

高职高专“十五”规划教材

GAOZHI
GAOZHUAN
SHIWU
GUIHUA JIAOCAI

混凝土结构与砌体结构

余克俭 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

序

随着新世纪的到来，我国进入全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段。新世纪新阶段的新任务，对我国高等职业教育提出了新要求。我国加入世界贸易组织和经济全球化迅速发展的新形势，也要求高等职业教育必须开创新局面。

高职高专教材建设是高等职业教育的重要组成部分，是一项极具重要意义的基础性工作，对高等职业教育培养目标的实现起着举足轻重的作用。为贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》精神，进一步推动高等职业教育的发展，加强高职高专教材建设，根据教育部关于通过多层次的教材建设，逐步建立起多学科、多类型、多层次、多品种系列配套教材体系的精神，中国电力教育协会会同中国高等职业技术教育研究会和中国电力出版社，组织有关专家对高职高专“十五”教材规划工作进行研究，在广泛征求各方面意见的基础上，制订了体现高等职业教育特色的高职高专“十五”教材规划。

高职高专“十五”规划教材紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才开展编写工作。基础课程教材注重体现以应用为目的，以必需、够用为度，以讲清概念、强化应用为教学重点；专业课程教材着重加强针对性和实用性。同时，“十五”规划教材不仅注重内容和体系的改革，还注重方法和手段的改革，以满足科技发展和生产实际的需求。此外，高职高专“十五”规划教材还着力推动高等职业教育人才培养模式的改革，促进高等职业教育协调发展。相信通过我们的不断努力，一批内容新、体系新、方法新、手段新，在内容质量和出版质量上有突破的高水平高职高专教材，很快就能陆续推出，力争尽快形成一纲多本、优化配套，适用于不同地区、不同学校，特色鲜明的高职高专教育教材体系。

在高职高专“十五”教材规划的组织实施过程中，得到了教育部、国家电力公司、中国电力企业联合会、中国高等职业技术教育研究会、中国电力出版社、有关院校和广大教师的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

教材建设是一项长期而艰巨的任务，不可能一蹴而就，需要不断完善。因此，在教材的使用过程中，请大家随时提出宝贵的意见和建议，以便今后修订或增补。

中国电力教育协会

2002年12月

前 言

本教材是为适应我国高等职业技术教育发展和变化需要,实现高等职业教育培养目标,根据《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)而编写。

本书主要为高等职业技术教育房屋建筑工程专业教科书,也可供土木行业中的工程技术人员参考使用。

本教材共十三章,第一章介绍概率极限状态设计法,第二~十章内容为混凝土结构,第十一~十三章为砌体结构,在讲述基本原理和概念的基础上,注重针对性和实用性,力求理论联系实际。

本教材由江西建设职业技术学院余克俭(绪论、第一、三、九、十一章)、江西建设职业技术学院鲁维(第二、四、五、八、十三章)、山东城建学校牟培超(第六、七、十、十二章)编著,余克俭任主编。山东城建学校韩培江主审。

由于对新规范理解和使用经验等方面欠缺,加上编者水平有限,书中不免有不足之处,敬请读者批评指正。

目 录

序
前言

绪论	1
第一节 结构的基本概念	1
第二节 建筑结构发展简介及学习要求	2
思考题	3
第一章 概率极限状态设计法	4
第一节 基本知识	4
第二节 荷载	7
第三节 概率极限状态设计法	10
本章小结	16
思考题	17
第二章 钢筋和混凝土的力学性能	18
第一节 钢筋	18
第二节 混凝土	20
第三节 钢筋和混凝土的粘结、锚固长度	24
本章小结	25
思考题	26
第三章 受弯构件承载力计算	27
第一节 概述	27
第二节 梁、板的一般构造	28
第三节 受弯构件正截面的受力特性	31
第四节 单筋矩形梁正截面承载力计算	34
第五节 双筋矩形梁正截面承载力计算	43
第六节 T形截面承载力计算	48
第七节 受弯构件斜截面承载力计算	57
第八节 构造要求	70

