



普通高等教育“十五”国家级规划教材

(高职高专教育)

钢结构

董卫华 主编



高等教育出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材
(高职高专教育)

钢 结 构

董卫华 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)。

本书主要内容包括:绪论、建筑钢材、钢结构的连接、轴心受力构件、受弯构件梁、拉弯构件和压弯构件、钢屋盖、钢结构的制作和维护、网架结构及高层钢结构简介等。

本书可作为高职高专院校和民办高校的建筑工程技术专业的专业主干课教材,也可作为土建类相关专业的教材,同时可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构 / 董卫华主编. —北京: 高等教育出版社,
2003.2 (2006 重印)
教育部高职高专规划教材
ISBN 7-04-011697-9

I. 钢... II. 董... III. 钢结构-高等学校:技术
学校-教材 IV. TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 097697 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landaco.com.cn
印 刷	北京印刷集团有限责任公司印刷二厂	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×1092 1/16		
印 张	15	版 次	2003 年 2 月第 1 版
字 数	360 000	印 次	2006 年 8 月第 7 次印刷
插 页	1	定 价	17.90 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 11697-00

出版说明

为加强高职高专教育的教材建设工作,2000年教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》(教高司[2000]19号),提出了“力争经过5年的努力,编写、出版500本左右高职高专教育规划教材”的目标,并将高职高专教育规划教材的建设工作分为两步实施:先用2至3年时间,在继承原有教材建设成果的基础上,充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用性专门人才和教材建设方面取得的成功经验,解决好高职高专教育教材的有无问题;然后,再用2至3年的时间,在实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材。根据这一精神,有关院校和出版社从2000年秋季开始,积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据1999年教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(草案)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(草案)编写的,随着这些教材的陆续出版,基本上解决了高职高专教材的有无问题,完成了教育部高职高专规划教材建设工作的第一步。

2002年教育部确定了普通高等教育“十五”国家级教材规划选题,将高职高专教育规划教材纳入其中。“十五”国家级规划教材的建设将以“实施精品战略,抓好重点规划”为指导方针,重点抓好公共基础课、专业基础课和专业主干课教材的建设,特别要注意选择一部分原来基础较好的优秀教材进行修订使其逐步形成精品教材;同时还要扩大教材品种,实现教材系列配套,并处理好教材的统一性与多样性,基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系,在此基础上形成特色鲜明、一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2002年11月30日

前 言

本教材是普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育),是根据高职高专土建类建筑工程技术专业的人才培养目标和课程教学基本要求编写的,可以用作高职高专院校土建类建筑工程技术专业的钢结构课程教材,也可供相关的工程技术人员参考使用。

编者在编写过程中力求体现应用性人才培养目标的要求,对教材内容的取舍和组织注意突出应用性和岗位针对性的特点。在课程的理论推证部分,按照强化概念、突出应用的原则,在传统教材的基础上简化改进推导过程,做到深入浅出,便于学生理解、接受。

本教材在阐明钢结构基本概念、基本原理的基础上,依据现行《钢结构设计规范》(送审稿),重点讲述钢结构基本构造和钢屋盖设计的基本要求和基本方法,并结合工程实践给出了完整的应用实例;单列一章简要介绍网架结构和高层钢结构;并根据高职高专建筑工程技术人才的岗位工作特点,单列一章较详细地介绍了钢结构制作工艺和使用维护的基础知识。

