

建筑施工手册系列
· 新规范新技术新材料



JIANZHU GANGJIEGOU
JISHU SHOUCE

建筑钢结构 技术手册

主编 周松盛



安徽
科学技术
出版社

- 受弯构件计算
- 轴心受力构件和拉弯、压弯构件计算
- 结构构件连接构造
- 钢与零部件加工和钢件组装、预拼装
- 多层与高层钢结构安装分项工程施工

建筑施工手册系列·新规范·新技术·新材料

建筑钢结构技术手册

主 编	周松盛		
副主编	周 露	周 菁	陆 震
编 著	周 露	陆 震	周 菁
	周松盛	王洪君	李晓光
	王兰玲	李道友	张振岚



安徽科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑钢结构技术手册/周松盛主编. —合肥:安徽科学技术出版社,2009.3

(建筑施工手册系列)

ISBN 978-7-5337-4301-7

I. 建… II. 周… III. 建筑结构:钢结构-技术手册 IV. TU391-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 013451 号

建筑钢结构技术手册

周松盛 主编

出 版 人: 黄和平

责任编辑: 刘三珊

封面设计: 冯 劲

出版发行: 安徽科学技术出版社(合肥市政务文化新区圣泉路 1118 号
出版传媒广场, 邮编: 230071)

电 话: (0551)3533330

网 址: www.ahstp.net

E - mail: yougoubu@sina.com

经 销: 新华书店

排 版: 安徽事达科技贸易有限公司

印 刷: 合肥晓星印刷有限责任公司

开 本: 787×960 1/16

印 张: 29.5

字 数: 595 千

版 次: 2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 2 500

定 价: 65.00 元

(本书如有印装质量问题,影响阅读,请向本社市场营销部调换)

前 言

钢结构具有强度高、抗震性强、施工周期短、边角料可回收等优点,近年来在我国大中型工程建设中被大量采用,呈现出良好的发展前景。为帮助设计、施工、监理人员尽快掌握建筑钢结构新规范、新标准、新技术,我们特编写了本手册。本手册以《钢结构设计规范》(GB50017—2003)和《钢结构工程施工质量验收规范》(GB50205—2001)为依据,结合建筑钢结构设计施工技术的特点和实际要求编著而成。

本手册共分三大部分:第一部分是钢结构设计(即第1章),重点介绍钢结构设计、材料和抗震要求,受弯、轴心受力和拉弯、压弯构件计算,焊缝和紧固件连接计算与构造,节点处板件及梁、柱连接计算,结构构件连接计算与构造,钢管桁架、钢与混凝土结合梁计算及构造等内容。第二部分是钢结构施工(包括第2章~第10章),重点介绍钢结构子分部工程中,钢结构焊接分项工程施工,紧固件连接分项工程施工,钢零部件加工和钢构件组装、预拼装三个分项工程施工,单层和多层与高层钢结构安装两个分项工程施工,压型钢板制作安装分项工程施工,钢网架结构拼装、安装分项工程施工,钢结构涂装分项工程施工等技术。第三部分是钢结构技术(包括第11章、第12章),重点介绍钢结构直接计算与设计计算、螺栓连接设计计算和钢结构焊接技术、钢结构施工技术、超高层钢结构施工技术、钢结构测量技术、钢结构防锈、防火漆保护等内容。

本手册力求做到概念清楚、简明实用。但由于作者水平有限,手册中错误和不妥之处在所难免,恳请读者指正。

作 者

目 录

第 1 章 钢结构设计	
第 1 节 基本要求	1
1 设计要求	1
2 材料要求	3
3 抗震要求	9
第 2 节 受弯构件计算	12
1 受弯构件强度计算	12
2 受弯构件整体稳定	15
3 受弯构件局部稳定	18
第 3 节 轴心受力构件和拉弯、压弯 构件计算	21
1 轴心受力构件计算	21
2 拉弯构件和压弯构件计算	29
3 受压构件的局部稳定	31
4 构件的计算长度和容许长细比 ..	32
第 4 节 焊缝连接计算与构造	35
1 焊缝连接计算	35
2 焊缝连接构造	37
第 5 节 紧固件(螺栓、铆钉等)连接 计算与构造	40
1 紧固件连接计算	40
2 紧固件连接构造	42
第 6 节 节点处板件及梁与柱连接 计算	43
1 节点处板件连接计算	43
2 梁翼缘与腹板连接计算	46
3 梁与柱的刚性连接计算	46
4 支座支承计算	48
第 7 节 结构构件连接构造	49
1 一般要求	49
2 柱、柱脚连接构造	49
3 梁、桁架连接构造	51
4 吊车梁和吊车桁架(或类似结构) 连接构造	52
5 提高结构抗脆断能力措施	54
第 8 节 钢管桁架	54
1 一般要求	54
2 构造要求	55
3 杆件和节点承载力计算	56
第 9 节 钢与混凝土组合梁	61
1 一般要求	61
2 抗剪连接件计算	62
3 构造要求	63
第 2 章 钢结构子分部工程 要求	
第 1 节 钢结构子分部工程基本 要求	65
第 2 节 钢结构子分部工程组成与 质量要求	66
第 3 章 钢结构焊接分项工程 施工	
第 1 节 钢结构手工电弧焊、埋弧自动焊、 二氧化碳气体保护焊焊接	67
1 钢结构焊接代号与标记	67
2 施工准备	68
3 关键要求	73
4 施工工艺	73

