



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等专科学校
高等职业技术学院

房屋建筑工程专业新编系列教材

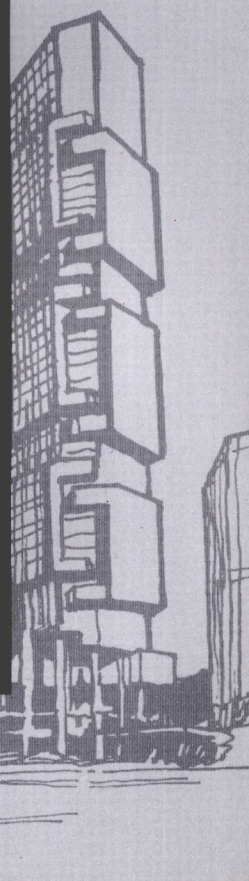
钢 结 构



(第3版)

周绥平 窦立军 主编

武汉理工大学出版社



高等专科学 校
高等职业技术学院

房屋建筑工程专业新编系列教材

钢 结 构

(第 3 版)

周绥平 窦立军 主编

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 简 介

本书是“高等专科学校及高等职业技术学院房屋建筑工程专业新编系列教材”之一,依据建设部印发的对本课程的教学基本要求及最新规范编写。全书共7章,内容包括绪论、建筑钢材、钢结构的连接、轴心受力构件、梁、拉弯构件和压弯构件、门式刚架轻型钢结构。

本书除作为房屋建筑工程专业教材外,还可供专科层次的相关专业及函授、自学、岗位培训作教材。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构/周绥平,窦立军主编. —3版. —武汉:武汉理工大学出版社,2009.4
(全国建筑高等专科学校及高等职业技术学院房屋建筑工程专业系列教材)
ISBN 978-7-5629-2901-7

I. 钢…
II. ①周… ②窦…
III. 钢结构-高等学校-教材
IV. TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 047364 号

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮编 430070)

<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:荆州市鸿盛印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:16

字 数:395 千字

版 次:1998 年 7 月第 1 版 2003 年 1 月第 2 版 2009 年 4 月第 3 版

印 次:2009 年 4 月第 1 次印刷 总第 23 次印刷

印 数:144501—149500 册

定 价:28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027)87394412 87397097

全国建筑高等专科学校 房屋建筑工程专业新编系列教材编审委员会 第1、2版

(1997~2006年)

顾问:滕智明 李少甫 甘绍熿 罗福午 陈希天 卢 循

主任:齐继禄 袁海庆

副主任:(以姓氏笔画为序)

李生平 孙成林 张协奎 张建勋 武育秦 侯治国

胡兴国 廖代广

委员:(以姓氏笔画为序)

甘绍熿 乐荷卿 孙成林 齐继禄 卢 循 李少甫

李生平 张协奎 张建勋 张流芳 陈书申 陈希天

武育秦 陈晓平 周绥平 罗福午 胡兴国 侯治国

袁海庆 高琼英 舒秋华 董卫华 简洪钰 廖代广

滕智明 蔡德民 蔡雪峰 聂旭英

秘书长:蔡德民

高等专科学校 高等职业技术学院房屋建筑工程专业新编系列教材编审委员会

第3版

(2006年)

顾问:滕智明 李少甫 甘绍熿 罗福午 陈希天 张协奎

袁海庆 侯治国 廖代广 武育秦 李生平

主任:张建勋 胡兴国

副主任:(以姓氏笔画为序)

王春阳 王文仲 王丰胜 王枝胜 王 红 李建新

李宏魁 何 辉 陈伯望 陈年和 陈 刚 张京穗

赵 研 赵 彬 蔡德民

委员:(以姓氏笔画为序)

王春阳 王文仲 王丰胜 王枝胜 王 红 韦节廷

乐荷卿 甘绍熿 李少甫 李生平 李建新 李宏魁

关光福 何 辉 陈书申 陈晓平 张国强 陈希天

张协奎 张建勋 陈伯望 陈年和 陈 刚 张京穗

周绥平 罗福午 武育秦 侯治国 胡兴国 赵 研

赵 彬 高琼英 聂旭英 袁海庆 舒秋华 董卫华

窦立军 蔡雪峰 廖代广 蔡德民 滕智明

秘书长:刘永坚

总责任编辑:田道全

第3版出版说明

我社组织编写的“高等专科学校、高等职业技术学院房屋建筑工程专业新编系列教材”问世已经十年了。十年来,本套教材平均每种发行量达到了18万册,最高的已超过了30万册;其中有11种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材;本套教材使用的地域遍及中国大陆,被高等专科学校、高等职业技术学院、成人教育学院、继续教育学院、网络教育学院、广播电视大学、独立学院广为选用。

十年来,一贯关注我国高等专科学校教育、高等职业技术教育发展、壮大的本套教材编委会,准确、及时地跟踪人才培养和教学要求的变化,对本套教材不断修订,不断完善。在第2版的基础上,编委会又根据目前高等专科学校教育、高等职业技术教育的新规范、新要求、新面貌,组织了第3次修订(即第3版)。