本书由董卫华主编,并负责编写第一、四章,宋群编写第七、九章,王培兴编写第二、三章,唐瑞霖编写第五、六、八章。全书由董卫华定稿。

本书由福州大学彭大文教授主审,谨此表示衷心感谢。

限于编者水平,书中难免存在错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2002年6月

目 录

第一章 绪论	1	本章小结	122
§ 1.1 钢结构的特点及其在工程中的应用	1	复习思考题	122
§ 1.2 钢结构的设计原理和计算方法	4	习题	122
§ 1.3 钢结构课程的任务和学习要求	9	第六章 拉弯构件和压弯构件	124
本章小结	10	§ 6.1 概述	124
复习思考题	10	§ 6.2 拉弯、压弯构件的强度、刚度要求	125
第二章 建筑钢材	11	§ 6.3 实腹式压弯构件的稳定要求	126
§ 2.1 概述	11	§ 6.4 实腹式压弯构件的设计计算	133
§ 2.2 建筑钢材的破坏形式	11	§ 6.5 压弯构件的柱头与柱脚	135
§ 2.3 建筑钢材的力学性能	12	本章小结	137
§ 2.4 建筑钢材的选用	19	复习思考题	138
本章小结	26	习题	138
复习思考题	26	第七章 钢屋盖	139
第三章 钢结构的连接	27	§ 7.1 钢屋盖结构的组成	139
§ 3.1 概述	27	§ 7.2 屋盖支撑	142
§ 3.2 焊接连接	28	§ 7.3 钢檩条	147
§ 3.3 螺栓连接	46	§ 7.4 普通钢屋盖设计	151
本章小结	63	§ 7.5 普通钢屋架设计实例	164
复习思考题	63	§ 7.6 轻型钢屋架	174
习题	64	本章小结	180
第四章 轴心受力构件	66	复习思考题	181
§ 4.1 概述	66	习题	181
§ 4.2 轴心受力构件正常工作的基本要求	67	第八章 钢结构的制作和防护	182
§ 4.3 实腹式轴心受压构件的设计计算	74	§ 8.1 钢结构的制作安装	182
§ 4.4 格构式轴心受压构件的设计计算	78	§ 8.2 钢结构的防护	192
§ 4.5 轴心受压柱的柱头与柱脚	85	本章小结	199
本章小结	91	复习思考题	199
复习思考题	92	第九章 网架结构及高层钢结构简介	200
习题	93	§ 9.1 网架结构	200
第五章 受弯构件梁	94	§ 9.2 高层钢结构	204
§ 5.1 概述	94	本章小结	210
§ 5.2 梁的强度、刚度和稳定性要求	95	复习思考题	210
§ 5.3 型钢梁的设计计算	103	附录 1 材料强度用表	211
§ 5.4 钢板组合梁的设计	106	附录 2 计算系数用表	213
§ 5.5 梁的拼接与连接	117	附录 3 型钢和螺栓规格表	221
§ 5.6 钢-混凝土组合梁	120	参考文献	233

第一章 绪 论

§ 1.1 钢结构的特点及其在工程中的应用

1.1.1 钢结构在工程中的应用

钢结构指由钢材加工形成的建筑结构。钢结构是一种重要的工程结构类型。由于钢结构具有重量轻、强度高、韧性和塑性能好、加工制作方便等诸多优点,因此在建筑工程、桥梁工程以及其他各类工程中有广泛的应用和良好的发展前景。

根据钢结构的特点,目前我国土木建筑工程中的主要应用范围大致如下:

(1) 重型工业厂房

重型工业厂房往往需要较大的作业空间,并且要求承受较大的荷载,尤其是吊车落锤和机械运转等动力荷载。因此,钢结构大量应用于重型工业厂房的承重结构,如冶金工业厂房,重型机械制造厂、造船厂、飞机制造厂的厂房等。

(2) 大跨度结构

结构的跨度越大,自重所占的比例就越大。由于钢结构具有自重轻、强度高的特点,因此特别适用于大型公共建筑、飞机库、汽车库等各种大跨度结构。例如建于1967年的首都体育馆,屋盖为平板网架结构,跨度99 m;近年修建的成都机场飞机维修库也是钢网架屋盖,跨度140 m。

(3) 高层建筑

近年来,钢结构在我国高层建筑中的应用有较大的发展。例如深圳的帝王大厦(81层,高325 m)、上海的金茂大厦(88层,高421 m),主体都是筒体钢结构。

(4) 桥梁结构

由于钢结构适合于大跨度结构,适合于承受振动荷载作用,因此钢结构在中大跨度桥梁中得到广泛应用。例如,我国早期建成的钱塘江大桥和武汉长江大桥(武汉长江大桥建于1957年,三联九孔,每跨128 m,全长1 155 m,公路铁路两用桥梁)均为钢结构。

(5) 高耸塔桅结构

由于钢结构自重轻、强度高,建造安装方便,并且建成塔架之后还有承受风载较小的优点,因此在无线电桅杆、微波塔、石油钻井架、电视塔等高耸塔桅结构中也得到广泛应用。例如北京的环境气象塔为钢结构,高325 m。

(6) 板壳结构

由于钢结构的气密性、水密性好,因此许多大型的储气罐、储油罐都用钢板壳制作。例如,大型油罐、煤气库、大直径的高压输电管和煤气管道都是钢结构,水工结构的挡水闸门也可采用钢

结构。

(7) 轻型钢结构

由于钢结构具有制作方便、布置灵活和重量轻的特点,屋面荷载轻,跨度小的房屋的屋盖常采用冷弯薄壁角钢或小角钢制作的轻型钢结构,既方便又经济。

(8) 移动式结构

由于钢结构可以用螺栓连接制作成可拆卸便于搬迁的结构,因此各种需要搬迁、移动的结构也常用钢结构。例如,建筑施工中常用的龙门吊、塔吊,以及各种装配式的活动厂房、移动式混凝土搅拌站等。

