



建设工程常用图表手册系列

JIAN SHE GONG CHENG CHANG YONG TUBIAO SHOU CE XILIE



钢结构工程 常用图表手册

GANGJIEGOU GONGCHENG
CHANGYONG TUBIAO SHOUCE

◎ 王志云 主编

- 数据资料 全面详实
- 图表索引 形式新颖
- 查阅检索 方便快捷
- 一书在手 工作好帮手！



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

建设工程常用图表手册系列

钢结构工程常用 图表手册

王志云 主编



机械工业出版社

本书依据《钢结构设计规范》(2013 年征求意见稿)《钢结构工程施工规范》(GB 50755—2012)、《钢结构焊接规范》(GB 50661—2011)、《建筑结构制图标准》(GB/T 50105—2010)、《钢结构高强度螺栓连接技术规程》(JGJ 82—2011)等国家现行标准编写。主要包括常用资料、钢结构设计与计算和钢结构施工等内容。

本书是钢结构工程专业技术人员必备的常用小型工具书。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构工程常用图表手册/王志云主编. —北京:机械工业出版社, 2015. 1

(建设工程常用图表手册系列)

ISBN 978 - 7 - 111 - 43592 - 1

I. ①钢… II. ①王… III. ①钢结构 - 建筑工程 - 技术手册 IV. ①
TU391 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 180951 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: 闫云霞 责任编辑: 闫云霞

版式设计: 霍永明 责任校对: 李锦莉

责任印制: 刘 岚

北京京丰印刷厂印刷

2015 年 2 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 14 印张 · 334 千字

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 43592 - 1

定价: 39.00 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

服务咨询热线: 010-88379833 机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-88379469 机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网: www.golden-book.com

编 委 会

主 编 王志云

参 编 王 园 白雪影 白雅君 孙 喆
吴铁强 张一帆 张建铎 邹 雯
官 兵 姚 鹏 高瑞馨 郭 晶
聂 琴 常志学

前 言

钢结构，从定义来讲，即由型钢和钢板通过焊接、螺栓连接或铆接而制成的工程结构。从功能性来讲，钢结构是主要的建筑结构之一，也是现代建筑工程中较普通的结构形式之一。随着国民经济的高速发展和综合国力的不断提高，钢结构的应用在数量上和质量上都有了很大发展，并且在设计、制造和安装等技术方面都达到了较高的水平。作为一名钢结构工程专业技术人员，为了更好、更快地完成工作，应该掌握大量的常用钢结构工程图表资料，因此我们编写了这本《钢结构工程常用图表手册》。

本书分为常用资料、钢结构设计与计算以及钢结构施工三章。以国家现行规范、标准及常用设计图表资料为依据。本书的特色如下：

1. 数据资料全面

本书数据表格翔实，全面准确，以满足钢结构工程专业技术人员的职业需求为准则，以提高钢结构工程专业技术人员的工作效率为前提，是广大钢结构工程专业技术人员必备的常用小型工具书。

