



百校土木工程专业“十二五”规划教材

钢结构基本原理

主编 何延宏 副主编 陈树华 张春玉



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

百校土木工程专业“十二五”规划教材

钢结构基本原理

主 编 何延宏

副主编 陈树华

张春玉



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书主要介绍了钢结构的特点、分类、设计方法及应用远景,钢结构连接的构造与设计以及基本构件(轴心受力构件、受弯构件、拉弯和压弯构件)的工作原理和设计方法,并加入了普通钢屋架的设计。书中附录给出了钢结构设计所需的各种数据以及系数,供参考及查用。为了便于学生对钢结构基本原理的学习和掌握,除各章列举了必要的设计例题外,章后还提供了大量的习题(填空、选择、简答以及计算等)。本书编写过程与《建筑结构荷载规范》(2006版)和《建筑抗震设计规范》(2008版)等国家标准的修订工作同步,反映规范的修订内容。

本书可作为高等院校土木工程专业及相关专业的教材,亦可供有关工程技术人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构基本原理/何延宏主编. —上海:同济大学出版社,2010.8

百校土木工程专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5608-4326-1

I. ①钢… II. ①何… III. ①钢结构—高等学校—教材 IV. ①TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 094230 号

百校土木工程专业“十二五”规划教材

钢结构基本原理

主编 何延宏 副主编 陈树华 张春玉

责任编辑 马继兰 责任校对 杨江淮 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 23

印 数 1—4100

字 数 574000

版 次 2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-4326-1

定 价 39.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

委 员 会

主 任 陈以一 (同济大学) 顾祥林 (同济大学)

副主任 应惠清 (同济大学)

委 员 (排名不分先后,以字母为序)

白晓红 (太原理工大学)

杜守军 (河北农业大学)

范 进 (南京理工大学)

郭战胜 (上海大学)

何亚伯 (武汉大学)

何延宏 (哈尔滨学院)

焦 红 (山东建筑大学)

李锦辉 (哈尔滨工业大学)

李书全 (天津财经大学)

李章政 (四川大学)

梁兴文 (西安建筑科技大学)

刘俊岩 (济南大学)

刘增荣 (西安建筑科技大学)

覃 辉 (五邑大学)

宋娃丽 (河北工业大学)

王福建 (浙江大学)

汪劲丰 (浙江大学)

王松岩 (山东建筑大学)

王新堂 (宁波大学)

谢雄耀 (同济大学)

许成祥 (长江大学)

徐汉涛 (南通大学)

许 强 (成都理工大学)

尹振宇 (上海交通大学)

张璐璐 (上海交通大学)

张宇鑫 (上海师范大学)

赵方冉 (河北工业大学)

赵顺波 (华北水利水电学院)

郑荣跃 (宁波大学)

周新刚 (烟台大学)

朱彦鹏 (兰州理工大学)

策 划 张平官 (同济大学)

前 言

本教材是根据教育部颁布的普通高等学校土木工程类专业“钢结构设计原理”教学大纲的要求,结合我国高等教育改革、专业范围和方向调整、课程设置、学时的实际分配而编写的。为适应培养土木工程设计、施工、管理及项目规划、研究开发能力的高科技人才的需要,教材编写立足于基本理论、基本知识、基本技能;着重于新技术、新方法、新设备、新内容的介绍,以拓宽知识面、增强适应性。

全书共分7章,包括:绪论、钢结构材料、钢结构连接的构造与设计、轴心受力构件、受弯构件、拉弯和压弯构件、普通钢屋架设计。主要讲述了钢结构的特点和设计方法、钢结构材料的工作性能、钢结构连接的计算和构造要求以及钢结构的基本构件(轴心受力构件、受弯构件和拉、压弯构件)的工作性能、受力分析和设计要点等。为了方便学生对基本概念的理解和对基本设计理论和方法的掌握,也便于学生自我考核,书中各章均附有大量习题,且章后习题类型多样,包括大量的选择题、简答题和计算题。书后给出大量附表。

本书结合《钢结构设计规范》GB 50017—2003编写,可作为高等学校土木工程专业本科的专业基础教材,也可供从事土木工程的工程技术人员参考。

本书的编写人员有:哈尔滨工程大学陈树华(副主编,第1、2章),哈尔滨学院何延宏(主编,第3章),黑龙江省科技学院张春玉(副主编,第4章),哈尔滨学院孙路(第5章),大庆石油大学华瑞学院王雪莹(第6章),哈尔滨工程大学张建华(第7章)。全书由哈尔滨学院何延宏统稿。

本书在编写过程中,直接或间接地引用了所列参考文献中的部分内容,谨致谢意;同时得到了同济大学出版社的大力支持和帮助,对此亦表示衷心的感谢。欢迎广大读者对本书不足之处予以批评指教。

