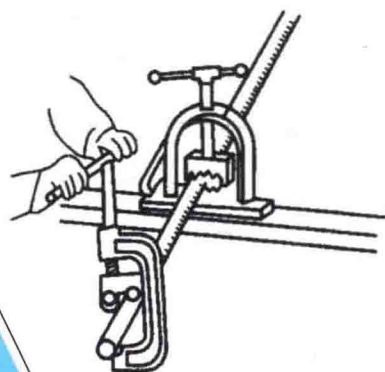
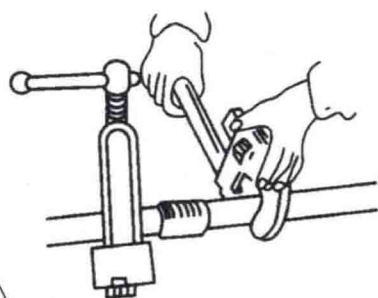


看图学建筑工程施工技能系列丛书

看图学 钢结构施工技能

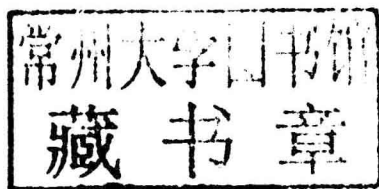
本书编委会 编

中国建筑工业出版社

看图学建筑工程施工技能系列丛书

看图学钢结构施工技能

本书编委会 编



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

看图学钢结构施工技能/本书编委会编. —北京: 中国
建筑工业出版社, 2015. 7
(看图学建筑工程施工技能系列丛书)
ISBN 978-7-112-18166-7

I. ①看… II. ①本… III. ①钢结构-工程施工-图
解 IV. ①TU758. 11-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 117162 号

本书根据《钢结构工程施工规范》GB 50755—2012、《钢结构工程施工质量验收规范》
GB 50205—2001、《钢结构焊接规范》GB 50661—2011 编写。共分为 6 章, 包括: 概述、
钢结构的连接、钢构件组装与拼装、钢结构安装工程、压型金属板工程以及钢结构涂装
工程。

本书以“一图一讲”、“多图一讲”等图文对照的方式讲解了钢结构工程的施工做法、
施工技能。图书简明实用、资料翔实、便于阅读, 可供从事钢结构工程施工的人员学习
使用。

* * *

责任编辑: 岳建光 张 磊

责任设计: 张 虹

责任校对: 姜小莲 党 蕾

看图学建筑工程施工技能系列丛书

看图学钢结构施工技能

本书编委会 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 11 字数: 262 千字

2015 年 7 月第一版 2015 年 7 月第一次印刷

定价: 26.00 元

ISBN 978-7-112-18166-7

(27353)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书编委会

主 编 王志云

参 编 张 琦 巩晓东 王建彬 张俊新

张文权 张 敏 危 聪 高少霞

隋红军 殷鸿彬 张 彤

前 言

钢结构建筑具有强度高、自重轻、施工速度快、抗震性能好等特点，是我国重点推广项目之一。随着城市建筑业的迅速发展，钢结构工程应用越来越多，合理确定钢结构安装的施工顺序、采取各种措施提高安装质量、严格按图施工是保证整个工程质量和工期的关键。一旦钢结构在施工过程中出现了问题，就会带来许多后患。轻者会影响工期，破坏结构外观，浪费材料等；重者则可能会造成人员的伤亡，甚至给社会带来严重的不良影响。因此，对于钢结构工程的施工必须严格控制，防患于未然。基于此，我们组织编写了此书。

本书根据《钢结构工程施工规范》GB 50755—2012、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2001、《钢结构焊接规范》GB 50661—2011 编写。共分为 6 章，包括：概述、钢结构的连接、钢构件组装与拼装、钢结构安装工程、压型金属板工程以及钢结构涂装工程。本书以“一图一讲”、“多图一讲”等图文对照的方式讲解了钢结构工程的施工做法、施工技能。图书简明实用、资料翔实、便于阅读，可供从事钢结构工程施工的人员学习使用。

