



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

主 编 胡兴福

建筑结构

工业与民用建筑专业

中国建筑工业出版社

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
全国建设行业中等职业教育推荐教材

建 筑 结 构

(工业与民用建筑专业)

主 编 胡兴福
责任主审 刘伟庆
审 稿 徐秀丽 董 静

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构/胡兴福主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2003

中等职业教育国家规划教材. 工业与民用建筑专业

ISBN 7-112-05389-7

I. 建... II. 胡... 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 (2003) 第 017528 号

本书根据教育部 2001 年 5 月批准的中等职业学校工业与民用建筑专业《建筑结构课程基本要求》编写, 全书共 16 章, 即: 结构设计原则、钢筋混凝土材料的力学性能、钢筋混凝土受弯构件承载力计算、钢筋混凝土受压构件承载力计算、预应力混凝土构件基本知识、多层及高层结构、砌体材料及砌体的力学性能、砌体结构构件承载力计算、混合结构房屋、钢结构的材料、钢结构的连接、钢结构的构件计算、钢屋盖、地基土基本知识、建筑基础、建筑结构抗震构造措施。

本书主要用作中等职业学校工业与民用建筑专业教材, 也可作为其他专业或职业培训教材。

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
全国建设行业中等职业教育推荐教材

建筑结构

(工业与民用建筑专业)

主 编 胡兴福

责任主审 刘伟庆

审 稿 徐秀丽 董 静

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市安泰印刷厂印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 16 插页: 12 字数: 388 千字

2003 年 6 月第一版 2005 年 2 月第六次印刷

印数: 20501—27500 册 定价: 26.00 元

ISBN 7-112-05389-7

TU · 4713 (11003)

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)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

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

2002 年 10 月

前 言

本教材是为了适应工业与民用建筑专业教学改革的急需,根据教育部2001年5月批准的《中等职业学校工业与民用建筑专业培养方案》和《建筑结构课程基本要求》编写的。

编写过程中,编者着力贯彻能力本位思想,紧紧抓住培养学生识读结构施工图能力这一核心。围绕这一核心,一是注重结构基本概念和结构构造的介绍,并对结构构造作必要原因分析;二是注重结构标准图(通用图)的教学,编写了各种构件标准图识读的内容;三是编写了各种结构的施工图绘制与识读内容,并附有钢筋混凝土房屋、混合结构房屋、钢屋架施工图实例。在教材内容的取舍上,注意针对性和实用性,坚持必需够用的原则,并努力做到理论联系实际;在教材内容的组织和表达上,力求既注重知识的内在逻辑联系,又注意对学生逻辑思维能力的训练,图文并重,直观易学。

本教材按《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB50068—2001)、《建筑结构荷载规范》(GB50009—2001)、《混凝土结构设计规范》(GB50010—2001)、《砌体结构设计规范》(GB50003—2001)、《钢结构设计规范》(GB50017(送审稿))、《建筑抗震设计规范》(GB50011—2001)、《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)和《建筑结构制图标准》GB/T 50105—2001编写。

本教材由四川建筑职业技术学院胡兴福(绪论、第一章~第六章)、山西建筑工程职业技术学院杨太生(第十章~第十五章)、云南省建筑工程学校程建民(第七章~第九章、第十六章)编著,胡兴福任主编。四川建筑职业技术学院周耀军提供了附图一,并由徐秀丽、董静审稿,刘伟庆责任主审。谨此表示衷心感谢。

