

■ 钢结构工程便携系列手册

轻型钢结构设计 便携手册

本书编委会 编



中国计划出版社

钢结构工程便携系列手册

轻型钢结构设计便携手册

本书编委会 编

中国计划出版社

图书在版编目(CIP)数据

轻型钢结构设计便携手册/《轻型钢结构设计便携手册》编委会编. —北京:中国计划出版社,2008.6

(钢结构工程便携系列手册)

ISBN 978-7-80242-117-2

I. 轻… II. 轻… III. 轻型钢结构—结构设计—技术手册 IV. TU392.504-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 079439 号

钢结构工程便携系列手册
轻型钢结构设计便携手册

本书编委会 编

☆

中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码:100038 电话:63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

三河富华印刷包装有限公司印刷

787×1092 毫米 1/16 20.25 印张 501 千字

2008 年 6 月第一版 2008 年 6 月第一次印刷

印数 1—4000 册

☆

ISBN 978-7-80242-117-2

定价:40.00 元 中

《轻型钢结构设计便携手册》

编 委 会

主 编：秦付良

副主编：莫 骄 杨晓方

编 委：胡丽光 李闪闪 梁 贺 刘 超

刘亚祯 沈 杏 孙高磊 杨静琳

岳永铭 张小珍 张艳萍

《册手钢架设计》内容提要

本书根据轻型钢结构设计的需要,结合我国轻型钢结构工程建设实践及有关规范、技术标准及最新科研成果,对轻型钢结构设计工作进行了系统的介绍,全书共计十三章,其内容包括轻型钢结构材料、设计基本规定、基本构件设计、连接设计、轻型屋面设计、檩条设计、钢屋架设计、天窗架设计、平板网架设计、门式刚架设计、墙架设计、支撑设计、轻钢结构防火与防腐等。

本书内容丰富、资料翔实,可供从事轻型钢结构设计单位、制作工厂、安装企业技术人员和管理人员以及土建专业大专院校师生参考与使用。

前 言

随着我国国民经济的迅速发展,钢结构在建筑结构中应用的比例越来越高,尤其是在高层与超高层建筑、大跨度空间结构、桥梁结构等建筑物中大量采用钢结构或钢与混凝土组合结构,为钢结构的进一步发展提供了很广阔的发展空间。20世纪80年代以来,东部沿海地区引进国外轻钢建筑,促进了国内各种钢结构厂房的建设,并在北京、上海、深圳各地相继兴建了数十幢高层钢结构建筑和亚运村等一大批体育馆建筑,形成了我国钢结构建筑发展的第一次高峰。

20世纪90年代至今,我国钢产量迅猛提高,在短短的十几年内,中国已成为世界产钢大国。同时,随着我国冶金企业不断调整产业结构,钢与钢材的品种、规格日渐增多,建筑配套产品日益齐全,为在建筑工程中应用钢材提供了有利的条件。国家的建筑技术政策也由以往的限制使用钢材转变为积极推广应用钢材,从而出现了规模更大、技术更新的局面,充分展现了钢结构建筑以高技派的手法带来现代生活的新气息。

目前钢结构的大量发展一方面代表了我国建筑技术水平的发展,另一方面也暴露了钢结构人才的匮乏,不论是设计或施工方面都急需有经验的技术人员。因此,在钢结构领域的教育与再教育就成为当务之急,而提供好的学习、参考用书的必要性也就不言而喻了。为此,我们组织了有关方面的专家学者,编写一套《钢结构工程便携系列手册》。

本套丛书包括以下分册:

- 1.《钢结构制作安装便携手册》
- 2.《轻型钢结构制作安装便携手册》
- 3.《钢结构设计便携手册》
- 4.《轻型钢结构设计便携手册》
- 5.《钢结构工程量清单计价便携手册》
- 6.《钢结构工程质量通病防治便携手册》

本套丛书以钢结构工程有关的现行规范和规程为依据,并考虑工程技术人员的习惯,深入浅出、简明扼要地阐述了钢结构与轻型钢结构的设计、钢结构工程定额计价与工程量清单计价、钢结构工程制作与安装质量通病防治等内容,且结合实践,通过工程实例,将理论与实践很好地结合起来,增强了丛书的实用性、系统性,有利于广大钢结构工程从业人员系统地学习、掌握与运用钢结构设计与

施工的基本理论与专业技术知识。

与同类图书相比较,本套丛书主要具有以下特点:

1. 将钢结构工程的基本原理与工程实践中不断涌现的新材料、新技术、新工艺、新设备融为一体,是一套拿来就能学、就能理解、就能用的实用工具书。

2. 依据钢结构工程最新版的标准规范进行编写。采用的标准规范包括:《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001)、《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB 50018—2002)、《钢-混凝土组合结构设计规程》(DL/T 5085—1999)、《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》(CECS 102:2002)、《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ 99—1998)等。

3. 资料翔实、内容丰富、图文并茂、编撰体例新颖,注重对广大钢结构工程从业人员管理水平和专业技术知识的培养,力求做到文字通俗易懂、叙述的内容一目了然。

本套丛书的编写得到了有关领导和专家的大力支持和帮助,并参考和引用了有关部门、单位和个人的资料,在此一并表示深切的感谢。由于编者的水平有限,书中错误及疏漏之处在所难免,恳请广大读者和专家批评指正。

丛书编委会

目 录

第一章 轻型钢结构材料	(1)
第一节 结构材料	(1)
一、材料分类	(1)
二、钢材的机械性能	(1)
三、钢材的化学成分	(2)
四、钢材的选用	(3)
第二节 连接材料	(3)
一、焊接材料	(3)
二、螺栓连接材料	(4)
三、其他连接材料	(5)
第三节 围护结构用材料	(5)
一、常用围护材料	(5)
二、屋面用瓦材	(6)
三、围护材料的选用	(8)
第二章 设计基本规定	(10)
第一节 设计原则	(10)
一、承载能力极限状态设计	(10)
二、正常使用极限状态设计	(11)
三、轻钢结构抗震验算	(12)
第二节 设计指标	(12)
一、钢材物理性能	(12)
二、强度设计值	(12)
三、强度设计值折减规定	(15)
第三节 构造要求	(15)
一、钢材厚度	(15)
二、宽厚比	(16)
三、长细比	(16)
四、构件计算长度	(17)
五、温度区段长度	(19)
六、其他构造要求	(20)
第四节 荷载与变形规定	(20)
一、屋面荷载	(20)

二、风荷载	(22)
三、蒙皮作用	(25)
四、荷载效应组合原则	(26)
五、变形规定	(26)

第三章 基本构件设计

(28)

第一节 受弯构件设计

(28)

(1) 一、受弯构件的强度	(28)
(1) 二、受弯构件的整体稳定性	(29)
(1) 三、受弯构件局部稳定性	(33)
(5) 四、受弯构件挠度	(35)

第二节 轴心受力构件

(35)

(8) 一、轴心受力构件的刚度	(35)
(8) 二、轴心受力构件的强度与稳定性	(35)
(1) 三、格构式轴心受压构件设计	(37)
(7) 四、组合构件设计	(39)
(3) 五、构件支撑设计	(39)

第三节 拉弯、压弯构件

(40)

(8) 一、构件强度	(40)
(8) 二、构件整体稳定性	(41)
(01) 三、构件局部稳定性	(45)

第四节 冷弯薄壁型钢构件

(45)

(01) 一、受弯构件	(45)
(01) 二、轴心受力构件	(47)
(11) 三、拉弯构件	(47)
(51) 四、压弯构件	(48)
(51) 五、构件长细比	(49)
(51) 六、受压板件的有效宽厚比	(51)

第四章 连接设计

(55)

第一节 焊缝连接设计

(55)

(61) 一、焊缝的质量等级	(55)
(31) 二、构件对接焊缝设计	(55)
(81) 三、构件角焊缝设计	(59)
(71) 四、喇叭形焊缝	(64)

第二节 螺栓连接设计

(65)

(09) 一、构造要求	(65)
(09) 二、螺栓间距	(66)
(09) 三、普通螺栓连接	(67)

