

混凝土结构工程施工 (下)

主 编 陈 翔



北京理工大学出版社

国家骨干高职院校项目建设成果
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 (下)

主 编	陈 翔			
副主编	李清奇	张小军	阳小群	彭仁娥
参 编	谢 旦	舒 莉	曾梦炜	廖秀华
	汤敏捷	张 可	刘 方	严朝成
	胡细华	石远松		
主 审	颜彩飞	贺子龙		

内容提要

本书是国家骨干院校建设项目,是与建筑施工企业合作开发的工学结合系列教材之一。全书根据混凝土结构施工最新国家标准规范及规程进行编写,分为上、下册共五个学习情境。其中上册包括:学习情境1(混凝土结构施工图的识读)、学习情境2(混凝土结构模板分项工程);下册包含:学习情境3(混凝土结构钢筋分项工程)、学习情境4(混凝土结构混凝土分项工程)、学习情境5(混凝土结构预应力分项工程)。

本书主要作为高等职业院校建筑工程技术、工程监理、建筑工程管理及工程造价专业的教学用书,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.下/陈翔主编.—北京:北京理工大学出版社,2016.1(2016.2重印)

ISBN 978-7-5682-1101-7

I. ①混… II. ①陈… 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(2015)第195697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/15

字 数/398千字

版 次/2016年1月第1版 2016年2月第2次印刷

定 价/38.00元

责任编辑/钟 博

文案编辑/钟 博

责任校对/周端红

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

国家骨干高职院校项目建设成果 面向“十三五”高职高专教育精品规划教材 丛书编审委员会

顾问 李文莲

主任 雷立成

副主任 龙伟 郭广军

委员

游新娥 刘跃华 陈育新 胡治民 刘梅秋

夏高彦 刘罗仁 贺子龙 谭康银 熊权湘

李宇才 刘媛 罗正斌 王税睿 谢完成

李清奇 禹华芳 刘小明

特邀委员

王细文 姚鸿飞 彭英林 张玉希 石远松

总序言



国家示范（骨干）高等职业院校建设是教育部、财政部为创新高等职业院校校企合作办学体制机制、提高人才培养质量、深化教育教学改革、优化专业体系结构、加强师资队伍建设和完善质量保障体系，增强高等职业院校服务区域经济社会发展能力而启动的国家示范性高等职业院校建设计划项目。2010年11月23日，教育部、财政部印发《关于确定“国家示范性高等职业院校建设计划”骨干高职院校立项建设单位的通知》（教高函〔2010〕27号），娄底职业技术学院被确定为“国家示范性高等职业院校建设计划”骨干高职院校立项建设单位，2012年12月，娄底职业技术学院“国家示范性高等职业院校建设计划”骨干高职院校项目《建设方案》和《建设任务书》经教育部、财政部同意批复，正式启动项目建设工作。

按照项目《建设方案》和《建设任务书》的建设目标任务要求，为创新“产教融合、校企合作、工学结合”的高素质应用型技术技能人才培养模式，推进校企合作的高等职业教育精品课程建设、精品教材开发、精品专业教学资源库建设等内涵式特色项目发展，启动了重点支持机电一体化技术、煤矿开采技术、畜牧兽医、建筑工程技术和应用电子技术专业（群）的国家骨干校项目规划教材开发建设。

三年来，为了把这批教材打造成精品，我们于2013年通过立项论证方式，明确了教材三级目录、建设内容、建设进度，通过每个季度进行的过程检查和严格的“三审”制度，确保教材建设的质量关；各精品教材负责人依托合作企业在充分调研的基础上，遵循项目载体、任务驱动的原则，于2014年完成初稿的撰写，并先后经过5轮修改，于2015年通过项目规划教材编审委员会审核，完成教材开发出版等建设任务。

