



建筑工程施工知识丛书

钢结构



赵欣 孔丹丹 骆中钊 编著



化学工业出版社



建筑工程施工知识丛书

钢结构



赵欣 孔丹丹 骆中钊 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以通俗易懂的语言深入浅出地介绍了钢结构材料、钢结构连接、钢结构施工详图绘制、钢结构制作、安装和涂装以及钢结构施工质量验收等内容,具有较强的参考和使用价值。

本书适合于从事建筑业施工的广大农村知识青年、技术工人和管理人员阅读,也可作为建筑施工技术的培训教材,还可供大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构/赵欣,孔丹丹,骆中钊编著. —北京:化学工业出版社, 2008.5
(建筑工程施工知识丛书)
ISBN 978-7-122-02885-3

I. 钢… II. ①赵…②孔…③骆… III. 钢结构 IV. TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 065729 号

责任编辑:刘兴春 徐 娟
责任校对:洪雅姝

文字编辑:颜克俭
装帧设计:周 遥

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:化学工业出版社印刷厂
720mm×1000mm 1/16 印张12¼ 字数246千字 2008年10月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:28.00 元

版权所有 违者必究

《建筑工程施工知识丛书》编委会

主 任：骆中钊

副 主 任：吴 迈 赵 欣

编委会成员（按姓氏笔画排序）：

孔丹丹 叶德文 皮凤梅

刘 平 李雨润 杨洪渭

吴 迈 金良浚 赵 欣

骆中钊 曹海莹 赖广平

《钢结构》编写人员

编 著 者：赵 欣 孔丹丹 骆中钊

参编人员：吴 迈 刘 平 皮凤梅

杨洪渭 曹海莹

出版者的话

改革开放的春风给我们的祖国带来了无限的生机和活力，举国上下建设热潮汹涌澎湃，令人鼓舞，催人奋进。广大农村的大批知识青年和剩余劳动力进入建筑行业，经过专业的培训和锻炼，已成为建筑业的生力军，为我国建筑业的发展立下了汗马功劳。

“百年大计，质量第一”。建筑必须有可靠的质量保证，才能确保人们的安居乐业。建筑工程的施工危险性大，必须有可靠的技术保证和安全措施，才能确保广大施工人员的生命安全和施工质量。建筑业的迅猛发展，急需大量懂技术、懂安全的熟练工人和善管理、会经营的技术人员。现在进入建筑业的大批来自农村的知识青年都具有一定的文化水平，只要能为他们提供一些通俗易懂的建筑工程施工知识，通过自学、辅导和培训，让他们尽快掌握建筑工程施工知识有着重要的现实意义和可行性。为了适应发展的需要，我们已组织出版了可供从事建筑工程施工的广大农村知识青年通过自学，从读懂施工图入手，进而学习一般建筑工程施工的基本知识、质量检查常识和施工安全常识的《建筑工程施工知识 自学丛书》（共六册，2006年该丛书荣获全国服务“三农”优秀图书），深受广大农村知识青年的欢迎和社会各界的好评。

党和我国政府极为关心农民问题。十七大报告中再次强调指出，解决好农业、农村、农民问题，事关全面建设小康社会大局，必须始终作为全党工作的重中之重；同时还指出，坚持农村基本经营制度，培育有文化、懂技术、会经营的新型农民，发挥亿万农民建设新农村的主体作用。

改革开放三十年来，很多在建筑业中刻苦学习、勤奋工作的农村知识青年已成为建筑业中的领军人物，并已走上了管理岗位。为了响应党中央和我国政府的号召，值此纪念改革开放三十周年之际，化学工业出版社邀请国内该领域多位专家、学者，组织编写包括《地基基础》、《砌体结构》、《混凝土结构》、《钢结构》和《施工组织》共五册的《建筑工程施工知识丛书》，为多年从事建筑业施工，并掌握了一定技术和经验的广大农村知识青年提供较为全面、系统的建筑工程施工知识，以期能为他们提高技术水平和走上管理岗位提供一些帮助。

