



高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

总主编 何若全

# 钢结构基本原理

GANGJIEGOU JIBEN  
YUANLI

主 编 董 军

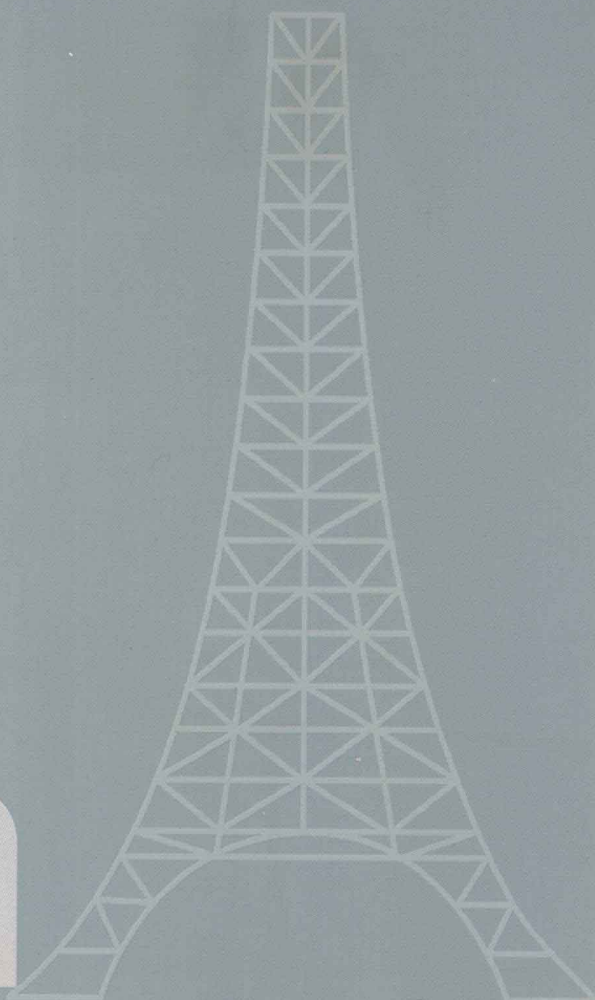
副主编 唐柏鉴

主 审 曹平周



重庆大学出版社

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





高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

总主编 何若全

# 钢结构基本原理

GANGJIEGOU JIBEN  
YUANLI

主 编 董 军

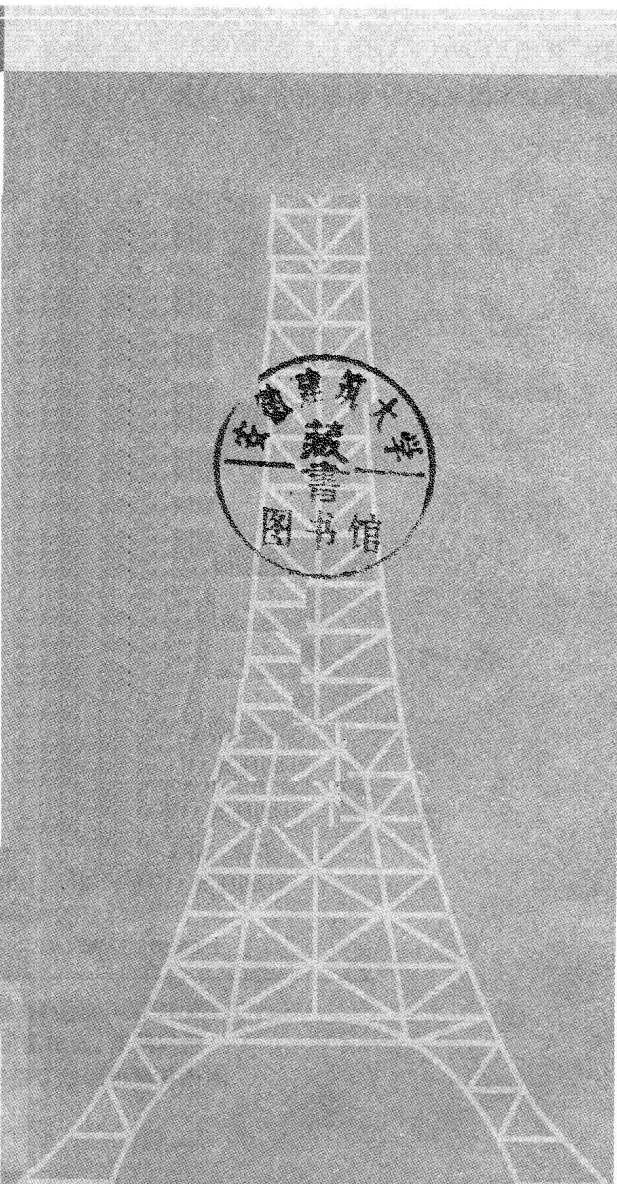
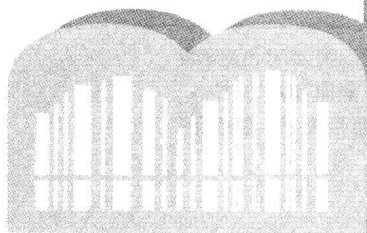
副主编 唐柏鉴

