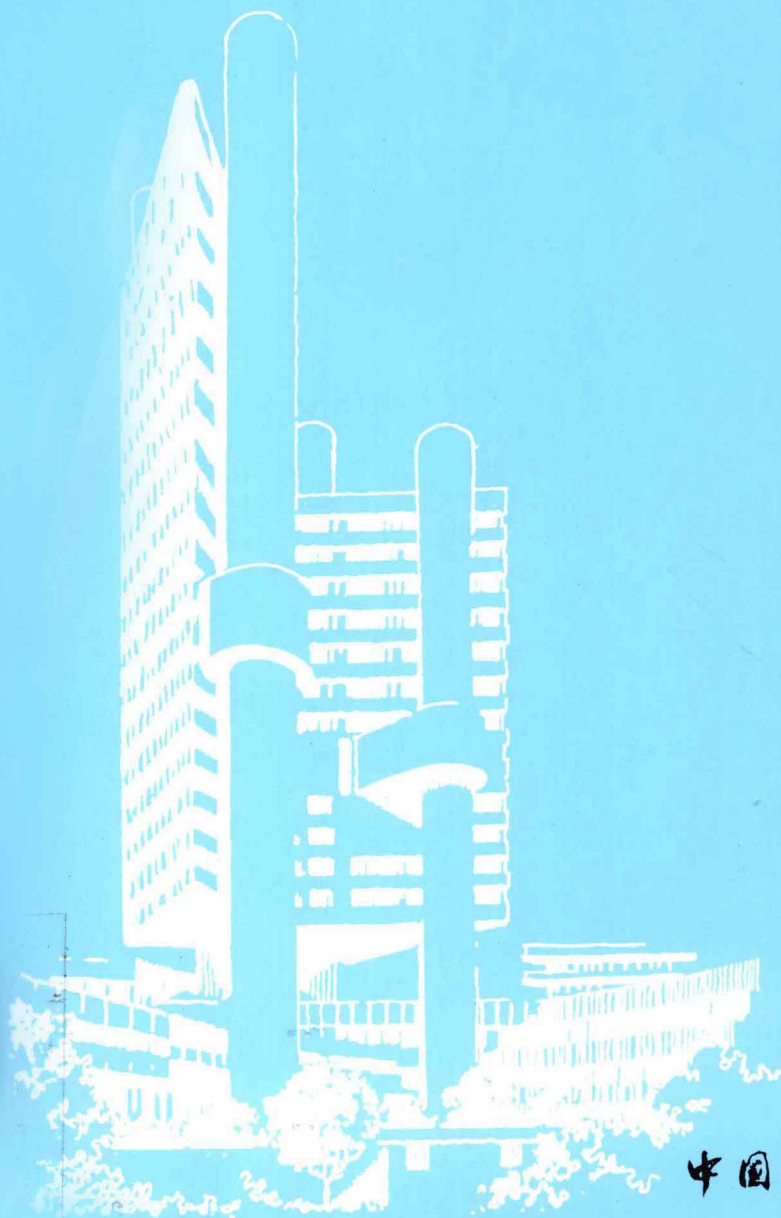


高职高专建筑工程专业系列教材

钢结构

(第五版)

刘声扬 主编



中国建筑工业出版社

高职高专建筑工程专业系列教材

钢 结 构

(第 五 版)

刘声扬 主编

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

钢结构/刘声扬主编.—5版.—北京:中国建筑工业出版社,2010.12

(高职高专建筑工程专业系列教材)

ISBN 978-7-112-12730-6

I. ①钢… II. ①刘… III. ①钢结构-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 238259 号

本书系根据高等专科及高等职业技术学院房屋建筑工程专业《钢结构》课程要求编写的教材,按我国现行的《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)和《钢结构施工质量验收规范》(GB 50205—2001)编写。全书内容包括绪论,钢结构的材料,钢结构的设计方法,钢结构的连接,受弯构件,轴心受力构件和拉弯、压弯构件,屋盖结构,(轻钢)门式刚架和平板网架以及钢结构的制作、安装和质量控制等。

本书除作为高等专科及高等职业技术学院房屋建筑工程专业教材外,还可作为土建类非房屋建筑工程专业的本、专科教材,以及从事钢结构的工程技术人员的参考书和培训教材。

* * *

责任编辑:朱首明 刘平平

责任设计:赵明霞

责任校对:王颖 赵颖

高职高专建筑工程专业系列教材

钢 结 构

(第五版)

刘声扬 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

世界知识印刷厂印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:22 插页:1 字数:535千字

2011年2月第五版 2011年8月第二十三次印刷

定价:39.00元

ISBN 978-7-112-12730-6

(20003)

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

(第五版)

基于读者长期一贯的关爱支持，本书从初版至今，已逾 20 余载，销量也达 30 余万册。其间，虽数度修订再版，但仍难尽善。

钢结构是一门很具生命力的学科，恰如本书第四版前言所述，与时俱进，与钢结构的发展同步，不断将钢结构的最新内容纳入教材，奉献给读者，乃本书之宗旨。因此，结合近来广大读者对本书反馈的中肯建议，特修订为第五版。

