



普通高等教育“十二五”规划教材
高等职业院校重点建设专业系列教材

水文与工程地质专业实训指导书

主 编 杨绍平 邹 立
主 审 刘 宏



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十二五”规划教材

高等职业院校重点建设专业系列教材

水文与工程地质专业实训指导书

主 编 杨绍平 邹 立

副主编 缪勉一 邵虹波 闫 胜

主 审 刘 宏



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书围绕水文与工程地质专业实训教学要求,紧贴目前最常用的工程地质勘察和水文地质勘察手段,结合校内实训设施条件综合编写,供水文与工程地质专业学生“地质专业实训”使用。本实训指导书涉及课程有“水文地质勘察技术”“岩土工程勘察技术”“地基处理技术”“地质灾害防治技术”等,在教学过程中各门课程涉及内容有重叠的地方,按照课程标准要求进行选择,各有侧重。

图书在版编目(CIP)数据

水文与工程地质专业实训指导书 / 杨绍平, 邹立主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2015. 6
普通高等教育“十二五”规划教材 高等职业院校重点建设专业系列教材
ISBN 978-7-5170-3366-0

I. ①水… II. ①杨… ②邹… III. ①水文地质—高等职业教育—教学参考资料②水文地质—高等职业教育—教学参考资料 IV. ①P64

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第160512号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 高等职业院校重点建设专业系列教材 水文与工程地质专业实训指导书
作 者	主 编 杨绍平 邹立 副主编 缪勉一 邵虹波 闫胜 主 审 刘宏
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	184mm×260mm 16开本 5.25印张 124千字
版 次	2015年6月第1版 2015年6月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	12.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

本书围绕水文与工程地质专业实训教学要求,紧贴目前最常用的工程地质勘察和水文地质勘察手段,结合校内实训设施条件编写,供水文与工程地质专业学生“地质专业实训”使用。本书涉及课程有“水文地质勘察技术”“岩土工程勘察技术”“地基处理技术”“地质灾害防治技术”等,在教学过程中各门课程涉及内容有重叠的地方,按照课程标准要求进行选择,各有侧重。

工程地质勘察和水文地质勘察是水利水电工程及各类工民建筑、交通工程设计和施工的重要基础工作。水利水电工程、工业与民用建筑工程、交通工程建设中的地基、边坡和洞室围限介质等问题都与岩土体的地质条件有密切的关系。为了巩固在课堂上所学的理论知识,增强理论联系实际的能力,使学生在课程理论知识学习的基础上,通过对基本勘探手段的学习和实践,获得工程地质和水文地质勘察方面知识的感性认识,进一步了解工程的勘察方式方法对工程施工的影响。

水文与工程地质专业培养方案中要求毕业生必须具备相应的岗位职业能力,为了使教学内容中能够充分与学生的职业能力培养相衔接,本实训课程的教学过程中,按照“项目导向—任务驱动”的模式,以企业生产所需工程内容为载体,结合学院具有企业生产能力的实训设备,开展9个实训项目,每个项目按“任务分析→测试方法选择→设备调试使用→数据分析→成果应用”来设计任务要求。教学过程采用“‘教、学、做’一体化”模式。通过教学使学生达成初始岗位职业能力。

本指导书内容分为以下9个项目:项目1,地质罗盘的使用实训;项目2,触探测试实训;项目3,静载荷测试实训;项目4,钻探实训;项目5,地质雷达实训;项目6,桩基检测实训;项目7,电法勘探实训;项目8,水文地质勘察技术实训;项目9,水文地质基础实训。

通过实训,要求达到以下目的:①认识工程钻机、动静力触探、地质雷达、载荷仪、高密度电法勘探仪等试验仪器;②学会工程钻机、动静力触探、地质雷达、载荷试验、电法勘探、抽压水试验的操作方法;③掌握常见工程地质和水文地质勘察手段的数据收集和分析处理能力;④掌握地质勘察技术

手段的应用；⑤通过本课程的教学实训激发和提高学习水文与工程地质专业的热情和兴趣。建立工程地质勘察和水文地质勘察与各类水利土木工程建设存在密切的相互作用、协调关系的思想意识。掌握实地操作技能和数据处理的能力，总结实训与专业理论知识的联系。

