

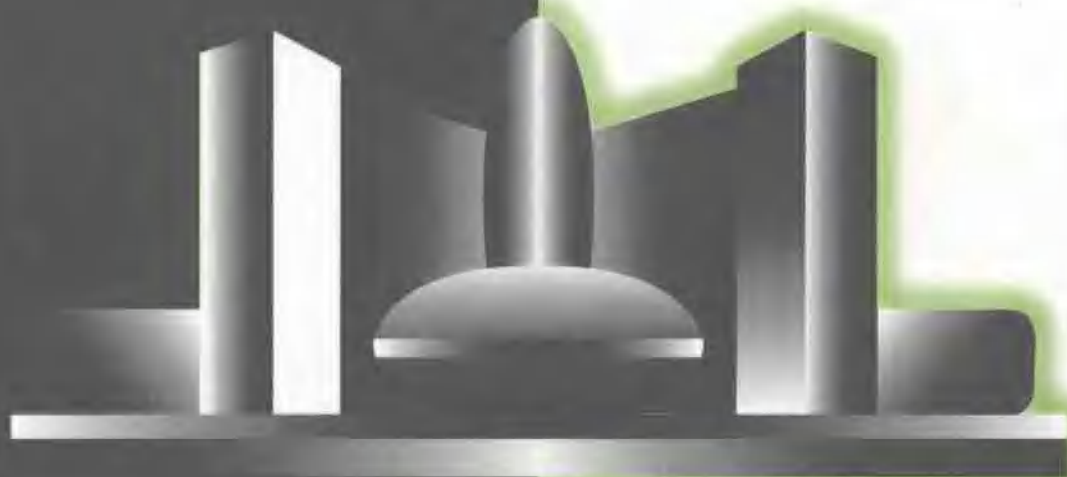
高等专科学  
校  
高等职业技术学院  
房屋建筑工程专业新编系列教材

# 钢 结 构

(第二版)

周绶平  
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

(第二版)

周绥平 主编

李少甫 主审

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

## 图书在版编目(CIP)数据

钢结构(第二版)/周绥平主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2003.1

ISBN 7-5629-1909-7

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

## 内 容 简 介

本书是“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新编系列教材”之一,依据建设部印发的对本门课程的教学基本要求及2002最新规范编写。全书共9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、钢屋盖结构、门式刚架轻型钢结构、钢结构制造工艺。

本书除作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。

出版者:武汉理工大学出版社(武汉市武昌珞狮路122号 邮政编码:430070)

印刷者:湖北省京山印刷厂

经销者:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16

印 张:23.75

插 页:1

字 数:593千字

版 次:2003年1月第2版 2003年12月第13次印刷

书 号:ISBN 7-5629-1909-7/TU·208

印 数:75501—81500册

定 价:26.50元

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换)

## 第二版前言

本书为“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新编系列教材”之一,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。书中简要讲述钢结构基本原理及设计的基本内容,包括绪论、建筑钢材、钢结构连接、轴心受力构件、梁、拉弯及压弯构件、钢屋盖(桁架)设计、门式刚架轻型钢结构、钢结构制造工艺。

21世纪,我国钢结构工程进入了一个崭新的发展时期,我国钢产量从1996年起连续年产超过亿吨,并跃居世界首位。以此为基础,建筑钢结构无论在实际工程兴建或在有关理论研究方面都取得很大进展,成为建筑业发展的重要支柱之一。同在这一时期,为满足国民经济发展需求,我国高等职业技术教育也得到快速的发展,尽快出版反映当前生产实际,并且适应高等专科及高等职业技术教育的教材成为当前社会的迫切需要,本书正是在这样的背景下,根据1997年原有的《全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业新编系列教材》中的《钢结构》修订而成。

作为第二版,本书的修订工作与我国《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》的修订同时进行,因此本书内容均按上述新修订的标准及规范进行改写,并根据当前生产实际对原书内容作了部分增删,其中“门式刚架轻型钢结构”为本次修订新增加的一章。本书编写针对高专及高职房屋建筑工程专业学生今后主要从事建筑施工的特点,以专科“材料力学”课程为起点,对理论部分着重讲清概念,必要的公式推导力求简明扼要,部分公式则删去其冗长的推导过程,只说明来源及应用;并联系工程实际,注重施工对设计的要求,同时在最后安排一章“钢结构制造工艺”,该章要求配合录像带《钢结构制造》进行教学,以期培养学生理解设计意图、提高处理施工问题的能力。

