



普通高等教育“十五”国家级规划教材

土体原位测试与工程勘察

TUTI YUANWEI CESHY YU GONGCHENG KANCHA

● 王 清 主编

地质出版社



普通高等教育“十五”国家级规划教材

土体原位测试与工程勘察

王 清 主编

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

全书共分八章：第一章为工业与民用建筑的岩土工程勘察，论述了岩土工程勘察的基本理论、工业与民用建筑的岩土工程勘察阶段与各勘察阶段的主要任务及岩土工程勘察方法；第二章至第七章为土体原位测试，论述了目前国内常用的土体原位测试技术，即：静力载荷试验、静力触探试验、动力触探试验、十字板剪切试验、旁（横）压试验及波速测试。主要介绍了原位测试技术的工作原理、仪器设备、试验方法、成果整理及影响试验成果的主要因素，并在此基础上进一步论述了各种测试成果在工程实践中的应用；第八章为岩土工程勘察室内工作及报告书的编写，阐述了岩土工程勘察大纲的编写、岩土物理力学性质指标的统计与选择、岩土工程图的编绘、岩土工程分析与评价，最后介绍了工业与民用建筑的岩土工程勘察报告的编写内容及格式。

本书为高等院校土木工程、勘察技术与工程、环境工程等专业的本科生的专业教学用教材，亦可做为高等院校有关专业师生及从事建筑工程、土木工程、水利工程、电力工程、铁路工程、公路工程、港口工程及地质及矿山工程等相关专业的科技人员、工程师的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

土体原位测试与工程勘察/王清主编. —北京：地质出版社，2006.5

普通高等教育“十五”国家级规划教材

ISBN 7-116-04840-5

I. 土... II. 王... III. 土体-原位测试-高等学校-教材 IV. TU413

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 041730 号

责任编辑：李源明 陈 磊

责任校对：郑淑艳

出版发行：地质出版社

社址邮编：北京海淀区学院路 31 号，100083

电 话：(010) 82324508（邮购部）；(010) 82324565（编辑室）

网 址：<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱：zbs@gph.com.cn

传 真：(010) 82310759

印 刷：北京中新伟业印刷厂

开 本：787 mm × 1092 mm ¹/₁₆

印 张：13.25

字 数：320 千字

印 数：1—5000 册

版 次：2006 年 5 月北京第一版·第一次印刷

定 价：16.60 元

ISBN 7-116-04840-5/P·2682

（凡购买地质出版社的图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社出版处负责调换）

前 言

伴随着科学技术的迅猛发展和社会经济建设的需求,人类在各项经济活动的一些重大工程的建设项目中,对岩土体的认识不仅限于定性的状态,且对工程地质勘察资料的可靠性和定量化的需求也均有不断的提高。为了使工程建筑实现更加经济合理、稳定和安全,人们对此进行了大量的室内和原位测试工作。而随着研究的深入,原位测试的一些新方法、新经验、新理论不断出现,使土体的原位测试理论不断地得到完善和发展。

考虑到土体的原位测试技术的广泛应用和市场对专业人才的培养需求,结合我国高等教育体制的改革,我校特开设了三年级的野外教学实习课——土体原位测试教学。为使广大学员能有效地了解目前最新的土体原位测试的动态,且鉴于近年来我国工程建设方面颁布执行了许多新规范、标准,以及国内外在岩土体研究方面新的进展,有必要对原有教材作修订再版来满足教学需要。

新版教材针对国内外现有的研究现状,结合我院校多年来的教学经验和近年来本学科的新进展,按理论联系实际的原则,进行概括、汇总编写而成。此外,考虑到大学本科土木工程(岩土工程方向)专业、勘察技术与工程(工程地质方向)专业三年级的野外教学实习的需要,本教材还将岩土工程勘察中的工业与民用建筑的岩土工程勘察的内容作了介绍;论述了岩土工程勘察的基本理论、工业与民用建筑的岩土工程勘察阶段与各勘察阶段的主要任务及岩土工程勘察方法,土体的原位测试技术与方法;论述了岩土工程勘察大纲的编写;岩土物理力学性质指标的统计与选择;岩土工程图编绘;岩土工程分析评价;最后介绍了工业与民用建筑的岩土工程勘察报告的编写工作。

本教材是按照大学本科土木工程(岩土工程方向)专业、勘察技术与工程(工程地质方向)专业三年级的野外教学实习4周授课时间内容编写的,全书分为两个部分:土体原位测试;岩土工程勘察中的工业与民用建筑的岩土工程勘察室内工作和报告书的编写。

本书由吉林大学王清主编。王清编写前言、第一章、第六章、第八章中第一

节至第六节(一部分);范建华编写第二章、第八章中第六节(一部分);张延军编写第三章;王常明编写第四章、第五章;李欣编写第七章;最后由王清进行统编、整理定稿。

在本书的撰写过程中,得到了赵淑云工程师、岩土工程系、工程地质系全体教师以及阙金声、张以晨、王坛华、迟洋、赵安平、安鹏程、李杨、邱道宏等研究生的帮助,他们参加了部分图件的绘制工作,在此一并向他们表示感谢。

本书编写中重点介绍有关的研究技术和方法,阐述经过实践检验的基本理论,适当反映本学科的新成就,并与近年来国家颁布的有关规范标准相适应,充分注意符合我国工程建设的实际情况,力求做到理论联系实际,深入浅出。

本书编写中参阅了国内外有关学者的大量文献,参照了有关的手册、规范、标准,并选用了其中许多图表和资料,编者谨表谢忱!由于内容繁多,在本书的参考文献中又不能一一列举,在此谨向有关作者表示歉意!

