

岩土工程

试验监测手册

■ 林宗元 主编

中国建筑工业出版社

岩土工程试验监测手册

林宗元 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

岩土工程试验监测手册/林宗元主编. —北京:中国
建筑工业出版社,2005
ISBN 7-112-07564-5

I. 岩... II. 林... III. ①岩土工程-试验-技术
手册②岩土工程-监测-技术手册 IV. TU4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 093647 号

本书包括 6 篇共 72 章。第 1 篇室内岩石试验;第 2 篇室内土工试验;第 3 篇原位测试;第 4 篇工程物探;第 5 篇岩土工程施工测量与检验监测;第 6 篇工程监测。书中重点围绕试验原理、仪器设备、试验方法、适用条件、资料整理、成果应用等内容进行介绍。内容全面,具有指导性、简明性、实用性、先进性和可靠性。

本书可作为岩土工程勘察、试验、设计、治理、监测、监理等人员的必备工具书,也可作为岩土工程、工民建、水利、港工、矿建、道桥和地下工程等专业师生的主要参考书。

* * *

责任编辑:戚大庆 王 梅

责任设计:赵 力

责任校对:李志瑛 张 虹

岩土工程试验监测手册

林宗元 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:53¼ 字数:1350 千字

2005 年 10 月第一版 2005 年 10 月第一次印刷

印数:1—3000 册 定价:88.00 元

ISBN 7-112-07564-5

(13518)

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)

本社网址:<http://www.china-abp.com.cn>

网上书店:<http://www.china-building.com.cn>

《岩土工程试验监测手册》

编写人员名单

主 编:林宗元

常务副主编:王长科 化建新 邓泽洪 刘云祯 汤天鹏 刘意民

副 主 编:徐瑞春 李九鸣 黄经秋 刘雅东 王勤生 闫德刚

郭传胜 李明生 王继忠 张荣久 陆学智 陆濂泉

张 雁 雷玉华 李宏义 陈 波 严金森 李志平

顾国荣 李哲生 汤福南 齐俊修 张绅纶 傅德明

丘建金 李金都 刘金光 汤厚杰 董浩斌

编 委:(按姓氏笔画为序,为节省篇幅,上列人员不再重复)

丁连靖 孔德坊 王 铠 王正旭 王行本 王传雷

王宝成 王峥嵘 王超凡 邓立立 邓世坤 石汉生

冉伟彦 叶金汉 孙继深 冯世清 冯崇安 刘 杰

刘 虔 刘江平 刘春华 朱思哲 齐 文 安海忠

闫政翔 李友鹏 李俊才 张 军 张 涛 张文伟

张文权 张学强 张莲花 张春华 张剑锋 张晓沪

吴 平 吴成元 吴庆曾 吴铭江 陈昌斌 陈剑平

邹桂高 余小奎 宋友仁 宋正宗 杨石飞 庞维宁

沙 椿 周筱滨 侯家珍 姚爱军 施建章 祝龙根

顾汉明 袁兆华 徐永福 高倚山 贾文华 龚才康

黄一和 黄仁福 黄恒祥 萧树芳 熊福文 褚克南

潭悍东 戴志祥 鞠占斌 魏文博

主 编 简 介



林宗元 近照

中国工程勘察大师
中国特许注册土木工程师(岩土)
全国勘察设计注册土木工程师(岩土)专业考试考题设计与评分专家组成员
中国勘察设计协会理事会顾问
中国勘察设计协会工程勘察与岩土分会顾问
国际工程地质与环境协会会员
《岩土工程丛书》主编
《简明岩土工程勘察设计手册》主编
《简明岩土工程监理手册》主编
中兵勘察设计研究院顾问总工程师
中国兵器工业北方勘察设计研究院顾问总工程师

林宗元,男,汉族,1929年9月生于福建莆田,1945年毕业于莆田砺青中学,1948年毕业于莆田哲理中学,1953年3月毕业于上海同济大学结构工程系,从事工程勘察及工程结构设计近52年。原任中国北方工业公司勘察设计研究院副总工程师(教授级高级工程师),历任第一、三、五机械工业部勘测公司主任工程师、副总工程师,现任中兵勘察设计研究院顾问总工程师、中国兵器工业北方勘察设计研究院顾问总工程师。1980年起为国际工程地质与环境协会(IAEG)会员;1986年起任中国工程勘察协会第一届至第三届副理事长,兼任第二、第三届秘书长;1998年7月起任第一届、第二届全国勘察设计注册土木工程师(岩土)专业考试考题设计与评分专家组成员;2000年9月起任中国勘察设计协会第四届理事会顾问,2001年8月起任第四届中国勘察设计协会工程勘察与岩土分会顾问。1989年被建设部评为首批“中国工程勘察大师”荣誉称号;1992年被国务院授予“有突出贡献的科技专家”称号。

