

钢结构

主编 刘 洋
主审 石 坚



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

钢 结 构

主 编	刘 洋	
副主编	贾树华	李之硕
	孙立新	杨建宁
主 审	石 坚	

内 容 提 要

本书根据高等院校土木工程类相关专业教学改革的要求,结合编者长期的教学经验及工程实践进行编写。全书共分为8个模块,主要内容包括认知钢结构、钢结构材料、基本设计原则和体系、钢结构连接、钢结构加工制作、钢结构安装、钢结构防护、钢结构识图与绘图等,各模块内容丰富系统、深入浅出、图文并茂、实用性强。

本书可作为高等院校土木工程类相关专业的教材,也可作为相关培训机构的教学用书,以及钢结构加工制作技术人员、钢结构施工技术人员等其他专业人员自主学习的专业指导书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

钢结构 / 刘洋主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2018.1

ISBN 978-7-5682-5037-5

I. ①钢… II. ①刘… 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(2017)第309548号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 17.5

字 数 / 480千字

版 次 / 2018年1月第1版 2018年1月第1次印刷

定 价 / 72.00元

责任编辑 / 李玉昌

文案编辑 / 李玉昌

责任校对 / 杜 枝

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

编审委员会

顾问：胡兴福 全国住房和城乡建设职业教育教学指导委员会秘书长
全国高职工程管理类专业指导委员会主任委员
享受政府特殊津贴专家，教授、高级工程师

主任：杨云峰 陕西交通职业技术学院党委书记，教授、正高级工程师

副主任：薛安顺 刘新潮

委员：

于军琪	吴 涛	官燕玲	刘军生	来弘鹏
高俊发	石 坚	黄 华	熊二刚	于 均
赵晓阳	刘瑞牛	郭红兵		

编写组：

丁 源	罗碧玉	王淑红	吴潮玮	寸江峰
孟 琳	丰培洁	翁光远	刘 洋	王占锋
叶 征	郭 琴	丑 洋	陈军川	

前 言

本书以提高学生的工程实践能力和职业素质为宗旨,依据高等教育教学的培养目标,围绕高等院校学生的特点,立足“学以致用、深入浅出、突出能力”的原则编写。钢结构作为绿色节能建筑的典范,在建筑结构中应用的比重日益增大,排架结构、多高层框架结构、大跨结构等大都采用轻型钢结构、钢与混凝土组合结构、钢网架、钢桁架等结构。本教材的读者对象是土木工程类相关专业高等院校学生、钢结构加工制作技术人员及钢结构施工技术人员。因此,本书在选取内容时,都是在对钢结构初步认识的基础上,系统介绍了钢结构的应用前景与发展、钢结构材料、基本原理、钢结构连接、钢结构加工制作、钢结构安装、钢结构防护及钢结构的识图与绘图等内容。

本书具有内容新颖、实用性强、通俗易懂的特色。由于钢结构发展很快,新结构、新材料、新工艺不断更新,故本书充分结合了新版钢结构标准规范的内容,介绍了钢结构工程必要的理论基础和设计概念,深入浅出、简明扼要、图文并茂、内容丰富,融入基本的设计、加工、安装等知识。

本书由刘洋担任主编,由贾树华、李之硕、孙立新、杨建宁担任副主编。具体编写分工为:模块1、模块2、模块4、模块8、附录由刘洋编写;模块3由贾树华编写,模块5由孙立新编写;模块6由李之硕编写;模块7由杨建宁编写。全书由刘洋和贾树华统稿,由石坚主审。

在本书的编写过程中,编者参考了许多网络资源、国内外文献、著作、教材及课程网站资料,汲取了相关理论、设计和施工等方面的规范、规程、标准和施工手册的内容,在此谨一并表示最诚挚的谢意。

由于编写时间仓促及编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请各位专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者