参 编 王治均 黄炳生

郑廷银

主 审 曹平周

重庆大学出版社



## 内 容 提 要

本书为《高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材》之一。全书共9章,分别为绪论、钢结构材料、钢结构的连接、轴心受力构件、受弯构件、拉弯及压弯构件、钢结构节点、整体结构中的钢构件以及钢结构脆性断裂与疲劳破坏。内容安排考虑钢结构课程的内在逻辑规律,遵循以学生为本、简明适用、可读性强的编写原则,突出原理,注重分析问题、解决问题的思路。为便于学生学习和复习巩固,每章开始设导读、简要介绍一个典型钢结构工程,章末附总结框图,并列出了较多的思考题和习题。

本书根据“高等学校土木工程本科指导性专业规范”的精神和原则,结合作者多年从事钢结构基本原理教学的经验编写,可供土木工程本科学生作为教材使用,也可供相关工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

钢结构基本原理/董军主编. —重庆:重庆大学

出版社,2011.11

高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

ISBN 978-7-5624-6250-7

I. ①钢… II. ①董… 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(2011)第 138014 号

高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

### 钢结构基本原理

主 编 董 军

副主编 唐柏鉴

主 审 曹平周

责任编辑:刘颖果 郭一之 版式设计:莫 西

责任校对:夏 宇 责任印制:赵 晟

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区虎溪大学城重庆大学(虎溪校区)

邮编:401331

电话:(023) 88617183 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:[fxk@cqup.com.cn](mailto:fxk@cqup.com.cn) (营销中心)

全国新华书店经销

重庆现代彩色书报印务有限公司印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:20.25 字数:505 千

2011 年 11 月第 1 版 2011 年 11 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

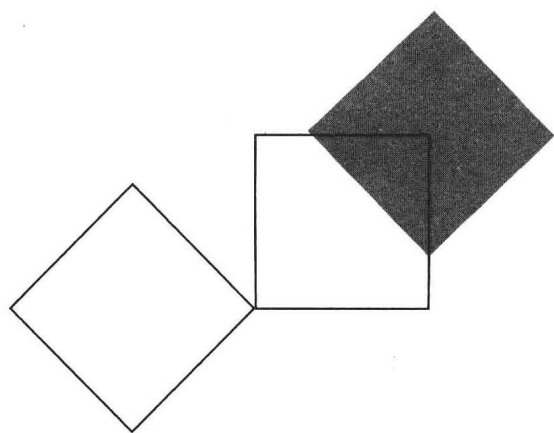
ISBN 978-7-5624-6250-7 定价:35.00 元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究



# 编委会名单

总 主 编：何若全

副总主编：杜彦良    邹超英    桂国庆    张永兴

编      委（按姓氏笔画为序）：

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 卜建清 | 王广俊 | 王连俊 | 王社良 |
| 王建廷 | 王雪松 | 王慧东 | 仇文革 |
| 文国治 | 龙天渝 | 代国忠 | 华建民 |
| 向中富 | 刘 凡 | 刘 建 | 刘东燕 |
| 刘尧军 | 刘俊卿 | 刘新荣 | 刘曙光 |
| 许金良 | 孙 俊 | 苏小卒 | 李宇峙 |
| 李建林 | 汪仁和 | 宋宗宇 | 张 川 |
| 张忠苗 | 范存新 | 易思蓉 | 罗 强 |
| 周志祥 | 郑廷银 | 孟丽军 | 柳炳康 |
| 段树金 | 施惠生 | 姜玉松 | 姚 刚 |
| 袁建新 | 高 亮 | 黄林青 | 崔艳梅 |
| 梁 波 | 梁兴文 | 董 军 | 覃 辉 |
| 樊 江 | 魏庆朝 |     |     |

# 总 序

进入 21 世纪的第二个十年,土木工程专业教育的背景发生了很大的变化。“国家中长期教育改革和发展规划纲要”正式启动,中国工程院和国家教育部倡导的“卓越工程师教育培养计划”开始实施,这些都为高等工程教育的改革指明了方向。截至 2010 年底,我国已有 300 多所大学开设土木工程专业,在校生达 30 多万人,这无疑是世界上该专业在校大学生最多的国家。如何培养面向产业、面向世界、面向未来的合格工程师,是土木工程界一直在思考的问题。

由住房和城乡建设部土建学科教学指导委员会下达的重点课题“高等学校土木工程本科指导性专业规范”的研制,是落实国家工程教育改革战略的一次尝试。“专业规范”为土木工程本科教育提供了一个重要的指导性文件。

由“高等学校土木工程本科指导性专业规范”研制项目负责人何若全教授担任总主编,重庆大学出版社出版的《高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材》力求体现“专业规范”的原则和主要精神,按照土木工程专业本科期间有关知识、能力、素质的要求设计了各教材的内容,同时对大学生增强工程意识、提高实践能力和培养创新精神做了许多有意义的尝试。这套教材的主要特色体现在以下方面:

(1)系列教材的内容覆盖了“专业规范”要求的所有核心知识点,并且教材之间尽量避免知识的重复;

(2)系列教材更加贴近工程实际,满足培养应用型人才对知识和动手能力的要求,符合工程教育改革的方向;

(3)教材主编们大多具有较为丰富的工程实践能力,他们力图通过教材这个重要手段实现“基于问题、基于项目、基于案例”的研究型学习方式。

据悉,本系列教材编委会的部分成员参加了“专业规范”的研究工作,而大部分成员曾为“专业规范”的研制提供了丰富的背景资料。我相信,这套教材的出版将为“专业规范”的推广实施,为土木工程教育事业的健康发展起到积极的作用!

