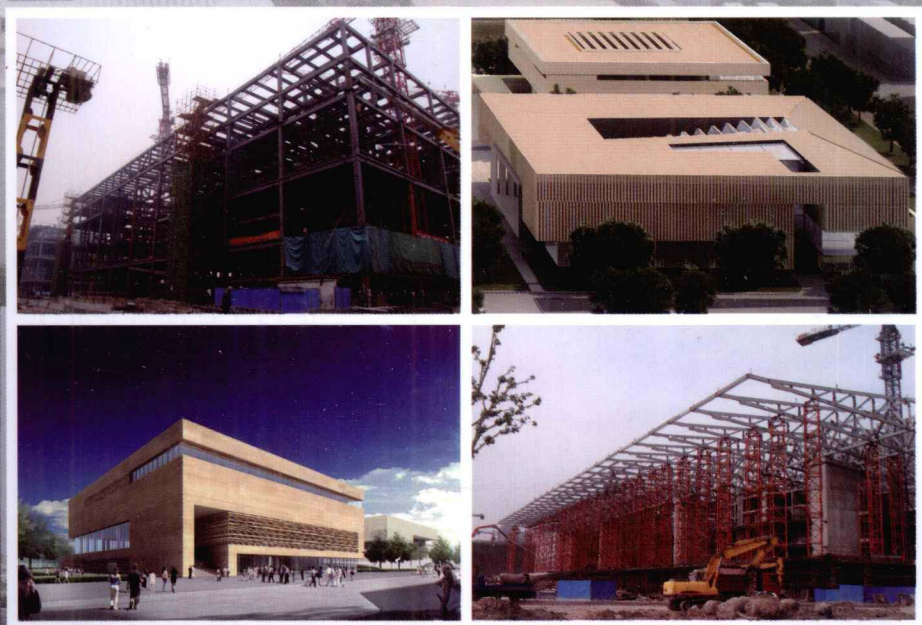




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

钢结构原理与设计

陈志华 编著



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

钢结构原理与设计

陈志华 编著



 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书讲述了钢结构的特性、基本理论和计算方法等基础知识以及单层钢结构、多层钢结构和高层钢结构的设计思想和方法,每种钢结构都从结构体系的特点开始介绍。

本书共分 10 章:钢结构概论,钢结构设计方法,钢结构的材料,钢结构的连接,轴心受力构件,受弯构件,拉弯和压弯构件,单层厂房钢结构设计,多层钢结构设计,高层钢结构设计。

本书是高等院校土木工程专业的本科教材,也可以供土建、道桥、水利、港口、地下和建筑工程等专业人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构原理与设计/陈志华编著. —天津:天津大学出版社,2011.5

ISBN 978-7-5618-3958-4

I. ①钢… II. ①陈… III. ①钢结构—理论②钢结构—结构设计 IV. ①TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 101064 号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
网 址 www.tjup.com
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
印 刷 廊坊市长虹印刷有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm × 260mm
印 张 26.75
字 数 668 千
版 次 2011 年 5 月第 1 版
印 次 2011 年 5 月第 1 次
印 数 1—2 000
定 价 48.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

天津大学建筑工程学院土木工程专业

本书编委会

主 任:刘锡良
委 员:陈志华 韩庆华
尹 越 荣 彬

前 言

钢结构是一种“绿色”的工程结构——可以移动重建、拆卸重建,钢材可以回收利用,不会造成大量的建筑垃圾,因此钢结构的推广应用符合可持续发展的理念。

目前,中国的钢结构研究正处于迅猛发展的时期。我国的钢产量已经连续多年位居世界第一,2010年钢产量达到6亿吨,最近的世界钢产量主统计表中仅留中国钢产量和全球钢产量(除中国外)两栏。由于当前我国钢材的科技附加值不高,在国民经济的其他行业中应用及出口还较少。因此,导致我国大量的钢材适合(也需要)在工程结构中应用,特别是在建筑工程中应用。

近年来,国家也在大力支持钢结构的发展,从原来的“节约用钢”、“合理用钢”发展到“积极用钢”。钢结构的“绿色”特性、钢产量的基础和政策技术的支持等使钢结构的应用得到了蓬勃发展。钢结构的新材料(如Q460钢)、新技术(如高层和大跨度钢结构技术)和新工艺的成果日新月异,因此按照新规范和钢结构发展现状,编写浅显易懂的新教材非常必要。

本书讲述了钢结构的特性、基本理论和计算方法等基础知识以及单层钢结构、多层钢结构和高层钢结构的设计思想和方法,每种钢结构都从结构体系的特点开始介绍。同时,书中给出了钢结构的定义、按照应用领域和结构特点的分类以及钢结构设计思想和方法等内容。