本书由四川水利职业技术学院地质教学团队与四川省达州水利电力建筑勘察设计院合作编写；四川水利职业技术学院杨绍平、邹立任主编，杨绍平负责全书策划及统稿，缪勉一、邵虹波、闫胜任副主编，赵正宝、严容、李姝、智晶子、闫宗平、牟江天、王键（四川省达州市水利电力建筑勘察设计院）参加了编写，全书由成都市勘察测绘研究院刘宏高级工程师任主审。

本书在编写过程中，学习和借鉴了很多参考书，在此，对相关文献的作者表示衷心的感谢！

书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正，提出宝贵意见。

编者

2015 年 5 月

目录

前言

项目 1 地质罗盘的使用实训	1
任务 1.1 认识地质罗盘	1
1.1.1 原理	1
1.1.2 罗盘结构	1
1.1.3 磁针	1
1.1.4 水平刻度盘	1
1.1.5 竖直刻度盘	2
任务 1.2 地质罗盘的使用	2
1.2.1 磁偏角的校正	2
1.2.2 目的物方位的测量	2
1.2.3 岩层产状要素的测量	3
项目 2 触探测试实训	5
任务 2.1 静力触探测试	5
2.1.1 测试方法选择	5
2.1.2 仪器设备	5
2.1.3 操作步骤	7
2.1.4 数据整理与计算	8
2.1.5 成果应用	9
任务 2.2 动力触探测试	11
2.2.1 测试方法选择	11
2.2.2 仪器设备	11
2.2.3 操作步骤	12
2.2.4 数据整理与计算	12
2.2.5 成果应用	13
任务 2.3 标准贯入测试	13
2.3.1 测试方法选择	14
2.3.2 仪器设备	14
2.3.3 操作步骤	14
2.3.4 数据整理与计算	15

2.3.5 成果应用	16
项目3 静载荷测试实训	17
任务 3.1 平板载荷实训	17
3.1.1 测试方法选择	17
3.1.2 仪器设备	17
3.1.3 操作步骤	18
3.1.4 数据整理与计算	20
3.1.5 成果应用	20
任务 3.2 螺旋板载荷实训	20
3.2.1 测试方法选择	20
3.2.2 仪器设备	21
3.2.3 操作步骤	21
3.2.4 数据整理与计算	22
3.2.5 成果应用	22
项目4 钻探实训	24
任务 4.1 工程钻机实训	24
4.1.1 测试方法选择	24
4.1.2 仪器设备	25
4.1.3 操作步骤	25
4.1.4 数据整理与计算	26
4.1.5 成果应用	26
任务 4.2 岩芯的编录	26
4.2.1 仪器设备	26
4.2.2 操作步骤	26
4.2.3 数据整理与计算	32
4.2.4 成果应用	33
项目5 地质雷达实训	34
任务 5.1 地质雷达实训	34
5.1.1 测试方法选择	34
5.1.2 仪器设备	34
5.1.3 操作步骤	34
5.1.4 数据整理与计算	36
5.1.5 成果应用	38
项目6 桩基检测实训	39
任务 6.1 检测桩基结构完整性	39
6.1.1 测试方法选择	39
6.1.2 仪器设备	39

6.1.3	操作步骤	39
6.1.4	异常情况处理	40
6.1.5	检测数据的处理与判定	40
6.1.6	超声波试验注意事项	41
项目 7	电法勘探实训	42
任务 7.1	高密度电法勘察初步使用	42
7.1.1	测试方法选择	42
7.1.2	仪器设备	42
7.1.3	操作步骤	42
7.1.4	数据整理与计算	44
7.1.5	成果应用	46
项目 8	水文地质勘察技术实训	47
任务 8.1	抽水实验	47
8.1.1	钻探技术要求	47
8.1.2	设备安装主要技术要求	47
8.1.3	抽水试验	47
8.1.4	试验资料整理	50
任务 8.2	压水试验	51
8.2.1	压水试验对钻孔的技术要求	51
8.2.2	试验方法与试段长度	51
8.2.3	试验设备	52
8.2.4	压水试验的步骤和要求	52
8.2.5	试验资料整理	57
任务 8.3	钻孔常水头注水试验	57
8.3.1	试验设备	57
8.3.2	现场试验	58
8.3.3	试验资料整理	58
任务 8.4	钻孔降水头注水试验	60
8.4.1	适用条件及试验设备	60
8.4.2	现场试验	61
8.4.3	试验资料整理	61
项目 9	水文地质基础实训	64
任务 9.1	岩石孔隙度测定	64
9.1.1	实验目的	64
9.1.2	实验原理	64
9.1.3	仪器结构	64
9.1.4	实验步骤	65

