

建筑分部分项工程施工手册丛书

# 建筑钢筋工程 施工手册

俞宾辉 编

JIANZHUGANGJIN  
GONGCHENG  
SHIGONGSHOUCE



江苏建筑

WWW.JSJZ.NET



山东科学技术出版社 [www.lkj.com.cn](http://www.lkj.com.cn)

责任编辑 王培强  
艺术总监 史建建  
封面设计 魏 然

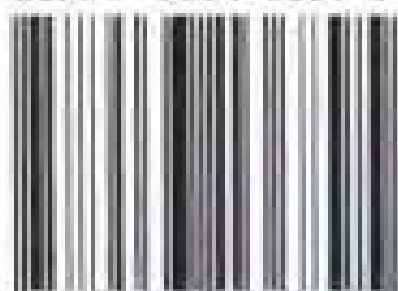


依据新规范编写

本丛书已出版

- 建筑抹灰工程施工手册
- 建筑砌体工程施工手册
- 建筑混凝土工程施工手册
- 建筑钢筋工程施工手册
- 建筑防水工程施工手册

ISBN 7-5331-3689-6



9 787533 136895 >

ISBN 7-5331-3689-6

定价:28.00 元

建筑分部分项工程施工手册丛书

# 建筑钢筋工程 施工手册

俞宾辉 编

JIANZHUGANGJIN  
GONGCHENG  
SHIGONGSHOUCE



山东科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

建筑钢筋工程施工手册/俞宾辉编. —济南: 山东科学技术出版社, 2004

ISBN 7-5331-3689-6

I. 建... II. 俞... III. 建筑工程—钢筋—工程施工—技术手册 IV. TU755.3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 015052 号

## 建筑钢筋工程施工手册

俞宾辉 编

---

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531) 2065109

网址: [www.lkj.com.cn](http://www.lkj.com.cn)

电子邮件: [sckj@jn-public.scl.cninfo.net](mailto:sckj@jn-public.scl.cninfo.net)

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531) 2020432

印刷者: 山东新华印刷厂德州厂

地址: 德州市新华路 155 号

邮编: 253006 电话: (0534) 2671208

---

开本: 787mm × 1092mm 1/32

印张: 18.25

字数: 383 千

版次: 2004 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 1-4000

---

ISBN 7-5331-3689-6 TU · 165

定价: 28.00 元



# 前 言

《建筑钢筋工程施工手册》系根据我国新颁布的《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB50300—2001)、《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB50204—2002)、《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002)、《钢筋焊接及验收规程》(JGJ18—2003、J253—2003)、《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ107)及其他有关标准、规程及资料编写而成。较全面、系统地介绍了钢筋及预应力工程施工工艺、操作技术和工程质量验收的各项规定。

本书共分十一章,包括常用钢筋、焊接网、预应力筋材料、配筋规定、结构构件配筋构造、钢筋冷加工、钢筋配料、代换与加工、钢筋焊接、钢筋机械连接、钢筋绑扎与安装、预应力工程、工程质量验收规定以及工料计算等内容。

本书在编写中力求简明扼要、注意实际应用,数据翔实,图文并茂,可作为施工、监理单位从事土建工程技术人员工具用书,也可用作钢筋工长和钢筋工技术培训用参考书和自学读物。

参加本书编写的人员还有孟谦、李怀清、林旭华、于瑞林、俞心亮、孙军毅、张闻照、林博伦、应必文、郑必达、柴湘帆、童宪超、余延刚、孙顺利、孙晓霞、李明丁。

由于经验水平有限，书中缺点和问题在所难免，恳请读者批评指正。

编者

# 目 录

第一章 钢筋原材料.....	1
第一节 钢材分类.....	1
一、按化学成分分类 .....	1
二、按主要质量等级分类 .....	2
三、按脱氧方法分类 .....	2
四、按金相组织分类 .....	2
五、按用途分类 .....	3
第二节 钢材的性能.....	3
一、物理性能 .....	3
二、化学性能 .....	4
三、力学性能 .....	4
四、工艺性能 .....	8
五、钢材的化学成分及对钢材性能的影响 .....	10
第三节 钢筋的种类 .....	13
一、普通钢筋 .....	15
二、钢筋焊接网 .....	27
三、预应力钢筋 .....	33
四、钢筋检验 .....	49
第二章 配筋构造规定 .....	51

第一节 配筋构造基本知识 .....	51
一、钢筋混凝土 .....	51
二、预应力钢筋混凝土 .....	53
三、钢筋在构件中的作用分类 .....	57
四、钢筋保护层及检验 .....	59
第二节 钢筋选用及计算指标 .....	63
一、钢筋选用 .....	63
二、钢筋强度标准值 .....	63
三、钢筋抗拉强度和抗压强度的设计值 .....	65
四、钢筋弹性模量 .....	66
五、钢筋疲劳应力幅限值 .....	66
第三节 钢筋的锚固 .....	68
一、纵向受拉钢筋的锚固长度计算 .....	68
二、钢筋锚固的其他规定 .....	69
三、钢筋锚固长度计算用表 .....	70
第四节 钢筋的连接 .....	72
一、受力钢筋连接接头设置规定 .....	72
二、受力钢筋接头位置要求及接头面积百分率 .....	74
三、纵向受拉钢筋绑扎搭接接头的搭接长度计算用表 .....	77
四、纵向受力钢筋的最小搭接长度 .....	79
第五节 其他构造规定 .....	80
一、纵向受力钢筋的最小配筋率 .....	80
二、预应力混凝土构件的构造规定 .....	82
第三章 钢筋混凝土构件配筋构造 .....	87
第一节 钢筋混凝土基础 .....	87
一、钢筋混凝土扩展基础 .....	87

二、现浇柱下钢筋混凝土独立基础 .....	89
三、墙下钢筋混凝土条形基础 .....	93
四、柱下钢筋混凝土条形基础 .....	93
第二节 钢筋混凝土板 .....	97
一、受力钢筋的直径 .....	97
二、受力钢筋的间距 .....	97
三、受力钢筋的锚固 .....	97
四、受力钢筋的弯起 .....	101
五、分布钢筋 .....	103
六、板的构造钢筋及附加钢筋 .....	104
七、沿楼盖周边的单向板或双向板 .....	106
八、板中抗冲切箍筋或弯起钢筋的配置 .....	106
九、现浇屋面板挑檐转角处的构造钢筋 .....	107
十、单向板的配筋及图例 .....	108
十一、双向板的配筋及图例 .....	111
十二、悬臂板的配筋及图例 .....	115
第三节 钢筋混凝土梁 .....	118
一、梁的纵向受力钢筋 .....	118
二、梁的箍筋与鸭筋 .....	127
三、梁的纵向构造钢筋 .....	132
四、梁受集中荷载时(包括次梁支承在主梁上)的附加横 向钢筋 .....	135
五、梁柱节点 .....	137
六、梁的配筋图例 .....	143
第四节 钢筋混凝土柱 .....	146
一、柱中纵向钢筋 .....	146

二、柱中箍筋 .....	153
第五节 钢筋混凝土剪力墙 .....	159
一、剪力墙结构 .....	159
二、框架—剪力墙结构 .....	163
第六节 钢筋混凝土结构构件抗震构造 .....	167
一、框架梁 .....	167
二、框架柱 .....	178
第七节 预埋件和吊环 .....	185
一、预埋件 .....	185
二、吊环 .....	188
第四章 钢筋冷加工 .....	191
第一节 钢筋冷拉 .....	191
一、冷拉原理 .....	191
二、钢筋冷拉机 .....	192
三、冷拉工艺 .....	196
四、冷拉钢筋的检验 .....	200
五、冷拉钢筋的时效 .....	200
六、钢筋冷拉的注意事项 .....	201
第二节 钢筋冷拔 .....	203
一、冷拔原理 .....	203
二、钢筋冷拔机 .....	204
三、冷拔工艺 .....	206
四、钢筋冷拔运用计算 .....	207
五、钢筋冷拔的注意事项 .....	208
第三节 冷轧带肋钢筋 .....	209
一、冷轧带肋钢筋的概念 .....	209

二、冷轧带肋钢筋成形机 .....	210
三、冷轧带肋钢筋的力学性能指标 .....	212
四、钢筋冷轧的注意事项 .....	213
第五章 钢筋配料、代换与加工 .....	215
第一节 钢筋配料 .....	215
一、钢筋下料长度计算 .....	215
二、配料计算实例 .....	221
三、配料计算注意事项 .....	231
第二节 钢筋代换 .....	232
一、代换原则 .....	232
二、等强代换方法 .....	232
三、构件截面的有效高度影响 .....	233
四、代换注意事项 .....	234
五、钢筋代换实例 .....	235
第三节 钢筋加工 .....	237
一、钢筋除锈 .....	237
二、钢筋切断 .....	242
三、钢筋弯曲成型 .....	244
四、钢筋加工的安全技术 .....	253
第六章 钢筋焊接 .....	255
第一节 焊条的选用 .....	255
一、常用焊接方法及原理 .....	255
二、常用焊条型号编制方法 .....	256
三、焊条选用要点 .....	259
四、碳钢焊条 .....	260
第二节 焊接材料 .....	263

第三节 钢筋焊接	265
一、一般规定	265
二、钢筋电阻点焊	269
三、钢筋闪光对焊	272
四、钢筋电弧焊	278
五、钢筋电渣压力焊	286
六、钢筋气压焊	289
七、预埋件钢筋埋弧压力焊	292
八、钢筋负温焊接	294
第四节 质量检验与验收	296
一、一般规定	296
二、钢筋焊接骨架和焊接网	299
三、钢筋闪光对焊接头	303
四、钢筋电弧焊接头	305
五、钢筋电渣压力焊接头	308
六、钢筋气压焊接头	309
七、预埋件钢筋 T 型接头	310
第五节 焊工考试	313
一、焊工考试规定	313
二、钢筋焊工考试合格证式样	316
第七章 钢筋机械连接	319
第一节 钢筋机械连接通用技术规定	319
一、钢筋机械连接的类型和特点	319
二、接头的设计原则与性能等级	321
三、接头的应用	324
四、接头的型式检验	325



五、接头的施工现场检验与验收 .....	326
第二节 钢筋径向挤压连接 .....	329
一、基本原理、特点和适用范围 .....	329
二、基本规定 .....	331
三、施工准备 .....	332
四、材料和质量要求 .....	335
五、钢套筒技术条件 .....	338
六、施工工艺 .....	340
七、质量验收标准 .....	340
第三节 钢筋直螺纹接头连接 .....	344
一、基本原理及特点 .....	344
二、基本规定 .....	347
三、施工准备 .....	348
四、材料和质量要求 .....	351
五、施工工艺 .....	351
六、质量验收标准 .....	358
第四节 钢筋锥螺纹接头连接 .....	361
一、基本原理、特点和适用范围 .....	361
二、基本规定 .....	362
三、施工准备 .....	363
四、材料与机具设备 .....	363
五、施工工艺 .....	365
六、质量检查与验收 .....	369
第八章 钢筋绑扎与安装 .....	375
第一节 钢筋绑扎的工具和操作 .....	375
一、钢筋绑扎的常用工具 .....	375

二、钢筋绑扎的操作方法 .....	378
第二节 基本规定 .....	379
一、一般规定 .....	379
二、质量目标 .....	379
第三节 施工准备 .....	380
一、技术准备 .....	380
二、材料准备 .....	380
第四节 基础钢筋绑扎 .....	382
一、作业条件 .....	382
二、材料和质量要求 .....	382
三、施工工艺 .....	383
四、质量验收标准 .....	385
第五节 剪力墙钢筋绑扎 .....	387
一、作业条件 .....	387
二、材料和质量要求 .....	388
三、施工工艺 .....	389
四、质量验收标准 .....	395
第六节 现浇框架结构钢筋绑扎 .....	397
一、作业条件 .....	397
二、材料和质量要求 .....	397
三、施工工艺 .....	398
四、质量验收标准 .....	405
第七节 钢筋网、骨架与钢筋焊接网安装 .....	407
一、钢筋网与钢筋骨架安装 .....	407
二、钢筋焊接网安装 .....	408
第八节 钢筋安装的安全技术 .....	410

第九章 预应力工程	411
第一节 材料、锚具、连接器及机具设备	411
一、材料	411
二、锚具	411
三、常用连接器	422
四、张拉设备和配套机具	425
第二节 预应力施工计算	436
一、预应力筋线形数据	436
二、预应力筋下料长度	438
三、预应力筋张拉力	441
四、预应力损失	443
五、预应力筋张拉伸长值	444
第三节 先张法预应力工程施工	446
一、台座	447
二、预应力筋铺设	456
三、预应力筋张拉	457
四、预应力筋放张	461
五、质量验收标准	465
第四节 后张法有粘结预应力工程施工	467
一、基本规定	468
二、施工准备	468
三、材料和质量要求	472
四、施工工艺	474
五、质量验收标准	480
第五节 后张法无粘结预应力工程施工	485
一、基本规定	485

二、施工准备 .....	485
三、材料和质量要求 .....	490
四、施工工艺 .....	491
五、质量验收标准 .....	497
第十章 钢筋及预应力工程施工质量验收规定 .....	503
第一节 混凝土结构工程施工质量验收基本规定 .....	503
第二节 钢筋工程质量验收 .....	508
一、一般规定 .....	508
二、原材料 .....	509
三、钢筋加工 .....	511
四、钢筋连接 .....	514
五、钢筋安装 .....	518
第三节 预应力工程质量验收 .....	520
一、一般规定 .....	520
二、原材料 .....	521
三、制作与安装 .....	526
四、张拉与放张 .....	530
五、灌浆与封锚 .....	534
第十一章 钢筋工程工料计算 .....	537
第一节 钢筋工程量计算规则 .....	537
第二节 钢筋工程工料消耗定额 .....	538
一、定额说明 .....	539
二、现浇构件圆钢筋 .....	540
三、现浇构件螺纹钢筋 .....	542
四、预制构件圆钢筋 .....	545
五、预制构件螺纹钢筋 .....	549

六、现浇构件箍筋 .....	551
七、预制构件箍筋 .....	551
八、先张法预应力钢筋 .....	552
九、后张法预应力钢筋 .....	554
十、后张法预应力钢丝束(钢绞线) .....	556
十一、套筒挤压锥螺纹连接及电渣压力焊 .....	559
十二、铁件、砌体加固筋焊接及其他 .....	561
第三节 钢筋工程工料计算步骤及实例 .....	563
一、工料计算步骤 .....	563
二、工料计算实例 .....	563
附录 A: 钢筋的公称截面面积、计算截面面积及理论重量 .....	566
表 A-1: 钢筋的计算截面面积及理论重量 .....	566
表 A-2: 钢绞线公称直径、公称截面面积及理论重量 ...	567
表 A-3: 钢丝公称直径、公称截面面积及理论重量 .....	567
主要参考文献 .....	568

# 第一章 钢筋原材料

## 第一节 钢材分类

钢材是以铁为主要元素,碳的质量分数在 2% 以下,并含有其他元素的铁碳合金材料。

建筑钢材是指建筑工程中使用的各种钢材,包括钢结构用各种型材(如圆钢、角钢、槽钢、工字钢、钢管)、板材(中板、薄板),以及混凝土结构用钢筋、钢丝、钢绞线等。

钢材是在严格的技术条件下生产的材料,它有如下的优点:材质均匀,性能可靠,强度高,具有一定的塑性和韧性,具有承受冲击和振动荷载的能力,可焊接、铆接或螺栓联接,便于装配。其缺点是易锈蚀,不耐火,维修费用大。

### 一、按化学成分分类

按合金元素含量可分为非合金钢、低合金钢和合金钢。

(1) 非合金钢:即碳素钢,合金元素含量极少。

(2) 低合金钢:合金元素含量较低,一般总合金元素的质量分数小于等于 5%。

(3) 合金钢:为了改善钢材的某些性能,加入较多的合金元素,一般总合金元素的质量分数大于等于 5%。

## 二、按主要质量等级分类

按钢中有害杂质磷(P)和硫(S)质量分数的多少,钢材可分为以下四类:

- (1) 普通钢:  $w(P) \leq 0.045\%$ ;  $w(S) \leq 0.050\%$ 。
- (2) 优质钢:  $w(P) \leq 0.035\%$ ;  $w(S) \leq 0.035\%$ 。
- (3) 高级优质钢:  $w(P) \leq 0.025\%$ ;  $w(S) \leq 0.025\%$ 。
- (4) 特级优质钢:  $w(P) \leq 0.025\%$ ;  $w(S) \leq 0.015\%$ 。

## 三、按脱氧方法分类

钢在冶炼的过程中,要进行脱氧处理。脱氧的方法不同,钢材的性能就有所差异,因此钢材又可分为沸腾钢、镇静钢和半镇静钢。

1. 沸腾钢:仅用弱脱氧剂锰铁进行脱氧,脱氧不完全的钢,用符号“F”表示。这种钢中含有微小的气泡和裂纹,焊接时容易在热影响区产生裂纹。因而焊接结构、承受冲击和振动荷载的建筑工程结构或在低温寒冷地区的建筑工程结构中,应按规范要求,慎重选用。

2. 镇静钢:用必要数量的硅、锰和铝等脱氧剂进行彻底脱氧的钢,用符号“Z”表示。

3. 半镇静钢:其脱氧程度介于上述二者之间,用符号“b”。

4. 特镇静钢:脱氧程度最为彻底的钢,用符号“TZ”表示。

## 四、按金相组织分类

按正火处理后的组织来分类有珠光体类钢、贝氏体类钢、马氏体类钢、奥氏体类钢等。有些含合金元素较多的高合金钢,在固态下只有铁素体组织,不发生铁素体向奥氏体转变,称为铁素体钢。如有部分铁素体向奥氏体转变,则称半铁素

体类或马氏体铁素体类钢。汽轮机叶片用钢 2Cr 13 即是马氏体铁素体类钢。

### 五、按用途分类

按用途可分为结构钢、工具钢和特殊用途钢。特殊用途钢均具有特殊物理或化学性能,应用于特殊需要的场合,如不锈钢、耐热不起皮钢、电热合金、磁性材料等。

## 第二节 钢材的性能

### 一、物理性能

#### 1. 密度( $\gamma$ )

单位体积中钢的重量,叫做钢的密度,单位为  $\text{g}/\text{cm}^3$ 。对于不同的钢材,其密度也稍有不同。一般按  $7.80 \sim 7.85 \text{ g}/\text{cm}^3$  计。

#### 2. 可溶性

钢材在常温时是固体,当其温度升高到一定程度,就能熔化成液体,这种性质叫做可溶性。钢材开始熔化的温度叫做熔点,钢的熔点为  $1538^\circ\text{C}$ 。

#### 3. 线膨胀系数( $\alpha$ )

钢材加热时膨胀的能力,叫做热膨胀性。受热膨胀的程度,常用线膨胀系数来表示。钢材温度上升  $1^\circ\text{C}$  时,增加的长度与厘米长度的比值,叫做该钢材的线膨胀系数,其值为  $11.76 (\text{K}^{-1} \times 10^{-6})$ ,通常称为 0.000012。

#### 4. 导热系数( $\lambda$ )

钢材的导热能力用导热系数来表示。单位时间内,沿热流方向的单位长度上温度降低  $1\text{K}$  (或  $1^\circ\text{C}$ ),单位面积容许导



热的热量。钢材的导热系数为  $75.4 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。

### 5. 相变临界点

发生相变时的临界温度称为临界点。钢加热时,由珠光体转变为奥氏体的临界点为  $A_{c1}$ ,由铁素体全部溶入奥氏体的临界点为  $A_{c3}$ ;钢冷却时,由奥氏体转变为珠光体的临界点为  $A_{r1}$ ,由奥氏体析出铁素体的临界点为  $A_{r3}$ ;冷却至低温时,奥氏体开始转变为马氏体的临界点为  $M_s$ 。

## 二、化学性能

钢的化学性能是指钢材的化学稳定性,即耐腐蚀性和抗氧化性等。

钢材在介质的侵蚀作用下被破坏的现象,称为腐蚀。钢材抵抗各种介质(大气、水蒸汽、酸、碱、盐等)侵蚀的能力,称为钢材的耐腐蚀性。

有些钢材在高温下不被氧化而能稳定的工作。这种钢材之所以不受氧化,并非它们与氧绝对不发生作用;恰恰相反,它们在高温下同样迅速受到氧化,只是在它们表面形成一层薄薄的氧化膜,非常致密,而且稳定,从而防止了氧继续向钢材内部扩散和钢的继续氧化。这层氧化膜实际上起着防护作用,使钢材具有抗氧化性。

## 三、力学性能

### 1. 强度

建筑钢材的抗拉强度包括:屈服点、极限抗拉强度、疲劳强度。

(1) 屈服点:钢材在静荷载的作用下,荷载不增加仍能继续伸长时的应力。如图 1-1 所示,在屈服阶段,锯齿形的最高点对应的应力称为上屈服点( $B_{f1}$ );最低点对应的应力成为

下屈服点( $B_f$ )。因上屈服点不稳定,所以国家标准规定以下屈服点的应力作为钢材的屈服点,用 $\sigma_s$ 表示。中、高碳钢没有明显的屈服点,通常以残余变形为0.2%的应力作为屈服点,用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

屈服点对钢材的使用有着重要的意义,当构件的实际应力达到屈服点时,将产生不可恢复的永久性变形,这在结构中是不允许的,因此屈服点是确定钢材容许应力的重要参数,在设计中被用作设计计算的依据。

(2) 抗拉强度:钢材在拉力的作用下能承受的最大拉应力,如图1-1中曲线的最高点C。抗拉强度虽然不能直接作为设计计算的依据,但屈服点和抗拉强度的比值,即屈强比( $\sigma_s/\sigma_b$ ),在工程上很有意义。屈强比越小,结构的可靠性越高,即防止结构破坏

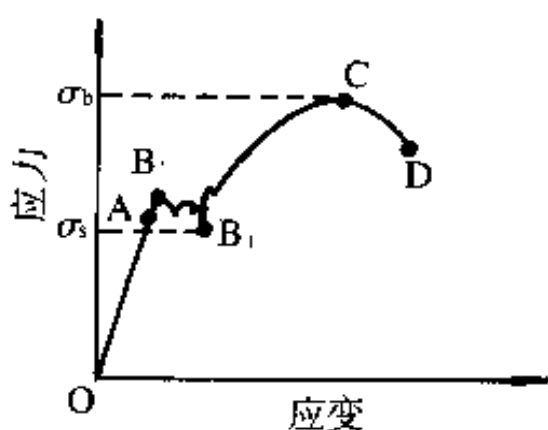


图1-1 钢材的应力应变图

的潜力越大;但此值太小时,钢材的有效利用率太低,合理的屈强比一般在0.6~0.75之间。因此屈服点和抗拉强度是钢材力学性能的主要技术指标。

(3) 疲劳强度:钢材承受交变荷载的反复作用时,可能在远低于屈服点时发生破坏,这种破坏称为疲劳破坏。钢材疲劳破坏的指标即疲劳强度,或称疲劳极限。疲劳强度是试件在交变应力作用下,不发生疲劳破坏的最大主应力,一般把钢材承受交变荷载时不发生破坏的最大主应力作为疲劳强度。

## 2. 弹性模量

在应力应变曲线的弹性阶段中,应力和应变的比值称为弹性模量,即

$$E = \sigma / \varepsilon$$

弹性模量是衡量钢材抵抗变形能力的指标,单位为 GPa。 $E$  越大,使其产生一定量弹性变形的应力值越大;在一定应力下,产生的弹性变形越小。在工程上,弹性模量反映了钢材的刚度,是钢材在受力条件下计算结构变形的重要指标。建筑工程中常用的碳素结构钢 Q235 的弹性模量为  $2.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 。

## 3. 塑性

建筑钢材应有很好的塑性,在工程中,钢材的塑性通常用伸长率(或断面收缩率)和冷弯来表示。

(1) 伸长率:是指试件拉断后,标距伸长与原始标距之比,符号  $\delta$ ,常用%表示,如图 1-2 所示。

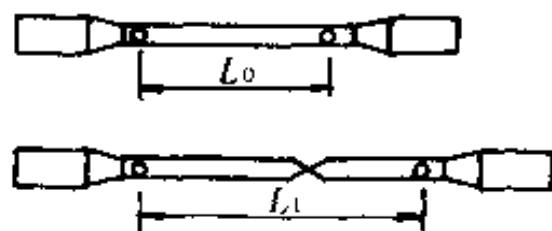


图 1-2 钢材的伸长率

$$\delta = (L_1 - L_0) / L_0 \times 100\%$$

为了测量方便,常用伸长率表征钢材的塑性。伸长率是钢材的塑性的重要指标, $\delta$  越大,说明钢材塑性越好,伸长率和标距有关,对于同种钢材  $\delta_5 > \delta_{10}$ 。

(2) 冷弯:钢材在常温下承受弯曲变形的能力。冷弯是通过检验试件经规定的弯曲程度后,弯曲处外面及侧面有无裂纹、起层、鳞落和断裂等情况进行评定的。一般用弯曲角度以及弯心直径与钢材的厚度或直径的比值来表示。弯曲角度

越大,而弯心直径与钢材的厚度或直径的比值越小,表明钢材的冷弯性能越好。

冷弯也是检验钢材塑性的一种方法,并与伸长率存在有机的联系,伸长率大的钢材,其冷弯性能必然好,但冷弯检验对钢材塑性的评定比拉伸试验更严格、更敏感。钢材的冷弯不仅是评定塑性、加工性能的要求,而且也是评定焊接质量的重要指标之一。对于重要结构和弯曲成形的钢材,冷弯必须合格。

塑性是钢材的重要技术性能,尽管结构是在弹性阶段使用的,但其应力集中处,应力可能超过屈服点。而一定的塑性变形能力,可保证应力重新分配,从而避免结构的破坏。

### 4. 冲击韧度

冲击韧度是指钢材抵抗冲击荷载而不破坏的能力,用冲击韧度  $\alpha_k$  表示。 $\alpha_k$  越大,冲断试件消耗的能量,或者说钢材断裂前吸收的能量越多,则钢材的韧性越好。

钢材的冲击韧度与钢的化学成分、冶炼与加工有关。一般来说,钢中的 P、S 含量提高,夹杂物以及焊接中形成的微裂纹等都会降低冲击韧度。

### 5. 硬度

硬度是在表面局部体积内,抵抗其他较硬物体压入产生塑性变形的能力,通常与抗拉强度有一定的关系。目前测定钢材硬度的方法很多,最常用的有布氏硬度,用 HBS 或 HBW 表示。

建筑钢筋常以屈服点、抗拉强度、伸长率、冷弯、冲击韧度等性能作为评定钢筋牌号的依据,见第三节钢筋种类。

### 6. 疲劳

零件经受交变载荷(载荷的大小及方向反复变化)时,钢材的破坏应力远较金属的屈服极限为低,这种现象称为疲劳。金属在无数次交变载荷作用下而不致引起断裂的最大应力,称为疲劳极限。当应力循环对称时,用符号  $\sigma_{-1}$  表示。

#### 7. 高温机械性能

(1)蠕变:金属在一定温度和应力作用下,随着时间的增长,慢慢地发生塑性变形的现象称为蠕变。工程上用蠕变极限作为衡量指标,用  $\sigma_{1 \times 10^{-5}}$  或  $\sigma_{1 \times 10^{-4}}$  表示,单位为  $\text{N/mm}^2$ 。有时也用在规定时间内,使钢材发生一定量的总变形的应力值来表示。锅炉和汽轮机设备的使用年限,一般规定为 10 万小时,因此,蠕变极限一般是指工作 10 万小时总变形量为 1% 时的应力值,以符号  $\sigma_{1/10^5}$  表示。

(2)持久强度:指钢材在高温和应力的长期作用下,抵抗断裂的能力。在锅炉设计中常以高温运行 10 万小时断裂时的应力作为持久强度,用  $\sigma_{10^5}$  表示,单位为  $\text{N/mm}^2$ 。

(3)热脆性:钢的冲击韧性在高温和应力的长期作用下,产生下降的现象称为热脆性。几乎在所有情况下,温度越高,高温和应力作用的时间越长,钢的热脆性也就越显著。

#### 四、工艺性能

钢的工艺性能包括:可切削性、可铸性、可锻性和可焊性等。

##### 1. 可切削性

指钢材接受切削加工的能力,也就是金属经过切削加工而形成合乎要求的工件的难易程度。

##### 2. 可铸性

指钢材铸造时的流动性、收缩性和偏析的趋向。流动性

好,则充满铸型的能力好。收缩性是指钢材在冷却和凝固时,钢材的体积收缩。铸件凝固后,其化学成分的不均匀性,称为偏析。

### 3. 可锻性

指钢材在压力加工时能改变形状而不产生裂纹的性能。钢材能承受锤锻、轧制、拉拔、挤压等加工,具有良好的可锻性。

### 4. 可焊性

指钢材在给定的焊接工艺和焊接结构条件下,获得预期焊接接头质量要求的性能。

钢材能够焊接是钢材的一大特点,但不良的焊接工艺和低劣的焊接质量也是造成钢结构垮塌破坏的主要原因之一。

钢材的焊接性指的是钢材是否能够被焊接、焊接质量是否能够较好的得到保证的性质。焊接性好的钢材,焊缝密实牢固,焊接热影响区内不会由于焊接导致的热冲击而产生微裂纹,能够承受冲击荷载或振动荷载。而焊接性不好的钢材,如沸腾钢、含磷、硫相对较多的劣质钢、或工具钢等非建筑结构用钢,焊接性差,隐患多,焊缝或热影响区内容易存在裂纹,导致钢结构突然断裂、垮塌。

考虑钢材的焊接性,应在设计施工时注意选用含磷硫少的优质建筑结构用钢,同时注意选用镇静钢、特镇静钢。

### 5. 耐火性

钢材虽然是不燃性材料,但钢材却是不耐火的材料。在建筑结构中,选用钢材时一定要注意这一点,保证对钢结构进行有效的防火处理,使得钢结构建筑在火灾中不至于熔融、软化、变形、垮塌。建筑钢材在高温下的剩余强

度见表 1-1。

表 1-1 建筑钢材在高温下的剩余强度

温度/℃	钢材的剩余强度(%)			
	Q235	Q235 冷拉	Q345	Q390
100	100	97	90	93
200	99	92	84	88
300	81	92	77	82
400	67	69	64	66
500	59	44	43	44
600	<20	软化变形	软化变形	软化变形

由表 1-1 可见建筑钢材当温度达到 600℃ 以上时,其强度仅存 20% 以下。这时其强度已经不能承受其自身重力作用,钢结构建筑将发生严重的扭曲、变形、乃至垮塌。

## 五、钢材的化学成分及对钢材性能的影响

### 1. 碳

碳是决定钢材性能的主要元素。随着含碳量的增加,钢材的强度和硬度相应提高,而塑性和韧性相应降低。当碳的质量分数超过 1% 时,钢材的极限强度开始下降。此外,碳的质量分数过高还会增加钢的冷脆性和时效敏感性,降低抗大气腐蚀性和焊接性。

### 2. 磷、硫

磷与碳相似,能使钢的屈服点和抗拉强度提高,塑性和韧性下降,显著增加钢的冷脆性,磷的偏析较严重,焊接时焊缝容易产生冷裂纹,所以磷是降低钢材焊接性的元素之一。因此在碳钢中,磷的含量有严格的限制,但在合金钢中,磷可改善钢材的抗大气腐蚀性,也可作为合金元素。

硫在钢材中以  $\text{FeS}$  形式存在,当钢材在红热状态下进行加工或焊接时,硫化铁已经熔化,能使钢的内部产生裂纹,这种在高温下产生裂纹的特性称为热脆性,可大大降低钢材的热加工性和焊接性。此外,硫偏析较严重,降低了冲击韧度、疲劳强度和抗腐蚀性,因此在碳钢中,硫也是严格控制的元素。

### 3. 氧、氮

氧、氮都能在铁素体中形成化合物,这些夹杂物降低了钢材的力学性能,特别是严重降低了钢的韧性,并能促进时效,降低焊接性,所以氧和氮都应被严格的限制。

### 4. 硅、锰

硅和锰是在炼钢时为了脱氧去硫而有意加入的元素。由于硅与氧的结合能力很大,因而能夺取氧化铁中的氧形成二氧化硅进入钢渣中,其余大部分硅溶于铁素体中,当含量较低时,可提高钢材的强度,对塑性、韧性影响不大。锰对氧和硫的结合力分别大于铁对氧和硫的结合力,因此锰能使有害的  $\text{FeS}$ 、 $\text{FeO}$  分别形成  $\text{MnS}$ 、 $\text{MnO}$  而进入钢渣中,其余的锰溶于铁素体中,使晶格歪扭阻止滑移变形,显著地提高了钢材的强度。

### 5. 合金元素

钢中除铁和碳以及常存杂质锰、硅、硫、磷以外,特意加入一些其他元素(包括锰、硅)的钢称为合金钢,这种特意加入的元素称为合金元素。合金元素在钢中都起一定的作用。

(1) 铬( $\text{Cr}$ ): 铬可以提高钢的耐腐蚀性和抗氧化性。因铬能在钢材表面形成一层附着性很强的致密氧化膜,使钢材的氧化速度显著减慢,提高了钢的抗氧化性。当含铬量大于



12%时,能显著提高钢的电极电位,使钢材具有良好的耐腐蚀性。铬含量在2%以下,能显著提高钢的再结晶温度,提高钢的热强性。铬能阻止钢中的石墨化过程,并降低碳化物的球化速度。含铬的钢具有回火脆性,同时因铬能提高钢的淬透性,焊接时易产生裂缝,所以含铬量高的钢可焊性变差。

(2) 钼(Mo):钼是形成铁素体元素,它可以提高钢的再结晶温度,提高低合金耐热钢的热强性。但钼有促进石墨化的倾向。它在合金钢中常用含量为0.5%~1%左右。

(3) 钒(V):钒是良好的脱氧剂,能除去钢中的氧。又是强碳化物形成元素,仅次于钛,形成的碳化物,在650℃以下都是稳定的。钒还能提高钢的淬透性,改善钢的机械性能,是一个有益元素,但价格较贵。

(4) 钨(W):钨的熔点高达3380℃,所以它能大大提高钢的再结晶温度,从而提高钢材的热强性。

(5) 钛(Ti)和铌(Nb):它们都是强烈地形成碳化物的元素,所形成的碳化物,比碳化钒还稳定。由于钛和铌与碳的亲合力较大,常用来作稳定剂,防止铬镍奥氏体钢在高温下或焊接后产生的晶间腐蚀。它们也能提高钢的再结晶温度,对提高钢的高温机械性能有良好作用。还能显著改善钢的可焊性。

(6) 铝(Al):铝是非常强的脱氧剂,能使大多数金属氧化物还原。少量的铝可以细化晶粒,提高钢的抗氧化能力。铝和氮能形成稳定的氮化物,可使某些钢获得良好的耐热性。但铝会促进石墨化,在钢中易形成夹杂物存在。

(7) 硅(Si):硅是强脱氧剂,其含量超过2%时,才使钢的塑性和韧性降低。硅可以提高钢在高温下的抗氧化性。焊接

时硅易形成高熔点夹杂物残留在焊缝中。

(8) 锰(Mn): 锰是一种良好的脱氧剂, 又是一种很好的脱硫剂, 焊接时经常利用它来进行脱氧和脱硫。锰在钢中小于2%时, 对于低合金钢, 可提高钢的强度和韧性, 对于中合金钢和高合金钢, 随着强度的增加, 其塑性和韧性要降低。增高含锰量, 可以提高钢的耐磨性。锰会增大钢对淬火、过热的敏感性。

(9) 镍(Ni): 镍主要用来形成和稳定奥氏体组织, 提高钢的耐腐蚀性。镍还能提高奥氏体钢的高温强度和持久强度, 提高钢的塑性。但镍促进石墨化。

(10) 硼(B): 硼可以提高钢的热强性, 硼在低合金钢中的用量不大于0.007%, 超过此限度会损害钢材的加工性能。硼是一个强的脱氧剂, 可促使晶粒细化。不过含硼的钢可焊性大多较差, 焊接时易出现裂纹。

(11) 稀土(Re): 稀土元素能强化晶界, 提高钢的蠕变抗力和持久强度。在钢中并能除去硫、磷等有害的作用, 大大改善钢的冲击韧性。稀土元素能细化晶粒, 减少枝晶偏析, 减少钢的回火脆性倾向。

### 第三节 钢筋的种类

钢筋的种类较多, 按化学成分可分为: 碳素钢钢筋和普通低合金钢钢筋两种。

碳素钢钢筋是由碳素钢轧制而成。碳素钢钢筋按含碳量多少又分为: 低碳钢钢筋( $\omega_c < 0.25\%$ ); 中碳钢钢筋( $\omega_c = 0.25\% \sim 0.6\%$ ); 高碳钢钢筋( $\omega_c > 0.60\%$ )。常用的有

Q235、Q215 等品种。含碳量越高,强度及硬度也越高,但塑性、韧性、冷弯及焊接性等均降低。

普通低合金钢钢筋是在低碳钢和中碳钢的成分中加入少量元素(硅、锰、钛、稀土等)制成的钢筋。普通低合金钢钢筋的主要优点是强度高,综合性能好,用钢量比碳素钢少 20% 左右。常用的有 24MnSi、25MnSi、40SiMnV 等品种。

按生产工艺可分为热轧钢筋、余热处理钢筋、冷拉钢筋、冷拔钢丝、热处理钢筋、碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线、冷轧带肋钢筋、冷轧扭钢筋等。

热轧钢筋是用加热钢坯轧成的条形钢筋。由轧钢厂经过热轧成材供应,钢筋直径一般为 5 ~ 50mm。分直条和盘条两种。

余热处理钢筋又称调质钢筋,是经热轧后立即穿水,进行表面控制冷却,然后利用芯部余热自身完成回火处理所得的成品钢筋。其外形为有肋的月牙肋。

冷加工钢筋有冷拉钢筋和冷拔低碳钢丝两种。冷拉钢筋是将热轧钢筋在常温下进行强力拉伸使其强度提高的一种钢筋。钢丝有低碳钢丝和碳素钢丝两种。冷拔低碳钢丝由直径 6 ~ 8mm 的普通热轧圆盘条经多次冷拔而成,分甲、乙两个等级。

碳素钢丝是由优质高碳钢盘条经淬火、酸洗、拔制、回火等工艺而制成的。按生产工艺可分为冷拉及矫直回火两个品种。

刻痕钢丝是把热轧大直径高碳钢加热,并经铅浴淬火,然后冷拔多次,钢丝表面再经过刻痕处理而制得的钢丝。

钢绞线是把光面碳素钢丝在绞线机上进行捻合而成为钢

绞线。

钢筋按其表面形式可分为光面钢筋和变形钢筋。

光面钢筋表面为圆滑的钢筋,分光面圆钢筋和光面方钢筋。Ⅰ级钢筋均轧制为光面钢筋,但部分Ⅳ级钢筋也有光面的钢筋。

变形钢筋有“螺纹形”、“人字形”和“月牙形”三种。一般Ⅱ、Ⅲ级钢筋轧制成“人字形”;Ⅳ级钢筋则轧制成“螺纹形”及“月牙形”纹。

### 一、普通钢筋

普通钢筋系指用于钢筋混凝土结构中的钢筋和预应力混凝土结构中的非预应力钢筋。

#### 1. 热轧钢筋

(1)技术性能 热轧钢筋由于钢厂生产方式不同,供应时有盘圆钢筋及直条钢筋之分。盘圆钢筋(又称盘条)一般以盘圆形式供给,直径在12mm以下的细钢筋及钢丝,每盘应由一条钢筋(或钢丝)组成;其要求应符合国家标准《普通低碳钢热轧圆盘条》(GB701—92)的规定。直条钢筋是以直条形式供应,分为热轧光圆钢筋和热轧带肋钢筋,一般直径大于或等于12mm,长度一般为6~12m。如需特长钢筋,可同厂方协议;其要求应符合国家标准《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》(GB13013—1991)与《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB1499—1998)的规定。

①外形与重量:根据国家标准规定,热轧带肋钢筋外形见图1-3。

热轧钢筋的直径、横截面面积与重量见表1-2。

②钢筋的化学成分:钢筋的化学成分应符合表1-3的规

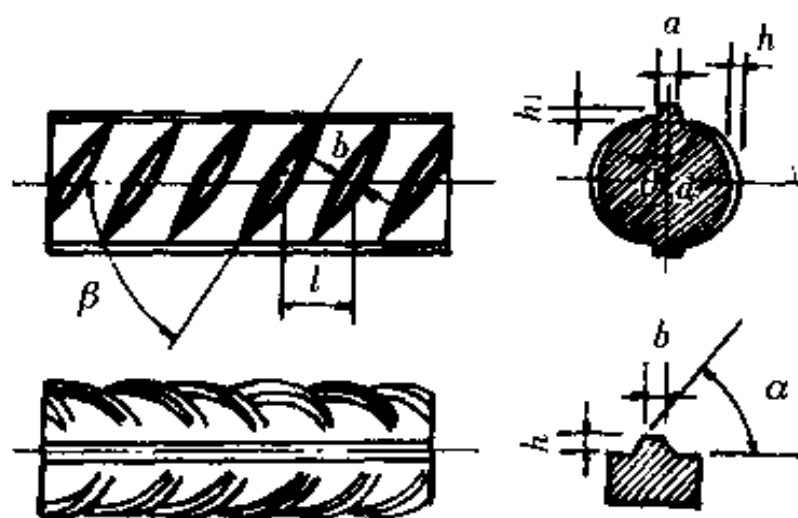


图 1-3 月牙肋钢筋表面及截面形状

$d$ . 钢筋内径;  $\alpha$ . 横肋斜角;  $h$ . 横肋高度;  
 $\beta$ . 横肋与轴线夹角;  $h_1$ . 纵肋高度;  $\theta$ . 纵肋斜角;  
 $a$ . 纵肋顶宽;  $l$ . 横肋间距;  $b$ . 横肋顶宽

定。

③钢筋的力学性能与工艺性能: 热轧钢筋按屈服点与抗拉强度可分为: I、II、III、IV 级四个等级, 详见表 1-4。除 I 级钢筋为光圆钢筋外, 其他均为变形钢筋。

表 1-2 热轧钢筋的直径、横截面面积和重量

公称直径 (mm)	内 径 (mm)	纵、横肋高 $h, h_1$ (mm)	公称横截面面积 (mm <sup>2</sup> )	理论重量 (kg/m)
6	5.8	0.6	28.27	0.222
8	7.7	0.8	50.27	0.395
10	9.6	1.0	78.54	0.617
12	11.5	1.2	113.1	0.888
14	13.4	1.4	153.9	1.21
16	15.4	1.5	201.1	1.58
18	17.3	1.6	254.5	2.00
20	19.3	1.7	314.2	2.47

### 第三节 钢筋的种类

(续表)

公称直径 (mm)	内 径 (mm)	纵、横肋高 $h, h_1$ (mm)	公称横截面面积 (mm <sup>2</sup> )	理论重量 (kg/m)
22	21.3	1.9	380.1	2.98
25	24.2	2.1	490.9	3.85
28	27.2	2.2	615.8	4.83
32	31.0	2.4	804.2	6.31
36	35.0	2.6	1018	7.99
40	38.7	2.9	1257	9.87
50	48.5	3.2	1964	15.42

注:①表中理论重量按密度为  $7.85\text{g/cm}^3$  计算。

②重量允许偏差:直径  $6 \sim 12\text{mm}$  为  $\pm 7\%$ ,  $14 \sim 20\text{mm}$  为  $\pm 5\%$ ,  $22 \sim 50\text{mm}$  为  $\pm 4\%$ 。

带肋钢筋的横肋与钢筋轴线夹角  $\beta$  不应小于  $45^\circ$ , 当该夹角不大于  $70^\circ$  时, 钢筋相对面上横肋的方向应相反。横肋的间距  $l$  不得大于钢筋公称直径的  $0.7$  倍。横肋侧面与钢筋表面的夹角  $\alpha$  不得小于  $45^\circ$ 。钢筋相对两面上横肋末端之间的间隙(包括纵肋宽度)总和不大于钢筋公称周长的  $20\%$ 。

表 1-3 热轧钢筋的化学成分

表面形状	钢筋级别	强度等级代号	牌号	化学成分(%)							
				C	Si	Mn	V	Ti	Nb	P	S
									不大于		
光圆	I	HPB235	Q235	0.14	0.12	0.30					
				~	~	~	—	—	—	0.045	0.050
				0.22	0.30	0.65					

(续表)

表面形状	钢筋级别	强度等级代号	牌号	化学成分(%)							
				C	Si	Mn	V	Ti	Nb	P	S
				不大于							
月牙肋	Ⅱ	HRB335	20MnSi	0.17	0.40	1.20	—	—	—	0.045	0.045
				~	~	~	—	—	—	0.045	0.045
				0.25	0.80	1.60	—	—	—	0.045	0.045
			25MnNb(b)	0.17	—	1.00	—	—	—	0.05	0.045
				~	≤	~	—	—	0.05	0.045	0.045
月牙肋	Ⅲ	HRB400	20MnSiV	0.17	0.20	1.20	0.04	—	—	0.045	0.045
				~	~	~	~	—	—	0.045	0.045
				0.25	0.80	1.60	0.12	—	—	0.045	0.045
			20MnTi	0.17	0.17	1.20	—	0.02	—	0.045	0.045
				~	~	~	—	~	—	0.045	0.045
				0.25	0.37	1.60	—	0.05	—	0.045	0.045
			20MnSiNb	0.20	0.60	1.20	—	—	—	0.045	0.045
				~	~	~	—	—	—	0.045	0.045
				0.30	1.00	1.60	—	—	—	0.045	0.045
等高肋	Ⅳ	HRB500	40Si2MnV	0.36	1.40	0.70	0.08	—	—	0.045	0.045
				~	~	~	~	—	—	0.045	0.045
				0.46	1.80	1.00	0.15	—	—	0.045	0.045
			45SiMnV	0.40	1.10	1.00	0.05	—	—	0.045	0.045
				~	~	~	~	—	—	0.045	0.045
				0.50	1.50	1.40	0.12	—	—	0.045	0.045
			45Si2MnTi	0.40	1.40	0.80	—	0.02	—	0.045	0.045
				~	~	~	~	~	—	0.045	0.045
				0.48	1.80	1.20	—	0.08	—	0.045	0.045

表 1-4 钢筋的等级

外形	强度等级	屈服点/抗拉强度(MPa)
光圆钢筋	I	235/370
变形钢筋	II	335/490
	III	400/570
	IV	500/630

注:对于直径等于和大于28mm的II级钢筋,屈服点和抗拉强度略有降低。

热轧钢筋的力学性能与工艺性能,应符合表1-5的规定。

表 1-5 热轧钢筋的力学性能与工艺性能

品种		强度等级代号	公称直径 (mm)	屈服点 $\sigma_s$ (MPa)	抗拉强度 $\sigma_b$ (MPa)	伸长率 $\delta_5$ (%)	冷弯	
表面形状	钢筋级别						弯曲角度	弯心直径
光圆钢筋	I	HPB235	8~20	235	370	25	180°	d
月牙肋	II	HRB335	6~25 28~50	335	490	16	180° 180°	3d 4d
	III	HRB400	6~25 28~50	400	570	14	180° 180°	4d 5d
等高肋	IV	HRB500	6~25 28~50	500	630	12	180° 180°	6d 7d

(2) 钢筋的检验:热轧钢筋应分批验收,每批由同一直径和同炉号的钢筋组成,重量不大于60t。对容量不大于30t的氧气转炉或电炉冶炼钢坯和用连铸坯轧成的钢筋,允许由同钢号、同一冶炼和浇注方法的不同炉罐号的钢筋组成混合批,但每批不得超过6个炉罐号,各炉罐号的含碳量差不得超过0.02%,含锰量差不得超过0.15%。

①外观检查:热轧钢筋的表面不得有裂缝、结疤和折叠。



钢筋表面允许有凸块,但不得超过横肋的最大高度。

②力学性能试验:从每批钢筋中任选两根,每根取两个试样分别进行拉力试验(包括屈服强度、抗拉强度和伸长率)和冷弯试验,如有一项试验结果不符合表1-4要求,则从同一批中另取双倍数量的试样重作各项试验。如仍有一个试样不合格,则该批钢筋为不合格品。

## 2. 余热处理钢筋

(1)技术性能:余热处理钢筋是采用热轧钢筋热轧后立即蘸水,使钢筋表面温度得到控制,然后利用钢筋芯部余热自身完成回火处理所得的成品钢筋。其表面形状同热轧月牙肋钢筋,强度相当于热轧钢筋的Ⅲ级。

余热处理钢筋又称调质钢筋,应符合《钢筋混凝土用余热处理钢筋》(GB13014—1991)的规定。其力学性能应符合表1-6的规定,其化学成分应符合表1-7的规定。

表1-6 余热处理钢筋的力学性能与工艺性能

品种		强度等级代号	公称直径 (mm)	屈服点 $\sigma_s$ (MPa)	抗拉强度 $\sigma_b$ (MPa)	伸长率 $\delta_5$ (%)	冷弯	
表面形状	钢筋级别						弯曲角度	弯心直径
月牙肋	Ⅲ	RRB400	8~25 28~40	440	600	14	90° 90°	3d 4d

表1-7 余热处理钢筋的化学成分

表面形状	钢筋级别	强度等级代号	牌号	化学成分(%)				
				C	Si	Mn	P	S
月牙肋	Ⅲ	RRB400	20MnSi	0.17~0.25	0.40~0.80	1.20~1.60	不大于	
							0.045	0.045

(2) 钢筋的检验: 余热处理钢筋应成批验收。每批由同一外形截面尺寸、同一热处理制度和同一炉罐号的钢筋组成。每批重量不大于 60t。公称容量不大于 30t 炼钢炉冶炼的钢轧成的钢材, 允许不同的炉号组成混合批, 但每批中不得多于 10 个炉号。各炉号间钢的含碳量差 ( $\omega_c$ ) 不大于 0.02%, 含锰量  $\omega_{Mn}$  差不得大于 0.15%, 含硅量  $\omega_{Si}$  差不得大于 0.20%。

①外观检查: 从每批钢筋中选取 10% 盘数 (不少于 25 盘) 进行表面质量与尺寸偏差检查。钢筋表面不得有裂纹、结疤和折叠, 钢筋表面允许有局部凸块, 但不得超过螺纹的高度。如检查不合格, 则应将该批钢筋进行逐盘检查。

②力学性能试验: 从每批钢筋中选取 10% 盘数 (不少于 25 盘) 进行拉力试验。如有一项指标不符合表 1-6 的要求, 则该不合格盘报废。再从未试验过的钢筋中取双倍数量的试样进行复验, 如仍有一项指标不合格, 则该批为不合格品。

### 3. 冷轧带肋钢筋

(1) 技术性能: 冷轧带肋钢筋是以普通低碳钢或低合金钢热轧盘圆条为母材, 经冷轧或冷拔减径后在其表面冷轧成具有三面或二面月牙形横肋的钢筋。这类钢筋同热轧钢筋相比, 具有强度高、塑性好、握裹力强等优点, 因此被广泛应用于工业与民用建筑中。其性能应符合国家标准《冷轧带肋钢筋》(GB13788—92) 的规定。

冷轧带肋钢筋成品公称直径范围为 4 ~ 12mm。按抗拉强度分为 550 级 (LL550)、650 级 (LL650)、800 级 (LL800) 三个强度指标。各级别的力学与工艺性能应符合表 1-8 的规定。钢筋的强屈比  $\sigma_b/\sigma_{0.2}$ , 应不小于 1.05。当进行冷弯时, 弯曲部位表面不得产生裂纹。冷轧带肋钢筋的外形尺寸、表

面质量和重量偏差应符合表 1-9 和表 1-10 的规定。

钢筋每盘应由一根组成; LL650 和 LL800 级钢筋不得有焊接接头。

LL550 级钢筋宜用作钢筋混凝土结构构件中的受力主筋、架立筋、箍筋和构造筋。LL650 和 LL800 级钢筋宜用作预应力钢筋混凝土结构构件中的受力主筋。

表 1-8 冷轧带肋钢筋的力学性能与工艺性能

级别 代号	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ (MPa) 不小于	抗拉强度 $\sigma_b$ (MPa) 不小于	伸长率(%) 不小于		冷弯 180° D 弯心直径		应力松弛 $\sigma_{kn}=0.7\sigma_b$	
			$\delta_{10}$	$\delta_{100}$			1000h 不大于 (%)	10h 不大于 (%)
LL550	500	550	8	—	$D=3d$	受弯曲表面不得产生裂纹	—	—
LL650	520	650	—	4	$D=4d$		8	5
LL800	640	800	—	4	$D=5d$		8	5

注:①抗拉强度按公称直径  $d$  计算。

②伸长率  $\delta_{10}$  的测量标距为  $10d$ ; 伸长率  $\delta_{100}$  的测量标距为 100mm。

③对成盘供应的 650 级和 800 级钢筋, 经调直后的抗拉强度仍应符合表中规定。

(2) 钢筋的检验: 冷轧带肋钢筋应按批进行检查和验收。每批由同一钢号、同一规格和同一级别的钢筋组成, 每批不大于 50t。

①外观检查: 每批钢筋应有出厂合格证明书, 每盘或捆均应有标牌。每批抽取 5% (但不少于 5 盘或 5 捆) 进行外形尺寸、表面质量和重量偏差的检查。检查结果应符合表 1-9 和表 1-10 的规定, 如其中有一盘或一捆不合格, 则应对该批钢筋逐盘或逐捆进行检查。

②力学性能检验:钢筋的力学性能和工艺性能应逐盘进行检验。从每盘任一端截去 500mm 以后取二个试样,一个作抗拉强度和伸长率试验,另一个作冷弯试验。检查结果如有一项指标不符合表 1-8 的规定,则判该盘钢筋不合格。

对成捆供应的 550 级钢筋应逐捆检验,从每捆中同一根钢筋上截取二个试样,一个作抗拉强度和伸长率试验,另一个作冷弯试验。检查结果如有一项指标不符合表 1-8 的规定,应从该捆钢筋中取双倍数量的试件进行复验,复验结果仍有一个试样不合格,则判该捆钢筋不合格。

表 1-9 三面肋冷轧带肋钢筋的尺寸、  
表面质量和重量偏差

公称 直径 (mm)	公称 横截 面积 (mm <sup>2</sup> )	重量		横肋中点高		横肋 1/4 处高 <i>a</i> (mm)	肋顶 宽 <i>b</i> (mm)	肋距		相对肋 面积 $f_r$ 不小于
		理论 重量 (kg/m)	允许偏 差不大 于(%)	<i>a</i> (mm)	允许偏差 不大于 (mm)			<i>c</i> (mm)	允许偏 差不大 于(%)	
4	12.6	0.099	±4	0.30	+0.10 -0.05	0.24	~ 0.2 <i>d</i>	4.0	±5	0.036
5	19.6	0.154		0.32		0.26		4.0		0.039
6	28.3	0.222		0.40		0.32		5.0		0.039
7	38.5	0.302		0.46		0.37		5.0		0.045
8	50.3	0.395		0.55		0.44		6.0		0.045
9	63.6	0.499		0.75		0.60		7.0		0.052
10	78.5	0.617		0.75		0.60		7.0		0.052
12	113.1	0.888		0.97		0.77		8.4		0.056

注:①横肋 1/4 处高、肋顶宽供孔型设计用。

②其他规格钢筋尺寸允许偏差可参考相邻尺寸的参数确定。

表 1-10 二面肋冷轧带肋钢筋的尺寸、  
表面质量和重量偏差

公称 直径 (mm)	公称 横截 面积 (mm <sup>2</sup> )	重量		横肋中点高		横肋 1/4 处高 $a$ (mm)	肋顶 宽 $b$ (mm)	肋距		相对肋 面积 $f_r$ 不小于
		理论 重量 (kg/m)	允许偏 差不大 于(%)	$a$ (mm)	允许偏差 不大于 (mm)			$c$ (mm)	允许偏 差不大 于(%)	
5	19.6	0.154		0.32		0.26		4.0		0.039
6	28.3	0.222		0.40		0.32		5.0		0.039
7	38.5	0.302		0.46		0.37		5.0		0.045
8	50.3	0.395	$\pm 4$	0.55	+0.10 -0.05	0.44	~ 0.2d	6.0	$\pm 5$	0.045
9	63.6	0.499		0.75		0.60		7.0		0.052
10	78.5	0.617		0.75		0.60		7.0		0.052
12	113.1	0.888		0.97		0.77		8.4		0.056

注:①横肋 1/4 处高、肋顶宽供孔型设计用;允许有高度不大于 0.5a 的纵肋。

②其他规格钢筋尺寸及允许偏差可参考相邻尺寸的参数确定。

③钢筋的椭圆度(在同一截面内最大直径和最小直径之差)不应超过直径公差范围。

#### 4. 冷轧扭钢筋

(1)技术性能:冷轧扭钢筋是由普通低碳钢热轧盘圆钢筋经冷轧扭工艺制成。其表面形状为连续的螺旋形,故它与混凝土的粘结性能很强,同时具有较高的强度和足够的塑性。如用它代替 I 级钢筋可节约钢材约 30% 左右,可降低工程成本。冷轧扭钢筋的力学性能应符合表 1-11 的规定;其规格及截面参数见表 1-12;冷轧扭钢筋的外形尺寸及重量见表 1-13。

### 第三节 钢筋的种类

表 1-11 冷轧扭钢筋的力学性能

符号	公称面积( $\text{mm}^2$ ) (厚 $\times$ 宽) (mm)	抗拉 强度 (MPa)	屈服 点 (MPa)	伸长率 (%) $\delta_{100}$	弯曲次数	弹性模量 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
		不小于				
$\phi'6.5$	28(3.5 $\times$ 8)	580	360	3.0	4 弯曲角度 90°弯曲半 径为2倍 母材半径	$1.95 \times 10^5$
$\phi'8.0$	40(4.0 $\times$ 10)					
$\phi'10.0$	60(5.0 $\times$ 12)					

冷轧扭钢筋一般用于预应力钢筋混凝土楼板和现浇钢筋混凝土楼板等。

表 1-12 冷轧扭钢筋的规格及截面参数

标志直径 $d$ (mm)		公称截面面积 $AS(\text{mm}^2)$	公称重量 $G$ (kg/m)	等效直径 $d_0(\text{mm})$	截面周长 $u(\text{mm})$
I 型	6.5	29.5	0.232	6.1	23.4
	8.0	45.3	0.356	7.6	30.0
	10.0	68.3	0.536	9.2	36.4
	12.0	93.3	0.733	10.9	42.5
	14.0	132.7	1.042	13.0	49.2
II 型	12.0	97.8	0.768	11.2	51.5

注:① I 型为矩形截面, II 型为菱形截面。

②等效直径  $d_0(\text{mm})$  由公称截面面积等效为圆形截面的直径。

表 1-13 冷轧扭钢筋的外形尺寸及重量

类型	标志直径 $d$ (mm)	轧扁厚度 $t$ (mm)	节距 $L_1$ (mm)	公称重量 $G$ (kg/m)
I 型 矩形	6.5	$\geq 3.7$	$\leq 75$	0.232
	8.0	$\geq 4.2$	$\leq 95$	0.356
	10.0	$\geq 5.3$	$\leq 110$	0.536
	12.0	$\geq 6.2$	$\leq 150$	0.733
	14.0	$\geq 8.0$	$\leq 170$	1.042
II 型菱形	12.0	$\geq 8.0$	$\leq 145$	0.768

注:实际重量和公称重量的负偏差不应大于 5%。

(2) 钢筋的检验:冷轧扭钢筋的成品规格及检验方法,应符合现行行业标准《冷轧扭钢筋》JG3046 的规定。冷轧扭钢筋进场后应分批进行复检,检验批可按同一钢厂、同一牌号、同一规格钢筋为一批,且每批重量不应大于 10t(不足一批重量按一批计)。当连续检验 10 批均为合格时检验批重量可扩大一倍。

①外观检查:冷轧扭钢筋成品应有出厂合格证或试验合格报告单。进入现场时应分批分规格捆扎,每捆应挂牌,注明钢筋的规格、数量、生产日期、生产厂家,并应对标牌标签进行核实,分批验收。冷轧扭钢筋的表面不应有裂纹、折叠、结疤、压痕、机械损伤、或其他影响使用的缺陷。

冷轧扭钢筋的规格、截面参数和外形尺寸应符合表 1-12、1-13 的规定。

②冷轧扭钢筋的力学性能:冷轧扭钢筋的力学性能检验指标应符合表 1-14 的规定。进行力学性能复检时,应从每批冷轧扭钢筋中随机抽取三根,两根进行拉伸试验,一根进行冷弯试验。当所有试样均合格时,该批冷轧扭钢筋可定为合格品。当有不合格时,应按现行行业标准《冷轧扭钢筋》JG3046 的规定进行复试和判定。

表 1-14 冷轧扭钢筋的力学性能检验指标

抗拉强度 $f_{stk}$ (MPa)	伸长率 $\delta_{10}$ (%)	冷弯 180° (弯心直径 = 3d)
$\geq 580$	$\geq 4.5$	受弯曲部位表面不得产生裂纹

## 二、钢筋焊接网

钢筋焊接网技术是以冷轧带肋钢筋或冷拔光面钢筋为母材,在工厂的专用焊接设备上生产和加工而成的网片或网卷,用于钢筋混凝土结构,以取代传统的人工绑扎。钢筋焊接网被认为是一种新型、高效、优质的混凝土结构用建筑钢材。是建筑钢筋三大分类(光面钢筋、带肋钢筋和焊接网)之一。

### 1. 种类

焊接网就钢筋直径和网孔尺寸而言变化范围较大,钢筋直径在 0.5 ~ 25mm 之间,网孔尺寸大约在 6 ~ 300mm (个别达 400mm) 之间。

钢筋焊接网按钢丝直径和用途分为以下三类:

(1) 细网:钢筋直径 0.5 ~ 1.5mm,用于墙面抹灰,防止表面裂缝;用于玻璃中的加强配筋;用于家禽和小动物的筛笼、筛子;日用品及家用电器的保护栅栏等。

(2) 轻网:钢筋直径 1 ~ 6mm,用于农业、民用和商业娱乐设施的围栏;井下巷道的衬砌支护;用于混凝土结构加固工程



等。

(3) 加强网: 钢筋直径一般为  $5 \sim 12\text{mm}$  (最大可达  $25\text{mm}$ ), 网孔尺寸为  $100\text{mm} \times 100\text{mm}$  至  $200\text{mm} \times 200\text{mm}$ , 有的一个方向网孔尺寸可达  $400\text{mm}$ 。

其中加强网即为建筑用钢筋焊接网, 主要用于现浇混凝土楼板。

## 2. 技术要求

### (1) 规格:

①钢筋焊接网宜采用 LL550 级冷轧带肋钢筋制作, 也可采用 LG510 级冷拔光面钢筋制作。一片焊接网宜采用同一类型的钢筋焊成。

②钢筋焊接网可按形状、规格分为定型焊接网和定制焊接网两种。

(a) 定型焊接网在两个方向上的钢筋间距和直径可以不同, 但在同一个方向上的钢筋应具有相同的直径、间距和长度。《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ/T114 - 1997 提供有定型钢筋焊接网的型号;《钢筋混凝土用焊接钢筋网》YB/T076 - 1995 推荐采用型号, 见表 1-15。

(b) 定制焊接网的形状、尺寸应根据设计和施工要求, 由供需双方协商确定。

③钢筋焊接网的规格应符合下列规定:

(a) 钢筋直径宜为  $4 \sim 12\text{mm}$ 。

(b) 焊接网长度不宜超过  $12\text{m}$ , 宽度不宜超过  $3.4\text{m}$ 。

(c) 焊接网制作方向的钢筋间距宜为  $100\text{mm}$ 、 $150\text{mm}$ 、 $200\text{mm}$ , 与制作方向垂直的钢筋间距宜为  $100 \sim 400\text{mm}$ , 且应为  $10\text{mm}$  的整倍数。

表 1-15 推荐采用的定型钢筋网

钢筋网 型号	纵向钢筋			横向钢筋			重量 (kg/m <sup>2</sup> )
	公称直径 (mm)	间距 (mm)	每延米面积 (mm <sup>2</sup> /m)	公称直径 (mm)	间距 (mm)	每延米面积 (mm <sup>2</sup> /m)	
A393	10	200	393	10	200	393	6.16
A318	9		318	9		318	4.99
A252	8		252	8		252	3.95
A193	7		193	7		193	3.02
A142	6		142	6		142	3.22
A98	5		98	5		98	1.54
B576	10	150	576	10	200	393	7.61
B466	9		466	9		318	6.15
B369	8		369	8		252	4.87
B282	7		282	7		193	3.73
B208	6		208	6		142	2.75
B144	5		144	5		98	1.90
C1131	12	100	1131	8	200	252	10.9
C785	10		758	8		252	8.14
C636	9		636	8		252	6.97
C503	8		503	8		252	5.93
C385	7		385	7		193	4.53
C283	6		283	7		193	3.73
C196	5		169	7		193	3.05

(2)性能:

①焊接网钢筋的强度标准值 $f_{stk}$ 应按表 1-16 采用。

表 1-16 焊接网钢筋强度标准值 (MPa)

焊接网钢筋	钢筋直径(mm)	$f_{stk}$
冷轧带肋钢筋	4、5、6、7、8、9、10、11、12	550
冷拔光面钢筋	4、5、6、7、8、9、10、11、12	510

注:①经设计单位与生产厂家协商同意,根据材料实际情况,钢筋直径在 4~12mm 范围内可采用 0.5mm 进级。

②冷拔光面钢筋伸长率应满足  $\delta_{10} \geq 8\%$

②焊接网钢筋的抗拉强度设计值  $f_y$  和抗压强度设计值  $f'_y$  应按表 1-17 采用。

表 1-17 焊接网钢筋强度设计值 (MPa)

焊接网钢筋	$f_y$	$f'_y$
冷轧带肋钢筋	360	360
冷拔光面钢筋	320	320

③焊接网钢筋的弹性模量,应按表 1-18 采用。

表 1-18 焊接网钢筋弹性模量 (MPa)

焊接网钢筋	$E_s$
冷轧带肋钢筋	$1.9 \times 10^5$
冷拔光面钢筋	$2.0 \times 10^5$

### 3. 钢筋焊接网的检查验收

(1) 钢筋焊接网应成批验收,每批应由同一厂家生产的、受力主筋为同一直径的焊接网组成,重量不应大于 20t。

(2) 每批焊接网应抽取 5% (不少于 3 片) 的网片,外观质量和几何尺寸的检验应符合下列规定:

①钢筋交叉点开焊数量不得超过整个网片交叉点总数的 1%。并且任一根钢筋上开焊点数不得超过该根钢筋上交叉点总数的 50%。焊接网最外边钢筋上的交叉点不得开焊。

②焊接网表面不得有油渍及其他影响使用的缺陷,可允

许有毛刺、表面浮锈以及因取样产生的钢筋局部空缺,但空缺必须用相应的焊接网补上。

③焊接网几何尺寸的允许偏差应符合表 1-19 的规定,且在一张网片中纵、横向钢筋的数量应符合设计要求。

表 1-19 焊接网几何尺寸允许偏差 (mm)

项 目	允许偏差
网片的长度、宽度	$\pm 25$
网格的长度、宽度	$\pm 10$

注:当需方有要求时,经供需双方协商,焊接网片长度允许偏差可取  $\pm 10\text{mm}$ 。

(3)对冷拔光面钢筋焊接网,应从每批中随机抽取 5% (不少于 3 片)的网片作钢筋直径偏差检验。钢筋直径偏差检验应在每张网片的纵、横向钢筋中随机抽取 5 根钢筋,钢筋直径的允许偏差应符合表 1-20 的规定。

表 1-20 冷拔光面钢筋直径允许偏差 (mm)

钢筋公称直径( $d$ )	$\leq 5$	$5 < d < 10$	$\geq 10$
允许偏差	$\pm 0.10$	$\pm 0.15$	$\pm 0.20$

(4)对冷轧带肋钢筋焊接网,应从每批中随机抽取一张网片,进行重量偏差检验,试件尺寸为  $1000\text{mm} \times 1000\text{mm}$ ,试样上每根钢筋的长度偏差为  $\pm 5\text{mm}$ ,对每平方米重量不小于  $5\text{kg}$  的试样,重量允许偏差为  $\pm 0.05\text{kg}$ ,对每平方米重量小于  $5\text{kg}$  的试样,重量允许偏差为  $\pm 0.01\text{kg}$ 。钢筋焊接网每平方米的实际重量与公称重量的允许偏差为  $\pm 4.5\%$ 。

(5)钢筋焊接网的强度、伸长度、冷弯及抗剪试验应符合以下各项规定。

①钢筋焊接网宜采用符合现行国家标准《冷轧带肋钢筋》GB 13788-1992 规定的 LL550 级冷轧带肋钢筋制作,也

可采用符合表 1-21 规定的 LG510 级冷拔光面钢筋制作。

②制造冷拔光面钢筋的热轧盘条宜采用符合现行国家标准《低碳钢热轧圆盘条》GB/T 701-1997 或《低碳钢无扭控冷热轧盘条》YB 4027 规定的高速线材。

③冷拔光面钢筋直径为 4~12mm, 钢筋的表面应符合 GB 13788-1992 的相应规定。钢筋的力学性能与工艺性能应符合表 1-21 的规定。

表 1-21 钢筋焊接网力学性能和工艺性能

抗拉强度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	伸长率 $\delta_{10}$ (%)	冷弯 180°	
$\geq 550$ (冷轧带肋钢筋)	$\geq 8$	$D = 3d$	受弯曲部位 表面不得产生 裂纹
$\geq 510$ (冷拔光面钢筋)			

注:①抗拉强度按公称直径  $d$  计算。

②伸长率  $\delta_{10}$  的测量标距为  $10d$ 。

③ $D$  为弯心直径。

④在每批焊接网中,应随机抽取一张网片,在纵、横向钢筋上各截取 2 根试样,分别进行强度(包括伸长率)和冷弯试验。每个试样应含有不少于一个焊接点,试样长度应足以保证夹具之间的距离不小于 20 倍试样直径,且不小于 300mm。对于并筋,非受拉钢筋应在离交叉焊点约 20mm 处切断〔图 6-17(c)〕

(6)钢筋焊接网的力学性能和工艺性能试验结果应符合表 1-21 的规定。

焊接网的拉伸、冷弯试验结果如不合格,则应从该批焊接网中再取双倍试样进行不合格项目的检验,复验结果全部合格时,该批焊接网方可判定为合格。

(7) 在每批焊接网中,随机抽取一张网片,在同一根非受拉钢筋上随机截取3个抗剪试样[图6-17(b)]。当并筋时,非受拉钢筋应在交叉焊点处切断,但不应损伤受拉钢筋焊点。

钢筋焊接网焊点的抗剪力(单位为N)不应小于150与较粗钢筋公称横截面积(单位为 $\text{mm}^2$ )的乘积。抗剪力的试验结果应按三个试样的平均值计算。

焊接网抗剪力试验结果平均值如不合格时,则取样的同一根非受拉钢筋上的所有交叉焊点均应取样检验,当全部交叉焊点试验结果平均值合格时,该批焊接网方可判定为合格。

### 三、预应力钢筋

预应力高强钢筋主要有:钢丝、钢绞线和粗钢筋三种。后张法广泛采用钢丝束和钢绞线。高强度粗钢筋也可用于后张法。

目前,国内主要使用的预应力钢材种类有:甲级冷拔低碳钢丝、高强钢丝(碳素钢丝)、钢绞线、冷拉Ⅱ~Ⅳ级钢筋、热处理钢筋及精轧螺纹钢筋等。预应力钢材的发展趋势为高强度、粗直径、低松弛和耐腐蚀。无粘结预应力筋(含钢绞线和钢丝束)是近十年新发展起来的后张无粘结预应力成套技术中的主要材料。

#### 1. 高强碳素钢丝

(1) 规格、性能:预应力混凝土用钢丝分类按交货状态分为冷拉钢丝和消除应力钢丝两种;按外形分为光面钢丝、刻痕钢丝、螺旋肋钢丝三种;按松弛性能分两级,即Ⅰ级和Ⅱ级松弛。

预应力混凝土用光面、刻痕和螺旋肋的冷拉或消除应力的强度高规格钢丝的规格与力学性能,应符合国家标准《预应力混凝土用钢丝》(GB/T5223-1995)的规定,详见表1-22~表1-26。预应力钢丝强度标准值与设计值见表2-4和表2-6。

表 1-22 光面钢丝尺寸及允许偏差

钢丝公称直径 (mm)	直径允许偏差 (mm)	横截面积 (mm <sup>2</sup> )	每米理论重量 (kg/m)
3.00	±0.04	7.07	0.055
4.00		12.57	0.099
5.00	±0.05	19.63	0.154
6.00		28.27	0.222
7.00	±0.05	38.48	0.302
8.00		50.26	0.394
9.00		63.62	0.499

注:计算钢丝理论重量时钢的密度为  $7.85\text{g/cm}^3$ 。

表 1-23 二面刻痕钢丝尺寸及允许偏差 (mm)

<i>d</i>		<i>h</i>		<i>a</i>		<i>b</i>		<i>R</i>	
钢丝 公称 直径	允许 偏差	公称 尺寸	允许 偏差	公称 尺寸	允许 偏差	公称 尺寸	允许 偏差	公称 尺寸	允许 偏差
5.00	±0.05	4.60	±0.10	3.50	±0.50	3.00	±0.50	4.50	±0.50
7.00		6.60							

注:①钢丝的横截面积和单重与光面钢丝相同。

②两面刻痕允许任意错位,错位后一面压痕公称深度为  $0.2\text{mm}$ 。

表 1-24 三面刻痕钢丝尺寸及允许偏差 (mm)

公称直径 <i>d<sub>n</sub></i>	公称刻痕尺寸		
	深度 <i>a</i>	长度 <i>b</i> 不小于	节距 <i>L</i> 不小于
≤5.00	$0.12 \pm 0.05$	3.5	5.5
>5.00	$0.15 \pm 0.05$	5.0	8.0

注:钢丝的横截面积和单重与光面钢丝相同。

### 第三节 钢筋的种类

表 1-25 螺旋肋钢丝尺寸及允许偏差 (mm)

公称直径 mm	螺旋肋数量条	螺旋肋公称尺寸				
		基圆直径 $D_1$ (mm)	外轮廓直径 $D$ (mm)	单肋尺寸		螺旋肋 导程 $c$ (mm/360°)
				宽度 $a$ (mm)	$b$ (mm)	
4.00	3	$3.85 \pm 0.05$	$4.25 \pm 0.05$	1.00 ~ 1.50	$0.20 \pm 0.05$	32.00 ~ 36.00
5.00	4	$4.80 \pm 0.05$	$5.40 \pm 0.10$	1.20 ~ 1.80	$0.25 \pm 0.05$	34.00 ~ 40.0
6.00	4	$5.80 \pm 0.05$	$6.50 \pm 0.10$	1.30 ~ 2.00	$0.35 \pm 0.05$	38.00 ~ 45.00
7.00	4	$6.70 \pm 0.05$	$7.50 \pm 0.10$	1.80 ~ 2.20	$0.40 \pm 0.05$	35.00 ~ 56.00
8.00	4	$7.70 \pm 0.05$	$8.60 \pm 0.10$	1.80 ~ 2.40	$0.45 \pm 0.05$	55.00 ~ 65.00

注:①钢丝的横截面积和单重与光面预应力钢丝相同。

②力学性能按光面钢丝要求。

③ $\phi 4.80$  钢丝,基圆 4.60mm,  $a$ 、 $b$ 、 $c$  数据按  $\phi 5.00$ mm 钢丝,其他规格可根据用户要求供需双方协商供货。

表 1-26 碳素钢丝力学性能

种类	公称直径 (mm)	抗拉强度	规定非比例伸长应力	伸长率 (%) ( $L_0 = 100\text{mm}$ ) 不小于	弯曲次数		松弛			备 注	
		$\sigma_b$ (MPa) 不小于	$\sigma_{0.2}$ (MPa) 不小于		次数 (180°) 不小于	弯曲半径 (mm)	初始应力 相当于 公称抗拉 强度的 百分数 (%)	1000h 应力 损失(%) 不大于			
		I 级 松弛	II 级 松弛								
消除应力及螺旋肋钢丝	4.00	1470 1570	1250 1330	4	3	10	60	4.5	1.0	I 级 松弛即 普通松 弛, II 级 松弛为 低松弛 $\sigma_{0.2} \leq 0.85\sigma_b$	
	5.00	1670 1770	1410 1500		4	15					
	6.00	1570 1670	1330 1420			20	70	8	2.5		
	7.00	1470	1250								
	8.00					25	80	12	4.5		
	9.00	1570	1330								



(续表)

种类	公称 直径 (mm)	抗拉 强度 $\sigma_b$ (MPa) 不小于	规定 非比例 伸长应力 $\sigma_s$ (MPa) 不小于	伸长率 (%) ( $l_0 = 100\text{mm}$ ) 不小于	弯曲次数		松弛			备 注
					次数 (180°) 不小于	弯曲 半径 (mm)	初始应力 相当于 公称抗拉 强度的 百分数 (%)	1000h 应力 损失(%) 不大于		
								I级 松弛	II级 松弛	
冷拉 钢丝	3.00	1470	1100	2	4	7.5				$\sigma_{p0.2} \leq 0.75\sigma_b$
		1570	1180							
	4.00	1670	1250	3	5	15				
	5.00	1470	1100							
		1570	1180							
刻痕 钢丝	$\leq 5.00$	1470	1250	4	3	15	70	8	25	$\sigma_{p0.2} \leq 0.85\sigma_b$
		1570	1340							
	$> 5.00$	1470	1250							
		1570	1340							

## (2) 钢材检验:

①组批规则:预应力钢丝应成批验收,每批由同一牌号、同一规格、同一生产工艺制度的钢丝组成,每批重量不大于60t。

②钢丝的检验规则应按 GB2103 的规定执行。在每盘钢丝的两端取样进行抗拉强度、弯曲和伸长率的试验。屈服强度和松弛试验每季度抽验一次,每次不少于3根。

如有某一项试验结果不符合 GB/T5223 标准要求,则该盘钢丝为不合格品;并从同一批未经试验的钢丝盘中再取双

倍数量的试件进行复验(包括该项试验所要求的任一指标)。如仍有一个指标不合格,则该批钢丝为不合格品或逐盘检验取用合格品。

钢丝屈服强度检验,按 2% 盘数选取,但不得少于 3 盘。

## 2. 冷拔低碳钢丝

(1)性能:冷拔低碳钢丝是由 I 级热轧小直径盘圆钢筋拔制而成,价格低廉。冷拔低碳钢丝有较高的抗拉强度,目前仍为我国小型构件尤其是短向圆孔板的主要预应力钢材。

冷拔低碳钢丝的力学性能见表 1-27。

表 1-27 冷拔低碳钢丝的力学性能

钢丝级别	直径(mm)	抗拉强度(MPa)		伸长率 $\delta_{100}(\%)$	180°反复弯曲 (次数)
		I 组	II 组		
甲级	5	650	600	3.0	4
	4	700	650	2.5	
乙级	3~5	550		2.0	4

注:预应力冷拔低碳钢丝经机械调直后,抗拉强度标准值应降低 50MPa。

对无明显物理流限的冷拔低碳钢丝,其条件屈服点取  $0.8\sigma_b$  ( $\sigma_b$  为国家标准规定的极限抗拉强度)为该钢筋设计强度(表 2-6)。

冷拔低碳钢丝的主要缺点是塑性太小, $\phi 4$  或  $\phi 5$  的冷拔低碳钢丝的伸长率  $\delta_{100}$  (以 100mm 为标距测量伸长率)仅为 1.5%~3.0%。因此,采用这种钢丝配筋的预应力构件,破坏前的变形预兆很小,多呈现出突发性的“脆性断裂”特征。

最近,建设部已发出“关于应用中强钢丝逐步取代冷拔低碳钢丝”的建议。

(2)检验:由于冷拔低碳钢丝货源广泛,母材质量差异较

大,所以使用前要逐盘检验成品以控制质量。凡强度检测值大于Ⅰ组强度标准值者按Ⅰ组强度计算;小于Ⅰ组按Ⅱ组强度计算;小于Ⅱ组者按乙级考虑,可作为非预应力的普通配筋应用。

### 3. 钢绞线

(1)规格、性能:钢绞线是由2、3、7根高强钢丝扭结而成的一种高强预应力钢材。预应力钢绞线截面见图1-4、图1-5。

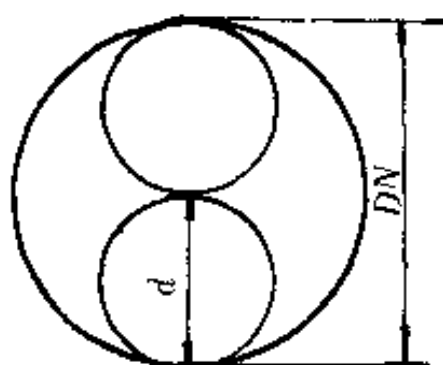


图1-4 1×2 结构钢绞线

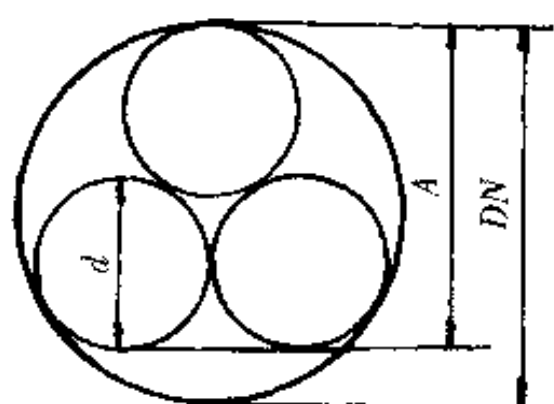


图1-5 1×3 结构钢绞线

用得最多的是由6根钢丝围绕着一根芯丝顺一个方向扭结而成的7股钢绞线。芯丝直径常比外围钢丝直径大5%~7%,使各根钢丝紧密接触,钢丝的扭距一般为12~16d。常用的钢绞线为7φ4和7φ5两种。见图1-6。

7股钢绞线由于面积较大,比较柔软,操作方便,既适用于先张法又适用于后张法施工,目前已成为国际上应用最广的一种预应力钢材。它既可以在先张法有粘结

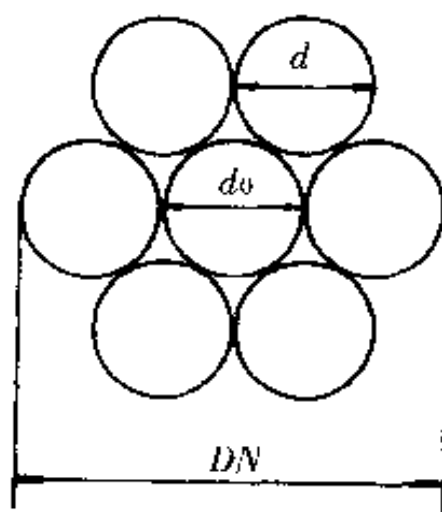


图1-6 1×7 结构钢绞线

DN—钢绞线直径(mm)

$d_0$ —中心钢丝直径(mm)

d—外层钢丝直径(mm)

法预应力混凝土中使用,也可以适用于后张法有粘结和无粘结工艺。

预应力混凝土用钢绞线标准 GB/T5224,预应力钢绞线的外形尺寸与允许偏差及力学性能见表 1-28 ~ 表 1-31。预应力钢绞线强度标准值与设计值见表 2-6。

(2) 检验:

①组批规则:预应力钢绞线应成批验收,每批由同一牌号、同一规格、同一生产工艺制度的钢绞线组成,每批重量不大于 60t。

表 1-28 1×2 结构钢绞线尺寸及允许偏差

钢绞线 结构	公称直径(mm)		钢绞线直径 允许偏差 (mm)	钢绞线公称 截面积 (mm <sup>2</sup> )	每 1 000m 钢绞 线理论重量 (kg)
	钢绞线	钢丝			
1×2	5.00	2.50	+0.20	9.81	77.0
	5.80	2.90	-0.10	13.2	104
	8.00	4.00	+0.30 -0.15	25.3	199
	10.00	5.00	+0.30	39.5	310
	12.00	6.00	-0.15	56.9	447

表 1-29 1×3 结构钢绞线尺寸及允许偏差

钢绞线 结构	公称直径(mm)		钢绞线 测量尺寸 (mm)	钢绞线 测量尺寸 允许偏差 (mm)	钢绞线公 称截面积 (mm <sup>2</sup> )	每 1 000m 钢 绞线理论 重量(kg)
	钢绞线	钢丝				
1×3	6.20	2.90	5.41	+0.20	19.8	77.0
	6.50	3.00	5.60	-0.10	21.3	104
	8.60	4.00	7.46	+0.30	37.4	199
	8.74	4.05	7.56	-0.15	38.64	306
	10.80	5.00	9.33	+0.30	59.3	465
	12.90	6.00	11.20	-0.15	85.4	671

表 1-30 1×7 结构钢绞线尺寸及允许偏差

钢绞线 结构	公称 直径 (mm)	直径允许 偏差 (mm)	钢绞线公 称截面积 (mm <sup>2</sup> )	每 1 000m 的理论 重量(kg)	中心钢丝直径 加大范围不小 于(%)
1×7 标 准型	9.50	+0.30	54.8	432	2.0
	11.10	-0.15	74.2	580	
	12.70	+0.40	98.7	774	
	15.20		139	1 101	
1×7 模 拔型	12.70	-0.20	112	890	
	15.20		165	1 295	

表 1-31 钢绞线尺寸及拉伸性能

钢绞线 结构	钢绞线 公称 直径 (mm)	强度 级别 (MPa)	整根钢 绞线的 最大负 荷(kN)	屈服 载荷 (kN)	伸长率 (%)	1 000h 松弛 率(%) 不大于			
						1 级松弛		1 级松弛	
						初始负荷			
						70% 公 称最大 负荷	80% 公 称最大 负荷	70% 公 称最大 负荷	80% 公 称最大 负荷
1×2	5.00	1 570	15.4	13.1	3.5	8.0	12	2.5	4.5
		1 720	16.9	14.3					
		1 860	18.2	15.5					
	5.80	1 570	20.7	17.6					
		1 720	22.7	19.3					
		1 860	24.6	20.9					
	8.00	1 470	37.2	31.6					
		1 570	39.7	33.7					
		1 720	43.5	37.0					
		1 860	47.1	40.0					
	10.00	1 470	58.1	49.4					
		1 570	62.0	52.7					
		1 720							
		1 860	73.5	62.5					
	12.00	1 470	83.6	71.1					
		1 570	89.3	75.9					
		1 720							

### 第三节 钢筋的种类

(续表)

钢绞线 结构	钢绞线 公称 直径 (mm)	强度 级别 (MPa)	整根钢 绞线的 最大负 荷(kN)	屈服 载荷 (kN)	伸长率 (%)	1 000h 松弛 率(%) 不大于				
						1 级松弛		1 级松弛		
						初始负荷				
						不小于				
					70% 公 称最大 负荷	80% 公 称最大 负荷	70% 公 称最大 负荷	80% 公 称最大 负荷		
1 × 3	6.20	1 570	31.1	26.4	3.5	8.0	12	2.5	4.5	
		1 720	34.1	29.0						
		1 860	36.8	31.3						
	6.50	1 570	33.3	28.3						
		1 720	36.5	31.0						
		1 860	39.4	33.5						
	8.60	1 470	55.9	47.5						
		1 570	59.7	50.7						
		1 720	65.4	55.6						
		1 860	70.7	60.1						
	10.80	1 470	87.2	74.1						
		1 570	93.1	79.1						
		1 720								
		1 860	110	93.5						
	12.90	1 470	126	107						
		1 570	134	114						
		1 720								
8.74	1 570	60.6	51.5	3.5	8.0					
1 × 7	标准型	9.50	1 860	102	3.5	8.0	12	2.5	4.5	
		11.10	1 860	138						117
		12.70	1 860	184						156
		15.20	1 720	239						203
			1 860	259						220
		模拔型	12.70	1 860						209
	15.20		1 820	300						255

注:① I 级松弛即普通松弛级, II 级松弛即低松弛级,它们分别适用所有钢绞线。

②屈服负荷不小于整根钢绞线公称最大负荷的85%。

③表中公称直径8.74的1×3绞线只适用刻痕钢绞线。

②检查和验收:预应力钢绞线的检查验收由供方技术监督部门进行。

③检验数量:从每批钢绞线中任取3盘,进行表面质量、直径偏差、捻距和力学性能试验。如每批少于3盘,则应逐盘进行上述检验。屈服强度和松弛试验每季度抽验一次,每次不少于一根。

④复验与判定规则:从每盘所选的钢绞线端部正常部位截取一根试样进行上述试验。试验结果,如有一项不合格时则不合格盘报废。再从未试验过的钢绞线中取双倍数量的试样进行该不合格项的复验。如仍有一项不合格,则该批判为不合格品。但供方可以重新处理,作为新的一批提交验收。

⑤按标准GB/T 5224-1995,测定钢绞线的实际破断拉力时,应采用整根钢绞线作拉力试验,测定钢绞线伸长率的标准距离600mm。

#### 4. 热处理钢筋

(1)规格、性能:热处理钢筋是由普通热轧中碳低合金钢筋经淬火和回火的调质热处理制成的。这种钢筋具有强度高、韧性好和粘结力强等优点。钢筋热处理后应卷成盘,每盘钢筋应由一整根钢筋盘成。公称直径为6mm和8.2mm的热处理钢筋盘内径不小于1.7m,公称直径为10mm的热处理钢筋盘内径不小于2.0m。

热处理钢筋按其螺纹外形,分为带纵肋和无纵肋两种。热处理钢筋的外形与力学性能,应符合国家标准《预应力混凝土用热处理钢筋》GB4463-1984的有关规定(见表1-32、

表 1-33)

(2) 检验: 热处理钢筋应成批验收。每批由同一外形截面尺寸、同一热处理制度和同一炉号的钢筋组成。公称容量不大于 30t 炼钢炉冶炼的钢轧成的钢材, 允许交同钢号组成的混合批, 但每批中不得多于 10 个炉号。各炉号间钢的含碳量差不大于 0.02%, 含锰量差不得大于 0.15%, 含硅量差不得大于 0.20%。

表 1-32 热处理钢筋的力学性能

公称直径 (mm)	牌 号	屈服强度 $f_{0.2}$ (MPa)	抗拉强度 $f_y$ (MPa)	伸长率 $\delta_{10}$ (%)
		不 小 于		
6	40Si2Mn	1325	1470	6
8.2	48Si2Mn			
10	45Si2Cr			

表 1-33 国产低合金钢筋的物理力学性能

钢 筋		直径 (mm)	$f_y$ 或 $f_{0.2}$ (MPa)	$f_{ps}$ (MPa)	$\delta_5$ (%)	冷弯	冷拉率 <sup>①</sup> (%)
Ⅱ级	原材 冷拉	≤25	310 450	520	16	3d180°	5.5
Ⅲ级	原材 冷拉		380 500	580	14	3d90°	5
Ⅳ级	原材 冷拉		550 700	850	10	5d90°	4
V级 YB 2005-78	原材		1350	1500	6 <sup>②</sup>		

①冷拉钢筋系指用冷拉率单控制的钢筋。

②系指  $\delta_{10r}$ 。



①外观检查:从每批钢筋中选取 10% 盘数(不少于 25 盘)进行表面质量与尺寸偏差检查。钢筋表面不得有裂纹、结疤和折叠,钢筋表面允许有局部凸块,但不得超过螺纹肋的高度。钢筋尺寸要用卡尺测量并应符合 GB4463 - 1984 标准。如检查不合格,则应将该批钢筋进行逐盘检查。

②力学性能试验:从每批钢筋中选取 10% 盘数(不少于 25 盘)进行拉力试验。如有一项不合格,则该不合格盘报废。再从未试验过的钢筋中取双倍数量的试件进行复验,如仍有一项不合格,则该批为不合格品。

### 5. 精轧螺纹钢筋

(1)性能:精轧螺纹钢筋是用热轧方法在整个钢筋表面上轧出不带纵肋的螺纹外形。钢筋的接长用连接器,端头锚固直接用螺母。这种钢筋具有连接可靠、锚固简单、施工方便、无需焊接等优点。精轧螺纹钢筋的力学性能见表 1-34。

表 1-34 精轧螺纹钢筋的力学性能

级别	屈服点 $\sigma_s$ (MPa)	抗拉强度 $\sigma_b$ (MPa)	伸长率 $\delta_5$ (%)	冷弯 90°	松弛值 10h
	不小于				不大于
JL785	785	980	7	$D = 7d$	$80\% \sigma_{0.1}$
JL835	835	1035	7	$D = 7d$	1.5%
RL540	540	835	10	$D = 5d$	

注:① $D$ —弯心直径; $d$ —钢筋公称直径;

②RL540 级钢筋, $d = 32\text{mm}$  时,冷弯  $D = 6d$ ;

③钢筋弹性模量为  $1.95 \times 10^5 \sim 2.05 \times 10^5 \text{MPa}$

### (2) 检验:

①精轧螺纹钢筋应由收货方在钢筋到货后及时进行验

收,除验收合格证外,应对外观质量、外形尺寸和机械性能进行抽验。

②外观质量检查的取样方法为每 20t 至少抽查二根。要求钢筋表面不得有裂纹、缩松、缩孔、假愈合、劈裂和机械损伤等缺陷。

③外形尺寸检查的取样方法为:每炉或每批为一根,每批重量不得超过 60t,每批钢筋中任意抽取六根试样,直径  $\phi 25\text{mm}$  钢筋试样长度不小于 500mm,直径  $\phi 32\text{mm}$  钢筋试样长度不小于 600mm。试样除两端 5mm 范围可略作修整以方便检验外,不得进行任何冷、热处理的加工修整。

外形尺寸用环规综合检查钢筋各部尺寸及偏差。当通规可沿试样全长自由旋转通过,止规旋不进螺旋则视为尺寸合格。

④机械性能试验时,利用外形尺寸检查试件,不必重新取样。

机械性能试验时,将六个试件分为二组。一组按国家标准“金属材料拉力试验方法(GB228 - 1976)”进行拉力试验,测试抗拉强度  $\sigma_b$ 、屈服点  $\sigma_s$  (或条件流限  $\sigma_{0.2}$ ),伸长率  $\delta_5$ ;另一组按国家标准“金属材料冷弯试验方法(GB232 - 1963)”进行冷弯试验。

当有一项不符合规定时应加倍重新取样试验,仍有不合格则不得使用。

#### 5. 无粘结筋

(1)构造、性能:无粘结预应力筋是以专用防腐润滑脂作涂料层,由聚乙烯(或聚丙烯)塑料作护套的钢绞线或碳素钢丝束制作而成的。

无粘结预应力筋按钢筋种类和直径分类有三种： $\phi 12$  的钢绞线、 $\phi 15$  的钢绞线和  $7\phi 5$  的碳素钢丝束，形状如图 1-7，技术指标及工艺参数见表 1-35。

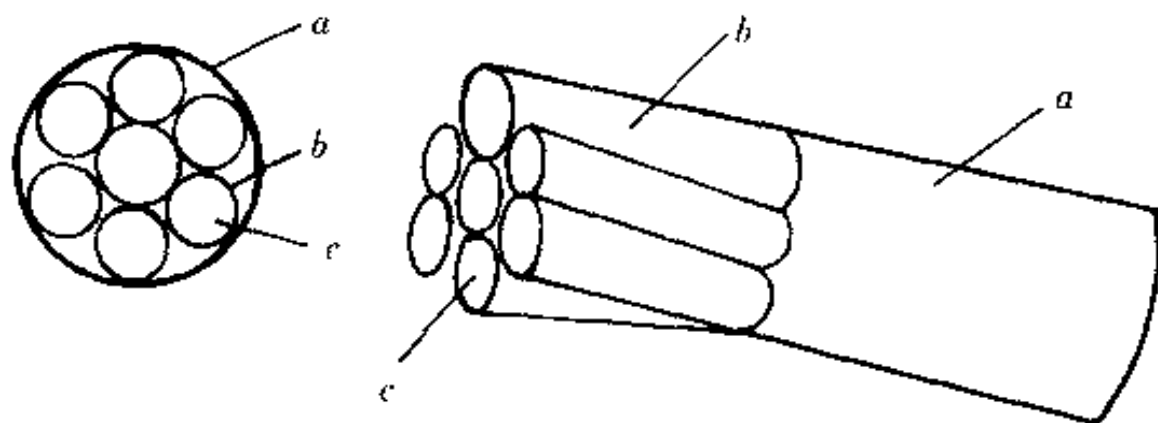


图 1-7 无粘结预应力筋

a. 塑料护套 b. 防腐润滑脂 c. 钢绞线(或高强钢丝束)

表 1-35 无粘结预应力筋技术参数

名称	项 目	碳素钢丝束 $7\phi 5$	钢 绞 线	
			$d = 12.70$ ( $7\phi 4$ )	$d = 15.20$ ( $7\phi 5$ )
钢 材	抗拉强度 (MPa)	1470 ~ 1770	1860	1720, 1860
	弹性模量 (MPa)	$2.05 \times 10^5$	$1.95 \times 10^5$	$1.95 \times 10^5$
	延伸率 (%)	4	3.5	3.5
	截面积 ( $\text{mm}^2$ )	137.47	89.45	139.98
	重量 ( $\text{kg/m}$ )	1.08	0.7	1.09
油脂	无粘结预应力筋专用防腐润滑脂重量 ( $\text{g/m}$ )	-50	-43	50
塑料	聚乙烯或聚丙烯护套厚度 (mm)	0.8 ~ 1.2	0.8 ~ 1.2	0.8 ~ 1.2

(续表)

名称	项 目	碳素钢丝 束 7 $\phi$ 5	钢 绞 线	
			$d = 12.70$ (7 $\phi$ 4)	$d = 15.20$ (7 $\phi$ 5)
$\mu$	无粘结预应力筋 与壁之间的摩擦系 数	0.1	0.12	0.12
$K$	考虑无粘结预应力筋壁(每米) 局部偏差对摩擦 的影响系数	0.0035	0.004	0.004

注:①无粘结预应力钢丝束规格为 7 $\phi$ 5,中心丝应加粗,比周边钢丝直径大 5%~7%。

②对无粘结预应力钢丝束,钢绞线设计值  $f_{py}$  取  $0.8 \times 0.8f_{pk}$ 。

无粘结筋质量好坏的关键之处在于涂油和挤塑。无粘结预应力筋专用防腐润滑脂技术指标见表 1-36。

表 1-36 无粘结预应力筋专用防腐润滑脂技术要求

项 目	质量指标	试验方法
工作锥入度(1/10mm)	265~325	GB/T269
滴点 $^{\circ}\text{C}$ 不低于	160	GB/T4929
水分(%)不大于	0.1	GB/T512
钢网分油量(100 $^{\circ}\text{C}$ ,24h)(%)不大于	8.0	SH/T0324
腐蚀试验(45*钢片,100 $^{\circ}\text{C}$ ,24h)	合格	SH/T0331
蒸发量(99 $^{\circ}\text{C}$ ,24h)(%)不大于	2.0	GB/T7325
低温性能(-40 $^{\circ}\text{C}$ ,30min)	合格	SH0387 附录二

(续表)

项 目		质量指标	试验方法
湿热试验(45#钢片,30d),级	不大于	2	GB/T2361
盐雾试验(45#钢片,30d),级	不大于	2	SH/T0081
氧化安定性(99℃,100h,78.5×10 <sup>4</sup> Pa)		14.7×10 <sup>4</sup> 1.0	SH/T0325 GB/T264
A 氧化后压力降 Pa	不大于		
B 氧化后酸值 mgKOH/g	不大于		
对套管的兼容性(65℃,40d)		10 30	HC2 146 GB1040
A 吸油率(%)	不大于		
B 拉伸强度变化率(%)	不大于		

油脂的涂层厚度以重量计,涂层要连续且均匀,不能夹带气泡。

无粘结筋塑料护套选用高密度聚乙烯,这种材料具有强度高,韧性好,低温下不易产生脆裂、对擦伤和徐变都有较高的抵抗能力,其性能参数见表1-37。

表 1-37 聚乙烯有关性能参数

项 目	数 据
熔融指数	1.0~5.0
抗拉强度(MPa)	30
密 度(g/cm <sup>3</sup> )	0.926~0.97

在建筑工程中,我国目前还较多地应用冷拉Ⅱ级和Ⅲ级钢筋作预应力筋。虽然这两种钢筋强度不算太高,但价格便宜,塑性好,可以对焊接长,施工操作简单,用作部分预应力混凝土的预应力与非预应力筋,是比较经济的。以往采用冷拉率与冷拉应力双控制进行冷拉,比较麻烦,目前常采用按冷拉率单控制冷拉,钢筋的屈服强度虽比双控略有降低,但操作简

单,质量合格率大大增加。

(2) 检验:无粘结钢丝束或钢绞线应按批验收,每批由同一钢号、同一规格、同一生产制度的无粘结筋组成。每个用户每次定货量为一批,且每批重量不大于 30t。

①外观检查:成品外护套表面应光滑无明显的折皱、无裂缝。外观检查要求全部筋过目。

②油脂用量和塑料护套检查:油脂用量和塑料护套的厚度由加工单位按出厂检验项目进行检验并提供合格数据。

③力学性能试验:由无粘结筋加工单位从每批中任取三根钢绞线或钢丝(钢绞线长度不小于 900mm,钢丝长度不小于 300mm),按 YB39《线材拉力试验法》进行破断负荷试验和伸长率试验。试验结果中三个试件的数值均应符合 GB5223 - 1995 和 GB5224 - 1995 有关规定。若有一根钢丝试件不符合要求,则取双倍(6 根钢丝)试件进行复验;若有一根钢绞线试件不符合标准,则该盘钢绞线无粘结筋不合格,其他两盘钢绞线及该批钢绞线(剔除试件不合格的那盘)为合格。若有两根钢绞线试件不合格,则该批无粘结预应力筋为不合格品。

#### 四、钢筋检验

##### 1. 一般要求

(1) 钢筋应有出厂质量证明书或试验报告单,钢筋表面或每捆(盘)钢筋均应有标志。进场时,应按炉罐(批)号及直径分批检验。检验内容包括查对标志、外观检查,以及按现行国家有关标准的规定抽取试样作力学性能试验,合格后方可使用。

(2) 钢筋在加工过程中,如发现脆断、焊接性能不良或力

学性能显著不正常等现象,尚应根据现行国家标准对该批钢筋进行化学成分检验或其他专项检验。

(3)对有抗震要求的框架结构纵向受力钢筋应进行检验,检验所得的强度实测值应符合下列要求:

①钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于 1.25。

②钢筋的屈服强度实测值与钢筋的强度标准值的比值,当按一级抗震设计时,不应大于 1.25;当按二级抗震设计时,不应大于 1.4。

(4)钢筋在运输和储存时,不得损坏标志,并按批分别堆放整齐,避免锈蚀或油污。

(5)钢筋机械性能试验主要是拉力试验(一般包括屈服强度、抗拉强度和伸长率三个指标)和冷弯试验(钢丝为反复弯曲试验)。钢筋检验的取样及合格条件均应符合现行国标规定。

机械性能试验时,如有某一项试验结果不符合标准要求,则必须从同一批中再取双倍数量的试样,重做试验,如仍不合格,则该批钢筋为不合格品。

## 2. 其他钢种检验

参见本节上述钢筋种类及应用要求中各种普通钢筋和预应力钢筋的检验内容。

## 第二章 配筋构造规定

### 第一节 配筋构造基本知识

#### 一、钢筋混凝土

钢筋混凝土由钢筋和混凝土两种受力性能不同的材料组成。混凝土是一种人造石材,它是由石子(粗骨料)、砂子(细骨料)、水泥(胶结料)和水按照一定的比例拌合均匀后,经浇灌和养护硬化而成。它与天然石材相似,抗压强度很高,抗拉强度却较低(约为抗压强度的  $1/16 \sim 1/9$ )。这一受力性能上的缺点,使混凝土在建筑工程中的应用范围受到很大的限制。在实际工程结构中,混凝土构件的受力情况一般是比较复杂的,构件不但要能承受压力,还要能承受拉力、剪力、弯矩和扭矩等作用。

例如,在荷载作用下的混凝土梁,在中和轴以上部分承受压力,中和轴以下部分承受拉力,如图 2-1。由于混凝土抗拉强度很低,在荷载不大时,混凝土梁的受拉区就已经开裂,随着荷载的加大,裂缝迅速向上扩展,结果引起整个混凝土梁的破坏,但此时梁受压区混凝土的抗压强度还远远未能被充分利用。因此,单纯用混凝土一种材料做梁,显然是既不合理



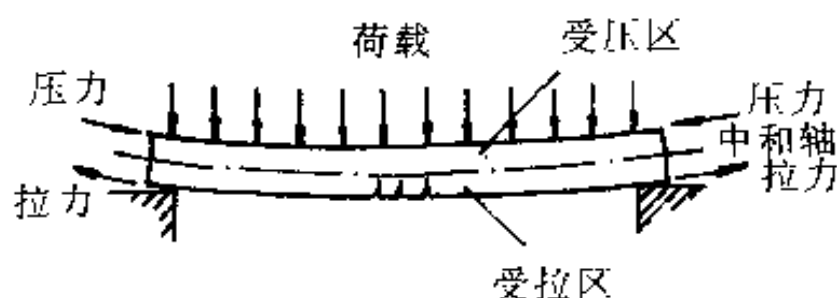


图 2-1 混凝土梁受力破坏

又不经济的,必须设法寻找一种抗拉能力很强,而又能和混凝土结合在一起共同承担外力的材料。

通过生产实践和科学实验,发现钢筋非常符合这个条件。在混凝土梁受拉区配置抗拉强度很高的钢筋以承受拉力,它可成功地弥补素混凝土受弯构件不能承受较大荷载的缺陷。此外,在受压构件中配置钢筋还可以帮助混凝土承受压力,在受扭构件中配置钢筋则可承受扭矩等。这些由钢筋和混凝土组成的结构构件,称为钢筋混凝土构件。

钢筋与混凝土这两种性质差异很大的材料,它们能在荷载作用下共同工作的主要原因如下:

### 1. 钢筋和混凝土之间有很大的粘结力

混凝土在硬化过程中会产生体积收缩,从而对钢筋施加一定的压力,构件受力时钢筋和混凝土间会产生摩擦力。此外,钢筋表面与水泥胶体间还存有胶结力,混凝土与钢筋凹凸不平的接触表面间存在机械咬合力。上述这三种力统称为粘结力,它在钢筋与混凝土之间起着抗相对滑移的作用。由于粘结力的作用,混凝土与钢筋能很好地粘结成一个整体,共同承担外力的作用。

### 2. 钢筋与混凝土的热胀冷缩基本相同

钢筋与混凝土温度膨胀系数几乎相同(钢筋为 0.000012,

混凝土为  $0.00001 \sim 0.000014$ ), 因此温度变化不大时, 钢筋和混凝土产生的变形基本相同, 不致破坏钢筋混凝土结构整体性。

### 3. 混凝土对钢筋有保护作用

捣固密实的混凝土是不透水的, 能保护钢筋使之不生锈, 不受各种化学作用的影响。由于混凝土是不良导热体, 这还可以保证钢筋在高温条件下, 不会发生剧烈的温度变化。

混凝土构件中配置了钢筋, 其受力性能明显地得到改善。仍以图 2-1 的梁为例, 梁的截面尺寸不变, 在梁的下部配置几根钢筋以承担梁下部的拉力, 在相同荷载作用下, 这根钢筋混凝土梁没有很快弯曲或出现裂缝, 其承载能力大大提高, 如图 2-2。

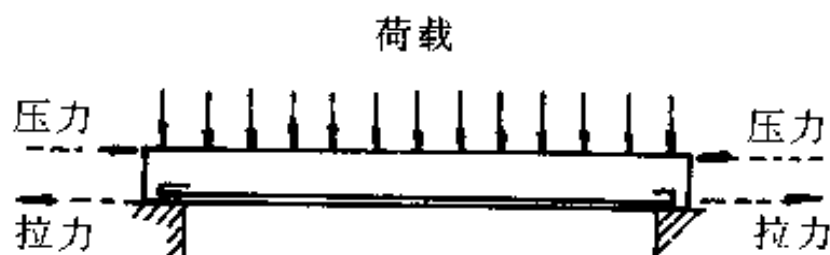


图 2-2 钢筋混凝土梁受力示意图

## 二、预应力钢筋混凝土

普通钢筋混凝土结构是建筑工程中广泛采用的一种结构形式, 但由于混凝土受拉时的极限伸长率只有  $0.00015$  左右, 超过这个限度混凝土就会出现裂缝。当混凝土裂缝超过  $0.2\text{mm}$  时, 钢筋就会生锈, 而此时钢筋中应力只有  $120 \sim 200\text{MPa}$ 。普通钢筋混凝土构件既难以避免出现裂缝而影响结构的耐久性, 又不能充分发挥钢筋的强度。

为了弥补钢筋混凝土存在的缺点, 采用预应力的办法。日常使用的木桶就是利用预应力的一个实例(图 2-3)。制

作木桶时用铁箍把各块木板压紧,以抵抗木桶盛水后产生的环向张力,这就是一种预应力。应用木桶加铁箍的道理,在制作钢筋混凝土构件时预先给混凝土施加压力,即在混凝土构件的受拉区,将钢筋预先拉长到一定数值,并锚固在混凝土上,然后卸去拉力,此时钢筋立即产生弹性回缩。由于钢筋已被锚固住,故将回缩力传给混凝土,从而使混凝土受到压力而压紧,这种压力通常称为预应力。用这种方法制成的钢筋混凝土构件,就称为预应力钢筋混凝土构件。

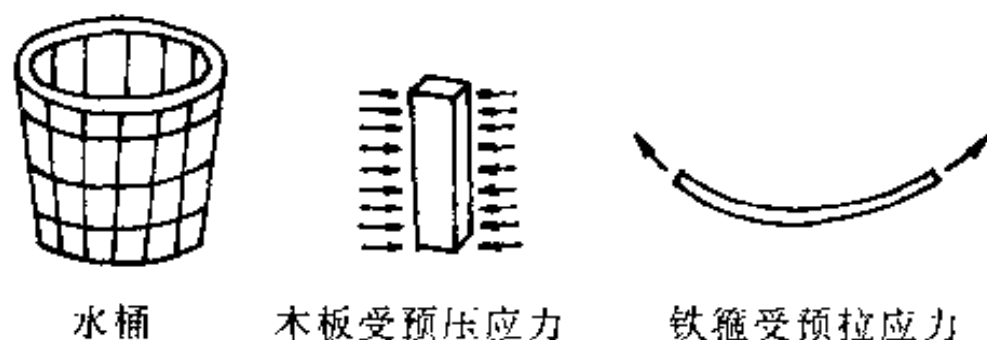


图 2-3 加铁箍的水桶受力示意图

现以图 2-4 预应力混凝土梁来说明预应力在构件中所起的作用。梁下部混凝土施加了预压应力,从而产生一定的压缩变形,使梁向上弯曲(称为反拱),如图 2-4(a)所示。承受荷载后,梁开始向下弯曲,梁下部混凝土中的预应力随之减小,梁的反拱也随之减小,随着荷载的增加,梁继续向下弯曲,当预压应力全部抵消时,混凝土中的应力等于零,梁恢复平直状态,如图 2-4(b)所示。不断增加荷载,梁继续向下弯曲,使下部混凝土出现逐渐增大的拉应力,如图 2-4(c)所示。再继续增加荷载,则下部混凝土伸长至极限伸长值,此时便出现裂缝,如图 2-4(d)所示。不难看出,预应力钢筋混凝土构件,可以控制或延缓混凝土裂缝的出现,这弥补了钢筋混

凝土构件的主要缺点,能取得减轻构件自重、节约材料的效果,从本质上改善了钢筋混凝土构件的性能。

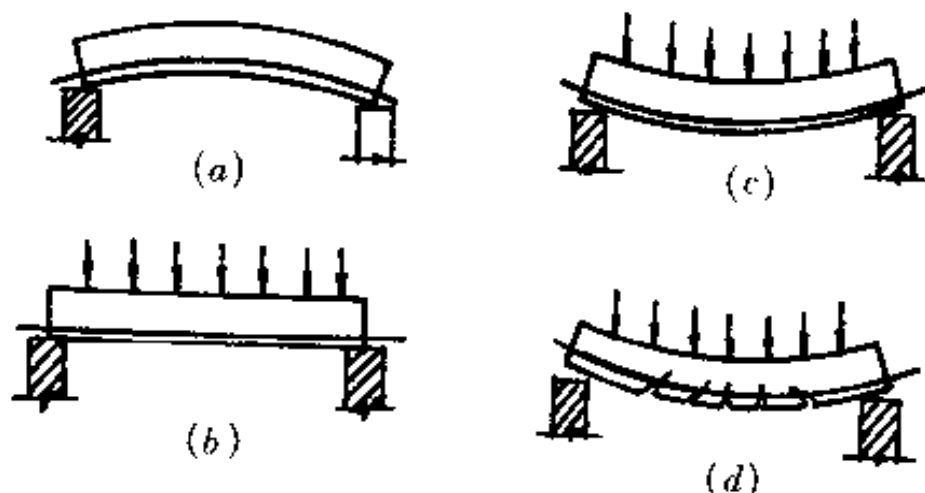


图 2-4 预应力混凝土梁承受荷载的几个阶段

目前,制作预应力钢筋混凝土构件的方法,按施加预应力的时间的先后不同可分为先张法和后张法两种,按张拉钢筋方法的不同,一般又可分为机械张拉和电热张拉两种。

### 1. 先张法

先张拉钢筋再浇捣混凝土的方法,称为先张法。具体做法是在浇捣混凝土以前,用机械张拉或电热张拉钢筋,使之达到设计控制应力,然后用夹具将其临时固定在台座上(或模板上),然后浇捣混凝土,待混凝土达到一定强度(一般不低于设计强度的 70%)后,把张拉的钢筋放松,钢筋在回缩时便挤压混凝土,使混凝土获得预应力。预应力是靠钢筋与混凝土之间的粘结力来传递的,如图 2-5。

### 2. 后张法

先浇捣混凝土后张拉钢筋的方法,称为后张法。具体做法是:在构件中配置预应力钢筋的部位上预先留出孔道,等混凝土达到一定强度(不低于设计强度 70%)后,把钢筋穿进

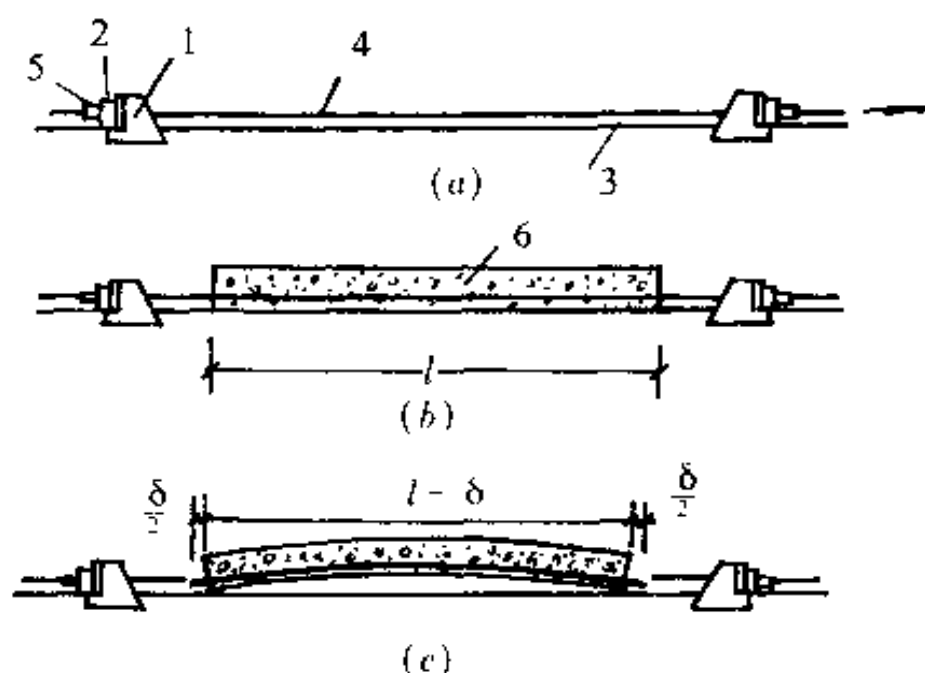


图 2-5 先张法生产示意图

(a) 预应力筋张拉; (b) 混凝土浇筑和养护; (c) 放张预应力筋

1. 台座; 2. 横梁; 3. 台面; 4. 预应力筋; 5. 夹具; 6. 构件

去,再用机械张拉或电热张拉方法张拉钢筋,用锚具将其锚固在构件两端。张拉的钢筋要回缩,便给混凝土预加了压力,然后在预留孔内用压力灌入水泥浆或水泥砂浆,见图 2-6。

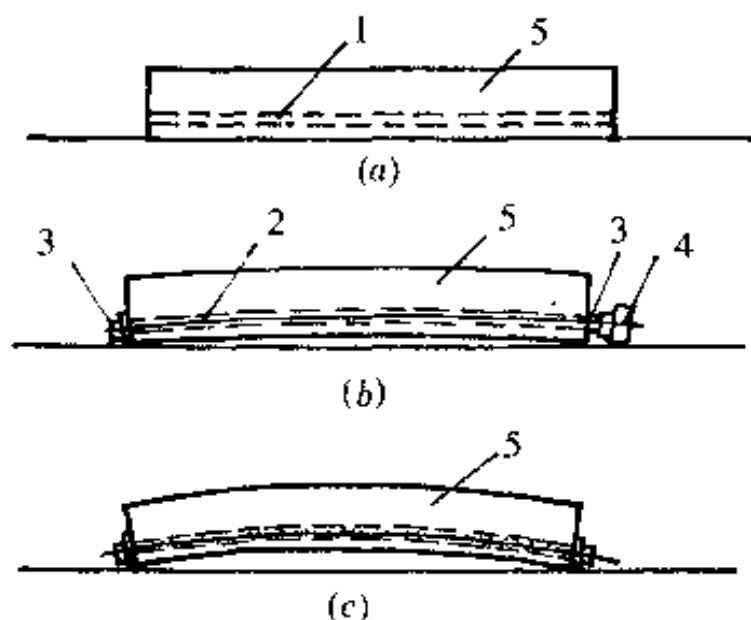


图 2-6 后张法生产示意图

(a) 浇筑混凝土; (b) 张拉钢筋; (c) 孔道灌浆

1. 预留孔道; 2. 预应力筋; 3. 锚具; 4. 张拉机具; 5. 构件

### 三、钢筋在构件中的作用分类

#### 1. 受拉钢筋

亦称主筋,这类钢筋配置在钢筋混凝土构件的受拉区,主要承受拉力。在我们常见的简支梁中,受拉钢筋放在梁的下部,而在悬臂梁和雨篷中则放在构件的上部;如果是一榀钢筋混凝土屋架,那么受拉钢筋就放在屋架的下弦和受拉腹杆中,见图2-7。

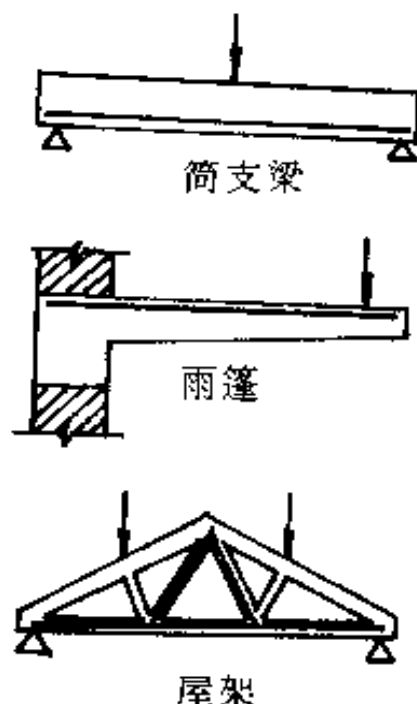


图2-7 受拉钢筋在构件中的位置

#### 2. 弯起钢筋

亦称元宝筋,它是受拉钢筋的一种变化形式,在一根梁中为抵抗端部附近由于受弯和受剪而产生的斜向拉力,就将受拉钢筋的两端弯起来,用来承受这部分斜拉力,见图2-8。

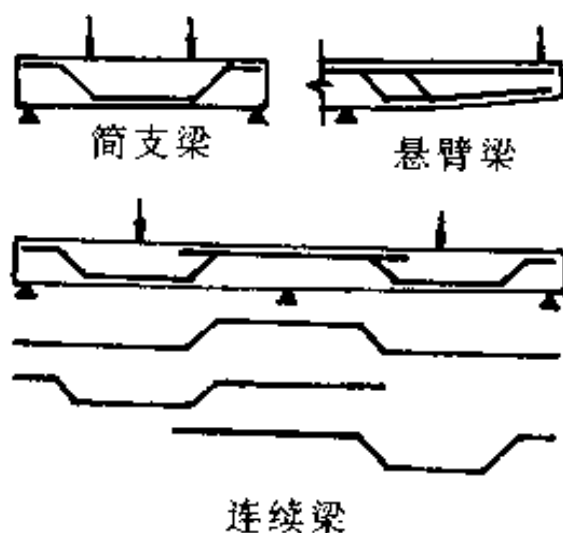


图2-8 弯起钢筋在构件中的位置

#### 3. 受压钢筋

这类钢筋一般配置在构件的受压区内,如在各种柱子、桩或屋架的受压腹杆内,或者在梁、板等受弯构件中除受拉区以外的部位,其作用主要是承受压力。

在构件受压区内配置钢筋,构件抗压强度比素混凝土构件的抗压强度大得多,从而可以减小受压构件或构件受压区的截面尺寸,减少构件重量,见图 2-9。

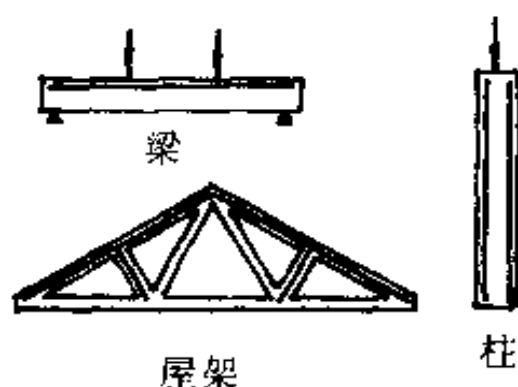


图 2-9 受压钢筋在构件中的位置

#### 4. 分布钢筋

亦称副筋。这类钢筋一般用于板、墙或环形构件中。分布钢筋与受力筋垂直布置,将承受的荷载均匀地分布给受力钢筋,并固定受力筋的位置,以及抵抗热胀冷缩所引起的温度变形时产生的拉力,见图 2-10。

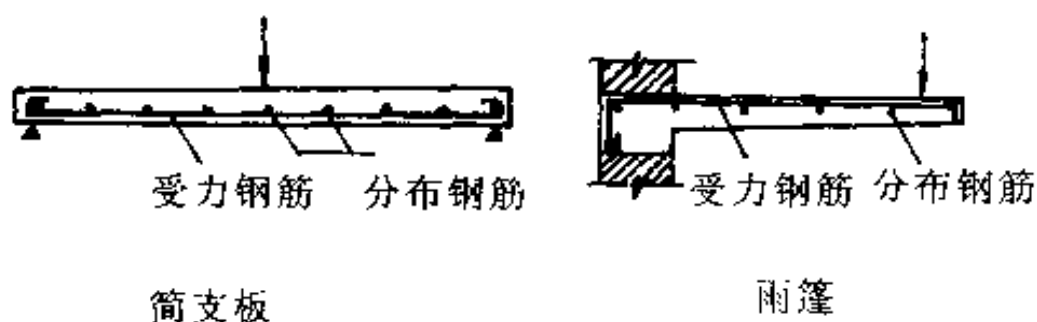


图 2-10 分布钢筋在构件中的位置

#### 5. 箍筋

亦称环箍,箍筋一般配置在梁、柱、屋架等构件中,主要作用是固定受力钢筋在构件中的位置,使钢筋形成整体的骨架。此外,在梁中,箍筋还可以承担部分剪力;在柱中,箍筋可以约束主筋在受压时向外迸出,从而提高整个构件的承载能力,见图 2-11。在雨篷梁等受扭构件中,箍筋做成封闭形或螺旋形,有助于提高构件的抗扭能力;在构件节点处的箍筋,对于

增强结构的整体性和抗震能力则具有重要作用。

## 6. 架立钢筋

一般只在钢筋混凝土梁中配置架立筋,目的是使主筋和箍筋保持正确位置,从而形成完整的骨架,见图 2-12。



梁箍筋



柱箍筋

图 2-11 构件中配置的箍筋

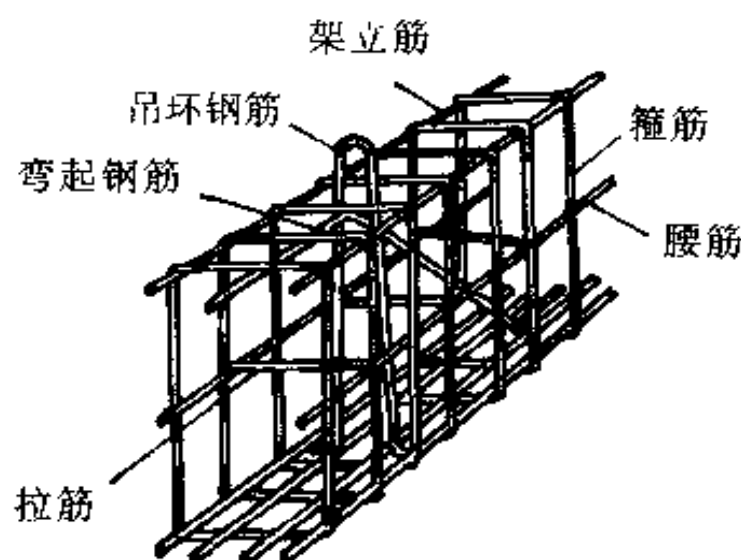


图 2-12 架立筋在构件中的位置

此外,还有构造筋、抱腰筋(附加筋)和吊筋等,在第三章内详述。

## 四、钢筋保护层及检验

### 1. 钢筋的混凝土保护层

(1)纵向受力的普通钢筋及预应力钢筋,其混凝土保护层厚度(钢筋外边缘至混凝土表面的距离)不应小于钢筋的公称直径,且应符合表 2-1 的规定。



表 2-1 纵向受力钢筋的混凝土保护层最小厚度(mm)

环境类别	板、墙、壳			梁			柱		
	$\leq C20$	C25 ~ C45	$\geq C50$	$\leq C20$	C25 ~ C45	$\geq C50$	$\leq C20$	C25 ~ C45	$\geq C50$
—	20	15	15	30	25	25	30	30	30
二	a	—	20	—	30	30	—	30	30
	b	—	25	—	35	30	—	35	30
三	—	30	25	—	40	35	—	40	35

注:①基础中纵向受力钢筋的混凝土保护层厚度不应小于 40mm;当无垫层时不应小于 70mm。

②混凝土结构的环境类别见表 2-2。

(2)处于一类环境且由工厂生产的预制构件,当混凝土强度等级不低于 C20 时,其保护层厚度可按表 2-1 中规定减少 5mm,但预应力钢筋的保护层厚度不应小于 15mm;处于二类环境且由工厂生产的预制构件,当表面采取有效保护措施时,保护层厚度可按表 2-1 中一类环境数值取用。

预制钢筋混凝土受弯构件钢筋端头的保护层厚度不应小于 10mm;预制肋形板主肋钢筋的保护层厚度应按梁的数值取用。

(3)板、墙、壳中分布钢筋的保护层厚度不应小于表 2-1 中相应数值减 10mm,且不应小于 10mm;梁、柱中箍筋和构造钢筋的保护层厚度不应小于 15mm。

(4)当梁、柱中纵向受力钢筋的混凝土保护层厚度大于 40mm 时,应对保护层采取有效的防裂构造措施。

处于二、三类环境中的悬臂板,其上表面应采取有效的保护措施。

(5)对有防火要求的建筑物,其混凝土保护层厚度尚应

符合国家现行有关标准的要求。

处于四、五类环境中的建筑物,其混凝土保护层厚度尚应符合国家现行有关标准的要求。

混凝土结构的环境类别规定见表 2-2。

表 2-2 混凝土结构的环境类别

环境类别	条 件
—	室内正常环境
一	a 室内潮湿环境;非严寒和非寒冷地区的露天环境、与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境
	b 严寒和寒冷地区的露天环境、与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境
二	使用除冰盐的环境;严寒和寒冷地区冬季水位变动的环境;滨海室外环境
四	海水环境
五	受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境

注:严寒和寒冷地区的划分应符合国家现行标准《民用建筑热工设计规程》JGJ24 的规定。

## 2. 钢筋保护层的检验、抽样数量、检验方法、允许偏差和合格条件

(1) 钢筋保护层厚度检验的结构部位和构件数量,应符合下列要求:

① 钢筋保护层厚度检验的结构部位,应由监理(建设)、施工等各方根据结构构件的重要性共同选定。

② 对梁类、板类构件,应各抽取构件数量的 2% 且不少于 5 个构件进行检验;当有悬挑构件时,抽取的构件中悬挑梁类、板类构件所占比例均不宜小于 50%。

(2)对选定的梁类构件,应对全部纵向受力钢筋的保护层厚度进行检验;对选定的板类构件,应抽取不少于6根纵向受力钢筋的保护层厚度进行检验。对每根钢筋,应在有代表性的部位测量1点。

(3)钢筋保护层厚度的检验,可采用非破损或局部破损的方法,也可采用非破损方法并用局部破损方法进行校准。当采用非破损方法检验时,所使用的检测仪器应经过计量检验,检测操作应符合相应规程的规定。

钢筋保护层厚度检验的检测误差不应大于1mm。

(4)钢筋保护层厚度检验时,纵向受力钢筋保护层厚度的允许偏差,对梁类构件为 $+10\text{mm}$ 、 $-7\text{mm}$ ;对板类构件为 $+8\text{mm}$ 、 $-5\text{mm}$ 。

(5)对梁类、板类构件纵向受力钢筋的保护层厚度应分别进行验收。

结构实体钢筋保护层厚度验收合格应符合下列规定:

①当全部钢筋保护层厚度检验的合格点率为90%及以上时,钢筋保护层厚度的检验结果应判为合格。

②当全部钢筋保护层厚度检验的合格点率小于90%但不小于80%,可再抽取相同数量的构件进行检验;当按两次抽样总和计算的合格点率为90%及以上时,钢筋保护层厚度的检验结果仍应判为合格。

③每次抽样检验结果中不合格点的最大偏差不应大于上述第(4)条规定允许偏差的1.5倍。

## 第二节 钢筋选用及计算指标

### 一、钢筋选用

钢筋混凝土结构及预应力混凝土结构的钢筋,应按下列规定选用:

1. 普通钢筋宜采用 HRB400 级和 HRB335 级钢筋,也可采用 HPB235 级和 RRB400 级钢筋;

2. 预应力钢筋宜采用预应力钢绞线、钢丝,也可采用热处理钢筋。

注:①普通钢筋系指用于钢筋混凝土结构中的钢筋和预应力混凝土结构中的非预应力钢筋。

②HRB400 级和 HRB335 级钢筋系指现行国家标准《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》GB1499 中的 HRB400 和 HRB335 钢筋;HPB235 级钢筋系指现行国家标准《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》GB13013 中的 Q235 钢筋;RRB400 级钢筋系指现行国家标准《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB13014 中的 KL400 钢筋。

③预应力钢丝系指现行国家标准《预应力混凝土用钢丝》GB/T5223 中的光面、螺旋肋和三面刻痕的消除应力的钢丝。

④当采用本条未列出但符合强度和伸长率要求的冷加工钢筋及其他钢筋时,应符合专门标准的规定

### 二、钢筋强度标准值

钢筋的强度标准值应具有不小于 95% 的保证率。

热轧钢筋的强度标准值系根据屈服强度确定,用  $f_{yk}$  表示。预应力钢绞线、钢丝和热处理钢筋的强度标准值系根据极限抗拉强度确定,用  $f_{ptk}$  表示。

普通钢筋的强度标准值应按表 2-3 采用;预应力钢筋的强度标准值应按表 2-4 采用。

各种直径钢筋、钢绞线和钢丝的公称截面面积、计算截面面积及理论重量应按本书附录 A 表 1 ~ 表 3 采用。

表 2-3 普通钢筋强度标准值 ( $\text{N/mm}^2$ )

种 类		符号	$d$ (mm)	$f_{yk}$
热轧钢筋	HPB235 (Q235)	$\phi$	8 ~ 20	235
	HRB335 (20MnSi)	$\Phi$	6 ~ 50	335
	HRB400 (20MnSiV, 20MnSiNb, 20MnTi)	$\Phi$	6 ~ 50	400
	RRB400 (K20MnSi)	$\Phi^R$	8 ~ 40	400

注:①热轧钢筋直径  $d$  系指公称直径。

②当采用直径大于 40mm 的钢筋时,应有可靠的工程经验。

表 2-4 预应力钢筋强度标准值 ( $\text{N/mm}^2$ )

种 类	符号	$d$ (mm)	$f_{ptk}$
钢绞线	$\phi S$	8, 6, 10, 8	1860, 1720, 1570
		12, 9	1720, 1570
		9, 5, 11, 1, 12, 7	1860
		15, 2	1860, 1720
消除应力钢丝	$\phi P$ $\phi H$	4, 5	1770, 1670, 1570
		6	1670, 1570
		7, 8, 9	1570
	$\phi I$	5, 7	1570
热处理钢筋	40Si2Mn	6	1470
	48Si2Mn	8, 2	
	45Si2Cr	10	

注:①钢绞线直径  $d$  系指钢绞线外接圆直径,即现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T5224 中的公称直径  $D_g$ , 钢丝和热处理钢筋的直径  $d$  均指公称直径。

②消除应力光面钢丝直径  $d$  为 4 ~ 9mm, 消除应力螺旋肋钢丝直径  $d$  为 4 ~ 8mm。

### 三、钢筋抗拉强度和抗压强度的设计值

普通钢筋的抗拉强度设计值 $f_y$ 及抗压强度设计值 $f'_y$ 应按表2-5采用;预应力钢筋的抗拉强度设计值 $f_{py}$ 及抗压强度设计值 $f'_{py}$ 应按表2-6采用。

当构件中配有不同种类的钢筋时,每种钢筋应采用各自的强度设计值。

表 2-5 普通钢筋强度设计值( $N/mm^2$ )

种 类		符 号	$f_y$	$f'_y$
热轧钢筋	HPB 235(Q235)	$\phi$	210	210
	HRB 335(20MnSi)	$\phi$	300	300
	HRB 400(20MnSiV, 20MnSiNb, 20MnTi)	$\phi$	360	360
	RRB 400(K20MnSi)	$\phi^R$	360	360

注:在钢筋混凝土结构中,轴心受拉和小偏心受拉构件的钢筋抗拉强度设计值大于 $300N/mm^2$ 时,仍应按 $300N/mm^2$ 取用。

表 2-6 预应力钢筋强度设计值( $N/mm^2$ )

种 类		符 号	$f_{ptk}$	$f_{py}$	$f'_{ps}$
钢绞线	1 × 3	$\phi S$	1860	1320	390
			1720	1220	
			1570	1110	
	1 × 7		1860	1320	390
			1720	1220	
消除应力钢丝	光面螺旋肋	$\phi P$	1770	1250	410
		$\phi H$	1670	1180	
		$\phi I$	1570	1110	
	刻痕	$\phi I$	1570	1110	410
热处理钢筋	40Si2Mn	$\phi HT$	1470	1040	400
	48Si2Mn				
	45Si2Cr				

注:当预应力钢绞线、钢丝的强度标准值不符合表2-6的规定时,其强度设计值应进行换算。

#### 四、钢筋弹性模量

钢筋弹性模量  $E_s$  应按表 2-7 采用。

表 2-7 钢筋弹性模量 ( $\times 10^5 \text{ N/mm}^2$ )

种 类	$E_s$
HPB 235 级钢筋	2.1
HRB 335 级钢筋、HRB 400 级钢筋、RRB 400 级钢筋、热处理钢筋	2.0
消除应力钢丝(光面钢丝、螺旋肋钢丝、刻痕钢丝)	2.05
钢绞线	1.95

注:必要时钢绞线可采用实测的弹性模量。

#### 五、钢筋疲劳应力幅限值

普通钢筋和预应力钢筋的疲劳应力幅限值  $\Delta f_s^f$  和  $\Delta f_p^f$  应由钢筋疲劳应力比值  $\rho_s^f$ 、 $\rho_p^f$  分别按表 2-8 及表 2-9 采用。

普通钢筋疲劳应力比值  $\rho_s^f$  应按下列公式计算:

$$\rho_s^f = \frac{\sigma_{s,min}^f}{\sigma_{s,max}^f} \quad (2-1)$$

式中  $\sigma_{s,min}^f$ 、 $\sigma_{s,max}^f$  ——构件疲劳验算时,同一层钢筋的最小应力、最大应力。

预应力钢筋疲劳应力比值  $\rho_p^f$  应按下列公式计算:

$$\rho_p^f = \frac{\sigma_{p,min}^f}{\sigma_{p,max}^f} \quad (2-2)$$

式中  $\sigma_{p,min}^f$ 、 $\sigma_{p,max}^f$  ——构件疲劳验算时,同一层预应力钢筋的最小应力、最大应力。

### 第三节 钢筋的锚固

表 2-8 普通钢筋疲劳应力幅限值( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

疲劳应力比值	$\Delta f_s$		
	HPB 235 级钢筋	HRB 335 级钢筋	HRB 400 级钢筋
$-1.0 \leq \rho_s^f < -0.6$	160		
$-0.6 \leq \rho_s^f < -0.4$	155		
$-0.4 \leq \rho_s^f < 0$	150		
$0 \leq \rho_s^f < 0.1$	145	165	165
$0.1 \leq \rho_s^f < 0.2$	140	155	155
$0.2 \leq \rho_s^f < 0.3$	130	150	150
$0.3 \leq \rho_s^f < 0.4$	120	135	145
$0.4 \leq \rho_s^f < 0.5$	105	125	130
$0.5 \leq \rho_s^f < 0.6$		105	115
$0.6 \leq \rho_s^f < 0.7$		85	95
$0.7 \leq \rho_s^f < 0.8$		65	70
$0.8 \leq \rho_s^f < 0.9$		40	45

注:①当纵向受拉钢筋采用闪光接触对焊接头时,其接头处钢筋疲劳应力幅限值应按表中数值乘以系数 0.8 取用。

②RRB400 级钢筋应经试验验证后,方可用于需作疲劳验算的构件。

表 2-9 预应力钢筋疲劳应力幅限值( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

种 类			$\Delta f_p$	
			$0.7 \leq \rho_p^f < 0.8$	$0.8 \leq \rho_p^f < 0.9$
消除应力钢丝	光 面	$f_{ptk} = 1770, 1670$	210	140
		$f_{ptk} = 1570$	200	130
	刻 痕	$f_{ptk} = 1570$	180	120
钢绞线			120	105

注:①当  $\rho_p^f \geq 0.9$  时,可不作钢筋疲劳验算。

②当有充分依据时,可对表中规定的疲劳应力幅限值作适当调整。



### 第三节 钢筋的锚固

#### 一、纵向受拉钢筋的锚固长度计算

当计算中充分利用钢筋的抗拉强度时,混凝土结构中纵向受拉钢筋的锚固长度应按下式计算:

$$l_a = \alpha \frac{f_y}{f_t} d \quad (2-3)$$

式中:  $l_a$ ——受拉钢筋的锚固长度;

$f_y$ ——锚固钢筋的抗拉强度设计值;

$f_t$ ——锚固区混凝土的抗拉强度设计值;当混凝土强度等级高于 C40 时,按 C40 取值,见表 2-11。

$d$ ——锚固钢筋的公称直径;

$\alpha$ ——锚固钢筋的外形系数,按表 2-10 取用。

表 2-10 锚固钢筋的外形系数

钢筋类型	光面钢筋	带肋钢筋	刻痕钢丝	螺旋肋钢丝	三股钢绞线	六股钢绞线
外形系数 $\alpha$	0.16	0.14	0.19	0.13	0.16	0.17

注:光面钢筋系指 HPB235 级热轧钢筋;带肋钢筋系指 HRB335、HRB400、RRB400 级热轧钢筋及热处理钢筋

①当 HRB335、HRB400 和 RRB400 级钢筋的直径大于 25mm 时,按公式 (2-3) 计算的钢筋的锚固长度应乘以修正系数 1.1。

②环氧树脂涂层的 HRB335、HRB400 和 RRB400 级钢筋的锚固长度应乘以修正系数 1.25。

③当锚固钢筋在混凝土施工过程中易受扰动(如滑模施工)时,钢筋的锚固长度应乘以修正系数 1.1。

④当 HRB335、HRB400 和 RRB400 级钢筋锚固区混凝土保护层厚度大于钢筋直径的 3 倍且配有箍筋时,锚固长度可乘以修正系数 0.8。

⑤除构造需要的锚固长度外,当纵向受力钢筋的实际配筋面积大于其设计计算值时,锚固长度可乘以配筋余量修正系数。其数值为设计计算面积与实际配筋面积的比值。抗震设计的结构及直接承受动力荷载的结构,不得考虑上述修正。

⑥纵向受拉钢筋的锚固长度在考虑上述修正后不应小于按公式(2-3)计算锚固长度 $l_a$ 的0.7倍且不应小于250mm。

表 2-11 混凝土强度设计值( $\text{N/mm}^2$ )

强度种类	混凝土强度等级													
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
轴心抗压 $f_c$	7.2	9.6	11.9	14.3	16.7	19.1	21.1	23.1	25.3	27.5	29.7	31.8	33.8	35.9
轴心抗拉 $f_t$	0.91	1.10	1.27	1.43	1.57	1.71	1.80	1.89	1.96	2.04	2.09	2.14	2.18	2.22

## 二、钢筋锚固的其他规定

(1)当 HRB335 级、HRB400 级和 RRB400 级钢筋末端采用机械锚固措施时,包括附加锚固端头在内的锚固长度应取公式(2-3)计算锚固长度的0.7倍。机械锚固形式如图 2-13 所示。

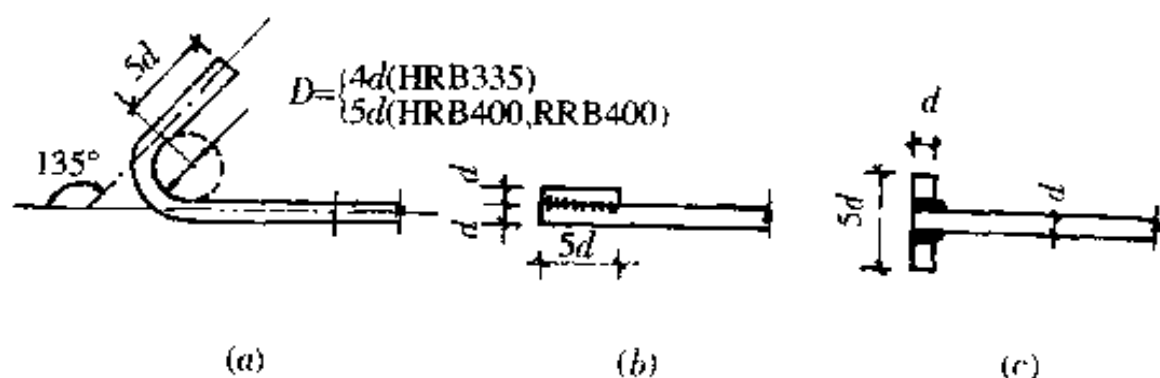


图 2-13 钢筋机械锚固的形式及构造要求

(a) 末端带 $135^\circ$ 弯钩;(b) 末端双面贴焊短钢筋;