本书可做为工程地质、岩土工程勘察专业的教科书,也可供从事地质工程、岩土力学、岩土工程的广大科学技术人员参考。

编 者
2005 年 12 月 30 日

目 录

前 言

第一章 工业与民用建筑的岩土工程勘察	(1)
第一节 岩土工程勘察的基本理论与方法	(1)
第二节 岩土工程勘察阶段的划分	(7)
第三节 各勘察阶段的主要任务	(9)
第四节 岩土工程勘察方法	(26)
第二章 静力载荷试验	(32)
第一节 平板载荷试验的基本方法	(32)
第二节 平板静力载荷测试资料整理	(36)
第三节 平板静力载荷试验成果应用	(41)
第四节 螺旋板载荷试验	(45)
第五节 深层平板载荷试验	(49)
第六节 静力桩基载荷试验	(50)
第七节 单桩竖向抗拔静载试验	(62)
第八节 单桩水平静载试验	(64)
第九节 桩基奥氏法静载荷试验	(69)
第十节 复合地基载荷试验	(72)
第三章 静力触探试验	(75)
第一节 静力触探测试法的基本原理	(77)
第二节 静力触探测试法的仪器设备	(84)
第三节 静力触探测试法的程序和要求	(88)
第四节 静力触探测试法的成果整理	(93)
第五节 影响静力触探测试成果精度的主要因素及对策	(100)
第六节 静力触探测试成果的应用	(101)
第七节 孔隙水压力圆锥静力触探简介	(109)
第四章 动力触探试验	(114)
第一节 动力触探试验的基本原理	(115)
第二节 圆锥动力触探试验	(117)
第三节 标准贯入试验	(121)

第五章 十字板剪切试验	(127)
第一节 十字板剪切试验设备	(127)
第二节 试验原理与试验技术要点	(130)
第三节 试验的影响因素	(132)
第四节 试验资料整理及成果应用	(133)
第六章 旁(横)压试验	(139)
第一节 旁压测试法的基本原理、仪器设备及仪器的率定	(140)
第二节 预钻式旁压试验的现场测试	(145)
第三节 旁压测试成果整理及影响试验成果的主要因素	(148)
第四节 旁压测试成果的应用	(152)
第五节 自钻式旁压测试简介	(156)
第七章 波速试验	(161)
第一节 横波(剪切波)波速测试法	(162)
第二节 表面波(瑞利波)波速测试法	(164)
第三节 反射波法用于基桩的动力测试	(175)
第八章 岩土工程勘察室内工作及报告书的编写	(179)
第一节 岩土工程勘察大纲	(179)
第二节 岩土物理力学性质指标的统计与选择	(180)
第三节 岩土工程图的编绘	(182)
第四节 岩土工程分析与评价	(186)
第五节 岩土工程勘察报告	(188)

第一章 工业与民用建筑的岩土工程勘察

第一节 岩土工程勘察的基本理论与方法

岩土工程勘察的研究对象是,工程建筑所处的地球表面的岩土体及赋存于其中的水、应力、热等组成的整个工程建筑场地的地质环境。这样一个地质环境对工程建筑有三方面的用途,即:建筑地基(地基、坝基、路基等);建筑环境(硐室、油库、地下铁道、井巷等);建筑材料。

岩土工程勘察的主要目的是:查明建筑场地的岩土工程条件;分析论证存在的岩土工程问题;对建筑场区做出岩土工程评价。这就是说除了要应用广泛的理论,对各项具体问题进行阐述、论证及提出解决这些具体问题的途径和方法外,还要研究各种勘察方法的原理、适用条件相互关系与配合,并研究勘察方向与步骤,不同勘察阶段的工作部署,通过勘察资料的分析整理,岩土工程图的编制,发现场地存在的岩土工程问题,分阶段、有步骤地加以解决,最后应用各种理论进行正确地岩土工程评价。

岩土工程勘察的基本任务是:为工程建筑的规划、设计、施工及安全运营提供详细的可靠的地质资料,用地质力学原理(理论)回答工程上的地质问题,以使地质环境与建筑物相适应,保证工程建筑物的安全稳定、经济、合理、正常运行,并达到合理利用、保护地质环境的目的,同时对工程建筑不利的地质条件进行处理和采取可靠的技术措施。

一、岩土工程勘察的任务

岩土工程勘察的任务,具体总结有以下几个方面的内容:

(1)查明建筑场地的岩土工程条件,指出对工程有利和不利的岩土工程条件。阐明这些条件的地质特征、形成过程和控制因素。

(2)分析研究与建筑物有关的岩土工程问题,做出定性和定量的评价,为建筑物的规划、设计、施工提供可靠的地质依据。满足该工程设计所需的岩土参数、确定地基土的承载力特征值,预测变形量的大小。