主持过国内外各类型(如国防工业、机械工业、化工、造纸、冷冻工厂、机场、海上工程、天然洞室利用、人工洞室、高层与超高层建筑等)、各种地层(如一般岩土、湿陷性土、软土、膨胀土和红土等特殊土)、各种地质环境条件(如平原、山区、滨海、半沙漠地区等)、各种环境工程地质问题(如边坡和滑坡、隐伏岩溶地表塌陷、地下矿层采空、泥石流、地震工程问题等)的大中型工程勘察项目一百多项,对红土、膨胀土等特殊土有独特研究,在超高层建筑场地的岩土工程勘察、环境工程地质与环境岩土工程等方面有独创性见解。曾获得国家级优秀工程勘察银质奖2项,部级优秀工程勘察奖和优秀论文奖5项。

主编《岩土工程丛书》一套五本(计960万字)、《简明岩土工程勘察设计手册》、《简明岩土工程监理手册》两部共三本(计381万字),在内容上尽可能体现指导性、简明性、实用性、可靠性与先进性,一百多个有代表性的有关工程勘察的单位、三百多名有关专家、

教授、研究员参编。受到工程勘察设计咨询业界有关单位广大岩土工程技术人员的欢迎,对推动我国岩土工程的发展起到积极的作用。在国内外各种学术会议上及国家级刊物上发表论文 40 多篇。

序 一

岩土工程治理与岩土工程试验监测是岩土工程业务范畴中的两个重要组成部分。由于有关工程技术人员、科研人员的积极攻关、不断总结经验,近十年来,有不少技术创新,国家新颁布或修订了一些有关技术标准,反映了这两部分技术发展的全貌,从而有条件为进一步保证工程质量,降低工程造价、缩短建设工期、提高投资效益发挥了更积极的作用。

《岩土工程治理手册》和《岩土工程试验监测手册》作为前《岩土工程丛书》中的两本,曾先后于1993年和1994年出版,和丛书中的其他三本一起,受到了我国工程勘察设计咨询业界有关方面的欢迎和赞誉,为推动岩土工程的发展起到了应有的作用。现在,为了适应目前岩土工程技术发展新形势的需要,仍由中国工程勘察大师林宗元担任主编,分别组织了我国工程勘察设计咨询业界中对相关方面有丰富理论知识和实践经验的专家、教授、研究员及青年工程师负责编写工作。与原版相比,新版内容更新颖、更简明、更实用、更先进。

这两本手册的出版发行,必将更好地满足从事岩土工程的广大技术人员、研究人员和大专院校有关专业师生的需要。不但为我国岩土工程界特别是为直接从事岩土工程治理和岩土工程试验监测工作的工程技术人员提供良好的工具书,同时也为从事岩土工程研究和教学的人员提供重要的参考书。

希望工程勘察设计咨询业界有关的各级领导和有关技术人员认真阅读,从中吸取有益的内容,结合本地区、本部门的实际和工程实践,创造性地加以应用,并不断总结经验,坚持技术创新,为把岩土工程治理和岩土工程试验监测以及整个岩土工程领域技术不断推向新的高度而共同奋斗!

中国勘察设计协会理事长 吴奕良

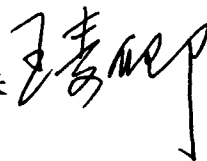
2005年1月

序 二

经过二十年来的推行和发展,我国已经确立了岩土工程体制。这次由中国工程勘察大师林宗元担任主编,并组织我国工程勘察设计咨询业界 150 多位的中国工程勘察大师、专家、教授、研究员和青年工程师,编写了《岩土工程治理手册》和《岩土工程试验监测手册》。这两本手册注意吸取近十年来有关的新技术、新经验、尽可能结合国家新颁布的或修订的有关技术标准,内容比较全面,并且注意坚持简明性、实用性、指导性、可靠性和先进性,特别是突出了简明性。这两本手册的出版发行,对提高我国岩土工程师的技术素质,提高工程质量和效益有重要意义。

愿这两本手册能够成为我国岩土工程师及有关技术人员的有益工具书,我国工程勘察咨询业界有关的各级领导、科研人员及教学人员重要的参考书。希望岩土工程界要注意不断技术创新,共同推进我国岩土工程领域技术更快更好地发展!

