

YANTU GONGCHENG KANCHA JISHU

岩土工程勘察技术

主 编 穆满根

副主编 邓庆阳 王树理



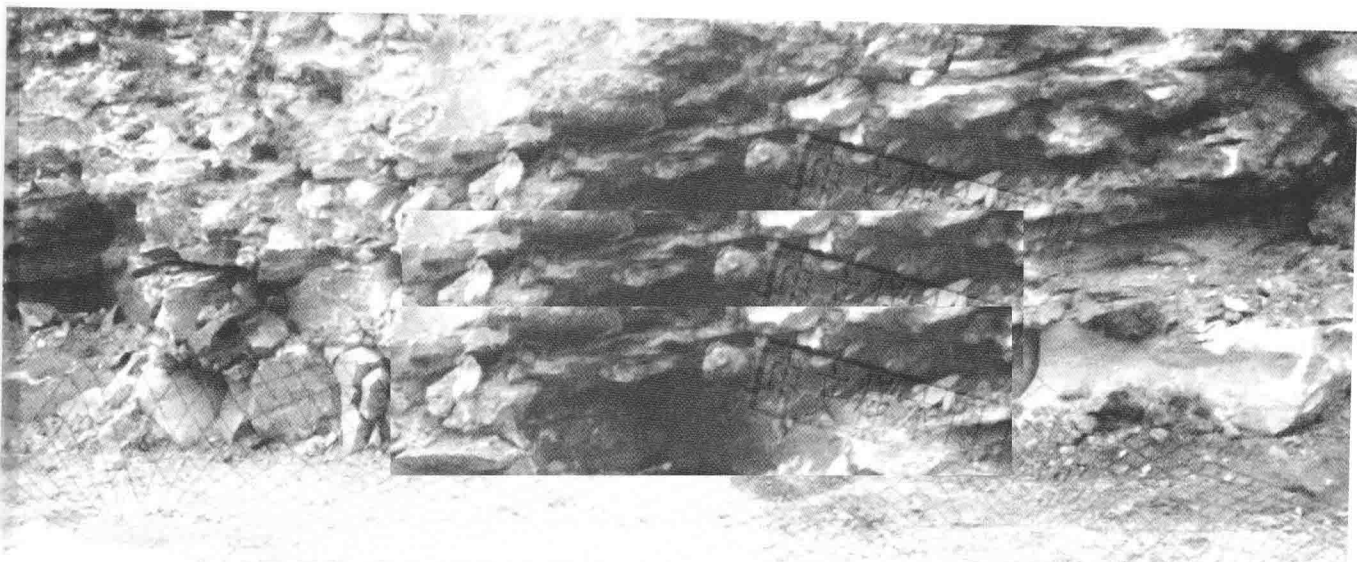
中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

YANTU GONGCHENG KANCHA JISHU

岩土工程勘察技术

主 编 穆满根

副主编 邓庆阳 王树理



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

内容简介

全书共分7章,分别介绍了工程地质测绘、工程地质监测的内容与方法,常用钻探设备与施工工艺,探槽与坑探的工程目的、技术要求,常用地球物理勘探技术方法及适用条件,岩土工程勘察野外测试技术,岩土工程勘察室内测试技术,水文地质勘察方法。

本书文字简练、图文并茂,实用性强,突出应用型本科教育的人才培养理念与模式,体现应用型本科教育的实践性、技术性,注重引用规范和规程,力图反映勘察的新方法、新技术。不仅可作为本科地质工程、勘查技术与工程、地下水科学与工程、土木工程等专业的教材使用,也可供相关水利水电工程、交通工程、农业工程、环境工程等专业的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

岩土工程勘察技术/穆满根主编. —武汉:中国地质大学出版社,2016. 1

ISBN 978-7-5625-3807-3

I. ①岩…

II. ①穆…

III. ①岩土工程-地质勘探-高等学校-教材

IV. ①TU412

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 013320 号

岩土工程勘察技术

穆满根 主 编

邓庆阳 王树理 副主编

责任编辑:彭 琳

责任校对:戴莹

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传 真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cug.edu.cn>

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

字数:506 千字 印张:19.75

版次:2016 年 1 月第 1 版

印次:2016 年 1 月第 1 次印刷

印刷:武汉市籍缘印刷厂

印数:1—2000 册

ISBN 978-7-5625-3807-3

定价:48.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

岩土工程(Geotechnical Engineering),直译为“地质技术工程”,是欧美国家于20世纪60年代在前人土木工程实践的基础上建立起来的一个新的技术体系,它主要是研究岩体和土体工程问题的一门学科。

岩土工程勘察技术是建设工程勘察的重要手段,直接服务于地基和基础工程设计。采用合理的勘察技术手段是确保建设工程安全稳定、技术经济合理的关键。本书结合了编者及其教学团队的多年教学、科研、实践的经验,以实用技术及理论基础并重为原则,协调好基础理论与现代科技间的关系,吸收先进的生产设备和生产工艺,统筹安排各章内容,使教材内容更能贴近生产实践。

全书共分7章,系统介绍了工程地质测绘、钻探设备与工艺,探槽与坑探、常用地球物理勘探方法、岩土工程勘察野外测试技术、岩土工程勘察室内测试技术、水文地质勘察等内容。具体编写分工:山西工程技术学院穆满根教授编写了第一章、第三章、第四章,邓庆阳教授编写了第六章,中国地质大学(北京)王树理副教授编写了第二章、第七章,山西国辰建设工程勘察设计有限公司岩土公司刘杨晋工程师编写了第五章。全书由穆满根教授统稿。

