



建筑施工技术案例精选系列

[zhulong.com]

钢结构工程

施工技术案例精选

● 筑龙网 组编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



1CD

TU758.11/10D

2008



建筑施工技术案例精选系列

[zhulong.com]

钢结构工程 施工技术案例精选

● 筑龙网 组编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书是建筑施工技术案例精选系列丛书的分册之一。本书共分为4章。第1章为钢结构概述, 主要对钢结构相关领域以及钢结构新技术应用范围做了简单介绍。第2章为钢结构施工工艺, 详细地介绍了钢结构的最新工艺。第3章为钢结构施工方案精选及简介, 精选了45篇施工方案并附于光盘中。第4章为钢结构施工经验, 介绍了钢结构工程中常见的质量通病及常用质量保障措施。

本书具有很高的参考价值和实用价值, 是钢结构施工技术人员不可多得的参考书。另外, 本书还可供各高校的钢结构专业师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构工程施工技术案例精选/筑龙网组编. —北京: 中国电力出版社, 2008
(建筑施工技术案例精选系列)
ISBN 978-7-5083-7418-5

I. 钢… II. 筑… III. 钢结构—建筑工程—工程施工 IV. TU758.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 100747 号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

责任编辑: 关 童 责任印制: 陈焊彬 责任校对: 常燕昆

北京盛通印刷股份有限公司印制·各地新华书店经售

2008 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

700mm×1000mm 1/16 12.75 印张·250 千字

定价: 45.00 元(1CD)

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话(010-88386685)

编委会名单

主 编：强竹艳 吕少峰

副 主 编：赵民义 唐才均 米志红

参编人员：朱继新 楼先锋 胡俊峰 缪 清 梅文杰
 陈庆韬 赵 芸 石 春 蔡健朝 孙秀伶
 袁 璐 罗志刚 潘永峰 张 强 张智博
 罗 煜 徐君慧 刘新圆 吴正刚

目 录

前言

第 1 章 钢结构概述	1
1.1 建筑钢结构用钢材性质	1
1.2 钢结构的特点	9
1.3 钢结构的应用范围	10
1.4 建筑钢结构的发展历程以及将来	11
第 2 章 钢结构施工工艺	15
2.1 钢结构制作	15
2.1.1 施工准备	15
2.1.2 施工工艺	17
2.1.3 成品保护措施	25
2.2 高强度螺栓连接施工	25
2.2.1 施工准备	25
2.2.2 施工工艺	28
2.2.3 成品保护措施	31
2.3 手工电弧焊接施工	32
2.3.1 施工准备	32
2.3.2 施工工艺	34
2.3.3 成品保护措施	41
2.4 埋弧自动焊焊接施工	41
2.4.1 施工准备	42
2.4.2 施工工艺	43
2.4.3 成品保护措施	47
2.5 二氧化碳气体保护焊焊接施工	47
2.5.1 施工准备	48
2.5.2 施工工艺	49
2.5.3 成品保护措施	57
2.6 钢结构整体吊装法安装	57
2.6.1 施工准备	57

2.6.2	施工工艺	58
2.6.3	成品保护措施	62
2.7	钢结构整体提升法安装	62
2.7.1	施工准备	62
2.7.2	施工工艺	63
2.7.3	成品保护措施	70
2.8	钢结构整体顶升法安装	71
2.8.1	施工准备	71
2.8.2	施工工艺	72
2.8.3	成品保护措施	75
2.9	金属压型钢板安装施工	75
2.9.1	施工准备	75
2.9.2	施工工艺	77
2.9.3	成品保护措施	78
2.10	金属压型钢板栓钉焊接施工	79
2.10.1	施工准备	79
2.10.2	施工工艺	79
2.10.3	成品保护措施	80
2.11	轻型钢结构制作	80
2.11.1	施工准备	81
2.11.2	施工工艺	81
2.11.3	成品保护措施	84
2.12	轻型钢结构安装	84
2.12.1	施工准备	84
2.12.2	施工工艺	85
2.12.3	成品保护措施	85
2.13	钢网架结构拼装施工	86
2.13.1	施工准备	86
2.13.2	施工工艺	87
2.13.3	成品保护措施	92
2.14	钢结构防腐涂装	92
2.14.1	施工准备	92
2.14.2	施工工艺	93
2.14.3	成品保护措施	95
2.15	钢结构防火涂装	95

