

建筑安装工程施工技术丛书

本书适合于基层施工管理人员阅读 也可作为岗位培训教材

# 钢结构工程施工技术

Gangjiegou Gongcheng Shigong jishu

周 舟 主编

山西出版集团  
山西科学技术出版社

· 建筑安装工程施工技术丛书 ·

会委编(升从本对工施研工器安范数)

# 钢结构工程施工技术

主编 周舟 副主编 孙明波

主编 周舟 副主编 孙明波

主编

副主编

主编

副主编

副主编

主编

副主编

主编

副主编

山西出版集团  
山西科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

钢结构工程施工技术/周舟主编. —太原:山西科学技术出版社,2009.5

(建筑安装工程施工技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 5377 - 3350 - 2

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 047892 号

· 建筑安装工程施工技术丛书 ·

## 钢结构工程施工技术

---

主 编 周 舟

出 版 山西出版集团·山西科学技术出版社  
(太原市建设南路 15 号 邮编:030012)

发 行 山西出版集团·山西科学技术出版社(0351—4922121)

经 销 新华书店

印 刷 太原兴庆印刷有限公司

邮 箱 sxkjs\_gys@126.com

电 话 0351 - 4922063(编辑室)

开 本 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 23.75

字 数 392 千字

版 次 2009 年 5 月第 1 版

印 次 2009 年 5 月第 1 次印刷

印 数 1 - 3000 册

书 号 ISBN 978 - 7 - 5377 - 3350 - 2

定 价 47.00 元

---

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与发行部联系调换。



## 前 言

随着建筑业的蓬勃发展和科技进步,以及出现新的规范、法规及标准,为了满足广大工程技术人员的实际工作需要,我们组织了业内工程技术人员及专业教师编写了这套《建筑安装工程施工技术丛书》。该丛书包括《建筑工程施工测量技术》、《建筑施工安全技术》、《建筑地基基础工程施工技术》、《地下工程防水技术》、《建筑工程防火技术》、《砌筑与抹灰工程施工技术》、《屋面工程施工技术》、《模板工程施工技术》、《混凝土工程施工技术》、《钢结构工程施工技术》共十本。

该丛书力争做到:内容上力求“全、新、精、准”;叙述上力求“简明扼要、图文对照、学以致用”;取材上强调“基本、常用、关键、实用”;形式上以图表为主;编排上按用途归类,尽量做到能快速便查。因此,该丛书具有内容全而精,资料新而准,取材先进而实用,编排便于快速查阅等特点。

《钢结构工程施工技术》一书重点编写了钢结构材料、焊接、铆接与高强度螺栓连接、钢结构制作技术基础、建筑钢结构安装、彩色钢板围护结构、大跨度重型工业厂房制作及安装、建筑钢结构涂装等内容。适宜施工技术人员阅读参考并可作为培训教材使用。

本书由周舟任主编,参加编写的人员有周海涛、赵永安、杜逸玲、余春生、李先祥、林洪、杨云洪、张明爽、姜海、赵林、周洪涛、文华东、周博、李涛、吴建强、李宝英和杨峰等。

由于编者水平所限,不足之处在所难免,恳请读者批评指正。



# 目 录

163	.....	.....	.....
165	.....	.....	.....
175	.....	.....	.....
190	.....	.....	.....
209	.....	.....	.....
<b>第一章</b>	<b>钢结构材料</b> .....		<b>1</b>
第一节	建筑钢材的钢号.....		1
第二节	建筑钢结构对钢材的要求.....		2
第三节	钢板和型钢.....		9
第四节	建筑钢材的选择和代用.....		30
第五节	钢材的验收和堆放.....		34
<b>第二章</b>	<b>焊接</b> .....		<b>39</b>
第一节	钢结构焊缝符号.....		39
第二节	焊接材料及应用.....		43
第三节	焊接方法、焊接设备及工艺参数.....		61
第四节	焊接施工通用规程.....		108
第五节	焊接缺陷.....		116
第六节	影响焊接质量的技术因素.....		127
第七节	焊接质量的检验.....		130
<b>第三章</b>	<b>铆接与高强度螺栓连接</b> .....		<b>141</b>
第一节	铆接.....		141
第二节	高强度螺栓连接.....		150
<b>第四章</b>	<b>钢结构制作技术基础</b> .....		<b>163</b>
第一节	放样展开号料.....		163
第二节	剪切与气割.....		189
第三节	构件制作.....		195
第四节	构件制作实例.....		211
第五节	装配.....		227



