



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新世纪土木工程系列教材

荷载与结构设计方法

(第2版)

白国良 主 编 刘 明 副主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

TU312/13

2010



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新世纪土木工程系列教材

荷载与结构设计方法

HEZAI YU JIEGOU SHEJI FANGFA

(第2版)

白国良 主 编 刘 明 副主编



高等教育出版社 · 北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是新世纪土木工程系列教材之一,根据土木工程专业教学指导委员会确定的“荷载与结构设计方法课程教学大纲”,并参照我国最新规范在第1版的基础上修订而成。

本书较全面、系统地介绍了工程结构各类荷载及作用的概念、原理、计算方法,以及结构可靠度分析原理和满足可靠度要求的结构设计方法。全书共九章,包括:绪论,重力、侧压力,风荷载,地震作用,其他作用,荷载统计分析,结构抗力统计分析,工程结构可靠度计算方法,概率极限状态设计法。为便于教学,各章附有必要的思考题。

本书可作为高等学校土木工程专业的教材或参考书,也可作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

荷载与结构设计方法/白国良主编.—2版.—北京:
高等教育出版社,2010.1

ISBN 978-7-04-028335-8

I. 荷… II. 白… III. 工程结构-结构荷载-结构设计-高等学校-教材 IV. TU312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 221397 号

策划编辑 赵湘慧 责任编辑 张玉海 封面设计 王 雱
版式设计 张 岚 责任校对 金 辉 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 廊坊市科通印业有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 13.25
字 数 310 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 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 2003 年 10 月第 1 版
2010 年 1 月第 2 版
印 次 2010 年 1 月第 1 次印刷
定 价 17.40 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 28335-00

教育部高等教育出版社土建类系列教材

编辑委员会委员名单

主任委员:沈蒲生(湖南大学)

副主任委员:(按姓氏笔画排序)

叶志明(上海大学)

白国良(西安建筑科技大学)

吴胜兴(河海大学)

邹超英(哈尔滨工业大学)

周绪红(兰州大学)

强士中(西南交通大学)

委员:(按姓氏笔画排序)

卫 军(中南大学)

王 湛(华南理工大学)

朱彦鹏(兰州理工大学)

江见鲸(清华大学)

李远富(西南交通大学)

张印阁(东北林业大学)

尚守平(湖南大学)

赵明华(湖南大学)

黄政宇(湖南大学)

梁兴文(西安建筑科技大学)

霍 达(北京工业大学)

王 健(北京建筑工程学院)

王清湘(大连理工大学)

刘 明(沈阳建筑大学)

杨和礼(武汉大学)

沙爱民(长安大学)

张家良(辽宁工业大学)

周 云(广州大学)

高 波(西南交通大学)

黄醒春(上海交通大学)

廖红建(西安交通大学)

出版者的话

新世纪土木工程系列教材是我社组织编写出版的“大土木”范畴的专业系列教材。1998年教育部颁布了新修订的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》，新专业目录中土建类土木工程专业覆盖了原来建筑工程和交通土建工程等8个专业。1999年各高校已按新的专业目录招生。开设土木工程专业的各院校把近年来在教育思想与教学观念、教学内容与课程体系、教学方法与教学手段等方面取得的改革成果固化到教学计划和人才培养过程中，设计了从教学思想到教学模式等一系列教学改革方案。大家在教学实践中体会到：专业、课程教学改革必然引起相应的教材改革。我社从1999年开始进行土木工程专业系列教材的策划工作，并于2000年成立了“教育部高等教育出版社土建类系列教材编委会”。

