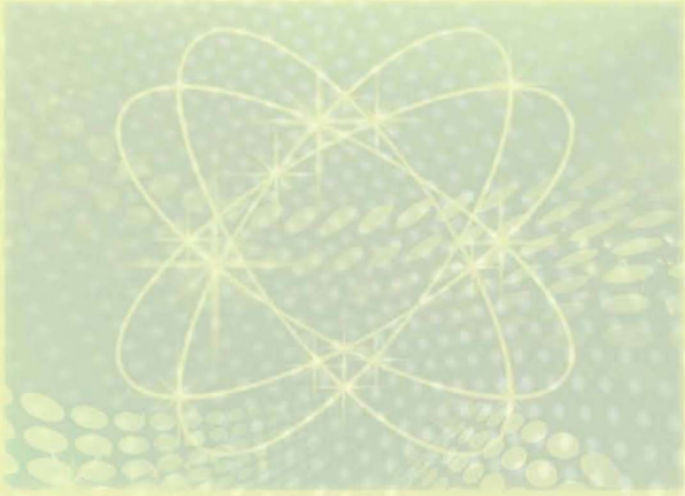
混凝土结构工程施工

（第2版）

主编　徐明霞　刘广文　孙明廷



北京理工大学出版社

高等职业院校课程改革项目优秀教学成果
面向“十三五”高职高专教育精品规划教材

混凝土结构工程施工

（第2版）

主　编　徐明霞　刘广文　孙明廷
副主编　王向阳　宫淑燕　吕明谦
参　编　徐国宝　徐　静　陈炳利
主　审　牟培超

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

内 容 提 要

本书共分三篇。第一篇：钢筋混凝土主体结构施工，学习内容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，本部分重点介绍预应力的原理、先张法、后张法、无粘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大建筑物的施工技术、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。

本书适用于高职高专院校建筑工程技术、工程监理、建筑工程管理等相关专业的教学，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. 2版. 北京：北京理工大学出版社，2016.2(2016.3重印)

ISBN 978-7-5682-1877-1

Ⅰ.①混　Ⅱ.①徐　②刘　③孙　Ⅲ.①混凝土结构－混凝土施工－高等学校－教材　Ⅳ.①TU755

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第022231号

出版发行／北京理工大学出版社有限责任公司

社　　址／北京市海淀区中关村南大街5号

邮　　编／100081

电　　话／(010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线）

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／22

插　　页／　　7

字　　数／591千字

版　　次／2016年2月第2版　2016年3月第2次印刷

定　　价／45.00元

责任编辑／钟　博

文案编辑／钟　博

责任校对／周瑞红

责任印制／边心超

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换

FOREWORD 第2版前言

本书以混凝土结构工程施工过程为主线，以建筑行业职业资格标准为依据,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，同时融合了相关职业资格证书对知识、技能和素质的要求。

本书共分三篇。第一篇：主体结构施工，学习内容依据真实的职业实践活动，划分为由柱、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，实现在“做中学，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，预应力部分重点介绍预应力的原理、先张法、后张法、无粘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，高层建筑施工在钢筋、模板、混凝土方面的施工方法，最后介绍了高层建筑施工的安全。目的是在第一篇共性知识的基础上侧重介绍高大建筑物的施工技术、方法及技术发展趋势。

本书由山东城市建设职业学院的徐明霞、刘广文，中南建筑产业集团有限公司的孙明廷任主编；泰安阿吉斯管线工程有限公司的王向阳、山东城市建设职业学院的宫淑燕、山东天齐置业集团股份有限公司第一建设公司的吕明谦任副主编。参编人员有济南一建副总工程师徐国宝、聊城市技师学院的徐静、山东天齐置业集团股份有限公司第一建设公司的陈炳利。全书由山东城市建设职业学院建筑工程系主任牟培超审核。

在本书的编写过程中，得到了山东城市建设职业学院牟培超教授、苏强博士的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。向本书所参考的参考文献的作者表示感谢。

