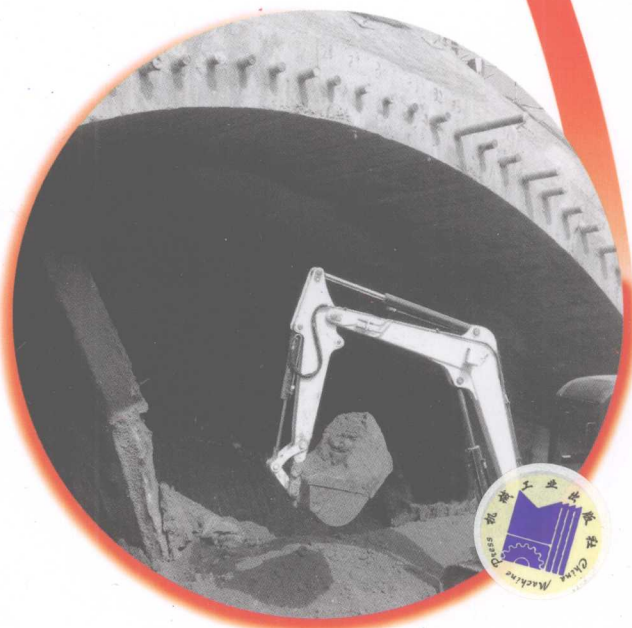




普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等职业教育规划教材

土工实训

王玉珏 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



土工实训

王德胜 主编

中国水利水电出版社



机械工业出版社

China Machine Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等职业教育规划教材

土工实训

主编 王玉珏
参编 孙其龙 曾凡稳
主审 孙晓明

姓名		性别		籍贯		民族		学历	
所在学校		专业		班级		学号		学号	
联系地址		电话		手机		电子邮箱		QQ	
图书在版目(CIP)数据 土工实训 / 王玉珏主编. — 北京: 机械工业出版社, 2007.2 ISBN 978-7-111-21309-7 I. 土… II. 王… III. 土工学 IV. TU4 中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第010730号 机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037) 责任编辑: 李 颖 封面设计: 李 颖 版式设计: 李 颖 责任印制: 李 颖 北京机械工业出版社印刷厂印刷 2007年7月第1次印刷 16开 787mm×1092mm 15印张 325千字 0001—4000册 ISBN 978-7-111-21309-7 定价: 18.80元 机械工业出版社发行部 电话: (010) 88379638 88379640 机械工业出版社发行部 电话: (010) 88379638 88379640 机械工业出版社发行部 电话: (010) 88379638 88379640									



机械工业出版社

机械工业出版社 地址: 北京市百万庄大街22号 邮编: 100037 电话: (010) 88379638 88379640 88379641 88379642 88379643 88379644 88379645 88379646 88379647 88379648 88379649 88379650 88379651 88379652 88379653 88379654 88379655 88379656 88379657 88379658 88379659 88379660 88379661 88379662 88379663 88379664 88379665 88379666 88379667 88379668 88379669 88379670 88379671 88379672 88379673 88379674 88379675 88379676 88379677 88379678 88379679 88379680 88379681 88379682 88379683 88379684 88379685 88379686 88379687 88379688 88379689 88379690 88379691 88379692 88379693 88379694 88379695 88379696 88379697 88379698 88379699 88379700 88379701 88379702 88379703 88379704 88379705 88379706 88379707 88379708 88379709 88379710 88379711 88379712 88379713 88379714 88379715 88379716 88379717 88379718 88379719 88379720 88379721 88379722 88379723 88379724 88379725 88379726 88379727 88379728 88379729 88379730 88379731 88379732 88379733 88379734 88379735 88379736 88379737 88379738 88379739 88379740 88379741 88379742 88379743 88379744 88379745 88379746 88379747 88379748 88379749 88379750 88379751 88379752 88379753 88379754 88379755 88379756 88379757 88379758 88379759 88379760 88379761 88379762 88379763 88379764 88379765 88379766 88379767 88379768 88379769 88379770 88379771 88379772 88379773 88379774 88379775 88379776 88379777 88379778 88379779 88379780 88379781 88379782 88379783 88379784 88379785 88379786 88379787 88379788 88379789 88379790 88379791 88379792 88379793 88379794 88379795 88379796 88379797 88379798 88379799 88379800 88379801 88379802 88379803 88379804 88379805 88379806 88379807 88379808 88379809 88379810 88379811 88379812 88379813 88379814 88379815 88379816 88379817 88379818 88379819 88379820 88379821 88379822 88379823 88379824 88379825 88379826 88379827 88379828 88379829 88379830 88379831 88379832 88379833 88379834 88379835 88379836 88379837 88379838 88379839 88379840 88379841 88379842 88379843 88379844 88379845 88379846 88379847 88379848 88379849 88379850 88379851 88379852 88379853 88379854 88379855 88379856 88379857 88379858 88379859 88379860 88379861 88379862 88379863 88379864 88379865 88379866 88379867 88379868 88379869 88379870 88379871 88379872 88379873 88379874 88379875 88379876 88379877 88379878 88379879 88379880 88379881 88379882 88379883 88379884 88379885 88379886 88379887 88379888 88379889 88379890 88379891 88379892 88379893 88379894 88379895 88379896 88379897 88379898 88379899 88379900 88379901 88379902 88379903 88379904 88379905 88379906 88379907 88379908 88379909 88379910 88379911 88379912 88379913 88379914 88379915 88379916 88379917 88379918 88379919 88379920 88379921 88379922 88379923 88379924 88379925 88379926 88379927 88379928 88379929 88379930 88379931 88379932 88379933 88379934 88379935 88379936 88379937 88379938 88379939 88379940 88379941 88379942 88379943 88379944 88379945 88379946 88379947 88379948 88379949 88379950 88379951 88379952 88379953 88379954 88379955 88379956 88379957 88379958 88379959 88379960 88379961 88379962 88379963 88379964 88379965 88379966 88379967 88379968 88379969 88379970 88379971 88379972 88379973 88379974 88379975 88379976 88379977 88379978 88379979 88379980 88379981 88379982 88379983 88379984 88379985 88379986 88379987 88379988 88379989 88379990 88379991 88379992 88379993 88379994 88379995 88379996 88379997 88379998 88379999