教材第3版坚持了以下原则:

1. 在第2版的基础上,广泛认真地征求了相关任课教师的意见,并以其意见为基础,指导着修订的各项工作。

2. 尽可能反映国内外建筑技术、工艺、材料等方面的新进步、新发展、新成果以及新理念、新思想。

3. 扩大了知识面,比如增加了道路、桥梁等多项与“房屋建筑工程专业”相关联的实用性内容。

4. 充分考虑学生的发展实际,在教材的不少地方添加了有关“建造师”内容的基本知识。

5. 追求学生实际动手能力的提高,适当加大了思考题、练习题乃至试验、检测内容的比重。

6. 除了保持第1版、第2版的统一性、创新性、实用性外,还特别考虑到了本套教材的普及性、适用性。

总之,为了更好地适应高等专科学校教育、高等职业技术教育的发展,针对高等专科学校教育、高等职业技术教育的新特点、新要求,其修订始终强调的是实用与实践。

第3版的面世,恰如其分地体现了本套教材编委会提出的“持久性”目标。“十年磨一剑”,经过全面、认真地修订,本套教材必将焕发新的活力与生机。今后,随着高等专科学校教育、高等职业技术教育事业的发展和进步,本套教材也将不断修订,不断完善,与时俱进,永葆青春。

我们再次诚挚地祈盼广大读者对本套教材提出最为宝贵的批评与建议!

武汉理工大学出版社

2006.6

第3版前言

本书是根据高等专科及高等职业技术教育房屋建筑工程专业的钢结构课程要求编写的,是“高等专科学校及高等职业技术学院房屋建筑工程专业新编系列教材”之一。

本书第1版于1997年出版后,随即进入新的世纪,这时,我国钢结构无论在实际工程兴建或理论研究方面都取得了很大进展;与此相应,我国《建筑结构可靠度设计统一标准》、《建筑结构荷载规范》、《钢结构设计规范》也随之进行修订,并先后于2001~2003年出版了新的版本。为此,在上述标准、规范修订的同时,我们根据新修订的标准及规范对本书第1版进行了修订,并于2002年8月出版了第2版。

第3版修订工作于2005年开始进行,积本书多年使用经验,第3版修订时,我们明确提出本书的任务是:为大专学生今后从事钢结构施工需要,提供必要的钢结构设计基本知识。以此为目标,本书第3版对教材内容作了较大幅度的调整:增加或更新了反映当前实际情况的内容;删去了一些目前工程实践中已不用或少用的内容,如钢桁架设计等;还删去了一些与其他课程重复的内容,如钢结构制造工艺、钢结构施工质量控制等(这些内容应在专业施工课程中讲述);以大专力学教材内容为起点,适当降低钢结构理论部分讲述的深度,理论分析讲述力求简明、准确,着重讲清概念及必要的理论公式推导,目的在于使学生具备一定的钢结构设计基本知识,为今后能正确理解设计意图、灵活有效地处理钢结构施工中的问题奠定基础。此外,本书在例题、习题、思考题等的安排上还注意引导学生采用生动活泼、理论联系实际的学习方法,以利于培养其分析问题、解决问题的能力。

本书第1、2、5章(第1版)由周绥平编写,第3章(第1版)由魏瑞演编写,第4、6章(第1版)由窦立军编写,第7章(第2版)由舒兴平编写。第2版的修订工作及主编由周绥平担任。第3版中,第1~5章由周绥平进行修订,第6、7章由窦立军进行修订。周绥平、窦立军任第3版主编。

本书第3版的修订得到了大连理工大学陈继祖教授热情的帮助和指导,编者对此表示衷心感谢!

对本书存在的缺点和错误,敬请读者批评指正!

编 者

2005年12月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 钢结构的类型及组成	(1)
1.2 钢结构的特点及应用范围	(4)
1.3 钢结构的设计原理及方法	(6)
1.4 有关钢结构的规范、规程及标准简介	(11)
1.5 钢结构的发展	(12)
1.6 钢结构课程的任务、特点及学习方法	(14)
本章小结	(15)
思考题	(16)
习题	(16)
2 建筑钢材	(17)
2.1 建筑钢材的基本要求	(17)
2.2 建筑钢材的主要机械性能	(17)
2.2.1 强度和塑性	(17)
2.2.2 冷弯试验	(19)
2.2.3 韧性	(20)
2.2.4 可焊性	(20)
2.3 建筑钢材的两种破坏形式	(21)
2.4 影响钢材性能的主要因素	(22)
2.4.1 化学成分的影响	(22)
2.4.2 冶炼、浇注、轧制过程及热处理的影响	(22)
2.4.3 钢材的冷作硬化与时效硬化	(23)
2.4.4 复杂应力和应力集中的影响	(24)
2.4.5 残余应力的影响	(27)
2.4.6 温度的影响	(27)
2.4.7 钢材的疲劳	(27)
2.5 建筑钢材的种类、规格及选择	(28)
2.5.1 建筑钢材的种类	(28)
2.5.2 建筑钢材的规格	(32)
2.5.3 建筑钢材的选择	(34)
本章小结	(34)
思考题	(35)