本书适用于高职高专建筑工程技术专业教学，也可供建筑工程施工一线工作人员参考。

由于编者水平有限，时间较紧，书中肯定存在不少缺点与错误，恳请批评指正。

编　者

CONTENTS 目录

绪论…… 1

一、混凝土结构工程施工的发展概况 1
二、混凝土结构工程施工课程的研究对象和任务 1
三、混凝土结构工程施工课程的特点和学习要求 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
一、钢筋的基本知识 4
二、钢筋的下料计算 10
三、钢筋加工 13
四、钢筋连接 17
五、框架柱钢筋制作与安装 34
任务二 柱模板安装 48
一、模板的基本知识 48
二、模板的选材 49
三、模板的设计 57
四、模板的配制 62
五、模板的安装、拆除、质量验收及安全管理 63
六、柱模板施工 69
任务三 柱混凝土施工 78
一、混凝土基本知识 79
二、现浇结构工程施工 89
三、混凝土柱施工 111

项目二 钢筋混凝土墙施工…… 116

任务一 墙体钢筋制作与安装 116
一、剪力墙平法施工图的制图规则 117
二、墙体钢筋的排布规则 121
三、墙体钢筋的配料 132
四、墙体钢筋的绑扎与安装 132
五、钢筋安装质量检查与验收 133
任务二 墙体模板安装 138
一、墙体模板构造 138
二、墙体模板的选材 139
三、墙体模板设计与配制 147
四、墙体模板的安装、拆除、质量验收及安全管理 147
任务三 墙体混凝土浇筑 153

项目三 钢筋混凝土梁、板施工…… 156

任务一 梁、板模板安装 156

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

CONTENTS

一、梁、板模板的构造 156
二、梁、板模板的选材 157
三、梁、板模板的安装、拆除、质量验收及安全管理 158
任务二 梁、板钢筋制作与安装 171
一、框架梁、板平法施工图制图规则 171
二、梁、板钢筋的排布规则 177
三、梁、板钢筋配料 189
四、梁、板钢筋加工与安装 189
任务三 梁、板混凝土浇筑施工 198
一、混凝土浇筑与振捣施工要点 199
二、现浇混凝土框架结构浇筑 199

项目四 钢筋混凝土楼梯施工…… 203
任务一 钢筋混凝土楼梯模板制作与安装 203
一、楼梯的类型及组成 203
二、楼梯模板的构造 207
三、楼梯模板施工 208
任务二 钢筋混凝土楼梯钢筋制作与安装 209
一、现浇混凝土楼梯结构施工图制图规则 210
二、现浇混凝土板式楼梯钢筋的排布规则 211
三、楼梯钢筋绑扎与安装 218
任务三 钢筋混凝土楼梯混凝土的浇筑 223

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…… 224
任务一 预应力混凝土结构的基本知识 224
一、预应力混凝土的应用 224
二、预应力混凝土的基本原理及分类 225
三、预应力混凝土材料 226
四、夹具、锚具与连接器 227
五、张拉设备 230
任务二 预应力混凝土结构施工 232
一、先张法预应力混凝土结构施工 233
二、后张法预应力混凝土结构施工 236
三、无粘结预应力混凝土结构施工 240
四、预应力混凝土结构质量验收 246
五、安全措施 250

第三篇 高层建筑施工

项目六 高层建筑及其施工特点…… 254
任务一 认识高层建筑 254
任务二 高层建筑的施工特点 255
一、高层建筑的主要特点 256

CONTENTS

二、高层建筑结构的主要特点 256
三、高层建筑设备和电气的主要特点 256
四、高层建筑的施工特点 256
五、高层建筑综合问题 257

项目七　高层建筑垂直运输…… 258

任务一　选择合适的塔式起重机 258
一、垂直运输设施的常见类型 258
二、垂直运输设施的设置要求 263
三、高层施工塔式起重机的选择 265
任务二　选择合适的施工升降机 269
一、施工升降机的分类、性能和架设高度 269
二、施工升降机的安全装置 274
三、施工升降机的使用注意事项 276
任务三　选择混凝土泵 277
一、认识混凝土泵 277
二、混凝土泵的选型 277
三、混凝土泵的设置要求 279

