



教育部高职高专规划教材

# 钢 结 构

胡义红 洪淮舒 主编



化学工业出版社  
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

# 钢 结 构

胡义红 洪淮舒 主编



化学工业出版社  
教材出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

**图书在版编目(CIP)数据**

钢结构/胡义红,洪淮舒主编. —北京:化学工业出版社, 2005.5

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-7170-1

I. 钢… II. ①胡…②洪… III. 钢结构 IV. TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 054061 号

---

教育部高职高专规划教材

**钢 结 构**

胡义红 洪淮舒 主编

责任编辑:王文峡

文字编辑:闫敏

责任校对:凌亚男

封面设计:于兵

\*

化学工业出版社 出版发行  
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

购书咨询:(010) 64982530

(010) 64918013

购书传真:(010) 64982630

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

\*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 15 1/4 字数 381 千字

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7170-1

定 价: 25.00 元

---

**版权所有 违者必究**

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

# 教育部高职高专土建类专业教材 编审委员会

## 主任委员

吴大炜

## 副主任委员

张保善 苏 炜 于宗保

## 委 员

(按姓氏汉语拼音排序)

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 蔡丽朋 | 程绪楷 | 代学玲 | 戈海玉 |
| 何世玲 | 洪淮舒 | 胡义红 | 蒋红焰 |
| 李九宏 | 吕宣照 | 毛喜芳 | 苏 炜 |
| 孙海粟 | 孙加保 | 汪 绯 | 汪 菁 |
| 王付全 | 吴大炜 | 于宗保 | 张保善 |
| 张兴昌 | 钟华来 | 周建邦 |     |

## 出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

# 前

# 言

钢结构是一门综合性很强的专业课。它涉及工程力学、材料学、机械学、结构设计理论、结构体系和结构构件设计以及结构制造和工程施工等。内容处理不好就显得杂乱无章。所以,首先必须理顺章节次序,使之成为一本有系统的、理论与实践并重的课程教材。本教材的主要内容包括材料、连接(包括构件的连接)、基本构件(轴心受力构件、受弯构件、拉弯构件、压弯构件)和结构设计等部分。前面几部分内容是“钢结构”的基础,而结构设计部分则是它们的综合应用。

本教材主要面对高职高专的学生,也可供同类专业大专学生选用;还可供土建类设计、制造、施工、管理和研究等方面的工程技术人员参考。

由于高职高专的学生着重实践技能的培养,根据培养目标的需要,本教材的编写注重理论与实践相结合。对所介绍公式的来源与推导不作过多的叙述,着重介绍各理论公式的意义与应用以及如何利用公式解决实际问题。

有关钢材的国家标准及钢结构设计规范不断更新,本教材的编写原则是根据国家现行标准《钢结构设计规范》GB 50017—2003、《建筑结构荷载规范》GB 5009—2001、《钢结构工程质量验收规范》GB 50205—2001。

本书在适当章节以对比形式对国外情况做了一些介绍。书中附以必要的例题和习题。最后附上钢结构课程课时分配表,供读者参考。

本书由安徽理工大学胡义红编写第一章和第三章,毛喜芳编写第五章和第七章,洪淮舒编写第四章,皖西学院戈海玉、安徽省淮南市开元置业有限公司钟华来编写第二章、第六章和第八章。全书由胡义红、洪淮舒主编定稿。

对在编写过程中提供资料、信息的人员以及本书引用和参考过的文献作者们在此一并致谢。

由于时间仓促和编者水平有限,书中难免出现缺点和错误,请读者批评指正。

编者

2005年3月

## 内 容 提 要

本教材是根据国家现行标准《钢结构设计规范》GB 50017—2003、《建筑结构荷载规范》GB 5009—2001、《钢结构工程质量验收规范》GB 50205—2001 编写的。主要包括以下几方面的内容：钢结构的特点及发展概况，钢结构的材料及其性能，钢结构的设计方法，钢结构的连接，轴心受力构件，受弯构件，偏心受力构件，屋盖结构。本教材的编写注重理论与实践相结合，着重学生实践技能的培养。对教材中所介绍公式的来源与推导不作过多的叙述，着重介绍各理论公式的意义与应用以及如何利用公式解决实际问题。尽量做到图文并茂，条理清晰，深入浅出，便于教学与自学。

