

建筑安装工程施工细节详解系列

官 兵 主 编

# 钢结构 工程



## 细节详解

建筑安装工程施工作业指导书系列  
建筑安装工程施工作业指导书系列  
建筑安装工程施工作业指导书系列

# 钢结构工程施工细节详解

官兵 主编

中国建筑工业出版社

北京市机械工业出版社

100044

ISBN 978-7-111-25296-5

1. 钢结构-建筑工程施工-工程竣工-工程竣工图

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第127406号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100027)

责任编辑: 李 琳

封面设计: 李 琳

北京市机械工业出版社印刷厂

2009年1月第1版第1次印刷

178mm×250mm 1/32 印张·258

书号: ISBN 978-7-111-25296-5

定价: 28.00元



机械工业出版社

机械工业出版社

北京市机械工业出版社

北京市机械工业出版社

北京市机械工业出版社

本书根据国家最新颁布实施的钢结构工程相关的设计规范、施工质量验收规范、规程及行业标准,对钢结构工程的基础知识、施工技术要点及钢结构材料检测技术等内容以细节阐述的形式加以介绍、通俗易懂,实用性强,方便查阅,可供钢结构工程施工技术人员、现场管理人员、大中专院校相关专业的师生学习参考。

# 钢结构工程施工细节详解

主编 官兵

## 图书在版编目 (CIP) 数据

钢结构工程施工细节详解/官兵主编. —北京:机械工业出版社, 2008. 10

(建筑安装工程施工细节详解系列)

ISBN 978-7-111-25296-2

I. 钢… II. 官… 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 157406 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:范秋涛 责任校对:麦凤霞

封面设计:姚毅 责任印制:李妍

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 12.25 印张 · 298 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-25296-2

定价: 28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 68327259

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

## 《钢结构工程施工细节详解》

### 编写人员

**主 编** 官 兵

**参 编** (按姓氏笔画排序)

于忠波 王向阳 王 恒 刘 嫣

孙晓冬 陈伟军 李 伟 张 焕

郭 晶 梁海涛 董 浩 韩 庆

魏 巍

# 前 言

《钢结构工程施工规范》

员人言

钢结构具有自重轻、材料强度高、抗震性能好、安装容易、施工周期短、环境污染少等综合优势，与钢筋混凝土结构相比，更具有“高、大、轻”的独特发展优势。在建筑领域中，钢结构工程的优越性越来越被人们所认同，显示出良好的应用前景。与此同时，钢结构工程的施工质量问题也越来越引起人们的重视，通过对钢材质量的严格检验以及对施工操作的重点监控以保证钢结构工程质量显得尤为重要。因此，我们根据国家最新颁布实施的钢结构工程各相关设计规范、施工质量验收规范、规程及行业标准，并结合有关方面的著述，编写了这本《钢结构工程施工细节详解》。

本书内容主要包括钢结构工程的基础知识、施工技术要点、钢结构材料检测技术。内容丰富，通俗易懂，实用性强，方便查阅，可供钢结构工程施工技术人员、现场管理人员、相关专业大中专院校的师生学习参考。

本书在编写过程中参阅和借鉴了许多优秀书籍、专著和有关文献资料，并得到了有关领导和专家的帮助，在此一并致谢。限于编者的学识和经验，书中难免存在疏漏或未尽之处，敬请有关专家和读者予以批评指正。

