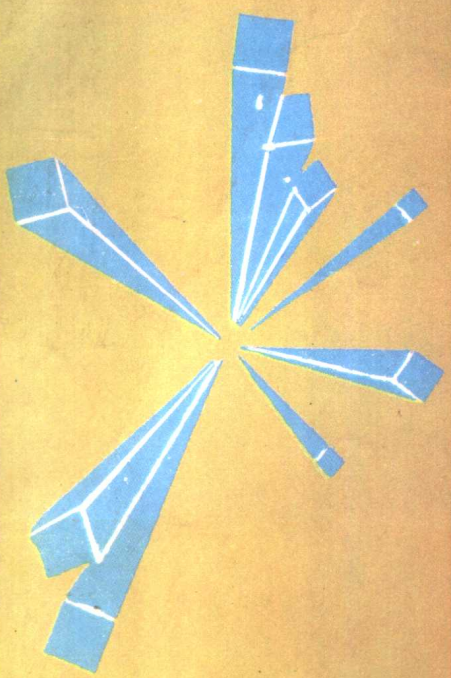
中央广播电视大学教材

钢结构

GANG JIE GOU

主编　王用纯



中央广播电视大学出版社

钢 结 构

王用纯 主编

中央广播电视大学出版社

(京)新登字 163 号

图书在版编目(CIP)数据

钢结构/王用纯编. —北京:中央广播电视大学出版社,1994.6

ISBN 7-304-00984-5

Ⅰ.钢…Ⅱ.王…Ⅲ.钢结构-电视大学-教材 Ⅳ.TU 391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 06721 号

钢 结 构

王用纯 主编

中央广播电视大学出版社出版

社址:北京西城区大木仓 39 号北门 邮编:100032

北京密云胶印厂印刷 新华书店北京发行所发行

开本 787×1092 1/16 印张 19.5 千字 448

1994 年 2 月第 1 版 1994 年 6 月第 1 次印刷

印数 1—10000

定价 10.75 元

ISBN 7-304-00984-5/TU·33

主持教师：鄢小平

主　　编：王用纯

编　　者：钟善桐

前　言

本书是根据《关于制定广播电视大学高等专科教育教学计划的若干问题的原则规定》（中央广播电视大学，1991年4月）和《中央广播电视大学教材建设工作规程》（中央广播电视大学，1991年4月）提出的原则，及1991年9月审定的电视大学《钢结构》教学大纲编写的。

全书分为八章：概述，钢结构的材料，钢结构的连接，轴心受力构件，受弯构件，拉弯、压弯构件，屋盖结构及钢结构制造。由王用纯、程瑞棣、鄢小平编写的《钢结构学习指导》，与本教材配套使用。

编写本书的主要技术依据是《钢结构设计规范》GBJ17—88。

本课程是工业与民用建筑专业的主要专业课之一。任务是使学生掌握钢结构的特点，普通钢结构的基本理论的一般概念及基本知识，学会设计和组织施工一般的钢构件和普通钢屋架。

为了达到上述要求，应重视理论和实际的联系，学与练相结合，因此，在各章节中给出了一定量的例题，并要求学生完成各章的思考题和习题；最后完成一个单层工业厂房钢屋盖设计的课程大作业。

课程总学时为72学时，其中电视播讲时数为36学时，面授课、习题课为18学时，课程大作业为18学时（一周）。其中在学习钢结构制造一章时，有条件的可组织学生到金属结构制造厂进行参观。