本书为高职高专土建类专业教材，还可供土建类设计、制造、施工、管理和研究等方面的工程技术人员参考。

## 目

## 录

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| <b>第一章 绪论</b> .....         | 1  |
| 第一节 钢结构的特点和应用范围 .....       | 1  |
| 一、钢结构的特点 .....              | 1  |
| 二、钢结构的应用范围 .....            | 2  |
| 第二节 钢结构在我国的应用与发展概况 .....    | 2  |
| 第三节 课程的主要内容、特点和学习方法 .....   | 5  |
| 一、课程的主要内容 .....             | 5  |
| 二、课程的特点 .....               | 5  |
| 三、课程的学习方法 .....             | 6  |
| <b>第二章 钢结构的材料及其性能</b> ..... | 7  |
| 第一节 钢结构对所用钢材的要求 .....       | 7  |
| 第二节 钢材的主要性能 .....           | 8  |
| 一、钢材的强度和塑性 .....            | 8  |
| 二、冷弯性能 .....                | 10 |
| 三、冲击韧性 .....                | 10 |
| 四、焊接性 .....                 | 11 |
| 第三节 影响钢材性能的主要因素 .....       | 11 |
| 一、化学成分的影响 .....             | 11 |
| 二、冶炼、浇注、轧制过程及热处理的影响 .....   | 12 |
| 三、钢材冷加工性能 .....             | 13 |
| 四、温度的影响 .....               | 13 |
| 五、应力集中的影响 .....             | 14 |
| 六、重复荷载作用的影响 .....           | 15 |
| 七、复杂应力作用下钢材的屈服条件 .....      | 16 |
| 第四节 钢的种类和钢材规格 .....         | 16 |
| 一、钢的种类 .....                | 16 |
| 二、钢材的选择 .....               | 17 |
| 三、钢材的规格 .....               | 18 |
| <b>第三章 钢结构的设计方法</b> .....   | 20 |
| 第一节 概述 .....                | 20 |
| 一、结构的功能要求 .....             | 20 |
| 二、结构的可靠性和可靠度 .....          | 20 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 三、钢结构的两种设计方法 .....                | 21 |
| 第二节 概率极限状态设计法 .....               | 21 |
| 一、结构功能的极限状态 .....                 | 21 |
| 二、失效概率 $P_f$ 和可靠度指标 $\beta$ ..... | 22 |
| 三、分项系数概率极限状态设计表达式 .....           | 24 |
| 第三节 钢材的疲劳 .....                   | 24 |
| 一、影响钢材疲劳强度的主要因素 .....             | 25 |
| 二、疲劳计算 .....                      | 28 |
| 第四节 钢结构的设计指标 .....                | 30 |
| 一、钢结构上的作用 .....                   | 30 |
| 二、材料强度 .....                      | 31 |
| <b>第四章 钢结构的连接</b> .....           | 35 |
| 第一节 钢结构的连接方法和特点 .....             | 35 |
| 一、焊缝连接 .....                      | 35 |
| 二、螺栓连接 .....                      | 39 |
| 三、铆钉连接 .....                      | 40 |
| 第二节 对接焊缝的构造和计算 .....              | 40 |
| 一、对接焊缝的构造 .....                   | 40 |
| 二、对接焊缝的计算 .....                   | 41 |
| 第三节 角焊缝的构造和计算 .....               | 43 |
| 一、角焊缝的构造 .....                    | 43 |
| 二、角焊缝的计算 .....                    | 45 |
| 第四节 焊接应力和焊接变形 .....               | 54 |
| 一、焊接残余应力、焊接残余变形的成因和种类 .....       | 54 |
| 二、焊接残余应力和焊接残余变形对结构的影响 .....       | 55 |
| 三、减小焊接残余应力和焊接残余变形的的方法 .....       | 56 |
| 第五节 普通螺栓连接 .....                  | 57 |
| 一、普通螺栓的排列和构造 .....                | 57 |
| 二、普通螺栓连接的受力性能和计算 .....            | 58 |
| 第六节 高强度螺栓连接 .....                 | 67 |
| 一、高强度螺栓连接的性能等级、材料和使用配合 .....      | 67 |
| 二、高强度螺栓的预拉力和紧固方法 .....            | 67 |
| 三、高强度螺栓连接的强度计算 .....              | 68 |
| <b>第五章 轴心受力构件</b> .....           | 77 |
| 第一节 概述 .....                      | 77 |
| 第二节 轴心受力构件的强度及刚度 .....            | 78 |
| 一、轴心受力构件的强度 .....                 | 78 |
| 二、轴心受力构件的刚度 .....                 | 79 |
| 第三节 实腹式轴心受压构件设计 .....             | 80 |