编 者

# 目 录

96	.....	.....	.....
17	.....	.....	.....
57	.....	.....	.....
61	.....	.....	.....
67	.....	.....	.....
67	.....	.....	.....
77	.....	.....	.....
81	.....	.....	.....
81	前言	.....	.....
02	.....	.....	.....
1	1 基础知识	.....	1
11	1.1 材料	.....	1
12	细节：钢材的分类	.....	1
28	细节：钢材的检验	.....	10
38	细节：钢材的堆放	.....	11
52	细节：钢材的选用	.....	12
68	细节：钢板和钢带	.....	14
72	细节：型钢的分类	.....	20
78	细节：型钢的包装	.....	21
82	细节：工字钢的规格	.....	21
88	细节：角钢的规格	.....	24
88	细节：槽钢的规格	.....	30
92	细节：H型钢的规格	.....	32
98	细节：冷弯型钢和压型钢板	.....	36
102	细节：热轧无缝钢管的规格	.....	37
103	细节：冷弯薄壁矩形钢管的规格	.....	45
104	细节：冷弯薄壁方钢管的规格	.....	46
110	细节：冷弯薄壁焊接圆钢管的规格	.....	47
120	细节：钢管的包装	.....	48
130	细节：钢筋的种类	.....	50
139	细节：热轧钢筋	.....	51
140	细节：冷轧扭钢筋	.....	53
149	细节：冷轧带肋钢筋	.....	54
158	细节：盘条	.....	55
101.2	1.2 施工图识读	.....	57
101	细节：常用型钢的标注方法	.....	57
110	细节：常用焊缝的表示方法	.....	59
120	细节：螺栓、孔、电焊铆钉的表示方法	.....	62
130	细节：尺寸标注	.....	62
140	.....	.....	.....
2	2 施工技术	.....	65
202.1	2.1 钢结构焊接工程	.....	65
201	细节：焊条	.....	65

## VI 钢结构工程施工细节详解

细节：焊丝	69
细节：焊钉	71
细节：焊料	73
细节：焊剂	76
细节：焊条电弧焊	76
细节：CO <sub>2</sub> 气体保护焊	76
细节：埋弧焊	77
细节：平焊	78
细节：立焊	79
细节：仰焊	80
细节：横焊	80
细节：钢材的切割	81
细节：坡口加工	81
细节：定位焊	82
细节：引弧板、引出板及垫板	82
细节：塞焊和槽焊	82
细节：钢材预热	83
细节：引弧与熄弧	83
细节：厚板多层焊	83
细节：薄壁型钢构件焊接	84
细节：焊接空心球	84
细节：控制焊接变形	85
细节：焊后变形矫正	87
细节：防止层状撕裂	87
细节：焊后消除应力处理	90
2.2 紧固件连接工程	90
细节：普通螺栓	90
细节：螺母	91
细节：垫圈	92
细节：永久性普通螺栓连接	92
细节：射钉、自攻螺钉及拉铆钉连接	93
细节：螺栓紧固与防松	93
细节：高强度螺栓分类	94
细节：高强度螺栓连接	95
2.3 钢零件、钢部件加工工程	100
细节：放样	100
细节：号料	101
细节：切割	102
细节：成形	103
细节：矫正	104
细节：制孔	104
细节：边缘加工	105
细节：管、球加工	105

2.4 钢构件组装与预拼装	107
2.4.1 细节: 组装分类	107
2.4.2 细节: 组装工具	107
2.4.3 细节: 组装方法	108
2.4.4 细节: 组装要求	108
2.4.5 细节: 典型胎模	109
2.4.6 细节: 胎模组装	110
2.4.7 细节: 桁架拼装	111
2.4.8 细节: 预总装	111
2.4.9 细节: 预拼装要求	112
2.4.10 细节: 预拼装方法	112
2.4.11 细节: 修孔	113
2.4.12 细节: 钢柱拼装	114
2.4.13 细节: 钢屋架拼装	115
2.4.14 细节: 箱形梁拼装	116
2.4.15 细节: 工字钢梁、槽钢梁拼装	117
2.4.15.1 细节: 托架拼装	117
2.4.16 细节: 拼装变形预防	118
2.4.17 细节: 变形矫正	119
2.4.18 细节: 钢构件堆放	121
2.4.19 细节: 钢构件运输	121
2.5 单层钢结构安装工程	121
2.5.1 细节: 基础和支承面	121
2.5.2 细节: 钢柱安装	123
2.5.3 细节: 钢吊车梁安装	125
2.5.4 细节: 钢屋架(盖)安装	128
2.5.5 细节: 门式刚架轻型房屋钢结构安装	130
2.6 多层及高层钢结构安装工程	130
2.6.1 细节: 定位轴线、标高和地脚螺栓	130
2.6.2 细节: 安装机械选用	131
2.6.2.1 细节: 结构构件安装顺序	132
2.6.3 细节: 钢构件吊装	132
2.6.3.1 细节: 高强度螺栓紧固	133
2.6.3.2 细节: 构件现场焊接	133
2.6.3.3 细节: 安装的测量校正	135
2.6.3.4 细节: 底座灌浆	137
2.7 钢网架结构安装工程	137
2.7.1 细节: 钢网架高空散装法安装	137
2.7.2 细节: 钢网架高空滑移法安装	140
2.7.3 细节: 钢网架分条或分块法施工	143
2.7.4 细节: 钢网架整体吊装法施工	145
2.7.5 细节: 钢网架整体顶升法安装	147
2.7.6 细节: 钢网架整体提升法安装	148