我们编辑出版土木工程系列教材的指导思想是：

1. 紧密结合人才培养模式改革，根据拓宽专业基础、提高综合素质、增强创新能力的要求，调整学生的知识结构。
2. 从各院校调整土建类各专业教学计划出发，加强基础课程到专业课程的有机沟通，用系统的观点和方法建立新的课程体系结构，包括对课程的整合与集成，组织和建设专业核心课程，成套成系列地推出土木工程系列教材。
3. 各门课程教材要具有与本门学科发展相适应的学科水平，以科技进步和社会发展的最新成果充实、更新教材内容，贯彻理论联系实际的原则。
4. 要正确处理继承、借鉴和创新的关系，不能简单地以传统和现代划线，决定取舍，而应根据教学要求进行取舍。继承、借鉴历史和国外的经验，注意研究结合我国的现实情况，择善而从，消化创新。
5. 随着高新技术、特别是数字化和网络化技术的发展，在土木工程系列教材建设中，要充分考虑文字教材与音像、电子、网络教材的综合发展，发挥综合媒体在教学中的优势，提高教学效率。在开发研制教学软件的同时，要注意使文字教材与先进的软件接轨，明确不同形式教材之间的关系是相辅相成、相互补充的。
6. 坚持质量第一。图书是特殊的商品，教材是特殊的图书。教材质量的优劣直接影响教学质量和教学秩序，最终影响学校人才培养的质量。教材不仅具有传播知识、服务教育、积累文化的功能，也是沟通作者、编辑、读者的桥梁，一定程度上还代表着国家学术文化或学校教学、科研水平。因此，遴选作者、审订教材、贯彻国家标准和规范等方面需严格把关。

为了实现本套教材的指导思想，我们组建了由有丰富的教学经验、有较高的学术水平和学术声望的教师组成的编委会，由编委会研究提出土木工程系列教材的选题及其基本内容与编审原则，并推荐作者。

我们出版本系列教材，旨在为新世纪的土木工程专业学生提供一套经过整合优化的比较系统的专业系列教材，以期为我国的土木工程专业教材建设贡献自己的一份力量。

本系列教材第1版出版之后,在教学实践基础上,将组织修订出版第2版、第3版,希望在不断修订过程中更新内容、消除疏漏,更加适应教学需要。

本系列教材的编写大纲和初稿、修订稿都经过了编委会的审阅,以求教材质量更臻完善。如有疏漏之处,请读者批评指正!

高等教育出版社
建筑与力学分社
2006年3月

第2版前言

本书根据《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》及高等学校土木工程专业指导委员会确定的“荷载与结构设计方法课程教学大纲”编写。本书第1版自2003年4月付梓发行以来,被许多高校采用。2006年教育部开始建设“十一五”国家级规划教材,本书被列于其中。

本次再版对前版少量内容和文、图表述进行了修改,对文中用语不妥和文字错误进行了更正。

本书旨在整合土木工程专业所涉及工程领域的有关内容,从知识单元和知识点的联系上,力求较全面、系统地介绍工程领域各类荷载与作用的概念、原理与计算方法,以及可靠度原理和满足可靠度要求的结构设计方法。土木工程领域涉及的环境作用多,工程结构计算和设计方法各规范规定不尽相同,要写好内容如此广泛,适用土木工程各专业方向使用的一本教材并非易事。编者殷切地希望和感谢使用本书的教师提出宝贵意见,使其在教学实践中不断完善。

编 者
2009年10月

第 1 版前言

工程结构的最重要功能,就是承受其服役过程中可能出现的各种荷载和作用,为保证可靠使用,各类结构在荷载作用下必须基于某个设计方法进行设计。本书较全面、系统地介绍了工程结构各类荷载与作用的概念、原理和确定方法,以及可靠度原理和满足可靠度要求的结构设计方法。

本书为新世纪土木工程系列教材之一,是依据 1998 年 7 月教育部颁布的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》和高等学校土木工程专业指导委员会 2002 年 11 月确定的“荷载与结构设计方法课程教学大纲”编写的。为适应人才培养模式向专业宽口径拓展的需要,本书编写了土的侧向压力、水压力及流水压力、波浪荷载、冻胀力、冰压力、车辆荷载、雪荷载、风荷载、地震作用、温度作用、爆炸作用、浮力作用、制动力、离心力、预加力、冲击力和撞击力等环境作用内容;对结构体系的可靠度也作了适当介绍。力图对房屋建筑、桥梁工程、隧道和地下工程、水运和港口工程等土木工程专业领域的学生学习有所帮助。

本书由西安建筑科技大学白国良担任主编,沈阳建筑工程学院刘明担任副主编。白国良编写第 1、2、3、4 章,刘明编写第 6、7、8、9 章;西安建筑科技大学薛建阳编写第 5 章。全书由白国良统稿。承长安大学刘健新教授(第 3 章),西安建筑科技大学童岳生(第 1、4 章)、王铁行(第 2 章)、赵鸿铁(第 5 章)、牛荻涛(第 6、7、8、9 章)教授审阅本书,编者谨致衷心感谢。