全书正文分为10章,包括:钢结构概论,钢结构设计方法,钢结构的材料,钢结构的连接,轴心受力构件,受弯构件,拉弯和压弯构件,单层厂房钢结构设计,多层钢结构设计,高层钢结构设计。

本书是高等院校土木工程专业的本科教材,也可以供土建、道桥、水利、港口、地下和建筑工程等专业人员参考使用。

在本书的编写过程中得到了中国钢结构协会专家委员会多位专家的指导和帮助,书中部分内容还引用了同行专家论著中的成果。特别感谢刘锡良教授为本书的编写提供了很好的建议,花费心血审阅了全书。柴昶教授级高工为本书提供了算例,王小盾参加了编著工作,荣彬、杨渊等参加了书稿的整理和文字编辑工作。

由于作者水平有限,书中难免存在不足和错误之处,希望读者发现后能够转告我们,以便今后改进。

陈志华

2011年4月

目 录

第 1 章 钢结构概论	(1)
1.1 钢结构的定义和特点	(1)
1.2 钢结构的分类和应用	(2)
1.3 钢结构设计的发展方向	(14)
第 2 章 钢结构设计方法	(22)
2.1 钢结构的设计原则	(22)
2.2 设计方法	(22)
2.3 钢结构抗疲劳设计	(26)
第 3 章 钢结构的材料	(35)
3.1 钢结构对材料的要求	(35)
3.2 钢材的破坏形式	(35)
3.3 钢材的主要性能	(35)
3.4 各种因素对钢材主要性能的影响	(39)
3.5 复杂应力作用下钢材的屈服条件	(43)
3.6 钢材的种类和钢材规格	(44)
3.7 钢结构材料的要点	(49)
第 4 章 钢结构的连接	(51)
4.1 钢结构的连接方法	(51)
4.2 焊接方法和焊缝连接形式	(52)
4.3 角焊缝的构造与计算	(57)
4.4 对接焊缝的构造与计算	(72)
4.5 螺栓连接	(76)
4.6 普通螺栓连接的工作性能和计算	(79)
4.7 高强度螺栓连接的工作性能和计算	(90)
第 5 章 轴心受力构件	(100)
5.1 概述	(100)
5.2 轴心受力构件的强度和刚度	(101)
5.3 轴心受压构件的整体稳定	(102)
5.4 实腹式轴心受压构件的局部稳定	(112)
5.5 实腹式轴心受压构件的设计	(114)
5.6 格构式轴心受压构件的截面设计	(120)
5.7 本章要点	(132)
第 6 章 受弯构件	(134)
6.1 受弯构件的类型和应用	(134)
6.2 钢梁的强度和刚度	(135)

6.3	梁的扭转	(140)
6.4	梁的整体稳定	(144)
6.5	梁的局部稳定和加劲肋的设计	(152)
6.6	考虑腹板屈曲后强度的设计	(164)
6.7	型钢梁截面设计	(167)
6.8	组合梁截面设计	(170)
6.9	梁的拼接连接	(180)
6.10	本章要点	(182)
第7章	拉弯和压弯构件	(184)
7.1	拉弯和压弯构件的特点	(184)
7.2	拉弯和压弯构件的强度	(185)
7.3	压弯构件的稳定	(187)
7.4	压弯构件(框架柱)的设计	(193)
7.5	框架柱的柱脚	(200)
7.6	本章要点	(207)
第8章	单层厂房钢结构设计	(208)
8.1	单层厂房钢结构体系	(208)
8.2	单层厂房的普通钢屋架结构	(224)
8.3	特殊钢屋架结构	(240)
8.4	横向框架和框架柱	(252)
8.5	吊车梁结构体系	(268)
第9章	多层钢结构设计	(285)
9.1	多层钢结构体系	(285)
9.2	多层钢结构的荷载效应和组合	(287)
9.3	多层钢结构的内力分析	(290)
9.4	钢与混凝土组合板和组合梁	(295)
9.5	多层钢结构的连接	(308)
9.6	多层钢结构设计实例	(317)
第10章	高层钢结构设计	(343)
10.1	高层钢结构的体系和布置	(343)
10.2	高层钢结构的荷载及效应组合	(354)
10.3	高层钢结构的内力与位移分析	(361)
10.4	高层钢结构的构件及节点设计	(372)
附录	(386)
附录1	结构或构件的变形容许值	(386)
附录2	梁的整体稳定系数	(388)
附录3	钢材和连接强度设计值	(392)
附录4	轴心受压构件的稳定系数	(395)
附录5	型钢表	(399)