| 一、确定轴心受压构件的整体稳定承载力的方法 .....       | 80 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 二、理想轴心受压构件的受力性能 .....            | 81  |
| 三、实际轴心受压构件的计算方法 .....            | 84  |
| 四、实腹式轴心受压构件的局部稳定 .....           | 89  |
| 五、实腹式轴心受压构件的截面设计 .....           | 91  |
| 第四节 格构式轴心受压构件设计 .....            | 94  |
| 一、格构式轴心受压构件的截面组成形式 .....         | 95  |
| 二、格构式轴心受压构件的整体稳定承载力 .....        | 95  |
| 三、分肢的稳定性 .....                   | 96  |
| 四、缀件（缀条、缀板）的计算 .....             | 97  |
| 五、连接节点和构造规定 .....                | 98  |
| 六、格构式轴心受压构件的截面设计方法 .....         | 99  |
| 第五节 柱头和柱脚 .....                  | 100 |
| 一、柱头 .....                       | 100 |
| 二、柱脚 .....                       | 102 |
| <b>第六章 受弯构件</b> .....            | 109 |
| 第一节 受弯构件的类型和应用 .....             | 109 |
| 第二节 梁的强度 .....                   | 111 |
| 一、梁的抗弯强度 .....                   | 111 |
| 二、梁的抗剪强度 .....                   | 113 |
| 三、梁的局部承压强度 .....                 | 114 |
| 四、梁在复杂应力作用下的强度计算 .....           | 115 |
| 第三节 梁的刚度 .....                   | 117 |
| 第四节 梁的整体稳定 .....                 | 118 |
| 一、梁整体稳定的概念 .....                 | 118 |
| 二、梁整体稳定的保证 .....                 | 119 |
| 三、梁整体稳定的计算方法 .....               | 120 |
| 四、梁的整体稳定系数 $\varphi_b$ 的计算 ..... | 121 |
| 第五节 梁的局部稳定 .....                 | 124 |
| 一、梁的局部稳定的基本概念 .....              | 124 |
| 二、保证梁局部稳定的措施 .....               | 124 |
| 三、加劲肋的构造要求和截面尺寸 .....            | 125 |
| 四、支承加劲肋的计算 .....                 | 126 |
| 五、考虑腹板屈曲后梁强度计算 .....             | 128 |
| 第六节 型钢梁的设计 .....                 | 130 |
| 一、单向弯曲型钢梁 .....                  | 130 |
| 二、双向弯曲型钢梁 .....                  | 131 |
| 第七节 钢板组合梁的截面设计 .....             | 133 |
| 一、截面尺寸的选择 .....                  | 133 |
| 二、截面验算 .....                     | 135 |
| 三、组合梁截面沿长度的改变 .....              | 135 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 四、焊接组合梁翼缘焊缝的计算     | 136 |
| 第八节 梁的拼接、连接和支座     | 137 |
| 一、梁的拼接             | 137 |
| 二、次梁与主梁的连接         | 138 |
| 三、梁的支座             | 140 |
| 第七章 偏心受力构件         | 149 |
| 第一节 概述             | 149 |
| 第二节 偏心受力构件的强度和刚度   | 151 |
| 一、强度               | 151 |
| 二、刚度               | 151 |
| 第三节 压弯构件的整体稳定      | 153 |
| 一、压弯构件在弯矩作用平面内的稳定性 | 153 |
| 二、压弯构件在弯矩作用平面外的稳定性 | 155 |
| 第四节 压弯构件的局部稳定      | 157 |
| 一、腹板的局部稳定          | 157 |
| 二、翼缘的局部稳定          | 158 |
| 第五节 压弯构件及框架柱的计算长度  | 159 |
| 一、框架柱在框架平面内的计算长度   | 159 |
| 二、框架柱在框架平面外的计算长度   | 161 |
| 第六节 实腹式压弯构件的截面设计   | 163 |
| 一、设计原则             | 163 |
| 二、设计方法             | 163 |
| 第七节 柱头和柱脚          | 165 |
| 一、柱头               | 165 |
| 二、柱脚               | 166 |
| 第八章 屋盖结构           | 171 |
| 第一节 屋盖结构的组成和形式     | 171 |
| 一、屋盖结构的组成          | 171 |
| 二、常用的屋架形式          | 172 |
| 三、屋架形式和选择原则        | 174 |
| 第二节 屋盖支撑           | 175 |
| 一、支撑的种类和作用         | 175 |
| 二、支撑的布置            | 176 |
| 三、支撑形式、截面设计        | 179 |
| 第三节 桁架杆件内力的计算      | 180 |
| 一、计算杆件屋架内力时的计算假定   | 180 |
| 二、屋架上的荷载和荷载组合      | 180 |
| 三、节点荷载计算           | 181 |
| 四、屋架杆件的内力计算        | 181 |
| 第四节 杆件截面设计         | 182 |