编 者

2010年6月

目 录

前言

1 绪论	(1)
1.1 钢结构的特点	(1)
1.2 钢结构的分类和应用	(2)
1.2.1 按应用领域分类	(2)
1.2.2 按结构体系工作特点分类	(10)
1.3 钢结构的设计方法	(11)
1.3.1 钢结构计算方法	(11)
1.3.2 承载力极限状态	(12)
1.3.3 正常使用极限状态	(15)
1.4 钢结构的发展方向	(15)
2 钢结构材料	(21)
2.1 钢材的破坏形式	(21)
2.2 钢材的生产	(21)
2.2.1 钢材的冶炼	(21)
2.2.2 钢材的组织构造和缺陷	(22)
2.2.3 钢材的加工	(23)
2.3 钢材的主要性能	(26)
2.3.1 钢材在单向一次拉伸下的工作性能	(26)
2.3.2 钢材的其他性能	(27)
2.3.3 钢材在复杂应力状态下的屈服条件	(28)
2.4 影响钢材性能的主要因素	(29)
2.4.1 化学成分的影响	(29)
2.4.2 钢材的焊接性能	(30)
2.4.3 钢材的硬化	(31)
2.4.4 应力集中的影响	(31)
2.4.5 加载速度的影响	(32)
2.4.6 温度的影响	(33)
2.4.7 循环荷载的影响	(34)
2.5 建筑用钢的种类、规格和选用	(37)
2.5.1 建筑用钢的种类	(37)
2.5.2 钢材规格	(39)
2.5.3 钢材的选择	(41)

3 钢结构连接的构造与设计	(45)
3.1 钢结构的连接方法.....	(45)
3.1.1 焊接连接.....	(45)
3.1.2 螺栓连接.....	(45)
3.1.3 铆钉连接.....	(46)
3.2 焊接连接的方法与形式.....	(47)
3.2.1 钢结构常用的焊接方法.....	(47)
3.2.2 焊接连接形式及焊缝形式.....	(48)
3.2.3 焊缝缺陷及焊缝质量检验.....	(50)
3.2.4 焊缝符号表示法.....	(51)
3.3 焊接残余应力和焊接变形.....	(52)
3.3.1 焊接残余应力.....	(52)
3.3.2 焊接残余变形.....	(53)
3.3.3 焊接应力和变形对结构工作性能的影响.....	(54)
3.3.4 减少焊接应力和变形的措施.....	(55)
3.4 对接焊缝的构造和计算.....	(57)
3.4.1 对接焊缝的构造.....	(57)
3.4.2 对接焊缝的计算.....	(58)
3.5 角焊缝的构造和计算.....	(62)
3.5.1 角焊缝的构造.....	(62)
3.5.2 直角角焊缝的基本计算公式.....	(65)
3.5.3 各种受力状态下角焊缝连接的计算.....	(68)
3.5.4 斜角角焊缝和部分焊透的对接焊缝的计算.....	(81)
3.6 普通螺栓的构造和计算.....	(83)
3.6.1 螺栓的排列和其他构造要求.....	(83)
3.6.2 普通螺栓的受剪连接.....	(85)
3.6.3 普通螺栓的受拉连接.....	(90)
3.6.4 普通螺栓受剪力和拉力的联合作用.....	(95)
3.7 高强度螺栓连接的构造和计算.....	(96)
3.7.1 高强度螺栓连接的工作性能和构造要求.....	(96)
3.7.2 高强度螺栓抗剪连接计算.....	(98)
3.7.3 高强度螺栓抗拉连接计算.....	(100)
3.7.4 高强度螺栓连接同时承受剪力和拉力作用的计算.....	(102)
4 轴心受力构件	(110)
4.1 轴心受力构件的应用.....	(110)
4.2 轴心受力构件的强度和刚度.....	(111)
4.2.1 轴心受力构件的强度.....	(111)
4.2.2 轴心受力构件的刚度.....	(113)
4.3 轴心受压构件的整体稳定.....	(115)

