



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

建筑结构

(第二版)

(工业与民用建筑专业)

主编 吴承霞



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材

全国中等职业教育教材审定委员会审定

建筑结构

(第二版)

(工业与民用建筑专业)

主 编 吴承霞
 副 主 编 李正兴 张渭波 黄民权
 责任主审 刘伟庆
 审 稿 郑廷银 叶燕华

责任编辑：王 芳
 封面设计：王 芳
 版式设计：王 芳
 责任校对：王 芳
 责任印制：王 芳

ISBN 978-7-04-022965-2
 010-28281000
 010-28281144
 010-28281000
 010-28281144
 010-28281000
 010-28281144
 010-28281000
 010-28281144

高等教育出版社

010-28281000

内容简介

本书是根据教育部颁布的《中等职业学校工业与民用建筑专业教学指导方案》中主干课程建筑结构的教學基本要求,并参照建设行业的职业技能鉴定规范编写的中等职业教育国家规划教材,是在2002年第一版的基础上修订而成的。

本书主要内容包括混凝土结构、砌体结构、地基与基础、建筑结构抗震和钢结构五部分。内容有建筑结构的基本设计原则、钢筋和混凝土的力学性能、钢筋混凝土受弯构件、钢筋混凝土受压构件、预应力混凝土构件基本知识、多层及高层结构、砌体材料及其力学性能、砌体结构构件及混合结构房屋、地基土基本知识与建筑基础、建筑结构抗震构造、钢结构材料、钢结构的连接、钢结构构件、钢屋盖、建筑结构施工图识读。

本书全部依据新修订的国家标准和规范编写。本书结合中等职业学校的特点,知识涵盖面宽,浅显易学,内容实用。

本书采用出版物短信防伪系统,用封底下方的防伪码,按照本书最后一页“郑重声明”下方的使用说明进行操作,可查询图书真伪并有机会赢得大奖。登录 <http://sv.hep.com.cn>,可获得图书相关信息及资源。

本书可作为中等职业学校工业与民用建筑专业教材,也可作为相关行业岗位培训教材或自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构/吴承霞主编:—2版.—北京:高等教育出版社,2009.7

工业与民用建筑专业

ISBN 978-7-04-025962-9

I. 建… II. 吴… III. 建筑结构—专业学校—教材 IV. TU3

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第088388号

策划编辑 梁建超 责任编辑 张玉海 封面设计 于涛 责任绘图 尹莉
版式设计 马敬茹 责任校对 王效珍 责任印制 韩刚

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 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 廊坊市文峰档案印务有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 18.75
字 数 490 000
插 页 9

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
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>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2002年12月第1版
2009年7月第2版
印 次 2009年7月第1次印刷
定 价 33.10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 25962-00

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从2001年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

第一版前言

本书是根据教育部 2001 年颁发的《中等职业学校工业与民用建筑专业教学指导方案》中主干课程建筑结构教学基本要求,并参照建设行业有关职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写的中等职业教育国家规划教材。

本书着重强调建筑结构知识的应用,突出培养学生解决实际问题的能力,要求学生领会结构受力原理,重点掌握施工中遇到的结构构造问题,掌握施工图表达的内容。通过工程案例分折,使学生加深对所学知识的印象并激发学习兴趣,使其掌握建筑结构的基本原理和知识,从而有效地保证建筑工程质量,减少人为建筑工程事故的发生。同时,本书注重建筑结构的新规范、新技术、新工艺及新标准的应用。

本教材的学时数为 76~132 学时,各章学时分配见下表(供参考):

章次	绪论	第一章	第二章	第三章	第四章	第五章	第六章	第七章	第八章
学时数	1	3	2	10	6	3	18	2	5
章次	第九章	第十章	第十一章	*第十二章	*第十三章	*第十四章	*第十五章	*第十六章	
学时数	14	6	6	8	6	10	12	16	

书中打*号的章节为管理岗位培养目标的必学内容,操作岗位培养目标可不学。

本书由吴承霞、陈式浩担任主编。绪论、第十、十一章(部分)由浙江东阳职业中专陈式浩编写;第一、二、三章由浙江东阳职业中专李正兴编写;第四、五章由浙江东阳职业中专胡仲洪编写;第六章由广州市建筑工程学校黄民权编写;第七、八、九、十一(部分)、十二章由河南省建筑工程学校吴承霞编写;第一、十三、十四、十五、十六章由河南省建筑工程学校张渭波编写。