5 质量标准	91	第 5 章 钢零部件加工和钢构件 组装、预拼装三个分项 工程施工	
6 成品保护	94		
7 安全环保措施	95		
8 附加说明	95		
第 2 节 钢结构熔嘴电渣焊焊接	100	第 1 节 施工准备	128
1 施工准备	100	1 技术准备	128
2 关键要求	101	2 原材料及成品要求	128
3 施工工艺	102	3 主要机具	132
4 质量标准	104	4 作业条件	132
5 成品保护	107	第 2 节 关键要求	133
6 安全环保措施	107	1 材料要求	133
7 附加说明	108	2 技术要求	133
第 3 节 钢结构栓钉焊接	109	3 质量要求	133
1 施工准备	109	4 安全要求	133
2 关键要求	110	5 环境要求	134
3 施工工艺	111	第 3 节 制作施工工艺	134
4 质量标准	112	1 工艺流程	134
5 安全措施	113	2 钢零部件加工工艺	134
第 4 章 紧固件连接分项工程 施工		3 钢构件组装机工艺	142
第 1 节 高强度螺栓连接	114	4 钢构件预拼装工艺	153
1 基本要求	114	第 4 节 质量标准	153
2 施工准备	115	1 原材料及成品质量标准	153
3 关键要求	118	2 钢零部件加工质量标准	156
4 施工工艺	119	3 钢构件组装机质量标准	158
5 质量检验	122	4 钢构件预拼装质量标准	168
6 安全环保措施	123	第 5 节 成品保护	169
第 2 节 普通紧固件连接	124	第 6 节 安全环保措施	170
1 施工准备	124	第 6 章 单层钢结构安装分项 工程施工	
2 关键要求	125		
3 施工工艺	126	第 1 节 施工准备	171
4 质量检验	126	1 技术准备	171
5 安全环保措施	127	2 材料准备	171
		3 机具准备	172
		第 2 节 施工工艺	172

1 吊装方法及顺序·····	172	第6节 安全环保措施 ·····	209
2 工艺流程·····	173	1 高空作业一般要求·····	210
3 单层钢结构安装工艺·····	173	2 临边作业·····	210
第3节 质量标准 ·····	176	3 洞口作业·····	211
1 基础和支承面质量标准·····	176	4 攀登作业·····	211
2 安装和校正质量标准·····	177	5 悬空作业·····	211
第4节 安全环保措施 ·····	182	6 交叉作业·····	212
1 安全措施·····	182	7 起重机·····	212
2 环保措施·····	183	8 防止高空坠落和物体落下 伤人·····	213
第7章 多层与高层钢结构安装 分项工程施工		9 防止触电·····	213
第1节 施工准备 ·····	184	10 防止氧乙炔瓶爆炸·····	214
1 技术准备·····	184	11 安全管理·····	214
2 材料要求·····	185	12 施工现场消防要点·····	214
3 主要机具·····	186	13 环保措施·····	215
第2节 关键要求 ·····	187	第8章 压型钢板制作安装分项 工程施工	
1 材料要求·····	187	第1节 基本要求 ·····	216
2 技术要求·····	187	第2节 施工准备 ·····	216
3 质量要求·····	187	1 技术准备·····	216
4 安全要求·····	187	2 材料要求·····	217
5 环保要求·····	187	3 施工机具·····	217
6 协调准备·····	187	4 作业条件·····	218
第3节 安装施工工艺 ·····	188	第3节 关键要求 ·····	218
1 安装工艺流程·····	188	1 材料要求·····	218
2 吊装机具选择与安装·····	189	2 质量要求·····	219
3 钢结构吊装条件及程序·····	189	3 安全要求·····	219
4 钢构件配套供应·····	190	4 环保要求·····	219
5 钢结构吊装顺序·····	190	第4节 施工工艺 ·····	220
6 多层与高层钢结构安装要点·····	195	1 压型钢板安装工艺流程·····	220
7 测量监控工艺·····	197	2 压型钢板与上下工序间的 衔接·····	220
第4节 质量标准 ·····	200	3 技术质量要点·····	220
1 基础和支承面质量标准·····	200	第5节 质量标准 ·····	221
2 安装和校正质量标准·····	202		
第5节 成品保护 ·····	209		