(c) 末端与方形钢板穿孔塞焊

采用机械锚固措施时,在锚固长度范围内的箍筋不应少于三个;直径不应小于纵向锚固钢筋直径的0.25倍;间距不

应大于纵向锚固钢筋直径的 5 倍。当锚固钢筋的混凝土保护层厚度不小于钢筋公称直径的 5 倍时,可不考虑上述箍筋配置的要求。

(2) 当计算中充分利用纵向钢筋的抗压强度时,抗压钢筋的锚固长度不应小于式(2-3)计算规定受拉锚固长度的 0.7 倍。机械锚固措施不得用于受压钢筋的锚固。

(3) 光面钢筋末端应做  $180^\circ$  标准弯钩,弯后平直段长度不应小于  $3d$ ,但焊接骨架、焊接网中的光面钢筋可不做弯钩。

(4) 对承受重复荷载的预制构件,应将纵向非预应力受拉钢筋末端焊接在钢板或角钢上,钢板或角钢应可靠地锚固在混凝土中。钢板或角钢的尺寸应按计算确定,其厚度不宜小于 10mm。

### 三、钢筋锚固长度计算用表

为满足应用者的需要,根据式(2-3)及有关规定,编制一些计算用表,供应用时参考。

根据式(2-3)及表 2-10 制作的普通钢筋受拉钢筋锚固长度计算用表如表 2-12、表 2-13 及表 2-14 所示。

表 2-12  $f_y = 210\text{N/mm}^2$  钢筋锚固长度  $l_a (0.7l_a)$  (mm)

混凝土强度等级	钢筋直径 $d$											
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
C15	222	295	369	443	517	591	665	738	812	923	1034	1182
	(155)	(207)	(258)	(310)	(362)	(414)	(465)	(517)	(569)	(646)	(724)	(827)
C20	183	244	305	367	428	489	550	611	672	764	855	977
	(128)	(171)	(214)	(257)	(299)	(342)	(385)	(428)	(470)	(535)	(599)	(684)
C25	159	212	265	317	370	423	476	529	582	661	741	847
	(111)	(148)	(185)	(222)	(259)	(296)	(333)	(370)	(407)	(463)	(519)	(593)

### 第三节 钢筋的锚固

(续表)

混凝土强度等级	钢筋直径 $d$											
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
C30	141 (99)	188 (132)	235 (164)	282 (197)	329 (230)	376 (263)	423 (296)	470 (329)	517 (362)	587 (411)	658 (461)	752 (526)
C35	128 (90)	171 (120)	214 (150)	257 (180)	300 (210)	342 (240)	385 (270)	428 (300)	471 (330)	535 (375)	599 (419)	685 (479)
C40 至 C80	118 (83)	157 (110)	196 (138)	236 (165)	275 (193)	314 (220)	354 (248)	393 (275)	432 (303)	491 (344)	550 (385)	629 (440)

注:①应用时与本节一、中要求相配合。

②括号内数值为  $0.7l_a$  值。

表 2-13  $f_y = 300\text{N/mm}^2$  钢筋锚固长度  $l_a(0.7l_a)$  (mm)

混凝土强度等级	钢筋直径 $d$											
	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36
C20	305 (214)	382 (267)	458 (321)	535 (374)	611 (428)	687 (481)	764 (535)	840 (588)	955 (668)	1176 (823)	1344 (941)	1512 (1068)
C25	265 (185)	331 (231)	397 (278)	463 (324)	529 (370)	595 (417)	661 (463)	728 (509)	827 (579)	1019 (713)	1164 (815)	1310 (917)
C30	235 (164)	294 (206)	352 (247)	411 (288)	470 (329)	529 (370)	587 (411)	646 (452)	734 (514)	905 (633)	1034 (724)	1163 (814)
C35	214 (150)	268 (187)	321 (225)	375 (262)	428 (300)	482 (337)	535 (375)	589 (412)	669 (468)	824 (577)	942 (659)	1059 (742)
C40 至 C80	196 (138)	246 (172)	295 (206)	344 (241)	393 (275)	442 (309)	491 (344)	540 (378)	614 (430)	756 (530)	865 (605)	973 (681)

注:①应用时与本节一、中要求相配合。

②括号内数值为  $0.7l_a$  值。

③当钢筋直径大于 25mm 时,表内数值已乘修正系数 1.1。

④本表没有考虑表 2-10 中注②、③、④、⑤的情况。

表 2-14  $f_t = 360\text{N/mm}^2$  钢筋锚固长度  $l_a(0.7l_a)$  (mm)

混凝土强度等级	钢筋直径 $d$											
	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36
C20	367 (257)	458 (321)	550 (385)	641 (449)	733 (513)	825 (577)	916 (641)	1008 (706)	1145 (802)	1411 (988)	1613 (1129)	1814 (1270)
C25	317 (222)	397 (278)	476 (333)	556 (389)	635 (444)	714 (500)	794 (556)	873 (611)	992 (694)	1222 (856)	1397 (978)	1572 (1100)
C30	282 (197)	352 (247)	423 (296)	493 (345)	564 (395)	634 (444)	705 (493)	775 (543)	881 (617)	1086 (760)	1241 (868)	1396 (977)
C35	257 (180)	321 (225)	385 (270)	449 (315)	514 (360)	578 (404)	642 (449)	706 (494)	803 (562)	989 (692)	1130 (791)	1271 (890)
C40 至 C80	236 (165)	295 (206)	354 (248)	413 (289)	472 (330)	531 (371)	589 (413)	648 (454)	737 (516)	908 (635)	1037 (726)	1167 (817)

注:①应用时与本节一、中要求相配合。

②括号内数值为  $0.7l_a$  值。

③当钢筋直径大于 25mm 时,表内数值已乘修正系数 1.1

④本表没有考虑表 2-10 中注②、③、④、⑤的情况。

## 第四节 钢筋的连接

### 一、受力钢筋连接接头设置规定

#### 1. 连接接头设置原则

(1) 受力钢筋的连接接头宜设置在受力较小处。在同一根钢筋上宜少设接头。

(2) 钢筋的接头宜采用机械连接接头,也可采用焊接接头和绑扎的搭接接头。

(3) 钢筋的机械连接接头应符合《钢筋机械连接通用技

术规程》(JGJ107—1996)、《带肋锥螺纹接头技术规程》(JGJ108—1996)及《钢筋锥螺纹接头技术规程》(JGJ109—1996)的规定,详见本手册第七章内容。

(4)钢筋焊接连接接头应符合《钢筋焊接及验收规程》(JGJ18—2003)的规定,详见本手册第六章内容。

2. 不得采用非焊接连接绑扎的搭接接头

(1)轴心受拉及小偏心受拉杆件(如桁架和拱的拉杆)的纵向受力钢筋不得采用绑扎的搭接接头。

(2)双面配置受力钢筋的焊接骨架不得采用绑扎的搭接接头。

(3)需进行疲劳验算的构件,其纵向受力钢筋不得采用搭接接头。

(4)当受拉钢筋直径大于 28mm 及受压钢筋的直径大于 32mm 时,不宜采用绑扎的搭接接头。

3. 可采用搭接连接的接头

(1)偏心受压构件中的受拉钢筋。

(2)受弯构件、偏心受压构件、大偏心受拉构件和轴心受压构件中的受压钢筋。

(3)单面配置受力钢筋的焊接骨架在受力方向的连接接头。

4. 宜采用机械连接的接头

(1)直径大于 28mm 的受拉钢筋和直径大于 32mm 的受压钢筋宜采用机械连接。应根据钢筋在构件中的受力情况选用不同等级的机械连接接头。

(2)机械连接接头连接件的混凝土保护层厚度宜满足受力钢筋最小保护层厚度(表 2-1)的要求,连接件之间的横向

净距不宜小于 25mm。

### 5. 需进行疲劳验算的构件

需进行疲劳验算的构件,其纵向受拉钢筋不宜采用焊接接头,凡不得在钢筋上焊有任何附件(端部锚固除外)。

当钢筋长度不够时,直接承受吊车荷载的钢筋混凝土屋面梁及屋架下弦的纵向受拉钢筋必须采用焊接接头。此时,尚应符合下列规定:

(1)必须采用闪光接触对焊,并去掉接头的毛刺及卷边。

(2)在同一连接区段内有焊接接头的受拉钢筋截面面积占受拉钢筋总截面面积的百分率不应大于 25%。距离不超过  $45d$  的钢筋焊接接头应视为同一连接区段内( $d$  为纵向受拉钢筋的最大直径)。

(3)在进行疲劳验算时,应按有关的规定,对焊接接头的疲劳应力幅限值进行折减。

## 二、受力钢筋接头位置要求及接头面积百分率

### 1. 绑扎搭接接头

(1)同一构件中相邻纵向受力钢筋的绑扎搭接接头宜相互错开。不在同一连接区段内的绑扎搭接钢筋接头中心间距不应小于 1.3 倍搭接长度,即绑扎搭接钢筋端部间距不应小于 0.3 倍搭接长度,如图 2-14 所示。

位于同一连接区段内的受拉搭接钢筋面积百分率:对梁类、板类及墙类构件不宜超过 25%;对柱类构件,不宜超过 50%。当工程中确有必要增大受拉钢筋接头面积百分率时,梁类构件不应大于 50%,板类、墙类及柱类构件可根据实际情况放宽。

(2)受拉钢筋绑扎搭接接头的搭接长度应根据位于同一

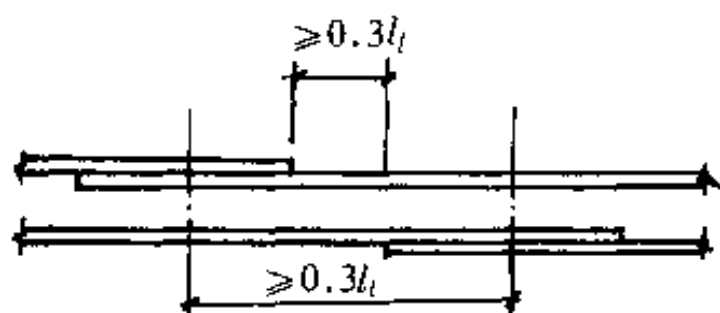


图 2-14 钢筋绑扎搭接接头的连接区段

连接区段内的搭接钢筋面积百分率按下式计算,且不应小于 300mm。

$$l_l = \zeta l_a \quad (2-4)$$

式中:  $l_l$ ——受拉钢筋的搭接长度;

$l_a$ ——受拉钢筋的锚固长度,按本节一、及二、中的有关规定确定;

$\zeta$ ——受拉钢筋搭接长度修正系数,按表 2-15 的规定取用。

(3) 位于同一连接区段内的受压搭接钢筋面积百分率不宜超过 50%。对受弯构件、偏心受压构件、大偏心受拉构件和轴心受压构件中的受压钢筋,当采用搭接连接且接头面积百分率不大于 50% 时,受压搭接长度不应小于本节一、中受拉钢筋锚固长度的 0.85 倍;当接头面积百分率大于 50% 时,不应小于受拉钢筋锚固长度;且在任何情况下不应小于 200mm。

(4) 在受力钢筋搭接长度范围内应配置箍筋,箍筋直径不宜小于搭接钢筋直径的 0.25 倍;当为受拉时箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 5 倍,且不应大于 100mm;当为受压时箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 10 倍,且不应大



于 200mm。当受压钢筋直径大于 25mm 时,应在搭接接头两个端面外 100mm 范围内各设置 2 个箍筋。

(5) 单面配置受力钢筋的焊接骨架在受力方向的连接可采用搭接连接,受拉钢筋的搭接长度不应小于本节一、中规定的锚固长度,受压钢筋的搭接长度不应小于锚固长度的 0.7 倍。

## 2. 焊接接头

纵向受力钢筋的焊接接头应相互错开。当钢筋的焊接接头连接区段的长度为  $35d$  ( $d$  为纵向力钢筋的较大直径) 且不小于 500mm 的长度以内时,应视为位于同一连接区段内位于同一连接区段内受力钢筋的焊接接头面积百分率应符合下列要求:对纵向受拉钢筋接头不应大于 50%;纵向受压钢筋的接头面积百分率可不作限制。

注:①装配式构件连接处的纵向受力钢筋焊接接头可不受以上限制。

②承受均布荷载作用的屋面板、楼板、檩条等简支受弯构件,如在受拉区内配置少于 3 根受力钢筋时,可在跨度两端各四分之一跨度范围内设置一个焊接接头。

## 3. 机械连接接头

(1) 受力钢筋机械连接接头的位置宜相互错开,且不宜设置在结构受力较大处;当钢筋机械连接接头位于不大于  $35d$  的范围内时,应视为处于同一连接区段内。在受力最大处,处于同一连接区段内的受力钢筋接头面积百分率不应大于 50%。

(2) 直接承受动力荷载的结构构件中的机械连接接头,

除应满足设计要求的抗疲劳性能外。同一连接区段内的受力钢筋接头面积百分率不应超过 50%。

表 2-15 纵向受拉钢筋搭接长度修正系数

同一连接区段内搭接钢筋面积百分率(%)	≤25	50	100
搭接长度修正系数 $\zeta$	1.2	1.4	1.6

注:同一连接区段内搭接钢筋面积百分率,取为在同一连接区段内有搭接接头的受力钢筋与全部受力钢筋面积之比

### 三、纵向受拉钢筋绑扎搭接接头的搭接长度计算用表

为满足应用方便,现根据式(2-3)及式(2-4)制作的普通纵向受拉钢筋绑扎搭接接头的搭接长度  $l_l$  值如表 2-16、表 2-17 及表 2-18 所示,且应同时均不应小于 300mm。

表 2-16  $f_t = 210 \text{ N/mm}^2$ 、 $\zeta = 1.2$  ( $\zeta = 1.4$ )

的搭接长度  $l_l$  值 (mm)

混凝土强度等级	钢筋直径 $d$											
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
C15	266 (310)	354 (414)	443 (517)	532 (620)	620 (734)	709 (827)	798 (930)	886 (1034)	975 (1137)	1108 (1292)	1241 (1447)	1418 (1654)
C20	220 (257)	293 (342)	367 (428)	440 (513)	513 (599)	586 (684)	660 (770)	733 (855)	806 (941)	916 (1069)	1026 (1197)	1173 (1368)
C25	190 (222)	254 (296)	317 (370)	381 (444)	444 (519)	508 (593)	571 (667)	635 (741)	698 (815)	794 (926)	889 (1037)	1016 (1185)
C30	169 (197)	226 (263)	282 (329)	338 (395)	395 (461)	451 (526)	508 (592)	564 (658)	620 (724)	705 (822)	789 (921)	902 (1053)
C35	154 (180)	205 (240)	257 (300)	308 (360)	360 (419)	411 (479)	462 (539)	514 (599)	565 (659)	642 (749)	719 (839)	822 (959)
C40 至 C80	141 (166)	189 (220)	236 (275)	283 (330)	330 (385)	377 (440)	424 (495)	472 (550)	519 (605)	589 (688)	660 (770)	755 (880)

注:①应用时与本节一、二、中的要求相配合。

②括号内数值为  $\zeta = 1.4$  时计算数值。

表 2-17  $f_y = 300\text{N/mm}^2$ 、 $\zeta = 1.2$  ( $\zeta = 1.4$ ) 的搭接长度  $l_l$  值 (mm)

混凝土强度等级	钢筋直径 $d$											
	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36
C20	367 (428)	458 (535)	550 (641)	641 (748)	733 (855)	825 (962)	916 (1069)	1008 (1176)	1145 (1336)	1411 (1646)	1613 (1882)	1814 (2117)
C25	317 (370)	397 (463)	476 (556)	556 (648)	635 (741)	714 (833)	794 (926)	873 (1019)	992 (1157)	1222 (1426)	1397 (1630)	1572 (1833)
C30	282 (329)	352 (411)	423 (493)	493 (576)	564 (658)	634 (740)	705 (822)	775 (905)	881 (1028)	1086 (1266)	1241 (1447)	1396 (1628)
C35	257 (300)	321 (375)	385 (449)	449 (524)	514 (599)	578 (674)	642 (749)	706 (824)	803 (936)	989 (1154)	1130 (1318)	1271 (1483)
C40 至 C80	236 (275)	295 (344)	354 (413)	413 (481)	472 (550)	531 (619)	589 (688)	648 (756)	737 (860)	908 (1059)	1037 (1210)	1167 (1362)

注:①应用时与本节一、二、中的要求相配合。

②括号内数值为  $\zeta = 1.4$  时计算数值。

③当钢筋直径大于 25mm 时,表内数值已乘修正系数 1.1

④本表没有考虑表 2-10 中注②、③、④、⑤的情况。

表 2-18  $f_y = 360\text{N/mm}^2$ 、 $\zeta = 1.2$  ( $\zeta = 1.4$ ) 的搭接长度  $l_l$  值 (mm)

混凝土强度等级	钢筋直径 $d$											
	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36
C20	440 (513)	550 (641)	660 (770)	770 (898)	880 (1026)	990 (1155)	1100 (1283)	1210 (1411)	1375 (1604)	1693 (1976)	1935 (2258)	2177 (2540)
C25	381 (444)	476 (556)	571 (667)	667 (778)	762 (889)	857 (1000)	952 (1111)	1048 (1222)	1191 (1389)	1467 (1711)	1676 (1956)	1886 (2200)
C30	338 (395)	423 (493)	508 (592)	592 (691)	677 (789)	761 (888)	846 (987)	930 (1086)	1057 (1234)	1303 (1520)	1489 (1737)	1675 (1954)
C35	308 (360)	385 (449)	462 (539)	539 (629)	616 (719)	693 (809)	770 (899)	847 (989)	963 (1124)	1186 (1384)	1356 (1582)	1525 (1780)
C40 至 C80	283 (330)	354 (413)	424 (495)	495 (578)	566 (660)	637 (743)	707 (825)	778 (908)	884 (1032)	1089 (1271)	1245 (1452)	1401 (1634)

注:①应用时与本节一、二、中的要求相配合。

②括号内数值为  $\zeta = 1.4$  时计算数值。

③当钢筋直径大于25mm时,表内数值已乘修正系数1.1。

④本表没有考虑表2-10中注②、③、④、⑤的情况。

#### 四、纵向受力钢筋的最小搭接长度

根据混凝土结构工程施工质量验收规范(GB50204),纵向受力钢筋的最小搭接长度,必须符合下列规定:

(1)当纵向受拉钢筋的绑扎搭接接头面积百分率不大于25%时,其最小搭接长度应符合表2-19的规定。

表2-19 纵向受拉钢筋的最小搭接长度

钢筋类型		混凝土强度等级			
		C15	C20 ~ C25	C30 ~ C35	≥C40
光圆钢筋	HPB235级	45d	35d	30d	25d
带肋钢筋	HRB335级	55d	45d	35d	30d
	HRB400级、RRB400级	—	55d	40d	35d

注:两根直径不同钢筋的搭接长度,以较细钢筋的直径计算。

(2)当纵向受拉钢筋搭接接头面积百分率大于25%,但不大于50%时,其最小搭接长度应按表2-19中的数值乘以系数1.2取用;当接头面积百分率大于50%时,应按表2-19中的数值乘以系数1.35取用。

(3)当符合下列条件时,纵向受拉钢筋的最小搭接长度应根据本题的第(1)~(2)条确定后,按下列规定进行修正:

①当带肋钢筋的直径大于25mm时,其最小搭接长度应按相应数值乘以系数1.1取用。

②对环氧树脂涂层的带肋钢筋,其最小搭接长度应按相应数值乘以系数1.25取用。

③当在混凝土凝固过程中受力钢筋易受扰动时(如滑模施工),其最小搭接长度应按相应数值乘以系数1.1取用。

④对末端采用机械锚固措施的带肋钢筋,其最小搭接长度可按相应数值乘以系数 0.7 取用。

⑤当带肋钢筋的混凝土保护层厚度大于搭接钢筋直径的 3 倍且配有箍筋时,其最小搭接长度可按相应数值乘以系数 0.8 取用。

⑥对有抗震设防要求的结构构件,其受力钢筋的最小搭接长度对一、二级抗震等级应按相应数值乘以系数 1.15 采用;对三级抗震等级应按相应数值乘以系数 1.05 采用。

在任何情况下,受拉钢筋的搭接长度不应小于 300mm。

根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定,绑扎搭接受力钢筋的最小搭接长度应根据钢筋强度、外形、直径及混凝土强度等指标经计算确定,并根据钢筋搭接接头面积百分率等进行修正(见本节一、二、三内容)。为了方便施工及验收,上述(1)~(3)条给出了确定纵向受拉钢筋最小搭接长度的方法以及受拉钢筋搭接长度的最低限值。

(4)纵向受压钢筋搭接时,其最小搭接长度应根据第(1)~(3)条的规定确定相应数值后,乘以系数 0.7 取用。在任何情况下,受压钢筋的搭接长度不应小于 200mm。

本条给出了确定纵向受压钢筋最小搭接长度的方法以及受压钢筋搭接长度的最低限值。

### 第五节 其他构造规定

#### 一、纵向受力钢筋的最小配筋率

(1)钢筋混凝土结构构件中纵向受力钢筋的配筋百分率不应小于表 2-20 规定的数值。

表 2-20 钢筋混凝土结构构件中  
纵向受力钢筋的最小配筋百分率(%)

受力类型		最小配筋百分率
受压构件	全部纵向钢筋	0.6
	一侧纵向钢筋	0.2
受弯构件、偏心受拉、轴心受拉构件一侧的受拉钢筋		0.2 和 $45f_t/f_y$ 中的较大值

注:①受压构件全部纵向钢筋最小配筋百分率,当采用 HRB400 级、RRB400 级钢筋时,应按表中规定减小 0.1;当混凝土强度等级为 C60 及以上时,应按表中规定增大 0.1。

②偏心受拉构件中的受压钢筋,应按受压构件一侧纵向钢筋考虑。

③受压构件的全部纵向钢筋和一侧纵向钢筋的配筋率以及轴心受拉构件和小偏心受拉构件一侧受拉钢筋的配筋率应按构件的全截面面积计算;受弯构件、大偏心受拉构件一侧受拉钢筋的配筋率应按全截面面积扣除受压翼缘面积  $(b'_f - b)h'_f$  后的截面面积计算。

④当钢筋沿构件截面周边布置时,“一侧纵向钢筋”系指沿受力方向两个对边中的一边布置的纵向钢筋。

2. 对卧置于地基上的混凝土板,板中受拉钢筋的最小配筋率可适当降低,但不应小于 0.15%。

3. 预应力混凝土受弯构件中的纵向受拉钢筋配筋率应符合下列要求:

$$M_u \geq M_{cr} \quad (2-5)$$

式中:  $M_u$ ——构件的正截面受弯承载力设计值,按混凝土结构设计规范公式(7.2.1-1)、(7.2.2-2)或公式(7.2.5)计算,但应取等号,并将  $M$  以  $M_u$  代替;

$M_{cr}$ ——构件的正截面开裂弯矩值,按混凝土结构设计规范公式(8.2.3-6)计算。

## 二、预应力混凝土构件的构造规定

(1) 当先张法预应力钢丝按单根方式配筋困难时,可采用相同直径钢丝并筋的配筋方式。并筋的等效直径,对双并筋应取为单筋直径的 1.4 倍,对三并筋应取为单筋直径的 1.7 倍。

并筋的保护层厚度、锚固长度、预应力传递长度及正常使用极限状态验算均应按等效直径考虑。

注:当预应力钢绞线、热处理钢筋采用并筋方式时,应有可靠的构造措施。

(2) 先张法预应力钢筋之间的净间距应根据浇筑混凝土、施加预应力及钢筋锚固等要求确定。预应力钢筋之间的净间距不应小于其公称直径或等效直径的 1.5 倍,且应符合下列规定:对热处理钢筋及钢丝,不应小于 15mm;对三股钢绞线,不应小于 20mm;对七股钢绞线,不应小于 25mm。

(3) 对先张法预应力混凝土构件,预应力钢筋端部周围的混凝土应采取下列加强措施:

① 对单根配置的预应力钢筋,其端部宜设置长度不小于 150mm 且不少于 4 圈的螺旋筋;当有可靠经验时,亦可利用支座垫板上的插筋代替螺旋筋,但插筋数量不应少于 4 根,其长度不宜小于 120mm。

② 对分散布置的多根预应力钢筋,在构件端部  $10d$  ( $d$  为预应力钢筋的公称直径) 范围内应设置 3 ~ 5 片与预应力钢筋垂直的钢筋网。

③ 对采用预应力钢丝配筋的薄板,在板端 100mm 范围内应适当加密横向钢筋。

(4) 对槽形板类构件,应在构件端部 100mm 范围内沿构

件板面设置附加横向钢筋,其数量不应少于 2 根。

对预制肋形板,宜设置加强其整体性和横向刚度的横肋。端横肋的受力钢筋应弯入纵肋内。当采用先张长线法生产有端横肋的预应力混凝土肋形板时,应在设计和制作上采取防止放张预应力时端横肋产生裂缝的有效措施。

(5)在预应力混凝土屋面梁、吊车梁等构件靠近支座的斜向主拉应力较大部位,宜将一部分预应力钢筋弯起。

(6)对预应力钢筋在构件端部全部弯起的受弯构件或直线配筋的先张法构件,当构件端部与下部支承结构焊接时,应考虑混凝土收缩、徐变及温度变化所产生的不利影响,宜在构件端部可能产生裂缝的部位设置足够的非预应力纵向构造钢筋。

(7)后张法预应力钢筋所用锚具的形式和质量应符合国家现行有关标准的规定。

(8)后张法预应力钢丝束、钢绞线束的预留孔道应符合下列规定:

①对预制构件,孔道之间的水平净间距不宜小于 50mm;孔道至构件边缘的净间距不宜小于 30mm,且不宜小于孔道直径的一半。

②在框架梁中,预留孔道在竖直方向的净间距不应小于孔道外径,水平方向的净间距不应小于 1.5 倍孔道外径;从孔壁算起的混凝土保护层厚度,梁底不宜小于 50mm,梁侧不宜小于 40mm。

③预留孔道的内径应比预应力钢丝束或钢绞线束外径及需穿过孔道的连接器外径大 10 ~ 15mm。

④在构件两端及跨中应设置灌浆孔或排气孔,其孔距不



宜大于12m。

⑤凡制作时需要预先起拱的构件,预留孔道宜随构件同时起拱。

(9)对后张法预应力混凝土构件的端部锚固区,应按下列规定配置间接钢筋:

①应按混凝土结构设计规范第7.8节的规定进行局部受压承载力计算,并配置间接钢筋,其体积配筋率不应小于0.5%。

②在局部受压间接钢筋配置区以外,在构件端部长度 $l$ 不小于 $3e$ ( $e$ 为截面重心线上部或下部预应力钢筋的合力点至邻近边缘的距离)但不大于 $1.2h$ ( $h$ 为构件端部截面高度)、高度为 $2e$ 的附加配筋区范围内,应均匀配置附加箍筋或网片,其体积配筋率不应小于0.5%(图2-15)。

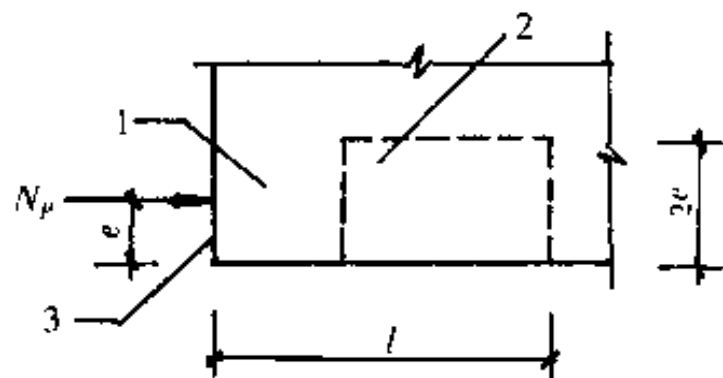


图 2-15 防止沿孔道劈裂的配筋范围

1. 局部受压间接钢筋配筋区;2. 附加配筋区;3. 构件端面

(10)在后张法预应力混凝土构件端部宜按下列规定布置钢筋:

①宜将一部分预应力钢筋在靠近支座处弯起,弯起的预应力钢筋宜沿构件端部均匀布置。

②当构件端部预应力钢筋需集中布置在截面下部或集中布置在上部和下部时,应在构件端部  $0.2h$  ( $h$  为构件端部截面高度) 范围内设置附加竖向焊接钢筋网、封闭式箍筋或其他形式的构造钢筋。

③附加竖向钢筋宜采用带肋钢筋,其截面面积应符合下列要求:

当  $e \leq 0.1h$  时

$$A_{sv} \geq 0.3 \frac{N_p}{f_y} \quad (2-6)$$

当  $0.1h < e \leq 0.2h$  时

$$A_{sv} \geq 0.15 \frac{N_p}{f_y} \quad (2-7)$$

当  $e > 0.2h$  时,可根据实际情况适当配置构造钢筋。

式中  $N_p$ ——作用在构件端部截面重心线上部或下部预应力钢筋的合力,可按钢筋混凝土设计规范第 6 章的有关规定进行计算,但应乘以预应力分项系数 1.2,此时,仅考虑混凝土预压前的预应力损失值;

$e$ ——截面重心线上部或下部预应力钢筋的合力点至截面近边缘的距离;

$f_y$ ——附加竖向钢筋的抗拉强度设计值,按本节表 2-5 采用。

当端部截面上部和下部均有预应力钢筋时,附加竖向钢筋的总截面面积应按上部和下部的预应力合力分别计算的数值叠加后采用。

(11) 当构件在端部有局部凹进时,应增设折线构造钢筋

(图 2-16)或其他有效的构造钢筋。

(12) 当对后张法预应力混凝土构件端部有特殊要求时,可通过有限元分析方法进行设计。

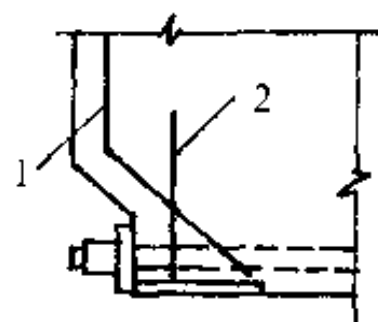


图 2-16 端部凹进处构造配筋

1 折线构造钢筋;2. 竖向构造钢筋

(13) 后张法预应力混凝土构件中,曲线预应力钢丝束、钢绞线束的曲率半径不宜小于  $4m$ ;对折线配筋的构件,在预应力钢筋弯折处的曲率半径可适当减小。

(14) 在后张法预应力混凝土构件的预拉区和预压区中,应设置纵向非预应力构造钢筋;在预应力钢筋弯折处,应加密箍筋或沿弯折处内侧设置钢筋网片。

(15) 构件端部尺寸应考虑锚具的布置、张拉设备的尺寸和局部受压的要求,必要时适当加大。

在预应力钢筋锚具下及张拉设备的支承处,应设置预埋钢垫板并按上述第(9)条及第(10)条的规定设置间接钢筋和附加构造钢筋。

对外露金属锚具,应采取可靠的防锈措施。

## 第三章 钢筋混凝土构件配筋构造

### 第一节 钢筋混凝土基础

#### 一、钢筋混凝土扩展基础

钢筋混凝土扩展基础包括柱下钢筋混凝土独立基础和墙下钢筋混凝土条形基础。

##### 1. 一般规定

扩展基础的配筋构造,应符合下列要求:

(1) 扩展基础底板受力钢筋的最小直径不宜小于 10mm, 间距不宜大于 200mm, 也不宜小于 100mm。墙下钢筋混凝土条形基础纵向分布钢筋的直径不小于 8mm, 间距不大于 300mm, 每延米分布钢筋的面积应不小于受力钢筋面积的 1/10。当有垫层时钢筋保护层的厚度不小于 40mm, 无垫层时不小于 70mm。

(2) 当柱下钢筋混凝土独立基础的边长和墙下钢筋混凝土条形基础的宽度大于或等于 2.5m 时, 底板受力钢筋的长度可取边长(或宽度)的 0.9 倍, 并交错布置(见图 3-1)。

(3) 钢筋混凝土条形基础底板在 T 形及十字形交接处, 底板横向受力钢筋仅沿一个主要受力方向通长布置, 另一方

向的横向受力钢筋可布置到主要受力方向底板宽度  $1/4$  处 (见图 3-2)。在拐角处底板横向受力钢筋应沿两个方向布置 (见图 3-3)。

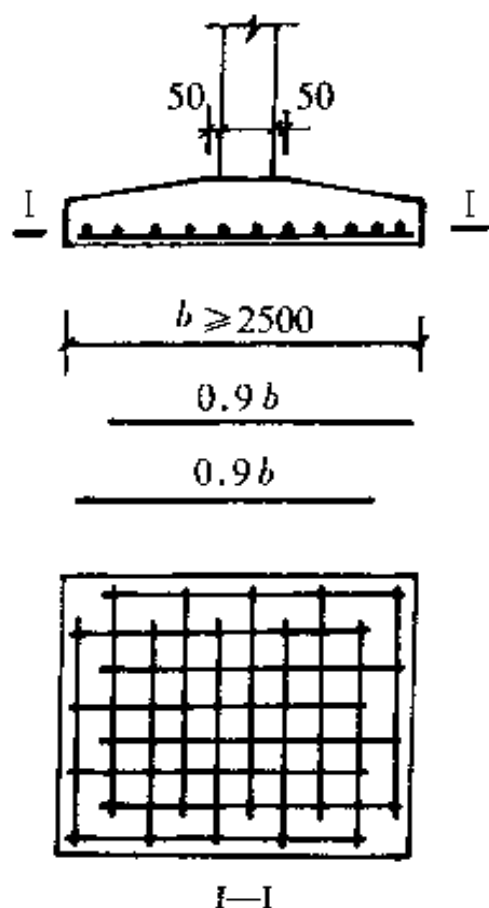


图 3-1 扩展基础底板受力钢筋交叉布置示意图

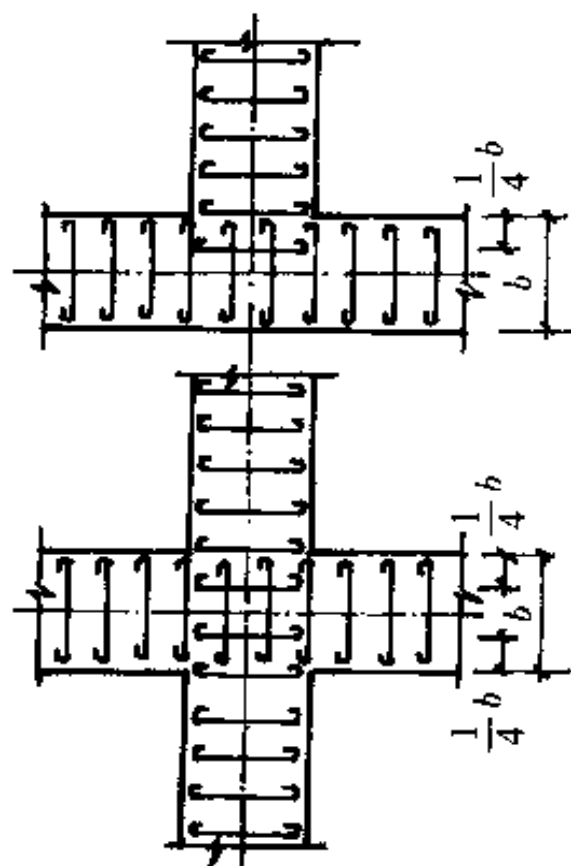


图 3-2 扩展基础底板 T 形及十字形交接处受力钢筋布置示意图

## 2. 柱和剪力墙纵向受力钢筋在基础内的锚固长度

钢筋混凝土柱和剪力墙纵向受力钢筋在基础内的锚固长度  $l_a$  应符合下列规定:

(1) 无抗震设防要求时, 纵向受力钢筋的最小锚固长度应满足  $l_a$  的要求。

(2) 有抗震设防要求时, 最小受力钢筋的最小锚固长度

$l_{aE}$ 应按下式计算:

一、二级抗震等级

$$l_{aE} = 1.15l_a \quad (3-1)$$

三级抗震等级

$$l_{aE} = 1.05l_a \quad (3-2)$$

四级抗震等级

$$l_{aE} = l_a \quad (3-3)$$

式中: $l_a$ ——纵向受拉钢筋的锚固长度,详见本书第二章第三节一、纵向受拉钢筋的锚固长度计算内容

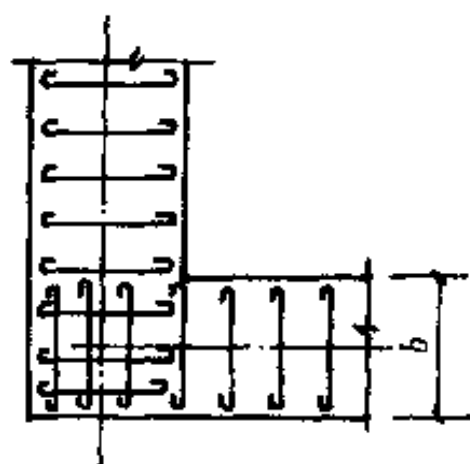


图 3-3 扩展基础底板拐角处受力钢筋布置示意图

## 二、现浇柱下钢筋混凝土独立基础

### 现浇柱独立基础的插筋构造

现浇柱的基础中应伸出插筋与柱内的纵向钢筋连接宜优先采用焊接或机械连接的接头。插筋应符合下列要求:

(1)插筋的直径,钢筋种类、根数及其间距应与柱内的纵向钢筋相同。插筋的下端可做成直钩放在基础的网片上,或下端不做直钩直接放在基础垫层上。

(2)基础中插筋与箍筋共同组成骨架,竖立于基础底板钢筋网上,如图 3-4 所示。当基础高度  $h \geq 1200\text{mm}$  且柱为轴心受压或小偏心受压或  $h \geq 1400\text{mm}$  柱为大偏心受压时,可仅将四角的插筋伸至基础底板钢筋网上,其余插筋只锚固于基础顶面下  $l_a$  或  $l_{aE}$ ,如图 3-4b 所示。

(3)基础中的插筋与柱中纵向钢筋搭接位置,搭接长度的要求,应符合下列规定:

①当基础台阶顶面至设计地面高度  $H_1 < 1500\text{mm}$  时,柱

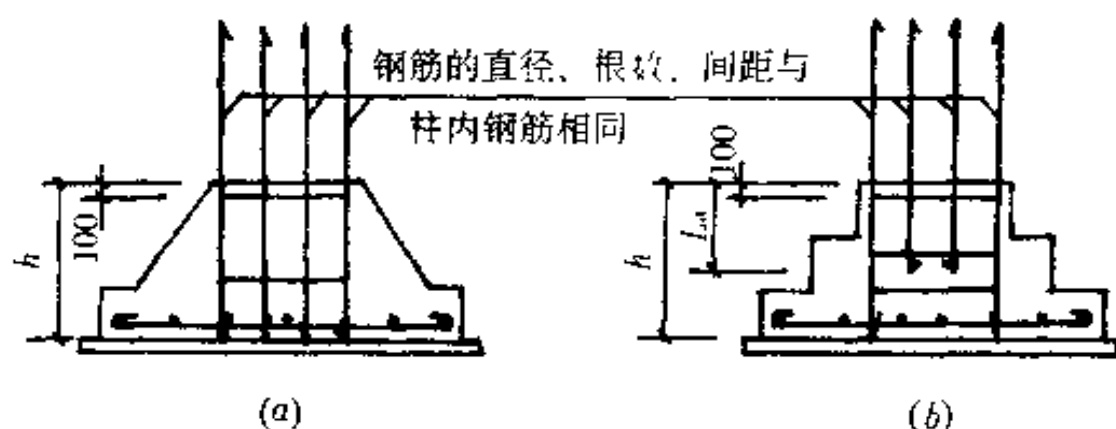


图 3-4 基础中的插筋构造

(a)  $h < 1200\text{mm}$  (轴压、小偏压),  $h < 1400\text{mm}$  (大偏压);

(b)  $h \geq 1200\text{mm}$  (轴压、小偏压),  $h \geq 1400\text{mm}$  (大偏压);

与基础插筋搭接位置应设在基础顶面处,如图 3-5(a)所示。如设置基础梁时,应将基础梁搁置在 C15 混凝土柱墩上,如图 3-5(b)所示。

②当  $1500\text{mm} \leq H_1 \leq 3000\text{mm}$  时,插筋搭接位置应在地面

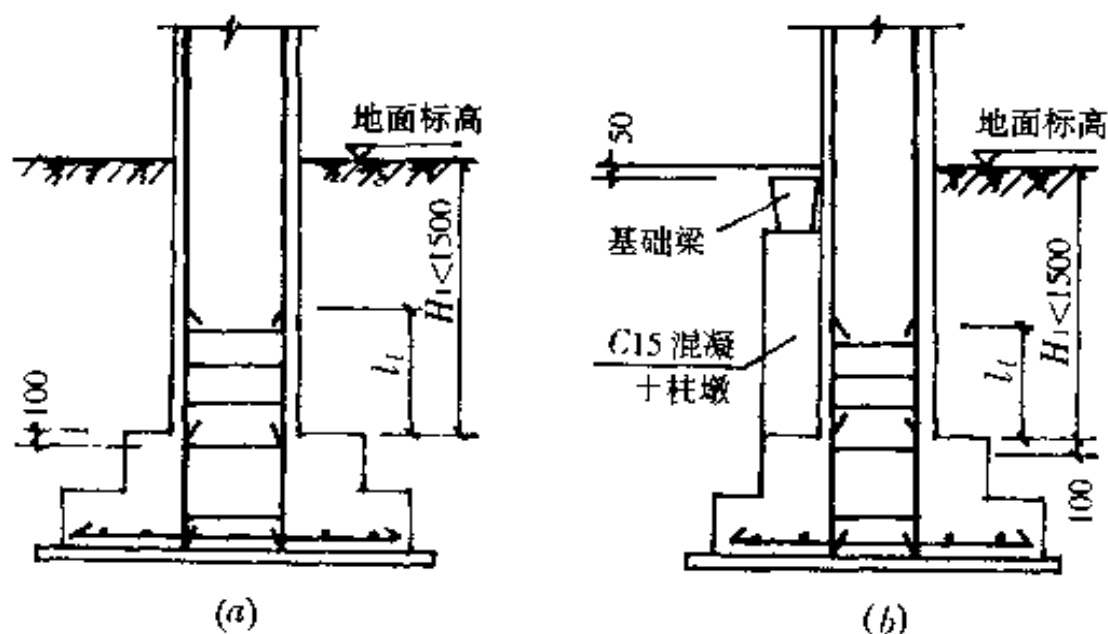


图 3-5 基础中插筋与柱中纵向钢筋搭接位置(1)

标高下 150mm 处,如图 3-6(a)所示。

③当  $H_1 > 3000\text{mm}$  时,插筋搭接位置应在基础顶面处和地面标高下 150mm 处,如图 3-6(b)所示。

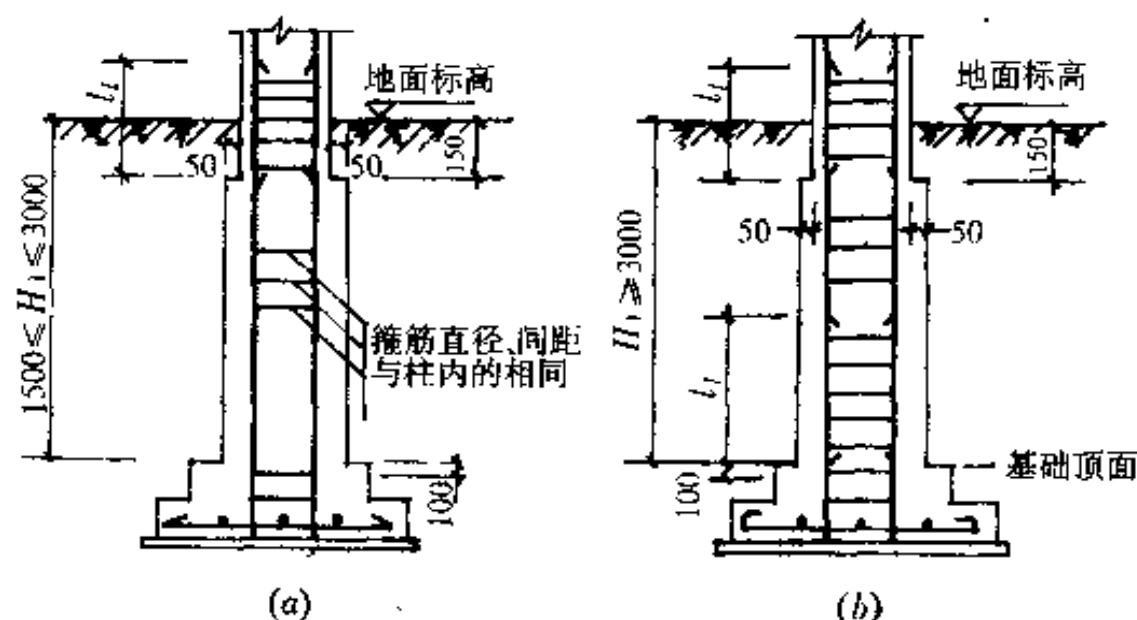


图 3-6 基础中插筋与柱中纵向钢筋搭接位置(2)

④在搭接长度范围内,箍筋间距不应大于 100mm,也不应大于  $5d$  ( $d$  为纵向受力钢筋中的最小直径)。

⑤基础内需按构造要求放置两个箍筋,箍筋形式与柱内箍筋形式相同,分别设在基础顶面下 100mm 处和插筋下端处。

(4) 基础内伸出的插筋与柱内纵向钢筋的搭接根数,应符合下列规定:

①当柱截面内的每边纵向钢筋根数不多于 4 根时,插筋与柱内所有纵向钢筋的搭接可在同一个平面上,如图 3-7(a)所示。

②当柱截面内的每边纵向受力钢筋根数为 5~8 根时,插筋与柱内纵向钢筋应在两个平面上进行搭接,如图 3-7(b)



所示。

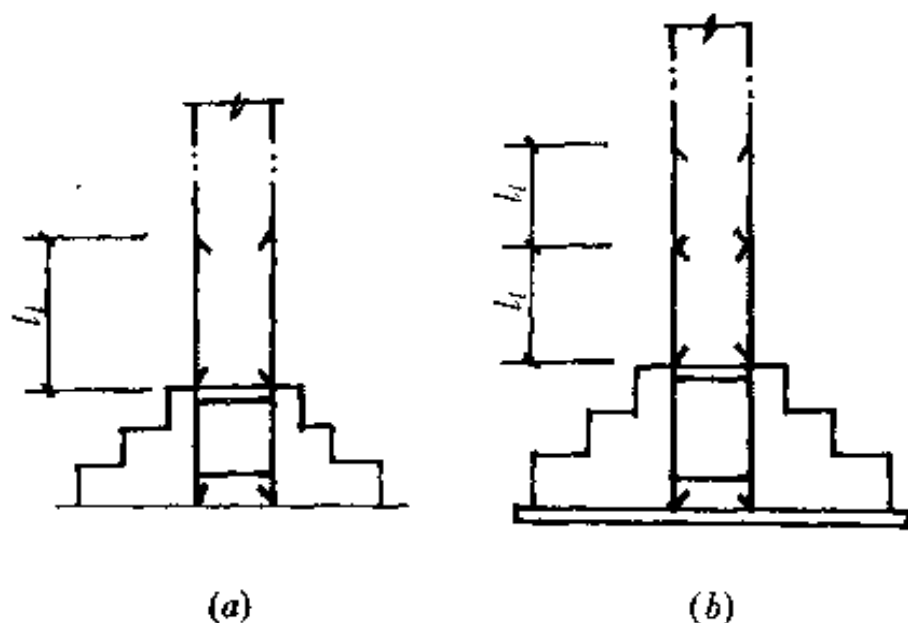


图 3-7 基础中插筋与柱中纵向钢筋搭接位置(3)

③当柱截面内的每边纵向受力钢筋根数为 9 ~ 12 根时, 其搭接位置应设在三个平面上, 如图 3-8 所示。

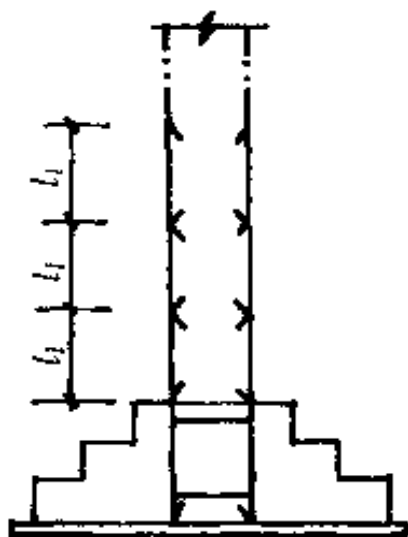


图 3-8 基础中插筋与柱中纵向钢筋搭接位置(4)

(5)  $l_t$  值应符合第二章第四节二、中 1. 绑扎搭接接头 (1) 条的有关规定。

### 三、墙下钢筋混凝土条形基础

(1) 墙下条形基础的横向受力钢筋, 当混凝土强度等级为 C15 时, 采用  $\phi 8 \sim \phi 16$  的 HPB235 级钢筋; 当为 C20 以上时, 采用  $\phi 8 \sim \phi 16$  的 HRB335 级钢筋; 钢筋间距不大于 200mm。墙下条形基础的纵向钢筋一般按构造配置, 宜采用  $\phi 8 \sim \phi 10$  的钢筋, 间距不大于 250mm。当基础下的地基层部软弱时, 可在底板内设置暗梁局部加强, 如图 3-9 所示。

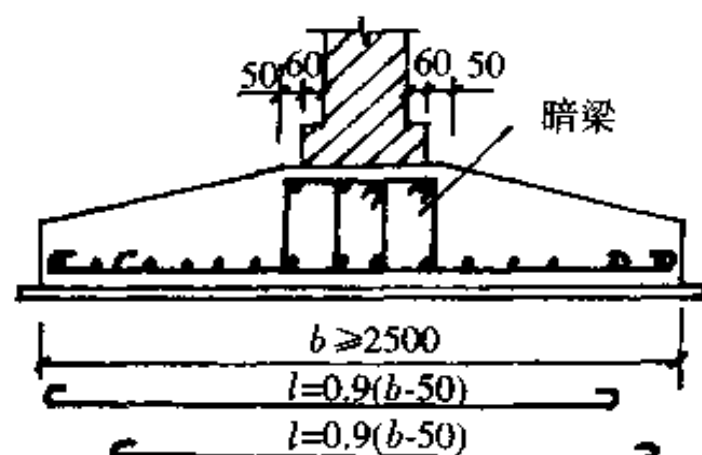


图 3-9 底板横向钢筋交错布置

(2) 有纵肋的板式条形基础, 当肋宽大于 350mm 时, 肋内应配置四肢箍筋; 当肋宽大于 800mm 时, 应配置六肢箍筋。箍筋一般为  $\phi 6 \sim \phi 8$ , 间距为 200 ~ 400mm; 纵肋内的纵向受力钢筋, 按构造要求配置上下相同的双筋, 其配筋率应满足受弯构件最小配筋率要求。

(3) 当底板宽度  $b$  大于或等于 2500mm 时, 底板的横向受力钢筋长度  $l$  可按  $0.9(b - 50)$  交错布置 (见图 3-9), 并应满足关于截断钢筋对延伸长度的要求。

(4) 底板纵横交接处的配筋平面布置可参见图 3-11 及图 3-12 设置。

### 四、柱下钢筋混凝土条形基础

钢筋混凝土柱下条形基础一般采用倒 T 形截面,由肋梁和翼板组成。

柱下条形基础的构造要求如下:

(1) 柱下条形基础肋梁顶面和底面的纵向受力钢筋,应各有 2~4 根钢筋通长配置,且其面积不得少于纵向钢筋总面积的  $1/3$ 。纵向受力钢筋的直径不应小于  $10\text{mm}$ 。

(2) 条形基础梁的纵向受力钢筋应按计算确定,并沿梁上下配置,其配筋率均不得小于  $0.2\%$ ,钢筋直径不应小于  $12\text{mm}$ ,如图 3-10 所示。

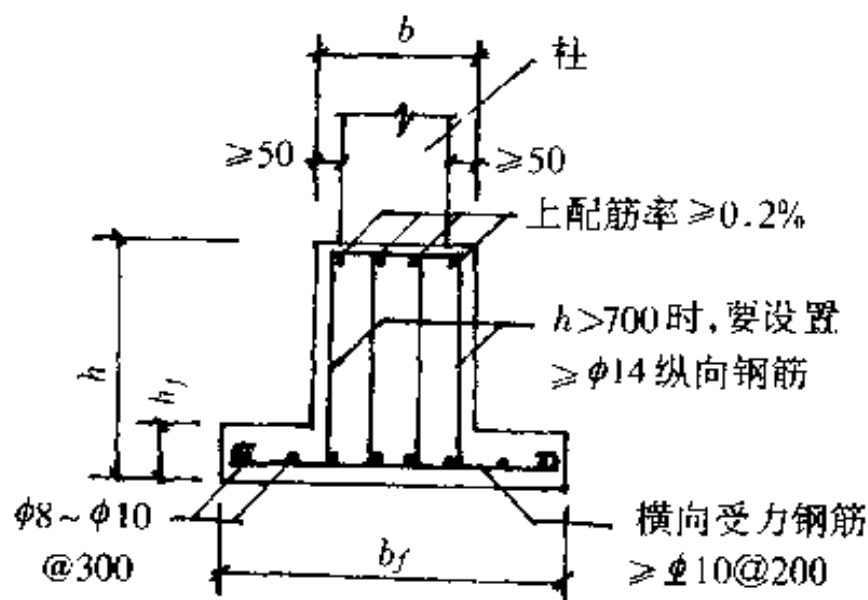


图 3-10 柱下钢筋混凝土条形基础构造

(3) 肋宽  $b$  小于或等于  $350\text{mm}$  时,采用双肢箍筋; $350\text{mm} < b \leq 800\text{mm}$  时,采用四肢箍筋; $b$  大于  $800\text{mm}$  时,采用六肢箍筋。

(4) 箍筋应采用封闭式,其直径不应小于  $8\text{mm}$ ,间距按计算确定,但不应大于  $15d$  ( $d$  为纵向受力钢筋直径),也不应大于  $400\text{mm}$ ;在距支座  $0.25 \sim 0.3$  柱距范围内应加密配置。

(5) 当肋高  $h$  大于 700mm 时, 应在肋高的中部两侧配置直径不小于 14mm 的纵向构造钢筋。该纵向构造钢筋的上下间距为 300 ~ 400mm。

(6) 翼板的横向受力钢筋由计算确定, 但直径不应小于 10mm, 间距为 100 ~ 200mm。分布钢筋的直径为 8 ~ 10mm, 间距不大于 300mm。

(7) 在柱下钢筋混凝土条形基础的 T 形和十字形交接处, 翼板横向受力钢筋仅沿一个主要受力轴方向通长放置, 而另一轴向的横向受力钢筋, 伸入受力轴方向底板宽度  $1/4$  即可, 如图 3-11 所示。

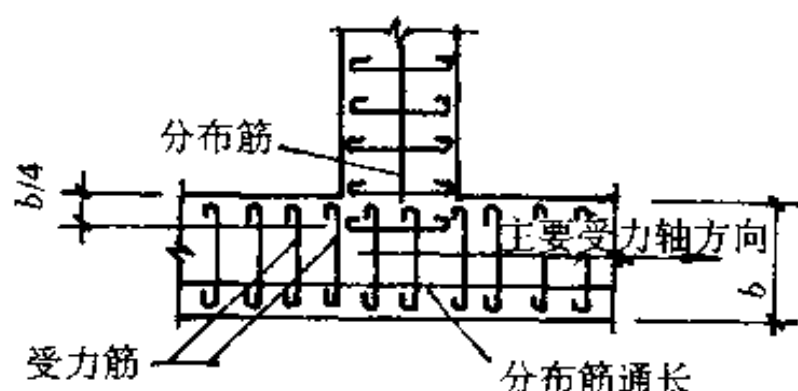


图 3-11 T 形交接处翼板受力钢筋配置构造

(8) 当条形基础底板在 L 形拐角处, 其底板横向受力钢筋应沿两个轴向通长放置, 如图 3-12 所示, 分布钢筋在主要受力轴向通长放置, 而另一轴向的分布钢筋可在交接边缘处断开。

(9) 柱下钢筋混凝土条形基础的肋梁箍筋在中段  $0.4l$  范围内, 间距可适当增大, 但不宜大于 400mm, 如图 3-13 所示。

(10) 预制柱列下钢筋混凝土条形基础的构造规定应符

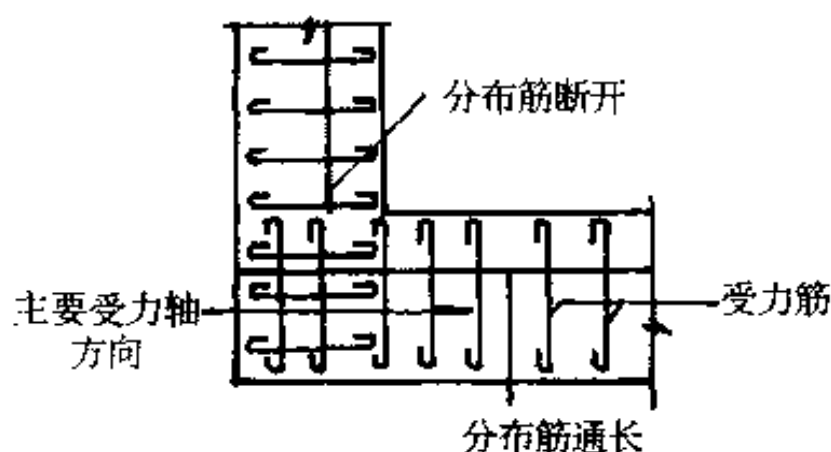


图 3-12 L形拐角处翼板配筋构造

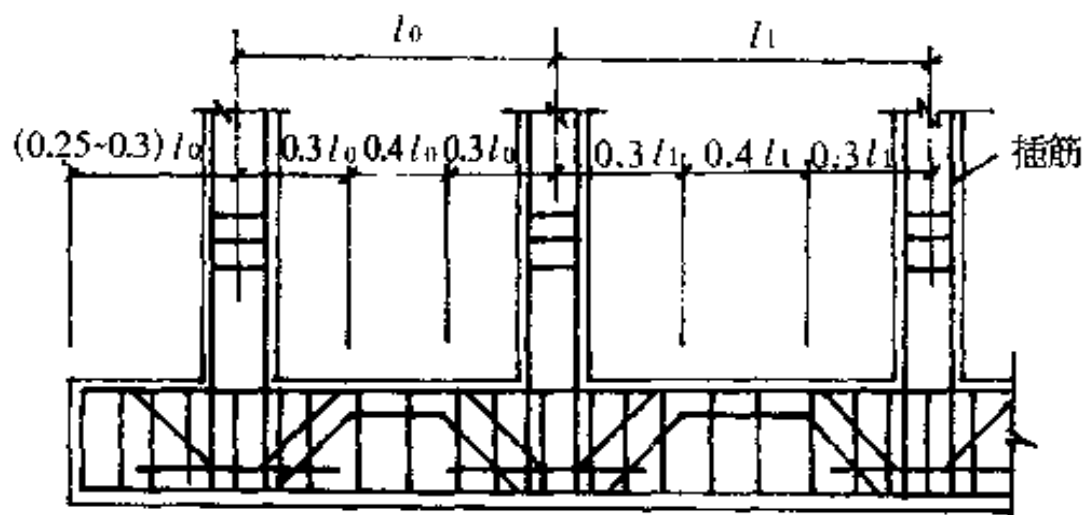


图 3-13 肋梁配筋构造

合下列要求：

- ①全部柱下单独基础连接在一起，且在杯口壁上配置连续钢筋。
- ②在每隔 20 ~ 40m 长留 800mm 宽的后浇带，在浇灌前必须清洗干净后，并刷高强度等级水泥浆一道。
- ③配筋要求与现浇柱下钢筋混凝土条形基础相同。

## 第二节 钢筋混凝土板

### 一、受力钢筋的直径

板中受力钢筋的直径如表 3-1 所示。

表 3-1 受力钢筋的直径 (mm)

序号	钢筋直径	支承板			悬臂板		预制板
		板 厚			悬出长度		板厚
		$h < 100$	$100 \leq h \leq 150$	$h > 150$	$l \leq 500$	$l > 500$	$h \leq 50$
1	最小钢筋直径	6	8	12	6	8	4
2	常用钢筋直径	6, 8, 10	8, 10, 12	12, 14, 16	6, 8	8, 10, 12	4, 5, 6

注:板中受力钢筋一般只配一种直径的钢筋。

### 二、受力钢筋的间距

板中采用绑扎钢筋作配筋时,其受力钢筋的间距应根据计算确定,但还应符合表 3-2 的规定。

表 3-2 板中受力钢筋的间距 (mm)

序号	钢筋间距	跨 中		支 座	
		板厚 $h \leq 150$	板厚 $h > 150$	下部	上部
1	最大钢筋间距	200	$1.5h$ 及 $\leq 250$	400	200
2	最小钢筋间距	70	70	70	70

注:①表中支座处下部受力钢筋截面面积不应小于跨中受力钢筋截面面积的  $1/3$ 。

②板中受力钢筋一般距墙边或梁边 50mm 开始配置,如图 3-14 所示。

### 三、受力钢筋的锚固

#### 1. 上部钢筋

采用绑扎钢筋的板,上部钢筋伸入支座内的长度  $l$  按下

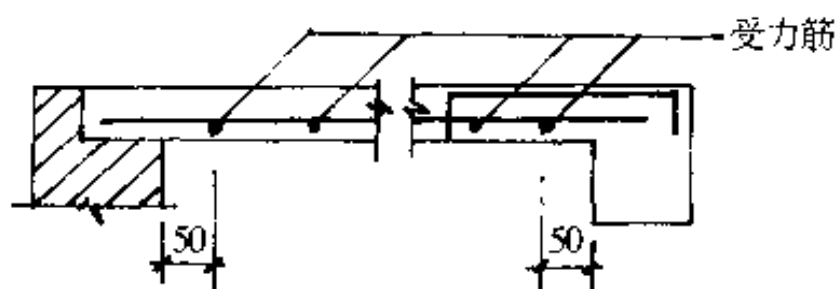


图 3-14 板中受力钢筋位置

列规定确定：

(1) 嵌固在砖石砌体内的简支板或与边梁整浇但按简支设计的板，板上部钢筋伸入支座的长度  $l = a - 10$ ，见图 3-15 (a)、(b)， $a$  为板在砌体上的支承长度或梁宽。

(2) 与边梁整浇的嵌固板，见图 3-15 (c)， $l = l_a$ ， $l_a$  应按第二章第三节的规定确定。

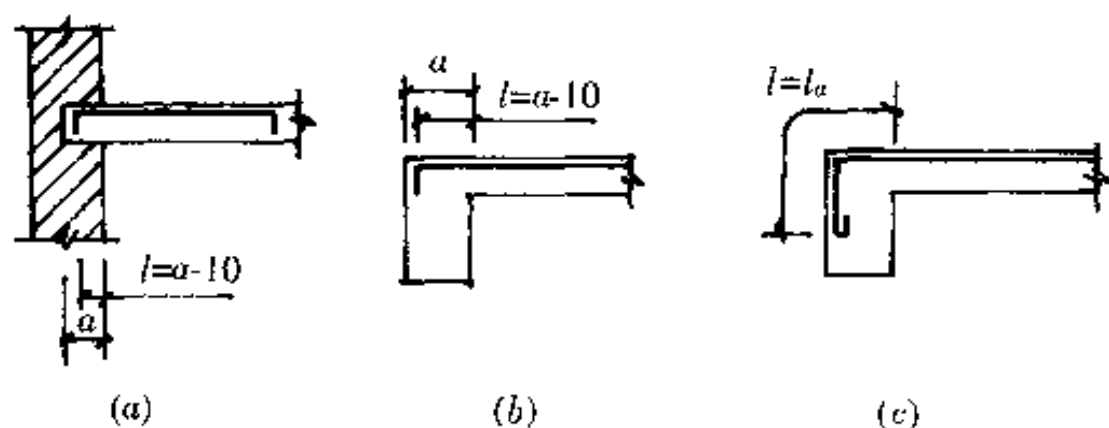


图 3-15 上部受力钢筋的锚固长度

(a) 简支板；(b) 与梁整浇但按简支设计；(c) 嵌固板

## 2. 下部钢筋

(1) 当采用绑扎钢筋配筋时，简支板的下部纵向受力钢筋伸入支座内的锚固长度  $l_a$  不应小于  $5d$  ( $d$  为下部纵向受力钢筋直径)，如图 3-16 所示；板与梁整体连接或连续板下部纵向受力钢筋伸入支座内的锚固长度  $l_a$  应伸至墙或梁中心

线且不应小于  $5d$  ( $d$  为下部纵向受力钢筋直径), 如图 3-17 所示。

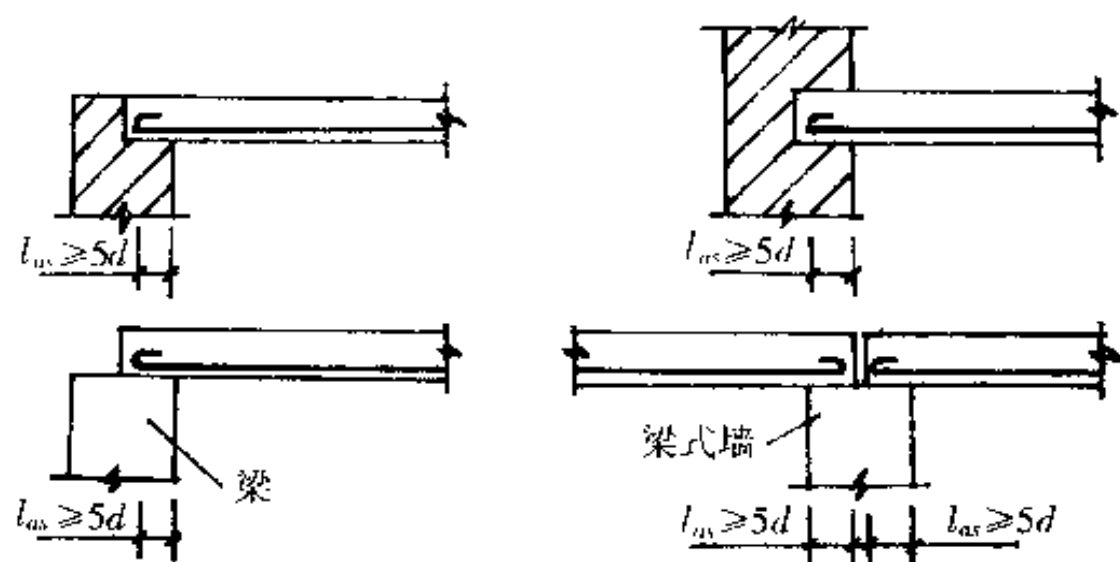


图 3-16 简支板支座处下部纵向受力钢筋的锚固长度

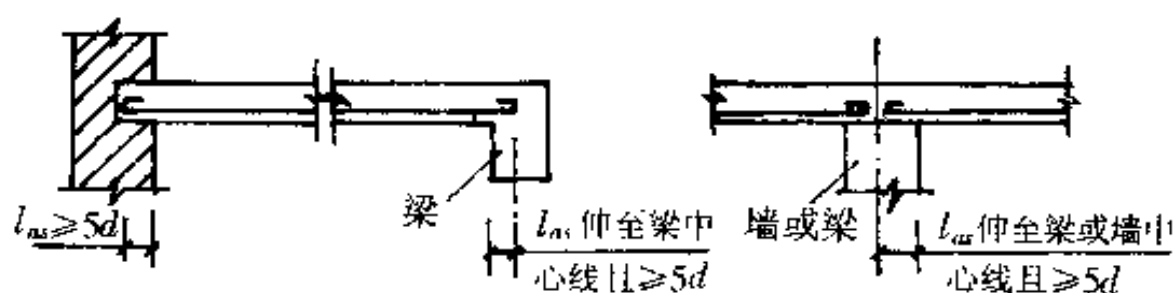


图 3-17 板与梁整体连接或连续板下部纵向受力钢筋的锚固长度

(2) 当采用焊接网配筋时, 下部纵向受力钢筋尚应满足下列要求:

① 当  $V \leq 0.7f_tbh_0$  时, 其末端至少应有一根横向钢筋配置在支座边缘内, 见图 3-18(a)、(b)、(c), 或受力钢筋末端应制成弯钩, 见图 3-18(d)、(e)、(f), 或加焊附加的横向锚固钢筋, 见图 3-18(g)、(h)、(i)

② 当  $V > 0.7f_tbh_0$  时, 配置在支座内的横向锚固钢筋不



应少于 2 根,其直径不应小于纵向受力钢筋直径的一半(见图 3-19)

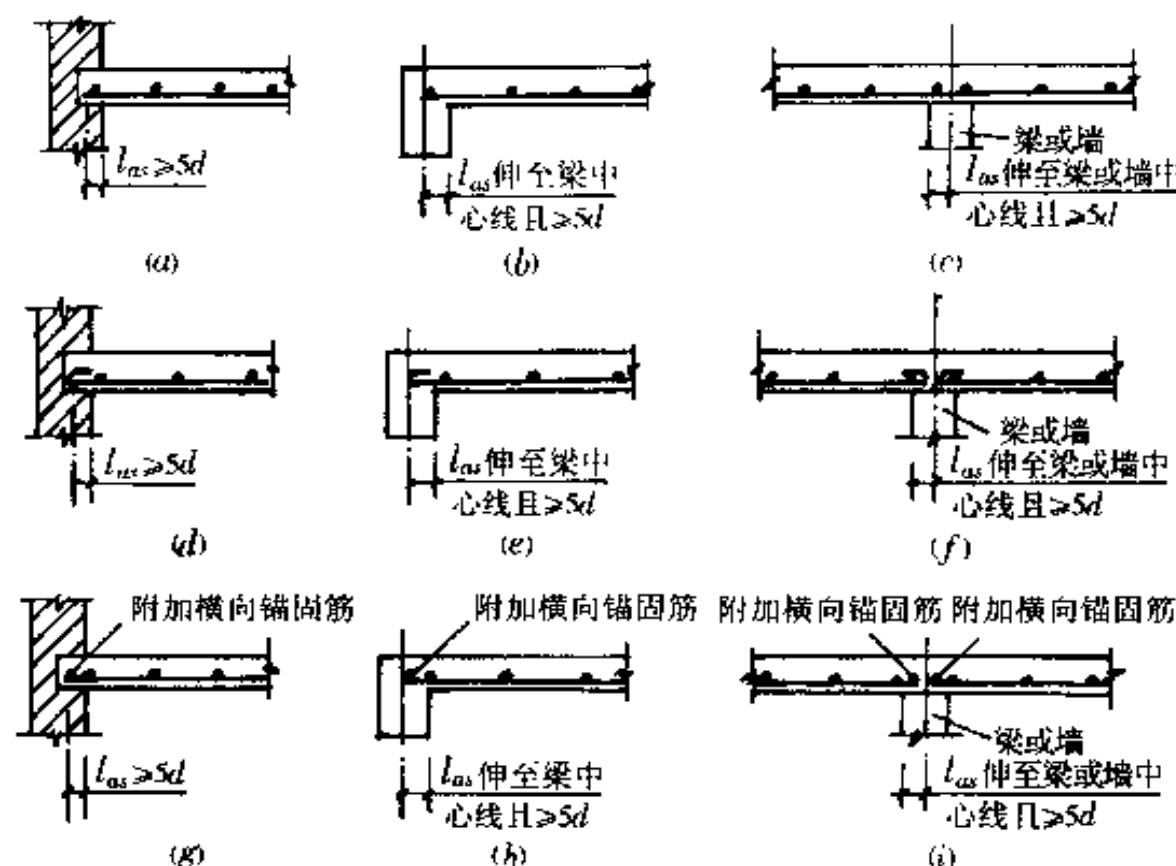


图 3-18 焊接网配筋,  $V \leq 0.7f_t b h_0$  时板支座纵向受力钢筋的锚固长度  
 (a) 焊接网配筋板简支于砖墙上的边支座; (b) 焊接网配筋板与梁整浇的边支座; (c) 焊接网配筋板支承于梁或墙上的中间支座; (d) 末端有弯钩的焊接网配筋板简支于砖墙上的边支座; (e) 末端有弯钩的焊接网配筋板与梁整浇的边支座; (f) 末端有弯钩的焊接网配筋板支承于梁或墙上的中间支座; (g) 加焊附加横向锚固钢筋焊接网配筋板简支于砖墙上的边支座; (h) 加焊附加横向锚固钢筋焊接网配筋板与梁整浇的边支座; (i) 加焊附加横向锚固钢筋焊接网配筋板支承于梁或墙上的中间支座

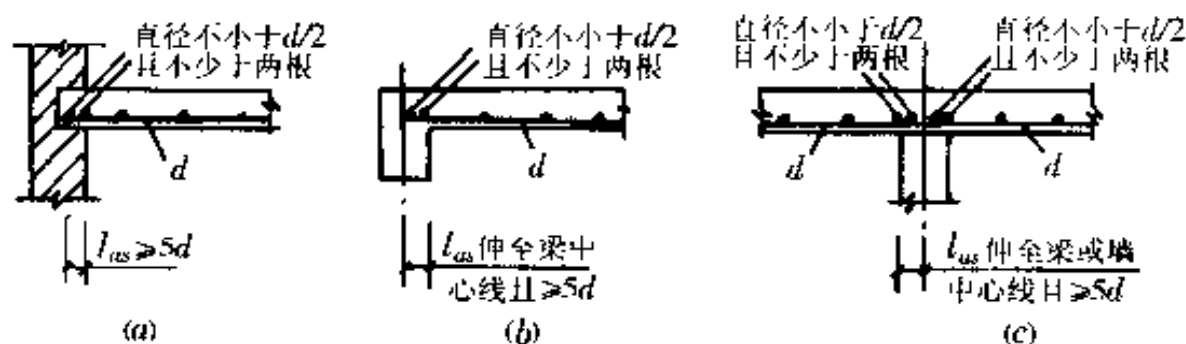


图 3-19 焊接网配筋,  $V > 0.7f_t b h_0$  时板支座纵向受力钢筋的锚固长度

(a) 焊接网配筋板简支于砖墙上的边支座; (b) 焊接网配筋板与梁整浇的边支座; (c) 焊接网配筋板支承于梁或墙上的中间支座

本图仅示焊接网在板支座处的锚固

#### 四、受力钢筋的弯起

板中纵向受力钢筋的弯起可按表 3-3 采用。

表 3-3 板中纵向受力钢筋的弯起

序号	项 目	内 容
1	要求	在弯起式配筋方式中, 钢筋的弯起位置应满足覆盖正、负弯矩图的要求, 板中弯起钢筋的弯起角不宜小于 $30^\circ$
2	弯起角度	当板厚 $h < 120\text{mm}$ 时, 钢筋的弯起角一般采用 $30^\circ$ , 当板厚 $h \geq 120\text{mm}$ 时, 弯起角可采用 $45^\circ$
3	弯起数量	板中受力钢筋一般可将跨中钢筋的 $1/3$ 弯起, 但不应超过 $2/3$
4	弯起长度	弯起钢筋的上部弯折点至支座边缘的距离, 当简支板时为 $l_n/10$ ( $l_n$ 为板的净跨度), 如图 2-10 所示
5	弯折部分长度	常用板厚中弯起钢筋弯折部分的长度如表 3-4 及表 3-5 所示

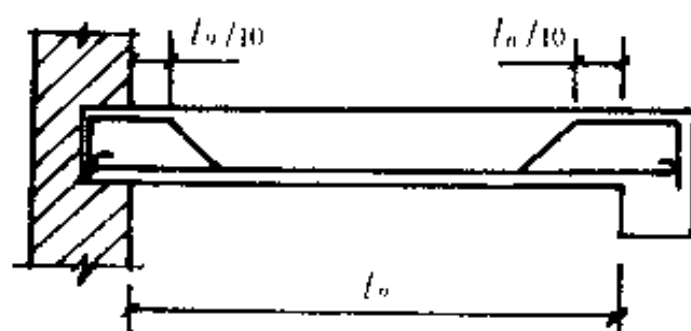


图 3-20 弯起钢筋上部弯折点至支座边缘的距离

 表 3-4 板中弯起钢筋弯折部分的长度(弯起角度为 $30^\circ$ )(mm)

序号	板厚	70	80	90	100	110	120
1	斜高 $h_1$	40	50	60	70	80	90
2	水平长 $l$	70	90	100	120	140	160
3	斜长 $s$	80	100	120	140	160	180

注:弯起钢筋的混凝土保护层按 15mm 考虑。

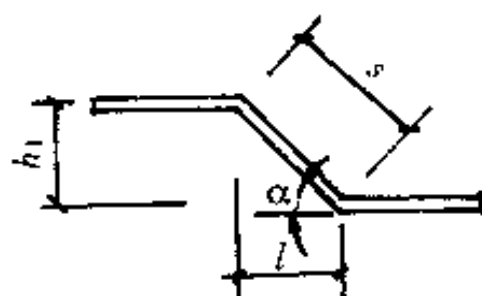
 表 3-5 板中弯起钢筋弯折部分的长度(弯起角度为 $45^\circ$ )(mm)

序号	板厚	120	130	140	150	160	170	180
1	斜高 $h_1$	90	100	110	120	130	140	150
2	水平长 $l$	90	100	110	120	130	140	150
3	斜长 $s$	130	140	160	170	180	200	210

序号	板厚	190	200	210	220	230	240	250
1	斜高 $h_1$	160	170	180	190	200	210	220
2	水平长 $l$	160	170	180	190	200	210	220
3	斜长 $s$	230	240	250	270	280	300	310

注:弯起钢筋的混凝土保护层按 15mm 考虑。


 $\alpha = 30^\circ$  时

$$l = 1.731h_1$$

$$s = 2h_1$$

 $\alpha = 45^\circ$  时

$$l = h_1$$

$$s = 1.41h_1$$

## 五、分布钢筋

### 1. 分布钢筋的作用

- (1)能起到承受和分布板上局部荷载产生的内力。
- (2)在浇筑混凝土时起固定受力钢筋的位置。
- (3)可抵抗混凝土收缩和温度变化所产生的拉应力。

### 2. 分布钢筋的配置要求

(1)当按单向板设计时,除沿纵向受力方向布置受力钢筋外,还应在垂直受力方向布置分布钢筋。单位长度上分布钢筋的截面面积不小于单位宽度上受力钢筋截面面积的15%,且不应小于该方向板截面面积的0.15%,分布钢筋的间距不应大于250mm,直径不宜小于6mm。对于温度变化较大或集中荷载较大的情况,分布钢筋间距不宜大于200mm。

(2)分布钢筋应配置在受力钢筋的转折处及直线段,在梁截面范围可不配置。

(3)当有实践经验和可靠措施时,预制板的分布钢筋可适当减少。

(4)当板所受的温度变化较大时,其分布钢筋应适当增加。

(5)当板面作用较大的集中荷载或对防止出现裂缝要求较严时,其分布钢筋应适当增加。

### 3. 分布钢筋的直径及间距

单向现浇板的分布钢筋直径及间距如表3-6所示。

表 3-6 单向现浇板的分布钢筋直径及间距 (mm)

序号	受力 钢筋 直径	受力钢筋间距													
		70	75	80	85	90	95	100	110	120	130	140	150	160	170 ~ 200
1	6 ~ 8	φ6@ 250													
2	10	φ6@ 200			φ6@ 250										
3	12	φ8@ 250					φ6@ 200			φ6@ 250					
4	14	φ8@ 150		φ8@ 200			φ8@ 250				φ6@ 200			φ6@ 250	
5	16	φ8@ 150 或 φ10@ 200		φ8@ 150 或 φ10@ 250					φ8@ 200				φ8@ 250		

注: 当有实践经验或可靠措施时, 预制单向板的分布钢筋可不受此表规定的限制。

## 六、板的构造钢筋及附加钢筋

### 1. 板的构造钢筋

(1) 对嵌固在砖墙内的现浇板, 应沿嵌固边在板的上部配置构造钢筋 (见图 3-21), 并应符合下列规定:

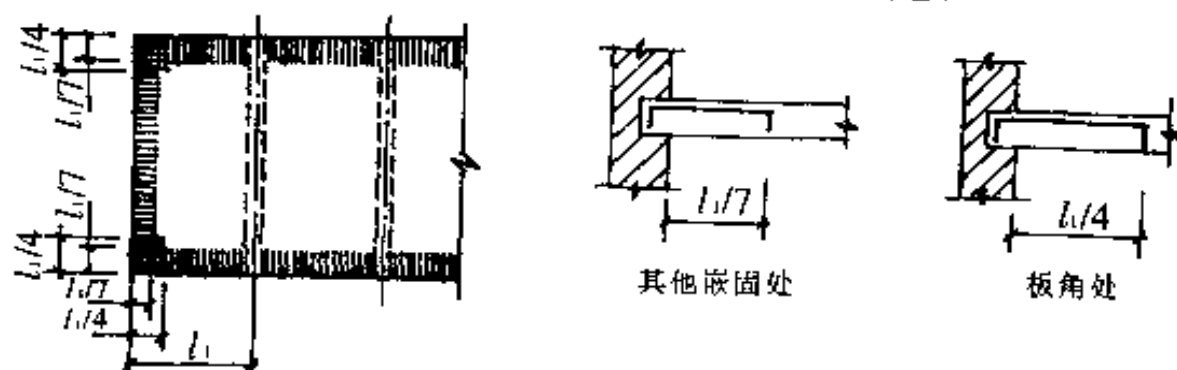


图 3-21 嵌固在砖墙内的板上部构造钢筋的配置

① 钢筋间距不宜大于 200mm, 直径不宜小于 8mm (包括弯起钢筋), 其伸出墙边的长度不应小于  $l_1/7$ , 其中  $l_1$  为板的短边跨度。

②对两边均嵌固在墙内的板角部分,应双向配置上部构造钢筋,其伸出墙边的长度不应小于  $l_1/4$ 。

③沿受力方向配置的上部构造钢筋(包括弯起钢筋)的截面面积不宜小于该方向跨中受力钢筋截面面积的  $1/3$ 。

(2)当现浇板的受力钢筋与梁的肋部平行时,应沿梁肋方向配置间距不大于  $200\text{mm}$  且与梁肋相垂直的构造钢筋,其直径不应小于  $8\text{mm}$ ,且单位长度内的总截面面积不应小于板中单位长度内受力钢筋截面面积的  $1/3$ ,伸入板中的长度从肋边算起每边不应小于板计算距离  $l_0$  的  $1/4$ (见图 3-22)。当现浇板的受力钢筋与边梁平行时,应按上述方法同样处理。

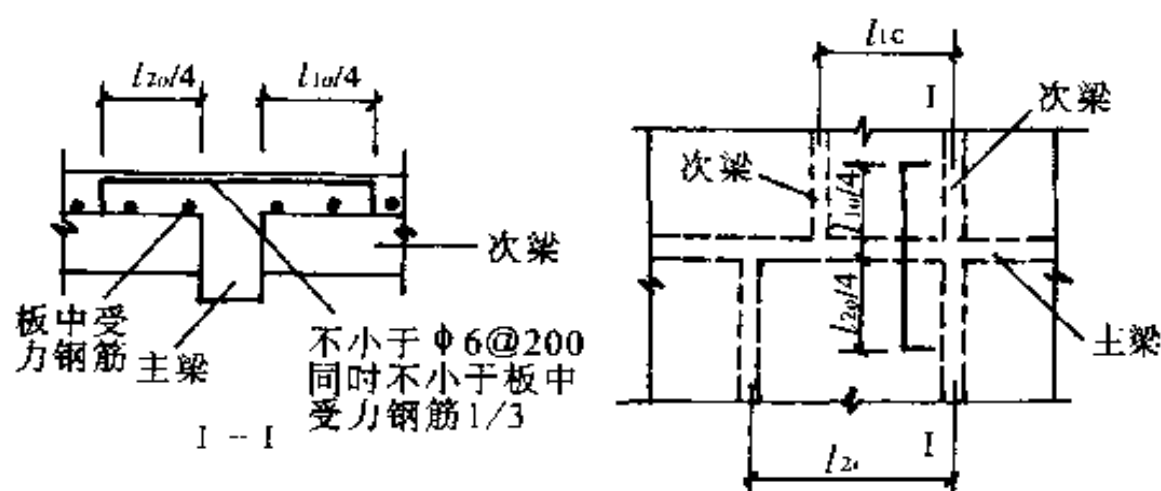


图 3-22 板的受力钢筋与梁肋部平行时构造钢筋的配置

$l_{1c}, l_{2c}$ —板 1、2 的轴线跨度;  $l_{10}, l_{20}$ —板 1、2 的计算跨度

## 2. 板的附加钢筋

(1)在温度和收缩应力较大的现浇板区域内尚应布置附加钢筋。附加钢筋的数量可按计算或工程经验确定,并宜沿板的上、下表面布置。沿一个方向增加的附加钢筋配筋率不宜小于  $0.2\%$ ,其直径不宜过大,间距宜取  $150 \sim 200\text{mm}$ ,并应按受拉钢筋确定该附加钢筋伸入支座的锚固长度。

(2) 当多跨连续板跨度大于 4.0m 且混凝土为泵送时,或在结构体形或截面变化较大的部位,亦宜按上述原则在板的上、下表面布置双向附加钢筋。

### 七、沿楼盖周边的单向板或双向板

沿楼盖周边的单向板或双向板在板的上部布置负弯矩钢筋的要求如下:

#### 1. 负弯矩钢筋的布置

对沿楼盖周边与钢筋混凝土边梁或钢筋混凝土墙整体连接的单向板或双向板,应沿周边在板的上部布置负弯矩钢筋。

#### 2. 钢筋直径及间距

其直径不宜小于 8mm,间距不宜大于 200mm,且截面面积不应小于跨中纵向钢筋截面面积的 1/3。

#### 3. 伸入板中长度

伸入板中的长度自梁或墙边算起,在多跨单向板中不宜小于受力方向板计算跨度  $l_0$  的 1/5;在多跨双向板中,不宜小于板短方向计算跨度  $l_0$  的 1/4。

#### 4. 板角处钢筋布置

在板角处该钢筋应沿两个垂直方向布置。当柱截面尺寸相对较大时,该负弯钢筋伸出柱各边的长度尚不应小于该方向伸出梁边或墙边的长度。该负弯矩钢筋应按受拉钢筋锚固在钢筋混凝土梁内、墙内或柱内。

### 八、板中抗冲切箍筋或弯起钢筋的配置

板中配置抗冲切箍筋或弯起钢筋的构造要求如下:

#### 1. 板厚

在局部荷载和集中反力作用下,为了提高板受冲切的承载力,可在局部荷载和集中反力作用面积附近的范围内配置

箍筋或弯起钢筋,此时板的厚度不应小于 150mm

## 2. 配置箍筋

按计算所需的箍筋及相应的架立钢筋应配置在冲切破坏锥体范围内,并布置在从柱边向外不小于  $1.5h_0$  的范围内,如图 3-23 所示。箍筋宜为封闭式,直径不应小于 6mm,间距不应大于  $h_0/3$

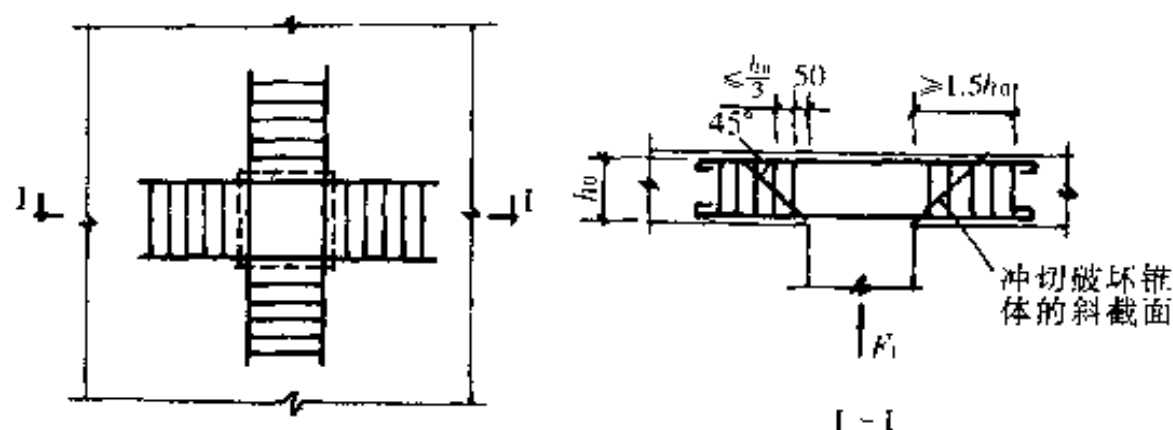


图 3-23 配置箍筋提高受冲切承载力

## 3. 配置弯起钢筋

按计算所需的弯起钢筋可由一排或两排组成,其弯起角度可根据板的厚度在  $30^\circ \sim 45^\circ$  之间选取,弯起钢筋的倾斜段应与冲切破坏斜截面相交,当弯起钢筋为一排时,其交点应在离局部荷载或集中反力作用面积周边以外  $1/2 \sim 2/3$  板厚度的范围内,当弯起钢筋为二排时,其交点应在离局部荷载或集中反力作用面积周边以外  $1/2 \sim 5/6$  板厚度的范围内。弯起钢筋直径不应小于 12mm,且每一方向不应少于 3 根;如图 3-24 所示。

## 九、现浇屋面板挑檐转角处的构造钢筋

屋面板挑檐转角处应配置承受负弯矩的放射状构造钢筋,如图 3-25 所示,其间距沿  $l/2$  处应不大于 200mm( $l$  为挑



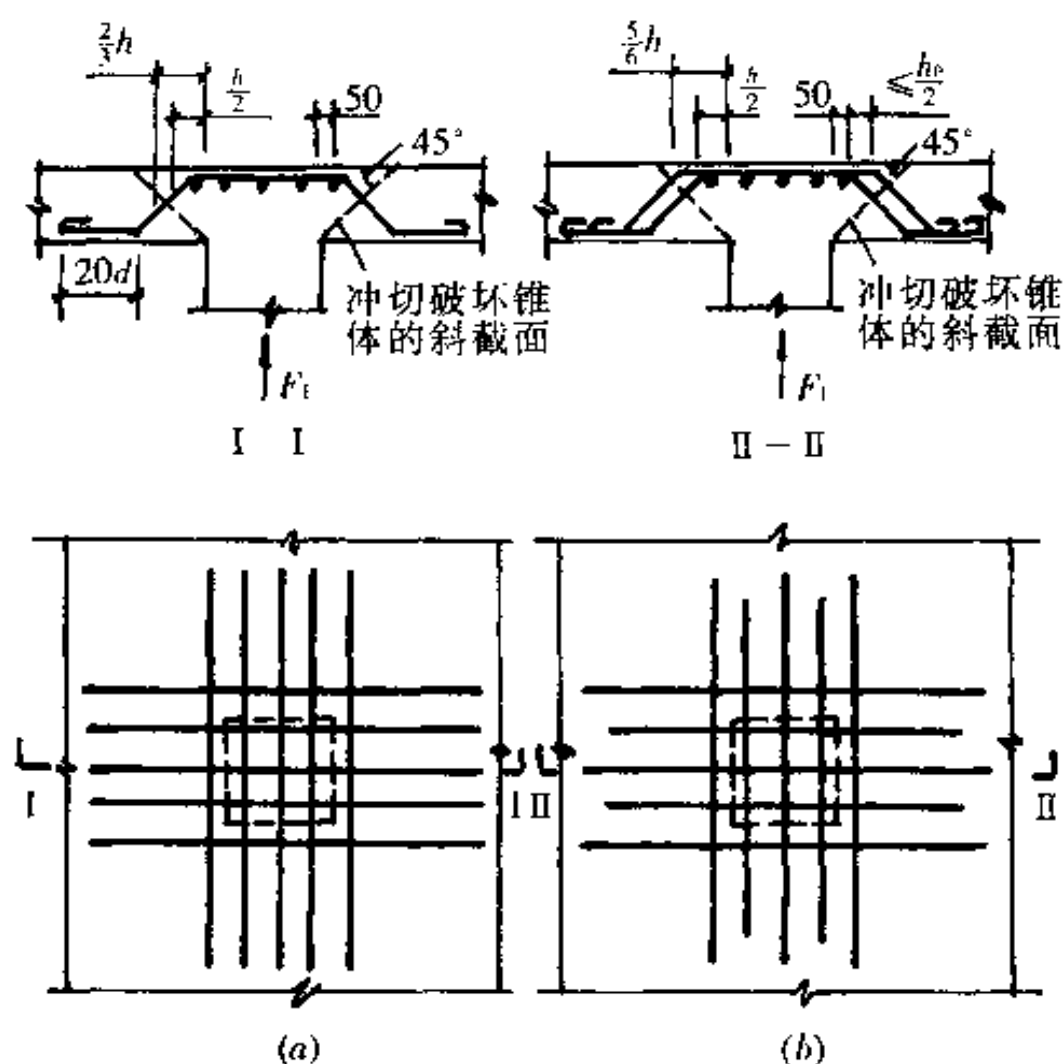


图 3-24 配置弯起钢筋提高受冲切承载力

(a) 一排弯起钢筋; (b) 二排弯起钢筋

檐长度), 钢筋的锚固长度一般取  $l_a \geq l$ , 钢筋的直径与悬臂板支座处受力钢筋相同且不小于 6mm。

当挑檐宽度  $l \leq 500\text{mm}$  时, 构造钢筋可用 3 根, 锚固长度  $l_a \geq 500\text{mm}$ ; 当  $500\text{mm} < l \leq 800\text{mm}$  时, 构造钢筋可用 5 根, 锚固长度  $l_a \geq 800\text{mm}$ 。

## 十、单向板的配筋及图例

### 1. 分离式配筋

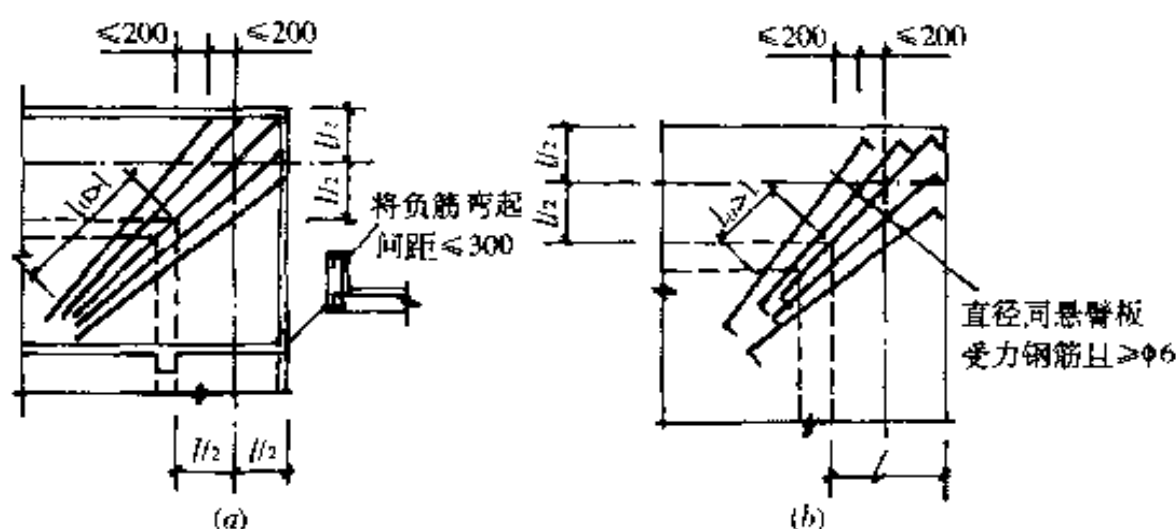


图 3-25 屋面板挑檐转角处的构造配筋

(a) 有肋挑檐; (b) 平板挑檐

(1) 适用范围及要求:

- ① 分离式配筋一般用于板厚  $h \leq 150\text{mm}$  的板。
- ② 当多跨单向板采用分离式配筋时, 跨中正弯矩钢筋宜全部伸入支座, 支座负弯矩钢筋向跨内的延伸长度应满足覆盖负弯矩图和钢筋锚固的要求。

(2) 配筋图例:

- ① 单跨板的分离式配筋形式如图 3-26 所示。
- ② 等跨连续板的分离式配筋形式如图 3-27 所示。板中的下部受力钢筋根据实际长度也可以采取连续配筋。
- ③ 跨度相差不大于 20% 的不等跨连续板的分离式配筋形式如图 3-28 所示。板中下部钢筋根据实际长度可以采取连续配筋。当跨度相差大于 20% 时, 上部受力钢筋伸过支座边缘的长度应根据弯矩图形确定, 并满足延伸长度的要求。

2. 弯起式配筋

(1) 适用范围:

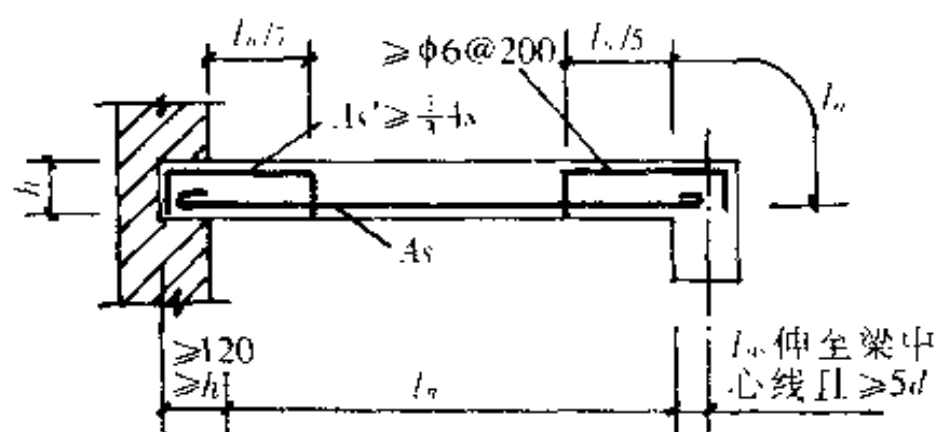


图 3-26 单跨板的分离式配筋

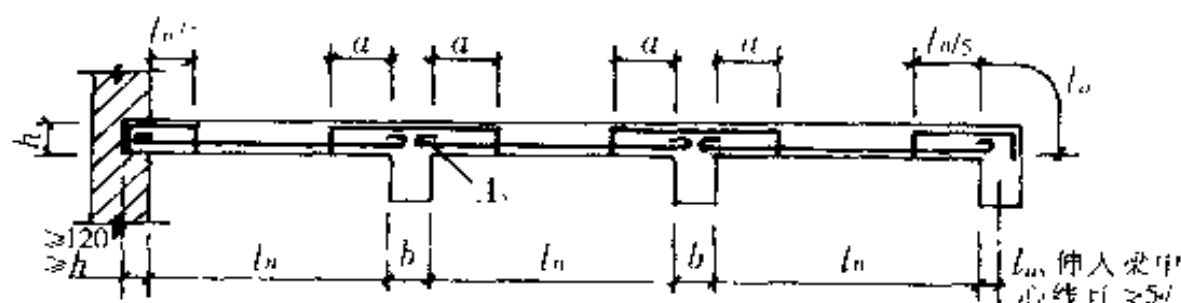


图 3-27 等跨连续板的分离式配筋

当  $q \leq 3g$  时,  $a = l_n/4$  当  $q > 3g$  时,  $a = l_n/3$

$q$ —均布活荷载设计值;  $g$ —均布恒荷载设计值

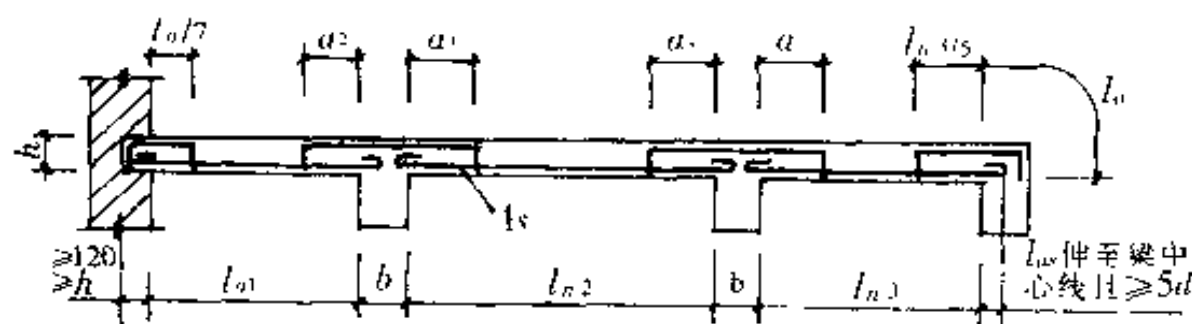


图 3-28 跨度相差不大于 20% 的不等跨连续板的分离式配筋

当  $q \leq 3g$  时,  $a_1 = l_{n1}/4, a_2 = l_{n2}/4, a_3 = l_{n3}/4$

当  $q > 3g$  时,  $a_1 = l_{n1}/3, a_2 = l_{n2}/3, a_3 = l_{n3}/3$

$q$ —均布活荷载设计值;  $g$ —均布恒荷载设计值

弯起式配筋一般用于板厚  $h > 150\text{mm}$  及经常承受动荷载

的板。

(2) 配筋图例:

① 单跨板的弯起式配筋形式如图 3-29 所示。

② 等跨连续板的弯起式配筋形式如图 3-30 所示。

③ 跨度相差不大于 20% 的不等跨连续板的弯起式配筋形式如图 3-31 所示。当跨度相差大于 20% 时, 上部受力钢筋伸过支座边缘的长度, 应根据弯矩图形确定, 并满足延伸长度的要求。

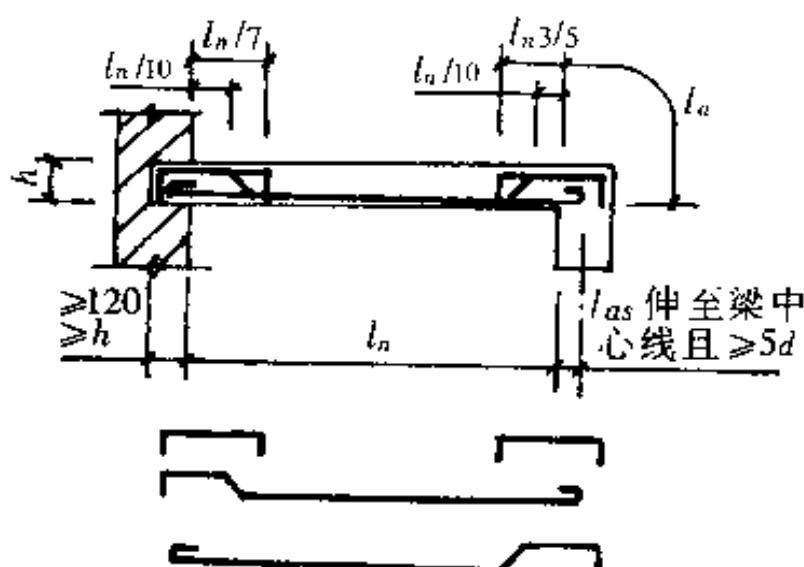


图 3-29 单跨板的弯起式配筋

## 十一、双向板的配筋及图例

### 1. 分离式配筋

现浇双向板分离式配筋要求如下:

(1) 四边支承单跨双向板: 钢筋混凝土四边支承单跨双向板的分离式配筋形式如图 3-32 所示。

(2) 四边支承连续双向板: 钢筋混凝土四边支承连续双向板的分离式配筋形式如图 3-33 所示。

### 2. 弯起式配筋



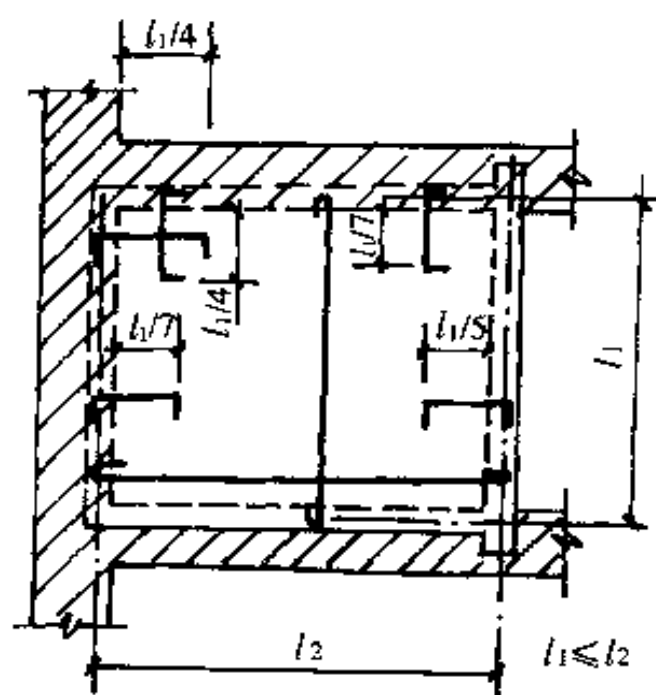


图 3-32 单跨双向板的分离式配筋

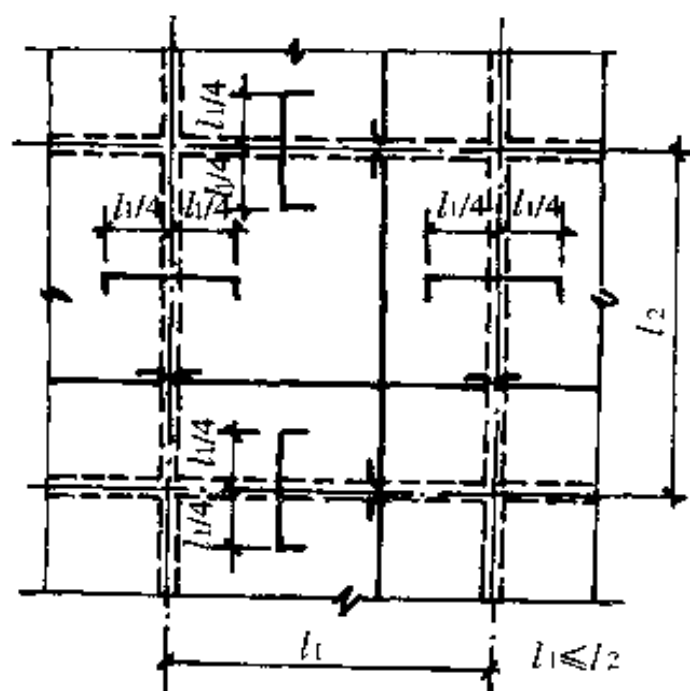


图 3-33 连续双向板的分离式配筋

(1) 四边支承单跨双向板: 钢筋混凝土四边支承单跨双向板的弯起式配筋形式如图 3-34 所示

(2) 四边支承多跨双向板: 钢筋混凝土四边支承多跨双向板的弯起式配筋形式如图 3-35 及图 3-36 所示

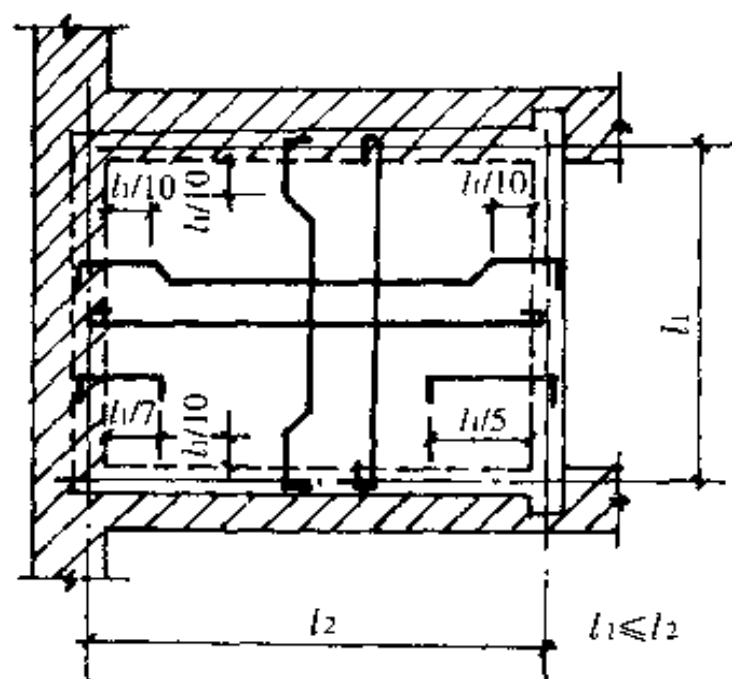


图 3-34 单跨双向板的弯起式配筋

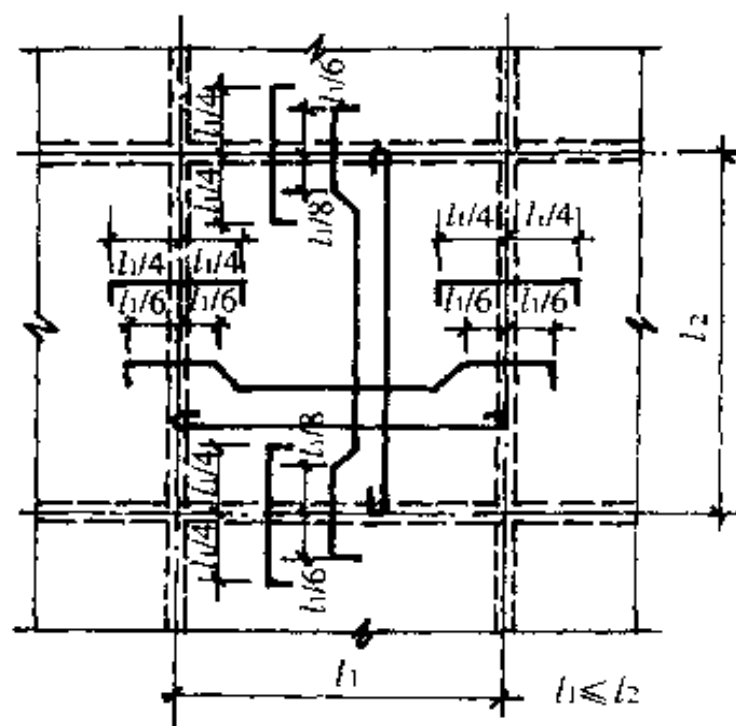


图 3-35 多跨双向板弯起式配筋(1)

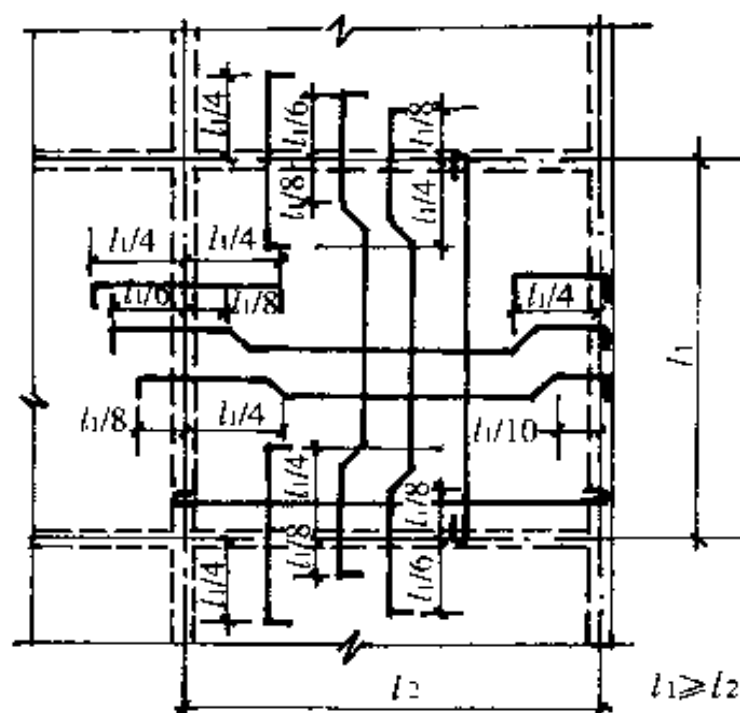


图 3-36 多跨双向板弯起式配筋(2)

## 十二、悬臂板的配筋及图例

### 1. 嵌固在砖墙内的深度与配筋

(1) 嵌固在砖墙内的深度: 悬臂板嵌固在砖墙内的深度  $a$  (见图 3-37) 应按现行砌体结构设计规范经计算确定。在一般情况下, 受力钢筋在砖墙内的长度应满足最小锚固长度  $l_a$  的要求。

(2) 配筋要求: 带有悬臂的板, 必须考虑悬臂支座处负弯矩对板跨中的影响。如在板跨中部出现负弯矩时, 应按图 3-38 配置钢筋; 如板跨中部不出现负弯矩时, 可按图 3-39 配置钢筋。配筋的大小由计算确定, 并符合有关构造要求。

### 2. 梁单侧和双侧带悬臂板的配筋

(1) 梁单侧带悬臂板的配筋: 梁单侧带悬臂板的配筋应满足悬臂板钢筋锚入梁内  $l_a$ 。见图 3-40(a) 的要求。当悬臂



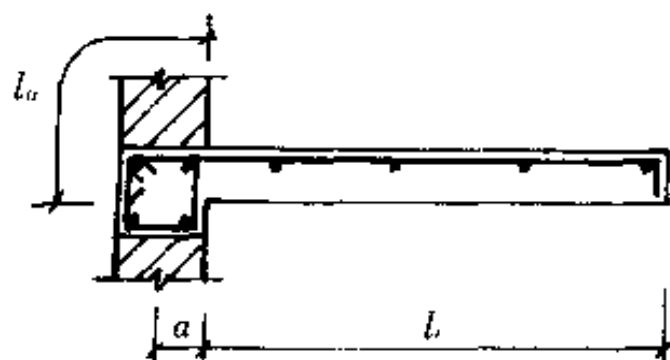


图 3-37 悬臂板的嵌固深度

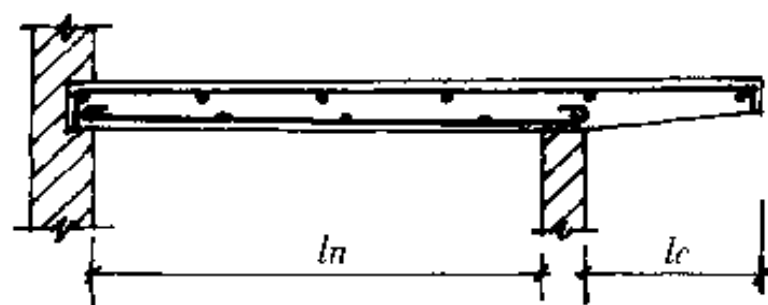


图 3-38 带悬臂的板配筋图(1)

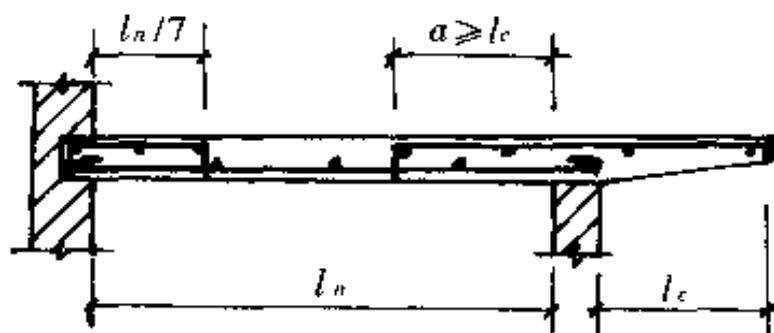


图 3-39 带悬臂的板配筋图(2)

当  $q \leq 3g$  时,  $a = l_n/4$ ; 当  $q > 3g$  时,  $a = l_n/3$

$q$ —均布活荷载设计值;  $g$ —均布恒荷载设计值

板钢筋与梁箍筋合一时,应按梁的保护层计算板的配筋,见图 3-40(b)。

(2) 梁双侧带悬臂板的配筋

①梁双侧悬臂板分别配筋,并满足锚固长度要求,如图 3-41(a)所示。

②梁双侧悬臂板整体配筋,如图 3-41(b)所示。

③悬臂板钢筋与梁内箍筋合一配筋,如图 3-41(c)所示。

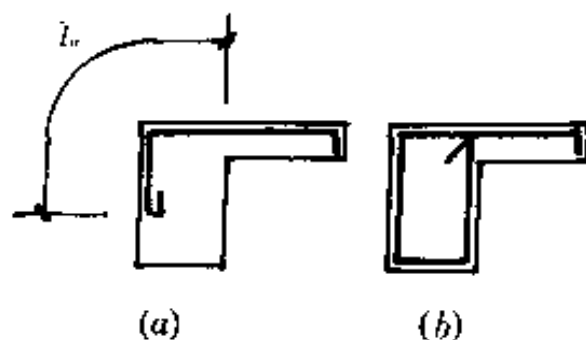


图 3-40 梁单侧带悬臂板的配筋

(a) 悬臂板钢筋锚入梁内  $l_a$ ;

(b) 悬臂板钢筋与箍筋合一

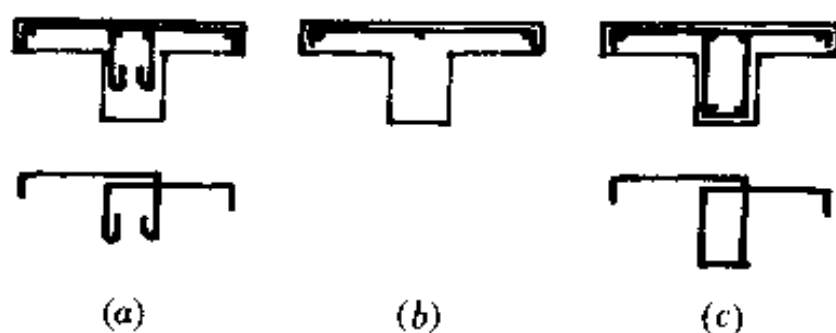


图 3-41 梁双侧带悬臂板的配筋

(a) 两侧悬臂板分别配筋; (b) 两侧悬臂板整体配筋; (c) 悬臂板钢筋与箍筋合一配筋

### 第三节 钢筋混凝土梁

#### 一、梁的纵向受力钢筋

##### 1. 纵向受力钢筋的直径

绑扎骨架的钢筋混凝土梁的纵向受力钢筋的直径及伸入支座的钢筋根数,应按设计计算确定,并应符合表 3-7 的规定。

表 3-7 纵向受力钢筋直径及伸入支座的钢筋根数(mm)

序 号	梁截面宽 $b$	梁截面高 $h$	钢筋直径 $d$	伸入支座钢筋根数
1	$b < 100$	$h < 300$	$d \geq 8$	$n \geq 1$
2	$b \geq 100$	$h \geq 300$	$d \geq 10$	$n \geq 2$

注:①梁内纵向钢筋直径常取为  $d = 12 \sim 25\text{mm}$ ,一般不宜大于  $28\text{mm}$ 。

②同一根梁内纵向钢筋直径的种类宜少,两种不同直径的钢筋,其直径差不宜小于  $2\text{mm}$ ,亦不宜大于 2 级。

##### 2. 纵向受力钢筋的层数及间距

(1)纵向受力钢筋的层数,与梁的宽度、钢筋根数、直径、间距、保护层厚度等有关。通常将钢筋沿梁宽度内平均放置,并尽可能地排成一层,以增大梁截面的内力臂,提高梁的受弯承载力,当钢筋根数较多,以致排成一层不能满足钢筋净距、保护层厚度的要求时,可排成两层,但其受弯承载力较差。一般不宜多于二层。

(2)梁的上部纵向钢筋的净距,不应小于  $30\text{mm}$  和  $1.5d$ 。下部纵向钢筋净距,不应小于  $25\text{mm}$  和  $d$ 。梁的下部纵向钢筋配置多于两层时,两层以上钢筋水平方向的中距应比下面

两层的中距增大一倍。各层钢筋之间的净距不应小于 25mm 和  $d$ 。

(3) 梁的下部纵向钢筋净距:  $\geq 25\text{mm}$ ,  $\geq d$ , 取两者中的大者, 如图 3-42(a) 所示。

(4) 梁的上部纵向钢筋净距:  $\geq 30\text{mm}$ ,  $\geq 1.5d$ , 取两者中的大者, 如图 3-42(b) 所示。

$d$  为梁内纵向受力钢筋中的最大直径; 上、下层钢筋宜相互对齐, 这有利于将混凝土浇筑密实; 梁内钢筋排成一层时的最多根数如表 3-8 所示。

表 3-8 梁内钢筋排成一层时的最多根数

梁宽 (mm)	钢筋直径 (mm)								
	10	12	14	16	18	20	22	25	28
150	3	3	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	2	2	2	2	2
200	$\frac{4}{5}$	4	4	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	3	3	3	$\frac{2}{3}$
250	$\frac{5}{6}$	$\frac{5}{6}$	5	5	$\frac{4}{5}$	4	4	$\frac{3}{4}$	3
300	7	$\frac{6}{7}$	$\frac{6}{7}$	6	$\frac{5}{6}$	$\frac{5}{6}$	5	$\frac{4}{5}$	4
350	$\frac{8}{9}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	7	$\frac{6}{7}$	$\frac{6}{7}$	6	$\frac{5}{6}$	$\frac{4}{5}$
400	$\frac{9}{10}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	7	$\frac{6}{7}$	$\frac{5}{6}$
500	$\frac{12}{13}$	$\frac{11}{12}$	$\frac{10}{12}$	$\frac{10}{11}$	$\frac{10}{11}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{7}{10}$	$\frac{7}{9}$	$\frac{6}{8}$

注: 表中分数值, 其分子为梁截面上部钢筋排成一层时的钢筋最多根数; 分母为梁截面下部钢筋排成一层时的钢筋最多根数。

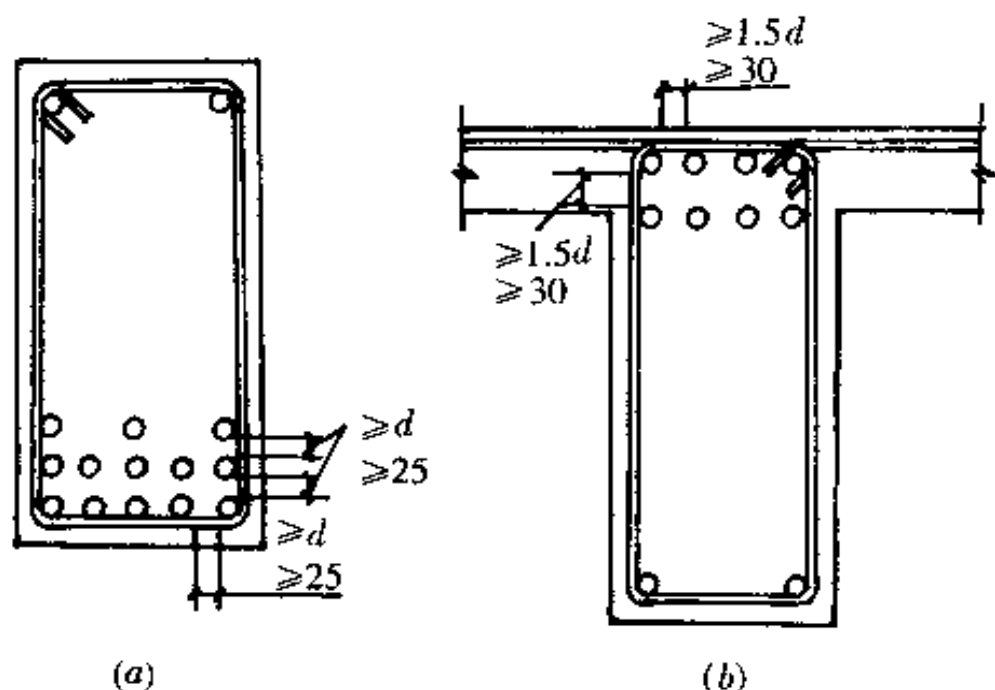


图 3-42 梁内纵向受力钢筋净距

(a) 梁的下部纵向受力钢筋净距; (b) 梁的上部纵向受力钢筋净距

### 3. 简支梁和连续梁简支端的下部纵向受力钢筋伸入梁支座的锚固

钢筋混凝土简支梁和连续梁简支端的下部纵向受力钢筋伸入梁的支座范围内的锚固长度  $l_{as}$  如图 3-43 所示, 并伸至梁端, 应符合下列的规定。

(1) 应符合: 当  $V \leq 0.7f_t b h_0$  时,  $l_{as} \geq 5d$ 。 (3-4)

(2) 应符合: 当  $V > 0.7f_t b h_0$  时, 对于热轧带肋钢筋,  $l_{as} \geq 12d$ ; 对于光面钢筋,  $l_{as} \geq 15d$ 。 (3-5)

(3) 混凝土强度等级小于或等于 C25 的简支梁: 混凝土强度等级小于或等于 C25 的简支梁, 在距支座边  $1.5h$  范围内作用有集中荷载 (包括作用有多种荷载, 且其中集中荷载对支座截面所产生的剪力占总剪力值的 75% 以上的情况), 且

$V$  大于  $0.7f_tbh$ 。时,对热扎带肋钢筋宜采用附加锚固措施,或取锚固长度  $l_{as}$  不小于  $15d$ 。

(4) 焊接骨架:如焊接骨架中采用光面钢筋作为纵向受力钢筋时,则在锚固长度  $l_{as}$  内应加焊横向钢筋:

① 当  $V \leq 0.7f_tbh$ 。时,至少一根;如图 3-44(a) 所示。

② 当  $V > 0.7f_tbh$ 。时,至少二根,如图 3-44(b) 所示。

横向钢筋直径  $d_1$ ,不应小于纵向受力钢筋直径  $d$  的一半;同时,加焊在最外边的横向钢筋,应靠近纵向钢筋的末端。

(5) 锚固措施:如纵向受力钢筋伸入梁的支座范围内的锚固长度  $l_{as}$  不满足要求时,当采取下列锚固措施之一,可将正常锚固长度减少  $5d$ ,但伸入支座的水平长度应大于或等于  $5d$ 。

① 将纵向受力钢筋焊在梁端支座的预埋件上,如图 3-45(a) 所示。

② 在纵向受力钢筋端头加焊锚固钢板,如图 3-45(b) 所示。

③ 在纵向受力钢筋端头加焊锚固钢筋,如图 3-45(c) 所示。

④ 在梁端  $l_{as} + 1.5h$  区段范围内,箍筋面积较计算需要增加 50%,如图 3-45(d) 所示。

(6) 配置箍筋:在纵向受力钢筋锚固长度范围内应配置箍筋。箍筋直径不应小于锚固钢筋直径的 0.25 倍,间距不应大于锚固钢筋最小直径的 10 倍,在采用机械锚固措施时尚不应大于锚固钢筋最小直径的 5 倍。在整个锚固长度范围内箍筋不应少于 3 根。当锚固钢筋的混凝土保护层厚度不小于钢筋直径的 5 倍时,可不考虑上述箍筋配置的要求。

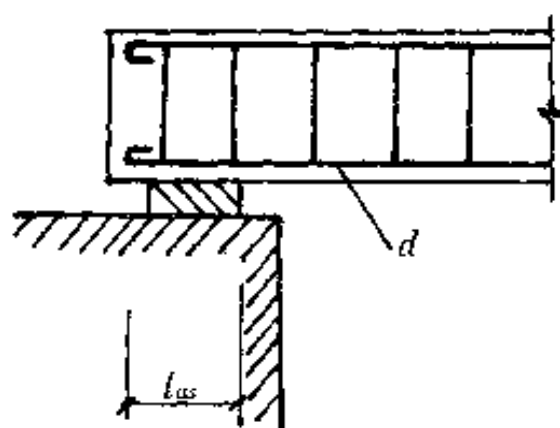


图 3-43 纵向受力钢筋伸入梁支座范围内的锚固

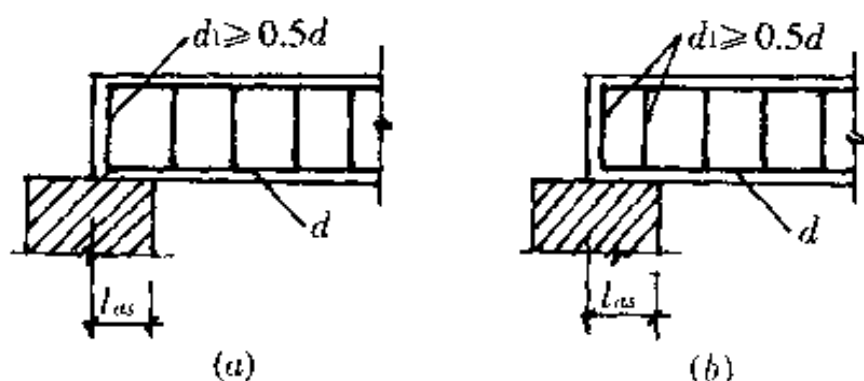


图 3-44 边支座纵向钢筋的锚固

(a)  $V \leq 0.7f_t b h_0$ ; (b)  $V > 0.7f_t b h_0$

#### 4. 梁支座截面负弯矩纵向受拉钢筋

(1) 连续梁: 钢筋混凝土梁支座截面负弯矩钢筋的长度, 应按弯矩图、受拉钢筋的弯起点(图 3-48)及受拉钢筋的延伸长度  $l_a$ (见图 3-46)的规定确定。纵向受拉钢筋不宜在受拉区截断, 当必须截断时, 应符合以下规定:

##### ① 当剪力设计值

$$V \leq 0.7f_t b h_0 \quad (3-6)$$

时, 应延伸至按正截面受弯承载力计算不需要该钢筋的截面以外不小于  $20d$  处截断, 且从该钢筋强度充分利用截面伸出的长度不应小于  $1.2l_a$ 。

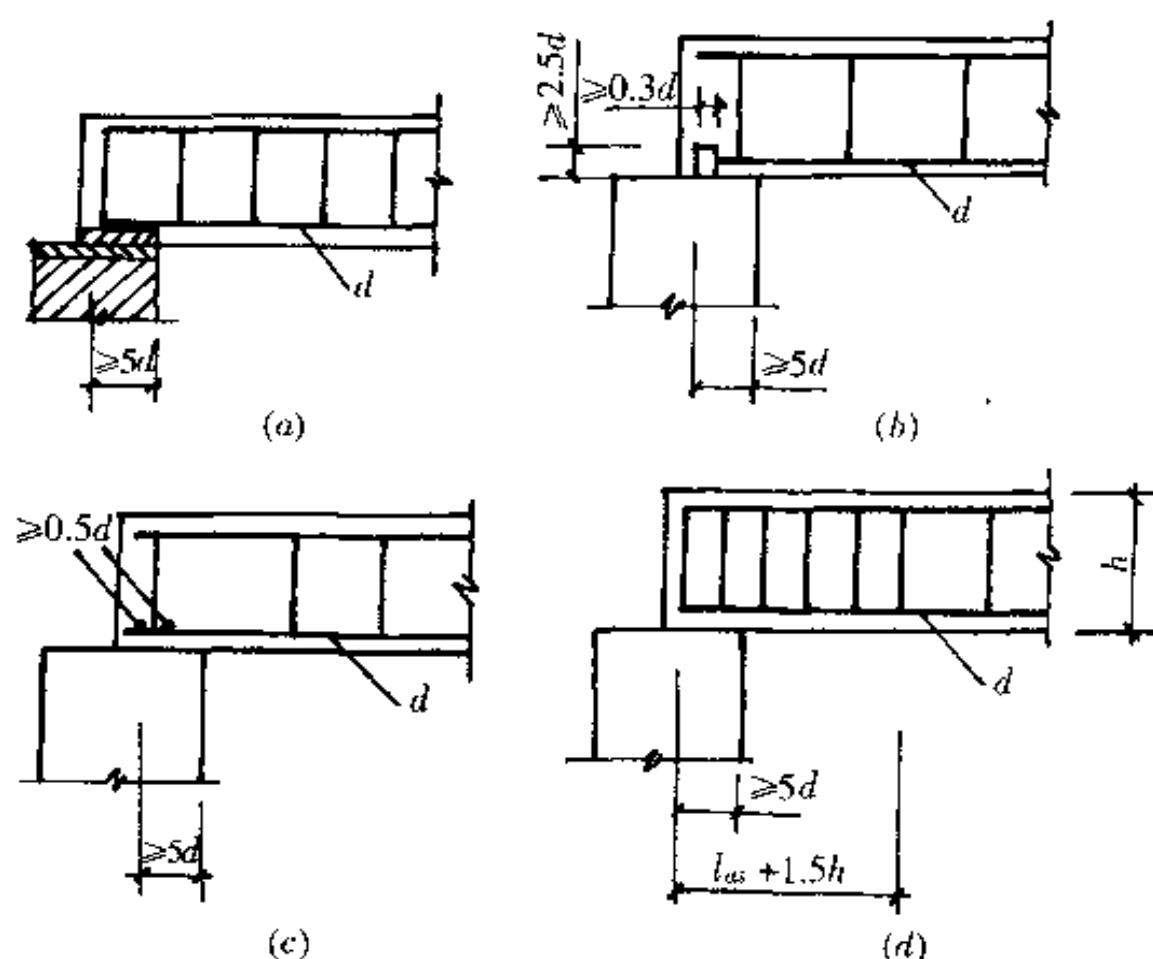


图 3-45 减小锚固长度措施

(a) 受力钢筋焊在预埋件上; (b) 加焊锚固钢板; (c) 加焊锚固钢筋; (d) 箍筋加密

## ②当剪力设计值

$$V > 0.7f_tbh_0 \quad (3-7)$$

时,应延伸至按正截面受弯承载力计算不需要该钢筋的截面以外不小于  $h_0$  且不小于  $20d$  处截断,且从该钢筋强度充分利用截面伸出的长度不应小于  $1.2l_a + h_0$ 。

③若按上述规定确定的截断点仍位于负弯矩受拉区内,则应延伸至按正截面受弯承载力计算不需要该钢筋的截面以外不小于  $1.3h$  且不小于  $20d$  处截断,且从该钢筋强度充分



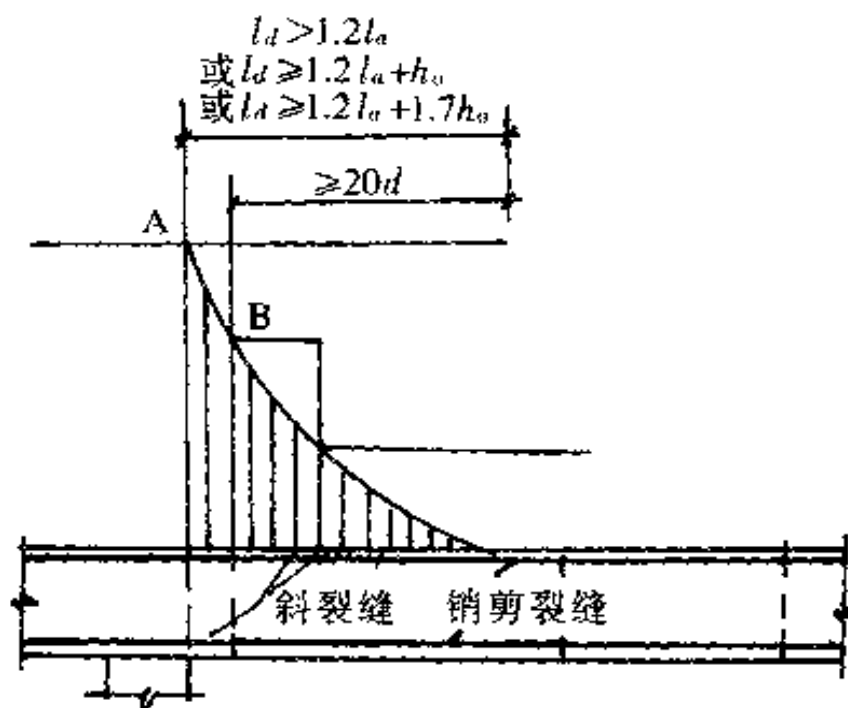


图 3-46 纵向受拉钢筋截断后延伸的长度

A—钢筋强度充分利用截面；B—按计算不需要该钢筋的截面

利用截面伸出的延伸长度不应小于下式的规定：

$$l_d \geq 1.2l_a + 1.7h_0 \quad (3-8)$$

(2) 悬臂梁：在钢筋混凝土悬臂梁中，应有不少于两根上部钢筋伸至悬臂梁外端，并向下弯折不小于  $12d$ ；其余钢筋不应在梁的上部截断，而应按本节一、中 5. 第(4)条弯起钢筋的布置的有关规定的弯起点位置向下弯折，并按本节一、中 5. 第(2)、第(3)条的有关规定在梁的下边锚固。

### 5. 纵向受力钢筋的弯起

#### (1) 弯起钢筋的设置：

①在采用绑扎骨架的钢筋混凝土梁中，承受剪力的钢筋，宜优先采用箍筋。弯起钢筋应根据计算配置。

②当需要设置弯起钢筋以满足斜截面的受剪承载力要求

时,则应留有足够根数的纵向钢筋可供弯起。

③梁底层钢筋中角部钢筋不应弯起,顶层钢筋中的角部钢筋不应弯下。

④弯起钢筋不应采用如图 3-52(b)所示的浮筋。

(2)弯起钢筋的弯起角度和弯转半径:

①弯起钢筋一般是由纵向钢筋弯起而成。弯起钢筋的弯起角度一般为  $45^\circ$ ,梁截面高  $h > 800\text{mm}$  时,可弯起  $60^\circ$ ;梁截面高较小,并有集中荷载时,可为  $30^\circ$ 。

②为了避免弯起钢筋在弯转处因其合力将该处的混凝土压碎,钢筋在弯转处应有一定的圆弧半径,一般不小于  $10d$ ,如图 3-47 所示。

(3)弯起钢筋的锚固:当设置弯起钢筋时,弯起钢筋的弯终点外应留有锚固长度,其长度在受拉区不应小于  $20d$ ,在受压区不应小于  $10d$ ;对光面钢筋在末端应设置弯钩,如图 3-47 所示。

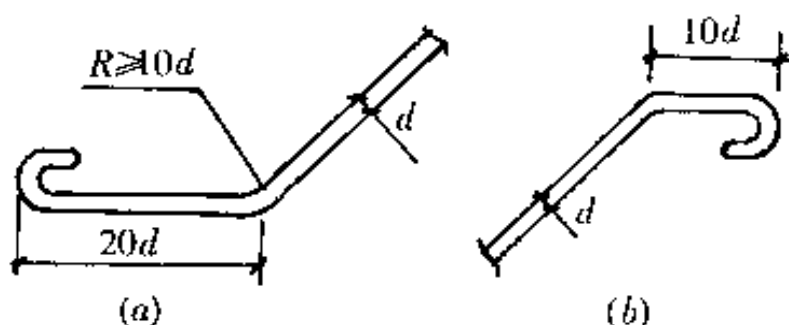


图 3-47 弯起钢筋端部构造

(a)受拉区;(b)受压区

(4)弯起钢筋的布置:

①弯起钢筋应在同一截面中与梁轴线对称成对弯起,当两个截面中各弯起一根钢筋时,这两根钢筋也应沿梁轴线对称弯起。钢筋弯起顺序,一般按先内层后外层,先外侧后内侧

进行。

②在梁的受拉区中,弯起钢筋的弯起点,可设在按正截面受弯承载力计算不需要该钢筋截面面积之前弯起;但弯起钢筋与梁中心线的交点,应在不需要该钢筋的截面之外(见图3-48);同时,弯起点与按计算充分利用该钢筋的截面之间的距离,不应小于 $h_0/2$ 。

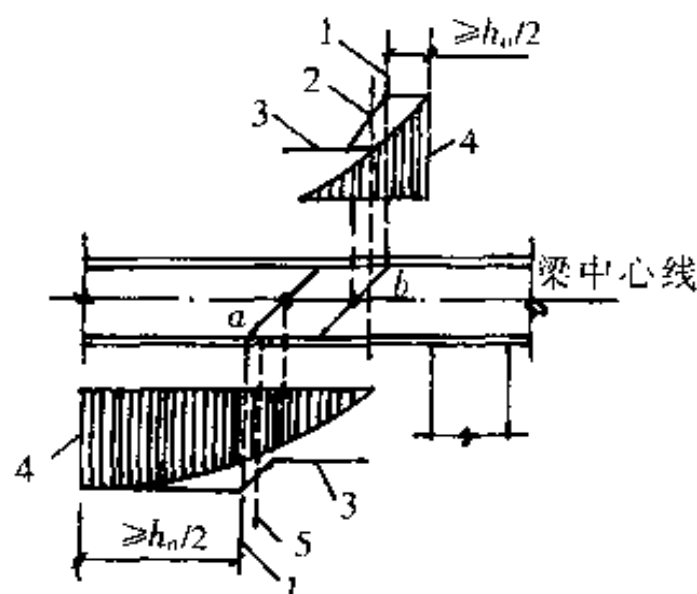


图3-48 弯起钢筋弯起点与弯矩图形的关系

1. 在受拉区中的弯起点或弯下点;2. 按计算不需要钢筋 $b$ 的截面;3. 正截面受弯承载力图;4. 按计算充分利用钢筋强度的截面;5. 按计算不需要钢筋 $a$ 的截面

③当按计算需设置弯起钢筋时,前·排(对支座而言)的弯起点至后一排的弯终点的距离 $s_{max}$ 不应大于表3-10中 $V > 0.7f_tbh$ 栏的规定,如图3-49所示;对需要进行验算疲劳的梁,当需要设置计算弯起钢筋时,其距离尚不应大于 $h_0/2$ 。同时,第一排弯起钢筋的弯终点距支座边缘的距离不应大于50mm,一般取用50mm。

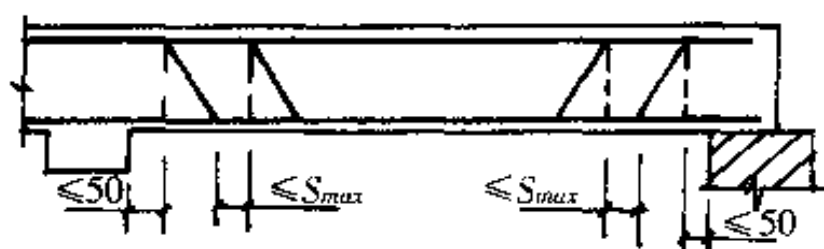


图 3-49 弯起钢筋的距离

## 二、梁的箍筋与鸭筋

### 1. 梁的箍筋

(1) 箍筋的设置: 箍筋沿梁跨长设置范围应由计算确定, 如按计算不需要箍筋时, 应满足表 3-9 的构造规定。

(2) 支座处箍筋的布置: 支座处箍筋的位置, 可按图 3-50 设置。支座处的第一道箍筋离支座边宜大于或等于 50mm, 一般取用 50mm。支座范围内每隔 100~200mm 设置箍筋, 并在纵向钢筋的端部宜设置一道箍筋。