习题	(35)
3 钢结构的连接	(36)
3.1 钢结构连接的种类及其特点	(36)
3.2 焊缝连接	(37)
3.2.1 焊接方法	(37)
3.2.2 焊缝连接的形式	(38)
3.2.3 焊缝连接的缺陷、质量检验和焊缝质量级别	(40)
3.2.4 焊缝符号及标注方法	(41)
3.3 对接焊缝连接	(44)
3.3.1 对接焊缝的形式和构造	(44)
3.3.2 对接焊缝连接的计算	(45)
3.4 角焊缝连接	(49)
3.4.1 角焊缝的形式与构造	(49)
3.4.2 角焊缝连接的强度	(52)
3.4.3 角焊缝连接的计算	(53)
3.5 焊接残余变形和残余应力	(62)
3.5.1 焊接残余变形和残余应力及其产生的原因	(62)
3.5.2 焊接残余变形和残余应力的危害	(64)
3.5.3 消除和减少焊接残余变形及残余应力的措施	(64)
3.6 普通螺栓连接	(65)
3.6.1 普通螺栓连接的构造	(65)
3.6.2 普通螺栓连接的受力性能和计算	(67)
3.7 高强度螺栓连接	(79)
3.7.1 概述	(79)
3.7.2 高强度螺栓摩擦型连接的计算	(82)
3.7.3 高强度螺栓承压型连接的计算要点	(86)
本章小结	(87)
思考题	(87)
习题	(88)
4 轴心受力构件	(90)
4.1 概述	(90)
4.2 轴心受力构件的强度及刚度	(91)
4.2.1 轴心受力构件的强度	(91)
4.2.2 轴心受力构件的刚度	(91)
4.3 实腹式轴心受压构件的整体稳定	(92)
4.3.1 关于稳定问题的概述	(92)
4.3.2 理想轴心受压构件的受力性能	(94)

4.3.3	实际轴心受压构件的计算方法	(96)
4.4	实腹式轴心受压构件的局部稳定	(101)
4.5	实腹式轴心受压构件的截面设计	(103)
4.5.1	选择轴心受压构件的截面形式	(103)
4.5.2	选择截面尺寸	(104)
4.5.3	截面验算	(104)
4.5.4	构造规定	(104)
4.6	格构式轴心受压构件	(106)
4.6.1	格构式轴心受压构件的组成	(107)
4.6.2	格构式轴心受压构件的整体稳定性	(107)
4.6.3	单肢的稳定性	(108)
4.6.4	格构式轴心受压构件的缀材设计	(108)
4.6.5	格构式轴心受压柱的横隔	(110)
4.6.6	格构式轴心受压构件的设计	(110)
4.7	梁与柱的铰接连接形式和构造	(115)
4.7.1	柱顶支承梁的构造	(115)
4.7.2	柱侧支承梁的构造	(115)
4.8	柱脚设计	(116)
4.8.1	柱脚的形式和构造	(116)
4.8.2	轴心受压柱脚的计算	(118)
	本章小结	(121)
	思考题	(122)
	习题	(122)
5	梁	(123)
5.1	概述	(123)
5.2	梁的强度和刚度	(123)
5.2.1	梁的强度	(123)
5.2.2	梁的刚度	(128)
5.3	梁的整体稳定	(130)
5.3.1	梁整体稳定的临界弯矩 M_{cr}	(130)
5.3.2	梁整体稳定的验算及 φ_b 系数的计算	(132)
5.3.3	保证梁整体稳定性的措施	(136)
5.3.4	侧向支撑	(136)
5.4	型钢梁设计	(137)
5.5	钢板组合梁设计	(140)
5.5.1	截面设计	(140)
5.5.2	截面验算	(142)
5.5.3	梁截面沿长度的改变	(142)

5.5.4 翼缘焊缝的计算	(143)
5.6 组合梁的局部稳定和腹板加劲肋设计	(148)
5.6.1 梁翼缘宽厚比的限值及腹板加劲肋的布置	(148)
5.6.2 组合梁腹板局部稳定验算	(151)
5.6.3 加劲肋的截面选择及构造要求	(153)
5.6.4 支承加劲肋的构造和计算	(154)
5.7 组合梁腹板的屈曲后强度	(158)
5.8 梁的拼接和连接	(159)
5.8.1 梁的拼接	(159)
5.8.2 次梁与主梁的连接	(161)
本章小结	(163)
思考题	(164)
习题	(164)
6 拉弯构件和压弯构件	(166)
6.1 概述	(166)
6.2 拉弯构件和压弯构件的强度和刚度	(167)
6.2.1 拉弯构件和压弯构件的强度	(167)
6.2.2 拉弯构件和压弯构件的刚度	(169)
6.3 实腹式压弯构件的整体稳定	(170)
6.3.1 实腹式压弯构件在弯矩作用平面内的稳定性	(170)
6.3.2 实腹式压弯构件在弯矩作用平面外的稳定性	(175)
6.4 实腹式压弯构件的局部稳定	(176)
6.4.1 腹板的局部稳定	(177)
6.4.2 翼缘的局部稳定	(178)
6.5 压弯构件及框架柱的计算长度	(178)
6.5.1 框架柱在框架平面内的计算长度	(179)
6.5.2 框架柱在框架平面外的计算长度	(182)
6.6 实腹式压弯构件的截面设计	(184)
6.7 格构式压弯构件	(186)
6.7.1 格构式压弯构件的整体稳定	(186)
6.7.2 分肢的稳定性	(187)
6.7.3 缀材计算	(187)
6.7.4 格构式压弯构件的强度计算	(187)
6.8 框架中梁与柱的连接	(189)
6.9 框架柱的柱脚	(191)
本章小结	(193)
思考题	(193)
习题	(195)

