

SHUIGONG GANGJIE
GOU

水利水电工程(专科起点本科)专业系列教材

■ 主 编 解 伟

水 工 钢 结 构

中央广播电视大学出版社

水利水电工程（专科起点本科）专业系列教材

水工钢结构

主编 解 伟

中央广播电视大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水工钢结构/解伟主编. —北京: 中央广播电视大学出版社, 2003.12
(水利水电工程(专科起点本科)专业系列教材)

ISBN 7-304-02496-8

I. 水… II. 解… III. 水工结构: 钢结构—成人教育: 高等教育—
—升学参考资料 IV. TV34

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 122510 号

版权所有, 翻印必究。

水利水电工程 (专科起点本科) 专业系列教材

水工钢结构

主编 解 伟

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 发行部: 010-68519502 总编室: 010-68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号

邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 旷天鉴

责任编辑: 安 红

印刷: 北京银祥福利印刷厂

印数: 0001~3000

版本: 2003 年 11 月第 1 版

2003 年 12 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 21.25 字数: 490 千字

书号: ISBN 7-304-02496-8/TV·12

定价: 28.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

前 言

本教材是根据中央广播电视大学水利水电工程（本科）开放教育教学大纲编写的，是专科起点水利水电工程专业“水工钢结构”课程的通用教材。

本书共分八章和十一个附录，主要内容包括钢结构设计的基本知识、基本理论、基本构件（包括钢梁、轴心受力构件、拉弯和压弯构件）和连接计算与构造设计以及水工钢闸门的结构设计等。为适应开放式教学的特点，同时加深对设计原理、设计方法、构造处理的理解和应用，教材设置了“学习指导”、“小结”、“习题”以及“旁白”等助学内容。

本书中采用的基本符号、计算的基本规定、各种构件和连接的计算与构造要求等，主要依据国家标准《钢结构设计规范 GB50017—2003》和《水利水电工程钢闸门设计规范 SL74—95》编写，同时还参考了我国其他有关规范。

本书由华北水利水电学院和郑州大学合编，参加编写工作的有：解伟（第一章、第二章 2.7 节、第七章）、李平先（第六章、第八章、附录）、张新中（第二章大部分）、张世宝（第三章）、郭进军（第四章、第五章），全书由解伟担任主编，李平先担任副主编，最后由李平先统稿。

本书的完成得到了中央广播电视大学水利行业开放教育试点工作办公室、华北水利水电学院和郑州大学有关领导的关心和支持，中央广播电视大学出版社领导和有关人员给予了热情指导。另外，华北水利水电学院研究生忽惠卿参与了部分编写工作，郑州大学王爱琴、华莎以及研究生赵建立、蔺新艳、黄秋风、黄书岭、方恩权等协助原稿的打印、制图和校对工作，在此予以衷心的感谢。

郑州大学高丹盈教授、河南省水利科学研究所兰溢昌高工、华北水利水电学院彭成山副教授参加了本教材的审定，高丹盈教授担任主审。参加教材审定的专家对本书进行了认真的审阅，并给予了热情的指导和帮助。本书有些材料引自有关院校和生产、科研、设计单位编写的教材和专著、文章等，编者在此一并致谢。

由于作者水平有限，书中错误及片面之处在所难免，诚恳地希望读者批评指正。

编 者

2003 年 7 月

目 录

第一章 绪 论	(1)
学习指导.....	(1)
1.1 钢结构的特点和应用	(1)
1.2 钢结构的发展概况和发展方向	(5)
1.3 水工钢结构课程的性质和任务	(9)
小结.....	(10)
习题.....	(10)
第二章 钢结构的材料和设计方法	(11)
学习指导.....	(11)
2.1 建筑钢材的两种破坏形式	(11)
2.2 钢材的主要工作性能	(12)
2.3 钢材在多轴复杂应力作用下的工作性能	(16)
2.4 钢材的疲劳	(18)
2.5 各种因素对钢材主要性能的影响	(22)
2.6 钢材的种类、选择及规格	(27)
2.7 钢结构的设计方法	(32)
小结.....	(38)
习题.....	(39)
第三章 钢结构的连接	(40)
学习指导.....	(40)
3.1 钢结构的连接方法	(40)
3.2 焊接方法和焊缝强度	(41)
3.3 对接焊缝连接的构造和计算	(45)
3.4 角焊缝连接的构造和计算	(48)