2.15.1	施工准备	95
2.15.2	施工工艺	96
2.15.3	成品保护措施	99
第3章	钢结构施工方案精选及简介	100
3.1	大跨度类钢结构施工方案精选	100
3.1.1	大连某钢结构车间厂房施工方案	100
3.1.2	国家图书馆二期钢结构施工方案简介	112
3.1.3	新疆某厂房工程钢结构施工方案简介	113
3.1.4	某大跨度钢桁架施工方案简介	113
3.1.5	上海某厂房钢结构安装工程施工方案简介	114
3.2	轻型钢结构类建筑施工方案精选	115
3.2.1	鄂尔多斯某会展中心钢网架吊装施工方案	115
3.2.2	北京某大型会议中心网架施工方案简介	121
3.2.3	某工程钢桁架制作、吊装施工方案简介	121
3.2.4	武汉某货运库钢结构施工方案简介	122
3.2.5	苏州某工程屋顶钢结构施工方案简介	123
3.3	高层钢结构建筑施工方案精选	124
3.3.1	武汉某高层办公楼钢结构施工方案	124
3.3.2	高层建筑双塔连体钢结构施工方案简介	142
3.3.3	青岛某高层综合楼型钢柱施工方案简介	143
3.3.4	某电厂钢结构施工方案简介	143
3.3.5	郑州某高层办公楼型钢混凝土柱施工方案	144
3.4	其他钢结构建筑施工方案精选	145
3.4.1	杭州市某办公楼加层工程钢结构施工方案	145
3.4.2	北京某机场钢结构改造施工方案简介	153
3.4.3	北京某钢结构工程安装施工方案简介	154
3.4.4	北京某危改工程钢结构施工方案简介	155
3.4.5	北京某综合楼钢结构施工方案简介	155
3.4.6	深圳某学校食堂夹层钢结构施工方案简介	155
3.4.7	昆明市某宾馆钢骨混凝土施工方案简介	156
3.4.8	北京某工程钢管柱施工方案简介	156
3.4.9	无锡某厂房钢结构施工方案简介	157
3.4.10	北京某剧场屋面钢结构施工方案简介	157
3.4.11	武汉某厂房钢结构施工方案简介	158
3.4.12	天津某钢结构工程施工方案简介	158

3.4.13	广东某钢结构屋面施工方案简介	159
3.4.14	北京某办公楼装饰钢结构改造施工方案简介	159
3.4.15	四川某学校实习车间钢结构施工方案简介	160
3.4.16	醴陵市某厂车间、食堂钢结构屋面施工方案简介	160
3.4.17	长春某会展中心钢结构安装方案简介	161
3.4.18	呼和浩特某大型五星级酒店钢结构施工方案简介	161
3.4.19	新疆某石化项目钢结构施工方案简介	162
3.4.20	某电厂钢结构施工方案简介	162
3.4.21	上海某厂房钢结构施工方案简介	163
2.4.22	重庆某火车站无站台柱雨棚轻钢结构施工方案简介	163
3.4.23	北京某大型车站站台雨棚幕墙钢结构施工方案简介	164
3.4.24	郑州某高层办公楼屋顶钢结构施工方案简介	165
3.4.25	济南市某高层双塔楼空中连廊施工方案简介	165
3.4.26	长春市某政府新建办公楼工程钢结构施工方案简介	165
3.4.27	大庆某石化工程锅炉钢架吊装施工方案简介	166
3.4.28	南京某机场钢结构网架施工方案简介	166
3.4.29	烟台某会展中心楼面钢结构施工方案简介	167
3.4.30	新疆某高层综合楼观光通廊钢桁架工程施工方案简介	167
第4章	钢结构施工经验	169
4.1	钢结构工程质量通病及其防治	169
4.1.1	钢结构制作质量通病及其防治	169
4.1.2	钢结构焊接恶性质量通病及其防治	171
4.1.3	螺栓连接质量通病及其防治	178
4.1.4	钢结构吊装质量通病及其防治	181
4.1.5	钢结构涂装质量通病及其防治	183
4.1.6	钢结构工程通病及治理	186
4.1.7	钢结构工程质量预控	186
4.2	钢结构工程常见事故及其处理	189
4.2.1	施工质量事故分析	189
4.2.2	施工质量事故的处理	190
4.2.3	确定处理方案	191
4.2.4	事故处理后的验收	192
4.2.5	事故处理结论与报告	192
4.2.6	钢结构工程常见事故	192
4.2.7	钢结构事故的破坏形式	193