附录 6	柱的计算长度系数	(404)
附录 7	螺栓和锚栓规格	(406)
附录 8	截面塑性发展系数	(407)
附录 9	方形管规格表	(408)
附录 10	矩形管规格表	(409)
附录 11	圆柱头焊钉的抗剪承载力设计值	(410)
附录 12	每 1cm 长直角角焊缝的设计承载力	(411)
附录 13	一个普通螺栓的承载力设计值	(412)
附录 14	一个摩擦型高强度螺栓的承载力设计值	(413)
附录 15	一个高强度螺栓的预拉力 P	(414)
附录 16	摩擦面的抗滑移系数 μ	(415)
参考文献		(416)

第1章 钢结构概论

1.1 钢结构的定义和特点

钢结构是把钢板、圆钢、钢管、钢索及各种型钢等钢材加工、连接、安装组成的工程结构。钢结构需要承受各种可能的自然和人为环境的作用,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。

由于钢材可以回收冶炼而重复利用,所以钢结构是一种节能环保型、可循环使用的建筑结构,符合经济持续健康发展的要求。除了在高层建筑、大型厂房、大跨度空间结构、轻钢结构、住宅建筑中大量采用钢结构外,各部门中也大量采用钢结构,如公路铁路桥梁、火电厂厂房和锅炉钢架、输变电铁塔、广播电视通信塔、海洋石油平台、核电站、风力发电、水利建设、地下基础钢板桩等。城市建设需要大量的钢结构,如地铁、城市轻便铁路、立交桥、环保建筑、公共设施、临时建筑等。另外,钢结构还广泛用于超市货架、脚手架、广场小品、雕塑和临时展厅等小型轻型结构。

钢结构在工程中得到广泛应用和发展,是由于钢结构与其他结构相比有下列特点。

1. 材料强度高

钢的容重虽然较大,但强度更高,与其他建筑材料相比,钢材的容重与屈服点的比值最小。在相同的荷载和约束条件下,采用钢结构时,结构的自重通常较小。当跨度和荷载相同时,钢屋架的重量只有钢筋混凝土屋架重量的 $1/4 \sim 1/3$,若采用薄壁型钢屋架或空间结构则更轻。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、荷载大的结构,也最适用于可移动、有装拆要求的结构。

2. 钢材的塑性和韧性好

钢材质地均匀,有良好的塑性和韧性。由于钢材的塑性好,钢结构在一般情况下不会因偶然超载或局部超载而突然断裂破坏;钢材的韧性好,则使钢结构对动荷载的适应性较强。钢材的这些性能为钢结构的安全可靠提供了充分的保证。

3. 钢材更接近于匀质等向体,计算可靠

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,钢材属于理想弹性工作,弹性模量高达 206 GPa ,因而变形很小。此性能和力学计算中的假定符合程度很好,所以钢结构的实际受力情况和力学计算结果最相符。因此,钢结构计算准确、可靠性较高,适用于有特殊重要意义的建筑物。

4. 建筑用钢材焊接性良好

由于建筑用钢材的焊接性好,使钢结构的连接大为简化,可满足制造各种复杂形状结构的需要,但焊接时产生很高的温度,温度分布很不均匀,结构各部位的冷却速度也不同。因此,不但在高温区(焊缝附近)材料性质有变坏的可能,而且还产生较高的焊接残余应力,使结构中的应力状态复杂化。

5. 钢结构制造简便,施工方便,具有良好的装配性

钢结构由各种型材组成,都采用机械加工,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,采用螺栓连接。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要求,但与其他建筑结构相比,钢结构的工业化生产程度最高,能成批大量生产,制造精确度高。采用工厂制造、工地安装的施工方法,可缩短周期、降低造价、提高经济效益。

6. 钢材的不渗透性适用于密闭结构

钢材本身组织非常致密,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、大型油罐、气柜、输油管道的良好材料。

7. 钢材易于锈蚀,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锈蚀,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。钢结构腐蚀等级分为A、B、C、D 4级:A级为钢材表面覆盖着氧化皮而几乎没有铁锈;B级为钢材表面发生锈蚀并且部分氧化皮已经剥离;C级为钢材表面氧化皮已经因腐蚀而剥落或可以刮除,并且有少量点蚀;D级为钢材表面氧化皮已经因腐蚀而全面剥离,并且已经普遍发生点蚀。