本版对书中一些内容作了较大幅度增删。对设计原理部分作了适度精减，对钢结构材料和施工（制作、安装）部分则作了必要增加。通过本版学习，能全面系统掌握从钢结构的材料、连接（焊接、紧固件连接）和基本构件（梁、柱、屋架）的设计基本原理和计算、轻钢门式刚架和平板网架的基本内容，以及钢结构制造和安装的系统实用工艺，从而达到培养技术应用能力，以适应我国当前钢结构技术人才的大量需求。

另外，本版结合一系列新国家标准如《碳素结构钢》、《低合金高强度结构钢》、《建筑结构用钢板》（GJ 钢板）、《耐候结构钢》（NH 钢）、《热轧 H 型钢和剖分 T 型钢》、《热轧型钢》（含工字钢、槽钢、角钢）、高强度螺栓等的相继修订和颁发实施，对这方面内容作了较大幅度的细致修改（包括附录钢材规格表及截面特性等），以使读者学习内容紧密跟进市场，不致脱离实际。

最后，衷心希望读者一如既往地关爱本书，多加指正，以使其更臻完善，不胜感谢。

前 言

(第四版)

本书自 1988 年在武汉工业大学（现武汉理工大学）出版社初版以来，本版已是第四版，总印数也逾 20 万册。

与时俱进，与钢结构的发展同步，将钢结构的最新内容纳入教材，是本书一再修订的宗旨。进入新世纪以来，国内外在钢结构的理论和实践上又有了长足的进步，尤其是我国，许多有关钢结构的设计、施工规范和规程的修订，材料标准的更新，高强度钢材和高效钢材的应用，新结构的采用，施工技术的革新，凡此等等，都促使本书有必要再次修订，以飨读者。

本版仍贯彻本书初版“少而精”的原则，立足于学以致用，但对必要的基本理论、设计方法和核心内容作一定深度的阐述，以使读者通过对本书的学习，在使用国家规范、标准和今后的实际工作中能掌握要领，心中有数。

本版除对原绪论、钢结构的材料、钢结构的设计方法、钢结构的连接、受弯构件、轴心受力构件和拉弯、压弯构件及屋盖结构等章内容作了不同程度的修改外，另外还新增了（轻钢）门式刚架和平板网架以及钢结构的制作、安装和质量控制两章，俾使读者对我国目前大量建造的（轻钢）门式刚架和平板网架这两种形式的钢结构有所了解。学习钢结构的制作、安装工艺和质量控制等内容，则可从理论到实践，全面掌握钢结构这门专业知识。

本版参照引用的有关设计和施工的规范、规程、标准等，均为当前颁行的最新版。钢结构工程的施工质量控制则参照 ISO 9000 质量管理体系标准。

本版仍保持例题较多和每章均附有小结、思考题和习题的特点，以利于读者归纳复习和组织课堂讨论。书中编印的计算图表和附录，可满足一般设计和应用的需要。

为了更好地配合本书学习，对书中某些理论和设计方法加深理解，掌握设计规范条文的背景，读者宜参阅《钢结构疑难释义——附解题指导》第三版（刘声扬编著，中国建筑工业出版社，2004）一书。该书对本书各章节的重点、难点、思考题和易忽略处及学习方法均结合教学、设计和施工作了进一步的阐述（本书在有关内容处作了页末注），对习题则采用边解边议形式指出解题思路和每一步骤须注意问题。另外，作为补充内容，该书还可和本书一起作为本科教材。

参加本书编写的人员有：武汉理工大学刘声扬（第一、六、七章），武汉科技大学田野（第二章），文征靖（第三、五章），睢杰（第四章），刘红（第八、九章）。全书由刘声扬主编。

西安建筑科技大学陈绍蕃教授和湖南大学王世纪教授曾对本书提了大量建设性意见，对本书的奠基作了很大的贡献，在此谨致谢忱。

尊敬的读者：

感谢您选购我社图书！建工版图书按图书销售分类在卖场上架，共设22个一级分类及43个二级分类，根据图书销售分类选购建筑类图书会节省您的大量时间。现将建工版图书销售分类及与我社联系方式介绍给您，欢迎随时与我们联系。