任务 9.2 达西实验	66
9.2.1 实验目的	66
9.2.2 实验原理	66
9.2.3 仪器结构	66
9.2.4 实验步骤	66
9.2.5 资料整理	67
任务 9.3 毛细水上升高度的测定	69
9.3.1 实验目的	69
9.3.2 卡明斯基毛细仪试验原理	70
9.3.3 仪器结构	71
9.3.4 实验步骤	71
9.3.5 资料整理与思考题	71
任务 9.4 持水度的测定	72
9.4.1 实验目的	72
9.4.2 实验原理	72
9.4.3 仪器结构	72
9.4.4 实验步骤	73
9.4.5 资料整理及思考题	73

项目 1 地质罗盘的使用实训

地质罗盘（图 1.1）又称“袖珍经纬仪”，是野外地质工作不可缺少的工具。地质罗盘主要包括磁针、水平仪和倾斜仪。结构上可分为底盘、外壳和上盖，主要仪器均固定在底盘上，三者用合页连接成整体。可用于识别方向、确定位置、测量地质体产状及草测地形图等。

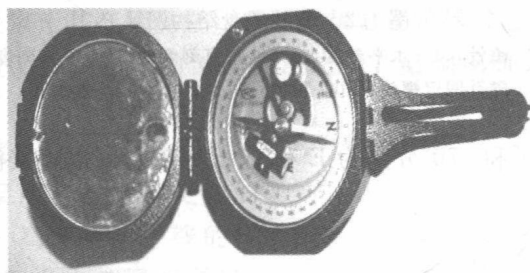


图 1.1 地质罗盘

任务 1.1 认识地质罗盘

1.1.1 原理

地质罗盘上有一个指针，用它指明磁子午线的方向，可以粗略确定目标相对于磁子午线的方位角，并利用水准器装置测其垂直角（俯角或仰角）以确定被测物体所处的位置。

1.1.2 罗盘结构

地质罗盘式样很多，但结构基本是一致的，常用的是圆盆式地质罗盘仪，由磁针、刻度盘、测斜仪、瞄准规板、水准器等几部分安装在一个铜、铝或木制的圆盆内构成，如图 1.2 所示。

1.1.3 磁针

一般为中间宽两边尖的菱形钢针，安装在底盘中央的顶针上，可自由转动，不用时应旋紧制动螺丝，将磁针抬起压在玻璃盖上避免磁针帽与顶针尖的碰撞，以保护顶针尖，延长罗盘使用时间。在进行测量时放松固定螺丝，使磁针自由摆动，最后静止时磁针的指向就是磁针子午线方向。由于我国位于北半球，磁针两端所受磁力不等，使磁针失去平衡。为了使磁针保持平衡，常在磁针南端绕上几圈铜丝，同时也便于区分磁针的南北两端。

