



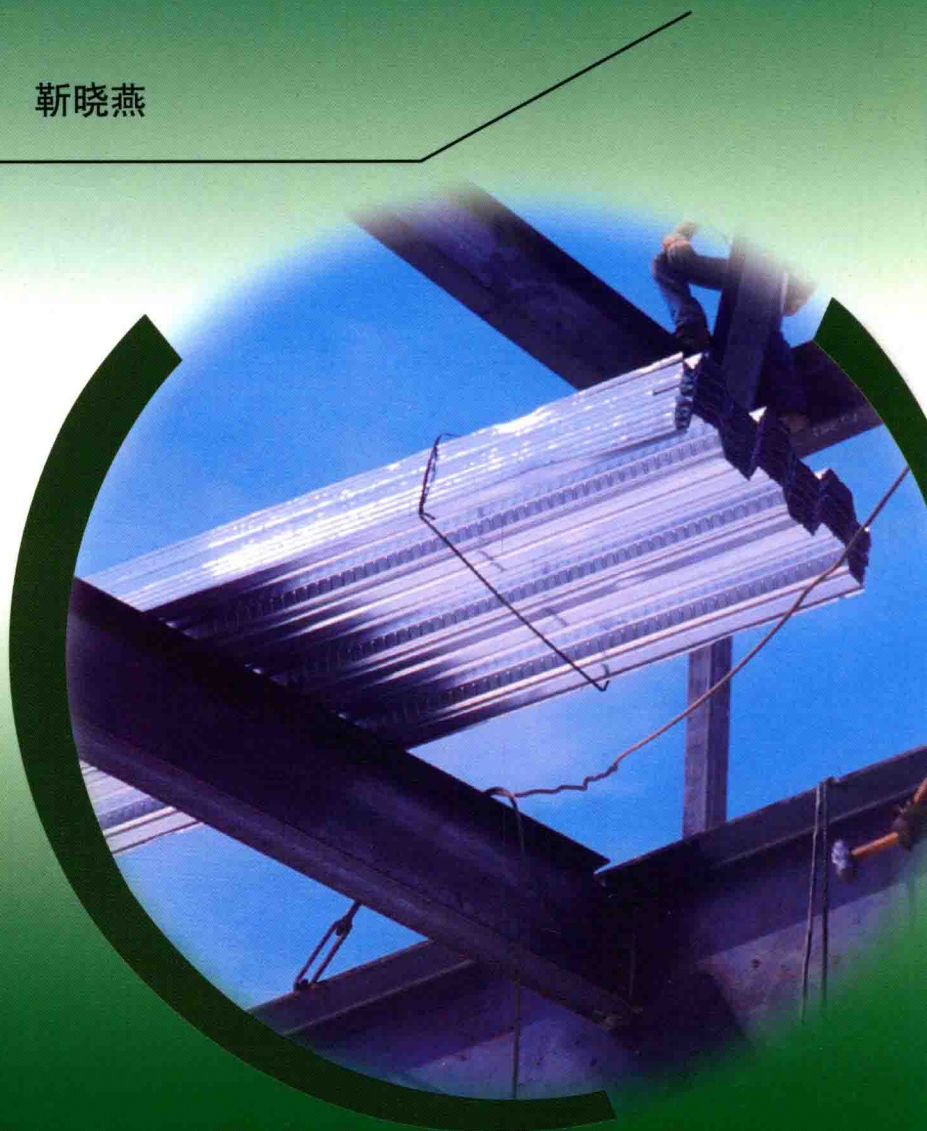
高等职业技术教育“十二五”规划教材

——土木工程类

XINBIAN GANGJIEGOU JISHU

新编钢结构技术

主编 王军龙 靳晓燕



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

高等职业技术教育“十二五”规划教材——土木工程类

新编钢结构技术

主 编 王军龙 靳晓燕

副主编 曹长礼

主 审 王秀丽

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内容简介

本书根据《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《铁路桥梁钢结构设计规范》(TB 10002.0—2005)以及《公路桥涵钢结构设计规范》(JTJ 025—86)等其他相关的技术规范和规程编写而成,作为21世纪高等职业技术教育的规划教材,它将钢结构设计原理及其工程应用结合在一起,全面系统地介绍了钢结构常用的设计原理,重点对钢结构的应用进行了分析和探索。本书共分为九章,其主要内容包括钢结构的材料、钢结构的连接、构件的受力、建筑钢结构的工程技术应用、钢桥梁结构与施工技术以及钢结构的事故分析与处理等内容。

本书可作为高职高专院校大土木工程专业建筑工程、道路与铁道工程、城市轨道交通工程及相近专业的教材,也适用于在职职工的岗位培训,还可以作为广大建筑及铁路工程技术人员自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

