



新世纪土木工程系列规划教材

建筑钢结构 设计原理



何延宏 高春 主编

Education



配套教师课件
习题答案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

新世纪土木工程系列规划教材

建筑钢结构

设计原理

主 编	何延宏	高 春
副主编	曹正罡	
参 编	李英杰	李 琳

机械工业出版社

“建筑钢结构设计原理”是土木工程专业的必修课程，本书是高等院校土木工程专业教材，依据《钢结构设计标准》（GB 50017—2017）、《建筑结构荷载规范》（GB 50009—2012）以及《高层民用建筑钢结构技术规程》（JGJ 99—2015）等现行规范编写。内容包括：钢结构材料、轴心受力构件、受弯构件、拉弯和压弯构件、钢结构连接方法和节点设计、普通钢屋架设计等。书后列有附录，给出了钢结构设计所需的各种数据以及系数，仅供参考查用。为了便于学生对钢结构设计原理的学习和掌握，各章除列举了必要的设计例题外，章后还提供了大量的习题（选择、填空、简答以及计算）。

本书内容丰富、系统、理论联系实际，可作为高等学校土木工程专业本科教材，也可供钢结构设计、制作和施工人员及有关技术人员参考使用。

图书在版编目（CIP）数据

建筑钢结构设计原理/何延宏，高春主编. —北京：机械工业出版社，2019.1

新世纪土木工程系列规划教材

ISBN 978-7-111-61890-4

I. ①建… II. ①何… ②高… III. ①建筑结构-钢结构-结构设计-高等学校-教材 IV. ①TU391.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 018438 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：李 帅 责任编辑：李 帅 臧程程

责任校对：刘志文 封面设计：张 静

责任印制：张 博

三河市宏达印刷有限公司印刷

2019 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·21.25 印张·1 插页·526 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-61890-4

定价：49.90 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线：010-88379833

读者购书热线：010-68326294

网络服务

机工官网：www.cmpbook.com

机工官博：weibo.com/cmp1952

教育服务网：www.cmpedu.com

金书网：www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版



前言

钢结构具有强度高、重量轻、抗震性能好、施工速度快、基础费用省、工业化程度高、建筑造型美观等诸多优点，与其他结构相比还具有节能环保、可回收利用等优点。在发达国家，绝大多数商业、办公、娱乐、体育、展览等公共建筑以及广播电视通信建筑均为钢结构。我国实行改革开放政策以来，经济建设突飞猛进，钢结构也有了前所未有的发展。高层和超高层房屋、多层房屋、单层轻钢房屋、体育场馆、大跨度会议中心、大型客机检修库、自动化高架仓库、城市桥梁和大跨度公路桥梁、粮仓以及海上采油平台等许多已采用钢结构。可以预见，随着我国建筑市场的发展，钢结构势必在工程建设中得到越来越广泛的应用。

建筑钢结构设计原理是土木工程专业的必修课程，本书是高等院校土木工程专业教材，依据《钢结构设计标准》（GB 50017—2017）等现行规范编写。内容包括：钢结构材料、轴心受力构件、受弯构件、拉弯和压弯构件、钢结构连接方法和节点设计、普通钢屋架设计等。

本书根据编者多年的教学经历和实践经验编写，紧密结合规范，将规范规定内容引入教材，每个设计理论均有出处，教会学生应用规范解决问题。在本书的编写过程中力求理论结合实际，所有计算简图均来自工程实际，尽量配以工程照片，并给出三维立体图形，减小理解难度。书后列有附录，给出了钢结构设计所需的各种数据以及系数，仅供参考查用。为了便于学生对建筑钢结构设计原理的学习和掌握，各章除列举了必要的设计例题外，章后还提供了大量的习题（选择、填空、简答以及计算）。

本书内容丰富、系统、理论联系实际，可作为高等学校土木工程专业本科教材，也可供钢结构设计、制作和施工人员及有关技术人员参考使用。

全书共分7章：第1章绪论，由哈尔滨工业大学曹正罡编写；第2章钢结构材料，由哈尔滨学院高春编写；第3章轴心受力构件，由中国矿业大学李英杰编写；第4章受弯构件，由哈尔滨学院李琳编写；第5章拉弯和压弯构件，第6章钢结构连接方法和节点设计，第7章普通钢屋架设计，由哈尔滨学院何延宏编写。