由于编者的水平所限,加之土木工程领域涉及的环境作用多、知识面广,书中不足之处恳请读者指正。

编 者
2003 年 4 月

目 录

第1章 绪论	1	§ 5.6 制动力	115
§ 1.1 荷载与作用	1	§ 5.7 离心力	117
§ 1.2 作用的分类	2	§ 5.8 预加力	117
§ 1.3 结构设计方法	2	思考题	120
思考题	3		
第2章 重力、侧压力	4	第6章 荷载统计分析	121
§ 2.1 重力	4	§ 6.1 荷载的概率模型	121
§ 2.2 侧压力	21	§ 6.2 荷载的统计参数和统计方法	122
思考题	43	§ 6.3 设计基准期最大荷载的概率 分布函数	122
第3章 风荷载	44	§ 6.4 荷载效应和荷载效应组合的 原则	123
§ 3.1 风的有关知识	44	§ 6.5 常遇荷载的统计分析	125
§ 3.2 风压	47	§ 6.6 荷载的代表值和设计值	128
§ 3.3 结构抗风计算的几个重要概念	54	思考题	137
§ 3.4 顺风向结构风效应	57		
§ 3.5 横风向结构风效应	66	第7章 结构抗力统计分析	138
思考题	72	§ 7.1 结构抗力的不定性	138
第4章 地震作用	73	§ 7.2 抗力的统计参数和概率分布 类型	141
§ 4.1 地震基本知识	73	§ 7.3 材料的标准强度及其设计取值	143
§ 4.2 单质点体系地震作用	84	思考题	146
§ 4.3 多质点体系地震作用	90		
思考题	99	第8章 工程结构可靠度计算 方法	147
第5章 其他作用	101	§ 8.1 可靠度的基本概念	147
§ 5.1 温度作用	101	§ 8.2 中心点法	149
§ 5.2 变形作用	104	§ 8.3 验算点法	153
§ 5.3 爆炸作用	107	§ 8.4 相关随机变量的结构可靠度	163
§ 5.4 浮力作用	112	§ 8.5 结构体系可靠度	168
§ 5.5 冲击力和撞击力	113	思考题	172

第9章 概率极限状态设计法	173	状态设计法	179
§ 9.1 结构设计的目标和原则	173	思考题	190
§ 9.2 直接概率设计法	177	附录 常用材料和构件的重度	191
§ 9.3 基于分项系数表达的概率极限		参考文献	196

第 1 章

绪 论

§ 1.1 荷载与作用

§ 1.2 作用的分类

§ 1.3 结构设计方法

§ 1.1 荷载与作用

工程结构有两项基本功能:一个是提供能良好地为人类生活和生产服务,满足人类使用要求、审美要求的结构空间和实体。如房屋和桥梁的使用功能和结构形式是截然不同的。另一个是承受和抵御结构服役过程中可能出现的各种环境作用(这里“环境”一词是广义的,包括结构所受的各种作用)。如房屋结构要承受自重、人群和家具及设备重量、风荷载、地震作用等;桥梁结构除了要承受本身自重、各种附加恒载、人群荷载外,还要承受车辆荷载、车辆制动力和冲击力、风荷载、地震作用、撞击力和曲线桥梁车辆离心力等。任何结构都因地球引力而受重力的影响,同时也受使用荷载和由自然环境因素引起的各种荷载或力的作用。风、水、波浪、冰和土分别对结构产生风压力、水压力、波压力、冰压力和土压力;地基土冻结产生冻胀力;爆炸、车辆制动或运动物体的冲击、地面运动等产生作用在结构上的惯性力。这些力或荷载都将使结构产生内力和变形。

能使结构产生效应(结构或构件的内力、应力、位移、应变、裂缝等)的各种原因的总称,称为结构上的作用。结构上的作用一般分为两类:第一类称为直接作用,它直接以力的不同集结形式作用于结构,包括结构的自重、行人及车辆的重量、各种物品及设备自重、风压力、土压力、雪压力、水压力、冻胀力、积灰荷载等,这一类作用通常也称为荷载;第二类称为间接作用,它不是直接以力的某种集结形式出现,而是引起结构的振动、约束变形或外加变形(包括裂缝),但也能使结构产生内力或变形等效应,它包括温度变化、材料的收缩和膨胀变形、地基不均匀沉降、地震、焊接等。