本书1997年版中第1、2、5章由重庆大学C区周绥平教授编写;第3、7章由福建建筑高等专科学校魏瑞演副教授编写;第4、6章由长春建筑高等专科学校窦立军副教授编写;第8章由北京工业大学陆赐麟教授和深圳南方金属结构公司范懋达高级工程师编写,该章插图由王辉工程师绘制,该章推荐使用的录像带《钢结构制造》由陆赐麟主编,由北京工业大学电教中心制作。周绥平任该书主编,清华大学李少甫教授任该书主审。本次修订中新增加的“门式刚架轻型钢结构”一章(即第8章,原第8章成为第9章)由湖南大学舒兴平博士编写,第7章由湖南大学舒兴平博士进行修订,其它各章修订工作由主编周绥平完成。修订后该书仍由李少甫教授任主审。李教授在审阅过程中,对全书文稿进行了细致的修改,并提出许多宝贵意见,在此表示衷心感谢!

在本书编写过程中,重庆钢铁设计院赵熙元高级工程师和重庆大学B区魏明钟教授提供了许多参考资料,并提供许多有价值的建议,对他们们的热情帮助和指导,编者表示衷心感谢!

对本书存在的缺点和错误,敬请读者批评指正!

编者

2002年8月

# 目 录

<b>1 绪论</b> .....	(1)
提要 .....	(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 .....	(11)
小结 .....	(15)
思考题 .....	(15)
习题 .....	(15)
<b>2 建筑钢材</b> .....	(16)
提要 .....	(16)
2.1 建筑钢材的基本要求 .....	(16)
2.2 建筑钢材的主要机械性能 .....	(16)
2.2.1 强度和塑性 .....	(16)
2.2.2 冷弯试验 .....	(18)
2.2.3 韧性 .....	(19)
2.2.4 可焊性 .....	(19)
2.3 建筑钢材的两种破坏形式 .....	(20)
2.4 影响钢材性能的主要因素 .....	(20)
2.4.1 化学成分的影响 .....	(21)
2.4.2 冶炼、浇注、轧制过程及热处理的影响 .....	(21)
2.4.3 钢材的冷作硬化与时效硬化 .....	(22)
2.4.4 复杂应力和应力集中的影响 .....	(23)
2.4.5 残余应力的影响 .....	(25)
2.4.6 温度的影响 .....	(26)
2.4.7 钢材的疲劳 .....	(27)
2.5 建筑钢材的种类、规格及选择 .....	(31)
2.5.1 建筑钢材的种类 .....	(31)
2.5.2 建筑钢材的规格 .....	(34)
2.5.3 建筑钢材的选择 .....	(36)

小结	(37)
思考题	(38)
习题	(38)
<b>3 钢结构的连接</b>	<b>(39)</b>
提要	(39)
3.1 钢结构连接的种类及其特点	(39)
3.1.1 焊缝连接	(39)
3.1.2 螺栓连接	(39)
3.1.3 铆钉连接	(40)
3.2 焊缝连接	(41)
3.2.1 焊接方法	(41)
3.2.2 焊缝连接的形式	(42)
3.2.3 焊缝连接的缺陷、质量检验和焊缝质量级别	(44)
3.2.4 焊缝符号及标注方法	(45)
3.3 对接焊缝连接	(48)
3.3.1 对接焊缝的形式和构造	(48)
3.3.2 对接焊缝连接的计算	(50)
3.4 角焊缝连接	(54)
3.4.1 角焊缝的形式和构造	(54)
3.4.2 角焊缝连接的基本计算公式	(56)
3.4.3 角焊缝连接的计算	(59)
3.5 焊接残余变形和残余应力	(67)
3.5.1 焊接残余变形和残余应力及其产生的原因	(67)
3.5.2 焊接残余变形和残余应力的危害	(69)
3.5.3 消除和减少焊接残余变形及残余应力的措施	(69)
3.6 普通螺栓连接	(70)
3.6.1 普通螺栓连接的构造	(70)
3.6.2 普通螺栓连接的受力性能和计算	(72)
3.7 高强度螺栓连接	(84)
3.7.1 概述	(84)
3.7.2 高强度螺栓摩擦型连接的计算	(86)
3.7.3 高强度螺栓承压型连接的计算要点	(91)
3.7.4 高强度螺栓连接的质量控制要点	(92)
小结	(92)
思考题	(93)
习题	(93)

