

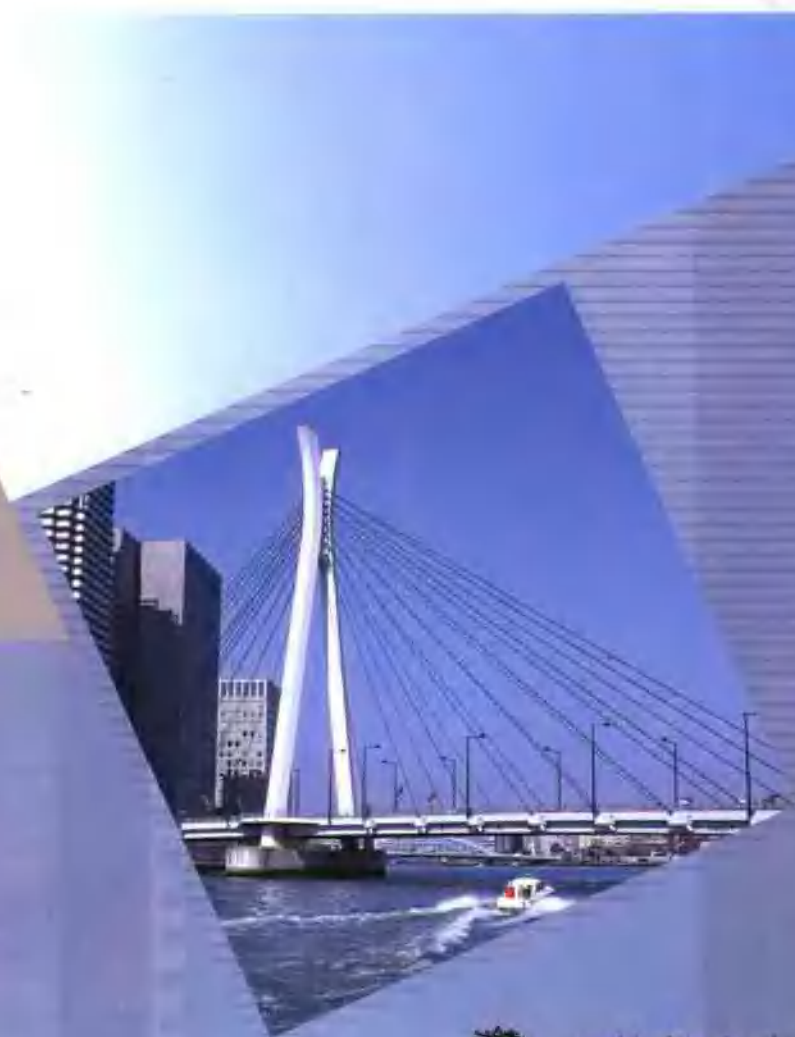


银领工程

高等职业教育技能型紧缺人才培养培训工程系列教材

钢结构施工

杜绍堂 主编
杨艳华 副主编



高等教育出版社

银领工程

高等职业教育技能型紧缺人才培养培训工程系列教材

钢结构施工

杜绍堂 主 编

杨艳华 副主编

高等教育出版社

内容提要

本书是根据教育部、建设部联合制定的高等职业学校建筑工程技术专业技能型紧缺人才培养培训指导方案编写的。

本书根据《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)编写,教材的基本内容是:绪论,材料与连接,钢结构的基本构件计算,钢结构施工详图设计,钢结构制作,钢结构安装,钢结构施工验收,钢结构施工安全。全书共8个单元。

本书可作为高等职业学校建筑工程技术专业及相关专业的教材,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构施工/杜绍章主编. —北京:高等教育出版社,
2005.11

ISBN 7-04-018081-2

I. 钢... II. 杜... III. 钢结构-工程施工-高等
学校-教材 IV. TU391

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第119007号

策划编辑	毛红斌	责任编辑	张玉海	封面设计	于涛	责任绘图	朱静
版式设计	范晓红	责任校对	王超	责任印制	孔源		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 潮河印业有限公司

购书热线 010-58581118
免费咨询 800 810 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>

开 本 787×1092 1/16
印 张 21.75
字 数 530 000
插 页 2

版 次 2005年11月第1版
印 次 2005年11月第1次印刷
定 价 27.80元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18081-00

建筑工程技术专业领域技能型紧缺人才
培养培训系列教材编委会

主任委员	胡兴福			
副主任委员	丁天庭	韩培江	杨太生	赵 研
委 员	杜绍堂	鲁 辉	凌支援	李佐华
	孙光远	危道军	王洪健	曾跃飞
	朱永祥	周英才	朱勇年	张若美