本书共6章,主要包括土工室内试验、土的现场原位试验、基桩静载荷试验和基桩的动力测试技术等,对所述试验的基本原理、仪器设备、测试方法、测试资料的整理和分析等作了较为详细的介绍;另外还对公路工程地质勘察的基本内容和基本方法作了全面的阐述;书中还特别增加了对土工综合技能训练的详细要求、日程安排和评定办法。

本书适用于高职高专道路与桥梁工程技术、水利水电工程及建筑工程技术等土建工程类相关专业的实践教学,同时也可供相关专业工程技术人员参考。

王玉珏 主编
李莉 参编
申春香 审主

图书在版编目(CIP)数据

土工实训/王玉珏主编. —北京:机械工业出版社, 2007.5

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-21509-7

I. 土… II. 王… III. 土工学 IV. TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 070770 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:李俊玲 覃密道 责任编辑:李莉

版式设计:张世琴 责任校对:申春香

封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

北京富生印刷厂印刷

2007 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 12 印张 · 295 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-21509-7

定价:18.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379050

封面无防伪标均为盗版



机械工业出版社
China Machine Press

教师信息反馈表

尊敬的老师：

您好！首先感谢您选用机械工业出版社的教材。机械工业出版社成立于1952年，是国家级优秀出版社，是教育部指定的教材出版基地。机械工业出版社从1999年开始出版高职教材，目前高职教材品种有近1500种，覆盖机、电、车、土建、经管、基础课等众多领域，机工版高职教材以质量优、品种全而得到众多职业院校的认可。在“十一五”国家级规划教材评选中，机械工业出版社有近400种高职教材入选，位居全国第二。为了更好地为教学服务，我社正在大规模进行教材的配套建设工作，多数教材均可免费为您提供配套的助教盘（包括电子教案、课后习题解答、素材库等内容）。如果您需要本书的助教盘，请填写以下表格并回寄给我们，我们将在收到表格后及时与您联系。我们愿以最真诚的服务回报您对机械工业出版社的关心和支持。

书名				书号			版次					
使用本书的学生人数——人/年——年级							学时数——					
您对本书的意见和建议												
您的个人情况												
姓名			性别	☐ 男 ☐ 女（划√）		年龄			职务 职称			
所在学校							系名 (分院名)					
联系地址 (邮编)												
联系电话						E-mail						
您教授的其他课程的情况												
课程名称	学生 人数	使用教材名称	出版社		教材满意度 (划√)							
					☐ 满意 ☐ 一般 ☐ 不满意							
					☐ 满意 ☐ 一般 ☐ 不满意							
如果您有意向 主编或参编教 材,请您将信息 填入右侧表格	拟编写教材名称			适用专业	是否已有 内部讲义	年用书量						
系主任签字											盖章	

