

岩土工程地质研究方法手册

〔苏〕E.M.谢尔盖耶夫 主编

地质出版社

-62
X

152.61
281X
2.1

岩土工程地质研究方法手册

第1册 野外方法

〔苏〕E·M·谢尔盖耶夫 主编

李生林 刘蕙兰 译
孙桂玉 校

地质出版社

序

内 容 提 要

由 E. M. 谢尔盖耶夫主编的《岩土工程地质研究方法手册》共两册, 第二版经修订补充后由莫斯科“地下资源”出版社出版。本书为其第 1 册。

书中系统介绍了用于岩土工程地质研究的野外方法: 数学方法、地面观测法、岩土工程地质测试、地球物理方法、宇航法、穿透-测井法等。第二版(第一版, 1968 年)收集了岩土工程地质研究领域的最新成果和许多生产单位的实践经验。

本书可供从事地质、勘察、科研、结构设计以及工程建筑事业的专家参考, 也可作为高等院校地质系学生的教学参考书。

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

По Инженерно-Геологическому

Изучению

Горных Пород

В Двух Томах

Издание Второе

Переработанное И Дополненное

Под Редакцией Е. М. Сергеева

Том 1

Полевые Методы

Москва “Недра” 1984

岩土工程地质研究方法手册

第 1 册 野外方法

〔苏〕E. M. 谢尔盖耶夫 主编

李生林 刘蕙兰 译

孙桂玉 校

责任编辑 王肇芬

地质出版社出版发行

(北京和平里)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 16.375 字数: 389000

1990年7月北京第一版·1990年7月北京第一次印刷

印数: 1—2400册 国内定价: 9.25元

ISBN 7-116-00634-6/P·539

前 言

《岩土工程地质研究方法手册》一书是莫斯科大学地质系土质学和工程地质学教研室、全苏水文地质工程地质研究所 (ВСЕГИНГЕО), 建筑工程勘察科学研究所 (ПНИИИС), 莫斯科地质勘探学院 (МГРИ) 和水利电力设计院等单位专家们的集体劳动成果。

新编第二版的编写原则与第一版相比略有不同。第一卷介绍岩土工程地质研究的野外方法; 第二卷介绍实验室方法和工程地质数据资料的数学整理方法。每一卷都又分为篇, 分别介绍岩土组成成分、结构、构造和性质的研究方法。在每一篇中相应地介绍了适用于坚硬岩石和松软土的各种研究方法。这样编排是为了: 第一、可以较全面地包括现有的野外和实验室的岩土工程地质勘测方法; 第二、有助于读者有目的地去选用各有关方法; 第三、使岩土的性质与其成分和结构紧密相联系。

第二版的另一重要特点是, 介绍了从微观到岩土体不同研究水平的工程地质研究方法。这反映了岩土工程地质勘测从局部到整体, 从微观到宏观研究方法的总趋势。近年来对岩土层和岩土体的研究极为注意, 要求广泛采用在野外条件下直接测试岩土的方法。在这种情况下, 把组成岩土层和岩土体的岩土看成是由固体、液体、气体和微生物组成的复杂、多相动态体系。

本书自第一版 (1968) 问世以来, 在岩土工程地质研究的野外和实验室研究方法上, 发生了深刻的变化; 出现了许多崭新的方法, 并在工程地质勘察实践中得到了应用。鉴于此, 本书也介绍了传统的研究方法并指出了它们的优缺点, 但本书的主要注意力是放在实践中取得较好效果的那些方法。

此外, 本书还辟出新的章节, 论述诸如研究岩土中生物 (微生物) 组分的方法以及各种方法在岩土研究中的合理组合系统等等。

作者诚恳地接受对本版本的批评和建议。来函请寄: 119899, 莫斯科, В-234, 莫斯科大学地质系土质学和工程地质学教研室。

目 录

前 言	(Е. М. Сергеев)	
绪 论	(Е. М. Сергеев, В. А. Королев)	(1)

第 1 篇 岩土工程地质测试方法

第1章 工程地质测试的目的与结构	(Г. К. Бондарик)	(10)
1.1 概述		(10)
1.2 不同工程地质勘察阶段地质体的测试方法		(11)
1.3 层状地质体的工程地质测试		(14)
1.4 工程地质测试所必要的原始资料		(15)
第2章 工程地质测试系统	(Г. К. Бондарик)	(17)
2.1 地质环境时-空变化的理论要素、地质参数场的概念		(17)
2.2 工程地质测试系统		(18)
2.3 关于时-空测试系统的简要说明		(20)
第3章 试样数量的确定	(М. И. Горалъчук)	(21)
3.1 概述		(21)
3.2 准均匀区边界的确定		(24)
3.3 置信界限法		(26)
3.4 概率比的连续检验法		(29)
3.5 最佳抽样法		(34)
第4章 测试系统的计算	(Г. К. Бондарик)	(36)
4.1 概述		(36)
4.2 一维测试系统参数的计算		(37)
4.3 二维测试系统参数的计算		(39)
4.4 三维空间测试系统参数的计算		(41)
4.5 时-空测试系统的参数		(42)
4.6 关键标准段的次数、面积和形式的计算		(43)
第5章 岩土试样的采取、封存和保管	(М. И. Горалъчук)	(45)
5.1 采取试样的方法		(45)
5.2 从试坑和天然露头采取原状试样的方法		(47)
5.3 钻孔原状试样的采取		(47)
5.4 岩石试样的采取		(48)
5.5 扰动结构试样和原状试样的封存、包装和保管		(49)
5.6 原状试样的拆封次序和分析试样的切取		(49)