由于对新规范理解不深,加之编者水平有限,书中疏漏不妥之处难免,恳请读者批评指正。

目 录

绪论	1
思考题	4
第一章 建筑结构设计的基本原则	5
第一节 荷载	5
第二节 结构功能及其极限状态	8
第三节 极限状态设计表达式	9
第四节 混凝土结构的耐久性规定	11
思考题	12
习题	12
第二章 钢筋混凝土结构材料的力学性能	13
第一节 钢筋	13
第二节 混凝土	18
第三节 钢筋和混凝土共同工作	18
思考题	21
第三章 钢筋混凝土受弯构件承载力计算	22
第一节 构造要求	22
第二节 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	28
第三节 单筋 T 形截面受弯构件正截面承载力计算	33
第四节 受弯构件斜截面承载力计算	39
思考题	46
习题	46
第四章 钢筋混凝土受压构件承载力计算	48
第一节 构造要求	48
第二节 轴心受压构件的承载力计算	50
第三节 偏心受压构件的承载力计算	53
思考题	59
习题	59
第五章 预应力混凝土构件基本知识	60
第一节 预应力混凝土的基本概念	60
第二节 张拉控制应力与预应力损失	63
第三节 预应力混凝土构件的材料及构造要求	65
思考题	69
第六章 多层及高层结构	70

第一节	多层与高层建筑结构体系	70
第二节	钢筋混凝土框架结构	72
第三节	钢筋混凝土楼盖	78
第四节	钢筋混凝土楼梯	90
第五节	钢筋混凝土房屋结构施工图	96
思考题	.....	104
第七章	砌体材料及砌体的力学性能	105
第一节	砌体材料	105
第二节	砌体的力学性能	108
思考题	.....	113
第八章	砌体结构构件承载力计算	114
第一节	无筋砌体受压构件承载力计算	114
第二节	无筋砌体局部受压承载力计算	117
思考题	.....	120
习题	.....	120
第九章	混合结构房屋	122
第一节	房屋静力计算方案	122
第二节	墙、柱高厚比验算	123
第三节	刚性方案房屋计算简介	126
第四节	混合结构房屋构造要求	128
第五节	过梁、雨篷、圈梁	130
第六节	混合结构房屋施工图	134
习题	.....	135
第十章	钢结构的材料	137
第一节	建筑用钢材	137
第二节	钢材的力学性能	138
思考题	.....	143
第十一章	钢结构的连接	145
第一节	焊缝连接	145
第二节	螺栓连接	160
思考题	.....	168
习题	.....	168
第十二章	钢结构构件的计算	169
第一节	轴心受力构件	169
第二节	受弯构件	175
第三节	偏心受力构件	181
思考题	.....	181
习题	.....	181
第十三章	钢屋盖	183

第一节	钢屋盖的结构组成与布置	183
第二节	钢屋架的节点构造	187
第三节	钢屋架施工图	192
	思考题	193
第十四章	地基土基本知识	194
第一节	土的组成及物理性质指标	194
第二节	地基岩土的工程分类及特征	199
第三节	地基承载力	204
第四节	工程地质勘察报告	206
	思考题	208
	习题	208
第十五章	建筑基础	209
第一节	基础埋置深度	209
第二节	基础的类型与构造	210
第三节	无筋扩展基础设计简介	216
第四节	基础施工图	219
	思考题	225
	习题	226
第十六章	建筑结构抗震构造措施	227
第一节	地震基本知识	227
第二节	钢筋混凝土框架结构抗震构造措施	231
第三节	多层砌体房屋和底部框架房屋抗震构造措施	235
	思考题	242
附录	普通热轧型钢表 (摘要)	243
主要参考文献		248

绪 论

一、建筑结构的概念及分类

建筑是供人们生产、生活和进行其他活动的房屋或场所。各类建筑都离不开梁、板、墙、柱、基础等构件，它们相互连接形成建筑的骨架。建筑中由若干构件连接而成的能承受作用的平面或空间体系称为建筑结构，在不致混淆时可简称结构。这里所说的“作用”，是指能使结构或构件产生效应（内力、变形、裂缝等）的各种原因的总称。作用可分为直接作用和间接作用。直接作用即习惯上所说的荷载，是指施加在结构上的集中力或分布力系，如结构自重、家具及人群荷载、风荷载等；间接作用是指引起结构外加变形或约束变形的原因，如地震、基础沉降、温度变化等。

按照结构所用材料不同，建筑结构可分为以下几种类型：

（一）混凝土结构

混凝土结构是以混凝土为主制作的结构，它包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构等，其中钢筋混凝土结构应用最为广泛。