1 压型钢板制作质量标准	221	第 2 节 钢结构防火涂料涂装	298
2 压型钢板安装质量标准	222	1 基本要求	298
第 6 节 安全环保措施	223	2 施工准备	298
第 9 章 钢网架结构拼装、安装		3 关键要求	299
分项工程施工		4 施工工艺	300
第 1 节 钢网架结构常用形式、常用		5 质量标准	302
节点	225	6 成品保护	303
1 常用网架形式	225	7 安全环保措施	303
2 常用网架节点	225	第 11 章 钢结构计算	
第 2 节 钢网架结构拼装	226	第 1 节 钢结构直接计算	304
1 施工准备	226	1 轴心受压构件和压弯构件截面	
2 关键要求	229	直接设计法	304
3 施工工艺	232	2 焊接工字形梁截面直接	
第 3 节 钢网架结构安装	237	设计法	312
1 高空散装法施工	238	3 型钢墙梁截面直接设计法	317
2 分条或分块安装法施工	244	4 钢压弯构件截面选择方法	320
3 高空滑移法施工	250	5 悬臂压弯钢构件稳定性计算	324
4 整体吊装法施工	260	6 轻钢变截面门式刚架稳定	
5 整体提升法施工	265	计算	325
6 整体顶升法施工	277	7 薄壁工字形截面考虑腹板屈曲的	
第 4 节 钢网架结构拼装、安装质量		压弯强度计算	328
标准及成品保护	284	第 2 节 钢结构设计计算	330
1 质量标准	284	1 偏心支撑钢框架设计	330
2 成品保护	289	2 多高层梁柱节点抗震设计	334
第 10 章 钢结构涂装分项工程		3 高层柱脚抗震设计计算	338
施工		4 多高层轻钢结构住宅设计	344
第 1 节 钢结构防腐涂料涂装	290	5 设有悬挂吊车支座的钢桁架	
1 施工准备	290	设计	350
2 关键要求	291	6 钢管梭形屋架设计	353
3 施工工艺	292	7 方钢管桁架设计	356
4 质量标准	296	第 3 节 螺栓连接设计计算	358
5 成品保护	297	1 普通螺栓群偏心受拉强度	
6 安全环保	297	计算	358
		2 钢梁螺栓拼接设计方法	362

3 钢结构的螺栓端板连接计算·····	363	8 大跨巨型箱形梁安装技术·····	417
第 12 章 钢结构施工		9 巨型钢桁架的制作与安装·····	421
第 1 节 钢结构焊接技术 ·····	367	10 大跨预应力钢桁架设计与施工技术·····	425
1 钢牛腿焊接技术·····	367	11 特大型钢结构顶推平移技术·····	429
2 铸钢节点焊接技术·····	369	12 大跨异型网架滑移施工技术·····	432
3 箱形梁焊接变形控制·····	371	13 高层钢结构施工技术·····	434
4 大跨钢管桁架焊接技术·····	374	第 3 节 超高层钢结构施工技术 ·····	439
5 超高层钢结构厚板焊接技术·····	376	1 超高层预埋锚栓施工技术·····	439
6 建筑钢结构焊缝无损探伤 检验·····	379	2 超高层巨型钢桁架提升技术·····	442
第 2 节 钢结构施工技术 ·····	385	3 超高层钢结构安装技术·····	446
1 多层厂房钢结构施工技术·····	385	第 4 节 钢结构测量技术 ·····	450
2 钢结构逆作法施工技术·····	388	1 高层钢结构测量技术·····	450
3 大屋盖焊接球网架安装技术·····	395	2 高层钢结构测量校正技术·····	452
4 大跨度空间桁架屋盖安装 技术·····	399	3 超高层钢结构测量控制技术·····	456
5 大型悬挑屋盖安装技术·····	403	第 5 节 钢结构防锈、防火漆保护 ·····	460
6 巨型斜双拱施工技术·····	406	1 防锈底漆·····	460
7 大跨悬挑钢箱形梁施工技术·····	411	2 面漆·····	460
		3 防火漆·····	461
		4 钢结构常用的配套漆·····	461