此次公开出版的精品教材秉承“以学习者为中心”和“行动导向”的理念，对接地方产业岗位要求，结合专业实际和课程改革成果，开发了以学习情境、项目为主体的工学结合教材，在内容选取、结构安排、实施设计、资源建设等方面形成了自己的特色。一是教材内容的选取凸显了职业性和前沿性特色。根据与职业岗位对接、中高职衔接的要求和学生认知规律，来遴选和序化教材内容，做到理论知识够用，职业能力适应岗位要求和个人发展要求；同时融入了行业前沿最新知识和技术，适时反映出专业领域出现的新变化和新特点。二是教材结构安排凸显了情境性和项目化特色。教材体例结构打破传统的学科体系，以工作任务为线索进行项目化改造，各个学习情境或项目细分成若干个任务，各个任务采用任务要求、知识链接、技能训练、巩固提高的顺序来安排教学内容，充分体现以项目为载体、以任务为驱动的高职教育特征。三是教材实施的设计凸显了实践性和过程性特色。教材实施建议充分体现理论融于实践，动脑融于动手，做人融于做事；教学方法融“教、学、做”于一体、实施以真实工作任务或企业产品为载体的教学方法，真正突出了以学生自主学习为中心、以问题为导向的理念；考核评价着重放在考核学生的能力与素质上，同时关注学生自主学习、参与性学习和实践学习的状况。四是教材资源的建设凸显了完备性和交互性特色。在教材开发的同时，各门课程建成了涵盖课程标准、教学项目、电子教案、教学课件、图片库、案例库、动画库、课题库、教学视频等在内的丰富完备的数字化教学资源，并全部上网；学习者可通过课堂学习与网上交互式学习相结合，达到事半功倍的效果，从而将教材内容和教学资源有机整合，大大丰富了教材的内涵。

丛书编审委员会



前言

本书是国家骨干院校建设项目。全书依据混凝土结构施工最新国家标准规范及规程编写而成，是与建筑施工企业合作开发的工学结合系列教材之一。

《混凝土结构工程施工》是高职建筑工程技术专业的主干专业课程。本书以混凝土结构主体工程的施工过程为导向，以混凝土结构工程施工的职业素质和职业能力的培养为主线，以框架结构、剪力墙结构分部分项工程施工为载体，以分部、分项工程作为情境，以实际施工工作任务作为教学设计基础，以建筑工程技术管理人员的岗位职业要求作为课程构建标准，以行动导向进行教学设计、组织、实施与评价，形成“围绕施工项目，着重能力培养，解决实际问题，服务社会、服务地方经济”的教、学、做合一的教材模式。本教材理论部分的内容以必须、够用为度，以讲清概念、强化应用，着重能力培养；实践部分的内容以混凝土结构工程施工最新国家和行业标准规范为依据，具有较强的适用性、针对性和可操作性。

本书分为上、下两个分册共五个学习情境。其中上册包括：学习情境1（混凝土结构施工图的识读）、学习情境2（混凝土结构模板分项工程）；下册包括：学习情境3（混凝土结构钢筋分项工程）、学习情境4（混凝土结构混凝土分项工程）、学习情境5（混凝土结构预应力分项工程）。

本书编写时，结合建筑施工企业对从事混凝土主体结构工程施工的技术人员的岗位职责、专业技术能力和知识的综合要求，简化了混凝土结构工程施工的相关知识要点，并优化了学习任务，收集整理了标准、规范、规程及国标图集中较新的知识要点，融进了相关执业资格的技能要求。

本教材由娄底职业技术学院陈翔担任主编；娄底职业技术学院李清秀、张小军、阳小群、彭仁娥担任副主编；娄底职业技术学院、谢旦、舒莉、曾梦炜、廖秀华、汤敏捷、张可、刘方、严朝成、胡细华及娄底建设工程有限公司石远松参与了本书部分章节的编写工作。全书由贺子龙、颜彩飞主审。

本书编写过程中参考了相关教材和资料，部分高职高专院校的老师提出了很多宝贵的意见供我们参考，在此表示衷心的感谢！尽管编者已做了很大努力，但限于编者的学识及专业水平和实践经验，书中难免有疏漏和不妥之处，敬请专家同行和广大读者批评指正。