2. 查找方式便捷

本书采用了两种查阅办法：直观目录法——三级目录层次清晰；直接索引法——图表索引方便快捷，能够使读者快捷地查阅所需参考数据。

由于编者的学识和经验所限，虽尽心尽力，但书中仍难免存在疏漏或未尽之处，恳请广大读者和专家批评指正。

编 者

目 录

前言

1 常用资料	1
1.1 常用名词术语	1
1.2 符号	4
1.3 材料	7
1.3.1 钢材的分类	7
1.3.2 钢板和钢带	13
1.3.3 型钢	17
1.3.4 钢管	24
1.3.5 钢筋	25
1.3.6 盘条	29
1.4 施工图制图标准	31
1.4.1 制图基本规定	31
1.4.2 常用型钢的标注方法	34
1.4.3 螺栓、孔、电焊铆钉的表示方法	36
1.4.4 常用焊缝的表示方法	36
1.4.5 尺寸标注	42
1.4.6 复杂节点详图的分解索引	43
2 钢结构设计与计算	44
2.1 基本设计规定	44
2.2 设计指标和设计参数	45
2.3 结构分析与稳定性设计	49
2.4 受弯、受剪和受扭构件	51
2.5 轴心受力构件	52
2.6 拉弯、压弯构件	67
2.7 连接	85
2.8 节点	91
2.9 钢管连接节点	94
2.10 钢与混凝土组合梁	105
2.11 钢管混凝土组合柱及节点	110
2.12 疲劳计算	113
3 钢结构施工	122
3.1 钢结构焊接工程	122
3.1.1 焊接工艺评定	122
3.1.2 焊接工艺	136
3.1.3 钢结构焊接接头坡口形式、尺寸 和标记方法	138
3.1.4 焊接检验	152
3.2 紧固件连接工程	156
3.2.1 普通紧固件连接	156
3.2.2 高强度螺栓连接	157
3.3 钢零件及钢部件加工工程	160
3.3.1 放样和号料	160
3.3.2 切割	161
3.3.3 矫正和成型	162
3.3.4 边缘加工	163
3.3.5 螺栓球和焊接球加工	164
3.3.6 制孔	165
3.4 钢构件组装工程	166
3.4.1 组装工具	166
3.4.2 组装要求	167
3.4.3 典型胎模	168
3.4.4 钢构件组装的允许偏差	169
3.5 钢构件预拼装工程	175
3.5.1 预拼装施工	175
3.5.2 变形矫正	179
3.5.3 钢构件预拼装的允许偏差	181
3.6 钢构件安装工程	181
3.6.1 单层钢结构安装工程	181
3.6.2 多层及高层钢结构安装工程	187
3.6.3 钢网架结构安装工程	194
3.7 压型金属板工程	196
3.7.1 压型金属板制作	196
3.7.2 板材的吊装方法	197
3.7.3 压型金属板连接	198
3.7.4 压型金属板安装	198
3.8 钢结构涂装工程	199
3.8.1 防腐涂料的选用	199
3.8.2 防锈方法的选择	201
3.8.3 防火涂料的技术性能	201
3.8.4 防火涂层厚度的测定	203
图表索引	205
参考文献	216

1 常用资料

1.1 常用名词术语

钢结构常用名词术语见表 1-1。

表 1-1 钢结构常用名词术语

序号	术语	英文名称	含义
1	钢结构	steel structure	以钢板、钢管、圆钢、热轧型钢或冷加工成型的型钢通过焊接、铆钉或螺栓连接而成的结构
2	脆断	brittle fracture	指钢结构在拉应力状态下没有出现警示性的塑性变形而突然发生的脆性断裂
3	一阶弹性分析	first-order elastic analysis	不考虑几何非线性对结构内力和变形产生的影响, 根据未变形的结构建立平衡条件, 按弹性阶段分析结构内力及位移
4	二阶弹性分析	second-order elastic analysis	考虑几何非线性对结构内力和变形产生的影响, 根据位移后的结构建立平衡条件, 按弹性阶段分析结构内力及位移
5	直接分析设计	direct analysis design method	同时考虑结构几何非线性、材料非线性以及构件残余应力等缺陷对内力产生的影响, 以整个结构体系为对象进行二阶弹塑性分析的设计方法
6	屈曲	buckling	板件、杆件或结构在轴心压力、弯矩、剪力单独或共同作用下突然发生与原变形状态正交的较大变形而失去稳定的现象
7	腹板屈曲后强度	post-buckling strength of web plate	腹板屈曲后尚能继续保持承受额外荷载的能力
8	正则化长细比	normalized slenderness	参数, 其值等于钢材受弯、受剪或受压屈服强度除以相应的板件抗弯、抗剪或局部承压弹性屈曲应力之商的平方根
9	整体稳定	overall stability	构件或结构抵抗荷载的一阶、二阶效应而继续保持平衡的能力
10	有效宽度	effective width	在进行截面强度和稳定性计算时, 假定板件有效的那一部分宽度
11	有效宽度系数	effective width factor	板件有效宽度与板件实际宽度的比值

(续)