建设部建筑市场管理司司长



2005 年 1 月

前 言

本人曾于1994年主编出版了《岩土工程试验监测手册》，计206万字，受到我国工程勘察设计咨询业界有关方面的广泛欢迎与好评。时隔11年，岩土工程试验监测方面的技术有一些重要的进展，而有关的技术规范规程颁布或修订了不少。一些同仁一再呼吁重新编一本《岩土工程试验监测手册》，以应亟需。本书就是在这样的背景下产生的。

本书编写的指导思想是：力争成为我国从事岩土工程的广大工程技术人员、科研人员必备的工具书、大专院校有关专业师生及参加全国注册土木工程师（岩土）执业资格考试专业考试的重要参考书。在内容上注意体现实用性、指导性、可靠性与先进性，特别是要突出简明性，充分体现岩土工程的特点。

岩土工程监测是岩土工程的一个重要组成部分，岩土工程试验（测试）则是岩土工程勘察、岩土工程监测（检测）、岩土工程监理的重要手段。可见掌握岩土工程试验监测（检测）的基本内容是从事岩土工程工作的技术人员，特别是国家注册土木工程师（岩土）的重要条件。而从事岩土工程测试监测（检测）技术工作的人员则应重点精通与自身业务有关的内容。

由于受篇幅的限制，本手册一般不附实例，部分章节中对某些有关的规范规程以及94版《岩土工程试验监测手册》等中需要引述具体内容只注明出处，不再具体列出。

由于各篇章的技术发展水平、工作特点和掌握的资料丰富程度不同等原因，各篇章的篇幅差别较大；而参编人员众多，编写的风格和详简程度各异。考虑到重点是立足于尽可能体现前述的五性，故在统编修改中不强求一致。

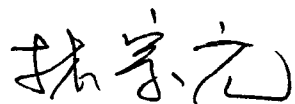
参加本手册编写工作的共有59个单位，103位专家、教授、研究员及青年工程师、其中全国工程勘察大师5位。参编人员以无私奉献的精神，自2004年4月起，历时不到一年的时间完成全部书稿，特在此向全体参编者致以衷心的感谢和谢意！全书稿件由林宗元、王长科、刘意民等负责审改，统一编纂，中国兵器工业北方勘察设计研究院副院长李宏义，副总工程师贾文华和戴志祥参加了部分统编工作，全书最后由林宗元定稿。

本手册的编写出版得到了中国勘察设计协会吴奕良理事长、建设部建筑市场管理司王素卿司长、河北省建设厅前厅长邓泽洪、天津市华正岩土工程有限公司雷玉华总经理、北京市水电物探研究所刘云祯所长、沈阳天地建设发展有限公司汤天鹏董事长、长江水利委员会三峡勘测研究院总工程师徐瑞春、中国工程勘察大师、浙江有色建设工程有限公司王勤生副局长、总经理、北京航天勘察设计研究院闫德刚总工程师、辽宁有色勘察研究院郭传胜院长、北京波森特岩土工程有限公司王继忠董事长、天津市市政工程设计研究院李明生副总工程师、山东正元建设工程有限责任公司刘雅东副局长、总经理、盘锦红海建设工程有限公司张哲董事长等的大力支持，特在此致以衷心的感谢和谢意！值得特别指出的是冯建萍、张美麟、陈秀珍、樊夏平、樊春香等为本书作出了辛勤的默默无闻的宝贵奉献，也在此一并致以衷心的感谢！

中国兵器工业北方勘察设计研究院、中兵勘察设计研究院在人力上、物质上对本手册的编写给予大力支持和帮助,特在此表示衷心的感谢和谢意!

本手册的编辑出版发行得到了中国建筑工业出版社的大力支持,也在此致以衷心的感谢和谢意!

由于编写时间和本人水平所限,错漏之处可能还会存在,欢迎读者批评指正、提出具体建设性意见。来信请寄:北京 573 信箱 7 分箱,邮编:100053

Handwritten signature in black ink, reading '庄家亮' (Zhuang Jialiang).

