

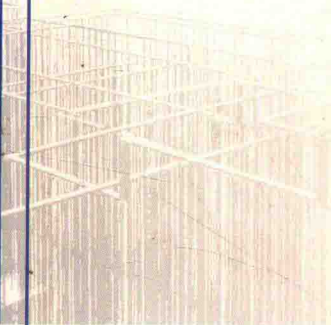
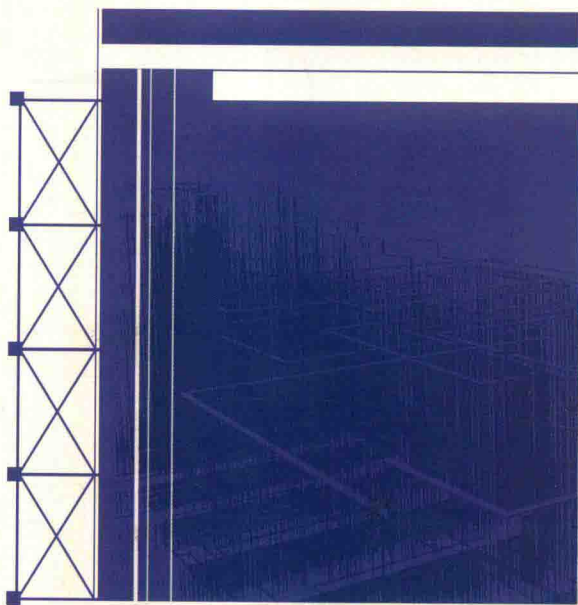
全国建设工程质量检测鉴定岗位人员培训教材

钢结构检测

中国土木工程学会工程质量分会检测鉴定专业委员会 组织编写

卜良桃 王宏明 贺 亮 主编
崔士起 主审

GANGJIEGOU JIANCE



中国建筑工业出版社

全国建设工程质量检测鉴定岗位人员培训教材

钢结构检测

中国土木工程学会工程质量分会
检测鉴定专业委员会

组织编写

卜良桃 王宏明 贺 亮 主编
崔士起 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

钢结构检测/卜良桃等主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 8

全国建设工程质量检测鉴定岗位人员培训教材
ISBN 978-7-112-21131-9

I. ①钢… II. ①卜… III. ①钢结构-检测-岗位培训-教材 IV. ①TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 207204 号

本书对建筑工程钢结构检测鉴定的基本理论和方法进行了论述, 本书以《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 的内容为主, 组合《钢结构设计规范》GB 50017、《钢结构施工规范》GB 50755、《钢结构施工质量验收规范》GB 50205 的内容结合实例进行编写。

本书依据现行检测鉴定规范编制而成。内容全面、详实, 理论性、实践性强, 本书作为从事土木工程结构检测、鉴定工程技术人员的培训教材或参考书。

责任编辑: 王华月 范业庶

责任设计: 谷有稷

责任校对: 焦 乐 关 健

全国建设工程质量检测鉴定岗位人员培训教材 钢结构检测

中国土木工程学会工程质量分会 组织编写
检测鉴定专业委员会
卜良桃 王宏明 贺 亮 主编
崔士起 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路9号)
各地新华书店、建筑书店经销
北京科地亚盟排版公司制版
北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 11 字数: 270 千字

2017 年 9 月第一版 2017 年 9 月第一次印刷

定价: 32.00 元

ISBN 978-7-112-21131-9
(30769)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

自改革开放以来,由于社会经济的发展和人民生活水平的提高,我国建筑业发展十分迅速。目前建筑业进入了空前繁荣时期,人们对建筑的数量、质量和使用功能等提出了越来越多的新要求:一方面各种新型材料以及新工艺不断涌现;另一方面,在不断进行新建、不断发展新技术的同时,建筑业正面临着如何对已有的建筑结构进行维护和改造加固的问题。以下因素是工程结构需要鉴定加固的原因:自然灾害;房屋使用功能改变;设计施工和管理的失误;环境侵蚀和损伤积累;老房屋达到设计基准期。不论是对新建筑物工程事故的处理,还是对已用建筑物是否危房的判断,不论是为抗御灾害所需进行的加固,还是为灾后所需进行的修复,不论是为适应新的使用要求而对建筑物实施的改造,还是对建筑进入中老年期进行正常诊断处理,都需要对建筑物进行检测和鉴定,以期对结构可靠性作出科学的评估,都需要对建筑物实施准确的管理维护和改造、加固,以保证建筑物的安全和正常使用。