第 1 章 钢结构设计

第 1 节 基 本 要 求

1 设计要求

1-1 承重结构应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计

(1) 承载能力极限状态包括构件和连接的强度破坏、疲劳破坏和因过度变形而不适于继续承载, 结构和构件丧失稳定, 结构转变为机动体系和结构倾覆。

按承载能力极限状态设计钢结构时, 应考虑荷载效应的基本组合, 必要时应考虑荷载效应的偶然组合。

(2) 正常使用极限状态包括影响结构、构件和非结构构件正常使用或外观的变形, 影响正常使用的振动, 影响正常使用或耐久性能的局部损坏。

按正常使用极限状态设计钢结构时, 应考虑荷载效应的标准组合, 对钢与混凝土组合梁, 尚应考虑准永久组合。

1-2 建筑结构的安全等级

根据建筑结构破坏后果的严重程度, 按表 1-1-1 选用相应的安全等级。一般工业与民用建筑钢结构的安全等级应取为二级, 其他特殊建筑钢结构的安全等级应根据具体情况确定。

表 1-1-1 建筑结构的安全等级

安 全 等 级	破 坏 后 果	建筑物类型
一级	很严重	重要的房屋
二级	严重	一般的房屋
三级	不严重	次要的房屋

1-3 计算方法

计算结构或构件的强度、稳定性以及连接的强度时, 应采用荷载设计值(荷载标准值乘以荷载分项系数); 计算疲劳时, 应采用荷载标准值。

对于直接承受动力荷载的结构, 计算强度和稳定性时, 动力荷载设计值应乘以动力系数; 计算疲劳和变形时, 动力荷载标准值不乘动力系数。

1-4 结构或构件的变形限值

为了不影响结构或构件的正常使用和观感, 设计时对结构或构件的变形(挠度或侧移)应有相应的限值:

(1) 吊车梁、楼(屋)盖、工作平台梁和平台板以及墙架构件的挠度不宜超过表 1-1-2

所列的容许值。

表 1-1-2 受弯构件挠度容许值

序 号	构 件 类 别	挠度容许值	
		$[\nu_T]$	$[\nu_Q]$
1	吊车梁和吊车桁架(按自重和起重量最大的一台吊车计算挠度)		
	(1)手动吊车和单梁吊车(含悬挂吊车)	$l/500$	—
	(2)轻级工作制桥式吊车	$l/800$	—
	(3)中级工作制桥式吊车	$l/1000$	—
	(4)重级工作制桥式吊车	$l/1200$	—
2	手动或电动葫芦的轨道梁	$l/400$	—
3	有重轨(质量等于或大于 38 kg/m)轨道的工作平台梁	$l/600$	—
	有轻轨(质量等于或大于 24 kg/m)轨道的工作平台梁	$l/400$	—
4	楼(屋)盖梁或桁架、工作平台梁(第 3 项除外)和平台板		
	(1)主梁或桁架(包括设有悬挂起重设备的梁和桁架)	$l/400$	$l/500$
	(2)抹灰顶棚的次梁	$l/250$	$l/350$
	(3)除(1)、(2)款外的其他梁(包括楼梯梁)	$l/250$	$l/300$
	(4)屋盖檩条		
	支承无积灰的瓦楞铁和石棉瓦屋面者	$l/150$	—
	支承压型金属板、有积灰的瓦楞铁和石棉瓦等屋面者	$l/200$	—
	支承其他屋面材料者	$l/200$	—
	(5)平台板	$l/150$	—
5	墙架构件(风荷载不考虑阵风系数)		
	(1)支柱	—	$l/400$
	(2)抗风桁架(作为连续支柱的支承时)	—	$l/1000$
	(3)砌体墙的横梁(水平方向)	—	$l/300$
	(4)支承压型金属板、瓦楞铁和石棉瓦墙面的横梁(水平方向)	—	$l/200$
	(5)带有玻璃窗的横梁(竖直和水平方向)	$l/200$	$l/200$

注:① l 为受弯构件的跨度(对悬臂梁和伸臂梁为悬伸长度的 2 倍)。

② $[\nu_T]$ 为永久和可变荷载标准值产生的挠度(如有起拱应减去拱度)的容许值, $[\nu_Q]$ 为可变荷载标准值产生的挠度的容许值。

(2)在风荷载标准值作用下,框架柱顶水平位移和房间相对位移不宜超过下列数值:

- ①无桥式吊车的单层框架的柱顶位移 $H/150$
- ②有桥式吊车的单层框架的柱顶位移 $H/400$
- ③多层框架的柱顶位移 $H/500$
- ④多层框架的层间相对位移 $h/400$

H 为自基础顶面至柱顶的总高度, h 为层高。

(3)设有 A7、A8 级吊车的厂房柱和设有中级、重级工作制吊车的露天栈桥柱,在吊车梁的顶面柱高处,由一台最大吊车水平荷载所产生的计算变形值,不宜超过表 1-1-3 所列的容许值。

表 1-1-3 柱水平位移(计算值)的容许值

序 号	位移的种类	按平面结构图形计算	按空间结构图形计算
1	厂房柱的横向位移	$H_c/1250$	$H_c/2000$
2	露天栈桥柱的横向位移	$H_c/2500$	—
3	厂房和露天栈桥柱的纵向位移	$H_c/4000$	—