(3)选出岩土工程条件优越的建筑场地,即:选择岩土工程条件优良、岩土工程问题少而小的建筑场。选择优良的建筑场地的重要性尤为突出。在上述各方面的条件中,应充分体现出:充分利用自然地质环境;避免事故的发生;减少复杂的工程措施,以获取最大的经济效益、社会效益和环境效益。

(4)配合设计、施工部门提出建筑物的类型、结构、规模、施工方法及地质要求。尤其是要提出地基基础类型、基坑支护的方法、工程降水及地基处理的方法,及与地质有关的注意事项。例如对于抗震烈度大于6度的场地,应进行场地与地基的地基效应评价。

(5)为拟定、改善和防治对建筑物有影响的不良地质条件的措施、方案提供地质资料,提出改善场地岩土工程条件,解决岩土工程问题的措施及试验数据。针对岩土工程条件中

的缺陷和存在的岩土工程问题,只有在阐明不良条件的性质、涉及范围,以及正确评定有关岩土工程问题的严重程度的基础上,才能拟定出合适的措施、方案。所以,必须有岩土工程勘察的成果作为依据。例如对于抗震烈度大于6度的场地,应进行场地与地基的地基效应评价。尽管处理地基及围岩是设计施工部门的工作,但其范围,处理的可靠性,方案的选比,没有岩土工程勘察的详细工作是没有实际价值的。

(6)预测工程兴建后对地质环境的影响,制订保护地质环境的措施。人类工程经济活动取得了利用地质环境、改造地质环境为人类谋福利的巨大效益。但它同时也成为新的地质营力而产生了一系列不利于人类生活与生产的地质环境问题。例如,铁路的修建方便了交通,但是在山区开挖边坡,也常常引起新的滑坡、崩塌;水库的修建,有利于防洪、发电等,但也带来了库岸地区的浸没、坍岸、甚至出现水库诱发地震等问题。

(7)进一步完善和发展岩土工程勘察的理论和方法。

以上几项任务,前两项是岩土工程勘察独自完成的,后几项是与设计、施工及其他部门共同完成,前两项任务是后几项任务的基础。查明岩土工程条件是岩土工程勘察最基本的任务,也是岩土工程工作者最基本的工作,在这方面出了问题,后面的几项任务就难以完成,并可能得出错误的结论。

二、岩土工程条件

岩土工程条件是指与工程建筑有关的地质要素之综合。包括:地形地貌条件、地质结构条件、岩土类型及岩土工程性质、地质结构条件、水文地质条件、物理地质现象和天然建筑材料等六要素。

将地质要素称为岩土工程条件是因为:对其研究和评价者是以岩土工程观点出发,是针对具体工程建筑的;对地质条件变化的预测也是与工程建筑相联系的。

这些要素,对区域的合理利用、不同类型建筑区及场地的选择、不同类型工程的配置、建筑物的稳定性及其正常运营和施工条件均起着决定性的作用;同时产生岩土工程问题也会很不相同。

岩土工程条件是综合性的概念,是指上述六个要素的综合。单独一、两个要素不能称为岩土工程条件,而仅能按其本身术语称谓,或称为岩土工程条件的地质结构要素等。尽管岩土工程条件受气候、水文、植被等自然因素的影响,但是这些自然因素并非为岩土工程条件的组成部分,故不能把岩土工程条件定义为“自然因素的综合”。

岩土工程条件是地质演化过程及其后生变化而逐渐形成的,即:内、外动力地质作用的产物。岩土工程条件的形成受大地构造、地形地貌、气候、水文、植被等自然因素的控制,但是,岩土工程条件各要素之间又是相互联系、相互制约的,从而形成了差异巨大的岩土工程条件模式。例如:①山区模式:基岩为主—断裂发育—基岩裂隙水为主—物理地质现象发育—石料丰富;②平原区模式:冲积层巨厚—砂土、粘性土交互发育—物理地质现象不发育—孔隙水为主—土料丰富;③山前平原区模式;④峡谷区模式;⑤岩溶地区模式;⑥花岗岩区模式。

在岩土工程勘察中,对岩土工程条件的各要素的研究应按一定的顺序进行,并且,各勘测阶段研究的重点和详细程度也不相同。下面对岩土工程条件六要素逐一予以阐述。

1. 地形地貌条件

地形地貌是内、外动力地质作用在漫长的地质历史过程中形成的。一个地区地形地貌

的各种形态及其总体特征,往往有助于认识当地的地质结构、岩性的构成、地质作用和地质现象的分布,以及它们对于已建成拟建工程的危害性的预测。

地形地貌的研究能反映出地质结构、水文地质结构特征,成因类型、地壳运动,尤其是新构造运动特征等。对建筑场地的选择、建筑物的配置和形式、工程量的大小、勘察工作量的布置有重大影响。

地形地貌条件对建筑场地的选择,尤其是水电枢纽工程、铁路、运河渠道等方案的选择意义重大。例如:平原区的地貌条件比较简单,场地线路的选择较为理想;而在地形地貌复杂多变的山区,如何使线路“平、顺、直”,而又避免大的挖(填)方工程以及尽可能避免建造大型工程建筑物(桥梁、隧道),是一件直接影响经济合理性的复杂工作;河谷的宽度影响到水坝的长短;山体的宽厚与否、河谷的陡峻对称与否、阶地的发育与否,直接影响到坝型的选择与工程量的大小;此外,场地的宽敞程度、有无心滩,又直接影响到施工方法和施工条件、工期长短与工程造价。所以,合理利用地形地貌条件是规划选址阶段应首先加以注意的问题。