本书通过全国中等职业教育教材审定委员会审定,由南京工业大学刘伟庆教授担任责任主审,南京工业大学郑廷银副教授、南京工业大学叶燕华副教授审稿。他们对书稿提出了很多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,对新修订的标准和规范学习理解不够,书中错误和缺点在所难免,恳请读者提出宝贵意见。

编者

2002 年 5 月 20 日

第二版前言

本书是根据教育部颁布的《中等职业学校工业与民用建筑专业教学指导方案》中主干课程建筑结构教学基本要求,并参照建设行业有关职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写的中等职业教育国家规划教材,是在2002年第一版的基础上修订而成的。

本次修订根据中等职业教育工业与民用建筑专业人才培养方案、教学目标、生源状况等的变化,对建筑结构课程的教学内容做了相应的调整。本书修订的原则是:弱化计算,强化构造;弱化原理,强化应用;弱化推导,强化结论;加强结构施工图的识读能力。本次修订在第一版的基础上,删减了T形截面计算、偏压构件计算、楼盖设计、刚性方案房屋计算、钢结构构件计算等内容,修改了平法识图的内容,建筑结构抗震根据2008年修订后的规范进行了修改。

本教材的学时数为100学时,各章学时分配见下表(供参考):

章次	绪论	第一章	第二章	第三章	第四章	第五章	第六章	第七章	第八章
学时数	2	4	4	10	6	2	10	4	10
章次	第九章	第十章	第十一章	第十二章	第十三章	第十四章	第十五章		
学时数	8	10	4	4	6	6	10		

本书由吴承霞担任主编,李正兴、张渭波、黄民权担任副主编。第二、三章由李正兴(浙江东阳市技术学校)编写;第四、五章由胡仲洪(浙江东阳市技术学校)编写;第六章由梁慧、黄民权(广州市建筑工程职业学校)编写;绪论、第七、八、九、十、十五章由吴承霞(河南建筑职业技术学院、河南省建筑工程学校)编写;第一、十一、十二、十三、十四章由张渭波(河南建筑职业技术学院、河南省建筑工程学校)编写。

本书采用出版物短信防伪系统,用封底下方的防伪码,按照本书最后一页“郑重声明”下方的使用说明进行操作,可查询图书真伪并有机会赢得大奖。登录<http://sv.hep.com.cn>,可获得图书相关信息及资源。

由于编者水平有限,对规范的学习理解不够,书中不足之处在所难免,恳请读者继续提出宝贵意见。

编者

2009年2月

目 录

绪论	1
复习思考题	4
第一章 建筑结构设计的基本原则	5
第一节 建筑结构荷载及其效应	5
第二节 建筑结构的可靠性	8
第三节 建筑结构的极限状态	8
第四节 概率极限状态设计法的实用设计表达式	10
复习思考题	12
第二章 钢筋和混凝土的力学性能	13
第一节 钢筋和混凝土共同工作原理	13
第二节 钢筋和混凝土材料的力学性能	14
复习思考题	18
第三章 钢筋混凝土受弯构件	19
第一节 钢筋混凝土受弯构件的一般构造	19
第二节 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力	25
第三节 钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力	36
第四节 工程质量事故案例	41
复习思考题	45
第四章 钢筋混凝土受压构件	46
第一节 受压构件的构造要求	46
第二节 轴心受压构件	48
第三节 偏心受压构件	51
复习思考题	55
第五章 预应力混凝土构件基本知识	57
第一节 预应力混凝土的基本概念	57
第二节 施加预应力的方法	58
第三节 预应力混凝土结构的材料	59
第四节 预应力损失和张拉控制应力的概念	60
第五节 预应力混凝土结构的构造要求	62
复习思考题	64
第六章 多层及高层结构	65
第一节 多层及高层房屋的结构体系	65