由于编写时间仓促，编写经验、理论水平有限，难免有疏漏、不足之处，敬请读者批评指正。

目 录

1 概述	1
1.1 钢结构施工图识读	1
1.2 建筑钢结构用材料	3
1.3 钢结构工程施工测量	25
2 钢结构的连接	34
2.1 钢结构焊接	34
2.2 紧固件连接	62
3 钢构件组装与拼装	69
3.1 钢部件加工	69
3.2 钢构件组装	85
3.3 钢构件预拼装	90
4 钢结构安装工程	95
4.1 起重设备和吊具使用	95
4.2 单层钢结构安装	117
4.3 多层及高层钢结构安装	126
4.4 钢网架结构安装	133
5 压型金属板工程	148
5.1 压型金属板加工	148
5.2 压型金属板连接	149
5.3 压型金属板安装	153
6 钢结构涂装工程	158
6.1 表面处理	158
6.2 防腐涂料涂装	160
6.3 防火涂料涂装	162
参考文献	167

1 概述

1.1 钢结构施工图识读

1. 钢结构施工图的组成

在建筑钢结构中，钢结构施工图一般可分为钢结构设计图和钢结构施工详图两种。钢结构设计图是由设计单位编制完成的；而钢结构施工详图是以前者为依据，一般由钢结构制造厂或施工单位深化编制完成，并直接作为加工与安装的依据。

(1) 钢结构设计图：钢结构设计图应根据钢结构施工工艺、建筑要求进行初步设计，然后制定施工设计方案，并进行计算，根据计算结果编制而成。其目的、深度及内容均应作为钢结构施工详图的编制提供依据。

钢结构设计图一般较简明，使用的图纸量也比较少，其内容一般包括设计总说明、布置图、构件图、节点图及钢材订货表等。

(2) 钢结构施工详图：钢结构施工详图是直接供制造、加工及安装使用的施工用图，是直接根据结构设计图编制的工厂施工及安装详图，有时也含有少量连接、构造等计算。它只对深化设计负责，一般多由钢结构制造厂或施工单位进行编制。

施工详图通常较为详细，使用的图纸量也比较多，其内容主要包括构件安装布置图及构件详图等。

设计图与施工详图的区别如表 1-1 所示。

设计图与施工详图区别 表 1-1

设计图	施工详图
1)根据工艺、建筑要求及初步设计等,并经施工设计方案与计算等工作而编制的较高阶段施工设计图;	1)直接根据设计图编制的工厂施工及安装详图(可含有少量连接、构造与计算),只对深化设计负责;
2)目的、深度及内容均仅为编制详图提供依据;	2)目的为直接供制作、加工及安装的施工用图;
3)由设计单位编制;	3)一般由制造厂或施工单位编制;
4)图纸表示简明,图纸量较少,其内容一般包括设计总说明与布置图、构件图、节点图、钢材订货表等	4)图纸表示详细,数量多,内容包括构件安装布置图及构件详图

2. 钢结构施工图的内容

(1) 钢结构设计图的内容：钢结构设计图的内容一般包括图纸目录、设计总说明、柱脚锚栓布置图、纵横立面图、构件布置图、节点详图、构件图、钢材及高强度螺栓估算表等。

1) 设计总说明。设计总说明中含有设计依据、设计荷载资料、设计简介、材料的选用、制作安装要求、需要做试验的特殊说明等内容。

2) 柱脚锚栓布置图。首先按照一定比例绘制出柱网平面布置图，然后在该图上标注

出各个钢柱柱脚锚栓的位置，即相对于纵横轴线的位置尺寸，并在基础剖面图上标出锚栓空间位置标高，标明锚栓规格数量及埋置深度。

3) 纵横立面图。当房屋钢结构比较高或平面布置比较复杂、柱网不太规则或立面高低错落时，为表达清楚整个结构体系的全貌，宜绘制纵横立面图，主要表达结构的外形轮廓、相关尺寸和标高、纵横轴线编号及跨度尺寸和高度尺寸，剖面宜选择具有代表性的或需要特殊表示清楚的地方。