地形地貌条件包括如下几个方面的研究内容:①地形地貌分级;②地貌单元划分;③地形起伏的变化(水系分布、高程及相对高差);④地面切割情况(沟谷的发育系统、形态、方向、密度、深度及宽度);⑤山坡形状、高度、陡度;⑥山背、山顶的形态、宽度、平整程度;⑦河谷情况即河谷结构、坡度、河谷地形、宽度等;⑧阶地情况:阶地成因类型、阶地级数及高程、宽度、起伏度、完整程度、结构及组成物质;⑨不同地貌单元的特征及相互联系与差异。

对于地形地貌的研究,一般是在踏勘和初勘阶段进行的。有关岩土工程条件的最重要的资料,往往是通过当地地形地貌的野外调查和对航测等资料的研究中获得的。岩土工程工作者在一个新的区域进行工作,若没有首先对地形地貌的研究与调查,其工作就会迷失方向而造成工作的被动局面。这样很多勘察工作的布置也难以正确进行,资料也会造成不完整性和缺乏代表性。

2. 地质结构条件

地质结构一词比地质构造含义更广,且与岩土工程关系更为密切。因此,岩土工程和岩土工程界经常采用地质结构这一术语。我们在岩土工程中常用的岩体结构、土体的结构等,并不限于地质构造的含义。地质构造所形成的结构面,称为构造结构面,包括:断层面、层间错动面、切理面、劈理面等。这些结构面仅限于岩体内部,在土体中很少或基本不存在。

岩体土体中占重要地位的是原生结构面,它们对岩体常具有控制意义。不整合面、假整合面也是原生的沉积结构面,其分开来的不同部分在物质成分和结构构造上也是互不相同的,差异明显是属于物质分界面。火成岩中的各种结构面;变质作用形成的结构面;风化卸荷形成的裂隙面,都是构造结构面。因此,地质结构包括了构造结构面和次生结构面,原生结构面等。

土体结构是指土层组合关系,即:由层所分隔的各层土的类型,其厚度及其空间分布变化。

相变剧烈是土体结构的最大特征。对建筑物极有意义的是地基土体中的强度高、低,透水性大、小,以及土层的上下关系和其相对厚度,它们对建筑物的地基承载力和建筑物的沉降变形等起着决定性作用。

岩体结构的主体是构造结构面、缝隙、软弱夹层及构造破碎带,也是岩体结构的研究重点,这些结构面的性质与分布,是岩土工程勘察中的重要内容。

岩体天然应力状态是赋存于地质结构中的,也就是地应力,它对于地基开挖后的岩体变

形、失稳,洞室围岩的变形与破坏(尤其是在结构面发育的地段)影响尤为剧烈,破坏极为严重。在岩土工程勘察中应当重视。

有关地质结构的研究,在初勘阶段主要以大的控制性结构为主,而在详勘阶段,则有关微裂隙的研究便成为重点对象。

3. 岩土类型及岩土工程性质

岩土是区域岩土工程条件中最重要的因素,是岩土工程条件诸因素中与工程建筑密切相关的。它决定着地形特征,地质作用的发育情况,地下水的分布。同时岩土还是各种工程建筑物的天然地基、环境和建筑材料。

有关岩土类型及岩土工程性质的研究,在各个勘察阶段都有其广泛的内容,而且重点也不一样。

在工程初步勘察阶段,在岩土类型及成因的划分上与地质测绘没有太大的差别,以分到界、系、统即可,而对其岩土工程性质的研究则一般是据经验值给出,以方便对地质结构等的研究;而在详细勘察阶段,则对岩土类型的划分就基于岩土工程的观点进行详细地划分,据其岩土工程性质划分岩土工程单元体,以利于对其进行正确的岩土工程评价,并且在此阶段,有关岩土性质的测试研究工作量也是巨大的,是岩土工程勘察的重要工作。

有关岩土类型的划分,在《岩石学》课程和《工程岩土学》中已经讲过。但应说明的是,岩土的类型随着研究的深入和勘察阶段性则由粗到细。例如,在规划阶段一般可按成因类型划分(注意年代),在详细勘察阶段则须按物理力学性质划分,对于具有岩土工程性质特殊性的特种岩土,则应按具体情况专门研究和划分。

在详细勘察阶段,则须按物理力学性质划分。由于软土、黄土、膨胀土、红土、盐渍土等特殊土体,以及软岩、软弱夹层及破碎岩体不利于地基的稳定性,边坡的滑坡、洞室的塌落也往往由这种软弱夹层引起,勘察中需要特别注意研究。因此,在岩土工程详细勘察中必须进行仔细的勘探、试验工作,以查清它们的分布情况、厚度变化,以取得准确的物理力学性质指标。

4. 水文地质条件

水文地质条件是影响岩土工程性质,是使岩土工程问题变得更为复杂的重要因素。对其研究的主要内容有:①水文地质结构——补给、径流和排泄条件;②地下水类型、水质;③地下水位、水头、水量及变化;④含水层、隔水层的分布、厚度及组合关系;⑤岩土层的渗透性、富水性、承压性、渗透压力;⑥地下水的侵蚀性。

