

新钢结构设计手册

《新钢结构设计手册》编委会 编著

XIN GANGJIEGOU SHEJI SHOUCHE



中国计划出版社

新钢结构设计手册

《新钢结构设计手册》编委会

中国计划出版社

图书在版编目(CIP)数据

新钢结构设计手册 / 《新钢结构设计手册》编委会
编著. -- 北京: 中国计划出版社, 2018.6 (2018.7重印)
ISBN 978-7-5182-0779-4

I. ①新… II. ①新… III. ①钢结构—结构设计—手册 IV. ①TU391.04-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第320074号

新钢结构设计手册

《新钢结构设计手册》编委会 编著

中国计划出版社出版

网址: www.jhpress.com

地址: 北京市西城区木樨地北里甲11号国宏大厦C座3层

邮政编码: 100038 电话: (010) 63906433 (发行部)

新华书店经销

三河富华印刷包装有限公司印刷

787mm × 1092mm 1/16 55印张 1400千字

2018年6月第1版 2018年7月第2次印刷

印数5001—8000册

ISBN 978-7-5182-0779-4

定价: 168.00元

版权所有 侵权必究

本书封面贴有中国计划出版社专用防伪标, 否则为盗版书。请读者注意鉴别、监督!

侵权举报电话: (010) 63906404

如有印装质量问题, 请寄本社出版部调换

《新钢结构设计手册》编委会

主任：汪一骏

副主任：郁银泉 冯东 刘敏

委员：樊立 王步伟 郭春颀 刘路 孟宪中

曾红胜 郭家富 张红雨 纪福宏 张利军

前 言

《钢结构设计标准》GB 50017—2017 已发布。本手册基于近年来的工程设计经验、国家建筑标准设计图集应用和科研成果，根据新颁布的《钢结构设计标准》GB 50017—2017 以及其他相关的国家规范、规程和标准进行编写，内容包括：

钢结构设计基本规定与计算，单层厂房钢结构，涉及门式刚架，单层排架：檩条、屋架、网架、吊车梁、墙架等设计，以及通用构件选用表（结构系列），构件承载力与截面计算图表。多高层钢结构的布置、选型、组合楼盖、钢管混凝土柱和抗震性能化设计将在《钢多高层结构设计手册》中论述。本书可供建筑结构的设计、施工、监理和教学人员参考和使用。

本手册是在过去多版本《钢结构设计手册》的基础上结合新《钢结构设计标准》GB 50017—2017 和《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022—2015 编制外，还增加了《建筑抗震设计规范（2016 年版）》GB 50011—2010 和冷弯薄壁型钢结构的计算内容。