★建工版图书销售分类表（详见下表）。

★欢迎登陆中国建筑工业出版社网站www.cabp.com.cn，本网站为您提供建工版图书信息查询，网上留言、购书服务，并邀请您加入网上读者俱乐部。

★中国建筑工业出版社总编室 电 话：010—58337016
传 真：010—68321361

★中国建筑工业出版社发行部 电 话：010—58337346
传 真：010—68325420
E-mail: hbw@cabp.com.cn

目 录

第一章 绪论	1
第一节 我国钢结构概况	1
第二节 钢结构的特点和应用范围	4
第三节 钢结构课程的主要内容、特点和学习方法	6
小 结	6
思考题	6
第二章 钢结构的材料	7
第一节 钢材的塑性破坏和脆性破坏	7
第二节 钢材的性能	7
第三节 影响钢材性能的因素	13
第四节 钢和钢材的种类及选用	19
小 结	24
思考题	26
第三章 钢结构的设计方法	27
第一节 概述	27
第二节 概率极限状态设计法	28
小 结	33
思考题	33
第四章 钢结构的连接	35
第一节 钢结构的连接方法及其应用	35
第二节 焊接方法、焊缝形式和质量等级	37
第三节 对接焊缝的构造和计算	42
第四节 角焊缝的构造和计算	47
第五节 焊接(残余)应力和焊接(残余)变形	59
第六节 普通螺栓连接的构造和计算	61
第七节 高强度螺栓连接的构造和计算	76
小 结	84
思考题	85
习 题	85
第五章 受弯构件	88
第一节 受弯构件的类型和应用	88
第二节 梁的强度	89
第三节 梁的刚度	92
第四节 梁的整体稳定	94
第五节 型钢梁设计	100
第六节 组合梁设计	106

第七节	梁的局部稳定和腹板加劲肋设计	114
第八节	考虑腹板屈曲后强度时梁的设计	128
第九节	梁的拼接	136
第十节	主次梁的连接	137
小 结	.....	139
思考题	.....	140
习 题	.....	140
第六章	轴心受力构件和拉弯、压弯构件	142
第一节	轴心受力构件和拉弯、压弯构件的类型	142
第二节	轴心受拉构件和轴心受压构件的强度和刚度	144
第三节	轴心受压构件的整体稳定	145
第四节	实腹式轴心受压构件的局部稳定	160
第五节	实腹式轴心受压构件的截面设计	163
第六节	格构式轴心受压构件的设计	168
第七节	拉弯、压弯构件的强度和刚度	176
第八节	实腹式压弯构件的整体稳定	180
第九节	实腹式压弯构件的局部稳定	183
第十节	压弯构件的计算长度	185
第十一节	实腹式压弯构件的截面设计	190
第十二节	格构式压弯构件的截面设计	195
第十三节	梁与柱的连接	199
第十四节	柱脚	202
小 结	.....	208
思考题	.....	210
习 题	.....	210
第七章	屋盖结构	213
第一节	屋盖结构的组成和形式	213
第二节	檩条、拉条和撑杆	214
第三节	屋盖支撑	216
第四节	屋架	221
第五节	普通钢屋架设计实例	241
小 结	.....	254
思考题	.....	255
课程设计任务书	.....	255
第八章	(轻钢) 门式刚架和平板网架	257
第一节	概述	257
第二节	(轻钢) 门式刚架	259
第三节	平板网架	263
小 结	.....	274
思考题	.....	275
第九章	钢结构的制作、安装和质量控制	276
第一节	钢结构的制作	276

第二节 钢结构的安装	292
第三节 钢结构工程的施工质量控制	301
小 结	305
思考题	305
附录	307
附表 1 Q235 钢的化学成分、力学性能与工艺性能 (摘自 GB/T 700—2006)	307
附表 2 Q345、Q390、Q420、Q460 钢的化学成分、 C_{eq} 和 P_{cm} 限值及力学性能 与工艺性能 (摘自 GB/T 1591—2008)	308
附表 3 建筑结构用钢板的化学成分、 C_{eq} 和 P_{cm} 限值及力学性能与工艺性能 (摘自 GB/T 19879—2005)	310
附表 4 碳素结构钢和低合金高强度结构钢焊条型号的选配; 焊条的药皮类型、焊接位置、 焊接电源和熔敷金属的化学成分	312
附表 5 埋弧焊焊接材料的选配	313
附表 6 CO_2 气体 (含 Ar- CO_2 混合气体) 保护焊焊丝的选配	314
附表 7 高强度螺栓的性能等级、推荐材料和力学性能; 20MnTiB、35VB、35CrMo、 40Cr、35、45 钢的化学成分; 大六角头高强度螺栓连接副和扭剪型高强度 螺栓连接副的规格、尺寸	315
附表 8 轴心受压构件的稳定系数	316
附表 9 柱的计算长度系数	319
附表 10 H 型钢规格及截面特性 (按 GB/T 11263—2005)	320
附表 11 HN 型钢与工字钢型号及截面特性参数对比 (按 GB/T 11263—2005)	324
附表 12 剖分 T 型钢规格及截面特性 (按 GB/T 11263—2005)	326
附表 13 工字钢截面特性 (按 GB/T 706—2008)	328
附表 14 槽钢截面特性 (按 GB/T 706—2008)	330
附表 15 等边角钢截面特性 (按 GB/T 706—2008)	332
附表 16 不等边角钢截面特性 (按 GB/T 706—2008)	336
附表 17 各种截面回转半径的近似值	339
附表 18 锚栓规格	340
附表 19 螺栓的有效截面面积	340
参考文献	341

第一章 绪 论

随着我国经济的高速发展，钢结构在我国现代化建设中的地位正日益突出，在国民经济的各个领域都得到了大量应用。加之近年来我国钢产量的持续增长，遥遥领先于世界各国，今后钢结构的发展前景和应用范围将更加宽广。

