



高等学校土木工程专业规划教材

# 土质学与土力学

*Soil Properties and Soil Mechanics*

(第五版)

钱建固 袁聚云 赵春风 编 著  
梁发云 刘 芳  
高大钊 主 审



人民交通出版社股份有限公司  
China Communications Press Co., Ltd.

高等学校土木工程专业规划教材

Soil Properties and Soil Mechanics

# 土质学与土力学

(第五版)

钱建固 袁聚云 赵春风 梁发云 刘芳 编 著  
高大钊 主 审



人民交通出版社股份有限公司  
China Communications Press Co., Ltd.

## 内 容 提 要

本书是根据全国高等学校土木工程学科专业指导委员会对土木工程专业的培养要求和目标而编写。

本书系统地介绍了土质学与土力学的基本原理和分析计算方法,其内容包括土的物理性质及工程分类、黏性土的物理化学性质、土中水的运动规律、土中应力计算、土的压缩性与地基沉降计算、土的抗剪强度、土压力计算、土坡稳定分析、地基承载力、土的动力性质和压实性以及土工试验与原位测试结果的分析与利用等共十一章,每章均附有较全面、详细的例题以及习题和思考题。

本书可作为高等学校土木工程专业、道路桥梁与渡河工程专业的教学用书,亦可供其他相关专业师生及技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

土质学与土力学 / 钱建固等编著. — 5 版. — 北京:  
人民交通出版社股份有限公司, 2015. 12

高等学校土木工程专业规划教材

ISBN 978-7-114-12532-4

I. ①土… II. ①钱… III. ①土质学—高等学校—教材  
②土力学—高等学校—教材 IV. ①P642.1②TU43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 243449 号

高等学校土木工程专业规划教材

书 名: 土质学与土力学(第五版)

著 者: 钱建固 袁聚云 赵春风 梁发云 刘 芳

责任编辑: 曲 乐 李 喆

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 17.75

字 数: 410 千

版 次: 1979 年 12 月 第 1 版

1986 年 3 月 第 2 版

2001 年 5 月 第 3 版

2009 年 2 月 第 4 版

2015 年 12 月 第 5 版

印 次: 2015 年 12 月 第 5 版 第 1 次印刷 总第 48 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12532-4

定 价: 35.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

# 第五版前言

本书第五版是根据全国高等学校土木工程学科专业指导委员会对土木工程专业的培养要求和目标,在2009年出版的《土质学与土力学》(第四版)基础上编写而成。本书由多年从事土力学教学的教授参与编写,在编写过程中,充分吸取前几版教材的优点和近几年来本学科工程技术的新进展,采用了国家及有关行业的最新规范与规程,同时还采纳了有关院校应用该教材的经验和要求。

《土质学与土力学》最初曾于1961年由同济大学俞调梅教授主编出版,1979年由人民交通出版社出版了由高大钊教授主编的《土质学与土力学》试用教材第一版,1986年作为高等学校教材由洪毓康教授主编出版了第二版,2001年由高大钊教授和袁聚云教授主编出版了第三版,2009年由袁聚云教授等主编出版了第四版。由俞调梅教授开创的这门课程,经过五十多年的教学实践和发展,已经积累了丰富和宝贵的教学经验,第五版的编写是在保持前四版基本框架和教材体系的前提下,依据现行的相关规范与行业标准,根据土木工程专业的培养要求进行修订和补充,以满足学生综合能力培养的需要。

本书系统地介绍了土质学与土力学的基本原理和分析计算方法,其内容包括土的物理性质及工程分类、黏性土的物理化学性质、土中水的运动规律、土中应力计算、土的压缩性与地基沉降计算、土的抗剪强度、土压力计算、土坡稳定分析、地基承载力、土的动力性质和压实性以及土工试验与原位测试结果的分析与利用等共十一章。本书每章都给出了相应的例题、习题和思考题,便于学生复习和自学。

书后还给出了必要的参考书与文献,便于教师备课时参考,也可为希望深入学习的学生提供方便。

本书由钱建固、袁聚云、赵春风、梁发云、刘芳编著,其中绪论、第四、五、六、七章由钱建固教授编写,第一、十一章由袁聚云教授编写,第八、九章由赵春风教授编写,第二、三章由梁发云教授编写,第十章由刘芳副教授编写。

全书由同济大学高大钊教授主审。

土力学是一门理论性和实践性都很强的课程,本书充分强调理论联系实际,尽可能地反映一些既经过工程实践考验又符合教学要求的内容,以更好地满足土木工程专业的教学需要,同时通过对一些具体工程问题的分析,希望有助于培养学生适应工程实践和分析实际问题的能力。