四、高强度螺栓连接	(68)
第五章 轻型屋面设计	(72)
第一节 概述	(72)
一、屋面常用材料	(72)
二、屋面的结构体系	(73)
三、屋面的构造要求	(73)
四、屋面的连接与防护	(75)
第二节 压型钢板屋面	(75)
一、压型钢板的选用	(75)
二、压型钢板的截面	(77)
三、压型钢板的构造	(80)
四、屋面设计荷载	(81)
五、屋面强度和挠度计算	(82)
六、屋面防腐处理	(84)
第三节 太空板屋面	(85)
一、标注方法	(86)
二、太空板的规格	(86)
三、太空板的性能	(86)
四、太空板屋面的构造	(87)
第四节 屋面节点设计	(91)
一、压型钢板屋面节点构造	(91)
二、太空板屋面节点构造	(96)
第六章 檩条设计	(101)
第一节 檩条的类型及选用	(101)
一、檩条的类型	(101)
二、檩条的截面	(104)
三、檩条的选用	(104)
第二节 檩条的受力分析	(106)
一、檩条的结构	(106)
二、檩条的构造	(107)
三、檩条的荷载	(109)
四、檩条的受力性能	(109)
第三节 檩条设计计算	(110)
一、简支实腹式檩条计算	(110)
二、实腹式连续檩条的计算	(113)
三、空腹式檩条的计算	(115)
四、桁架式檩条计算	(117)

五、多跨静定檩条的计算	(119)
第四节 檩条的布置与选择	(120)
一、檩条的布置	(120)
二、檩条的间距	(121)
三、拉条和撑杆的设置	(121)
四、檩条的连接	(123)
第七章 钢屋架设计	(128)
第一节 屋架设计规定	(128)
一、屋架的结构形式	(128)
二、屋架的选择	(129)
三、屋架的内力计算	(130)
四、轻钢屋架的应用	(132)
第二节 三角形钢屋架设计	(132)
一、三角形钢屋架的特点	(132)
二、三角形钢屋架的外形	(133)
三、屋架杆件的选择	(133)
四、屋架节点设计	(135)
五、屋架的构造	(137)
第三节 三铰拱屋架设计	(139)
一、三铰拱屋架的特点	(139)
二、三角拱屋架的外形	(140)
三、屋架杆件的选择	(140)
四、屋架的内力分析	(141)
五、屋架的节点构造	(142)
第四节 梭形屋架设计	(146)
一、梭形屋架的特点	(146)
二、梭形屋架的外形	(146)
三、梭形屋架杆件的选择	(146)
四、屋架的内力计算	(148)
五、屋架的节点构造	(148)
第五节 冷弯薄壁型钢屋架设计	(149)
一、冷弯薄壁型钢屋架的特点	(149)
二、冷弯薄壁型钢屋架杆件的选择	(150)
三、屋架起拱与节点计算	(151)
四、屋架的节点构造	(151)
第六节 T形钢屋架设计	(156)
一、T形钢屋架的外形	(156)
二、T形屋架杆件的选择	(156)

三、T形钢屋架的连接构造	(157)
四、T形钢屋架的节点计算	(158)
第八章 天窗架设计	(159)
第一节 天窗架的结构	(159)
一、天窗的类型	(159)
二、天窗架的构成	(160)
三、天窗架的结构形式	(161)
四、挡风架的构造	(162)
第二节 天窗架的节点构造	(162)
一、杆件截面选择	(162)
二、三支点式天窗架节点构造	(163)
三、三铰拱式天窗架节点构造	(164)
第三节 天窗架的内力计算	(164)
一、天窗架的荷载	(164)
二、天窗架内力计算	(165)
三、天窗架构件局部弯矩计算	(167)
第四节 天窗架的布置	(167)
一、挡风板的布置	(167)
二、天窗架的布置	(168)
三、天窗架支撑的设置	(169)
四、围护结构的布置	(170)
第九章 平板网架设计	(171)
第一节 网架的结构形式	(171)
一、网架的特点	(171)
二、网架的支承情况	(171)
三、平板网架的结构	(172)
第二节 网架结构设计	(177)
一、网架结构选型	(177)
二、网架结构计算	(178)
三、网架杆件的选择	(179)
四、网架尺寸的确定	(180)
五、网架腹杆的布置	(181)
第三节 网架的节点构造	(182)
一、焊接空心球节点	(182)
二、螺栓球节点	(184)
三、支座节点	(187)
四、屋顶节点与悬挂吊车节点	(189)