3.5	焊接应力和焊接变形	(57)
3.6	螺栓连接	(61)
	小结	(75)
	习题	(76)
第四章	钢 梁	(77)
	学习指导	(77)
4.1	钢梁的形式和应用	(77)
4.2	梁的强度和刚度	(79)
4.3	梁的整体稳定性	(86)
4.4	型钢梁设计	(91)
4.5	组合梁设计	(94)
4.6	梁的局部稳定和腹板加劲肋的设计	(100)
4.7	组合梁腹板考虑屈曲后强度的计算	(115)
4.8	梁的拼接、连接和支座	(119)
	小结	(124)
	习题	(125)
第五章	轴心受力构件	(128)
	学习指导	(128)
5.1	概述	(128)
5.2	轴心受力构件的强度和刚度	(130)
5.3	轴心受压构件的整体稳定	(132)
5.4	实腹式轴心受压构件的局部稳定	(145)
5.5	实腹式轴心受压柱的设计	(147)
5.6	格构式轴心受压柱的设计	(149)
	小结	(158)
	习题	(158)
第六章	拉弯和压弯构件	(161)
	学习指导	(161)
6.1	概述	(161)
6.2	拉弯、压弯构件的强度和刚度	(163)
6.3	压弯构件的整体稳定	(166)
6.4	实腹式压弯构件的局部稳定	(173)

6.5	实腹式压弯构件的设计	(176)
6.6	格构式压弯构件的设计	(176)
6.7	梁与柱的连接	(182)
6.8	柱脚设计	(185)
	小结	(191)
	习题	(192)
第七章	钢桁架	(195)
	学习指导	(195)
7.1	概述	(195)
7.2	桁架的外形、尺寸、腹杆布置	(197)
7.3	桁架间的支撑和压杆的计算长度	(200)
7.4	桁架的杆件设计	(206)
7.5	普通桁架节点设计和桁架施工图绘制	(211)
	小结	(218)
	习题	(219)
第八章	平面钢闸门	(220)
	学习指导	(220)
8.1	概述	(220)
8.2	平面钢闸门的组成和结构布置	(225)
8.3	平面钢闸门的结构计算与设计	(232)
8.4	平面钢闸门零部件设计	(246)
8.5	埋件设计	(258)
8.6	启闭力和启闭机	(261)
8.7	结构详图的绘制	(266)
8.8	设计例题——露顶式平面钢闸门的设计	(268)
	小结	(287)
	习题	(288)
附录一	钢材和连接的强度设计值和容许应力	(290)
附录二	疲劳计算的构件和连接分类	(296)
附录三	梁的整体稳定系数	(299)
附录四	轴心受压构件的稳定系数	(303)

附录五	型钢表	(307)
附录六	型钢的螺栓(铆钉)准线表	(323)
附录七	螺栓和锚栓的规格	(324)
附录八	矩形弹性薄板弯矩系数	(325)
附录九	钢闸门自重估算公式	(328)
附录十	材料的摩擦系数	(329)
附录十一	轴套的容许应力和混凝土的容许应力	(330)
参考文献	(331)

第一章 绪 论

学习指导

- 目标:** 1. 了解钢结构的特点及在水工建筑中的应用;
2. 了解钢结构的发展方向;
3. 熟悉本课程的性质和任务。

- 重点:** 1. 钢结构的特点;
2. 钢结构的发展方向。

1.1 钢结构的特点和应用

1.1.1 钢结构的特点

1. 钢材强度高, 结构重量轻

钢材与混凝土和木材比较, 虽然容重较大 (76.93 kN/m^3), 但是由于强度很高, 容重与屈服点的比值相对较低。因此, 在承载力相同的条件下, 钢结构与钢筋混凝土结构、木结构相比, 构件体积小, 结构重量轻, 运输和安装方便。适用于跨度大、建筑物高、荷载重的结构以及要求装拆和移动的结构, 也更适用于活动结构, 以减少驱动力, 如水工结构中的各类钢闸门。

2. 钢材内部组织比较均匀, 有良好的塑性和韧性

与混凝土和其他材料相比, 钢材的内部组织比较均匀, 各个方向的物理力学性能基本相同, 接近于匀质各向同性体, 钢材的弹性模量大 ($E = 2.06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$), 有良好的塑性和韧性, 这些物理力学性能, 最符合目前采用的计算方法和结构分析中的基本假定, 所以钢结构的实际受力情况与结构分析结果最接近, 在使用中最为安全可靠。