7 门式刚架轻型钢结构	(196)
7.1 刚架特点及适用范围	(196)
7.1.1 刚架特点	(196)
7.1.2 适用范围	(196)
7.2 结构形式	(197)
7.2.1 结构形式概述	(197)
7.2.2 建筑尺寸	(197)
7.2.3 结构平面布置	(197)
7.3 门式刚架的塑性设计与计算	(197)
7.3.1 门式刚架荷载	(197)
7.3.2 门式刚架的机构分析	(198)
7.3.3 门式刚架的截面设计	(198)
7.3.4 位移计算	(201)
7.3.5 门式刚架计算实例	(201)
7.4 节点设计	(210)
7.4.1 门式刚架斜梁与柱的连接	(210)
7.4.2 门式刚架柱脚	(213)
7.5 支撑布置	(214)
本章小结.....	(214)
思考题.....	(215)
习题.....	(215)
附录	(216)
附表 1 钢材和连接的强度设计值	(216)
附表 2 轴心受压构件的稳定系数	(219)
附表 3 柱的计算长度系数	(221)
附表 4 各种截面回转半径的近似值	(223)
附表 5 热轧等边角钢的规格及截面特性(按 GB 9787—88 计算).....	(224)
附表 6 热轧不等边角钢	(228)
附表 7 热轧普通工字钢的规格及截面特性(按 GB 706—88 计算)	(235)
附表 8 热轧普通槽钢的规格及截面特性(按 GB 707—88 计算)	(237)
附表 9 热轧 H 型钢和剖分 T 型钢的规格及截面特性(按 GB 11263—89 计算)	
.....	(239)
附表 10 锚栓规格	(241)
附表 11 螺栓的有效截面面积	(241)
参考文献	(242)

1 绪 论

提要:本章讲述钢结构的组成、特点及应用范围;简要介绍我国有关钢结构的规范体系及现行《钢结构设计规范》的计算方法,当前钢结构的发展方向;讨论了钢结构课程的学习方法。

1.1 钢结构的类型及组成

在土木工程中,钢结构有着广泛的应用。由于使用功能及结构组成方式不同,钢结构种类繁多,形式各异。例如,在房屋建筑中有大量的钢结构厂房、高层钢结构建筑、大跨度钢网架建筑、悬索结构建筑等。在公路及铁路上有各种形式的钢桥,如板梁桥、桁架桥、拱桥、悬索桥、斜张桥等。钢塔及钢桅杆则广泛用做输电线塔、电视广播发射塔。此外,还有海上采油平台钢结构、卫星发射钢塔架等。

所有这些钢结构尽管用途、形式各不相同,但它们都是由钢板和型钢经过加工,制成各种基本构件,如拉杆(有时还包括钢索)、压杆、梁、柱及桁架等,然后将这些基本构件按一定方式通过焊接和螺栓连接组成结构。

