



HUNNINGTU JIEGOU GONGCHENG SHIGONG

混凝土结构工程施工

主 编 徐明霞
刘广文
孙明廷

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书分为钢筋混凝土主体结构施工、预应力混凝土工程施工、高层建筑施工三篇,以项目、任务的形式详细介绍了混凝土结构施工过程。全书以混凝土结构工程施工过程为主线,以建筑行业执业资格标准为依据,构建课程内容和知识体系。课程内容和知识的选取紧紧围绕工作任务完成的需要,同时融合了相关执业资格证书对知识、技能和素质的要求。

本书适用于高等院校建筑工程技术及相关专业教学,也可供建筑工程施工技术人员参考使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构工程施工 / 徐明霞, 刘广文, 孙明廷主编. — 北京: 北京理工大学出版社, 2012. 8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 6707 - 6

I. ①混… II. ①徐… ②刘… ③孙… III. ①混凝土结构-建筑工程-工程施工-高等学校-教材 IV. ①TU755

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 196675 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 20.5

字 数 / 537 千字

版 次 / 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 51.00 元

责任编辑 / 张慧峰

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

对本书内容有任何疑问及建议,请与本书编委会联系。邮箱:bitdayi@sina.com

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

本书以混凝土结构工程施工过程为主线，以建筑行业执业资格标准为依据，构建课程内容和知识体系。课程内容和知识的选取紧紧围绕工作任务完成的需要，同时融合了相关执业资格证书对知识、技能和素质的要求。

本书共分三篇。第一篇：钢筋混凝土主体结构施工，依据真实的工程施工实践活动，划分为柱、墙、梁板、楼梯四个学习项目，通过构件的形成过程来讲解任务，以项目、任务、问题的形式展现施工过程，实现“在做中学，在学中做”，融实践教学和理论教学为一体。第二篇：预应力混凝土工程施工，重点介绍预应力的原理，先张法、后张法、无黏结等预应力混凝土结构施工的过程。第三篇：高层建筑施工，介绍了高层建筑施工的特点，高层建筑施工的主要垂直运输设备，高层建筑施工在模板、钢筋、混凝土方面的施工方法，目的是在第一篇共性知识的基础上侧重介绍高层建筑物的施工技术、方法及技术发展趋势。本篇最后介绍了高层建筑施工的安全。

由于编者水平有限，书中不妥与错误之处恳请读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	(1)
----------	-----

第一篇 钢筋混凝土主体结构施工

项目一 钢筋混凝土柱施工	(3)
任务一 柱钢筋制作与安装	(3)
任务二 柱模板安装	(42)
任务三 柱混凝土施工	(76)
项目二 钢筋混凝土墙施工	(115)
任务一 墙钢筋制作安装	(115)
任务二 墙模板安装	(125)
任务三 墙混凝土浇筑	(143)
项目三 钢筋混凝土梁、板施工	(146)
任务一 梁、板模板的安装	(146)
任务二 梁、板钢筋制作安装	(162)
任务三 梁、板混凝土浇筑施工	(178)
项目四 钢筋混凝土楼梯施工	(183)
任务一 钢筋混凝土楼梯模板的制作安装	(183)
任务二 钢筋混凝土楼梯钢筋的制作安装	(187)
任务三 钢筋混凝土楼梯混凝土的浇筑	(193)

第二篇 预应力混凝土工程施工

项目五 预应力混凝土工程施工	(195)
任务一 认知预应力混凝土结构	(195)
任务二 预应力混凝土结构施工	(204)

第三篇 高层建筑施工

项目六 高层建筑及其施工特点	(227)
任务一 认识高层建筑	(227)
任务二 认识高层建筑的施工特点	(228)
项目七 高层建筑垂直运输	(232)
任务一 选择合适的塔式起重机	(232)
任务二 选择合适的施工升降机	(243)
任务三 选择混凝土泵	(251)
项目八 高层建筑模板工程	(254)
任务一 大模板施工	(254)
任务二 爬升模板施工	(256)
任务三 滑升模板施工	(260)
项目九 高层建筑钢筋工程	(273)
任务一 高层建筑基础的钢筋施工	(273)
任务二 柱、墙钢筋施工	(275)
任务三 梁、板钢筋施工	(278)
任务四 型钢混凝土中的钢筋施工	(280)
项目十 高层建筑混凝土工程	(282)
任务一 基础大体积混凝土施工	(282)
任务二 混凝土的泵送	(287)
任务三 混凝土的浇筑	(292)
任务四 混凝土的养护	(294)
项目十一 高层建筑施工的安全	(297)
附录一 质量验收表	(302)
附录二 材料强度	(320)
参考文献	(322)