钢筋混凝土结构具有以下优点：

（1）易于就地取材。钢筋混凝土的主要材料是砂、石，而这两种材料几乎到处都有，并且水泥和钢材的产地在我国分布比较广，这有利于降低工程造价。

（2）耐久性好。钢筋混凝土结构中，钢筋被混凝土紧紧包裹而不易锈蚀，并且混凝土的强度还能随龄期不断提高，因此具有很好的耐久性，几乎不用维修。

（3）抗震性能好。钢筋混凝土结构特别是现浇结构具有很好的整体性，能抵御地震作用，这对于地震区的建筑物有重要意义。

（4）可塑性好。混凝土拌和物是可塑的，可根据工程需要制成各种形状的构件，这给合理选择结构形式及构件断面提供了方便。

（5）耐火性好。在钢筋混凝土结构中，钢筋被混凝土包裹着，而混凝土的导热性很差，因此发生火灾时钢筋不致很快达到软化温度而造成结构破坏。

由于上述优点，钢筋混凝土结构不但被广泛应用于多层与高层住宅、宾馆、写字楼以及单层与多层工业厂房等工业与民用建筑中，而且水塔、烟囱、核反应堆等特种结构也多采用钢筋混凝土结构。当然，钢筋混凝土也有一些缺点，主要是自重大，抗裂性能差，现浇结构模板用量大，工期长等等。但随着科学技术的不断发展，这些缺点可以逐渐克服，例如采用轻集料混凝土可以减轻结构自重，采用预应力混凝土可以提高构件的抗裂性能，采用预制构件可以减小模板用量，缩短工期。

（二）砌体结构

由块体（砖、石材、砌块）和砂浆砌筑而成的墙、柱作为建筑物主要受力构件的结构称为砌体结构，它是砖砌体结构、石砌体结构和砌块砌体结构的统称。

砌体结构主要有以下优点：

(1) 容易就地取材。砌体结构所用的原材料如粘土、砂子、天然石材等几乎到处都有,因而比钢筋混凝土结构更为经济,并能节约水泥、钢材和木材。

(2) 具有良好的耐火性及耐久性。

(3) 具有良好的保温、隔热、隔声性能。

(4) 施工简单,技术容易掌握和普及,也不需要特殊的设备。

砌体结构在我国房屋建筑中占有很大比例。砌体结构的主要缺点是自重大、强度尤其抗拉强度低、整体性差。

在实际工程中,砌体结构主要用作房屋结构中的竖向承重构件(如墙、柱等),而水平承重构件(如梁、板等)多为钢筋混凝土结构。这种由两种及两种以上材料作为主要承重结构的房屋,称为混合结构。

(三) 钢结构

钢结构系指以钢材为主制作的结构。它具有以下优点:

(1) 材料强度高,自重轻,塑性和韧性好,材质均匀;

(2) 便于工厂生产和机械化施工,便于拆卸;

(3) 具有优越的抗震性能;

(4) 无污染、可再生、节能、安全,符合建筑可持续发展的原则,可以说钢结构的发展是 21 世纪建筑文明的体现。

钢结构的缺点是易腐蚀,耐火性差,工程造价和维护费用较高。钢结构的应用正日益增多,尤其是在高层建筑及大跨度结构(如屋架、网架、悬索等结构)中。

(四) 木结构

木结构是指全部或大部分用木材制作的结构。这种结构易于就地取材,制作简单,但易燃、易腐蚀、变形大,并且木材使用受到国家严格限制,因此已很少采用。

二、建筑结构的发展趋势

建筑结构有着悠久的历史。我国黄河流域的仰韶文化遗址就发现了公元前 5000 年~前 3000 年的房屋结构痕迹。金字塔(建于公元前 2700 年~前 2600 年)、万里长城都是结构发展史上的辉煌之作。17 世纪工业革命后,资本主义国家工业化的发展,推动了建筑结构的发展。17 世纪开始使用生铁,19 世纪初开始使用熟铁建造桥梁和房屋。自 19 世纪中叶开始,钢结构得到了蓬勃发展。19 世纪 20 年代水泥的发明,使混凝土得以问世,随后出现了钢筋混凝土结构。20 世纪 30 年代预应力混凝土结构的出现,使混凝土结构的应用范围更为广泛。目前,钢结构房屋的高度已达 450m(马来西亚吉隆坡国营石油公司大厦),钢筋混凝土结构房屋的高度达 305.4m(朝鲜平壤柳京饭店),钢索桥的跨度达 1410.8m(英国亨伯钢索桥)。

