

21世纪高等学校土木工程专业规划教材

钢结构

—— 原理与设计

(精编本)

刘声扬 王汝恒 王来 主编



武汉理工大学出版社
Wuhan University of Technology Press

21 世纪高等学校土木工程专业规划教材

钢 结 构

——原理与设计

(精编本)

主 编 刘声扬 王汝恒 王 来

副主编 董事尔 王文仲

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

【内容简介】

本书系“21世纪高等学校土木工程专业规划教材”之一。全书包括钢结构原理和设计两部分。原理部分系统地讲述钢结构设计的基本理论和方法,其中包括绪论、钢结构的材料、钢结构的设计方法、钢结构的连接、基本构件(受弯构件、轴心受力构件、拉弯和压弯构件)的设计原理和设计方法等。设计部分则讲述目前钢结构最常用的钢屋盖、平板网架和(轻钢)门式刚架等的设计方法,并举实例详述设计步骤和计算公式的引用。

本书内容新颖,密切结合我国现行的最新钢结构设计、施工、材料等的有关规范、规程、标准(均截至2004年底)。

本书可作为高等学校土木工程专业本科教材,但经适当节选,也适用于相关专业的高等专科及高等职业技术学院。另外也可供有关土建工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构——原理与设计/刘声扬主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2005.10
ISBN 7-5629-2338-8

I. 钢…

II. 刘…

III. 钢结构-原理与设计-高等学校-教材

IV. TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 105237 号

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070

<http://www.techbook.com.cn>

印刷者:武汉理工大印刷厂

经销者:各地新华书店

开本:787×1092 1/16

印张:25

插页:1

字数:624 千字

版次:2005 年 10 月第 1 版

印次:2005 年 10 月第 1 次印刷

印数:1~5000 册

定价:30.00 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。

21 世纪土木工程专业规划教材

编审委员会

主 任 石永久 郑航太 王汝恒 雷绍锋

副主任 战高峰 杨德健 何浙浙 周 东 周 云 孙 凌

刘永坚 冯仲仁 岳建平 胡长明 柳炳康 张敏江

刘 平 王 来 冯为民 王俊佳 王泽云 张科强

委 员 (按姓氏笔画顺序排列)

马芹永 王汝恒 王成刚 王 来 王月明 王 宁

王志伟 王俊佳 王泽云 王文仲 石永久 田道全

冯为民 冯仲仁 刘声扬 刘永坚 刘 平 刘瑾瑜

孙 凌 孙靖立 沈小璞 何浙浙 李 珠 李京玲

李玉顺 李文渊 李世禹 宋少民 苏有文 张敏江

张科强 张长友 陈伟清 陈国平 汪 汇 周 东

周 云 杨德健 林德忠 房树田 岳建平 娄康乐

姚 勇 胡长明 柳炳康 赵 平 郑航太 战高峰

黄林青 舒秋华 崔清洋 熊丹安

总责任编辑 徐 扬

秘 书 长 蔡德民

前 言

本书包括钢结构原理和设计两部分。原理部分主要系统地讲述钢结构设计的基本理论和方法。其中包括:钢材、设计方法、连接、基本构件(受弯构件、轴心受力构件、拉弯和压弯构件)和疲劳,并穿插一些结构(钢平台、吊车梁等)的设计作为例题,以加强对设计原理的理解和计算公式的应用。设计部分则针对目前钢结构工程上用得较多的钢屋盖、平板网架、(轻钢)门式刚架等结构,分别用专门章节对其设计方法加以讲述,并举设计实例,详述设计步骤和计算公式的引用。

作者从事钢结构工作数十年,深感于当前我国钢结构飞速发展,而钢结构的数学却还不能很好地适应需要,尤其是在教材内容编写的深度和广度上,更需亟待改进。如何达到在有限的教学时数内取得最佳的学习效果,掌握好钢结构的基本原理和设计方法,而且既便于教又便于学,是本书编写之宗旨。

本书的编写原则是“精编”二字,即力求体系完整、条理清晰、内容适当、文字流畅。对有关设计理论着重在基本概念上浓墨渲染,以达到述理深透,但不囿于计算公式的推导。对结构设计则紧密结合国家有关规范、规程,精雕细琢,步骤分明,使读者通过本书学习,能够学以致用,触类旁通,达到从钢结构理论到设计应用的融会贯通。

本书内容新颖,参照引用的设计、施工和材料的现行有关规范、规程、标准等,均截至2004年底以前颁行的最新版,以求与时俱进,符合时代要求。

本书钢结构原理部分可用于土木工程专业本科的教学,设计部分则偏重于房屋建筑工程。经过适当节选,本书也适合用作同类专业的专科教材。书中带星号的章节和第三章结构设计方法中与其他结构有共性的内容,读者可酌量学习。

为了更好地配合本书学习,加深对书中某些理论和设计方法的理解,掌握设计规范条文的背景,读者宜参阅《钢结构疑难释义——附解题指导》第三版(刘声扬编著,中国建筑工业出版社,2004)一书。该书对本书各章节的重点、难点、思考题和易忽略处及学习方法均结合教学、设计和施工作了进一步的阐述(本书在有关内容处作了页末注),对习题则采用边解边议形式指出解题思路和每一步骤需注意的问题。

