

钢筋工长

便携手册

梁新芳 王瑞红 杨国文 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



ISBN 7-111-15391-X/TU-628

封面设计：电脑制作：姚毅

建筑工程工长便携手册

砌筑工长便携手册

钢筋工长便携手册

混凝土工长便携手册

木工工长便携手册

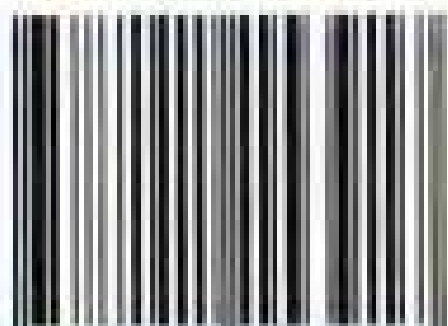
防水工长便携手册

抹灰工长便携手册

建筑电工工长便携手册

水暖工长便携手册

ISBN 7-111-15391-X



9 787111 153917 >

定价：14.00 元

地址：北京市百万庄大街22号

邮政编码：100007

联系电话：(010) 68326294

网址：<http://www.cmpbook.com>

E-mail: order@cmpbook.com

钢筋工长便携手册

梁新芳 王瑞红 杨国文 编



机械工业出版社

本书为建筑工程工长便携手册之一。

本书依据国家标准与规范,按施工管理、施工操作技术、施工质量控制、分项工程工料计算的顺序,简要介绍钢筋工长应掌握的管理业务、施工技术、质量控制等方面的知识,重点介绍了钢筋加工与成形,钢筋连接、绑扎与安装,钢筋冬期施工等方面的施工技术要点,钢筋工程质量控制与质量验收,钢筋工程质量事故分析与处理,钢筋的配料、工料计算及钢筋代换等。

本书着重于实用,简要明了,便于查阅,可作为钢筋工长日常工作和上岗培训的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

钢筋工长便携手册/梁新芳等编. —北京:机械工业出版社, 2005.1

ISBN 7-111-15391-X

I. 钢… II. 梁… III. 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 103723 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:何文军 版式设计:冉晓华 责任校对:张莉娟

封面设计:姚毅 责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 1 月·第 1 版第 1 次印刷

1000mm×1400mm B6·4.0625 印张·136 千字

0 001—4 000 册

定价:14.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

出版说明

建筑施工企业的工长是工程施工中的重要岗位。在建筑工程领域实施总承包、专业分包、劳务分包施工体系后，负责施工现场组织管理各分项工程的工长作用日益突出，他们的管理控制能力、操作技术水平、安全意识直接关系到工程施工的质量、进度、成本、安全。针对施工工长的岗位特点，我社组织编写了《建筑工程工长便携手册》。这套实用手册，旨在满足施工工长在工程施工中的管理、技术、质量、安全控制等方面的实际需要。手册依据国家 2002 年颁布的工程施工质量验收规范和现行的设计规范，按管理知识、施工操作技术、施工质量控制、工料计算的内容结构编写，力求突出实用，简单明了，便于查阅的特点，为施工工长提供一套融管理、技术与新技术、新材料、新工艺为一体的实用参考读物。

由于编者经验水平不一，手册中的不妥之处，敬请读者批评指正。

目 录

出版说明

1 施工管理	1
1.1 常用构件的钢筋种类及标注	1
1.1.1 梁	1
1.1.2 板	8
1.1.3 柱	11
1.1.4 剪力墙	16
1.1.5 条形基础	19
1.1.6 独立基础	19
1.2 混凝土构件的构造规定	20
1.2.1 混凝土保护层	20
1.2.2 钢筋的锚固	22
1.2.3 钢筋的连接	25
1.3 分包合同管理	26
1.3.1 分包合同内容	26
1.3.2 分包合同管理	28
1.4 施工前准备	30
1.4.1 钢筋的分类	30

1.4.2	准备工作	32
2	施工操作技术	45
2.1	钢筋冷加工	45
2.1.1	钢筋的冷拉	46
2.1.2	钢筋的冷拔	59
2.2	钢筋的加工及成形	62
2.2.1	钢筋除锈	62
2.2.2	钢筋调直	63
2.2.3	钢筋切断	67
2.2.4	钢筋弯曲成形	69
2.3	钢筋焊接	76
2.3.1	电弧焊	77
2.3.2	闪光对焊	92
2.3.3	电阻点焊	101
2.3.4	电渣压力焊	106
2.3.5	气压焊	112
2.3.6	埋弧压力焊	118
2.4	钢筋机械连接	122
2.4.1	一般规定	123
2.4.2	钢筋套筒挤压连接	127
2.4.3	钢筋锥螺纹套筒连接	135
2.4.4	钢筋镦粗普通螺纹连接	138

2.4.5 钢筋滚压普通螺纹套筒连接	143
2.5 钢筋绑扎与安装	149
2.5.1 钢筋现场绑扎	149
2.5.2 钢筋网与钢筋骨架安装	156
2.6 钢筋工程冬季施工	158
3 钢筋质量控制	166
3.1 施工质量控制	166
3.1.1 原材料验收	166
3.1.2 钢筋加工质量控制	184
3.1.3 钢筋连接质量控制	186
3.1.4 钢筋安装质量控制	190
3.1.5 预应力钢筋施工质量控制	192
3.2 工程质量验收	200
3.2.1 基础钢筋验收	200
3.2.2 现浇框架结构钢筋验收	201
3.2.3 剪力墙钢筋验收	202
3.2.4 电渣压力焊接头质量验收	204
3.2.5 带肋钢筋径向挤压接头施工验收	206
3.2.6 钢筋接头普通螺纹连接施工验收	210
3.3 钢筋质量事故分析及处理	213
3.3.1 质量问题及事故分类	213
3.3.2 事故处理依据及程序	216

4 工料计算	219
4.1 钢筋的配料	219
4.1.1 钢筋的配料计算	219
4.1.2 配料单的填写及料牌制作	231
4.1.3 材料需用量计划表	233
4.2 劳动力需用量	233
4.3 钢筋代换	237
4.3.1 钢筋代换计算	237
4.3.2 钢筋代换注意事项	242
附录	244
附录1 普通钢筋强度标准值	244
附录2 预应力钢筋强度标准值	245
附录3 普通钢筋强度设计值	246
附录4 预应力钢筋强度设计值	247
附录5 钢筋弹性模量	248
附录6 混凝土构件中纵向受力钢筋的 最小配筋百分率	248
附录7 钢筋的计算截面面积及理论重量	249
参考文献	250

1 施工管理

1.1 常用构件的钢筋种类及标注

1.1.1 梁

(1) 梁中钢筋的种类及其作用

1) 纵向受力筋。配置在梁的受拉区（梁下部），承受由弯矩产生的拉力；当荷载比较大时在受压区也配置受力筋，它和混凝土共同承受压力。

2) 弯起筋。由纵向受力筋在支座处弯起而成，弯起部分用来分担剪力或支座的负弯矩。

3) 架力筋。配置在梁上部两边，用以固定箍筋的位置以便形成空间骨架，当梁上部设计有纵向受压筋时，可用之代替架力筋。

4) 箍筋。沿着梁长间隔布置，承担斜截面剪力、限制裂缝的开展及用来固定纵向钢筋。

5) 吊筋。当主梁上有次梁时，在次梁下的主梁中布置吊筋，承担次梁集中荷载产生的剪力。

6) 腰筋。当梁在受有弯矩的同时受有扭矩，则

应在梁高中部两侧沿梁长布置受扭钢筋，在施工图上用符号“N”来表示；当梁的高度超过一定的数值，为保证梁的稳定性，应在梁高中部两侧沿梁长布置构造钢筋，在施工图上用符号“G”来表示。受扭钢筋和构造钢筋一般统称“腰筋”。腰筋需用拉筋来固定，拉筋的直径一般同箍筋，沿梁长间隔布置，其间距一般为箍筋间距的 2 倍。

(2) 梁的配筋表示

梁的钢筋施工图可采用平面注写方式或截面注写方式，有时这两种标注方式可配合使用。

1) 平面注写方式。在梁的平面布置图上，分别在不同编号的梁中各选一根梁，在其上注写截面尺寸和配筋的具体数值。平面注写包括集中标注和原位标注，集中标注表达梁的通用数值，原位标注表达梁的特殊数值。集中标注中的某项数值不适用于梁的某部位时，则将该项数值原位标注，施工时，原位标注取值优先。

①梁集中标注 内容包括梁编号、梁截面尺寸、梁箍筋、梁上部通长筋或架力筋配置、梁侧面构造筋或受扭钢筋配置、梁顶标高差。

a. 梁编号。梁编号为必注值，它由梁类型代号、序号、跨数及有无悬挑代号几项组成，梁编号应符合表 1-1 的规定。

表 1-1 梁 编 号

梁类型	代号	序号	跨数及是否带有悬挑
楼层框架梁	KL	× ×	(× ×)、(× × A) 或 (× × B)
屋面框架梁	WKL	× ×	(× ×)、(× × A) 或 (× × B)
框支梁	KZL	× ×	(× ×)、(× × A) 或 (× × B)
非框架梁	L	× ×	(× ×)、(× × A) 或 (× × B)
悬挑梁	XL	× ×	
井字梁	JZL	× ×	(× ×)、(× × A) 或 (× × B)

注：(× × A) 为一端有悬挑，(× × B) 为两端有悬挑，悬挑不计入跨数。

b. 梁截面尺寸。该项为必注值。当为等截面时，用 $b \times h$ 表示；当为加腋梁时，用 $b \times h \text{---} YC_1 \times C_2$ 表示，其中 C_1 为腋长， C_2 为腋高；当有总挑梁且根部和端部的高度不同时用斜线分隔根部与端部的高度值，即为 $b \times h_1/h_2$ 。

c. 梁箍筋。包括钢筋级别、直径、加密区与非加密区间距及肢数，该项为必注值。箍筋加密区与非加密区的不同间距及肢数须用斜线“/”分隔；当梁箍筋为同一种间距及肢数时，则不需用斜线；当加密区与非加密区的箍筋肢数相同时，则将肢数注写一次；箍筋肢数应写在括号内。加密区范围见相应抗震级别的标准构造详图。

d. 梁上部通长筋或架力筋配置。该项为必注值。所注规格与根数应根据结构受力要求及箍筋肢数等构

造要求而定。当同排纵筋中既有通长筋又有架力筋时，应用加号“+”将通长筋和架力筋相联。注写时须将角部纵筋写在加号前面，架力筋写在加号后面的括号内，以示不同直径及与通长筋的区别。当全部采用架力筋时，则将其写入括号内。

当梁的上部纵筋和下部纵筋均为通长筋，且多数跨配筋相同时，此项可加注下部纵筋的配筋值，用分号“;”将上部与下部纵筋的配筋值分隔开来，少数跨不同者，原位标注。

e. 梁侧面构造钢筋或受扭钢筋的配置。该项为必注值。当配置纵向构造筋时，此项注写值以 G 打头，接续注写配置在梁两个侧面的总配筋值，且对称配置；当配置纵向受扭筋时，此项注写值以 N 打头，接续注写配置在梁两个侧面的总配筋值，且对称配置。受扭纵向钢筋应满足梁侧面纵向构造钢筋的间距要求，且不再重复配置纵向构造钢筋。

f. 梁顶面标高高差。该项为选注值。梁顶面标高高差，系指相对于结构层楼面标高的高差值，对于位于结构夹层的梁，则指相对于结构夹层楼面标高的高差。有高差时须将其写入括号内，无高差时不注。

② 梁原位标注

内容包括：梁支座上部纵筋、梁下部纵筋、附加箍筋或吊筋、其他内容：

a. 梁支座上部纵筋。该部位含通长筋在内的所有纵筋。当上部筋多于一排时，用斜线“/”将各排纵筋自上而下分开；当同排纵筋中有两种直径时，用加号“+”将两种直径的钢筋相联，注写时将角部纵筋写在前面；当梁中间支座两边的上部筋相同时，可仅在支座的一边标注配筋值，另一边省去不注。

b. 梁下部纵筋。当下部纵筋多于一排时，用斜线“/”将各排纵筋自上而下分开，例如 $6\Phi 25$ 2/4 表示上一排纵筋为 $2\Phi 25$ ，下一排纵筋为 $4\Phi 25$ ；当同排纵筋中有两种直径时，用加号“+”将两种直径的钢筋相联，注写时将角部纵筋写在前面，例如 $2\Phi 25 + 2\Phi 22$ 表示角部纵筋为 $2\Phi 25$ ，中部纵筋为 $2\Phi 22$ ；当梁下部纵筋不全伸入支座时，将梁支座下部纵筋减少的数量写在括号内，当两梁上部和下部均只配置通长筋时，则不需再做原位标注。

c. 附加箍筋或吊筋。将其直接画在平面图中的主梁上，用线引注总配筋值（附加箍筋的肢数注在括号内）当多数附加箍筋或吊筋相同时，可在梁平法施工图上统一注明，少数与统一注明值不同时，再原位引注。

d. 其他。当在梁上集中标注的内容，即梁截面尺寸、箍筋、上部通长筋或架力筋、梁侧面构造钢筋或受扭纵筋以及梁顶标高高差中的一项或几项数值不

适于某跨或某悬臂部位，应在原位进行标注，施工时，应按原位标注取值。

如图 1-1 是某梁平面注写示例。

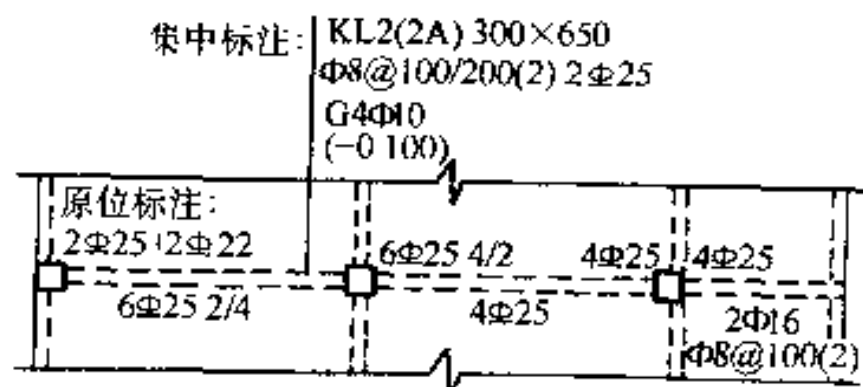


图 1-1 某梁平面注写示例

由图 1-1 可知此梁为两跨带右悬臂，每跨截面均为 $300\text{mm} \times 650\text{mm}$ ；上部贯通筋为 $2\Phi 25$ ；第一跨左支座另加 $2\Phi 22$ 的支座负筋，第一跨右支座和第二跨左支座另加 $4\Phi 22$ 的支座负筋，其中 2 根和上部贯通筋放在上排，另外 2 根放在第二排，第二跨右支座和悬臂部分上部另加 $2\Phi 25$ 的支座负筋；第一跨下部纵向受力筋为 $6\Phi 25$ ，上面一排放 2 根，下面一排放 4 根，第二跨下部纵向受力筋为 $4\Phi 25$ ，悬臂部分下部钢筋为 $2\Phi 16$ ，每跨下部筋均在本跨支座处锚固；第一跨和第二跨箍筋配置为非加密区 $\Phi 8@200$ ，加密区为 $\Phi 8@100$ ，悬臂部分箍筋为 $8@100$ 。

2) 截面注写方式。在分标准层绘制的梁平面布置图上，分别在不同编号的梁中各选一根梁用剖面号

引出配筋图，并在截面配筋图上注写截面尺寸 $b \times h$ 、上部钢筋（架力筋）、下部纵向受力筋、侧面构造筋或受扭筋以及箍筋的具体数值。

①对所有梁按表 1-1 的规定进行编号，从相同编号的梁中选择一根梁，先将“单边截面号”画在该梁上，再将截面配筋详图画在本图或其他图上。当某梁的顶面标高与结构层的楼面标高不同时，尚应继其梁编号后注写梁顶标高高差。

②在截面配筋详图上注写截面尺寸 $b \times h$ 、上部筋、下部筋、侧面构造筋或受扭筋以及箍筋的具体数值。

③截面注写方式既可单独使用，也可与平面注写方式结合使用。图 1-2 为用截面注写方式表达的梁施工图示例。

由图 1-2 可知，梁的跨度为 6m，截面尺寸 $b \times h = 300\text{mm} \times 550\text{mm}$ ，梁顶标高低于本层楼面标高 0.1m，上部通长筋 $2\Phi 16$ ，左右支座各增加负弯矩筋 $2\Phi 16$ ，下部纵向通长筋 $6\Phi 22$ ，箍筋直径

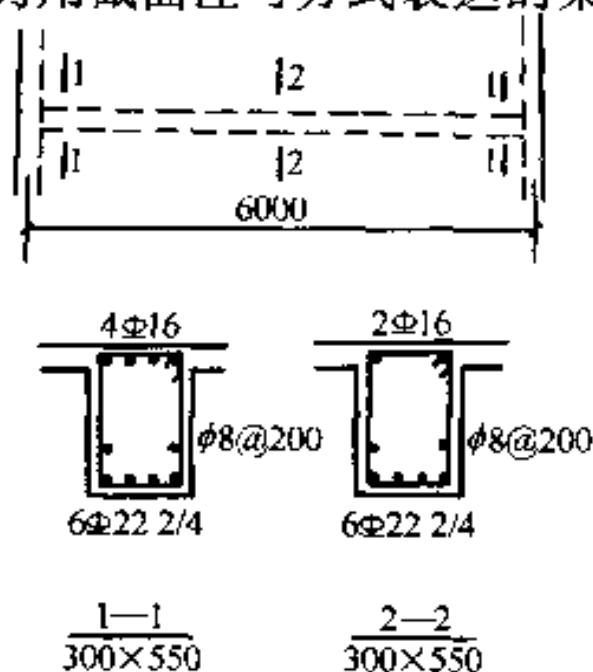


图 1-2 某梁截面注写示例

为 8mm, 间距 200mm。

1.1.2 板

(1) 钢筋种类

1) 受力筋。沿板长跨方向配置于受拉区 (即简支板的板底, 悬挑板的板面及多跨连续板的支座上部), 其作用是承担弯矩产生的拉力, 一般从距墙边或梁边 50 ~ 100mm 开始配置, 两边伸入支座的长度不应小于 $5d$, 且不小于 50mm, 对于冷轧带肋筋不宜小于 $10d$, 且不小于 100mm, 当采用焊接网配筋时其末端至少应有一根横向钢筋配置在支座边缘内。现浇板中受力筋的直径不小于 6mm, 受力筋的间距不小于 70mm, 当板厚 $\leq 150\text{mm}$ 时, 受力筋间距不应大于 200mm, 当板厚 $> 150\text{mm}$ 时, 不应大于板厚的 1.5 倍, 且不应大于 250mm。受力筋的配置应根据受弯构件跨中的最大弯矩或支座的负弯矩来计算确定。

2) 分布筋。与受力筋垂直分布, 设置于受力筋的内侧 (即在简支板中位于受力筋上部, 悬挑板中位于受力筋下部)。其作用是固定受力筋、将作用在分布筋上的力传递给受力筋及限制混凝土的裂缝。在单向板 (长边:短边 $> 2:1$) 中, 分布筋按构造来配置, 单位长度上分布筋的截面面积不应小于单位长度上受力筋截面面积的 15%, 且不宜小于该方向板截面面

积的 0.15%，分布钢筋的间距不宜大于 250mm，直径不宜小于 6mm。在双向板（长边：短边 $\leq 2:1$ ）中，分布筋应根据板上的荷载、跨度、板边支承等条件计算配置。

3) 构造钢筋。对于与支承结构整体浇注或嵌固在承重砌体墙内的现浇混凝土板，应沿支承周边配置上部构造钢筋，其直径不宜小于 8mm，间距不宜大于 200mm，并应符合下列规定：

①构造钢筋的截面面积，沿受力方向配置时不宜小于跨中受力钢筋截面面积的 $1/3$ ，沿非受力方向配置时可根据实践经验适当减少。

②构造钢筋伸入板内的长度，对嵌固在承重砌体墙内的现浇混凝土板，不宜小于板短边跨度的 $1/7$ ，在两边嵌固于墙内的板角部分不宜小于板短边跨度的 $1/4$ （双向配置；对周边与混凝土梁或墙整体浇注的板不宜小于受力方向板计算跨度的 $1/5$ （单向板）、 $1/4$ （双向板）。

③当现浇板的受力钢筋与梁平行时，应沿梁长方向配置间距不大于 200mm 且与梁垂直的上部构造钢筋，其直径不宜小于 8mm，且单位长度内的截面面积不宜小于板中单位宽度内受力钢筋截面面积的 $1/3$ 。该构造钢筋伸入板内的长度不宜小于板计算跨度 l_0 的 $1/4$ ，见图 1-3。

④挑檐转角处应配置放射形构造钢筋，钢筋间距（按 $l/2$ 处计算）不宜大于 200mm；钢筋埋入长度不应小于挑檐宽度，即 $a \geq l$ ，见图 1-4。构造钢筋的直径与边跨支座的负弯距筋相同。

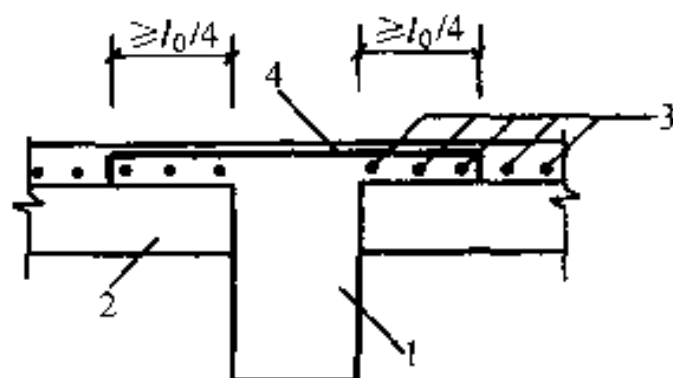


图 1-3 现浇板中与梁垂直的构造钢筋

1—主梁 2—次梁 3—板的受力钢筋 4—上部构造钢筋

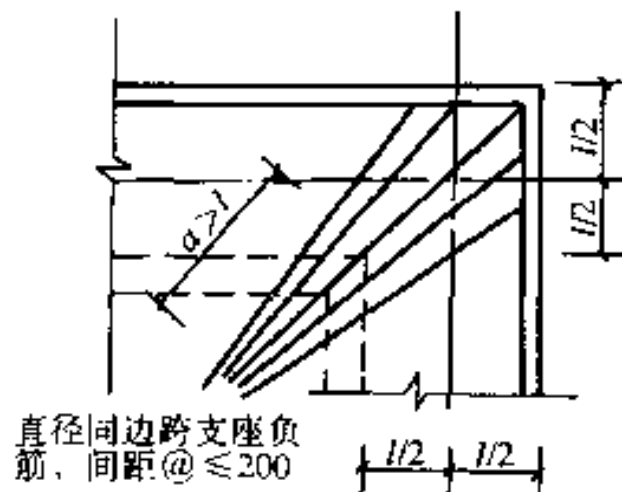


图 1-4 挑檐转角处板的构造钢筋

(2) 板的配筋图 板中受力筋的配置方式有两种：弯起式和分离式。弯起式节约钢筋但配筋及施工较麻烦，现很少采用；分离式施工方便，已成为工程

中主要采用的配筋方式。

1.1.3 柱

(1) 钢筋种类及作用

1) 纵筋。沿构件纵向布置，其根数不少于 4 根，直径不宜小于 12mm，全部纵筋的配筋率不大于 5%；圆柱中纵向钢筋宜沿周边布置，根数不宜少于 8 根，最少不应少于 6 根；纵筋净距不应小于 50mm，不大于 350mm，且不大于柱截面短边边长。

在轴心受压柱和小偏心受压柱中，钢筋和混凝土共同承担荷载产生的压力；在大偏心受压柱中，一部分钢筋承担荷载产生的压力，另一部分钢筋承担拉力。由于在受压构件中钢筋和混凝土共同变形，混凝土达到极限压应变时钢筋最大能发挥的强度值为 400MPa，所以柱中纵筋不宜选用高强度的钢筋。

纵筋在基础顶面及每层楼面以上连接，相邻纵筋的连接接头应相互错开，在同一截面内钢筋接头面积百分率不应大于 50%。连接方式有绑扎搭接、机械连接和焊接，一般当纵向钢筋直筋 $d > 28\text{mm}$ 时，以及偏心受拉柱内纵筋不宜采用绑扎搭接接头，具体的接头形式应以设计图样的要求为准。

2) 箍筋。沿柱高范围间隔布置，其作用是约束固定纵向钢筋和抵抗斜截面剪力。箍筋间距不应大于

400mm 及构件截面的短边尺寸,且不应大于 $15d$, d 为纵向受力筋的最小直径;箍筋的直径不应小于 6mm,且不应小于 $d/4$, d 为纵向受力筋的最大直径;当全部纵筋的配筋率大于 3% 时,箍筋的直径不应小于 8mm,间距不应大于纵向受力筋的最小直径的 10 倍,且不应大于 200mm。箍筋一般应在基础顶面(或地下室顶面)上、每层框架梁上、下及框架梁范围内加密。基础顶面(或地下室顶面)以上的加密范围不小于该层柱净高的 $1/3$,当有刚性地面时尚应在刚性地面上下各 500mm 的高度范围内加密。每层梁高范围内,柱的箍筋应克服困难加密,梁上下范围的加密区高度应不小于柱长边尺寸,且不小于本层柱净高的 $1/6$ 。加密区箍筋间距应符合规范规定。

(2) 柱筋的表示 柱施工图可采用列表注写方式或截面注写方式表达。

1) 列表注写方式。在柱平面布置图上注明柱的编号及截面标注几何参数代号,然后列表注明每个编号柱的柱段起止标高、几何尺寸及配筋的具体数值,并配以各种柱截面形状及箍筋类型图来表达柱的施工图。

柱表的注写内容规定如下:

①注写柱编号。柱编号由类型代号和序号组成,应符合表 1-2 的规定。

表 1-2 柱 编 号

柱 类 型	代 号	序 号
框架柱	KZ	× ×
框支柱	KZZ	× ×
芯 柱	XZ	× ×
梁上柱	LZ	× ×
剪力墙柱	QZ	× ×

②注写各段柱的起止标高。由柱根部往上以变截面位置或截面未变但配筋改变处为界分段注写。框架柱和框支柱的根部标高系指基础顶面标高；芯柱根部标高系指根据结构实际需要而定的起始位置标高；梁上柱的根部标高系指梁顶面标高。

③注写截面尺寸。注写截面尺寸 $b \times h$ 及与轴线关系的几何参数代号 b_1 、 b_2 和 h_1 、 h_2 的具体数值，须对应于各段柱分别注写。其中 $b = b_1 + b_2$ ， $h = h_1 + h_2$ 。对于圆柱，表中 $b \times h$ 栏改用在圆柱直径数字前加 d 表示。

④注写柱纵筋。当柱纵筋直径相同，各边根数也相同时，将纵筋注写在“全部纵筋”一栏中。除此之外，柱纵筋分角筋、截面 b 边中部筋和 h 边中部筋三项分别注写（对采用对称配筋的矩形截面柱，可仅注写一侧中部筋，对称边省略不注）。

⑤注写箍筋。在箍筋类型栏内按箍筋类型图选择并注写箍筋类型，注写箍筋级别、直径及间距。

图 1-5 及表 1-3 为柱的列表方式表达示例。

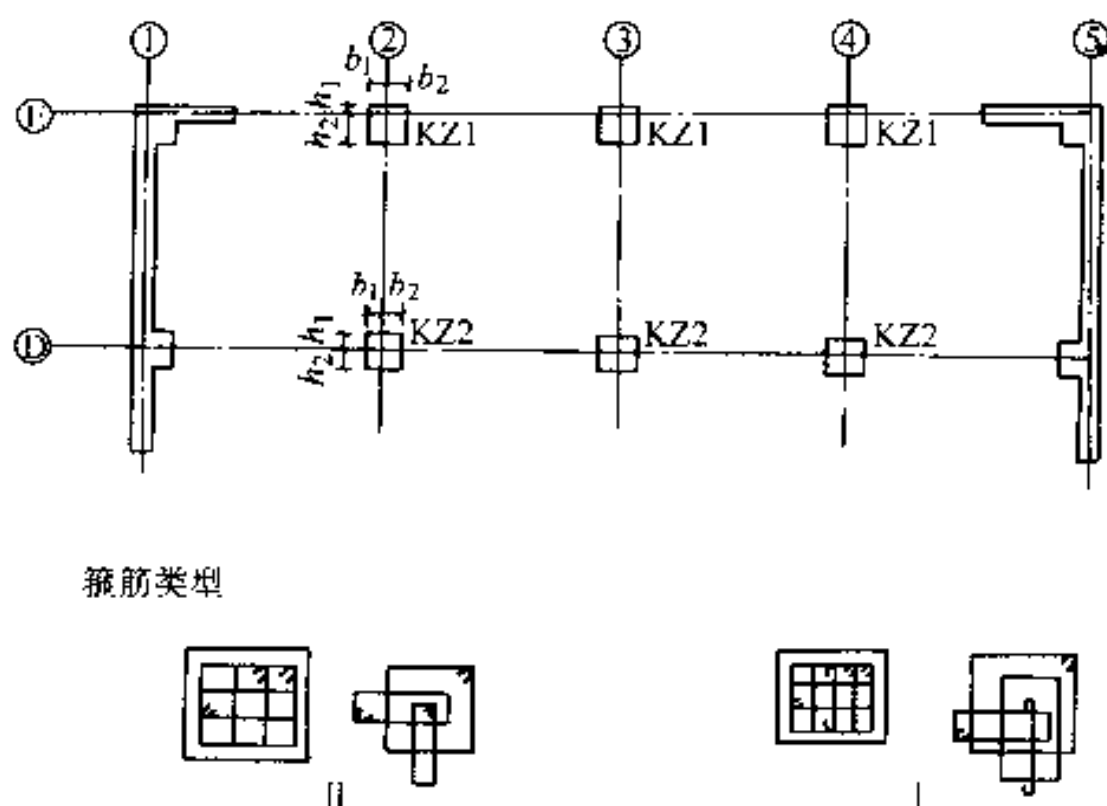


图 1-5 柱列表注写方式示例 (部分)

表 1-3 柱配筋表

柱号	标高	$b \times h$	b_1	b_2	h_1	h_2	全部纵筋	角筋
KZ1	-1.50 ~ 7.17	600 × 600	300	300	150	450		4 Φ 25
	7.17 ~ 14.37	500 × 500	250	250	150	400		4 Φ 22
KZ2	-1.50 ~ 14.37	600 × 600	300	300	300	300	14 Φ 22	
柱号	标高	b 边— 侧中部筋	h 边— 侧中部筋	箍筋类 型号	箍筋	备注		
KZ1	-1.50 ~ 7.17	3 Φ 22	2 Φ 20	I	Φ 10@100			
	7.17 ~ 14.37	2 Φ 20	2 Φ 18	II	Φ 8@100/200			
KZ2	-1.50 ~ 14.37			I	Φ 10@100/200			

图 1-6 为用截面注写方式表达的标高从 $-1.5\text{m} \sim 7.17\text{m}$ 的柱配筋示例。

1.1.4 剪力墙

(1) 剪力墙钢筋 在剪力墙结构或框架剪力墙结构中的墙，不但承受竖向荷载，而且承受水平荷载，增加建筑物的抗剪刚度。剪力墙可以认为由三部分组成：剪力墙柱、剪力墙身和剪力墙梁。

1) 剪力墙柱。剪力墙柱因其作用的不同可分为不同的类型，其类型及代号见表 1-4。

表 1-4 墙柱类型及代号

墙 柱 类 型	代 号	序 号
约束边缘暗柱	YAZ	× ×
约束边缘端柱	YDZ	× ×
约束边缘翼墙（柱）	YYZ	× ×
约束边缘转角墙（柱）	YJZ	× ×
构造边缘端柱	GDZ	× ×
构造边缘暗柱	GAZ	× ×
构造边缘翼墙（柱）	GYZ	× ×
构造边缘转角墙（柱）	GJZ	× ×
非边缘暗柱	AZ	× ×
扶 壁 柱	FBZ	× ×

墙柱的钢筋有纵筋、箍筋和拉筋。纵筋的下端伸入基础底面的钢筋网上并做弯折锚固，纵筋在基础顶

面及每层楼地面以上连接，连接要求同柱筋；箍筋应做成封闭箍筋，且应在基础顶面（或地下室顶面）上、每层楼面上、下及楼层范围内加密，箍筋不能有内折角，以防止纵向钢筋曲凸时箍筋向外崩裂混凝土。

2) 剪力墙身。剪力墙身中的钢筋有水平筋、竖向筋和拉筋。一般水平筋置于竖向筋的外侧，两者共同绑扎成钢筋网片。当剪力墙厚度大于 160mm 时，应配置双排钢筋网。对于厚度不大于 160mm 的墙宜配置双排钢筋网。当剪力墙厚度大于 400mm 但不大于 700mm 时，应配置三排钢筋网。墙中水平钢筋的直径不小于 6mm，间距不应大于 300mm；竖向筋的直径不应小于 8mm，间距不应大于 400mm。水平筋和竖向筋的配筋率均不应小于 0.2%。

双排钢筋网应沿墙的两个侧面布置，且应采用拉筋固定，拉筋直径不应小于 6mm，间距不应大于 700mm，以梅花状布置，对底部加强区，可适当增加拉筋数量。

在剪力墙的洞口周边部位，应设置不少于 $2\Phi 12$ 的水平和竖向构造钢筋，该钢筋从洞边算起，伸入墙内的长度不应小于 $40d$ 。

3) 剪力墙梁。剪力墙梁指连梁、暗梁和边框梁，其类型及代号见表 1-5。连梁一般位于门窗洞口上，

由于此处为受弯构件，故应在墙洞口上加水平受力筋，受力筋的两端锚入洞口两侧的长度不小于规范规定的锚固长，且不小于 600mm。暗梁和边框梁位于每层墙身的顶部，起加强作用。

墙梁中钢筋种类有水平受力筋、侧面纵筋（一般为剪力墙水平筋伸入）、箍筋和拉筋。

表 1-5 墙梁类型及代号

墙梁类型	代号	序号
连梁(无交叉暗撑及无交叉钢筋)	LL	× ×
连梁(有交叉暗撑)	LL(JC)	× ×
连梁(有交叉钢筋)	LL(JG)	× ×
暗 梁	AL	× ×
边 框 梁	BKL	× ×

(2) 剪力墙施工图 剪力墙的钢筋可采用列表注写方式或截面注写方式表达，类似于柱的施工图表示方式。

1) 列表注写方式。列表注写方式系分别在剪力墙柱表、剪力墙身表和剪力墙梁表中，对应于剪力墙布置图上的编号，用绘制截面配筋图并注写几何尺寸与配筋具体数值的方式，来表达剪力墙的施工图。

2) 截面注写方式。截面注写方式即原位注写方式，在分标准层绘制的剪力墙平面布置图上，以直接在墙柱、墙身、墙梁上注写截面尺寸和配筋具体数值

的方式来表达剪力墙的施工图。

1.1.5 条形基础

(1) 钢筋种类

1) 横向受力筋。受力筋的直径一般为 $6 \sim 16\text{mm}$ ，间距为 $100 \sim 250\text{mm}$ ，其直径和间距应根据计算确定。当条形基础的宽度 $B \geq 1600\text{mm}$ 时受力筋的长度可为 $0.9B$ ，交错布置。

2) 纵向分布筋。分布筋直径一般为 $5 \sim 8\text{mm}$ ，间距为 $200 \sim 300\text{mm}$ ，分布筋按构造要求来配置。条形基础交接处钢筋的布置以设计为准，若设计未注明时，按下列方式处理：在 L 形交接处，纵横墙受力筋重叠布置，该部分的分布筋取消但必须与受力筋搭接。在 T 形交接处，横墙受力钢筋间距加倍排至纵墙处。

(2) 基础施工图 在结构施工图中用“基础平面布置图”及“剖面图”来表示基础的配筋。基础平面布置图表现基础的位置及其编号，剖面图表现基础的截面尺寸、标高及配筋。

1.1.6 独立基础

(1) 钢筋种类

1) 基础底面受力筋。独立基础的底面一般为矩

形或正方形，为双向受力，受力钢筋的直径不宜小于8mm，间距为100~200mm，较长的受力筋一般置于较短的受力筋的上面。当基础的边长 $B \geq 3000\text{mm}$ 时（除基础支承在桩上外），受力筋的长度可减少为 $0.9B$ ，交错布置。

2) 基础插筋。插筋的根数、直径及间距应与柱中钢筋相同，下端宜做成直弯钩，放在基础的钢筋网上；当基础高度较大时，仅四角插筋伸入基础底，其余插筋锚入基础。插筋的箍筋与柱中箍筋相同，基础内一般设置两个。

(2) 施工图 在基础结构布置图中标明基础的位置及编号，再用基础详图标明其尺寸、标高及配筋。

1.2 混凝土构件的构造规定

1.2.1 混凝土保护层

钢筋混凝土构件应保证有一定厚度的保护层。保护层的作用一是保护钢筋，二是保证钢筋和混凝土之间的粘结力。纵筋的保护层指从纵筋外边缘至混凝土表面的距离。

混凝土结构设计规范规定纵向受力的普通钢筋及预应力钢筋，其混凝土保护层厚度不应小于钢筋的公称直径，且应符合表1-6的规定。

表 1-6 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	$\geq C50$
一	20	15	15	30	25	25	30	30	30
a	—	20	20	—	30	30	—	30	30
b	—	25	20	—	35	30	—	35	30
二	—	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. 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 1-6 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，保护层厚度可按表中一类环境数值采用。

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 1-6 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保护措施。

5. 对于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。

6. 混凝土结构的环境类别按表 1-7 的标准划分。

表 1-7 混凝土结构的环境类别

环境类别		条 件
一		室内正常环境
二	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
三		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。

1.2.2 钢筋的锚固

当计算中充分利用钢筋的抗拉强度时，受拉钢筋在构件端头应有一定的锚固长度。

(1) 受拉钢筋锚固长度计算

$$\text{普通钢筋} \quad l_a = \alpha \frac{f_y}{f_t} d \quad (1-1)$$

$$\text{预应力钢筋} \quad l_a = \alpha \frac{f_{py}}{f_t} d \quad (1-2)$$

式中 l_a ——受拉钢筋锚固长度；

f_y 、 f_{py} ——普通钢筋、预应力钢筋的抗拉强度设计值，按本手册附录 3、附录 4 采用；

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值，当混凝土强度等级高于 C40 时，按 C40 取值；

d ——钢筋的公称直径；

α ——钢筋的外形系数，按表 1-8 取用。

表 1-8 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	四股钢绞线
α	0.16	0.14	0.19	0.13	0.16	0.17

根据以上计算公式可计算出纵向受拉钢筋锚固长度，见表 1-9。

表 1-9 纵向受拉钢筋最小锚固长度 l_a

钢筋种类 \ 混凝土等级		混凝土强度等级				
		C20	C25	C30	C35	C40
HPB235	普通钢筋	$31d$	$27d$	$24d$	$22d$	$20d$
HRB335	普通钢筋	$39d$	$34d$	$30d$	$27d$	$25d$
HRB335	环氧树脂涂层钢筋	$48d$	$42d$	$37d$	$34d$	$31d$

(续)

<div>混凝土等级</div> <div>钢筋种类</div>		混凝土强度等级				
		C20	C25	C30	C35	C40
HRB400	普通钢筋	$46d$	$40d$	$36d$	$33d$	$30d$
RRB400	环氧树脂涂层钢筋	$58d$	$50d$	$45d$	$41d$	$37d$

- 注：1. 当 HRB335 和 HRB400 级钢筋直径大于 25mm 时，其锚固长度乘以修正系数 1.1；
2. 当钢筋在混凝土施工过程中易受扰动（如滑模施工）时，其锚固长度乘以修正系数 1.1；
3. 当 HRB335 和 HRB400 级钢筋在锚固区的混凝土保护层厚度大于钢筋直径的 3 倍且配有箍筋时，其锚固长度可乘以修正系数 0.8；
4. 经上述修正后的锚固长度不应小于按公式计算锚固长度的 0.7 倍，且不小于 250mm；
5. d 为纵向钢筋直径。

(2) 抗震区受拉钢筋锚固长度

纵向受拉钢筋的抗震锚固长度 l_{aE} 应按下列公式计算：

$$\text{一、二级抗震等级} \quad l_{aE} = 1.15l_a \quad (1-3)$$

$$\text{三级抗震等级} \quad l_{aE} = 1.05l_a \quad (1-4)$$

$$\text{四级抗震等级} \quad l_{aE} = l_a \quad (1-5)$$

由此可计算有抗震要求的纵向受拉钢筋的锚固长度，见表 1-10。

表 1-10 纵向受拉钢筋抗震锚固长度 l_{aE}

<div> <div>钢筋强度</div> <div>混凝土强度</div> </div>		HPB235	HRB335		HRB400	
		普通 钢筋	普通 钢筋	环氧树脂 涂层钢筋	普通 钢筋	环氧树脂 涂层钢筋
C20	一、二级抗震等级	$36d$	$44d$	$55d$	$53d$	$66d$
	三级抗震等级	$33d$	$41d$	$51d$	$49d$	$61d$
C25	一、二级抗震等级	$31d$	$38d$	$48d$	$46d$	$57d$
	三级抗震等级	$28d$	$35d$	$44d$	$42d$	$53d$
C30	一、二级抗震等级	$27d$	$34d$	$43d$	$41d$	$51d$
	三级抗震等级	$25d$	$31d$	$39d$	$37d$	$47d$
C35	一、二级抗震等级	$25d$	$31d$	$39d$	$37d$	$47d$
	三级抗震等级	$23d$	$29d$	$36d$	$34d$	$43d$
$\geq C40$	一、二级抗震等级	$23d$	$29d$	$36d$	$34d$	$43d$
	三级抗震等级	$21d$	$26d$	$33d$	$31d$	$39d$