新编钢结构技术 / 王军龙, 靳晓燕主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2011.11
高等职业技术教育“十二五”规划教材. 土木工程类
ISBN 978-7-5643-1473-6

I. ①新… II. ①王…②靳… III. ①钢结构—高等职业
教育—教材 IV. ①TU391

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第218672号

高等职业技术教育“十二五”规划教材——土木工程类

新编钢结构技术

主编 王军龙 靳晓燕

*

责任编辑 李芳芳

特邀编辑 胡晗欣

封面设计 墨创文化

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段111号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 19.75

字数: 492千字

2011年11月第1版 2011年11月第1次印刷

ISBN 978-7-5643-1473-6

定价: 37.00元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

根据高职高专院校土木工程专业指导委员会编制的教学大纲以及 21 世纪高等职业技术教育规划教材的编写要求,结合新的设计规范及编写人员多年的教学经验,在以必须、够用为原则的情况下,确定了本书的结构和内容,目的是为学员提供钢结构方面的基本知识和实用技能,同时满足工程建设对应用型人才的需要。本书充分汲取了高职高专院校在探索和培养技术应用型人才方面的成功经验,并将实用性和创新型结合在一起,体现了高职高专教育的应用特色和能力定位,突出人才创新素质和创新能力的培养。

为了适应钢结构应用的快速发展,本书结合高职高专学员的自身特点,将钢结构设计原理及其应用结合在一起,全面系统地介绍了钢结构常用的设计原理,重点对钢结构的应用进行了较为详细的分析和探索,使学员能够做到对本书好理解、能接受、会应用的程度。书中各章都附有大量的设计和应用实例,每章还给出了思考题和习题,内容丰富,实用性较强,以便于学员自我考核和练习。另外,建议教师在授课时,根据学员的具体情况,结合不同的专业特点选择讲授重点和自学章节。

本书由西安铁路职业技术学院王军龙、济南铁路职业技术学院靳晓燕担任主编,西安铁路职业技术学院曹长礼任副主编。全书共分为九章。其中,第一、二章由靳晓燕编写,第三章至第八章及附录部分由王军龙编写,第九章由曹长礼编写,全书由西安铁路职业技术学院王秀丽担任主审。另外,此书的编写得到了铁路第一勘测设计院刘建利、铁路第三勘测设计院赵爱军及中交集团二公司总工程师黄少华等企业高级工程师的大力支持和帮助。在此作者一并表示衷心的感谢。

本书适用于各类开设高职高专课程教育的院校,也可以供专业培训人员参考。本书编写过程中引用了参考文献中所列的相关资料和部分内容,谨此向作者表示衷心的感谢,同时也对参编者所在院校的领导及组织者的关心和支持、出版社对本书的编辑和校对付出的大量工作在此表示深切的感激。

由于作者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请读者和专家批评指正,并提出宝贵的意见和建议,以便再版时及时更正。

编 者

2011 年 5 月

目 录

第一章 钢结构的应用与发展	1
第一节 钢结构的特点及其应用	1
第二节 钢结构的设计方法和要求	4
第三节 钢结构的发展与展望	6
小 结	9
思考与习题	9
第二章 钢结构的材料	10
第一节 钢结构对钢材性能的基本要求	10
第二节 钢材的主要性能	11
第三节 影响钢材性能的主要因素	15
第四节 钢材的种类和规格	20
第五节 钢结构的设计指标	27
小 结	29
思考与习题	29
第三章 钢结构的连接	30
第一节 钢结构常用的连接方法及其特点	30
第二节 钢结构的焊接方法和焊缝形式	32
第三节 对接焊缝的连接与计算	38
第四节 角焊缝的连接与计算	44
第五节 焊接的残余应力和残余变形	59
第六节 普通螺栓连接	63
第七节 高强度螺栓的连接	79
第八节 混合连接	88
小 结	90
思考与习题	90
第四章 轴心受力构件	95
第一节 轴心受力构件的分类及形式	95
第二节 轴心受力构件的强度和刚度	96
第三节 轴心受压构件的稳定性	100
第四节 实腹式轴心受压构件的设计	112
第五节 格构式轴心受压构件的设计	116
第六节 轴心受压构件的柱头与柱脚	125

