



“十三五”规划教材

江苏省高等学校重点教材

岩土工程测试技术

(第2版)

沈扬 张文慧 主编



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



教育部“十三五”规划教材

“十二五”江苏省高等学校重点教材 (教材编号: 2015-1-078)

岩土工程测试技术

(第2版)

主编 沈 扬 张文慧
编委 王 伟 励彦德 陶明安
倪小东 李海龙 葛冬冬

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2017

内 容 提 要

本书涵盖了目前在土木、交通、水电、采矿等工程领域涉及的主要室内外岩土工程测试技术。全书共分为十五章，详细地讲述了土的颗粒分析、土的基本物理指标测定、无黏性土的相对密实度测定、黏性土的基本工程指标测定、土的渗透系数测定、土的变形特性指标测定、土的抗剪强度和指标测定、室内试验土样制备、室内岩石强度和变形试验、土工织物试验、载荷试验、触探试验和原位波速测试、场地应力位移检测、现场专项岩土工程检测与监测等各项技术的基本原理、操作方法、数据处理及分析注意要点。

本书为高等学校土木、交通、水电、采矿等专业的教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

岩土工程测试技术/沈扬, 张文慧主编. —2版. —北京:
冶金工业出版社, 2017.6

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7534-5

I. ①岩… II. ①沈… ②张… III. ①岩土工程—测试
技术—高等学校—教材 IV. ①TU4

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第133560号

出版人 谭学余

地 址 北京市东城区高碑院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcb@cnmp.com.cn

责任编辑 杨 敏 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 石 静 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7534-5

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 固安华明印业有限公司印刷

2013年1月第1版, 2017年6月第2版, 2017年6月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16; 25.5印张; 615千字; 388页

68.50元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题, 本社营销中心负责退换)

第2版前言

岩土工程是一门应用性很强的学科，其以岩土体为对象开展分析，以试验测试、理论分析、数值分析三大方法为主体研究手段。其中，试验测试技术不仅独立发挥作用，而且也是验证理论和数值分析可靠性的重要支撑。河海大学岩土工程学科作为国家两个首批岩土工程重点学科之一，长期以来致力于在本科和研究生教学中开展专业的岩土工程测试技术理论与实践课程教授。为应对国内外岩土工程测试技术发展的新态势以及配合相关课程教学的有效深入，作者所在团队于2013年出版了《岩土工程测试技术》教材。该教材出版后，得到广大师生的好评，并在2015年入选江苏省高等学校重点教材立项。

对第1版教材进行修订，主要基于两方面考虑：其一，第1版对现场测试技术内容的介绍还较少，本次修订对目前原位开展的典型测试技术予以重点补充，主要包括场地的基本土工测试技术（如沉降、水平位移、孔压观测方法等），四类典型土建工程（基坑工程、道路工程、隧道工程和桩基工程）中的测试技术等；其二，在第1版出版后的三年间，部分岩土工程测试技术有了显著发展，一些领域的相关规范也有了变革，因此在修订时，将一些规范更新内容与时俱进地予以呈现，同时也对一些新测试技术进行了补充说明，以供相关专业本科生、研究生学习，以及高校教师、科研技术人员工作借鉴和参考。

修订后的教材共十五章，其中第一章~第八章、第十章~第十三章由沈扬负责修订；第九章由王伟负责修订；新增的第十四章由励彦德（中交天津港航勘察设计研究院）撰写，第十五章由张文慧、陶明安（铁道第三勘察设计院）、倪小东、李海龙（江西省建筑设计研究总院勘察分院）、沈扬、王俊健撰写；葛冬冬（江苏省南通市海安县水利局）、徐海东、朱颖浩、杜文汉、邱晨辰、葛华阳参与了部分章节的撰写、修订工作；施文、沈雪、李安、芮笑曦、宋顺翔、王钦城参与了部分章节的绘图和校订工作。以上参与修订工作的成员，除特别注明外，均来自河海大学。