绪 论

一、混凝土结构工程施工的发展概况

混凝土结构工程施工的发展大致经历了三个阶段。

第一阶段，从钢筋混凝土的发明至 20 世纪初。此阶段的特点是钢筋和混凝土的强度都比较低，主要用于建造中小型楼板、梁、柱、拱和基础等构件。第二阶段，从 20 世纪 20 年代到第二次世界大战前后。在这一阶段中，混凝土和钢筋强度不断提高。1928 年法国杰出的土木工程师 E. Freyssnet 发明了预应力混凝土，使得混凝土结构可以用来建造大跨度建筑物。第三阶段，“二战”以后到现在。因建设速度加快，对材料性能和施工技术提出了更高的要求，出现了装配式钢筋混凝土结构、泵送商品混凝土等工业化生产技术。高强混凝土和高强钢筋的发展、计算机的采用和先进施工机械设备的发明，及以此为手段建造的一大批超高层建筑、大跨度桥梁、特长跨海隧道、高耸结构等大型工程，成为现代土木工程的标志。

1824 年，英国人阿斯普丁(J. Aspdin)发明硅酸盐水泥。1849 年，法国人朗波(L. Lambot)制造了第一条钢筋混凝土小船。1872 年，纽约建造第一所钢筋混凝土房屋。混凝土结构最初应用于土木工程距今仅 150 多年。与砖石结构、钢木结构相比，混凝土结构的历史并不长，但其发展非常迅速，目前已成为土木工程结构中应用最为广泛的结构，而且高性能混凝土和新型混凝土结构形式还在不断发展。

二、混凝土结构工程施工课程的研究对象和任务

混凝土结构工程施工是建筑工程及相关专业的专业核心课程之一，是从事建筑工程相关工作(施工管理、造价、监理等)必须掌握的基本知识。混凝土结构工程施工在建筑施工中占有重要的地位，它对整个工程施工的工期、成本、质量都有极大的影响。混凝土结构工程由钢筋工程、模板工程和混凝土工程三个部分组成，施工中三者之间紧密配合，才能确保工程质量和工期。

1. 混凝土结构工程施工的研究对象

钢筋混凝土结构工程施工是研究钢筋混凝土结构的施工工艺、技术和方法的学科，它包括柱、墙、梁板、楼梯各构件的施工工艺、施工技术、施工方法。依据施工对象的特点、规模和实际情况，采用合适的施工工艺、技术和方法，完成符合设计要求的工程。

2. 混凝土结构工程施工的研究任务

混凝土结构工程在建筑施工中占有重要的地位，它对整个工程施工的工期、成本、质量都有极大的影响。混凝土结构工程由钢筋工程、模板工程和混凝土工程三部分组成，施工中三者之间紧密配合，才能确保工程质量和工期。

为了保证工程质量及施工安全，需要了解我国的建设方针、政策、规范及国外新技术的发展动态；制定施工组织设计或施工方案，按照施工组织设计要求组织科学的施工，探索建筑施工的一般规律。

三、本课程的特点和学习要求

(1)混凝土结构工程施工是一门综合性、实践性很强的专业核心课程，要学好本课程，必须先掌握建筑材料、建筑力学、房屋建筑学、建筑工程测量、建筑结构、建筑机械、建筑施工技术等基础课程的知识。

(2)学习和掌握建筑工程施工验收规范。

(3)本课程涉及的理论知识面广、实践性强，而且相关技术发展迅速。学习中应坚持做到各部分融会贯通，坚持循序渐进、理论联系实际。另外，可有意识地就近选择一些典型的施工工地，结合教材中的内容，多参观，多学习，增强建筑施工的感性认识和现场知识。

第一篇 钢筋混凝土主体结构施工

项目一 钢筋混凝土柱施工

知识目标

◆ 了解钢筋的种类、规格、性能；掌握钢筋下料长度的计算方法及钢筋的制作、加工施工要点。掌握钢筋机械连接、焊接、绑扎安装施工要点；熟悉柱钢筋的构造特点、纵向钢筋搭接接头面积百分率的要求及质量检查要点。

◆ 了解各种模板特点；掌握柱模板设计计算及施工要点。

◆ 掌握混凝土搅拌、运输要求和运输方式与设备选择要点；熟练掌握柱混凝土浇筑、振捣及养护的施工要点。熟悉混凝土冬期、雨期的施工要点及混凝土结构实体检测的相关规定。

能力目标

◆ 能进行柱钢筋的下料计算；能够编写钢筋制作与安装的技术交底，能进行钢筋的质量检查；若施工过程中出现质量问题，能对其进行简单的分析与处理。

◆ 能够根据柱的特点选用模板并能进行模板设计；能够编写技术交底，做质量检测并记录；若施工过程中出现质量问题，能对其进行简单的分析与处理。

◆ 能够编写混凝土施工技术交底；若施工过程中出现质量问题，能对其进行简单的分析与处理。

任务一 柱钢筋制作与安装

引导问题

1. 钢筋混凝土柱是如何形成的，柱子的施工顺序是怎样安排的？
2. 钢筋的种类有哪些，连接方式有哪些？
3. 柱中钢筋有哪些构造要求，如何加工而成？

工作任务

某6层框架柱KZ1，如图1-1所示，柱纵向配筋为 $4\Phi 18+8\Phi 16$ ，底层层高4 m，顶层层高3.7 m，标准层层高3.2 m，基础顶标高为-0.800 m，各层梁高400 mm，混凝土为C25，柱抗震等级为三级， $l_{\text{E}}=28d$ ，纵向受力钢筋采用电渣压力焊连接，设计合理使用年限为50年。