小 结	132
思考与习题	133
第五章 受弯构件	135
第一节 梁的种类及截面形式	135
第二节 梁的强度和刚度	136
第三节 梁的稳定性	142
第四节 型钢梁的设计	152
第五节 组合梁的设计	155
第六节 梁的拼装、连接和支座	162
第七节 其他形式的梁	166
小 结	168
思考与习题	169
第六章 拉弯和压弯构件	170
第一节 拉弯和压弯构件的分类及应用	170
第二节 拉弯和压弯构件的强度和刚度	172
第三节 实腹式压弯构件的稳定性	175
第四节 格构式压弯构件的稳定性	186
小 结	190
思考与习题	191
第七章 建筑钢结构工程技术应用	192
第一节 单层厂房结构	192
第二节 高层钢结构	201
第三节 平面网架结构	204
第四节 轻型钢结构	206
第五节 钢结构常用的设计软件	208
小 结	212
思考与习题	212
第八章 钢桥梁结构与施工技术	213
第一节 我国钢桥梁的发展概况	213
第二节 钢板桥梁	218
第三节 结合梁桥	221
第四节 钢箱梁桥	222
第五节 下承式简支栓焊钢桁架桥	226
第六节 连续钢桁架桥	232
第七节 钢斜拉桥	240
第八节 大跨度悬索桥	246
第九节 钢桥梁的制造与安装技术	249

小 结	261
思考与习题	262
第九章 钢结构的事故分析与处理	263
第一节 钢结构的事故分析	263
第二节 钢结构及构件的检测技术	268
第三节 钢结构的加固技术	271
小 结	274
思考与习题	275
附 录	276
附表 1 钢材和连接的强度设计值	276
附表 2 常用截面回转半径的近似值	279
附表 3 轴心受压构件的稳定系数	280
附表 4 柱的长度计算系数	284
附表 5 热轧等边角钢的规格及截面特性 (按 GB/T 9788—1988 计算)	286
附表 6 热轧不等边角钢	290
附表 7 热轧普通工字钢的规格及截面特性 (按 GB/T 706—1988 计算)	298
附表 8 热轧普通槽钢的规格及截面特性 (按 GB/T 707—1988 计算)	300
附表 9 热轧 H 形钢和部分 T 形钢的规格及截面特性 (按 GB/T 11236—1988 计算)	302
附表 10 铁路钢桥梁用钢主要技术标准	305
参考文献	307

第一章 钢结构的应用与发展

【学习目的和要求】 通过本章的学习，充分了解钢结构的特点及其工程应用，理解钢结构的设计原理和相关要求，熟悉钢结构的应用领域和适用范围，并对国内外钢结构的现状与发展有较为全面的认识。

第一节 钢结构的特点及其应用

一、钢结构的特点

钢结构是由各种钢板和型钢为主，经过不同的施工工艺连接而成的一种建筑结构。与其他材料的建筑结构相比，钢结构具有以下特点：

1. 强度高、重量轻

通常情况下，钢材的强度和弹性模量要比混凝土、砖石和木材等建筑材料高出很多。所以，钢材特别适合于建造大跨度、高净空、重荷载以及高层和超高层建筑等结构。钢结构的相对质量较轻，其性能可以用材料的质量密度与其强度之比 α 来衡量，当 α 值越小时，其相对质量也越轻。其中，钢材的 α 值一般为 $1.7 \times 10^{-4} \sim 3.7 \times 10^{-4}/\text{m}$ ，而钢筋混凝土的 α 值则为 $18 \times 10^{-4}/\text{m}$ 。因此，在相同的跨度和荷载条件下，如简支梁钢屋架的重量只有钢筋混凝土屋架重量的 $1/4 \sim 1/3$ ，若采用冷弯薄壁型钢屋架，则可以接近 $1/10$ 。对于简支梁而言，混凝土梁的高度通常是其跨度的 $1/10 \sim 1/8$ ，而钢梁则为其跨度的 $1/16 \sim 1/12$ ，如果钢梁有足够的侧向支承，甚至可以达到 $1/20$ ，这就能有效地增大建筑物的净空。在梁高相同的条件下，钢结构的开间可以比混凝土结构的开间大 50% 左右，从而也避免了结构设计和建设中的“粗柱笨梁”现象。

2. 弹、塑性好，抗震性能较强

由于钢材内部组织比较均匀，材质波动小，性能相对稳定，因此，其计算模型比较接近于实际情况。同时，钢结构具有良好的弹、塑性和抗冲击能力，在一般情况下，钢结构对动荷载的适应能力较强，其良好的延性和耗能能力可以保证它不因为外部荷载的变化而突然断裂，这对钢结构的抗震是非常有利的。另外，钢结构的这些特点，不仅可以有效地降低结构

的工程造价，而且也使得其在处理特殊地基等方面有明显的优势。

3. 制造简单，工业化程度高，施工周期短

由于钢结构所使用的材料比较均匀而且单一，且大多数是成品或半成品材料。所以，钢结构的加工程序简单且易于操作，工业化程度较高，质量稳定，劳动力强度较小。当钢结构在工地拼装时，多采用焊接或螺栓连接的方式来进行，这样不仅可以简化施工工序，而且可以明显地缩短工期。另外，钢构件与其他材料的连接也比较方便，这可以为其安装、运输提供便利条件。