限于编者的水平及认识的局限性,书中难免有不当之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2015年11月

目 录

第一章 工程地质测绘	(1)
第一节 准备工作	(1)
第二节 工程地质测绘内容	(3)
第三节 工程地质监测	(12)
第四节 工程地质测绘资料的整理	(15)
第二章 钻探设备与工艺	(17)
第一节 钻探方法的选择	(17)
第二节 钻探设备	(19)
第三节 钻探工艺	(29)
第三章 探槽与坑探	(66)
第一节 探槽工程	(66)
第二节 坑探工程	(68)
第四章 地球物理勘探	(73)
第一节 电法勘探	(73)
第二节 电磁法勘探	(101)
第三节 地震勘探	(114)
第四节 声波探测	(147)
第五节 层析成像	(155)
第六节 综合测井	(165)
第七节 物探方法的综合应用	(177)
第五章 岩土工程勘察野外测试技术	(188)
第一节 圆锥动力触探试验	(188)
第二节 标准贯入试验	(194)
第三节 静力触探	(197)
第四节 载荷试验	(206)
第五节 现场剪切试验	(214)
第六节 钻孔旁压试验	(224)
第七节 扁铲侧胀试验	(228)
第八节 岩体原位测试	(231)

第九节	地基土动力参数测试·····	(233)
第十节	土壤氡测试·····	(237)
第六章	岩土工程勘察室内试验技术 ·····	(240)
第一节	岩土样采取技术·····	(240)
第二节	岩土样的鉴别·····	(247)
第三节	室内制样·····	(255)
第四节	土工试验的方法·····	(257)
第七章	水文地质勘察 ·····	(291)
第一节	地下水流向流速测定·····	(291)
第二节	抽水试验·····	(293)
第三节	压水试验·····	(301)
第四节	注水试验·····	(301)
第五节	渗水试验·····	(302)
第六节	土、水腐蚀性测试 ·····	(303)
主要参考文献 ·····		(308)

第一章 工程地质测绘

工程地质测绘是工程地质勘察中一项最重要、最基本的勘察方法,也是诸勘察工作中走在前面的一项勘察工作。它是运用地质、工程地质理论对与工程建设有关的各种地质现象,进行详细观察和描述,以查明拟定工作区内工程地质条件的空间分布和各要素之间的内在联系,并按照精度要求将它们如实地反映在一定比例尺的地形地图上,配合工程地质勘探编制成工程地质图,作为工程地质勘察的重要成果提供给建筑物设计和施工部门考虑。在基岩裸露山区,进行工程地质测绘,就能较全面地阐明该区的工程地质条件,得到岩土工程地质性质的形成和空间信息的初步概念,判明物理地质现象和工程地质现象的空间分布、形成条件和发育规律,即使在第四系覆盖的平原区,工程地质测绘也仍然有着不可忽视的作用,只不过测绘工作的重点应放在研究地貌和松软土上。由于工程地质测绘能够在较短时间内查明地区的工程地质条件,而且费用又少,在区域性预测和对比评价中发挥了重要的作用,在其他工作配合下顺利地解决了工作区的选择和建筑物的原理配置问题,所以在规划设计阶段,它往往是工程地质勘察的主要手段。

工程地质测绘可以分为综合性测绘和专门性测绘两种。综合性工程地质测绘是对工作区内工程地质条件的各要素进行全面综合,为编制综合工程地质图提供资料。专门性工程地质测绘是为某一特定建筑物服务的,或者是对工程地质条件的某一要素进行专门研究以掌握其编号规律,为编制专用工程地质图或工程地质分析图提供依据。无论哪种工程地质测绘都是为建筑物的规划、设计和施工服务的,都有特定的研究项目。例如,在沉积岩分布区应着重研究软弱岩层和次生泥化夹层的分布、层位、厚度、性状、接触关系,可溶岩类的岩溶发育特征等;在岩浆岩分布区,侵入岩的边缘接触带、平缓的原生节理、岩脉及风化壳的发育特征等,凝灰岩及其泥化情况,玄武岩中的气孔等则是主要的研究内容;在变质岩分布区其主要的研究对象则是软弱变质岩带和夹层等。

工程地质测绘对各种有关地质现象的研究除要阐明其成因和性质外,还要注意定量指标的取得,如断裂带的宽度和构造岩的性状、软弱夹层的厚度和性状、地下水位标高、裂隙发育程度、物理地质现象的规模、基岩埋藏深度,以作为分析工程地质问题的依据。

第一节 准备工作

一、资料搜集与研究

在室内查阅已有的资料,如区域地质资料(区域地质图、地貌图、构造地质图、地质剖面图及其文字说明)、遥感资料、气象资料、水文资料、地震资料、水文地质资料、工程地质资料及建