➡ 第 1 章

钢 结 构 概 述

钢结构通常由型钢、钢板或冷加工成形的薄壁型钢等制成的拉杆、压杆、梁、柱等构件组成，各构件采用焊接或螺栓连接。钢结构在建筑工程中有着悠久的历史 and 广泛的应用，目前钢结构在我国迎来了一个前所未有的高速发展时期。

1.1 建筑钢结构用钢材性质

迄今为止，我国建筑钢结构采用的钢材仍以碳素结构钢和低合金结构钢为主，尚未形成像桥梁结构钢和锅炉用钢那样的专业用钢标准。这与建筑钢结构的发展历史和使用特点有关。在相当长一段时期内，建筑钢结构对钢材性能的特殊要求并不突出，钢铁产品的通用标准一般已能满足要求。但随着建设规模的发展和新型结构的出现，这一情况将逐步有所改变，各种建筑结构用钢即将颁发专用标准。

1. 碳素结构钢

碳素结构钢是最普遍的工程用钢，按其含碳量的多少，又可粗略地分成低碳钢、中碳钢和高碳钢。通常把含碳量在 $0.03\% \sim 0.25\%$ 范围内称为低碳钢；含碳量在 $0.26\% \sim 0.60\%$ 之间的称中碳钢；含碳量在 $0.60\% \sim 2.0\%$ 的为高碳钢。建筑结构钢主要是低碳钢。

(1) 普通碳素结构钢。

1) 牌号及其表示方法。按现行国家标准 GB/T 700—2006《碳素结构钢》规定，碳素结构钢分 5 个牌号，即 Q195、Q215、Q235、Q255 和 Q275，其中 Q 是代表钢材屈服点的字母，随后的数值表示屈服点的大小，如 Q235 表示 $\sigma = 235 \text{ N/mm}^2$ 的钢材。每个牌号内又有不同的质量等级（最多可达四种），分别表示为 A、B、C、D。对钢材脱氧方法也应在质量等级后表明。

① 钢的牌号表示方法由代表屈服点的字母(Q)、屈服点数值、质量等级符号、脱氧方法等四个部分顺序组成，例如 Q235—A F。

② 脱氧方法符号：F——沸腾钢；B——半镇静钢；Z——镇静钢；TZ——特殊镇静钢。

在牌号组成表示中，Z 与 TZ 符号予以省略。

③ 钢的冶炼方法有氧气转炉、平炉或电炉冶炼，除非有特殊要求，一般由生产厂家自行决定。

④ 钢材一般是热轧状态交货(包括控轧)。

⑤ 牌号 Q195 的屈服点仅供参考，不作为交货条件。

⑥ 在保证钢材力学性能符合规定的情况下，各牌号 A 级钢的碳、锰含量和其他等级钢的碳、锰含量下限可以不作为交货条件，但其含量(熔炼分析)应在质量证明书中注明。各牌号 A 级钢的冷弯试验，在需方有要求时才进行。当冷弯试验合格，抗拉强度上限可以不作为交货条件。

建筑钢结构中应用最多的碳素钢是 Q235(即以前标准中的 3 号钢)，也是现行标准中质量等级最齐全的，其质量等级是 C、D 的，不论从其含碳量控制严格程度或对冲击韧性的保证，都优先为焊接结构所采纳使用。

2) 化学成分及力学性能指标。不同牌号、不同等级的钢材对化学成分和力学性能指标要求不同(见表 1-1~表 1-4)。

表 1-1 碳素结构钢的牌号和化学成分(熔炼分析)