本书第一、二两章由钟善桐执笔，其余六章由王用纯编写，书中部分插图由鄢小平、屠永清、俞明昊绘制。

教学大纲、样章和全部书稿，皆由清华大学王国周教授、西安冶金建筑学院郭在田教授和东南大学张寿庠教授等专家通过三次审稿会进行研讨和审定。文字教材由郭在田教授主审。

本书是为中央广播电视大学工业与民用建筑专业学生（大专）编写的，也可作为普通院校工业与民用建筑专业大专层次学生和各类成人高校学生选用和参考。

由于编者水平所限，本书存在的问题一定不少，竭诚欢迎读者提出宝贵意见，以便进一步修改。

编　者

1993.4

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目　录

第一章　概述……(1)
第一节　钢结构在我国的发展概况……(2)
第二节　钢结构的特点和合理应用范围……(4)
第三节　钢结构的设计方法……(8)
第四节　钢结构的发展方向和设计中的主要问题……(13)
第二章　钢结构的材料……(23)
第一节　建筑钢材的两种破坏形式……(23)
第二节　建筑钢材的主要性能试验……(24)
第三节　建筑钢材的性能指标……(27)
第四节　荷载与构造对钢材性能的影响……(31)
第五节　钢材的疲劳……(33)
第六节　钢材的种类和规格……(37)
第三章　钢结构的连接……(42)
第一节　连接的种类及其特点……(42)
第二节　焊缝及其连接的型式……(44)
第三节　对接焊缝及其连接的构造、工作性能和计算……(48)
第四节　角焊缝及其连接的构造、工作性能和计算……(55)
第五节　焊接残余应力和焊接残余变形的基本概念……(74)
第六节　普通螺栓连接的构造、工作性能和计算……(78)
第七节　高强度螺栓连接的工作性能和计算……(91)
第八节　有孔洞的轴心受力构件的强度计算……(98)
第四章　轴心受力构件……(105)
第一节　轴心受力构件的应用、特点和截面形式……(105)
第二节　轴心受力构件的强度和刚度计算……(106)
第三节　实腹式轴心受压构件整体稳定性的计算……(107)
第四节　实腹式轴心受压构件的局部稳定……(115)
第五节　实腹式轴心受压构件的截面选择……(122)
第六节　格构式轴心受压构件的整体稳定性及分肢稳定性的计算……(127)

第七节　格构式轴心受压构件的截面选择……(131)
第八节　格构式轴心受压构件的缀件计算和构造……(135)
第九节　轴心受压柱柱头和柱脚的构造和计算……(140)
第五章　受弯构件……(156)
第一节　梁的种类和截面形式……(156)
第二节　梁的强度和刚度计算……(157)
第三节　梁整体稳定的基本概念和验算……(164)
第四节　梁局部稳定的基本概念和加劲肋设置……(170)
第五节　型钢梁的截面选择……(183)
第六节　焊接组合梁的截面选择……(186)
第七节　梁的构造设计……(191)
第六章　拉弯、压弯构件……(198)
第一节　拉弯、压弯构件的类型和截面形式……(198)
第二节　实腹式拉弯、压弯构件的强度和刚度计算……(199)
第三节　实腹式压弯构件的整体稳定……(200)
第四节　实腹式压弯构件的局部稳定……(206)
第五节　偏心受压柱柱头和柱脚的设计特点……(209)
第七章　屋盖结构……(219)
第一节　钢屋盖的组成……(219)
第二节　屋盖支撑……(220)
第三节　檩条的形式和设计……(226)
第四节　普通钢屋架设计……(231)
第五节　钢屋盖设计例题……(250)
第六节　轻型钢屋架简介……(262)
第八章　钢结构制造……(269)
第一节　钢结构的制造过程……(269)
第二节　钢结构制造对设计的要求……(273)
附录……(274)
附录一　钢材的强度设计值……(274)
附录二　连接的强度设计值……(274)
附录三　轴心受压构件的稳定系数……(278)
附录四　梁的整体稳定系数……(281)
附录五　型钢规格……(283)
附录六　螺栓规格……(298)
附录七　各种截面回转半径的近似值……(299)

附录八　疲劳计算的构件和连接分类……(300)
附录九　受压构件和受拉构件的容许长细比……(303)
附录十　非法定计量单位与法定计量单位的换算关系……(303)
参考文献……(304)

第一章 概 述

学 习 要 点

1. 了解钢结构的发展概况，及其在我国现代化建设中的作用和地位。
2. 掌握钢结构的特点及其合理应用范围，了解我国当前关于采用钢结构的方针政策。
3. 了解钢结构按极限状态的设计方法。
4. 了解钢结构设计中的主要问题及发展方向。

第一节 钢结构在我国的发展概况

采用各种热轧型钢、钢板和冷加工成型的薄壁型钢组成的结构称为钢结构。钢结构、钢筋混凝土结构、木结构、砌体结构和组合结构共称为五大结构，是土木建筑工程类有关专业的主要课程之一。在我们开始学习本课程时，应对它的发展历史、现状以及发展方向有一个概要的了解。

在钢铁结构的应用和发展方面，我们的祖先创造了光辉的历史，我国是应用铁结构最早的国家之一。据历史记载，早在公元一世纪五、六十年代，我国为了与西方国家通商和进行文化和宗教上的往来，在西南地区通向西方的交通要道上，跨越急流深谷，成功地建造了一些铁链桥。世界上建造得最早的一座铁链桥是云南景东地区澜沧江上的兰津桥。它建于公元 58～75 年，比欧洲最早的铁链桥早七十多年。云南的沅江桥，建于四百多年前；贵州的盘江桥，建于三百多年前；四川的大渡河桥，建于三百年前等，无论在建设规模上，还是在建造技术上，在当时都处于世界领先地位。