参加本书编写的人员有:刘声扬(第1章),王汝恒(第3、5章),王来(第2、6章),董事尔(第4章),王文仲(第7章),田杰(第8章),张秀华(第9章)。

感谢武汉理工大学出版社领导和编辑对本书出版的鼎力支持。该社多年来在我国策划出版了大量土木建筑工程类教材,贡献巨大,功不可没,值得褒扬。

武汉理工大学

刘声扬

2005.7

目 录

1 绪论	(1)
1.1 钢结构的特点和应用	(1)
1.1.1 钢结构的特点	(1)
1.1.2 钢结构的应用	(2)
1.2 钢结构的发展	(5)
1.2.1 推广应用高效钢材	(5)
1.2.2 改进设计方法	(7)
1.2.3 采用新型结构	(7)
1.2.4 应用优化原理	(9)
1.2.5 构件的定型化、系列化、产品化	(9)
1.3 钢结构课程的主要内容、特点和学习方法	(9)
1.3.1 钢结构课程的主要内容	(9)
1.3.2 钢结构课程的特点	(9)
1.3.3 钢结构课程的学习方法	(10)
思考题	(11)
习题	(11)
2 钢结构的材料	(12)
2.1 钢结构对钢材性能的要求	(12)
2.2 钢材的性能	(13)
2.2.1 钢材的机械性能	(13)
2.2.2 钢材的可焊性能	(16)
2.2.3 钢材的特种性能	(17)
2.3 钢材的破坏形式——塑性破坏和脆性破坏	(18)
2.4 影响钢材性能和脆性破坏的因素	(18)
2.4.1 化学成分的影响	(18)
2.4.2 冶炼、浇铸、轧制和热处理的影响	(19)
2.4.3 钢材的硬化	(20)
2.4.4 温度的影响	(21)
2.4.5 复杂应力作用的影响	(22)
2.4.6 应力集中的影响	(23)
2.4.7 残余应力的影响	(24)
2.4.8 重复荷载作用的影响(疲劳)	(24)
2.5 钢和钢材的种类及选用	(24)
2.5.1 钢结构用钢的种类	(24)
2.5.2 钢结构用钢的牌号	(24)

2.5.3 钢材的选用	(27)
2.5.4 钢材的品种和规格	(29)
思考题	(32)
3 钢结构的设计方法	(33)
3.1 概述	(33)
3.1.1 钢结构设计的目的	(33)
3.1.2 结构的功能要求	(33)
3.1.3 结构的可靠性和可靠度	(33)
3.2 概率极限状态设计法	(34)
3.2.1 结构的极限状态	(34)
3.2.2 失效概率 P_f 和可靠指标 β	(35)
3.3 概率极限状态设计法的设计表达式	(37)
3.3.1 分项系数 γ_G 、 γ_Q 、 γ_R 的取值	(37)
3.3.2 分项系数概率极限状态设计表达式	(38)
3.3.3 钢材的强度设计值	(41)
3.4 钢材的疲劳和疲劳计算	(42)
3.4.1 影响疲劳强度的主要因素	(42)
3.4.2 疲劳曲线($\Delta\sigma$ - n 曲线)	(44)
3.4.3 疲劳计算	(46)
思考题	(48)
4 钢结构的连接	(49)
4.1 钢结构的连接方法及其应用	(49)
4.1.1 焊接	(49)
4.1.2 栓接	(50)
4.1.3 铆接	(51)
4.2 焊接方法、焊缝形式和质量等级	(51)
4.2.1 焊接方法	(51)
4.2.2 焊接接头及焊缝的形式	(53)
4.2.3 焊缝符号及标注方法	(55)
4.2.4 焊缝质量等级	(56)
4.3 (全焊透)对接焊缝和对接与角接组合焊缝的构造和计算	(57)
4.3.1 (全焊透)对接焊缝和对接与角接组合焊缝的构造	(57)
4.3.2 (全焊透)对接焊缝和对接与角接组合焊缝的计算	(59)
4.4 (直角)角焊缝的构造和计算	(62)
4.4.1 角焊缝的构造	(62)
4.4.2 角焊缝的计算	(64)
4.5 部分焊透的对接焊缝和对接与角接组合焊缝的构造和计算 [*]	(75)
4.5.1 部分焊透的对接焊缝和对接与角接组合焊缝的应用	(75)
4.5.2 部分焊透的对接焊缝和对接与角接组合焊缝的截面形式	(76)
4.5.3 部分焊透的对接焊缝和对接与角接组合焊缝的计算	(76)