4) 结构布置图。结构布置图主要表达各个构件在平面中所处的位置并对各种构件选用的截面进行编号。屋盖平面布置图中包括屋架布置图（或刚架布置图）、屋盖檩条布置图和屋盖支撑布置图。屋盖檩条布置图主要表明檩条间距和编号以及檩条之间设置的直拉条、斜拉条布置和编号。屋盖支撑布置图主要表示屋盖水平支撑、纵向刚性支撑、屋面梁的隅撑等的布置及编号。

柱子平面布置图主要表示钢柱（或门式刚架）和山墙柱的布置及编号，其纵剖面表示柱间支撑及墙梁布置与编号，包括墙梁的直拉条和斜拉条布置与编号、柱隔撑布置与编号，横剖面重点表示山墙柱间支撑、墙梁及拉条面布置与编号。

吊车梁平面布置表示吊车梁、车挡及其支撑布置与编号。

除主要构件外，楼梯结构系统构件上开洞、局部加强、围护结构等可根据不同内容分别编制专门的布置图及相关节点图，与主要平、立面布置图配合使用。

布置图应注明柱网的定位轴线编号、跨度和柱距，在剖面图中主要构件在有特殊连接或特殊变化处（如柱子上的牛腿或支托处、安装接头、柱梁接头或柱子变截面处）应标注标高。

对构件编号时，首先必须按《建筑结构制图标准》GB/T 50105—2010 的规定使用常用构件代号作为构件编号。在实际工程中，可能会有在一个项目里同样名称而不同材料的构件，为便于区分，可在构件代号前加注材料代号，但要在图纸中加以说明。一些特殊构件代号中未作出规定，可参照规定的编制方法用汉语拼音字头编代号，在代号后面可用阿拉伯数字按构件主次顺序进行编号。一般来说只在构件的主要投影面上标注一次。不要重复编写，以防出错。一个构件如截面和外形相同，长度虽不同，可以编为同一个号。如果组合梁截面相同而外形不同，则应分别编号。

每张构件布置图均应列出构件表，见表 1-2。

构件表				表 1-2	
编号	名称	截面(mm)	内力		
			M(kN·m)	N(kN)	V(kN)

5) 节点详图。节点详图在设计阶段应表示清楚各构件间的相互连接关系及其构造特点，节点上应标明在整个结构物上的相关位置，即应标出轴线编号、相关尺寸、主要控制标高、构件编号或截面规格、节点板厚度及加劲肋做法。构件与节点板采用焊接连接时，应标明焊脚尺寸及焊缝符号。构件采用螺栓连接时，应标明螺栓类型、直径、数量。设计阶段的节点详图具体构造做法必须交代清楚。

节点选择部位主要是相同构件的拼接处、不同构件的拼接处、不同结构材料连接处，

以及需要特殊交代的部位。节点图的圈定范围应根据设计者要表达的设计意图来确定，如屋脊与山墙部分、纵横墙及柱与山墙部位等。

6) 构件图。格构式构件、平面桁架和立体桁架及截面较为复杂的组合构件等需要绘制构件图，门式刚架由于采用变截面，故也要绘制构件图，以便通过构件图表达构件外形、几何尺寸及构件中的杆件（或板件）的截面尺寸，以方便绘制施工详图。

(2) 钢结构施工详图的内容：施工详图内容包括设计与绘制两部分。

1) 施工详图的设计内容，设计图在深度上，一般只绘出构件布置、构件截面与内力及主要节点构造，所以在详图设计中需补充进行部分构造设计与连接计算具体内容，见表 1-3。

