

21世纪全国应用型本科 土木建筑 系列实用规划教材

荷载与结构设计方法

〔第2版〕

主 编◎许成祥 何培玲

主 审◎徐礼华



- 依据国家最新颁布规范编写，扩充荷载取值内容
- 按照实际设计程序编排知识点，着重讲述规范的强制性条文

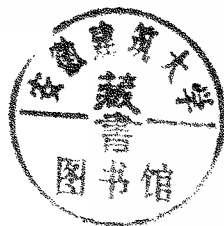


北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材

荷载与结构设计方法(第 2 版)

主 编	许成祥	何培玲	
副主编	曹秀丽	刘开敏	陈卫华
参 编	高妍妍		
主 审	徐礼华		



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书根据全国高等学校土木工程专业指导委员会制定的土木工程专业本科(四年制)培养方案和确定的课程教学大纲编写而成。本书在着重介绍荷载取值计算和结构可靠度设计的基本原理的基础上,主要结合建筑结构和公路工程结构的相关标准和规范讲述荷载及设计方法。全书共分为10章,主要内容包括重力荷载、风荷载、地震作用、侧压力、其他荷载与作用、荷载的统计分析、结构构件抗力的统计分析、结构可靠度分析与计算、概率极限状态设计法。各章除附有思考题和习题外,还附有教学目标和教学要求,便于教学。

本书可作为高等学校土木工程及相关专业的教学用书,也可作为继续教育的教材,还可作为土建设计和工程技术人员的学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

荷载与结构设计方法/许成祥,何培玲主编. —2版. —北京:北京大学出版社,2012.8

(21世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材)

ISBN 978-7-301-20332-3

I. ①荷… II. ①许…②何… III. ①工程结构—结构荷载—结构设计—高等学校—教材 IV. ①TU312

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第197878号

书 名: 荷载与结构设计方法(第2版)

著作责任者: 许成祥 何培玲 主编

策 划 编 辑: 卢 东 吴 迪

责 任 编 辑: 卢 东 林章波

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-20332-3/TU·0267

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 14.5印张 331千字

2006年7月第1版

2012年8月第2版 2012年8月第1次印刷(总第5次印刷)

定 价: 30.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

第 2 版前言

本书自 2006 年出版以来,有关使用院校反映良好,并给予了高度肯定。随着近年来国家关于建设工程的新政策、新法规的不断出台,一些新的规范、规程陆续颁布实施,为了更好地开展教学,适应大学生学习的要求,我们对本书进行了修订。

本书修订的指导思想是为了更好地适应当前我国高等教育的发展,满足我国高等教育从精英教育向大众化教育转移过程中社会对高等学校应用型人才培养的需求。本书以“创新型应用人才培养”为核心,采用理论与实践相结合的理念,重视应用能力和创造性思维能力的培养,让学生毕业后即能操作,上岗就能工作,提高学生就业的竞争能力。

本书是根据高等学校土木工程专业指导委员会制定的“高等学校土木工程专业本科教育培养目标和培养方案及课程教学大纲”和《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)(2006 年版)进行修订的。

本书修订时,力求做到采用国家现行最新颁布的相关建筑、路桥、起重机械的规范、规程和标准要求,反映工程结构荷载取值和结构设计方法在理论和实践上的新进展,本书的编排格式和体系相对第 1 版做了重大改变,增加了本章教学目标、教学要求、基本概念、引例和本章小结,有助于学生的学习和掌握。

本书由长期担任该课程的教师共同修订。参加第 2 版修订的教师有:何培玲(南京工程学院)、曹秀丽(南京工程学院)和高妍妍(淮阴工学院)修订第 1 章~第 6 章,许成祥(长江大学)、刘开敏(湖北工业大学)和陈卫华(江西科技师范大学)修订第 7 章~第 10 章。本书由许成祥统稿。

全国高校土木工程专业指导委员会委员、武汉大学徐礼华教授在百忙之中审阅本书,并提出宝贵意见,在此表示诚挚谢意!