下面通过一些示例对如何按一定方式将基本构件组成能满足各种使用功能要求的钢结构作简要说明。

图 1.1 是一个单层房屋钢结构组成的示意图。单层房屋承受重力荷载、水平荷载(风力

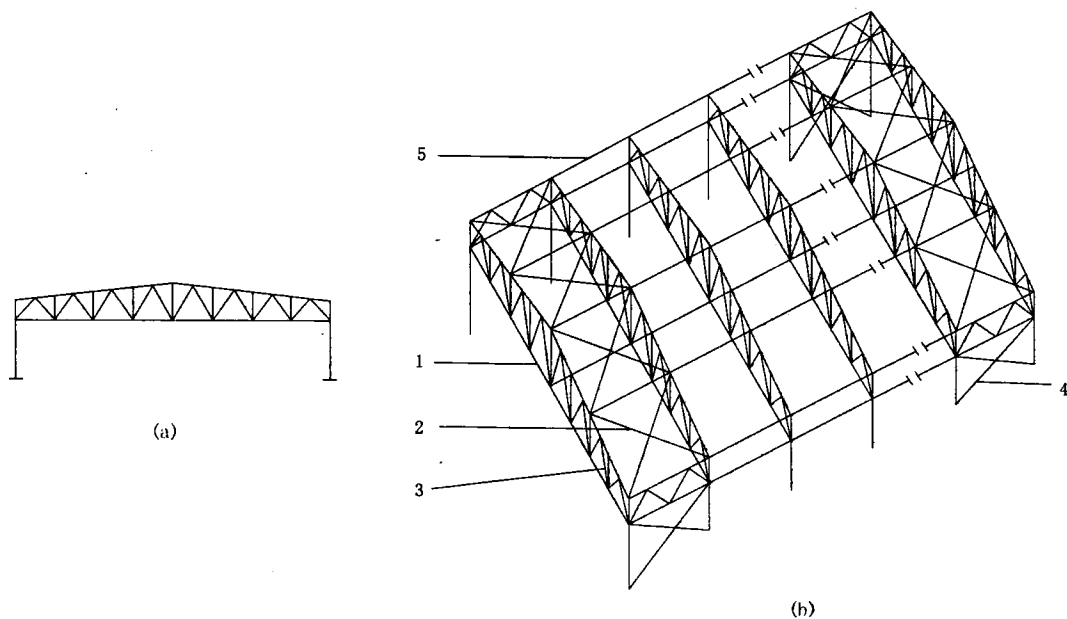


图 1.1 单层房屋钢结构组成示例

1—屋架;2—上弦横向支撑;3—垂直支撑;4—柱间支撑;5—纵向构件

及吊车制动力等)。图中屋盖桁架和柱组成一系列的平面承重结构,如图 1.1(a)所示,主要承受重力荷载和横向水平荷载。这些平面承重结构又用纵向构件和各种支撑(如图中所示的上弦横向支撑、垂直支撑及柱间支撑等)连成一个空间整体,如图 1.1(b)所示,保证整个结构在空间各个方向都成为一个几何不变体系。

单层房屋的平面承重结构除由桁架和柱组成(如图 1.1 所示)之外,还可以由实腹的梁和柱组成框架或拱。框架和拱可以做成三铰、二铰或无铰,跨度大的还可以用桁架拱,如图 1.2 所示。

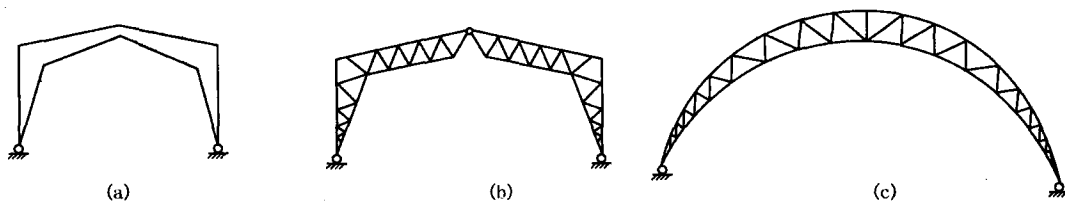


图 1.2 几种平面承重结构的形式
(a) 二铰刚架; (b) 三铰桁架; (c) 二铰桁架拱

上述结构均属于平面结构体系。其特点是结构由承重体系及附加构件两部分组成,其中承重体系是一系列相互平行的平面结构,结构平面内的垂直和横向水平荷载由它承担,并在该结构平面内传递到基础。附加构件(纵向构件及支撑)的作用是将各个平面结构连成整体,同时也承受结构平面外的纵向水平力。当建筑物的长度和宽度尺寸接近,或平面呈圆形时,如果将各个承重构件自身组成为空间几何不变体系而省去附加构件,受力就更为合理。如图 1.3 所示平板网架屋盖结构,它由倒置的四角锥体组成,锥底的四边为网架的上弦杆,锥棱为腹杆,连接各锥顶的杆件为下弦杆。屋架的荷载沿两个方向传到四边的柱上,再传至基础,形成一种空间传力体系。因此这种结构也称为空间结构体系。这个平板网架中,所有的构件都是主要承重体系的部件,没有附加构件,因此,内力分布合理,能节省钢材。图 1.4 所示为另一种空间结构体系——空间网壳圆屋顶。其特点是质量小、覆盖面积大。

