

# 土力学试验

王述红 宁宝宽 康玉梅 杨 奇 编著  
朱浮声 陈耕野 主审



东北大学出版社  
Northeastern University Press



东北大学资助

# 土 力 学 试 验

王述红 宁宝宽 康玉梅 杨 奇 编著

朱浮声 陈耕野 主审

东北大学出版社

• 沈 阳 •

© 王述红 等 2010

图书在版编目 (CIP) 数据

土力学试验 / 王述红等编著. — 沈阳: 东北大学出版社, 2010.10

ISBN 978-7-81102-876-8

I. ①土… II. ①王… III. 土工试验 IV. ①TU41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 197335 号

内容简介

土力学试验是土力学、基础工程、基坑工程等课程的重要组成部分。为满足实验教学的要求, 本教材以我国现行的国家标准《土工试验方法标准 (GB/T 50123—1999)》为主体, 参考建设部、交通部等有关土力学试验的行业标准及诸多教材和手册中的相关内容, 结合编者多年的教学心得和科研生产中积累的经验编写而成。

全书内容包括上、中、下三篇: 上篇主要介绍了土力学试验的目的和基本内容、土样制备等; 中篇选择了土的含水率、密度、颗粒分析、界限含水率、相对密度、击实、承载比、渗透、固结、三轴压缩、无侧限抗压强度、直接剪切和静止侧压力系数等 12 项基本试验, 详细地介绍了试验的目的、原理、方法、仪器设备、试验方法与步骤、结果整理与分析、试验中的注意事项和有关仪器的校验等; 下篇主要介绍一些综合性试验和工程现场开展相关试验等。另外, 书中附有土工试验常用术语、符号、国际单位制的构成及应用。

本书适用于高等院校土木工程、工程力学、交通工程、水利水电工程、岩土工程、地质工程等相关专业的土力学、基础工程和基坑工程实验教学使用, 也可供从事岩土工程勘察、土力学和地质工程及有关专业试验的生产、教学和科研人员参考。

---

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress.com

http: // www. neupress. com

印 刷 者: 抚顺光辉彩色广告印刷有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

幅面尺寸: 184mm×260mm

印 张: 14.5

字 数: 371 千字

出版时间: 2010 年 10 月第 1 版

印刷时间: 2010 年 10 月第 1 次印刷

责任编辑: 王兆元 刘 莹

责任校对: 王艺霏

封面设计: 唐敏智

责任出版: 杨华宁

---

ISBN 978-7-81102-876-8

定 价: 26.00 元

# 序

土体既具有非线性、弹塑性、压硬性、剪胀性、应变硬化与软化、各向异性、率相关性等普遍力学特性，还会有结构性、湿陷性、膨胀性等疑难力学特性。并且土体具有很强的区域性，不同地方的土体或同一地方不同深度的土体，力学性质会相差很大。土是大自然的产物，其力学性质与土粒矿物成分、大小、形状以及孔隙中水体的含量、成分等多种物理因素密切相关。人类要有效地利用地球资源、与地球“和谐”共处，就必须充分了解、掌握这些土体复杂的物理力学性质。

土力学试验是土木工程和工程勘察的重要手段之一。其目的是通过试验获取土的物理力学性质指标，作为工程建筑设计中有关计算参数和科学研究定量分析的数据。试验结果的准确性、代表性直接关系到工程计算的正确程度，影响工程的安全稳定和经济合理性。

本试验教材系统地讲解了土力学的实验原理、手段和分析计算方法，内容全面、完整，能满足教育部土木工程专业指导委员会制定的“土力学课程教学大纲”的要求，并在此基础上按宽口径，专业学习设置要求有所扩展。教材注重基本理论学习与实际工程分析能力培养的协调，加强了土工试验内容的讲解，对试验操作过程设置了多层次讲解形式，在教学设计中采用了自主实验学习设计，并使试验内容具有广泛的资源共享性与可扩充性。

作者多年讲授土力学与基础工程课程，注重实验室工作，在教学科研中积累了丰富的土力学试验经验，操作技术熟练，十分了解影响试验结果准确性的各种因素。这本书具有如下特色：

(1) 所选的 12 项基础试验完全符合土木工程专业的教学需要。这些项目也是土的物理力学性质最基本、最重要的内容，在工程问题分析和计算中经常用到这些试验所得的数据，非常适合土木工程学生需要。