4.5.4 部分焊透的对接焊缝构造要求的最小厚度	(77)
4.6 斜角角焊缝的构造和计算 [*]	(78)
4.7 焊接残余应力和残余变形	(79)
4.7.1 焊接残余应力和残余变形的成因	(79)
4.7.2 焊接残余应力的种类	(80)
4.7.3 焊接残余变形	(81)
4.7.4 焊接残余应力和残余变形的影响	(81)
4.7.5 减少焊接残余应力和残余变形的的方法	(82)
4.8 普通螺栓和高强度螺栓连接的构造及紧固	(83)
4.8.1 螺栓的形式和规格	(83)
4.8.2 螺栓及孔的图例	(84)
4.8.3 螺栓的排列	(84)
4.8.4 螺栓的紧固方法和预拉力的控制	(86)
4.9 普通螺栓连接和高强度螺栓承压型连接的计算	(87)
4.9.1 受剪螺栓连接	(88)
4.9.2 受拉螺栓连接	(95)
4.9.3 拉剪螺栓连接	(99)
4.10 高强度螺栓摩擦型连接的计算	(101)
4.10.1 摩擦型连接受剪高强度螺栓的受力性能和计算	(101)
4.10.2 摩擦型连接受拉高强度螺栓的受力性能和计算	(104)
4.10.3 摩擦型连接拉剪高强度螺栓的受力性能和计算	(105)
思考题	(107)
习题	(108)
5 受弯构件	(111)
5.1 受弯构件的类型和应用	(111)
5.1.1 受弯构件(梁)的种类	(111)
5.1.2 梁的截面形式和应用	(111)
5.2 梁的强度	(112)
5.2.1 抗弯强度	(112)
5.2.2 抗剪强度	(115)
5.2.3 局部承压强度	(115)
5.2.4 折算应力	(116)
5.3 梁的刚度	(117)
5.4 梁的整体稳定	(118)
5.4.1 梁整体稳定的概念	(118)
5.4.2 梁丧失整体稳定的临界弯矩	(119)
5.4.3 梁整体稳定的计算公式	(121)
5.4.4 梁的整体稳定性系数 φ_b	(121)
5.4.5 均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数 φ_b 的近似计算(适用于 $\lambda_y \leq 120\sqrt{235/f_y}$)	(124)
5.4.6 保证梁整体稳定性的措施和无需计算整体稳定的梁	(125)

5.5 型钢梁设计	(128)
5.5.1 单向弯曲型钢梁	(128)
5.5.2 双向弯曲型钢梁	(131)
5.6 焊接组合梁设计	(134)
5.6.1 截面选择	(134)
5.6.2 截面验算	(136)
5.6.3 梁截面沿长度的改变	(136)
5.6.4 翼缘焊缝的计算	(137)
5.7 梁的局部稳定和腹板加劲肋设计	(143)
5.7.1 矩形薄板的屈曲	(143)
5.7.2 梁受压翼缘的宽厚比限值	(144)
5.7.3 梁腹板的屈曲	(145)
5.7.4 梁腹板加劲肋的配置规定	(148)
5.7.5 腹板局部稳定的计算	(149)
5.7.6 加劲肋的截面选择和构造要求	(154)
5.7.7 支承加劲肋的计算	(155)
5.8 考虑腹板屈曲后强度时梁的设计	(160)
5.8.1 梁腹板屈曲后的工作性能	(160)
5.8.2 考虑腹板屈曲后强度时梁的计算	(161)
5.8.3 考虑腹板屈曲后强度时梁的加劲肋设计	(165)
5.9 梁的拼接	(170)
5.10 主次梁的连接	(171)
5.10.1 铰接连接	(171)
5.10.2 刚性连接	(171)
5.11 吊车梁 [*]	(172)
5.11.1 吊车梁的特点和构造	(172)
5.11.2 吊车梁的计算	(174)
思考题	(187)
习题	(187)
6 轴心受力构件和拉弯、压弯构件	(189)
6.1 轴心受力构件和拉弯、压弯构件的类型	(189)
6.1.1 轴心受力构件和拉弯、压弯构件的种类	(189)
6.1.2 轴心受力构件和拉弯、压弯构件的截面形式	(189)
6.2 轴心受力构件的强度和刚度	(191)
6.2.1 轴心受力构件的强度	(191)
6.2.2 轴心受拉构件和轴心受压构件的刚度	(192)
6.3 轴心受压构件的整体稳定	(193)
6.3.1 确定轴心受压构件整体稳定承载力的方法	(193)
6.3.2 轴心受压构件稳定性的计算公式	(203)
6.4 实腹式轴心受压构件的局部稳定	(208)
6.4.1 翼缘自由外伸宽厚比的限值	(208)