筑经验,并依据研究成果,制订测绘计划。

工程地质测绘和调查,包括下列内容。

- (1)查明地形、地貌特征及其与地层、构造、不良地质作用的关系,划分地貌单元。
- (2)岩土的年代、成因、性质、厚度和分布;对岩层应鉴定其风化程度,对土层应区分新近沉积土、各种特殊性土。
- (3)查明岩体结构类型,各类结构面(尤其是软弱结构面)的产状和性质,岩、土接触面和软弱夹层的特性等;新构造活动的形迹及其与地震活动的关系。
- (4)查明地下水的类型、补给来源、排泄条件,井泉位置,含水层的岩性特征、埋藏深度、水位变化、污染情况及其与地表水体的关系。
- (5)搜集气象、水文、植被、土的标准冻结深度等资料,调查最高洪水位及其发生时间、淹没范围。
- (6)查明岩溶、土洞、滑坡、崩塌、泥石流、冲沟、地面沉降、断裂、地震灾害、地裂缝、岸边冲刷等不良地质作用的形成、分布、形态、规模、发育程度及其对工程建设的影响。
- (7)调查人类活动对场地稳定性的影响,包括人工洞穴、地下采空、大挖大填、抽水排水和水库诱发地震等。
- (8)建筑物的变形和工程经验。

二、现场踏勘

现场踏勘是在搜集研究资料的基础上进行的,其目的在于了解测绘区地质情况和问题,以便合理布置观察点和观察路线,正确选择实测地质剖面位置,拟定野外工作方法。

踏勘的方法和内容如下。

- (1)根据地形图,在工作区范围内按固定路线进行踏勘,一般采用“Z”字形,曲折迂回而不重复的路线,穿越地形地貌、地层、构造、不良地质现象等有代表性的地段。
- (2)为了了解全区的岩层情况,在踏勘时选择露头良好且岩层完整有代表性的地段做出野外地质剖面,以便熟悉地质情况和掌握地区岩层的分布特征。
- (3)寻找地形控制点的位置,并抄录坐标、标高资料。
- (4)询问和搜集洪水及其淹没范围等情况。
- (5)了解工作区的供应、经济、气候、住宿及交通运输条件。

三、编制测绘纲要

测绘纲要一般包括在勘察纲要内,其内容包括以下几个方面。

- (1)工作任务情况(目的、要求、测绘面积及比例尺)。
- (2)工作区自然地理条件(位置、交通、水文、气象、地形、地貌特征)。
- (3)工作区地质概况(地层、岩性、构造、地下水、不良地质现象)。
- (4)工作量、工作方法及精度要求。
- (5)人员组织及经济预算。
- (6)与材料物资器材的相关计划。
- (7)工作计划及工作步骤。

(8)要求提出的各种资料、图件。

第二节 工程地质测绘内容

一、测绘范围和比例尺

(一)工程地质测绘范围的确定

工程地质测绘一般不像普通地质测绘那样按照图幅逐步完成,而是根据规划和设计建筑物的要求在与该工程活动有关的范围内进行。测绘范围大一些就能观察到更多的露头和剖面,有利于了解区域观察地质条件,但是增大了测绘工作量;如果测绘范围过小则不能查明工程地质条件以满足建筑物的要求。选择测绘范围的根据一方面是根据拟建建筑物的类型及规模和设计阶段;另一方面是区域工程地质的复杂程度和研究程度。

建筑物类型不同,规模大小不同,则它与自然环境相互作用影响的范围、规模和强度也不同。选择测绘范围时,首先要考虑到这一点。例如,大型水工建筑物的兴建,将引起极大范围内的自然条件产生变化,这些变化会引起各种作用于建筑物的工程地质问题,因此,测绘的范围必须扩展到足够大,才能查清工程地质条件,解决有关的工程地质问题。如果建筑物为一般的房屋建筑,区域内没有对建筑物安全有危害的地质作用,则测绘的范围就不需很大。

在建筑物规划和设计的开始阶段为了选择建筑地区或建筑地,可能方案往往很多,相互之间又有一定的距离,测绘的范围应把这些方案的有关地区都包括在内,因而测绘范围很大。但到了具体建筑物场地选定后,特别是建筑物的后期设计阶段,就只需要在已选工作区的较小范围内进行大比例尺的工程地质测绘。可见,工程地质测绘的范围是随着建筑物设计阶段的提高而减小的。

工程地质条件复杂,研究程度差,工程地质测绘范围就大。分析工程地质条件的复杂程度必须分清两种情况:一种是工作区内工程地质条件非常复杂,如构造变化剧烈,断裂很发育或者岩溶、滑坡、泥石流等物理地质作用很强烈;另一种是工作区内的地质结构并不复杂,但在邻近地区有可能产生威胁建筑物安全的物理地质作用的资源地,如泥石流的形成区、强烈地震的发展断裂等。这两种情况都直接影响到建筑物的安全,若仅在工作区内进行工程地质测绘则后者是不能被查明的,因此必须根据具体情况适当扩大工程地质测绘的范围。

在工作区或邻近地区内如已有其他地质研究所得的资料,则应搜集和运用它们;如果工作区及其周围较大范围内的地质构造已经查明,那么只要分析、验证它们,必要时补充主题研究它们就行了;如果区域地质研究程度很差,则大范围的工程地质测绘工作就必须提到日程上来。

(二)工程地质测绘比例尺的确定

工程地质测绘的比例尺主要取决于设计要求,在工程设计的初期阶段属于规划选点性质,往往有若干个比较方案,测绘范围较大,而对工程地质条件研究的详细程度要求不高,所以工程地质测绘所采用的比例尺一般较小。随着建筑物设计阶段的提高,建筑物的位置会更具体,研究范围随之缩小,对工程地质条件研究的详细程度要求亦随之提高,工程地质测绘的比例尺

也就会逐渐加大。而在同一设计阶段内,比例尺的选择又取决于建筑物的类型、规模和工程地质条件的复杂程度。建筑物的规模大,工程地质条件复杂,所采用的比例尺就大。正确选择工程地质测绘比例尺的原则是:测绘所得到的成果既要满足工程建设的要求,又要尽量地节省测绘工作量。