4. 密闭性好

由于钢材连接之间的气密性和水密性都比较好。所以，它比较适合于做密封要求较高的板壳结构，如高压容器、油库、有压管道等。

5. 可利用的再生材料

与传统的混凝土结构和砌体结构相比，钢结构属于绿色建筑结构体系。相关工程资料表明，1 t 钢结构可以相应地减少 7 t 混凝土的用量，且钢结构的施工方式为干式施工，这可避免混凝土湿式施工所造成的环境污染。另外，对于已建成的钢结构也比较容易进行加固和改造，用螺栓连接的钢结构还可以根据需要进行拆迁和循环使用，这有利于保护环境和节约资源。

6. 钢结构的耐腐蚀性和耐火性较差

钢材在湿度较大和侵蚀性较强的环境中很容易发生锈蚀，使得结构的截面不断削弱，特别是对薄壁构件的影响更大，因而必须加强对钢结构的维修与养护。另外，国内外相关试验表明，当钢结构的温度在 200℃ 以内时，其力学性能变化不大，而超过 200℃ 时，其材性则会发生较大的改变，不仅强度降低，而且还会发生蓝脆和徐变等现象。当温度超过 600℃ 时，钢材就会进入塑性阶段，并丧失承载力。所以，加强钢结构的养护和维修是非常必要的。

7. 钢结构应防止脆性断裂

钢结构在低温或某些条件下，可能会发生脆性断裂及厚板的层状断裂等。因此，在钢结构设计时应特别引起注意。

综合以上钢结构的特点，建议从事钢结构的工作人员，在钢结构的设计、施工和应用中，应根据钢结构的自身特点扬长避短，科学合理地加以运用。

二、钢结构的应用

随着我国经济和科技的迅速发展，钢结构以其固有的特点和多样化的结构形式，使其应用范围也越来越广。在工业与民用建筑中，钢结构的合理应用范围通常包括以下情况：

1. 大跨度结构

研究表明,当结构的跨度超过 40 m 时,使用钢结构来减轻其自重就有明显的优势。如体育馆、展览馆、大会堂、大跨度的桥梁以及工业建筑中的飞机库、飞机装配车间等。另外,钢结构大跨度体系也适用于建造网架、悬索、拱架以及框架等结构。

2. 重型工业厂房

对于跨度和柱距要求较大、吊车起重量较大(100 t 以上)或工作较繁重的车间多采用钢结构,如冶金厂的炼钢、轧钢车间、重型机器制造厂的车间,还有用于抵抗温度作用或设备振动作用的结构,如锻压车间等。

3. 高耸结构

高耸结构主要包括塔架和桅杆等结构,如电视塔、微波塔、输电线塔、矿井塔、环境气象监测塔、无线电天线桅杆和广播发射桅杆等。

4. 多层和高层建筑

目前,多层和高层建筑骨架多采用钢结构体系,采用这种体系,最能体现出钢结构轻质、高强优越性。近年来,钢结构在此领域内的应用已经获得了巨大的成功,如上海的国贸中心大厦、深圳的地王商业大厦等,这些钢结构也代表了我国目前钢结构的发展趋势。

5. 承受振动荷载影响和地震作用的结构

由于钢材具有良好的弹性和韧性,因此,在设有较大锻锤的车间,其骨架直接承受的动荷载尽管不大,但间接的振动却非常强烈,采用钢结构可以有效地降低振动对建筑物的损坏。

6. 可拆卸或移动的结构

建筑工地所用的生产、生活等附属用房,脚手架、建筑机械的塔式起重机、履带式起重机的吊臂和龙门起重机、流动式展览馆等,这些结构都是可以随时拆迁的,而采用钢结构正好为其提供了很大的方便。

7. 板壳结构以及其他结构

油罐、煤气罐、高炉、水塔等多采用钢材板壳结构,运输通道、栈桥、井架以及结构形式比较新颖的建筑物等也多采用钢结构。

8. 轻型钢结构

轻型钢结构主要包括轻型门式刚架房屋结构、冷弯薄壁型钢结构以及钢管结构等。这些结构可用于荷载较轻或跨度较小的建筑,它具有自重小、建造快又节省钢材等优点。近年来,轻型钢结构已经广泛应用于仓库、办公室、工业厂房等设施。

9. 钢-混凝土组合结构

钢-混凝土的组合结构主要包括钢-混凝土组合梁和钢管混凝土柱等。

第二节 钢结构的设计方法和要求

一、钢结构的极限状态

1. 结构设计的目的

结构设计的主要目的是在满足结构经济合理的前提下,能够使设计的结构满足各项预定的功能,即结构的可靠性满足要求。这些功能主要包括:

(1) 结构应能够承受在正常施工和正常使用时可能出现的各种作用,包括荷载和温度的变化、基础不均匀沉降及地震作用等。

(2) 在正常的使用情况下,结构具有良好的工作性能。

(3) 在正常的维护条件下,结构具有足够的耐久性。

(4) 在偶然事件发生时或发生后,结构仍能够保持必需的整体稳定性而不致倒塌。

结构设计的目的在于保证所设计的结构和构件必须满足各项预定的功能。因此,在结构设计中,就要求各种荷载在结构中所产生的效应(内力和变形),不大于结构和由连接材料性能和几何因素等所决定的抗力或规定限值。影响结构功能的不确定性因素有很多,如荷载的大小、材料强度的高低、截面的尺寸和施工的质量等。所以,即使设计人员采用了相当保守的设计方案,施工人员也采取了最好的材料和施工方案,荷载效应也有可能大于结构的抗力,这时结构就不可能完全可靠,而只能对其作出一定的概率保证。

2. 极限状态

当钢结构或构件的应力超过一定的范围和状态时,结构就不能满足设计或施工规定的某些要求,此特定的状态称为该功能的极限状态。钢结构的极限状态可以分为以下两类:

(1) 承载能力的极限状态:包括构件和连接的强度破坏、疲劳破坏和因过度变形而不适于继续承载,结构和构件丧失稳定,结构转变为机动体系和结构的倾覆等。

(2) 正常使用的极限状态:包括影响结构构件和非结构构件正常使用或外观的变形,影响正常使用的振动,影响正常使用或耐久性能的局部损坏等。

3. 概率极限状态设计法

钢结构设计的基本原则是要做到技术先进、经济合理、安全适用和确保质量。因此,结构设计要解决的根本问题,就是在结构的可靠性与经济性之间选择一种最佳的平衡,即由经济的途径建成的结构并以适当的可靠度来满足各项预定的功能。结构的可靠性理论近年来得到了迅速的发展,结构设计已经摆脱了传统的定值设计法,进入以概率理论为基础的极限状

态设计方法, 简称概率极限状态设计法。以下对此方法进行简单的介绍:

结构的工作性能可以用结构的功能函数来描述。若结构设计时需要考虑 n 个影响结构可靠性的随机变量, 即 $x_1, x_2, \dots, x_n$, 则这个 n 个随机变量之间通常可以建立如下函数关系。

$$Z = g(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1.1)$$

式中: Z 为结构的功能函数。另外, 为了简化计算, 通常仅以结构构件的荷载效应 S 和抗力 R 两个随机变量来表达结构的功能函数。即

$$Z = g(R, S) = R - S \quad (1.2)$$

式中: R 和 S 是随机变量, 因此其函数 Z 也是一个随机变量。

在实际工程中, 可能出现以下三种情况:

- (1) 当 $Z > 0$ 时, 结构处于可靠状态。
- (2) 当 $Z = 0$ 时, 结构处于临界状态。
- (3) 当 $Z < 0$ 时, 结构处于失效状态。

传统的设计方法认为 R 和 S 是两个确定的变量, 只要 $Z > 0$, 再加上一定的保险系数, 结构就是安全的, 但事实并非这样, 这是由于基本变量实际上都是不稳定的。因此, 绝对可靠的结构几乎是不存在的, 对结构的设计只能按照一定的概率可靠度来衡量。只要结构的可靠度足够大, 或其失效概率足够小, 便可认为结构是安全的。

按照概率极限状态法进行设计时, 结构的可靠度是指结构在规定的时间内和条件下, 完成预定功能的概率。“完成预定功能”是指对于某一种结构, 其对应的功能不会失效, 即 $Z \geq 0$ 。若以 p_s 表示结构的可靠度, 则上述定义可以表达为

$$p_s = p(Z \geq 0) \quad (1.3)$$

若结构的失效概率以 p_f 表示, 则

$$p_f = p(Z < 0) \quad (1.4)$$

由于事件 ($Z < 0$) 和 ($Z \geq 0$) 是相互对立的, 所以结构的可靠度 p_s 与结构的失效概率 p_f 就满足

$$p_s + p_f = 1 \text{ 或 } p_s = 1 - p_f \quad (1.5)$$

从以上表达式可以看出, 结构可靠度的计算可以转化为结构失效概率的计算。对于钢结构失效概率的计算和相关表达式的应用, 本教材不作详细的推导, 大家可以参考《钢结构设计规范》(GB 50017—2003) 和其他相关的资料。

