

2006

2006年全国一级注册建筑师考试培训辅导用书

3 建筑结构

(第二版)

QUANGUOYIJIZHUCE
JIANZHUSHIKAOSHIPeixun
FUDAoyongshu

中国建设执业网 编

● 中国建筑工业出版社

2006 年
全国一级注册建筑师考试培训辅导用书

· 3 ·

建 筑 结 构

(第二版)

中国建设执业网 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构/中国建设执业网编. —2版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2006

2006年全国一级注册建筑师考试培训辅导用书·3·
ISBN 7-112-07945-4

I. 建… II. 中… III. 建筑构造—建筑师—资格考试—自学参考资料 IV. TU22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 151627 号

责任编辑: 郭洪兰

责任校对: 王雪竹 刘 梅

2006 年

全国一级注册建筑师考试培训辅导用书

· 3 ·

建 筑 结 构

(第二版)

中国建设执业网 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京天成排版公司制版

北京市彩桥印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 21 $\frac{3}{4}$ 字数: 535 千字

2006 年 1 月第二版 2006 年 1 月第二次印刷

印数: 4 001—7 500 册 定价: 42.00 元

ISBN 7-112-07945-4

(13899)

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.cabp.com.cn>

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

2006 年
全国一级注册建筑师考试培训辅导用书
《建筑结构》编写委员会

主任委员：金伟良

委 员：（按姓氏笔画排序）

丁士昭 王朝霞 王雪松 王达淦 王春燕
龙莉莉 马继伟 刘桑园 刘 磊 孙继德
孙 雁 庄惟敏 乐 云 任乃鑫 吴硕贤
吴 芳 何清华 杜晓宇 李必瑜 李 豫
孟庆林 金伟良 杨昌鸣 杨真静 屈凯锋
陈金华 赵军立 赵立华 赵越喆 张季超
张 星 张丹丽 张 洁 武六元 赵 宇
钟军立 高 飞 翁 季 裴 刚 程 睿
董 江 蔡 节 魏宏扬 邹胜斌

参加编审人员：（按姓氏笔画排序）

方鸿强 方 跃 王银根 李海波 宋志刚
陈 鸣 陈水福 邵永治 张爱晖 赵羽习
胡安峰 胡晓鸣 姚 谏 倪士坎 章 华
谢新宇 楼文娟

参加工作人员：（按姓氏笔画排序）

杨 杨 杨 琼

前 言

随着执业建筑师制度在我国的稳步推进,配合注册建筑师考试工作,全国各地已陆续出版了一些有关考试用书,这些都对考试复习起到了积极作用。由于编制力量或编制范围和实际需要不均衡等因素,以及新规范、标准的陆续颁布等原因,使得某些考试用书在不同程度上尚存在一定局限性。为了提高全国注册建筑师考前培训辅导教材的编写出版质量,更好地指导建筑师做好考前复习,由从事建设执业资格继续教育、考辅机构,建设部执业资格注册中心中国建设执业网组织,在各地有关注册建筑师管理机构的支持下,在全国范围内选聘在注册建筑师考试辅导培训一线工作多年,来自全国著名院校及设计院的名专家、教授等,按最新考试大纲的要求,以最新的设计规范、标准为基础,并吸取了已出版的同类教材的优点,通过分析历届考题特点,调查了解应试过的建筑师的心得体会,总结历届考试的经验,有针对性地编写出全新的考前辅导教材及模拟题解。

首编的2005年版《全国一、二级注册建筑师考试培训辅导用书》尽管出版较晚,但由于该书内容丰富、实用,不到半年即已售罄。为不负广大读者厚爱,2006年版在原书基础上,广泛征求读者意见,组织各编写单位对全书做了全面修改、完善,对2005年内更新的规范、标准做了全面反映,还增加了新版注册建筑师考试复习题及2005年注册建筑师考试模拟题。

本书的特点是重点突出,联系实际,叙述清晰,简明扼要,既具针对性,又具全国普遍性,更具权威性。

书后附有考试大纲和参考书目和有关考试工作方面的最新文件。

本套考试用书共分13册,分别为:

全国一级注册建筑师考试培训辅导用书

书 名	主要编写单位
• 1 • 《设计前期与场地设计》	天津大学建筑设计研究院 河北工业大学建筑系 清华大学建筑设计研究院
• 2 • 《建筑设计》	西安建筑科技大学建筑学院
• 3 • 《建筑结构》	浙江大学建筑工程学院
• 4 • 《建筑物理与建筑设备》	华南理工大学建筑学院
• 5 • 《建筑材料与构造》	重庆大学建筑城规学院
• 6 • 《建筑经济 施工与设计业务管理》	同济大学工程管理研究所
• 7 • 《建筑方案设计 建筑技术设计 场地设计》(作图)	广州大学及广州大学建筑设计研究院

全国二级注册建筑师考试培训辅导用书

• 1 • 《场地与建筑设计》(作图)	天津大学建筑设计研究院 河北工业大学建筑系
• 2 • 《建筑构造与详图》(作图)	重庆大学建筑城规学院

· 3 · 《建筑结构及设备》

浙江大学建筑工程学院

华南理工大学建筑学院

· 4 · 《法律 法规 经济与施工》

同济大学工程管理研究所

全国一、二级注册建筑师考试模拟题解·1·(知识)

全国一、二级注册建筑师考试模拟题解·2·(作图)

参与编写工作的单位除以上相关单位外还有东南大学建筑设计研究院、东南大学土木工程学院、沈阳建筑大学建筑与规划学院。

在本套丛书出版之际，谨向参与编写的各位作者表示衷心的感谢。

由于注册考试工作的不断改进、更新，因此在本书编写过程中，也遇到不少新课题，虽经反复推敲、核证，恐仍难免有不妥甚至疏漏之处，恳请广大读者不吝赐教，提出宝贵意见，以便再版时予以修正，以更好的服务于广大读者和注册建筑师考试工作。

中国建设执业网：<http://www.cpaer.com>

全国一、二级建筑师考试培训辅导用书编写委员会

2006 年元月

修 订 说 明

《建筑结构》作为国家注册建筑师资格考试科目之一，主要是为了让建筑师能熟悉和掌握各种建筑结构的受力性能和分析方法，以便于建筑师能更好与结构工程师沟通，完成结构受力更合理的建筑设计作品。

由于《建筑结构》涉及较多力学和数学问题，往往成为建筑师应试人员复习的难点。为此，建设部执业资格注册中心中国建设执业网委托浙江大学编写了本书，旨在配合国家注册建筑师资格考试，帮助建筑师应试人员掌握《建筑结构》考试大纲和主要内容。

本书满足建筑师对相关专业必备知识的要求，帮助建筑师应试人员系统掌握考试内容的概念、基本知识和基本技能，主要内容包括：建筑结构设计方法与荷载(金伟良编写)、建筑结构与结构选型(宋志刚编写)、建筑力学(陈水福和楼文娟编写)、钢筋混凝土结构(邵永志和陈鸣编写)、砌体结构(李海波编写)、钢结构(姚谏编写)、木结构(赵羽习编写)、建筑结构抗震(张爱晖编写)和地基与基础(胡安峰编写)，由金伟良负责编辑审核。

在2006年的改版过程中，我们结合新颁布的国家有关规范对教材内容进行了更新，并结合2005年的试题出题方向进行了针对性的调整，希望能对应试者的考前复习给予更好的帮助。