- 注：1. 四级抗震等级， $l_{aE} = l_a$ ，其值见表 1-9；
2. 弯锚时，有些部位的锚固长度为 $\geq 0.4l_{aE} + 15d$ ，具体见各类构件的标准构造详图；
3. 当钢筋在混凝土施工过程中易受扰动（如滑模施工）时，其锚固长度乘以修正系数 1.1；
4. 在任何情况下，锚固长度不得小于 250mm；
5. d 为纵向钢筋直径。

1.2.3 钢筋的连接

钢筋的连接可分为绑扎搭接、机械连接或焊接。

机械连接接头和焊接接头的类型应符合国家现行有关标准的规定。轴心受拉及小偏心受拉杆件（如桁架和拱的拉杆）的纵向受力筋不得采用绑扎搭接接头。当受拉钢筋的直径 $d > 28\text{mm}$ 及受压钢筋的直径 $d > 32\text{mm}$ 时，不宜采用绑扎搭接接头。

纵向钢筋的接头位置、接头面积百分率、绑扎搭接长度的规定详见本手册其他章节。

1.3 分包合同管理

1.3.1 分包合同内容

（1）分包合同概念 承包人经发包人同意或按照合同约定，可以将承包项目的部分非主体工程，非关键工作分包给具备相应资质条件的分包人完成，并为之订立合同，称为分包合同。

（2）分包合同的内容

1) 分包人要按照分包合同的各项规定实施和完成分包工程，并修补其中的缺陷，提供所需的全部工程监督、劳务、材料、工程设备，以及其他所需物品，提供履约担保、进度计划或修订的进度计划，分包人不得将分包工程进行转让或再分包。

2) 承包人应提供总包合同（工程量清单或费率

所列承包人的价格细节除外), 供分包人查阅。应认为分包人已经全面了解主合同的各项规定(上述承包人价格细节除外)。

3) 分包人应当遵守分包合同规定的承包人的工作时间和规定的分包人的设备材料进出场的一切规章制度。同时, 承包人应为分包人提供施工现场及其通道; 分包人应允许承包人、工程师等在工作时间内合理进入分包工程的现场, 并提供方便, 做好协助工作。

4) 分包人的竣工时间的延长条件: 承包人根据合同有权延长主合同; 承包人指示延长; 承包人违约。但是, 分包人必须在延长开始 14 天内将延长情况通知承包人, 同时提交一份证明或报告, 否则分包人无权获得延期。

5) 分包人仅从承包人处接受指示, 并遵守其指示。如果上述指示从总包合同来分析是工程师失误所致, 则分包人有权要求承包人补偿由此而导致的费用。

6) 分包人仅根据以下指示变更、增补或删减分包工程: 工程师根据主合同做出的指示再由承包人作为指示通知分包人; 承包人的指示。

(3) 分包合同文件的组成及优先顺序

1) 分包合同协议书。

- 2) 承包人发出的分包中标书。
- 3) 分包人的报价书。
- 4) 分包合同的专用条款。
- 5) 分包合同的通用条款。
- 6) 规范、图样、列有标价的工程量清单。
- 7) 报价单或预算书。

1.3.2 分包合同管理

(1) 分包合同的订立原则

1) 合同当事人的法律地位平等。一方不得将自己的意志强加给另一方。

2) 当事人依法享有自愿订立合同的权利，任何单位和个人不得非法干预。

3) 当事人应当遵守公平原则，确定各方的权利和义务。

4) 当事人行使权利、履行义务应当遵循诚实信用原则。

5) 当事人应当遵守法律、行政法规，遵守社会公德，不得扰乱社会经济秩序和损害社会公共利益。

(2) 分包合同的订立程序

1) 接受中标通知书。

2) 草拟合同专用条款。

3) 谈判合同条款及有关事宜。

4) 参照规定的施工合同范本与发包人订立合同。

5) 合同双方在合同管理部门备案并缴纳印花税。

(3) 分包合同的履行

1) 合同分析。合同履行前应对合同内容、风险、重点或关键性问题,做出特别说明和提示,并向各职能部门人员交底,落实合同的目标,依据合同指导工程实施和项目管理工 作。

合同分析的重点或关键性问题是:

- ① 承包人的主要合同义务和权利
- ② 承包范围
- ③ 合同价款或报酬数量,计算方法和支付条件
- ④ 工期要求和顺延条件
- ⑤ 合同变更方式、程序和责任
- ⑥ 工程交验收方法
- ⑦ 争议的解决方法等

2) 履行合同。履行分包合同时,应注意以下事项:

① 必须遵守《合同法》规定的合同履行各项原则,即:亲自履行原则、全面履行原则和实际履行原则。

亲自履行原则是指合同当事人本人履行,不能由第三者履行。

全面履行原则是指对合同的所有条款,特别是实

质性条款，都要履行，包括标的物、期限、质量、价款、材料供应等等。

实际履行原则就是指当事人按合同所规定的标的履行。

② 项目经理应负责组织施工合同的履行。

③ 依据《合同法》规定，进行合同的变更、转让、终止和解除工作。

④ 如果发生不可抗力致使合同不能履行或不能完全履行时，应依法及时进行处理。

项目经理部履行分包合同时应注意的事项是：承包人应当就承包项目向发包人负责；分包人就分包项目向承包人负责。由分包人的过失给发包人造成了损失，承包人承担连带责任。

1.4 施工前准备

1.4.1 钢筋的分类

钢筋混凝土结构中常用的钢材有钢筋和钢丝（包括钢绞线）两类。直径在 6mm 以上者称为钢筋，直径在 5mm 以内者称为钢丝。

(1) 按化学成分分为：普通碳素钢及合金钢。

普通碳素钢	—高碳钢	含碳量 0.6% ~ 1.4%
	—中碳钢	含碳量 0.25% ~ 0.6%
	—低碳钢	含碳量少于 0.25%

随着含碳量的增加其强度、硬度增加，但塑性、韧性减少。建筑中常用普通低碳钢。

在普通碳素钢中加入某些合金元素，如锰、钛、硅、钒，而冶炼成的钢称为合金钢。这些钢中有些含碳量也较高，但由于加入了合金元素，不但强度提高，而且其他性能有所改善。建筑上常用低合金钢。

合金钢	—高合金钢	含合金量 10% 以上
	—中合金钢	含合金量 3.5% ~ 10%
	—低合金钢	含合金量少于 3.5%

(2) 按强度分为：HPB235 级 ~ HRB500 级钢筋。HPB235 级 ~ HRB500 级为热轧钢筋，其中 HPB235 级为低碳钢，HRB335 ~ HRB500 级为低合金钢。其强度分别为：

HPB235 级 240/380MPa，即屈服点为 240MPa，抗拉强度为 370MPa。

HRB335 级 340/520MPa，即屈服点为 340MPa，抗拉强度为 520MPa。

HRB400 级 380/580MPa，即屈服点为 380MPa，抗

拉强度为 580MPa。

HRB500 级 550/850MPa，即屈服点为 550MPa，抗拉强度为 850MPa。

(3) 按外形分为

光面钢筋：断面为圆形，表面无刻纹，使用时需加弯钩。

螺纹钢筋：表面轧制成螺旋纹、人字纹，以增大与混凝土的粘结力。

精轧螺纹钢筋：近年开发的用作预应力钢筋的新品种，钢号为 40Si2MnV。

此外，还有刻痕钢丝、压波钢丝等。

(4) 按生产工艺分为：热轧钢筋、冷拉钢筋、冷拔钢丝、热处理钢筋、碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线及冷轧带肋变形钢筋等。

(5) 按供货方式分为：盘圆钢筋（直径 $\leq 10\text{mm}$ ）和直条钢筋（长度 6 ~ 12m，根据需方要求，也可按其他定尺供应）。

(6) 按在结构中的作用和形状分为：受拉钢筋、受压钢筋、弯起钢筋、预应力钢筋、分布筋、箍筋、架立筋、吊筋、锚固筋等。

1.4.2 准备工作

(1) 钢筋施工现场布置 钢筋施工现场的合理布

置不仅有利于对钢筋的加工、运输、管理，还可提高工作效率。钢筋施工现场的合理布置大致有以下规律：

1) 生产线的设置以平直（包括冷拉、调直）、切断、弯曲为主流程，除锈、焊接（对焊、点焊）、绑扎为辅助流程。

2) 工艺布局上，纵向为某种钢筋加工流程方向，横向为平级流程，即条块结合，同一纵向为同一流程，同一横向为同一或相似工序。

3) 流水线的设置取决于被加工钢筋的数量、品种，大型工程中往往是粗钢筋加工量多，设置 2~3 条中粗或粗钢筋生产线；反之，中粗钢筋生产线退让于细钢筋生产线，增加冷拔钢丝点焊网片的生产。

4) 生产流水线的流向、机械设备布置方向往往与工人操作习惯相适应，有时也与左右手方向也有关系。

5) 随着生产工艺的改进，钢筋加工车间的科技含量大大提高，目前电子程序控制系统、液压传动系统已引进钢筋加工之中，与机械加工系统组成大型钢筋加工自动化生产线。

(2) 机械使用安全事项

1) 一般要求。任何一个施工单位都要重视安全工作。钢筋工首先要熟悉常规管理，新人某施工工地

或施工条件改变时，必须接受安全教育，贯彻施工组织设计提出的安全措施，按照实施各种施工方案时所进行的技术交底内容执行。钢筋工还要积极参与各种安全检查、班前安全活动、事故隐患的整改、违章处理、工伤管理等各项管理。

在施工现场，操作环境的优劣对安全工作也会产生一定影响，例如道路上的障碍物、高处作业、吊车下作业等，每一名工人都应遵守相应的安全规定。

最重要的安全施工方面就是钢筋加工机械的操作。对于一般通用机械，应该着重注意：机械的安全必须坚实稳固，保持水平位置，固定式机械应有可靠的基础，移动式机械在作业时应楔紧行走轮；机械的传动部分要有防护罩，电气部分应有接地或接零；室外作业应设置机棚，机旁应有堆放原料、半成品的场地；加工较长的钢筋时，应有专人帮扶，并听从指挥人员的指挥，不得任意拖拉；作业后，应堆放好成品，清理场地，切断电源，锁好开关箱。各种机械都应该设专机专人负责制，禁止非专机负责人擅自开机；尤其是特殊作业（如钢筋焊接），应具有允许上岗作业的证件才准许操纵机械。

2) 主要机械使用特点。钢筋施工所用主要机械使用安全事项应遵守《建筑机械使用安全技术规程》(JGJ33-2001)的规定。

① 钢筋调直切断机

a. 料架、料槽应安装平直，对准导向筒、调直筒和下切刀孔的中心线。

b. 用手转动飞轮，检查传动机构和工作装置，调整间隙，紧固螺栓，确定正常后起动空运转；检查轴承应无异响，齿轮啮合良好，待运转正常后方可作业。

c. 按所调直钢筋的直径，选用适当的调直块及传动速度，经调试合格方可送料。

d. 在调直块未固定、防护罩未盖好前不得送料。作业中，严禁打开各部防护罩及调整间隙。

e. 当钢筋送入后，手与曳引轮必须保持一定距离，不得接近。

f. 送料前应将不直的料切去，导向筒前应装一根 1m 长的钢管，钢筋必须先穿过钢管，再送入调直机前端的导孔内。

g. 作业后，应松开调直筒的调直块并回到原来的位置，同时预压弹簧必须回位。

② 钢筋切断机

a. 接送料工作台面应与切刀下部保持水平，工作台的长度可根据加工材料的长度决定。

b. 起动前必须检查切刀，刀体上应该没有裂纹；还要检查刀架螺栓是否已紧固，防护罩是否牢靠。然

后用手盘动带轮，检查齿轮啮合间隙，调整切刀间隙。

c. 起动后要先空运转，检查各传动部分及轴承，确认运转正常后方可作业。

d. 机械未达到正常转速时不得切料。切料时必须使用切刀的中下部位，紧握钢筋对准刃口迅速送入。

e. 不得剪切直径及强度超过机械铭牌规定的钢筋，也不得剪切烧红的钢筋。一次切断多根钢筋时，钢筋的总截面积应在规定范围内。

f. 在切断强度较高的低合金钢钢筋时，应换用高硬度切刀。一次切断的钢筋根数随直径大小而不同，应符合机械铭牌的规定。

g. 切断短料时，手与切刀之间的距离应保持150mm以上，如手握端小于400mm时，应使用套管或夹具将钢筋短头压住或夹牢。

h. 运转中，严禁用手直接清除切刀附近的断头或杂物。在钢筋摆动周围和切刀附近，非操作人员不得停留。

i. 发现机械运转不正常，有异响或切刀歪斜情况发生，应立即停机检修。

j. 作业后要用钢刷清除切刀间的杂物，进行整机清洁保养。

③钢筋弯曲机

a. 工作台与弯曲机台面要保持水平，并要准备好各种芯轴及工具。

b. 按所加工钢筋的直径和要求的弯曲半径装好芯轴、成形轴、挡铁轴或可变挡架。

c. 检查芯轴、挡铁、转盘，它们应该没有损坏和裂纹，而且防护罩应紧固可靠，经空运转确认后，才可以进行作业。

d. 作业时，将钢筋需弯的一头插在转盘固定销的间隙内，另一端紧靠机身固定销，并用手压紧，检查机身固定销子确实安在挡住钢筋的一侧，方可开动。

e. 作业中严禁更换芯轴、销子和变换角度以及调速等，亦不得加油或清扫。

f. 弯曲钢筋时，严禁超过本机规定的钢筋直径、根数及机械转速。

g. 弯曲较高强度的低合金钢钢筋时，应按机械铭牌规定换算最大限制直径并调换相应的芯轴。

h. 严禁在弯曲钢筋的作业半径内和机身不设固定销的一侧站人。弯曲好的半成品应堆放整齐，弯钩不得朝上。

i. 若要作转盘换向，必须在停稳后进行。

④钢筋冷拉设备

a. 卷扬机的型号和性能要经过合理选用，以适应被冷拉钢筋的直径大小。卷扬钢丝绳应经封闭式导向滑轮并与被拉钢筋方向垂直。卷扬机的位置必须使操作人员能见到全部冷拉场地。

b. 应在冷拉场地的两端地锚外侧设置警戒区，警戒区装有防护栏杆并设有警告标志。严禁与施工无关的人员在警戒区停留。作业时，操作人员所在的位置必须远离被拉钢筋 2m 以外。

c. 用配重控制的设备必须与滑轮匹配，并有指示起落的记号（如果没有记号就应有专人指挥）。配重筐提起时高度应限制在离地面 300mm 以内；配重架四周应有栏杆及警告标志。

d. 作业前，应检查冷拉夹具，夹齿必须完好，滑轮、拖拉小车应润滑灵活，拉钩、地锚及防护装置均应齐全牢固，确认良好后方可进行作业。

e. 卷扬机操作人员必须在看到指挥人员发出的信号，并待所有人员都离开危险区后方可作业。冷拉应缓慢均匀地进行，随时注意停车信号；如果见到有人进入危险区，应立即停拉，并稍稍放松卷扬钢丝绳。

f. 用以控制冷拉力的装置必须装设明显的限位标志，并要有人负责指挥。

g. 夜间工作的照明设施应设在冷拉危险区外。

如果必须装设在场地上空时，它的高度应离地面 5m 以上；灯泡应加防护罩，不得用裸线作为导线。

h. 冷拉作业结束后，应放松卷扬钢丝绳，落下配重，切断电源，锁好开关箱。

⑤焊机

a. 一切焊接设备的电机、电器、空压机等都应按专门的安全施工规定执行，并要有完整的防护外壳，初、次级接线柱处应有保护罩。

b. 现场使用的电焊机应设有可防雨、防潮、防晒的机棚，并备有消防用品。

c. 焊接作业时，焊接和配合人员必须采取防止触电、高处坠落和发生火灾等事故的安全措施。在高处焊接或切割时，必须挂好安全带，焊接周围和下方应采取防火措施并有专人监护。

d. 电焊线通过道路时，必须架空或穿入防护管内埋设在地下。

e. 接地线及手把线都不得搭在易燃、易爆和带有热源的物品上，接地电阻不大于 4Ω 。

f. 不得在露天雨中进行焊接作业。在潮湿地带操作时，应站在铺有绝缘物品的地方，并穿好绝缘鞋。

g. 操作时，焊钳应与手把线连接牢固；不得用胳膊夹持焊钳；清除焊渣时，面部应避开被清的焊缝；在载荷运行中，应随时检查电焊机的温升，如果

发现超过该电焊机额定最高温度限值，就必须停止运转使用。

h. 施焊现场周围 10m 范围内，不得堆放氧气瓶、乙炔发生器、木材等易燃物。

i. 焊接作业结束后，应清理场地，灭绝火种，切断电源，锁好开关箱，消除焊料余热后，人员方可离开。

j. 使用各种焊机的主要补充事项：

交流电焊机：次级抽头连接铜板必须压紧，接线柱应有垫圈。合闸前应详细检查接线螺母、螺栓以及其他部件，必须没有松动或损坏。

旋转式直流电焊机：起动时，检查转子的旋转方向应符合焊机标志的箭头方向；起动后，应检查电刷和换向器，如有大量火花时，应停机查明原因，经排除后方可使用。

对焊机：对焊机应安置在室内，并有可靠的接地；作业前，检查对焊机的压力机构应灵活，夹具应牢固，气压、液压系统应无泄露；不得焊接超过对焊机规定直径的钢筋；焊接较长钢筋时，应设托架；闪光区应设挡板，一切人员要防止火花烫伤；电路上各种螺栓应定期紧固；冷却水温度不得超过 40℃，较冷条件下作业时，室内温度应不低于 8℃，作业后应放尽机内冷却水，以防上冻。

点焊机：起动前应调整好焊接参数，先接通水源、气源，再接通电源；电极触头应保持光洁，如有漏电，应立即更换；冷却水温度不得超过 40°C ；较冷条件下作业时，安置电焊机的室内温度应不低于 8°C ，作业后应放尽机内冷却水，以防上冻。

在实施气压焊时，需利用氧乙炔焰加热钢筋，对所用气焊设备的安全施工，应遵守相应的安全操作规程。

⑥ 预应力钢筋张拉设备

a. 张拉场地四周应设有防护栏杆和警告标志，作业时任何无关人员不得入内。

b. 张拉前必须严格检查设备、仪表的可靠性，以及锚具、夹具和镦头的状况（确保无裂纹或破损），并要保证液路或接头处无泄漏。

c. 张拉时钢筋两端不得站人（必要时两端应设挡件）；操作要平稳均匀，张拉过程中不得用手摸或脚踩预应力钢筋。

d. 在测量钢筋伸长值或拧紧锚定螺母时，应先停止张拉；而且操作人员应站在钢筋侧面。

e. 在后张法构件未灌浆、先张法构件未浇灌混凝土前，人员尽量避免站在已锚定钢筋的端部。

(3) 先期条件

1) 图样审查

①施工图 了解所属工程的概况，检查钢筋施工图各编号是不是齐全，详读施工图总说明及设计变更通知单，记住每一个构件中各钢筋网或钢筋骨架之间的相互关系，通晓钢筋施工与本工程有关的模板、结构安装、管道配置等多方面联系。

②审查内容

a. 构件各部分尺寸是否正确，是否有错误、相互抵触或遗漏的地方；每个构件中所有钢筋形式和式样是不是符合构件外形的需要。

b. 钢筋的配置是不是有与设计构造规范或施工和验收规范要求不适应的情况。

c. 现有的工地施工工具和工艺条件能不能在质量、任务量和工期上满足加工这批钢筋的要求。

d. 配筋构造有没有明显超过设计和施工规范要求的指标而造成浪费的。

2) 编制钢筋材料表。钢筋加工是一根一根进行的，因此施工图上必须列出每根钢筋所在部位以及规格、根数等资料，还要加以编号和画出式样（式样图上有具体的细部尺寸），以便于加工成形和检查验收。因此，上述资料是不可少的，一般用列出“材料表”的形式体现出来。见表 4-10 所示。

编制钢筋材料表的工作非常重要，也非常繁琐，它需要由具备相当的专业知识、熟悉设计和施工规范

有关规定的人员编制。通常由高级技工或工长负责，比较复杂的工程还得依靠有经验的技术人员亲自执笔。

编成的钢筋材料表需有其他人员检查，核对每号钢筋的直径、式样、根数等项目，是不是存在施工图与材料表不相符的情况。

3) 存在的问题处理。一份高质量的设计资料(技术说明、施工图等)应该是准确无误的，施工单位拿到手就能操作，但是由于种种原因，例如建设单位对所建工程的功能要求改变、现场的具体施工条件改变以及设计不慎所引起的遗漏或错误等，就需要对原有资料进行修改。对施工单位来讲，必须完整地掌握所有修改内容，并在施工图上标注，以作为施工过程以及将来竣工资料归档的依据。

对施工图上发现的构件各部分尺寸相互矛盾处，或钢筋配置图不合理的明显错漏，如果能够根据具体情况判断它们的肯定状况，就可以直接在图样上改动，并通知有关技术管理部门或设计单位备案。

(4) 确定下料依据 在钢筋加工进入实质性下料之前，必须做到的基本事项如下：

1) 查对库存材料，看看库里的钢筋品种、规格以及数量是不是满足施工图要求。

2) 检查库存钢筋是不是具备必要的合格证件

(出厂质量证明书或试验报告单),而且要将合格证件与实物加以核对(根据钢筋表面标志或每捆上附带的标牌),必须做到清楚无误。

3) 当仓库内的钢筋材料缺少施工图上所需要的品种、规格,又确信该钢材在货源方面近期(按施工工期)内无法解决时,要考虑用其他品种、规格代换的可能性,并拟定代换方案,取得有关技术管理部门或设计单位的认可。

4) 考虑设备和人员是不是足以胜任规定工期内完成某批加工任务,必要时要予以补充。

5) 要考虑到有关钢筋绑扎安装对钢筋加工的要求,做到互相有效配合,例如加工成形后的成品堆放地点和顺序要安排妥当,以便安装工人根据需要取用有序;至于哪一个工程或哪一个部位的钢筋加工谁先谁后,要根据工期、安装的预期进度和施工要求统盘考虑;为了使钢筋绑扎和安装进程顺利,不至于在现场找不到所需编号的钢筋,必须通过配料单的书而形式让安装人员知道在施工时已更改的内容,以避免混乱(特别是原材料状况,如规格不全、长度不足,都作为下料依据,在配料表上反映钢筋代换或接头配置的方案,必要时应改写编号或加分号,以保证各接长钢筋的分段不会被搞错)。

2 施工操作技术

钢筋一般在钢筋车间加工，然后运到施工现场安装或绑扎。钢筋的加工包括：冷拉、冷拔、调直、除锈、切断、弯曲成形、焊接、绑扎等。钢筋的加工过程如图 2-1 所示。

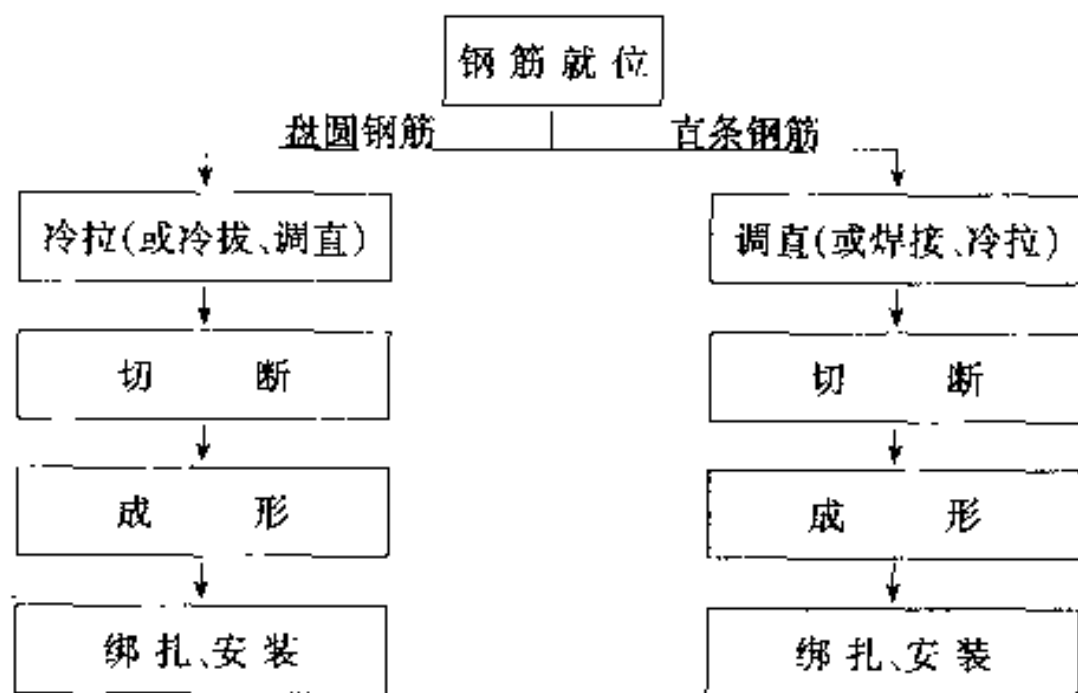


图 2-1 钢筋加工过程

2.1 钢筋冷加工

钢筋的冷加工，一般是指现场的冷拉与冷拔，以

提高钢筋强度设计值，节约钢材，满足预应力钢筋的要求。

2.1.1 钢筋的冷拉

钢筋的冷拉是在常温下对钢筋进行强力拉伸，当受拉钢筋的应力达到某值时，使钢筋产生塑性变形，以达到调直钢筋、提高强度的目的，这个过程称为钢筋的冷拉。

冷拉钢筋使用于 HPB235 级 ~ HBB500 级钢筋。冷拉 HPB235 级钢筋使用于钢筋混凝土结构中的受拉钢筋；冷拉 HRB335 级 ~ HRB500 级钢筋使用于预应力混凝土结构的预应力筋。

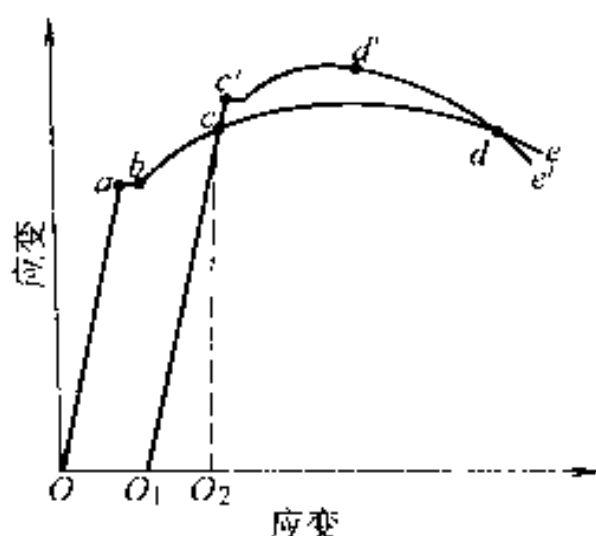


图 2-2 钢筋拉伸曲线

(1) 冷拉原理

图 2-2 为钢筋受拉时的应力应变图。图中 *abcde* 为钢筋的拉伸特征曲线。图中曲线 *O* 点起至 *a* 点上弹性变形阶段，而 *a* 点的应力就是屈服点，应力值超过屈服点，便进入塑性变形阶段（即 *ab* 段，也即屈服

阶段)，这时，如果将拉力卸除，伸长部分不会弹回到原来长度。一般来说，仅为了调直钢筋，只需拉伸钢筋使其应力超过屈服点一定数值（根据具体情况试验确定需要值）就可以了。

冷拉时，拉应力超过屈服点 b 达到 c 点，然后卸荷。由于钢筋已经产生了塑性变形，卸荷过程中应力应变沿 co_1 降至 O_1 点。如再立即重新拉伸，应力应变图将沿 O_1cde 变化，并在高于 c 点附近出现新的屈服点，该屈服点明显高于冷拉前的屈服点，这种现象称“变形硬化”。其原因是冷拉过程中，钢筋内部结晶面滑移，晶格变化，内部组织发生变化，因而屈服点提高，塑性降低。

因此，根据上述的冷拉原理，从钢筋冷拉的概念性意义上讲，要拉到应力超过屈服点一定数值才合适。至于应该超过屈服点多大数值，要根据不同钢筋的材料试验确定，并由施工规范做出决定。

(2) 冷拉控制方法 钢筋经过冷拉后，强度提高了，这种现象称为“冷拉强化”（所谓强度提高，仅指屈服点提高，而抗拉强度只有少量提高，抗压强度与冷拉前一样）。因此，关于冷拉程度的控制方法首先是要控制钢筋应力。

1) 控制应力法。冷拉后钢筋有内应力存在，内应力会促进钢筋内的晶体组织调整，经过调整，屈服

强度又进一步提高。该晶体组织调整过程称为“时效”。钢筋经冷拉和时效后的拉伸特性曲线即为 $O_1'c'd'e'$ 。HPB235 级、HRB335 级钢筋的时效过程在常温下需 15~20d (称自然时效), 但在 100℃ 温度下只需 2h 即完成, HRB400 级、HRB500 级钢筋在自然条件下一般达不到时效的效果, 通电加热至 150℃~200℃, 保持 20min 左右即可。

这样, 不考虑时效影响, 又根据图 2-2 得到的结果, 即冷拉后钢筋所建立的屈服点等于或高于冷拉时的控制力, 故冷拉控制力仍取为冷拉钢筋的屈服点 (见表 2-1)。当采用控制应力法对钢筋进行冷拉时, 冷拉控制应力值应如表 2-2 所示; 当采用控制应力法时, 还要对“最大冷拉率”有所限制, 这是由于如果相应于控制应力值的冷拉率超过表 2-2 的规定时, 就有可能是抗拉强度不合格的钢筋, 在冷拉后应进行力学性能检验。

表 2-1 冷拉钢筋的力学性能

钢筋级别	公称直径 /mm	屈服点 σ_s /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ_{10} (%)
		不 小 于		
HPB235 级	≤ 12	280	370	11
HRB335 级	$\frac{8 \sim 25}{28 \sim 40}$	$\frac{450}{430}$	$\frac{510}{490}$	10

(续)

钢筋级别	公称直径 /mm	屈服点 σ_s /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ_{10} (%)
		不 小 于		
HRB400 级	$\frac{8 \sim 25}{28 \sim 40}$	500	570	8
HRB500 级	$\frac{10 \sim 25}{28, 32}$	700	835	6

表 2-2 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 /MPa	最大冷拉率 (%)
HPB235 级	≤ 12	280	10.0
HRB335 级	≤ 25	450	5.5
HRB335 级	28 ~ 40	430	5.5
HRB400 级	8 ~ 40	500	5.0
HRB500 级	10 ~ 32	700	4.0

采用控制应力法时，一根钢筋所需的冷拉力应等于控制应力值乘以该根钢筋的截面积，如下式：

$$F_t = \sigma_{lc} A_s$$

式中 F_t ——冷拉力 (N)；

σ_{tc} ——冷拉控制应力 (MPa);

A_n ——冷拉前的钢筋截面面积 (mm^2)。

2) 控制冷拉率法。这种方法表明, 将钢筋拉伸多长做个规定, 就可以控制冷拉程度。而拉多长与钢筋应力多大是有关系的, 所以冷拉率为多大要联系到钢筋应力大小。当采用控制冷拉率法冷拉钢筋时, 冷拉率必须由试验确定。测定同炉 (批) 钢筋冷拉率所取的试样不少于 4 个, 每个试样都按表 2-3 规定的冷拉应力值在万能试验机上测定相应的冷拉率, 取其平均值作为该炉 (批) 钢筋的实际冷拉率。测定冷拉率时钢筋的冷拉应力要考虑冷拉效果有一定的可靠保证, 按冷拉控制应力 (表 2-2) 提高 30MPa 取值, 应符合表 2-3 的规定。冷拉多少根连接的钢筋, 冷拉率可按总长计, 但冷拉后每根钢筋的冷拉率应符合表 2-2 的规定值。

表 2-3 测定冷拉率时钢筋的冷拉应力

钢筋级别	钢筋直径/mm	冷拉应力/MPa
HPB235 级	≤ 12	310
HRB335 级	≤ 25	480
HRB400 级	28 ~ 40	460
	8 ~ 40	530
HRB500 级	10 ~ 32	730

如果测定所得冷拉率低于 1%，考虑到这类钢筋的抗拉强度必然很高，拉到 1% 不会影响冷拉钢筋的应用性能，所以规定当钢筋平均冷拉率低于 1% 时，仍应按 1% 进行冷拉。

钢筋冷拉速度不宜过快，一般以每秒拉长 5mm 或每秒增加 5MPa 拉应力为宜。当拉至控制值时，停车 2~3min 后，再行放松，使钢筋晶体组织变形较为完整，以减少钢筋的弹性回缩。

预应力钢筋由几段对焊而成时，应在焊接后再进行冷拉，以免因焊接而降低冷拉所获得的强度。

3) 控制方法选择。采用控制应力法能够使冷拉后钢筋的屈服点维持一个较稳定的水平，遇到不合格的钢筋也容易发现，因此，对不能分清炉（批）号的热轧钢筋应采取这种方法冷拉，而不要用控制冷拉率法。

对于为了加工需要（调直、除锈）而进行的钢筋冷拉，并不需要严格控制冷拉程度；通常是利用冷拉后提高的强度才要准确控制冷拉程度。

对于普通钢筋混凝土构件中所用的钢筋，如果它的强度过高，是不能得到充分利用的，这是因为普通钢筋混凝土会过早出现裂缝，所以只有直径 $\leq 12\text{mm}$ 的冷拉 HPB235 级钢筋才允许考虑利用冷拉后提高的强度（同样是 HPB235 级钢筋，直径较大的因相对表

面积小而握裹力不足，所以不允许利用冷拉后提高的强度)。这样，实际上冷拉后提高的强度基本上是被利用在预应力混凝土构件中。为使强度较为稳定，应优先采用控制应力法来实施冷拉。

但是，预应力混凝土构件在施工工艺上要求有准确下料长度值，如果按控制应力法冷拉钢筋，由于钢筋材质不能绝对均匀，冷拉率必然不能保持一致，所以既要采用同样冷拉控制应力，又要满足拉伸长度一致的要求，这是难以做到的。为了解决这个矛盾，通常可以让控制应力上下波动一定幅度来获得一致的拉伸值（一般可取幅度为 $-3\% \sim +5\%$ ），但采用这种解决办法时，要进行一些试验鉴定工作，特别是需要验证冷拉后钢筋的力学性能。要是采取控制应力波动的措施还不能解决问题，那么，就得调换钢筋，或在工艺方面想办法，例如调整预应力钢筋端部螺杆的长度、增加锚固垫板或加大垫板厚度等。

(3) 冷拉工艺设施 冷拉工艺有两种：一种是采用卷扬机带动滑轮组的冷拉装置系统进行冷拉；另一种是采用长行程（1500mm 以上）的专业液压千斤顶配合台座机进行冷拉。

1) 卷扬机冷拉。采用的冷拉装置系统主要包括拉力设施、回程设施、承力结构、夹具、测力装置五部分。

拉力设施：由卷扬机和滑轮组构成；

回程设施：可利用卷扬机滑轮组，也可以用重物，如混凝土块、生铁块等回程复位；

承力结构：可用型钢或钢筋混凝土制成“地锚”，也可以建造钢筋混凝土台座以承力；

夹具：一般用楔形夹具，也可以利用预应力钢筋端部的螺纹端杆、帮条或镦头；

测力装置：可利用弹簧测力计、电子秤或液压千斤顶上的压力表等。

图 2-3 为卷扬机系统的布置示意图，图 2-3a 用于较细钢筋的冷拉；图 2-3b、c 用于较粗钢筋的冷拉。

常用卷扬机系统主要设施：

①拉力装置 凡牵引能力、鼓筒直径、转速能满足冷拉要求的单筒或双筒卷扬机均可采用，一般可用牵引力为 30 ~ 50kN、卷筒直径为 350 ~ 450mm、卷筒转速为 6 ~ 8r/min 的慢速卷扬机。滑轮组的滑轮门数要根据工艺线的最大拉力计算确定，一般采用 3 门至 8 门，可达到的拉力为 150 ~ 500kN；必要时，为了成倍提高冷拉能力，可在动滑轮外再增加一组动滑轮，如图 2-3c) 所示。

②回程装置 钢筋冷拉完毕时，可采用卷扬机滑轮组回程复位，如图 2-3a) 和图 2-3b)。当采用另一台卷扬机牵引时，一般可用 2 门或 3 门滑轮组，其可

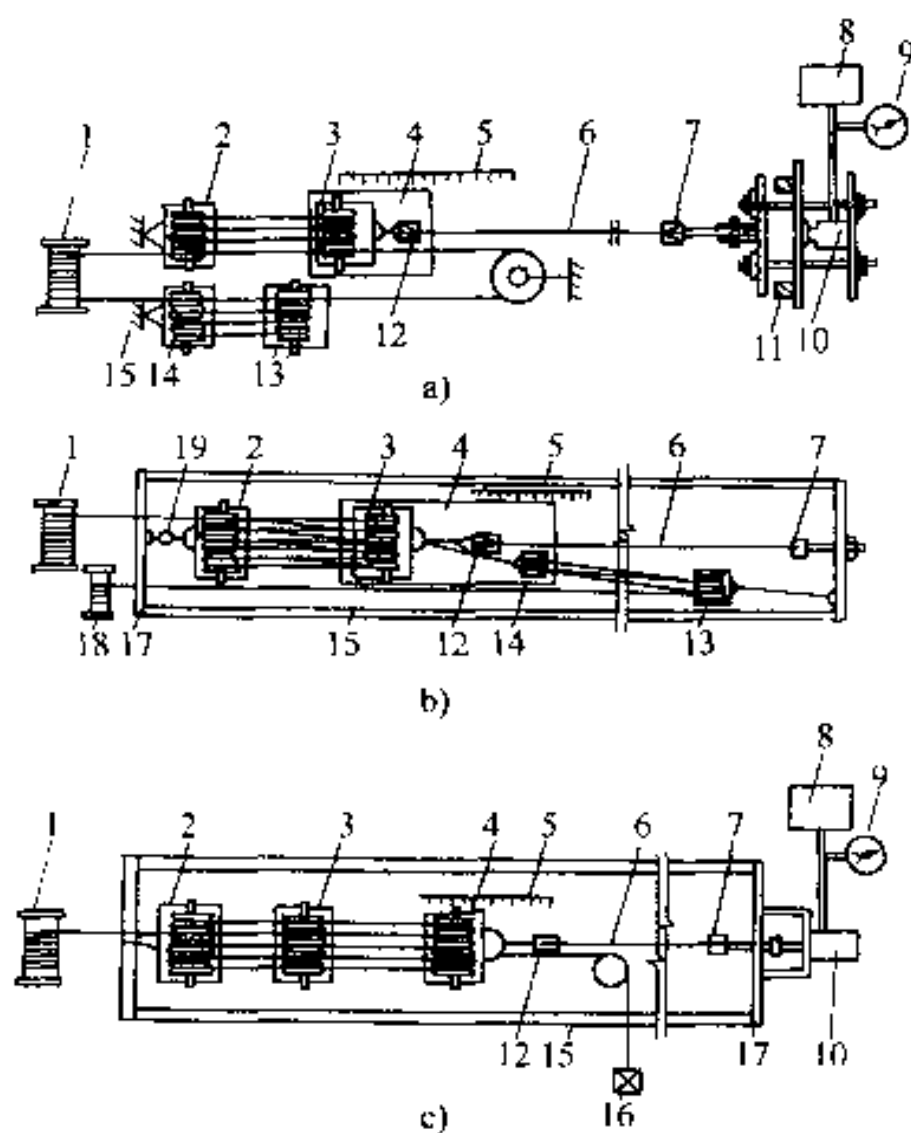


图 2-3 卷扬机系统布置图

- 1—卷扬机 2—固定滑轮组 3—移动滑轮组
 4—冷拉小车 5—延伸标尺 6—钢筋 7—固定端夹具 8—油泵 9—油压表 10—千斤顶
 11—台座墩 12—冷拉端夹具 13、14—回程滑轮 15—冷拉台座 16—回程荷重架
 17—端横梁 18—回程卷扬机 19—电子秤

拉的拉力为 $30 \sim 50\text{kN}$ ；当采用同一台卷扬机卷筒以正反转原理工作时，其门数与冷拉滑轮组相同。回程装置也可采用重物回程，一般是将生铁块置于吊篮内并悬挂在荷重架上。

③承力结构 冷拉较细钢筋时可用地锚承力；对于较粗钢筋，宜采用钢筋混凝土压杆承力。如图 2-3b 和图 2-3c。压杆（也可以做成柱式或槽式的）和端横梁构成冷拉台座（两侧是压杆，两端是端横梁）。

④夹具 夹具应根据预应力钢筋的端头状况配用，对于钢筋端头焊有螺丝端杆、帮条或镦成粗头的，可用图 2-4a 的槽式连接器型夹具；钢筋端部未经处理的原体部位可用图 2-4b、图 2-4c 楔块式或月牙形夹具。