作用在结构上产生的内力(弯矩、扭矩、剪力、压力、拉力等)和变形(挠度、扭转、弯曲、拉伸、压缩、裂缝等)称为作用效应。由第一类直接作用,即荷载引起的效应,称为荷载效应。第二类称为间接作用效应,根据引起作用的原因,分别相应地称为地震作用效应、温度变化作用效应(或温度变化效应)、地基变形作用效应(或地基变形效应)等。

§ 1.2 作用的分类

结构上的作用分类方法有多种,不同的分类方法反映了作用的某些基本性质或作用效应重要性的不同。对结构承受的各种作用可按下列原则分类:

1. 按随时间的变异分类

① 永久作用。在设计基准期内作用值不随时间变化,或其变化与平均值相比可以忽略不计的作用。如结构自重、土压力、水位不变的水压力、预加压力、地基变形、钢材焊接、混凝土收缩变形等。

② 可变作用。在设计基准期内作用值随时间变化,且其变化与平均值相比不可忽略的作用。如结构施工过程中的人员和物件重力、车辆重力、吊车荷载、服役结构中的人员和设备重力、风荷载、雪荷载、冰荷载、波浪荷载、水位变化的水压力、温度变化等。

③ 偶然作用。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作用。如地震、爆炸、撞击、火灾、龙卷风等。

结构上的作用按随时间的变异分类是对作用的基本分类。永久作用的特点是其统计规律与时间参数无关,故采用随机变量概率模型来进行描述;而可变作用的统计规律与时间参数有关,必须采用随机过程概率模型来描述。永久作用、可变作用、偶然作用的出现概率和其出现的持续时间长短不同,可靠度水准也不同。

2. 按随空间位置的变异分类

① 固定作用。在结构空间位置上具有固定的分布,但其量值可能具有随机性的作用。如结构自重、固定的设备荷载等。

② 自由作用。在结构空间位置上的一定范围内可以任意分布,出现的位置及量值可能具有随机性的作用。如楼面上的人群和家具荷载、厂房中的吊车荷载、桥梁上的车辆荷载等。

由于自由作用在结构空间上可以任意分布,设计时必须考虑它在结构上引起最不利效应的分布位置和大小。

3. 按结构的反应特点分类

① 静态作用。对结构或结构构件不产生动力效应,或其产生的动力效应与静态效应相比可以忽略不计的作用。如结构自重、雪荷载、土压力、建筑的楼面活荷载、温度变化等。

② 动态作用。对结构或结构构件产生不可忽略的动力效应的作用。如地震作用、风荷载、大型设备振动、爆炸和冲击荷载等。

结构在动态作用下的分析,一般按结构动力学的方法进行。当然,根据作用的性质和变化,动态作用下的结构分析,可能是数定的或非数定的。对非数定的分析,在统计和概率意义上予以确定;对有些动态作用,可转换成等效静态作用,按静力学方法进行结构分析。

§ 1.3 结构设计方法

我国工程结构的设计方法经历了容许应力法、破损阶段法、极限状态设计法和概率极限状态设计法四个阶段。

容许应力法是建立在弹性理论基础上的设计方法。在使用荷载作用下,它规定结构构件各截面上的最大计算应力不超过材料的容许应力。容许应力法没有考虑材料的非线性性能,忽视了结构实际承载能力与按弹性方法计算结果的差异,对荷载和材料容许应力的取值也都凭经验确定,缺乏科学依据。

破损阶段法是考虑结构在材料破坏阶段的工作状态进行结构设计的方法,使考虑塑性应力分布后的结构构件截面承载力不小于外荷载产生的内力。破损阶段法以构件破坏时的受力状况为依据,并且考虑了材料的塑性性能,在表达式中引入了一个安全系数,使构件有了总安全度的概念。因此,与容许应力法相比,破损阶段法有了进步。但缺点是,安全系数仍须凭经验确定,且只考虑了承载力问题,没有考虑构件在正常使用情况下的变形和裂缝问题。

极限状态设计法明确地将结构的极限状态分成承载力极限状态和正常使用极限状态。承载力极限状态要求结构构件可能的最小承载力不小于可能的最大外荷载所产生的截面内力。正常使用极限状态是指对构件的变形及裂缝的形成或开展宽度的限制。在安全度的表达上有单一系数和多系数形式,考虑了荷载的变异、材料性能的变异及工作条件的不同。在部分荷载和材料性能的取值上,引入了概率统计的方法加以确定。因此,它比容许应力法、破损阶段法考虑的问题更全面,安全系数的取值更加合理。