由于编者知识所限,书中难免有缺漏,敬请广大读者批评指正。

编 者

2012 年 4 月

第 1 版前言

“荷载与结构设计方法”是土木工程专业必修的专业基础课程。该课程分两部分：一部分介绍工程结构可能承受的各种荷载与作用；另一部分介绍工程结构设计的可靠度背景。通过对本课程的学习，学生应掌握工程结构设计时需考虑的各种主要荷载，这些荷载产生的背景，以及各种荷载的计算方法；并掌握结构设计的主要概念、结构可靠度原理和满足可靠度要求的结构设计方法。

本书参照全国高等学校土木工程专业指导委员会对土木工程专业的学生的基本要求和审定的教学大纲而编写。教材编写内容力求做到符合国家现行结构设计规范、规程和标准要求，反映工程结构荷载取值和结构设计方法在理论和实践上的新进展。

本教材由长期担任该课程的教师共同编写。参加编写的教师有：何培玲、高妍妍（第 1 章～第 6 章）、刘开敏（第 7 章、第 8 章）、许成祥（第 9 章）、陈卫华（第 10 章）。全书由许成祥统稿。

全国高校土木工程专业指导委员会委员、武汉大学徐礼华教授在百忙之中为本教材审阅，并提出宝贵意见，在此表示诚挚谢意。

由于编者知识所限，书中难免有缺点和错误，敬请读者批评指正。

编 者

2006 年 2 月 10 日

目 录

第 1 章 绪论	1	2.7.3 工业建筑楼面活荷载	32
1.1 结构上的作用及作用效应	2	2.7.4 屋面活荷载和屋面 积灰荷载	35
1.1.1 结构上的作用	2	2.7.5 施工、检修荷载及 栏杆水平荷载	37
1.1.2 作用效应	3	本章小结	38
1.2 工程结构设计理论演变简况	4	思考题	39
1.2.1 容许应力设计法	4	习题	39
1.2.2 破损阶段设计法	4	第 3 章 风荷载	40
1.2.3 多系数极限状态设计法	5	3.1 风的有关知识	41
1.2.4 概率极限状态设计法	5	3.1.1 风的形成	41
本章小结	6	3.1.2 两类性质的大风	41
思考题	6	3.1.3 我国风气候总况	42
第 2 章 重力荷载	7	3.1.4 风力等级	42
2.1 结构自重	8	3.2 风压	44
2.2 土的自重应力	8	3.2.1 风速与风压的关系	44
2.3 雪荷载	10	3.2.2 基本风压	44
2.3.1 基本雪压	10	3.2.3 非标准条件下的风速或 风压的换算	45
2.3.2 雪荷载标准值、组合值系数、 频遇值系数及 准永久值系数	15	3.3 风压高度变化系数	46
2.3.3 屋面积雪分布系数	15	3.4 风荷载体型系数	49
2.4 车辆荷载	17	3.4.1 单体风载体型系数	49
2.5 人群荷载	20	3.4.2 群体风压体型系数	52
2.6 吊车荷载	20	3.4.3 局部风压体型系数	52
2.6.1 吊车工作制等级与 工作级别	20	3.5 结构抗风计算的几个重要概念	53
2.6.2 吊车竖向荷载和 水平荷载	24	3.5.1 结构的风力与风效应	53
2.7 楼面和屋面活荷载	27	3.5.2 顺风向平均风与脉动风	53
2.7.1 楼面活荷载的取值原则	27	3.5.3 横风向风振	54
2.7.2 民用建筑楼面均布 活荷载	29	3.6 顺风向结构风效应	56
		3.6.1 风振系数	56
		3.6.2 脉动增大系数	56
		3.6.3 结构振型系数	57



3.6.4	脉动影响系数	58
3.6.5	结构基本周期经验公式	60
3.6.6	阵风系数	60
3.6.7	顺风向风荷载标准值	61
3.7	横风向结构风效应	61
3.7.1	锁定现象	61
3.7.2	共振区高度	62
3.7.3	横风向风振验算	62
3.8	结构总风效应	64
	本章小结	64
	思考题	65
	习题	65