⑤测力装置 测力器若用弹簧测力计，它的可测力较小，一般为 $50 \sim 200\text{kN}$ ；对于电子秤，宜选用可测力 500kN 、 700kN 或 1000kN 的，它装有传感器和示力仪；液压千斤顶可用行程为 $500 \sim 1000\text{mm}$ 的普通型千斤顶或拉杆式千斤顶，但是，有的千斤顶不能装设压力表，则需加以改造，使由油泵供油，并在输油部位可以安压力表。

2) 液压千斤顶系统冷拉。所用冷拉装置系统主要包括液压千斤顶和配套的高压油泵、输油管线、压力表，以及承力结构、夹具、传力架、回程设施（重

物)等。由于钢筋受拉后伸长值很大,所以液压千斤顶必须在满足拉力值要求的情况下具有长行程,而这类长行程千斤顶的活塞杆伸出很长,则要求安装精确、稳定性好,因此一般属于特制的专用千斤顶。液压千斤顶系统冷拉法多用于直径较粗的钢筋,它的操作线示意图 2-5。

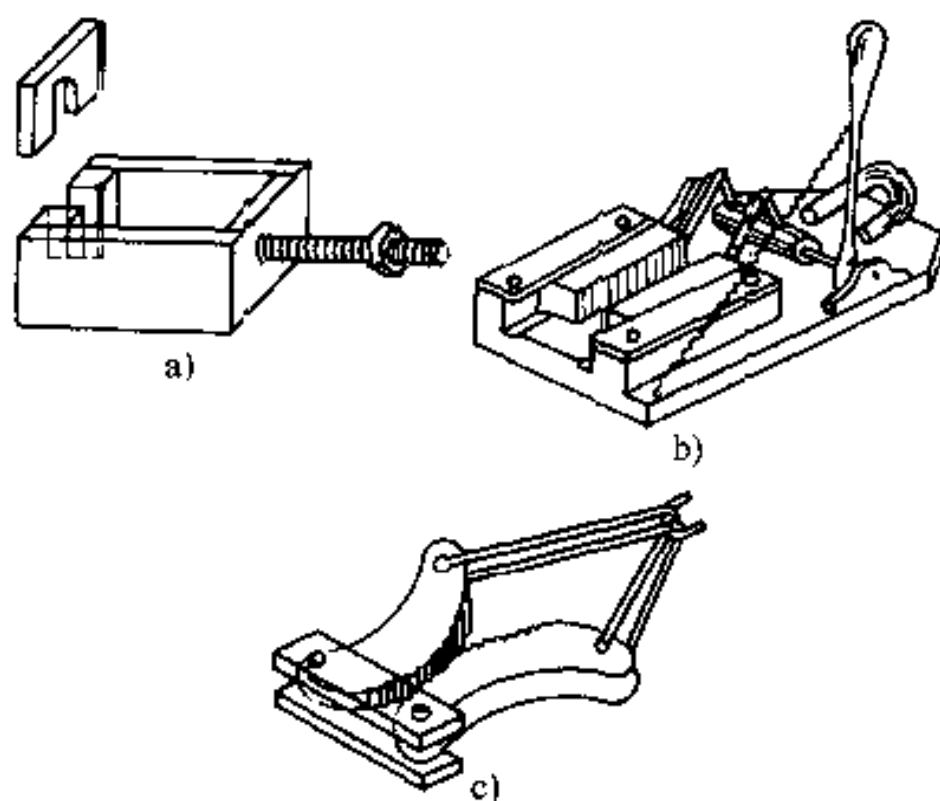


图 2-4 夹具示意图

a) 槽式夹具 b) 楔块式夹具 c) 月牙式夹具

(4) 操作要点

1) 卷扬机冷拉

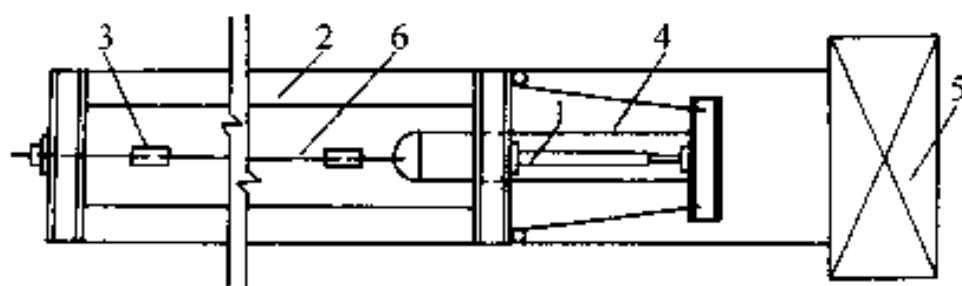


图 2-5 液压千斤顶系统示意图

1—液压千斤顶 2—承力件 3—夹具

4—传力架 5—重物吊架 6—钢筋

①冷拉每批钢筋前，要根据冷拉控制应力值调整好自动控制测力装置；采用千斤顶测力时，应先算出压力表读数，然后开动油泵向千斤顶送油，活塞杆伸出（普通型千斤顶）或缩回（拉杆式千斤顶）。同时，要以试验确定的冷拉率计算钢筋总伸长值，在标尺上作出明显标志以进行长度控制。

②根据欲冷拉的钢筋长度以及端部状况，选好长度合适的钢筋拉杆和相应的夹具。

③把已经对焊好的钢筋放在冷拉线上就位固定，一端夹在冷拉小车夹具上，另一端夹紧在拉杆的夹具上。

④开动卷扬机，当钢筋建立一定数量的初应力（约 10% ~ 20% 的冷拉控制应力）并被拉直时，立即刹车，在标尺上作好标志，以此作为测量钢筋伸长值的起点。

⑤再开动卷扬机，当冷拉力达到所需求的数值

时，测力装置便自动停车；或观察千斤顶压力表读数达到规定数值时立即停车。持荷片刻后，测量钢筋的冷拉伸长值；然后放松到初应力状态，测定钢筋的弹性回缩值。

⑥测力的千斤顶布置在固定端时，为了节省观测人员并读数准确，亦可将压力表、油泵移到冷拉端，由卷扬机操作人员一并观测操纵。

⑦在卷扬机前面和固定端后面必须有可靠的安全防护装置。

2) 液压千斤顶系统冷拉

①由于千斤顶行程长，要求安装精确，必须使受力轴线与千斤顶的轴线重合。

②冷拉钢筋和降压回程时，都要保持平衡、均匀、徐缓和无冲击。

③千斤顶在开始工作时或在使用过程中，如发现混入气体，应空运行 1 ~ 2min，以排除油缸内的气体。

④应根据使用情况定期进行维修保养，如发现漏油、工作表面划伤等现象，应停止使用，进行检修。

⑤注意冷拉过程中冷拉伸长值和控制应力值的测量准确性，并做好记录。

⑥注意操作安全，当钢筋拉脱或断裂时，机上所设限位开关（缓冲弹簧和止流阀）必须可靠操作；操

作时，冷拉线两端头严禁站人，并应设置相应防护装置。

2.1.2 钢筋的冷拔

(1) 冷拔原理 钢筋冷拔是用强力将直径 6 ~ 8mm 的 HPB235 级光面钢筋在常温下通过特制的钨合金拔丝模多次拉拔成比原钢筋直径小的钢丝，使钢筋产生塑性变形，以改变其物理力学性能。

冷拉是形成纯拉伸的线应力，而冷拔是形成拉伸和压缩兼有的立体应力。钢筋冷拔后，横向压缩、纵向拉伸，钢筋内部晶格产生滑移，抗拉强度标准值可提高 50% ~ 90%。但塑性降低，硬度提高。这种经冷拔加工的钢筋称为冷拔低碳钢丝。冷拔低碳钢丝分为甲、乙级，甲级钢丝主要用作预应力混凝土构件的预应力筋，乙级钢丝用于焊接网和焊接骨架、架立筋、箍筋和构造钢筋。

(2) 冷拔的工艺过程 钢筋冷拔的工艺过程是：轧头→剥皮→通过润滑剂→进入拔丝模。

钢筋冷拔时，对钢号不明或无出厂证明书的钢材应先取样检验。原材料按钢厂、钢号、直径分别堆放和使用。甲级冷拔低碳钢丝多采用普通低碳钢盘条冷拔而成。

冷拔总压缩率和冷拔次数对钢丝质量和生产效率

都有很大影响，必须正确选择，一般可参考表 2-4。冷拔速度要控制适当，过速易造成断丝。

表 2-4 钢丝冷拔次数参考表 (mm)

项次	钢丝直径	盘条直径	冷拔总压缩率 (%)	冷拔次数					
				第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次
1	Φ_5^b	$\Phi 8$	61	6.5	5.7	5.0			
				7.0	6.3	5.7	5.0		
2	Φ_5^b	$\Phi 6.5$	62.2	5.5	4.6	4.0			
				5.7	5.0	4.5	4.0		
3	Φ_5^b	$\Phi 6.5$	78.7	5.5	4.6	4.0	3.5	3.0	
				5.7	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0

注：总压缩率 = $\frac{d_0^2 - d^2}{d_0^2} \times 100\%$

式中 d_0 ——盘条直径；

d ——冷拔丝直径。

(3) 冷拔设备 冷拔设备由拔丝机、拔丝模、剥皮装置、轧头机等组成。常用拔丝机有立式和卧式两种，如图 2-6 所示。

冷拔钢丝质量要逐盘做外观检查，钢丝表面不得有裂缝、机械损伤、油污、锈蚀等。甲级钢丝的力学性能应逐盘检验；乙级钢丝的力学性能应分批抽样检

验，以同一直径的钢丝 5t 为一批。

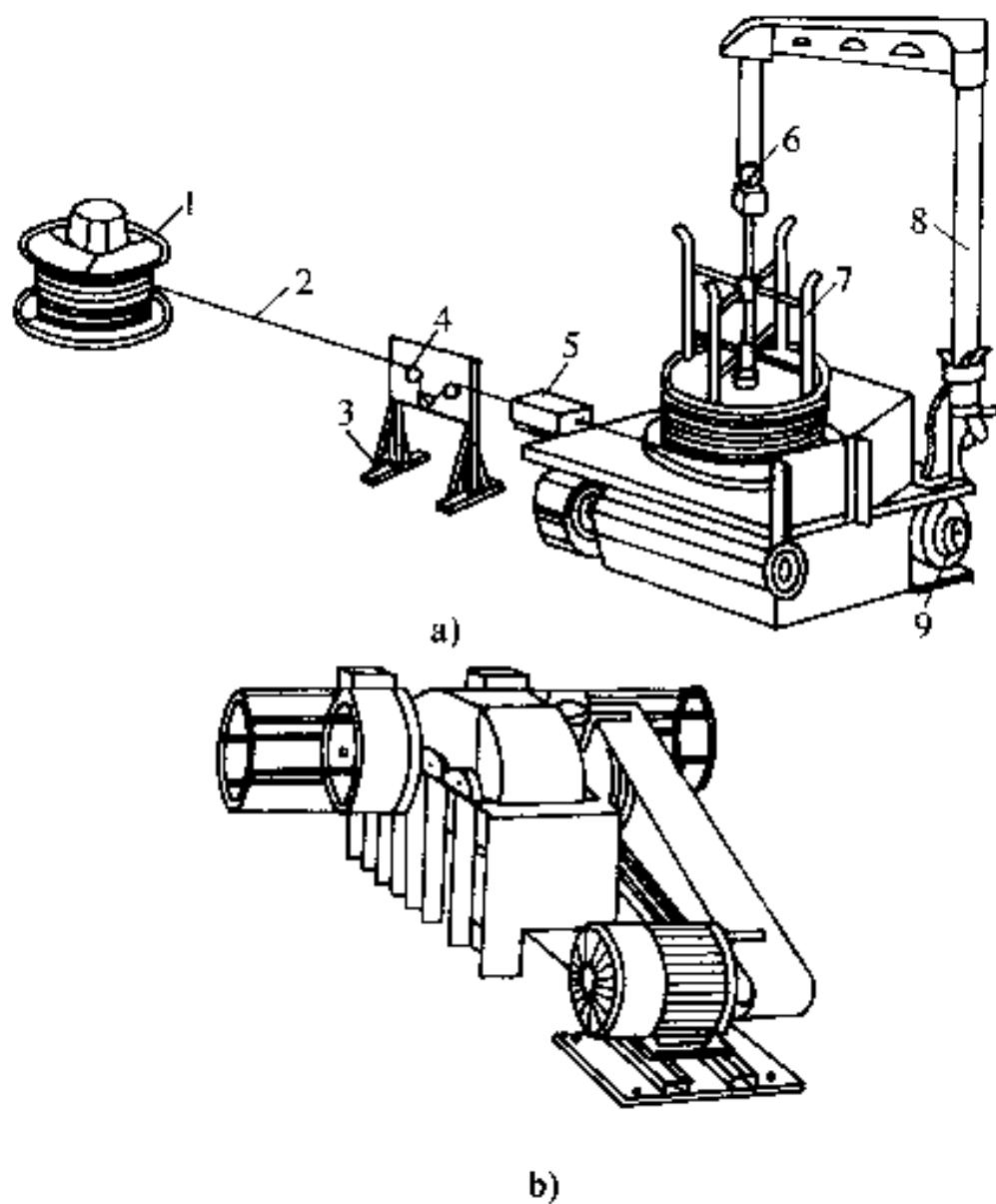


图 2-6 冷拔设备

a) 立式单卷筒拔丝机 b) 卧式双卷筒拔丝机

1—盘圆架 2—钢筋 3—剥壳装置 4—槽轮

5—拔丝模 6—滑轮 7—绕丝筒

8—支架 9—电动机

2.2 钢筋的加工及成形

2.2.1 钢筋除锈

钢筋的表面应洁净。油渍、漆污和用锤敲击时能脱落的浮皮、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，这种方法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（如钢丝刷、砂盘）、喷砂和酸洗除锈等。

电动除锈机，如图 2-7 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。

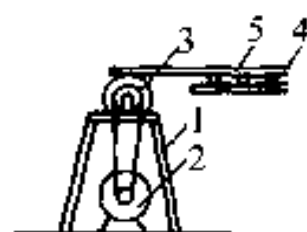


图 2-7 电动除锈机

- 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，应降级使用或不用。

2.2.2 钢筋调直

(1) 机具设备

1) 钢筋调直机。钢筋调直机的技术性能，见表 2-5。

表 2-5 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
GT3/8	3 ~ 8	40、65	300 ~ 6500
GT6/12	6 ~ 12	36、54、72	300 ~ 6500
电动机功率 /kw	外形尺寸 /mm × mm × mm (长 × 宽 × 高)		机 重 /kg
9.25	1854 × 741 × 1400		1280
12.6	1770 × 535 × 1457		1230

注：表中所列的钢筋调直机断料长度误差均 $\leq 3\text{mm}$ 。

2) 数控钢筋调直切断机。数控钢筋调直切断机是在原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。该机的的工作原理，如图 2-8 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信号（每次信号为钢筋长 1mm），控制仪长度部位数字上立即显示相应读数。当积累到给定数字（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。

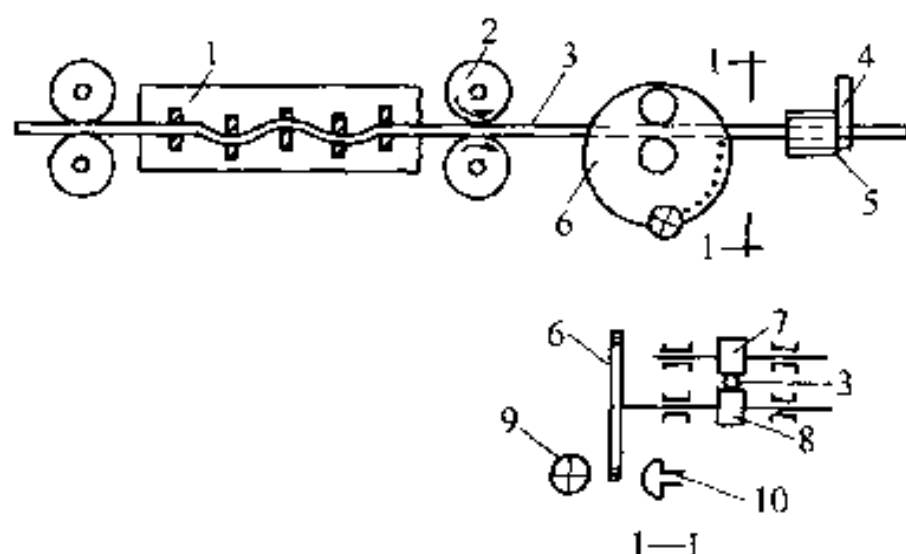


图 2-8 数控钢筋调直切断机工作原理

- 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

钢筋数控调直切断机已在有些构件厂采用，断料

精度高（偏差约 $1 \sim 2\text{mm}$ ），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 2-9 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。

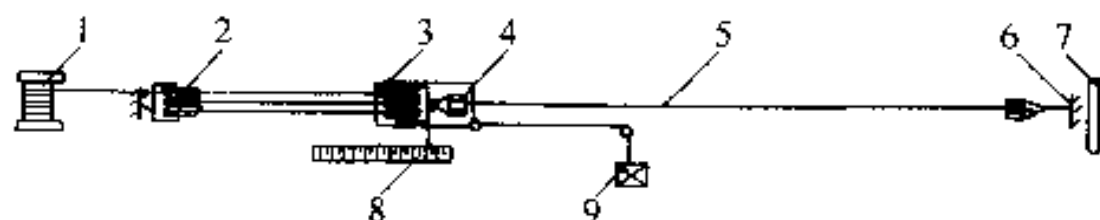


图 2-9 卷扬机拉直设备布置

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—防护墙 8—标尺 9—荷重架

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 2-10 所示。其夹片宜用 45 钢制作，经热处理后的硬度为 $40 \sim 45\text{HRC}$ 。钢筋夹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。

偏向式夹具的构造与尺寸，见图 2-11 所示。偏向块及其齿条宜采用 45 钢制作，经热处理后的硬度为 $35 \sim 40\text{HRC}$ 。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。

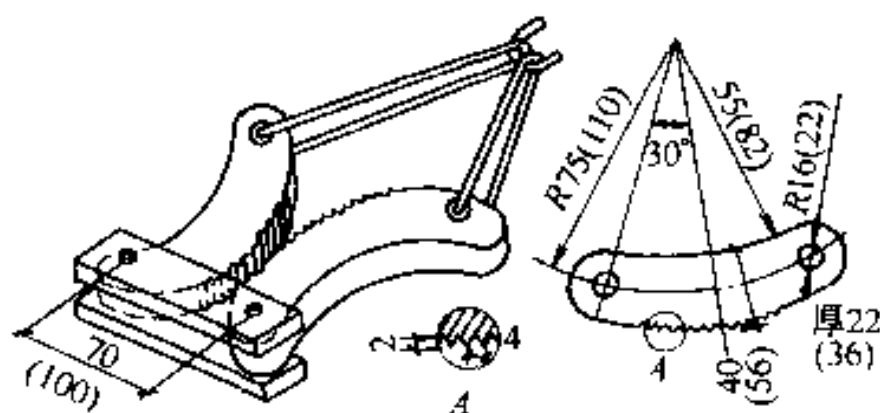


图 2-10 月牙式夹具

(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, 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

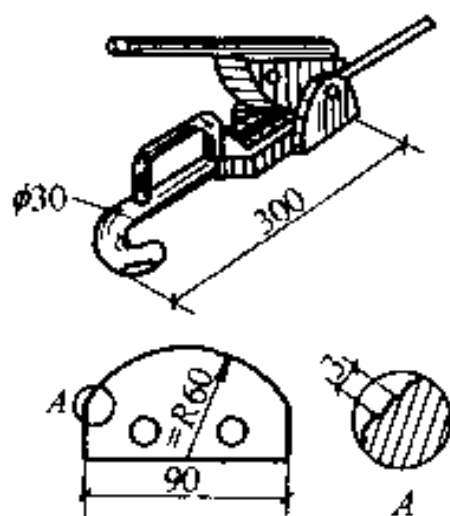


图 2-11 偏向块夹具

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, 并及时调整调直模的偏移量。

压辊的槽宽, 一般在钢筋穿入压辊之后, 在上下

压辊间宜有 3mm 之间的间隙。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，而在被切断的瞬时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 级及 HRB400 级冷拉率不宜大于 1%。

2.2.3 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 2-6。

2) 手动液压切断器。手动液压切断器，见图 2-12 所示。型号为 GJ5Y-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。

(2) 切断工艺

表 2-6 钢筋切断机的技术性能

机械型号	钢筋 直径 /mm	每分钟 切断 次数	切断力 /kN	工作 压力 /MPa	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

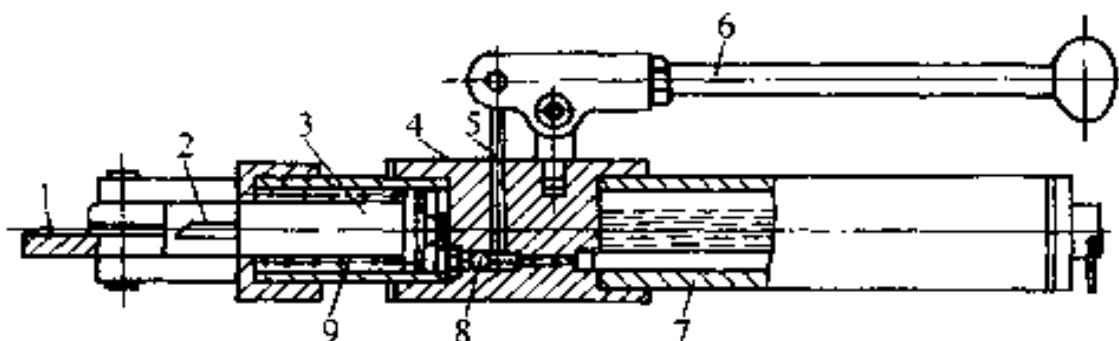


图 2-12 手动液压切断器

1—滑轨 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

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。

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。

2.2.4 钢筋弯曲成形

(1) 钢筋弯钩和弯折的有关规定

1) 受力钢筋

① HPB235 级钢筋末端应作 180° 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° 弯钩时，HRB335 级、HRB400 级钢筋的弯弧内直径 D 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° 的弯折时，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。弯钩的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件 1) 的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° ；对于有抗震要求的结构应为 135° ；

③ 箍筋弯后的平直部分长度，对于一般结构，

不宜小于箍筋直径的 5 倍；对有抗震要求的结构，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 2-7。

表 2-7 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)	电动机功率 /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	5.5	1450×760×800	580

表 2-8 为 GW40 型弯曲机每次弯曲根数。

表 2-8 GW40 型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 2-13）是由一台电动机通过三级变速器带动圆盘，在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形轴，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：电动机功率为 3kW，转速为 960r/min，工作盘反复动作次数为 31r/

min。该机可弯曲 $\phi 4\text{mm} \sim \phi 12\text{mm}$ 钢筋，弯曲角度在 $0^\circ \sim 180^\circ$ 范围内变动。

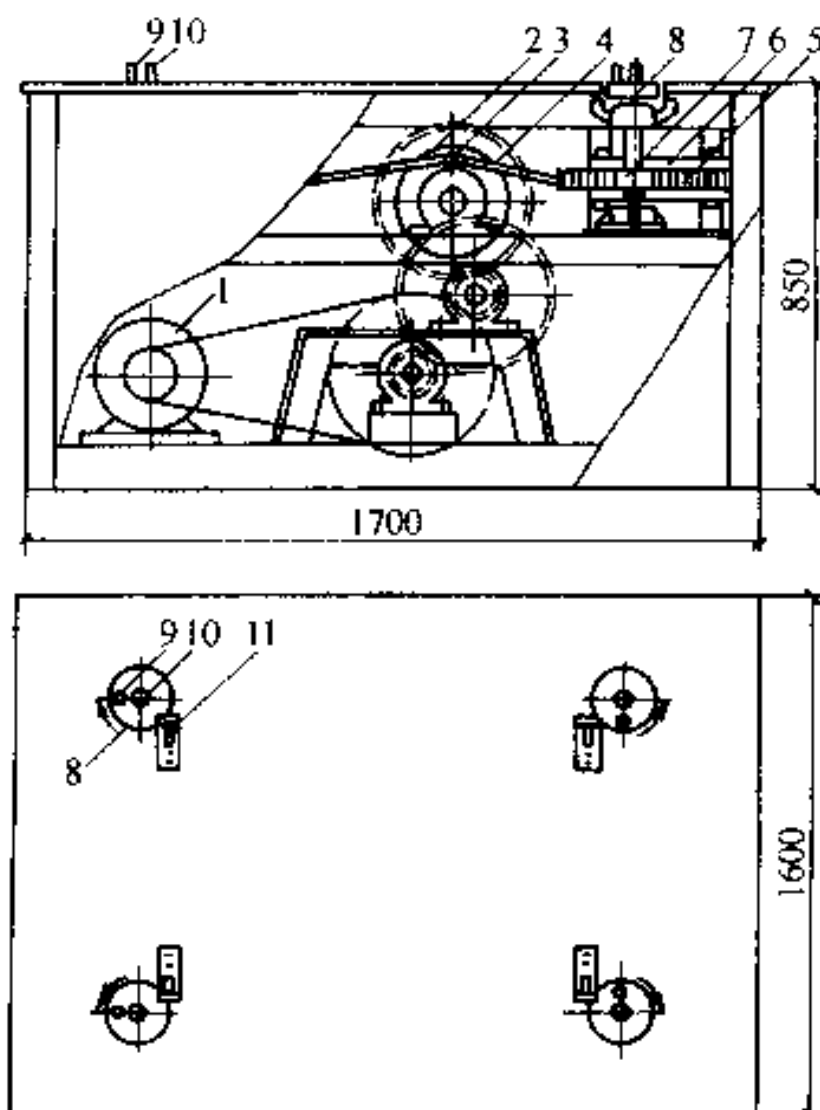


图 2-13 四头弯筋机

- 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—成形轴 10—心轴 11—挡铁

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。在缺机械设备条件下,也可采用手摇扳手工弯制细钢筋、卡筋与扳头弯制粗钢筋。

(3) 弯曲成形工艺

1) 画线。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画出。画线时应注意:

① 根据不同的弯曲角度扣除弯曲调整值,其扣除方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 画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画线,如画到另一端有出入时,则应重新调整。

【例】 有一弯起钢筋,其直径为 20mm ,需弯起的形状和尺寸如图 2-14 所示。画线方法如下:

第一步:在钢筋中心线上画第一道线;

第二步:取中段 $4000 \div 2 - 0.5d \div 2 = 1995\text{mm}$,画第二道线;

第三步:取斜段 $635 - 2 \times 0.5d \div 2 = 625\text{mm}$,画第三道线;

第四步:取直段 $850 - 0.5d \div 2 + 0.5d = 855\text{mm}$,画第四道线。

第一根钢筋成形后应与设计尺寸校对一遍,完全

符合后再成批生产。

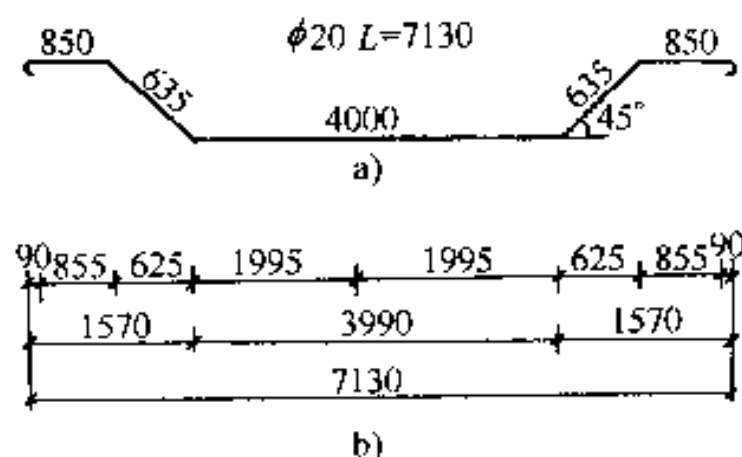


图 2-14 弯起钢筋的划线

a) 弯起钢筋的形状和尺寸 b) 钢筋划线

2) 钢筋弯曲成形：钢筋在弯曲机上成形时（图 2-15），心轴直径应是钢筋直径的 2.5 ~ 5.0 倍，成形

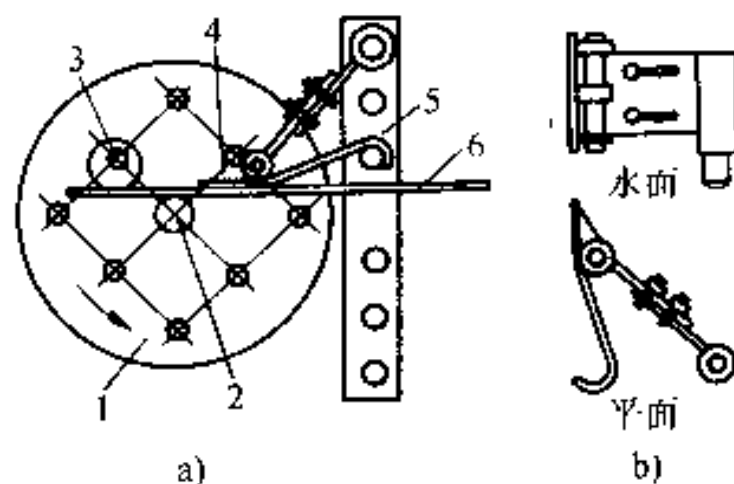


图 2-15 钢筋弯曲成形

a) 工作简图 b) 可变挡架构造

1—工作盘 2—心轴 3—成形轴

4—可变挡架 5—插座 6—钢筋

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)。

钢筋弯曲点线和心轴的关系,如图 2-16 所示。由于成形轴和心轴在同时转动,就会带动钢筋向前滑动。因此,钢筋弯 90° 时,弯曲点线与心轴内边缘齐;弯 180° 时,弯曲点线距心轴内边缘为 $1.0 \sim 1.5d$ 。

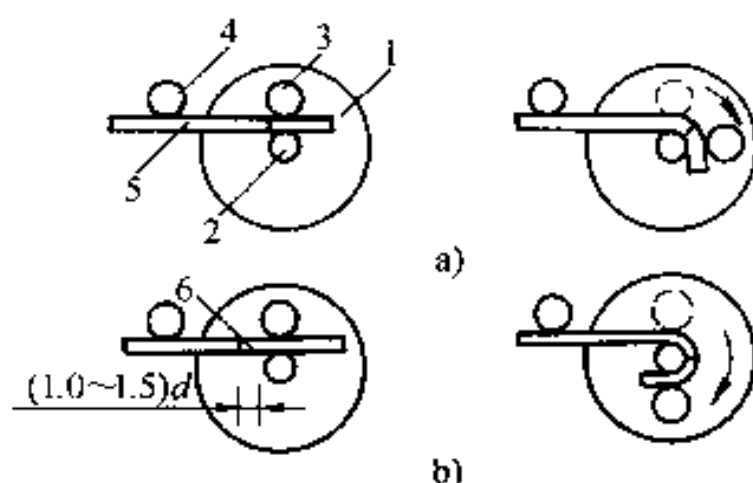


图 2-16 弯曲点线与心轴关系

a) 弯 90° b) 弯 180°

1—工作盘 2—心轴 3—成形轴 4—固定挡架 5—钢筋 6—弯曲点线

注意:对 HRB335 级与 HRB400 级钢筋,不能弯过头再弯过来,以免钢筋弯曲点处发生裂纹。

3) 曲线形钢筋成形:弯制曲线形钢筋时(图 2-17),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;另外在工作盘四个孔内插上短轴和成

形钢套（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定。钢筋成形过程中，成形钢套起顶弯作用，十字架只协助推进。

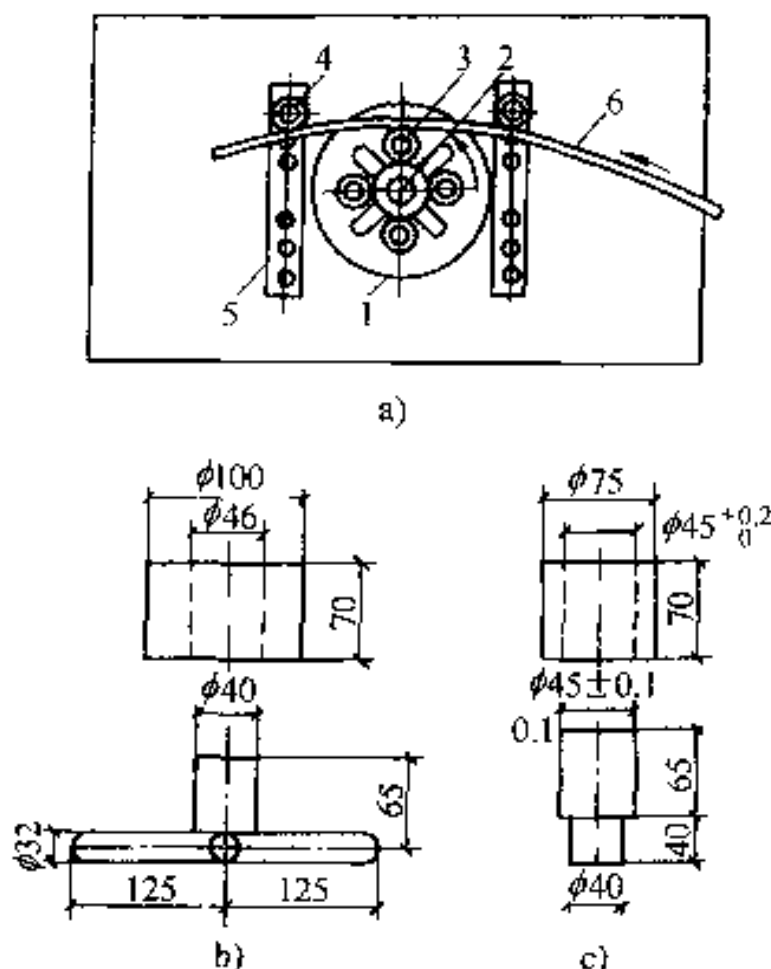


图 2-17 曲线形钢筋成形

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

4) 螺旋形钢筋成形：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形

(见图 2-18)。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 2-9。

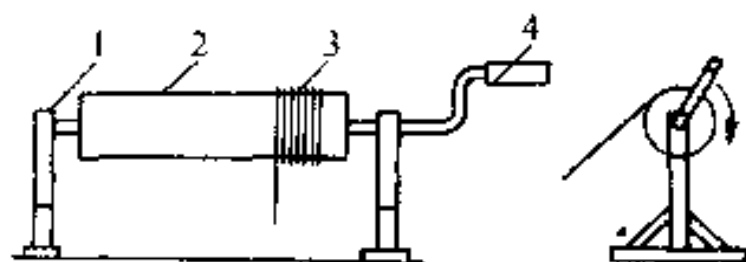


图 2-18 螺旋形钢筋成形

1—支架 2—卷筒 3—钢筋 4—摇把

表 2-9 滚筒直径与螺旋筋直径关系

螺旋筋 内径 /mm	$\phi 6$	288	360	418	485	575	630	700	760	845	—	—	—
	$\phi 8$	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

2.3 钢筋焊接

钢筋焊接方法, 常用的有闪光对焊、电弧焊、电渣压力焊和电阻点焊。此外, 还有预埋件钢筋和钢板的埋弧压力焊及钢筋气压焊。

2.3.1 电弧焊

电弧焊以焊条作为一极，钢筋为另一极，利用弧焊机使焊条与焊件（钢筋）之间产生高温电弧，使焊条和电弧燃烧范围内的焊件熔化，待其凝固便形成焊缝或接头。电弧焊广泛用于钢筋接头、钢筋骨架焊接、装配式结构接头的焊接、钢筋与钢板的焊接及各种钢结构焊接。

(1) 接头形式

1) 帮条焊。帮条焊适用于 HPB235 级、HRB335 级、HRB400 级钢筋，分双面焊和单面焊两种，分别见图 2-19a 和图 2-19b。若采用双面焊，接头中应力传递对称、平衡，受力性能良好；若采用单面焊，则受力情况较差。因此，应尽可能采取双面焊，只有在受施工条件限制不能进行双面焊时，才采用单面焊。

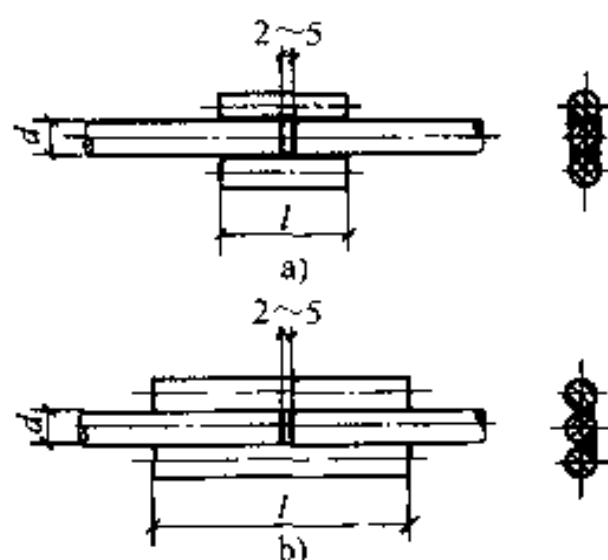


图 2-19 帮条焊接头形式
a) 双面焊 b) 单面焊

焊缝尺寸示意见图 2-20，焊缝厚度 s 不应小于所

焊接钢筋（主筋）直径的0.3倍，焊缝宽度 b 不应小于主筋直径的 0.7 倍。

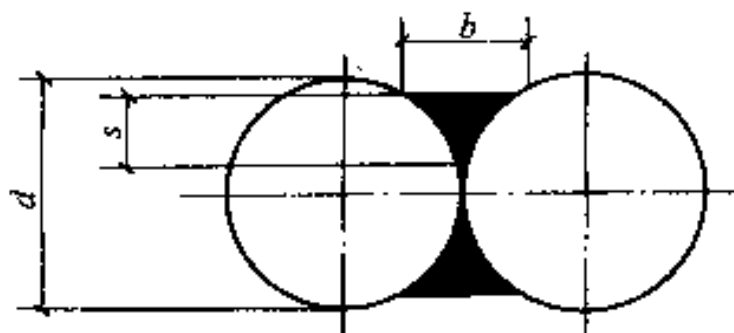


图 2-20 焊缝尺寸示意图

帮条宜采用与主筋同级别、同直径的钢筋制作，帮条长度应符合表 2-10 的规定。

表 2-10 钢筋帮条长度

钢筋级别	焊缝形式	帮条长度 l
HPB235 级	单面焊	$\geq 8d$
	双面焊	$\geq 4d$
HRB335 级、HRB400 级	单面焊	$\geq 10d$
	双面焊	$\geq 5d$

注： d —帮条直径。

当帮条级别与主筋相同时，帮条的直径可比主筋直径小一个规格；当帮条直径与主筋相同时，帮条级别可比主筋低一个级别。

2) 搭接焊。搭接焊适用于 HPB235 级、HRB335 级、HRB400 级钢筋，搭接焊接头的钢筋需事先将端部进行弯折，使两端钢筋焊接后仍维持其轴线在一条直线上，不发生偏心受力现象。搭接焊宜采用双面焊（图 2-21a），不能进行双面焊时，也可采用单面焊（图 2-21b），搭接焊形式如图 2-21 所示。

搭接焊的搭接长度与帮条焊的长度一样，即按表 2-10 取用；焊缝尺寸亦与帮条焊一样，即按图 2-20： $s \geq 0.3d$ ， $b \geq 0.7d$ 。

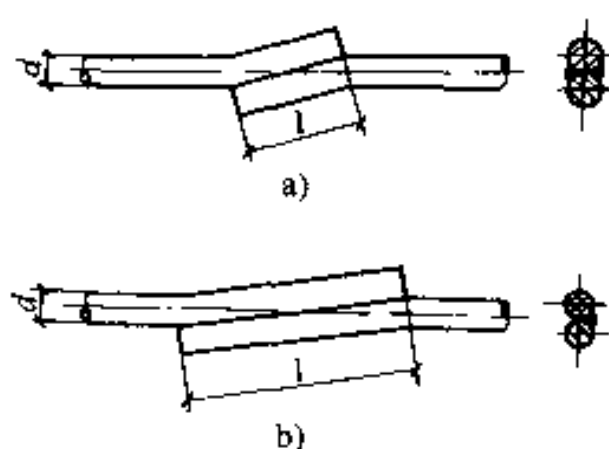


图 2-21 搭接焊接头形式

a) 双面焊 b) 单面焊

3) 熔槽帮条焊。熔槽帮条焊宜用于直径不小于 20mm 的钢筋的现场安装焊接。焊接时应加角钢作垫模，角钢边长宜为 40 ~ 60mm，长度宜为 80 ~ 100mm。接头形式见图 2-22。

4) 坡口焊。坡口焊适用于装配式框架结构安装中的柱间节点或梁与柱的节点焊接。接头形式见图 2-23，钢垫板厚度宜为 4 ~ 6mm，长度宜为 40 ~ 60mm。坡口平焊（图 2-23a）时，垫板宽度应为钢筋直径加 10mm，V 形坡口角度宜为 $55^\circ \sim 65^\circ$ ；坡口立焊（图