影响涂层质量的因素有:底材处理的程度、涂装工艺和施工环境、涂层的厚度、涂层的选择等。

钢结构表面的特点是:经常会被油污、水分、灰尘覆盖;高温轧制或热加工过程中会产生黑色氧化皮(Fe_3O_4);钢铁在自然环境下会产生红色铁锈(Fe_2O_3)。

我国已研制出一些高效能的防护漆,其防锈效能和镀锌相同,但费用却低得多。同时,国内已研制成功喷涂锌铝涂层及氟碳涂层的新技术,为钢结构的防锈提供了新途径。

8. 钢结构的耐热性好,但防火性差

众所周知,钢材耐热而不防火,随着温度的升高,强度会降低。温度在 $250\text{ }^\circ\text{C}$ 以内时,钢的性质变化很小;温度达到 $300\text{ }^\circ\text{C}$ 以后,强度逐渐下降;达到 $450\sim 650\text{ }^\circ\text{C}$ 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 $150\text{ }^\circ\text{C}$ 以上时,就须采取遮挡措施。一旦发生火灾,因钢结构的耐火时间不长,当温度达到 $650\text{ }^\circ\text{C}$ 以上时,结构可能瞬时全部崩溃。为了提高钢结构的耐火等级,通常采用包裹的方法,但这样处理既提高了造价,又增加了结构所占的空间。我国研制成功了多种防火涂料,当涂层厚度达 15 mm 时,可使钢结构耐火极限达 1.5 h ,增减涂层厚度,可满足钢结构不同耐火极限的要求。

1.2 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,下面仅按其应用领域和结构体系进行分类说明。

1.2.1 按应用领域分类

1. 民用建筑钢结构

建设部于1997年颁布的《1996—2010年建筑技术政策》中首次提出了“发展钢结构,加速推广轻钢结构,研究推广组合结构的应用以及研究开发膜结构、张拉结构与空间结构体系”等

技术与措施,明确了我国建筑技术政策的导向,由多年来的限制钢结构使用转变为发展、推广钢结构的应用。在这一政策的指导和支持下,从重大工程、标志性建筑使用钢结构到钢结构普遍使用发展迅速,呈现出从未有过的兴旺景象。在我国钢结构行业快速发展,产量、产值成倍增加的同时,工程质量不断提高,钢结构相关技术和管理水平也有了显著的进步,在制作、安装、钢材供应等方面达到国内外先进水平,为国民经济发展做出了贡献。

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、压型钢板薄壁拱壳屋盖等,网架、网壳等空间结构也属于轻型钢结构范畴。以上是钢结构的主要类型,另外还有索膜结构、幕墙支撑结构、组合和复合结构等。

我国在“十五”期间,建筑钢结构发展已取得巨大成绩,“十一五”期间仍继续坚持鼓励发展钢结构的相关政策措施,保持其连续性和稳定性。推广和扩大钢结构的应用,要加强科技导向的规划和措施指导作用,促进钢结构整体的持续发展。高层和超高层建筑优先采用合理的钢结构或钢—混凝土结构体系,大跨度建筑积极采用空间网格结构、立体桁架结构、索膜结构以及施加预应力的结构体系,结合市场需求,积极开发钢结构的住宅建筑体系,并逐步实现产业化。在以后相当长的一段时间内,钢结构的需求将保持持续增长的趋势。目前,要加快钢结构住宅建设的研究开发和工程应用,使钢结构住宅建筑更加完善配套,提高住宅建设的工业化、产业化水平。

建筑钢结构与混凝土、木结构等相比,具有轻质、高强、受力均匀、易于工业化、能耗小、绿色环保、可循环使用、符合可持续发展等优点。同时,因其造价较高,对设计、制造、安装的要求较严,需要相关的辅助材料与之配套(尤其是住宅房屋),使其发展受多种因素影响。

按照中国钢结构协会的分类标准,民用建筑结构分为高层钢结构(图 1-1)、大跨度空间钢结构(图 1-2)、钢—混凝土组合结构(图 1-3)、索膜钢结构(图 1-4)、钢结构住宅(图 1-5)、幕墙钢结构(图 1-6)等。