第4章 地震作用 66

4.1	地震的有关知识	69
4.1.1	地震的产生和类型	69
4.1.2	地震成因	69
4.1.3	地震分布	70
4.1.4	地震波、震级及地震烈度	72
4.2	地震作用及其计算方法	76
4.2.1	地震烈度区划与基本烈度	76
4.2.2	单自由度弹性体系地震作用	77
4.3	多质点体系的地震作用	86
4.3.1	计算简图	86
4.3.2	运动方程	87
4.3.3	自由振动	88
4.3.4	方程解耦	89
4.3.5	方程求解	90
4.3.6	多质点体系的地震作用计算方法	90
4.3.7	底部剪力法计算地震作用	94
	本章小结	98
	思考题	98
	习题	98

第5章 侧压力 100

5.1	土的侧压力	101
5.1.1	土的侧向压力分类	101
5.1.2	土压力的基本原理	102
5.1.3	工程中挡土墙土压力计算	111
5.1.4	地震时的土压力	120
5.1.5	板桩墙及支撑板上的土压力	122
5.1.6	涵洞上的土压力	125
5.2	静水压力及流水压力	127
5.2.1	静水压力	127
5.2.2	流水压力	128
5.3	波浪荷载	130
5.3.1	波浪特性	130
5.3.2	波浪荷载	131
5.4	冰荷载	135
5.4.1	冰堆整体推移的静压力	136
5.4.2	大面积冰层的静压力	136
5.4.3	冰覆盖层受到温度影响膨胀时产生的静压力	137
5.4.4	冰层因水位升降产生的竖向作用力	137
5.4.5	流冰冲击力	138
	本章小结	139
	思考题	139
	习题	139