第二节	钢筋混凝土楼盖	71
第三节	钢筋混凝土楼梯	85
第四节	钢筋混凝土框架结构	90
第五节	结构施工图平面整体表示方法	94
复习思考题		107
第七章	砌体材料及其力学性能	108
第一节	砌体材料	108
第二节	砌体的种类及力学性能	111
复习思考题		115
第八章	砌体结构构件及混合结构房屋	116
第一节	墙体承重体系及房屋的静力计算方案	116
第二节	墙、柱的高厚比	119
第三节	受压构件	125
第四节	砌体局部受压	129
第五节	混合结构房屋构造要求	131
第六节	砌体结构常见裂缝及倒塌事故原因分析	137
复习思考题		142
第九章	地基土基本知识 with 建筑基础	143
第一节	地基土的物理性质及工程分类	143
第二节	岩土工程勘察与地基承载力	148
第三节	基础的类型	152
第四节	基础的构造	157
第五节	基础埋置深度及基础底面积的选择	162
复习思考题		167
第十章	建筑结构抗震构造措施	168
第一节	建筑抗震的基本知识	168
第二节	钢筋混凝土框架结构的抗震构造	174
第三节	多层砌体房屋的抗震构造	184
第四节	剪力墙(抗震墙)结构抗震构造措施	193
复习思考题		195
第十一章	钢结构材料	196
第一节	钢材的性能	196
第二节	钢材的种类及选用	200
复习思考题		203
第十二章	钢结构的连接	205
第一节	焊接连接	205
第二节	螺栓连接	211
复习思考题		214

第十三章 钢结构构件	215
第一节 轴心受力构件	215
第二节 受弯构件	218
复习思考题	221
第十四章 钢屋盖	222
第一节 钢屋架的形式和构造	222
第二节 屋盖支撑	225
第三节 钢屋架施工图	227
复习思考题	228
第十五章 建筑结构施工图识读	229
第一节 概述	229
第二节 混合结构房屋结构施工图识读	233
第三节 现浇钢筋混凝土框架结构施工图识读	249
复习思考题	259
附录	260
附录一 荷载计算用表	260
附录二 钢筋和混凝土力学性能表	263
附录三 钢筋混凝土受弯构件承载力计算用表	266
附录四 双向板按弹性分析的计算系数表	270
附录五 常用砌体材料的砌体力学性能表	274
附录六 砌体结构构件承载力影响系数表	276
附录七 钢材、焊缝连接、螺栓连接强度设计值	277
附录八 型钢表(部分)	279
参考文献	287

绪 论

一、建筑结构的概念和分类

建筑结构是指建筑物中用来承受荷载和其他间接作用(如温度变化引起的伸缩、地基不均匀沉降等)的体系,通常它又被称为建筑物的骨架。在房屋建筑中,组成结构的构件有板、梁、屋架、柱、墙、基础等。

根据所用材料的不同,建筑结构分为混凝土结构、砌体结构、钢结构和木结构等。

由于木结构存在强度低、易燃、易腐、结构易变形等诸多缺点,且其产量又受自然条件的限制,现已较少采用,本书不作介绍。

(一) 混凝土结构

1. 概念

以混凝土为主要材料的结构称为混凝土结构,包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构三种。素混凝土是不放钢筋的混凝土,常用于路面、垫层和一些非承重结构;在混凝土构件的适当部位放入钢筋即是钢筋混凝土结构;预应力混凝土结构是在结构或构件中配置了预应力钢筋并施加预应力的结构。

2. 优缺点

混凝土结构的优点是强度高、耐久性好、耐火性好、可模性好、整体性好、易于就地取材等。缺点是自重大、抗裂性较差,一旦损坏修复较困难。

3. 工程应用

混凝土结构最早在欧洲应用,距今已有 170 多年的历史。目前,混凝土结构已成为现代最主要的、应用最普遍的结构形式之一,广泛应用于厂房、住宅、写字楼等多层和高层建筑中,在桥梁工程、特种结构、水利及其他工程中也有大量应用。

4. 发展方向

混凝土材料主要的发展方向是高强、轻质、耐久、提高抗裂性和易于成型;钢筋的发展方向是高强、较好的延性和良好的锚固性能。在未来的工程结构中,随着新型建筑结构形式的发展,随着新施工技术、新施工工艺的使用,将会有更多的工程采用混凝土结构。