综上所述,钢结构在各类民用建筑、工业建筑和交通工程中都有广泛的应用。

1.1.2 钢结构的特点

(一) 钢结构的组成特点

工程应用的各类钢结构,都是先由钢板和型钢经过加工制作成拉压杆、梁、柱、桁架等基本构件,然后再将基本构件通过一定方式连接组成整体结构。钢结构可以以不同的组成形式,满足各种建筑使用功能的要求,并形成合理的受力体系,满足不同使用条件下复杂受力的刚度和强度要求。

常见的钢结构基本组成形式有以下几种:

(1) 平面承重结构

利用平面承重结构组成基本受力系统是很多单层厂房和单层大跨度建筑结构的常用形式。其特点是利用一系列互相平行的平面结构作为主要的受力体系,承受重力荷载和平面内的水平荷载;再用纵向构件和各种支撑将这些平面结构连成一个空间整体结构,空间整体结构同时也能承受平面外的纵向荷载。这是许多单层厂房和单层大跨度建筑结构常见的形式。平面受力结构具有受力分析简单明确的特点。图 1.1 所示是几种常见的平面结构形式。

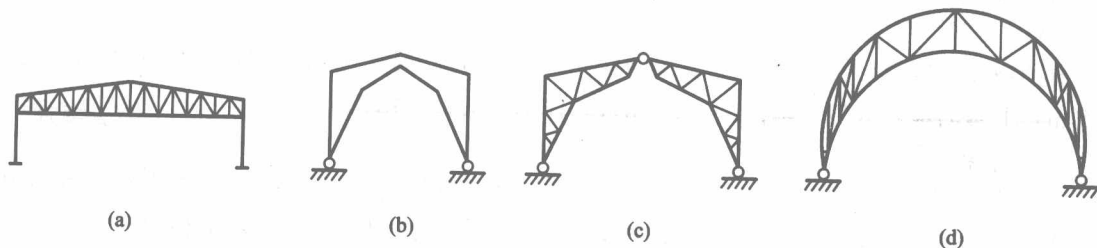


图 1.1 几种常见的平面承重结构简图

(a) 平面钢屋架; (b) 两铰刚架; (c) 三铰桁架拱; (d) 两铰桁架拱

(2) 空间网架结构

空间网架结构是由杆件和其他形式的基本构件联合组成的空间整体受力结构形式,具有空间受力性能强的优点,例如图 1.2 所示的平板网架屋盖和空间网壳圆屋顶结构。

(3) 框架结构

框架结构是由梁和柱组成的多层多跨度刚架,它是多层、高层房屋采用的主要钢结构形式。

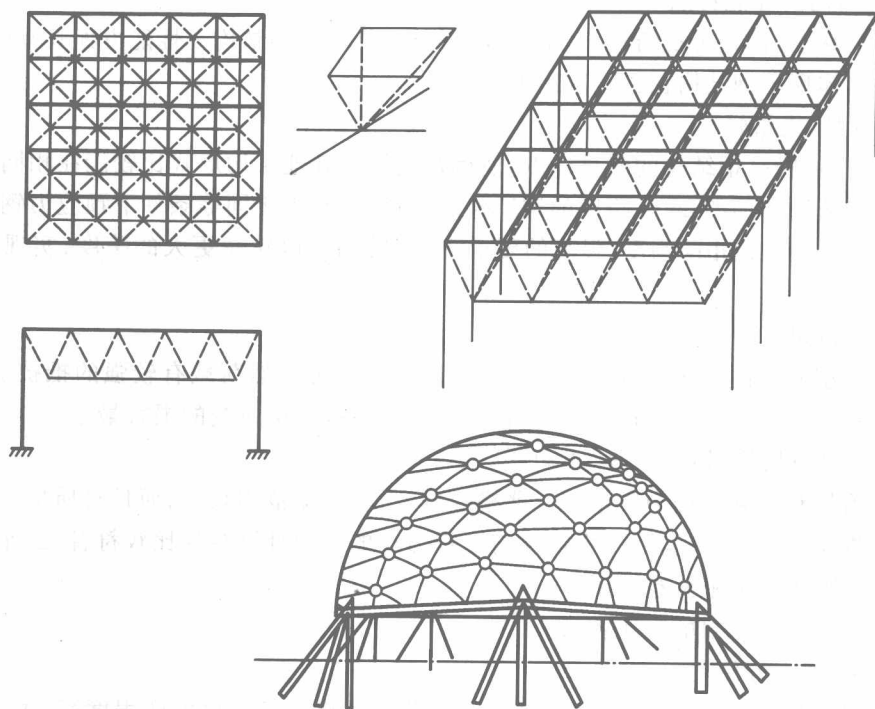


图 1.2 平板网架屋盖和空间网壳圆屋顶结构简图

结构简图如图 1.3a、b。

(4) 筒体结构

高层建筑的结构体系也可以做成空间刚架式的筒体结构,筒体结构的特点是空间整体性强,能在空间不同方向上形成整体结构体系,使得高层结构具有很大的空间刚度,筒体结构可分为框筒、筒中筒、束筒、桁架筒体结构等,其中框筒结构如图 1.3c 所示。