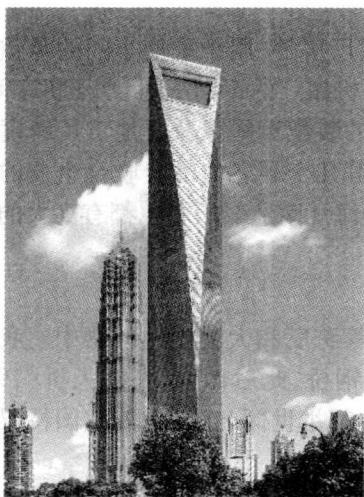


图 1-1 上海环球金融中心



图 1-2 国家体育馆

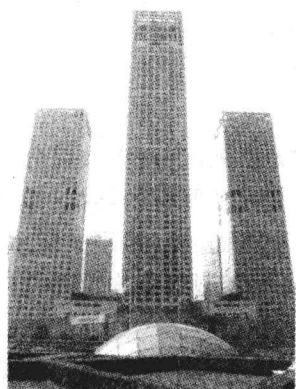


图 1-3 北京银泰中心



图 1-4 美国佐治亚穹顶



图 1-5 武汉世纪花园

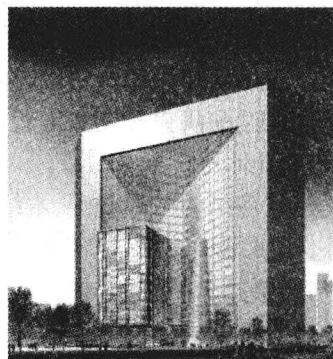


图 1-6 新保利大厦

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、双层厂房、多层厂房等,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,重型机械厂的铸钢车间、水压机车间、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车间的屋架、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。几个典型的工业钢结构厂房如图 1-7 ~ 图 1-10。

3. 桥梁钢结构

钢桥建造简便、迅速,易于修复,因此钢结构广泛用于中等跨度和大跨度的桥梁中。我国著名的杭州钱塘江大桥(1934 ~ 1937 年)是最早自己设计的钢桥,此后,武汉长江大桥(1957 年)、南京长江大桥(1968 年)均为钢结构桥梁,其规模和难度都举世闻名,标志着我国桥梁事业已步入世界先进行列。

20 世纪 90 年代以来,我国连续刷新桥梁跨度的纪录,现在建设的钢桥已不再是原来意义上的全钢结构,而是包含了钢结构、钢与混凝土组合结构、钢管混凝土结构及钢骨混凝土结构。现在我国钢桥的建设正处于一个迅速发展的阶段,不管是铁路桥梁、公路桥梁还是市政桥梁,

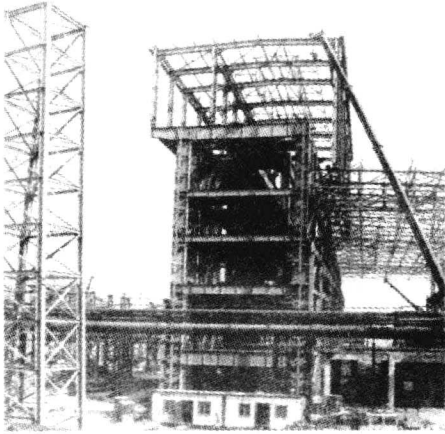


图 1-7 莱钢炼钢厂 50 吨转炉工程

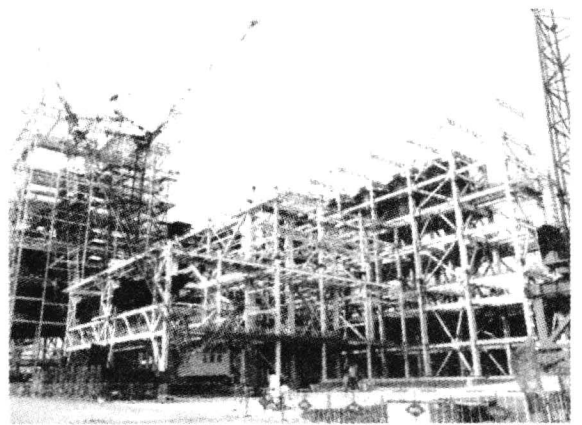


图 1-8 定州 600 MW 电站锅炉钢架

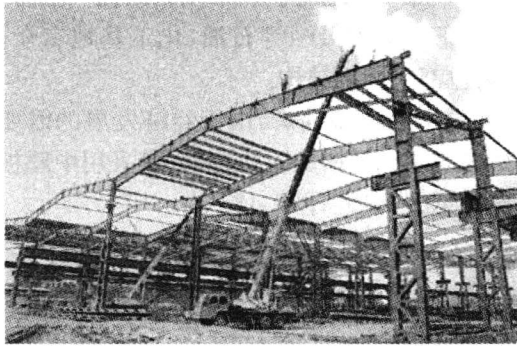


图 1-9 某厂房安装现场

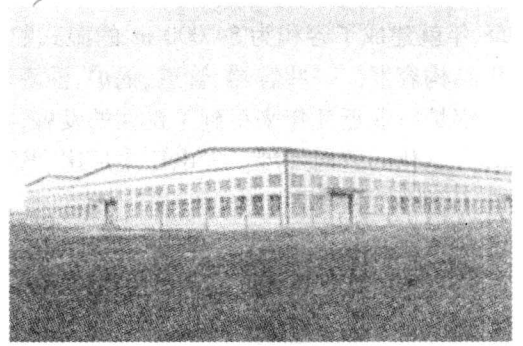


图 1-10 多层厂房

从材料的开发应用、科研成果的应用以及设计水平、制造水平、施工技术水平的提高等方面,都越来越与钢桥建设的规模相适应。我国新建和在建的钢桥,在建筑跨度、建筑规模、建筑难度和建筑水平等方面都达到了一个新的高度,如上海卢浦大桥(图 1-11)、重庆朝天门长江大桥(图 1-12)、九江长江大桥、芜湖长江大桥等。国外著名的钢桥有美国的金门大桥(图 1-13)、法国米劳大桥(图 1-14)、日本的明石海峡大桥等。



