

# 钢结构原理

## PRINCIPLE OF STEEL STRUCTURE

( 第二版 )

主编 陈志华

普通高等院校土木专业“十一五”规划精品教材

Civil Professional Textbooks for the 11th Five-Year Plan

主审 刘锡良

普通高等院校土木专业“十一五”规划精品教材

# 钢 结 构 原 理

Principle of Steel Structure

(第二版)

## 丛书审定委员会

王思敬 彭少民 石永久 白国良 李 杰  
姜忻良 吴瑞麟 张智慧

## 本书顾问委员会

刘锡良 李国强 石永久 柴 昶 张耀春  
陈敦宜 尹德钰 严 慧 陆赐麟 王仕统  
侯兆欣 周绪红 范 重 郝际平

本书主审 刘锡良

本书主编 陈志华

本书副主编 赵占彪 王 林

## 本书编写委员会

陈志华 陈树华 雷宏刚 赵占彪 贾玉琢  
赵 欣 王 林 白正仙 张春玉 颜庆智  
刘斌云 潘卫国 卢瑞华 李 昊 闫亚杰  
唐柏鉴 李曰兵

华中科技大学出版社

(中国·武汉)

**图书在版编目(CIP)数据**

钢结构原理(第二版)/陈志华 主编.

—武汉:华中科技大学出版社,2009年8月

ISBN 978-7-5609-4052-6

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 081268 号

**钢结构原理(第二版)**

**陈志华 主编**

责任编辑:蒋玉霞

封面设计:张璐

责任校对:彭娜

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉) 武昌喻家山 邮编:430074

电话:(022)60266190,(022)60266199(兼传真)

网址:www.hustpas.com

录 排:河北香泉技术开发有限公司

印 刷:河北昌黎第一印刷厂

开本:850 mm×1065 mm 1/16 印张:20.75

字数:441 000

版次:2009年8月第2版

印次:2009年8月第2次印刷

定价:38.00元

ISBN 978 7 5609 4052-6/TU·153

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

## 内 容 提 要

本书讲述了钢结构的特性、基本理论和计算方法等基础知识。书中给出了钢结构的定义、按照应用领域和结构特点的分类,以及钢结构的设计思想和方法等内容。

本书共分 9 章:钢结构概论,钢结构的材料,钢结构的连接,轴心受力构件,受弯构件,拉弯和压弯构件,钢结构脆性断裂与疲劳,制作、安装与防护及钢结构的法规性文件等。

本书是高等院校土木工程专业的本科教材,也可以供土建、道桥、水利、港口、地下和建筑等专业人员参考使用。

普通高等院校土木专业“十一五”规划精品教材

## 总 序

教育可理解为教书与育人。所谓教书,不外乎是教给学生科学知识、技术方法和运作技能等,教学生以安身之本。所谓育人,则要教给学生做人的道理,提升学生的人文素质和科学精神,教学生以立命之本。我们教育工作者应该从中华民族振兴的历史使命出发,来从事教书与育人工作。作为教育本源之一的教材,必然要承担教书和育人的双重责任,体现两者的高度结合。

中国经济建设高速持续发展,国家对各类建筑人才需求日增,对高校土建类高素质人才培养提出了新的要求,从而对土建类教材建设也提出了新的要求。这套教材正是为了适应当今时代对高层次建设人才培养的需求而编写的。

一部好的教材应该把人文素质和科学精神的培养放在重要位置。教材中不仅要内容上体现人文素质教育 and 科学精神教育,而且还要从科学严谨性、法规权威性、工程技术创新性来启发和促进学生科学世界观的形成。简而言之,这套教材有以下特点。

第一,从指导思想来讲,这套教材注意到“六个面向”,即面向社会需求、面向建筑实践、面向人才市场、面向教学改革、面向学生现状、面向新兴技术。

第二,教材编写体系有所创新。结合具有土建类学科特色的教学理论、教学方法和教学模式,这套教材进行了许多新的教学方式的探索,如引入案例式教学、研讨式教学等。

第三,这套教材适应现在教学改革发展的要求,提倡所谓“宽口径、少学时”的人才培养模式。在教学体系、教材编写内容和数量等方面也做了相应改变,而且教学起点也可随着学生水平做相应调整。同时,在这套教材编写中,特别重视人才的能力培养和基本技能培养,适应土建专业特别强调实践性的要求。

我们希望这套教材能有助于培养适应社会发展需要的、素质全面的新型工程建设人才,为教师和学生,以及专业人士所喜爱。我们也相信这套教材能达到这个目标!