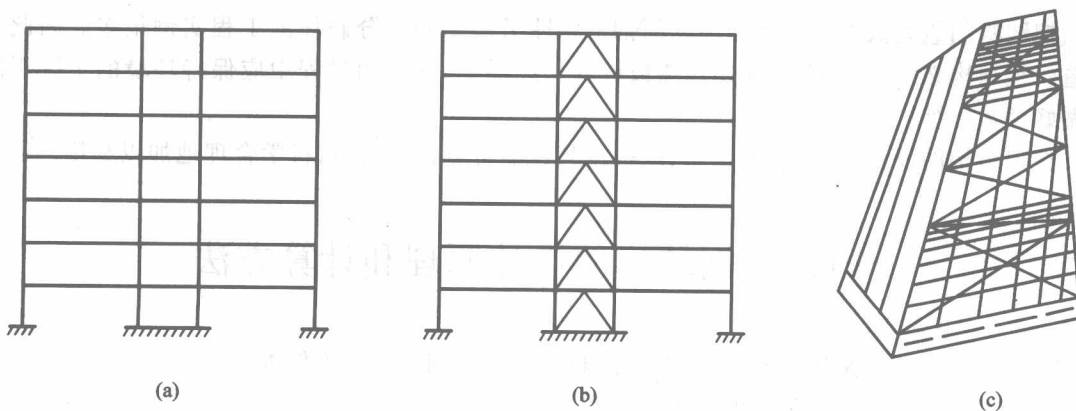


图 1.3 框架和框筒结构简图

(a) 框架;(b) 支撑式框架;(c) 框筒

(二) 钢结构的性能特点

与钢筋混凝土结构、砖石结构、木结构等其他结构比较,钢结构在性能方面具有明显的特点,这些特点突出体现了钢结构在工程应用中的优点。

(1) 强度高、重量轻

强度高、重量轻是钢结构的明显优点,使得钢结构与其他结构形式比较能在相同的自重条件下承受更大的荷载。例如 24 m 跨度的钢屋架的重量,仅相当于同等条件下预应力钢筋混凝土屋架的 $1/3 \sim 1/4$ 。因此在相同刚度、强度的要求下,钢结构可以跨越更大的跨度,实现更大的建筑高度。

(2) 塑性和韧性好

钢材是典型的塑性材料,破坏前的塑性变形大,对各种偶然荷载有较强的抵抗能力,并且能够承受较强的震动荷载。大量资料表明,在地震灾害中钢结构所受的损害最小。

(3) 钢材材质均匀,物理力学性能可靠

钢材在冶炼和轧制过程中质量可以严格控制,材质波动范围较小,而且材质均匀,各向同性,弹性工作范围大。因此,其实际工作情况与工程力学的实际计算结果比较符合,工作可靠性高。

(4) 钢材的气密性和水密性好

适合于制作各种密封的高压容器。

(5) 制作、加工方便

适合于机械化生产。可以在工厂制作,现场拼接吊装。工业化生产程度高、生产效率高、施工周期短。

(6) 耐热性好,耐火性差

钢材在 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内的温度下,材料性能变化小,耐热性较好。但是,超过 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后其物理力学性能将随温度升高而急剧变化,强度、刚度迅速降低,到 $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时便完全失去承载能力。加之钢材导热性好,局部受热会迅速导致整体升温,因此钢结构耐火性差。接触火源或其他高温热源(如长期高温辐射、炽热的熔化金属渣溅等)都会危及结构安全,因此必须采取有效的防护措施。在“9.11 事件”中,美国世贸中心钢结构大厦塌毁的主要原因就是由次生火灾所造成的。

(7) 易锈蚀

钢结构的最大缺点是易于锈蚀。因钢材锈蚀引起结构部分破坏的工程实例很多。因此,新建造的钢结构必须认真除锈,涂刷油漆或镀锌加以保护,在使用过程中应保持环境的干燥干净,并做好经常性维护。