本书第五版继承了前几版的编写原则和基本格局,并是在前几版作者俞调梅、洪毓康、高大钊、胡中雄、王天龙、沈锡英、张宏鸣等教授多年积累的教学经验和科研资料的基础上形成的,在此深表感谢。

恳请读者提出批评和建议。

**编 者**

**2015年8月于同济大学**

# 第四版前言

本书系根据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培养要求和目标,在2001年出版的《土质学与土力学》(第三版)基础上编写而成。本书由多年从事土力学教学的教师编写,在编写过程中,充分吸取前几版教材的优点和近几年来本学科工程技术的新进展,采用了国家及有关行业的最新规范与规程,同时还采纳了有关院校应用该教材的经验和要求。

《土质学与土力学》最初曾于1961年由同济大学俞调梅教授主编出版,1979年由人民交通出版社出版了《土质学与土力学》试用教材第一版,1986年作为高等学校教材由洪毓康教授主编出版了第二版,2001年由高大钊教授和袁聚云教授主编出版了第三版。由俞调梅教授开创的这门课程,经过五十多年的教学实践和发展,已经积累了丰富和宝贵的教学经验,第四版的编写是在保持第三版基本框架和教材体系的前提下,根据土木工程专业的培养要求进行修订和补充,以满足学生综合能力培养的需要。

本书系统地介绍了土质学与土力学的基本原理和分析计算方法,其内容包括土的物理性质及工程分类、黏性土的物理化学性质、土中水的运动规律、土中应力计算、土的压缩性与地基沉降计算、土的抗剪强度、土压力计算、土坡稳定分析、地基承载力、土的动力性质和压实性以及土工试验与原位测试结果的分析与利用等共十一章。本书每章都给出了必要的例题、习题和思考题,以利于学生复习和自学。书后还给出了必要的参考书与文献,便于教师备课时参考,也可为希望深入

学习的学生提供方便。

本书由袁聚云、钱建固、张宏鸣、梁发云编著,其中绪论、第一、二、六、十、十一章由袁聚云教授和梁发云副教授编写,第四、五、七章由钱建固副教授编写,第三、八、九章由张宏鸣副教授编写。

全书由同济大学高大钊教授主审。

土力学是一门理论性和实践性都很强的课程,本书充分强调理论联系实际,尽可能地反映一些既经过工程实践考验又符合教学要求的内容,以更好地满足土木工程专业的教学需要,同时通过对一些具体工程问题的分析,希望有助于培养学生适应工程实践和分析实际问题的能力。

本书第四版继承了前几版的编写原则和基本格局,并是在前几版作者俞调梅、洪毓康、高大钊、胡中雄、王天龙、沈锡英等教授多年积累的教学经验和科研资料的基础上形成的,在此深表感谢。

恳请读者提出批评和建议。

编 者

2008年10月于同济大学

# 第三版前言

本书系根据全国高等学校路桥及交通工程教学指导委员会制定的《土质学与土力学》教学大纲编写而成。在编写过程中征求了有关学校对本课程教学的意见,吸收了近十年来本学科工程技术的进展,同时考虑了扩大专业面的教学改革的发展要求。

《土质学与土力学》最初曾于1961年由同济大学俞调梅教授主编出版。70年代末由人民交通出版社出版了《土质学与土力学》试用教材第一版,第二版作为高等学校教材于80年代中期出版。这一次编写的第三版在吸取前几版教材优点的基础上,根据技术发展的要求,补充了一些新的或有利于扩大学生知识面的内容,删去了一些不适宜于教学或比较陈旧的材料,力求有所进步与发展。

本书由同济大学土力学基础工程教研室高大钊教授、袁聚云教授主编,由长安大学谢永利教授主审,并由同济大学土力学基础工程教研室多年从事该课程教学的老师承担编写任务,各章编写的分工如下:

高大钊 绪论、第一、十一章;

胡中雄 第二章;

张宏鸣 第三、八章;

沈锡英 第四章;

陈光敬 第五章;

袁聚云 第六章;



钟才根 第七、九章；

王天龙 第十章。

本书每章都给出了必要的例题、习题和思考题,这些大多经过多年课堂教学的使用,表明有利于学生的自学。最后还给出了必要的参考书与文献,这是为了便于教师备课时参考,也可为希望深入学习的学生提供方便,但不要求每个学生必读。

本书在处理与技术规范的关系时,遵循以阐明土力学基本原理为主并有助于学生正确理解规范的原则,不拘于长篇引用一本规范的特殊内容,以使学生能灵活运用不同行业的工程建设规范,有利于培养学生适应工程实践的能力。