中国工程院院士 哈尔滨工业大学教授

沈世钊

# 前 言

本书是重庆大学出版社和土木工程专业指导委员会共同组织编写的“高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材”之一。全书遵循专业指导委员会最新颁布的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》的精神和原则,结合作者多年从事钢结构基本原理教学的经验编写,可作为高等学校土木工程专业本科教材,也可供相关工程技术人员学习参考。

全书共9章,第1章绪论,简要介绍钢结构的特点、应用及发展、主要结构形式、破坏特征以及钢结构设计的基本方法;第2章钢结构的材料,介绍钢材的性能,钢结构对材料的要求,影响钢材性能的主要因素,钢材种类、规格和选用原则;第3章钢结构的连接,介绍钢结构的连接方法,焊缝连接的计算与构造,焊接残余应力与变形,普通螺栓的连接与构造,高强螺栓的连接与构造;第4章轴心受力构件,介绍轴心受力构件强度与刚度计算,轴心受压构件的整体稳定和局部稳定,轴心受压构件的设计;第5章受弯构件,介绍梁的强度、刚度、扭转、整体稳定、局部稳定和加劲肋设计,型钢梁及组合梁的设计;第6章拉弯及压弯构件,介绍拉弯及压弯构件强度及刚度、整体稳定、局部稳定、截面设计和构造要求;第7章钢结构节点,介绍钢结构节点设计原则,梁节点设计,柱节点设计,梁柱节点设计;第8章整体结构中的钢构件,介绍钢结构整体设计原则和思路,钢桁架中杆件计算长度,钢框架稳定及框架柱计算长度;第9章钢结构的脆性断裂与疲劳破坏,介绍钢结构脆性破坏概念和特征,钢结构脆性破坏,钢结构疲劳破坏。

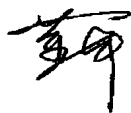
本书内容安排是在编写教师多年的教学实践基础上,经过集体深入讨论确定的,主要考虑钢结构课程的内在逻辑规律,遵循以学生为本、简明适用、可读性强的编写原则,突出原理,注重分析问题、解决问题的思路;淡化规范具体条文,避免简单介绍规范条文的现象。为便于学生学习和复习巩固,每章开始设导读,并简要介绍一个典型钢结构工程,章末附总结框图,并列出了较多的思考题和习题。同时,为了方便教学,本书提供配套的电子课件及课后习题参考答案供教师免费下载(重庆大学出版社教育资源网,<http://www.cqup.net/edusrc>)。

本书由董军教授提出初步编写大纲,在2010年3月28日重庆大学出版社组织的“高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材编写研讨会”上作了交流讨论,修改后经总主编何若全教授审定,全体参编者认真讨论编写大纲后分工编写。第1、3、6章由南京工业大学董军教授编写,第2、7章由江苏科技大学一级注册结构工程师王治均编写,第4章由南京工业大学黄炳生教授编写,第5章由南京工业大学郑廷银教授编写,第8、9章由江苏科技大学唐柏鉴副教授编写,附表由董军教授编写。全书由董军教授任主编,唐柏鉴副教授任副主编。编写组共

召开了 5 次研讨会,对编写风格、内容安排、总结框图等关键内容进行了深入研讨,形成了一致意见。主编对全书进行了细致统稿,并对每章导读、典型工程、总结框图等关键部分进行了反复推敲,希望能奉献给广大读者一本精品教材。

主审曹平周教授在百忙中及时认真审阅了全书,提出了宝贵的修改意见。书中引用了较多的参考文献,主要的已在书末列出。特向主审曹平周教授、所有本书引用文献的作者致以衷心的感谢。

虽然我们已尽了自己的努力,但由于学识和能力所限,一定还有诸多值得商榷改进之处,诚挚希望专家及广大读者能不吝赐教。联系邮箱:dongjun@njut.edu.cn。



2011 年 2 月 8 日于南京

# 目 录

|     |                    |    |
|-----|--------------------|----|
| 1   | 绪论                 | 1  |
|     | 典型工程简介:巴黎艾菲尔铁塔     | 1  |
| 1.1 | 钢结构的特点、应用及发展       | 2  |
| 1.2 | 钢结构的主要形式           | 6  |
| 1.3 | 钢结构破坏的主要形式         | 9  |
| 1.4 | 钢结构设计制作安装过程及设计基本方法 | 11 |
| 1.5 | 本课程的主要内容及特点        | 14 |
|     | 本章小结               | 15 |
|     | 思考题                | 15 |
| 2   | 钢结构的材料             | 16 |
|     | 典型工程简介:广州新电视塔      | 16 |
| 2.1 | 钢材的工作性能            | 17 |
| 2.2 | 钢结构对钢材性能的要求        | 21 |
| 2.3 | 影响钢材性能的主要因素        | 22 |
| 2.4 | 钢材的种类、规格和选用原则      | 26 |
|     | 本章总结框图             | 30 |
|     | 思考题                | 30 |
| 3   | 钢结构的连接             | 31 |
|     | 典型工程简介:同济大学土木学院新大楼 | 31 |
| 3.1 | 钢结构的连接方法及特点        | 32 |
| 3.2 | 对接焊缝连接的构造和计算       | 39 |
| 3.3 | 角焊缝连接的构造和计算        | 43 |
| 3.4 | 焊接残余应力与变形          | 57 |
| 3.5 | 普通螺栓连接的构造和计算       | 63 |
| 3.6 | 高强度螺栓连接的构造和计算      | 79 |
|     | 本章总结框图             | 88 |
|     | 思考题                | 89 |