(2) 结合东北大学“211 工程”和“985 工程”建设的最近成果,引进较新的工程试验手段,比如土的三轴静、动试验,强调基本技能和学生自行设计试验的能力。

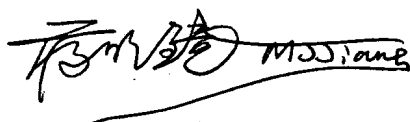
(3) 增加了土工试验综合性和设计性内容,便于发挥学生的创新和动手能力。

(4) 增加了最新仪器设备介绍和操作说明,方便学生创新性地自主开展研究性试验项目。

(5) 试验选题更贴近工程热点和具体工程课题,丰富和拓宽了土工试验的内容,引导学生积极开展相关试验研究,更具有知识性、趣味性和灵活性,培养学生独立开展试验研究的能力。

本书是一本优秀的教材,符合教学目标,蕴涵着深刻的理论见解和宝贵的实践经验。本书基本概念清楚、内容丰富、层次分明、结构完整、深入浅出,有助于动手能力的培养和启迪,适合土木工程、地质工程、工程力学等专业的教学需要,也可供专业技术人员和研究人员应用参考。

国家杰出青年科学基金获得者  
同济大学特聘教授  
日本 JSPS 外籍研究员



2010 年 8 月 31 日

# 前 言

土是自然历史的产物，是多成分、多联系、赋存于一定自然环境中的复杂系统；土力学试验是土木工程、工程力学、交通工程、水利水电工程、岩土工程、地质工程等相关学科专业课程的重要组成部分，是土力学发展的基础，是人们获取与工程有关信息的基本手段之一，也是工程建设和设计中的基础工作。其数据是否符合实际，直接影响到计算分析、预测分析、设计和建设的正确性。

为了提高本科生的动手能力、实践能力和创新精神，促进研究型大学的教学工作，进一步深化土力学试验教学内容、方法的改革，本书主要是针对土木工程、工程力学、交通工程、水利水电工程、岩土工程、地质工程等专业编写的试验教学用书，同时兼顾生产和科研的需要，以我国现行的国家标准《土工试验方法标准（GB/T 50123—1999）》为主体，参考建设部、交通部等有关土力学实验的行业标准及诸多教材和手册中的相关内容，结合编者多年的教学心得和科研生产中积累的经验编写而成。全书内容包括上、中、下三篇：上篇主要介绍了土力学试验的目的和基本内容，土样制备等；中篇选择了土的含水率、密度、颗粒分析、界限含水率、相对密度、击实、承载比、渗透、固结、三轴压缩、无侧限抗压强度、直接剪切和静止侧压力系数等 12 项基本试验，详细介绍了试验的目的、原理、方法、仪器设备、结果整理与分析、试验中的注意事项和有关仪器的校验等，方便学生开展自主试验；下篇主要介绍一些综合性试验和现场综合方案等。另外，书中附有土工试验常用术语、符号、国际单位制的构成及应用。

本书在东北大学原有土力学试验指导书的基础上做了补充和修订，这次编写过程中也参考了同行的最新文献资料和最新仪器试验设备。利用最新的研究成果，丰富和拓宽了土力学试验的内容，引导学生积极开展相关试验研究，培养学生独立开展试验研究的能力。

本书的上篇由王述红编写，中篇由王述红、宁宝宽、杨奇编写，下篇由宁宝宽、王述红、康玉梅编写，最后由王述红进行统稿。

本教材在编写过程中，得到了朱浮声教授、陈耕野教授的关注，他们对书稿进行了认真审阅，并提出了许多宝贵的修改意见；同时得到了东北大学教务处、东北大学资源与土木工程学院、东北大学出版社的大力支持，在此向他们表示谢意。书稿在前期整理录入过程中，得到了张鑫、关永平、徐源、纪新博等硕士研究生的帮助，一并致谢。本书初稿已在东北大学土木工程、工程力学专业及沈阳工业大学土木工程专业试用多年，但因编者学术水平有限，错误和不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 4 月于沈阳南湖