由于编者水平有限，书中错谬之处在所难免，敬请广大读者批评指教。

编者

目 录

前 言

第 1 章	绪论	1
1.1	钢结构的发展史	1
1.2	钢结构的特点	3
1.3	钢结构的分类和应用	4
1.3.1	按应用领域分类	4
1.3.2	按结构体系工作特点分类	11
1.4	钢结构的设计方法	13
1.4.1	概述	13
1.4.2	规范现行设计表达式	15
1.5	钢结构的发展	16
	习题	20
第 2 章	钢结构材料	22
2.1	钢材的破坏形式	22
2.2	钢材的生产	22
2.2.1	钢材的冶炼	22
2.2.2	钢材的组织构造和缺陷	24
2.2.3	钢材的加工	25
2.3	钢材的主要性能	27
2.3.1	钢材在单向一次拉伸下的工作性能	27
2.3.2	钢材的其他性能	28
2.3.3	钢材在复杂应力状态下的屈服条件	29
2.4	影响钢材性能的主要因素	30
2.4.1	化学成分的影响	30
2.4.2	钢材的焊接性能	31
2.4.3	钢材的硬化	32

2.4.4 应力集中的影响	32
2.4.5 加载速度的影响	33
2.4.6 温度的影响	34
2.4.7 循环荷载的影响	35
2.5 建筑用钢的种类、规格和选用	40
2.5.1 钢材的种类	40
2.5.2 钢材的规格	44
2.5.3 钢材的选用	45
习题	47

第3章 轴心受力构件 51

3.1 轴心受力构件的应用	51
3.2 轴心受力构件的强度和刚度	53
3.2.1 轴心受力构件的强度	53
3.2.2 轴心受力构件的刚度	55
3.3 轴心受压构件的整体稳定	57
3.3.1 理想轴心受压构件的屈曲	58
3.3.2 实际轴心受压构件的整体稳定	60
3.3.3 轴心受压构件的整体稳定计算	63
3.4 轴心受压构件的局部稳定	71
3.4.1 均匀受压板件的屈曲	71
3.4.2 轴压构件板件的宽厚比	72
3.4.3 腹板屈曲后计算	74
3.5 实腹式轴心受压构件的设计	75
3.5.1 实腹式轴心受压构件的常用截面形式	75
3.5.2 实腹式轴心受压构件的截面设计	75
3.6 格构式轴心受压构件的设计	80
3.6.1 格构式轴心受压构件的常用截面形式	80
3.6.2 格构式轴心受压构件的整体稳定	80
3.6.3 格构式轴心受压构件的缀材设计	84
3.6.4 格构式轴心受压构件的截面设计	87
习题	92

第4章 受弯构件 97

4.1 受弯构件的形式和应用	97
4.2 梁的强度和刚度	99
4.2.1 梁的强度	99
4.2.2 梁的刚度	103

4.3 梁的整体稳定	105
4.3.1 梁整体稳定的概念	105
4.3.2 梁整体稳定的实用算法	106
4.3.3 影响梁整体稳定性的因素及增强梁整体稳定性的措施	107
4.4 梁的局部稳定和腹板加劲肋设计	110
4.4.1 受弯构件局部稳定的概念	110
4.4.2 受压翼缘的局部稳定	110
4.4.3 腹板的局部稳定	111
4.4.4 加劲肋的构造和截面尺寸	119
4.4.5 支承加劲肋计算	120
4.5 组合梁考虑腹板屈曲后强度的设计	123
4.5.1 梁腹板屈曲后的抗剪承载力	124
4.5.2 梁腹板屈曲后的抗弯承载力	125
4.5.3 同时受弯和受剪的腹板	126
4.5.4 考虑腹板屈曲后强度的加劲肋设计	127
4.6 受弯构件的截面设计	128
4.6.1 型钢梁的设计	128
4.6.2 组合梁的设计	132
习题	139

第5章 拉弯和压弯构件 145

5.1 概述	145
5.2 拉弯和压弯构件强度和刚度计算	146
5.2.1 拉弯和压弯构件的强度	146
5.2.2 拉弯和压弯构件的刚度	149
5.3 实腹式压弯构件的稳定	150
5.3.1 实腹式单向压弯构件弯矩作用平面内的整体稳定	151
5.3.2 实腹式单向压弯构件弯矩作用平面外的整体稳定	156
5.3.3 双向弯曲实腹式压弯构件的整体稳定	158
5.3.4 实腹式压弯构件的局部稳定	159
5.3.5 压弯构件及框架柱的计算长度	160
5.4 实腹式压弯构件的截面设计	163
5.4.1 截面设计原则	163
5.4.2 截面设计步骤	163
5.4.3 构造要求	163
5.5 格构式压弯构件	165
5.5.1 强度计算	166
5.5.2 刚度计算	166