在钢结构的设计、施工和使用中,应根据其性能特点扬长避短,科学合理地加以利用。

§ 1.2 钢结构的设计原理和计算方法

结构设计和计算是所有建筑结构课程的核心内容,钢结构也不例外。

本节主要介绍钢结构设计的基本原理和方法。

1.2.1 结构可靠度的概念

结构可靠度的概念是理解结构设计基本原理的基础。

(一) 结构的可靠性要求

建筑结构的可靠性要求指下述四项基本功能要求：

- (1) 能承受在正常施工和正常使用时可能出现的各种作用；
- (2) 在正常使用时具有良好的工作性能；
- (3) 在正常维护下具有足够的耐久性能；
- (4) 在偶然事件发生时及发生后，仍能保持必要的整体稳定性。

这四项基本功能要求统称为结构的可靠性要求，可靠性要求是各种建筑结构的基本要求，可以概括为安全性、耐久性、适用性要求。

(二) 荷载效应和结构抗力

在结构设计中，把结构所承受的荷载(包括各种外界作用)对任何一项功能指标(比如强度指标、刚度指标等)所产生的最大影响值称为该指标的荷载效应，记为 S 。结构达到极限状态时所能承受的某项功能指标的最大值称为该项指标的结构抗力，记为 R 。

影响结构抗力的因素包括：结构的组成、钢材的物理力学性能以及引起性能波动变化的各种因素；结构的施工工艺以及引起施工质量波动的各种因素；结构的工作环境以及引起环境条件波动的各种因素。通常情况下这些因素是随机变量。

影响荷载效应的因素包括：结构所承受的荷载的大小、方向和作用方式；作用时间的变化以及不同计算方法的误差和精度变化；环境因素的干扰；各种荷载效应的相互影响以及结构受力变形后产生的次生荷载的作用。通常情况下这些因素也是随机变量，因此通常情况下 R 和 S 都是随机变量函数，即

$$R = R(x_1, x_2, \dots), S = S(y_1, y_2, y_3, \dots)$$

显然， R 和 S 的比较关系是结构可靠性的基本体现：

$R > S$ 时结构抗力大于荷载效应，这是结构可靠工作的基本保证；

$R < S$ 时结构抗力小于荷载效应，结构失效；

$R = S$ 时通常称为临界状态或极限状态，极限状态在结构分析中具有重要意义。

(三) 结构可靠度的概念

结构可靠度是结构安全可靠的科学统计指标，可以通俗地理解为结构的安全可靠程度。

我国建筑结构可靠度设计统一标准(GB 50068—2001)规定，结构在规定时间内(指设计基准期，一般建筑结构取 50 年)在正常条件下完成预定功能的概率，称为结构的可靠度(或称可靠度概率)，记为 p_s ；不能完成上述预定功能的概率称为失效率，记为 p_f 。即

$$p_s = p(R > S), p_f = p(R < S)$$

显然 $p_s + p_f = 1$ 。

(四) 结构设计的目标

结构设计的目标就是保证结构的可靠度指标 p_s 大于规定的要求值，失效率 p_f 低于不允许值的上限，以切实保证结构的安全可靠。

1.2.2 承载力极限状态设计方法简介

一、承载力极限状态和正常使用极限状态

结构或构件能满足设计规定的某一功能要求的临界状态称为极限状态。超过极限状态,结构或构件便不能满足设计要求。

钢结构设计规范规定:承重结构应按下列承载力极限状态和正常使用极限状态进行设计。

① 承载力极限状态为结构或构件达到最大承载力或达到不适于继续承载的变形时的极限状态。

② 正常使用极限状态为结构或构件达到正常使用的某项规定极限时的极限状态。

二、概率极限状态设计基本原理

概率极限状态设计方法是应用概率统计理论,以极限状态为分析对象,以确保结构在基准使用年限内的可靠度为目标,提出的一种科学的结构计算方法,是目前我国结构设计计算应用的基本方法。

(一) 计算指标的标准值和设计值

(1) 标准值

指某项计算指标在结构使用期间内在正常情况下的最不利的可能值。由于各种变异因素,其可能值一般情况下是随机变量。为确保结构计算的可靠性要求,规范规定了各种计算参数的标准值取值方法和取值标准。

例如,结构所承受的各种荷载的标准值应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》的规定采用。

钢材的强度标准值,按某种钢材在强度试验时的统计数据以概率统计保证率不低于 95% 的上限值选取。

(2) 设计值

上述各种计算参数的标准值,不能直接应用于结构的计算中进行设计计算。考虑到设计计算时和施工中许多不可预计与不可避免因素造成的误差,以及使用过程中各种偶然因素对结构的影响,为保证结构的可靠度指标符合规定要求,在按极限状态进行概率分析时,规定了各种计算参量在设计计算中的取值要求,称为各指标的设计值。