# 目 录

## 上 篇

|                        |    |
|------------------------|----|
| 1 绪 论 .....            | 2  |
| 1.1 土力学试验的任务与意义 .....  | 3  |
| 1.2 土力学试验项目 .....      | 4  |
| 2 土的工程分类和试验基本内容 .....  | 7  |
| 2.1 土的工程分类 .....       | 7  |
| 2.1.1 岩石及工程分类 .....    | 7  |
| 2.1.2 碎石土 .....        | 7  |
| 2.1.3 砂 土 .....        | 8  |
| 2.1.4 粉 土 .....        | 9  |
| 2.1.5 黏性土 .....        | 9  |
| 2.1.6 人工填土 .....       | 10 |
| 2.1.7 细粒土按照塑性图分类 ..... | 11 |
| 2.2 土的简易鉴别方法 .....     | 11 |
| 2.3 土状态描述 .....        | 12 |
| 2.4 试验的基本内容 .....      | 13 |
| 2.4.1 土的基本物理性质指标 ..... | 13 |
| 2.4.2 土的力学性质指标 .....   | 18 |
| 3 土样采集和试样制备 .....      | 21 |
| 3.1 土样采集 .....         | 21 |
| 3.1.1 影响取土质量的因素 .....  | 21 |
| 3.1.2 取土质量等级 .....     | 21 |
| 3.1.3 取土方法 .....       | 22 |
| 3.1.4 土样的一般要求 .....    | 22 |
| 3.2 试样制备仪器 .....       | 22 |
| 3.3 土样准备 .....         | 23 |
| 3.3.1 扰动土样的准备 .....    | 23 |
| 3.3.2 原状土样的准备 .....    | 26 |
| 3.4 试样制备 .....         | 26 |

|                  |    |
|------------------|----|
| 3.4.1 扰动土试样制备    | 26 |
| 3.4.2 原状土试样制备    | 27 |
| 3.5 饱和试样         | 28 |
| 3.5.1 毛细管饱和法     | 28 |
| 3.5.2 抽气饱和法      | 29 |
| 4 试验数据分析         | 30 |
| 4.1 试验数据采集及其设备   | 30 |
| 4.2 试验数据统计分析     | 30 |
| 4.2.1 测量误差       | 30 |
| 4.2.2 试验数据整理与分析  | 31 |
| 4.2.3 室内试验的局限性   | 32 |
| 4.2.4 现场原位测试     | 33 |
| <h2>中 篇</h2>     |    |
| 5 土的基本物理性质试验     | 35 |
| 5.1 含水率试验        | 35 |
| 5.1.1 试验原理       | 35 |
| 5.1.2 试验方法       | 35 |
| 5.2 密度试验         | 37 |
| 5.2.1 试验原理       | 37 |
| 5.2.2 试验方法       | 37 |
| 5.3 土粒比重试验       | 38 |
| 5.3.1 试验原理       | 38 |
| 5.3.2 试验方法       | 38 |
| 6 颗粒分析试验         | 41 |
| 6.1 试验原理         | 41 |
| 6.2 试验方法         | 41 |
| 6.2.1 筛析法        | 41 |
| 6.2.2 密度计法       | 43 |
| 7 界限含水率试验        | 49 |
| 7.1 试验原理         | 49 |
| 7.2 试验方法         | 49 |
| 7.2.1 液限、塑限联合测定法 | 49 |
| 7.2.2 滚搓法塑限试验    | 51 |

|                  |    |
|------------------|----|
| 7.2.3 碟式仪液限试验    | 52 |
| 8 承载比试验          | 54 |
| 8.1 试验原理         | 54 |
| 8.2 试验方法         | 54 |
| 8.2.1 主要仪器设备     | 55 |
| 8.2.2 操作步骤       | 56 |
| 8.2.3 结果整理       | 57 |
| 8.2.4 承载比试验分析    | 60 |
| 9 土的固结试验         | 62 |
| 9.1 试验方法         | 62 |
| 9.2 数据处理         | 64 |
| 10 渗透试验          | 68 |
| 10.1 试验原理        | 68 |
| 10.2 试验方法        | 68 |
| 10.2.1 常水头渗透试验   | 69 |
| 10.2.2 变水头渗透试验   | 72 |
| 11 无侧限抗压强度试验     | 74 |
| 11.1 试验原理        | 74 |
| 11.2 试验方法        | 74 |
| 11.2.1 试验仪器      | 74 |
| 11.2.2 操作步骤及结果整理 | 75 |
| 11.2.3 试验中应注意的问题 | 76 |
| 12 直接剪切试验        | 78 |
| 12.1 试验原理        | 78 |
| 12.2 试验方法        | 78 |
| 12.2.1 慢剪试验      | 79 |
| 12.2.2 固结快剪试验    | 81 |
| 13 土的静三轴压缩试验     | 82 |
| 13.1 试验原理        | 82 |
| 13.2 试验方法        | 82 |
| 13.2.1 主要仪器设备    | 83 |
| 13.2.2 操作步骤及数据处理 | 85 |

