

全国高校土木工程专业应用型本科规划推荐教材

土力学教程

谢定义 刘奉银 编著

中国建筑工业出版社

全国高校土木工程专业应用型本科规划推荐教材

土力学教程

谢定义 刘奉银 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土力学教程/谢定义, 刘奉银编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2010. 9

全国高校土木工程专业应用型本科规划推荐教材

ISBN 978-7-112-12466-4

I. ①土… II. ①谢…②刘… III. ①土力学-教材
IV. ①TU43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 181646 号

全国高校土木工程专业应用型本科规划推荐教材

土力学教程

谢定义 刘奉银 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15 $\frac{1}{4}$ 字数: 372 千字

2010 年 9 月第一版 2010 年 9 月第一次印刷

定价: 30.00 元

ISBN 978-7-112-12466-4

(19727)

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)

前 言

本书是面对土木工程类专业大学本科生的本土力学教材。根据编者长期教学的经验 and 体会，本书在编写中着重注意和体现了优化教材体系，精炼教材内容与突出讲练用结合。

(1) 优化教材体系。正如日本土力学家松冈元在自著土力学教材的前言中所述，“教科书不是他人和自己最新研究成果的简单罗列，而应该是把已经成熟的成果加以系统地归纳和总结”。在这里，首先是系统或体系，然后把已经成熟的成果在这个系统或体系内加以正确地归纳和总结。关于土力学的教材体系，在多年来的教学实践中，人们曾经试用过学科型的教材体系，工程型的教材体系和专题型的教材体系。在对它们总结分析的基础上，本书采用了一种崭新的教材体系，姑且将它称之为分析型的教材体系。

学科型的教材体系由土的物理性质到力学性质，到土中应力、地基承载力、土坡稳定分析、挡土墙土压力，再到地基处理，它使得每一个问题都基本上成了相对独立的部分，学生常需要在有了一定的土力学知识后才能寻找和体会它们中间的内部联系；它与学生们熟悉的数学、力学等课程的思考体系明显不同，往往会由于不习惯而造成杂乱的感觉，约束了学生主动思考力的发挥；同时，教师在教学中也难于在一个问题的讨论中从有关的多个方面、有联系地对土的变形强度问题作出分析，使得一个本来受到多因素影响的问题暂时地丢开一些必要的延伸与对比。

工程型的教材体系是结合某个工程对象来讨论土力学的内容。如在结合土坝工程讨论时，可以包括土料的选择（土的基本物理性质与工程），土坝的渗流计算（土的渗透性与工程），土坝的坝坡稳定性分析（土的强度与工程），土坝的沉降计算（土的压缩、固结与工程），水闸地基稳定性分析（地基的承载力，挡墙土压力与工程）。这样的体系，一方面，一些土力学的内容难于组织到工程对象中去，另一方面，又与土坝设计的专业课造成重复或脱节。

专题型的教材体系是在讲授了土的物理性质之后，再分别讨论土的渗透性与土体的渗透稳定性，土的压缩性与土体的变形稳定性，土的抗剪性与土体的强度稳定性等问题。这种体系将土性和土体的稳定性尽早地结合，使理论密切地与实际问题相联系，是它的一个的优点。但它将渗透、抗剪与压缩等相互割裂，在一个相当长的学习期间还不能形成对土材料的完整认识，在考虑具体问题时，也限制了在渗透、抗剪与压缩等有关问题之间作相互有联系的分析。

分析型的教材体系突出了人们一般对待一个新事物认识的基本规律。它用提出问题、分析问题、解决问题的“三部曲”方法来处理土力学教材。首先，通过“土力学研究土和土体变形强度特性规律及其工程应用问题”的根本任务提出问题，把认识土、利用土和改造土作为土力学的重要目标，并说明解决这个问题时土这个主要对象的本质特点（“多孔、多相、松散”介质）和对应需要采取的特殊方法（土工试验与力学原理与具体条件间的紧

本书是编者根据自己长期教学的体会与经验,以优化教材体系、突出讲练用结合为主要目标而编写的一本土力学教材。全书采用“提出问题、分析问题、解决问题”的方法,突出了“土力学研究土和土体变形强度特性规律及其工程应用问题”的根本任务,建立了从揭示影响土变形强度特性变化的内部因素、外部因素和时间因素,到阐明土与力结合时在变形强度上的各类特性规律,再到应用土性规律解决各类工程土工问题的具体方法、技术措施的新的教材体系,各章均包括了基本内容、小结、复习思考题与作业练习题等四个部分,注意灵活应用由“是什么”到“为什么”的分析,以利于培养学生“举一反三”的能力。