中国工程院院士 王思敬

2006年6月于北京

# 前 言

中国的钢结构研究正处于迅猛发展的时期。

钢结构是一种“绿色”的工程结构。因为钢结构可以移动重建、拆卸重建,且钢材可以回收利用,所以不会造成大量的建筑垃圾,是环境友好型的结构,因此钢结构的推广应用也符合可持续发展的理念。

一方面,我国的钢产量已经连续多年位居世界第一,2006年钢产量达到4亿吨,最近的世界钢产量主统计表中仅留有两栏:中国钢产量和全球钢产量(除中国外)。另一方面,我国钢材的科技附加值不高,国民经济的其他行业应用和出口等较少。因此,我国大量的钢材适合(也需要)在工程结构,特别是建筑工程上应用。

国家的政策也在大力支持钢结构的发展,从原来的“节约用钢”“合理用钢”发展到“积极用钢”。包括新编和修编的标准在内,钢结构领域的规程和规范已达到50多项。

钢结构的“绿色”特性、钢产量的基础和政策、技术的支持等使钢结构进入了蓬勃发展的时代。钢结构的新材料(如Q460钢)、新技术(如高层和大跨度钢结构技术)和新工艺等日新月异,因此按照新规范和钢结构发展现状,编写浅显易懂的新教材非常必要。

本书讲述了钢结构的特性、基本理论和计算方法等基础知识,书中给出了钢结构的定义、按照应用领域和结构特点的分类,以及钢结构设计思想和方法等内容。全书由正文、附录和参考文献等组成。

正文分为9章,包括:钢结构概论,钢结构的材料,钢结构的连接,轴心受力构件,受弯构件,拉弯和压弯构件,钢结构脆性断裂与疲劳,制作、安装与防护及钢结构的法规性文件。附录中列出了钢结构常用的设计值。

本书可作为高等院校土木工程专业的教材,也可以供土建、道桥、水利、港口、地下和建筑等专业人员参考使用。

本书的分工如下:第1章由陈志华编写,第2章由刘斌云编写,第3章由赵占彪编写,第4章、第6章由潘卫国编写,第5章由卢瑞华编写,第7章、第8章由王林编写,第9章由白正仙编写。全书由陈志华统稿。

本书的编写得到了多位钢结构专家的指导和帮助,特别感谢刘锡良教授为本书的编写提供了很好的建议,花费心血审阅了全书。硕士生毋英俊、杨会杰、李晓宇参加了书稿的整理和文字编辑工作,唐柏鉴参加了第7章和第8章的编写工作。

由于水平所限,对书中的不足之处,敬请批评指正。

陈志华

2007年3月

## 再版前言

本书第一版是在钢结构迅猛发展的背景下面世的,自 2007 年出版以来,就受到广大读者的欢迎。近两年,随着我国钢产量进一步增加,2007 年达到 4.89 亿吨后,2008 年更是超过 5 亿吨,钢结构建筑产业得到进一步发展,对钢结构原理教材有了更多的需求;同时,我们收到不少读者和教师的来信,他们在肯定本书的同时,也提出了一些宝贵的意见和建议。基于上述原因,结合钢结构产业发展的最新成果,编者对第一版部分内容进行了修订。我们相信,经过此次修订,本书能使读者更好地掌握钢结构的基本原理与基础知识。

本次修订要特别感谢赵建波结合教学实践提出的宝贵意见。博士生毋英俊、硕士生魏协进、李谦、张倩参与了本次修订工作。同时,也一并感谢给我们提出宝贵意见和建议的师生和读者。