目 录

模块1 认知钢结构 1

1.1 钢结构的发展历史 1

1.1.1 钢结构在我国的发展历史 1

1.1.2 钢结构在国外的的发展历史 2

1.2 钢结构的特点 3

1.3 钢结构的应用范围 4

1.4 钢结构的发展 7

本章小结 9

思考与练习 9

模块2 钢结构材料 10

2.1 钢结构对材料的要求 10

2.2 钢材的主要性能 10

2.2.1 强度性能 10

2.2.2 塑性性能 11

2.2.3 冷弯性能 11

2.2.4 冲击韧性 12

2.2.5 可焊性能 12

2.3 各种因素对钢材主要性能的影响 15

2.3.1 化学成分 15

2.3.2 冶炼、浇铸（注）、轧制过程及 热处理的影响 15

2.3.3 钢材硬化 16

2.3.4 温度影响 16

2.3.5 应力集中 17

2.3.6 反复荷载作用 17

2.3.7 复杂应力作用下钢材的屈服条件 18

2.4 钢材的种类和规格 18

2.4.1 钢材的种类 18

2.4.2 钢材的规格 19

2.5 钢材的检验及验收 22

2.5.1 钢材检验的类型与方法 22

2.5.2 钢材检验的内容 22

2.5.3 钢材检验的要求与项目 23

2.5.4 钢材复验 24

2.5.5 钢材的验收 24

本章小结 25

思考与练习 25

模块3 基本设计原则和体系 26

3.1 设计原则 26

3.1.1 设计内容 26

3.1.2 设计原则 26

3.1.3 设计要求 26

3.2 荷载和结构变形 27

3.2.1 荷载和作用 27

3.2.2 结构或构件变形 28

3.3 结构体系 28

3.3.1 一般规定 28

3.3.2 单层钢结构	29	本章小结	123
3.3.3 多高层钢结构	29	思考与练习	123
3.3.4 大跨度钢结构	30		
3.4 受力构件计算	31	模块5 钢结构加工制作	124
3.4.1 截面强度计算	31	5.1 钢结构加工生产准备	124
3.4.2 构件的稳定性	33	5.1.1 审查施工图	124
3.4.3 构件的局部稳定	34	5.1.2 备料	124
本章小结	36	5.1.3 编制工艺规程	125
思考与练习	36	5.1.4 施工工艺准备	125
		5.1.5 加工场地布置	127
模块4 钢结构连接	37	5.2 钢零件及钢部件加工	127
4.1 焊缝连接	37	5.2.1 钢结构放样与号料	127
4.1.1 构造要求与焊缝连接计算	37	5.2.2 钢材的切割下料	129
4.1.2 焊接材料	40	5.2.3 钢构件成形和矫正	130
4.1.3 常用焊接方法、方式与焊接接头 形式	55	5.2.4 钢构件边缘加工	136
4.1.4 焊接工艺评定及方案	68	5.2.5 钢构件制孔	137
4.1.5 焊接接头处理	85	5.3 钢构件组装与预拼装	139
4.1.6 焊接施工质量控制	87	5.3.1 钢构件组装施工	139
4.1.7 焊接质量检验	90	5.3.2 钢构件预拼装施工	140
4.1.8 钢结构的焊接补强或加固	97	5.4 钢结构加工制作质量通病与 防治	142
4.2 螺栓连接	100	5.4.1 钢零件及钢部件加工质量通病与 防治	142
4.2.1 螺栓连接常用材料	100	5.4.2 钢构件组装施工质量通病与 防治	145
4.2.2 普通螺栓连接施工	105	5.4.3 钢构件预拼装施工质量通病与 防治	146
4.2.3 高强度螺栓连接施工	108		
4.2.4 螺栓连接检验	114	本章小结	147
4.2.5 螺栓防松措施	115	思考与练习	148
4.3 铆钉连接	115	模块6 钢结构安装	149
4.3.1 铆接的种类及其连接形式	115	6.1 钢结构安装常用机具设备简介	149
4.3.2 铆接参数的确定	117	6.1.1 塔式起重机	149
4.3.3 铆接施工	118		
4.3.4 铆接检验	120		
4.4 栓焊并用连接	122		