本书包括了绪论(第1章);内在因素、外在因素、时间因素的分析(第2、3、4章);土与力之间基本力学规律与指标的分析(第5、6、7章);土的静力、动力学特性规律在地基、土坡、支护结构设计计算中的应用(第8、9、10章)和以“土力学走向实用”问题为重点的总结(第11章),主要面对土木工程类专业大学本科生,同时也可作为其他土工科技人员的重要参考书。

* * *

责任编辑:王跃 刘平平

责任设计:赵明霞

责任校对:张艳侠 王雪竹

密结合)；接着，在分析问题时，一方面从内部因素(物质结构因素)、外部因素(环境条件因素)和时间因素(时间过程因素)诸方面来揭示影响土变形强度特性变化的实在因素，展现土力学中需要全面考虑的特性和现象，建立对土本质特性的具体认识，学会土力学思考问题的方法，感受解决这些问题对一个土木工程师的重要性，为从空间和时间全面思考问题打下初步的基础；另一方面，从土与力的关系上系统地考察土变形强度变化的基本特性规律和定理，给出了从数学、力学角度可以进行定量分析的基本参数及基本关系式；然后，为了解决问题，从工程土体与土在变形强度特性规律上的联系，将土性规律应用到各类工程的土工问题中，介绍了解决问题的具体方法、技术措施和深化研究的方向和问题。编者认为，用这个体系来阐明土力学问题，既有科学内容，又有思维方法，且具有由内到外、由浅入深、循序渐进的特点，可以收到“纲举目张”的效果。依据这个体系，本书共分为11章。第1章就是提出问题的绪论；第2、3、4章就是关于内在因素、外在因素、时间因素的分析；第5、6章就是关于土与力之间基本关系与指标的分析；第7、8、9就是关于土的静力特性规律分别在地基、土坡和支护结构设计计算中的应用；第10章就是关于土的动力特性规律在地基、土坡和支护结构设计计算中的应用；最后，第11章是以“土力学及其走向实用”问题为重点的总结。

(2) 精炼教材内容。“丰富的土力学内容与有限的教学时数间的矛盾”是土力学教学中长期存在的一个主要矛盾。为了解决这个矛盾，本书在精炼教材内容上采取了一系列新的措施。

为基本概念组织清晰的系统。例如：从内因、外因和时间三大因素上认识土变形强度特性的变化；从粒度、密度、湿度、构度四个方面全面认识土的物理特性；从双电层、收缩膜和结构性的差异认识土样中三个组成相间的相互作用；从试验方法、特性曲线、特性指标及其变化方面揭示压缩性、剪切性、渗透性和击实性；从土材料与工程土体的联系与差异上认识并建立土材料的力学特性规律与工程土体的变形强度稳定性的联系等等。

用简练的文字语言阐明骨干性的内容。在文字语言上下工夫，反复进行推敲，不仅是为了适当地缩减篇幅，更重的是为了突出主干，准确含义，分清层次，搭配材料，组织论理，明确关系，体现正确的思维逻辑。如以绪论讲述为例，用“研究土和土体变形强度特性规律及其工程应用问题”定义土力学；用“世间不会有空中楼阁存在”说明土力学在工程建设中的重要性；用“多孔、多相、松散”介质点明土力学研究材料对象的本质特点；用“认识土、利用土、改造土”概括土力学的主要任务；用“土工试验+力学原理+工程应用”说明土力学三个大方面的关系。

在广阔的学科背景下突出最基本的内容。它既需要从大量历史的、文献的、实践的各种材料中精选出土力学真正的基本概念、基本理论和基本方法，也需要把它们放在现代土力学及其应用中的适当位置上；既需力戒将基本内容扩大化，也需力戒将基本内容孤立化；既要给初学者一个轻巧而坚实的基础，发挥基本教材的作用，又要为它们的进一步拓展、加深和补充给出方向和阶梯，发挥教材中参考文献的作用。

给任课教师留出适当的余地。虽然为了在教材内容的完整性，可以涉及有关方面的主要骨干问题，但对有些问题只需“点到为止”，不必作过细、过多的讲述，以便任课教师根据专业需要、学时限制等作出选择和发挥主动性，“适应所需”，“特色教学”。尤其对土力学中许多计算公式的推证应该有所选择，无需“人人过关”，以免让过多的数学力学过