<b>4 轴心受力构件</b> .....	(97)
提要 .....	(97)
4.1 概述 .....	(97)
4.2 轴心受力构件的强度及刚度 .....	(98)
4.2.1 轴心受力构件的强度 .....	(98)
4.2.2 轴心受力构件的刚度 .....	(98)
4.3 实腹式轴心受压构件的整体稳定 .....	(99)
4.3.1 关于稳定问题的概述 .....	(99)
4.3.2 理想轴心受压构件的受力性能.....	(101)
4.3.3 实际轴心受压构件的受力性能.....	(108)
4.3.4 实际轴心受压构件的实用计算方法.....	(111)
4.4 实腹式轴心受压构件的局部稳定.....	(116)
4.4.1 均匀受压板件的屈曲应力.....	(117)
4.4.2 板件宽厚比的限值.....	(118)
4.5 实腹式轴心受压构件的截面设计.....	(120)
4.5.1 选择轴心受压构件的截面形式.....	(120)
4.5.2 选择截面尺寸.....	(121)
4.5.3 截面验算.....	(121)
4.5.4 构造规定.....	(121)
4.6 格构式轴心受压构件.....	(123)
4.6.1 格构式轴心受压构件的组成.....	(123)
4.6.2 格构式轴心受压构件的整体稳定性.....	(124)
4.6.3 单肢的稳定性.....	(125)
4.6.4 格构式轴心受压构件的缀材设计.....	(125)
4.6.5 格构式轴心受压柱的横隔.....	(127)
4.6.6 格构式轴心受压构件的设计.....	(127)
4.7 梁与柱的连接形式和构造.....	(132)
4.7.1 柱顶支承梁的构造.....	(132)
4.7.2 柱侧支承梁的构造.....	(132)
4.8 柱脚设计.....	(133)
4.8.1 柱脚的形式和构造.....	(133)
4.8.2 轴心受压柱脚的计算.....	(135)
小结 .....	(138)
思考题 .....	(138)
习题 .....	(139)
<b>5 梁</b> .....	(140)
提要 .....	(140)

5.1	概述	(140)
5.2	梁的强度和刚度	(141)
5.2.1	梁的强度	(141)
5.2.2	梁的刚度	(146)
5.3	梁的整体稳定	(147)
5.3.1	梁整体稳定的临界弯矩 $M_{cr}$	(147)
5.3.2	梁整体稳定的验算及 $\varphi_b$ 系数的计算	(150)
5.3.3	保证梁整体稳定性的措施	(153)
5.3.4	侧向支撑	(154)
5.4	型钢梁设计	(154)
5.4.1	单向受弯型钢梁	(154)
5.4.2	双向受弯型钢梁	(157)
5.5	钢板组合梁设计	(157)
5.5.1	截面设计	(157)
5.5.2	截面验算	(159)
5.5.3	梁截面沿长度的改变	(159)
5.5.4	翼缘焊缝的计算	(161)
5.6	组合梁的局部稳定和腹板加劲肋设计	(166)
5.6.1	概述	(166)
5.6.2	组合梁翼缘的局部稳定	(167)
5.6.3	组合梁腹板加劲肋布置	(168)
5.6.4	组合梁腹板局部稳定验算	(170)
5.6.5	加劲肋的截面选择及构造要求	(172)
5.6.6	支承加劲肋的构造和计算	(174)
5.7	组合梁腹板考虑屈曲后强度的设计	(178)
5.7.1	腹板屈曲后的性能	(178)
5.7.2	腹板屈曲后强度计算公式	(179)
5.7.3	考虑腹板屈曲后强度组合梁加劲肋设计特点	(182)
5.8	梁的拼接和连接	(187)
5.8.1	梁的拼接	(187)
5.8.2	次梁与主梁的连接	(189)
5.9	钢-混凝土组合梁简介	(190)
	小结	(192)
	思考题	(193)
	习题	(194)
6	拉弯构件和压弯构件	(196)
	提要	(196)
6.1	概述	(196)