2005年1月

目 录

1 室内岩石试验	
1.1 试件制备与量测	1
1.1.1 试件制备	1
1.1.2 试件量测	2
1.2 岩相鉴定	3
1.2.1 制片	4
1.2.2 矿物成分及含量的测定	4
1.2.3 粒度测定	4
1.2.4 结构与构造观察	5
1.2.5 微裂隙与孔隙的测定	6
1.3 岩石空隙性质试验	6
1.3.1 含水率试验	6
1.3.2 颗粒相对密度试验	7
1.3.2.1 比重瓶法	7
1.3.2.2 水中称量法	7
1.3.3 块体密度试验	8
1.4 岩石水理性质试验	10
1.4.1 吸水性试验	10
1.4.2 渗透试验	10
1.4.3 膨胀性试验	12
1.4.4 耐崩解性试验	13
1.4.5 冻融试验	13
1.5 岩石声波测试	14
1.6 岩石强度和变形试验	16
1.6.1 单轴抗压强度和压缩 变形试验	16
1.6.1.1 单轴抗压强度试验	16
1.6.1.2 单轴压缩变形试验	17
1.6.2 三轴压缩强度试验	18
1.6.2.1 常规试验方法	18
1.6.2.2 多级破坏状态的 三轴试验	21
1.6.2.3 连续破坏状态的 三轴试验	21
1.6.3 拉伸强度和变形试验	22
1.6.3.1 直接拉伸试验	22
1.6.3.2 劈裂试验	23
1.6.3.3 弯曲梁试验	24
1.7 岩石结构面抗剪强度试验	26
1.7.1 软弱结构面的剪切试验	26
1.7.2 硬结构面的剪切试验	28
1.7.3 混凝土与岩石胶结面 的剪切试验	28
1.8 岩体软弱夹层剪切蠕变试验	29
1.8.1 试验目的与要求	29
1.8.2 试验原理	29
1.8.3 试验仪器	30
1.8.4 试验要点	30
1.8.4.1 试验前准备工作	30
1.8.4.2 试验方法	32
1.8.5 资料整理	32
1.8.5.1 长期强度指标的确定	32
1.8.5.2 剪变模量的时间效应	33
1.8.5.3 黏滞系数的确定	34
1.9 岩石点荷载强度试验	34
1.9.1 仪器结构	34
1.9.2 试验要点	35
1.9.2.1 试件的形状和尺寸	35
1.9.2.2 试件描述	35
1.9.2.3 试验程序	35
1.9.2.4 计算	36
1.9.3 成果应用	38
1.9.3.1 估算岩石的抗拉强度	38
1.9.3.2 估算岩石的单轴抗压强度	39
1.9.3.3 确定岩石的强度各向异性	39
1.9.3.4 在岩石分类和风化带 研究中的应用	39
1.9.3.5 其他方面的应用	40
1.10 岩石性质的相关性	41

1.10.1 相关与经验公式	41	2.1.11.3 试验结果说明	78
1.10.2 经验公式类型的判断	41	2.2 土的密实度试验	78
1.10.3 待定常数的确定	42	2.2.1 相对密实度试验	78
1.11 岩石物理力学参数汇总	43	2.2.1.1 定义及适用条件	78
2 室内土工试验			
2.1 土的物理性质试验	54	2.2.1.2 砂的最小干密度试验	78
2.1.1 试样的制备和饱和	54	2.2.1.3 砂的最大干密度试验	79
2.1.1.1 目的和适用条件	54	2.2.1.4 粗颗粒土相对密实度试验	80
2.1.1.2 试样制备	54	2.2.2 击实试验	80
2.1.1.3 试样的饱和	55	2.2.2.1 试验目的意义及原理	80
2.1.2 含水率试验	56	2.2.2.2 试验方法	80
2.1.2.1 定义及意义	56	2.2.2.3 影响击实试验的因素	82
2.1.2.2 测定方法	56	2.2.2.4 击实试验成果应用	83
2.1.2.3 几点说明	57	2.2.3 承载比试验	84
2.1.3 密度试验	57	2.2.3.1 定义及目的	84
2.1.3.1 定义及试验目的	57	2.2.3.2 试验方法	84
2.1.3.2 测定方法	58	2.3 土的变形试验	86
2.1.4 相对密度试验	59	2.3.1 土的变形及其指标	86
2.1.4.1 定义及试验目的	59	2.3.2 固结试验和压缩试验	86
2.1.4.2 试验方法	59	2.3.2.1 试验原理及应力状态	86
2.1.4.3 其他说明	61	2.3.2.2 试验目的及适用范围	87
2.1.5 土的基本物理性质指标的换算及应用	61	2.3.2.3 试验仪器及试样尺寸	87
2.1.6 颗粒分析试验	65	2.3.2.4 试验方法	88
2.1.6.1 试验目的和意义	65	2.3.2.5 资料整理与应用	89
2.1.6.2 试验方法	65	2.3.2.6 标准固结试验与连续加荷 CRS 试验参数数据	95
2.1.6.3 级配指标的计算	67	2.3.3 静止侧压力系数试验	99
2.1.7 界限含水率试验	69	2.3.3.1 静止侧压力系数的意义及适用范围	99
2.1.7.1 概念及意义	69	2.3.3.2 试验仪器及操作方法	99
2.1.7.2 界限含水率试验方法	69	2.3.3.3 资料整理	99
2.1.8 无黏性土休止角试验	72	2.3.4 黄土湿陷性试验	101
2.1.8.1 定义及适用范围	72	2.3.4.1 湿陷性质及其特征	101
2.1.8.2 试验方法及注意事项	72	2.3.4.2 试验方法及注意事项	101
2.1.9 毛细管水上升高度试验	73	2.3.4.3 试验结果计算及整理	101
2.1.9.1 定义与目的	73	2.3.5 膨胀土的膨胀及收缩试验	103
2.1.9.2 试验方法及要点	74	2.3.5.1 试验项目、目的与方法要点	103
2.1.10 渗透试验	75	2.3.6 盐渍土溶陷性试验	104
2.1.10.1 目的与意义	75	2.3.6.1 试验目的	104
2.1.10.2 试验方法及要点	75	2.3.6.2 试验方法及仪器设备	105
2.1.10.3 试验中注意的问题	75	2.3.7 回弹模量试验	105
2.1.11 离心含水当量试验	77	2.4 土的强度试验	107
2.1.11.1 定义及目的	77	2.4.1 直接剪切试验	107
2.1.11.2 试验方法要点及资料整理	77		