任务要求：

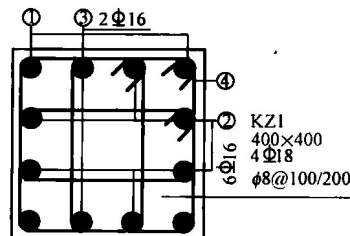


图 1-1 KZ1 配筋图

1. 填写钢筋原材料检验批质量验收记录;
2. 完成施工图纸中 KZ1 的配料计算;
3. 填写钢筋加工检验批质量验收记录表;
4. 在本工程中柱子采用电渣压力焊, 请编写钢筋电渣压力焊施工技术交底;
5. 填写钢筋安装工程检验批质量验收记录表, 钢筋电渣压力焊接头及钢筋安装工程检验批质量验收记录表。

知识链接

一、钢筋的基本知识

(一) 钢筋的种类规格

混凝土结构用的普通钢筋可分为两类, 即热轧钢筋和冷加工钢筋(又可分为冷轧带肋钢筋、冷轧扭钢筋、冷拔螺旋钢筋), 冷拉钢筋与冷拔低碳钢丝已逐渐被淘汰。

热轧钢筋是经热轧成型并自然冷却的成品钢筋, 分为热轧光圆钢筋和热轧带肋钢筋两种。其中, 热轧带肋钢筋又分为普通热轧钢筋和细晶粒热轧钢筋(HRBF)。热轧光圆钢筋应符合国家标准《钢筋混凝土用钢 第1部分: 热轧光圆钢筋》(GB 1499.1—2008)的规定, 热轧带肋钢筋应符合国家标准《钢筋混凝土用钢 第2部分: 热轧带肋钢筋》(GB 1499.2—2007)的规定。热轧钢筋的强度等级按照屈服强度(单位为 MPa)分为 235 级、300 级、335 级、400 级、500 级。《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)中规定: 纵向受力普通钢筋宜采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 钢筋, 也可采用 HPB300、HRB335、HRBF335、RRB400 钢筋; 梁、柱纵向受力普通钢筋宜采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 钢筋; 箍筋宜采用 HRB400、HRBF400、HPB300、HRB500、HRBF500 钢筋, 也可采用 HRB335、HRBF335 钢筋。钢筋随强度和硬度的升高, 塑性则逐级降低。

HPB235 级、HPB300 钢筋为光圆钢筋。HRB335、HRB400、HRB500、HRBF335、HRBF400、HRBF500 为变形钢筋, 表面有人字纹、月牙纹和螺旋纹几种。HRB335、HRB400、HRB500 钢筋为普通热轧钢筋, HRBF335、HRBF400、HRBF500 为细晶粒热轧钢筋。

1. 热轧带肋钢筋

热轧带肋钢筋的外形如图 1-2 所示。热轧钢筋牌号和化学成分(熔炼分析)及力学性能, 应符合

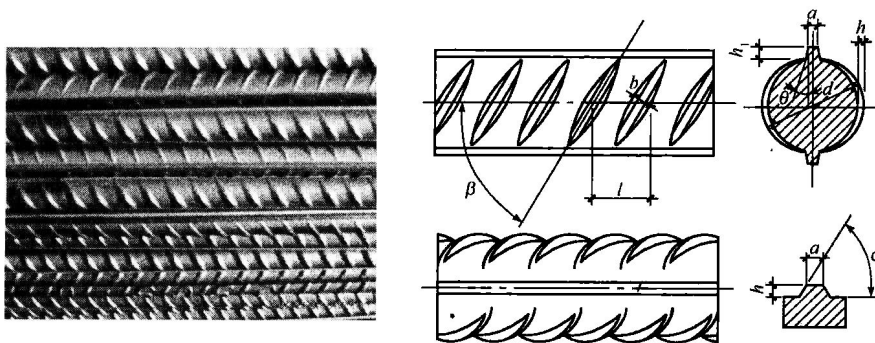


图 1-2 月牙肋钢筋表面及截面形状

d —钢筋内径; α —横肋斜角; h —横肋高度; β —横肋与轴线夹角;
 h_1 —纵肋高度; θ —纵肋斜角; a —纵肋顶宽; l —横肋间距; b —横肋顶宽

合《钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋》(GB 1499.1—2008)及《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》(GB 1499.2—2007)相关规定，热轧钢筋牌号和化学成分应符合表1-1、表1-2的规定。热轧钢筋的力学性能应符合表1-3的规定。

表 1-1 光圆钢筋的化学成分

牌号	化学成分(质量分数)(%)				
	C	Si	Mn	P	S
HPB235	≤0.22	≤0.30	≤0.55	≤0.045	≤0.060
HPB300	≤0.25	≤0.55	≤1.50		