6.2	拉弯构件和压弯构件的强度和刚度	(197)
6.2.1	拉弯构件和压弯构件的强度	(197)
6.2.2	拉弯构件和压弯构件的刚度	(199)
6.3	实腹式压弯构件的整体稳定	(200)
6.3.1	实腹式压弯构件在弯矩作用平面内的稳定性	(200)
6.3.2	实腹式压弯构件在弯矩作用平面外的稳定性	(205)
6.4	实腹式压弯构件的局部稳定	(206)
6.4.1	腹板的局部稳定	(206)
6.4.2	翼缘的局部稳定	(208)
6.5	压弯构件及框架柱的计算长度	(208)
6.5.1	框架柱在框架平面内的计算长度	(209)
6.5.2	框架柱在框架平面外的计算长度	(211)
6.6	实腹式压弯构件的截面设计	(213)
6.7	格构式压弯构件	(215)
6.7.1	格构式压弯构件的整体稳定	(215)
6.7.2	分肢的稳定性	(216)
6.7.3	缀材计算	(216)
6.7.4	格构式压弯构件的强度计算	(217)
6.8	框架中梁与柱的连接	(218)
6.9	框架柱的柱脚	(220)
	小结	(222)
	思考题	(222)
	习题	(224)
7	钢屋盖结构	(225)
	提要	(225)
7.1	钢屋盖结构的形式、组成及布置	(225)
7.2	钢屋盖支撑	(227)
7.3	钢檩条设计	(230)
7.3.1	檩条的形式	(230)
7.3.2	檩条的计算	(230)
7.3.3	檩条的连接与构造	(232)
7.4	钢屋架(桁架)设计	(235)
7.4.1	屋架的形式和主要尺寸	(235)
7.4.2	屋架的荷载和内力计算	(238)
7.4.3	屋架杆件的计算长度和容许长细比	(240)
7.4.4	屋架杆件的截面选择和计算	(243)
7.4.5	屋架的节点设计	(246)
7.4.6	屋架施工图	(255)

普通钢屋架设计例题 .....	(256)
1 设计资料 .....	(256)
2 结构形式与布置 .....	(256)
3 荷载计算 .....	(257)
4 内力计算 .....	(259)
5 杆件设计 .....	(260)
6 节点设计 .....	(263)
7 屋架施工图 .....	(269)
小结 .....	(269)
思考题 .....	(272)
习题 .....	(273)
<b>8 门式刚架轻型钢结构 .....</b>	<b>(274)</b>
提要 .....	(274)
8.1 门式刚架轻型钢结构的组成及布置 .....	(274)
8.1.1 结构组成 .....	(274)
8.1.2 结构布置 .....	(275)
8.2 门式刚架的计算简图 .....	(277)
8.3 门式刚架的荷载计算 .....	(277)
8.3.1 永久荷载 .....	(277)
8.3.2 可变荷载 .....	(278)
8.3.3 地震作用 .....	(284)
8.4 门式刚架的内力计算及荷载组合 .....	(284)
8.4.1 刚架的内力计算 .....	(284)
8.4.2 控制截面及最不利内力组合 .....	(284)
8.4.3 刚架的荷载组合 .....	(285)
8.5 门式刚架梁、柱截面验算 .....	(288)
8.5.1 有效截面 .....	(288)
8.5.2 门式刚架梁、柱截面板件的最大宽厚比和有效宽度 .....	(290)
8.5.3 抗剪强度计算 .....	(292)
8.5.4 抗弯强度计算 .....	(292)
8.5.5 加劲肋设置 .....	(293)
8.5.6 刚架梁的验算 .....	(293)
8.5.7 刚架柱的验算 .....	(293)
8.6 门式刚架的变形计算 .....	(295)
8.7 连接和节点设计 .....	(298)
8.7.1 焊缝连接 .....	(298)
8.7.2 端板节点设计 .....	(299)
8.7.3 柱脚节点设计 .....	(302)