图 1-11 上海卢浦大桥

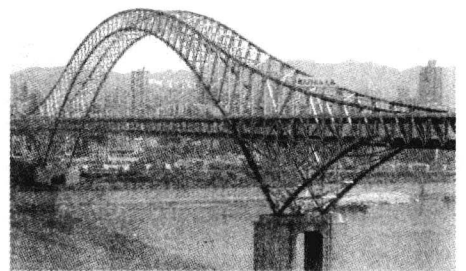


图 1-12 重庆朝天门长江大桥



图 1-13 金门大桥

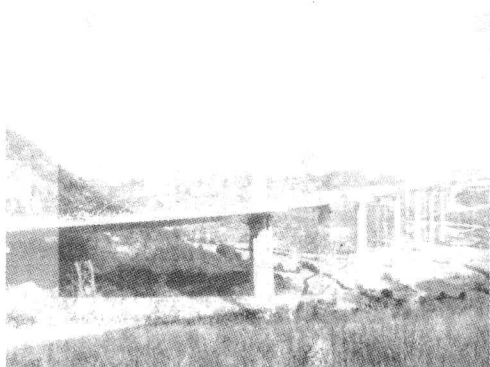


图 1-14 法国米劳大桥

4. 密闭压力容器钢结构

钢结构还可用于要求密闭的容器制造中,如大型储液罐、煤气柜等炉壳要求能承受很大压力,另外温度急剧变化的高炉结构、大直径高压输油管和煤气管道等均采用钢结构。上海在 1958 年就建成了容积为 54 000 m³ 的湿式贮气柜。上海金山及吴泾等石油、化工基地有众多的钢结构容器。一些容器、管道、锅炉、油罐等的支架也都采用钢结构。

锅炉行业近几年来得到了迅猛的发展,特别是发电用的大型锅炉,由于经济发展的需要,向着大型化的方向发展。发电厂主厂房和锅炉钢结构的用钢量增加很快,其大量采用中厚板、热轧 H 型钢,主要是 Q345 和 Q235 钢。一些工程实例见图 1-15 ~ 图 1-18。

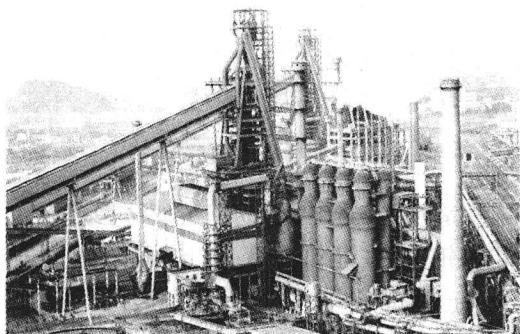


图 1-15 马钢新区高炉



图 1-16 宝钢高炉

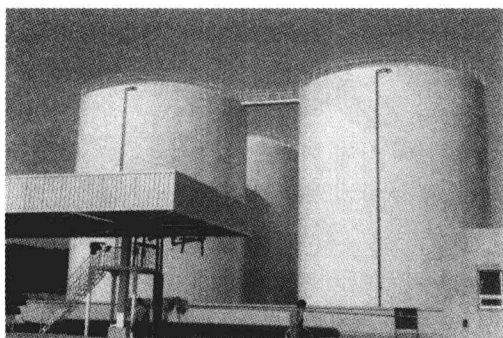


图 1-17 大连大豆储油罐

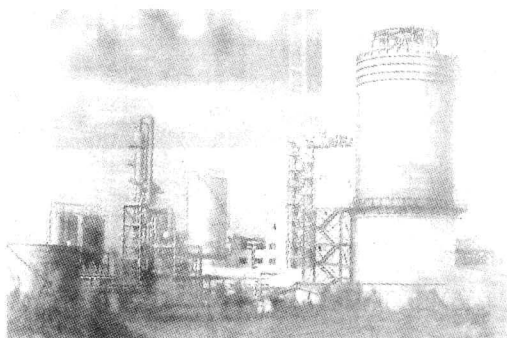


图 1-18 青岛高合化工安装工程

5. 塔桅钢结构

塔桅钢结构是指高度较大的无线电桅杆、微波塔、广播和电视发射塔架、高压输电线路塔架、化工排气塔、石油钻井架、大气监测塔、旅游瞭望塔、火箭发射塔等,如图 1-19、图 1-20。我国在 20 世纪 60~70 年代建成的大型塔桅结构有:200 m 高的广州电视塔、210 m 高的上海电视塔、194 m 高的南京跨越长江输电线路塔、325 m 高的北京环境气象桅杆、1990 年落成的 212 m 高的汕头电视塔、260 m 高的大庆电视塔等。