4.3.1	理想轴心受压构件的屈曲	(116)
4.3.2	实际轴心受压构件的整体稳定	(119)
4.3.3	轴心受压构件的整体稳定计算	(123)
4.4	轴心受压构件的局部稳定	(129)
4.4.1	均匀受压板件的屈曲	(129)
4.4.2	轴压构件板件的宽厚比	(130)
4.5	实腹式轴心受压构件的设计	(133)
4.5.1	实腹式轴心受压构件的常用截面形式	(133)
4.5.2	实腹式轴心受压构件的截面设计	(133)
4.6	格构式轴心受压构件的设计	(137)
4.6.1	格构式轴心受压构件的常用截面形式	(137)
4.6.2	格构式轴心受压构件的整体稳定	(138)
4.6.3	格构式轴心受压构件的缀材设计	(141)
4.6.4	格构式轴心受压构件的截面设计	(144)
4.7	轴心受压构件的构造要求	(149)
4.7.1	实腹式轴心受压构件的构造要求	(149)
4.7.2	格构式轴心受压构件的构造要求	(156)
5	受弯构件	(161)
5.1	受弯构件的形式和应用	(161)
5.2	梁的强度和刚度	(163)
5.2.1	梁的强度	(163)
5.2.2	梁的刚度	(168)
5.3	梁的整体稳定	(169)
5.3.1	梁整体稳定的概念	(169)
5.3.2	梁整体稳定的理论	(169)
5.3.3	梁整体稳定的实用算法	(173)
5.3.4	影响梁整体稳定性的因素及增强梁整体稳定性的措施	(174)
5.4	梁的局部稳定和腹板加劲肋设计	(176)
5.4.1	受弯构件局部稳定的概念	(176)
5.4.2	受压翼缘的局部稳定	(177)
5.4.3	腹板的局部稳定	(178)
5.4.4	加劲肋的构造和截面尺寸	(185)
5.4.5	支承加劲肋计算	(186)
5.5	组合梁考虑腹板屈曲后强度的设计	(190)
5.5.1	梁腹板屈曲后的抗剪承载力	(190)
5.5.2	梁腹板屈曲后的抗弯承载力	(191)
5.5.3	同时受弯和受剪的腹板	(192)
5.5.4	考虑腹板屈曲后强度的加劲肋设计	(193)
5.6	受弯构件的截面设计	(194)

5.6.1	型钢梁的设计	(194)
5.6.2	组合梁的设计	(198)
5.7	梁的拼接、连接和支座	(206)
5.7.1	梁的拼接	(206)
5.7.2	主梁和次梁的连接	(207)
6	拉弯和压弯构件	(214)
6.1	概述	(214)
6.2	拉弯和压弯构件强度和刚度计算	(215)
6.2.1	拉弯和压弯构件的强度	(215)
6.2.2	拉弯和压弯构件的刚度	(217)
6.3	实腹式压弯构件的整体稳定	(218)
6.3.1	实腹式单向压弯构件弯矩作用平面内的整体稳定	(218)
6.3.2	实腹式单向压弯构件弯矩作用平面外的整体稳定	(223)
6.3.3	双向弯曲实腹式压弯构件的整体稳定	(224)
6.4	实腹式压弯构件的局部稳定	(226)
6.4.1	翼缘宽厚比限值	(226)
6.4.2	腹板的高厚比限值	(227)
6.5	压弯构件及框架柱的计算长度	(229)
6.5.1	单根压弯构件的计算长度	(229)
6.5.2	等截面框架柱在框架平面内的计算长度	(229)
6.5.3	单层单阶变截面框架柱的计算长度	(230)
6.5.4	柱在框架平面外的计算长度	(231)
6.6	实腹式压弯构件的截面设计	(232)
6.6.1	截面设计原则	(232)
6.6.2	截面设计步骤	(232)
6.6.3	构造要求	(233)
6.7	格构式压弯构件	(234)
6.7.1	强度计算	(234)
6.7.2	刚度计算	(234)
6.7.3	稳定计算	(234)
6.7.4	缀材计算和构造要求	(237)
6.8	框架柱的柱脚	(239)
6.8.1	整体式柱脚	(239)
6.8.2	分离式柱脚	(240)
7	普通钢屋架设计	(245)
7.1	屋架的选型及结构特点	(245)
7.1.1	屋架选型的原则	(245)
7.1.2	屋架的外形及结构特点	(245)
7.2	屋盖支撑体系	(246)

7.2.1	支撑的种类	(246)
7.2.2	支撑的作用	(247)
7.2.3	屋盖支撑的布置	(247)
7.2.4	屋盖支撑的形式和构造	(251)
7.3	普通钢屋架设计	(253)
7.3.1	钢屋架设计步骤	(253)
7.3.2	钢屋架设计的主要内容	(253)
7.3.3	屋架荷载计算与组合	(254)
7.3.4	内力计算	(258)
7.3.5	杆件设计	(259)
7.3.6	节点设计	(265)
7.3.7	钢屋架施工图	(273)
7.4	钢屋架设计实例	(274)
7.4.1	设计资料	(274)
7.4.2	屋架尺寸与布置	(274)
7.4.3	设计与计算	(275)
附录		
附录 A	钢材和连接强度设计值	(288)
附录 B	结构或构件的变形容许值	(291)
附录 C	梁的整体稳定系数	(293)
附录 D	轴心受压构件的稳定系数	(297)
附录 E	各种截面回转半径的近似值	(301)
附录 F	柱的计算长度系数	(303)
附录 G	疲劳计算的构件和连接分类	(311)
附录 H	常用型钢规格和截面特征	(314)
附录 I	螺栓和锚栓规格	(350)
附录 J	型钢螺栓线距表	(353)
参考文献	(356)