学习情境3 混凝土结构钢筋 分项工程施工

任务1 钢筋原材料质量检验 2

3.1.1 相关规范对钢筋材料的要求 ... 3

3.1.2 热轧钢筋检验 3

3.1.3 钢筋原材料质量验收标准 9

校内实训..... 9

任务2 钢筋配料与代换 11

3.2.1 钢筋下料长度计算 11

3.2.2 配料计算注意事项 28

3.2.3 配料单与配料牌 28

3.2.4 钢筋代换 29

校内实训..... 31

任务3 钢筋加工与验收 34

3.3.1 钢筋除锈 35

3.3.2 钢筋调直 36

3.3.3 钢筋切断 37

3.3.4 钢筋弯曲成型 37

3.3.5 钢筋加工质量验收标准 41

3.3.6 钢筋加工安全文明施工措施 ... 43

校内实训..... 43

任务4 钢筋连接与验收 45

3.4.1 绑扎搭接连接 46

3.4.2 焊接连接 48

3.4.3 机械连接 73

3.4.4 钢筋连接质量验收标准 82

校内实训..... 84

任务5 钢筋安装 86

3.5.1 钢筋现场绑扎 86

3.5.2 钢筋安装质量验收标准 92

3.5.3 钢筋安装安全文明施工措施 ... 92

校内实训..... 93

学习小结..... 93

能力训练..... 93

【学习情境3附录】 96

学习情境4 混凝土工程施工

任务1 混凝土原材料质量检验 100

4.1.1 水泥 101

4.1.2 石 103

4.1.3 砂 104

4.1.4 掺合料 106

4.1.5 外加剂 107

4.1.6 拌合用水 108

4.1.7 混凝土原材料质量验收

标准 108

校内实训..... 109

任务2 混凝土配合比设计	111
4.2.1 混凝土配合比设计原则	111
4.2.2 普通混凝土配合比设计	111
4.2.3 普通混凝土配合比设计案例	116
校内实训	117
任务3 混凝土施工	118
4.3.1 混凝土搅拌	118
4.3.2 混凝土运输	121
4.3.3 混凝土输送	122
4.3.4 混凝土浇筑	126
4.3.5 混凝土振捣	132
4.3.6 混凝土养护	134
4.3.7 混凝土施工缝及后浇带	135
4.3.8 大体积混凝土施工	140
4.3.9 现浇混凝土结构质量检查	144
4.3.10 现浇混凝土缺陷修整	146
4.3.11 验收标准	149
4.3.12 混凝土施工成品保护措施	151
校内实训	152
任务4 混凝土季节性施工	155
4.4.1 混凝土夏期施工	155
4.4.2 混凝土雨期施工	156
4.4.3 混凝土冬期施工	157
校内实训	161
学习小结	162
能力训练	162
【学习情境4附录】	165

学习情境5 预应力混凝土 工程施工

任务1 预应力混凝土原材料检验	174
5.1.1 预应力混凝土概述	174
5.1.2 预应力施工一般规定	176
5.1.3 预应力筋的品种与规格	176
5.1.4 预应力筋的质量检验	179
5.1.5 预应力筋的存放	180
5.1.6 预应力筋的质量验收标准	181
校内实训	182
任务2 预应力混凝土先张法施工	186
5.2.1 台座、夹具及张拉设备	187
5.2.2 先张法施工工艺	191
5.2.3 先张法预应力施工质量检验 标准	194
校内实训	195
任务3 预应力混凝土后张法施工	197
5.3.1 锚具及张拉设备	197
5.3.2 后张法（有粘结）施工工艺	204
5.3.3 后张法预应力筋质量检验 标准	211
校内实训	212
学习小结	213
能力训练	213
【学习情境5附录】	216
参考文献	229

03

学习情境3

混凝土结构钢筋分项工程施工

一、情境描述

本情境的核心任务就是介绍钢筋质量检验；钢筋下料长度的计算及配料；钢筋加工；钢筋连接；钢筋安装。通过训练，学生应具备钢筋工程施工的专项组织与施工管理能力，能进行钢筋施工方案的编写。

二、培养目标

- (1) 能进行钢筋的交货检验。
- (2) 能依据规范和设计正确计算钢筋下料长度。
- (3) 能依据规范和设计正确地进行钢筋连接、钢筋加工及绑扎安装施工。
- (4) 熟悉《钢筋焊接及验收规程》（JGJ 18—2012），能进行钢筋焊接连接施工。
- (5) 熟悉《钢筋机械连接技术规程》（JGJ 107—2010），能进行钢筋机械连接施工。
- (6) 能进行钢筋施工方案的编写。