<b>第五章 建筑钢结构安装</b> .....	231
第一节 建筑钢结构安装施工.....	231
第二节 建筑钢结构安装质量控制与工艺措施.....	274
第三节 栓钉焊接工艺.....	299
<b>第六章 彩色钢板围护结构</b> .....	307
第一节 彩色钢板围护系统材料.....	307
第二节 彩色钢板围护系统分类及适用范围.....	309
第三节 彩色钢板围护系统配件.....	310
第四节 彩色钢板围护结构施工安装.....	312
<b>第七章 大跨度重型工业厂房制作与安装</b> .....	332
第一节 制作.....	332
第二节 安装.....	342
<b>第八章 建筑钢结构涂装</b> .....	344
第一节 涂料.....	344
第二节 常用的各种涂料组成和性能简介.....	348
第三节 抛射除锈及磨料.....	355
第四节 酸洗除锈.....	357
第五节 带锈涂料.....	362
第六节 涂料的施工方法.....	363



# 第一章 钢结构材料

## 第一节 建筑钢材的钢号

建筑钢材钢号的表示方法,是按照国家标准 GB/T 221 - 2000 的规定标注的。钢号能表明钢材冶炼时的主要工艺和钢材的内在质量。

### 一、普通碳素钢

普通碳素钢(GB 700 - 2006)是普通碳素结构钢的简称,按其屈服强度等级分为五种牌号,钢结构常用的牌号为 Q235 钢。钢的牌号由代表屈服点的字母、屈服点数值、质量等级符号、脱氧方法符号等四个部分按顺序组成。如 Q235AF,其中“Q”是钢材屈服点“屈”字汉语拼音的首位字母;“235”为该牌号钢的屈服点数值,表明该钢材的屈服强度为  $235\text{N}/\text{mm}^2$ ;“A”为钢材的质量等级符号,共分为 A、B、C、D 四个等级;“A”级为最低等级,“D”级为最高等级;“F”是沸腾钢“沸”字汉语拼音的首位字母,表明该钢材为沸腾钢。钢材牌号尾部若标明“b”字母,则表明该钢材为半镇静钢,“b”为半镇静钢“半”字汉语拼音的首位字母;“Z”字母是镇静钢“镇”字汉语拼音的首位字母,代表镇静钢;“TZ”字母是特殊镇静钢“特镇”两字汉语拼音的首位字母,代表特殊镇静钢。在钢的牌号组成表示方法中,“Z”与“TZ”符号予以省略,“F”、“b”、“Z”和“TZ”四种符号表明钢锭浇铸时的脱氧程度。

镇静钢是用铝、硅等充分脱氧的钢,浇铸时放出气体少,质量好,但价格贵。沸腾钢是用锰铁脱氧,由于脱氧不充分,浇铸时在钢锭中有沸腾现象,质量不够均匀,但生产率较高。介于镇静钢和沸腾钢之间的是半镇静钢。

### 二、优质碳素结构钢

优质碳素结构钢按国家标准 GB/T 699 - 1999 的规定,分为优质钢、高级优质钢 A 和特级优质钢 E 三个质量等级。优质钢的牌号多以平均含碳量的百分数表示,如牌号 45 的优质钢其含碳量为  $0.42\% \sim 0.50\%$ ;也有的牌号后面加 Mn、F,如 10F、40Mn 钢等。优质钢硫、磷的含量都不超过  $0.035\%$ 。