本书对建筑工程钢结构检测鉴定的基本理论和方法进行了论述,本书按《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 的内容为主,组合《钢结构设计规范》GB 50017、《钢结构施工规范》GB 50755、《钢结构施工质量验收规范》GB 50205 的内容结合实例进行编写。

本书具有以下特点:

- (1) 紧密结合当前的科研成果及最新的相关规范和技术标准;
- (2) 收集整理了国内外典型的工程检测鉴定实例;
- (3) 包含了编者多年的工程结构检测鉴定与加固工程的实践经验总结;
- (4) 兼具理论性和实用性,本书作为从事土木工程结构检测、鉴定工程技术人员培训教材。

本书由卜良桃、王宏明、贺亮主编,参编人员:侯琦,刘尚凯,周云鹏,于丽,滕道远,姚江,刘婵娟,吴康权,赵军,罗恺彦。湖南宏力土木工程检测有限公司提供了工程实例,在此表示感谢,本书也引用了部分书籍、杂志上的相关文献,在此谨表衷心感谢。

由于编者水平有限,书中不妥与疏忽之处,敬请读者批评指正。

目 录

第 1 章	绪论	1
1.1	钢结构的定义	1
1.2	钢结构的特点	2
1.3	钢结构的分类与应用	4
1.4	钢结构的发展	7
第 2 章	钢结构检测基础知识	12
2.1	钢结构的常见术语和符号	12
2.2	钢结构识图的基本知识	19
2.3	钢结构检测鉴定的重要性	25
2.4	钢结构工程质量验收的基本规定	25
2.5	钢结构检测的范围和分类	26
2.6	钢结构检测工作程序	27
2.7	钢结构检测的基本要求	28
2.8	钢结构检测人员的素质要求	29
2.9	习题	30
第 3 章	化学成分分析	32
3.1	钢的分类与牌号	32
3.2	钢的化学组成、分析与相关元素对材料性能的影响	34
3.3	习题	39
第 4 章	钢材厚度检测	41
4.1	检测设备	41
4.2	检测步骤	42
4.3	检测实例	43
第 5 章	外观质量检测	44
5.1	外观质量检测方法	44
5.2	外观质量检测要求	44
5.3	焊缝外观质量检测	44
5.4	检测实例	52
5.5	习题	54
第 6 章	表面质量的磁粉检测	55
6.1	磁粉检测	55

6.2	磁粉检测设备与器材	55
6.3	相关检测仪器应用指南	56
6.4	检测步骤	57
6.5	检测结果的评价	58
6.6	检测实例	59
6.7	习题	60
第 7 章	表面质量的渗透检测	62
7.1	渗透检测	62
7.2	试剂与器材	62
7.3	渗透检测试剂与器材	63
7.4	灵敏度试块	63
7.5	检测步骤	64
7.6	检测结果的评价	65
7.7	检测案例	65
7.8	习题	67
第 8 章	内部缺陷的超声波检测	69
8.1	超声波检测钢结构焊缝的原理	69
8.2	钢结构焊缝检测等级	69
8.3	设备与器材	70
8.4	金属超声仪	72
8.5	检测步骤	73
8.6	检测结果的评价	75
8.7	检测实例	76
8.8	习题	78
第 9 章	焊接连接力学性能检测	79
9.1	焊缝接头机械性能试验取样方法	79
9.2	焊缝接头冲击试验方法	81
9.3	焊缝及熔敷金属拉伸试验方法	82
9.4	焊缝中常见的缺陷成因分析及其防止措施	83
9.5	习题	88
第 10 章	螺栓连接力学性能检测	91
10.1	扭矩扳手	91
10.2	普通螺栓实物最小荷载检验	92
10.3	高强度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数检验	92
10.4	扭剪型高强度螺栓连接副预拉力复验	94
10.5	高强度大六角头螺栓楔负载试验	96