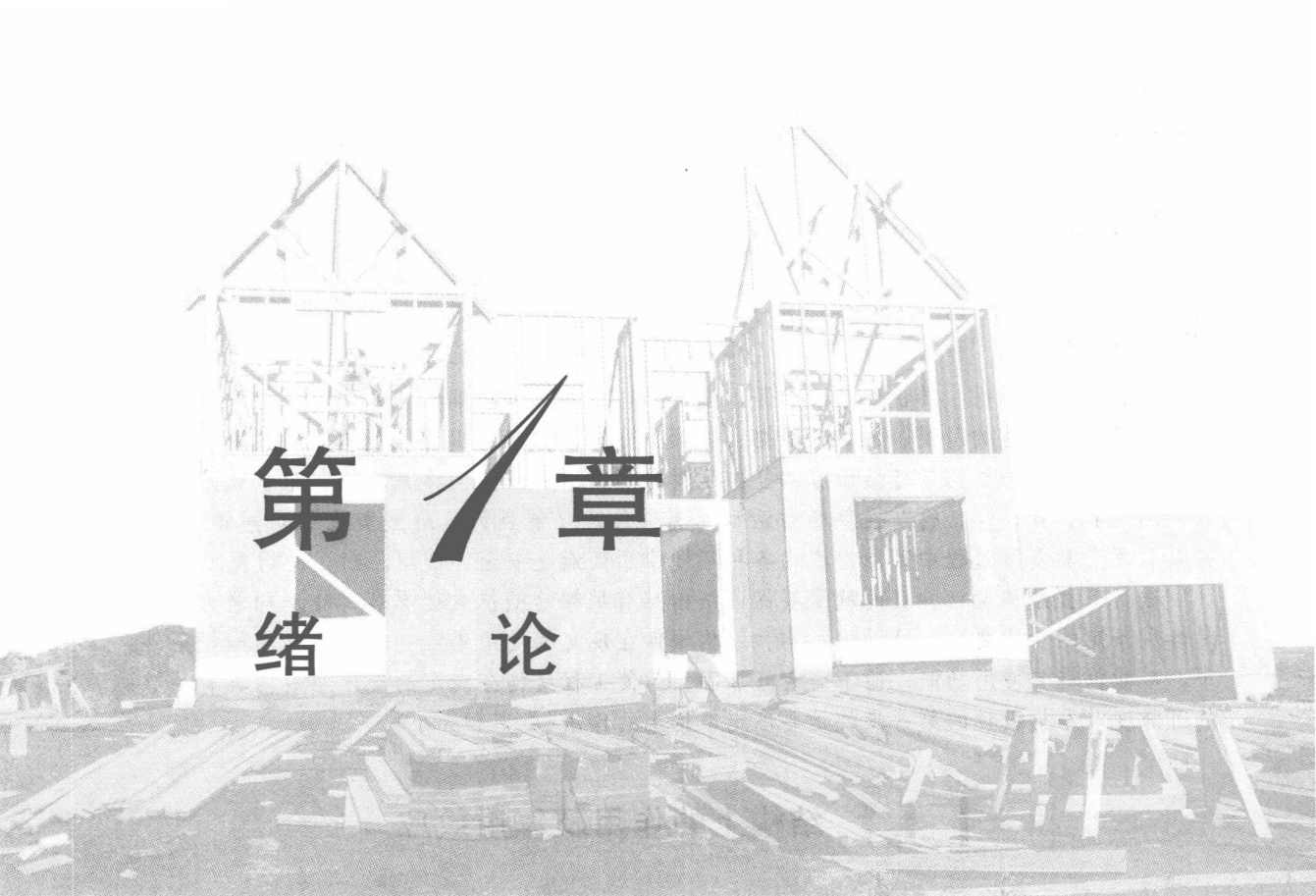
第6章 其他荷载与作用 141

6.1	温度作用	142
6.1.1	温度作用的概念	142
6.1.2	温度应力的计算	142
6.2	变形作用	144
6.3	爆炸作用	145
6.3.1	爆炸的概念及其类型	145
6.3.2	爆炸对结构的影响及荷载计算	145
6.4	浮力作用	148

6.5 制动力	149	8.1.2 结构构件几何参数的 不定性	173
6.5.1 汽车制动力	149	8.1.3 结构构件计算模式的 不定性	174
6.5.2 吊车制动力	149	8.2 结构构件抗力的统计特征	175
6.5.3 汽车竖向冲击力	150	8.2.1 结构构件抗力的 统计参数	175
6.5.4 汽车水平撞击力	151	8.2.2 结构构件抗力的 分布类型	176
6.6 离心力	151	8.3 材料强度的标准值和设计值	176
6.7 预应力	152	本章小结	177
6.7.1 预应力的概念	152	思考题	177
6.7.2 预应力混凝土的分类	153	习题	177
本章小结	156		
思考题	156		
习题	157		
第7章 荷载的统计分析	158	第9章 结构可靠度分析与计算	179
7.1 荷载的概率模型	159	9.1 结构可靠度的基本概念	180
7.1.1 平稳二项随机过程 模型	159	9.1.1 结构的功能要求和 极限状态	180
7.1.2 荷载统计参数分析	160	9.1.2 结构抗力	181
7.2 荷载效应组合规则	161	9.1.3 结构功能函数	181
7.3 常遇荷载的统计分析	163	9.1.4 结构可靠度和 可靠指标	182
7.3.1 永久荷载	163	9.2 结构可靠度计算	184
7.3.2 民用楼面活荷载	163	9.2.1 均值一次二阶矩法	184
7.3.3 办公楼楼面活荷载的 统计参数	165	9.2.2 改进的一次二阶矩法	185
7.3.4 住宅楼楼面活荷载的 统计参数	166	9.2.3 JC 法	188
7.4 荷载的代表值	166	9.3 相关随机变量的结构可靠度 计算	190
7.4.1 荷载标准值	166	9.3.1 变量相关的概念	190
7.4.2 荷载准永久值	167	9.3.2 相关变量的变换	191
7.4.3 荷载组合值	167	9.3.3 相关变量可靠指标的 计算	193
7.4.4 荷载频遇值	167	9.4 结构体系的可靠度计算	194
本章小结	169	9.4.1 结构体系可靠度	194
思考题	169	9.4.2 结构系统的基本模型	195
习题	169	9.4.3 结构系统中功能函数的 相关性	196
第8章 结构构件抗力的统计分析 ...	170	9.4.4 结构体系可靠度计算 方法	198
8.1 结构构件抗力的不定性	171	本章小结	203
8.1.1 结构构件材料性能的 不定性	171		