|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 习题 .....                     | 89         |
| <b>4 轴心受力构件 .....</b>        | <b>93</b>  |
| 典型工程简介:北京机场四机位库.....         | 93         |
| 4.1 概述.....                  | 94         |
| 4.2 轴心受力构件的强度和刚度.....        | 95         |
| 4.3 轴心受力构件整体稳定分析.....        | 97         |
| 4.4 轴心受力构件的局部稳定 .....        | 114        |
| 4.5 轴心受力构件设计 .....           | 119        |
| 本章总结框图.....                  | 128        |
| 思考题.....                     | 129        |
| 习题.....                      | 129        |
| <b>5 受弯构件 .....</b>          | <b>131</b> |
| 典型工程简介:2010 上海世博会中国船舶馆 ..... | 131        |
| 5.1 概述 .....                 | 132        |
| 5.2 受弯构件的强度 .....            | 134        |
| 5.3 受弯构件的刚度 .....            | 141        |
| 5.4 构件的扭转 .....              | 142        |
| 5.5 受弯构件的整体稳定 .....          | 146        |
| 5.6 梁的局部稳定和腹板加劲肋设计 .....     | 154        |
| 5.7 型钢梁的设计 .....             | 169        |
| 5.8 焊接组合梁的设计 .....           | 172        |
| 5.9 考虑梁腹板屈曲后强度的设计 .....      | 182        |
| 本章总结框图.....                  | 188        |
| 思考题.....                     | 189        |
| 习题.....                      | 189        |
| <b>6 拉弯及压弯构件 .....</b>       | <b>191</b> |
| 典型工程简介:南京紫峰大厦 .....          | 191        |
| 6.1 概述 .....                 | 192        |
| 6.2 拉弯及压弯构件的强度和刚度 .....      | 193        |
| 6.3 压弯构件的整体稳定分析 .....        | 195        |
| 6.4 压弯构件的局部稳定 .....          | 201        |
| 6.5 拉弯及压弯构件设计 .....          | 205        |
| 本章总结框图.....                  | 214        |
| 思考题.....                     | 215        |
| 习题.....                      | 215        |
| <b>7 钢结构节点 .....</b>         | <b>217</b> |
| 典型工程简介:500 kV 江阴长江大跨越塔 ..... | 217        |

|                                            |            |
|--------------------------------------------|------------|
| 7.1 钢结构节点类型及设计原则 .....                     | 218        |
| 7.2 梁节点设计 .....                            | 219        |
| 7.3 柱节点设计 .....                            | 228        |
| 7.4 梁柱节点设计 .....                           | 243        |
| 本章总结框图 .....                               | 249        |
| 思考题 .....                                  | 250        |
| 习题 .....                                   | 250        |
| <b>8 整体结构中的钢构件 .....</b>                   | <b>251</b> |
| 典型工程简介:新疆库尔勒轻钢结构住宅 .....                   | 251        |
| 8.1 钢结构整体设计原则和思路 .....                     | 252        |
| 8.2 钢桁架中杆件计算长度 .....                       | 253        |
| 8.3 钢框架稳定及框架柱计算长度 .....                    | 256        |
| 本章总结框图 .....                               | 261        |
| 思考题 .....                                  | 262        |
| 习题 .....                                   | 262        |
| <b>9 钢结构的脆性断裂与疲劳破坏 .....</b>               | <b>263</b> |
| 典型工程简介:韩国圣水大桥 .....                        | 263        |
| 9.1 钢结构的脆性断裂 .....                         | 264        |
| 9.2 钢结构的疲劳破坏 .....                         | 268        |
| 本章总结框图 .....                               | 277        |
| 思考题 .....                                  | 277        |
| 习题 .....                                   | 277        |
| <b>附表 .....</b>                            | <b>279</b> |
| 附表1 常用结构钢材的强度设计值 .....                     | 279        |
| 附表2 疲劳计算的构件和连接分类 .....                     | 280        |
| 附表3 常用型钢规格和截面特性 .....                      | 283        |
| 附表4 焊缝的强度设计值 .....                         | 302        |
| 附表5 螺栓的强度设计值 .....                         | 303        |
| 附表6 螺栓的有效面积 .....                          | 304        |
| 附表7 轴心受压构件的稳定系数 .....                      | 304        |
| 附表8 H型钢和等截面工字形简支梁的等效临界弯矩系数 $\beta_b$ ..... | 308        |
| 附表9 轧制普通工字钢简支梁的整体稳定系数 $\varphi_b$ .....    | 309        |
| 附表10 锚栓规格 .....                            | 309        |
| 附表11 框架柱的计算长度 .....                        | 310        |
| <b>参考文献 .....</b>                          | <b>312</b> |

# 绪论

## 本章导读:

● **内容及要求** 介绍钢结构的主要特点、应用及发展、主要结构形式、主要破坏形式、设计过程及基本方法,以及本课程主要内容和特点。通过本章学习,应对钢结构有初步了解,包括其特点及应用范围、发展现状及趋势、基本设计方法,并由此激发学习钢结构的兴趣。