6.1.2	履带式起重机	155	6.7.9	地脚螺栓螺纹保护与修补	212
6.1.3	汽车式起重机	156	6.7.10	钢柱垂直度	212
6.1.4	轮胎式起重机	157	6.7.11	钢柱高度	213
6.1.5	其他起重设备	158	6.7.12	钢屋架拱度	214
6.1.6	索具设备	158	6.7.13	钢屋架跨度尺寸	214
6.1.7	吊装工具	159	6.7.14	钢屋架垂直度	215
6.2	钢结构安装准备	162	6.7.15	吊车梁垂直度、水平度	215
6.2.1	作业条件	162	6.7.16	吊车轨道安装	216
6.2.2	文件资料准备	162	6.7.17	水平支撑安装	216
6.2.3	吊装准备	163	6.7.18	梁-梁、柱-梁端部节点	217
6.3	钢柱安装	169	6.7.19	控制网	217
6.4	钢吊车梁与钢屋架安装	174	6.7.20	楼层轴线	218
6.4.1	钢吊车梁安装	174	6.7.21	柱-柱安装	218
6.4.2	钢屋架安装	179	6.7.22	箱形、圆形柱-柱焊接	219
6.5	钢结构工程安装方案	181	6.8	轻型钢结构安装	219
6.5.1	安装工艺顺序及流水段划分	181	6.8.1	轻型钢结构安装准备工作	219
6.5.2	安装机械选择	182	6.8.2	轻型钢结构安装机械选择	220
6.5.3	钢构件运输和堆放	183	6.8.3	轻型钢结构安装工艺	220
6.6	多层及高层钢结构安装	188	6.9	钢结构安装工程安全技术	221
6.6.1	流水段划分	188	6.9.1	一般规定	221
6.6.2	多层及高层钢结构节点构造	188	6.9.2	防高空坠落	221
6.6.3	钢柱安装	197	6.9.3	防物体落下伤人	222
6.6.4	多层装配式框架安装	201	6.9.4	防起重机倾翻	222
6.6.5	钢梯、钢平台及防护栏安装	205	6.9.5	防吊装结构失稳	223
6.7	钢结构安装质量控制及质量通病防治	207	6.9.6	防触电	223
6.7.1	基础验收	207	本章小结	223	
6.7.2	基础灌浆	208	思考与练习	224	
6.7.3	垫铁垫放	209	模块7 钢结构防护	225	
6.7.4	钢柱标高	209	7.1 钢结构除锈	225	
6.7.5	地脚螺栓(锚栓)定位	210	7.1.1	钢结构的锈蚀原理	225
6.7.6	地脚螺栓(锚栓)纠偏	210	7.1.2	钢结构的表面处理	226
6.7.7	螺栓孔制作与布置	211	7.2 钢结构涂装方法	230	
6.7.8	地脚螺栓埋设	211	7.2.1	刷涂法	230

7.2.2 浸涂法	230	8.2 钢结构施工图的表示方法	246
7.2.3 滚涂法	231	8.2.1 图纸的幅面和比例	246
7.2.4 无气喷涂法	231	8.2.2 常用的符号	248
7.2.5 空气喷涂法	232	8.3 焊缝与螺栓的表示方法	249
7.3 钢结构防腐涂装	232	8.3.1 螺栓、孔、电焊铆钉的表示 方法	249
7.3.1 油漆、防腐涂料的要求与选用	232	8.3.2 常用焊缝的表示方法	250
7.3.2 钢结构涂装防护	234	8.3.3 尺寸标注	255
7.3.3 防腐涂装施工与质量检查	237	8.4 钢结构节点设计详图的识读	257
7.4 钢结构防火涂装	239	8.4.1 节点设计的要求	257
7.4.1 构件耐火极限等级	239	8.4.2 节点设计详图	257
7.4.2 常用防火涂料	239	8.5 钢结构施工详图设计	258
7.4.3 防火涂装施工规定	240	8.5.1 施工详图的内容	258
7.4.4 薄涂型防火涂料施工	242	8.5.2 钢结构施工详图的绘制方法	259
7.4.5 厚涂型防火涂料施工	243	本章小结	261
7.4.6 防火涂装质量控制	243	思考与练习	261
本章小结	244	附录	262
思考与练习	244	附录A 常用建筑结构体系	262
模块8 钢结构识图与绘图	245	附录B 结构或构件的变形允许值	263
8.1 钢结构工程施工图的基本概念	245	参考文献	270
8.1.1 建筑工程施工图的分类	245		
8.1.2 建筑工程施工图的产生阶段	245		
8.1.3 钢结构施工图	246		

模块 1 认知钢结构

学习目标

通过本模块的学习,了解钢结构的发展历史,钢结构的优缺点,钢结构的发展前景;掌握钢结构在土木工程中的主要应用。

能力目标

能对钢结构的发展有初步的认知,能够清楚钢结构的优缺点。

1.1 钢结构的发展历史

1.1.1 钢结构在我国的发展历史

钢结构的历史和炼铁、炼钢技术的发展是密不可分的。人类利用钢结构的历史较为悠久,早在公元前 2000 年左右,在人类古代文明的发祥地之一的美索不达米亚平原(位于现代伊拉克境内的幼发拉底河和底格里斯河之间)就出现了早期的炼铁技术。