本书不但是注册建筑师应试人员考前必备参考用书，也是建筑设计人员工作学习的实用手册，同时，也是高等院校建筑学专业师生掌握建筑结构相关专业知识的良师益友。

由于编者水平有限，时间仓促，书中错误和疏漏在所难免，敬请读者不吝赐教。

本书编写组

目 录

第一章 建筑结构设计方法与荷载	1
第一节 建筑结构设计方法.....	1
第二节 作用和作用效应.....	6
第三节 荷载的标准值.....	9
参考习题及答案.....	27
第二章 建筑结构与结构选型	31
第一节 建筑结构基本概念.....	31
第二节 建筑结构基本构件设计.....	32
第三节 多层与高层建筑结构体系.....	36
参考习题及答案.....	53
第三章 建筑力学	60
第一节 静力学基础.....	60
第二节 杆件的基本变形与组合变形.....	63
第三节 结构计算简图.....	71
第四节 平面体系的几何组成分析.....	72
第五节 静定结构的内力分析.....	74
第六节 静定结构的位移计算.....	91
第七节 超静定结构.....	94
参考习题及答案.....	100
第四章 钢筋混凝土结构	112
第一节 结构设计的基本规定.....	112
第二节 钢筋混凝土结构特点和材料的力学性能.....	113
第三节 承载能力极限状态计算.....	117
第四节 正常使用极限状态验算.....	124
第五节 构造.....	130
第六节 预应力混凝土结构的基本知识.....	131
参考习题及答案.....	132
第五章 砌体结构	141
第一节 概述.....	141
第二节 砌体材料及其强度.....	142
第三节 砌体结构设计方法.....	149
第四节 无筋砌体受压构件承载力计算.....	150
第五节 构造要求.....	152

第六节	圈梁、过梁、墙梁及挑梁	158
第七节	配筋砌体构件	161
第八节	砌体结构构件抗震设计	166
	参考习题及答案	169
第六章	钢结构	175
第一节	钢结构的特点	175
第二节	钢结构的材料及其性能	176
第三节	钢结构的连接	185
第四节	钢结构基本构件的设计	203
第五节	钢结构构件的连接构造	218
第六节	桁架及屋盖	225
	参考习题及答案	233
第七章	木结构	237
第一节	木结构用木材	237
第二节	木结构构件计算	240
第三节	木结构的连接	242
第四节	木结构的一般设计和构造要求	246
第五节	木结构的防火和防护	247
	参考习题及答案	249
第八章	建筑结构抗震	252
第一节	概述	252
第二节	建筑结构抗震设计	262
	参考习题及答案	286
第九章	地基与基础	300
第一节	概述	300
第二节	土的物理性质及分类	301
第三节	地基与基础设计	308
第四节	软弱地基	320
	参考习题及答案	322
	参考书目	327
附录 1	全国一级注册建筑师资格考试大纲	328
附录 2	全国一级注册建筑师资格考试规范、标准及主要参考书目	331
附录 3	关于调整注册建筑师考试书目内容的通知	335
附录 4	培养职业化的建筑师(赵春山)	336

第一章 建筑结构设计方法与荷载

第一节 建筑结构设计方法

根据《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)所确定的建筑结构可靠度设计的基本原则,应用我国现行规范进行结构设计时,采用的是以概率理论为基础的极限状态设计方法,使建筑结构设计符合技术先进、经济合理、安全适用、确保质量的要求。

一、建筑结构设计的基本功能

结构在规定的时间内(即设计使用年限),在规定的条件下(正常设计、正常施工、正常使用、正常维修)必须保证完成预定的功能,这些功能包括:

(1) 安全性,即建筑结构在正常施工和正常使用时能够承受可能出现的各种作用(如荷载、温度变化、基础不均匀沉降),并且能在设计规定的偶然事件(如地震、爆炸)发生时和发生后保持必需的结构整体稳定性。

(2) 适用性,即建筑结构在正常使用过程中,应保持良好的工作性能,例如结构构件应有足够的刚度,以免产生过大的振动和变形,使人产生不适应的感觉。

(3) 耐久性,即建筑结构在正常维修条件下,应能在规定的使用年限期间内满足安全、适用性能的要求,例如构件裂缝应能满足设计规定的要求。

以上所述的结构的安全性、适用性和耐久性,总称为结构的可靠性。结构可靠性的概率度量值称为结构的可靠度,也就是说,可靠度是指在规定的时间内和规定的条件下,结构完成预定功能的概率。