虽然建筑结构已经历了漫长的发展过程,但至今仍生机勃勃,不断发展。概括起来,建筑结构主要有以下发展趋势:

理论方面,随着研究的不断深入、统计资料的不断积累,结构设计方法将会发展至全概率极限状态设计方法;衡量结构安全的可靠度理论也在逐渐发展,目前有学者提出全过程可靠度理论,将可靠度理论应用到工程结构设计、施工与使用的全过程中,以保证结构的安全可靠;随着模糊数学的发展,模糊可靠度的概念正在建立;随着计算机的发展,工程结构计算正向精确化方向发展,结构的非线性分析是发展趋势。

材料方面,混凝土将向轻质高强方向发展。目前我国混凝土强度可达 $80 \sim 100 \text{ N/mm}^2$,估计不久将普遍达到 100 N/mm^2 ,特殊工程可达 400 N/mm^2 。目前高强混凝土的塑性性能不如普通混凝土,研制塑性好的高强混凝土是今后的发展方向。轻质混凝土主要是采用轻质集料,轻质集料主要有轻集料(如浮石、凝灰石等)、人造轻集料(页岩陶粒、粘土陶粒、膨胀珍珠岩等)、工业废料(炉渣、矿渣粉煤灰陶粒等)。轻质混凝土的强度目前还不高,一般为 $5 \sim 20 \text{ N/mm}^2$,今后要开发高强度的轻质混凝土。为改善混凝土抗拉性能差、延性差的缺点,在混凝土中掺入纤维是有效的途径,纤维混凝土的研究目前发展迅速,掺入的纤维有钢纤维、耐碱玻璃纤维、聚丙烯纤维或尼龙合成纤维等。碾压混凝土也是近年来发展较快的新型混凝土,它可用于大体积混凝土结构、公路路面及机场道面,其特点是施工机械化程度高、效率高、劳动条件好、工期短。除此之外,许多特种混凝土如膨胀混凝土、聚合物混凝土、浸渍混凝土等也在研制、应用之中。高强钢筋目前也发展较快。现在强度达 $400 \sim 600 \text{ N/mm}^2$ 的高强度普通钢筋已开始应用,今后将超过 1000 N/mm^2 。目前高强钢筋主要是冷轧钢筋,包括冷轧带肋钢筋和冷轧扭钢筋。为减小裂缝宽度,焊成梯格形的双钢筋也在开始应用。砌体结构材料也在向轻质高强方向发展。途径之一是发展空心砖。国外空心砖的抗压强度已普遍达 $30 \sim 60 \text{ N/mm}^2$,甚至高达 100 N/mm^2 以上,孔洞率也达 40% 以上。另一途径是在粘土内掺入可燃性植物纤维或塑料珠,锻烧后形成气泡空心砖,它不仅自重轻,且隔声、隔热性能好。砌体结构材料另一个发展趋势是高强砂浆。钢结构材料主要是向高效能方向发展。除提高材料强度外,还应大力发展型钢,如 H 型钢可直接作梁和柱,采用高强度螺栓连接,施工非常方便。压型钢板也是一种新产品,它能直接作屋盖,也可在上面浇上一层混凝土作楼盖,作楼盖时压型钢板既是楼板的受拉钢筋,又是模板。

结构方面,空间钢网架发展十分迅速,最大跨度已逾百米。悬索结构、薄壳结构也是大跨度结构发展的方向。高层砌体结构也开始应用。为克服传统体系砌体结构水平承载力低的缺点,一个途径是使墙体只受竖向荷载,将所有的水平荷载由钢筋混凝土内核心筒承受,形成砖墙—筒体体系;另一个途径就是对墙体施加预应力,形成预应力砖墙。组合结构也是结构发展的方向。目前型钢混凝土、钢管混凝土、压型钢板叠合梁等已广泛应用。另外在超高层建筑结构中还采用钢框架与内核心筒共同受力的组合体系,能充分利用材料优势。