三、任务

- 任务1：钢筋原材料质量检验；
任务2：钢筋下料长度计算及配料；
任务3：钢筋加工；
任务4：钢筋连接；
任务5：钢筋安装。

四、配套资料

- (1) 每人一套11G101—1、12G901—1、11G101—2、12G901—2、12SG121—1图集；
- (2) 《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2010）电子稿；
- (3) 《混凝土结构工程施工规范》（GB 50666—2011）电子稿；
- (4) 《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB 50204—2015）电子稿；
- (5) 《钢筋焊接及验收规程》（JGJ 18—2012）电子稿；
- (6) 《钢筋机械连接技术规程》（JGJ 107—2010）电子稿。

五、教学时间

时间安排42学时（理实一体化）。



任务 1

钢筋原材料质量检验



任务目标 >>>

1. 熟悉钢筋原材料质量检验的内容和方法；
2. 能进行钢筋原材料质量检验。

知识链接 >>>

混凝土结构钢筋工程施工是包括钢筋原材料质量检验、钢筋配料、钢筋加工、钢筋连接、钢筋安装等一系列技术工作和完成实体的总称。

混凝土结构工程用的普通钢筋包括热轧钢筋和冷加工钢筋两大类。

热轧钢筋包括热轧光圆钢筋、热轧带肋钢筋(图 3-1-1)、余热处理钢筋及钢筋焊接网。

冷加工钢筋包括冷轧带肋钢筋、冷轧扭钢筋及冷拔低碳钢丝。

本任务主要是学习热轧光圆钢筋和热轧带肋钢筋原材料质量检验。



图 3-1-1 热轧光圆钢筋和热轧带肋钢筋

3.1.1 相关规范对钢筋材料的要求

1. 结构规范对钢筋材料的要求

混凝土结构的钢筋应按《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)的规定选用。

(1) 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。

(2) 梁、柱纵向受力普通钢筋宜采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 钢筋。

(3) 箍筋宜采用 HRB400、HRBF400、HPB300、HRB500、HRBF500 钢筋,也可采用 HRB335、HRBF335 钢筋。

结构规范条文说明中推广 HRB400、HRB500 级高强热轧带肋钢筋作为纵向受力的主导钢筋;用 300 级光圆钢筋取代 235 级光圆钢筋。

2. 施工规范对钢筋材料的要求

《混凝土结构工程施工规范》(GB 50666—2011)规定:对抗震设防要求的结构,其纵向受力钢筋的性能应满足设计要求;当设计无具体要求时,对按一、二、三级抗震等级设计的框架和斜撑构件(含梯段)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%。

这些牌号后面加“E”的钢筋除应满足上述要求外,其他要求与相对于的已有牌号钢筋相同。

3.1.2 热轧钢筋检验

钢筋检验分为特征值检验及交货检验。

1. 特征值检验

特征值检验适用于下列情况:

(1) 供方对产品质量控制的检验。

(2) 需方提出要求,经供需双方协议一致的检验。

(3) 第三方产品认证及仲裁检验。

特征值检验规则应符合国家标准:热轧光圆钢筋应按《钢筋混凝土用钢 第 1 部分:热轧光圆钢筋》(GB 1499.1—2008)的规定进行;热轧带肋钢筋应按《钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋》(GB 1499.2—2007)的规定进行。

2. 交货检验

交货检验适用于钢筋验收批的检验。

(1) 组批规则。钢筋应按批进行检查和验收,每批由同一厂家、同一牌号、同一炉罐号、同一规格的钢筋组成。每批质量通常不大于 60 t。超过 60 t 的部分,每增加 40 t(或不足 40 t 的余数)增加一个拉伸试验试样和一个弯曲试验试样。

允许由同一牌号、同一冶炼方法、同一浇筑方法的不同炉罐号组成混合批。各炉罐号含碳量之差不大于 0.02%,含锰量之差不大于 0.15%。混合批的质量不大于 60 t。