为普及新的《钢结构设计标准》应用、国家建筑标准设计图集的正确选用，增加结构整体概念，在某些例题中还附有完整的施工详图。

此外，在主要章节中还列有构件设计中的若干问题一节，充分反映历次专家在国家建筑标准设计图集编制审查会的建议和国家建筑标准设计图应用中的改进意见，供读者参考采纳。

本手册共分 25 章：

第 1~4 章 汪一骏 庞翠翠

第 5、6 章 汪一骏

第 7 章 冯 东 纪福宏 汪一骏

第 8 章 冯东 汪一骏 段修谓

第 9、10 章 纪福宏 汪一骏 贺丽平

第 11 章 汪一骏 宁 昊 段修谓

第 12、13 章 张利军 汪一骏 王步伟

第 14~22 章 高志强 纪福宏 郭惠琴 庞翠翠 朱 莎 赵 枫

段修谓 莫培佳 汪一骏

第 23~25 章 冯海悦 庞翠翠

与本手册配套的《钢多高层结构设计手册》主要内容为钢结构抗震性能化设计、钢混凝土组合梁、钢管混凝土柱等。

全书由汪一骏统稿和解答。因编者水平有限，书中如有疏漏和不妥之处，望批评指正。在编写中承蒙余海群、詹谊、刘纯康等专家领导的指正和帮助，深表谢意。

主要编写者单位：中国建筑标准设计研究院有限公司

北京交通大学土木建筑工程学院

北京交大建筑勘察设计院有限公司

参加编写者单位：北京太空板业股份有限公司
徐州安美固建筑空间结构有限公司
北京北泡轻钢建材有限公司
长葛市通用机械有限公司

目 录

1	总则和材料	(1)
1.1	总则	(1)
1.2	钢材分类和性能	(1)
2	设计基本规定	(7)
2.1	设计原则	(7)
2.2	荷载	(9)
2.3	设计指标和设计参数	(10)
2.4	变形规定	(15)
2.5	房屋区段长度	(19)
2.6	构造	(19)
2.7	钢结构抗震设计、截面宽厚比和延性	(21)
2.8	制作和安装	(27)
2.9	设计基本规定中的若干问题	(27)
3	基本构件	(30)
3.1	受弯、受剪构件	(30)
3.2	轴心受力构件	(43)
3.3	拉弯、压弯构件和框架柱	(50)
3.4	塑性及弯矩调幅设计	(61)
3.5	疲劳计算及防脆断设计	(63)
4	连接	(77)
4.1	焊接	(77)
4.2	普通螺栓和高强度螺栓	(89)
4.3	普通螺栓和高强度螺栓群的连接计算和构造要求	(92)
4.4	拼接连接	(95)
4.5	连接设计实例	(97)
【例题 4-1】	板件的焊接拼接连接设计	(97)
【例题 4-2】	轧制工字钢梁的焊接拼接连接设计	(98)
【例题 4-3】	悬伸支承托板与柱的焊接连接设计	(101)
【例题 4-4】	悬伸支承托座(牛腿)与柱的焊接连接设计	(102)
【例题 4-5】	牛腿用螺栓的连接	(103)
【例题 4-6】	钢板用高强度螺栓摩擦型连接的设计	(104)
【例题 4-7】	钢板用高强度螺栓承压型连接的设计	(105)
4.6	连接和拼接设计中的若干问题	(105)
5	单层房屋钢结构的组成	(107)
5.1	概述和受力体系	(107)
5.2	排架荷载	(111)

6	单层房屋的屋面	(115)
6.1	国内曾采用过的几种屋面材料	(115)
6.2	压型钢板和夹芯板的板型及檩距	(117)
6.3	发泡水泥复合板(太空板)	(122)
6.4	各种屋面设计参数	(123)
6.5	板的连接	(124)
6.6	建筑构造	(127)
6.7	压型钢板的计算	(127)
6.8	压型钢板的构造	(129)
6.9	压型钢板的连接构造与计算	(130)
7	屋盖结构	(134)
7.1	檩条	(134)
	【例题7-1】热轧槽钢檩条	(149)
	【例题7-2】冷弯薄壁卷边槽钢檩条(强度控制)	(150)
	【例题7-3】冷弯薄壁卷边槽钢檩条(稳定控制)	(153)
	【例题7-4】冷弯薄壁卷边槽钢檩条(风吸力控制)	(155)
	【例题7-5】冷弯薄壁斜卷边Z形钢檩条(连续)	(157)
	【例题7-6】高频焊接薄壁H型钢檩条($l=7.5\text{m}$)	(159)
	【例题7-7】高频焊接薄壁H型钢檩条($l=9\text{m}$)	(161)
7.2	屋架	(176)
	【例题7-8】18m轻型屋面三角形角钢屋架	(208)
	【例题7-9】21m轻型屋面梯形角钢屋架	(228)
	【例题7-10】24m梯形角钢屋架	(254)
	【例题7-11】24m轻型屋面梯形方钢管屋架	(273)
	【例题7-12】24m轻型屋面圆钢管屋架	(288)
7.3	托架和托梁	(292)
	【例题7-13】12m钢托架计算	(298)
7.4	天窗架	(309)
	【例题7-14】三铰拱式天窗架(GCJ-1)	(315)
	【例题7-15】三支点式天窗架(GCJ-2)	(319)
7.5	网架	(325)
	【例题7-16】正放四角锥网架	(341)
7.6	屋盖支撑	(344)
	【例题7-17】承受风荷载的横向支撑(CC-1)	(356)
	【例题7-18】屋架端部竖向支撑(ZC-2)	(357)
7.7	屋盖结构设计中的若干问题	(359)
8	吊车梁	(369)
8.1	概述	(369)
8.2	吊车梁系统的组成和类型	(369)
8.3	设计的基本要求	(370)
8.4	实腹式焊接吊车梁	(374)
8.5	吊车桁架	(390)