第2篇 岩土组成成分的研究方法

第6章 岩土固相成分的研究方法	(51)
6.1 概述 (В. И. Осипов)	(51)
6.2 研究岩土岩性类型的航测法 (А. В. Садов)	(52)
6.3 研究岩土矿物成分和有机物质的目测法 (Л. В. Шаумян, С. Д. Филимонов)	(58)
第7章 岩土液相成分的研究方法	(69)
7.1 概述 (В. Г. Трофимов)	(69)
7.2 岩土含水量的定量研究 (Н. П. Затенацкая, Д. А. Манукян)	(70)
7.3 土中孔隙溶液的提取 (В. А. Королев)	(77)
7.4 孔隙水成分的研究 (Н. П. Затенацкая)	(80)
第8章 岩土气相成分的研究方法	(90)
8.1 岩土气相成分的简要说明 (Е. Н. Огородников, В. А. Королев)	(90)
8.2 研究自由、密闭和吸附气体的岩土测试 (Е. Н. Огородников)	(91)
8.3 研究溶解气体的岩土测试 (Е. Н. Огородников)	(94)
8.4 土中气体组成成分的研究 (Е. Н. Огородников)	(94)
第9章 岩土中生物组成 (微生物) 的研究方法 (И. Н. Болотина)	(97)

第3篇 岩土和岩土体结构构造的研究方法

第10章 岩体研究	(104)
10.1 工程地质编图中对岩体结构构造基本特征的描述 (Л. В. Шаумян)	(104)
10.2 遥感仪器法 (В. С. Федоренко, Б. М. Фаминцын)	(109)
10.3 地球物理方法 (В. Н. Никитин, Л. В. Шаумян)	(117)
第11章 土及土体结构的研究	(123)
11.1 目测法 (Б. А. Соколов)	(123)
11.2 遥感仪器法 (В. С. Федоренко)	(128)
11.3 地球物理法和穿透一测井法 (В. Н. Никитин, Т. А. Грязнов)	(130)
11.4 粒度成分的测定 (Е. А. Толстых, С. Д. Филимонов)	(136)
第12章 研究岩土和岩土体结构构造时多种方法的配合 (В. И. Осипов, Т. А. Грязнов)	(143)
12.1 概述	(143)
12.2 在各种技术手段条件下多种方法的综合应用	(143)
12.3 在单一钻进方式下多种方法的综合应用	(144)

第4篇 岩土和岩体状态和性质的研究方法

第13章 岩土和岩体状态的研究方法	(148)
13.1 应力状态的研究 (З. В. Калинин, Л. В. Шаумян, В. И. Осипов)	(148)
13.2 紧密度与湿度的研究 (Г. А. Грязнов, В. С. Федоренко)	(158)
13.3 裂隙性的研究 (Л. В. Шаумян, В. Н. Никитин)	(163)
13.4 岩石风化程度的研究 (С. В. Николаев, В. Н. Никитин, В. С. Федоренко)	(174)
第14章 岩土和岩土体渗透性和水稳性的研究方法	(182)
14.1 水文地质计算的主要参数 (А. Г. Милихикер, А. Г. Степаненко)	(182)
14.2 钻孔抽水试验 (А. Г. Милихикер, А. Г. Степаненко)	(183)
14.3 研究岩石透水性的钻孔压水试验方法 (А. Г. Милихикер, А. Г. Степаненко)	(189)
14.4 试坑注水试验	(193)
14.5 岩土和岩土体水稳性的研究 (В. А. Королев)	(197)
第15章 岩土变形性质的研究方法	(203)
15.1 研究岩土变形性质的静力载荷法 (В. А. Осипов)	(203)
15.2 研究岩土变形性质的旁压仪法 (Г. П. Корчагин, С. Л. Коренева)	(213)
15.3 研究变形性质的地球物理方法 (В. Н. Никитин)	(222)
第16章 岩土强度性质的研究方法	(229)
16.1 岩体强度的测定 (Л. В. Шаумян, С. В. Николаев)	(229)
16.2 研究松软土强度的剪切试验法 (В. И. Осипов, С. Д. Филимонов)	(235)
16.3 研究软土强度的叶轮板 (十字板) 试验法 (Г. П. Корчагин, С. Л. Коренева)	(241)
16.4 研究岩土强度的反算法 (З. В. Калинин)	(247)
参考文献	(252)
专业词汇俄汉对照	(254)

绪 论

苏联工程地质学发展史

19世纪中叶,俄国曾出版了大量的研究岩土专著和文章。工程师们在这些专著和文章中,把岩土作为工业建筑、水坝和其它建筑工程的地基、介质和材料加以研究,并将冲称作“土石”(грунт)。