钢材的最大缺点是易锈蚀, 怕高温 (火灾)。因而, 多数结构物中的钢材上都加有防火保护层, 克服钢材的这个缺点。近年来, 对钢材本身实行改良, 例如, 耐候性钢板、不

3. 钢结构装配化程度高, 施工周期短

钢结构一般均采用工厂制造后运至工地安装的施工方法, 从而具有成批生产和高精度的特点, 是目前工业化程度最高的一种结构, 具有生产效率高, 速度快, 质量好的优点。由于钢结构自重较轻, 加工精度高, 可在现场直接用焊接或螺栓将其连接起来, 安装迅速, 施工周期短, 且部件便于更换。

4. 钢材能制造密闭性要求较高的结构

钢材具有不渗透性和可焊性, 因此可以采用焊接制成安全密封的焊接密闭结构。例如, 气密性和水密性要求较高的高压容器, 大型油库、煤气柜、大型管道等板壳结构。

5. 钢结构耐热, 但不耐高温

当钢材温度在 150 °C 以内时, 其物理力学性能变化很小; 当在 250 °C 左右时, 钢材的抗拉强度提高而塑性降低, 冲击韧性下降; 当温度高于 300 °C 时, 屈服点和极限强度急剧下降; 到达 600 °C 左右时, 强度接近于零。钢结构通常在温度 450 ~ 650 °C 时, 失去承载能力, 所以钢结构耐热 (≤ 150 °C) 但不耐高温。当钢结构长期经受 150 °C 以上的辐射热时, 必须采取隔热保护措施, 此外, 对于轻型钢结构, 还应根据建筑物的耐火极限时间, 对承重构件采取有效的防护措施, 如涂刷防火涂料等, 但费用较大。

6. 钢结构易腐蚀

尤其是水工钢结构, 容易腐蚀的缺点比较突出, 为了防止锈蚀, 除了在初建时需要除锈、油漆镀锌等防锈措施, 而且建成后需要定期维护。在水工钢闸门上也可以采用电化学效应的阴极保护法。

锈钢及耐火钢板等都达到了实用化的程度。只要使用了这类特殊钢板, 钢结构设计不再被防火保护层所左右, 可以说钢结构设计不受限制地自由开展的时代已经到来。

1.1.2 钢结构在水工结构中的应用

根据上述钢结构的特点, 并考虑建筑物的使用要求, 钢结构在水利、水电、水运、海洋采油等工程中的合理应用范围大致如下:

1. 活动式结构

例如水工结构中大量采用的钢闸门、阀门、拦污栅、船闸闸门、升船机和钢引桥等。对于这一类需要移动或转动的结构来说, 可以充分发挥钢结构自重较轻的特点, 从而能降低启闭设备的造价和运转所耗费的动力。2002 年 12 月 6 日上午, 有“天下第一门”称号的三峡工程永久船闸南线第一闸首人字门开始吊装。人字门高 38.5 m, 宽 20.2 m, 厚 3 m, 面积相当于两个篮球场大, 每扇门质量达 804 t, 无论是尺寸还是质量都在世界船闸闸门中名列前茅, 总工程量是已建成的世界第一大水利工程——美国邦纳维尔船闸的 20 倍以上。三峡永久船闸是世界上水头最高、级数最多、拥有 10 个闸室的双线五

级船闸，永久船闸长 6 442 m、宽 300 m，永久船闸按年单向 5 000 万吨和通过万吨级船队要求设计，最大水头 113 m，也就是说船舶通过永久船闸，有 113 m 落差，相当于爬升 40 层楼房的高度。永久船闸有双线两条通道，一线上行、一线下行、轮船对开，连续 5 级，逐级递进。永久船闸上下游引航道与长江主河床相连，船闸本身长 1 607 m，加上引航道，永久船闸全长 6.4 km。