由于水平有限,不当之处在所难免,敬请批评指正。

陈志华

2009 年 6 月

# 目 录

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 第 1 章 钢结构概论 .....            | (1)   |
| 1.1 钢结构的定义和特点 .....          | (1)   |
| 1.2 钢结构的分类和应用 .....          | (3)   |
| 1.3 钢结构的设计思想、设计方法和发展方向 ..... | (17)  |
| 【本章要点】 .....                 | (28)  |
| 【习题】 .....                   | (29)  |
| 第 2 章 钢结构的材料 .....           | (30)  |
| 2.1 钢结构对材料的要求 .....          | (30)  |
| 2.2 钢材的破坏形式 .....            | (30)  |
| 2.3 钢材的主要性能 .....            | (31)  |
| 2.4 各种因素对钢材主要性能的影响 .....     | (35)  |
| 2.5 复杂应力作用下钢材的屈服条件 .....     | (39)  |
| 2.6 钢材的种类和规格 .....           | (40)  |
| 2.7 钢结构材料知识要点 .....          | (46)  |
| 【本章要点】 .....                 | (47)  |
| 【习题】 .....                   | (47)  |
| 第 3 章 钢结构的连接 .....           | (49)  |
| 3.1 钢结构的连接方法 .....           | (49)  |
| 3.2 焊接方法和焊缝连接形式 .....        | (51)  |
| 3.3 角焊缝的构造与计算 .....          | (56)  |
| 3.4 对接焊缝的构造与计算 .....         | (73)  |
| 3.5 螺栓连接 .....               | (78)  |
| 3.6 普通螺栓连接的工作性能和计算 .....     | (80)  |
| 3.7 高强度螺栓连接的工作性能和计算 .....    | (93)  |
| 【本章要点】 .....                 | (104) |
| 【习题】 .....                   | (104) |
| 第 4 章 轴心受力构件 .....           | (107) |
| 4.1 概述 .....                 | (107) |
| 4.2 轴心受力构件的强度和刚度 .....       | (108) |
| 4.3 轴心受压构件的整体稳定 .....        | (109) |
| 4.4 实腹式轴心受压构件的局部稳定 .....     | (120) |

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| 4.5 实腹式轴心受压构件的设计 .....   | (123) |
| 4.6 格构式轴心受压构件的截面设计 ..... | (129) |
| 【本章要点】 .....             | (142) |
| 【习题】 .....               | (143) |
| 第5章 受弯构件 .....           | (145) |
| 5.1 受弯构件的类型和应用 .....     | (145) |
| 5.2 钢梁的强度和刚度 .....       | (146) |
| 5.3 梁的扭转 .....           | (152) |
| 5.4 梁的整体稳定 .....         | (156) |
| 5.5 梁的局部稳定和加劲肋的设计 .....  | (165) |
| 5.6 考虑腹板屈曲后强度的设计 .....   | (179) |
| 5.7 型钢梁截面设计 .....        | (183) |
| 5.8 组合梁截面设计 .....        | (185) |
| 5.9 梁的拼接连接 .....         | (196) |
| 【本章要点】 .....             | (199) |
| 【习题】 .....               | (200) |
| 第6章 拉弯和压弯构件 .....        | (202) |
| 6.1 拉弯和压弯构件的特点 .....     | (202) |
| 6.2 拉弯和压弯构件的强度 .....     | (203) |
| 6.3 压弯构件的稳定 .....        | (205) |
| 6.4 压弯构件(框架柱)的设计 .....   | (211) |
| 6.5 框架柱的柱头和柱脚 .....      | (219) |
| 【本章要点】 .....             | (226) |
| 【习题】 .....               | (226) |
| 第7章 钢结构脆性断裂及疲劳 .....     | (230) |
| 7.1 钢结构脆性断裂及防止 .....     | (230) |
| 7.2 钢结构的疲劳破坏 .....       | (235) |
| 7.3 钢结构抗疲劳设计 .....       | (237) |
| 【本章要点】 .....             | (245) |
| 【习题】 .....               | (245) |
| 第8章 制作、安装与防护 .....       | (246) |
| 8.1 钢结构制作 .....          | (246) |
| 8.2 钢结构安装 .....          | (251) |
| 8.3 钢结构防火 .....          | (254) |
| 8.4 钢结构防腐 .....          | (256) |
| 【本章要点】 .....             | (264) |