- **重点** 钢结构的特点、结构形式、破坏形式。
- **难点** 钢结构的破坏形式。

## 典型工程简介:

### 巴黎艾菲尔铁塔



艾菲尔铁塔建于 1889 年,高度 320 m,原为举办万国博览会而建,是较早应用钢结构的建筑物。艾菲尔铁塔得名于它的设计师居斯塔夫·艾菲尔。铁塔设计造型独特,采用拉压杆为主的空间桁架体系,结构性能优越,是世界建筑史上的杰作,成为世界艺术之都巴黎乃至法国的标志性建筑。

钢结构是以钢材为主要材料制成的结构,是土木工程的主要结构形式之一。要建成一项钢结构工程,包括设计、制作、安装三个主要阶段,需要解决大量的专门技术问题。本课程的基本目的正是为解决钢结构设计、制作、安装技术问题奠定坚实的基础。

## 1.1 钢结构的特点、应用及发展

### 1.1.1 钢结构的特点

与混凝土结构相比,钢结构具有如下突出优点:

①强度高,自重轻。虽然钢材的容重明显大于混凝土的容重,但其强重比(强度与容重之比)要远高于混凝土,在相同承载力要求下,钢构件截面积小、重量轻。例如,在跨度和荷载相同的条件下,钢屋架重量仅为钢筋混凝土屋架的  $1/4 \sim 1/3$ 。

②材质均匀,可靠性高。钢材由钢厂生产,质量控制严格,材质均匀性好,且有良好的塑性和韧性,比较符合理想的各向同性弹塑性材料假设,目前已有的分析设计理论能够较好地反映钢结构的实际工作性能,因而钢结构的安全可靠性高。

③工业化程度高,工期短,环境影响小。钢结构制作以工厂为主,工业化程度高,精度高,质量好,现场安装工期短,对环境影响小。

④连接方便,改造容易,重复利用率高。钢结构安装、拆卸方便,便于结构改造,有很好的适应性。钢结构报废拆除后,绝大部分钢材可以再次利用,对减少环境损害、节约资源有重要意义,钢材是公认的符合可持续发展要求的绿色建材。

⑤抗震性能好。钢结构由于自重轻,受到的地震作用较小。钢材具有较高的强度和较好的塑性和韧性,合理设计的钢结构具有很好的延性、很强的抗倒塌能力。国内外历次地震中,钢结构损坏相对较轻。

⑥密封性好。钢结构采用焊接连接后可以做到安全密封,能够满足高压气柜、油罐、管道等对气密性和水密性的要求。

钢结构也存在以下主要缺点:

①耐腐蚀性差。普通钢材容易锈蚀,必须采用防腐涂料等表面防护措施,一般还需定期维护,导致维护费用较高。

②耐火性差。钢结构耐热性能好,但耐火性较差。温度在  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  以内时,钢材性质变化很小;当温度达到  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  以上时,强度逐渐下降;温度达到  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  左右时,强度几乎为零。而火灾中未加防护的钢结构温度可高达  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$  以上,一般只能维持  $20\text{ min}$  左右。因此在有防火要求时,必须采取防火措施,如在钢结构外面包混凝土或其他防火材料,或在构件表面喷涂防火涂料等,这不仅增加造价,也影响外观和施工。

③稳定问题较突出。由于钢材强度高,一般钢结构构件截面小、壁厚薄,因而在压力和弯矩等作用下存在构件甚至整个结构的稳定问题,必须在设计施工中给予足够重视。

④价格相对较贵。由于钢材相对于混凝土材料价格较高,采用钢结构一次性结构造价会略有增加,在我国往往影响业主的选择。但上部结构造价占工程总投资的比例不大,如果综合考虑各种因素,尤其是工期优势,则钢结构具有良好的综合效益。

## 1.1.2 钢结构的应用

钢结构优点突出,应用很广泛,普通钢结构在土木工程中主要应用在以下几方面:

### 1) 重型工业厂房

例如大型冶金企业、火力发电厂和重型机械制造厂等的一些车间,由于厂房跨度和柱距大、高度高,设有工作繁忙和起重量大的起重运输设备及有较大振动的生产设备,并需兼顾厂房改建扩建要求,常采用由钢柱、钢屋架和钢吊车梁等组成的全钢结构。

### 2) 高层及超高层房屋

房屋越高,所受侧向水平作用如风荷载及地震作用的影响也越大。采用钢结构可减小柱截面,减小结构质量,增大建筑物的使用面积,提高房屋抗震性能。

### 3) 大跨度结构

由于受弯构件在均布荷载下的弯矩与跨度的平方成正比,当跨度增大到一定程度时,为减轻结构重量,采用自重较轻的钢结构具有突出的优势。

### 4) 高耸结构

电视塔、输电线塔等高耸结构采用钢结构,可大大减少地基处理费用,降低运输费用,当施工现场场地受限时,亦便于施工组织。

### 5) 密闭结构

密闭性要求较高的高压容器、煤气柜、贮油罐、高炉和高压输水管等,适合采用钢板壳结构。

### 6) 临时结构

需经常装拆和移动的结构,如各类钢脚手架、塔式起重机和采油井架等。

此外,大跨桥梁结构、水工结构中的闸门、各种工业设备的支架如锅炉支架等,也常采用钢结构。随着我国钢年产量超过4亿吨,除了上述传统采用钢结构的领域外,钢结构在高速公路、铁路、物流业乃至游乐设施等越来越多的领域得到了越来越广泛的应用。