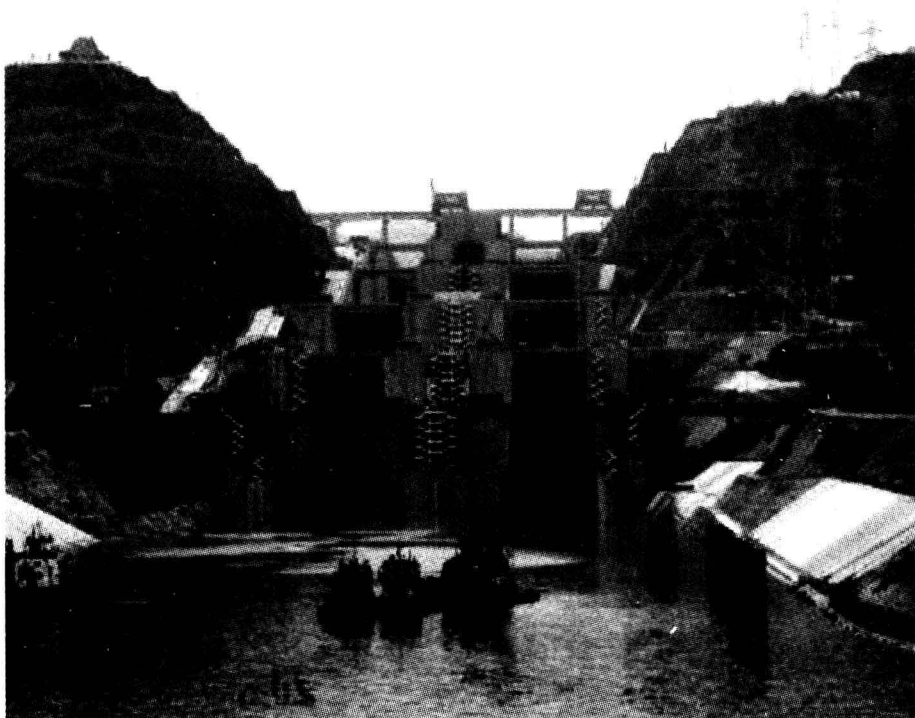


图 1.1 三峡永久船闸远眺

2. 装拆式结构

在水利工程中经常会遇到需要搬迁和周转使用的结构。例如施工用的钢栈桥、钢模板、装配式的混凝土搅拌楼和砂、石骨料的输送架等。这类结构充分发挥了自重较轻，便于运输和安装的特点。

3. 板壳结构

例如压力管道、囤斗、储液罐、储气罐等，用钢板制造的这类结构密封性好。三峡水利枢纽工程中的电厂进水压力钢管内径达 12.4 m。

4. 高耸结构

如输电线路塔、微波塔、电视转播塔等。

5. 大跨度结构

如三峡水利枢纽升船机的承船厢，为钢质开口槽形结构。船厢有效长度

为 120 m，宽 18 m，水深 3.5 m，干舷高 0.8 m，外形最大长度为 132 m，宽 10 m。承船厢主体结构为梁格系统，可承载 30 000 kN（约 3 000 t）船舶过坝，为当今世界上最大的承船厢。图 1.3 是我国已建的大连新港油码头用的空腹桁架式钢栈桥，共 9 跨，每跨 100 m。