二、钢结构的设计要求

钢结构的设计除了要严格地执行国家标准和相关的技术规范外, 还应注意国家的技术经济政策, 尽量做到技术先进、经济合理、安全实用。因此, 钢结构的设计还必须满足以下相关要求:

- ① 设计要从工程实际出发, 选用合理的结构体系、钢材的种类、连接形式以及节点等的构造

措施；② 除了满足结构在实用荷载状态下的强度、刚度和稳定性外，还要根据工程的具体条件，考虑构件在运输、安装过程中的强度、刚度和稳定性等情况；③ 优先考虑采用定型和标准化的结构和构件，尽量减少构件在制作和安装过程中的工作量；④ 要特别注意钢结构的防火和抗腐蚀性能；⑤ 对于新型结构体系，要充分发挥钢结构灵活多样的特点，但应注意结构与建筑的协调统一，并充分考虑新结构性能的稳定性。

另外，对于钢结构设计还应该重视和研究节约钢材、降低造价的各种措施。这些措施主要有以下几个方面：① 采取合理的空间结构、预应力钢结构等新体系；② 运用新的计算分析理论和设计方法；③ 采用高强度的优质钢材和其他轻金属材料；④ 尽量采用薄壁型钢、薄钢板等材料；⑤ 采用钢-混凝土组合结构、钢管混凝土等混合结构。

第三节 钢结构的发展与展望

钢结构在我国的发展已经有非常悠久的历史，从汉明帝时修筑的兰律铁链桥到今天的大跨度钢桥，从宋代的铁塔到现代的全钢结构，我国的钢结构走过了一段非常辉煌的历程。

自 1949 年新中国成立以来，随着我国经济建设的迅速发展，钢结构得到了一定程度的应用，但由于受到钢产量的限制，钢结构仅在重型厂房、大跨度的公共建筑、公路及铁路桥梁以及塔桅结构中使用。在 20 世纪 80 年代中后期，随着我国钢材产量和质量的进一步提高，一些大型钢铁联合企业如鞍山、武汉、包头等钢厂的炼钢、轧钢、连铸车间等都采用了钢结构。在这些大跨度的空间结构中，最具有代表性的应用是桥梁工程、建筑工程和一些大型的构筑物等，其发展速度较快，理论计算也比较成熟。

(1) 在桥梁方面，如上海杨浦大桥（见图 1.1）、南京长江二桥、芜湖长江大桥（见图 1.2）、江阴长江大桥（见图 1.3）等都是具有先进设计理念和方法的钢结构桥梁。



图 1.1 上海杨浦大桥

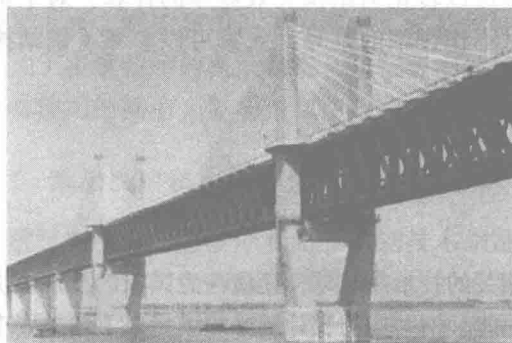


图 1.2 芜湖长江大桥



图 1.3 江阴长江大桥

(2) 在建筑方面,如上海体育馆(见图 1.4)、北京的“鸟巢”工程(见图 1.5),国家大剧院(见图 1.6)、深圳的地王大厦(见图 1.7)等许多高层和超高层建筑。其中,以上海金茂大厦为标志,表明了我国的钢结构建设技术已经进入了世界先进的行列。