三、本课程的任务和学习方法

本课程包括钢筋混凝土结构、砌体结构、钢结构、地基基础和建筑结构抗震五部分内容。通过该课程的学习,应能了解建筑结构计算的基本原则,掌握钢筋混凝土结构、砌体结构和钢结构基本构件的计算方法,理解结构构件和建筑基础的构造要求,能正确识读结构施工图,并能理解建筑施工中的一般结构问题。

本课程是工业与民用建筑专业的主干专业课。要学好本课程,除应象学习其他课程那样,做到勤看、勤思、勤记、勤练、勤问之外,还应注意以下几点:

(1) 本课程的内容涉及数学、力学、建筑识图与构造、建筑材料等先修课,同时又是学习建筑施工技术、建筑工程预算等课程的基础。因此,学习本课程时,应与相关知识相联系,必要时还要旧课重温,只有这样才能使新知识植根于旧知识,才能培养自己的综合分析能力和归纳能力,使新知识得到巩固和提高。

(2) 本课程是一门实践性很强的课程，其理论本身就来源于生产实践，它是前人通过大量工程实践的经验总结。因此，学习本课程时，不能满足于学好书本知识，应通过实习、参观等各种渠道向工程实践学习，真正做到理论联系实际。只有这样，书本知识才能得到升华。

(3) 本课程同力学课既有联系又有区别。本课程所研究的对象，除钢结构外都不符合匀质弹性材料的条件，因此力学公式多数不能直接应用，但从通过几何、物理和平衡关系来建立基本方程来说，二者是相同的。所以，在应用力学原理和方法时，必须考虑材料性能上的特点。

(4) 识图能力是中职工民建专业学生的核心能力之一，而正确识读结构施工图正是本课程的落脚点。为了达到这一目的，一方面要注意掌握基本的结构概念，另一方面应理解和熟悉有关结构构造要求，这是识图的基础。当然，实际的识图训练是必不可少的。读者最好能识读几套不同结构类型的施工图，包括相关的通用图（标准图），因为它是结构施工图的组成部分。

(5) 本课程与结构设计规范密切相关。结构设计规范是国家颁布的关于结构设计计算和构造要求的技术规定和标准，设计、施工等工程技术人员都必须遵循之。因此在学习中应熟悉并学会应用有关规范。

思 考 题

1-1 什么是建筑结构？根据所用材料不同，建筑结构可分为哪几类？各有何优缺点？

1-2 什么是结构上的作用？什么是荷载？二者有何区别与联系？

第一章 建筑结构设计的基本原则

第一节 荷载

如绪论中所述，荷载（或称直接作用）是指直接作用在结构上的集中力或分布力。

一、荷载的分类

按随时间的变异，结构上的荷载可分为以下三类：

1. 永久荷载

永久荷载是指在设计基准期内量值不随时间变化，或者其变化与平均值相比可忽略不计的荷载，如结构自重、土压力等。永久荷载也称为恒荷载。这里的设计基准期是为确定可变荷载代表值及与时间有关的材料性能等取值而选用的时间基准。《建筑结构可靠度设计统一标准》（GB 50068—2001）（以下简称《统一标准》）取结构的设计基准期为 50 年。

2. 可变荷载

可变荷载是指在设计基准期内量值随时间变化，且其变化值与平均值相比不可忽略的荷载，如楼面活荷载、屋面活荷载、风荷载、雪荷载、吊车荷载等。可变荷载也称为活荷载。

3. 偶然荷载

偶然荷载是指在设计基准期内不一定出现，而一旦出现，其量值很大且持续时间很短的荷载，如爆炸力、撞击力等。

二、荷载代表值

结构设计时，根据不同的工作状态取用的荷载量值称为荷载代表值。永久荷载采用标准值为代表值，可变荷载采用标准值、组合值、频遇值或准永久值为代表值。

（一）荷载标准值

作用于结构上的荷载的大小具有变异性。例如结构自重等永久荷载，虽可事先根据结构的设计尺寸和材料单位重量计算出来，但施工时的尺寸偏差，材料单位重量的变异性等原因，使结构的实际自重并不完全与计算结果相吻合。至于可变荷载的大小，其不定因素则更多。荷载标准值就是结构在正常使用期间（即设计基准期内）具有一定保证率的、可能出现的最大荷载值，它是荷载的基本代表值。