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| 一、杆件的计算长度和容许长细比                                        | 182 |
| 二、杆件的截面形式及截面选择原则                                       | 184 |
| 三、双角钢杆件的填板                                             | 186 |
| 第五节 屋架的节点设计                                            | 186 |
| 一、节点设计的一般要求                                            | 186 |
| 二、钢桁架的节点设计                                             | 188 |
| 三、T型钢作弦杆的屋架节点                                          | 192 |
| 四、连接节点处板件的计算                                           | 193 |
| 第六节 屋架的施工图绘制                                           | 194 |
| 第七节 普通钢屋架设计实例                                          | 195 |
| 一、设计资料                                                 | 195 |
| 二、屋架形式及几何尺寸                                            | 195 |
| 三、支撑布置                                                 | 195 |
| 四、荷载计算 (标准值)                                           | 196 |
| 五、内力组合及截面选择                                            | 197 |
| 六、屋架节点连接计算                                             | 202 |
| 七、方案比较                                                 | 211 |
| <b>附录</b>                                              | 214 |
| 附表 1 轴心受压构件的稳定系数                                       | 214 |
| 附表 2 柱的计算长度系数                                          | 216 |
| 附表 3 各种截面回转半径的近似值                                      | 217 |
| 附表 4 热轧等边角钢的规格及截面特性 (按 GB/T 9788—1988 计算)              | 218 |
| 附表 5 热轧不等边角钢                                           | 222 |
| 附表 6 热轧普通工字钢的规格及截面特性 (按 GB/T 706—1988 计算)              | 229 |
| 附表 7 热轧普通槽钢的规格及截面特性 (按 GB/T 707—1988 计算)               | 231 |
| 附表 8 热轧 H 型钢和剖分 T 型钢的规格及截面特性<br>(按 GB/T 11263—1998 计算) | 233 |
| 附表 9 锚栓规格                                              | 236 |
| 附表 10 螺栓的有效面积                                          | 236 |
| <b>参考文献</b>                                            | 237 |