1 绪 论

钢结构是将钢板、圆钢、钢管、钢索、各种型钢等钢材,经加工、连接、安装而组成的工程结构。钢结构需要承受各种可能的自然和人为环境作用,是具有足够可靠性和良好社会效益的工程结构物和构筑物。

1.1 钢结构的特点

钢结构在工程中得到广泛应用和发展,是由于钢是一种节能环保并能循环使用的材料,符合经济持续健康发展的要求。与其他结构相比钢结构具有下列特点:

1. 钢材强度高而重量轻(轻质高强)

钢的容重虽然较大,但强度高,结构需要的构件截面小,因此结构自重轻。与其他材料相比,钢的容重与屈服点的比值最小。在相同的荷载和约束条件下,若采用钢材构件时,结构的自重通常较小。一般而言,当跨度和荷载相同时,钢屋架的重量仅有钢筋混凝土屋架重量的 $1/4\sim 1/3$,若采用薄壁型钢屋架或空间结构则更轻。由于重量较轻,便于运输和安装,因此钢结构特别适用于跨度大、高度高、荷载大的结构。

2. 材质均匀,塑性韧性好

钢材的内部组织比较均匀,非常接近匀质体,其各个方向的物理力学性能基本相同,接近各向同性体。在使用应力阶段,钢材的弹性模量高达 206GPa ,在正常使用情况下具有良好的延性,可简化为理想弹塑性体,符合一般工程力学基本假定。因此,钢结构的实际受力情况和工程力学计算结果比较符合,可靠性高。塑性是指承受静力荷载时,材料吸收变形能的能力;韧性是指承受动力荷载时,材料吸收能量的多少。钢材的塑性和韧性都很好,由于塑性好,一般情况下钢结构不会由于偶然超载而突然断裂,给人以安全保证;韧性好,说明钢材具有良好的动力工作性能,使得钢结构具有优越的抗震性能。

3. 建筑用钢材具有良好的焊接性能

建筑用钢材具有良好的焊接性能,使钢结构的连接大为简化,可满足制作各种复杂结构形状的需要。但钢材焊接时产生很高的温度,且温度应力分布很不均匀,结构各部位的冷却速度也不同。因此,不但在高温区(焊缝附近)材料性质有变坏的可能,而且还会产生较高的焊接残余应力,使结构中的应力状态复杂化。

4. 钢结构制造简便、施工方便,具有良好的装配性

钢构件由各种型材采用机械加工在专业化的金属结构厂制作而成,简便且成品的精确度高。制成的构件可在现场采用螺栓拼装,因其构件质量较轻,施工方便,建成的钢结构也易于拆卸、加固或改建,应用十分广泛。

钢结构的制造虽需较复杂的机械设备和严格的工艺要求,但与其他建筑结构比较,钢结构工业化生产程度高,能批量生产。采用工厂制造、工地安装的施工方法,可缩短工期、降低造价、提高经济效益。

5. 钢材可重复使用

钢结构加工制造过程中产生的余料和碎屑,以及废弃和破坏的钢结构构件,均可回炉重新冶炼成钢材重新使用。因此,钢材被称为绿色建筑材料或可持续发展的材料。

6. 钢材的不渗透性适用于密闭结构

钢材本身因组织非常致密,当采用焊接连接,甚至铆钉或螺栓连接时,都易做到紧密不渗漏。因此,钢材是制造容器,特别是高压容器、大型油库、气柜、输油管道的良好材料。

7. 钢材耐腐蚀性差,应采取防护措施

钢材在潮湿环境中,特别是处于有腐蚀性介质的环境中容易腐蚀,必须用油漆或镀锌加以保护,而且在使用期间还应定期维护。钢结构腐蚀等级分为 A, B, C, D 四级: A 级为金属覆盖着氧化皮而几乎没有铁锈的钢材表面, B 级为发生锈蚀并且部分氧化皮已经剥离的钢材表面, C 级为氧化皮已经因腐蚀而剥落或可刮除且有少量点蚀的钢材表面, D 级为氧化皮已因腐蚀而全面剥离并且已普遍发生点蚀的钢材表面。影响涂层质量的因素有底材处理的程度、涂装工艺和施工环境、涂层的厚度、涂层的选择等。钢结构表面的特点是:经常会被油污、水分、灰尘覆盖,在高温轧制或热加工过程中会产生黑色氧化皮,在自然环境下会产生红色铁锈。