(3) 箍筋的间距: 箍筋的间距应由计算确定, 但为了使绑扎出的箍筋骨架具有足够的刚度, 同时也为了使可能出现在两根箍筋之间而不与任何箍筋相交的斜裂缝不致于过于平缓, 以至降低了梁的受剪承载力, 则要求梁内箍筋不得超过表 3-10 规定的最大间距。

(4) 箍筋的直径: 箍筋的直径应由计算确定, 但为了在施工中使箍筋骨架能够具有一定的刚度, 根据设计经验, 箍筋的最小直径应符合表 3-11 的规定。

(5) 箍筋的形式:

① 箍筋的形式有开口式, 如图 3-51(a)、(b) 和封闭式, 如图 3-51(c)、(d)。

② 开口式箍筋只能用于无振动荷载且计算不需要配置纵向受压钢筋的现浇 T 形截面梁的跨中部分。

③除上述情况外,一般均应采用封闭式箍筋。

④在有扭矩作用的构件中,箍筋间距应符合表 3-10 的规定,且箍筋必须为封闭式,当采用绑扎骨架时,骨架的末端应做成不小于  $135^\circ$  弯钩,弯钩端头平直段长度不应小于  $10d$  ( $d$  为箍筋直径)和  $100\text{mm}$ 。

(6) 箍筋的肢数:

①箍筋的肢数有单肢、双肢和四肢。

②梁截面宽  $b \leq 150\text{mm}$ ,且上、下只有一根纵向钢筋时,才采用单肢箍筋。

③梁截面宽  $b \leq 400\text{mm}$ ,且一层内的纵向受压钢筋不多于 4 根时采用双肢箍筋。

④梁截面宽  $b > 400\text{mm}$  时,且一层内的纵向受压钢筋多于 3 根时,采用四肢箍筋,但构造梁及圈梁除外。

⑤梁中一层的纵向受拉钢筋多于 5 根时,宜采用四肢箍筋。

⑥四肢箍筋的宽度  $b$ ,如表 3-12 所示。

表 3-9 箍筋设置范围构造规定

序号	梁截面高度 $h$	箍筋设置范围	备 注
1	$< 150\text{mm}$	可不设置箍筋	
2	$150 - 300\text{mm}$	可仅在梁端部各 $1/4$ 跨度范围内设置箍筋	但当在梁的中部 $1/2$ 跨度范围内有集中荷载作用时,则应沿梁全长设置箍筋
3	$> 300\text{mm}$	应沿梁全长设置箍筋	

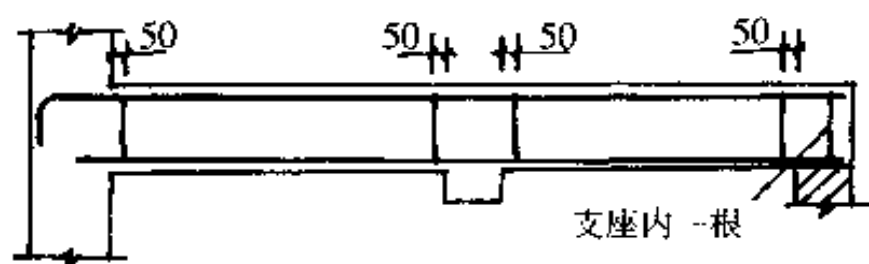


图 3-50 支座处箍筋的布置

 表 3-10 梁中箍筋的最大间距  $s$  (mm)

序 号	梁高 $h$	$V > 0.7f_tbh_c$	$V \leq 0.7f_tbh_c$
1	$150 < h \leq 300$	150	200
2	$300 < h \leq 500$	200	300
3	$500 < h \leq 800$	250	350
4	$h > 800$	300	400

注:①当梁中配有计算需要的纵向受压钢筋时,箍筋应作成封闭式。此时,箍筋的间距在绑扎骨架中不应大于  $15d$ ,在焊接骨架中不应大于  $20d$  ( $d$  为纵向受压钢筋的最小直径),同时在任何情况下均不应大于  $400\text{mm}$ 。当一层内的纵向受压钢筋多于 3 根、且梁的宽度大于  $400\text{mm}$  时,应设置复合箍筋;当一层内的纵向受压钢筋多于 5 根且直径大于  $18\text{mm}$  时,箍筋间距不应大于  $10d$ ;当梁的宽度不大于  $400\text{mm}$ ,且一层内的纵向受压钢筋不多于 4 根时,可不设置复合箍筋。

②梁中配有两片及两片以上的焊接骨架时,应设置横向连系筋,并用点焊或绑扎方法使其与骨架的纵向钢筋连成一体。横向连系钢筋的间距不应大于  $500\text{mm}$ ,且不宜大于梁宽的二倍。当梁设置有计算需要的纵向受压钢筋时,横向连系钢筋的间距尚应符合下列要求:

点焊时不应大于  $20d$ ,绑扎时不应大于  $15d$ , $d$  为纵向受压钢筋中的最小直径。

③在绑扎骨架中非焊接的搭接接头长度范围内,当搭接钢筋为受拉时,其箍筋的间距不应大于  $5d$ ,且不应大于  $100\text{mm}$ ;当搭接钢筋为受压时,其箍筋的间距不应大于  $10d$ ,且不应大于  $200\text{mm}$ , $d$  为受力钢筋中的最小直径。

表 3-11 梁中箍筋最小直径 (mm)

序 号	梁截面高 $h$	箍筋最小直径 $d$	一般采用直径 $d$
1	$\leq 800$	$\geq 6$	6 ~ 10
2	$> 800$	$\geq 8$	8 ~ 12

注:梁中配有计算需要的纵向受压钢筋时,箍筋直径尚不应小于  $d/4$  ( $d$  为纵向受压钢筋的最大直径)。

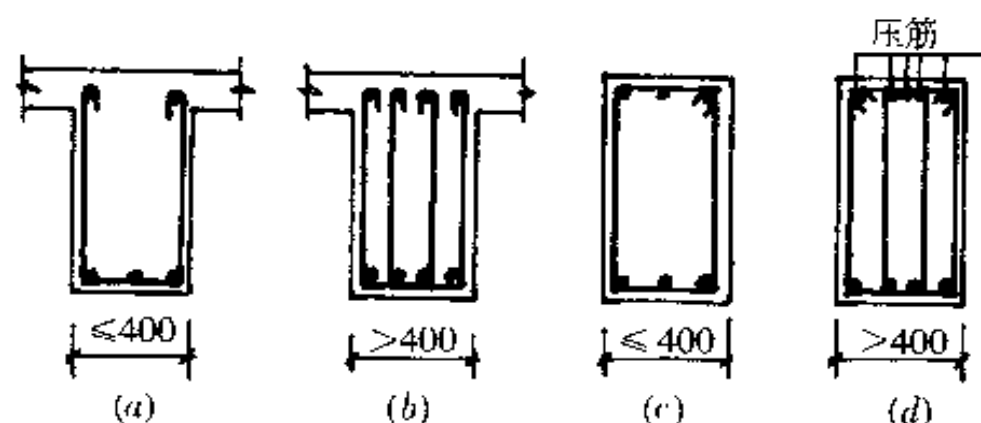


图 3-51 箍筋的形式

(a)、(b) 开口式箍筋; (c)、(d) 封闭式箍筋

 表 3-12 四肢箍筋宽度  $b_s$ 

序 号	梁 宽 $b$ (mm)	一层中纵向钢筋根数					
		5	6	7	8	9	10
		钢筋中央二肢间的钢筋根数					
		3	2	3	4	3	4
1	350	230	190	205	220		
2	400	270	220	240	255	225	240
3	450		250	270	290	260	270
4	500			310	330	290	305



注:①本表仅适用于构件混凝土保护层为 25mm,

②本表适用于钢筋直径不大于 25mm。

## 2. 梁的鸭筋

(1) 鸭筋与浮筋: 当纵向受力钢筋不能在需要的地方弯起(如跨中受集中荷载作用), 或弯起钢筋不够承受剪力时, 则专为承受剪力单独设置一种弯筋称为鸭筋, 如图 3-52(a) 所示。此时, 应将鸭筋的两端均锚固在受压区内, 禁止使用一端在受拉区的所谓“浮筋”, 如图 3-52(b) 所示。

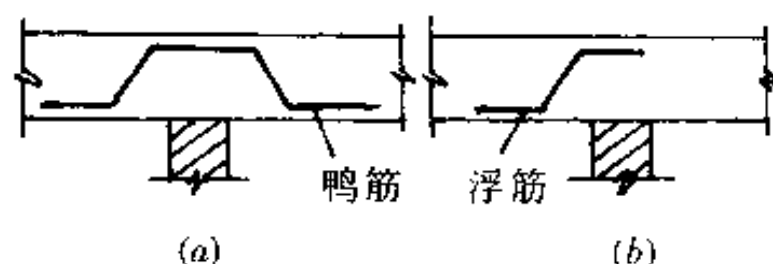


图 3-52 鸭筋与浮筋

(a) 鸭筋; (b) 浮筋

## (2) 鸭筋的设置:

① 需要指出的是, 在如图 3-53 所示的以承受集中荷载为主的梁中, 如果在集中荷载到简支支座之间的区段需要配置弯起钢筋, 从斜截面受剪角度要求离集中荷载最近的一排弯起钢筋的弯起点到集中荷载作用点之间的距离  $s_1$  不得大于表 3-10 的规定的箍筋的最大间距; 而从斜截面受弯角度又要求  $s_1$  不得小于  $0.5h_0$ 。这两个要求往往是有矛盾的。这时, 可以采用图 3-53(a) 所示的附加鸭筋的办法来承受剪力。如果需要像图 3-53(b) 中所示的那样, 把纵向钢筋弯起以承受剪力, 则在靠近集中荷载这一排中弯起的纵向钢筋在正截面中不能作为受弯钢筋使用, 而只能看作是附加钢筋。

② 在连续梁之间支座两侧也会出现上述矛盾。这时也可以采用附加鸭筋作为最靠近支座的那一排弯起钢筋参加斜截



面受剪。也可以采用图 3-54 所示的做法,即令左跨最靠近支座的一排弯起钢筋只参与受剪,在支座左侧的正截面中不考虑这些钢筋参与承受负弯矩。待它伸过支座后,再在承受右侧正截面中考虑它参加承担负弯矩。对于由右跨弯上来的最靠支座的一排弯起钢筋也按同样原则处理。但不得采用图 3-52(b)中所示的浮筋来作为参与受剪的弯起钢筋,因为这种钢筋两端锚固不足,不可能在斜截面中有效地发挥受剪作用。

③主梁承受荷载较大,同一最大剪力值的区段较大,除箍筋外往往需要较多的弯起钢筋,才能满足斜截面的受剪承载力要求,但跨中受力钢筋的弯起数量有时又不能满足要求。这时,应在支座附近或在集中荷载处(次梁部位)设置补充的斜钢筋即鸭筋,以满足需要。如图 3-55 所示。

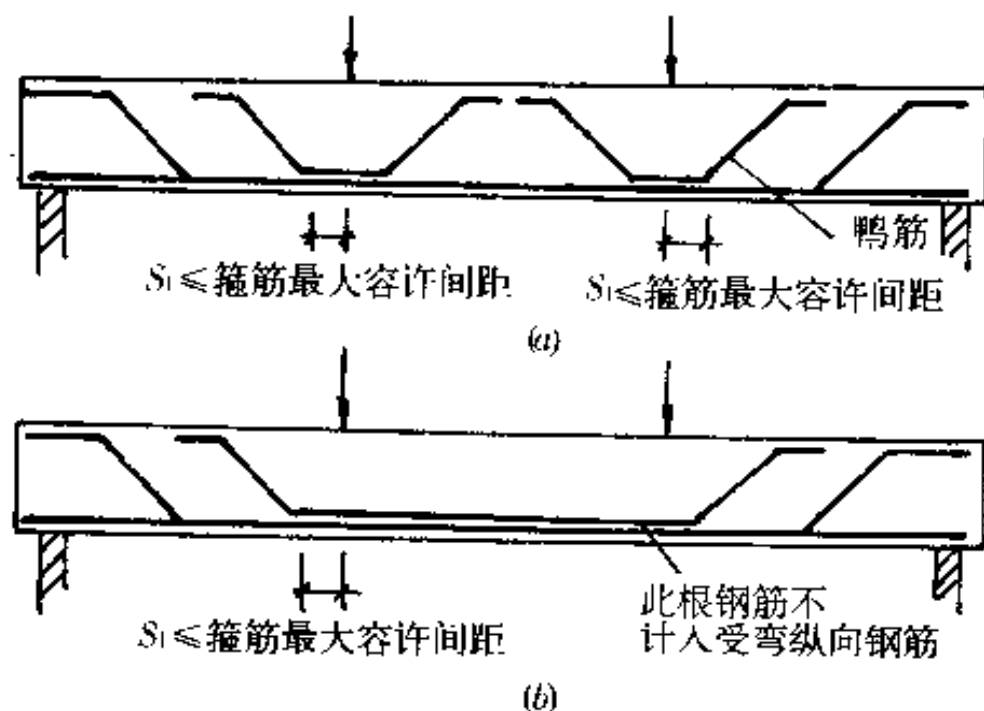


图 3-53 鸭筋(1)

### 三、梁的纵向构造钢筋

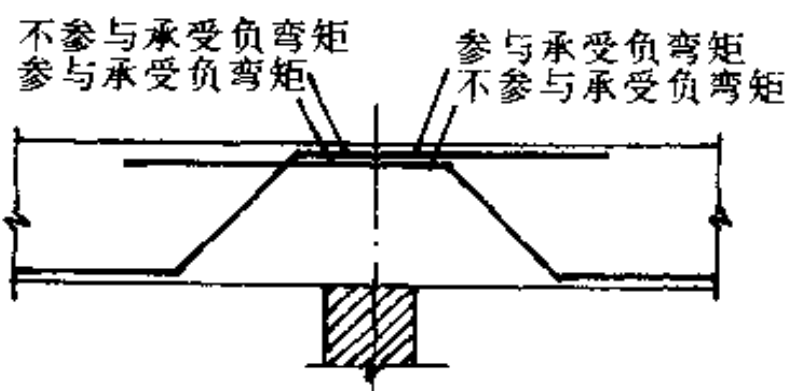


图 3-54 鸭筋(2)

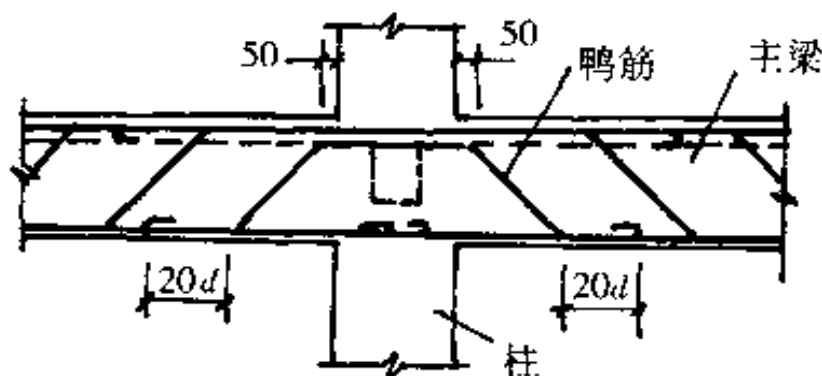


图 3-55 鸭筋(3)

### 1. 梁的架立钢筋

(1) 架立钢筋的设置与作用：当梁内配置箍筋，并在梁顶面箍筋转角处无纵向受力钢筋时，应设置架立钢筋。架立钢筋的作用是形成钢筋骨架和承受温度和收缩应力以及构件吊装过程中可能产生的拉力。

(2) 架立钢筋的根数：绑扎骨架配筋中，采用双肢箍筋时，架立钢筋为 2 根，采用四肢箍筋时，架立钢筋为 4 根。

(3) 架立钢筋与受力钢筋的搭接长度：架立钢筋与受力钢筋的搭接长度应符合下列规定：

- ① 架立钢筋直径  $< 10\text{mm}$  时，搭接长度为  $100\text{mm}$ 。
- ② 架立钢筋直径  $\geq 10\text{mm}$  时，搭接长度为  $150\text{mm}$ 。

(4) 架立钢筋的最小直径: 架立钢筋的最小直径如表 3-13 所示。

表 3-13 架立钢筋的最小直径规定

序 号	梁的计算跨度 $l$ (m)	架立钢筋的最小直径 $d$ (mm)
1	$< 4$	$\geq 8$
2	$4 \sim 6$	$\geq 10$
3	$> 6$	$\geq 12$

## 2. 梁侧面纵向构造钢筋及拉筋

### (1) 梁侧面纵向构造钢筋的设置:

① 为了保持钢筋骨架的刚度, 同时也为了承受温度和收缩应力以及防止在梁腹板内出现如图 3-56(b) 所示的过宽裂缝。当梁扣除翼板厚度后的截面高度大于或等于 450mm 时, 在梁的两个侧面应沿高度配置纵向构造钢筋, 每侧纵向构造钢筋 (不包括受力钢筋及架立钢筋) 的截面积应不小于扣除翼板厚度后的梁截面面积的 0.1%。纵向构造钢筋沿梁的两侧间距不宜大于 200mm; 纵向构造钢筋的直径宜取用 10mm; 当梁截面高度 1600mm 及以上时, 纵向构造钢筋的直径不宜小于 12mm。如图 3-56(a) 所示。

② 梁的两个侧面纵向构造钢筋, 按构造设置时, 一般伸至梁端, 不做弯钩, 若按计算配置时, 则在梁端应满足受拉时的锚固要求。

(2) 梁侧面纵向构造钢筋及拉筋设置图例: 梁两侧面的纵向构造钢筋宜用拉筋联系。拉筋直径一般与箍筋相同; 拉筋间距为 500 ~ 700mm, 一般为两倍的箍筋间距, 如图 3-57 所示。

(3)需作疲劳验算的钢筋混凝土梁:对钢筋混凝土薄腹梁或需要作疲劳验算的钢筋混凝土梁,应在下部二分之一梁高的腹板内沿两侧配置纵向构造钢筋,其直径为 $8 \sim 14\text{mm}$ ,间距为 $100 \sim 150\text{mm}$ ,并按下密上疏的方式布置;在上部二分之一梁高的腹板内可按本项(1)的有关规定配置纵向构造钢筋。

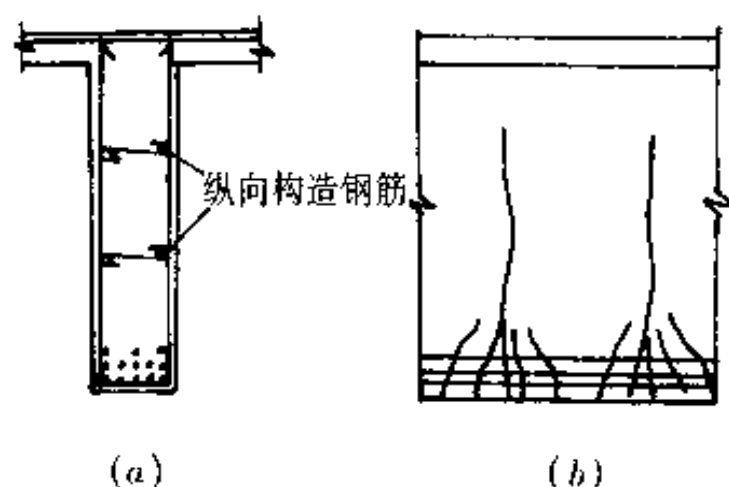


图 3-56 梁侧面纵向构造钢筋的设置

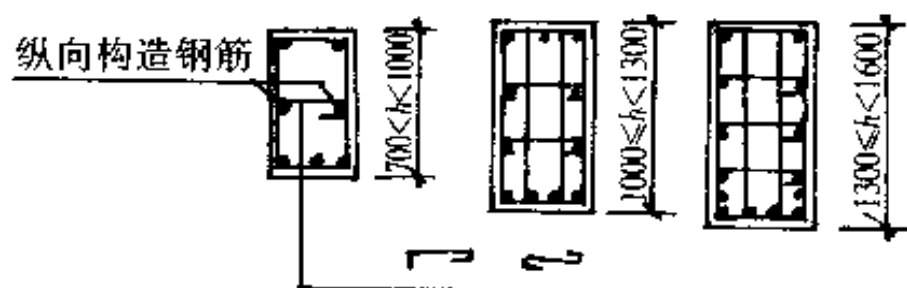


图 3-57 梁内纵向构造钢筋及拉筋布置

#### 四、梁受集中荷载时(包括次梁支承在主梁上)的附加横向钢筋

##### 1. 附加横向钢筋的作用与设置

(1)附加横向钢筋的作用:在次梁与主梁的交接处,由于

次梁在负弯矩作用下将在主梁侧面的上部开裂,因面次梁上的全部荷载只能通过受压区混凝土以剪力的形式传给主梁,故该力将作用于主梁高度的中、下部,有可能使主梁下部混凝土产生如图 3-58 所示上的八字形裂缝。为使次梁荷载可靠地传给主梁,应设置横向钢筋(附加箍筋或附加吊筋)使次梁传来的力传至主梁截面上部的受压区。

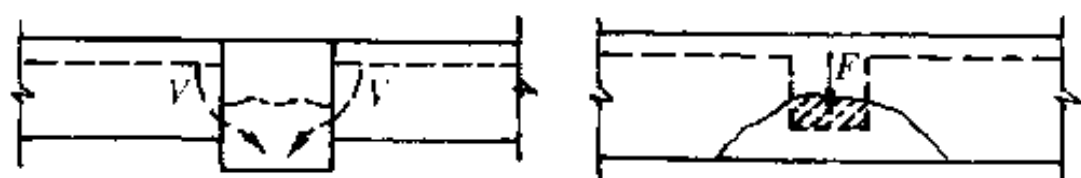


图 3-58 主次梁相交裂缝示意图

(2)适用范围:位于梁下部或在梁截面高度范围内的集中荷载,应全部由抗剪、抗扭所需横向钢筋以外的附加横向钢筋(箍筋、吊筋)承担。附加横向钢筋应布置在长度为  $s$  ( $s = 2h_f + 3b$ ) 的范围内,如图 3-59(a)、(b)所示。

当梁下部有长度较长的悬臂板时,悬挂悬臂板的吊筋构造如图 3-59(c)所示。箍筋不作为吊筋考虑。

(3)附加横向钢筋的选用原则:

①次梁在主梁上部或集中荷载较小时,一般在次梁每侧配置 2~3 根附加箍筋,如图 3-59(a)所示;按构造配置附加箍筋时,次梁每侧不得少于  $2\phi 6$ 。

②次梁在主梁上部或集中荷载较大时,宜配置附加吊筋,如图 3-59(b)所示,该附加吊筋不得小于  $2\phi 12$ 。

③在整体式梁板结构中,当次梁位于主梁下部时,可增设吊筋;当梁中预埋钢管或螺栓传递集中荷载时,可配置吊筋。

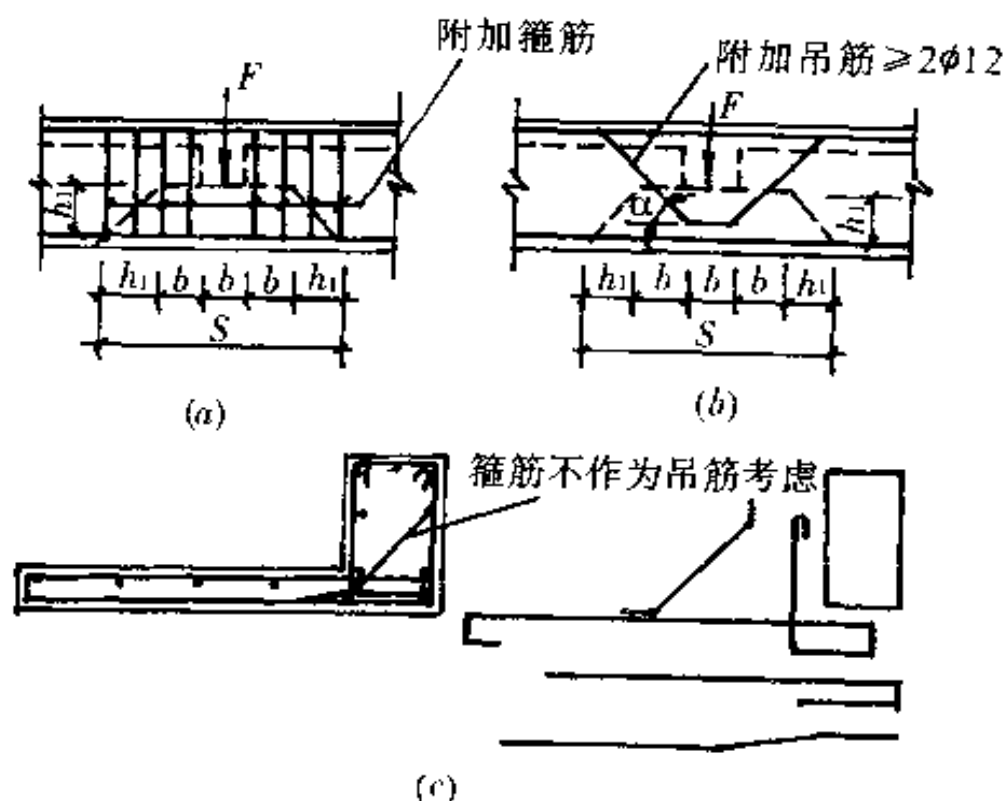


图 3-59 附加横向钢筋配置

(a) 附加箍筋; (b) 附加吊筋; (c) 悬臂板的吊筋

④附加横向钢筋宜优先采用箍筋。当采用吊筋时,其弯起段应伸至梁上边缘,且末端水平段长度不应小于本节一、中 5. 第(3)条的规定。

## 五、梁柱节点

### 1 框架梁纵向钢筋伸入节点的锚固

(1) 框架梁纵向钢筋伸入中间层端节点的锚固:

①框架梁上部纵向钢筋伸入中间层端节点的锚固长度,当采用直线锚固形式时,不应小于  $l_a$ ,且伸过柱中心线不小于  $5d$ ,  $d$  为梁上部纵向钢筋直径;当柱截面尺寸不足时,梁上部纵向钢筋应伸至节点对边并向下弯折,其弯折前的水平投影长度不应小于  $0.4l_a$ ,弯折后的垂直投影长度不应小于  $15d$ ,

如图 3-60 所示,其中  $l_a$  为规定的受拉钢筋锚固长度。

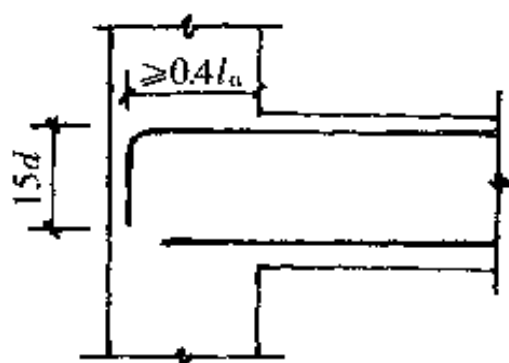


图 3-60 梁上部纵向钢筋在框架端节点内的锚固

② 框架梁下部纵向钢筋在端节点处的锚固要求与本项 (2) 中的中间节点处梁下部纵向钢筋的锚固要求相同。

(2) 框架梁纵向钢筋在中间节点或中间支座范围的锚固: 框架梁或连续梁的上部纵向钢筋应贯穿中间节点或中间支座范围, 如图 3-61 所示, 该钢筋自节点或支座边缘伸向跨中的截断位置应符合本章第三节一、中 4 项 (1) 连续梁的规定。

框架梁或连续梁下部纵向钢筋在中间节点或中间支座处应满足下列锚固要求:

① 当计算中不利用该钢筋强度时, 其伸入节点或支座的锚固长度应符合本章第三节一、中 3 项 (2)  $V > 0.7f_t b h_0$  时的规定。

② 当计算中充分利用钢筋的抗拉强度时, 下部纵向钢筋应锚固在节点或支座内。此时, 可采用直线锚固形式, 如图 3-61(a), 钢筋的锚固长度应不小于规定的抗拉钢筋锚固长度。亦可采用带  $90^\circ$  弯折的锚固形式, 如图 3-61(b), 其中竖直段应向上弯折, 锚固端的水平投影长度及垂直投影长度应

不小于本项(1)对端节点处梁上部钢筋带  $90^\circ$  弯折锚固端的规定;下部纵向钢筋亦可贯穿节点或支座范围,并在节点或支座以外梁内弯矩较小部位设置搭接接头,如图 3-61(c)所示。

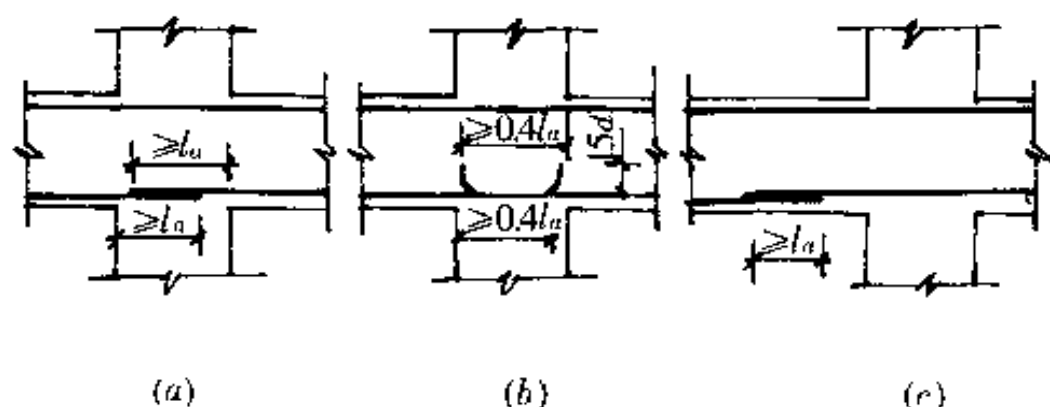


图 3-61 梁下部纵向钢筋在下节点或中间支座范围内的锚固与搭接

(a) 节点中的直线锚固; (b) 节点中的弯折锚固;

(c) 节点或支座范围外的搭接

③当计算中充分利用钢筋的抗压强度时,下部纵向钢筋应按受压钢筋锚固在中间节点或中间支座内。此时,其直线锚固长度不应小于  $0.7l_{aE}$ ,其中  $l_{aE}$  为规定的受拉钢筋锚固长度。纵向钢筋亦可贯穿节点或支座范围,并在节点或支座范围以外梁中弯矩较小部位设置搭接接头。

## 2. 框架柱纵向钢筋伸入节点的锚固

(1)柱纵向钢筋:框架柱的纵向钢筋应贯穿中间层中间节点和中间层端节点,柱纵向钢筋接头应设在节点区以外。

(2)内侧柱筋:顶层中间节点的柱纵向钢筋及顶层端节点内侧柱纵向钢筋可用直线方式锚入顶层节点,其锚固长度应不小于本书第二章第三节一和二中之 1、2 的规定,但柱



纵向钢筋必须伸至柱顶。当顶层节点处梁截面高度不足时,柱纵向钢筋应伸至柱顶并向节点内水平弯折;当充分利用柱钢筋的受拉强度时,柱筋锚固段弯折前的垂直投影长度  $l_{aE}$  不应小于  $0.5l_a$ , 其中  $l_a$  为受拉钢筋锚固长度。弯折后的水平投影长度应不小于  $12d$ 。当楼盖为现浇,且板的混凝土强度等级不低于 C20 时,柱筋水平段亦可向外弯入框架梁和现浇板内,此时水平段端头伸出柱边尚不应小于  $12d$ ,且不应小于 250mm,如图 3-62 所示。

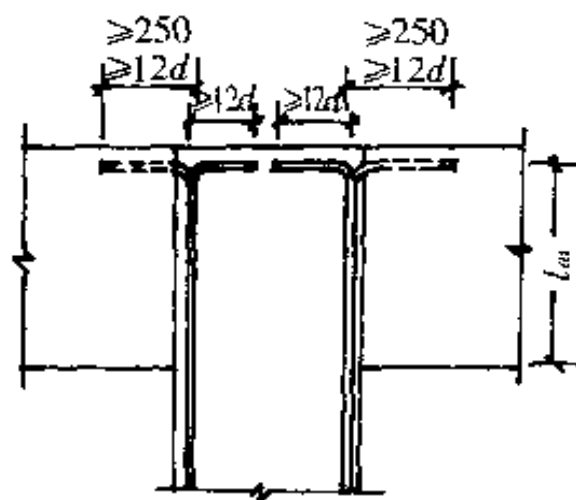


图 3-62 柱纵向钢筋在框架顶层中间节点带 90°弯折的锚固

(3) 外侧柱筋: 框架顶层端节点处, 可将柱外侧纵向钢筋的相应部分弯入梁内作梁上部纵向钢筋使用; 亦可将梁上部纵向钢筋和柱外侧纵向钢筋在顶层端节点及其邻近部位搭接。

① 搭接接头可沿顶层端节点外侧及梁端顶部布置, 如图 3-63a 所示, 搭接长度不应小于  $1.5l_a$ , 伸入梁内的外侧柱筋截面面积不应小于外侧柱筋全部截面面积的 65%; 其中不能伸入梁内的外侧柱筋应沿节点顶部伸至柱内边, 向下弯折不少于  $8d$  后截断,  $d$  为该部分柱筋的直径。当有现浇板且板厚

不小于 80mm,混凝土强度等级不低于 C20 时,不能伸入梁内的外侧柱筋亦可伸入现浇板内,其长度与伸入梁内的柱筋相同。梁上部纵向钢筋应伸至节点外侧并向下弯折至梁下边缘高度,再向内弯折不少于  $8d$  后截断;当梁上部纵向钢筋弯入节点外侧第二排时,其末端可不再向节点内弯折。当外侧柱筋配筋率超过 1.2% 时,伸入梁内的柱筋在满足以上规定的搭接长度后应分两批截断,其截断点之间的距离不宜小于  $20d$ 。

② 搭接接头亦可沿柱顶外侧布置,如图 3-63(b) 所示,搭接长度应不小于  $1.7l_a$ 。当上部梁筋配筋率超过 1.2% 时,弯入柱外侧的上部梁筋在满足以上规定的搭接长度后应分两批截断,其截断点之间的距离不宜小于  $20d$ 。

③ 当节点尺寸较大,梁柱纵向钢筋直径较小时,搭接接头亦可只沿节点顶部及外侧布置,如图 3-63(c) 所示,搭接长度应不小于  $1.5l_a$ ,且梁筋应沿节点外侧伸至梁底高度,柱筋应沿节点顶部伸至柱内侧,并分别向节点内弯折不少于  $8d$  后截断。当梁筋弯入节点外侧第二排,柱筋弯入节点顶部第二排时,其末端可不再向节点内弯折。

#### (4) 配筋特征值:

① 在框架顶层端节点处,计算所需梁上部钢筋的配筋特征值应满足下式要求:

$$\xi_j \leq 0.35 \quad (3-9)$$

$$\xi_j = \frac{f_y A_s}{f_c b_b h_{b0}} \quad (3-10)$$

式中:  $A_s$ ——顶层端节点处梁上部计算所需纵向钢筋截面面积;

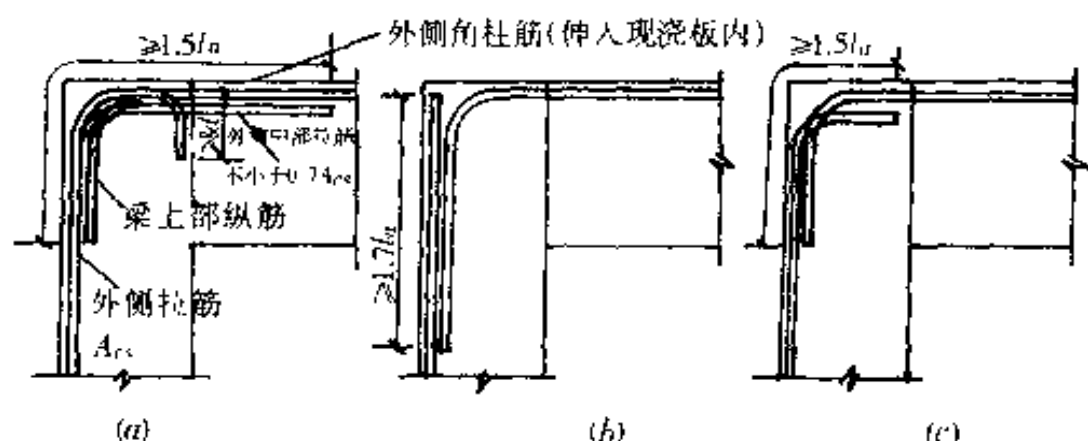


图 3-63 梁上部纵向钢筋与柱外侧纵向钢筋在顶层端节点的搭接  
(a)位于节点外侧和梁端顶部的带  $90^\circ$  弯折搭接接头; (b)位于柱顶外侧的直线搭接接头; (c)位于节点外侧和顶部的带  $90^\circ$  弯折搭接接头

$b_b$ ——梁腹板宽度;

$h_{b0}$ ——梁截面有效高度。

②上部梁筋与外侧柱筋在节点外上角处的弯弧内半径  $r$  与梁截面有效高度  $h_{b0}$  的比值  $r/h_{b0}$  在  $\xi_f$  为  $0.25 \sim 0.35$  时不应小于  $0.15$ ; 在  $\xi_f$  小于  $0.25$  时不应小于  $0.10$ 。当该弯弧半径较大时, 尚应在弯弧以外的角部混凝土中加不少于两根附加弯折钢筋, 并在该附加钢筋弯弧内侧绑扎一根短钢筋。附加弯折钢筋应位于节点箍筋以内, 并与节点顶部和外侧的梁柱纵向钢筋直线段有不少于  $20d$  的重叠长度, 如图 3-64 所示。

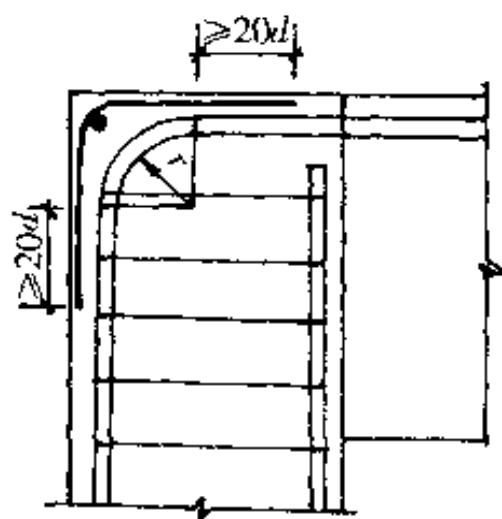


图 3-64 顶层端节点钢筋弯弧外的附加钢筋

#### (5) 水平箍筋的设

置:在框架节点内应设置节点水平箍筋,箍筋应符合本章第四节二、中对柱中箍筋的构造规定,但间距不宜大于 250mm。对四边均有梁与之相连的中间节点,节点内可只设矩形箍筋,而不设复合箍筋。当顶层端节点内设有上部梁筋和外侧柱筋的搭接接头时,节点内水平箍筋应符合第二章第四节二、中第 1 条④款中的规定。

## 六、梁的配筋图例

### 1 纵向受力钢筋在端支座的锚固

(1) 梁支承在砖墙或砖柱上:支承在砖墙,如图 3-69 (a) 或砖柱,如图 3-65 (b) 上的钢筋混凝土简支梁,支座处的弯起钢筋及构造负弯矩钢筋的锚固应满足图 3-65 的要求。 $l_{as}$  的具体要求见本章第三节一、中 3. 简支梁和连续梁简支端的下部纵向受力钢筋伸入梁支座的锚固。

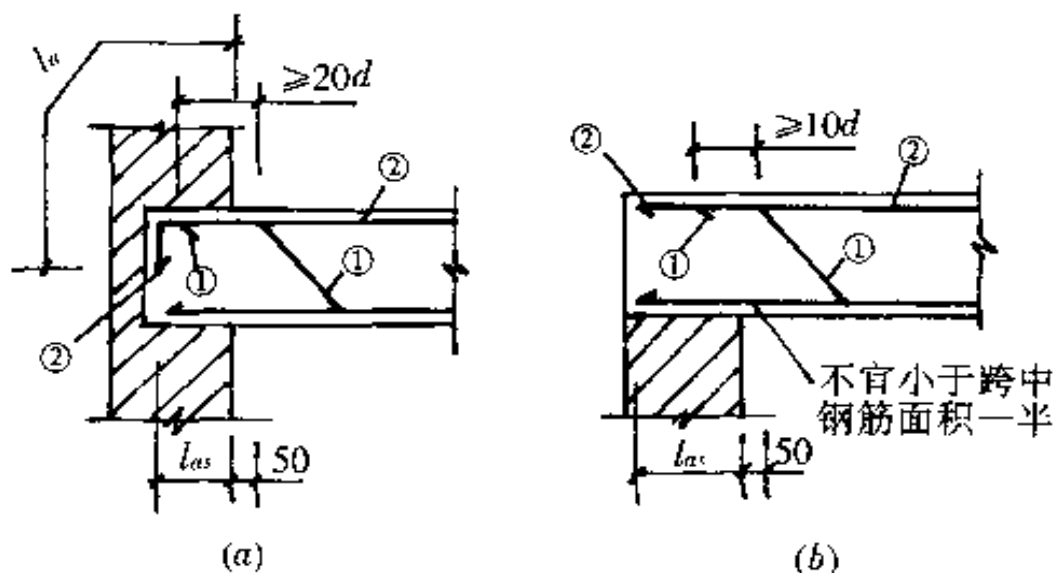


图 3-65 砖墙或砖柱上受力筋的锚固

(a) 支承在砖墙上; (b) 支承在砖柱上

(2) 梁与梁或梁柱整体连接,而计算中考虑为简支:梁与梁如图 3-66 (a) 或梁与柱,如图 3-66 (b) 的整体连接,在计

算中端支座按简支考虑时, 支座处的弯起钢筋及构造负弯矩钢筋的锚固应满足图 3-66 的要求。

图 3-65 和图 3-66 中的②号构造负弯矩钢筋, 如利用架立钢筋或另设钢筋时, 其截面面积不小于跨中下部纵向受力钢筋截面面积的  $1/4$ , 且不少于 2 根。

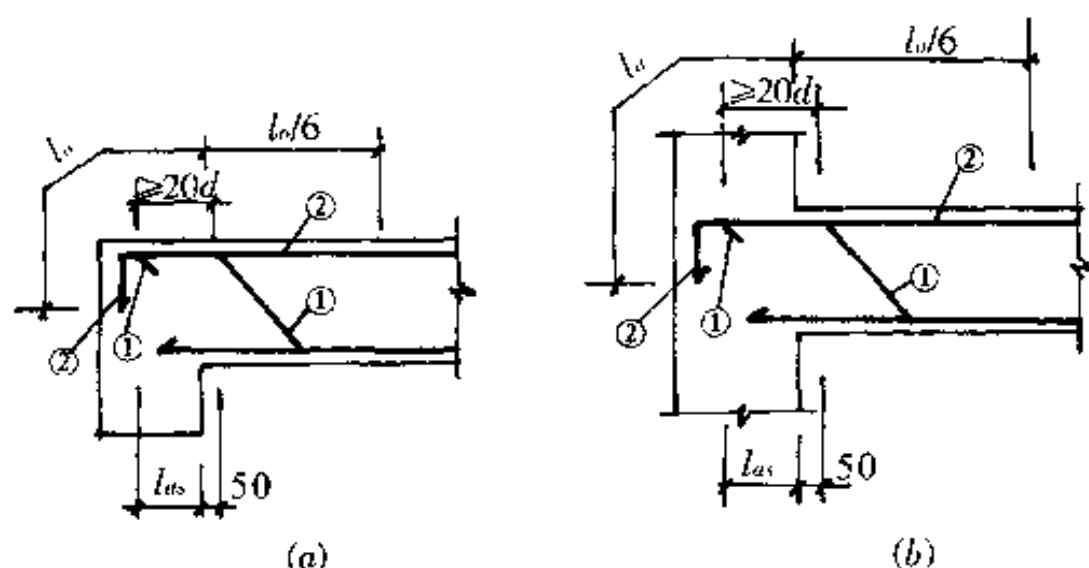


图 3-66 梁柱连接的受力筋锚固

(a) 梁与梁连接; (b) 梁与柱连接

## 2. 梁的中间支座锚固

(1) 配筋要求: 连续主梁和次梁沿跨度方向钢筋的弯起和切断位置, 原则上应根据正截面的弯矩叠合图形来决定, 并且还应满足斜截面的受剪承载力要求。但对于等跨或跨度相差不大于 20%, 可变荷载与永久荷载设计值之比  $\frac{q}{g} \leq 3$  的连续主梁和次梁, 根据实践经验, 可不按弯矩叠合图来确定, 而按图 3-67(a)、(b) 配置钢筋。钢筋的弯折和切断具体位置, 详见图 3-67(a)、(b) 所示。

(2) 主梁、次梁、板钢筋布置: 主梁、次梁、板钢筋布置如

图 3-68 所示。

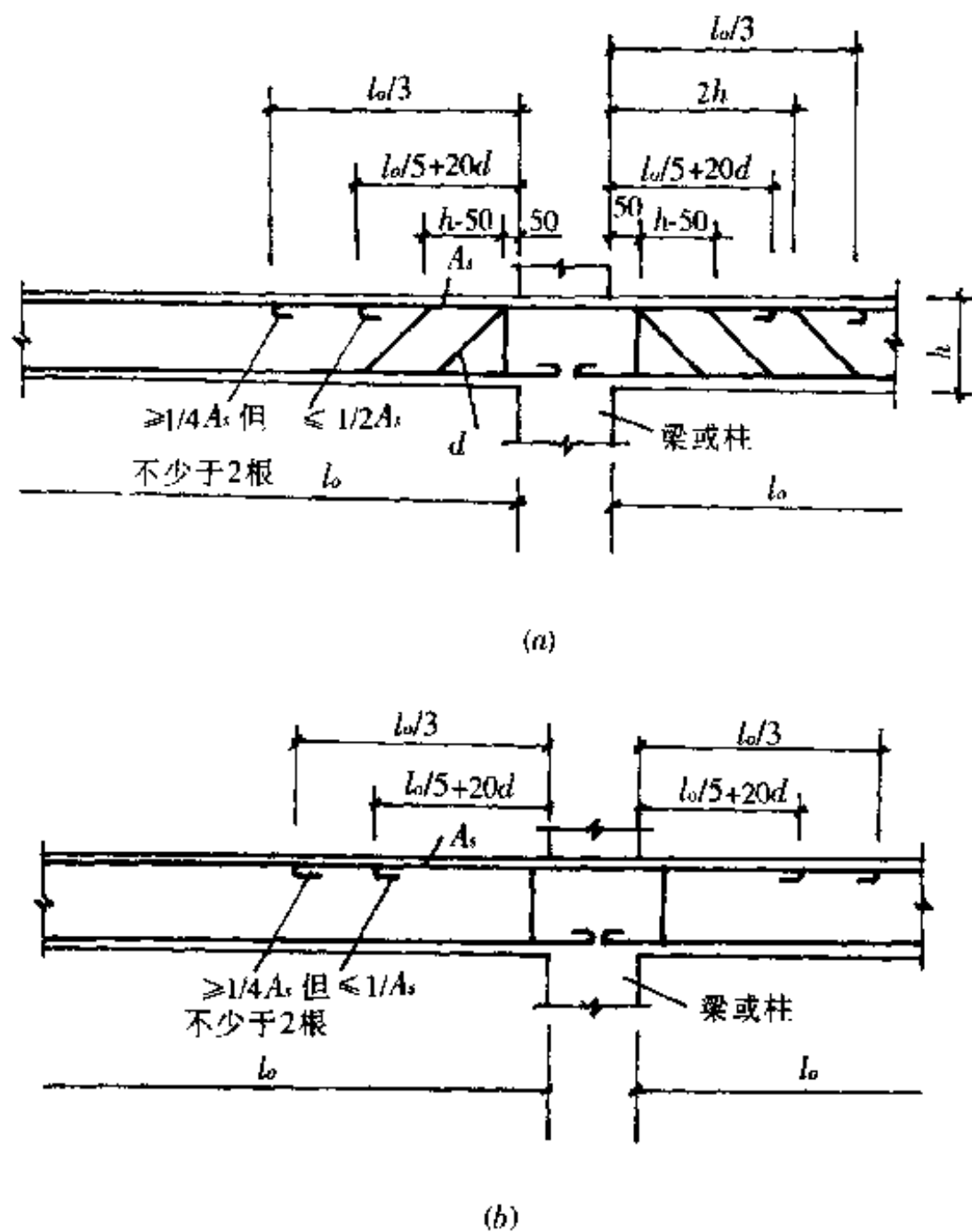


图 3-67 梁中间支座配筋示意图

(a) 弯起式配筋; (b) 分离式配筋

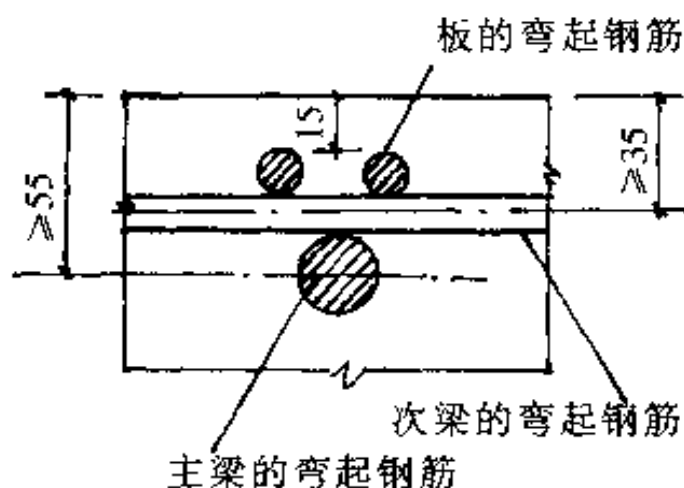


图 3-68 主梁、次梁及板的弯起钢筋布置

## 第四节 钢筋混凝土柱

### 一、柱中纵向钢筋

#### 1. 柱中纵向受力钢筋

##### (1) 一般规定:

①纵向受力钢筋一般对称配置,其直径不宜小于 12mm,也不宜大于 32mm,最大不超过 36mm。

②受力钢筋的最小配筋百分率应符合第二章表 2-20 中的有关规定,全部纵向钢筋配筋率不宜超过设计规范的规定。

③当偏心受压柱、双肢柱的纵向受力钢筋按构造配置时,柱截面一侧的钢筋直径为 12~16mm,但对于小型厂房柱,不宜小于 14mm。

④纵向钢筋的最小净距,预制柱的不应小于 25mm,也不应小于受力钢筋的直径;现浇柱的不应小于 50mm。偏心受压柱中,配置在垂直于弯矩作用平面的纵向受力钢筋及轴心受压柱中各边的纵向受力钢筋,其中距不宜大于 300mm。

⑤当偏心受压柱的截面高度  $h \geq 600\text{mm}$  时,在侧面应设置直径为  $10 \sim 16\text{mm}$  的纵向构造钢筋,并相应设置复合箍筋或拉筋。

(2)构造配置:

①矩形截面柱纵向受力钢筋按构造配置时,可参照表 3-14 选用。

②圆形、环形截面偏心受压柱纵向受力钢筋的配置除应符合一般规定外,还应符合下列要求:

(a)圆形截面偏心受压柱:沿周边均匀配置纵向钢筋;截面内纵向钢筋数量不少于 6 根。

(b)环形截面偏心受压柱:沿周边均匀配置纵向钢筋;截面内纵向钢筋数量不少于 6 根,且还应满足下列条件:

$$\frac{r_1}{r_2} \geq 0.5 \quad (3-11)$$

式中:  $r_1$ ——环形截面的内半径

$r_2$ ——环形截面的外半径

表 3-14 矩形截面柱构造配筋

柱截面高度 $h$ (mm)	柱截面宽度 $b$ (mm)				
	300	350	400	500	600
400	4 $\phi$ 16	4 $\phi$ 18	4 $\phi$ 18		
500	6 $\phi$ 14	4 $\phi$ 16 + 2 $\phi$ 14	6 $\phi$ 16	8 $\phi$ 16	
600	4 $\phi$ 16 + 2 $\phi$ 14	4 $\phi$ 18 + 2 $\phi$ 16	6 $\phi$ 18	6 $\phi$ 16 + 2 $\phi$ 18	6 $\phi$ 18 + 2 $\phi$ 20
700		6 $\phi$ 18	4 $\phi$ 20 + 2 $\phi$ 18	6 $\phi$ 18 + 2 $\phi$ 20	8 $\phi$ 20
800			4 $\phi$ 20 + 2 $\phi$ 22	8 $\phi$ 20	6 $\phi$ 22 + 2 $\phi$ 20
900				6 $\phi$ 20 + 4 $\phi$ 18	6 $\phi$ 20 + 4 $\phi$ 22
1000				10 $\phi$ 20	6 $\phi$ 22 + 4 $\phi$ 20
1200					6 $\phi$ 25 + 4 $\phi$ 22

注:①按构造配筋时宜采用 HPB235 (Q235) 级热轧钢筋。

②表中配筋按  $bh \times 0.6\%$  计算。



## 2. 柱中纵向构造钢筋及复合箍筋

### (1) 纵向构造钢筋设置:

①当偏心受压柱的截面高度  $h \geq 600\text{mm}$  时,可根据柱的截面大小,在柱侧边应配置直径为  $\phi 10\text{mm} \sim \phi 16\text{mm}$  构造钢筋(预制柱一般为  $12\text{mm}$  现浇柱一般为  $\phi 16\text{mm}$ ),其间距不应大于  $500\text{mm}$ (对于平腹杆双肢柱,其间距不应大于  $400\text{mm}$ )。

②矩形截面柱的纵向构造钢筋如图 3-69 所示。

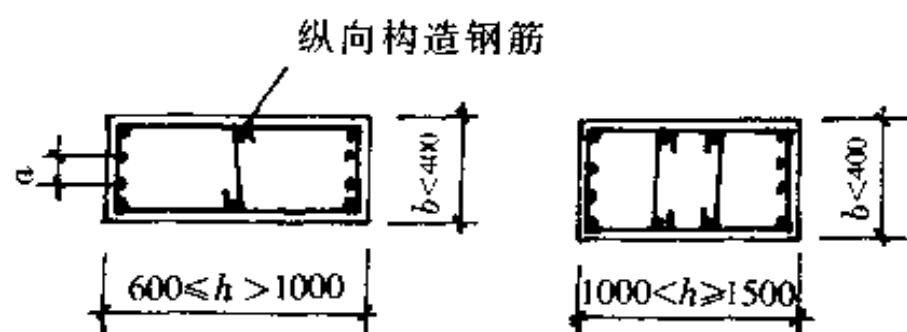


图 3-69 矩形截面柱的纵向构造钢筋

③工形截面柱的纵向构造钢筋如图 3-70 所示。

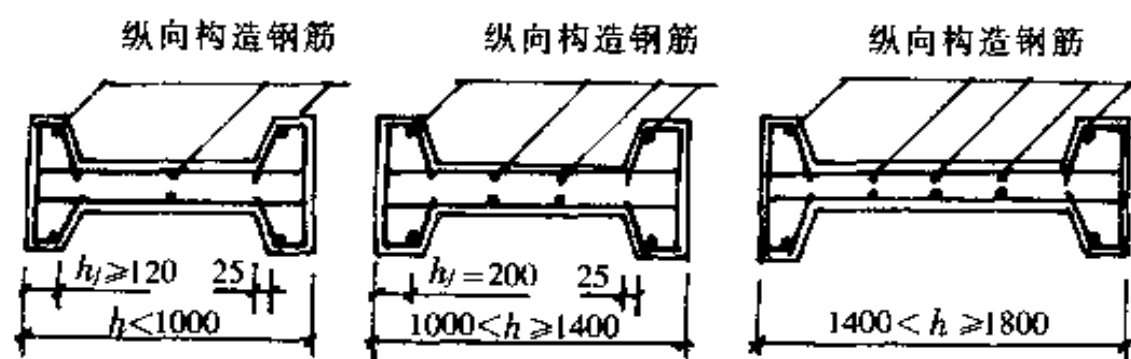


图 3-70 工形截面柱的纵向构造钢筋

④双肢柱的纵向构造钢筋如图 3-71 所示。

### (2) 复合箍筋的设置:

①当柱截面短边尺寸大于  $400\text{mm}$ ,且各边纵向钢筋多于

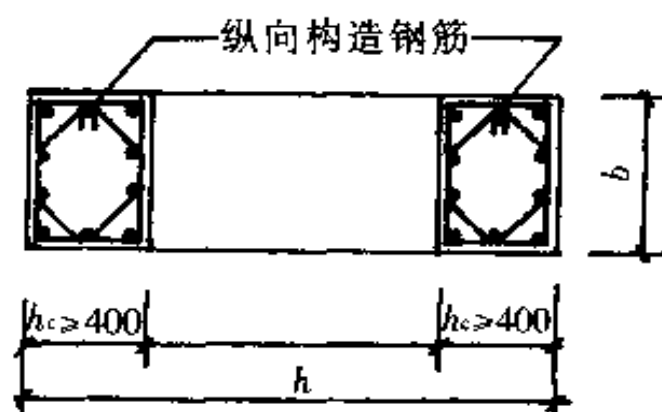


图 3-71 双肢柱的纵向构造钢筋

3 根时,应设置复合箍筋;当柱截面短边不大于 400mm,但各边纵向钢筋多于 4 根时,应设置复合箍筋。

②设置在柱的周边的纵向受力钢筋,除圆形截面外, $b > 400\text{mm}$  时,宜使纵向受力钢筋每隔一根置于箍筋转角处。

③复合箍筋可采用多个矩形箍组成或矩形箍加拉筋、三角形筋、菱形筋等。

④复合箍筋中的拉筋宜紧靠纵向钢筋并勾住封闭箍筋,如图 3-72 所示。

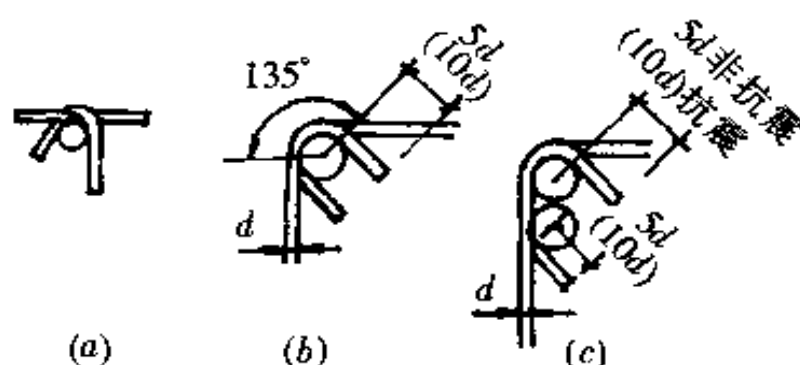


图 3-72 拉筋和箍筋弯钩

(a) 中部; (b) 角部; (c) 搭接处角部;

⑤矩形截面柱的复合箍筋设置如图 3-73 所示。

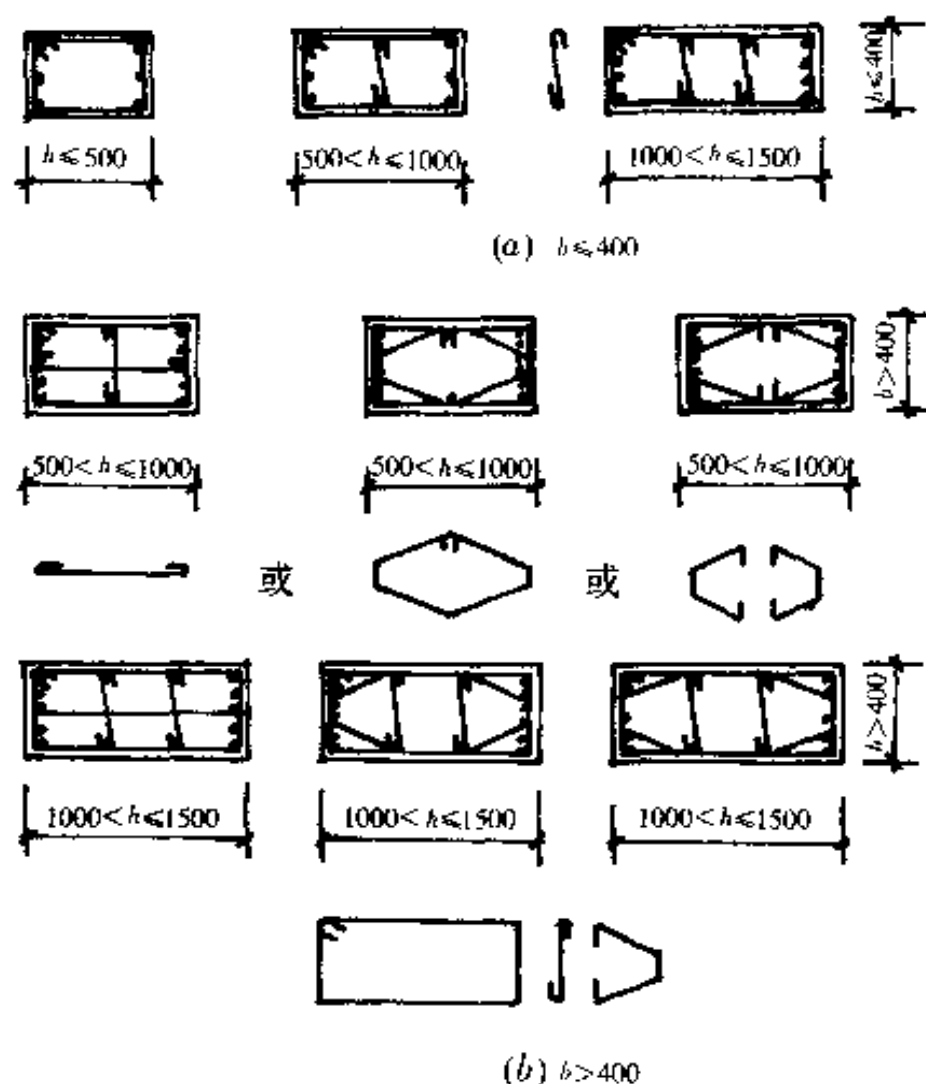


图 3-73 矩形截面柱的箍筋形式

### 3. 柱中纵向钢筋的接头

#### (1) 现浇柱中纵向钢筋的接头:

① 现浇柱中的纵向钢筋, 应优先采用焊接或机械连接的接头。

② 柱中纵向受拉钢筋的焊接接头应符合第二章第四节二项 2. 焊接接头中的规定。

③ 柱中纵向受力钢筋的机械连接接头应符合第二章第四

节中二项 3. 机械连接接头中的规定及第二章第四节一项 4. 宜采用机械连接的接头中的规定。

(2) 柱中纵向钢筋的搭接接头:

①应符合第二章第四节二项 1. 绑扎搭接接头中的规定

②柱中纵向钢筋各部位的接头采用搭接接头方案时, 搭接方案宜满足下列要求:

(a) 受压钢筋直径  $d \leq 32\text{mm}$ ; 受拉钢筋直径  $d \leq 22\text{mm}$ 。

(b) 搭接位置可以从基础顶面开始或各楼层面开始。

(c) 当柱的每边钢筋不多于 4 根时, 可在同一水平截面上接头, 如图 3-74(a) 所示; 每边钢筋为 5~8 根时, 应在两个水平截面上接头, 如图 3-74(b) 所示; 每边钢筋为 9~12 根时, 应在三个水平截面上接头, 如图 3-74(c) 所示。当钢筋受拉时, 其搭接长度  $l_l$  为按接头面积百分率规定确定, 且不小于 300mm; 钢筋受压时,  $l_l$  为按接头面积百分率规定确

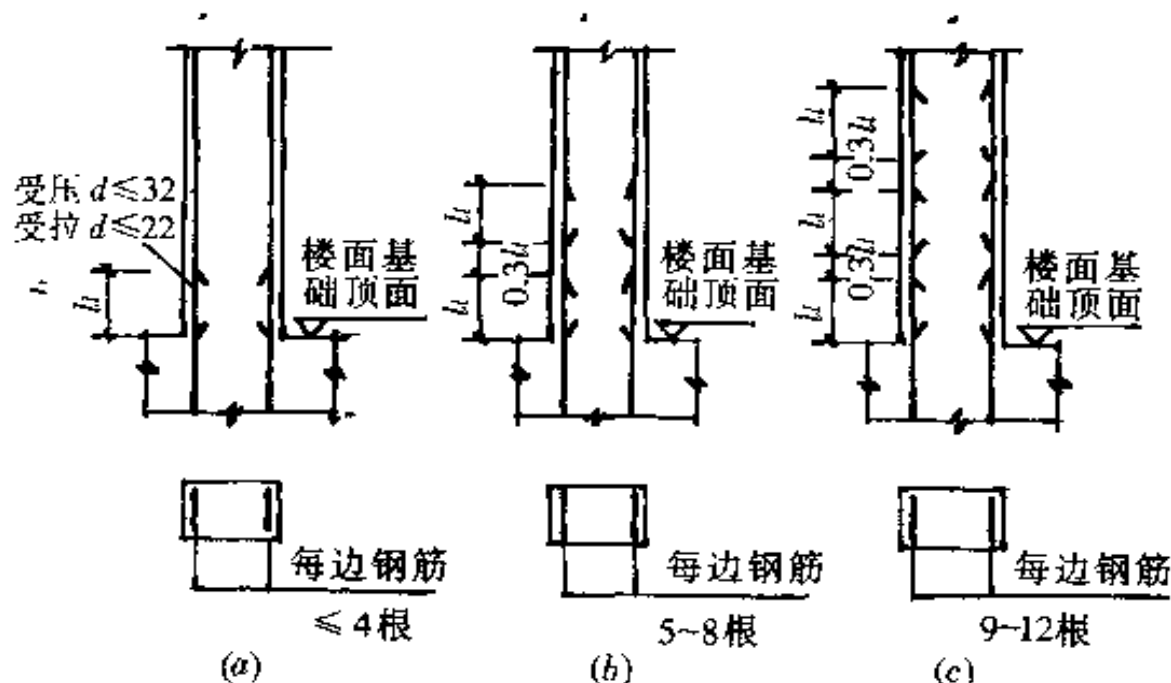


图 3-74 纵向钢筋搭接接头

定,且不小于 200mm。

当  $e_0 \leq 0.2h$  时,按受压钢筋的搭接长度取用;当  $e_0 > 0.2h$  时,按受拉钢筋的搭接长度取用。

③下柱伸入上柱搭接钢筋的根数及直径应满足上柱受力筋的要求。当上下柱内钢筋直径不同时,搭接长度应按上柱内钢筋直径计算。

④当钢筋的折角大于 1:6 时,应设插筋或将上柱内钢筋锚在下柱内,见图 3-75(a),当折角不大于 1:6 时,钢筋可以弯曲伸入上柱搭接,见图 3-75(b)。

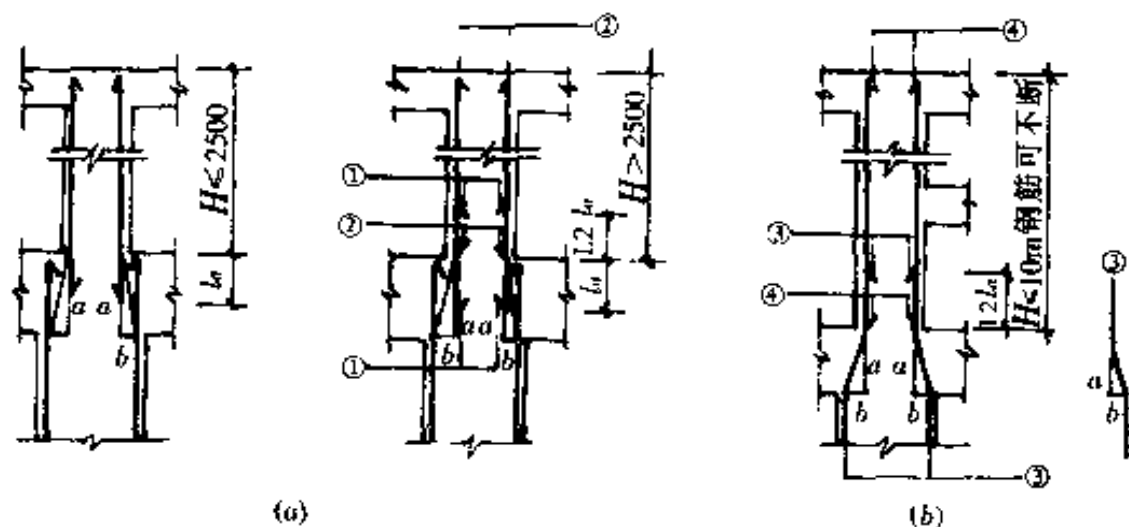


图 3-75 插筋和弯折连接

$$(a) \frac{b}{a} > \frac{1}{6}; (b) \frac{b}{a} \leq \frac{1}{6}$$

(3) 预制柱的钢筋接头:在预制柱中,当上柱纵向受力钢筋的直径和根数与下柱相同时,上柱钢筋伸入下柱内的形式如图 3-76(a)所示;当上柱纵向受力钢筋的直径和根数与下柱不同时,上柱钢筋伸入下柱内的形式如图 3-76(b)所示;中间柱的小柱纵向受力钢筋伸入下柱的形式如图 3-76(c)所示。

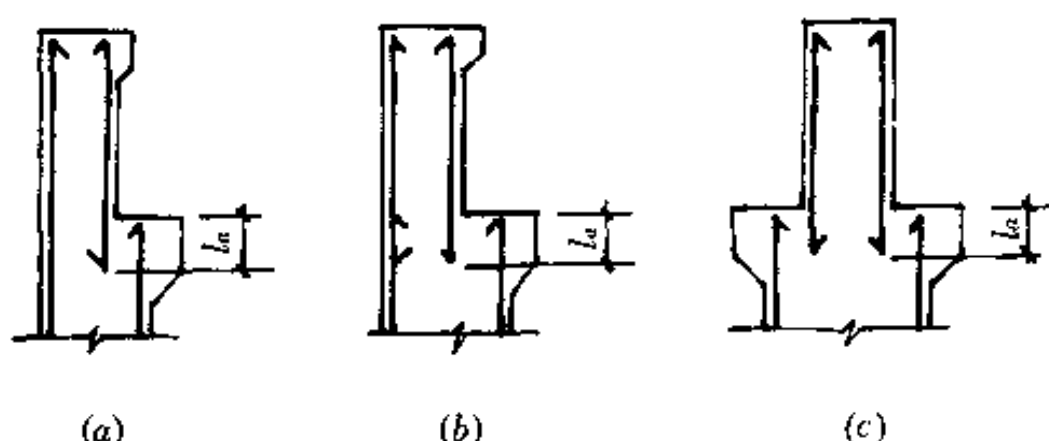


图 3-76 柱钢筋的接头(预制柱)

(a) 下柱外侧钢筋直接伸入上柱内; (b)、(c) 上柱钢筋伸入下柱牛腿内锚固

## 二、柱中箍筋

### 1. 柱中箍筋的形式及直径

(1) 箍筋形式: 在柱中及其他受压构件中的箍筋应为封闭式。当柱中全部纵向受力钢筋的配筋率超过 3% 时, 箍筋应焊成封闭环式, 或在箍筋末端做成不小于  $135^\circ$  的弯钩, 弯钩末端平直段长度不应小于 10 倍箍筋直径。

(2) 箍筋直径: 柱中箍筋直径由计算确定, 还应符合下列规定:

① 箍筋直径不应小于  $d/4$ , 且不应小于 6mm,  $d$  为纵向钢筋的最大直径。

② 柱中全部纵向受力钢筋的配筋率超过 3% 时, 箍筋直径不应小于 8mm。

### 2. 柱中箍筋间距

(1) 柱中箍筋间距指箍筋中心距。

(2) 柱中箍筋间距应由计算确定, 但还应符合表 3-15 的构造规定。

表 3-15 柱中箍筋最大间距

序号	柱中全部纵向钢筋配筋百分率	箍筋最大间距
1	$\leq 3\%$	箍筋间距不应大于 400mm, 且不应大于构件截面的短边尺寸; 同时, 在绑扎骨架中, 不应大于 $15d$ ; 在焊接骨架中不应大于 $20d$ , $d$ 为纵向钢筋的最小直径
2	$> 3\%$	间距不应大于纵向钢筋最小直径的 10 倍, 且不应大于 200mm

注: ①在配有螺旋式或焊接环式间接钢筋的柱中, 如计算中考虑间接钢筋的作用, 则间接钢筋的间距不应大于 80mm 及  $d_{cor}/5$  ( $d_{cor}$  为按间接钢筋内表面确定的直径), 且不应小于 40mm (见图 3-77); 间接钢筋的直径应符合上述箍筋直径的规定。

②柱内纵向钢筋搭接长度范围内的箍筋间距应符合第二章第四节二项 1. 绑扎搭接接头中第(4)条的规定。

### 3. 柱中复合箍筋的设置及箍筋的布置

#### 1. 柱中复合箍筋的设置

(1) 当柱截面短边尺寸大于 400mm, 且各边纵向钢筋多于 3 根时, 或当柱截面短边尺寸不大于 400mm, 但各边纵向钢筋多于 4 根时, 应设置复合箍筋。

(2) 仅当柱子短边  $b \leq 400\text{mm}$ , 且纵向钢筋不多于 4 根, 可不设置复合箍筋, 如图 3-78 (a) 和图 3-79 (a) 所示。当与拉筋组成箍筋时, 拉筋宜紧靠纵向钢筋并勾住封闭箍筋。

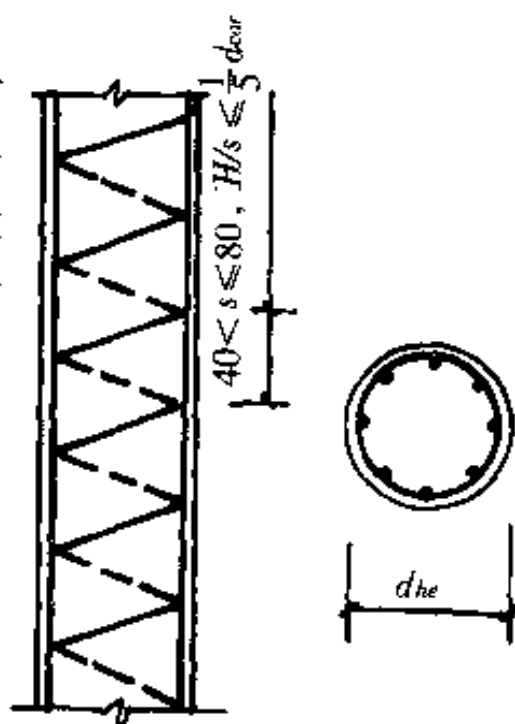


图 3-77 间接钢筋的间距

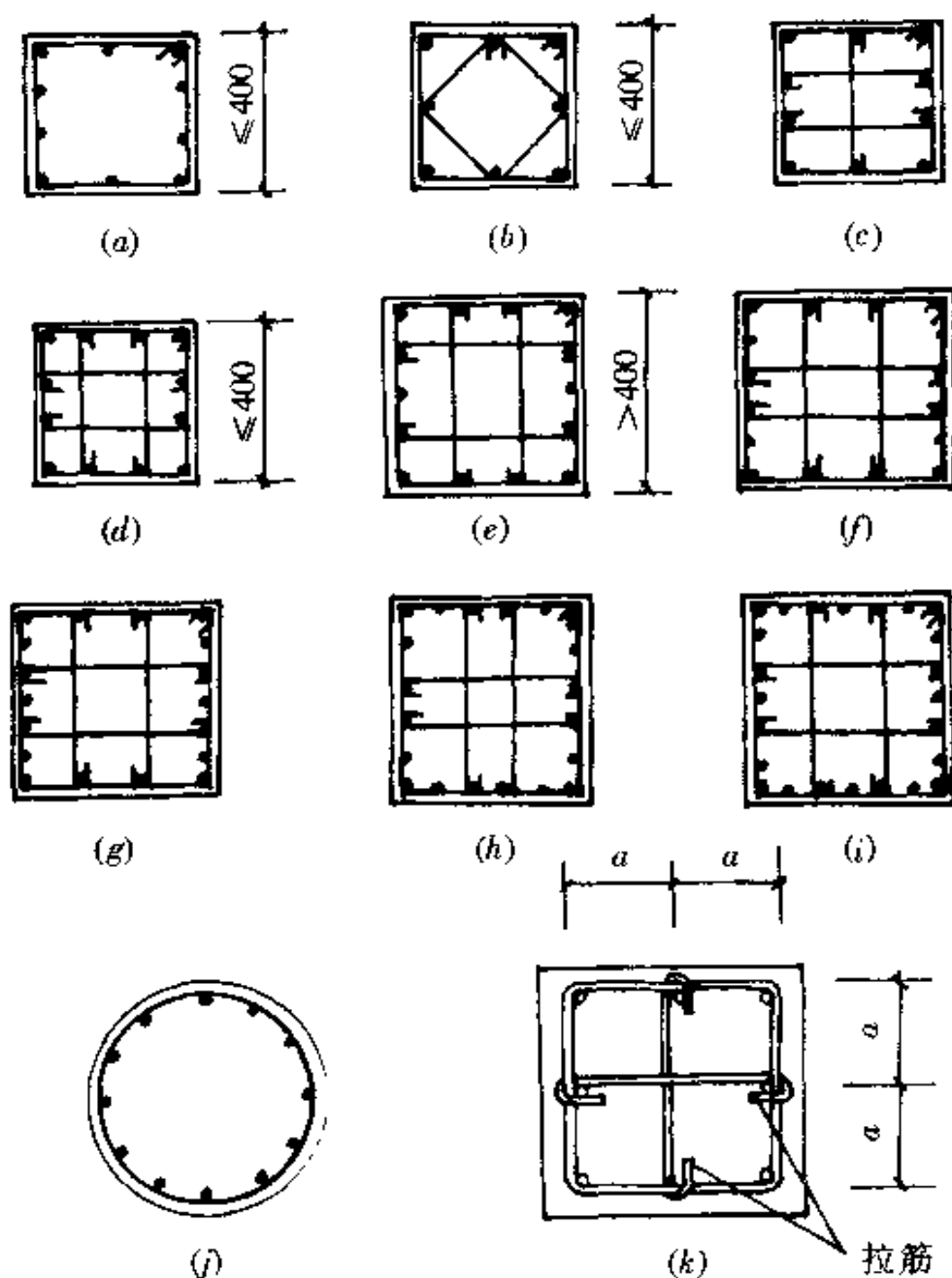


图 3-78 方柱与圆柱箍筋

(a) 仅用于非抗震设计和加密区以外区段; (b) 8 根钢筋; (c) 10 根钢筋; (d) 12 根钢筋; (e) 14 根钢筋; (f) 16 根钢筋; (g) 18 根钢筋; (h) 20 根钢筋; (i) 24 根钢筋; (j) 圆柱; (k) 拉筋大样

注: ① 箍筋弯钩大样见图 3-72; ② 圆柱最好设螺旋形箍筋。



(3) 复合箍筋可采用多个矩形箍组成或矩形箍加拉筋、菱形筋等。

## 2. 箍筋布置及体积配筋率

(1) 常用的方形、圆形、矩形柱、其箍筋布置可参考图 3-78 和图 3-79 配置。

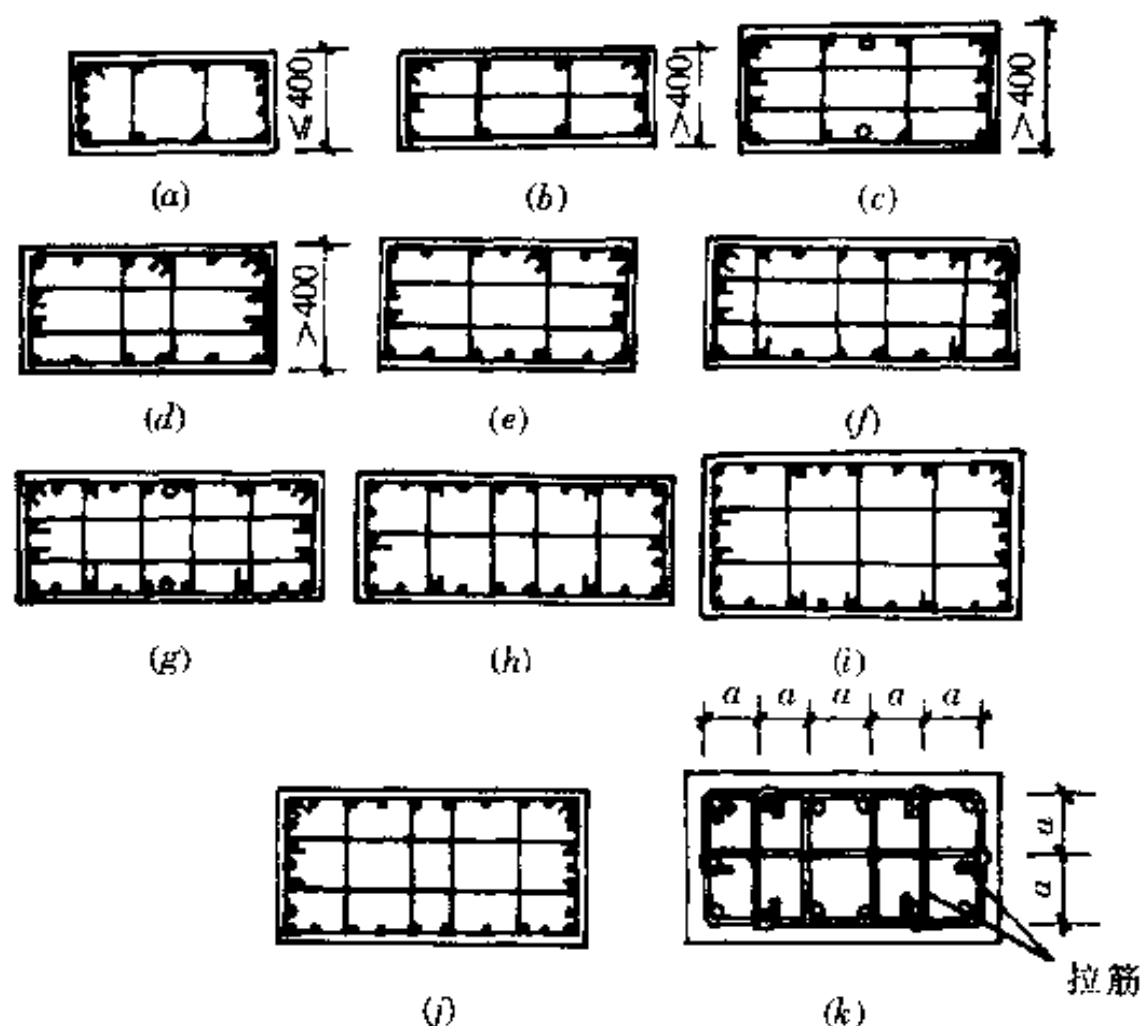


图 3-79 矩形柱箍筋

(a) 仅用于非抗震设计和加密区以外区段; (b) 10 根钢筋; (c) 12 根或 14 根钢筋; (d) 16 根钢筋; (e) 18 根钢筋; (f) 20 根钢筋; (g) 22 根或 24 根钢筋; (h) 26 根钢筋; (i) 28 根钢筋; (j) 30 根钢筋; (k) 拉筋大样

注: 箍筋弯钩大样见图 3-72。

(2) 在箍筋加密区长度内配置矩形箍、复合箍或螺旋箍, 其体积配筋率不宜小于有关的规定。

### 3. 复合箍筋的体积配筋率计算

(1) 如图 3-80 所示的多个矩形箍及矩形箍加拉筋, 其体积配筋率的计算公式(箍筋相重叠部分不计算, 下同)为

$$\rho_v = \frac{n_1 A_{sv1} l_1 + n_2 A_{sv2} l_2}{l_1 l_2 s} \quad (3-12)$$

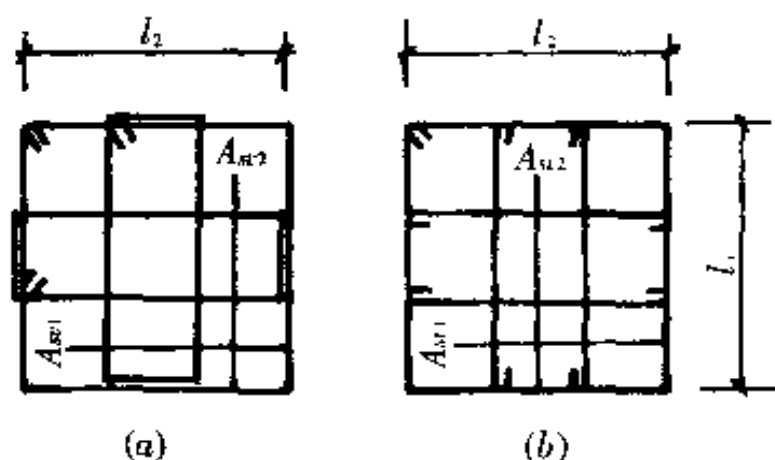


图 3-80 多个矩形箍及矩形箍加拉筋

(a) 多个矩形箍筋; (b) 矩形箍加拉筋

(2) 如图 3-81 所示的矩形箍加菱形箍, 其体积配筋率的计算公式为

$$\rho_v = \frac{n_1 A_{sv1} l_1 + n_2 A_{sv2} l_2 + n_3 A_{sv3} l_3}{l_1 l_2 s} \quad (3-13)$$

式中:  $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ ——配置在同一截面内, 同一方向, 截面面积相同的箍筋肢数

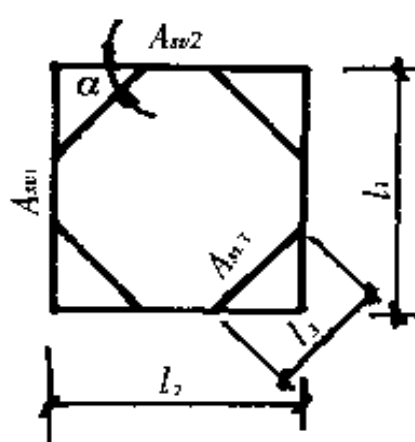


图 3-81 矩形箍加菱形箍

(3) 如图 3-82 所示的螺旋箍, 其体积配筋率的计算公式为

$$\rho_v = \frac{4A_{st}}{d_{cor}s} \quad (3-14)$$

(4) 如图 3-83 (图中  $n=4$ ) 所示的多个矩形箍, 其体积配筋率的计算公式为

$$A_{st} = nA_{st1} \quad (3-15)$$

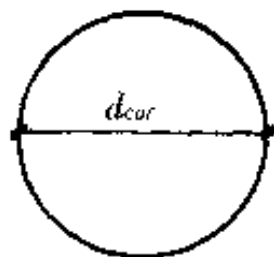


图 3-82 螺旋箍

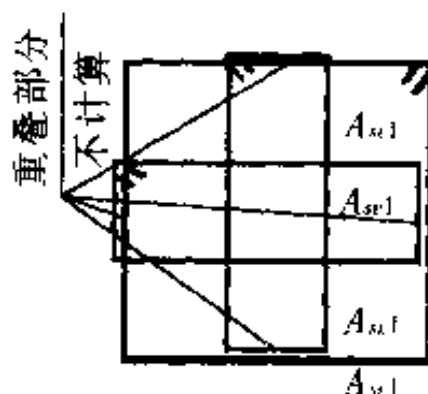


图 3-83 多个矩形箍

(5) 在箍筋加密区长度以外, 箍筋配筋率不宜小于加密区配筋率的一半, 一般采用扩大箍筋间距的办法来减小配筋率, 但应满足有关规定的最大间距的要求。

(6) 如图 3-84 (图中  $n_1 = n_2 = 2$ ) 所示的矩形箍加拉筋, 其体积配筋率的计算公式为

$$A_{st} = n_1 A_{st1} + n_2 A_{st2} \quad (3-16)$$

(7) 如图 3-85 (图中  $n_1 = n_2 = 2$ ) 所示的矩形箍加菱形箍, 其体积配筋率的计算公式为

$$A_{st} = n_1 A_{st1} + n_2 \cos \alpha A_{st2} \quad (3-17)$$

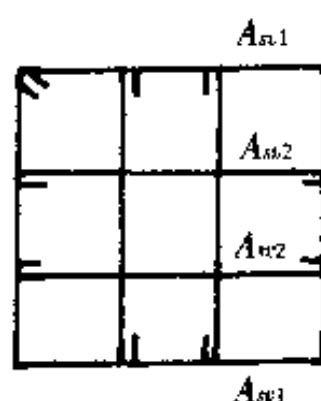


图 3-84 矩形箍加拉筋

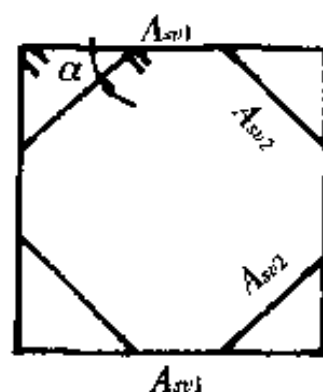


图 3-85 矩形箍加菱形箍

## 第五节 钢筋混凝土剪力墙

### 一、剪力墙结构

#### 1. 剪力墙的配筋

(1) 纵向受力钢筋: 钢筋混凝土剪力墙按正截面承载力计算集中配置于墙水平截面两端的纵向受力钢筋, 应位于由箍筋或水平分布钢筋和拉筋约束的边缘构件(暗柱)内。当按正截面计算不需要配置纵向受力钢筋时, 应在墙水平截面两端各设置不少于两根、直径不小于 12mm 的竖向构造钢筋。

(2) 分布钢筋配筋率: 钢筋混凝土剪力墙的水平 and 竖向分布钢筋的配筋率  $\rho_{sh}$  和  $\rho_{sv}$  ( $\rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_{sh}}$ ,  $\rho_{sv} = \frac{A_{sv}}{b_{sv}}$ ,  $sh$  和  $sv$  为竖向和水平分布钢筋的间距) 不应小于 0.2%。重要部位的剪力墙, 其水平和竖向分布钢筋的配筋率宜适当提高。

剪力墙中温度较高、收缩应力较大的部位, 水平分布钢筋的配筋率宜适当提高。

(3) 分布钢筋的直径及间距: 钢筋混凝土剪力墙水平及

竖向分布钢筋的直径不应小于 8mm, 间距不应大于 300mm。

(4) 分布钢筋配置及拉筋: 承受垂直于墙面的水平荷载的墙(如地下室墙)以及厚度大于 160mm 的重要部位的剪力墙均应配置双排分布钢筋网; 剪力墙结构中厚度不大于 160mm 的剪力墙宜配置双排分布钢筋网。

双排分布钢筋网应沿墙的两个侧面布置, 且应采用拉筋连系; 拉筋直径不应小于 6mm, 间距不应大于 600mm; 对重要部位的剪力墙宜适当增加拉筋的数量。

(5) 端部的锚固: 当剪力墙端部无翼墙时, 墙内的水平分布钢筋应伸到墙端并向内弯折  $15d$  后截断, 其中  $d$  为水平分布钢筋直径, 如图 3-86(a) 所示。

当墙厚度较小时, 亦可采用在墙端附近搭接的做法, 如图 3-86(b) 所示。

当端部设有翼墙时, 水平分布钢筋应伸至翼墙外边并向两侧水平弯折, 弯折后的长度取为  $15d$ , 如图 3-86(c) 所示; 对底部加强区的剪力墙, 伸入翼墙的弯折前投影长度尚不宜小于  $0.35l_a$ , 其中  $l_a$  为规定的受拉钢筋锚固长度。

在房屋角部, 沿剪力墙外侧的水平分布筋宜沿外墙边连续弯入翼墙内, 如图 3-87(a) 所示。当需要在纵横墙转角处设置搭接接头时, 沿外墙边的水平分布钢筋的总搭接长度不应小于  $1.3l_a$ , 其中  $l_a$  为第二章第三节中规定的受拉锚固长度, 如图 3-87(b) 所示。沿墙内边的水平分布筋的锚固要求与图 3-87(c) 所示墙体 T 形水平接头处相同。

带边框的现浇剪力墙, 水平及竖向分布钢筋应分别贯穿柱、梁或可靠地锚固在柱、梁内。

(6) 搭接接头: 剪力墙每根水平分布钢筋的搭接接头与

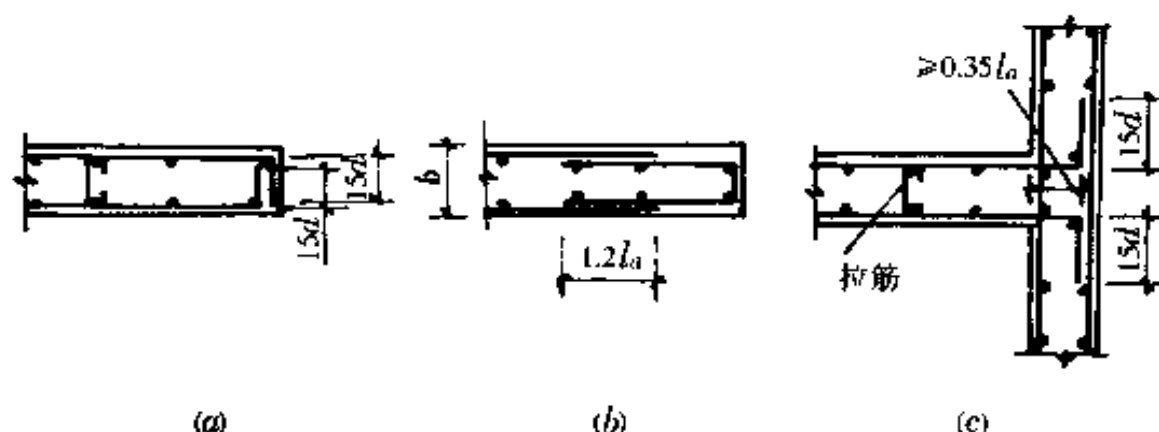


图 3-86 剪力墙端部水平分布钢筋的锚固

(a) 无翼墙时的锚固; (b) 无翼墙时的搭接;  
(c) 有翼墙时的锚固 ( $\geq 0.35l_a$  仅用于底部加强区)

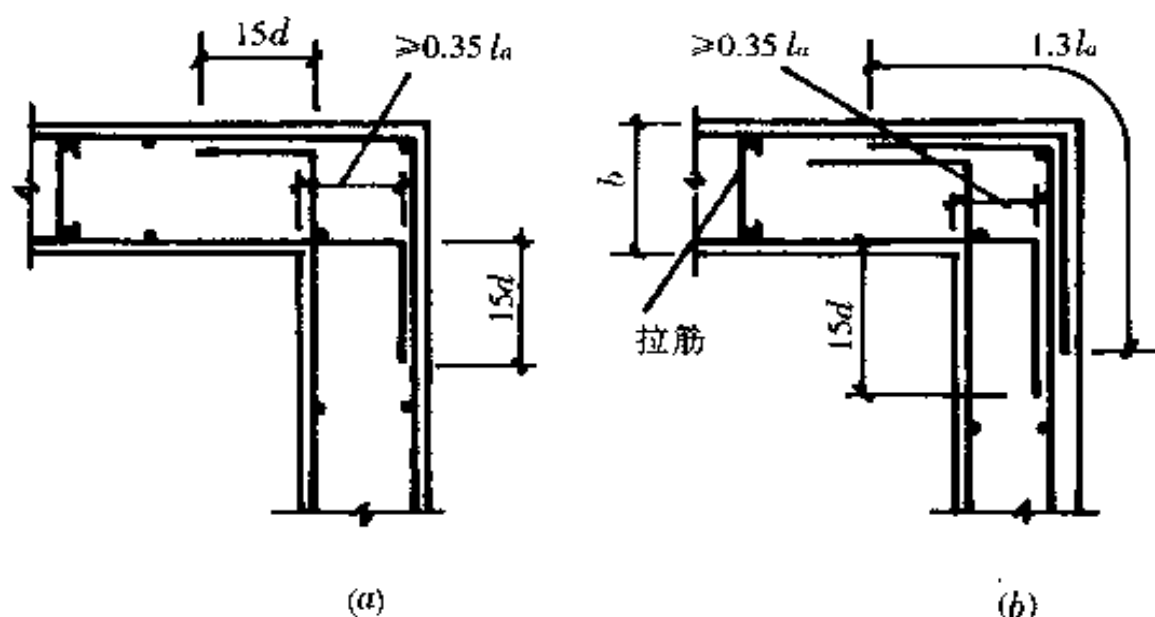


图 3-87 剪力墙转角处水平分布钢筋的配筋构造

(a) 外侧水平钢筋连续通过转角; (b) 外侧水平钢筋设搭接接头

图中  $\geq 0.35l_a$  仅用于结构重要部位

同排另一根水平分布钢筋的搭接接头以及上、下相邻的水平分布钢筋搭接接头之间沿钢筋方向的净间距不宜小于 50mm; 搭接长度不应小于  $1.2l_a$ , 其中  $l_a$  为规定的受拉钢筋锚

固长度。

剪力墙竖向分布钢筋可在同一高度搭接,搭接长度不应小于  $1.2l_a$ 。

## 2. 剪力墙中的连系梁配筋

剪力墙连系梁上下纵向钢筋两端应伸入墙内,其锚固长度不应小于规定的受拉钢筋锚固长度。连系梁应沿全长配置箍筋,箍筋间距不应大于  $150\text{mm}$ ,直径不应小于  $6\text{mm}$ ,如图 3-88 所示。

在顶层连系梁纵向钢筋伸入墙内的锚固长度范围内,应设置间距不大于  $150\text{mm}$  的箍筋,箍筋直径与该连系梁跨内箍筋直径相同。同时,门窗洞边竖向钢筋应妥善锚固在顶层

连系梁高度范围内,其锚固方式和锚固长度应符合本章第三节五、中 1. 对伸入框架中间层端节点的梁上部钢筋锚固方式及锚固长度的规定。

## 3. 剪力墙的洞口周边配筋

在剪力墙的洞口周边,当不需要按剪力墙正截面承载力计算配置竖向钢筋或按剪力墙连系梁正截面承载力计算配置水平钢筋时,应在洞口每侧分别设置两根面积不小于  $0.6A_{sh}$  和  $0.6A_{sv}$  的竖向和水平构造钢筋,其中  $A_{sh}$  和  $A_{sv}$  分别为被洞口切断的水平分布钢筋和竖向分布钢筋的总截面面积。该钢筋

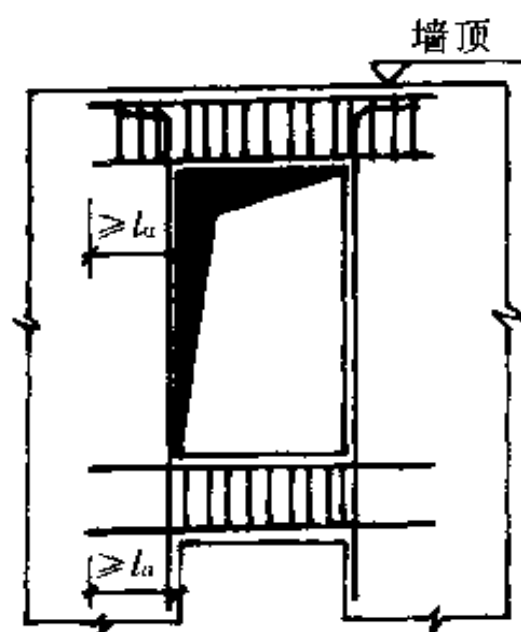


图 3-88 剪力墙连系梁配筋及其纵向钢筋在墙内的锚固

直径不宜小于 12mm, 自孔洞边伸入墙内的长度应不小于规定的受拉钢筋锚固长度  $l_a$ 。

## 二、框架—剪力墙结构

### 1. 有边框剪力墙的截面及配筋

有边框剪力墙的边框梁、柱对剪力墙起约束作用, 即使剪力墙破坏后, 周边框架仍能承受竖向荷载, 且具有一定抗侧力能力。楼层处设置的横梁能控制剪力墙斜裂缝的延伸, 因此边框柱和梁应有足够的截面, 以便承受剪力墙通裂时对边框柱产生的附加剪力。

如图 3-89 所示, 周边带有梁柱的有边框的现浇剪力墙, 当剪力墙与梁柱有可靠连接时, 其主要竖向受力钢筋应配置在柱截面内。它的梁、柱、墙的截面尺寸及配筋需符合下列要求。

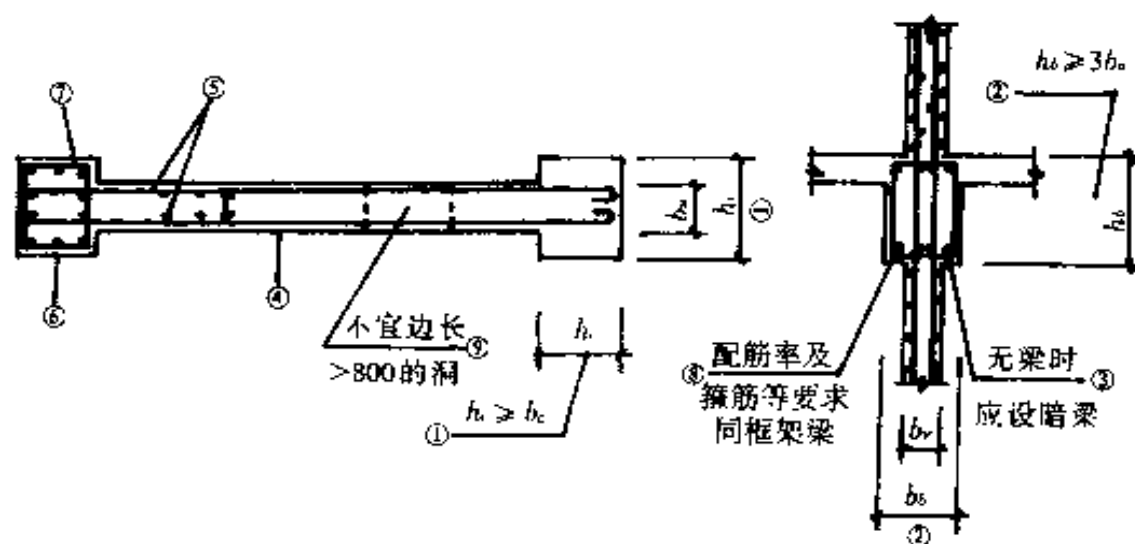


图 3-89 有边框剪力墙的截面及配筋要求

以下按图 3-89 中的编号顺序说明如下:

①边柱截面宽度  $b_c \geq 2.5b_w$ , 截面高度  $h_b \geq 3b_w$ , 此处,  $b_w$  为墙厚。



②梁截面宽度  $b_b \geq 2b_w$ , 截面高度  $h_b \geq 3b_w$ 。

③墙周边有柱无梁时, 则应设暗梁。

④墙厚  $b_w \geq 160\text{mm}$  及  $b_w \geq \frac{H_n}{20}$ , 此处,  $H_n$  为层间净高, 墙与边柱中线宜重合。

⑤水平和竖向分布钢筋配筋率  $\rho_{sh} = \rho_{sv} \geq 0.2\%$ , 且配双排钢筋,  $d \geq \phi 8\text{mm}$ 。

⑥边柱纵向钢筋的配置及构造要求同关于对框架柱的要求。

⑦边柱箍筋应符合底部加强部位的要求, 即  $d \geq \phi 6\text{mm}$ ,  $s \leq 150\text{mm}$ 。

⑧梁的纵向钢筋及箍筋等构造要求同关于对框架梁的要求。

⑨不宜开边长  $> 80\text{mm}$  的洞口, 如洞口边长  $\leq 800\text{mm}$  时, 应在洞口周边按本节一、中 3 条的要求配置洞边钢筋。

## 2. 其他构件

框架—剪力墙结构中的其他构件, 如框架梁和框架柱、连系梁等构件的有关构造规定均同前面有关章节中相应构件的要求。

## 3. 框支梁的截面及配筋

框支梁的截面尺寸及配筋需符合下列的要求(见图 3-90)。

图 3-90 中编号说明如下:

①框支梁宽度  $b_b$  不宜小于上层墙体厚度的 2 倍, 且不宜小于  $400\text{mm}$ , 即  $400\text{mm} \leq b_b \geq 2b_w$ ; 框支梁的高度  $h_b \geq \frac{l}{8}$  ( $l$  为

框支梁的跨度)。框支架的混凝土强度等级应 $\geq C30$ 。

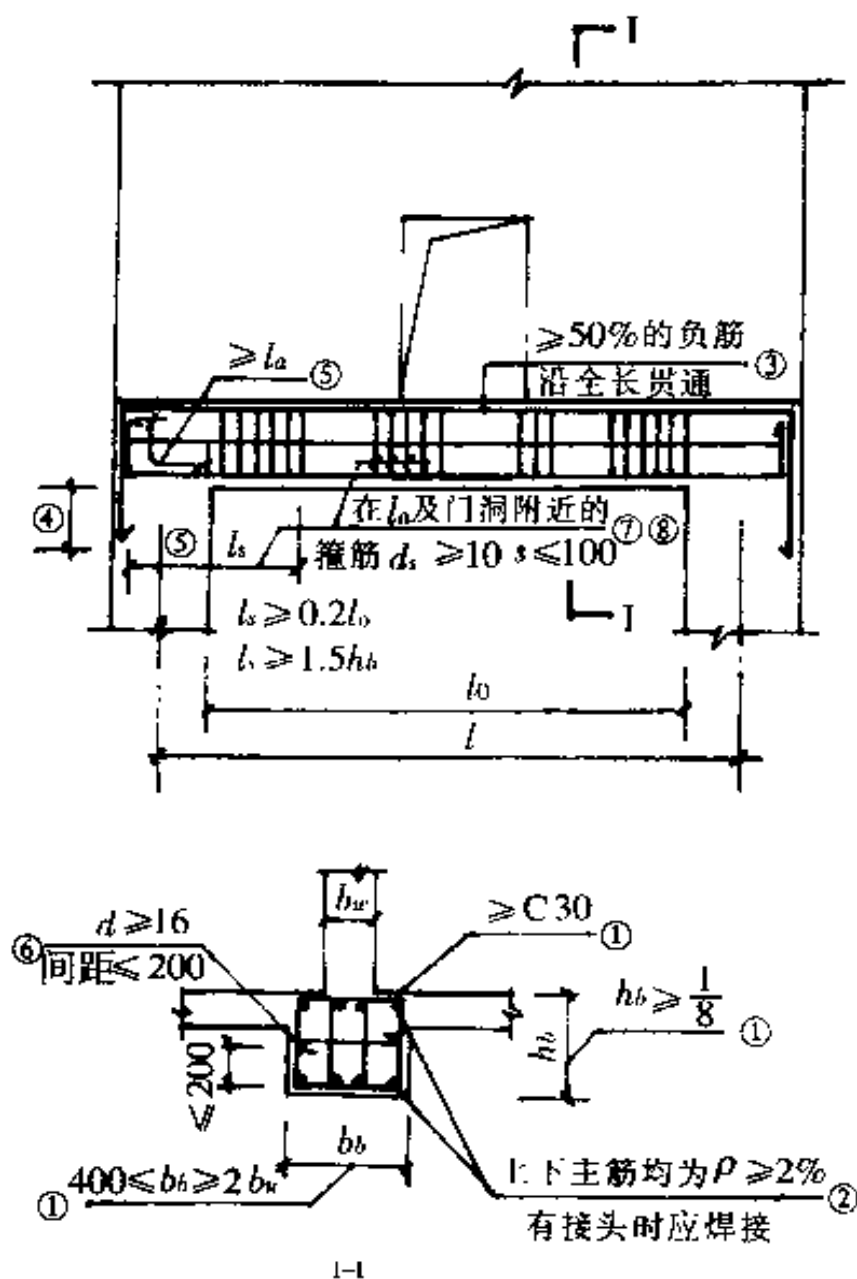


图 3-90 框支梁的截面及配筋

②框支梁为偏心受拉构件时,主筋的配筋率为 $\rho \geq 0.2\%$ ;主筋不宜有接头,有接头时应采用焊接接头。同一截面处钢筋接头截面面积 $\leq 25\%$ 的总截面面积,接头位置应避开墙体开洞部位。

- ③ 支座上部主筋应有  $\geq 50\%$  的钢筋沿梁全长贯通。
- ④ 上部主筋自梁底算起锚入柱内  $\geq l_{aE}$ 。
- ⑤ 下部主筋应全部直通到柱内, 锚入柱内的水平段  $\geq 20d$ 。
- ⑥ 腰筋直径  $d \geq 16\text{mm}$ , 间距  $\leq 200\text{mm}$ 。
- ⑦ 离柱边  $0.2l_c$  或  $1.5h_c$  范围内的箍筋应加密, 该加密区箍筋直径  $d_s \geq 10\text{mm}$ , 间距  $s \leq 100\text{mm}$ 。
- ⑧ 门洞附近的箍筋直径  $d_s \geq 10\text{mm}$ , 间距  $s \leq 100\text{mm}$ 。

#### 4. 框支柱的截面及配筋

框支柱的截面尺寸及配筋需符合下列的要求(见图 3-91)。

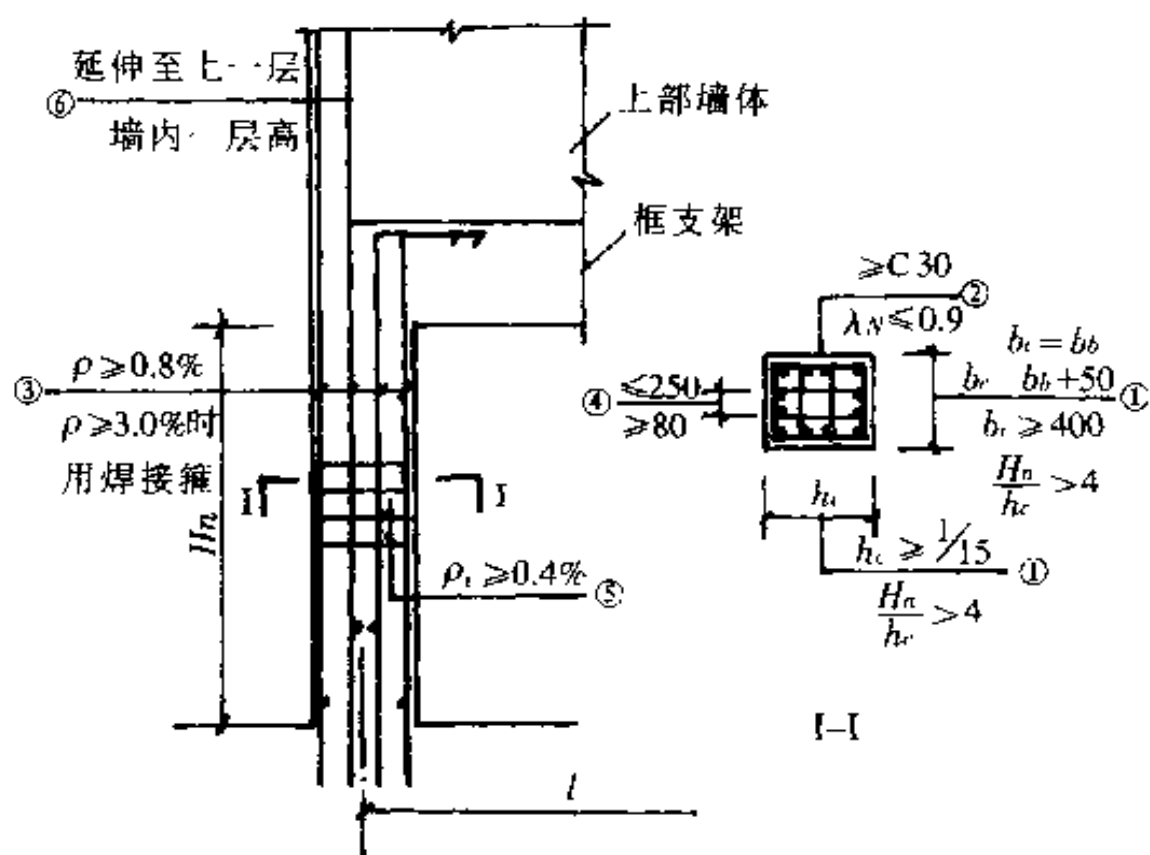


图 3-91 框支柱的截面及配筋

图中 3-91 中编号说明如下:

①框支柱截面宽度  $b_c$  宜和梁截面宽度  $b_b$  相等,也可比梁截面宽度大 50mm,  $b_c$  不宜小于 400mm,即  $b_c = b_b$ 、 $b_c = b_b + 50$ 、 $b_c \geq 400\text{mm}$ ,取三者中的大者。

框支柱截面高度  $h_c \geq \frac{l}{15}$ ,此处,  $l$  为梁的跨度;宜避免形成短柱,即宜  $\frac{H_n}{h_c} > 4$ ,  $\frac{H_n}{b_c} > 4$ ,此处,  $H_n$  为柱净高。

②框支柱轴压比  $\lambda_N \leq 0.9$ ,混凝土强度等级  $\geq \text{C30}$ 。

③框支柱内全部纵向钢筋的配筋率  $\rho \geq 0.8\%$ ;且宜  $\rho \leq 3.0\%$ ,超过时,箍筋应焊成封闭环式。

④框支柱纵向钢筋间距  $\leq 250\text{mm}$ ,且应  $\geq 80\text{mm}$ 。

⑤框支柱箍筋体积配筋率  $\rho_v \geq 0.4\%$ ,箍筋直径  $d_v \geq 10\text{mm}$ ,间距  $s \leq 200\text{mm}$ 。

⑥框支柱应有部分纵向钢筋延伸到框支柱上部墙体内,延伸长度等于层高。

## 第六节 钢筋混凝土结构构件抗震构造

### 一、框架梁

#### 1. 框架梁纵向钢筋配置

(1)纵向受拉钢筋的配筋率:

①钢筋混凝土框架梁中纵向受拉钢筋的配筋率,不应小于设计规范规定的数值。

②框架梁纵向受拉钢筋的配筋率均不应大于 2.5%。

(2)梁顶面和底面通长钢筋的设置:

沿梁全长顶面和底面至少应各配置两根纵向钢筋,对一、二级抗震等级,不应小于  $2\phi 14$ ,且分别不应少于梁两端顶面和底面纵向受力钢筋中较大截面面积的  $1/4$ ;对三、四级抗震等级不应少于  $2\phi 12$ ;如表 3-16 所示。

(3) 受压钢筋和受拉钢筋截面面积的比值:

框架梁的两端箍筋加密区范围内,纵向受压钢筋和纵向受拉钢筋的截面面积的比值,应符合下列要求(见表 3-17):

一级抗震等级

$$\frac{A_s'}{A_s} \geq 0.5 \quad (3-18)$$

二、三级抗震等级

$$\frac{A_s'}{A_s} \geq 0.3 \quad (3-19)$$

表 3-16 梁上、下通长纵向钢筋数量及接头位置

序号	抗震等级	一、二级	三、四级	接头位置
1	上部纵向钢筋	$2\phi 14$ , 且 $\geq \frac{1}{4}A_{smax}'$	$2\phi 12$	跨中
2	下部纵向钢筋	$2\phi 14$ , 且 $\geq \frac{1}{4}A_{smax}^b$	$2\phi 12$	支座或支座边 $\frac{1}{4}l_{ln}$ 处

注:①如采用搭接接头,应满足搭接长度要求。

②  $A_{smax}'$ 、 $A_{smax}^b$  分别为上、下最大配筋截面面积。

③  $l_{ln}$  为梁的净跨度。

表 3-17 框架梁端部下( $A_s'$ )对上( $A_s$ )纵向钢筋截面面积之比

抗震等级	一级	二级	三级	一般情况
$A_s'/A_s$	$\geq 0.5$	$\geq 0.3$	$\geq 0.3$	$\leq 0.8$

## 2. 框架梁中箍筋的配置

(1) 梁端箍筋的加密区长度、间距和直径: 梁端箍筋的加密区长度、箍筋最大间距和箍筋最小直径, 应按表 3-18 的规定取用; 当梁端纵向受拉钢筋配筋率大于 2% 时, 表中箍筋最小直径应增大 2mm。

### (2) 箍筋配置:

① 第一个箍筋应设置在距构件节点边缘不大于 50mm 处, 一般取用 50mm。

② 梁箍筋加密区长度内的箍筋肢距: 一级抗震等级不宜大于 200mm 及 20 倍箍筋直径, 取二者中的较大值; 二、三级抗震等级不宜大于 250mm 及 20 倍箍筋直径, 取二者中的较大值, 四级抗震等级不宜大于 300mm。

③ 非加密区的箍筋最大间距不宜大于加密区箍筋间距的 2 倍。

### (3) 箍筋的配筋率:

沿梁全长箍筋的配筋率  $\rho_v$  应符合下列规定:

一级抗震等级

$$\rho_v \geq 0.30 f_t / f_{yv} \quad (3-20)$$

二级抗震等级

$$\rho_v \geq 0.28 f_t / f_{yv} \quad (3-21)$$

箍筋的配筋率详见表 3-19。

表 3-18 梁端箍筋加密区的构造要求

序号	抗震等级	箍筋加密区长度	箍筋最大间距	箍筋最小直径(mm)
1	一级	2h 和 500mm 二者中的较大值	纵向钢筋直径的 6 倍、梁高的 1/4 或 100mm 三者中的最小值	10

(续表)

序号	抗震等级	箍筋加密区长度	箍筋最大间距	箍筋最小直径(mm)
2	二级	1.5h 和 500mm 二者中的较大值(h 为截面高度)	取纵向钢筋直径的 8 倍、梁高的 1/4 或 100mm 三者中的最小值	8
3	三级		取纵向钢筋直径的 8 倍、梁高的 1/4 或 150mm 三者中的最小值	8
4	四级		取纵向钢筋直径的 8 倍、梁高的 1/4 或 150mm 三者中的最小值	6

 表 3-19 沿梁全长箍筋的配筋率  $\rho_v$  (%)

混凝土强度等级	HPB235 $f_{yk} = 210\text{N/mm}^2$		HRB335 $f_{yk} = 300\text{N/mm}^2$	
	$0.30f_t/f_{yk}$	$0.28f_t/f_{yk}$	$0.30f_t/f_{yk}$	$0.28f_t/f_{yk}$
C20	0.157	0.147	0.110	0.103
C25	0.181	0.169	0.127	0.119
C30	0.204	0.191	0.143	0.133
C35	0.224	0.209	0.157	0.147
C40	0.244	0.228	0.171	0.160
C45	0.257	0.240	0.180	0.168
C50	0.270	0.252	0.189	0.176
C55	0.280	0.261	0.196	0.183
C60	0.291	0.272	0.204	0.190
C65	0.299	0.279	0.209	0.195
C70	0.306	0.285	0.214	0.200
C75	0.311	0.291	0.218	0.203
C80	0.317	0.296	0.222	0.207

注:应用时应与文内要求相配合

### 3. 框架扁梁结构体系及构造要求

(1) 结构体系: 框架扁梁与周边普通梁柱框架结合可用于多层框架结构、设置足够的剪力墙形成框墙结构可用于高层建筑。

(2) 构造要求:

① 框架扁梁宜双向布置, 上、下柱中线不应有偏心, 梁柱中线应重合。

② 有关扁梁宽度的取值应满足刚度和构造要求, 截面设计应满足挠度及抗裂要求。

③ 扁梁的纵筋在柱宽范围: 一级框架应不少于配筋总面积的 75%, 二、三、四级框架不少于 50%, 柱宽以外的梁筋应由边梁受扭承载力来确定。

④ 扁梁箍筋肢数不少于 4 肢。箍筋加密范围: 一级框架不少于  $2.5b_c$  (或 500mm), 二、三、四级框架不少于  $2b_c$  (或 500mm), 箍距分别取  $[3/8d, 8d, 24d]$ ,  $d$  为箍筋直径。

⑤ 边框架宜采用普通梁、柱框架, 锚入边梁的扁梁纵筋的保护层厚度靠边梁外侧不宜小于 50mm。

### 4. 框架梁和框架柱纵向受力钢筋在框架节点区的锚固和搭接

(1) 中间层中间节点:

① 框架梁在框架中间层的中间节点内的上部纵向钢筋应贯穿中间节点。

② 梁的下部纵向钢筋伸入中间节点的锚固长度不应小于  $l_{aE}$ , 且伸过中心线不应小于  $5d$ , 如图 3-92 所示。

③ 梁内贯穿中柱的每根纵向钢筋直径, 对一、二级抗震等级, 不宜大于柱在该方向截面尺寸的  $1/20$ 。对于圆柱截面,



可取当量正方形截面(与正方形截面面积相等)边长的  $1/20$ , 且当梁纵筋贯穿节点的长度不大于  $15d$  时, 梁端受弯承载力计算中不宜计入此钢筋面积。

(2) 中间层边节点: 框架梁在框架中间层的端节点内的纵向钢筋锚固长度  $l_{aE}$ , 按照抗震等级见本章第一节公式(3-1)~(3-3)规定外, 并应伸过节点中心线, 当纵向钢筋在端节点内的水平锚固长度不够时, 应伸至柱外边并向下弯折, 其弯折前的水平投影长度, 不应小于  $0.4l_{aE}$ , 弯折后的垂直长度取  $15d$ , 如图 3-93 所示。

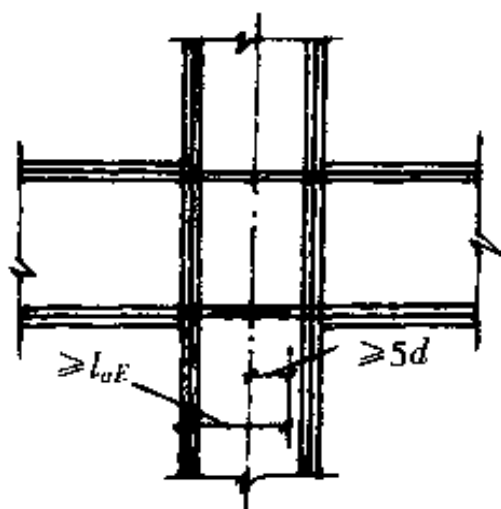


图 3-92 框架梁的纵向钢筋在中间层中节点的锚固

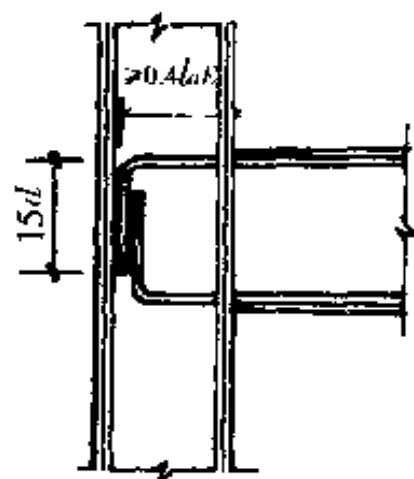


图 3-93 框架梁的纵向钢筋在中间层边节点的锚固

为了便于合理确定边柱的截面尺寸和混凝土的强度等级, 根据锚固要求按钢筋的种类、直径编制了表 3-20 及表 3-21 供参考。

(3) 顶层中间节点:

① 框架梁在框架顶层中间节点内的上部纵向受力钢筋的配置, 对一、二级抗震等级, 框架梁应优先采用分别自两侧伸

表 3-20 框架边柱的最小截面高度与框架梁的纵向钢筋锚固长度、混凝土强度等级的关系  
(HRB335 级钢筋,  $f_y = 300\text{N/mm}^2$ )

混凝土 强度 等级	抗 震 等 级																							
	一、二级抗震等级								二级抗震等级								非地震区及四级抗震等级							
	钢筋直径/mm																							
	18	20	22	25	28	32	18	20	22	25	28	32	18	20	22	25	28	32						
C20	400	450	500	550	650	700	400	400	450	500	600	650	400	400	450	500	550	650						
C25	350	400	450	500	600	650	350	400	400	450	550	600	350	350	400	450	500	550						
C30	350	350	400	450	500	600	300	350	350	400	500	550	300	350	400	400	450	500						
C35	300	350	350	400	500	550	300	350	350	400	450	500	300	300	350	350	450	500						
C40	300	300	350	400	450	500	300	300	350	350	400	450	300	300	300	350	400	450						
C45	300	300	350	350	450	500	300	300	300	350	400	450	300	300	300	350	400	450						
C50	300	300	300	350	400	450	300	300	300	350	400	450	300	300	300	350	400	450						
C55	300	300	300	350	400	450	300	300	300	350	400	400	300	300	300	300	350	400						
C60	300	300	300	350	400	450	300	300	300	300	350	400	300	300	300	300	350	400						
C65	300	300	300	350	400	450	300	300	300	300	350	400	300	300	300	300	350	400						
C70	300	300	300	350	400	400	300	300	300	300	350	400	300	300	300	300	350	400						
C75	300	300	300	300	400	400	300	300	300	300	350	400	300	300	300	300	350	400						
C80	300	300	300	300	350	400	300	300	300	300	350	400	300	300	300	300	350	350						

注:①本表系根据有关公式及框架梁的上部纵向钢筋对边节点锚固(图 3-60)及图 3-93 的要求计算的。

②柱的截面高度考虑纵向钢筋水平段长度  $0.4l_a$  (或  $0.4l_{aE}$ ) 加  $80\text{mm}$  确定并取整数。

③表内数值已考虑钢筋直径大于  $25\text{mm}$  时的情况。

④应用时应与有关文内要求相配合。

表 3-21 框架边柱的最小截面高度与框架梁的纵向钢筋锚固长度、混凝土强度等级的关系  
(HRB400 级钢筋  $f_y = 360\text{N/mm}^2$ )

混凝土 强度 等级	抗 震 等 级																							
	一、二级抗震等级								三级抗震等级								非地震区及四级抗震等级							
	钢筋直径/mm																							
	18	20	22	25	28	32	18	20	22	25	28	32	18	20	22	25	28	32						
C20	500	500	550	650	750	850	450	500	550	600	700	800	450	450	500	550	650	750						
C25	450	450	500	650	650	750	400	450	500	500	600	700	400	400	450	500	600	650						
C30	400	450	450	500	600	650	350	400	450	450	550	600	350	400	400	450	550	600						
C35	350	400	450	450	550	600	350	400	400	450	500	600	350	350	400	400	500	550						
C40	350	350	400	450	500	600	350	350	400	400	500	550	300	350	350	400	450	500						
C45	350	350	400	450	500	550	300	350	350	400	450	500	300	350	350	400	450	500						
C50	300	350	350	400	500	550	300	350	350	400	450	500	300	300	350	350	400	500						
C55	300	350	350	400	450	500	300	300	350	350	450	500	300	300	350	350	400	450						
C60	300	350	350	400	450	500	300	300	350	350	400	450	300	300	300	350	400	450						
C65	300	300	350	400	450	500	300	300	350	350	400	450	300	300	300	350	400	450						
C70	300	300	350	350	450	500	300	300	300	350	400	450	300	300	300	350	400	450						
C75	300	300	350	350	450	500	300	300	300	350	400	450	300	300	300	350	400	450						
C80	300	300	350	350	450	450	300	300	300	350	400	450	300	300	300	350	400	400						

注:同表 3-20 注。

入顶层中间节点,伸到节点对边后向下弯折,弯折前的投影长度不应小于  $0.40l_{aE}$ ,弯折后的垂直投影长度取  $15d$ (见图 3-94)。当配筋数量较多时,可采用贯穿节点的配筋方式,对矩形截面柱节点,梁上部纵向钢筋直径不宜大于柱在该方向截面尺寸的  $1/25$ ,对圆柱节点,不宜大于当量正方形截面边长的  $1/20$ ,且当梁纵筋贯穿节点的长度不大于  $15d$  时,梁端受弯承载力计算中不应计入此钢筋面积。

②框架顶层中间节点的下部纵向钢筋伸入节点的锚固长度不应小于  $l_{aE}$ ,且伸过中心线不应小于  $5d$ 。顶层中间节点柱筋及顶层端节点内侧柱筋可用直线方式锚入节点,其锚固长度应不小于  $l_{aE}$ ,但柱筋必须伸至柱顶,当锚固长度不足时,柱筋应伸至柱顶并向节点内水平弯折。当楼盖为现浇,且板的混凝土强度等级不低于 C20,板厚不小于 80mm,亦可向外弯折。柱筋锚固段弯折前的垂直投影长度不应小于  $0.5l_{aE}$ ,向内弯折时,水平投影长度不应小于  $12d$ ;向外弯折时,水平投影长度不应小于  $12d$ ,且伸出柱边长度不应小于 250mm,如图 3-94 所示。

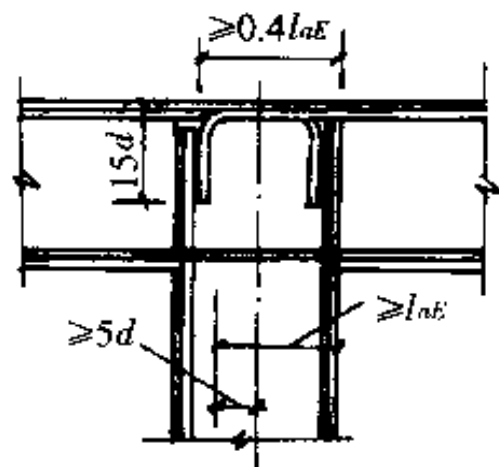


图 3-94 框架梁的纵向钢筋在顶层中间节点的锚固

(4)顶层端节点:在框架顶层节点中,梁上部纵向钢筋与柱外侧纵向钢筋的搭接:对一、二、三级抗震等级,搭接接头可沿节点外边及梁上边布置〔见图 3-95(a)〕,搭接长度不应小于  $1.5l_{aE}$ ,且伸入梁内的柱纵向钢筋不小于柱外侧计算需要

的柱纵向钢筋的 65%, 其中不能伸入梁内的外侧柱筋或应伸至柱内边, 向下弯折不少于  $8d$  后截断 ( $d$  为柱纵筋直径), 或伸入现浇板内, 其长度与伸入梁内的柱筋相同。梁上部纵筋应沿柱外侧伸至梁底标高, 当梁筋伸至柱外侧时, 应向内弯折  $8d$  后截断, 当梁筋伸至柱里排钢筋时, 可不设弯折段。对二、三级抗震等级, 当梁、柱配筋率较高时, 可采用搭接接头沿柱外边搭接 [图 3-95(b)], 搭接长度不应小于  $1.7l_{aE}$ ; 搭接接头末端一次截断的纵向钢筋配筋率不应大于 1%, 超过部分应向梁内继续延伸  $20d$  [见图 3-95(a)] 或向柱内继续延伸  $20d$  [见图 3-95(b)] 后截断。

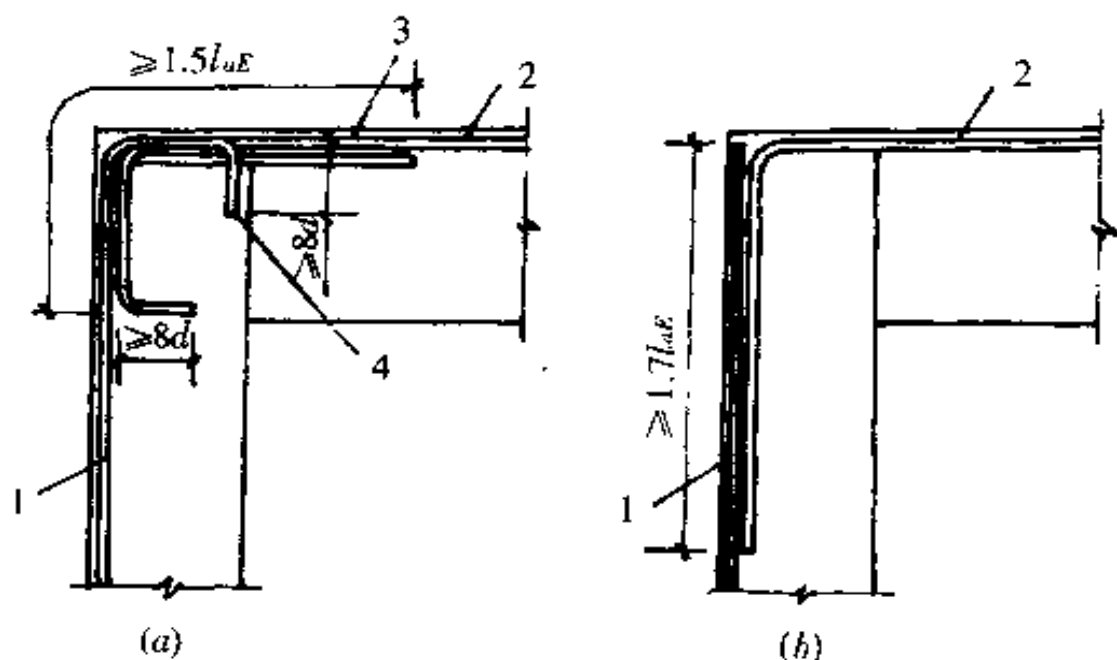


图 3-95 框架梁的纵向钢筋在顶层边节点的锚固

(a) 顶层边节点锚固 (接头向梁内延伸);

(b) 顶层边节点锚固 (接头向柱内延伸)

1. 柱外侧纵向钢筋, 截面面积  $A_{ov}$ ; 2. 梁上部纵向钢筋;
3. 伸入梁内的柱纵向钢筋截面面积不小于  $0.65A_{ov}$ ;
4. 不能伸入梁内的柱角部纵向钢筋

## 4. 梁端的下部及上部纵向钢筋的截面

框架梁端的下部及上部纵向钢筋的截断要求如表 3-22 所示。

表 3-22 框架梁端下部及上部纵向钢筋的截断要求

序号	项 目	内 容
1	下部纵向钢筋的截断	梁的下部纵向钢筋,除其中一部分按计算要求及构造需要伸入节点内锚固外,其余可在柱边附近切断,从切断点至完全不需要该钢筋的截面距离,不应小于 $20d$ ,一般情况下,可将此部分钢筋在柱边 $100\text{mm}$ 处向上弯起至梁顶,如图 3-96 所示
2	上部纵向钢筋的截断	梁端上部纵向钢筋的一部分,可在距柱边 $A_0$ 处截断,如图 3-97 所示。 $A_0$ 为梁的负弯矩零点向跨中延伸 $l_{aE}$ ,且不小于梁净跨度的 $1/4$ ,其余应贯通全长 梁端上部负钢筋的切断位置和数量如表 3-23 所示

表 3-23 梁端上部负筋切断点位置及数量

序号	地震作用弯矩所占组合弯矩之比	切断点至柱内边距离	$A_0$ 处切断点纵筋最大数量	通长配置纵筋最少数量
1	$< 60\%$	$l_{bo}/4$	$3A_s/4$	$A_s/4$
2	$60\% \sim 70\%$	$l_{bo}/3$	$3A_s/4$	$2A_s/5$
3	$70\% \sim 80\%$	$2l_{bo}/5$	$3A_s/5$	$2A_s/5$
4	$80\% \sim 90\%$	$2l_{bo}/5$	$2A_s/5$	$3A_s/5$
5	$> 90\%$	$l_{bo}/2$	$A_s/5 \sim 0$	$4A_s/5 \sim A_s$

注:①  $l_{bo}$  为梁的净跨,  $A_s$  为支座处上部纵向钢筋截面面积;

② 直通钢筋数量不应少于 2 根,并应按受力要求接头。

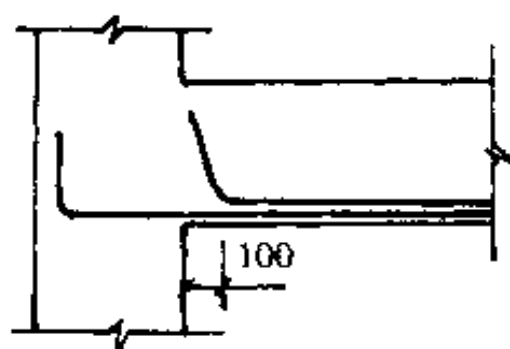


图 3-96 部分梁下纵向钢筋在柱边切断

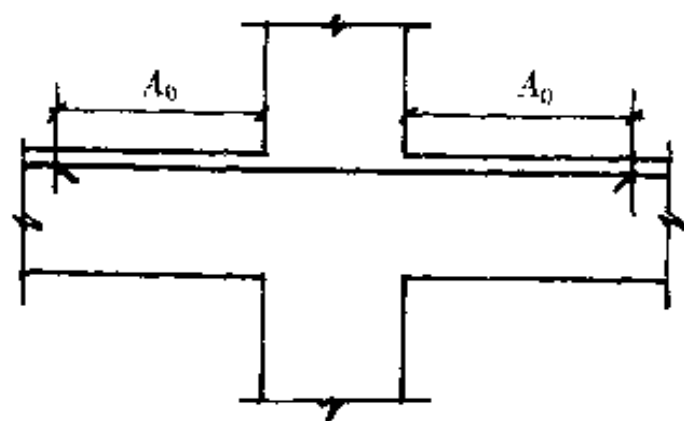


图 3-97 梁上部纵向钢筋切断点

## 二、框架柱

### 1. 框架柱纵向受力钢筋的配置

#### (1) 配置原则:

①框架柱的纵向钢筋宜对称配置。

②截面尺寸大于 400mm 的柱,纵向钢筋的间距不宜大于 200mm。

(2)纵向受力钢筋的接头:柱的纵向受力钢筋连接接头位置宜避开柱端箍筋加密区,框架柱中纵向受力钢筋的接头要求如下:

①采用焊接接头或机械连接接头的部位:框架柱在以下部位的纵向钢筋接头应采用焊接接头或机械连接接头:

(a) 柱纵向受力钢筋的总配筋率超过 3%。

(b) 柱纵向钢筋直径等于或大于 32mm。

(c) 一级、二级、三级抗震设计的框架柱。

(d) 框支柱。

(e) 小偏心受拉框架柱。

当钢筋采用机械连接接头时,接头的质量、适用范围、构造要求等,应符合专门的规定,详见本手册第七章内容。

②其他:

(a) 柱的纵向钢筋的连接接头如图 3-98 所示。

(b) 一、二级抗震等级框架底层柱根部增大后的配筋,按图 3-98 分两个截面截断。

(c) 当钢筋直径大于 22mm 或二级、三级、四级抗震等级的其他层(底层除外)框架柱,宜采用焊接或机械连接的接头。

(d) 三、四级抗震等级框架柱纵向钢筋直径大于 22mm 时,宜采用焊接或机械连接接头。

(e) 接头的位置应相互错开,柱纵向钢筋总数为 4 根时,可在同一截面连接。多于 4 根时,同一截面钢筋接头不宜多于总根数的 50%;相邻接头间距:焊接接头不得小于 500mm,或不得小于  $35d$ ;搭接接头不得小于 600mm。且应满足搭接长度要求(见第二章第四节二中 1. 绑扎搭接接头的规定)。

(f) 搭接接头最低点距柱端应取  $\geq 500\text{mm}$ ,  $\geq h_c$ ,  $\geq \frac{H_n}{6}$  二者中的大者,如图 3-98 所示

(g) 搭接接头范围内:箍筋间距应  $\leq 5d$  且应  $\leq 100\text{mm}$  ( $d$  为柱纵向钢筋直径)



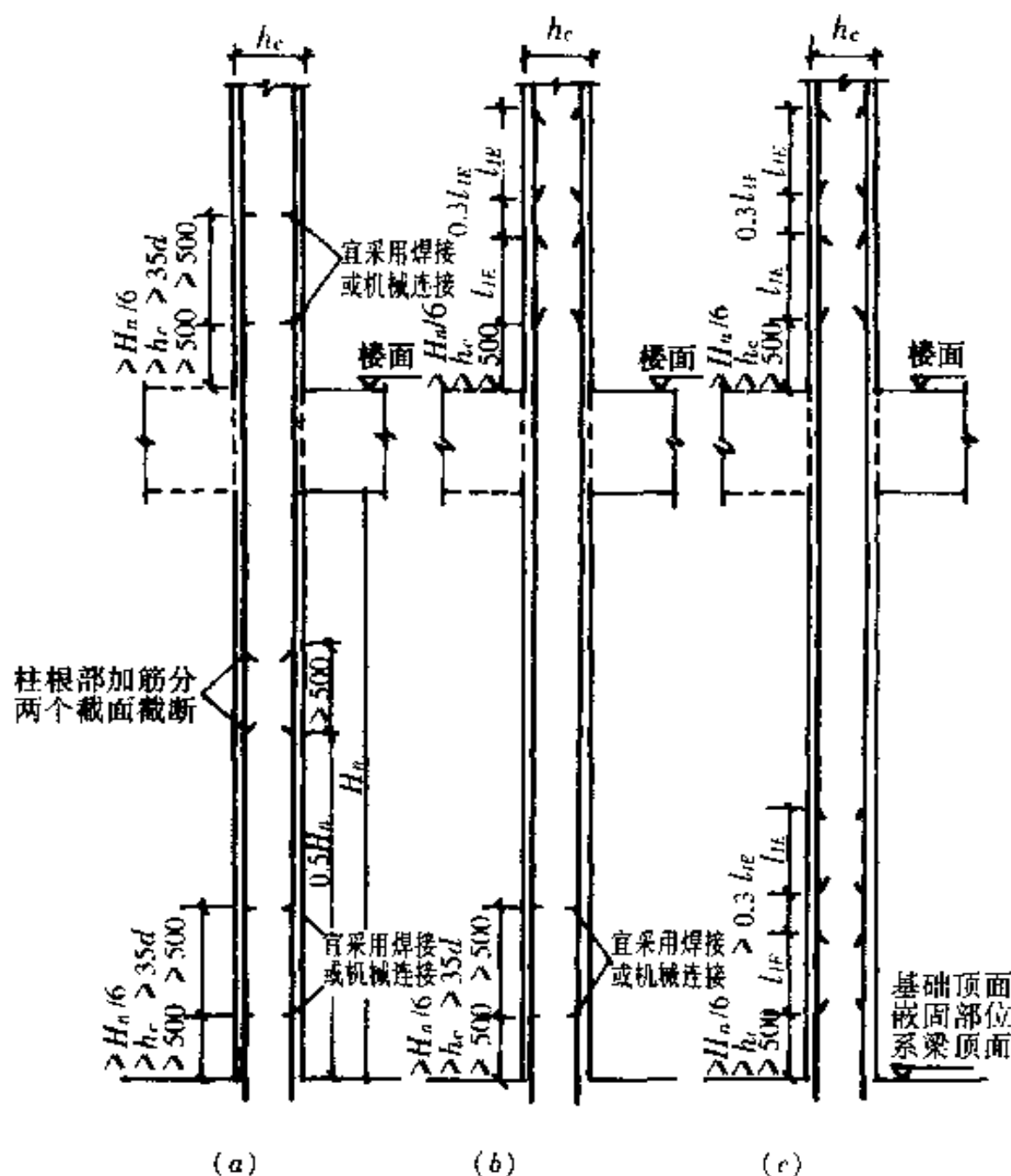


图 3-98 现浇框架柱纵向钢筋连接构造

(a)一、二级抗震等级;(b)三级抗震等级;(c)四级抗震等级

(b)装配式框架柱的纵向钢筋应采用搭接加焊接的方式,如图 3-99 所示。

## 2. 框架柱中箍筋的配置

(1)柱中箍筋的加密区长度、直径和间距;