序号	术语	英文名称	含义
12	计算长度	effective length	构件在其有效约束点间的几何长度乘以考虑杆端变形情况和所受荷载情况的系数而得的等效长度,用以计算构件的长细比
13	长细比	slenderness ratio	构件计算长度与构件截面回转半径的比值
14	换算长细比	equivalent slenderness ratio	在轴心受压构件的整体稳定计算中,按临界力相等的原则,将格构式构件换算为实腹构件进行计算时对应的长细比或将弯扭与扭转失稳换算为弯曲失稳时采用的长细比
15	支撑力	nodal bracing force	为减少受压构件(或构件的受压翼缘)的自由长度所设置的侧向支撑处,在被支撑构件(或构件受压翼缘)的屈曲方向,所需施加于该构件(或构件受压翼缘)截面剪心的侧向力
16	框架	unbraced frame	依靠构件及节点连接的抗弯能力抵抗侧向荷载的框架
17	框架支撑结构	frame-bracing structure	由框架及支撑共同组成的抗侧力体系
18	强支撑框架	frame braced with strong bracing system	在支撑框架中,支撑结构(支撑桁架、剪力墙、筒体等)抗侧力刚度较大,可将该框架视为无侧移的框架
19	弱支撑框架	frame braced with weak bracing system	在支撑框架中,支撑结构抗侧力刚度较弱,不能将该框架视为无侧移的框架
20	摇摆柱	leaning column	框架内两端为铰接不能抵抗侧向荷载的柱
21	节点域	panel zone	框架梁柱的刚接节点处,柱腹板在梁高度范围内上下边设有加劲肋或隔板的区域
22	球形钢支座	spherical steel bearing	使结构在支座处可以沿任意方向转动,以钢球面作为支承面的铰接支座或可移动支座
23	钢板剪力墙	steel-plate shear wall	以钢板为材料填充于框架中承受框架中的水平剪力的墙体
24	主管	Chord member	钢管结构构件中,在节点处连续贯通的管件,如桁架中的弦杆
25	支管	brace member	钢管结构中,在节点处断开并与主管相连的管件,如桁架中与主管相连的腹杆
26	间隙节点	gap joint	两支管的趾部离开一定距离的管节点
27	搭接节点	overlap joint	在钢管节点处,两支管相互搭接的节点
28	平面管节点	uniplanar joint	支管与主管在同一平面内相互连接的节点
29	空间管节点	multiplanar joint	在不同平面内的支管与主管相接而形成的管节点
30	焊接截面	welded section	由板件(或型钢)焊接而成的截面
31	钢与混凝土组合梁	composite steel and concrete beam	由混凝土翼板与钢梁通过抗剪连接件组合而成的可整体受力的梁
32	支撑(剪力墙)系统	bracing system	包括支撑(剪力墙)及与之相连的梁(包括基础梁)、柱及其连接

(续)

序号	术语	英文名称	含义
33	钢管混凝土柱	concrete filled steel tubular column	钢管内浇注混凝土, 钢管和混凝土共同承担荷载的柱子
34	消能梁段	link	框架支撑结构中, 支撑连接位置偏离梁柱节点, 每根支撑应至少一端与框架梁相连, 并在支撑与梁交点和柱之间或同一跨内另一支撑与梁交点之间形成的一段短梁
35	中心支撑框架	concentrically braced frame	不具有消能梁段的框架支撑结构
36	偏心支撑框架	eccentrically braced frame	具有消能梁段的框架支撑结构
37	防屈曲支撑	buckling-restrained brace	由核心钢支撑、外约束单元和两者之间的无粘结构造层组成的支撑
38	弯矩调幅设计	moment redistribution design	利用钢结构的塑性性能进行弯矩重分布的设计方法
39	畸变屈曲	torsional buckling	截面形状发生变化、且板件与板件的交线至少有一条会产生位移的一种屈曲形式
40	塑性耗能区	plastic dissipative zone	在强烈地震作用下, 结构构件首先进入塑性变形、削减刚度、并消耗能量的区域
41	弹性区	elastic region	在强烈地震作用下, 结构构件仍处于弹性工作状态的区域
42	零件	part	组成部件或构件的最小单元, 如节点板、翼缘板等
43	部件	component	由若干零件组成的单元, 如焊接 H 型钢、牛腿等
44	构件	element	由零件或由零件和部件组成的钢结构基本单元, 如梁、柱、支撑等
45	小拼单元	the smallest assembled rigid unit	钢网架结构安装工程中, 除散件之外的最小安装单元, 一般分平面桁架和锥体两种类型
46	中拼单元	intermediate assembled structure	钢网架结构安装工程中, 由散件和小拼单元组成的安装单元, 一般分条状和块状两种类型
47	高强度螺栓连接副	set of high strength bolt	高强度螺栓和与之配套的螺母、垫圈的总称
48	抗滑移系数	slip coefficient of faying surface	高强度螺栓连接中, 使连接件摩擦面产生滑动时的外力与垂直于摩擦面的高强度螺栓预拉力之和的比值
49	预拼装	test assembling	为检验构件是否满足安装质量要求而进行的拼装
50	空间刚度单元	space rigid unit	由构件构成的基本的稳定空间体系
51	焊钉 (栓钉) 焊接	stud welding	将焊钉 (栓钉) 一端与板件 (或管件) 表面接触通电引弧, 待接触面熔化后, 给焊钉 (栓钉) 一定压力完成焊接的方法
52	环境温度	ambient temperature	制作或安装时现场的温度