施工详图设计内容		表 1-3
序号	内容	说 明
1	构造设计	桁架、支承等节点板设计与放样；梁支座加劲肋或纵横加劲肋构造设计；组合截面构件缀板、填板布置、构造；螺栓群与焊缝群的布置与构造等。构件运送单元横隔设计，张紧可调圆钢支承构造、拼接、焊接坡口及构造切槽构造
2	构造及连接计算	构件与构件间的连接部位，应按设计图提供的内力及节点构造进行连接计算及螺栓与焊缝的计算，选定螺栓数量、焊脚厚度及焊缝长度；对组合截面构件还应确定缀板的截面与间距。材料或构件焊缝变形调整余量及加工余量计算，对连接板、节点板、加劲板等，按构造要求进行配置放样及必要的计算

2) 施工详图绘制内容见表 1-4。

施工详图绘制内容		表 1-4
序号	内容	说 明
1	图纸目录	视工程规模的大小，可以按子项工程或以结构系统为单位编制
2	钢结构设计总说明	应根据设计图总说明编写，内容一般应有设计依据（如工程设计合同书、有关工程设计的文件、设计基础资料及规范、规程等）、设计荷载、工程概况和对钢材的钢号、性能要求、焊条型号和焊接方法、质量要求等；图中未注明的焊缝和螺栓孔尺寸要求、高强度螺栓摩擦面抗滑移系数、预应力、构件加工、预装、除锈与涂装等施工要求和注意事项等以及图中未能表达清楚的一些内容，都应在总说明中加以说明
3	结构布置图	主要供现场安装用。以钢结构设计图为依据，分别以同一类构件系统（如屋盖系统、刚架系统、起重梁系统、平台等）为绘制对象，绘制本系统的平面布置和剖面布置（一般有横向剖面 and 纵向剖面），并对所有的构件编号；布置图尺寸应注明各构件的定位尺寸、轴线关系、标高等，布置图中一般附有构件表、设计总说明等
4	构件详图	依据设计图及布置图中的构件编号编制，主要供构件加工厂加工并组装构件用，也是构件出厂运输的构件单元图，绘制时应按主要表示面绘制每一构件的图形零配件及组装关系，并对每一构件中的零件编号，编制各构件的材料表和本图构件的加工说明等。绘制桁架式构件时，应放大样确定杆件端部尺寸和节点板尺寸
5	安装节点详图	施工详图中一般不再绘制安装节点详图，当构件详图无法清楚表示构件相互连接处的构造关系时，可绘制相关的节点图

1.2 建筑钢结构用材料

1. 钢材

(1) 钢材的性能

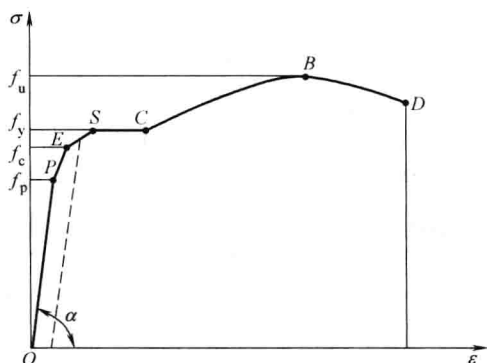


图 1-1 碳素结构钢的应力-应变曲线

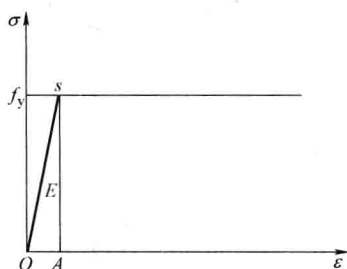


图 1-2 理想的弹塑性体的应力-应变曲线

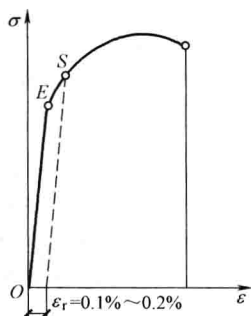


图 1-3 高强度钢的应力-应变曲线

1) 受拉、受压及受剪时的性能。如图 1-1 所示, 钢材标准试件在常温静载情况下, 单向均匀受拉试验时的应力, 应变 ($\sigma-\epsilon$) 曲线。