程冲淡土力学的概念和思路，要努力让它们服务于阐明土力学问题的需要。在公式推导中，土力学思考方法要比数学力学过程更重要。

(3) 突出讲练用结合。在本书的各章中，均包括了基本内容、小结、复习思考题与作业练习题等四个部分，最后一章对全书给出了总结。既运用“多次的重复”这个记忆的原则，又使认识从逐渐展开到逐渐浓缩，从“由薄到厚”的初级阶段走向“由厚到薄”的高级阶段。

基本内容部分，一般先介绍问题的总体状况，同样贯彻“三部曲”的认识论方法，灵活应用由“是什么”到“为什么”的分析，力图在最主要的点上讲透，培养“举一反三”的能力。

小结部分要理出知识的骨架系统，精现认识问题的基本观点，补充一些必要而带有发展性的思路，以便更加全面地看待已经介绍过的内容；

复习思考题部分要给学生提供自我检验对基本知识掌握程度的问题，帮助思考与记忆，并适当地变换一些面目，引导学生对知识的灵活应用；

作业练习题部分要有进一步加深和拓宽的要求，更多地面对学有余力和有趣学习的学生。但要求学生完成的课外习题，可以从后两部分中适当地作出选择，不可负担过重。

总结部分，既对已有知识作了最简要的回顾与提炼，系统地给出了基本认识、主要名词概念、主要曲线和主要公式，更对“土力学走向实用”的问题作了广泛的讨论，使土力学的特点与它的过去、现在、未来相联系，强调了土工试验、简化假定、综合判断、土体改善、方案比较和深化研究在综合解决土工问题中的重要地位。

最后，需要说明，刘奉银不仅编写了第7章的教材，而且对全书作了仔细的校改与补充，做了不少有益的工作。借此机会，编者愿意对在本书编写过程中作出过贡献的西安理工大学岩土工程研究所的同仁们、研究生们表示衷心的感谢。编者承认，自己在本教材上所作的努力只能算是一个尝试性的工作。它作为“一己之见”，未必能够有太大的裨益，但对它的“后来居上”，才是编者为今后教材的更新所寄予的殷切希望。

谢定义

2010年8月

目 录

前言

符号表

| | |
|-----------------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 第 1 节 土力学 | |
| ——研究土和土体变形强度特性规律及其工程应用问题的学科 | 1 |
| 第 2 节 土力学的重要性、对象特点、任务与学习方法 | 1 |
| 第 3 节 土力学的主要内容 | 2 |
| 第 4 节 土力学发展的现状与趋势 | 3 |
| 第 5 节 小结 | 6 |
| 思考题 | 8 |
| 习题 | 8 |
| 第 2 章 影响土变形强度变化的主要因素 (一) | |
| ——内在因素 (物质结构因素) | 9 |
| 第 1 节 概述 | 9 |
| 第 2 节 土物质结构因素的四类特性指标体系 | 9 |
| 第 3 节 土物质结构因素三类相互作用关系 | 17 |
| 第 4 节 基于物质结构因素的土工程分类方法 | 21 |
| 第 5 节 土物质结构因素基本土性指标的测算 | 24 |
| 第 6 节 小结 | 30 |
| 思考题 | 31 |
| 习题 | 32 |
| 第 3 章 影响土变形强度变化的主要因素 (二) | |
| ——外在因素 (环境条件因素) | 35 |
| 第 1 节 概述 | 35 |
| 第 2 节 加载与卸载及其作用 | 36 |
| 第 3 节 增、减湿及其作用 | 39 |
| 第 4 节 渗透力及其作用 | 39 |
| 第 5 节 动荷载及其作用 | 43 |
| 第 6 节 主要公式的推导 | 45 |
| 第 7 节 小结 | 46 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| 思考题 | 48 |
| 习题 | 48 |
| 第 4 章 影响土变形强度变化的主要因素 (三) | |
| ——时间因素 (时间过程因素) | 50 |
| 第 1 节 概述 | 50 |
| 第 2 节 土的固结 | 50 |
| 第 3 节 土的流变 | 52 |
| 第 4 节 小结 | 55 |
| 思考题 | 56 |
| 习题 | 56 |
| 第 5 章 土变形强度特性变化的主要规律 (一) | |
| ——压缩性、剪切性、渗透性、击实性的特性规律 | 57 |
| 第 1 节 概述 | 57 |
| 第 2 节 法向应力与变形之间的关系 | |
| ——土的压缩特性规律 | 57 |
| 第 3 节 剪应力与抗剪强度之间的关系 | |
| ——土的抗剪特性规律 | 62 |
| 第 4 节 渗透流速与水力梯度之间的关系 | |
| ——土的渗透特性规律 | 66 |
| 第 5 节 击实功与压实密度之间的关系 | |
| ——土的压实特性规律 | 70 |
| 第 6 节 小结 | 74 |
| 思考题 | 75 |
| 习题 | 76 |
| 第 6 章 土变形强度特性变化的主要规律 (二) | |
| ——固结、静三轴、动三轴试验的规律 | 78 |
| 第 1 节 概述 | 78 |
| 第 2 节 变形量与时间之间的关系 | |
| ——土的渗压固结特性规律 | 78 |
| 第 3 节 静力三轴 (常规) 应力与应变之间的关系 | |
| ——土静力三轴应力应变的特性规律 | 84 |
| 第 4 节 动力三轴应力与应变之间的关系 | |
| ——动三轴应力应变的特性规律 | 93 |
| 第 5 节 小结 | 100 |
| 思考题 | 101 |
| 习题 | 102 |