著名的四川泸定大渡河铁链桥建于 1696 年，比英国 1779 年用铸铁建造的第一座 31m跨度的拱桥早 83 年，比美洲 1801 年建造的 21.34 m(70 英尺) 跨度的第一座铁链桥早 105 年。泸定

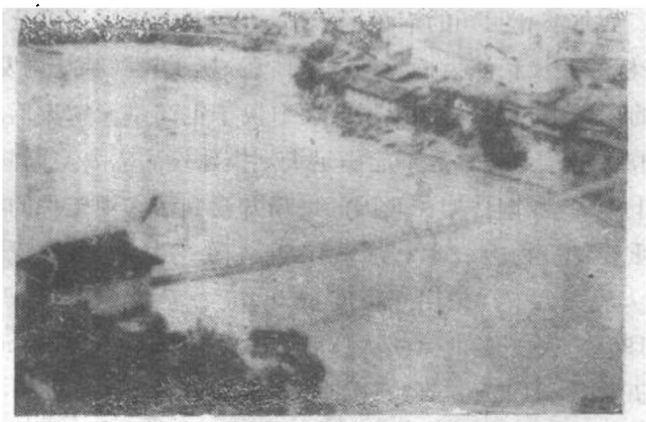


图 1.1 四川泸定大渡河桥

大渡河桥由九根桥面铁链、四根桥栏铁链构成，横跨大渡河，净长 100 m，桥宽 2.8 m，同时可通行两辆马车；桥下是奔腾咆哮的激流，两岸是陡削的山崖；铁链锚定在直径为 20 cm、长 4 m 的锚桩上。每根铁链重达 1.5 吨，很难想象，在当时没有现代化起重设备的技术条件下，该桥是怎样架成的(图 1.1)。

此外，我国古代在各地建造了不少铁塔，如湖北荆州的玉泉寺铁塔，计十三层，高 17.5 m，建于 1061 年；江苏镇江甘露寺铁塔，原为九层，现存四层，约高 5 m，建于 1078 年；山东济宁的铁塔寺铁塔，建于 1105 年等，有的一直保存到现在。

任何科学技术的发展都和当时的社会及政治条件有关，都是随着生产的发展而发展的。我国古代由于封建统治的长期压迫和剥削，导致社会生产力停滞不前。尤其是十八世纪欧洲发生工业革命以后，冶炼技术迅速发展，钢铁产量猛增，促使钢结构在欧美的应用增长很快，不断出现了采用钢结构的各种工业与民用建筑物，钢结构不但在数量上逐渐增多，而且应用范围也不断扩大。但当时，我国仍处在封建统治之下，因而阻碍了古代的光辉灿烂的民族文化和生产技术的继续发展。特别是 1840 年鸦片战争以后，我国沦为半封建和半殖民地地位，倍受帝国主义、封建主义和官僚资本主义的压迫和剥削，加以封建统治者长期闭关自守的落后政策，因而造成钢结构应用十分落后的局面。在近百年中，虽然在我国各地也出现了少量的工业建筑钢结构和铁路、公路桥梁结构，但都属于帝国主义侵略者为了掠夺我国资源、剥削劳动人民的需要而建造的，这和我国古代采用钢铁结构的光辉历史形成了鲜明的对比。

新中国成立后，由于生产力得到解放，广大劳动人民的生产积极性得到发挥，各项建设事业都有了飞跃的发展，包括冶金工业的发展和钢铁产量的增长，从而为钢结构的应用和发展创造了条件。

第一个五年计划期间，我国很快就发展和壮大了自己的冶金工业、重型机器制造工业、汽车和飞机制造工业、动力设备制造工业以及一批轻化工业等。在这一伟大的社会主义建设进程中，钢结构以其制造方便、工期短的特点而发挥了很大的作用，只在短短的五、六年内就建造了大批钢结构厂房和矿场。其中主要的有：恢复和扩建的鞍山钢铁公司、武汉钢铁公司和大连造船厂等，新建的包头钢铁公司、太原重型机器制造厂、富拉尔基重型机器制造厂、长春第一汽车制造厂、洛阳拖拉机制造厂、哈尔滨和四川的锅炉厂、汽轮机厂和电机厂，以及一批飞机制造厂等；此外，还新建了汉阳铁路桥和武汉长江大桥等。这一阶段，属于我国钢结构发展较快的时期。