8.6	焊接箱形吊车梁	(399)
8.7	壁行吊车梁	(405)
8.8	悬挂式吊车梁	(407)
8.9	制动结构、辅助桁架和支撑	(413)
8.10	吊车梁与柱的连接构造	(422)
8.11	吊车轨道和车挡	(426)
8.12	吊车梁设计实例	(434)
	【例题 8-1】6m 热轧 H 型钢吊车梁 (DL-1)	(434)
	【例题 8-2】7.5m 焊接工字形吊车梁 (DL-2)	(438)
	【例题 8-3】12m 焊接工字形吊车梁 (DL-3)	(447)
8.13	吊车梁设计系列	(455)
8.14	吊车梁设计中的若干问题	(461)
9	门式刚架	(462)
9.1	刚架特点及适用范围	(462)
9.2	结构形式及有关要求	(462)
9.3	内力和侧移计算	(464)
9.4	构件截面设计	(467)
9.5	节点设计	(474)
9.6	抗震构造	(479)
9.7	门式刚架设计实例	(479)
	【例题 9-1】12m 单跨双坡无吊车门式刚架	(479)
	【例题 9-2】24m 单跨双坡带吊车门式刚架	(487)
	【例题 9-3】21m 单跨双坡无吊车门式刚架	(510)
	【例题 9-4】18m 双跨双坡无吊车门式刚架	(511)
9.8	门式刚架设计中的若干问题	(511)
10	排架柱	(520)
10.1	设计的一般要求	(520)
10.2	柱的计算及构造	(524)
10.3	柱间支撑	(553)
10.4	厂房纵向刚度和温度应力计算	(561)
10.5	柱及柱间支撑的抗震构造措施	(565)
10.6	柱及柱间支撑设计实例	(567)
	【例题 10-1】排架柱设计实例 (双阶柱)	(567)
	【例题 10-2】柱间支撑设计实例	(585)
10.7	柱间支撑及单层厂房纵向抗震计算中的若干问题	(589)
11	墙架	(599)
11.1	一般说明	(599)
11.2	墙架结构的布置	(599)
11.3	墙架构件的截面计算	(605)
11.4	墙架的连接节点	(608)
11.5	墙架构件的设计实例	(614)

【例题 11-1】纵墙横梁 (C 形钢)	(614)
【例题 11-2】纵墙横梁 (高频焊接薄壁 H 型钢)	(615)
【例题 11-3】山墙抗风柱 (无抗风桁架)	(616)
【例题 11-4】山墙抗风柱 (有抗风桁架)	(618)
【例题 11-5】山墙墙架柱 (有抗风桁架)	(620)
【例题 11-6】抗风桁架	(624)
11.6 墙架构件设计系列	(628)
11.7 墙架构件设计中的若干问题	(631)
12 工作平台结构	(633)
12.1 一般说明	(633)
12.2 平台结构构件的形式和计算	(636)
12.3 平台结构的连接和构造	(646)
12.4 平台梁的构造及其计算特点	(648)
12.5 平台柱的构造和梁柱的连接	(650)
12.6 平台柱的柱脚及柱间支撑计算	(653)
12.7 栏杆和钢梯	(653)
13 制作、运输、安装和防腐蚀	(658)
13.1 概要	(658)
13.2 钢结构的制作	(658)
13.3 钢结构的运输和安装	(668)
13.4 钢结构防火、防腐和隔热	(669)
14 构件稳定系数 φ 、 φ_b	(672)
14.1 轴心受压构件的截面分类	(672)
14.2 轴心受压构件的稳定系数 φ	(674)
14.3 受弯构件的整体稳定系数 φ_b	(678)
14.4 受弯构件整体稳定系数 φ_b 的近似计算	(682)
15 柱的计算长度系数	(685)
15.1 无侧移框架等截面柱的计算长度系数 μ	(685)
15.2 有侧移框架等截面柱的计算长度系数 μ	(685)
15.3 柱上端为自由的单阶柱下段的计算长度系数 μ_2	(686)
15.4 柱上端可移动但不转动的单阶柱下段的计算长度系数 μ_2	(687)
16 钢材的规格及截面特性	(688)
16.1 等边角钢的规格及截面特性	(688)
16.2 不等边角钢的规格及截面特性	(691)
16.3 热轧普通工字钢的规格及截面特性	(693)
16.4 热轧普通槽钢的规格及截面特性	(694)
16.5 热轧 H 型钢和剖分 T 型钢的规格及截面特性	(695)
16.6 普通和卷边高频焊接薄壁 H 型钢的规格及截面特性	(701)
16.7 冷弯薄壁卷边槽钢的规格及截面特性	(705)
16.8 冷弯薄壁直卷边和斜卷边 Z 形钢的规格及截面特性	(706)
16.9 常用圆钢管的规格及截面特性	(708)