1.1.4 水平刻度盘

水平刻度盘的刻度表示方式：从 0° 开始按逆时针方向每 10° 一记，连续刻至 360° ， 0°

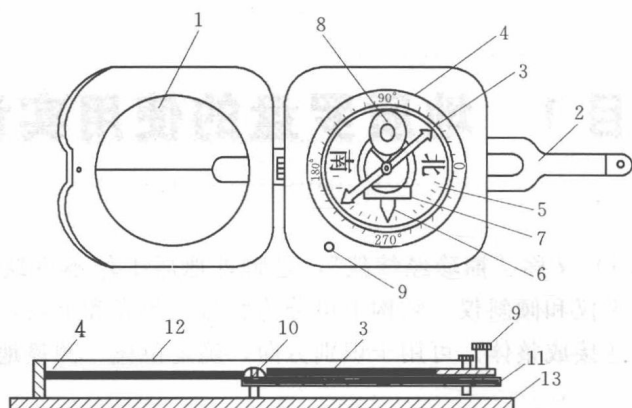


图 1.2 地质罗盘结构图

1—反光镜；2—瞄准视板；3—磁针；4—水平刻度盘；5—垂直刻度盘；6—垂直刻度指示器；7—垂直水准器；8—底盘水准器；9—磁针固定螺旋；10—顶针；11—杠杆；12—玻璃盖；13—罗盘仪圆盘

和 180° 分别为 N 和 S, 90° 和 270° 分别为 E 和 W, 利用它可以直接测得地面两点间直线的磁方位角。

1.1.5 竖直刻度盘

竖直刻度盘专用来读倾角和坡角读数, 以 E 或 W 位置为 0° , 以 S 或 N 为 90° , 每隔 10° 标记相应数字。

任务 1.2 地质罗盘的使用

1.2.1 磁偏角的校正

地质罗盘在使用前必须进行磁偏角的校正。因为地磁的南、北两极与地理上的南北两极位置不完全相符, 即磁子午线与地理子午线不相重合, 地球上任一点的磁北方向与该点的正北方向不一致, 这两方向间的夹角叫磁偏角。

地球上某点磁针北端偏于正北方向的东边叫做东偏, 偏于西边称西偏。东偏为 (+) 西偏为 (-)。

地球上各地的磁偏角都按期计算, 公布以备查用。若某点的磁偏角已知, 则一测线的磁方位角 $A_{\text{磁}}$ 和正北方位角 A 的关系为 A 等于 $A_{\text{磁}}$ 加减磁偏角。应用这一原理可进行磁偏角的校正, 校正时可旋动罗盘的刻度螺旋, 使水平刻度盘向左或向右转动, (磁偏角东偏则向右, 西偏则向左), 使罗盘底盘南北刻度线与水平刻度盘 $0^\circ \sim 180^\circ$ 连线间夹角等于磁偏角。经校正后测量时的读数就为真方位角。

1.2.2 目的物方位的测量

目的物方位的测量是测定目的物与测者间的相对位置关系, 也就是测定目的物的方位角 (方位角是指从子午线顺时针方向到该测线的夹角)。

测量时放松制动螺丝, 使对物视板指向测物, 即使罗盘北端对着目的物, 南端靠着自

已, 进行瞄准, 使目的物、对物觇板小孔、盖玻璃上的细丝连在一直线上, 同时使底盘水准器水泡居中, 待磁针静止时指北针所指度数即为所测目的物之方位角。若指针一时静止不了, 可读磁针摆动时最小度数的 $1/2$ 处, 测量其他要素读数时亦同样。

若用测量的对物觇板对着测者 (此时罗盘南端对着目的物) 进行瞄准时, 指北针读数表示测者位于测物的什么方向, 此时指南针所示读数才是目的物位于测者什么方向, 与前者比较这是因为两次用罗盘瞄准测物时罗盘之南、北两端正好颠倒, 故影响测物与测者的相对位置。

为了避免时而读指北针, 时而读指南针, 产生混淆, 故应以对物觇板指着所求方向恒读指北针, 此时所得读数即所求测物之方位角。

1.2.3 岩层产状要素的测量

岩层的空间位置决定于其产状要素, 岩层产状要素包括岩层的走向、倾向和倾角。测量岩层产状是野外地质工作最基本的工作方法之一, 必须熟练掌握, 测量方法如图 1.3 所示。

1. 岩层走向的测定

岩层走向是岩层面与水平面交线的方向, 也就是岩层任一高度上水平线的延伸方向。测量时将罗盘长边与层面紧贴, 然后转动罗盘, 使底盘水准器的水泡居中, 读出指针所指刻度即为岩层走向。因为走向是代表一条直线的方向, 它可以两边延伸, 指南针或指北针所读数正是该直线之两端延伸方向, 如 $NE30^\circ$ 与 $SW210^\circ$ 均可代表该岩层走向。