工程地质测绘采用的比例尺有以下几种。

(1)踏勘及路线测绘。比例尺 1:20 万~1:10 万,在各种工程的最初勘察阶段多采用这种比例尺进行地质测绘,以了解区域工程地质条件概况,初步估计其对建筑物的影响,为进一步勘察工作的设计提供依据。

(2)小比例尺面积测绘。比例尺 1:10 万~1:5 万,主要用于各类建筑物的初期设计阶段,以查明规划区的工作地质条件,初步分析区域稳定性等主要工程地质问题,为合理选择工作区提供工程地质资料。

(3)中比例尺面积测绘。比例尺 1:2.5 万~1:1 万,主要用于建筑物初步设计阶段的工程地质勘察,以查明工作区的工程地质条件,为合理选择建筑物并初步确定建筑物的类型和结构提供地质资料。

(4)大比例尺面积测绘。比例尺 1:5 000~1:1 000 或更大,一般在建筑场地选定以后才进行大比例尺的工程地质测绘,以便能详细查明场地的工程地质条件。

二、测绘的精度要求

工程地质测绘的精度指在工程地质测绘中对地质现象观察描述的详细程度,以及工程地质条件各因素在工程地质图上反映的详细程度。为了保证工程地质图的质量,工程地质测绘的精度必须与工程地质图的比例尺相适应。

观察描述的详细程度是以各单位测绘面积上观察点的数量和观察线的长度来控制的。通常不论比例尺多大,一般都以图上的距离为 2~5cm 时有一个观察点来控制,比例尺增大,实际面积的观察点数就增大。当天然露头不足时,必须采用人工露头来补充,所以在比例尺测绘时,常需配有剥土、探槽、试坑等坑探工程。观察点的分布一般不是均匀的,工程地质条件复杂的地段多一些,简单的地段少一些,应布置在工程地质条件的关键位置。综合性工程地质测绘每平方千米内观察点数及观察路线平均长度如表 1-1 所示。

表 1-1 综合性工程地质测绘每平方千米内观察点数及观察路线平均长度表

比例尺	地区工程地质条件复杂程度					
	简单		中等		复杂	
	观察点数	路线长度(km)	观察点数	路线长度(km)	观察点数	路线长度(km)
1:20 万	0.49	0.5	0.61	0.60	1.10	0.70
1:10 万	0.96	1.0	1.44	1.20	2.16	1.40
1:5 万	1.91	2.0	2.94	2.40	5.29	2.80
1:2.5 万	3.96	4.0	7.50	4.80	10.0	5.60
1:1 万	13.80	6.0	26.0	8.0	34.60	10.0

布置观察点的同时,还要采取一定数量的原位测试和扰动的岩土样及水样进行控制,以供岩土工程参数。表 1-2 给出了地矿行业 1:2.5 万~1:5 万比例尺工程地质调查与测绘的取样控制数,其他比例尺测绘可参考有关规范执行。

表 1-2 工程地质测绘取样要求

工程地质条件复杂程度	比例尺	原位测试(孔组)	岩、土样(个)	水样(个)
简单	1:5 万	0.5~1	30~150	2~5
	1:2.5 万	1~2	75~250	4~8
中等	1:5 万	1~2	60~200	4~7
	1:2.5 万	2~3	150~380	6~10
复杂	1:5 万	1.5~2	90~250	6~8
	1:2.5 万	3~4	220~500	8~12

为了保证工程地质图的详细程度,还要求工程地质条件各因素的单元划分与图的比例尺相适应,一般规定岩层厚度在图上的最小投影宽度大于 2mm 者应按比例尺反映在图上。厚度或宽度小于 2mm 的重要工程地质单元(如软弱夹层、能反映构造特征的标志层)、重要的物理地质现象等,则应采用比例尺或符号的办法在图上标示出来。

为了保证图的精度,还必须保证图上的各种界线准确无误,任何比例尺的图上界线误差不得超过 0.5mm,所以在 大比例尺的工程地质测绘中要采用仪器定位。

三、测绘方法

(一)建立坐标系

一个完整的坐标系是由坐标系和基准两个方面要素所构成的。坐标系指的是描述空间位置的表达形式,而基准指的是为描述空间位置而定义的一系列点、线、面。正如前面所提及的,所谓坐标系指的是描述空间位置的表达形式,即采用什么方法来表示空间位置。人们为了描述空间位置,采用了多种方法,从而也产生了不同的坐标系,如直角坐标系、极坐标系等。在测量中,常用的坐标系有以下几种。

(1)空间直角坐标系的坐标系原点位于参考椭球的中心,Z 轴指向参考椭球的北极,X 轴指向起始子午面与赤道的交点,Y 轴位于赤道面上,且按右手系与 X 轴呈 90°夹角。某点在空间中的坐标,可用该点在此坐标系的各个坐标轴上的投影来表示。

(2)空间大地坐标系是采用大地经度(L)、大地纬度(B)和大地高(H)来描述空间位置的。纬度是空间的点和参考椭球面的法线与赤道面的夹角,经度是空间中的点和参考椭球的自转轴所在的面与参考椭球的起始子午面的夹角,大地高是空间点沿参考椭球的法线方向到参考椭球面的距离。