表 1-2 变形钢筋的化学成分

牌 号	化学成分(质量分数)(%)					
	C	Si	Mn	P	S	Ceq
HRB335 HRBF335	≤0.25	≤0.80	≤1.60	≤0.045	≤0.045	0.52
HRB400 HRBF400						0.54
HRB500 HRBF500						0.55
注：碳当量 Ceq 可用来估计钢材的焊性。焊接性能随碳当量百分比的增高而降低。国际标准规定，Ceq 不大于 0.55% 时是可焊的。根据我国经验，碳钢或低合金钢，当 Ceq<0.40% 时，焊接性能优良；当 Ceq=0.40%~0.55% 时，需预热和控制焊接工艺；当 Ceq>0.55% 时，很难焊接。						

表 1-3 热轧钢筋的力学性能

牌号	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率(%)	断后伸长率(%)	冷弯试验 180° (d—弯芯直径；a—钢筋公称直径)
HPB235	≥235	≥370	≥25	≥10	d=a
HPB300	≥300	≥420			
HRB335 HRBF335	≥335	≥455	≥17	≥7.5	
HRB400 HRBF400	≥400	≥540	≥16		
HRB500 HRBF500	≥500	≥630	≥15		

2. 冷轧带肋钢筋

冷轧带肋钢筋是热轧圆盘条经冷轧或冷拔减径后，在其表面冷轧成三面或二面有肋的钢筋。冷轧带肋钢筋各指标应符合国家标准《冷轧带肋钢筋》(GB 13788—2008)的规定。

冷轧带肋牌号由 CRB 和抗拉强度最小值构成，有四种牌号：CRB550、CRB 650、CRB 800、CRB 970。其中，CRB550 级钢筋为普通混凝土用钢筋，其他钢筋为预应力混凝土用钢筋。

3. 冷轧扭钢筋

冷轧扭钢筋是用低碳钢钢筋(含碳量低于 0.25%)经冷轧扭工艺制成,其表面呈连续螺旋形状(图 1-3)。这种钢筋具有较高的强度,而且有足够的塑性,与混凝土黏结性能优异,代替 HPB300 钢筋可节约钢材约 30%。一般用于预制钢筋混凝土圆孔板、叠合板中的预制薄板,以及现浇钢筋混凝土楼板等。

4. 冷拔螺旋钢筋

冷拔螺旋钢筋是热轧圆盘条经冷拔后在表面形成连续螺旋槽的钢筋,冷拔螺旋钢筋的外形如图 1-4 所示。该类钢筋具有强度适中、握裹力强、塑性好、价格低等优点。冷拔螺旋钢筋用于钢筋混凝土构件中的受力钢筋,可以节约钢材;冷拔螺旋钢筋用于预应力空心板,可以提高延性,改善构件使用性能。

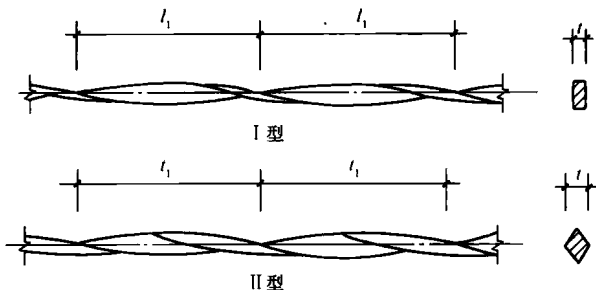


图 1-3 冷轧扭钢筋
 t_1 —轧扁厚度; l_1 —节距

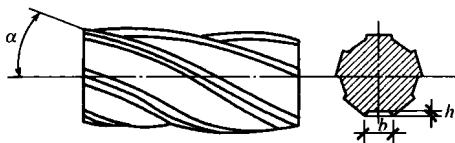


图 1-4 冷拔螺旋钢筋

(二) 钢筋的性能

在建筑工程中,钢筋性能主要考虑其力学性能、工艺性能、锚固性能。其中,工艺性能又包括冷弯性能及焊接性能。

1. 钢筋的力学性能

钢筋的力学性能,可通过钢筋拉伸过程中的应力-应变图加以说明。热轧钢筋具有软钢性质,有明显的屈服点,其应力-应变图如图 1-5 所示。从图中可以看出,钢筋从开始受力到断裂主要经过了弹性阶段(oa 段)、屈服阶段(ac 段)、强化阶段(cd 段)、颈缩阶段(de 段)四个阶段。对应于 a 点的应力值称为比例极限;屈服阶段最低点 c 点的应力值称为屈服点,屈服点又称为屈服强度,在钢筋混凝土结构设计中所用钢筋的标准强度就是以钢筋屈服点为取值依据的;对应于 d 点的应力值称为抗拉强度(强度极限),抗拉强度表示钢筋抵抗拉力破坏作用的最大能力。

钢筋从开始受力至被拉断其长度是不断伸长的,钢筋受拉力作用至断裂时被拉长的那部分长度与原长度的百分比称为伸长率,一般用 δ 表示。它是衡量钢筋塑性的指标,其数值越大,表示钢筋的塑性越好。

有些钢筋无明显屈服现象,其应力-应变图(图 1-6)呈硬钢性质,无明显屈服点。一般将对应于塑性应变为 0.2% 时的应力定为屈服强度,并以 $\sigma_{0.2}$ 表示。