10.6	高强度螺栓终拧扭矩检验	99
10.7	网架原材料组合性能检测	100
10.8	不合格的控制	102
10.9	习题	103
第 11 章	防火涂层厚度检测	106
11.1	一般规定	106
11.2	检测量具	106
11.3	检测步骤	106
11.4	检测结果的评价	107
11.5	检测实例	107
11.6	习题	109
第 12 章	防腐涂层厚度检测	110
12.1	一般规定	110
12.2	检测设备	110
12.3	检测数量	111
12.4	检测步骤	111
12.5	检测结果的评价	111
12.6	其他检测	112
12.7	检测实例	112
12.8	习题	113
第 13 章	钢结构变形测量	114
13.1	变形的允许偏差与容许值	114
13.2	变形的检测方法	118
13.3	检测实例	120
13.4	习题	122
第 14 章	钢结构的可靠性鉴定与评估	124
14.1	概述	124
14.2	民用建筑钢结构可靠性鉴定	125
14.3	钢结构构件安全性检测鉴定	128
14.4	钢结构构件使用性检测鉴定	132
14.5	钢结构子单元安全性检测鉴定	133
14.6	钢结构子单元正常使用性鉴定评级	136
14.7	钢结构鉴定单元安全性及使用性鉴定评级	137
14.8	工业钢结构厂房可靠性鉴定	138
14.9	工业钢结构可靠性鉴定检测与分析	140
14.10	工业钢结构系统鉴定等级	144

14.11 民用钢结构建筑适修性评估 147

14.12 钢结构抗震鉴定 148

14.13 检测实例 149

14.14 习题 154

附录 A 磁粉检测记录 162

附录 B 渗透检测记录 163

附录 C T形接头、角接接头的超声波检测 164

附录 D 超声波检测记录 165

参考文献 166

第1章 绪论

1.1 钢结构的定义

建筑是人们为了满足生产、生活或其他需要而创造的物质的、有组织的空间环境，分为建筑物和构筑物两大类。随着社会的发展、科学技术的进步和人们需求的不断变化，当今的建筑已是一个非常复杂而庞大的组合体系，不但与多门学科和知识相关，同时还受到政治、经济、文化、宗教等的深刻影响。因此，在预期寿命内建筑是否安全可靠、能否正常使用，是设计者、制作者和使用者最关心的问题。

无论是建筑物还是构筑物，都必须有赖以支撑的承重骨架，称为结构体系。当结构体系的主要材料采用钢材时，如房屋（图 1-1）、桥梁（图 1-2）等，该种结构就称为钢结构。除了钢结构之外，还有木结构、砌体结构、混凝土结构以及组（混）合结构等多种。建筑是否安全可靠，在很大程度上取决于其结构体系，具体来说，就是取决于结构体系的设计方法、试验方法、检测鉴定方法，这些方法不但与结构类型、结构材料有关，还受到结构的自然老化、损伤、各种灾害和结构所处环境、使用条件等因素的影响。



图 1-1 央视新台址



图 1-2 九江长江大桥

央视新台址建设工程位于北京朝阳区东三环中路、北京商务中心区的核心地段，占地面积 18.7 万 m^2 ，总建筑面积 55 万 m^2 ，230m。央视新台址建设工程总投资约 50 亿元人民币，2003 年 10 月开工建设，2008 正式试运行。

九江长江大桥为公、铁路两用桥，铁路桥全长 7675m，公路桥全长 4460m，正桥 11 孔，全长 1806m，主跨 216m，采用连续钢桁梁结构。

1.2 钢结构的特点

建筑结构是否安全可靠，不但涉及生命和财产的安全，还会造成一定的社会影响。因此，我们首先要对建筑结构的特点有一个全面的了解。由于钢结构主要是由钢板、热轧型钢或冷弯薄壁型钢，通过各种连接、制造、组装而成，与其他材料的建筑结构相比，具有不同特点。

(1) 强度高、质量轻。

(2) 材质均匀，符合力学假定，安全可靠度高。

由于钢材组织均匀，接近各向同性，而且在一定的应力幅度内几乎是完全弹性的，弹性模量大，有良好的塑性和韧性，为理想的弹性—塑性体。钢结构的实际工作性能比较符合目前采用的理论计算模型，因此可靠性高。

(3) 材料的塑性、韧性好、抗震性能优越。

钢材塑性好，可以使钢结构不会因偶然超载或局部超载而突然断裂破坏；钢材韧性好，有利于钢结构适应振动荷载（钢材良好的吸能能力和延性），地震区房屋采用钢结构比其他材料的工程结构更耐震。钢结构一般是地震中损坏最少的结构。