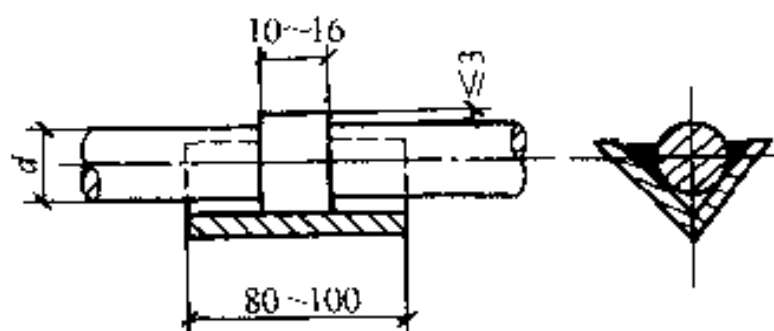


图 2-22 熔槽帮条焊接头形式

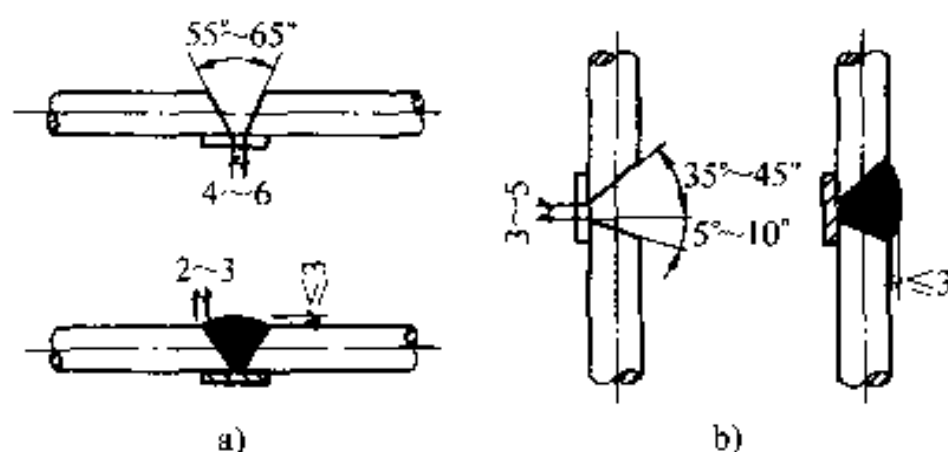


图 2-23 坡口焊接头形式

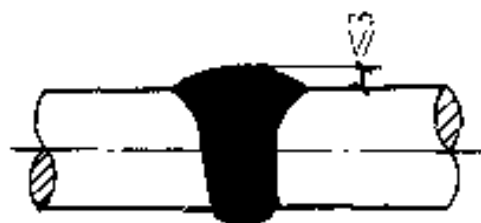
a) 坡口平焊 b) 坡口立焊

2-23b) 时，垫板宽度宜等于钢筋直径，坡口角度宜为 $40^\circ \sim 55^\circ$ （其中下钢筋宜为 $5^\circ \sim 10^\circ$ ，上钢筋宜为 $35^\circ \sim 45^\circ$ ）。

5) 窄间隙焊。钢筋窄间隙电弧焊是将两钢筋安放成水平对接形式，并置于钢模内，中间留有少量间隙，用焊条从钢筋根部引弧，连续向上部焊接，这样

完成的一种电弧焊方法。

窄间隙焊宜用于直径不小于 16mm 的钢筋的现场水平连接。用焊条对置于铜模内的钢筋进行连续焊接，熔化钢筋端部和使熔敷金属填充间隙，形成如图 2-24 所示的接头。



(2) 机具与参数

1) 交流电焊机（弧焊 图 2-24 窄间隙焊接头变压器）。常用交流弧焊机的技术数据见表 2-11。

表 2-11 常用交流弧焊机的技术数据

项 目	单位	型 号				
		BX1-200	BX1-400	BX2-1000	BX3-300-2	BX3-500-2
一次电压	V	220/380	380	220/380	220/380	220/380
额定一次电压	A	70/40	83	340/196	105/61.9	176/101.4
额定一次容量	kV·A	15	31.4	76	23.4	38.6
100% 负荷持续率时容量	kV·A	9	24.4	59	18.5	30.5
额定焊接电流	A	200	400	1000	300	500
焊接电流调节范围	A	40 ~ 240	100 ~ 480	400 ~ 1200	40 ~ 400	60 ~ 655

(续)

项 目		单位	型 号				
			BX1-200	BX1-400	BX2-1000	BX3-300-2	BX3-500-2
二次空载电压		V	70	77	69 ~ 78	70 ~ 78	70 ~ 75
额定工作电压		V	28	24 ~ 36	42	32	40
额定负荷持续率		%	35	60	60	60	60
100% 负荷持续率时 焊接电流		A	118	310	775	232	388
效率		%	80	84.5	90	82.5	87
功率因数			0.45	0.55		0.53	0.62
使用焊条直径		mm	2 ~ 5	3 ~ 7		2 ~ 7	2 ~ 8
外形尺寸	长	mm	356	640	741	730	730
	宽	mm	320	390	950	540	540
	高	mm	546	764	1220	900	900
重 量		kg	50	144	560	186	225

2) 直流弧焊机。直流弧焊机按其工作原理和构造不同,有直流弧焊发电机、硅弧焊整流器、晶闸管弧焊整流器、晶体管弧焊整流器等多种类型。

直流弧焊发电机坚固耐用,不易出故障,工作电

流稳定，过去应用范围广泛。但是，由于它效率低，电能消耗多，噪声大，由发电机驱动的产品已淘汰。在野外作业，常用由内燃机驱动的直流弧焊发电机。

3) 焊条的选用。用于焊接钢筋的焊条技术标准应符合《碳钢焊条》(GB/T 5117-1995) 和《低合金钢焊条》(GB/T 5118-1995) 的要求。

①型号划分 焊条型号根据熔敷金属的抗拉强度分为 E43 系列、E50 系列和 E55 系列三种，它们分别表示抗拉强度高于或等于 420MPa、490MPa 和 540MPa。在一般情况下，它们分别用于焊接 HPB235 级、HRB335 级和 HRB400 级钢筋。

在个别情况下，钢筋施工亦应用 E60 系列的焊条，见表 2-12。

表 2-12 焊条型号选用

钢筋级别	电弧焊接头形式			
	帮条焊 搭接焊	熔槽帮条焊坡 口焊预埋件穿 孔塞焊	窄间隙焊	预埋件 T 形角 焊钢筋与钢板 搭接焊
HPB235 级	E4303	E4303	E4316, E4315	E4303
HRB335 级	E4303	E5003	E5016, E5015	E4303
HRB400 级	E5003	E5503	E6016, E6015	

焊条型号表示为 E××××，其中 E 字后接四个数字，它们的全称意义为：字母“E”表示焊条；后

接的前两位数字表示熔敷金属抗拉强度的最小值（以 0.1MPa 计）；第三位数字表示焊条的焊接位置，“0”及“1”表示焊条适用于全位置焊接（平焊、立焊、仰焊、横焊），“2”表示焊条适用于平焊及平角焊，“4”表示焊条适用于向下立焊；第三位和第四位数字组合时表示焊接电流种类及药皮类型。

对于电弧焊所用焊条的型号，应根据设计要求确定；如果设计没有规定，可按表 2-12 选用。

余热处理钢筋也属于 HRB400 级钢筋，但窄间隙焊不用于这种钢筋（由于在铜模中连续施焊，对余热处理钢筋来说，有一定的退火作用，将使原来强度有较大损失）。

②碳钢焊条型号。碳钢焊条有 E43 系列和 E50 系列两种，它们的型号分别见表 2-13 和表 2-14。表 2-14 中 E5018M 的“M”表示耐吸潮和力学性能有特殊规定的焊条。

③低合金钢焊条型号。低合金钢焊条有 E50 系列、E55 系列和 E60 系列等多种，焊条型号另外补充后缀字母，并以短划“—”与前面数字分开，成为 E × × × × — ×，后缀字母为熔敷金属的化学成分分类代号。

E50 系列有 E5003 — ×、E5010 — ×、E5011 — ×、E5015 — ×、E5016 — ×、E5018 — ×、E5020 — ×、

E5027 - × 八种, E55 系列有 E5500 - ×、E5503 - ×、E5510 - ×、E5511 - ×、E5513 - ×、E5515 - ×、E5516 - ×、E5518 - × 八种, F60 系列有 E6000 - ×、E6010 - ×、E6011 - ×、E6013 - ×、E6015 - ×、E6016 - ×、E6018 - × 七种。以上各型号焊条的药皮类型、焊接位置、电流种类根据第三位和第四位数字的组合取表 2-13、表 2-14 内容。

表 2-13 E43 系列焊条型号

焊条型号	药皮类型	焊接位置	电流种类
E4300	特殊型	平焊、立焊、 仰焊、横焊	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	平焊	交流或直流正、反接
		平角焊	交流或直流正接
E4322		平焊	
E4323	铁粉钛钙型	平焊、平角焊	交流或直流正、反接
E4324	铁粉钛型		

(续)

焊条型号	药皮类型	焊接位置	电流种类
E4327	铁粉氧化铁型	平焊	交流或直流正、反接
		平角焊	交流或直流正接
E4328	铁粉低氢型	平焊、平角焊	交流或直流反接

表 2-14 E50 系列焊条型号

焊条型号	药皮类型	焊接位置	电流种类
E5001	钛铁矿型	平焊、立焊、 仰焊、横焊	交流或直流正、反接
E5003	钛钙型		交流或直流正、反接
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
E5016	低氢钾型		交流或直流反接
E5018	铁粉低氢钾型		交流或直流反接
E5018M	铁粉低氢型		直流反接
E5023	铁粉钛钙型	平焊、平角焊	交流或直流正、反接
E5024	铁粉钛型		交流或直流正接
E5027	铁粉氧化铁型		交流或直流正接
E5028	铁粉低氢型	平焊、仰焊、横 焊、向下立焊	交流或直流反接
E5048			

④焊条药皮类型选用。各种系列的各型号焊条都可用于焊接钢筋，一般采用“03”（型号的第三位和第四位数字），重要结构的钢筋最好采用低氢型碱性焊条“15”或“16”。这三种焊条的特性如下：

a. “03” 这类焊条为钛钙型。药皮中含质量分数为30%以上的氧化钛和20%以下的钙或镁的碳酸盐矿；熔渣流动性良好，脱渣容易，电弧稳定，熔深适中，飞溅少，焊波整齐；这类焊条适用于全位置焊接，焊接电流为交流或直流正、反接。主要焊接较重要的碳钢钢筋。

b. “15” 这类焊条为低氢钠型。药皮主要组成物为碳酸盐矿和萤石，碱度较高；熔渣流动性好，焊接工艺性能一般，焊波较粗，角焊缝略凸，熔深适中，脱渣性较好，焊接时要求焊条烘干，并采取短弧焊；这类焊条可全位置焊接，焊接电流为直流反接；此种焊条的熔敷金属具有良好的抗裂性能和力学性能。主要焊接重要的碳钢钢筋，也可焊接与焊条强度相当的低合金钢钢筋。

c. “16” 这类焊条为低氢钾型。药皮在与“15”型焊条药皮基本相似的基础上添加了稳弧剂，如钾水玻璃等，电弧稳定；工艺性能、焊接位置与“15”型焊条相似；焊接电流为交流或直流反接；这类焊条的熔敷金属具有良好的抗裂性能和力学性能。主要焊接

重要的碳钢钢筋，也可焊接与焊条强度相当的低合金钢钢筋。

⑤一般技术要求

a. 焊件厚薄、粗细的不同，一般常用焊条直径为 3.2mm、4.0mm、5.0mm 和 5.6mm，直径的极限偏差为 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

b. 焊条夹持端长度为 10 ~ 30mm（当焊条直径 $\leq 4\text{mm}$ ）和 15 ~ 3mm（当焊条直径 $\geq 5\text{mm}$ ）。

c. 药皮 焊条引弧端药皮应倒角，焊芯端面应露出，以保证易于引弧。

焊条露芯：对低氢型焊条，沿长度方向的露芯长度不应大于焊芯直径的 1/2，也不应大于 1.6mm；对其他型号焊条，沿长度方向的露芯长度不应大于焊芯直径的 1/3，也不应大于 2.4mm。

各种直径焊条沿圆周方向的露芯不应大于圆周的一半。

焊条偏心度：直径为 3.2mm 和 4.0mm 的焊条，偏心度不应大于 7%；直径不小于 5.0mm 的焊条，偏心度不应大于 4%。

d. 每箱焊条都必须附有出厂合格证和使用说明书，焊接操作应按说明书执行。

(3) 焊机故障与预防 交流弧焊机的型号很多，构造各不相同，在一般情况下，使用这类焊机时，常

见故障及消除方法见表 2-15。

表 2-15 交流弧焊机常见故障及消除方法

故障现象	产生原因	消除方法
变压器过热	1. 变压器过载 2. 变压器绕组短路	1. 降低焊接电流 2. 消除短路处
导线接线处过热	接线处接触电阻过大 或接线螺栓松动	将接线松开，用砂纸或小刀将接触面清理出金属光洋，然后旋紧螺栓
手柄摇不动，二次绕组无法移动	二次绕组引出电缆卡住或挤在二次绕组中，螺套过紧	拨开引出电缆，使绕组能顺利移动；松开紧固螺栓，适当调节螺套，再旋紧紧固螺母
可动铁心在焊接时发出响声	可动铁心的制动螺栓或弹簧太松	旋紧螺栓，调整弹簧
焊接电流忽大忽小	动铁心在焊接时位置不固定	将动铁心调节手柄固定或将铁心固定
焊接电流过小	1. 焊接导线过长、电阻大 2. 焊接导线盘成盘形，电感大 3. 电缆线接头与工件接触不良	1. 减短导线长度或加大线径 2. 将导线放开，不要成盘形 3. 使接头处接触良好

(4) 操作技术要点

1) 基本要求

①有关尺寸应符合以上各接头图形规定。

②焊接地线应与钢筋接触良好，防止因起弧而烧伤钢筋。

③应根据钢筋级别、直径、接头形式和焊接位置，选择适宜的焊条、焊接工艺和焊接参数。

④有钢板或帮条的接头，引弧应在钢板或帮条上进行；无钢板或无帮条的接头，引弧应在形成焊缝部位，防止烧伤主筋。

⑤焊接过程中要及时清渣，焊缝表面应保持光滑平整；焊缝余高应平缓过渡，弧坑应填满。

2) 帮条焊或搭接焊注意事项

①进行帮条焊时，两主筋端头之间应留 2 ~ 5mm 的间隙。

②进行帮条焊时，帮条与主筋端头之间应用四点定位焊固定；进行搭接焊时，两主筋应用两点固定；定位焊缝应离帮条端部或主筋端部不小于 20mm。

③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，并应使主焊缝与定位焊缝的始端和终端熔合。

3) 熔槽帮条焊注意事项

①钢筋端头应加工平整；两钢筋端面的间隙应为

10 ~ 16mm。

②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。

③焊接过程中应停焊清渣一次；焊平后，再进行焊缝余高的焊接，其高度不得大于 3mm。

④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。

4) 坡口焊注意事项

①坡口面应平顺，切口边缘不得有裂纹、钝边和缺棱。

②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。

③工艺要求

a. 焊缝根部、坡口端面以及钢筋与钢垫板之间均应熔合良好；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。

b. 宜采用几个接头轮流进行施焊。

c. 焊缝的宽度应大于 V 形坡口的边缘 2 ~ 3mm，焊缝余高不得大于 3mm，并宜平缓过渡至钢筋表面。

d. 当发现接头中有弧坑、气孔及咬边等缺陷时，应立即补焊；对 HRB400 级钢筋，接头冷却后补焊时，应采用氧乙炔焰预热。

5) 窄间隙焊注意事项

- ①钢筋端面应平整。
- ②端面间隙和焊接参数可按表 2-16 选用。
- ③从焊缝根部引弧应连续进行焊接，左、右来回运弧，在钢筋端面处电弧应少许停留，并使熔合。
- ④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。
- ⑤焊缝余高不得大于 3mm，且应平缓过渡至钢筋表面。

表 2-16 窄间隙焊的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

2.3.2 闪光对焊

闪光对焊广泛用于钢筋接长及预应力钢筋与螺纹端杆的焊接。热轧钢筋的接长宜优先选用闪光对焊，不可能时才用电弧焊。

钢筋闪光对焊的原理是将两根钢筋安放成对接形式，利用焊接电流通过两钢筋接触点产生的电阻，使金属熔化，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) 机具与参数

1) 常用机具。常用对焊机的技术性能，见表 2-17。图 2-25 为建筑工地常用的 UN_1-75 型手动对焊机。

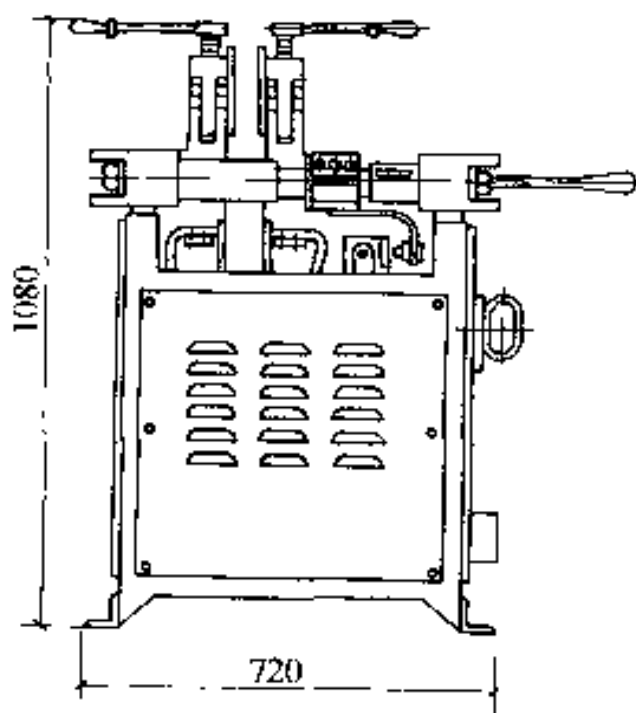


图 2-25 UN_1-75 型手动对焊机

2) 参数。对焊参数包括：调伸长度、闪光留量、顶锻留量、顶锻速度、顶锻压力及变压器级次。采取预热闪光焊时，还要有预热留量与预热率等参数。

表 2-17 常用对焊机技术性能

项次	项 目		单位	焊机型号			
				UN ₁ - 75	UN ₁ - 100	UN ₂ - 150	UN ₁₇ - 150-1
1	额定容量		kV·A	75	100	150	150
2	一次电压		V	220/380	380	380	380
3	二次电压调节范围		V	3.52 ~ 7.94	4.5 ~ 7.6	4.05 ~ 8.1	3.8 ~ 7.6
4	额定容量二次电压调节级数		级	8	8	15	15
5	额定负载持续率		%	20	20	20	50
6	钳口夹紧力		kN	20	40	100	160
7	最大顶端力		kN	30	40	65	80
8	钳口最大距离		mm	80	80	100	90
9	动钳口最大行程		mm	30	50	27	80
10	动钳口最大加热行程		mm				20
11	焊件最大预热压缩量		mm			10	
12	连续闪光焊时钢筋最大直径		mm	12 ~ 16	16 ~ 20	20 ~ 25	20 ~ 25
13	预热闪光焊时钢筋最大直径		mm	32 ~ 36	40	40	40
14	生产率		次/h	75	20 ~ 30	80	120
15	冷却水消耗量		L/h	200	200	200	500
16	压缩空气: 压力		MPa			5.5	6
	消耗量		m ³ /h			15	5
17	焊机重量		kg	445	465	2500	1900
18	外形尺寸	长	mm	1520	1800	2140	2300
		宽	mm	550	550	1360	1100
		高	mm	1080	1150	1380	1820

①调伸长度。调伸长度是指焊接前，两钢筋端部从电极钳口伸出的长度。调伸长度的选择与钢筋品种和直径有关，应使接头能均匀加热，并使钢筋顶锻不致发生侧弯。调伸长度取值：HPB235 级钢筋为 $0.75 \sim 1.25d$ ，HRB335 级钢筋与 HRB400 级钢筋为 $1.0 \sim 1.5d$ （ d —钢筋直径）；直径小的钢筋取大值。

②闪光留量与闪光速度。闪光（烧化）留量是指在闪光过程中，闪出金属所消耗的钢筋长度。闪光留量的选择，应使闪光过程结束时钢筋端部的热量均匀，并达到足够的温度。闪光留量取值：连续闪光焊为钢筋切断时严重压伤部分之和，另加 8mm；预热闪光焊为 8 ~ 10mm；闪光-预热闪光焊的一次闪光为钢筋切断时刀口严重压缩部分之和，二次闪光为 8 ~ 10mm（直径大的钢筋取大值）。

闪光速度由慢到快，开始时近于零，而后约 1mm/s，终止时达 1.5 ~ 2mm/s。

③预热留量与预热频率。预热程度由预热留量与预热频率来控制。预热留量的选择，应使接头充分加热。预热留量取值：对预热闪光焊为 4 ~ 7mm，对闪光-预热闪光焊为 2 ~ 7mm（直径大的钢筋取大值）。

预热频率取值：对 HPB235 级钢筋宜高些；对 HRB335 级钢筋与 HRB400 级钢筋宜适中（1 ~ 2 次/s），以扩大接头处加热范围，减少温度梯度。

④顶锻留量、顶锻速度与顶锻压力。顶锻留量是指在闪光结束，将钢筋顶锻压紧时因接头处挤出金属而缩短的钢筋长度。顶锻留量的选择，应使钢筋焊口完全密合并产生一定的塑性变形。顶锻留量宜取4~10mm，级别高或直径大的钢筋取大值。其中，有电顶锻留量约占1/3，无电顶锻留量约占2/3，焊接时必须控制得当。

顶锻速度应越快越好，特别是顶锻开始的0.1s应将钢筋压缩2~3mm，使焊口迅速闭合不致氧化，而后断电并以6mm/s的速度继续顶锻至结束。

顶锻压力应足以将全部的熔化金属从接头内挤出，而且还要使邻近接头处（约10mm）的金属产生适当的塑性变形。

⑤变压器级次。变压器级次用以调节焊接电流大小。钢筋级别高或直径大，其级次要高。焊接时如火花过大并有强烈的声响，应降低变压器级次。当电压降低5%左右时，应提高变压器级次1级。

(2) 操作技术要点 钢筋闪光对焊的焊接工艺可分为连续闪光对焊、预热闪光焊和闪光-预热闪光焊等，根据钢筋品种、直径、焊机功率、施焊部位等因素选用。

1) 连续闪光对焊：适用于钢筋直径较小、钢筋级别较低的条件，所能焊接的钢筋上限直径根据焊机

容量、钢筋级别等具体情况而定，应符合表 2-18 的规定。

连续闪光对焊的工艺过程包括：连续闪光和顶锻过程。将钢筋紧夹在焊机的钳口上，接通电源后，使两钢筋端面局部接触，此时，钢筋端面的间隙中即喷射出火花般熔化的金属微粒——闪光，接着徐徐移动钢筋使两端面仍保持轻微接触，形成连续闪光。当闪光到预定的长度，使钢筋端头加热到将近熔点时，就以一定的压力迅速进行顶锻。先带电顶锻，再无电顶锻到一定长度，焊接接头即告完成。

表 2-18 连续闪光焊钢筋上限直径

焊机容量 /kV·A	钢筋级别	钢筋直径 /mm
160	HPB235	25
	HRB335	22
	HRB400	20
100	HPB235	20
	HRB335	18
	HRB400	16
80	HPB235	16
	HRB335	14
	HRB400	12

2) 预热闪光焊。在钢筋直径或级别超出表 2-18

的规定时，如果钢筋端面较平整，则宜采用预热闪光焊。

预热闪光焊的工艺过程：在进行连续闪光焊之前，对钢筋增加预热过程。将钢筋夹紧在对焊机的钳口上，接通电源后，开始以较小的压力使两钢筋端面接触，然后又离开，这样不断地离开又接触，每接触一次，由于接触电阻及钢筋内部电阻使焊接区加热，拉开时产生瞬间的闪光。经上述反复多次，接头温度逐渐升高，实现了预热过程。预热后接着进行闪光与顶锻，这两个过程与连续闪光焊一样。

采取 UN₂-150 型或 UN₁₇-150-1 型对焊机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：闪光过程应强烈、稳定；顶锻凸块应垫高；应准确调整并严格控制各过程的起点和止点。

3) 闪光-预热闪光焊。闪光-预热闪光焊在预热闪光焊前加一次闪光过程，目的使不平整的钢筋端面烧化平整，使预热均匀。其工艺过程包括：一次闪光、预热、二次闪光及顶锻过程。施焊时首先连续闪光，使钢筋端部闪平，然后再进行预热闪光焊。

4) 焊后热处理。对于 HRB335 级钢筋，应采用预热闪光焊或闪光-预热闪光焊工艺进行焊接。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，热处理工艺方法如下：

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应采取最低的变压器级数，进行脉冲式通电加热；每次脉冲循环包括通电时间和间歇时间宜为 3s。

③焊后热处理温度应在 750 ~ 850℃（桔红色）范围内选择，随后在常温下自然冷却。

(3) 焊接缺陷与预防 要求被焊钢筋平直、经过除锈。安装钢筋于焊机上要放正、加牢；夹紧钢筋时，应使钢筋端面的凸出部分相接触，以利均匀加热和保证焊缝与钢筋轴线相垂直；烧化过程应稳定、强烈，防止焊缝金属化；顶锻应在足够大的压力下完成，以保证焊口闭合良好和使接头处产生足够的镦粗变形。出现异常现象或焊接缺陷时，宜按表 2-19 查找原因和采取措施，及时消除。

表 2-19 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	1. 降低变压器级数 2. 减慢烧化速度

(续)

异常现象和 焊接缺陷	措 施
闪光不稳定	1. 清除电极底部和表面的氧化物 2. 提高变压器级数 3. 加快烧化速度
接头中有氧化膜、 未焊透或夹渣	1. 增大预热程度 2. 加快临近顶锻时的烧化程度 3. 确保带电顶锻速度 4. 加快顶锻速度 5. 增大顶锻压力
接头中有缩孔	1. 降低变压器级数 2. 避免烧化过程过分强烈 3. 适当增大顶锻留量及顶锻压力
焊缝金属过烧	1. 减小预热程度 2. 加快烧化速度, 缩短焊接时间 3. 避免过多带电顶锻
接头区域裂纹	1. 检验钢筋的碳、硫、磷含量; 若不符合规定时应更换钢筋 2. 采取低频预热方法, 增大预热程度
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折处

2.3.3 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) 机具与参数

1) 单头点焊机。单头点焊机的技术性能见表 2-20。图 2-26 示出 DN3-75 型气压传动式电焊机。

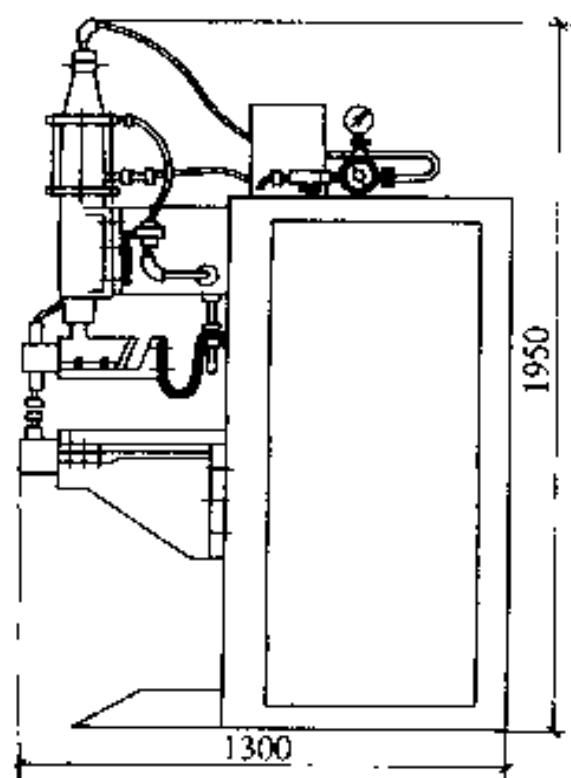


图 2-26 DN3-75 型气压
传动式点焊机

表 2-20 常用点焊机技术性能

项次	项 目		单位	焊 机 型 号					
				SO232A		SO432A		DN3-75	DN3-100
1	传动方式			气压传动式					
2	额定容量		kV·A	17		21		75	100
3	额定电压		V	38		380		380	380
4	额定负载持续率		%	50		50		20	20
5	一次额定电压		A	45		82		198	263
6	较小钢筋最大直径		mm	8 ~ 10		10 ~ 12		8 ~ 10	10 ~ 12
7	每小时最大焊点数		点/h	900		1800		300	1740
8	二次电压调节范围		V	8 ~ 3.6		2.5 ~ 4.6		3.33 ~ 6.66	3.65 ~ 7.3
9	二次电压调节级数		级	6		8		8	8
10	电极臂有效伸长距离		mm	230	550	500	800	800	800
11	上电极	工作行程	mm	10 ~	22 ~	40 ~	56 ~	20	20
12		辅助行程		40	89	120	170	80	80
13	电极间最大压力		kN	2.64	1.18	2.76	1.95	6.5	6.5
14	电极臂间距离		mm			190 ~ 310		380 ~ 530	
15	下电极间垂直调节		mm	190 ~ 310		150		150	150
16	压缩空气	压力	MPa	0.6		0.6		0.55	0.55
17		消耗量	m ³ /h	2.15		1		15	15
18	冷却水消耗量		L/h	160		160		400	700
19	重 量		kg	160		225		800	850

(续)

项次	项 目		单位	焊机型号			
				SO232A	SO432A	DN3-75	DN3-100
20	外形尺寸	长	mm	765	860	1610	1610
		宽	mm	400	400	730	730
		高	mm	1405	1405	1460	1460

2) 钢筋焊接网成形机。钢筋焊接网成形机是钢筋焊接网生产线的专用设备, 采用微机控制, 生产效率高, 网格尺寸准, 能焊接总宽度不大于 3.4m、总长度不大于 12m 的钢筋网。GWC 系列钢筋焊接网成形机的技术性能, 见表 2-21。

表 2-21 GWC 系列钢筋网成形机主要技术性能

型 号	GWC1250	GWC1650	GWC2400	GWC3300
最大网宽/mm	1300	1700	2600	3400
焊接钢筋直径/mm	5 ~ 4	2 ~ 8	4 ~ 12	4 ~ 12
网格宽度/mm	≥ 50	≥ 50	≥ 100	≥ 100
纵向	≥ 50	≥ 50	≥ 100	≥ 100
横向	≥ 20	≥ 50	≥ 50	≥ 50
工作频率/(次/min)	30 ~ 90	40 ~ 100	40 ~ 100	40 ~ 100
焊点数/点	≥ 26	≥ 34	≥ 26	≥ 34

点焊机用电极, 应采用优质纯铜制造, 电极槽孔的尺寸应当精确, 以保证冷却水的畅通。电极直径, 根据所焊的较小钢筋直径选择。当较小钢筋的直径为 3 ~ 10mm 时, 电极直径取 30mm; 钢筋直径 12 ~ 14mm

时取 40mm。

在点焊生产中，经常保持电极与钢筋之间接触表面的清洁平整。若电极使用变形，应及时修整。

(2) 操作技术要点

1) 焊件选择

① 电阻点焊适用于 HPB235 级钢筋、HRB335 级钢筋、冷轧带肋钢筋和冷拔低碳钢丝。

② 当焊接不同直径的钢筋时，其较细钢筋的直径小于或等于 10mm 时，粗细钢筋之比不宜大于 3；当较细钢筋的直径为 12mm 或 14mm 时，粗细钢筋直径之比不宜大于 2。

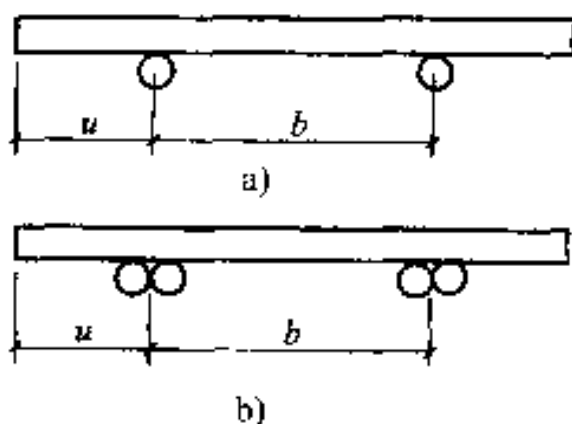


图 2-27 钢筋网的点焊

a) 纵向单根钢筋

b) 纵向双根钢筋

③ 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 2-27）。

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：

$$d_{\min} \geq 0.6 d_{\max}$$

式中 d_{\min} ——较细钢筋的公称直径；

d_{\max} ——较粗钢筋的公称直径。

⑤ 当焊接网中纵向钢筋采取双根钢筋时，钢筋的直径 d 应符合下式要求：

$$0.7d_t \leq d \leq 1.25d_t$$

式中 d_t ——横向钢筋的公称直径。

(3) 焊接缺陷与预防 在点焊钢筋的生产过程中，应随时检查制品的外观质量。如果发现焊接缺陷，可按表 2-22 查找原因和采取措施，及时消除。

表 2-22 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	1. 变压器级数过高 2. 通电时间太长 3. 上下电极不对中心 4. 续电器接触不良	1. 降低变压器级数 2. 缩短通电时间 3. 切断电源，校正电极 4. 清理触点，调节间隙
焊点脱落	1. 电流过小 2. 压力不够 3. 压入深度不足 4. 通电时间太短	1. 提高变压器级数 2. 加大弹簧压力或调大气压 3. 调整两电极间距离符合压入深度要求 4. 延长通电时间
钢筋表面 烧伤	1. 钢筋与电极接触表面太脏 2. 焊接时没有预压过程或预压力过小 3. 电流过大 4. 电极变形	1. 清理电极和钢筋表面的铁锈和油污 2. 保证预压过程和适当的预压力 3. 降低变压器级数 4. 修理或更换电极

(4) 安全操作规程

1) 钢筋必须无锈, 经常保持电极与钢筋之间接触表面良好。

2) 焊机通电后, 应检查电气设备、操作机构、冷却系统、气路系统以及机体外壳有无漏电现象。

3) 焊机工作时, 气路系统、水冷却系统应保持畅通和无泄漏。气体必须不含有水分, 排水温度不应超过 40°C 。

4) 焊机的轴承和气缸的活塞、衬环等应定期润滑。

5) 焊接骨架和焊接网片的焊点应符合设计要求。设计未作规定时, 钢筋的每个交叉点都应焊牢。

2.3.4 电渣压力焊

钢筋电渣压力焊是将两根钢筋安放成竖向对接形式, 利用焊接电流通过两根钢筋端面间隙, 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, 融化钢筋加压完成的一种压焊方法。这种方法比电弧焊节省钢材、工效高、成本低, 适用于现浇钢筋混凝土中竖向或斜向 (倾斜度在 $4:1$ 范围内) 钢筋的连接。

电渣压力焊在供电条件差、电压不稳、雨季或防火要求高的场合慎用。

(1) 机具与参数

1) 常用机具：电渣压力焊的焊接设备包括：焊接电流、焊接机头、控制箱、焊剂填装盒等。见图 2-28。

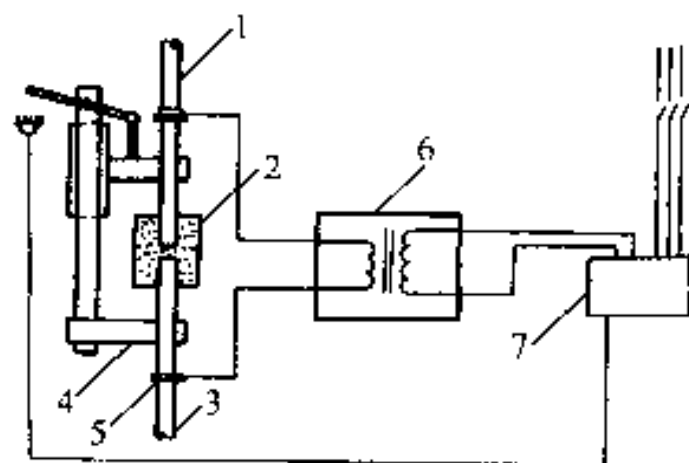


图 2-28 钢筋电渣压力焊设备示意图

1—上钢筋 2—焊剂盒 3—下钢筋 4—焊接机头
5—焊钳 6—焊接电源 7—控制箱

①焊接电源。竖向钢筋电渣压力的焊接电源，可采用一般的 BX₃-500 型与 BX₂-1000 型交流弧焊机，也可采用 JSD-600 型与 JSD-1000 型专用电源。

一台焊接电源可供数个焊接机头交替用电，电缆线与机头的连接采用插接式，以获得较高的生产效率。空载电压应较高 ($\geq 75V$)，以利引弧。

②焊接机头。焊接机头有杠杆单柱式、丝杆传动双柱式等。

a. LDZ 型杠杆单柱焊接机头由单导柱、夹具、手柄、监控仪表、操作把等组成。下夹具固定在钢筋上，上夹具利用手动杠杆可沿单柱上、下滑动，以控制上钢筋的运动和位置。

b. MH 型丝杆传动式双柱焊接机头由锥齿轮箱、手柄、升降丝杆、夹具、夹紧装置、双导柱等组成。上夹具在双导柱上滑动，利用丝杆螺母的自锁特性使上钢筋易定位；夹具定位精度高，卡住钢筋后无需调整对中。

YJ 型焊接机头，利用梯形螺纹传动和单柱导向，也可取得良好的效果。

③控制箱。控制箱的主要作用是通过焊工操作，使弧焊电源的一次线接通或断开。控制箱正面板上装有一次电压表、电源开关、指示灯、信号电铃等，也可刻制焊接参数表，供操作人员参考。

④焊剂与焊剂盒。焊剂盒呈圆形，由两个半圆形铁皮组成，内径为 80 ~ 100mm，与所焊钢筋的直径相适应。

焊剂盒宜与焊机头分开。当焊接完成后，先拆机头，待焊接接头保温一段时间后再拆焊剂盒。特别是在环境温度较低时，可避免发生冷淬现象。

焊剂宜采用 HJ431 型。该焊剂含有高锰、高硅与低氟成分，其作用除起保温、隔绝及稳定电弧作用

外，在焊接过程中还起补充熔渣、脱氧及添加合金元素作用，使焊缝金属合金化。

焊剂使用前必须在 250℃ 温度下烘烤 2h，以保证焊剂容易熔化，形成渣池。

2) 参数：电渣压力焊的焊接参数主要包括：焊接电流、焊接电压和焊接时间等，见表 2-23。

表 2-23 电渣压力焊的焊接参数

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	35 ~ 45	22 ~ 27	21	6
28	500 ~ 550			24	6
32	600 ~ 650			27	7
36	700 ~ 750			30	8
40	850 ~ 900			33	9

(2) 操作技术要点 电渣压力焊的工艺流程包括：引弧、电弧、电渣和顶压过程。

1) 引弧过程。宜采用铁丝圈引弧法,也可采用直接引弧法。

铁丝圈引弧法是将铁丝圈放在上、下钢筋端头之间,高约 10mm,电流通过铁丝圈与上、下钢筋端面的接触点形成短路引弧。

直接引弧法是在通电后迅速将上钢筋提起,使两端头之间的距离为 2~4mm 引弧。当钢筋端头夹杂不导电物质或过于平滑造成引弧困难时,可以多次把上钢筋移下与下钢筋短接后再提起,达到引弧目的。

2) 电弧过程。靠电弧的高温作用,将钢筋端头的凸出部分不断熔化;同时将接口周围的焊剂充分熔化,形成一定深度的渣池。

3) 电渣过程。渣池形成一定深度后,将上钢筋缓缓插入渣池中,此时,电弧熄灭,进入电渣过程。由于电流直接通过渣池,产生大量的电阻热,使渣池温度升到近 2000℃,将钢筋端头迅速而均匀熔化。

4) 顶压过程。当钢筋端头达到全截面熔化时,迅速将上钢筋向下顶压,将熔化的金属、熔渣及氧化物等杂质全部挤出结合面,同时切断电源,焊接即告结束。

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;焊包应均匀,凸出钢筋表面的高度应大于或等于 4mm。

(3) 焊接缺陷与预防 在焊接生产中, 焊工应随时进行自检, 当发现焊接接头有偏心、弯折、烧伤等缺陷时, 宜按表 2-24 查找原因和采取措施, 及时消除。

表 2-24 电渣压力焊接头焊接缺陷及消除

焊 接 缺 陷	措 施
轴线偏移	<ol style="list-style-type: none"> 1. 矫直钢筋端部 2. 正确安装夹具和钢筋 3. 避免过大的顶压力 4. 及时修理或更换夹具
弯 折	<ol style="list-style-type: none"> 1. 矫直钢筋端部 2. 注意安装和扶持上钢筋 3. 避免焊后过快卸夹具
咬 边	<ol style="list-style-type: none"> 1. 减小焊接电流 2. 缩短焊接时间 3. 注意上钳口的起点和止点, 确保上钢筋顶压到位
未 焊 合	<ol style="list-style-type: none"> 1. 增大焊接电流 2. 避免焊接时间过短 3. 检修夹具, 确保上钢筋下送自如
焊包不匀	<ol style="list-style-type: none"> 1. 钢筋端面力求平整 2. 填装焊剂尽量均匀 3. 延长焊接时间, 适当增加熔化量
气 孔	<ol style="list-style-type: none"> 1. 按规定要求烘焙焊剂 2. 清除钢筋焊接部位的铁锈 3. 确保接缝在焊剂中合适埋入深度

(续)