本书在撰写过程中，借鉴和引用了一些国内外专家、学者的书籍、学术论

文等资料，并得到江苏高校品牌专业建设工程一期项目（PPZY2015B142）、国家自然科学基金面上项目（51479060）的资助，在此谨表谢忱。

限于作者水平，书中恐有不妥之处，恳请读者批评指正。

联系邮箱：shenyang1998@163.com。

作者

2017年3月

第1版前言

岩土工程测试技术是岩土工程学科的重要组成部分，对土木、水利、采矿、交通、海洋、市政等工程的勘察、设计与施工均具有重要意义。本书是为适应我国工程建设需要而编写的面向广大本科院校相关专业学生的岩土工程测试技术教材，同时亦可作为岩土、勘察、地质工程专业研究生和从事土工试验与现场测试工作的专业技术人员的参考书。考虑到本书的综合适用性及岩土工程测试本身的特点，全书以土力学测试技术为主，但亦介绍了一些典型的岩石力学测试试验内容。

目前国内土工检测试验方面的教材较多，侧重点一般为试验流程的介绍，而我们在教学、科研过程中发现，测试中所涉及的一些原理概念易被混淆，操作中的细节易被忽视，从而引起很多问题，甚至带来数据分析的误差和错误。因此，为满足广大师生的实践需要以及鼓励学生做发散性思考，本书在章节内容编排和要点侧重方面，强调了岩土工程测试技术与岩土力学理论之间的逻辑对应关系，重视对试验操作细节的还原，同时对一些因原理与实际差异而引起的分析结果偏差进行了剖析，并注意将试验检测内容与解决工程实际问题有机联系起来。考虑到课时限制以及各种试验的实际应用程度，本书对测定同一类参数的试验一般只详细阐述两种试验方式，其他相似试验，以列举参考文献的方式予以推介，从而在有限的篇幅下保证教材的深度与广度。

本书涉及的岩土工程试验操作规则，主体是以中华人民共和国国家标准《土工试验方法标准》(GB/T 50123—1999)、《土的工程分类标准》(GB/T 50145—2007)、《工程岩体试验方法标准》(GB/T 50266—1999)、《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)为基准，并参考诸多国家标准、行业标准与规程的相关条例和相关岩土类工程测试著作编写的。目前国内不同行业内关于岩土工程测试方面的规程较多，其间可能存在差别，本书在一定程度上进行了对比分析，亦期望不同行业的读者根据实际工作需要，应用不同的规程、规范来完成检测测试操作和数据处理。

全书共分十三章，其中第一、二、三、五、七、八、十二、十三章由沈扬编写，第六、十、十一章由张文慧编写，第九章由王伟编写，第四章由张文慧、沈扬编写。葛冬冬、陶明安、李海龙、费仲秋、黄文君、徐国建、周秋月参与了部分章节的编辑、绘图和校订工作。

在编写过程中，参考了国内外一些专家、学者的书籍、学术论文等资料，并得到了“长江学者和创新团队发展计划”（IRT1125）的资助，在此谨表谢忱。

限于作者水平，书中不当之处，恳请读者批评指正。

作者
2012年9月

目 录

第一章 土的颗粒分析试验	1
第一节 导言	1
第二节 筛析法试验	2
一、 试验原理	2
二、 试验设备	2
三、 试验步骤	2
四、 数据整理	3
第三节 密度计法（比重计法）试验	6
一、 试验原理	6
二、 试验设备和试剂	8
三、 试验步骤	9
四、 数据处理	11
第四节 激光粒度仪试验	16
一、 试验原理	16
二、 试验设备和试剂	17
三、 试验步骤	17
四、 数据整理	20
思考题	21
第二章 土的基本物理指标测定试验	23
第一节 导言	23
第二节 含水率测定试验	23
一、 概述	23
二、 烘干法	24
三、 酒精燃烧法	26
第三节 密度测定试验	26
一、 环刀法	27
二、 蜡封法	28
三、 灌水法	30
第四节 比重测定试验	32
一、 比重瓶法	33
二、 浮称法	35