我国也是较早发明炼铁技术的国家之一,在河南辉县等地出土的大批战国时代(公元前 221 年)的铁制生产工具说明,早在战国时期,我国的炼铁技术就已经很盛行了。公元 65 年(汉明帝时代),我国已成功地用锻铁为环并相扣成链,建成了世界上最早的铁链悬桥——兰津桥。此后,为了交通便利,跨越深谷,我国曾陆续建造了数十座铁链桥。其中,跨度最大的为 1705 年(清康熙四十四年)建成的四川泸定大渡河桥,桥宽为 2.8 m,跨长为 100 m,由 9 根桥面铁链和 4 根桥栏铁链构成,两端系在直径为 20 cm、长为 4 m 的生铁铸成的锚桩上。该桥比美洲 1801 年建造的跨长为 23 m 的铁索桥早近百年,比号称世界最早的英格兰 30 m 跨铸铁拱桥早 74 年。

除铁链悬桥外,我国古代还建有许多金属建筑物,如公元 694 年(周武氏十一年)在洛阳建成的“天枢”,高为 35 m,直径为 4 m,顶有直径为 11.3 m 的“腾云承露盘”,底部有直径约为 16.7 m 用来保持天枢稳定的“铁山”,非常符合力学原理。又如公元 1061 年(宋代)在湖北荆州玉泉寺建成的 13 层铁塔,目前依然存在。所有这些实例都表明,我国对钢结构的应用,曾经居于世界领先地位。

我国古代在金属结构方面虽有卓越的成就,但由于受到内部的束缚和外部的侵略,相当长的一段时间内发展较为缓慢。我国在 1907 年才建成汉阳钢铁厂,年产量只有 0.85 万吨。但仍建设了一些著名的建筑,如 1927 年建成的沈阳皇姑屯机车厂房、1928—1931 年建成的广州中山纪念堂钢结构屋顶。

中华人民共和国成立后,随着经济建设的发展,钢结构曾起到重要的作用,如第一个五年计划期间,建设了一大批钢结构厂房、桥梁。但由于受到钢产量的制约,在其后很长的一段时间内,钢结构被限制使用在其他结构不能代替的重大工程项目中,这在一定程度上,影响了钢

结构的发展。但自 1978 年我国实行改革开放政策以来,经济建设获得了飞速的发展,钢产量逐年增加。自 1996 年钢产量超过 1 亿吨以来,我国一直位居世界钢产量的首位,2003 年更达到创纪录的 2.2 亿吨,逐步改变了钢材供不应求的局面。我国的钢结构技术政策,也从“限制使用”改为积极合理地推广应用。在 2006 年钢产量达到 1 738 万吨,2015 年达到最高值 11.2 亿吨。随着钢结构设计理论、制造、安装等方面技术的迅猛发展,各地建成了大量的高层钢结构建筑、轻钢结构、高耸结构、市政设施等。

2008 年奥运会和 2010 年世博会在我国举办,更为钢结构在我国的发展提供了前所未有的历史契机。例如,118 层的上海中心大厦(图 1-1),长轴为 332.3 m,短轴为 296.4 m,最高点高度为 68.5 m,最低点高度为 42.8 m;最多可容纳 10 万人的国家体育馆鸟巢(图 1-2);建筑面积为 90 多万 m^2 的北京首都国际机场 3 号航站楼;主跨跨径达到 1 088 m 的苏通长江大桥。随着市场经济的不断完善,钢结构制作和安装企业像雨后春笋般在全国各地涌现,国外著名钢结构厂商也纷纷打入中国市场。在多年工程实践和科学研究的基础之上,我国《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)和《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB 50018—2002)也已发布实施。所有这些实例,都为钢结构在我国快速发展创造了条件。



图 1-1 上海中心大厦

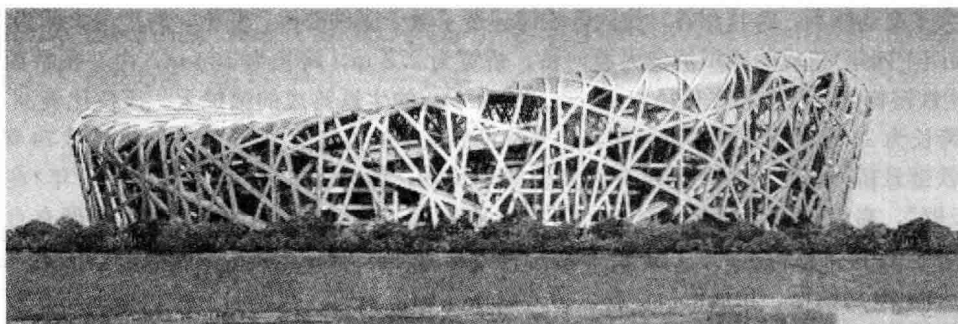


图 1-2 国家体育馆鸟巢

1.1.2 钢结构在国外的的发展历史

1779 年,英国在英格兰中部西米德兰兹郡建成了世界上第一座铸铁拱桥——雪纹桥,其跨度为 30.7 m,如图 1-3 所示。以此为起点,国外的钢结构开始了快速发展。1890 年,英国在爱丁堡城北福斯河(River Forth)上建成了福斯铁路桥(Forth Bridge),主跨达 519 m,是英国人引