优质碳素结构钢在建筑工程中应用较少,在高强度螺栓中有应用,如其螺栓、螺母和垫圈,有的即采用牌号 45、35 的优质碳素结构钢。

### 三、普通低合金钢

普通低合金钢(GB/T 1591 - 1994)是一种在普通碳素钢基础上添加少量的一种或多种合金元素(总含量一般不超过 5%),以提高其强度、耐腐蚀性、耐磨性或低温冲击韧性的钢材。普通低合金钢按其屈服强度等级分为五种牌号,钢结构常用的牌号为 Q345 钢。钢的牌号由代表屈服点的汉语拼音字母、屈服点数值、质量等级符号三个部分按顺序排列。如 Q345A,其中“Q”是钢材屈服点的“屈”字汉语拼音的首位字母;“345”为该牌号钢的屈服点数值,表明该钢材的屈服强度为“345MPa”;“A”为钢材的质量等级符号,共分为 A、B、C、D、E 五个等级,“A”级为最低等级,“E”级为最高等级。

## 第二节 建筑钢结构对钢材的要求

### 一、机械性能和化学成分

建筑钢结构钢材必须有足够的强度,良好的塑性、韧性、耐疲劳性和优良的焊接性能,且易于冷热加工成型,耐腐蚀性好。国家标准《钢结构设计规范》(GB 50017 - 2003)提出了对承重结构的钢材应满足屈服强度、抗拉强度、伸长率、冷弯试验指标和控制硫、磷含量的保证要求,这些指标在建筑钢结构设计计算、施工制作和安全使用中是十分必要的因素。

#### (一) 机械性能

1. 屈服强度:对不可逆(塑性)变形开始出现时金属单位截面面积上的最低作用外力,定义为屈服强度或屈服点。它标志着金属对初始塑性变形的抗力。

钢结构强度校核时根据荷载计算的应力,应小于材料的容许应力,则结构是安全的。因此,屈服强度是作为强度计算和确定结构尺寸最基本的参数。

2. 抗拉强度:是钢材最大的均匀塑性变形的抗力指标,也是抵抗局部塑性变形的能力指标。

除在某些压力容器等钢结构设计计算中,将抗拉强度作为重要的强度指标考核外,在建筑钢结构中,以规定抗拉强度的上、下限作为控制钢材冶金质量的一个手段,其原因如下:

第一,如果抗拉强度太低,意味着钢的生产工艺不正常,冶金质量不良(钢





中气体、非金属杂物过多等);抗拉强度高则反映轧钢工艺不当,终轧温度太低,使钢材过分硬化,从而引起塑性、韧性的下降。

第二,规定了钢材强度的上、下限,就可以使钢材与钢材之间、钢材与焊缝之间的强度较为接近,满足结构具有等强度的要求,避免因材料强度不均而产生过度的应力集中。

第三,控制抗拉强度范围还可以避免因钢材的强度过高,而给冷加工和焊接带来困难。

3. 伸长率(延伸率):是钢材加工工艺性能的重要指标,并显示钢材冶金质量的好坏。按拉力试样标距长度的不同,伸长率一般可用 $\delta_5$ 和 $\delta_{10}$ 来表示。 $\delta_5$ 为5倍直径长度的试样,标准试样长度 $L_0=100$ ,直径 $D_0=20$ ,或者比例试样 $L_0=5.65\sqrt{F_0}$ , $F_0$ 为试样截面面积。 $\delta_{10}$ 为10倍直径长度的试样,标准试样长度 $L_0=200$ ,直径 $D_0=20$ ,或者比例试样 $L_0=11.3\sqrt{F_0}$ , $F_0$ 为试样截面面积。

$\delta_5$ 与 $\delta_{10}$ 的关系是 $\delta_5=1.2\sim 1.5\delta_{10}$ 。工程上常用 $\delta_5$ 表示。建筑结构钢要求 $\delta_5$ 应为16%~23%。钢的伸长率太低可能是钢的冶金质量不好所致;伸长率太高则可能引起钢的强度、韧性等其他性能的下降。随着钢的屈服强度等级的提高,伸长率的指标可能有少许降低。