在刚开始修建铁路工程时,建筑工程师们的知识显得不足。当时吸引了一批俄国著名的地质学家:И.В.穆什克托夫(Мушкетов),А.П.帕甫洛夫(Павлов),В.А.奥勃鲁切夫(Обручев),А.П.卡尔平斯基(Карпинский),Ф.Ю.列维松-列辛格(Левисон-Лессинг),С.А.亚科夫列夫(Яковлев)等,并在地质学中形成了一个“工程”研究方向。在20世纪初,俄国曾广为流传着“地质-技术”和“技术-地质”勘察等名词术语。

随着农业的发展,出现了在大范围内研究土壤的必要性。对自然条件各异的广阔的俄罗斯地域土壤的研究,促使俄国学者В.В.多库恰耶夫(Докучаев),Н.М.西比尔采夫(Сибирцев),П.А.科斯蒂切夫(Костыцев),В.Р.维廉姆斯(Вильямс),К.К.格德罗伊茨(Гедроиц)等人创立了一门关于土壤的科学——土壤学,形成了土壤学的基本理论,即土壤的性质是在其生成过程中形成的,并研制了研究土壤的物理-化学方法。后来,由В.В.多库恰耶夫的学生和追随者们,特别是П.А.泽米亚特钦斯基(Земятченский),Н.И.普罗霍洛夫(Прохоров),Ф.П.萨瓦连斯基(Саваренский),М.М.费拉托夫(Филатов)等人把所有上述理论与方法移植到土质学和工程地质学中。这样,在20世纪初,俄国就已具备了发展与建筑事业有关的地质科学的某些先决条件。它应该是地质学与工程学,力学与物理化学的边缘学科。

可以认为,工程地质学诞生于1923年。当时,Н.И.普罗霍洛夫,П.А.泽米亚特钦斯基和Н.Н.伊万诺夫(Иванов)在彼得格勒为修建铁路而开始研究岩土。这就产生了后来成为工程地质学主要分支之一的土质学。

几乎是与土质学同时,在地质学中又形成了一个与水工建筑物有关的科学方向,称作工程地质学。它的实质是,除研究岩土外,还特别注意研究区域的地质结构、水文地质条件和各类地质作用,其中既包括了自然地质作用,也包括了工程地质(人类活动的)作用。在俄国,由于Ф.П.萨瓦连斯基,Г.Н.卡明斯基(Каменский),Н.Ф.波格列鲍夫(Погребов)等人的努力,建立了工程地质学,各类地质作用当时是工程地质学的主要研究对象。

1929年在列宁格勒矿业学院组建了第一个工程地质学教研室。1930年在列宁格勒大学建立了第一个土质学教研室。这两个教研室的建立证明,俄国到30年代初期就已经需要此类专门人才了。莫斯科地质勘探学院工程地质学教研室(1931)和莫斯科大学土质学教研

室(1938)的组建则具有更大的意义。

不能脱离岩土上去研究地质作用,因为它们是在岩土中发育的;在研究岩土时也不能不考虑地质作用,因为在它们的影响下岩土会发生变化。因此,随着土质学和工程地质学(实质上是工程动力地质学)的发展,它们彼此之间的联系扩大了。

苏联在伟大的卫国战争之后,工程地质学面临了新的任务:评价那些对国民经济开发具有前景的大区域,诸如评价东、西西伯利亚,中亚地区等等。从而诞生了区域工程地质学,其奠基者是И·Б·波波夫教授。

这样一来,工程地质学就变成了由三个主要分支组成的学科,其中每一个分支都有自己的研究对象:土质学研究所有的岩石和土壤、工程动力地质学(研究内、外动力地质作用和人类活动引起的一切地质作用)和区域工程地质学。岩石、土、地质作用和一定的地域就成了工程地质学的研究对象。

必须强调指出,苏联从一开始研究就将岩土看成是随时间而变化的、自然的多组分动态体系,岩土的成分、结构和性质受其形成条件和形成后的改造所决定。根据这些观点,曾完成了岩土化学矿物成分和结构对其性质影响的基础研究;研究了岩土不同组分相互作用下物理化学作用的规律性;提出了松软土的性质形成于其成岩过程的理论;对认识土的压缩、强度、蠕变、湿陷、流动、触变等特性的本质作出了巨大贡献;以及研制出了在建筑实践中曾广为采用的人工加固土的理论原则和方法。

本书反映了岩土是多组分体系的观点。这点非常重要,因为只有坚持这一观点才能解决合理利用和保护地质环境的问题。

关于地质环境的概念 科学技术的进步提出了合理利用与保护地质环境的课题。不仅人类活动依赖于周围的自然环境,而且人类本身也能严重地影响自然环境。这是生产力发展到一定水平才有可能的事实。

在19世纪初期,生产力的发展水平相当低,致使许多先进学者坚信,人类的力量根本无法与自然界的力相比。

例如,C·莱伊尔(1797—1875)在其“地质学入门”(1831—1833)的专著中写道:同自然界的力相比,人类的力量是微不足道的。随着生产力的发展,人类在自然界中的力量无与伦比地提高了。B·И·维尔纳茨基在“论智能圈”(1944)一文中这样写道:“智能圈是我们星球上的一个新的地质现象。在智能圈中人类首次成了巨大的地质力量。人类能够而且也应该以自己的劳动和智慧,与过去相比从根本上改建自己的生活领域。在人类面前展现了越来越广阔的创造可能性……。地球的面貌改变了,未经开垦的大自然消失了”。