本章小结	76
思考题	78
习题	79
第四章 受压构件承载力计算	81
第一节 概述	81
第二节 受压构件的一般构造要求	81
第三节 轴心受压构件	83
第四节 偏心受压构件	85
本章小结	93
思考题	93
习题	94
第五章 受拉构件承载力计算	95
第一节 轴心受拉构件	95
第二节 偏心受拉构件	96
本章小结	98
思考题	98
习题	99
第六章 受扭构件承载力计算	100
第一节 概述	100
第二节 矩形截面纯扭构件承载力计算	100
第三节 矩形截面剪扭构件承载力计算	103
第四节 矩形截面弯扭和弯剪扭构件承载力计算	105
第五节 T形截面和工字形截面弯剪扭构件承载力计算	107
本章小结	110
思考题	111
习题	111
第七章 钢筋混凝土构件裂缝和变形验算	112
第一节 裂缝宽度验算	112
第二节 受弯构件变形验算	116
本章小结	121
思考题	121
习题	121

第八章 预应力混凝土构件的计算	123
第一节 预应力混凝土的基本原理	123
第二节 预加应力的方法	124
第三节 预应力混凝土的材料、机具	125
第四节 张拉控制应力	127
第五节 预应力损失及其组合	127
第六节 预应力混凝土轴心受拉构件的计算	132
第七节 预应力混凝土受弯构件的计算	144
第八节 预应力混凝土构件的构造要求	154
第九节 部分预应力混凝土与无粘结预应力混凝土	155
本章小结	159
思考题	160
第九章 梁、板结构设计	161
第一节 整体式单向板肋形楼盖	161
第二节 整体式双向板肋形楼盖	193
第三节 装配式混凝土楼盖	203
第四节 楼梯	206
本章小结	220
思考题	221
习题	222
第十章 单层厂房	224
第一节 单层厂房的结构组成和布置	224
第二节 排架计算	231
第三节 单层厂房柱设计	240
第四节 柱下独立基础设计	243
第五节 单层厂房设计实例	248
本章小结	261
思考题	262
第十一章 砌体材料及力学性能	263
第一节 砌体材料	263
第二节 砌体的种类及力学性能	265
本章小结	273
思考题	274

第十二章 砌体结构承载力计算	275
第一节 砌体结构的计算原理	275
第二节 受压构件	279
第三节 局部受压	285
第四节 受拉、受弯和受剪构件	289
第五节 配筋砌体	291
本章小结	297
思考题	297
习题	297
第十三章 混合结构墙、柱设计	299
第一节 房屋的结构布置及静力计算方案	299
第二节 墙、柱高厚比验算	302
第三节 刚性方案房屋的计算	306
第四节 弹性及刚弹性方案房屋的计算	309
第五节 砌体结构中的圈梁、过梁、墙梁、挑梁	312
第六节 墙体的构造要求	324
本章小结	328
思考题	328
习题	329
附录	330
参考文献	355

绪论

第一节 结构的基本概念

建筑结构是指组成工业与民用房屋建筑包括基础在内的承重骨架体系，为房屋建筑结构的简称。

对组成建筑结构的构件、部件，当其含义不致混淆时，亦可统称为结构。

一、混凝土结构

以混凝土为主制成的结构称为混凝土结构，包括素混凝土结构、加筋混凝土结构。由无筋或不配置受力钢筋的混凝土制成的结构称为素混凝土结构；由配置受力的普通钢筋、钢筋网或钢筋骨架的混凝土制成的结构称为钢筋混凝土结构，而在结构或构件中配置了预应力钢筋并施加预应力的结构是预应力混凝土结构。在多数情况下，混凝土结构是由钢筋和混凝土组成的钢筋混凝土结构。钢筋混凝土结构应用范围十分广泛，房屋建筑工程、桥梁工程、特种结构与高耸结构、水利及其他工程也多采用钢筋混凝土结构。