三、虹吸筒法	37
思考题	39
第三章 无黏性土的相对密实度测定试验	40
第一节 导言	40
第二节 最大干密度（最小孔隙比）试验	41
一、试验原理	41
二、试验设备	41
三、试验步骤	42
四、数据处理	43
第三节 最小干密度（最大孔隙比）试验	43
一、试验原理	43
二、试验设备	44
三、试验步骤	44
四、数据处理	45
第四节 相对密实度应用的补充说明	45
思考题	46
第四章 黏性土的基本工程指标测定	47
第一节 导言	47
第二节 液塑限试验	48
一、试验目的	48
二、试验原理	48
三、液塑限联合测定试验	49
四、圆锥仪液限试验	52
五、碟式仪液限试验	53
六、搓滚法塑限试验	55
第三节 击实试验	56
一、试验目的	56
二、试验原理	57
三、试验设备	57
四、试验步骤	58
五、数据整理	60
思考题	62
第五章 土的渗透系数测定试验	64
第一节 导言	64
第二节 室内常水头试验	65

一、试验原理	65
二、试验装置	66
三、试验步骤	67
四、数据处理	68
第三节 室内变水头试验	70
一、试验原理	70
二、试验设备	72
三、试验步骤	73
四、数据处理	74
第四节 现场井孔抽水渗透试验	75
一、试验原理	75
二、试验设备	76
三、试验步骤	76
四、数据分析	77
思考题	79
第六章 土的变形特性指标测定	80
第一节 导言	80
第二节 一维固结(压缩)试验	81
一、试验目的	81
二、试验原理	81
三、试验设备	84
四、试验步骤	85
五、数据整理	87
第三节 共振柱试验	91
一、试验目的	91
二、试验原理	91
三、试验设备	93
四、试验步骤	94
五、数据整理	95
思考题	103
第七章 土的抗剪强度和指标测定试验	104
第一节 导言	104
第二节 直剪试验	104
一、试验目的	104
二、试验原理	104
三、试验设备	106

四、试验步骤	106
五、数据处理	109
第三节 三轴压缩试验	112
一、试验目的	112
二、试验原理	112
三、试验设备	115
四、试验步骤	117
五、数据分析	122
六、非常规三轴试验类型简介	130
第四节 无侧限抗压强度试验	132
一、试验目的	132
二、试验原理	132
三、试验设备	132
四、试验步骤	133
五、数据分析	133
第五节 动力三轴试验	136
一、试验目的	136
二、试验原理	136
三、仪器设备	140
四、试验步骤	141
五、数据分析	144
第六节 现场十字板剪切试验	151
一、试验目的	151
二、试验原理	152
三、试验设备	153
四、试验步骤	154
五、数据分析	155
思考题	156
第八章 室内试验土样制备	158
第一节 导言	158
第二节 常规实心土样制备	158
一、扰动实心土试样制备	159
二、原状实心土试样制备	160
三、化学试验的实心土试样制备	161
第三节 常规实心土样饱和	161
一、概述	161
二、饱和设备	162

三、饱和步骤	162
第四节 空心圆柱土样制备	164
一、黏性土空心圆柱试样制备	164
二、无黏性土空心圆柱试样制备	167
第五节 空心圆柱土样安装与饱和	169
一、黏性土空心圆柱试样安装	169
二、无黏性土空心圆柱试样安装	171
三、空心圆柱土样反压力饱和	171
思考题	172

第九章 室内岩石强度和变形试验

173

第一节 导言	173
第二节 岩石单轴抗压强度试验	175
一、试验目的	175
二、试验原理	175
三、试验设备	175
四、试验步骤	176
五、数据整理	177
第三节 岩石常规（假）三轴抗压强度试验	178
一、试验目的	178
二、试验原理	178
三、试验设备	178
四、试验步骤	178
五、数据整理	179
第四节 岩石抗拉强度（劈裂法）试验	182
一、试验目的	182
二、试验原理	183
三、试验设备	183
四、试验步骤	184
五、数据整理	184
第五节 岩石抗剪强度试验	185
一、试验目的	185
二、试验原理	185
三、试验设备	186
四、试验步骤	186
五、数据整理	187
第六节 岩石单轴（静态）压缩变形试验	188
一、试验目的	188