变截面单跨门式刚架设计例题 .....	(303)
1 设计资料 .....	(303)
2 结构平面及支撑布置 .....	(303)
3 荷载计算 .....	(307)
4 内力计算及组合 .....	(308)
5 刚架梁、柱截面验算 .....	(314)
6 位移验算 .....	(319)
7 节点设计 .....	(320)
8 刚架施工图 .....	(323)
小结 .....	(325)
思考题 .....	(327)
习题 .....	(327)
<b>9 钢结构制造工艺*</b> .....	(328)
提要 .....	(328)
9.1 概述 .....	(328)
9.2 图纸深化——详图绘制 .....	(328)
9.3 材料采购和管理 .....	(329)
9.4 技术准备工作 .....	(329)
9.5 加工工序 .....	(330)
9.5.1 放样 .....	(330)
9.5.2 矫正 .....	(330)
9.5.3 切割 .....	(330)
9.5.4 制孔 .....	(331)
9.5.5 弯形 .....	(332)
9.5.6 端面加工 .....	(333)
9.5.7 坡口加工 .....	(333)
9.5.8 装配 .....	(334)
9.5.9 焊接 .....	(334)
9.5.10 表面处理和涂装 .....	(335)
9.5.11 标志 .....	(336)
9.5.12 包装和运输 .....	(336)
9.6 钢结构安装中应注意的问题 .....	(337)
9.6.1 保证端部的承压传力 .....	(337)
9.6.2 重视高强度螺栓施工质量 .....	(337)
9.6.3 改善工地焊接条件 .....	(338)
9.7 钢结构设计中应注意的问题 .....	(338)
习题 .....	(339)

附录	(340)
附表 1  钢材和连接的强度设计值	(340)
附表 1.1  钢材的强度设计值	(340)
附表 1.2  焊缝的强度设计值	(340)
附表 1.3  螺栓连接的强度设计值	(341)
附表 1.4  结构构件和连接设计强度的折减系数	(342)
附表 2  轴心受压构件的稳定系数	(343)
附表 2.1 <i>a</i> 类截面轴心受压构件的稳定系数 $\varphi$	(343)
附表 2.2 <i>b</i> 类截面轴心受压构件的稳定系数 $\varphi$	(343)
附表 2.3 <i>c</i> 类截面轴心受压构件的稳定系数 $\varphi$	(344)
附表 2.4 <i>d</i> 类截面轴心受压构件的稳定系数 $\varphi$	(344)
附表 3  柱的计算长度系数	(345)
附表 3.1  有侧移框架柱的计算长度系数 $\mu$	(345)
附表 3.2  无侧移框架柱的计算长度系数 $\mu$	(345)
附表 4  各种截面回转半径的近似值	(346)
附表 5  热轧等边角钢的规格及截面特性	(347)
附表 6  热轧不等边角钢	(351)
附表 6.1  热轧不等边角钢的规格及截面特性	(351)
附表 6.2  两个热轧不等边角钢的组合截面特性	(354)
附表 7  热轧普通工字钢的规格及截面特性	(358)
附表 8  热轧普通槽钢的规格及截面特性	(360)
附表 9  热轧 H 型钢和剖分 T 型钢的规格及截面特性	(362)
附表 10  锚栓规格	(364)
附表 11  螺栓的有效面积	(365)
参考文献	(366)