出版说明

为了认真贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》，落实《2003—2007 年教育振兴行动计划》，缓解国内劳动力市场技能型人才紧缺现状，为我国走新型工业化道路服务，自 2001 年 10 月以来，教育部在永州、武汉和无锡连续三次召开全国高等职业教育产学研经验交流会，明确了高等职业教育要“以服务为宗旨，以就业为导向，走产学研结合的发展道路”，同时明确了高等职业教育的主要任务是培养高技能人才。这类人才，既要能动脑，更要能动手，他们既不是白领，也不是蓝领，而是应用型白领，是“银领”。从而为我国高等职业教育的进一步发展指明了方向。

培养目标的变化直接带来了高等职业教育办学宗旨、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面的改变。与之相应，也产生了若干值得关注与研究的新课题。对此，我们组织有关高等职业院校进行了多次探讨，并从中遴选出一些较为成熟的成果，组织编写了“银领工程”丛书。本丛书围绕培养符合社会主义市场经济和全面建设小康社会发展要求的“银领”人才的这一宗旨，结合最新的教改成果，反映了最新的职业教育工作思路和发展方向，有益于固化并更好地推广这些经验和成果，很值得广大高等职业院校借鉴。我们的这一想法和做法也得到了教育部领导的肯定，教育部副部长吴启迪专门为首批“银领工程”丛书提笔作序。

我社出版的高等职业教育各专业领域技能型紧缺人才培养培训工程系列教材也将陆续纳入“银领工程”丛书系列。

“银领工程”丛书适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校开办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2004 年 9 月

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

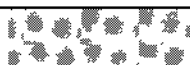
E - mail: dd@hep. com. cn

通信地址：北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118



目 录

单元一 绪论	1	(二) 对接焊缝的构造	35
一、应知部分	1	(三) 对接焊缝的计算	36
(一) 钢结构的应用与发展	1	(四) 角焊缝的形式与构造	39
(二) 钢结构的组成和特点	4	(五) 角焊缝的计算	41
(三) 钢结构的基本设计原理	7	(六) 焊接工艺评定	48
二、职业活动训练	11	(七) 焊接施工管理	49
活动一 认知钢结构模型	11	二、职业活动训练	50
活动二 现场教学	11	活动一 认知手工电弧焊	50
单元小结	11	活动二 认知钢结构对接焊缝	52
复习思考题	12	活动三 认知钢结构角焊缝	52
单元二 材料与连接	13	项目三 普通螺栓连接	52
项目一 材料	13	一、应知部分	52
一、应知部分	13	(一) 普通螺栓连接的构造	52
(一) 钢材	13	(二) 普通螺栓连接的计算	55
(二) 连接材料	24	二、职业活动训练	62
(三) 油漆、防腐(或防火)涂料	26	活动一 普通受剪螺栓连接	62
(四) 材料检验	27	活动二 普通受拉螺栓连接	63
二、职业活动训练	27	项目四 高强度螺栓连接	63
活动一 钢材的拉伸试验	27	一、应知部分	63
活动二 冷弯试验	29	(一) 概述	63
活动三 认知钢材种类、规格	29	(二) 摩擦型高强度螺栓连接的计算	65
活动四 认知焊材	30	(三) 承压型高强度螺栓的计算	67
项目二 焊接	30	二、职业活动训练	68
一、应知部分	30	活动一 摩擦连接副抗滑移试验	68
(一) 焊接的方法、形式、焊缝符号标注及		活动二 受剪摩擦型高强度螺栓施工	69
焊缝质量等级	30	活动三 受拉摩擦型高强度螺栓施工	70

II ■ 目录

单元小结	70	(四) CAD 辅助设计	158
复习思考题	71	二、职业活动训练	158
训练题	72	活动一 钢屋架施工详图绘制	158
单元三 钢结构的基本构件计算	74	活动二 网架结构施工详图绘制	159
项目一 受弯构件——钢梁	74	单元小结	159
一、应知部分	74	复习思考题	159
(一) 梁的设计要点	74	单元五 钢结构制作	161
(二) 型钢梁设计	86	一、应知部分	161
(三) 组合梁设计	90	(一) 钢结构制作的常用工具	161
(四) 梁的拼接与连接	96	(二) 钢结构制作前的准备工作	162
二、职业活动训练	98	(三) 钢结构制作的工序、工艺及流 程	164
活动一 单向受弯型钢梁施工	98	(四) 典型构件的制作范例	174
活动二 组合梁施工	99	(五) 钢结构的涂装	179
活动三 梁的拼接与连接	100	(六) 成品及半成品的管理	183
项目二 轴心受力构件	100	(七) 钢结构的运输方式和装卸 要求	183
一、应知部分	100	二、职业活动训练	184
(一) 轴心受力构件的设计要点	100	活动 到钢结构制造安装公司学习 钢结构制作工艺	184
(二) 实腹式轴心受压构件的设计	106	单元小结	184
(三) 格构式轴心受压构件的设计	110	复习思考题	185
(四) 轴心受压柱的柱头与柱脚	117	单元六 钢结构安装	186
二、职业活动训练	123	项目一 钢结构安装的常用吊装机具 和设备	186
活动 实腹式轴心受压构件施工	123	一、应知部分	186
活动二 格构式轴心受压构件施工	124	(一) 起重机械	186
项目三 拉弯和压弯构件	124	(二) 简易起重设备	191
一、应知部分	124	(三) 吊装索具和卡具	199
(一) 拉弯和压弯构件的设计要点	125	二、职业活动训练	209
(二) 实腹式压弯构件的截面设计	129	活动一 认知起重机械实物	209
(三) 压弯构件的柱头与柱脚的连接 构造	132	活动二 认知简易起重设备、 索具等其他设备	209
二、职业活动训练	135	项目二 钢结构施工组织设计	210
活动一 压弯构件施工	135	一、应知部分	210
活动二 压弯构件柱头与柱脚的连接 构造模型实训	135	(一) 钢结构施工组织设计编制的 原则	210
单元小结	135	(二) 钢结构施工组织设计的内容	211
复习思考题	137	(三) 钢结构季节性施工要点	214
训练题	138	二、职业活动训练	215
单元四 钢结构施工详图设计	140		
一、应知部分	140		
(一) 施工详图的内容	140		
(二) 钢结构的节点设计	141		
(三) 施工详图的绘制方法	153		