钢筋混凝土结构之所以应用这么广泛，是由于它具有以下一些优点：

(1) 强度高。和砌体、木结构相比，其强度高。在一定条件下可以用来代替钢结构，达到节约钢材、降低造价的目的。

(2) 耐久性好。在一般环境条件下，钢筋可以受到混凝土的保护不易生锈，而且混凝土的强度随着时间的增长还会有所增长，能减少维护费用。

(3) 耐火性好。混凝土材料耐火性能是比较好的。钢筋在混凝土保护层的保护下，在发生火灾后的一定时间内，不致很快达到软化温度而导致结构破坏。

(4) 可模性好。根据工程的需要，可制成各种形状的结构和结构构件，这样就给选择合理的结构形式提供了有利条件。

(5) 可就地取材。钢筋混凝土除钢筋和水泥外，所需大量砂石材料可就地取材，便于组织运输。

(6) 抗震性能好。现浇式或装配整体式的钢筋混凝土结构因为整体性好，具有一定的延性，在地震烈度较高的地区，常采用钢筋混凝土建造层数较多的建筑以及烟囱、水塔等。

但是钢筋混凝土结构也存在一些缺点，主要是结构自重大、抗裂性较差、一旦损坏修复比较困难、施工受季节环境影响较大等，这也使钢筋混凝土结构的应用范围受到某些限制。随着科学技术的发展，高强度钢筋、高强度高性能混凝土（强度达到 $100\text{N}/\text{mm}^2$ ）、高性能外加剂和混合材料的研制使用，以及采用轻质混凝土可以减轻结构自重，采用预应力混凝土可以提高结构或构件的抗裂性能，采用植筋等技术可以较好地对发生局部损坏的混凝土结构或构件进行修复等，都在一定程度上克服了钢筋混凝土结构的缺点。

二、砌体结构

砌体结构是指用普通粘土砖、承重粘土空心砖（简称空心砖）、硅酸盐砖、混凝土中小型砌块、粉煤灰中小型砌块，或料石和毛石等块材通过砂浆砌筑而成的结构。

砌体结构有就地取材、造价低廉、耐火性能好以及容易砌筑等优点。在工业与民用建筑中，砌体往往被用于砖混结构、框架结构中的填充墙及砌筑围护墙；在特种结构中，如桥梁、隧道工程、烟囱、水塔、小型水池和重力式挡土墙等也有应用。

砌体结构除具有上述一些优点外，还存在着自重大、强度低、抗震性能差等缺点。

第二节 建筑结构发展简介及学习要求

一、建筑结构发展简介

建筑在我国有着悠久的历史。

大量的考古发掘资料表明，我国在新石器时代末期（约 6000 ~ 4500 年前）就已有地面木架建筑和木骨泥墙建筑。至西周时期（公元前 1134 ~ 公元前 771 年）已有烧制的瓦，在战国时期（公元前 403 ~ 公元前 221 年）有了烧制的砖，到东晋（317 ~ 419 年）时期砖的使用已十分普遍。砖的出现使人们开始广泛地大量修建房屋、城防建筑工程等。

人类自巢居、穴居进化到室居以后，最早发现的建筑材料就是块材，如石块、土块等。如古希腊建于公元前 356 年的阿提密斯庙、帕提农神庙以及古埃及金字塔；我国的万里长城、赵州桥，及其许许多多宏伟的宫殿和寺院、宝塔等，均显示了建筑在人类建筑史上有着广泛的应用。

19 世纪 20 年代波特兰水泥制成后，混凝土相继问世。但由于混凝土抗拉强度低，应用受到限制。而随后出现了钢筋混凝土结构，其混凝土受压，钢筋受拉，充分发挥两种材料各自的优点，从 20 世纪初以来，钢筋混凝土结构广泛应用于建筑工程各个领域。由于钢筋混凝土结构有抗裂性能差、刚度低的缺点，30 年代出现了预应力混凝土结构，使混凝土的应用范围更为广泛。混凝土的出现给建筑带来新的、经济和美观的建筑结构形式，这不能不说是建筑工程发展的一次飞跃。