项目八　高层建筑模板工程…… 280

任务一　大模板施工 280
一、大模板施工流水段的划分与设计 280
二、大模板安装与拆除 281
三、大模板施工安全要求 281
任务二　爬升模板施工 282
一、认识爬升模板 282
二、导轨式液压爬升模板 283
任务三　滑升模板施工 286
一、滑模装置的组成 286
二、滑模施工工程的设计 291
三、一般滑模施工 291

项目九　高层建筑钢筋工程…… 298

任务一　高层建筑基础的钢筋施工 298
一、梁板式箱形基础、筏形基础钢筋构造 298
二、筏形基础、箱形基础的钢筋下料 299
三、筏形基础、箱形基础的钢筋施工工艺 299
任务二　柱、墙钢筋施工 300
一、柱钢筋施工 300
二、墙钢筋施工 301
任务三　梁、板钢筋施工 303
一、梁钢筋施工 303
二、板钢筋施工 304
三、楼梯钢筋施工 304
任务四　型钢混凝土中的钢筋施工 305

CONTENTS

项目十　高层建筑混凝土工程…… 307

任务一　基础大体积混凝土施工　307

一、基础大体积混凝土施工的内容及要求　307

二、基础大体积混凝土的原材料、配合比、制备及运输　308

三、基础大体积混凝土的施工　310

任务二　混凝土的泵送　312

一、泵送混凝土原材料和配合比　312

二、泵送混凝土供应　313

三、混凝土泵送管道的选择与布置　314

四、混凝土的泵送　315

任务三　混凝土的浇筑　317

一、泵送混凝土的浇筑　317

二、确保节点核心区的混凝土强度　318

任务四　混凝土的养护　318

一、混凝土养护的要求　318

二、温控施工的现场监测与试验　319

三、泵送混凝土质量控制　319

项目十一　高层建筑安全施工…… 321

一、危险源的辨识与评价　321

二、安全防护措施　321

三、消防管理措施　323

四、环保管理措施　324

附录…… 325

附录一　质量验收表　325

附录二　材料强度　340

附录三　钢筋锚固长度　341

附录四　二跨、三跨等截面连续梁的内力及变形表　342

参考文献…… 344

绪　论

一、混凝土结构工程施工的发展概况

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的结构形式还在不断发展。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”之后至现在。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，以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)发明了硅酸盐水泥。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。

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(如施工管理、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，对整个工程施工的工期、成本、质量都有极大的影响。

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、混凝土结构工程施工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、建筑构造、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相关标准与规范。

(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；熟悉框架柱施工图的制图规则及柱钢筋的排布规则及质量检查要点。

◆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、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

◆能进行框架柱结构施工图的识读，柱钢筋的下料计算，能编写钢筋加工与制作的技术交底，并能进行钢筋的质量检查。若施工中出现质量问题，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. 柱钢筋有哪些构造要求？其是如何加工而成的？

工作任务

某单层厂房(见附图一)，设计合理使用年限为 50 年，安全等级为二级，环境类别为一类，二级抗震。其中框架柱 KZ3，截面尺寸 550 mm×550 mm，混凝土强度等级为 C30，f_t=1.43 MPa。框架柱中纵筋应采用机械连接方式，其他柱采用电渣压力焊，柱中纵筋的焊接连接应避开箍筋加密区。梁、柱钢筋最外层钢筋的混凝土保护层厚度为 35 mm，柱配筋如图 1-1 及表 1-1 所示，KZ3 净高 10.65 m，顶层梁截面尺寸为 300 mm×650 mm，楼板板厚 110 mm。独立基础配直径 16 mm 的双向钢筋网片，混凝土强度等级为 C30，底板保护层厚度为 40 mm。

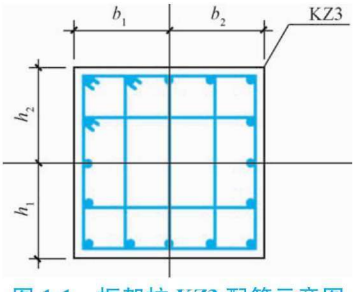


图 1-1　框架柱 KZ3 配筋示意图

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

任务要求：1. 填写钢筋原材料检验批质量验收记录表。

2. 完成施工图纸中 KZ3 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，以及钢筋安装工程检验批质量验收记录表。