6.4.2	腹板高厚比的限值	(209)
6.4.3	圆管径厚比的限值	(210)
6.5	实腹式轴心受压构件的截面设计	(211)
6.5.1	设计原则	(211)
6.5.2	设计方法	(211)
6.5.3	构造规定	(212)
6.6	格构式轴心受压构件的设计	(216)
6.6.1	格构式轴心受压构件的组成形式	(216)
6.6.2	格构式轴心受压构件的整体稳定承载力	(216)
6.6.3	分肢的稳定性	(218)
6.6.4	缀件(缀条、缀板)的计算	(218)
6.6.5	连接节点和构造规定	(221)
6.6.6	格构式轴心受压构件的设计方法	(221)
6.7	拉弯、压弯构件的强度和刚度	(225)
6.7.1	拉弯、压弯构件的强度	(225)
6.7.2	拉弯、压弯构件的刚度	(227)
6.8	实腹式压弯构件的整体稳定	(228)
6.8.1	实腹式压弯构件在弯矩作用平面内的稳定	(229)
6.8.2	实腹式压弯构件在弯矩作用平面外的稳定	(233)
6.9	实腹式压弯构件的局部稳定	(234)
6.9.1	受压翼缘宽厚比的限值	(234)
6.9.2	腹板宽厚比的限值	(235)
6.9.3	圆管径厚比的限值	(238)
6.10	压弯构件的计算长度	(238)
6.10.1	单根压弯构件的计算长度	(238)
6.10.2	框架柱的计算长度	(238)
6.11	实腹式压弯构件的截面设计	(244)
6.11.1	设计原则	(244)
6.11.2	设计方法	(244)
6.11.3	构造规定	(245)
6.12	格构式压弯构件的设计	(251)
6.12.1	格构式压弯构件的组成形式	(251)
6.12.2	格构式压弯构件的稳定	(251)
6.12.3	格构式压弯构件的缀件计算	(253)
6.12.4	格构式压弯构件的连接节点和构造规定	(253)
6.12.5	格构件压弯构件的截面设计	(253)
6.13	梁与柱的连接	(255)
6.13.1	铰接连接	(255)
6.13.2	刚接连接	(257)
6.14	柱脚	(258)
6.14.1	铰接柱脚	(258)

6.14.2 刚接柱脚	(262)
思考题	(266)
习题	(266)
7 屋盖结构	(269)
7.1 屋盖结构的组成和形式	(269)
7.2 屋面材料	(270)
7.2.1 有檩体系屋面材料	(270)
7.2.2 无檩体系屋面材料	(272)
7.3 檩条、拉条和撑杆	(273)
7.4 屋盖支撑	(275)
7.4.1 屋盖支撑的作用	(275)
7.4.2 屋盖支撑的布置	(276)
7.4.3 支撑的形式、计算和连接构造	(278)
7.5 屋架	(279)
7.5.1 屋架的形式和选型原则	(280)
7.5.2 各型屋架的特性和适用范围	(280)
7.5.3 屋架的主要尺寸	(282)
7.5.4 屋架的荷载和荷载组合	(283)
7.5.5 屋架杆件的内力计算	(283)
7.5.6 屋(桁)架杆件的计算长度	(284)
7.5.7 屋架杆件的截面形式	(287)
7.5.8 节点板厚度	(288)
7.5.9 屋架杆件的截面选择	(289)
7.5.10 屋架的节点设计	(290)
7.5.11 屋架施工图	(297)
7.6 普通钢屋架设计实例	(298)
思考题	(312)
8 平板网架	(314)
8.1 平板网架的特点和形式	(314)
8.1.1 平板网架的特点和适用范围	(314)
8.1.2 常用平板网架的形式	(315)
8.2 平板网架设计	(318)
8.2.1 网架的选型	(318)
8.2.2 网架的屋面材料	(318)
8.2.3 网格尺寸和网架高度	(319)
8.2.4 网架的支承	(319)
8.2.5 网架的荷载和荷载组合	(320)
8.2.6 网架的计算方法	(321)
8.2.7 网架杆件截面选择	(322)
8.2.8 网架节点设计	(322)
8.2.9 网架支座	(326)

8.3 平板网架设计实例	(328)
思考题	(331)
习题	(331)
9 (轻钢)门式刚架	(332)
9.1 概述	(332)
9.1.1 轻(型)钢结构系统	(332)
9.1.2 (轻钢)门式刚架的特点和适用范围	(333)
9.2 (轻钢)门式刚架设计	(333)
9.2.1 结构形式和布置	(333)
9.2.2 支撑的布置	(334)
9.2.3 墙架的布置	(335)
9.2.4 荷载计算	(335)
9.2.5 内力计算	(336)
9.2.6 控制截面	(336)
9.2.7 内力组合	(337)
9.2.8 荷载效应组合	(337)
9.2.9 截面选择	(337)
9.2.10 截面计算	(338)
9.2.11 横向加劲肋的设置和计算	(343)
9.2.12 变截面门式刚架侧移计算	(344)
9.2.13 节点设计	(346)
9.2.14 柱脚	(348)
9.3 门式刚架设计实例	(349)
思考题	(357)
习题	(358)
附录	(359)
附表 1 轴心受压构件的稳定系数	(359)
附表 2 柱的计算长度系数	(361)
附表 3 疲劳计算的构件和连接分类	(362)
附表 4 热轧 H 型钢规格及截面特性(按 GB/T 11263—1998)	(365)
附表 5 剖分 T 型钢规格及截面特性	(368)
附表 6 热轧普通工字钢截面特性(按 GB/T 706—1988)	(370)
附表 7 热轧普通槽钢截面特性(按 GB/T 707—1988)	(371)
附表 8 热轧等边角钢截面特性(按 GB/T 9787—1988)	(372)
附表 9 热轧不等边角钢截面特性(按 GB/T 9788—1988)	(374)
附表 10 直缝电焊钢管截面特性(按 GB/T 13793—1992)	(377)
附表 11 热轧无缝钢管截面特性(按 GB/T 8162—1999)	(379)
附表 12 各种截面回转半径的近似值	(383)
附表 13 锚栓规格	(384)
附表 14 螺栓的有效截面面积	(384)
参考文献	(385)