4. 冷弯试验:是测定钢材变形能力的重要标志。它以试样在规定的弯心直径下弯曲到一定角度不出现裂纹、裂断或分层等缺陷为合格标准。在试验冷弯性能的同时,也可以检查钢的冶金质量,在冷弯试验中,钢材开始出现裂纹时的弯曲角度以及裂纹的扩展情况显示了钢的抗裂能力,在一定程度上反映出钢的韧性。

5. 冲击韧性:是抵抗脆性破坏的能力。钢结构发生脆性破坏时的名义应力通常接近或低于钢材的屈服强度,甚至低于结构的设计应力。因此,只满足强度和塑性要求的钢材还不能防止脆性破坏。为了保证钢结构建筑物的安全,防止低应力脆性断裂,建筑结构钢还必须有良好的韧性。目前关于钢材脆性破坏的试验方法已有数百种之多,缺口冲击试验是最简便的检验钢材冲击韧性的实验方法,也是作为建筑结构钢验收、试验的项目之一。

## (二) 化学成分

碳是决定强度的主要因素。碳素钢含碳量应在0.04%~0.17%,合金钢含碳量大于0.5%~0.7%,碳含量增高,强度和硬度增高,塑性和冲击韧性下降,脆性增大,冷弯性能、焊接性能变差。

加入少量硅能提高钢的强度和硬度、韧性,能使钢脱氧,且有较好的耐热性、耐酸性。硅在碳素钢中含量不应超过0.5%,超过限值则成为合金钢的合



金元素,含量超过1%时,则使钢的塑性和冲击韧性下降,冷脆性增大,可焊性、抗腐蚀性变差。

锰可提高钢的强度和硬度,使钢脱氧去硫,含量在1%以下;合金钢含量大于1%时即成为合金元素。少量锰可降低脆性,改善塑性、韧性、热加工性和焊接性能,含量较高时,会使钢塑性和韧性下降,脆性增大,焊接性能变坏。

磷是有害元素,降低钢的塑性和韧性,出现冷脆性,能使钢的强度显著提高,同时提高大气腐蚀稳定性,含量应限制在0.05%以下。磷含量提高,在低温下使钢变脆,在高温下使钢缺乏塑性和韧性,焊接及冷弯性能变坏,其危害与含碳量有关,在低碳钢中影响较小。

硫是极有害元素,使钢热脆性大,含量限制在0.05%以下,含量高时,焊接性能、韧性和抗蚀性将变坏;在高温热加工时,容易产生断裂,形成热脆性。

## 二、碳素结构钢

### (一)牌号和化学成分(表1-1)

表1-1 碳素结构钢牌号和化学成分

牌号	等级	化学成分(质量分数)(%)					脱氧方法	
		C	Mn	Si <sup>②</sup>	S	P		
Q195	—	0.16~0.12	0.25~0.50	0.30	0.050	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 <sup>①</sup>	0.30	0.050	0.045	F、b、Z	
	B	0.12~0.20	0.30~0.7 <sup>①</sup>		0.045			
	C	≤0.18	0.35~0.80		0.040	0.040		Z
	D	≤0.17			0.035	0.035		TZ
Q255	A	0.18~0.28	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	0.050	0.045	Z	