(4) 制造简单，工业化程度高，施工周期短。

(5) 密封性能好，构件截面小，有效空间大。

(6) 可重复使用、回收利用率高。

(7) 耐热性较好，耐火性差。

钢材随着温度的升高，性能逐渐发生变化。温度在 250°C 以内时，钢材的力学性能变化很小，达到 250°C 时钢材有脆性转向（称为蓝脆），在 $260\sim 320^{\circ}\text{C}$ 之间有徐变现象，随后强度逐渐下降，在 $450\sim 540^{\circ}\text{C}$ 之间时强度急剧下降，达到 650°C 时，强度几乎降为零。因此，钢结构具有一定的耐热性，但耐火性差。

(8) 结构构件刚度小，稳定问题突出。

由于钢材轻质高强，构件不但截面尺寸小，而且都是由型钢或钢板组成开口或闭口截面。在相同边界条件和荷载条件下，与传统混凝土构件相比，钢构件的长细比大，抗侧刚度、抗扭刚度都比混凝土构件小，容易丧失整体稳定；板件的宽厚比大，容易丧失局部稳定；大跨度空间钢结构的整体稳定问题也比较突出，这些都是钢结构设计中最容易出现问题的环节。古今中外因丧失稳定而引起的工程事故不胜枚举，构件刚度小，变形就大，在动力荷载作用下也容易振动。

(9) 耐腐蚀性差，后期维护费用。

钢材易于锈蚀，处于潮湿或有侵蚀性介质的环境中更容易因化学反应或电化学作用而锈蚀，因此，钢结构必须进行防腐处理。一般钢构件在除锈后涂刷防腐涂料即可，但这种

防护措施并非一劳永逸，需相隔一段时间重新维修，因而其维护费用较高。

对于有强烈侵蚀性介质、沿海建筑以及构件壁厚非常薄的钢构件，应进行特别处理，如镀锌、镀铝锌复合层等，这些措施都会相应提高钢结构的工程造价。目前国内外正发展不易锈蚀的耐候钢，此外，长效油漆的研究也取得进展，使用这种防护措施可延长钢结构寿命，节省维护费用。

(10) 低温冷脆倾向。

钢材在负温环境中，塑性、韧性逐渐降低，达到某一温度时韧性会突然急剧下降，称为低温冷脆，对应温度称为临界脆性温度。低温冷脆也是国内外一些钢结构工程在冬季发生事故的主要原因之一。另外，钢材在反复荷载、复杂应力、突然加载、冷作及时效硬化、焊接缺陷等条件下也容易脆断。

1.2.1 钢结构的优点

钢结构的优点：

- (1) 钢结构的抗拉、抗压、抗剪强度相对来说较高，钢结构构件结构断面小、自重轻。
 - (2) 钢结构结构有比较好的延性，抗震性能好。
 - (3) 钢结占有面积（或称为结构平面密度）小，实际上是增加了使用面积。
 - (4) 钢结构制作简便，易于施工加固、改建和拆迁，是环保型建筑，可以重复利用。
 - (5) 钢结构的材质均匀性好，可靠性高。
- 国内外已建著名钢结构建筑实例见表 1-1。

国内外已建著名钢结构建筑实例 表 1-1

类别	工程名称	规模	结构体系	建造年代
超高层建筑	美国芝加哥希尔斯大厦	高 442m	钢结构	1974
	中国上海金贸大厦	高 420.6m	钢结构	1998
	美国纽约世界贸易中心	高 417m	钢结构	1973
	中国深圳地王大厦	高 384m	钢结构	1996
	美国纽约帝国大厦	高 381m	钢结构	1931
大跨度建筑	英国伦敦千年穹顶	直径 320m	张拉膜结构	1999
	美国新奥尔良超级穹顶	直径 207m	双层网壳	20 世纪 70 年代
	美国亚特兰大体育馆	186m×235m	张拉结构	1996
	日本福冈体育馆	直径 222m	开合钢结构	1993
	中国国家大剧院	长轴 212m	钢结构	2004 年主体封顶
桥梁塔桅	日本明石海峡大桥	主跨度 1991m	悬索桥	1998
	中国江阴长江大桥	主跨 1385m	悬索桥	2002
	法国巴黎埃菲尔铁塔	高 320.7m	钢结构	1889
	中国上海东方明珠电视塔	高 468m	混合结构	1994