注：本表可复印，寄至北京百万庄大街22号机械工业出版社高职分社收（100037）；亦可发至电子邮箱：

sbs@mail.machineinfo.gov.cn，也可发传真至010-68998916。登录机械工业出版社教材服务网www.cmpedu.com可下载表格电子版。联系电话：010-88379050 010-68354423。

高等职业教育“十一五”规划教材

(道路与桥梁、公路监理专业)

编 审 委 员 会

主任委员	孟祥林	南京交通职业技术学院
副主任委员	钟建民	山西交通职业技术学院
	罗凤姿	湖南工程职业技术学院
委 员	王保群	山东交通学院
	田 平	河北交通职业技术学院
	白淑毅	广东交通职业技术学院
	务新超	黄河水利职业技术学院
	刘 武	江西交通职业技术学院
	周志坚	福建交通职业技术学院
	周传林	南京交通职业技术学院
	林丽娟	徐州建筑职业技术学院
	胡兴福	四川建筑职业技术学院
	李俊玲	机械工业出版社 (兼委员会秘书)

出版说明

自 20 世纪 90 年代开始,我国公路建设步入了持续、快速发展的轨道。截至 2004 年年底,我国高速公路通车里程已达 3.42 万 km,年增长 21.2%,全国公路通车总里程已达到 185.6 万 km。公路交通建设的发展,使社会急需大量的素质高、应用能力强、富有创新精神的复合型人才,各高等职业院校面临着向社会输送合格的公路专门人才的紧迫任务。“教书育人,教材先行”,人才的培养,离不开优秀的教材。基于此背景和要求,机械工业出版社组织全国多所交通及土建类院校编写了这套针对道路与桥梁、公路监理、高等级公路维护与管理等专业的系列教材。

本系列教材具有以下特点:

1. 贯彻了交通部发布的最新的标准规范,保证了时效性,使教学能与实际紧密结合。

2. 为突出高等职业教育的特点,本套教材的编写班子以双师型教师为主,并吸收了部分企业的技术人员参加教材的编、审工作,使教材能更贴近实际,能反映公路工程建设中最新的技术、工艺和方法。

3. 不追求教材的系统性和完整性,以够用、实用为原则,将理论知识与实际操作融为一体。基础理论知识以讲清概念、强化应用为重点;专业课加强了针对性和实用性,强化了实践教学,重点培养学生的动手能力和思维方法。

4. 每本教材中都有“学时分配建议表”,供授课教师参考;每章前有“学习目标”,章后有“小结”、“思考题”、“习题(或操作实训)”,更利于学生学习和复习。

5. 以学生好学、教师上课方便为宗旨,将教学改革成果引入到教材中,并陆续配备电子教案、学习指导等,力争为一线教师提供较全面的立体化的教材。

6. 在教材内容的选取上,以三年制教学为主,也充分考虑了两年制教学的要求,可供三年制和两年制教学使用。

希望本系列教材的出版,能促进高等职业院校道路与桥梁等专业的教材建设,为培养符合市场需要的高技能人才起到积极的推动作用。

机械工业出版社

前 言

本试验实训教材的编写目的是为实现高等职业教育的培养目标,配合土力学与基础工程的试验教学和技能培训,帮助学生尽快掌握土工试验的方法、操作步骤与成果整理方法,系统地提高试验检测能力;详细了解土力学与基础工程研究中主要的原位试验研究手段;了解公路工程地质勘察的内容和方法。

本书是全国普通高等教育“十一五”国家级规划教材,也是道路与桥梁工程专业高等职业教育规划教材,是依据最新国家标准和行业标准编写,是《土力学与基础工程》的补充教材。它既是独立的教材,又与《土力学与基础工程》的内容密切相关。全书共6章,第1章土工室内试验、第2章土的现场原位试验、第3章基桩静载荷试验、第4章基桩的动力测试技术、第5章公路工程地质勘察、第6章土工综合技能训练。

全书由黄河水利职业技术学院王玉珏任主编,黑龙江大学水利水电学院孙晓明任主审。参加编写工作的有黄河水利职业技术学院孙其龙(编写第1章、第2章2.1、第6章),黄河水利职业技术学院王玉珏(编写第2章2.2~2.10、第3章、第4章),南京交通职业技术学院曾凡稳(编写第5章)。