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 【习题】 .....             | (265) |
| 第 9 章 钢结构的法规性文件 .....  | (266) |
| 9.1 钢结构规范体系 .....      | (266) |
| 9.2 钢结构主要规范、规程简介 ..... | (269) |
| 【本章要点】 .....           | (280) |
| 【习题】 .....             | (280) |
| 附录 A 有关设计值 .....       | (281) |
| A1 结构或构件的变形容许值 .....   | (281) |
| A2 梁的整体稳定系数 .....      | (282) |
| A3 钢材和连接强度设计值 .....    | (286) |
| A4 轴心受压构件的稳定系数 .....   | (289) |
| A5 型钢表 .....           | (293) |
| A6 柱的计算长度系数 .....      | (305) |
| A7 螺栓和锚栓规格 .....       | (307) |
| A8 截面塑性发展系数 .....      | (308) |
| 附录 B 图表索引 .....        | (309) |
| 附录 C 部分习题答案 .....      | (319) |
| 参考文献 .....             | (321) |

# 第 1 章 钢结构概论

## 1.1 钢结构的定义和特点

1996 年我国全年钢产量已超过 1 亿吨,跃居世界第一。之后连续十年保持了世界产量第一的地位,从 2001 年的 15 163 万吨、2002 年的 18 237 万吨、2003 年的 22 234 万吨、2004 年的 28 282 万吨、2005 年的 32 350 万吨,到 2006 年达到 4 亿吨,成为世界钢产量大国。近些年来,我国的固定资产投资力度日益增加,内需不断扩大,国家重大工程相继开工,如西气东送、西电东输、南水北调、青藏铁路、京沪高速公路、2008 年北京奥运会场馆、2010 年上海世博会园区等重大工程建设,还有西部大开发,振兴东北老工业基地,亚运会、全运会场馆、省市场馆及大批工业企业的更新改造等。同时农业钢结构市场有待开发,其发展潜力和空间也很大,钢结构行业面临着良好的发展机遇。可以说我国正在向钢结构强国迈进。

### 1.1.1 钢结构的定义

钢结构是把钢板、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。

由于钢材可以回收冶炼而重复利用,所以钢结构是一种节能环保并能循环使用的建筑结构,符合经济持续健康发展的要求。除了在高层建筑、大型厂房、大跨度空间结构、轻钢结构、住宅建筑中大量采用钢结构外,其他行业中也大量采用钢结构,如公路和铁路桥梁、火电主厂房和锅炉钢架、输变电铁塔、广播电视通讯塔、石油海洋平台、核电站、风力发电、水利建设、地下基础钢板桩等。城市建设中也需要大量钢结构,如地铁、城市轻便铁路、立交桥、环保建筑、公共设施、临时建筑等。另外钢结构还广泛用于超市货架、脚手架、广场小品及雕塑、临时展厅等小型轻型结构中。

### 1.1.2 钢结构的特点

钢结构在工程中得到广泛应用和发展,是由于钢结构除了是绿色材料之外,与其他结构相比还有下列特点。

#### 1) 钢材材料强度高

钢的容重虽然较大,但强度很高,与其他建筑材料相比,钢材的容重与屈服点的比值最小。在相同的荷载和约束条件下,若结构采用钢材构建时,结构的自重通常较

小。一般而言,当跨度和荷载相同时,钢屋架的重量只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,也适用于可移动、有装拆要求的结构。

### 2) 钢材的塑性好、韧度高

钢材质地均匀,有良好的塑性和较好的韧度。由于钢材的塑性好,钢结构在一般情况下不会因偶然超载或局部超载而突然断裂;钢材的韧度高,则使钢结构对动荷载的适应性较强。钢材的这些性能为钢结构的安全性和可靠性提供了充分的保证。

### 3) 钢材更接近于匀质等向体,计算可靠

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,钢材处于理想弹性工作状态,弹性模量高达 206 GPa,因而变形很小。这项性能和力学计算中的假定前提符合程度很高,所以钢结构的实际受力情况和力学计算结果最相符合。因此,钢结构设计计算准确、可靠性较高,适用于有特殊重要意义的建筑物。