1.2.2 钢结构的缺点

1. 耐锈蚀性差

钢材易于锈蚀，处于潮湿或有侵蚀性介质的环境中更容易因化学反应或电化学作用而锈蚀，因此，钢结构必须进行防腐处理。一般钢构件在除锈后涂刷防腐涂料即可，但这种防护措施并非一劳永逸，需相隔一段时间重新维修，因而其维护费用较高。

对于有强烈侵蚀性介质、沿海建筑以及构件壁厚非常薄的钢构件，应进行特别处理，如镀锌、镀铝锌复合层等，这些措施都会相应提高钢结构的工程造价。目前国内外正发展不易锈蚀的耐候钢，此外，长效油漆的研究也取得进展，使用这种防护措施可延长钢结构寿命，节省维护费用。

2. 钢材耐热性能好、耐火性差

《钢结构设计规范》GB 50017 明确规定，当钢结构表面长期受到热辐射温度在 150℃ 以上或在短时间内可能受到火焰作用时，应采取有效的防护措施（如加隔热层等）；有特殊防火要求的建筑，钢结构更需要用耐火材料围护。对于钢结构住宅或高层建筑钢结构，应根据建筑物的重要性等级和防火规范加以特别处理。例如，采用蛭石板、蛭石喷涂层、石膏板等加以防护。防火处理使钢结构的造价有所提高。

3. 结构构件刚度小，稳定问题突出

由于钢材轻质高强，构架不但截面尺寸小，而且都是由型钢或钢板组成开口或闭口截面。在相同边界条件和荷载条件下，与传统混凝土构件相比，钢构件的长细比大，抗侧刚度、抗扭刚度都比混凝土构件小，容易丧失整体稳定；板件的宽厚比大，容易丧失局部稳定；大跨度空间钢结构的整体稳定问题也比较突出，这些都是钢结构设计中最容易出现问题的环节。古今中外因丧失稳定而引起的工程事故不胜枚举。另外，构件刚度小，变形就大，在动力荷载作用下也容易振动。

1.2.3 因钢结构的自身因素，造成国内外钢结构事故典例

国内外钢结构事故典例见表 1-2。

国内外钢结构事故典例			表 1-2
类别	工程名称	事故简述	
大跨度建筑	美国哈特福特体育馆	网架屋盖结构，91.4m×109.8m。1978 年 1 月在雪荷载作用下倒塌，主要原因是超载导致压杆失稳	
	中国深圳国际展览中心	网架结构，7200m ² 。1992 年 9 月 4 号展厅倒塌，主要原因是暴雨造成屋面积水过多，荷载加大	
	中国西丰县鹿城市场	压型钢板拱形结构，1.42 万 m ² 。2001 年 1 月塌落，主要原因是半跨雪荷载引起局部失稳	
	中国上海某研究所礼堂	悬索结构，直径 17.5m，使用 20 年后整体塌落，主要原因是钢索锈蚀	
桥梁	加拿大魁北克大桥	1907 年加拿大魁北克大桥在施工中倒塌，75 人遇难，主要原因是悬臂的受压下弦失稳	
	德国柏林某公路桥	1938 年 1 月，柏林附近一座公路桥在低温下断裂，主要原因是残余应力过大，导致低温冷脆	
	美国塔科马悬索桥	悬索结构，跨度 853m。1940 年 11 月在风速不到 20m/s 的情况下，因发生很大扭转振动而倒塌	

1.3 钢结构的分类与应用

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。按传统的耗钢量的大小来区分，大致可以

分为普通钢结构、轻型钢结构、重型钢结构。其中重型钢结构是指采用大截面和厚板的结构,如高层钢结构、重型厂房、某些公共建筑等;轻型钢结构是指采用轻型屋面和墙面的门式刚架房屋、网架、网壳等。代表工程详见图 1-3~图 1-5。