混凝土结构在我国广泛的应用于高层建筑和多层框架中。随着我国改革开放，大规模的经济建设开展，建筑结构发展十分迅速，建筑材料、工程设计和科学理论研究都获得了长足发展，使城乡建设面貌焕然一新。例如，已建成的 88 层高 420.5m 的上海金茂大厦是我国目前混凝土结构最高的高层建筑，而采用了预应力混凝土、高 468m 的上海电视塔其高度为亚洲第一。

二、建筑结构课程内容及学习方法

（一）混凝土结构

这部分内容主要叙述钢筋混凝土材料的力学性能和以概率理论为基础的极限状态设计方法；各种钢筋混凝土构件的受力性能、设计计算方法及配筋构造，如受弯构件正截面和斜截面承载力计算，受扭构件承载力计算，受压和受拉构件承载力计算，受弯构件变形和裂缝宽度验算以及预应力混凝土构件的计算、一般构造要求等；钢筋混凝土楼盖设计方法和单层工

业厂房设计方法。

(二) 砌体结构

叙述砌体结构的基本计算原理, 材料的力学性质, 砌体结构构件及砖混结构房屋的设计与计算。

(三) 学习方法

1. 注重理论联系实际

本课程是以实验为基础的, 如钢筋混凝土材料的力学性能和构件的计算方法都是建立在试验研究基础上的, 许多计算公式都是在大量试验资料的基础上用统计分析方法得出的半理论半经验公式。这些公式的推导并不像数学或力学公式那样严谨, 但却能较好地反映钢筋混凝土的真实受力情况。因此除课堂学习外, 还需要加强课程作业、课程设计和毕业设计等实践性教学环节的学习, 并在学习中逐步熟悉和正确运用我国颁布的一些设计规范和设计规程。

由于科学技术水平和生产实践经验是不断发展的, 所以设计规范也必然需要不断修订和补充。因此, 要用发展的观点来看待设计规范, 在学习和掌握钢筋混凝土结构理论和设计方法的同时, 要善于观察和分析, 结合工程的实际不断地进行探索和创新。

2. 注意和其他课程的关系

在建筑结构的学习过程中, 经常会遇到高等数学、建筑力学、建筑材料等先修课程的知识, 因此, 在学习中应根据需要对上述课程进行必要的复习, 并注意和施工技术等课程联系, 在运用中得到巩固和提高。

3. 突出重点, 并注意难点的学习

本课程的内容多、符号多、计算公式多、构造规定也多, 学习时要根据教学大纲要求, 贯彻“少而精”的原则, 突出重点内容学习。例如, 第三章是混凝土结构的重点, 把它学好了, 就为后面各章的学习打下了基础; 同时抵抗弯矩图是难点, 弄清了画抵抗弯矩图的目的是在于梁内纵向钢筋弯起、切断, 难点也就基本化解了。

4. 注意多做练习

教学大纲要求深刻理解一些重要的基本概念、构造要求和掌握必要的设计计算, 认真完成习题作业是重要环节。应该是先复习教学内容, 搞懂例题后再做习题, 不要边做题边看题。习题的正确答案往往不是惟一的, 这也是本课程与一般数学、力学课程的不同之处。

学完本课程后, 应能进行一般工业与民用房屋结构构件的选型与计算及绘制施工图; 同时能够处理和解决与施工和工程质量有关的结构问题。

思考题

1. 什么是建筑结构?
2. 钢筋混凝土结构有哪些优点? 有哪些缺点? 如何克服这些缺点?
3. 学习混凝土结构课程时应注意哪些问题?

第一章

概率极限状态设计法

本章提要

本章主要介绍以概率理论为基础的极限状态设计方法的一些基本知识,主要讨论的是关于建筑结构设计和安全度的基本内容和定义,它是学习本课程的理论基础。对于荷载和材料强度的取值,要求能明白、理解;而对于极限状态表达式,要理解和掌握其内涵,能够正确运用。

第一节 基本知识

一、结构的功能要求

(一) 房屋建筑的组成与作用

房屋建筑一般可分为楼板、梁、柱、墙以及基础等不同部分,这些不同的部分统称为构件。楼板主要承受弯矩,梁主要承受弯矩和剪力,而柱的主要作用是承受压力。基础的作用是把柱所承受的荷载均匀地传递到地基上。墙除了起围护作用外,有时也起承重作用。此时,板或梁所承受的荷载由墙传递到基础上。