①框架柱上、下两端箍筋应加密,加密区长度、箍筋最大间距和箍筋最小直径应按表 3-24 的规定取用。

②剪跨比不大于 2 的柱、框支柱,一、二级抗震等级的角柱,应在柱全高范围内加密箍筋,且箍筋间距不大于 100mm。

③二级抗震等级的框架柱,当箍筋直径不小于 10mm、肢距不大于 200mm 时,除柱根外,箍筋最大间距可采用 150mm。

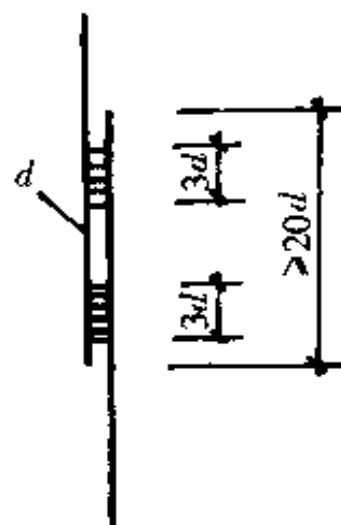


图 3-99 装配式框架柱钢筋连接

表 3-24 框架柱端箍筋加密区的构造要求

序号	抗震等级	箍筋加密区长度	箍筋最大间距	箍筋最小直径 (mm)
1	一级	取矩形截面长边尺寸(或圆形截面直径)、层间柱净高的 1/6 或 500mm 三者中的最大值	取纵向钢筋直径的 6 倍和 100mm 二者中的较小值	10
2	二级		取纵向钢筋直径的 8 倍和 100mm 二者中的较小值	8
3	三级		取纵向钢筋直径的 8 倍和 150mm(柱根 100mm)二者中的较小值	8
4	四级		取纵向钢筋直径的 8 倍和 150mm(柱根 100mm)二者中的较小值	6(柱根 8)

注:柱在刚性地坪上、下各 500mm 范围内,应按表中规定配置箍筋。

④柱箍筋加密区长度内的箍筋肢距,一级抗震等级不宜大于 200mm。二、三级抗震等级不宜大于 250mm 和 20 倍箍筋直径的较大值;四级抗震等级不宜大于 300mm。且每隔一

根纵向钢筋宜在两个方向有箍筋约束;采用拉筋组合箍时,拉筋宜紧靠纵向钢筋并钩住封闭箍筋。

⑤四级抗震等级框架柱柱根或当框架柱剪跨比不大于2时,箍筋直径不宜小于8mm。

(2)柱箍筋加密区的最小体积配筋率:框架柱箍筋加密区箍筋的最小体积配筋率应符合下列规定:

①框架柱箍筋加密区箍筋的最小体积配筋率,应符合下列要求:

$$\rho_v = \lambda_v f_c / f_{yv} \quad (3-22)$$

式中  $\rho_v$ ——按箍筋范围以内的核心截面计算的体积配筋率;计算复合箍筋中的箍筋体积配筋率时,应扣除重叠部分的箍筋体积;

$\lambda_v$ ——最小配筋特征值,按表3-25采用;

$f_c$ ——混凝土轴心抗压强度设计值;当强度等级低于C35时,按C35取值;

$f_{yv}$ ——箍筋及拉筋抗拉强度设计值。

②对一、二、三、四级抗震等级的框架柱,其箍筋截面区箍筋最小体积配筋率分别不应小于0.8%、0.6%、0.4%、0.4%。

③框支柱宜采用复合螺旋箍或井字复合箍,其最小配箍特征值应比表3-25中数值增加0.02,且体积配筋率不应小于1.5%。

④剪跨比不大于2的柱,柱全高宜采用复合螺旋箍或井字复合箍,其体积配筋率不应小于1.2%,设防烈度为9度时,不应小于1.5%。

表 3-25 框架柱箍筋加密区的箍筋最小配箍特征值  $\lambda_v$ 

序号	抗震等级	箍筋形式	轴 压 比								
			$\leq 0.3$	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.05
1	一级	普通箍、复合箍	0.10	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.23	-	-
		螺旋箍、复合或连续复合螺旋箍	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.21	-	-
2	二级	普通箍、复合箍	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.22	0.24
		螺旋箍、复合或连续复合螺旋箍	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.22
3	三级	普通箍、复合箍	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.22
		螺旋箍、复合或连续复合螺旋箍	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.20

注:①普通箍筋指单个矩形箍筋或单个圆形箍筋;螺旋箍指单个螺旋箍筋;复合箍筋指由矩形、多边形、圆形箍筋或拉筋组合成的箍筋;复合螺旋箍指由螺旋箍与矩形、多边形、圆形箍筋或拉筋组成的箍筋;连续复合螺旋箍指全部螺旋箍为同一根钢筋加工成的箍筋。

②计算复合螺旋箍筋的体积配筋率时,其中非螺旋箍筋的箍筋体积应乘以换算系数 0.8。

(3) 箍筋加密区长度以外箍筋的体积配筋率:在箍筋加密区长度以外,箍筋的体积配筋率不宜小于加密区配筋率的一半;对一、二级抗震等级,箍筋间距不应大于  $10d$ ;对三、四级抗震等级,箍筋间距不应大于  $15d$ ;  $d$  为纵向钢筋直径。

(4) 箍筋的形式:当框架柱中全部纵向受力钢筋的配筋率超过 3% 时,箍筋应焊成封闭环式。

为了加强箍筋对核心混凝土的约束作用,根据实际需要,可以采用如图 3-100 所示的封闭式箍筋。

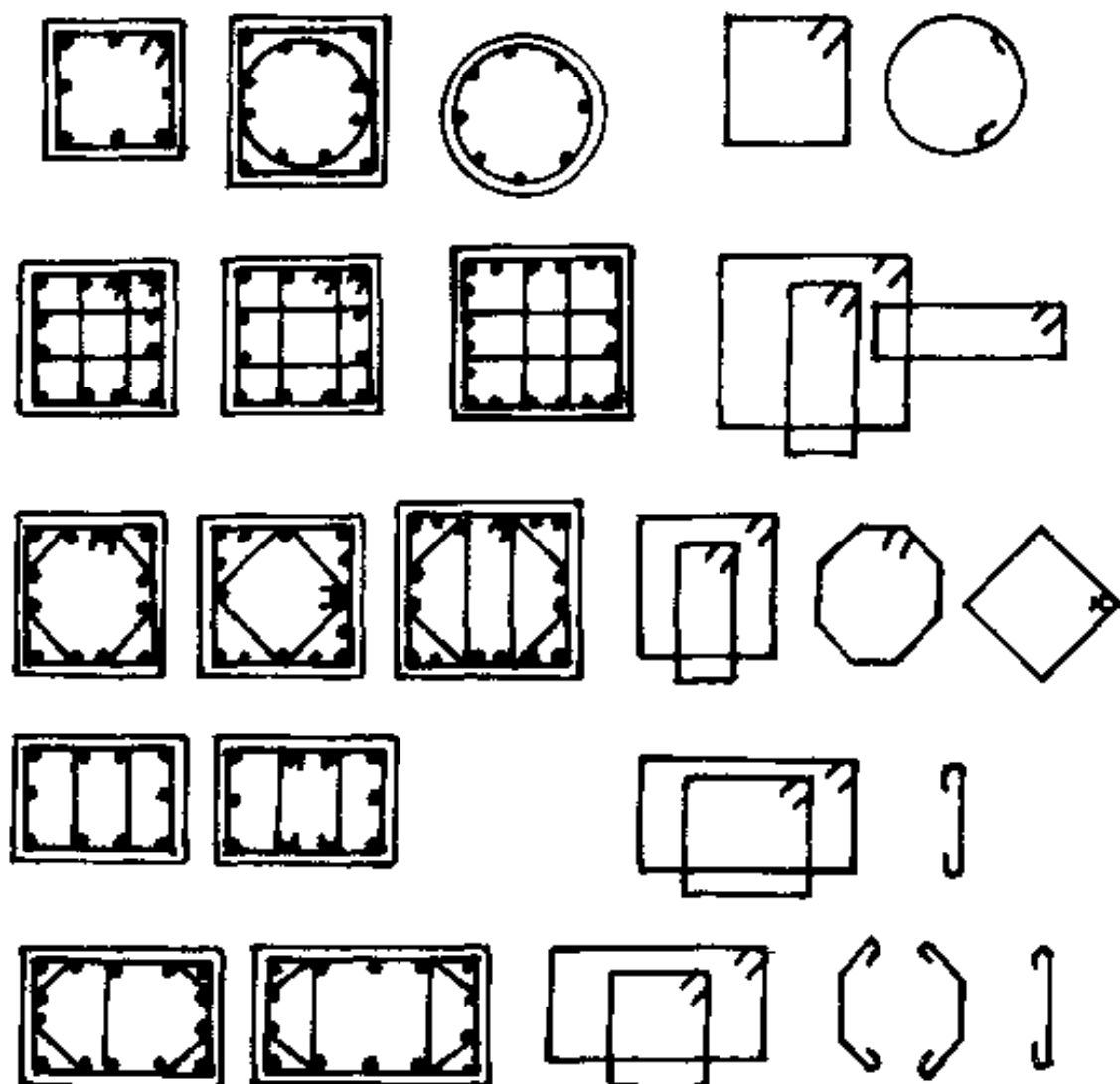


图 3-100 框架柱的箍筋形式

箍筋为封闭式时,柱箍筋应做成  $135^\circ$  弯钩,如图 3-101 (a) 所示;拉筋箍可两端弯钩[见图 3-101 (b)]或一端弯钩一端为直钩[见图 3-101 (c)];弯钩直线段长度不小于  $10d$ ,直钩长度不小于  $6d$ ;当箍筋需焊成封闭环式时,单面焊缝长度不小于  $50\text{mm}$ ,且不小于  $5d$ ,如图 3-101 (d) 所示。

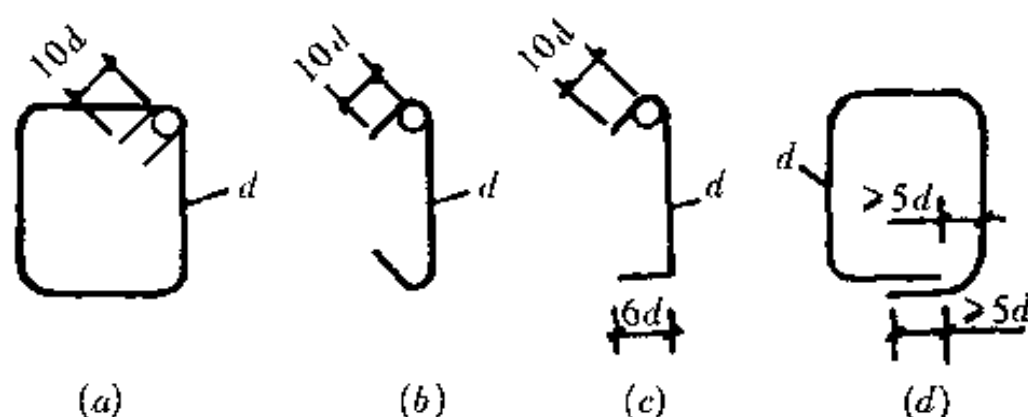


图 3-101 箍筋和拉筋的弯钩

## 第七节 预埋件和吊环

### 一、预埋件

#### 1. 预埋件的材料

预埋件的材料应符合下列要求。

- (1) 锚板和锚固角钢,宜采用 Q235 等级为 B、C、D 的钢板。
- (2) 锚筋应采用 HPB235 级或 HRB335 级钢筋。
- (3) 受力预埋件的锚筋,宜采用 HRB335 级钢筋。
- (4) 不得采用冷加工钢筋。

#### 2. 预埋件的设置

(1) 预埋件的构造形式应根据受力性能和施工条件确定,力求构造简单,传力直接。

(2) 预埋件的锚筋(锚固角钢)不得与构件中的主筋相碰,并应放置在构件的最外层主筋的内侧。

预埋件的锚固角钢宜采用等边角钢,末端须加焊挡板,挡板每边比角钢肢宽 10mm,比角钢厚 1mm。

(3)预埋件不应突出构件表面,也不应大于构件的外形尺寸,锚板短边尺寸较大的预埋件,应在钢板上开设排气孔,确保混凝土浇捣密实。

(4)预埋件的设置应考虑施工和安装的方便,采用在锚筋一端焊锚板的方法。

(5)受剪预埋件的直锚筋,不得少于2根。当采用2根时,直锚筋应对称配置在剪力作用线两侧;其他受力预埋件的直锚筋,不宜少于4根,也不宜多于4层。

(6)受力预埋件的锚筋不宜采用U形或L形。

(7)对带弯折钢筋的预埋件,弯折筋应沿剪力作用线的两侧对称布置,必须与直锚筋搭配使用时,可配置在直锚筋的一侧或两侧;弯起锚筋的弯起角度不应大于 $45^{\circ}$ ,一般为 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。

受剪预埋件,由弯折锚筋承受全部剪力时,尚应按构造设置直锚筋。

(8)位于非预应力混凝土受拉构件或受弯构件受拉区的预埋件,其受拉锚筋与裂缝平行时,可采取下列措施,以增强锚筋的抗拔强度。

①在受拉构件中,锚筋应伸至对面的纵向钢筋外面。

②在受弯构件中,锚筋应尽量伸至受压区。

(9)预埋件的外露部分,应在除锈后涂以油漆。

(10)当锚筋长度超过构件高度时,可在现场弯折。

### 3. 构造预埋件

构造预埋件宜采用图3-102所示的形式。

### 4. 锚筋直径

构造预埋件的锚筋直径 $d$ 不宜小于6mm,受力预埋件的

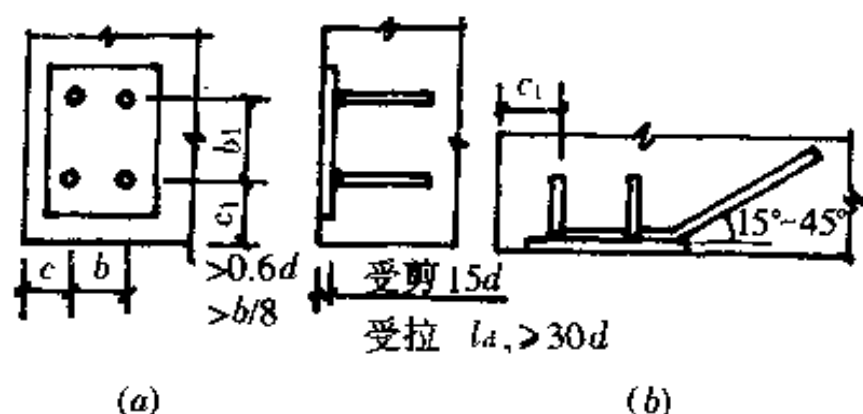


图 3-102 预埋件的形式与构造

(a) 由锚板和直锚筋组成;

(b) 由锚板、直锚筋和弯折锚筋组成

锚筋直径  $d$  不宜小于  $8\text{mm}$ , 也不宜大于  $25\text{mm}$ 。

对于弯折锚筋, 其直径不宜大于  $18\text{mm}$ 。

### 5. 锚板尺寸

(1) 预埋件的锚板厚度不宜小于  $6\text{mm}$ , 并应符合下列要求:

① 锚板厚度  $t$  应大于锚筋直径的  $0.6$  倍; 角钢预埋件的锚板厚度应大于  $b/6$  ( $b$  为角钢肢宽及  $1.4$  倍角钢厚度)。

② 受拉和受弯预埋件的锚板厚度尚应大于  $b/8$ , 此外  $b$  为锚筋的间距。

### 6. 锚固长度

锚筋的锚固长度如表 3-26 所示。

当受拉锚筋的长度受限制时, 可采取在锚筋端头加焊锚板, 或设直钩加焊短钢筋等办法 [图 3-103(a)、(b)], 使锚筋具有足够的锚固能力。当预埋件承受的剪力较大时, 可根据计算采取加设支承短筋或支承板等措施 [图 3-103(c)], 使预埋件具有足够的抗剪能力。



表 3-26 预埋件锚筋的最小锚固长度

序号	项 目	内 容
1	受拉直锚筋和弯折锚筋	受拉直锚筋和弯折锚筋的锚固长度不应小于本书第二章第三节规定的受拉钢筋锚固长度 $l_a$ ；当锚筋采用 HPB235 级钢筋时，尚应符合本书第二章第三节二、中第 3 条关于弯钩的规定。当无法设置长度为 $l_a$ 的锚固长度时，亦可采用其他有效的附加锚固措施
2	受剪和受压直锚筋	受剪和受压直锚筋的锚固长度不应小于 250mm

注：①构造锚筋的最小锚固长度应  $\geq 10d$  及  $\geq 80\text{mm}$ 。

②在任何情况下受拉锚筋的锚固长度不应小于 250mm。

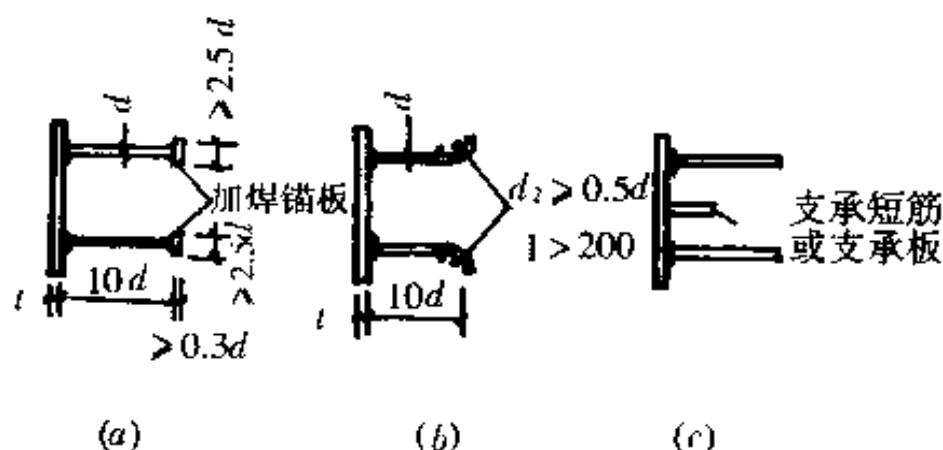


图 3-103 预埋件加强锚固措施

(a) 加焊锚板；(b) 加焊短钢筋；(c) 支承短筋或支承板

## 二、吊环

1. 吊环的形式与构造，见图 3-104 所示。图(a)为吊环用于梁、柱等截面高度较大的构件；图(b)为吊环用于截面高度较小的构件；图(c)为吊环焊在受力钢筋上，埋入深度不受限制；图(d)为吊环用于构件较薄且无焊接条件时，在吊环上压几根短钢筋或钢筋网片加固。

吊环的弯心直径为  $2.5d$  ( $d$  为吊环钢筋直径)，且不得小

于 60mm。

吊环的埋入深度不应小于  $30d$ ，并与主筋钩牢。埋深不够时，可焊在受力钢筋上。

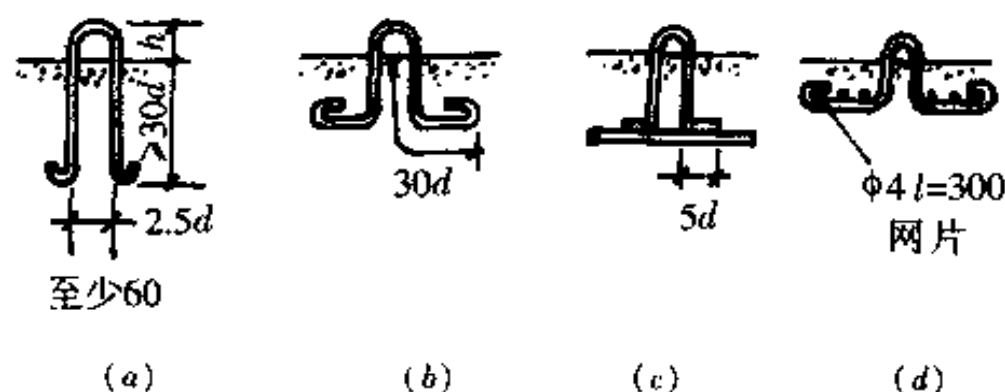


图 3-104 吊环形式

吊环露出混凝土的高度，应满足穿卡环的要求；但也不宜太长，以免遭到反复弯折。其值可参考表 3-27 的数值选用。

2. 吊环的设计计算，应满足下列要求：

(1) 吊环应采用 HPB235 级钢筋制作，严禁使用冷加工钢筋。

(2) 在构件自重标准值作用下，每个吊环按 2 个截面计算的吊环应力不大于  $50\text{N/mm}^2$ （已考虑超载系数、吸附系数、动力系数、钢筋弯折引起的应力集中系数、钢筋角度影响系数等）。

(3) 构件上设有四个吊环时，设计时仅取三个吊环进行计算。

吊环的应力计算公式：

$$\sigma = \frac{1000T}{n \cdot A_s} \quad (3-23)$$

式中： $A_s$ ——一个吊环的钢筋截面面积 ( $\text{mm}^2$ )；

$T$ ——拉力设计值 (kN)；

$\sigma$ ——吊环的拉应力( $\text{N}/\text{mm}^2$ )；

$n$ ——吊环截面个数；2个吊环时为4；4个吊环时为6。

根据上式算出吊环直径与吊环承受拉力设计值的关系，列于表3-27。

表3-27 吊环所承受拉力设计值

序号	吊环直径 (mm)	吊环两个 截面面积 ( $\text{mm}^2$ )	每个吊环承受 拉力设计值 (kN)	两个吊环承受 拉力设计值 (kN)	四个吊环承受 拉力设计值 (kN)
1	6	56.6	2.83	5.66	8.49
2	8	100.6	5.03	10.06	15.09
3	10	157.0	7.85	15.70	23.55
4	12	226.2	11.31	22.62	33.93
5	14	307.8	15.39	30.78	46.17
6	16	402.2	20.11	40.22	60.33
7	18	509.0	25.45	50.90	76.35
8	20	628.4	34.40	62.84	94.26
9	22	760.2	38.00	76.02	114.03
10	25	981.8	49.10	98.18	147.27
11	28	1231.5	61.60	123.06	184.53

注：①本表吊环承受拉力按 $50\text{N}/\text{mm}^2$ 计算。

②一个构件设有四个吊环时，只考虑其中有三个发挥作用。

## 第四章 钢筋冷加工

钢筋冷加工就是在常温下 $[(20 \pm 3)^\circ\text{C}]$ 对钢筋所进行的加工。经过冷加工的钢筋,可以提高其强度和硬度,减小塑性变形;钢筋强度提高,长度增加,也就相应地节约了钢材。当应用于钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构中时,也可以充分地发挥钢筋的强度。

钢筋冷加工有三种方法,即冷拉、冷拔、冷轧三种。钢筋的冷拉和冷拔是最常用的钢筋冷加工方法。钢筋冷轧是用Ⅰ级钢筋在钢筋两个相互垂直的面上交替轧扁,以提高钢筋的强度和改善钢筋和混凝土的粘结能力。由于冷轧工艺只能局限于加工Ⅰ级钢筋,故使其适用范围受到了限制。

### 第一节 钢筋冷拉

钢筋冷拉是钢筋冷加工的主要方法。

#### 一、冷拉原理

钢筋冷拉是将Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级热轧钢筋在常温下进行强力拉伸至超过钢筋屈服点,如图4-1中的 $k$ 点,然后放松;这时发现钢筋产生残余变形 $OO_1$ 。如果重新拉伸钢筋,则发现钢筋在 $k$ 点弯折,我们就说它的屈服点现在为 $k$ 点,高于原来

的屈服点  $b$ 。如果钢筋在放松后,经过相当一段时间后再拉伸,它的屈服点就进一步提高到点  $k'$ 。这种由于“时间效应”使屈服点提高的现象称为时效。由以上原理可知,通过冷拉可以提高钢筋的屈服强度,但伸长率和塑性有所降低。经冷拉后的钢筋屈服点可提高 16% ~ 40%。

钢筋通过冷拉可节约钢材 15% ~ 30%,同时可使钢筋各部分强度基本一致;冷拉同时可达到钢筋除锈和调直的目的,对钢筋的焊接接头也进行了实际检验。

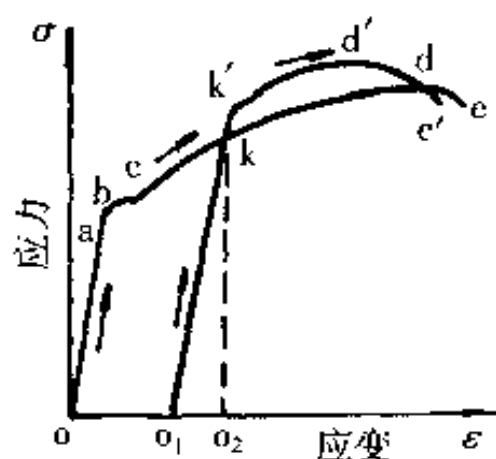


图 4-1 钢筋冷拉原理图

## 二、钢筋冷拉机

### 1. 卷扬机式钢筋冷拉机

卷扬机式钢筋冷拉工艺是目前普遍采用的冷拉工艺,可按照要求调节冷拉率和冷拉控制应力;可适应冷拉不同长度的钢筋;设备简单、效率高、成本低。

卷扬机式钢筋冷拉机主要由卷扬机、滑轮组、导向滑轮、地锚、夹具和测力装置等组成,见图 4-2。

由于卷筒上钢丝绳是正、反穿绕在两副动滑轮组上,因此当卷扬机旋转时,夹持钢筋的一只动滑轮组被拉向卷扬机,使

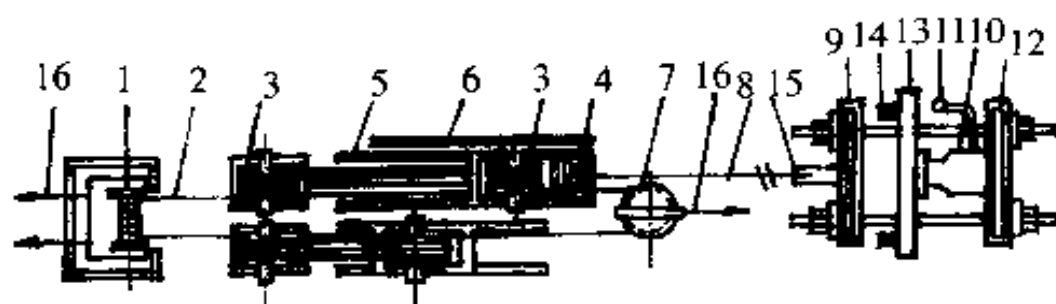


图 4-2 卷扬机式钢筋冷拉机

1. 卷扬机;2. 钢丝绳;3. 滑轮组;4. 夹具;5. 轨道;6. 标尺;7. 导向滑轮;8. 钢筋;9. 活动前横梁;10. 千斤顶;11. 油压表;12. 活动后横梁;13. 固定横梁;14. 台座;15. 夹具;16. 地锚

钢筋被拉伸;而另一只动滑轮组则被拉向导向滑轮,为下次冷拉时交替使用。钢筋所受的拉力经传力杆、活动横梁传送给测力装置,从而测出拉力的大小。对于拉伸长度,可通过标尺直接测量或用行程开关来控制。

卷扬机式钢筋冷拉机主要技术性能见表 4-1。

表 4-1 卷扬机式钢筋冷拉机主要技术性能

项目	粗钢筋冷拉	细钢筋冷拉
卷扬机型号规格	JJM-5(5t 慢速)	JJM-3(3t 慢速)
滑轮直径及门数	计算确定	计算确定
钢丝绳直径(mm)	24	15.5
卷扬机速度(m/min)	小于 10	小于 10
测力器型式	千斤顶式测力器	千斤顶式测力器
冷拉钢筋直径(mm)	12~36	6~12

## 2. 阻力轮式钢筋冷拉机

阻力轮式钢筋冷拉机由支承架、阻力轮、电动机、变速箱、

绞轮等组成,主要适用于冷拉直径为6~8mm的盘圆钢筋,冷拉率为6%~8%。阻力轮式钢筋冷拉机的工作原理如图4-3所示。

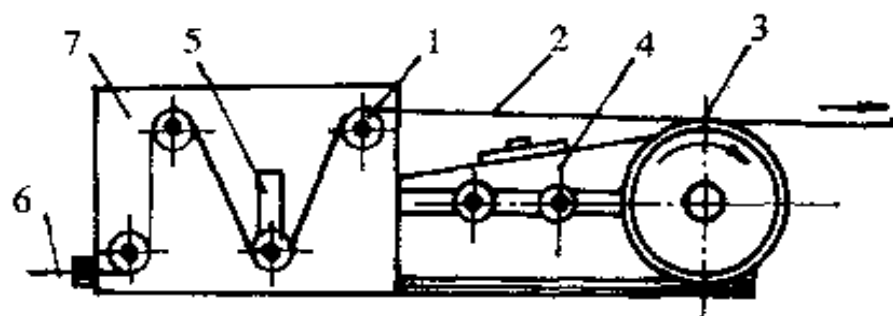


图4-3 阻力轮式钢筋冷拉设备

1. 阻力轮;2. 钢筋;3. 绞轮;4. 变速箱;5. 调节槽;6. 钢筋;7. 支承架

冷拉机起动后,绞轮以40m/min的圆周速度将围绕其上的钢筋强力送入调直机进行调直。钢筋通过4个阻力轮时,即被绞轮拉长而达到冷拉的目的。其中一个阻力轮可以调节高度,用以改变对钢筋的压力,从而改变拉伸阻力以达到控制冷拉率的目的。绞轮直径一般为550mm,阻力轮是固定在支承架上的滑轮,直径为100mm。

### 3. 液压式钢筋冷拉机

液压式钢筋冷拉机主要由两台电动机分别带动高、低压油泵,使高、低压力油通过液压管路、液压控制阀进入液压张拉缸而完成钢筋拉伸和回程动作。其结构图如4-4所示。

这种冷拉机能正确测定冷拉率和冷拉应力,易实现自动控制,设备紧凑,操作平稳,噪声小,但液压式钢筋冷拉机的行程短,使用范围受到限制,表4-2为该冷拉机的主要技术性能。

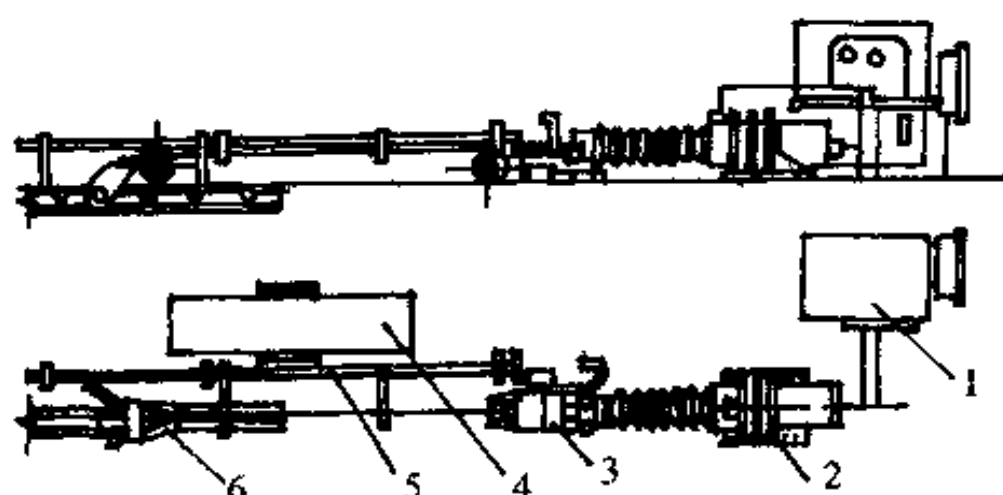


图 4-4 液压式钢筋冷拉机

1. 泵阀控制器;2. 液压冷拉机;3. 前端夹具;4. 袋料小车;5. 翻料架;6. 后端夹具

表 4-2 液压式钢筋冷拉机的主要技术性能

项目	单位	性能参数	项目	单位	性能参数	
冷拉钢筋直径	mm	12 ~ 18	冷拉速度	m/s	0.04 ~ 0.05	
冷拉钢筋长度	mm	9000	回程速度	m/s	0.05	
最大压力	kN	320	工作压力	MPa	32	
液压缸直径	mm	220	台班产量	根/台班	700 ~ 720	
液压缸行程	mm	600	油箱容量	L	400	
液压缸截面积	cm <sup>2</sup>	380	总量	kg	1250	
高压油泵	型号	ZBD40	高压油泵	型号	CB-B50	
	压力	MPa		压力	MPa	2.5
	流量	L/min		流量	L/min	50
	电动机型号	Y 型 6 级		电动机型号		Y 型 4 级
	电动机功率	kW		电动机功率	kW	2.2
	电动机转速	r/min		电动机转速	r/min	1430

#### 4. 丝杠式钢筋冷拉机

丝杠式钢筋冷拉机由电动机、丝杠、横梁、减速器、测力器及活动螺母等组成,其结构如图 4-5 所示。



电动机起动后,经 V 带传动和减速器之后,再通过齿轮传动,使两根丝杠旋转,从而使丝杠上的活动螺母移动,并通过夹具将钢筋拉伸。

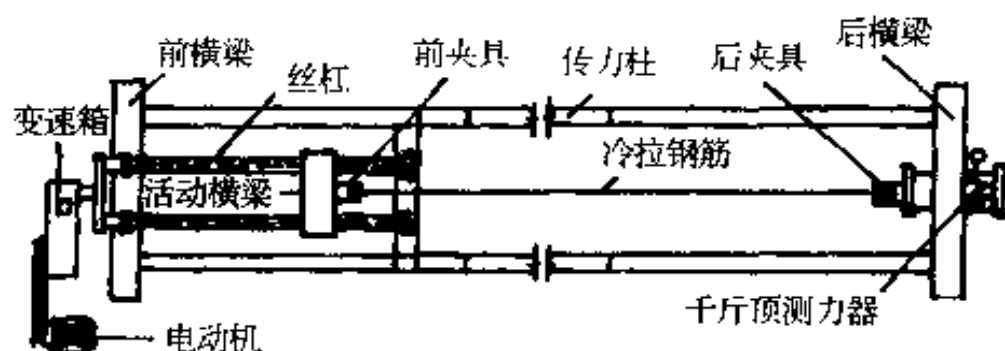


图 4-5 丝杠式钢筋冷拉机

### 三、冷拉工艺

钢筋的冷拉参数有冷拉应力(钢筋单位面积上的拉力)和冷拉率(钢筋冷拉伸长值与钢筋冷拉前长度的百分比)。按控制钢筋冷拉参数的不同,冷拉方法分为两种:

单控制冷拉法,即只控制钢筋的冷拉率;双控制冷拉法,既要控制钢筋冷拉率,又要控制钢筋冷拉应力。

不同种类钢筋的冷拉参数见表 4-3。

#### 1. 单控制冷拉法

这种方法不需要复杂的测力设备。冷拉率是通过试验来确定的,但不应超过表 4-3 所规定的范围,因此在每一批钢筋冷拉前要首先确定这批钢筋的冷拉率,其试样不少于 4 根,并取其平均值作为该批钢筋实际采用的冷拉率。另外,钢筋经冷拉并卸去夹具后,由于弹性作用会发生一定的回缩,根据生产经验,钢筋回缩率一般为 0.3%~0.4%。

如果冷拉钢筋是多根钢筋焊接而成的钢筋,除控制整根钢筋的冷拉率外,还应分别抽查测定各段钢筋的冷拉率,各段

钢筋的冷拉率允许低于下限数值,但不得超过表4-3中规定的上限值。

表4-3 钢筋冷拉参数

项次	钢筋种类	双控		单控
		冷拉应力(MPa)	冷拉率(%)不大于	冷拉率(%)
1	I级钢筋	-	-	不大于10.0
2	II级钢筋	440	5.5	3.5~5.5
3	III级钢筋	520	5.0	3.5~5.0
4	IV级钢筋	735	4.0	2.5~4.0

## 2. 双控制冷拉法

双控制冷拉法虽然控制冷拉率和冷拉应力,但这两者以掌握冷拉应力为主,冷拉率作为控制。采用双控制冷拉法所能利用的设计强度比采用单控制冷拉法要高7%左右。如果冷拉钢筋也是由多根钢筋焊接而成,还应抽查每根钢筋的分段冷拉率,分段冷拉率也不应大于表4-3中的规定。

冷拉力和冷拉后长度的计算:

冷拉力 = 冷拉应力 × 钢筋公称截面面积

冷拉长度 = 钢筋长度 × (1 + 冷拉率 - 回缩率)

## 3. 钢筋冷拉的操作方法

钢筋的冷拉操作,随着冷拉工艺方法的不同而有所变化,但最基本的操作过程是一样的。

(1) 钢筋冷拉操作的主要工序有:钢筋上盘;放线;切断;夹紧夹具;冷拉;放松夹具;捆扎堆放;分批验收。

(2) 当钢筋冷拉时,冷拉控制应力和冷拉率均应符合下列规定:

① 钢筋的冷拉方法可采用控制应力或控制冷拉率的方法

法。对不能分清炉批号的热轧钢筋,不应采取控制冷拉率的方法。

②当采用控制应力方法冷拉钢筋时,其冷拉控制应力下的最大冷拉率,应符合表4-4的规定。

冷拉时应检查钢筋的冷拉率,当超过表4-4的规定时,应进行力学性能(表4-6)检验。

表4-4 冷拉控制应力及最大冷拉率

钢筋级别	钢筋直径(mm)	冷拉控制应力(N/mm <sup>2</sup> )	最大冷拉率(%)
I级	≤12	280	10.0
II级	≤25	450	5.5
	28~40	430	
III级	8~40	500	5.0
IV级	10~28	700	4.0

③当采用控制冷拉率方法冷拉钢筋时,冷拉率必须由试验确定。测定同炉批钢筋冷拉率,其试样不少于4个,并取其平均值作为该批钢筋实际应用的冷拉率。测定冷拉率时钢筋的冷拉应力,应符合表4-5的规定。

表4-5 测定冷拉率时钢筋的冷拉应力(N/mm<sup>2</sup>)

钢筋级别	钢筋直径(mm)	冷拉应力
I级	≤12	310
II级	≤25	480
	28~40	460
III级	8~40	530
IV级	10~28	730

注:当钢筋平均冷拉率低于1%时,仍应按1%进行冷拉。

(3) 钢筋冷拉时的速度不宜过快,待拉到规定的控制应力(或冷拉率)后,须暂停,然后再放松。

(4) 用控制应力方法冷拉Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级直条钢筋的操作要点:

①对钢筋的冷拉吨位与相应的测力器读数及钢筋冷拉伸长值等进行复核,并做好记录。

②钢筋就位后,起动机器设备,当钢筋拉直(10%冷拉控制应力)时停车,做好标记,作为钢筋拉长值的起点,再继续冷拉。

③当冷拉到规定控制应力时,停车将钢筋放松到10%控制应力,量出钢筋实际拉长值,然后放松钢筋,测出弹性回缩率。

④冷拉完后,把各项数据及时正确填入钢筋冷拉记录中。

(5) 用控制冷拉率方法冷拉Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级直条钢筋的操作要点:

①由该批钢筋控制冷拉率算出钢筋的总长值,在冷拉线上做出正确、明显的标志或安装自动控制装置,以控制冷拉率。

②钢筋就位后,起动设备、仪表,当总拉长值拉到标记处时,立即停车,暂放松夹具,取下钢筋,把各项数据记入冷拉钢筋记录表中。

(6) 钢筋冷拉可在负温下进行,其温度不宜低于 $-20^{\circ}\text{C}$ ,如采用控制应力方法时,冷拉控制应力应较常温提高 $30\text{MPa}$ ;如采用冷拉率方法时,冷拉率与常温相同。

冷拉钢筋的力学性能应符合有关标准中的规定,见表4-6。

表 4-6 冷拉钢筋的力学性能

钢筋级别	公称直径 $d$ (mm)	屈服点 $\sigma_s$ (MPa)	抗拉强度 $\sigma_b$ (MPa)	伸长度 $\delta_{10}$ (%)	冷弯	
		不小于			弯曲角度	弯心直径
冷拉Ⅰ级	6~12	280	370	11	180°	3d
冷拉Ⅱ级	8~25	450	510	10	90°	3d
	28~40	430	490			4d
冷拉Ⅲ级	8~40	500	570	8	90°	5d
冷拉Ⅳ级	10~28	700	835	6	90°	5d

注:表中 $d$ 钢筋直径。直径大于25mm的冷拉Ⅲ~Ⅳ级钢筋,冷弯弯心直径应增加1d。

#### 四、冷拉钢筋的检验

冷拉钢筋应分批验收,每批由不大于20t的同级别同直径的冷拉钢筋组成。

##### 1. 外观检查

钢筋表面不得有裂纹和局部缩颈。作预应力筋时,应逐根检查。

##### 2. 力学性能试验

从每批冷拉钢筋中抽取两根钢筋,每根取两个试样分别进行拉力和冷弯试验,如有一项试验结果不符合表4-6要求时,应另取双倍数量的试样重做各项试验;如仍有一个试样不合格,则该批冷拉钢筋为不合格品。

#### 五、冷拉钢筋的时效

冷拉后的钢筋,经过一定的时间后,强度和硬度增加,塑性和韧性降低,这种现象称为冷拉钢筋的时效。冷拉钢筋经过时效后,屈服点有显著提高,抗拉强度也略有增长。

钢筋产生时效的原因,主要是溶于 $\alpha\text{Fe}$ 晶格中的氮和氧

等原子,有向缺陷处移动、集中甚至呈碳化物或氮化物析出的倾向。当钢筋经过冷加工产生塑性变形后,或在使用中受到反复振动,则碳、氮原子的移动和集中大为加快,这将造成缺陷处碳、氮原子富集,使晶格畸变加剧,阻碍晶格发生滑移,增加了抵抗塑性变形的能力。因而强度进一步提高,塑性和韧性进一步降低,而弹性模量则基本恢复。

钢筋的时效是普遍而长期的过程,有些未经冷拉的钢筋长期存放后也会出现时效,冷拉只是加速了时效的发展。通常强度较低的钢筋,宜采用自然时效,强度较高的钢筋则应采用人工时效。

建筑工程中对大量使用的钢筋,往往是将冷加工和时效同时采用。实际施工时,应通过试验确定冷拉控制参数和时效方式。冷拉参数的控制,直接关系到冷拉效果和冷加工后的钢材质量。冷拉钢筋达到时效的途径有两个:

一个是自然时效,一个是人工时效。

(1)自然时效就是冷拉钢筋在常温下,存放半个月以上的时间,就可以达到时效的目的;但是Ⅲ、Ⅳ级冷拉钢筋在自然时效条件下,一般达不到时效效果。

(2)人工时效就是将冷拉钢筋在一定时间内加热到一定温度,以达到时效的目的;Ⅰ、Ⅱ级钢筋要求加温到 $100^{\circ}\text{C}$ ,保持2h;Ⅲ、Ⅳ级钢筋要加温到 $200^{\circ}\text{C}$ ,保持20min左右,冷拉钢筋就完成了时效过程。加热方式可利用蒸汽或电热。

用于预应力构件中的冷拉钢筋,不要在钢筋冷拉后马上使用,应尽量给冷拉钢筋预留一些自然时效时间。

### 六、钢筋冷拉的注意事项

(1)钢筋冷拉前应对测力器和各项冷拉数据进行校验和

复核,无误后再进行操作。在操作过程中要做好原始记录。

(2)冷拉钢筋应分批进行检查验收,每批由不大于 20t 的同级别、同直径的冷拉钢筋组成。

首先应检验钢筋表面,不得有裂纹和局部预缩。然后从每批冷拉钢筋中抽取两根钢筋,每根取两个试样,分别进行拉力和冷弯试验。如有一项试验指标不符合表 4-6 的规定时,应另取双倍数量的试样重做各项试验;如仍有一个试样不合格,则该批冷拉钢筋为不合格品。

(3)钢筋冷拉后,如随即切断,则容易发生弯曲,同时钢筋表面也容易发生锈蚀,应做好防锈工作。

(4)钢筋冷拉伸长值的测量起点,以拉紧钢筋(约为冷拉应力的 10%)时为准。

(5)冷拉速度不宜过快,待拉到规定长度或控制应力后,应稍停,然后再行放松。

(6)钢筋冷拉时应先对焊后冷拉,如焊接接头被拉断,可重新焊接后再拉,但一般不得超过两次。

(7)钢筋冷拉后,宜放置一段时间后使用。

(8)不允许设备超载冷拉;经常检查各种设备、装置是否正常、稳固。

(9)冷拉作业线两端必须装置防护设施,以防止因钢筋拉断或滑脱夹具飞出伤人;严禁非操作人员站在冷拉线两端,或跨越、触动正在冷拉的钢筋。

(10)整个冷拉操作过程中,操作人员应听从统一指挥,思想要集中,以达生产安全的目的。

## 第二节 钢筋冷拔

### 一、冷拔原理

钢筋冷拔是钢筋冷加工的方法之一。它是利用钢筋冷拔机将直径为 6~10mm 的 I 级钢筋,以强力拉拔的方式,通过用钨合金钢制成的拔丝模(模孔比钢筋直径小 0.5~1mm),把钢筋拔成比原钢筋直径小的冷拔钢丝,如图 4-6 所示。

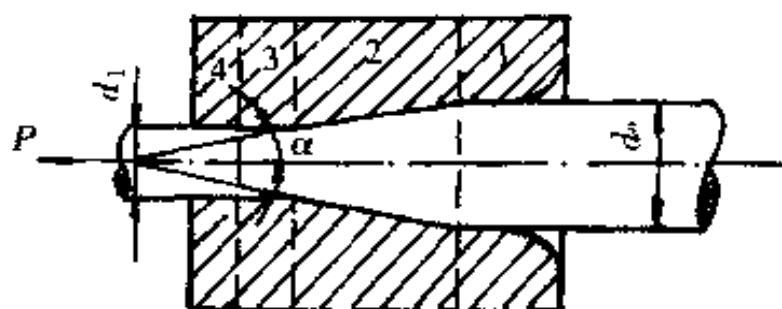


图 4-6 钢筋冷拔机拔丝模

1. 进口区;2. 挤压区;3. 定径区;4. 出口区

将钢筋经过多次冷拔,则可加工成直径更小的冷拔钢丝。一般冷拔钢丝的直径为 3~5mm。按现行规范规定,冷拔低碳钢丝分甲、乙两级:甲级钢丝主要用作预应力筋,乙级钢丝用于焊接网、焊接骨架、箍筋及构造钢筋。拔制冷拔低碳钢丝的原材料是采用热轧低碳的盘圆钢筋(I 级钢筋)。

冷拔低碳钢丝的机械性能包括抗拉强度、伸长率、反复弯曲次数等项指标,详见表 1-27。

钢筋经冷拔后,强度可大幅度的提高,一般可提高 40%~90%,但塑性降低,伸长率变小。

钢筋冷拔是利用金属的塑性在钢筋冷拔机作用下通过拔



丝模使钢筋产生塑性变形,从而获得所需冷拔丝的形状、尺寸、力学性能,图4-7所示为钢筋冷拔后应力应变曲线。

钢筋冷拔的工艺流程为:原料上盘、轧头除锈(剥壳或除锈)、润滑、冷拔、收线及卸成品。

## 二、钢筋冷拔机

钢筋冷拔机是加工冷拔钢筋的专用设备。其种类很多,但是应用在建筑业中的主要有:卧式钢筋冷拔机和立式钢筋冷拔机。

### 1. 卧式钢筋冷拔机

卧式钢筋冷拔机构造简单,操作方便,多用于现场施工工地拔丝的生产。它又分为单卷筒和双卷筒两种,后者效率高,双卷筒卧式钢筋冷拔机的构造如图4-8所示。

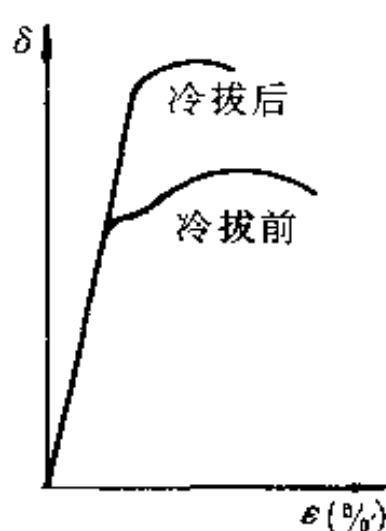


图4-7 钢筋冷拔后应力—应变曲线

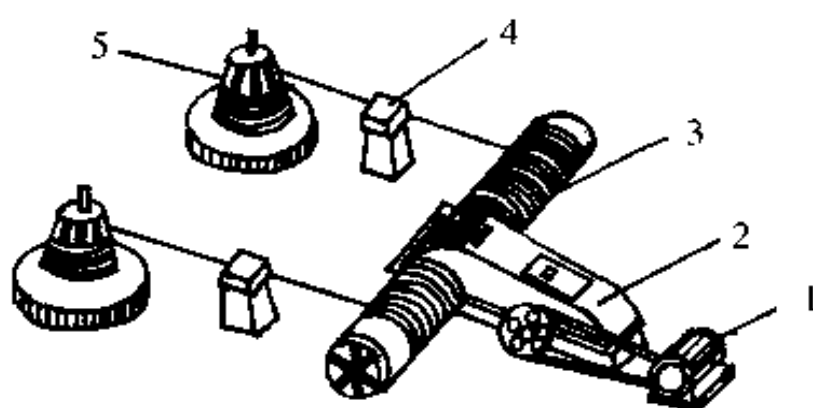


图4-8 卧式双卷筒钢筋冷拔机

1. 电动机;2. 变速箱;3. 卷筒;4. 拔丝模盒;5. 承料器

## 2. 立式钢筋冷拔机

几种常用立式钢筋冷拔机的型号规格及技术性能见表 4-7。

表 4-7 钢筋冷拔机主要技术性能

项 目		型 号		
		1/800 型	4/650 型	4/550 型
卷筒个数及直径(个/mm)		1/800	4/650	4/550
最大进料钢材直径(mm)		14	8	6.5
最小成品钢丝直径(mm)		6	3	3
钢材抗拉强度(MPa)		1300	1450	900~1200
成品卷筒的转速(r/min)		24	40~80	60~120
成品卷筒的线速度(r/min)		60	80~160	104~207
卷筒 电动 机	型号	JR125-8	Z2-92	ZJTT-W81-A/6
	功率(kW)	95	40	40
	转速(r/min)	730	1000, 2000	400~1320
外形 尺寸	长(mm)	9725	15440	14490
	宽(mm)	3340	4150	3290
	高(mm)	2020	3700	3700
质量(kg)		4500	20125	12085

立式钢筋冷拔机是由电动机通过变速箱使卷筒旋转;从而完成冷拔工序。

## 3. 拔丝模

拔丝模的选择与使用直接影响钢筋冷拔丝的质量。拔丝模用钨合金钢制成,它的主要尺寸是其内径与模孔角度大小,拔丝模孔内径根据钢筋所缩小的直径而定,而钢筋直径的缩

小量主要决定于钢筋的可塑性,可塑性大的可多缩些(0.5 ~ 1mm);可塑性小的则应少缩些(0.2 ~ 0.5mm),否则钢筋易被拉断。拔丝模孔的角度是根据钢筋的压缩率确定的,一般为 $8^{\circ} \sim 16^{\circ}$ 。压缩率大的钢筋(30% ~ 40%),模孔角度应大些,否则摩擦力增加,对加工不利;压缩小的钢筋,应选角度较小些,否则接触面小,摩擦太快,易使钢筋出现伤痕。

拔丝模要定期修理和检查,对孔径超过允许偏差的拔丝模不能再使用,以保证成品钢丝规格的正确。

### 三、冷拔工艺

钢筋冷拔工艺过程主要有:轧头、除锈、润滑及拔丝。

钢筋轧头在轧头机上进行,将钢筋的起端轧小些,以便于穿模孔。

钢筋除锈亦称剥壳,是剥去钢筋表面的氧化铁锈,以减少对模孔磨损。剥壳装置采用2 ~ 3个槽轮,单向错开布置,槽轮直径为钢丝直径的15 ~ 20倍,剥壳与拔丝同时进行。

在拔丝过程中,拔丝模盒内要加润滑剂,并随时添加。

润滑剂的配方为:生石灰100kg,动物油20kg,肥皂5 ~ 8条,水适量,石蜡5kg或不掺。配制方法是:先将动物油、肥皂加热化开,倒入水中,再将石灰块逐步投入,待其化匀后,烘干或晒干,碾碎过筛即成。如用中性肥皂片其润滑效果最佳。

拔丝可分次进行,但次数不宜过多,次数过多,则钢丝塑性降低过多。但冷拔次数过少,每道压缩量过大,也易发生断丝和设备安全事故。根据长期积累的经验,冷拔次数与每道压缩量之间的关系,可按下式计算,并列成参考表,如表4-8所示。

后道钢丝直径 =  $(0.85 \sim 0.9) \times$  前道钢丝直径

表 4-8 钢丝冷拔次数参考表

项次	钢丝直径 (mm)	盘条直径 (mm)	冷拔总 压缩率 (%)	冷拔次数和拔后直径(mm)					
				第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次
1	$\phi^b 5$	$\phi 8$	61	6.5 7.0	5.7 6.3	5.0 5.7	5.0		
2	$\phi^b 4$	$\phi 6.5$	62.2	5.5 5.7	4.6 5.0	4.0 4.5	4.0		
3	$\phi^b 3$	$\phi 6.5$	78.7	5.5 5.7	4.6 5.0	4.0 4.5	3.5 4.0	3.0 3.5	3.0

## 四、钢筋冷拔运用计算

## 1. 冷拔压缩率

冷拔压缩率是指由盘条拔到成品钢丝的横截面积总压缩率,可按下式计算:

$$\begin{aligned}\mu &= [(d_0^2 - d_1^2) / d_0^2] \times 100\% \\ &= (1 - d_1^2 / d_0^2) \times 100\%\end{aligned}$$

式中: $\mu$ ——冷拔压缩率(%);

$d_0$ ——盘条钢筋直径(mm);

$d_1$ ——成品钢丝直径(mm)。

## 2. 钢筋冷拔机功率(N)

钢筋冷拔机功率按下式计算:

$$N = PDn / 1950\eta$$

式中: $N$ ——电动机功率(kW);

$P$ ——拔丝力(N);

$D$ ——钢筋拔丝机卷筒直径(m);

$n$ ——钢筋冷拔机卷筒转速(r/min);

$\eta$ ——机械传动效率,取 0.88 ~ 0.92。

### 3. 冷拔伸长率

钢筋冷拔后的伸长率,可按下式计算:

$$\Delta L = d_0^2 / d_1^2 \times 100\%$$

式中: $\Delta L$ ——钢筋冷拔伸长率(%);

$d_0$ ——钢筋冷拔前直径(mm);

$d_1$ ——钢筋冷拔后直径(mm)。

## 五、钢筋冷拔的注意事项

### 1. 安全技术

(1)操作前,要检查机械各部件是否正常,各个电气开关是否接触良好、灵敏,卡具、链条是否完好,防护装置是否完整,并按规定定期加润滑油。

(2)拔丝轧头时,由大到小逐级轧压,不准轧压超过机械规定直径的钢筋,严禁用钢筋头去按轧头机电钮。

(3)要正确选用拔丝模,并注意拔丝模的正反面。拔丝模放入拔丝模盘内,将上下卡板用螺钉拧紧,不得松动。

(4)钢筋冷拔机运转时,严禁任何人在沿线材拉拔方向站立或停留。不允许在机器运转时用手取冷拔机卷筒周围的物品,以防料断伤人。

(5)冷拔过程中,如发现盘圆钢筋打结乱盘时,应立即停车,以免损坏设备。如果不是连续拔丝,要注意钢筋冷拔到最后端头时弹出伤人。

### 2. 质量检验

(1)原材料应按品种分别堆放和使用,并必须有合格的试验资料;并应优先采用 I 级热轧光圆钢筋。

(2)冷拔钢筋,如需要焊接,则只有同钢厂、同钢号、同直径的钢材才能对焊后拔丝。

(3)应逐盘检查钢丝外观,其表面不得有裂纹和机械损伤。

(4)甲级钢丝的力学性能应逐盘检验,从每盘钢丝上任一端截取两个试样,分别做拉力和反复弯曲试验,并按抗拉强度确定该盘钢丝的组别。

(5)乙级钢丝的力学性能可分批抽样检验。以同一直径的钢丝 5t 为一批,从中选取三盘,每盘各截取两个试样,分别做拉力和反复弯曲试验。如有一个试样不合格,应在未取过试样的钢丝盘中,另取双倍数量的试样,再做分项试验;如仍有一个试样不合格,则该批钢丝应逐盘试验,合格者方可使用。

(6)冷拔低碳钢丝的力学性能应符合第一章表 1-27 的规定。甲级冷拔丝直径的偏差应符合表 4-9 的要求。

表 4-9 甲级冷拔钢丝直径允许偏差

钢丝直径/mm	直径允许偏差/mm 不大于	备注
3	$\pm 0.06$	检验时应同时测量钢丝两个垂直方向的直径
4	$\pm 0.08$	
5	$\pm 0.10$	

### 第三节 冷轧带肋钢筋

#### 一、冷轧带肋钢筋的概念

冷轧带肋钢筋是近几年发展起来的一种新型、高效、节能

建筑用钢材,它是以普通低碳钢或低合金钢热轧盘圆条为母材,经冷轧或冷拔减径后在其表面冷轧成具有三面或二面月牙形横肋的钢筋。

这类钢筋的优点有以下几条:

### 1. 强度高

其抗拉强度比热轧线材提高 50% ~ 100%。

### 2. 塑性好

一般冷拔钢筋的伸长率  $\delta_{10} \geq 2.5\%$ , 冷轧钢筋的  $\delta_{10} \geq 4\%$ 。

### 3. 握裹力强

与混凝土粘结锚固能力提高 2 ~ 6 倍。

因此,冷轧带肋钢筋得到了迅速发展,并广泛用于工业与民用建筑。冷轧带肋钢筋适合生产  $\phi 10\text{mm}$  以下的小规格螺纹钢筋,弥补了热轧螺纹钢筋的品种不足。

## 二、冷轧带肋钢筋成形机

### 1. 冷轧带肋钢筋生产线

冷轧带肋钢筋生产线是由对焊机、放线架、除锈机、润滑机、冷轧带肋钢筋成形机、拉拔机、应力消除机构、收线机及电气操作系统等组成。冷轧带肋钢筋生产工艺主要有滑轮式和直进式两种。

首先利用对焊机将放线架上的盘料头尾对接,并对接头进行修整,然后将盘料由放线架引出,通过除锈机,对钢筋进行消除氧化皮工序。消除完锈皮后,将其穿过润滑机、冷轧机,并将钢筋缠绕在拉拔机卷筒上 2 ~ 3 卷,并引入下道工序,即经润滑机、冷轧机、拉拔机而轧制出成品,最后成品通过应力消除装置,由收线机进行成品收取,待绕满后用吊装设备将

其卸下,并进行打包。

#### 2. 冷轧带肋钢筋成形机

冷轧带肋钢筋成形机是该生产线中关键的设备,它主要有主动和被动两种。实际应用较多的为被动式冷轧带肋钢筋成形机,如图 4-9 所示。它主要由机架、调整手轮、传动箱(蜗轮、蜗杆)、轧辊组等组成。而轧辊组又是冷轧机中的关键部件,这是由三个互成  $120^\circ$ 、具有孔槽的辊片、支承轴、叉型架等构成的,如图 4-10。

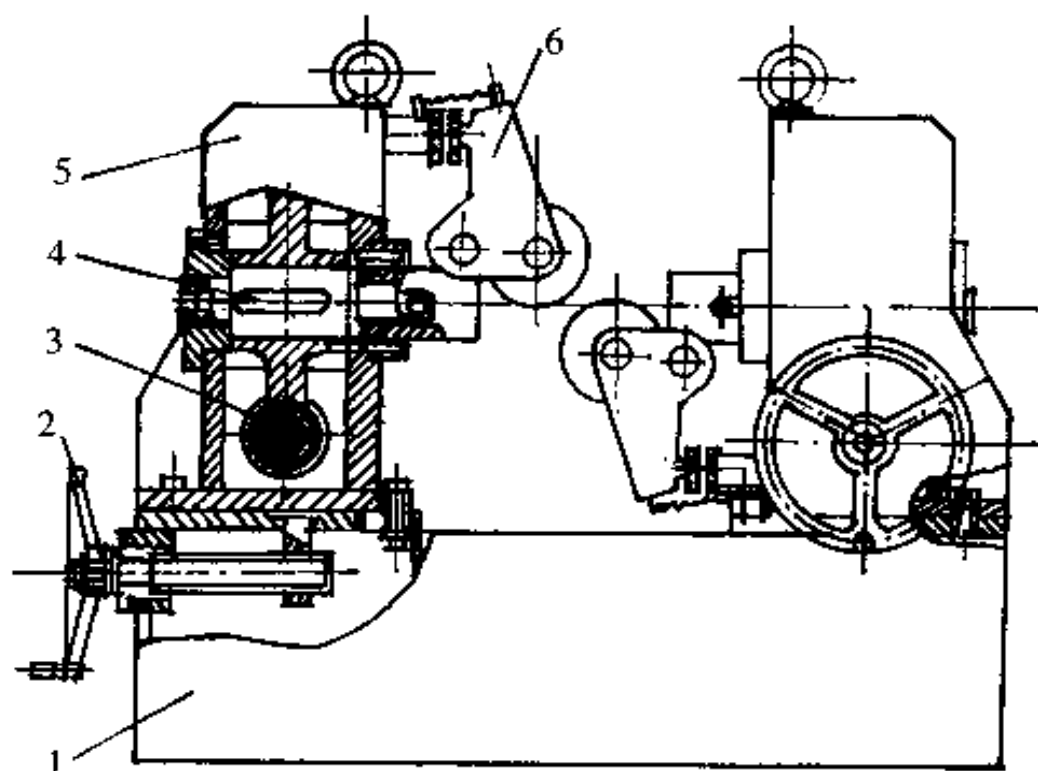


图 4-9 被动式冷轧带钢筋成形机

1. 机架;2. 手柄;3. 传动系统;4. 主轴;5. 箱体;6. 轧辊组

冷轧带肋钢筋成形机是通过三个互成  $120^\circ$  带有孔槽的辊片组成的孔型来完成减径或成形。每一轧机由两套轧辊组所组成。而两套轧辊组的辊片交错  $60^\circ$ ,从而实现两道次变



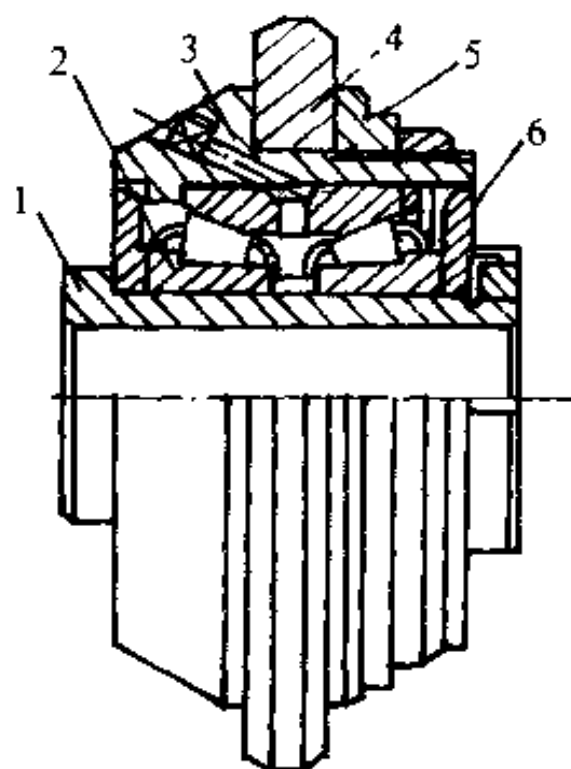


图 4-10 冷轧带肋钢筋成形机轧辊组

1. 支承座; 2. 轴承; 3. 轧辊座;  
4. 轧辊; 5. 压盖; 6. 调整垫

形。

### 三、冷轧带肋钢筋的力学性能指标

冷轧带肋钢筋成品公称直径范围为 4 ~ 12mm。

冷轧带肋钢筋按抗拉强度分为 550 级、650 级、800 级三个级别。550 级钢筋宜用作钢筋混凝土结构构件中的受力主筋、架立筋、箍筋和构造钢筋。650 级和 800 级钢筋宜作预应力混凝土结构构件中的受力主筋。

各级别的力学性能和工艺性能指标应符合第一章表 1-8 的规定。

各规格冷轧带肋钢筋的变形道次及压缩率见表 4-10。

表 4-10 冷轧带肋钢筋的变形道次及压缩率

序号	原料直径 (mm)	1 号轧机		2 号轧机		3 号轧机		成品直径 (mm)
		公称直径(m)	压缩率 (%)	公称直径(m)	压缩率 (%)	公称直径(m)	压缩率 (%)	
1	φ5.5			4.65	28.5	4.00	26	φ4
2	φ6.5	5.40	31	4.65	25.8	4.00	26	φ4
3	φ6.5	5.90	17.6	5.25	20.8	4.50	26.5	φ4.5
4	φ6.5			5.80	20.4	5.00	25.7	φ5
5	φ6.5	5.80	20.4			5.00	25.7	φ5
6	φ6.5			6.35	4.56	5.50	25	φ5.5
7	φ8	6.90	25.6			6.00	24.4	φ6
8	φ9	8.05	20			7.00	24.4	φ7
9	φ10	9.20	15.36			8.00	24.4	φ8
10	φ12	11.20	12.9			10.00	20.3	φ10
11	φ13	12.40	9			11.00	21.3	φ11
12	φ14	13.40	8.4			12.00	19.8	φ12

#### 四、钢筋冷轧的注意事项

##### 1. 安全技术

(1) 在冷轧机械运行过程中,应注意盘圆钢筋打结乱线。

(2) 对各冷轧设备应进行良好地维护,定期检查,定期保养,适时更换和维修损坏件。

(3) 开机前,需检查各部件和工作开关是否处于正常工作位置,螺钉是否松动。在操作过程中,应随时注意安全。

(4) 冷轧机工作前应先供给冷却液、润滑液。调节压下时,严禁辊片之间相互接触、顶撞,应微调压下辊片,辊片之间

应有间隙,否则损坏辊片。

(5)装换辊片时需将两组轧辊头分离一定距离。更换后,必须重新调节孔型。

## 2. 质量检验

(1)冷轧带肋钢筋钢盘应符合国家标准《冷轧带肋钢筋》(GB13788)的规定。

(2)650级和800级钢筋应成盘供应,成盘供应的钢筋每盘应由一根组成,550级钢筋可成盘或成捆供应,直条成捆供应的钢筋每捆应由同一炉号组成,且每捆重量不宜大于500kg。成捆钢筋的长度,可根据工程需要确定。

(3)对进厂(场)的冷轧带肋钢筋应按钢号、级别、规格分别堆放和使用,并应有明显的标志。不得在室外储存。

(4)对进厂(场)的冷轧带肋钢筋应按下列规定进行检查和验收,其检查结果应符合《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》(JGJ95—95)的要求。

冷轧带肋钢筋的外观检查和力学性能检验见第一章第三节钢筋种类中的冷轧带肋钢筋。

(5)经调直的钢筋,表面不得有明显擦伤;钢筋调直后,不应有局部曲折,每米长度的弯曲度不应大于4mm,总弯曲度不大于钢筋总长度的4‰。

## 第五章 钢筋配料、代换与加工

### 第一节 钢筋配料

#### 一、钢筋下料长度计算

钢筋因弯曲或弯钩会使其长度变化,因此配料时不能根据图纸尺寸直接下料。必须先了解有关混凝土保护层、钢筋弯曲、弯钩设置等规定,然后再根据图纸尺寸计算其下料长度。

##### 1. 常用钢筋下料长度计算

直钢筋下料长度 = 构件长度 - 保护层厚度 + 弯钩增加长度

弯起钢筋下料长度 = 直段长度 + 斜段长度 + 弯钩增加长度 - 弯钩调正值

箍筋下料长度 = 箍筋周长 + 弯钩增加长度 ± 弯曲调正值  
或箍筋外皮周长 (或箍筋内皮周长) + 箍筋调整值

##### 2. 特殊形状钢筋下料长度计算

(1) 变截面构件的箍筋下料长度:如图 5-2(a)所示,根据比例关系,每根钢筋的长短差  $\Delta$  为:

$$\Delta = \frac{h_d - h_c}{n - 1} \quad (5-1)$$

式中： $h_d$ ——箍筋的最大高度；

$h_c$ ——箍筋的最小高度；

$n$ ——箍筋个数， $n = \frac{s}{a} + 1$ ；

$s$ ——最高箍筋与最短箍筋之间的距离；

$a$ ——箍筋间距。

(2) 圆形构件钢筋下料长度：配筋形式有按弦长布置和按圆周布置两种，如图 5-1 所示。

①按弦长布置时，先计算钢筋所在处的弦长，再减去两端混凝土保护层，即得钢筋长度。

当配筋为单数间距时的弦长〔图 5-1(a)〕为：

$$c_i = a \sqrt{(n+1)^2 - (2i-1)^2} \quad (5-2)$$

当配筋为双数间距时的弦长〔图 5-1(b)〕为：

$$c_i = a \sqrt{(n+1)^2 - (2i)^2} \quad (5-3)$$

式中  $c_i$ ——第  $i$  根（从圆心向两边计数）钢筋所在的弦长；

$a$ ——钢筋间距；

$n$ ——钢筋根数， $n = \frac{D}{a} - 1$ ；

$D$ ——圆直径；

$i$ ——从圆心向两边计数的序号数。

②按圆周布置时，可按比例方法先求出每根钢筋的圆直径，再乘圆周率即得钢筋长度〔图 5-1(c)〕。

(3) 曲线构件钢筋下料长度：曲线构件中的曲线钢筋及箍筋均需进行特殊计算。

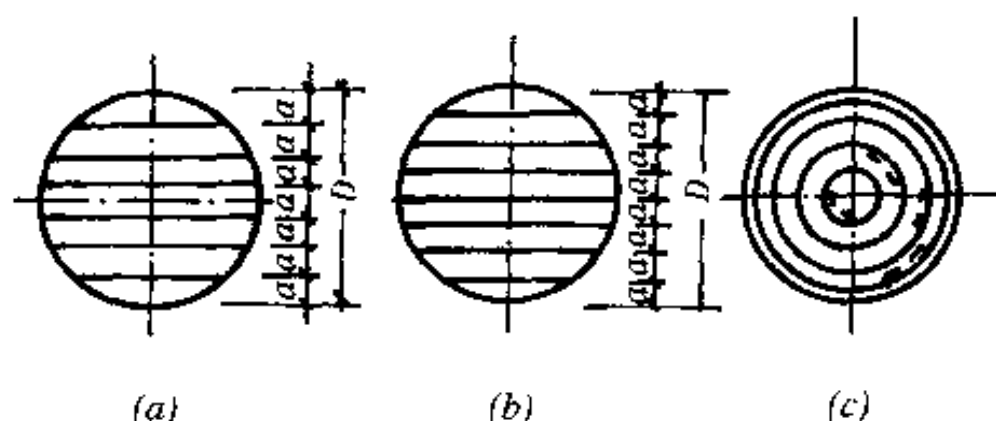


图 5-1 图形构件钢筋下料长度计算

(a) 按弦长单数间距布置; (b) 按弦长双数间距布置; (c) 按圆周布置

①曲线钢筋[图 5-2(b)]下料长度计算时,先根据曲线方程  $y=f(x)$ ,沿水平方向分段,每段长度为  $s$  (一般取 0.5m 为一段),求已知  $x$  值时的相应  $y$  值,然后用勾股弦定理计算每段斜长,再叠加即得曲线钢筋长度(近似值)。

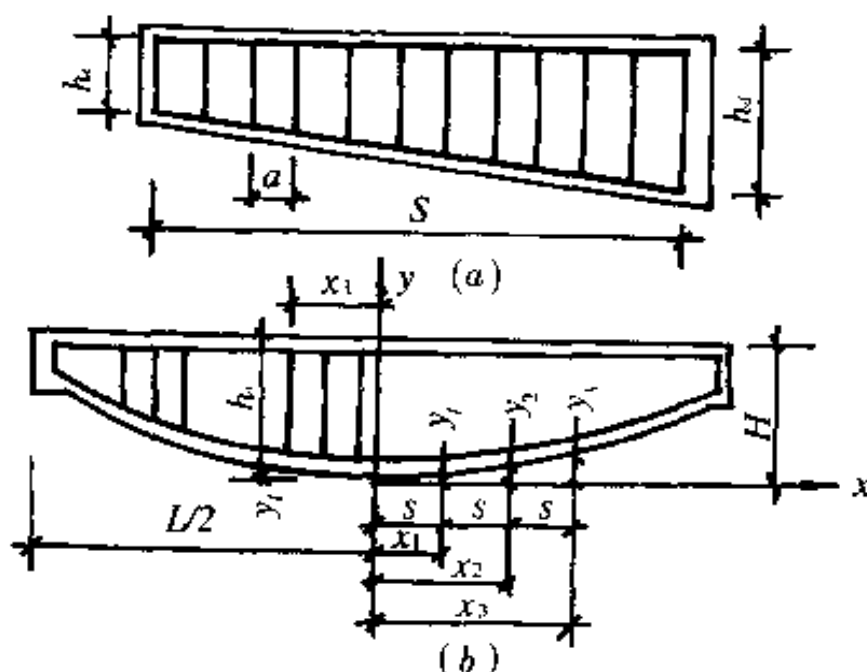


图 5-2 变截面及曲线构件钢筋下料长度计算

(a) 变截面构件箍筋下料长度计算; (b) 曲线构件钢筋下料长度计算

$$l = 2 \sum_{i=1}^n \sqrt{(y_{i+1} - y_i)^2 + s^2} \quad (5-4)$$

②箍筋高度计算应先根据曲线方程,按箍筋间距确定的 $x_i$ 值,求得 $y_i$ 值,然后计算该处梁高 $h_i = H - y_i$ ,再扣除上下混凝土保护层厚度,即得箍筋高度。

对一些外形更为复杂的构件,通常用放1:1足尺或放小样的办法用尺量得钢筋长度。

### 3. 弯钩增加长度计算

钢筋弯钩有半圆弯钩、直弯钩及斜弯钩三种型式,如图5-3(a)、(b)、(c)所示。光圆钢筋末端应做半圆弯钩。当用人工弯钩时,为保证180°弯曲,可带有适当长度的平直部分;用机械弯钩时,可省去平直部分。一般斜弯钩仅用在 $\phi 12\text{mm}$ 以下的受拉主筋和箍筋中;直弯钩只用于板中小规格钢筋、柱钢筋的下部及支座中的构造钢筋。带肋钢筋末端可不弯钩;如设计要求末端弯折时,Ⅱ级钢筋弯折点处的弯心直径不宜小于 $4d$ ,Ⅲ、Ⅳ级钢筋不宜小于 $5d$ [图5-3(b)、(c)]。钢筋中间部分弯曲时,其弯折点处的弯心直径不得小于 $5d$ [图5-3(d)](如钢筋直径大于 $25\text{mm}$ 时,其弯心直径增加 $1d$ )。对抗震结构的弯钩长度另有规定。

在生产实践中,由于实际弯心直径与理论弯心直径有时不一致,钢筋粗细和机具条件不同等而影响平直部分的长短(手工弯钩时平直部分可适当加长,机械弯钩时可适当缩短),因此在实际配料计算时,对弯钩增加长度常根据具体条件,采用经验数据,见表5-1。

### 4. 弯起钢筋斜长计算

在梁类构件常配置弯起钢筋,弯起角度有 $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 或 $60^\circ$

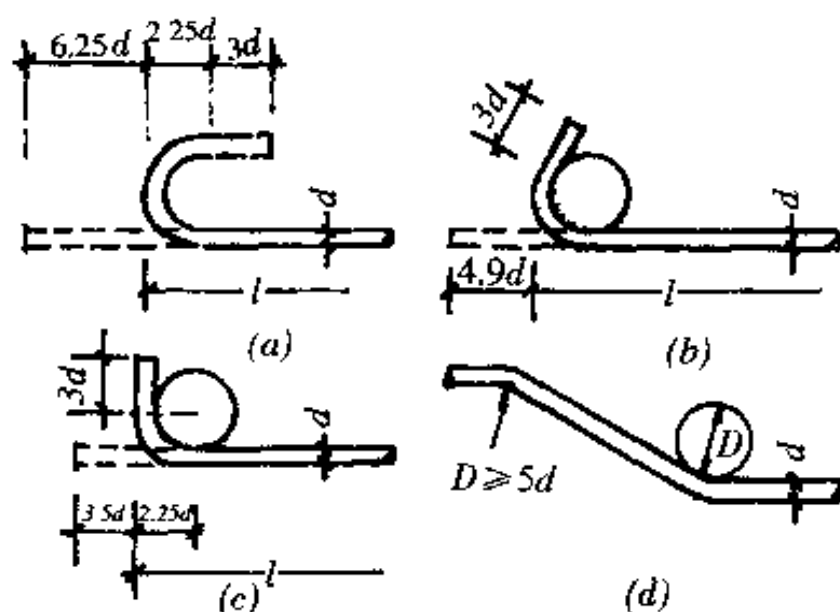


图 5-3 钢筋弯钩及弯折形式

(a) 半圆( $180^\circ$ )弯钩; (b) 斜( $135^\circ$ )弯钩; (c) 直( $90^\circ$ )弯钩;  
(d) 钢筋中间部分弯折

$l$  - 设计长度;  $d$  - 钢筋直径;  $D$  - 弯心直径

表 5-1 半圆弯钩增加长度参考表(用机械弯)

钢筋直径(mm)	$\leq 6$	8~10	12~18	20~28	32~36
一个弯钩长度(mm)	40	$6d$	$5.5d$	$5d$	$4.5d$

几种。弯起钢筋的斜长系数见表 5-2。

### 5. 弯曲调整值

钢筋弯曲时,内皮缩短,外皮延长而中心线长度不变,同时弯曲处形成圆弧。一般钢筋的量度方法是沿直线量外包尺寸。因此,弯曲钢筋的量度尺寸大于下料尺寸,两者之间的差值称为弯曲调整值。

钢筋弯曲调整值和钢筋直径、弯曲角度有关,现根据施工实践列出钢筋弯曲调整值表(表 5-3),供钢筋配料计算时参考。



表 5-2 弯起钢筋斜长系数表

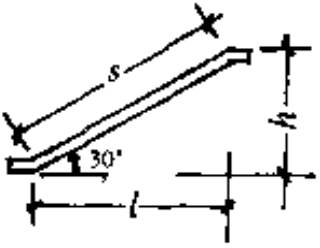
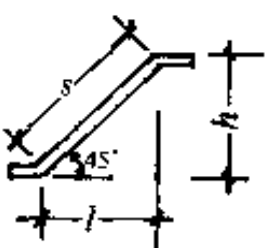
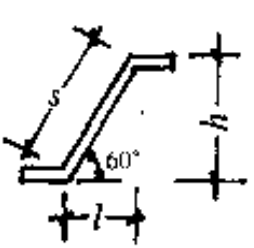
符 号			
	(a)	(b)	(c)
斜边长度 $s$	2.000	1.414 $h$	1.155 $h$
底边长度 $l$	1.732 $h$	1.000 $h$	0.577 $h$
增加长度 $s-l$	0.268 $h$	0.414 $h$	0.578 $h$

表 5-3 钢筋弯曲调整值

直 径 (mm)	角 度 调整值	30°	45°	60°	90°	135°
		0.35 $d$	0.5 $d$	0.85 $d$	2 $d$	2.5 $d$
6		-	-	-	12	15
8		-	-	-	16	20
10		3.5	5	8.5	20	25
12		4	6	10	24	30
14		5	7	12	28	35
16		5.5	8	13.5	32	40
18		6.5	9	15.5	36	45
20		7	10	17	40	50
22		8	11	19	44	55
25		9	12.5	21.5	50	62.5
28		10	14	24	56	70
32		11	16	27	64	80
36		12.5	18	30.5	72	90

注:① $d$  为弯曲钢筋直径。

②表中角度是指钢筋弯曲后与水平线的夹角。

## 6. 箍筋调整值

箍筋调整值是指弯钩增加长度和弯曲调整值两项之和或差,它与弯钩的圆弧大小、主筋的粗细,以及箍筋外皮或内皮尺寸有关,见图 5-4。箍筋调整值见表 5-4。

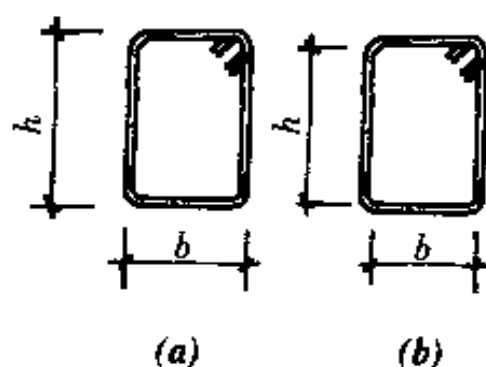


图 5-4 箍筋量度方法  
(a)量外皮尺寸;(b)量内皮尺寸

表 5-4 箍筋调整值

箍筋量度方法	箍 筋 直 径 (mm)			
	4~5	6	8	10~12
量外包尺寸	40	50	60	70
量内皮尺寸	80	100	120	150~170

## 二、配料计算实例

钢筋配料计算是一项细致而又重要的工作,在配料计算前要认真看懂图纸,在计算中要仔细运算,在配料计算以后还要认真进行复核。

### 【例 5-1】

某职工宿舍 L-1 简支梁的配筋如图 5-5,计算钢筋下料长度。由图 5-5 可知,梁中配有 5 个编号的钢筋,按其形式有直钢筋、弯起钢筋和箍筋三种,梁保护层厚度为 25mm。

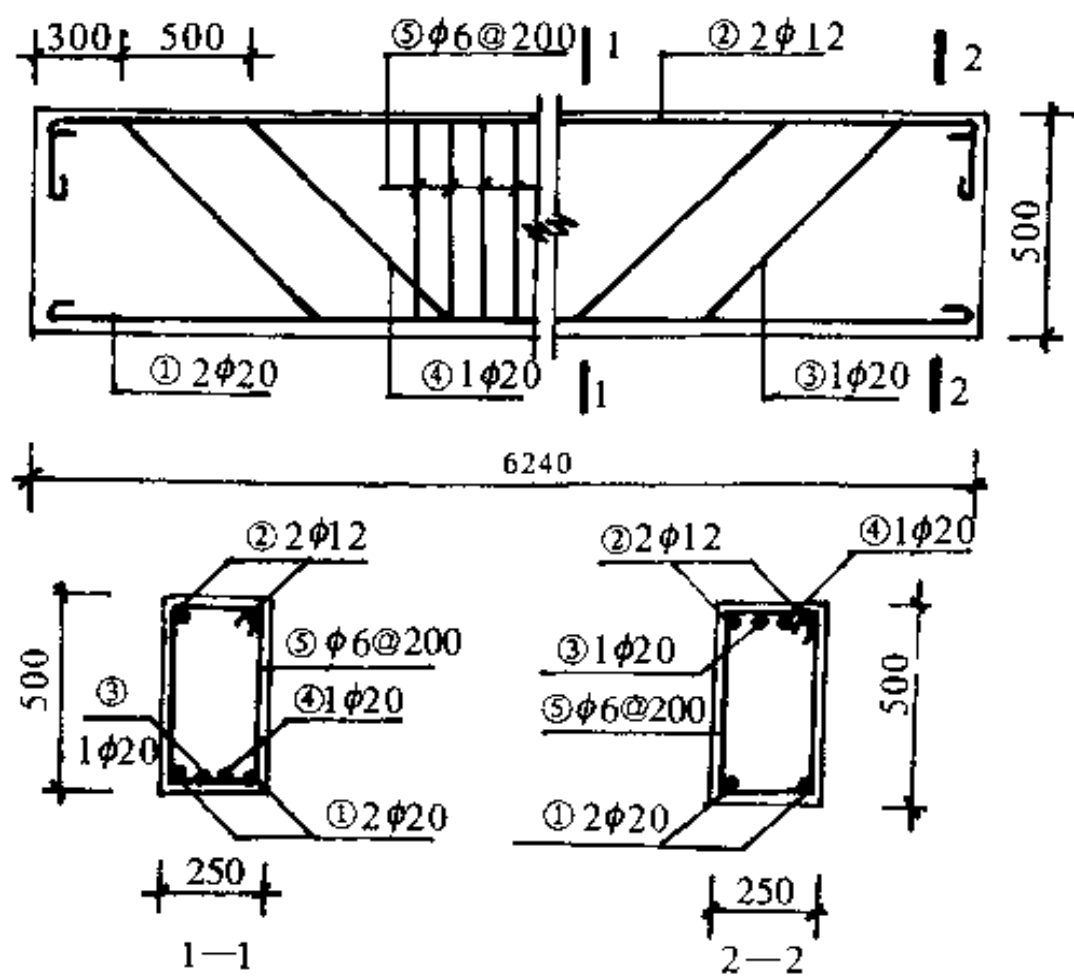


图 5-5 简支梁配筋图

解:

①号钢筋是两根  $\phi 20$  受拉直钢筋, 见图 5-6, 根据计算式及表 5-1, 其下料长度为

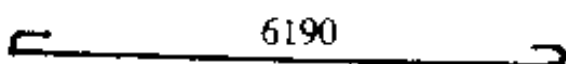


图 5-6 ①号受拉主筋

$$6240 - 2 \times 25 + 2 \times 5 \times 20 = 6390 \text{mm}。$$

②号钢筋是两根  $\phi 12$  架立直钢筋, 见图 5-7, 计算方法同①号钢筋, 其下料长度为

$$6240 - 2 \times 25 + 2 \times 5.5 \times 12 = 6320\text{mm}。$$

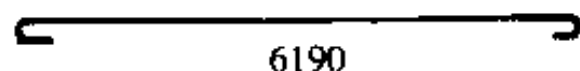


图 5-7 ②号架立筋

③号钢筋是一根  $\phi 20$  弯起钢筋, 锚固长度  $20d = 20 \times 20 = 400$ , 需下弯 125, 如图 5-8。



图 5-8 ③号弯起钢筋

计算斜段长度首先应算出弯起部分高度, 弯起高度应是梁高减去上下保护层厚度, 即为

$$500 - (2 \times 25) = 450\text{mm}。$$

③号钢筋下料长度根据计算式和表 5-1、表 5-2 及表 5-3 得

$$(125 \times 2 + 275 \times 2 + 4740) + (450 \times 1.410) \times 2 - (4 \times 0.5 \times 20) - 2 \times 2 \times 20 + 2 \times 5 \times 20 = 6890\text{mm}。$$

④号钢筋是一根  $\phi 20$  弯起钢筋, 如图 5-9。

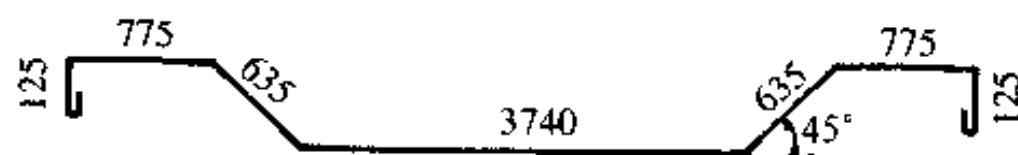


图 5-9 ④号弯起钢筋

它的计算方法同③号钢筋, 其下料长度为

$$(125 \times 2 + 775 \times 2 + 3740) + (450 \times 1.41) \times 2 - (4 \times 0.5 \times 20) - 2 \times 2 \times 20 + 2 \times 5 \times 20 = 6890\text{mm}。$$

⑤号钢筋是  $\phi 6$  的箍筋, 间距为 200mm, 如图 5-10。

根据计算式和表 5-4, ⑤号钢筋下料长度为

$$(462 \times 2) + (212 \times 2) + 50 = 1398 \text{ mm}。$$

箍筋个数计算式为(主筋长度 ÷ 箍筋间距) + 1, 则⑤号钢筋箍筋数为

$$(6190 \div 200) + 1 \approx 32$$

钢筋配料计算完毕后, 需要填写配料单作为钢筋工进行钢筋加工的依据, 现以上述 L-1 梁配料计算结果为例, 填写配料单, 见表 5-5。



图 5-10 ⑤号箍筋(外包尺寸)

表 5-5

钢筋配料单

×××工程队 工程名称: ×职工宿舍 分项工程: L-1

项次	构件名称	钢筋数量	钢筋编号	每根数量	合计根数	钢筋的形状	弯后整数	钢筋规格	下料长度(m)	重量(kg)	备注
1	L-1	5	①	2	10			φ20	6.39	157.83	
2			②	2	10			φ12	6.32	56.12	
3			③	1	5		6190	φ20	6.89	85.09	
4			④	1	5		6190	φ20	6.89	85.09	
5			⑤	32	160			φ6	1.398	49.66	

钢筋施工中仅有钢筋配料单还不够, 因为在一个钢筋加工场中, 往往同时加工着很多单位、很多工程的各种构件的各

个编号钢筋,这些编号的钢筋在外形上大同小异,若不加标志,就可能在施工中造成混淆。因此,在填写配料单后,须将每一个编号的钢筋制作一块料牌,作为钢筋加工过程中的辨别依据,并在钢筋安装中作为区别各个工程项目、各种构件和各种编号钢筋的标志。料牌可用  $100\text{mm} \times 50\text{mm}$  的纤维板或比较硬的纸板制成,料牌上一般须写上生产编号、工程名称(或构件名称)、分项工程名称、施工单位名称、钢筋规格、钢筋的形状(简图)、下料长度、合计根数及此钢筋配料单的编号和项次等,如图 5-11。

有了钢筋配料单和料牌,钢筋配料计算工作就完成了。

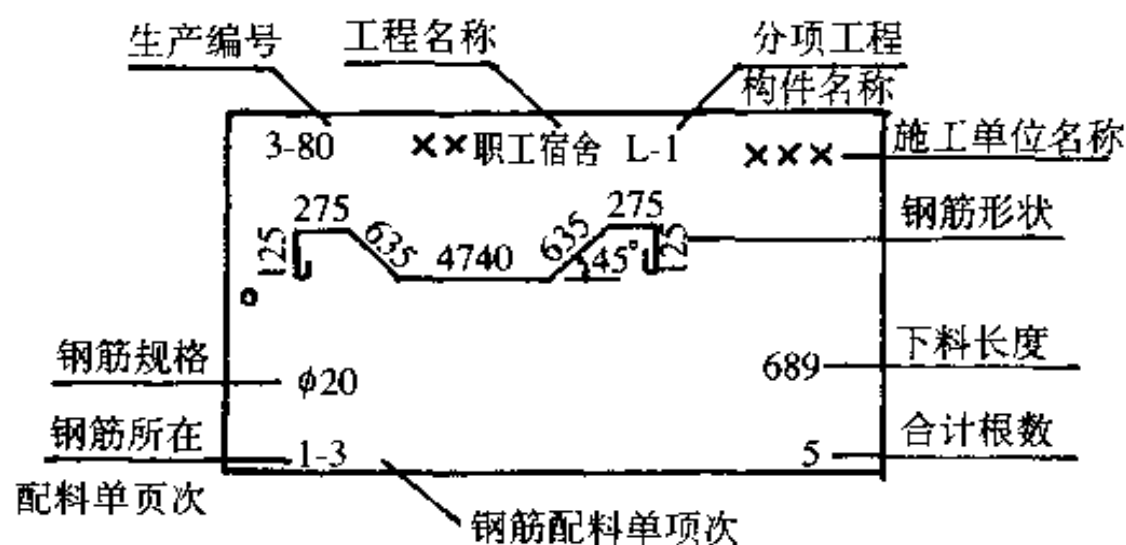
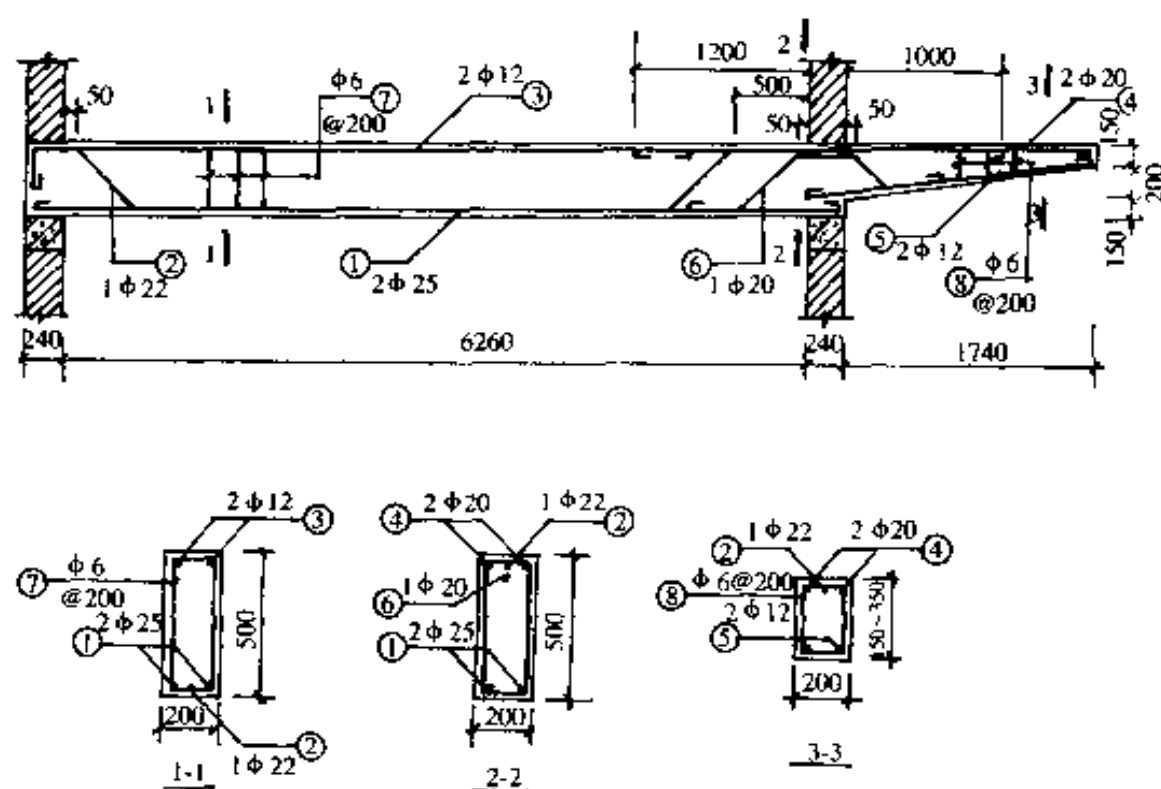


图 5-11 料牌

【例 5-2】已知某教学楼钢筋混凝土简支伸臂梁  $L_1$  的配筋如图 5-12,求各种钢筋下料长度。

解:(1)绘出各种钢筋简图(见表 5-6);

由于配筋图上,钢筋的锚固与搭接未注明,因此按一般构造要求处理:

图 5-12 钢筋混凝土简支伸臂梁  $L_1$  的配筋详图

①号受力钢筋伸入支座的锚固长度  $l_{aE}$  (光面钢筋)  $= 15d = 15 \times 25 = 375\text{mm}$ , 因此需要向上弯。为满足操作需要, 至少向上弯  $150\text{mm}$ 。

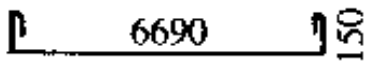
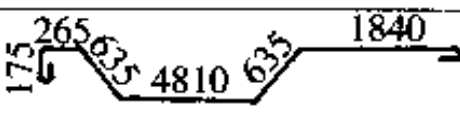
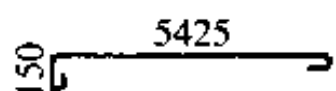
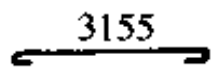
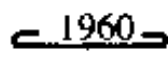
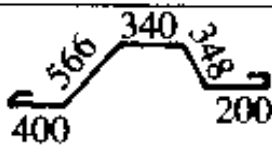
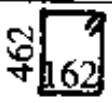

②号弯起钢筋左端弯终点外的锚固长度  $l_{aE}$  (受拉区)  $= 20d = 20 \times 22 = 440\text{mm}$ , 因此需要向下弯  $440 - 265 = 175\text{mm}$ 。

③号架立钢筋左端锚固长度  $l_{aE}$  (作构造负筋)  $= 25d = 25 \times 12 = 300 > 215$ , 因此需要向下弯  $150\text{mm}$ 。其右端与④号受力钢筋搭接长度取  $150\text{mm}$ 。

⑥号鸭筋左端弯终点外的锚固长度  $l_{aE}$  (按受拉区)  $= 20d = 20 \times 20 = 400\text{mm}$ , 右端  $l_{aE}$  (受压区)  $= 10d = 10 \times 20 = 200\text{mm}$ 。

# 第一节 钢筋配料

表 5-6 钢筋配料单

构件名称	钢筋编号	简图	钢号	直径	下料长度 (mm)	单位根数	合计根数	重量 (kg)
某教学楼 L <sub>1</sub> 梁	①		φ	25	7140	2	10	275.0
	②		φ	22	8492	1	5	127.0
	③		φ	12	5683	2	10	51.5
	④		φ	20	3355	2	10	83.5
	⑤		φ	12	2092	2	10	18.6
	⑥		φ	20	2014	1	5	24.8
	⑦		φ	6	1298	33	165	φ6 总长度 = 250.5m 重量 = 55.6
	⑧ <sub>1</sub>		φ	6	998	1	5	
	⑧ <sub>2</sub>	287 × 162	φ	6	948	1	5	
	⑧ <sub>3</sub>	262 × 162	φ	6	898	1	5	
	⑧ <sub>4</sub>	237 × 162	φ	6	848	1	5	
	⑧ <sub>5</sub>	212 × 162	φ	6	798	1	5	
	⑧ <sub>6</sub>	187 × 162	φ	6	748	1	5	
	⑧ <sub>7</sub>	162 × 162	φ	6	698	1	5	
	⑧ <sub>8</sub>	137 × 162	φ	6	648	1	5	
	⑧ <sub>9</sub>	112 × 162	φ	6	598	1	5	

总重 636.1kg



(2) 计算钢筋下料长度:

①号受力钢筋( $\phi 25$ )下料长度为:

$$(6740 - 2 \times 25) + 2 \times 150 + 2 \times 5 \times 25 - 2 \times 2 \times 25 = 7140\text{mm}$$

②号弯起钢筋( $\phi 22$ )下料长度为:

$$(265 + 4810 + 1840) + 2 \times 1.414 \times 450 + 175 + 2 \times 5 \times 22 - 4 \times 0.5 \times 22 - 2 \times 22 = 8492\text{mm}$$

③号架立钢筋( $\phi 12$ )下料长度为:

$$(6500 - 1200 + 150 - 25) + 150 + 2 \times 5.5 \times 12 - 2 \times 12 = 5683\text{mm}$$

④号受力钢筋、⑤号架立钢筋及⑥号鸭筋下料长度计算结果列于表 5-6。

⑦号箍筋( $\phi 6$ )下料长度为:

$$2(462 + 162) + 50 = 1298\text{mm}$$

⑧号箍筋下料长度, 由于梁高变化, 因此要先按公式 (5-1) 算出箍筋高差  $\Delta$ 。

$$\text{箍筋根数 } n = \frac{1740 - 2 \times 50}{200} + 1 = 9, \text{ 箍筋高差 } \Delta = \frac{312 - 112}{9 - 1} = 25\text{mm}。$$

每个箍筋下料长度计算结果列于表 5-6。

钢筋配料计算完毕, 填写配料单, 详见表 5-6。

在填写配料单后, 也应和【例 5-1】一样, 须将每一编号的钢筋制作一块料牌(图 5-12), 作为钢筋加工过程中的辨别依据。

【例 5-3】几种常用形状钢筋下料计算

(1) 手枪式箍筋下料计算:

手枪式箍筋的下料计算式为:所有箍筋的外皮周长或箍筋的内皮周长+箍筋调整值 $-4d$ ,其中 $d$ 为钢筋的直径。如图5-13所示。根据计算式及表5-4,图5-13所示箍筋下料

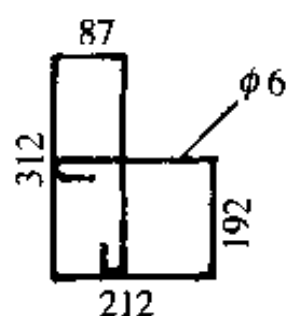


图5-13 手枪式箍筋(外包尺寸)

$$\begin{aligned} \text{长度} &= 2 \times (312 + 212) + (192 + 87) \\ &\quad + 50 - 4 \times 6 = 1353 \text{mm}。 \end{aligned}$$

(2) 内外套箍筋下料计算(图5-14):

内外套箍筋的计算原理都是一样的,已知箍筋边长后,根据箍筋的计算式,就可计算出下料长度,其关键是如何准确地算出内箍筋的边长 $c$ 。

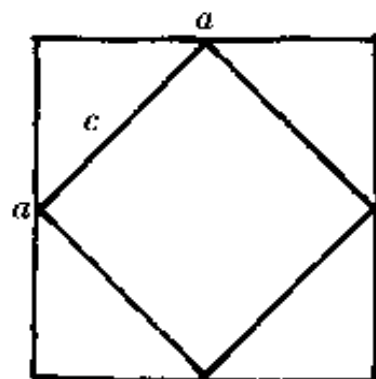


图5-14 内外套箍筋

根据勾股弦定理和钢筋工在实际操作中的经验,归纳为下列 $c$ 边计算式供参考。

箍筋 $\phi 5 \sim \phi 6$ :

当 $a$ 为外皮尺寸时 $c = a \times 0.73$

当 $a$ 为内皮尺寸时 $c = a \times 0.71$

箍筋 $\phi 8$ :

当 $a$ 为外皮尺寸时 $c = a \times 0.75$

当 $a$ 为内皮尺寸时 $c = a \times 0.74$

(3) 百叶结钢筋下料计算(图5-15):

百叶结形状的钢筋图5-15(a)形状仅用于天沟中,钢筋一般为 $\phi 4 \sim \phi 8$ ,其下料长度计算式为

$$\text{圆角下料长度} = a + b + \text{弯钩增加长度} + 3(\text{cm})$$

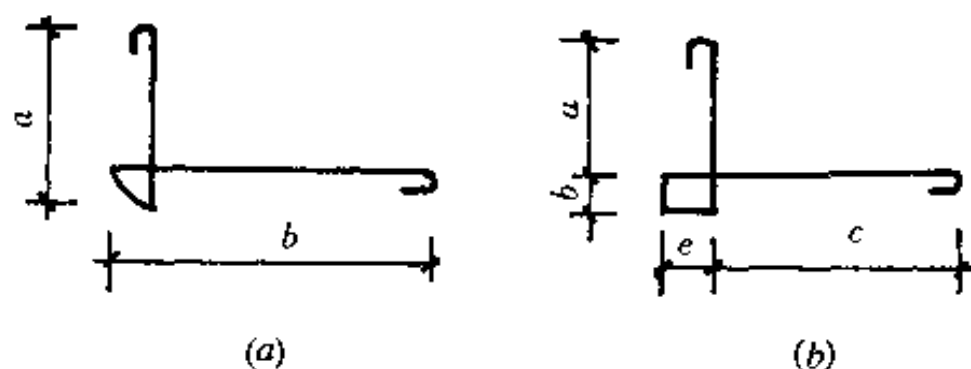


图 5-15 百叶结钢筋

(a)圆角;(b)方角

图 5-15(b)形状大多用于水箱等构件中,其下料计算式为

方角下料长度 =  $(a + c) + (e + b) \times 2 + \text{弯钩增加长度} - 6d$ 。

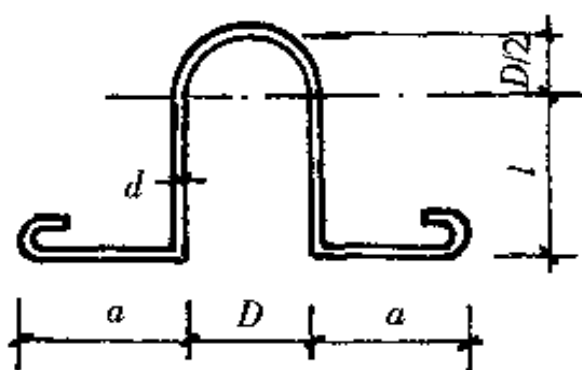


图 5-16 吊环钢筋

(4)吊环钢筋计算(图 5-16):

吊环钢筋用于预制构件的起吊,下料计算式为

$$\text{吊环钢筋下料长度} = \frac{(D + d) \times 3.14}{2} + 2(l + a) + \text{弯钩增加长度} - 4d。$$

(5)四肢箍筋的下料计算(图 5-17):

四肢箍筋由两个双肢箍筋合并而成,计算出每个双肢箍筋的宽度是关键。四肢箍筋中的单个双肢箍筋的宽度与所在主筋的根数有关,根据经验可得计算式:

单个双肢箍筋的宽度

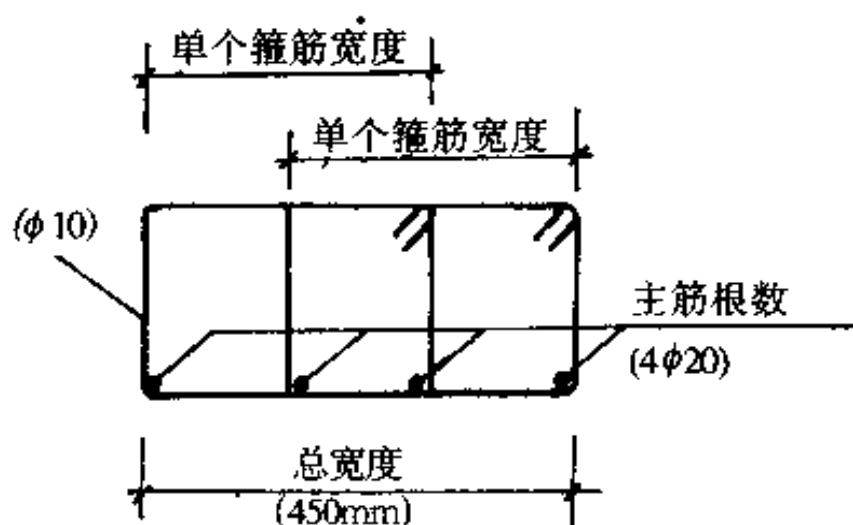


图 5-17 四支箍筋

$$= \frac{(\text{单个双肢箍筋所跨的主筋根数} - 1) \times \text{总宽度}}{\text{主筋根数} - 1} + 1$$

单只箍筋的宽度计算出来后,箍筋的下料长度就可计算出来。

如图 5-17 所示,箍筋  $\phi 10$ ,主筋  $4\phi 20$ ,总宽为 450mm (外包尺寸),求单只箍筋的宽度。

$$\text{单只箍筋的宽度} = \frac{(3 - 1) \times 450}{4 - 1} + 10 = 310\text{mm}$$

对于比较复杂形状的钢筋,在计算下料长度时,可通过放实样或放小样的方法求得钢筋下料长度。

### 三、配料计算注意事项

(1) 在设计图纸上,没有注明钢筋配制的细节问题时,一般可按构造要求处理。

(2) 配料计算时,要考虑钢筋的形状和尺寸,在满足设计要求的前提下,配料要尽量有利于钢筋加工安装。

(3) 配料时要考虑施工需要的附加钢筋,例如基础双层钢筋网中为保证上层钢筋网位置而设的钢筋撑脚(图 8-7);

墙板双层钢筋网中固定间距而设的钢筋撑铁或钢筋梯子凳(图8-8);柱钢筋骨架增设的四面斜筋等。

## 第二节 钢筋代换

当钢筋的品种、级别或规格需作变更时,应办理设计变更文件。

### 一、代换原则

当施工中遇有钢筋的品种或规格与设计要求不符时,可参照以下原则进行钢筋代换:

(1)等强度代换:当构件受强度控制时,钢筋可按强度相等原则进行代换。

(2)等面积代换:当构件按最小配筋率配筋时,钢筋可按面积相等原则进行代换。

(3)当构件受裂缝宽度或挠度控制时,代换后应进行裂缝宽度或挠度验算。

### 二、等强代换方法

#### 1. 计算法

$$n_2 \geq \frac{n_1 d_1^2 f_{y1}}{d_2^2 f_{y2}} \quad (5-5)$$

式中: $n_2$ ——代换钢筋根数;

$n_1$ ——原设计钢筋根数;

$d_2$ ——代换钢筋直径;

$d_1$ ——原设计钢筋直径;

$f_{y2}$ ——代换钢筋抗拉强度设计值(表5-7);

$f_{y1}$ ——原设计钢筋抗拉强度设计值。

上式有两种特例:

(1) 设计强度相同、直径不同的钢筋代换:

$$n_2 \geq n_1 \frac{d_1^2}{d_2^2} \quad (5-6)$$

(2) 直径相同、强度设计值不同的钢筋代换:

$$n_2 \geq n_1 \frac{f_{y1}}{f_{y2}} \quad (5-7)$$

表 5-7 钢筋强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)

项次	钢筋种类	符号	抗拉强度设计值 $f_y$	抗压强度设计值 $f'_y$
1	热轧钢筋	HPB235	$\phi$	210
		HRB335	$\Phi$	300
		HRB400	$\Phi$	360
		RRB400	$\Phi^R$	360
2	冷轧带肋钢筋	LL550		360
		LL650		430
		LI800		530

### 三、构件截面的有效高度影响

钢筋代换后,有时由于受力钢筋直径加大或根数增多而需要增加排数,则构件截面的有效高度  $h_0$  减小,截面强度降低。通常对这种影响可凭经验适当增加钢筋面积,然后再作截面强度复核。

对矩形截面的受弯构件,可根据弯矩相等,按下式复核截面强度。

$$N_2 \left( h_{02} - \frac{N_2}{2f_c b} \right) \geq N_1 \left( h_{01} - \frac{N_1}{2f_c b} \right) \quad (5-8)$$

式中:  $N_1$ ——原设计的钢筋拉力,等于  $A_{s1}f_{y1}$  ( $A_{s1}$ ——原设计

钢筋的截面面积,  $f_{y1}$ ——原设计钢筋的抗拉强度设计值);

$N_2$ ——代换钢筋拉力, 同上;

$h_{01}$ ——原设计钢筋的合力点至构件截面受压边缘的距离;

$h_{02}$ ——代换钢筋的合力点至构件截面受压边缘的距离;

$f_c$ ——混凝土的抗压强度设计值, 对 C20 混凝土为  $9.6\text{N/mm}^2$ , 对 C25 混凝土为  $11.9\text{N/mm}^2$ , 对 C30 混凝土为  $14.3\text{N/mm}^2$ ;

$b$ ——构件截面宽度。

#### 四、代换注意事项

钢筋代换时, 必须充分了解设计意图和代换材料性能, 并严格遵守现行混凝土结构设计规范的各项规定; 凡重要结构中的钢筋代换, 应征得设计单位同意。

(1) 对某些重要构件, 如吊车梁、薄腹梁、桁架下弦等, 不宜用 HPB235 级光圆钢筋代替 HRB335 和 HRB400 级带肋钢筋。

(2) 钢筋代换后, 应满足配筋构造规定, 如钢筋的最小直径、间距、根数、锚固长度等。

(3) 同一截面内, 可同时配有不同种类和直径的代换钢筋, 但每根钢筋的拉力差不应过大(如同品种钢筋的直径差值一般不大于  $5\text{mm}$ ), 以免构件受力不匀。

(4) 梁的纵向受力钢筋与弯起钢筋应分别代换, 以保证正截面与斜截面强度。

(5) 偏心受压构件(如框架柱、有吊车厂房柱、桁架上弦

等)或偏心受拉构件作钢筋代换时,不取整个截面配筋量计算,应接受力面(受压或受拉)分别代换。

(6)当构件受裂缝宽度控制时,如以小直径钢筋代换大直径钢筋,强度等级低的钢筋代替强度等级高的钢筋,则可不作裂缝宽度验算。

### 五、钢筋代换实例

【例 5-4】 今有一块 6m 宽的现浇混凝土楼板,原设计的底部纵向受力钢筋采用 HPB235 级  $\phi 12$  钢筋@120mm,共计 50 根。现拟改用 HRB335 级  $\Phi 12$  钢筋,求所需  $\Phi 12$  钢筋根数及其间距。

【解】 本题属于直径相同、强度等级不同的钢筋代换,采用公式(5-7)计算:

$$n_2 = 50 \times \frac{210}{300} = 35 \text{ 根, 间距} = 120 \times \frac{50}{35} = 171.4 \text{ 取 } 170\text{mm}$$

【例 5-5】 今有一根 400mm 宽的现浇混凝土梁,原设计的底部纵向受力钢筋采用 HRB335 级  $\Phi 22$  钢筋,共计 9 根,分二排布置,底排为 7 根,上排为 2 根。现拟改用 HRB400 级  $\Phi 25$  钢筋,求所需  $\Phi 25$  钢筋根数及其布置。

【解】 本题属于直径不同、强度等级不同的钢筋代换,采用公式(5-5)计算:

$$n_2 = 9 \times \frac{22^2 \times 300}{25^2 \times 360} = 5.81 \text{ 根, 取 } 6 \text{ 根。} \text{---排布置, 增大了}$$

代换钢筋的合力点至构件截面受压边缘的距离  $h_0$ ,有利于提高构件的承载力。

【例 5-6】 已知梁的截面面积尺寸如图 5-18(a)所示,采用 C20 混凝土制作,原设计的纵向受力钢筋采用



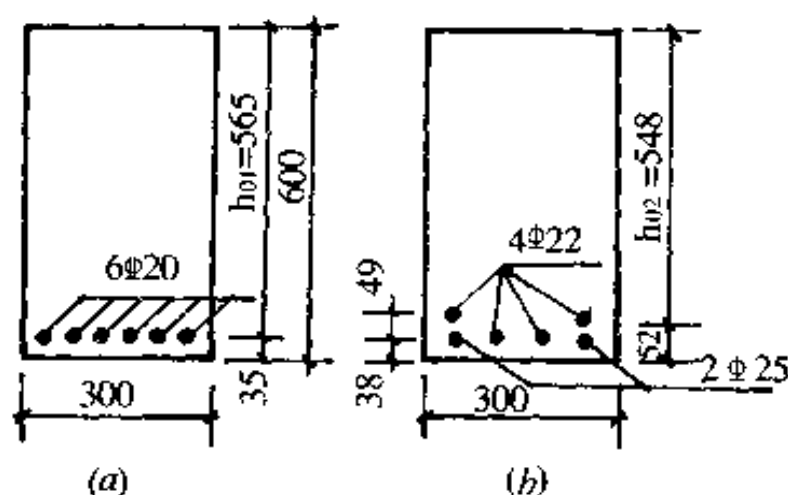


图 5-18 矩形梁钢筋代换

(a) 原设计钢筋; (b) 代换钢筋

HRB400 级  $\Phi 20$  钢筋, 共计 6 根, 单排布置, 中间 4 根分别在二处弯起。现拟改用 HRB335 级  $\Phi 22$  钢筋, 求所需钢筋根数及其布置。

【解】 1. 弯起钢筋与纵向受力钢筋分别代换, 以 2  $\Phi 20$  为单位, 按公式 (5-5) 代换  $\Phi 22$  钢筋,  $n_2 = \frac{2 \times 20^2 \times 360}{22^2 \times 300} = 1.98$ , 取 2 根。

2. 代换后的钢筋根数不变, 但直径增大, 需要复核钢筋净间距  $s$ :

$$s = \frac{300 - 2 \times 25 - 6 \times 22}{5} = 23.6 < 25 \text{ mm}, \text{需要布置为两排}$$

(底排 4 根、二排 2 根)。

3. 代换后的构件截面有效高度  $h_{02}$  减小, 需要按公式 (5-8) 复核截面强度。

$$h_{01} = 600 - 35 = 565 \text{ mm}, h_{02} = 600 - \frac{36 \times 4 + 2 \times 83}{6} = 548 \text{ mm}$$

$$N_1 \left( h_{01} - \frac{N_1}{2f_c b} \right) = 6 \times 314 \times 360 \left( 565 - \frac{6 \times 314 \times 360}{2 \times 9.6 \times 300} \right) \\ = 303.2 \times 10^6 = 303.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_2 \left( h_{02} - \frac{N_2}{2f_c b} \right) = 6 \times 380 \times 300 \left( 548 - \frac{6 \times 380 \times 300}{2 \times 9.6 \times 300} \right) \\ = 293.4 < 303.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

4. 角部两根改为  $\Phi 25$  钢筋,再复核截面强度

$$N_2 \left( h_{02} - \frac{N_2}{2f_c b} \right) = (4 \times 380 + 2 \times 491) \times \\ 300 \left( 546 - \frac{2502 \times 300}{2 \times 9.6 \times 300} \right) \\ = 312.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

小结:代换钢筋采用  $4 \Phi 22 + 2 \Phi 25$ ,按图 5-18(b) 布置,满足原设计要求。

### 第三节 钢筋加工

#### 一、钢筋除锈

钢筋的表面应洁净。油渍、漆污和用锤敲击时能剥落的浮皮、铁锈等应在使用前清除干净。在焊接前,焊点处的水锈应清除干净。

钢筋的除锈,一般可通过以下两个途径:一是在钢筋冷拉或钢丝调直过程中除锈,对大量钢筋的除锈较为经济省力;二是用机械方法除锈,如采用电动除锈机除锈,对钢筋的局部除锈较为方便。此外,还可采用手工除锈(用钢丝刷、砂盘)、喷砂和酸洗除锈等。

电动除锈机,如图 5-19 所示。该机的圆盘钢丝刷有成品供应,也可用废钢丝绳头拆开编成,其直径为 20~30cm、厚度为 5~15cm、转速为 1000r/min 左右,电动机功率为 1.0~1.5kW。为了减少除锈时灰尘飞扬,应装设排尘罩和排尘管道。

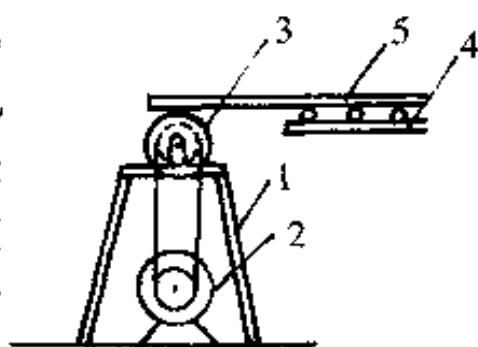


图 5-19 电动除锈机

1. 支架;2. 电动机;3. 圆盘钢丝刷;4. 滚轴台;5. 钢筋

在除锈过程中发现钢筋表面的氧化铁皮鳞落现象严重并已损伤钢筋截面,或在除锈后钢筋表面有严重的麻坑、斑点伤蚀截面时,应降级使用或剔除不用。

### 1. 机具设备

(1) 钢筋调直机:钢筋调直机的技术性能,见表 5-8。图 5-20 为 GT3/8 型钢筋调直机外形。

(2) 数控钢筋调直切断机:数控钢筋调直切断机是在原有调直机的基础上应用电子控制仪,准确控制钢丝断料长度,并自动计数。该机的工作原理,如图 5-21 所示。在该机摩擦轮(周长 100mm)的同轴上装有一个穿孔光电盘(分为 100 等分),光电盘的一侧装有一只小灯泡,另一侧装有一只光电管。当钢筋通过摩擦轮带动光电盘时,灯泡光线通过每个小孔照射光电管,就被光电管接收而产生脉冲讯号(每次讯号为钢筋长 1mm),控制仪长度部位数字上立即示出相应读数。当信号积累到给定数字(即钢丝调直到所指定长度)时,控制仪立即发出指令,使切断装置切断钢丝。与此同时长度部位数字回到零,根数部位数字示出根数,这样连续作业,当根数信号积累至给定数字时,即自动切断电源,停止运转。

表 5-8 钢筋调直机技术性能

机械型号	钢筋直径 (mm)	调直速度 (m/min)	断料长度 (mm)	电机功率 (kW)	外形尺寸(mm) 长×宽×高	机重 (kg)
GT3/8	3~8	40、65	300~6500	9.25	1854×741×1400	1280
GT6/12	6~12	36、54、72	300~6500	12.6	1770×535×1457	1230

注：表中所列的钢筋调直机断料长度误差均 $\leq 3\text{mm}$ 。

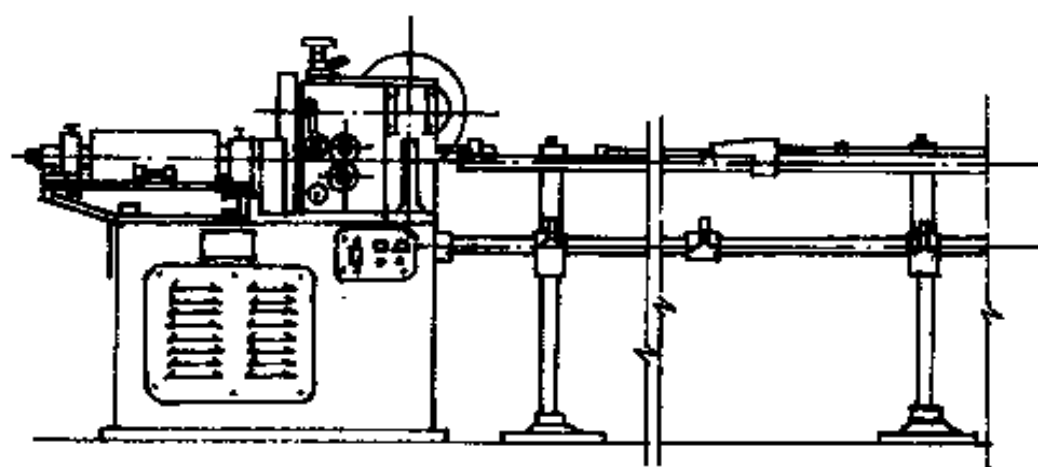


图 5-20 GT3/8 型钢筋调直机

钢筋数控调直切断机已在有些构件厂采用，断料精度高（偏差仅为 $1\sim 2\text{mm}$ ），并实现了钢丝调直切断自动化。采用此机时，要求钢丝表面光洁，截面均匀，以免钢丝移动时速度不匀，影响切断长度的精确性。

(3) 卷扬机拉直设备：卷扬机拉直设备见图 5-22 所示。两端采用地锚承力。冷拉滑轮组回程采用荷重架，标尺量伸长。该法设备简单，宜用于施工现场或小型构件厂。

钢筋夹具常用的有：月牙式夹具和偏心式夹具。

月牙式夹具的构造与尺寸，见图 5-23 所示。其夹片宜用 45 号钢制作，经热处理后的硬度  $\text{HRC} = 40\sim 45$ 。钢筋夹

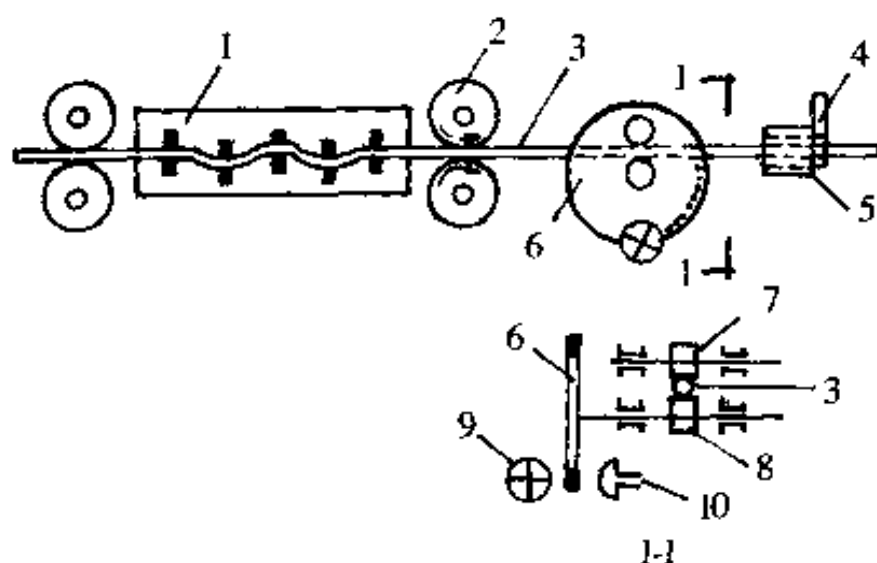


图 5-21 数控钢筋调直切断机工作简图

1. 调直装置;2. 牵引轮;3. 钢筋;4. 上刀口;5. 下刀口;  
6. 光电盘;7. 压轮;8. 摩擦轮;9. 灯泡;10. 光电管

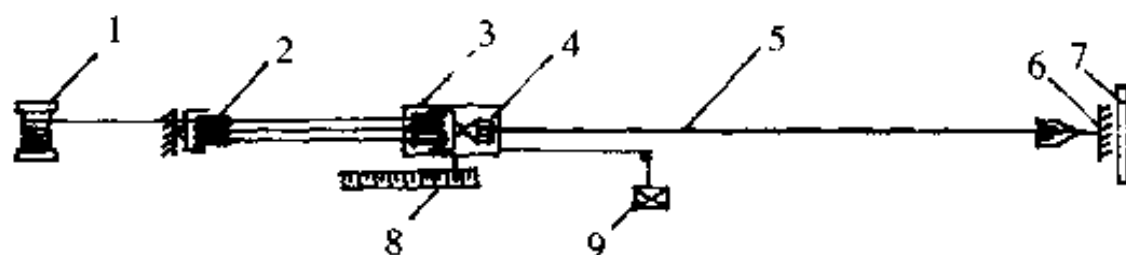


图 5-22 卷扬机拉直设备布置

1. 卷扬机;2. 滑轮组;3. 冷拉小车;4. 钢筋夹具;5. 钢筋;6. 地锚;7. 防护  
壁;8. 标尺;9. 荷重架

持点宜在夹片的中下部位。这种夹具主要靠杠杆力和偏心力夹紧,使用方便,适用于 HPB235 级及 HRB335 级粗细钢筋。

偏心式夹具的构造与尺寸,见图 5-24 所示。偏心块及其齿条宜采用 45 号钢制作,经热处理后的硬度  $HRC = 35 \sim 40$ 。这种夹具轻巧灵活,适用于 HPB235 级盘圆钢筋拉直,特别是当每盘最后不足定尺长度时,可将其钩在挂链上,使用方便。

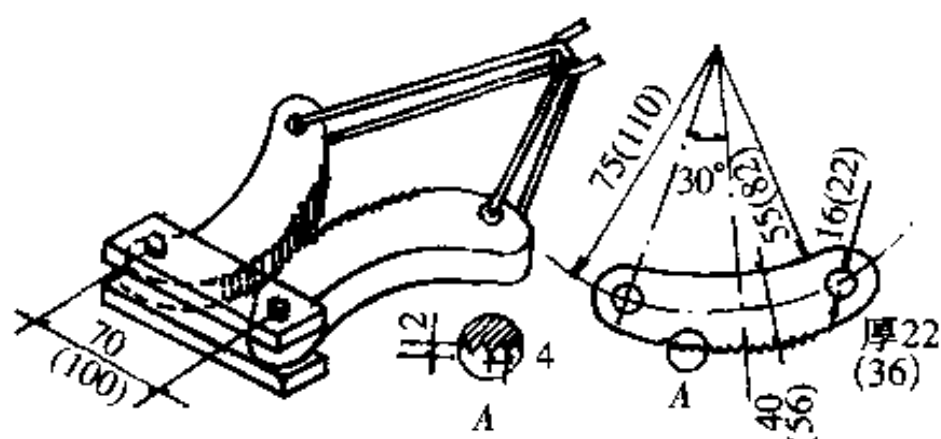


图 5-23 月牙式夹具

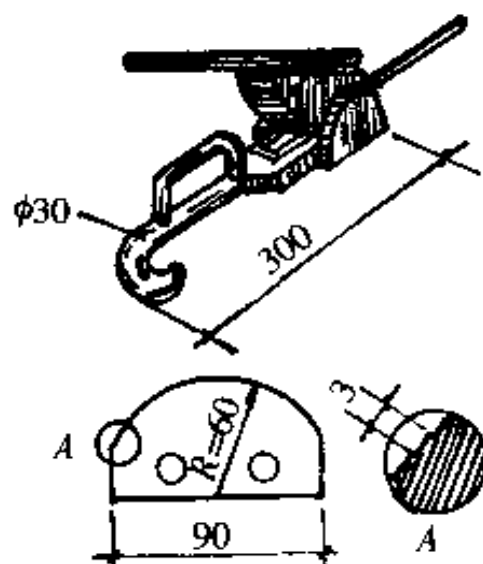


图 5-24 偏心块夹具

## 2. 调直工艺

(1) 采用钢筋调直机调直冷拔钢丝和细钢筋时,要根据钢筋的直径选用调直模和传送压辊,并要正确掌握调直模的偏移量和压辊的压紧程度。

调直模的偏移量(图 5-25),根据其磨损程度及钢筋品种通过试验确定;调直筒两端的调直模一定要在调直前后导孔的轴心线上,这是钢筋能否调直的一个关键。如果发现钢筋调得不直就要从以上两方面检查原因,并及时调整调直模

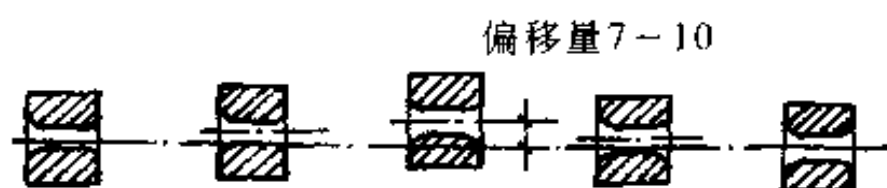


图 5-25 调直模的安装

的偏移量。

压辊的槽宽,一般在钢筋穿入压辊之后,在上下压棍间宜有 3mm 之内的间隙。压辊的压紧程度要做到既保证钢筋能顺利的被牵引前进,看不出钢筋有明显的转动,而在被切断的瞬间钢筋和压辊间又能允许发生打滑。

应当注意:冷拔钢丝和冷轧带肋钢筋经调直机调直后,其抗拉强度一般要降低 10% ~ 15%。使用前应加强检验,按调直后的抗拉强度选用。如果钢丝抗拉强度降低过大,则可适当降低调直筒的转速和调直块的压紧程度。

(2) 采用冷拉方法调直钢筋时,HPB235 级钢筋的冷拉率不宜大于 4%,HRB335 级、HRB400 级及 RRB400 级冷拉率不宜大于 1%。

## 二、钢筋切断

### 1. 机具设备

(1) 钢筋切断机:钢筋切断机的技术性能,见表 5-9。图 5-26 与图 5-27 为钢筋切断机外形。

(2) 手动液压切断器:手动液压切断器,见图 5-28 所示。型号为 GJ56-16,切断力 80kN,活塞行程为 30mm,压柄作用力 220N,总重量 6.5kg,可切断直径 16mm 以下的钢筋。这种机具体积小、重量轻,操作简单,便于携带。

### 第三节 钢筋加工

表 5-9 钢筋切断机技术性能

机械型号	钢筋直径 (mm)	每分钟 切断次数	切断力 (kN)	工作压力 (N/mm <sup>2</sup> )	电机功率 (kW)	外形尺寸(mm) 长×宽×高	重量 (kg)
GQ40	6~40	40	—	—	3.0	1150×430×750	600
GQ40B	6~40	40	—	—	3.0	1200×490×570	450
GQ50	6~50	30	—	—	5.5	1600×690×915	950
DYQ32B	6~32	—	320	45.5	3.0	900×340×380	145

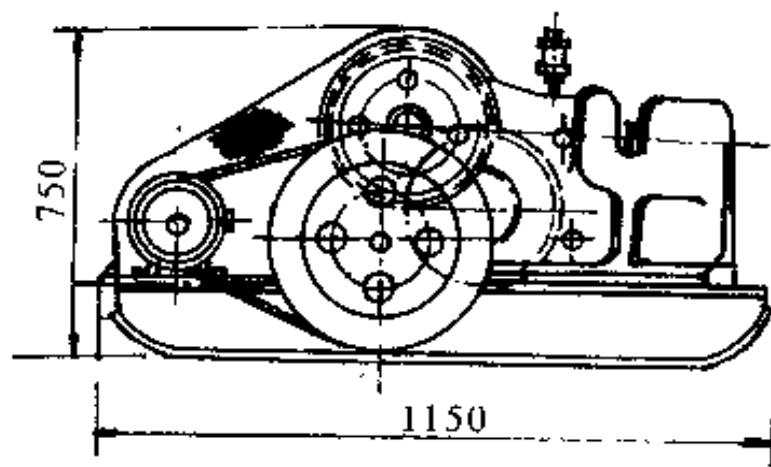


图 5-26 GQ40 型钢筋切断机

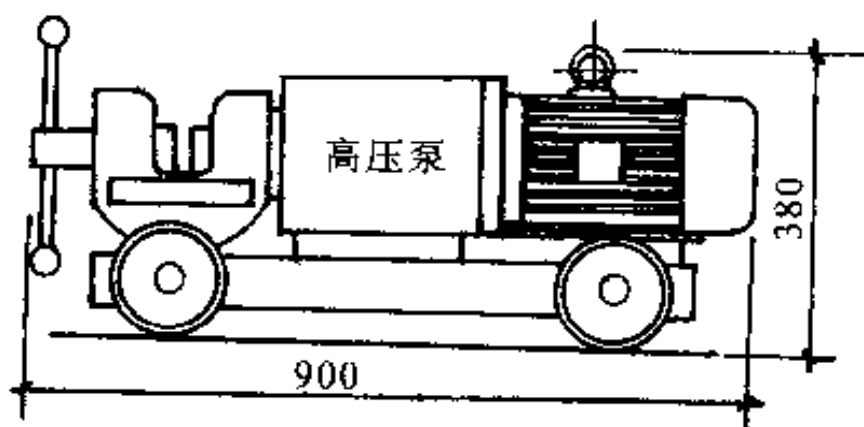


图 5-27 DYQ32B 电动液压切断机



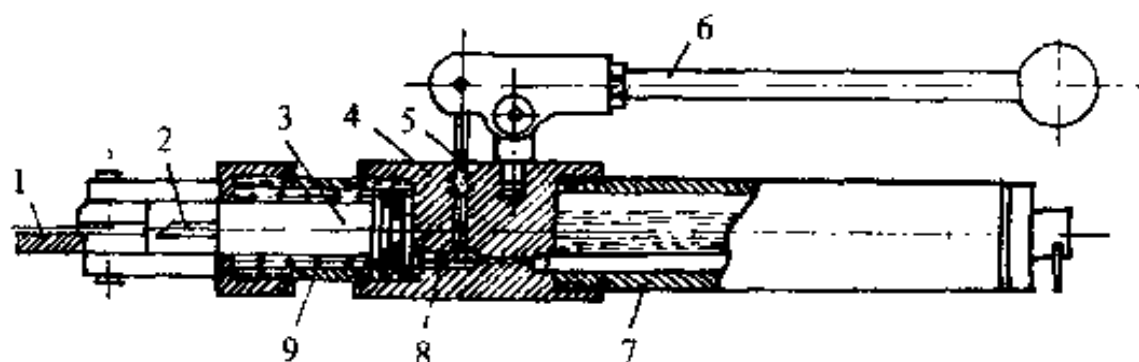


图 5-28 手动液压切断器

1. 滑轮;2. 刀片;3. 活塞;4. 缸体;5. 柱塞;6. 压杆;7. 贮油筒;8. 吸油阀;  
9. 回位弹簧

## 2. 切断工艺

(1) 将同规格钢筋根据不同长度长短搭配,统筹排料;一般应先断长料,后断短料,减少短头,减少损耗。

(2) 断料时应避免用短尺量长料,防止在量料中产生累计误差。为此,宜在工作台上标出尺寸刻度线并设置控制断料尺寸用的挡板。

(3) 钢筋切断机的刀片,应由工具钢热处理制成。刀片的形状可参考图 5-29。安装刀片时,螺丝要紧固,刀口要密合(间隙不大于 0.5mm);固定刀片与冲切刀片刀口的距离:对直径  $\leq 20\text{mm}$  的钢筋宜重叠 1~2mm,对直径  $> 20\text{mm}$  的钢筋宜留 5mm 左右。

(4) 在切断过程中,如发现钢筋有劈裂、缩头或严重的弯头等必须切除;如发现钢筋的硬度与该钢种有较大的出入,应及时向有关人员反映,查明情况。

(5) 钢筋的断口,不得有马蹄形或起弯等现象。

## 三、钢筋弯曲成型

### 1. 钢筋弯钩和弯折的有关规定

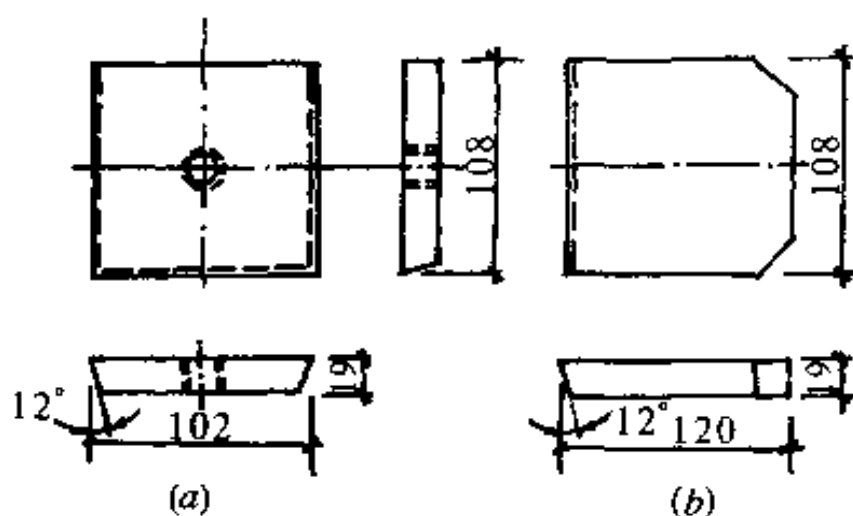


图 5-29 钢筋切断机的刀片形状  
(a) 冲切刀片; (b) 固定刀片

### (1) 受力钢筋

① HPB235 级钢筋末端应作  $180^\circ$  弯钩, 其弯弧内直径不应小于钢筋直径的 2.5 倍, 弯钩的弯后平直部分长度不应小于钢筋直径的 3 倍[图 5-3(a)]。

② 当设计要求钢筋末端需作  $135^\circ$  弯钩时[图 5-30(a)] HRB335 级、HRB400 级钢筋的弯弧内直径  $D$  不应小于钢筋

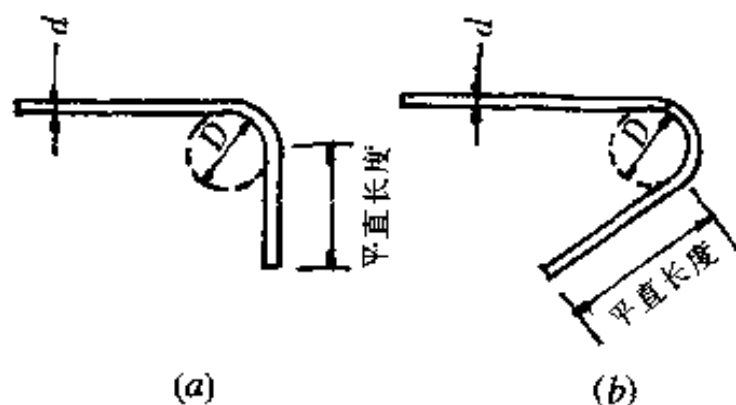


图 5-30 受力钢筋弯折  
(a)  $90^\circ$ ; (b)  $135^\circ$

直径的 4 倍,弯钩的弯后平直部分长度应符合设计要求。

③钢筋作不大于  $90^\circ$  的弯折时〔图 5-30(b)〕,弯折处的弯弧内直径不应小于钢筋直径的 5 倍。

(2)箍筋:除焊接封闭环式箍筋外,箍筋的末端应作弯钩。弯钩形式应符合设计要求;当设计无具体要求时,应符合下列规定:

①箍筋弯钩的弯弧内直径除应满足本项第(1)条①点外,尚应不小于受力钢筋的直径。

②箍筋弯钩的弯折角度:对一般结构,不应小于  $90^\circ$ ;对有抗震等要求的结构应为  $135^\circ$ (图 5-31)。

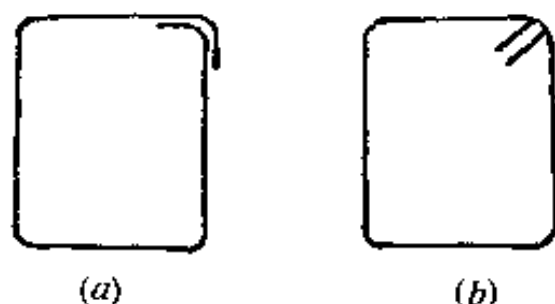


图 5-31 箍筋示意

(a)  $90^\circ/90^\circ$ ; (b)  $135^\circ/135^\circ$

③箍筋弯后的平直部分长度:对一般结构,不宜小于箍筋直径的 5 倍;对有抗震等要求的结构,不应小于箍筋直径的 10 倍。

## 2. 机具设备

(1)钢筋弯曲机:钢筋弯曲机的技术性能,见表 5-10。图 5-32 为钢筋弯曲机外形。表 5-11 为 GW-40 型钢筋弯曲机每次弯曲根数。

表 5-10 钢筋弯曲机技术性能

弯曲机类型	钢筋直径 (mm)	弯曲速度 (r/min)	电机功率 (kW)	外形尺寸(mm) 长×宽×高	重量 (kg)
GW32	6~32	10/20	2.2	875×615×945	340
GW40	6~40	5	3.0	1360×740×865	400
GW40A	6~40	0	3.0	1050×760×828	450
GW50	25~50	2.5	4.0	1450×760×800	580

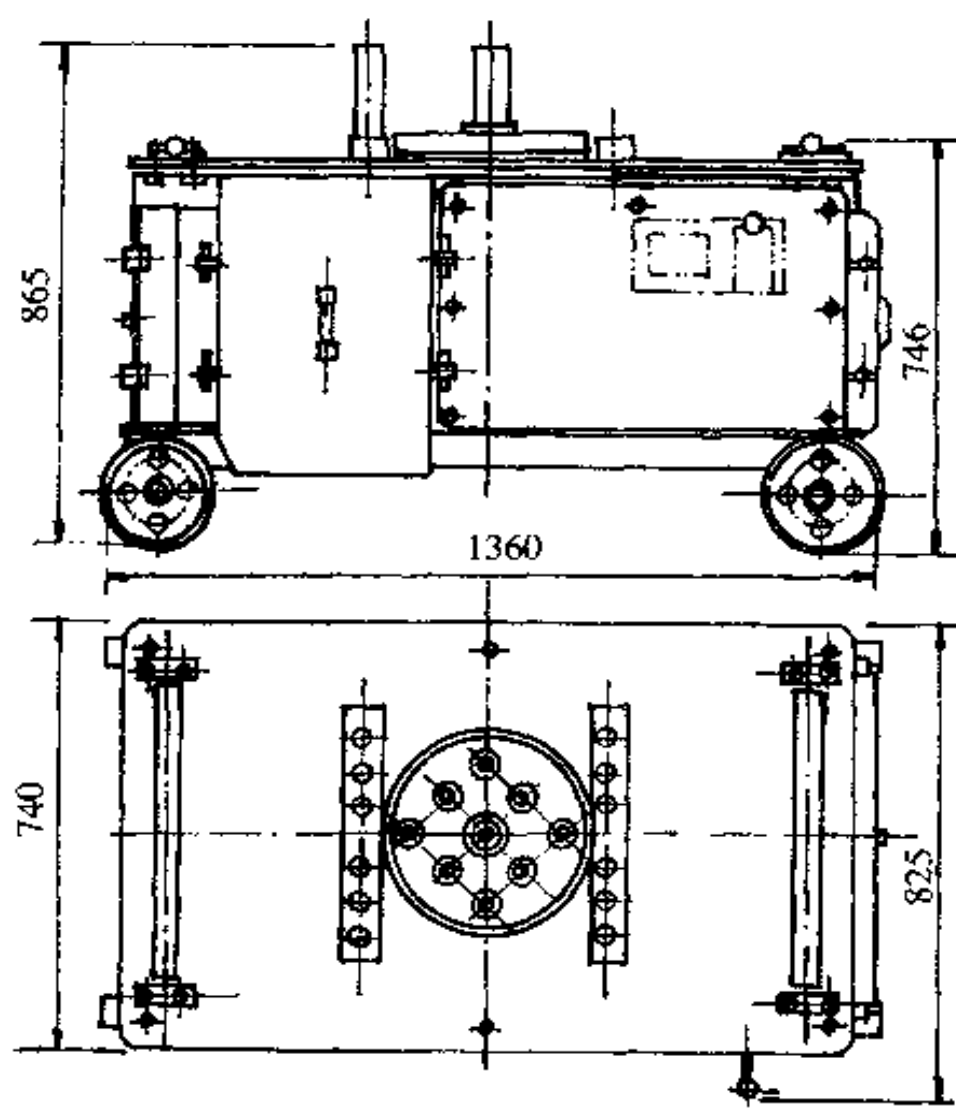


图 5-32 GW40 型钢筋弯曲机(性能见表 5-11)