1.2 符号

作用和作用效应设计值符号与含义见表 1-2。

表 1-2 作用和作用效应设计值符号与含义

序号	符号	含义	序号	符号	含义
1	F	集中荷载	5	P	高强度螺栓的预拉力
2	H	水平力	6	Q	重力荷载
3	M	弯矩	7	R	支座反力
4	N	轴心力	8	V	剪力

计算指标符号与含义见表 1-3。

表 1-3 计算指标符号与含义

序号	符号	含义
1	E	钢材的弹性模量
2	E_c	混凝土的弹性模量
3	G	钢材的剪变模量
4	N_t^a	一个锚栓的抗拉承载力设计值
5	N_t^b 、 N_v^b 、 N_c^b	一个螺栓的抗拉、抗剪和承压承载力设计值
6	N_t^r 、 N_v^r 、 N_c^r	一个铆钉的抗拉、抗剪和承压承载力设计值
7	N_v^c	组合结构中一个抗剪连接件的抗剪承载力设计值
8	N_t^{pj} 、 N_v^{pj}	受拉和受压支管在管节点处的承载力设计值
9	S_b	支撑结构的侧移刚度（产生单位侧倾角的水平力）
10	f	钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值
11	f_v	钢材的抗剪强度设计值
12	f_{ce}	钢材的端面承压强度设计值
13	f_y	钢材的屈服强度
14	f_u	极限抗拉强度设计值
15	f_t^a	锚栓的抗拉强度设计值
16	f_t^b 、 f_v^b 、 f_c^b	螺栓的抗拉、抗剪和承压强度设计值
17	f_t^r 、 f_v^r 、 f_c^r	铆钉的抗拉、抗剪和承压强度设计值
18	f_t^w 、 f_v^w 、 f_c^w	对接焊缝的抗拉、抗剪和抗压强度设计值
19	f_t^w	角焊缝的抗拉、抗剪和抗压强度设计值
20	f_c	混凝土抗压强度设计值
21	Δu	楼层的层间位移
22	$[v_Q]$	仅考虑可变荷载标准值产生的挠度的容许值
23	$[v_T]$	同时考虑永久和可变荷载标准值产生的挠度的容许值
24	σ	正应力
25	σ_c	局部压应力

(续)

序号	符号	含义
26	σ_f	垂直于角焊缝长度方向, 按焊缝有效截面计算的应力
27	$\Delta\sigma$	疲劳计算的应力幅或折算应力幅
28	$\Delta\sigma_e$	变幅疲劳的等效应力幅
29	$[\Delta\sigma]$	疲劳容许应力幅
30	σ_{cr} 、 $\sigma_{c,cr}$ 、 τ_{cr}	分别为板件的弯曲应力、局部压应力和剪应力的临界值
31	τ	剪应力
32	τ_f	角焊缝的剪应力

几何参数符号与含义见表 1-4。

表 1-4 几何参数符号与含义

序号	符号	含义
1	A	毛截面面积
2	A_n	净截面面积
3	H	柱的高度
4	H_1 、 H_2 、 H_3	阶形柱上段、中段(或单阶柱下段)、下段的高度
5	I	毛截面惯性矩
6	I_t	毛截面抗扭惯性矩
7	I_ω	毛截面扇性惯性矩
8	I_n	净截面惯性矩
9	S	毛截面面积矩
10	W	毛截面模量
11	W_n	净截面模量
12	W_p	塑性毛截面模量
13	W_{pn}	塑性净截面模量
14	b	板的宽度
15	b_0	箱形截面翼缘板在腹板之间的无支承宽度; 混凝土板托顶部的宽度
16	b_s	加劲肋的外伸宽度
17	b_e	板件的有效宽度
18	d	直径
19	d_e	有效直径
20	d_o	孔径
21	e	偏心距
22	h	截面全高
23	h_{e1}	混凝土板的厚度
24	h_{e2}	混凝土板托的厚度
25	h_e	焊缝的计算厚度
26	h_f	角焊缝的焊脚尺寸