活动 某钢结构施工组织设计编制		(一) 隐蔽工程验收	261
实训	215	(二) 分项工程验收	263
项目三 主体钢结构安装	215	(三) 分部(子分部)工程验收	273
一、应知部分	215	(四) 单位工程验收	281
(一) 钢结构安装前的准备	215	二、职业活动训练	282
(二) 一般单层钢结构的安装要点	217	活动一 隐蔽工程验收	282
(三) 高层及超高层钢结构的安装		活动二 分项工程验收	283
要点	222	活动三 分部工程验收	284
(四) 大跨度空间网架结构的安装		活动四 单位工程验收	285
要点	226	单元小结	286
(五) 高强度螺栓的施工	230	复习思考题	286
二、职业活动训练	235	单元八 钢结构施工安全	287
活动一 一般单层钢结构安装	235	一、应知部分	287
活动二 高层及超高层钢结构安装	235	(一) 钢结构施工的安全隐患	287
活动三 大跨度空间网架结构的安		(二) 钢结构施工的安全要点	288
装	235	(三) 钢结构安全的作业要求	289
项目四 钢结构围护结构的安装	236	(四) 钢结构的安全管理	294
一、应知部分	236	(五) 施工现场消防要点	297
(一) 围护结构材料	236	二、职业活动训练	299
(二) 围护结构构造	239	活动一 钢结构安全作业要求	299
(三) 压型金属板围护结构的安装	250	活动二 施工现场消防实训	299
二、职业活动训练	258	单元小结	299
活动一 钢结构围护结构的构造和连		复习思考题	299
接件	258	附录1 材料性能表	300
活动二 钢结构泛水件的安装	258	附录2 计算系数用表	304
单元小结	258	附录3 型钢规格表	314
复习思考题	260	附录4 材料检验项目要求表	331
单元七 钢结构施工验收	261	参考文献	336
一、应知部分	261		

单元一

绪 论

单元概述 钢结构的应用、组成、特点及基本设计原理。

学习目标 通过本单元的学习,了解钢结构的类型、组成、特点、应用范围及发展,掌握钢结构的设计原理及方法。

能力标准及要求 能认知钢结构的应用、组成、特点,能应用钢结构基本设计原理。

一、应知部分

(一) 钢结构的应用与发展

钢结构是用钢材制成的结构。钢结构通常由型钢、钢板或冷加工成形的薄壁型钢等制成的拉杆、压杆、梁、柱、桁架等构件组成,各构件或部件间采用焊接或螺栓连接。钢结构在土木工程中有着悠久的历史 and 广泛的应用,目前钢结构在我国的发展迎来了一个前所未有的时期,前景广阔。

1. 钢结构的应用范围

钢结构的应用范围与特点和钢材的供应情况密切相关。我国 20 世纪 60—70 年代,钢材供应短缺,节约钢材、少用钢材成为当时的重要任务,致使钢结构的应用范围受到很大限制。20 世纪 80 年代以来,钢产量逐年提高,钢材品种不断增加,使钢结构的应用范围不断扩大。目前,钢结构常用于大跨、超高、过重、振动、密闭、高耸、空间和轻型的工程结构中,其应用范围大致为:

(1) 厂房结构

对于单层厂房,一般用于重型、大型车间的承重骨架。例如冶金工厂的平炉车间,重型机械厂的铸钢车间、锻压车间等。通常由檩条、天窗架、屋架、托架、柱、吊车梁、制动梁(桁架)、各种支撑及墙架等构件组成。

(2) 大跨结构

体育馆、影剧院、大会堂等公共建筑以及飞机装配车间或检修库等工业建筑要求有较大的内部自由空间,故屋盖结构的跨度很大,减轻屋盖结构自重成为结构设计的主要问题,因而采用材料强度高而重量轻的钢结构。其结构体系主要有框架结构、拱架结构、网架结构、悬索结构和预