土力学是一门理论性和实践性都很强的课程,本书编写时注意了理论与实际的结合,通过对一些工程问题的分析,希望有助于培养学生分析与解决实际问题的能力。

限于编者的水平,能否处理好上述这些关系尚无把握,错误之处恳请读者指正。

编者

千禧龙年于同济大学

# 第二版前言

本书是根据 1982 年 4 月在长沙召开的全国高等院校路、桥专业教材编委会扩大会议上所讨论制定的《土质学及土力学》教材编写大纲编写的。在编写过程中,曾广泛征求各高等院校近年来对本课程的教学意见,力求使本教材能更好地满足各院校的教学要求。本书编写时,主要参考了 1979 年出版的高等院校试用教材《土质学及土力学》,吸取了该教材的优点,也吸取了近年来各院校试用该教材的经验,并参考了国内外近年来出版的比较成熟的教科书及有关的文献资料。

本书由同济大学土力学及基础工程教研室洪毓康主编,北京工业大学土力学与地基基础教研室叶于政教授主审。参加编写的有同济大学朱小林和魏道堃。编写分工是:洪毓康编写绪论、第三、四、七、八、九章;朱小林编写第一、二、十一章;魏道堃编写第五、六、十章。

遵照国务院发布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》,及文化部出版局和国家计量局发出的贯彻《中华人民共和国法定计量单位》的联合通知要求,本书编写时采用了中华人民共和国法定计量单位。在书末附录二中给出了法定计量单位与公制单位的换算表。

为了便于自学,本书每章都给出了必要的例题、习题和思考题。在附录中还列出了主要参考书目和文献。

本书在编写中力图做到叙述简明、重点突出、文字简练、易于自学,并密切联系工程实践,适当地反映近代土力学中国内外的新成果。但限于编者水平,书中缺点和谬误之处在所难免,尚希读者批评指正。

# 第一版前言

本书根据 1978 年 3 月在西安召开的交通部公路工程专业和桥梁与隧道专业全国统编教材编写大纲会议所制定的教材大纲编写的。编写时,参考了 1961 年出版的高等学校试用教科书《土质学及土力学》;学习了兄弟院校的教学经验;并充实了在教学和科学研究中积累的一些资料。在编写过程中,力图吸收和反映近代土力学的国内外最新成果,但限于水平与篇幅,反映得还很不够。

本书试图把土质学和土力学更好地结合起来,为了有利于教学,在内容安排上按先易后难,先简后繁的顺序分为两大部分共九章。

第一部分从第一章到第五章,是最基本、实用的土力学原理;从第六章开始的第二部分主要是土质学与土力学相结合的一些比较深入和比较新的问题(由于内容安排上的原因,也包括了一些实用的基本内容)。对于第二部分,各院校可以根据专业要求、地区特点以及具体条件,有选择地讲授其中的部分或全部。这样的教材体系是否恰当,有待在教学实践中检验。

按照教育部关于新编大、中专教材采用国际单位制的指示精神,本书对主要物理量都详细介绍了国际制单位及换算方法,在书末附有国际单位换算表,并给出了用国际制运算的例题和习题。对于现行规范、规程、经验公式和经验数据仍采用原有的公制单位。但在每一种单位第一次出现时都同时介绍国际制单位,并在有关公制数据下加注与国际单位制的换算关系。

本书由同济大学土力学与基础工程研究室高大钊主编,北京工业大学地基基

基础教研室陈建平参加编写,重庆建筑工程学院地基基础教研室漆锡基主审。编写分工是:陈建平编写第一、六、七章(其中第一章由高大钊修改,第七章由洪毓康修改),高大钊编写第二、三、四、五章以及第八、九章(其中第五章由洪毓康修改)。第六章粘性土的物理化学性质在以往教学中难点较多,编写时作了反复研究和修改,尽可能结合工程需要来阐明粘土矿物及其与水相互作用的基本概念;在陈建平编写了两稿的基础上,由陈士衡编写了部分修改稿,俞调梅教授对这一章的体系和内容选择提出了具体方案,并提供许多新的资料,最后由高大钊执笔定稿,朱小林校订。

本书是在俞调梅教授的指导下完成的。洪毓康对本书的编写作了许多帮助并校阅了全书。

# 目录

绪论	1
第一章 土的物理性质及工程分类	5
第一节 土的三相组成	5
第二节 土的颗粒特征	7
第三节 土的三相比例指标	11
第四节 黏性土的界限含水率	16
第五节 无黏性土的密实度	19
第六节 土的工程分类	21
习题	25
思考题	26
第二章 黏性土的物理化学性质	27
第一节 键力的基本概念	27
第二节 黏土矿物颗粒的结晶结构	29
第三节 黏土颗粒的胶体化学性质	31
第四节 黏性土工程性质的利用和改良	34
思考题	38
第三章 土中水的运动规律	39
第一节 土的毛细性	39