### 4) 建筑用钢材焊接性良好

由于建筑用钢材的焊接性好,使钢结构的连接大为简化,可满足制造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,而且还产生较高的焊接残余应力,使结构中的应力状态复杂化。

### 5) 钢结构制造简便、施工方便,具有良好的装配性

钢结构由各种型材组成,都采用机械加工,在专业化的金属结构厂制造,制作简便,成品的精确度高。制成的构件可运到现场拼装,采用螺栓连接。因结构较轻,故施工方便,建成的钢结构也易于拆卸、加固或改建。

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最高,能批量生产,制造精确度高。采用工厂制造、工地安装的施工方法,可缩短周期、降低造价、提高经济效益。

### 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) 钢材易于锈蚀,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锈蚀,必须涂敷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以刮除并且有少量点蚀的钢材表面,D 级为氧化皮已经因腐蚀而全面剥离并且已经普遍发生点蚀

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、涂料的选择等。钢结构表面的特点是:经常会被油污、水分、灰尘覆盖,存在高温轧制或热加工过程中产生的黑色氧化皮,存在钢铁在自然环境下产生的红色铁锈。

我国已研制出一些高效能的防护漆,其防锈效能和镀锌相同,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,为钢结构的防锈提供了新方法。

#### 8) 钢结构的耐热性好,但防火性差

众所周知,钢材耐热而不防火,随着温度的升高,强度就降低。温度在  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$  以内时,钢的性质变化很小;温度达到  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  以后,强度逐渐下降;达到  $450\sim 650\text{ }^{\circ}\text{C}$  时,强度为零。因此,钢结构的防火性较钢筋混凝土差。当周围环境存在辐射热,温度在  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  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,当温度达到  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  以上时,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,当涂层厚达  $15\text{ mm}$  时,可使钢结构耐火极限达  $1.5\text{ h}$  以上,通过增减涂层厚度,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的进步,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,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“十五”期间,建筑钢结构发展已取得巨大成绩,“十一五”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,促使钢结构整体的持续发展。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,大跨度建筑积极采用空间网格结构、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。

建筑钢结构与混凝土、木结构等相比,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(见图 1-1)、大跨度空间钢结构(见图 1-2)、钢-混凝土组合结构(见图 1-3)、索膜钢结构(见图 1-4)、钢结构住宅(见图 1-5)、幕墙钢结构(见图 1-6)等。

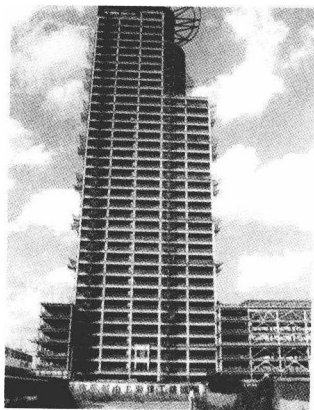


图 1-1 高层钢结构  
(上海期货大厦)

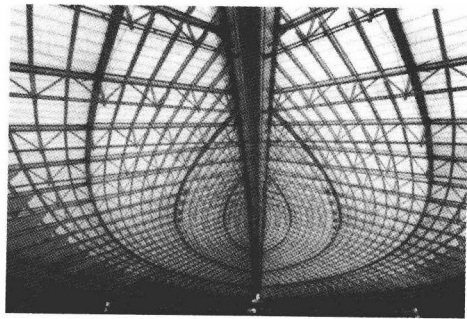


图 1-2 大跨度空间钢结构  
(广州新体育馆)

## 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、双层厂房、多层厂房等,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各种规模的钢结构厂房,上海重型机器厂、上海江南造船厂中也都有高大的钢结构厂房。几个典型的工业钢结构