牌 号	等 级	化 学 成 分 (%)					
		C	Mn	Si	S	P	脱 氧 方 法
				≤			
Q195	—	0.06~0.12	0.25~0.50	0.30	0.05	0.045	F b Z
Q215	A	0.09~0.15	0.25~0.55	0.30	0.050	0.045	F b Z
	B				0.045		
Q235	A	0.14~0.22	0.30~0.65	0.30	0.050	0.045	F b Z
	B	0.12~0.20	0.30~0.70		0.045		F b Z
	C	≤0.18	0.35~0.80		0.040	0.040	Z
	D	≤0.17	0.35~0.80		0.035	0.035	TZ
Q255	A	0.18~0.258	0.40~0.70	0.30	0.050	0.045	Z
	B				0.045		
Q275	—	0.28~0.38	0.50~0.80	0.35	0.045	0.045	Z

注：Q235 A、B 级沸腾钢锰含量的上限为 60%。

表 1-2 碳素结构钢的力学性能要求(一)

牌号	等级	拉 伸 试 验						抗拉强度 /(N/mm ²)
		屈服点 σ /(N/mm ²)						
		钢材厚度、直径/mm						
		≤16	>16~40	>40~60	>60~100	>100~150	>150	
		≥						
Q195	—	195	185	—	—	—	—	315~390
Q215	A	215	205	195	185	175	165	335~410
	B							
Q235	A	235	225	215	205	195	185	375~460
	B							
	C							
	D							
Q255	A	255	245	235	225	215	205	410~510
	B							
Q275	—	275	265	255	245	235	225	490~610

表 1-3 碳素结构钢的力学性能要求(二)

牌 号	等 级	拉 伸 试 验						冲击试验	
		伸长率 δ (%)						温 度 /℃	V 型 冲击 功/J (纵向)
		钢材厚度、直径/mm							
		≤16	>16~40	>40~60	>60~100	>100~150	>150		
		≥							
Q195	—	33	32	—	—	—	—	—	
Q215	A	31	30	29	28	27	26	—	—
	B							20	27
Q235	A	26	25	24	23	22	21	—	27
	B							20	
	C							0	
	D							—20	
Q255	A	24	23	22	21	20	19	—	—
	B							20	27
Q275	—	20	19	18	17	16	15	—	—

表 1-4 碳素结构钢弯曲试验要求

牌号	试样方向	冷弯试验 $b=2a, 180^\circ$		
		钢材厚度、直径/mm		
		60	$>60\sim100$	$>100\sim200$
		弯心直径 d		
Q195	纵	0	—	—
	横	$0.5a$		
Q225	纵	$0.5a$	$1.5a$	$2a$
	横	a	$2a$	$2.5a$
Q235	纵	a	$2a$	$2.5a$
	横	$1.5a$	$2.5a$	$3a$
Q255		$2a$	$3a$	$3.5a$
Q275		$3a$	$3.5a$	$4a$

注：1. b 为试样宽度，单位为 mm。
2. a 为钢材厚度，单位为 mm。

(2) 优质碳素结构钢。优质碳素结构钢是以满足不同的加工要求，而赋予相应性能的碳素钢，所以价格较贵，一般不用于建筑钢结构。特定条件下优质碳素结构钢的少量应用常常发生在因规格欠缺而必需的材料代用时。这时的材料代用属于以优代劣，例如以往钢网架结构中往往用 20 号钢钢管代替 3 号钢钢管来解决供货渠道。

国家标准 GB/T 699—1999《优质碳素结构钢》中可适用于建筑钢结构的钢牌号、其化学成分与力学性能规定见表 1-5。

表 1-5 建筑用优质碳素钢的化学成分(熔炼分析)

统一数字代号	牌号	化学成分(%)							
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S
		$\leq$							
U20152	15	0.12~0.18	0.17~0.37	0.35~0.65	0.25	0.30	0.25	0.035	0.035
U20202	20	0.17~0.23	0.17~0.37	0.35~0.65	0.25	0.30	0.25	0.035	0.035
U21152	15Mn	0.12~0.18	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25	0.035	0.035
U21202	20Mn	0.17~0.23	0.17~0.37	0.70~1.00	0.25	0.30	0.25	0.035	0.035