(二) 结构上的作用、结构抗力

所谓结构上的作用是指施加在结构上的集中力或分布力(直接作用,也称为荷载)和引起结构外加变形或约束变形的原因(间接作用)。

结构或结构构件承受内力作用效应的能力(如构件的承载能力、刚度等)称为结构抗力。

(三) 结构的功能要求

设计的结构和结构构件应该在规定的的设计使用年限内,在正常维护条件下,应能保持其使用功能,而不需进行大修加固。结构的功能要求,概括为下列三个方面:

(1) 安全性。结构在正常的设计、施工和使用条件下,应该能够承受可能出现的各种作用。在偶然荷载作用下,或偶然事件发生时或发生后,结构应能保持必要的整体稳定性,不致倒塌。

(2) 适用性。建筑结构在正常使用时应能满足预定的使用要求,有良好的工作性能,其变形、裂缝或振动等均不超过规定的限度。

(3) 耐久性。建筑结构在正常使用、维护的情况下应有足够的耐久性。如保护层不得过

薄、裂缝不得过宽而引起钢筋锈蚀，混凝土不得风化、不得在化学腐蚀环境的情况下影响结构预定的使用期限等。

上述功能概括称为结构的可靠性。

(四) 结构的可靠性与安全等级

结构可靠性定义为结构在规定的时间内（即设计时所假定的基准使用期），在规定的条件下（结构正常的设计、施工、使用和维护条件），完成预定功能（如强度、刚度、稳定性、抗裂性、耐久性等）的能力。结构可靠性牵涉到时间概念，因为设计中所考虑的基本变量，特别是可变荷载，大多是随时间而变化的，而材料的很多性能也都与时间有关，且结构完成预定功能的能力又因使用周期的长短而异。我国取结构的设计基准期 T 为 50a。需说明的是，当建筑结构的使用年限到达或超过设计基准使用期后，并不意味着该结构立即报废不能再行使用，而是指它的可靠性水平已经明显降低。

建筑物的重要程度是根据其用途决定的。我国根据建筑结构破坏可能产生的各种后果（是否危及人的生命、造成怎样的经济损失、产生如何的社会影响等）的严重性，对不同的建筑结构安全等级划分为三级（见表 1-1）。

表 1-1 建筑结构安全等级

安全等级	破坏后果	建筑物类型
一级	很严重	重要的建筑物
二级	严重	一般的建筑物
三级	不严重	次要的建筑物

当然，对于特殊的建筑物，其安全等级可根据具体情况另行确定；地基基础设计安全等级及按抗震要求设计时建筑结构的安全等级，尚应符合国家现行有关规范的规定。

结构设计应合理考虑可靠性与经济性。将结构的可靠度水平定得过高，会提高结构造价，与经济性原则相违背，但若一味强调经济性，又会不利于可靠性。一般来说，建筑结构构件的安全等级宜与整个结构同级。

二、随机变量的统计特征

(一) 随机变量及其概率分布

1. 随机变量

对于具有多种可能发生的结果，而究竟发生哪一种结果不能事先肯定的现象称为随机现象。表示随机现象各种可能结果的变量称为随机变量。研究随机变量时必须拥有大量统计数据和资料，才能从中找出该随机变量的统计规律和特征，了解该随机变量的特点。