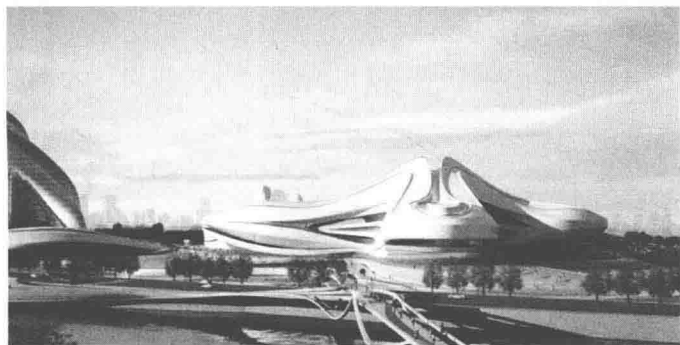


图 1-3 梅溪湖国际文化艺术中心

(1) 长沙梅溪湖国际文化艺术中心由大剧场、小剧场和艺术馆三部分组成。大剧场两个主轴方向的跨度分别为 223m 和 166m, 高 52.5m。艺术馆两个方向的最大跨度分别为 176m 和 90m, 高 41.4m。属大跨超限结构。



图 1-4 国家大剧院

(2) 国家大剧院总建筑面积近 15 万 m^2 , 工程外部围护结构为钢结构网壳, 整体结构用钢量达 6750t, 195kg/ m^2 。

(3) 香港大球场为桁架结构, 纵向跨度为 240m, 顶部高 55m, 拱形骨架有 12° 的倾角, 其截面为 3.5m^2 。

2. 一般工业钢结构

一般工业钢结构主要包括单层厂房(图 1-6)、双层厂房、多层厂房等,用于重型车间的承重骨架,以及其他工业跨度较次的车间屋架、吊车梁等。



图 1-5 香港大球场

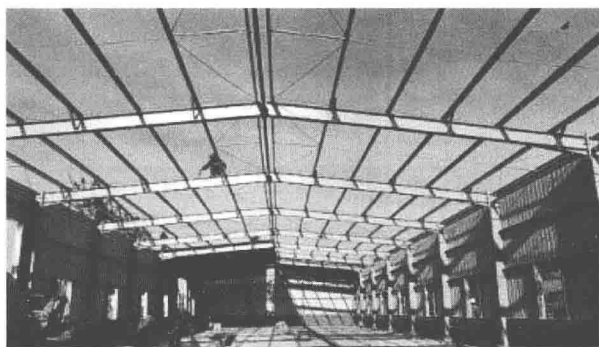


图 1-6 某单层工业厂房

3. 桥梁钢结构

钢桥建造简便、快捷、易于修复，因此钢结构广泛应用与中等跨度和大跨度桥梁，著名的杭州钱塘江大桥是我国自行设计、制作、安装的钢桥。



图 1-7 明石海峡大桥

明石海峡大桥（图 1-7）——日本神户市与淡路岛之间跨越明石海峡的一座特大跨径的悬索桥大桥主桥全长 3910m，主跨 1990m，是目前世界上主跨最长的悬索桥，钢桥塔高 297m，也是世界上最高的桥塔。

4. 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、高压输电线路塔架、火箭发射塔、大气监测塔等。这些结构除了自重轻、便于组装外，还因构件截面积小而大大减小了风荷载，因此取得了很好的经济效益。

东方明珠广播电视塔（图 1-8）以其 468m 的高度成亚洲第一高塔。东方明珠塔由三根直径为 9m 的擎天立柱、太空舱、上球体、下球体、五个小球、塔座和广场组成。

5. 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，如大型储油库（图 1-9）、煤气库等炉体，要求能承受很大的内力，另外温度急剧变化的高炉结构、大直径高压输油和输气管道等均采用钢结构。