由于编者水平有限,错漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

第1章 土工室内试验 1

- 1.1 土样制备 1
- 1.2 含水率试验 5
- 1.3 密度试验 8
- 1.4 比重试验 9
- 1.5 颗粒分析试验 11
- 1.6 界限含水率试验 16
- 1.7 击实试验 20
- 1.8 渗透试验 25
- 1.9 剪切试验 29
- 1.10 固结试验 39
- 1.11 承载比试验 43

第2章 土的现场原位试验 50

- 2.1 压实度试验 50
- 2.2 标准贯入试验 55
- 2.3 十字板剪切试验 58
- 2.4 静力触探试验 62
- 2.5 动力触探试验 66
- 2.6 载荷试验 70
- 2.7 旁压试验 79

- 2.8 现场直接剪切试验 86

- 2.9 现场渗透试验 89

- 2.10 波速试验 91

第3章 基桩静载荷试验 99

- 3.1 单桩竖向抗压静载荷试验 99
- 3.2 单桩竖向抗拔静载荷试验 106
- 3.3 单桩水平静载荷试验 109

第4章 基桩的动力测试技术 114

- 4.1 低应变反射波法 114
- 4.2 高应变动测法 125
- 4.3 超声波法 145

第5章 公路工程地质勘察 157

- 5.1 工程地质勘察的内容和阶段 157
- 5.2 工程地质勘察的主要方法 159
- 5.3 工程地质勘察报告 165

第6章 土工综合技能训练 172

- 6.1 培训目的 172
- 6.2 技能训练的基本要求 172
- 6.3 技能训练的日程安排 172
- 6.4 技能训练的考核办法 173
- 6.5 补充内容 174

参考文献 178

第 1 章 土工室内试验

土力学是一门实践性很强的专业基础课程，是从力学与工程的角度研究土的性质的一门学科。即土力学是利用力学知识和土工试验技术，研究土的物理、化学和力学性质及土体在荷载、水、温度等外界因素作用下的工程性质的应用科学。土工试验是土力学课程学习的重要环节，也是今后从事岩土工程设计、研究以及工程施工不可缺少的环节，岩土工程设计所需要的参数就是由设计合理、条件相似、方法和操作正确的土工试验所提供。本书土工试验部分是依据中华人民共和国国家标准《土工试验方法标准》（GB/T 50123—1999）和交通部《公路土工试验规程》（JTJ 051—1993）编写，可根据教学大纲要求安排以下试验项目。

1.1 土样制备

1.1.1 概述

- 1) 扰动土样在试验前必须经过制备程序，包括土的风干、碾碎、过筛、匀土、分样、储存以及制备试样等过程。
- 2) 土样制备程序应视不同的试验而异，故土样制备前应拟定土工试验计划。
- 3) 对封闭原状土样除小心搬运和妥善存放外，在试验前不应开启，尽量使土样少受扰动。

1.1.2 仪器设备

- (1) 细筛 孔径 5mm、2mm、0.5mm。
- (2) 洗筛 孔径 0.074mm。
- (3) 台称 称量 10 ~ 40kg，最小分度值 5g。
- (4) 天平 称量 1000g，最小分度值 0.1g；称量 200g，最小分度值 0.01g。
- (5) 碎土器 磨土机。
- (6) 击样器（图 1-1）。
- (7) 压样器（图 1-2）。
- (8) 饱和器（图 1-3、图 1-4）。
- (9) 抽气设备（图 1-5）。
- (10) 其他仪器设备 烘箱、干燥器、保湿器、研钵、木碾、橡皮板、切土刀、钢丝锯、凡士林、喷水设备等。