一般情况下采用高强度钢筋,可减少用钢量,降低成本,但并非强度越高越好。高强钢筋在高应力下往往引起构件过大的变形和裂缝。

2. 钢筋的工艺性能

(1) 冷弯性能。冷弯性能是将钢筋试样在规定直径的弯心上弯到 90° 或 180° , 然后检查试样

有无裂缝、鳞落、断裂等现象。钢筋冷弯是考核钢筋塑性的指标，也是钢筋加工所不可或缺的。钢筋弯折、做弯钩时应避免钢筋裂缝和折断。低强度的热轧钢筋冷弯性能较好，强度较高的冷弯性能稍差，冷加工钢筋的冷弯性能最差。

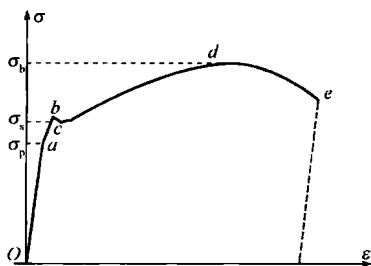


图 1-5 热轧钢筋的应力-应变图

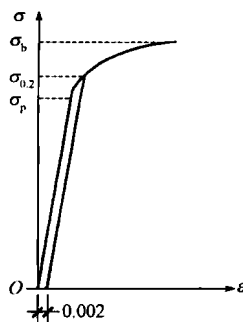


图 1-6 冷轧带肋钢筋的应力-应变图

(2)焊接性能。钢材的可焊性是指被焊钢材在采用一定焊接材料、焊接工艺条件下，获得优质焊接接头的难易程度，也就是钢材对焊接加工的适应性。它包括以下两个方面。

1)工艺焊接性，也就是接合性能，指在一定焊接工艺条件下焊接接头中出现各种裂纹及其他工艺缺陷的敏感性和可能性。这种敏感性和可能性越高，则其工艺焊接性越差。

2)使用焊接性，是指在一定焊接条件下焊接接头对使用要求的适应性，以及影响使用可靠性的程度。这种适应性和使用可靠性越高，则其使用焊接性越好。

3. 钢筋的锚固性能

钢筋混凝土结构中，两种性能不同的材料能够共同受力是由于它们之间存在着黏结锚固作用，这种作用使接触界面处的钢筋与混凝土之间能够实现应力传递，从而在钢筋与混凝土中建立起结构承载所必需的工作应力。

钢筋在混凝土中的黏结锚固作用有：胶结力——即接触面上的化学吸附作用，但其影响不大；摩阻力——它与接触面的粗糙程度及侧压力有关，且随滑移发展其作用逐渐减小；咬合力——这是带肋钢筋对肋前混凝土挤压而产生的，为带肋钢筋锚固力的主要来源；机械锚固力——指弯钩、弯折及附加锚固等措施(如焊锚板、贴焊钢筋等)提供的锚固作用。

钢筋与混凝土间应有足够的锚固长度，否则钢筋所受的力就不能有效传递给锚固体，锚固长度是为保证钢筋传力效果而规定的。钢筋的锚固长度一般指梁、板、柱等构件的受力钢筋伸入支座或基础中的总长度，包括直线及弯折部分。

钢筋基本锚固长度，取决于钢筋强度及混凝土抗拉强度，并与钢筋的外形有关。若计算中充分利用钢筋的抗拉强度，受拉钢筋的锚固应符合下列要求。

(1)基本锚固长度应按下列公式计算：

$$\text{普通钢筋} \quad l_{ab} = \alpha \frac{f_y}{f_t} d$$

式中 l_{ab} ——受拉钢筋的基本锚固长度；

f_y ——普通钢筋的抗拉强度设计值；

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值，当混凝土强度等级高于 C60 时，按 C60 取值；

d ——锚固钢筋的直径；

α ——锚固钢筋的外形系数，按表 1-4 取用。

表 1-4 锚固钢筋的外形系数

锚固钢筋的外形系数	光圆钢筋	带肋钢筋	螺旋肋钢丝	三股钢绞线	七股钢绞线
α	0.16	0.14	0.13	0.16	0.17

注：光圆钢筋末端应做 180°弯钩，弯后平直段的长度不应小于 3d，但作为受压筋时可不作弯钩。

(2) 受拉钢筋的锚固长度应根据具体锚固条件按下列公式计算，且不应小于 200 mm：

$$l_a = \xi_a l_{ab}$$

式中 l_a ——受拉钢筋的锚固长度；

ξ_a ——锚固长度修正系数，当修正系数多于一项时，可按连乘计算，但不应小于 0.6。

纵向受拉普通钢筋的锚固长度修正系数 ξ_a 应根据钢筋的锚固条件按下列规定取用：

1) 当带肋钢筋的公称直径大于 25 mm 时取 1.10；

2) 环氧树脂涂层带肋钢筋取 1.25；

3) 施工过程中易受扰动的钢筋取 1.10；

4) 当纵向受力钢筋的实际配筋面积大于其设计计算面积时，修正系数取设计计算面积与实际配筋面积的比值，但对有抗震设防要求及直接承受动力荷载的结构构件，不应考虑此项修正；