第7章 土的静力变形强度特性参数与规律在工程计算分析中的应用 (一)

| | |
|----------------------------|-----|
| ——地基工程问题····· | 104 |
| 第1节 地基工程中的变形强度问题····· | 104 |
| 第2节 地基中应力的计算····· | 104 |
| 第3节 地基压缩变形量(基础沉降量)的计算····· | 122 |
| 第4节 地基固结过程(基础沉降过程)的计算····· | 126 |
| 第5节 地基承载力的计算····· | 131 |
| 第6节 地基增稳的途径与措施····· | 145 |
| 第7节 小结····· | 154 |
| 思考题····· | 157 |
| 习题····· | 158 |

第8章 土的静力变形强度特性参数与规律在工程计算分析中的应用 (二)

| | |
|--------------------------|-----|
| ——土坡工程问题····· | 159 |
| 第1节 土坡工程中的变形强度问题····· | 159 |
| 第2节 土坡沉降变形的计算····· | 160 |
| 第3节 土坡沉降变形过程的计算····· | 161 |
| 第4节 土坡稳定性的计算····· | 161 |
| 第5节 增强土坡稳定性的基本途径与措施····· | 171 |
| 第6节 小结····· | 172 |
| 思考题····· | 172 |
| 习题····· | 173 |

第9章 土的静力变形强度特性参数与规律在工程计算分析中的应用 (三)

| | |
|---------------------------|-----|
| ——支护工程····· | 174 |
| 第1节 支护工程中土的变形强度问题····· | 174 |
| 第2节 挡土墙上的土压力问题····· | 174 |
| 第3节 板桩墙上的土压力问题····· | 186 |
| 第4节 地下埋管上的土压力问题····· | 187 |
| 第5节 隧道(洞)衬砌结构上的土压力问题····· | 193 |
| 第6节 小结····· | 198 |
| 思考题····· | 200 |
| 习题····· | 200 |

第10章 土的动力变形强度特性参数与规律在工程计算分析中的应用····· 202

| | |
|--------------------------|-----|
| 第1节 土木工程中土的动力变形强度问题····· | 202 |
| 第2节 地基的动承载力····· | 202 |
| 第3节 地基液化可能性的分析····· | 202 |

| | |
|----------------------------------|------------|
| 第4节 土坡的动力稳定性分析 | 205 |
| 第5节 挡土墙上动土压力的分析 | 207 |
| 第6节 增强土体动力稳定性的基本途径与措施 | 208 |
| 第7节 小结 | 209 |
| 思考题 | 210 |
| 习题 | 211 |
| 第11章 结论（土力学走向实用的道路） | 212 |
| 第1节 对土力学认识的简要回顾 | 212 |
| 第2节 土力学走向实用的道路 | 215 |
| 第3节 综合作业题 | 217 |
| 中英文对照名词索引（暂以章节先后为序） | 222 |
| 参考文献 | 228 |