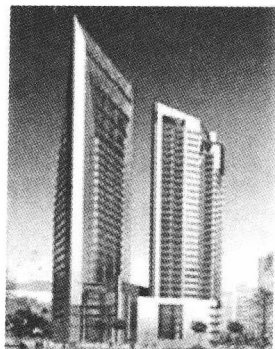


图 1-3 钢-混凝土组合结构

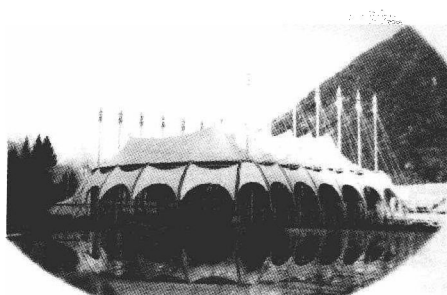


图 1-4 索膜钢结构

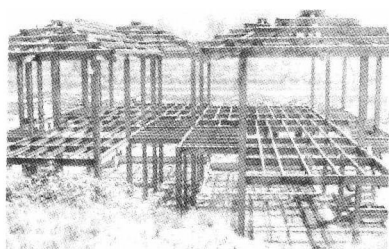


图 1-5 钢结构住宅

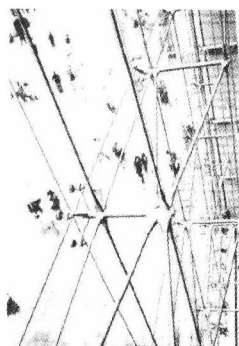


图 1-6 幕墙钢结构

厂房见图 1-7~图 1-10。

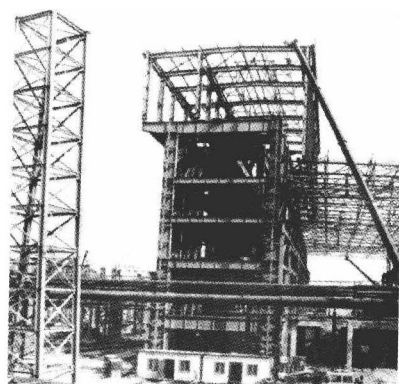


图 1-7 某炼钢厂 50 t 转炉工程

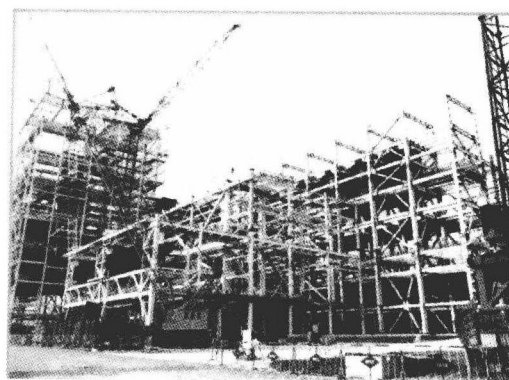


图 1-8 某 600 MW 电站锅炉钢架

### 3) 桥梁钢结构

钢桥建造简便、迅速,易于修复,因此钢结构广泛用于中等跨度和大跨度桥梁,著

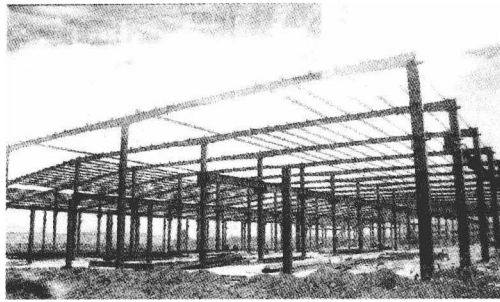


图 1-9 某异地 GMP 改造项目

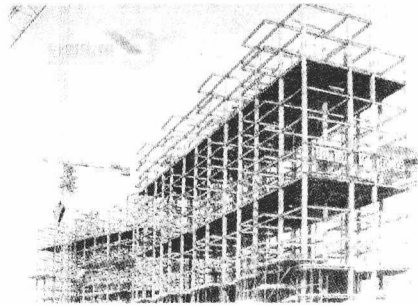


图 1-10 某多层厂房

名的杭州钱塘江大桥(1934—1937 年)是我国最早的自行设计的钢桥。此后的武汉长江大桥(1957 年)、南京长江大桥(1968 年)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、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一个迅速发展的阶段,不管是铁路桥梁、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(见图 1-11)、南京第二长江大桥(见图 1-12)、九江长江大桥、芜湖长江大桥等。国外著名的钢桥有美国的金门大桥(见图 1-13)、法国米劳大桥(见图 1-14)、日本的明石海峡大桥和 2007 年 6 月 18 日合拢的苏通大桥(斜拉桥,跨度 1088 m,世界第一)等。