焊 接 缺 陷	措 施
烧 伤	1. 钢筋导电部位除净铁锈 2. 尽量夹紧钢筋
焊包下淌	1. 彻底封堵焊剂筒的漏孔 2. 避免焊后过快回收焊剂

(4) 安全操作规程

1) 焊剂使用前, 必须恒温 250°C 烘焙 $1 \sim 2\text{h}$; 焊剂回收重复使用时, 应除去熔渣和夹杂, 如果受潮, 尚须再烘焙。

2) 焊前应检查电路, 观察网路电压波动情况, 如电源的电压降大于 5% , 则不宜进行焊接。

2.3.5 气压焊

钢筋气压焊系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, 施加适当压力, 形成牢固对焊接头的一种压焊方法。由于加热和加压使接合面附近金属受到墩锻式压延, 被焊金属产生强烈的塑性变形, 促使两结合面接近到原子间的距离, 进入原子作用的范围内, 实现原子间的互相嵌入扩散及键合, 并在热变形过程中, 完成晶粒重新组合的再结晶过程而获得牢固的接头。

钢筋气压焊可用于直径为 16 ~ 40mm 的 HPB235 级、HRB335 级或 HRB400 级钢筋在垂直位置、水平位置或倾斜位置的对接焊接；当两钢筋直径不同时，其两直径的差值不得大于 7mm。

钢筋气压焊工艺具有设备简单、操作方便、质量好、成本低等优点，但对于焊工要求严，焊前对钢筋端面处理要求高。

(1) 机具与参数 钢筋气压设备包括：氧、乙炔供气设备、加热器、加压器及钢筋卡具等，见图 2-29。钢筋气压焊接机系列有 GQH-II 型与 GQH-III 型等。

1) 加热器。由混合气管和多孔烤枪组成。为使钢筋接头能均匀受热，烤枪应设计成环行钳口。烤枪

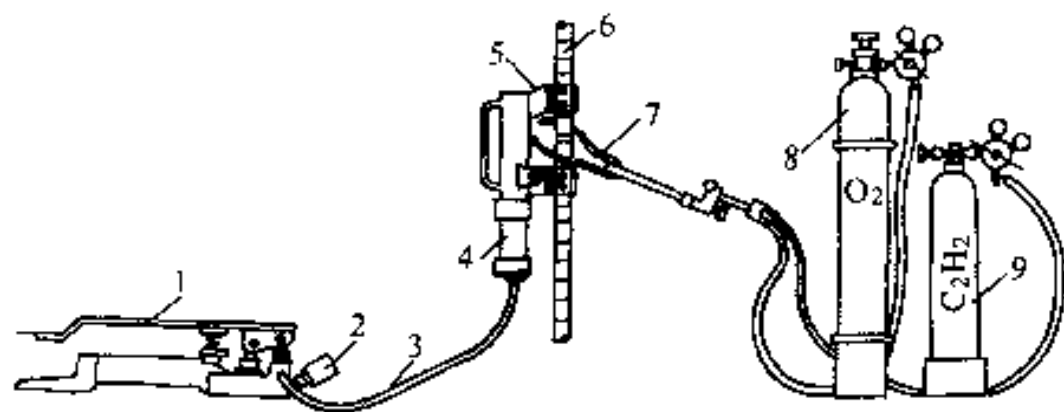


图 2-29 气压焊设备工作简图

- 1—脚踏液压泵 2—压力表 3—液压胶管 4—活动液压缸
5—钢筋卡具 6—被焊接钢筋 7—多孔烤枪
8—氧气瓶 9—乙炔瓶

的火口数：对直径 16 ~ 22mm 的钢筋为 6 ~ 8 个；对直径 25 ~ 28mm 的钢筋为 8 ~ 10 个；对直径为 32 ~ 36mm 的钢筋为 10 ~ 12 个；对直径为 40mm 的钢筋为 12 ~ 14 个。

2) 加压器。由液压泵、压力表、液压胶管和活动油缸组成。液压泵有手动式、脚踏式和电动式。在钢筋气压焊接作业中，加压器作为压力源，通过钢筋卡具对钢筋施加 30MPa 以上的压力。

3) 供氧设备。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。

4) 焊接夹具。为保证能将钢筋夹紧、安装定位，并施加轴向压力所采取的夹具。

(2) 操作技术要点

1) 焊前准备

① 钢筋下料要用砂轮锯，不得使用切断机，以免钢筋端头呈马蹄形而无法压接。

② 钢筋端面在施焊前，要用角向磨光机打磨见新。边棱要适当倒角，端面要平，不准有凸凹及中洼现象。钢筋端面基本上要与轴线垂直。接缝与轴线的夹角不得小于 70° ；两钢筋对接面间隙不得超过 3mm。

③ 钢筋端面附近 5 ~ 100mm 范围内的铁锈、油污、水泥浆等杂物必须清除干净。

④ 两根被连接的钢筋用钢筋卡具对正夹紧。

2) 施焊要点。

钢筋气压焊的工艺过程包括：顶压、加热与压接过程。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。图 2-30a)、b)、c) 分别表示等压法、二次加压法、三次加压法的加压工艺过程。

① 两钢筋安装后，预压顶紧。预压力宜为 10MPa，钢筋之间的局部缝隙不得大于 3mm。

② 钢筋加热初期应采用碳化焰（还原焰），对准两钢筋接缝处集中加热，并

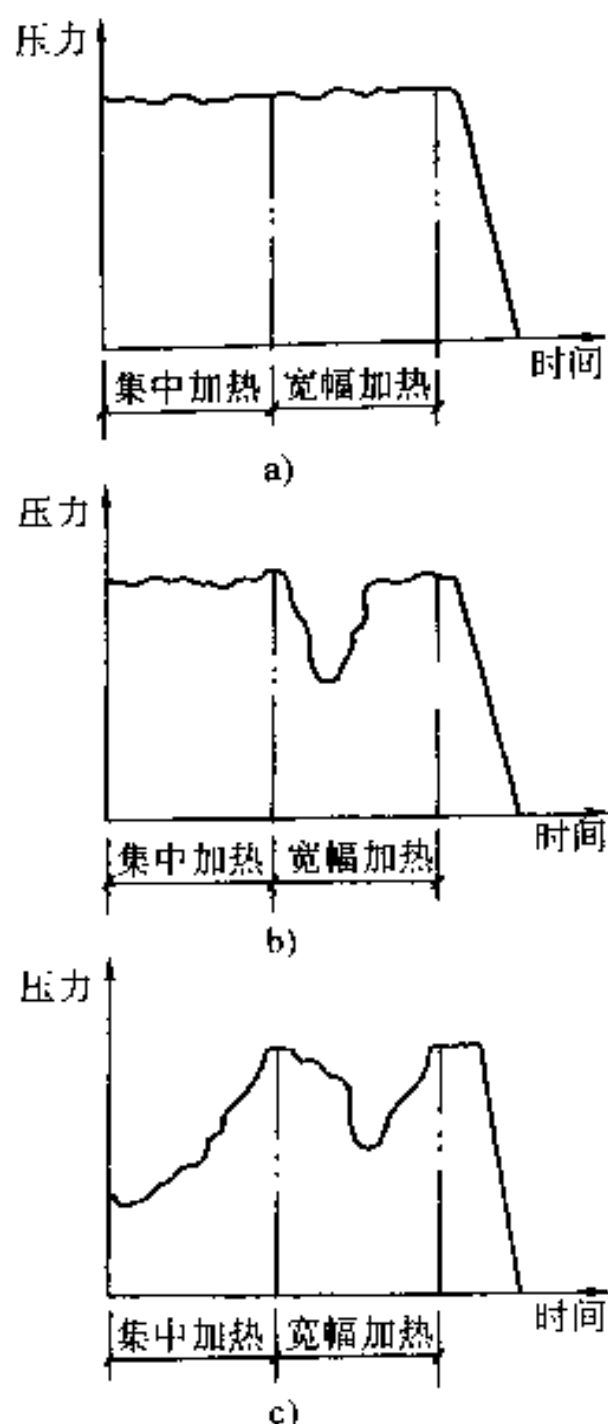


图 2-30 气压焊加压法
a) 等压法 b) 二次加压法
c) 三次加压法

使其淡白色羽状内焰包住缝隙或伸入缝隙内，并始终不离开接缝，以防止压焊面产生氧化。待接缝处钢筋红黄，随即对钢筋第二次加压，直至焊口缝隙完全闭合。应注意：碳化焰呈黄色，说明乙炔过多，必须适当减少乙炔量，不得使用碳化焰外焰加热，严禁用气化过剩的氧化焰加热。

③ 在确认两钢筋的缝隙完全粘合后，应该用中性焰，在压焊面中心 1~2 倍钢筋直径的长度范围内，均匀摆动往返加热。摆幅由小到大，摆速逐渐加大，使其达到压接温度（1150~1300℃）。

④ 当钢筋表面变成炽白色，氧化物变成芝麻粒大小的灰白色球状物，继而聚集成泡沫状并开始随加热器的摆动方向移动时，则可边加热边第三次加压，先慢后快，达到 30~40MPa，使接缝处隆起的直径为 1.4~1.6 倍母材直径、变形长度为母材直径 1.2~1.5 倍的鼓包。

在合理选用火焰的基础上，气压焊接时间：对直径 16~25mm 的钢筋为 1~2min，对直径 28~32mm 的钢筋为 2~3min，对直径 36~40mm 的钢筋为 3~4min。火口前端距钢筋表面 25~30mm。

⑤ 压接后，当钢筋火红消失，即温度为 600~650℃时，才能解除压接器上的卡具。

⑥ 在加热过程中，如果火焰突然中断，发生在

钢筋接缝已完全闭合后，即可继续加热加压，直至完成全部压接过程；如果火焰突然中断发生在钢筋接缝已完全闭合以前，则应切掉接头部分，重新压接。

(3) 焊接缺陷与预防 在焊接生产中，当发现焊接缺陷时，宜按表 2-25 查找原因，采取措施，及时消除。

表 2-25 气压焊接头焊接缺陷及消除措施

项次	焊接缺陷	产生原因	消除措施
1	轴线偏移 (偏心)	1. 焊接夹具变形，两夹头不同心，或夹具刚度不够 2. 两钢筋安装不正 3. 钢筋接合端面倾斜 4. 钢筋未夹紧就进行焊接	1. 检查夹具，及时修理或更换 2. 重新安装夹紧 3. 切平钢筋端面 4. 夹紧钢筋再焊
2	弯折	1. 焊接夹具变形，两夹头不同心 2. 焊接夹具拆卸过早	1. 检查夹具，及时修理或更换 2. 熄火后半分钟再拆夹具
3	镦粗直径不够	1. 焊接夹具动夹头有效行程不够 2. 顶压油缸有效行程不够 3. 加热温度不够 4. 压力不够	1. 检查夹具和顶压油缸，及时更换 2. 采用适宜的加热温度及压力

(续)

项次	焊接缺陷	产生原因	消除措施
4	镦粗长度不够	1. 加热幅度不够宽 2. 顶压力过大过急	1. 增大加热幅度 2. 加压时应平稳
5	压焊面偏移	1. 焊缝两侧加热温度不均 2. 焊缝两侧加热长度不等	1. 同径钢筋焊接时两侧加热温度和长度基本一致 2. 异径钢筋焊接时对较大直径钢筋加热时间稍长
6	钢筋表面严重烧伤	1. 火焰功率较大 2. 加热时间过长 3. 加热器摇摆不匀	调整加热火焰, 正确掌握操作方法

2.3.6 埋弧压力焊

埋弧压力焊是用于焊接预埋铁件钢筋的一种焊接方法。它是将钢筋与钢板安放成T形形式, 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(图2-31)。这种焊接方法工艺简单、工效高、质量好、成本低。

埋弧压力焊可用于直径为6~25mm的HPB235级、HRB335级钢筋与钢板的焊接, 钢板的牌号为Q235, 厚6~20mm(钢板厚薄与钢筋粗细相匹配)。

(1) 机具与参数

1) 常用机具：埋弧压力焊的焊接电源宜采用 BX₃-500 型或 BX₃-500 型弧焊变压器。

手工埋弧压力焊机由焊接机架、工作平台和焊接机头组成，见图 2-32。焊机的立柱可上下调整，以预埋件中不同长度钢筋的焊接；工作平台上放置被焊钢板，并在相应部位处装有电压表、电流表、时间显示器，以观察二次电压（空载电压、电弧电压）、焊接电流、焊接通电时间。焊接电缆与钢板电极连接时，宜采取对称接地，以减少电弧偏吹，使接头形成良好。

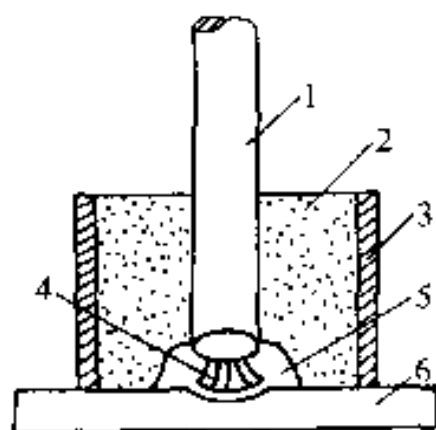


图 2-31 埋弧压力焊

- 1—钢筋 2—焊剂
3—挡圈 4—电弧
5—空腔 6—钢板

焊剂宜采用 HJ431 型。

自动埋弧压力焊机是在手工埋弧压力焊机的基础上，增加带有延时调节器的自动控制系统。

2) 参数：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 2-26 的规定；当采用 1000 型焊接变压器时，也可选用大电流、短时间的强参数埋弧压力焊焊接法。

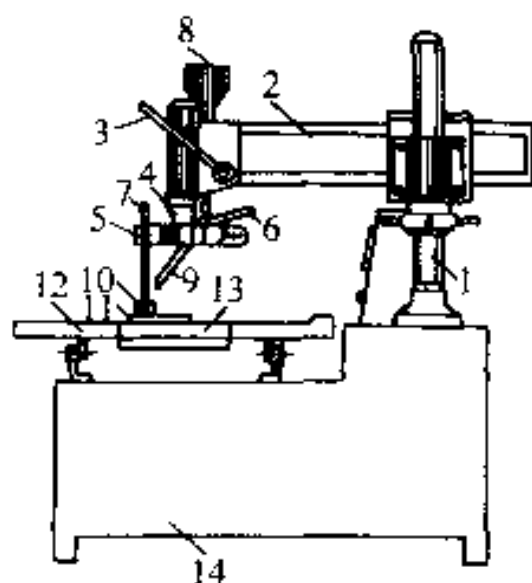


图 2-32 手工埋弧压力焊机

1—立柱 2—摇臂 3—操作手柄 4—焊接机头 5—钢筋夹钳
6—夹钳手柄 7—钢筋 8—焊剂斗 9—焊剂下料管 10—焊剂盒
11—钢板 12—可移动的工作台面 13—电磁吸盘 14—机架

表 2-26 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 级	6	2.5	30 ~ 35	400 ~ 450	2
	8			500 ~ 600	3
HRB335 级	10			30 ~ 40	500 ~ 650
	12	3.0	8		
	14	3.5	15		
	16		22		
	18		30		
	20		33		
	22	4.0	36		
	25		40		

(2) 操作技术要点

1) 采用手工埋弧压力焊时, 接通焊接电源后, 立即将钢筋上提 $2.5\text{mm} \sim 4.0\text{mm}$, 引燃电弧。随后, 根据钢筋直径大小, 适当延时, 或者继续缓慢提升 $3 \sim 4\text{mm}$, 再渐渐小送, 使钢筋端部和钢板熔化, 待达到一定时间后, 迅速顶压。

2) 采用自动埋弧压力焊时, 在引弧之后, 根据钢筋直径大小, 延续一定时间进行熔化, 随后及时顶压。

(3) 焊接缺陷与预防 焊工应自检, 当发现焊接缺陷时, 宜按表 2-27 查找原因和采取措施, 及时消除。

表 2-27 埋弧压力焊接头焊接缺陷及消除措施

项次	焊接缺陷	消除措施
1	钢筋咬边	1. 减小焊接电流或缩短焊接时间 2. 增大压入量
2	气孔	1. 烘焙焊剂 2. 清除钢板和钢筋上的铁锈、油污
3	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
4	未焊合	1. 增大焊接电流, 增加焊剂通电时间 2. 适当加大顶压力

(续)

项次	焊接缺陷	消除措施
5	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
6	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
7	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
8	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

(4) 安全操作规程

1) 施焊前, 钢筋钢板应清洁, 必要时除锈, 以保证台面与钢板、钳口与钢筋接触良好, 不致起弧。

2) 进行焊接时, 应放平钢板, 并与钢板电极接触紧密, 将待焊的预埋件锚固筋夹牢于夹钳内; 放好挡圈, 注意焊剂。

3) 顶压时, 不要用力过猛, 防止钢筋插入钢板表面之下, 形成凹陷。敲去渣壳, 四周焊包应较均匀, 凸出钢筋表面的高度应不小于 4mm。

2.4 钢筋机械连接

钢筋机械连接是指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。这类连接方法是我国近 10 年来陆续发展起来的。它具有以下优点：接头质量稳定可靠，不受钢筋化学成分的影响，人为因素的影响小；操作简单，施工速度快，且不受气候影响；无污染，无火灾隐患，施工安全等。

2.4.1 一般规定

(1) 机械连接的必要性 在非焊接的钢筋接头中，钢筋绑扎接头是最常见的，这种最简单的连接方法操作方便，但是钢材耗用量大，且性能可靠性差，应用范围受到一定限制。由于施工条件影响（例如雨季、冬季施工等），有时对现浇钢筋混凝土构件的钢筋连接（主要是竖向连接）采用焊接接头（如电渣压力焊、气压焊等）有困难，而又考虑到绑扎搭接接头的受力性能不可靠，因此也可以采用机械连接的接头。

(2) 钢筋机械连接方法分类及适用范围 钢筋机械连接方法分类及适用范围见表 2-28。钢筋机械连接接头的设计、应用与验收应符合《钢筋机械连接通用技术规程》（JGJ107—1996）和各种机械连接接头技术规程的规定。

(3) 技术性能的基本要求

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, 并以此划分性能等级。

表 2-28 钢筋机械连接方法分类及适用范围

机械连接方法		适用范围	
		钢筋级别	钢筋直径/mm
钢筋套筒挤压连接		HRB335、HRB400	16 ~ 40
		RRB400	16 ~ 40
钢筋锥螺纹套筒连接		HRB335、HRB400	16 ~ 40
		RRB400	16 ~ 40
钢筋墩粗普通螺纹套筒连接		HRB335、HRB400	16 ~ 40
钢筋滚压普通 螺纹套筒连接	直接滚压	HRB335、HRB400	16 ~ 40
	挤肋滚压		16 ~ 40
	剥肋滚压		16 ~ 50

2) 设计钢筋接头的连接件(如套筒)时, 应留有储备能力, 其屈服承载力标准值(套筒的横截面面积乘套筒材料的屈服强度标准值)及抗拉承载力标准值(套筒的横截面面积乘套筒材料的抗拉强度标准值)不应小于被连接钢筋的屈服承载力标准值及抗拉承载力标准值的 1.1 倍。

3) 接头的静力单向拉伸性能(或单向受压性能)是接头承受静载时的基本性能; 高应力反复拉压性能反映接头在风荷载及小地震情况下承受高应力反复拉

压力的能力；大变形反复拉压性能反映结构在强地震情况下钢筋进入塑性变形阶段接头的受力性能。以上三项性能是进行接头型式检验时必须进行的检验项目。

根据接头应用场合的不同，有的还需进行抗疲劳、耐低温等性能检验。

4) 性能等级划分。根据接头受力性能的不同，将它们予以分级，有利于按结构的重要性、受力特点及接头在结构中所处位置等不同的应用场合合理选用接头类型；分级后也有利于降低套筒材料消耗和接头成本，取得更好的技术经济效益。

① 分级。按检验指标的差异，接头的性能等级分为三级：

a. A 级（强度型）。接头抗拉强度达到或超过母材屈服强度标准值，并具有高延性及反复拉压性能。

b. B 级（屈服型）。接头抗拉强度达到或超过母材屈服强度标准值的 1.35 倍，并具有一定的延性及反复拉压性能。

c. C 型（受压型）。接头仅能承受压力。

② 性能指标。按以上检验指标分级的原则，进行接头型式检验的三项性能（单项拉伸、高应力反复拉压、大应变反复拉压）中，A 级、B 级的强度应分别符合式（2-1）式（2-2）的要求。

$$f_{\text{mst}}^0 \geq f_{\text{tk}} \quad (2-1)$$

$$f_{\text{mst}}^0 \geq 1.35f_{\text{yk}} \quad (2-2)$$

式中 f_{mst}^0 ——接头的抗拉强度实测值；

f_{tk}^0 ——钢筋的抗拉强度标准值；

f_{yk}^0 ——钢筋的屈服强度标准值。

对于 C 级接头，仅检验一项性能（单项受压），强度应符合式（2-3）要求。

$$f_{\text{mst}}^0 \geq f_{\text{yk}} \quad (2-3)$$

式中 f_{mst}^0 ——接头的抗拉强度实测值；

f_{yk}^0 ——钢筋的抗拉强度标准值。

对于 A 级、B 级接头，还要控制一些特殊指标：割线模量、极限应变、残余变形等。

对于直接承受动力荷载的结构，所用接头应满足设计要求的抗疲劳性能。如果没有专门要求，要由技术人员联系掌握。

③ 等级选定

a. 混凝土结构中要求充分发挥钢筋强度性能或对接头延性要求较高的部位，应采用 A 级接头。

b. 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。

c. 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。

2.4.2 钢筋套筒挤压连接

带肋钢筋套筒挤压连接是将两根待接钢筋插入特制的钢套筒内，利用挤压设备沿径向挤压钢套筒，使之产生塑性变形。依靠变形后的钢套筒与被连接钢筋的机械咬合成为整体的钢筋连接方法，见图 2-33。



图 2-33 钢筋套筒挤压连接
1—已挤压好的钢筋 2—钢套筒
3—未挤压的钢筋

这种接头质量稳定性好，可与母材等强，但操作工人工作强度大，有时液压油污染钢筋，综合成本高。

(1) 机具与参数

1) 焊接材料 钢套筒的材料宜选用强度适中、延性好的优质钢材，其实测力学性能符合表 2-29 要求。

表 2-29 钢套筒材料的力学性能

项 目	指 标
屈服强度/MPa	225 ~ 350
抗拉强度/MPa	375 ~ 500
伸长率 δ_5 (%)	≥ 20
洛氏硬度 (HRB)	60 ~ 80
[或布氏硬度 (HRB)]	[102 ~ 133]

钢套筒的屈服强度和抗拉强度的标准值不应小于被连接钢筋的屈服强度和抗拉强度的标准值的 1.1 倍。

钢套筒的规格和尺寸，应符合表 2-30 的规定。其允许偏差，外径为 $\pm 1\%$ ，壁厚为 $+12\%$ 、 -10% ，长度为 $\pm 2\text{mm}$ 。

表 2-30 钢套筒的规格和尺寸 (mm)

钢套筒型号	钢 套 筒 尺 寸			压接标志 道数
	外 径	壁 厚	长 度	
G40	70	12	240	8×2
G36	63	11	216	7×2
G32	56	10	192	6×2
G28	50	8	168	5×2
G25	45	7.5	150	4×2
G22	40	6.5	132	3×2
G20	36	6	120	3×2

套筒的尺寸与材料应与一定的挤压工艺相配套。施工单位采用经过型式检验认定的套筒及挤压工艺进行施工。套筒应有出厂合格证；套筒在运输和储存中应按不同规格分别堆放整齐，以免混用。套筒不得堆放于露天，以免产生锈蚀或被泥砂杂物污染。

2) 挤压设备。挤压设备目前型号有好几种，它们的技术性能虽然各不相同，但是构造和工作原理基

本一样。它们由压接钳、超高压泵站及超高压胶管等组成。其型号与参数见表 2-31。

表 2-31 钢筋挤压设备的主要技术参数

设备型号		YJH-25	YJH-32	YJH-40	YJ-32	YJ-40
压接钳	额定压力/MPa	80	80	80	80	80
	额定挤压力/kN	760	760	900	600	600
	外形尺寸/mm	φ150 × 433	φ150 × 480	φ170 × 530	φ120 × 500	φ150 × 520
	重量/kg	28	33	41	32	36
	适用钢筋/mm	20 ~ 25	25 ~ 32	32 ~ 40	20 ~ 32	32 ~ 40
超高压泵站	电动机	380V, 50Hz, 1.5kW			380V, 50Hz, 1.5kW	
	高压泵	80MPa, 0.8l/min			80MPa, 0.8l/min	
	低压泵	2.0MPa, 4.0 ~ 6.0L/min			—	
	外形尺寸 (mm × mm × mm)	790 × 540 × 785 (长 × 宽 × 高)			390 × 525 (高)	
	重量/kg	96	油箱容积 /L	20	40, 油箱 12	
超高压胶管		100MPa, 内径 6.0mm, 长度 3.0mm (5.0mm)				

3) 挤压工艺。钢筋挤压设备的工作示意如图 2-34。

钢筋连同套筒放在挤压机机架内的压模中, 高压油液输入油缸并顶出活塞, 带动动压模前进, 并将套

筒挤压在动压模与定压模之间。定压模用卡板与机架相连，并可从机架中抽出，以便放进或退出钢筋。

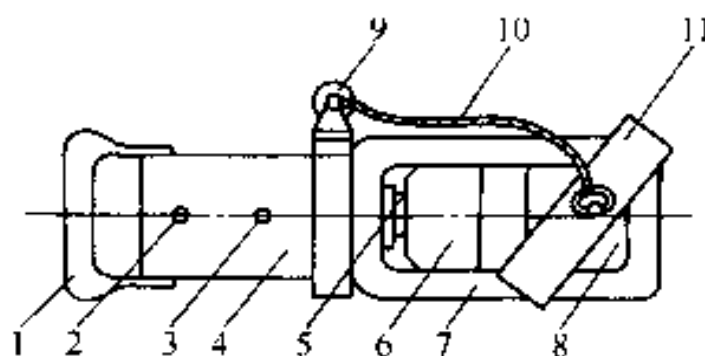


图 2-34 钢筋挤压设备工作示意图

1—把手 2—进油口 3—回油口 4—钢体 5—活塞 6—动压模 7—机架 8—定压模 9—吊环 10—链条 11—卡板

4) 工艺参数。在选择合适的材质、钢套筒以及压接设备后，接头性能主要取决于挤压变形量的工艺参数。挤压变形量包括压痕最小直径和压痕总宽度，见表 2-32 与表 2-33。

表 2-32 同规格钢筋连接时的参数选择

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	压痕最小 总宽度 /mm
$\phi 40 \sim \phi 40$	G40	M40	60 ~ 63	≥ 80
$\phi 36 \sim \phi 36$	G36	M36	54 ~ 57	≥ 70
$\phi 32 \sim \phi 32$	G32	M32	48 ~ 51	≥ 60
$\phi 28 \sim \phi 28$	G28	M28	41 ~ 44	≥ 55
$\phi 25 \sim \phi 25$	G25	M25	37 ~ 39	≥ 50
$\phi 22 \sim \phi 22$	G22	M22	32 ~ 34	≥ 45
$\phi 20 \sim \phi 20$	G20	M20	29 ~ 31	≥ 45
$\phi 18 \sim \phi 18$	G18	M18	27 ~ 29	≥ 40

表 2-33 不同规格钢筋连接时的参数选择

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	压痕最小 总宽度 /mm
$\phi 40 \sim \phi 36$	G40	$\phi 40$ 端 M40	60 ~ 63	≥ 80
		$\phi 36$ 端 M36	57 ~ 60	≥ 80
$\phi 36 \sim \phi 32$	G36	$\phi 36$ 端 M36	54 ~ 57	≥ 70
		$\phi 32$ 端 M32	51 ~ 54	≥ 70
$\phi 32 \sim \phi 28$	G32	$\phi 32$ 端 M32	48 ~ 51	≥ 60
		$\phi 28$ 端 M28	45 ~ 48	≥ 60
$\phi 28 \sim \phi 25$	G28	$\phi 28$ 端 M28	41 ~ 44	≥ 55
		$\phi 25$ 端 M25	38 ~ 41	≥ 55
$\phi 25 \sim \phi 22$	G25	$\phi 25$ 端 M25	37 ~ 39	≥ 50
		$\phi 22$ 端 M22	35 ~ 37	≥ 50
$\phi 25 \sim \phi 20$	G25	$\phi 25$ 端 M25	37 ~ 39	≥ 50
		$\phi 20$ 端 M20	33 ~ 35	≥ 50
$\phi 22 \sim \phi 20$	G22	$\phi 22$ 端 M22	32 ~ 34	≥ 45
		$\phi 20$ 端 M20	31 ~ 33	≥ 45
$\phi 22 \sim \phi 18$	G22	$\phi 22$ 端 M22	32 ~ 34	≥ 45
		$\phi 18$ 端 M18	29 ~ 31	≥ 45
$\phi 20 \sim \phi 18$	G20	$\phi 20$ 端 M20	29 ~ 31	≥ 45
		$\phi 18$ 端 M18	28 ~ 30	≥ 45

①压痕总宽度。压痕总宽度是指接头一侧每一道压痕底部平直部分宽度之和。该宽度应在表 2-34 和表 2-35 规定的范围内。小于这一宽度，接头的性能

达不到要求；大于这一宽度，钢套筒的长度要增加。

压痕总宽度一般由各生产厂家根据各自设备、压模刃口的尺寸和形状，通过其所售钢套筒上喷上挤压道数标志或在出厂技术文件中确定。

②压痕最小直径。压痕最小直径由现场操作者控制，它应在表 2-32 和表 2-33 规定的范围内。压痕最小直径大于这一范围，即变形太小，会使钢套筒与钢筋横肋咬合小，接头受拉时，钢筋从套筒里滑出或接头强度达不到要求；小于这一范围，钢套筒发生了过大的塑性变形，在压痕处就有可能引起破裂或由于硬化而变脆，也有可能会由于压痕处套筒太薄，拉伸时可能在此压痕处拉裂，还会加重设备的负荷。

压痕最小直径一般是通过挤压机上的压力表读数来间接控制的。由于钢套筒的材质不同，造成其硬度、韧性等不同，因此挤压到所需的压痕最小直径，其所需的压力不同。实际挤压时，压力表的读数一般为 60 ~ 70MPa，也有有的在 54 ~ 80MPa 之间，这就要求操作工人在挤压不同批号钢套筒时，必须进行试压，以确定挤压到所要求的压痕直径时所需的压力值。

(2) 操作技术要点

1) 使用挤压设备前应对挤压力进行标定。有下列情况之一的就应标定：新挤压设备使用前；旧挤压

设备大修后；油压表受损或强烈振动后；套筒压痕异常且查不出其他原因时；挤压设备使用一年；已挤压的接头数超过 5000 个。

2) 要事先检查压模、套筒是否与钢筋相互配套；压模上应有相对的连接钢筋规格标记。挤压操作时采用的挤压力、压模宽度、压痕直径或挤压后套筒长度的波动范围以及挤压道数，均应符合接头技术提供单位所确定的技术参数要求。

3) 钢筋下料切断要用无齿锯，使钢筋端面与它的轴线相垂直。不得用钢筋切断机或气割下料。

4) 高压泵所用油液应过滤，保持清洁，油箱应密封，防止雨水、灰尘混入油箱。

5) 配套的钢筋、套筒在使用前应检查，要清洁压接部位；要检查配套是否合适，并进行试套，如果发现钢筋有弯折、马蹄形或纵肋尺寸过大的，应予以矫正或用手提砂轮修磨。

6) 将钢筋插入套筒内，要使深入长度符合预定要求，即钢筋端头离套筒长度中点不宜超过 10mm；对正压模位置，并使压模运动方向与钢筋两纵肋所在的平面相垂直，以保证最大压接面能处在钢筋的横肋上。

7) 可用两种压接顺序：一种是在施工现场的作业工位上，通过套筒一次性地将两根钢筋压接；另一

种是预先将套筒与一根钢筋压接，然后安装在作业工
位上，插入待接钢筋后再挤压另一端套筒。

(3) 连接缺陷与预防 钢筋套筒挤压连接要求压
接操作和所完成的钢筋接头没有缺陷，如果在施工过
程中发生异常现象或接头有缺陷，应及时处理。防治
措施参见表 2-34。

表 2-34 钢筋套筒挤压连接异常现象及消除措施

异常现象和缺陷	防治措施
挤压机无挤压力	<ol style="list-style-type: none"> 1. 高压油管连接位置不正确 2. 油泵故障，应检查排除
压痕分布不均匀	压接时应将压模与套筒上画的分格标志对正
接头弯折	<ol style="list-style-type: none"> 1. 压接时摆正钢筋 2. 切除或矫直钢筋有弯头的端头
压接程度不够	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查油泵和管线是不是有漏油而导致油压不足 2. 检查套筒材质是不是符合要求
钢筋深入套筒内长度不够	在钢筋上准确地画上記号，并与套筒端对齐
压痕深度明显不均	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查套筒材质是否符合要求 2. 检查钢筋在套筒内是否有压空现象（钢筋深入套筒中长度不够）

2.4.3 钢筋锥螺纹套筒连接

钢筋锥螺纹套筒连接是将两根待接钢筋端头用套丝机做出锥形外螺纹，然后用带锥形内螺纹的套筒将钢筋两端拧紧的钢筋连接的方法。见图 2-35。

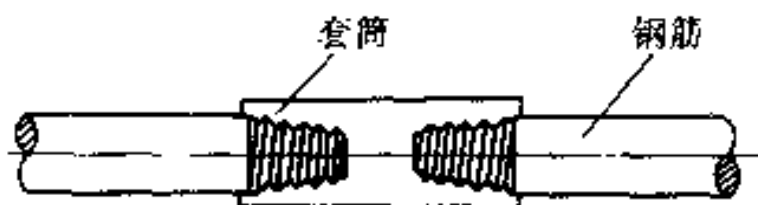


图 2-35 钢筋锥螺纹套筒连接

这种接头质量稳定性一般，施工速度快，综合成本较低。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 型钢筋等强度锥螺纹接头，可与母材等强。

(1) 一般情况

1) 螺纹套筒的材质：对 HRB335 级钢筋采用 30~40 钢，对 HRB400 级钢筋采用 45 钢。

2) 螺纹套筒的尺寸，应与钢筋端头锥螺纹的牙形与牙数匹配，并应满足承载力略高于钢筋母材的要求。

3) 螺纹套筒的性能等级分 A 级和 B 级。

4) 螺纹套筒的加工，宜在专业工厂进行，以保证产品质量。各种规格的套筒外表面，均有明显的钢

筋级别及规格标记。

(2) 机具与参数

1) 钢筋套丝机。是用于加工钢筋连接端锥螺纹的一般专用设备，型号有：SZ-50A、GZL-40 等。

2) 量规。包括牙形规、卡规或环规、塞规。

牙形规是用来检查钢筋连接端的锥螺纹牙形加工质量的量规。

卡规是用来检查钢筋连接端的锥螺纹小端直径的量规。

塞规用来检查锥螺纹连接套筒加工质量的量规。

3) 力矩扳手。是保证钢筋连接质量的测力扳手。它可以按照钢筋直径大小规定的力矩值，把钢筋与连接套筒拧紧，并发出声响信号。其中型号为 PW360 (管钳型)，力矩值为 $100 \sim 360\text{N}\cdot\text{m}$ ；HL-02 型，力矩值为 $70 \sim 350\text{N}\cdot\text{m}$ 。

4) 砂轮锯。用于切断挠曲的钢筋端头。

(3) 操作技术要点

1) 钢筋下料可用切断机和砂轮锯，但不得用气割切割。钢筋下料要求它的端面与轴线垂直，端头不出现挠曲或马蹄形。

2) 加工的钢筋锥螺纹丝头的锥度、牙形、螺距等必须与连接套的锥度、牙形、螺距一致，且经配套的量规检测合格。

锥螺纹丝头牙形检验要求：牙形饱满，无断牙、秃牙缺陷，且与牙形规的牙形吻合；牙齿表面光洁。图 2-36 为用牙形规检验牙形示意。

锥螺纹丝头锥度与小端直径检验要求：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误差之内。

如图 2-37 所示。

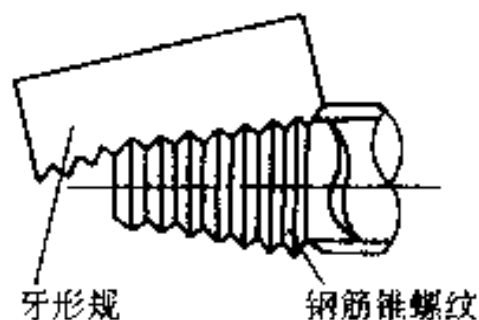


图 2-36 牙形规检验牙形示意

3) 加工钢筋锥螺

纹时，应采用水溶性切削润滑液；当气温低于 0°C 时，应掺入 15% ~ 20% 亚硝酸钠。不得用全损耗系统用油作润滑液，或不加润滑液进行套螺纹。

4) 在加工过程中要逐个检查丝头，达到质量要求的要用与钢筋规格相应的塑料保护套套上，以免受损伤。

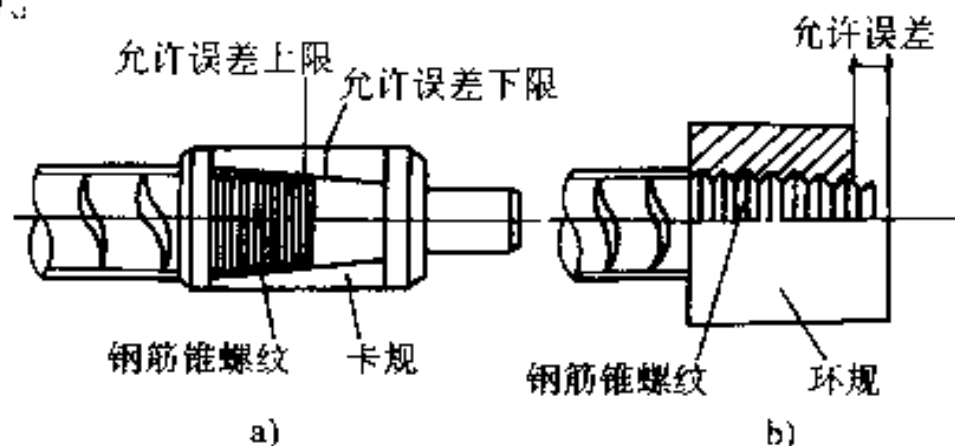


图 2-37 锥螺纹丝头锥度与小端直径检验

5) 连接钢筋时, 钢筋规格和连接套的规格应一致, 并确保钢筋和连接套的螺纹面干净, 完好无损; 当钢筋带着连接套运输或安装入模时 (有的钢筋预先与连接套一端接上), 带连接套的钢筋应固定牢, 连接套的外露端应有密封盖。

6) 接头必须用力矩扳手拧紧。连接钢筋时, 应对正轴线将钢筋拧入连接套, 然后再用力矩扳手拧。接头拧紧值应满足表 2-35 规定的力矩值, 不得超拧。拧紧后的接头应做上标记。力矩扳手的精度为 $\pm 5\%$, 要求每半年用扭力仪检定一次。

表 2-35 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

2.4.4 钢筋镦粗普通螺纹连接

钢筋镦粗普通螺纹连接是先将钢筋端头加以镦粗, 再切削成普通螺纹, 然后用带普通螺纹的套筒将钢筋两端拧紧的钢筋连接方法 (图 2-38)。

镦粗普通螺纹钢筋接头的特点: 钢筋端部经冷镦后, 不仅直径增大, 使套丝后螺纹底部横截面积不小于钢筋原截面面积, 而且由于冷镦后钢材强度的提

高，致使接头部位有很高的强度。这种接头精度高，接头质量稳定性好，操作简单，连接速度快，价格适中。



图 2-38 钢筋镦粗普通螺纹连接

1—已连接的钢筋 2—普通螺纹套筒

3—正在拧入的钢筋

(1) 机具与材料

1) 常用机具

①钢筋液压冷镦机 是钢筋端头镦粗用的一种专用设备。其型号有：HJC200 型（HRB335 级钢筋，直径 18～40mm）、HJC250（HRB400 级钢筋，直径 20～40mm）、GZD40、CDJ-50 型等。

②钢筋普通螺纹套丝机 是将已镦粗或未镦粗普通螺纹的钢筋端头切削成普通螺纹的一种专用设备。其型号有：GZL-40、HZS-40、GTS-50 型等。

③扭力扳手、量规（通规、止规）等。

2) 材料。钢筋镦粗普通螺纹连接用的材料是镦粗普通螺纹套筒，对这种套筒有如下要求：

① 材质要求。对 HRB335 级钢筋，采用 45 优质

碳素钢；对 HRB400 级钢筋，采用 45 经调质处理，或用性能不低于 HRB400 钢筋性能的其他钢种。

② 规格型号与尺寸

a. 同径连接套筒，分右旋和左右旋两种，见图 2-39。其尺寸见表 2-36 和表 2-37。

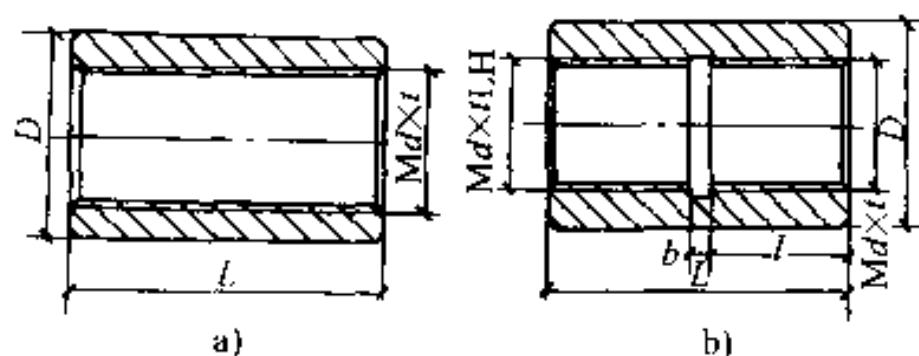


图 2-39 同径连接套筒

a) 右旋 b) 左右旋

表 2-36 同径右旋连接套筒

型号与标记	$Md \times t$	D/mm	L/mm
A20S-G	24×2.5	36	50
A22S-G	26×2.5	40	55
A25S-G	29×2.5	43	60
A28S-G	32×3	36	65
A32S-G	36×3	52	72
A36S-G	40×3	58	80
A40S-G	44×3	65	90