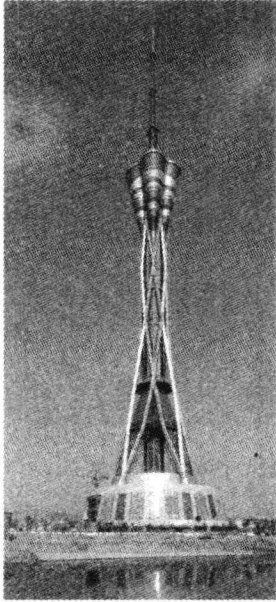


图 1-19 河南电视塔

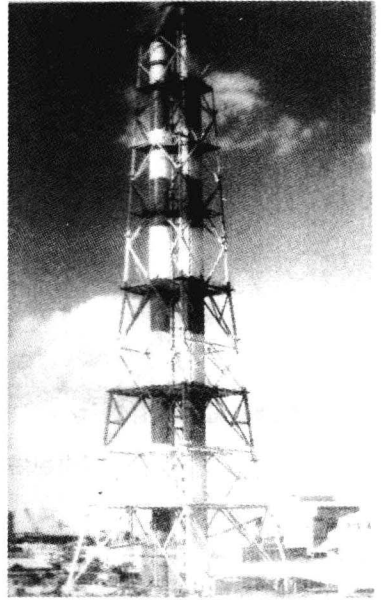


图 1-20 宝钢特大型塔架式双筒
集合型 200 m 钢烟囱

近年来,广播电视事业迅速发展,广播电视塔桅结构工程技术也不断发展,已建成的一批有代表性的电视塔,如中央电视塔(405 m)、上海东方明珠广播电视塔(468 m)(图1-21)、广州新电视塔(610 m)(图 1-22)。

这些结构除了自重轻、便于组装外,还因构件截面小,大大减小了风荷载,从而取得了很好的经济效益。

6. 船舶海洋钢结构

人类在开发和利用海洋的活动中,形成了海洋产业,发展出种类繁多的“海洋工程结构物”,人们一般将江、河、湖、海中的结构物统称为海洋钢结构,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、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,近些年我国研制出了高技术、高附加值的大型与超大型新型船舶(图 1-23、图 1-24),研制出了具有先进技术的战斗舰船,研制出了具有高风险、高投入、高回报、高科技、高附加值的海洋工程装置(图 1-25、图 1-26)。