(二) 砌体结构

1. 概念

砌体结构是指用砖、石或砌块为块材,用砂浆砌筑的结构。砌体结构根据所用块材的不同,分为砖砌体、石砌体和砌块砌体三大类。

2. 优缺点

砌体结构的主要优点是能就地取材、造价低廉、有很好的耐火性和较好的耐久性、保温隔热性能好、施工方便。其缺点是自重大、强度较低、抗震性能差、砌筑工作量大。

3. 工程应用

砌体结构有悠久的历史,我国古代就用砌体结构建造城墙、佛塔、宫殿和拱桥等。隋代李春所造的河北赵县安济桥迄今已 1 400 多年,桥净跨 37.37 m,为世界上最早的单孔空腹式石拱桥。目前,在我国砌体结构主要用于建造大量的低层、中高层民用建筑(无筋砌体一般可建 5~7 层,配筋砌体可建 8~18 层)。此外,水塔、小型水池、小型工业厂房及仓库等也可用砌体结构建造。

4. 发展方向

砌体结构作为一种应用量大、面广的传统结构形式,在我国必将继续完善、发展。其发展方向应考虑“节土”、“节能”、“利废”的基本国策,积极发展新材料,发展粘土砖的替代产品,加强对高强砖及高粘结强度砂浆的研究;积极推广应用配筋砌体结构;加强对防止和减轻墙体裂缝构造措施的研究;提高砌体结构的施工技术水平和施工质量。随着建筑业的发展,砌体结构必将在现代化建设中发挥更大的作用。

(三) 钢结构

1. 概念

用钢板和各种型钢(角钢、工字钢、H 型钢等)制作而成的承重构件或承重结构统称为钢结构。

2. 优缺点

钢结构具有承载力高、重量轻、材质均匀、抗震性好、施工速度快等优点。但钢结构也存在易锈蚀、耐久性和耐火性较差、造价高等缺点。

3. 工程应用

钢结构是由生铁结构逐步发展来的,中国是最早用铁建造承重结构的国家。从 1705 年建造的四川泸定大渡河桥,到 1957 年建成的武汉长江大桥、1968 年建成的南京长江大桥,再到 2008 年北京奥运会运动场馆——鸟巢和水立方的建成无不标志着我国钢结构的发展水平。目前,钢结构主要用于大跨度屋盖、高层建筑、重型工业厂房、桥梁结构、板壳结构及塔桅结构中。

4. 发展方向

钢结构的主要发展方向是积极发展高强度钢材,不断革新结构型式,应用钢—混凝土组合构件。随着科学技术的发展,钢结构将会有更美好的未来。

二、地基与基础的概念

各种建筑都需要一个坚固的基础,一幢房屋建筑,基础造价要占到总造价的 1/5,甚至 1/3。因此,对地基基础问题必须引起足够的重视。

基础是建筑物的下部承重结构。建筑物荷载通过基础传到地层,地层中产生应力和变形的那部分土层(岩层)称为地基。地基一般包括持力层与下卧层,埋置基础的土层称为持力层,在基础范围内持力层以下的土层称为下卧层。为保证建筑物安全,基础应埋置在良好的持力层上。同时,地基应满足的基本要求是有足够的强度且变形不能过大。

基础设计必须根据地基条件——地质勘探报告进行,不能盲目套用,以免发生工程事故。

三、建筑抗震的概念

地震是一种自然灾害,强烈地震在瞬间就可对地面建筑物造成严重破坏。我国是一个多地震国家,地震区分布范围广,地震损失严重。

工程抗震被认为是防御地震灾害、减轻地震损失的一项切实有效的措施,其目的是寻求最合理的抗震设计,使在地震时能够保证结构物的安全。

四、本课程的任务和学习方法

(一) 本课程的任务

本课程是工业与民用建筑专业的一门重要专业课,内容包括:混凝土结构、砌体结构、地基基础、建筑结构抗震和钢结构五部分。本课程的任务是了解建筑结构计算的基本原则,掌握混凝土结构、砌体结构和钢结构基本构件的计算方法,理解建筑结构构件及基础的构造要求,能正确识读结构施工图。