在一个独立自主的国家中，钢结构的发展主要取决于钢产量。解放后，我国的冶金工业虽然有了很大的发展，但钢产量还不高，远远不能满足大规模建设的需要。因此，继五十年代大量采用钢结构之后，六、七十年代中，钢结构在我国的采用却受到了客观条件的很大限制，国家规定只在必需采用钢结构的重要建筑物中，才允许采用钢结构。这一时期建成的主要钢结构工程有：1959 年在北京建成的人民大会堂，采用了跨度 60.9 m、高 7 m 的钢屋架和分别挑出 15.5 m 和 16.4 m 的看台钢梁。1961 年建成的北京工人体育馆，采用了直径为 94 m 的车幅式悬索屋盖结构，能容纳观众一万五千人。1965 年在广州建成了我国第一座高 200 m 的电视塔，如图 1.2 所示。1967 年建成的首都体育馆，屋盖采用了平板网架结构，跨度达 99 m，可容纳观众一万八千

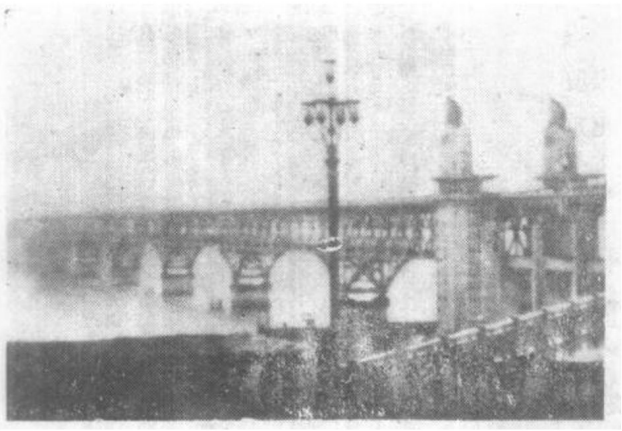


图 1.3　南京长江大桥

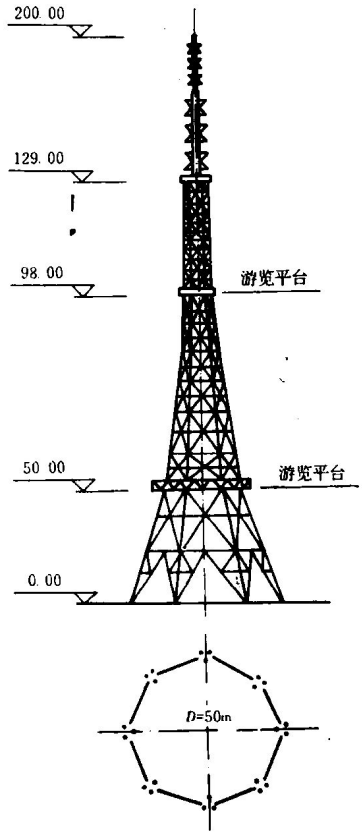


图 1.2　广州电视塔

人。此外，1968 年建成的南京长江大桥，采用了三跨连续桁架，同时适当降低中间支座，调整了桁架内力，取得了节约钢材 10% 的经济效果(图 1.3)。1973 年建成的上海体育馆，屋盖采用了直径达 110 m 的圆形平板网架。1976 年兴建的西安秦俑博物馆展览厅，采用了三铰拱桁架，拱的跨度 67 m。以及 1978 年建成的武汉钢铁公司一米七轧板厂，采用钢结构厂房的用钢量达6万吨等。不过，这一时期在大量的一般工业厂房中却很少采用钢结构。

从七十年代开始，不少国家由于冶金工业的迅速发展，钢结构的采用也在不断增多。例如前苏联过去对采用钢结构的限制较严，七十年代后也已放宽，近年来每年用于工业建筑中的钢结构达到了七、八百万吨。美国和日本，八十年代建造的工业建筑物中，钢结构占 70% 左右。这些钢产量高的发达国家中，钢结构能有这样大的发展，一方面是它具有轻质高强、性能优良及施工方便迅速等优点，另一方面是由于近年来工业生产对厂房结构提出了更多的灵活性和适应性的要求。很多工业的生产技术更新周期大大缩短，个别的如电子工业等已缩短到 4～5 年，因此要求建造跨度和柱距较大，易于扩建、改建的灵活性大的厂房结构，从而促进了钢结构应用的迅速增长。

从八十年代到九十年代，我国正处在经济建设迅速发展阶段，要在本世纪末基本上实现四个现代化的宏伟目标；因而近年来钢结构的应用正在逐年增多。与此同时，我国的钢产量也在迅速