1. 永久荷载标准值

永久荷载主要是结构自重及粉刷、装修、固定设备的重量。结构自重的标准值一般可按设计尺寸与材料或结构构件单位体积（或单位面积）的自重标准值计算。部分常用材料和构件的单位自重见表 1-1，其余见《建筑结构荷载规范》（GB 50009—2001）（以下简称《荷载规范》）。

2. 可变荷载标准值

民用建筑楼面均布活荷载标准值见表 1-2。设计楼面梁、墙、柱及基础时，表中活荷

载标准值应按规定折减，详见《荷载规范》。

工业与民用建筑的屋面均布活荷载按水平投影面计算，其标准值按表 1-3 采用。

其余可变荷载，如工业建筑楼面活荷载、风荷载、雪荷载、厂房屋面积灰荷载等详见《荷载规范》。

部分常用材料和构件自重 表 1-1

序号	名 称	单位	自重	备 注
1	素混凝土	kN/m ³	22~24	振捣或不振捣
2	钢筋混凝土	kN/m ³	24~25	
3	石灰砂浆、混合砂浆	kN/m ³	17	
4	水泥砂浆	kN/m ³	20	
5	浆砌普通砖砌体	kN/m ³	18	
6	钢	kN/m ³	72.5	
7	油毡防水层（包括改性沥青防水卷材）	kN/m ²	0.05	一层油毡刷油两遍
			0.25~0.3	四层做法，一毡二油上铺小石子
			0.3~0.35	六层做法，二毡三油上铺小石子
			0.35~0.4	八层做法，三毡四油上铺小石子
8	水磨石地面	kN/m ²	0.65	10mm 面层，20mm 水泥砂浆打底
9	硬木地板	kN/m ²	0.2	厚 25mm，不包括搁栅自重
10	小瓷砖地面	kN/m ²	0.55	包括水泥粗砂打底
11	木框玻璃窗	kN/m ²	0.2~0.3	
12	钢框玻璃窗、钢铁门	kN/m ²	0.4~0.45	
13	木门	kN/m ²	0.1~0.2	
14	贴瓷砖墙面	kN/m ²	0.5	包括水泥砂浆打底，共厚 25mm
15	水刷石墙面	kN/m ²	0.5	25mm 厚，包括打底
16	水泥粉刷墙面	kN/m ²	0.36	20mm 厚，水泥粗砂
17	石灰粗砂粉刷	kN/m ²	0.34	20mm 厚

（二）可变荷载组合值

两种或两种以上可变荷载同时作用于结构上时，所有可变荷载同时达到其单独出现时可能达到的最大值的概率极小，因此，除主导荷载（产生最大效应的荷载）仍可以其标准值为代表值外，其他伴随荷载均应以小于标准值的荷载值为代表值，此即可变荷载组合值。

可变荷载组合值可表示为 $\psi_c Q_k$ 。其中 ψ_c 为可变荷载组合值系数， Q_k 为可变荷载标准值。民用建筑楼面均布活荷载的组合值系数、工业与民用建筑屋面均布活荷载的组合值系数分别见表 1-2、表 1-3。