① 强度性能指标:

a. 线弹性阶段: 在图 1-1 中, $\sigma-\epsilon$ 曲线的 OP 段为直线, 说明应力与应变的关系为线性, 卸载后变形完全消失, 说明材料为弹性。P 点应力 f_p , 称为比例极限。OP 段直线的斜率 $E=2.06 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ 称为弹性模量。应力与应变的关系可表示为 $\sigma=E\epsilon$ 。

b. 非线性弹性阶段: $\sigma-\epsilon$ 曲线的 PE 段为曲线, 说明应力与应变的关系为非线性, 但材料仍为弹性。E 点的应力 f_e 称为弹性极限。PE 段曲线斜率为 $E_t=d\sigma/d\epsilon$, 叫作切线模量。弹性极限 f_e 与比例极限 f_p 很接近, 实际上很难区分, 因此一般只提比例极限。

c. 弹-塑性阶段: $\sigma-\epsilon$ 曲线的 ES 段, 材料表现为非弹性性质, 即卸荷曲线为图 1-1 中的虚直线, 它与 OP 平行, 此时留下永久性的残余变形。S 点的应力 f_y 称为屈服点。

d. 塑性阶段: 对于低碳钢, 出现明显的屈服台阶 SC 段, 即应力在屈服点 f_y 下不变, 而应变不断增大。在开始进入塑性流动范围时, 曲线波动较大, 以后逐渐趋于平稳, 其最高点和最低点分别称为上屈服点和下屈服点。上屈服点与试验条件 (加荷速度、试件形状、试件对中的准确性) 有关; 下屈服点则对此不太敏感, 设计中取用的设计强度以下屈服点为依据。

对于没有缺陷和残余应力影响的试件, 比例极限和屈服点比较接近, 且屈服点前的应变很小 (对低碳钢约为 0.15%)。当应力达到屈服点后, 杆件将产生很大的塑性变形 (低碳钢 $\epsilon_c=2.5\%$), 这在使用上是不允许的, 表明钢材已失去了承载能力。因此, 在设计时应取屈服点作为钢材可以达到的最大应力。

e. 硬化阶段: 经过屈服台阶后, $\sigma-\epsilon$ 曲线出现了上升的 CB 曲线段, 材料表现出应变硬化。B 点的应力 f_u 称为抗拉强度 (极限强度)。当应力达到 B 点时, 试件发生颈缩现象, 至 D 点而断裂。当以屈服点的应力 f_y 作为强度限值时, 抗拉强度 f_u 只是作为材料的强度储备。

f. 理想的弹-塑性模型: 对于有明显屈服台阶的钢材, 假定在应力不超过屈服点以前钢材为线弹性, 在应力超过屈服点以后则为完全塑性, 如图 1-2 所示。这样钢材就被视为理想的弹塑性材料, 可简化计算分析。

g. 条件屈服点: 高强度钢没有明显的屈服点和屈服台阶, 这类钢的屈服点是根据试验结果分析人为规定的, 故称为条件屈服点。条件屈服点是以卸荷后试件中残余应变 0.2% 所对应的应力 (有时用 $f_{0.2}$ 表示), 如图 1-3 所示

钢材和钢铸件的物理性能指标			
表 1-5			
弹性模量 E (N/mm^2)	剪变模量 G (N/mm^2)	线膨胀系数 α ($1/^\circ\text{C}$)	质量密度 ρ (kg/m^3)
206×10^3	79×10^3	12×10^{-6}	7850

② 物理性能指标。钢材在单向受压（粗而短的试件）时，受力性能基本上和单向受拉时相同。受剪的情况也相似，但屈服点 τ_y 及抗剪强度 τ_0 均较受拉时为低；剪变模量 G 也低于弹性模量 E 。