2. 岩层倾向的测定

岩层倾向是指岩层向下最大倾斜方向线在水平面上的投影, 恒与岩层走向垂直。

测量时, 将罗盘北端或对物觇板指向倾斜方向, 罗盘南端紧靠着层面并转动罗盘,

使底盘水准器水泡居中, 读指北针所指刻度即为岩层的倾向。假若在岩层顶面上进行测量有困难, 也可以在岩层底面上测量, 仍用对物觇板指向岩层倾斜方向, 罗盘北端紧靠底面, 读指北针即可, 假若测量底面时读指北针受障碍时, 则用罗盘南端紧靠岩层底面, 读指南针即可。

3. 岩层倾角的测定

岩层倾角是岩层面与假想水平面间的最大夹角, 即真倾角, 它是沿着岩层的真倾斜方向测量得到的, 沿其他方向所测得的倾角是视倾角。视倾角恒小于真倾角, 也就是说岩层层面上的真倾斜线与水平面的夹角为真倾角, 层面上视倾斜线与水平面之夹角为视倾角。野外分辨层面之真倾斜方向甚为重要, 它恒与走向垂直, 此外可用小石子使之在层面上滚动或滴水使之在层面上流动, 此滚动或流动之方向即为层面真倾斜方向。测量时将罗

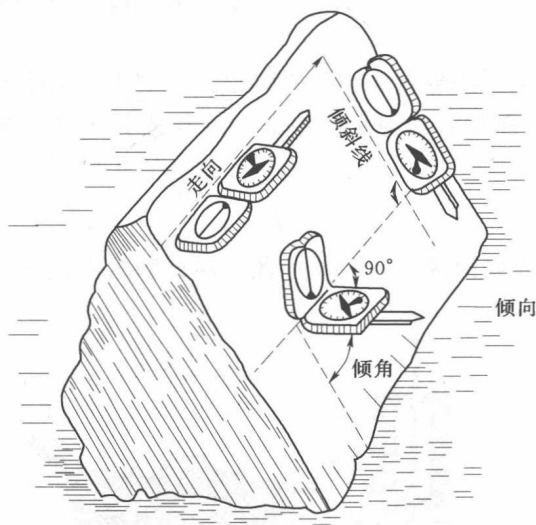


图 1.3 岩层的产状要素及其测量方法

盘直立,并以长边靠着岩层的真倾斜线,沿着层面左右移动罗盘,并用中指搬动罗盘底部的活动扳手,使测斜水准器水泡居中,读出悬锥中央所指最大读数,即为岩层真倾角。

岩层产状的记录方式通常采用下面的方式:

如果测量出某一岩层走向为 310° ,倾向为 220° ,倾角 35° ,则记录为 $NW310^\circ/SW \angle 35^\circ$ 或 $310^\circ/SW \angle 35^\circ$ 或 $220^\circ \angle 35^\circ$ 。

野外测量岩层产状时需要在岩层露头测量,不能在转石(滚石)上测量,因此要区分露头和滚石。区别露头和滚石,主要是多观察和追索并要善于判断。

测量岩层面的产状时,如果岩层凹凸不平,可把记录本平放在岩层上当作层面以便进行测量。



项目 2 触 探 测 试 实 训

触探试验是一种常用的原位测试技术。由于其设备简单、易于操作、使用效率较高，因而应用较为广泛。在长期的工程实践中，积累了大量的试验数据和丰富的应用经验，测试成果较为可靠。

试验方法包括静力触探（CPT）、动力触探（DPT）和标准贯入（SPT）三类。其基本方法是，用动力冲击或静力将一个特制的探头按一定的速率贯入土层中，以剪切破坏的方式挤开土层。根据探头所承受的贯入阻力划分土层，确定土层的承载力和变形性等指标。

任务 2.1 静 力 触 探 测 试

静力触探试验是用静力将探头以一定的速率压入土中，利用探头内的力传感器，通过电子量测仪器将探头受到的贯入阻力记录下来。由于贯入阻力的大小与土层的性质有关，因此通过贯入阻力的变化情况，可以达到了解土层的工程性质的目的。