16.10	冷弯薄壁方钢管截面特性	(710)
16.11	钢网架螺栓球规格	(711)
16.12	热轧圆钢、方钢的规格及截面特性	(711)
16.13	轻轨、重轨、起重机钢轨的规格及截面特性	(713)
17	组合截面特性	(714)
17.1	角钢	(714)
17.2	槽形钢	(728)
18	构件轴心受压承载力设计值 (N)	(736)
19	型钢受弯构件整体稳定系数 φ'_b	(776)
20	连接的承载力设计值	(817)
20.1	焊接连接承载力设计值	(817)
20.2	普通螺栓承载力设计值	(826)
20.3	高强度螺栓承载力设计值	(829)
21	横梁的固端弯矩	(833)
22	单跨等截面门式刚架弯矩剪力和排架柱顶反力计算公式	(837)
22.1	铰接刚架	(837)
22.2	刚接刚架	(840)
22.3	排架柱顶铰接、柱底固定的柱顶反力	(842)
23	标准名称	(845)
24	型钢的规线距离和连接尺寸	(848)
25	吊车规格技术资料	(854)
	参考文献	(866)

1 总则和材料

1.1 总 则

1.1.1 为学习理解和应用现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017—2017 [1] 和国家建筑标准设计图集, 特编制本设计手册。

1.1.2 本手册主要适用于工业与民用建筑房屋和一般构筑物的钢结构设计, 也包括部分由冷弯成型钢材制作的构件及其连接等; 对于冷弯成型的钢材制作的构件等, 在具体设计时, 应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018—2002 [2] 和《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022—2015 [3] 的规定。

1.1.3 本手册的设计原则主要是根据现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017—2017 制定的。取用的荷载及其组合值应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009—2012 [4] 的规定; 在地震区的建筑物和构筑物, 尚应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范 (2016 年版)》GB 50011—2010 [5] 的规定。

1.1.4 设计钢结构时, 应从工程实际情况出发, 合理选择结构方案、材料、作用及作用效应分析和构造措施, 满足结构构件在运输、安装和使用过程中的强度、稳定性和刚度的要求, 符合防火、防腐蚀的要求, 并宜优先采用标准化的和通用的结构和构件, 减少制作、安装工作量。

1.1.5 钢结构设计文件中, 应注明建筑结构的设计使用年限、采用的钢材牌号 (包括质量等级、脱氧方法等)、连接材料的型号 (或钢号) 和对钢材所要求的力学性能、化学成分及其他的附加保证项目。此外, 还应注明所要求的焊缝形式、焊缝质量等级 (焊缝质量等级的检验标准应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2017 的规定)、端面刨平顶紧部位以及对施工的其他要求。

1.1.6 对有特殊设计要求和在特殊情况下的钢结构设计, 尚应符合现行有关国家标准的要求。

1.2 钢材分类和性能

1.2.1 结构材料。

1 承重结构的材料宜采用现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700—2006 中的 Q235 钢和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591—2008 中的 Q345、Q390、Q420 和 Q460 钢。当为钢板时, 尚应符合现行国家标准《建筑结构用钢板》GB/T 19879—2015 标准的规定和要求。