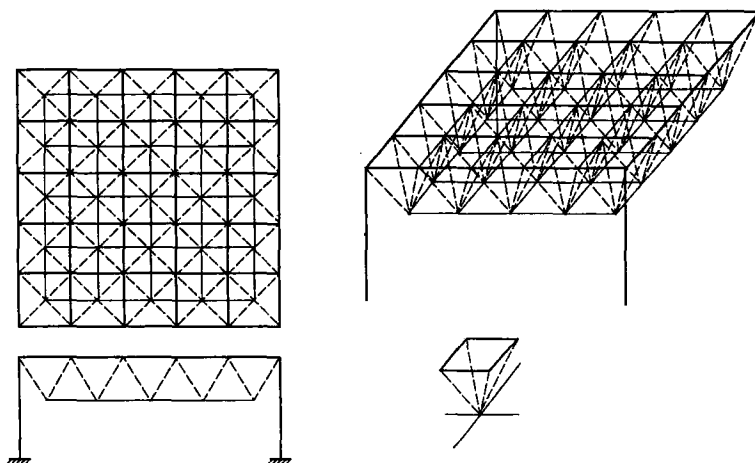


图 1.3 平板网架屋盖
——上弦杆; ——下弦杆; ---腹杆

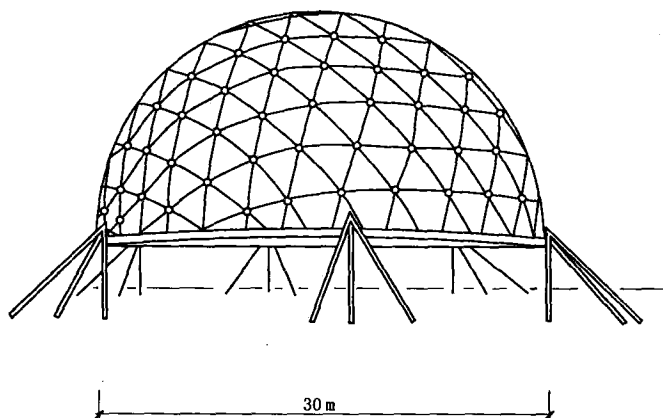


图 1.4 空间网壳圆屋顶

多层房屋结构的特点是随着房屋高度的增加,水平风荷载及地震荷载起着越来越重要的作用。提高结构抵抗水平荷载的能力,以及控制水平位移不要过大,是这类房屋组成的主要问题。一般多层钢结构房屋组成的体系主要有:框架体系,即由梁和柱组成的多层多跨框架,如图 1.5 所示;带支撑的框架体系,即在两列柱之间设置斜撑,形成竖向悬臂桁架,以便承受更大的水平荷载,如图 1.6 所示;筒式结构体系,即沿框架四周用密集排列的柱形成空间刚架式的筒体,它能更有效地抵抗水平荷载。如果不用密集排列的柱,也可以在建筑表面附加斜支撑,斜撑与梁、柱组成桁架,这样房屋四周就形成了刚度很大的空间桁架——支撑筒,这也是一种筒式结构体系,如图 1.7 所示。

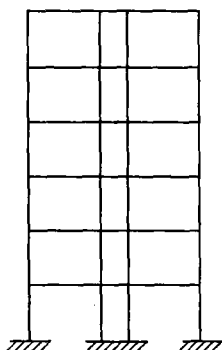


图 1.5 框架结构

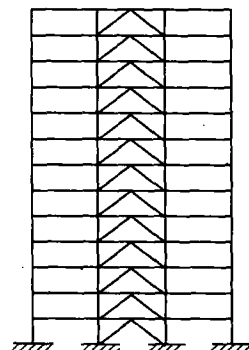


图 1.6 带支撑的框架结构

如图 1.8 所示为香港汇丰银行 47 层大楼立面示意图(地下楼层部分未示出)。这是一个悬挂结构体系,在立面上,结构有 2 个巨大的钢管组合柱,每个立柱由 4 根大直径钢管组合而成,在立柱上连接 5 道水平伸臂桁架,每个桁架占 2 个楼层高度。立柱和桁架一起组成 5 层框架,承受重力及横向风荷载,如图 1.8(a) 所示。各个楼层悬挂在各桁架的下弦节点,如图 1.8(b) 所示,顶层桁架悬挂 4 个楼层,然后向下逐渐增多,直到最低一个桁架悬挂 8 个楼层。图 1.8(b) 所示框架共有 4 个,它们沿纵向平行设置,间距为 16.2 m,其间用十字交叉支撑相连。建筑物的平面尺寸为 70 m×55 m。这种结构体系的优点是平面上仅有 8 个立柱,楼层开间尺寸大,建筑平面布置灵活。同时,各桁架上悬挂的楼层可上下同时施工,因而施工进度可以加快。缺点是荷载传递路线不是最短(楼层自重由悬吊拉杆向上传至桁架,再