结构的设计使用年限是指设计规定的结构或结构构件不需进行大修即可按其预定目的使用的时期。我国现行规范规定的设计使用年限是按表 1-1 选用。

设计使用年限分类

表 1-1

类 别	设计使用年限(年)	示 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

由此可见,我国通常的建筑结构的设计使用年限是 50 年。对于按照我国现行设计规范选用的可变作用和与时间有关的材料性能等取值所对应的时间参数则称为设计基准期,它不等同于建筑结构的设计使用年限。我国《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)规定的设计基准期为 50 年。相应的《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)所考虑的荷载统计参数都是按设计基准期为 50 年确定的,如设计时需采用

其他设计基准期，则必须另行确定在设计基准期内最大荷载的概率分布及相应的统计参数。

二、结构功能的极限状态与设计状况

区分结构是否可靠与失效，其分界标志就是极限状态。当整个结构或某一构件超过规定许可的某一特定状态时，就不能满足设计所规定的某一功能的要求，这种特定的状态即称为该功能的极限状态。

极限状态分为两类：

1. 承载能力极限状态

当结构或构件达到了最大承载能力，或者产生了不适于继续承载的过大变形时，即认为超过了承载能力极限状态。例如：

(1) 整个结构或结构的一部分作为刚体失去平衡，例如烟囱在风荷载作用下整体倾翻。

(2) 结构构件或其连接因超过材料强度而破坏(包括疲劳破坏)，例如轴心受压短柱中的混凝土和钢筋分别达到抗压强度而破坏，或构件因塑性变形过大而不适于继续承载。

(3) 结构转变为机动体系，如简支梁跨中截面达到抗弯承载力形成三铰共线的机动体系，从而丧失承载能力。

(4) 结构或构件因达到临界荷载而丧失稳定，例如细长柱达到临界荷载后因压屈失稳而破坏。

(5) 地基丧失承载能力而破坏(如失稳等)。

事实上，承载能力极限状态就是结构或结构构件发挥允许的最大承载功能的状态。

2. 正常使用极限状态

这种极限状态是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的状态。当出现下列状态之一时，即认为超过了正常使用极限状态：

(1) 影响正常使用或出现明显的难以接受的变形，如梁的挠度过大影响正常使用。

(2) 影响正常使用或耐久性能的局部破坏(包括裂缝)。

(3) 影响正常使用的振动，如楼板的振幅过大而影响使用。

(4) 影响正常的其他特定状态，如基础产生的不均匀沉降过大。

在建筑结构设计时，除了考虑结构功能的极限状态之外，还须根据结构在施工和使用中的环境条件和影响，区分下列三种设计状况：

(1) 持久状况，即在结构使用过程中一定出现，其持续期很长的状况，例如房屋结构承受家具和正常人员荷载的状况。持续期一般与设计使用年限为同一数量级。

(2) 短暂状况，即在结构施工和使用过程中出现概率较大，而与设计使用年限相比，持续期很短的状况，如结构施工和维修时承受堆料荷载的状况。

(3) 偶然状况，即在结构使用过程中出现概率很小，且持续期很短的状况，如结构遭受火灾、爆炸、撞击、罕遇地震等作用。

这三种设计状况分别对应不同的极限状态设计。对于持久状况、短暂状况和偶然状况，都必须进行承载能力极限状态设计；对于持久状况，尚应进行正常使用极限状态设计；而对于短暂状况，可根据需要进行正常使用极限状态设计。

三、结构极限状态的设计表达式

建筑结构设计应根据使用过程中在结构上可能同时出现的作用(荷载)，按承载能力极

限状态和正常使用极限状态分别进行作用(荷载)效应组合, 并应取各自的最不利的效应组合进行设计。

1. 承载力极限状态设计表达式

根据《荷载规范》的要求, 结构构件承载力设计应根据荷载效应的基本组合或偶然组合进行, 其一般表达式为

$$\gamma_0 S \leq R \quad (1-1)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数;

S ——结构作用效应组合的设计值;

R ——结构构件抗力的设计值, 应按各有关建筑结构设计规范的规定确定。

(1) 结构构件重要性系数 γ_0

根据《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001), 在建筑结构设计时, 根据破坏可能产生的后果(危及人的生命安全、造成经济损失、产生社会影响等)的严重性, 采用不同的安全等级。建筑物的安全等级划分见表 1-2。

