

入门之路丛书

建筑工程 钢结构 实例教程

陈晓霞 主编

JIANZHU GONGCHENG GANGJIEGOU
SHI LI JIAO CHENG

入门之路在手中
实践之路在脚下

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



建筑工程入门之路丛书

建筑工程钢结构 实例教程

陈晓霞 主编

机械工业出版社

本书根据最新的钢结构有关标准规范编写而成。全书以钢结构施工各阶段工程实例为主线,采用图、表、文字三者结合的形式,较为完整系统地介绍了钢结构施工的相关知识及全过程。

本书共分为9章。主要包括:建筑钢结构常用材料、钢结构焊接连接工程、钢结构紧固件连接工程、钢结构施工图、钢结构加工工程、钢结构组装与拼装工程、钢结构安装工程、钢结构涂装工程和钢结构工程施工质量验收。本书可供相关专业技术人员及管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程钢结构实例教程/陈晓霞主编. —北京:
机械工业出版社, 2012. 6
(建筑工程入门之路丛书)
ISBN 978 - 7 - 111 - 38752 - 7

I. ①建… II. ①陈… III. ①建筑结构 - 钢结构 - 教材 IV. ①TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 123454 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 范秋涛 责任编辑: 范秋涛

版式设计: 霍永明 责任校对: 陈秀丽

责任印制: 杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2012 年 8 月第 1 版 · 第 1 次印刷

140mm × 203mm · 11 印张 · 1 插页 · 295 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 38752 - 7

定价: 35.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010)68326294

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010)88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

钢结构具有抗震性能好、绿色环保、建设周期短、建筑空间利用率高、建筑造型新颖等优势，是目前建筑和桥梁结构的主要结构形式，在我国的市场空间和发展前景非常广阔。

近几年来钢结构相关规范陆续修订，为满足钢结构发展对专业人才的需求，便于建筑工程施工管理人员和施工人员进行系统学习，特组织编写了本书。

本书根据最新的钢结构有关标准规范编写而成。全书以钢结构施工各阶段工程实例为主线，采用图、表、文字三者结合的形式，较为完整系统地介绍了钢结构施工的相关知识及全过程。

本书共分为9章。主要内容包括：建筑钢结构常用材料、钢结构焊接连接工程、钢结构紧固件连接工程、钢结构施工图、钢结构加工工程、钢结构组装与拼装工程、钢结构安装工程、钢结构涂装工程和钢结构工程施工质量验收。

本书由陈晓霞（第1、2、7章）主编，赵军（第3、4章）、尹涛（第5章）、张仲军（第9章）、连彩霞、王中行（第6章）、付向红（第8章）参与编写。在本书的编写过程中参阅了最新的钢结构相关规范及国内外同行的著作，并得到了有关业内人士的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中疏漏或不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正！

编 者

目 录

前言

第1章 建筑钢结构常用材料	1
1.1 建筑钢材分类	1
1.1.1 钢材分类方法	1
1.1.2 碳素结构钢	2
1.1.3 低合金高强度结构钢	4
1.1.4 耐大气腐蚀用钢(耐候钢)	5
1.1.5 高层建筑结构用钢板	9
1.1.6 桥梁用结构钢	11
1.2 钢材的主要性能	15
1.2.1 钢结构用钢材的要求	15
1.2.2 钢材的主要性能特性	16
1.2.3 影响钢材性能的因素	21
1.3 钢材的品种和规格	28
1.3.1 钢板和钢带	28
1.3.2 普通型材(工字钢、槽钢和角钢)	30
1.3.3 轧制H型钢、T型钢和焊接H型钢	32
1.3.4 冷弯型钢	33
1.3.5 厚度方向性能钢板	35
1.3.6 结构用钢管	37
1.3.7 钢结构用钢材的选择	38
1.4 建筑钢材的材质检验	39
1.4.1 一般说明	39
1.4.2 钢材性能复验内容及要求	41
1.4.3 试验取样要求	42
第2章 钢结构焊接连接工程	43
2.1 概述	43