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

增长，1985 年钢产量已增至 4666 万吨，和 1949 年相比，增长了 294 倍；其后，以每年增长三四百万吨的速度在前进，到 1991 年突破七千万吨，而 1992 年的钢产量已达八千万吨。一跃位居世界第三。

在此期间，主要采用钢结构而建造的大工程有：宝山钢铁公司一期工程，1985～1986 年建成的上海希尔顿饭店和锦江饭店新楼，1987 年建成的广东深圳市高达 165.3 m 的科技发展中心大厦（图 1.4）等。此外，还有北京香格里拉饭店，北京长富宫饭店和京广中心以及京城大厦等。

图 1.4　深圳科技发展中心大厦

采用钢结构虽然投资较高，但施工快，工期短，比采用钢筋混凝土结构可提前竣工投产，从而获得经济效益。因此，随着我国现代化建设的不断发展，可以预期，钢结构的应用也将日渐广泛。但是，我国是一个大国，钢产量虽然增长很快，人均占有量却仍很低，人均只有 55 kg，只有发达国家人均钢产量的 9%。显然，我国目前的钢产量还很不够，每年都需耗费大量资金进口钢材。据统计，从 1981 年到 1989 年的九年中，累计进口钢材一亿多吨，用去外汇 360 多亿美元。因此，我们必须认识到：钢结构是比较理想的结构，具有很多突出优点，尤其是施工工期较短，可以提高建设速度；但是目前我国钢产量还不多，必须尽量节约钢材；只有在必须采用的情况下才能采用钢结构。同时，我们还应该认识到，当采用钢结构时，从设计到施工，常常要求很高，因此我们应该认真学习钢结构，更好地掌握钢结构的基本理论和设计方法，达到能设计出经济合理的结构的要求。

第二节　钢结构的特点和合理应用范围

一、钢结构的特点

和其他结构相比，钢结构具有下列特点。

1. 钢结构重量轻而承载力高

钢材的容重虽比其他建筑材料大，但强度却高得更多。在相同的荷载条件下，采用钢结构时，结构自重比较小。例如，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 1/4～1/3，若采用薄壁型钢组成的钢屋架，则更轻。因此，钢结构能承受更大的荷载，跨越更大的跨度。

由于结构自重轻，也减轻了基础和地基的负担，由此而取得更大的经济效果。

2. 钢材更接近于匀质等向体

把钢材分割成细微小块，每小块都将具有大致相同的力学性能，而且在各方向的性能也大致

一样，非常接近理想的弹性塑性体。在弹性工作阶段，弹性模量高达 $206\times10^3\ N/mm^2$，所以变形很小。这些性能与力学计算中采用的假定符合程度很好，所以和其它结构相比，只有钢结构的实际受力状态和力学计算结果最为符合。

3. 钢材的塑性和韧性好

在材料力学中我们做过建筑钢材一次拉伸试验（参看图 2.4），钢材具有明显的屈服点，屈服后的塑性应变达(2～3)%，然后进入强化阶段；当钢材拉断时，它的伸长率达 20%～30%，这说明钢材的塑性性能很好。设计时以应力达屈服点 f_y 为极限状态标准值，而真正的破坏应力却是比屈服点高 60% 甚至更多的抗拉强度 f_u；所以，一般情况下，钢结构不会因偶然超载或局部超载而突然断裂破坏。

钢材在进行冲击荷载试验时，破坏它需要耗费较多的能量，这说明它受动力荷载作用时的韧性好。因而对直接承受动力荷载作用的结构宜采用钢结构。

4. 钢材具有可焊性

可焊性是指钢材在焊接过程中和焊接后，都能保持焊接部分不开裂的完整性的性质。钢材的这种性能为采用焊接结构创造了条件。众所周知，焊接结构的连接简单方便，因此可适应制造各种复杂结构形状的需要。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，不但焊缝附近高温区的钢材性质有变坏的可能，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

钢结构由各种型材和板材组成，又在专业化的金属结构制造厂中加工制造，制作简便，成品的精度高，构件轻。制成的构件在现场拼装，安装节点常用螺栓连接，因而施工很方便，施工周期也短；还便于拆卸、加固或改建。

6. 钢材具有不渗漏性

无论采用焊接、铆钉连接或螺栓连接，钢结构都可以做到密闭不渗漏。因此，钢材是制造容器，特别是高压容器的良好材料。

7. 钢材耐腐蚀性差

钢材在湿度大、有侵蚀介质的环境中，易产生锈蚀，削弱截面，使结构受到损害，影响使用寿命。因而钢结构需要定期维护，其维护费用比其他结构高。为了减少维护费用，应采用高效能防护漆，其防锈蚀效果和镀锌差不多，而费用却低很多。