符 号 表

| | |
|---|--|
| <p>d_{50} —— 平均粒径；</p> <p>d_{10} —— 有效粒径；</p> <p>$C_u = d_{60} / d_{10}$ —— 不均匀系数；</p> <p>$C_c = (d_{30})^2 / d_{10} d_{60}$ —— 曲率系数；</p> <p>$\rho_d = M_s / V$ —— 干密度；</p> <p>$e = V_v / V_s$ —— 孔隙比；</p> <p>$n = V_v / V\%$ —— 孔隙率；</p> <p>D_r —— 相对密实度；</p> <p>$S_r = V_w / V_v$ —— 饱和度；</p> <p>w —— 含水量；</p> <p>w_s —— 缩限；</p> <p>w_p —— 塑限；</p> <p>w_l —— 液限；</p> <p>I_L —— 液性指数；</p> <p>$I_p = w_l - w_p$ —— 塑性指数；</p> <p>S_t —— 灵敏度；</p> <p>q_u —— 无侧限抗压强度；</p> <p>u_w —— 孔隙水压力；</p> <p>u_a —— 孔隙气压力；</p> <p>$(u_a - u_w)$ —— 基质吸力；</p> <p>$(\sigma - u_a)$ —— 净总应力；</p> <p>Q_1 —— 午城黄土；</p> <p>Q_2 —— 离石黄土；</p> <p>Q_3 —— 马兰黄土；</p> <p>ρ —— 土的密度；</p> <p>ρ_d —— 干密度；</p> <p>ρ_{sat} —— 饱和密度；</p> <p>ρ' —— 浮密度，有效密度；</p> <p>$G(G = \frac{\rho_s}{\rho_w})$ —— 土粒相对密度；</p> <p>M, M_s, M_w, M_a —— 分别为土、土粒、水、气的质量；</p> <p>V, V_s, V_w, V_a —— 分别为土、土粒、水、气的体积；</p> <p>σ_{sz} —— 土自重应力；</p> <p>σ_0 —— 基底附加应力；</p> | <p>σ_z —— 土中附加应力；</p> <p>σ' —— 有效应力；</p> <p>u —— 孔隙水压力；</p> <p>$i = \frac{h}{L}$ —— 水力坡降（或称水力梯度）；</p> <p>j —— 渗透力；</p> <p>i_{cr} —— 临界水力梯度；</p> <p>τ_0 / σ_0 —— 初始剪应力比；</p> <p>U_t —— 固结度；</p> <p>τ_{∞} —— 长期强度极限；</p> <p>a —— 压缩系数；</p> <p>E_s —— 压缩模量；</p> <p>C_c —— 压缩指数；</p> <p>m_v —— 体积压缩系数；</p> <p>E_u —— 回弹模量；</p> <p>C_e —— 回弹指数；</p> <p>E_0 —— 变形模量；</p> <p>μ —— 泊松比；</p> <p>b —— 载荷板宽度；</p> <p>μ —— 地基土泊松比；</p> <p>ω —— 荷载板刚度与形状修正系数；</p> <p>τ_f —— 抗剪强度；</p> <p>φ —— 内摩擦角；</p> <p>c —— 黏聚力；</p> <p>σ_c —— 黏结应力；</p> <p>c', φ' —— 分别为有效应力的黏聚力和内摩擦角；</p> <p>χ —— 有效应力系数；</p> <p>q、s 和 cq 试验 —— 分别为直剪试验的快剪、慢剪和固结快剪试验；</p> <p>UU、CU 和 CD 试验 —— 分别为三轴试验的不排水剪、固结不排水剪和排水剪试验；</p> <p>k —— 土的渗透系数；</p> <p>k_v —— 垂直层面渗流的渗透系数；</p> <p>k_H —— 平行层面渗流的渗透系数；</p> |
|---|--|