第二节	土的渗透性 .....	43
第三节	动水力及渗流破坏 .....	51
第四节	土在冻结过程中水分的迁移和积聚 .....	53
习题	.....	55
思考题	.....	56
<b>第四章</b>	<b>土中应力计算 .....</b>	<b>57</b>
第一节	概述 .....	57
第二节	土中自重应力计算 .....	58
第三节	基础底面的压力分布与计算 .....	60
第四节	竖向集中力作用下土中应力计算 .....	63
第五节	竖向分布荷载作用下土中应力计算 .....	67
第六节	应力计算中的其他一些问题 .....	81
第七节	饱和土有效应力原理 .....	86
习题	.....	87
思考题	.....	89
<b>第五章</b>	<b>土的压缩性与地基沉降计算 .....</b>	<b>90</b>
第一节	概述 .....	90
第二节	土的压缩性试验及指标 .....	91
第三节	地基沉降实用计算方法 .....	100
第四节	饱和黏性土地基沉降与时间的关系 .....	113
习题	.....	123
思考题	.....	125
<b>第六章</b>	<b>土的抗剪强度 .....</b>	<b>126</b>
第一节	概述 .....	126
第二节	土的抗剪强度理论与强度指标 .....	127
第三节	土的抗剪强度指标试验方法及其应用 .....	131
第四节	软土在荷载作用下的强度增长规律 .....	144
第五节	关于土的抗剪强度影响因素的讨论 .....	145
习题	.....	148
思考题	.....	149

第七章 土压力计算	150
第一节 概述	150
第二节 静止土压力计算	152
第三节 朗金土压力理论	153
第四节 库仑土压力理论	159
第五节 几种特殊情况下的库仑土压力计算	165
第六节 关于土压力的讨论	169
习题	171
思考题	172
第八章 土坡稳定分析	173
第一节 概述	173
第二节 无黏性土的土坡稳定分析	174
第三节 黏性土的土坡稳定分析	175
第四节 土坡稳定分析的几个问题	191
习题	196
思考题	197
第九章 地基承载力	199
第一节 概述	199
第二节 临塑荷载和临界荷载的确定	203
第三节 极限承载力计算	206
第四节 按规范方法确定地基承载力	217
第五节 关于地基承载力的讨论	224
习题	226
思考题	227
第十章 土的动力性质和压实性	229
第一节 土在动荷载作用下的变形和强度性质	229
第二节 砂土和粉土的振动液化	235
第三节 土的压实性	240
习题	245
思考题	245

第十一章	土工试验与原位测试结果的分析与利用	246
第一节	土的目力鉴别	246
第二节	勘察、取土方法对土的试验指标的影响	248
第三节	用原位测试方法测定土的工程性质	250
第四节	原位测试与室内试验指标之间的关系	252
第五节	工程实例分析	254
	思考题	265
	参考文献	266



# 绪 论

## 一、土质学与土力学的研究对象及发展简史

土质学与土力学是将土作为建筑物地基、建筑材料或建筑物周围介质来研究的一门学科,主要研究土的工程性质以及土在周围环境与荷载作用下的渗透、应力、变形和强度的问题,为工程设计与施工提供土的工程性质指标与评价方法以及土的工程问题的分析计算原理,是土木工程专业和技术基础课。

土质学是从工程地质学范畴里发展起来的,它从土的成因与成分出发,研究土的工程性质的本质与机理,对土在荷载、温度及湿度等因素作用下发生的变化做出数量上的评价,并根据土的强度、变形机理提出改良土质的有效途径。

土力学是从工程力学范畴里发展起来的,它把土作为物理—力学系统,根据土的应力—应变—强度关系提出力学计算模型,用数学力学方法求解土在各种条件下的应力分布、变形以及土压力、地基承载力与土坡稳定及渗流等课题,同时根据土的实际情况评价各种力学计算方法的可靠性与适用条件。

土质学和土力学是两门关系非常密切的学科,在发展过程中互相渗透、互相结合。在工程学科范围内把土的微观与亚微观结构的研究和土的应力—应变—强度关系的研究结合起来,把土的变形、强度机理和土的工程性质指标结合起来,进一步说明土的力学现象的本质,为近代计算技术在土力学中的应用提供比较符合实际的计算模型,以解决比较复杂的工程问题。从工程的要求出发,将土质学和土力学结合起来学习,这有利于将土的定性研究与定量研究紧