表 1-1　柱配筋一览表

柱号	标高	$b\times h$	b_1	b_2	h_1	h_2	主筋总数	角筋	b 边一侧中部钢筋	h 边一侧中部钢筋	箍筋类型	箍筋
KZ1	基础顶～10.000	550×550	275	275	275	275	16Φ25	4Φ25	3Φ25	3Φ25	4×4	Φ10@100
KZ2	基础顶～4.750	550×550	275	275	275	275	20Φ22	4Φ22	4Φ22	4Φ22	4×4	Φ10@100/200
	4.750～10.000	550×550	275	275	275	275	16Φ22	4Φ22	3Φ22	3Φ22	4×4	Φ10@100/200
KZ3	基础顶～10.000	550×550	275	275	275	275	16Φ22	4Φ22	3Φ22	3Φ22	4×4	Φ10@100/200

知识链接

一、钢筋的基本知识

(一)钢筋的分类

1. 按钢筋在构件中的作用划分

按钢筋在构件中的作用分为受力钢筋和构造钢筋。受力钢筋是指在外荷载作用下，通过计算得出的构件所需配置的钢筋，包括受压钢筋、受拉钢筋、弯起钢筋等。构造钢筋是指因构件的构造要求和施工需要而配置的钢筋，包括架立筋、分布筋、箍筋、腰筋及拉筋等。

2. 按钢筋的外形划分

按钢筋的外形分为光圆钢筋、带肋钢筋、钢丝、钢绞线。光圆钢筋是指表面光滑而截面为圆形的钢筋。带肋钢筋是指在钢筋表面轧制一定纹路的钢筋，有人字形、月牙形、螺旋形。肋起增加摩阻力及增加混凝土的握裹力的作用。钢丝是指直径在 5 mm 以下的钢筋。

3. 按钢筋的生产工艺划分

按钢筋的生产工艺分为热轧钢筋和冷加工钢筋。

(1)普通热轧钢筋是经热轧成型并自然冷却的成品钢筋，由低碳钢和普通合金钢在高温状态下压制而成，主要用于钢筋混凝土的钢筋和预应力混凝土结构中的非预应力筋，是建筑工程中使用量最大的钢材品种之一。普通热轧钢筋分为热轧光圆钢筋和热轧带肋钢筋两种，热轧带肋钢筋又分为普通热轧钢筋和细晶粒热轧钢筋。细晶粒热轧钢筋是在热轧过程中，通过控轧和控冷工艺形成的细晶粒钢筋。热轧钢筋应具备一定的强度，即屈服点和抗拉强度，它是结构设计的主要依据。热轧钢筋出厂产品有圆盘钢筋和直条钢筋之分，直径在 12 mm 以下的钢筋，大多数卷成盘条；直径 12 mm 以上的一般是 6～12 m 长的直条。常用钢筋牌号、符号及含义，见表 1-2。

表 1-2　常用钢筋牌号、符号及含义

产品名称	牌号	牌号构成	符号	英文字母含义
热轧光圆钢筋	HPB235	HPB＋屈服强度特征值	Φ	HPB 是热轧光圆钢筋(hot rolled plain bars)的英文缩写
	HPB300			

续表

产品名称	牌号	牌号构成	符号	英文字母含义
普通热轧钢筋	HRB335	HRB＋屈服强度特征值	Φ	HRB是热轧带肋钢筋的英文(hot rolled ribbed bars)缩写
	HRB400		Φ	
	HRB500		Φ	
细晶粒热轧钢筋	HRBF335	HRBF＋屈服强度特征值	Φ^F	HRBF是在热轧带肋钢筋的英文缩写后加“细”的英文(Fine)首位字母
	HRBF400		Φ^F	
	HRBF500		Φ^F	

(2)冷加工钢筋又包括冷轧带肋钢筋、冷轧扭钢筋、冷拔螺旋钢筋、冷拉钢筋等。

1)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两面有肋的钢筋。冷轧带肋钢筋应符合国家标准《冷轧带肋钢筋》(GB 13788)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、CRB650、CRB800、CRB970。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。