## 下 篇

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 14 击实试验 .....                | 95  |
| 14.1 试验原理 .....              | 95  |
| 14.2 试验方法 .....              | 95  |
| 14.2.1 主要仪器设备 .....          | 96  |
| 14.2.2 操作步骤 .....            | 97  |
| 14.2.3 结果整理 .....            | 98  |
| 14.2.4 击实试验分析 .....          | 100 |
| 15 静止侧压力系数试验 .....           | 104 |
| 15.1 基本原理 .....              | 104 |
| 15.2 试验方法 .....              | 104 |
| 15.2.1 仪器设备 .....            | 104 |
| 15.2.2 操作步骤 .....            | 105 |
| 15.2.3 结果整理 .....            | 106 |
| 15.2.4 静止侧压力系数试验分析 .....     | 107 |
| 16 土的流变试验 .....              | 110 |
| 16.1 试验原理 .....              | 110 |
| 16.2 试验方法 .....              | 112 |
| 16.2.1 流变试验的加载方式和加应变方式 ..... | 112 |
| 16.2.2 蠕变试验 .....            | 113 |
| 16.2.3 应力松弛试验 .....          | 114 |
| 16.3 仪器设备与试验资料整理 .....       | 115 |
| 16.3.1 土体三轴流变试验机 .....       | 115 |
| 16.3.2 试验操作 .....            | 117 |
| 16.3.3 蠕变试验 .....            | 118 |
| 16.3.4 应力松弛试验 .....          | 118 |
| 16.3.5 长期强度试验 .....          | 119 |
| 17 动力特性试验 .....              | 120 |
| 17.1 振动三轴试验 .....            | 121 |
| 17.1.1 基本原理 .....            | 121 |
| 17.1.2 试验方法 .....            | 126 |
| 17.1.3 成果整理 .....            | 129 |
| 17.2 共振柱试验 .....             | 134 |
| 17.2.1 基本原理 .....            | 134 |

|        |                    |     |
|--------|--------------------|-----|
| 17.2.2 | 仪器设备 .....         | 138 |
| 17.2.3 | 试验方法 .....         | 139 |
| 17.2.4 | 成果整理.....          | 140 |
| 17.2.5 | 仪器特征常数的标定 .....    | 145 |
| 18     | 土的原位测试 .....       | 148 |
| 18.1   | 载荷试验 .....         | 151 |
| 18.1.1 | 概 述 .....          | 151 |
| 18.1.2 | 试验的基本原理与仪器设备.....  | 152 |
| 18.1.3 | 试验技术要求和操作步骤 .....  | 154 |
| 18.1.4 | 试验资料整理与应用.....     | 155 |
| 18.2   | 十字板剪切试验.....       | 157 |
| 18.2.1 | 概 述 .....          | 157 |
| 18.2.2 | 试验基本原理与仪器设备.....   | 158 |
| 18.2.3 | 试验方法与技术要求 .....    | 160 |
| 18.2.4 | 试验资料的整理与应用.....    | 161 |
| 18.3   | 静力触探试验 .....       | 165 |
| 18.3.1 | 概 述 .....          | 165 |
| 18.3.2 | 静力触探仪器组成.....      | 165 |
| 18.3.3 | 静力触探试验原理.....      | 171 |
| 18.3.4 | 试验方法和技术要求.....     | 174 |
| 18.3.5 | 静力触探试验资料整理与应用..... | 177 |
| 18.4   | 标准贯入试验 .....       | 180 |
| 18.4.1 | 概 述 .....          | 180 |
| 18.4.2 | 标准贯入试验的设备与原理.....  | 180 |
| 18.4.3 | 标准贯入试验的技术要求 .....  | 182 |
| 18.5   | 圆锥动力触探试验 .....     | 183 |
| 18.5.1 | 概 述 .....          | 183 |
| 18.5.2 | 圆锥动力触探试验的基本原理..... | 183 |
| 18.5.3 | 试验方法和主要技术要求.....   | 184 |
| 18.6   | 旁压试验 .....         | 186 |
| 18.6.1 | 概 述 .....          | 186 |
| 18.6.2 | 试验基本原理.....        | 187 |
| 18.6.3 | 试验仪器设备 .....       | 188 |
| 18.6.4 | 技术要求与试验方法.....     | 189 |
| 18.6.5 | 试验资料整理与分析 .....    | 192 |
| 18.7   | 场地土波速测试.....       | 195 |
| 18.7.1 | 概 述 .....          | 195 |
| 18.7.2 | 钻孔波速测试法.....       | 195 |
| 18.7.3 | 面波法 .....          | 201 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 附 录 .....            | 207 |
| 附录 1 试验常用术语和符号 ..... | 207 |
| 附录 2 国际单位 .....      | 209 |
| 附录 3 土的分类 .....      | 213 |
| 参考文献.....            | 220 |