思考题	203	10.3 概率极限状态的实用设计	
习题	203	表达式	212
第10章 概率极限状态设计法	206	10.3.1 承载能力极限状态设计	
10.1 结构设计的目标与原则	207	表达式	213
10.1.1 建筑结构安全等级与		10.3.2 正常使用极限状态设计	
可靠度	207	表达式	215
10.1.2 耐久性和设计使用		10.3.3 结构抗震设计表达式 ...	217
年限	208	本章小结	219
10.1.3 设计状况与极限状态		思考题	220
设计	209	习题	220
10.1.4 目标可靠指标	209	附录	221
10.2 直接概率设计法	211	参考文献	223
10.2.1 一般概念	211		
10.2.2 直接概率法的			
基本方法	211		



教学目标

- (1) 掌握结构上的作用及作用效应的基本概念。
- (2) 了解工程结构设计理论的发展概况。

教学要求

知识要点	能力要求	相关知识
结构上的作用	(1) 掌握作用的基本概念 (2) 掌握作用的分类	(1) 直接作用 (2) 间接作用 (3) 永久作用 (4) 可变作用 (5) 偶然作用 (6) 固定作用 (7) 自由作用 (8) 静态作用 (9) 动态作用
作用效应	(1) 掌握作用效应的概念 (2) 了解作用效应的计算方法	(1) 作用效应 (2) 作用和作用效应的关系
工程结构设计方法	了解设计理论的演变	(1) 容许应力设计法 (2) 破损阶段设计法 (3) 多系数极限状态设计法 (4) 概率极限状态设计法



基本概念

作用、作用效应



引例

工程是指用石材、砖、砂浆、水泥、混凝土、钢材、钢筋混凝土、木材、塑料、铝合金等建筑材料修建的房屋、铁路、道路、桥梁、隧道、运河、堤坝、港口、塔架等工程设施。结构是指由若干构件连接而成的能够承受作用的平面或空间体系。工程结构就是能为人们的“衣、食、住、行”提供各种活动所需要的、功能良好、舒适美观的空间和通道,并具有承受其使用过程中可能出现的各种环境作用而满足安全、适用、耐久的功能。

进行工程结构设计的目的就是要保证结构具有足够的抵抗自然界各种作用的能力,满足各种预定的功能要求。设计的结构和结构构件在规定的使用年限内,在正常的维护条件下,应能保持其使用功能,而不需大修加固。为使工程结构在规定的使用年限内具有足够的可靠度,结构设计的第一步就是要确定结构上的作用(类型和大小)。

1.1 结构上的作用及作用效应

1.1.1 结构上的作用

《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)对结构上的作用有明确的阐述。结构上的作用是指施加在结构上的集中或分布荷载,以及引起结构外加变形或约束变形的原因。

作用就其形式而言,可分为以下两类。

(1) 直接作用。当以力的形式作用于结构上时,称为直接作用,习惯上称为荷载。例如,由于地球引力而作用在结构上的结构自重,人群、家具、设备、车辆等重力,以及雪压力、土压力、水压力等。

(2) 间接作用。当以变形的形式作用于结构上时,称为间接作用。例如,基础沉降引起结构外加变形;材料收缩和徐变或温度变化引起结构约束变形;由于地震造成地面运动,致使结构产生惯性力等。

作用按时间不同可分为以下3类。

(1) 永久作用。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作用。例如,结构自重,随时间单调变化而能趋于限值的土压力、预应力,水位不变的水压力,在若干年内基本上完成的混凝土收缩和徐变、基础不均匀沉降等均可列为永久作用。

(2) 可变作用。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以忽略不计的作用。例如,楼面活荷载,屋面活荷载,积灰荷载,吊车荷载,车辆、人群、设备重力,车辆冲击力和制动力,风荷载,雪荷载,波浪荷载,水位变化的水压力,温度变化等均属可变作用。

(3) 偶然作用。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很短的作用。例如,地震作用、爆炸力、撞击力等均属偶然作用。

随时间变异的作用分类是结构作用的基本分类,应用非常广泛。在分析结构可靠度时,它直接关系到作用概率模型的选择;在按各类极限状态设计时,它关系到荷载代表值及其效应组合形式的选择。比如可变作用的变异性比永久作用的变异性大,可变作用的相对取值应比永久作用的相对取值大;偶然作用出现的概率小,结构抵抗偶然作用的可靠度可比抵抗永久作用的可靠度小。