- w_{op} —— 最优含水量;
 γ_{dmax} —— 最大干重度;
 T_v —— 时间因数;
 U_t —— 固结度;
 C_v —— 固结系数;
 σ_{3f}, σ_{1f} —— 破坏时的小、大主应力;
 E —— 压缩模量;
 G —— 剪变模量;
 K —— 体积模量;
 R_f —— 破坏比;
 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ —— 破坏强度;
 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{ult}$ —— 极限强度;
 E_t —— 切线模量;
 μ_t —— 切线泊松比;
 $K_c = \sigma_{1c} / \sigma_{3c}$ —— 固结应力比;
 τ_0 / σ_{3c} —— 起始剪应力比;
 σ_d —— 动应力;
 γ_d —— 动应变;
 C_d —— 动黏聚力;
 φ_d —— 动内摩擦角;
 C'_d —— 动有效黏聚力;
 φ'_d —— 动有效内摩擦角;
 G_0 —— 初始的动剪变模量;
 G_d —— 动剪变模量;
 γ_r —— 参考应变, $\gamma_r = \tau_y / G_0$;
 τ_y —— 最大动剪应力;
 λ_{max} —— 最大阻尼比;
 λ —— 阻尼比;
 K_0 —— 静止侧压力系数;
 σ'_v —— 垂直有效覆盖压力;
 c —— 阻尼系数;
 c_{cr} —— 临界阻尼系数;
 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ —— 正应力分量;
 $\tau_{xy} (= \tau_{yx}), \tau_{yz} (= \tau_{zy}), \tau_{zx} (= \tau_{xz})$ —— 剪应力分量;
 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ —— 主应力;
 $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ —— 主应变;
 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ —— 破坏剪应力;
 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{ult}$ —— 极限剪应力;
 S —— 应力水平;
 σ_c —— 压缩极限强度;
 $\bar{u}(t)$ —— 孔压的平均值;
 $S(\infty)$ —— 最终沉降;
 C_{v3} —— 三维渗流的固结系数;
 C_{v1} —— 单向渗流固结系数;
 C_{v2} —— 二维渗流的固结系数;
 g —— 重力加速度 (g_x, g_y, g_z);
 n —— 土介质的孔隙率;
 D_f —— 基础埋深;
 e —— 偏心距;
 K —— 应力分布系数;
 p_c —— 先期固结压力;
 δ_{sh} —— 湿陷系数;
 p_u —— 极限荷载的竖向分量;
 τ_u —— 极限荷载的切向分量;
 N_γ, N_q, N_c —— 对应于土的重度、旁侧压力、黏聚力的承载力因数;
 p_{cr} —— 临界荷载;
 z_{max} —— 塑性区有最大深度;
 $i(k = \gamma, q, c)$ —— 荷载倾斜修正系数;
 $d_k(k = \gamma, q, c)$ —— 基础埋深修正系数;
 $s_k(k = \gamma, q, c)$ —— 基础形状修正系数;
 $g_k(k = \gamma, q, c)$ —— 地面倾斜修正系数;
 $b_k(k = \gamma, q, c)$ —— 基底面倾斜修正系数;
 $\zeta_k(k = \gamma, q, c)$ —— 基土压缩修正系数;
 K_H —— 水平地震系数;
 α —— 水平地震加速度分布系数;
 C_Z —— 综合影响系数;
 K_V —— 垂直地震系数;
 ΔW —— 土条的重力;
 G —— 土条侧边界上的作用力;
 E —— 土条侧边界上的土骨架间的有效作用力;
 U —— 土条侧边界上的水压力;
 ΔR —— 土条底滑面上的反力;
 R —— 土条底滑面上的有效反力;
 U_s —— 土条底滑面上的孔隙水压力;
 ΔQ —— 土条的水平地震力;

q ——填土表面超荷载；
 β ——填土表面的倾角；
 P_A ——主动土压力；
 P_p ——被动土压力；
 B ——沟槽的宽度；
 D ——埋管的直径；
 H ——管顶填土的厚度；
 H_e ——管顶到等沉面间填土的临界厚度；
 φ_K ——换算内摩擦角；
 f_K ——牢固系数；
 \bar{N}_{cr} ——临界标准贯入击数；
 $H_s(m)$ ——砂层埋深；

$H_s(m)$ ——地下水深；
 p_c ——黏粒含量；
 $\tau_{l,N}$ ——抗液化剪应力；
 $\bar{\tau}_e$ ——地震的平均剪应力；
 γ_d ——应力减小系数；
 c_r ——考虑现场条件与室内试验条件之间
差别的应力校正系数；
 I ——地基的液化指数；
 $\bar{W}(z)$ ——与深度有关的权函数；
 θ ——重力与水平地震力的合力与铅垂线
间的夹角；
 F_l ——土的液化安全系数。

第1章 绪 论

第1节 土 力 学

——研究土和土体变形强度特性规律及其工程应用问题的学科

土力学是一门研究土和土体变形强度特性规律及其工程应用问题的学科。它应该包括土材料的变形强度特性规律和土体（地基，土坡，洞室及其他填土的土体）的变形强度特性规律，尤其是这些特性规律在各类工程建设中应用的途径和方法。土力学的任务就是确保工程建设中遇到的各类土体（包括软弱土体），在其运营期内的任何可能条件下，既不发生建筑物难以承受的过大变形，也不发生建筑物决不允许的强度破坏。这就必须掌握针对不同工程的具体要求和条件对土作出正确认识、合理利用和有效改造的知识和技能。