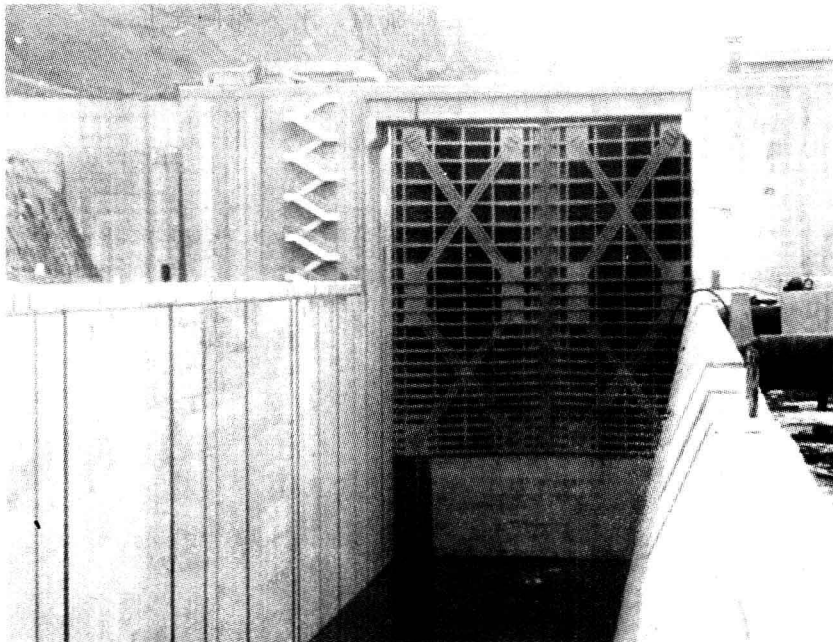


图 1.2 三峡船闸近看



图 1.3 大连新港油码头钢栈桥

6. 海工钢结构

海洋工程中的钻井、采油平台结构，如图 1.4 为某海上采油平台，它是由采油平台、生活平台和烽火台所组成，中间由轻便的栈桥相连接。生活平台上设有多层的生活楼、直升机场和通讯微波塔。采油平台下面有大容量的原油储罐等。这类结构要承受平台上各种装置及机械设备的荷载以及风、浪和冰等动力荷载作用，这就利用了钢材强度高、抗振性能好以及便于海上安装等特点。

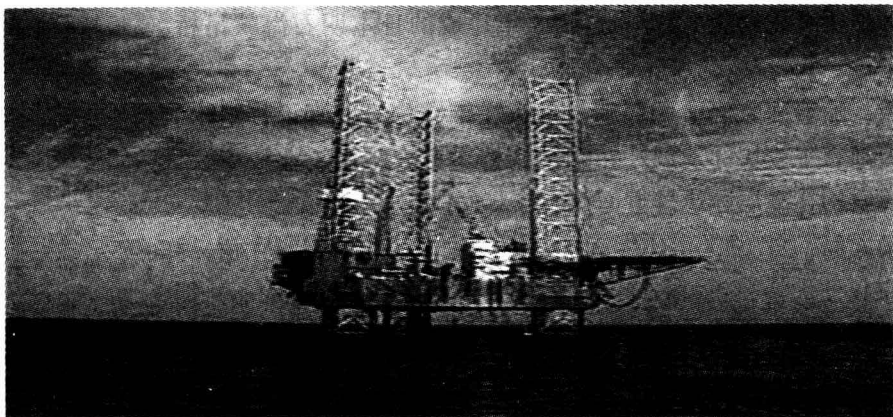


图 1.4 我国某海上采油固定钢平台

1.2 钢结构的发展概况和发展方向

1.2.1 钢结构的发展历史

支撑现代建筑的结构材料仍然是钢铁、混凝土和玻璃，但是，每种材料都随着时代的发展，不断地扩大并向前推进其技术领域，钢铁也从早年的锻铁和铸铁时代过渡到了当今的品种繁多的合金时代，技术革新神速。

中国是最早用钢铁建造承重结构的国家。公元 60 年左右（汉明帝时）开始在高山峡谷地区建造铁链桥，其中明朝时湖南的沅江桥，清朝时四川大渡河桥（泸定桥）最为著名。泸定桥建于 1706 年（康熙 45 年），净跨 100 m，宽 2.7 m，共有 13 根铁链。每根质量为 1.6 t，铁链系于直径 20 cm，长 4 m 的铸铁锚桩上。

中国古代除铁链桥外，尚有众多的观赏铁塔，至今尚存的有宋代（1061 年）湖北荆州玉泉寺铁塔，塔身高 17.9 m，共 13 层，由生铁铸造而成；还有山东济宁铁塔寺铁塔和江苏镇江甘露寺铁塔等。

几个世纪以后的 1782 年，英国用生铁建造了科尔布鲁克代尔（Coalbrookdale）肋拱桥，跨长 30.5 m。随着冶金技术的发展，出现了熟铁铆钉连接结构，1826 年英国威尔士建成了麦奈海峡（Menai Straits）四跨箱型截面铁路桥，1889 年法国建成巴黎埃菲尔铁塔（Eiffel）高 321 m。19 世纪 60 年代，发明了平炉和转炉炼钢才有了用钢建造的桥梁和高层建筑。1974 年在芝加哥建造了西尔斯（Sears）大厦，高 443 m，地上 110 层，地下 3 层。1974 年在波兰华沙建成的长波发射桅杆，高 645 m，共五层纤绳。1981 年建成的英

从 19 世纪后半期开始发展起来的结构力学理论和实验汇总为统一的静力学体系。纳维叶的梁弯曲理论与克拉贝龙的三弯矩方程和梅纳布雷的最小功原理共同扩充成初步的框架弯曲理论。此外借助最近一直大量采用的，立德、卡门、科雷蒙纳等人的系统著述，