第一节 我国钢结构概况

钢结构的应用在我国已有悠久的历史。据历史记载，远在汉明帝（公元 60 年前后）时，为了和西域通商和进行宗教、文化交流，在我国西南地区交通要道的深山峡谷上建造了铁链桥。兰津桥是铁链桥中最早的一座，它约建于公元 58~75 年，比欧洲最早的铁链桥早 70 余年。其后以明代建造的云南沅江桥、清代建造的贵州盘江桥和四川泸定大渡河桥最著名。大渡河桥建于清康熙四十四年（1705 年），全桥由 9 根桥面铁链（上铺木板）和 4 根扶手铁链组成，净长 100m，宽 2.8m，可通行两辆马车。铁链锚固在直径 20cm、长 4m 的铸铁锚桩上。

铁塔是我国古代的一种宗教建筑。如现存的建于宋代的湖北荆州玉泉寺 13 层铁塔，以及山东济宁铁塔寺铁塔和江苏镇江甘露寺铁塔等，都以其建筑造型和冶金技术的高超水平，表明了我国古代在金属结构方面的卓越成就。

近百余年来，随着欧洲产业革命的兴起，钢结构在欧美各国的工业与民用建筑中得到广泛应用，其规模和数量已远超过人类数千年的历史记载。但我国在新中国成立前却发展很缓慢，其间虽也建造了为数不多的高层建筑（上海的国际饭店、永安公司、上海大厦等）以及铁路桥和公路桥，然而主要是由外商承包设计和施工。同一时期，我国钢结构工作者也建造了一些建筑物，其中有代表性的如 1931 年建成的广州中山纪念堂、1934 年建成的上海体育馆（三铰拱，跨度 42.6m）和 1937 年建成的杭州钱塘江大桥等。

解放后，我国的冶金工业和钢结构的设计、制造及安装水平有了很大提高，发展十分迅速。1957 年建成的武汉长江大桥，正桥三联九孔，每孔跨度 128m，全长 1155.5m。同时我国还扩建了鞍山钢铁公司，新建了武汉钢铁公司和包头钢铁公司以及其他重工业厂房，如长春第一汽车制造厂、富拉尔基重型机器制造厂、洛阳拖拉机厂等，都大量应用了钢结构。在公用建筑中，有北京的人民大会堂钢屋架（跨度 60.9m、高 7m）、工人体育馆的车辐式悬索屋顶结构（直径 94m）等。所有这些，都标志着我国钢结构迈入到一个新的发展阶段。在 20 世纪 70 年代后期至 80 年代，随着我国经济建设形势的好转，钢产量逐年稳步增长，钢结构也得到了广泛应用。在此期间先后建成的武汉钢铁公司一米七热轧薄板厂和冷轧薄板厂及上海宝山钢铁公司第一、二期工程，其钢结构用量都以 10 万吨计。另外还有铁路及公路两用的九江长江大桥（最大跨度 216m）。其他还有石油化工厂、发电

厂、造船厂和塔桅结构等，都大量应用了钢结构。

自 20 世纪 90 年代以来，我国钢结构更是进入了一个蓬勃发展时期，不但在几个特大型钢铁联合企业（如鞍山、武汉、包头、宝山、攀枝花等钢铁公司）得到上百万吨的应用，而且又相继建成了一批特大跨度的桥梁，如西陵长江大桥（单跨跨度 900m）、江阴长江大桥（单跨跨度 1385m）、芜湖公铁两用长江大桥（中跨跨度 312m）等，而超大跨度的公铁两用桥——武汉天兴洲长江大桥（4 火车道，主跨度 480m，双塔钢桁梁斜拉桥）也于最近通车。在超高层建筑领域，继首批建成的深圳发展中心（地上 48 层，地下 2 层，高 153.98m）和北京京广中心（地上 57 层，地下 3 层，高 208m）后，又相继建成了 10 余幢，其中尤以 1996 年建成的深圳地王商业中心（地上 78 层，地下 3 层，高 342.95m，加桅杆总高 383.95m，钢结构重 24500t，高强度螺栓 50 万个，焊缝长 60 万 m）、1999 年建成的上海金茂大厦（88 层，高 420.5m）和 2008 年建成矗立其旁的上海环球金融中心（101 层，高 492m），规模宏大。而更高的上海中心大厦（121 层，高 632m）也已动工，近年即将建成。另外在大跨度建筑方面也取得了很大成绩，如天津体育馆网架（跨度 108m，挑檐 13.5m），长春体育馆网架（120m×166m）、国家体育场（鸟巢 333m×297m）。在轻型结构方面，如彩色拱形波纹屋面也得到很大应用，最大跨度达到 36m。

图 1-1～图 1-5 所示为近年来新建的几个有代表性的钢结构建筑。图 1-1 为武钢第三炼钢厂房。图 1-2 为国家大剧院网壳（212.24m×143.64m，重 6750t）。图 1-3 为上海金茂大厦、上海环球金融中心和上海中心大厦。图 1-4 为阿拉伯联合酋长国迪拜市哈里发塔（160 层，828m，2010.1 建成开业）。图 1-5 为武昌客车技术整备所彩色拱形波纹屋面（跨度 27m，长 516m）。