地下水位的高低影响到建筑物基础的埋深,施工方法的选择及处理措施;岩土的岩土工程性质与含水率有直接关系;地基沉降量计算中必须考虑地下水位的波动幅度;道路翻浆、水库渗漏、浸没、渠道渗漏、基坑漏水、流沙等岩土工程问题的出现,这些与地下水位及变幅不无密切关系。

在水库库址选择中,含水层、隔水层的空间分布至关重要。坝基防渗的范围与深度直接与含、隔水层有关;由于构造导水造成的集中渗漏,对坝基防渗的水库渗漏的影响很大。

地下水位幅度的变化对岩溶的发育至关重要,它对于研究岩溶发育规律具有重要意义。

基岩裂隙水的分布很不均一,对于地下洞室稳定以及井巷围岩支护安全有重要影响;而座落于松散地基中的坝基,在较高地下水头作用下,易在较大的坝基场压力作用下产生渗透变形而失稳。

此外,在岩土边坡中,地下水的存在一方面加大了下滑力,另一方面使结构面软化、弱

化、减小了抗滑力,致使边坡产生失稳的例子不胜枚举。

地下水的侵蚀性对于基础类型的选择,也是必须在勘察中加以注意的。

大量抽取地下水还会造成许多环境岩土工程问题。例如:地面沉降或地基不均匀沉降、矿区塌陷、岩溶塌陷、附近区井泉干枯等,也会对降水区域内建筑物的安全产生一定影响。

在工程勘察中对水文地质条件的研究,在初步勘察阶段一般是对其水文地质结构、含水层、隔水层的空间分布、厚度加以研究;详细勘察阶段则主要是通过钻探、取样和抽取地下水试验进行全面的水文地质参数的获取工作,以正确地评价岩土工程条件、解决存在的岩土工程问题。

5. 物理地质现象

物理地质现象是指内、外地质动力作用对地壳表层岩土体综合作用的产物,如地震、边坡变形引起的破坏、地面塌陷、泥石流、冲沟等。这些现象是岩土工程条件中最活跃的因素。因此,仅对其目前的存在状态的研究是不够的,还要对其发生、发展、消亡的规律、产生的原因、影响发育的因素、形成条件与机制、发展的过程及阶段进行反演和预测,才能作出正确的评价,从而制订技术、经济上合理的防治措施。

6. 天然建筑材料

对于大型工程来讲,天然建材是岩土工程条件的重要组成部分,它的质量、数量及开采条件和运输条件的优劣,对工程的建筑类型、建筑规模、工程造价、工期长短是一个重要的制约因素,必须在勘察中放到应有的地位来专门解决。

应当注意的是,具体建筑对工程条件的要求差异很大,影响也不相同。因此,岩土工程条件的评价应当与具体工程联系起来,才能评价其优劣,否则则会造成纸上谈兵,甚至会得出相反或错误的结论来。

三、岩土工程问题

岩土工程问题是指据岩土工程建筑与地质环境(系由岩土工程条件具体表征)相互矛盾、相互表征而引起的,且对建筑物本身的顺利施工和安全运行或对周围地质环境可能产生影响的地质问题。只要兴建建筑物、地质环境就会与之相互作用,矛盾就会必然产生;因而,岩土工程问题总是存在的,只不过这种作用的强烈程度不同而已。有时表现得轻微,有时表现得强烈,有可能产生严重的后果。

岩土工程问题的分析研究是岩土工程勘察的中心任务。只有把勘察工作提高到研究问题的高度,才能预测工程建筑物形成后可能引起的地质环境的恶化及发展趋势。因此,定性、定量地作出岩土工程评价,正确地选择优良场地和制订必要的处理措施方案,才能把岩土工程条件与工程实际有机地联系起来,从而体现出岩土工程工作在该工程建设中的重要性,是必不可少的,它为设计施工提供可靠的地质依据。

岩土工程问题的分析与评价是一座桥梁,它把岩土工程条件的查明与场地结构的选择、施工方法及处理措施等有机地联系在一起。从认识论上来讲,岩土工程问题分析是基于、但高于岩土工程条件的查明。这也是从感性认识到理性认识、由表及里、由现象到本质的综合推理论证过程,是实现由片面到更多方面的一个质的飞跃。

建筑物场地的选择是工程规划和可行性研究阶段的一项基本工作。如果规划部门已经确定了总体的工程规划方案,那么,选择保证工程安全稳定、经济合理,对地质环境影响较小

的建筑物场地则是岩土工程勘察义不容辞的任务,亦是岩土工程勘察的主要目标。因此,选择比较优越的地质环境,是一项十分重要而艰难的任务。

对于中小型工程,选择一个场地并不太难,但对于一项大型工程(如水电枢纽工程、铁路工程、隧道工程、核电工程,大型厂址工程等)则由于其工程建筑物多样化,生产工艺要求的特殊性,工作方便等因素,选择起来就比较困难。如在地质环境较差的场地建设的大型工程,一旦发生岩土工程问题,其补救措施有两种:一是改变建筑物设计,如结构型式改变,规模变小等;另一种是对地质环境进行岩土工程处理,以满足工程需要。从目前的岩土工程地质环境改造技术水平而言,可以说没有什么困难不可以克服,但也应看到,采取这些措施必然要付出很大代价,有时费用是很昂贵的,经济问题是一个不容忽视的问题,况且还会产生工期加长的问題。如果不讲求经济,岩土工程勘察可以说就会失去几乎全部的意义,而只剩下保证工程安全、稳定一方面的问題。这样的经验与教训在国内国外都有,其中有相当一部分是岩土工程工作者不加以重视造成的。