7. 水利钢结构

我国近年来大力加快基础建设,在建和将建设相当数量的水利枢纽,钢结构在水利工程中占有相当大的比重。

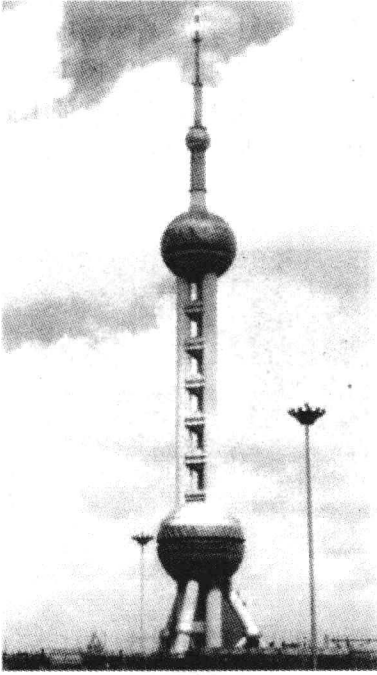


图 1-21 上海东方明珠广播电视塔

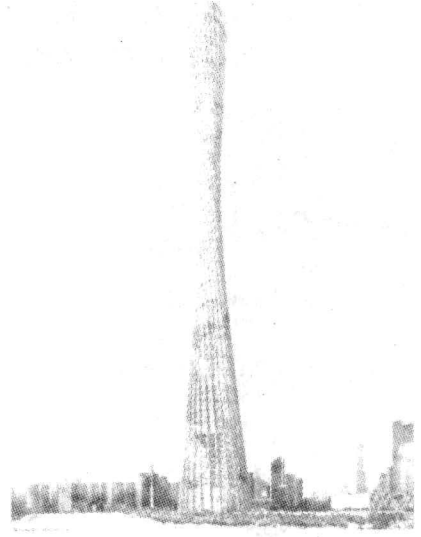


图 1-22 广州新电视塔



图 1-23 我国 5.8 万吨软钢臂式“渤海明珠”号

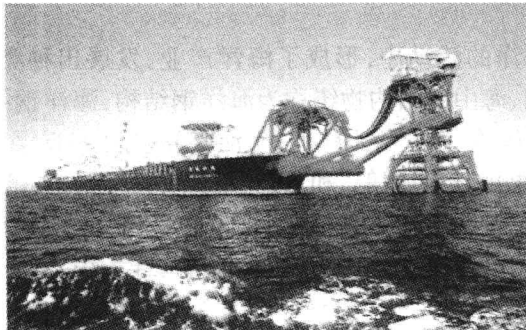


图 1-24 我国 16 万吨软钢臂式“渤海世纪”号

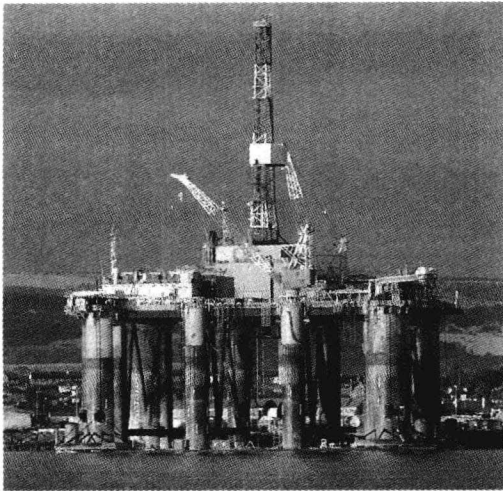


图 1-25 海上石油平台

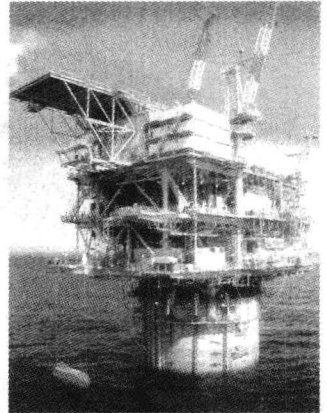


图 1-26 SPAR 平台

钢结构在水利工程中用于以下方面:钢闸门,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;拦污栅,主要包括拦污栅栅叶和栅槽两部分,栅叶结构由栅面和支撑框架所组成;升船机(升船机和船闸是两种不同的船舶通航设施);压力管,压力管道是从水库、压力前池或调压室向水轮机输送水量的水管。如图 1-27、图 1-28 所示。

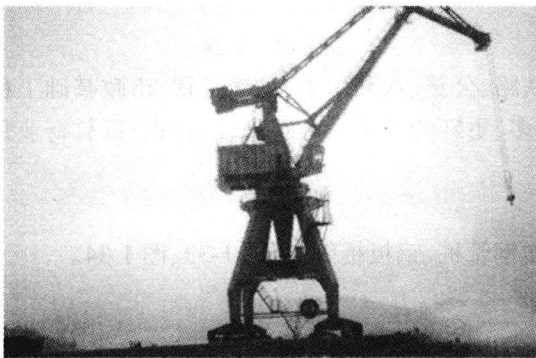


图 1-27 港口机械

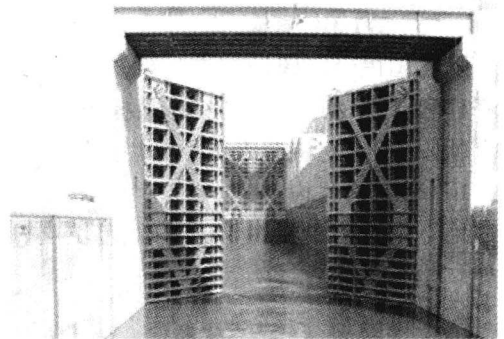


图 1-28 三峡工程永久船闸

8. 煤炭电力钢结构

火电厂中钢结构主要应用在干煤棚、运煤系统皮带机支架(输煤栈桥)、火电厂主厂房、管道、烟风道及钢支架、烟气脱硫系统、粉煤灰料仓、输电塔等方面;风力发电中的风力发电机、风叶支柱等采用钢结构;垃圾发电厂中的焚烧炉等采用钢结构;核电站中钢结构主要用于压力容器、钢烟囱、水泵房、安全壳等。如图 1-29、图 1-30 所示。

9. 钎钢和钎具

钎具也可称为钻具,由钎头、钎杆、连接套、钎尾组成。它是钻凿、采掘、开挖用的工具,有近千个品种规格,用于矿山、隧道、涵洞、采石、城建等工程中。钎钢是制作钎具的原材料,也有近百个品种规格。钎具按照凿岩工作的方式又可分为冲击式钎具、旋转式钎具、刮削式钎具