B·И·维尔纳茨基对人类作用的论述不仅仅是针对岩石圈的,按照他的观点,整个大自然都处于人类作用影响之下,因为岩石圈、水圈、生物圈和大气圈是彼此密切联系的。

假如人类已成了“巨大的地质力”(在B·И·维尔纳茨基文章问世后40年的今天,可以说人类已经成了这种力),也就是说,如果岩石圈在人类影响下发生变化,那么生物圈、大气圈和水圈更要遭受很大的变化。

无疑,在地球上仍保留着尚未遭受人类活动改变过的自然条件。人类活动到哪里,那里的自然条件也就随之改变。人类活动也受其周围的具体自然条件控制。由此也就出现了“周围环境”这一术语。周围环境由自然环境中的四个主要部分组成:岩石圈、水圈、大气圈和生物圈。所有这些组成部分彼此之间相互作用,同时也与人类社会处于相互作用之

中。

В·И·列宁在“哲学笔记”中区分出“两种客观作用形式：自然界的作用（机械的和化学的）和人类有目的的活动”^{*}。周围环境就是在这两种作用形式影响下发展起来的，因此，它是由于科学技术的进步而产生的一种新的自然-社会概念。

地质科学是研究岩石圈的，所以，可以把岩石圈作为周围环境组成之一的那一部分称作地质环境。

人类生存和活动于岩石圈表面和近表层部分；这部分恰恰就是地质环境。正是在这里，不以人类意志为转移、强烈地发育着各种地质作用。А·В·西多连科（Сидоренко）于1967年写道：“现在人们的注意力已转向空间。与此同时，地质学者们为了达到所谓的上地幔，正计划穿透地球的深部。毫无疑问，认识和掌握了地壳深部，对于理解地壳中发育着的许多地质作用，首先是地壳构造运动（它是地球发展的主导作用）的原因具有莫大的意义。但也不要忘记直接在地表和近地表部分发育的那些地质作用的巨大意义。研究这些作用，特别是考虑到人类对这些作用的干预问题，丝毫不亚于研究掌握宇宙空间、近地空间或地球深部的意义。”

总之，地质环境指的是地壳中积极发育着地质作用的那一部分。这些地质作用无论是对岩石圈本身的形成，还是对人类的活动均具有巨大的影响。

А·В·西多连科强调指出，由于人类的干预，地质作用的意义逐渐增强。1975年工程建筑物占据地球陆地的面积为5%；预计至2000年这一数字将达到15%。此时还应该考虑到工程建筑物按面积分布的不均匀性。苏联有8%以上的领土为冻土带，约10%的领土是强沼泽化地区，近5%是属于高山区，流动沙地也占据了3%以上的面积。这样一来，约有25%以上的领土不适于建造工程建筑。

在这种形势下，某些工程建筑物的数据可以和地球的个别数据相比。例如，苏联水库边岸线的长度于1968年为33000km。在这样长的距离范围内发育着库岸再造作用，由于自然条件的不同，此种作用还伴随有沼泽化、盐碱化以及滑坡和其它作用的产生。

苏联灌溉干渠的总长度已达300000km，此数相当于地球至月球距离的3/4；公路与铁路的长度是 1×10^6 km，这比地球至月球的距离长出1.5倍还多。无论是灌渠，还是道路都给地质环境带来一定的影响。

至20世纪末，全球大约将有一半以上的人口居于城市，城市具有特殊的作用。根据1979年的人口普查，苏联现在已有62%的人口居于城市。城市是人类影响岩石圈表层最强烈、最多种多样和最显著的地区，并且这种影响可达相当大的深度。

在兴建各类工程建筑物时，首先是岩土的成分（固、液、气相的和生物的成分）发生了变化。因此，建筑区域的地质环境按其各组分的成分，都在一定程度上与岩石圈的其余部分有所不同。

综上所述，所谓地质环境指的是组成岩石圈表层的，并处于人类工程-经济活动影响之下的一切岩石和土。人类的工程-经济活动引起了岩土成分（当然还有性质）和自然地质作用的变化，并且还产生了能影响一定地区工程地质条件的人为地质作用。地质环境与岩石圈其它部分的区别在于，岩土和在其中发育着的地质作用的特点不同。

* В·И·列宁，哲学笔记，列宁全集，第29卷，169—170页。

随着科学技术的发展,人类对岩石圈的影响更加多样化。人类越来越深入地深入到地球的内部。因此,地质环境的特征也就愈加多样化,它的影响深度也在不断增大。

在开采矿产条件下,地质环境的影响深度最大,可达1000m或更大;在城市建筑和水工建筑(水坝、水电站)情况下,其影响深度大体上是100m;而在土壤改良、道路和农业地区民用建筑条件下,此影响深度为10m。与此相应地按上述三个层次分析地质环境在人类活动影响下的变化,较为适宜。

苏联共产党第24、25和26次代表大会,都曾对环境问题(包括地质环境)给予了极大的注意,其意义将与日俱增。在所有的地质科学中,工程地质学与地质环境的合理利用与保护问题关系最为密切。因为,正是工程地质学研究人类与岩石圈的相互作用。正如E·M·谢尔盖耶夫*认为的那样,在现代的发展水平上,可将工程地质学定义为研究地质环境的科学。