设计值一般按标准值乘以(或除以)规定的荷载分项系数(或结构抗力系数)取得。结构抗力指标(强度、刚度等)的设计值,通常可由规范提供的相关表格中直接查到。荷载分项系数按结构荷载规范选取。同时,我们把按各项计算参量的设计值要求,计算所得的某项功能指标,称为该指标的设计值。例如荷载作用下杆件的弯矩设计值、轴力设计值等。

(二) 分项系数表达式的基本原理

钢结构设计规范规定,除疲劳设计外,钢结构的设计计算采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,用分项系数表达式进行计算。如结构抗力 R 和荷载效应 S 都是由一系列随机变量确定的函数

$$R = R(x_1, x_2, \dots), S = S(y_1, y_2, y_3, \dots)$$

分项系数表达式就是以

$$R(x_1, x_2, \dots) > S(y_1, y_2, \dots) \quad (1.1)$$

作为结构功能指标的基本计算式。通过对计算方法和对基本参数 $(x_1, x_2, \dots, y_1, y_2, \dots)$ 的取

值限定,确保计算结果满足结构的可靠度要求。

(三) 承载力极限状态分项系数表达式和正常使用极限状态分项系数表达式

(1) 承载力极限状态分项系数表达式

钢结构按承载力极限状态进行设计计算时,其分项系数表达式为:

承载力极限状态

$$\gamma_0 \left(\sigma_{G_d} + \sigma_{Q_{1d}} + \sum_{i=2}^n \psi_{Q_i} \sigma_{Q_{id}} \right) \leq f \quad (1.2)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数,安全等级为一级时 $\gamma_0 = 1.1$,二级时 $\gamma_0 = 1.0$,三级时 $\gamma_0 = 0.9$;

σ_{G_d} ——恒载设计值 G_d 在结构构件截面或连接中产生的应力, G_d 按下式计算:

$$G_d = \gamma_G G_k$$

G_k ——恒载标准值

γ_G ——恒载分项系数,一般采用 1.2,当恒载效应对承载力有利时采用 1.0;

$\sigma_{Q_{1d}}$ ——第一个可变荷载设计值 Q_{1d} 在结构构件截面或连接中产生的应力, Q_{1d} 按下式计算:

$$Q_{1d} = \gamma_{Q_1} Q_{1k}$$

$\sigma_{Q_{id}}$ ——其他第 i 个可变荷载设计值 Q_{id} 在结构构件截面或连接中所产生的应力, Q_{id} 按下式计算:

$$Q_{id} = \gamma_{Q_i} Q_{ik}$$

Q_{1k}, Q_{ik} ——第一个和其他第 i 个可变荷载标准值;

$\gamma_{Q_1}, \gamma_{Q_i}$ ——第一个和其他第 i 个可变荷载的分项系数,一般情况下采用 1.4,楼面可变荷载大于 4 kN/m^2 时取 1.3;各项可变荷载中,在结构构件或连接中产生应力最大者为第一个可变荷载;

ψ_{Q_i} ——第 i 个可变荷载组合值系数,一般情况下,当有风载参加组合时, $\psi_Q = 0.6$,当无风载时, $\psi_Q = 1.0$ 。

f ——结构构件和连接的材料强度设计值, $f = f_k / \gamma_R$,可直接查找附表 1.1;

f_k ——材料(焊缝指熔敷金属)强度的标准值;

γ_R ——材料抗力分项系数。钢结构设计中,对于 Q235 及 Q345(16Mn)钢 $\gamma_R = 1.087$,对于 Q390(15MnV)钢 $\gamma_R = 1.111$;

对于一般排架、框架结构,可采用下列简化设计表达式

$$\gamma_0 \left(\sigma_{G_d} + \psi \sum_{i=1}^n \sigma_{Q_{id}} \right) \leq f \quad (1.3)$$

式中 ψ ——简化设计表达式中采用的荷载组合系数,当风载与其他可变荷载组合时, $\psi = 0.85$,其他情况 $\psi = 1.0$ 。

式(1.2)和式(1.3)适用于荷载的基本组合情况。对于荷载的偶然组合,应按有关专门规范

计算。

直接承受动力荷载的结构,按式(1.2)和式(1.3)计算时,还应按有关规定乘以动力系数。计算疲劳时,应采用标准荷载。

结构的安全等级是根据结构破坏可能产生的后果的严重性来划分的。一般情况下,重要的工业与民用建筑物(如影剧院、体育馆、高层建筑等)划分为一级,一般的工业与民用建筑物划为二级,次要的建筑物则划为三级。