2.4.1.1	试验目的	107	2.6.2.2	仪器设备及试验方法选择	133
2.4.1.2	试验仪器	107	2.6.3	试验操作及试验成果整理	133
2.4.1.3	试验方法	107	2.6.3.1	动三轴试验	133
2.4.1.4	资料整理	107	2.6.3.2	动单剪试验	142
2.4.2	残余强度试验	109	2.6.3.3	动扭剪试验	145
2.4.2.1	试验目的	109	2.6.3.4	共振柱试验	147
2.4.2.2	仪器	109	2.6.3.5	自振柱试验	147
2.4.2.3	试验方法	110	2.6.3.6	振动台试验	148
2.4.2.4	残余强度的影响因素	110	2.7	土工离心模型试验	148
2.4.3	三轴压缩试验	111	2.7.1	土工离心模型的相似性	148
2.4.3.1	试验目的和适用范围	111	2.7.2	主要试验设备	150
2.4.3.2	试验原理	111	2.7.2.1	离心模型试验机	150
2.4.3.3	三轴压缩仪	111	2.7.2.2	通电装置(电滑环)	150
2.4.3.4	试验方法	112	2.7.3	模型箱	150
2.4.3.5	资料整理及应用	113	2.7.4	有关离心模型试验机的 技术指标	151
2.4.4	无侧限抗压强度试验	116	2.7.4.1	技术指标	151
2.4.4.1	试验目的及适用范围	116	2.7.4.2	试验允许误差	151
2.4.4.2	试验仪器和试验方法	116	2.7.5	模型制备与资料整理	152
2.4.4.3	资料整理及成果应用	116	2.7.5.1	模型制备	152
2.4.5	微型十字板试验	118	2.7.5.2	试验资料整理	153
2.4.5.1	试验目的和适用范围	118	2.7.6	离心模型试验的应用	153
2.4.5.2	试验仪器	118	2.8	土的矿化分析试验	154
2.4.5.3	试验方法	118	2.8.1	试样制备	154
2.4.5.4	强度计算	119	2.8.1.1	小于 $2\mu\text{m}$ 黏土粒的 分离与提取	154
2.5	土的流变试验	120	2.8.1.2	易溶盐水浸提液的制备	156
2.5.1	土的流变特性	120	2.8.2	黏土矿物鉴定试验	156
2.5.1.1	土的蠕变特性	120	2.8.2.1	黏土粒的全量化学分析	156
2.5.1.2	土的松弛特性	121	2.8.2.2	阳离子交换量试验	158
2.5.1.3	土的流动特性	121	2.8.2.3	差热分析	159
2.5.1.4	土的长期强度	123	2.8.2.4	X射线衍射分析	163
2.5.2	流变试验方法要点	124	2.8.3	土的化学分析试验	167
2.5.2.1	蠕变试验	125	2.8.3.1	土中可溶性盐类测定	167
2.5.2.2	松弛试验	127	2.8.3.2	土中游离氧化物测定	168
2.5.3	影响土流变性质的因素	128	2.9	冻土试验	171
2.5.3.1	土的物质组成的影响	128	2.9.1	冻土试验内容	171
2.5.3.2	应力条件的影响	129	2.9.2	标准方法冻土试验	171
2.5.3.3	温度的影响	129	2.9.2.1	含水率试验	171
2.6	土的动力特性试验	130	2.9.2.2	密度试验	171
2.6.1	试验方法与试验目的	130	2.9.2.3	冻结温度试验	171
2.6.1.1	试验方法	131	2.9.2.4	未冻含水率试验	171
2.6.1.2	试验目的与主要指标	131	2.9.2.5	冻土导热系数试验	171
2.6.2	试验的前期工作	132			
2.6.2.1	试样制备和饱和	132			