钢材和钢铸件的弹性模量 E 、剪变模量 G 、线膨胀系数 α 和质量密度 ρ 见表 1-5

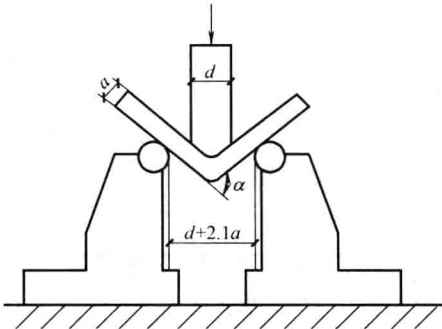


图 1-4 钢材冷弯试验示意图

2) 冷弯性能。钢材的冷弯性能是塑性指标之一，同时也是衡量钢材质量的一个综合性指标。冷弯性能由冷弯试验确定（图 1-4）。试验时按照规定的弯心直径在试验机上用冲头加压，使试件弯成 180° ，如试件外表面不出现裂纹和分层，即为合格。通过冷弯试验不仅能直接检验钢材的弯曲变形能力或塑性性能，还能暴露钢材内部的冶金缺陷，如硫、磷偏析和硫化物与氧化物的掺杂情况，在一定程度上也是鉴定焊接性能的一个指标。结构在制作和安装的过程中要进行冷加工，特别是焊接结构焊后变形的调直等工序，都需要钢材有较好的冷弯性能。因此，冷弯性能是衡量钢材在弯曲状态下的塑性变形能力和钢材质量的综合指标

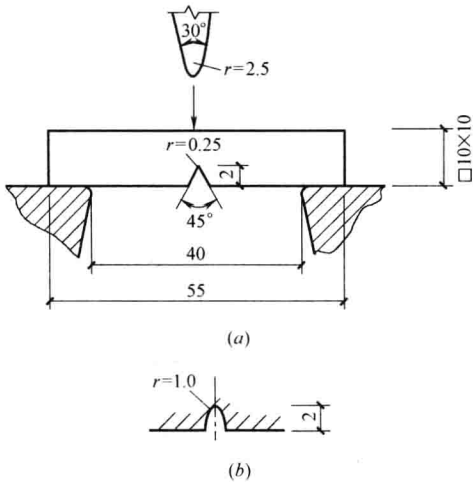


图 1-5 冲击韧性试验
(a) V 形缺口试件；(b) U 形缺口试件

3) 冲击韧性。韧性 with 钢材断裂前单位体积材料所吸收的总能量（弹性能和非弹性能之和）多少相关。这个总能量值就是拉伸试验曲线（图 1-1 所示 $\sigma\epsilon$ 曲线）下包围的面积。曲线包围的面积越大韧性就越高。因此，韧性是钢材强度和塑性的综合指标。通常，当钢材的强度提高而韧性出现降低时，则说明钢材趋于脆性。

钢材的强度和塑性指标是由静力拉伸试验获得的，用于结构承受动力荷载的设计时，显然有很大的局限性。对钢材进行冲击韧性试验的目的就在于获得钢材抵抗动力荷载的性能指标。

构件局部缺陷（如裂纹和缺口等）处产生应力集中和同号应力场，塑性变形发展受到限制的结果是钢材在动力荷载作用下发生脆性破坏的原因。因此，冲击韧性试验，采用带缺口的标准试件（图 1-5a、b）进行冲击试验，根据试件断裂时所吸收的总能量（弹性能和非弹性能之和）来衡量钢材的抗冲击能力，称为冲击韧性。

在国家标准《碳素结构钢》GB/T 700—2006 中规定，冲击韧性试验采用夏比 V 形缺口试件（图 1-5a）在夏比试验机上进行，根据试件断裂时所消耗的冲击功（以 C_v 表示，单位：J）来衡量钢料的抗冲击能力，试验结果不除以缺口处的截面积

(2) 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，

又可分成低碳钢、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、不同等级的钢材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。