(2) 检验项目和取样数量。检验项目和取样数量应符合表 3-1-1 的规定。

表 3-1-1 热轧钢筋检验项目和取样数量

序号	检验项目	取样数量	取样方法	试验方法
1	化学成分(熔炼分析)	1	GB/T 20066	GB/T 223、GB/T 4336
2	拉伸	2	任选两根钢筋切取	GB/T 228.1、GB 1499
3	弯曲	2	任选两根钢筋切取	GB/T 232.1、GB 1499
4	反向弯曲	1		YB/T 5126、GB 1499
5	疲劳试验	供需双方协议		
6	尺寸	逐支		GB 1499
7	表面	逐支		目视
8	质量偏差	GB 1499		GB 1499
9	晶粒度	2	任选两根钢筋切取	GB/T 6394
注：1. 对化学分析和拉伸试验结构有争议时，仲裁试验分别按《钢铁合金化学分析方法》(GB/T 223)、《拉伸试验 第1部分：室温试验方法》(GB/T 228.1)进行； 2. 第4、5、9项检验项目仅适用于热轧带肋钢筋。				

(3)检验内容。钢筋应无有害表面缺陷。只要经过钢丝刷刷过的试样的质量、尺寸、横截面面积和拉伸性能不低于相关要求，锈皮、表面不平整或氧化铁皮不作为拒收的理由。当带有以上规定的缺陷以外的表面缺陷的试样不符合拉伸性能或弯曲性能要求时，则认为这些缺陷是有害的。

1)钢筋实物的品质、规格、外观、数量等的检查。

①相应钢筋实物的品种、规格、外观、数量等的检查核对，资料与实物对照检查，两者要相符。

②具体检验方法：用游标卡尺逐捆(盘)检查钢筋直径，测量应精确到 0.1 mm。检查结果应符合表 3-1-2～表 3-1-5 的规定。

③带肋钢筋纵肋、横肋高度的测量采用测量同一截面两侧横肋中心高度平均值的方法，即测取钢筋最大外径，减去该处内径，所得数值的一半为该处肋高，应精确到 0.1 mm。

④带肋钢筋横肋间距的测量采用测量平均肋距的方法进行。即测取钢筋一面上第 1 个与第 11 个横肋的中心距离，该数值除以 10 即为横肋间距，应精确到 0.1 mm。

⑤抽取数量：每批抽取 5% 进行外观检查。用目视方法检查钢筋外形应平直、无损伤，表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状锈蚀(不平直的弯曲钢筋会影响加工和安装；表面有裂纹钢筋容易脆断；钢筋损伤、裂纹影响其力学性能；油污和表面锈蚀影响与混凝土的握裹性能，导致锚固力下降，严重锈蚀还可能影响钢筋强度)。

表 3-1-2 热轧光圆钢筋的牌号及化学成分

牌 号	化学成分(质量分数)/% 不大于				
	C	Si	Mn	P	S
HPB235	0.22	0.30	0.65	0.045	0.050
HPB300	0.25	0.55	1.50		
注：HPB—热轧光圆钢筋的英文(Hot rolled Plain Bars)缩写。					

表 3-1-3 光圆钢筋的直径、理论质量、允许偏差

公称直径 /mm	理论质量 /(kg·m ⁻¹)	直径允许偏差 /mm	不圆度允许偏差 /mm	实际质量与理论质量 的允许偏差/%
6(6.5)	0.222(0.260)	±0.3	≤0.4	±7
8	0.395			
10	0.617			
12	0.888			
14	1.21	±0.4	≤0.4	±5
16	1.58			
18	2.00			
20	2.47			
22	2.98			
注：理论质量按密度为 7.85 g/cm ³ 计算。公称直径 6.5 mm 的产品为过渡性产品。				

表 3-1-4 热轧带肋钢筋牌号及化学成分

牌号	化学成分(质量分数)/% 不大于					
	C	Si	Mn	P	S	C _{eq}
HRB335	0.25	0.80	1.65	0.045	0.045	0.52
HRBF335						0.54
HRB400						
HRBF400						
HRB500	0.55					
HRBF500						