应力钢结构等。

(3) 多层、高层结构

对于高层建筑来说,当层数多、高度大时,也采用钢结构,如旅馆、饭店公寓等多层及高层楼房,目前高层钢结构的应用还在蓬勃地发展着。

(4) 高耸构筑物

高耸结构包括塔架和桅杆结构,如高压输电线路塔架以及广播和电视发射用的塔架和桅杆,多采用钢结构。这类结构的特点是高度大和主要承受风荷载,采用钢结构可以减轻自重,方便架设和安装,而且因构件截面小而使风荷载大大减小,从而取得更大的经济效益。

(5) 密闭压力容器

用于要求密闭的容器,如内部压力大的大型储液库、煤气库,温度急剧变化的高炉结构以及大直径高压输油管、煤气管等均采用钢结构。

(6) 移动结构

钢结构不仅重量轻,还可以用螺栓或其他便于拆装的手段来连接,需要搬迁或移动的结构,如流动式展览馆和活动房屋,采用钢结构最适宜。另外,钢结构还用于水工闸门、桥式吊车和各种塔式起重机、缆绳起重机等。

(7) 桥梁结构

钢结构广泛应用于中等跨度和大跨度的桥梁结构中,如武汉长江大桥和南京长江大桥均为钢结构,其难度和规模在当时都举世闻名;上海南浦大桥、杨浦大桥为钢结构的斜拉桥。

(8) 轻钢结构

用于跨度较小、屋面较轻的工业和商业用房,常采用冷弯薄壁型钢、小角钢和圆钢等焊接而成。轻钢结构因具有用钢量省、造价低、供货迅速、安装方便、外形美观、内部空旷等特点,近年来得到了迅速的发展。

(9) 住宅钢结构

改革开放以来,我国住宅建设发展很快。为了满足人民群众日益增长的住房需求,推进住宅产业现代化,国务院 1999 第 72 号文件明确提出:发展钢结构住宅,扩大钢结构住宅的市场占有率。此后,在北京、上海、天津、新疆、湖南、安徽、山东等地,开始并建成一批钢结构住宅示范试点工程,如位于北京金融街的 12 层板式钢结构住宅金宸公寓。上海中福花苑钢结构住宅等。

钢结构住宅是由以钢结构为骨架配合多种复合材料的轻型墙体拼装而成的,所用材料均为工厂标准化、系列化、批量化生产,改变了砖、瓦、灰、砂、石传统的现场作业模式。同时钢结构具有一系列优点,诸如,钢结构的力学性能好、自重轻、抗震性能好、结构占有面积小,增加使用面积,施工速度快。此外,推广和发展轻钢结构住宅,可以带动建材、冶金、化工、机械等几十个相关产业的发展,对于快速拉动国民经济发展,提高建筑业的技术含量和整体水平,促进国民经济结构的调整,实现住宅业的产业化、标准化、规范化具有战略意义。

2. 钢结构的发展

钢结构是由生铁结构逐步发展起来的,中国是最早用铁制造承重结构的国家。远在秦始皇时代(公元前二百多年),就有了用铁建造的桥墩。以后,又在深山峡谷上建造铁链悬桥、铁塔等,这些显示了我国古代建筑和冶金技术方面的高水平。

中国古代在金属结构方面虽有卓越的成就,但由于受到内部的束缚和外部的侵略,相当一段

时间内发展较为缓慢。即使这样,我国工程技术人员仍有不少优秀设计和创造,如1927年建成的沈阳黄姑屯机车厂钢结构厂房,1928—1931年建成的广州中心纪念堂圆屋顶,1934—1937年建成的杭州钱塘江大桥等。20世纪50年代后,钢结构的设计、制造、安装水平有了很大提高,建成了大量钢结构工程,有些在规模上和技术上已达到世界先进水平。如采用大跨度网架结构的首都体育馆、上海体育馆、深圳体育馆,大跨度三角拱形式的西安秦始皇陵兵马俑陈列馆,悬索结构的北京工人体育馆、浙江体育馆,高耸结构中的200 m高广州广播电视塔、上海建成的高420 m的东方明珠广播电视塔,板壳结构中有效容积达54 000 m³的湿式储气柜等。

日前,钢结构已在建筑工程中发挥着独特且日益重要的作用。1997年11月建设部发布的《中国建筑技术政策》(1996—2010年)中,明确提出发展建筑钢材、建筑钢结构和建筑钢结构施工工艺的具体要求,使我国长期以来实行的“节约钢材”的政策转变为“积极、合理、快速地发展钢结构”的政策。我国建筑工程领域中已经出现了产品结构调整,长期以来混凝土和砌体结构一统天下的局面正在发生变化,钢结构以其自身的优越性引起业内关注,已经在工程中得到合理的、迅速的应用。