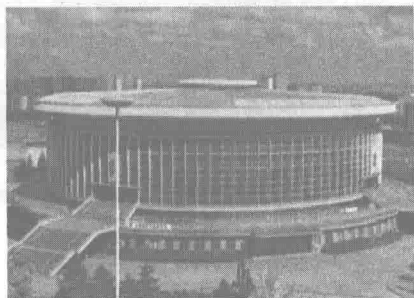


图 1.4 上海体育馆

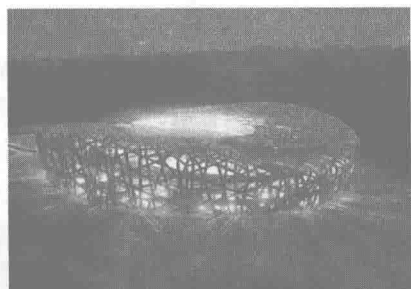


图 1.5 “鸟巢”工程效果图

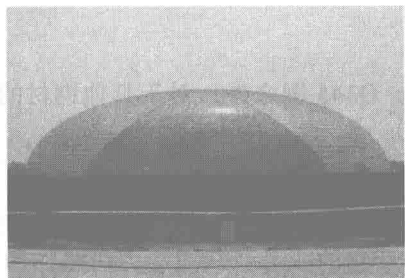


图 1.6 国家大剧院

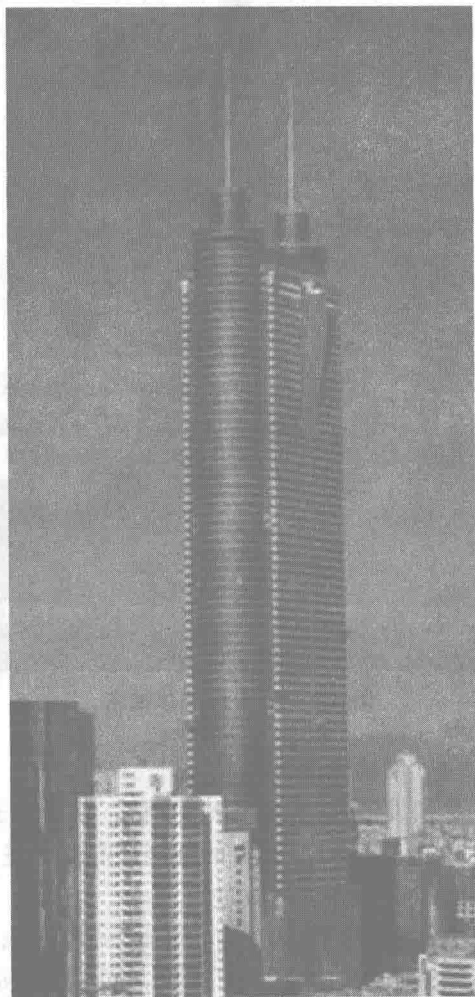


图 1.7 深圳地王大厦

(3) 在构筑物和其他空间结构方面,无论在国外还是国内,都有许多标志性的建筑,如巴黎的埃菲尔铁塔(见图 1.8)、火箭发射塔(见图 1.9)、海上钻井平台(见图 1.10)、大跨度的会展中心、平面网架结构、大型的仓库等。

除了以上应用之外,悬索及斜拉结构、膜和索膜组合结构、立体桁架、预应力拱结构、悬吊结构、网格结构、索杆混合结构等,在我国均有设计和应用成功的实例。

目前,我国钢结构的研究和应用正处于一个迅速发展的时期。然而,钢结构在发展的同时,也存在着一些亟待解决的问题。



图 1.8 巴黎埃菲尔铁塔

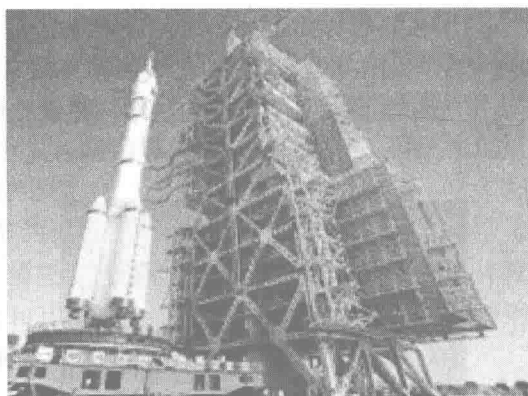


图 1.9 火箭发射塔

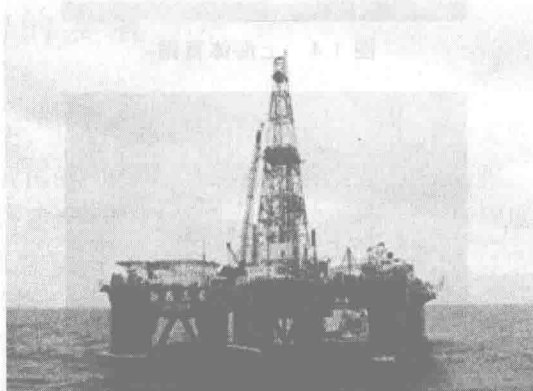


图 1.10 海上钻井平台

(1) 钢材的高性能化。

尽快发展高性能低合金钢材，目前除了 Q235 钢、Q345 钢之外，对于其他钢材的应用，如 Q390 和 Q420 等钢材的性能还有待于进一步研究。

(2) 设计方法的改进。

概率极限设计法还有待于进一步完善，因为它对可靠度的计算仅限于构件或某一截面，而不是整个结构体系的可靠度，同时也不适用于计算反复的疲劳荷载或动力荷载作用下的结构。所以，结构的优化设计问题还有待于进一步提高。