5) 锚固区保护层厚度为 3d 时修正系数可取 0.80，保护层厚度为 5d 时修正系数可取 0.70，中间按内插取值，此处 d 为锚固钢筋的直径。

(3) 当纵向受拉普通钢筋末端采用钢筋弯钩或机械锚固措施时，包括弯钩或锚固端头在内的锚固长度(投影长度)可取为基本锚固长度 l_{ab} 的 0.6 倍。钢筋弯钩和机械锚固的形式和技术要求应符合表 1-5 及图 1-7 的规定。

表 1-5 钢筋锚固形式和技术要求

锚固形式	技术要求
90°弯钩	末端 90°弯钩，弯钩内径 4d，弯后直线段的长度 12d
135°弯钩	末端 135°弯钩，弯钩内径 4d，弯后直线段的长度 5d
一侧贴焊锚筋	末端一侧贴焊长 5d 同直径钢筋
两侧贴焊锚筋	末端两侧贴焊长 3d 同直径钢筋
焊墙锚板	末端与厚度 d 的锚板穿孔塞焊
螺栓锚头	末端旋入螺栓锚头

注：1. 锚板或锚头的承压净面积应不小于锚固钢筋计算截面积的 4 倍；
2. 螺栓锚头产品的规格、尺寸应满足螺纹连接的要求，并应符合相关标准的规定；
3. 螺栓锚头和焊接锚板的间距不大于 3d 时，宜考虑群锚效应对锚固的不利影响；
4. 截面角部的弯钩和一侧贴焊锚筋的布筋方向宜向内偏置。

(4) 混凝土结构中的纵向受压钢筋。当计算中充分利用钢筋的抗压强度时，受压钢筋的锚固长度应不小于相应受拉锚固长度的 0.7 倍。受压钢筋不应采用末端弯钩和一侧贴焊锚筋的锚固措施。受压钢筋锚固长度范围内的构造钢筋应符合相关规定的要求。

(5) 承受动力荷载的预制构件，应将纵向受力普通钢筋末端焊接在钢板或角钢上，钢板或角钢应可靠地锚固在混凝土中。钢板或角钢的尺寸应按计算确定，其厚度不宜小于 10 mm。其他构件中的受力普通钢筋的末端也可通过焊接钢板或型钢实现锚固。

(6) 当锚固钢筋保护层厚度不大于 5d 时，锚固长度范围内应配置横向构造钢筋，其直径不

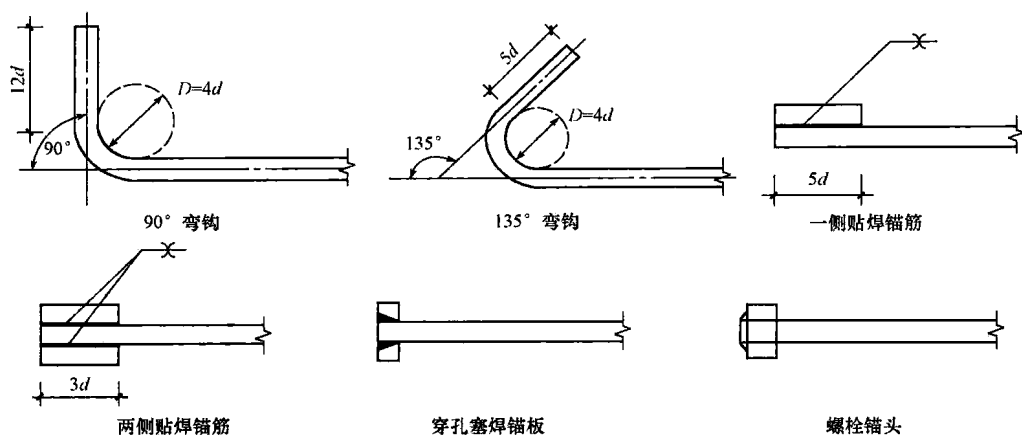


图 1-7 钢筋弯钩和机械锚固的形式和技术要求

应小于 $d/4$ ；对梁、柱等杆状构件间距不应大于 $5d$ ，对板、墙等平面构件间距不大于 $10d$ ，且均不应小于 100 mm ，此处 d 为锚固钢筋的直径。

(7)有抗震要求的混凝土结构构件的纵向受力筋的锚固和连接还应符合下列要求：

$$l_{aE} = \xi_{aE} l_a$$

式中 ξ_{aE} ——纵向受拉钢筋抗震锚固长度修正系数，对一、二级抗震等级取 1.15，对三级抗震等级取 1.05，对四级抗震等级取 1.00；

l_a ——纵向受拉钢筋的锚固长度。

(三)钢筋的进场验收存放

钢筋的质量合格与否，直接影响结构的使用安全，故应重视钢筋进厂验收和质量检查工作。

1. 进场验收要求

(1)钢筋进场时，应按国家现行相关标准的规定抽取试件作力学性能和重量偏差检验，检验结果必须符合有关标准的规定。

检查数量：按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

(2)对有抗震设防要求的结构，其纵向受力钢筋的强度应满足设计要求；当设计无具体要求时，对一、二、三级抗震等级设计的框架和斜撑构件（含梯级）中的纵向受力钢筋应采用 HRB335E、HRB400E、HRB500E、HRBF335E、HRBF400E 或 HRBF500E 钢筋，其强度和最大力下总伸长率的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 1.30；
- 3)钢筋在最大力下的总伸长率不应小于 9%。