5.5.3 稳定计算	166
5.5.4 缀材计算和构造要求	168
习题	170

第 6 章 钢结构连接方法和节点设计 174

6.1 钢结构的连接方法	174
6.1.1 焊接连接	175
6.1.2 螺栓连接	179
6.1.3 铆钉连接	181
6.2 焊缝连接的构造和计算	181
6.2.1 对接焊缝的构造与计算	181
6.2.2 角焊缝的构造和计算	185
6.2.3 斜角角焊缝和部分焊透的对接焊缝的计算	205
6.2.4 焊接残余应力和焊接变形	206
6.3 螺栓连接的构造和计算	211
6.3.1 普通螺栓连接的构造和计算	211
6.3.2 普通螺栓的受剪连接	212
6.3.3 普通螺栓的受拉连接	218
6.3.4 普通螺栓受剪力和拉力的联合作用	223
6.3.5 高强度螺栓连接的构造和计算	224
6.4 节点设计原则	231
6.5 次梁与主梁的连接	232
6.5.1 次梁与主梁铰接	232
6.5.2 次梁与主梁刚接	233
6.6 梁与柱的连接	233
6.6.1 梁与柱的铰接连接	234
6.6.2 梁与柱的刚接	235
6.7 柱头柱脚设计	239
6.7.1 整体式柱脚	239
6.7.2 分离式柱脚	240
习题	241

第 7 章 普通钢屋架设计 246

7.1 屋架的选型及结构特点	246
7.1.1 屋架选型的原则	246
7.1.2 屋架的外形及结构特点	246
7.2 屋盖支撑体系	247
7.2.1 支撑的种类	247

7.2.2	支撑的作用	248
7.2.3	屋盖支撑的布置	248
7.2.4	屋盖支撑的形式和构造	252
7.3	普通钢屋架设计	254
7.3.1	钢屋架设计内容及步骤	254
7.3.2	钢屋架主要尺寸	254
7.3.3	屋架荷载计算与组合	255
7.3.4	内力计算	258
7.3.5	杆件设计	260
7.3.6	节点设计	265
7.3.7	钢屋架施工图	273
7.4	钢屋架设计实例	274
7.4.1	设计资料	274
7.4.2	屋架尺寸与布置	275
7.4.3	设计与计算	276
习题		286

附录		288
----	-------	-----

附录 A	常用建筑结构体系	288
附录 B	钢材和连接强度设计值	289
附录 C	梁的整体稳定系数	292
附录 D	轴心受压构件的稳定系数	296
附录 E	柱的计算长度系数	299
附录 F	结构或构件的变形容许值	302
附录 G	疲劳计算的构件和连接分类	305
附录 H	型钢表	312
附录 I	螺栓和锚栓规格	330

参考文献		331
------	-------	-----

钢结构为一种建筑结构类型,是将钢板、圆钢、钢管、钢索、各种型钢等钢材,经加工、连接、安装组成钢梁、钢柱、钢桁架等工程结构。各构件或部件之间通常采用焊缝、螺栓或铆钉连接,采用硅烷化、纯锰磷化、水洗烘干、镀锌等除锈防锈工艺。钢结构能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。

钢结构强度高、自重轻、整体刚度好、变形能力强,且施工简便,建设工期短,工业化程度高,可进行机械化程度高的专业化生产。现已广泛应用于大型厂房、场馆、超高层建筑等领域。

1.1 钢结构的发展史

人类采用钢结构的历史和炼铁、炼钢技术的发展密不可分。在公元前 2000 年左右,在伊拉克两河流域就出现了早期的炼铁术。我国也是较早发明炼铁技术的国家之一。在战国时期,我国的炼铁技术已经很盛行了。战国后期(公元前 246~公元前 219 年)就已经能用铁做简单的承重结构了。约公元 1475 年(明成化年间),已经成功地用锻铁为环,相扣成链,建成世界上最早的铁链悬桥——兰津古渡的“霁虹桥”。最著名的铁链桥是建于 1705 年的长 103m 的大渡桥,九根铁链上铺板,四根铁链做扶手,如图 1-1 所示。