第十章 门式刚架设计	(190)
第一节 门式刚架结构	(190)
一、刚架结构形式	(190)
二、刚架结构特点	(191)
三、刚架设计要求	(192)
四、刚架平面布置	(194)
五、刚架的适用范围	(195)
第二节 刚架构件设计	(195)
一、刚架截面	(195)
二、构件计算长度	(197)
三、变截面刚架腹板设计	(201)
四、变截面刚架斜梁设计	(204)
五、等截面刚架构件设计	(204)
六、刚架隅撑设计	(205)
第三节 刚架节点设计	(206)
一、刚架拼接节点	(206)
二、刚架端板连接	(207)
三、刚架柱脚节点	(210)
第四节 刚架内力及侧移计算	(212)
一、刚架荷载	(212)
二、刚架内力分析	(212)
三、变截面刚架内力计算	(213)
四、等截面刚架内力计算	(215)
五、刚架侧移计算	(216)
第十一章 墙架设计	(219)
第一节 墙架的构造	(219)
一、墙梁	(219)
二、墙架柱	(222)
三、抗风桁架	(224)
第二节 墙架设计计算	(225)
一、墙梁设计计算	(225)
二、墙架柱设计计算	(227)
三、抗风桁架设计计算	(228)
四、墙架面板设计计算	(228)
第三节 墙架布置与连接	(229)
一、墙架布置	(229)
二、墙架连接	(233)

第十二章 支撑设计	(240)
第一节 支撑的布置与构造	(240)
一、支撑体系的布置	(240)
二、支撑的构造要求	(241)
第二节 屋盖支撑设计	(244)
一、支撑设计原则	(244)
二、支撑杆件截面	(244)
三、支撑设计计算	(245)
四、屋架支撑的布置	(247)
五、支撑与屋架的连接	(251)
第三节 柱间支撑设计	(257)
一、柱间支撑的作用与组成	(257)
二、柱间支撑的截面形式	(257)
三、支撑杆件的截面计算	(257)
四、柱间支撑的布置	(259)
五、柱间支撑的内力计算	(260)
第十三章 轻钢结构防火与防腐	(264)
第一节 轻钢结构防火	(264)
一、钢结构的耐火极限	(264)
二、钢结构防火涂料	(264)
三、钢结构防火涂料的选用	(264)
四、钢结构表面处理	(266)
五、钢结构的防火措施	(266)
第二节 轻钢结构防腐	(267)
一、设计要求	(267)
二、常用防腐涂料	(268)
三、钢结构除锈方法	(274)
四、钢结构防腐涂层的厚度	(275)
五、钢结构防腐涂装施工	(276)
附录 A 轴心受压构件截面分类	(278)
附录 B 轴心受压构件的稳定系数	(280)
附录 C 冷弯型钢的规格及截面特性	(290)
参考文献	(308)

第一章 轻型钢结构材料

第一节 结 构 材 料

轻型钢结构主要是指由圆钢、小角钢和薄壁型钢组成的结构。这是相对于普通钢结构而言的,其实两者之间并无明确的分界线和设计上的差异。轻型钢结构具有自重轻、用料省、取材方便等特点,深受建设单位的欢迎。

一、材料分类

1. 按冶炼方法分类

按钢材的冶炼方法,可分为平炉钢或电炉钢、氧气转炉钢和空气转炉钢。

平炉钢的质量较好且稳定,应用较广;氧气转炉钢当氧的纯度达到 99.5% 以上时,可与平炉钢等同对待;空气转炉钢的质量差异较大、低温性能较差,一般只用于非承重钢结构中。

2. 按浇注方法分类

按钢的浇注方法进行分类,可分为镇静钢和沸腾钢。镇静钢脱氧充分,钢锭组织紧密坚实,气泡少,偏析程度小,低温冷脆性能和焊接性能以及抗大气腐蚀的稳定性好。沸腾钢脱氧不完全,钢锭组织不够密实、气泡较多,偏析程度大,冲击韧性较低,故在低温下使用受到一定的限制。

3. 按化学成分分类

按化学成分不同,在建筑结构中采用的是碳素结构钢和低合金结构钢。

(1) 碳素结构钢按含碳量的百分率大小,分为 5 个钢号。钢号愈大,含碳量愈高,强度也随之增高,但塑性及韧性却随之降低。

(2) 低合金结构钢的强度高于碳素结构钢,其强度的增高不是靠增加含碳量,而是靠加入合金元素的程度,因此,它的强度提高而韧性并不降低。在低合金结构钢中,16 锰钢的综合性能较好,在我国已有几十年的工程实践经验。有些国家将钢结构的钢材,按抗拉强度或屈服点划分为若干强度等级,简称钢级,其最大钢级的屈服点已达到 750N/mm^2 。

二、钢材的机械性能

所有承重结构采用的钢材均应具有抗拉强度、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. 抗拉强度

钢材的抗拉强度是衡量钢材抵抗拉断的性能指标。其变化范围可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. 伸长率