（三）可变荷载频遇值

可变荷载频遇值是指在设计基准期内被超越的总时间仅为设计基准期一小部分的荷载值。

可变荷载频遇值可表示为 $\psi_f Q_k$ 。其中 ψ_f 为频遇值系数，民用建筑楼面均布活荷载的

频遇值系数、工业与民用建筑屋面均布活荷载的频遇值系数分别见表 1-2、表 1-3。

民用建筑楼面均布活荷载 表 1-2

项次	类 别			活荷载标准 值(kN/m ²)	组合值系 数 ψ_c	频遇值系 数 ψ_f	准永久值 系数 ψ_q
1	(1)住宅、宿舍、旅馆、办公楼、医院病房、托儿所、幼儿园			2.0	0.7	0.5	0.4
	(2)教室、试验室、阅览室、会议室、医院门诊室					0.6	0.5
2	食堂、餐厅、一般资料档案室			2.5	0.7	0.6	0.5
3	(1)礼堂、剧场、影院、有固定座位的看台			3.0	0.7	0.5	0.3
	(2)公共洗衣房					0.6	0.6
4	(1)商店、展览厅、车站、港口、机场大厅及其旅客等候室			3.5	0.7	0.6	0.5
	(2)固定座位的看台					0.5	0.3
5	(1)健身房、演出舞台			4.0	0.7	0.6	0.5
	(2)舞厅						0.3
6	(1)书库、档案库、贮藏室			5.0	0.9	0.9	0.8
	(2)密集柜书库			12.0			
7	通风机房、电梯机房			7.0	0.9	0.9	0.8
8	汽车通道及 停车库	(1)单向板楼盖(板跨不小于2m)	客车	4.0	0.7	0.7	0.6
			消防车	35.0			
		(2)双向板和无梁楼盖(柱网尺寸不小 于6m×6m)	客车	2.5	0.7	0.7	0.6
			消防车	20.0			
9	厨房	(1)一般的		2.0	0.7	0.6	0.5
		(2)餐厅的		4.0		0.7	0.7
10	浴室、厕所、 盥洗室	(1)第1项中的民用建筑		2.0	0.7	0.5	0.4
		(2)其他民用建筑		2.5		0.6	0.5
11	走廊、门厅、 楼梯	(1)住宅、旅馆、医院病房、托儿所、幼儿园、住宅		2.0	0.7	0.5	0.4
		(2)办公楼、教室、餐厅、医院门诊部		2.5		0.6	0.5
		(3)消防疏散楼梯,其他民用建筑		3.5		0.5	0.3
12	阳台	(1)一般情况		2.5	0.7	0.6	0.5
		(2)当人群有可能密集时		3.5			

注：1. 本表所给各项荷载适用于一般使用条件，当使用荷载较大或情况特殊时，应按实际情况采用；
2. 表中各项荷载不包括隔墙自重和二次装修荷载。

工业与民用建筑屋面均布活荷载 表 1-3

项次	类 别	活荷载标准值 (kN/m ²)	组合值系数 ψ_c	频遇值系数 ψ_f	准永久值系数 ψ_q
1	不上人的屋面	0.5	0.7	0.5	0
2	上人的屋面	2.0	0.7	0.5	0.4
3	屋顶花园	3.0	0.7	0.6	0.5

(四) 可变荷载准永久值

可变荷载准永久值是指在设计基准期内经常达到或超过的荷载值，它对结构的影响类似于永久荷载。

可变荷载准永久值可表示为 $\psi_q Q_k$ ，其中 ψ_q 为准永久值系数。民用建筑楼面均布活

荷载的准永久值系数、工业与民用建筑屋面均布活荷载的准永久值系数分别见表 1-2、表 1-3。

第二节 结构功能及其极限状态

一、结构的功能要求

结构设计的目的是要使所设计的结构在规定的设计使用年限内能完成预期的全部功能要求。建筑结构功能要求包括：

1. 安全性

结构在正常施工和正常使用的条件下，能承受可能出现的各种作用；在设计规定的偶然事件（如强烈地震、爆炸、车辆撞击等）发生时和发生后，仍能保持必需的整体稳定性，即结构仅产生局部的损坏而不致发生连续倒塌。

2. 适用性

结构在正常使用条件下，具有良好的工作性能。例如，不会出现影响正常使用的过大变形的振动；不会产生让使用者感到不安的裂缝宽度等。

3. 耐久性

结构在正常维护条件下具有足够的耐久性能，即在正常维护条件下结构能够正常使用到规定的设计使用年限。例如，结构材料不致出现影响功能的损坏，钢筋混凝土构件的钢筋不致因保护层过薄或裂缝过宽而锈蚀等。