2.9.2.6	冻胀量试验	171	3.1.4.1	试验目的	219
2.9.2.7	冻土融化压缩试验	171	3.1.4.2	试验仪器设备	219
2.9.3	其他方法冻土试验	172	3.1.4.3	试验方法	220
2.9.3.1	冻土冻结强度试验	172	3.1.4.4	临界竖向振动加速度、临界 基底动压力的确定	221
2.9.3.2	冻土切向冻胀力试验	175	3.2	静力触探试验	222
2.9.3.3	冻土抗剪强度试验	178	3.2.1	静力触探设备	222
2.9.3.4	冻土热扩散率试验	184	3.2.1.1	加压装置(有三种类型)	222
2.10	管涌试验	187	3.2.1.2	反力装置(有三种形式)	222
2.10.1	试验基本原理	188	3.2.2	静力触探探头	223
2.10.2	试验仪器	188	3.2.2.1	探头的结构	223
2.10.3	试验要点	188	3.2.2.2	温度对传感器的影响 及补偿方法	224
2.10.3.1	试验前必备的基本资料	188	3.2.2.3	探头的标定	224
2.10.3.2	试验规划	189	3.2.3	我国常用的静力触探 量测记录仪器(三种类型)	225
2.10.3.3	试验步骤及方法	189	3.2.3.1	电阻应变测量仪	225
2.10.4	资料整理	190	3.2.3.2	静探微机	225
2.10.5	成果应用	191	3.2.3.3	自动记录仪	225
2.10.6	一般经验资料	191	3.2.4	静力触探现场试验要点	225
3 原位测试			3.2.4.1	试验准备工作	225
3.1	载荷试验	195	3.2.4.2	现场试验工作	226
3.1.1	平板载荷试验	195	3.2.4.3	注意事项	226
3.1.1.1	平板载荷试验适用条件	195	3.2.4.4	孔压消散试验	226
3.1.1.2	基本理论	195	3.2.5	静力触探资料整理	227
3.1.1.3	国内平板载荷试验主要 技术标准要点	196	3.2.5.1	单孔资料的整理	227
3.1.1.4	试验仪器设备	197	3.2.5.2	划分土层	228
3.1.1.5	试验方法	198	3.2.5.3	土层贯入阻力的计算	229
3.1.1.6	资料整理	198	3.2.5.4	贯入阻力的换算	229
3.1.1.7	成果应用	201	3.2.6	静力触探成果应用	230
3.1.1.8	特殊土载荷试验	202	3.2.6.1	划分土类	230
3.1.1.9	复合地基载荷试验	204	3.2.6.2	确定地基土的承载力	230
3.1.2	螺旋板载荷试验	205	3.2.6.3	确定砂土的密实度	233
3.1.2.1	螺旋板载荷试验 的适用条件	205	3.2.6.4	确定砂土的内摩擦角	233
3.1.2.2	仪器设备	205	3.2.6.5	确定黏性土的状态	233
3.1.2.3	试验方法	206	3.2.6.6	估算单桩承载力	233
3.1.2.4	资料整理	206	3.2.6.7	孔压静力触探成果的应用	235
3.1.2.5	成果应用	206	3.3	圆锥动力触探试验	238
3.1.3	桩基载荷试验	208	3.3.1	试验设备及试验要求	239
3.1.3.1	单桩竖向抗压载荷试验	208	3.3.1.1	国外动力触探的 分类及设备	239
3.1.3.2	单桩竖向抗拔载荷试验	211	3.3.1.2	中国动力触探的 分类及设备	241
3.1.3.3	自平衡试桩法	213			
3.1.3.4	单桩水平载荷试验	214			
3.1.4	动载荷试验	219			