2.1.1 测试方法选择

对于测试软土、一般黏性土、粉土、砂土和含少量碎石的土的力学参数可采用静力触探试验。静力触探试验可根据工程需要采用单桥探头、双桥探头或带孔隙水压力量测的单、双桥探头，可测定比贯入阻力（ p_s ）、锥尖阻力（ q_c ）、侧壁阻力（ f_s ）和贯入时的孔隙水压力（ u ）。

2.1.2 仪器设备

静力触探试验设备由加压装置、反力装置、探头及量测记录仪器等四部分组成（图 2.1）：

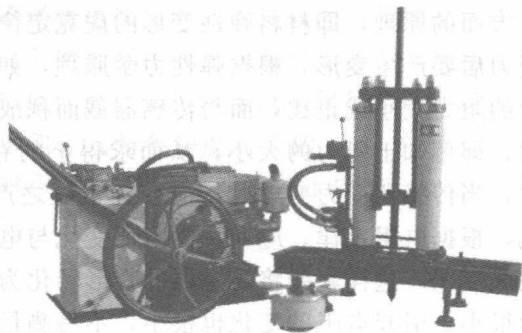


图 2.1 静力触探仪器实物图

1. 加压装置

加压装置的作用是将探头压入土层中，按加压方式可分为下列几种：

（1）手摇式轻型静力触探。利用摇柄、链条、齿轮等用人力将探头压入土中。用于较大设备难以进入的狭小场地的浅层地基土的现场测试。

（2）齿轮机械式静力触探。主要组成部件有变速马达（功率 2.8~3kW）、伞形齿轮、丝杆、倒向滑块、支架、底板、导向轮等。其结构简单，加工方便，既可单独落地组装，也可装在汽车上，但贯入力小，贯入深度有限。

（3）全液压传动静力触探。分单缸和双缸两种。主要组成部件有：油缸和固定油缸底

座、油泵、分压阀、高压油管、压杆器和导向轮等。目前国内使用液压静力触探仪比较普遍,一般最大贯入力可达200kN。

2. 反力装置

静力触探的反力用三种形式解决:

(1) 利用地锚作反力。当地表有一层较硬的黏性土覆盖层时,可以是使用2~4个或更多的地锚作反力,视所需反力大小而定。锚的长度一般为1.5m左右,叶片的直径可分成多种,如25cm、30cm、35cm、40cm,以适应各种情况。

(2) 用重物作反力。如地表土为砂砾、碎石土等,地锚难以打入,此时只有采用压重物来解决反力问题,即在触探架上压以足够的重物,如钢轨、钢锭、生铁块等。软土地基贯入30m以内的深度,一般需压重物40~50kN。

(3) 利用车辆自重作反力。将整个触探设备装在载重汽车上,利用载重汽车的自重作反力。贯入设备装在汽车上工作方便,工效比较高,但由于汽车底盘距地面过高,使钻杆施力点距离地面的自由长度过大,当下部遇到硬层而使贯入阻力突然增大时易使钻杆弯曲或折断,应考虑降低施力点距地面的高度。

触探钻杆通常用外径 $\phi 32\sim 35\text{mm}$ 、壁厚为5mm以上的高强度无缝钢管制成,也可用 $\phi 42\text{mm}$ 的无缝钢管。为了使用方便,每根触探杆的长度以1m为宜,钻杆接头宜采用平接,以减小压入过程中钻杆与土的摩擦力。