(续)

序号	符号	含义
27	h_w	腹板的高度
28	h_0	腹板的计算高度
29	i	截面回转半径
30	l	长度或跨度
31	l_1	梁受压翼缘侧向支承间距离; 螺栓(或铆钉)受力方向的连接长度
32	l_w	焊缝计算长度
33	l_z	集中荷载在腹板计算高度边缘上的假定分布长度
34	t	板的厚度; 主管壁厚
35	t_s	加劲肋的厚度
36	t_w	腹板的厚度
37	λ	长细比
38	λ_0 、 λ_{yz} 、 λ_z 、 λ_{uz}	换算长细比
39	λ_b^{re}	梁腹板受弯计算时的正则化长细比
40	λ_s^{re}	梁腹板受剪计算时的正则化长细比
41	λ_c^{re}	梁腹板受局部压力计算时的正则化长细比
42	λ_n^{re}	正则化长细比

计算系数及其他见表 1-5。

表 1-5 计算系数及其他

序号	符号	含义
1	k_1 、 k_2	构件线刚度之比
2	η_{ov}	管节点的支管搭接率
3	n_f	高强度螺栓的传力摩擦面数目
4	n_v	螺栓或铆钉的剪切面数目
5	α_E	钢材与混凝土弹性模量之比
6	α_e	梁截面模量考虑腹板有效宽度的折减系数
7	α_f	疲劳计算的欠载效应等效系数
8	α_i^{II}	考虑二阶效应框架第 i 层杆件的侧移弯矩增大系数
9	β_b	梁整体稳定的等效临界弯矩系数
10	β_{ys}^E 、 β_{mem}^E	屈服强度调整系数、构件系数
11	β_f	正面角焊缝的强度设计值增大系数
12	β_m 、 β_t	压弯构件稳定的等效弯矩系数
13	ε_k	钢号修正系数, 其值为 235 与钢材牌号比值的平方根
14	γ	栓钉钢材强屈比
15	γ_0	结构的重要性系数
16	γ_x 、 γ_y	对主轴 x 、 y 的截面塑性发展系数
17	η	调整参数

(续)

序号	符号	含义
18	η_b	梁截面不对称影响系数
19	η_1 、 η_2	用于计算阶形柱计算长度的参数
20	μ	高强度螺栓摩擦面的抗滑移系数；柱的计算长度系数
21	μ_1 、 μ_2 、 μ_3	阶形柱上段、中段(或单阶柱下段)、下段的计算长度系数
22	φ	轴心受压构件的稳定系数
23	φ_b	梁的整体稳定系数
24	ψ	集中荷载的增大系数
25	ψ_n 、 ψ_a 、 ψ_d	用于计算直接焊接钢管节点承载力的参数
26	Ω	抗震性能调整系数

1.3 材料

1.3.1 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。碳的质量分数在 0.03% ~ 0.25% 范围内的钢称为低碳钢，碳的质量分数在 0.26% ~ 0.60% 之间的钢称为中碳钢，碳的质量分数在 0.6% ~ 2.0% 之间的钢为高碳钢。

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 1-6 ~ 表 1-8。

(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的牌号、化学成分与力学性能规定见表 1-9、表 1-10。

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—2008) 规定，低合金高强度结构钢的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。其化学成分见表 1-11 所示。

表 1-6 碳素结构钢的牌号和化学成分(熔炼分析)

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 ^①				0.045
	C	Z	0.17			0.040	0.040
	D	TZ				0.035	0.035
Q275	A	F、Z	0.24	0.35	1.50	0.045	0.050
	B	Z	0.21			0.045	0.045
			0.22				
	C	Z	0.20			0.040	0.040
D	TZ	0.035		0.035			