建筑结构的等级

表 1-2

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

注: ① 对有特殊要求的建筑物, 其安全等级应根据具体情况另行确定;

② 地基基础设计安全等级及按抗震要求设计时建筑结构的等级, 尚应符合国家现行有关规范的规定。

对安全等级不同的结构, 结构重要性系数 γ_0 取值如下:

安全等级为一级或设计使用年限为 100 年及以上的结构构件, γ_0 不应小于 1.1;

安全等级为二级或设计使用年限为 50 年的结构构件, γ_0 不应小于 1.0;

安全等级为三级或设计使用年限为 5 年及以下的结构构件, γ_0 不应小于 0.9。

在抗震设计中, 不考虑结构构件的重要性系数。

建筑物中各类构件的安全等级, 宜与整个结构的安全等级相同。对于其中部分结构构件的安全等级可进行调整, 根据需要对某些构件的安全等级采取提高一级或降低一级。如对以承受恒载为主的轴心受压、小偏心受压柱, 屋架或托架的杆件等, 其安全等级应提高一级; 对预制构件在验算吊装阶段时, 安全等级可降低一级。但所有构件的安全等级不得低于三级。

(2) 荷载效应组合设计值 S

1) 荷载效应基本组合

(a) 对于基本组合, 荷载效应组合的设计值 S 应从下列组合值中取最不利值确定:

a) 由可变荷载效应控制的组合:

$$S = \gamma_G S_{GK} + \gamma_{Q1} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik} \quad (1-2)$$

式中 γ_G ——永久荷载的分项系数, 应按《荷载规范》第 3.2.5 条采用;

γ_{Qi} ——第 i 个荷载的分项系数, 其中 γ_{Qi} 为可变荷载 Q_i 的分项系数, 应按《荷载规

范》第 3.2.5 条采用；

S_{Gk} ——按永久荷载标准值 G_k 计算的荷载效应值；

S_{Qik} ——按可变荷载标准值 Q_{ik} 计算的荷载效应值，其中 S_{Qik} 为诸可变荷载效应中起控制作用者；

ψ_{ci} ——可变荷载 Q_i 的组合值系数，应分别按《荷载规范》各章的规定采用；

n ——参与组合的可变荷载数。

b) 由永久荷载效应控制的组合：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik} \quad (1-3)$$

注：① 基本组合中的设计值仅适用于荷载与荷载效应为线性的情况。

② 当对 S_{Qik} 无法明显判断时，轮流以各可变荷载效应为 S_{Qik} ，选其中最不利的荷载效应组合。

③ 当考虑以竖向的永久荷载效应控制的组合时，参与组合的可变荷载仅限于竖向荷载。

(b) 对于一般排架、框架结构，基本组合可采用简化规则，并按下列组合值中取最不利值确定：

a) 由可变荷载效应控制的组合：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Q1} S_{Q1k}$$
$$S = \gamma_G S_{Gk} + 0.9 \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} S_{Qik} \quad (1-4)$$

b) 由永久荷载效应控制的组合仍按式(1-3)式采用。

(c) 基本组合的荷载分项系数，应按下列规定采用：

a) 永久荷载的分项系数：

I 当其效应对结构不利时

对由可变荷载效应控制的组合，应取 1.2；

对由永久荷载效应控制的组合，应取 1.35。

II 当其效应对结构有利时

一般情况下应取 1.0；

对结构的倾覆、滑移或漂浮验算，应取 0.9。

b) 可变荷载的分项系数：

一般情况下应取 1.4；

对标准值大于 4kN/m^2 的工业房屋楼面结构的活荷载应取 1.3。

注：对于某些特殊情况，可按建筑结构有关设计规范的规定确定。

2) 荷载效应偶然组合

对于偶然组合，荷载效应组合的设计值宜按下列规定确定；偶然荷载的代表值不乘分项系数；与偶然荷载同时出现的其他荷载可根据观测资料和工程经验采用适当的代表值。各种情况下荷载效应的设计值公式，可由有关规范另行规定。