容许应力法、破损阶段法和极限状态设计法存在的共同问题是:没有把影响结构可靠性的各类参数都视为随机变量,而是看成定值;在确定各系数取值时,不是用概率的方法,而是用经验或半经验、半统计的方法,因此都属于“定值设计法”。

概率极限状态设计法是以概论理论为基础,视作用效应和影响结构抗力(结构或构件承受作用效应的能力,如承载能力、刚度、抗裂能力等)的主要因素为随机变量,根据统计分析确定可靠概率(或可靠指标)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 β 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准。

理论上,可以直接按目标可靠指标进行结构的设计,但考虑到计算上的繁琐和设计应用上的习惯,目前我国采用“分项系数表达的以概率理论为基础的极限状态设计方法”。简言之,概率极限状态设计法用可靠指标 β 度量结构可靠度,用分项系数的设计表达式进行设计,其中各分项系数的取值是根据目标可靠指标及基本变量的统计参数用概率方法确定的。



思考题

1. 工程结构的基本功能是什么?
2. 说明直接作用与间接作用的区别。
3. 什么是作用效应?
4. 作用有哪些类型?
5. 永久作用、可变作用主要指哪些荷载?
6. 我国结构设计方法是怎样演变的?
7. 何为概率极限状态设计法?

第2章

重力、侧压力

§ 2.1 重力

§ 2.2 侧压力

§ 2.1 重力

§ 2.1.1 结构自重

结构的自重是指组成结构的材料自身重量产生的重力,属永久作用。进行结构设计时,只需明确结构设计规定的尺寸和材料或组成结构的基本构件单位体积的自重(或单位面积的自重),就可算出基本构件的重量

$$G_i = \gamma_i \textcircled{1} V_i \quad (2-1)$$

式中 G_i ——结构中第 i 个基本构件的自重, kN;

γ_i ——第 i 个基本构件的材料重度, kN/m³;

V_i ——第 i 个基本构件的体积,一般按设计尺寸确定, m³。

工程结构中常用材料和构件的重度,可参考本书附录。对于自重变异较大的材料和构件(如现场制作的保温材料、混凝土薄壁构件等),自重的计算应根据其对结构的不利或有利作用,取上限值或下限值。式(2-1)适用于一般建筑结构、桥梁结构以及地下结构等各构件的自重计算。计算结构总自重时,应根据结构各构件的材料重度的不同将结构人为地划分为多种容易计算的基本构件,先计算基本构件的重量,然后叠加即得到结构的总自重,计算公式为

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

式中 G ——结构总自重, kN;

n ——组成结构的基本构件数。

§ 2.1.2 土的自重应力

土是一种三相非连续介质,由固体颗粒(固相)、水(液相)和气(气相)组成,土中任意截面

① $\gamma_i = \rho_i g$, ρ_i 为第 i 个基本构件材料的密度, g 为重力加速度。

上都包括骨架和孔隙的面积。计算土中应力时,通常不考虑土的非均质性,而是把土体简化为均质连续体,采用连续介质力学理论(如弹性力学理论)计算土中应力的分布,土中应力取为单位面积(包括孔隙面积在内)上的平均应力。必须指出,只有通过土粒接触点传递的粒间压力才能使土粒彼此挤紧和产生位移,从而引起土体的变形,而且粒间压力又是影响土体强度的一个重要因素,所以由粒间压力在土体中引起的应力称为有效应力。土的自重应力即为土自身有效重力在土体中所引起的应力。

一般情况下,因土层的覆盖面积很大,可将土体假设为均质半无限体,土的自重可看作分布面积为无限大的荷载,土体在自重作用下既不能有侧向变形也不产生剪切变形,只能产生竖向变形。对于均匀土层,在天然地面下任意深度 z 处水平面上的竖向自重应力 σ_{cz} 可用下式计算

$$\sigma_{cz} = \gamma z \quad (2-3)$$

式中 γ ——土的天然重度, kN/m^3 ;

z ——计算深度, m 。

σ_{cz} 沿水平面均匀分布,沿深度方向为直线分布,如图 2-1a 所示。

当地基土由成层土组成时,天然地面下深度 z 处的竖向有效自重应力的计算公式为

$$\sigma_{cz} = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \cdots + \gamma_n h_n = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i \quad (2-4)$$