我国于 1983 年已研制成功焊接结构耐候钢和高耐候结构钢》，它们的防腐能力比普通低碳钢提高 2～4 倍，而强度却相同，已开始推广应用。为提高钢结构的耐腐蚀性创造了条件，不过这种耐候钢的价格要贵得多。

8. 钢结构耐热性好、防火性差

钢材耐热但不耐高温。随着温度的升高，强度（屈服点 f_y 和抗拉强度 f_u）和弹性模量 E 都将降低，而伸长率和线膨胀系数则增大，参看图 2.9 和表 2.1。当周围环境存在辐射热，温度在 150°C 以上时，就需要采取防护措施。一旦发生火灾，钢结构的耐火时间不长，在结构温度达到

500°C 以上时，就会瞬时崩溃，酿成事故。为了提高钢结构的耐火等级，常用混凝土或砖把它包裹起来，这样既提高了结构造价，又加大了结构所占空间。近年来，国内已经生产一种钢结构防火隔热涂料；当防火涂料层厚度为 15 mm 时，钢构件的耐火极限达 1.5 小时。增减涂层厚度，可满足钢结构不同耐火极限的要求。这种涂料在高温作用下不产生浓烟，不易破裂脱落，可大幅度提高钢结构的耐火性能。

二、钢结构的合理应用范围

根据上述钢结构的特点，结合我国钢产量还不高、钢材消耗应加以适当控制的具体情况，目前钢结构在我国的合理应用范围如下。

1. 重型工业厂房

在跨度和柱距都比较大，或设有重级工作制吊车或大吨位吊车，或具有多层(2～3 层)吊车的厂房，以及某些高温车间，例如炼钢、轧钢和均热炉车间等，可采用钢吊车梁、钢屋架及钢柱等钢构件以至全钢结构。这主要是基于钢材为匀质等向体，是具有良好的塑性和韧性的缘故。

2. 大跨度结构

结构的跨度越大时，减轻结构自重越具有明显的经济效果。由于钢材轻质高强，可跨越很大的跨度，因此，大跨度结构常采用钢结构。例如，首都体育馆比赛厅采用了 99×112.2 m 的正交斜放平板网架结构，如图 1.5 所示。1986 年建造的吉林滑冰馆采用了双层悬索屋盖结构，悬索

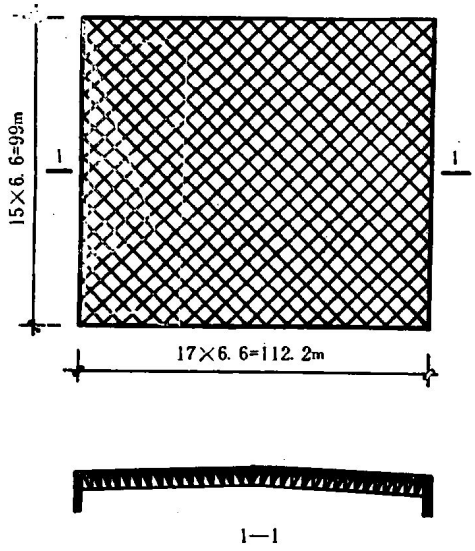


图 1.5　首都体育馆网架

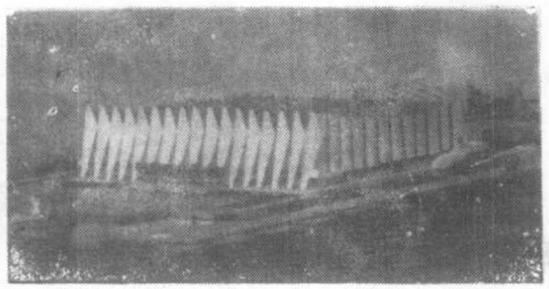


图 1.6　吉林滑冰馆

跨度为 59 m，房屋跨度达 70 m(图 1.6)。此外，工业建筑中的飞机装配车间、停车库和飞机库，以及一些大跨度的工业产品仓库，如大庆化肥厂仓库都采用了 60 m 跨度的三铰拱桁架屋盖等。

前面已经提到的 1976 年建造的西安秦俑博物馆展览厅，采用了 67 m 跨度的三铰拱桁架，拱顶高 14.9 m，全长 204 m，总建筑面积为 15000 m²，如图 1.7 所示。