3.3.1.3	特种类型动力触探	241	3.4.3.4	地下水影响的校正	262
3.3.1.4	试验技术要求	241	3.4.4	成果应用	262
3.3.2	资料整理	242	3.4.4.1	地基承载力的确定	262
3.3.3	轻型动力触探(N_{10})	242	3.4.4.2	土的抗剪强度指标的确定	266
3.3.3.1	试验设备	242	3.4.4.3	地基土变形模量、压缩模量的确定	268
3.3.3.2	试验要点	242	3.4.4.4	黏性土和粉土天然状态判定	269
3.3.3.3	地基土承载力与变形模量的确定	242	3.4.4.5	砂土相对密实度的确定	269
3.3.3.4	砂土密实度的确定	244	3.4.4.6	桩基承载力的确定	271
3.3.4	重型动力触探($N_{63.5}$)	244	3.5	十字板剪切试验	273
3.3.4.1	试验设备	244	3.5.1	基本原理	273
3.3.4.2	试验要点	244	3.5.2	试验仪器设备(三种类型)	273
3.3.4.3	资料整理	244	3.5.2.1	开口钢环式十字板剪切仪	273
3.3.4.4	确定地基土的承载力和变形模量	246	3.5.2.2	轻便式十字板剪切仪	273
3.3.4.5	确定砂土的密实度和孔隙比	247	3.5.2.3	电测式十字板剪切仪	275
3.3.4.6	确定桩的持力层和承载力	248	3.5.3	现场试验技术要求	276
3.3.5	超重型动力触探(N_{120})	249	3.5.3.1	开口钢环式十字板剪切试验	276
3.3.5.1	试验设备及技术规格	249	3.5.3.2	电测式十字板剪切试验	276
3.3.5.2	适用范围	249	3.5.4	适用条件和影响因素	277
3.3.5.3	试验要点	250	3.5.4.1	适用条件	277
3.3.5.4	N_{120} 和 $N_{63.5}$ 的关系	250	3.5.4.2	影响因素	277
3.3.5.5	勘探工作量的布置和资料整理	250	3.5.5	资料整理和应用	278
3.3.5.6	N_{120} 指标的应用	252	3.5.5.1	资料整理	278
3.3.6	其他类型的动力触探	253	3.5.5.2	资料应用	280
3.3.6.1	试验原理和适用范围	253	3.6	旁压试验	281
3.3.6.2	试验方法	254	3.6.1	试验仪器	281
3.3.6.3	资料整理和应用	255	3.6.1.1	预钻式旁压仪	281
3.3.7	动贯入阻力的计算和应用	255	3.6.1.2	自钻式旁压仪	281
3.3.7.1	动贯入阻力计算公式	255	3.6.2	操作要点	282
3.3.7.2	动贯入阻力的应用	257	3.6.2.1	仪器检定和校准	282
3.4	标准贯入试验	257	3.6.2.2	成孔要求	282
3.4.1	简述	257	3.6.2.3	常规试验	282
3.4.2	试验方法	259	3.6.2.4	回弹试验	283
3.4.2.1	试验步骤	259	3.6.2.5	固结试验	283
3.4.2.2	钻孔及试验应注意的问题	260	3.6.2.6	试验成果影响因素	283
3.4.3	资料整理	260	3.6.3	资料整理	283
3.4.3.1	指标统计取值方法	260	3.6.3.1	试验读数校正	283
3.4.3.2	触探杆长度校正	260	3.6.3.2	旁压曲线绘制	284
3.4.3.3	上覆有效压力影响的校正	261	3.6.3.3	试验压力特征值	284
			3.6.3.4	强度参数	285
			3.6.3.5	变形参数	286

3.6.4 工程应用	288	3.8.2.9 工程试验数据	317
3.6.4.1 黏性土稠度状态和砂土 密度度划分	288	3.8.3 土的现场剪切试验	318
3.6.4.2 地基承载力计算	288	3.8.3.1 现场直剪试验	318
3.6.4.3 桩基础承载力计算	289	3.8.3.2 水平推剪试验	321
3.6.4.4 地基变形计算	290	3.9 岩体原位应力测试	324
3.7 扁铲侧胀试验	292	3.9.1 岩体表面应力测量	325
3.7.1 试验原理	292	3.9.1.1 应力恢复法	325
3.7.2 试验设备	293	3.9.1.2 应力解除法	327
3.7.3 试验要点	293	3.9.2 钻孔孔径变形法	328
3.7.4 资料整理	294	3.9.2.1 测试原理	328
3.7.5 成果应用	294	3.9.2.2 应用范围	329
3.7.5.1 土类划分	294	3.9.2.3 主要仪器设备	330
3.7.5.2 静止土压力系数 K_0 的计算	294	3.9.2.4 测试要点	330
3.7.5.3 应力历史的确定	295	3.9.2.5 资料整理	331
3.7.5.4 不排水抗剪强度 c_u 的计算	295	3.9.3 钻孔孔壁应变法	332
3.7.5.5 变形参数计算	295	3.9.3.1 测试原理	332
3.7.5.6 水平固结系数 C_h 估算	296	3.9.3.2 应用范围	335
3.7.5.7 液化判别	297	3.9.3.3 主要仪器设备	335
3.7.5.8 确定水平受荷桩的 p - y 曲线	297	3.9.3.4 测试要点	335
3.8 现场剪切试验	298	3.9.3.5 资料整理	336
3.8.1 岩体现场直剪试验	298	3.9.4 钻孔孔底应变法	336
3.8.1.1 试验原理和目的	298	3.9.4.1 测试原理	336
3.8.1.2 仪器设备	299	3.9.4.2 应用范围	336
3.8.1.3 试体制备	299	3.9.4.3 主要仪器设备	337
3.8.1.4 试体(包括试验地段)描述	300	3.9.4.4 测试要点	337
3.8.1.5 试验程序	301	3.9.4.5 资料整理	337
3.8.1.6 试验成果整理	306	3.9.5 水压致裂法	337
3.8.1.7 影响试验成果因素的说明	308	3.9.5.1 测试原理	337
3.8.1.8 工程试验数据	308	3.9.5.2 应用范围	338
3.8.2 岩体现场三轴试验	310	3.9.5.3 主要仪器设备	338
3.8.2.1 试验原理和目的	310	3.9.5.4 测试要点	339
3.8.2.2 仪器设备	311	3.9.5.5 资料整理	339
3.8.2.3 试体制备	311	3.10 岩体原位变形测试	340
3.8.2.4 试体描述	312	3.10.1 岩体原位变形测试 的方法 and 目的	340
3.8.2.5 试验程序	312	3.10.2 承压板法	341
3.8.2.6 试验成果整理	314	3.10.2.1 试验原理	341
3.8.2.7 岩体现场真三轴试验	316	3.10.2.2 仪器设备	342
3.8.2.8 影响试验成果因素的说明	317	3.10.2.3 试点制备与描述	342
		3.10.2.4 仪器设备安装	343
		3.10.2.5 施加压力与观测	345
		3.10.2.6 试验成果整理	346
		3.10.3 狭缝法	346