高层建筑钢结构近年来雨后春笋般地拔地而起,发展很迅速。我国20世纪80年代建成的11幢高层建筑钢结构最高为208 m,而20世纪90年代以来建造或设计的高层建筑钢结构最高的已达400多米。大跨度空间钢结构最先让人们了解的是网架工程,其发展的速度较快,计算也比较成熟,国内有许多专用网架计算和绘图程序,是其迅速发展的重要原因。悬索及斜拉结构、膜和索膜结构在国内应用也较多,主要用于体育馆、车站等大空间公共建筑中。其他大跨度空间钢结构还包括立体桁架、预应力拱结构、弓式结构、悬吊结构、网格结构、索杆杂交结构、索穹顶结构等在全国各地均有实例。

轻型钢结构是近十年来发展最快的。在美国,轻型钢结构占非住宅建筑投资的50%以上。这种结构工业化、商品化程度高,施工快,综合效益高,市场需求量很大,已引起结构设计人员注意。轻钢住宅的研究开发已在各地试点,是轻型钢结构发展的一个重要方向,目前已经有多种的低层、多层和高层的设计方案和实例。因其可做到大跨度、大空间,分隔使用灵活,而且施工速度快、抗震有利的特点,必将对我国传统的住宅结构模式产生较大冲击。

尽管钢结构产业在我国有了可喜的进步,但是发展力度远远不够。原因是:一是世界各国建筑业都是钢材的主要用户之一,工业发达国家在其建筑业的增长时期基本建设用钢量一般占钢材总量的30%以上,而我国目前建筑用钢量只达到22%~26%,这5%~6%的差距主要在于我国房屋结构的用钢量还比较少;二是虽然行业管理部门和社会各界都在强调发展钢结构建筑,但由于多年以来钢结构的发展较钢筋混凝土结构慢,人们对此还不很熟悉,对钢结构建筑多方面的优越性认识不够,一些工程还不能采用最优方案的钢结构体系,存在着转变观念的问题;三是钢结构正逐步改变着传统建筑设计理念,这需要结构设计人员不断充实钢结构设计理念,学习先进的设计经验,突破传统结构的约束,来不断适应新形势的要求。

尽管目前还存在着种种不尽人意或有待提高的方面,但钢结构的发展潜力巨大,前景广阔。我国20年来的改革开放和经济发展,已经为钢结构体系的应用创造了极为有利的发展环境。首先,从发展钢结构的主要物质基础来看,自1996年开始,我国钢的总产量就已超过1亿吨,现已超过了2亿吨,居世界首位。而且随着钢材产量和质量持续提高,其价格正逐步下降,钢结构的造价也相应有较大幅度的降低。与之相应的是,与钢结构配套的新型建材也得到了迅速发展。

其次,从发展钢结构的技术基础来看,在普通钢结构、薄壁轻钢结构、高层民用建筑钢结构、门式刚架轻型房屋钢结构、网架结构、压型钢板结构、钢结构焊接和高强度螺栓连接、钢与混凝土组合楼盖、钢管混凝土结构及钢骨(型钢)混凝土结构等方面的设计、施工、验收规范(规程)及行业标准已发行 20 余本。有关钢结构的规范、规程的不断完善为钢结构体系的应用奠定了必要的技术基础,为设计提供了依据。第三,从发展钢结构的人才素质来看,经过几年的发展,专业钢结构设计人员已经形成一定的规模,而且他们的专业素质在实践中得到不断提高。而随着计算机在工程设计中的普遍应用,国内外钢结构设计软件发展迅猛,软件功能日臻完善,为协助设计人员完成结构分析设计、施工图绘制提供了极大的便利条件。

随着社会分工的不断细化,钢结构设计也必将走向专业化发展的道路。专业钢结构设计也可弥补由于不熟悉钢结构形式而无法优化结构设计方案的问题。

(二) 钢结构的组成和特点

1. 钢结构的组成

钢结构在建筑工程中有着广泛的应用。由于使用功能及结构组成方式不同,使得钢结构种类繁多,形式各异。所有这些钢结构尽管用途、形式各不相同,但它们都是由钢板和型钢经过加工、组合、连接制成的,如拉杆(有时还包括钢索)、压杆、梁、柱及桁架等,然后将这些基本构件按一定方式通过焊接和螺栓连接组成结构,以满足使用要求。

下面结合单层和多层房屋对如何按一定方式将基本构件组成能满足各种使用功能要求的钢结构做简要说明。

单层房屋钢结构的特点是主要承受重力荷载,对于这类结构,一般的做法是形成一系列竖向的平而承重结构,并用纵向构件和支撑构件把它们连成空间整体。这些构件也同时起到承受和传递纵向水平荷载的作用。图 1-1 是一个单层房屋钢结构组成的示意图,图中屋盖桁架和柱组成一系列的平面承重结构(图 1-1a)。这些平面承重结构又用纵向构件和各种支撑(如图中所示的上弦横向支撑、垂直支撑及柱间支撑等)连成一个空间整体(图 1-1b),保证整个结构在空间各个方向都成为一个几何不变体系。除此之外,还可以由实腹的梁和柱组成框架或拱。框架和拱可以做成三铰、二铰或无铰。跨度大的还可以用桁架拱。