以为豪的工程杰作。20 世纪 30 年代，美国进入钢铁产业的迅猛发展时期，钢铁产量和质量提高带动了钢结构突飞猛进的发展，在纽约、芝加哥等城市建设了大量高层钢结构工程。

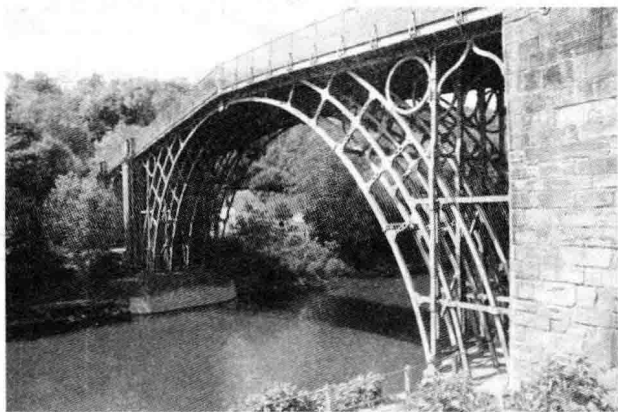


图 1-3 雪纹桥

1.2 钢结构的特点

钢结构是指用钢板、型钢等轧制而成的钢材或通过冷加工形成的薄壁型钢，通过焊接、螺栓连接、铆接或栓接等方式制作为主的工程结构，通常由型钢和钢板等制成的梁、桁架、柱、板等构件组成，钢结构也是主要的建筑结构类型之一。钢材具有强度高、自重轻、整体刚性好、变形能力强的特点；材料匀质性和各向同性好，属于理想弹性体。钢材的塑性、韧性好，可有较大变形，能很好地承受动力荷载，建筑工期短，其制作安装的工业化程度高。

1. 钢结构的优点

与其他结构形式诸如钢筋混凝土结构、砖石等砌体结构相比，钢结构具有如下优点：

(1)强度高、质量轻。与混凝土、木材等其他结构材料相比，钢材的密度虽然较大，但其强度较其他结构材料高得多，从而使钢结构具有较大的承载能力。由于钢材的强度与密度的比值远大于混凝土和木材。因此，在相同的荷载和条件下，钢结构构件的截面面积小，自重较轻。例如，当跨度和荷载均相同时，钢屋架的质量仅为钢筋混凝土屋架的 $1/4 \sim 1/3$ ，冷弯薄壁型钢屋架甚至接近 $1/10$ 。轻质的结构使得钢结构可以跨越大空间，因此，钢结构更适合大跨度结构及荷载大的结构。

(2)塑性、韧性好。钢材属于理想的弹塑性材料，具有很好的变形能力。因塑性(plasticity)较好，一般情况下，钢结构不会因偶然或局部超载而发生突然断裂，而是以事先有较大变形为先兆。钢材的韧性(toughness)好，则使钢结构能很好地承受动力荷载。这些性能均对钢结构的安全提供了可靠保证。

(3)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与韧性，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，钢结构损坏程度相对较轻。

(4)材质均匀，与力学计算的假定比较符合。钢材在冶炼和轧制过程中质量可严格控制，材质波动的范围小，材质均匀性好，内部组织比较接近于匀质和各向同性，而且在一定的应力幅度内几乎是完全弹性的。因此，钢结构实际受力情况与力学计算结果吻合得好，可以根据力学原理建立钢结构的计算方法，工作可靠性高。

(5)适于机械化加工，工业化程度高，施工周期短。钢结构所用的材料单纯而且是成品材

料,加工比较简便,并能使用机械操作。因此,大量的钢结构一般在专业化的金属结构工厂做成构件,然后运至工地安装。型钢的大量采用再加上专业化的生产,使其具有精度高、制作周期短的特点。工地安装广泛采用螺栓连接,良好的装配性可大幅度缩短工期,进而为降低造价、提高效益创造有利条件。