① 经需方同意, Q235B 的碳的质量分数可不大于 0.22%。

表 1-7 碳素结构钢的拉伸试验要求

牌号	等级	屈服强度 ^① $R_{\text{eH}}/(N/mm^2)$ 不小于						抗拉强度 ^② 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(℃)	冲击吸收能量 (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	—	27 ^③
	B						+20	
	C						0	
	D						-20	
Q275	A	22	21	20	18	17	—	27
	B						+20	
	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能量值合格, 经需方同意, 可不作检验。

表 1-8 碳素结构钢弯曲试验要求

牌号	试样方向	冷弯试验 $180^\circ B = 2a^{①}$	
		钢材厚度 (或直径) $^{②}/\text{mm}$	
		≤ 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。

表 1-9 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(质量分数,%)							
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S
					不大于				
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 1-10 建筑用优质碳素钢的力学性能

牌 号	力学性能			
	$\sigma_b / (\text{N/mm}^2)$	$\sigma_s / (\text{N/mm}^2)$	$\delta_5 (\%)$	$\psi (\%)$
15	375	225	27	55
20	410	245	25	55
15Mn	410	245	26	55
20Mn	450	275	24	50

表 1-11 低合金高强度结构钢的化学成分(熔炼分析)

牌号	质量等级	化学成分 ^{①,②} (质量分数,%)														
		C	Si	Mn	P	S	Nb	V	Ti	Cr	Ni	Cu	N	Mo	B	Als
					不大于											
Q345	A	≤0.20	≤0.50	≤1.70	0.035	0.035	0.07	0.15	0.20	0.30	0.50	0.30	0.012	0.10	—	—
	B				0.035	0.035										0.015
	C				0.030	0.030										
	D	0.030			0.025											
	E	≤0.18			0.025	0.020										

(续)

牌号	质量等级	化学成分 ^{①,②} (质量分数,%)														
		C	Si	Mn	P	S	Nb	V	Ti	Cr	Ni	Cu	N	Mo	B	Als
					不大于											
Q390	A	≤0.20	≤0.50	≤1.70	0.035	0.035	0.07	0.20	0.20	0.30	0.50	0.30	0.015	0.10	—	0.015
	B				0.035	0.035										
	C				0.030	0.030										
	D				0.030	0.025										
	E				0.025	0.020										
Q420	A	≤0.20	≤0.50	≤1.70	0.035	0.035	0.07	0.20	0.20	0.30	0.80	0.30	0.015	0.20	—	0.015
	B				0.035	0.035										
	C				0.030	0.030										
	D				0.030	0.025										
	E				0.025	0.020										
Q460	C	≤0.20	≤0.60	≤1.80	0.030	0.030	0.11	0.20	0.20	0.30	0.80	0.55	0.015	0.20	0.004	0.015
	D				0.030	0.025										
	E				0.025	0.020										
Q500	C	≤0.18	≤0.60	≤1.80	0.030	0.030	0.11	0.20	0.20	0.60	0.80	0.55	0.015	0.20	0.004	0.015
	D				0.030	0.025										
	E				0.025	0.020										
Q550	C	≤0.18	≤0.60	≤2.00	0.030	0.030	0.11	0.12	0.20	0.80	0.80	0.80	0.015	0.30	0.004	0.015
	D				0.030	0.025										
	E				0.025	0.020										
Q620	C	≤0.18	≤0.60	≤2.00	0.030	0.030	0.11	0.12	0.20	1.00	0.80	0.80	0.015	0.30	0.004	0.015
	D				0.030	0.025										
	E				0.025	0.020										
Q690	C	≤0.18	≤0.60	≤2.00	0.030	0.030	0.11	0.12	0.20	1.00	0.80	0.80	0.015	0.30	0.004	0.015
	D				0.030	0.025										
	E				0.025	0.020										

① 型材及棒材 P、S 的质量分数可提高 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(Nb + V + Ti) ≤ 0.22% (质量分数)，20(Mo + Cr) ≤ 0.30% (质量分数)。

3. 耐候钢

通过添加少量的合金元素如 Cu、P、Cr、Ni 等，使其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的钢称为耐候钢。按照国家标准《耐候结构钢》(GB/T 4171—2008) 的规定，耐候钢适用于车辆、桥梁、集装箱、建筑、塔架和其他结构用具有耐大气腐蚀性能的热轧和冷轧的钢板、钢带和型钢。耐候钢可制作螺栓连接、铆接和焊接的结构件。