注：C_{eq}——碳当量。

HRB——热轧带肋钢筋的英文(Hot rolled Ribbed Bars)缩写。

HRBF——细晶粒热轧带肋钢筋，在热轧带肋钢筋的英文缩写后加“细”的英文(Fine)首位字母。

表 3-1-5 热轧带肋钢筋的直径、尺寸、理论质量及允许偏差

公称 直径 /mm	内径/mm		横肋高/mm		纵肋高 h ₁ (≤)	横肋高 b/mm	纵肋高 a/mm	间距 l/mm		理论 质量 /(kg·m ⁻¹)	实际质量与理论质量 的允许偏差/%
	公称 尺寸	允许 偏差	公称 尺寸	允许 偏差				公称 尺寸	允许 偏差		
6	5.8	±0.3	0.6	±0.3	0.8	0.4	1.0	4.0	±0.5	0.222	±7
8	7.7	±0.4	0.8	+0.4 -0.3	1.1	0.5	1.5	5.5		0.395	
10	9.6		1.0	±0.4	1.3	0.6	1.5	7.0		0.617	
12	11.5		1.2	+0.4 -0.5	1.6	0.7	1.5	8.0		0.888	
14	13.4	±0.6	1.4		1.8	0.8	1.8	9.0	±0.8	1.21	±5
16	15.4		1.5	±0.5	1.9	0.9	1.8	10.0		1.58	
18	17.3		1.6		2.0	1.0	2.0	10.0		2.00	
20	19.3		1.7	±0.6	2.1	1.2	2.0	10.0		2.47	±4
22	21.3	±0.7	1.7		2.4	1.3	2.5	10.5	±1.0	2.98	
25	24.2		2.1		2.6	1.5	2.5	12.5		3.85	
28	27.2		2.2		2.7	1.7	3.0	12.5		4.83	
32	32.0	±0.8	2.4	+0.8 -0.7	3.0	1.9	3.0	14.0		6.31	±4
36	35.0		2.6	+1.0 -0.8	3.2	2.1	3.5	15.0		7.99	
40	38.7		2.9	±1.1	3.5	2.2	3.5	15.0		9.87	
50	48.5	±0.8	3.2	±1.2	3.8	2.5	4.0	16.0		15.42	
注：尺寸 a、b 为参考数据，理论密度按密度为 7.85 g/cm ³ 计算。											

2) 钢筋质量合格文件的检查验收, 主要是检查产品合格证和出厂检验报告。

对其质量证明文件的检查验收, 检查产品合格证和出厂检验报告(质量证明文件); 其次是“责任书”, “责任书”是最重要的工程技术资料之一, 应纳入施工档案进行管理。

查对标牌, 对照产品合格证(质量证明书或质量证明书抄件), 逐捆(盘)查对标牌是否一致。

3) 质量偏差的测量。

① 测量钢筋质量偏差时, 试样应从不同根钢筋上截取, 数量不少于 5 支, 每支试样长度不小于 500 mm。长度应逐支测量, 应精确到 1 mm, 符合表 3-1-3、表 3-1-5 的规定。测量试样如果质量偏差大于允许偏差, 则应与供货商交涉, 以免损害用户利益。

② 钢筋实际质量与理论质量的偏差(%)按式(3-1-1)计算:

$$\text{重要偏差} = \frac{\text{试样实际总质量} - (\text{试样总长度} \times \text{理论质量})}{\text{试样总长度} \times \text{理论质量}} \times 100\% \quad (3-1-1)$$

【例 3.1】某 HPB300 钢筋, 直径为 10 mm, 实际质量 1.50 kg, 长度 0.5 m, 5 支, 求质量偏差。

【解】

$$\begin{aligned} \text{质量偏差} &= \frac{\text{试样实际总质量} - (\text{试样总长度} \times \text{理论质量})}{\text{试样总长度} \times \text{理论质量}} \times 100\% \\ &= \frac{1.5 - (5 \times 0.5 \times 0.617)}{5 \times 0.5 \times 0.617} \times 100\% \\ &= -2.76\% \\ &\text{大于 } -7\% \text{ 满足要求。} \end{aligned}$$

4) 力学性能试验。

① 试件。从每批钢筋中任选两根钢筋, 每根取两个试件分别进行拉伸试验(屈服强度、抗拉强度和伸长率)和弯曲试验。

拉伸、冷弯、反弯试件不允许进行车削加工。计算钢筋强度时, 采用公称横截面面积。反弯试验时, 经正向弯曲后的试件应在 100 °C 温度下保温不少于 30 min, 经自然冷却后再反向弯曲。当供方能保证钢筋经人工时效后的反向弯曲性能时, 正向弯曲后的试件也可在室温下直接进行反向弯曲。