2 在建筑结构设计中, 对结构用钢材可按下述方法分类。

(1) 按冶炼方法 (炉种) 分为平炉钢和电炉钢、氧气转炉钢或空气转炉钢。承重结构钢一般采用平炉或氧气转炉钢。

(2) 按炼钢脱氧程度分为沸腾钢 (F)、镇静钢 (Z) 及特殊镇静钢 (TZ)。

(3) 钢的牌号按钢的屈服点名义数值命名, Q235 钢, 其质量等级分为 A、B、C、D 四级 (Q345、Q390 有 E 级, 共五级), 这四个等级与钢的化学成分、力学性能及冲击试验性能有关。

碳素结构钢的牌号由代表屈服点的字母、屈服点数值、质量等级符号、脱氧方法四个部分顺序组成。

例如, Q235AF, 其符号含义如下:

Q——钢材屈服强度;

235——屈服点 (不小于) $235\text{N}/\text{mm}^2$;

A、B、C、D——质量等级, 从次到优顺序排列;

F、Z、TZ——沸腾钢、镇静钢、特殊镇静钢, 在牌号表示中“Z”与“TZ”符号可以忽略。

碳素结构钢中, 钢号越大, 含碳量越高, 强度也随之增高, 但塑性和韧性降低。在承重结构钢中经常采用掺和金元素的低合金钢。其强度高于碳素结构钢, 强度的增高不是靠增强含碳量, 而是靠加入合金元素的程度, 所以, 其韧性并不降低。在低合金钢中 Q345 钢的综合性能较好, 在我国已有几十年的工程实践经验。

3 钢材的力学性能和化学成分。

(1) 力学性能。

1) 抗拉强度 (f_u)。

抗拉强度是衡量钢材经过其本身所能产生足够变形后的抵抗能力。它不仅是反映钢材质量的重要指标, 而且与钢材疲劳强度有密切关系。由抗拉强度变化范围的数值, 可以反映出钢材内部组织的优劣。

2) 伸长率 (δ)。

伸长率是衡量钢材塑性性能的指标。钢材的塑性实际上是当结构经受其本身所产生的足够变形时, 抵抗断裂的能力。因此, 承重结构钢无论在静力荷载或动力荷载作用下, 以及在加工制造过程中, 除要求具有一定的强度外, 还要求有足够的伸长率。

3) 屈服强度 (f_y)。

屈服点是衡量结构承载能力和确定基本强度设计值的重要指标。碳素结构钢和低合金钢在应力达到屈服点后, 应变急剧增长, 使结构的实际变形突然增加到不能继续使用的程度。所以, 钢材所采用的强度设计值一般都以屈服点除以适当的抗力分项系数来确定。

4) 冷弯性能。

冷弯是衡量材料性能的综合指标, 也是塑性指标之一。通过冷弯试验不仅可以检验钢材颗粒组织、结晶情况和非金属夹杂物的分布等缺陷。在一定程度上也是鉴定焊接性能的一个指标。结构在加工制作和安装过程中进行冷加工时, 尤其对焊接结构焊后变形的调直, 都需要钢材具有较好的冷弯性能。用于承重结构的薄壁型钢的热轧型钢带钢或钢板也应有冷弯性能保证。

5) 冲击韧性。

冲击韧性是衡量抵抗脆性破坏的一个指标。因此, 直接承受动力荷载以及重要的受拉或受弯焊接结构, 为了防止钢材的脆性破坏, 应具有常温冲击韧性的保证, 在某些低温情况下尚应具有负温冲击韧性的保证。

(2) 化学成分。

建筑结构用钢除了要保证含碳量外, 硫、磷、硅、锰含量也不能超过国家标准的规定。因为硫、磷这两种有害元素的存在将使钢材的焊接性能变差, 且降低钢材的冲击韧性和塑性, 降低钢材的疲劳强度和抗腐蚀性。