注:① H_c 为基础顶面至吊车梁或吊车桁架顶面的高度。

②计算厂房或露天栈桥柱的纵向位移时,可假定吊车的纵向水平制动力分配在温度区段内所有柱间支撑或纵向框架上。

③在设有 A8 级吊车的厂房中,厂房柱的水平位移容许值宜减小 10%。

④设有 A6 级吊车的厂房柱的纵向位移应符合表中的要求。

1-5 横向受力构件预先起拱

为改善外观和使用条件,可将横向受力构件预先起拱,起拱大小应视实际需要而定,一般为恒载标准值加 1/2 活载标准值所产生的挠度值。当仅为改善外观条件时,构件挠度应取在恒荷载和活荷载标准值作用下的挠度计算值减去起拱度。

2 材料要求

1)为保证承重结构的承载能力和防止在一定条件下出现脆性破坏,应根据结构的重要性、荷载特征、结构形式、应力状态、连接方法、钢材厚度和工作环境等因素综合考虑,选用合适的钢材牌号和材性。

承重结构的钢材宜采用 Q235 钢、Q345 钢、Q390 钢和 Q420 钢,其质量应分别符合国家标准《碳素结构钢》GB/T700 和《低合金高强度结构钢》GB/T1591 的要求。

下列情况的承重结构和重要结构不应采用 Q235 沸腾钢:

(1)焊接结构

①直接承受动力荷载或振动荷载且需要验算疲劳的结构。

②工作温度低于 -20°C 时直接承受动力荷载或振动荷载但可不验算疲劳的结构以及承受静力荷载的受弯及受拉的重要承重结构。

③工作温度等于或低于 -30°C 的所有承重结构。

(2)非焊接结构

工作温度等于或低于 -20°C 时直接承受动力荷载且需要验算疲劳的结构。

2)承重结构采用的钢材应具有抗拉强度、伸长率、屈服强度和硫、磷含量的合格保证,对焊接承重结构尚应具有碳含量的合格保证。

焊接承重结构以及重要的非焊接承重结构采用的钢材还应具有冷弯试验的合格保证。

(1)钢材的抗拉强度是衡量钢材抵抗拉断的性能指标,它不仅是一般强度的指标,而且直接反映钢材内部组织的优劣,并与疲劳强度有着比较密切的关系。

(2)钢材的伸长率是衡量钢材塑性性能的指标。钢材的塑性是在外力作用下产生永久变形时抵抗断裂的能力。因此,承重结构用的钢材,不论在静力荷载或动力荷载作用下,以及在加工制作过程中,除了应具有较高的强度外,尚应具有足够的伸长率。

(3) 钢材的屈服强度(或屈服点)是衡量结构的承载能力和确定强度设计值的重要指标。碳素结构钢和低合金结构钢在受力达到屈服强度(或屈服点)以后,应变急剧增长,从而使结构的变形迅速增加,以致不能继续使用。所以钢结构的强度设计值一般都是以钢材屈服强度(或屈服点)为依据而确定的。对于一般非承重或由构造决定的构件,只要保证钢材的抗拉强度和伸长率即能满足要求;对于承重的结构,则必须具有钢材的抗拉强度、伸长率、屈服强度(或屈服点)三项合格的保证。

(4) 硫、磷是建筑钢材中的主要杂质,对钢材的力学性能和焊接接头的裂纹敏感性都有较大影响。硫能生成易于熔化的硫化铁,当加热或焊接的温度达到 $800\sim 1\,200^{\circ}\text{C}$ 时,可能出现裂纹,称为热脆;硫化铁又能形成夹杂物,不仅促使钢材起层,还会引起应力集中,降低钢材的塑性和冲击韧性。磷是以固体的形式溶解于铁素体中,这种固体很脆,磷的偏析比硫更严重,降低钢的塑性、韧性及可焊性。

(5) 在焊接结构中,建筑钢的焊接性能主要取决于碳含量,碳的合适含量宜控制在 $0.12\%\sim 0.2\%$,超出该范围的幅度愈多,焊接性能变差的程度愈大。

(6) 钢材的冷弯试验是塑性指标之一,同时也是衡量钢材质量的一个综合性指标。通过冷弯试验,可以检验钢材颗粒组织、结晶情况和非金属夹杂物分布等缺陷。因此,冷弯试验在一定程度上也是鉴定焊接性能的一个指标。结构在制作、安装过程中要进行冷加工,尤其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。