# 上 篇

# 1 绪 论

土是一种既古老又普通的建筑材料，可以作为建筑物的天然地基。水坝、铁路、港口码头等工程及工厂和民用建筑物的兴建是否经济合理，大部分取决于土的工程性质。要成功地解决一个岩土工程问题，科学的程序是：勘探与测试，试验与分析，利用土力学的理论设计计算，施工并对施工过程及使用时期进行监测，用监测数据反过来再次指导设计计算。这是一个将试验和理论与实际现象相互联系的过程。因此，土力学试验是岩土工程规划和设计的前期工作。

土是大自然的产物，不同于钢材、混凝土、合成塑料等人工材料，其性质受到密度、湿度、粒度和孔隙水中化学成分等多种因素的影响，当土体与建筑物共同作用时，其力学性状又因为受力状态、应力历史、加载速率和排水条件不同等而变得更加复杂。仅仅凭借现在的知识和测试手段，要将受到多种因素影响的土的性状正确地模拟尚不可能。因此，采用把主要因素加以理想化，并以此建立试验原理。根据试验原理，在设计试验（如测定土的剪切、压缩性状等）方法时，所预想的性状也是多种多样的。要进行适合全部性状的土工试验，在通常的技术条件下，是有困难的，经济方面也不合算。因此，为了便于进行试验资料的比较，将试验方法统一化、标准化。作为设计计算依据的土的力学参数，是在高度简化的条件下测定的，在这种情况下，试验人员，特别是使用试验数据进行设计的人员要深刻了解。

综上所述，正确地认识土力学试验的作用及其局限性是非常重要的。同时也说明，土工试验成果因试验方法和试验技巧的熟练程度不同，会有较大差别，这种差别远大于计算方法引起的误差。为了使土工试验比较正确地反映实际土的性状，要求试验人员必须了解和掌握五方面的情况：

- ① 试验要达到什么目的，依据什么原理。
- ② 使用的仪器设备、方法步骤。
- ③ 试验应获得哪些数据，分析出什么结论。
- ④ 试验中的注意事项，误差的初步分析。
- ⑤ 分析试验设计与实际问题的联系。

土力学试验是对土的工程性质进行测试，并获得土的物理性指标（如密度、含水率、土粒比重等）和力学性指标（如压缩模量、抗剪强度指标等）的实验工作，从而为工程设计和施工提供可靠的参数，它是正确评价工程地质条件不可缺少的前提和依据。

采用原位测试方法对土的工程性质进行测定，较之室内土工试验有不少优点。原位测试方法可以避免钻孔取土时对土的扰动和取土卸荷时土样回弹等对试验结果的影响，试验结果可以直接反映原位土层的物理状态，对某些不易采取原状土样的土层（如深层的砂）只能采用原位测试的方法。但在进行原位测试时，其边界条件较为复杂，在计算分析时，有时还需作不少假定方能进行，如十字板剪切试验结果整理中的竖向和水平向抗剪强度相

等的假定等,并且有些指标还不能用原位测试直接测定,如应力路径、时间效应及应变速率等。室内土工试验由于能进行各种模拟控制试验,以及能进行全过程和全方位的量测与观察,在某种程度上反而能满足土的计算或研究的要求。因此,室内土工试验又是原位测试所代替不了的。