# 第一章

## 绪

## 论

### 第一节 钢结构的特点和应用范围

#### 一、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，和其他材料的结构相比，钢结构具有如下特点。

（1）强度高，重量轻——钢材比混凝土、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，普通钢屋架的重量只有钢筋混凝土屋架的  $1/4 \sim 1/3$ ，若采用薄壁型钢屋架，则轻得更多。由于自重小、刚度大，钢结构用于建造大跨度和超高、超重型的建筑物特别适宜。由于重量轻，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。

（2）材质均匀，可靠性高——钢材的内部组织均匀，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，钢结构的计算方法可依据力学原理，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，而是在事先有较大变形作预兆。此外，钢材还具有良好的韧性，能很好地承受动荷载。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，安装方便，施工工期短——钢结构是用各种

型材（工字钢、槽钢、角钢）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。在安装上，由于是装配化作业，故效率高，建造期短。

(5) 拆迁方便——钢结构由于强度高，故适宜于建造重量轻、连接简便的可拆迁结构。

(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、油罐和高压容器。

(7) 耐腐蚀性差——一般钢材在湿度大和有侵蚀性介质的环境中容易锈蚀，因此须采取除锈、刷油漆等防护措施，而且还必须定期维修，故维护费用较高。

(8) 耐火性差——当辐射热温度低于  $100^{\circ}\text{C}$  时，即使长期作用，钢材的主要性能变化很小，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  $250^{\circ}\text{C}$  时，其材质变化较大，当结构表面长期受辐射热达  $150^{\circ}\text{C}$  以上，或在短时间内可能受到火焰作用时，必须采取隔热和防火措施。

## 二、钢结构的应用范围

钢结构的应用范围除必须根据钢结构的特点作出合理选择外，还必须结合我国国情针对具体情况进行综合考虑。目前我国在工业与民用建筑中钢结构的应用，大致有如下几个范围。

(1) 重型厂房结构：设有起重量较大的吊车或吊车运转繁重的车间，如冶金工厂的炼钢车间、轧钢车间，重型机械厂的铸钢车间、水压机车间，造船厂的船体车间等。

(2) 受动力荷载作用的厂房结构：设有较大锻锤或其他动力设备的厂房以及对抗震性能要求较高的结构。

(3) 大跨度建筑的屋盖结构，大跨度桥梁：飞机制造厂的装配车间、飞机库、体育馆、大会堂、剧场、展览馆、公路桥梁、铁路桥梁、公路及铁路两用桥等，宜采用网架、拱架、斜拉桥以及悬索等结构体系。

(4) 多层、高层和超高层建筑：工业或民用建筑中的多层框架和旅馆、饭店、住宅等高层或超高层建筑，宜采用框架结构体系、框架支撑体系、框架剪力墙体系。

(5) 塔桅结构：电视塔、卫星发射塔、环境气象监测塔、无线电天线桅杆、输电线塔、钻井塔等。

(6) 容器、贮罐、管道：大型油库、气罐、煤气柜、煤气管、输油管等，多采用板壳结构。

(7) 可拆卸、装配式房屋：商业、旅游业和建筑工地用活动房屋，多采用轻型钢结构，并用螺栓或扣件连接。

(8) 其他构筑物：高炉、热风炉、锅炉骨架、起重架、起重桅杆、运输通廊、管道支架等。

(9) 在地震地区抗震要求较高的工程结构。

## 第二节 钢结构在我国的应用与发展概况

钢结构的应用在我国已有悠久的历史。据历史记载，远在汉明帝（公元 60 年前后）时，为了和西域通商和进行宗教、文化交流，在我国西南地区交通要道的深山峡谷上即建造了铁

链桥。兰律桥是铁链桥中最早的一座，它约建于公元 58~75 年，比欧洲最早的铁链桥早 70 余年。其后以明代建造的云南阮江桥、清代建造的贵州盘江桥和四川泸定大渡河桥最著名。大渡河桥建于清康熙四十四年（1705 年），全桥由 9 根桥面铁链（上铺木板）和 4 根扶手铁链组成，净长 100m，宽 2.8m，可通行 2 辆马车。铁链锚固在直径 20cm、长 4m 的铸铁锚桩上。