(3)平面直角坐标系是利用投影变换,将空间坐标(空间直角坐标或空间大地坐标)通过某种数学变换映射到平面上,这种变换又称为投影变换。投影变换的方法有很多,如 UTM 投影

等,在我国采用的是高斯-克吕格投影,也称为高斯投影。

在测量中常用的坐标系有以下 3 种,当然也可以根据实际需要建立局部的坐标系,方便在实际施工中进行操作。

WGS-84 坐标系(世界大地坐标系-84)是目前 GPS 所采用的坐标系, GPS 所发布的星历参数就是基于此坐标系统的。WGS-84 坐标系是一个地心地固坐标系。WGS-84 坐标系由美国国防部制图局建立,于 1987 年取代了当时 GPS 所采用的 WGS-72 坐标系而成为 GPS 所使用的坐标系。WGS-84 坐标系的坐标原点位于地球的质心, Z 轴指向 BIH1984.0 定义的协议地球极方向, X 轴指向 BIH1984.0 的起始子午面和赤道的交点, Y 轴与 X 轴和 Z 轴构成右手系。

1954 年,北京坐标系成为我国目前广泛采用的大地测量坐标系。该坐标系源自于苏联采用过的 1942 年普尔科夫坐标系,在苏联专家的建议下,我国根据当时的具体情况,建立起了全国统一的 1954 年北京坐标系。该坐标系采用的参考椭球是克拉索夫斯基椭球,遗憾的是,该椭球并未依据当时我国的天文观测资料进行重新定位,而是由苏联西伯利亚地区的一等锁,经我国的东北地区传算过来的。该坐标系的高程异常是以苏联 1955 年大地水准面重新平差的结果为起算值,按我国天文水准路线推算出来的,而高程又是以 1956 年青岛验潮站的黄海平均海水面为基准。

1978 年,我国决定重新对全国天文大地网施行整体平差,并且建立新的国家大地坐标系,整体平差在新大地坐标系统中进行,这个坐标系统就是 1980 年西安大地坐标系统。椭球的短轴平行于地球的自转轴(由地球质心指向 1968.0 JYD 地极原点方向),起始子午面平行于格林尼治平均天文子午面,椭球面类似大地水准面,它在我国境内符合的最好,高程系统以 1956 年黄海平均海水面为高程起算基准。

(二) 观测点、线布置

1. 观测点的定位

为保证观测精度,需要在一定面积内满足一定数量的观测点。一般以在图上的距离为 2~5cm 加以控制。比例尺增大,同样实际面积内观测点的数量就相应增多,当天然露头不足时则必须布置人工露头补充,所以在较大比例尺测绘时,常配以剥土、探槽、坑探等轻型坑探工程。观测点的布置不应是均匀的,而是在工程地质条件复杂的地段多一些,简单的地段少一些,都应布置在工程地质条件的关键地段:①不同岩层接触处(尤其是不同时代岩层)、岩层的不整合面;②不同地貌单元分界处;③有代表性的岩石露头(人工露头或天然露头);④地质构造断裂线;⑤物理地质现象的分布地段;⑥水文地质现象点;⑦对工程地质有意义的地段。

工程地质观察点定位时所采用的方法,对成图质量影响很大。根据不同比例尺的精度要求和地质条件的复杂程度,可采用如下方法。

(1)目测法。对照地形底图寻找标志点,根据地形地物目测或步测距离。一般适用于小比例尺的工程地质测绘,在可行性研究阶段时采用。

(2)半仪器法。用简单的仪器(如罗盘、皮尺、气压计等)测定方位和高程,用徒步或测绳测量距离。一般适用于中等比例尺测绘,在初勘阶段时采用。

(3)仪器法。用经纬仪、水准仪等较精密仪器测量观察点的位置和高程。适用于大比例尺的工程地质测绘,常用于详勘阶段。对于有意义的观察点,或为解决某一特殊岩土工程地质问

题时,也宜采用仪器测量。

(4)GPS 定位仪。目前,各勘测单位普遍配置 GPS 定位仪进行测绘填图。GPS 定位仪的优点是定点准确、误差小并可以将参数输入计算机进行绘图,大大减轻了劳动强度,加快了工作进度。

2. 观测线路的布置

(1)路线法。垂直穿越测绘场地地质界线,大致与地貌单元、地质构造、地层界线垂直布置观测线、点。路线法可以最少的工作量获得最多的成果。

(2)追索法。沿着地貌单元、地质构造、地层界线、不良地质现象周界进行布线追索,以查明局部地段的地质条件。

(3)布点法。在第四纪地层覆盖较厚的平原地区,天然岩石露头较少,可采用等间距均匀布点形成测绘网格,大、中比例尺的工程地质测绘也可采用此种方法。

(三)钻孔放线

钻孔放线一般分为初测(布孔)、复测和定测 3 个过程。初测就是根据地质勘察设计书设计的要求,将钻孔位置布置于实地,以便使用单位进行钻探施工。孔位确定后,应埋设木桩,并进行复测确认,在手簿上载明复测点到钻孔的位置。

复测是在施工单位平整机台后进行。复测时除校核钻孔位置外,应测定平整机台后的地面高程和量出在勘探线方向上钻孔位置至机台边线的距离。复测钻孔位置应根据复测点,按原布设方法及原有线位和距离以垂球投影法对孔位进行检核。复测时钻孔位置的地面高程可在布置复测点的同时,用钢尺量出复测线上钻孔位置点到地面的高差,进行复测时,再由原点同法量至平台后的地面高差,然后计算出钻孔位置的高差。复测点的布设一般采用如下方法。