我国已研制出一些高效能的防护漆,其防腐效能和镀锌相同,但费用却低得多。同时,已研制成功喷涂锌铝涂层及氟碳涂层的新技术,为钢结构的防腐蚀提供了新方法。

8. 钢结构的耐热性好,但耐火性差

钢材耐热但不耐火,随着温度的升高,强度就降低。温度在 150℃ 以内时,钢的材料性质变化很小;温度达到 300℃ 以后,强度逐渐下降;达到 600℃ 时,强度几乎为零。因此,钢结构的耐火性较钢筋混凝土差。当周围环境存在辐射热,温度在 150℃ 以上时,就需采取遮挡措施。一旦发生火灾,因钢结构的耐火时间不长,结构可能瞬时全部崩溃。为了提高钢结构的耐火等级,通常采用包裹的方法。但这样处理既提高了造价,又增加了结构所占的空间。我国成功研制了多种防火涂料,薄涂型防火涂料涂层厚达 6mm 时,钢结构耐火极限便可达 1.5 h 以上,同时增减涂层厚度,可满足钢结构不同耐火极限的要求。

1.2 钢结构的分类和应用

按照不同的标准,钢结构可有不同的分类方法,下面仅按其应用领域和结构体系进行分类说明。

1.2.1 按应用领域分类

1. 民用建筑钢结构

建设部于 1997 年颁布的《1996—2010 年建筑技术政策》首次提出了“发展钢结构、加速推广轻钢结构,研究推广组合结构的应用以及研究开发膜结构、张拉结构与空间结构体系”等技术措施,明确了我国建筑技术政策的导向,即由多年来的限制钢结构使用转变为发展、推广钢结构的应用。在这一政策的指导和支持下,从重大工程、标志性建筑的使用开始,钢结构呈现出了从未有过的兴旺景象。我国钢结构行业快速发展,产量、产值成倍增加的同时,工程质量不断提高,钢结构相关技术和管理水平也有了显著进步,在诸如制作、安装、钢材供应等方面达到了国内外先进水平,为国民经济发展作出了贡献。

民用建筑钢结构以房屋钢结构为主要对象。按传统的耗钢量大小来区分,大致可分为普通钢结构、重型钢结构和轻型钢结构。其中重型钢结构指采用大截面和厚板的结构,如高层钢结构、重型厂房和某些公共建筑等;轻型钢结构指采用轻型屋面和墙面的门式刚架房屋、某些多层建筑、薄壁压型钢板拱壳屋盖等,网架、网壳等空间结构也可属于轻型钢结构范畴。除上述钢结构主要类型外,另外还有索膜结构、玻璃幕墙支承结构、组合和复合结构等。

我国在“十一五”期间,建筑钢结构发展已取得巨大成绩,“十二五”期间仍将继续坚持鼓励发展钢结构的相关政策措施,保持其连续性和稳定性。推广和扩大钢结构的应用,要加强科技导向的规划和措施指导作用,促使钢结构整体持续发展。高层和超高层建筑优先采用合理的钢结构或钢-混凝土组合结构体系,大跨度建筑采用空间网格结构、立体桁架结构、索膜结构以及施加预应力的结构体系,结合市场需求,积极开发钢结构的住宅建筑体系,并逐步实现产业化。在以后相当长的一段时间内,钢结构的需求将保持持续增长的趋势。目前要加快钢结构住宅建设的研究开发和工程应用,使钢结构住宅建筑更加完善配套,提高住宅建设的工业化、产业化水平。

与混凝土、木结构等相比,建筑钢结构具有轻质、高强、受力均匀、易于工业化、能耗小、绿色环保、可循环使用、符合可持续发展等优点。同时,其造价较高,对设计、制造、安装的要求较高,需要相关的辅助材料与之配套(尤其是住宅房屋),其发展受多种因素影响。

按照中国钢结构协会的分类标准,民用建筑结构分为高层钢结构(图 1-1)、大跨度空间结构(图 1-2)、钢-混凝土组合结构(图 1-3)、索膜钢结构(图 1-4)、钢结构住宅(图 1-5)、幕墙钢结构(图 1-6)等。