检查数量：按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法：检查进场复验报告。

(3)当发现钢筋脆断、焊接性能不良或力学性能明显不正常等现象时，应对该批钢筋进行化学成分检验或其他专项检验。

检验方法：检查化学成分等专项检验报告。

一般项目：钢筋应平直、无损伤，表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状老锈。

检查数量：进场时和使用前全数检查。

检验方法：观察。

2. 外观检查

从每批钢筋中抽取 5% 进行外观检查。钢筋表面不得有裂纹、结疤和折叠。钢筋表面允许有凸块，但不得超过横肋的高度，钢筋表面上其他缺陷的深度和高度不得大于所在部位尺寸的允许偏差。钢筋可按实际重量或公称重量交货。当钢筋按实际重量交货时，应随机抽取 10 根（6 m 长）钢筋称重，如重量偏差大于允许偏差，则应与生产厂家交涉，以免损害用户利益。

3. 堆放要求

运入施工现场的钢筋，必须严格按批分等级、牌号、直径、长度挂牌存放，并注明数量，不得混淆。钢筋应尽量堆入仓库或料棚内。条件不具备时，应选择地势较高、土质坚实平坦的露天场地存放。在仓库或场地周围挖排水沟，以利泄水。堆放时钢筋下面要加垫木，距离地面不宜少于 200 mm，以防钢筋锈蚀和污染。

钢筋成品要分工程名称和构件名称，按号码顺序存放。同一项工程与同一构件的钢筋要存放在一起，按号挂牌排列，牌上注明构件名称、部位及钢筋类型、尺寸、直径、根数等，不能将几项工程的钢筋混放在一起。同时不要使钢筋靠近产生有害气体的车间，以免被污染和腐蚀。

(四) 钢筋的下料计算及加工

1. 纵向钢筋下料的计算原理和方法

(1) 计算原理。钢筋配料就是根据施工图中构件的设计配筋，先计算出每个编号的钢筋应截取的直线总长度及弯折加工后各段尺寸，然后编制钢筋配料单，依据钢筋配料单进行剪切弯折等加工。其中钢筋下料长度的计算是关键。

一般设计图中注明的钢筋尺寸是其外轮廓尺寸（从外皮到外皮量取），称为钢筋的外包尺寸或量度尺寸，如图 1-8 所示，钢筋加工完毕后，也按该尺寸检查验收。钢筋经弯曲后的特点是在弯曲处内皮被压缩，外皮被拉长，而中心长度加工前后不变，此长度值即为在直段钢筋上应截取的长度，也即下料长度。下料长度计算的基本原理是把弯折加工后的中心长度（各直线段中心长度和各弧线段中心长度之和）计算出来，在中间弯折处钢筋的外包尺寸大于中心长度，两者之差称为弯曲调整值；在末端有弯钩时，钢筋的外包尺寸小于中心长度，两者之差称为末端弯钩加长值。则下料长度的基本算式如下：

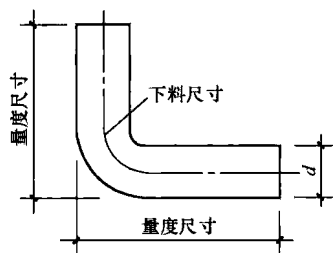


图 1-8 钢筋弯曲时的量度方法

钢筋加工完毕后，也按该尺寸检查验收。钢筋经弯曲后的特点是在弯曲处内皮被压缩，外皮被拉长，而中心长度加工前后不变，此长度值即为在直段钢筋上应截取的长度，也即下料长度。下料长度计算的基本原理是把弯折加工后的中心长度（各直线段中心长度和各弧线段中心长度之和）计算出来，在中间弯折处钢筋的外包尺寸大于中心长度，两者之差称为弯曲调整值；在末端有弯钩时，钢筋的外包尺寸小于中心长度，两者之差称为末端弯钩加长值。则下料长度的基本算式如下：

$$\text{钢筋下料长度} = \text{外包尺寸之和} - \text{弯曲调整值} + \text{末端弯钩加长值} \quad (1-1)$$

对于几种常见的不同形式的钢筋，其下料长度可按下式计算：

$$\text{直钢筋下料长度} = \text{构件长度} - \text{保护层厚度} + \text{弯钩增加长度} \quad (1-2)$$

$$\text{弯起钢筋下料长度} = \text{直段长度} + \text{斜段长度} - \text{弯曲调整值} + \text{弯钩增加长度} \quad (1-3)$$

$$\text{箍筋下料长度} = \text{箍筋周长} + \text{箍筋调整值} \quad (1-4)$$

上述钢筋需要搭接时，还应增加钢筋搭接长度。

(2) 弯曲调整值。根据理论推算并结合实践经验，钢筋弯曲调整值的计算结果详见表 1-6。

(3) 弯钩增加长度。受力钢筋的弯钩和弯折应符合下列规定：

1) HPB235、HPB300 级钢筋末端应做 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；

表 1-6 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。					

2) 当设计要求末端需做 135°弯钩时, 热轧带肋钢筋 HRB335、HRB400、HRB500 及细晶粒热轧带肋钢筋 HRBF335、HRBF400、HRBF500 级钢筋的弯弧内直径不应小于钢筋直径的 4 倍, 弯钩的弯后平直部分长度不应小于钢筋直径的 5 倍;