## VIII 钢结构工程施工细节详解

12.8 压型金属板工程	151
12.8.1 细节：压型金属板制作	151
12.8.2 细节：板材的吊装方法	152
12.8.3 细节：压型金属板连接固定	153
12.8.4 细节：压型金属板安装要求	153
12.8.5 细节：组合楼层的安装	155
12.8.6 细节：围护结构的安装	158
12.8.7 细节：屋面压型板防腐处理	159
12.9 钢结构涂装工程	160
12.9.1 细节：防腐涂料的选用	160
12.9.2 细节：防锈方法的选择	161
12.9.3 细节：钢构件除锈	162
12.9.4 细节：涂装施工	164
12.9.5 细节：防火涂料的选用	166
12.9.6 细节：防火涂层的厚度	168
12.9.7 细节：防火涂料施工	169
3 钢结构材料检测	171
3.1 细节：结构用材料的检测	171
3.2 细节：焊接用材料的检测	171
3.3 细节：结构防护用材料的检测	172
3.4 细节：紧固件连接检测	172
3.5 细节：焊缝连接检测	175
3.6 细节：结构实际荷载状态的测定	179
3.7 细节：结构形体及构件损伤的测定	179
3.8 细节：结构及构件的刚度检测	181
3.9 细节：结构动力性能检测	182
3.10 细节：结构疲劳与断裂性能检测	182
3.11 细节：钢构件的防腐防锈检测	182
3.12 细节：钢构件的抗火性能检测	184
参考文献	185

(续)

# 1 基础知识

## 1.1 材料

### 细节：钢材的分类

#### 1. 碳素结构钢的分类和性质

碳素结构钢是常用的工程用钢，按其含碳量的多少，又可分为低碳钢、中碳钢和高碳钢三种。含碳量在 0.03% ~ 0.25% 范围内的钢材称为低碳钢，含碳量在 0.26% ~ 0.60% 之间的钢材称为中碳钢，含碳量在 0.6% ~ 2.0% 之间的钢材称为高碳钢。

建筑钢结构主要使用的钢材是低碳钢。

(1) 普通碳素结构钢 按现行国家标准《碳素结构钢》(GB/T 700—2006) 规定，碳素结构钢的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。符号为：

Q——钢材屈服强度“屈”字汉语拼音首位字母。

A、B、C、D——分别为质量等级。

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”与“TZ”符号可以省略。

碳素结构钢按屈服强度大小，分为 Q195、Q215、Q235 和 Q275 等牌号。不同牌号、不同等级的钢对化学成分和力学性能指标要求不同，具体要求见表 1-1 ~ 表 1-3。

表 1-1 碳素结构钢的牌号和化学成分

牌 号	等 级	脱氧方法	化学成分(质量分数)(%) 不大于				
			C	Si	Mn	P	S
Q195	—	F、Z	0.12	0.30	0.50	0.035	0.040
Q215	A	F、Z	0.15	0.35	1.20	0.045	0.050
	B						0.045
Q235	A	F、Z	0.22	0.35	1.40	0.045	0.050
	B		0.20 <sup>①</sup>				0.045
	C	Z	0.17			0.040	0.040
	D	TZ				0.035	0.035

## 2 钢结构工程施工细节详解

(续)

牌 号	等级	脱氧方法	化学成分(质量分数)(%)不大于				
			C	Si	Mn	P	S
Q275	A	F、Z	0.24	0.35	1.50	0.045	0.050
	B	Z	0.21			0.045	0.045
			0.22			0.040	0.040
	D	TZ	0.20			0.035	0.035