2. 正常使用极限状态表达式

对于正常使用极限状态，应根据不同的设计要求，采用荷载的标准组合、频遇组合或准永久组合，并按下列设计表达式进行设计：

$$S \leq C \quad (1-5)$$

式中 C ——结构或结构构件达到正常使用要求的规定限值，例如变形、裂缝、振幅、加速度、应力等的限值，应按各有关建筑结构设计规范的规定采用。

所谓标准组合，主要用于当一个极限状态被超越时将产生严重的永久性损害的情况，其荷载效应组合的设计值 S 应按式(1-6)采用：

$$S = S_{Gk} + S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} S_{Qik} \quad (1-6)$$

注：组合中的设计值仅适用于荷载与荷载效应为线性的情况。

所谓频遇组合，主要用于当一个极限状态被超越时将产生局部损害、较大变形或短暂振动等情况，其荷载效应组合的设计值 S 应按式(1-7)采用：

$$S = S_{Gk} + \psi_{11} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{qi} S_{Qik} \quad (1-7)$$

式中 ψ_{11} ——可变荷载 Q_1 的频遇值系数，应按表 1-5 的规定采用；

ψ_{qi} ——可变荷载 Q 的准永久值系数，应按表 1-5 的规定采用。

注：组合中的设计值仅适用于荷载与荷载效应为线性的情况。

所谓准永久组合，主要用于当长期效应是决定性因素时的一些情况，其荷载效应组合的设计值 S 可按式(1-8)采用：

$$S = S_{Gk} + \sum_{i=1}^n \psi_{qi} S_{Qik} \quad (1-8)$$

注：组合中的设计值仅适用于荷载与荷载效应为线性的情况。

四、结构可靠度与可靠指标

为了合理地统一我国各类材料结构设计规范的结构可靠度和极限状态设计原则，促进结构设计理论的发展，《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，即考虑基本变量概率分布类型的一次二阶矩极限状态设计方法。

结构的极限状态应采用极限状态方程来表示：

$$g(X_1, X_2 \dots X_n) = 0 \quad (1-9)$$

式中 $g(\cdot)$ ——结构的功能函数；

$X_i (i=1, 2 \dots n)$ ——基本变量，包括结构上的各种作用和材料性能、几何参数等。

于是，按极限状态设计的结构应该满足下列要求：

$$g(X_1, X_2 \dots X_n) \geq 0 \quad (1-10)$$

当仅有作用效应 S 和结构抗力 R 两个基本变量时，式(1-10)可写成为：

$$R - S \geq 0$$

按照一次二阶矩方法，考虑作用效应和结构抗力两个基本变量均服从正态概率分布时，结构构件可靠度可以表示为：

$$\beta = \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} \quad (1-11)$$

式中 β ——结构构件的可靠指标；

μ_S 、 σ_S ——结构构件作用效应的平均值和标准差；

μ_R 、 σ_R ——结构构件抗力的平均值和标准差。

结构构件的失效概率与可靠指标满足下列条件(如表 1-3 所示):

$$p_f = \Phi(-\beta) \quad (1-12)$$

可靠指标与失效概率的关系

表 1-3

β	2.7	3.2	3.7	4.2
p_f	3.5×10^{-3}	6.9×10^{-4}	1.1×10^{-4}	1.3×10^{-5}

对于结构构件承载能力极限状态的可靠指标,不应小于表 1-4 的规定,但各个规定值的调整幅度为+0.25。而对于结构构件正常使用极限状态的可靠指标,根据其可逆程度宜取 0~1.5,其中可逆正常使用极限状态的可靠指标为 0.0,而不可逆正常使用极限状态的可靠指标为 1.5。