2. 平均值、标准差和变异系数

(1) 平均值。平均值为随机变量取值的平均水平。它表示随机变量取值的集中位置，用“ μ ”表示。

其计算式为

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1-1)$$

(2) 标准差。平均值只能反映一组数据总的情况，但不能说明它们的分散程度，为此给出标准差的概念。其计算式为

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2} \quad (1-2)$$

(3) 变异系数

标准差只能反映同一平均值时的分散程度，而不能说明不同平均值时的分散程度。于是，提出变异系数的概念。它是标准差与平均值的比值，即

$$\delta = \frac{\sigma}{\mu} \quad (1-3)$$

3. 概率分布

随机变量取值的统计规律可用分布函数或密度函数描述，连续型随机变量 x 的分布函数可以表示为

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx \quad (1-4)$$

其中， $f(x) \geq 0$ ，称为 x 的密度函数。连续型随机变量的统计规律也完全可以用密度函数描述。

现以一典型分布说明常见随机变量的分布特征。正态分布是研究随机变量分布规律时常遇到的一种分布，其概率密度曲线如图 1-1 所示。峰点横坐标为平均值 μ ，峰点两侧 ($\mu \pm \sigma$) 处各有一个反弯点。曲线以 x 轴为渐近线。正态分布的概率密度函数为

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (1-5)$$

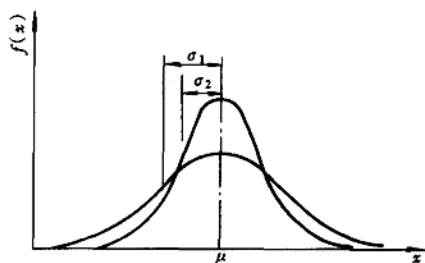


图 1-1 正态分布的概率密度曲线

从图 1-1 中可以看出，正态分布概率密度曲线有下列特点：

- (1) μ 越大，则曲线离原点越远。
- (2) σ 越大，则数据越分散，曲线扁而平； σ 越小，则数据越集中，曲线高而窄。

大部分单峰值分布的随机变量，其概率密度也具有上述特点。

(二) 结构主要荷载与抗力参数的分布

建筑设计中遇到的主要基本变量均可借助于统计数学研究。目前常用两种概率模型：对于与时间参数无关的永久荷载，一般采用随机变量概率模型；对于与时间参数有关的可变荷载，一般采用随机过程概率模型。如果同时考虑荷载随时间、空间变异时，则采用多维随机概率模型更为合理，但目前处于研究阶段。此处，仅介绍一些常用荷载与抗力参数的统计分析结果，对其分析过程不作详细介绍。

1. 荷载

(1) 永久荷载 (恒载)。在现行荷载规范中对各种恒载规定的标准值为 G_k ，通过对有代表性恒载的实测数据进行统计假设检验，认为其服从正态分布，简记为“N” ($1.06G_k, 0.074G_k$)。

(2) 民用建筑楼面活荷载。一般可分为持久性活荷载和临时性活荷载，前者指在设计基

准期内经常出现的荷载,后者指短暂出现的活荷载。根据统计假设检验,楼面活荷载在任意时点均服从概率分布,并可得出相应的在设计基准期内最大活荷载的概率分布。

(3) 风荷载。分析表明,在主导风向上,年最大风压也服从概率分布。根据概率理论,也可得出在设计基准期内的最大风荷载概率分布。

2. 结构抗力参数

由于结构抗力 R 是多个随机变量的函数,如果已知各随机变量的概率分布函数,理论上可通过多微积分求得抗力 R 的概率分布函数。但由于目前在数学上有很大困难,在实际工程中,一般将结构构件抗力作为一个综合基本变量来考虑,并根据概率论原理,近似认为抗力服从对数正态分布。

(三) 概率分布的特征值

在工程应用中,通常要求变量的数值不大于或不小于某一数值,这个数值称为特征值,相应的概率值在工程中称为保证率。特征值可用数理统计方法计算出来,其公式为

$$f_k = \mu \pm \alpha \sigma \quad (1-6)$$

式中 f_k ——特征值;

α ——与特征值取值保证率相应的系数,可根据概率分布函数由概率理论计算得出。

上式中如要求变量值小于特征值的概率等于保证率时取加号,如要求变量值大于特征值的概率等于保证率时取减号。在正态分布中如果取 95% 的保证率,这时的特征值取值保证率系数为 $\alpha = 1.645$ 。例如,当材料强度取值为 $f_k = \mu - 1.645\sigma$ 时,统计样本中有 95% 的强度值高于 f_k 。