上述结构均属于平面结构体系。其特点是结构由承重体系及附加构件两部分组成,其中承重体系是一系列相互平行的平面结构,结构平面内的垂直和横向水平荷载由它承担,并在该结构平面内传递到基础。附加构件(纵向构件及支撑)的作用是将各个平面结构连成整体,同时也承受结构平面外的纵向水平力。当建筑物的长度和宽度尺寸接近,或平面呈圆形时,如果将各个承重构件自身组成为空间几何不变体系并省去附加构件,受力就更为合理。如图 1-2 所示的平板网架屋盖结构,它由倒置的四角锥体组成,锥底的四边为网架的上弦杆,锥棱为腹杆,连接各锥顶的杆件为下弦杆。屋架的荷载沿两个方向传到四边的柱上,再传至基础,形成一种空间传力体系。因此,这种结构也称为空间结构体系。这个平板网架中,所有的构件都是主要承重体系的部件,没有附加构件,因此,内力分布合理,能节省钢材。

多层房屋结构的特点是随着房屋高度的增加,水平风荷载(以及地震荷载)越来越起重要作用。提高结构抵抗水平荷载的能力,以及控制水平位移不要过大,是这类房屋组成的主要问题。一般多层钢结构房屋组成的体系主要有:框架体系,即由梁和柱组成的多层多跨框架,如图 1-

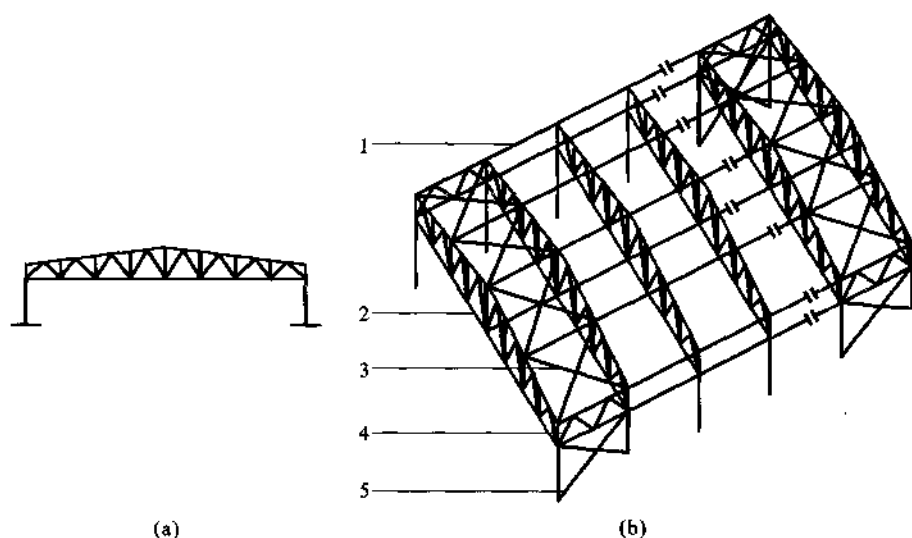


图 1-1 单层房屋钢结构组成示意图

1—纵向构件;2—屋架;3—上弦横向支撑;4—垂直支撑;5—柱间支撑

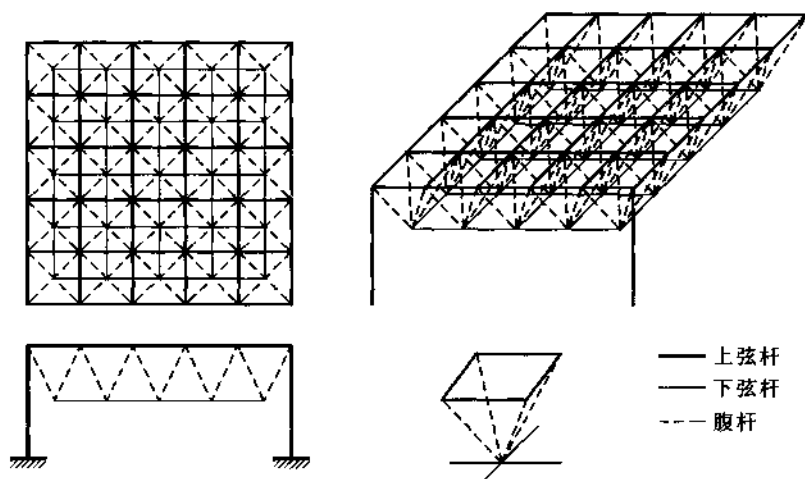


图 1-2 平板网架屋盖

3a 所示;带刚性加强层的结构,即在两列柱之间设置斜撑,形成竖向悬臂桁架,以便承受更大的水平荷载,如图 1-3b 所示;悬挂结构体系,即利用房屋中心的内筒承受全部重力和水平荷载,筒顶有悬伸的桁架,楼板用高强钢材的拉杆悬挂在桁架上,如图 1-3c 所示。