在《建筑工程施工知识丛书》出版之际，感谢很多领导、专家的关心和指导，感谢全体编写人员的辛勤工作。

限于组织编写时间仓促，书中疏漏和不妥之处在所难免，敬请读者批评、指正，以便进一步修改、完善。

化学工业出版社

2008年5月

前言

随着我国钢材生产的飞速发展,钢结构的工程应用发展越来越快,工程应用也越来越广泛。特别是在建筑工程、桥梁工程、船舶及采油平台结构、水工结构及容器和其他构筑物结构中,已经开始大量采用钢结构。特别值得一提的是建筑钢结构目前得到了长足的发展,除了在高层建筑、大跨度空间结构中普遍采用钢结构外,轻型钢结构建筑已成为又一个发展和应用的热点。据统计分析,目前我国轻钢建筑年建成量已超过 300 万平方米。大量的工程实践,进一步显示了钢结构具有强度高、质量轻、抗震性能好、施工速度快、地基费用省、工业化程度高且材料可回收利用、符合可持续发展的要求等诸多优点。

本书是《建筑工程施工知识丛书》中的一册。全书共分为 7 章,分别介绍了钢结构材料、钢结构连接、钢结构施工详图、钢结构制作、安装和涂装以及钢结构施工质量验收。编写中结合目前国内最新的规程和规范、先进的施工技术和流行的施工设备,以及作者长期从事钢结构工程研究和实践的经验,并以通俗易懂的语言,深入浅出地进行表达,以帮助从事建筑业的广大农村知识青年、技术工人和管理人员尽量掌握钢结构施工的基本知识和技能,适应钢结构工程日益增长的建设需要。

本书由河北工业大学赵欣编著第 1 章至第 3 章,河北工业大学孔丹丹编著第 4 章至第 7 章。全书最后由骆中钊统稿和审校。

在本书编写过程中,得到很多专家、学者、同行的支持和指导,参考了有关专家、学者的论著,借此致以衷心的感谢。

限于编著者时间和水平,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编著者

2008 年 5 月

目 录

1 钢结构材料	1
1.1 钢材分类	1
1.1.1 钢材分类方法	1
1.1.2 钢号表示方法	2
1.1.3 结构钢分类及牌号	2
1.1.4 结构用钢的性能要求	8
1.2 钢材的材质检验	11
1.2.1 钢材材质检验项目	11
1.2.2 钢材性能复验	12
1.2.3 钢材试验取样要求与数量	12
1.3 结构钢材的品种和规格	13
1.3.1 钢板和钢带	13
1.3.2 热轧型钢	13
1.3.3 冷弯型钢	14
1.3.4 结构用钢管	14
1.3.5 高强钢丝和钢索	15
2 钢结构连接	16
2.1 焊接方法和设备	16
2.1.1 药皮焊条手工电弧焊	16
2.1.2 埋弧焊	18
2.1.3 CO ₂ 气体保护焊	19
2.1.4 电渣焊	20
2.1.5 栓钉焊	21
2.2 焊接材料	22
2.2.1 药皮焊条	22
2.2.2 焊丝、焊剂	24
2.2.3 保护气体	28
2.2.4 熔嘴、助焊剂	29
2.2.5 栓钉及瓷环	30
2.3 焊接应力与变形	32
2.3.1 焊接应力与变形的产生	32
2.3.2 焊接变形的种类	32

2.3.3	焊接变形与应力的控制	33
2.3.4	焊接应力消除与焊接变形的矫正	34
2.4	焊接通用工艺及其评定	35
2.4.1	焊接通用工艺	35
2.4.2	焊接工艺评定	38
2.5	焊缝质量检验	39
2.5.1	焊缝质量检验方法概述	39
2.5.2	焊缝检测范围及抽样检测技术	41
2.5.3	焊缝的外观检查	41
2.5.4	焊缝的超声波探伤	44
2.5.5	焊缝的射线探伤	44
2.5.6	表面探伤	45
2.5.7	焊缝的返修	46
2.6	普通螺栓连接	47
2.6.1	普通螺栓种类	47
2.6.2	普通螺栓连接施工	49
2.7	高强度螺栓连接	51
2.7.1	高强度螺栓种类	51
2.7.2	高强度螺栓连接施工	52
2.7.3	高强度螺栓连接摩擦面	54
2.7.4	高强度螺栓连接施工的主要检验项目	55
2.7.5	高强度螺栓连接副的储运与保管	56
3	钢结构施工详图	57
3.1	概述	57
3.1.1	钢结构施工设计图纸分类概述	57
3.1.2	设计图与施工详图的区别	57
3.1.3	施工详图设计的内容	58
3.2	详图中的构造设计与计算	58
3.2.1	节点板构造与计算	58
3.2.2	连接板及托板构造与计算	60
3.2.3	加劲肋的构造与设计	61
3.2.4	起拱计算	63
3.3	详图的绘制	64
3.3.1	基本规定	64
3.3.2	施工详图编制内容	65
3.3.3	详图绘制方法	66
3.3.4	详图的 CAD 辅助设计	67
4	钢结构制作	68
4.1	概述	68