由此可见,从工程地质角度认识岩土的成分、结构和性质,不仅仅是为了解决有关某些建筑工程具体问题的需要;而且对研究周围环境,首先是地质环境,解决全球性课题也是必需的。

工程地质学研究方法分类

众所周知,在科学的研究对象与方法之间存在着辩证关系。在二者的相应关系中,研究对象是主导的、决定性的方面;而方法如果是正确的话,它就应当是完全真实地反映研究对象。按照B·M·克德罗夫(Кедров)的见解,科学方法不是别的,而是揭示事物本质、认识事物规律,取得完全真实地和全面反映研究对象的一般方法。因此,在科学方法中应表达出研究对象本身的内容,它的内在本质。这些就决定了研究自然现象(包括工程地质现象)一般科学方法的客观意义。不管科学方法如何重要,但与科学研究的对象相比,它永远起从属作用,并完全取决于科学研究对象的性质。

谈及整个科学方法的分类和工程地质学方法在其中的位置时,首先应适当地将它们分为两个主要范畴:1)认识世界的普遍方法,它是唯物辩证法哲学定律的反映;2)具体学科的专门方法,它研究专门的对象。无论是普遍适用的方法,还是具体学科的专门方法,都同样地可再分为一般方法和特殊方法。物质世界最普遍的发展规律构成了辩证唯物主义方法的客观基础。辩证法并不代替其它科学(包括地质科学)的研究方法,而是它们的一般哲学基础,也是认识一切科学领域的主要武器。

科学方法是认识客观事物的一定体系,借助它实现知识的形成和分析过程。自觉地运用有科学基础的认识方法是获取新知识的重要条件。但是,所运用的方法只有在它能够最完整和最全面地在科学知识方面反映研究对象的客观性质和因果关系时,它才能成为有效的方法。因此,马克思主义认识论驳斥唯心论对方法的解释。唯心论认为方法是由研究者们为便于形成知识而随意炮制的一些规律的总合。

众所周知,马克思主义的认识论提出两种科学认识标准:经验的和理论的。它们彼此紧密相联,并且是科学认识的统一过程。在这种情况下,基于马克思主义认识论所形成的

* E·M·谢尔盖耶夫,工程地质学是关于地质环境的科学,工程地质学,1979, No.1, 第3—19页。

主要方法原则，不仅完全适合于理论的认识，而且也完全适合于经验的认识。

综上所述，作为专门方法，可以将工程地质方法理解为，是认识地质环境的某种方法体系，借助它实现工程地质知识的形成、积累和分析过程。既然工程地质学研究方法是具体科学的方法，所以它是专门的方法。它同样也包括一些特殊的方法（图1）。

工程地质学所采用的一般方法中，首先是纯地质学的方法：区域-成因方法和地质-历史方法。在地质科学中，这些方法有其历史根源。M·B·罗蒙诺索夫在他的地质论著中，曾发表了许多论点：诸如岩土的成分和性质取决于它们形成的方式、时间和地点，岩土在内、外动力地质作用影响下将逐渐地、不间断地发生变化等等。

但是，在现代工程地质学中，研究者们对所述研究方法缺乏统一术语。某些研究者（П·Н·潘纽科夫等人）将所述方法合并在一起，并冠以“区域-地质方法”的统一名称。然而，这些方法的含义却没有丝毫改变，即地质现象和作用是由该地区的具体发展史所决定的。

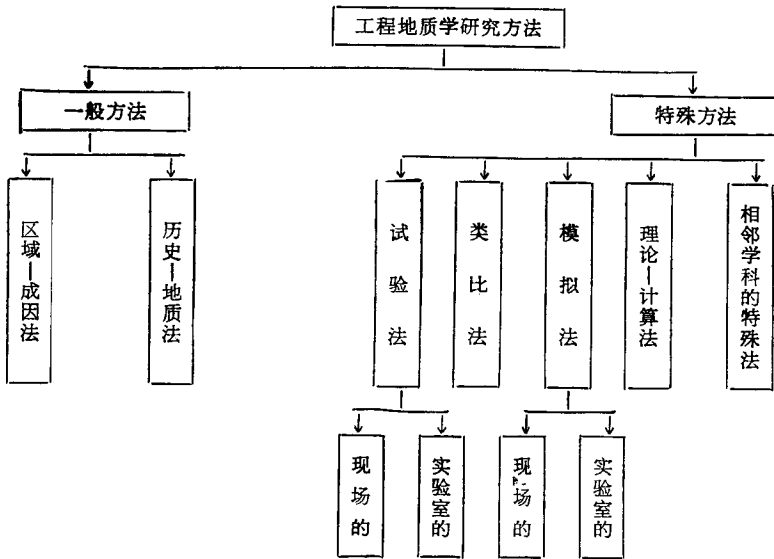


图 1 工程地质学研究方法体系

区域-成因和历史-地质方法首先是要求弄清该地区的地质发展史和地质结构的各种特征，并将此看作是岩土物理的、物理-化学的和物理-力学性质形成的基本因素。这就意味着，要研究岩土的成因、时代和时代-成因特征；确定它们在现代地质剖面上的分带条件；搞清地理分带因素对岩土风化作用的影响以及解释它们的结构-构造特征。