通过以上对房屋钢结构的组成的简要分析,在满足结构使用功能的要求时,结构必须形成空间整体(几何不变体系),才能有效而经济地承受荷载,具有较高的强度、稳定性和刚度,如果主要承重构件本身已经形成空间整体,不需要附加支撑,即可以形成十分有效的组成方案。结构方

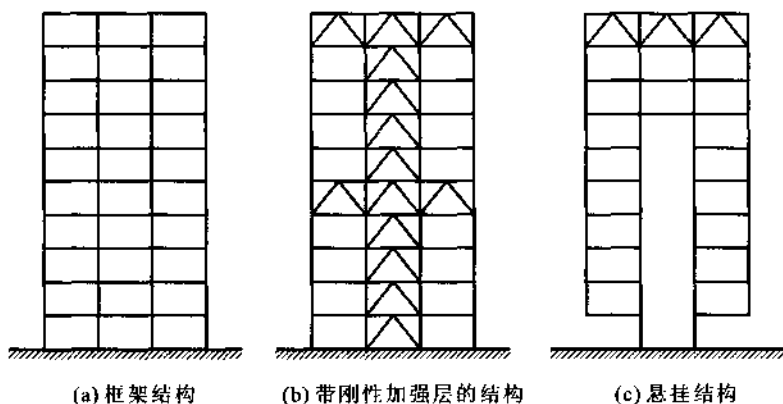


图 1-3 多层房屋钢结构

案的适宜性和施工及材料供应条件也有很大关系,应加以考虑。

本节仅对单层及多层房屋的钢结构组成作了一些简单介绍,但是其他结构如桥梁、塔架等同样也应遵循这些原则。同时,还应看到,随着工程技术的不断发展,以及对结构组成规律不断深入地研究,将会创造和开发出更多的新型结构体系。

2. 钢结构的特点

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以下的特点:

(1) 轻质高强、质地均匀

钢与混凝土、木材相比,虽然质量密度较大,但其屈服点较混凝土和木材要高得多,其质量密度与屈服点的比值相对较低。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,构件较小,重量较轻,便于运输和安装。钢材质地均匀,各向同性,弹性模量大,有良好的塑性和韧性,为理想的弹塑性体,完全符合目前所采用的计算方法和基本理论。

(2) 生产、安装工业化程度高,施工周期短

钢结构生产具备成批大件生产和安装准确性高的特点,可以采用工厂制作、工地安装的施工方法,所以其生产作业面多,可缩短施工周期,进而为降低造价、提高效益创造条件。

(3) 密闭性能好

钢材本身组织非常致密,当采用焊接连接甚至螺栓连接时,都可以做到完全密封不渗漏。因此,一些要求气密性和水密性好的高压容器、大型油库、气柜、管道等板壳结构都采用钢结构。

(4) 抗震及抗动力荷载性能好

钢结构因自重轻、质地均匀,具有较好的延性,因而抗震及抗动力荷载性能好。

(5) 钢结构的耐热性好,但防火性差

温度在 250°C 以内,钢的性质变化很小,温度达到 300°C 以上,强度逐渐下降,达到 $450 \sim 650^{\circ}\text{C}$ 时,强度降为零。因此,钢结构可用于温度不高于 250°C 的场合。在自身有特殊防火要求的建筑中,钢结构必须用耐火材料予以维护。当防火设计不当或者当防火层处于破坏的状况下,有可能将产生灾难性的后果。

(6) 钢结构抗腐蚀性较差

钢结构的最大缺点是易于锈蚀。新建造的钢结构一般都需仔细除锈、镀锌或刷涂料。以后隔一定时间又要重新刷涂料,这就使钢结构维护费用比钢筋混凝土结构高。目前,国内外正在发展不易锈蚀的耐候钢,可大量节省维护费用,但还未能广泛采用。随着高科技的发展,钢结构易锈蚀、防火性能比混凝土差的问题逐渐得到解决。一方面从钢材本身解决,如采用耐候钢和耐火高强度钢;另一方面采用高效防腐涂料,特别是防腐、防火合一的涂料。

(三) 钢结构的基本设计原理

1. 结构设计的目的

结构设计的目的使所设计的结构做到技术先进、经济合理、安全适用和确保质量。也就是说,力求以最经济的方法,使所建造的结构以适当的可靠度满足下列各项基本功能:

(1) 安全性

结构能承受正常施工和正常使用时可能出现的各种作用,包括荷载、温度变化、基础不均匀沉降以及地震作用等;在偶然事件发生时及发生后仍能保持必需的整体稳定性,不致倒塌。

(2) 适用性

结构在正常使用时,应具有良好的工作性能,满足预定的使用要求,如不发生影响正常使用的过大变形、振动等。

(3) 耐久性

结构在正常维护下,随时间变化仍能满足预定的功能要求,如不发生严重锈蚀而影响结构的使用寿命等。

上述三方面的功能要求又可概括称为结构的可靠性。结构的可靠性与结构的经济性是经常相互矛盾的,科学的设计方法是在结构的可靠性与经济性之间选择一种合理的平衡,力求以最经济的途径、适当的可靠度达到结构设计的目的。

2. 钢结构的设计思想

钢结构的设计应在以下设计思想的基础上进行:

- ① 钢结构在运输、安装和使用过程中应有足够的强度、刚度和稳定性,整个结构必须安全可靠。
- ② 应从实际工程出发,合理选用材料、结构方案和构造措施,应符合建筑物的使用要求。
- ③ 尽可能缩短制造、安装时间,节约劳动量。
- ④ 尽可能节约钢材。
- ⑤ 结构要便于运输、便于维护。
- ⑥ 在可能的条件下,注意美观。

3. 钢结构的设计方法

钢结构的设计过程:

根据建筑布局→确定结构方案→荷载计算→内力分析→选定材料及规格→构件及连接验算

精确计算的要求就是上述每一步都是很准确的,但事实上是很困难的。主要问题在于:计算模型与实际结构有一定的差距,计算尺寸与实际尺寸有一定的差距,计算荷载与实际荷载有一定的差距。此外,材料性能、施工质量等因素的变化也很复杂。因此,我国钢结构的计算方法,近

50 年来经历了四次变化。

(1) 总安全系数的容许应力计算方法

1957 年以前采用这种方法。主要是把钢材可以使用的最大强度,除以一个笼统的安全系数作为结构设计计算时构件容许达到的最大应力,即允许应力法。此法最大的优点是简单、明确,但是其安全系数主要由经验确定且单一(即对不同类型、荷载情况下的结构都采用同一个安全系数),从可靠度观点看不够合理准确,不能保证所设计的各种结构具有比较一致的可靠度水平。

(2) 三个系数的极限状态计算方法

1957—1974 年使用的方法,主要是根据结构使用上的要求,在结构中规定两种使用极限状态,即承载能力的极限状态和变形极限状态。同时,引入三个系数,即以超载系数 K_1' 考虑荷载可能的变动,以材料均质系数 K_2' 考虑材料性质的不一致性,以工作条件系数 K_3' 考虑结构及构件的工作特点以及某些假定的计算图式与实际情况不完全相符等因素。这种方法的优点是比较细致,特别是荷载与材料强度取值上分别部分地考虑了概率原则,缺点是某些系数的确定有时缺乏客观依据和科学方法。

(3) 以结构极限状态为依据,经过多系数分析后,用单一设计安全系数的容许应力计算方法

这是 1974—1988 年采用的方法,它以结构极限状态(强度、稳定、疲劳、变形等)为依据,对影响结构安全度的诸因素做数理统计,并结合工程实践经验进行分析。其实质是半概率、半经验的极限状态计算方法。这种方法对结构可靠性的处理有所改进。

(4) 以概率论为基础的一次二阶矩极限状态设计方法

这是目前钢结构设计规范所采用的方法,主要是引入了可靠性设计理论,把影响结构或构件可靠性的各种因素都视为独立的随机变量,根据统计分析确定失效概率来度量结构或构件的可靠性。整个结构或结构的某一部分超过某一特定状态就不能满足设计规定的某一功能要求,此特定的状态称为该功能的极限状态。结构的极限状态可分为下列两类:

① 承载能力极限状态 这种极限状态对应于结构或构件达到最大承载能力或不适于继续承载的变形。这里有两个极限准则:一个是最大承载力,一个是不适于继续承载的变形。对于钢结构来说,两个极限准则都采用,且第二个准则主要应用于钢结构。

② 正常使用极限状态 这种极限状态对应于结构或构件达到正常使用或耐久性能的某项规定限值。对钢结构来说,主要是控制构件的刚度,避免出现影响正常使用的过大变形或在动力作用下的较大振动。

按极限状态方法设计钢结构时,结构或构件的极限状态方程可表达为

$$Z = g(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0 \quad (1-1)$$

式中: $X_1, X_2, \dots, X_n$ 是影响结构或构件可靠性的几个随机变量,如材料的抗力、几何参数和各种作用产生的效应,各种作用包括恒载、活载、地震、温度变化及支座沉陷等。 $Z = g(X_1, X_2, \dots, X_n)$ 称为结构的功能函数。

将各因素概括为两个基本变量 S, R , 则结构的功能函数为

$$Z = g(S, R) = R - S \quad (1-2)$$

式中: S ——各种作用对结构或构件产生的效应;

R ——结构或构件的抗力。

事实上,由荷载引起的结构内力 S , 结构或构件的承载力或抵抗变形能力的 R 均受各种偶然