传至立柱,然后向下传至地基),从结构上来说,耗费钢材可能要多一些。

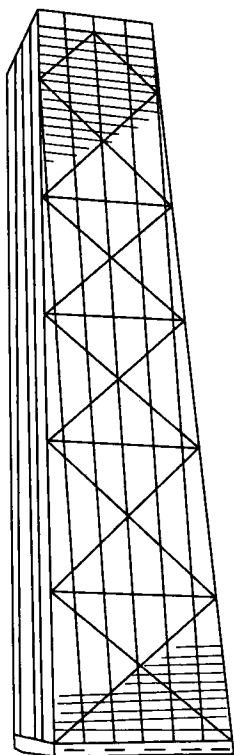


图 1.7 钢支撑筒结构

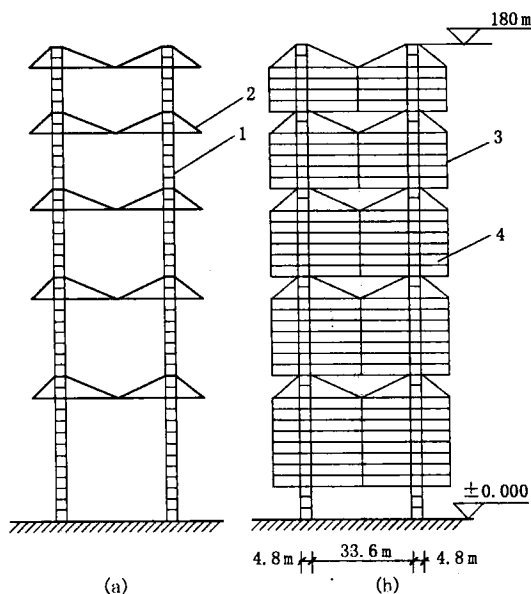


图 1.8 悬挂结构体系示意图

1—立柱;2—伸臂桁架;3—吊杆;4—楼层

综上所述,钢结构的组成应满足结构使用功能的要求,结构应形成空间整体(几何不变体系),才能有效而经济地承受荷载,同时还要考虑材料供应条件及施工方便等因素。

本节仅对单层及多层房屋的钢结构组成作了一些简单介绍,但是其他结构如桥梁、塔架等同样也应遵循这些原则。同时,我们还应看到,随着工程技术的不断发展,以及对结构组成规律不断深入的研究,将会创造和开发出更多的新型结构体系。

1.2 钢结构的特点及应用范围

在土木建筑工程中,除钢结构外,还有钢筋混凝土结构、砖石结构、木结构等。作工程规划时,要根据各类结构的特点,结合工程的具体情况来确定选用结构的类型,以便使工程设计经济合理。与其他结构相比,钢结构有如下特点:

① 强度高、自重小。钢材的容重虽然比钢筋混凝土、砖石及木材大,但因其强度更高,因此在承载力相同的条件下,钢结构的自重比其他结构要小。如使用 H 型钢制作的钢结构与混凝土结构比较,自重可减轻 20%~30%。另一方面,由于结构自重小,就可以承担更多的外加荷载,或具有更大的跨度;自重小也便于运输和吊装,例如,交通不便、取材困难的边

远山区修建公路或输电工程时,常常考虑运输方便而选用钢桥或钢制输电线塔架。

② 塑性、韧性好。钢材破坏前要经受很大的塑性变形,能吸收和消耗很大的能量。因此,一般情况下不会因偶然局部超载而突然发生脆性破坏,对动力荷载的适应性强,抗震性能好。国内外大量的调查表明,地震后,各类结构中钢结构所受的损害最小。

③ 材质均匀,工作可靠性高。钢材在冶炼和轧制过程中,质量受到严格的检验控制,因而材质比较均匀,质量比较稳定。钢材各向同性,弹性工作范围大,因此它的实际工作情况与一般结构力学计算中采用的材料为匀质各向同性体的假定较为符合,工作可靠性高。

④ 适于机械化加工,工业化生产程度高。组成钢结构的各个部件一般是在专业化的金属结构加工厂制造,然后运至现场,用焊接或螺栓进行拼接和吊装,因此加工精细,生产效率高,是工业化生产程度最高的一种结构。同时,钢结构也是施工现场工程量最小的一种结构,因而施工周期也最短。此外,钢结构工程主要是干作业,能改善施工环境,有利于文明施工。

⑤ 采用钢结构可大大减少沙、石、灰的用量,减轻对不可再生资源的破坏。钢结构拆除后可回炉再生循环利用,有的还可以搬迁复用,可大大减少灰色建筑垃圾。因此,采用钢结构有利于保护环境、节约资源,被认为是环保产品。

⑥ 综合上述特点,与混凝土结构相比,钢结构是环保型、可再次利用的,也是易于产业化的结构,同时还有较好的综合经济指标。例如,因自重小,其地基基础费用相对较省;因构件截面相对较小,可增加有效使用面积;与混凝土结构相比,采用热轧 H 型钢的钢结构有效使用面积可增加 4%~6%;因施工快、工期短,可节省贷款利息并提前发挥使用效益;工程资料表明,1 t 钢结构可减少 7 t 混凝土用量,这样又可以节约能源。

⑦ 能制成不渗漏的密闭结构。

⑧ 耐热性能好,但耐火性能差。钢材在常温至 200 ℃ 以内性能变化不大,但超过 200 ℃,钢材的强度及弹性模量将随温度升高而大大降低,到 600 ℃ 时就完全失去承载能力。另外,钢材导热性很好,局部受热(如发生火灾)也会迅速引起整个结构升温,危及结构安全。一般认为,当钢结构表面长期受高温辐射达 150 ℃ 以上,或短时间内可能受到火焰作用,或可能受到炽热熔化的金属喷溅,以及可能遭受火灾袭击时,就应采取有效的防护措施,如用耐火材料做成隔热层等。