图 1-1 武钢第三炼钢厂房

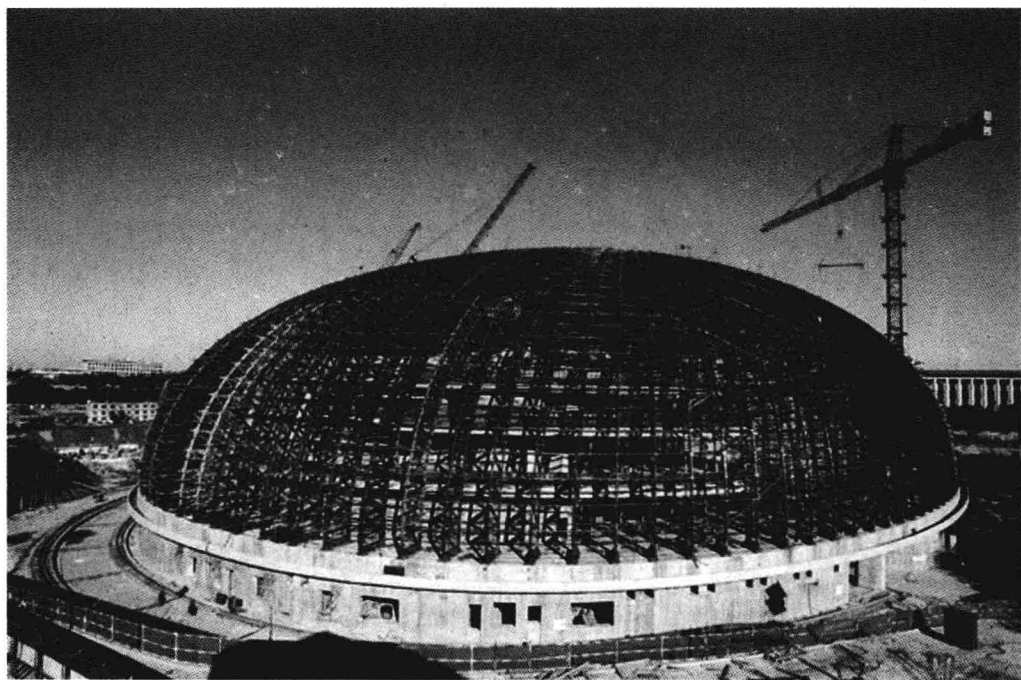


图 1-2 国家大剧院网壳



图 1-3 上海中心大厦、上海金茂大厦和
上海环球金融中心（右起）

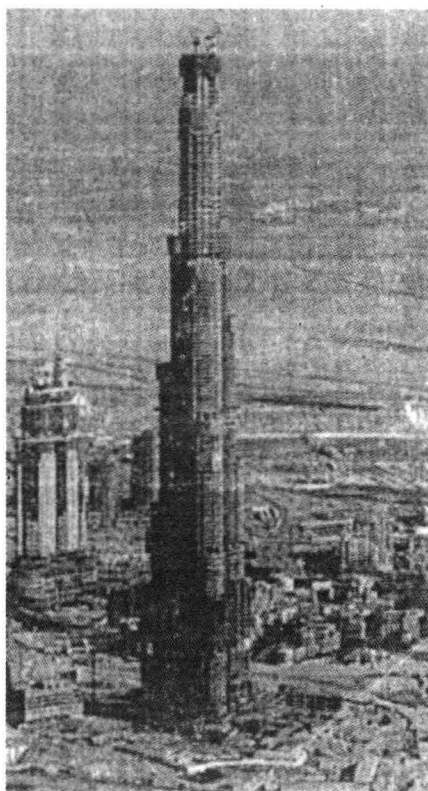


图 1-4 哈利发塔

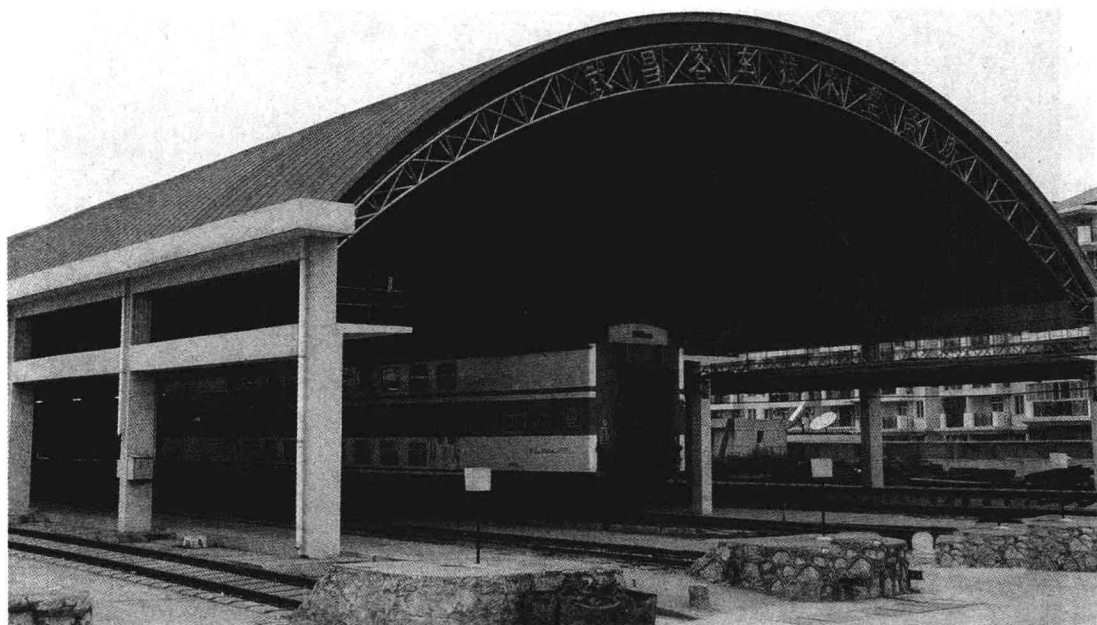


图 1-5 武昌客车技术整备所彩色拱形波纹屋面

我国在 1996 年钢产量就已超过 1 亿吨, 进入新世纪后超过了 2 亿吨, 2010 年又增至 6.267 亿吨, 约占世界总产量的一半, 遥遥领先于世界各国。随着我国改革开放, 经济建设形势蒸蒸日上, 钢结构的发展前景必将是进一步得到广泛应用。同时, 我国钢结构的科学技术也必将达到世界先进水平。*

第二节 钢结构的特点和应用范围

一、钢结构的特点

钢结构是以钢材(钢板和型钢等)为主制作的结构, 和其他材料的结构相比, 钢结构具有如下特点:

(一) 强度高、重量轻——钢比混凝土、砌体和木材的强度和弹性模量要高出很多倍, 因此, 钢结构的自重常较轻。例如在跨度和荷载都相同时, 普通钢屋架的重量只有钢筋混凝土屋架的 $1/4 \sim 1/3$, 若采用冷弯薄壁型钢屋架, 只约 $1/10$, 轻得更多。由于自重小、刚度大, 钢结构用于建造大跨度和超高、超重型的建筑物特别适宜。由于重量轻, 钢结构也便于运输和吊装, 且可减轻下部结构和基础的负担, 降低造价。

(二) 材质均匀——钢材的内部组织均匀, 非常接近于各向同性体, 且在一定的应力范围内, 属于理想弹性工作, 符合工程力学所采用的基本假定。因此, 钢结构的计算方法可根据力学理论, 计算结果准确可靠。