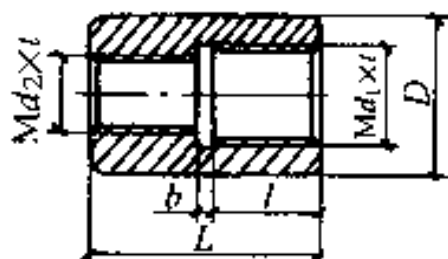
表 2-37 同径左右旋连接套筒 (mm)

型号与标记	$Md \times t$	D	L	l	b
A20SLR-G	24×2.5	38	56	24	8
A22SLR-G	26×2.5	42	60	26	8
A25SLR-G	29×2.5	45	66	29	8
A28SLR-G	32×3	48	72	31	10
A32SLR-G	36×3	54	80	35	10
A36SLR-G	40×3	60	86	38	10
A40SLR-G	44×3	67	96	43	10

b. 异径连接套筒, 见表 2-38。

表 2-38 异径连接套筒 (mm)

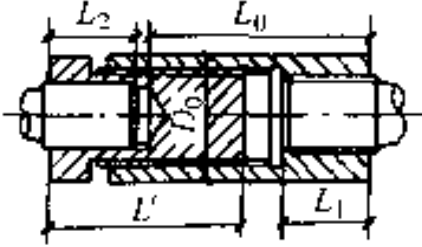
筒 图



型号与标记	$Md_1 \times t$	$Md_2 \times t$	b	D	l	L
AS20-22	$M26 \times 2.5$	$M24 \times 2.5$	5	$\phi 42$	26	57
AS22-25	$M29 \times 2.5$	$M26 \times 2.5$	5	$\phi 45$	29	63
AS25-28	$M32 \times 3$	$M29 \times 2.5$	5	$\phi 48$	31	67
AS28-32	$M36 \times 3$	$M32 \times 3$	6	$\phi 54$	35	76
AS32-36	$M40 \times 3$	$M36 \times 3$	6	$\phi 60$	38	82
AS36-40	$M44 \times 3$	$M40 \times 3$	6	$\phi 67$	43	92

c. 可调节连接套筒，见表 2-39。

表 2-39 可调节连接套筒 (mm)

简 图						
						
型号和规格	钢筋规格	D_0	L_0	L'	L_1	L_2
DSJ-22	$\phi 22$	40	73	52	35	35
DSJ-25	$\phi 25$	45	79	52	40	40
DSJ-28	$\phi 28$	48	87	60	45	45
DSJ-32	$\phi 32$	55	89	60	50	50
DSJ-36	$\phi 36$	64	97	66	55	55
DSJ-40	$\phi 40$	68	121	84	60	60

3) 操作技术要点

①钢筋下料时，应采用砂轮切割机，切口的端面应与轴线垂直，不得有马蹄形或挠曲。

②钢筋下料后，在液压冷锻压床上将钢筋镦粗。不同规格的钢筋冷镦后的尺寸，见表 2-38。根据钢筋直径，冷镦机性能及镦粗后的外形效果，通过试验确定适当的镦粗压力。操作中要保证镦粗头与钢筋轴线不得大于 4° 的倾角，不得出现与钢筋轴线相垂直的横向表面裂缝。发现外观质量不符合要求时，应及时割

除，重新镦粗。

③钢筋冷镦后，在钢筋套丝机上加工螺纹。钢筋端头螺纹规格应与连接套筒的型号匹配。钢筋螺纹加工质量：牙形饱满、无端牙、秃压等缺陷。

④钢筋螺纹加工后，随即用配置的量规逐根检测，合格后，再由专职质检员按一个工作班 10% 的比例抽样校验。如发现有不合格螺纹，应全部逐个检查，并切除所有不合格螺纹，重新镦粗和加工螺纹。

⑤现场连接施工

a. 对连接钢筋可自由转动的，先将套筒预先部分或全部拧入一个被连接钢筋的螺纹内，而后转动连接钢筋或反拧套筒到预定位置，最后用扳手转动钢筋，使其相互对顶锁定连接套筒。

b. 对于钢筋完全不能转动，如弯折钢筋或还要调整钢筋内力的场合，如施工缝、后浇带，可将锁定螺母和连接套筒预先拧入加长的螺纹内，再反拧入另一根钢筋端头螺纹上，最后用锁定螺母锁定连接套筒；或配套应用带有正反螺纹的套筒，以便从一个方向上能松开或拧紧两根钢筋。

c. 普通螺纹钢筋连接时，应采用扳手连接。

2.4.5 钢筋滚压普通螺纹套筒连接

钢筋滚压普通螺纹套筒连接是利用金属材料塑性

变形后冷作硬化增强金属材料强度的特性，使接头与母材等强的连接方法。根据滚压普通螺纹成形方式可分为直接滚压螺纹、挤压肋滚压螺纹、剥肋滚压螺纹三种类型。

(1) 机具与材料

1) 常用机具

①直接滚压螺纹加工。采用钢筋滚丝机（型号：GZL-32、GYZL-40、GSJ-40、HGS40 等）直接滚压螺纹。此法螺纹加工简单，设备投入少；但螺纹精度差，由于钢筋粗细不均，导致螺纹直径差异，施工受影响。

②挤压肋滚压螺纹加工。采用专用挤压设备滚轮，先将钢筋的横肋和纵肋进行预压平处理，然后再滚压螺纹。其目的是减轻钢筋肋对成形螺纹的影响。此法对螺纹精度有一定提高，但仍不能从根本上解决钢筋直径差异对螺纹精度的影响。

③剥肋滚压螺纹加工。采用钢筋剥肋滚丝机（型号：GHG40、GHG50），先将钢筋的横肋和纵肋进行剥切处理后，使钢筋滚丝前的柱体直径达到同一尺寸，然后进行螺纹滚压成形。此法螺纹精度高，接头质量稳定，施工速度快，价格适中，具有较大的发展前景。

2) 材料。滚压普通螺纹接头连接用的套筒，采

用优质碳素结构钢。连接套筒的类型有：标准型、正反螺纹型、变径型、可调型等，与缴粗普通螺纹套筒类型相同。

滚压普通螺纹接头用连接套筒的规格与尺寸应符合表 2-40、表 2-41 和表 2-42 的规定。

表 2-40 标准型套筒的几何尺寸 (mm)

规 格	螺纹直径	套筒外径	套筒长度
16	M16.5 × 2	25	45
18	M19 × 2.5	29	55
20	M21 × 2.5	31	60
22	M23 × 2.5	33	65
25	M26 × 3	39	70
28	M29 × 3	44	80
32	M33 × 3	49	90
36	M37 × 3.5	54	98
40	M41 × 3.5	59	105

表 2-41 常用变径型套筒的几何尺寸 (mm)

套筒规格	外 径	小端螺纹	大端螺纹	套筒总长
16 ~ 18	29	M16.5 × 2	M19 × 2.5	50
16 ~ 20	31	M16.5 × 2	M21 × 2.5	53
18 ~ 20	31	M19 × 2.5	M21 × 2.5	58

(续)

套筒规格	外 径	小端螺纹	大端螺纹	套筒总长
18 ~ 22	33	M19 × 2.5	M23 × 2.5	60
20 ~ 22	33	M21 × 2.5	M23 × 2.5	63
20 ~ 25	39	M21 × 2.5	M26 × 3	65
22 ~ 25	39	M23 × 2.5	M26 × 3	68
22 ~ 28	44	M23 × 2.5	M29 × 3	73
25 ~ 28	44	M26 × 3	M29 × 3	75
25 ~ 32	49	M26 × 3	M33 × 3	80
28 ~ 32	49	M29 × 3	M33 × 3	85
28 ~ 36	54	M29 × 3	M37 × 3.5	89
32 ~ 36	54	M33 × 3	M37 × 3.5	94
32 ~ 40	59	M33 × 3	M41 × 3.5	98
36 ~ 40	59	M37 × 3.5	M41 × 3.5	102

表 2-42 可调型套筒的几何尺寸 (mm)

规 格	螺纹直径	套筒总长	旋出后长度	增加长度
16	M16.5 × 2	118	141	96
18	M19 × 2.5	141	169	114
20	M21 × 2.5	153	183	123
22	M23 × 2.5	166	199	134
25	M26 × 3	179	214	144

(续)

规 格	螺纹直径	套筒总长	旋出后长度	增加长度
28	M29 × 3	199	239	159
32	M33 × 3	222	267	117
36	M37 × 3.5	244	293	195
40	M41 × 3.5	261	314	209

注：表中“增加长度”为可调型套筒比普通套筒加长的长度，施工配筋时应将钢筋的长度按此数进行缩短。

(2) 操作技术要点

1) 连接钢筋时，钢筋规格和套筒的规格必须一致，钢筋和套筒的螺纹应干净、完好无损。

2) 采用预埋接头时，连接套筒的位置、规格和数量应符合设计要求。带连接套筒的钢筋应固定牢靠，连接套筒的外露端应有保护盖。

3) 滚压普通螺纹接头应使用扭力扳手或管钳进行施工，将两个钢筋丝头在套筒中间位置相互顶紧，接头拧紧力矩应符合表 2-43 的规定。扭力扳手的精度为 $\pm 5\%$ 。

表 2-43 直螺纹钢筋接头拧紧力矩值

钢筋直径/mm	16 ~ 18	20 ~ 22	25	28	32	36 ~ 40
拧紧力矩/(N·m)	100	200	250	280	320	350

4) 经拧紧后的滚压普通螺纹接头应做出标记，单边外露螺纹长度不应超过 2 个螺距。

5) 根据待接钢筋所在部位及转动难易情况, 选用不同的套筒类型, 采取不同的安装方法, 见图 2-40 ~ 图 2-43。

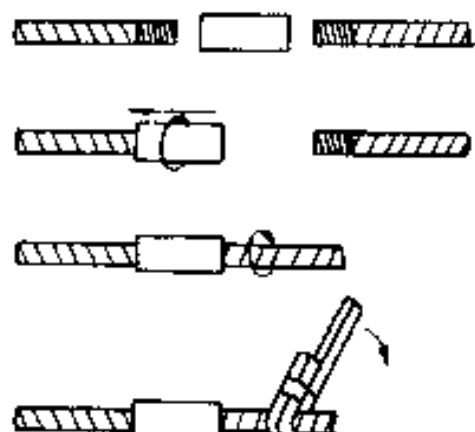


图 2-40 标准型接头安装

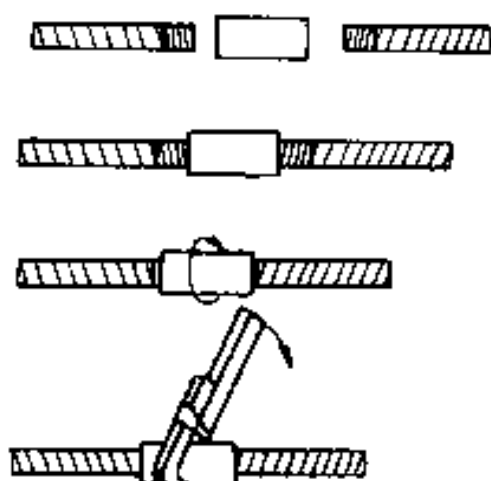


图 2-41 正反螺纹型接头安装

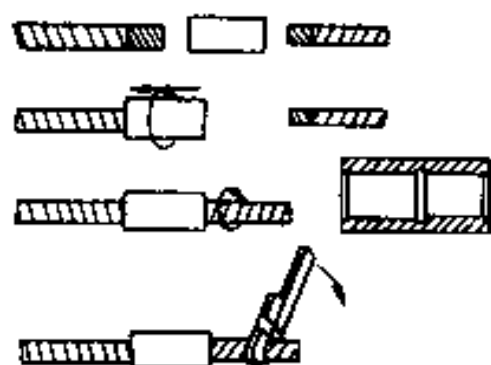


图 2-42 变径型接头安装

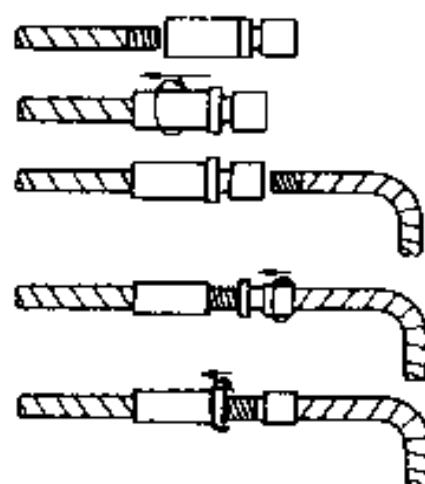


图 2-43 可调型接头安装

2.5 钢筋绑扎与安装

2.5.1 钢筋现场绑扎

(1) 准备工作

1) 核对成品钢筋的钢号、直径、形状、尺寸和数量等是否与料单牌相符。如有错漏，应及时纠正增补。

2) 准备绑扎用的铁丝、绑扎工具（如钳子或铁钩、带扳口的小撬棍），绑扎架等。

钢筋绑扎用的铁丝，可采用 20 ~ 22 号铁丝，其中 22 号铁丝只用于绑扎直径 12mm 以下的钢筋。铁丝长度可参考表 2-44 的数值采用；因铁丝是成盘供应的，故习惯上是按每盘铁丝周长的几分之一来切断。

表 2-44 钢筋绑扎铁丝长度参考表 (mm)

钢筋 直径	3 ~ 5	6 ~ 8	10 ~ 12	14 ~ 16	18 ~ 20	22	25	28	32
3 ~ 5	120	130							
6 ~ 8		150	150	170	190	250	270	290	320
10 ~ 12			170	190	220	270	290	310	340
14 ~ 16			190	220	250	290	310	330	360
18 ~ 20				250	270	310	330	350	380
22					290	330	350	370	400

3) 准备控制混凝土保护层用的水泥砂浆垫块或塑料卡。

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 $30\text{mm} \times 30\text{mm}$ ，大于 20mm 时，为 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 。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 2-44。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。

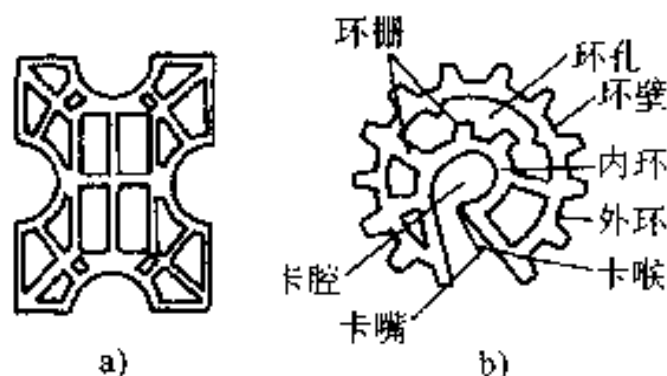


图 2-44 控制混凝土保护层用的塑料卡

a) 塑料垫块 b) 塑料环圈

4) 画出钢筋位置线。平板或墙板的钢筋，在模板上画线，柱的箍筋，在两根对角线主筋上画点；梁

的箍筋，则在架立筋上画点；基础的钢筋，在两向各取一根钢筋画点或在垫层上画线。

钢筋接头的位置，应根据来料规格，结合结构设计说明有关规定，使其错开，在模板上画线。

5) 绑扎形式复杂的结构部位时，应先研究逐根钢筋穿插就位的顺序，并与模板工联系讨论支模和绑扎钢筋的先后次序，以减少绑扎困难。

(2) 钢筋绑扎接头

1) 钢筋绑扎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。

2) 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。同一连接区段内，纵向受拉钢筋绑扎搭接接头面积百分率及箍筋要求，可参照相关结构说明或标准图集有关规定。

绑扎搭接接头中钢筋的横向间距不应小于钢筋直径，且不应小于 25mm。

3) 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 2-45 的规定。

4) 在绑扎接头的搭接长度范围内，应采用铁丝绑扎三点。

(3) 基础钢筋绑扎

1) 钢筋网的绑扎。四周两行钢筋交叉点应每点扎牢,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,则须将全部钢筋交叉点扎牢。绑扎时应注意相邻绑扎点的铁丝扣要扎成八字形,以免网片歪斜变形。

表 2-45 纵向受拉钢筋的最小搭接长度

钢筋种类	混凝土强度等级			
	C15	C20 ~ 25	C30 ~ 35	\geq C40
HPB235 级	45d	35d	30d	25d
HRB335 级	55d	45d	35d	30d
HRB400 级	—	55d	40d	35d

注: 1. 受拉钢筋绑扎接头的搭接长度应为表中数值的 0.7 倍。

2. 在任何情况下,纵向受拉钢筋的搭接长度不应小于 300mm,受压钢筋搭接长度不应小于 200mm。

3. 两根直径不同钢筋的搭接长度,以较细钢筋直径计算。

2) 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。

钢筋撑脚每隔 1m 放置一个。其直径选用:当板厚 $h \leq 30\text{cm}$ 时为 8 ~ 10mm;当板厚 $h = 30 \sim 50\text{cm}$ 时为 12 ~ 14mm;当板厚 $h > 50\text{cm}$ 时为 16 ~ 18mm。

3) 钢筋的弯钩应朝上,不要倒向一边;但双层

钢筋网的上层钢筋弯钩应朝下。

4) 独立柱基础为双向弯曲, 其底面短边的钢筋应放在长边钢筋的上面。

5) 现浇柱与基础连接用的插筋, 其箍筋应比柱的箍筋缩小一个柱筋直径, 以便连接。插筋位置一定要固定牢靠, 以免造成柱轴线偏移。

6) 对厚筏板基础上部钢筋网片, 可采用钢管临时支撑体系。图 2-45a 示出绑扎上部钢筋网片用的钢管支撑。在上部钢筋网片绑扎完毕后, 需置换出水平钢管; 为此另取一些垂直钢管通过直角扣件与上部钢筋网片的下层钢筋连接起来, 替换了原支撑体系, 见图 2-45b。在混凝土浇筑过程中, 逐步抽出垂直钢管, 见图 2-45c。此时, 上部荷载可由附近的钢管及上下端均与钢筋网焊接的多个拉结筋来承受。由于混凝土

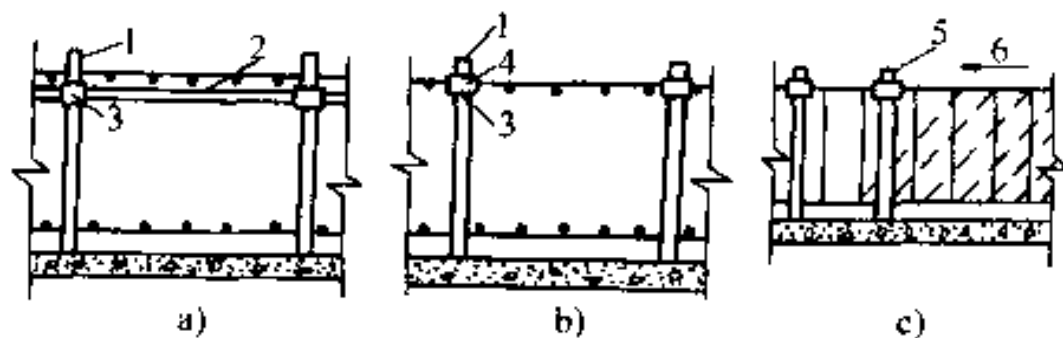


图 2-45 厚筏板上部钢筋网片的钢管临时支撑

a) 绑扎上部钢筋网片时 b) 浇筑混凝土前 c) 浇筑混凝土时

1—垂直钢管 2—水平钢管 3—直角扣件 4—下层

水平钢筋 5—待拔钢管 6—混凝土浇筑方向

不断浇筑与凝固，拉结筋细长比减少，提高了承载力。

(4) 柱钢筋绑扎

1) 柱中的竖向钢筋搭接时，角部钢筋的弯钩应与模板成 45° （多边形柱为模板内角的平分角，圆形柱应与模板切线垂直），中间钢筋的弯钩应与模板成 90° 。如果用插入式振捣器浇筑小型截面柱时，弯钩与模板的角度不得小于 15° 。

2) 箍筋的接头应交错布置在四角纵向钢筋上；箍筋转角与纵向钢筋交叉点均应扎牢，绑扎箍筋时绑扎扣相互应成八字形。

3) 下层柱的钢筋露出楼面部分，宜用工具式柱箍将其收进一个柱箍直径，以利上层柱的钢筋搭接。当柱截面有变化时，其下层柱钢筋的露出部分，必须在绑扎梁的钢筋之前，先行收缩准确。

4) 框架梁、牛腿及柱帽等钢筋，应放在柱的纵向钢筋内侧。

5) 柱钢筋的绑扎，应在模板安装前进行。

(5) 墙钢筋绑扎

1) 墙（包括水塔墙、烟囱筒身、池壁等）的垂直钢筋每段长度不宜超过 4m （钢筋直径 $\leq 12\text{mm}$ ）或 6m （钢筋直径 $> 12\text{mm}$ ），水平钢筋每段长度不宜超过 8m ，以利绑扎。

2) 墙的钢筋网绑扎同基础, 钢筋的弯钩应朝向混凝土内。

3) 采用双层钢筋网时, 在两层钢筋间应设置撑铁, 以固定钢筋间距。撑铁可用直径 $6 \sim 10\text{mm}$ 的钢筋制成, 长度等于两层网片的净距 (图 2-46), 间距约为 1m 。相互错开排列。

4) 墙的钢筋, 可在基础钢筋绑扎之后浇筑混凝土前插入基础内。

5) 墙钢筋的绑扎, 也应在模板安装前进行。

(6) 梁板钢筋绑扎

1) 纵向受力钢筋采用双层排列时, 两排钢筋之间应垫以直径 $\geq 25\text{mm}$ 的短钢筋, 以保持其设计距离。

2) 箍筋的接头应交错布置在两根架立钢筋上, 其余同柱。

3) 板的钢筋网绑扎与基础同, 但应注意板上的负荷, 要防止被踩下; 特别是雨篷、挑檐、阳台等悬臂板, 要严格控制负筋位置, 以免拆模后断裂。

4) 板、次梁与主梁交叉处, 板的钢筋在上, 次梁的钢筋居中, 主梁的钢筋在下 (图 2-47); 当有圈

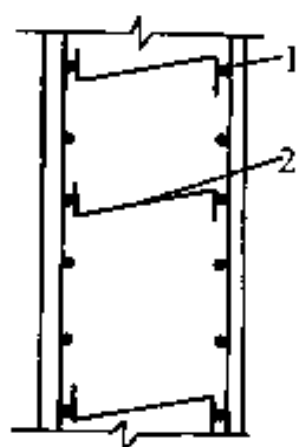


图 2-46 墙钢筋的撑铁

1—钢筋网 2—撑铁

梁或垫梁时，主梁的钢筋在上（图 2-48）。

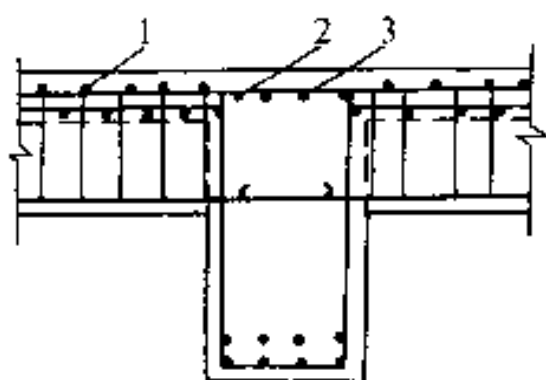


图 2-47 板、次梁与
主梁交叉处钢筋

1—板的钢筋 2—次梁钢筋
3—主梁钢筋

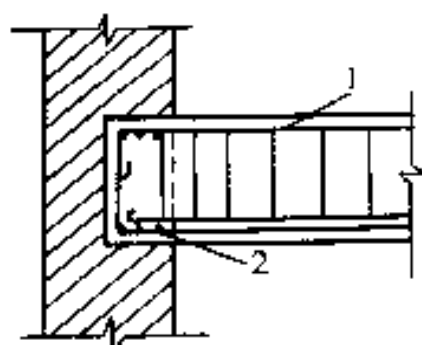


图 2-48 主梁与
垫梁交叉处钢筋

1—主梁钢筋
2—垫梁钢筋

5) 框架节点处钢筋穿插十分稠密时，应特别注意梁顶面主筋间的净距要有 30mm，以利浇筑混凝土。

6) 梁钢筋的绑扎与模板安装之间的配合关系：

①梁的高度较小时，梁的钢筋架空在梁顶上绑扎，然后再落位；

②梁的高度较大（ $\geq 1.0\text{m}$ ）时，梁的钢筋宜在梁底模上绑扎，其侧模或一侧模后装。

7) 梁板钢筋绑扎时应防止水电管线将钢筋抬起或压下。

2.5.2 钢筋网与钢筋骨架安装

(1) 绑扎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宜为 $6 \sim 12\text{m}$ 。

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 2-49 是绑扎钢筋网的临时加固情况。

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 1m 水平钢筋网宜采用四点起吊;跨度小于 6m 钢筋骨架宜采用二点起吊,跨度大、刚度差的钢筋骨架宜采用横吊梁(铁扁担)四点起吊。为了防止吊点处钢筋受力变形,可采用兜底吊或加短钢筋。

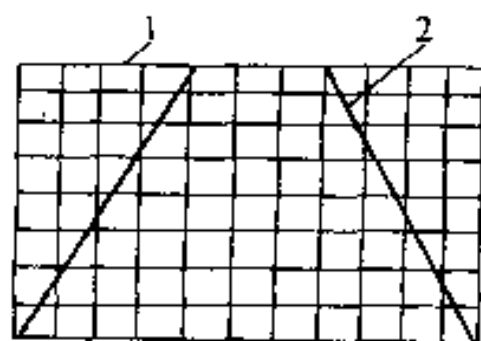


图 2-49 绑扎钢筋网的临时加固

1—钢筋网 2—加固筋

4) 绑扎钢筋网与钢筋骨架的交接处做法,与钢筋的现场绑扎同。

(2) 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要求堆放,并应

有明确的标志。

3) 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。

4) 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应采用铁丝绑扎。

5) 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。

2.6 钢筋工程冬季施工

根据当地多年气象资料统计, 当室外日平均气温连续 5d 稳定低于 5℃时, 在这样环境下施工就要采取“冬期施工措施”。对钢筋而言, 在寒冷季节条件下, 无需笼统地按日平均气温来提到冬期施工这种特定期限, 而在寒冷季节条件下, 通常是指负温条件

下。

钢筋工程在负温条件（即冬季）下施工应符合《建筑工程冬期施工规程》（JGJ104—1997）的要求。

（1）基本情况

1) 低温对钢筋性能的影响。在低温条件下，钢筋的性能随温度下降而有不同程度的变化，主要表现在力学性能方面：强度提高、塑性或韧性降低。钢筋在低温条件下的这种强度提高、塑性或韧性降低的性质称为钢筋的冷脆性或冷脆倾向。

具有冷脆倾向的材料，由于在低温条件下塑性或韧性降低，应而对裂纹的产生和扩展的抵抗能力减弱。如果材料具有初始缺陷或裂纹时，容易发生低温脆断。所以为了确保钢筋混凝土结构的安全使用，要求钢筋在低温条件下具有一定的塑性和韧性，以增强它的抗脆断能力。

所谓“低温”，自然是指负温。温度的影响幅度很大，从负温的 -5°C 直至 -40°C 。一般的冷脆影响通常指在环境温度为 $-20^{\circ}\text{C} \sim -40^{\circ}\text{C}$ 最为明显，而以 -40°C 为主。我国北方的寒冷地区面积很大，冬季处于这样低温的环境是颇为多见的。固然在施工过程中保证钢筋抗脆断是很重要的，同时还要考虑到建成后的结构物（不采暖的房屋和露天结构）不致因钢筋脆断而造成事故。

对于受动荷载影响的钢筋混凝土构件（如工业厂房中的吊车梁），其中所配用的钢筋更需要具备很强的韧性，这样，在低温条件下才能抵抗得住动荷载冲击力。要对这类构件所用钢筋测定其“冲击韧度”指标。

冲击韧度是指钢筋受到动荷载冲击作用时抵抗破坏的能力，利用专门的冲击试验机进行测定。一般钢筋混凝土构件所用的钢筋并不需要提供冲击韧度指标，这是因为它们在常温下并不显脆性。对于在低温条件下（通常指 $-20^{\circ}\text{C} \sim -40^{\circ}\text{C}$ ，而以接近 -40°C 为主）工作的构件，可能发生脆断。因此，为了确定它在低温条件下由塑性状态向脆性状态转化的倾向程度，应在低温条件下确定其冲击韧度。

2) 一般要求

① 在工地现场施工的人员必须按常规冬季施工的要求执行必要的操作规程，主要是安全规程，如防滑、保温、防火的一些具体规定。另外，为了给下一道混凝土浇捣工作创造必要的施工条件，要加强钢筋绑扎接点的牢固程度，要避免水分附着于钢筋骨架和钢筋网上，钢筋入模时，要清除模内脏物并垫好保护层垫块。

② 材料选择 碳是决定钢筋强度的主要成分，随着含量的增加，钢筋强度升高，而塑性和韧性减

弱。因此，选择钢筋用料时，要根据化学成分化验结果优先采用同级钢筋中含碳量较低的；此外，磷是使钢筋产生冷脆性能的有害杂质必须严格掌握，含量超过规定限值的绝对不得使用，最好在几批同级钢筋中选用含量较低的。

在负温条件下承受静荷载作用的钢筋混凝土结构构件，其主要受力钢筋可选用 HPB235 级、HRB335 级、HRB400 级、HRB500 级热轧钢筋和余热处理钢筋、热处理钢筋、高强光面钢丝、钢绞线及冷拔低碳钢丝。在负温条件下直接承受中级、重级工作制起重机的构件，其主要受力钢筋不宜采用冷拔低碳钢丝（因为冷拔低碳钢丝材质不匀、延性较差）；对这类承受动荷载的构件，当采用 HRB500 级钢筋时，除应有可靠的试验依据外，宜选用细直径且碳及合金元素含量为中、下限的钢筋。

③ 在钢筋加工过程中，经常会在其表面造成缺陷，这些工艺缺陷对冷脆倾向特别敏感，必须力求避免发生。对钢筋撞击、刻痕、焊接烧伤或咬肉（包括在钢筋上打弧损伤），都能显著地增大冷脆倾向，施工时要加强注意。因此，除了加强各工序的工艺质量外，对钢筋的搬运和堆置工作也要多加小心，要轻抬轻放，防止高处摔下导致碰撞成伤；此外，能使预应力钢筋产生刻痕或硌伤的锚具、夹具，也要避免使用

或加以改进。

④ 考虑到低温条件下对预应力钢筋产生冷脆的不利影响，规定张拉预应力钢筋时的温度不宜低于 -15°C 。

⑤ 冷拉钢筋在加工过程中变脆，而在低温条件下进一步产生冷脆倾向，因此冷拉操作时温度不能过低，规范规定不宜低于 -20°C 。由于在负温下进行冷拉，受温度降低影响，相对地钢筋伸长较缓，所以规范还规定：如果采用控制应力方法冷拉，冷拉控制应力应按表 2-2 提高 30MPa 取值。

⑥ 在低温条件下应用液压设备时，应选用适应环境温度的工作油液，避免使用会因负温导致变稠或薄冻的油液；同时，钢筋的冷拉和张拉设备以及仪表应在相应温度条件下使用实际供油管路系统进行配套校验。

⑦ 考虑到钢筋弯折点处钢质强化的变异，对 HRB335 级、HRB400 级钢筋以及冷拔低碳钢丝，当温度低于 -20°C 时，不得进行弯曲操作（由于工程上只对 HPB235 级、HRB335 级、HRB400 级钢筋以及冷拔低碳钢丝进行弯曲，因此以上说明：当温度低于 -20°C 时，除了 HPB235 级外，其他钢筋一概不得进行弯曲操作）。

(2) 负温焊接

1) 一般要求

① 电弧焊、闪光焊、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°C 时，不宜进行施焊。

② 在寒冷季节，应尽量安排钢筋在室内进行焊接；如实在必须在露天操作，必须有防雪挡风措施；雪天或施焊现场风速超过 5.4m/s （3级风）焊接时，应加以遮蔽。

③ 在负温条件下，焊成的焊件应采取必要的缓冷保温措施（例如焊好的接头立即用炉火灰烬覆盖），尤其严禁碰到冰雪。

④ 在负温条件下作业时，对焊接设备应采取防寒措施，尤其要注意防止冷却水管冻裂。

2) 电弧焊：在环境温度低于 -5°C 的条件下进行电弧焊时，焊接工艺应符合下列要求：

① 进行帮条焊或搭接焊时，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（对余热处理钢筋，焊接的层间温度应适当降低）。

② 对 HRB335 级、HRB400 级钢筋的接头用电弧焊进行多层施焊时可采用“回火焊道施焊法”，即最

后回火焊道的长度比前层焊道在两端各缩短 4 ~ 6mm, 以消除或减少前层焊道及过热区的淬硬组织, 改善接头的性能。

③ 坡口焊的焊缝余高应分两层控温施焊。

④ 与常温焊接相比, 宜增大焊接电流, 减慢焊接速度。

3) 闪光对焊

① 宜采用预热闪光焊或闪光 - 预热闪光焊接工艺。与常温焊接相比, 负温条件下焊接的有关焊接参数, 可按下列措施调整取用:

- a. 增大调伸长度;
- b. 采用较低焊接变压器级数;
- c. 增加预热次数和延长预热间歇时间。

② 对预热处理钢筋, 负温条件下闪光对焊的工艺和有关焊接参数可按常温焊接的有关规定执行。

4) 电渣压力焊。在 $-5^{\circ}\text{C} \sim -20^{\circ}\text{C}$ 的负温条件下进行焊接时, 应根据钢筋直径大小的不同适当延长通电时间, 增大焊接电流。要适当拖后打掉渣壳的时间。

电渣压力焊焊接场所分散, 且多在高层建筑工程中的高处作业, 遮挡不便, 一般情况下, 雪天和风天(超过 3 级风) 应停止施焊。

5) 气压焊。在负温条件下施工时, 对气源设备

应采取保温、防冻措施；当操作环境温度为 -15°C 以下（至 -20°C ，低于 -20°C 时不宜焊接）时，施焊过程应对钢筋接头采取预热、保温或缓冷措施。

一般情况下，雪天和风天（超过 3 级风）如遮挡不良，应停止施焊。

对于氧乙炔焰发生器和附属工具以及使用方法，应根据专门的操作规程进行的维护和操作。

6) 质量注意要点。在负温条件下焊接，必须特别注意防止产生夹渣、气孔、咬肉、烧伤等焊接缺陷，以免由于缺陷而造成接头脆断。

3 钢筋质量控制

3.1 施工质量控制

3.1.1 原材料验收

(1) 钢筋检验验收方法 仓库应设专人验收入库钢筋，钢筋到场后，应按炉罐（批）号及直径分批验收，验收内容包括查对标牌、外观检查，并按有关规定抽取试样作力学性能试验，包括拉力试验和冷弯试验两个项目，如两个项目中有一个项目不合格，该批钢筋即为不合格。

钢筋在使用中如有脆断、焊接性能不良或力学性能显著不正常时，应进行化学成分分析。

试验应在 $(20 \pm 10)^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行，如试验温度超出这一范围，应在试验记录和报告中注明。

1) 拉力试验

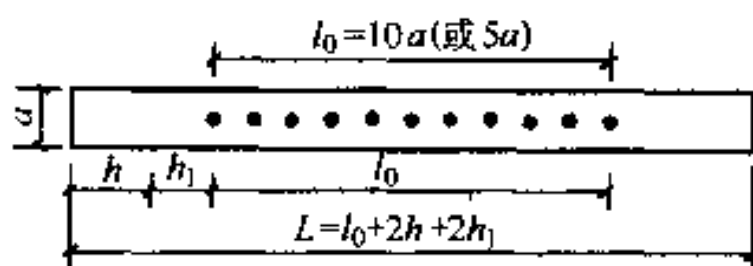
①试验目的 测定低碳钢的屈服强度、抗拉强度与伸长率，注意观察拉力与变形之间的关系，为确定和检验钢材的力学及工艺性能提供依据。

②主要仪器设备 万能材料试验机、钢直尺、游标卡尺、千分尺、两脚扎规等。

③试验的制作与准备

a. 直径为 8 ~ 14mm 的钢筋试件，一般不经车削（图 3-1）。

b. 如果受试验机吨位的限制，直径为 22 ~ 40mm 的钢筋可制成车削加工试件，其形状尺寸如图 3-2 和表 3-1 所示。



a—计算直径 l_0 —标距长度
 h_1 —0.5~1a h—夹头长度

图 3-1 不经车削的试件

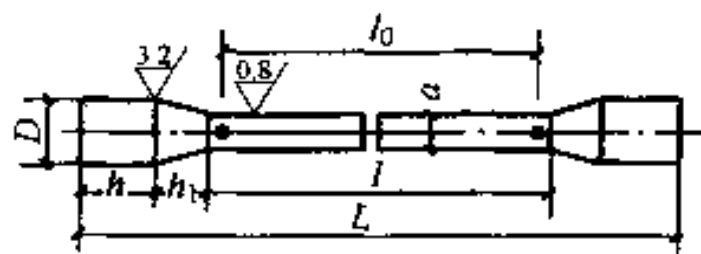


图 3-2 经车削的试件

表 3-1 车削试件尺寸

一般尺寸/mm				长试件 $l_0/\text{mm}(10a)$			短试件 $l_0/\text{mm}(5a)$		
a	D	h	h_1	l_0	l	L	l_0	l	L
25	35	不作 规定	25	250	275	$L = l + 2h + 2h_1$	120	150	$L = l + 2h + 2h_1$
20	30		20	200	220		100	120	
15	22		15	150	165		75	90	
10	15		10	100	110		56	60	

注：头部长 h 由所用夹头的尺寸决定。

c. 在试件表面用钢筋画一道平行其轴线的直线，在直线上冲浅眼或画线标出标距端点（标点），并沿标距长度用油漆划出 10 等分点的分格标点。

d. 测量标距长度 L_0 ，精确到 0.1mm。

e. 未经车削的试件，用质量法求出横截面面积。

$$A_0 = \frac{m}{7.85L} \quad (3-1)$$

式中 A_0 ——试件横截面面积，(cm²)；

m ——试件质量 (g)；

L ——试件长度 (cm)；

7.85——钢筋密度(g/cm³)。

f. 车削试件的横截面面积 A_0 用下列方法求得：

用千分尺沿标距长度在中部及两端各测得直径一次，每处于两个相互垂直的方向各测一次。取其算术平均值作为该处直径，取所测三个直径中的最小值作

为计算截面积的直径。

当截面积 $< 100\text{mm}^2$ 时，化整到小数后一位；当截面积 $> 100\text{mm}^2$ 时，化整到个位数。

④屈服强度 σ_s 与抗拉强度 σ_b 的测定

a. 调整试验机测力度盘的指针，使之对零点，并拨动副指针，使之与主针重叠。

b. 将试件固定在试验机夹头内，开动试验机，进行拉伸，拉伸速度为：屈服前，应力增加速度为每秒 10MPa 。屈服后，试验机活动夹头在荷载下的移动速度为不大于每分钟 $0.5L$ ($L = L_0 + 2h_1$)。

c. 拉伸中测力度盘的指针停止转动时的恒定荷载或第一回转时的最小荷载，即为所求的屈服点荷载 F_s 。

按下式计算出试件的屈服强度：

$$\sigma_s = F_s / A_0 \quad (3-2)$$

式中 σ_s ——抗拉强度 (MPa)；

F_s ——屈服点荷载 (N)；

A_0 ——试件的原横截面面积 (mm^2)。

d. 向试件继续施荷直到拉断。由测力度盘读出最大荷载 F_b 。

按下式计算出试件的抗拉强度：

$$\sigma_b = F_b / A_0 \quad (3-3)$$

式中 σ_b ——抗拉强度 (MPa);

F_b ——最大荷载 (N);

A_0 ——试件的原横截面面积 (mm^2);

e. 试验记录 (见表 3-2)。

f. 结果鉴定。将通过测试、计算所得的 σ_s 、 σ_b , 对照国家规范所要求的各种牌号钢筋的力学性能要求, 看 σ_s 、 σ_b 是否满足。如不满足, 则取双倍试样重测, 如再不满足, 则为不合格。

表 3-2 钢筋原材试验记录

钢材类别		原材料		规格			检测项目			拉伸、冷弯		
牌号或 级别		试验性能					代表数量			代表数量		
序 号	规格 /mm ²	面积 A ₀ /mm ²	屈服 力 F _s /KN	屈服 点 σ _s /MPa	最大 力 F _b /KN	抗拉 强度 σ _b /MPa	伸长率		弯曲			备 注
							L ₀ /mm ²	L ₁ /mm ²	伸长 率 δ (%)	弯心 直径 /mm	弯曲 角度	
测试环境						试验设备名称及型号						