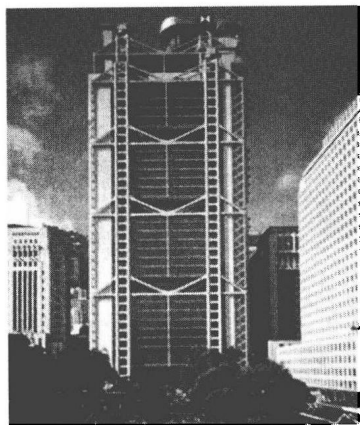


图 1-1 香港汇丰银行大楼

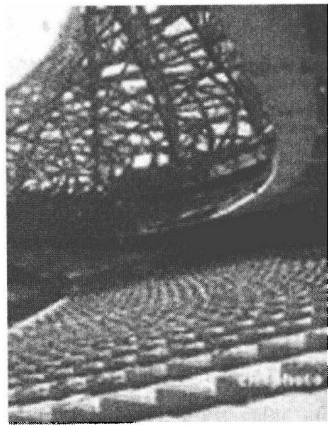


图 1-2 北京奥运会国家体育场“鸟巢”一角

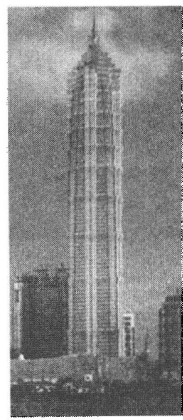


图 1-3 上海金茂大厦

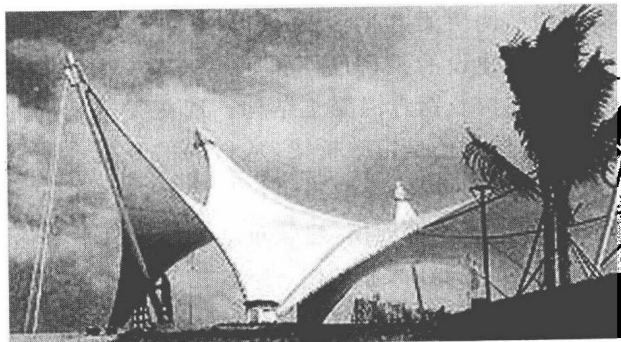


图 1-4 深圳大梅沙海滨浴场

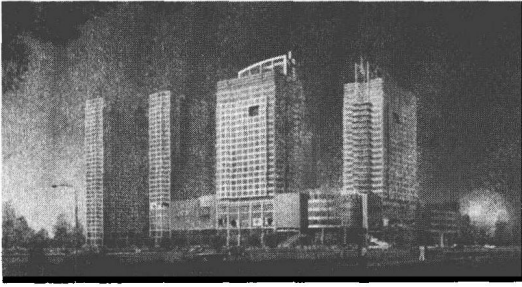


图 1-5 石家庄钢结构住宅

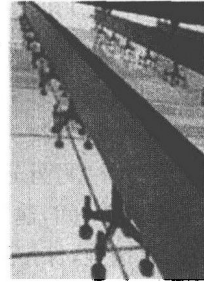


图 1-6 幕墙钢结构

2. 一般工业建筑钢结构

一般工业建筑钢结构主要包括单层厂房(图 1-7)、多层厂房(图 1-8)等,用于重型车间的承重骨架,例如冶金工厂的平炉车间、初轧车间、混凝土炉车间,重型机械厂的铸钢车间、水压机车间、锻压车间,造船厂的船体车间,电厂的锅炉框架,飞机制造厂的装配车间,以及其他工厂跨度较大的车间屋架、吊车梁等。我国鞍钢、武钢、包钢和上海宝钢等几个著名的冶金联合企业的许多车间都采用了不同规模的钢结构厂房,上海重型机器厂、上海江南造船厂中也有高大的钢结构厂房。

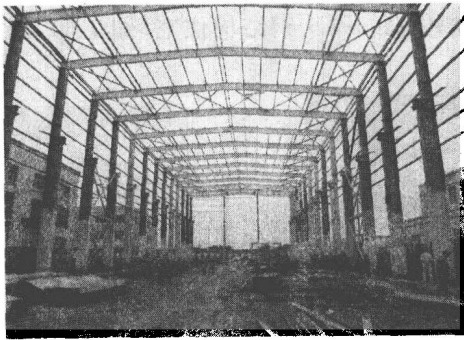


图 1-7 单层厂房钢结构

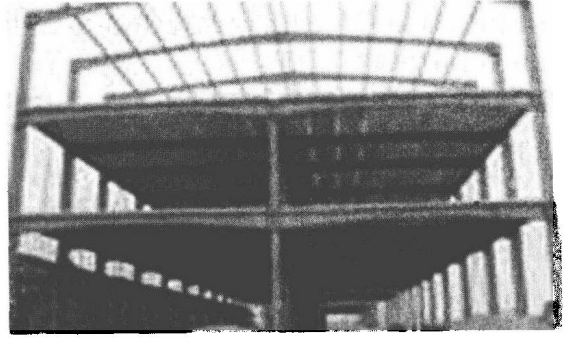


图 1-8 多层厂房钢结构

3. 桥梁钢结构

钢桥建造简便、迅速,易于修复,因此钢结构广泛应用于中等跨度和大跨度桥梁,著名的杭州钱塘江大桥(1934—1937年)(图 1-9)是我国最早的自行设计的钢桥。此后 1957 年建造的武汉长江大桥(图 1-10)、1968 年建造的南京长江大桥(图 1-11)均为钢结构桥梁,其规模和难度都举世闻名,标志着我国钢结构桥梁事业已步入世界先进行列。20 世纪 90 年代以来,我国连续刷新桥梁跨度的纪录,现在建设的钢桥已不再是原来意义上的全钢结构,而是包含了钢-混凝土组合结构、钢管混凝土结构及钢骨混凝土结构。现在我国钢桥的建设正处于迅速发展的阶段,不管是铁路钢桥、公路桥梁还是市政桥梁,从材料的开发应用、科研成果的应用,到设计水平、制造水平、施工技术水平的提高,都取得了长足发展,并与钢桥建设的规模相适应。我国新建和在建的钢桥,其建筑跨度、建筑规模、建筑难度和建筑水平都达到了一个新的高度,如上海卢浦大桥(图 1-12)、南京第二长江大桥(图 1-13)、九江长江大桥(图 1-14)等。国外著名的钢桥有美国的金门大桥(图 1-15)、法国米劳大桥(图 1-16)、日本的明石海峡大桥(图 1-17)、中国苏通大桥(图 1-18)等。