建筑结构用钢的力学性能和化学成分见表 1-1、表 1-2。

表 1-1 钢材的力学性能

标准代号	钢材牌号	厚度 (mm)	一般机械性能				V 型冲击试验			
			屈服点 f_y (N/mm^2) \geq	抗拉强度 f_u (N/mm^2)	伸长率 δ_5 (%) \geq	180°冷弯试验 $d =$ 弯心直径 $B =$ 试样宽度 $a =$ 试样厚度	质量等级	温度 ($^{\circ}C$)	冲击功 (纵向) J 不小于	
GB/T 700— 2006	Q235	≤ 16	235	370	26	$B = 2a, d = 1.5a$ (试样方向为横 向) $d = a$ (试 样方向为纵向)	B	20	27	
		$> 16 \sim 40$	225		25		C	0		
		$> 40 \sim 100$	215		25		D	-20		
GB/T 1591— 2008	Q345	≤ 16	345	470	20 (21)	$d = 2a$	B	20	34	
		$> 16 \sim 40$	335			$d = 3a$	C	0		
		$> 40 \sim 63$	325		19 (20)	$d = 3a$	D	-20		
		$> 63 \sim 80$	315				E	-40		
		$> 80 \sim 100$	305							
	Q390	≤ 16	390	490	20	$d = 2a$	B	20	34	
		$> 16 \sim 40$	370			$d = 3a$	C	0		
		$> 40 \sim 63$	350		19	$d = 3a$	D	-20		
		$> 63 \sim 100$	330				E	-40		
	Q420	≤ 16	420	520	19	$d = 2a$	B	20	34	
		$> 16 \sim 40$	400			$d = 3a$	C	0		
		$> 40 \sim 63$	380		18	$d = 3a$	D	-20		
		$> 63 \sim 100$	360				E	-40		
	Q460	≤ 16	460	550	17	$d = 2a$	C	0	34	
		$> 16 \sim 40$	440			$d = 3a$	D	-20		
		$> 40 \sim 63$	420		16		$d = 3a$	E		-40
		$> 63 \sim 100$	420							
	GB/T 19879— 2015	Q345GJ	$> 16 \sim 35$	345	490	22	$d = 3a$	B	20	34
			$> 35 \sim 50$	335				C	0	
			$> 50 \sim 100$	325				D	-20	
				E				-40		

注：1 质量等级为 A 级不要求 V 型冲击试验。

2 Q345 括号内数值适用于 C ~ E 级，Q285 括号内数值适用于厚度 60 ~ 100。

表 1-2 钢材的化学成分

标准代号	钢材牌号	化学成分 (%)					
		C	S	P	Si	Mn	
GB/T 700—2006	Q235	A 级	0.22	0.050	0.045	0.35	1.4
		B 级	0.20	0.045			
		C 级	0.17	0.040	0.040		
		D 级		0.035	0.035		
				\leq			

续表 1-2

标准代号	钢材牌号		化学成分 (%)						
			C	S	P	Si	Mn		
			≤						
GB/T 1591—2008	Q345	A 级	0.20	0.035	0.035		0.56	1.70	
		B 级			0.030	0.030			
		C 级		0.18		0.025			0.025
		D 级	0.020		0.025				
		E 级	0.020		0.025				
	Q390	A 级	0.20	0.035			0.50	1.70	
		B 级		0.030					
		C 级		0.025	0.030				
		D 级		0.020	0.025				
		E 级		0.020	0.025				
	Q420	A 级	0.20	0.035			0.50		
		B 级		0.035					
		C 级		0.030					
		D 级		0.025	0.030				
		E 级		0.020	0.025				
	Q460	C 级	0.20	0.030	0.030		0.60	1.80	
		D 级		0.025	0.030				
		E 级		0.020	0.020				
	GB/T 19879—2015	Q335GJ	B	0.20	0.025			0.55	1.60
			C		0.025				
D			0.18	0.02					
E				0.02					