表 5-11 GW-40 型钢筋弯曲机每次弯曲根数

钢筋直径(mm)	10~12	14~16	18~20	22~40
每次弯曲根数	4~6	3~4	2~3	1

(2) 四头弯筋机: 四头弯筋机(图 5-33)是由一台电动机通过三级变速带动圆盘, 再通过圆盘上的偏心铰带动连杆与齿条, 使四个工作盘转动。每个工作盘上装有心轴与成型

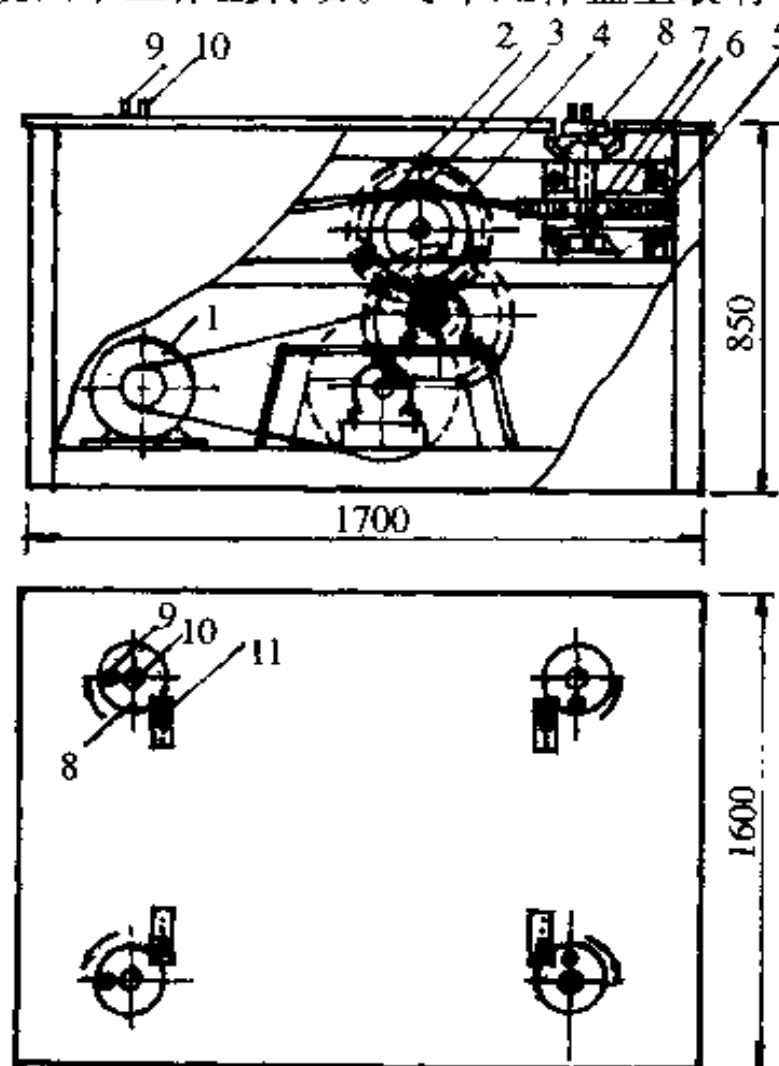


图 5-33 四头弯筋机

1 电动机; 2 偏心圆盘; 3 偏心铰; 4 连杆; 5 齿条; 6 滑道; 7 正齿轮; 8 工作盘; 9 成型轴; 10 心轴; 11 挡铁

轴,但与钢筋弯曲机不同的是:工作盘不停地往复运动,且转动角度一定(事先可调整)。

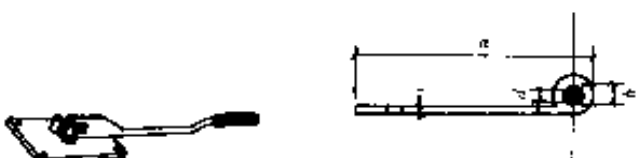
四头弯筋机主要技术参数是:电机功率为 3kW,转速为 960r/min,工作盘反复动作次数为 31r/min。该机可弯曲 $\phi 4 \sim 12$  钢筋,弯曲角度在  $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$  范围内变动。

该机主要是用来弯制钢箍;其工效比手工操作提高约 7 倍,加工质量稳定,弯折角度偏差小。

### 3. 手工弯曲工具


在缺机具设备条件下,也可采用手摇扳手弯制细钢筋、卡筋与扳头弯制粗钢筋。手动弯曲工具的尺寸,详见表 5-12 与表 5-13。

表 5-12 手摇扳手主要尺寸(mm)



项 次	钢筋直径	a	b	c	d
1	$\phi 6$	500	18	16	16
2	$\phi 8 \sim 10$	600	22	18	20

表 5-13 卡盘与扳头(横口扳手)主要尺寸(mm)



项 次	钢筋直径	卡 盘			扳 头			
		a	b	c	d	e	h	l
1	$\phi 12 \sim 16$	50	80	20	22	18	40	1200
2	$\phi 18 \sim 22$	65	90	25	28	24	50	1350
3	$\phi 25 \sim 32$	80	100	30	38	34	76	2100

## 3. 弯曲成型工艺

(1) 划线: 钢筋弯曲前, 对形状复杂的钢筋 (如弯起钢筋), 根据钢筋料牌上标明的尺寸, 用石笔将各弯曲点位置划出。划线时应注意:

① 根据不同的弯曲角度扣除弯曲调整值 (见表 5-3), 其扣法是从相邻两段长度中各扣一半。

② 钢筋端部带半圆弯钩时, 该段长度划线时增加  $0.5d$  ( $d$  为钢筋直径)。

③ 划线工作宜从钢筋中线开始向两边进行; 两边不对称的钢筋, 也可从钢筋一端开始划线, 如划到另一端有出入时, 则应重新调整。

【例 5-7】今有一根直径 20mm 的弯起钢筋, 其所需的形状和尺寸如图 5-34 所示。

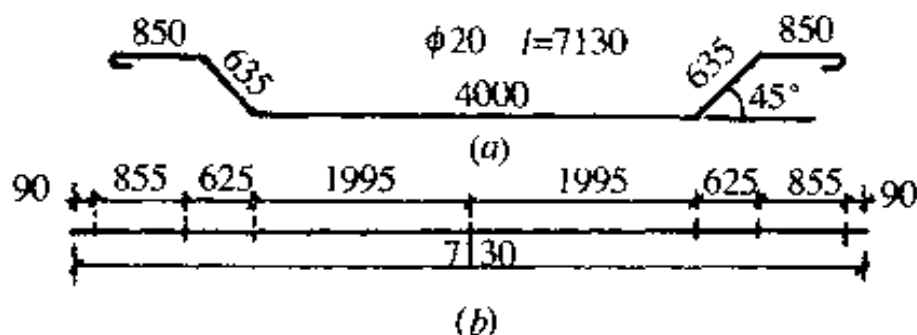


图 5-34 弯起钢筋的划线

(a) 弯起钢筋的形状和尺寸; (b) 钢筋划线

解:

划线方法如下:

第一步在钢筋中心线上划第一道线;

第二步取中段  $4000/2 - 0.5d/2 = 1995\text{mm}$ , 划第二道线;

第三步取斜段  $635 - 2 \times 0.5d/2 = 625\text{mm}$ , 划第三道线;

第四步取直段  $850 - 0.5d/2 + 0.5d = 855\text{mm}$ , 划第四道线。

上述划线方法仅供参考。第一根钢筋成型后应与设计尺寸校对一遍, 完全符合后再成批生产。

(2) 钢筋弯曲成型: 钢筋在弯曲机上成型时(图 5-35), 心轴直径应是钢筋直径的 2.5 ~ 5.0 倍, 成型轴宜加偏心轴套, 以便适应不同直径的钢筋弯曲需要。弯曲细钢筋时, 为了使弯弧一侧的钢筋保持平直, 挡铁轴宜做成可变挡架或固定挡架(加铁板调整)。

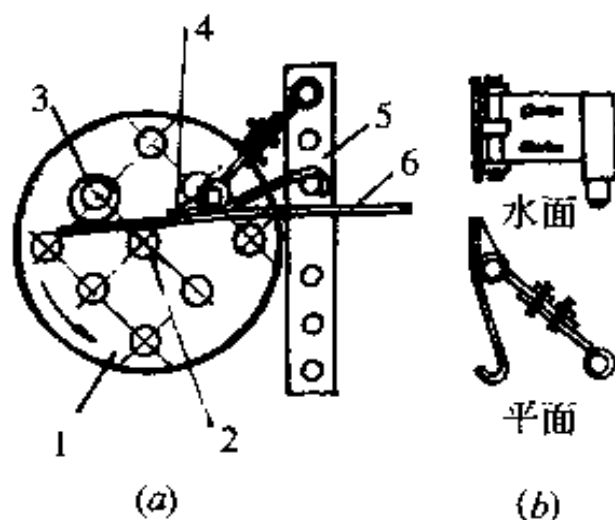


图 5-35 钢筋弯曲成型

(a) 工作简图; (b) 可变挡架构造

1. 工作盘; 2. 心轴; 3. 成型轴; 4. 可变挡架; 5. 插座; 6. 钢筋

钢筋弯曲点线和心轴的关系, 如图 5-36 所示。由于成型轴和心轴在同时转动, 就会带动钢筋向前滑移。因此, 钢筋弯  $90^\circ$  时, 弯曲点线约与心轴内边缘齐; 弯  $180^\circ$  时, 弯曲点线距心轴内边缘为  $1.0 \sim 1.5d$  (钢筋硬时取大值)。

注意: 对 HRB335 与 HRB400 钢筋, 不能弯过头再弯过



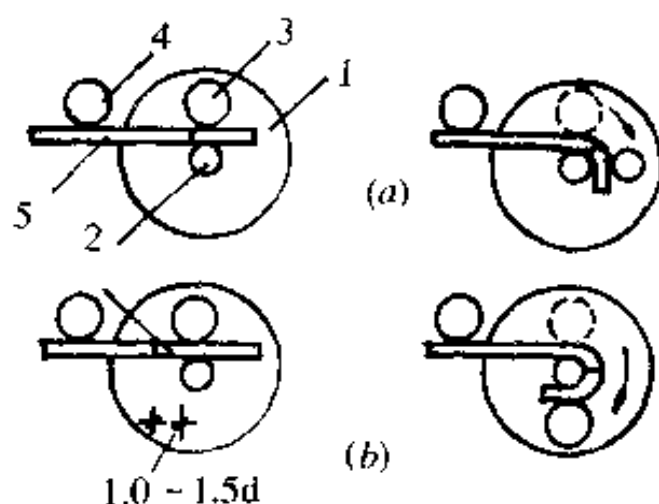


图 5-36 弯曲点线与心轴关系

(a) 弯  $90^\circ$ ; (b) 弯  $180^\circ$

1. 工作盘; 2. 心轴; 3. 成型轴; 4. 固定挡  
铁; 5. 钢筋; 6. 弯曲点线

来, 以免钢筋弯曲点处发生裂纹。

(3) 曲线形钢筋成型: 弯制曲线形钢筋时(图 5-37), 可在原有钢筋弯曲机的工作盘中央, 放置一个十字架和钢套; 另

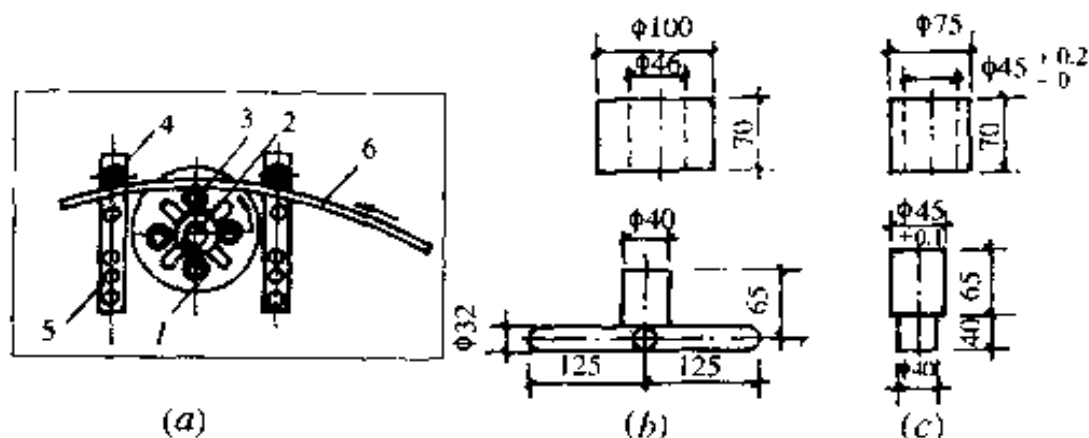


图 5-37 曲线形钢筋成型

(a) 工作简图; (b) 十字撑及圆套详图; (c) 桩柱及圆套详图

1. 工作盘; 2. 十字撑及圆套; 3. 桩柱及圆套; 4. 挡轴圆套; 5. 插座板; 6.  
钢筋

外在工作盘四个孔内插上短轴和成型钢套(和中央钢套相切)。插座板上的挡轴钢套尺寸,可根据钢筋曲线形状选用。钢筋成型过程中,成型钢套起顶弯作用,十字架只协助推进。

(4)螺旋形钢筋成型:螺旋形钢筋,除小直径的螺旋筋已有专门机械生产外,一般可用手摇滚筒成型(图 5-38)。近年来,有些地区改用机械传动的滚筒。由于钢筋有弹性,滚筒直径应比螺旋筋内径略小,可参考表 5-14。

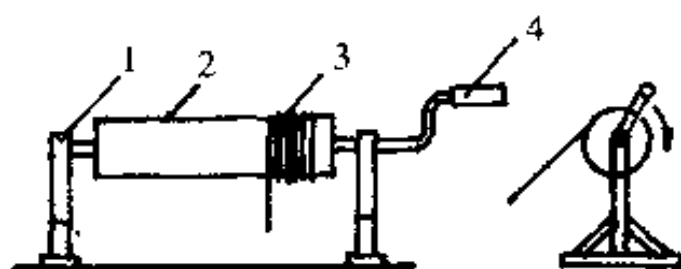


图 5-38 螺旋形钢筋成型

1. 支架;2. 卷筒;3. 钢筋;4. 摇把

表 5-14 滚筒直径与螺旋筋直径关系

螺旋筋内径 (mm)	φ6	288	360	418	485	575	630	700	760	845	-	-	-
	φ8	270	325	390	440	500	565	640	690	765	820	885	965
滚筒外径(mm)		260	310	365	410	460	510	555	600	660	710	760	810

#### 四、钢筋加工的安全技术

(1)钢筋加工必须在规定的地点进行,并将四周围起,无关的人员不得逗留。

(2)操作地点应铺垫木板,以防触电。

(3)各种操作台均应牢固稳定,工作地点应保持整洁。

(4)机械必须有专人负责管理,定期检修,保持完好;不得超负荷使用;非指定人员严禁开动机器。

(5)工作时应将裤脚袖口扎好,并穿戴应有的劳保用品。

酒后或病中严禁操纵机械。

(6)工作前应对使用的机械工具进行详细的全面检查,及时维修,以防操作时发生质量和安全事故。

(7)一切电动机械,必须先接好零线,并检查没有漏电现象后,方准使用。

(8)机械的传动皮带、飞轮和其他传动部分,都应设置防护罩。

(9)室外的电开关箱,应设防雨罩。雨天合闸应戴胶皮手套。不用时应锁箱门。不得在电开关箱内存放杂物。

(10)搬运钢筋时,应戴好垫肩,将道路上的障碍物清理干净。抬运时应前呼后应动作一致。

(11)运输途中必须注意电线,防止触电。

(12)拔丝车间内堆放原料或成品的地点,应离开机器和旋转架 2m 以外。

(13)拉直盘圆钢筋时,为防止盘圆的末端脱落伤人,应设置挡栏设施。

(14)使用机械切断时,必须防止断头蹦出伤人;应根据实际情况,设置保护罩。切断机处严禁无关人员靠近。并应经常检查切刀螺栓的松紧,以保证安全使用。

## 第六章 钢筋焊接

### 第一节 焊条的选用

#### 一、常用焊接方法及原理

常用焊接方法及原理见表 6-1。

表 6-1 常用焊接方法及原理

焊接方法		原 理	说 明
熔 化 焊	气 焊	利用可燃气体(常用乙炔)与氧气混合燃烧的火焰所产生的高热(3000℃)熔化焊件和焊丝而进行金属焊接	生产率低,焊后易变形,但火焰易控制,灵活性较强,常用于焊接薄钢板和黄铜
	电 弧 焊	利用电弧产生高温来熔化金属进行焊接;但埋弧焊电弧是在一层颗粒状的可熔化焊剂覆盖下燃烧,电弧光不外露,而用的金属电极是不间断送进的裸焊丝	具有较高的灵活性和适应性,设备简单耐用,是焊接生产中应用最广泛的一种方法
	手 工 电 弧 焊		熔深大,质量好,生产率高,节省焊接材料和电能,但对接头加工与装配间隙要求较高,适于长焊缝焊接
	电 渣 焊	利用电流通过液体溶渣所产生的电阻热将工件和填充金属熔合成焊缝而进行焊接	焊接成本低,适用于焊接如水轮机、水压机、轧钢机等中的大断面及变断面的结构件

(续表)

焊接方法			原 理	说 明
钎焊			利用熔融钎料润湿母材,填充间隙并与母材相互溶解和扩散而实现连接工件	钎料熔点比焊件低,焊接时焊件本身不熔化,接头平整光滑,焊件变形小。可用于焊接如电真空器件、导线、夹层结构、硬质合金刀具等
压 力 焊	电 阻 焊	对焊	利用电流通过压紧于两电极之间的焊件产生的电阻热,使接触区熔化或达到塑性状态而使焊件联接,不需外加焊接材料	适用于薄板、棒料,生产率高,变形小如汽车驾驶室,冲压件
		点焊		
		凸焊缝焊		适用于油桶、油箱、罐头罐、导弹中的密封容器等
		闪光对焊	利用焊件接触面电阻,在通电后引起金属烧化,再带电顶锻进行焊接	用于重要工件焊接,如棒料、管子、板材、型材、钻杆、锚链刀具等;可焊异种金属(铝—钢、铝—铜)
	气压焊		利用气体火焰将金属局部加热到熔化状态,加外力使其焊接,不填充金属	适用于焊接圆形、长方形截面的杆件与管件,常用于钢轨和钢筋的焊接

## 二、常用焊条型号编制方法

常用焊条型号编制方法见表6-2。

表 6-2 常用焊条型号编制方法

类型	编 制 方 法																					
碳 钢 焊 条	<p>用字母“E”表示焊条,前二位数字表示熔敷金属抗拉强度的最小值,第3位数字表示焊条的焊接位置,第3位、第4位数字组合表示焊接电流种类及药皮类型第3位数字及在第4位数字后附加的字母含义见下表</p> <table><tr><th colspan="7">焊条焊接位置及焊条耐吸潮表示法</th></tr><tr><th>符号</th><th>0,1</th><th>2</th><th>4</th><th>M</th><th>R</th><th>-1</th></tr><tr><th>含义</th><td>全位置焊接(平、立、仰、横)</td><td>平焊、平角焊</td><td>向下立焊</td><td>耐吸潮及力学性能有特殊规定</td><td>耐吸潮</td><td>冲击性能有特殊规定</td></tr></table> <p>示例:</p> <p>E 43 1 5 R</p> <p>焊条 ———— 熔敷金属抗拉强度最小值</p> <p>————— 全位置焊接</p> <p>————— 焊条药皮为低氢钠型,直流反接焊接</p> <p>————— 耐吸潮焊条</p>	焊条焊接位置及焊条耐吸潮表示法							符号	0,1	2	4	M	R	-1	含义	全位置焊接(平、立、仰、横)	平焊、平角焊	向下立焊	耐吸潮及力学性能有特殊规定	耐吸潮	冲击性能有特殊规定
	焊条焊接位置及焊条耐吸潮表示法																					
符号	0,1	2	4	M	R	-1																
含义	全位置焊接(平、立、仰、横)	平焊、平角焊	向下立焊	耐吸潮及力学性能有特殊规定	耐吸潮	冲击性能有特殊规定																
低合金钢焊条	<p>编制方法与碳钢焊条相同,后缀字母为熔敷金属的化学成分分类代号</p> <p>示例:</p> <p>E 55 1 5-B3-VWB</p> <p>焊条 ———— 熔敷金属抗拉强度最小值</p> <p>————— 全位置焊接</p> <p>————— 药皮为低氢钠型,直流反接焊接</p> <p>————— 熔敷金属化学成分分类代号</p> <p>————— 熔敷金属中有钒、钨、硼元素</p>																					

(续表)

类型	编 制 方 法																								
气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝	<p>焊丝按化学成分和采用熔化极气体保护电弧焊时熔敷金属的力学性能分类</p> <p>焊丝型号编制方法示例:</p> <p>ER 55—B2—Mn</p> <p>———焊丝中含有锰元素</p> <p>———焊丝化学成分分类代号</p> <p>———熔敷金属抗拉强度最小值为 550MPa</p> <p>———焊丝</p> <p>字母 ER 表示焊丝, ER 后面的两位数字表示熔敷金属的最低抗拉强度,短划“—”后面的字母或数字表示焊丝化学成分分类代号,如还附加其他化学成分时,直接用元素符号表示,并以短划“—”与前面数字分开</p>																								
低合金钢药芯焊丝	<p>焊丝型号表示为 E×××T×—×, E—焊接, T—药芯焊丝, E 后的前二个“××”表示焊丝熔敷金属力学性能,第 3 个“×”表示推荐的焊接位置,其中 0—平焊位置和横焊位置, 1—全位置;字母 T 及其后的符号表示焊丝在渣系、保护类型及电流类型的不同,短划后的符号表示焊丝熔敷金属化学成分分类代号</p> <p>焊丝类别特点的符号说明</p> <table><tr><th>型 号</th><th>焊丝渣系特点</th><th>保护类型</th><th>电流类型</th></tr><tr><td>E×××T1—×</td><td>渣系以金红石为主体,熔滴成喷射或细滴过渡</td><td>气保护</td><td>直流,焊丝接正极</td></tr><tr><td>E×××T4—×</td><td>渣系具有强脱硫作用,熔滴成粗滴过渡</td><td>自保护</td><td>直流,焊丝接正极</td></tr><tr><td>E×××T5—×</td><td>氧化钙-氟化物碱性渣系,熔滴成粗滴过渡</td><td>气保护</td><td>直流,焊丝接正极</td></tr><tr><td>E×××T8—×</td><td>渣系具有强脱硫作用</td><td>自保护</td><td>直流,焊丝接负极</td></tr><tr><td>E×××T×—C</td><td colspan="3">渣系、电弧特性、焊缝成形及极性不作规定</td></tr></table>	型 号	焊丝渣系特点	保护类型	电流类型	E×××T1—×	渣系以金红石为主体,熔滴成喷射或细滴过渡	气保护	直流,焊丝接正极	E×××T4—×	渣系具有强脱硫作用,熔滴成粗滴过渡	自保护	直流,焊丝接正极	E×××T5—×	氧化钙-氟化物碱性渣系,熔滴成粗滴过渡	气保护	直流,焊丝接正极	E×××T8—×	渣系具有强脱硫作用	自保护	直流,焊丝接负极	E×××T×—C	渣系、电弧特性、焊缝成形及极性不作规定		
型 号	焊丝渣系特点	保护类型	电流类型																						
E×××T1—×	渣系以金红石为主体,熔滴成喷射或细滴过渡	气保护	直流,焊丝接正极																						
E×××T4—×	渣系具有强脱硫作用,熔滴成粗滴过渡	自保护	直流,焊丝接正极																						
E×××T5—×	氧化钙-氟化物碱性渣系,熔滴成粗滴过渡	气保护	直流,焊丝接正极																						
E×××T8—×	渣系具有强脱硫作用	自保护	直流,焊丝接负极																						
E×××T×—C	渣系、电弧特性、焊缝成形及极性不作规定																								

(续表)

类型	编 制 方 法			
低合金钢药芯焊丝	E	60	1	T1—B3
	— 表示焊丝			
	熔敷金属抗拉强度范围为 620~760MPa, 最小屈服强度为 540MPa, 最小伸长率为 17%			
	推荐用于全位置焊接			
	药芯焊丝类别特点, 渣系以金红石为主体, 外加 CO <sub>2</sub> 保护气, 直流, 焊丝接正极			
	焊丝化学成分分类代号			

### 三、焊条选用要点

#### 1. 焊接材料的机械性能和化学成分要求

(1) 对于普通结构钢, 通常要求焊缝金属与母材等强度, 应选用抗拉强度等于或稍高于母材的焊条。

(2) 对于合金结构钢, 通常要求焊缝金属的主要合金成分与母材金属相同或相近。

(3) 在被焊结构刚性大、接头应力高、焊缝容易产生裂纹的不利情况, 可以考虑选用比母材强度低一级的焊条。

(4) 当母材中碳及硫、磷等元素的含量偏高时, 焊缝容易产生裂纹, 应选用抗裂性能好的低氢焊条。

#### 2. 焊件的使用性能和工作条件要求

(1) 对承受动载荷和冲击载荷的焊件, 除满足强度要求外, 还要保证金属具有较高的冲击韧性和塑性, 应选用塑性和韧性指标较高的低氢焊条。

(2) 接触腐蚀介质的焊接, 应根据介质的性质及腐蚀特



征,选用相应的不锈钢类焊条或其他耐腐蚀焊条。

(3)在高温或低温条件下工作的焊件,应选用相应的耐热或低温钢焊条。

### 3. 焊件的结构特点和受力状态

(1)对结构形状复杂、刚性大及大厚度焊件,由于焊接过程中产生很大的应力,容易使焊缝产生裂纹,应选用抗裂性能好的低氢焊条。

(2)对焊接部位难以清理干净的焊件,应选用氧化性强,对铁锈、氧化皮、油污不敏感的酸性焊条。

(3)对受条件限制不能翻转的焊件,有些焊缝处于非平焊位置,应选用全位置焊接的焊条。

### 4. 施工条件及设备

(1)在没有直流电源,而焊接结构又必须使用低氢焊条的场合,应选用交直流两用的低氢焊条。

(2)在狭小或通风条件差的场合,选用酸性焊条或低尘焊条。

### 5. 操作工艺性能

在满足产品性能要求的条件下,尽量选用工艺性能好的酸性焊条。

### 6. 经济效益

在满足使用性能和操作工艺性的条件下,尽量选用成本低、效率高的焊条。

## 四、碳钢焊条 (GB/T5117—1995)

### 1. 碳钢焊条型号分类见表6-3。

表 6-3 碳钢焊条型号分类

焊条型号	药皮类型	焊接位置	电流种类
E43 系列熔敷金属抗拉强度 $\geq 420\text{MPa}$ ( $43\text{kgf/mm}^2$ )			
E4300	特殊型	平、立、仰、横	交流或直流正、反接
E4301	钛铁矿型		
E4303	钛钙型		
E4310	高纤维素钠型		直流反接
E4311	高纤维素钾型		交流或直流反接
E4312	高钛钠型		交流或直流正接
E4313	高钛钾型		交流或直流正、反接
E4315	低氢钠型		直流反接
E4316	低氢钾型		交流或直流反接
E4320	氧化铁型	平	交流或直流正、反接
E4322		平角焊	交流或直流正接
		平	交流或直流正接
E4323	铁粉钛钙型	平、平角焊	交流或直流正、反接
E4324	铁粉钛型		
E4327	铁粉氧化铁型	平	交流或直流正、反接
		平角焊	交流或直流正接
E4328	铁粉低氢型	平、平角焊	交流或直流反接
E50 系列熔敷金属抗拉强度 $\geq 490\text{MPa}$ ( $50\text{kgf/mm}^2$ )			
E5001	钛铁矿型	平、立、仰、横	交流或直流正、反接
E5003	钛钙型		
E5010	高纤维素钠型		直流反接
E5011	高纤维素钾型		交流或直流反接
E5014	铁粉钛型		交流或直流正、反接
E5015	低氢钠型		直流反接

(续表)

焊条型号	药皮类型	焊接位置	电 流 种 类
E5016	低氢钾型	平、立、仰、横	交流或直流反接
F5018	铁粉低氢钾型		
F5018M	铁粉低氢型		直流反接
E5023	铁粉钛钙型	平、平角焊	交流或直流正、反接
E5024	铁粉钛型	平、平角焊	
F5027	铁粉氧化铁型		交流或直流正接
E5028	铁粉低氢型		平、立、横、立向下
E5048			

注：①焊接位置栏中：平——平焊；立——立焊；仰——仰焊；横——横焊；平角焊——水平角焊；立向下——向下立焊。

②焊接位置栏中：立和仰系指适用于立焊和仰焊的直径不大于4mm的E5014、E××15、E××16、E5018和E5018M型焊条及直径不大于5mm的其他型焊条。

## 2. 碳钢焊条规格见表6-4。

表6-4 碳钢焊条规格(mm)

焊条直径	焊条长度	焊条直径	夹持长度
1.6	200~250	≤4.0	10~30
2.0, 2.5	250~350		
3.2, 4.0, 5.0	350~450	≥5.0	15~35
5.6, 6.0, 6.4, 8.0	450~700		

## 3. 碳钢焊条熔敷金属力学性能见表6-5。

表 6-5 碳钢焊条熔敷金属力学性能

焊条型号		抗拉强度 $\sigma_b$		屈服点 $\sigma_s$		伸长率 $\delta_5$
		(MPa)	(kgf/mm <sup>2</sup> )	(MPa)	(kgf/mm <sup>2</sup> )	%
E43 系列	E4300, E4301, E4303, E4310, E4311, E4315, E4316, E4320, E4323, E4327, E4328	420	(43)	330	(34)	22
	17					
	E4312, E4313, E4324			不要求		
	E4322					
E50 系列	E5001, E5003, E5010, E5011	490	(50)	400	(41)	20
	E5015, E5016, E5018, E5027, E5028, E5048					22
	E5014, E5023, E5024					17
	E5018M					24
				365 ~ 500	(37 ~ 51)	

注:①表中单值均为最小值。

②E5018M 型直径为 2.5mm 焊条的屈服点不大于 530MPa(54kgf/mm<sup>2</sup>)。

③E5024-1 型焊条的伸长率最低值为 22%。

## 第二节 焊接材料

1. 适用于本章的焊接钢筋,其性能应分别符合下列现行国家标准(见第一章第三节有关内容)的规定:

- (1)《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》GB 1499。
- (2)《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》GB 13013。
- (3)《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB 13014。
- (4)《冷轧带肋钢筋》GB 13788。
- (5)《低碳钢热轧圆盘条》GB/T 701。

(6)冷拔低碳钢丝的力学性能应符合有关标准的规定,可见表 1-27。

不同牌号钢筋和供建筑用低碳钢热轧圆盘条的主要力学性能见表 6-6。表中序号 1、2、3、4 的符号摘自国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 中表 4.2.2-1。

表 6-6 不同牌号钢筋和热轧圆盘条的主要力学性能

序号	钢筋牌号	屈服点 $\sigma_s$ (或 $\sigma_{p0.2}$ ), N/mm <sup>2</sup>	抗拉强度 $\sigma_b$ N/mm <sup>2</sup>	伸长率 (%)		符号
				$\delta_5$	$\delta_{10}$	
		不小于				
1	HPB235 (R235)	235	370	25		$\phi$
2	HRB335	335	490	16		$\Phi$
3	HRB 400	400	570	14		$\Phi$
4	RRB 400 (KL400)	440	600	14		$\Phi^R$
5	HRB 500	500	630	12		
6	CRB 550 (LL550)		550		8	$\phi^R$
7	Q235	235	410		23	

注：现行国家标准《金属材料 室温拉伸试验方法》GB/T 228—2002 中 4.9.1 规定，抗拉强度的符号为  $R_m$ 。

2. 预埋件接头、熔槽帮条焊接头和坡口焊接头中的钢板和型钢，宜采用低碳钢或低合金钢，其性能应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB 700 或《低合金结构钢》GB 1591 的规定。

3. 电弧焊所采用的焊条，其性能应符合现行国家标准《碳钢焊条》GB 5117 或《低合金钢焊条》GB 5118 的规定，其型号应根据设计确定；若设计无规定时，可按表 6-7 选用。

4. 当采用低氢型碱性焊条时，应按使用说明书的要求烘焙，且宜放入保温筒内保温使用；酸性焊条若在运输或存放中受潮，使用前亦应烘焙后方能使用。

5. 在电渣压力焊和埋弧压力焊中所用的焊剂，可采用 HJ431 焊剂。

表 6-7 钢筋电弧焊焊条型号

钢筋级别	电 弧 焊 接 头 型 式			
	帮条焊 搭接焊	坡口焊 熔槽帮条焊 预埋件穿孔塞焊	窄间隙焊	钢筋与钢板搭接焊 预埋件 T 型角焊
HPB235	E4303	E4303	E4316 E4315	E4303
HRB335	E4303	E5003	E5016 E5015	E4303
HRB400	E5003	E5503	E6016 E6015	—

6. 焊剂应存放在干燥的库房内,当受潮时,在使用前应经 250 ~ 300℃ 烘焙 2h。

使用中回收的焊剂应清除熔渣和杂物,并应与新焊剂混合均匀后使用。

7. 凡施焊的各种钢筋、钢板均应有材质证明书或试验报告单。焊单、焊剂应有合格证。各种焊接材料应分类存放和妥善保管,并应采取防止锈蚀、受潮变质的措施。



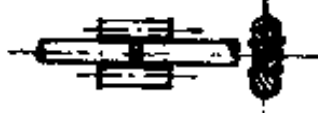




8. 氧气的质量应符合现行国家标准《工业用气态氧》GB 3863 的规定,其纯度应大于或等于 99.5%;乙炔的质量应符合现行国家标准《溶解乙炔》GB 6819 的规定,其纯度应大于或等于 98.0%;液化石油气应符合现行国家标准《液化石油气》GB11174 或《油气田液化石油气》GB9052.1 的各项规定。

### 第三节 钢筋焊接

#### 一、一般规定








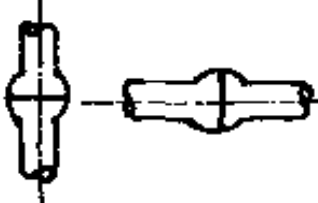
(1) 钢筋焊接时,各种焊接方法的适用范围应符合表 6-8 的规定。

表 6-8 钢筋焊接方法的适用范围

焊接方法		接头型式	适用范围	
			钢筋牌号	钢筋直径 (mm)
电阻点焊			HPB235 HPB335 HRB400 CRB550	8~16 6~16 6~16 4~12
闪光对焊			HPB235 HRB335 HRB400 RRB400 HRB500 Q235	8~20 6~40 6~40 10~32 10~40 6~14
电 弧 焊	帮条焊	双面焊 	HPB235 HRB335 HRB400 RRB400	10~20 10~40 10~40 10~25
		单面焊 	HPB235 HRB335 HRB400 RRB400	10~20 10~40 10~40 10~25
	搭接焊	双面焊 	HPB235 HRB335 HRB400 RRB400	10~20 10~40 10~40 10~25
		单面焊 	HPB235 HRB335 HRB400 RRB400	10~20 10~40 10~40 10~25
	熔槽帮条焊 		HPB235 HRB335 HRB400 RRB400	20 20~40 20~40 20~25

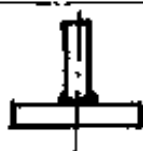
### 第三节 钢筋焊接

(续表)

焊接方法			接 头 型 式	适 用 范 围	
				钢筋牌号	钢筋直径 (mm)
电 弧 焊	坡 口 焊	平 焊		HPB235 HRB335 HRB400 RRB400	18 ~ 20 18 ~ 40 18 ~ 40 18 ~ 25
		立 焊		HPB235 HRB335 HRB400 RRB400	18 ~ 20 18 ~ 40 18 ~ 40 18 ~ 25
	钢筋与钢板 搭 接 焊			HPB235 HRB335 HRB400	8 ~ 20 8 ~ 40 8 ~ 25
	窄间隙焊			HPB235 HRB335 HRB400	16 ~ 20 16 ~ 40 16 ~ 40
	预 埋 件 电 弧 焊	角 焊		HPB235 HRB335 HRB400	8 ~ 20 6 ~ 25 6 ~ 25
		穿 孔 塞 焊		HPB235 HRB335 HRB400	20 20 ~ 25 20 ~ 25
电渣压力焊				HPB235 HRB335 HRB400	14 ~ 20 14 ~ 32 14 ~ 32
气 压 焊				HPB235 HRB335 HRB400	14 ~ 20 14 ~ 40 14 ~ 40



(续表)

焊接方法	接头型式	适用范围	
		钢筋牌号	钢筋直径 (mm)
预埋件钢筋埋弧 压力焊		HPB235 HRB335 HRB400	8~20 6~25 6~25

注:①电阻点焊时,适用范围的钢筋直径系指2根不同直径钢筋交叉叠接中较小钢筋的直径。

②当设计图纸规定对冷拔低碳钢丝焊接网进行电阻点焊,或对原 RL540 钢筋(Ⅳ级)进行闪光对焊时,可按本章相关条款的规定实施。

③钢筋闪光对焊含封闭环式箍筋闪光对焊。

(2)电渣压力焊应用于柱、墙、构筑物等现浇混凝土结构中竖向受力钢筋的连接;不得用于梁、板等构件中水平钢筋的连接。

(3)含有焊接接头的钢筋在冷拉过程中,若在接头部位发生断裂时,可切除热影响区后再焊再拉;但不得多于两次。且其冷拉工艺与要求应符合现行有关国家标准的规定。

(4)在工程开工或每批钢筋正式焊接之前,应进行现场条件下的焊接性能试验。合格后,方可正式生产。试件数量与要求,应与质量检查与验收时相同。

(5)钢筋焊接施工之前,应清除钢筋或钢板焊接部位和电极接触的钢筋表面上的锈斑、油污、杂物等;钢筋端部当有弯折、扭曲时,应予以矫直或切除。

(6)进行电阻点焊、闪光对焊、电渣压力焊,或埋弧压力焊时,应随时观察电源电压的波动情况。对于电阻点焊或闪光对焊,当电源电压下降大于5%、小于8%时,应采取提高焊

接变压器级数的措施;当大于或等于 8% 时,不得进行焊接。对于电渣压力焊或埋弧压力焊,当电源电压下降大于 5% 时,不宜进行焊接。

(7) 焊机应经常维护保养和定期检修,确保正常使用。

(8) 对从事钢筋焊接施工的班组及有关人员应经常进行安全生产教育,执行现行国家标准《焊接与切割安全》GB 9448 中有关规定,并应制定和实施安全技术措施,加强焊工的劳动保护,防止发生烧伤、触电、火灾、爆炸以及烧坏焊接设备等事故。

## 二、钢筋电阻点焊

钢筋电阻点焊是将两钢筋安放成交叉叠接形式,压紧于两电极之间,利用电阻热熔化母材金属,加压形成焊点的一种压焊方法。

(1) 混凝土结构中的钢筋焊接骨架和钢筋焊接网,宜采用电阻点焊制作。

(2) 在焊接骨架中,较小钢筋直径小于或等于 10mm 时,大、小钢筋直径之比不宜大于 3;当较小钢筋直径为 12mm 或 14mm 时,大、小钢筋直径之比,不宜大于 2。

注:较小钢筋系指焊接骨架、焊接网两根不同直径钢筋焊点中直径较小的钢筋。

(3) 钢筋焊接骨架和钢筋焊接网可由 HPB235、HRB335、HRB400、CRB550 钢筋制成。

焊接网的纵向钢筋可采用单根钢筋或双根钢筋;横向钢筋应采用单根钢筋(图 6-1)。

(4) 焊接网的纵向、横向钢筋均为单根钢筋时,钢筋的直径应符合下式要求:

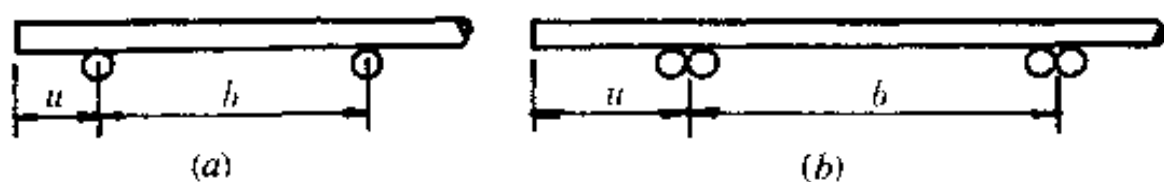


图 6-1 焊接网纵向钢筋和横向钢筋

(a) 纵向单根钢筋; (b) 纵向双根钢筋

 $u$ —伸出长度;  $b$ —钢筋间距

$$d_{min} \geq 0.6d_{max}$$

式中:  $d_{max}$ ——较大钢筋的公称直径; $d_{min}$ ——较小钢筋的公称直径。

(5) 当纵向钢筋采用双根钢筋时, 钢筋的直径应符合下式要求:

$$0.7d_t \leq d_l \leq 1.25d_t$$

式中:  $d_t$ ——横向钢筋的公称直径; $d_l$ ——双根钢筋之一的公称直径。

(6) 电阻点焊的工艺过程应包括预压、通电、锻压三个阶段。

(7) 电阻点焊应根据钢筋级别、直径及焊机性能等具体情况, 选择变压器级数、焊接通电时间和电极压力。

当采用 DN3—75 型点焊机焊接 HPB235 钢筋时, 焊接通电时间应符合表 6-9 的规定; 电极压力应符合表 6-10 的规定。

(8) 焊点的压入深度应符合下列要求:

① 热轧钢筋点焊时, 压入深度应为较小钢筋直径的 25% ~ 45%。

② 冷拔低碳钢丝、冷轧带肋钢筋点焊时, 压入深度应为较小钢筋(丝)直径的 25% ~ 40%。

表 6-9 焊接通电时间(s)

变压器 级 数	较 小 钢 筋 直 径 (mm)							
	3	4	5	6	8	10	12	14
1	0.08	0.10	0.12	—	—	—	—	—
2	0.05	0.06	0.07	—	—	—	—	—
3	—	—	—	0.22	0.70	1.50	—	—
4	—	—	—	0.20	0.60	1.25	2.50	4.00
5	—	—	—	—	0.50	1.00	2.00	3.50
6	—	—	—	—	0.40	0.75	1.50	3.00
7	—	—	—	—	—	0.50	1.20	2.50

注：点焊 HRB335、HRB400 或 CRB550 钢筋时，焊接通电时间可延长 20% ~ 25%。

表 6-10 电极压力(N)

较小钢筋直径 (mm)	HPB235	HRB335 HRB400 CRB550
3	980 ~ 1470	—
4	980 ~ 1470	1470 ~ 1960
5	1470 ~ 1960	1960 ~ 2450
6	1960 ~ 2450	2450 ~ 2940
8	2450 ~ 2940	2940 ~ 3430
10	2940 ~ 3920	3430 ~ 3920
12	3430 ~ 4410	4410 ~ 4900
14	3920 ~ 4900	4900 ~ 5880

压入深度是指在焊接骨架或焊接网的电阻点焊中,两钢筋(丝)相互压入的深度 $d$ 。(图6-2)



图6-2 压入深度

### (9) 钢筋多头点焊机宜用

于冷拔低碳钢丝、冷轧带肋钢筋同规格焊接网的成批生产。当点焊生产时,除符合上述规定外,尚应准确调整好各个电极之间的距离,并应经常检查各个焊点的焊接电流和焊接通电时间。

(10) 钢筋点焊时,电极的直径应根据较小钢筋直径选用,并应符合表6-11的规定。

表6-11 电极直径

较小钢筋直径(mm)	电 极 直 径 (mm)
3 ~ 10	30
12 ~ 14	40

在点焊生产中,应经常保持电极与钢筋之间接触表面的清洁平整;当电极使用变形时,应及时修整。

(11) 钢筋点焊生产过程中,应随时检查制品的外观质量,当发现焊接缺陷时,可按表6-12查找原因和采取措施,及时消除。

### 三、钢筋闪光对焊

钢筋闪光对焊是将两钢筋安放成对接形式,利用电阻热使接触点金属熔化,产生强烈飞溅,形成闪光,迅速施加顶锻力完成的一种压焊方法。

(1) 钢筋的对接连接应优先采用闪光对焊;其焊接工艺

表 6-12 点焊制品焊接缺陷及消除措施

缺 陷	产 生 原 因	措 施
焊点过烧	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 变压器级数过高;</li> <li>2. 通电时间太长;</li> <li>3. 上下电极不对中心;</li> <li>4. 继电器接触失灵</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 降低变压器级数;</li> <li>2. 缩短通电时间;</li> <li>3. 切断电源,校正电极;</li> <li>4. 清理触点,调节间隙</li> </ol>
焊点脱落	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电流过小;</li> <li>2. 压力不够;</li> <li>3. 压入深度不足;</li> <li>4. 通电时间太短</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 提高变压器级数;</li> <li>2. 加大弹簧压力或调大气压;</li> <li>3. 调整两电极间距离符合压入深度要求;</li> <li>4. 延长通电时间</li> </ol>
钢筋表面烧伤	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 钢筋和电极接触表面太脏;</li> <li>2. 焊接时没有预压过程或预压力过小;</li> <li>3. 电流过大;</li> <li>4. 电极变形</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 清刷电极与钢筋表面的铁锈和油污;</li> <li>2. 保证预压过程和适当的预压力;</li> <li>3. 降低变压器级数;</li> <li>4. 修理或更换电极</li> </ol>

方法宜按下列规定选择:

①当钢筋直径较小,钢筋级别较低,在本项第 2 条的规定范围内,可采用“连续闪光焊”。

②当超过表中规定,且钢筋端面较平整,宜采用“预热闪光焊”。

③当钢筋端面不平整,应采用“闪光-预热闪光焊”。

(2)连续闪光焊所能焊接的钢筋上限直径,应根据焊机容量、钢筋级别等具体情况而定,并应符合表 6-13 的规定。

表 6-13 连续闪光焊钢筋上限直径

焊机容量(kV·A)	钢 筋 牌 号	钢 筋 直 径(mm)
160 (150)	HPB235	20
	HRB335	22
	HRB400	20
	RRB400	20
100	HPB235	20
	HRB335	18
	HRB400	16
	RRB400	16
80 (75)	HPB235	16
	HRB335	14
	HRB400	12
	RRB400	12
40	HPB235	10
	Q235	
	HRB335	
	HRB400	
	RRB400	

(3) 闪光对焊时,应选择调伸长度、烧化留量、顶锻留量以及变压器级数等焊接参数。连续闪光焊时的留量应包括烧化留量、有电顶锻留量和无电顶锻留量(图 6-3a);闪光-预热闪光焊时的留量应包括:一次烧化留量、预热留量、二次烧化留量、有电顶锻留量和无电顶锻留量(图 6-3b)。

(4) 调伸长度的选择,应随着钢筋级别的提高和钢筋直径的加大而增长。当焊接 RRB400、HRB500 钢筋时,调伸长度宜在 40~60mm 内选用。

(5) 烧化留量的选择,应根据焊接工艺方法确定。当连续闪光焊接时,烧化过程应较长。烧化留量应等于两根钢筋在断料时切断机刀口严重压伤部分(包括端面的不平整度),再加 8mm。

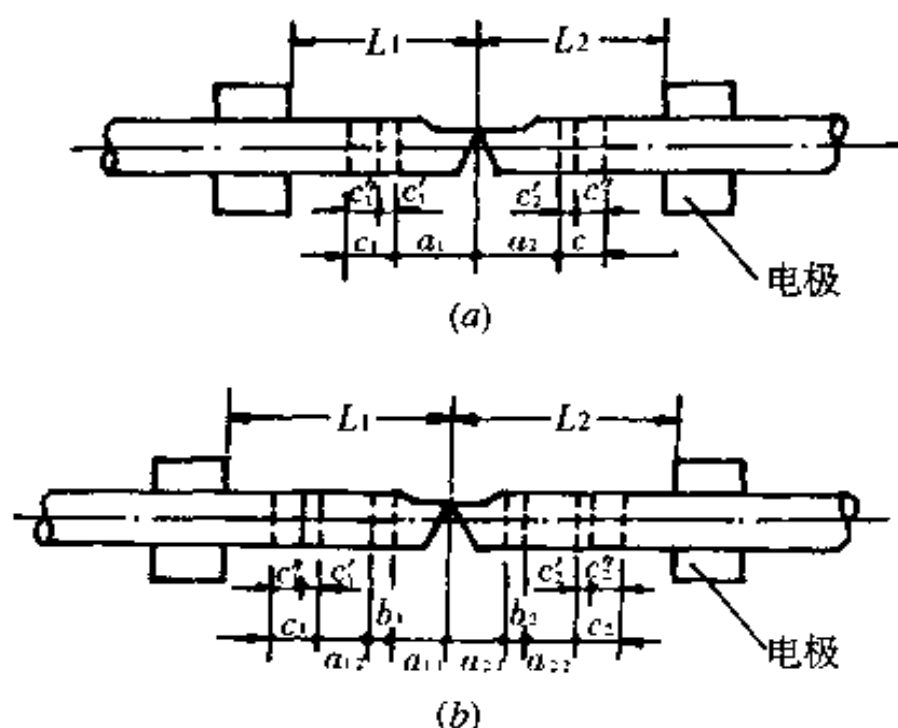


图 6-3 钢筋闪光对焊留量图解

(a) 连续闪光焊:  $L_1$ 、 $L_2$ —调伸长度;  $a_1 + a_2$ —烧化留量;  $c_1 + c_2$ —顶锻留量;  $c'_1 + c'_2$ —有电顶锻留量;  $c''_1 + c''_2$ —无电顶锻留量

(b) 闪光-预热闪光焊:  $L_1$ 、 $L_2$ —调伸长度;  $a_{1.1} + a_{2.1}$ —一次烧化留量;  $a_{1.2} + a_{2.2}$ —二次烧化留量;  $b_1 + b_2$ —预热留量;  $c'_1 + c'_2$ —有电顶锻留量;  $c''_1 + c''_2$ —无电顶锻留量

闪光-预热闪光焊时,应区分一次烧化留量和二次烧化留量。一次烧化留量等于两根钢筋在断料时切断机刀口严重压伤部分,二次烧化留量不应小于 10mm。预热闪光焊时的烧化留量不应小于 10mm。

(6) 需要预热时,宜采用电阻预热法。预热留量应为 1 ~ 2mm, 预热次数应为 1 ~ 4 次; 每次预热时间应为 1.5 ~ 2s, 间歇时间应为 3 ~ 4s。

(7) 顶锻留量应为 4 ~ 10mm, 并应随钢筋直径的增大和



钢筋级别的提高而增加(其中有电顶锻留量约占 1/3)。

焊接 HRB500 钢筋时,顶锻留量宜增大 30%。

(8)变压器级数应根据钢筋级别、直径、焊机容量以及焊接工艺方法等具体情况选择。

(9)RRB400 钢筋闪光对焊时,与热轧钢筋比较,应减小调伸长度,提高焊接变压器级数,缩短加热时间,快速顶锻,形成快热快冷条件,使热影响区长度控制在钢筋直径的 0.6 倍范围之内。

(10)HRB500 钢筋焊接时,应采用预热闪光焊或闪光-预热闪光焊工艺。当接头拉伸试验结果发生脆性断裂,或弯曲试验不能达到规定要求时,尚应在焊机上进行焊后热处理,热处理工艺应符合下列要求:

①待接头冷却至常温,将电极钳口调至最大间距,重新夹紧。

②应采用最低的变压器级数,进行脉冲式通电加热;每次脉冲循环,应包括通电时间和间歇时间,并宜为 3s。

③焊后热处理温度应在 750 ~ 850℃ 选择,随后在环境温度下自然冷却。

(11)当螺丝端杆与钢筋对焊时,宜事先对螺丝端杆进行预热,并减小调伸长度。钢筋一侧的电极应垫高,确保两者轴线一致。

(12)采用 UN2-150 型对焊机(电动机凸轮传动)或 UN17-150-1 型对焊机(气-液压传动)进行大直径钢筋焊接时,宜首先采取锯割或气割方式对钢筋端面进行平整处理;然后,采取预热闪光焊工艺,并应符合下列要求:

①闪光过程应强烈、稳定。

②顶锻凸块应垫高。

③应准确调整并严格控制各过程的起点和止点。

(13)在闪光对焊生产中,当出现异常现象或焊接缺陷时,宜按表6-14查找原因和采取措施,及时消除。

表6-14 闪光对焊异常现象、焊接缺陷及消除措施

异常现象和焊接缺陷	措 施
烧化过分剧烈并产生强烈的爆炸声	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 降低变压器级数;</li> <li>2. 减慢烧化速度</li> </ol>
闪光不稳定	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 消除电极底部和表面的氧化物;</li> <li>2. 提高变压器级数;</li> <li>3. 加快烧化速度</li> </ol>
接头中有氧化膜、未焊透或夹渣	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 增加预热程度;</li> <li>2. 加快临近顶锻时的烧化程度;</li> <li>3. 确保带电顶锻过程;</li> <li>4. 加快顶锻速度;</li> <li>5. 增大顶锻压力</li> </ol>
接头中有缩孔	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 降低变压器级数;</li> <li>2. 避免烧化过程过分强烈;</li> <li>3. 适当增大顶锻留量及顶锻压力</li> </ol>
焊缝金属过烧	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 减小预热程度;</li> <li>2. 加快烧化速度,缩短焊接时间;</li> <li>3. 避免过多带电顶锻</li> </ol>
接头区域裂纹	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检验钢筋的碳、硫、磷含量;若不符合规定时应更换钢筋;</li> <li>2. 采取低频预热方法,增加预热程度</li> </ol>

(续表)

异常现象和焊接缺陷	措 施
钢筋表面微熔及烧伤	1. 消除钢筋被夹紧部位的铁锈和油污; 2. 消除电极内表面的氧化物; 3. 改进电极槽口形状,增大接触面积; 4. 夹紧钢筋
接头弯折或轴线偏移	1. 正确调整电极位置; 2. 修整电极钳口或更换已变形的电极; 3. 切除或矫直钢筋的弯头

#### 四、钢筋电弧焊

钢筋电弧焊是指以焊条作为一极,钢筋为另一极,利用焊接电流通过产生的电弧热进行焊接的一种熔焊方法。

(1) 钢筋电弧焊包括帮条焊、搭接焊、坡口焊、窄间隙焊和熔槽帮条焊五种接头型式。焊接时应符合下列要求:

①应根据钢筋级别、直径、接头型式和焊接位置,选择焊条、焊接工艺和焊接参数。

②焊接时,引弧应在垫板、帮条或形成焊缝的部位进行,不得烧伤主筋。

③焊接地线与钢筋应接触紧密。

④焊接过程中应及时清渣,焊缝表面应光滑,焊缝余高应平缓过渡,弧坑应填满。

(2) 帮条焊时,宜采用双面焊〔图 6-4(a)〕。当不能进行双面焊时,可采用单面焊〔图 6-4(b)〕。

帮条长度  $l$  应符合表 6-15 的规定。当帮条级别与主筋相同时,帮条直径可与主筋相同或小一个规格;当帮条直径与主筋相同时,帮条级别可与主筋相同或低一个级别。

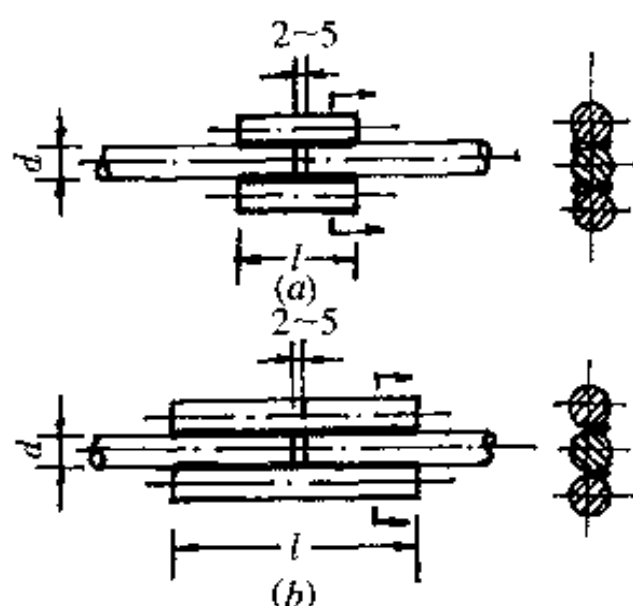


图 6-4 钢筋帮条焊接头

(a) 双面焊; (b) 单面焊

 $d$ —钢筋直径;  $l$ —帮条长度

表 6-15 钢筋帮条长度

钢筋级别	焊缝型式	帮条长度 $l$
HPB235	单面焊	$\geq 8d$
	双面焊	$\geq 4d$
HRB335	单面焊	$\geq 10d$
HRB400	双面焊	$\geq 5d$
RRB400		

 注:  $d$  为主筋直径(mm)。

(3) 焊接时宜采用双面焊〔图 6-5 (a)〕。当不能进行双面焊时,可采用单面焊〔图 6-5 (b)〕。搭接长度与帮条长度相同,并应符合本节表 6-15 的规定。

(4) 帮条焊接头或搭接焊接头的焊缝厚度  $s$  不应小于主筋直径的 0.3 倍;焊缝宽度  $b$  不应小于主筋直径的 0.8 倍(图

6-6)。

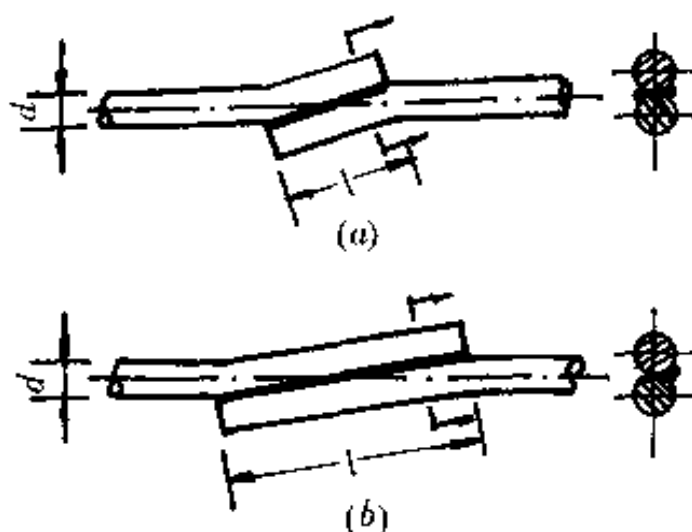


图 6-5 钢筋搭接焊接头

(a) 双面焊; (b) 单面焊

 $d$ —钢筋直径;  $l$ —搭接长度

(5) 帮条焊或搭接焊时, 钢筋的装配和焊接应符合下列要求:

① 帮条焊时, 两主筋端面的间隙应为  $2 \sim 5\text{mm}$ 。

② 搭接焊时, 焊接端钢筋应预弯, 并使两钢筋的轴线在一直线上。

③ 帮条焊时, 帮条与主筋之间应用四点定位焊固定; 搭接焊时, 应用两点固定; 定位焊缝与帮条端部或搭接端部的距离应大于或等于  $20\text{mm}$ 。

④ 焊接时, 应在帮条焊或搭接焊形成焊缝中引弧; 在端头收弧前应填满弧坑, 并使主焊缝与定位焊缝的始端和终端熔合。

(6) 熔槽帮条焊宜用于直径  $20\text{mm}$  及以上钢筋的现场安

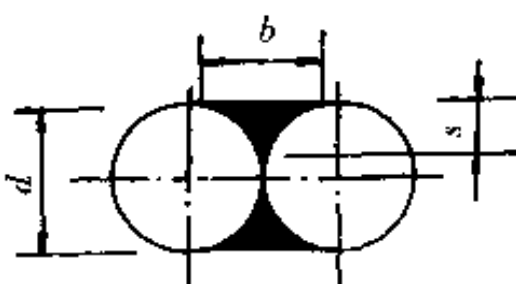


图 6-6 焊缝尺寸示意图

 $b$ —焊缝宽度;  $s$ —焊缝厚度; $d$ —钢筋直径

装焊接。焊接时应加角钢作垫板模。接头形式(图 6-7)、角钢尺寸和焊接工艺应符合下列要求:

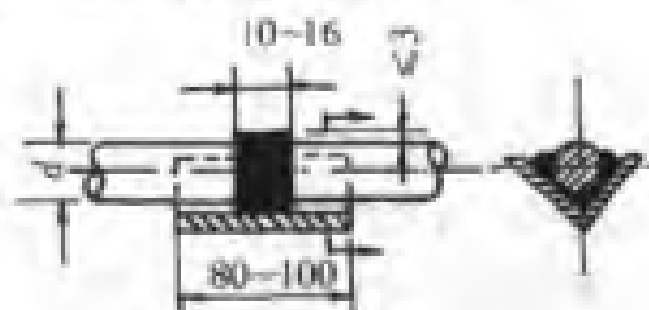


图 6-7 钢筋熔槽帮条焊接头

- ①角钢边长宜为 40~60mm,长度宜为 80~100mm。
- ②钢筋端头应加工平整;两钢筋端面的间隙应为 10~16mm。
- ③从接缝处垫板引弧后应连续施焊,并使钢筋端部熔合,防止未焊透、气孔或夹渣。
- ④焊接过程中应停焊清渣 1 次。焊平后,再进行焊缝余高的焊接,其高度不得大于 3mm。
- ⑤钢筋与角钢垫板之间,应加焊侧面焊缝 1~3 层,焊缝应饱满,表面应平整。

(7) 窄间隙焊宜用于直径 16mm 及以上钢筋的现场水平连接。焊接时,钢筋应置于铜模中,并应留出一定间隙,用焊条连续焊接,熔化钢筋端面并使熔敷金属填充间隙,形成接头(图 6-8);其焊接工艺应符合下列要求:

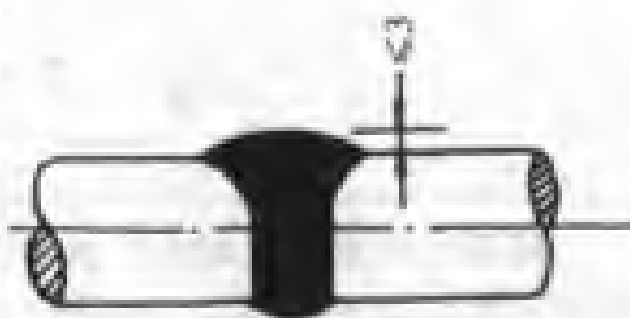


图 6-8 钢筋窄间隙焊接头

①钢筋端面应平整。

②应选用低氢型碱性焊条,其型号应符合本章第二节第3条的规定。

③端面间隙和焊接参数可按表6-16选用。

④从焊缝根部引弧后应连续进行焊接,左、右、来回运弧,在钢筋端面处电弧应少许停留,并使熔合。

⑤当焊至端面间隙的4/5高度后,焊缝应逐渐扩宽;当熔池过大时,应改连续焊为断续焊,避免过热。

⑥焊缝余高不得大于3mm,且应平缓过渡至钢筋表面。

表6-16 窄间隙焊端面间隙和焊接参数

钢筋直径(mm)	端面间隙(mm)	焊条直径(mm)	焊接电流(A)
16	9~11	3.2	100~110
18	9~11	3.2	100~110
20	10~12	3.2	100~110
22	10~12	3.2	100~110
25	12~14	4.0	150~160
28	12~14	4.0	150~160
32	12~14	4.0	150~160
36	13~15	5.0	220~230
40	13~15	5.0	220~230

钢筋窄间隙电弧焊有将两钢筋安放成水平对接形式,并置于铜模内,中间留有少量间隙,用焊条从接头根部引弧,连续向上焊接,完成的一种电弧焊方法。

本条系根据窄间隙焊的试验研究和生产应用总结,新增加的条文。焊接工艺过程见图6-9。从推广应用表明,可以

取得良好技术经济效果。

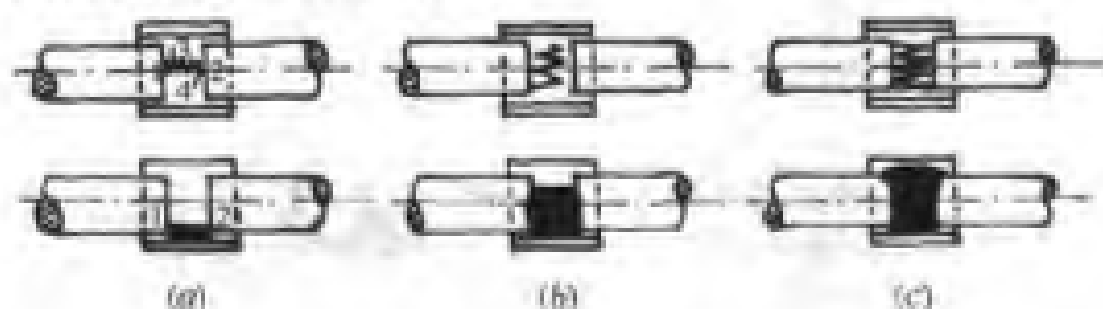


图 6-9 窄间隙焊工艺过程示意图

(a) 焊接初期; (b) 焊接中期; (c) 焊接末期

焊缝余高是指焊缝表面焊趾连线上的那部分金属的高度  $h_f$  (图 6-10)。



图 6-10 焊缝余高

(8) 预埋件钢筋电弧焊 T 型接头可分为角焊和穿孔塞焊两种 (图 6-11)。装配和焊接时, 应符合下列要求:

① 钢板厚度  $\delta$  不宜小于钢筋直径的 0.6 倍, 且不应小于 6mm。

② 受力锚固钢筋的直径不宜小于 8mm; 构造锚固钢筋的直径不宜小于 6mm。

③ 当采用 HPB235 钢筋时, 角焊缝焊脚  $k$  不得小于钢筋直径的 0.5 倍; 采用 HRB335 和 HRB400 钢筋时, 焊脚  $k$  不得小于钢筋直径的 0.6 倍。

④ 施焊中, 不得使钢筋咬边和烧伤。

(9) 钢筋与钢板搭接焊时, 焊接接头 (图 6-12) 应符合



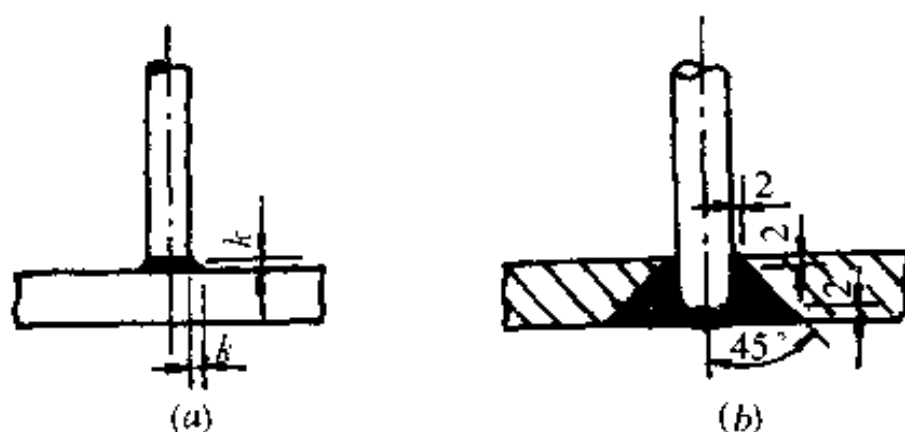


图 6-11 预埋件钢筋电弧焊 T 型接头

(a)角焊;(b)穿孔塞焊

$k$ —焊脚

下列要求:

①HPB235 钢筋的搭接长度  $l$  不得小于 4 倍钢筋直径, HRB335 和 HRB400 钢筋搭接长度  $l$  不得小于 5 倍钢筋直径。

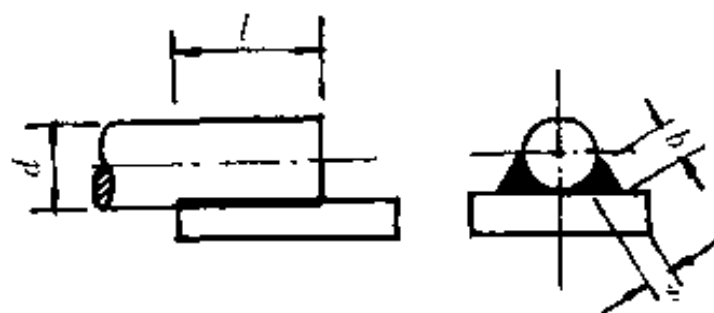


图 6-12 钢筋与钢板搭接焊接头

$d$ —钢筋直径; $l$ —搭接长度; $b$ —焊缝宽度;

$s$ —焊缝厚度

②焊缝宽度不得小于钢筋直径的 0.5 倍,焊缝厚度不得小于钢筋直径的 0.35 倍。

(10)在装配式框架结构的安装中,钢筋焊接应符合下列要求:

①柱间节点,采用坡口焊时,当主筋根数为 14 根及以下,

钢筋从混凝土表面伸出长度不应小于 250mm；当主筋为 14 根以上时，钢筋的伸出长度不应小于 350mm。采用搭接焊时其伸出长度宜增加。

②两钢筋轴线偏移时，宜采用冷弯矫正，但不得用锤敲打。当冷弯矫正有困难时，可采用氧乙炔焰加热后矫正，钢筋加热部位的温度不应大于 850℃。

③焊接中应选择焊接顺序。对于柱间节点，可由两名焊工对称焊接。

(11) 坡口焊的准备工作应符合下列要求：

①坡口面应平顺，切口边缘不得有裂纹、钝边和缺棱。

②坡口平焊时，V 形坡口角度宜为  $55^{\circ} \sim 65^{\circ}$  [图 6-13 (a)]。坡口立焊时，坡口角度宜为  $40^{\circ} \sim 55^{\circ}$ ，其中，下钢筋宜为  $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$ ，上钢筋宜为  $35^{\circ} \sim 45^{\circ}$  [图 6-13 (b)]。

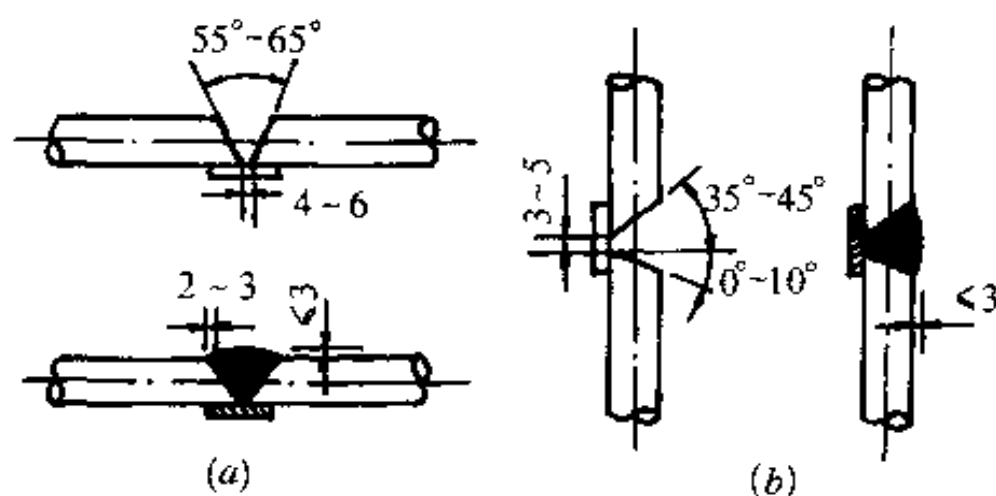


图 6-13 钢筋坡口焊接头

(a) 平焊；(b) 立焊

③钢垫板厚度宜为 4~6mm，长度宜为 40~60mm。坡口平焊时，垫板宽度应为钢筋直径加 10mm；立焊时，垫板宽度宜等于钢筋直径。

④钢筋根部间隙,坡口平焊时宜为4~6mm;立焊时,宜为3~5mm。其最大间隙均不宜超过10mm。

(12)坡口焊工艺应符合下列要求:

①焊缝根部、坡口端面以及钢筋与钢板之间均应熔合。焊接过程中应经常清渣。钢筋与钢垫板之间,应加焊2~3层侧面焊缝。

②宜采用几个接头轮流进行施焊。

③焊缝的宽度应大于V型坡口的边缘2~3mm,焊缝余高不得大于3mm,并宜平缓过渡至钢筋表面。

④当发现接头中有弧坑、气孔及咬边等缺陷时,应立即补焊。

### 五、钢筋电渣压力焊

钢筋电渣压力焊是将两钢筋安放成竖向对接形式,利用焊接电流通过两钢筋端面间隙,在焊剂层下形成电弧过程和电渣过程,产生电弧热和电阻热,熔化钢筋,加压完成的一种压焊方法。

(1)现浇钢筋混凝土结构中竖向或斜向(倾斜度在4:1范围内)钢筋的连接,宜采用电渣压力焊。

(2)电渣压力焊可采用交流或直流焊接电源,焊机容量应根据所焊钢筋直径选定。

(3)焊接夹具应具有刚度,在最大允许荷载下应移动灵活,操作便利。焊剂筒的直径应与所焊钢筋直径相适应。电压表、时间显示器应配备齐全。

(4)电渣压力焊工艺过程应符合下列要求:

①焊接夹具的上下钳口应夹紧于上、下钢筋上;钢筋一经夹紧,不得晃动。

②引弧宜采用铁丝圈或焊条头引弧法,亦可采用直接引弧法。

③引燃电弧后,应先进行电弧过程,然后,加快上钢筋下送速度,使钢筋端面与液态渣池接触,转变为电渣过程,最后在断电的同时,迅速下压上钢筋,挤出熔化金属和熔渣。

④接头焊毕,应停歇后,方可回收焊剂和卸下焊接夹具,并敲去渣壳;四周焊包应均匀,凸出钢筋表面的高度应大于或等于4mm(图6-14)。

(5)电渣压力焊焊接参数应包括焊接电流、电压和通电时间,并应符合表6-17的规定。

不同直径钢筋焊接时,应按较小直径钢筋选择参数,焊接通电时间可延长。

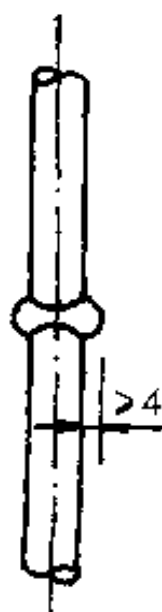


图6-14  
钢筋电渣压力焊接头

表6-17 电渣压力焊焊接参数

钢筋直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊接电压(V)		焊接通电时间(s)	
		电弧过程 $U_{21}$	电渣过程 $U_{22}$	电弧过程 $t_1$	电渣过程 $t_2$
14	200 ~ 220	35 ~ 45	22 ~ 27	12	3
16	200 ~ 250			14	4
18	250 ~ 300			15	5
20	300 ~ 350			17	5
22	350 ~ 400			18	6
25	400 ~ 450			21	6
28	500 ~ 550			24	6
32	600 ~ 650			27	7
36	700 ~ 750			30	8
40	850 ~ 900			33	9

(6)在焊接生产中焊工应进行自检,当发现偏心、弯折、烧伤等焊接缺陷时,宜按表6-18查找原因和采取措施,及时消除。

表6-18 电渣压力焊接头焊接缺陷及消除措施

焊 接 缺 陷	措 施
轴线偏移	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 矫直钢筋端部;</li> <li>2. 正确安装夹具和钢筋;</li> <li>3. 避免过大的顶压力;</li> <li>4. 及时修理或更换夹具</li> </ol>
弯 折	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 矫直钢筋端部;</li> <li>2. 注意安装和扶持上钢筋;</li> <li>3. 避免焊后过快卸夹具;</li> <li>4. 修理或更换夹具</li> </ol>
咬 边	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 减小焊接电流;</li> <li>2. 缩短焊接时间;</li> <li>3. 注意上钳口的起点和止点,确保上钢筋顶压到位</li> </ol>
未 焊 合	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 增大焊接电流;</li> <li>2. 避免焊接时间过短;</li> <li>3. 检修夹具,确保上钢筋下送自如</li> </ol>
焊包不匀	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 钢筋端面力求平整;</li> <li>2. 填装焊剂尽量均匀;</li> <li>3. 延长焊接时间,适当增加熔化量</li> </ol>
气 孔	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 按规定要求烘焙焊剂;</li> <li>2. 清除钢筋焊接部位的铁锈;</li> <li>3. 确保接缝在焊剂中合适埋入深度</li> </ol>
烧 伤	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 钢筋导电部位除净铁锈;</li> <li>2. 尽量夹紧钢筋</li> </ol>
焊包下淌	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 彻底封堵焊剂筒的漏孔;</li> <li>2. 避免焊后过快回收焊剂</li> </ol>

## 六、钢筋气压焊

钢筋气压焊是采用氧乙炔火焰或其他火焰对两钢筋对接处加热,使其达到塑性状态,或熔化状态后,加压完成的一种压焊方法。

(1)气压焊可用于钢筋在垂直位置、水平位置或倾斜位置的对接焊接。当两钢筋直径不同时,其两直径之差不得大于7mm。

(2)气压焊设备应符合下列要求:

①供气装置应包括氧气瓶、溶解乙炔气瓶(或中压乙炔发生器)、干式回火防止器、减压器及胶管等。氧气瓶和溶解乙炔气瓶的使用应分别按劳动部颁发的《气瓶安全监察规程》和《溶解乙炔气瓶安全监察规程》中有关规定执行;溶解乙炔气瓶的供气能力应满足现场最大直径钢筋焊接时供气量的要求;当不敷使用时,可多瓶并联使用。

②多嘴环管加热器中氧乙炔混合室的供气量应满足加热圈气体消耗量的需要。多嘴环管加热器应配备多种规格的加热圈,多束火焰应燃烧均匀,调整火焰应方便。

③加压器应包括油泵、油管、油压表、顶压油缸等;加压能力应大于或等于现场最大直径钢筋焊接时所需要的轴向压力;顶压油缸的有效行程应大于或等于最大直径钢筋焊接时获得所需要的压缩长度。

④焊接夹具应能夹紧钢筋,当钢筋承受最大轴向压力时,钢筋与夹头之间不得产生相对滑移;应便于钢筋的安装定位,并在施焊过程中保持刚度;动夹头应与定夹头同心,并且当不同直径钢筋焊接时,亦应保持同心;动夹头的位移应大于或等于现场最大直径钢筋焊接时所需要的压缩长度。

(3) 气压焊施焊前,钢筋端面应切平,并宜与钢筋轴线相垂直;在钢筋端部两倍直径长度范围内若有水泥等附着物,应予以清除。其钢筋边角毛刺及端面上铁锈、油污和氧化膜应清除干净,并经打磨,使其露出金属光泽,不得有氧化现象。

(4) 安装焊接夹具和钢筋时,应将两根钢筋分别夹紧,并使两根钢筋的轴线在同一直线上。钢筋安装后应加压顶紧,两根钢筋之间的局部缝隙不得大于 3mm。

(5) 气压焊时,应根据钢筋直径和焊接设备等具体条件选用等压法、二次加压法或三次加压法焊接工艺。在两根钢筋缝隙密合和镦粗过程中,对钢筋施加的轴向压力,按钢筋横截面面积计算,应为 30 ~ 40MPa。

(6) 气压焊的开始阶段应采用碳化焰,对准两钢筋接缝处集中加热,并应使其内焰包住缝隙,防止钢筋端面产生氧化。

在确认两根钢筋缝隙完全密合后,应改用中性焰,以压焊面为中心,在两侧各一倍钢筋直径长度范围内往复宽幅加热。

钢筋端面的加热温度应为 1150 ~ 1250℃;钢筋端部表面的加热温度应稍高于该温度,并应随钢筋直径大小而产生的温度梯差确定。

(7) 气压焊施焊中,通过最终的加热加压,应使接头的镦粗区形成规定的形状;然后,应停止加热,略为延时,卸除压力,拆下焊接夹具。

(8) 在加热过程中,当在钢筋端面缝隙完全密合之前发生灭火中断现象时,应将钢筋取下重新打磨、安装,然后点燃火焰进行焊接。当发生在钢筋端面缝隙完全密合之后,可继续加热加压。

(9) 在焊接生产中,焊工应自检,当发现焊接缺陷时,宜按表 6-19 查找原因和采取措施,及时消除。

表 6-19 气压焊接头焊接缺陷及消除措施

焊接缺陷	产生原因	措 施
轴线偏移 (偏心)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊接夹具变形,两夹头不同心,或夹具刚度不够;</li> <li>2. 两钢筋安装不正;</li> <li>3. 钢筋接合端面倾斜;</li> <li>4. 钢筋未夹紧进行焊接</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查夹具,及时修理或更换;</li> <li>2. 重新安装夹紧;</li> <li>3. 切平钢筋端面;</li> <li>4. 夹紧钢筋再焊</li> </ol>
弯 折	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊接夹具变形,两夹头不同心;</li> <li>2. 焊接夹具拆卸过早</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查夹具,及时修理或更换;</li> <li>2. 熄火后半分钟再拆夹具</li> </ol>
镦粗直径 不 够	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊接夹具动夹头有效行程不够;</li> <li>2. 顶压油缸有效行程不够;</li> <li>3. 加热温度不够;</li> <li>4. 压力不够</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查夹具和顶压油缸,及时更换;</li> <li>2. 采用适宜的加热温度及压力</li> </ol>
镦粗长度 不 够	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 加热幅度不够宽;</li> <li>2. 顶压力过大过急</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 增大加热幅度;</li> <li>2. 加压时应平稳</li> </ol>
压焊面偏移	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊缝两侧加热温度不均;</li> <li>2. 焊缝两侧加热长度不等</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 同径钢筋焊接时两侧加热温度和加热长度基本一致;</li> <li>2. 异径钢筋焊接时对较大直径钢筋加热时间稍长</li> </ol>
钢筋表面 严重烧伤	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 火焰功率过大;</li> <li>2. 加热时间过长;</li> <li>3. 加热器摆动不匀</li> </ol>	调整加热火焰,正确掌握操作方法
未 焊 合	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 加热温度不够或热量分布不均;</li> <li>2. 顶压力过小;</li> <li>3. 接合端面不洁;</li> <li>4. 端面氧化;</li> <li>5. 中途灭火或火焰不当</li> </ol>	合理选择焊接参数,正确掌握操作方法



### 七、预埋件钢筋埋弧压力焊

预埋件钢筋埋弧压力焊是将钢筋与钢板安放成 T 型接头形式,利用焊接电流通过,在焊剂层下产生电弧,形成熔池,加压完成的一种压焊方法。

(1) 预埋件钢筋 T 型接头宜采用埋弧压力焊进行焊接

(2) 埋弧压力焊设备应符合下列要求:

①可根据钢筋直径大小,选用 500 型或 1000 型弧焊变压器作为焊接电源。

②焊接机构应操作方便、灵活;宜装高频引弧装置;焊接地线宜采取对称接地法,以减少电弧偏移;操作台面上应装有电压表和电流表。

③控制箱的控制系统应灵敏、准确;并应配备时间显示装置或时间继电器,以控制焊接通电时间。

(3) 埋弧压力焊工艺过程应符合下列要求:

①钢板应放平,并与铜板电极接触紧密。

②将锚固钢筋夹于夹钳内,应夹牢;并应放好挡圈,注满焊剂。

③接通高频引弧装置和焊接电源后,应立即将钢筋上提 2.5 ~ 4.0mm,并引燃电弧。当钢筋直径较小时,宜继续延时,使电弧稳定燃烧;当钢筋直径较大时,宜继续缓慢提升 3 ~ 4mm,再渐渐下送。

④应迅速顶压,但不得用力过猛。

⑤敲去渣壳,四周焊包应较均匀,凸出钢筋表面的高度应大于或等于 4mm(图 6-15)。

(4) 埋弧压力焊的焊接参数应包括引弧提升高度、电弧电压、焊接电流、焊接通电时间等,当采用 500 型焊接变压器

时,焊接参数应符合表 6-20 的规定;  
当采用 1000 型焊接变压器时,亦可选  
用大电流、短时间的强参数焊接法

(5)在埋弧压力焊生产中,引弧、  
燃弧(钢筋维持原位或缓慢下送)和  
顶压等环节应密切配合;焊接地线应  
与铜板电极接触紧密;并应及时消除  
电极钳口的铁锈和污物,修理电极钳  
口的形状。

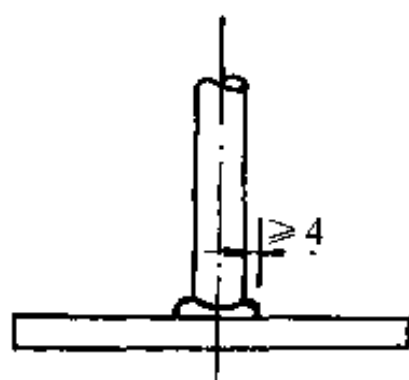


图6-15 预埋件钢筋埋  
弧压力焊接头

焊工应自检,当发现焊接缺陷时,宜按表 6-21 查找原因  
和采取措施,及时消除。

表 6-20 埋弧压力焊焊接参数

钢筋级别	钢筋直径 (mm)	引弧提升高度 (mm)	电弧电压 (V)	焊接电流 (A)	焊接通电时间 (s)
HPB235 HRB335 HRB400	6	2.5	30~35	400~450	2
	8	2.5	30~35	500~600	3
	10	2.5	30~35	500~650	5
	12	3.0	30~35	500~650	8
	14	3.5	30~35	500~650	15
	16	3.5	30~40	500~650	22
	18	3.5	30~40	500~650	30
	20	3.5	30~40	500~650	33
	22	4.0	30~40	500~650	36
	25	4.0	30~40	500~650	40

表 6-21 预埋件钢筋埋弧压力焊接头焊接缺陷及消除措施

焊 接 缺 陷	措 施
钢筋咬边	1. 减小焊接电流或缩短焊接时间; 2. 增大压入量
气 孔	1. 烘焙焊剂; 2. 清除钢板和钢筋上的铁锈、油污
夹 渣	1. 清除焊剂中熔渣等杂物; 2. 避免过早切断焊接电流; 3. 加快顶压速度
未 焊 合	1. 增大焊接电流,增加焊接通电时间; 2. 适当加大顶压力
焊包不均匀	1. 保证焊接地线的接触良好; 2. 使焊接处对称导电
钢板焊穿	1. 减小焊接电流或减少焊接通电时间; 2. 避免钢板局部悬空
钢筋淬硬脆断	1. 减小焊接电流,延长焊接时间; 2. 检查钢筋化学成分
钢板凹陷	1. 减小焊接电流,延长焊接时间; 2. 减小顶压力,减小压入量

### 八、钢筋负温焊接

(1) 闪光对焊、电弧焊、电渣压力焊及气压焊均可在负温条件下进行;但当环境温度低于  $-20^{\circ}\text{C}$  时,不宜进行施焊。

(2) 雨天、雪天不宜在现场进行施焊;必须施焊时,应采取有效遮蔽措施。焊后未冷却的接头不得碰到冰雪。

在现场进行闪光对焊或电弧焊时,当风速超过  $7.9\text{m/s}$  时,应采取挡风措施。

(3) 在现场进行气压焊时,当风速超过  $5.4\text{m/s}$ ,应采取挡风措施;在负温下施工时,对气源设备应采取保温防冻措施;

当温度低于  $-15^{\circ}\text{C}$ ，应对接头采取预热和保温缓冷措施。

(4) 在环境温度低于  $-5^{\circ}\text{C}$  的条件下进行闪光对焊时，宜采用预热闪光焊或闪光-预热闪光焊工艺，焊接参数的选择，与常温焊接相比，可采取下列措施，进行调整：

- ① 增加调伸长度。
- ② 采用较低焊接变压器级数。
- ③ 增加预热次数和间歇时间。

(5) 在环境温度低于  $-5^{\circ}\text{C}$  的条件下进行电弧焊时，其焊接工艺应符合下列要求：

① 帮条焊或搭接焊时，第一层焊缝应在中间引弧；平焊时，应从中间向两端施焊；立焊时，应先从中间向上端施焊，再从下端向中间施焊；以后各层焊缝，应采取控温施焊，层间温度宜控制在  $150 \sim 350^{\circ}\text{C}$  之间；

② 坡口焊的焊缝余高应分两层控温施焊；

③ 钢筋多层施焊时，焊后可采用回火焊道施焊，其回火焊道的长度宜比前一焊道在两端后缩  $4 \sim 6\text{mm}$  (图 6-16)；

④ 与常温焊接相比，宜增大焊接电流、减低焊接速度。

(6) 在负温条件下进行闪光对焊、电弧焊、电渣压力焊时，应对焊接设备采取防寒措

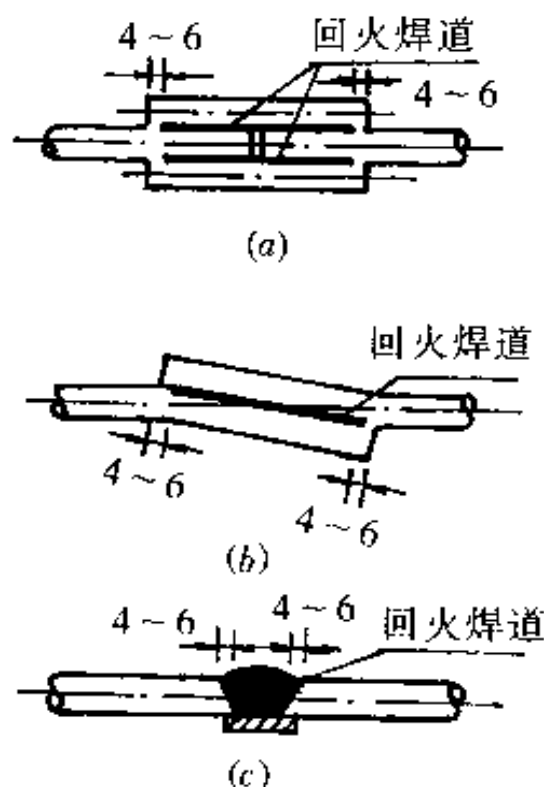


图 6-16 钢筋负温电弧焊回火焊道示意图

(a) 帮条焊；(b) 搭接焊；(c) 坡口焊

施,并防止冷却水管冻裂。

#### 第四节 质量检验与验收

##### 一、一般规定

(1) 钢筋焊接接头或焊接制品(焊接骨架、焊接网)质量检验与验收应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 中的基本规定(第十章)和本章有关规定执行。

(2) 钢筋焊接接头或焊接制品应按检验批进行质量检验与验收,并划分为主控项目和一般项目两类。质量检验时,应包括外观检查和力学性能检验。

(3) 纵向受力钢筋焊接接头,包括闪光对焊接头、电弧焊接头、电渣压力焊接头、气压焊接头的连接方式检查和接头的力学性能检验规定为主控项目。

接头连接方式应符合设计要求,并应全数检查,检验方法为观察。

接头试件进行力学性能检验时,其质量和检查数量应符合本章有关规定;检验方法包括:检查钢筋出厂质量证明书、钢筋进场复验报告、各项焊接材料产品合格证、接头试件力学性能试验报告等。

焊接接头的外观质量检查规定为一般项目。

(4) 非纵向受力钢筋焊接接头,包括交叉钢筋电阻点焊焊点、封闭环式箍筋闪光对焊接头、钢筋与钢板电弧搭接焊接头、预埋件钢筋电弧焊接头、预埋件钢筋埋弧压力焊接头的质量检验与验收,规定为一般项目。

(5) 焊接接头外观检查时,首先应由焊工对所焊接头或

制品进行自检;然后由施工单位专业质量检查员检验;监理(建设)单位进行验收记录。

纵向受力钢筋焊接接头外观检查时,每一检验批中应随机抽取 10% 的焊接接头。检查结果,当外观质量各小项不合格数均小于或等于抽检数的 10%,则该批焊接接头外观质量评为合格。

当某一小项不合格数超过抽检数的 10% 时,应对该批焊接接头该小项逐个进行复检,并剔出不合格接头;对外观检查不合格接头采取修整或焊补措施后,可提交二次验收。

(6)力学性能检验时,应在接头外观检查合格后随机抽取试件进行试验。试验方法应按现行行业标准《钢筋焊接接头试验方法标准》JGJ/ T27 有关规定执行。试验报告应包括下列内容:

- ①工程名称、取样部位。
- ②批号、批量。
- ③钢筋牌号、规格。
- ④焊接方法。
- ⑤焊工姓名及考试合格证编号。
- ⑥施工单位。
- ⑦力学性能试验结果。

(7)钢筋闪光对焊接头、电弧焊接头、电渣压力焊接头、气压焊接头拉伸试验结果均应符合下列要求:

①3 个热轧钢筋接头试件的抗拉强度均不得小于该牌号钢筋规定的抗拉强度;RRB400 钢筋接头试件的抗拉强度均不得小于  $570\text{N/mm}^2$ 。

②至少应有 2 个试件断于焊缝之外,并应呈延性断裂。

当达到上述 2 项要求时,应评定该批接头为抗拉强度合格。

当试验结果有 2 个试件抗拉强度小于钢筋规定的抗拉强度,或 3 个试件均在焊缝或热影响区发生脆性断裂时,则一次判定该批接头为不合格品。

当试验结果有 1 个试件的抗拉强度小于规定值,或 2 个试件在焊缝或热影响区发生脆性断裂,其抗拉强度均小于钢筋规定抗拉强度的 1.10 倍时,应进行复验。

复验时,应再切取 6 个试件。复验结果,当仍有 1 个试件的抗拉强度小于规定值,或有 3 个试件断于焊缝或热影响区,呈脆性断裂,其抗拉强度小于钢筋规定抗拉强度的 1.10 倍时,应判定该批接头为不合格品。

注:当接头试件虽断于焊缝或热影响区,呈脆性断裂,但其抗拉强度大于或等于钢筋规定抗拉强度的 1.10 倍时,可按断于焊缝或热影响区之外,呈延性断裂同等对待。

(8) 闪光对焊接头、气压焊接头进行弯曲试验时,应将受压面的金属毛刺和镦粗凸起部分消除,且应与钢筋的外表齐平。

弯曲试验可在万能试验机、手动或电动液压弯曲试验器上进行,焊缝应处于弯曲中心点,弯心直径和弯曲角应符合表 6-22 的规定。

表 6-22 接头弯曲试验指标

钢筋牌号	弯心直径	弯曲角(°)
HPB235	2d	90
HRB335	4d	90
HRB400、RRB400	5d	90
HRB500	7d	90

注:①d 为钢筋直径(mm);

②直径大于 25mm 的钢筋焊接接头,弯心直径应增加 1 倍钢筋直径。

当试验结果,弯至 90°,有 2 个或 3 个试件外侧(含焊缝

和热影响区)未发生破裂,应评定该批接头弯曲试验合格。

当3个试件均发生破裂,则一次判定该批接头为不合格品。

当有2个试件发生破裂,应进行复验。

复验时,应再切取6个试件。复验结果,当有3个试件发生破裂时,应判定该批接头为不合格品。

注:当试件外侧横向裂纹宽度达到0.5mm时,应认定已经破裂。

(9)钢筋焊接接头或焊接制品质量验收时,应在施工单位自行质量评定合格的基础上,由监理(建设)单位对检验批有关资料进行核查,组织项目专业质量检查员等进行验收,对焊接接头合格与否做出结论。

纵向受力钢筋焊接接头检验批质量验收记录见下列各项焊接方法的附表。

## 二、钢筋焊接骨架和焊接网

(1)焊接骨架和焊接网的质量检验应包括外观检查和力学性能检验,并按下列规定抽取试件:

①凡钢筋牌号、直径及尺寸相同的焊接骨架和焊接网应视为同一类型制品,且每300件作为一批,一周内不足300件的亦应按一批计算。

②外观检查应按同一类型制品分批检查,每批抽查5%,且不得少于5件。

③力学性能检验的试件,应从每批成品中切取;切取过试件的制品,应补焊同牌号、同直径的钢筋,其每边的搭接长度不应小于2个孔格的长度。

当焊接骨架所切取试件的尺寸小于规定的试件尺寸,或受力钢筋直径大于8mm时,可在生产过程中制作模拟焊接试



验网片〔图 6-17(a)〕,从中切取试件

④由几种直径钢筋组合的焊接骨架或焊接网,应对每种组合的焊点作力学性能检验。

⑤热轧钢筋的焊点应作剪切试验,试件应为 3 件;冷轧带肋钢筋焊点除作剪切试验外,尚应对纵向和横向冷轧带肋钢筋作拉伸试验,试件应各为 1 件。剪切试件纵筋长度应大于或等于 290mm,横筋长度应大于或等于 50mm〔图 6-17(b)〕;拉伸试件纵筋长度应大于或等于 300mm〔图 6-17(c)〕。

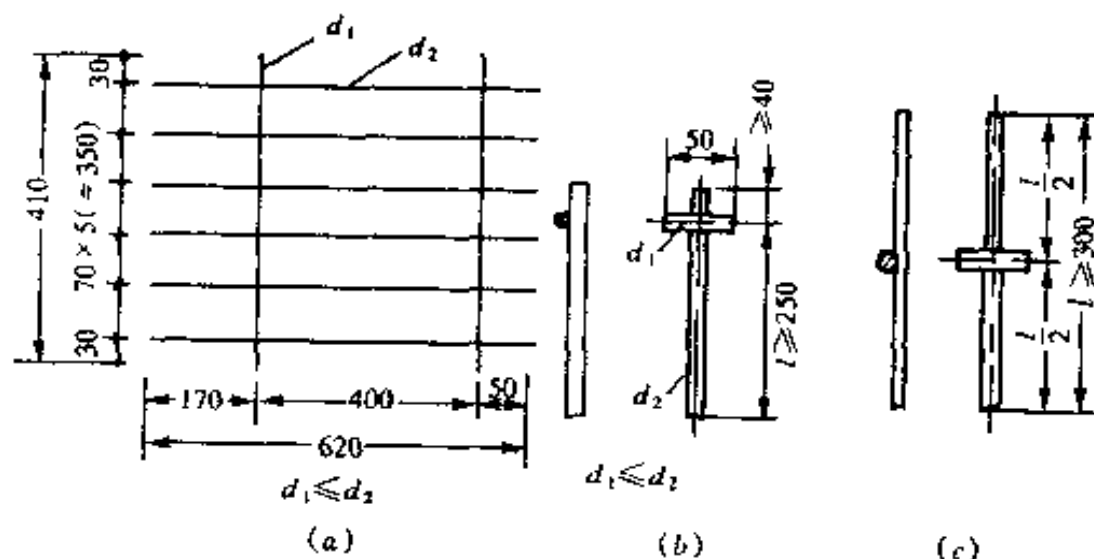


图 6-17 钢筋模拟焊接试验网片与试件

(a) 模拟焊接试验网片简图; (b) 钢筋焊点剪切试件;

(c) 钢筋焊点拉伸试件

⑥焊接网剪切试件应沿同一横向钢筋随机切取。

⑦切取剪切试件时,应使制品中的纵向钢筋成为试件的受拉钢筋。

(2) 焊接骨架外观质量检查结果,应符合下列要求:

①每件制品的焊点脱落、漏焊数量不得超过焊点总数的

4%,且相邻两焊点不得有漏焊及脱落。

②应量测焊接骨架的长度和宽度,并应抽查纵、横方向3~5个网格的尺寸,其允许偏差应符合表6-23的规定。

当外观检查结果不符合上述要求时,应逐件检查,并剔出不合格品。对不合格品经整修后,可提交二次验收。

表6-23 焊接骨架的允许偏差

项 目		允许偏差(mm)
焊接骨架	长度	$\pm 10$
	宽度	$\pm 5$
	高度	$\pm 5$
骨架箍筋间距		$\pm 10$
受力主筋	间距	$\pm 15$
	排距	$\pm 5$

(3)焊接网外形尺寸检查和外观质量检查结果,应符合下列要求:

①焊接网的长度、宽度及网格尺寸的允许偏差均为 $\pm 10\text{mm}$ ;网片两对角线之差不得大于 $10\text{mm}$ ;网格数量应符合设计规定。

②焊接网交叉点开焊数量不得大于整个网片交叉点总数的1%,并且任一根横筋上开焊点数不得大于该根横筋交叉点总数的1/2;焊接网最外边钢筋上的交叉点不得开焊。

③焊接网组成的钢筋表面不得有裂纹、折叠、结疤、凹坑、油污及其他影响使用的缺陷;但焊点处可有不大的毛刺和表面浮锈。

(4)剪切试验时应采用能悬挂于试验机上专用的剪切试验夹具(图6-18);或采用现行行业标准《钢筋焊接接头试验

方法标准》JGJ/T27 中规定的夹具。

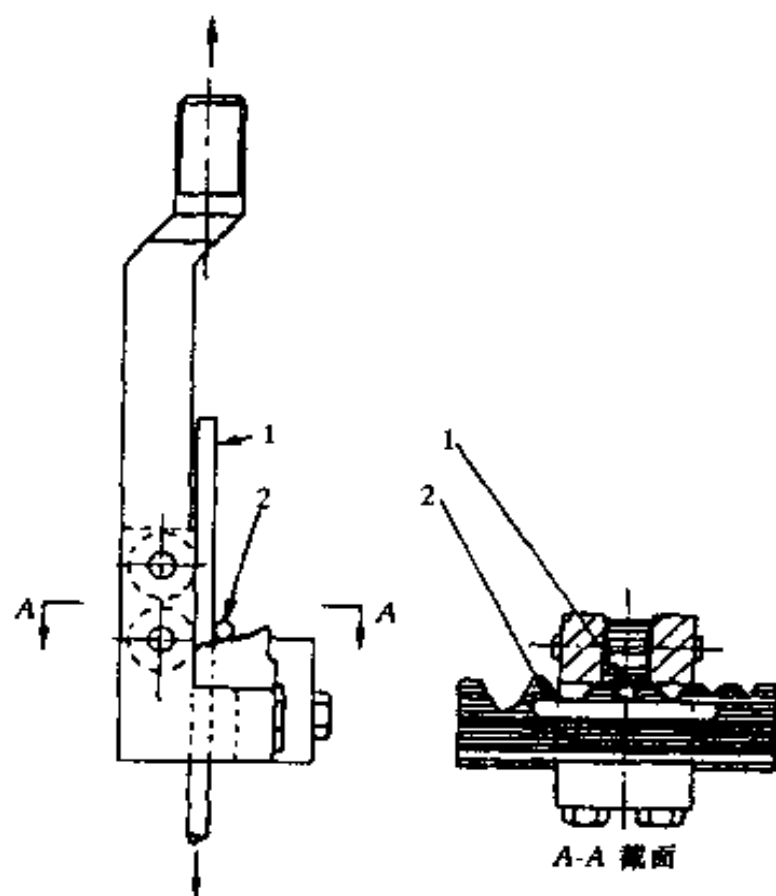


图 6-18 焊点抗剪试验夹具

1. 纵筋; 2. 横筋

(5) 钢筋焊接骨架、焊接网焊点剪切试验结果, 3 个试件抗剪力平均值应符合下列要求:

$$F \geq 0.3 A_0 \sigma_s$$

式中  $F$ ——抗剪力(N);

$A_0$ ——纵向钢筋的横截面面积( $\text{mm}^2$ );

$\sigma_s$ ——纵向钢筋规定的屈服强度( $\text{N/mm}^2$ )。

注: 冷轧带肋钢筋的屈服强度按  $440\text{N/mm}^2$  计算。

(6) 冷轧带肋钢筋试件拉伸试验结果, 其抗拉强度不得小于  $550\text{N/mm}^2$ 。

(7)当拉伸试验结果不合格时,应再切取双倍数量试件进行复检;复验结果均合格时,应评定该批焊接制品焊点拉伸试验合格。

当剪切试验结果不合格时,应从该批制品中再切取 6 个试件进行复验;当全部试件平均值达到要求时,应评定该批焊接制品焊点剪切试验合格。

### 三、钢筋闪光对焊接头

(1)闪光对焊接头的质量检验,应分批进行外观检查和力学性能检验,并应按下列规定作为一个检验批:

①在同一台班内,由同一焊工完成的 300 个同牌号、同直径钢筋焊接接头应作为一批。当同一台班内焊接的接头数量较少,可在一周之内累计计算;累计仍不足 300 个接头时,应按一批计算。

②力学性能检验时,应从每批接头中随机切取 6 个接头,其中 3 个做拉伸试验,3 个做弯曲试验。

③焊接等长的预应力钢筋(包括螺丝端杆与钢筋)时,可按生产时同等条件制作模拟试件。

④螺丝端杆接头可只做拉伸试验。

⑤封闭环式箍筋闪光对焊接头,以 600 个同牌号、同规格的接头作为一批,只做拉伸试验。

(2)闪光对焊接头外观检查结果,应符合下列要求:

①接头处不得有横向裂纹。

②与电极接触处的钢筋表面不得有明显烧伤。

③接头处的弯折角不得大于  $3^{\circ}$ 。

④接头处的轴线偏移不得大于钢筋直径的 0.1 倍,且不得大于 2mm。

(3) 当模拟试件试验结果不符合要求时,应进行复验。复验应从现场焊接接头中切取,其数量和要求与初始试验相同。

(4) 钢筋闪光对焊接头检验批质量验收记录见表 6-24。

表 6-24 钢筋闪光对焊接头检验批质量验收记录

工程名称				验收部位			
施工单位				批号及批量			
施工执行标准 名称及编号		钢筋焊接及 验收规程 JGJ18—2003		钢筋牌号及直径 (mm)			
项目经理				施工班组长			
主控项目	本节一、一般规定			施工单位检查 评定记录		监理(建设)单位 验收记录	
	1	接头试件拉伸试验	第(7)条				
	2	接头试件弯曲试验	第(8)条				
一般项目	本节二、钢筋闪光对焊接头			施工单位检查评定记录			监理(建设)单位 验收记录
				抽检 数	合格 数	不合格	
	1	接头处不得 有横向裂纹	第(2)条				
	2	与电极接触 处的钢筋表面 不得有明显烧 伤	第(2)条				
	3	接头处的弯 折角 $\leq 3^{\circ}$	第(2)条				
	4	轴线偏移 $\leq$ 0.1 钢筋直 径,且 $\geq 2\text{mm}$	第(2)条				

(续表)

施工单位检查评定结果	项目专业质量检查员: 年 月 日
监理(建设)单位验收结论	监理工程师(建设单位项目专业技术负责人): 年 月 日

注:①一般项目各小项检查评定不合格时,在小格内打×记号。

②本表由施工单位项目专业检查员填写,监理工程师(建设单位项目专业技术负责人)组织项目专业质量检查员等进行验收。

#### 四、钢筋电弧焊接头

(1)电弧焊接头的质量检验,应分批进行外观检查和力学性能检验,并应按下列规定作为一个检验批:

①在现浇混凝土结构中,应以300个同牌号钢筋、同型式接头作为一批;在房屋结构中,应在不超过二楼层中300个同牌号钢筋、同型式接头作为一批。每批随机切取3个接头,做拉伸试验。

②在装配式结构中,可按生产条件制作模拟试件,每批3个,做拉伸试验。

③钢筋与钢板电弧搭接焊接头可只进行外观检查。

注:在同一批中若有几种不同直径的钢筋焊接接头,应在最大直径钢筋接头中切取3个试件。以下电渣压力焊接头、气压焊接头取样均同。

(2)电弧焊接头外观检查结果,应符合下列要求:

①焊缝表面应平整,不得有凹陷或焊瘤。

②焊接接头区域不得有肉眼可见的裂纹。

③咬边深度、气孔、夹渣等缺陷允许值及接头尺寸的允许偏差,应符合表6-25的规定。

④坡口焊、熔槽帮条焊和窄间隙焊接头的焊缝余高不得

大于 3mm。

表 6-25 钢筋电弧焊接头尺寸偏差及缺陷允许值

名 称	单位	接头型式		
		帮条焊	搭接焊 钢筋与钢板 搭接焊	坡口焊 窄间隙焊熔 槽帮条焊
帮条沿接头中心线的纵向偏移	mm	$0.3d$	—	—
接头处弯折角	°	3	3	3
接头处钢筋轴线的偏移	mm	$0.1d$	$0.1d$	$0.1d$
焊缝厚度	mm	$+0.05d$ 0	$+0.05d$ 0	—
焊缝宽度	mm	$+0.1d$ 0	$+0.1d$ 0	—
焊缝长度	mm	$-0.3d$	$-0.3d$	—
横向咬边深度	mm	0.5	0.5	0.5
在长 $2d$ 焊缝表面上的 气孔及夹渣	数量	个	2	2
	面积	mm <sup>2</sup>	6	6
在全部焊缝表面上的气 孔及夹渣	数量	个	—	—
	面积	mm <sup>2</sup>	—	6

注： $d$  为钢筋直径 (mm)。

(3) 当模拟试件试验结果不符合要求时, 应进行复验。复验应从现场焊接接头中切取, 其数量和要求与初始试验时相同。

(4) 钢筋电弧焊接头检验批质量验收记录见表 6-26。

#### 第四节 质量检验与验收

表 6-26 钢筋电弧焊接头检验批质量验收记录

工程名称		验收部位										
施工单位		批号及批量										
施工执行标准 名称及编号	钢筋焊接及 验收规程 JGJ18—2003	钢筋牌号及直径 (mm)										
项目经理		施工班组长										
主控项目	本节一、一般规定		施工单位检查 评定记录			监理(建设)单位验收记录						
	1	接头试件拉伸试验第(7)条										
一般项目	本节四、钢筋电弧焊接头		施工单位检查评定记录					监理(建设)单位 验收记录				
			抽检数	合格数	不合格							
	1	焊缝表面应平整,不得有凹陷或焊瘤	第(2)条									
	2	接头区域不得有肉眼可见的裂纹	第(2)条									
	3	咬边深度、气孔、夹渣等缺陷允许值及接头尺寸允许偏差	第(2)条									
	4	焊缝余高不得大于 3mm	第(2)条									
施工单位检查评定结果		项目专业质量检查员: <div style="text-align: right;">年 月 日</div>										
监理(建设)单位验收结论		监理工程师(建设单位项目专业技术负责人): <div style="text-align: right;">年 月 日</div>										

注:①一般项目各小项检查评定不合格时,在小格内打×记号。

②本表由施工单位项目专业检查员填写,监理工程师(建设单位项目专业技术负责人)组织项目专业质量检查员等进行验收。



### 五、钢筋电渣压力焊接头

(1) 电渣压力焊接头的质量检验,应分批进行外观检查和力学性能检验,并应按下列规定作为一个检验批:

在现浇钢筋混凝土结构中,应以 300 个同牌号钢筋接头作为一批;在房屋结构中,应在不超过二楼层中 300 个同牌号钢筋接头作为一批;当不足 300 个接头时,仍应作为一批。每批随机切取 3 个接头做拉伸试验。

(2) 电渣压力焊接头外观检查结果,应符合下列要求:

① 四周焊包凸出钢筋表面的高度不得小于 4mm。

② 钢筋与电极接触处,应无烧伤缺陷。

③ 接头处的弯折角不得大于  $3^{\circ}$ 。

④ 接头处的轴线偏移不得大于钢筋直径的 0.1 倍,且不得大于 2mm。

(3) 钢筋电渣压力焊接头检验批质量验收记录见表 6-27。

表 6-27 钢筋电渣压力焊接头检验批质量验收记录

工程名称		验收部位	
施工单位		批号及批量	
施工执行标准 名称及编号	钢筋焊接及 验收规程 JGJ18—2003	钢筋牌号及直径 (mm)	
项目经理		施工班组长	
主控项目	本节一、一般规定		监理单位检查 评定记录
	1 接头试件拉伸试验	第(7)条	监理(建设)单位验收记录

(续表)

	本节五、钢筋电渣压力焊接头		施工单位检查评定记录						监理(建设)单位
			抽检数	合格数	不合格				验收记录
一般 项 目	1	四周焊包凸 出钢筋表面 的高度不得小于 4mm	第(2)条						
	2	钢筋与电极 接触处无烧伤 缺陷	第(2)条						
	3	接头处的弯 折角 $\geq 3^{\circ}$	第(2)条						
	4	轴线偏移 $\geq$ 0.1 钢筋直径, 且 $\geq 2\text{mm}$	第(2)条						
施工单位检查评定结果			项目专业质量检查员:  年 月 日						
监理(建设)单位验收结论			监理工程师(建设单位项目专业技术负责人):  年 月 日						

注:①一般项目各小项检查评定不合格时,在小格内打×记号。

②本表由施工单位项目专业检查员填写,监理工程师(建设单位项目专业技术负责人)组织项目专业质量检查员等进行验收。

## 六、钢筋气压焊接头

(1)气压焊接头的质量检验,应分批进行外观检查和力学性能检验,并应按下列规定作为一个检验批:

在现浇钢筋混凝土结构中,应以300个同牌号钢筋接头作为一批;在房屋结构中,应在不超过二楼层中300个同牌号钢筋接头作为一批;当不足300个接头时,仍应作为一批。

在柱、墙的竖向钢筋连接中,应从每批接头中随机切取3个接头做拉伸试验;在梁、板的水平钢筋连接中,应另切取3

个接头做弯曲试验。

(2) 气压焊接头外观检查结果,应符合下列要求:

①接头处的轴线偏移  $e$  不得大于钢筋直径的 0.15 倍,且不得大于 4mm [图 6-19(a)]; 当不同直径钢筋焊接时,应按较小钢筋直径计算;当大于上述规定值,但在钢筋直径的 0.30 倍以下时,可加热矫正;当大于 0.30 倍时,应切除重焊。

②接头处的弯折角不得大于  $3^\circ$ ; 当大于规定值时,应重新加热矫正。

③镦粗直径  $d_c$  不得小于钢筋直径的 1.4 倍 [图 6-19(b)]。当小于上述规定值时,应重新加热镦粗。

④镦粗长度  $L_c$  不得小于钢筋直径的 1.0 倍,且凸起部分平缓圆滑 [图 6-19(c)]; 当小于上述规定值时,应重新加热镦长。

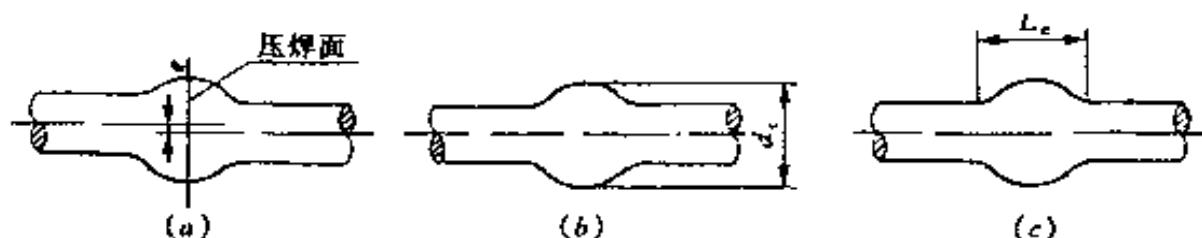


图 6-19 钢筋气压焊接头外观质量图解

(a) 轴线偏移; (b) 镦粗直径; (c) 镦粗长度

(3) 钢筋气压焊接接头检验批质量验收记录见表 6-28

### 七、预埋件钢筋 T 型接头

(1) 预埋件钢筋 T 型接头的外观检查,应从同一台班内完成的同一类型预埋件中抽查 5%,且不得少于 10 件。

(2) 当进行力学性能检验时,应以 300 件同类型预埋件作为一批。一周内连续焊接时,可累计计算。当不足 300 件时,亦应按一批计算。

#### 第四节 质量检验与验收

表 6-28 钢筋气压焊接头检验批质量验收记录

工程名称				验收部位			
施工单位				批号及批量			
施工执行标准 名称及编号		钢筋焊接及 验收规程 JGJ18—2003		钢筋牌号及直径 (mm)			
项目经理				施工班组长			
主控项目	本节一、一般规定			施工单位检查 评定记录		监理(建设)单位验收记录	
	1	接头试件拉伸试验	第(7)条				
	2	接头试件弯曲试验	第(8)条				
一般项目	本节六、钢筋气压焊接头			<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>                     施工单位检查评定记录                      抽查数   合格数   不合格                 </div> <div>                     监理(建设)单位 验收记录                 </div> </div>			
	1	轴线偏移 $\geq$ 0.15 钢筋直径、 且 $\geq 4\text{mm}$	第(2)条				
	2	接头处的弯 折角 $\geq 3^\circ$	第(2)条				
	3	镦粗直径 $\leq$ 1.4 钢筋直径	第(2)条				
	4	镦粗长度 $\leq$ 1.0 钢筋直径	第(2)条				
施工单位检查评定结果			项目专业质量检查员：  <div style="text-align: right;">年   月   日</div>				
监理(建设)单位验收结论			监理工程师(建设单位项目专业技术负责人)：  <div style="text-align: right;">年   月   日</div>				

注：①一般项目各小项检查评定不合格时，在小格内打×记号。

②本表由施工单位项目专业检查员填写，监理工程师(建设单位项目专业技术负责人)组织项目专业质量检查员等进行验收。

应从每批预埋件中随机切取 3 个接头做拉伸试验,试件的钢筋长度应大于或等于 200mm,钢板的长度和宽度均应大于或等于 60mm(图 6-20)。

(3) 预埋件钢筋手工电弧焊接头外观检查结果,应符合下列要求:

①角焊缝焊脚( $k$ )应符合本章第三节四、钢筋电弧焊中第(8)条③款的规定。

②焊缝表面不得有肉眼可见裂纹。

③钢筋咬边深度不得超过 0.5mm。

④钢筋相对钢板的直角偏差不得大于  $3^\circ$ 。

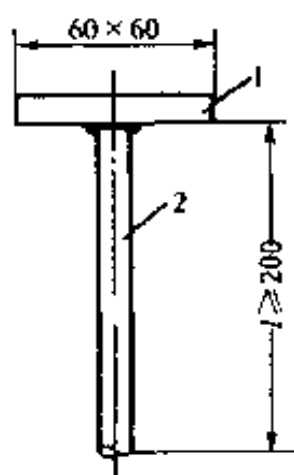


图 6-20 预埋件  
钢筋 T 型接头  
拉伸试件  
1. 钢板; 2. 钢筋;

(4) 预埋件钢筋埋弧压力焊接头外观检查结果,应符合下列要求:

①四周焊包凸出钢筋表面的高度不得小于 4mm。

②钢筋咬边深度不得超过 0.5mm。

③钢板应无焊穿,根部应无凹陷现象。

④钢筋相对钢板的直角偏差不得大于  $3^\circ$ 。

(5) 预埋件外观检查结果,当有 3 个接头不符合上述要求时,应全数进行检查,并剔出不合格品。不合格接头经补焊后可提交二次验收。

(6) 预埋件钢筋 T 型接头拉伸试验结果,3 个试件的抗拉强度均应符合下列要求:

①HPB235 钢筋接头不得小于  $350\text{N/mm}^2$ 。

②HRB335 钢筋接头不得小于  $470\text{N/mm}^2$ 。

③HRB400 钢筋接头不得小于  $550\text{N/mm}^2$ 。

当试验结果,3个试件中有小于规定值时,应进行复验。

复验时,应再取6个试件。复验结果,其抗拉强度均达到上述要求时,应评定该批接头为合格品。

## 第五节 焊工考试

### 一、焊工考试规定

(1)经专业培训结业的学员,或具有独立焊接工作能力的焊工,方可参加钢筋焊工考试。

(2)焊工考试应由经市或市级以上建设行政主管部门审查批准的单位负责进行。考试完毕,对考试合格的焊工应签发合格证。合格证的式样应符合本节二、中的规定。

(3)钢筋焊工考试应包括理论知识考试和操作技能考试两部分;经理论知识考试合格后的焊工,方可参加操作技能考试。

(4)理论知识考试应包括下列内容:

- ①钢筋的牌号、规格及性能。
- ②焊机的使用和维护。
- ③焊条、焊剂、氧气、乙炔、液化石油气的性能和选用。
- ④焊前准备、技术要求、焊接接头和焊接制品的质量检验与验收标准。
- ⑤焊接工艺方法及其特点,焊接参数的选择。
- ⑥焊接缺陷产生的原因及消除措施。
- ⑦电工知识。
- ⑧安全技术知识。

具体内容和要求应由各考试单位按焊工申报焊接方法对

应出题。

(5)焊工操作技能考试用的钢筋、焊条、焊剂、氧气、乙炔、液化石油气等,应符合本章有关规定,焊接设备可根据具体情况确定。

(6)焊工操作技能考试评定标准应符合表 6-29 的规定;焊接方法、钢筋牌号及直径、试件组合与组数,可由考试单位根据实际情况确定。焊接参数可由焊工自行选择。

表 6-29 焊工操作技能考试评定标准

焊接方法	钢筋牌号及直径 (mm)	每组试件数量			评 定 标 准
		剪切	拉伸	弯曲	
电阻点焊	$\phi^R 10 + \phi^R 6$	3	2	—	3 个剪切试件抗剪力均不得小于本章第四节二、中第(5)条的规定值;纵向和横向各 1 个拉伸试件的抗拉强度均不得小于 $550\text{N/mm}^2$
	$\Phi 18 + \phi 6$	3	—	—	
闪光对焊 (封闭环式箍筋闪光对焊)	$\phi、\Phi、\Phi 6 \sim 32$	—	3	3	3 个热轧钢筋接头拉伸试件的抗拉强度均不得小于该牌号钢筋规定的抗拉强度;RRB400 钢筋试件的抗拉强度均不得小于 $570\text{N/mm}^2$ ;全部试件均应断于焊缝之外,呈延性断裂。3 个弯曲试件弯至 $90^\circ$ ,均不得发生破裂。箍筋闪光对焊接头只做拉伸试验
	$\phi^R 14 \sim 32$	—	3	3	
	$M33 \times 2 + \Phi 28$	—	3	—	

(续表)

焊接方法		钢筋牌号及直径 (mm)	每组试件数量			评 定 标 准
			剪切	拉伸	弯曲	
电 弧 焊	帮条平焊 帮条立焊	$\Phi$ 、 $\Phi$ 25 ~ 32	—	3	—	3 个热轧钢筋接头 拉伸试件的抗拉强度 均不得小于该牌号钢 筋规定的抗拉强度;全 部试件均应断于焊缝 之外,呈延性断裂
	搭接平焊 搭接立焊	$\Phi$ 、 $\Phi$ 25 ~ 32				
	熔 槽 帮 条 焊	$\Phi$ 、 $\Phi$ 25 ~ 40				
	坡口平焊 坡口立焊	$\Phi$ 、 $\Phi$ 18 ~ 32				
	窄间隙焊	$\Phi$ 、 $\Phi$ 16 ~ 40				
	钢筋与钢 板搭接焊	$\Phi$ 、 $\Phi$ 8 ~ 20 + 低碳钢板 $\delta \geq 0.6d$				
电渣压力焊		$\Phi$ 、 $\Phi$ 16 ~ 32	—	3	—	3 个拉伸试件的抗 拉强度均不得小于该 牌号钢筋规定的抗拉 强度,并至少有 2 个试 件断于焊缝之外,呈延 性断裂
气压焊		$\Phi$ 、 $\Phi$ 16 ~ 40	—	3	3	3 个拉伸试件抗拉 强度均不得小于该牌 号钢筋规定的抗拉强 度,并断于焊缝(压焊 面)之外,呈延性断裂 3 个弯曲试件弯至 90°均不得发生破裂
预埋件钢筋 电弧焊		$\Phi$ 、 $\Phi$ 6 ~ 25	—	3	—	3 个拉伸试件的抗 拉强度均不得小于该 牌号钢筋规定的抗拉 强度
预埋件钢筋 埋弧压力焊		$\Phi$ 、 $\Phi$ 6 ~ 25				

注:①M33×2—螺丝端杆公制螺纹外径及螺距; $\delta$ 为钢板厚度, $d$ 为钢筋直径

②闪光对焊接头、气压焊接头进行弯曲试验时,弯心直径和弯曲角度见表6-22。



(7)当剪切试验、拉伸试验结果,在一组试件中仅有1个试件未达到规定的要求时,可补焊一组试件进行补试,但不得超过一次。试验要求应与初始试验相同。

(8)持有合格证的焊工当在焊接生产中三个月内出现二批不合格品时,应取消其合格资格。

(9)持有合格证的焊工,每两年应复试一次;当脱离焊接生产岗位半年以上,在生产操作前应首先进行复试。复试可只进行操作技能考试。

(10)工程质量监督单位应对上岗操作的焊工随机抽查验证。

## 二、钢筋焊工考试合格证式样

塑料证套

封面

塑料证套

封4

<p>钢筋焊工考试</p> <p>合</p> <p>格</p> <p>证</p>	
--	--

硬纸

封 2

硬纸

封 3

# 钢筋 焊

## 焊工考试合格证

### 简要说明

1. 此证只限本人使用,不得涂改。
2. 允许的操作范围限于考试的焊接方法、钢筋的级别及直径范围之内。
3. 合格证的有效期为二年。

证芯

第 1 页

姓名		照 片
性别		
出生年月		
籍贯		
工作单位		
合格证编号:		
发证单位:		
(盖章)		
年 月 日		

证芯

第 2 页

理论知识考试				
操作技能考试:				
试件 编号	钢筋级别 及直径 (mm)	拉伸 试验 (MPa)	抗剪 试验 (N)	弯曲 试验 (90°)
考试委员会主任:				
年 月 日				

证芯

第 3 页

复试签证		
日 期	内容说明	负责人签字
注:复试合格或免试签证的有效期为二年。		

证芯

第 4 页

焊接质量事故记录		
日 期	质量事故内容	检 验 员
备 注:		

## 第七章 钢筋机械连接

### 第一节 钢筋机械连接通用技术规定

#### 一、钢筋机械连接的类型和特点

钢筋机械连接是通过连接件的机械咬合作用或钢筋端面的承压作用,将一根钢筋中的力传递至另一根钢筋的连接方法。

##### 1. 常用的机械连接接头类型

(1) 挤压套筒接头:通过挤压力使连接用钢套筒塑性变形与带肋钢筋紧密咬合形成的接头,见图 7-4。

(2) 锥螺纹套筒接头:通过钢筋端头特制的锥形螺纹和锥螺纹套管咬合形成的接头,见图 7-13。

(3) 直螺纹套筒接头:通过钢筋端头特制的直螺纹和直螺纹套管咬合形成的接头,见图 7-6。

(4) 熔融金属充填套筒接头:由高热剂反应产生熔融金属充填在钢制套筒内形成的接头,见图 7-1。

(5) 水泥灌浆充填套筒接头:用特制的水泥浆充填在特制的钢套筒内硬化后形成的接头,见图 7-2。

(6) 受压钢筋端面平接头:被接钢筋端头按规定工艺平切后,端面直接接触传递压力的接头。

此外,还有一些复合接头,如复合螺纹套筒接头,挤

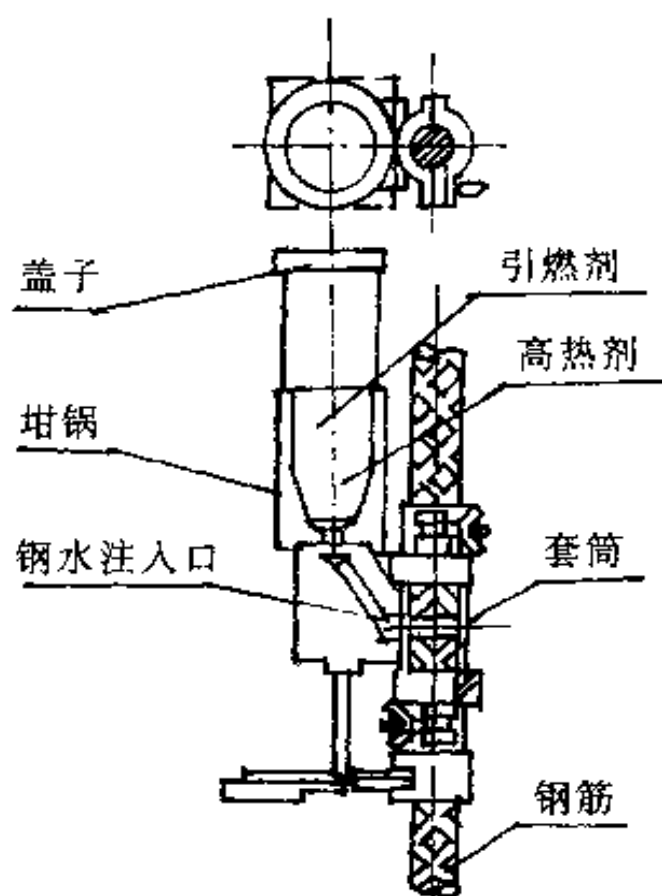


图 7-1 钢筋熔融金属充填套筒接头  
压——直螺纹套筒接头、挤压锥螺纹套筒接头等。

## 2. 钢筋机械连接技术的特点

(1) 所需设备功率小,一般小于 3kW,在一个工地可以多台设备同时作业。

(2) 设备采用三相电源,作业时对电网干扰少。

(3) 不同级别、不同直径的连接方便快捷。

(4) 不受气候影响,可以全天候作业。

(5) 作业无明火,无火灾隐患,改善工人劳动条件。

(6) 部分作业在加工区完成,不占用施工时间,有利于缩短工期。

(7) 作业效率高,人为影响质量的因素少,接头的质量

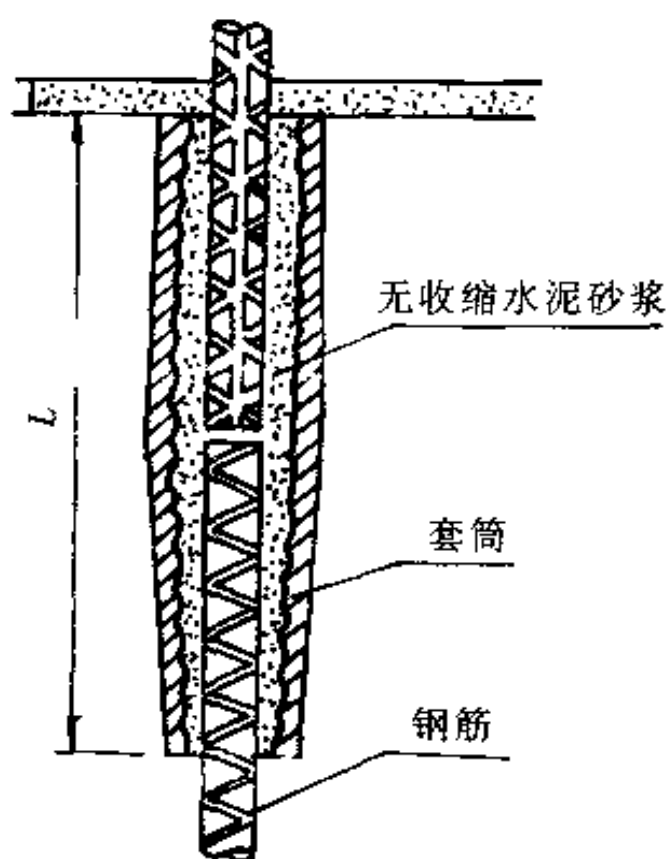


图 7-2 钢筋水泥灌浆充填套筒接头

$L$ —套筒长度

好,品质稳定。

(8)工人经短时间培训,便可上岗操作。

## 二、接头的设计原则与性能等级

(1)接头的设计原则:

①钢筋机械连接接头的设计应满足接头强度(屈服强度及抗拉强度)及变形性能的要求。

②钢筋机械连接件的屈服承载力和抗拉承载力的标准值不应小于被连接钢筋的屈服承载力和抗拉承载力标准值的1.10倍。

③钢筋接头应根据接头的性能等级和应用场合,对静力单向拉伸性能、高应力反复拉压、大变形反复拉压、抗疲劳、耐

低温等各项性能确定相应的检验项目。

(2) 接头性能等级:

①接头应根据静力单向拉伸性能以及高应力和大变形条件下反复拉、压性能的差异,分下列三个性能等级。

A 级:接头抗拉强度达到或超过母材抗拉强度标准值,并具有高延性及反复拉压性能。

B 级:接头抗拉强度达到或超过母材屈服强度标准值的 1.35 倍,具有一定的延性及反复拉压性能。

C 级:接头仅能承受压力。

②A 级、B 级、C 级的接头性能应符合表 7-1 的规定。

表 7-1 接头性能检验指标

等 级		A 级	B 级	C 级
单向拉伸	强 度	$f_{mst} \geq f_{tk}$	$f_{mst} \geq 1.35f_{tk}$	单向受压 $f_{mst} \geq f_{tk}$
	割线模量	$E_{0.7} \geq E_s^o$ 且 $E_{0.9} \geq 0.9E_s^o$	$E_{0.7} \geq 0.9E_s^o$ 且 $E_{0.9} \geq 0.7E_s^o$	—
	极限应变	$\varepsilon_u \geq 0.04$	$\varepsilon_u \geq 0.02$	—
	残余变形	$u \leq 0.3\text{mm}$	$u \leq 0.3\text{mm}$	—
高应力反复拉压	强 度	$f_{mst} \geq f_{tk}$	$f_{mst} \geq 1.35f_{tk}$	—
	割线模量	$E_{20} \geq 0.85E_s$	$E_{20} \geq 0.5E_s$	—
	残余变形	$u_{20} \leq 0.3\text{mm}$	$u_{20} \leq 0.3\text{mm}$	—
大变形反复拉压	强 度	$f_{mst} \geq f_{tk}$	$f_{mst} \geq 1.35f_{tk}$	—
	残余变形	$u_d \leq 0.3\text{mm}$ 且 $u_g \leq 0.6\text{mm}$	$u_d \leq 0.6\text{mm}$	—

上述接头抗拉强度是指接头试件在拉伸试验过程中所达到的最大拉应力值。

接头残余变形是指接头试件按加载制度加载后,在规定标距内所测得的变形。

接头极限应变是指接头试件在规定标距内测得的最大拉应力下的应变值。

(3)对直接承受动力荷载的结构,其接头应满足设计要求的抗疲劳性能。

当无专门要求时,对连接 HRB335 钢筋的接头,其疲劳性能应能经受应力幅为  $100\text{N/mm}^2$ , 上限应力为  $180\text{N/mm}^2$  的 200 万次循环加载。对连接 HRB400 钢筋的接头,其疲劳性能应能经受应力幅为  $100\text{N/mm}^2$ , 上限应力为  $190\text{N/mm}^2$  的 200 万次循环加载。

(4)当混凝土结构中钢筋接头部位的温度低于  $-10^\circ\text{C}$  时,应进行专门的试验。

(5)主要符号:本章中的符号及其含义见表 7-2。

表 7-2 主 要 符 号

编号	符 号	单 位	含 义
1	$E_s^0$	$\text{N/mm}^2$	钢筋弹性模量实测值
2	$E_{0.7}, E_{0.9}$	$\text{N/mm}^2$	接头在 0.7、0.9 倍钢筋屈服强度标准值下的割线模量
3	$E_1, E_{20}$	$\text{N/mm}^2$	接头在第 1、20 次加载至 0.9 倍钢筋屈服强度标准值时的割线模量
4	$\varepsilon_u$		受拉接头试件极限应变
5	$\varepsilon_{yk}$		钢筋在屈服强度标准值下的应变
6	$\mu$	mm	接头单同拉伸的残余变形



(续表)

编号	符 号	单位	含 义
7	$u_4, u_8, u_{20}$	mm	接头反复拉压 4、8、20 次后的残余变形
8	$f_{mt}, f'_{mt}$	N/mm <sup>2</sup>	机械连接接头的抗拉、抗压强度实测值
9	$f_u$	N/mm <sup>2</sup>	钢筋抗拉强度实测值
10	$f_{tk}, f'_{tk}$	N/mm <sup>2</sup>	钢筋抗拉、抗压强度标准值
11	$f_{yk}, f'_{yk}$	N/mm <sup>2</sup>	钢筋抗拉、抗压屈服强度标准值

### 三、接头的应用

(1) 接头性能等级的选定应符合下列规定:

①混凝土结构中要求充分发挥钢筋强度或对接头延性要求较高的部位,应采用 A 级接头。

②混凝土结构中钢筋受力小或对接头延性要求不高的部位,可采用 B 级接头。

③非抗震设防和不承受动力荷载的混凝土结构中钢筋只承受压力的部位,可采用 C 级接头。

(2) 钢筋连接件的混凝土保护层厚度宜满足国家现行标准《混凝土结构设计规范》中受力钢筋混凝土保护层最小厚度(表 2-1)的要求,且不得小于 15mm。连接件之间的横向净距不宜小于 25mm。

(3) 受力钢筋机械连接接头的位置应相互错开。在任一接头中心至长度为钢筋直径 35 倍的区段范围内,有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积的百分率,应符合下列规定:

①受拉区的受力钢筋接头百分率不宜超过 50%。

②在受拉区的钢筋受力小的部位, A 级接头百分率可不受限制。

③接头宜避开有抗震设防要求的框架的梁端和柱端的箍筋加密区;当无法避开时,接头应采用 A 级,且接头百分率不应超过 50%。

④受压区和装配式构件中钢筋受力较小部位,A 级和 B 级接头百分率可不受限制。

(4)当对具有钢筋接头的构件进行试验并取得可靠数据时,接头的应用范围可根据工程实际情况进行适当调整。

#### 四、接头的型式检验

(1)在下列情况时应进行型式检验:

- ①确定接头性能等级时。
- ②材料、工艺、规格进行改动时。
- ③质量监督部门提出专门要求时。

(2)用于型式检验的钢筋母材的性能除应符合有关标准的规定外,其屈服强度及抗拉强度实测值不宜大于相应屈服强度和抗拉强度标准值的 1.10 倍。当大于 1.10 倍时,对 A 级接头,接头的单向拉伸强度实测值尚应大于等于 0.9 倍钢筋实际抗拉强度。

(3)型式检验的接头试件尺寸(图 7-3)应符合表 7-3 的要求。

表 7-3 型式检验接头试件尺寸

编号	符号	含 义	尺寸(mm)
1	$L$	接头试件连接件长度	实测
2	$L_1$	接头试件割线模量及残余变形的量测标距	$L + 40$
3	$L_2$	接头试件极限应变的量测标距	$L + 8d$
4	$d$	钢筋直径	公称直径

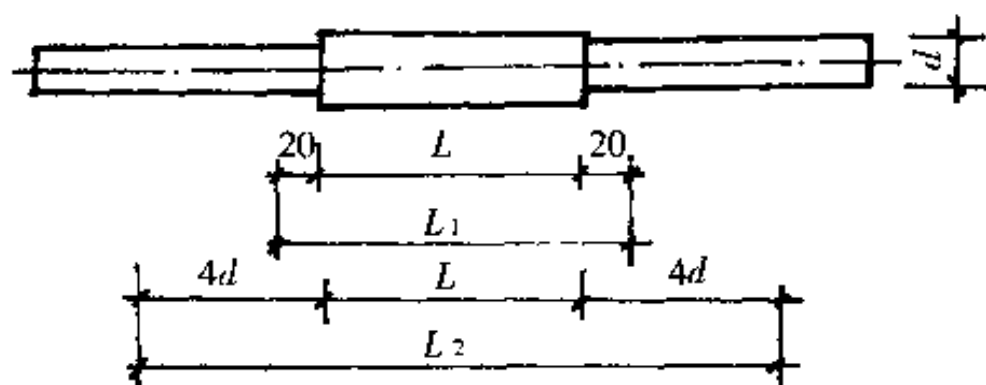


图 7-3 试件尺寸(mm)

(4) 对每种型式、级别、规格、材料、工艺的机械连接接头,型式检验试件不应少于 12 个;其中单向拉伸试件不应少于 6 个,高应力反复拉压试件不应少于 3 个,大变形反复拉压试件不应少于 3 个。同时,尚应取 3 根同批、同规格钢筋试件做力学性能试验。

(5) 型式检验的加载制度应按钢筋机械连接通用技术规程(JGJ 107—2003)附录 A 的规定进行,其合格条件为:

①强度检验:每个试件的实测值均应符合表 7-1 规定的相应性能等级的检验指标。

②割线模量、极限应变、残余变形检验:每组试件的实测平均值均应符合表 7-1 规定的相应性能等级的检验指标。

(6) 型式检验应由国家、省部级主管部门认可的检测机构进行,并按 7-4 的格式出具试验报告和评定结论。

接头试件型式检验试验报告应包括试件基本参数和试验结果二部分。宜按表 7-4 的格式汇总试验记录。

### 五、接头的施工现场检验与验收

(1) 工程中应用钢筋机械连接时,应由该技术提供单位提交有效的型式检验报告。

表 7-4 接头试件型式检验试验报告

接头名称			送检试件数量			送检日期		
送检单位					设计接头等级		A 级	B 级
连接件示意图			连接件各部位尺寸 (mm) 连接件原材料 连接工艺参数					
接头试件基本参数			钢筋母材编号	1	2	3	4	5
钢筋公称直径 (mm)	实际面积 (mm <sup>2</sup> )							
	屈服强度 (N/mm <sup>2</sup> )							
	抗拉强度 (N/mm <sup>2</sup> )							
	弹性模量 (N/mm <sup>2</sup> )							
试件编号			No1	No2	No3	No4	No5	No6
单向拉伸	强度 (N/mm <sup>2</sup> )							
	割线模量 (N/mm <sup>2</sup> )							
	极限应变 (%)							
	残余变形 (mm)							
高应力反复拉压	强度 (N/mm <sup>2</sup> )							
	割线模量 (N/mm <sup>2</sup> )							
	残余变形 (mm)							
	强度 (N/mm <sup>2</sup> )							
大变形反复拉压	强度 (N/mm <sup>2</sup> )							
	残余变形 (mm)							
评定结论								

试验单位: \_\_\_\_\_ 负责人: \_\_\_\_\_ 试验员: \_\_\_\_\_ 校核: \_\_\_\_\_

注: 接头试件基本参数栏应详细记载。对套筒挤压接头, 应包括套筒长度、外径、内径、挤压道次、挤压力 (kN)、压痕处平均直径 (或挤压后套筒长度)、压痕总宽度。对锥螺纹接头应包括连接套长度、外径、内径、锥度、牙形角平分线垂直于钢筋轴线 (或垂直于锥面)、扭紧力矩值 (N·m)。可加页描述, 盖章有效。