3. 探头

(1) 探头的工作原理。将探头压入土中时,由于土层的阻力,使探头受到一定的压力。土层的强度越高,探头所受到的压力越大。通过探头内的阻力传感器(以下简称传感器),将土层的阻力转换为电讯号,然后由仪表测量出来。为了实现这个目的,需运用三个方面的原理,即材料弹性变形的虎克定律、电量变化的电阻率定律和电桥原理。传感器受力后要产生变形,根据弹性力学原理,如应力不超过材料的弹性范围,其应变的大小与土的阻力大小成正比,而与传感器截面积成反比。因此,只要能将传感器的应变大小测量出,即可知土阻力的大小,从而求得土的有关力学指标。如果在传感器上贴上电阻应变片,当传感器受力变形时,应变片也随之产生相应的应变而引起应变片的电阻产生变化,根据电阻定律,应变片的阻值变化与电阻丝的长度变化成正比,与电阻丝的截面积变化成反比,这样就能将传感器的变形转化为电阻的变化。但由于传感器在弹性范围内的变形很小,引起电阻的变化也很小,不易测量出来。为此,在传感器上贴一组电阻应变片,组成一个电桥电路,使电阻的变化转化为电压的变化,通过放大,就可以测量出来。因此,静力触探就是通过探头传感器实现一系列量的转换:土的强度 $\rightarrow$ 土的阻力 $\rightarrow$ 传感器的应变 $\rightarrow$ 电阻的变化 $\rightarrow$ 电压的输出,最后由电子仪器放大和记录下来,达到测定土强度和其他指标的目的。

(2) 探头的结构。目前国内用的探头有三种(图2.2),一种是单桥探头,另一种是双桥探头。此外还有能同时测量孔隙水压的两用(p_s-u)或三用(q_c-u-f_s)探头,即在单桥或双桥探头的基础上增加了量测孔隙水压力的功能。

1) 单桥探头。单桥探头由带外套筒的锥头、弹性元件(传感器)、顶柱和电阻应变片组成,锥底的截面积规格不一,其中有效侧壁长度为锥底直径的1.6倍。

2) 双桥探头。单桥探头虽带有侧壁摩擦套筒,但不能分别测出锥头阻力和侧壁摩擦阻力。双桥探头除锥头传感器外,还有侧壁摩擦传感器及摩擦套筒。侧壁摩擦套筒的尺寸与锥底面积有关。

3) 探头的密封及标定。要保证传感器高精度地进行工作,就必须采取密封、防潮措施,否则因传感器受潮而降低其绝缘电阻,使零漂增大,严重时电桥不能平衡,测试工作无法进行。密封方法有包裹法、堵塞法、充填法等。用充填法时应注意利用中性填料,填料要呈软膏状,以免对应变片产生腐蚀或影响讯号的传递。

4. 量测记录仪器

目前我国常用静力触探的量测记录仪器有两种类型,一种为电阻应变仪,另一种为自动记录仪。

(1) 电阻应变仪。电阻应变仪由稳压电源、振荡器、测量电桥、放大器、相敏检波器和平衡指示器等组成。应变仪是通过电桥平衡原理进行测量的。当触探头工作时,传感器发生变形,引起测量电桥电路的电压平衡发生变化,通过手动调整电位器使电桥达到新的平衡,根据电位器调整程度就可确定应变的大小,并从读数盘上直接读出。

(2) 自动记录仪。自动记录仪是由通用的电子电位差计改装而成,它能随深度自动记录土层贯入阻力的变化情况,并以曲线的方式自动绘在记录纸上,从而提高了野外工作的效率和质量。它主要由稳压电源、电桥、滤波器、放大器、滑线电阻和可逆电机组成。由探头输出的信号,经过滤波器以后,产生一个不平衡电压,经放大器放大后,推动可逆电机转动,与可逆电机相连的指示机构,就沿着有分度的标尺滑行,标尺是按讯号大小比例刻制的,因而指示机构所显示的位置即为被测讯号的数值。近年来已有将静力触探试验过程引入微机控制的行列,即在钻进过程中可显示和存入与各深度对应的 q_c 和 f_s 值,起拔钻杆时即可进行资料分析处理,打印出直观曲线及经过计算处理的各土层的 q_c 、 f_s 平均值,并可永久保存,还可根据要求进行力学分层。