式中 n ——从天然地面起到深度 z 处的土层数;

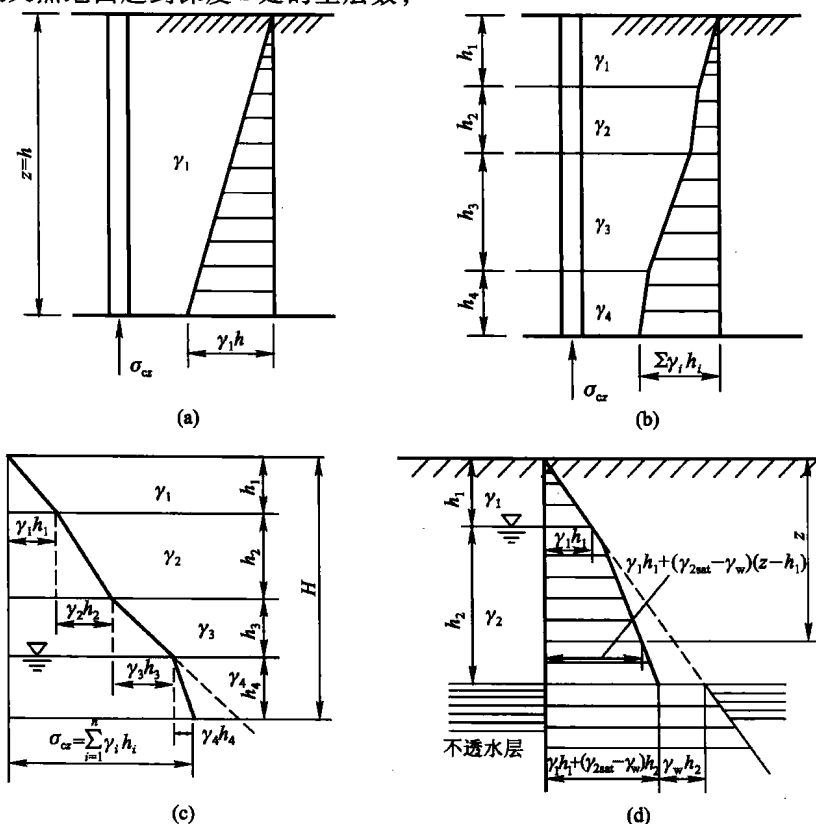


图 2-1 土的竖向自重应力沿深度方向的分布

h_i ——第 i 层土的厚度, m;

γ_i ——第 i 层土的天然重度。

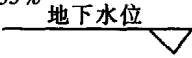
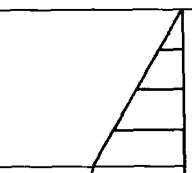
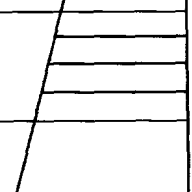
此时 σ_{α} 沿深度方向的分布为折线型, 如图 2-1b 所示。

若有地下水存在, 则水位以下土层由于受到水的浮力作用, 采用式(2-4)计算时, 水位以下各层土的天然重度应改取土的有效重度。土的重力减去水的浮力, 称为土的有效重力, 水下土单位体积的有效重力称为土的有效重度(浮重度), 用 $\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$ (γ_{sat} 为土的饱和重度, 是指当土中孔隙全被水充满时, 单位体积土的重力; γ_w 为水的重度)表示。其应力分布如图 2-1c 所示。若地下水位以下存在不透水层, 则在不透水层层面及层中浮力消失, 其自重应力等于全部上覆的水土总重(如图 2-1d 所示)。