铁塔是我国古代的一种宗教建筑。如现存的建于宋代的湖北荆州玉泉寺 13 层铁塔以及山东济宁铁塔寺铁塔和江苏镇江甘露寺铁塔等，都以其建筑造型和冶金技术的高超水平，表明了我国古代在金属结构方面的卓越成就。

1949 年建国以来，我国的冶金工业和钢结构的设计、制造和安装水平有了很大提高，发展十分迅速。1957 年建成的武汉长江大桥，正桥三联九孔，每孔跨度 128m，全长 1155.5m。1968 年建成的南京长江大桥为铁路公路两用双层桥（如图 1-1 所示），正桥长 1576m，钢梁共十孔，其中有九孔为  $6 \times 160\text{m}$  三跨连续桁架，采用了 16Mnq 低合金钢。同一时期我国还扩建了鞍山钢铁公司。新建了武汉钢铁公司和包头钢铁公司以及其他重工业厂房，如长春第一汽车制造厂、富拉尔基重型机器制造厂、洛阳拖拉机厂等，都大量应用了钢结构。在公用建筑中，有北京的人民大会堂钢屋架（跨度 60.9m、高 7m）、工人体育馆的车辐式悬索屋顶结构（直径 94m）等。所有这些，都标志着我国钢结构迈入到一个新的发展阶段。

20 世纪 70 年代后期至 80 年代，随着我国经济建设形势的好转，钢产量逐年稳步增长，钢结构也得到了广泛应用。在此期间，武汉钢铁公司热轧薄板和冷轧薄板厂先后建成，上海宝山钢铁总厂第一、二期工程先后完工，其钢结构用量都以 10 万吨计。另外还有铁路及公路两用的九江长江大桥（最大跨度 216m）。其他还有石油化工厂、发电厂、造船厂等，都大量应用了钢结构。

20 世纪 90 年代后，随着建筑行业新结构、新材料、新工艺的开拓与应用，我国钢结构更是进入了一个蓬勃发展时期。

在大跨度空间钢结构中，最先让人们了解的是网架工程和桥梁工程，其发展的速度较快，计算也比较成熟，国内有许多专用网架计算和绘图程序，是其迅速发展的重要原因。网壳在我国已在应用，已建成的网壳工程以球面和柱面较多，还有双曲抛物面、双曲扁壳等形式。它比网架又有许多优点，特别是在超大跨度时，悬索及斜拉结构、膜和索膜结构在国内应用也较多，主要用于体育馆、车站等大空间公共建筑中。其他大跨度空间钢结构还包括立体桁架、预应力拱结构、弓式结构、悬吊结构、网格结构、索杆杂交结构、索穹顶结构等，在全国各地均有实例。如上海南浦大桥（中跨跨度 423m）、杨浦大桥（中跨跨度 602m）、广东虎门大桥（单跨跨度 880m）、西陵长江大桥（单跨跨度 900m）、南京长江二桥（南京长江二桥位于现长江大桥下游 11km 处，全长 21.197km，由南、北汊大桥和南岸、八卦洲及北岸引线组成。其中，南汊大桥为钢箱梁斜拉桥，桥长 2938m，其中主跨 628m，北汊大桥为钢筋混凝土预应力连续箱梁桥，桥长 2172m，主跨径  $3 \times 165\text{m}$ ，主跨径在同类桥型中也居国内领先。全桥除南、北引桥、引线外，还有 4 个互通立交，4 座特大桥，6 座大桥）、芜湖长江大桥〔芜湖长江大桥是我国目前规模最大，技术最先进的第一座公路、铁路两用斜拉桥。铁路桥全长 10520.97m，双线 I 级。公路桥全长 5681.20m，4 车道。正桥上部结构采用了 1 联（ $120\text{m} + 2 \times 144\text{m}$ ）+ 2 联（ $2 \times 144\text{m}$ ）+ 1 联（ $180\text{m} + 312\text{m} + 180\text{m}$ ）+ 1 联（ $2 \times 120\text{m}$ ）连续钢桁混凝土板结合梁式。全桥混凝土数量达 55 万立方米，钢材 11 万余吨，其中正桥钢