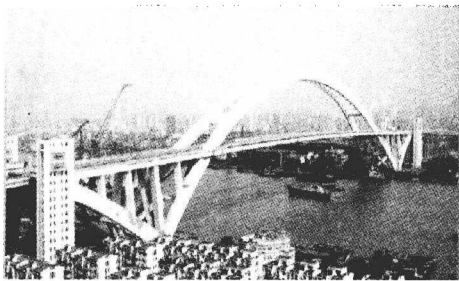


图 1-11 上海卢浦大桥

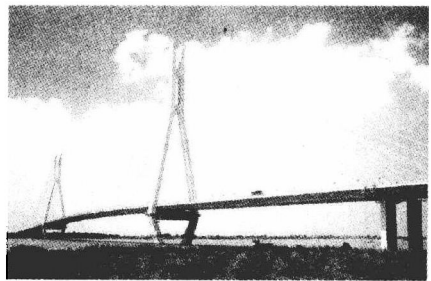


图 1-12 南京第二长江大桥

#### 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、煤气库等壳体,要求能承受很大内力,另外温度急剧变化的高炉结构、大直径高压输油管和煤气管道等均采用钢结构。上海在 1958 年就建成了容积为 54 000 m<sup>3</sup> 的湿式贮气柜。上海



图 1-13 美国金门大桥

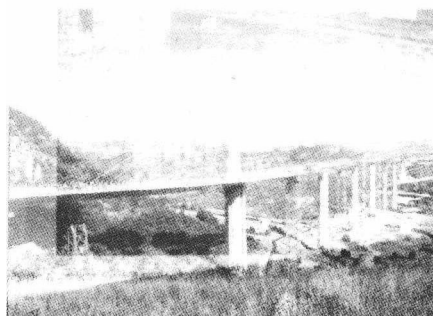


图 1-14 法国米劳大桥

金山及吴泾等石油、化工基地有众多的容器结构。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。一些工程实例见图 1-15~图 1-18。

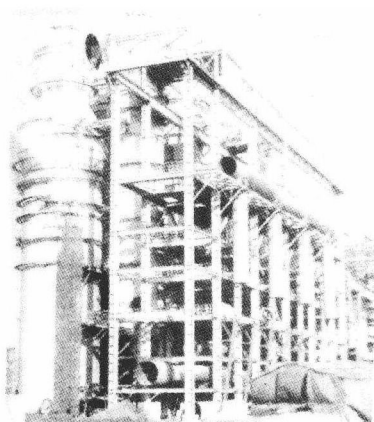


图 1-15 马钢新区高炉

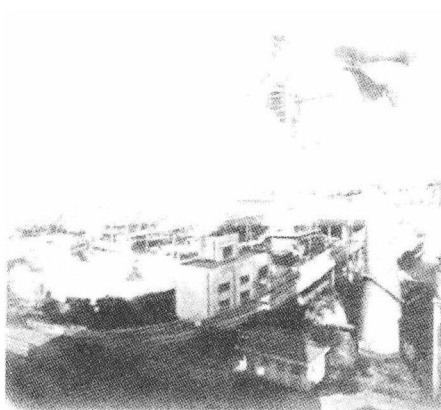


图 1-16 宝钢高炉

### 5) 塔桅钢结构

塔桅钢结构是指高度较大的无线电桅杆、微波塔、广播和电视发射塔架、高压输电线路塔架、化工排气塔、石油钻井架、大气监测塔、旅游瞭望塔、火箭发射塔等(见图 1-19、图 1-20)。我国在 20 世纪 60—70 年代建成的大型塔桅结构有:高 200 m 的广州电视塔、高 210 m 的上海电视塔、高 194 m 的南京跨越长江输电线路塔、高 325 m 的北京环境气象桅杆、1990 年落成的高 212 m 的汕头电视塔、高 260 m 的大庆电视