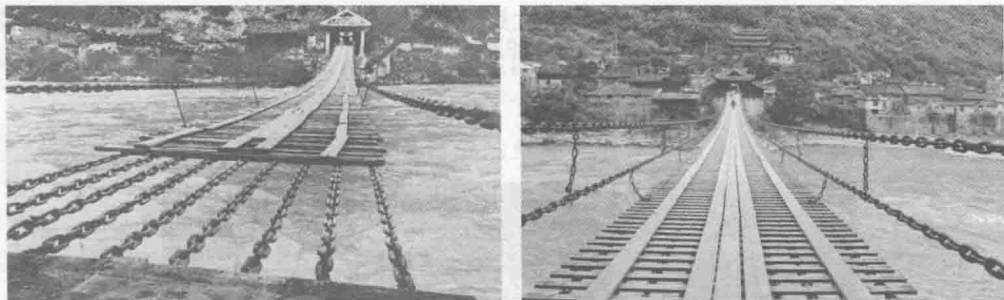


图 1-1 大渡桥

随着外来宗教的传入,塔寺作为宗教建筑物出现。塔寺建筑(见图 1-2)成为后来多高层钢结构建筑物以及塔桅钢结构的起源。

18~20 世纪初,随着工业革命的不断深入,资本主义经济得到快速发展,一些资本主义强国钢铁工业发展得到了有力的推动,钢结构技术得以产生和初步发展。18 世纪后半叶,

铸铁开始大批量生产并开始应用于结构物,但由于铸铁是抗压性能较强的脆性材料,因此只应用于受压构件及木结构的连接部位。在1840年后,随着铆钉连接和锻铁技术的发展,铸铁结构逐渐被锻铁结构取代,1846年到1850年英国人在威尔士修建的布里塔尼亚桥就是这方面的代表。该桥共有4跨,每跨均为箱形梁式结构,由锻铁型板和角铁经铆钉连接而成。直到1870年成功轧制出工字钢后,提高了工业化大批量生产钢材的能力,强度高、韧性好的钢材才逐渐在建筑领域代替锻铁材料。

20世纪初焊接技术和高强度螺栓的接连出现,极大地促进了钢结构的发展,除了欧洲和北美外,钢结构在苏联和日本也获得了广泛应用,逐渐成为全世界所接受的重要的结构体系。二战期间因高施工速度的需要,轻钢房屋得到快速发展;40年代出现了门式刚架结构;50年代出现工业化程度较高的钢结构住宅,形成了工厂化的钢结构住宅建筑体系并延续至今;60年代住宅建筑工业化高潮遍及欧洲并发展到美、加、日等发达国家,彩色压型板及冷弯薄壁檩条组成的轻质围护体系开始大量应用。轻钢结构是发达国家目前主要的建筑结构形式。

受第二次世界大战影响,西方发达资本主义国家钢材的性能和产量取得了突破性进展,计算机也开始早期运用于钢结构建筑的辅助设计,钢结构建筑的各种结构体系日益成熟。

1977年法国蓬皮杜文化中心建成,高科技潮流开始出现;到20世纪80、90年代,雷诺汽车零件配送中心、香港汇丰银行、法国里昂机场TGV铁路客运站、日本关西国际机场等则把钢结构工程推向了一个新的高度。在新结构方面,许多国家都加大了研究力度,现在人类已具有建造跨度超过1000m的超大型穹顶与高度超过1000m最高至4000m的超高层建筑的能力。大跨建筑开合空间钢结构亦有较大的进展,如图1-3所示,1989年建成的加拿大多伦多天空穹顶体育馆,跨度205m,能容纳7万人,屋盖关合后可做全封闭有空气调节的体育场。1993年建成的日本福冈室内体育场,直径222m,是当代世界上最大的开合空间钢结构。膜结构的发展也令人瞩目,1992年在美国亚特兰大建成的奥运会主馆“佐治亚穹顶”,平面尺寸为240m×193m,是世界上最大跨度的索网与膜杂交结构屋顶。由于科技的发展及钢材品质的提高,钢结构被越来越多的国家所肯定,节能、省地、可持续发展的钢结构正面临新的发展机遇。