(三) 塑性、韧性好——钢材具有良好的塑性, 钢结构在一般情况下, 不会发生突发

* 钢结构的应用状况和发展还可参阅《钢结构疑难释义——附解题指导》(刘声扬编著。中国建筑工业出版社出版, 2004) 节 1.1。本书以下对该书简称《疑难释义》。

性破坏，而是在事先有较大变形作预兆。此外，钢材还具有良好的韧性，能很好地承受动力荷载和地震作用。这些都为钢结构的安全应用提供了可靠保证。

(四) 工业化程度高——钢结构是用各种型材(H型钢、T型钢、工字钢、槽钢、角钢)和钢板，经切割、焊接等工序制造成钢构件，然后运至工地安装。钢构件一般都可在金属结构厂专业化生产，其机械化程度高精确度也高，制造周期短。对一些轻型屋面结构(压型钢板屋面、彩板拱形波纹屋面等)，甚至可在工地边压制边安装。钢结构的安装，由于是装配化作业，故效率也很高，建造期短，发挥投资效益快。

(五) 拆迁方便——钢结构由于强度高，故适宜于建造重量轻、连接简便的可拆迁结构。对已经使用的钢结构，也便于加固、改建，甚至拆迁。

(六) 密闭性好——焊接的钢结构可以做到完全密闭，因此适宜于建造要求气密性和水密性好的气罐、油罐和高压容器。

(七) 耐腐蚀性差——一般钢材较易锈蚀、特别是在湿度大和有侵蚀性介质的环境中更甚，因此须采取除锈、刷油漆等防护措施，而且还须定期维修，需要一定的维护费用。在必要时，可采用具有防锈性能的耐候钢(见第二章)。

(八) 耐火性差——当辐射热温度低于 100°C 时，即使长期作用，钢材的主要性能变化很小，其屈服点和弹性模量均降低不多，因此其耐热性能较好。但当温度超过 250°C 时，其材质变化较大，故当结构表面长期受辐射热达 150°C 以上或在短时间内可能受到火焰作用时，须采取隔热和防火措施。