国亨伯 (Humber) 吊桥, 主跨为 1 410 m。1998 年建成的日本明石海峡吊桥, 跨度为 1 990 m。

新中国成立后, 随着国家经济的飞速发展, 在钢结构设计理论, 结构制造安装水平等方面都有了较快的发展。在钢结构桥梁, 大跨度工业厂房, 大型公共建筑和高耸结构, 高层建筑等方面都有较多的应用。

在钢结构桥梁方面, 自 1957 年建成武汉大桥以后, 又建了多座大桥, 如 1968 年建成的南京长江大桥, 正桥长 1 577 m, 采用了 16 锰桥 (16Mnq) 钢, 160 m × 3 三跨连续桁架。1992 年 5 月建成的九江长江大桥, 正桥长 1 806.6 m, 为 15 锰钒氮桥 (15MnVNq) 钢, 柔性拱加肋的桁架桥, 最大跨度为 216 m。1993 年 10 月建成的上海黄浦大桥, 总长为 8 346 m, 主桥为双塔双索面斜拉桥, 主桥长 846 m, 主跨长 423 m。

在工业建筑方面, 鞍钢、武钢、宝钢等冶金联合企业的许多车间都采用钢结构厂房。如 1977 年建成的上海锅炉厂的重型容器车间, 主跨长 36 m, 高 40 m, 采用双层桥式吊车, 上层为两台 400/80 t 吊车。1996 年建成的首都大型客机检修库屋盖采用双跨 150 m 的钢网架结构。

在公共建筑方面, 采用大跨度的平板网架, 悬索结构等, 如 1961 年建成的北京工人体育馆, 1975 年建成的上海体育馆, 1990 年建成的亚运会综合馆, 屋盖为斜拉索双坡面组合屋盖, 屋背长度为 115.8 m, 截面为 1.8 m × 1.8 m 的纵向箱型钢梁, 支撑在两个空心钢筋混凝土塔筒上, 钢梁中部有四排 (每排 3 根) 斜拉索吊于东西塔顶, 横向跨度 70 m, 纵向框架柱距 6.6 m, 桁架高度 3.3 m。

用钢结构建成的塔桅结构也较多, 如 1977 年建成的北京环境气象塔, 是由 5 层纤绳组成的桅杆结构, 杆身截面为三角形, 边宽 2.7 m, 总高 325 m。1989 年建成的大庆电视塔高度 260 m, 塔形为六边形空间桁架结构。

在石油开发和城市建设中, 建造了不少大型油气储罐及筒仓等。1987 年在秦皇岛建成两座 10 万 m³ 储油罐。在北京建造的利浦钢板筒式粮仓, 高 20 m, 直径 10 m。

随着国民经济的发展与科技进步, 我国将建造更多的大跨度、高层钢结构、预应力结构、型钢混凝土结构, 应用范围日益扩大。薄壁型钢尤其是压型钢板组合结构, 近年来得到相当快的发展。

1.2.2 水工钢结构的发展方向

随着我国经济建设和国际贸易的迅速发展, 钢产量逐渐提高, 钢材品种逐渐增多, 钢结构的应用也会更快发展。为了迎接这一挑战, 水工钢结构的

使静定结构理论分析得以普及, 结构技术人员能够计算出静定结构和简单的超静定结构的内力分布, 并据此又能求得各个构件的内力和变形, 从而实现结构的设计工作。

发展主要有以下几个方面:

1. 低合金钢等优质高强钢材的研制和应用

长期以来, 钢结构传统地采用普通碳素结构钢, 随着冶金工业的发展, 冶炼时在碳素钢里加入少量的合金元素 (合金元素总含量一般为 1% ~ 2%, 不超过 5%), 就可以得到强度高、综合机械性能好的普通低合金钢。这类钢还具有某些特殊的性能, 如抗蚀性、耐磨性及耐低温等。屈服点 $f_y = 345 \text{ N/mm}^2$ 的 16 锰 (16Mn) 钢在我国最为常用, 其次为 15 锰钒 (15MnV) 钢, 屈服点 $f_y = 390 \text{ N/mm}^2$ 。这两种钢材综合性能比较好, 在《钢结构设计规范》(GBJ17—88) 就已列入使用。根据几十年的工程实践经验可知, 采用这两种钢材的钢结构比采用 Q235 钢, 可节约用钢量 15% ~ 25%。此外, 屈服点 $f_y = 390 \text{ N/mm}^2$ 的 15 锰钛 (15MnTi) 钢, $f_y = 400 \text{ N/mm}^2$ 的 30 硅钛 (30SiTi) 钢以及 $f_y = 450 \text{ N/mm}^2$ 的 15 锰钒氮 (15MnVN) 钢等也曾用于一些重要工程, 但这与国外高强度钢材的发展还有一定的差距。例如, 美国早在 1969 年已将屈服点 $f_y = 700 \text{ N/mm}^2$ 的钢材列入规范。