2. 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，尤其在大跨度或重负载结构中优

点更为突出，一般可比碳素结构钢节约 20％左右的用钢量。

按国家标准 GB/T 1591—1994《低合金高强度结构钢》中的规定，低合金高强度结构钢的牌号表示方法已经与碳素结构钢一致，即由代表屈服点的汉语拼音字母(Q)、屈服点数值、质量等级符号(A、B、C、D、E)三个部分按顺序排列表示。钢的牌号共有 Q295、Q345、Q390、Q420 和 Q460 五种，随着质量等级的变动，其化学成分和力学性能也有变化(见表 1-6、表 1-7)。

表 1-6 低合金高强度结构钢的化学成分(熔炼分析)(一)

牌号	质量等级	化学成分(%)				
		C≤	Mn	Si≤	P≤	S≤
Q295	A	0.16	0.80~1.50	0.55	0.045	0.045
	B					
Q345	A	0.20	1.00~1.60	0.55	0.045	0.045
	B	0.20	1.00~1.60	0.55	0.040	0.040
	C	0.20	1.00~1.60	0.55	0.035	0.035
	D	0.18	1.00~1.60	0.55	0.030	0.030
	E	0.18	1.00~1.60	0.55	0.025	0.025
Q390	A	0.20	1.00~1.60	0.55	0.045	0.045
	B	0.20	1.00~1.60	0.55	0.040	0.040
	C	0.20	1.00~1.60	0.55	0.035	0.035
	D	0.20	1.00~1.60	0.55	0.030	0.030
	E	0.20	1.00~1.60	0.55	0.025	0.025
Q420	A	0.20	1.00~1.70	0.55	0.045	0.045
	B	0.20	1.00~1.70	0.55	0.040	0.040
	C	0.20	1.00~1.70	0.55	0.035	0.035
	D	0.20	1.00~1.70	0.55	0.030	0.030
	E	0.20	1.00~1.70	0.55	0.025	0.025
Q460	C	0.20	1.00~1.70	0.55	0.035	0.035
	D	0.20	1.00~1.70	0.55	0.030	0.030
	E	0.20	1.00~1.70	0.55	0.025	0.025

表 1-7 低合金高强度结构钢的化学成分(熔炼分析)(二)

牌号	质量等级	化学成分(%)					
		V	Nb	Ti	Ai≥	Cr≤	Ni≤
Q295	A	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	—	—	—
	B	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20			
Q345	A	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	—		
	B	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	—		
	C	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015		
	D	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015		
	E	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015		

续表

牌号	质量等级	化学成分(%)					
		V	Nb	Ti	Ai≥	Cr≤	Ni≤
Q390	A	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	—	0.30	0.70
	B	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	—	0.30	0.70
	C	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.30	0.70
	D	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.30	0.70
	E	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.30	0.70
Q420	A	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	—	0.40	0.70
	B	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	—	0.40	0.70
	C	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.40	0.70
	D	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.40	0.70
	E	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.40	0.70
Q460	C	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.70	0.70
	D	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.70	0.70
	E	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.70	0.70

3. 耐大气腐蚀用钢

在钢的冶炼过程中，加入少量特定的合金元素(一般指 Cu、P、Cr、Ni 等)，使之在金属表面上形成保护层，以提高钢材耐大气腐蚀性能，这类钢统称为耐大气腐蚀钢或耐候钢。

我国现行生产的耐大气腐蚀用钢又分为高耐候结构钢和焊接结构用耐候钢两类。

(1) 高耐候结构钢。这类钢材适用于耐大气腐蚀的建筑物，产品通常在交货状态下使用，但作为焊接结构用钢材时，板厚不应大于 16mm。

高耐候结构钢的耐候性能比焊接结构用耐候钢好，故称作高耐候性结构钢。高耐候性结构钢按化学成分分为铜磷钢和铜磷铬镍钢两类。其牌号表示方法是由分别代表“屈服点”和“高耐候”的拼音字母 Q 和 GNH 以及屈服点的数字组成，含 Cr、Ni 的高耐候钢在牌号后加代号“L”。