2.1.1 焊接的特点与难点	43
2.1.2 焊接施工准备	45
2.1.3 焊缝符号及标注方法	45
2.2 常用焊接方法和设备	48
2.2.1 手工电弧焊	48
2.2.2 埋弧焊	55
2.2.3 CO ₂ 气体保护焊	63
2.2.4 熔嘴电渣焊	70
2.2.5 栓焊	76
2.3 焊接连接施工工艺	81
2.3.1 高层框架结构焊接工艺	81
2.3.2 空心球-钢管网架结构焊接工艺	93
2.3.3 成品保护	96
2.4 焊工考试及资格管理	96
2.4.1 焊工考试规则	97
2.4.2 考试内容及分类	97
2.4.3 考试记录、复试、补考、重考、免试和证书	106
2.4.4 焊工管理	108
2.5 钢结构焊接工程验收	109
2.5.1 一般规定	109
2.5.2 主控项目	110
2.5.3 一般项目	113
2.5.4 焊钉（栓钉）焊接过程	116
2.5.5 质量控制标准	116
2.5.6 质量验收文件	121
2.6 焊接连接工程实例	122
第3章 钢结构紧固件连接工程	129
3.1 概述	129
3.2 常用紧固件连接方法与设备	131
3.2.1 螺栓连接	131
3.2.2 各种紧固连接方法所需器具	133
3.3 紧固件连接施工	133

3.3.1 普通紧固件连接施工	133
3.3.2 高强度螺栓连接施工	137
3.3.3 射钉、自攻螺钉连接施工要点	146
3.4 紧固件连接质量验收	147
3.4.1 普通紧固件连接质量验收要点	147
3.4.2 高强度螺栓施工质量验收要点	148
3.5 紧固件连接实例	152
3.5.1 某企业厂房建设工程中高精度大直径地脚螺栓固定 技术	152
3.5.2 某工程钢结构独立柱基础定位板地脚螺栓“满中筋” 施工技术	158
第4章 钢结构施工图	162
4.1 施工图基本知识	162
4.1.1 构件名称的代号	162
4.1.2 螺栓与球节点	163
4.1.3 型钢与螺栓的表示方法	165
4.1.4 焊缝及其表示方法	169
4.2 钢结构节点详图	173
4.2.1 柱拼接连接详图	174
4.2.2 梁拼接连接详图	175
4.2.3 主次梁连接详图	176
4.2.4 梁柱连接详图	177
4.2.5 屋架支座节点连接详图	180
4.2.6 柱脚节点详图	182
4.2.7 支撑节点详图	184
4.2.8 钢梁与混凝土的连接详图	185
4.2.9 钢梁腹板开洞补强详图	186
4.3 钢结构工程施工设计图识读及实例	187
第5章 钢结构加工工程	197
5.1 概述	197
5.2 钢结构加工的准备工作的	197
5.2.1 图样审查和技术交底	197

5.2.2 材料准备	198
5.2.3 设备和机具的准备	199
5.2.4 加工工艺准备	204
5.2.5 组织技术交底	205
5.3 钢结构加工工序和设备	206
5.3.1 放样下料与切割设备	206
5.3.2 成型加工及设备	214
5.3.3 边缘加工	218
5.3.4 管、球加工	221
5.3.5 制孔与钻孔	222
5.3.6 矫正	225
5.4 钢结构加工实例	226
第6章 钢结构组装与拼装工程	231
6.1 钢结构组装工程	231
6.1.1 组装的分类与一般规定	231
6.1.2 组装工程常用方法	232
6.1.3 组装工程常用机具设备	234
6.1.4 H型钢构件组装	239
6.1.5 箱形钢构件组装	242
6.2 预拼装工程施工	244
6.2.1 预拼装前的准备	244
6.2.2 工艺流程	245
6.2.3 桁架的预拼装	246
6.2.4 管构件的预拼装	247
6.3 组装、拼装工程质量验收	248
6.3.1 焊接H型钢	248
6.3.2 组装	249
6.3.3 端部铣平及安装焊缝坡口	251
6.3.4 钢构件外形尺寸	252
6.3.5 钢构件预拼装工程	254
第7章 钢结构安装工程	257
7.1 概述	257