注:1. 钢中残余元素 Cr、Ni、Cu 含量应均小于0.30%,如供方能保证,可不作分析。

2. 氧气转炉钢的氮含量应不大于0.008%。

3. F表示沸腾钢,b表示半镇静钢,Z表示镇静钢,TZ表示特殊镇静钢。

①Q235A、B级沸腾钢,Mn含量上限为 $\omega_{Mn}=0.60\%$ 。

②沸腾钢Si含量不大于0.07%,半镇静钢Si含量不大于0.17%,镇静钢Si含量下限值 $\omega_{Si}=0.12\%$ 。



## (二) 力学和工艺性能(表 1-2)

表 1-2 碳素结构钢的力学和工艺性能

拉伸试验													
牌号	屈服点 (MPa) $\geq$						抗拉强度 (MPa)	伸长率 $\delta_5$ (%) $\geq$					
	钢材厚度 (直径) (mm)							钢材厚度 (直径) (mm)					
	$\leq 16$	$> 16$ $\sim 40$	$> 40$ $\sim 60$	$> 60$ $\sim 100$	$> 100$ $\sim 150$	$> 150$		$\leq 16$	$> 16$ $\sim 40$	$> 40$ $\sim 60$	$> 60$ $\sim 100$	$> 100$ $\sim 150$	$> 150$
Q195	(195)	(185)	—	—	—	—	315 ~ 430	33	32	—	—	—	—
Q215	215	205	195	185	175	165	335 ~ 450	31	30	29	28	27	26
Q235	235	225	215	205	195	185	375 ~ 500	26	25	24	23	22	21
Q255	255	245	235	225	215	205	410 ~ 550	24	23	22	21	20	19
Q275	275	265	255	245	235	225	490 ~ 630	20	19	18	17	16	15

  

冲击试验				冷弯试验 (试样宽度 $B = 2a$ ) $180^\circ$			
牌号	等级	温度 (°C)	V 形冲击功 (纵向) (J) $\geq$	试样方向	钢材厚度 (直径) $a$ (mm)		
					60	$> 60 \sim 100$	$> 100 \sim 200$
					弯心直径 $d$		
Q195	—	—	—	纵横	0 $0.5a$	—	—
Q215	A	—	—	纵横	$0.5a$	$1.5a$	$2a$
	B	20	27		$a$	$2a$	$2.5a$
Q235	A	—	—	纵横	$a$ $1.5a$	$2a$ $2.5a$	$2.5a$ $3a$
	B	20	27				
	C	0	27				
	D	-20	27				
Q255	A	—	—	纵横	$2a$	$3a$	$3.5a$
	B	20	27				
Q275	—	—	—	纵横	$3a$	$4a$	$4.5a$

注:1. Q195 钢的屈服点仅供参考,不作为交货条件。

2. 各牌号 A 级钢的冷弯试验,在需方有要求时才进行,当冷弯试验合格时,抗拉强度上限可不作为交货条件。

3. 各牌号 B 级沸腾钢轧制钢材的厚度(直径)一般  $\leq 25\text{mm}$ 。

## (三) 特性和用途(表 1-3)

表 1-3 碳素结构钢的特性和用途

牌号	主要特性	用途举例
Q195	含碳、锰量低,强度不高、塑性好、韧性高,具有良好的工艺性能和焊接性能	广泛用于轻工、机械、运输车辆、建筑等一般结构件,自行车、农机配件,五金制品,焊管坯及输送水、煤气等用管、烟筒、屋面板、拉杆、支架及机械用一般结构零件



续表

牌号	主要特性	用途举例
Q215	含碳、锰量较低,强度比 Q195 稍高,塑性好,具有良好的韧性、焊接性能和工艺性能	用于厂房、桥梁等大型结构件,建筑桁架、铁塔、井架及车船制造结构件,轻工、农业等机械零件,五金工具、金属制品等
Q235	含碳量适中,具有良好的塑性、韧性、焊接性能、冷加工性能,以及一定的强度	大量生产钢板、型钢、钢筋,用以建造厂房屋架、高压输电铁塔、桥梁、车辆等。其 C、D 级钢含硫、磷量低,相当于优质碳素结构钢,质量好,适于制造对可焊性及韧性要求较高的工程结构机械零部件,如机座、支架、受力不大的拉杆、连杆、销、轴、螺钉(母)、轴、套圈等
Q255	具有较好的强度、塑性和韧性,较好的焊接性能和冷热压力加工性能	用途不如 Q235 钢广泛,主要用作铆接与栓接结构件和要求强度不太高的零件,如螺栓、锤、拉杆、轴、摇杆等
Q275	碳及硅、锰含量高一些,具有较高的强度,较好的塑性,较高的硬度和耐磨性,一定的焊接性能和较好的切削加工性能,完全淬火后,硬度可达 HBS270 ~ 400	用于制造心轴、齿轮、销轴、链轴、螺栓(母)、垫圈、刹车杆、鱼尾板、垫板、农机用型材、机架、耙齿、播种机开沟器架、输送链条等