4.2	放样	68
4.2.1	放样	68
4.2.2	样板、样杆	70
4.3	剪切与气割	71
4.3.1	号料	71
4.3.2	剪切	72
4.3.3	气割	73
4.4	边缘加工和端部加工	75
4.5	弯制成型	78
4.6	制孔	79
4.6.1	钻孔	79
4.6.2	扩孔	83
4.6.3	铰孔	83
4.7	组装	84
4.7.1	一般要求	84
4.7.2	钢结构构件组装的方法	85
4.8	热处理及预拼装	87
4.8.1	钢结构的热处理	87
4.8.2	钢结构预拼装	88
4.9	成品检验	89
5	钢结构安装	94
5.1	概述	94
5.2	构件检验与存放	94
5.2.1	钢结构构件的预检	94
5.2.2	钢结构构件的存放	95
5.3	钢结构安装设备	96
5.3.1	塔式起重机	96
5.3.2	汽车式起重机	97
5.3.3	轮胎式起重机	97
5.3.4	履带式起重机	97
5.3.5	千斤顶	98
5.3.6	手拉葫芦	99
5.3.7	卷扬机	99
5.3.8	钢丝绳	100
5.4	施工测量	101
5.4.1	测量器具的检定与检验	101
5.4.2	建筑物测量验线	101
5.5	钢结构拼装	102
5.5.1	钢屋架拼装	102

5.5.2	钢柱拼装	103
5.5.3	钢梁拼装	103
5.5.4	实腹工字形吊车梁的拼装	104
5.5.5	大型钢模板拼装	104
5.5.6	高层钢结构拼装	104
5.5.7	铆接结构的拼装	104
5.6	各类结构安装要点	105
5.6.1	施工准备	105
5.6.2	一般规定	106
5.6.3	单层工业厂房主要构件的安装	107
5.6.4	多高层钢结构安装	112
5.6.5	网架工程的安装	114
5.6.6	门式刚架轻型房屋钢结构安装	123
6	钢结构涂装	125
6.1	防腐涂装	125
6.1.1	钢结构的腐蚀	125
6.1.2	钢结构腐蚀程度表示及腐蚀等级标准	126
6.1.3	钢结构腐蚀的防护方法	126
6.1.4	钢结构防腐涂装	127
6.2	防火涂装	145
6.2.1	钢结构的耐火极限要求	146
6.2.2	钢结构防火保护技术原理	146
6.2.3	钢结构防火涂料类型及其技术要求	147
6.2.4	钢结构防火涂料的选用	150
6.2.5	涂料的施工与管理	151
6.2.6	防火涂料施工要求	154
6.2.7	钢结构防火涂层厚度测定	154
7	钢结构施工质量验收	156
7.1	概述	156
7.2	钢结构施工质量验收程序和组织	156
7.3	钢结构工程施工验收合格标准	157
7.4	分部工程的竣工验收	157
7.5	钢结构施工质量验收检查记录表	159
	参考文献	185

1 钢结构材料

国民经济建设的各行各业几乎都需要钢材，但由于各个行业生产的产品不同，其所需要的钢材品种也有所差别。建筑行业主要用型材、线材、板材和管材；机械行业主要用板材、型材和管材；汽车行业主要用板材和型材；石油天然气行业主要用管材；铁路主要用钢品种为铁道用钢和板材；家电、集装箱和船舶主要用钢为板材，依次从薄到厚。由于用途的不同，对钢材性能的要求也各异。如建筑用钢材除有较高的强度外，还要求有足够的变形能力和良好的加工性能；机械加工的切削工具，需要钢材有很高的强度和硬度；石油化工设备需要钢材具有耐高温和耐腐蚀性能；有的机械零件需要钢材有较高的强度、耐磨性和中等的韧性等。因此本章主要介绍钢材的分类、主要性能指标及材质检验、结构钢材的品种和规格。