对这些关系的研究是在该地区正确开展岩土研究、进行工程地质预测和为建筑设计拟定技术标准建议的科学基础。

工程地质学采用的特殊方法有：1) 工程地质实验方法（工程地质测绘和勘探，现场试验，长期动态观测，地球物理方法和实验室方法）；2) 类比法（地质比拟法）；3) 工程地质模拟法；4) 理论计算法（相关、统计和数学计算方法等）。由于工程地质学是处于数门科学边缘上的学科，因此除其本身的特殊研究方法外，还广泛采用与其相邻的地质学和工程建筑学（水文地质学、冻土学、土壤学、力学等）以及数学、物理学、化学的研究方法。

在工程地质研究中采用何种方法,主要取决于下述具体情况:工程地质研究对象的特点、研究目的、科学研究课题的性质、具体所在地区或者工程地质方面的研究精度。在认识的经验水平上,工程地质学还特别广泛地采用诸如观测、描述、试验、测量等具体的特殊研究方法。随着由经验认识阶段向理论概括阶段的过渡,方法论原则的作用将无比增大。理论-计算法尤为如此。

工程地质研究的一般方法在各种工程地质学教科书与手册中,已有相当详细而全面的介绍。

工程地质学特殊研究方法评述

采用不同仪器、设备的各种实验方法及工程地质勘察中的许多方法都可归为实验方法类。借助于这些方法对已知建筑场地地质条件的定性评价和鉴定,可以补充得到有关岩土成分、结构和地质的定量信息以及研究地区地质作用和现象的定量特征。

工程地质勘察中的实验方法包括工程地质测绘、勘探、现场试验、动态长期观测,地球物理的和实验室的方法等。实验方法在组织和进行各类工程地质科学研究工作中,同样具有重要作用。

1. 工程地质测绘方法是一种综合研究方法,包括研究、评价和把地区工程地质条件特征的各项要素表示于图上等都是该方法的内容,它还包括纯测绘方法(如“关键地段”的路线测绘方法)、与测绘有关的一些补充方法(如显示景观、航空摄影、宇航、地球物理、山地掘进和钻探等方法)以及其它一些为保证研究精度所必须的一些方法。上述方法主要用于工程地质调查研究的踏勘阶段,在初步勘察和详细勘察阶段用得较少。此外,这些方法还取决于工程地质测绘的比例尺和类型。在工程地质测绘中借助各种遥感和地面(路线)的方法进行岩土性质的研究,其中包括成分和状态的研究,这些方法详见本书第一册。有关测绘的方法问题,其中包括工程地质制图方法问题,在相应的参考文献中已有详细介绍。

2. 工程地质勘探方法主要研究地质剖面 and 采取岩土试样(采样)供进一步的实验室研究以及布置野外现场试验工作。勘探方法又可分为钻探和山地工程勘探。钻探根据钻进方式又可再细分为冲击式钻探(钢绳冲击钻、抓斗钻、气动冲击钻等),旋转式钻探(岩心钻、螺旋钻、转盘钻等)和综合式钻探。山地勘探分为探槽、竖井、探硐等工程。通常,勘探多与地球物理和贯入测井方法综合使用。

勘探工程主要用于详细工程地质勘察阶段,在路线踏勘和初步勘察阶段中很少采用。

3. 野外现场试验方法常用于研究岩土的成分、结构、状态和性质。这是多种工程地质勘察方法中的一组方法,放在本书的第一册中进行介绍。因为在各类工程建筑的设计中,只有在野外现场试验的基础上,才能作出最优和经济的工程方案。

野外现场试验方法包括以下几种方法:

研究岩土组成成分的方法(研究岩土固、液、气态和生物成分的仪器测定法);

研究岩土结构构造的方法(研究岩土结构和构造、粒度成分等的仪器方法);

研究岩土状态的方法(研究岩土的含水程度、密度、裂隙度、风化程度和应力状态等的实验-仪器测定法);

研究岩土性质，主要是物理-力学性质的方法（研究岩土变形、强度和流变性质的实验仪器方法，其中包括试坑和钻孔载荷试验、压力测量、十字板探测、剪切试验、试坑崩落、挤出等）。

所有上述方法主要用于详细工程地质勘察阶段，在初步勘察阶段很少应用。

4. 动态长期观测方法常用于定量评价各种地质作用（新构造、地震、外动力地质和工程地质作用）的发生、发展，地下水动态以及校核工程地质预测的正确性等方面。B·Л·洛姆塔泽和Г·С·卓洛塔廖夫（Зологарев）认为：为了各类工程建筑的设计和施工，要求掌握地区或建筑场地工程地质条件的全面特征，这就需要采用动态长期观测方法。此时不仅需要掌握工程地质条件，而且需要掌握条件发展的动力学，即构成这些条件的各个要素随时间的变化。在各观测站上观测地质作用和现象的动力学，以搞清它们的规律性和控制因素，这便是动态长期观测的内容。

运用动态长期观测方法可解决下述工程地质任务：1) 取得地质作用和现象随时间而变化的定性、定量特征和评价；2) 确立各种地质作用和现象的发育规律和揭示它们的起因；3) 预防灾害性和危险性地质作用的发生与发展；4) 预测各种地质作用，包括危险作用的发展趋势；5) 提出保护地质环境所需的必要措施的根据。