3) 对于需要验算疲劳限的焊接结构的钢材,应具有常温冲击韧性的合格保证。当结构工作温度不高于 0°C 但高于 -20°C 时, Q235 钢和 Q345 钢应具有 0°C 冲击韧性的合格保证;对 Q390 钢和 Q420 钢,应具有一 20°C 冲击韧性的合格保证。当结构工作温度不高于 -20°C 时,对 Q235 钢和 Q345 钢,应具有一 20°C 冲击韧性的合格保证;对 Q390 钢和 Q420 钢,应具有一 40°C 冲击韧性的合格保证。

对于需要验算疲劳限的非焊接结构的钢材,亦应具有常温冲击韧性的合格保证。当结构工作温度不高于 -20°C 时, Q235 钢和 Q345 钢应具有 0°C 冲击韧性的合格保证;对 Q390 钢和 Q420 钢,应具有一 20°C 冲击韧性的合格保证。

4) 钢铸件采用的铸钢材质应符合国家标准《一般工程用铸造碳钢件》GB/T11352 的要求。

5) 当焊接承重结构为防止钢材的层状撕裂而采用 Z 向钢时,其材质应符合国家标准《厚度方向性能钢板》GB/T5313 的要求。

6) 对处于外露环境,且对耐腐蚀有特殊要求或在腐蚀性气态、固态介质作用下的承重结构,宜采用耐候钢,其质量要求应符合国家标准《焊接结构用耐候钢》GB/T4172 的要求。

7) 钢结构的连接材料应符合下列要求:

(1) 手工焊接采用的焊条,应符合国家标准《碳钢焊条》GB/T5117 或《低合金钢焊条》GB/T5118 的要求。选择的焊条型号应与主体金属力学性能相适应。对直接承受动力荷载或振动荷载且需要验算疲劳的结构,宜采用低氢型焊条。

自动焊接或半自动焊接采用的焊丝和相应的焊剂应与主体金属力学性能相适应。

(2)普通螺栓应符合国家标准《六角头螺栓 C 级》GB/T5780 和《六角头螺栓》GB/T5782 的要求。

高强度螺栓应符合国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T1230、《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T1231 或《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T3632、《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副技术条件》GB/T3633 的要求。

(3)圆柱头焊钉(栓钉)连接件的材料应符合国家标准《电弧螺栓焊用圆柱头焊钉》GB/T10433 的要求。

铆钉应采用国家标准《标准件用碳素钢热轧圆钢》GB/T715 中规定的 BL2 或 BL3 号钢制成。

锚栓可采用国家标准《碳素结构钢》GB/T700 中规定的 Q235 钢或《低合金高强度结构钢》GB/T1591 中规定的 Q345 钢制成。

8)钢材的强度设计值应根据钢材厚度或直径按表 1-1-4 采用,钢铸件的强度设计值应按表 1-1-5 采用,钢材和钢铸件的物理性能指标应按表 1-1-6 采用。连接的强度设计值应按表 1-1-7、表 1-1-8、表 1-1-9 采用。

表 1-1-4 钢材的强度设计值

(单位: N/mm²)

钢 材		抗拉、抗压和抗弯 f	抗 剪 f_v	端面承压(刨平顶紧) f_{ce}
牌 号	厚度或直径 (mm)			
Q235 钢	≤ 16	215	125	325
	$> 16 \sim 40$	205	120	
	$> 40 \sim 60$	200	115	
	$> 60 \sim 100$	190	110	
Q345 钢	≤ 16	310	180	400
	$> 16 \sim 35$	295	170	
	$> 35 \sim 50$	265	155	
	$> 50 \sim 100$	250	145	
Q390 钢	≤ 16	350	205	415
	$> 16 \sim 35$	335	190	
	$> 35 \sim 50$	315	180	
	$> 50 \sim 100$	295	170	
Q420 钢	≤ 16	380	220	440
	$> 16 \sim 35$	360	210	
	$> 35 \sim 50$	340	195	
	$> 50 \sim 100$	325	185	

注:表中厚度系计算点的钢材厚度,对轴心受拉和轴心受压构件系指截面中较厚板件的厚度。

表 1-1-5 钢铸件的强度设计值

(单位: N/mm²)

钢 号	抗拉、抗压和抗弯 f	抗 剪 f_v	端面承压(刨平顶紧) f_{ce}
ZG200~ZG400	155	90	260
ZG230~ZG450	180	105	290
ZG270~ZG500	210	120	325
ZG310~ZG570	240	140	370

表 1-1-6 钢材和钢铸件的物理性能指标

弹性模量 E (N/mm^2)	剪变模量 G (N/mm^2)	线膨胀系数 α (以每 $^{\circ}\text{C}$ 计)	质量密度 ρ (kg/m^3)
206×10^3	79×10^3	12×10^{-6}	7850

表 1-1-7 焊缝的强度设计值 (单位: N/mm^2)