(6)密闭性较好。由于钢材本身组织致密,钢材和焊缝连接的水密性和气密性较好,甚至铆接或螺栓连接都可以做到。因此,适宜建造密闭的板壳结构,如高压容器、油库和管道,甚至载人太空结构物等。

(7)绿色环保,符合可持续发展的要求。钢结构产业对资源和能源的利用相对合理,对环境破坏相对较少,是一项绿色环保型建筑产业,钢材是具有很高再循环利用价值的材料,边角料都可以回炉再生循环利用。对同样规模的建筑物,钢结构建造过程中有害气体的排放量只相当于混凝土结构的65%。钢结构建筑物由于很少使用砂、石、水泥等散料,从而在根本上避免了扬尘、废弃物堆积和噪声等污染问题。

2. 钢结构的缺点

虽然钢结构有很多优点,但也存在着可能会影响其选择应用的一些缺点,主要有以下几点:

(1)耐腐蚀性差。普通钢材容易锈蚀,对钢结构必须注意防护,特别是薄壁构件。处于较强腐蚀性介质内的建筑物不宜采用钢结构。在设计中应避免使结构受潮、淋雨,构造上应尽量避免存在难以检查、维修的死角。一般还需要定期维护,导致维护费用较高。不过在没有侵蚀性介质的一般厂房结构中,构件经过彻底除锈并涂上合格的油漆,锈蚀问题并不严重。近年来出现的耐候钢具有较好的抗锈蚀性能,已经逐步推广应用。

(2)钢材耐热但不耐火。当钢材长期经受 100°C 辐射热时,强度没有多大变化,具有一定的耐热性能,但当温度达到 150°C 以上时,就需要用隔热层加以保护。当温度超过 250°C 后,材质变化较大,强度总趋势逐步降低,还有变脆和徐变现象。当温度达到 600°C 时,钢材进入塑性状态已不能承载。因此,《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)规定钢材表面温度超过 150°C 后需要加以隔热防护,有防火要求者,更需要按相应规定采取隔热保护措施。

(3)失稳和变形过大造成的破坏。由于钢材强度高,一般钢结构构件截面面积小、壁厚薄,因此,钢结构在压力和弯矩等作用下易受稳定承载力和刚度要求的限制,使强度难以充分发挥,必须在设计、施工中给予足够重视,确保安全。

(4)钢结构可能发生脆性断裂。钢结构在低温和某些条件下可能发生脆性断裂,通常,低温下的材质较脆,使得钢材在低于常规强度下突然脆断。另外,还有交变应力的动荷载条件下的疲劳破坏和厚板的层状撕裂,都应引起设计者的特别注意。

(5)钢结构对缺陷较为敏感。任何事物都不是十全十美的,钢结构也不例外。不仅在钢材出厂时就有内在缺陷,而且构件在制作和安装过程中还会出现新的缺陷。钢结构对缺陷较为敏感,设计时需要考虑其效应。

1.3 钢结构的应用范围

钢结构是土木工程的主要结构形式之一,随着我国国民经济的迅速发展,其发展极为迅速,钢结构在土木工程各个领域都得到广泛的应用,如高层和超高层建筑等。普通钢结构在土木工程中的主要应用如下。

1. 大跨结构

大跨结构(large span structure)可以充分发挥钢结构强度高、自重轻的优点。结构跨度越

大，自重荷载中所占的比例就越大，减轻结构的自重会带来明显的经济效益，对减轻横梁自重有明显的经济效果。因此，钢结构在大跨度空间结构和大跨度桥梁结构中均能得到广泛的应用。大跨结构所采用的结构体系主要有网架结构、网壳结构、悬索结构、充气结构、张拉整体结构、膜结构、杂交结构及预应力钢结构等。大跨结构主要用于飞机库、汽车库、火车站、大会堂、体育馆(图 1-4)、展览馆、影剧院等。