① 经需方同意, Q235B 的碳可不大于 0.22%。

表 1-2 碳素结构钢的拉伸试验要求

牌 号	等级	屈服强度 <sup>①</sup> $R_{eH}/(N/mm^2)$ 不小于						抗拉强度 <sup>②</sup> $R_m$ $/(N/mm^2)$
		厚度(或直径)/mm						
		≤16	>16~40	>40~60	>60~100	>100~150	>150~200	
Q195	—	195	185	—	—	—	—	315~430
Q215	A	215	205	195	185	175	165	335~450
	B							
Q235	A	235	225	215	215	195	185	370~500
	B							
	C							
	D							
Q275	A	275	265	255	245	225	215	410~540
	B							
	C							
	D							

  

牌 号	等级	断后伸长率 A (%) 不小于					冲击试验(V型缺口)	
		厚度(或直径)/mm					温度/℃	冲击吸收功(纵向)/J 不小于
		≤40	>40~60	>60~100	>100~150	>150~200		
Q195	—	33	—	—	—	—	—	
Q215	A	31	30	29	27	26	—	
	B						+20	27
Q235	A	26	25	24	22	21	—	
	B						+20	27 <sup>③</sup>
	C						0	
	D						-20	
Q275	A	22	21	20	18	17	—	
	B						+20	
	C						0	27
	D						-20	

注: 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。

表 1-3 碳素结构钢弯曲试验要求

牌 号	试样方向	冷弯试验 $180^\circ B = 2a^{\text{①}}$	
		钢材厚度(或直径) <sup>②</sup> /mm	
		$\leq 60$	$> 60 \sim 100$
		弯心直径 $d$	
Q195	纵	0	—
	横	$0.5a$	—
Q215	纵	$0.5a$	$1.5a$
	横	$a$	$2a$
Q235	纵	$a$	$2a$
	横	$1.5a$	$2.5a$
Q275	纵	$1.5a$	$2.5a$
	横	$2a$	$3a$

①  $B$  为试样宽度,  $a$  为试样厚度(或直径)。

② 钢材厚度(或直径)大于 100mm 时, 弯曲试验由双方协商确定。

(2) 优质碳素结构钢 国家标准《优质碳素结构钢》(GB/T 699—1999) 中可用于建筑钢结构优质碳素结构钢的牌号、化学成分与力学性能规定见表 1-4、表 1-5。

表 1-4 建筑用优质碳素钢的牌号及化学成分

统一数字代号	牌号	化学成分(质量分数)(%)							
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S
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

表 1-5 建筑用优质碳素钢的牌号及力学性能

牌 号	力 学 性 能			
	$\sigma_b/(N/mm^2)$	$\sigma_s/(N/mm^2)$	$\delta_5(\%)$	$\psi(\%)$
15	375	225	27	55
20	410	245	25	55
15Mn	410	245	26	55
20Mn	450	275	24	50

## 2. 低合金高强度结构钢的分类和性质

根据国家标准《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591—1994) 规定, 低合金高强度结构钢的牌号表示方法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)、脱氧方法等四个部分按顺序排列表示。钢牌号按屈服点大小, 分为 Q295、Q345、Q390、Q420 和 Q460 等五种; 其化学成分和力学性能见表 1-6、表 1-7。

#### 4 钢结构工程施工细节详解

表 1-6 低合金高强度结构钢的牌号及化学成分

牌号	质量等级	化学成分(质量分数)(%)					
		C $\leq$	Mn	Si $\leq$	P $\leq$	S $\leq$	
Q295	A	0.16	0.80 ~ 1.50	0.55	0.045	0.045	
	B	0.16	0.80 ~ 1.50	0.55	0.040	0.040	
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	A	0.20	1.00 ~ 1.70	0.55	0.035	0.035	
	B	0.20	1.00 ~ 1.70	0.55	0.030	0.030	
	C	0.20	1.00 ~ 1.70	0.55	0.025	0.025	
牌号	质量等级	化学成分(质量分数)(%)					
		V	Nb	Ti	Al $\geq$	Cr $\leq$	Ni $\leq$
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	—	—
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

(续)