(1)十字交叉法。在钻孔位置四周选定 4 个复测点,使两连线的交点与钻孔位置吻合。

(2)距离相交法。在钻孔位置四周选定不在同一方向线上的 3 个点,分别量出与钻孔位置的距离。

(3)直线通过法。在钻孔位置前后确定 2 个复测点,使两点的连线通过孔位中心,量取孔位到两端点的距离。

复测、初测钻孔位置的高程亦可采用三角高程法。高差按所测的垂直角并配合理论边长计算。利用复测点高程比,采用复测点至钻孔位置的距离计算,由两个方向求得,以备检核。

钻孔位置定测的目的,在于测出其孔位的中心平面位置和高程,以满足储量计算和编制各种图件需要。钻孔定测时,以封孔标石中心或套管中心为准,高程测至标石面或套管面,并量取标石面或套管面至地面的高差。测定时,必须了解地质上量孔深的起点(一般是底木梁的顶面)与标石面或套管口是否一致,如不同应将其差数注出。在同一矿区内所有钻孔的坐标和高程系统必须一致。各种地质图件,尤其是剖面图都要用到钻孔的成果,而剖面图的比例尺往往比地形地质图大一倍,储量级别越高,图件的比例尺也越大。因此,钻孔的定测精度要满足成图的需要。在一般情况为:①钻孔(包括水文孔)时,对附近图根点的平面位置中误差不得大于基本比例尺图(即地形地质图)上 0.4mm;②高程测定时,对附近水准点的高程中误差不得大于等高距的 1/8,经检查后的成果才能提供使用。钻孔位置测定的方法和精度要求,详见解析图根测量部分。但水文孔的高程应用水准测量的方法测定。

在完成钻孔位置测定后应提交完整的资料,包括:钻孔设计坐标的计算资料,工程任务通知书,水平角、垂直角观测记录,内业计算资料,孔位坐标高程成果表。

(四)地质点填绘

工程地质测绘是为工程建设服务的,反映工程地质条件和预测建筑物与地质环境的相互作用,其研究内容有以下几个方面。

1. 地层岩性

地层岩性是工程地质条件的最基本要素,是产生各类地质现象的物质基础。它是工程地质测绘的主要研究对象。

工程地质测绘对地层岩性研究的内容有:①确定地层的时代和填图单位;②各类岩土层的分布、岩性、岩相及成因类型;③岩土层的正常层序、接触关系、厚度及其变化规律;④岩土的工程地质性质;等等。

目前工程地质测绘对地层岩性的研究多采用地层学的方法,划分单位与一般地质测绘基本相同,但在小面积大比例尺工程地质测绘中,可能遇到的地层常常只是一个“统”“阶”甚至是一个“带”,此时就必须根据岩土工程地质性质差异做出进一步划分才能满足要求。特别是砂岩中的泥岩、石灰岩中的泥灰岩、玄武岩中的凝灰岩,以及夹层对建筑物的稳定和防渗有重大的影响,常会构成坝基潜在的滑移控制面,这是构成地质测绘与其他地质测绘的一个重要区别。

工程地质测绘对地层岩性的研究还表现在既要查明不同性质岩土在地壳表层的分布、岩性变化和成因,也要测试它们的物理力学指标,并预测它们在建筑物作用下的可能变化,这就必须把地层岩性的研究建立在地质历史成因的基础上才能达到目的。在地质构造简单、岩相变化复杂的特定条件下,岩相分析法对查明岩土的空间分布是行之有效的。

工程地质测绘中对各类岩土层还应着重以下内容的研究。

(1)对沉积岩调查的主要内容是:岩性岩相变化特征,层理和层面构造特征,结核、化石及沉积韵律,岩层间的接触关系;碎屑岩的成分、结构、胶结类型、胶结程度和胶结物的成分;化学岩和生物化学岩的成分、结晶特点、溶蚀现象及特殊构造;软弱岩层和泥化夹层的岩性、层位、厚度及空间分布;等等。

(2)对岩浆岩调查的主要内容是:岩浆岩的矿物成分及其共生组合关系,岩石结构、构造、原生节理特征,岩浆活动次数及序次,岩石风化的程度;侵入体的形态、规模、产状和流面、流线构造特征,侵入体与围岩的接触关系,析离体、捕虏体及蚀变带的特征;喷出岩的气孔状、流纹状和枕状构造特点,反映喷出岩形成环境和次数的标志;凝灰岩的分布及泥化、风化特点;等等。

(3)对变质岩调查的主要内容是:变质岩的成因类型、变质程度、原岩的残留构造和变余结构特点,板理、片理、片麻理的发育特点及其与层理的关系,软弱层和岩脉的分布特点,岩石的风化程度等。

(4)对土体调查的主要内容是:确定土的工程地质特征,通过野外观察和简易试验,鉴别土的颗粒组成、矿物成分、结构构造、密实程度和含水状态,并进行初步定名。要注意观测土层的厚度、空间分布、裂隙、空洞和层理发育情况,搜集已有的勘探和试验资料,选择典型地段和土层,进行物理力学性质试验。测绘中要特别注意调查淤泥、淤泥质黏性土、盐渍土、膨胀土、红