7.2 安装工程常用机具设备	257
7.2.1 常用的索具设备	257
7.2.2 起重机	261
7.3 安装工程施工	269
7.3.1 施工准备	269
7.3.2 单层工业厂房吊装	271
7.3.3 多层及高层钢结构安装	275
7.3.4 网架结构安装	278
7.4 安装工程质量验收	282
7.4.1 单层钢结构安装工程	282
7.4.2 钢网架结构安装工程	290
7.5 安装工程实例	293
第8章 钢结构涂装工程	298
8.1 概述	298
8.1.1 防火保护	298
8.1.2 钢结构防腐蚀防护	301
8.1.3 防腐涂料与防火涂料配合使用需要注意的问题	303
8.2 钢结构涂装工程常用机具	304
8.2.1 钢结构涂装工程施工机具及设备	304
8.2.2 主要机具及其功能	304
8.3 钢结构涂装工程施工	306
8.3.1 钢结构防腐涂装工程	306
8.3.2 钢结构防火涂装工程	319
第9章 钢结构工程施工质量验收	325
9.1 概述	325
9.2 钢结构工程施工质量验收的划分	325
9.2.1 单位(子单位)工程的划分	325
9.2.2 分部(子分部)工程的划分	326
9.2.3 分项工程的划分	327
9.2.4 检验批的划分	327
9.3 钢结构工程施工质量验收要求	328
9.3.1 建筑工程质量验收要求	328

9.3.2 检验批质量合格条件	328
9.3.3 分项工程质量合格条件	329
9.3.4 分部工程质量合格条件	332
9.3.5 质量问题的处理	332
9.4 钢结构工程施工质量验收程序及程序关系	333
9.4.1 验收程序	333
9.4.2 检验批、分项、分部（子分部）工程验收程序关系	335
9.5 质量控制资料	336
参考文献	338

第 1 章 建筑钢结构常用材料

1.1 建筑钢材分类

1.1.1 钢材分类方法

1. 按用途分类

钢材按用途分类分为结构钢、工具钢和特殊钢（如不锈钢等）。结构钢分为建筑用钢和机械用钢两类。建筑用钢用于建造建筑物、桥梁等，机械用钢用于制造机器及机械零件等。

2. 按冶炼方法分类

钢材按冶炼方法分为平炉钢、转炉钢和电炉钢。平炉钢分为酸性平炉钢和碱性平炉钢，转炉钢分为底吹转炉钢、侧吹转炉钢和顶吹转炉钢，电炉钢分为电弧炉钢、电渣炉钢、感应炉钢、真空自耗炉钢和电子束炉钢。

3. 按脱氧程度分类

钢材按脱氧程度分为沸腾钢（F）、镇静钢（Z）和特殊镇静钢（TZ）。

我国建筑钢结构根据 GB/T 13304.1 按化学成分分类分为非合金钢、低合金钢和合金钢。根据 GB/T 13304.2 按主要质量等级分类，非合金钢分为普通质量非合金钢、优质非合金钢和特殊质量非合金钢；低合金钢分为普通质量低合金钢、优质低合金钢和特殊质量低合金钢；合金钢分为优质低合金钢和特殊质量合金钢。

目前，我国建筑工程中所用钢材以碳素结构钢和低合金高强度结构钢为主。

1.1.2 碳素结构钢

按含碳量的多少,碳素结构钢分为低碳钢、中碳钢和高碳钢三种。含碳量在 0.03% ~ 0.25% 范围内的钢称为低碳钢,含碳量在 0.25% ~ 0.60% 之间的钢称为中碳钢,含碳量在 0.60% ~ 2.0% 的钢为高碳钢。

建筑钢结构主要使用的是低碳钢。

按照最新国家标准《碳素结构钢》(GB/T 700—2006)规定,碳素结构钢分为 4 个牌号,即 Q195、Q215、Q235 和 Q275。不同牌号、不同等级的钢材其化学成分和力学性能指标要求不同,分别见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 碳素结构钢的牌号和化学成分(熔炼分析)