1.1 钢材分类

1.1.1 钢材分类方法

不同的钢材可按不同的分类方法区分。

(1) 按化学成分分类

按化学成分的不同钢材可区分为碳素钢、普通低合金钢和合金钢。

碳素钢是铁和碳的合金。其中除铁和碳之外，含有硅、锰、磷和硫等元素。按碳含量不同可分为低碳钢 ($C \leq 0.25\%$)、中碳钢 ($0.25\% < C \leq 0.60\%$) 和高碳钢 ($C > 0.60\%$) 三类。

普通低合金钢是在碳素钢的基础上加入少量合金元素（如硅、锰、钛、铌、硼和稀土元素等，其总量不超过 3%），而获得较好综合性能的钢种。

合金钢是含有一种或多种适量合金元素的钢种，具有一些良好的特殊性能。按合金元素总含量不同可分为低合金钢（合金总量 $< 5\%$ ）、中合金钢（合金总量在 $5\% \sim 10\%$ ）和高合金钢（合金总量 $> 10\%$ ）三类。

(2) 按冶炼方法分类

按冶炼方法的不同可区分为平炉钢、转炉钢和电炉钢。

平炉和转炉主要用于冶炼碳素钢和低合金钢。电炉主要用于冶炼合金钢，按电炉种类不同又分为电弧炉钢、感应电炉钢、真空感应电炉钢和电渣炉钢四种。

平炉钢生产效率低，碱性侧吹转炉钢材质较差，而电炉冶炼的钢材一般不在建筑结构中被使用，因此在建筑钢结构中，主要使用氧气顶吹转炉生产的钢材。

(3) 按用途分类

按用途的不同可区分为结构钢、工具钢和特殊钢。

结构钢按用途的不同又可分为建造用钢和机械用钢两类。建造用钢用于建造建筑物、桥梁、锅炉、船舶等。机械用钢用于制造机器或机械零件。

根据用途不同工具钢可分为刀具用钢、模具用钢和量具用钢。按化学成分不同工具钢又可分为碳素工具钢、合金工具钢和高速钢。

特殊钢是具有特殊的物理性能和化学性能的特殊用途钢类，包括不锈钢、耐热钢、电热合金和磁性材料等。

此外，尚有按浇铸方法（脱氧方法）分类的沸腾钢、半镇静钢、镇静钢和特殊镇静钢；以及按硫、磷含量和质量控制分类的高级优质钢（硫、磷含量分别 $\leq 0.035\%$ 和 $\leq 0.03\%$ 并有较好的力学性能）、优质钢（硫、磷含量分别 $\leq 0.045\%$ 和 $\leq 0.04\%$ 并有较好的力学性能）和普通钢（硫、磷含量分别 $\leq 0.05\%$ 和 $\leq 0.045\%$ ）等。

1.1.2 钢号表示方法

钢材的牌号简称钢号，是对每一种具体钢产品所取的名称，是人们了解钢材的一种共同语言。我国的钢号表示方法，根据国家标准《钢铁产品牌号表示方法》（GB/T 221—2000）中规定，采用汉语拼音字母、化学元素符号和阿拉伯数字相结合的方法表示。常用钢材产品符号见表 1-1。

表 1-1 常用钢材产品符号

名 称	汉字	符号	名 称	汉字	符号
碳素结构钢、低合金高强度钢	屈	Q	汽车大梁用钢	梁	L
易切削钢	易	Y	压力容器用钢	容	R
电工用热轧硅钢	电热	DR	桥梁用钢	桥	q
电工用纯铁	电铁	DT	锅炉用钢	锅	g
碳素工具钢	碳	T	沸腾钢	沸	F
滚珠轴承钢	滚	G	半镇静钢	半	b
焊接用钢	焊	H	镇静钢	镇	Z
钢轨钢	轨	U	高级	高	A
铆螺钢	铆螺	ML	特级	特	E
锚链钢	锚	M	超级	超	C
船用钢	船	C			