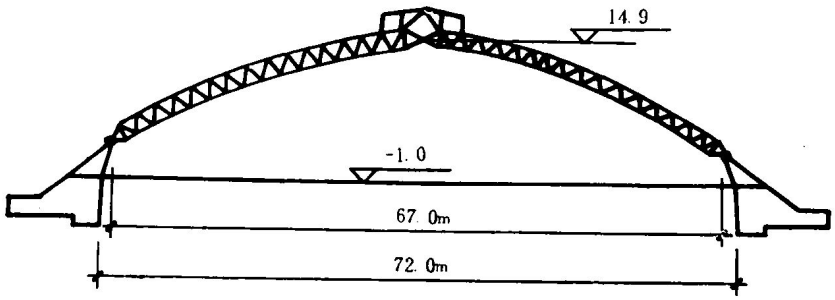


图 1.7　秦俑博馆物展览馆

可以预期，随着我国社会主义建设事业的发展，还将出现更多的各种大跨度工业与民用钢结构建筑物。

3. 高耸结构和高层建筑

高耸结构包括高压输电线路塔架、变电构架、广播电视发射塔架和桅杆等。

1965 年建成的我国第一座电视塔(图 1.2)，高 200 m，截面为八角形，八根立柱各由三根圆钢组成，缀条也采用了圆钢组合截面，均采用国产 16 Mn 钢，全部为焊接结构。由于采用了圆钢杆件，减小了风荷载，因而用钢量不到 600 吨，是世界上同类结构中用钢量较少的。此后，1972年建成了上海电视塔，高 210 m；1977 年建成了北京环境气象桅杆，高达 325 m 等。

图 1.8 示 1989 年建成的黑龙江大庆市电视塔[1]，这是到目前止国内最高的钢电视塔。采用钢管组成六边形截面，塔身高 159 m，天线部分 98.3 m，全高257.3 m。用扭剪型高强度螺栓连接。采用了由日本进口的 SPV24 钢材 ($f_y \geqslant 240$ N/mm^2, $f_u = 410 \sim 520$ N/mm^2; $\delta_5 > 21\%$; -20℃冲击韧性 25～36 kgm/cm^2)，用钢量 2118 吨。

图 1.8　大庆市电视塔

层数在三、四十层以上的超高层建筑，也常采用钢结构，这是因为钢结构具有重量轻而承载力高，以及性能好、制造与施工简便迅速等优点。如 1987 年建成的深圳市科技发展中心，共四十一层，高 165.3 m(见图 1.4)。1989 年建成的北京京城大厦，五十二层，高 180 m(地下还有四层)。到目前止，以北京的京广中心为最高，计五十三层，高 208 m。

4. 受动力荷载作用的结构

由于钢材抗动力荷载的性能好，因而直接支承起重量较大或跨度较大的桥式吊车的吊车梁，

1　曹长华，余永康：《大庆电视塔简介》，黑龙江送变电工程公司，1990 年。

应采用钢结构。此外，拥有较大锻锤或动力设备的厂房以及对抗震性能要求高的结构，通常都采用钢结构。

5. 可拆卸的移动结构

流动式展览馆和活动房屋等，最宜采用钢结构。因钢结构重量轻，便于搬迁；采用螺栓连接时，也便于装配和拆卸。建筑机械则更应采用钢结构。

6. 容器和管道

因钢材强度高，且密闭性好；因而高压气罐和管道、煤气柜和锅炉等都用钢板制成。

7. 轻型钢结构

荷载不大的小跨度结构以及高度不大的轻型支架，也常采用钢结构。因为这些结构的结构自重起重要作用。例如采用轻屋面的轻钢屋盖，耗钢量比普通钢结构省25%～50%，自重减少可达50%；用钢指标和钢筋混凝土结构接近，但结构自重却减轻了50%～80%。

图1.9示一管道或设备支架。当支架较高时，采用四肢组合截面，以保证支架刚度；当支架不高时，可采用图中所示的由单角钢和钢筋组成的平面结构，十分经济。

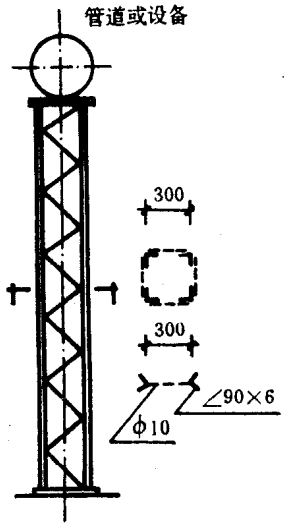


图1.9 轻型支架

8. 其他构筑物

运输通廊、栈桥、各种管道支架以及高炉和锅炉构架等通常都采用钢结构。

以上是我国当前建筑钢结构应用范围的一般情况。在确定采用钢结构时，应从建筑物或构筑物的使用要求和具体条件出发，综合起来考虑经济效益。考虑方案时，不但要考虑结构方案的经济指标，还应考虑工期长短。采用钢结构常可缩短工期，由此使企业提前投产而带来的经济效益有时可能超过土建投资，这是采用钢结构合理性的一个重要指标。然而，由于我国目前钢产量还不高，钢材供应还较紧张，因此采用钢结构能缩短工期、提前竣工的优点，尚未得到应有的重视。