高耐候钢共分 Q295GNH、Q295GNHL、Q345GNH、Q345GNHL、Q390GNH 五种牌号。

(2) 焊接结构用耐候钢。这类耐候钢以保持钢材具有良好的焊接性能为特点，其适用厚度可达 100mm。在新版国家标准 GB/T 4172—2000《焊接结构用耐候钢》中与上述几个标准一样，对牌号的表示和各牌号钢的化学成分和性能分别进行了改变和调整。牌号表示由代表“屈服点”的字母 Q 和“耐候”的字母 NH，以及钢材的质量等级(C、D、E)顺序组成，例如 Q355NHC。规定共分 Q235NH、Q295NH、Q355NH、Q460NH 四种牌号，其化学成分和力学性能分

别见表 1-8 和表 1-9。由表 1-8 和表 1-9 可见，钢材的质量等级只与钢材冲击韧性的试验温度与冲击功数值有关。

表 1-8 焊接结构用耐候钢的牌号和化学成分

牌号	统一数字代号	化学成分(%)							
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	V
Q235NH	L52530	≤0.15	0.15~0.40	0.20~0.60	≤0.035	≤0.035	0.20~0.50	0.40~0.80	—
Q295NH	L52950	≤0.15	0.15~0.50	0.60~1.00	≤0.035	≤0.035	0.20~0.50	0.40~0.80	—
Q355NH	L53550	≤0.16	≤0.50	0.90~1.50	≤0.035	≤0.035	0.20~0.50	0.40~0.80	0.02~0.10
Q460NH	L54600	0.10~0.18	≤0.50	0.90~1.50	≤0.035	≤0.035	0.20~0.50	0.40~0.80	0.02~0.10

表 1-9 焊接结构用耐候钢的力学性能

牌号	钢材厚度/mm	屈服点 σ_s / (N/mm ²) ≥	抗拉强度 / (N/mm ²)	断后伸长率不小于 (%)	180°弯曲试验	V 型冲击试验			
						试样方向	质量等级	温度 /℃	冲击功/J ≥
Q235NH	≤16	235	360~490	25	$D=a$	纵向	C	0	34
	>16~40	225		25	$D=2a$		D	-20	34
	>40~60	215		24	$D=2a$		E	-40	27
	>60	215		23	$D=2a$		E	-40	27
Q295NH	≤16	295	420~560	24	$D=2a$	纵向	C	0	34
	>16~40	285		24	$D=3a$		D	-20	34
	>40~60	275		23	$D=3a$		E	-40	27
	>60	255		22	$D=3a$		E	-40	27
Q355NH	≤16	355	490~630	22	$D=2a$	纵向	C	0	34
	>16~40	345		22	$D=3a$		D	-20	34
	>40~60	355		21	$D=3a$		E	-40	27
	>60	325		20	$D=3a$		E	-40	27
Q460NH	≤16	460	550~710	22	$D=2a$	纵向	C	—	34
	>16~40	450		22	$D=3a$		D	-20	34
	>40~60	440		21	$D=3a$		E	-40	31
	>60	430		20	$D=3a$		E	-40	31

注：1. D 为弯心直径； a 为钢材厚度。

2. 为了改善钢的性能，各牌号均可添加一种或一种以上的微量合金元素。

4. 其他建筑用钢(铸钢、高强钢、不锈钢等)

除上述钢种外，建筑钢结构中偶尔也会应用铸钢件和高层建筑用钢材等。

(1) 铸钢件。建筑钢结构、尤其在大跨度情况下，有时需用铸钢件的支座，

铸钢材质应符合国家标准 GB 11352—1989《一般工程用铸造碳钢件》规定，所包括的铸钢牌号、化学成分及其主要力学性能见表 1-10。

表 1-10 一般工程铸造碳钢的化学成分和力学性能

铸钢牌号	熔炼化学成分(%)					力 学 性 能			
	C	Si	Mn	P	S	屈服点 σ /(N/mm ²)	抗拉强度 /(N/mm ²)	伸长率 (%)	V 型冲击试 验冲击功/J
ZG200~400	0.20	0.50	0.80	0.04	0.04	200	400	25	30
ZG230~450	0.30	0.50	0.90	0.04	0.04	230	450	22	25
ZG270~500	0.40	0.50	0.90	0.04	0.04	270	500	18	22
ZG310~570	0.50	0.60	0.90	0.04	0.04	310	570	15	15
ZG340~640	0.60	0.60	0.90	0.04	0.04	340	640	10	10