结构构件承载能力极限状态的可靠指标

表 1-4

破坏类型	安全等级		
	一级	二级	三级
延性破坏	3.7	3.2	2.7
脆性破坏	4.2	3.7	3.2

注:当承受偶然作用时,结构构件的可靠度应符合专门规范的规定。

第二节 作用和作用效应

一、结构上的作用、作用效应和结构抗力

结构产生各种效应的原因,统称为结构上的作用。结构上的作用包括直接作用和间接作用。直接作用指的是施加在结构上的集中力或分布力,例如结构自重、楼面活荷载和设备自重等。直接作用的计算一般比较简单,引起的效应比较直观。间接作用指的是引起结构外加变形或约束变形的作用,例如温度的变化、混凝土的收缩或徐变、地基的变形、焊接变形和地震等,这类作用不是以直接施加在结构上的形式出现的,但同样引起结构产生效应。间接作用的计算和引起的效应一般比较复杂,例如地震会引起建筑物产生裂缝、倾斜下沉以致倒塌,但这些破坏效应不仅仅与地震震级、烈度有关,还与建筑物所在场地的地基条件、建筑物的基础类型和上部结构体系有关。

过去习惯上将上述两类不同性质的作用统称为荷载。例如将温度变化称为温度荷载,将地震作用称为地震荷载等,这样就混淆了两类不同性质的作用,特别是对间接作用的复杂性认识不足。

根据目前结构理论发展水平以及现有规范颁布的现状,对直接作用在结构上的荷载可按《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)(以下简称《荷载规范》)的规定采用,对间接作用,除了对地震作用按《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)(以下简称《抗震规范》)的规定采用外,其余的间接作用暂时还未制定相应的规范。

考虑到广大设计人员的现状及习惯上的衔接,目前还未将两类作用严格划分,而将其简称为荷载。

作用在结构上的直接作用或间接作用,将引起结构或结构构件产生内力(如轴力、弯

矩、剪力、扭矩等)和变形(如挠度、转角、侧移、裂缝等),这些内力和变形总称为作用效应,其中由直接作用产生的作用效应称为荷载效应。

结构或结构构件承受内力和变形的能力,称为结构的抗力,如构件的承载能力、刚度的大小、抗裂缝的能力等。结构抗力与结构构件的截面形式、截面尺寸及材料强度等级等因素有关。

二、荷载的分类

荷载是一个不确定的随机变量。在《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)中,规定设计基准期为50年,在这段期间内,荷载不仅在量值上是变化的,并且,作用在结构上的时间持续性也是变化的。因此,在《荷载规范》中,将荷载按以下原则进行了分类。

1. 按随时间变异分类

(1) 永久荷载(亦称恒载)。在设计基准期内,其量值不随时间变化,或即使有变化,其变化值与平均值相比可以忽略不计的荷载。如结构的自重、土压力、预应力等。

(2) 可变荷载(亦称活载)。在设计基准期内,其量值随时间变化,且其变化值与平均值相比不能忽略的荷载。如楼(屋)面活荷载、屋面积灰荷载、雪荷载、风荷载、吊车荷载等。

(3) 偶然荷载。在设计基准期内,可能出现,也可能不出现,但一旦出现,其量值很大且持续时间很短的荷载。如地震作用、爆炸力、撞击力等。

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分布的荷载。如结构自重、楼面上的固定设备荷载等。

(2) 自由荷载。在结构上的一定范围内可以任意分布的荷载。如民用建筑楼面上的活荷载、工业建筑中的吊车荷载等。

3. 按结构的动力反应分类

(1) 静态荷载。对结构或结构构件不产生加速或产生的加速度很小可以忽略不计。如结构的自重、楼面的活荷载等。

(2) 动态荷载。对结构或构件产生不可忽略的加速度。如吊车荷载、地震作用、作用在高层建筑上的风荷载等。

三、荷载的代表值

设计中用来验算极限状态所采用的荷载量值,例如标准值、组合值、频遇值和准永久值。

1. 荷载标准值

荷载标准值是指在结构的设计基准期内,在正常情况下可能出现的最大荷载值,例如在《荷载规范》中,住宅楼面的均布活荷载规定为 2.0kN/m^2 。

对于永久荷载的标准值,是按结构构件的尺寸(如梁、柱的断面)与构件采用材料的表观密度的标准值(如梁、柱材料为钢筋混凝土,则其表观密度的标准值一般取 25kN/m^3)来确定的数值。对常用材料表观密度,可按《荷载规范》附录A采用。