二、钢结构的应用范围

钢结构的应用须根据钢结构的特点作出合理选择，大致有如下几个范围：

(一) 重型厂房结构：设有起重量较大的吊车或吊车运转繁重的车间，如冶金工厂的炼钢车间、轧钢车间，重型机械厂的铸钢车间、水压机车间，造船厂的船体车间等。

(二) 受振动荷载作用的厂房结构：设有较大锻锤或其他动力设备的厂房，以及对抗震性能要求较高的结构。

(三) 大跨结构：飞机制造厂的装配车间、飞机库、体育馆、大会堂、剧场、展览馆等，宜采用网架、拱架、悬索以及框架等结构体系。

(四) 多层、高层和超高层建筑：工业建筑中的多层框架和商贸中心、饭店等高层或超高层建筑，宜采用框架结构体系、框架支撑体系、框架剪力墙体系。

(五) 塔桅结构：电视塔、卫星发射塔、环境气象监测塔、无线电天线桅杆、输电线路塔、钻井塔等。

(六) 板壳结构：高炉、热风炉、大型油库、气罐、煤气柜、煤气管、输油管、烟囱等。

(七) 桥梁结构：大跨度桥梁，尤其是铁路桥和公路铁路两用桥。

(八) 可拆卸、装配式房屋：商业、旅游业和建筑工地用活动房屋，多采用轻型钢结构，并用螺栓或扣件连接。

(九) 特种结构：水工闸门、锅炉骨架、起重机(桥式吊、塔吊、龙门吊、汽车吊等)、栈桥、管道支架井架、海上石油平台等。

(十) 轻(型)钢结构：轻工业厂房、仓库、体育场雨篷、住宅等，多采用冷弯薄壁型钢结构、门式刚架结构、钢管结构、压型钢板和彩板拱形波纹屋面等。

第三节 钢结构课程的主要内容、特点和学习方法

一、钢结构课程的主要内容

钢结构课程的主要内容包括材料、连接（包括构件的连接）、基本构件（受弯构件、轴心受力构件和拉弯、压弯构件）和结构设计、制作、安装等部分。前面几部分内容是钢结构的基础，结构设计部分是它们的综合应用，而制作和安装部分则是讲述由设计达到使用的最终钢结构产品的过程。

二、钢结构课程的特点

钢结构是一门理论性较强的课程，但其理论密切联系实践，须结合实验和工程检验才能完善和发展。钢结构还是一门很有生命力的课程，随着各种高效钢材和新型结构的开发，计算技术和试验手段的现代化，钢结构技术也在随着更新和发展，各种有关标准和规范也在不断修订改进，而钢结构课程的内容则相应不断更改完善，如本书已是第五版。

三、钢结构课程的学习方法

对钢结构课程的学习首先应将基本理论和基本概念放在重要位置，并要对材料、连接、基本构件和结构设计等内容，善于归纳、分析和比较，并不断加深理解。同时，还须联系工程实践，吸取感性知识。另外，在设计和做习题时，应条理清晰，步骤分明，计量单位采用得当，以避免计算中的遗漏和失误*。

小 结

(1) 钢结构具有强度高，自重轻，材质均匀，塑性、韧性好，施工速度快等优点。

(2) 钢结构最适合于大（跨度）、高（耸）、重（型）、动（力荷载）结构，但是随着我国工业生产和城市建设的高速发展，国民经济的不断提高，钢结构的应用范围也扩大到轻工业厂房和民用住宅等。

(3) 钢结构是一门理论性较强但又密切联系实践的课程。学习时应掌握好基本理论，学好基本概念，并吸取感性知识，联系工程实践，总结经验。

思 考 题

1. 根据你所知道的钢结构工程，试述其特点。
2. 钢结构有哪些特点？结合这些特点，你认为应怎样选择其合理应用范围？
3. 钢结构课程有哪些主要内容和特点？你准备怎样进行学习？

* 《钢结构》的主要内容、特点和学习方法还可参阅《疑难释义》节 1.4。

第二章 钢 结 构 的 材 料

钢结构的材料不仅密切关系到钢结构的计算理论，同时还对钢结构的制造、安装、使用、造价、安全等均有直接联系。所以，本章内容是学习钢结构的基础。学习时，应全面了解钢材的性能，从而做到能正确选用并防止脆性破坏的产生。

钢结构的主要材料是钢材。钢材种类繁多，性能各异，价格不同。适于建筑钢结构使用的钢材须具有良好的机械性能（强度、塑性、韧性等）和加工工艺性能（冷加工、热加工、焊接等），同时还须货源充足，价格较低。因此，能满足上述要求的仅是钢材品种中的很小一部分，如碳素结构钢和低合金高强度结构钢中的几个牌号。

另外，钢材在受力破坏时，表现为塑性破坏和脆性破坏两种特征，其产生原因除涉及钢材自身的性质外，还与一些外在的使用条件有关。脆性破坏是钢结构应该严加防止的，因此，研究和掌握钢材在各种应力状态下的工作性能、产生脆性破坏的原因和影响钢材性能的因素，从而在实际工程中合理而经济地选择钢材和进行结构设计，是钢结构非常重要的内容。

第一节 钢材的塑性破坏和脆性破坏

取两种拉伸试件：一种是标准圆棒试件，另一种是比标准试件加粗但在中部车有小槽，其净截面面积仍与标准试件截面面积相同的试件。当两种试件分别在拉力试验机上均匀地加荷直至拉断时，其受力性能和破坏特征呈现出非常明显的区别。

标准的光滑试件拉断时有比较大的伸长和变细，加荷的延续时间长，断口呈纤维状，色发暗，有时还能看到滑移的痕迹，断口与作用力的方向约呈 45° 。由于此种破坏的塑性特征明显，故称塑性破坏。钢材在塑性破坏时有大量变形，很容易及时发现和采取措施进行补救，因而不致引起严重后果。另外，塑性变形后出现的内力重分布，会使结构中原先应力不均匀的部分趋于均匀，同时也可提高结构的承载能力。