任何试验都有其一定的局限性,土工试验也不例外。其实,当土样从钻孔中取出时,就已产生了两种效应,使该土样偏离了实际情况:一是取土、搬运及试验切土时的机械作用扰动了土的结构,降低了土的强度;二是改变了土的应力条件,土样产生回弹膨胀。这两种效应统称为扰动,扰动使试验指标不符合原位土体的工程性状。除此以外,试样的数量也是非常有限的,一层土一般只能取几个或十几个试样,试样总体积与它所代表的土层体积相比,相差悬殊;同时,土还是各向异性的,在垂直方向上与在水平方向上,其性质指标是不相同的。而室内土工试验的应力条件是相对理想和单一化的,如固结试验是在完全侧限条件下进行的,三轴压缩试验也仅是轴对称的,这些条件均与实际土层的受力条件不尽相符。因此,土工试验有一定的局限性。另外,土工试验成果因试验方法和试验者试验技巧熟练程度的不同,也可能会有较大差别,这种差别在某种程度上甚至大于计算方法所引起的误差。

## 1.1 土力学试验的任务与意义

在土木工程中,天然土层常被作为各种建筑物的基础,如在土层上建造房屋、桥梁、涵洞、堤坝等;或利用土作为构筑物周围的环境,如在土层中修建地下建筑、地下管道、渠道、隧道等;还可以利用土作为土工建筑物的材料,如建筑土堤、土坝等。因此,土是土木工程中应用最广泛的一种建筑材料或介质。

土力学是将土作为建筑物的地基、材料或介质来研究的一门学科,主要研究土的工程特性及土在荷载作用下的应力、变形和强度问题。

岩土工程学是以工程地质学、岩体力学、土力学和地基基础工程学作为基本理论基础,以解决工程建设过程中出现的所有与岩体和土体有关的工程技术问题为目的的一门新型技术科学,是隶属于土木工程学的一个分支学科。而岩土工程则是这门学科在工程建设中的应用,是一门把岩体和土体作为建设环境、建筑材料和建筑物组成部分并进而研究其合理利用、整治、改造的综合性应用技术。

土力学试验是土力学的基本内容之一。它的任务是对土的工程性质进行测试,获得土的物理性指标(如密度、含水量、土粒比重等)和力学性指标(如压缩模量、抗剪强度指标等),从而为工程设计和施工提供可靠的参数。它是正确评价工程地质条件不可缺少的前提和依据。

土是由岩石经过物理、化学、生物风化作用及剥蚀、搬运、沉积作用,在交错复杂的自然环境中所生成的各类沉积物。因此,土的类别及其物理、力学性状是千差万别的,但在同一地质年代和相似沉积条件下,又有其相近性状的规律性。只有对具体土样的试验,才能揭示不同类型、不同产地、不同状态土的不同的力学性质。

土是由土粒(固相)、土中水(液相)和土中气(气相)组成的三相物质。土体具有与一般连续固体材料(如钢、木、混凝土及砌体等建筑材料)不同的孔隙特性,它不是刚性的多孔介质,而是大变形的孔隙性物质,孔隙中水的流动显示土的透水性(渗透性);

土孔隙体积的变化显示土的压缩性、胀缩性；孔隙中土粒的错位显示土内摩擦和黏聚的抗剪强度特性。土的密度、孔隙率、含水率是影响土的力学性质的重要因素。土粒大小相差悬殊，有大于 60mm 粒径的巨粒粒组，有小于 0.075mm 粒径的细粒粒组，介于 0.075～60mm 粒径的为粗粒粒组。只有通过试验，才能揭示土作为一种碎散多相地质材料的一般和特有的力学性质。

从土力学的发展历史来看，从某种意义上，也可以说土力学是土的实验力学，如库仑（Coulomb）定律、达西（H. Darcy）定律，无一不是通过对土的各种试验而建立起来的。因此，土力学试验在土力学的发展过程中占有相当重要的地位。

## 1.2 土力学试验项目

土力学试验项目大致可以分为土的物理性质试验和土的力学性质试验。土的物理性质试验包括土的含水率试验、密度试验、比重试验、颗粒分析试验、界限含水率试验（液限、塑限和缩限试验）、相对密度试验（最小干密度试验和最大干密度试验）等。土的力学性质试验包括土的渗透试验、土的固结试验、抗剪强度试验、击实试验等。表 1-1 汇总了教材中涉及的室内土力学试验，本科土木工程专业各研究方向，可以根据专业方向的教学要求和培养方案的具体情况，从表 1-1 中挑选若干项进行组合。通过试验，探讨土体物理力学特性的基本规律，判别土的工程性质，对土进行工程分类，并能够将土体物理力学指标在工程中加以应用。