(2) 高层建筑用钢材。高层建筑钢结构是首先提出有钢板厚度方向性能要求的建筑结构。在实际工程中，也确实发生有层状撕裂的事故，这引起了生产部门和使用部门共同重视。为此，国家制定和颁布了相关的行业标准。一般适用于制作钢结构的厚度为 6~10mm 的高层建筑用钢板，分 2 个强度级别，4 个牌号(力学性能见表 1-11)。牌号由代表屈服点的拼音字母(Q)，屈服点数值，高层建筑的汉语拼音字母(GJ)以及质量等级组成，对厚度方向性能钢板再加上后缀字母 Z，四个牌号为 Q235GJ、Q235GJZ、Q345GJ、Q345GJZ。

表 1-11 高层建筑结构用钢板的力学性能

牌号	质量等级	屈服点 σ /(N/mm ²)				拉伸强度 /MPa	伸长率 (%)	冲击吸收功纵向/J		180°弯曲试验		屈 强 比
		钢板厚度/mm								钢板厚度/mm		
		6~16	>16~35	>35~50	>50~100			温度 /℃	≤16	>16~100		
Q235GJ	C							0				
	D	≥235	235~345	225~335	215~325	400~510	23	-20	34	2a	3a	0.80
	E							-40				
Q345GJ	C							0				
	D	≥345	345~455	335~445	325~435	490~610	22	-20	34	2a	3a	0.80
	E							-40				
Q235GJZ	C							0				
	D		235~345	225~335	215~325	400~510	23	-20	34	2a	3a	0.80
	E							-40				

续表

牌号	质量等级	屈服点 σ /(N/mm ²)				拉伸强度 /MPa	伸长率 (%)	冲击吸收功纵向/J		180°弯曲试验		屈强比
		钢板厚度/mm								钢板厚度/mm		
		6~16	>16~35	>35~50	>50~100			温度 /℃	≥	≤16	>16~100	
Q345 GJZ	C					490~610	22	0	34	2a	3a	0.80
	D	345~455	335~445	325~435	-20							
	E				-40							

注：Z为厚度方向性能级别 Z15，Z25，Z35 的缩写，具体在订货牌号中注明。

1.2 钢结构的特点

钢结构在建筑工程中得到广泛应用和发展，是由于钢结构与其他结构比较有以下特点：

1. 材料强度高，韧性好

钢材强度高。特别适用于跨度大，高度大、承载能力强的结构，也适用于可移动、易装拆的结构。但由于强度高，一般构件截面小而壁薄，在受压时容易受稳定性能和刚度性能所控制，强度难以得到充分的利用。

钢材的塑性好使结构在一般条件下不会因超载而突然断裂，只增大变形，故易于被发现。

钢材的韧性好，适宜在动力荷载下工作，故在地震区采用钢结构较为有利。

2. 钢结构的质量轻

钢材容重大，但是强度高，做成的结构比较轻。结构的轻质性可以用材料的质量密度 ρ 和强度 f 的比值 a 来衡量， a 值越小，结构相对越轻。建筑钢材的 a 值等于 $(1.7\sim3.7)\times10^{-4}/\text{m}$ ；木材为 $5.4\times10^{-4}/\text{m}$ ；钢筋混凝土约为 $18\times10^{-4}/\text{m}$ 。以同样跨度承受同样的荷载，钢屋架的重量最多不过为钢筋混凝土屋架的 $1/4\sim1/3$ ，冷弯薄壁型钢屋架甚至接近 $1/10$ 。质量轻，可减轻基础的负荷，降低地基、基础部分的造价，同时还方便运输和吊装。

3. 钢结构制作简便，施工工期短

钢结构构件一般是在金属结构厂制作，施工机械化，准确度和精密度皆较高。钢结构所有材料皆已轧制成各种型材，加工简易而迅速。钢构件相对较轻，连接简单，安装方便，施工周期短，降低造价，提高经济效益。小量钢结构和轻型钢结构尚可在现场制作，简易吊装。钢结构由于连接的特性，易于加固、改建和拆迁。