永久荷载和可变荷载类同于以往所谓的恒荷载和活荷载,而偶然荷载也相当于特殊荷载。

作用按空间位置不同可分为以下两类。

(1) 固定作用。在结构空间位置上具有固定不变的分布,但其量值可能具有随机性。例如,固定设备荷载、屋顶水箱重量等。

(2) 自由作用。在结构空间位置上一定范围内可以任意分布,出现的位置和量值都可能是随机的。例如,车辆荷载、吊车荷载等。

由于自由作用是可以任意分布的,结构设计时应考虑其位置变化在结构上引起的最不利效应分布。

作用按结构反应不同可分为以下两类。

(1) 静态作用。不使结构或结构构件产生加速或产生的加速度很小可以忽略不计的作用。例如,结构自重、楼面上人员荷载、雪荷载、土压力等。

(2) 动态作用。使结构或结构构件产生不可忽略的加速度的作用。例如,地震作用、吊车荷载、设备振动、作用在高耸结构上的风荷载、打桩冲击等。

在进行结构分析时,对于动态作用应当考虑其动力效应,用结构动力学方法进行分析;或采用乘以动力系数的简化方法,将动态作用转换为等效静态作用。

1.1.2 作用效应

由于直接作用或间接作用于结构构件上,在结构内产生的内力(如轴力、弯矩、剪力、扭矩等)和变形(如挠度、转角、裂缝等)被称为“作用效应”,用 S 表示。当作用为直接作用(荷载)时,其效应也被称为“荷载效应”。荷载 Q 与荷载效应之间,一般近似按线性关系考虑,即

$$S=CQ \quad (1-1)$$

式中, C ——为荷载效应系数,为常数。例如,均布荷载 q 作用在 $l/2$ 处的简支梁,最大弯矩为 $M=ql^2/8$, M 就是荷载效应, $l^2/8$ 就是荷载效应系数, l 为梁的计算跨度。

结构上的作用,除永久作用外,都是不确定的随机变量,有时还与时间变量甚至空间参数有关,所以作用效应一般来说也是随机变量或随机过程,甚至是随机场,它的变化规律与结构可靠度的分析关系密切。



1.2 工程结构设计理论演变简况

工程结构设计的目的在于保证设计结构和结构构件在施工和使用过程中能满足预期的安全性和使用性能要求。早期的工程结构中,保证结构安全主要依赖经验。随着科学的发展和技术的进步,工程结构设计理论经历了从弹性理论到极限状态理论的转变,设计方法经历了从定值法到概率法的发展。我国的工程结构方法经历了容许应力设计法、破损阶段设计法、多系数极限状态设计法和概率极限状态设计法4个阶段。

1.2.1 容许应力设计法

早期由于人们对结构材料的性能及其内在规律尚未认识,大多数国家采用以弹性理论为基础的容许应力设计方法。实践证明,这种设计方法与结构的实际情况有很大出入,并不能正确揭示结构或构件受力性能的内在规律,现在已不被绝大多数国家采用。容许应力设计法是建立在弹性理论基础上的设计方法。其表达式为

$$\sigma \leq [\sigma] \quad (1-2)$$

式中, σ ——构件在使用阶段(使用荷载作用下)截面上的最大应力;

$[\sigma]$ ——材料的容许应力。

容许应力设计法计算简单,但其有许多问题:①没有考虑材料塑性性质;②没有对作用阶段给出明确的定义,也就是使用期间荷载的取值原则规定得不明确;实际上,使用荷载是由传统经验或个人判断确定的,缺乏科学根据;③把影响结构可靠的各种因素(荷载的变异、施工的缺陷、计算公式的误差等)统统归结在反映材料性质的容许应力 $[\sigma]$ 上,显然不够合理;④ $[\sigma]$ 的取值无科学根据,纯属经验的,历史上曾多次提高过材料的容许应力值;⑤按容许应力法设计的构件是否安全可靠,无法用实验来验证。