一些建设单位希望在焊接结构中用 Q235 - A 代替 Q235 - B,这显然是不合适的。国家标准《碳素结构钢》(GB/T 700 - 2006)明确规定 A 级钢的碳含量不作为交货条件,但应在熔炼分析中注明。从法规意义上讲,不作为交货条件就是不保证,即使在熔炼分析中的碳含量符合规定要求,亦只能被认为仅供参考,可能离散性较大,焊接质量就不稳定。也就是说若将 Q235 - A, F 钢用于重要的焊接结构上发生事故后,钢材生产厂在法律上是不负任何责任的,因为在交货单上明确规定碳含量是不作为交货条件的。为了确保工程质量,促使提高钢材质量,防止建筑市场上以次充好的不正常现象,故建议对焊接结构一定要保证碳含量,即在主要焊接结构中不能使用 Q235 - A 级钢(《钢结构设计规范》GB 50017 - 2003)。



## 三、低合金高强度结构钢

## (一)牌号和化学成分(表1-4)

表1-4 低合金高强度结构钢的牌号和化学成分

牌号	质量等级	化学成分(重量分数)(%)										
		C≤	Mn	Si≤	P≤	S≤	V	Nb	Ti	Al≥	Cr≤	Ni≤
Q295	A	0.16	0.80~1.50	0.55	0.045	0.045	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	—	—	—
	B	0.16	0.80~1.50	0.55	0.040	0.040	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	—	—	—
Q345	A	0.20	1.00~1.60	0.55	0.045	0.045	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	—	—	—
	B	0.20	1.00~1.60	0.55	0.040	0.040	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	—	—	—
Q390	C	0.20	1.00~1.60	0.55	0.035	0.035	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	—	—
	D	0.18	1.00~1.60	0.55	0.030	0.030	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	—	—
	E	0.18	1.00~1.60	0.55	0.025	0.025	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	—	—
Q420	A	0.20	1.00~1.60	0.55	0.045	0.045	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	—	0.300	0.70
	B	0.20	1.00~1.60	0.55	0.040	0.040	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	—	0.300	0.70
	C	0.20	1.00~1.60	0.55	0.035	0.035	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.300	0.70
	D	0.20	1.00~1.60	0.55	0.030	0.030	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.300	0.70
	E	0.20	1.00~1.60	0.55	0.025	0.025	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.300	0.70
Q460	A	0.20	1.00~1.70	0.55	0.045	0.045	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	—	0.400	0.70
	B	0.20	1.00~1.70	0.55	0.040	0.040	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	—	0.400	0.70
	C	0.20	1.00~1.70	0.55	0.035	0.035	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.400	0.70
Q460	D	0.20	1.00~1.70	0.55	0.030	0.030	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.400	0.70
	E	0.20	1.00~1.70	0.55	0.025	0.025	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.400	0.70
	C	0.20	1.00~1.70	0.55	0.035	0.045	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.700	0.70
Q460	D	0.20	1.00~1.70	0.55	0.030	0.040	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.700	0.70
	E	0.20	1.00~1.70	0.55	0.025	0.035	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.700	0.70

注:表中的Al为全铝含量,如化验酸溶铝时,其含量(重量分数)应不小于0.01%。



(二) 力学和工艺性能(表 1-5)