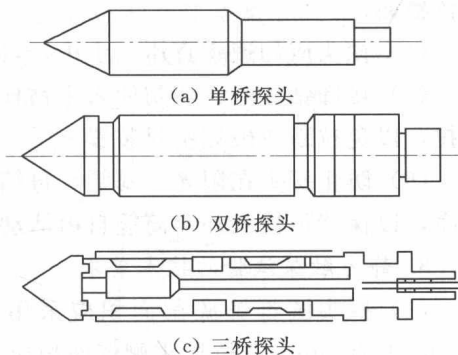


图 2.2 静力触探探头示意图

2.1.3 操作步骤

1. 试验前的准备工作

- (1) 设置反力装置(或利用车装重量)。
- (2) 安装好加压和量测设备,并用水准尺将底板调平。
- (3) 检查电源电压是否符合要求。
- (4) 检查仪表是否正常。
- (5) 检查探头外套筒及锥头的活动情况,并接通仪器,利用电阻挡调节度盘指针,如调节比较灵活,说明探头正常。

2. 现场试验

- (1) 将仪表与探头接通电源,打开仪表和稳压电源开关,使仪器预热 15min。
- (2) 根据土层软硬情况,确定工作电压,将仪器调零,并记录孔号、探头号、标定系

数、工作电压及日期。

(3) 先压入 0.5m, 稍停后提升 10cm, 使探头与地温相适应, 记录仪器初读数 ϵ_0 。试验中每贯入 10mm 测记读数 ϵ_1 一次。以后每贯入 3~5m, 要提升 5~10cm, 以检查仪器初读数 ϵ_0 。

(4) 探头应匀速垂直压入土中, 贯入速度控制在 1.2m/min。

(5) 接卸钻杆时, 切勿使入土钻杆转动, 以防止接头处电缆被扭断, 同时应严防电缆受拉, 以免拉断或破坏密封装置。

(6) 防止探头在阳光下暴晒, 每结束一孔, 应及时将探头锥头部分卸下, 将泥沙擦洗干净, 以保持顶柱及外套筒能自由活动。

3. 静力触探试验的技术要求

(1) 探头圆锥锥底截面积应采用 10cm^2 或 15cm^2 , 单桥探头侧壁高度应分别采用 57mm 或 70mm, 双桥探头侧壁面积应采用 $150\sim 300\text{cm}^2$, 锥尖锥角应为 60° 。

(2) 探头测力传感器应连同仪器、电缆进行定期标定, 室内探头标定测力传感器的非线性误差、重复性误差、滞后误差、温度漂移、归零误差均应小于 $1\% f_s$, 现场试验归零误差应小于 3% , 绝缘电阻不小于 $500\text{M}\Omega$ 。

(3) 深度记录的误差不应大于触探深度的 $\pm 1\%$ 。

(4) 当贯入深度超过 30m 或穿过厚层软土后再贯入硬土层时, 应采取措施防止孔斜或断杆, 也可配置测斜探头, 量测触探孔的偏斜角, 校正土层界线的深度。

(5) 孔压探头在贯入前, 应在室内保证探头应变腔为已排除气泡的液体所饱和, 并在现场采取措施保持探头的饱和状态, 直至探头进入地下水位以下的土层为止。在孔压静探试验过程中不得上提探头。

(6) 当在预定深度进行孔压消散试验时, 应量测停止贯入后不同时间的孔压值, 其计时间隔由密而疏合理控制, 试验过程中不得松动探杆。

2.1.4 数据整理与计算

1. 单孔资料的整理

(1) 初读数的处理。初读数是指探头在不受土层阻力的条件下, 传感器的初始应变的读数。影响初读数的因素很多, 最主要的是温度。因为现场工作过程的地温与气温同探头标定时的温度不一样。消除初读数影响的办法, 可采用每隔一定深度将探头提升一次, 在其不受力的情况下将应变仪调零一次, 或测定一次初读数。后者在进行应变变量计算时, 按下式消除初读数的影响:

$$\epsilon = \epsilon_1 - \epsilon_0 \quad (2.1)$$

式中 ϵ ——应变变量;

ϵ_1 ——探头压入时的读数;

ϵ_0 ——初读数。

(2) 贯入阻力的计算。将电阻应变仪测出的应变变量 ϵ , 换算成比贯入阻力 p_s (单桥探头), 或锥头阻力 q_c 及侧壁摩擦力 f_s (双桥探头)。

(3) 摩阻比的计算。摩阻比是以百分率表示的双桥探头的各对应深度的锥头阻力和侧