1 绪 论

提要

钢结构在我国现代化建设中的地位正日益突出,在国民经济的各个领域都得到了大量应用。随着我国钢产量的持续增长,遥遥领先于世界各国,今后钢结构的发展前景和应用范围将更加宽广。

1.1 钢结构的特点和应用

1.1.1 钢结构的特点

钢结构是以钢材(钢板和型钢等)为主制作的结构,与其他材料的结构相比,钢结构具有如下特点:

(1) 强度高、自重轻——钢比混凝土、砌体和木材的强度和弹性模量要高出很多倍,因此,钢结构的自重常较轻。例如在跨度和荷载都相同时,普通钢屋架的质量只有钢筋混凝土屋架的 $1/4 \sim 1/3$,若采用冷弯薄壁型钢屋架,只有约 $1/10$,轻得更多。由于自重小、刚度大,钢结构特别适宜于建造大跨度和超高、超重型的建筑物。由于质量轻,钢结构也便于运输和吊装,且可减轻下部结构和基础的负担,降低造价。

(2) 材质均匀——钢材由现代化工厂冶炼和轧制,其内部组织均匀,非常接近于各向同性体。且在一定的应力范围内,属于理想弹性工作,符合工程力学所采用的基本假定。因此,可根据力学理论对钢结构进行计算,且计算结果准确可靠。

(3) 塑性、韧性好——钢材具有良好的塑性。钢结构在一般情况下,不会发生突发性破坏,而是在事先有较大的变形作预兆。此外,钢材还具有良好的韧性,能很好地承受动力荷载和地震作用。这些都为钢结构的安全应用提供了可靠保证。

(4) 工业化程度高——钢结构是用各种型材(H型钢、T型钢、工字钢、槽钢、角钢、钢管)和钢板,经切割、焊接等工序制造成钢构件,然后运至工地安装。一般钢构件都可在金属结构厂采用机械化程度高的专业化生产,故精确度高,制造周期短。对一些轻型屋面结构(压型钢板屋面、彩板拱形波纹屋面等),甚至可在工地边压制边安装。钢结构的安装,由于是装配化作业,故效率也很高,建期短,发挥投资效益快。

(5) 拆迁方便——钢结构由于强度高,故适宜于建造质量轻、连接简便的可拆迁结构。对已经使用的钢结构,也便于加固、改建,甚至拆迁。

(6) 密闭性好——焊接的钢结构可以做到完全密闭,因此适宜于建造要求

气密性和水密性好的气罐、油罐、管道和高压容器。

(7) 耐腐蚀性差——一般钢材较易锈蚀,特别是在湿度大和有侵蚀性介质的环境中更甚。因此须采用除锈、刷油漆等防护措施,而且还须定期维修,需要一定的维护费用。在必要时,可采用具有防锈性能的耐候钢。

(8) 耐火性差——当辐射热温度低于 100°C 时,即使长期作用,钢材的主要性能变化也很小,其屈服点和弹性模量均降低不多,因此其耐热性能较好。但当温度超过 250°C 时,其材质变化较大,故当结构表面长期受辐射热达 150°C 以上或在短时间内可能受到火焰作用时,须采用隔热和防火措施(涂装防火涂料等)。

1.1.2 钢结构的应用

钢结构由于具有强度高、自重轻、施工速度快等优点,故一直是人们喜爱采用的一种结构,近百年来得到了快速的发展。尤其是在 20 世纪下半叶,随着世界钢产量的大幅度增加,钢结构也相应扩展了应用领域。

有钢结构应用传统的重工业建筑,如冶金工厂的炼钢车间、轧钢车间,重型机械厂的铸钢车间、水压车间,造船厂的船体车间,发电厂等。近年来,随着生产水平的高速发展、生产工艺的不断革新,厂房更加大型化,柱距、跨度、高度和起重能力都日趋扩大,同时对建厂投产工期却要求尽可能缩短,这些都促使钢结构发挥其特点,继续保持并扩大其应用领域。

在构筑物方面,除传统的冶金炉体(高炉、热风炉)、石油化学工业的塔架罐体、电厂锅炉刚架、输电铁塔、水工闸门、栈桥通廊、贮仓漏斗、起重机架(桥式吊、塔吊、龙门吊、汽车吊等)、输油输气管道等仍为钢结构的应用领域外,在新开发的构筑物中,如近海石油平台、无线电塔桅、卫星、飞船和导弹发射架等,现在也都是钢结构应用的专属领域。

在大跨度结构方面,由于网架、塔架、悬索结构等的应用,使钢结构不仅在飞机制造厂的装配车间、飞机库、贮煤库等工业建筑中得到广泛的应用,而且在公共建筑方面,如各种大跨度的体育馆和会议展览中心也是钢结构的应用领域。

在高层建筑方面,以往仅在工业建筑(如发电厂主厂房)中有所应用。现在随着城市经济和人民物质文化水平的提高,以及钢结构高层框架具有的突出优点(截面小、自重轻、施工简便快速),故在高层和超高层的商贸、金融等建筑中,钢结构已不再罕见。