(3) 结构形式的创新。

促进结构形式的创新是结构发展的必然途径，如索膜结构、张拉整体结构、索杆杂交结构等，这些新技术的应用，在减轻结构自重、提高结构承载力、节约钢材方面都有明显的效果，特别是在轻型钢结构方面的研究与应用还有待于进一步加强。

(4) 钢结构的加工工艺。

钢结构的制造水平和生产流程还有待于进一步优化和提高。

(5) 钢材与其他材料之间的连接。

加强钢材与其他材料之间的组合运用，特别是它与高性能混凝土等材料之间的连接性能还有待于进一步研究。

(6) 钢结构设计软件的应用和开发。

使用计算机进行辅助设计,可以大幅度提高钢结构的设计效益,但随着钢结构形式的不断发展,对钢结构设计软件的开发也需要不断地进行更新和完善。

总而言之,尽管目前钢结构的发展还存在着一些不尽如人意的地方,部分领域的研究与国外还有一定的差距,但其发展的潜力巨大,前景广阔。另外,对于钢结构的设计和应用,还应特别注意钢材的价格对工程造价所造成的不利影响,并充分发挥钢材强度高、塑性好的特点,根据工程实际情况,选择适当的结构和施工方案,进行多方面的技术经济比较,以促进钢结构在我国工程应用领域内的全面发展。

小 结

钢材的特点包括强度、刚度、弹塑性、耐久性和稳定性等。鉴于其特有的性能和特征,在工程上的应用越来越广泛,如大跨度结构、重型工业厂房、高耸结构、轻型结构和其他构筑物等。

钢结构的设计原理及设计方法为钢结构在工程中的应用提供了一个重要的理论指导。钢结构的极限状态主要包括承载能力的极限状态和正常使用情况下的极限状态两种,概率极限设计法是目前钢结构设计的主要方法,但其理论还有待于进一步完善。

钢结构目前主要应用于桥梁工程、建筑工程和其他工程等。因为影响钢结构发展的主要原因和相关因素较多,所以,应对钢结构所存在的问题进行更加深入的研究和创新。

思考与习题

1. 结合钢结构在工程上的应用简述钢结构的特点。
2. 在钢结构设计中有哪些常用的方法和要求?
3. 简述钢结构在我国的应用和存在的问题。

第二章 钢结构的材料

【学习目的和要求】 通过本章的学习,充分认识钢材的弹性和塑性、韧性、冷弯性能以及可焊性等性能,理解化学成分、冶金和轧制、钢材的应力、温度、硬化以及反复荷载对钢材主要性能的影响,熟悉不同的钢结构对钢材基本性能和强度指标的要求,重点掌握钢结构或钢构件常用的钢材类型和规格等,并对钢材的各项设计指标有清楚的认识和理解。

第一节 钢结构对钢材性能的基本要求

由于钢材的种类繁多,性能差异较大,规格和用途也不尽相同,所以在选用钢材作为建筑材料时,应特别注意不同品种的钢材的适用范围。从目前钢材在工程上的应用情况来看,适合于建造钢结构的钢材,不仅要具有较高的强度、较好的塑性和韧性,而且还要有良好的加工和可焊性能。另外,在低温状态下工作的结构,还要求钢材也能保持较好的韧性;同时,在易受到大气腐蚀或有害介质侵蚀的环境下,钢结构还要具有较好的抗腐、抗锈能力等。

根据上述要求,结合钢结构的实际情况,我国现行《钢结构设计规范》推荐承重结构的钢材宜采用碳素结构钢中的 Q235 钢,以及低合金高强度结构钢中的 Q345、Q390 和 Q420 等四种钢材。为了保证钢结构的安全性及可靠性,除了选择合理的钢材型号之外,还得满足以下要求:

1. 较高的强度

较高的强度是指钢材具有较高的屈服点 f_y 和抗拉强度 f_u 。其中, f_y 是衡量结构承载能力的重要指标, f_y 的值越大,其减轻结构自重的效果也越好,承载能力也越强;而 f_u 则是衡量钢材经过较大变形后的抗拉能力,它可以直接反映钢材内部组织的优劣性,同时, f_u 也是增加结构安全性能的重要指标和保障。所以,较高的强度是保持钢结构稳定的重要条件。

2. 较好的变形能力

较好的变形能力是指钢材具有较好的塑性和韧性。若钢材的塑性较好时,则其在静载和动载的作用下就会产生足够的延性和应变能力,它不仅可以避免结构的突然破坏,而且还可以通过较大的塑性变形来调整结构内部的局部应力,以保证结构不发生脆性破坏。当钢材的韧性较好时,在动荷载的作用下,可以吸收更多的能量,从而进一步降低钢材脆性破坏的危险程度。