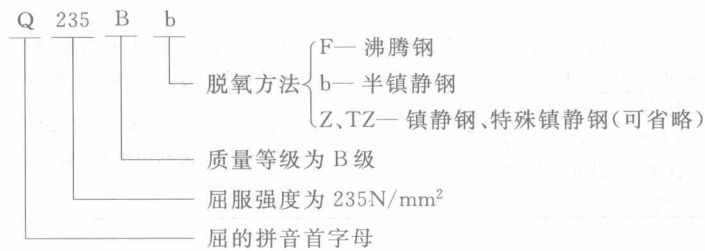
1.1.3 结构钢分类及牌号

钢材种类繁多，这里只介绍结构用钢的种类、牌号表示方法及特性。结构钢主要包括碳素结构钢、低合金高强度结构钢、耐大气腐蚀用钢、桥梁用结构钢及其他结构用材。

(1) 碳素结构钢

按现行国家标准《碳素结构钢》（GB 700—88）规定，碳素结构钢分为 5 个牌号，即 Q195、Q215、Q235、Q255 和 Q275。其中 Q 是代表钢材屈服点“屈”字

的汉语拼音首字母；随后的数字表示屈服点（屈服强度）的大小，单位为 N/mm^2 ($1\text{N/mm}^2=1\text{MPa}$)；每个牌号内又有不同的质量等级，用 A、B、C、D 来表示，其中 D 级质量最高；另外还要标明钢材的脱氧方法。即碳素结构钢的牌号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：



不同牌号不同等级的钢材对化学成分的要求不同，特性和用途也不同，分别见表 1-2 和表 1-3。

表 1-2 碳素结构钢化学成分

牌号	质量等级	化学成分/%					脱氧方法
		C	Mn	Si	S	P	
				≤			
Q195	—	0.06~0.12	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 ^①	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
	B	0.12~0.20	0.30~0.70 ^①		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

① Q235A、B 级沸腾钢锰含量上限为 0.60%。

表 1-3 碳素结构钢特性和用途

牌 号	主 要 特 性	用 途 举 例
Q195	碳、锰含量低，强度不高，塑性好，韧性好，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、焊管坯及输送水和煤气等用管、烟囱、屋面板、拉杆、支架及机械用一般结构零件
Q215	碳、锰含量较低，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

续表

牌 号	主 要 特 性	用 途 举 例
Q235	碳含量适中,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	大量用于生产钢板、型钢、钢筋,用以建造厂房房架、高压输电铁塔、桥梁、车辆等。其中 C、D 级钢含硫、磷量低,相等于优质碳素结构钢,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)、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、键、拉杆、轴、摇杆等
Q275	碳、硅、锰含量高一些,具有较好的强度、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(HBS)270~400	用于制造心轴、齿轮、销轴、链轮、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

碳素结构钢中 Q235 钢质量等级最为齐全,也是建筑钢结构中应用最多的一种碳素钢,其中质量等级为 C、D 级的 Q235 钢性能优异,优先为焊接结构所使用。

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,价格较贵,一般不用于建筑钢结构,偶尔使用是由于规格欠缺而必需的材料代用。国家标准《优质碳素结构钢》(GB/T 699—99)中可适用于建筑钢结构的钢牌号为 15 号钢、20 号钢、15Mn 钢、20Mn 钢。

(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添加一些合金元素,但合金元素总量不超过 5%的钢材。加入合金元素后钢材强度明显提高,用于大跨度和重负载结构中,一般可比碳素结构钢节约 20%左右的用钢量。

现行国家标准《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591—1994)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保持统一,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。低合金高强度结构钢也共有 5 个牌号 Q295、Q345、Q390、Q420、Q460。质量等级越高杂质元素含量越低,冲击韧性越好。不同牌号不同等级的低合金高强度结构钢化学成分要求及特性用途分别见表 1-4 和表 1-5。

表 1-4 低合金高强度结构钢化学成分

牌 号	质量等级	化 学 成 分/%										
		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	—	—	—
	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	—	—

续表

牌号	质量等级	化 学 成 分/%										
		C≤	Mn	Si≤	P≤	S≤	V	Nb	Ti	Al≥	Cr≤	Ni≤
Q390	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	—	0.30	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	—	0.30	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	0.30	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	0.30	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	0.30	0.70
Q420	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	—	0.40	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	—	0.40	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	0.40	0.70
	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	0.40	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	0.40	0.70
Q460	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	0.70	0.70
	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	0.70	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	0.70	0.70

表 1-5 低合金高强度结构钢特性和用途

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，且有一定的耐腐蚀性能。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
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元素 V、Nb、Ti；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。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 钢的高，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、Al 元素中之一或几种，以细化晶粒，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，由于加入微合金化元素，提高和改善钢的强度韧性	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，塑性和韧性好，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

(3) 耐大气腐蚀用钢 (耐候钢)