对于岩土工程问题的分析,既要了解岩土工程条件的特点,又要了解建筑物的特点(建筑物理学规模、结构、类型),在此基础上,通过分析研究建筑物与岩土工程条件相互作用和影响因素,作用的机制和过程,边界条件,作出正确地定性评价;进一步利用各种参数和计算公式进行计算、作出定量的评价,明确作用的强度或岩土工程问题的严重程度、发生发展的进程——这就是岩土工程预测。

岩土工程条件优良的场地,能使其与建筑物的作用限制在一定的程度之内,对建筑物的安全稳定、顺利施工和正常运行有利,并保证了经济合理性,反之则会带来威胁。另外,工程建筑物的特征对岩土工程问题的严重程度影响也很大,由于建筑物类型的差异,岩土工程条件的不同,施加的荷载与作用方式的改变、产生的岩土工程问题也不同,严重程度也不同。因此,从这两方面的相互的作用来讲,仅仅查明岩土工程条件是不够的,还要考虑到工程对其的影响。通过矛盾的分析——岩土工程问题的分析才能使勘察工作深入一步,从而更好地理解工程建筑与自然相互作用的客观规律,并为合理地利用自然和改造自然做出正确的选择。

此外,通过岩土工程问题的分析还可以检验岩土工程条件是否已充分查明,资料是否齐全,数据指标是否正确合理,哪些方面仍需要补充修正,等等,从而指导进一步的勘察工作,使在工作方法的选择和工作量的布置方面有章可循。因此,它是一项指导全局的工作,是勘察的中心任务。

四、岩土工程勘察方法及相互关系

完成岩土工程勘察任务必须遵循一套有效的方法。而勘察质量的优劣,与岩土工程勘察方法的巧妙配合,掌握运用的训练程度与正确程度有很大的关系。

岩土工程勘察的研究方法,有三种:地质学方法、实验方法和计算方法。这些研究方法在勘察工作中则由如下勘察方法来体现:①岩土工程测绘;②岩土工程物探和勘探;③岩土工程室内试验;④岩土工程野外(现场或原位)试验;⑤岩土工程长期观测;⑥勘察资料的室内整理与报告编写。

岩土工程各种勘察方法在整个勘察工作中是相互联系的,逐步进行的。它们的目的及获得的信息,对充分反映工作区的岩土工程条件、论证岩土工程问题、作出正确可靠的岩土

工程评价,是必不可少的。

岩土工程测绘是工程勘察各方法中最主要最根本的方法,是勘察最先进行的工作。通过岩土工程测绘:取得地面地质的实际资料,了解地质变化规律,借此推断地下地质情况,并用以指导物探、钻探、坑探、坑-槽探、试验取样及长期观测等各项勘察工作的布置的具体位置。对岩土工程工作者来说,要能初步运用便携式仪器获得测绘区内岩土的物理力学性质。该项工作在岩土工程勘察初期,工作量是最大的,随着勘察工作的深入,测绘范围越来越小,精度要求越来越高。

勘探工作是为了验证测绘工作的推断,或准确地反映区内地下地质情况,为岩土工程室内、外测试提供条件而进行的工作。因此,该项工作是勘察工作的深入和综合。一般在规划和初勘阶段,该项工作主要以物探和坑探为主,配合少量的钻探;而在详勘阶段,钻探工作则居主要地位。

测试工作是为了获取岩土体岩土工程性质指标不可缺少的,是为了论证岩土工程条件的差异性,分析岩土工程问题、定量评价具体剖面问题必备的条件。初步勘察阶段该项工作是少量的,并且主要是配合测绘进行的岩性分类测试,而在详细勘察阶段则以为定量分析和为设计部门提供指标,处理技术参数而进行的,其工作量及试件数量往往是大量的,投资也会很大。

长期观测工作是为反映岩土工程作用的持续发展动态、强度,及对工程的影响程度如何而设置的,该项工作视具体情况在勘察的各个阶段均可进行。

勘察资料的整理,主要是指数据的统计、岩土工程图的编绘和岩土工程报告的编写。这是勘察工作的最终成果,是为设计和施工服务和应用的。只有高质量的勘察工作,才能获得高质量的成果报告;只有深入细致的室内工作,才能体现出勘察工作的质量。

勘察方法的选择及相互配合、勘察工作量的大小及工作布局,除了决定于工作区的岩土工程条件的复杂程度和工程类型外,还受到勘察阶段的制约。所以明确勘察工作的阶段,以确定勘察广度和深度,是至关重要的。

第二节 岩土工程勘察阶段的划分

不论是一般工程还是大型工程,其工程建设都是分阶段、有步骤地完成的。各阶段所要解决的问题的性质也不相同,这就要求岩土工程勘察在不同的阶段提供不同深度和广度的地质资料,以满足工程建设和设计的需要。