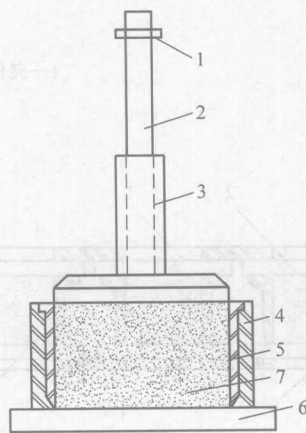


图 1-1 击样器

1—定位环 2—导杆 3—击锤 4—击样筒
5—环刀 6—底座 7—试样

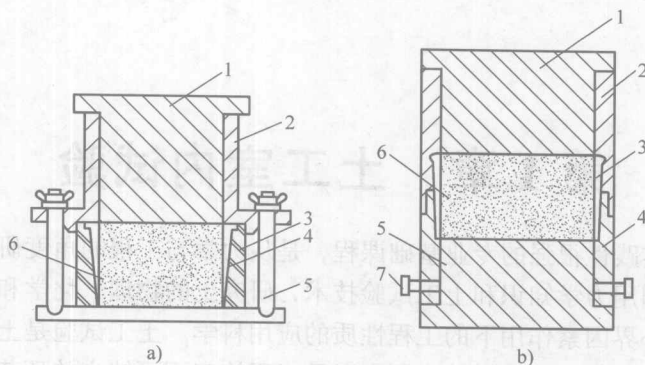


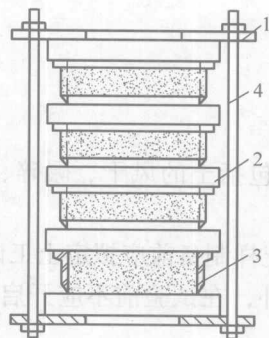
图 1-2 压样器

a) 单向

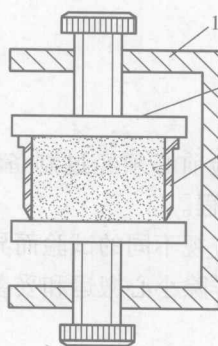
1—活塞 2—导管 3—护环
4—环刀 5—拉杆 6—试样

b) 双向

1—上活塞 2—上导管 3—环刀
4—下导管 5—下活塞 6—试样 7—销钉



a)



b)

图 1-3 饱和器

a) 重叠式 b) 框式

1—夹板 2—透水板 3—环刀 4—拉杆

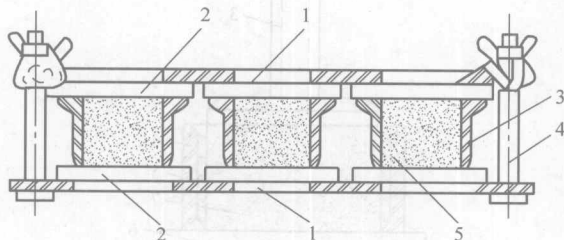


图 1-4 平行式饱和器

1—夹板 2—透水板 3—环刀 4—拉杆 5—试样

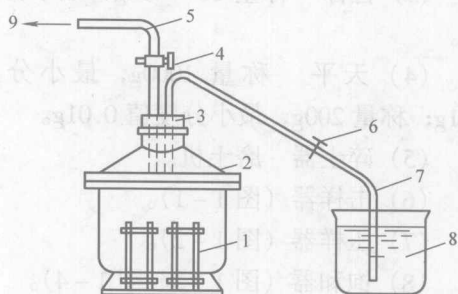


图 1-5 真空饱和装置

1—饱和器 2—真空缸 3—橡皮塞 4—二通阀 5—排气管
6—管夹 7—引水管 8—盛水器 9—接抽气机

1.1.3 试验步骤

1. 原状土试样制备

(1) 开启试样 将土样筒按标明的上下方向放置,小心开启包装皮,观察原状土的颜色、气味、结构、夹杂物和均匀性等情况,并作原状土开土记录。

(2) 切取试样 环刀切取试样(根据密度试验要求切取)。切削过程中应细心观察土样的情况,并描述它的层次、气味,有无杂质、裂缝等,注意使含水率不发生变化。

(3) 剩余试样 环刀切削的剩余土样可用于土的物理性试验,切取试样后剩余的原状土样,应用蜡纸封好,置于保湿器内,以备补作试验之用。

(4) 试样存放 视试样本身及工程要求,决定试样是否进行饱和,如不立即进行试验或饱和时,则将试样保存于保湿器内。

注:野外取原状土样时,土样可在试坑、平洞、竖井、天然地面及钻孔中采取,土样必须保持原状结构及天然含水率,并使土样不受扰动。用钻机取土时,土样直径不得小于10cm,并使用专门的薄壁取土器;在试坑或天然地面下挖取原状土时,可用有上、下盖的铁壁取土筒,打开下盖,扣在欲取的土层上,边挖筒周围的土,边压土筒至筒内装满土样,然后挖断筒底土层(或左、右摆动即断),取出土筒,翻转削平筒内土样,若周围有空隙,可用原土填满,盖好下盖,密封取土筒。无论采用什么方法取土,均应有取土记录和编号,并在土筒上贴上取土标签。