“建筑结构”是每位将从事建筑施工的人员必须掌握的一门专业知识,是正确理解和贯彻设计意图、确定施工方案和组织施工、处理建筑施工中的结构问题、防止发生工程事故、保证工程质量所必须具备的知识。

本教材是根据我国现行规范和标准:《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)、《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)、《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)、《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)(2008年版)、《建筑工程抗震设防分类标准》(GB 50223—2008)和国标《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图》(03G101),以及现行其他有关建筑结构设计规范编写的。这些规范和标准是我国在建筑结构方面的科研成果和工程实践经验的结晶,也是工程设计、施工的重要依据。

(二) 学习方法

1. 注意和其他课程的关系

本课程与建筑力学、建筑材料、建筑识图与房屋构造、建筑施工技术等课程有着密切的关系,因此,在学习过程中要根据要求对相关课程进行必要的复习,并在运用中得到巩固和提高。

2. 注意理论联系实际

由于建筑结构课理论性较强,有些概念不易理解,因此,在学习时要经常深入工地,深入施工现场,通过现场参观,增加感性认识,提高学习兴趣,加深对所学理论知识和构造要求的理解。

3. 学习上要有科学严谨的态度和一丝不苟的学风

要熟读结构施工图,掌握图纸表达的内容,领会结构设计意图及受力原理。在工程建设中要自觉遵守国家有关规范、标准,严格按照科学规律办事,坚决杜绝施工时偷工减料、不按图施工等现象。

复习思考题

- 1 什么是建筑结构？
- 2 建筑结构按材料不同分为几类？各有什么优缺点？
- 3 学习本课程的任务是什么？

第一章 建筑结构的基本设计原则

第一节 建筑结构荷载及其效应

建筑结构在施工和使用期间要承受各种外力的作用，如人群、雪、风、自重等直接作用在建筑结构上，此外，温度变化、地基不均匀变形、地面运动等，也会间接作用在结构上。在建筑工程中通常将直接作用在结构上的外力称为荷载。

一、荷载的分类

结构上的荷载可分为三类：

(1) 永久荷载。在结构使用期间，其值不随时间变化，或其变化与平均值相比可以忽略不计，或其变化是单调的并能趋于限值的荷载。例如结构自重、土压力、预应力等。

(2) 可变荷载。在结构使用期间，其值随时间变化，且其变化与平均值相比不可忽略的荷载。可变荷载又称活荷载。例如楼(屋)面活荷载、风荷载、雪荷载、安装荷载、吊车荷载、积灰荷载等。

(3) 偶然荷载。在结构使用期间不一定出现，一旦出现，其值很大且持续时间较短的荷载称偶然荷载。例如爆炸力、撞击力等。

二、荷载代表值

在建筑结构设计时，对不同的荷载和不同的设计要求，应采用不同的代表值，以使之能更确切地反映它在设计中的特点。《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)规定：

对永久荷载应采用标准值(G_k)作为代表值；对可变荷载应根据设计要求采用标准值(Q_k)、组合值(Q_c)、频遇值(Q_f)或准永久值(Q_q)作为代表值；对偶然荷载应根据建筑结构使用的特点确定其代表值。

(1) 荷载标准值。它是荷载的基本代表值，指结构在使用期间可能出现的最大荷载值。统一由设计基准期(50年)最大荷载概率分布的某个分位值来确定。荷载标准值参见附表1-1、附表1-2和附表1-3。

(2) 可变荷载组合值。当结构同时承受两种或两种以上的可变荷载时，考虑到荷载同时达到最大值的可能性较小，因此除主导荷载(产生最大荷载效应的荷载)仍以其标准值为代表值外，对其他伴随荷载，可以将它们的标准值乘以一个小于1的荷载组合值系数作为代表值，称为可变荷载组合值，即

$$Q_c = \psi_c Q_k \quad (1-1)$$

式中 Q_c ——可变荷载组合值；

ψ_c ——可变荷载组合值系数，取值见附表 1-2、附表 1-3；

Q_k ——可变荷载标准值。

(3) 可变荷载频遇值。在设计基准期内，其超越的总时间为规定的较小比率或超越频率为规定频率的荷载值。它相当于在结构上时而或多次出现的较大荷载，但总是小于荷载的标准值。其值等于可变荷载标准值乘以可变荷载频遇值系数：