## 1.1.3 钢结构的发展

钢结构是一门既古老又年轻的学科,人类对于钢结构的理论研究和实际应用已经有了很长的历史。然而,钢结构又是一门很有生命力的学科,随着冶炼轧制技术的发展,各种高效钢材的大量开发和新型结构的不断涌现,计算技术和试验手段的现代化,钢结构也随着更新和发展,有关钢结构的标准和规范也在不断修订和完善。

### 1) 我国钢结构发展的简要历史

我国是世界上最早使用金属材料建造土木工程的国家,早在公元前二百多年的秦始皇时代,就开始用铁建造桥墩和铁链悬桥。在近代,1927年建成沈阳皇姑屯机车厂钢结构厂房,1931年建成广州中山纪念堂钢结构圆屋顶,1937年建成钱塘江大铁桥。新中国成立后,钢结构

应用日益广泛,20 世纪 50 年代后,钢结构的设计、制造、安装水平有了很大提高,建成了大量钢结构工程,有些在规模和技术上已达到世界先进水平,如采用大跨度网架结构的首都体育馆、上海体育馆、深圳体育馆,大跨度三角拱形式的西安秦始皇陵兵马俑陈列馆,悬索结构的北京工人体育馆、浙江体育馆,高耸结构中的 200 m 高广州广播电视塔、210 m 高上海广播电视塔、194 m 高南京跨江线路塔、325 m 高北京气象桅杆、有效容积达 54 000 m<sup>3</sup> 的湿式储气柜等。

20 世纪 80 年代以后,随着我国实施积极用钢政策,钢结构得到了快速发展。北京、深圳、上海等地陆续兴建了一批高层钢结构,图 1.1 为上海金贸大厦,高 365 m;高耸钢结构向更高高度发展,图 1.2 为 500 kV 江阴长江大跨越塔,高 346.5 m,为世界最高输电塔;建成了大量大跨空间结构,图 1.3 为南通体育中心体育场,是我国第一例大型开合屋盖钢结构工程,主拱钢桁架最大跨度 262 m;轻型钢结构方面,轻型门式刚架钢结构厂房成为开发区、保税区、高新区采用最多的结构形式之一;桥梁钢结构形式和跨度均有新的突破,图 1.4 为润扬长江大桥,主跨跨度 1 490 m。