第2节 土力学的重要性、对象特点、任务与学习方法

为了了解土力学的重要性、研究对象的特点、任务与内容，应该理解和记住以下几个基本的观点：

1. “世间绝对不会有空中楼阁”

由于任何工程建筑最终必须与岩体、土体发生密切的联系，它必须安固于岩体、土体之上（建筑）、之间（渠道）、之侧（挡墙），或者之内（隧道）。因此，如果一个土木工程工作者不了解土在变形、强度和渗透诸方面的工程特性，他就无法确保工程在土体变形、强度和渗透诸方面必须满足的稳定性。

2. 土是一种“多孔、多相、松散”介质

土是由固相的矿物颗粒构成骨架，其间的孔隙由液相、气相等流体所全部或部分填充的一种特殊介质。它不仅有一般“多孔介质”的特点，而且更有“多相介质”、“松散介质”的特点。因此，从总体上看，土总是具有“低强度、高压缩、易透水”等基本特性，而且这些特性均具有显著的“时空变异性”，从而构成了土材料的特殊性和复杂性。“多孔、多相、松散”应该是考察土的特性以及建立土力学理论的根本出发点。

3. 研究土和土体的变形强度特性规律及其工程应用问题是土力学的学科的根本任务

土作为一种工程材料的基本特性规律和土作为一个工程载体的土体稳定性评价是各类土力学的两个必须研究的部分。由对土变形强度特性规律的认识对土体变形强度稳定性的评价是土力学解决工程实际问题的必由之路。

4. 认识土、利用土和改造土都是土力学的重要目标

为了使土体之上、之间、之侧和之内的各类建筑结构物，确保其在施工期、运用期的各种不同可能工况下能够满足它们与土共同作用时所要求的变形、强度和渗透稳定性，不

仅需要主动深入地认识实际土的基本特性，充分利用不同的土类，而且在很多情况下，还需要能动地利用土力学的基本知识来对原有土性进行改造，使其能够安全地为工程建设服务。这不仅是土力学所需面对的根本任务，也是作为一个土力学工作者骄傲之所在。

5. “跨江大桥”式的知识体系是土力学在应用中的一个重要特点

土力学的知识体系与数学、力学等课程那种“高层建筑”式的体系有所不同。“高层建筑”式的体系需要由下向上逐层形成，下一层修不好，上一层就无法建造；而“跨江大桥”式的体系却需要先修好一个一个似乎单独存在的“桥墩”，再将它们由桥跨、桥面结构联系起来，才可以使人们胜利地通向彼岸。因此，要把土力学学好，必须先学好一个一个似乎单独存在的部分，如土的压缩性、抗剪性、渗透性、击实性等，再将它们由工程实际问题，如地基问题，边坡问题，挡土墙问题，埋管、洞室问题等联系起来，就可以使人们胜利地解决工程设计与施工中的各种土工问题。

6. 土力学必须使土工试验、力学原理与工程条件形成“三位一体”的紧密结合

土工试验是建立和发展土力学的基础，力学原理是揭示土和土体力学特性规律的钥匙，工程条件是土工试验与力学原理具体应用的范围。没有土工试验，土力学将寸步难行，没有力学原理，土力学将失去支撑，没有工程条件，土力学将只能纸上谈兵。

第 3 节 土力学的主要内容

依据上述对土力学任务、对象、体系等的认识，土力学课程内容的取舍和学习必须明确如下的基本认识。

(1) 地基稳定问题、土坡稳定问题与挡墙、洞室及埋管上的土压力问题等这些工程建设中关于土体稳定性的三大问题是土力学必须面对的主要问题。由于对这些问题，不仅需要运用土力学的基本知识作出正确的设计、计算与评价，而且在它们的稳定性得不到满足时，还需要运用土力学的基本知识提出减压增稳的有效途径与措施，因此，充分了解土材料的基本物理特性与其在力作用下的基本力学特性规律是解决“三大问题”重要的知识基础。

(2) 从内在因素、外在因素和时间因素三个方面作出有重点、有联系的分析是认识土材料变形、强度特性本质正确而且有效的途径。在这里，内在因素是指土的物质结构因素，它包括土的粒度、密度、湿度和结构等因素，是决定土材料变形、强度特性的依据；外在因素是指土的环境条件因素，它包括加、卸载，增、减湿，水力和动力等因素，是决定土材料变形、强度特性的实际条件；时间因素是指除内在、外在这些空间因素外，时间的流程对土变形强度特性的影响，它包括土在固结过程和流变过程中变形强度发展变化的规律，是认识土材料特性随时间而变化 and 保证土体长期稳定性的基础。