钢材的伸长率是衡量钢材塑性能量的指标。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,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,尚应要求具有足够的伸长率。

3. 屈服强度(或屈服点)

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高强度结构钢在受力到达屈服强度(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)除以适当抗力分项系数而确定的。

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. 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。通过冷弯试验,可以检验钢材颗粒组织、结晶情况 and 非金属夹杂物分布等缺陷,在一定程度上也是鉴定焊接性能的一个指标。

在进行冷加工时,尤其是焊接结构焊后对变形的调直,都需要钢材有较好的冷弯性能。而非焊接的重要结构(如吊车梁、吊车桁架、有振动设备或有较大吨位吊车厂房的屋架、托架,大跨度重型桁架等)以及需要弯曲成型的构件等,也都要求具有冷弯试验合格的保证。

5. 冲击韧性

冲击韧性是衡量钢材抵抗脆性破坏能力的一个指标。对于直接承受较大动力荷载的焊接结构,为防止钢材的脆性破坏,应具有常温冲击韧性保证。

根据我国钢材标准,焊接构件应至少采用 Q235 的 B 级钢材(因 Q235A 的含碳量不作为交货条件,这是焊接结构所不容许的),常温冲击韧性自然满足,不必专门提出。所以,建议当采用厚度较大的 Q345A 钢材制作此种构件时,宜提出具有冲击韧性的合格保证。

三、钢材的化学成分

建筑结构用钢除了要保证含碳量外,硫磷含量也不能超过国家标准的规定。

(1) 钢中含碳量大,可提高钢材强度,但却降低了塑性和韧性,特别对焊接结构,含碳量增大将显著影响钢材的可焊性。因此,轻钢结构用材应保证含碳量。

(2) 硫、磷都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。

1) 硫能生成易于熔化的硫化铁,当热加工或焊接的温度达到 $800\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 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。硫还是钢中偏析最严重的杂质之一,偏析程度越大越不利。

2) 磷以固溶体的形式溶解于铁素体中,这种固溶体很脆,加以磷的偏析比硫更严重,形成的富磷区促使钢变脆(冷脆),降低钢的塑性、韧性及可焊性。

(3) 建筑结构用钢的化学成分见表 1-1。

钢材的化学成分 表 1-1

标准代号	钢材牌号	化学成分(%)					
		碳	硫	磷	硅	锰	钒
			不大于				
GB/T 700—2006	U12352	A	0.22	0.35	1.40	0.045	0.050
	U12355	B	0.20	0.35	1.40	0.045	0.045
	U12358	C	0.17	0.35	1.40	0.040	0.040
	U12359	D	0.17	0.35	1.40	0.035	0.035
			C	SI	Mn	D	S
GB/T 1591—1994	Q345A、B	0.20	0.04~ 0.045	0.04~ 0.045	0.55	1.00~1.60	—

四、钢材的选用

轻型钢结构与其他建筑结构一样,应用的钢材不仅要具有一定的强度,还需具有一定的塑性和韧性。

(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,其质量应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》(GB/T 700—2006)和《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591—1994)的规定。当采用其他牌号的钢材时,应符合相应标准的规定和要求。

(2)选用钢材规格时,应优先考虑宽翼缘 H 型钢、冷弯型钢等经济高效截面的型材;同一项工程选用的型钢、钢板规格不宜过多。选材时,还应严格审查其材质、性能是否符合原设计要求。

(3)《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》(CECS 102 : 2002)中规定:“门式刚架、吊车梁和焊接的檩条、墙梁等构件宜采用 Q235B 或 Q345A 及以上等级的钢材。”

1)由于 Q345A 对冲击韧性没有要求,对于跨度较大的门式刚架和起重量较大的吊车梁以及工作温度低于 0℃地区的上述结构及构件宜采用 Q345B。

2)当由刚度控制设计时,采用 Q235 级钢通常将会收到较好的经济效益。

3)非焊接的檩条和墙梁等构件可采用 Q235A,但当承载力控制设计时宜采用 Q345 钢。

(4)Q235 镇静钢和 16 锰钢具有较好的性能,一般应用于承受较大的动力荷载或计算温度等于或低于-30℃低温状态下的焊接结构及其他重要结构。

第二节 连接材料

轻型钢结构的构件一般采用焊接或螺栓连接。

一、焊接材料

焊接连接是目前钢结构最主要的连接方法,它不仅不削弱杆件的截面,而且构造简单,加工方便,生产效率较高。