2. 扰动土试样制备

(1) 描述土样 将扰动土样进行土样描述,如颜色、土类、气味及夹杂物等,取代表性土样测含水率。

(2) 碾散过筛 将块状扰动土在橡皮板上用木碾或碎土器碾散(勿压碎颗粒,如含水量较大时,可先风干),碾散后的土样需过筛。液限、塑限试验土样等过0.5mm筛;其他物理性及力学性试验土样过2mm筛;击实试验土样过5mm筛。过筛后用四分对角取样法取出足够数量的代表土样,分别装入容器内,标以标签(标签应注明工程名称、土样编号、过筛孔径、用途、制备日期及试验人员等)以备各项试验之用。对风干土,需测定风干含水率。

(3) 加水浸润 根据试验所需的土量与含水率,计算加水量,然后将水均匀喷洒于土样上,充分拌匀后装入盛土容器内盖紧,润湿一昼夜。试样制备数量根据工程和设计的要求,视试验项目需要而定。

(4) 试样制备 视工程实际情况,分别采用压样法、击实法击样法。

1) 压样法:按相关土工试验规程称出所需的湿土质量。将湿土倒入预先装好环刀的压样器内,抹平土样表面,以静压力将土样压紧到所需密度,称环刀、土总质量,并测出土样含水率。

2) 击实法:根据工程要求,结合击实试验中的击实程序,选用相应的击实功进行击实,将土样击实到所需密度,用推土器推出,环刀取土,并测出土样含水率。

3) 击样法:将湿土倒入预先装好的环刀内,并固定在底板上的击实器内,用击实方法将土击入环刀内,并测出土样含水率。

3. 试样饱和

土的孔隙被水填充的过程称为饱和。孔隙被水充满的土,称为饱和土,视土的性质试样

饱和和可选用浸水饱和法、毛细管饱和法及真空抽气饱和法。

(1) 浸水饱和法 一般砂类土可直接采用浸水饱和法,此法是将试样直接在仪器内浸水饱和。

(2) 毛细管饱和法 较易透水的粘性土,渗透系数 $k > 10^{-4}$ cm/s 时,采用毛细管饱和法较为方便,应按下列步骤进行:

1) 安装试样:饱和器有重叠式饱和器(图 1-3a)、框式饱和器(图 1-3b)和平列式饱和器(图 1-4),按顺序在装有试样的环刀上、下面放滤纸和透水板,装入饱和器内,并旋紧螺母。

2) 毛细饱和:将装好试样的饱和器放入水箱中(框式饱和器和重叠式饱和器放倒,平列式饱和器则平放),注入清水,水面不宜将试样淹没或超过试样顶面,从而能使土中气体得以排出。关箱盖,浸水时间一般约需 3d,借土的毛细作用使试样饱和。

3) 检验饱和情况:试样饱和后,取出饱和器,松开螺母,取出环刀,擦干外壁,称环刀和试样的总质量,并计算试样的饱和度。当饱和度低于 95% 时,应继续饱和。

(3) 真空抽气饱和法 不易透水的粘性土,渗透系数 $k \leq 10^{-4}$ cm/s 时,可采用真空抽气饱和法。

1) 安装试样:选用重叠式或框式饱和器(图 1-3)和真空饱和装置(图 1-5)。在重叠式饱和器下夹板的正中,依次放置透水板、滤纸、带试样的环刀、滤纸、透水板,以这样顺序重复,由下向上重叠到拉杆高度,将饱和器上夹板盖好后,拧紧拉杆上端的螺母,将各个环刀在上、下夹板间夹紧。

2) 抽气饱和:将装有试样的饱和器放入真空缸内,真空缸和盖之间涂一层凡士林,盖紧。将真空缸与抽气机接通,起动抽气机,当真空压力表读数接近一个大气负压力值(约 -98.0665kPa)时,继续抽气(抽气时间不少于 1h),微开管夹,使清水徐徐注入真空缸,在注水过程中调节管夹,使真空压力表的数值基本保持不变。待水淹没饱和后停止抽气,开管夹使空气进入真空缸,静置一段时间,细粒土宜为 10h 左右,使试样充分饱和。

3) 检验饱和情况:试样饱和后,打开真空缸,从饱和器内取出带环刀的试样,擦干外壁,称环刀和试样的总质量,同时计算试样的饱和度。当饱和度低于 95% 时,应继续抽气饱和。

1.1.4 计算

1) 试验所需干土质量计算公式为

$$m_s = \frac{m}{1 + 0.01\omega_0} \quad (1-1)$$

式中 m_s ——干土质量 (g);

m ——风干土质量 (g);

ω_0 ——风干含水率或天然含水率 (%)。

2) 根据试样所需含水率,制备试验时需加水量为

$$m_w = \frac{m}{1 + 0.01\omega_0} \times 0.01(\omega' - \omega_0) \quad (1-2)$$

式中 m_w ——土样制备所需加水的质量 (g);

m ——风干含水率的土样质量 (g);

ω_0 ——土样的风干含水率 (%);

ω' ——土样所要求含水率 (%).