带小槽试件的抗拉强度比光滑试件的高，但在拉断前塑性变形很小，且几乎无任何迹象而突然断裂，其断口平齐，呈有光泽的晶粒状，故此种破坏形式称为脆性破坏。由于脆性破坏的突然性要比塑性破坏危险得多，因此，在钢结构的设计、制造和安装中，均应采取适当措施加以防止。

第二节 钢 材 的 性 能

钢材的性能通常用力学性能、工艺性能和可焊性能表述。专用钢材则另外附加特种性能，如耐火、耐候等。

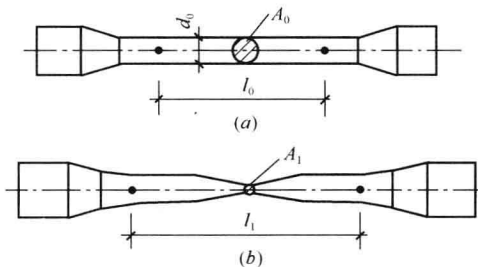


图 2-1 静力拉伸试验的标准试件
(a) 试验前；(b) 试验后

一、钢材的力学性能和工艺性能

钢材的力学性能和工艺性能是钢材在各种作用（见第三章第二节）下反映的各种特性，它包括强度、塑性、韧性和冷弯等方面，须由试验测定。

（一）强度

在静载、常温条件下，对钢材标准试件（图 2-1）一次单向均匀拉伸试验是力学性能试验中最具有代表性的。它简单易行，可得到反映钢材强度和塑性的几项主要力学性能指标，且对其他受力状态（受压、受剪）也有代表性。图 2-2 (a) 为低

碳钢单向均匀拉伸试验的应力-应变曲线（图 2-2b 为曲线的局部放大），从中可看出钢材受力的几个阶段和强度、塑性的几项指标。

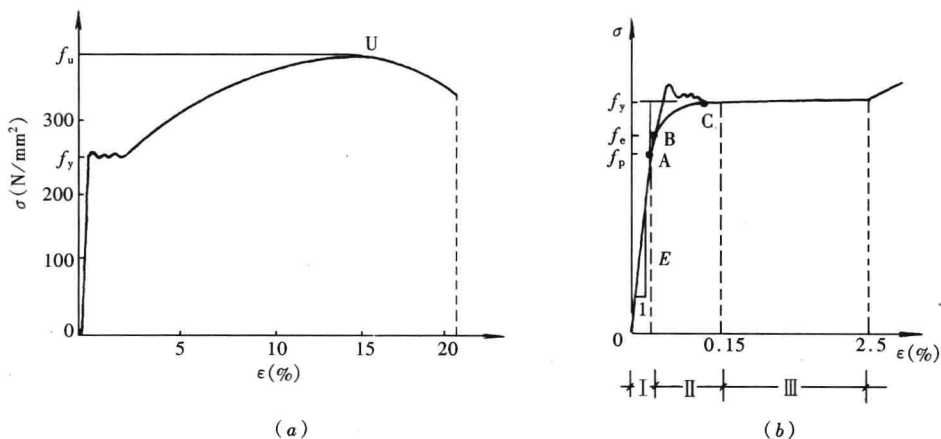


图 2-2 低碳钢单向均匀拉伸的应力-应变曲线

曲线开始的斜直线终点 A 所对应的最大应力称为比例极限 f_p 。当试件横截面上的应力 $\sigma = N/A \leq f_p$ 时（ N 为试件承受的轴心拉力， A 为试件的横截面面积），应力和应变 $\epsilon = \Delta l/l_0$ （ l_0 为原标距长度， Δl 为其伸长量）成正比，符合虎克定律，即 $\sigma = E\epsilon$ 。 $E = \tan \alpha$ ，为斜直线的斜率，称为钢材的弹性模量，一般可统一取 $E = 206 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ 。当 $\sigma > f_p$ 以后，曲线弯曲，应力-应变关系呈非线性，但钢材仍具有弹性性质，即此时若卸荷（ N 回零），则应变也降至零，不出现残余变形，这称为钢材受力的弹性阶段。弹性阶段（图 2-2 b 中区段 I）终点 B 对应的应力称为弹性极限 f_e ，它常同 f_p 十分接近，一般可不加区分。

当 $\sigma > f_e$ 后，钢材受力进入弹塑性阶段（图 2-2b 中区段 II），其变形包括弹性变形和塑性变形两部分，即后者在卸荷后不会消失而成为残余变形。其后，曲线出现锯齿形波动，直到 C 点，此时即使应力保持不变，应变仍持续增大，这称为钢材受力的塑性流动阶段（图 2-2b 中区段 III），也就是钢材对外力的屈服阶段，对应的应力称为屈服点 f_y 。屈服阶段的最高点和最低点分别称为上屈服强度和下屈服强度，国标钢材标准以 R_{eH} 和 R_{eL}