二、试验原理	189
三、试验设备	189
四、试验步骤	189
五、数据整理	190
第七节 岩石蠕变试验	193
一、试验目的	193
二、试验原理	193
三、试验设备	194
四、试验步骤	194
五、数据整理	194
思考题	196
第十章 土工织物试验	197
第一节 导言	197
一、土工织物及其分类	197
二、土工织物的功能和工程应用	197
三、土工织物的性能指标	198
第二节 试样制备与数据处理	200
一、制样原则	200
二、试样状态调节与仪器仪表	200
三、试验数据整理	200
第三节 物理性能指标试验	201
一、单位面积质量	201
二、厚度	202
第四节 力学性能指标试验	204
一、条带拉伸试验	204
二、握持拉伸试验	207
三、梯形撕裂试验	208
四、胀破试验	209
五、圆球顶破试验	210
六、CBR 顶破试验	211
七、刺破试验	211
第五节 水力性能指标试验	211
一、孔径试验	211
二、垂直渗透试验	213
三、水平渗透试验	215
思考题	216

第十一章 载荷试验	217
第一节 导言	217
第二节 浅层平板载荷试验	217
一、试验目的	217
二、试验原理	217
三、试验设备	219
四、试验步骤	220
五、数据整理	222
六、工程应用	222
第三节 其他类型载荷试验简介	224
一、螺旋板载荷试验	224
二、复合地基载荷试验	224
三、桩基自平衡法载荷试验	225
思考题	226
第十二章 触探试验	227
第一节 导言	227
第二节 静力触探试验	227
一、试验目的	227
二、试验设备	228
三、试验原理	231
四、试验步骤	231
五、数据处理	232
第三节 动力触探试验	236
一、试验目的	236
二、试验设备	236
三、试验原理	237
四、试验步骤	238
五、数据整理	239
第四节 标准贯入度试验	244
一、试验目的	244
二、试验原理	244
三、试验设备	245
四、试验步骤	245
五、数据分析	246
六、工程应用	247
思考题	250

第十三章 原位波速测试法	252
第一节 导言	252
第二节 钻孔法测试技术	253
一、概述	253
二、单孔法	253
三、跨孔法	257
第三节 面波法测试技术	261
一、概述	261
二、试验原理	261
三、试验设备	263
四、试验步骤	264
五、数据整理	265
六、补充说明	267
第四节 波速法测试应用简述	268
一、划分土的类型和建筑场地类别	268
二、计算岩土体的弹性参数	269
三、地基土卓越周期的计算	269
四、进行砂土地基液化势的判别	270
五、检验地基加固处理效果	270
思考题	271
第十四章 场地应力位移监测基本技术	272
第一节 导言	272
第二节 地表沉降监测	273
一、监测目的	273
二、监测仪器及原理	273
三、具体监测步骤	275
四、相关数据整理与应用	278
第三节 分层沉降监测	279
一、监测目的	279
二、监测仪器及原理	279
三、具体监测步骤	280
四、相关数据整理与应用	282
第四节 水平位移监测	284
一、监测目的	284
二、监测仪器及原理	285
三、具体监测步骤	286

四、相关数据整理与应用	288
第五节 孔隙水压力监测	289
一、监测目的	289
二、监测仪器及原理	290
三、具体监测步骤	291
四、相关数据整理与应用	293
第六节 土压力监测	293
一、监测目的	293
二、监测仪器及原理	294
三、具体监测步骤	295
四、相关数据整理与应用	297
思考题	299
第十五章 专项岩土工程的检测、监测技术	300
第一节 导言	300
第二节 基坑工程现场监测	301
一、概述	301
二、基坑工程监测基本内容	301
三、基坑工程监测典型技术	307
四、监测数据分析及信息反馈	315
第三节 路基工程中的检测、监测技术	318
一、概述	318
二、路基检测、监测的基本内容与要求	319
三、路基现场典型检测指标与方法	324
四、路基代表性变形监测技术	332
第四节 隧道工程中的监测技术	334
一、概述	334
二、隧道施工通用监测主要内容	334
三、明（盖）挖法及竖井施工监测技术	339
四、矿山法施工监控监测技术	344
五、盾构法施工监控监测技术	348
六、监测数据分析及信息反馈	353
第五节 桩基工程中的检测技术	355
一、概述	355
二、桩基工程检测基本内容与要求	356
三、常规单桩静载试验法	358
四、钻芯法基桩检测技术	362

五、低应变法基桩检测技术	365
六、高应变法基桩检测技术	370
七、声波透射法基桩检测技术	380
思考题	384
参考文献	385