牌号	质量等级	化学成分(质量分数)(%)					
		V	Nb	Ti	Al $\geq$	Cr $\leq$	Ni $\leq$
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	A	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.70	0.70
	B	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.70	0.70
	C	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.70	0.70

注：表中的 Al 为全铝含量。如化验酸溶铝时，其含量应不小于 0.010%。

表 1-7 低合金高强度结构钢的牌号及力学性能

牌号	质量等级	屈服强度 $\sigma_s$ /MPa				抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa
		厚度(直径,边长)/mm				
		$\leq 16$	$> 16 \sim 35$	$> 35 \sim 50$	$> 50 \sim 100$	
		不 小 于				
Q295	A	295	275	255	235	390~570
	B	295	275	255	235	390~570
Q345	A	345	325	295	275	470~630
	B	345	325	295	275	470~630
	C	345	325	295	275	470~630
	D	345	325	295	275	470~630
	E	345	325	295	275	470~630
Q390	A	390	370	350	330	490~650
	B	390	370	350	330	490~650
	C	390	370	350	330	490~650
	D	390	370	350	330	490~650
	E	390	370	350	330	490~650
Q420	A	420	400	380	360	520~680
	B	420	400	380	360	520~680
	C	420	400	380	360	520~680
	D	420	400	380	360	520~680
	E	420	400	380	360	520~680

## 6 钢结构工程施工细节详解

(续)

牌号	质量等级	屈服强度 $\sigma_s$ /MPa				抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa		
		厚度(直径,边长)/mm						
		$\leq 16$	$> 16 \sim 35$	$> 35 \sim 50$	$> 50 \sim 100$			
不 小 于								
Q460	A	460	440	420	400	550 ~ 720		
	B	460	440	420	400	550 ~ 720		
	C	460	440	420	400	550 ~ 720		
牌号	质量等级	伸长率 $\delta_5$ (%)	冲击功 $A_{kv}$ (纵向)/J				180°弯曲试验	
			+20℃	0℃	-20℃	-40℃	$d =$ 弯心直径 $a =$ 试样厚度(直径)	
		不 小 于						钢材厚度(直径)/mm
						$\leq 16$	$> 16 \sim 100$	
Q295	A	23	—	—	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	B	23	34	—	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
Q345	A	21	—	—	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	B	21	34	—	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	C	22	—	34	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	D	22	—	—	34	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	E	22	—	—	—	27	$d = 2a$	$d = 3a$
Q390	A	19	—	—	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	B	19	34	—	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	C	20	—	34	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	D	20	—	—	34	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	E	20	—	—	—	27	$d = 2a$	$d = 3a$
Q420	A	18	—	—	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	B	18	34	—	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	C	19	—	34	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	D	19	—	—	34	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	E	19	—	—	—	27	$d = 2a$	$d = 3a$
Q460	A	17	—	34	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	B	17	—	—	34	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	C	17	—	—	—	27	$d = 2a$	$d = 3a$

注: 1. Q295  $w_C$  到 0.18% 也可交货。

2. 不加 V、Nb、Ti 的 Q295 级钢, 当  $w_C \leq 0.12\%$  时,  $w_{Mn}$  上限可提高到 1.80%。

3. Q345 级钢的  $w_{Mn}$  上限可提高到 1.70%。

4. 厚度  $\leq 6\text{mm}$  的钢板、钢带和厚度  $\leq 16\text{mm}$  的热轧钢板、钢带的  $w_{Mn}$  下限可降低 0.20%。

5. 在保证钢材力学性能符合规定的情况下, 用 Nb 作为细化晶粒元素时, Q345、Q390 级钢的  $w_{Mn}$  下限可低于表 1-6 的下限含量。

6. 除各牌号中 A、B 等级钢之外, 表中细化晶粒元素 (V、Nb、Ti、Al) 应至少含有一种, 如这些元素同时使用时, 则至少应有一种元素含量不低于规定的最小值。

7. 为改善钢的性能, Q390、Q420、Q460 等级钢可加入少量 Mo 元素。

8. 为改善钢的性能, 各牌号钢可加入 RE 元素, 加入量(质量分数)按 0.02% ~ 0.20% 计算。

9. 经供需双方协商, Q420 级钢可加入 Ni 元素,  $w_{Ni}$  为 0.01% ~ 0.02%。

### 3. 耐大气腐蚀用钢（耐候钢）的分类与性能

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，使之在金属基体表面上形成保护层，以提高钢材耐大气腐蚀性能，这种类型的钢称作耐大气腐蚀钢或耐候钢。