【例 2-1】某场地的地质柱状图和土的有关指标如表 2-1 所示。试计算地面下深度为 2.5 m、5 m 和 9 m 处的自重应力, 并绘制分布图。

解: 按照计算式(2-4)和有效重度的公式, 计算的自重应力结果见表 2-1, 将各点的自重应力值用直线连接, 即为土的竖向自重应力分布曲线。

表 2-1 有关指标和计算结果

土层	土的有效重度的计算	柱状图	深度 /m	分层厚度 /m	重度 /(kN/m^3)	土中竖向自重应力的计算	竖向自重应力分布图
粉土	$\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$ $d_s = 2.70$ $e = 1.03$ $w = 35\%$ 		2.5			45	
			3.6	3.6	18	65	
			5.0			77	
			6.0	2.4	8.4	85	
粉质粘土	$\gamma_{\text{sat}} = 19.8 \text{ kN/m}^3$ $\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$ $= 9.8 \text{ kN/m}^3$		9.0		9.8	114	
							114 kPa

注: d_s ——土粒相对密度, 一般粘性土: 2.70 ~ 2.76, 砂土: 2.65 ~ 2.69; e ——孔隙比; w ——含水量。

§ 2.1.3 雪荷载

雪荷载是房屋屋面的主要荷载之一, 属于结构上的可变荷载。在我国寒冷地区及其他大雪地区, 因雪荷载导致屋面结构以及整个结构破坏的事例时有发生。尤其是大跨度结构以及轻型屋盖对雪荷载更为敏感。因此, 在有雪地区的结构设计中必须考虑雪荷载的作用。

1. 基本雪压

所谓雪压是指单位水平面积上的积雪重量, 而基本雪压是指当地空旷平坦地面上根据气象记录资料统计得到的在结构使用期间可能出现的最大雪压值。当气象台(站)有雪压记录时, 应直接采用雪压数据计算基本雪压, 当无雪压记录时, 可间接采用积雪深度, 按下式计

算雪压

$$s = h\rho g \quad (2-5)$$

式中 s ——雪压, kN/m^2 ;

h ——积雪深度, 指从积雪表面到地面的垂直深度, m ;

ρ ——积雪密度, t/m^3 ;

g ——重力加速度, 取 9.8 m/s^2 。

雪密度随积雪深度、积雪时间和当地的地理气候条件等因素的变化有较大幅度的变异, 对于无雪压直接记录的气象台(站), 可按地区的平均雪密度计算雪压。对于积雪局部变异特别大的地区, 以及高原地形的山区, 应予以专门调查和特殊处理。

由于我国幅员辽阔, 各地气候条件差异较大, 故对不同地区取不同的积雪平均密度: 东北及新疆北部地区的平均密度取 0.15 t/m^3 ; 华北及西北地区取 0.13 t/m^3 , 其中青海取 0.12 t/m^3 ; 淮河、秦岭以南地区一般取为 0.15 t/m^3 , 其中江西、浙江取 0.20 t/m^3 。我国基本雪压 s_0 的修订是根据全国 672 个地点的气象台(站), 从建站起到 1995 年的最大雪压或雪深资料, 经统计得出的 50 年一遇的最大雪压, 即重现期为 50 年的最大雪压, 以此规定为当地的基本雪压。我国按 50 年一遇重现期确定的基本雪压分布图参见《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)(2006 年版)中附图 D.5.1。全国各主要大城市的雪压值见表 2-2。

表 2-2 我国主要大城市 50 年一遇的风压及雪压值

省市名	城市名	风压/(kN/m^2)			雪压/(kN/m^2)		
		$n=10$	$n=50$	$n=100$	$n=10$	$n=50$	$n=100$
北京		0.30	0.45	0.50	0.25	0.40	0.45
天津		0.30	0.50	0.60	0.25	0.40	0.45
上海		0.40	0.55	0.60	0.10	0.20	0.25
重庆		0.25	0.40	0.45			
河北	石家庄市	0.25	0.35	0.40	0.20	0.30	0.35
	承德市	0.30	0.40	0.45	0.20	0.30	0.35
	秦皇岛市	0.35	0.45	0.50	0.15	0.25	0.30
	唐山市	0.30	0.40	0.45	0.20	0.35	0.40
山西	太原市	0.30	0.40	0.45	0.25	0.35	0.40
	大同市	0.35	0.55	0.65	0.15	0.25	0.30
	临汾市	0.25	0.40	0.45	0.15	0.25	0.30
	运城市	0.30	0.40	0.45	0.15	0.25	0.30
内蒙古	呼和浩特市	0.35	0.55	0.60	0.25	0.40	0.45
	包头市	0.35	0.55	0.60	0.15	0.25	0.30
	赤峰市	0.30	0.55	0.65	0.20	0.30	0.35