试验人: 记录人: 试验日期 年 月 日

⑤伸长率测定

a. 将已拉断试件的两段, 在断裂处对齐, 尽量使其轴线位于一条直线上, 如拉断处由于各种原因形成

缝隙，则此缝隙应计入试件拉断后的标距部分长度内。

b. 如果拉断处到临近标距端点的距离大于 $l_0/3$ 时可用卡尺直接量出已被拉长的标距长度 l_0 。

c. 如果拉断处到临近标距端点的距离小于 $l_0/3$ 时，可按下述移位法确定： l_1 ：在长段上，从拉断 O 点取基本等于短段格数，得 B 点。接着取等于长段所余格数（偶数见图 3-3a）之半，得 C 点。或者取余格数（奇数见图 3-3b）减 1 与加 1 之半，得到 C 与 C_1 点，移位后 l_1 分别为 $AO + OB + 2BC$ 或 $AO + OB + BC + BC_1$ 。如果用直接测量所求出的伸长率能达到技术条件的规定值，则可不采用移位法。

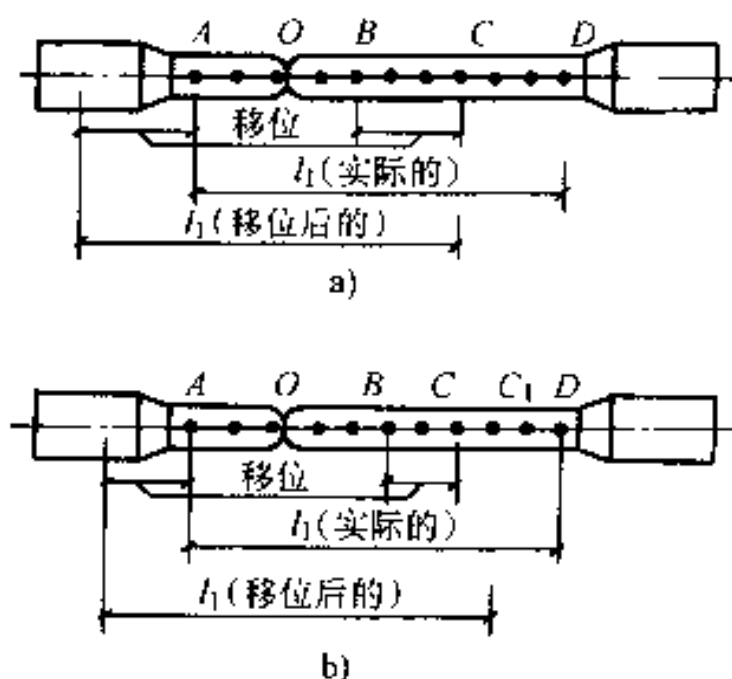


图 3-3 用位移法计算标距

a) 所余格数为偶数 b) 所余格数为奇数

d. 伸长率按式 (3-4) 计算:

$$\delta_{10}(\text{或 } \delta_5) = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (3-4)$$

式中 δ_{10} 、 δ_5 ——表示 $l_0 = 10a$ 和 $l_0 = 5a$ 时的伸长率, 精确到 0.1%;

l_0 ——原标距长度 10a (5a) (mm);

l_1 ——试件拉断后, 用直接量或移位法确定的标距部分长度 (mm)。

e. 如果试件在标距端点上或标距外断裂, 则试验结果无效, 应重做试验。

f. 试验记录 (见表 3-2)。

g. 结果鉴定。将测试计算所得到的结果 δ_{10} 、 δ_5 , 对照国家规范对钢筋性能的技术要求, 如达到标准要求则合格, 如未达到, 可取双倍试样重做, 如仍有未达标者, 则钢筋的伸长率不合格。

2) 冷弯试验

①试验目的。检验钢筋承受弯曲程度的变形性能, 从而确定其可加工性能, 并显示其缺陷。

②主要仪器设备。配备下列弯曲装置之一的压力机或试验机:

a. 支辊式弯曲装置, 本手册试验以此为例。

b. V 形模具式弯曲装置。

c. 虎钳式弯曲装置。

d. 翻板式弯曲装置。

③试验方法及步骤

a. 试件不经车削，长度为 $L = 0.5\pi(d + a) + 140\text{mm}$ ， d 为试件的弯曲压头或弯心直径（mm）。

b. 弯心直径和弯曲角度，按表 3-5 选用。

c. 按图 3-4a 调整两支辊间距离，使之等于 $l = (d + 3a) \pm 0.5a$ 。

d. 按图 3-4a 装置试件后，平稳地施加荷载，钢筋须绕着弯心，弯曲到要求的弯曲角度（图 3-4b）。

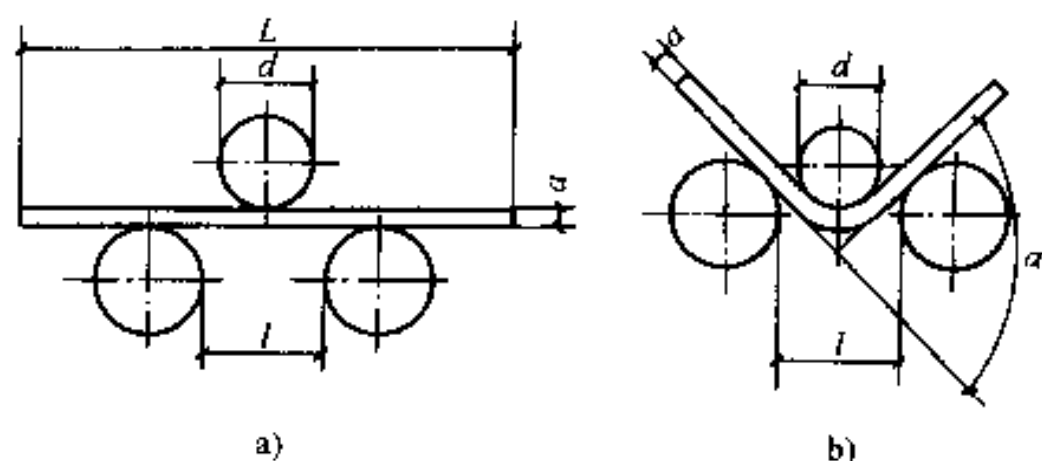


图 3-4 支辊式弯曲装置

a) 支辊距离 b) 钢筋弯曲角度

④试验结果鉴定

试验记录（见表 3-2）。

试件弯曲后，检查弯曲处的外面及侧面，如无裂缝、断裂或起层现象，即认为冷弯试验合格。

(2) 钢筋验收

1) 热轧钢筋的检验。热轧钢筋应分批检验，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，钢筋的直径、横截面面积和重量见表 3-3。钢筋表面允许有凸块，但不得超过横肋的最大高度，钢筋表面上其他缺陷的深度和高度不得大于所在部位的允许偏差。允许偏差见表 3-4。

表 3-3 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_1, h_2 /mm	公称横截面面积 /mm ²	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

(续)

公称直径 /mm	内径 /mm	纵横肋高 h_1, h_2 /mm	公称横截面面积 /mm ²	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：表中理论重量按密度为 7.85g/cm^3 计算。

表 3-4 热轧钢筋重量允许偏差

公称直径/mm	实际重量与理论重量的偏差(%)
6~12	± 7
14~20	± 5
22~50	± 4

②力学性能实验。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 3-5 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。

表 3-5 热轧钢筋力学性能

表面 形状	强度等 级代号	公称直径 d/mm	屈服点 σ_s/MPa	抗拉强度 σ_b/MPa	伸长率 $\sigma_5(\%)$	冷弯	
			不 小 于			弯曲 角度	弯心 直径
光圆	HPB235	8 ~ 20	235	370	25	180°	d
	HRB335	6 ~ 25 28 ~ 50	335	490	16	180° 180°	$3d$ $4d$
月牙肋	HRB400	6 ~ 25 28 ~ 50	400	570	14	180° 180°	$4d$ $5d$
	HRB500	6 ~ 25 28 ~ 50	500	630	12	180° 180°	$6d$ $7d$

注: HRB500 级钢筋尚未列入《混凝土设计规范》(GB50010-2002)。

采用 $d > 40\text{mm}$ 钢筋时, 应有可靠的工程经验。

2) 冷拉钢筋的验收。冷拉钢筋应分批进行验收, 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。钢筋的外观不得有裂纹和局部缩颈。作预应力筋时, 应逐根检查。

②力学性能检验。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 2-1 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) 冷拔低碳钢丝。冷拔低碳钢丝分甲乙两级，甲级钢丝主要用作预应力筋，乙级钢丝主要用于焊接网、焊接骨架、箍筋和构造钢筋。

①外观检查。钢丝表面不得有裂纹和机械损伤，外观检查应逐盘进行。

②力学性能检验。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，分别作拉力和反复弯曲试验，并按其抗拉强度确定该盘钢丝的组别。乙级钢丝的力学性能可分批抽样检验，以同一直径的钢丝 5 吨为一批，从中选取三盘，每盘截取两个试样，分别作拉力和反复弯曲试验，如有一个试样不符合表 3-6 的要求，应在未取过试样的钢丝盘中，另取双倍数量的试样，再做各项试验，如仍有一个试验不合格，则该批钢丝应逐盘实验，合格者方可使用。

表 3-6 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(%) (标距 100mm)	180°反复弯曲 (次数不小于)
		1 组	2 组		
		不小于			
甲级	5	650	600	3.0	4
	4	700	650	2.5	4
乙级	3~5	550		2.0	4

4) 余热处理钢筋的检验: 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 (ω_C) 不大于 0.02%, 含锰量差不得大于 0.15%, 含硅量 ω_{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。钢筋的表面不得有裂缝、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。如检验不合格, 则应将该批钢筋进行逐盘检查。

②力学性能检验 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 3-7 的要求, 则该不合格盘报废。再从未试验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。

表 3-7 余热处理钢筋的力学性能

表面 形状	强度等 级代号	公称直 径 d/mm	屈服点 $\sigma_s(\text{MPa})$	抗拉强 度 $\sigma_b(\text{MPa})$	伸长率 $\delta_5(\%)$	冷弯	
						弯曲 角度	弯心 直径
月牙肋	RRB400	8~25	440	600	14	90°	3d
		28~40					4d

5) 碳素钢丝、刻痕钢丝的检验: 该类钢丝应分批验收。每批应由同一钢号、同一直径、同一抗拉强度和同一交货状态的钢丝组成。

①外观检查 钢丝外观应逐盘检查。钢丝表面不得有裂缝、小刺、机械损伤、氧化铁皮和油迹, 但表面上允许有浮锈和回火色。钢丝直径检查按 10% 盘数选取, 但不得少于 6 盘。

②力学性能试验 从每批中任意选取 10% 盘 (不少于 6 盘) 的钢丝, 从每盘钢丝的两端各截取一个试件。一个做拉力试验 (抗拉强度和伸长率); 一个做反复弯曲试验, 如有一项试验不符合要求, 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检 (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。

6) 钢绞线的检验

①外观检查 钢绞线外观应逐盘检查, 检查要求同碳素钢丝。

②力学性能试验 钢绞线力学性能应抽样检验。从每批中选取 5% 盘 (不少于 3 盘) 的钢绞线, 各截取一个试样做拉力试验。如有一项试验结果不符合要求, 则该盘钢绞线为不合格品, 其复验办法与碳素钢

丝相同。

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距取 600mm。

7) 冷轧带肋钢筋的检验：冷轧带肋钢筋应成批验收。每批由同一厂家、同一规格、同一原材料、同一生产工艺轧制的钢筋组成，每批不大于 60t。每批钢筋应有出厂合格证明书，每盘或捆均应有标牌。

①外观检查。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 3-8 的要求；当其中有一盘或一捆不合格，则应对该批钢筋逐盘或逐捆检查。

表 3-8 冷轧带肋钢筋的直径、横截面面积和重量

公称直径 d/mm	公称横截面积/ mm^2	理论重量/(kg/m)
4	12.6	0.099
5	19.6	0.154
6	28.3	0.222
7	38.5	0.302
8	50.3	0.395
9	63.6	0.499
10	78.5	0.617
12	113.1	0.888

注：重量允许偏差 $\pm 4\%$ 。

②力学性能检验。冷轧带肋钢筋的力学性能应逐盘进行检验，每盘抽取二个试样，一个作拉伸试验，一个作冷弯试验。当检验结果有一项指标不符合表 3-9 的规定时，则判该盘钢筋不合格。

表 3-9 冷轧带肋钢筋的力学性能

牌号	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa \geq	伸长率 (%) \geq		弯曲 试验 180°	反复 弯曲 次数	松弛率(%) (初始应力 $\sigma_{\text{con}} = 0.7\sigma_b$)	
		δ_{10}	δ_{100}			1000h 不 大于(%)	10h 不 大于(%)
CRB550	550	8.0		$D = 3d$	—	—	—
CRB650	650	—	4.0	—	3	8	5
CRB800	800	—	4.0	—	3	8	5
CRB970	970	—	4.0	—	3	8	5
CRB1170	1170	—	4.0	—	3	8	5

8) 冷轧扭钢筋的检验。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—1998)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。从每批钢筋中取 5% 进行外形尺寸、表面质量和重量偏差的检查。钢筋的表面不应有影响钢筋力学性能的裂纹、折叠、结疤、压痕、机械损伤或其他影响作用的缺陷。钢筋的压扁厚度、节距和重量等应符合表 3-10 的要求。当重量负偏差大于 5% 时, 该批钢筋判定为不合格。当仅轧扁厚度小于或节距大于规定值, 仍可判为合格, 但需降直径规格使用。

表 3-10 冷轧扭钢筋的规格

类 型	标称直径 d/mm	公称截面 面积 A/mm^2	轧扁厚度 $t/\text{mm} \geq$	节距 $L/\text{mm} \leq$	公称重量 $G/(\text{kg/m})$
I 型矩形	6.5	29.5	3.7	75	0.232
	8.0	45.3	4.2	95	0.356
	10.0	68.3	5.3	110	0.536
	12.0	98.3	6.2	150	0.733
	14.0	132.7	8.0	170	1.042
II 型菱形	12.0	97.8	8.0	145	0.768

②力学性能检验。冷轧扭钢筋的力学性能检验指标应符合表 3-11 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。试件长度宜取偶数倍节距,

且不应小于 4 倍节距同时不小于 500mm。当所有试样均合格时, 该批钢筋可定为合格品。当有一项不合格表 3-11 时, 应加倍取样复检判定。

表 3-11 冷轧扭钢筋的力学性能

标志直径 d/mm	抗拉强度 σ_b/MPa	伸长率 $\sigma_{10}(\%)$	冷 弯	
	不小于		弯曲角度	弯心直径
6.5 ~ 14.0	58	4.5	180°	3d

9) 有抗震要求的受力钢筋的检验。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; 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: 检查产品合格证、出厂检验报告和进

场复验报告。

(3) 钢筋保存 检验完毕, 钢筋入库, 库内应划分不同的钢筋堆放区域, 每堆钢筋应立标签或挂牌, 标明其品种、等级、直径、技术证明编号及整批数量等。钢筋在仓库或料棚堆放时, 应保持地面干燥, 钢筋不得堆置在地面上, 必须用混凝土墩、砖或垫木垫起, 使钢筋离地面 20cm 以上。钢筋的库存时间不得过长, 原则上先进库的先使用。工地临时保管钢筋原料时, 应选择地势较高、地面干燥的露天场地, 且根据天气情况及时加盖雨布, 场地四周要有排水措施, 堆放期尽量缩短。

3.1.2 钢筋加工质量控制

钢筋加工质量主控项目见表 3-12, 一般项目见表 3-13。

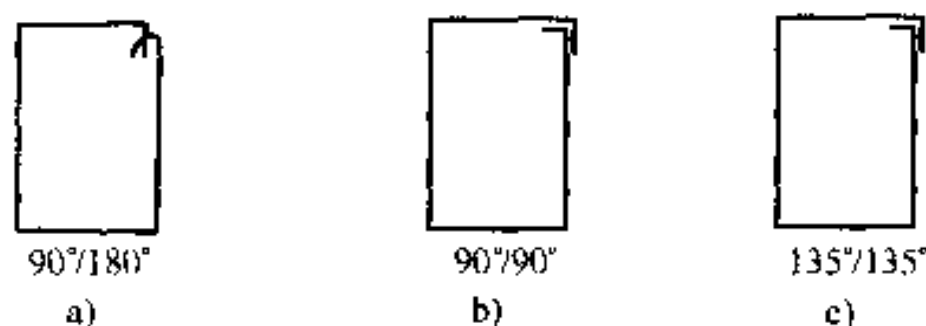


图 3-5 箍筋弯钩形式

a) 90°/180° b) 90°/90° c) 135°/135°

表 3-12 钢筋加工质量主控项目表

项 目	质 量 标 准	检 查 数 量	检 查 方 法
受力 钢筋弯 钩和弯 折规定	<p>1. HPB235 级钢筋末端应作 180° 弯钩, 其弯钩内直径不应小于钢筋直径的 2.5 倍, 弯钩弯后平直部分长度不应小于钢筋的 3 倍</p> <p>2. 当设计要求钢筋末端需作 135° 弯钩时, HRB335 级、HRB400 级钢筋的弯弧内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</p> <p>3. 钢筋作不大于 90° 弯折时, 弯折处的弯弧内径不应小于钢筋直径的 5 倍</p>	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	钢直尺检查
箍筋 的构造 要求	<p>除焊接封闭环式箍筋外, 箍筋的末端应作弯钩, 弯钩的形式有以下三种, 见图 3-5, 具体采用哪一种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:</p> <p>1. 箍筋弯钩的弯弧内直径除应满足上面第 1 项的规定外, 尚应不小于受力钢筋直径</p> <p>2. 箍筋弯钩的弯折角度: 对一般结构, 不应小于 90°; 对有抗震要求的结构, 应为 135°</p> <p>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; 对有抗震要求的结构, 不应小于箍筋直径的 10 倍</p>	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	钢直尺检查

表 3-13 钢筋加工质量一般控制项目表

项目	质 量 标 准	检查数量	检验方法
钢筋调直质量控制	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、HPB400 级和 RRB 级钢筋的冷拉率不宜大于 1%	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	观察、钢直尺检查
钢筋加工的 形状、 尺寸要求	钢筋加工的形状、尺寸应符合设计要求,其偏差应符合表 3-14 的规定	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	钢直尺检查

表 3-14 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	± 10
弯起钢筋的弯折位置	± 20
箍筋内净尺寸	± 5

3.1.3 钢筋连接质量控制

钢筋连接质量主控项目见表 3-15,一般项目见表 3-16。

表 3-15 钢筋连接质量主控项目表

项目	质 量 标 准	检查数量	检验方法
钢筋 连接方 式	纵向受力筋的连接方式有绑扎连接、焊接、和机械连接等,具体的连接方式应符合设计要求	全数检 查	观察
接头 质量	<p>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》(JGJ107)及《钢筋焊接及验收规程》(JGJ18)等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</p> <p>1. 机械连接的 I 级、II 级、III 级接头的抗拉强度应符合规定要求</p> <p>2. 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应符合下列要求:</p> <p>1) 3 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;HRB 钢筋接头试件的抗拉强度均不得小于 570MPa</p> <p>2) 至少应有 2 个试件断于焊缝之外,并应呈延性断裂</p>	按有关 规程确定	检查产 品合格 证、接头 力学性能 试验报告

表 3-16 钢筋连接质量一般控制项目表

项目	质 量 标 准	检查数量	检验方法
钢筋接头位置	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	全数检查	观察、钢直尺检查
接头外观质量	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》(JGJ107)及《钢筋焊接及验收规程》(JGJ18)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	全数检查	观察
同一构件内受力钢筋机械连接、焊接接头规定	<p>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</p> <p>机械连接接头及焊接接头连接区段的长度为 $35d$ (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</p> <p>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:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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% <p>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%</p>	<p>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</p>	观察、钢直尺检查

(续)

项目	质 量 标 准	检查数量	检验方法
同一构件内受力钢筋绑扎搭接接头的规定	<p>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</p> <p>钢筋绑扎搭接接头连接区段的长度为 $1.3l_1$ (l_1 为搭接长度),凡搭接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(3-6)</p> <p>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:</p> <p>1)对梁类、板类及墙类构件,不宜大于 25%</p> <p>2)对柱类构件,不宜大于 50%</p> <p>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</p>	均不少于 3 面	
纵向受力钢筋绑扎搭接时最小搭接长度的规定	纵向受力钢筋绑扎搭接时最小搭接长度应符合表 2-45 的规定		观察、钢直尺检查

(续)

项目	质 量 标 准	检查数量	检验方法
箍筋的设置要求	<p>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:</p> <p>1) 箍筋直径不应小于搭接钢筋较大直径的 0.25 倍</p> <p>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</p> <p>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</p>	均不少于 3 面	钢直尺检查

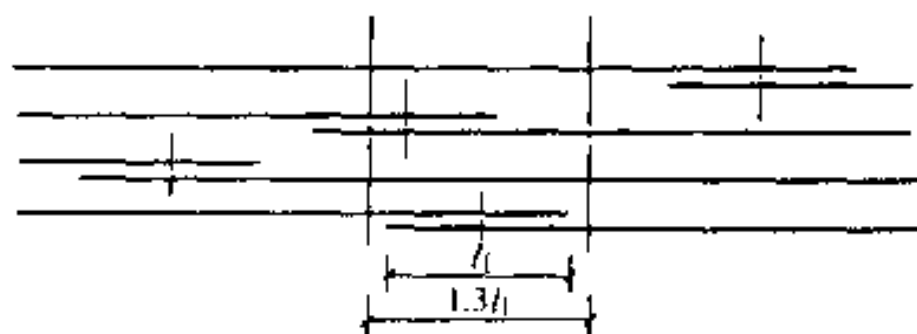


图 3-6 同一连接区段内的纵向受拉钢筋
绑扎搭接接头

3.1.4 钢筋安装质量控制

钢筋安装时,质量主控项目和一般质量控制项目见表 3-17 和 3-18。

表 3-17 钢筋安装质量主控项目表

项目	质量标准	检查数量	检验方法
安装时钢筋检查	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	全数检查	观察, 钢尺检查

表 3-18 钢筋安装质量一般控制项目表

项目	质量标准	检查数量	检验方法
钢筋安装位置偏差规定	符合表 3-19 的规定	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, 且均不少于 3 面	见表 3-19

表 3-19 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	长、宽	± 10 钢直尺检查
钢筋网	网眼的尺寸	± 20 钢直尺连续量 3 档, 取最大值
绑扎钢筋骨架	长	± 10 钢直尺检查
	宽、高	± 5 钢直尺检查
受力钢筋	间距	± 10 钢直尺量两端、中间各一点,
	排距	± 5 取最大值
	保护层厚度	基础 ± 10 钢直尺检查
		柱、梁 ± 5 钢直尺检查
	板、墙、壳	± 3 钢直尺检查

(续)

项 目		允许偏差/mm	检 验 方 法
绑扎箍筋、横向钢筋间距		± 20	钢直尺连续 3 档,取最大值
钢筋弯起点位置		20	钢直尺检查
预埋件	中心线位置	5	钢直尺检查
	水平高差	+3	钢直尺和塞尺检查

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。

3.1.5 预应力钢筋施工质量控制

(1) 预应力构件原材料质量控制 原材料质量控制主控项目见表 3-20,一般项目见表 3-22。

表 3-20 预应力构件原材料质量主控项目表

项 目	质 量 标 准	检查数量	检验方法
预应力钢筋的力学性能	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/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,参见表 3-21	按进场的批次和产品的抽样检验方案确定	检查产品合格证、出厂检验报告

(续)

项 目	质 量 标 准	检查数量	检验方法
无粘 结预应 力钢筋 的涂包 质量	无粘结预应力钢筋的涂包质量应符合无粘结预应力钢绞线标准的规定	每 60t 为一批, 每批抽取 一组试件	观察、检 查产品合格 证、出厂检 验报告和进 场检验报告
预应 力筋用 机具的 选用规 定	预应力钢筋用锚具、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《预应力钢筋用锚具、夹具和连接器》GB/T14370 等的规定	按进场 的批次和 产品的抽 样检验方 案确定	检查产品 合格证、出 厂检验报告 和进场检验 报告

表 3-21 预应力钢筋强度标准值 (N/mm^2)

种 类	符号	d/mm	f_{pk}
钢绞线	ϕ	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	ϕ^p ϕ^h	4、5	1770、1670、1570
		6	1670、1570
		7、8、9	1570
	ϕ^l	5、7	1570
热处理 钢筋	40Si2Mn	6	1470
	48Si2Mn	8、2	
	45Si2Cr	10	

表 3-22 预应力构件原材料质量一般控制项目表

项目	质 量 标 准	检查数量	检验方法
预应力 钢筋 外观 质量	<p>预应力筋使用前应进行外观检查,其质量应符合下列要求:</p> <p>1. 有粘结预应力筋展开后应平顺,不得有弯折,表面不得有裂纹、小刺、机械损伤、氧化铁皮和油污等</p> <p>2. 无粘结预应力筋护套应光滑、无裂纹,无明显褶皱。无粘结预应力筋护套轻微破损者应用外包防水塑料胶带修补,严重破损者不得使用</p>	全数检查	观察
预应力 筋用 机具 外观 检查	<p>预应力筋用锚具、夹具和连接器使用前应进行外观检查,其表面应无污物、锈蚀、机械损伤和裂纹</p>	全数检查	观察
	<p>预应力混凝土用金属螺旋管尺寸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 的规定</p>	按进场的批次和产品的抽样检验方案确定	检查产品合格证、出厂检验报告和进场检验报告。对金属螺旋管用量较少的工程,当有可靠依据时可不作径向刚度、抗漏性能的进场复验
	<p>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外观</p>	全数检查	观察

(2) 预应力构件钢筋制作、安装 预应力构件钢筋制作、安装质量控制主控项目见表 3-23, 一般项目见表 3-24。

表 3-23 预应力构件钢筋制作、安装质量主控项目表

项 目	质 量 标 准	检查数量	检验方法
预应力筋要求	预应力筋安装时,其品种、级别、规格、数量必须符合设计要求	全数检查	观察、钢直尺检查
先张法预应力筋施工时模板隔离剂的要求	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	全数检查	观察
预应力筋施工时应避免损伤	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	全数检查	观察

表 3-24 预应力构件钢筋制作、安装质量一般控制项目表

项目	质 量 标 准	检查数量	检验方法
预应力筋下料要求	1. 预应力筋应采用砂轮或切断机切断,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极差不应大于钢丝长度的 $1/5000$,且不应大于 5mm 。当成组张拉长度不大于 10m 的钢丝时,同组钢丝长度的极差不得大于 2mm	每工作班抽查预应力筋总数的 3% ,且不少于 3 束	观察、钢直尺检查

(续)

项目	质量标准	检查数量	检验方法
预应力筋端部锚具制作质量要求	<p>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 ~ 5mm</p> <p>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</p> <p>3. 钢丝锚头的强度不得低于钢丝强度标准值的 98%</p>	<p>对挤压锚具, 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; 对钢丝锚头强度, 每批钢丝检查 6 个锚头试件</p>	观察、钢直尺检查锚头强度试验报告
预应力筋束形控制点的竖向位置偏差控制	<p>预应力筋束形控制点的竖向位置偏差应符合表 3-25 的规定</p>	<p>在同一检验批内, 抽查各类型构件中预应力筋总数的 5%, 且对各类型构件不少于 5 束, 每束不少于 5 处</p>	钢直尺检查

(续)

项目	质量标准	检查数量	检验方法
无粘结预应力筋的铺设要求	<p>无粘结预应力筋的铺设除应符合表 3-25 的规定外,尚应符合下列要求:</p> <p>1. 无粘结预应力筋的定位应牢固,浇注混凝土时不应出现位移和变形</p> <p>2. 端部的预埋锚垫板应垂直于预应力筋</p> <p>3. 内埋式固定端垫板不应重叠,锚具与垫板应贴紧</p> <p>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</p> <p>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</p>	全数检查	观察
后张法有粘结预应力筋的锈蚀	浇注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	全数检查	观察

表 3-25 束形控制点的竖向位置允许偏差

(mm)

截面高(厚)度	$h \leq 300$	$300 < h \leq 1500$	$h > 1500$
允许偏差	± 5	± 10	± 15

(3) 预应力筋的张拉和放张 预应力筋的张拉和放张质量控制见表 3-26 和 3-27。

表 3-26 预应力筋张拉和放张质量主控项目表

项目	质 量 标 准	检查数量	检查方法
预应力筋的张拉力、张拉或放张顺序及张拉工艺要求	<p>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方案的要求,并应符合下列规定:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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》GB50010 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 $\pm 6\%$ 	全数检查	检查张拉记录
实际建立的预应力值与设计规定值的相对允许偏差	<p>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 $\pm 5\%$</p>	<p>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</p>	<p>对先张法施工,检查预应力筋检验记录;对后张法施工,检查张拉记录</p>

(续)

项目	质 量 标 准	检查数量	检查方法
张拉过程中对预应力筋断裂或滑脱的规定	<p>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:</p> <p>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</p> <p>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</p>	全数检查	观察,检查张拉记录

表 3-27 预应力筋张拉和放张质量一般控制项目表

项目	质 量 标 准	检查数量	检查方法
锚固阶段张拉端预应力筋的内缩量规定	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 3-28 的规定	每工作班抽查预应力筋总数的 3%,且不少于 3 束	钢直尺检查
张法预应力筋张拉后与设计位置的偏差规定	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%		

表 3-28 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)	螺母缝隙	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

3.2 工程质量验收

钢筋工程的验收属隐蔽工程验收,所以在钢筋安装完毕后,必须进行施工质量的自检,然后提请有关部门进行验收,验收的依据是施工验收规范、工程施工图、设计变更通知及有关联系单。

验收过程中应做好隐蔽验收记录及分项质量评定记录。

3.2.1 基础钢筋验收

(1) 验收内容

- 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

5) 避雷网线的布设与焊接等

(2) 质量标准

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, 钢直尺检查。

2) 一般项目

基础钢筋绑扎的允许偏差应符合表 3-19 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。

3.2.2 现浇框架结构钢筋验收

(1) 验收内容

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

(2) 质量标准

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。钢筋加工的允许偏差见表 3-14。

④钢筋焊接或机械连接接头的力学性能结果，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° ，弯钩平直长度不小于 $10d$ 。

④绑扎钢筋时禁止碰动预埋件及洞口模板。

3.2.3 剪力墙钢筋验收

(1) 验收内容

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。

(2) 质量标准

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钢筋焊接接头力学性能试验结果，必须符合焊接规程的规定。

2) 一般项目

①钢筋网片和骨架绑扎缺扣、松扣数量不超过绑扎数的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，接头弯折角不大于 4° ，轴线位移不大于 $0.1d$ ，且不大于 2mm 。

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° ，轴线位移不大于 $0.1d$ ，且不大于 3mm ，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 3-19 的规定。

3.2.4 电渣压力焊接头质量验收

(1) 验收内容

- 1) 钢筋的品种、规格
- 2) 接头的外观质量
- 3) 接头的力学性能

(2) 质量标准

1) 主控项目

①钢筋的牌号和质量，必须符合设计要求和有关标准的规定。

进口钢筋需先经过化学成分检验和焊接试验，符合有关规定后方可焊接。

检验方法：检查出厂质量证明书和试验报告单。

②钢筋的规格，焊接接头的位置，同一区段内有接头钢筋面积的百分比，必须符合设计要求和施工规范的规定。

检验方法：观察或尺量检查。

③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，其结果应符合下列要求：

a. 3 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；HRB 钢筋接头试件的抗拉强度均不得小于 570MPa。

b. 至少应有 2 个试件断于焊缝之外，并应呈延性断裂。

c. 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。

检验方法：检查焊接试件试验报告单。

2) 一般项目

钢筋电渣压力焊接头应逐个进行外观检查，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接头处的弯折角不大于 3° 。

④接头处的轴线偏移不得大于钢筋直径 0.1 倍，且不得大于 2mm。

检验方法：目测或量测。

3.2.5 带肋钢筋径向挤压接头施工验收

(1) 验收内容

1) 钢筋的品种、质量

2) 套筒的力学性能、外观规格尺寸、表面标志

3) 挤压接头的力学性能、外观质量

(2) 质量标准

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钢套筒的材质、力学性能、规格尺寸必须符合钢套筒标准的规定，表面不得有裂缝、折叠等缺陷。钢套筒材质的力学性能、规格尺寸见表 2-29、表 2-30，钢套筒尺寸允许偏差见表 3-29。

表 3-29 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
≤ 50	± 0.5	$+0.12t$ $-0.10t$	± 2
> 50	$\pm 0.01D$	$+0.12t$ $-0.10t$	± 2

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，并填写记录，并作出评定，其抗拉强度应符合 2.4.1 中 4) 性能等级划分有关要求，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：

a. 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。

b. 挤压接头的压痕道数应符合型式检验确定的道数。

c. 接头处弯折不得大于 3° 。

d. 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。检查记录可按表 3-30 的格式填写。

表 3-30 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 角度 $\leq 3^{\circ}$		套筒无肉 眼可见裂缝	
		合格	不合格	合格	不合格	合格	不合格	合格	不合格
外观 检查 不合 格接 头的 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。接头弯折角 $\leq 4^\circ$ 为合格，套筒表面有无裂缝以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 V。

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_____

3.2.6 钢筋接头普通螺纹连接施工验收

(1) 验收内容

- 1) 钢筋的品种、规格、质量
- 2) 套筒的质量
- 3) 接头的力学性能、外观质量

(2) 质量标准

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》(GB1499—1998)和《钢筋混凝土用余热处理钢筋》(GB13014—1991)标准的要求。

②套筒与锁母材质应符合《优质碳素结构钢》(GB/T699—1999)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：

- a. 每种规格钢筋接头试件不应少于3根。
- b. 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。

c. 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》(JCJ 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

a. 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。

b. 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, 接头螺纹无完整, 螺纹外露。

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 3 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 3-31 的格式填写验收记录。

表 3-31 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 螺纹外露	检验结论	检验日期

注：检验结论：合格的打“V”，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。

并填写接头抗拉试验报告单, 见表 3-32。

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 3-32 钢筋直螺纹接头抗拉试验报告

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	ϕ/mm	A/mm^2	屈服强度 标准值 f_{yk}	抗拉强度 实测值 P/kN	极限拉力 实测值 $f_{mst} = P/A$ /MPa	抗拉强度 实测值 $f_{nst} = p/A$ /MPa	试验日期
评定结论							

备注:

试验单位: 负责人: 试验员: 填表日期:

3.3 钢筋质量事故分析及处理

3.3.1 质量问题及事故分类

(1) 工程质量问题及质量事故 根据 1989 年建

设部颁布的第 3 号部令《工程建设重大事故报告和调查程序规定》和 1990 年建设部建建工字第 55 号文件关于第 3 号部令有关问题的说明：凡是工程质量不合格，必须进行返修、加固或报废处理，由此造成的直接经济损失低于 5000 元的称为质量问题；直接经济损失在 5000 元（含 5000 元）以上的称为工程质量事故。

(2) 质量事故的分类 建设工程中的质量事故分类方法很多，可以按其产生的原因分，也可以按其造成损失严重程度划分，也可以按其造成后果或事故责任分。现国家对工程质量通常采用按造成损失严重程度进行分类：

1) 一般质量事故：凡具备下列条件之一者为一般质量事故。

①直接经济损失在 5000 元（含 5000 元）以上、不满 50000 元的。

②影响使用功能和工程结构安全、造成永久质量缺陷的。

2) 严重质量事故：凡具备下列条件之一者为严重质量事故。

①直接经济损失在 50000 元（含 50000 元）以上，不满 10 万元的；

②严重影响使用功能或工程结构安全，存在重大

质量隐患的；

③事故性质恶劣或造成2人以下重伤的。

3) 重大质量事故：凡具备下列条件之一者为重大质量事故，属建设工程重大质量事故范畴。

①工程倒塌或报废。

②由于质量事故，造成人员死亡或重伤3人以上。

③直接经济损失10万元以上。

建设工程重大质量事故分为以下四级：

a. 凡造成死亡30人以上或直接经济损失在300万元以上为一级。

b. 凡造成死亡10人以上，29人以下或直接经济损失100万元以上，不满300万元为二级。

c. 凡造成死亡3人以上，9人以下或重伤20人以上或直接经济损失30万元以上，不满100万元为三级。

d. 凡造成死亡2人以下，或重伤3人以上，19人以下或直接经济损失10万元以上，不满30万元为四级。

4) 特别重大事故。凡具备国务院发布的《特别重大事故调查程序暂行规定》所列发生一次死亡30人及其以上，或直接经济损失达500万元及其以上，或其他性质特别严重，上述影响三个之一均属特别重

大事故。

3.3.2 事故处理依据及程序

(1) 事故处理依据

1) 质量事故的情况资料。施工单位的现场记录，施工日志和质量事故调查报告，监理单位的监理日志，及事故调查的资料等。

2) 有关合同及合同文件。委托设计合同，工程承包合同，委托监理合同，材料、设备和器材购销合同等。

3) 有关的技术文件。施工组织设计或施工方案，施工计划，有关建筑材料的质量证明资料等。

4) 有关的建设法规。建筑法，合同法，招标投标法，建筑工程质量管理条例，及有关各种工程规范等。

(2) 质量事故处理程序

1) 工程质量事故发生后，要求质量事故发生单位迅速按类别和等级向相应的主管部门上报，并于24h内写出书面报告。质量事故报告的内容有：

①事故发生的单位名称，工程名称，部位，时间，地点。

②事故概况和初步估计的直接损失。

③事故发生原因的初步分析。

④事故发生后采取的措施。

⑤各种资料。

2) 各级主管部门处理权限及组成调查组权限。
特别重大质量事故由国务院按有关程序和规定处理,重大质量事故由国家建设行政主管部门归口管理,严重质量事故由省、自治区、直辖市建设行政主管部门归口管理,一般质量事故由市、县级建设行政主管部门归口管理。

质量事故调查组的职责:

①查明事故发生的原因、过程,事故的严重程度和经济损失情况。

②查明事故的性质、责任单位和主要责任人。

③组织技术鉴定。

④明确事故主要责任单位和次要责任单位,承担经济损失的划分原则。

⑤提出技术处理意见及防止类似事故再次发生应采取措施。

⑥提出对事故责任单位和责任人的处理建议。

⑦写出质量事故调查报告。

3) 工程质量事故处理报告的主要内容

①工程质量事故情况,调查情况,原因分析。

②质量事故处理的依据。

③质量事故技术处理方案。

④实施技术处理施工中的有关问题和资料。

⑤对处理结果的检查鉴定和验收。

⑥质量事故处理结论。

4) 工程质量事故处理的鉴定与验收。施工单位工程质量事故处理完成后,建设单位和监理单位,在施工单位自检合格的基础上,应严格按施工验收标准及有关的规定进行验收。依据质量事故技术处理方案设计要求,通过实际量测,检查各种资料数据。凡是涉及结构承载力、使用安全和其他重要性能处理工作,必须做出必要的实验和检验鉴定工作才能验收。检测鉴定必须委托政府批准的有资质的法定检测单位进行。对处理后符合建筑工程施工质量验收标准规定的,给予验收确认。对经加固补强后或返工处理仍不能满足安全使用要求的分项工程、分部工程或单位工程不能验收。

4 工料计算

4.1 钢筋的配料

钢筋的配料是根据构件配筋图，先绘出各种形状和规格的单根钢筋简图并加以编号，然后分别计算下料长度和根数，填写配料单，申请加工。

4.1.1 钢筋的配料计算

(1) 下料长度的计算 钢筋因弯曲或弯钩会使其长度变化，在配料时不能直接按图样中的尺寸下料，而应根据混凝土保护层、钢筋弯曲、弯钩长度及图样中尺寸计算其下料长度，各种钢筋下料长度的计算可按下列方法：

直钢筋下料长度 = 构件长度 - 保护层厚 + 弯钩长度

弯起钢筋下料长度 = 直段长度 + 斜段长度 - 弯曲调整值 + 弯钩增加长度

箍筋下料长度 = 箍筋外皮周长（或箍筋内皮周长） + 箍筋调整值

1) 弯曲调整值。钢筋弯曲后, 在弯曲处内皮收缩, 外皮延伸, 轴线长不变, 轴线长为钢筋实际长即下料长, 但图样上的量度尺寸是按外皮尺寸 (图 4-1), 所以一般弯起钢筋的量度尺寸大于下料长度, 这两者之间的差值叫弯曲调整值或量度差值, 根据理论计算及经验, 各种弯折角度的弯曲调整值列于表 4-1。