在桥梁方面,虽然公路桥梁可用混凝土结构,但大型铁路桥梁和公路铁路两用桥梁仍是钢结构的专属领域。

上述的钢结构应用领域主要还是在(大)跨度、(高)耸、(重)型、(动)力荷载结构范围。但是,随着轻型钢结构的发展(冷弯型钢、压型钢板等),钢结构的应用范围已扩大到轻工业厂房和公用与民用房屋,如大型超市、停车场、住宅、餐厅、旅游、科学考察和建筑工地活动房屋等。

我国在改革开放政策的指引下,国民经济取得了辉煌成就。在 20 世纪 80 年代,我国钢产量结束了十年徘徊局面,并逐年稳步地以 $200\sim 300$ 万 t 的增长速度提高,且在 1996 年突破 1 亿 t,跃居世界首位。进入 21 世纪后,又超过了 2 亿 t,2004 年达到了 2.72 亿 t,相当于随后三个国家(日、美、俄)钢产量的总和,2005 年则将超过 3 亿 t,占世界钢产量的 $1/3$,迈上了一个新的台阶。

随着国民经济和钢产量的增长,近年来我国钢结构也得到了前所未有的发展。钢结构的制造能力已超过每年 500 万 t,冷弯型钢产量也达年产 100 万 t。在大型钢铁基地——上海宝山钢铁总厂一、二、三期的工程建设中,数以百万 m^2 计的全钢结构厂房相继竣工投产,其他各个钢铁公司——武钢、鞍钢、包钢、攀钢等在扩建时亦大量采用了钢结构。除冶金工业外,钢结构在石油、化工、

机械、电力、煤炭、轻工、造船等工业上的应用更是不胜枚举。在桥梁建筑上,新建了特大跨度的西陵长江大桥(单跨跨度 900m)、江阴长江大桥(单跨跨度 1385m)、九江长江大桥(铁路、公路两用桥、11 孔,全长 12135m,杆拱栓焊结构,最大跨度 216m)和更大跨度的芜湖长江大桥(中跨跨度 312m),而超大跨度的公路、铁路两用桥——武汉天兴洲长江大桥(主跨度 480m,双塔钢桁梁斜拉桥)也已动工兴建。在高耸钢结构方面,高达 260m 的大庆电视塔已建成。另外,数座全钢结构的大型石油平台已相继在近海投入工作。在钢结构超高层建筑方面,继首批建成的深圳发展中心(地上 48 层,地下 2 层,高 153.98m)和北京京广中心(地上 57 层,地下 3 层,高 208m)后,又相继建成了 10 余幢,其中尤以 1996 年建成的深圳地王商业中心(地上 78 层,地下 3 层,高 342.95m,加桅杆总高 383.95m,钢结构重 24500t,高强度螺栓 50 万个,焊缝长 60 万 m)和 1999 年建成的上海金茂大厦(88 层,高 420.5m),规模宏大,而且矗立其旁更高的上海环球金融中心(101 层,高 492m)也已动工,近年即将建成。另外在大跨度建筑方面也取得了很大成绩,如天津体育馆网架(跨度 108m,挑檐 13.5m),长春体育馆网架(120m×166m)。在轻型钢结构方面,门式刚架配上彩涂钢板的屋面板和墙板,其建造面积已达 1000 万 m² 以上。另外,近年来异军突起的彩板拱形波纹屋面,年建造面积也达 100 万 m² 以上。

图 1.1~图 1.5 所示为我国近年来新建的几个有代表性的钢结构建筑。图 1.1 为武钢第三炼钢厂房。图 1.2 为国家大剧院网壳(212.4m×143.64m,重 6750t)。图 1.3 为上海金茂大厦。图 1.4 为西昌卫星发射塔。图 1.5 为武汉铁路局武昌客车技术整备所彩色拱形波纹屋面(跨度 27m,长 516m)。