梁 43744t]、江阴长江大桥（江阴长江大桥位于江苏省江阴市西山与靖江市十圩村之间。大桥全线建设总里程为 5.176km。大桥全长 3071m，悬索桥跨径布置为 369m+1385m+309m，索塔高 197m，两根主缆直径为 0.870m，桥面按六车道高速公路标准设计，宽 33.8m，设计行车速度为 100km/h；桥下通航净高为 50m，可满足 5 万吨级轮船通航。如图 1-2 所示），还有一批在建工程 [如国家体育馆“鸟巢”（如图 1-3 所示），国家游泳中心“水立方”，杭州湾跨海大桥等]。

高层建筑钢结构近年来如雨后春笋般地拔地而起，发展很迅速。我国 20 世纪 80 年代建成的 11 幢高层建筑钢结构最高为 208m，而 90 年代以来正在建造或设计的高层建筑钢结构共约 32 幢，1996 年建成深圳地王商业中心（地上 78 层，地下 3 层，高 342.95m，加桅杆总高 383.95m，钢结构质量为 24500t，高强度螺栓 50 万个，焊缝长 60 万米），1999 年建成上海金贸大厦（地上 88 层，地下 3 层，高达 420.5m）。2003 年新建的中国中央电视台新台，标新立异的环形钢结构建筑将展示着中央电视台的崭新形象，并推动中国高层建筑结构体系和结构思想的创新和发展（如图 1-4 所示）。最近在大连兴建的高度 200m 的远洋大厦的钢结构，设计、制造、安装和材料全部是由国内承担和供应的，这说明完全由我国自己来建造超高层钢结构是可以做到的。

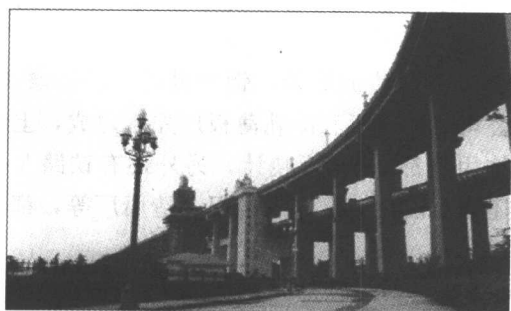


图 1-1 南京长江大桥



图 1-2 江阴长江大桥

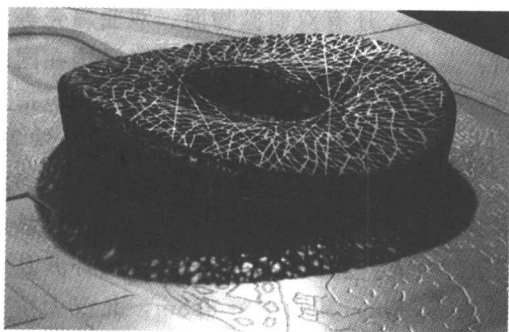


图 1-3 国家体育馆“鸟巢”

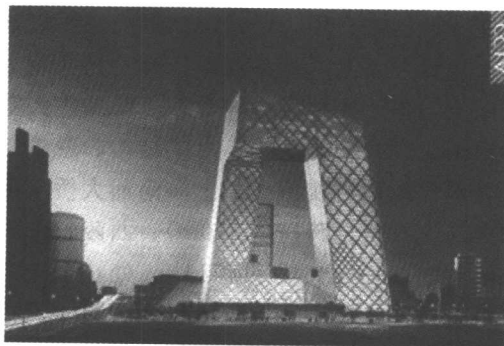


图 1-4 中国中央电视台新台

轻钢结构是近十年来发展最快的领域，在美国采用轻型钢结构占非住宅建筑投资的 50% 以上。这种结构工业化、商品化程度高，施工快，综合效益高，市场需求量很大，已为结构设计人员所认识。轻钢住宅的研究开发已在各地试点，是轻钢发展的一个重要方向，目前已经有多种的低层、多层和高层的设计方案和实例。因其可做到大跨度、大空间，分隔使用灵