牌号	统一数字 代号 ^①	等级	厚度(或直 径)/mm	脱氧 方法	化学成分(质量分数)(%)不大于				
					C	Si	Mn	P	S
Q195	U11952	—	—	F、Z	0.12	0.30	0.50	0.035	0.040
Q215	U12152	A	—	F、Z	0.15	0.35	1.20	0.045	0.050
	U12155	B						0.045	0.045
Q235	U12352	A	—	F、Z	0.22	0.35	1.40	0.045	0.050
	U12355	B			0.20 ^②			0.045	0.045
	U12358	C		Z	0.17			0.040	0.040
	U12359	D		TZ	0.035			0.035	
Q275	U12752	A	—	F、Z	0.24	0.35	1.50	0.045	0.050
	U12755	B	≤40	Z	0.21			0.045	0.045
			>40		0.22			0.040	0.040
	U12758	C	—	Z	0.20			0.040	0.040
U12759	D	TZ		0.035		0.035			

① 表中为镇静钢、特殊镇静钢牌号的统一数字,沸腾钢牌号的统一数字代号如下:

Q195F——U11950;

Q215AF——U12150, Q215BF——U12153;

Q235AF——U12350, Q235BF——U12353;

Q275AF——U12750。

② 经需方同意, Q235B 的碳含量可不大于 0.22%。

表 1-2 碳素结构钢的牌号和力学性能

牌号	等级	屈服强度 ^① $R_{\text{eH}}/(\text{N}/\text{mm}^2)$, 不小于							抗拉强度 ^② $R_m/(\text{N}/\text{mm}^2)$	断后伸长率 $A(\%)$, 不小于					冲击试验(V形缺口)	
		厚度(或直径)/mm								厚度(或直径)/mm					温度 / $^{\circ}\text{C}$	冲击吸收能量(纵向)/J 不小于
		≤ 16	> 16 ~40	> 40 ~60	> 60 ~100	> 100 ~150	> 150	≤ 40		> 40 ~60	> 60 ~100	> 100 ~150	> 150			
Q195	A	195	185	—	—	—	—	315 ~ 430	33	—	—	—	—	—	—	
Q215	A	215	205	195	185	175	165	335 ~ 450	31	30	29	27	26	—	—	
	B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+20	27	
Q235	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	B	235	225	215	215	195	185	370 ~ 500	26	25	24	22	21	+20	27 ^③	
	C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0		
	D	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-20		
Q275	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	B	275	265	255	245	225	215	410 ~ 540	22	21	20	18	17	+20	27	
	C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0		
	D	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-20		

① Q195 的屈服强度值仅供参考, 不作交货条件。

② 厚度大于 100mm 的钢材, 抗拉强度下限允许降低 $20N/mm^2$ 。宽带钢 (包括剪切钢板) 抗拉强度上限不作交货条件。

③ 厚度小于 25mm 的 Q235B 级钢材, 如供方能保证冲击吸收功值合格, 经需方同意, 可不作检验。

碳素结构钢牌号由代表屈服强度的字母、屈服强度数值、质量等级符号、脱氧方法符号等四个部分按顺序组成。其含义为：

Q——钢材屈服强度“屈”字汉字拼音首位字母。

A、B、C、D——质量等级，D级最高。

F——沸腾钢“沸”字汉语拼音首位字母。

Z——镇静钢“镇”字汉语拼音首位字母。

TZ——特殊镇静钢“特、镇”两字汉语拼音首位字母。

在牌号组成表示方法中，“Z”和“TZ”符号可以省略。

Q235: [A] [F、(Z)]

[B] [F、(Z)]

[C] [(Z)]

[D] [(TZ)]

例如：Q235A 表示屈服强度为 235N/mm^2 的 A 级镇静钢；

Q235AF 表示屈服强度为 235N/mm^2 的 A 级沸腾钢；

Q235C 表示屈服强度为 235N/mm^2 的 C 级镇静钢；

Q235D 表示屈服强度为 235N/mm^2 的 D 级特殊镇静钢。

1.1.3 低合金高强度结构钢

低合金高强度结构钢是指在炼钢过程中增添一些合金元素，其总量不超过 5% 的钢材。加入合金元素后钢材强度可明显提高，使钢结构构件的强度、刚度、稳定三个主要控制指标都能有充分发挥，在大跨度结构中优点尤为突出，一般可比碳素结构钢节约 20% 左右的用钢量。