(2) 正常使用极限荷载分项系数表达式

对于正常使用极限状态,钢结构设计主要是控制变形和挠度。如梁的挠度、柱顶的水平位移、高层建筑层间相对水平位移等。按正常使用极限状态计算时,采用荷载标准值,不乘荷载分项系数,对于动力荷载也不乘动力系数。设计表达式为

$$\omega = \omega_{G_k} + \omega_{Q_{1k}} + \sum_{i=2}^n \psi_{Q_i} \omega_{Q_{ik}} \leq [\omega] \quad (1.4)$$

式中 ω ——挠度及变形;

$[\omega]$ ——容许挠度或变形,其值按有关规定和使用要求确定;

其余符号与式(1.2)同。式(1.2)的左边表达式是钢材的应力设计值 σ_d ,右边是材料的强度设计值。

根据弹性计算的叠加原理,在一般情况下,可以按照分项系数将荷载组合求得荷载设计值之后,再按照荷载设计值计算应力设计值 σ_d 。

$$q_d = \gamma_0 (G_d + Q_{1d} + \sum_{i=2}^n \psi_{Q_i} Q_{id}) \quad (1.5)$$
$$\sigma_d = \sigma(q_d)$$

(四) 荷载效应设计值计算实例

例 1.1 简支钢梁,计算简图如图 1.4 所示,跨度 6 m,外伸长 2 m。承受 $8 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ 的平台楼面均布荷载。楼面的活荷载标准值为 2.5 kN/m^2 ,楼面钢结构自重折算为 1.0 kN/m^2 。钢梁采用 I32a,结构的安全等级为二级。试计算钢梁跨中截面的正弯矩设计值 M 。

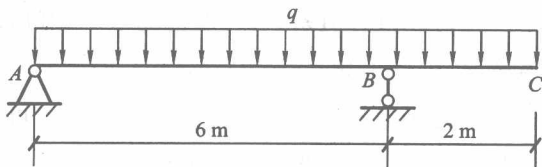


图 1.4 例 1.1 图

解:

(1) 计算钢梁所承受的荷载标准值

查型钢表知钢梁自重为 0.52 kN/m 所以恒荷载标准值为

$$q_{G_k} = (1.0 \times 4 + 0.52) \text{ kN/m} = 4.52 \text{ kN/m}$$

活荷载标准值为

$$q_{Q_k} = (2.5 \times 4) \text{ kN/m} = 10 \text{ kN/m}$$

(2) 计算荷载设计值

AB 段 $q_{1d} = \gamma_0(\gamma_G q_{G_k} + \gamma_Q q_{Q_k}) = [1.0 \times (1.2 \times 4.52 + 1.4 \times 10)] \text{ kN/m} = 19.424 \text{ kN/m}$

BC 段 $q_{2d} = 1.0 \times (1.0 \times 4.52 + 1.4 \times 10) \text{ kN/m} = 18.52 \text{ kN/m}$

(3) 计算 AB 段跨中截面弯矩设计值

$$M = \frac{1}{8} q_{1d} l^2 - \frac{1}{4} q_{2d} a^2 = \left(\frac{1}{8} \times 19.424 \times 6^2 - \frac{1}{4} \times 18.52 \times 2^2 \right) \text{ kN} \cdot \text{m} = 68.89 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

本例中如果考虑活荷载的不利布置,则

BC 段 $q_{2d} = 1.0(1.0 \times 4.52 + 0) \text{ kN/m} = 4.52 \text{ kN/m}$

$$M = \frac{1}{8} q_{1d} l^2 - \frac{1}{4} q_{2d} a^2 = \left(\frac{1}{8} \times 19.424 \times 6^2 - \frac{1}{4} \times 4.52 \times 2^2 \right) \text{ kN} \cdot \text{m} = 82.89 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

§ 1.3 钢结构课程的任务和学习要求

1.3.1 钢结构课程任务概述

钢结构课程的主要任务在于研究钢结构的承载能力,探讨钢结构的设计原理和设计方法。

钢结构课程,其任务是以我国现行钢结构设计规范为依据,讲述钢结构的基本理论、基本概念、基本设计原理和方法,介绍钢结构的施工工艺和使用维护知识。

本课程的主要内容包括:钢结构的工程应用和钢结构特点简介;钢材的主要性能、用途和有关设计指标介绍;钢结构的主要连接方式及其设计计算原理和方法介绍;各种钢结构构件(包括拉压杆、梁、柱等)的设计计算原理和计算方法介绍;钢屋盖的设计计算;钢结构维护和钢结构的拼装施工工艺以及网架结构和高层钢结构的组成介绍。