图 1-9 杭州钱塘江大桥



图 1-10 武汉长江大桥

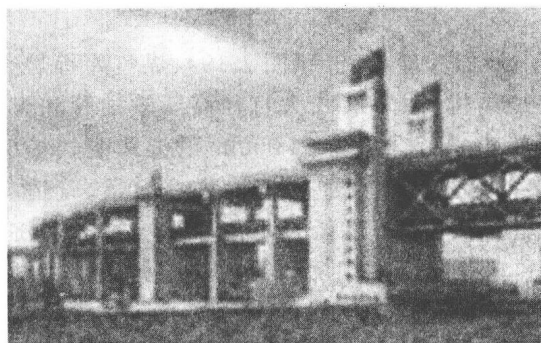


图 1-11 南京长江大桥

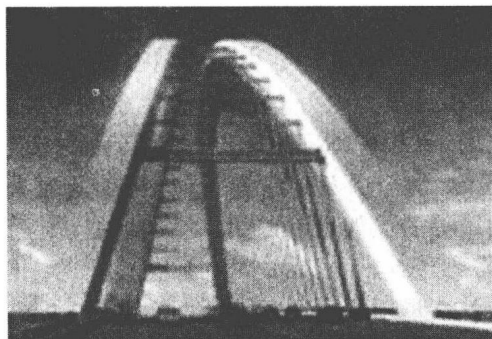


图 1-12 上海卢浦大桥

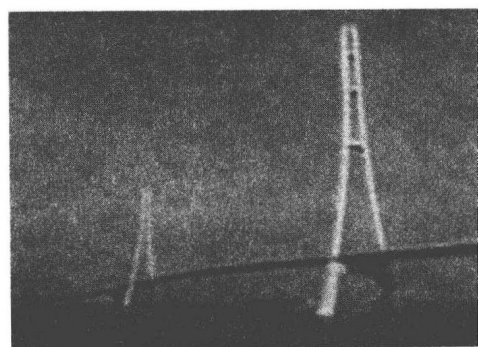


图 1-13 南京第二长江大桥



图 1-14 九江长江大桥



图 1-15 美国金门大桥

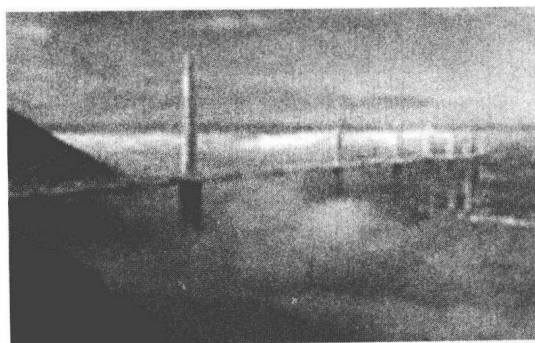


图 1-16 法国米劳大桥



图 1-17 日本明石海峡大桥

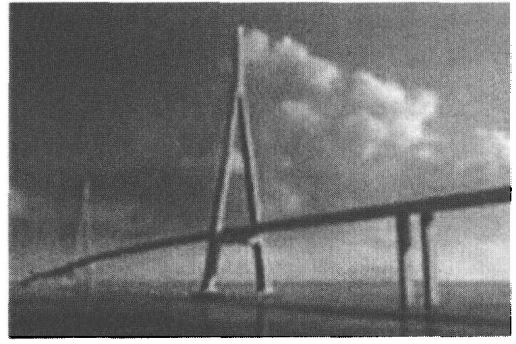


图 1-18 中国苏通大桥

4. 密闭压力容器钢结构

密闭压力容器钢结构主要用于要求密闭的容器,如大型储液库(图 1-19)、煤气库等炉壳,要求能承受很大内力。另外,温度急剧变化的高炉结构(图 1-20)、大直径高压输油管和煤气管道(图 1-21)等均采用钢结构。上海在 1958 年就建成了容积为 $54\,000\text{m}^3$ 的湿式贮气柜(图 1-22)。上海金山及吴淞等石油、化工基地有众多的容器结构(图 1-23)。一些容器、管道、锅炉、油罐等的支架也都采用钢结构。锅炉行业近几年来得到了迅猛的发展,特别是由于经济发展的需要,发电厂的锅炉都向着大型化的方向发展。发电厂主厂房和锅炉钢结构用钢量增加很快,其大量采用中厚板、热轧 H 型钢,主要是 Q235 和 Q345 钢。