2)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(图1-2)。这种钢筋具有较高的强度，而且有足够的塑性，与混凝土粘结性能优异，代替Ⅰ级钢筋可节约钢材约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。

3)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1-3所示。该钢筋具有强度适中、握裹力强、塑性好、成本低等优点。可用于钢筋混凝土构件中的受力钢筋，以节约钢材；用于预应力空心板可提高延性，改善构件使用性能。

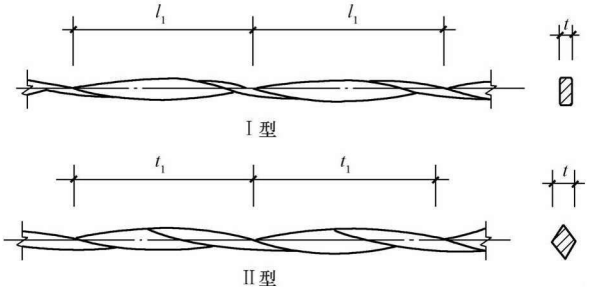


图1-2　冷轧扭钢筋

t_1—轧扁厚度；l_1—节距

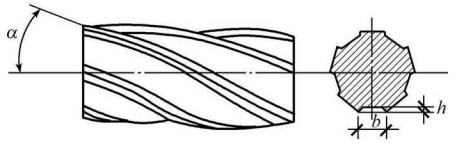


图1-3　冷拔螺旋钢筋

α—螺旋角；b—槽宽；h—槽深

4)冷拉钢筋是在常温条件下，以超过原来钢筋屈服点强度的拉应力，强行拉伸钢筋，使钢筋产生塑性变形以达到提高钢筋屈服点强度和节约钢材为目的，同时使其硬度变大，韧性变差。冷拉钢筋应符合相应规范要求。

(二)钢筋的性能

在建筑工程中，钢筋性能主要包括力学性能、工艺性能、锚固性能。其中，工艺性能中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1-4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 点称为屈服点；屈服点对应的应力值称为屈服强度，在钢筋混凝土结构设计中所用的钢筋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。

钢筋从开始受力至拉断其长度是不断伸长的过程。钢筋从开始受拉至断裂，被拉长的那部分长度与原长度的百分比称为伸长率(延伸率)，一般用“δ”表示，它是一个衡量钢筋塑性的指标，它的数值越大，表示钢筋的塑性越好。

冷轧带肋钢筋无明显屈服现象，其应力-应变图(图 1-5)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。

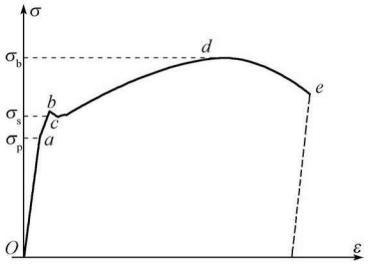


图 1-4　热轧钢筋的应力-应变图

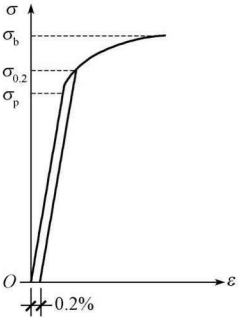


图 1-5　冷轧带肋钢筋的应力-应变图

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。高强度钢筋在高应力下往往引起构件过大的变形和裂缝。

热轧钢筋的力学性能见表 1-3。

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. 钢筋的工艺性能

(1)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。钢筋的冷弯性能是考核钢筋塑性的指标，也是钢筋加工所需要的。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。

(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，是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大，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大，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粘结锚固作用，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。

钢筋在混凝土中的粘结锚固作用有：①胶结力—即接触面上的化学吸附作用，但其影响不大；②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；③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；④机械锚固力—是指弯钩、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。

钢筋与混凝土间要有足够的锚固长度，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设定的。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时，受拉钢筋的锚固应符合下列要求：