② 试验方法。

a. 拉伸试验。

取样: 所用试样的长度可取标距长度 l_0 (图 3-1-2) 约加上 200 mm, 但试样长度与试验机上下夹具、夹头长度有关, 可灵活掌握。

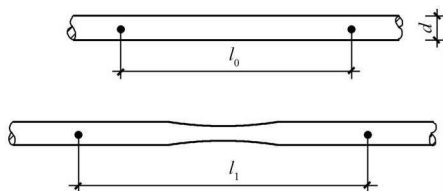


图 3-1-2 拉伸试验

如果受试验机性能限制, 无法拉伸直径太大的钢筋, 则直径为 22~40 mm 的钢筋可进行机械加工制成直径为 10 mm 的标准试件, 如图 3-1-3 中 l_0 、 l (试件平行长度) 和 L (试件总长), 各值按表 3-1-6 取用。

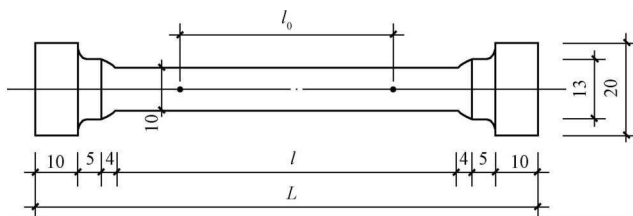


图 3-1-3 标准试件

表 3-1-6 标准试件的长度

mm

试件种类	l_0	l	L
短比例试件	50(5d)	60	98
长比例试件	100(10d)	110	148

屈服强度：按式(3-1-2)计算屈服强度，热轧光圆钢筋计算结果符合表 3-1-7 的规定，热轧带肋钢筋计算结果符合表 3-1-8 的规定。

$$R_{eL} = \frac{F_s}{A_s} \quad (3-1-2)$$

式中 R_{eL} ——屈服点(N/mm²)；

F_s ——屈服点负荷(N)；

A_s ——试件的横截面面积(mm²)。

抗拉强度：按式(3-1-3)计算抗拉强度，热轧光圆钢筋计算结果应符合表 3-1-7 的规定，热轧带肋钢筋计算结果应符合表 3-1-8 的规定。

$$R_m = \frac{F_b}{A_s} \quad (3-1-3)$$

式中 R_m ——抗拉强度(N/mm²)；

F_b ——抗拉强度对应的负荷(N)；

A_s ——试件的横截面面积(mm²)。

伸长率：按式(3-1-4)计算伸长率，热轧光圆钢筋计算结果应符合表 3-1-7 的规定，热轧带肋钢筋计算结果应符合表 3-1-8 的规定。

$$A = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (3-1-4)$$

b. 弯曲试验。

冷弯：所取试件长度约为 $5d + 150$ (mm)，其中 d 为钢筋直径。将钢筋试件放在试验机的试验台上，用规定直径的弯心冲头加压至所要求的弯曲角度，如图 3-1-4(a)(弯曲角度 90°)和图 3-1-4(b)(弯曲角度 180°)所示，弯心直径见表 3-1-9。

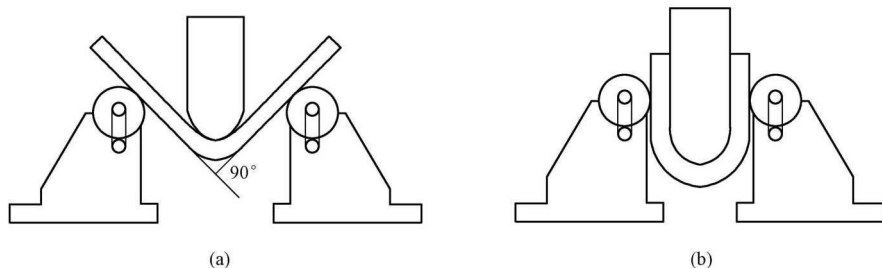


图 3-1-4 标准试件

(a)冷弯角度 90°；(b)冷弯角度 180°

反向弯曲：根据需方要求，钢筋可进行反向弯曲性能试验。反向弯曲试验的弯心直径比弯扭试验相应增加一个钢筋公称直径。先正向弯曲 90° 后再反向弯曲 20° ，两个弯曲角度均应在去载之前测量。经反向弯曲试验后，钢筋受弯曲部位表面不得产生裂纹，如图 3-1-5、图 3-1-6 所示。