碳素结构钢的牌号和化学成分（熔炼分析）表 1-6

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

注：① 经需方同意，Q235B 的碳含量可不大于 0.22%。

碳素结构钢的拉伸试验要求表 1-7

牌号	等级	屈服强度 ^① R _{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							

续表

牌号	等级	屈服强度 ^① R_{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	
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形缺口)	
		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	—	27 ^③
	B						+20	
	C						0	
	D						-20	
Q275	A	22	21	20	18	17	—	27
	B						+20	
	C						0	
	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/mm²。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。

碳素结构钢弯曲试验要求 表 1-8

牌号	试样方向	冷弯试验 180° $B=2a$ ^①	
		钢材厚度(或直径) ^② (mm)	
		≤60	>60~100
		弯心直径 d	
Q195	纵	0	—
	横	0.5 a	
Q215	纵	0.5 a	1.5 a
	横	a	2 a
Q235	纵	a	2 a
	横	1.5 a	2.5 a
Q275	纵	1.5 a	2.5 a
	横	2 a	3 a

注：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。《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。

建筑用优质碳素钢的化学成分（熔炼分析）表 1-9

统一数字代号	牌号	化学成分(%)							
		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

建筑用优质碳素钢的力学性能表 1-10

牌号	力学性能			
	σ_b (N/mm ²)	σ_s (N/mm ²)	δ_5 (%)	ψ (%)
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《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。

低合金高强度结构钢的化学成分（熔炼分析）表 1-11

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											不小于
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										—
	C				0.030	0.030										0.015
	D	≤0.18			0.030	0.025										
	E				0.025	0.020										
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	—	—
	B				0.035	0.035										—
	C				0.030	0.030										0.015
	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	—	—
	B				0.035	0.035										—
	C				0.030	0.030										0.015
	D				0.030	0.025										
	E				0.025	0.020										

续表

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											不小于
Q460	C				0.030	0.030										
	D	≤0.20	≤0.60	≤1.80	0.030	0.025	0.11	0.20	0.20	0.30	0.80	0.55	0.015	0.20	0.004	0.015
	E				0.025	0.020										
Q500	C				0.030	0.030										
	D	≤0.18	≤0.60	≤1.80	0.030	0.025	0.11	0.12	0.20	0.60	0.80	0.55	0.015	0.20	0.004	0.015
	E				0.025	0.020										
Q550	C				0.030	0.030										
	D	≤0.18	≤0.60	≤2.00	0.030	0.025	0.11	0.12	0.20	0.80	0.80	0.80	0.015	0.30	0.004	0.015
	E				0.025	0.020										
Q620	C				0.030	0.030										
	D	≤0.18	≤0.60	≤2.00	0.030	0.025	0.11	0.12	0.20	1.00	0.80	0.80	0.015	0.30	0.004	0.015
	E				0.025	0.020										
Q690	C				0.030	0.030										
	D	≤0.18	≤0.60	≤2.00	0.030	0.025	0.11	0.12	0.20	1.00	0.80	0.80	0.015	0.30	0.004	0.015
	E				0.025	0.020										

注：① 型材及棒材 P、S 含量可提高 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%，20(Mo+Cr)≤0.30%。

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《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。

各牌号的分类及用途 表 1-12

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。

耐候结构钢的化学成分

表 1-13

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 ^③	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 ^③	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 ^⑤	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

- 注：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：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：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%。
- ④ 供需双方协商，S 的含量可以不大于 0.008%。
- ⑤ 供需双方协商，Ni 含量的下限可不做要求。
- ⑥ 供需双方协商，C 的含量可以不大于 0.15%。