(2) 钢筋连接工程开始前及施工过程中,应对每批进场钢筋进行接头工艺检验,工艺检验应符合下列要求:

① 每种规格钢筋的接头试件不应少于 3 根。

② 对接头试件的钢筋母材应进行抗拉强度试验。

③ 3 根接头试件的抗拉强度均应满足本规程表 7-1 的强度要求;对于 A 级接头,试件抗拉强度尚应大于等于 0.9 倍钢筋母材的实际抗拉强度  $f_a$ 。计算实际抗拉强度时,应采用钢筋的实际横截面面积。

(3) 现场检验应进行外观质量检查和单向拉伸试验。对接头有特殊要求的结构,应在设计图纸中另行注明相应的检验项目。

(4) 接头的现场检验按验收批进行。同一施工条件下采用同一批材料的同等级、同型式、同规格接头,以 500 个为一个验收批进行检验与验收,不足 500 个也作为一个验收批。

(5) 对接头的每一验收批,必须在工程结构中随机截取 3 个试件作单向拉伸试验,按设计要求的接头性能等级进行检验与评定,并按表 7-4 规定的格式记录。

当 3 个试件单向拉伸试验结果均符合表 7-1 的强度要求时,该验收批评为合格。

如有 1 个试件的强度不符合要求,应再取 6 个试件进行复检。复检中如仍有 1 个试件试验结果不符合要求,则该验收批评为不合格。

(6) 在现场连续检验 10 个验收批,其全部单向拉伸试件一次抽样均合格时,验收批接头数量可扩大一倍。

(7) 外观质量检验的质量要求、抽样数量、检验方法及合格标准由各类型接头的技术规程确定。

## 第二节 钢筋径向挤压连接

### 一、基本原理、特点和适用范围

#### 1. 基本原理

钢筋径向挤压连接是将一个钢套筒套在两根带肋钢筋的端部,用超高压液压设备(挤压钳),沿钢套筒径向挤压钢套筒,在挤压钳挤压力作用下,钢套筒产生塑性变形与钢筋紧密结合。通过钢套筒与钢筋横肋的咬合,将两根钢筋牢固连接在一起,见图7-4。

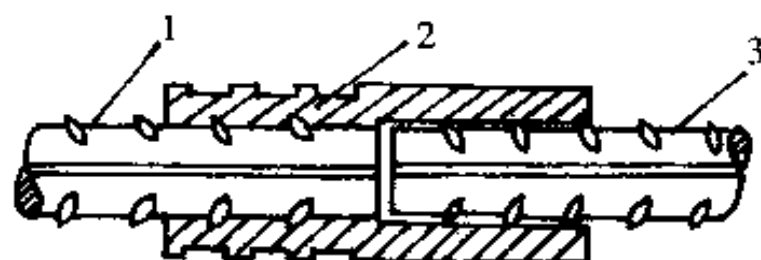


图7-4 钢筋径向挤压连接

1. 已挤压的钢筋;2. 钢套筒;3. 未挤压的钢筋

目前,该方法已在工程中大量应用。

#### 2. 特点

钢筋挤压连接与其他钢筋连接方法相比,其主要特点是:

(1)接头强度高,性能可靠,能够承受高应力反复拉压载荷及疲劳载荷。

在有关标准规定的单向拉伸、高应力反复拉伸、弹性范围反复拉压、塑性范围(大变形)反复拉压试验中,其强度、刚度、韧性及残余变形量均达到最高等级接头性能的要求,等同于母材钢筋。这种具有最高级接头性能的钢筋挤压接头在结

构设计中,受拉钢筋允许使用接头的百分率高于其他接头,甚至在某些部位,钢筋接头百分率可以达到100%。

(2)操作简便,工人经培训后可上岗操作。

钢筋挤压连接施工工艺简单,设备操作容易、方便,接头质量控制也很直观,工人经短时间培训,就可制作出合格的接头。

(3)连接时无明火,操作不受气候环境影响,在水中和可燃气体环境中均可作业。

挤压连接设备为液压机械设备,施工时,在环境温度下的钢套筒进行冷挤压,不生高温也没有明火,完全不受周围环境的影响,即使雨、雪天气,易燃、易爆气体环境,甚至水下连接,都能够正常施工作业。

(4)节约能源,每台设备功率仅为1.5~2.2kW。

挤压连接设备的动力为小功率三相电机,耗电量小,节省能源。并且,施工无需配备大容量电力设备,减少了现场设备投资,特别适合于电力紧张地区的施工现场条件。

(5)接头检验方便。通过外观检查挤压道数和测量压痕处直径即可判定接头质量,现场机械性能抽样数量仅为0.6%,节省检验试验费用,以及质量控制管理费用。现场抽样检验合格率可达到100%。

(6)施工速度快。连接一个 $\phi 32$ 钢筋接头仅需2~3min。并且,无需对钢筋端部特别处理。在接头百分率不受限制的结构,甚至无需钢筋定尺下料工序,大大减少钢筋加工量,节省钢筋及人工费用。如采用9~12m长钢筋,还可能减少接头数量。

可见,钢筋径向挤压连接技术是一种质量好、速度快、易

掌握、易操作、节约能源和材料、综合经济效益好的一种先进的技术方法。

### 3. 适用范围

用该方法可连接 HRB335、HRB400、RRB400, 直径 16 ~ 40mm 各种带肋钢筋, 包括焊接性差的钢筋, 以及与上述国产钢筋相当的进口钢筋。同直径钢筋连接、不同直径钢筋连接均可进行。

## 二、基本规定

### 1. 一般规定

(1) 工程中应用带肋钢筋套筒挤压接头时, 应由该技术提供单位提交有效的型式检验报告。

(2) 钢筋挤压连接可用于钢筋混凝土结构中垂直、水平或倾斜位置的相互连接。挤压连接的两根钢筋可为同直径钢筋, 也可为不同直径钢筋。当连接的两根钢筋直径差为 5mm, 可采用表 7-5 所示的钢套筒; 直径差大于 5mm 时应采用变截面钢套筒。

### 2. 质量目标

钢筋连接工程开始前及施工过程中, 应对每批进场钢筋进行挤压连接工艺检验, 工艺检验应符合下列要求:

(1) 每种规格钢筋的接头试件不应少于 3 根。

(2) 钢筋母材抗拉强度试件不应少于 3 根, 且应取有接头试件的同一根钢筋。

(3) 3 根接头试件的抗拉强度均应符合现行行业标准《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ 107) 中表 3.0.5 (即表 7-1) 的强度要求; 对于 I 级接头, 试件抗拉强度尚应大于等于钢筋抗拉强度实际值的 0.95 倍; 对 II 级接头, 应大于 0.90 倍。



(4) 现场检验应对挤压接头进行外观质量检查和单向拉伸试验。对挤压接头有特殊要求的结构,应在设计图纸中另行注明相应的检验项目。

(5) 接头的外观质量检验应按每一验收批中随机抽取 10% 接头。接头不得有肉眼可见裂纹、折叠或影响性能的压痕,不得有凹陷、劈裂,接头处弯折不得大于  $4^{\circ}$ , 钢筋插入钢套筒长度必须符合规定。若不符合规定,应切除该接头重新压接。当不合格的接头超过检查数量的 10% 时,应对全部接头逐个进行检查,并对不合格接头采取相应的补救措施后,在这些接头中增加一组(6 个)拉伸性能试验,检查结果若有一个试件的抗拉强度低于规定值,则该批外观不合格接头应切除重新连接。

### 三、施工准备

#### 1. 技术准备

(1) 操作工人必须持证上岗;

(2) 准备工程所需的图纸、规范、标准等技术资料,并确定其是否有效;

(3) 做好施工技术交底。

#### 2. 材料准备

(1) HRB335、HRB400 级(Ⅱ、Ⅲ级)带肋钢筋挤压接头所用套筒材料,其实测力学性能应符合表 7-8 的要求。

(2) 套筒应有型式检验报告和出厂合格证,运输和储存时应防止锈蚀和污染,分批验收,按不同规格分别堆放。

(3) 用于挤压连接的钢筋必须具有质量证明书,其表面形状尺寸和性能等应符合《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB 1999—91)或《钢筋混凝土用余热处理钢筋》(GB

13014—91) 标准的要求(见第一章第三节内容)。

### 3. 主要机具准备

高压油泵、油管、压钳、钢筋挤压压模、吊挂小车、平衡器、角向砂轮、划标志工具及检查压痕卡板卡尺等工具。

(1) 压钳的性能试验、可靠性和耐久性试验应符合《超高机具用液压缸试验方法》(JB/JQ 2030—90)的有关规定。

(2) 超高压泵站与超高压油管应符合现行有关标准的规定。

(3) 下列情况之一时,应对挤压机的挤压力进行标定:

- ①新挤压设备使用前。
- ②旧挤压设备大修后。
- ③油压表受损或强烈振动后。
- ④套筒压痕异常且查不出其他原因时。
- ⑤挤压设备使用超过一年。
- ⑥挤压的接头数超过 5000 个。

(4) 超高压泵站检修后,应重新标定压力,确保压接精度。

(5) 超高压油管严禁硬性弯折和重物砸压。

(6) 检测卡尺的测量精度应达到  $\pm 0.1\text{mm}$ 。

### 4. 作业条件

(1) 挤压作业前,检查挤压设备是否正常,并试压,符合要求后方准作业。

(2) 按连接钢筋规格和钢套筒型号选配压模,对不同直径钢筋的套筒不得相互串用。连接相同直径钢筋的压模型号应符合表 7-5 的规定,连接不同直径钢筋的压模型号应按表 7-6 的规定采用。

表 7-5 相同规格钢筋连接时的钢套筒型号、压模  
型号、压痕最小直径和压痕总宽度

连接钢筋规格	钢套筒型号	压模型号	压痕最小直径允 许范围(mm)	压痕总宽度 (mm)
$\phi 40 - \phi 40$	G40	M40	60 ~ 63	$\geq 80$
$\phi 36 - \phi 36$	G36	M36	54 ~ 57	$\geq 70$
$\phi 32 - \phi 32$	G32	M32	48 ~ 51	$\geq 60$
$\phi 28 - \phi 28$	G28	M28	41 ~ 44	$\geq 55$
$\phi 25 - \phi 25$	G25	M25	37 ~ 39	$\geq 50$
$\phi 22 - \phi 22$	G22	M22	32 ~ 34	$\geq 45$
$\phi 20 - \phi 20$	G20	M20	29 ~ 31	$\geq 45$
$\phi 18 - \phi 18$	G18	M18	27 ~ 29	$\geq 40$

表 7-6 不同规格钢筋连接时的钢套筒型号、压模  
型号、压痕最小直径和压痕总宽度

连接钢筋规格	钢套筒型号	压模型号	压痕最小直径允 许范围(mm)	压痕总宽度 (mm)
$\phi 40 - \phi 36$	G40	$\phi 40$ 端 M40	60 ~ 63	$\geq 80$
		$\phi 36$ 端 M36	57 ~ 60	$\geq 80$
$\phi 36 - \phi 32$	G36	$\phi 36$ 端 M36	54 ~ 57	$\geq 70$
		$\phi 32$ 端 M32	51 ~ 54	$\geq 70$
$\phi 32 - \phi 28$	G32	$\phi 32$ 端 M32	48 ~ 51	$\geq 60$
		$\phi 28$ 端 M28	45 ~ 48	$\geq 60$
$\phi 28 - \phi 25$	G28	$\phi 28$ 端 M28	41 ~ 44	$\geq 55$
		$\phi 25$ 端 M25	38 ~ 41	$\geq 55$

(续表)

连接钢筋规格	钢套筒型号	压模型号	压痕最小直径 允许范围(mm)	压痕总宽度 (mm)
$\phi 25 - \phi 22$	G25	$\phi 25$ 端 M25	37 ~ 39	$\geq 50$
		$\phi 22$ 端 M22	35 ~ 37	$\geq 50$
$\phi 25 - \phi 20$	G25	$\phi 25$ 端 M25	37 ~ 39	$\geq 50$
		$\phi 20$ 端 M20	33 ~ 35	$\geq 50$
$\phi 22 - \phi 20$	G22	$\phi 22$ 端 M22	32 ~ 34	$\geq 45$
		$\phi 20$ 端 M20	31 ~ 33	$\geq 45$
$\phi 22 - \phi 18$	G22	$\phi 22$ 端 M22	32 ~ 34	$\geq 45$
		$\phi 18$ 端 M18	29 ~ 31	$\geq 45$
$\phi 20 - \phi 18$	G20	$\phi 20$ 端 M20	29 ~ 31	$\geq 45$
		$\phi 18$ 端 M18	28 ~ 30	$\geq 45$

(3) 钢套筒表面沿长度方向标有压接标志,其要求应符合本节五、钢套筒技术条件的规定。

(4) 连接相同直径钢筋的钢套筒的型号应符合表 7-5 的规定;连接不同直径钢筋的钢套筒的型号应符合表 7-6 的规定。所连钢筋直径之差不应超过 9mm,不宜超过 4mm。

(5) 液压油中严禁混入杂质。施工中油箱应遮盖好,防止雨水、灰尘混入油箱。在连接拆卸超高压软管时,其端部要保管好,不能粘有灰尘沙土。

#### 四、材料和质量要求

##### 1. 材料的关键要求

(1) 钢筋的级别、直径(16 ~ 40mm)必须符合设计要求及

现行国家标准,应有出厂质量证明及复试报告。进口钢筋需对接压连接进行型式检验,符合性能要求后使用。

(2) 钢套筒的材质为低碳素镇静钢,其机械性能应满足要求。

## 2. 技术关键要求

(1) 参加挤压接头作业的人员必须经过培训,并经考核合格后方可持证上岗;

(2) 钢筋端头的锈皮、泥砂、油污等杂物应清理干净;

(3) 应对套筒作外观尺寸检查,对不同直径钢筋的套筒不得相互串用;

(4) 钢筋与钢套筒试套,如钢筋有马蹄、飞边、弯折或纵肋尺寸超大者,应先矫正或用手砂轮修磨,超大部分禁止用电气焊切割。

(5) 钢筋端头应有定位标志和检查标志,以确保钢筋伸入套筒的长度。定位标志距钢筋端部的距离为钢套筒长度的 $1/2$ 。

(6) 按标记检查钢筋插入套筒内深度,钢筋端头离套筒长度中心不宜超过 10mm。

## 3. 质量关键要求

(1) 要认真检查钢套筒的质量,材质不符合要求,无出厂质量证明书,以及外观质量不合格的钢套筒,不得使用。

(2) 注意检查钢筋插入钢套筒标定的长度、钢筋的标记线、挤压接头的压痕道次、接头弯折度、套筒裂缝是否符合规定要求,并填写施工现场挤压接头外观检查记录表(见表 7-7)。

## 第二节 钢筋径向挤压连接

表 7-7 施工现场挤压接头外观检查记录

工程名称		楼层号		构件类型			
验收批号		验收批数量		抽检数量			
连接钢筋直径(mm)		套筒外径(或长度)(mm)					
外观检查内容	压痕处套筒外径 (或挤压后套筒长度)	规定挤压道次		接头弯折 $\leq 3^\circ$		套筒无肉眼 可见裂缝	
		合格	不合格	合格	不合格	合格	不合格
外观检查不合格接头之编号	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
评定结论							

备注:1. 接头外观检查抽检数量应不少于验收批接头数量的 10%

2. 外观检查内容共四项,其中压痕处套筒外径(或挤压后套筒长度),挤压道次,二项的合格标准由产品供应单位根据型式检验结果提供;接头弯折 $\leq 4^\circ$ 为合格,套筒表面有无裂缝以无肉眼可见裂缝为合格

3. 仅要求对外观检查不合格接头作记录,四项外观检查内容中,任一项不合格即为不合格,记录时可在合格与不合格栏中打 $\checkmark$

4. 外观检查不合格接头数超过抽检数的 10% 时,该验收批外观质量评为不合格

检查人:\_\_\_\_\_负责人:\_\_\_\_\_日期:\_\_\_\_\_

## 五、钢套筒技术条件

1. 钢套筒型号分别适用于《钢筋混凝土热轧带肋钢筋》(GB 1499—98)、《钢筋混凝土余热处理钢筋》(GB 13014—91)中直径 16~40mm 的 HRB335~HRB400 级(Ⅱ级~Ⅲ级)钢筋的挤压连接。

2. 钢套筒性能要求应符合附表 7-8 的要求。

表 7-8 套筒材料的力学性能

性能项目	力学性能指标
屈服强度( $\text{N/mm}^2$ )	225~350
抗拉强度( $\text{N/mm}^2$ )	375~500
延伸率 $\delta_5$ (%)	$\geq 20$
硬度(HRB)	60~80
或 HB	102~133

3. 挤压接头所用套筒必须由定点工厂严格按设计要求进行生产,规格尺寸符合表 7-9 的要求。

表 7-9 钢套筒的规格和尺寸

钢套筒型号	钢套筒尺寸(mm)			理论重量 (kg)
	外 径	壁 厚	长 度	
G40	70	12	250	4.37
G36	63.5	11	220	3.14
G32	57	10	200	2.31
G28	50	8	190	1.58
G25	45	7.5	170	1.18
G22	40	6.45	140	0.75
G20	36	6	130	0.58
G18	34	5.5	125	0.47

## 4. 尺寸允许偏差

钢套筒尺寸允许偏差应符合表 7-10 的要求。

表 7-10 钢套筒尺寸允许偏差 (mm)

套筒外径 $D$	外径允许偏差	壁厚( $t$ )允许偏差	长度允许偏差
$\leq 50$	$\pm 0.5$	$+0.12t$ $-0.10t$	$\pm 2$
$> 50$	$\pm 0.01d$	$+0.12t$ $-0.10t$	$\pm 2$

## 5. 表面标志

钢套筒表面应标有清晰均匀的挤压标志,中部两条标志的距离应不小于 20mm。

## 6. 检查和验收

(1) 钢套筒原材料应有质保书,检查和验收应分批进行。由同一牌号、同一炉号原材料制作的同一型号的钢套筒为一批,每批取 5% 作外观检查,如有一个不合格,加倍检验,仍有一个不合格,逐个进行检验,合格后方可使用。必要时取试件作拉伸试验。

(2) 外观检查应符合下列要求:

- ① 钢套筒表面不得有裂纹、折叠或影响性能的其他缺陷。
- ② 钢套筒的尺寸及允许偏差应分别符合表 7-9、表 7-10 的规定。

③ 钢套筒表面挤压标志应符合上述第 5 条的规定。

(3) 拉伸试验的结果应符合表 7-8 的规定。

(4) 每批钢套筒经检查验收合格后,应填写质量合格证明书,作为用户使用的依据。



## 六、施工工艺

### 1. 工艺流程

钢套筒、钢筋挤压部位检查、清理、矫正→检查钢筋端头压接标志→钢筋插入钢套筒挤压(每侧挤压从接头中间压痕标志开始依次向端部进行)→检查验收

### 2. 施工操作工艺

(1)钢筋应按标记要求插入钢套筒内,钢筋端头离套筒长度中点不宜超过 10mm。当钢筋纵肋过高影响插入时,允许进行打磨,但钢筋横肋严禁打磨。被连接钢筋的轴心与钢套筒轴心应保持同一轴线,防止偏心和弯折。

(2)在压接接头处挂好平衡器与压钳,接好进、回油油管,启动超高压泵,调节好压接力所需的油压力,然后将下压模卡板打开,取出下模,把挤压机机架的开口插入被挤压的带肋钢筋的连接套中,插回下模,锁紧卡板,压钳在平衡器的平衡力作用下,对准钢套筒所需压接的标记处,控制挤压机换向阀进行挤压。压接结束后将紧锁的卡板打开,取出下模,退出挤压机,则完成挤压施工。

(3)挤压时,压钳的压接应对准套筒压痕标志,并垂直于被压钢筋的横肋。挤压应从套筒中央逐道向端部压接,不应由端部向中部挤压或隔标记来回挤压。最小直径及压痕总宽度须符合规定要求,见图 7-5。

(4)为了减少高处作业并加快施工进度,可先在地面压接半个压接接头,在施工作业区把钢套筒另一端插入预留钢筋,按工艺要求挤压另一端。

## 七、质量验收标准

### 1. 主控项目

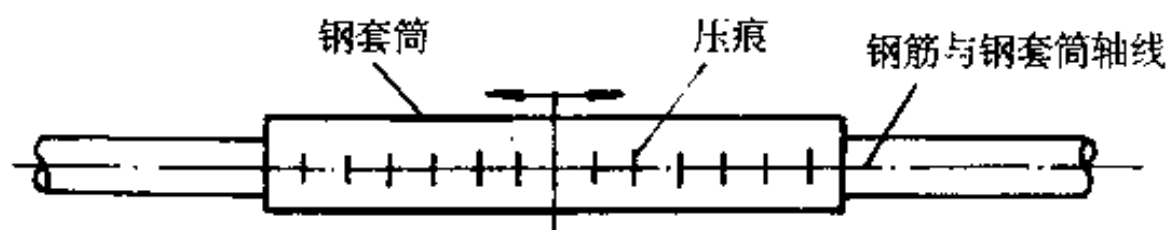


图 7-5

(1) 钢筋的品种和质量必须符合设计要求和有关标准的规定。

(2) 钢套筒的材质、机械性能必须符合钢套筒标准的规定,表面不得有裂缝、折叠等缺陷。

(3) 在正式施工前应进行现场条件下的挤压连接工艺检验。检验接头的数量应不少于三个。检验接头按质量验收规定检验合格后,方可进行施工。

(4) 挤压接头的现场检验按验收批进行。同一施工条件下采用同一批材料的同等级、同型式、同规格接头,以 500 个为一个验收批,进行检验与验收,不足 500 个也作为一个验收批。

(5) 对每一验收批,均应按设计要求的接头性能等级,在工程中随机抽取 3 个接头试件做抗拉强度试验。按表 7-11 填写记录,并作出评定,其抗拉强度均不得低于被压接钢筋抗拉强度标准值的 1.05 倍,若其中有一个试件不符合要求时,应再抽取 6 个试件进行复检,复检中仍有 1 个试件的强度不符合要求,则该验收批评为不合格。

### 2. 一般项目

(1) 钢筋接头压痕深度不够时应补压。超压者应切除重新挤压。钢套筒压痕的最小直径和总宽度,应符合钢套筒供

应厂家提供的技术要求。

(2) 挤压接头的外观质量检验应符合下列要求:

①外形尺寸:挤压后套筒长度应为原套筒长度的 1.10 ~ 1.15 倍;或压痕处套筒的外径波动范围为原套筒外径的 0.8 ~ 0.9 倍。

②挤压接头的压痕道数应符合型式检验确定的道数。

③接头处弯折不得大于  $3^{\circ}$ 。

④挤压后的套筒不得有肉眼可见裂缝。

(3) 每一验收批中应随机抽取 10% 的挤压接头作外观质量检验,如外观质量不合格数超过抽检数的 10% 时,应对该批挤压接头逐个进行复检,对外观不合格的接头采取补救措施;不能补救的挤压接头应作标记,在外观不合格的接头中抽取 6 个试件作抗拉强度试验,若有一个试件的抗拉强度低于规定值,则该批外观不合格的挤压接头,应会同设计单位商定处理,并记录存档。

(4) 在现场连续检验 10 个验收批,抽样试件抗拉强度试验 1 次合格率为 100% 时,验收批接头数量可扩大一倍。

### 3. 质量记录

带肋钢筋径向挤压接头施工应具备以下质量记录:

(1) 钢筋出厂质量证明书和钢套筒出厂合格证。

(2) 钢筋机械性能试验报告。

(3) 钢套筒型式检验报告。

(4) 施工现场的单向拉伸检验报告记录(表 7-11)和挤压接头单向拉伸性能试验报告(表 7-4)。

(5) 施工现场挤压接头外观检查记录(表 7-7)。

(6) 钢筋挤压连接操作工合格证。

## 第二节 钢筋径向挤压连接

表 7-11 挤压接头单向拉伸性能试验报告

工程名称						楼层号			构件类型	
设计要求接头性能等级			A 级      B 级			检验批接头数量				
试件编号	钢筋公称直径 $D$ (mm)	实测钢筋横截面积 $A_s^0$ (mm <sup>2</sup> )	钢筋母材屈服强度标准值 $f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	钢筋母材抗拉强度标准值 $f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	钢筋母材抗拉强度实测值 $f_u^0$ (N/mm <sup>2</sup> )	接头试件极限拉力 $P$ (kN)	接头试件抗拉强度实测值 $f_{msl}^0 = P/A_s^0$ (N/mm <sup>2</sup> )	接头破坏形态	评定结果	
评定结论										
备 注			1. $f_{msl}^0 \geq f_{tk}$ 为 A 级接头; $f_{msl}^0 \geq 1.35f_{yk}$ 为 B 级接头; 2. 实测钢筋横截面面积 $A_s^0$ 用称重法确定。 3. 破坏形态仅作参考,不作为评定依据。							

试验单位\_\_\_\_\_ (盖章) 负责\_\_\_\_\_ 校核\_\_\_\_\_

日期\_\_\_\_\_ 抽样\_\_\_\_\_ 试验\_\_\_\_\_

#### 4. 应注意的质量问题

(1) 接头钢筋宜用砂轮切割机断料。

(2) 接头的压痕道数应符合钢筋规格要求的挤压道数,认真检查压痕深度,深度不够的要补压,超深的要切除接头重新连接。

(3) 挤压连接操作过程中,遇有异常现象时,应停止操作,检查原因,排除故障后,方可继续进行。

(4) 挤压连接施工必须严格遵守操作规程,工作油压不得超过额定压力。

(5) 钢筋连接件的混凝土保护层厚度宜满足国家现行标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)中受力钢筋混凝土保护层最小厚度(表2-1)的要求,且不得小于15mm。连接件之间的横向净距不宜小于25mm。

### 第三节 钢筋直螺纹接头连接

#### 一、基本原理及特点

钢筋直螺纹接头连接包括钢筋冷镦直螺纹连接、钢筋滚压直螺纹连接以及钢筋剥肋滚压直螺纹连接三种。因钢筋冷镦直螺纹连接目前已很少采用,在此不作介绍。

##### 1. 钢筋滚轧(压)直螺纹套筒连接

直接滚轧(又称为滚压)直螺纹钢筋连接接头是将钢筋连接端头采用专用滚轧设备和工艺,通过滚丝轮直接将钢筋端头滚轧成直螺纹,并用相应的连接套筒将两根待接钢筋连接成一体钢筋接头(7-6)。

在钢筋待接端头直接滚轧加工过程中,由于滚丝轮的滚

轧作用,使钢筋端部产生塑性变形,根据冷作硬化的原理,滚轧变形后的钢筋端头可比钢筋母材抗拉面积增加 2.5%,抗拉强度可提高 6%~8%,从而可使滚轧直螺纹接头部位的强度大于钢筋母材的实测极限强度。

这种接头的优点:设备投资少、螺纹加工简单(一次装卡即可直接完成滚轧直螺纹的加工)、接头强度高、连接速度快、生产效率高、现场施工方便、适应性强等。

(1)适用范围:适用于钢筋混凝土结构中直径 16~40mm 的 HRB335、HRB400(Ⅱ、Ⅲ级)钢筋连接。其接头性能可达到现行国家行业标准《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ107)的 A 级标准(见表 7-1)

(2)接头分类:按使用条件分类见表 7-12 和图 7-9~图 7-12。

表 7-12 按使用条件分类表

序号	使用要求	套筒型式
1	正常情况下钢筋连接	标准型
2	用于钢筋转动较困难的场合,通过转动套筒进行钢筋连接	加长可调型
3	用于较难对中的钢筋连接	扩口型
4	用于不同直径的钢筋连接	异径型
5	用于两端钢筋均不能转动,且要求调节轴向长度的钢筋连接	正反螺纹型
6	钢筋完全不能转动,通过转动套筒进行钢筋连接,用锁母锁紧套筒	加锁母型

## 2. 钢筋剥肋滚轧(压)直螺纹套筒连接

剥肋滚轧(又称滚压)直螺纹连接技术,是利用专用剥肋滚轧直螺纹加工设备,先将钢筋端头待接部位的纵、横肋剥成同一直径的圆柱体,再利用同一台设备继续滚压成直螺纹。

滚轧直螺纹加工过程中,在滚丝轮的作用下,使钢筋端部产生塑性变形,不仅直螺纹的外径比钢筋母材略有增大;而且根据冷作硬化原理,塑性变形后的钢筋端头,其强度比母材也有提高。因此,可使接头性能达到《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ107—1996)(本章第一节)中 A 级标准。

该项技术与其他滚轧直螺纹连接技术相比具有:

①螺纹牙型好、精度高、牙齿表面光滑。

②螺纹直径大小一致,连接质量稳定。

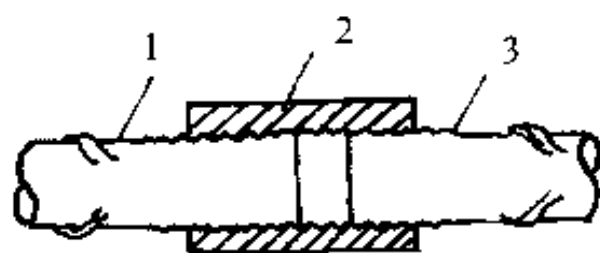
③滚丝轮寿命长,接头附加成本低。一组滚丝轮约可加工 5000 ~ 8000 个丝头,比直接滚轧工艺寿命约可提高 8 ~ 10 倍。

④接头通过 200 万次疲劳试验无破坏,具有优良的抗疲劳性能。

⑤抗低温性能好,在零下 40℃ 低温下试验,接头仍能达到与母材等强度连接。

该项技术由中国建筑科学研究院建筑机械化分院研制开发,于 1999 年 12 月通过建设部组织的鉴定。2000 年被建设部列为科技成果推广项目。

(1)适用范围:该项连接技术适用于直径 16 ~ 50mm 的 HRB335、HRB400(Ⅱ、Ⅲ级)钢筋在任意方向的同、异径的连接。不仅可应用于要求充分发挥钢筋强度或对接头延性要求高的混凝土结构;而且,还可应用于对疲劳性能要求高的混凝



剖面图

图 7-6 钢筋直螺纹套筒连接

1. 已连接的钢筋; 2. 直螺纹套筒; 3. 正在拧入的钢筋

土结构,如机场、桥梁、隧道、电视塔、核电站和水电站等。

(2)接头分类:按接头使用要求、型式及连接方法分为:标准型接头(图 7-9)、正反丝扣型接头(图 7-10)、变径型接头(图 7-11)和可调型接头(图 7-12)等类型。

## 二、基本规定

(1)采用螺纹套筒连接的钢筋接头,其设置在同一构件中纵向受力钢筋的接头相互错开。钢筋机械连接区段长度应按  $35d$  计算( $d$  为被连接钢筋中的较大直径)。在同一连接区段内有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积的百分率(以下简称百分率),应符合下列规定:

①接头宜设置在结构构件受拉钢筋应力较小部位,当需要在高应力部位设置接头时,在同一连接区段内Ⅱ级接头的接头百分率不应大于 50%;Ⅰ级接头的接头百分率可不受限制。

②接头宜避开有抗震设防要求的框架的梁端、柱端箍筋加密区;当无法避开时,应采用Ⅰ级或Ⅱ级接头,且接头百分率不应大于 50%。



③受拉钢筋应力较小部位或纵向受压钢筋,接头百分率可不受限制。

④对直接承受动力荷载的结构构件,接头百分率不应大于50%。

(2)接头端头距钢筋弯曲点不得小于钢筋直径的10倍。

(3)不同直径钢筋连接时,一次连接钢筋直径规格不宜超过二级。

### 三、施工准备

#### 1. 技术准备

(1)凡参与接头施工的操作工人必须参加技术培训,经考核合格后持证上岗。

(2)核对有编号的布筋图纸加工单与成品数量。

(3)做好技术交底。

#### 2. 材料准备

(1)材料的品种规格:套筒的规格、型号以及钢筋的品种、规格必须符合设计要求。

(2)质量要求:

①钢筋质量要求:

(a)钢筋应符合国家标准《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB 1499)和《钢筋混凝土用余热处理钢筋》(GB 13014)的要求,有原材质、复试报告和出厂合格证;

(b)钢筋应先调直再下料,并宜用切断机和砂轮片切断,切口端面应与钢筋轴线垂直,不得有马蹄形或挠曲,不得用气割下料。

②套筒与锁母材料质量要求:

(a)套筒与锁母材料应采用优质碳素结构钢或合金结构

钢,其材质应符合 GB 699 规定;

(b)成品螺纹连接套应有产品合格证;两端螺纹孔应有保护盖,套筒表面应有规格标记。

### 3. 主要机具

(1)用于直接滚轧直螺纹钢筋接头的机具设备:

①直螺纹滚轧机:采用专用滚轧机床对钢筋端部进行滚压,一次装卡即可完成滚轧直螺纹的加工。直螺纹滚轧机性能见表 7-13。

表 7-13 直接滚轧直螺纹机性能表

型 号	BX-1	CJGS I	CABR GHG
钢筋直径(mm)	16~40	16~40	16~40
效率(个/班)	300	500	300~400
功率(kW)	3	4	3

注:①BX-1 和 CJGS I 滚丝机数据由北京市北新施工技术研究所提供。

②CABR GHG 滚丝机数据由建硕钢筋连接工程有限公司提供。

②机具设备:包括切割机、套丝机(图 7-7)、普通扳手及量规。

(2)用于剥肋滚轧直螺纹钢筋接头的机具设备:

①剥肋滚轧直螺纹机:钢筋剥肋滚轧直螺纹机主要由台钳、剥肋机构、滚丝头、减速机、冷却系统、电器系统、机座和限位挡铁等组成。该设备集钢筋剥肋和滚轧直螺纹于一体,钢筋一次装卡,即可连续完成剥肋和滚轧直螺纹两道工序。该设备由中国建筑科学研究院建筑机械化研究分院和廊坊凯博新技术开发公司研制开发,1999 年 12 月通过建设部部级鉴定并获国家专利证书,2000 年被建设部列为新技术推广项目。钢筋剥肋滚轧直螺纹机的技术参数见表 7-14。

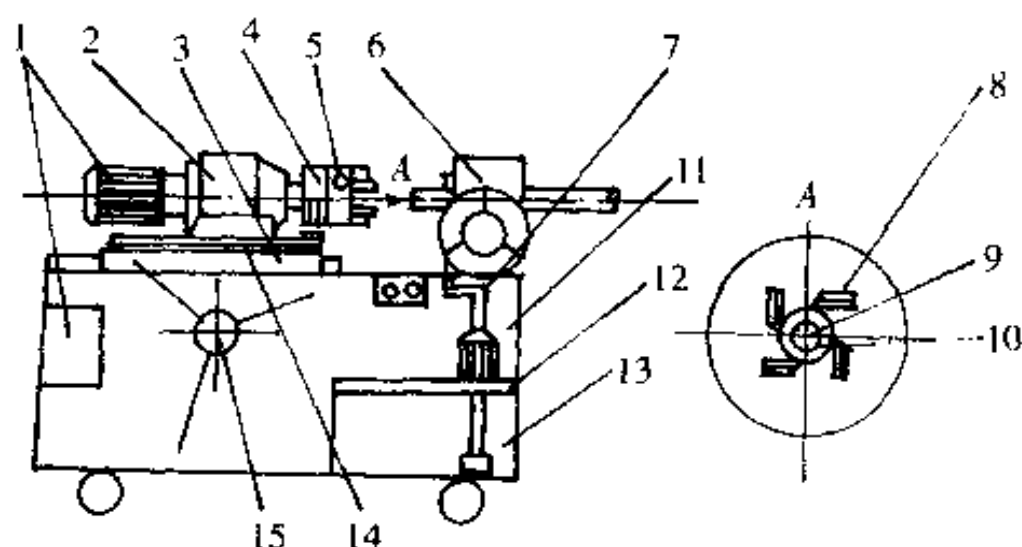


图 7-7 GSJ-40 套丝机示意图

1. 电机及电气控制系统; 2. 减速机; 3. 拖板及导轨; 4. 切削头; 5. 调节蜗杆; 6. 夹紧虎钳; 7. 冷却系统; 8. 刀具; 9. 限位顶杆; 10. 对刀芯棒; 11. 机架; 12. 金属滤网; 13. 水箱; 14. 拨叉手柄; 15. 手轮

表 7-14 钢筋剥肋滚轧直螺纹机技术参数表

设备型号	CHG 50 型	CHG 40 型
滚丝头型号	50 型	40 型
可加工钢筋范围(mm)	直径 25 ~ 50	直径 16 ~ 40
整机重量(kg)	600	550
设备功率(kW)	4	3

注:摘自中国建筑科学研究院建筑机械化研究分院工法

②辅助工具:砂轮切割机(用于钢筋端面平头)。

③检验工具:螺纹环规(用于检验钢筋丝头),包括通端螺纹环规和止端螺纹环规;力矩扳手(性能为  $100 \sim 350\text{N} \cdot \text{m}$ );卡尺;螺纹塞规(用于检验套筒),包括通端螺纹塞规和止端螺纹塞规。

#### 4. 作业条件

(1) 钢筋端头螺纹已加工完毕,检查合格,且已具备现场钢筋连接条件。

(2) 钢筋连接用的套筒已检查合格,进入现场挂牌整齐码放。

(3) 布筋图及施工穿筋顺序等已进行技术交底。

#### 四、材料和质量要求

##### 1. 材料的关键要求

(1) 钢筋应符合国家标准的要求,复验合格。

(2) 套筒与锁母材料的材质应符合规定要求。

##### 2. 技术关键要求

(1) 钢筋直螺纹接头套丝及连接操作人员必须经过培训、考核,持证上岗。

(2) 钢筋端头螺纹加工按照标准规定,且牙形要逐个进行量规检查。

##### 3. 质量关键要求

(1) 钢筋套丝后的螺牙应符合质量标准。

(2) 钢筋切口端面及丝头锥度、牙形、螺距等应符合质量标准,并与连接套筒螺纹规格相匹配。

#### 五、施工工艺

##### 1. 钢筋滚压直螺纹连接(钢筋剥肋滚压直螺纹连接)工艺流程

钢筋切割→(剥肋)滚压螺纹→丝头检验→保护帽→现场丝接  
套筒机加工,保护

##### 2. 操作工艺

(1) 钢筋滚压直螺纹连接:钢筋滚压直螺纹连接,是采用专门的滚压机床对钢筋端部进行滚压,螺纹一次成型。

钢筋通过滚压螺纹,螺纹底部的材料没有被切削掉,而是被挤出来,加大了原有的直径。

螺纹经滚压后材质发生硬化,强度约提高 6% ~ 8%,使螺纹对母材的削弱大为减少,其抗拉强度是母材实际抗拉强度的 97% ~ 100%,强度性能十分稳定。

①加工要求:

(a) 钢筋示意图见图 7-8。

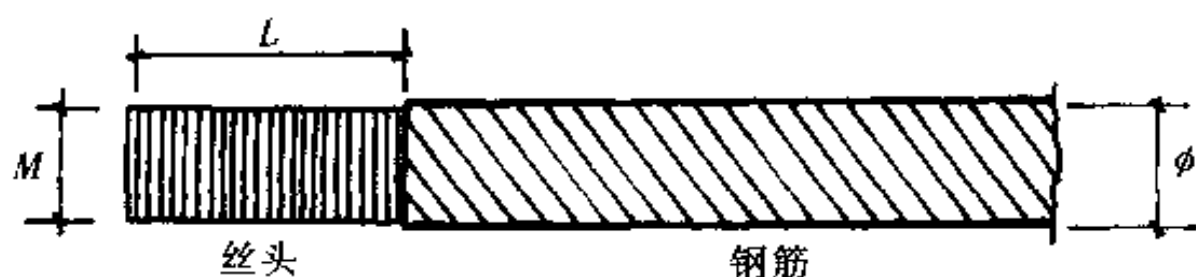


图 7-8

$M$ —丝头大径; $t$ —螺距; $\phi$ —钢筋直径; $L$ —螺纹长度

(b) 钢筋同径连接的加工要求,见表 7-15。

表 7-15 钢筋同径连接加工要求

代 号	A20R-J	A22R-J	A25R-J	A28R-J	A32R-J	A36R-J	A40R-J
$\phi$ (mm)	20	22	25	28	32	36	40
$M * t$	19.6 * 3	21.6 * 3	24.6 * 3	27.6 * 3	31.6 * 3	35.6 * 3	39.6 * 3
$L$ (mm)	30	32	35	38	42	46	50

(c) 钢筋同径连接左右旋加工要求,见表 7-16。

表 7-16 钢筋同径连接左右旋加工要求

代号	$\phi$ (mm)	$M * t$ (左)	$M * t$ (右)	$L$ (mm)
A20RLR-G	20	19.6 * 3	19.6 * 3	34
A22RLR-G	22	21.6 * 3	21.6 * 3	36
A25RLR-G	25	24.6 * 3	24.6 * 3	39
A28RLR-G	28	27.6 * 3	27.6 * 3	42

(续表)

代号	$\phi$ (mm)	$M \times t$ (左)	$M \times t$ (右)	$L$ (mm)
A32RLR-G	32	31.6 * 3	31.6 * 3	46
A36RLR-G	36	35.6 * 3	35.6 * 3	50
A40RLR-G	40	39.6 * 3	39.6 * 3	54

(d) 钢筋滚压螺纹加工的基本尺寸, 见表 7-17。

表 7-17 钢筋滚压螺旋加工的基本尺寸

代号	$\phi 20$	$\phi 22$	$\phi 25$	$\phi 28$	$\phi 32$	$\phi 36$	$\phi 40$
大径	19.6	21.6	24.6	27.6	31.6	35.6	39.6
中径	18.623	20.623	23.623	26.623	30.623	34.623	38.623
小径	17.2	19.2	22.2	25.2	29.2	33.2	37.2

②套筒质量要求:

(a) 连接套表面无裂纹, 螺牙饱满, 无其他缺陷。

(b) 牙型规检查合格, 用直螺纹塞规检查其尺寸精度。

(c) 各种型号和规格的连接套外表面, 必须有明显的钢筋级别及规格标记。若连接套为异径的则应在两端分别作出相应的钢筋级别和直径。

(d) 连接套两端头的孔必须用塑料盖封上, 以保持内部洁净, 干燥防锈。

(e) 同径及同径左右旋加工要求, 分别见表 7-18 和表 7-19。

表 7-18 套筒同径加工要求

	A20R-G	A22R-G	A25R-G	A28R-G	A32R-G	A36R-G	A40R-G
$D$ (mm)	$30 \pm 0.5$	$32 \pm 0.5$	$38 \pm 0.5$	$42 \pm 0.5$	$48 \pm 0.5$	$54 \pm 0.5$	$59 \pm 0.5$
$M \times t$	$19.6 \times 3$	$21.6 \times 3$	$24.6 \times 3$	$27.6 \times 3$	$31.6 \times 3$	$35.6 \times 3$	$39.5 \times 3$
$L$ (mm)	44	48	54	60	68	76	84

表 7-19 套筒同径左右旋加工要求

代号	$D$ (mm)	$D$ (mm)	$M \times t$	$l_1$ (mm)	$l_2$ (mm)	$l_3$ (mm)
A20RLR-G	32	21	19.6 × 3	49	20	9
A22RLR-G	35	23	21.6 × 3	53	22	9
A25RLR-G	41	26	24.6 × 3	59	25	9
A28RLR-G	45	29	27.6 × 3	65	28	9
A32RLR-G	51	33	31.6 × 3	73	32	9
A36RLR-G	57	37	35.6 × 3	81	36	9
A40RLR-G	62	41	39.6 × 3	89	40	9

## ③直螺纹量规技术要求:

牙型规、螺纹卡和直螺纹塞规,采用工具钢 T9 (GB 1298—86) 制成,其化学成分和硬度见表 7-20。

表 7-20 化学成分和硬度

化 学 成 分					淬火后硬度 HRC
C	Mn	Si	S	P	62
0.85 ~ 0.94	≤0.40	≤0.35	≤0.30	≤0.035	

## (2) 工艺操作要点:

## ①钢筋螺纹加工:

(a) 加工钢筋螺纹的丝头、牙形、螺距等必须与连接套牙形、螺距一致,且经配套的量规检验合格。

(b) 加工钢筋螺纹时,应采用水溶性切削润滑液;当气温低于 0℃ 时,应掺入 15% ~ 20% 亚硝酸钠,不得用机油作润滑液或不加润滑液套丝。

(c) 操作工人应逐个检查钢筋丝头的外观质量并做出操作者标记。

(d) 经自检合格的钢筋丝头,应对每种规格加工批量随

机抽检 10%，且不少于 10 个，并参照表 7-21 填写钢筋螺纹加工检验记录，如有一个丝头不合格，即应对该加工批全数检查，不合格丝头应重加工，经再次检验合格方可使用。

表 7-21 钢筋直螺纹加工检验记录

工程名称				结构所在层数	
接头数量		抽检数量		构件种类	
序 号	钢筋规格	螺纹牙形检验	公差尺寸合格	检验结论	

注：①按每批加工钢筋直螺纹丝头数的 10% 检验；

②牙形合格、公差尺寸合格的打“√”否则打“×”。

检查单位： 检查人员：

日 期： 负 责 人：

(e) 已检验合格的丝头，应加以保护戴上保护帽，并按规格分类堆放整齐待用。

## ②钢筋连接：

(a) 连接钢筋时，钢筋规格和连接套的规格应一致，钢筋螺纹的型式、螺距、螺纹外径应与连接套匹配。并确保钢筋和连接套的丝扣干净，完好无损。

(b) 连接钢筋时应对准轴线将钢筋拧入连接套。

(c) 接头拼接完成后，应使两个丝头在套筒中央位置互相顶紧，套筒每端不得有一扣以上的完整丝扣外露，加长型接头的外露丝扣数不受限制，但应有明显标记，以检查进入套筒的丝头长度是否满足要求。

(d) 接头分类及安装详见图 7-9 ~ 图 7-12。



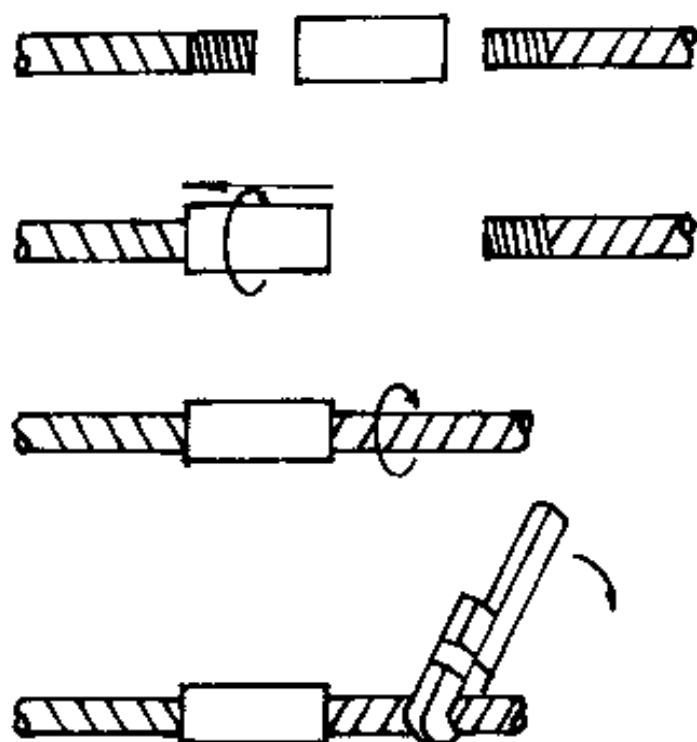


图 7-9 标准型接头安装

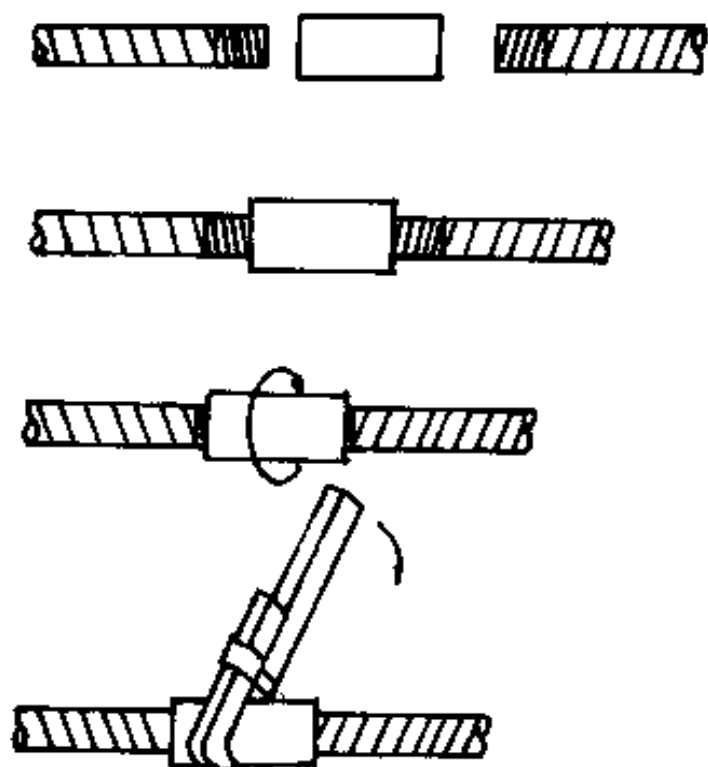


图 7-10 正反丝扣型接头安装

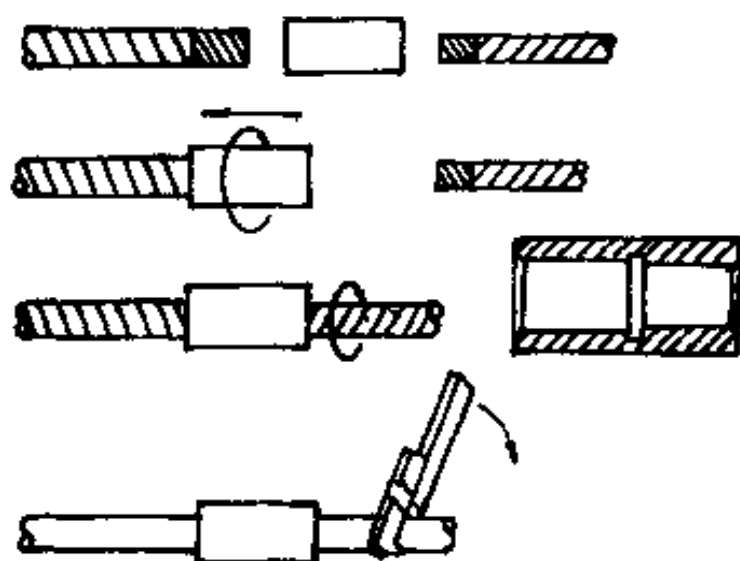


图 7-11 异径型接头安装

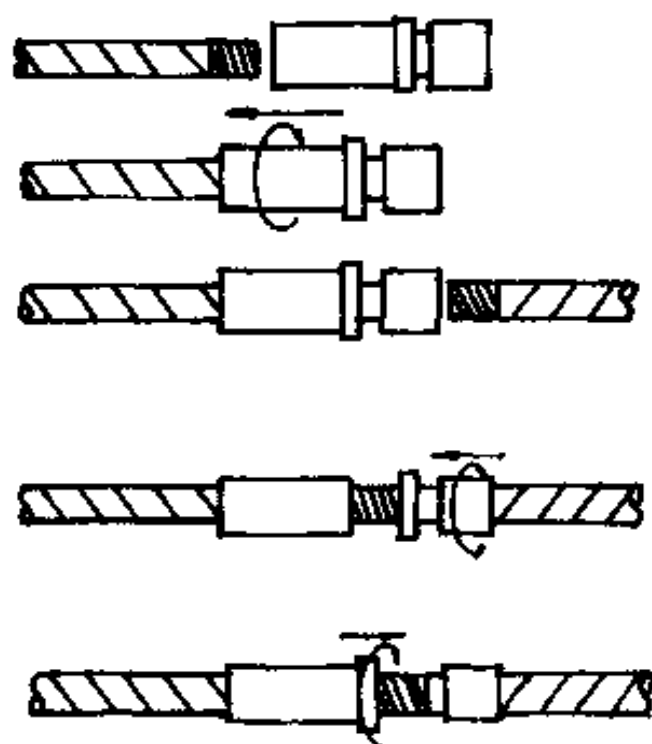


图 7-12 可调型接头安装

(3) 钢筋剥肋滚压直螺纹连接: 钢筋剥肋滚压直螺纹连

接与钢筋滚压直螺纹连接操作工艺基本相同,惟一区别是钢筋剥肋滚压直螺纹连接增加了钢筋剥肋工序。

## 六、质量验收标准

### 1. 主控项目

(1) 钢筋的品种、规格必须符合设计要求,质量符合国家现行《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB 1499)和《钢筋混凝土用余热处理钢筋》(GB 13014)标准的要求。

(2) 套筒与锁母材质应符合 GB 699 规定,且应有质量检验单和合格证,几何尺寸要符合要求。

(3) 连接钢筋时,应检查螺纹加工检验记录。

(4) 钢筋接头型式检验:钢筋螺纹接头的型式检验应符合现行行业标准《钢筋机械连接通用技术规程》JGJ 107 中的各项规定。

(5) 钢筋连接工程开始前及施工过程中,应对每批进场钢筋和接头进行工艺检验:

① 每种规格钢筋接头试件不应少于 3 根;

② 钢筋母材抗拉强度试件不应少于 3 根,且应取自接头试件的同一根钢筋;

③ 接头试件应达到现行行业标准《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ 107)中相应等级的强度要求,计算钢筋实际抗拉强度时,应采用钢筋的实际横截面积计算。

(6) 钢筋接头强度必须达到同类型钢材强度值,接头的现场检验按验收批进行,同一施工条件下采用同一批材料的同等级、同形式、同规格接头,以 500 个为一个验收批进行检验与验收,不足 500 个也作为一个验收批。

### 2. 一般项目

(1) 加工质量检验:

①螺纹丝头牙形检验:牙形饱满,无断牙、秃牙缺陷,且与牙形规的牙形吻合,牙形表面光洁的为合格品。

②套筒用专用塞规检验。

(2) 随机抽取同规格接头数的 10% 进行外观检查,应与钢筋连接套筒的规格相匹配,接头丝扣无完整丝扣外露。

(3) 现场外观质检抽验数量:梁、柱构件按接头数的 15% 且每个构件的接头数抽验数不得少于一个接头;基础墙板构件按各自接头数,每 100 个接头作为一个验收批,不足 100 个也作为一个验收批。每批检验 3 个接头,抽检的接头应全部合格,如有一个接头不合格,则应再检验 3 个接头,如全部合格,则该批接头为合格;若还有一个不合格,则该验收批接头应逐个检查,对查出的不合格接头应进行补强,如无法补强应弃置不用,并按表 7-22 填写质量检查记录。

表 7-22 钢筋直螺纹接头质量检查记录

工程名称						
结构所在层数					构件种类	
钢筋规格	接头位置	数量	拧紧到位	无完整丝扣外露	检验结论	检验日期

注:检验结论:合格的打“√”,不合格打“×”。

检查单位:                      检查人员:

日 期:                      负 责 人:

(4) 对接头的抗拉强度试验每一验收批应在工程结构中随机截取 3 个接头试件做抗拉强度试验。按设计要求的接头

等级进行评定,如有 1 个试件的强度不符合要求,应再取 6 个试件进行复检,复检中如仍有一个试件的强度不符合要求,则该验收批评为不合格。并填写接头拉伸试验报告单,见表 7-23。

(5) 在现场连续 10 个验收批抽样试件抗拉强度试验 1 次合格率为 100% 时,验收批接头数量可扩大一倍。

表 7-23 钢筋直螺纹接头拉伸试验报告单

工程名称	钢筋规格	横截面积	结构层数		构件名称		接头等级	
试件编号	$D$ (mm)	$A$ (mm <sup>2</sup> )	屈服强度 标准值 $f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	抗拉强度 实测值 $f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	极限拉力 实测值 $P$ (kW)	抗拉强度 实测值 $f_{msl} = P/A$ (N/mm <sup>2</sup> )	评定 结果	试验 日期
评定 结论								
备注:								

试验单位: 负责人: 试验员: 填表日期:

### 3. 质量记录

钢筋接头直螺纹连接施工应具备以下质量记录:

- (1) 钢筋原材质及复试报告。
- (2) 套筒和锁母原材质及复试报告。
- (3) 钢筋直螺纹加工检验记录。
- (4) 钢筋直螺纹接头质量检查记录。

### (5) 钢筋直螺纹接头拉伸试验报告。

## 第四节 钢筋锥螺纹接头连接

### 一、基本原理、特点和适用范围

#### 1. 基本原理

钢筋锥螺纹接头是利用锥螺纹能承受拉、压两种作用力及自锁性、密封性好的原理,将钢筋的连接端加工成锥螺纹,按规定的力矩值把钢筋连接成一体的接头(图 7-13)

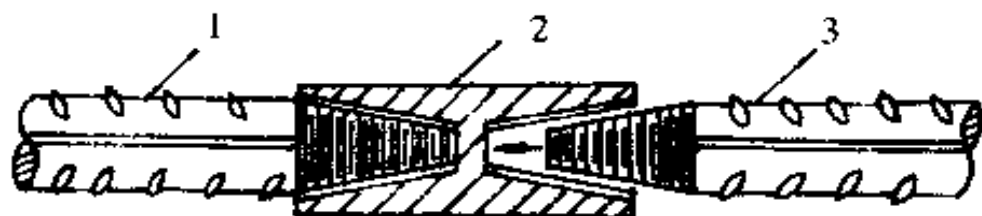


图 7-13 钢筋锥螺纹套筒连接

1. 已连接的钢筋;2. 锥螺纹套筒;3. 待连接的钢筋

#### 2. 特点

钢筋锥螺纹接头是一种能承受拉、压两种作用力的机械接头。具有工艺简单、可以预加工、连接速度快、同心度好,不受钢筋含碳量和有无花纹限制,无明火作业,不污染环境,可全天候施工,接头质量安全可靠、施工方便、节约钢材和能源等优点。近年来,在普通型锥螺纹接头的基础上,增加钢筋端头预压或锻粗工序,开发出 GK 型钢筋等强锥螺纹接头,可与母材等强。

#### 3. 适用范围

钢筋锥螺纹接头适用于工业与民用建筑及一般构筑物的

混凝土结构中,钢筋直径为 $\phi 16 \sim \phi 40$ 的 HRB335、HRB400、RRB400 级别竖向、斜向或水平钢筋的现场连接施工。

## 二、基本规定

(1) 工程中应用钢筋锥螺纹接头时,施工单位应要求钢筋接头技术提供单位提供有效的型式检验报告,以防工程中使用劣质产品。

(2) 钢筋工程开始前及施工过程中,应对每批进场钢筋和连接接头进行工艺检验,经试验合格方准使用。工艺检验项目包括:

- ① 每种规格钢筋母材抗拉强度试验。
- ② 每种规格钢筋的接头试件数不少于 3 根。
- ③ 3 根接头试件的抗拉强度应满足相应等级的要求。

(3) A 级接头抗拉强度实测值应大于等于钢筋抗拉强度标准值,且大于等于 0.9 倍钢筋母材的抗拉强度实测值。计算抗拉强度时,应采用钢筋的实际横截面面积。钢筋实际横截面面积 = 钢筋质量(kg)  $\div$  0.00785 倍钢筋长度(m)。

(4) B 级接头抗拉强度应大于等于 1.35 倍钢筋屈服强度标准值。

(5) 设置在同一构件的同一截面,受力钢筋的接头位置应相互错开。在任一接头中心至长度为钢筋直径的 35 倍的区段范围内,有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积之比。

(6) 受拉区的受力钢筋接头百分率不宜超过 50%;在受拉区的钢筋受力较小部位,A 级接头百分率不受限制;B 级接头百分率不宜超过 50%。

(7) 接头宜避开有抗震设防要求的框架梁端和柱端的箍

筋加密区。当无法避开时,应采用 A 级接头,接头百分率不应超过 50%。

(8)受压区和装配式构件中,钢筋受力较小部位,A 级、B 级接头百分率可不受限制。

### 三、施工准备

(1)根据结构工程的钢筋接头数量和施工进度要求,确定钢筋套丝机数量。

(2)根据现场施工条件,确定钢筋套丝机位置,并搭设钢筋托架及防雨篷。

(3)连接备有漏电保护开关的 380V 电源。

(4)由钢筋连接技术提供单位进行技术交底、技术培训并对考核合格的操作工人发给上岗证,实行持上岗证作业。

(5)进行钢筋接头工艺检验。在施工现场的同一根钢筋上取样,各做三根 60cm 长母材和钢筋锥螺纹接头试件。当钢筋接头的每根试件均达到钢筋的抗拉强度标准值,且大于、等于钢筋母材的抗拉强度实测值的 90% 时,即可按“A”级接头使用;当符合 B 级性能等级要求时,则按“B”级接头使用。

(6)检查供货质量。锥螺纹连接套应有产品合格证。锥螺纹连接套两端有密封盖并有规格标记;力矩扳手有鉴定证书。

### 四、材料与机具设备

(1)锥螺纹连接套筒的材料宜采用 45 号优质碳素结构钢或其他经试验确认符合要求的钢材制做,其受拉承载力不应小于被连接钢筋受拉承载力标准值的 1.10 倍。

(2)机具设备:

①钢筋锥螺纹套丝机:型号如:SZ—50A、GZL—40B 等。



用于加工直径 16 ~ 40mm 的 II、III 级钢筋连接端的锥形外螺纹。

②量规:包括牙形规、卡规或环规、锥螺纹塞规,应由钢筋连接技术提供单位提供。

(a)牙形规:用于检查钢筋连接端锥螺纹的加工质量(图 7-14)。

(b)卡规或环规:用于检查钢筋连接端锥螺纹小端直径(图 7-15)。

(c)锥螺纹塞规:用于检查连接

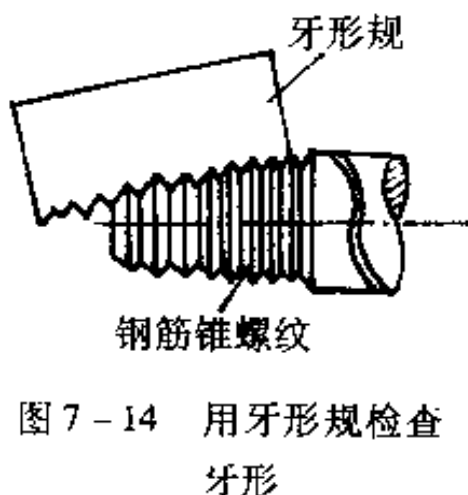


图 7-14 用牙形规检查牙形

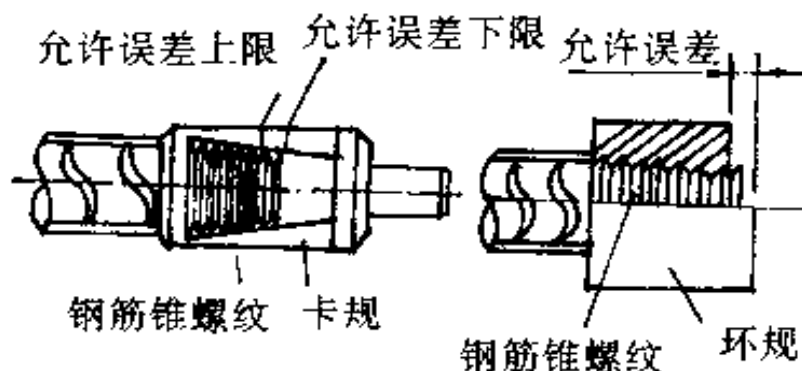


图 7-15 卡规与环规检查小端直径  
套筒锥形内螺纹的加工质量(图 7-16)。

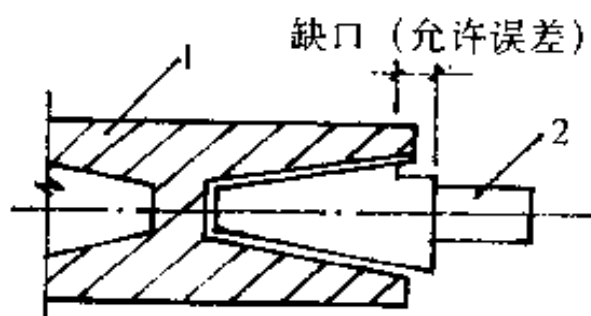


图 7-16 用锥螺纹塞规检查套筒

1. 锥螺纹套筒;2. 塞规

③力矩扳手:型号如:PW360 型,性能为 100—360 N·m 和 HL—02 型,性能为 70—350N·m 等。

力矩扳手是保证钢筋连接质量的重要测力工具。操作时,按不同钢筋直径规定的力矩值调整扳手后,将钢筋与连接套筒拧紧,达到要求的力矩时,可发出声响信号。

④砂轮锯:用于切断挠曲的钢筋接头。

⑤台式砂轮:用于修磨梳刀。

## 五、施工工艺

### 1. 钢筋锥螺纹套筒连接工艺流程

钢筋切割→套丝→丝头检验→保护帽→现场丝接  
套筒加工、检验、保护

### 2. 操作工艺

#### (1) 锥螺纹的加工与检验:

①钢筋加工前,应先调直后将待连接端用砂轮锯下料(不得用气割),要求切口端面垂直于钢筋轴线,不得有马蹄形或挠曲变形。

②其加工工艺为:下料→套丝→用牙形规和卡规(或环规)逐个检查钢筋套丝质量→质量合格的丝头用塑料保护帽盖封,待查和待用。

锥螺纹丝扣的完整牙数,不得小于表 7-24 的规定值。

表 7-24 钢筋锥螺纹完整牙数表

钢筋直径 (mm)	16~18	20~22	25~28	32	36	40
完整牙数	5	7	8	10	11	12

③钢筋经检验合格后,方可在套丝机上加工锥螺纹。为确保钢筋的套丝质量,操作人员必须坚持上岗证制度。操作

前应先调整好定住尺,并按钢筋规格配置相对应的加工导向套。对于大直径钢筋要分次加工到规定的尺寸,以保证丝扣的精度和避免损坏梳刀。

④钢筋套丝时,必须采用水溶性切削冷却润滑液,当气温低于 $0^{\circ}\text{C}$ 时,应掺入 $15\% \sim 20\%$ 亚硝酸钠,不得采用机油作冷却润滑液。

⑤钢筋套丝后,必须由操作人员先逐个用牙形规和卡规(或环规)进行自检。钢筋锥螺纹加工检验记录见表7-25。

表7-25 钢筋锥螺纹加工检验记录

工程名称				结构所在层数	
接头数量		抽检数量		构件种类	
序号	钢筋规格	螺纹牙形检验	小端直径检验	检验结论	

注:1. 按每批加工钢筋锥螺纹丝头数的 $10\%$ 检验;

2. 牙形合格、小端直径合格的打“√”;否则打“×”。

检查单位: 检查人员:

日期: 负责人:

(2)套筒的加工与检验:

①套筒的材质:Ⅱ级钢筋采用30~40号钢;Ⅲ级钢筋采

用45号钢。

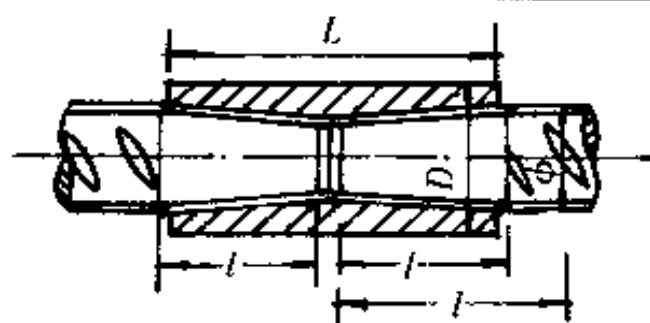
②套筒的规格尺寸应与钢筋锥螺纹相匹配,其承载力应略高于钢筋母材。

③锥螺纹套筒的加工,宜在专业工厂进行,以保证产品质量。套筒加工后,经检验合格的产品,其两端锥孔应采用塑料密封盖封严。套筒的外表面应标有明显的钢筋级别及规格标记。

④锥螺纹套筒的检查与验收:其内容包括套筒的规格、型号与标记;套筒的锥形内螺纹齿数、齿高与螺距;以及螺纹有无破损、歪斜、不全、锈蚀等现象。套筒锥形内螺纹的加工质量主要采用锥螺纹塞规进行检验(图7-14),当套筒大端边缘在塞规大端缺口范围之内时,套筒为合格品。

部分普通型锥螺纹套筒接头(B级)规格尺寸见表7-26。

表 7-26 普通形锥螺纹套筒钢筋接头(B级)规格尺寸表



钢筋公称直径	锥螺纹尺寸	$l$ (mm)	$L$ (mm)	$D$ (mm)
$\phi 18$	ZM19 $\times$ 2.5	25	60	28
$\phi 20$	ZM21 $\times$ 2.5	28	65	30

(续表)

钢筋公称直径	锥螺纹尺寸	$l$ (mm)	$L$ (mm)	$D$ (mm)
$\phi 22$	ZM23 $\times$ 2.5	32	70	32
$\phi 25$	ZM26 $\times$ 2.5	37	80	35
$\phi 28$	ZM29 $\times$ 2.5	42	90	38
$\phi 32$	ZM33 $\times$ 2.5	47	100	44
$\phi 36$	ZM37 $\times$ 2.5	52	110	48
$\phi 40$	ZM41 $\times$ 2.5	57	120	52

### 3. 钢筋连接工艺

连接钢筋前,将下层钢筋上端的塑料保护帽拧下来露出丝扣,并将丝扣上的水泥浆等污物清理干净。

(1) 将待连接钢筋吊装就位。

(2) 回收密封盖和保护帽。连接前,应检查钢筋规格与连接套规格是否一致,确认丝头无损坏时,将带有连接套的一端拧入待连接钢筋。

(3) 用力矩扳手拧紧钢筋接头,并达到规定的力矩值,见表 7-27。连接时,将力矩扳手钳头咬住待连接钢筋,垂直钢筋轴线均匀加力,当力矩扳手发出“咔塔”响声时,即达到预先设定的规定力矩值。严禁钢筋丝头没拧入连接套就用力矩扳手连接钢筋。否则会损坏接头丝扣,造成钢筋连接质量事故。

表 7-27 接头拧紧力矩值

钢筋直径 (mm)	16	18	20	22	25 ~ 28	32	36 ~ 40
拧紧力矩 (N · m)	118	145	177	216	275	314	343

为了确保力矩扳手的使用精度,不用时将力矩扳手调到“0”刻度,不准用力矩扳手当锤子、撬棍等使用,要轻拿轻放,不得乱摔、坐、踏、雨淋,以免损坏或生锈造成力矩扳手损坏。

(4) 钢筋接头拧紧时应随手作油漆标记,以备检查,防止漏拧。

(5) 鉴于国内钢筋锥螺纹接头技术参数不尽相同,施工单位采用时应特别注意,对技术参数不一样的接头绝不能混用,避免出质量事故。

(6) 几种钢筋锥螺纹接头的连接方法

① 普通同径或异径接头连接方法见图 7-17(a)。

用力矩扳手分别将①与②、②与③拧到规定的力矩值。

② 单向可调接头连接方法见图 7-17(b)。

用力矩扳手分别将①与②、③与④拧到规定的力矩值,再把⑤与②拧紧。

③ 双向可调接头连接方法见图 7-17(c)。

分别用力矩扳手将①与②、③与④拧到规定的力矩值,且保持②、③的外露丝扣数相等,然后分别夹住②与③,把⑤拧紧。

④ 水平钢筋的连接方法:将待连接钢筋用短钢管垫平,先将钢筋丝头拧入待连接套里,两人对面站立分别用扳手钳住钢筋,从一头往另一头依次拧紧接头。不得从两头往中间连接,以免造成连接质量事故。

#### 六、质量检查与验收

(1) 型式检验:工程中应用钢筋锥螺纹接头时,该技术的提供单位应提供有效的型式检验报告。型式检验应按《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ107)中有关规定执行。

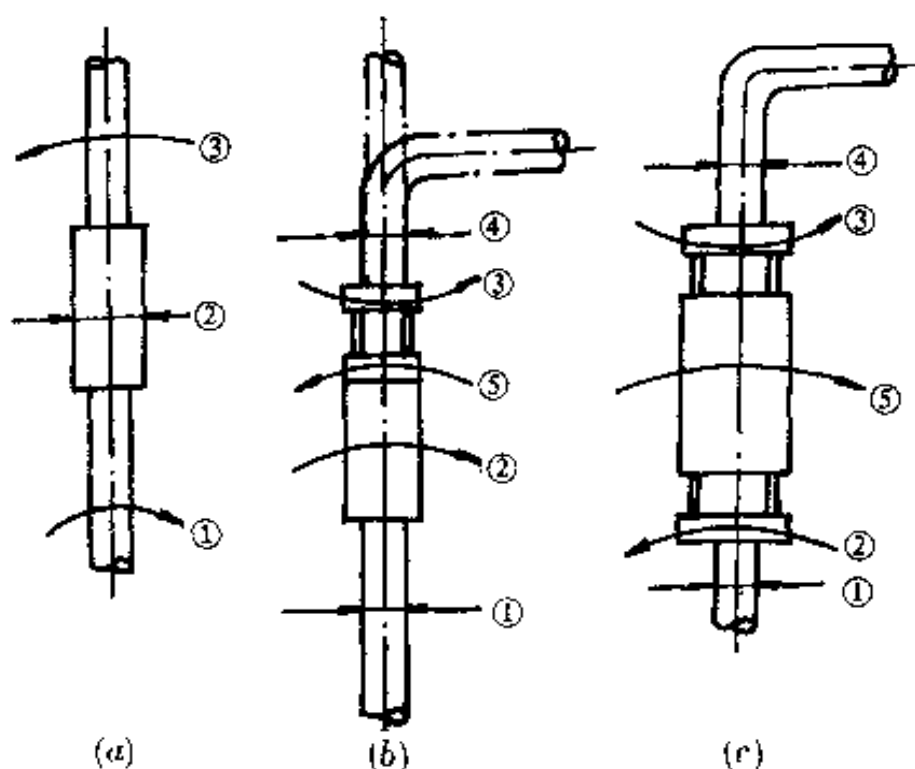


图 7-17 锥螺纹钢筋连接方法

(a) 普通接头连接方法 ①、③钢筋；②连接套筒 (b) 单向可调接头连接方法 ①、④钢筋；③可调连接器；②连接套筒；⑤锁母 (c) 双向可调接头连接方法 ①、④钢筋；②、③可调连接器；⑤连接套筒

## (2) 锥螺纹与连接套筒质量检验：

①丝头牙形质量检验：牙形饱满，无断牙、秃牙缺陷，表面光洁，且与牙形规吻合的为合格(图 7-14)。

②丝头锥度与小端直径质量检验：丝头锥度与卡规或环规吻合，小端直径在卡规或环规的允许偏差之内为合格(图 7-15)。

③连接套筒质量检验：将锥螺纹塞规拧入连接套筒后，套筒的大端边缘在塞规大端的缺口范围之内为合格(图 7-16)。

(3) 接头工艺检验: 钢筋连接工程开始前及施工过程中, 应对每批进场的钢筋和接头进行工艺检验:

① 每种规格钢筋母材进行抗拉强度试验;

② 每种规格钢筋接头的试件数量不应少于三根;

③ 接头试件应达到现行行业标准《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ107—1996) 表 3.0.5 (即表 7-1) 中相应等级的强度要求。

(4) 接头外观抽检: 随机抽取同规格接头数的 10% 进行外观检查, 应满足: 钢筋与连接套筒规格一致、接头无完整丝扣外露等外规要求。

(5) 接头拧紧力矩抽检: 采用质量检查专用力矩扳手, 按表 7-27 规定的拧紧力矩值抽检接头的连接质量。不同结构部位的抽检数量:

① 梁、柱构件: 按接头数的 15%, 且每个构件的接头抽检数不得少于一个接头;

② 基础、墙、板构件: 按各自接头数以每 100 个接头为一个验收批, 不足 100 个也作为一个验收批, 每批抽检 3 个接头。

抽检的接头应全部合格, 如有一个接头不合格, 则该验收批接头应逐个检查, 对查出的不合格接头应进行补强, 采用电弧贴角焊缝方法, 焊缝高度不得小于 5mm。并填写接头质量检查记录。见表 7-28。

(6) 接头的现场检验: 接头的现场检验按验收批进行, 同一施工条件下的同一批材料的同等级、同规格的接头, 以 500 个为一个验收批进行检查与验收, 不足 500 个也作为一个验收批。





#### 第四节 钢筋锥螺纹接头连接

评定,并按表 7-29 填写接头拉伸试验报告。

表 7-29 钢筋锥螺纹接头拉伸试验报告

工程名称		结构层数		构件名称		接头等级	
试件编号	钢筋规格 $d$ (mm)	横截面积 $A$ (mm <sup>2</sup> )	屈服强度标准值 $f_{yk}$ (MPa)	抗拉强度标准值 $f_{tk}$ (MPa)	极限拉力实测值 $P$ (kN)	抗拉强度实测值 $f_{msl}^o = P/A$ (MPa)	评定结果
评定结论							
备注	1. $f_{msl}^o \leq f_{tk}$ 且 $f_{msl}^o \geq 0.9f_u^o$ 为 A 级接头; 2. $f_{msl}^o \geq 1.35f_{yk}$ 为 B 级接头; 3. $f_u^o$ ——钢筋母材抗拉强度实测值						

试验单位: (盖章) 负责人: 试验员:

试验日期:

在现场连续检验 10 个验收批,全部单向拉伸试件一次抽样均合格时,验收批接头数量可扩大一倍。

当质检部门对钢筋接头的连接质量产生怀疑时,可以用非破损张拉设备做接头的非破损拉伸试验。

## 第八章 钢筋绑扎与安装

钢筋的绑扎安装是钢筋施工中的最后一道工序。它主要是将钢筋在车间弯曲成型后,运到施工现场进行预制绑扎和模内组合绑扎,但是随着装配式钢筋混凝土结构的推广应用,以及施工现场起重能力的增加,钢筋绑扎安装工作也由模内绑扎,逐步改变为采用预制钢筋网、架,然后到施工现场进行安装的方法。钢筋安装方法的改变,既提高了生产效率,又减轻了劳动强度,并且为采用立体交叉平行流水的快速施工法创造了有利条件。但是在一些受设备条件限制的工地,或者在一些复杂的设备基础及构筑物中,仍需要采用将成型了的钢筋运到现场绑扎的方法。

### 第一节 钢筋绑扎的工具和操作

#### 一、钢筋绑扎的常用工具

钢筋网、架绑扎所用的工具比较简单,主要是钢筋钩子、带扳口的小撬棍、扳子、绑扎架、钢丝刷、粉笔、尺子等。

##### 1. 钢筋钩子

它是钢筋绑扎的主要工具,其基本形状如图 8-1。它是用直径为 12~16mm,长度为 160~220mm 的圆钢筋制成的。

制作钢筋钩子的关键是须使钢筋钩的弯钩与手柄成  $90^\circ$ ，这样在绑扎操作时比较省力。为了使钢筋钩绑扎时旋转较方便和不磨手，可以在钢筋钩手柄上加一套管，如图 8-1(b)。为了可以利用钢筋钩扳弯直径小于 6mm 的钢筋，也可在钢筋钩末端加一个小扳口，形式如图 8-1(c)；有些地区还采用图 8-1(d) 形式的钢筋钩，它是用直径为 8~10mm，长度为 280~300mm 圆钢筋制成的。

## 2. 带扳口的小撬棍

它在绑扎和安装钢筋网、架时，用以调整钢筋间距、矫直钢筋的部分弯曲以及用来放置保护层水泥垫块，带扳口的小撬棍外形如图 8-2 所示。

## 3. 绑扎架

绑扎钢筋骨架必须要用钢筋绑扎架，选用的钢筋绑扎架形式是否合理，对提高绑扎效率有着直接的影响。

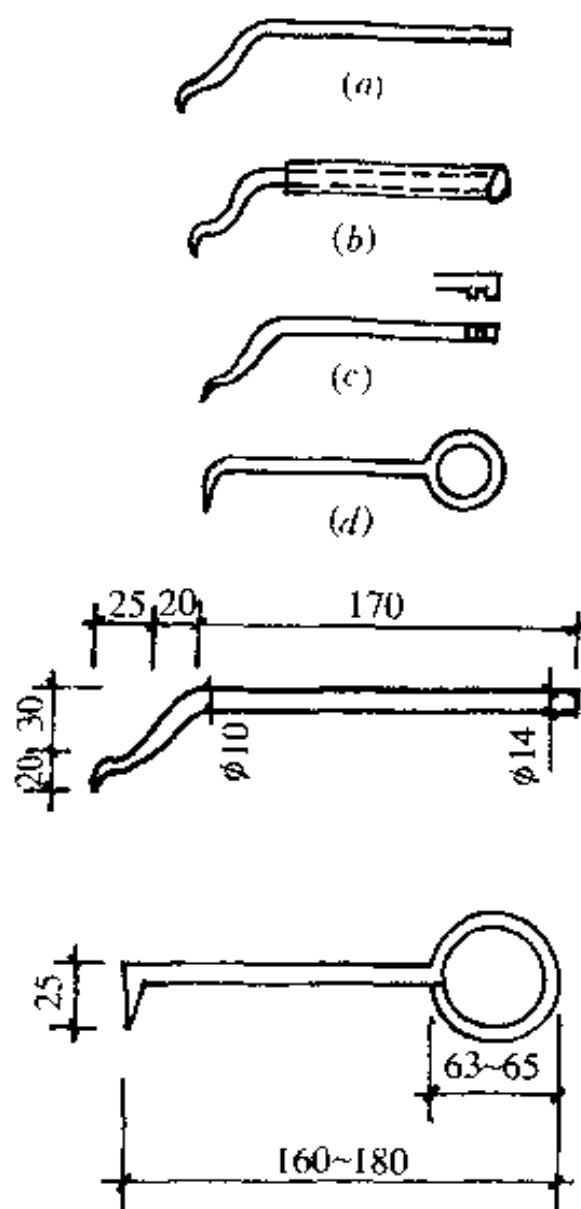


图 8-1 钢筋钩子及制作尺寸

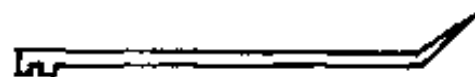


图 8-2 带扳口的小撬棍

当绑扎轻型骨架时,例如过梁,可用图 8-3(a)的形式。这种绑扎架采用直径为 20mm 的钢筋焊制,比较轻巧,钢筋骨架可在绑扎架的一端穿、取、放,操作比较方便。

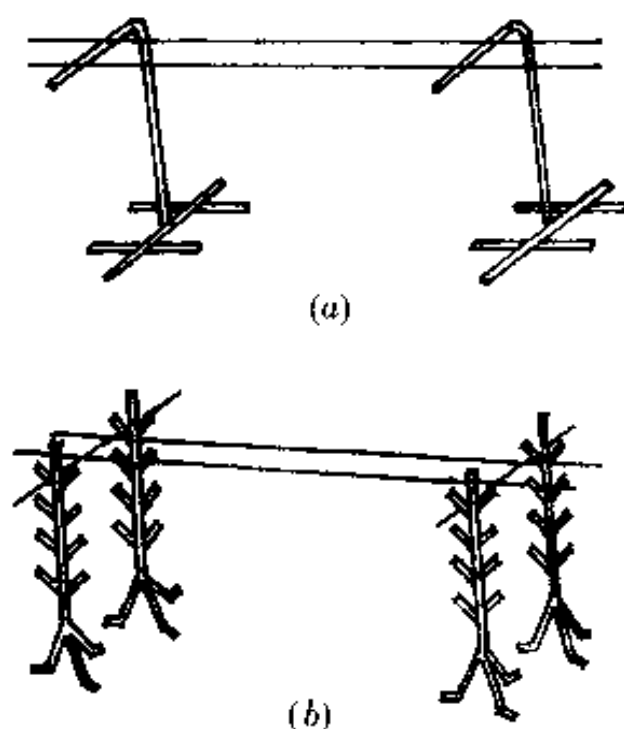


图 8-3 钢筋骨架绑扎架  
(a)轻型;(b)重型

当绑扎重型骨架时,可用一根钢筋横杆将两个三角绑扎架连起来组成一对,由几对三角架组成一组钢筋绑扎架。由于绑扎架是由几个单独的三角架组成,所以使用时比较轻巧、灵活,并且可以调节高度和宽度,使用中也很稳定。其外形如图 8-3(b)所示。

当绑扎平板钢筋网时,如果一种型号的构件数量较多,也可以制成绑扎模架。在绑扎模架上按照钢筋间距,刻上凹槽,在进行绑扎操作时,只需将钢筋按规格放入凹槽内,即可进行

绑扎,这样既可以使钢筋位置比较准确,又提高了工作效率。

## 二、钢筋绑扎的操作方法

钢筋绑扎的操作方法,目前最为通用的是一面顺扣操作法。其操作步骤是:将被切断的绑扎铅丝,在中间弯折成 $180^{\circ}$ 弯,然后将铅丝理整齐,使每根铅丝在操作时容易抽出,这是绑扎速度快慢的主要关键。绑扎时,执在左手的铅丝靠近钢筋绑扎点的底部,右手拿铅丝钩,食指压在钩前部,用钩尖端钩着铅丝底扣处,并紧靠铅丝开口端,绕铅丝拧转两周半。在绑扎时铅丝扣伸出钢筋底部要短,并用钩尖将铅丝扣缠紧,这样可使铅丝扎得紧,而且绑扎速度也快,如图8-4。

一面顺扣操作法,主要特点是操作简单、方便,绑扎效率高,通用性强,可适应钢筋网、架各个部位的绑扎,并且绑扎点也比较牢靠。

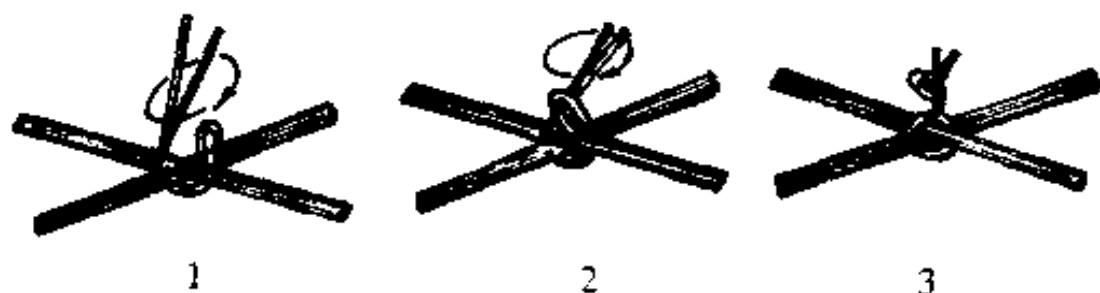


图8-4 钢筋一面顺扣绑扎法

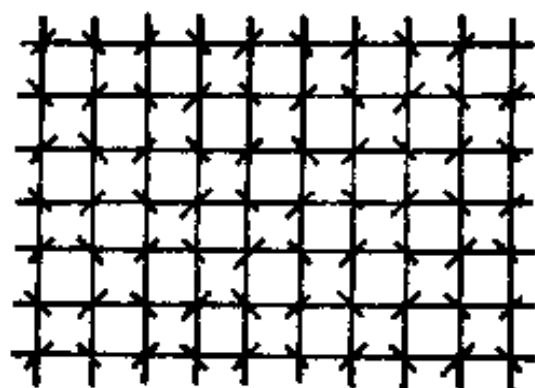
1. 2. 3—绑扎顺序

钢筋绑扎操作方法还有:十字花扣法、反十字扣法、兜扣法、缠扣法、兜扣加缠法、套扣法等。

兜扣、十字花扣适用于平板钢筋网和箍筋的绑扎。缠扣主要适用于墙钢筋网和柱箍的绑扎,它可以防止箍筋下滑。绑扎墙钢筋网片时一般每隔一米左右加用一个缠扣。反十字花扣、兜扣加缠则适宜用于梁骨架的箍筋和主筋的绑扎,套扣适宜用于梁的架立钢筋和箍筋的绑扎。

以上各种操作法比一面顺扣绑扎法绑扎速度慢,但绑扎点牢固。

绑扎时要尽量选用不易松脱的绑扎方法。如绑扎平板钢筋时,除了用一面顺扣外,还应加一些十字花扣;钢筋转角处要采用兜扣并加缠;对竖立的钢筋网,除了十字花扣外,也要适当加缠。



当采用一面顺扣绑扎钢筋网、架时,每个绑扎点进铅丝扣方向要求变换 $90^\circ$ ,如图 8-5 钢筋网一面顺扣绑扎法 8-5,这样绑扎的钢筋网、架整体性好,不易发生歪斜变形。

## 第二节 基本规定

### 一、一般规定

(1)施工现场质量管理、质量检验及检验批划分应符合第十章、第一节中的有关规定。

(2)钢筋质量验收应符合第十章第二节中一、一般规定的各项内容。

### 二、质量目标



(1)达到《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002)的要求,并符合图纸及“施工组织设计”的要求。

(2)钢筋加工的形状、尺寸应符合设计要求,其偏差应符合表8-1的规定。

表 8-1 钢筋加工允许偏差

项 目	允许偏差(mm)
受力钢筋顺长度方向全长的净尺寸	$\pm 10$
弯起钢筋的弯折位置	$\pm 20$
箍筋内净尺寸	$\pm 5$

### 第三节 施工准备

#### 一、技术准备

(1)准备工程所需的图纸、规范、标准等技术资料,并确定其是否有效。

(2)按图纸和施工工艺标准向班组进行安全、技术交底,对钢筋绑扎安装顺序予以明确规定:

- ①钢筋的翻样、加工。
- ②钢筋的验收。
- ③钢筋绑扎的工具。
- ④钢筋绑扎的操作要点。
- ⑤钢筋绑扎的质量通病防治。

#### 二、材料准备

(1)成型钢筋:必须符合配料单的规格、尺寸、形状、数

量,并应有加工出厂合格证。

(2)根据设计要求,工程所用钢筋种类、规格必须符合要求,并经检验合格。

(3)钢筋及半成品符合设计及规范要求。

(4)钢筋绑扎用的铁丝可采用 20 ~ 22 号铁丝(火烧丝)或镀锌铁丝(铅丝),其中 22 号铁丝只用于绑扎直径 12mm 以下的钢筋。钢筋绑扎铁丝长度参考表 8-2:

表 8-2 钢筋绑扎铁丝长度参考表(mm)

钢筋直径(mm)	6~8	10~12	14~16	18~20	22	25	28	32
6~8	150	170	190	220	250	270	290	320
10~12		190	220	250	270	290	310	340
14~16			250	270	290	310	330	360
18~20				290	310	330	350	380
22					330	350	370	400

(5)垫块:宜用与结构等强度细石混凝土制成,垫块内预留 20 ~ 22 号火烧丝,或用塑料卡、拉筋、支撑筋。

水泥砂浆垫块的厚度,应等于保护层厚度。垫块的平面尺寸:当保护层厚度等于或小于 20mm 时为 30mm × 30mm,大于 20mm 时 50mm × 50mm。当在垂直方向使用垫块时,可在垫块中埋入 20 号铁丝。

塑料卡的形状有两种:塑料垫块和塑料环圈,见图 8-6。塑料垫块用于水平构件(如梁、板),在两个方向均有凹槽,以便适应两种保护层厚度。塑料环圈用于垂直构件(如柱、墙),使用时钢筋从卡嘴进入卡腔;由于塑料环圈有弹性,可使卡腔的大小能适应钢筋直径的变化。

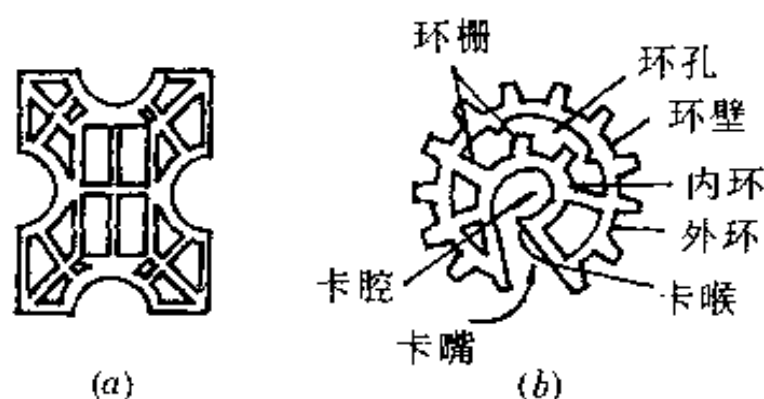


图 8-6 控制混凝土保护层用的塑料卡  
(a)塑料垫块;(b)塑料环圈

## 第四节 基础钢筋绑扎

### 一、作业条件

(1)基础垫层完成,并符合设计要求。垫层上钢筋位置线已弹好。

(2)检查钢筋的出厂合格证,按规定进行复试,并经检验合格后方能使用。钢筋无老锈及油污,成型钢筋经现场检验合格。

(3)钢筋应按现场施工平面布置图中指定位置堆放,钢筋外表面如有铁锈时,应在绑扎前清除干净,锈蚀严重的钢筋不得使用。

(4)绑扎钢筋地点已清理干净。

### 二、材料和质量要求

#### 1. 材料的关键要求

施工现场所用材料的材质、规格应和设计图纸相一致,材料代用应征得设计、监理、甲方的同意。

## 2. 技术关键要求

基础钢筋的绑扎一定要牢固,脱扣松扣数量一定要符合本标准要求;钢筋绑扎前要先弹出钢筋位置线,确保钢筋位置准确。

## 3. 质量关键要求

施工中应注意下列质量问题,妥善解决,达到质量要求:

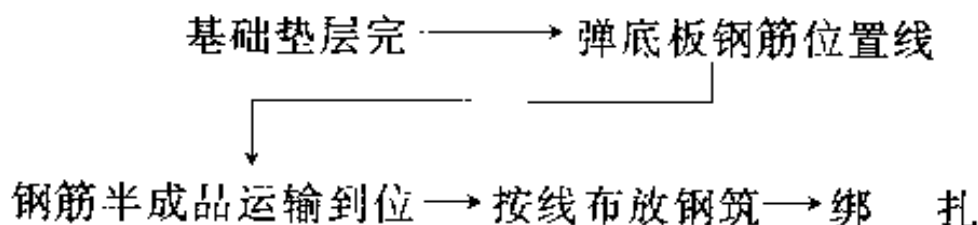
(1)施工中要保证钢筋保护层厚度准确,若采用双排筋时要保证上下两排筋的距离。

(2)钢筋的接头位置及接头面积百分率要符合设计及施工验收规范要求。

(3)钢筋的布放位置要准确,绑扎要牢固。

## 三、施工工艺

### 1. 工艺流程



### 2. 操作工艺

(1)将基础垫层清扫干净,用石笔和墨斗在上面弹放钢筋位置线。

(2)按钢筋位置线布放基础钢筋。

(3)绑扎钢筋。四周两行钢筋交叉点应每点绑扎牢。中间部分交叉点可相隔交错扎牢,但必须保证受力钢筋不位移。双向主筋的钢筋网,则需将全部钢筋相交点扎牢。相邻绑扎点的钢丝扣成八字形,以免网片歪斜变形。

(4) 基础底板采用双层钢筋网时, 在上层钢筋网下面应设置钢筋撑脚或混凝土撑脚, 以保证钢筋位置正确, 钢筋撑脚下应垫在下片钢筋网上。见图 8-7(a) 和图 8-7(b)。

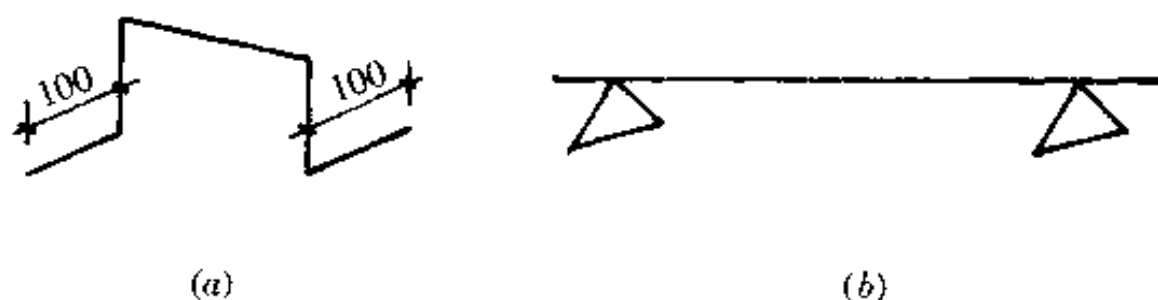


图 8-7 钢筋撑脚的形式和尺寸图

钢筋撑脚的形式和尺寸如图 8-7(a)、图 8-7(b) 所示。图 8-7(a) 所示类型撑脚每隔 1m 放置 1 个。其直径选用: 当板厚  $h \leq 300\text{mm}$  时为 8 ~ 10mm; 当板厚  $h = 300 \sim 500\text{mm}$  时为 12 ~ 14mm。当板厚  $h > 500\text{mm}$  时选用图 8-7(b) 所示撑脚, 钢筋直径为 16 ~ 18mm。沿短向通长布置, 间距以能保证钢筋位置为准。

(5) 钢筋的弯钩应朝上, 不要倒向一边; 双层钢筋网的上层钢筋弯钩应朝下。

(6) 独立柱基础为双向弯曲, 其底面短向的钢筋应放在长向钢筋的上面。

(7) 现浇柱与基础连用的插筋, 其箍筋应比柱的箍筋小一个柱筋直径, 以便连接。箍筋的位置一定要绑扎固定牢靠, 以免造成柱轴线偏移。

(8) 基础中纵向受力钢筋的混凝土保护层厚度不应小于 40mm, 当无垫层时不应小于 70mm。

(9) 钢筋的连接:

①受力钢筋的接头宜设置在受力较小处。接头末端至钢筋弯起点的距离不应小于钢筋直径的 10 倍。

②若采用绑扎搭接接头,则接头相邻纵向受力钢筋的绑扎接头宜相互错开。钢筋绑扎接头连接区段的长度为 1.3 倍搭接长度( $l_l$ )。凡搭接接头中点位于该区段的搭接接头均属于同一连接区段。位于同一区段内的受拉钢筋搭接接头面积百分率为 25%。

③当钢筋的直径  $d > 16\text{mm}$  时,不宜采用绑扎接头。

④纵向受力钢筋采用机械连接接头或焊接接头时,连接区段的长度为  $35d$  ( $d$  为纵向受力钢筋的较大值)且不小于  $500\text{mm}$ 。同一连接区段内,纵向受力钢筋的接头面积百分率应符合设计规定,当设计无规定时,应符合下列规定:

(a)在受拉区不宜大于 50%。

(b)直接承受动力荷载的基础中,不宜采用焊接接头;当采用机械连接接头时,不应大于 50%。

(10)基础钢筋的若干规定:

①当条形基础的宽度  $B \geq 1600\text{mm}$  时,横向受力钢筋的长度可减至  $0.9B$ ,交错布置。

②当单独基础的边长  $B \geq 3000\text{mm}$  (除基础支承在桩上外)时,受力钢筋的长度可减至  $0.9B$  交错布置。

(11)基础浇筑完毕后,把基础上预留墙柱插筋扶正理顺,保证插筋位置准确。

(12)承台钢筋绑扎前,一定要保证桩基伸出钢筋到承台的锚固长度。

#### 四、质量验收标准

##### 1. 主控项目

基础钢筋绑扎时,受力钢筋的品种、级别、规格和数量必须符合设计要求。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察,钢尺检查。

## 2. 一般项目

基础钢筋绑扎的允许偏差应符合表 8-3 规定。

检查数量:在同一检验批内,独立基础应抽查构件数量的 10%,且不少于 3 件;筏板基础可按纵、横轴线划分检查面,抽查 10%,且不少于 3 面。

表 8-3 构件绑扎的允许偏差和检验方法

项 目		允许偏差(mm)	检 验 方 法
绑扎钢筋网	长、宽	$\pm 10$	钢尺检查
	网眼的尺寸	$\pm 20$	钢尺量连续 3 档,取最大值
绑扎钢筋骨架	长	$\pm 10$	钢尺检查
	宽、高	$\pm 5$	钢尺检查
受力钢筋	间 距	$\pm 10$	钢尺量两端、中间各点,取最大值
	排 距	$\pm 5$	
	保护层厚度	$\pm 10$	钢尺检查
绑扎箍筋、横向钢筋间距		$\pm 20$	钢尺量连续 3 档,取最大值
钢筋弯起点位置		20	钢尺检查
预 埋 件	中心线位置	5	钢尺检查
预 埋 件	水平高差	+3, -0	钢尺和塞尺检查
绑扎缺扣、松扣数量		不超过扣数的 10% 且不应集中	观察和手扳检查

(续表)

项 目	允许偏差(mm)	检 验 方 法
弯钩和绑扎接头	弯钩朝向应正确、任一绑扎接头的搭接长度均不应小于规定值,且不应大于规定值的5%	观察和尺量检查
箍 筋	数量符合设计要求,弯钩角度和平直长度符合规定	观察和尺量检查

### 3. 质量记录

基础钢筋绑扎施工应具备以下质量记录

- (1) 钢筋出厂质量证明书或试验报告单。
- (2) 钢筋力学性能试验报告。
- (3) 进口钢筋应有化学成分检验报告和可焊性试验报告。国产钢筋在加工过程中,发生脆断、焊接性能不良或机械性能显著不正常的,应有化学成分检验报告。
- (4) 钢筋焊接试验报告。
- (5) 焊条、焊剂合格证、焊工操作证。
- (6) 钢筋隐蔽验收记录。
- (7) 钢筋分项工程质量检验评定资料。

## 第五节 剪力墙钢筋绑扎

### 一、作业条件



(1) 检查钢筋的出厂合格证,按规定进行复试,并经检验合格后方能使用;网片应有加工合格证并经现场检验合格;加工成型钢筋应符合设计及规范要求,钢筋无老锈及油污。

(2) 钢筋或点焊网片应按现场施工平面布置图中指定位置堆放,网片立放时应有支架,平放时应垫平,垫木应上下对正,吊装时应使用网片架。

(3) 钢筋外表面如有铁锈时,应在绑扎前清除干净,锈蚀严重的钢筋不得使用。

(4) 外砖内模工程必须先砌完外墙。

(5) 绑扎钢筋地点已清理干净。

(6) 墙身、洞口位置线已弹好,预留钢筋处的松散混凝土已剔凿干净。

## 二、材料和质量要求

### 1. 材料的关键要求

(1) 施工现场所用材料的材质、规格应和设计图纸相一致,材料代用应征得设计、监理、建设单位的同意。

(2) 关键焊接网宜采用 LL550 级冷轧带肋钢筋制作,也可采用 LG510 级冷拔光面钢筋制作。

### 2. 技术关键要求

(1) 剪力墙钢筋绑扎时应注意先后顺序,特别是剪力墙里有暗梁、暗柱时。

(2) 剪力墙钢筋的搭接应符合设计及本标准的要求。

### 3. 质量关键要求

施工中应注意下列质量问题,妥善解决,达到质量要求:

(1) 水平筋的位置、间距不符合要求:墙体绑扎钢筋时应搭设高凳或简易脚手架,确保水平筋位置准确。

(2) 下层伸出的墙体钢筋和竖向钢筋绑扎不符合要求: 绑扎时应先将下层伸出钢筋调直理顺, 然后再绑扎或焊接。若下层伸出的钢筋位移较大时, 应征得设计同意进行处理。

(3) 门窗洞口加强筋位置尺寸不符合要求: 应在绑扎前根据洞口边线将加强筋位置调整, 绑扎加强筋时应吊线找正。

(4) 剪力墙水平筋锚固长度不符合要求: 认真学习图纸。在拐角、十字结点、墙端、连梁等部位钢筋的锚固应符合设计要求。

### 三、施工工艺

#### 1. 剪力墙钢筋现场绑扎

##### (1) 工艺流程:

弹墙体线 → 剔凿墙体混凝土浮浆 →  
↓  
修理预留搭接筋 → 绑纵向筋 → 绑横筋 → 绑拉筋或支撑筋

##### (2) 操作工艺:

① 将预留钢筋调直理顺, 并将表面砂浆等杂物清理干净。先立 2~4 根纵向筋, 并划好横筋分档标志, 然后于下部及齐胸处绑两根定位水平筋, 并在横筋上划好分档标志, 然后绑其余纵向筋, 最后绑其余横筋。如剪力墙中有暗梁、暗柱时, 应先绑暗梁、暗柱再绑周围横筋。

② 剪力墙钢筋绑扎完后, 把垫块或垫圈固定好确保钢筋保护层的厚度。纵向钢筋的最小保护层厚度见第二章第一节表 2-1。

③ 剪力墙的纵向钢筋每段钢筋长度不宜超过 4m (钢筋的直 ≤ 12mm) 或 6m (直径 > 12mm), 水平段每段长度不宜超过 8m, 以利绑扎。

④剪力墙的钢筋网绑扎。全部钢筋的相交点都要扎牢，绑扎时相邻绑扎点的铁丝扣成八字形，以免网片歪斜变形。

⑤为控制墙体钢筋保护层厚度，宜采用比墙体竖向钢筋大一型号钢筋梯子凳措施，在原位替代墙体钢筋，间距1500mm左右。见图8-8。

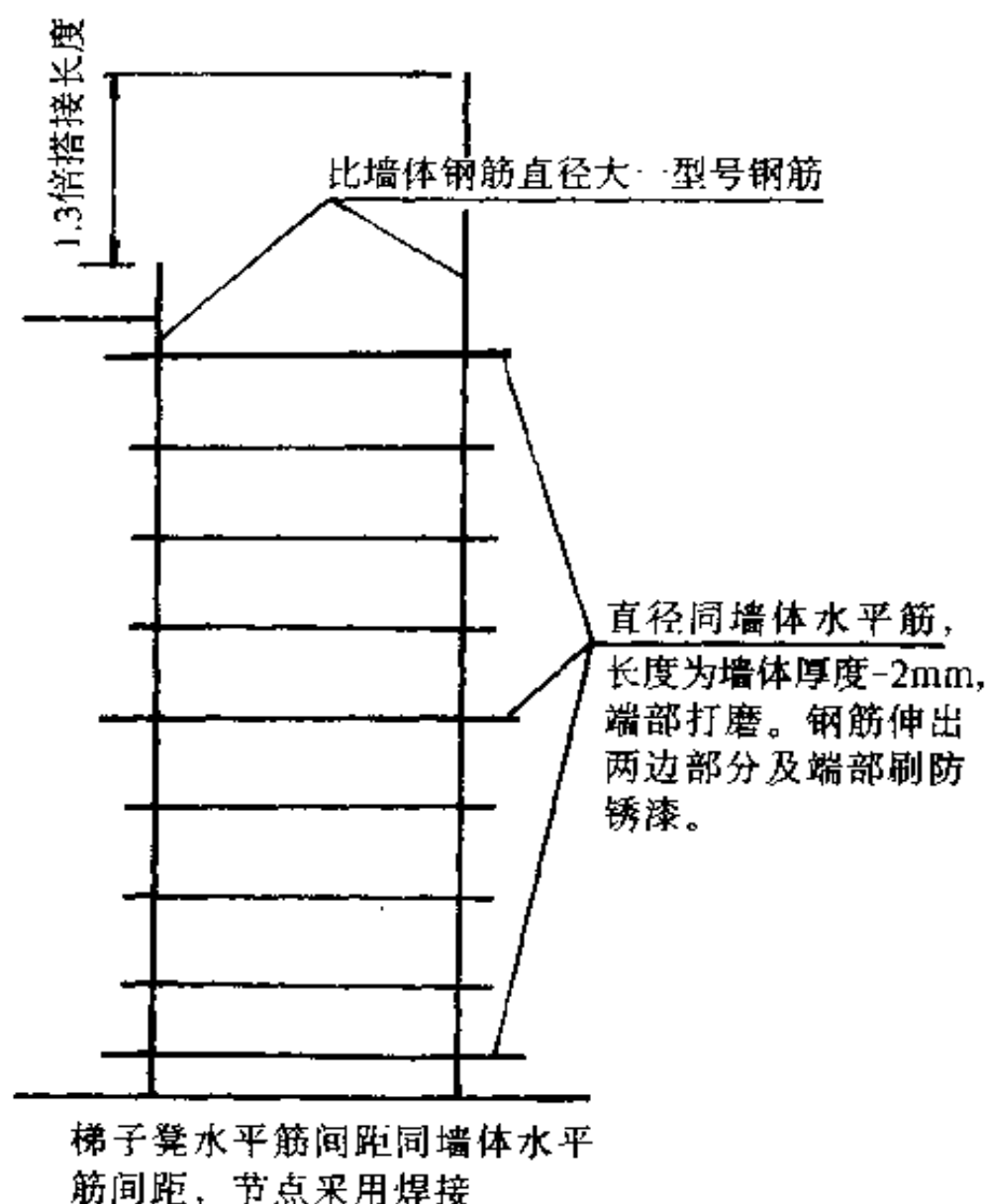


图8-8 梯子凳详图

⑥剪力墙水平分布钢筋的搭接长度不应小于  $1.2l_a$  ( $l_a$  为钢筋锚固长度)。同排水平分布钢筋的搭接接头之间及上、下相邻水平分布钢筋的搭接接头之间沿水平方向的净间距不宜小于 500mm。若搭接采用焊接时应符合《钢筋焊接及验收规程》(JGJ 18—2003)(见第六章内容)的规定。

⑦剪力墙竖向分布钢筋可在同一高度搭接,搭接长度不应小于  $1.2l_a$ 。

⑧剪力墙分布钢筋的锚固:剪力墙水平分布钢筋应伸至墙端,并向内水平弯折  $10d$  后截断,其中  $d$  为水平分布钢筋直径。

当剪力墙端部有翼墙或转角墙使,内墙两侧的水平分布钢筋和外墙内侧的水平分布钢筋应伸至翼墙或转角墙外边,并分别向两侧水平弯折后截断,其水平弯折长度不宜小于  $15d$ 。在转角墙处,外墙外侧的水平分布钢筋应在墙端外角处弯入翼墙,并与翼墙外侧水平分布钢筋搭接。搭接长度为  $1.2l_a$ 。

带边框的剪力墙,其水平和竖向分布钢筋宜分别贯穿柱、梁或锚固在柱、梁内。

⑨剪力墙洞口连梁应沿全长配置箍筋,箍筋直径不宜小于 6mm,间距不宜大于 150mm。

在顶层洞口连梁纵向钢筋伸入墙内的锚固长度范围内,应设置间距不大于 150mm 的箍筋,箍筋直径与该连梁跨内箍筋直径相同。同时,门窗洞边的竖向钢筋应按受拉钢筋锚固在顶层连梁高度范围内。

⑩混凝土浇筑前,对伸出的墙体钢筋进行修整,并绑一道临时横筋固定伸出筋的间距(甩筋的间距)。墙体混凝土浇

筑时派专人看管钢筋,浇筑完后,立即对伸出的钢筋(甩筋)进行修整。

⑪外砖内模剪力墙结构,剪力墙钢筋与外砖墙连接:绑内墙钢筋时,先将外墙预留的拉结筋理顺,然后再与内墙钢筋搭接绑牢。

## 2. 剪力墙采用预制焊接网片的绑扎

### (1) 工艺流程:

弹墙体线 → 剔凿墙体混凝土浮浆 → 修理预留搭接筋 →  
 ↓  
 临时固定网片 → 绑扎根部钢筋 → 绑拉筋或支撑筋

### (2) 操作工艺:

①将墙身处预留钢筋调直理顺,并将表面杂物清理干净。按图纸要求将网片就位,网片立起后用木方临时固定支牢。然后逐根绑扎根部搭接钢筋,在搭接部分和两端共绑3个扣。同时将门窗洞口处加固筋也绑扎,要求位置准确。洞口处的偏移预留筋应作成灯插弯(1:6)弯折到正确位置并理顺,使门窗洞口处的加筋位置符合设计图纸的要求。若预留筋偏移过大或影响门窗洞口时,应在根部切除并在正确位置采用化学注浆法植筋。

②剪力墙中用焊接网作分布钢筋时可按一楼层为一个竖向单元。其竖向搭接可设在楼层面之上,搭接长度不应小于 $1.2l_a$ 。且不应小于400mm。在搭接的范围内,下层的焊接网不设水平分布钢筋,搭接时应将下层网的竖向钢筋与上层网的钢筋绑扎固定(见图8-9)。

③剪力墙结构的分布钢筋采用的焊接网,对一级抗震等

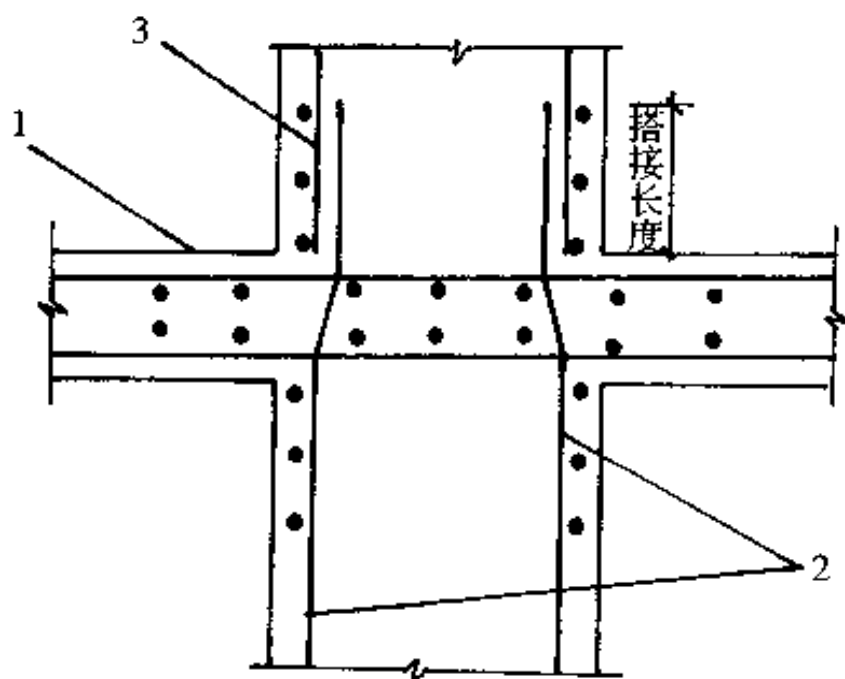


图 8-9 钢筋焊接网的竖向搭接图

1 楼板;2. 下层焊接网;3. 上层焊接网

级应采用冷轧带肋钢筋焊接网,对二级抗震等级宜采用冷轧带肋钢筋焊接网。

④当采用冷拔光面钢筋焊接网作剪力墙的分布筋时,其竖向分布筋未焊水平筋的上端应有垂直于墙面的  $90^\circ$  弯钩,直钩长度为  $5 \sim 10d$  ( $d$  为竖向分布钢筋直径),且不应小于  $50\text{mm}$ 。

⑤墙体中钢筋焊接网在水平方向的搭接可采用平接法或附加钢筋扣接法,搭接长度应符合设计规定。若设计无规定,则应符合《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》(JGJ/T 114—97)中 5.1.9、5.1.10 的规定。

⑥钢筋焊接网在墙体端部的构造应符合下列规定:

(a)当墙体端部无暗柱或端柱时,可用现场绑扎的附加

钢筋连接。附加钢筋(宜优先选用冷轧带肋钢筋)的间距宜与钢筋焊接网的水平钢筋的间距相同,其直径可按等强度设计原则确定,附加钢筋的锚固长度不应小于最小锚固长度(见图8-10)。

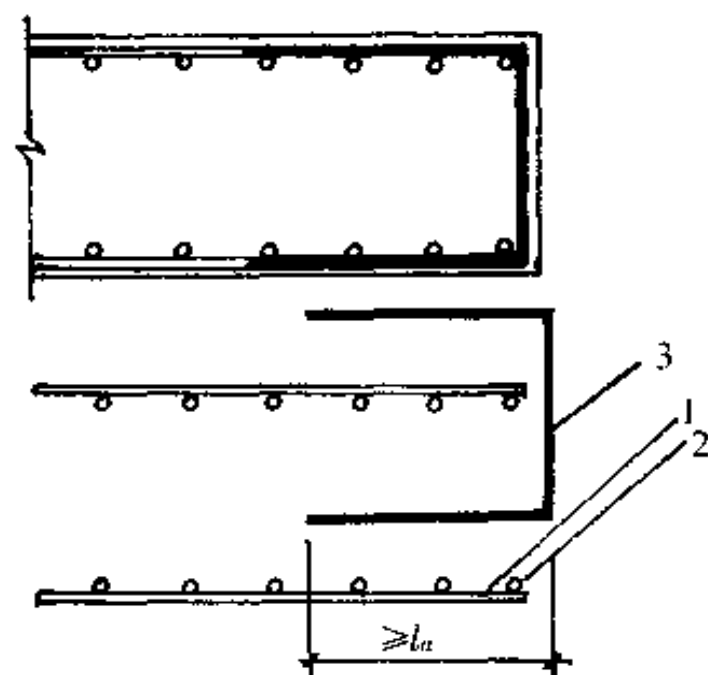


图8-10 钢筋焊接网在墙体端部(无暗柱)的构造图

1. 焊接网水平钢筋;2. 焊接网竖向钢筋;3. 附加连接钢筋

(b)当墙体端部设有暗柱或端柱时,焊接网的水平钢筋可插入柱内锚固,该插入部分可不焊接竖向钢筋,其锚固长度,对冷轧带肋钢筋应符合设计及规范规定;对冷拔光面钢筋宜在端头设置弯钩或焊接短筋,其锚固长度不应小于 $40d$ (对C20混凝土)或 $30d$ (对C30混凝土),且不应小于250mm,并应采用铁丝与柱的纵向钢筋绑扎牢固。当钢筋焊接网设置在暗柱或端柱钢筋外侧时,应与暗柱或端柱钢筋有可靠的连接措施。

#### 四、质量验收标准

##### 1. 主控项目

(1) 钢筋、焊条的品种和性能以及接头中使用的钢板和型钢,必须符合设计要求和有关标准的规定。

(2) 钢筋带有颗粒状和片状老锈,经除锈后仍留有麻点的钢筋,严禁按原规格使用。钢筋表面应保持清洁。

(3) 钢筋的规格、形状、尺寸、数量、锚固长度、接头设置,必须符合设计要求和施工规范的规定。

(4) 钢筋焊接接头机械性能试验结果,必须符合焊接规程的规定(见第六章)。

##### 2. 一般项目

(1) 钢筋网片和骨架绑扎缺扣、松扣数量不超过绑扣数的10%,且不应集中。

(2) 钢筋焊接网片钢筋交叉点开焊数量不得超过整个网片交叉点总数的1%,且任一根钢筋上开焊点数不得超过该根钢筋上交叉点总数的50%。焊接网最外边钢筋上的交叉点不得开焊。

(3) 弯钩的朝面应正确。绑扎接头应符合施工规范的规定,其中每个接头的搭接长度不小于规定值。

(4) 箍筋数量、弯钩角度和平直长度,应符合设计要求和施工规范的规定。

(5) 钢筋点焊焊点处熔化金属均匀,无裂纹、气孔及烧伤等缺陷。焊点压入深度符合钢筋焊接规程的规定。

对接焊头:无横向裂纹和烧伤,焊包均匀,接头弯折不大于 $4^{\circ}$ ,轴线位移不大于 $0.1d$ ,且不大于 $2\text{mm}$ 。

电弧焊接头:焊缝表面平整,无凹陷、焊瘤、裂纹、气孔、夹



渣及咬边,接头处弯折不大于 $4^{\circ}$ ,轴线位移不大于 $0.1d$ ,且不大于 $3\text{mm}$ ,焊缝宽度不小于 $0.1d$ ,长度不小于 $0.5d$ 。

(6) 钢筋绑扎允许偏差应符合表 8-4 的规定。

表 8-4 钢筋及预埋件的允许偏差表

项 次	项 目		允许偏差 (mm)	检验方法
1	网的长度、宽度		$\pm 10$	尺量检查
2	网眼尺寸	焊 接	$\pm 10$	尽量连续三档,取其最大值
		绑 扎	$\pm 20$	
3	受力钢筋	间 距	$\pm 10$	尺量两端、中间各一点,取其最大值
		排 距	$\pm 5$	
4	箍筋、构造筋间距	焊 接	$\pm 10$	尺量连续三档,取其最大值
		绑 扎	$\pm 20$	
5	焊接预埋件	中心线位移	5	尺量检查
		水平高差	+3 -0	
6	受力筋保护层		$\pm 3$	尺量检查

### 3. 质量记录

剪力墙钢筋绑扎施工应具备以下质量记录:

(1) 钢筋出厂质量证明书或试验报告单。

(2) 钢筋力学性能试验报告。

(3) 进口钢筋应有化学成分检验报告和可焊性试验报告。国产钢筋在加工过程中,发生脆断、焊接性能不良或机械性能显著不正常的,应有化学成分检验报告。

(4) 钢筋焊接试验报告。

- (5) 焊条、焊剂合格证、焊工操作证。
- (6) 成型网片出厂合格证及复试报告。
- (7) 钢筋隐蔽验收记录。
- (8) 钢筋分项工程质量检验评定资料。

## 第六节 现浇框架结构钢筋绑扎

### 一、作业条件

(1) 钢筋进场后应检查是否有出厂证明、复试报告,并按施工平面布置图指定的位置,按规格、使用部位、编号分别加垫木堆放。

(2) 做好抄平放线工作,弹好水平标高线,墙、柱、梁部位外皮尺寸线。

(3) 根据弹好的外皮尺寸线,检查下层预留搭接钢筋的位置、数量、长度,如不符合要求时,应进行处理。绑扎前先整理调直下层伸出的搭接筋,并将锈蚀、水泥砂浆等污垢清理干净。

(4) 根据标高检查下层伸出搭接筋处的混凝土表面标高(柱顶、墙顶)是否符合图纸要求,如有松散不实之处,要剔除并清理干净。

### 二、材料和质量要求

#### 1. 材料的关键要求

钢筋应有出厂合格证、出厂检验报告和按规定作力学性能复试。当加工过程中发生脆断等特殊情况,还需作化学成分检验。钢筋应无老锈及油污。对有抗震设防要求的钢筋工程,其纵向受力钢筋的强度要满足设计要求,当设计无具体要求时,受力钢筋强度实测值应符合《混凝土结构工程施工质

量验收规范》(GB 50204—2002)的有关规定。

## 2. 技术关键要求

(1)认真熟悉施工图,了解设计意图和要求,编制钢筋绑扎技术交底。

(2)根据设计图纸及工艺标准要求,向班组进行技术交底。

## 3. 质量关键要求

(1)钢筋绑扎前,应检查有无锈蚀,除锈之后再运至绑扎部位。

(2)熟悉图纸、按设计要求检查已加工好的钢筋规格、形状、数量是否正确。

(3)做好抄平放线工作,根据弹好的外皮尺寸线,检查下层预留搭接钢筋的位置、数量、长度。绑扎前先整理调直下层伸出的搭接筋,并将锈蚀、水泥砂浆等污垢清理干净。

## 三、施工工艺

### 1. 绑柱子钢筋

#### (1)工艺流程:

弹柱子线→剔凿柱混凝土表面浮浆→修理柱子筋→套柱箍筋→搭接绑扎竖向受力筋→画箍筋间距线→绑箍筋

(2)套柱箍筋:按图纸要求间距,计算好每根柱箍筋数量,先将箍筋套在下层伸出的搭接筋上,然后立柱子钢筋,在搭接长度内,绑扣不少于3个,绑扣要向柱中心。如果柱子主筋采用光圆钢筋搭接时,角部弯钩应与模板成 $45^\circ$ ,中间钢筋的弯钩应与模板成 $90^\circ$ 角。

(3)搭接绑扎竖向受力筋:柱子主筋立起后,绑扎接头的搭接长度、接头面积百分率应符合设计要求。如设计无要求时应符合第二章第四节四、纵向受力钢筋的最小搭接长度的

规定。

(4) 箍筋绑扎：画箍筋间距线：在立好的柱子竖向钢筋上，按图纸要求用粉笔划箍筋间距线。

(5) 柱箍筋绑扎：

①按已划好的箍筋位置线，将已套好的箍筋往上移动，由上往下绑扎，宜采用缠扣绑扎，如图 8-11。

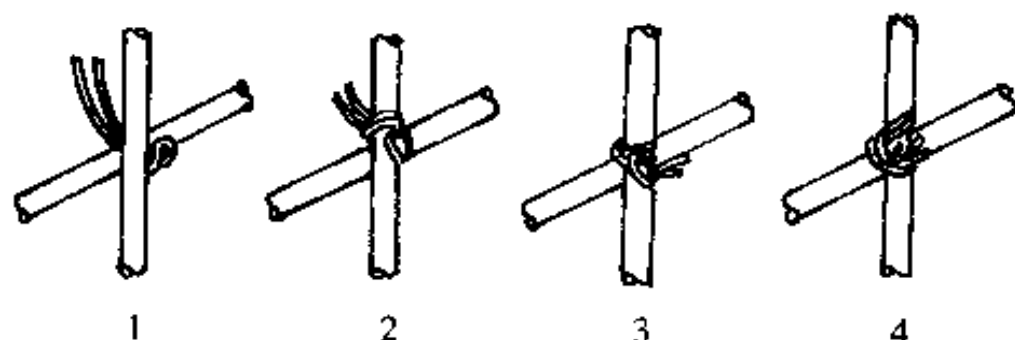


图 8-11 缠扣绑扎示意图

1、2、3、4—绑扎顺序

②箍筋与主筋要垂直，箍筋转角处与主筋交点均要绑扎，主筋与箍筋非转角部分的相交点成梅花交错绑扎。

③箍筋的弯钩叠合处应沿柱子竖筋交错布置，并绑扎牢固，见图 8-12。

④有抗震要求的地区，柱箍筋端头应弯成  $135^\circ$ ，平直部分长度不小于  $10d$  ( $d$  为箍筋直径)，见图 8-13。如箍筋采用  $90^\circ$  搭接，搭接处应焊接，焊缝长度单面焊缝不小于  $10d$ 。

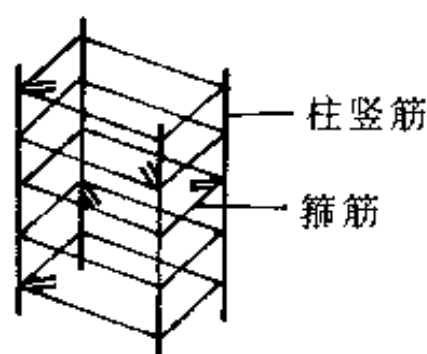


图 8-12 柱箍筋交错布置示意图

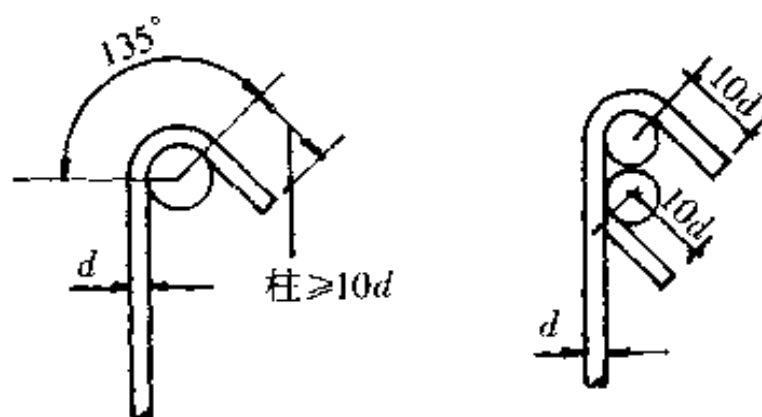
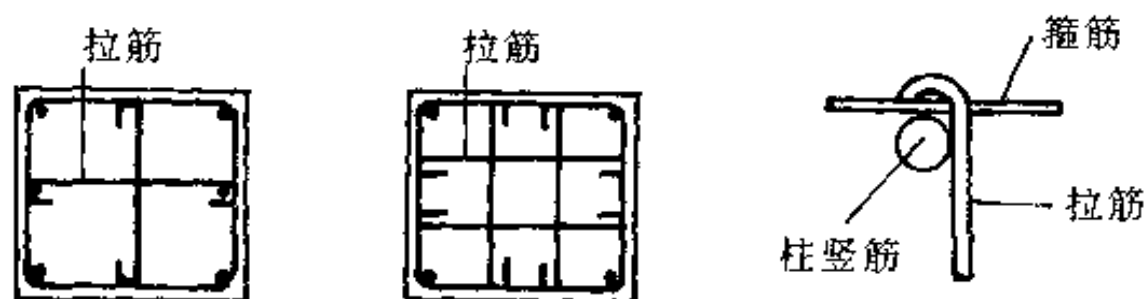


图 8-13 箍筋抗震要求示意图

⑤柱基、柱顶、梁柱交接处箍筋间距应按设计要求加密。柱上下两端箍筋应加密,加密区长度及加密区内箍筋间距应符合设计图纸要求。如设计要求箍筋设拉筋时,拉筋应钩住箍筋,见图 8-14。



拉筋勾住箍筋

图 8-14 拉筋布置示意图

⑥柱筋保护层厚度应符合规范要求,主筋外皮为 25mm,垫块应绑在柱竖筋外皮上,间距一般 1000mm,(或用塑料卡卡在外竖筋上)以保证主筋保护层厚度准确。当柱截面尺寸

有变化时,柱应在板内弯折,弯后的尺寸要符合设计要求。

## 2. 绑剪力墙钢筋

### (1) 工艺流程:

立 2~4 根主筋→画水平筋间距→绑定位横筋→绑其余横主筋

(2) 立 2~4 根主筋:将主筋与下层伸出的搭接筋绑扎,在主筋上画好水平筋分档标志,在下部及齐胸处绑两根横筋定位,并在横筋上画好主筋分档标志,接着绑其余主筋,最后再绑其余横筋。横筋在主筋里面或外面应符合设计要求。

(3) 主筋与伸出搭接筋的搭接处需绑 3 根水平筋,其搭接长度及位置均应符合设计要求,设计无要求时应符合第二章第四节四、纵向受力钢筋最小搭接长度的规定。

(4) 剪力墙筋应逐点绑扎,双排钢筋之间应绑拉筋或支撑筋,其纵横间距不大于 600mm,钢筋外皮绑扎垫块或用塑料卡(也可采用梯子筋来保证钢筋保护层厚度)。

(5) 剪力墙与框架柱连接处,剪力墙的水平横筋应锚固到框架柱内,其锚固长度要符合设计要求。如先浇筑柱混凝土后绑扎剪力墙筋时,柱内要预留连接筋或柱内预埋铁件,待柱拆模绑墙筋时作为连接用。其预留长度应符合设计或规范的规定。

(6) 剪力墙水平筋在两端头、转角、十字节点、联梁等部位的锚固长度以及洞口周围加固筋等,均应符合设计抗震要求。

(7) 合模后对伸出的主向钢筋应进行修整,宜在搭接处绑一道横筋定位,浇筑混凝土时应有专人看管,浇筑后再次调整以保证钢筋位置的准确。

### 3. 梁钢筋绑扎

#### (1) 工艺流程:

模内绑扎:画主次梁箍筋间距→放主梁次梁箍筋→穿主梁底层→纵筋及弯起筋→穿次梁底层纵筋并与箍筋固定→穿主梁上层纵向架立筋→按箍筋间距绑扎→穿次梁上层纵向钢筋→按箍筋间距绑扎

模外绑扎(先在梁模板上口绑扎成型后再入模内):

画箍筋间距→在主次梁模板上口铺横杆数根→在横杆上面放箍筋→穿主梁下层纵筋→穿次梁下层钢筋→穿主梁上层钢筋→按箍筋间距绑扎→穿次梁上层纵筋→按箍筋间距绑扎→抽出横杆落骨架于模板内

(2) 在梁侧模板上画出箍筋间距,摆放箍筋。

(3) 先穿主梁的下部纵向受力钢筋及弯起钢筋,将箍筋按已画好的间距逐个分开;穿次梁的下部纵向受力钢筋及弯起钢筋,并套好箍筋;放主次梁的架立筋;隔一定间距将架立筋与箍筋绑扎牢固;调整箍筋间距使间距符合设计要求,绑架立筋,再绑主筋,主次梁同时配合进行。

(4) 框架梁上部纵向钢筋应贯穿中间节点,梁下部纵向钢筋伸入中间节点锚固长度及伸过中心线的长度要符合设计要求。框架梁纵向钢筋在端节点内的锚固长度也要符合设计要求。

(5) 绑梁上部纵向筋的箍筋,宜用套扣法绑扎,如图 8-15。

(6) 箍筋在叠合处的弯钩,在梁中应交错绑扎,箍筋弯钩为  $135^\circ$ ,平直部分长度为  $10d$ ,如做成封闭箍时,单面焊缝长度为  $5d$ 。

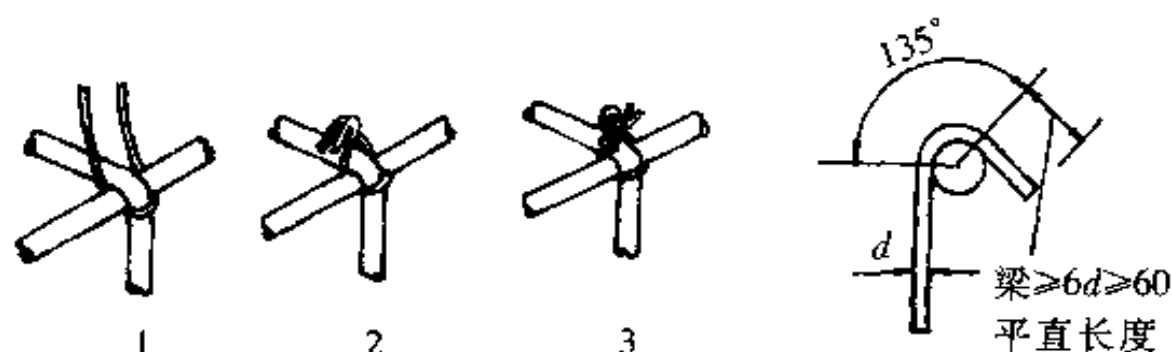


图 8-15 梁钢筋套扣法绑扎

1、2、3—绑扎顺序

(7) 梁端第一个箍筋应设置在距离柱节点边缘 50mm 处。梁端与柱交接处箍筋应加密,其间距与加密区长度均要符合设计要求。

(8) 在主、次梁受力筋下均应垫垫块(或塑料卡),保证保护层的厚度。受力筋为双排时,可用短钢筋垫在两层钢筋之间,钢筋排距应符合设计要求。

(9) 梁筋的搭接:梁的受力钢筋直径等于或大于 22mm 时,宜采用焊接接头;小于 22mm 时,可采用绑扎接头,搭接长度要符合规范的规定。搭接长度末端与钢筋弯折处的距离,不得小于钢筋直径的 10 倍。接头不宜位于构件最大弯矩处,受拉区域内 HPB235 级钢筋绑扎接头的末端应做弯钩(HRB335 级钢筋可不做弯钩),搭接处应在中心和两端扎牢。接头位置应相互错开,当采用绑扎搭接接头时,在规定搭接长度的任一区域内有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积百分率,受拉区不大于 50%。

#### 4. 板钢筋绑扎

(1) 工艺流程:



清理模板→模板上画线→绑板下受力筋→绑负弯矩钢筋

(2) 清理模板上面的杂物,用粉笔在模板上划好主筋、分布筋间距。

(3) 按划好的间距,先摆放受力主筋、后放分布筋。预埋件、电线管、预留孔等及时配合安装。

(4) 在现浇板中有板带梁时,应先绑板带梁钢筋,再摆放板钢筋。

(5) 绑扎板筋时一般用顺扣(图 8-4)或八字扣(图 8-16),除外围两根钢筋的相交点应全部绑扎外,其余各点可交错绑扎(双向板相交点需全部绑扎)。如板为双层钢筋,两层钢筋之间须加钢筋马凳,以确保上部钢筋的位置。负弯矩钢筋每个相交点均要绑扎。

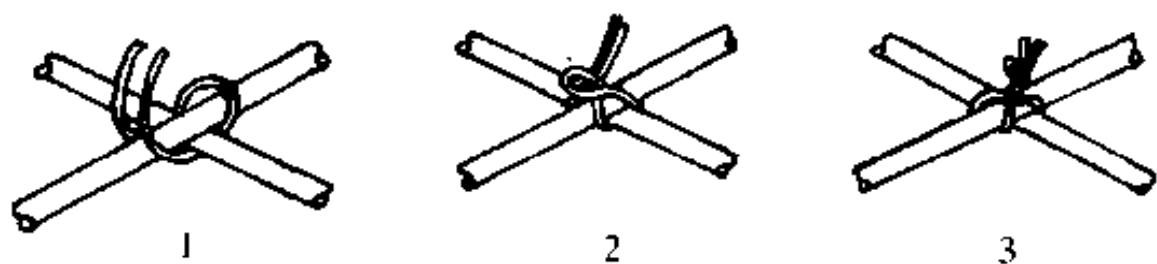


图 8-16 楼板钢筋八字扣绑扎

1、2、3—绑扎顺序

(6) 在钢筋的下面垫好砂浆垫块或塑料卡(图 8-6),间距 1.5m。垫块的厚度等于保护层厚度,应满足设计要求,如设计无要求时,板的保护层厚度应为 15mm。钢筋搭接长度与搭接位置的要求与前面所述梁相同。

### 5. 楼梯钢筋绑扎

(1) 工艺流程:

划位置线→绑主筋→绑分布筋→绑踏步筋

(2)在楼梯底板上划主筋和分布筋的位置线。

(3)根据设计图纸中主筋、分布筋的方向,先绑扎主筋后绑扎分布筋,每个交点均应绑扎。如有楼梯梁时,先绑梁后绑板筋。板筋要锚固到梁内。

(4)底板筋绑完,待踏步模板吊绑支好后,再绑扎踏步钢筋。主筋接头数量和位置均要符合设计和施工质量验收规范的规定。

#### 四、质量验收标准

##### 1. 主控项目

(1)钢筋的品种和质量必须符合设计要求和有关标准的规定。

(2)钢筋的表面必须清洁。带有颗粒状或片状老锈,经除锈后仍留有麻点的钢筋,严禁按原规格使用。钢筋表面应保持清洁。

(3)钢筋规格、形状、尺寸、数量、锚固长度、接头位置,必须符合设计要求和施工规范的规定。

(4)钢筋焊接或机械连接接头的机械性能结果,必须符合钢筋焊接及机械连接验收的专门规定。

##### 2. 一般项目

(1)缺扣、松扣的数量不超过绑扣数的10%,且不应集中。

(2)弯钩的朝向应正确,绑扎接头应符合施工规范的规定,搭接长度不小于规定值。

(3)箍筋的间距数量应符合设计要求,有抗震要求时,弯钩角度为 $135^{\circ}$ ,弯钩平直长度为 $10d$ 。

(4)绑扎钢筋时禁止碰动预埋件及洞口模板。

(5) 允许偏差项目见表 8-5。

表 8-5 现浇框架钢筋绑扎允许偏差

项次	项 目		允许偏差(mm)	检 验 方 法
1	网的长度、宽度		$\pm 10$	尺 量 检 查
2	网 眼 尺 寸		$\pm 20$	尺量连续三档,取其最大值
3	钢筋骨架的宽度、高度		$\pm 5$	尺 量 检 查
4	钢筋骨架的长度		$\pm 10$	
5	受力钢筋	间 距	$\pm 10$	尺量两端、中间各一点,取其最大值
6		排 距	$\pm 5$	
7	绑扎箍筋、构造筋间距		$\pm 20$	尺量连续三档,取其最大值
8	钢筋弯起点位移		20	尺 量 检 查
9	预埋件	中心线位置	5	
		水平高差	+3,0	
10	受力钢筋	梁、柱	$\pm 3$	尺 量 检 查
	保护层	墙、板	$\pm 3$	

### 3. 质量记录

现浇框架结构钢筋绑扎施工应具备以下质量记录:

(1) 钢筋出厂质量证明或实验报告单。

(2) 钢筋机械性能实验报告。

(3) 进口钢筋应有化学成分检验报告。国产钢筋在加工过程中发生脆断、焊接性能不良和机械性能显著不正常的,应有化学成分检验报告。

(4) 技术交底、钢筋隐蔽验收纪录。

## 第七节 钢筋网、骨架与钢筋焊接网安装

## 一、钢筋网与钢筋骨架安装

(1) 钢筋网与钢筋骨架的分段(块),应根据结构配筋特点及起重运输能力而定。一般钢筋网的分块面积以  $6 \sim 20\text{m}^2$  为宜,钢筋骨架的分段长度以  $6 \sim 12\text{m}$  为宜。

(2) 钢筋网与钢筋骨架,为防止在运输和安装过程中发生歪斜变形,应采取临时加固措施,图 8-17 是绑扎钢筋网的临时加固情况。

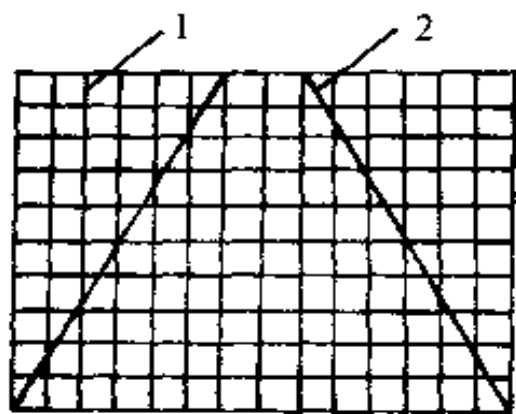


图 8-17 绑扎钢筋网的临时加固

1. 钢筋网; 2. 加固钢筋

(3) 钢筋网与钢筋骨架的吊点,应根据其尺寸、重量及刚度而定。宽度大于  $1\text{m}$  的水平钢筋网宜采用四点起吊,跨度小于  $6\text{m}$  的钢筋骨架宜采用二点起吊[图 8-18(a)],跨度大,刚度差的钢筋骨架宜采用横吊梁(铁扁担)四点起吊[图 8-18(b)]。为了防止吊点处钢筋受力变形,可采取兜底吊或加短钢筋。

(4) 焊接网和焊接骨架沿受力钢筋方向的搭接接头可采用叠接法或扣接法。且位于构件受力较小的部位,如承受均布荷载的简支受弯构件,焊接网受力钢筋接头宜放置在跨度

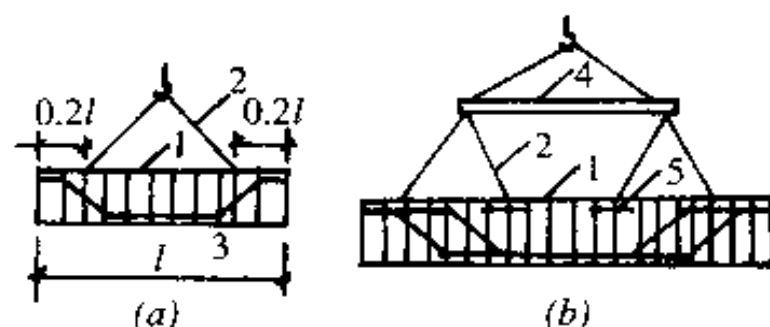


图 8-18 钢筋绑扎骨架起吊

(a) 二点绑扎 (b) 采用铁扁担四点绑扎

1. 钢筋骨架; 2. 吊索; 3. 兜底索; 4. 铁扁担; 5. 短钢筋

两端各四分之一跨长范围内。

(5) 受拉及受压焊接骨架和焊接网在受力钢筋方向的搭接长度, 不应小于最小锚固长度  $l_a$  的 1.2 倍, 且不应小于 200mm。钢筋焊接网的最小锚固长度见表 8-6。