(3) 土的物理性质是影响力学性质变化的根据，土的力学性质是工程土体设计的基础规律。土的性质应该包括土的物理性质、化学性质、电学性质、热学性质以及力学性质等各个方面的性质。对土力学来说，土的力学性质是工程应用的主要对象，它包括土压缩特性、抗剪特性、渗透特性、压实特性、动力特性等，而物理性质、化学性质、电学性质、热学性质等，则是影响力学性质的本质因素，是力学性质变化的根据，是正确认识这些力学性质的基础。因此，对于土的力学特性，需要从特性试验、特性曲线、特性规律、特性

指标等多个侧面来描述,并在一定条件下,将它们同物理性质、化学性质、电学性质、热学性质等挂起钩来,认识其力学性质其所以发生复杂变化的依据。

(4) 土体的稳定性分析既应包括强度稳定性的分析,又应该包括变形稳定性的分析。土体的变形强度稳定性需要包括静力条件下和动力条件下的分析(基础土力学常以静力条件为主)。对于地基,主要是沉降、变形过程及承载力的计算分析,对于土坡,主要是变形及抗滑稳定性的计算分析,对于挡墙、洞室和埋管,主要是作用土压力及稳定性的计算分析。除了应该包括它们的基本理论外,针对各自的具体条件提出增稳措施,它是保证土体稳定性的重要环节。

(5) 土工试验是建立和发展土力学的基础和方法。一般的土工试验包括土材料的试验和土体模型的试验;也包括室内的试验和现场试验。基础土力学的土工试验以室内、材料的基本土工试验为主,以掌握土工试验的原则、方法和基本技能为目的。其他类型的土工试验,常与有特殊要求的实际工程问题和科学研究的内容相结合。将土工试验和力学原理(理论力学、材料力学、结构力学、弹性力学、塑性力学、断裂力学、损伤力学或破损力学)的逐渐有机地结合起来,是土力学解决工程问题(主要有地基、边坡、挡土墙以及洞室等)和学科进一步发展的根本途径。

(6) 土力学应该将学科特点、影响因素、力学特性规律和工程应用方法“四个部分”组成具有连贯性的框架体系。就学科特点,应该从“多孔、多相、松散”介质这一根本特点思考土力学问题;就影响因素,应该认识内在因素、外在因素和时间因素对土性的本质作用;就力学特性规律,应该掌握土的压缩特性、抗剪特性、渗透特性、压实特性、动力特性等方面的基本规律;就工程应用方法,应该解决地基的承载力问题,土坡的稳定性问题,挡墙、洞室及埋管上的土压力问题。

第4节 土力学发展的现状与趋势

(1) 土力学的发展阶段。土力学的发展可以由太沙基(K. Terzaghi)土力学(Erdbaumechanik auf Boden-physikalischer Grundlage, 德文版)的问世(1925)和Roscoe弹塑性本构模型研究(剑桥模型)的出现(1963)作为两个特征点划分为三个阶段(准备阶段、形成阶段和发展阶段)。各个阶段上出现的一些有代表性的论著和著名学者(图1-1)是土力学学科的重要载体。

在国际上,法国库仑(C. C. Coulomb)的土抗剪强度定理(1773);英国朗肯(W. T. M. Rankine)的极限平衡条件土压力理论(1857);法国达西(H. Darcy)的土渗透定理(1855);美籍奥地利人太沙基(K. Terzaghi)的土有效应力原理与渗透固结理论(1925);法国鲍西来斯克(J. Bossinesq)的表面集中力作用下半无限弹性体中应力的理论(1885);法国普兰德尔(L. Prandl)的地基破坏滑动面形状与极限承载力公式(1920);瑞典彼得森、费仑纽斯(Fellenius W.)等的土坡稳定分析的圆弧滑动面法(1915, 1922),以及后来比奥特(Biot M. B.)的静力、动力的固结理论(1940、1951);前苏联格尔塞万洛夫(Герсеванов Н. М.)的《土体动力学原理》(1931);索科洛夫斯基(Соколовский В. В.)的《松散介质极限平衡理论》(1942);崔托维奇(Цытович Н. А.)的《土力学》(1935);英国罗斯科(Roscoe K. E.)《临界状态力