(1)普通钢筋的基本锚固长度应按下列公式计算：

$$l_{ab}=\alpha\frac{f_y}{f_t}d$$

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 $3d$，但作为受压钢筋时可不做弯钩。					

(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。

式中其他符号含义同上。

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 1-6 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. 焊缝和螺纹长度应满足承载力要求；
2. 螺栓锚头和焊接锚板的承压净面积不应小于锚固钢筋截面积的 4 倍；
3. 螺栓锚头的规格应符合相关标准的要求；
4. 螺栓锚头和焊接锚板的钢筋净间距不宜小于 $3d$，否则应考虑群锚效应对锚固的不利影响；
5. 截面角部的弯钩和一侧贴焊锚筋的布筋方向宜向内侧偏置。

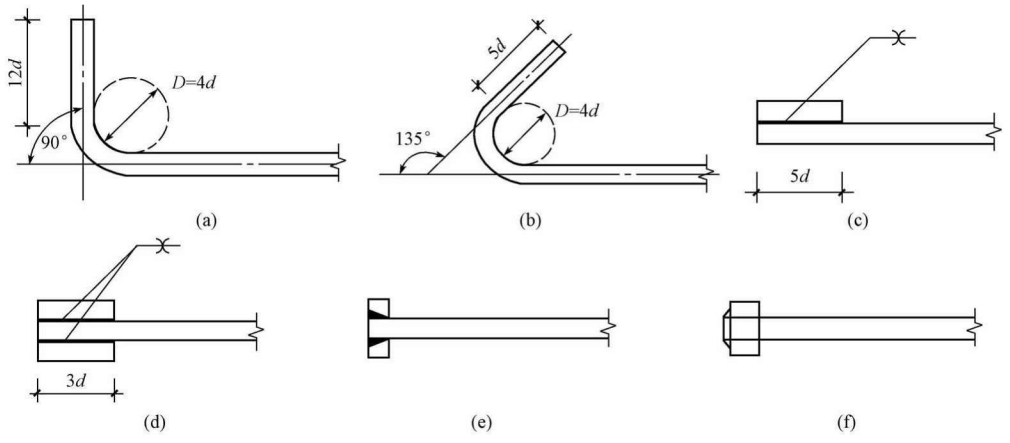


图 1-6　钢筋弯钩和机械锚固的形式和技术要求

(a)90°弯钩；(b)135°弯钩；(c)一侧贴焊锚筋；
(d)两侧贴焊锚筋；(e)穿孔塞焊锚板；(f)螺栓锚头

(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不应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横向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

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)钢筋进场验收存放

《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204)将各分项工程验收项目分为主控项目与一般项目。主控项目：是指关键项目，对质量、安全、节能、环境保护、主要使用功能等起决定作用的检验项目，是硬性的规定，主控项目经抽样检验全部合格。一般项目：是指次关键项目，影响表面质量，观感，等项目，一般项目的质量经抽样检验合格，当采用计数检验时除有专门要求外，一般项目的合格点率应达到 80%及以上，且不得有严重缺陷。

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

主控项目：

(1)钢筋进场时，应按国家现行相关标准的规定抽取试件作屈服强度、抗拉强度、伸长率、弯曲性能和重量偏差检验，检验结果必须符合相关标准的规定。

检查数量：按进场批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法：检查质量证明文件和抽样复验报告。

(2)成型钢筋进场时，应抽取试件作屈服强度、抗拉强度、伸长率和重量偏差检验，检验结果必须符合相关标准的规定。

对由热轧钢筋制成的成型钢筋，当有施工单位或监理单位的代表驻厂监督生产过程，并提供原材料钢筋力学性能第三方检验报告时，可仅进行重量偏差检验。

检查数量：同一厂家、同一类型，同一钢筋来源的成型钢筋，不超过 30 t 为一批，每批中每种钢筋牌号、规格均应至少抽查 1 个钢筋试件，总数不应少于 3 个。

检验方法：检查质量证明文件和抽样检验报告。

(3)对按一、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屈服强度标准值的比值不应大于 1.30；

3)钢筋的最大力下总伸长率不应小于 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：检查抽样检验报告。

一般项目：

(1)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：全数检查。

检验方法：观察。

(2)成型钢筋的外观质量和尺寸偏差应符合国家现行相关标准规定。

检查数量：同一厂家、同一类型的成型钢筋，不超过 30 t 为一批，每批随机抽取 3 个成型

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com