表 1-1

土力学试验项目汇总表

| 序号 | 试验项目            | 试验目的                                  | 主要内容                           | 能力培养                           | 备注           |
|----|-----------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|
| 1  | 工程土样的观察<br>判别试验 | 土的判别分类颜色、气味、组织、结构颗粒的性质                | ①土样的准备<br>②砂类土的判别<br>③粉土与黏土的判别 | 了解土样的采集和管理；学会土的简易判别分类          |              |
| 2  | 密度试验<br>(环刀法)   | 测定土的密度，了解土的疏密和干湿状态                    | ①测定土质量<br>②整理测定结果，求出土的密度       | 掌握环刀法测定土的密度；运用密度换算其他物理性质指标     |              |
| 3  | 比重试验<br>(比重瓶法)  | 测定土的比重，为计算土的孔隙比、饱和度和土的其他物理力学试验提供必需的数据 | ①测定土的比重<br>②整理分析               | 学会采用比重瓶法测定土粒比重                 |              |
| 4  | 含水率试验<br>(烘干法)  | 测定土的含水率，了解土的含水情况；土的基本性质的计算            | ①测出水重、干土重<br>②整理测定结果，求出土的含水率   | 掌握烘干法测定土的含水率；学会运用含水率换算其他物理性质指标 | 与界限含水率试验一起进行 |

续表 1-1

| 序号         | 试验项目                    | 试验目的                                                    | 主要内容                                                       | 能力培养                                              | 备注 |
|------------|-------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----|
| 5          | 界限含水率试验<br>(液限、塑限联合测定法) | 掌握黏性土的黏度状态、液限和塑限的概念,了解黏性土状态的划分                          | ①测定土的液限、塑限<br>②分析测定结果,得出土的液限、塑限<br>③定土名、判别土的状态             | 掌握液限、塑限联合测定法;培养分析黏性土的性质和状态的能力                     |    |
| 6<br>(选一种) | 颗粒分析试验<br>(筛分法)         | 测定小于某粒径的颗粒占土总质量的百分数,以便了解砂类土组成情况,供砂类土的分类、判断土的工程性质及建材选料之用 | ①测定土的颗粒级配<br>②判断土的颗粒级配,定土名                                 | 培养对试验结果的计算、绘图描述能力,以土的级配为核心,结合实际工程分析问题的能力          |    |
| 7          | 击实试验<br>(黏性土)           | 在击实方法下测定土的最大干密度和最优含水率,是控制路堤、土坝和填土地基等密实度的重要指标            | ①对不同含水率的土进行击实<br>②测定土的干密度、含水率<br>③整理分析测定结果,得出土的最大干密度和最优含水率 | 掌握土的击实特征,领会土的含水率、击实功对土的压实性的影响;路基及填方施工方法的确定,施工管理   |    |
| 8<br>(选一种) | 砂土渗透试验                  | 测定无黏性土的渗透系数 $k$ ,以便了解土的渗透性能的大小,用于土的渗透计算、基坑围护设计、土坝土堤选料参考 | ①测定砂土的渗透系数<br>②整理分析测定结果、计算渗透系数                             | 理解达西定律,掌握确定渗透系数的试验方法;理解流沙现象的产生条件                  |    |
|            | 黏性土渗透试验                 | 测定黏性土的渗透系数 $k$ ,以便了解土层渗透性的强弱,作为选择坝体填土料的依据;用于基坑围护设计      | ①测定黏性土的渗透系数<br>②整理分析测定结果                                   | 理解达西定律,掌握确定黏性土的渗透系数的试验方法                          |    |
| 9          | 固结试验<br>(快速法)           | 测定土样在侧限条件下的压缩变形和荷载的关系,用于土的变形计算                          | ①测定土的压缩性<br>②整理分析测定结果,计算土的压缩性指标                            | 熟悉土的压缩性指标测定方法,培养学生分析归纳的能力;掌握黏性土变形的计算,了解黏性土变形速率的计算 |    |
| 10         | 直接剪切试验<br>(快剪法)         | 测定土的抗剪强度,根据库仑定律确定土的抗剪强度参数(内摩擦角和黏聚力)                     | ①测定土在不同荷载下的抗剪强度<br>②整理分析测定结果,求出土的内摩擦角和黏聚力                  | 理解库仑定律,掌握直接剪切试验方法;为基础、土坡、挡土墙等稳定性计算提供参数            |    |