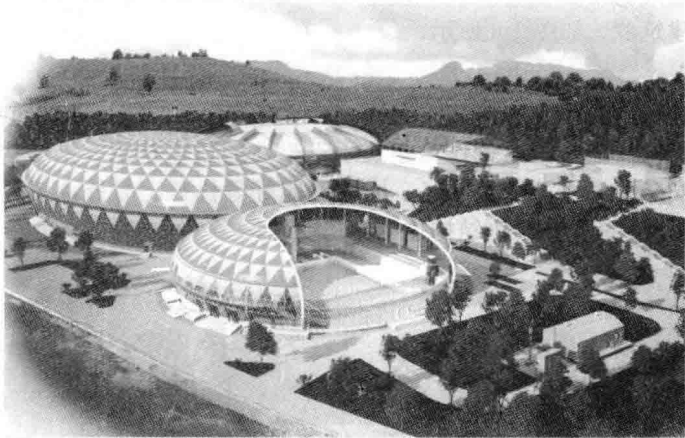


图 1-4 体育馆

2. 工业厂房

工业厂房(industrial factory building)可分为轻型、中型和重型工业厂房。其主要根据是否设置吊车以及吊车吨位的大小和运行频繁程度而定。由于工业厂房跨度和柱距大、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，并需要兼顾厂房改建、扩建要求，故常采用由钢柱、钢屋架和钢吊车梁等组成的全钢结构，如图 1-5 所示。例如，炼钢车间、锻压车间等。近年来，轻型门式刚架结构在工业厂房中的应用十分普遍。

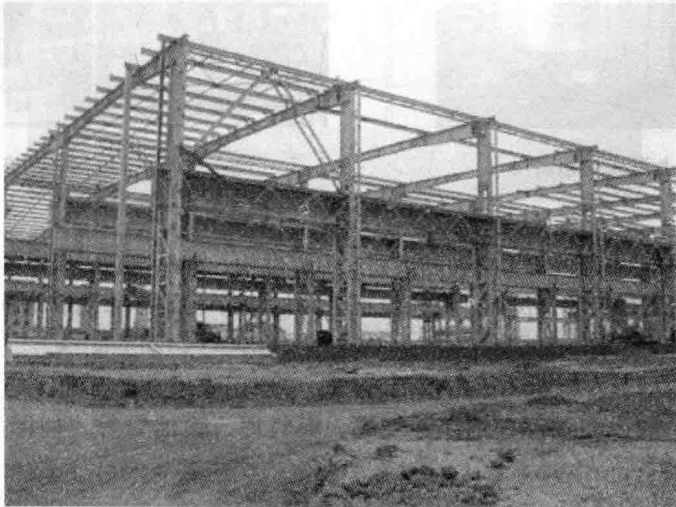


图 1-5 工业厂房的钢架

3. 高层结构

高层结构(high-rise structure)，房屋越高，所受侧向水平作用的影响也越大，如风荷载及地

震作用。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。尤其是超高层结构，能充分发挥钢结构强度高，塑性、韧性好，抗震性能优越等优点。其结构形式主要为多层框架、框架-支撑结构，框筒、巨型框架等。

近年来，随着我国钢产量的逐年增加，钢结构在写字楼、商业建筑中得到越来越广泛的应用，多层、高层、超高层建筑中的应用更加广泛，如北京国贸三期、上海环球金融中心、上海中心大厦等一大批超高层建筑应运而生。上海浦东的金茂大厦、上海环球金融中心和上海中心大厦组成的标志性建筑群，如图 1-6 所示。

4. 钢结构住宅

在国家顶层设计和产业政策的有力推动下，钢结构作为装配式建筑的重要体系，将有更广阔的应用前景。钢结构住宅是指以钢作为建筑承重梁柱的住宅建筑。钢结构房屋具有质量轻、强度高、大开间、安全可靠、抗震性好、抗风性能好等优势。另外，工厂化的装配式生产，更绿色更环保。如图 1-7 所示为某钢结构住宅在建项目。

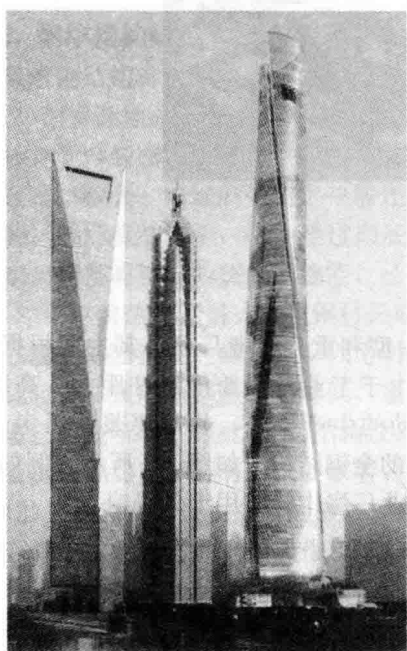


图 1-6 上海浦东超高层



图 1-7 某钢结构住宅在建项目

5. 高耸结构

高耸结构(towering structure)主要包括塔架和桅杆结构，如电视塔、输电线塔、钻井塔、环境大气监测塔、广播发射桅杆等。例如，广州电视塔(图 1-8)、上海东方明珠电视塔。