耐候结构钢的力学性能

表 1-14

牌号	拉伸试验 ^①									180°弯曲试验 弯心直径		
	下屈服强度 R_{el} (N/mm ²) 不小于				抗拉强度 R_m (N/mm ²)	断后伸长率 A (%) 不小于						
	≤16	>16~ 40	>40~ 60	>60		≤16	>16~ 40	>40~ 60	>60	≤6	>6~ 16	>16
Q235NH	235	225	215	215	360~510	25	25	24	23	a	a	$2a$
Q295NH	295	285	275	255	430~560	24	24	23	22	a	$2a$	$3a$
Q295GNH	295	285	—	—	430~560	24	24	—	—	a	$2a$	$3a$
Q355NH	355	345	335	325	490~630	22	22	21	20	a	$2a$	$3a$
Q355GNH	355	345	—	—	490~630	22	22	—	—	a	$2a$	$3a$
Q415NH	415	405	395	—	520~680	22	22	20	—	a	$2a$	$3a$
Q460NH	460	450	440	—	570~730	20	20	19	—	a	$2a$	$3a$
Q500NH	500	490	480	—	600~760	18	16	15	—	a	$2a$	$3a$
Q550NH	550	540	530	—	620~780	16	16	15	—	a	$2a$	$3a$
Q265GNH	265	—	—	—	≥410	27	—	—	—	a	—	—
Q310GNH	310	—	—	—	≥450	26	—	—	—	a	—	—

- 注：a 为钢材厚度。
- ① 当屈服现象不明显时，可以采用 $R_{p0.2}$ 。

耐候结构钢的冲击性能

表 1-15

牌号	V 形缺口冲击试验 ^①		
	试验方向	温度(℃)	冲击吸收能量 KV ₂ (J)
A	纵向	—	—
B		+20	≥47
C		0	≥34
D		-20	≥34
E		-40	≥27 ^②

注：① 冲击试样尺寸为 10mm×10mm×55mm。
② 经供需双方协商，平均冲击功值可以≥60J。

4) 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，按相关规定，铸钢材质应符合《一般工程用铸造碳钢件》GB/T 11352—2009 规定，所包括的铸钢牌号的化学成分及其力学性能见表 1-16 和表 1-17 所示。

一般工程用铸造碳钢件的化学成分 (%)

表 1-16

牌号	C	Si	Mn	S	P	残余元素					
						Ni	Cr	Cu	Mo	V	残余元素总量
ZG 200-400	0.20	0.60	0.80	0.035	0.035	0.40	0.35	0.40	0.20	0.05	1.00
ZG 230-450	0.30	0.60	0.90	0.035	0.035	0.40	0.35	0.40	0.20	0.05	1.00
ZG 270-500	0.40										
ZG 310-570	0.50										
ZG 340-640	0.60										

注：1. 对上限减少 0.01% 的碳，允许增加 0.04% 的锰，对 ZG 200-400 的锰最高至 1.00%，其余四个牌号锰最高至 1.20%。
2. 除另有规定外，残余元素不作为验收依据。

一般工程用铸造碳钢件的力学性能 (≥)

表 1-17

牌号	屈服强度 R _{eH} (R _{p0.2})(MPa)	抗拉强度 R _m (MPa)	伸长率 A ₅ (%)	根据合同选择		
				断面收缩率 Z(%)	冲击吸能量 KV ₂ (J)	冲击吸收能量 KU ₂ (J)
ZG 200-400	200	400	25	40	30	47
ZG 230-450	230	450	22	32	25	35
ZG 270-500	270	500	18	25	22	27
ZG 310-570	310	570	15	21	15	24
ZG 340-640	340	640	10	18	10	16

注：1. 表中所列的各牌号性能，适应于厚度为 100mm 以下的铸件。当铸件厚度超过 100mm 时，表中规定的 R_{eH}(R_{p0.2}) 屈服强度仅供设计使用。
2. 表中冲击吸收能量 KU₂ 的试样缺口为 2mm。

(3) 结构用钢材的技术指标

1) 钢板和钢带。根据轧制方法，建筑钢结构使用的钢板（钢带）有冷轧板和热轧板的区分，其中，热轧钢板是建筑钢结构应用最多的钢材之一。

钢板和钢带的不同，主要体现在其成品形状上。钢板系不固定边部变形的热轧扁平钢材，包括直接轧制的单轧钢板和由宽钢带剪切成的连轧钢板。钢带系指成卷交货，轧制宽度不小于 600mm 的宽钢带。