第三节 钢结构的设计方法

设计钢结构时，必须满足一般的设计准则，贯彻执行国家的技术经济政策，做到技术先进、经济合理、安全适用和确保质量。

众所周知，结构设计中采用的各种数据常和实际情况有出入。例如：各种荷载值和设计采用值不可能完全一致，钢材的强度标准值（屈服点）也是一种随机变量，甚至构件截面尺寸、长度和材料的容重等也都和设计取值有差异。所有这些区别和差异统称为变异性。因而设计中采用的数据，如各种荷载值和钢材强度等，都是随机变量。为了设计合理而又安全可靠，必须充分考虑

到这些实际情况和设计条件之间的差别。

过去，钢结构采用安全系数法(或称容许应力法)来进行设计。安全系数就是考虑上述实际情况与设计之间的差异，不论哪种构件，结构的哪部分，都凭经验取一个统一的安全系数。例如轴心受力构件的强度设计应满足下列条件：

$$\sigma = N/A_n \leqslant f_y/K = [\sigma] \tag{1.1}$$

公式的意义是：荷载引起构件中的应力σ不超过容许应力$[\sigma]$，即屈服点f_y除以安全系数K。安全系数K就是考虑到实际情况带来的不安全诸因素。式中N是所有荷载引起的构件中的轴心力，A_n是构件的净截面面积。

这种设计方法虽然简单，计算方便，也可以达到安全可靠的要求，但却不可能做到经济合理，技术先进。因为各种荷载的变异性并不相同，各种构件承受的荷载情况也不一定相同，不同构件的几何尺寸的变异也不会完全一致，采用统一的安全系数显然不可能获得相同的可靠度①。有的会过分安全，有个别的可能不够安全。

《钢结构设计规范》GBJ17—88（以下简称设计规范）采用了概率理论为基础的极限状态设计法。

根据结构或构件能否满足使用功能要求来确定它们的极限状态。承重结构按下列两种极限状态设计。

1. 结构或构件的承载能力极限状态。包括静力强度、动力强度和稳定等的计算。

达此极限状态时，结构或构件达到了最大承载能力而发生破坏，或达到了不适于继续承受荷载的巨大变形。最大承载力指各种稳定的临界力和钢材的强度，不适于继续承受荷载的巨大变形是指钢材的静力强度以屈服点为标准，因达屈服点后，到钢材开始强化之间，结构或构件常由于塑性变形使几何形状发生显著改变，虽未到达最大承载能力，但已不能使用。

2. 结构或构件的正常使用极限状态。

即结构或构件达到使用功能上允许的某个限值的状态。达此极限状态时，结构或构件虽仍保持承载能力，但在正常使用荷载作用下产生的变形已不能满足正常使用的要求。例如，某些结构必须控制变形、裂缝才能满足使用要求；因为过大的变形会造成房屋内部粉刷层剥落，填充墙和隔断墙开裂，以及屋面积水等后果，或者在动力作用下产生振动，过大的裂缝会影响结构的耐久性，同时过大的变形和裂缝也会使人们在心理上产生不安全的感觉。

极限状态设计法的合理性和先进性在于它把各种设计参数(荷载、材料抗力等)作为随机变量，运用概率分析法考虑它们的变异性来确定设计采用值。这种把概率分析引入结构设计的方法显然比容许应力设计法先进，因而近代世界各国大都改用此法，或正在改变中。

下面简要地介绍极限状态设计法的基本内容和设计公式。

设结构或构件的承载能力为R(又称抗力)，R取决于材料的强度和构件的截面面积或截面

① 可靠性是结构安全性、适用性和耐久性的总称。结构在规定的时间内，在规定的条件下完成预定功能的概率，称为结构可靠度。可靠度是用来度量结构可靠性的指标，它比安全度的概念广泛。我国规定用反映结构或构件失效概率的可靠指标β来衡量它们的可靠度，对于钢结构，要求$\beta = 3.2 \pm 0.25$。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com