后面讨论中所用的荷载标准值和材料强度标准值就是一种特征值。

第二节 荷 载

一、荷载的分类

1. 按随时间的变异分类

(1) 永久荷载。在设计基准期内其值不随时间变化,或其变化与平均值相比可以忽略不计。例如,结构自重、土压力、预加应力等。

(2) 可变荷载。在设计基准期内其值随时间变化,且其变化与平均值相比不可忽略。例如,安装荷载、楼面活荷载、风荷载、雪荷载、吊车荷载、温度变化等。

(3) 偶然荷载:在设计基准期内出现或不一定出现。例如,地震、爆炸、撞击等。

2. 按随空间位置的变异分类

(1) 固定荷载:在结构空间位置上具有固定的分布。例如,工业与民用建筑楼面上的固定设备荷载、结构构件自重等。

(2) 可动荷载:在结构空间位置上的一定范围内可以任意分布。例如,工业与民用建筑楼面上的人员荷载、吊车荷载等。

3. 按结构的反应分类

(1) 静态荷载:不使结构或结构构件产生加速度,或所产生的加速度很小而可以忽略不

计。例如，结构自重、住宅与办公楼的楼面活荷载等。

(2) 动态荷载：使结构或结构构件产生不可忽略的加速度。例如，地震、吊车荷载、设备振动、作用在高耸结构上的风荷载等。

二、荷载的代表值

(一) 标准值

荷载的标准值是指结构在其使用期间，正常情况下可能出现的最大荷载值。

永久荷载的标准值是根据结构的设计尺寸和材料，或结构构件的单位自重计算而得。对于结构或非承重构件的自重，由于离散性不大，所以其平均值即为荷载的标准值；对于自重变异性较大的材料或结构构件，考虑到承重结构的可靠性，在设计中应根据该荷载对结构是否不利而按单位自重的上限值或下限值确定。对于常用的材料和构件，单位体积的自重可由我国国家标准《建筑结构荷载规范》(GB 5009—2001)查得。

可变荷载的标准值统一由设计基准期最大荷载概率分布的某一分位值确定。由于目前对在设计基准期内最大荷载的概率分布能做出估计的荷载还是一小部分，所以其取值主要还是根据历史经验确定。《建筑结构荷载规范》(GB 5009—2001)中，对于楼面和屋面活荷载、吊车荷载、雪荷载和风荷载等可变荷载的标准值，规定了具体数值或计算方法，设计时可以查用。例如：民用建筑楼面均布活荷载标准值和屋面活荷载标准值，可分别由表 1-2 和表 1-3 查得。

表 1-2 民用建筑楼面均布活荷载标准值及其他代表值系数

项次	类别	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			0.5	0.4
	(2) 教室、试验室、阅览室、会议室、医院门诊室	2.0	0.7	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	3.0	0.7	0.6	0.3
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) 无固定座位的看台	3.5	0.7	0.5	0.3
5	(1) 健身房、演出舞台	4.0	0.7	0.6	0.5
	(2) 舞厅	4.0	0.7	0.6	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)	4.0	0.7	0.7	0.6
	客车；消防车	35.0	0.7	0.7	0.6
	(2) 双向板楼盖和无梁楼盖 (柱网尺寸不小于 6m × 6m)	2.5	0.7	0.7	0.6
	客车；消防车	20.0	0.7	0.7	0.6

续表

项次	类别	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
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	0.7
10	浴室、厕所、的洗室:				
	(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	0.7	0.6	0.5
11	走廊、门厅、楼梯:				
	(1) 宿舍、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、大厅、医院门诊部	2.5	0.7	0.6	0.5
	(3) 消防疏散楼梯, 其他民用建筑	3.5	0.7	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. 本表所给各项活荷载运用于一般使用条件, 当使用荷载较大或情况特殊时, 应按实际情况采用。
2. 第6项书库活荷载, 当书架高度大于2m时, 书库活荷载尚应按每米书架高度不小于2.5kN/m²确定。
3. 第8项中的客车活荷载只适用于停放载人少于9人的客车; 消防车活荷载是适用于满载总重为300kN的大型车辆; 当不符合本表的要求时, 应将车轮的局部荷载按结构效应的等效原则, 换算为等效均布荷载。
4. 第11项楼梯活荷载。对预制楼梯踏步平板, 尚应按1.5kN集中荷载检验。
5. 本表各项荷载不包括隔墙自重和二次装修荷载。对固定隔墙的自重应按恒荷载考虑, 当隔墙位置可灵活自由布置时, 非固定隔墙的自重应取每延米长墙重(kN/m)的1/3作为楼面活荷载的附加值(kN/m²)计入, 附加值不小于1.0kN/m²。