钢结构建筑有其他建筑体系所不具备的卓越优势,钢结构建筑因为具有施工周期短、坚

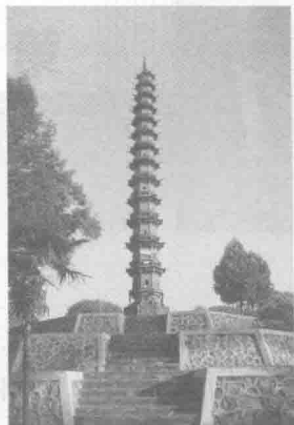


图 1-2 铁塔寺

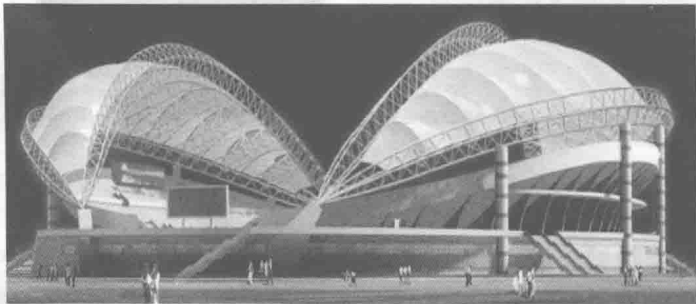


图 1-3 大跨建筑

固耐用、自重轻、环保等一些不可比拟的优点,所以发展钢结构建筑具有十分广阔的空间,符合国际发展潮流的要求,未来可能成为建筑体系中的主流。

1.2 钢结构的特点

钢结构在工程中得到广泛应用和发展,是由于钢结构是一种节能环保并能循环使用的结构,符合经济持续健康发展的要求。与其他结构相比钢结构具有下列特点:

1. 强度高而重量轻(轻质高强)

钢的密度虽然较大,但强度高,结构需要的构件截面小,因此结构自重轻。结构的轻质性可用材料的质量密度 ρ 与强度 f 的比值 α 来衡量。 α 越小,结构相对越轻。建筑钢材的 α 值在 $1.7 \times 10^{-4} \sim 3.7 \times 10^{-4}/\text{m}$ 之间;木材的 α 值为 $5.4 \times 10^{-4}/\text{m}$;钢筋混凝土的 α 值约为 $18 \times 10^{-4}/\text{m}$ 。以同样跨度承受相同的荷载,钢屋架的重量仅有钢筋混凝土屋架的 $1/4 \sim 1/3$,若采用薄壁型钢屋架或空间结构甚至接近 $1/10$ 。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、受荷大的结构。

2. 材质均匀,塑性、韧性好

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,钢材的弹性模量高达 206GPa ,在正常使用情况下具有良好的延性,可简化为理想弹塑性体,符合一般工程力学基本假定。因此,钢结构的实际受力情况和工程力学计算结果比较符合,可靠性高。钢材塑性、韧性好。塑性是指承受静力荷载时,材料吸收变形能的能力。韧性是指承受动力荷载时,材料吸收能量的多少。由于钢材的塑性好,钢结构一般情况下不会由于偶然超载而突然断裂,只会增加变形,容易被发现。此外,尚能将局部高峰应力重新分配,使应力变化趋于平缓。韧性好,说明钢材具有良好的动力工作性能,使得钢结构具有优越的抗震性能。

3. 钢结构制造简便、施工方便,具有良好的装配性

钢结构由各种型材制作,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。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,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。采用工厂制造、工地安装的施工方法,可缩短工期、降低造价、提高经济效益。

4. 钢材可重复使用

钢结构加工制造过程中产生的余料和碎屑,以及废弃和破坏的钢结构或构件,均可回炉重新冶炼成钢材重复使用。因此,钢材被称为绿色建筑材料或可持续发展的材料。

5. 钢结构密闭性好

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。

6. 钢材耐腐蚀性差,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腐蚀,必须用油漆或镀锌加以保护,而且在使用期间还应定期维护。

7. 钢结构的耐热性好, 但防火性差

钢材耐热而不防火, 随着温度的升高, 强度降低。温度在 200°C 以内时, 钢的性质变化很小; 温度达到 300°C 以后, 强度逐渐下降; 达到 $450\sim 650^{\circ}\text{C}$ 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°C 以上时, 就需采取遮挡措施。我国成功研制了多种防火涂料, 当涂层厚达 15mm 时, 可使钢结构耐火极限达 1.5h 以上, 增减涂层厚度, 可满足钢结构不同耐火极限的要求。