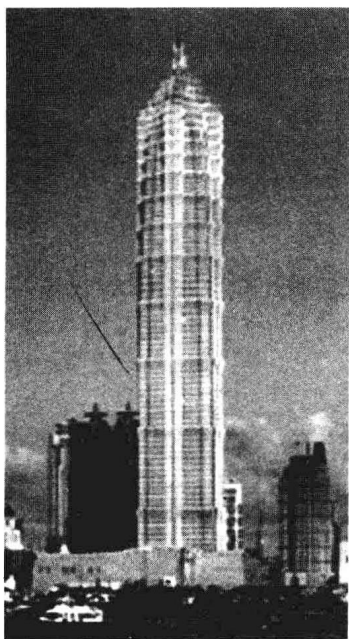


图 1.1 金贸大厦

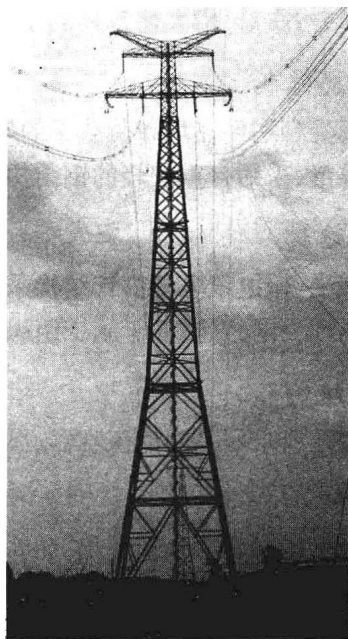


图 1.2 500 kV 江阴长江大跨越塔

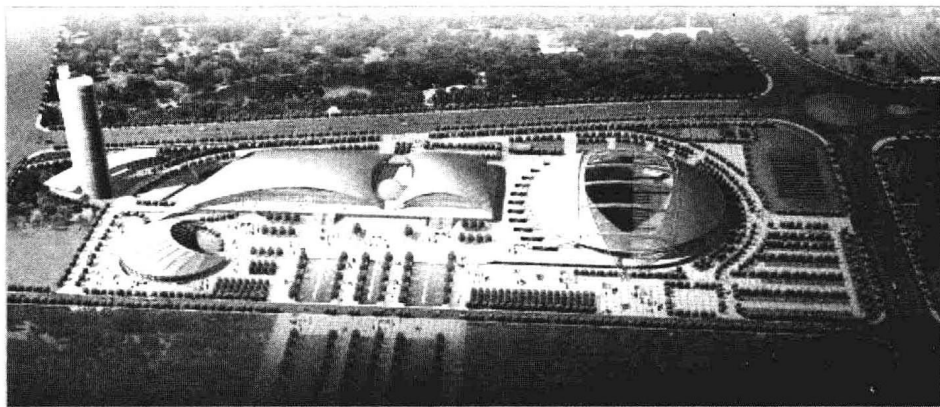


图 1.3 南通体育中心体育场

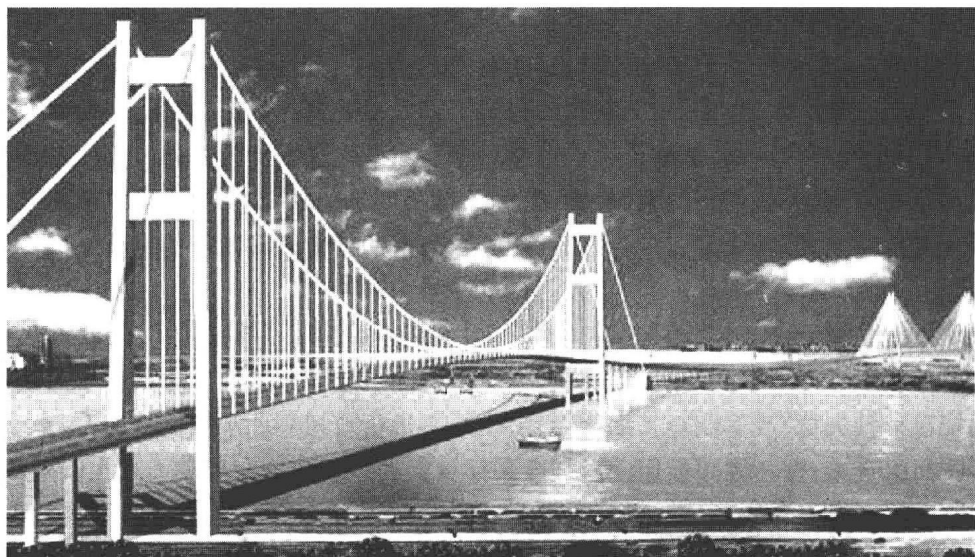


图 1.4 润扬长江大桥

## 2) 当前钢结构发展的主要趋势

当前我国钢结构发展的主要趋势,主要体现在以下几个方面:

### (1) 开发高性能钢材

①高强度钢材。钢材的发展是钢结构发展的关键因素,应用高强度钢材,对大跨重型结构非常有利,可以有效减轻结构自重。我国《钢结构设计规范》(GB 50017)将 Q420 钢列为推荐钢种, Q460 钢已在国家体育场等工程成功应用。从发展趋势来看,强度更高的结构用钢将会不断出现。

②冷成型钢。冷成型钢是指用薄钢板经冷轧形成各种截面形式的型钢。由于其壁薄,材料离形心轴较普通型钢远,因此能有效地利用材料,节约钢材。冷成型钢的生产,近年来在我国已形成了一定规模,壁厚不断增加,截面形式也越来越多样化。冷成型钢用于轻钢结构住宅,并形成产业化,将会使我国的住宅建筑出现新面貌。

③耐火钢和耐候钢。随着钢结构广泛应用于各种领域,对钢材各种性能的要求也不断提高,包括耐腐蚀和耐火性能等。我国目前对于这两种钢材的开发有了很大进步。宝钢等公司生产的耐火钢,在 600 °C 时屈服强度下降幅度不大于其常温标准值的 1/3,同国外的耐火钢相当。

### (2) 开发新的结构形式

①轻钢结构。轻钢结构可以减轻结构自重,充分发挥材料特性,降低工程造价。门式刚架钢结构已在工业厂房、超市等得到广泛应用,但仍有待于定型化、产业化;采用冷成型钢和压型钢板等高效经济截面钢材的轻钢结构,将广泛用于轻钢结构住宅建筑中;彩板拱形波纹屋面由于经济价值显著,也应大力发展。

②预应力钢结构。采用高强度钢材,对钢结构施加适当的预应力,可增加结构的承载能力,减少钢材用量和减轻结构重量。预应力钢结构是发展的重要方向。

③组合结构。钢与混凝土组合结构是将两种不同性能的材料组合起来,共同受力并发挥各自的长处,从而达到提高承载力和节约材料的目的。压型钢板组合楼盖已经在高层建筑中得到大量应用,压型钢板可以充当模板和受拉钢筋,不仅减小楼板厚度,还方便施工,缩短工期;钢与

混凝土组合梁可以节约钢材,减小梁高,节省空间;钢管混凝土柱具有很好的塑性和韧性,抗震性能好,而且其耐火性能优于钢柱,具有很好的发展前景。

④大跨空间结构。大跨空间结构在我国得到了较大发展,我国已兴建了大量各种类型的钢网架结构,属于空间结构体系,节约了大量钢材。今后除了改进设计方法外,还应积极研究开发更加省钢的新型空间结构,如将网架、悬索、拱等几种不同的结构结合在一起的杂交结构,是一种在建筑形式上新颖别致、受力非常合理的结构形式,是钢结构形式创新的重要方向。

### (3) 改进设计方法

我国现行的《钢结构设计规范》(GB 50017)采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,并对上一轮的规范进行了较大改进。如对轴心受压构件稳定计算增加了一条柱子曲线;对单轴对称截面绕对称轴失稳,改用换算长细比 $\lambda_y$ 代替 $\lambda$ ,来进行弯扭屈曲承载力计算;对承受静荷载的工字形截面组合梁,按考虑腹板屈曲后强度来计算梁的抗剪和抗弯承载力。在钢结构设计中的某些问题上仍有待于进一步的改进和提高,如:目前的设计方法考虑了结构构件可靠度的一致性,但对于整个结构体系的性能研究则需要进行更多的工作;对疲劳计算仍然采用容许应力法,等等。