# 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作输电线塔、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

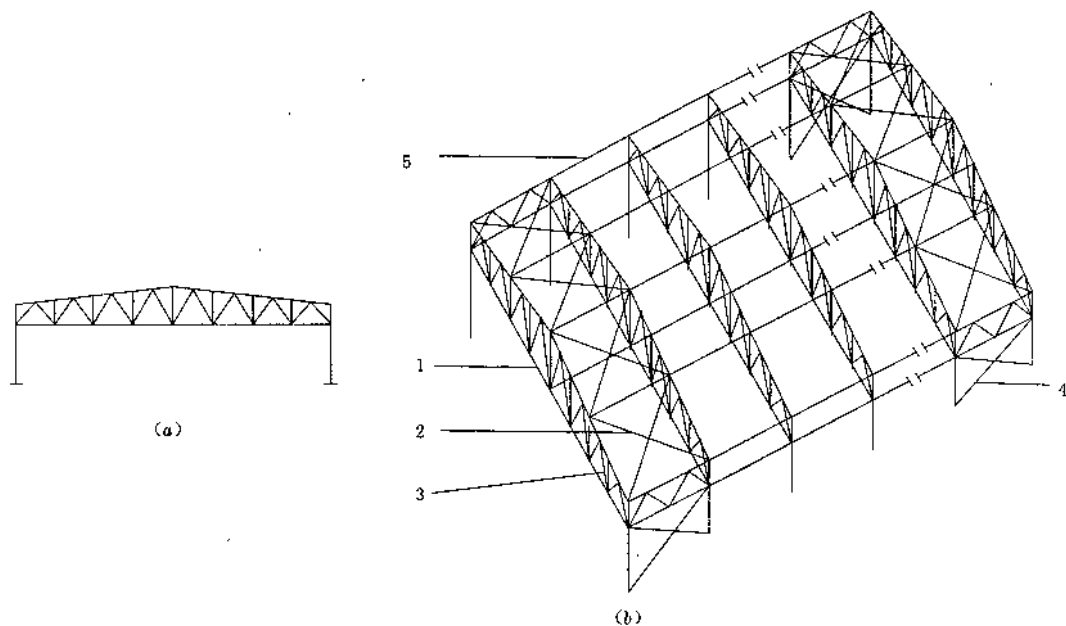


图 1.1 单层房屋钢结构组成示例

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(图 1.1(a)),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)联成一个空间整体(图 1.1(b)),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用图 1.1 所示由桁架和柱组成之外,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。