表 1-5 低合金高强度结构钢的力学和工艺性能

牌号	质量等级	屈服点 $\sigma_s$ (MPa)				抗拉强度 $\sigma_b$ (MPa)	伸长率 $\sigma_s$ (%)	冲击吸收功 $A_{KV}$ (纵向) (J)				180°弯曲试验 $d =$ 弯心直径; $a =$ 试样厚度 (直径)	
		厚度 (直径, 边长) (mm)						+20℃	0℃	-20℃	-40℃		
		≤16	>16 ~35	>35 ~50	>50 ~100							≥	
		≥						≥				≤16	>16 ~100
Q295	A	295	275	255	235	390~570	23	—	—	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	B	295	275	255	235	390~570	23	34	—	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
Q345	A	345	325	295	275	470~630	21	—	—	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	B	345	325	295	275	470~630	21	34	—	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	C	345	325	295	275	470~630	21	—	34	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	D	345	325	295	275	470~630	21	—	—	34	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	E	345	325	295	275	470~630	21	—	—	—	27	$d = 2a$	$d = 3a$
Q390	A	390	370	350	330	490~650	19	—	—	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	B	390	370	350	330	490~650	19	34	—	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	C	390	370	350	330	490~650	20	—	34	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	D	390	370	350	330	490~650	20	—	—	34	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	E	390	370	350	330	490~650	20	—	—	—	27	$d = 2a$	$d = 3a$
Q420	A	420	400	380	360	520~680	18	—	—	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	B	420	400	380	360	520~680	18	34	—	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	C	420	400	380	360	520~680	19	—	34	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	D	420	400	380	360	520~680	19	—	—	34	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	E	420	400	380	360	520~680	19	—	—	—	27	$d = 2a$	$d = 3a$
Q460	C	460	440	420	400	550~720	17	—	34	—	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	D	460	440	420	400	550~720	17	—	—	34	—	$d = 2a$	$d = 3a$
	E	460	440	420	400	550~720	17	—	—	—	27	$d = 2a$	$d = 3a$

(三) 特性和用途(表 1-6)

表 1-6 低合金高强度钢的特性和用途

牌号	主要特性	用途举例
Q295	具有良好的塑性、韧性、冷弯性能、冷热压力加工性能,且有一定的耐蚀性能,若钢中加入少量 V、Nb、Ti 元素,能使晶粒细化,更好地提高钢的抗拉强度和韧性,并降低脆性转变温度,改善钢的性能	大量用于制造各种容器、螺旋焊管、拖拉机轮圈、农机结构件、建筑结构、车体用冲压件和船体构件等



续 表

牌号	主要特性	用途举例
Q345	具有良好的综合力学性能,低温冲击韧性、冷冲压和切削加工性、焊接性能均好,A、B级钢视钢材用途和使用需求,可加入或不加入微合金化学元素V、Nb、Ti;但C、D、E级钢应加入V、Nb、Ti、Al中的一种或几种,以细化钢的晶粒,防止钢的过热,提高钢的韧性和改善强度。钢中也可加入稀土元素,改善韧性、冷弯性能和钢材的各向异性	广泛用于各种焊接结构,如桥梁、车辆、船舶、管道、锅炉、大型容器、储罐、重型机械设备、矿山机械、电站、厂房结构、低温压力容器、轻纺机械零件等
Q390	强度比Q345钢高,塑性稍差,韧性相当,焊接性能、冷冲压和切削加工性良好。A、B级钢视钢材用途和使用需求可加入V、Nb、Ti微合金元素,但C、D、E级钢应加入V、Nb、Ti、Al的一种或几种,以细化钢的晶粒,防止钢的过热,提高钢的韧性和改善强度,还可加入微量Cr、Ni或Mo元素改善钢的性能	用于桥梁、车辆、船舶、厂房等大型结构件,高中压石油化工容器、锅炉汽包、管道、过热器、压力容器、重型机械等
Q420	具有良好的力学性能和焊接性能,冷热加工性好,由于加入微合金元素,提高和改善钢的强韧性	用于制造矿山机械、重型车辆、船舶、桥梁、中高压锅炉、容器及其他大型焊接结构件
Q460	强度高,塑性及韧性好,焊接性能良好,冷热加工性较好	主要用于制造工程机械构件,如矿山机械、铲车、运输车、桥梁、中高压锅炉及其他大型焊接结构件