6. 容器、储罐、管道

用钢板焊成的容器具有密封和耐高压的特点，广泛用于冶金、石油、化工企业中。其包括容器、储罐、管道，如大型油库、油罐、气罐、煤气库、输油管等。如图 1-9 所示为某储罐工程。

7. 可拆卸或移动的结构

可拆卸或移动的结构如建筑工地的活动房、临时的商业或旅游业建筑、塔式起重机、龙门吊等。此类结构多为轻钢结构并采用螺栓或扣件连接。

8. 其他构筑物

其他构筑物如高炉、运输通廊、栈桥、管道支架等。



图 1-8 广州电视塔

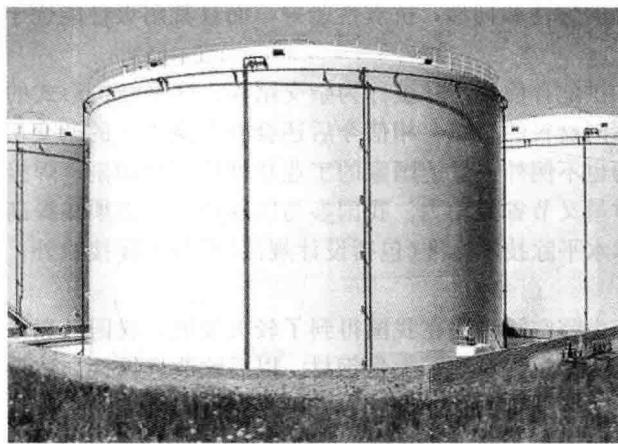


图 1-9 立式油罐

1.4 钢结构的发展

建筑结构设计规范把技术先进作为对结构要求的一个重要方面。先进的技术并非一成不变，而是随时间推移而不断发展。钢结构的发展主要体现在开发高性能钢材，深入了解和掌握结构的真实极限状态，开发新的结构形式和提高钢结构制造工业的技术水平四个方面。

(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。现行国家标准《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)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, 材料离心轴较普通型钢远, 因此能有效地利用材料, 节约钢材。近年来, 冷成型钢的生产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。目前, 我国对于这两种钢材的开发有了很大的进步。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) 高强度钢索。用高强度钢丝束作为悬索桥的主要承重构件, 已经有七八十年的历史。钢索用于房屋结构可以说是方兴未艾, 新的大跨度结构形式如索膜结构和张拉整体结构等不断出现。钢索是只能承受拉力的柔性构件, 需要和刚性构件如桁架、环、拱等配合使用, 并施加一定的预应力。预应力技术也是钢结构形式改革的一个因素, 可以少用钢材和减轻结构质量。

2) 钢与混凝土组合结构。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。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; 钢梁和所承的钢筋混凝土楼板(或组合楼板)协同工作, 用楼板当作钢梁的受压翼缘, 可以节约钢材 $15\%\sim 40\%$, 降低造价约 10% 。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。

3) 杂交结构。索和拱配合使用, 常被称为杂交结构, 这是结构形式的杂交。钢和混凝土组合结构, 可以认为是不同材料的杂交。相信今后还会有其他方式的杂交出现。制造业正在趋向于机电一体化, 钢结构也不例外。发达国家的工业软件将钢材切割、焊接技术和焊接标准集成在一起, 既保证构件质量又节省劳动力。我国参与国际竞争, 必须在提高技术水平和降低成本方面下功夫。提高技术水平除技术标准(包括设计规范)要与国际接轨外, 制造和安装质量也必须跟上。

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。以后除改进设计方法外, 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, 这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。

5) 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质量。预应力钢结构是发展的重要方向。

(3) 深入了解和掌握结构的真实极限状态。人们对结构承载能力的表现认识得越清楚, 设计中对钢材的利用就越合理。对结构承载能力极限状态的研究, 经历着从构件和连接向整体结构发展的过程。常用构件的极限状态大多已经了解清楚, 不过仍然不断有新问题出现, 例如, 新截面形状冷弯型钢的特性。连接的极限状态的研究滞后于构件, 整体结构的极限状态则更有大量工作要做。计算手段的不断改进, 为此提供了有利条件。极限状态的研究成果, 需要迅速吸收到设计规范中。目前的发展情况, 多层框架的弹塑性极限承载力和单层房屋蒙皮效应利用等研究效果, 已经有条件纳入规范或规程中。

(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。