表 1-3 屋面均布活荷载标准值及其他代表值系数

项次	类别	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

- 注 1. 不上人的屋面, 当施工或维修荷载较大时, 应按实际情况采用; 对不同结构应按有关设计规范的规定, 将标准值作0.2kN/m²的增减。
2. 上人的屋面, 当兼作其他用途时, 应按相应楼面活荷载采用。
3. 对于因屋面排水不畅、堵塞等引起的积水荷载, 应采取构造措施加以防止; 必要时, 应按积水的可能深度确定屋面活荷载。
4. 屋顶花园活荷载不包括花园土石等材料自重。

(二) 荷载准永久值

荷载的准永久值系数乘以可变荷载标准值所得乘积称为荷载准永久值。

荷载准永久值是可变荷载在正常使用极限状态按长期效应组合设计时采用的荷载代表值，实际上是考虑荷载的长期作用效应对标准值的一种折减。可变荷载的准永久值系数是根据在设计基准使用期内荷载达到和超过该值的总持续时间与设计基准期内总持续时间的比值而确定。其中各种荷载的准永久值系数的取值由《建筑结构荷载规范》(GB 5009—2001)规定。

(三) 组合值

当考虑两种或两种以上的可变荷载时，由于所有荷载同时达到其单独出现的最大值可能性极小，因此，可以将可变荷载的标准值乘以荷载组合系数得到荷载组合值。

(四) 频遇值

可变荷载的频遇值系数是根据在设计基准期间可变荷载超越的总时间或超越的次数来确定的。荷载的频遇值系数乘以可变荷载标准值的乘积称为荷载频遇值。

第三节 概率极限状态设计法

一、结构可靠度

可靠性的定量描述就是可靠度。结构可靠度可定义为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。

假若一构件的荷载效应为 S ，抗力为 R ， S 与 R 均为随机变量。且 S 与 R 均服从正态分布，其平均值分别为 μ_R 、 μ_S ，标准差分别为 σ_R 、 σ_S ，其概率密度曲线如图 1-2 所示。

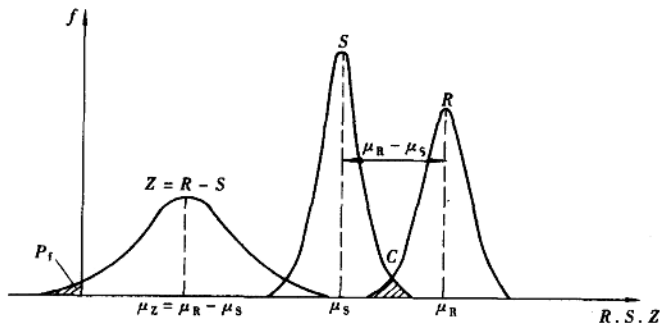


图 1-2 构件失效和拉力及荷载的关系

显然， μ_R 应大于 μ_S 。从图中可见，在大多数情况下构件抗力 R 大于荷载效应 S 。但由于离散性，在两条概率密度分布曲线相重叠的范围内，仍有可能出现 R 小于 S 的情况。重叠范围的大小，反映了 R 小于 S （即结构失效）的概率高低，但并非成正比关系。 μ_R 比 μ_S 大得越多，或 σ_R 、 σ_S 越小（即曲线高而窄），均可使重叠范围减少，结构的失效概率也就越低。由此可见，失效概率的大小不仅与平均值之差（ $\mu_R - \mu_S$ ）的大小有关，且与标准差 σ_R 、