### (4) 提高钢结构制造业的工业化水平

钢结构制造业正在趋向于设计—制作—安装一体化,国外发达国家已通过相关的软件和设备初步实现了上述目标,我国钢结构产业在这方面差距明显,必须加大力度,迎头赶上。

## 1.2 钢结构的主要形式

普通钢结构主要由梁柱等基本构件组成。根据受力特点,构件可分为轴心受力构件、受弯构件、拉弯及压弯构件三大类。钢构件还可与混凝土组合在一起形成组合构件,如钢-混凝土组合梁、钢管混凝土、型钢混凝土构件等。基本构件的结合,可形成丰富多彩的结构形式。

### 1.2.1 钢框架结构

钢框架是由竖向钢柱和横向钢梁构成的框格式结构体系。广义框架结构可包括平面框架结构、空间框架结构、支撑-框架结构。图 1.5 所示为典型单层工业厂房结构形式,由一系列横向平面承重框架和纵向支撑框架组成空间体系,竖向荷载和横向水平荷载主要由横向平面框架

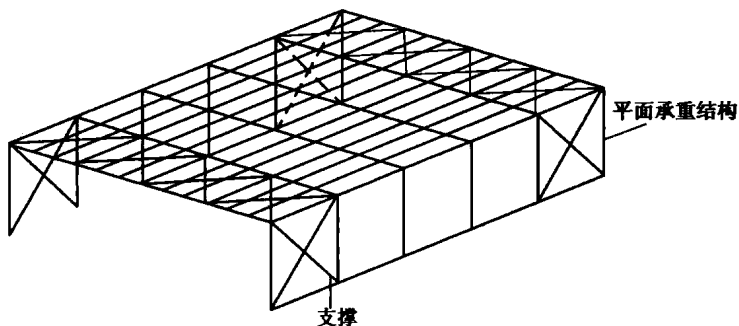


图 1.5 单层厂房常用结构形式



承担,纵向水平荷载主要由支撑承受和传递。平面承重结构又可采用多种形式,最常见的为横梁与柱刚接的刚架和横梁或桁架与柱铰接的排架。图 1.6 为多高层建筑常用的结构形式。

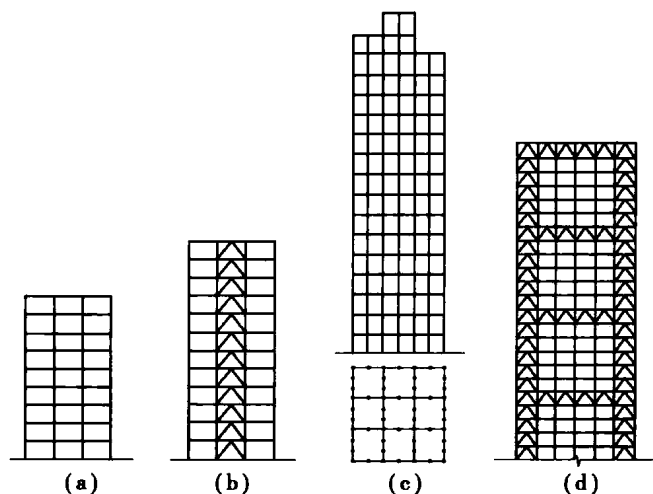


图 1.6 多层、高层及超高层建筑的结构形式

- (a) 梁和柱刚性连接形成的多层多跨框架;(b) 框架和支撑体系组成框架-支撑结构;  
(c) 一系列框架形成的框架筒结构;(d) 框架和支撑构成的巨型框架

## 1.2.2 钢桁架及钢网架结构

桁架是主要由轴心受力构件构成的单向格构式梁,分平面桁架和空间桁架两种。图 1.7 所示为房屋常用的平面桁架形式,图 1.8 为空间桁架式塔架,图 1.9 为桥梁常用桁架形式。网架是主要由轴心受力构件构成的空间格构式平板结构,如形成曲面格构式壳结构则称为网壳。图 1.10 为两种典型平板网架:(a) 由轴心受力杆件形成的倒置四角锥组成,(b) 由三个方向交叉桁架组成。图 1.11 为常用的几种网壳结构形式:(a) 为筒状网壳,可以是单层或双层的,双层时一般由倒置四角锥组成;(b)、(c) 为球状网壳,无论是单层(b)或双层(c),其网格都可以有多种分格方式。

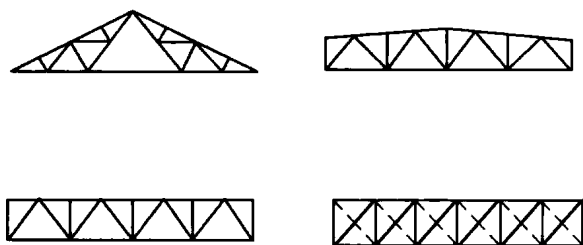


图 1.7 房屋常用平面桁架结构形式

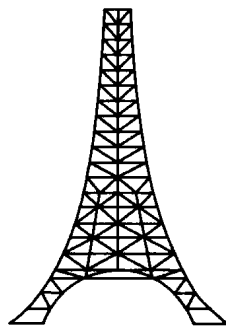


图 1.8 空间桁架式塔架