采用高强度低合金钢可以大大节约钢材, 提高结构经济使用寿命, 同时由于构件截面尺寸减薄, 还可以简化制造工艺, 节约工时, 有利于运输和安装, 对于大跨度结构更有利。如南京长江大桥、葛洲坝水利枢纽中的各类钢闸门均采用 16 锰钢或 16 锰桥钢所建造。1992 年建成的九江长江大桥采用的是 15 锰钒氮钢。

为了合理地利用材料, 对于由稳定控制的构件宜采用价格较低的 Q235 钢; 对于由强度控制的构件, 宜采用强度较高的 Q345, Q390 和 Q420 钢。

2. 结构和新技术的研究和应用

钢与混凝土组合构件充分利用了钢宜抗拉和混凝土宜抗压的特性, 且使一个构件多种用途, 因此是一种非常合理和经济的结构。例如, 目前在桥梁和房屋楼盖中应用的钢梁与钢筋混凝土板组合结构, 钢梁与钢筋混凝土板间用抗剪键相连而使整个结构整体工作。此外钢管混凝土结构也是一种组合结构, 当用于受压构件时, 不仅混凝土受到钢管的约束而提高了抗压强度, 同时由于管内混凝土的填充也提高了钢管抗压的稳定性, 因而构件的承载能力大为提高, 且具有良好的塑性和韧性, 经济效益显著。钢管也具有双重功能, 既承受荷载, 又代替了模板, 因此施工很方便。组合构件是一种很有发展前途的结构形式, 有待进一步研究开发。

我国从 20 世纪 50 年代开始就对预应力钢结构进行理论和实验研究, 并在一些工程中应用和试用。预应力钢结构, 可以较大幅度地节约钢材 (一般可节约钢材 20% ~ 40%), 如图 1.5 所示的预应力钢桁架, 由于在结构中采

钢材还要向高强度化的方向发展, 钢丝和高强度拉杆使得张拉型结构的出现成为可能; 以及与层压板、薄膜、预制混凝土、玻璃等不同材质的混合或综合利用为目标混合结构设计的开展也是颇有前途的。这样做, 才能扩大钢结构设计的领域, 才能在创造高大广阔的空间方面做出更大的贡献。

在钢结构中, 采用加预应力的方法, 于 19 世纪就已

用预应力，既可以调整结构的内力，又可采用高强钢索（图 1.5 中虚线所示），从而可以充分发挥钢材应有的强度，并能增加结构的刚度，例如在三峡工程中船闸人字钢闸门上采用了预应力的门背斜拉杆，可以有效地防止当门扇在水中旋转时产生的过度的挠曲和扭转变形。

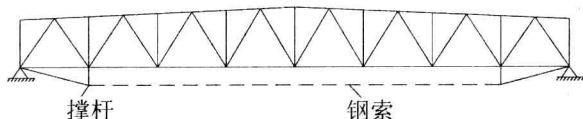


图 1.5 预应力钢桁架

3. 更新设计理论和计算方法

水工钢结构一直沿用容许应力的设计方法。这种方法的优点是计算简便，可以满足正常的使用要求。但必须指出，此法的缺点是所给定的容许应力不能保证各种结构具有比较一致的可靠度。例如恒载的估算要比活载的估算准确得多，若同一个结构所承受的恒载的比值很高，则其计算的可靠度就高，反之则低。因此，水工钢结构应研究以一次二阶矩概率论为基础的极限状态设计法。这一方法是我国《建筑结构设计统一标准》（GBJ68—84）颁布实施的方法。现行《钢结构设计规范》（GBJ17—88）采用的就是这一方法（新的《钢结构设计规范》（GB50017—2003）从 2003 年 12 月 1 日起正式施行）。