图 1-19 钢结构储库

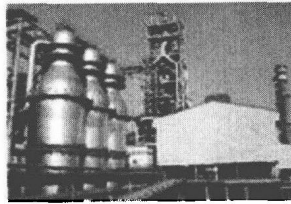


图 1-20 高炉结构

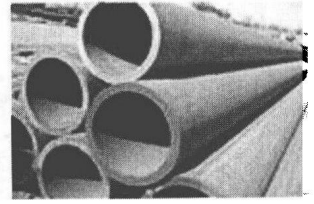


图 1-21 大直径钢管

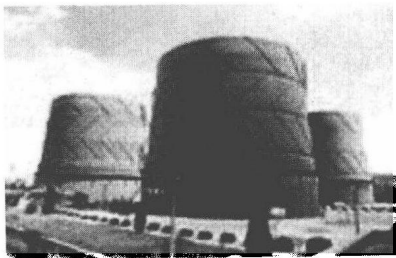


图 1-22 上海湿式贮气柜

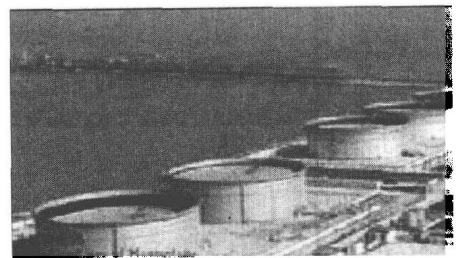


图 1-23 容器结构

5. 塔桅钢结构

塔桅钢结构是指高度较大的无线电桅杆(图 1-24)、微波塔(图 1-25)、广播和电视发射塔架(图 1-26)、高压输电线路塔架(图 1-27)、化工排气塔(图 1-28)、石油钻井架(图 1-29)、大气监测塔(图 1-30)、火箭发射塔(图 1-31)等。



图 1-24 无线电桅杆

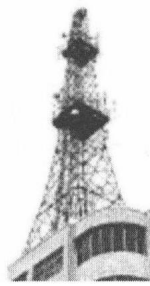


图 1-25 微波塔

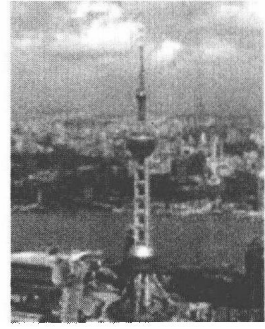


图 1-26 广播和电视发射塔架

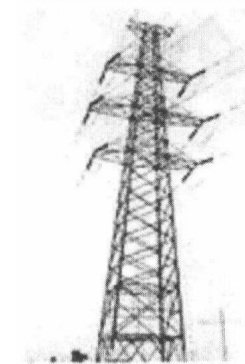


图 1-27 高压输电线路塔架

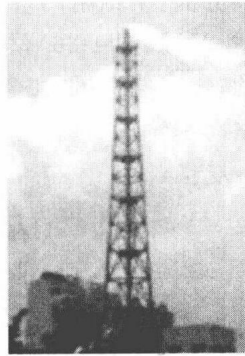


图 1-28 化工排气塔

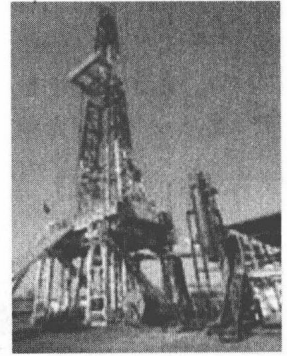


图 1-29 石油钻井架



图 1-30 大气监测塔

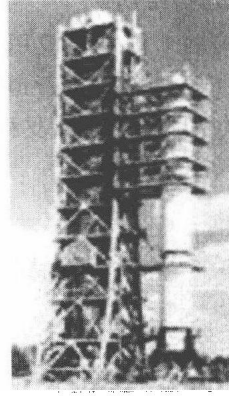


图 1-31 火箭发射塔

6. 船舶海洋钢结构

人类在开发和利用海洋活动中,形成了海洋产业,发展了种类繁多的海洋工程结构物。人们一般将江、河、湖、海中的结构物统称为海洋钢结构(图 1-32),海洋钢结构主要用于资源勘测、采油作业、海上施工、海上运输、海上潜水作业、生活服务、海上抢险救助以及海洋调查等。

船舶海洋钢结构基本上可分为舰船和海洋工程装置两类。近些年,我国研制了高技术、高附加值的大型与超大型新型船舶以及具有先进技术的战斗舰船、潜艇(图 1-33、图 1-34)和具有高风险、高投入、高回报、高科技、高附加值的海洋工程装置等。