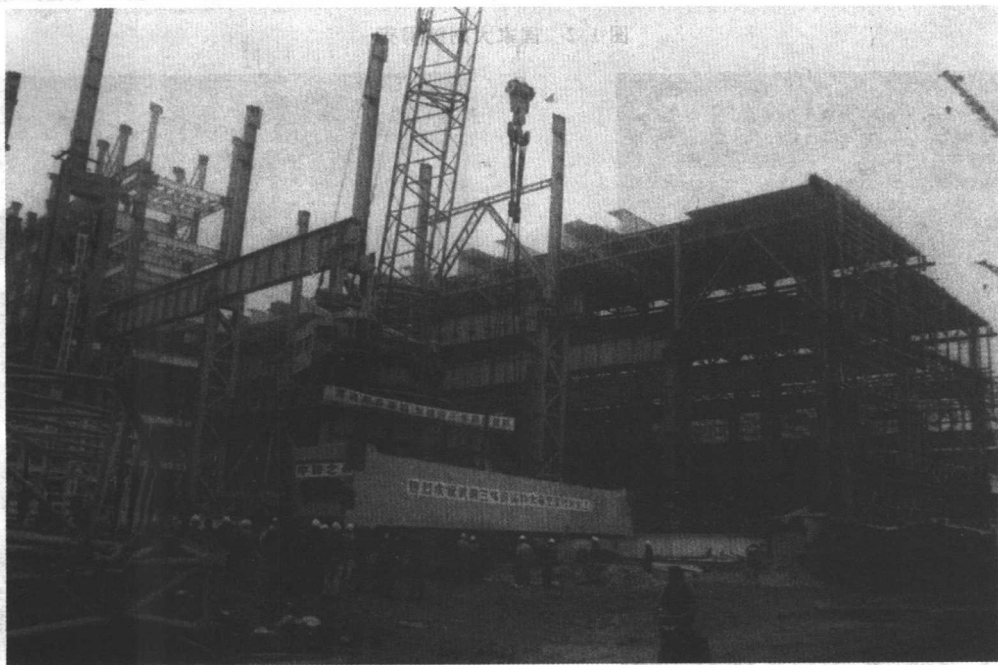


图 1.1 武钢第三炼钢厂房

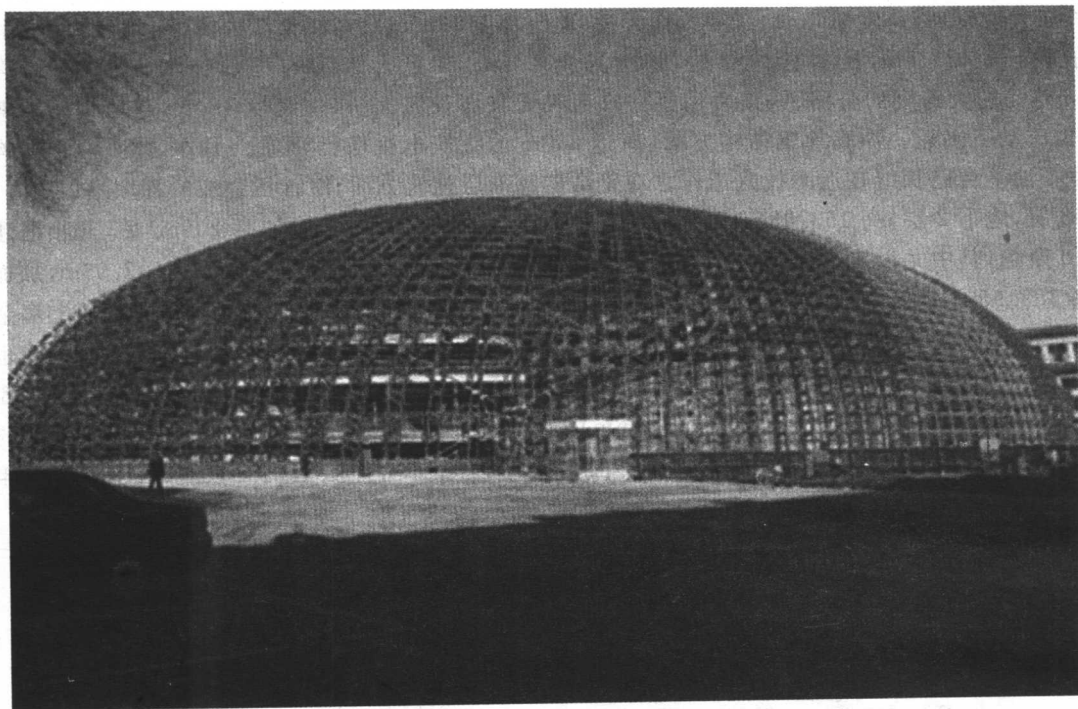


图 1.2 国家大剧院网壳

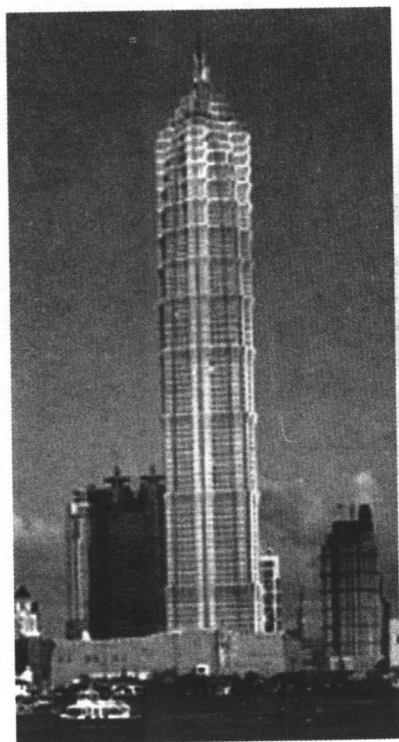


图 1.3 上海金茂大厦

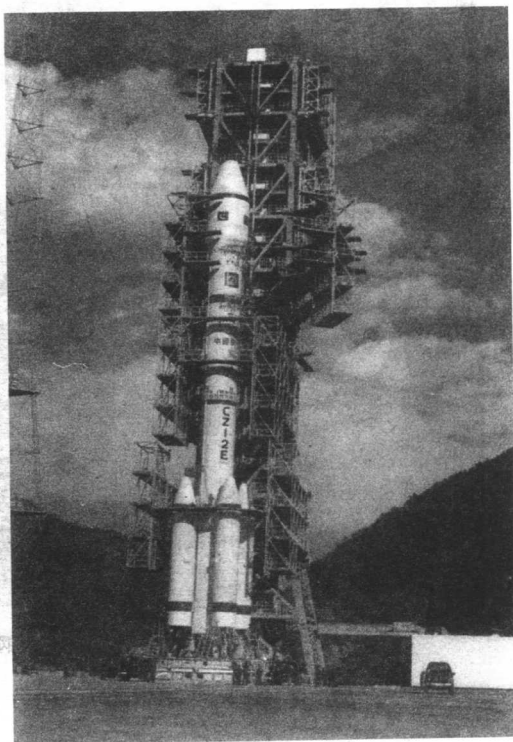


图 1.4 西昌卫星发射塔

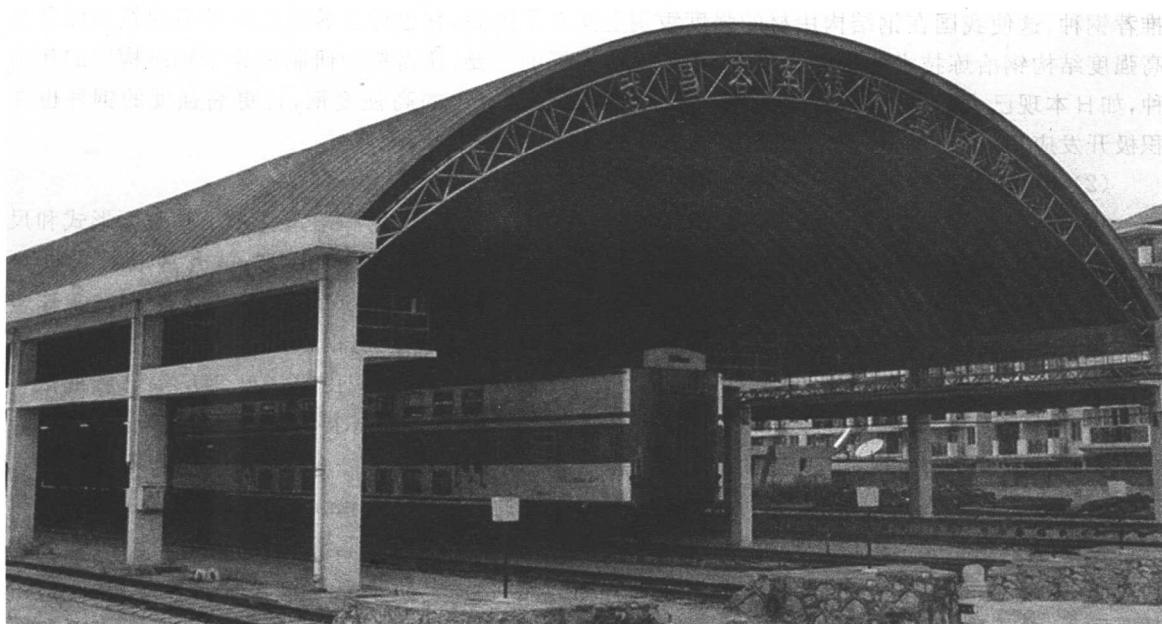


图 1.5 武汉铁路局武昌客车技术整备所彩色拱形波纹屋面

1.2 钢结构的发展

我国钢结构不论在规范的制定、工程上的应用规模,以及设计、制造、安装等方面,现在都已具备较高水平,并步入了一个新的历史时期。尤其值得高兴的是,随着我国经济建设的蓬勃发展,钢产量的大幅度增长,国家已取消以前限制使用钢结构的政策,转为鼓励使用,并制定了《国家建筑钢结构产业“十五”计划和 2015 年发展规划纲要》,其中的目标是钢结构的钢材用量要分别达到钢材总产量的 3% 和 6%。

诚然,钢结构在我国因一些条件的限制,在应用上还有一定的局限。但是,今后除了在国家重点发展的钢铁、电力、煤炭、石油、化工等工业和交通运输方面,钢结构仍会有大量的应用外,在公共建筑和民用建筑以及轻工业方面,也大有用武之地。现根据冶金工业和工程界的意向,对钢结构的发展趋势从下列几方面加以介绍。

1.2.1 推广应用高效钢材

钢结构离不开钢材。要改变钢结构面貌,给其注入新的活力,不仅要在钢材的数量上,而且还应在钢材的质量和品种上加以提高和扩充,这就需要发展下述高效钢材。

(1) 研制高强度钢材

应用高强度钢材,对大(跨度)、高(耸)、重(型)的结构非常有利,如对超高层建筑可有效地减轻结构自重。我国在新颁行的《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)继原《钢结构设计规范》(GBJ 17—88^①)所采用的 Q235、Q345 和 Q390 钢的基础上,又将 Q420(屈服点 420N/mm²)钢列为

① 本书以下对《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)简称《设计规范》。对原《钢结构设计规范》(GBJ 17—88)则简称原《设计规范》。