动态长期观测可分为以下几种类型：1) 气象和水文；2) 水文地质；3) 地热；4) 岩土体变形（滑坡、斜坡和边坡的变形等）的观测；5) 建筑物变形和沉降的观测；6) 对各种外动力地质作用（侵蚀、风化、海蚀等）的发展和岩土物理状态的观测。

动态长期观测法主要用在详细工程地质勘察阶段，但在某些情况下它们也应用于初步勘察和补充勘察阶段。

5. 地球物理勘察方法可解决许多问题。无论是在工程地质测绘中，或是在勘探野外现场试验以及动态长期观测中的问题均可借此法解决。研究地球的各种物理场是此种方法的基础。

在工程地质勘察的实践中，广泛采用的地球物理方法有：电法（ВЭЗ——垂直电测深；ЭП——电测剖面；ЭК——电测井等），地震法（МОВ——反射波法；МПВ——折射波法等），重力法，磁法和核子法。它们在工程地质学中的意义正在日益增大。

当地质环境按某一种参数（湿度、密度、裂隙度等）严重不均一时，在工程地质勘察中运用地球物理方法可取得最大效益。研究岩土的这些方法无论是在野外现场，还是在实验室条件，现在都可用于工程地质目的。因此，本书将对此类方法予以极大的注意。

6. 工程地质勘察的实验室方法可包括利用不同仪器进行岩土工程地质测试的很多设备仪器法。实际上，在所有类型的工程地质勘察中，岩土的现场研究总是与实验室研究伴随进行。

工程地质实验室方法按研究对象可分为：

研究岩土组成成分的方法（化学的、X光的、光学的、电子显微镜的、色层分析的、吸附的、热学的方法等）；

研究岩土结构、构造的方法（粒度分析、光学的、电子显微镜的、超声波的、荧光的、磁学的、吸附的、X光的方法等）；

研究岩土物理性质的方法（体积-重量的，电学的，磁学的，声学的，渗流的方法等）；

研究岩土物理-化学性质的方法（热动力学的、吸附的、电学的、表面张力的、渗流

方法等)

研究岩土物理力学性质的方法。

本书的第二册, 岩土工程地质研究试验的实验室方法将按此顺序进行介绍。

类比方法 (地质比拟法) 类包括以比较和对比为基础的一些工程地质研究方法。此类方法的实质是将被研究的作用或现象与已经研究过的、实验过的, 或与之相似的作用或现象进行对比。此时, 关于地区工程地质条件, 各种地质作用和现象的发育, 以及施工条件和工程稳定性等结论, 均与以前已研究过的类似条件相比较得出。因此, 在一定工程地质条件下兴建起来的任何建筑工程, 从地质类比的观点来看都是一种实验, 工程地质学都应对其进行研究, 以丰富自己的理论基础和实践经验。

类比法常有不同的应用型式: “地质比拟” (据Г·С·卓洛塔廖夫); 自然类比 (据Л·Б·罗佐夫斯基); 工程地质类比 (据Н·В·卡洛明斯基)。

此类方法的优点在于, 评价各种复杂的工程地质现象时, 将这些现象视为多种因素而不是一种因素, 整体作用的结果。然而, 此类方法具有一定的适用条件和精度。类比法的成功运用, 要求对所研究项目有足够数量的专门观测资料、丰富的建筑经验和造诣高深的工程地质专家。关于此类方法的实际操作, 在各类专门的工程地质规范和手册中都有详细介绍, 本书就不再涉及。

工程地质模拟方法类 此类方法的实质是, 建立所研究自然对象、作用或所设计的工程建筑物的模型。可将其分为逻辑模型和物质模型, 它们在野外现场和实验室条件下均可应用。

常见的模拟有以下几种型式: 1) 光学模拟; 2) 等效材料的模拟; 3) 力学变形的离心机模拟; 4) 水力模拟; 5) 水化学模拟; 6) 物理-化学模拟 (如风化作用模拟) 等。根据对所建模型的试验, 判断模拟对象或作用, 并取得对它们的定性或定量的评价。在对某种因素或地质现象进行综合评价以及研究岩土体的应力状态、变形发展方面, 运用模拟方法尤有前景。但是, 此类方法也有一定的局限性。该类方法在工程地质学中的具体应用, 在专门文献里已有介绍。

理论计算方法类 包括各种数学方法, 这些方法以其对有关各类工程地质作用和现象、岩土性质和状态等的定量资料进行数学整理为基础。近年来, 由于广泛使用电子计算机解决各类工程地质问题, 促使理论计算方法的应用亦日趋广泛。

本书将主要结合研究岩土性质方面, 对此种方法予以详细介绍。

因为本书以较大的篇幅介绍岩土工程地质勘察的野外现场和实验室的试验方法, 所以有必要简单地介绍一下工程地质实验方法论的某些问题。

工程地质学的实验方法论问题

工程地质学及其各分支学科的发展都有规律地与实验密切相关。当前, 实验研究已是一切学科 (当然包括工程地质学) 向前发展的基础。实验方法已促使由对自然地质现象的一般性调查研究转向专门性工程地质调查研究, 并在地质环境中划分出具有代表性的作用。