表 8-6 钢筋焊接网的最小锚固长度

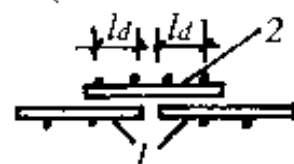
焊接网钢筋类别	锚固长度范围横向钢筋	混凝土强度等级		
		C20	C25	C30
冷轧带肋钢筋	1 根	$30d$	$25d$	$20d$
	无	$40d$	$35d$	$30d$
冷拔光圆钢筋	2 根	$35d$	$30d$	$25d$

注: ①  $d$  为纵向受力钢筋。

② 当钢筋直径  $d \geq 8\text{mm}$  时, 其锚固长度应按表中数值增加  $5d$ 。

③ 受力钢筋并筋时, 其锚固长度应按表中数值乘以 1.4。

(6) 受力钢筋直径  $\geq 16\text{mm}$  时, 焊接网沿分布钢筋方向的接头宜辅以附加钢筋网 (图 8-19), 其每边的搭接长度  $l_d = 15d$  ( $d$  为分布钢筋直径), 但不小于 100mm。

图 8-19 接头  
附加钢筋网

1. 基本钢筋网;

2. 附加钢筋网

## 二、钢筋焊接网安装

(1) 钢筋焊接网运输时应捆扎整齐、牢

固,每捆重量不应超过 2t,必要时应加刚性支撑或支架。

(2) 进场的钢筋焊接网宜按施工吊装顺序要求堆放,并应有明显的标志。

(3) 附加钢筋宜在现场绑扎,并应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工及验收规范》GB 50204 的有关规定。

(4) 对两端须插入梁内锚固的焊接网,当网片纵向钢筋较细时,可利用网片的弯曲变形性能,先将焊接网中部向上弯曲,使两端能先后插入梁内,然后铺平网片;当钢筋较粗焊接网不能弯曲时,可将焊接网的一端少焊 1~2 根横向钢筋,先插入该端,然后退插另一端,必要时可采用绑扎方法补回所减少的横向钢筋。

(5) 钢筋焊接网的搭接、构造,应符合《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》(JGJ/T114-97)中有关构造的规定。两张网片搭接时,在搭接区中心及两端应采用铁丝绑扎牢固。在附加钢筋与焊接网连接的每个节点处均应采用铁丝绑扎。

(6) 钢筋焊接网安装时,下部网片应设置与保护层厚度相当的水泥砂浆垫块或塑料卡;板的上部网片应在短向钢筋两端,沿长向钢筋方向每隔 600~900mm 设一钢筋支墩(图 8-20)。

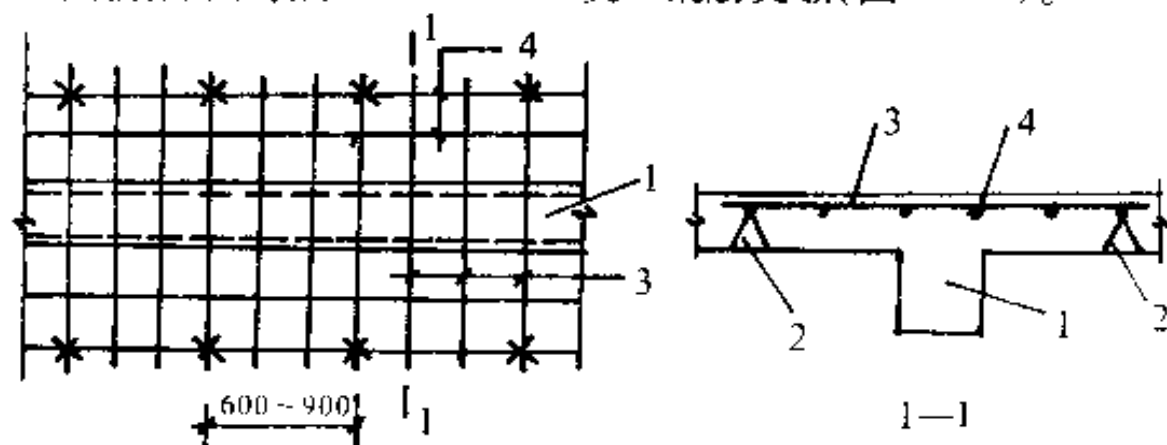


图 8-20 上部钢筋焊接网的支墩

1. 梁; 2. 支墩; 3. 短向钢筋; 4. 长向钢筋

(7) 钢筋焊接网长度和宽度的允许偏差为  $\pm 25\text{mm}$ , 其他安装允许偏差应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204-2002) 的规定。

## 第八节 钢筋安装的安全技术

在进行钢筋绑扎中应注意:

(1) 在高空绑扎和安装钢筋, 不应在模板或脚手架上集中堆放钢筋。

(2) 在脚手架上不要随便放置工具、箍筋或短钢筋, 以免掉下伤人。

(3) 在高空安装预制的钢筋骨架或绑扎圈梁钢筋时, 操作人员不允许站立; 在模板或墙上操作, 操作地点应搭设脚手架, 严禁操作人员抬钢筋在墙上行走。

(4) 吊运钢筋时, 必须将钢筋整理整齐, 长短分开; 吊运预制骨架筋时, 须按起重要求进行吊运。

(5) 应尽量避免在高空修整、扳弯粗钢筋, 在必须操作时, 要系好安全带, 选好位置, 人要站稳, 防止脱扳而摔倒。

(6) 在雷雨时, 必须停止露天操作, 预防雷击钢筋伤人。

(7) 要注意在安装钢筋时, 不要碰撞电线, 避免发生触电事故。

## 第九章 预应力工程

随着多种新型钢材碳素钢丝、钢绞线以及多种新型锚具的研制开发,促进了预应力技术的迅速发展,从一开始主要采用冷拉钢筋制作有粘结预应力预制构件,继而采用有粘结预应力技术用于现浇结构大柱网、超长度构件施工;以及发展采用无粘结预应力技术用于现浇结构的高层、超高层建筑、大型公用建筑和高耸构筑物。

### 第一节 材料、锚具、连接器及机具设备

#### 一、材料

预应力用高强碳素钢丝、冷拔低碳钢丝、钢绞线、热处理钢筋详见第一章第三节三、预应力钢筋。

#### 二、锚具

预应力锚具的种类与品种繁多,本书仅对现浇结构常用的几种作简单介绍。

##### 1. 多孔夹片锚固体系

多孔夹片锚具是在一块多孔的锚板上,利用每个锥形孔装一副夹片夹持一根钢绞线的一种楔紧式锚具(图9-1)。这种锚具的优点是任何一根钢绞线锚固失效,都不会引起整



束锚固失效,但构件端部需要扩孔。每束钢绞线的根数不受限制。对锚板与夹片的要求与单孔夹片锚具相同。

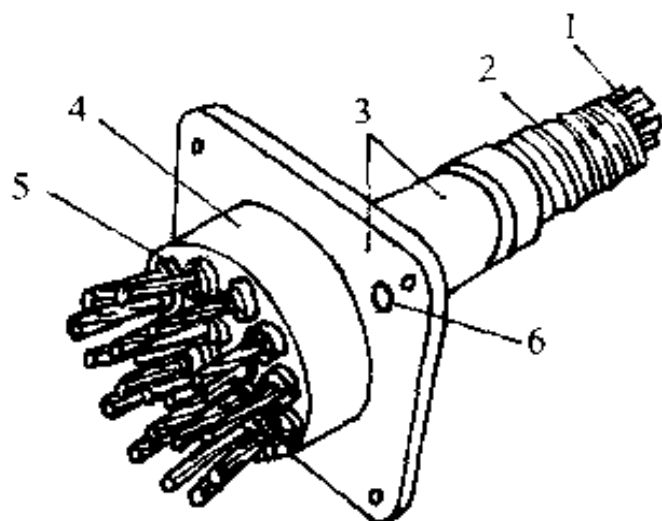


图 9-1 多孔夹片锚固体系

1. 钢绞线;2. 金属螺旋管;3. 带预埋板的喇叭管;4. 锚板;5. 夹片;6. 灌浆孔

这种锚具在现代预应力混凝土工程中广泛应用,主要的产品有:XM 型、QM 型、OVM 型、BS 型等。

(1) XM 型锚具:XM 型锚具适用于锚固 3~37 根  $\phi 15$  钢绞线束或 3~12 根  $7\phi 5$  钢丝束。

XM 型锚具是由锚板与三块夹片组成,见图 9-2。锚板的锥形孔沿圆周排列,对  $\phi 15$  钢绞线,间距不小于 36mm。锥形孔中心线的倾角 1:20。锚板顶面应垂直于锥形孔中心线,以利夹片均匀塞入。夹片采用三片斜开缝形式。

XM 型锚具下设钢垫板、喇叭管与螺旋筋等。

(2) QM 型锚固体系:QM 型锚具适用于锚固 4~31  $\phi 12.7$  钢绞线和 3~19  $\phi 15$  钢绞线。

QM 型锚具是由锚板与夹片组成,见图 9-3。锚板顶面为平面,锥形孔为直孔;夹片为三片式直开缝。由于钢绞线在锚板处有一折角,增大了锚口预应力损失。

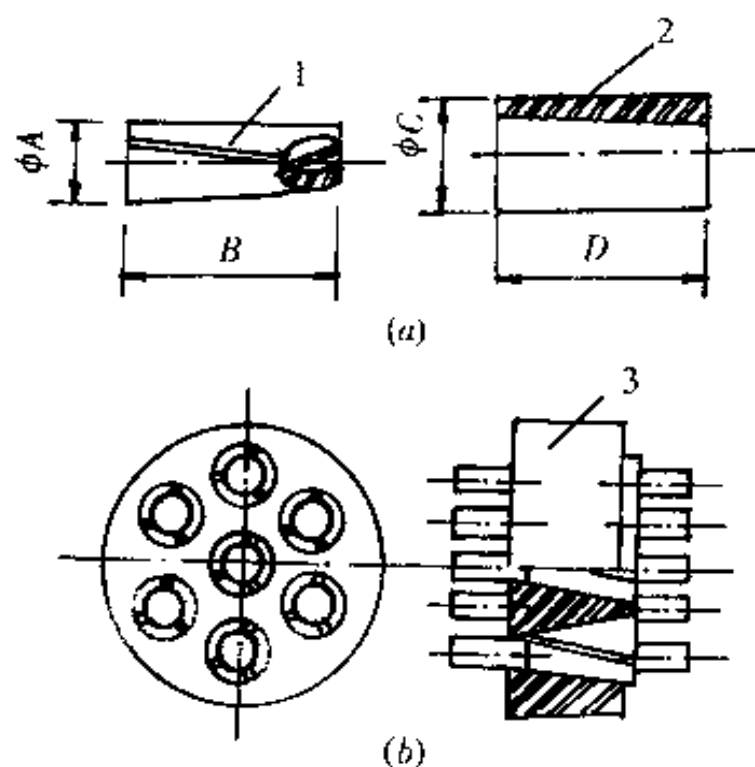


图 9-2 XM 型锚具

(a) 单根 XM 型锚具, (b) 多根 XM 型锚具

1. 夹片; 2. 锚环; 3. 锚板

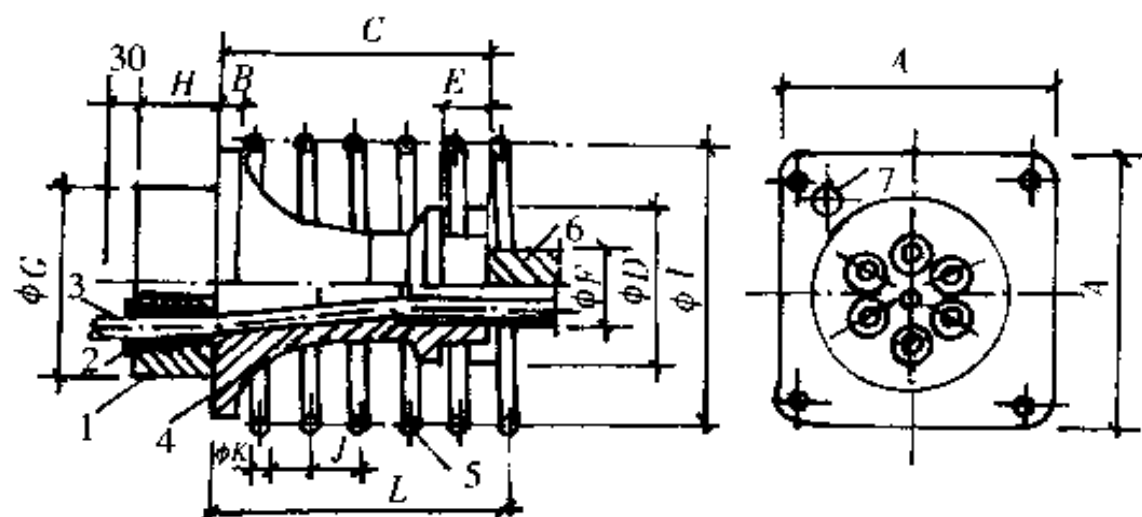


图 9-3 QM 型锚具及配件

1. 锚板; 2. 夹片; 3. 钢绞线; 4. 喇叭形铸铁垫板; 5. 弹簧圈;

6. 预留孔道用的螺旋管; 7. 灌浆孔

QM 型锚固体系配有专门的工具锚,以保证每次张拉后退楔方便,并减少安装工具锚所花费的时间。

锚下构造措施(图 9-3):采用铸铁喇叭管与螺旋筋。铸铁喇叭管是将承压垫板与喇叭管铸成整体,可解决混凝土承受大吨位局部压力及承压钢板垂直于预应力筋孔道的问题。垫板上还设有灌浆孔。其各部分尺寸是按照钢绞线抗拉强度 1860MPa、张拉时锚固区混凝土强度不小于 35MPa 设计的。当实际使用的钢绞线强度低于上述值时,垫板的平面尺寸可减小。QM 型锚固体系的尺寸见表 9-1。

表 9-1 QM 型锚具及配件尺寸

(一)QM12、13 系列 (mm)											
孔 数		4	5	6,7	8	9	12	14	19	27	31
垫 板	A	135	145	175	180	200	220	240	285	330	350
	B	25	25	30	30	30	30	40	40	40	40
	C	135	165	165	220	220	300	350	360	465	500
	$\phi D$	115	120	125	140	140	160	160	210	240	250
	E	40	40	50	55	55	55	55	60	60	60
管道	$\phi F$	40	40	55	55	60	70	70	85	100	105
锚板	$\phi G$	90	100	115	130	140	160	160	195	240	250
	H	50	50	50	55	55	60	65	70	80	80
螺旋筋	$\phi I$	150	170	200	210	240	250	290	350	410	450
	J	45	50	50	50	50	50	50	50	55	55
	$\phi K$	10	12	12	14	14	14	14	14	16	16
	L	180	190	240	300	300	350	400	420	500	550
	圈数	4.5	4.5	5.5	6.5	6.5	7.5	8.5	8.5	9.5	10.5

(二) QM15、15.7 系列 (mm) (续表)

孔 数		3	4	5	6, 7	8	9	12	14	19
垫 板	A	135	155	175	203	220	240	265	285	330
	B	26	25	30	30	30	40	40	40	40
	C	135	155	165	190	300	350	300	380	465
	$\phi D$	115	120	125	140	160	160	200	210	245
	E	40	50	50	55	55	55	60	60	60
管道	$\phi F$	45	50	55	65	70	75	85	90	95
锚板	$\phi G$	90	105	120	135	150	160	175	195	220
	H	50	50	50	60	60	60	70	70	80
螺旋筋	$\phi I$	150	170	200	230	250	290	320	350	470
	J	45	45	45	50	50	50	50	50	55
	$\phi K$	10	10	10	12	14	14	14	16	18
	L	180	210	250	300	350	400	400	420	500
	圈数	4.5	5.5	6.5	7.5	7.5	8.5	8.5	8.5	9.5

注:摘自中国建筑科学研究院产品资料。

(3) BS 型锚固体系: BS 型锚固体系适用于锚固 3 ~ 55 根  $\phi 15$  钢绞线。该体系组成见图 9-4。锚下采用钢垫板、焊接

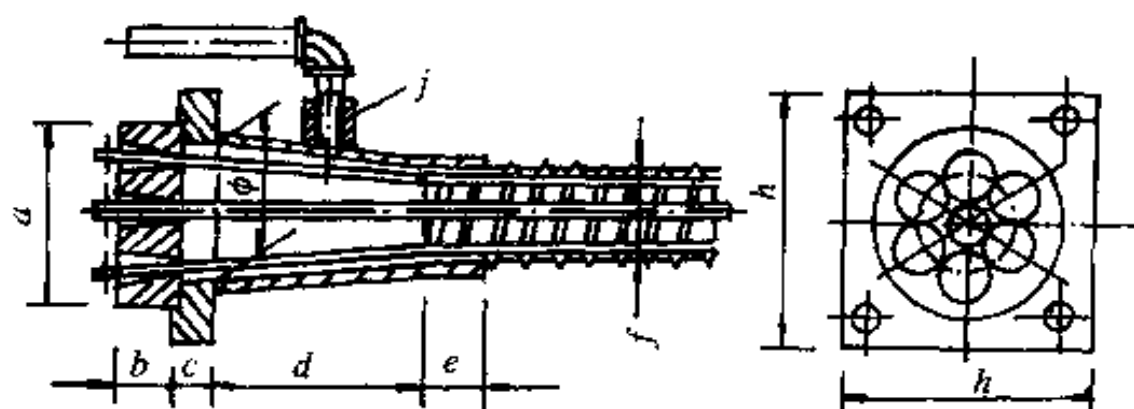


图 9-4 BS 型锚固体系

喇叭管与螺旋筋。灌浆孔设置在喇叭管上,由塑料管引出。BS型锚固体尺寸,见表9-2。

表 9-2 BS 型锚具及配件尺寸 (mm)

型 号	a	b	c	d	e	f	h	$\phi$	j
Z15-2	88	50	16	100	50	50	120	60	G3/4"
Z15-3	88	50	16	100	50	50	120	60	G3/4"
Z15-4	98	50	20	110	50	60	160	70	G3/4"
Z15-5	118	50	20	120	50	60	180	80	G3/4"
Z15-6	128	60	25	160	60	70	200	90	G3/4"
Z15-7	128	60	25	160	60	70	200	90	G3/4"
Z15-8	145	60	25	170	60	80	220	100	G3/4"
Z15-9	155	60	25	180	60	80	220	110	G3/4"
Z15-12	168	60	30	200	60	85	240	125	G3/4"
Z15-19	205	70	35	260	80	100	300	155	G1"
Z15-27	248	80	40	320	80	110	360	190	G1 $\frac{1}{2}$ "
Z15-37	318	90	40	420	100	140	440	225	G1 $\frac{1}{2}$ "
Z15-55	358	100	50	620	100	180	520	260	G2"

注:摘自北京市建筑工程研究院产品资料。

## 2. 挤压锚具

挤压锚具是利用液压压头机将套筒挤紧在钢绞线端头上的一种握裹式锚具。套筒采用45钢,不调质,其尺寸:对 $\phi 15$ 钢绞线为 $\phi 35 \times 58\text{mm}$ ,对 $\phi 13$ 钢绞线为 $\phi 35 \times 50\text{mm}$ 。套筒内衬有硬钢丝螺旋圈。锚具下设有钢垫板与螺旋筋,见图9-5。

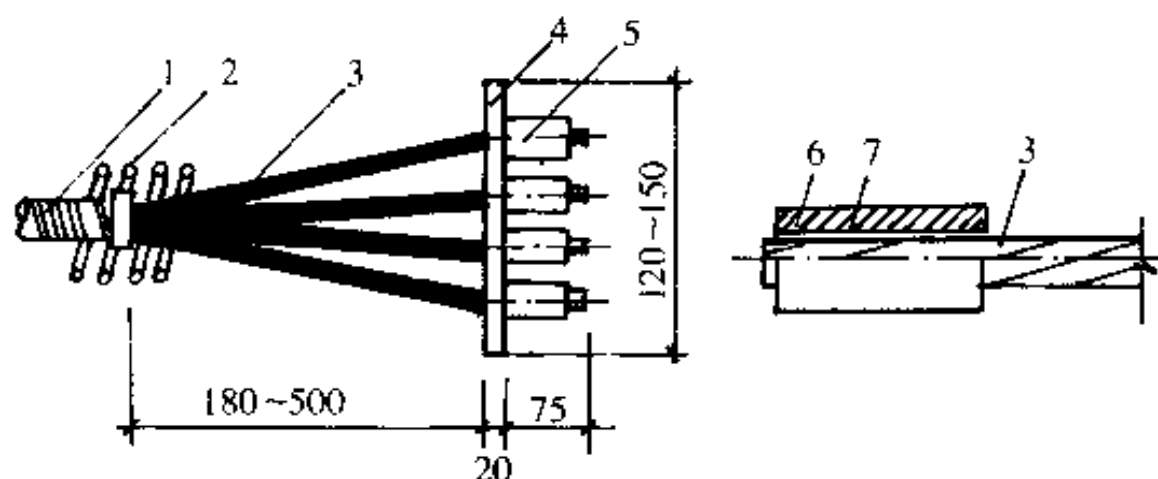


图 9-5 挤压锚具、钢垫板与螺旋筋

1. 螺旋管;2. 螺旋筋;3. 钢绞线;4. 钢垫板;5. 挤压锚具;6. 套筒;7. 硬钢丝螺旋圈

从挤压头切开检查后看出:硬钢丝已全部脆断,一半嵌入外钢套,一半压入钢绞线,从而增加钢套筒与钢绞线之间的摩阻力;外钢套与钢绞线之间没有任何空隙,紧紧夹住。

这种锚具适用于固定端单根无粘结钢绞线与多根有粘结钢绞线。

### 3. 压花锚具

压花锚具是利用液压压花机将钢绞线端头压成梨形散花头的一种握裹式锚具,见图 9-6。

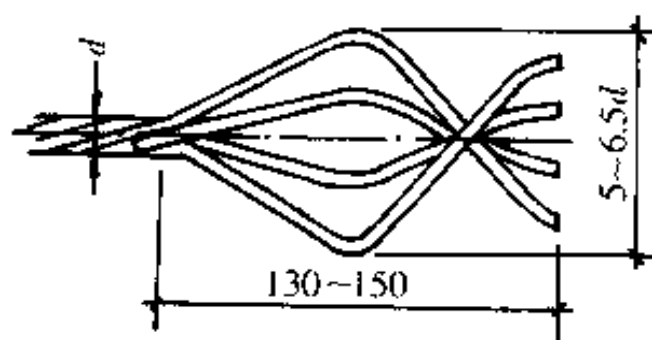


图 9-6 压花锚具

梨形头的尺寸:对  $\phi 15$  钢绞线不小于  $95 \times 150\text{mm}$ 。多根

钢绞线的梨形头应分排埋置在混凝土内,见图9-7。为提高压花锚四周混凝土及散花头根部混凝土抗裂强度,在散花头头部配置构造筋,在散花头根部配置螺旋筋。混凝土强度不低于C30,压花锚距构件截面边缘不小于30mm,第一排压花锚的锚固长度,对 $\phi 15$ 钢绞线不小于900mm,每排相隔至少为300mm。

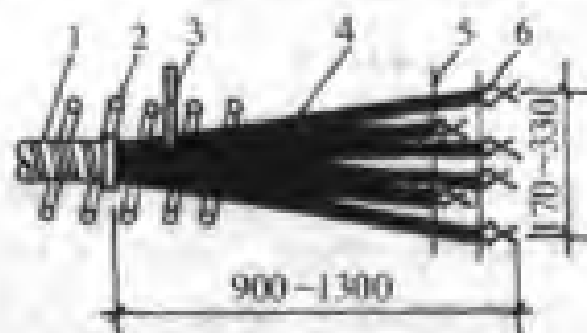


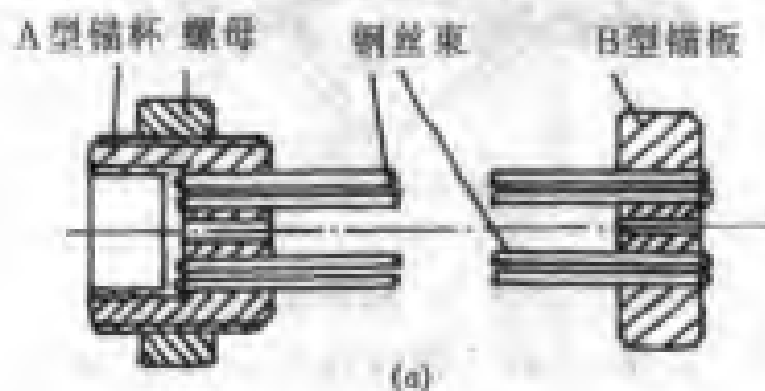
图9-7 多根钢绞线压花锚具

1. 波纹管;2. 螺旋筋;3. 灌浆管;4. 钢绞线;5. 构造筋;6. 压花锚具

这种锚具适用于固定端空间较大的有粘结钢绞线。

#### 4. 墩头锚具

墩头锚具适用于锚固任意根数 $\phi 5$ 与 $\phi 7$ 钢丝束。墩头锚具的型式与规格,可根据需要自行设计。常用的墩头锚具分为A型与B型。A型由锚杯与螺母组成,用于张拉端。B型为锚板,用于固定端,见图9-8。



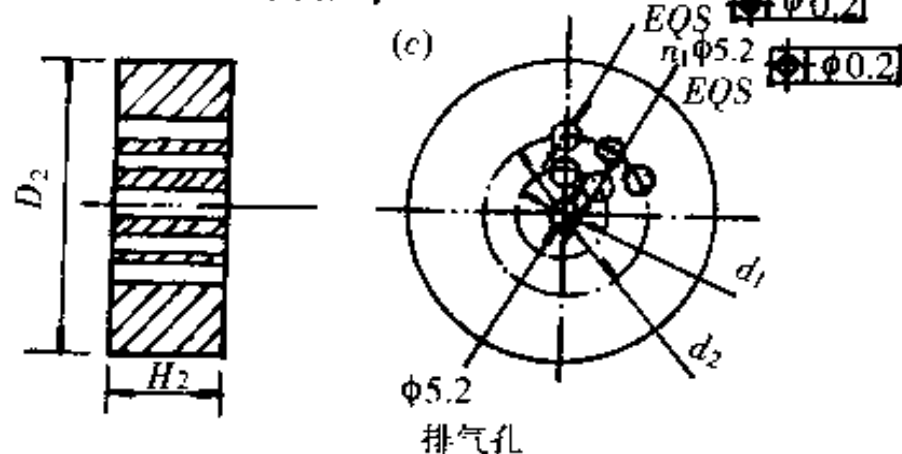
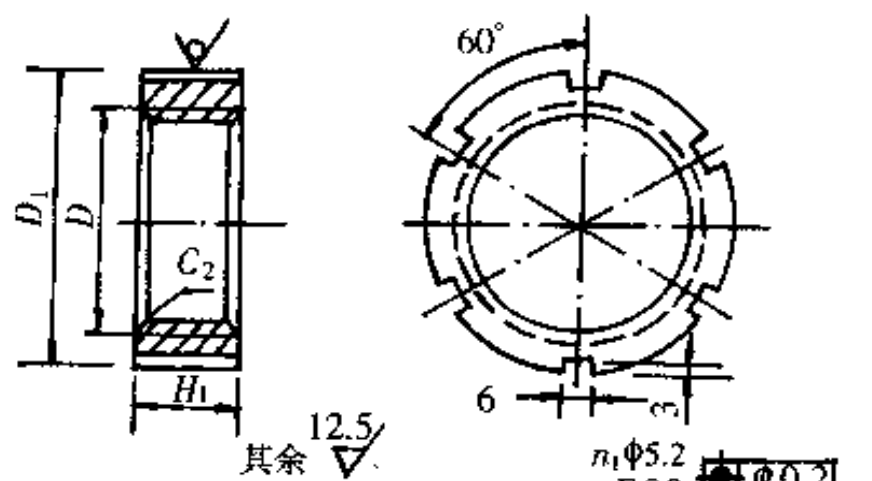
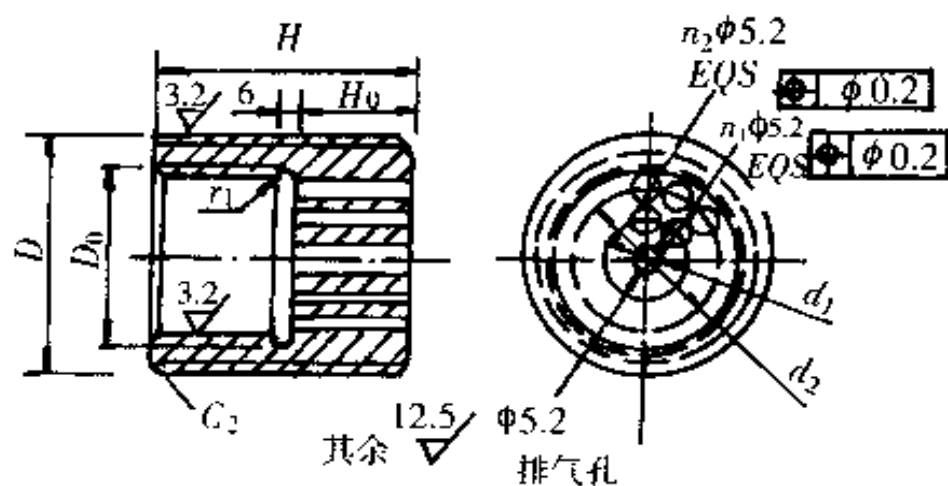


图 9-8 钢丝束锚头锚具

(a) 装配图; (b) A 型锚杯; (c) 螺母; (d) B 型锚板



锚具材料:锚杯与锚板采用 45 钢,螺母采用 30 钢或 45 钢。锚具的加工要求如下:

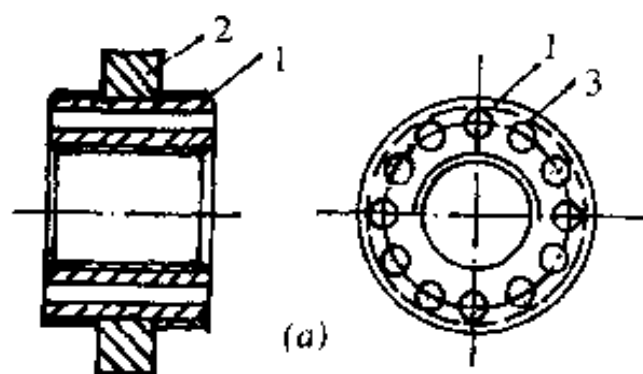
(1)制作锚杯与锚板时,应先将 45 钢粗加工至接近设计尺寸,再调质热处理(硬度 251 ~ 283HB),然后精加工至设计尺寸。

(2)锚杯、螺母和张拉用连接杆的配合精度为 3 级,且要求具有互换性。

(3)锚杯内螺纹的退刀槽,应严格按图中要求加工,不得超过齿根。

(4)锚杯与锚板中的孔洞间距应力求准确,尤其要保证锚杯内螺纹一面的孔距准确。

此外,墩头锚具还可设计成图 9-9 型式。锚环型锚具〔图 9-9(a)〕由锚环与螺母组成;锚孔布置在锚环上,且内螺纹穿通,以便孔道灌浆。锚杆型锚具〔图 9-9(b)〕由锚杆、螺母和半环形垫片组成,锚杆直径小,构件端部无需扩孔。锚板型锚具〔图 9-9(c)〕由带外螺纹的锚板与垫片组成,但另端锚板应由锚板芯与锚板环用螺纹连接,以便锚芯穿过孔道。后二种锚具宜用于短束,以免垫片过多。〔图 9-9(d)〕为固定端锚板,属于半粘式锚具。



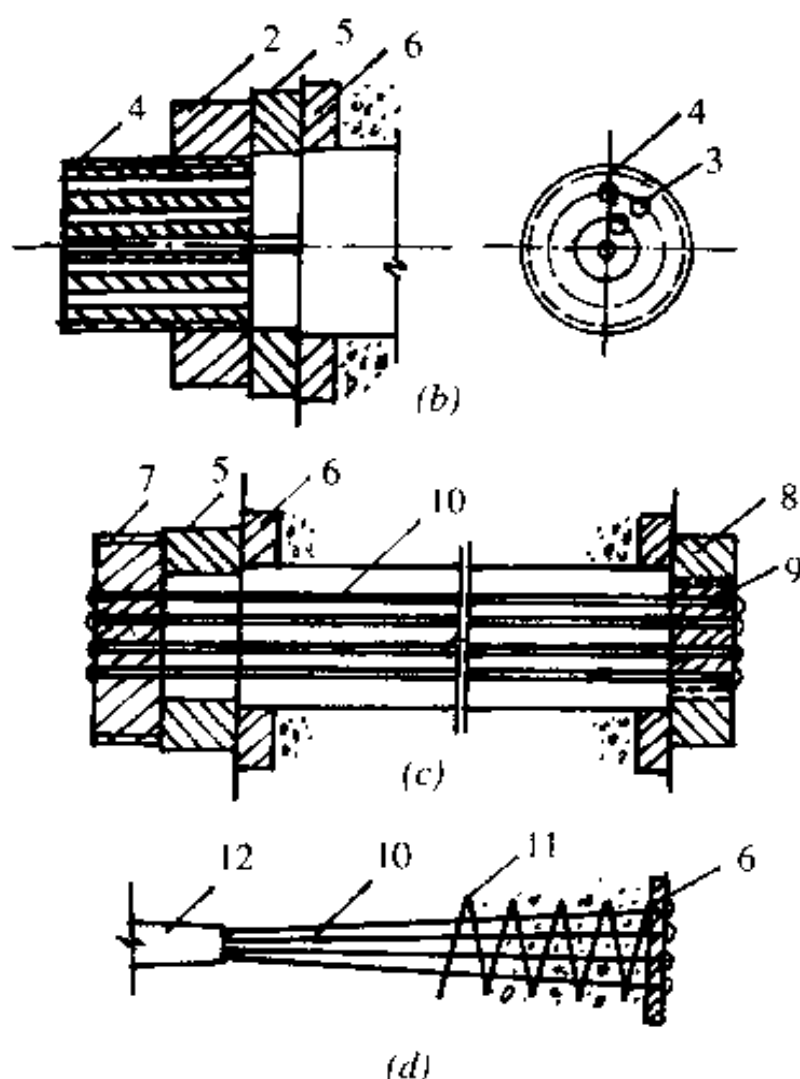


图 9-9 其他类型锚头锚具

(a) 锚环型; (b) 锚杆型; (c) 锚板型; (d) 固定锚头锚板

1. 锚环; 2. 螺母; 3. 锚孔; 4. 锚杆; 5. 半环形垫片; 6. 预埋钢板;  
7. 带外螺纹的锚板; 8. 锚板环; 9. 锚芯; 10. 钢丝束; 11. 螺旋筋; 12. 套管

### 5. 精轧螺纹钢筋锚具

精轧螺纹钢筋锚具是利用与该钢筋螺纹匹配的特制螺母锚固的一种支承式锚具。

精轧螺纹钢筋锚具包括螺母与垫板, 见图 9-10。

螺母分为平面螺母和锥面螺母两种。锥面螺母可通过锥

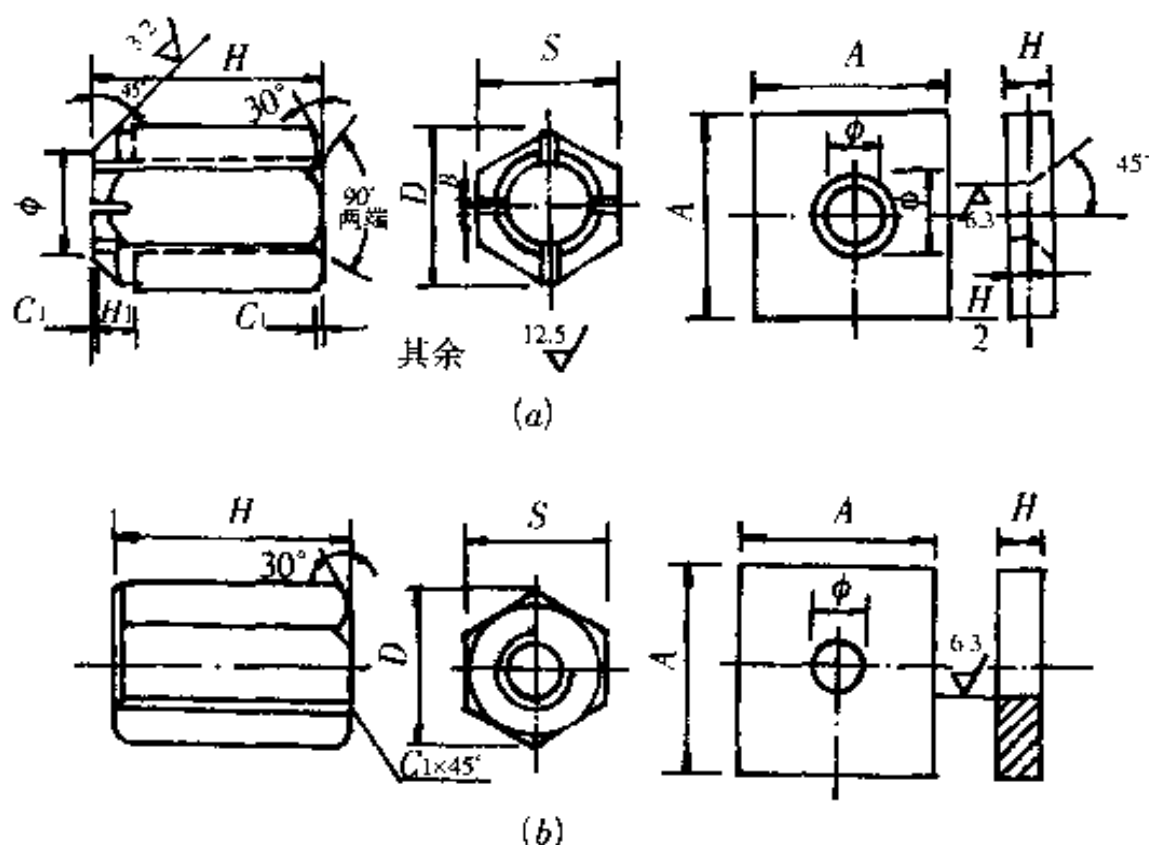


图 9-10 精轧螺纹钢筋锚具

(a) 锥面螺母与垫板; (b) 平面螺母与垫板

体与锥孔的配合,保证预应力筋的正确对中;开缝的作用是增强螺母对预应力筋的夹持能力。螺母材料采用 45 钢,调质热处理硬度  $215 \pm 15\text{HB}$ ,其抗拉强度为  $750 \sim 860\text{MPa}$ 。螺母的内螺纹是按钢筋尺寸公差和螺母尺寸之和设计。凡是钢筋尺寸在允许范围内,都能实现较好的连接。

垫板相应地分为平面垫板与锥面垫板两种。由于螺母传给垫板的压力沿  $45^\circ$  方向向四周传递,垫板的边长等于螺母最大外径加二倍垫板厚度。

### 三、常用连接器

#### 1. 单根钢绞线连接器

(1) 锚头连接器: 锚头连接器设置在构件端部, 用于锚固前段束, 并连接后段束。后段束张拉时, 连接器无位移, 可减少连接器下局部应力和变形。

单根钢绞线锚头连接器是由带外螺纹的夹片锚具、挤压锚具与带内螺纹的套筒组成, 见图 9-11。前段筋采用带外螺纹的夹片锚具锚固, 后段筋的挤压锚具穿在带内螺纹的套筒内, 利用该套筒的内螺纹拧在夹片锚具的外螺纹上, 达到连接作用。

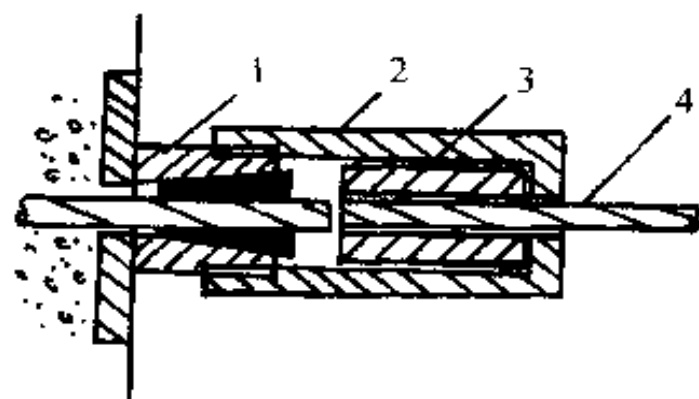


图 9-11 单根钢绞线锚头连接器

1. 带外螺纹的锚环; 2. 带内螺纹的套筒; 3. 挤压锚具; 4. 钢绞线

(2) 接长连接器: 单根钢绞线接长连接器是由二个带内螺纹的夹片锚具和一个带外螺纹的连接头组成, 见图 9-12。

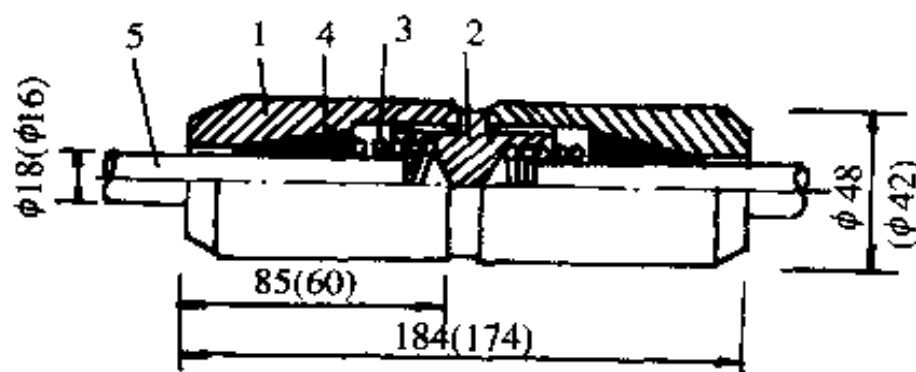


图 9-12 单根  $\phi 15.2$  钢绞线接长连接器

1. 带内螺纹的加长锚环; 2. 带外螺纹的连接头; 3. 弹簧; 4. 夹片; 5. 钢绞线;

注: 括号内数用于  $\phi 12.7$  钢绞线

为了防止夹片松脱,在连接头与夹片之间装有弹簧。

## 2. 多根钢绞线连接器

(1) 锚头连接器: 多根钢绞线锚头连接器的构造, 见图 9-13。其连接体是一块增大的锚板。锚板中部的锥形孔用于锚固前段束, 锚板外周边的槽口用于挂后段束的挤压头。连接器外包喇叭形白铁护套, 并沿连接体外圆绕上打包钢条一圈, 用打包机打紧钢条固定挤压头。

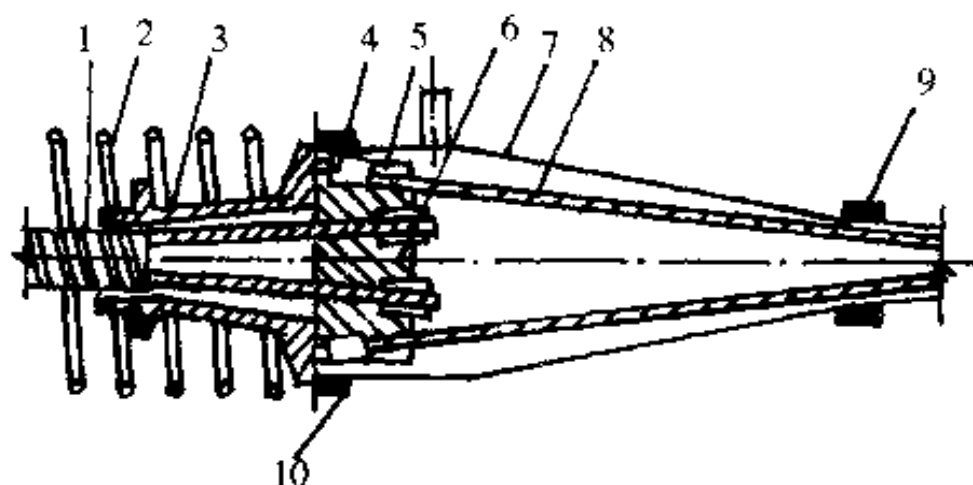


图 9-13 锚头连接器的构造

1. 螺旋管; 2. 螺旋筋; 3. 铸铁喇叭管; 4. 挤压锚具; 5. 连接体;  
6. 夹片; 7. 白铁护套; 8. 钢绞线; 9. 钢环; 10. 打包钢条

(2) 接长连接器: 多根钢绞线接长连接器 (图 9-14) 设

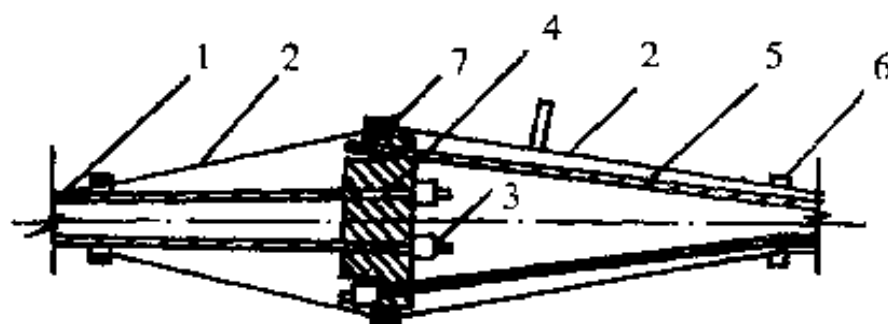


图 9-14 接长连接器的构造

1. 螺旋管; 2. 白铁护套; 3. 挤压锚具; 4. 锚板; 5. 钢绞线; 6. 钢环; 7. 打包钢条

置在孔道的直线区段,用于接长钢绞线。接长连接器与锚头连接器的不同点是锚板上的锥形孔改为直孔,两端钢绞线的端部均用挤压锚具固定。张拉时连接器应有足够的活动空间。

### 3. 精轧螺纹钢筋连接器

精轧螺纹钢筋连接器的形状与尺寸见图 9-15。连接器材料、螺纹与加工工艺与精轧螺纹钢筋螺母相同。

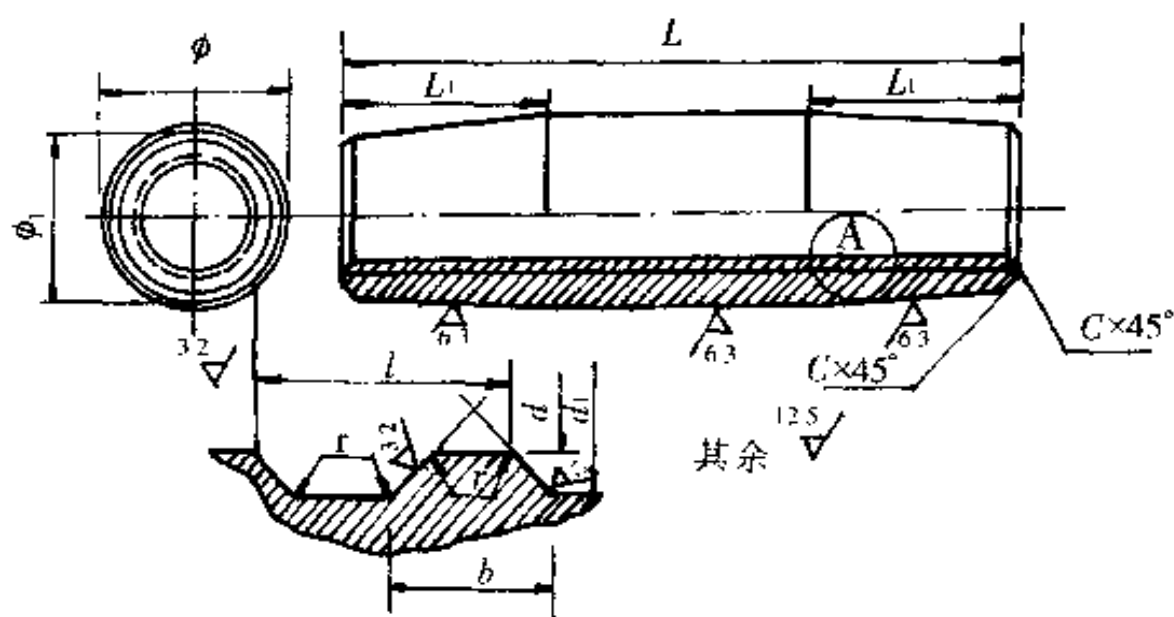


图 9-15 精轧螺纹钢筋连接器

## 四、张拉设备和配套机具

预应力筋用的张拉设备由液压千斤顶、高压油泵外接油管等组成。

### 1. 液压千斤顶

预应力用液压千斤顶,按机型不同可分为:拉杆式千斤顶、穿心式千斤顶、锥锚式千斤顶和台座式千斤顶等;按使用功能不同可分为:单作用千斤顶和双作用千斤顶;按张拉吨位大小可分为:小吨位( $\leq 250\text{kN}$ ),中吨位( $> 250\text{kN}$ ,

<1000kN)和大吨位( $\geq 1000\text{kN}$ )千斤顶。此外,还有前置内卡式千斤顶和开口式双缸千斤顶,供单根钢绞线张拉用。现介绍其中的几种。

(1)穿心式千斤顶:穿心式千斤顶是一种利用双液压缸张拉预应力筋和顶压锚具的双作用千斤顶。系列产品有YC20D、YC60和YC120型,其技术性能见表9-3。

表9-3 YC型穿心式千斤顶技术性能表

项 目		YC20D 型	YC60 型	YC120 型
额定油压	(MPa)	40	40	50
公称张拉力	(kN)	200	600	1200
张拉行程	(mm)	200	150 <sup>①</sup>	300
顶压行程	(mm)	—	50	40
顶压活塞回程	(mm)	—	弹簧	液压
穿心孔径	(mm)	31	55	70 <sup>②</sup>
外形尺寸	无撑脚	$\phi 116 \times 360$	$\phi 195 \times 425$	$\phi 250 \times 910$
	(mm × mm)	(不计附件)		
	有撑脚	19	$\phi 195 \times 760$	$\phi 250 \times 1250$
	(mm × mm)	(不计附件)		
重 量	无撑脚(kg)	19	63	196
	有撑脚(kg)	(不计附件)	73	240
配套油泵		ZB0.8-500	ZB4-500 ZB0.8-500	ZBS4-500 (三油路)

①张拉行程改为200mm,型号为YC60A型

②加撑脚后,穿心孔径改为75mm,型号为YCL-120型。

(2)大孔径穿心式千斤顶:大孔径穿心式千斤顶,又称群锚千斤顶,具有一个大口径穿心孔,利用单液压缸张拉预应力

筋的单作用千斤顶。这种千斤顶广泛用于张拉大吨位钢绞线束；配上撑脚与拉杆后也可作为拉杆式穿心千斤顶。根据千斤顶构造上的差异与生产厂不同，可分为三大系列产品，即YCD型、YCQ型、YCW型千斤顶；每一系列产品又有多种规格。

①YCD型千斤顶：YCD型千斤顶的构造见图9-16。这类千斤顶具有大口径穿心孔，其前端安装顶压器，后端安装工具锚。张拉时活塞杆带动工具锚与钢绞线向左移。锚固时，采用液压顶压器或弹性顶压器。

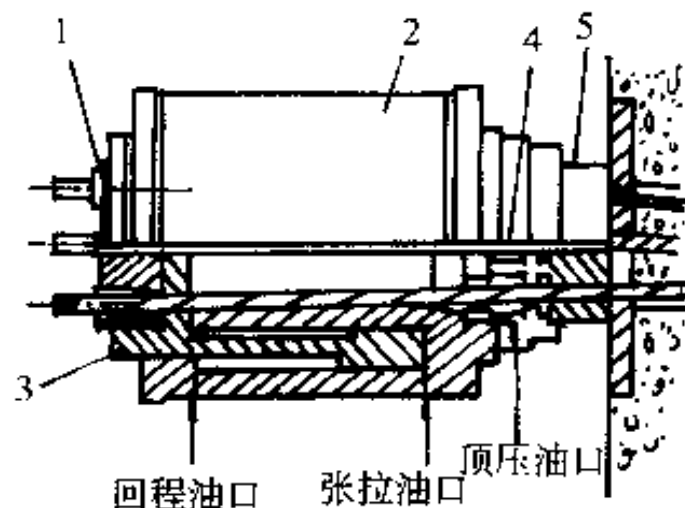


图9-16 YCD型千斤顶

1. 工具锚；2. 千斤顶缸体；3. 千斤顶活塞；4. 顶压器；5. 工作锚

YCD型千斤顶的技术性能见表9-4。

表9-4 YCD型千斤顶技术性能

项 目	单 位	YCD120	YCD200	YCD350
额定油压	MPa	50	50	50
张拉缸液压面积	cm <sup>2</sup>	290	490	766
公称张拉力	kN	1450	2450	3830



(续表)

项 目	单 位	YCD120	YCD200	YCD350
张拉行程	mm	180	180	250
同心孔径	mm	128	160	205
回程缸液压面积	cm <sup>2</sup>	177	263	—
回程油压	MPa	20	20	20
几个液压千斤顶液压缸面积	cm <sup>2</sup>	$n \times 5.2$	$n \times 5.2$	$n \times 5.2$
几个千斤顶液压缸顶压力	kN	$n \times 26$	$n \times 26$	$n \times 26$
外形尺寸	mm × mm	$\phi 315 \times 550$	$\phi 370 \times 550$	$\phi 480 \times 671$
自 重	kg	200	250	—
配套油泵		ZB <sub>4</sub> -500	ZB <sub>4</sub> -500	ZB <sub>4</sub> -500
适用 $\phi 15$ 钢绞线束	根	4~7	8~12	19

注:摘自中国建筑科学研究院与大连拉伸机厂产品资料

②YCQ 型千斤顶 YCQ 型千斤顶的构造见图 9-17。

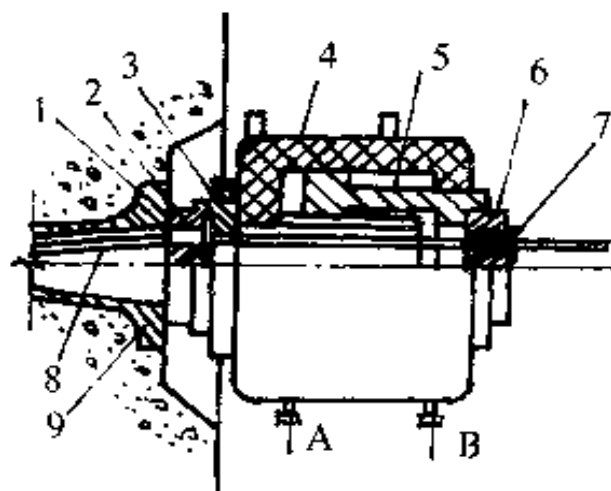


图 9-17 YCQ 型千斤顶

1. 工作锚板; 2. 夹片; 3. 限位板; 4. 缸体; 5. 活塞; 6. 工具锚板;

7. 工具夹片; 8. 钢绞线; 9. 喇叭形铸铁垫板

A—张拉时进油嘴 B—回缩时进油嘴

这类千斤顶的特点是不顶锚，用限位板代替顶压器。限位板的作用是在钢绞线束张拉过程中限制工作锚夹片的外伸长度，以保证在锚固时夹片有均匀一致和所期望的内缩值。这类千斤顶的构造简单、造价低、无须预锚、操作方便，但要求锚具的自锚性能可靠，在每次张拉到控制油压值或需要将钢绞线锚住时，只要打开截止阀，钢绞线即随之被锚固。另外，这类千斤顶配有专门的工具锚，以保证张拉锚固后退楔方便。

YCQ 型千斤顶的操作顺序，见图 9-18

YCQ 型千斤顶的技术性能见表 9-5。

表 9-5 YCQ 型千斤顶技术性能

项 目	单位	YCQ100	YCQ200	YCQ350	YCQ500
额定油压	MPa	63	63	63	63
张拉缸活塞面积	cm <sup>2</sup>	219	330	550	788
理论张拉力	kN	138	208	346	496
张拉行程	mm	150	150	150	200
回程缸活塞面积	cm <sup>2</sup>	113	185	273	427
回程油压	MPa	< 30	< 30	< 30	< 30
穿心孔直径	mm	90	130	140	185
外形尺寸	mm × mm	φ258 × 440	φ340 × 458	φ420 × 446	φ510 × 530
自 重	kg	110	190	320	580

注：摘自中国建筑科学研究院产品资料。

③YCW 型千斤顶：YCW 型千斤顶是在 YCQ 型千斤顶的基础上发展起来的，其通用性强。该系列产品的技术性能见

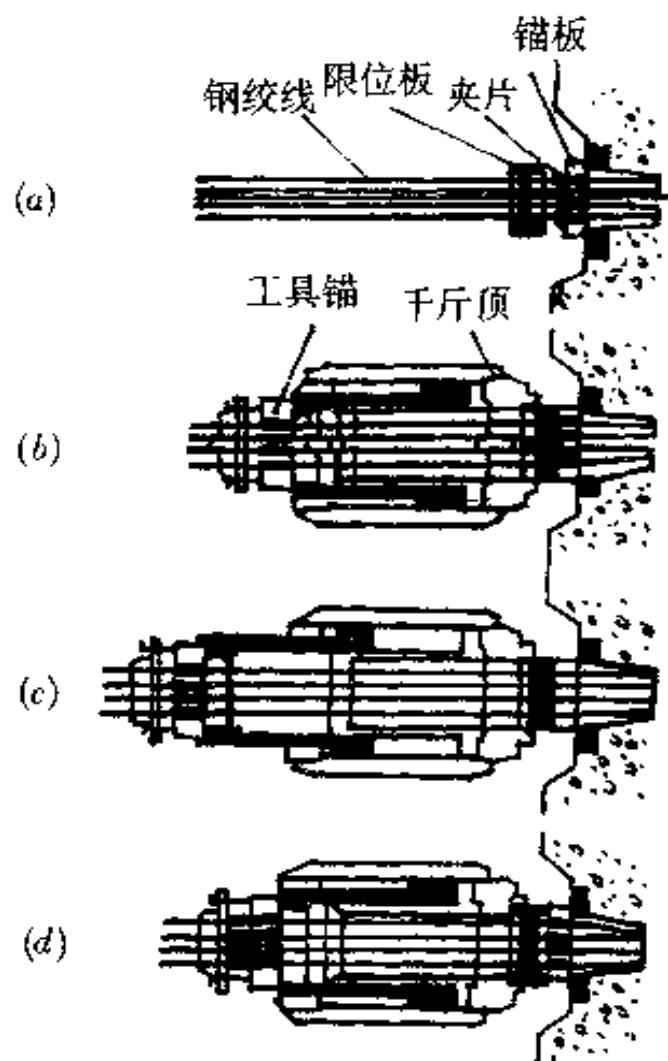


图 9-18 YCQ 型千斤顶的操作顺序

(a) 张拉前的准备: 1. 清理垫板及钢绞线表面的灰浆;

2. 安装锚板; 3. 装夹片; 4. 安装限位板

(b) 张拉前的准备: 1. 千斤顶就位; 2. 工具锚夹片用“挡板”推紧;

(c) 张拉: 1. 向张拉缸供油, 直至设计油压值; 2. 测量伸长值

(d) 锚固: 1. 打开截止阀将张拉缸油压降至零;

2. 千斤顶活塞回程; 3. 拆去工具锚与夹片

表 9-6。

表 9-6 YCW 型千斤顶技术性能

项 目	单位	YCW - 100	YCW - 150	YCW - 250	YCW - 350	YCW 400	YCW 650
额定压力	MPa	51	51	54	54	54	490
张拉缸液压面积	cm <sup>2</sup>	191	290	452	638	754	1350
张拉力	kN	980	1470	2450	3430	3920	6370
回程活塞面积	cm <sup>2</sup>	113	111	260	402	518	707
张拉行程	mm	200	200	200	200	200	200
同心孔径	mm	90	128	136	190	190	240
重 量	kg	115	193	273	340	362	960
外形	<i>D</i>	mm	φ250	φ310	φ380	φ430	φ450
尺寸	<i>L</i>	mm	480	510	491	510	510
最小工	<i>B</i>	mm	1300	1350	1400	1450	1500
作空间	<i>C</i>	mm	200	200	200	280	300
钢绞线 预留长度	mm	650	680	680	700	700	850

注：摘自柳州市建筑机械总厂产品资料。

*B*—操作地点长度；*C*—千斤顶中心线至侧壁的距离。

YCW 型千斤顶加撑杆与拉杆后，可用于墩头锚具和冷铸墩头锚具，见图 9-19。

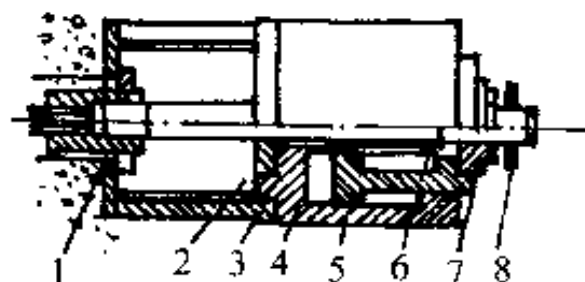


图 9-19 YCW 型千斤顶带撑脚的工作情况

1. 锚具；2. 支承环；3. 撑脚；4. 油缸；5. 活塞；
6. 张拉杆；7. 张拉杆螺母；8. 张拉杆手柄

(3)前置内卡式千斤顶:前置内卡式千斤顶是将工具锚安装在千斤顶前部的一种穿心式千斤顶。这种千斤顶的优点是节约预应力钢材,使用方便,效率高;广泛用于张拉单根钢绞线或 $7\phi^5$  钢丝束。

前置内卡式千斤顶由外缸、活塞、内缸、工具锚、顶压器等组成,见图 9-20。在高压油作用下,顶压器与活塞杆不动,

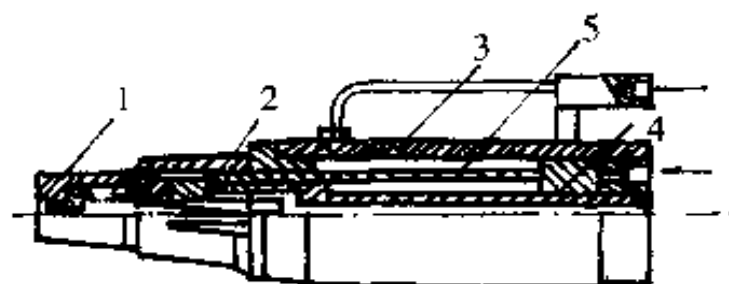


图 9-20 前置内卡式千斤顶

1. 顶压器;2. 工具锚;3. 外缸;4. 活塞;5. 内缸

油缸后退,工具锚夹片即夹紧钢绞线。随着高压油不断作用,油缸继续后退,夹持钢绞线后退完成张拉工作。千斤顶张拉后,回油到底时工具锚夹片被顶开;千斤顶与工具锚一次退出。该千斤顶的技术性能见表 9-7。

表 9-7 前置内卡式千斤顶技术性能

项 目	单 位	YCN-18	YCN-25
额定张拉力	kN	180	250
最大张拉力	kN	200	300
张拉行程	mm	160	160
工作油压	MPa	45	45
重 量	kg	18	25
电动油泵型号	ST10B055 × 630		

注:摘自北京市建筑工程研究院产品资料

(4) 开口式双缸千斤顶：开口式双缸千斤顶是利用一对倒置的单活塞杆缸体将预应力筋卡在其间开口处的一种千斤顶。这种千斤顶主要用于单根超长钢绞线分段张拉。

开口式双缸千斤顶由活塞支架、油缸 支架、活塞体、缸体、缸盖、夹片等组成，见图 9-21。当油缸支架 A 油嘴进油、活塞支架 B 油嘴回油时，液压油分流到两侧缸体内，由于活塞支架不动，缸体支架后退带动预应力筋张拉。反之，B 油嘴进油，A 油嘴回油时，缸体支架复位。

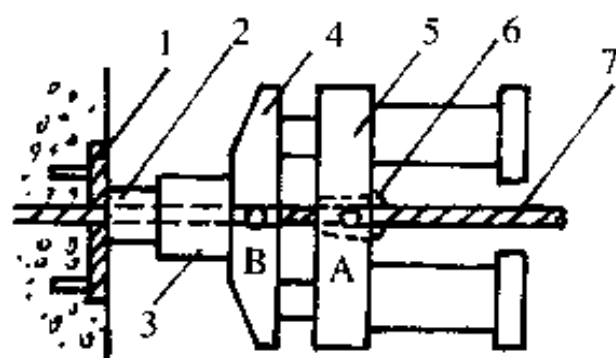


图 9-21 开口式双缸千斤顶

1. 埋件；2. 工作锚；3. 顶压器；4. 活塞支架；5. 油缸支架；  
6. 夹片；7. 预应力筋 A、B—油嘴

开口式双缸千斤顶的公称张拉力为 180kN，张拉行程为 150mm，额定压力为 40MPa，自重为 47kg。

## 2. 预应力用高压油泵

预应力用高压油泵是用电动机带动与阀式配流的一种轴向柱塞泵。油泵的额定压力应等于或大于千斤顶的额定压力。

(1) ZB4/500 型电动油泵：是目前通用的预应力油泵（图 9-22）。主要与额定压力不大于 50MPa 的中等吨位的预应力千斤顶配套使用，其技术性能见表 9-8。

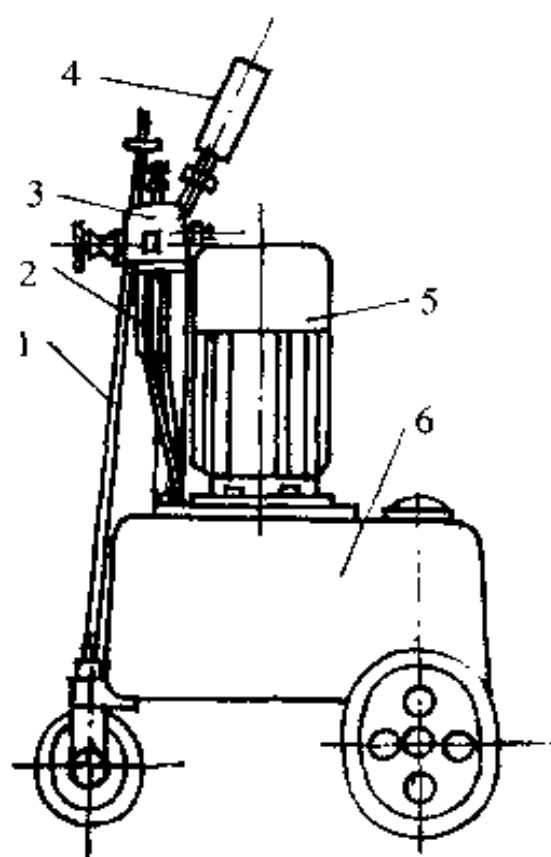


图 9-22 ZB4/50 型电动油泵外形

1. 拉手; 2. 电源开关; 3. 控制阀; 4. 压力表; 5. 电动机及油泵; 6. 油箱小车

表 9-8 ZB4/500 型电动油泵技术性能

额定排量		2 × 21 (min)		电动机	型号	JO - 32 - 4T
额定油压		50MPa			电压	三相 380
理论排量		2 × 1.6mL/s			转速	1430r/min
斜盘倾角		6°30'			功率	3.0kW
料   塞	直 径	10mm	油箱容量		(42 ~ 50) kg	
	行 程	6.8mm	出油嘴		二个 M16 × 1.5	
	数 量	2 × 3	自重		120kg	
	分布圆直径	60mm	长 × 宽 × 高		680 × 490 × 800mm	

注: 各厂生产的产品因油箱及车轮不同, 容量和长 × 宽 × 高略有差异, 本表所列为其一种情况。

(2) ZB10/320-4/800 型电动油泵:是一种大流量、超高压的变量油泵,主要与张拉力在 1000kN 以上或工作压力在 50MPa 以上的预应力液压千斤顶配套使用。其技术性能见表 9-9。

表 9-9 ZB10/320-4/800 高压油泵技术性能表

项 目	一 级	二 级
额定压力(MPa)	32	80
额定流量(L/min)	10	4
油箱容积(L)	120	
出油嘴形式 <sup>①</sup>	M16×1.5	
电动机功率(kW)	7.5	
油路特征	双油路	
外形尺寸 mm×mm×mm	1100×750×1230	
重量(kg)	270	

①用户可根据需要自行更换油嘴。

(3) ZB0.8-500 与 ZB0.6-630 型电动小油泵:主要用于小吨位预应力千斤顶。如对张拉速度无特殊要求,也可用于中等吨位预应力千斤顶。该产品对现场预应力施工尤为适用。其技术性能见表 9-10。

(4) 手提式超高压油泵:主要供小吨位预应力液压千斤顶在高空张拉单根钢绞线使用。其技术性能见表 9-11。

表 9-10 电动小油泵技术性能表

项 目	ZB0.8-500 型	ZB0.6-630 型
额定油压(MPa)	50	63
公称流量(L/min)	0.8	0.6
油箱容积(L)	12	
油嘴种类	M16×1.5 螺纹油嘴	
电动机功率(kW)	0.75	
外形尺寸(带压力表) (mm×mm×mm)	402×230×500	
重量/kg	35	



表 9-11 手提式超高压电动油泵技术性能表

项 目	STDB0.25 × 62	STDB0.63 × 63
额定压力(MPa)	62	63
额定流量(L/min)	0.25	0.63
供油形式	单作用	双作用
储油量(L)	2.5	4.0
电动机功率(kW)	0.37	0.75
外形尺寸 (mm × mm × mm)	210 × 200 × 350	—
重量(kg)	13	20

注:引自北京特种车辆研究所产品资料。

## 第二节 预应力施工计算

### 一、预应力筋线形数据

在预应力混凝土构件和结构中,常见的预应力筋布置有以下几种形状,见图 9-23。

#### 1. 单抛物线形[图 9-23(a)]。

预应力筋单抛物线形布置适用于简支梁。

$$Q = \frac{4H}{L}, L_T = \left(1 + \frac{8H^2}{3L^2}\right)L \quad (9-1)$$

$$Y = Ax^2, A = \frac{4H}{L^2} \quad (9-2)$$

#### 2. 正反抛物线形[图 9-23(b)]

预应力筋正、反抛物线形布置适用于框架梁,其优点是荷载弯矩图相吻合。预应力筋外形从跨中 C 点至支座 A(或

$E$ 点采用两段曲率相反的抛物线,在反弯点  $B$ (或  $D$ )处相接并相切, $A$ (或  $E$ )点与  $C$ 点分别为两抛物线的顶点。反弯点求法:先定出反弯点的位置线至梁端的距离  $\alpha L$  为  $0.1 \sim 0.2L$ ,再连接  $A$ (或  $E$ )点与  $C$ 点的直线,两者交点即为反弯点。图中抛物线方程为

$$y = Ax^2 \quad (9-3)$$

式中:跨中区段  $A = \frac{2H}{(0.5 - \alpha)L^2}$

$$\text{梁端区段 } A = \frac{2H}{\alpha L^2}$$

### 3. 直线与抛物线形相切〔图 9-23(c)〕

预应力筋直线与抛物线形相切布置适用于多跨框架梁的边跨梁外端,其优点是减少框架梁跨中及内支座处的摩擦损失。预应力筋外形在梁端区段为直线而在跨中区段为抛物线,两段相切于  $B$ 点,切点至梁端的距离  $L_1$ ,可按下式计算:

$$L_1 = \frac{L}{2} \sqrt{1 - \frac{H_1}{H_2} + 2\alpha \frac{H_1}{H_2}} \quad (9-4)$$

$$\text{当 } H_1 = H_2 \quad L_1 = 0.5L \sqrt{2\alpha} \quad (9-5)$$

式中  $\alpha = 0.1 \sim 0.2$

### 4. 双折线形〔图 9-23(d)〕

预应力筋双折线形布置适用于集中荷载作用下的框架梁或开洞梁。其优点是可使预应力引起的等效荷载直接抵消部分集中荷载,但不宜用于三跨及三跨以上的框架梁。一般情

况下,  $\beta = (\frac{1}{4} - \frac{1}{3})L$ 。

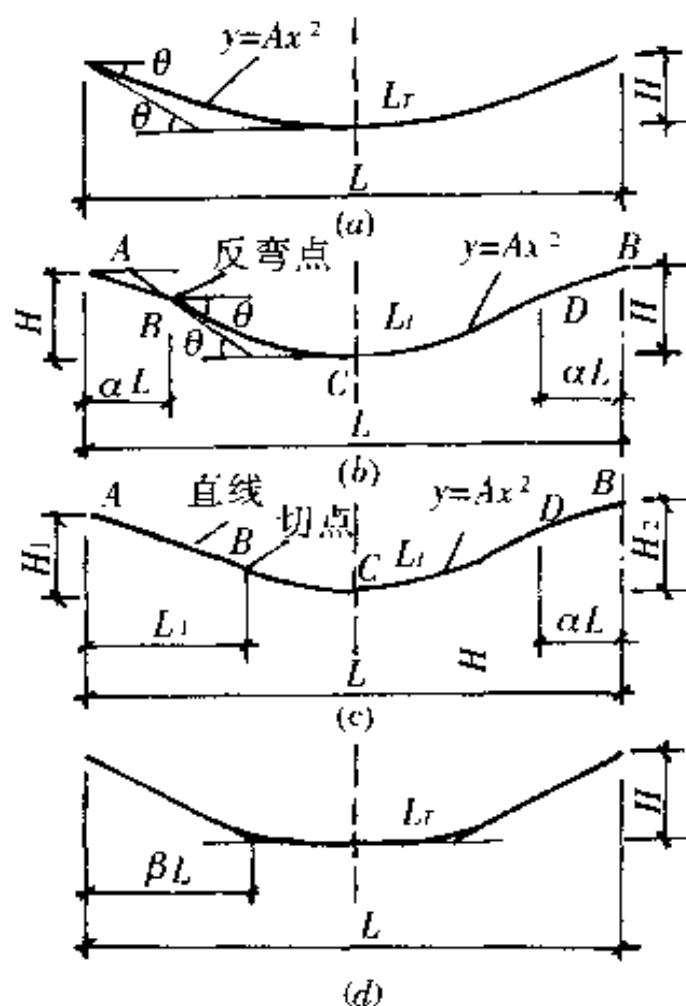


图9-23 预应力筋布置形状  
 (a)单抛物线形;(b)正反抛物线形;  
 (c)直线与抛物线相切;(d)双折线形

## 二、预应力筋下料长度

预应力筋的下料长度应由计算确定。计算时,应考虑下列因素:构件孔道长度或台座长度、锚(夹)具厚度、千斤顶工作长度(算至夹挂预应力筋部位)、镦头预留量、预应力筋外露长度等。

### 1. 钢丝束下料长度

(1)采用钢质锥形锚具,以锥锚式千斤顶在构件上张拉

时,钢丝的下料长度  $L$  按图 9-24 所示计算:

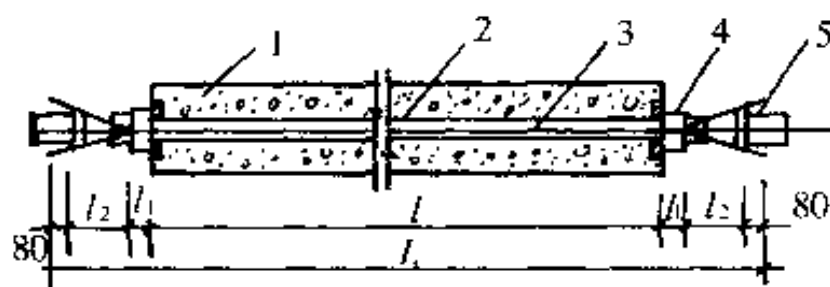


图 9-24 采用钢质锥形锚具时钢丝下料长度计算简图

1. 混凝土构件;2. 孔道;3. 钢丝束;4. 钢质锥形锚具;5. 锥锚式千斤顶

### ①两端张拉

$$L = l + 2(l_1 + l_2 + 80) \quad (9-6)$$

### ②一端张拉

$$L = l + 2(l_1 + 80) + l_2 \quad (9-7)$$

式中  $l$ ——构件的孔道长度;

$l_1$ ——锚环厚度;

$l_2$ ——千斤顶分丝头至卡盘外端距离,对 YZ85 型千斤顶为 470mm(包括大缸伸出 40mm)。

(2)采用镦头锚具,以拉杆式穿心千斤顶在构件上张拉时,钢丝的下料长度  $L$  计算,应考虑钢丝束张拉锚固后螺母位于锚杯中部,见图 9-25。

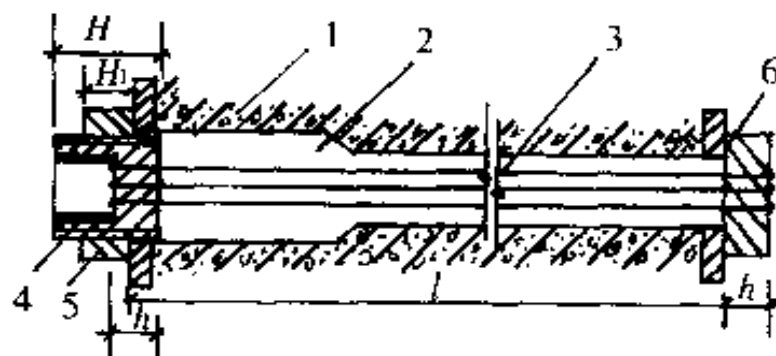


图 9-25 采用镦头锚具时钢丝下料长度计算简图

1 混凝土构件;2. 孔道;3. 钢丝束;4. 锚杯;5. 螺母;6. 锚板

$$L = l + 2(h + \delta) - K(H - H_1) - \Delta L - C \quad (9-8)$$

式中  $l$ ——构件的孔道长度,按实际丈量;

$h$ ——锚杯底部厚度或锚板厚度;

$\delta$ ——钢丝镦头留量,对  $\phi^p 5$  取 10mm;

$K$ ——系数,一端张拉时取 0.5,两端张拉时取 1.0;

$H$ ——锚杯高度;

$H_1$ ——螺母高度;

$\Delta L$ ——钢丝束张拉伸长值;

$C$ ——张拉时构件混凝土上的弹性压缩值。

## 2. 钢绞线下料长度

采用夹片锚具,以穿心式千斤顶在构件上张拉时,钢绞线束的下料长度  $L$ ,按图 9-26 计算。

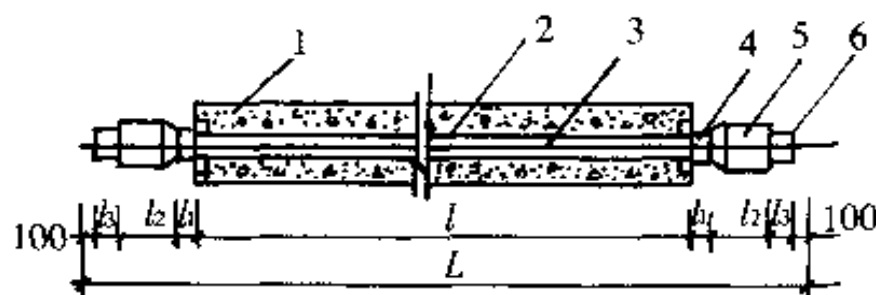


图 9-26 钢绞线下料长度计算简图

1. 混凝土构件;2. 孔道;3. 钢绞线;4. 夹片式工作锚;5. 穿心式千斤顶;6. 夹片式工具锚

### (1) 两端张拉

$$L = l + 2(l_1 + l_2 + l_3 + 100) \quad (9-9)$$

### (2) 一端张拉

$$L = l + 2(l_1 + 100) + l_2 + l_3 \quad (9-10)$$

式中  $l$ ——构件的孔道长度;

$l_1$ ——夹片式工作锚厚度;

$l_2$ ——穿心式千斤顶长度;

$l_3$ ——夹片式工具锚厚度。

### 3. 长线台座预应力筋下料长度

先张法长线台座上的预应力筋,可采用钢丝和钢绞线。根据张拉装置不同,可采取单根张拉方式与整体张拉方式。预应力筋下料长度  $L$  的基本算法如下(图 9-27)。

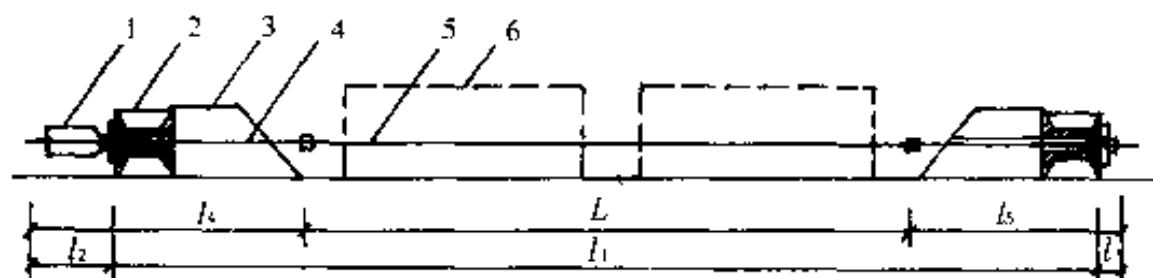


图 9-27 长线台座预应力筋下料长度计算简图

1. 张拉装置;2. 钢横梁;3. 台座;4. 工具式拉杆;5. 预应力筋;6. 待浇混凝土的构件

$$L = l_1 + l_2 + l_3 - l_4 - l_5 \quad (9-11)$$

式中  $l_1$ ——长线台座长度;

$l_2$ ——张拉装置长度(含外露预应力筋长度);

$l_3$ ——固定端所需长度;

$l_4$ ——张拉端工具式拉杆长度;

$l_5$ ——固定端工具式拉杆长度。

如预应力筋直接在钢横梁上张拉与锚固,则可取消  $l_4$  与  $l_5$  值。

同时,预应力筋下料长度应满足构件在台座上排列要求。

### 三、预应力筋张拉力

预应力筋的张拉力大小,直接影响预应力效果。张拉力越高,建立的预应力值越大,构件的抗裂性也越好;但预应力筋在使用过程中经常处于过高应力状态下,构件出现裂缝的荷载与破坏荷载接近,往往在破坏前没有明显的警告,这是危

险的。另外,如张拉力过大,造成构件反拱过大或预拉区出现裂缝,也是不利的。反之,张拉阶段预应力损失越大,建立的预应力值越低,则构件可能过早出现裂缝,也是不安全的。因此,设计人员不仅在图纸上要标明张拉力大小,而且还要注明所考虑的预应力损失项目与取值。这样,施工人员如遇到实际施工情况所产生的预应力损失与设计取值不一致,则有可能调整张拉力,以准确建立预应力值。

### 1. 预应力筋张拉力

预应力筋的张拉力  $P_j$ ,按下式计算:

$$P_j = \sigma_{con} \cdot A_p \quad (9-12)$$

式中  $\sigma_{con}$ ——预应力筋的张拉控制应力;

$A_p$ ——预应力筋的截面面积。

预应力筋的张拉控制应力  $\sigma_{con}$ ,不宜超过表 9-12 的数值。当符合下列情况之一时,表 9-12 中的张拉控制应力限值可提高  $0.05f_{pk}$  或  $0.05f_{pyk}$ ;

表 9-12 张拉控制应力  $\sigma_{con}$  允许值

项次	预应力筋种类	张拉方法	
		先张法	后张法
1	消除应力钢丝、钢绞线	$0.75f_{pk}$	$0.75f_{pk}$
2	冷轧带肋钢筋	$0.70f_{pk}$	
3	精轧螺纹钢		$0.85f_{pk}$

注:第 1 项根据《混凝土结构设计规范》GB50010—2002 的规定。

第 2 项根据《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》JGJ95—95 的规定。

(1) 要求提高构件在施工阶段的抗裂性能而在使用阶段受压区内设置的预应力筋。

(2) 要求部分抵消由于应力松弛、摩擦、钢筋分批张拉以及预应力筋与张拉台座之间的温差等因素产生的预应力损失。

预应力筋的张拉控制应力,应符合设计要求。施工时预应力筋如需超张拉,其最大张拉控制应力  $\sigma_{con}$ :对消除应力钢丝和钢绞线为  $0.8f_{ptk}$ ,对冷轧带肋钢筋为  $0.75f_{ptk}$ ,对精轧螺纹钢为  $0.95f_{ptk}$ 。

## 2. 预应力筋有效预应力值

预应力筋中建立的有效预应力值  $\sigma_{pe}$ ,可按下列式计算:

$$\sigma_{pe} = \sigma_{con} - \sum_{i=1}^n \sigma_{li} \quad (9-13)$$

式中  $\sigma_{li}$ ——第  $i$  项预应力损失值。

对碳素钢丝与钢绞线,其有效预应力值  $\sigma_{pe}$  不宜大于  $0.6f_{ptk}$ ,也不宜小于  $0.4f_{ptk}$ 。

如设计上仅提供有效预应力值,则需计算预应力损失值,两者叠加,即得所需的张拉力。

## 四、预应力损失

根据预应力筋应力损失发生的时间可分为:瞬间损失和长期损失。张拉阶段瞬间损失包括孔道摩擦损失、锚固损失、弹性压缩损失等;张拉以后长期损失包括预应力筋应力松弛损失和混凝土收缩徐变损失等。对先张法施工,有时还有热养护损失;对后张法施工,有时还有锚口摩擦损失、变角张拉损失等;对平卧重叠生产的构件,有时还有叠层摩阻损失。

上述预应力损失的主要项目(孔道摩擦损失、锚固损失、应力松弛损失、收缩徐变损失等),设计时都计算在内。当施工条件变化时,应复算预应力损失值,调整张拉力。

有关孔道摩擦损失、锚固损失、预应力筋应力松弛损失、混凝土收缩徐变损失等计算方法及公式可参见建筑施工手册(第四版)11. 预应力工程。



## 五、预应力筋张拉伸长值

## 1. 计算公式

(1) 先张法张拉伸长值:

$$\Delta L = \frac{P_j L}{E_s A_p} \quad (9-14)$$

式中  $P_j$ ——预应力筋张拉力; $L$ ——预应力筋长度; $E_s$ ——预应力筋弹性模量; $A_p$ ——预应力筋截面面积。

(2) 后张法张拉伸长值:

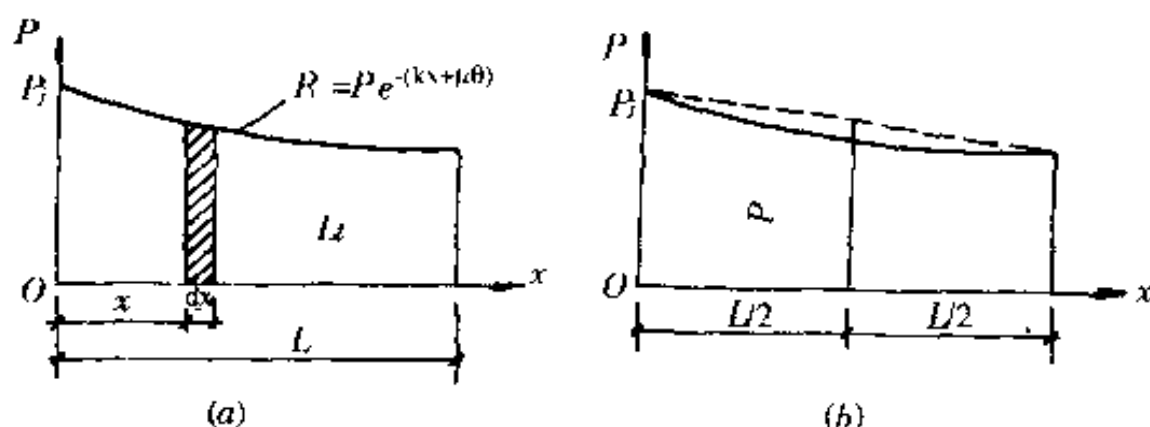
曲线筋的张拉伸长值  $\Delta L$ , 可按以下两法计算:

图 9-28 曲线筋张拉伸长值计算简图

(a) 精确法; (b) 简化法

① 精确算法〔图 9-28(a)〕

$$\Delta L = \int_0^L \frac{P_j e^{-(Kx + \mu\theta)}}{A_p \cdot E_s} dx = \frac{P_j L_r}{A_p E_s} \left[ \frac{1 - e^{-(KL_r + \mu\theta)}}{KL_r + \mu\theta} \right] \quad (9-15)$$

式中  $K$ ——考虑孔道(每米)局部偏差对摩擦影响的系数; $x$ ——从张拉端至计算截面的孔道长度(以 m 计),也可近似地取该段孔道在纵轴上的投影长度;

$\mu$ ——预应力筋与孔道壁的摩擦系数；

$\theta$ ——从张拉端至计算截面曲线孔道部分切线的夹角  
(以弧度计)；

$P_j, E_s, A_p$ ——同公式(9-14)。

②简化算法(图9-28b)

$$\Delta L = \frac{P \cdot L_T}{A_p E_s} \quad (9-16)$$

式中  $P$ ——预应力筋平均张拉力,取张拉端拉力与计算截面处扣除孔道摩擦损失后的拉力平均值,即

$$P = P_j \left( 1 - \frac{KL_T + \mu\theta}{2} \right) \quad (9-17)$$

$L_T$ ——预应力筋实际长度。

## 2. 公式运用

(1)对多曲线段或直线段与曲线段组成的曲线预应力筋,张拉伸长值应分段计算,然后叠加,即:

$$\Delta L = \sum \frac{(\sigma_{i1} + \sigma_{i2}) L_i}{2E_s} \quad (9-18)$$

式中  $L_i$ ——第  $i$  线段预应力筋长度；

$\sigma_{i1}, \sigma_{i2}$ ——分别为第  $i$  线段两端的预应力筋拉力。

(2)预应力筋的弹性模量取值,对张拉伸长值的影响较大。因此,对重要的预应力混凝土结构,预应力筋的弹性模量应事先测定。根据有关单位试验认为:钢丝束与钢绞线束的弹性模量比单根钢丝和钢绞线的弹性模量低 2% ~ 3%。因此,在弹性模量取值时应考虑这一因素。

(3) $K, \mu$  取值应套用设计计算资料。如在试张拉时实测张拉伸长值或实测孔道摩擦损失值与计算值有较大的差异,则应

会同设计人员调整张拉力并修改  $K$  与  $\mu$  值,重算张拉伸长值。

### 第三节 先张法预应力工程施工

先张法是在台座或钢模上先张拉预应力筋并用夹具临时固定,再浇筑混凝土,待混凝土达到一定强度后,放张并切断构件外预应力筋的方法。该法适用于生产预制预应力混凝土构件。其详细的施工工艺流程,见图 9-29。

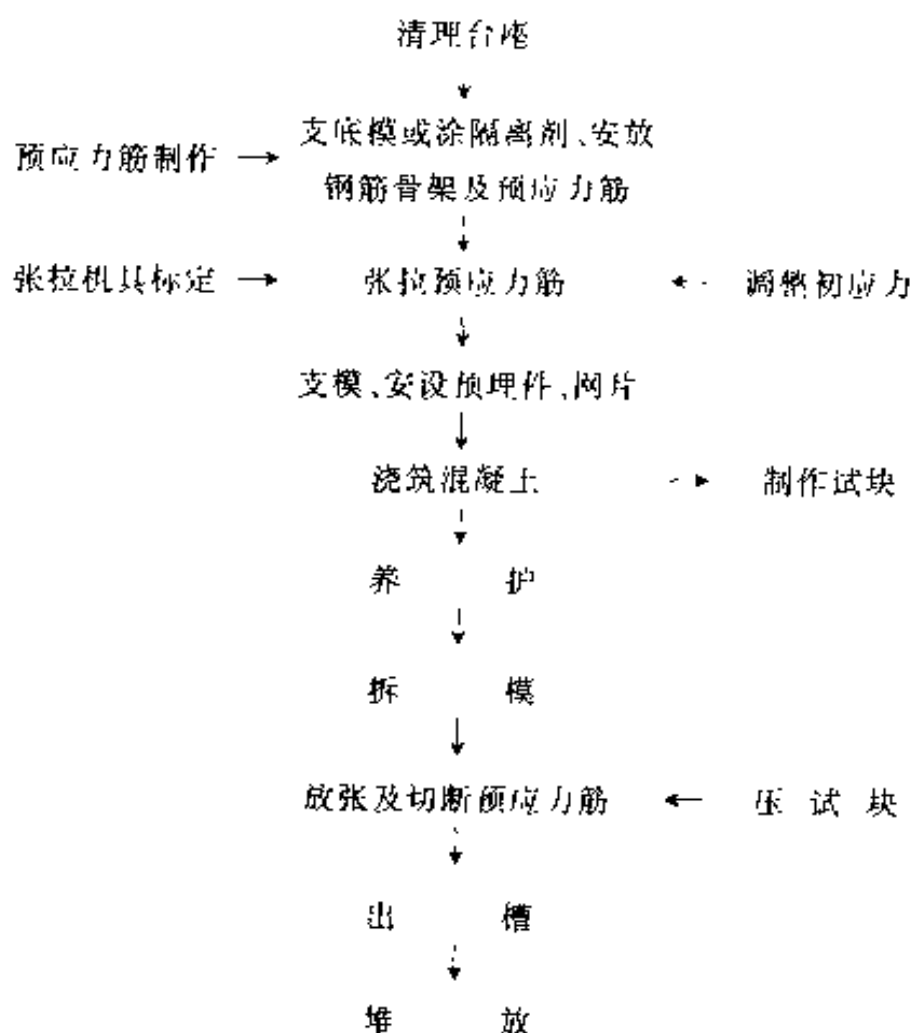


图 9-29 先张法预应力施工工艺流程图

## 一、台座

台座是先张法生产的主要设备之一,它承受预应力筋的全部张拉力。因此,台座应有足够的强度、刚度和稳定性。

台座按构造型式分为墩式和槽式两类。选用时根据构件种类、张拉吨位和施工条件确定。

### 1. 墩式台座

墩式台座是由台墩、台面与横梁组成,见图 9-30。目前,常用的是台墩与台面共同受力的墩式台座。

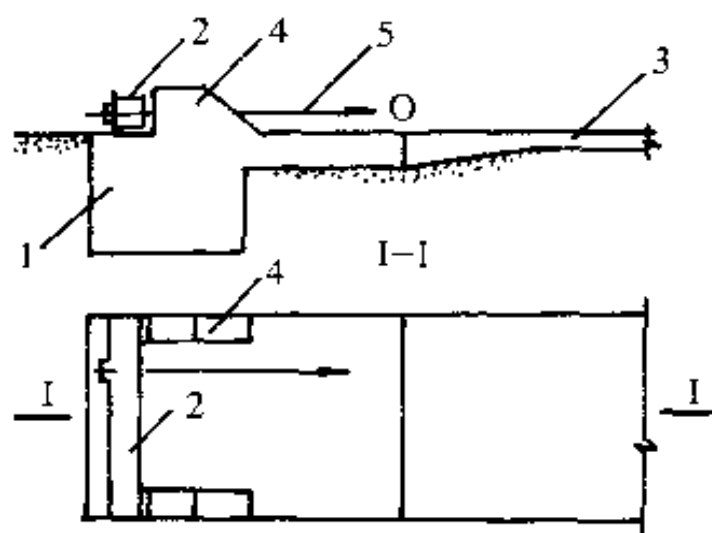


图 9-30 墩式台座

1. 钢筋混凝土墩式台座;2. 横梁;3. 混凝土台面;4. 牛腿;5. 预应力筋

台座的长度  $L$ ,一般为  $100 \sim 150\text{m}$ ,可按下式计算:

$$L = l \times n + (n - 1) \times 0.5 + 2K \quad (9-19)$$

式中  $l$ ——构件长度(m);

$n$ ——一条生产线内生产的构件数;

0.5——两根构件相邻端头间的距离(m);

$K$ ——台座横梁到第一根构件端头的距离;一般为  $1.25 \sim 1.5\text{m}$ 。

台座的宽度主要取决于构件的布筋宽度、张拉与浇筑混凝土是否方便,一般不大于 2m。

在台座的端部应留出张拉操作用地和通道,两侧要有构件运输和堆放的场地。

(1) 台墩:承力台墩,一般由现浇钢筋混凝土作成。台墩应有合适的外伸部分,以增大力臂而减少台墩自重。台墩应具有足够的强度、刚度和稳定性。稳定性验算一般包括抗倾覆验算与抗滑移验算。

台墩的抗倾覆验算,可按式(9-31)进行(图 9-31):

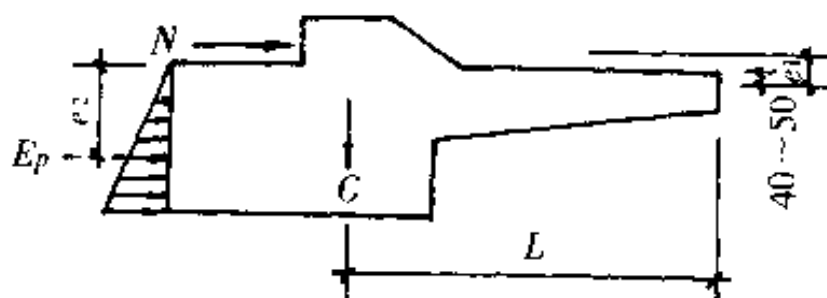


图 9-31 墩式台座的稳定性验算简图

$$K = \frac{M_1}{M} = \frac{GL + E_p e_2}{Ne_1} \geq 1.50 \quad (9-20)$$

- 式中  $K$ ——抗倾覆安全系数,一般不小于 1.50;  
 $M$ ——倾覆力矩,由预应力筋的张拉力产生;  
 $N$ ——预应力筋的张拉力;  
 $e_1$ ——张拉力合力作用点至倾覆点的力臂;  
 $M_1$ ——抗倾覆力矩,由台座自重力和土压力等产生;  
 $G$ ——台墩的自重;  
 $L$ ——台墩重心至倾覆点的力臂;  
 $E_p$ ——台墩后面的被动土压力合力,当台墩埋置深度较浅时,可忽略不计;

$e_2$ ——被动土压力合力至倾覆点的力臂。

台墩倾覆点的位置,对与台面共同工作的台墩,按理论计算倾覆点应在混凝土台面的表面处;但考虑到台墩的倾覆趋势使得台面端部顶点出现局部应力集中和混凝土面抹面层的施工质量,因此倾覆点的位置宜取在混凝土台面往下 40 ~ 50mm 处。

台墩的抗滑移验算,可按下式进行:

$$K_r = \frac{N_1}{N} \geq 1.30 \quad (9-21)$$

式中  $K_r$ ——抗滑移安全系数,一般不小于 1.30;

$N_1$ ——抗滑移的力,对独立的台墩,由侧壁土压力和底部摩阻力等产生。对与台面共同工作的台墩,以往在抗滑移验算中考虑台面的水平力、侧壁土压力和底部摩阻力共同工作。通过分析认为混凝土的弹性模量(C20 混凝土  $E_c = 2.6 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ )和土的压缩模量(低压缩土  $E_s = 20 \text{ N/mm}^2$ )相差极大,两者不可能共同工作;而底部摩阻力也较小(约占 5%),可略去不计;实际上台墩的水平推力几乎全部传给台面,不存在滑移问题。因此,台墩与台面共同工作时,可不作抗滑移计算,而应验算台面的承载力。

为了增加台墩的稳定性,减小台墩的自重,可采用锚杆式台墩。

台墩的牛腿和延伸部分,分别按钢筋混凝土结构的牛腿和偏心受压构件计算。

台墩横梁的挠度不应大于 2mm, 并不得产生翘曲。预应力筋的定位板必须安装准确, 其挠度不大于 1mm。

(2) 台面: 台面一般是在夯实的碎石垫层上浇筑一层厚度为 6~10cm 的混凝土而成。其水平承载力  $P$  可按下式计算:

$$P = \frac{\varphi A f_c}{K_1 K_2} \quad (9-22)$$

式中  $\varphi$ ——轴心受压纵向弯曲系数, 取  $\varphi = 1$ ;

$A$ ——台面截面面积;

$f_c$ ——混凝土轴心抗压强度设计值;

$K_1$ ——超载系数, 取 1.25;

$K_2$ ——考虑台面截面不均匀和其他影响因素的附加安全系数,  $K_2 = 1.5$ 。

台面伸缩缝可根据当地温差和经验设置, 一般约为 10m 设置一条, 也可采用预应力混凝土滑动台面, 不留施工缝。

(3) 计算实例: 设计一座张拉力为 1000kN 的墩式台座 (两条生产线, 每条张拉力为 500kN)。台座尺寸和构造如图 9-32。台墩用 C20 混凝土、HPB235 级钢筋; 台面用 C15 混凝土, 厚 80mm (靠近台墩 10m 范围内, 台面加厚至 100mm), 每隔 20m 左右设一条伸缩缝。土质为砂质粘土, 土的内摩擦角  $\varphi = 30^\circ$ 。

①台墩的抗倾覆验算 ( $O$  点位于台面以下 4cm 处): 忽略台墩后面的土压力和牛腿自重, 则:

$$\begin{aligned} \text{抗倾覆力矩 } M_1 &= G_1 l_1 + G_2 l_2 = 0.8 \times 1.30 \times 4.0 \times 25 \\ &\quad \times \left( \frac{1.30}{2} + 1.70 \right) + 0.25 \times 1.70 \\ &\quad \times 4.0 \times 25 \times \frac{1.70}{2} = 280.5 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

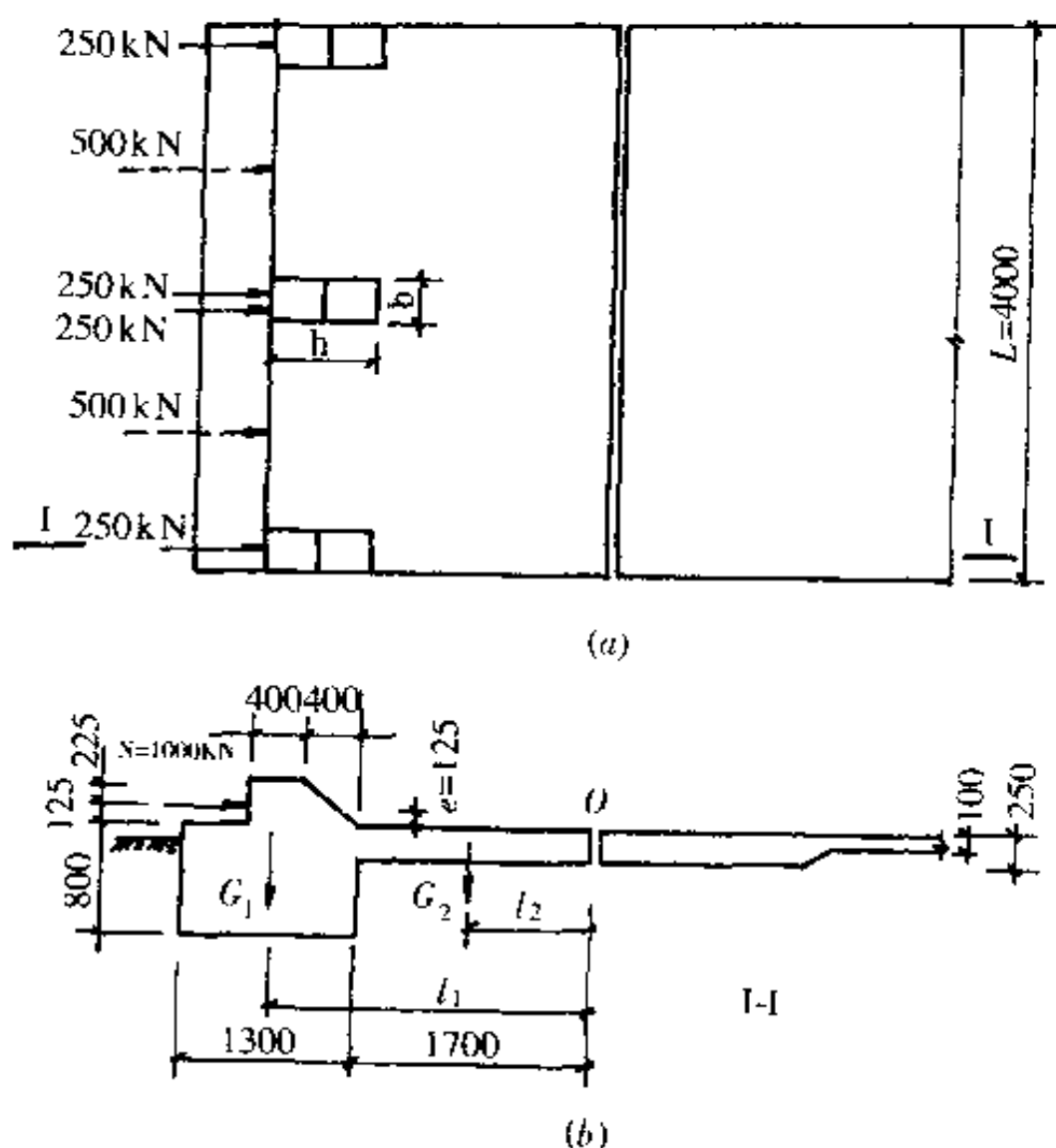


图 9-32 墩式台座

(a) 平面; (b) 剖面

倾覆力矩  $M = N \cdot e = 1000 \times (0.125 + 0.04) = 165 \text{ kN} \cdot \text{m}$

抗倾覆安全系数  $K = \frac{M}{M_1} = \frac{280.5}{165} = 1.7 > 1.5$  (安全)

②台面的承载力验算:

$$P = \frac{1 \times 100 \times 4000 \times 7.5}{1.25 \times 1.5} = 1600 > 1000 \text{ kN}$$

③台墩、台面及牛腿配筋见图 9-33 (计算略)。



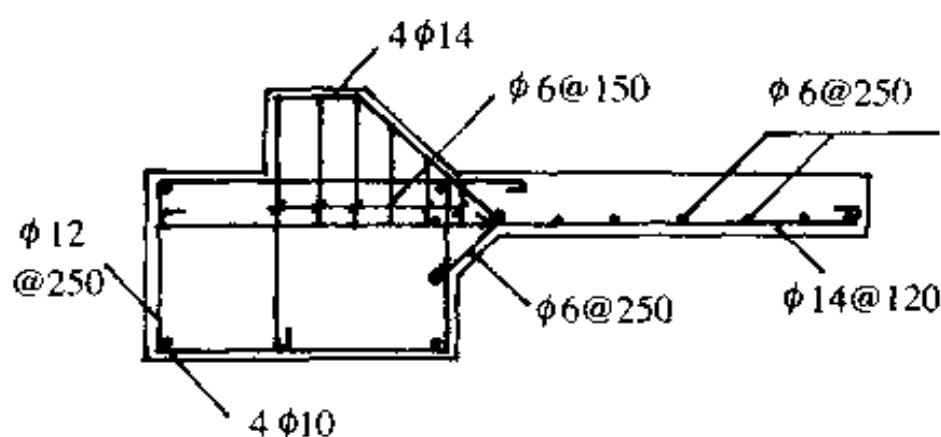


图 9-33 台墩、台面及牛腿配筋图

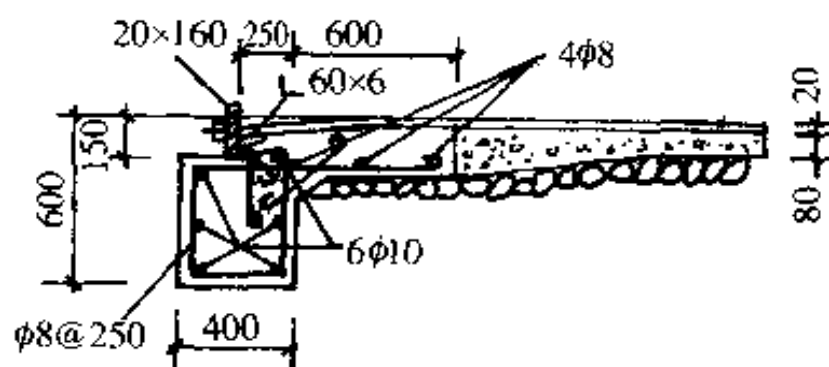


图 9-34 插板式台座

(4) 插板式台座: 插板式台座, 见图 9-34, 仅有定位板与地梁的墩式台座。定位板下端插入地梁内或用预埋螺栓固定于地梁上, 定位板上边缘与台面平或略低于台面。这种台座的张拉力小 ( $100 \sim 150 \text{ kN/m}$ ), 投资省, 仅用于生产单排配筋的板类构件。

(5) 承插式台座: 用活动的钢柱作牛腿的墩式台座。钢牛腿插入地梁预留的孔洞中, 可生产比较高大的预应力混凝土构件; 去掉钢牛腿, 即成为插板式台座。

## 2. 槽式台座

槽式台座由端柱、传力柱、柱垫、横梁和台面等组成,既可承受张拉力,又可作为蒸汽养护槽,适用于张拉吨位较高的大型构件。

(1)槽式台座构造(图9-35):

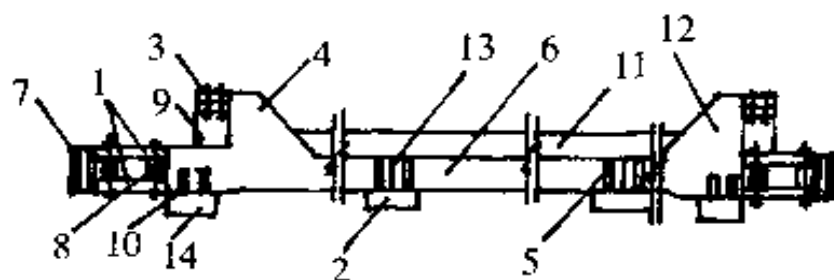


图9-35 台座构造示意图

1. 下横梁;2. 基础板;3. 上横梁;4. 张拉端柱;5. 卡环;  
6. 中间传力柱;7. 钢横梁;8,9. 垫块;10. 连接板;11. 砖  
墙;12. 锚固端柱;13. 砂浆嵌缝;14. 支座底板

①台座的长度一般不大于76m,宽度随构件外形及制作方式而定,一般不小于1m。

②槽式台座一般与地面相平,以便运送混凝土和蒸汽养护,但需考虑地下水位和排水等问题。

③端柱、传力柱的端面必须平整,对接接头必须紧密;柱与柱垫连接必须牢靠。

(2)槽式台座计算要点:槽式台座亦需进行强度和稳定性计算。端柱和传力柱的强度按钢筋混凝土结构偏心受压构件计算。槽式台座端柱抗倾覆力矩由端柱、横梁自重及部分张拉力组成。

(3)拼装式台座:拼装式台座是由压柱与横梁组装而成,适用于施工现场临时生产预制构件用。

①拼装式钢台座是由格构式钢压柱、箱形钢横梁、横向连

系工字钢、张拉端横梁导轨,放张系统等组成。这种台座型钢的线胀系数与受力钢绞线的线胀系数一致,热养护时无预应力损失。配以远红外线电热养护,每3d 预应力构件生产便可周转一次。

拼装式钢台座的优点:装拆快、效率高、产品质量好、支模振捣方便,适用于施工现场预制工作量较大的情况。

②拼装式混凝土台座,根据施工条件和工程进度,因地制宜利用废旧构件或工程用构件组成。待预应力构件生产任务完成后,组成台座的构件仍可用于工程上。

### 3. 预应力混凝土台面

普通混凝土台面由于受温差的影响,经常会发生开裂,导致台面使用寿命缩短和构件质量下降。为了解决这一问题,国内有些预制构件厂采用了预应力混凝土滑动台面。

预应力混凝土滑动台面的做法(图9-36)是在原有的混

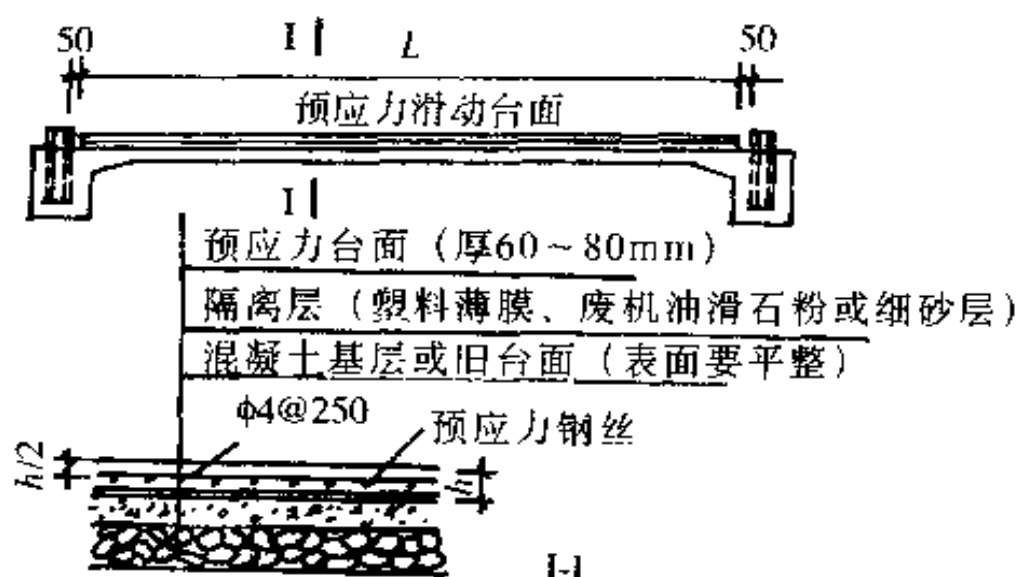


图9-36 预应力混凝土滑动台面

凝土台面或新浇的混凝土基层上刷隔离剂,张拉预应力钢丝,浇筑混凝土面层。待混凝土达到放张强度后切断钢丝,台面就发生滑动。这种台面,经过多年使用实践,未出现裂缝,效果良好。

台面由于温差引起的温度应力  $\sigma_0$ , 可按下式计算:

$$\sigma_0 = 0.5\mu\gamma\left(1 + \frac{h_1}{h}\right)L \quad (9-23)$$

式中  $L$ ——台面长度;

$\gamma$ ——混凝土重力密度;

$h$ ——预应力台面厚度;

$h_1$ ——台面上堆积物的折算厚度;

$\mu$ ——台面与基层混凝土的摩擦系数, 对皂脚废机油或废机油滑石粉隔离剂为 0.65。

为了使预应力台面不出现裂缝。台面的预压应力  $\sigma_{pc}$  不得低于:

$$\sigma_{pc} > \sigma_0 - 0.5f_{tk} \quad (9-24)$$

式中  $f_{tk}$ ——混凝土的抗拉强度标准值。

预应力台面用的钢丝, 可选用  $\phi^b 4 \sim 5$  冷拔钢丝和  $\phi^1 5$  刻痕钢丝居中配置,  $\sigma_{con} = 0.70f_{ptk}$ ; 混凝土为 C30 和 C40。滑动台面预应力筋布置, 见表 9-13。

表 9-13 滑动台面预应力筋配置表

台面荷载 (kN/m <sup>2</sup> )	台面厚度 $h$ (mm)	滑动台面预应力钢丝配置 在下列台面长度 $L$ 下 (m)			
		50	75	100	125
2	60	$\phi^b 4 @ 75$	$\phi^b 4 @ 50$	$\phi^1 5 @ 50$	$\phi^1 5 @ 100$
	80	$\phi^b 4 @ 65$	$\phi^b 5 @ 65$	$\phi^b 5 @ 40$	$\phi^1 5 @ 90$
3	60	$\phi^b 4 @ 65$	$\phi^b 5 @ 65$	$\phi^b 5 @ 40$	$\phi^1 5 @ 90$
	80	$\phi^b 4 @ 50$	$\phi^b 5 @ 50$	$\phi^1 5 @ 100$	$\phi^1 5 @ 75$

注: 1) 混凝土等级:  $\phi^b 4 \sim 5$  为 C30,  $\phi^1 5$  为 C40;

②张拉控制应力:  $\phi^b 4, \sigma_{con} = 487 \text{ N/mm}^2$ ;

$\phi^b 5, \sigma_{con} = 450 \text{ N/mm}^2$ ;  $\phi^1 5, \sigma_{con} = 1050 \text{ N/mm}^2$ ;

③隔离层  $u = 0.7$ ; 如  $u > 0.7$ , 则配筋量按比例增加;

④预应力台面的长度  $L > 125 \text{ m}$  时, 宜设置横向缝一条

预应力台面的基层要平整,隔离层要好,以减少台面的咬合力、粘结力与摩擦力。浇筑混凝土后要加强养护,以免出现收缩裂缝。

预应力台面宜在春秋季节施工,以减少温差引起的温度应力。

## 二、预应力筋铺设

预应力钢丝和钢绞线下料,应采用砂轮切割机,不得采用电弧切割。预应力钢丝采用镊头夹具。

长线台座台面(或胎模)在铺设钢丝前应涂隔离剂。隔离剂不应沾污钢丝,以免影响钢丝与混凝土的粘结。如果预应力筋遭受污染,应使用适宜的溶剂加以清洗干净。在生产过程中,应防止雨水冲刷台面上的隔离剂。

预应力钢丝宜用牵引车铺设。如果钢丝需要接长,可借助于钢丝拼接器用 20~22 号铁丝密排绑扎(图 9-37)。绑

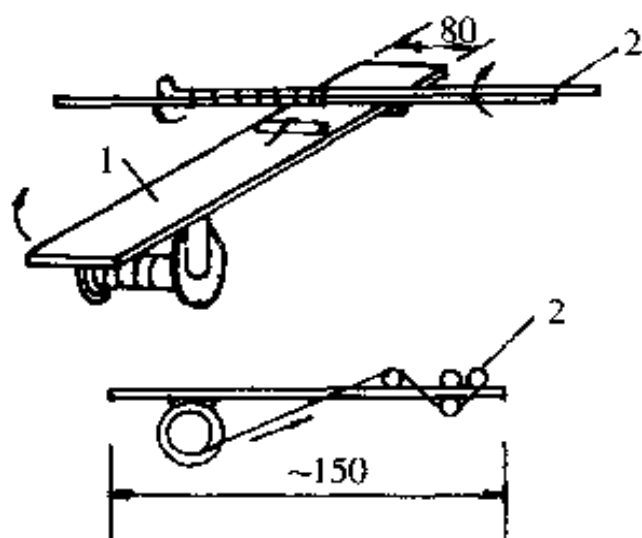


图 9-37 钢丝拼接器

1. 拼接器; 2. 钢丝

扎长度:对冷轧带肋钢筋不应小于  $45d$ ;对刻痕钢丝不应小于

80d。钢丝搭接长度应比绑扎长度大 10d(d—钢丝直径)。

预应力筋与工具式螺杆连接时,可采用套筒式连接器(图 9-38)。

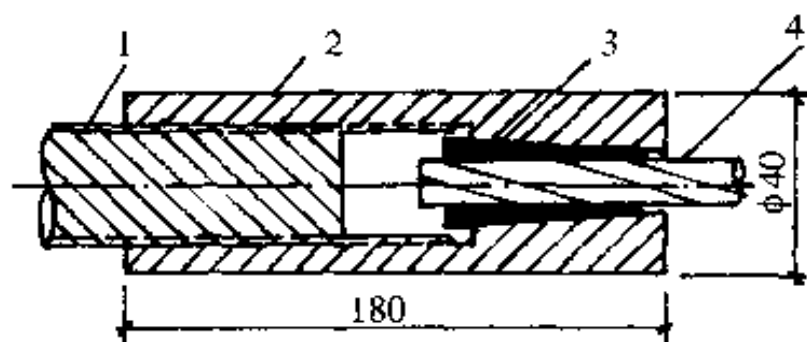


图 9-38 套筒式连接器

1. 螺杆或精轧螺纹钢筋;2. 套筒;3. 工具式夹片;4. 钢绞线

### 三、预应力筋张拉

#### 1. 预应力钢丝张拉

(1)单根张拉:冷拔钢丝可在两横梁式长线台座上采用 10kN 电动螺杆张拉机或电动卷扬张拉机单根张拉,弹簧测力计测力,锥销式夹具锚固(图 9-39)。

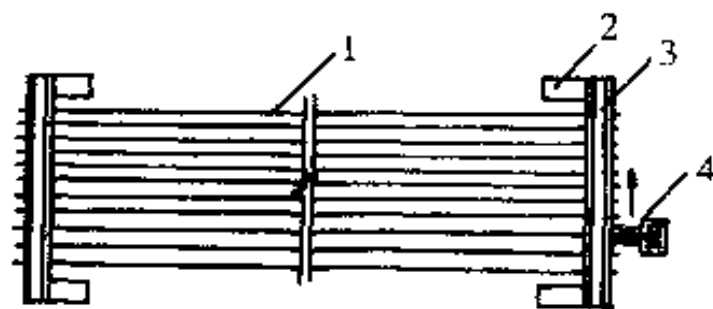


图 9-39 用电动卷扬张拉机张拉单根钢丝

1. 冷拔钢丝;2. 台墩;3. 钢横梁;4. 电动卷扬张拉机

刻痕钢丝可采用 20 ~ 30kN 电动卷扬张拉机单根张拉,优质锥销式夹具锚固。

#### (2)整体张拉:

①在预制厂以机组流水法或传送带法生产预应力多孔板时,还可在钢模上用镦头梳筋板夹具整体张拉。钢丝两端镦粗,一端卡在固定梳筋板上,另一端卡在张拉端的活动梳筋板上。用张拉钩钩住活动梳筋板,再通过连接套筒将张拉钩和拉杆式千斤顶连接,即可张拉。

②在两横梁式长线台座上生产刻痕钢丝配筋的预应力薄板时,钢丝两端采用单孔镦头锚具(工具锚)安装在台座两端钢横梁外的承压钢板上,利用设置在台墩与钢横梁之间的两台台座式千斤顶进行整体张拉。也可采用优质单根钢丝夹片式夹具代替镦头锚具,便于施工。

当钢丝达到张拉力后,锁定台座式千斤顶,直到混凝土强度达到放张要求后,再放松千斤顶。

(3) 钢丝张拉程序:预应力钢丝由于张拉工作量大,宜采用一次张拉程序。

$$0 \rightarrow 1.03 \sim 1.05 \sigma_{con} \text{ 锚固}$$

其中,1.03 ~ 1.05 是考虑弹簧测力计的误差、温度影响、台座横梁或定位板刚度不足、台座长度不符合设计取值、工人操作影响等。

## 2. 预应力钢绞线张拉

(1) 单根张拉:在两横梁式台座上,单根钢绞线可采用 YC20D 型千斤顶或 YDC240Q 型前卡式千斤顶张拉,单孔夹片工具锚固定。为了节约钢绞线,可采用工具式拉杆与套筒式连接器。

预制空心板梁的张拉顺序为先张拉中间一根,再逐步向两边对称进行。

预制梁的张拉顺序为左右对称进行。如梁顶预拉区配有

预应力筋应先张拉。

(2) 整体张拉: 在三横梁式台座上, 可采用台座式千斤顶整体张拉预应力钢绞线, 见图 9-40。台座式千斤顶与活动横梁组装在一起, 利用工具式螺杆与连接器将钢绞线挂在活动横梁上。张拉前, 宜采用小型千斤顶在固定端逐根调整钢绞线初应力。张拉时, 台座式千斤顶推动活动横梁带动钢绞线整体张拉, 然后用夹片锚或螺母锚固在固定横梁上。为了节约钢绞线, 其两端可再配置工具式螺杆与连接器。对预制构件较少的工程, 可取消工具式螺杆, 直接将钢绞线用夹片锚锚固在活动横梁上。如利用台座式千斤顶整体放张, 则可取消固定端放张装置。在张拉端固定横梁与锚具之间加 U 形垫片, 有利于钢绞线放张。

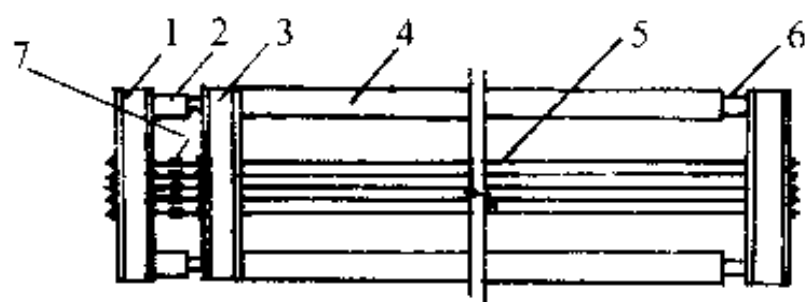


图 9-40 三横梁式成组张拉装置

1. 活动横梁; 2. 千斤顶; 3. 固定横梁; 4. 槽式台座;  
5. 预应力筋; 6. 放张装置; 7. 连接器

(3) 钢绞线张拉程序: 采用低松弛钢绞线时, 可采取一次张拉程序。

对单根张拉,  $0 \rightarrow \sigma_{con}$  锚固

对整体张拉,  $0 \rightarrow$  初应力调整  $\rightarrow \sigma_{con}$  锚固

3. 预应力值校核



预应力钢绞线的张拉力,一般采用伸长值校核。张拉时预应力筋的理论伸长值与实际伸长值的允许偏差为 $\pm 6\%$ 。

预应力钢丝张拉时,伸长值不作校核。钢丝张拉锚固后,应采用钢丝内力测定仪检查钢丝的预应力值。其偏差不得大于或小于设计规定相应阶段预应力值的5%。

图9-41所示是2CN-1型双控钢丝内力测定仪。使用该仪器时,将测钩勾住钢丝,扭转旋钮,待测头与钢丝接触,指示灯亮,此时即为挠度的起点(记下挠度表上读数);继续扭转旋钮,在钢丝跨中施加横向力,将钢丝压弯,当挠度表上的读数表明钢丝的挠度为2mm时,内力表上的读数即为钢丝的内力值(百分表上每0.01mm为10N)。一根钢丝要反复测定4次,取后3次的平均值为钢丝内力。

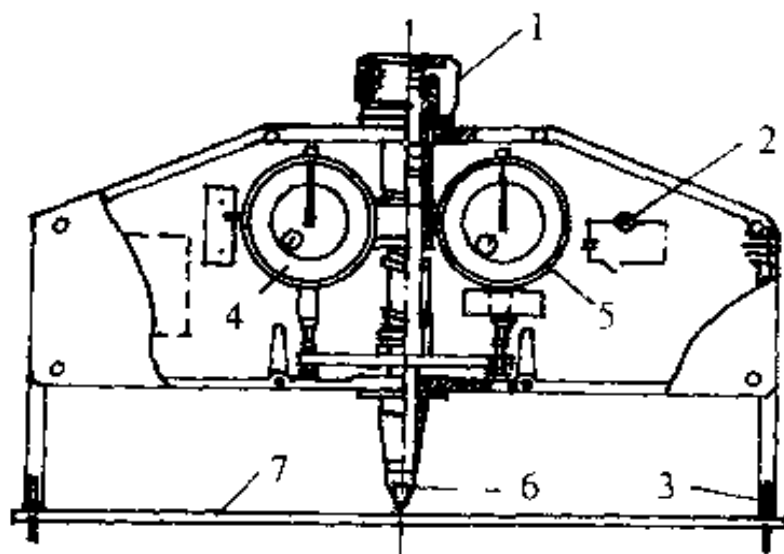


图9-41 2CN-1型双控钢丝内力测定仪

1. 旋钮;2. 指示灯;3. 测钩;4. 内力表;5. 挠度表;6. 测头;7. 钢丝

预应力钢丝内力的检测,一般在张拉锚固后1h进行。此时,锚固损失已完成,钢筋松弛损失也部分产生。检测时预应力设计规定值应在设计图纸上注明,当设计无规定时,可按表

9-14 取用。

表 9-14 钢丝预应力值检测时的设计规定值

张 拉 方 法		检 测 值
长 线 张 拉		$0.94\sigma_{con}$
短 线 张 拉	长 4m	$0.91\sigma_{con}$
	长 6m	$0.93\sigma_{con}$

#### 4. 张拉注意事项

(1) 张拉时,张拉机具与预应力筋应在一条直线上;同时在台面上每隔一定距离放一根圆钢筋头或相当于保护层厚度的其他垫块,以防预应力筋因自重而下垂,破坏隔离剂,沾污预应力筋。

(2) 顶紧锚塞时,用力不要过猛,以防钢丝折断;在拧紧螺母时,应注意压力表读数始终保持所需的张拉力。

(3) 预应力筋张拉完毕后,对设计位置的偏差不得大于 5mm,也不得大于构件截面最短边长的 4%。

(4) 在张拉过程中发生断丝或滑脱钢丝时,应予以更换。

(5) 台座两端应有防护设施。张拉时沿台座长度方向每隔 4~5m 放一个防护架,两端严禁站人,也不准进入台座。

#### 四、预应力筋放张

预应力筋放张时,混凝土的强度应符合设计要求;如设计无规定,不应低于设计的混凝土强度标准值的 75%。

##### 1. 放张顺序

预应力筋的放张顺序,如设计无规定,可按下列要求进行:

(1) 轴心受预压的构件(如拉杆、桩等),所有预应力筋应

同时放张；

(2) 偏心受预压的构件(如梁等),应先同时放张预压力较小区域的预应力筋,再同时放张预压力较大区域的预应力筋;

(3) 如不能满足 1、2 两项要求时,应分阶段、对称、交错地放张,以防止在放张过程中构件产生弯曲、裂纹和预应力筋断裂;

## 2. 放张方法

预应力筋的放张工作,应缓慢进行,防止冲击。常用的放张方法如下:

(1) 千斤顶放张:用千斤顶拉动单根钢筋,松开螺母。放张时由于混凝土与预应力筋已结成整体,松开螺母所需的间隙只能是最前端构件外露钢筋的伸长,因此,所施加的应力往往超过控制应力约 10%,比较费力。

采用两台台座式千斤顶整体缓慢放松,应力均匀,安全可靠。放张用台座式千斤顶可专用或与张拉合用。为防止台座式千斤顶长期受力,可采用垫块顶紧。

(2) 砂箱放张:砂箱装置由钢制的套箱和活塞组成(图9-42),内装石英砂或铁砂,装砂量宜为砂箱长度的  $1/3 \sim 2/5$ 。

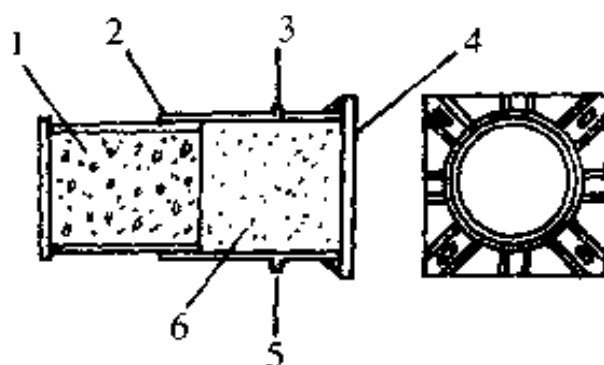


图 9-42 砂箱

1. 活塞;2. 钢套箱;3. 进砂口;4. 钢套箱底板;5. 出砂口;6. 砂

砂箱放置在台座与横梁之间。预应力筋张拉时,箱内砂被压实,承受横梁的反力。预应力筋放张时,将出砂口打开,砂慢慢流出,从而使整批预应力筋徐徐放张。砂箱中的砂应采用干砂,选用适宜的级配,防止出现砂压碎引起流不出现象或增加砂的空隙率,使预应力损失增大。施加预应力后砂箱的压缩值不大于 0.5mm,预应力损失可略去不计。采用两台砂箱时,放张速度应力求一致,以免构件受扭损伤。

采用砂箱放张,能控制放张速度,工作可靠,施工方便,可用于张拉力大于 1000kN 的情况。

(3) 楔块放张:楔块装置放置在台座与横梁之间,见图 9-43。预应力筋放张时,旋转螺母使螺杆向上运动,带动楔块向上移动,钢块间距变小,横梁向台座方向移动,从而同时放张预应力筋。

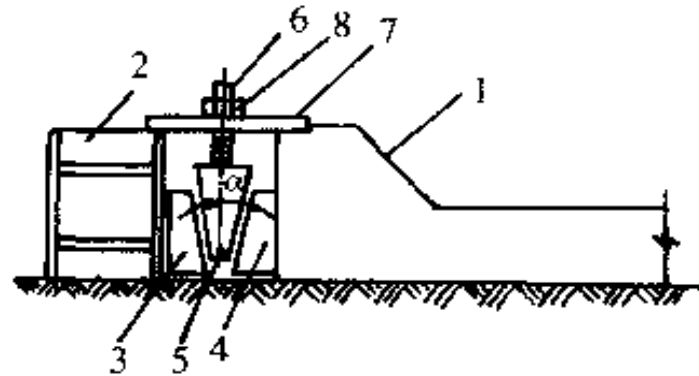


图 9-43 楔块放张

1. 台座;2. 横梁;3、4. 钢块;  
5. 钢楔块;6. 螺杆;7. 承压板;8. 螺母

楔块坡角  $\alpha$  应选择恰当。 $\alpha$  过大,则张拉时楔块容易滑出; $\alpha$  过小,则放张时楔块不易拔出。 $\alpha$  角的正切应略小于楔块与钢块之间的摩擦系数  $\mu$ ,即

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \mu \quad (9-35)$$

式中  $\mu$ ——摩擦系数,取 0.15 ~ 0.2。

楔块放张,一般用于张拉力不大于 300kN 的情况,楔块装置经专门设计,也可用于张拉力较大处。

(4) 预热熔割:采用氧炔焰预热粗钢筋放张时,应在烘烤区轮换加热每根钢筋,使其同步升温,此时钢筋内力徐徐下降,外形慢慢伸长,待钢筋出现缩颈,即可切断。此法应注意防止烧伤构件。

(5) 钢丝钳或氧炔焰切割:对先张法板类构件的钢丝或细钢筋,放张时可直接用钢丝钳或氧炔焰切割。放张工作宜从生产线中间处开始,以减少回弹量且有利于脱模;对每一块板,应从外向内对称放张,以免构件扭转而端部开裂。

此外,也可在台座的一端浇捣一块混凝土缓冲块。这样,在应力状态下切割预应力筋时,使构件不受或少受冲击。

### 3. 放张注意事项

(1) 为了检查构件放张时钢丝与混凝土的粘结是否可靠,切断钢丝时应测定钢丝往混凝土内的回缩情况。

钢丝回缩值的简易测试方法是在板端贴玻璃片和在靠近板端的钢丝上贴胶带纸用游标卡尺读数,其精度可达 0.1mm。

钢丝的回缩值:对冷拔钢丝不应大于 0.6mm,对消除应力钢丝不应大于 1.2mm。如果最多只有 20% 的测试数据超过上述规定值的 20%,则检查结果是令人满意的。如果回缩值大于上述数值,则应加强构件端部区域的分布钢筋、提高放张时混凝土强度等。

(2) 放张前,应拆除侧模,使放张时构件能自由压缩,否

则将损坏模板或使构件开裂。对有横肋的构件(如大型屋面板),其端横肋内侧面与板面交接处做出一定的坡度或作成大圆弧,以便预应力筋放张时端横肋能沿着坡面滑动。必要时在胎模与台面之间设置滚动支座。这样,在预应力筋放张时,构件与胎模可随着钢筋的回缩一起自由移动。

(3)用氧炔焰切割时,应采取隔热措施,防止烧伤构件端部混凝土。

### 五、质量验收标准

先张法预应力施工质量,应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB50204—2002)的规定进行验收,具体内容详见第十章第三节。

#### 1. 主控项目

(1)预应力筋进场时,应按现行国家标准《预应力混凝土用钢丝》(GB/T5223)、《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T5224)等的规定抽取试件作力学性能检验,其质量必须符合有关标准的规定。详见第一章第三节三、预应力钢筋的内容。

检查数量:按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法:检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

(2)预应力筋用夹具的性能,应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T14370—2002)的规定。

检验方法:检查产品合格证和出厂检验报告。

(3)预应力筋铺设时,其品种、级别、规格、数量等必须符合设计要求。

检查数量:隐蔽工程验收时全数检查。

检验方法:观察与钢尺检查。

(4)先张法预应力施工时,应选用非油类隔离剂,并应避免沾污预应力筋。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

(5)预应力筋放张时,混凝土强度应符合设计要求;如设计无规定,不应低于设计的混凝土强度标准值的75%。

检查数量:全数检查。

检验方法:检查同条件养护试件试验报告。

(6)预应力筋张拉锚固后实际建立的预应力值与工程设计规定检验值的相对允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

检查数量:每工作班抽查预应力筋总数的1%,且不少于3根。

检验方法:检查预应力筋应力检测记录。

(7)在浇筑混凝土前发生断裂或滑脱的预应力筋必须予以更换。

检验方法:全数观察,检查张拉纪录。

(8)预应力筋放张时,宜缓慢放松锚固装置,使各根预应力筋同时缓慢放松。

检验方法:全数观察检查。

## 2. 一般项目

(1)钢丝两端采用镦头夹具时,对短线整体张拉的钢丝,同组钢丝长度的极差不得大于2mm。

钢丝镦头的强度不得低于钢丝强度标准值的98%。

检查数量:每工作班抽查预应力筋总数的3%,且不少于3束。对钢丝镦头强度,每批钢丝检查6个镦头试件。

检验方法:观察、钢尺检查。检查钢丝镦头试验报告。

(2) 锚固时张拉端预应力筋的内缩量应符合设计要求;当设计无具体要求时,应符合表 10-7 的规定。

检查数量:每工作班抽查预应力筋总数的 3%,且不少于 3 根。

检验方法:钢尺检查。

(3) 先张法预应力筋张拉后与设计位置的偏差不得大于 5mm,且不得大于构件截面短边边长的 4%。

检查数量:每工作班抽查预应力筋总数的 3%,且不少于 3 根。

检验方法:钢尺检查。

### 3. 质量记录

先张法预应力施工应具备以下质量记录:

- (1) 预应力筋出厂检验报告或质量证明书或复验报告。
- (2) 预应力筋用锚具、夹具和连接器的合格证、出厂检验报告和有效的试验报告。
- (3) 预应力张拉设备标定报告。
- (4) 隐蔽工程验收记录。
- (5) 预应力筋张拉和应力检测记录。
- (6) 放张时混凝土强度报告。
- (7) 预应力设计变更及重大问题处理文件。

## 第四节 后张法有粘结预应力工程施工

后张法是先制作构件或结构,待混凝土达到一定强度后,在构件或结构上张拉预应力筋的方法。后张法预应力施工,不需要台座设备,灵活性大,广泛用于施工现场生产大型预制



预应力混凝土构件和就地浇筑预应力混凝土结构。后张法预应力施工,又可分为有粘结预应力施工和无粘结预应力施工两类。

有粘结预应力施工过程:混凝土构件或结构制作时,在预应力筋部位预先留设孔道,然后浇筑混凝土并进行养护;制作预应力筋并将其穿入孔道;待混凝土达到设计要求的强度后,张拉预应力筋并用锚具锚固;最后进行孔道灌浆与封锚。其详细的施工工艺流程,见本节四、施工工艺。这种施工方法通过孔道灌浆,使预应力筋与混凝土相互粘结,减轻了锚具传递预应力作用,提高了锚固可靠性与耐久性,广泛用于主要承重构件或结构。

### 一、基本规定

(1)后张法预应力工程的施工应由具有相应资质等级的预应力专业施工单位承担。

(2)预应力筋张拉机具及仪表,应定期维护和校验。张拉设备应配套标定,并配套使用。

### 二、施工准备

#### 1. 技术准备

(1)预应力施工前,按设计提供的施工图纸要求编制详细的预应力施工方案。

(2)根据设计及施工方案要求,选定预应力筋、锚具、夹片、连接器、承压板等。

(3)预应力筋、锚具、螺旋管、水泥等主材的验收及复验。

(4)预应力设备标定。

#### 2. 材料要求

(1)预应力筋:预应力筋应按设计要求采用,应符合现行

国家标准《预应力混凝土用钢丝》(GB/T5223)、《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T5224)等的规定。

外观要求:成品钢丝、钢绞线的表面不得带有润滑剂;允许有浮锈,但不得锈蚀成目视可见的麻坑;表面不应有裂纹、小刺、机械损伤。Ⅱ级松弛钢丝的伸直性:取弦长为1m的钢丝,其弦与弧的最大自然矢高不大于25mm。

力学性能:在每检验批中任意抽取3盘,每盘抽取一根试件进行检验。检验项目包括屈服强度、抗拉强度、伸长率。如有一项检验不合格时,对应盘报废。再从未试验过的盘中抽取双倍数量试样进行该不合格项的复验,若仍不合格,此批报废。

检查数量:每60t为一批。

检验内容:产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

常用预应力筋的规格、性能见第一章第三节三、预应力钢筋表1-22、1-26、1-30、1-31。

(2)预应力筋的锚具、夹具和连接器:应按设计要求采用,其性能应符合国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T14370)等的规定。

外观检验:每检验批抽取10%,且不少于10套。如表面无裂缝,尺寸符合设计要求。

硬度检查:每检验批抽取5%,每个零件测试三点。

静载锚固能力检验:每检验批中抽取3套试件用的锚具、夹具、连接器。

检查数量:每检验批锚具不得超过1000套。

检验内容:产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。对材料、机加工尺寸按出厂检验报告中所列指标进行核对。

注:对锚具用量较少的一般工程,如供货方提供有效的试验报告,可不做静载锚固性能试验。

常用预应力锚具、夹具、连接器见表9-15。

表9-15 常用预应力锚具、夹具、连接器

预应力筋	锚具	张拉端	锚固端
钢 丝	夹 具 连接器	镦头锚、夹片锚、锥形锚 镦头螺杆锚	镦头锚板、锥形锚 镦头螺杆锚
钢 绞 线	锚 具 夹 具 连接器	夹 片 锚 夹 片 锚 夹 片 锚	压花锚、挤压锚、夹片锚 夹片锚、挤压锚

(3) 灌浆用水泥及外加剂:应采用普通硅酸盐水泥,不宜低于32.5等级。外加剂中严禁含有氯化物。

检查数量:按进场批次和产品的抽样检验方案确定。

检验内容:产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

注:对孔道灌浆用水泥和外加剂用量较少的一般工程,当有可靠依据时,可不作材料性能的进场复验。

(4) 预应力用螺旋管:其规格应按设计图纸要求采用,其尺寸和性能应符合国家现行标准《预应力混凝土用金属螺旋管》(JG/T3013)等的规定。

外观检查:其内外表面应清洁,无锈蚀,不应有油污、孔洞和不规则的褶皱,咬口不应有开裂或脱扣。

检查数量:按进场批次和产品的抽样检验方案确定。

检验内容:产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

### 3. 主要机具

主要机具见表9-16。

表 9-16 主要机具规格、性能

序号	名 称	型 号	性 能
1	高压电动油泵	ZB4/500	与千斤顶、镦头器、压花机、挤压机配套使用
2	张拉千斤顶	YCWB 系列	用于夹片锚
		YC-60	用于螺丝杆镦头锚
		YZ-38	用于 $\phi^5$ 锥形锚
		YZ-85	用于 18~24 $\phi^5$ 锥形锚
3	钢丝镦头器	LD10	用于 $\phi^5$ 镦粗头
		LD20	用于 $\phi^7$ 镦粗头
4	钢绞线挤压机	JY45	用于 $\phi^{12}$ 、 $\phi^{15}$ 挤压锚
5	钢绞线压花机	YH30	用于 $\phi^{12}$ 、 $\phi^{15}$ 压花