在钢的冶炼过程中, 加入某些少量的合金元素 (如 Cu、P、Cr、Ni 等), 可在钢材基体表面形成保护层, 可延缓大气对钢材的腐蚀作用, 这类钢统称为耐大气腐蚀钢或耐候钢。我国现行生产的这类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 按照国家标准《高耐候结构钢》(GB/T 4171—2000) 的规定按化学成分不同高耐候结构钢可分为铜磷钢和铜铬镍钢两类。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, 而含铬、镍的高耐候钢在牌号后还要加代号 L。高耐候钢共分为 Q295GNH、Q295GNHL、Q345GNH、Q345GNHL、Q390GNH 这 5 种牌号。

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, 可制作采用各种连接方法的结构件, 但作为焊接结构用材时, 板厚不应大于 16mm, 其化学成分见表 1-6。

表 1-6 高耐候结构钢化学成分

牌 号	化 学 成 分/%									
	C≤	Si	Mn	P	S≤	Cu	Cr	Ni	Ti≤	稀土 (RE) ≤
Q295GNH	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	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	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	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	0.12	0.15~ 0.65	≤1.40	0.07~ 0.12	0.035	0.25~ 0.55	—	—	0.10	0.12

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, 而耐候性性能低于高耐候结构钢, 作为焊接结构用材时厚度可达 100mm。按照国家标准《焊接结构用耐候钢》(GB/T 4172—2000), 其牌号表示由代表“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) 三部分顺序组成。共分为 Q235NH、Q295NH、Q355NH、Q460NH 这 4 种牌号。质量等级不同冲击韧性指标不同, 而不影响对化学成分的要求。其化学成分见表 1-7。

(4) 桥梁用结构钢

桥梁用结构钢一直有专用标准, 其规定的内容和技术要求一般都严于建筑结构

用钢，因此工程中如出现用同一强度的桥梁用钢代替建筑用钢，不必产生任何疑虑。按照现行国家标准《桥梁用结构钢》（GB/T 714—2000）桥梁用结构钢牌号也由屈服点字母 Q、屈服点数值、桥梁用钢的字母 q 及质量等级四个部分组成。桥梁用结构钢共包括 4 个牌号：Q235q、Q345q、Q370q、Q420q。其化学成分要求见表 1-8 所列。桥梁用结构钢在碳当量和厚钢板探伤方面都有严格的规定，另外对化学成分的要求也更加严格以提高力学性能指标。

表 1-7 焊接结构用耐候结构钢化学成分

牌 号	化 学 成 分/%							
	C≤	Si	Mn	P≤	S≤	Cu	Cr	V
Q235NH	0.15	0.15~0.40	0.20~0.60	0.035	0.035	0.20~0.50	0.40~0.80	—
Q295NH	0.15	0.15~0.50	0.60~1.00	0.035	0.035	0.20~0.50	0.40~0.80	—
Q355NH	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	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 1-8 桥梁用结构钢化学成分

牌号	质量等级	化 学 成 分/%					
		C≤	Mn	Si≤	P≤	S≤	Al≥
Q235q	C	0.20	0.40~0.70	0.30	0.035	0.035	
	D	0.18	0.50~0.80	0.30	0.025	0.025	0.015
Q345q	C	0.20	1.00~1.60	0.60	0.035	0.035	
	D	0.18	1.10~1.60	0.60	0.025	0.025	0.015
	E	0.17	1.20~1.60	0.50	0.020	0.015	0.015
Q370q	C	0.18	1.20~1.60	0.50	0.035	0.035	
	D	0.17	1.20~1.60	0.50	0.025	0.025	0.015
	E	0.17	1.20~1.60	0.50	0.020	0.015	0.015
Q420q	C	0.18	1.20~1.70	0.60	0.035	0.035	
	D	0.17	1.30~1.70	0.60	0.025	0.025	0.015
	E	0.17	1.30~1.70	0.60	0.020	0.015	0.015

(5) 高层建筑结构用钢板

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。现行国家标准《高层建筑结构用钢板》（YB 4104—2000）适用于制作钢结构的厚度为 6~100mm 的高层建筑用钢板。高层建筑结构用钢板分 2 个强度等级、4 个牌号。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）以及质量等级符号组成，对厚度方向性能钢板再加后缀字母“Z”。4 个牌号为 Q235GJ、Q235GJZ、Q345GJ、Q345GJZ，其化学成分要求如表 1-9 所列。