图 1-8 东方明珠塔



图 1-9 巴陵石化储油罐

6. 船舶海洋钢结构

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。

7. 水利钢结构

我国近年大力发展水利建设，钢结构在其中得到了广泛应用，如钢制闸门、拦污栅、升船机、输水压力管道等。

某水利工程钢结构渡槽见图 1-10。

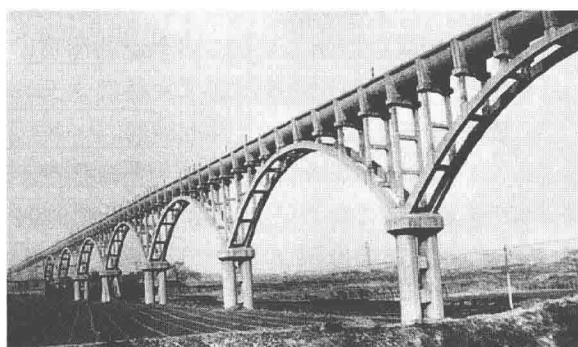


图 1-10 某水利工程钢结构渡槽

8. 其他结构（地下钢结构、货架、脚手架）

1.3.2 按结构体系工作特点分类

- (1) 梁状结构。梁状结构是指由的梁组成的结构。
- (2) 刚架结构。刚架结构是指由受压、弯曲工作的梁和柱组成的框架结构。
- (3) 拱架结构。拱架结构是指由单向弯曲构件组成的平面结构。
- (4) 桁架结构。桁架结构是指由受拉或受压的杆件组成的结构。
- (5) 网架结构。网架结构是指由受拉或受压的杆件组成的空间平板形网格结构。
- (6) 网壳结构。网壳结构是指由受拉或受压的杆件组成的空间曲面形网格结构。
- (7) 预应力结构。预应力结构是指由张力索（或链杆）和受压杆件组成的结构。
- (8) 悬索结构。悬索结构是指由张拉索为主组成的结构。
- (9) 复合结构。复合结构是指由以上 8 种类型中的两种或以上的结构构件组成的新型结构。

1.4 钢结构的发展

1.4.1 中国钢结构的发展

1. 古代

- (1) 在河南辉县等地出土的大批战国时代（公元前 475 年～公元前 221 年）的铁制生

产工具,说明早在战国时期,我国的炼铁技术已经很盛行了。

(2) 公元前 200 多年,秦始皇时代用铁建造了桥墩。

(3) 公元 1465 年(汉明帝时代),已成功地用锻铁为环,相扣建成了世界上最早的铁链悬桥——兰津桥。

(4) 清康熙四十四年建成的四川泸定大渡河桥,桥宽 2.8m,跨长 100m,由 9 根桥面铁链和 4 根桥栏铁链构成,两端系于直径 20cm、长 4m 的生铁铸成的锚桩上。该桥比美洲 1801 年才建造的跨长 23m 的铁索桥早了近百年,比号称世界最早的英格兰跨长 30m 铸铁拱桥也早 74 年。

2. 18 世纪欧洲工业革命后

(1) 钢结构在欧洲各国的应用逐渐增多,而我国钢结构的发展非常缓慢。

(2) 1927 年建成的沈阳皇姑屯机车厂钢结构厂房。

(3) 1931 年建成的广州中心纪念堂圆屋顶。

(4) 1937 年建成的杭州钱塘江大桥等。

3. 新中国成立后

(1) 新中国成立后,随着经济建设的发展,钢结构曾起过重要作用,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,在其后很长一段时间内,钢结构被限制使用。

(2) 受到钢产量的制约,钢结构仅在重型厂房、大跨度公共建筑、铁路桥梁以及塔桅结构中采用。1962 年建成的北京工人体育馆采用圆形双层辐射式悬索结构,直径为 94m。1975 年建成的上海体育馆,采用三向网架,跨度达 110m。

(3) 用在其他结构不能替代的重大工程项目中,在一定程度上,影响了钢结构的发展。

4. 改革开放以来

(1) 1978 年我国实行改革开放政策以来,经济获得了飞速的发展,钢产量逐年增加。

(2) 1996 年我国的钢产量超过一亿吨,一直位于世界钢产量的首位。

(3) 2003 年达到创纪录的 2.2 亿 t。

(4) 钢结构政策从限制使用改为积极合理的推广应用。

1.4.2 全球钢结构发展史

1678 年英国物理学家虎克首次公布了他发现的材料变形与受力大小的比例关系,即虎克定律。

1744 年瑞士数学家欧拉(Euler),在他出版的《曲线的变分法》一书中首次建立了柱的压屈理论,得到计算柱的临界受压力的公式,沿用至今。

1779 年英国人约翰·威金森协助达尔比和建筑师普里查德,在英格兰塞文河上建造了世界第一座生铁拱桥,桥长 30m,高 12m,至今仍在使用,始建于 1775(或 1777)年。