1.3.2 钢结构课程学习的基本要求

学习钢结构课程的直接目的在于获得钢结构基本理论、基本概念和有关知识,熟悉钢结构设计规范,初步掌握钢结构设计的基本原理和基本方法,为今后从事钢结构施工、制造和简单钢结构设计等工程实际工作奠定基础。

与其他工程结构课程一样,钢结构的基本计算原理也是以工程力学(包括理论力学、材料力学、结构力学)的基本理论为基础的。理解、掌握并能正确应用相关的力学原理,是学好钢结构计算理论的关键。因此,在一般的课程学习中都把力学课程安排为结构课程的先修课。在钢结构课程学习中必须注重对力学原理的理解和应用,并注意与钢筋混凝土结构、砌体结构等课程内容相互比较,融会贯通,这样可以加深对课程内容的理解和掌握。这是因为结构课程有许多共同的特点,计算原理和设计方法也有许多相似处。

钢结构设计规范条文是工程设计和工程施工必须共同遵守的技术标准,也是钢结构课程内容必须遵守的依据。规范是工程技术人员必须严格遵守的指令性文件。因此,在课程学习中必须结合章节内容理解掌握相关的规范条文,并力求在理解的基础上加以记忆,这对课程学习和今后从事实际的设计施工工作都有益处。

特别应该指出的是,与所有其他工程结构一样,随着现代科学技术的进步,钢结构技术也在不断更新发展,我们在学习钢结构的基本原理和方法的同时,还应关注钢结构的发展动向,随时学习补充新知识。

最后还要强调指出的是,无论是工程设计,还是工程施工都是严肃的科学实践,要有严谨的科学态度。在钢结构的课程学习中,无论是对结构原理、规范条文、计算方法,还是对计算实例,都必须一丝不苟,注意培养严谨认真的工作作风和工作方法。

本章小结

本章介绍钢结构的一般知识,重点讲述钢结构的特点和钢结构设计计算的基本原理和方法。

复习思考题

- 1.1 结合钢结构的工程应用简述钢结构的性能特点。
- 1.2 建筑结构的基本功能要求是什么?
- 1.3 什么是结构的可靠度,可靠度指标是什么?
- 1.4 写出承载力极限状态分项系数表达式,并说明式中各项的意义及有关取值规定。
- 1.5 恒荷载分项系数和可变荷载分项系数如何取值?并解释例 1.1 中各分项系数的取值依据。
- 1.6 材料强度设计值在一般的设计计算中是如何确定的?
- 1.7 一般情况下,在验算梁的挠度时采用荷载的标准值还是设计值?在计算截面弯矩时呢?

第二章 建筑钢材

学习目标:

本章讲述建筑钢材的力学性能,建筑钢材的种类和常用钢材的规格及其选用方法。

通过本章学习达到下列要求:

1. 明确建筑钢材的各项力学性能指标及其物理意义;
2. 了解影响钢材力学性能的各种因素及其对钢材使用的影响;
3. 熟悉钢材的分类、规格及其表示方法;
4. 掌握建筑钢材的选用原则和使用方法。

§ 2.1 概 述

钢材的品种繁多,性能各异,但建筑钢材应满足一定的性能要求,如:具有较高的屈服点和抗拉强度,从而在设计 and 建造时可以减小构件截面,减轻结构自重,增加结构的安全储备,提高结构的可靠性;具有较好的塑性,使结构在破坏前能产生较大的变形,有明显的破坏预兆;具有较好的韧性,在动力荷载作用下,可吸收较多的能量,降低脆性破坏的危险程度;具有较好的耐疲劳性能,能抵抗重复荷载的作用;具有良好的加工性能,易于加工成各种不同形式的构件,且不至于因加工而改变其性能;特殊情况下,还应具有适应低温、高温和耐腐蚀性能。

根据上述要求,我国《钢结构设计规范》(GBJ 17—88)(以下简称《规范》)推荐使用的钢材品种有 3 号钢、16 锰钢、16 锰桥钢及 15 锰钒桥钢(分别相应于新的国家钢材标准的 Q235、Q345 及 Q390 钢)。

本章针对上述内容,介绍建筑钢材的破坏形式,钢材的主要力学性能及影响钢材力学性能的各种因素,并介绍建筑钢材的常用规格品种及其选用。目的是使学习者掌握合理地选择和使用钢材的基本知识。

§ 2.2 建筑钢材的破坏形式

钢材有两种性质完全不同的破坏形式,即塑性破坏和脆性破坏。建筑钢结构所选用的钢材虽具有较好的塑性和韧性,但在一定的条件下仍然有发生脆性破坏的可能。

材料在破坏之前有显著的变形,延续较长的时间,且吸收较多的能量,使破坏有明显的预