注：经需方同意，Q235B 级碳含量可不大于 0.22%。

4 建筑结构用钢铸件采用的材质应符合现行国家标准《一般工程用铸造碳钢件》GB/T 11352—2009 的规定，其机械性能见表 2-5。

5 钢材等级检验项目。

(1) 所有承重结构的钢材均应具有屈服强度、断后伸长率、抗拉强度、冷弯试验和硫、磷极限含量的合格保证，对焊接结构尚应具有含碳量的合格保证。对直接承受动力荷载或需验算疲劳的构件所用钢材尚应具有冲击韧性合格保证。详见表 1-1、表 1-2。

(2) 对于需要验算疲劳的焊接结构的钢材，应具有常温冲击韧性的合格保证（B 级）。当结构工作温度等于或低于 0℃ 但高于 -20℃ 时，对 Q235 钢和 Q345 钢应具有 0℃ 冲击韧性的合格保证（C 级）；对 Q390 钢、Q420 钢和 Q460 钢应具有 -20℃ 冲击韧性的合格保证（D 级）；当结构工作温度等于或低于 -20℃ 时，对 Q235 钢和 Q345 钢应具有 -20℃ 冲击韧性的合格保证（D 级）；对 Q390 钢和 Q420 钢应具有 -40℃ 冲击韧性的合格保证（E 级）。

(3) 对于需要验算疲劳的非焊接结构的钢材亦应具有常温冲击韧性的合格保证（B 级）。当结构工作温度等于或低于 -20℃ 时，对 Q235 钢和 Q345 钢应具有 0℃ 冲击韧性的合格保证（C 级）；对 Q390 钢、Q420 钢应具有 -20℃ 冲击韧性的合格保证（D 级）。

(4) 对于不需要验算疲劳的焊接和非焊接结构,原则上根据结构工作温度 t 选用钢材等级: $t=0^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$, 用 B 级; $t=0^{\circ}\text{C} \sim -20^{\circ}\text{C}$, 用 C 级; -20°C 以下用 D 级。但非焊接结构 -20°C 以下, Q235、Q345 仍可用 C 级。当 t 高于 20°C 时, 焊接结构可采用 Q345A、Q390A、Q420、Q460A, 非焊接结构可采用表 1-2 中任何牌号的 A 级钢。

6 材料选用。

(1) 承重结构在低于 -20°C 环境工作时, 其选材应符合下列规定:

1) 不宜采用厚度或直径大于 40mm, 不宜低于 C 级;

2) 厚度或直径大于 40mm 时, 不宜低于 D 级;

3) 重要承重结构的受拉板件, 宜选用建筑结构用钢板并满足现行国家标准《建筑结构用钢板》GB/T 19879—2015 的规定。

(2) 当焊接承重结构为防止钢材的层状撕裂而采用 Z 向钢时, 其材质应符合现行国家标准《厚度方向性能钢板》GB/T 5313—2010 的规定。

(3) 对处于外露环境, 且对大气腐蚀有特殊要求的或在腐蚀气态和固态介质作用下的承重结构, 宜采用耐候钢, 其质量要求应符合现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171—2008 的规定。

(4) 焊接材料熔敷金属的力学性能应不低于相应母材标准的下限值或满足设计要求。设计或被焊接母材有冲击韧性要求规定时, 熔敷金属的冲击韧性应不低于设计规定或对母材的要求。

(5) 对直接承受动力荷载或振动荷载且需要验算疲劳的结构, 或低温环境下工作的厚板结构, 宜采用低氢型焊条或低氢焊接方法。

(6) 结构按调幅设计时, 钢材性能应符合第 3.4 节的规定。

(7) 有抗震设防要求的钢结构其塑性耗能区钢材:

1) 钢材屈服强度实测值与抗拉强度实测值的比值不应大于 0.85, 屈服强度实测值不高于上一级钢材屈服强度;

2) 钢材应有明显的屈服台阶, 且伸长率不应小于 20%;

3) 钢材应有良好的焊接性和合格的冲击韧性, 夏比冲击韧性不低于 27J。

(8) 有抗震设防要求的钢结构其弹性区钢材:

1) 工作温度高于 0°C 时, 不低于 B 级;

2) 工作温度 $0^{\circ}\text{C} \sim -20^{\circ}\text{C}$, Q235、Q345 不低于 B 级, Q390、Q420、Q460 不低于 C 级;