3) 根据环刀的容积及要求的干密度, 所需湿土质量为

$$m_0 = (1 + 0.01\omega_0)\rho_d V \quad (1-3)$$

式中 m_0 ——所需湿土质量 (g);

ρ_d ——试样的干密度 (g/cm^3);

ω_0 ——风干含水率或天然含水率 (%);

V ——环刀容积 (cm^3).

4) 饱和度的计算公式为:

$$S_r = \frac{(\rho - \rho_d) G_s}{e \rho_d} \quad (1-4)$$

或

$$S_r = \frac{\omega G_s}{e} \quad (1-5)$$

式中 S_r ——饱和度 (%);

ρ ——饱和后的密度 (g/cm^3);

ρ_d ——土的干密度 (g/cm^3);

e ——土的孔隙比;

ω ——饱和后的含水率 (%);

$G_s^\ominus$ ——土粒比重。

1.2 含水率试验

1.2.1 概述

1) 土的含水率是指土中水的质量与土颗粒质量的比值, 用百分数表示。

2) 试验目的是测定土的含水率, 以了解土的含水情况, 含水率是土的一个重要的基本物理性质指标, 它反映土的状态, 是计算土的干密度、孔隙比、液性指数、饱和度等项指标的依据, 也是检测土工构筑物施工质量的重要指标。

3) 试验方法有烘干法 (室内试验标准方法)、酒精燃烧法、比重法、碳化钙气压法、微波加热法和核子测定法 (该方法属现场原位试验, 详见第2章) 等。

1.2.2 烘干法

1. 仪器设备

(1) 烘箱 保持温度在 $105 \sim 110^\circ\text{C}$ 的自动控制电热恒温烘箱或其他能源烘箱, 也可以用

⊖ GB3102.3—1993 中规定采用“相对密度”或“相对体积质量”, 但考虑到行业规范 JTJ 051—1993 中仍采用“比重”一词, 故本书在此处仍沿袭“比重”一词。

远红外线烘箱。

(2) 天平 称量 200g, 最小分度值 0.01g。

(3) 其他仪器设备 干燥器、调土刀、称量盒等。

2. 试验步骤

(1) 称湿土 选取具有代表性的试样 15 ~ 30g (砂土应多取些), 放入称量盒内 (查盒号), 立即盖好盒盖, 称出 (盒 + 湿土) 的质量, 准确到 0.01g。

(2) 烘土 打开盒盖, 将盒盖扣在盒底, 放入烘箱中在温度 105 ~ 110℃ 下烘至恒重, 烘土时间对细粒土不少于 8h, 砂类土不少于 6h; 对有机质含量超过干土质量 5% 的土, 取试样 50g, 温度应控制在 65 ~ 70℃ 恒温下烘至恒重, 然后取出盖好盒盖, 放在干燥器内冷却至室温。

(3) 称干土 从干燥器内取出试样, 称出 (盒 + 干土) 质量, 准确至 0.01g。

3. 计算

含水率的计算公式为

$$\omega = \left(\frac{m_0}{m_s} - 1 \right) \times 100\% \quad (1-6)$$

式中 ω —— 含水率 (%), 计算精确至 0.1%;

m_0 —— 湿土质量 (g);

m_s —— 干土质量 (g)。

本试验需要进行两次平行测定, 取其算术平均值, 允许平行差值见表 1-1。

表 1-1 含水率测定的允许平行差值

含水率 (%)	允许平行差值 (%)
< 5	0.3
5 ~ 40	≤ 1
> 40	≤ 2

4. 试验记录

试验记录见表 1-2。

表 1-2 含水率试验 (烘干法)

工程名称		土样说明		试验日期				
试验者		计算者		校核者				
土样编号	盒号	盒质量/g	盒 + 湿土质量/g	盒 + 干土质量/g	水分质量/g	干土质量/g	含水率 (%)	平均含水率 (%)
		(1)	(2)	(3)	(4) = (2) - (1)	(5) = (3) - (1)	(6) = $\frac{(4)}{(5)}$	(7)