$$Q_f = \psi_f Q_k \quad (1-2)$$

式中 Q_f ——可变荷载频遇值；

ψ_f ——可变荷载频遇值系数，取值见附表 1-2、附表 1-3。

(4) 可变荷载准永久值。在设计基准期内，其超越的总时间约为设计基准期一半(可以理解为总持续时间不低于 25 年)的荷载值。也就是经常作用于结构上的可变荷载。其值等于可变荷载标准值乘以可变荷载准永久值系数：

$$Q_q = \psi_q Q_k \quad (1-3)$$

式中 Q_q ——可变荷载准永久值；

ψ_q ——可变荷载准永久值系数，取值见附表 1-2 和附表 1-3。

三、荷载分布形式

(1) 均布面荷载。在均匀分布的荷载作用面上，单位面积上的荷载称为均布面荷载，其单位为 N/m^2 或 kN/m^2 (图 1-1a)。

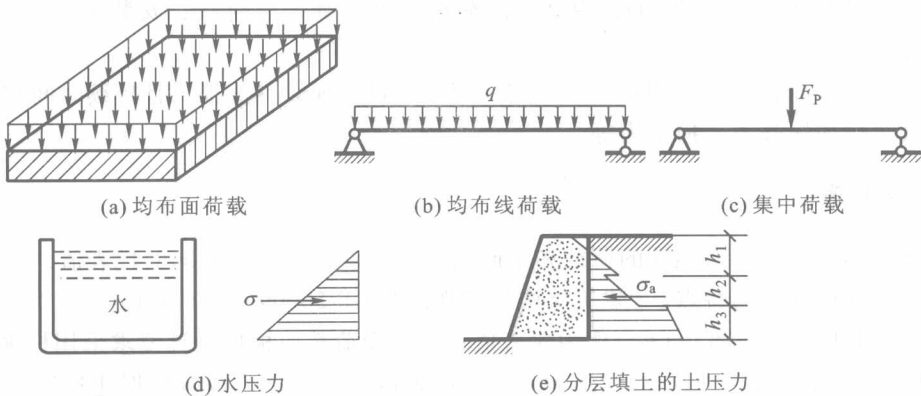


图 1-1 荷载的分布形式

(2) 均布线荷载。沿跨度方向单位长度的均布荷载称为均布线荷载(图 1-1b)，其单位为 N/m 或 kN/m 。如果已知均布面荷载，则乘以荷载分布宽度，就得到沿长度方向的均布线荷载。

(3) 非均布线荷载。单位长度上的线荷载不是均匀分布时，称为非均布线荷载，例如游泳池壁上的水压为竖向三角形分布(图 1-1d)，挡土墙墙背上的土压力为三角形或梯形分布(图 1-1e)。

(4) 集中荷载。集中地作用于微小面积上的荷载，可以近似地认为集中作用于一点的荷载，称为集中荷载(图 1-1c)，其单位为 N 或 kN 。

【例 1-1】某钢筋混凝土大梁宽度为 200 mm，高为 500 mm，已知钢筋混凝土自重为 25 kN/m³。试计算沿跨度 L 方向自重引起的线荷载标准值是多少？

【解】线荷载(每米重力) $g_k = \frac{\text{总重力}}{\text{跨度}} = \frac{25 \text{ kN/m}^3 \times 0.2 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times L}{L} = 2.5 \text{ kN/m}$

自重引起的线荷载标准值为 2.5 kN/m。

【例 1-2】某现浇钢筋混凝土(自重见上题)走道板板厚 70 mm，板面水泥砂浆厚 20 mm，板底纸筋灰厚 5 mm，已知水泥砂浆自重 20 kN/m³，纸筋灰自重 16 kN/m³。求板面均布面荷载的标准值。

【解】板自重： $0.07 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 1.75 \text{ kN/m}^2$

板面水泥砂浆： $0.02 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3 = 0.40 \text{ kN/m}^2$