焊接方法和 焊条型号	构件钢材		对接焊缝				角焊缝
	牌号	厚度或直径 (mm)	抗压 f_w^c	焊缝质量为下列 等级时, 抗拉 f_w^t		抗剪 f_w^v	抗拉、抗压 和抗剪 f_w^t
				一级、二级	三级		
自动焊、半自动焊 和 E43 型焊条的 手工焊	Q235 钢	≤ 16	215	215	185	125	160
		$> 16 \sim 40$	205	205	175	120	
		$> 40 \sim 60$	200	200	170	115	
		$> 60 \sim 100$	190	190	160	110	
自动焊、半自动焊 和 E50 型焊条的 手工焊	Q345 钢	≤ 16	310	310	265	180	200
		$> 16 \sim 35$	295	295	250	170	
		$> 35 \sim 50$	265	265	225	155	
		$> 50 \sim 100$	250	250	210	145	
自动焊、半自动焊 和 E55 型焊条的 手工焊	Q390 钢	≤ 16	350	350	300	205	220
		$> 16 \sim 35$	335	335	285	190	
		$> 35 \sim 50$	315	315	270	180	
		$> 50 \sim 100$	295	295	250	170	
	Q420 钢	≤ 16	380	380	320	220	
		$> 16 \sim 35$	360	360	305	210	
		$> 35 \sim 50$	340	340	290	195	
		$> 50 \sim 100$	325	325	275	185	

注: ①自动焊和半自动焊所采用的焊丝和焊剂, 应保证其熔敷金属的力学性能不低于《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T5293 和《低合金埋弧焊剂》GB/T12470 中相关要求;
②焊缝质量等级应符合钢结构施工质量要求。其中厚度小于 8mm 钢材的对接焊缝, 不应采用超声波探伤确定焊缝质量等级;
③对接焊缝在受压区的抗弯强度设计值取 f_w^c , 在受拉区的抗弯强度设计值取 f_w^t ;
④表中厚度系指计算点的钢材厚度, 对轴心受拉、受压构件系指截面中较厚板件的厚度。

表 1-1-8 螺栓连接的强度设计值 (单位: N/mm^2)

螺栓的性能等级、锚栓和 构件钢材的牌号		普 通 螺 栓						锚栓	承压型连接 高强度螺栓			
		C 级螺栓			A 级、B 级螺栓				抗拉 f _t ^b	抗拉 f _t ^b	抗剪 f _v ^b	承压 f _p ^b
		抗拉 f _t ^b	抗剪 f _v ^b	承压 f _p ^b	抗拉 f _t ^b	抗剪 f _v ^b	承压 f _p ^b					
普通螺栓	4.6 级、1.8 级	170	140	—	—	—	—	—	—	—	—	
	5.6 级	—	—	—	210	190	—	—	—	—		
	8.8 级	—	—	—	400	320	—	—	—	—		
锚栓	Q235 钢	—	—	—	—	—	—	140	—	—	—	
	Q345 钢	—	—	—	—	—	—	180	—	—	—	
承压型连接 高强度螺栓	8.8 级	—	—	—	—	—	—	—	400	250	—	
	10.9 级	—	—	—	—	—	—	—	500	310	—	

续表

螺栓的性能等级、锚栓和 构件钢材的牌号		普 通 螺 栓						锚栓	承压型连接 高强度螺栓			
		C 级螺栓			A 级、B 级螺栓				抗拉 f _t	抗拉 f _t	抗剪 f _v	承压 f _c
		抗拉 f _t	抗剪 f _v	承压 f _c	抗拉 f _t	抗剪 f _v	承压 f _c					
构件	Q235 钢	—	—	305	—	—	405	—	—	—	470	
	Q345 钢	—	—	385	—	—	510	—	—	—	590	
	Q390 钢	—	—	400	—	—	530	—	—	—	615	
	Q420 钢	—	—	425	—	—	560	—	—	—	655	

注:①A 级螺栓用于 $d \leq 24 \text{ mm}$ 和 $l \leq 10d$ 或 $l \leq 150 \text{ mm}$ (按较小值)的螺栓;B 级螺栓用于 $d > 24 \text{ mm}$ 和 $l > 10d$ 或 $l > 150 \text{ mm}$ (按较小值)的螺栓。 d 为公称直径, l 为螺杆公称长度。

②A、B 级螺栓孔的精度和孔壁表面粗糙度,C 级螺栓孔的允许偏差和孔壁表面粗糙度,均应符合钢结构施工质量要求。

表 1-1-9 铆钉连接的强度设计值

(单位: N/mm^2)