设计部门对一项工程建设的所有经济和技术问题,都要有明确的回答。这种解答必须遵循一定的程序,即先解答原则性的问题,再解决具体的技术性问题。也就是该项工程是否必要和可能兴建,在何处修建,采用何种结构型式,何种规模和如何兴建(施工)。这种程序就要分为几个阶段,每一阶段解决一定的问题。不同设计阶段各项建设各有其内容,其中也包括了解决个别问题的详细程度。

各个部门对工程建设采用的设计阶段基本上是一致的,其解决的主要问题与原则是大致相同的。通常,国内、外划分为以下几个设计阶段,见表1-1。

岩土工程勘察是为工程的规划、设计、施工提供详细的地质资料的,它的各项工作及深度、广度必须与工程设计阶段相适应,满足设计部门的各种需要,以解答工程建设中各阶段

表 1-1 工程设计阶段的划分

国 内	欧 美	原苏联(东欧)
规划或草图设计阶段	可行性前期研究阶段	技术经济论证阶段
初步设计(可行性研究阶段)	可行性研究阶段	技术经济论证阶段
技术设计阶段	设计阶段	技术设计阶段
施工图设计或施工详图阶段	设计阶段	施工详图阶段

表 1-2 国内不同部门岩土工程勘察阶段的划分

勘察阶段	I	II	III	IV
岩土工程勘察	可行性研究勘察(踏勘)	初步勘察(初勘)	详细勘察(详勘)	补充勘察
设 计	规划或草图设计阶段(规划)	初步设计(可行性研究阶段)(初勘)	技术设计阶段(设计)	施工图设计或施工详图阶段(施工图设计)
水 工	流域规划(坝段)	可行性研究(坝段)	初设(坝线)	施工图设计(施工)
铁路公路	草测(定向)	初测(定段)	定测(定线)	施工
城 建	区域规划(城址)	总体规划(第一批建筑)	详细规划(具体建筑)	施工

提出的地质问题并进行评价。

为此,岩土工程勘察根据不同部门的设计要求,划分了不同的勘察阶段(表 1-2)。

勘察阶段的划分依据是按照设计阶段来划分的,以水利部门拟定的方案为例,其对勘察阶段划分为以下 4 个阶段:

(1) 规划阶段的岩土工程勘察:此阶段对于设计方面来讲只是一个初步设想,了解工程能否修建和在何处修建,工程的技术可能性和经济合理性,工程地点和线路的走向只是轮廓性的,着重控制工程和近期修建工程的地段选择。

岩土工程勘察在此阶段的主要工作是查明区域岩土工程条件,对区域稳定性进行论证,对控制性工程和可能的建筑区作出定性的岩土工程评价,并提出几个比较方案。在拟建工程区进行中、小比例尺的岩土工程测绘,是该阶段的主要勘察方法,其他方法只是辅助性的,以达到全面了解工作区的岩土工程条件,反映出主要岩土工程问题为目的。

(2) 可行性研究阶段岩土工程勘察:相当于城建部门的选厂址阶段和铁路部门的初步测定阶段。这一阶段的重要任务是选择建筑物的位置、线路方案及局部方案(桥、涵洞、隧道等路堑)、厂址和主要建筑位置、水电工程的坝址坝线。

岩土工程勘察工作以上述目的,往往在几个方案的地点上同时做一些工作,尽管这些工作在各个地点不相同的,工作量是有差异的。目的是为了比较详尽地查明各地段的岩土工程条件、各自存在的岩土工程问题及严重程度,并对其进行定性和适当的定量地评价,以比较各方案的优劣,选择最优方案,并为初拟建筑物的类型选择和规模提供资料。本阶段的岩土工程勘察以大、中、比例尺的岩土工程测绘和岩土工程勘探为主,详细了解地面地质和地下地质情况,配合比较多的室内试验和少量原位试验。

(3) 技术设计(详勘)阶段:设计部门要确定建筑物的具体位置、结构型式、规模,以及相关建筑物的相互配置方式。此时的岩土工程勘察工作是大量的,但由于地点已选定,勘察

范围已大大缩小(某一坝线、某一洞轴线、某一建筑场地)勘察方法以勘探和试验为主,在重要部位(如坝肩、厂房、洞口等)地段采用大比例尺、高精度的地质测绘,尤其是大型原位试验工作量很大,以保证全面、详细、准确地查明岩土工程条件,定量地评价岩土工程问题的严重程度,以及处理的措施和技术参数。

(4) 施工图阶段(补充勘察阶段):设计方案及图纸已确定,为达到设计要求,一些有问题的地段必须进行补充勘察,对具体的处理措施的可靠性及技术参数须加以论证,并进行施工中的地质编录工作,以及时发现问题。

有了勘察阶段的划分,勘察工作就能有步骤地进行。在勘察工作中,应当体现出范围由大到小,先地表后地下;内容由粗到细,工作量由大到小,先主要建筑后次要建筑;评价由简单到深入,由定性到定量的勘察精神。此外,勘察阶段的划分也是符合认识的客观规律性,即由表及里,由现象到本质,由片面到更多方面,由感性认识到理性认识的认识过程;并且也符合经济的原则,即先普查,后勘探,再施工,从而可保证建筑物的安全与正常运营,避免因仓促上马而造成的重大经济损失。