板底纸筋灰： $0.005 \text{ m} \times 16 \text{ kN/m}^3 = 0.08 \text{ kN/m}^2$

每平方米总重力(面荷载)： 2.23 kN/m^2

即板面上永久荷载的标准值为 2.23 kN/m²。

四、荷载设计值

荷载设计值为荷载分项系数与荷载代表值的乘积。

1. 永久荷载设计值 G

永久荷载设计值为永久荷载分项系数 γ_G 与永久荷载标准值 G_k 的乘积，即 $G = \gamma_G G_k$ 。

永久荷载分项系数按表 1-1 采用：

表 1-1 基本组合的荷载分项系数

永久荷载分项系数 γ_G				可变荷载分项系数 γ_Q	
其效应对结构不利时		其效应对结构有利时			
由可变荷载效应控制的组合	1.2	一般情况	1.0	一般情况	1.4
由永久荷载效应控制的组合	1.35	对结构的倾覆、滑移或漂浮验算	0.9	对标准值大于 4 kN/m ² 的工业房屋楼面结构的荷载	1.3

2. 可变荷载设计值 $Q(Q_i)$

当采用荷载标准值时，可变荷载设计值为可变荷载分项系数 γ_Q (γ_{Qi}) 与可变荷载标准值 Q_k (Q_{ik}) 的乘积： $Q = \gamma_Q Q_k$ (或 $Q_i = \gamma_{Qi} Q_{ik}$)。

当采用荷载组合值时，可变荷载设计值为可变荷载分项系数 γ_Q 与可变荷载组合值 $Q_c = \psi_c Q_k$ 的乘积： $Q = \gamma_Q \psi_c Q_k$ (或 $Q_i = \gamma_{Qi} \psi_{ci} Q_{ik}$) (括号内对应为第 i 个可变荷载的相应值)。

可变荷载的分项系数 γ_Q 按表 1-1 采用。

五、荷载效应

荷载效应是指由于施加在结构上的荷载产生的结构内力与变形，如拉、压、剪、扭、弯等

内力和伸长、压缩、挠度、转角等变形以及产生裂缝、滑移等后果。在分析荷载 Q (永久或可变荷载) 与荷载效应 S 的关系时, 可假定两者之间呈线性关系, 即

$$S = CQ$$

其中 C 是荷载效应系数。比如一根受均布荷载 q 作用的简支梁(跨度为 l), 其支座处剪力 V 为 $\frac{1}{2}ql$, $\frac{1}{2}l$ 就是荷载效应系数; 跨中弯矩 $M = \frac{1}{8}ql^2$, $\frac{1}{8}l^2$ 就是荷载效应系数; 等等。

第二节 建筑结构的可靠性

一、结构的功能要求

任何建筑结构都是为了满足使用所要求的功能而设计的。建筑结构在规定的设计使用年限内, 应满足下列功能要求:

(1) 安全性。即结构在正常施工和正常使用时能承受可能出现的各种作用, 在设计规定的偶然事件发生时及发生后, 仍能保持必需的整体稳定。

(2) 适用性。即结构在正常使用条件下具有良好的工作性能。例如不发生过大的变形或振幅, 以免影响使用, 也不发生足以令用户不安的裂缝。

(3) 耐久性。即结构在正常维护下具有足够的耐久性能。例如混凝土不发生严重的风化、脱落, 钢筋不发生严重锈蚀, 以免影响结构的使用寿命。

结构的安全性、适用性和耐久性总称为结构的可靠性。

二、结构的可靠性

结构的可靠性可以这样定义: 结构在规定的时间内, 在规定的条件下, 完成预定功能的能力。这里所说的“规定的时间”, 一般指基准使用期, 即 50 年; “规定的条件”, 一般指正常设计、正常施工、正常使用条件, 未考虑人为的过失。

结构可靠性的概念外延显然比安全性大, 结构可靠度则是可靠性的定量指标。《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)(以下简称《统一标准》)对可靠度的定义是: “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”。由此可见, 结构可靠度是可靠性的概率度量。

第三节 建筑结构的极限状态

一、极限状态的概念

结构的可靠度设计, 判断其功能是否满足要求常以“极限状态”为标志, 并以此作为结构设计的准则。

结构从开始承受荷载直至最终破坏要经历不同的阶段, 处于不同的工作状态。当结构安全可靠地工作, 能够完成预定的各项功能时, 处于可靠或有效状态; 反之则处于不可靠或失效状