1.3 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, 以下仅按其应用领域和结构体系进行分类说明。

1.3.1 按应用领域分类

1. 民用建筑钢结构

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。

按照中国钢结构协会的分类标准, 民用建筑钢结构分为高层钢结构 (见图 1-4)、大跨度空间钢结构 (图 1-5)、索膜钢结构 (见图 1-6)、钢结构住宅 (见图 1-7)、幕墙钢结构 (见图 1-8) 等。



图 1-4 香港汇丰银行大楼



图 1-5 国家体育场“鸟巢”

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 (见图 1-9)、多层厂房 (见图 1-10) 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

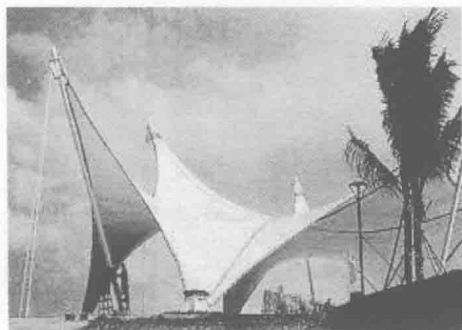


图 1-6 深圳大梅沙海滨浴场



图 1-7 石家庄钢结构住宅

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。

3. 桥梁钢结构

钢桥建造简便、迅速，易于修复，因此钢结构广泛应用于中等跨度和大跨度桥梁，如著名的杭州钱塘江大桥（梁式桥，见图 1-11）。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（拱桥，见图 1-12）、矮寨特大悬索桥（见图 1-13）、苏通大桥（斜拉桥，主孔跨度 1088m，目前列世界第一，见图 1-14）等。



图 1-8 幕墙钢结构



图 1-9 单层厂房钢结构



图 1-10 多层厂房钢结构

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（见图 1-15）、煤气库等炉壳，要求能承受很大内力，另外温度急剧变化的高炉结构（见图 1-16）、大直径高压输油管和煤气管道（见图 1-17）等均采用钢结构。



图 1-11 杭州钱塘江大桥



图 1-12 上海卢浦大桥



图 1-13 矮寨特大悬索桥



图 1-14 苏通大桥

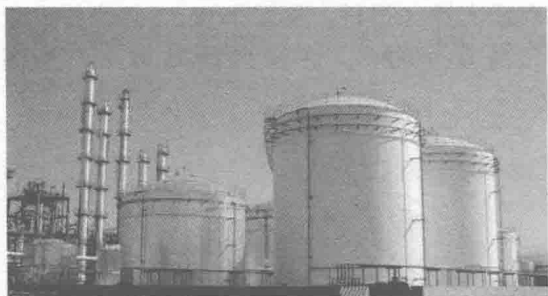


图 1-15 钢结构储库

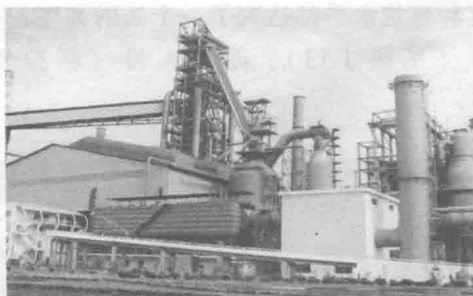


图 1-16 高炉结构

5. 塔桅钢结构

塔桅钢结构是指高度较大的广播和电视发射塔架（见图 1-18）、高压输电线路塔架（见图 1-19）、化工排气塔（见图 1-20）、石油钻井架（见图 1-21）、大气监测塔（见图 1-22）、火箭发射塔（见图 1-23）等。