勘察阶段的划分基本上应与设计阶段相适应,对于大型工程的勘察工作,上述几个阶段应有比较明显的划分和适宜于各阶段的具体任务。但是,某些工程的勘察,在区域资料比较丰富或有相应的工程勘察资料的前提下,勘察阶段可以归并或减少,三次、二次甚至于一即可完成。但须注意,这种归并与减少一般是对踏勘、初踏的归并与减少,而详细勘测则必须进行。那种完全取消勘察工作或不把勘察工作的重要性放在应有地位的“三边”(即“边设计、边勘察、边施工”)政策,应坚决予以纠正。

第三节 各勘察阶段的主要任务

在进行工业与民用建筑的岩土工程勘察或城市规划的勘察过程中,勘探工作是重要手段之一。勘探孔的密度与深度主要决定于勘察阶段、建筑场地岩土工程条件的复杂程度、建筑物的重要性、地基的等级以及岩土工程勘察的等级等情况。因此,为了确定勘探工作量,首先要对影响其工作量的主要因素进行讨论。

一、影响各勘察阶段任务的主要因素

各项工程建设的岩土工程勘察任务大小不同,工作内容、工作量(包括钻孔的数量、孔深、取原状土试验项目与原位测试种类的多少,等等)及勘察方法也不一样。为此,首先要确定岩土工程勘察等级;其次,分析建筑场地岩土工程条件复杂程度,确定建筑场地等级和地基的等级;再次,根据建筑物的规模及工程的重要性确定工程重要性等级,建筑场地的岩土工程研究条件程度、建筑经验;最后,地基设计和施工的具体要求,也是影响各勘察阶段任务的主要因素。

1. 场地的复杂程度

综合有关规范、规定,按建筑场地岩土工程条件复杂程度,将其划分为:简单的;中等复杂的;复杂的三类。

一级场地(复杂场地):符合下列条件之一者为一级场地:①对建筑抗震危险的地段;②不良地质作用极度发育;③地质环境已经或可能受到强烈破坏;④地形地貌复杂;⑤有影响

工作的多层地下水、岩溶裂隙水或其他水文条件复杂,需专门研究的场地。总之,地形起伏大,地貌单元多,岩层结构复杂,非均质性,透镜体较多,压缩性大,地基内有断裂通过,对震动敏感的地层,不良地质现象发育;地下水埋藏小于基础的埋置深度,且具有腐蚀性的场地为一级场地。

二级场地(中等复杂场地):符合下列条件之一者为二级场地:①对建筑抗震不利的地段;②不良地质作用一般发育;③地质环境已经或可能受到一定破坏;④地形地貌较复杂;基础位于地下水位以下的场地。总之地形有起伏,地貌单元较多,岩层种类较多,非均质程度高,地基压缩层内基岩起伏较大,压缩性中等,局部有不良地质现象;地下水埋藏对基础有一定影响的场地为二级场地。

三级场地(简单场地):①抗震设防烈度等于或小于6度,或对建筑抗震有利的地段;②不良地质作用不发育;③地质环境基本未受破坏;④地形地貌简单;⑤地下水对工程无影响。总之地形平坦,地貌单一,地质构造及地层结构简单,岩土体强度高,而岩性均匀,土体对压缩性小,无不良地质作用;地下水埋深大,且对基础无不良影响和腐蚀性的场地为三级场地。

通常情况下,场地与地基等级的确定,从一级开始,向二级、三级推定,以最先满足判别条件的为准。

2. 地基的等级

通常情况下主要是根据地基的复杂程度进行地基的分级的,一般分为三级:

一级地基(复杂地基):符合下列条件之一者为一级地基:①岩土种类多,性质变化大,需特殊处理;②地下水对工程影响大,且需特殊处理;③多年冻土、湿陷、膨胀、盐渍、污染严重的特殊性岩土,以及其他情况复杂需作专门处理的岩土。

二级地基(中等地基):符合下列条件之一者为二级地基:①岩土种类较多,性质变化较大,地下水对工程有不利影响;②除一级地基规定以外的特殊性岩土。

三级地基(简单地基):符合下列条件者为三级地基:①岩土种类单一,均匀,性质变化不大;②无特殊性岩土。

3. 工程重要性等级

通常根据工程规模和特征,以及由于岩土工程问题造成工程破坏或影响正常使用的后果,来划分工程的等级:

一级工程:①重要的建筑物,出现问题很严重,如:纪念碑、纪念馆、剧院、工业主厂房、精密车间等,水厂;②20层以上的高层建筑;③体形复杂的14层以上高层建筑;④对地基变形有特殊要求的建筑物,科技实验室、水泵房等;⑤单桩承受的荷载大于4000 kN的建筑物。

二级工程:一般工程建筑物,出现问题后果严重的,一般工业与民用建筑如8~14层建筑物。

三级工程:次要的建筑物,出现问题后果不严重的,通常为1~3层建筑物。

4. 工程勘察等级

根据工程重要性等级、场地复杂程度等级和地基复杂程度等级,可将岩土工程勘察分为以下三个等级:

甲级:在工程重要性、场地复杂程度和地基复杂程度中,有一项或多项者为一级。一般情况是:①场地条件:抗震设防烈度 ≥ 9 度;存在强烈动力地质作用的地区;地质环境经人类工程活动导致产生破坏的场地;顺层倾斜场地或断裂破碎带场地;②地基土质条件:极弱软