1786 年法国建筑师维托·路易设计建造的巴黎法兰西剧院,首次以铁结构为屋顶,此后这种铁结构件在工业建筑中逐步推广。

1801 年英国曼彻斯特索尔福德棉纺织厂的 7 层生产车间,是生铁梁柱和承重墙的混合结构,其铁构件首次采用了工字型的断面。

1820 年美国费城建造第一栋铸铁建筑。

1828 年维也纳建造第一座钢桥。

1829 年法国巴黎老王宫奥尔良走廊首次采用铁构件与玻璃结合的透光顶棚。

1847 年美国的惠甫尔首次提出桁架的计算理论。

1851 年, 伦敦园艺师帕克斯顿设计的“水晶宫”展览馆, 为玻璃铁架结构, 建筑总面积 74000m^2 , 不到 9 个月便完成施工, 完全表现了工业生产的机械水平, 开辟了建筑形式与预制装配技术的新纪元。

1854 年美国纽约哈珀大厦印刷厂用生铁框架替代承重墙, 这是早期完全生铁框架的建筑。

1856 年由英国人贝赛麦发明的“贝赛麦转炉炼钢法”, 第一次解决了由铁水直接冶炼钢水的难题, 使得钢材得以大量生产, 并越来越广泛应用于土木结构工程。

1868 年法国人莫尼埃用钢丝加固混凝土制成花盆, 并把这种方法推广到工程, 建造了一座蓄水池, 这是应用钢筋混凝土的开端。1875 年, 他主持建造了第一座长 16m 的钢筋混凝土桥。

1874 年第一座大跨钢桁桥 Eads Bridge 在圣路易 (St. Louis) 建成。

1881 年电弧焊工艺问世。

1883 年美国工程师罗布林及其儿子设计建造的布鲁克林 (Brooklyn) 吊桥完工, 这是世界第一座钢索吊桥, 跨度 1600m, 位于纽约曼哈顿岛与布鲁克林区之间, 桥始建于 1869 年。

1883 年詹尼、威廉·勒巴隆在芝加哥建造的 10 层保险公司大楼, 是最先使用铁框架 (部分钢梁) 承受全部大楼里的重力、外墙仅为自承重墙的高层建筑。

1889 年, 法国工程师埃菲尔, 在世博会之际建成“埃菲尔铁塔”和“机械馆”。“埃菲尔铁塔”为高架钢铁结构, 塔高 328m, 使用钢约 8000t, 是为纪念法国资产阶级大革命 100 年而建, 它是近代高层建筑钢结构的萌芽。“机械馆”是前所未有的大跨度结构, 刷新了世界建筑的新纪录, 长 420m, 跨度达 115m, 结构方法首次运用了三铰拱的原理。1910 年“机械馆”被拆除。

1889 年芝加哥的 The Rand McNally Building 建成, 成为第一栋全钢结构的大厦, 10 层。

1890 年苏格兰铁路福斯桥 (Firth of Forth Bridge) 完工, 它的悬臂与“埃菲尔铁塔”的脊线很相似, 全桥用钢 55000t。

1907 年美国伯力恒钢厂 (Bethlehem Steel), 1908 年伯力恒 (Bethlehem Steel) 开始生产热轧型钢。泰勒博士著名的“科学管理原则”, 就是在伯力恒钢厂完成。

1908 年建造的上海 6 层电话公司, 是近代中国第一座钢筋混凝土框架结构的建筑。

1909 年, 德意志制造联盟的彼得贝伦斯设计了“柏林通用电气公司透平机车间”, 以钢结构为骨架与大玻璃窗为特点, 被称为是第一座真正的现代建筑。彼得贝伦斯是德国现代著名建筑师, 工业产品设计的先驱。德意志制造联盟成立于 1907 年, 由企业家、工程技术人员、艺术家组成, 目的在于促进德国建筑领域的创新活动向与工业结合的方向发展。

1909 年美国马萨诸塞州采用热轧型钢用于建筑结构。

1913 年波兰布雷斯劳建成钢筋混凝土肋穹顶的百年大厅, 直径 65m。

1913 年建造的上海杨树浦电厂 1 号锅炉间, 这是近代中国最早钢框架结构的多层厂房。

1914 年匈牙利人 Kazinczy 证实梁具有塑性铰机极限行为。

1916 年建造的上海天祥洋行, 是近代中国民用建筑采用钢框架结构的最早建筑之一。

1921 年美国钢结构学会 AISC 成立, 1923 年 AISC 年发行第一版钢结构设计规范