我国目前生产的耐候钢分为高耐候钢和焊接耐候钢两种。
各牌号的分类及用途见表 1-12。

表 1-12 各牌号的分类及用途

类别	牌号	生产方式	用途
高耐候钢	Q295GNH、Q355GNH	热轧	车辆、集装箱、建筑、塔架或其他结构件等结构用，与焊接耐候钢相比，具有较好的耐大气腐蚀性性能
	Q265GNH、Q310GNH	冷轧	
焊接耐候钢	Q235NH、Q295NH、Q355NH、 Q415NH、Q460NH、 Q500NH、Q550NH	热轧	车辆、桥梁、集装箱、建筑或其他结构件等结构用，与高耐候钢相比，具有较好的焊接性能

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。其化学成分与力学性能分别符合表 1-13、表 1-14 和表 1-15 的规定。

表 1-13 耐候结构钢的化学成分

牌号	化学成分（质量分类，%）								
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	其他元素
Q265GNH	≤0.12	0.10 ~ 0.40	0.20 ~ 0.50	0.07 ~ 0.12	≤0.020	0.20 ~ 0.45	0.30 ~ 0.65	0.25 ~ 0.50 ^⑤	①，②
Q295GNH	≤0.12	0.10 ~ 0.40	0.20 ~ 0.50	0.07 ~ 0.12	≤0.020	0.25 ~ 0.45	0.30 ~ 0.65	0.25 ~ 0.50 ^⑤	①，②
Q310GNH	≤0.12	0.25 ~ 0.75	0.20 ~ 0.50	0.07 ~ 0.12	≤0.020	0.20 ~ 0.50	0.30 ~ 1.25	≤0.65	①，②
Q355GNH	≤0.12	0.25 ~ 0.75	≤1.00	0.07 ~ 0.15	≤0.020	0.25 ~ 0.55	0.30 ~ 1.25	≤0.65	①，②
Q235NH	≤0.13 ^⑥	0.10 ~ 0.40	0.20 ~ 0.60	≤0.030	≤0.030	0.25 ~ 0.55	0.40 ~ 0.80	≤0.65	①，②
Q295NH	≤0.15	0.10 ~ 0.50	0.30 ~ 1.00	≤0.030	≤0.030	0.25 ~ 0.55	0.40 ~ 0.80	≤0.65	①，②
Q355NH	≤0.16	≤0.50	0.50 ~ 1.50	≤0.030	≤0.030	0.25 ~ 0.55	0.40 ~ 0.80	≤0.65	①，②
Q415NH	≤0.12	≤0.65	≤1.10	≤0.025	≤0.030 ^④	0.20 ~ 0.55	0.30 ~ 1.25	0.12 ~ 0.65 ^⑤	①，②，③
Q460NH	≤0.12	≤0.65	≤1.50	≤0.025	≤0.030 ^④	0.20 ~ 0.55	0.30 ~ 1.25	0.12 ~ 0.65 ^⑤	①，②，③
Q500NH	≤0.12	≤0.65	≤2.0	≤0.025	≤0.030 ^④	0.20 ~ 0.55	0.30 ~ 1.25	0.12 ~ 0.65 ^⑤	①，②，③
Q550NH	≤0.16	≤0.65	≤2.0	≤0.025	≤0.030 ^④	0.20 ~ 0.55	0.30 ~ 1.25	0.12 ~ 0.65 ^⑤	①，②，③

① 为了改善钢的性能，可以添加一种或一种以上的微量合金元素（质量分数）：Nb 0.015% ~ 0.060%，V 0.02% ~ 0.12%，Ti 0.02% ~ 0.10%，Al ≥ 0.020%，若上述元素组合使用时，应至少保证其中一种元素含量达到上述化学成分的下限规定。

② 可以添加下列合金元素（质量分数）：Mo ≤ 0.30%，Zr ≤ 0.15%。

③ Nb、V、Ti 等三种合金元素的添加总量不应超过 0.22%（质量分数）。

④ 供需双方协商，S 的质量分数可以不大于 0.008%。

⑤ 供需双方协商，Ni 的质量分数的下限可不作要求。

⑥ 供需双方协商，C 的质量分数可以不大于 0.15%。