(1) 预应力筋成型制作用普通机具:

- ①380V 电焊机、焊把线等。
- ②380V/220V 二级配电箱、电线若干。
- ③ $\phi 400$  砂轮切割机。
- ④0.5t 手动葫芦。
- ⑤常用工具:绑钩、卷尺若干,铁皮剪、扳手等。
- ⑥50m 尺。

(2) 张拉灌浆设备:

- ①UB3 型灌浆泵、搅拌机、储浆桶。
- ②螺杆式灌浆泵、压力灌浆管。
- ③ $\phi 100$  手提切割机。

#### 4. 作业条件

(1) 预应力筋下料、铺设:

①预应力筋、螺旋管、压花锚、镦头锚制作。

②预应力筋及挤压锚组装完毕。

③现场安全防护到位。

④监理工程师、质检员、安全员已到位。

(2)张拉灌浆:

①张拉前应检查张拉设备是否正常运行,千斤顶与压力表是否已配套标定。

②锚夹具、连接器准备齐全,并经检查验收。

③灌浆用水泥浆以及封端混凝土的配合比已经试验确定。

④张拉通道畅通,搭设张拉操作平台。张拉端应有安全防护措施。

⑤制备好预应力张拉锚固记录表。

⑥监理工程师、质检员、安全员已到位。

### 三、材料和质量要求

#### 1. 材料的关键要求

(1)高强钢丝、钢绞线必须符合《预应力混凝土用钢丝》(GB/T5223)及《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T5224)的规定。

(2)锚具、夹具、连接器必须符合《预应力筋用锚具、夹具、连接器》(GB/T14370)和《预应力筋用锚具、夹具、连接器应用技术规程》JGJ85 的规定。锚具静载锚固性能应同时满足下列两项要求:

$$\eta_a \geq 0.95; \varepsilon_{apu} \geq 2.0\%$$

连接器:在张拉预应力后永久留在混凝土结构或构件中的连接器,必须符合锚具的性能要求;如在张拉后还须放张和

拆卸的连接器,则必须符合夹具的性能要求。

(3)水泥外加剂:严禁含有氯离子的成分。

## 2. 技术关键要求

(1)预应力梁底模起拱按设计要求进行;当设计无具体要求时,可按  $0.5/1000 \sim 1.5/1000$  起拱。

(2)下料长度误差:一束内各根筋之间不大于 50mm;两端均镦头的预应力筋长度  $\leq 6\text{m}$  时,各根筋之间下料长度误差不大于 2mm;筋长大于 6m 时,误差不大于  $L/5000$  且不大于 5mm。

(3)定位筋宜采用螺纹钢筋,间距  $0.8 \sim 1.0\text{m}$ 。定位筋与孔道成型材料可采用绑丝十字交叉绑扎,宜采用电焊井字钢筋固定。

(4)用振捣棒振捣时,振捣棒不得正对着螺旋管和组零件持续振捣。

(5)预应力梁张拉前侧模应拆除。底模拆除应符合设计要求;当设计无具体要求时,应在张拉灌浆后拆除。

(6)张拉时混凝土强度应符合设计要求;当设计无具体要求时,不应低于设计的混凝土立方体抗压强度标准值的 75%。

(7)预应力筋张拉顺序应符合设计要求;当设计无具体要求时,可采用分层、分批、分阶段对称张拉。先拉楼板,后拉次梁,再拉主梁。

(8)计算预应力筋的伸长值  $\Delta L$ :计算伸长值时,要估计锚口下损失、孔道摩擦系数及弹性模量。

## 3. 质量关键要求

(1)预应力孔道尺寸应符合设计要求,螺旋管束形重点

控制最低点、最高点、反弯点,竖向平滑,水平向顺直。

(2)预应力曲线筋末端的切线应与承压板相垂直,曲线段的起始点至张拉锚固点应有不小于300mm的直线段。

(3)灌浆孔、排气孔、泌水孔制作:灌浆孔间距不宜大于30m,不应大于45m。真空灌浆不受此限制。排气兼泌水孔应设置在波峰部位。对于梁面变角张拉曲线束,宜在最低点设排水孔。灌浆孔及泌水管的孔径应能保证浆液畅通。

(4)预应力筋下料用砂轮锯切割,不得用电弧切割;挤压锚制作时压力表油压应符合操作说明书的规定,挤压后预应力筋外端应露出挤压套筒1~5mm。镦头尺寸符合要求,纵向无贯通裂缝,头型圆整不歪斜,镦头强度 $\geq 98\%$ 母材时为合格。

(5)预应力筋应理顺,捆扎成束,不得紊乱。

(6)在框架梁中,预留孔道在竖直方向的净距不应小于孔道外径,水平方向的净距不应小于1.5倍孔道外径;从孔壁算起的混凝土保护层厚度,梁底不宜小于50mm,梁侧不宜小于40mm。

(7)钢丝、钢绞线在储存、运输、安装过程中,应采取防止锈蚀及损坏的措施。

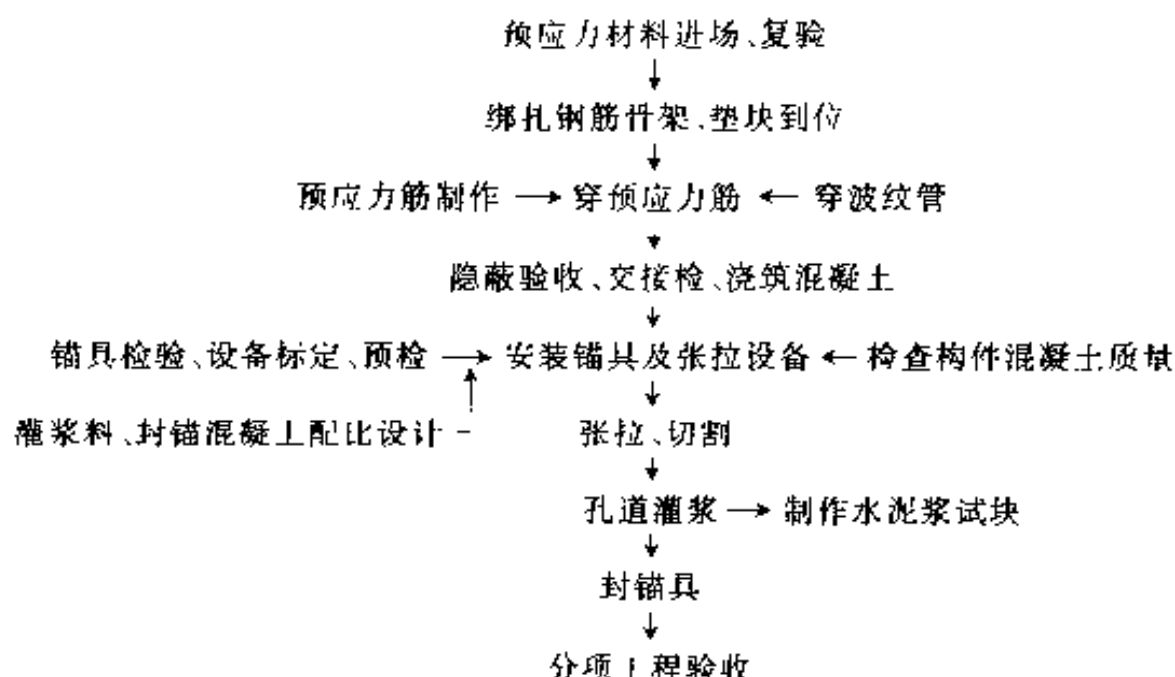
(8)张拉前,检查构件及张拉端锚垫板后混凝土质量,有空洞时,应补灌混凝土或环氧砂浆。

(9)张拉时,张拉力的作用线应与孔道末端中心点的切线重合。

(10)预应力筋张拉完后应尽早进行灌浆,以减少预应力损失及锈蚀。

#### 四、施工工艺

## 1. 工艺流程



## 2. 操作工艺

### (1) 预应力筋下料编束:

①由工长、技术负责人签发下料任务单。

②钢绞线不能自由弹出时,须有专人放钢绞线。不要用猛力拉钢绞线,以防形成死弯。钢绞线每隔 1~2m 宜用木方做垫。

③下料时应遵循先下长筋,后下短筋的原则。逐根对钢绞线进行编号,长度相同统一编号。

④应按编号成束绑扎,每 2m 用钢丝绑扎一道,绑丝头扣向束里。

⑤下料长度控制:钢绞线放线过程中应保证顺直,不与别的钢绞线重叠;钢丝可采用穿入钢管内下料。

⑥镦头锚镦粗头  $\phi^*5$  钢丝用 LD10 型钢丝液压冷镦机制作, $\phi^*7$  钢丝用 LD20 型制作。正式镦头前,先用 10~20cm 的短钢丝 4~6 根进行试镦,头型合格后,确定油压。正式镦头



过程中随时检查,发现不合格者及时剪除重镦。常用镦头压力与头型见表9-17。

表9-17 常用镦头压力与头型

钢丝直径(mm)	镦头压力(N/mm <sup>2</sup> )	头型直径(mm)	头型高度(mm)
$\phi 5$	32~36	7~7.5	4.7~5.2
$\phi 7$	40~43	10~11	6.7~7.3

⑦钢绞线压花锚,用YH型钢绞线压花机成型。正式压花前先截取1m长钢绞线4~6根试压,确定花型合格后,正式压花。花型如灯泡型。各根钢丝散开、弯曲没有断筋现象为合格,钢绞线压花头型尺寸见表9-18。

表9-18 钢绞线压花头型

钢丝直径(mm)	头型直径(mm)	长度(mm)
$\phi 12$	70~80	130
$\phi 15$	85~95	150

⑧钢绞线挤压锚用JY-45型挤压机成型。操作挤压时,挤压模内应保持清洁。用异形钢丝衬套时,各卷钢丝并拢,其一端与钢绞线断面平齐。

(2)预应力筋孔道成型:用螺旋管成型时,孔道直径比预应力筋(束)直径大5~15mm。孔道布置、孔道端部排列按设计要求。孔道成型在钢筋骨架成型以后进行。应预先焊架立钢筋,焊端部锚垫板。连接螺旋管的接头长200~300mm,用大一号直径螺旋管,并且接头处及与锚垫板的接触处均应采用胶带密封。最后安装灌浆孔、排气孔(泌水孔)。灌浆孔与泌水(排气)孔可以通用。

(3)预应力筋穿束:预应力筋穿入孔道分先穿束或后穿

束(孔道成型前穿束或混凝土浇筑后穿束)、单根穿束或整束穿束、人工穿束或机械穿束等。

①先穿束:对埋入混凝土中的固定端锚束,如压花锚、挤压锚、镦头锚,必须先穿束。

按穿束与预埋螺旋管之间的配合又分为:

(a)先穿束后装管,即预应力筋先放入钢筋骨架内,然后逐节套入螺旋管及接头。

(b)先装管后穿束,即孔道成型后混凝土浇筑前,将预应力束穿入。

②混凝土浇筑后穿束:浇筑混凝土后,在养护期内穿入预应力筋,混凝土达到规定强度即可张拉。此方法穿束可不占工期。

③单根穿束和整束穿束:钢绞线束可以单根穿,宜采取整束穿束。

④人工穿束:工人站在脚手架上,将预应力筋逐束穿入孔道内。束前端部用胶布包好裹成子弹头形。对于较长( $>60\text{m}$ )曲线束宜制作牵引头,前拉后推进行;

⑤机械穿束:当超长、特重、多波曲线束整束穿时,需用特制网套或牵引头连接钢丝绳与预应力束,用卷扬机牵引穿束。

预应力束穿入后应采取措施,防止雨水锈蚀,防止电伤及机械损伤。

(4)预应力张拉锚固:

①张拉前的准备工作:

(a)搭设张拉操作平台、吊架,平台尺寸 $1.5\sim 2\text{m}$ 见方。平台应低于锚垫板 $0.8\text{m}$ ,锚垫板两侧各有 $0.75\sim 1\text{m}$ 的空间。利用结构外脚手架时,特别要求垫板周围 $1\text{m}$ 范围内不

能有立杆和水平杆。

(b) 制备好张拉锚固记录表。

(c) 锚具、夹具、连接器已检验、进场。

(d) 机具标定进场,并有张拉力与油压的对应关系图。

(e) 制订出具体保证张拉锚固、保证质量的安全措施和应急计划,进行安全质量技术交底。

(f) 混凝土强度达到设计规定要求并有强度试验报告单。

(g) 张拉前检查锚垫板下混凝土的密实情况,有不密实处(如孔洞、蜂窝等)用混凝土或环氧砂浆修补;清除锚垫板上的混凝土,安装锚具。

② 预应力筋张拉锚固:张拉顺序按设计要求或施工方案,如无具体要求时,一般分楼层、分部位、分段张拉。各楼层、部位应遵循对称、均匀原则,并尽量使设备少搬动。

同时张拉两端宜分先后锚固。

可采取分级张拉和分级锚固、分批张拉、分期张拉和补偿张拉。当设计无具体要求时,一次张拉锚固程序可采用:

$0 \rightarrow 10\% \sigma_{con} \rightarrow 105\% \sigma_{con}$  (持荷 2min)  $\rightarrow \sigma_{con} \rightarrow$  锚固或

$0 \rightarrow 10\% \sigma_{con} \rightarrow 103\% \sigma_{con} \rightarrow$  锚固

张拉时量测预应力筋伸长:量测方法可采用量千斤顶缸体伸长或量外露预应力筋长度变化。

实测预应力筋伸长与计算伸长值比较:误差在  $\pm 6\%$  以内为正常,否则应暂停张拉,查明原因,采取措施后方可继续张拉。

(a) 变角张拉:当遇到张拉作业受到空间限制或特殊情况时,可在张拉端锚具外安装变角块,使预应力筋改变一定角度后进行张拉作业。变角张拉一定要根据设计要求或设计同

意后才能进行

预应力筋连接、搭接张拉:当遇到预应力筋超长时,需采取互相搭接张拉或用连接器连续张拉工艺。连接张拉或搭接张拉要有施工方案,并应经设计同意。填写预应力张拉记录;钢绞线切割,封堵锚头。

(b)孔道灌浆及封锚:预应力筋张拉锚固后及时灌水泥浆并做好锚具封堵工作。

灌浆水泥宜用不低于 32.5 等级的普通硅酸盐水泥,水灰比不大于 0.4,可适当掺加提高水泥浆性能的外加剂。

灌浆设备有搅拌机、灌浆泵、贮浆桶、过滤器、胶管、接头及控制阀等。

检查灌浆孔、排气孔是否与预应力筋孔道连通,否则,应事先处理;

制备灌浆料投料顺序:水→外加剂(搅拌)→水泥(搅拌);

灌浆顺序应先下层,后上层。每根构件宜连续灌浆,每个孔道必须一次连续灌满,否则用水冲洗后,重新浇灌。从灌浆孔由近到远逐个检查出浆口(排气孔、泌水孔),待出浓浆后逐一封闭。待最后一个出浆孔出浓浆后,封闭出浆孔,继续加压(0.4~0.6MPa),保压 2min,封闭进浆孔,每工作班留置一组边长为 70.7mm 的立方体试件;

填写灌浆记录;

按设计要求进行封锚;当设计无具体要求时,应符合规范及有关规定。封锚混凝土宜采用比构件设计强度高一等级的细石混凝土封堵,并应进行隐蔽验收。

前面工序需做好检验批的验收工作,最后申请分项工程

验收。

## 五、质量验收标准

### 1. 主控项目

(1) 预应力筋进场时,应按现行国家标准《预应力混凝土用钢丝》(GB/T5223)、《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T5224)等的规定抽取试件作力学性能检验,其质量必须符合有关标准的规定。详见第一章第三节三、预应力钢筋内容。

检查数量:按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法:检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

(2) 预应力筋用锚具和连接器的性能,应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T14370—2000)的规定。

检查数量:按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法:检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

注:对锚具用量较少的一般工程,如供货方提供有效的试验报告,可不作静载锚固性能试验。

(3) 孔道灌浆用水泥应采用普通硅酸盐水泥,其质量应符合现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB175)的规定。孔道灌浆用外加剂的质量应符合有关标准的规定。

检查数量:按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法:检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

注:对孔道灌浆用水泥和外加剂用量较少的一般工程,当有可靠依据时,可不作材料性能的进场复验

(4) 预应力筋安装时,其品种、级别、规格、数量必须符合设计要求。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察、钢尺检查。

(5) 施工过程中,应避免电火花损伤预应力筋;受损伤的预应力筋应予以更换。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

(6) 预应力筋张拉时,混凝土强度应符合设计要求。

检查数量:全数检查。

检验方法:检查同条件养护试件试验报告。

(7) 预应力筋的张拉力、张拉顺序及张拉工艺应符合设计与施工方案的要求,预应力筋张拉时实际伸长值与计算伸长值的相对允许偏差为 $\pm 6\%$ 。

检查数量:全数检查。

检验方法:检查张拉纪录。

(8) 张拉过程中,应避免预应力筋断裂或滑脱。如有发生,其断裂或滑脱的数量严禁超过同一截面预应力筋总根数的3%,且每束预应力筋不得超过一根。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察,检查张拉纪录。

(9) 后张法有粘结预应力筋张拉后应尽早进行孔道灌浆。孔道内水泥浆应饱满、密实。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察、检查灌浆记录。

(10) 锚具的封闭保护应符合设计要求;当设计无具体要

求时,应符合下列规定:凸出式锚固端锚具的保护层厚度不应小于 50mm;外露预应力筋的保护层厚度不应小于 20mm(正常环境)或 50mm(腐蚀环境)。

检查数量:在同一检验批内,抽查预应力筋总数的 5%,且不少于 5 处。

检验方法:观察、钢尺检查。

## 2. 一般项目

(1) 预应力混凝土用金属螺旋管的尺寸和性能应符合行业标准《预应力混凝土用金属螺旋管》(JG/T3013—94)的规定。

检查数量:按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法:检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

注:对金属螺旋管用量较少的一般工程,当有可靠依据时,可不作径向刚度、抗渗漏性能的进场复验。

(2) 预应力筋、锚具、金属螺旋管等使用前,应进行外观检查。检查要求详见本书第一章第三节三、预应力钢筋及国家现行标准《预应力筋锚具、夹具和连接器》GB/T14370 等的规定。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

(3) 预应力筋端部锚具的制作质量,应符合第十章第三节三、制作与安装 2. 一般项目中的第(2)条的各项要求。

检查数量:对挤压锚具,每工作班抽查 5%,且不应少于 5 件;对压花锚具,每工作班抽查 3 件;对钢丝镦头强度,每批钢丝检查 6 个镦头试件;对两端采用镦头锚具的钢丝束下料长

度,每工作班抽查预应力筋总数的3%,且不少于3束。

(4)后张法有粘结预应力筋预留孔道的规格、数量、位置和形状除应符合设计要求,尚应符合第十章第三节三、制作与安装2.一般项目中第(3)条的各项要求。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察,钢尺检查。

(5)预应力筋束形控制点的竖向位置偏差应符合第十章表10-6规定。

检查数量:在同一检验批内,抽查各类构件中预应力筋总数的5%,且对各类型构件中预应力筋总数的5%,且对各类型构件均不少于5束,每束不应少于5处。

检验方法:钢尺检查。

注:束型控制点的竖向位置偏差合格点率应达到92%以上,且不得有超过表10-6数值的1.5倍的尺寸偏差。

(6)浇筑混凝土前穿入孔道的预应力筋,宜采取防止锈蚀的措施。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

(7)锚固阶段张拉端预应力筋的内缩量应符合设计要求;当设计无具体要求时,应符合第十章表10-7的规定。

检查数量:每工作班抽查预应力筋总数的3%,且不少于3束。

检验方法:钢尺检查。

(8)后张法预应力筋锚固后的外露部分,宜采用机械方法切割;其外露长度不宜小于预应力筋直径的1.5倍,且不宜小于30mm。



检查数量:在同一检验批内,抽查预应力筋总数的3%,且不少于5束。

检验方法:观察,钢尺检查。

(9)灌浆用水泥浆的水灰比不应大于0.45;搅拦后3h泌水率不宜大于2%,且不应大于3%。泌水应能在24h内全部重新被水泥浆吸收。

检查数量:同一配合比检查一次。

检验方法:检查水泥浆性能试验报告。

(10)灌浆用水泥浆的抗压强度不应小于 $30\text{N/mm}^2$ 。

检查数量:每工作班留置一组边长为 $70.7\text{mm}$ 的立方体试件。

检验方法:检查水泥浆试件强度试验报告。

注:①一组试件由6个试件组成,试件应标准养护28d;

②标养28d的试件强度,也可由标养7d的强度换算。

### 3. 质量记录

后张法有粘结预应力工程施工应具备以下质量记录:

(1)预应力筋出厂检验报告或质量证明书和复验报告。

(2)预应力筋用锚具或连接器的合格证、出厂检验报告和试验报告。

(3)预应力孔道灌浆用水泥及外加剂的合格证、出厂检验报告、试验报告、水泥浆性能试验报告、水泥浆试块强度报告。

(4)螺旋管的合格证、出厂检验报告。

(5)预应力张拉设备标定报告。

(6)隐蔽工程验收记录。

(7)预应力筋安装、张拉记录,灌浆记录。

- (8) 分项工程验收记录。
- (9) 张拉前混凝土强度试验报告。
- (10) 预应力设计变更及重大问题处理文件。
- (11) 其他必要的文件和记录。

## 第五节 后张法无粘结预应力工程施工

后张法无粘结预应力施工过程：混凝土构件或结构制作时，预先铺设无粘结预应力筋，然后浇筑混凝土并进行养护；待混凝土达到设计要求的强度后，张拉预应力筋并用锚具锚固；最后进行封锚。这种施工方法不需要留孔灌浆，施工方便，但预应力只能永久地靠锚具传递给混凝土，宜用于分散配置预应力筋的楼板与墙板、次梁及低预应力度的主梁等。

### 一、基本规定

- 1. 后张法预应力工程的施工应由具有相应资质等级的预应力专业施工单位承担。
- 2. 预应力筋张拉机具及仪表，应定期维护和校验。张拉设备应配套标定，标定后使用期限不应超过半年，并配套使用。

### 二、施工准备

#### 1. 技术准备

(1) 预应力混凝土结构施工前，施工单位应根据设计图纸，编制详细的适合于工程的预应力施工方案。

(2) 根据设计及施工方案的要求，选定预应力钢丝、钢绞线、锚具、承压板等。

(3) 预应力筋、锚具等的验收及复验。

(4) 预应力施工设备的检修、标定。

## 2. 材料要求

(1) 无粘结预应力筋：

① 无粘结预应力筋是带有专用防腐油脂涂料层和外包层的预应力筋，有钢绞线和钢丝束两种，其构造见图 9-44。常用无粘结筋的规格及技术性能见表 9-19。（本工艺标准提倡采用无粘结预应力钢绞线，不宜采用平行钢丝束无粘结筋）。

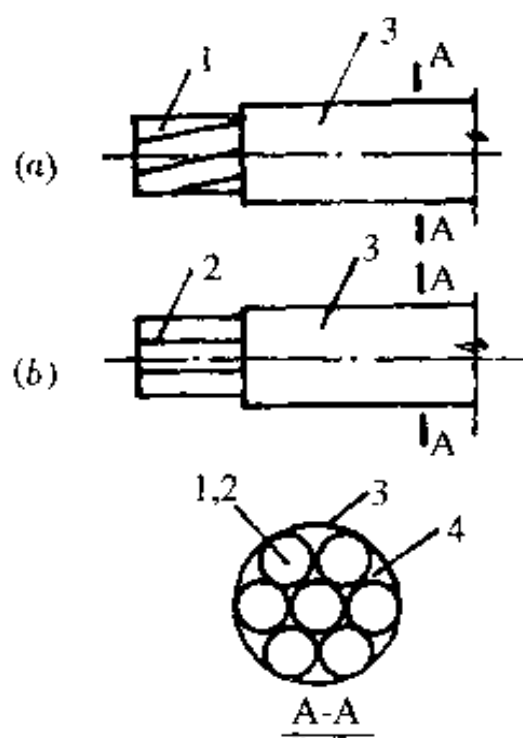


图 9-44 无粘结预应力筋的构造

(a) 无粘结钢绞线；(b) 无粘结钢丝束

1. 钢绞线；2. 平行钢丝；

3. 塑料护套；4. 油脂

表 9-19 常用无粘结筋规格及主要技术性能

预应力筋		钢 绞 线				钢丝束
钢 材	公称直径(mm)	φ15.24	φ15.0	φ12.7	φ12.9	7-φ5
	抗拉强度(N/mm <sup>2</sup> )	1860	1570	1860	1860	1570
	截面积(mm <sup>2</sup> )	140.0	139.98	98.71	100	137.4
	公称重量(kg/m)	1.102	1.091	0.775	0.785	1.08
	延伸率≥(%)	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0
	弹性模量(N/mm <sup>2</sup> )	$1.8 \times 10^5$	$1.8 \times 10^5$	$1.8 \times 10^5$	$1.8 \times 10^5$	$2.0 \times 10^5$
	松弛率≤(%)	2.5	8.0	2.5	2.5	8.0
护 套	塑料厚度(mm)	0.8~1.2	0.8~1.2	0.8~1.2	0.8~1.2	0.8~1.2
	油脂含量(g/m)	50	50	43	43	50

②制作无粘结预应力筋用的钢丝束、钢绞线必须符合国家标准《预应力混凝土用钢丝》(GB/T5223)、《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T5224)的规定。

检查数量:每 60t 为一批,每批抽取一组试件作力学性能检验。

检查方法:出厂合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

③无粘结预应力筋的涂料层采用专用防腐油脂,其性能应符合《无粘结预应力筋专用防腐润滑脂》(JG3007—1993)的规定,其塑料外套宜采用高密度聚乙烯,护套厚度应均匀,不得过松或过紧、破损。

检查数量:每 60t 为一批,每批抽取一组试件。

检验方法:产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

注:当有工程经验时,并经观察认为质量有保证时,可不作油脂用量和护套厚度的进场复验。

④无粘结预应力筋所用的钢绞线和钢丝不应有死弯,如

有死弯时必须切断。

## (2) 锚具、夹具、连接器:

①锚具:无粘结预应力筋锚具的选用,应根据无粘结预应力筋的品种、设计要求确定,对常用直径为 15mm、12mm 的单根钢绞线和 7 $\phi$ 5 钢丝束无粘结预应力筋,宜采用单孔锚具,也可采用不同规格的群锚锚具,固定端采用挤压锚或墩头锚板。常用无粘结预应力筋用锚具见表 9-20。

表 9-20 常用无粘结预应力筋锚具

无粘结预应力品种	张拉端	固定端
钢绞线	夹片锚具	挤压锚
7 $\phi$ 5 钢丝束	墩头锚具 夹片锚具	墩头锚

②无粘结预应力筋所使用的锚具、夹具、连接器按设计规定采用。其性能和应用应符合国家现行标准《预应力筋用锚具、夹具、连接器》(GB/T14370)和《预应力筋用锚具、夹具、连接器应用技术规程》(JGJ85)的规定。

外观检验:每检验批抽取 10%,且不少于 10 套。如表面无裂缝,尺寸符合设计要求。

硬度检查:抽取 5%,每个零件测试三点。

静载锚固能力检验:每检验批中抽取 3 套试件用的锚具、夹具、连接器。

检查数量:每检验批锚具不得超过 1000 套。

检验方法:产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。对材料、机加工尺寸,按出厂检验报告中所列指标进行核对。

注:对锚具用量较少的一般工程,如供货方提供有效的试验报告,可不做静载锚固性能试验。

## 3. 主要机具

主要机具见表 9-21。

预应力筋成型制作用普通机具：

- ①380V 电焊机、焊把线等。
- ②380V/220V 二级配电箱、电线若干。
- ③ $\phi 400$  砂轮切割机。

表 9-21 主要机具规格、性能

序号	名 称	型 号	性 能
1	高压电动油泵	ZB4/500	与千斤顶、镦头器、压花机、挤压机配套使用
2	张拉千斤顶	YCW 系列	用于夹片锚
3	钢绞线挤压机	JY45	用于 $\phi^{12}$ 、 $\phi^{15}$ 挤压锚
4	钢绞线压花机	YH30	用于 $\phi^{12}$ 、 $\phi^{15}$ 压花

④常用工具：绑钩、卷尺若干，扳手等。

⑤50m 尺。

#### 4. 作业条件

(1) 预应力筋下料、铺设的作业条件：

- ①预应力筋及锚具合格并有进场复验报告。
- ②螺旋筋、承压板、锚板等配套件合格。
- ③确认施工技术资料齐备。
- ④施工现场已具备铺设条件。

(2) 预应力张拉的作业条件：

- ①承受预应力的结构混凝土强度达到设计要求，并附有试验报告单；如设计无要求时，一般不得低于设计强度的 75%。
- ②张拉设备已经过配套标定并有标定报告。
- ③具备预应力筋的张拉顺序、初始拉力、超张拉控制拉力及其对应的施工油压值、预应力筋相对张拉伸长值允许范围的通知。
- ④承受预应力的结构混凝土质量检验完好。重点检查锚

具承压板下的混凝土质量,如有缺陷,应事先修补好。

⑤操作人员经过培训、持证上岗。

⑥通知监理工程师、质检员现场监督检查。

### 三、材料和质量要求

#### 1. 材料的关键要求

(1)制作无粘结预应力筋用的钢丝束、钢绞线必须符合国家标准《预应力混凝土用钢丝》(GB/T5223)和《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T5224)的规定。

(2)无粘结预应力筋的涂料层采用专用防腐油脂,其性能应符合《无粘结预应力筋专用防腐润滑脂》(JG3007)的规定。

(3)锚具、夹具、连接器性能和应用应分别符合国家现行标准《预应力筋用锚具、夹具、连接器》(GB/T14370)和《预应力筋用锚具、夹具、连接器应用技术规程》(JGJ85)的规定。

#### 2. 技术关键要求

(1)无粘结预应力筋所用的钢绞线和钢丝不应有死弯,如有死弯必须将其切除。

(2)无粘结预应力筋的张拉控制应力不应大于钢绞线抗拉强度的80%。

(3)无粘结预应力筋的张拉顺序按设计、规范及施工方案要求进行。

#### 3. 质量关键要求

(1)预应力筋、锚具、夹具、连接器等符合有关要求,并经检验合格。

(2)预应力筋张拉机具及仪表,应定期维护和校验。张拉设备应配套标定,并配套使用。

(3)张拉时,预应力筋、锚具、千斤顶应符合三心一线(变

角张拉应符合其特定要求)

(4) 保证无粘结预应力筋在混凝土中的矢高, 敷设的各种管线不得抬高或压低其高度。

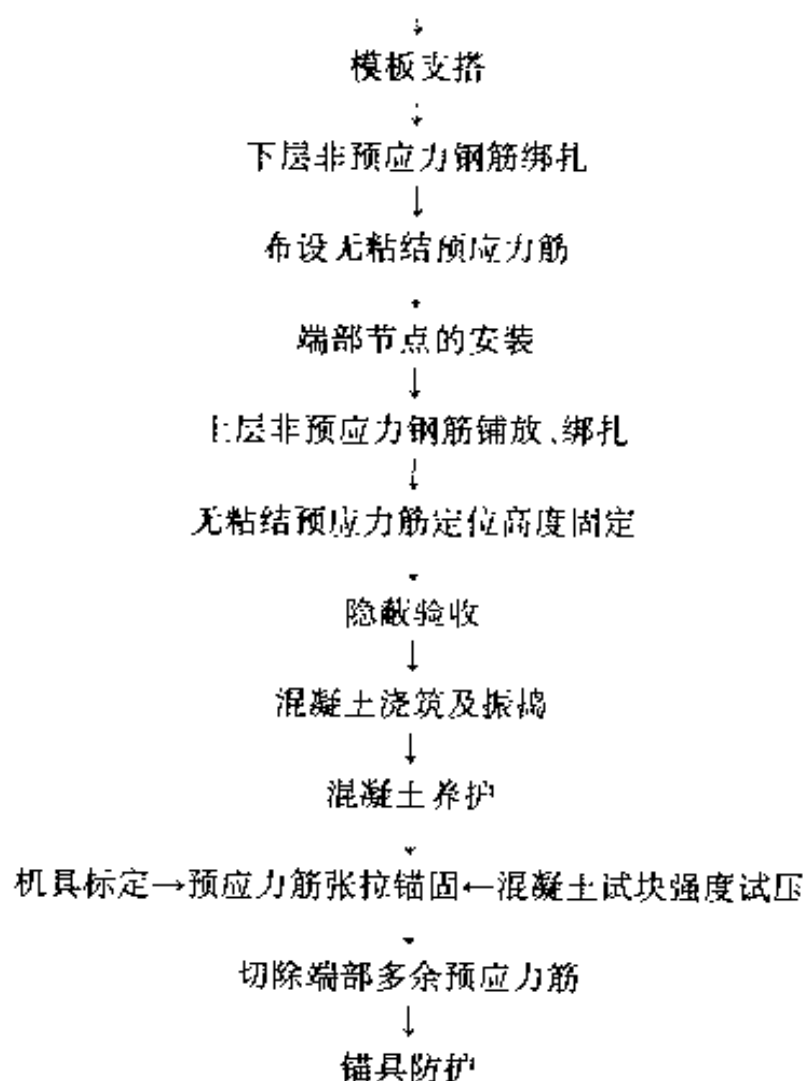
(5) 无粘结预应力筋固定端埋入式锚具, 安装后应认真检查。

(6) 无粘结预应力筋锚固端, 必须保证承压板、螺旋筋、网片筋等可靠固定, 锚固区混凝土必须振捣密实。

#### 四、施工工艺

##### 1. 工艺流程

预应力筋复验合格→预应力筋加工制作←挤压锚具复验合格





## 2. 制作工艺

### (1) 预应力筋的加工制作:

①所加工的预应力筋必须具有产品合格证,经过复验合格并具有报告或具有施工现场会同监理抽取的力学性能试验报告。

②无粘结筋塑料外套目测合格。

③具备书面下料单。

④预应力筋的吊运应运用软起吊,吊点应衬垫软垫层。

⑤下料过程中应随时检查无粘结筋外套管有无破裂,如有应立即用水密性胶带缠绕修补。胶带搭接宽度不小于带宽的一半,缠绕长度应超过破裂长度。严重破损者,切除不用。

⑥下料宜与工程进度相协调,不宜太多。

⑦挤压锚的制作:剥去套管,套上弹簧圈,端头与钢绞线齐平并不得乱圈、重叠。套上挤压套,钢绞线端头外露10mm左右。利用挤压机挤压成型,每次挤压均须清理挤压模并涂以润滑剂。挤压成型的挤压锚、钢绞线端头露出挤压套的长度不应小于1mm,在挤压套全长内均应有弹簧圈均布。每工作班应抽取三套挤压锚作挤压前、挤压后的外径、内径、全长、以及外观检查记录。

⑧钢丝镦头:采用LD-10型镦头器镦制 $\phi 5$ 钢丝,控制油压为32~36MPa先行试镦,外形稳定后,取6个镦头作强度试验,试验合格后再批量生产。批量生产中,目测外观,外形不良者应随时切除重镦。

⑨制成的预应力筋应分类码放,设置标牌,标注明显。应有防雨、防潮、防污染措施。

⑩下料宜用砂轮锯切割。

- (2) 模板支搭。
- (3) 下层非预应力钢筋绑扎。
- (4) 布置无粘结预应力筋：

①梁结构可采用钢筋井字架固定，板结构可采用铁马凳固定，定位点必须用钢丝绑扎。马凳高度根据设计要求确定，在最高点和最低点处可直接绑扎在非预应力筋上，但必须与设计高度相符。

②定位支撑点：支撑平板中单根无粘结预应力筋的支撑钢筋，间距不宜大于2m；对于支撑2~4根无粘结预应力束，支撑钢筋直径不宜小于10mm，间距不宜大于1.5m；对于更多束的预应力筋集束，支撑钢筋直径不宜小于12mm，支撑间距不宜大于1.2m。

③多根无粘结预应力筋集束的铺设应相互平行，走向平顺，不得互相扭绞。铺设时可单根顺次铺设，最后以间距为1~1.5m铁丝绑扎、并束。

④为保证无粘结预应力筋曲线矢高的要求，无粘结筋应和同方向非预应力筋配置在同一水平位置（跨中或最高点处）。

⑤双向配置时，还应注意筋的铺放顺序。施工前进行人工或电算编序，以确定预应力筋的铺放顺序。铺放时，按号顺次交错铺设，以免相互穿插造成施工困难。

⑥平板结构上如开有洞口，其预应力筋避让见图9-45。

如不能满足上述布置要求时，可与设计单位协商解决。措施办法有：

(a) 无粘结预应力筋平面布置改变以避让洞口，如并束等。

(b) 将洞口无粘结筋断开、各设张拉端和固定端，但对

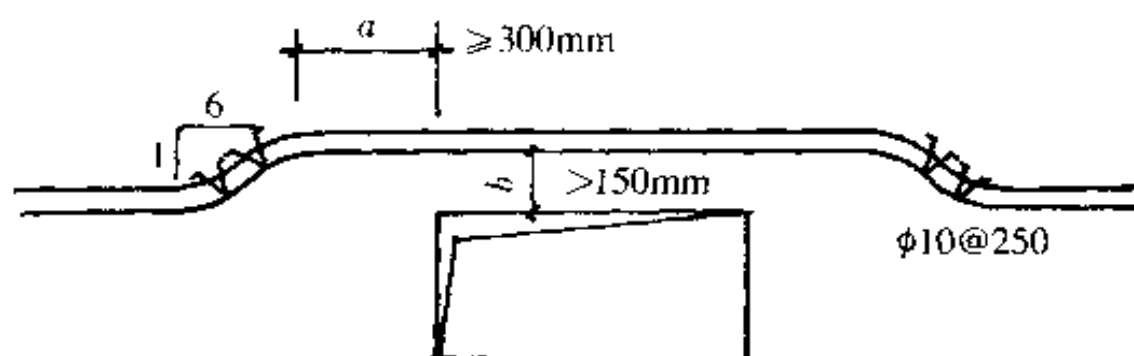


图9-45 开洞处预应力筋避开布置  
于梁板内的管线,安装预留孔等预应力筋不得避让。

#### (5) 端部节点安装:

①张拉端的安装:安装时将无粘结预应力筋从承压板的预留孔中穿出,其与承压板垂直区段用钢丝绑实。当安装锚具凹进混凝土的张拉端时,应安装穴模,同时在浇筑混凝土前,宜在承压板内表面位置将预应力筋外包塑料管沿周边切断,张拉时再将穴模拿掉。

②固定端的安装:按设计要求固定在模板内,并配置螺旋筋。固定端示意图9-46(挤压锚)、图9-47(镦头锚具)。

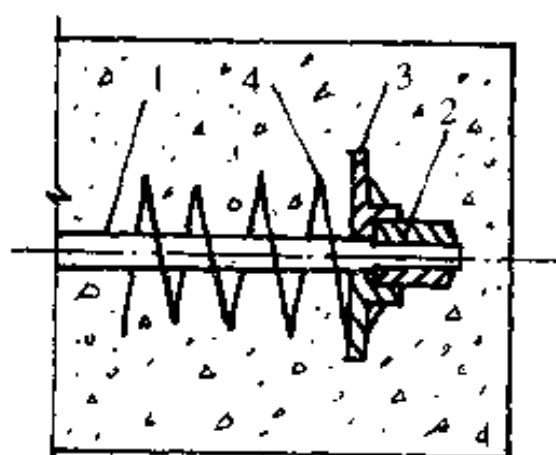


图9-46 固定端挤压锚安装示意图

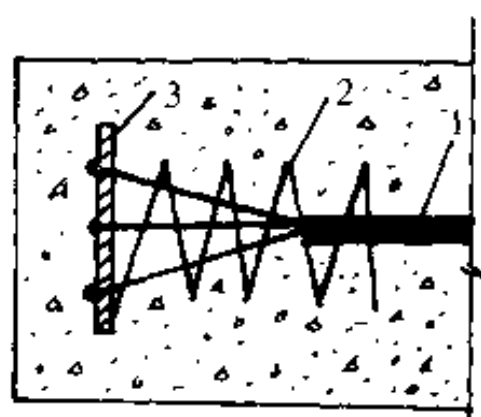


图9-47 固定端镦头锚具安装示意

1. 无粘结预应力筋; 2. 挤压锚;

3. 承压板; 4. 螺旋筋

1. 无粘结预应力筋;

2. 螺旋筋; 3. 镦头锚板

(6)上层非预应力钢筋绑扎。

(7)无粘结预应力筋的定位高度绑扎。根据设计要求,对无粘结预应力筋各定位高度进行检查,并用钢丝进行固定,同时对预应力筋进行调直,并修补局部外皮破损。

(8)隐蔽验收。会同监理进行隐蔽验收工作。需提供自检,预应力筋及其组装件的原材料合格证及复验报告。检验合格后,方可进行混凝土浇筑。

(9)混凝土浇筑及振捣:

①混凝土浇筑时,严禁踏压马凳及防止触动锚具,确保无粘结束型及锚具的位置准确。

②张拉端及锚固端混凝土应认真振捣,严禁漏振,保证混凝土的密实性。同时,严禁触碰张拉端穴模,避免由于穴模脱落而影响预应力筋的张拉进行。

③应增加两组同条件养护试块,以供预应力筋张拉时确定混凝土强度。

(10)混凝土养护。

(11)预应力筋张拉:

①作业条件具备见本节二、施工准备 4. 作业条件(2)款。

②逐根测量无粘结预应力筋的外露长度,记录下来作为张拉的原始长度,并作好顺序记录。

注:量测时,应注意预应力钢绞线的端头不一定很整齐,所以应以最长或最短根为准,并在张拉完成后测量时遵循同一标准。

③接通油泵加压至控制张拉力,而后进行锚固。当千斤顶行程不能满足张拉所需伸长时,中途可停止张拉,作临时锚固,再进行第二次张拉。

④当预应力筋规定为两端张拉,两端同时张拉时,宜先在一端锚固后,再在另一端补足张拉力再行锚固。也可一端先张拉并锚固,再在另一端张拉后锚固。

⑤预应力筋的锚固:应在规定油压下锚固。当采用液压顶压时,宜对夹片施加 10% ~ 20% 的顶压力,预应力筋回缩值不得大于 5mm。若采用夹片限位器,可不对夹片顶压,但预应力筋回缩值不得大于 8mm。

⑥张拉后再次测量无粘结预应力筋的外露长度,减去张拉前的长度,所得之差为实际伸长值。实际伸长值与理论伸长值的误差为  $\pm 6\%$ , 如不符,须查明原因,作出调整之后重新张拉。

⑦控制油压正确。当油表指针摆动时,必须停止油泵供油,以指针稳定时的读数为准。

⑧张拉过程中如发现以下情况必须重新标定张拉设备:

(a) 张拉过程中千斤顶漏油;

(b) 张拉伸长跳动不均匀;

(c) 油压表无压时,指针不回零;

(d) 多束相对伸长值超过限制或预应力筋出现颈缩破坏时。

⑨变角张拉:当张拉空间受到限制或特殊工程(如隧道、环向筋)时,可采用变角张拉。由于变角张拉会产生较大的应力损失,故一定要经设计同意。

⑩张拉完成后,应认真填写施加应力表格,由施工人员签名备查。

(12) 切除端部多余预应力筋:

①核查张拉时预应力筋的实际伸长值,应会同甲方、监理

确认在规定范围内后,方能进行端部多余预应力筋的切除。

②切除预应力筋在锚具外的多余部分。预应力筋切断后,其露出锚具外的长度不宜小于 30mm。宜采用砂轮锯切割,严禁使用电弧切割。

(13)锚具防护:锚固区的防护必须有充分的防锈和防火的保护措施,严防水气进入、锈蚀锚具或预应力筋。锚具防护按设计要求,如无要求时,通常有以下两种形式:

①将锚固区设置在后浇的混凝土圈梁内;

②设有后浇带的防护见图 9-48。在锚固区先用穴模留出防护空间,在预应力筋张拉后,切去多余钢丝,在金属部位涂防腐材料,在混凝土表面涂粘结剂,而后进行封闭。

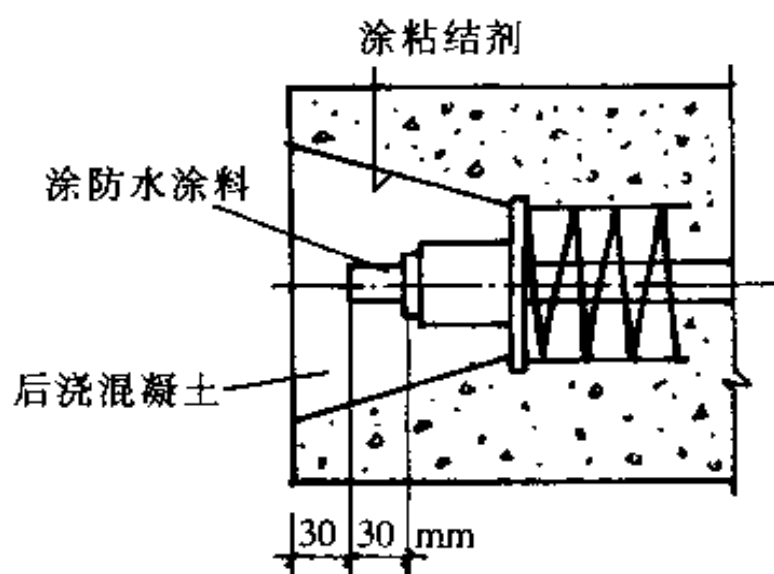


图 9-48 锚固区锚具防护示意图

## 五、质量验收标准

### 1. 主控项目

(1)制作无粘结筋的钢丝、钢绞线应符合国家标准《预应力混凝土用钢丝》(GB/T5223)和《预应力混凝土用钢绞线》

(GB/T5224)的规定。

(2)无粘结筋的涂料层、包裹层的材料质量必须符合无粘结预应力钢绞线标准的规定。

(3)预应力筋用锚具、夹具、连接器性能必须符合国家现行标准《预应力筋锚具、夹具和连接器》GB/T14370 等的规定。

(4)预应力筋安装时,其品种、级别、规格、数量必须符合设计要求。

(5)施工过程中,应避免电火花损伤预应力筋,受损伤的预应力筋必须予以更换。

(6)预应力筋张拉时,混凝土强度应符合设计要求;当设计无具体要求时,不应低于75%的设计强度。

(7)预应力筋的张拉力、张拉或放张顺序及张拉工艺应符合设计及施工技术方案的要求,并应符合下列规定:

①张拉设备配套标定并配套使用。张拉设备的标定期限不得超过半年。

②当施工需要超张拉时,最大张拉力应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GB50010)的规定不宜超过表9-12的数值,详见本章第二节三、预应力张拉力。

③张拉工艺应能保证同一束中预应力筋的应力均匀一致。

④预应力筋逐束或逐根张拉时,应保证各阶段不出现对结构不利的应力状态。

⑤采用控制应力张拉时,应校核预应力筋的伸长值。实际伸长值与设计计算伸长值的相对允许偏差为 $\pm 6\%$ 。

(8)张拉过程中,应避免预应力筋断裂或滑脱。如发生

断裂或滑脱时,其断裂或滑脱丝的数量严禁超过同一截面预应力筋总根数的 3%,且每束钢丝不得超过一根。对多跨双向连续板同一截面应按每跨计算。

(9)锚具的封闭保护应符合设计要求;当设计无要求时,应符合下列规定:

- ①应采取防止锚具腐蚀和遭受机械损伤的有效措施。
- ②凸出式锚固端锚具的保护层厚度不小于 50mm。
- ③外露预应力筋的保护层厚度:处于正常环境时,不小于 20mm;处于易受腐蚀的环境时,不小于 50mm。

## 2. 一般项目

(1)无粘结预应力筋护套应光滑、无裂缝、无明显褶皱。如有轻微破损者,应外包塑料防水胶带修补。严重破损者不得使用。

(2)预应力筋用锚具、夹具和连接器在使用前其表面应无污物、锈蚀、机械损伤和裂纹。

(3)无粘结预应力筋应采用机械方法切割,不得采用电弧切割;

(4)无粘结预应力筋布设质量标准见表 9-22 和表 10-6。

表 9-22 无粘结预应力筋安装质量要求及施工允许偏差

顺次	检 查 项 目	要 求	检查方法
1	张拉端预应力筋 轴线与承压板外表 及平直段长度	轴线与承压板垂直及平直段 $\geq 300\text{mm}$	观察及抽测
2	布筋后,预应力筋 走向	走向平顺、无扭绞	观 察



(续表)

顺次	检 查 项 目	要 求	检查方法
3	无粘结筋塑料外套 破损	有破损处允许修补合格	观 察
4	锚下螺旋筋或网片	螺旋筋长度及圈数符合设计 要求并紧贴承压板固定	观 察
5	埋入固定端、承压 板、锚具	锚具紧贴承压板 埋入固定端锚具不相互重 叠。锚具的保护层: (简支梁 $\geq 70\text{mm}$ 、连续梁 $\geq 60\text{mm}$ ) (简支板 $\geq 60\text{mm}$ 、连续 梁 $\geq 40\text{mm}$ )	观 察 抽 测
6	平板开洞避让	符合图纸、施工方案或变更 措施要求	检查资料
7	钢丝、钢绞线	不得作为导线 布筋期间或布筋以后如要进 行电焊作业,必须对预应力筋 进行防护	观 察
8	预应力筋定位与 设计位置偏差(纵向 预应力筋交叉点空 间冲突不受此限制)	见表 9-23 束形控制点竖向位置偏差合 格率 $\geq 90\%$ , 且不得超过表中 数值 1.5 倍尺寸偏差	抽 测
9	施工记录	完整、有签署	检查资料

(5) 后张无粘结预应力张拉操作一般项质量标准见表

9-23。

表 9-23 后张无粘结预应力张拉质量要求

顺次	检 查 项 目	要 求	检 查 方 法	数 量
1	锚具下承压板	平整、无残渣、预应力筋与承压板外表面垂直	观 察	全部
2	千斤顶安装	符合三心一线(变角张拉除外)	观 察	全部
3	预应力构件混凝土质量	锚具承压板后混凝土密实	观 察	全部
4	张拉顺序及程序	符合设计、方案要求	检查资料	全部
5	夹片锚预应力筋内缩值	有顶压, $\leq 5\text{mm}$ 无顶压, $\leq 8\text{mm}$	测 量	抽查
6	锚外筋切断	$\geq 30\text{mm}$	测 量	抽查
7	施工记录	完整、齐全、并有签署	检查记录	全部

### 3. 质量记录

后张法无粘结预应力工程施工应具备以下质量记录:

(1) 预应力筋出厂检验报告或质量证明书和复检报告。

(2) 预应力筋用锚具、夹具和连接器的合格证、出厂检验报告和有效的试验报告。

(3) 预应力张拉设备标定报告。

(4) 自检记录、隐检记录。

(5) 张拉记录。

- (6) 张拉时混凝土强度报告。
- (7) 预应力设计变更及重大问题处理文件。

# 第十章 钢筋及预应力工程施工 质量验收规定

## 第一节 混凝土结构工程施工质量验收基本规定

钢筋作为混凝土结构的分项工程,也应遵守混凝土结构工程施工质量验收的基本规定。

(1)混凝土结构施工现场质量管理应有相应的施工技术标准、健全的质量管理体系、施工质量控制和质量检验制度。

混凝土结构施工项目应有施工组织设计和施工技术方案,并经审查批准。

(2)混凝土结构子分部工程可根据结构的施工方法分为两类:现浇混凝土结构子分部工程和装配式混凝土结构子分部工程;根据结构的分类,还可分为钢筋混凝土结构子分部工程和预应力混凝土结构子分部工程等。

混凝土结构子分部工程可划分为模板、钢筋、预应力、混凝土、现浇结构和装配式结构等分项工程。

各分项工程可根据与施工方式相一致且便于控制施工质量的原则,按工作班、楼层、结构缝或施工段划分为若干检验批。

(3)对混凝土结构子分部工程的质量验收,应在钢筋、预

应力、混凝土、现浇结构或装配式结构等相关分项工程验收合格的基础上,进行质量控制资料检查及观感质量验收,并应对涉及结构安全的材料、试件、施工工艺和结构的重要部位进行见证检测或结构实体检验。

(4)分项工程的质量验收应在所含检验批验收合格的基础上,进行质量验收记录检查。

(5)检验批的质量验收应包括如下内容:

①实物检查,按下列方式进行:

(a)对原材料、构配件和器具等产品的进场复验,应按进场的批次和产品的抽样检验方案执行。

(b)对混凝土强度、预制构件结构性能等,应按国家现行有关标准和各章节规定的抽样检验方案执行。

(c)对本书各章节中采用计数检验的项目,应按抽查总点数的合格点率进行检查。

②资料检查,包括原材料、构配件和器具等的产品合格证(中文质量合格证明文件、规格、型号及性能检测报告等)及进场复验报告、施工过程中重要工序的自检和交接检记录、抽样检验报告、见证检测报告、隐蔽工程验收记录等。

(6)检验批合格质量应符合下列规定:

①主控项目的质量经抽样检验合格。

②一般项目的质量经抽样检验合格;当采用计数检验时,除有专门要求外,一般项目的合格点率应达到80%及以上,且不得有严重缺陷。

③具有完整的施工操作依据和质量验收记录。对验收合格的检验批,宜作出合格标志。

(7)检验批、分项工程、混凝土结构子分部工程的质量验收

可按表 10-1~表 10-3 记录,质量验收程序和组织应符合国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300-2001 的规定。

①检验批质量验收可按表 10-1 记录。

表 10-1 检验批质量验收记录

工程名称		分项工程名称		验收部位	
施工单位		专业工长		项目经理	
分包单位		分包项目经理		施工班组长	
施工执行标准 名称及编号					
检查项目		质量验收规范的规定	施工单位检查评定记录		监理(建设)单位验收记录
主控项目	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
一般项目	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
施工单位检查 评定结果		项目专业质量检查员          年    月    日			
监理(建设) 单位验收结论		监理工程师(建设单位项目专业技术负责人)  年    月    日			

检验批的质量验收记录应由施工项目专业质量检查员填写,监理工程师(建设单位项目专业技术负责人)组织项目专业质量检查员等进行验收。

检验批质量验收记录表也可作为施工单位自行检查评定的记录表格。

②分项工程质量验收可按表 10-2 记录。

表 10-2 分项工程质量验收记录

工程名称		结构类型		检验批数	
施工单位		项目经理		项目技术负责人	
分包单位		分包单位负责人		分包项目经理	
序号	检验批部位、区段	施工单位检查 评定结果	监理(建设)单位验收结论		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
检查 结论	项目专业技术负责人 年 月 日		验收 结论	监理工程师 (建设单位项目专业技术负责人) 年 月 日	

各分项工程质量应由监理工程师(建设单位项目专业技术负责人)组织项目专业技术负责人等进行验收。

分项工程的质量验收在检验批验收合格的基础上进行。一般情况下,两者具有相同或相近的性质,只是批量大小可能存在差异,因此,分项工程质量验收记录是各检验批质量验收记录的汇总。

③混凝土结构子分部工程质量验收可按表 10-3 记录。

表 10-3 混凝土结构子分部工程质量验收记录

工程名称		结构类型		层数	
施工单位		技术部门负责人		质量部门负责人	
分包单位		分包单位负责人		分包技术负责人	
序号	分项工程名称	检验批数	施工单位检查评定	验收意见	
1	钢筋分项工程				
2	预应力分项工程				
3	混凝土分项工程				
4	现浇结构分项工程				
5	装配式结构分项工程				
质量控制资料					
结构实体检验报告					
观感质量验收					
验收单位	分包单位	项目经理		年 月 日	
	施工单位	项目经理		年 月 日	
	勘察单位	项目负责人		年 月 日	
	设计单位	项目负责人		年 月 日	
	监理(建设)单位	总监理工程师 (建设单位项目专业负责人)		年 月 日	



混凝土结构子分部工程质量应由总监理工程师(建设单位项目专业负责人)组织施工项目经理和有关勘察、设计单位项目负责人进行验收。

由于模板在子分部工程验收时已不在结构中,且结构实体外观质量、尺寸偏差等项目的检验反应了模板工程的质量,因此,模板分项工程可不参与混凝土结构子分部工程质量的验收。

## 第二节 钢筋工程质量验收

钢筋分项工程是普通钢筋进场检验、钢筋加工、钢筋连接、钢筋安装等一系列技术工作和完成实体的总称。钢筋分项工程所含的检验批可根据施工工序和验收的需要确定。

### 一、一般规定

(1)当钢筋的品种、级别或规格需作变更时,应办理设计变更文件。

在施工过程中,当施工单位缺乏设计所要求的钢筋品种、级别或规格时,可进行钢筋代换。为了保证对设计意图的理解不产生偏差,规定当需要作钢筋代换时应办理设计变更文件,以确保满足原结构设计的要求,并明确钢筋代换由设计单位负责。本条为强制性条文,应严格执行。

(2)在浇筑混凝土之前,应进行钢筋隐蔽工程验收,其主要包括:

①纵向受力钢筋的品种、规格、数量、位置等。

②钢筋的连接方式、接头位置、接头数量、接头面积百分率等。

③箍筋、横向钢筋的品种、规格、数量、间距等。

④预埋件的规格、数量、位置等。

钢筋隐蔽工程反映钢筋分项工程施工的综合质量,在浇筑混凝土之前验收是为了确保受力钢筋等的加工、连接和安装满足设计要求,并在结构中发挥其应有的作用。

## 二、原材料

### 1. 主控项目

(1) 钢筋进场时,应按现行国家标准《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》GB1499 等的规定抽取试件作力学性能检验,其质量必须符合有关标准的规定。

检查数量:按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法:检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

钢筋对混凝土结构构件的承载力至关重要,对其质量应从严要求。普通钢筋应符合现行国家标准《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》GB1499、《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》GB13013 和《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB13014 的要求。钢筋进场时,应检查产品合格证和出厂检验报告,并按规定进行抽样检验。本条为强制性条文,应严格执行。

由于工程量、运输条件和各种钢筋的用量等的差异,很难对各种钢筋的进场检查数量作出统一规定。实际检查时,若有关标准中对进场检验数量作了具体规定,应遵照执行;若有关标准中只有对产品出厂检验数量的规定,则在进场检验时,检查数量可按下列情况确定:

①当一次进场的数量大于该产品的出厂检验批量时,应划分为若干个出厂检验批量,然后按出厂检验的抽样方案执

行。

②当一次进场的数量小于或等于该产品的出厂检验批量时,应作为一个检验批量,然后按出厂检验的抽样方案执行。

③对连续进场的同批钢筋,当有可靠依据时,可按一次进场的钢筋处理。

本条的检验方法中,产品合格证、出厂检验报告是对产品质量的证明资料,通常应列出产品的主要性能指标;当用户有特别要求时,还应列出某些专门检验数据。有时,产品合格证、出厂检验报告可以合并。进场复验报告是进场抽样检验的结果,并作为判断材料能否在工程中应用的依据。

在本手册中,涉及原材料进场检查数量和检验方法时,除有明确规定外,都应按以上叙述理解、执行。

(2)对有抗震设防要求的框架结构,其纵向受力钢筋的强度应满足设计要求;当设计无具体要求时,对一、二级抗震等级,检验所得的强度实测值应符合下列规定:

①钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于 1.25。

②钢筋的屈服强度实测值与强度标准值的比值不应大于 1.3。

检查数量:按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法:检查进场复验报告。

根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定,按一、二级抗震等级设计的框架结构中的纵向受力钢筋,其强度实测值应满足本条的要求,其目的是为了保证在地震作用下,结构某些部位出现塑性铰以后,钢筋具有足够的变形能力。本条为强制性条文,应严格执行。

(3) 当发现钢筋脆断、焊接性能不良或力学性能显著不正常等现象时,应对该批钢筋进行化学成分检验或其他专项检验。

检验方法:检查化学成分等专项检验报告。

在钢筋分项工程施工过程中,若发现钢筋性能异常,应立即停止使用,并对同批钢筋进行专项检验。

## 2. 一般项目

钢筋应平直、无损伤,表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状老锈。

检查数量:进场时和使用前全数检查。

检验方法:观察。

为了加强对钢筋外观质量的控制,钢筋进场时和使用前均应对外观质量进行检查。弯折钢筋不得敲直后作为受力钢筋使用。钢筋表面不应有颗粒状或片状老锈,以免影响钢筋强度和锚固性能。本条也适用于加工以后较长时期未使用而可能造成外观质量达不到要求的钢筋半成品的检查。

## 三、钢筋加工

### 1. 主控项目

(1) 受力钢筋的弯钩和弯折应符合下列规定:

① HPB235 级钢筋末端应作  $180^\circ$  弯钩,其弯弧内直径不应小于钢筋直径的 2.5 倍,弯钩的弯后平直部分长度不应小于钢筋直径的 3 倍。

② 当设计要求钢筋末端需作  $135^\circ$  弯钩时,HRB335 级、HRB400 级钢筋的弯弧内直径不应小于钢筋直径的 4 倍,弯钩的弯后平直部分长度应符合设计要求。

③ 钢筋作不大于  $90^\circ$  的弯折时,弯折处的弯弧内直径不

应小于钢筋直径的 5 倍。

**检查数量:**按每工作班同一类型钢筋、同一加工设备抽查不应少于 3 件。

**检验方法:**钢尺检查。

(2)除焊接封闭环式箍筋外,箍筋的末端应作弯钩,弯钩形式应符合设计要求;当设计无具体要求时,应符合下列规定:

①箍筋弯钩的弯弧内直径除应满足本条第(1)款的规定外,尚应不小于受力钢筋直径。

②箍筋弯钩的弯折角度:对一般结构,不应小于  $90^\circ$ ;对有抗震等要求的结构,应为  $135^\circ$ 。

③箍筋弯后平直部分长度:对一般结构,不宜小于箍筋直径的 5 倍;对有抗震等要求的结构,不应小于箍筋直径的 10 倍。

**检查数量:**按每工作班同一类型钢筋、同一加工设备抽查不应少于 3 件。

**检验方法:**钢尺检查。

上述(1)、(2)款对各种级别普通钢筋弯钩、弯折和箍筋的弯弧内直径、弯折角度、弯后平直部分长度分别提出了要求。受力钢筋弯钩、弯折的形状和尺寸,对于保证钢筋与混凝土协同受力非常重要。根据构件受力性能的不同要求,合理配置箍筋有利于保证混凝土构件的承载力,特别是对配筋率较高的柱、受扭的梁和有抗震设防要求的结构构件更为重要。

对规定抽样检查的项目,应在全数观察的基础上,对重要部位和观察难以判定的部位进行抽样检查。抽样检查的数量通常采用“双控”的方法,即在按比例抽样的同时,还限定了

检查的最小数量。

## 2. 一般项目

(1) 钢筋调直宜采用机械方法,也可采用冷拉方法。当采用冷拉方法调直钢筋时,HPB235 级钢筋的冷拉率不宜大于 4%,HRB335 级、HRB400 级和 RRB400 级钢筋的冷拉率不宜大于 1%。

检查数量:按每工作班同一类型钢筋、同一加工设备抽查不应少于 3 件。

检验方法:观察、钢尺检查。

盘条供应的钢筋使用前需要调直。调直宜优先采用机械方法,以有效控制调直钢筋的质量;也可采用冷拉方法,但应控制冷拉伸长率,以免影响钢筋的力学性能。

(2) 钢筋加工的形状、尺寸应符合设计要求,其偏差应符合表 10-4 的规定。

检查数量:按每工作班同一类型钢筋、同一加工设备抽查不应少于 3 件。

检验方法:钢尺检查。

表 10-4 钢筋加工的允许偏差

项 目	允许偏差(mm)
受力钢筋顺长度方向全长的净尺寸	$\pm 10$
弯起钢筋的弯折位置	$\pm 20$
箍筋内净尺寸	$\pm 5$

本条提出了钢筋加工形状、尺寸偏差的要求。其中,箍筋内净尺寸是新增项目,对保证受力钢筋和箍筋本身的受力性能都较为重要。

## 四、钢筋连接

### 1. 主控项目

(1) 纵向受力钢筋的连接方式应符合设计要求。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

本条提出了纵向受力钢筋连接方式的基本要求,这是保证受力钢筋应力传递及结构构件的受力性能所必需的。目前,钢筋的连接方式已有多种,应按设计要求采用。

(2) 在施工现场,应按国家现行标准《钢筋机械连接通用技术规程》JGJ 107、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的规定抽取钢筋机械连接接头、焊接接头试件作力学性能检验,其质量应符合有关规程的规定。

检查数量:按有关规程确定。

检验方法:检查产品合格证、接头力学性能试验报告。

近年来,钢筋机械连接和焊接的技术发展较快,国家现行标准《钢筋机械连接通用技术规程》JGJ 107、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 对其应用、质量验收等都有明确的规定,验收时应遵照执行。对钢筋机械连接和焊接,除应按相应规定进行型式、工艺检验外,还应从结构中抽取试件进行力学性能检验。

### 2. 一般项目

(1) 钢筋的接头宜设置在受力较小处。同一纵向受力钢筋不宜设置两个或两个以上接头。接头末端至钢筋弯起点的距离不应小于钢筋直径的 10 倍。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察,钢尺检查。

受力钢筋的连接接头宜设置在受力较小处,同一钢筋在

同一受力区段内不宜多次连接,以保证钢筋的承载、传力性能。本条还对接头距钢筋弯起点的距离作出了规定。

(2)在施工现场,应按国家现行标准《钢筋机械连接通用技术规程》JGJ 107、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的规定对钢筋机械连接接头、焊接接头的外观进行检查,其质量应符合有关规程的规定。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

本条对施工现场的机械连接接头和焊接接头提出了外观质量要求。对全数检查的项目,通常均采用观察检查的方法,但对观察难以判定的部位,可辅以量测检查。

(3)当受力钢筋采用机械连接接头或焊接接头时,设置在同一构件内的接头宜相互错开。

纵向受力钢筋机械连接接头及焊接接头连接区段的长度为 35 倍  $d$  ( $d$  为纵向受力钢筋的较大直径)且不小于 500mm,凡接头中点位于该连接区段长度内的接头均属于同一连接区段。同一连接区段内,纵向受力钢筋机械连接及焊接的接头面积百分率为该区段内有接头的纵向受力钢筋截面面积与全部纵向受力钢筋截面面积的比值。

同一连接区段内,纵向受力钢筋的接头面积百分率应符合设计要求;当设计无具体要求时,应符合下列规定:

①在受拉区不宜大于 50%。

②接头不宜设置在有抗震设防要求的框架梁端、柱端的箍筋加密区;当无法避开时,对等强度高质量机械连接接头,不应大于 50%。

③直接承受动力荷载的结构构件中,不宜采用焊接接头;



当采用机械连接接头时,不应大于 50%。

检查数量:在同一检验批内,对梁、柱和独立基础,应抽查构件数量的 10%,且不少于 3 件;对墙和板,应按有代表性的自然间抽查 10%,且不少于 3 间;对大空间结构,墙可按相邻轴线间高度 5m 左右划分检查面,板可按纵、横轴线划分检查面,抽查 10%,且均不少于 3 面。

检查方法:观察,钢尺检查。

本条给出了受力钢筋机械连接和焊接的应用范围、连接区段的定义以及接头面积百分率的限制。

(4) 同一构件中相邻纵向受力钢筋的绑扎搭接接头宜相互错开。绑扎搭接接头中钢筋的横向净距不应小于钢筋直径,且不应小于 25mm。

钢筋绑扎搭接接头连接区段的长度为  $1.3l_l$  ( $l_l$  为搭接长度),凡搭接接头中点位于该连接区段长度内的搭接接头均属于同一连接区段。同一连接区段内,纵向钢筋搭接接头面积百分率为该区段内有搭接接头的纵向受力钢筋截面面积与全部纵向受力钢筋截面面积的比值(图 10-1)。

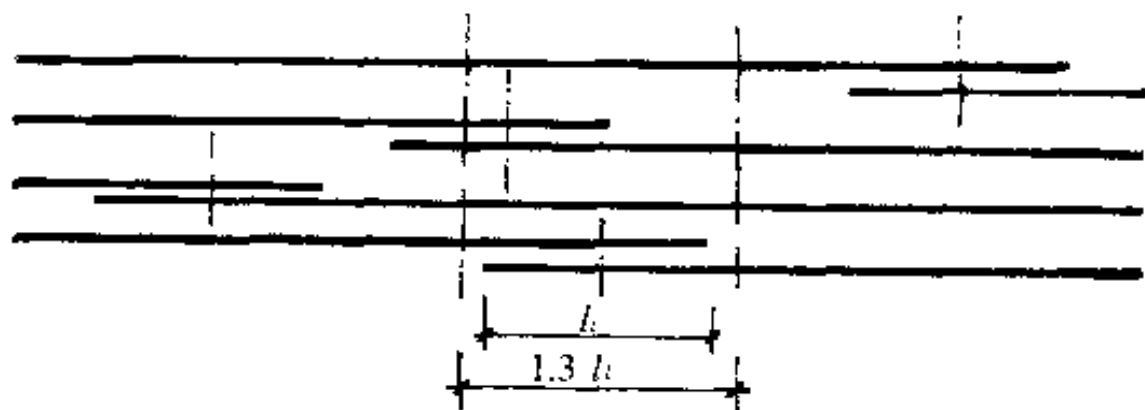


图 10-1 钢筋绑扎搭接接头连接区段及接头面积百分率

$l_l$ —搭接长度

注:图中所示搭接接头同一连接区段内的搭接钢筋为两根,当各钢筋直径相同时,接头面积百分率为50%

同一连接区段内,纵向受拉钢筋搭接接头面积百分率应符合设计要求;当设计无具体要求时,应符合下列规定:

- ①对梁类、板类及墙类构件,不宜大于25%。
- ②对柱类构件,不宜大于50%。
- ③当工程中确有必要增大接头面积百分率时,对梁类构件,不应大于50%;对其他构件,可根据实际情况放宽。

纵向受力钢筋绑扎搭接接头的最小搭接长度应符合第二章第四节四、中的规定。

检查数量:在同一检验批内,对梁、柱和独立基础,应抽查构件数量的10%,且不少于3件;对墙和板,应按有代表性的自然间抽查10%,且不少于3间;对大空间结构,墙可按相邻轴线间高度5m左右划分检查面,板可按纵、横轴线划分检查面,抽查10%,且均不少于3面。

检验方法:观察,钢尺检查。

为了保证受力钢筋绑扎搭接接头的传力性能,本条给出了受力钢筋搭接接头连接区段的定义、接头面积百分率的限制以及最小搭接长度的要求。在第二章第四节四、纵向受力钢筋的最小搭接长度中给出了各种条件下确定受力钢筋最小搭接长度的方法。

(5)在梁、柱类构件的纵向受力钢筋搭接长度范围内,应按设计要求配置箍筋。当设计无具体要求时,应符合下列规定:

- ①箍筋直径不应小于搭接钢筋较大直径的0.25倍。
- ②受拉搭接区段的箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径

的5倍,且不应大于100mm。

③受压搭接区段的箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的10倍,且不应大于200mm。

④当柱中纵向受力钢筋直径大于25mm时,应在搭接接头两个端面外100mm范围内各设置两个箍筋,其间距宜为50mm。

**检查数量:**在同一检验批内,对梁、柱和独立基础,应抽查构件数量的10%,且不少于3件;对墙和板,应按有代表性的自然间抽查10%,且不少于3间;对大空间结构,墙可按相邻轴线间高度5m左右划分检查面,板可按纵、横轴线划分检查面,抽查10%,且均不少于3面。

**检验方法:**钢尺检查。

搭接区域的箍筋对于约束搭接传力区域的混凝土、保证搭接钢筋传力至关重要。根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定,给出了搭接长度范围内的箍筋直径、间距等构造要求。

## 五、钢筋安装

### 1. 主控项目

钢筋安装时,受力钢筋的品种、级别、规格和数量必须符合设计要求。

**检查数量:**全数检查。

**检验方法:**观察,钢尺检查。

受力钢筋的品种、级别、规格和数量对结构构件的受力性能有重要影响,必须符合设计要求。本条为强制性条文,应严格执行。

### 2. 一般项目

钢筋安装位置的偏差应符合表 10-5 的规定。

检查数量:在同一检验批内,对梁、柱和独立基础,应抽查构件数量的 10%,且不少于 3 件;对墙和板,应按有代表性的自然间抽查 10%,且不少于 3 间;对大空间结构,墙可按相邻轴线间高度 5m 左右划分检查面,板可按纵、横轴线划分检查面,抽查 10%,且均不少于 3 面。

表 10-5 钢筋安装位置的允许偏差和检验方法

项 目			允许偏差 (mm)	检验方法
绑扎 钢筋网	长、宽		±10	钢尺检查
	网眼尺寸		±20	钢尺量连接三档,取最大值
绑扎钢筋 骨架	长		±10	钢尺检查
	宽、高		±5	钢尺检查
受力钢筋	间距		±10	钢尺量两端、中间各一点,取 最大值
	排距		±5	
	保护层 厚度	基础	±10	钢尺检查
		柱、梁	±5	钢尺检查
		板、墙、壳	±3	钢尺检查
绑扎箍筋、横向钢筋间距			±20	钢尺量连接二档,取最大值
钢筋弯起点位置			20	钢尺检查
预埋件	中心线位置		5	钢尺检查
	水平高差		+3,0	钢尺和塞尺检查

注:①检查预埋件中心线位置时,应沿纵、横两个方向量测,并取其中的较大值。

②表中梁类、板类构件上部纵向受力钢筋保护层厚度的合格点率应达到 90% 及以上,且不得有超过表中数值 1.5 倍的尺寸偏差。

本条规定了钢筋安装位置的允许偏差。梁、板类构件上

部纵向受力钢筋的位置对结构构件的承载能力和抗裂性能等有重要影响。由于上部纵向受力钢筋移位而引发的事故通常较为严重,应加以避免。本条通过对保护层厚度偏差的要求,对上部纵向受力钢筋的位置加以控制,并单独将梁、板类构件上部纵向受力钢筋保护层厚度偏差的合格点率要求规定为90%及以上。对其他部位,表中所列保护层厚度的允许偏差的合格点率要求仍为80%及以上。

### 第三节 预应力工程质量验收

预应力分项工程是预应力筋、锚具、夹具、连接器等材料的进场检验、后张法预留管道设置或预应力筋布置、预应力筋张拉、放张、灌浆直至封锚保护等一系列技术工作和完成实体的总称。由于预应力施工工艺复杂,专业性较强,质量要求较高,故预应力分项工程所含检验项目较多,且规定较为具体。根据具体情况,预应力分项工程可与混凝土结构一同验收,也可单独验收。

#### 一、一般规定

(1)后张法预应力工程的施工应由具有相应资质等级的预应力专业施工单位承担。

后张法预应力施工是一项专业性强、技术含量高、操作要求严的作业,故应由获得有关部门批准的预应力专项施工资质的施工单位承担。预应力混凝土结构施工前,专业施工单位应根据设计图纸,编制预应力施工方案。当设计图纸深度不具备施工条件时,预应力施工单位应予以完善,并经设计单位审核后实施。

(2) 预应力筋张拉机具设备及仪表,应定期维护和校检。张拉设备应配套标定,并配套使用。张拉设备的标定期限不应超过半年。当在使用过程中出现反常现象时或在千斤顶检修后,应重新标定。

- ①张拉设备标定时,千斤顶活塞的运动方向应与实际张拉工作状态一致。
- ②压力表的精度不应低于 1.5 级,标定张拉设备用的试验机或测力计精度不应低于  $\pm 2\%$ 。

本条规定了预应力张拉设备的校验和标定要求。张拉设备(千斤顶、油泵及压力表等)应配套标定,以确定压力表读数与千斤顶输出力之间的关系曲线。这种关系曲线对应于特定的一套张拉设备,故配套标定后应配套使用。由于千斤顶主动工作和被动工作时,压力表读数与千斤顶输出力之间的关系是不一致的,故要求标定时千斤顶活塞的运行方向应与实际张拉工作状态一致。

(3) 在浇筑混凝土之前,应进行预应力隐蔽工程验收,其内容包括:

- ①预应力筋的品种、规格、数量、位置等。
- ②预应力筋锚具和连接器的品种、规格、数量、位置等。
- ③预留孔道的规格、数量、位置、形状及灌浆孔、排气兼泌水管等。
- ④锚固区局部加强构造等。

预应力隐蔽工程反映预应力分项工程施工的综合质量,在浇筑混凝土之前验收是为了确保预应力筋等的安装符合设计要求并在混凝土结构中发挥其应有的作用。本条对预应力隐蔽工程验收的内容作出了具体规定。

## 二、原材料

### 1. 主控项目

(1) 预应力筋进场时,应按现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 等的规定抽取试件作力学性能检验,其质量必须符合有关标准的规定。

检查数量:按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法:检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

常用的预应力有钢丝、钢绞线、热处理钢筋等,其质量应符合相应的现行国家标准《预应力混凝土用钢丝》GB/T5223、《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224、《预应力混凝土用热处理钢筋》GB 4463 等的要求。预应力筋是预应力分项工程中最重要原材料,进场时应根据进场批次和产品的抽样检验方案确定检验批,进行进场复验。由于各厂家提供的预应力筋产品合格证内容与格式不尽相同,为统一及明确有关内容,要求厂家除了提供产品合格证外,还应提供反映预应力筋主要性能的出厂检验报告,两者也可合并提供。进场复验可仅作主要的力学性能试验。本章中,涉及原材料进场检查数量和检验方法时,除有明确规定外,都应按本章第二节二、原材料中第1条(1)款中的说明理解、执行。本条为强制性条文,应严格执行。

(2) 无粘结预应力筋的涂包质量应符合无粘结预应力钢绞线标准的规定。

检查数量:每 60t 为一批,每批抽取一组试件。

检验方法:观察,检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

当有工程经验,并经观察认为质量有保证时,可不作油脂用量和护套厚度的

进场复验。

无粘结预应力筋的涂包质量对保证预应力筋防腐及准确地建立预应力非常重要。涂包质量的检验内容主要有涂包层油脂用量、护套厚度及外观。当有工程经验,并经观察确认质量有保证时,可仅作外观检查。

(3)预应力筋用锚具、夹具和连接器应按设计要求采用,其性能应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T14370 等的规定。

检查数量:按进场批次产品和抽样检验方案确定。

检验方法:检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

对锚具用量较少的一般工程,如供货方提供有效的试验报告,可不作静载锚固性能试验。

目前国内锚具生产厂家较多,各自形成配套产品,产品结构尺寸及构造也不尽相同。为确保实现设计意图,要求锚具、夹具和连接器按设计规定采用,其性能和应用应分别符合国家现行标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 和《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85 的规定。锚具、夹具和连接器的进场检验主要作锚具(夹具、连接器)的静载试验,材质、机加工尺寸等只需按出厂检验报告中所列指标进行核对。

(4)孔道灌浆用水泥应采用普通硅酸盐水泥,其质量应符合现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》GB175 等的规定。孔道灌浆用外加剂的质量应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB8076、《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119 等和有关环境保护的规定。



检查数量:按进场批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法:检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

对孔道灌浆用水泥和外加剂用量较少的一般工程,当有可靠依据时,可不作材料性能的进场复验。

孔道灌浆一般采用素水泥浆。由于普通硅酸盐水泥浆的泌水率较小,故规定应采用普通硅酸盐水泥配制水泥浆。水泥浆中掺入外加剂可改善其稠度、泌水率、膨胀率、初凝时间、强度等特性,但预应力筋对应力腐蚀较为敏感,故水泥和外加剂中均不能含有对预应力筋有害的化学成分。

孔道灌浆所采用水泥和外加剂数量较少的一般工程,如果由使用单位提供近期采用的相同品牌和型号的水泥及外加剂的检验报告,也可不作水泥和外加剂性能的进场复验。

## 2. 一般项目

(1) 预应力筋使用前应进行外观检查,其质量应符合下列要求:

①有粘结预应力筋展开后应平顺,不得有弯折,表面不应有裂纹、小刺、机械损伤、氧化铁皮和油污等。

②无粘结预应力筋护套应光滑、无裂缝,无明显褶皱。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

无粘结预应力筋护套轻微破损者应外包防水塑料胶带修补,严重破损者不得使用。

预应力筋进场后可能由于保管不当引起锈蚀、污染等,故使用前应进行外观质量检查。对有粘结预应力筋,可按各相关标准进行检查。对无粘结预应力筋,若出现护套破损,不仅

影响密封性,而且增加预应力摩擦损失,故应根据不同情况进行处理。

(2)预应力筋用锚具、夹具和连接器使用前应进行外观检查,其表面无污物、锈蚀、机械损伤和裂纹。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

当锚具、夹具及连接器进场入库时间较长时,可能造成锈蚀、污染等,影响其使用性能,故使用前应重新对其外观进行检查。

(3)预应力混凝土用金属螺旋管的尺寸和性能应符合国家现行标准《预应力混凝土用金属螺旋管》JG/T 3013 的规定。

检查数量:按进场批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法:检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

对金属螺旋管用量较少的一般工程,当有可靠依据时,可不作径向刚度、抗渗漏性的进场复验。

(4)预应力混凝土用金属螺旋管在使用前应进行外观检查,其内外表面应清洁,无锈蚀,不应有油污、孔洞和不规则的褶皱,咬口不应有开裂或脱扣。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

目前,后张预应力工程中多采用金属螺旋管预留孔道。金属螺旋管的刚度和抗渗性能是很重要的质量指标,但试验较为复杂。当使用单位能提供近期采用的相同品牌和型号金属螺旋管的检验报告或有可靠工程经验时,也可不作这两项

检验。由于金属螺旋管经运输、存放可能出现伤痕、变形、锈蚀、污染等,故使用前应进行外观质量检查。

### 三、制作与安装

#### 1. 主控项目

(1) 预应力筋安装时,其品种、级别、规格、数量必须符合设计要求。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察,钢尺检查。

预应力筋的品种、级别、规格和数量对保证预应力结构构件的抗裂性能及承载力至关重要,故必须符合设计要求。本条为强制性条文,应严格执行。

(2) 先张法预应力施工时应选用非油质类模板隔离剂,并应避免沾污预应力筋。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

先张法预应力施工时,油质类隔离剂可能沾污预应力筋,严重影响粘结力,并且会污染混凝土表面,影响装修工程质量,故应避免。

(3) 施工过程中应避免电火花损伤预应力筋:受损伤的预应力筋应予以更换。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

预应力筋若遇电火花损伤,容易在张拉阶段脆断,故应避免。施工时应避免将预应力筋作为电焊的一级。受电火花损伤的预应力筋应予以更换。

#### 2. 一般项目

(1) 预应力筋下料应符合下列要求:

① 预应力筋应采用砂轮锯或切断机切断,不得采用电弧切割。

② 当钢丝束两端采用镦头锚具时,同一束中各根钢丝长度的极差不应大于钢丝长度的  $1/5000$ ,且不应大于  $5\text{mm}$ 。当成组张拉长度不大于  $10\text{m}$  的钢丝时,同组钢丝长度的极差不得大于  $2\text{mm}$ 。

检查数量:每工作班抽查预应力筋总数的  $3\%$ ,且不少于 3 束。

检验方法:观察,钢尺检查。

预应力筋常采用无齿锯或机械切断机切割。当采用电弧切割时,电弧可能损伤高强度钢丝、钢绞线,引起预应力筋拉断,故应禁止采用。对同一束中各根钢丝下料长度的极差(最大值与最小值之差)的规定,仅适用于钢丝束两端均采用镦头锚具的情况,目的是为了保证同一束中各根钢丝的预加力均匀一致。本章中,对规定抽样检查的项目,应在全数观察的基础上,对重要部位和观察难以判定的部位进行抽样检查。

(2) 预应力筋端部锚具的制作质量应符合下列要求:

① 挤压锚具制作时压力表油压应符合操作说明书的规定,挤压后预应力筋外端应露出挤压套筒  $1 \sim 5\text{mm}$ 。

② 钢绞线压花锚成形时,表面应清洁、无油污、梨形头尺寸和直线段长度应符合设计要求。

③ 钢丝镦头的强度不得低于钢丝强度标准值的  $98\%$ 。

检查数量:对挤压锚,每工作班抽查  $5\%$ ,且不应少于 5 件;对压花锚,每工作班抽查 3 件;对钢丝镦头强度,每批钢丝检查 6 个镦头试件。

检验方法:观察,钢尺检查,检查锚头强度试验报告。

预应力筋的端部锚具制作质量对可靠地建立预应力非常重要。本条规定了挤压锚、压花锚、墩头锚的制作质量要求。本条对墩头锚制作质量的要求,主要是为了检测钢丝的可锚性,故规定按钢丝的进场批量检查。

(3)后张法的粘结预应力筋预留孔道的规格、数量、位置和形状除应符合设计要求外,尚应符合下列规定:

①预留孔道的定位应牢固,浇注混凝土时不应出现移位和变形。

②孔道应平顺,端部的预埋锚垫板应垂直于孔道中心线。

③成孔用管道应密封良好,接头应严密且不得漏浆。

④灌浆孔的间距:对预埋金属螺旋管不宜大于30m;对抽芯成形孔道不宜大于12m。

⑤在曲线孔道的曲线波峰部位应设置排气兼泌水管,必要时可在最低点设置排水孔。

⑥灌浆孔及泌水管的孔径应能保证浆液畅通。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察,钢尺检查。

浇筑混凝土时,预留孔道定位不牢固会发生移位,影响建立预应力的效果。为确保孔道成型质量,除应符合设计要求外,还应符合本条对预留孔道安装质量作出的相应规定。对后张法预应力混凝土结构中预留孔道的灌浆孔及泌水管等的间距和位置要求,是为了保证灌浆质量。

(4)预应力筋束形控制点的竖向位置偏差应符合表10-6的规定。

表 10-6 束形控制点的竖向位置允许偏差

截面高(厚)度(mm)	$h \leq 300$	$300 < h \leq 1500$	$h > 1500$
允许偏差(mm)	$\pm 5$	$\pm 10$	$\pm 15$

检查数量:在同一检验批内,抽查各类型构件中预应力筋总数的 5%,且对各类型构件均不少于 5 束,每束不应少于 5 处。

检验方法:钢尺检查。

束形控制点的竖向位置偏差合格点率应达到 90% 及以上,且不得有超过表中数值 1.5 倍的尺寸偏差。

预应力筋束形直接影响建立预应力的效果,并影响结构构件的承载力和抗裂性能,故对束形控制点的竖向位置允许偏差提出了较高要求。本条按截面高度设定束形控制点的竖向位置允许偏差,以便于实际控制。

(5) 无粘结预应力筋的铺设除应符合本条第(4)款的规定外,尚应符合下列要求:

① 无粘结预应力筋的定位应牢固,浇筑混凝土时不应出现移位和变形。

② 端部的预埋锚垫板应垂直于预应力筋。

③ 内埋式固定端垫板不应重叠,锚具与垫板应贴紧。

④ 无粘结预应力筋成束布置时应能保证混凝土密实并能裹住预应力筋。

⑤ 无粘结预应力筋的护套应完整,局部破损处应采用防水胶带缠绕紧密。

检查数量:全数检查。

检查方法:观察。

实际工程中常将无粘结预应力筋成束布置,以便于施工。

控制,但其数量及排列形状应能保证混凝土能够握裹预应力筋。此外,内埋式挤压锚具在使用中常出现垫板重叠、垫板与锚具脱离等现象,故本条作出了相应规定。

(6)浇筑混凝土前穿入孔道的后张法有粘结预应力筋,宜采取防止锈蚀的措施。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

后张法施工中,当浇筑混凝土前将预应力筋穿入孔道时,预应力筋需经合模、混凝土浇筑、养护并达到设计要求的强度后才能张拉。在此期间,孔道内可能会有浇筑混凝土时渗进的水或从喇叭管口流入的养护水、雨水等,若时间过长,可能引起预应力筋锈蚀,故应根据工程具体情况采取必要的防锈措施。

#### 四、张拉和放张

##### 1. 主控项目

(1)预应力筋张拉或放张时,混凝土强度应符合设计要求;当设计无具体要求时,不应低于设计的混凝土立方体抗压强度标准值的 75%。

检查数量:全数检查。

检验方法:检查同条件养护试件试验报告。

过早地对混凝土施加预应力,会引起较大的收缩和徐变预应力损失,同时可能因局部承压过大而引起混凝土损伤。本条规定的预应力筋张拉及放张时混凝土强度,是根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定确定的。若设计对此有明确要求,则应按设计要求执行。

(2)预应力筋的张拉力、张拉或放张顺序及张拉工艺应

符合设计及施工技术方案的要求,并应符合下列规定:

①当施工需要超张拉时,最大张拉应力不应大于国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

②张拉工艺应能保证同一束中各根预应力筋的应力均匀一致。

③后张法施工中,当预应力筋是逐根或逐束张拉时,应保证各阶段不出现对结构不利的应力状态;同时宜考虑后批张拉预应力筋所产生的结构构件的弹性压缩对先批张拉预应力筋的影响,确定张拉力。

④先张法预应力筋放张时,宜缓慢放松锚固装置,使各根预应力筋同时缓慢放松。

⑤当采用应力控制方法张拉时,应校核预应力筋的伸长值。实际伸长值与设计计算理论伸长值的相对允许偏差为 $\pm 6\%$ 。

检查数量:全数检查。

检验方法:检查张拉记录。

预应力筋张拉应使各根预应力筋的预加力均匀一致,主要是指有粘结预应力筋张拉时应整束张拉,以使各根预应力筋同步受力,应力均匀;而无粘结预应力筋和扁锚预应力筋通常是单根张拉的。预应力筋的张拉顺序、张拉力及设计计算伸长值均由设计确定,施工时应遵照执行。实际施工时,为了部分抵消预应力损失等,可采取超张拉方法,但最大张拉应力不应大于现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。后张法施工中,梁或板中的预应力筋一般是逐根或逐束张拉的,后批张拉的预应力筋所产生的混凝土结构构件的弹性压缩对先批张拉预应力筋的预应力损失的影响与梁、



板的截面,预应力筋配筋量及束长等因数有关,一般影响较小时可不计。如果影响较大,可将张拉力统一增加一定值。实际张拉时通常采用张拉力控制方法,但为了确保张拉质量,还应对实际伸长值进行校核,相对允许偏差 $\pm 6\%$ 是基于工程实践提出的,有利于保证张拉质量。

(3) 预应力筋张拉锚固后实际建立的预应力值与工程设计规定检验值的相对允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

检查数量:对先张法施工,每工作班抽查预应力筋总数的1%,且不少于3根;对后张法施工,在同一检验批内,抽查预应力筋总数的3%,且不少于5束。

检验方法:对先张法施工,检查预应力筋应力检测记录;对后张法施工,检查见证张拉记录。

预应力筋张拉锚固后,实际建立的预应力值与量测时间有关。相隔时间越长,预应力损失值越大,故检验值应由设计通过计算确定。

预应力筋张拉后实际建立的预应力值对结构受力性能影响很大,必须予以保证。先张法施工中可以用应力测定仪器直接测定张拉锚固后预应力筋的应力值;后张法施工中预应力筋的实际应力值较难测定,故可用见证张拉代替预加力值测定。见证张拉系指监理工程师或建设单位代表现场见证下的张拉。

(4) 张拉过程中应避免预应力筋断裂或滑脱;当发生断裂或滑脱时,必须符合下列规定:

① 对后张法预应力结构构件,断裂或滑脱的数量严禁超过同一截面预应力筋总根数的3%,且每束钢丝不得超过一根;对多跨双向连续板,其同一截面应按每跨计算。

②对先张法预应力构件,在浇筑混凝土前发生断裂或滑脱的预应力筋必须予以更换。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察,检查张拉记录。

由于预应力筋断裂或滑脱对结构构件的受力性能影响极大,故施加预应力过程中,应采取措施加以避免。先张法预应力构件中的预应力筋不允许出现断裂或滑脱,若在浇筑混凝土前出现断裂或滑脱,相应的预应力筋应予以更换。后张法预应力结构构件中预应力筋断裂或滑脱的数量,不应超过本条的规定。本条为强制性条文,应严格执行。

## 2. 一般项目

(1)锚固阶段张拉端预应力筋的内缩量应符合设计要求;当设计无具体要求时,应符合表 10-7 的规定。

检查数量:每工作班抽查预应力筋总数的 3%,且不少 3 束。

检验方法:钢尺检查。

表 10-7 张拉端预应力筋的内缩量限值

锚 具 类 别		内缩量限值(mm)
支承式锚具(墩头锚具等)	螺帽缝隙	1
	每块后加垫板的缝隙	1
锥塞式锚具		5
夹片式锚具	有顶压	5
	无顶压	6~8

实际工程中,由于锚具种类、张拉锚固工艺及放张速度等各种因素的影响,内缩量可能有较大波动,导致实际建立的预

应力值出现较大偏差。因此,应控制锚固阶段张拉端预应力筋的内缩量。当设计对张拉端预应力筋的内缩量有具体要求时,应按设计要求执行。

(2)先张法预应力筋张拉后与设计位置的偏差不得大于5mm,且不得大于构件截面短边边长的4%。

检查数量:每工作班抽查预应力筋总数的3%,且不少3束。

检验方法:钢尺检查。

对先张法构件,施工时应采取措施减小张拉后预应力筋位置与设计位置的偏差。本条对最大偏移值作出了规定。

### 五、灌浆及封锚

#### 1. 主控项目

(1)后张法有粘结预应力筋张拉后应尽早进行孔道灌浆,孔道内水泥浆应饱满、密实。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察,检查灌浆记录。

预应力筋张拉后处于高应力状态,对腐蚀非常敏感,所以应尽早进行孔道灌浆。灌浆是对预应力筋的永久性保护措施,故要求水泥浆饱满、密实,完全裹住预应力筋。灌浆质量的检验应着重于现场观察检查,必要时采用无损检查或凿孔检查。

(2)锚具的封闭保护应符合设计要求;当设计无具体要求时,应符合下列规定:

①应采取防止锚具腐蚀和遭受机械损伤的有效措施。

②凸出式锚固端锚具的保护层厚度不应小于50mm。

③外露预应力筋的保护层厚度:处于正常环境时,不应小

于 20mm;处于易受腐蚀的环境时,不应小于 50mm。

检查数量:每在同--检验批内,抽查预应力筋总数的 5%,且不少 5 束。

检验方法:观察,钢尺检查。

封闭保护应遵照设计要求执行,并在施工技术方案中作出具体规定。后张预应力筋的锚具多配置在结构的端面,所以常处于易受外力冲击和雨水浸入的状态;此外,预应力筋张拉锚固后,锚具及预应力筋处于高应力状态,为确保暴露于结构外的锚具能够永久性地正常工作,不致受外力冲击和雨水浸入而造成破损或腐蚀,应采取防止锚具锈蚀和遭受机械损伤的有效措施。

## 2. 一般项目

(1)后张拉预应力筋锚固后的外露部分宜采用机械方法切割,其外露长度不宜小于预应力筋直径的 1.5 倍,且不宜小于 30mm。

检查数量:每在同一检验批内,抽查预应力筋总数的 3%,且不少 5 束。

检验方法:观察,钢尺检查。

锚具外多余预应力筋常采用无齿锯或机械切断机切断。实际工程中,也可采用氧-乙炔焰切割方法切断多余预应力筋,但为了确保锚具正常工作及考虑切断时热影响可能波及锚具部位,应采取锚具降温等措施。考虑到锚具正常工作及可能的热影响,本条对预应力筋外露部分长度作出了规定。切割位置不宜距离锚具太近,同时也不应影响构件安装。

(2)灌浆用水泥浆的水灰比不应大于 0.45,搅拌后 3h 泌水率不宜大于 2%,且不应大于 3%。泌水应能在 24h 内全部

重新被水泥浆吸收。

检查数量:同一配合比检查一次。

检验方法:检查水泥浆性能试验报告。

本条规定灌浆用水泥浆水灰比的限值,其目的是为了在满足必要的水泥浆稠度的同时,尽量减小泌水率,以获得饱满、密实的灌浆效果。水泥浆中水的泌出往往造成孔道内的空腔,并引起预应力筋腐蚀。2%左右的泌水一般可被水泥浆吸收,因此应按本条的规定控制泌水率。如果有可靠的工程经验,也可以提供以往工程中相同配合比的水泥浆性能试验报告。

(3)灌浆用水泥浆的抗压强度不应小于  $30\text{N/mm}^2$ 。

检查数量:每工作班留置一组边长为  $70.7\text{mm}$  的立方体试件。

检验方法:检查水泥浆试件强度试验报告。

注:①一组试件由6个试件组成,试件应标准养护28d。

②抗压强度为一组试件的平均值,当一组试件中抗压强度最大值或最小值与平均值相差超过20%时,应取中间4个试件强度的平均值。

对灌浆质量,首先应强调其密实性,因为密实的水泥浆能为预应力筋提供可靠的防腐保护。同时,水泥浆与预应力筋之间的粘结力也是预应力筋与混凝土共同工作的前提。本条参考国外的有关规定并考虑目前预应力筋的实际应用强度,规定了标准尺寸水泥浆试件的抗压强度不应小于  $30\text{MPa}$ 。

# 第十一章 钢筋工程工料计算

## 第一节 钢筋工程量计算规则

钢筋工程量,按以下规定计算:

(1)钢筋工程,应区别现浇、预制构件,不同钢种和规格;计算时分别按设计长度乘单位理论重量,以吨计算。钢筋电渣压力焊接、套筒挤压等接头,以个计算。

(2)计算钢筋工程量时,设计规定钢筋搭接的,按规定搭接长度计算;设计未规定的,已包括在钢筋的损耗率之内,不另计算搭接长度。

(3)先张法预应力钢筋,按构件外形尺寸计算长度;后张法预应力钢筋按设计规定的预应力钢筋预留孔道长度,并区别不同的锚具类型,分别按下列规定计算:

①低合金钢筋两端采用螺杆锚具时,预应力钢筋按预留孔道长度减 0.35m,螺杆另行计算。

②低合金钢筋一端采用墩头插片,另一端为螺杆锚具时,预应力钢筋长度按预留孔道长度计算,螺杆另行计算。

③低合金钢筋一端采用墩头插片,另一端采用帮条锚具时,预应力钢筋长度增加 0.15m;两端均采用帮条锚具时,预应力钢筋长度共增加 0.3m。

④低合金钢筋采用后张混凝土自锚时,预应力钢筋长度增加 0.35m。

⑤低合金钢筋或钢绞线采用 JM、XM、QM 型锚具,孔道长度在 20m 以内时,预应力钢筋长度增加 1m;孔道长在 20m 以上时,预应力钢筋长度增加 1.8m。

⑥碳素钢丝采用锥形锚具,孔道长在 20m 以内时,预应力钢筋长度增加 1m;孔道长在 20m 以上时,预应力钢筋长度增加 1.8m。

⑦碳素钢丝两端采用镦粗头时,预应力钢丝长度增加 0.35m。

#### (4) 其他

①马凳,设计有规定的按设计规定,设计无规定时,马凳的材料应比底板钢筋降低一个规格,长度按底板厚度加 200mm 计算,每平方米 1 个,计入钢筋总量。

②墙体拉结 S 钩,设计有规定的按设计规定,设计无规定按  $\phi 8$  钢筋,长度按墙厚加 150mm 计算,每平方米 3 个,计入钢筋总量。

③砌体加固钢筋按设计用量以吨计算。

④锚喷护壁钢筋、钢筋网按设计用量以吨计算。

⑤混凝土构件预埋铁工程量,按设计图纸尺寸,以吨计算。

### 第二节 钢筋工程工料消耗定额

本手册中钢筋工程的人工综合工日、材料、机械消耗定额是以山东省建设厅二〇〇三年一月二十五日鲁建标字

[2003]3号发布的《山东省建筑工程消耗量定额》〔与《全国统一建筑工程基础定额》(GJD-101-95)基本相同〕为依据。以下摘录其钢筋工程的项目,分别予以列出,供计算时使用。

定额表上列有工程名称、工作内容、计量单位、定额编号、各项目的综合工日、材料、机械台班的消耗定额。各项目的定额是表示完成计量单位所示的工程量所需要的人工综合工日数、各种材料的需用量、各种机械的台班数。

例如:创作、绑扎、安装现浇构件中1t $\phi$ 10的圆钢筋,按表11—1定额编号4—1—4,需要人工10.50综合工日;镀锌低碳钢丝22<sup>#</sup>5.64kg,钢筋 $\phi$ 10 1.0200t(表示需增加钢筋加工及搭接的损耗0.02t);单筒慢速电动卷扬机50KN0.248台班;钢筋切断机40mm 0.083台班;钢筋弯曲机40mm,0.256台班。

### 一、定额说明

1. 定额按钢筋的不同品种、规格,并按现浇构件钢筋、预制构件钢筋、预应力钢筋及箍筋分别列项。
2. 预应力构件中非预应力钢筋按预制钢筋相应项目计算。
3. 设计图纸未注明的钢筋搭接及施工损耗,已综合在定额项目内,不单独计算。
4. 绑扎低碳钢丝、成型点焊和接头焊接用的电焊条已综合在定额项目内,不另行计算。
5. 非预应力钢筋不包括冷加工,如设计要求冷加工时,另行计算。
6. 预应力钢筋如设计要求人工时效处理时,另行计算。
7. 后张法钢筋的锚固是按钢筋帮条焊、U形插垫编制



的。如采用其他方法锚固时,可另行计算。

8. 下列构件项目,其钢筋的人工、机械用量调整系数,见表 11-1。

表 11-1 人工、机械调整系数

项目	预制构件钢筋		现浇构件钢筋	
系数范围	拱梯型屋架	托架梁	小型构件 (或小型池槽)	构筑物
人工、机械 调整系数	1.16	1.05	2	1.25

## 二、现浇构件圆钢筋

现浇构件圆钢筋,见表 11-2。

工作内容:钢筋制作、绑扎、安装

表 11-2 现浇构件圆钢筋 单位:t

定 额 编 号			4-1-1	4-1-2	4-1-3	4-1-4
项 目			φ4	φ6.5	φ8	φ10
名 称		单位	数 量			
人工	综合工日	工日	19.38	22.10	14.32	10.50
材   料	镀锌低碳钢丝 22 <sup>#</sup>	kg	9.5900	15.6700	8.8000	5.6400
	冷拔钢丝 φ4	t	1.0200	—	—	—
	钢筋 φ6.5	t	—	1.0200	—	—
	钢筋 φ8	t	—	—	1.0200	—
	钢筋 φ10	t	—	—	—	1.0200
机  械	单筒慢速电动卷扬机 50kN	台班	—	0.306	0.265	0.248
	钢筋切断机 40mm	台班	1.020	0.099	0.099	0.083
	钢筋弯曲机 40mm	台班	—	—	0.298	0.256

# 第一节 钢筋工程量计算规则

(续表) 单位:t

定 额 编 号			4-1-5	4-1-6	4-1-7	4-1-8
项 目			φ12	φ14	φ16	φ18
名 称		单位	数 量			
人工	综合工日	工日	9.26	7.90	6.98	6.15
材   料	电焊条 E4303 φ3.2	kg	7.2000	7.2000	7.2000	9.6000
	镀锌低碳钢丝 22 <sup>#</sup>	kg	4.6200	3.3900	2.6000	2.0500
	钢筋 φ12	t	1.0200	—	—	—
	钢筋 φ14	t	—	1.0200	—	—
	钢筋 φ16	t	—	—	1.0200	—
	钢筋 φ18	t	—	—	—	1.0200
	水	m <sup>3</sup>	0.1500	0.1500	0.1500	0.1200
机   械	单筒慢速电动卷扬机 50kN	台班	0.232	0.165	0.139	0.132
	对焊机 75kVA	台班	0.086	0.086	0.086	0.067
	钢筋切断机 40mm	台班	0.075	0.074	0.083	0.074
	钢筋弯曲机 40mm	台班	0.215	0.174	0.190	0.165
	交流电焊机 30kVA	台班	0.363	0.363	0.363	0.341

(续表) 单位:t

定 额 编 号			4-1-9	4-1-10	4-1-11	4-1-12
项 目			$\phi 20$	$\phi 22$	$\phi 25$	$\phi 28$
名 称		单位	数 量			
人工	综合工日	工日	5.50	4.99	4.43	4.24
材   料	电焊条 E4303 $\phi 3.2$	kg	9.6000	9.6000	12.0000	12.0000
	镀锌低碳钢丝 22 <sup>#</sup>	kg	1.6700	1.3700	1.0700	0.8700
	钢筋 $\phi 20$	t	1.0200	—	—	—
	钢筋 $\phi 22$	t	—	1.0200	—	—
	钢筋 $\phi 25$	t	—	—	1.0200	—
	钢筋 $\phi 28$	t	—	—	—	1.0200
	水	m <sup>3</sup>	0.1200	0.0800	0.0800	0.1200
机   械	单筒慢速电动卷扬机 50kN	台班	0.124	0.108	—	—
	对焊机 75kVA	台班	0.067	0.048	0.048	0.067
	钢筋切断机 40mm	台班	0.066	0.066	0.108	0.108
	钢筋弯曲机 40mm	台班	0.141	0.165	0.149	0.149
	交流电焊机 30kVA	台班	0.341	0.319	0.319	0.352

## 三、现浇构件螺纹钢筋

现浇构件螺纹钢筋,见表 11-3。

工作内容:钢筋制作、绑扎、安装

# 第一节 钢筋工程量计算规则

表 11-3

现浇构件螺纹钢筋

单位:t

定 额 编 号			4-1-13	4-1-14	4-1-15	4-1-16	4-1-17
项 目			φ12	φ14	φ16	φ18	φ20
名 称		单位	数 量				
人	综合工日	工日	9.26	7.90	6.98	6.15	5.50
材  料	电 焊 条 E4303 φ3.2	kg	7.2000	7.2000	7.2000	9.6000	9.6000
	镀锌低碳钢丝 22#	kg	4.6200	3.3900	2.6000	3.0200	2.0500
	螺纹钢 φ12	t	1.0200	—	—	—	—
	螺纹钢 φ14	t	—	1.0200	—	—	—
	螺纹钢 φ16	t	—	—	1.0200	—	—
	螺纹钢 φ18	t	—	—	—	1.0200	—
	螺纹钢 φ20	t	—	—	—	—	1.0200
	水	m <sup>3</sup>	0.1500	0.1500	0.1500	0.1200	0.1200
机  械	单筒慢速电动卷扬 机 50kN	台班	0.255	0.182	0.153	0.146	0.137
	对焊机 75kVA	台班	0.111	0.102	0.102	0.079	0.079
	钢筋切断机 40mm	台班	0.082	0.082	0.091	0.082	0.073
	钢筋弯曲机 40mm	台班	0.215	0.174	0.190	0.165	0.141
	交流电焊机 30kVA	台班	0.428	0.428	0.428	0.402	0.402

# 第十一章 钢筋工程工料计算

(续表) 单位:t

定 额 编 号			4-1-18	4-1-19	4-1-20	4-1-21	4-1-22
项 目			$\phi 22$	$\phi 25$	$\phi 28$	$\phi 30$	$\phi 32$
名 称	单位	数 量					
人工 综合工日	工日		4.99	4.43	4.24	4.40	4.36
材  料	电 焊 条 E4303 $\phi 3.2$	kg	9.6000	12.0000	12.0000	12.0000	12.0000
	镀锌低碳钢丝 22 <sup>#</sup>	kg	1.6700	1.0700	0.8700	0.8700	0.8700
	螺纹钢 筋 $\phi 22$	t	1.0200	—	—	—	—
	螺纹钢 筋 $\phi 25$	t	—	1.0200	—	—	—
	螺纹钢 筋 $\phi 28$	t	—	—	1.0200	—	—
	螺纹钢 筋 $\phi 30$	t	—	—	—	1.0200	—
	螺纹钢 筋 $\phi 32$	t	—	—	—	—	1.0200
	水	m <sup>3</sup>	0.0800	0.0800	0.1200	0.1200	0.1200
机  械	单筒慢速电动卷扬 机 50kN	台班	0.118	—	—	—	—
	对焊机 75kVA	台班	0.068	0.068	0.079	0.079	0.079
	钢筋切断机 40mm	台班	0.073	0.118	0.118	0.073	0.073
	钢筋弯曲机 40mm	台班	0.165	0.149	0.149	0.124	0.124
	交流电焊机 30kVA	台班	0.376	0.376	0.415	0.376	0.376

## 四、预制构件圆钢筋

预制构件圆钢筋,见表 11-4。

工作内容:制作、绑扎、安装、点焊、拼装

表 11-4 预制构件圆钢筋 单位:t

定 额 编 号			4-1-23	4-1-24	4-1-25	4-1-26	4-1-27
项 目			φ5以下冷拔低碳钢丝		φ6.5		φ8
			绑扎	点焊	绑扎	点焊	绑扎
名 称		单位	数 量				
人工	综合工日	工日	40.87	32.14	20.98	16.72	13.58
材  料	镀锌低碳钢丝 22 <sup>#</sup>	kg	15.6700	2.1400	15.6700	1.1000	8.8000
	冷拔低碳钢丝 φ5 以下	t	1.0150	1.0150	—	—	—
	钢筋 φ6.5	t	—	—	1.0150	1.0150	—
	钢筋 φ8	t	—	—	—	—	1.0150
	水	m <sup>3</sup>	—	5.2700	—	4.5400	—
机  械	单筒慢速电动卷扬机 50kN	台班	—	—	0.273	0.273	0.240
	点焊机 长臂 75kVA	台班	—	2.085	—	1.800	—
	钢筋调直机 14mm	台班	0.698	0.694	—	—	—
	钢筋切断机 40mm	台班	0.421	0.421	0.091	0.091	0.083
	钢筋弯曲机 40mm	台班	—	—	—	—	0.265

第十一章 钢筋工程工料计算

(续表) 单位:t

定 额 编 号			4-1-28	4-1-29	4-1-30	4-1-31	4-1-32
项 目			φ8	φ10		φ12	
			点焊	绑扎	点焊	绑扎	点焊
名 称	单位	数 量					
人工 综合工日	工日	11.47	9.97	9.23	8.72	7.22	
材  料	电 焊 条 E4303 φ3.2	kg	—	—	—	7.2000	7.2000
	镀锌低碳钢丝 22 <sup>#</sup>	kg	0.8200	5.6400	0.5400	4.6200	0.3900
	钢筋 φ8	t	1.0150	—	—	—	—
	钢筋 φ10	t	—	1.0150	1.0150	—	—
	钢筋 φ12	t	—	—	—	1.0150	1.0150
	水	m <sup>3</sup>	3.0700	—	2.7000	0.1500	2.0600
机  械	单筒慢速电动卷扬 机 50kN	台班	0.240	0.223	0.223	0.207	0.207
	点焊机长臂 75kVA	台班	1.215	—	1.071	—	0.756
	对焊机 75kVA	台班	—	—	—	0.086	0.086
	钢筋切断机 40mm	台班	0.083	0.074	0.074	0.066	0.066
	钢筋弯曲机 40mm	台班	0.265	0.223	0.223	0.190	0.190
	交流电焊机 30kVA	台班	—	—	—	0.363	0.363

# 第一节 钢筋工程量计算规则

(续表) 单位:t

定 额 编 号			4-1-33	4-1-34	4-1-35	4-1-36
项 目			φ14		φ16	
			绑扎	点焊	绑扎	点焊
名 称		单位	数 量			
人工	综合工日	工日	7.51	7.89	6.62	6.84
材   料	电焊条 E4303 φ3.2	kg	7.2000	7.2000	7.2000	7.2000
	镀锌低碳钢丝 22 <sup>#</sup>	kg	3.3900	0.2900	2.6000	0.2000
	钢筋 φ14	t	1.0150	1.0150	—	—
	钢筋 φ16	t	—	—	1.0150	1.0150
	水	m <sup>3</sup>	0.1500	2.4200	0.1500	1.8400
机   械	单筒慢速电动卷扬机 50kN	台班	0.141	0.141	0.124	0.124
	点焊机长臂 75kVA	台班	—	0.899	—	0.670
	对焊机 75kVA	台班	0.086	0.086	0.086	0.086
	钢筋切断机 40mm	台班	0.066	0.066	0.074	0.074
	钢筋弯曲机 40mm	台班	0.149	0.149	0.165	0.165
	交流电焊机 30kVA	台班	0.363	0.363	0.363	0.363



(续表) 单位:t

定 额 编 号			4-1-37	4-1-38	4-1-39	4-1-40	4-1-41
项 目			$\phi 18$	$\phi 20$	$\phi 22$	$\phi 25$	$\phi 28$
名 称		单位	数 量				
人工	综合工日	工日	5.83	5.25	4.77	4.23	4.05
材      料	电焊条 E4303 $\phi 3.2$	kg	9.6000	9.6000	9.6000	12.0000	12.0000
	镀锌低碳钢丝 22 <sup>#</sup>	kg	2.0500	1.6700	1.3700	1.0700	0.8700
	钢筋 $\phi 18$	t	1.0150	—	—	—	—
	钢筋 $\phi 20$	t	—	1.0150	—	—	—
	钢筋 $\phi 22$	t	—	—	1.0150	—	—
	钢筋 $\phi 25$	t	—	—	—	1.0150	—
	钢筋 $\phi 28$	t	—	—	—	—	1.0150
	水	m <sup>3</sup>	0.1200	0.1200	0.0800	0.0800	0.1200
机    械	单筒慢速电动卷扬机 50kN	台班	0.116	0.108	0.099	—	—
	对焊机 75kVA	台班	0.067	0.067	0.048	0.048	0.067
	钢筋切断机 40mm	台班	0.066	0.058	0.058	0.058	0.058
	钢筋弯曲机 40mm	台班	0.149	0.124	0.149	0.132	0.132
	交流电焊机 30kVA	台班	0.353	0.353	0.330	0.330	0.364

## 五、预制构件螺纹钢筋

预制构件螺纹钢筋,见表 11-5。

工作内容:制作、绑扎、安装

表 11-5 预制构件螺纹钢筋 单位:t

定 额 编 号			4-1-42	4-1-43	4-1-44	4-1-45	4-1-46
项 目			$\phi 12$	$\phi 14$	$\phi 16$	$\phi 18$	$\phi 20$
名 称		单位	数 量				
人工	综合工日	工日	9.70	8.08	7.28	6.29	5.78
材 料	电焊条 E4303 $\phi 3.2$	kg	7.2000	7.2000	7.2000	9.6000	9.6000
	镀锌低碳钢丝 22 <sup>#</sup>	kg	4.6200	4.2200	2.6000	2.0500	1.6700
	螺纹钢筋 $\phi 12$	t	1.0150	—	—	—	—
	螺纹钢筋 $\phi 14$	t	—	1.0150	—	—	—
	螺纹钢筋 $\phi 16$	t	—	—	1.0150	—	—
	螺纹钢筋 $\phi 18$	t	—	—	—	1.0150	—
	螺纹钢筋 $\phi 20$	t	—	—	—	—	1.0150
	水	m <sup>3</sup>	0.1500	0.1500	0.1500	0.1200	0.1200
机 械	单筒慢速电动卷扬机 50kN	台班	0.223	0.165	0.132	0.124	0.116
	对焊机 75kVA	台班	0.105	0.105	0.105	0.086	0.096
	钢筋切断机 40mm	台班	0.074	0.074	0.074	0.074	0.066
	钢筋弯曲机 40mm	台班	0.190	0.149	0.165	0.149	0.124
	交流电焊机 30kVA	台班	0.449	0.449	0.449	0.574	0.574

(续表) 单位:t

定 额 编 号			4-1-47	4-1-48	4-1-49	4-1-50	4-1-51
项 目			$\phi 22$	$\phi 25$	$\phi 28$	$\phi 30$	$\phi 32$
名 称		单位	数 量				
人 工	综合工日	工日	5.13	4.63	4.09	4.14	4.14
材 料	电焊条 E4303 $\phi 3.2$	kg	9.6000	12.0000	12.0000	12.0000	12.0000
	镀锌低碳钢丝 22 <sup>#</sup>	kg	1.3700	2.3900	0.8700	0.8700	0.8700
	螺纹钢 $\phi 22$	t	1.0150	—	—	—	—
	螺纹钢 $\phi 25$	t	—	1.0150	—	—	—
	螺纹钢 $\phi 28$	t	—	—	1.0150	—	—
	螺纹钢 $\phi 30$	t	—	—	—	1.0150	—
	螺纹钢 $\phi 32$	t	—	—	—	—	1.0150
	水	m <sup>3</sup>	0.0800	0.0800	0.1200	0.1200	0.1200
机 械	单筒慢速电动卷扬机 50kN	台班	0.112	—	—	—	—
	对焊机 75kVA	台班	0.060	0.057	0.086	0.086	0.086
	钢筋切断机 40mm	台班	0.069	0.066	0.066	0.066	0.066
	钢筋弯曲机 40mm	台班	0.156	0.132	0.099	0.099	0.099
	交流电焊机 30kVA	台班	0.407	0.390	0.390	0.390	0.390

## 六、现浇构件箍筋

现浇构件箍筋,见表 11-6。

工作内容:制作、绑扎、安装

表 11-6

现浇构件箍筋

单位:t

定 额 编 号			4-1-52	4-1-53	4-1-54	4-1-55
项 目			φ6.5	φ8	φ10	φ12
名 称		单位	数 量			
人 工	综合工日	工日	27.97	17.96	12.43	9.81
材  料	镀锌低碳钢丝 22 <sup>#</sup>	kg	15.6700	8.8000	5.6400	4.6200
	钢筋 φ6.5	t	1.0200	—	—	—
	钢筋 φ8	t	—	1.0200	—	—
	钢筋 φ10	t	—	—	1.0200	—
	钢筋 φ12	t	—	—	—	1.0200
机  械	单筒慢速电动卷扬机 50kN	台班	0.306	0.265	0.248	0.232
	钢筋切断机 40mm	台班	0.157	0.149	0.099	0.074
	钢筋弯曲机 40mm	台班	—	1.017	0.703	0.538

## 七、预制构件箍筋

预制构件箍筋,见表 11-7。

工作内容:制作、绑扎、安装

表 11-7

预制构件箍筋

单位:t

定 额 编 号			4-1-56	4-1-57	4-1-58	4-1-59
项 目			$\phi 6.5$	$\phi 8$	$\phi 10$	$\phi 12$
名 称		单位	数 量			
人工	综合工日	工日	26.48	16.99	11.78	9.29
材  料	镀锌低碳钢丝 22 <sup>#</sup>	kg	15.6700	8.8000	5.6400	4.6200
	钢筋 $\phi 6.5$	t	1.0150	—	—	—
	钢筋 $\phi 8$	t	—	1.0150	—	—
	钢筋 $\phi 10$	t	—	—	1.0150	—
	钢筋 $\phi 12$	t	—	—	—	1.0150
机  械	单筒慢速电动卷扬机 50kN	台班	0.275	0.238	0.223	0.208
	钢筋切断机 40mm	台班	0.142	0.134	0.089	0.067
	钢筋弯曲机 40mm	台班	—	0.916	0.633	0.484

## 八、先张法预应力钢筋

先张法预应力钢筋,见表 11-8。

工作内容:制作、张拉、放张、切断

# 第一节 钢筋工程量计算规则

表 11-8 先张法预应力钢筋 单位:t

定 额 编 号			4-1-60	4-1-61	4-1-62	4-1-63
项 目			φ5 以内	φ12	φ14	φ16
名 称		单位	数 量			
人工	综合工日	工日	18.62	9.44	8.62	7.84
材  料	冷拔低碳钢丝 φ5 以下	t	1.0600	—	—	—
	螺纹钢筋 φ12	t	—	1.0600	—	—
	螺纹钢筋 φ14	t	—	—	1.0600	—
	螺纹钢筋 φ16	t	—	—	—	1.0600
	张拉机具	kg	39.6100	46.6000	34.2700	26.3600
	冷拉机具及其他材料	kg	—	45.0000	33.1000	25.4600
	水	m <sup>3</sup>	—	0.9000	0.7700	0.6600
机  械	单筒慢速电动卷扬机 50kN	台班	—	0.717	0.641	0.600
	对焊机 75kVA	台班	—	0.536	0.459	0.392
	钢筋调直机 14mm	台班	0.717	—	—	—
	钢筋切断机 40mm	台班	0.077	0.077	0.077	0.077
	预应力钢筋拉伸机 650kN	台班	1.511	0.689	0.660	0.631

(续表) 单位:t

定 额 编 号			4-1-64	4-1-65	4-1-66
项 目			$\phi 18$	$\phi 20$	$\phi 22$
名 称		单位	数 量		
人 工	综合工日	工日	7.35	6.83	5.07
材 料	螺纹钢 $\phi 18$	t	1.0600	—	—
	螺纹钢 $\phi 20$	t	—	1.0600	—
	螺纹钢 $\phi 22$	t	—	—	1.0600
	张拉机具	kg	20.7500	16.8600	13.9300
	冷拉机具及其他材料	kg	20.0400	16.2900	13.4600
	水	m <sup>3</sup>	0.6000	0.5500	0.5200
机 械	单筒慢速电动卷扬机 50kN	台班	0.555	0.536	0.507
	对焊机 75kVA	台班	0.354	0.325	0.306
	钢筋切断机 40mm	台班	0.077	0.077	0.067
	预应力钢筋拉伸机 650kN	台班	0.545	0.526	0.478

## 九、后张法预应力钢筋

后张法预应力钢筋,见表 11-9。

工作内容:制作、穿筋、张拉、孔道灌浆、锚固、放张切断等。

# 第一节 钢筋工程量计算规则

表 11-9

后张法预应力钢筋

单位:t

定 额 编 号			4-1-67	4-1-68	4-1-69	4-1-70	4-1-71
项 目			φ16	φ20	φ25	φ28	φ32
名 称		单位	数 量				
人	综合工日	工日	21.70	15.41	11.62	10.31	9.31
材  料	素水泥浆	m <sup>3</sup>	1.6200	1.0530	0.6800	0.5400	0.4100
	螺纹钢筋 φ16	t	1.1300	—	—	—	—
	螺纹钢筋 φ20	t	—	1.1300	—	—	—
	螺纹钢筋 φ25	t	—	—	1.1300	—	—
	螺纹钢筋 φ28	t	—	—	—	1.1300	—
	螺纹钢筋 φ32	t	—	—	—	—	1.1300
	无缝钢管	kg	80.1700	51.3500	33.0100	26.2000	19.9100
	冷拉设备摊销	kg	137.7000	88.2000	37.8000	45.0000	34.2000
	张拉锚具及其他材料	kg	91.8000	58.8000	56.7000	30.0000	22.8000
	水	m <sup>3</sup>	0.6300	0.5200	0.4300	0.5500	0.6300
	其他材料费占材料费	%	5.0000	5.0000	5.0000	5.0000	5.0000
机  械	单筒慢速电动卷扬机 50kN	台班	0.612	0.574	0.517	0.470	0.470
	对焊机 75kVA	台班	0.373	0.306	0.258	0.325	0.373
	钢筋切断机 40mm	台班	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077
	灰浆搅拌机 200L	台班	1.703	1.090	0.698	0.555	0.421
	挤压式灰浆输送泵 3m <sup>3</sup> /h	台班	1.703	1.090	0.698	0.555	0.421
	手提砂轮机 150mm	台班	0.937	0.383	0.392	0.306	0.239
	预应力钢筋拉伸机 650kN	台班	1.655	0.966	0.679	0.545	0.402



## 十、后张法预应力钢丝束(钢绞线)

后张法预应力钢丝束(钢绞线),见表11-10。

工作内容:制作、编束、穿筋、张拉、孔道灌浆等。

表11-10 后张法预应力钢丝束(钢绞线) 单位:t

定 额 编 号			4-1-72	4-1-73	4-1-74	4-1-75	4-1-76
项 目			12 $\phi_5$	14 $\phi_5$	16 $\phi_5$	18 $\phi_5$	20 $\phi_5$
名 称	单 位	数 量					
人工	综合工日	工日	64.70	54.53	50.60	46.13	43.85
材  料	普通硅酸盐水泥 32.5MPa	t	1.9480	1.7580	1.5030	1.3330	1.2050
	电焊条 E4303 $\phi 3.2$	kg	93.0000	79.7100	69.7500	62.0000	55.8000
	波纹管	m	600.0000	514.2900	450.0000	400.0000	360.0000
	弧形管	套	73.8000	63.2600	55.3500	49.2000	44.2800
	无缝钢管	kg	2.9500	2.5300	2.2100	1.9700	1.7700
	镀锌低碳钢丝 22 <sup>#</sup>	kg	1.8700	1.6000	1.4000	1.2400	1.1200
	胶带 9m/卷	卷	10.0000	8.5700	7.5000	6.6700	6.0000
	角钢支架	kg	131.1000	112.3700	98.3300	87.4000	78.6600
	锚具 JM15-4	套	25.3300	21.7100	19.0000	16.8900	15.2000
	砂轮片 $\phi 200$	片	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000
	碳素钢丝	t	1.1000	1.1000	1.1000	1.1000	1.1000
	铁件	kg	669.4500	573.8100	502.0900	446.3000	401.6700
	网片	kg	307.5000	263.5700	230.6300	205.0000	184.5000
	水	m <sup>3</sup>	2.2000	2.0000	1.8000	1.6000	1.5000
机  械	电动灌浆机	台班	1.703	1.703	1.703	1.703	1.703
	钢筋调直机 40mm	台班	0.593	0.593	0.593	0.593	0.593
	钢筋镦头机 5mm	台班	0.593	0.593	0.593	0.593	0.593
	高压油泵 80MPa	台班	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297
	灰浆搅拌机 200L	台班	1.464	1.253	1.090	0.976	0.880
	交流电焊机 30kVA	台班	3.061	3.061	3.061	3.061	3.061
	手提砂轮机 150mm	台班	2.009	2.009	2.009	2.009	2.009
	预应力钢筋拉伸机 650kN	台班	2.372	2.047	1.770	1.559	1.406

# 第一节 钢筋工程量计算规则

(续表) 单位:t

定 额 编 号			4-1-77	4-1-78
项 目			22 $\phi_8$	24 $\phi_8$
名 称		单位	数 量	
人工	综合工日	工日	41.57	38.89
材            料	普通硅酸盐水泥 32.5MPa	t	1.0920	0.9920
	波纹管	m	327.2700	300.0000
	弧形管	套	40.2500	36.9000
	无缝钢管	kg	1.6100	1.4750
	电焊条 E4303 $\phi 3.2$	kg	50.7300	46.5000
	镀锌低碳钢丝 22 <sup>#</sup>	kg	1.0200	0.9300
	胶带 9m/卷	卷	5.4500	5.0000
	角钢支架	kg	71.5100	65.5500
	锚具 JM15-4	套	13.8200	12.6700
	砂轮片 $\phi 200$	片	2.0000	2.0000
	碳素钢丝	t	1.1000	1.1000
	铁件	kg	365.1500	334.7300
	网片	kg	167.7300	153.7500
	水	m <sup>3</sup>	1.3000	1.2000
机      械	电动灌浆机	台班	1.703	1.703
	钢筋调直机 40mm	台班	0.593	0.593
	钢筋镦头机 5mm	台班	0.593	0.593
	高压油泵 80MPa	台班	0.297	0.297
	灰浆搅拌机 200L	台班	0.794	0.727
	交流电焊机 30kVA	台班	3.061	3.061
	手提砂轮机 150mm	台班	2.001	2.001
	预应力钢筋拉伸机 650kN	台班	1.301	1.196

(续表) 单位:t

定 额 编 号			4-1-79	4-1-80
项 目			无粘结预应力钢丝束	有粘结预应力钢绞线
名 称		单位	数 量	
人工	综合工日	T日	36.54	172.53
材          料	普通硅酸盐水泥 32.5MPa	t	—	0.6471
	波纹管	m	—	249.2600
	承压板	kg	49.2000	—
	电焊条 E4303 $\phi 3.2$	kg	22.0000	22.0000
	镀锌低碳钢丝 16 <sup>#</sup>	kg	4.5000	3.5400
	钢垫板 (20mm)	kg	—	112.8500
	钢绞线 7	t	—	1.0600
	钢筋 $\phi 12$	kg	11.1900	48.7900
	黑胶布	盘	—	8.5400
	锚具 JM15-4	套	52.5600	11.8100
	砂轮片 $\phi 200$	片	9.0000	—
	塑料管	kg	3.3800	15.4700
	铁件	kg	45.1500	41.1100
	无粘结钢丝束	t	1.0600	—
	穴模	套	37.4400	—
机      械	钢筋调直机 40mm	台班	—	0.478
	钢筋切断机 40mm	台班	—	0.478
	高压油泵 50MPa	台班	1.722	4.811
	挤压式灰浆输送泵 3m <sup>3</sup> /h	台班	—	1.607
	交流电焊机 30kVA	台班	—	0.966
	角向磨光机 100	台班	0.517	—
	立式油压千斤顶 300t	台班	1.722	4.811
	塔式起重机 6t	台班	0.048	—
	载货汽车 6t	台班	0.344	—

## 十一、套筒挤压锥螺纹连接及电渣压力焊

(1) 套筒锥形螺栓钢筋接头, 见表 11-11。

工作内容: ①焊接固定

②钢筋断料、磨光、车丝、现场安装

表 11-11 套筒锥形螺栓钢筋接头 单位: 10 个

定 额 编 号			4-1-81	4-1-82
项 目			套筒锥形螺栓钢筋接头	
			φ32 以内	φ45 以内
名 称	单位		数 量	
人工 综合工日	工日		2.00	3.41
材料	镀锌铁丝 22 <sup>#</sup>	kg	0.7000	1.2000
	锥螺纹套筒 φ28	套	10.1000	-
	锥螺纹套筒 φ36	套	-	10.1000
机械	钢筋切断机 40mm	台班	0.144	0.239
	锥形螺纹车丝机 直径 45mm 以内	台班	0.335	0.526

(2) 带肋钢筋接头冷挤压连接及电渣压力焊接头, 见表 11-12。

工作内容: ①钢筋接头校正、除锈、打磨、套管挤压。

②搭拆简易脚手架、落跳板等

表 11-12 带肋钢筋接头冷挤压连接及电渣压力焊接头  
单位: 10 个

定 额 编 号			4-1-83	4-1-84	4-1-85	4-1-86	4-1-87
项 目			带肋钢筋接头冷挤压连接				
			φ20	φ22	φ25	φ28	φ32
名 称	单位		数 量				
人工 综合工日	工日		0.62	0.67	0.74	0.83	0.91
材料 钢套筒(加工价)	kg		6.5100	8.5100	13.1130	17.4300	25.5200
机械 钢筋挤压连接机	台班		0.119	0.125	0.134	0.144	0.155

(续表) 单位: 10 个

定 额 编 号			4-1-88	4-1-89	4-1-90	4-1-91	4-1-92
项 目			带肋钢筋接头冷挤压连接		电渣压力焊接头		
			φ36	φ40	φ18	φ20	φ22
名 称		单位	数 量				
人	综合工日	工日	1.01	1.10	0.40	0.45	0.50
材	电渣	kg	-	-	1.8300	2.2300	2.2700
	钢套筒(加工价)	kg	34.4400	46.8300	-	-	-
	螺纹钢 φ18	kg	-	-	1.8000	-	-
	螺纹钢 φ20	kg	-	-	-	2.4000	-
	螺纹钢 φ22	kg	-	-	-	-	3.2000
机	电渣焊机 1000A	台班	-	-	0.100	0.117	0.124
	钢筋挤压连接机	台班	0.166	0.181	-	-	-

(续表) 单位: 10 个

定 额 编 号			4-1-93	4-1-94	4-1-95
项 目			电渣压力焊接头		
			φ24	φ25	φ28
名 称		单位	数 量		
人	综合工日	工日	0.56	0.62	0.68
材	电渣	kg	2.6700	3.0700	3.5300
	螺纹钢 φ24	kg	4.2000	-	-
	螺纹钢 φ25	kg	-	4.8000	-
	螺纹钢 φ28	kg	-	-	5.7600
机	电渣焊机 1000A	台班	0.132	0.137	0.143

## 十二、铁件、砌体加固筋焊接及其他

见表 11-13。

工作内容:除 4-1-100 为铺钉钢板网外,其他均为安装埋设、焊接固定

表 11-13 铁件、砌体加固筋焊接及其他 单位:t

定 额 编 号			4-1-96	4-1-97	4-1-98	4-1-99
项 目			铁件	砌体加固筋焊接		
				φ5 以内	φ6.5 以内	φ8 以内
名 称		单位	数 量			
人工	综合工日	工日	24.50	19.89	15.28	13.24
材   料	电焊条 E4303 φ3.2	kg	36.0000	36.0000	21.8100	14.4100
	铁件	kg	1010.0000	-	-	-
	冷拔低碳钢丝 φ5 以下	t	-	1.0200	-	-
	钢筋 φ6.5	t	-	-	1.0200	-
	钢筋 φ8	t	-	-	-	1.0200
机   械	单筒慢速电动卷扬机 50kN	台班	-	-	0.306	0.265
	钢筋调直机 40mm	台班	-	0.698	-	-
	钢筋切断机 40mm	台班	-	0.421	0.099	0.099
	钢筋弯曲机 40mm	台班	-	-	-	0.298
	交流电焊机 30kVA	台班	4.199	4.410	2.820	2.260

(续表) 单位: t

定 额 编 号			4-1-100	4-1-101	4-1-102	4-1-103
项 目			墙面钉 钢板网	冷轧带肋钢筋		
				φ6	φ8	φ10
			10m <sup>2</sup>			t
名 称		单位	数 量			
人 工	综合工日	工 日	0.56	22.77	14.78	10.76
材  料	镀锌低碳钢丝 22 <sup>#</sup>	kg	-	15.6700	8.8000	5.6400
	钢板网	m <sup>2</sup>	10.8000	-	-	-
	冷轧带肋钢筋 φ6	t	-	1.0200	-	-
	冷轧带肋钢筋 φ8	t	-	-	1.0200	-
	冷轧带肋钢筋 φ10	t	-	-	-	1.0200
	镀锌铁皮 26 <sup>#</sup>	m <sup>2</sup>	0.0530	-	-	-
	元钉	kg	0.7290	-	-	-
机  械	单筒慢速电动卷扬 机 50kN	台班	-	0.337	0.291	0.273
	钢筋切断机 40mm	台班	-	0.109	0.109	0.091
	钢筋弯曲机 40mm	台班	-	0.507	0.381	0.292

### 第三节 钢筋工程工料计算步骤及实例

#### 一、工料计算步骤

要计算出钢筋工程需要的人工工日数、各种材料用量、机械台班数，一般应经过下列步骤：

(1) 根据图纸，按钢筋工程量计算规则，参照第二节工程消耗定额中所列分项子目，按现浇构件钢筋、预制构件钢筋、预应力钢筋及箍筋分别列项。钢筋工程的工程量应按钢筋的不同品种、不同规格，用设计长度乘以单位重量合计，以吨计算。套筒挤压锥螺纹连接及电渣压力焊等接头，以 10 个为计量单位。总之，计算出各子目钢筋的工程量计算单位务必与定额表中所列计量单位相一致。

(2) 根据钢筋工程的名称、所用材料、构造特点，在第二节钢筋工程项目工料定额中查取该钢筋工程的人工、材料、机械消耗定额。

(3) 计算工料、机械台班。用钢筋工程量乘以计量单位的相应定额，计算出该钢筋工程子项目所需要的人工综合工日数、各种材料用量和机械台班。最后将同一名称、规格、等级的用量相加，即为该钢筋工程的总用量。

#### 二、工料计算实例

[例 11-1] 某现浇工程按配料单需用螺纹钢  $\Phi 25$  4.21t；螺纹钢  $\Phi 22$  2.52t；圆钢  $\Phi 10$  1.25t；圆钢  $\Phi 6$  0.85t；冷挤压连接接头  $\Phi 25$  42 个；冷挤压接头  $\Phi 22$  28 个，试计算该工程的工料及机械用量。

[解]

根据工程采用的钢筋名称，从表 11-3、表 11-2 中查取该项



的人工、材料、机械消耗定额,冷挤压连接接头定额见表 11-12。

具体分项计算及各项计算结果详见表 11-14。

表 11-14

钢筋工程工料、

定额编号	计量单位	工程项目	名称 工程数量 品名单位	人工	材		
				综合工日	钢筋 $\Phi 25$ t	钢筋 $\Phi 22$ t	钢筋 $\Phi 10$ t
表 11-3 4-1-19	t	螺纹钢 $\Phi 25$	4.21	4.43 18.65	1.0200 4.294		
表 11-3 4-1-18	t	螺纹钢 $\Phi 22$	2.52	4.99 12.57		1.0200 2.570	
表 11-2 4-1-4	t	圆钢 $\Phi 10$	1.25	10.50 13.13			1.0200 1.275
表 11-2 4-1-2	t	圆钢 $\Phi 6.5$	0.85	22.10 18.79			
表 11-12 4-1-85	10 个	$\Phi 25$ 冷挤压接头	4.2	0.74 3.11			
表 11-12 表 4-1-84	10 个	$\Phi 22$ 冷挤压接头	2.8	0.67 1.88			
合计				68.13	4.294	2.570	

说明:①本表斜线分子表示完成该计量单位的人工、材料、机械台班用量;分

②表 11-2 及 11-3 的定额中已考虑钢筋制作时采用电焊连接,如采机,在实际工程中仅选用一种接头方法,特殊情况例外。

### 第三节 钢筋工程工料计算步骤及实例

#### 机械用量计算

料					机 械					
钢 筋 $\phi 6.5$	$\phi 3.2$ 电 焊 条 E4303	22# 镀锌 钢 丝	水	钢 套 筒 (加 工 价)	50KN 电 动 卷 扬 机	75KVA 对 焊 机	40mm 钢 筋 切 断 机	40mm 钢 筋 弯 曲 机	30KVA 交 流 电 焊 机	钢 筋 挤 压 连 接 机
t	kg	kg	m <sup>3</sup>	kg	台班	台班	台班	台班	台班	台班
	12.00	1.0700	0.0800			0.068	0.118	0.149	0.576	
	50.52	4.51	0.34			0.286	0.497	0.627	1.583	
	9.600	1.6700	0.0800		0.118	0.068	0.073	0.165	0.376	
	12.58	8.33	0.20		0.297	0.171	0.184	0.416	0.948	
		5.6400			0.248		0.083	0.256		
		7.05			0.310		0.104	0.320		
1.0200		15.600			0.306		0.099			
0.867		13.32			0.260		0.084			
				13.1130						0.134
				55.08						0.563
				8.5100						0.125
				23.83						0.350
0.867	63.10	33.21	0.54	0.867	0.457	0.869	1.363	2.531	78.91	0.913

母表示该项总用量。

用冷挤压接头,可节约钢筋、电焊条及电焊机等,但要增加钢套筒、钢筋挤压连接

## 附录 A 钢筋的公称截面面积、计算 截面面积及理论重量

表 A-1 钢筋的计算截面面积及理论重量

公称直 径 (mm)	不同根数钢筋的计算截面面积 (mm <sup>2</sup> )									单根钢 筋理论 重 (kg/ m)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
6	28.3	57	85	113	142	170	198	226	255	0.222
6.5	33.2	66	100	133	166	199	232	265	299	0.260
8	50.3	101	151	201	252	302	352	402	453	0.395
8.2	52.8	106	158	211	264	317	370	423	475	0.432
10	78.5	157	236	314	393	471	550	628	707	0.617
12	113.1	226	339	452	565	678	791	904	1017	0.888
14	153.9	308	461	615	769	923	1077	1231	1385	1.21
16	201.1	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1809	1.58
18	254.5	509	763	1017	1272	1527	1781	2036	2290	2.00
20	314.2	628	942	1256	1570	1884	2199	2513	2827	2.47
22	380.1	760	1140	1520	1900	2281	2661	3041	3421	2.98
25	490.9	982	1473	1964	2454	2945	3436	3927	4418	3.85
28	615.8	1232	1847	2463	3079	3695	4310	4926	5542	4.83
32	804.2	1609	2413	3217	4021	4826	5630	6434	7238	6.31
36	1017.9	2036	3054	4072	5089	6107	7125	8143	9161	7.99
40	1256.6	2513	3770	5027	6283	7540	8796	10053	11310	9.87
50	1964	3928	5892	7856	9820	11784	13748	15712	17676	15.42

注:表中直径  $d=8.2\text{mm}$  的计算截面面积及理论重量仅适用于有纵肋的热处理钢筋。

表 A-2 钢绞线公称直径、公称截面面积及理论重量

种类	公称直径(mm)	公称截面面积(mm <sup>2</sup> )	理论重量(kg/m)
1×3	8.6	37.4	0.295
	10.8	59.3	0.465
	12.9	85.4	0.671
1×7 标准型	9.5	54.8	0.432
	11.1	74.2	0.580
	12.7	98.7	0.774
	15.2	139	1.101

表 A-3 钢丝公称直径、公称截面面积及理论重量

公称直径(mm)	公称截面面积(mm <sup>2</sup> )	理论重量(kg/m)
4.0	12.57	0.099
5.0	19.63	0.154
6.0	28.27	0.222
7.0	38.48	0.302
8.0	50.26	0.394
9.0	63.62	0.499

## 主要参考文献

1. 中华人民共和国国家标准,混凝土结构设计规范(GB50010—2002),中国建筑工业出版社,2002。
2. 中华人民共和国国家标准,混凝土结构工程施工质量验收规范(GB50204—2002),中国建筑工业出版社,2002。
3. 中华人民共和国国家标准,钢筋混凝土用热轧带肋钢筋(GB1499—1998),中国标准出版社,1999。
4. 中华人民共和国国家标准,钢筋混凝土用余热处理钢筋(GB13014—1991),中国标准出版社,1991。
5. 中华人民共和国国家标准,冷轧带肋钢筋(GB13788—92),中国标准出版社,1992。
6. 中华人民共和国国家标准,钢筋混凝土用热轧光圆钢筋(GB13013—91),中国标准出版社,1991。
7. 中华人民共和国国家标准,预应力混凝土用钢丝(GB/T5223—2002),中国标准出版社,2002。
8. 中华人民共和国国家标准,预应力混凝土用钢绞线(GB/T5224—2003),中国标准出版社,2003。
9. 中华人民共和国行业标准,钢筋焊接及验收规程(JGJ18—2003 J253—2003),中国建筑工业出版社,2003。
10. 中华人民共和国行业标准,钢筋机械连接通用技术规程(JGJ107—2003),中国建筑工业出版社,2003。
11. 中华人民共和国行业标准,带肋钢筋套筒挤压连接技术规程(JGJ108—96),中国建筑工业出版社,1997。
12. 中华人民共和国行业标准,钢筋锥螺纹接头技术规程(JGJ109—96),中国建筑工业出版社,1997。
13. 中华人民共和国行业标准,钢筋等强度剥肋滚压直螺纹连接技术规程(Q/YJ16—2001),中国建筑工业出版社,2001。
14. 曹照平,钢筋工程便携手册,机械工业出版社,2002。
15. 吴成材、杨熊川、王金平、吴文正,钢筋连接技术手册,中国建筑工业出版社,1999。
16. 侯君伟,现浇混凝土建筑结构施工手册,机械工业出版社,2003。
17. 田振喜,简明钢筋混凝土结构构造手册,机械工业出版社,2003。
18. 中国建筑工程总公司,混凝土结构工程施工工艺标准(ZJQ00—SC—002—2003),中国建筑工业出版社,2003。
19. 杨宗放,建筑施工手册(第四版)钢筋工程,中国建筑工业出版社,2003。
20. 杨宗放等,现代预应力混凝土施工,中国建筑工业出版社,1993。