按照国家标准《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591—2008) 中规定，低合金高强度结构钢的牌号表示方法与碳素结构钢一致，即由代表屈服强度的汉语拼音字母 (Q)、屈服强度数值、质量等级符号 (A、B、C、D、E) 三个部分按顺序排列表示。钢的牌号有 Q345、Q390、Q420、Q460、Q500、Q550、Q620 和 Q690 共八种，随着质量等级的变动，其化学成分 (熔炼分析) 和力学性能也有变化。低合金高强度结构钢均为镇静钢，因此不

需注明脱氧方法。

质量等级符号 A、B、C、D、E 五级，由 A 到 E 表示质量由低到高。

牌号由代表屈服强度的汉语拼音字母、屈服强度数值、质量等级符号三个部分组成。例如：Q345D。其中：

Q——钢材屈服强度“屈”字的汉语拼音的首位字母；

345——屈服强度数值，单位 MPa；

D——质量等级为 D 级。

当需方要求钢板具有厚度方向性能时，则在上述规定的牌号后加上代表厚度方向（Z 向）性能级别的符号，例如 Q345DZ15。钢材的化学成分及力学性能应分别符合表 1-3、表 1-4（见书后插页）的要求。

1.1.4 耐大气腐蚀用钢（耐候钢）

在钢的冶炼过程中，加入少量的合金元素（如 Cu、P、Cr、Ni 等），使之在金属基体表面上形成保护层，以提高钢材耐大气腐蚀性能，这类钢统称为耐大气腐蚀用钢或耐候钢。我国现行生产的耐候钢分为高耐候结构钢和焊接结构用耐候钢两类。

1. 分类

耐候钢各牌号的分类及用途见表 1-5。

2. 牌号表示方法

按照国家标准《耐候结构钢》（GB/T 4171—2008）中规定，钢的牌号由“屈服强度”、“高耐候”或“耐候”的汉语拼音首位字母“Q”、“GNH”或“NH”、屈服强度的下限值以及质量等级（A、B、C、D、E）组成。

例如：Q355GNHC

Q——屈服强度“屈”字的汉语拼音的首位字母；

355——钢的下屈服强度的下限值，单位为 N/mm^2 ；

GNH——分别为“高”、“耐”和“候”字汉语拼音的首位字母；

化学成分^{①②}(质量分数)(%)

[illegible]

(续)

牌 号	质量等级	化学成分 ^② (质量分数)(%)															
		C	Si	Mn	P	S	Nb	V	Ti	Cr	Ni	Cu	N	Mo	B	Als	
Q460	C				0.030	0.030											不小于
	D	≤0.20	≤0.60	≤1.80	0.030	0.025	0.11	0.20	0.20	0.30	0.80	0.55	0.015	0.20	0.004	0.015	
	E				0.025	0.020											
Q500	C				0.030	0.030											0.015
	D	≤0.18	≤0.60	≤1.80	0.030	0.025	0.11	0.12	0.20	0.60	0.80	0.55	0.015	0.20	0.004	0.015	
	E				0.025	0.020											
Q550	C				0.030	0.030											0.015
	D	≤0.18	≤0.60	≤2.00	0.030	0.025	0.11	0.12	0.20	0.80	0.80	0.80	0.015	0.30	0.004	0.015	
	E				0.025	0.020											
Q620	C				0.030	0.030											0.015
	D	≤0.18	≤0.60	≤2.00	0.030	0.025	0.11	0.12	0.20	1.00	0.80	0.80	0.015	0.30	0.004	0.015	
	E				0.025	0.020											
Q690	C				0.030	0.030											0.015
	D	≤0.18	≤0.60	≤2.00	0.030	0.025	0.11	0.12	0.20	1.00	0.80	0.80	0.015	0.30	0.004	0.015	
	E				0.025	0.020											

① 型材及棒材 P、S 含量可提高 0.005%，其中 A 级钢上限可为 0.045%。

② 当细化晶粒元素组合加入时， $20(\text{Nb} + \text{V} + \text{Ti}) \leq 0.22\%$ ， $20(\text{Mo} + \text{Cr}) \leq 0.30\%$ 。