因此, 实验在今天已成为工程地质科学研究的一种重要方法。实验借助各种仪器设备

直接地与客观的自然作用相联系。在实验过程中,研究者可按预定的目的对研究对象的自然物体和现象加以改造。因此,实验作为一种实践的方式,在内容方面是客观的。

工程地质学运用各种实验过程对岩土及在自然界存在的与之有关的各种现象进行研究。实验时将研究对象置于与周围具体物质环境发生多种多样的、辩证的相互作用之中。同时,将岩土看做是多成分组成的、随时间而发展的、动态的以及处于人类工程-经济活动影响下的系统。

工程地质学的实验与其它学科的实验一样,能揭露在自然条件下无法直接研究的一些现象。研究者可以人为地诱发某些现象或岩土的变化,并用多次重复和改变实验条件的办法来揭示研究对象在这种相互作用下所出现的新的、本质的和主要的性质。借助实验方法能深入了解岩土的性质及与之相关的现象的本质。

与工程地质实验有关的主要认识程序如下。

1. 确定实验研究的目的,这需要在工程地质学的现有理论观点,并考虑工程建筑实践的要求和工程地质学各分支发展需要的基础上来确定。

2. 确立工程地质实验对象和条件的理论依据,以便能够最圆满地和最全面地显示工程地质研究对象或与之相关现象的性质和联系。

3. 设计建立和选择为实验研究所必须的技术方法和仪器。为监测实验进程,最好是采用自动化记录装置,以记录下相应的参数。

4. 测量、观测并记录工程地质研究对象的各种客观性质、它们的联系和在实验进程中发现的各现象的发展趋势。

5. 运用电子计算机用数学(统计)的方法整理工程地质实验成果,绘制各种图表,以便对所获结果进行深入一步的理论分析。

按工程地质实验的范围,可分为实验室和野外现场试验。而且在工业中采用各种方法作用于岩土以及使科学研究成果投入于生产时,野外现场试验的作用正在日益增长。在实验研究的发展中,技术装备,亦即工程地质的“工业化”起重要作用。当今工程地质学已装备起现代化的仪器设备,其中有X光机、电子显微镜、完善的地球物理仪器、激光装置、高速电子计算机等。工程地质的技术装备是提高工程地质科学研究机关和生产部门劳动生产率的主要途径之一。在规划和进行实验中掌握和引进最新研究方法,采用高速电子计算机和自动化系统等方面,具有广阔的可能性。

第1篇 岩土工程地质测试方法

第1章 工程地质测试的目的与结构

1.1 概 述

任何工程地质研究的目的均在于获取关于工程地质条件的信息，其中包括关于岩石和土的成分和性质的信息。有关岩土的成分、结构和构造的资料，都是在工程地质测试过程中获得的。在任何工程地质勘察中都包括工程地质测试工作。工程地质测试是多种方法的综合，包括地质参数测点或采样点数目的确定和其定位地点的布置、确定样品采取及其封存的方法。工程地质测试配合其它方法（野外钻探、专门的野外和试验室的方法），可保证获得有关岩石或土的成分和性质的必要资料。

测试方法应考虑岩土的成分和性质，它们的空间变异特征，以及在准均匀区范围内岩土分散程度的各向异性；还应考虑工程地质工作的专用目的（建筑物的类型和级别、勘察阶段等）。

工程地质测试的最终目的在于，获取关于组成地质体的岩石和土（多相系）的成分、结构-构造特征和性质等所要求的资料。所谓地质体可以理解为被岩土及其中所含的水、气体所占据的空间范围，在此范围内岩土的性质（或地质参数）保持连续，并根据这些性质圈定此范围的地质界限。

工程地质测试的常用方法有：1）确定工作量（岩土现场测试的数量、勘探与钻探工程的数量、样品的数量）；2）确定测试点（勘探-钻探点、岩土野外测试点、取样点等）点位的分布，确定测试系统的类型和测试参数的计算（见2.2节）；3）试样的采取与封存。上述前两种方法可保证工程地质勘察工作（勘探、钻探、地球物理测试、岩土现场试验等）在测区范围和空间分布方面的最佳方案，并且最终取得岩土成分和性质方面的最优资料。

工程地质测试工作需要根据一定的顺序进行。首先是运用某种方法（见3.3节）确定测试点的数目，然后选定测试系统（CO），再计算其参数（见2.2节）。假如缺少为计算测试系统的参数所必须的初始资料（以前的勘察资料）时，则需进行测试方面的踏勘工作。该项工作的目的是为取得计算测试点的数目、选定测试系统的大致方向，以及计算测试系统参数所必要的资料。在计算了测试工作量和测试系统的参数之后，便是进行勘探、钻探、岩土野外现场试验、样品的采集和封存等方面的工作。在踏勘工作中，常用的有地球物理方法（主要是电法），或采用专门工程地质方法（动力和静力触探、贯入测井、十字板探测）。运用这些方法能够：1）确定地质参数变化的主要方向，或校核由分析从前地质资料所确定这一方向的正确性；2）根据研究的性质划分准均匀地质体，并为其计算适用的测试系统；3）为评价地质参数场沿主要变化方向上（空间变化动态）所截的断面上的结