所谓设计使用年限是指设计规定的时间。在这一时间内，结构或结构构件只需进行正常的维护就能完成预期的功能。换言之，设计使用年限就是房屋建筑在正常设计、正常施工、正常使用和维护下所应达到的持久年限。结构的设计使用年限应按表 1-4 采用。

设计使用年限分类 表 1-4		
类别	设计使用年限（年）	举 例
1	5	临时性结构
2	25	易于替换的结构构件
3	50	普通房屋和构筑物
4	100	纪念性建筑和特别重要的建筑结构

需要指出，结构的设计使用年限与设计基准期之间有联系，但不是简单的等同。结构设计基准期与普通房屋和构筑物的设计使用年限相等。

结构在规定时间内，在规定条件下完成预定功能的能力称为结构的可靠性，它是结构的安全性、适用性、耐久性的概称。结构在规定时间内，在规定条件下完成预定功能的概率称为结构的可靠度。这里所说的规定时间，即指结构的设计使用年限，规定条件是指设计、施工、使用和维护均属正常的情况。显然，结构的可靠度是对结构可靠性的概率度量，是对结构可靠性的定量描述。

二、结构的功能极限状态

若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，此特定状态便称为结构的功能极限状态。

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结构构件达到最大承载能力或不适于继续承载的变形。超

过这一状态,便不能满足安全性的功能。

当结构或构件出现下列状态之一时,即认为超过了承载能力极限状态:

- (1) 整个结构或结构的一部分作为刚体失去平衡(如倾覆等);
- (2) 结构构件或连接因材料强度不足而破坏(包括疲劳破坏),或因过度的塑性变形而不适于继续承载;
- (3) 结构转变为机动体系;
- (4) 结构或结构构件丧失稳定(如压屈等);
- (5) 地基丧失承载能力而破坏(如失稳等)。

2. 正常使用极限状态

正常使用极限状态对应于结构或结构构件达到正常使用或耐久性能的某项规定限值。超过这一状态,便不能满足适用性或耐久性的功能。

当结构或结构构件出现下列状态之一时,即认为超过了正常使用极限状态:

- (1) 影响正常使用及外观的变形;
- (2) 影响正常使用或耐久性能的局部损坏(包括裂缝);
- (3) 影响正常使用的振动;
- (4) 影响正常使用的其他特定状态。

为了形象地说明结构的工作状态,可令

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

式中 S ——结构的作用效应,其中由荷载引起的各种效应称为荷载效应,如内力、变形;

R ——结构的抗力,即结构或构件承受作用效应的能力,如承载力、刚度等。

式(1-1)称为结构的功能函数。

显然,当 $Z > 0$ 时,结构处于可靠状态;当 $Z < 0$ 时,结构处于失效状态;当 $Z = 0$ 时,结构处于极限状态。关系式 $g(S, R) = R - S = 0$ 称为极限状态方程。

第三节 极限状态设计表达式

结构设计时,需要针对不同的极限状态,根据各种结构的特点和使用要求给出具体的标志及限值,并以此作为结构设计的依据,这种设计方法称为“极限状态设计法”。现行规范采用以概率理论为基础的极限状态设计法。本节讨论其设计表达式。

一、荷载组合

这里只介绍承载能力极限状态的荷载组合。

进行承载能力极限状态设计时,应考虑荷载效应的基本组合,必要时尚应考虑荷载效应的偶然组合。基本组合是指永久荷载和可变荷载的组合,偶然组合指永久荷载、可变荷载和一个偶然荷载的组合。下面讨论荷载效应的基本组合。

对于基本组合,荷载效应组合的设计值从下列组合中取最不利值:

- (1) 由可变荷载效应控制的组合

$$S = \gamma_0 \left(\gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Q1} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{Ci} S_{Qik} \right) \quad (1-2)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数,对安全等级为一级或设计使用年限为100年及以上的结构