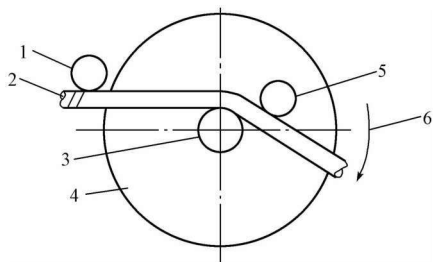


图 3-1-5 正向弯曲

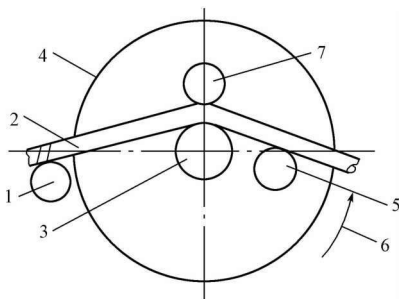


图 3-1-6 反向弯曲

③试验结果。

如有一项试验结果不符合表 3-1-7、表 3-1-8 的要求，则从同一批中另取双倍数量的试件重作各项试验。如仍有一个试件不合格，则该批钢筋为不合格品。

力学性能复检的规定：力学性能复检需见证取样。根据国务院《见证工程质量管理条例》规定以及住房和城乡建设部文件要求，钢筋进场抽样复验，应至少有 30% 的比例进行见证取样和送检。

见证取样：即在监理或建设单位人员的现场见证下，由施工单位的试验人员现场取样，送至具备资质的检测单位进行检测。具体规定可查阅原建设部“建字(2000)211 号”文件。

表 3-1-7 热轧光圆钢筋的力学性能

牌号	屈服强度 R_{eL} /MPa	抗拉强度 R_m /MPa	断后伸长率 A /%	最大力总伸长率 A_{gt} /%	冷弯试验 180° d —弯心直径 a —钢筋公称直径
	不小于				
HPB235	235	370	25.0	10.0	$d=a$
HPB300	300	420			

注：1. 根据供需双方协议，伸长率类型可从 A 或 A_{gt} 中选定。如伸长率类型未经协议确定，则伸长率采用 A ，仲裁检验时采用 A_{gt} 。

2. 力学性能特征值，作为交货检验的最小保证值。弯曲性能按规定的弯心直径弯曲 180° 后，钢筋受弯曲部位表面不得产生裂纹。

表 3-1-8 热轧带肋钢筋的力学性能

牌号	屈服强度 R_{eL} /MPa	抗拉强度 R_m /MPa	断后伸长率 A /%	最大力总伸长率 A_{gt} /%
	不小于			
HRB335 HRBF335	335	455	17	7.5
HRB400 HRBF400	400	540	16	
HRB500 HRBF500	500	630	15	

3.1.3 钢筋原材料质量验收标准

钢筋原材料质量验收标准按照《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2015)的规定执行。

1. 主控项目

(1) 钢筋进场时, 应按现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第2部分: 热轧带肋钢筋》(GB 1499.2—2007)等的规定抽取试件作力学性能检验, 其检验结果必须符合相应标准的规定。

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检验报告。

表 3-1-9 热轧带肋钢筋的弯曲性能

牌号	公称直径 d /mm	弯心直径
HRB335 HRBF335	6~25	$3d$
	28~40	$4d$
	$>40\sim50$	$5d$
HRB400 HRBF400	6~25	$4d$
	28~40	$5d$
	$>40\sim50$	$6d$
HRB500 HRBF500	6~25	$6d$
	28~40	$7d$
	$>40\sim50$	$8d$

(2) 对有抗震设防要求的框架结构, 其纵向受力钢筋的强度应满足设计要求; 当设计无具体要求时, 对一、二、三级抗震等级, 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。

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抽样检验方案确定。

检验方法: 检查抽样检验报告。

2. 一般项目

钢筋应平直、无损伤, 表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状老锈。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 观察。

校内实训

任务 1: 钢筋进场检验(根据给定的图纸, 确定钢筋进场检验内容)

(1) 钢筋实物的品种、规格、外观、数量等的检查核对。

(2) 钢筋质量合格文件的检查验收, 主要是检查产品合格证和出厂检验报告。

(3) 钢筋质量偏差检验。

(4) 对于钢筋力学性能的复检, 包括屈服强度、极限抗拉强度实测值(抗震用钢筋