1.2.2 破损阶段设计法

针对容许应力设计法存在的缺陷,之后出现了假定材料均已达到塑性状态,依据截面所能抵抗的破损内力建立的计算公式。其设计表达式为

$$M \leq M_u / K \quad (1-3)$$

式中, M_u ——构件最终破坏时的承载能力;

K ——安全系数,用来考虑影响结构安全的所有因素。

式(1-3)的优点为:①它可以反映材料的塑性性质,结束了长期以来假定混凝土为弹性体的局面;②采用一个安全系数,使构件有了总的安全度的概念;③它以承载能力值(如 M_u)为依据,其计算值是否正确可由实验检验。

前苏联曾把该理论用下式来表达。

$$KM(\sum q_i) \leq M_u(\mu_1, \mu_2, \dots, a, \dots) \quad (1-4)$$

式中, M ——正常使用时,由各种荷载 q_i 所产生的截面内力;

a ——反映截面尺寸等的尺寸函数；

μ_{f1}, μ_{f2} ——材料强度的平均值。

· 破损阶段理论仍存在一些重大缺点：①破损阶段计算，构件的承载力得以保证，但却无法了解构件在正常使用时能否满足正常使用要求；②安全系数 K 的取值仍须经验确定，并无严格的科学依据；③采用笼统的单一安全系数，无法就不同荷载、不同材料结构件安全的影响加以区别对待，不能正确地度量结构的安全度；④荷载 q_i 的取值仍然也是经验值；⑤表达式中采用的材料强度是平均值，它不能正确反映材料强度的变异程度，显然也是不够合理的。

1.2.3 多系数极限状态设计法

由于破损阶段理论仍有许多缺点，进一步发展的极限状态理论便应运而生。极限状态的主要概念是明确结构或构件进入某种状态后就丧失其原有功能，这种状态被称为极限状态。当时曾提出了3种极限状态：承载力极限状态、挠度极限状态、裂缝开展宽度极限状态。其表达式分别为

$$M \leq M_u \quad (1-5)$$

$$f_{\max} \leq f_{\lim} \quad (1-6)$$

$$W_{\max} \leq W_{\lim} \quad (1-7)$$

这样，它就克服了破损阶段理论无法了解构件在正常使用时能否满足正常使用要求的缺陷。

1.2.4 概率极限状态设计法

概率极限状态设计法是以概率理论为基础，将作用效应和影响结构抗力的主要因素作为随机变量，根据统计分析确定可靠概率来度量结构可靠性的结构设计方法。其特点是有明确的、用概率尺度表达的结构可靠度的定义，通过预先规定的可靠指标值，使结构各构件间，以及不同材料组成的结构之间有较为一致的可靠度水平。

国际上把处理可靠度的精确程度分为以下3个水准。

(1) 水准 I——半概率方法。对荷载效应和结构抗力的基本变量部分地进行数理统计分析，并与工程经验结合引入某些经验系数，所以尚不能定量地估计结构的可靠性。

(2) 水准 II——近似概率法。该法对结构可靠性赋予概率定义，以结构的失效概率或可靠指标来度量结构可靠性，并建立了结构可靠度与结构极限状态方程之间的数学关系，在计算可靠指标时考虑了基本变量的概率分布类型，并采用了线性化的近似手段，在设计截面时一般采用分项系数的实用设计表达式。目前我国的《工程结构可靠度设计统一标准》(GB 50153—2008)、《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)都采用了这种近似概率法，在此基础上颁布了各种结构设计的规范。

(3) 水准 III——全概率法。这是完全基于概率论的结构整体优化设计方法，要求对整个结构采用精确的概率分析，求得结构最优失效概率作为可靠度的直接度量，由于这种方法无论在基础数据的统计方面还是在可靠度计算方面都不成熟，目前尚处于研究探索阶段。



本章小结

施加在结构上的集中或分布荷载,以及引起结构外加变形或约束变形的所有原因被称为结构上的作用。由于作用,在结构内产生内力(如轴力、弯矩、剪力、扭矩等)和变形(如挠度、转角、裂缝等),即“作用效应”;当作用为直接作用(荷载)时,其效应也被称为“荷载效应”。作用可按时间变化、空间位置变异,以及结构反应性质进行分类。随着科学的发展和技术的进步,工程结构设计理论经历了从弹性理论到极限状态理论的转变,设计方法经历了从定值法到概率法的发展。我国的工程结构设计方法经历了容许应力设计法、破损阶段设计法、多系数极限状态设计法和概率极限状态设计法4个阶段。