水工钢闸门的结构计算，通常是将这样的一个空间结构简化成若干个平面结构（如梁、柱、桁架、刚架等）来计算。这种计算方法没有考虑结构的整体性，其结果不能准确反映结构实际的工作性能，因此，也就不能充分地合理使用材料。我国从 20 世纪 50 年代以来，对钢闸门已经有按空间结构的计算方法。它是将整个闸门当作一个薄壁梁来考虑，这样可以计入面板和水平次梁在闸门整体弯曲中所起的弯曲作用，较真实地反映闸门的工作情况，而且还可以节约钢材。根据实践经验，对于大跨度的露顶闸门，按空间结构计算可省钢 10% ~ 15%，然而，对于跨度较小的闸门，节约的效果没有大跨度的闸门显著，且计算过程比较烦琐，所以按空间结构计算并不普遍。但随着计算机的发展已为钢闸门按空间结构计算提供了条件，同时还可以对结构进行优化设计。

4. 研究和推广钢结构的新型连接方法

现今，在钢构件的连接上使用最多的是焊接。不仅工厂内的构件组装和装配加固构件（工厂焊接）等，而且现场的构件连接（现场焊接）也大量地应用焊接。因此我们要改进焊接工艺，提高焊接质量，采用二氧化碳气体保护焊、电渣焊，研究与高强度结构钢相匹配的高质量焊接材料等。

现场连接中比焊接用得更多的是高强度螺栓（HTB）连接。摩擦型高强

出现。1897 年茹霍夫设计的莫斯科百货商场的拱形屋盖结构，是最早的预应力结构之一。德国狄兴格教授首先在钢桥中采用高强度钢索回预应力的方法（1935 年）获得了显著的效果。

螺栓连接具有较好的塑性和韧性，避免了焊接中存在的焊接应力和焊接变形等缺点。因此，它不仅安装迅速，而且承受动力荷载的性能也较好。

此外，还有普通螺栓连接、销连接、辊轴连接、螺纹式连接等。

5. 研究和推行水工钢结构的标准化和系列化

钢结构制造工业和机械化水平需要进一步提高。改进工艺和革新设备，使有些构件可以系列化、产品化。推行水工钢结构的标准化和系列化是缩短工期，降低成本，提高劳动生产率的有效措施。

1.3 水工钢结构课程的性质和任务

用型钢或钢板制成基本构件，根据使用要求，通过焊接或螺栓连接等方法，按照一定规律组成的承载结构叫钢结构。钢结构在各项工程建设中的应用极为广泛，如钢桥、钢厂房、钢闸门、各种大型管道容器、高层建筑和塔桅结构等。由此可见，钢结构是结构工程中按材料划分出来的一门学科。这门学科主要是建立在建筑材料、材料力学、结构力学和其他工程力学及工程实践知识的基础上，按照结构物使用的目的，在预计的各种荷载作用下，在预定的使用期限内，使结构不致失效。因此，在进行钢结构设计时必须考虑具体的材料性能，综合运用上述的力学知识，研究结构在使用环境和荷载作用下的工作状况，才能设计出既安全适用，又经济合理的结构。由于本课程有时需要直接引用上述课程中有关的计算方法和计算公式，有时还要通过适当的假定，把某些复杂公式转化成实用方便的简化公式，所以对于设计工作者，必须熟悉上述有关力学课程的内容。然而，必须指出，钢结构这门学科的特点，绝不仅仅是力学的分析和运算，因为要获得一个质优的结构，还必须熟悉结构的使用要求，了解结构的工作状况，需要掌握钢材在各种因素影响下的工作性能以及构造方面的要求。由于工程中的许多问题不是全部都能借助现有的公式就能解决的，往往还需要有丰富的工程实践知识，如进行全面规划，作出合理的总体结构布置和进行合理的结构选型等，然后才能设计构件，进行构造处理，并确定必要的制造工艺要求和安装方法。

本课程的任务是阐述常用的结构钢的工作性能、钢结构的连接设计、钢结构各类基本设计原理以及结合水利工程专业的要求讲述平面钢闸门的设计原理和方法。通过本课程的学习，学生应具备钢结构的基本知识，掌握正确的设计原理和方法，能够对钢梁、钢柱、钢桁架等基本构件以及平面钢闸门进行设计，并为设计其他类型的钢结构打下基础。