黏土、湿陷性黄土、易液化的粉细砂层、冻土、新近沉积土、人工堆填土等的岩性、层位、厚度及埋藏分布条件。确定沉积物的地质年代、成因类型。测绘中主要根据沉积物颗粒组成、土层结构和成层性、特殊矿物及矿物共生组合关系、动植物遗迹和遗体、沉积物的形态及空间分布等来确定基本成因类型。在实际工作中可视具体情况,在同一基本成因类型的基础上进一步细分(如冲积物可分河床相、漫滩相、牛轭湖相等),或对成因类型进行归并(如冲积湖积物、坡积洪积物等),通过野外观察和勘探,了解不同时代、不同成因类型和不同岩性沉积物的结构特征在剖面上的组合关系及空间分布特征。

在对岩土进行观察描述时应按如下要求进行。

(1)岩石的描述应包括地质年代、地质名称、风化程度、颜色、主要矿物、结构、构造和岩石质量指标(RQD)。对沉积岩应着重描述沉积物的颗粒大小、形状、胶结物成分和胶结程度,对岩浆岩和变质岩应着重描述矿物结晶大小及结晶程度。

(2)岩体的描述应包括结构面、结构体、岩层厚度和结构类型,并宜符合下列规定:①结构面的描述包括类型、性质、产状、组合形式、发育程度、延展情况、闭合程度、粗糙程度、充填情况和充填物性质以及充水性等;②结构体的描述包括类型、形状、大小和结构体在围岩中的受力情况等;③岩层厚度分类应按表1-3执行。

(3)对质量较差的岩体,鉴定和描述尚应符合下列规定:①对软岩和极软岩,应注意是否具有可软化性、膨胀性、崩解性等特殊性质;②对极破碎岩体,应说明破碎的原因,如断层、全风化等;③应判定开挖后是否有进一步风化的特性。

表 1-3 岩层厚度分类

层厚分类	单层厚度 $h(\text{m})$	层厚分类	单层厚度 $h(\text{m})$
巨厚层	$h > 10$	中厚层	$0.5 \geq h > 0.1$
厚层	$10 \geq h > 0.5$	薄层	$h \leq 0.1$

(4)土的鉴定应在现场描述的基础上,结合室内试验的开土记录和试验结果综合确定。土的描述应符合下列规定。①碎石土应描述颗粒级配、颗粒形状、颗粒排列、母岩成分、风化程度、充填物的性质和充填程度、密实度等。②砂土应描述颜色、矿物组成、颗粒级配、颗粒形状、黏粒含量、湿度、密实度等。③粉土应描述颜色、包含物、湿度、密实度、摇震反应、光泽反应、干强度、韧性等。④黏性土应描述颜色、状态、包含物、光泽反应、摇震反应、干强度、韧性、土层结构等。⑤特殊性土除应描述上述相应土类规定的内容外,尚应描述其特殊成分和特殊性质,如对淤泥尚需描述嗅味,对填土尚需描述物质成分、堆积年代、密实度和厚度的均匀程度等。⑥对具有互层、夹层、夹薄层特征的土,尚应描述各层的厚度和层理特征。⑦土层划分定名时应按如下原则:对同一土层中相间呈韵律沉积,当薄层与厚层的厚度比大于 $1/3$ 时,宜定为“互层”;厚度比为 $1/10 \sim 1/3$ 时,宜定为“夹层”;夹层厚度比小于 $1/10$ 的土层,且多次出现时,宜定为“夹薄层”;当土层厚度大于 0.5m 时,宜单独分层。⑧土的密实度可根据圆锥动力触探锤击数、标准贯入试验锤击数实测值 N 、孔隙比 e 等进行划分。

2. 地质构造

地质构造对工程建设的区域地壳稳定性、建筑场地稳定性和工程岩土体稳定性来说,都是

极其重要的因素。而且它又控制着地形地貌、水文地质条件和不良地质现象的发育及分布,所以,地质构造是工程地质测绘研究的重要内容。

工程地质测绘对地质构造的研究内容有:①岩层的产状及各种构造形式的分布、形态和规模;②软弱结构面(带)的产状及其性质,包括断层的位置、类型、产状、断距、破碎带宽度及充填胶结情况;③岩土层各种接触面及各类构造岩的工程特性;④近期构造活动的形迹、特点及与地震活动的关系;等等。

工程地质测绘中研究地质构造时,要运用地质历史分析和地质力学的原理及方法,查明各种构造结构面的历史组合和力学组合规律。既要褶皱、断层等大的构造形迹进行研究,也要重视节理、裂隙等小构造的研究。尤其是在大比例尺工程地质测绘中,小构造研究具有重要的实际意义。因为小构造直接控制着岩土体的完整性、强度和透水性,是岩土工程评价的重要依据。

工程地质测绘应在分析已有资料的基础上,查明工作区各种构造形迹的特点、主要构造线的展布方向等,包括褶曲的形态、轴面的位置和产状、褶曲轴的延伸性、组成褶曲的地层岩性、两翼岩层的厚度及产状变化、褶曲的规模和组成形式、形成褶曲的时代及应力状态。

对断层的调查内容,主要包括:断层的位置、产状、性质和规模(长度、宽度和断距),破碎带中构造岩的特点,断层两盘的地层岩性、破碎情况及错动方向,主断裂和伴生与次生构造形迹的组合关系,断层形成的时代、应力状态及活动性。

根据不同构造单元和地层岩性,选择典型地段进行节理、裂隙的调查统计工作,其主要内容是节理、裂隙的成因类型和形态特征,节理、裂隙的产状、规模、密度和充填情况等。调查时既要注意节理、裂隙的统计优势面(密度大者),也要注意地质优势面(密度虽不大,但规模较大)的产状及发育情况。实践表明,结合工程布置和地质条件选择有代表性的地段进行详细的节理、裂隙统计,以使岩体结构定量模式化是有重要意义的。