3) 钢筋做 90°的弯折时, 弯弧内直径不应小于钢筋直径的 4 倍, 弯钩的弯后平直部分长度不应小于钢筋直径的 12 倍。

半圆弯钩、直弯钩及斜弯钩, 如图 1-9 所示。

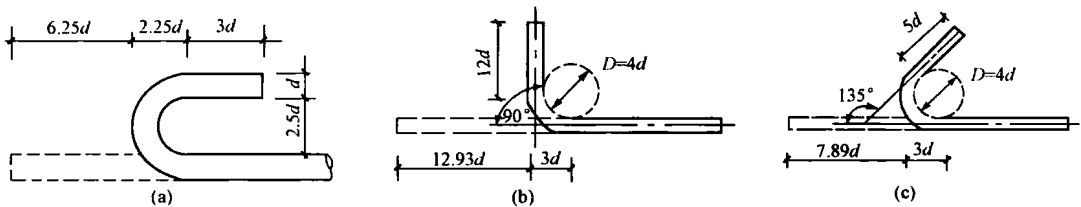


图 1-9 钢筋弯钩计算简图

(a) 半圆弯钩(180°弯钩); (b) 直弯钩(90°弯钩); (c) 斜弯钩(135°弯钩)

光圆钢筋的弯钩增加长度, 按图 1-9 所示的简图计算。对半圆弯钩为 $6.25d$ (弯心直径为 $2.5d$ 、平直部分为 $3d$), 对直弯钩为 $12.93d$ (弯心直径为 $4d$ 、平直部分为 $12d$), 对斜弯钩为 $7.89d$ (弯心直径为 $4d$ 、平直部分为 $5d$)。

在生产实践中, 由于实际弯心直径与理论弯心直径有时不一致, 钢筋粗细和机具条件不同, 会影响平直部分的长短(手工弯钩时平直部分可适当加长, 机械弯钩时可适当缩短), 因此, 在实际配料计算时, 对弯钩增加长度常根据具体条件, 采用经验数据, 见表 1-7。

表 1-7 半圆弯钩增加长度参考表(用机械弯)

钢筋直径/mm	≤ 6	8~10	12~18	20~28	32~36
一个弯钩长度/mm	40	$6d$	$5.5d$	$5d$	$4.5d$

2. 箍筋下料和箍筋调整值

箍筋下料的基本原理同前, 仍可按式(1-1)计算。

除焊接封闭式箍筋外, 箍筋的末端应做弯钩, 弯钩形式应符合设计要求; 当设计无具体要求时, 应符合下列规定:

- (1) 箍筋弯钩的弯弧内直径除应满足前述的规定外, 还应小于受力钢筋的直径;
- (2) 箍筋弯钩弯折角度, 一般结构不应小于 90°, 对有抗震要求的结构应为 135°;
- (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。

由于箍筋形式、弯折数量和角度等几项参数事先已知, 为使下料计算简单方便, 对于箍筋的下料可按式(1-4)计算。

箍筋调整值，即为弯钩增加长度和弯曲调整值两项代数和，根据箍筋量外包尺寸或内皮尺寸确定，见图 1-10 与表 1-8。

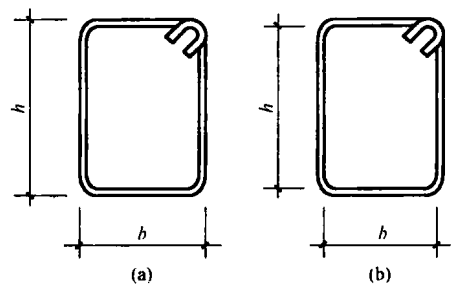


图 1-10 箍筋量度方法
(a)量外包尺寸；(b)量内皮尺寸

表 1-8 箍筋调整值

箍筋量度方法	箍筋直径/mm			
	4~5	6	8	10~12
量外包尺寸	40	50	60	70
量内皮尺寸	80	100	120	150~170

3. 钢筋配料单与料牌

钢筋配料计算完毕后，应填写配料单，详见表 1-9。再将每一编号的钢筋制作一块料牌，作为钢筋加工的依据。钢筋料牌，如图 1-11 所示，对其应严格校核，确保准确无误，以免返工浪费。

表 1-9 钢筋配料单

构件名称与编号	钢筋编号	简 图	直径/mm	钢筋级别	下料长度/m	单位根数	合计根数	重量/kg
合计								

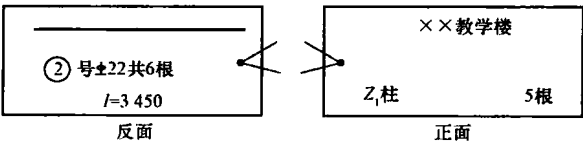


图 1-11 钢筋料牌示例