3.10.3.1	试验原理和适用范围	346	工程试验实例	362
3.10.3.2	仪器设备	346	3.10.9.2	狭缝法岩体原位 变形测试数据
3.10.3.3	试验程序	347		365
3.10.3.4	试验成果整理	348	3.10.9.3	水压法测试数据与 工程试验实例
3.10.4	单(双)轴压缩法	348		365
3.10.4.1	试验原理和适用范围	348	3.11	地基土对混凝土板的 抗滑试验
3.10.4.2	仪器设备	348		366
3.10.4.3	试点制备和仪器 设备安装	348	3.11.1	试验原理
3.10.4.4	施加压力与观测	349		366
3.10.4.5	试验成果整理	349	3.11.2	试板制作要求及仪器设备
3.10.5	水压法	350		369
3.10.5.1	试验原理和目的	350	3.11.3	试验要点
3.10.5.2	试验洞(段)设计与施工	350		369
3.10.5.3	仪器设备	351	3.11.3.1	垂直压力施加方法
3.10.5.4	试验前准备工作	352		369
3.10.5.5	试洞充水加压试验	352	3.11.3.2	固结稳定压力标准
3.10.5.6	试验成果整理	353		369
3.10.6	双筒法	354	3.11.3.3	水平荷载的施加等级、 施加速率
3.10.6.1	试验原理和目的	354		369
3.10.6.2	试坑设计与施工	354	3.11.3.4	水平荷载施加方法
3.10.6.3	仪器设备	355		370
3.10.6.4	试验前准备工作	356	3.11.3.5	试验记录内容
3.10.6.5	仪器设备安装	356		370
3.10.6.6	橡皮囊充水加压试验	356	3.11.3.6	试验破坏标准与破坏时 水平应力的选取标准
3.10.6.7	试验成果整理	356		370
3.10.7	径向千斤顶法	356	3.11.3.7	重复试验
3.10.7.1	试验原理和目的	356		370
3.10.7.2	仪器设备	357	3.11.4	资料整理
3.10.7.3	试洞(段)设计与施工	357		371
3.10.7.4	试验前准备工作	358	3.11.4.1	混凝土板的垂直压力和 水平拉力计算
3.10.7.5	加压试验与观测	359		371
3.10.7.6	试验成果整理	359	3.11.4.2	接触面上的抗剪强度 S_c (kPa)计算
3.10.8	钻孔变形计法	360		371
3.10.8.1	试验原理和方法 的优缺点	360	3.11.4.3	水平拉力-水平位移 关系曲线
3.10.8.2	试孔选定与检查	360		371
3.10.8.3	仪器设备	360	3.11.4.4	垂直压力与抗剪强度 的关系曲线
3.10.8.4	试验前准备工作	362		372
3.10.8.5	加压试验与观测	362	3.11.4.5	混凝土板与地基土抗剪强度 指标 c_c 和 φ_c 值的确定
3.10.8.6	试验成果整理	362		372
3.10.9	工程试验数据与实例	362	3.12	水力劈裂试验
3.10.9.1	承压板法测试数据与			372
			3.12.1	岩体水力劈裂试验
				372
			3.12.1.1	试验设备
				372
			3.12.1.2	试验程序
				372
			3.12.1.3	劈裂压力计算
				373
			3.12.2	土体水力劈裂试验
				374
			3.12.2.1	基本原理
				374
			3.12.2.2	试验设备
				375
			3.12.2.3	试验要点
				375
			3.12.2.4	资料整理
				376
			3.13	原位渗透试验
				376
			3.13.1	渗压计法
				376
			3.13.1.1	试验原理
				376