我国目前生产的耐候钢分为高耐候结构钢和焊接结构用耐候钢两种。

(1) 高耐候结构钢 按照国家标准《高耐候结构钢》(GB/T 4171—2000) 的规定，耐候钢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时，钢板厚度应不大于 16mm。

高耐候结构钢性能比焊接结构用耐候钢好，故称作为高耐候性结构钢。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代表“屈服点”和“高耐候”的汉语拼音字母 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”。

高耐候钢共分为 Q295GNH、Q295GNHL、Q345GNH、Q345GNHL、Q390GNH 五种牌号，其化学成分与力学性能分别符合表 1-8、表 1-9 和表 1-10 的规定。

表 1-8 高耐候结构钢的牌号及化学成分

牌 号	统一数字代号	化学成分(质量分数)(%)									
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Ti	RE (加入量)
Q295GNH	L52951	≤0.12	0.20 ~ 0.40	0.20 ~ 0.60	0.07 ~ 0.15	≤0.035	0.25 ~ 0.55	—	—	≤0.10	≤0.15
Q295GNHL	L52952	≤0.12	0.10 ~ 0.40	0.20 ~ 0.50	0.07 ~ 0.12	≤0.035	0.25 ~ 0.45	0.30 ~ 0.65	0.25 ~ 0.50	—	—
Q345GNH	L53451	≤0.12	0.20 ~ 0.60	0.50 ~ 0.90	0.07 ~ 0.12	≤0.035	0.25 ~ 0.50	—	—	≤0.03	≤0.15
Q345GNHL	L53452	≤0.12	0.25 ~ 0.75	0.20 ~ 0.50	0.07 ~ 0.15	≤0.035	0.25 ~ 0.55	0.30 ~ 1.25	≤0.65	—	—
Q390GNH	L53901	≤0.12	0.15 ~ 0.65	≤1.40	0.07 ~ 0.12	≤0.035	0.25 ~ 0.55	—	—	≤0.10	≤0.12

表 1-9 高耐候结构钢的牌号及力学性能

牌 号	交货状态	厚度/mm	屈服强度 $\sigma_s$ /MPa 不小于	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa 不小于	伸长率 $\delta_5$ (%) 不小于	180°弯曲试验
Q295GNH	热轧	≤6	295	390	24	$d = a$
		>6				$d = 2a$
Q295GNHL		≤6	295	430	24	$d = a$
		>6				$d = 2a$
Q345GNH		≤6	345	440	22	$d = a$
		>6				$d = 2a$
Q345GNHL	≤6	345	480	$d = a$		
	>6			$d = 2a$		



## 8 钢结构工程施工细节详解

(续)

牌 号	交货状态	厚度/mm	屈服强度 $\sigma_s$ /MPa 不小于	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa 不小于	伸长率 $\delta_5$ (%) 不小于	180°弯曲试验
Q390GNH	热轧	≤6	390	490	22	$d = a$
		>6				$d = 2a$
Q295GNH	冷轧	≤2.5	260	390	27	$d = a$
Q295GNHL						
Q345GNHL						

注：d 为弯心直径，a 为钢材厚度。

表 1-10 高耐候结构钢的冲击性能

牌 号	V 形缺口冲击试验		
	试验方向	温度/℃	平均冲击功/J
Q295GNH	纵向	0 -20	≥27
Q295GNHL			
Q345GNH			
Q345GNHL			
Q390GNH			

注：试验温度应在合同中注明。

(2) 焊接结构用耐候钢 按照国家标准《焊接结构用耐候钢》(GB/T 4172—2000) 的规定，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。

焊接结构用耐候钢的牌号表示由代表“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。规定共分为 Q235NH、Q295NH、Q355NH、Q460NH 四种牌号，其化学成分和力学性能分别见表 1-11 和表 1-12。

表 1-11 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(质量分数)(%)							
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	V
Q235NH	L52350	≤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