活,而且施工速度快、抗震有利的特点,必将对我国传统的住宅结构模式产生较大冲击。尽管钢结构产业在我国有了可喜的进步,但是发展力度远远不够。一是世界各国建筑业都是钢材的主要用户之一,工业发达国家在其建筑业的增长时期基本建设用钢量一般占钢材总量的30%以上,而我国目前建筑用钢量只达到22%~26%。这5%~6%的差距主要在于我国房屋结构的用钢量还比较少。二是虽然行业管理部门和社会各界都在强调发展钢结构建筑,但由于多年以来钢结构的发展较钢筋混凝土结构慢,人们对此还不很熟悉,对钢结构建筑多方面的优越性认识不够,一些工程还不能采用最优方案的钢结构体系,存在着转变观念的问题。三是钢结构正逐步改变着传统建筑设计理念,这需要结构设计人员不断充实钢结构设计思维,学习先进的设计经验,突破传统结构约束,来不断适应新形势的要求。尽管目前还存在着种种不尽如人意或有待提高的方面,但钢结构的发展潜力巨大,前景广阔。

我国20多年来的改革开放和经济发展,已经为钢结构体系的应用创造了极为有利的发展环境。首先,从发展钢结构的主要物质基础来看,自1996年开始我国钢的总产值就已超过1亿吨,居世界首位。而且随着钢材产量和质量持续提高,钢结构配套的新型建材也得到了迅速发展。其次,从发展钢结构的技术基础来看,在普通钢结构、薄壁轻钢结构、高层民用建筑钢结构、门式刚架轻型房屋钢结构、网架结构、压型钢板结构、钢结构焊接和高强度螺栓连接、钢与混凝土组合楼盖、钢管混凝土结构及钢骨(型钢)混凝土结构等方面的设计、施工、验收规范规程及行业标准已发行20余本。有关钢结构的规范规程的不断完善为钢结构体系的应用奠定了必要的技术基础,为设计提供了依据。第三,从发展钢结构的人才素质来看,经过几年来的发展,专业钢结构设计人员已经形成一定的规模,而且他们的专业素质在实践中得到不断提高。而随着计算机在工程设计中的普遍应用,国内外钢结构设计软件发展迅猛,软件功能日臻完善,为协助设计人员完成结构分析设计、施工图绘制提供了极大的便利条件。

提高工业与技术装备水平,使我国达到在国际建筑市场中具有较强的竞争能力,并充分发挥建筑业在带动国民经济增长和结构调整中的先导产业作用,到2010年使建筑业成为名副其实的国民经济支柱产业。建筑业要带动相关产业发展,加快发展钢结构工程是一个很重要的方面。钢结构体系具有自重轻、安装容易、施工周期短、抗震性能好、投资回收快、环境污染少等综合优势,与钢筋混凝土结构相比,更具有在“高、大、轻”三个方面发展的独特优势。

就我国目前状况以及与国际钢结构水平比较,在今后一段时期必须继续在生产高效钢材、改进设计方法、完善结构形式、提高制造和安装工艺等方面不断进行研究。

### 第三节 课程的主要内容、特点和学习方法

#### 一、课程的主要内容

主要内容包括材料、连接(包括构件的连接)、基本构件(受弯构件、轴心受力构件和拉弯、压弯构件)和结构设计等部分。前面几部分内容是《钢结构》的基础,而结构设计部分则是它们的综合应用。

#### 二、课程的特点

《钢结构》是一门理论性较强的课程,但其理论密切联系实践。必须结合实验和工程检