对于可变荷载的标准值,则由设计基准期内最大荷载概率分布的某一分位数来确定,一般取具有95%保证率的上分位值,但对许多还缺少研究的可变荷载,通常还是沿用传

统的经验数值。对可变荷载的标准值，可按《荷载规范》的规定采用。

2. 荷载组合值

当结构上作用两种或两种以上的可变荷载时，考虑到其同时达到最大值的可能性较少，因此，在按承载能力极限状态设计或按正常使用极限状态的短期效应组合设计时，应采用荷载的组合值作为可变荷载的代表值。

可变荷载的组合值，为可变荷载乘以荷载组合值系数。组合值系数见《荷载规范》表 4.1.1。

3. 荷载频遇值

对可变荷载，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。

可变荷载频遇值应取可变荷载标准值乘以荷载频遇值系数。荷载频遇值系数见《荷载规范》表 4.1.1。

4. 荷载准永久值

对可变荷载，在设计基准期内，其超越的总时间约为设计基准期一半的荷载值。

作用在建筑物上的可变荷载(如住宅楼面上的均布活荷载为 2.0kN/m^2)，其中有部分是长期作用在上面的(可以理解为在设计基准期 50 年内，不少于 25 年)，而另一部分则是不出现的。因此，也可以把长期作用在结构物上面的那部分可变荷载看作是永久活荷载来对待。可变荷载的准永久值，为可变荷载值乘以荷载准永久值系数 ψ_q 。也就是说，准永久值系数 ψ_q 为荷载准永久值与荷载标准值的比值，其值恒小于 1.0。

在《荷载规范》中，规定了各种不同建筑楼面上均布活荷载的准永久系数 ψ_q ，如对住宅楼面的均布活荷载，其准永久值系数 $\psi_q=0.4$ ，而对书库、档案库则 $\psi_q=0.8$ ，这表示了对不同用途的建筑物，其准永久值系数 ψ_q 是不同的。 ψ_q 的大小表示了均布活荷载数值变动的大小， ψ_q 大表示变动较小， ψ_q 小则表示变动较大。如住宅楼面的均布活荷载标准值为 2.0kN/m^2 ，准永久值系数 $\psi_q=0.4$ ，因此，荷载准永久值为 $2.0 \times 0.4 = 0.8\text{kN/m}^2$ ；而对一般书库、档案库楼面均布活荷载为 5.0kN/m^2 ，准永久值系数 $\psi_q=0.8$ ，因此荷载准永久值为 $5.0 \times 0.8 = 4.0\text{kN/m}^2$ 。

四、荷载分项系数与荷载设计值

1. 荷载分项系数

荷载分项系数是在设计计算中，反映了荷载的不确定性并与结构可靠度概念相关联的一个数值。对永久荷载和可变荷载，规定了不同的分项系数。

(1) 永久荷载分项系数 γ_G ：当永久荷载对结构产生的效应对结构不利时，对由可变荷载效应控制的组合取 $\gamma_G=1.2$ ；对由永久荷载效应控制的组合，取 $\gamma_G=1.35$ 。当产生的效应对结构有利时，一般情况下取 $\gamma_G=1.0$ ；当验算倾覆、滑移或漂浮时，取 $\gamma_G=0.9$ ；对其余某些特殊情况，应按有关规范采用。

(2) 可变荷载分项系数 γ_Q ：一般情况下取 $\gamma_Q=1.4$ ；但对工业房屋的楼面结构，当其活荷载标准值 $>4\text{kN/m}^2$ 时，考虑到活荷载数值已较大，则取 $\gamma_Q=1.3$ 。

2. 荷载设计值

荷载设计值等于荷载代表值乘以荷载分项系数。按承载能力极限状态计算荷载效应时，需考虑荷载分项系数；按正常使用极限状态计算荷载效应时(不管是考虑荷载的短期