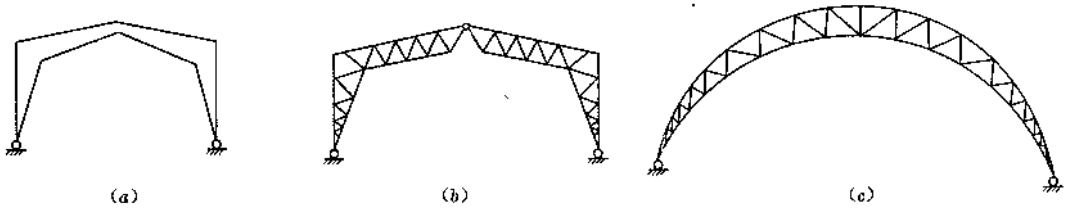


图 1.2 几种平面承重结构的形式  
(a) 两铰刚架; (b) 三铰桁架; (c) 两铰桁架拱

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 所示另

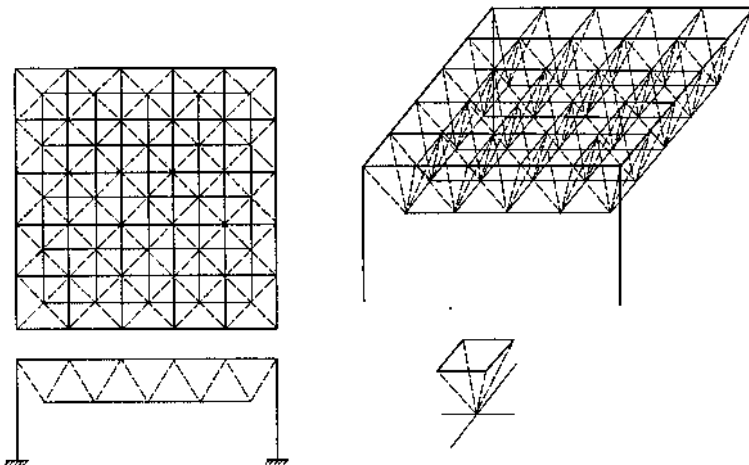


图 1.3 平板网架屋盖  
——上弦杆; ——下弦杆; - - - -腹杆

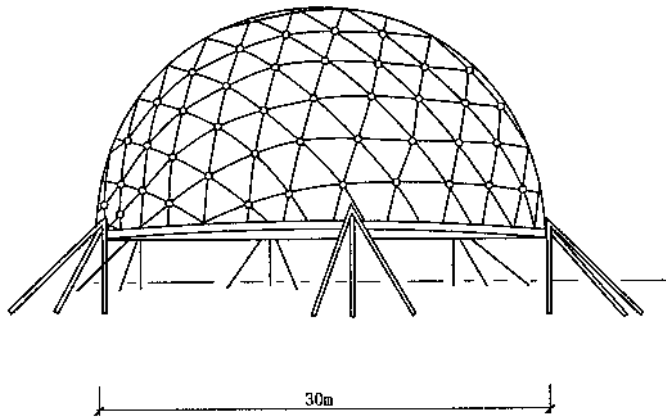


图 1.4 空间网壳圆屋顶

一种空间结构体系——空间网壳圆屋顶。其特点是重量轻、覆盖面积大。

多层房屋结构的特点是随着房屋高度增加,水平风荷载(以及地震荷载)越来越起重要作用。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。

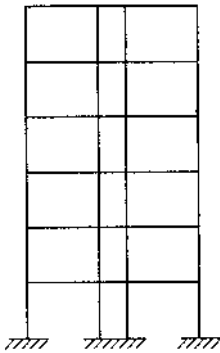


图 1.5 框架结构

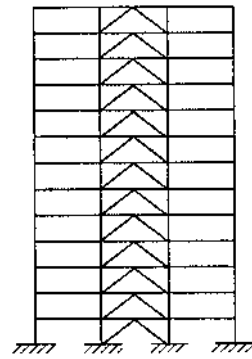


图 1.6 带支撑的框架结构

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(图 1.8(a))。各个楼层悬挂在各桁架的下弦节点(图 1.8(b)),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 个沿纵向平行设置,间距为 16.2m,其间用十字交叉支撑相连。建筑物的平面尺寸为 70m×55m。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。

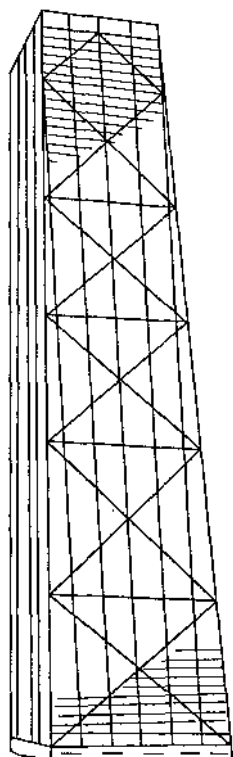


图 1.7 钢支撑筒结构

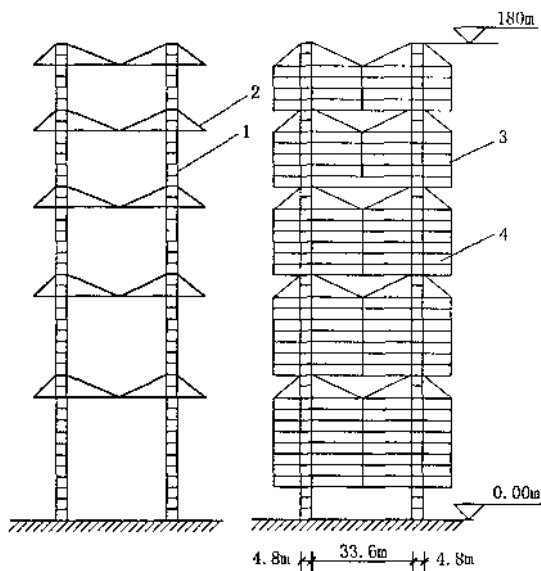


图 1.8 悬挂结构体系示意图

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,但是其它结构如桥梁、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。与其它结构相比,钢结构有如下特点:

①强度高、重量轻。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,钢结构的自重比其它结构要小。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砂、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,一吨钢结构可减少 7 吨混凝土用量,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,约有 10%~12% 的钢材损耗是属于锈蚀损耗。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;尽量避免出现难于检查、清刷和油漆之处,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。

钢结构的应用范围与特点和钢材供应情况密切相关。我国 20 世纪 60~70 年代,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,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。