1.2.3 酒精燃烧法

1. 仪器设备

- (1) 天平 称量 200g, 最小分度值 0.01g。
- (2) 酒精 纯度 95%。
- (3) 其他设备 滴管、调土刀、称量盒、火柴等。

2. 试验步骤

- (1) 称湿土 选取具有代表性的试样 (粘质土 5~10g、砂类土 20~30g) 放入称量盒内, 称出 (盒+湿土) 的质量。
- (2) 点燃酒精 将酒精注入试样中, 直至盒内的试样淹没 (盒中出现自由液面为止), 并使酒精在试样中充分混合均匀, 然后点燃酒精, 烧至火焰熄灭。将试样冷却数分钟后, 再注入酒精, 反复燃烧 3 次。
- (3) 称干土 待第三次燃烧火焰熄灭后, 盖好盒盖, 称出 (盒+干土) 的质量。

3. 计算方法同烘干法

4. 试验记录见表 1-2

1.2.4 比重法 (本试验方法仅适用于砂类土)

1. 仪器设备

- (1) 玻璃瓶 容积 500mL 以上。
- (2) 天平 称量 1000g, 最小分度值 0.5g。
- (3) 其他仪器设备 漏斗、小勺、吸水球、玻璃片、土样盘及玻璃棒等。

2. 试验步骤

- (1) 取试样 取代表性砂类土试样 200~300g, 放入土样盘内。
- (2) 排气 向玻璃瓶中注入清水至 1/3 容积左右, 然后用漏斗将土样盘中的试样倒入瓶中, 并用玻璃棒搅拌 1~2min, 直到所含气体完全排出为止。
- (3) 称质量 向瓶中加清水至全部充满, 静置 1min 后用吸水球吸去泡沫, 再加清水使其充满, 擦干瓶外壁, 称质量, 然后倒去瓶中混合液, 洗净, 再向瓶中加清水至全部充满, 盖上玻璃片, 擦干瓶外壁, 称质量。准确至 0.5g。

3. 计算

$$\omega = \left[\frac{m(G_s - 1)}{G_s(m_1 - m_2)} - 1 \right] \times 100 \quad (1-7)$$

式中 ω ——砂类土的含水率 (%), 计算至 0.1%;

m ——湿土质量 (g);

m_1 ——瓶、水、土、玻璃片合质量 (g);

m_2 ——瓶、水、玻璃片合质量 (g);

G_s ——砂类土的比重。

4. 试验记录

试验记录见表 1-3。

表 1-3 含水率试验 (比重法)

工程名称_____ 土样说明_____ 试验日期_____

试验者_____ 计算者_____ 校核者_____

土样编号	瓶号	湿土质量 /g	瓶+水+土+玻 璃片合质量/g	瓶+水+玻璃片 合质量/g	土样比重	含水率 (%)	平均值 (%)

1.2.5 其他试验方法介绍

用碳化钙气压法测定土的含水率,属简单快速的测定法,碳化钙为吸水剂,将一定量的湿土样和碳化钙置于体积一定的密封容器中,吸水剂与土中的水发生反应,产生乙炔气体,乙炔气体在容器中产生的压强与土中的水分子质量成正比,通过测定气体压强可换算出相应的含水率。

微波加热法是近十几年来才发展起来的一门新技术,微波是一种超高频的电磁波,微波加热就是通过微波发生器产生微波能,然后用波导(传送线)将微波能输送到微波加热器中,加热器中的试样受到微波的照射后就发热,使水分蒸发,由于微波具有一定的穿透深度,使被加热的试样里外同时加热,因此具有均匀、快速的优点,但微波加热的温度及时间控制有待进一步研究,因此该试验方法目前还未正式列入现行工程规范中。

1.3 密度试验

1.3.1 概述

- 1) 土的密度是指土的单位体积的质量,它是土的一个重要基本物理指标。
- 2) 试验目的是测定土的密度,以了解土的疏密状态,供换算土的其他物理性质指标和工程设计及施工质量控制之用。
- 3) 试验方法有环刀法、蜡封法、灌砂法或灌水法(现场)等。

1.3.2 环刀法

1. 仪器设备

- (1) 环刀 内径 6~8cm, 高度 2~3cm。
- (2) 天平 称量 500g, 最小分度值 0.1g; 称量 200g, 最小分度值 0.01g。
- (3) 其他设备 切土刀、钢丝锯、玻璃板、凡士林等。

2. 试验步骤

- (1) 切取土样 取环刀并在环刀内壁涂一薄层凡士林,刃口向下放在土样上,然后将环