注:钢板厚度 $\geq 40\text{mm}$ ,应满足Z向钢要求,以防止层间撕裂。

Z15 硫含量 $\leq 0.010\%$ ,断面收缩率15%。

Z25 硫含量 $\leq 0.007\%$ ,断面收缩率25%。

Z35 硫含量 $\leq 0.005\%$ ,断面收缩率35%。

### 第三节 钢板和型钢

#### 一、钢板和钢带

##### (一) 热轧钢板、钢带

##### 1. 分类和代号(表1-7)

表1-7 热轧钢板、钢带分类和代号

按边缘状态分		按轧制精度分	
分类	代号	分类	代号
切边	Q	较高精度	A
不切边	BQ	普通精度	B



2. 热轧钢板尺寸

热轧钢板尺寸见表 1-8, 钢板和钢带厚度允许偏差见表 1-9, 外形偏差见表 1-10。

表 1-8 热轧钢板的尺寸

钢板公称厚度 (mm)	下列钢板宽度的最小和最大长度 (m)																
	0.6	0.65	0.70	0.71	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.0	1.1	1.25	1.40	1.42	1.5	1.6	1.7
0.5、0.55、0.60	1.2	1.4	1.42	1.5	1.5	1.7	1.8	1.9	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-
0.65、0.70、0.75	2.0	2.0	1.42	1.42	1.5	1.5	1.7	1.8	1.9	2.0	-	-	-	-	-	-	-
0.80、0.90	2.0	2.0	1.42	1.42	1.5	1.5	1.7	1.8	1.9	2.0	-	-	-	-	-	-	-
1.0	2.0	2.0	1.42	1.42	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	-	-	-	-	-	-	-
1.2、1.3、1.4	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	-	-	-	-	-
1.5、1.6、1.8	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
2.0、2.2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
2.5、2.8	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
3.0、3.2、3.5、3.8、3.9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
4.0、4.5、5.0	-	-	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
6.0、7.0	-	-	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
8.0、9.0、10	-	-	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
11、12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
13、14、15、16、17、18、19、20、21、22、25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0
										6.5	6.5	12	12	12	12	11	11





续表

钢板公称厚度 (mm)	下列钢板宽度的最小和最大长度 (m)																
	0.6	0.65	0.70	0.71	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.0	1.1	1.25	1.40	1.42	1.51	1.61	1.7
26、28、30、32、34、36、38、40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.5
												12	12	12	12	12	12
42、45、48、50、52、55、60、65、70、75、80、85、90、95、100、105、110、120、125、130、140、150、160、165、170、180、185、190、195、200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.5
												9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0

钢板公称厚度 (mm)	下列钢板宽度的最小和最大长度 (m)																
	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8
2.5、2.8	2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.0、3.2、3.5	2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.0、4.5、5.0	2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.0、7.0	2.0	2.0	2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6.0	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8.0、9.0、10	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12	12	12	12	12	12	12	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11、12	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12	12	10	10	12.0	9.0	9.0	9.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13、14、15、16、17、18、19、20、21、22、25	4.0	4.0	4.0	4.5	4.5	4.5	4.0	4.0	3.5	3.5	3.5	—	—	—	—	—	—
	10	10	10	10	9	9	9	9	9	8.2	8.2	—	—	—	—	—	—
26、28、30、32、34、36、38、40	3.5	4.0	4.0	4.0	4.5	4.5	4.0	4.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.0	3.2	3.4	3.6	—
	12	12	12	12	12	12	11	11	10	10	10	10	9.5	9.5	9.5	9.5	—