铆钉钢号和 构件钢材牌号		抗拉(钉头拉脱) f_t	抗剪 f_v		承压 f_c	
			I 类孔	II 类孔	I 类孔	II 类孔
铆钉	BL2 或 BL3	120	185	155	—	—
构件	Q235 钢	—	—	—	450	365
	Q345 钢	—	—	—	565	460
	Q390 钢	—	—	—	590	480

注:①属于下列情况者为 I 类孔:在装配好的构件上按设计孔径钻成的孔;在单个零件和构件上按设计孔径分别用钻模钻成的孔;在单个零件上先钻成或冲成较小的孔径,然后在装配好的构件上再扩钻至设计孔径的孔。

②在单个零件上一次冲成或不用钻模钻成设计孔径的孔属于 II 类孔。

关于表 1-1-4、表 1-1-5、表 1-1-7、表 1-1-8、表 1-1-9 的强度设计值是根据表 1-1-10 的换算关系并取 5 的整倍数而得的。

表 1-1-10 强度设计值的换算关系

材料和连接种类		应 力 种 类		换算关系
钢材	抗拉、抗压 和抗弯	Q235 钢		$f = f_y / \gamma_R = \frac{f_y}{1.087}$
		Q345 钢、Q390 钢、Q420 钢		$f = f_y / \gamma_R = \frac{f_y}{1.111}$
	抗 剪			$f_v = f / \sqrt{3}$
	端面承压 (刨平顶紧)	Q235 钢		$f_{ce} = f_u / 1.15$
		Q345 钢、Q390 钢、Q420 钢		$f_{ce} = f_u / 1.175$
焊 缝	对接 焊缝	抗 压		$f^w = f$
		抗拉	焊缝质量为一、二级	$f^w = f$
			焊缝质量为三级	$f^w = 0.85f$
		抗 剪		$f^w = f_v$
	角 焊缝	抗拉、抗压 和抗剪	Q235 钢	$f^w = 0.38f^w$
			Q345 钢、Q390 钢、Q420 钢	$f^w = 0.41f^w$

续表

材料和连接种类	应 力 种 类		换算关系	
铆钉连接	抗剪	I类孔	$f_v=0.55 f_u^t$	
		II类孔	$f_v=0.46 f_u^t$	
	承压	I类孔	$f_c^t=1.20 f_u$	
		II类孔	$f_c^t=0.98 f_u$	
	拉 脱		$f_t^t=0.36 f_u^t$	
螺栓连接	普通螺栓	C级螺栓	抗拉	$f_t^b=0.42 f_u^b$
		A级、B级螺栓	抗剪	$f_v^b=0.35 f_u^b$
			承压	$f_c^b=0.82 f_u$
			抗拉	$f_t^b=0.42 f_u^b$ (5.6级) $f_t^b=0.50 f_u^b$ (8.8级)
			抗剪	$f_v^b=0.38 f_u^b$ (5.6级) $f_v^b=0.40 f_u^b$ (8.8级)
		承压	$f_c^b=1.08 f_u$	
	承压型高强度螺栓	抗拉	$f_t^b=0.48 f_u^b$	
		抗剪	$f_v^b=0.30 f_u^b$	
		承压	$f_c^b=1.26 f_u$	
	锚栓		抗拉	$f_t^a=0.38 f_u^b$
钢铸件		抗拉、抗压和抗弯		$f=0.78 f_y$
		抗剪		$f_v=f/\sqrt{3}$
		端面承压(刨平顶紧)		$f_{ce}=0.65 f_u$

注: f_y 为钢材或钢铸件的屈服点; f_u 为钢材或钢铸件的最小抗拉强度; f_u 为铆钉钢的抗拉强度; f_u^b 为螺栓的抗拉强度 (对普通螺栓为公称抗拉强度, 对高强度螺栓为最小抗拉强度); f_u^m 为熔敷金属的抗拉强度。

计算下列情况的结构构件或连接时, 表 1-1-4、表 1-1-5 和表 1-1-7、表 1-1-8、表 1-1-9 规定的强度设计值应乘以相应的折减系数:

(1) 单面连接的单角钢

① 按轴心受力计算强度和连接乘以系数 0.85。

② 按轴心受压计算稳定性:

等边角钢乘以系数 $0.6 + 0.0015\lambda$, 但不大于 1.0;

短边相连的不等边角钢乘以系数 $0.5 + 0.0025\lambda$, 但不大于 1.0;

长边相连的不等边角钢乘以系数 0.70。

λ 为长细比, 对中间无联系的单角钢压杆, 应按最小回转半径计算, 当 $\lambda < 20$ 时取 $\lambda = 20$ 。

(2) 无垫板的单面施焊对接焊缝乘以系数 0.85。

(3) 施工条件较差的高空安装焊缝和铆钉连接乘以系数 0.90。

(4) 沉头和半沉头铆钉连接乘以系数 0.80。