3) 工作温度低于 -20°C , Q235、Q345 不低于 C 级, Q390、Q420、Q460 不低于 D 级。

(9) 钢管结构的钢材选用应符合第 7 章的规定。

(10) 冷成型管材 (如方矩管、圆管) 和型材, 及经冷加工成型的构件, 除所用原料板材的性能与技术条件应符合相应标准规定外, 其最终成型后构件的材料性能和技术条件应符合相关设计规范或设计图纸的要求 (如延伸率、冲击功、材料质量等级、取样及试验方法)。冷成型圆管的外径与壁厚之比不宜小于 20; 冷成型方矩管不宜选用由圆变方工艺生产的钢管。

1.2.2 连接材料。

1 焊接。

(1) 材质。

钢结构的焊接材料应与被连接构件所采用的钢材材料相适应。将两种不同强度的钢材相连接时, 可采用与低强度钢材相适应的连接材料。对直接承受动力荷载或振动荷载

且需要验算疲劳的结构,以及低温环境下工作的厚板结构宜采用低氢型焊条。

1) 手工电弧焊应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117—2012 或《热强钢焊条》GB/T 5118—2012 规定的焊条,为使经济合理,选择的焊条型号应与构件钢材的强度相适应。选用时可按下列要求及表 1-3 确定:

①对 Q235 钢宜采用 E43 型焊条;

②对 Q345 钢宜采用 E50 型焊条;

2) 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强度相适应,并应符合现行国家标准《熔化焊用钢丝》GB/T 14957—2008 和《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293—1999 的规定。

(2) 选用。

焊接连接是目前钢结构最主要的连接方法,它具有不削弱杆件截面、构造简单和加工方便等优点。一般钢结构中主要采用电弧焊。电弧焊是利用电弧热熔化焊件及焊条(或焊丝)以形成焊缝。目前应用的电弧焊方法有:手工焊、自动焊和半自动焊。在轻型钢结构中,由于焊件薄,焊缝少,故多数采用手工焊。手工焊施焊灵活,易于在不同位置施焊,但焊缝质量低于自动焊。

2 螺栓。

(1) 材质。

1) 普通螺栓可采用符合现行国家标准《碳素结构钢》GB 700—2006 规定的 Q235A 级钢制成,并应符合现行国家标准《六角头螺栓 C 级》GB/T 5780—2016 和《六角头螺栓》GB/T 5782—2016 的规定。

2) 高强度螺栓可采用 45 号钢、40Cr、40B 或 20MnTiB 钢制作并应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228—2006、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229—2006、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230—2006、《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/T 1231—2006、《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632—2008 的规定。

3) 圆柱头焊钉(栓钉)连接件的材料应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433—2002 的规定。

4) 铆钉应采用现行国家标准《标准件用碳素钢热轧圆钢》GB/T 715—1989 中规定的 BL2 或 BL3 号钢制成。

5) 锚栓可采用现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700—2006 中规定的 Q235 钢或《低合金高强度结构钢》GB/T 1591—2008 中规定的 Q345 和 Q390 钢制成,质量等级不低于 B 级。工作温度低于 -20°C 时应满足第 1.2.1 条第 6 款要求。

(2) 选用。

1) 普通螺栓连接主要采用在结构的安装连接以及可拆装的结构中,螺栓连接的优点是拆装便利,安装时不需要特殊设备,操作较简便。但由于普通螺栓连接传递剪力较差,而高强度螺栓连接在高空施工中要求又较高,因而轻型钢屋架与支撑连接,一般采用普通螺栓 C 级,受力较大时可用螺栓定位、安装焊缝受力的连接方法。

2) 高强度螺栓连接除能承受较大的拉力外,尚能借其连接处构件接触面的摩擦可靠地承受剪力。故在轻型门式刚架的梁柱连接节点以及螺栓球网架的节点连接中广泛应用。

3) 锚栓主要应用于屋架与混凝土柱顶的连接及门式刚架柱脚与基础的连接,锚栓可根据其受力情况选用不同牌号的钢材制成。