6. 船舶海洋钢结构

人类在开发和利用海洋活动中，形成了海洋产业，发展了种类繁多的海洋工程结构物。



图 1-17 大直径钢管



图 1-18 广播和电视发射塔架

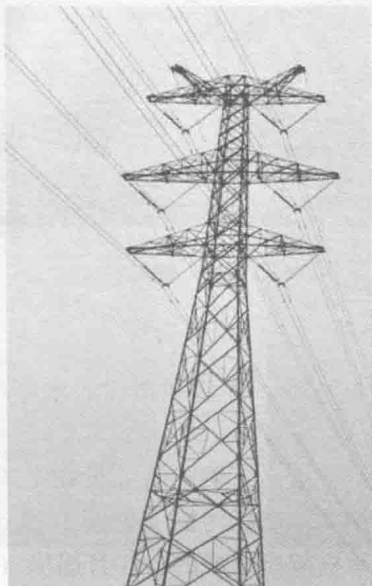


图 1-19 高压输电线路塔架

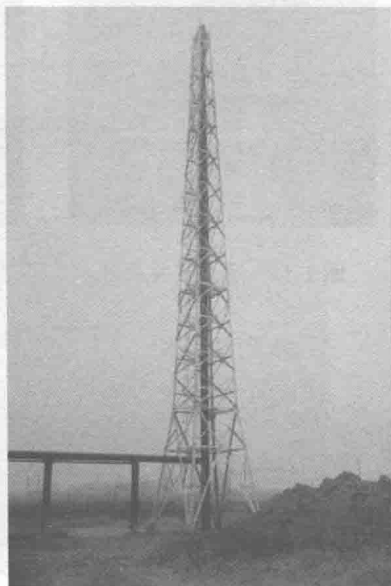


图 1-20 化工排气塔



图 1-21 石油钻井架

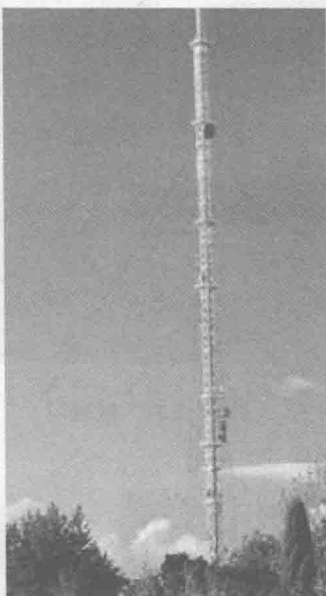


图 1-22 大气监测塔

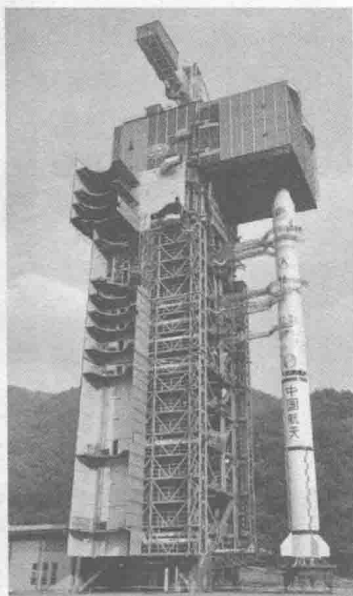


图 1-23 火箭发射塔

人们一般将江、河、湖、海中的结构物统称为海洋钢结构（见图 1-24），海洋钢结构主要用于资源勘测、采油作业、海上施工、海上运输、海上潜水作业、生活服务、海上抢险救助以及海洋调查等。

船舶海洋钢结构基本上可分为舰船和海洋工程装置两大类。我国研制了高技术、高附加值的大型与超大型新型船舶，以及具有先进技术的战斗舰船、潜艇（见图 1-25、图 1-26）和具有高风险、高投入、高回报、高科技、高附加值的海洋工程装置等。



图 1-24 海上钻井平台



图 1-25 舰船



图 1-26 潜艇

7. 水利钢结构

我国近年来大力加快基础设施建设, 在建和拟建的水利工程中, 钢结构占有相当大的比重。

钢结构在水利工程中用于以下方面: ①钢闸门 (见图 1-27), 用来关闭、开启或局部开启水工建筑物中过水孔口的活动结构; ②拦污栅 (见图 1-28), 主要包括拦污栅栅叶和栅槽两部分, 栅叶结构是由栅面和支承框架所组成的; ③升船机 (见图 1-29), 是不同于船闸的船舶通航设施; ④压力管, 是从水库、压力前池或调压室向水轮机输送水流的水管。



图 1-27 钢闸门



图 1-28 拦污栅

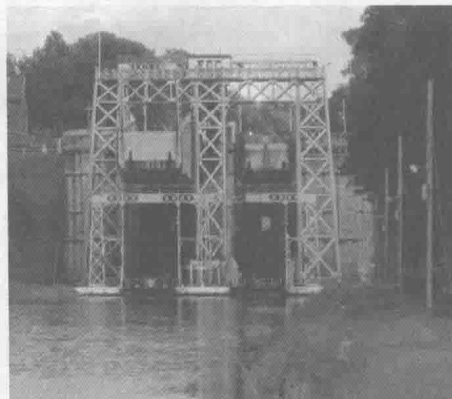


图 1-29 升船机