思考题

1. 工程结构设计的目的是什么?
2. 什么是施加于工程结构上的作用?荷载与作用的概念有什么不同?
3. 工程结构设计中,如何对结构上的作用进行分类?
4. 作用(荷载)有哪些类型?
5. 什么是概率极限状态设计法?为什么目前采用的方法称为近似概率设计法?

第2章

重力荷载

教学目标

- (1) 掌握各种重力荷载的取值。
- (2) 掌握各种重力荷载的计算方法。

教学要求

知识要点	能力要求	相关知识
结构自重	掌握结构自重的计算方法	(1) 结构的材料种类 (2) 材料体积 (3) 材料容重
土的自重应力	掌握土的自重应力的计算方法	(1) 天然重度 (2) 有效重度
雪荷载	(1) 掌握雪荷载的计算方法 (2) 了解基本雪压的取值原则和分布 (3) 了解雪荷载的影响因素	(1) 基本雪压 (2) 积雪分布系数
车辆、人群荷载	(1) 掌握车辆荷载的组成 (2) 掌握车辆、人群荷载的确定方法	(1) 公路等级 (2) 汽车荷载等级
吊车荷载	(1) 掌握吊车相关概念 (2) 掌握吊车荷载的计算方法	(1) 吊车工作制等级 (2) 工作级别 (3) 机构分级
楼面和屋面活荷载	(1) 了解楼面和屋面活荷载的取值原则 (2) 掌握楼面和屋面活荷载的计算方法	(1) 荷载标准值 (2) 组合值 (3) 频遇值 (4) 准永久值
施工、检修荷载及栏杆水平荷载	了解施工、检修荷载及栏杆水平荷载的取值原则	倾覆



基本概念

重力荷载、基本雪压、吊车工作制等级、吊车工作级别、吊车机构分级



引例

地球上一定高度范围内的物体均会受到地球引力的作用而产生重力,该重力导致的荷载即称为重力荷载,主要包括结构自重、土的自重、雪荷载、车辆重力、屋面和楼面活荷载等。

2.1 结构自重

结构的自重是由地球引力产生的组合结构的材料重力,一般而言,可以根据结构的材料种类、材料体积和材料容重计算结构自重[式(2-1)]。结构自重一般按照均匀分布的原则计算,在施工阶段,构件在吊装运输或悬臂施工时引起的结构内力,有可能大于正常设计荷载产生的内力,因此,在施工阶段演算构件的强度和稳定时,构件重力应乘以适当的动力系数。

$$G_k = \gamma V \quad (2-1)$$

式中, G_k ——构件的自重(kN);

γ ——构件材料的重度(kN/m³);

V ——构件的体积,一般按照设计尺寸确定(m³)。

常见材料和构件的容重见《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)(2006年版)附录A。式(2-1)适用于一般建筑结构、桥梁结构及地下结构等各构件自重的计算,但要注意土木工程中结构各构件的材料容重可能不同,计算结构自重时可将结构人为地划分为许多基本构件,然后叠加即得到结构总自重,即

$$G = \sum_{i=1}^n \gamma_i V_i \quad (2-2)$$

式中, G ——结构总自重(kN);

n ——组成结构的基本构件数;

γ_i ——第 i 个基本构件的重度(kN/m³);

V_i ——第 i 个基本构件的体积(m³)。

在工程的简化设计及施工验算中,为应用方便起见,有时将建筑物看成是一个整体,将建筑结构自重简化为平均楼面恒载。近似估算为:一般木结构建筑为 2.0~2.5kN/m²,钢结构建筑为 2.5~4.0kN/m²,钢筋混凝土结构建筑为 5.0~7.5kN/m²。

2.2 土的自重应力

土是由土颗粒、水和气所组成的三相非连续介质。若把土体简化为连续体,则应用连