表 4-1 钢筋弯曲调整值

钢筋弯曲角度	30°	45°	60°	90°	135°
钢筋弯曲调整值	$0.35d$	$0.5d$	$0.85d$	$2d$	$2.5d$

注: d 为钢筋直径。

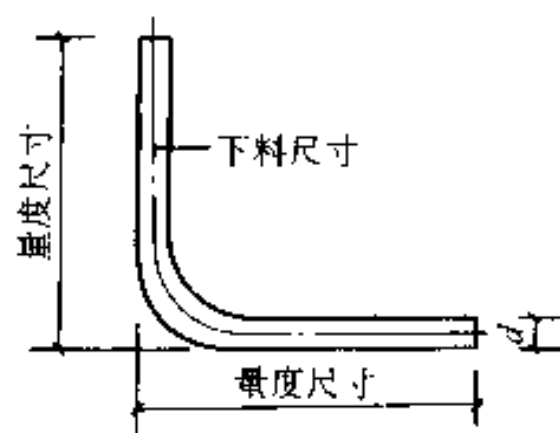


图 4-1 量度尺寸与下料尺寸

2) 弯钩长度。钢筋的弯钩形式有三种: 半圆弯钩 (180°)、直弯钩 (90°) 及斜弯钩 (135°) 其中半圆弯钩是常用的一种弯钩。

弯钩长度 = 平直部分长度 + 弯曲增加值

平直部分长度若设计无具体要求则按混凝土规范的规定取值，一般要求平直部分长度不小于 $3d$ ，弯曲增加值与弯钩形式及弯心直径有关，当弯心直径取 $D = 2.5d$ 时，弯曲的增加长度和弯钩长度分别为：

末端作 90° 弯钩（图 4-2a）

$$\begin{aligned}\text{弯曲增加长度} &= \frac{\pi (d + D)}{4} - (d + \frac{D}{2}) \\ &= 0.5d\end{aligned}\quad (4-1)$$

$$\text{弯钩长度} = 3d + 0.5d = 3.5d \quad (4-2)$$

末端作 135° 弯钩，（图 4-2b）

$$\begin{aligned}\text{弯曲增加长度} &= \frac{135}{360} \pi (d + D) - (d + \frac{D}{2}) \\ &= 1.9d\end{aligned}\quad (4-3)$$

$$\text{弯钩长度} = 3d + 1.9d = 4.9d \quad (4-4)$$

末端作 180° 弯钩（图 4-2c）

$$\begin{aligned}\text{弯曲增加长度} &= \frac{\pi (d + D)}{2} - (d + \frac{D}{2}) \\ &= 3.25d\end{aligned}\quad (4-5)$$

$$\text{弯钩长度} = 3d + 3.25d = 6.25d \quad (4-6)$$

但在实际生产中，由于实际弯心直径与理论值不一定一致，以及钢筋直径和具体操作机具等条件不同，所以对弯钩增加长度应根据具体条件，采用操作经验数据，经验数据可参考表 4-2。

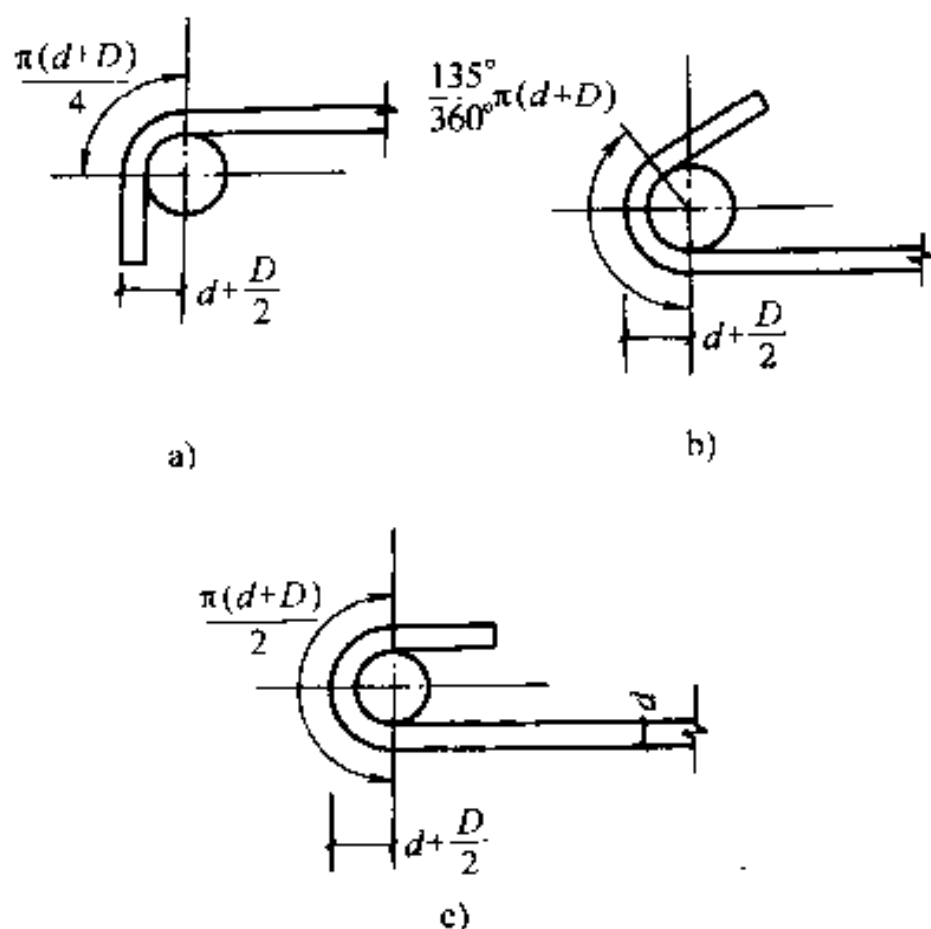


图 4-2 弯曲增加长度

a) 90°弯钩 b) 135°弯钩 c) 180°弯钩

表 4-2 半圆弯钩增加长度

钢筋直径 d/mm	≤ 6	8 ~ 10	12 ~ 18	20 ~ 28	32 ~ 36
一个弯钩长度/mm	$4.0d$	$6.0d$	$5.5d$	$5d$	$4.5d$

3) 弯起钢筋斜长。弯起钢筋的斜长 S 可由弯起角度 α 、弯起高度 h_0 用三角函数来确定, 见图 4-3 及表 4-3。

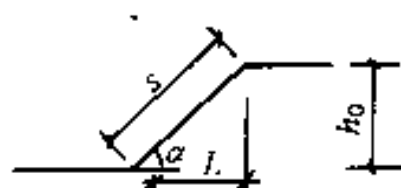


图 4-3 钢筋斜长与净高

表 4-3 弯起钢筋斜长系数

弯起角度	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 60^\circ$
斜边长度 S	$2h_0$	$1.414h_0$	$1.15h_0$
斜边水平投影 L	$1.732h_0$	h_0	$0.575h_0$
增加长度 $S - L$	$0.268h_0$	$0.414h_0$	$0.575h_0$

则当梁的高度和弯起角度已知时，梁中弯起筋的斜长可参考表 4-4

表 4-4 梁中弯起筋斜长

弯起角度	梁截面高度/mm							
	250	300	350	400	450	500	550	600
$\alpha = 45^\circ$	283	353	424	495	566	636	707	778
$\alpha = 60^\circ$	-	-	-	-	-	-	-	-
弯起角度	梁截面高度/mm							
	650	700	750	800	850	1000	1100	1200
$\alpha = 45^\circ$	849 -	919 -	990 -	1061 -	-	-	-	-
$\alpha = 60^\circ$	693	751	809	866	982	1097	1213	1328

4) 箍筋调整值。箍筋调整值即为弯钩增加长度与弯曲调整值两项之和或差, 应根据箍筋量外包尺寸或内皮尺寸而定 (图 4-4)。

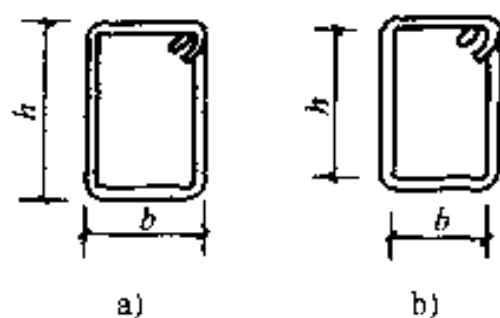


图 4-4 箍筋量度方法

a) 量外皮尺寸 b) 量内皮尺寸

当箍筋弯钩为 135° 、弯钩平直部分长度为 $10d$ 时, 箍筋下料长度调整值可参照表 4-5。

表 4-5 箍筋下料长度调整值

箍筋量度方法	钢 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

(2) 钢筋长度计算中的特殊问题

1) 变截面构件的箍筋。一些悬挑构件比如阳台挑梁, 其截面宽度相同而高度不同, 相邻箍筋高度差 Δh 可按相似三角形推导出 (图 4-5)。

$$\Delta h = \frac{h_n - h_1}{n - 1} \quad (4-7)$$

h_n ——最大箍筋高度；

h_1 ——最小箍筋高度；

n ——箍筋根数， $n = l/s - 1$ ；

l ——最长箍筋和最短箍筋之间的总距离；

s ——箍筋间距。

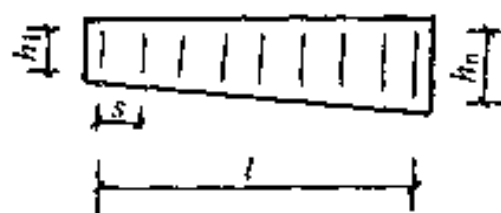


图 4-5 变截面构件箍筋

2) 圆形构件的钢筋。圆形构件一般有圆形水池、圆形柱、桩等。

①按弦长布置 先根据下列公式计算出钢筋所在处的弦长，再减去两端保护层厚度，即得钢筋长度。

a. 当配筋为单数间距（偶数筋）时弦长（图 4-6a）

$$l_i = a \sqrt{(n+1)^2 - (2i-1)^2} \quad (4-8)$$

b. 当配筋为偶数间距（奇数筋）时弦长（图 4-6b）

$$l_i = a \sqrt{(n+1)^2 - (2i)^2} \quad (4-9)$$

式中 l_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 —圆的直径)；

i —从圆心向两边计数的序号数。

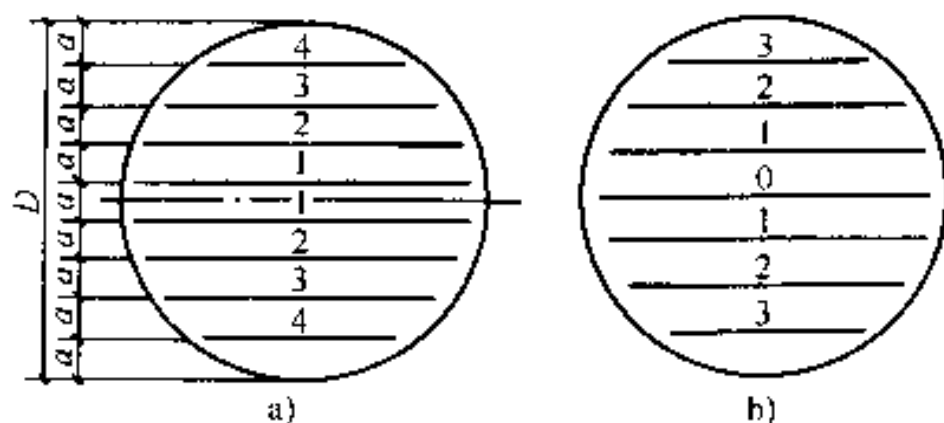


图 4-6 按弦长布置的钢筋

a) 单数间距 b) 偶数间距

②按圆形布置。先可用比例方法求出每根钢筋的圆直径，再乘圆周率算得钢筋长度。见图 4-7。

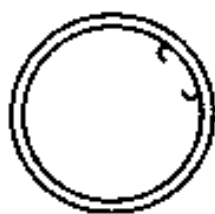


图 4-7 按圆形布置的钢筋

3) 曲线构件的钢筋

①圆所在的曲线钢筋长度。可用圆心角 θ 与圆

半径 R 计算出

$$L = 2\pi R \frac{\theta}{360^\circ} \quad (4-10)$$

②抛物线状钢筋长度。抛物线状钢筋长度 L 可按下式计算

$$L = \left(1 + \frac{8h^2}{3l^2} \right) l \quad (4-11)$$

式中 l ——抛物线的水平投影长度 (图 4-8)；

h ——抛物线的矢高。

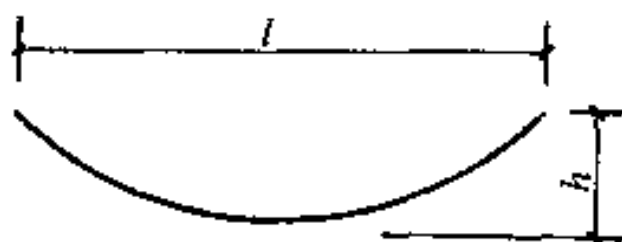


图 4-8 抛物线长度计算

③外形复杂的构件钢筋。对于一些外形比较复杂的构件，用数学的方法计算钢筋长度比较困难，可以采用放足尺 (1:1) 或放小样 (1:5) 的办法计算钢筋长度。

(3) 配料计算实例

【例 1】 已知某建筑 KL1 配筋图如图 4-9，混凝土的强度等级为 C25，框架柱截面为 500mm × 500mm。计算各种钢筋的下料长度。

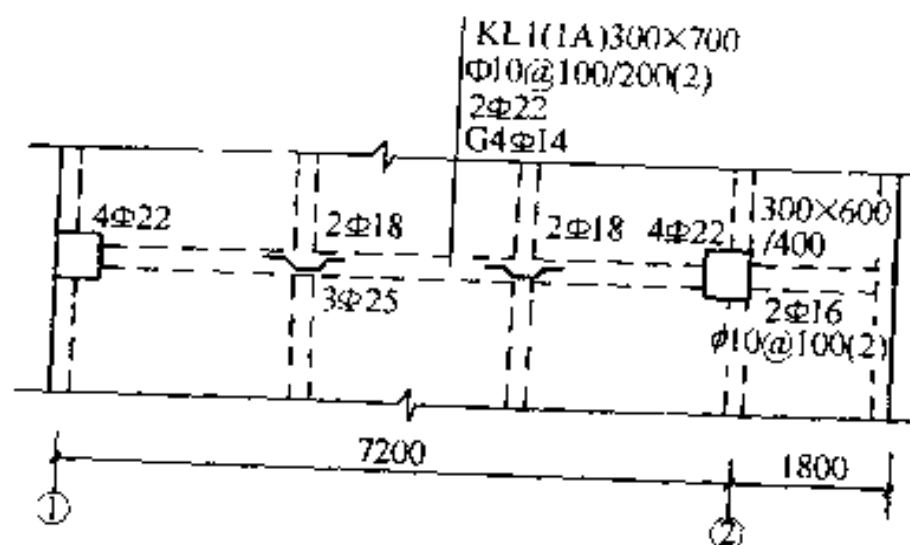


图 4-9 梁配筋图

【解】 1) 绘出钢筋翻样图 (图 4-10)。

由于配筋图上未注明锚固长、保护层等, 因此按本手册 1.2 章节规定处理。

①纵向受力筋端头混凝土保护层为 25mm。

②纵向受力筋在柱中的锚固长度为 $35D$, 即对 $\Phi 25$ 钢筋 $L = 35 \times 25\text{mm} = 875\text{mm}$, 对 $\Phi 22$ 的钢筋 $L = 35 \times 22\text{mm} = 770\text{mm}$, 则伸入柱内后弯上 (下) 的长度分别为 $L_{\text{弯}} = 875 - (500 - 25) = 400\text{mm}$ 和 $L_{\text{弯}} = 770 - (500 - 25) = 295\text{mm}$

③悬臂梁负弯矩钢筋两侧的两根应伸至梁端包住边梁后斜向上伸至梁顶部。

④吊筋底部宽度为次梁宽 $+ 2 \times 50\text{mm}$, 以 45° 向上弯至梁顶部, 水平锚固长为 $20d$ 。

⑤腰筋伸入支座, 并在支座处按受力筋锚固。

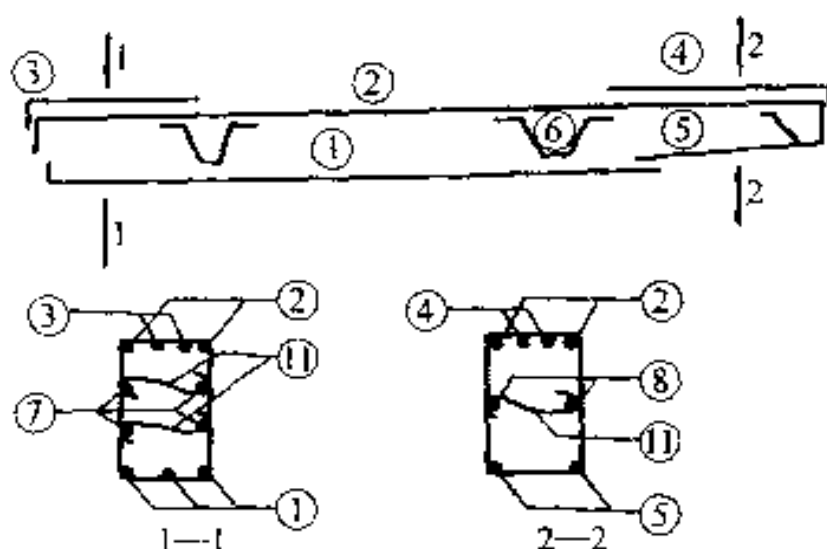


图 4-10 KL1 钢筋翻样图

2) 计算钢筋下料长度

①号受力筋下料长度

$$L = (7200 + 150 \times 2 - 25 \times 2) + 400 \times 2 - 2 \times 2 \times 25 = 8150\text{mm}$$

②上部通长钢筋下料长度

$$L = 295 + (7200 + 1800 + 150 - 25 \times 2) + (400 - 25 \times 2) + (250 - 25 \times 2) + 500 - 3 \times 2 \times 22 - 0.5 \times 22 = 10302\text{mm}$$

③第一跨左支座负弯矩钢筋

$$L = 295 + 500 - 25 + (7200 - 350 \times 2)/3 - 2 \times 22 = 2893\text{mm}$$

④右支座筋悬臂上部筋

$$L = (7200 - 350 \times 2)/3 + 350 + 1800 - 25 + 350 - 2 \times 22 = 4598\text{mm}$$

⑤悬臂下部筋下料长度

$$L = 1800 + 350 - 25 \times 2 = 2100\text{mm}$$

⑥ 吊筋下料长度 (次梁宽 250mm)

$$L = (20 \times 18 + 919) \times 2 + 250 + 50 \times 2 - 4 \times 0.5 \times 18 = 2872\text{mm}$$

⑦ 第一跨腰筋下料长度

$$L = 7200 - 350 \times 2 + 2 \times 35 \times 14 = 7480\text{mm}$$

⑧ 悬臂部分腰筋下料长度

$$L = 1800 - 150 - 25 + 35 \times 14 = 2115\text{mm}$$

⑨ 第一跨箍筋

$$\begin{aligned} \text{下料长度 } L &= (700 - 25 \times 2 + 8 \times 2) \times 2 + \\ &\quad (300 - 25 \times 2 + 8 \times 2) \times 2 + 60 \\ &= 1924\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{箍筋数量 } n &= (7200 - 350 - 50 \times 2) / 200 \\ &\quad + 1 + (1.5 \times 700) / 200 \times 2 = 44 \text{ 根} \end{aligned}$$

⑩ 悬臂部分箍筋

$$\begin{aligned} \text{悬臂梁根部箍筋外皮高度 } h_1 &= 600 - 25 \times 2 + \\ &\quad 8 \times 2 = 566\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{箍筋总数量 } n &= (1800 - 150 - 50) / 200 + 1 \\ &= 8.75 \quad \text{取 9 根} \end{aligned}$$

$$\text{相邻箍筋高差 } \delta = \frac{566 - 366}{9 - 1} = 25\text{mm}$$

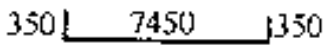
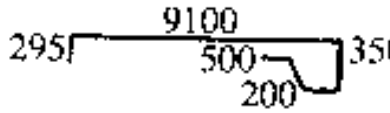
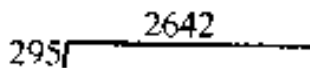
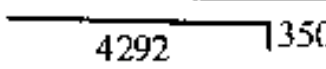
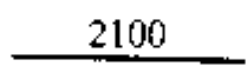
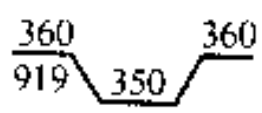
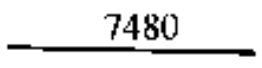
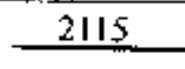
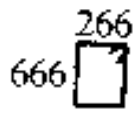
其余箍筋下料长度见表 4-10。

$$\begin{aligned} \text{⑪ 拉筋下料长度 } L &= 300 - 25 \times 2 + 8 \times 2 - 3.25 \\ &\quad \times 8 \times 2 + 10 \times 8 \times 2 = 374\text{mm} \end{aligned}$$

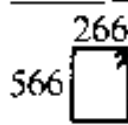
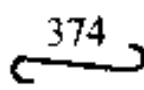
4.1.2 配料单的填写及料牌制作

(1) 填写配料单 钢筋配料计算完毕, 需填写配料单, 作为钢筋工下料加工的依据, 上题钢筋配料单见表 4-6。

表 4-6 KL-1 钢筋配料单

构件名称 及数量	钢筋 编号	简 图	钢 号	直径 /mm	下料 长度 /mm	单位 根数	合计 根数	重量 /kg
KL1 共 6 根	①		Φ	25	8150	3	18	566
	②		Φ	22	10302	2	12	369
	③		Φ	22	2893	2	12	104
	④		Φ	22	4598	2	12	165
	⑤		Φ	16	2100	2	12	40
	⑥		Φ	18	2872	4	24	141
	⑦		Φ	14	7480	4	24	217
	⑧		Φ	14	2115	2	12	31
	⑨		Φ	8	1924	44	264	201

(续)

构件名称 及数量	钢筋 编号	简 图	钢 号	直 径 /mm	下料 长度 /mm	单 位 根数	合 计 根数	重 量 /kg
KL1 共 6 根	⑩ ₁		Φ	8	1724	1	6	33
	⑩ ₂	566 × 266	Φ	8	1674	1	6	
	⑩ ₃	541 × 266	Φ	8	1624	1	6	
	⑩ ₄	516 × 266	Φ	8	1574	1	6	
	⑩ ₅	491 × 266	Φ	8	1524	1	6	
	⑩ ₆	466 × 266	Φ	8	1474	1	6	
	⑩ ₇	441 × 266	Φ	8	1424	1	6	
	⑩ ₈	416 × 266	Φ	8	1374	1	6	
	⑩ ₉	391 × 266	Φ	8	1324	1	6	
	⑪		Φ	8	374	25	150	22
总重								1889
/kg								

(2) 制作料牌 除填写配料单外, 还需按每一编号的钢筋制作料牌, 作为钢筋工下料加工的依据, 并在安装中用以区别工程项目, 上题钢筋配料牌形式见图 4-11。

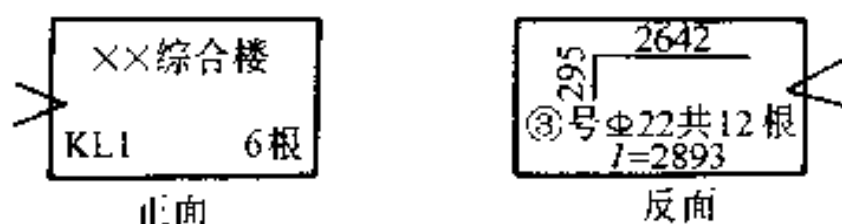


图 4-11 钢筋料牌

4.1.3 材料需用量计划表

材料需用量计划表是备料、供料的依据,主要内容有材料名称、规格、需用量、需用时间,形式见表 4.7。

表 4.7 材料需用量计划表

序号	材料名称	规格	需用量		需用时间								
			单位	数量	× 月			× 月			× 月		
					上	中	下	上	中	下	上	中	下

4.2 劳动力需用量

(1) 某分项工程所需劳动力

某分项(工序)工程所需劳动量

$$= \frac{\text{某分项(工序)钢筋工程量}}{\text{钢筋加工产量定额}} \quad (4-12)$$

或

某分项（工序）工程所需劳动量

= 某分项（工序）钢筋工程量 ×

钢筋加工时间定额 (4-13)

其中某分项（工序）钢筋工程量按 4.1 节的方法来确定。钢筋加工产量定额和钢筋加工时间定额可参考《劳动定额》或按施工企业的劳动经验来确定。表 4-8 为某地区《建筑安装工程统一劳动定额》部分内容。横线上为时间定额，横线下为产量定额。定额的工作内容包括钢筋制作、钢筋绑扎等工作内容。

表 4-8 每 1t 钢筋的劳动定额

项 目		满 堂 红 基 础								序 号
		带 梁				不 带 梁				
		主 筋 规 格 在/mm								
		< 12	< 16	< 20	> 20	< 12	< 16	< 20	> 20	
综 合	机制 手绑	<u>4.7</u> 0.213	<u>3.95</u> 0.253	<u>4.56</u> 0.219	<u>4.04</u> 0.248	<u>4.98</u> 0.201	<u>4.25</u> 0.235	<u>3.8</u> 0.263	<u>3.37</u> 0.297	一
	部分机 制手绑	<u>6.8</u> 0.147	<u>5.84</u> 0.172	<u>5.21</u> 192	<u>4.65</u> 0.215	<u>5.66</u> 0.177	<u>4.84</u> 0.207	<u>4.34</u> 0.23	<u>3.88</u> 0.258	
制 作	机械	<u>2.74</u> 0.365	<u>2.38</u> 0.42	<u>2.16</u> 0.463	<u>2.04</u> 0.49	<u>2.28</u> 0.439	<u>1.98</u> 0.505	<u>1.8</u> 0.556	<u>1.7</u> 0.588	四
	部分 机械	<u>3.56</u> 0.281	<u>3.09</u> 0.324	<u>2.81</u> 0.356	<u>2.65</u> 0.377	<u>2.96</u> 0.338	<u>2.57</u> 0.389	<u>2.34</u> 0.427	<u>2.21</u> 0.452	
手工绑扎		<u>3.24</u> 0.309	<u>2.72</u> 0.367	<u>2.4</u> 0.417	<u>2</u> 0.5	<u>2.7</u> 0.37	<u>2.27</u> 0.44	<u>2</u> 0.5	<u>1.67</u> 0.6	五
编号		19	20	21	22	23	24	25	26	

【例 2】 已知某建筑的基础为有梁式满堂基础，基础的钢筋用量如下：

< $\phi 12\text{mm}$: 15.530t

< $\phi 16\text{mm}$: 4.160t

< $\phi 20\text{mm}$: 28.740t

> $\phi 20\text{mm}$: 18.100t

计算所需劳动量

【解】 查劳动定额中“有梁式满堂基础”项目，知“部分机械制作”时间定额和“手工绑扎”时间定额，劳动量的计算列于表 4-9。

表 4-9 钢筋制作、绑扎所需劳动量

钢筋种类	钢筋数量 /t	制作时 间定额 /(工日/t)	绑扎时 间定额 /(工日/t)	制作 劳动量 /工日	绑扎 劳动量 /工日
< 12	15.530	6.8	3.24	105.6	50.32
< 16	4.160	5.81	2.72	24.17	11.32
< 20	28.740	5.21	2.4	149.74	68.98
> 20	18.100	4.65	2	84.17	36.2
合 计	66.53	—	—	363.68	166.82

(2) 劳动力安排及作业时间

1) 劳动力的安排。根据施工组织设计、钢筋工程总的劳动力需用量，来安排用工量。

$$\text{每天所需劳动量} = \frac{\text{总劳动力需用量}}{\text{施工天数}} \quad (4-14)$$

【例3】已知条件同【例2】，又由施工组织设计知基础钢筋的施工时间从4月1日至4月15日，请安排工人班组。

钢筋的施工时间15d主要是指钢筋的绑扎安装时间，而钢筋的加工可以在4月1日前进入工作，在钢筋制作过程中根据现场钢筋工人数及加工期限来确定每天投入的劳动量，也可以在前期投入人数多，后期主要转入钢筋绑扎工作。

若钢筋工共30人，则上题可做如表4-10的安排。

表 4-10 钢筋加工人员安排表

时间	3月						4月											
	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
制作工 /人	30	30	30	30	30	30	20	20	20	20	20	15	15	15	15	15	15	
安装工 /人							10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15	30

2) 作业时间的确定。根据劳动力需用量、各工序每天可能的出勤人数与机械量，并考虑工作面大小，确定各工序的作业时间。

$$\text{作业时间 (即施工天数)} = \frac{\text{总劳动力需要量}}{\text{出勤人数}} \quad (4-15)$$

【例 4】 已知条件如【例 2】，又知钢筋制作班组有 4 个，每组 4 人；钢筋绑扎班组有 2 个，每组 6 人。计算所需施工天数。

【解】 钢筋制作所需天数 = $\frac{363.68}{4 \times 4} = 22.73$ (天)

钢筋绑扎所需天数 = $\frac{166.82}{2 \times 6} = 13.9$ (天)

4.3 钢筋代换

在施工中往往会遇到现场的钢筋品种或规格与设计要求不符的情况，这时可对钢筋代换使用。在代换前需征得设计人员的同意，由技术负责人签发变更通知单后，才能断料加工。

4.3.1 钢筋代换计算

(1) 等强度代换 当构件受强度控制时钢筋按强度相等原则代换。

建立代换公式的依据为：代换后的钢筋强度 \geq 代换前的钢筋强度，表达式为

$$A_{s2}f_{y2}n_2 \geq A_{s1}f_{y1}n_1 \quad (4-16)$$

$$n_2 \geq \frac{A_{s1}f_{y1}}{A_{s2}f_{y2}}n_1 \quad (4-17)$$

$$\text{即} \quad n_2 \geq \frac{d_1^2 f_{y1}}{d_2^2 f_{y2}} n_1 \quad (4-18)$$

式中 A_{s2} —代换钢筋的计算面积;

A_{s1} —原设计钢筋的计算面积;

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;

f_{y1} —原设计钢筋抗拉强度设计值。

当代换前后钢筋型号相同即 $f_{y1} = f_{y2}$, 而直径不同时, 上式简化为

$$n_2 \geq \frac{d_1^2}{d_2^2} n_1 \quad (4-19)$$

当代换前后钢筋直径相同, 即 $d_1 = d_2$, 而型号不同时, 上式简化为

$$n_2 \geq \frac{f_{y1}}{f_{y2}} n_1 \quad (4-20)$$

【例 5】 设计某梁下部纵向受力筋为 2 根, 直径为 18mm 的 HRB400 钢筋, 而施工现场无此种钢筋, 现用 HRB335 钢筋来代换。

【解】 已知 HRB400 钢筋和 HRB335 钢筋的抗拉

强度设计值分别为 360N/mm^2 和 300N/mm^2

用直径相同的钢筋代换, 将已知数据代入公式

$$n_2 \geq n_1 f_{y1} / f_{y2} = 2 \times 360 / 300 = 2.4 \text{ (根)} \text{ 取 } 3 \text{ 根}$$

所以可用 3 根直径为 18mm 的 HRB335 代替 2 根直径为 18mm 的 HRB400。

钢筋的强度代换也可用查表的方法。

先根据原设计钢筋的类别、直径及根数, 由表 4-11 查得被代换钢筋的拉力 ($A_{s1}f_{y1}$), 然后根据代换钢筋的类别、直径查表确定代换钢筋的数量, 使代换后钢筋的强度不小于代换前的钢筋强度。

表 4-11 钢筋拉力 ($A_s f_y$) 值表

(kN)

(1) 当为 HPB235 钢筋 ($f_y = 210\text{N/mm}^2$) 时, 拉力 $A_s f_y$								
钢筋直径 /mm	根 数							
	1	2	3	4	5	6	7	8
6	5.94	11.8	17.74	23.77	29.71	35.4	41.43	47.54
8	10.55	21.10	31.65	42.20	52.75	63.30	73.85	84.40
10	16.49	32.97	49.47	65.94	82.43	98.94	115.43	131.88
12	23.75	47.5	71.25	95.00	118.75	142.50	166.25	190.00
14	32.32	64.64	96.96	129.28	161.60	193.92	226.24	258.56
16	42.23	84.46	126.69	168.92	211.15	253.38	295.61	337.85
18	53.45	106.89	160.35	213.78	267.25	320.70	374.15	427.56
20	65.98	131.96	197.94	263.93	329.90	395.88	461.86	527.86
22	79.82	159.64	239.46	319.28	399.10	478.92	558.74	638.56
25	103.09	206.18	309.27	412.36	515.45	618.54	721.63	824.71
28	129.21	258.42	387.63	516.84	646.05	775.26	904.47	1033.68
32	168.90	337.81	506.71	675.62	844.52	1013.42	1182.32	1351.22

(续)

(2) 当为 HRB335 钢筋 ($f_y = 300\text{N/mm}^2$) 时, 拉力 $A_s f_y$

钢筋 直径 /mm	根 数							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10	23.56	47.12	70.69	94.25	117.81	141.37	164.93	188.50
12	33.93	67.86	101.79	135.72	169.65	203.57	237.50	271.44
14	46.18	92.36	138.54	184.73	230.91	277.09	323.27	369.45
16	60.32	120.64	180.96	241.27	301.59	361.91	422.23	482.55
18	76.34	152.68	229.02	305.36	381.70	458.04	534.38	610.73
20	94.25	188.50	282.74	376.99	471.24	565.49	659.73	753.98
22	114.04	228.08	342.12	456.16	570.20	684.24	798.28	912.32
25	147.26	294.52	441.79	589.05	736.31	883.57	1030.83	1178.10
28	184.72	369.45	554.18	738.90	923.63	1108.35	1293.08	1477.80
32	241.27	482.55	723.82	956.10	1206.37	1447.64	1688.92	1930.19

(3) 当为 HRB400 钢筋 ($f_y = 360\text{N/mm}^2$) 时, 拉力 $A_s f_y$

钢筋 直径 /mm	根 数							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10	28.27	56.55	84.82	113.10	141.37	169.64	197.92	226.19
12	40.72	81.43	122.15	162.86	203.58	244.29	285.00	325.72
14	55.42	110.84	166.25	221.67	277.09	332.51	387.92	443.34
16	72.38	144.76	217.15	289.53	361.91	434.29	506.67	579.06
18	91.61	183.22	274.83	366.44	458.04	549.65	641.26	732.87
20	113.10	226.19	339.29	452.39	565.49	678.58	791.68	904.78
22	136.85	273.70	410.54	547.39	684.24	821.09	957.93	1094.78
25	176.71	353.43	530.14	706.86	883.57	1060.29	1237.00	1413.72
28	221.67	443.34	665.01	886.68	1108.35	1330.02	1551.69	1773.36
32	289.53	579.06	868.59	1158.11	1447.65	1737.18	2026.71	2316.24

【例 6】 用查表的方法解决【例 5】的代换问题
查表 4-11 (3), 知 2 Φ 18 的拉力为 183.22kN,
再查表 4-11 (2) 知可用 3 Φ 18 或 2 Φ 20 来代替。

(2) 等面积代换 对于按构造配置的钢筋, 应满足最小配筋率, 可按面积相等的原则代换。用公式表达为

$$A_{s2} \geq A_{s1} \quad (4-21)$$

式中 A_{s2} ——代换钢筋的计算面积;

A_{s1} ——原设计钢筋的计算面积。

【例 7】 某地下连续墙设计每米 5 根 Φ 14mm 钢筋, 现场无此钢筋, 须用 Φ 12mm 进行代换, 问代换后每米需几根钢筋?

【解】 按等面积原则代换 $A_{s2} \geq A_{s1}$ 得

$$n_2 \geq \frac{n_1 d_1^2}{d_2^2} = \frac{5 \times 14^2}{12^2} = 6.8 \quad (4-22)$$

故每米选 7 根钢筋进行代换。

(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。

钢筋代换后, 有时由于受力钢筋直径加大或钢筋根数增多, 而需要增加排数, 则构件的有效高度 h_0 减小, 使截面强度降低, 此时需对截面强度进行复核。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。

$$N_2 \left(h_{02} - \frac{N_2}{2bf_{cm}} \right) \geq N_1 \left(h_{01} - \frac{N_1}{2bf_{cm}} \right) \quad (4-23)$$

式中 N_1 ——原设计钢筋的拉力，即 $N_1 = A_{s1}f_{y1}$ ；

N_2 ——代换钢筋的拉力，即 $N_2 = A_{s2}f_{y2}$ ；

$h_{01} \cdot h_{02}$ ——代换前后构件有效高度，
即钢筋的合力点至截面受压边缘的距离；

f_{cm} ——混凝土弯曲抗压强度设计值；

b ——构件截面宽度。

4.3.2 钢筋代换注意事项

(1) 必须了解设计意图和代换材料性能，并严格遵守现行的钢筋混凝土规范的各项规定。

(2) 钢筋代换后，应满足构造要求，如最小直径、配筋率、间距、根数等要求。

(3) 预制构件的吊环必须采用Ⅰ级热轧钢筋制作或代替，不得使用冷拉加工的钢筋。

(4) 梁的纵向受力筋与弯起钢筋应分别代换，以保证正截面与斜截面强度。

(5) 对于某些重要构件，如吊车梁、薄腹梁等，不宜用Ⅰ级光圆钢筋代替变形钢筋，以免裂缝开展过大。

(6) 在偏心受压或偏心受拉构件中，受压钢筋和受拉钢筋应分别进行代换。

(7) 代换后当钢筋直径增大或钢筋根数增多时, 需要增多钢筋的排数以保证钢筋之间的净距离, 此时构件截面的有效高度会减小, 截面强度降低。通常对这种影响可适当增加代换钢筋的面积, 然后再作截面强度复核。

附录

附录 1 普通钢筋强度标准值

附表 1 普通钢筋强度标准值 (N/mm²)

种 类		符号	直径 d/mm	f_{yk} 或 f_{stk} 或 f_{ptk}
热轧 钢筋	HPB235(Q235)	\oplus	8 ~ 12	235
	HRB335(20MnSi)		6 ~ 50	335
	HRB400(20MnSiV、 20MnSiNb、20MnSiTi)		6 ~ 50	400
	RRB400(K20MnSi)		8 ~ 40	400
冷扎 带肋 钢筋	CRB550	\oplus^R	5、6、7、8、 9、10、11、12	550
	CRB650		5、6	650
	CRB800		5	800
	CRB970		5	970
	CRB1170		5	1170

注：热轧钢筋当采用直径大于 40mm 的钢筋时，应有可靠的工程经验。

附录 2 预应力钢筋强度标准值

附表 2 预应力钢筋强度标准值 (N/mm²)

种 类		符号	d/mm	f_{pk}
钢绞线	1×3	Φ^S	8.6、10.8	1860、1720、1570
			12.9	1720、1570
			9.5、11.1、12.7	1860
	1×7		15.2	1860、1720
消除应力钢丝	光面 螺旋肋	Φ^P	4、5	1770、1670、1570
		Φ^H	6	1670、1570
			7、8、9	1570
	刻痕	Φ^I	5、7	1570
热处理 钢筋	40Si2Mn	Φ^{HT}	6	1470
	48Si2Mn		8.2	
	45Si2Cr		10	

附录3 普通钢筋强度设计值

附表3 普通钢筋强度设计值 (N/mm²)

种 类		符号	f_y 或 f_{py}	f'_y 或 f'_{py}
热轧 钢筋	HPB235(Q235)		210	210
	HRB335(20MnSi)		300	300
	HRB400(20MnSiV、 20MnSiNb, 20MnSiTi)		360	360
	RRB400(K20MnSi)		360	360
冷扎 带肋 钢筋	CRB550	Φ^R	360	360
	CRB650		430	380
	CRB800		530	380
	CRB970		650	380
	CRB1170		780	380

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/mm² 时，仍应按 300N/mm² 取用。

附录 4 预应力钢筋强度设计值

附表 4 预应力钢筋强度设计值 (N/mm²)

种	类	符号	f_{pk}	f_{py}	f_{py}	
钢绞线	1×3	Φ^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	Φ^P Φ^H	1770	1250
1670		1180				
1570		1110				
刻痕		Φ^I	1570	1110	410	
热处理 钢筋		40Si2Mn	Φ^{HT}	1470	1040	400
		48Si2Mn				
	45Si2Cr					

注:当预应力钢绞线、钢丝的强度标准不符合附表 4 的规定时,其强度设计值应进行换算。

附录 5 钢筋弹性模量

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

种 类	E_s
HPB235 级钢筋	2.1
HRB335 级钢筋、HRB400 级钢筋、RRB400 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。

附录 6 混凝土构件中纵向受力钢筋的最小配筋百分率

附表 6 混凝土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
	一侧纵向钢筋
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,应按表中规定的减少 0.1%;当混凝土强度等级为 C60 及以上时,应按表中规定的增大 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 $(b'_f - b)h'_f$ 后的截面面积计算。
4. 当钢筋沿构件截面周遍布置时,“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。

附录7 钢筋的计算截面面积及理论重量

附表7 钢筋的计算截面面积及理论重量

直径 d /mm	不同根数钢筋的计算截面面积/ mm^2									单根钢筋 理论重量 /kg
	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	341	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	1230	1387	1.208
16	210.1	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1809	1.579
18	254.5	509	763	1017	1272	1526	1780	2036	2290	1.998
20	314.2	628	941	1256	1570	1884	2200	2513	2827	2.466
22	380.1	760	1140	1520	1900	2281	2661	3041	3424	2.984
25	490.9	982	1473	1964	2454	2945	3436	3927	4418	3.85
28	615.3	1232	1847	2463	3079	3695	4310	4926	5542	4.83
30	706.9	1413	2121	2827	3534	4241	4948	5655	6362	5.55
32	804.3	1609	2418	3217	4021	4826	5630	6434	7238	6.31
36	1017.9	2036	3054	4072	5089	6107	7125	8143	9161	7.99
40	1256.1	2513	3770	5027	6283	7540	8796	10053	11310	9.865
50	1964	3928	5892	7856	9820	11784	13748	15712	17676	15.42