3. 地貌

地貌是岩性、地质构造和新构造运动的组合反映,也是近期外动力地质作用的结果,所以研究地貌就有可能判明岩性(如软弱夹层的部位)、地质构造(如断裂带的位置)、新构造运动的性质和规模,以及表层沉积物的成因和结构,据此还可以了解各种外动力地质作用的发育历史、河流发育史等。相同的地貌单元不仅地形特征相似,其表层地质结构也往往相同。所以在非基岩裸露地区进行工程地质测绘要着重研究地貌,并以地貌作为工程地质分区的基础。

工程地质测绘中对地貌的研究内容有:①地貌形态特征、分布和成因;②划分地貌单元,弄清地貌单元的形成与岩性、地质构造及不良地质现象等的关系;③各种地貌形态和地貌单元的发展演化历史。上述各项主要在中、小比例尺测绘中进行。在大比例尺测绘中,则应侧重于地貌与工程建筑物布置以及岩土工程设计、施工关系等方面的研究。

在中、小比例尺工程地质测绘中研究地貌时,应以大地构造及岩性和地质结构等方面的研究为基础,并与水文地质条件和物理地质现象的研究联系起来,着重查明地貌单元的类型和形态特征,各个成因类型的分布高程及其变化,物质组成和覆盖层的厚度,以及各地貌单元在平面上的分布规律。

在大比例尺测绘中要以各种成因的微地貌调查为主,包括分水岭、山脊、山峰、斜坡悬崖、沟谷、河谷、河漫滩、阶地、剥蚀面、冲沟、洪积扇、各种岩溶现象等,调查其形态特征、规模、组成物质和分布规律。同时又要调查各种微地形的组合特征,注意不同地貌单元(如山区、丘陵、平

原等)的空间分布、过渡关系及其形成的相对时代。

4. 水文地质条件

在工程地质测绘中研究水文地质条件的主要目的在于研究地下水的赋存与活动情况,为评价由此导致的工程地质问题提供资料。例如,研究水文地质条件是为论证和评价坝址以及水库的渗漏问题提供依据;结合工业与民用建筑的修建来研究地下水的埋深和侵蚀等,是为判明其对基础埋置深度和基坑开挖等的影响提供资料;研究孔隙水的渗透梯度和渗透速度,是为了判明产生渗透稳定问题的可能性;等等。

在工程地质测绘中水文地质调查的主要内容包括:①河流、湖沼等地表水体的分布、动态及其与水文地质条件的关系;②主要井、泉的分布位置,所属含水层类型、水位、水质、水量、动态及开发利用情况;③区域含水层的类型、空间分布、富水性和地下水水化学特征及环境水的侵蚀性;④相对隔水层和透水层的岩性、透水性、厚度和空间分布;⑤地下水的流速、流向、补给、径流和排泄条件,以及地下水活动与环境的关系,如土地盐碱化、冷浸现象等。

对水文地质条件的研究要从地层岩性、地质构造、地貌特征和地下水露头的分布、性质、水质、水量等入手,查明含水、透水层和相对隔水层的数目、层位、地下水的埋藏条件,各含水层的富水程度和它们之间的水力联系,各相对隔水层的可靠性。要通过泉、井等地下水的天然和人工露头以及地表水体的研究,查明工作区的水文地质条件,故在工程地质测绘中除应对这些水点进行普查外,对其中有代表性的和对工程有密切关系的水点,还应进行详细研究,必要时应取水样进行水质分析,并布置适当的长期观察点以了解其动态变化。

5. 不良地质现象

对不良地质现象的研究一方面为了阐明工作区是否会受到现代物理地质作用的威胁,另一方面有助于预测工程地质作用。研究物理地质现象要以岩性、地质构造、地貌和水文地质条件的研究为基础,着重查明各种物理地质现象的分布规律和发育特征,鉴别其发育历史和发展演变的趋势,以判明其目前所处的状态及其对建筑物和地质环境的影响。

研究不良地质现象要以地层岩性、地质构造、地貌和水文地质条件的研究为基础,并收集气象、水文等自然地理因素资料。研究内容有:①各种不良地质现象的分布、形态、规模、类型和发育程度;②分析它们的形成机制、影响因素和发展演化趋势;③预测其对工程建设的影响,提出进一步研究的重点及防治措施。

6. 已有建筑物的调查

工作区内及其附近已有建筑物与地质环境关系的调查研究,是工程地质测绘中特殊的研究内容。因为某一地质环境内已兴建的任何建筑物对拟建建筑物来说,应看作是一项重要的原型试验,往往可以获得很多在理论和实际两个方面上都极有价值的资料。研究内容有:①选择不同地质环境中的不同类型和结构的建筑物,调查其有无变形、破坏的标志,并详细分析其原因,以判明建筑物对地质环境的适应性;②具体评价建筑场地的工程地质条件,对拟建建筑物可能的变形、破坏情况做出正确的预测,并提出相应的防治对策和措施;③在不良地质环境或特殊性岩土的建筑场地,应充分调查、了解当地的建筑经验,以及在建筑结构、基础方案、地基处理和场地整治等方面的经验。

7. 人类活动对场地稳定性的影响

工作区及其附近人类的某些工程活动,往往影响建筑场地的稳定性。例如:地下开采,大