⑨ 易锈蚀。这是钢材的最大弱点。据有关资料估算,有 10%~12% 的钢材损耗属于锈蚀损耗。低合金钢的抗锈能力比低碳钢好,其锈蚀速度比低碳钢慢。耐候钢(见第 2 章)抗锈最好,其抗锈能力高出一般钢材 2~4 倍。

钢材锈蚀严重时会影响结构的使用寿命,因此钢结构必须采取防锈措施,彻底除锈并涂以油漆和镀锌等。此外,还应注意使结构经常处于清洁和干燥的环境中,保持通风良好,及时排除侵蚀性气体和湿气;选用的结构构件截面的形式及构造方式应有利于防锈;尽量避免出现难以检查、清洗和油漆之处,以及能积留湿气和大量灰尘的死角和凹槽,闭口截面应沿全长和端部焊接封闭;平时应加强维护,及时进行清灰、清污工作,视涂装情况,每隔数年应重新油漆一次;必要时可采用耐候钢,如桥梁等露天结构。

钢结构的应用范围和特点与钢材供应情况密切相关。20 世纪 60~70 年代,我国钢材供应短缺,节约钢材、少用钢材成为当时的重要任务,致使钢结构的应用范围受到很大限制。20 世纪 80 年代以来,我国钢产量逐年提高,钢材品种不断增加,使钢结构应用范围不断扩

大。目前,钢结构在我国建筑工程中的应用范围大致如下:

① 承受荷载大的结构。工业建筑中的重型厂房,吊车起重量大且操作频繁,动载影响大。如冶金工厂的炼钢、轧钢车间,重型机器制造厂的铸钢、锻压、水压机、总装配车间均属重型厂房。这类厂房的主要承重骨架及吊车梁大多采用钢结构。

② 大跨度结构。结构跨度越大,自重所占比例就越大,减轻自重、提高经济效益就愈显重要,因此,大跨度的结构如大型公共建筑物(体育馆、影剧院、大会堂等)、大型工业厂房、飞机维修库以及大跨度桥梁等常采用钢结构。

③ 高层建筑。高层建筑采用钢结构,由于结构自重轻、强度高,结构构件截面积小,可以获得较大的建筑空间,同时抗震性能好、工期短、施工方便,对高层建筑的修建极为有利。因此,高层建筑尤其是超高层建筑多采用钢结构。

④ 轻型钢结构。轻型钢结构通常指由薄壁型钢、薄钢板、小角钢或圆钢等焊接而成的结构。它一般设置起重量较小的吊车,多用于轻型工业厂房。其类型有门式刚架、拱形波纹钢屋盖等。前者的特点是:主要承重结构为单跨或多跨单层门式刚架,刚架由实腹工字形变截面的横梁和立柱组成,其余支撑、檩条、墙架梁等均采用冷弯薄壁型钢,并采用轻型屋面和轻型墙体(一般用彩色压型钢板制成)。它的跨度一般不大于 40 m,用钢量大约为 30 kg/m^2 。拱形波纹钢屋盖结构跨度一般为 8 m,用钢量大约为 20 kg/m^2 。目前跨度最大的轻钢结构是大连某国家粮仓储备库,其跨度已达到 72 m,其用钢量为 49.7 kg/m^2 。轻型钢结构的优点是自重轻,造价低,生产制作工厂化程度高,现场安装工作量小,建设速度快,同时外形美观,内部空旷,建筑面积及空间利用率高,因此在建筑市场极具竞争力。近几年来,轻型钢结构在我国发展很快,其应用范围已从工业厂房、仓库、体育场馆等向住宅、别墅发展。

⑤ 塔桅结构。这类结构的特点是高度大,主要承受风荷载。采用钢结构自重轻的优点,对运输及安装有利。同时还因材料强度高,所需构件截面小,可以减小风荷载,能取得较好的经济效益。钢结构在塔桅结构中应用较多,如上海、广州、汕头等地的钢结构电视塔,高度均在 200 m 以上;北京的环境气象塔是高达 325 m 的 5 层拉线的钢桅杆结构。

⑥ 可以拆卸和搬迁的结构。钢结构因为可以采用螺栓连接,拆卸搬迁方便,且结构自重较轻,韧性好。因此,常用做建筑施工用的吊装塔架,以及各种需要搬迁的活动房屋,如流动展览馆、移动式混凝土搅拌站、施工临时用房等。

⑦ 挡水结构、容器及大直径管道。由于钢材易于制成不渗漏的密闭结构,故常用做水工建筑中的挡水闸门、各种容器以及大直径管道等。

⑧ 钢与混凝土组合结构。充分利用钢与混凝土各自材料性能的优势,将它们组合成各种构件,可以取得较好的技术经济效益。如钢与混凝土组合梁、钢管混凝土柱等,这类结构在房屋及桥梁建筑中应用很广。

1.3 钢结构的设计原理及方法

结构设计必须足够可靠、经济合理。可靠是指结构必须满足下列各项功能要求:

- ① 能承受在正常施工和正常使用时可能出现的各种作用;
- ② 在正常使用时具有良好的工作性能;