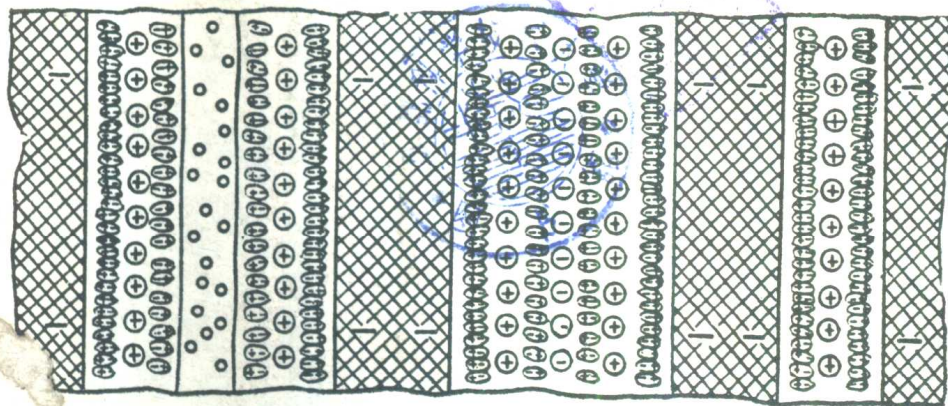


高等学校教学参考书

工程岩土学

〔苏〕 E·M·谢尔盖耶夫 主编



地质出版社

高等学校教学参考书

工程岩土学

〔苏〕 E·M·谢尔盖耶夫 主编

孔德坊 朱春润 赵泽三 刘汉超 译

王士天 张俾元 校

地质出版社

内 容 提 要

本书与1973年的第四版相比作了大量修订和补充。书中介绍了作为岩土工程地质性质基础的物质组成和结构构造；各主要类型岩土的特征；表征岩土性质的各种指标以及某些指标间的相关关系。作者在该版中提出了人类和生物活动这一巨大地质营力对岩土性质的重要影响。书中吸收并融进了地质科学的最新成就。

本书适合高等院校水文地质工程地质专业作为参考教材，亦可供水工、建筑、农林、交通等有关部门勘测、设计、施工的广大科技人员学习参考。

ГРУНТОВЕДЕНИЕ

Под Редакцией академика Е. М. Сергеев

Издание Пятое

ИЗДАТЕЛЬСТВО МГУ

МОСКВА

1983 г.

高等学校教学参考书

工程岩土学

〔苏〕 Е. М. 谢尔盖耶夫 主编

孔德坊 朱春润 赵泽三 刘汉超 译

王士天 张倬元 校

责任编辑：王肇芬

地质出版社出版

（北京和平里）

北京顺义振华印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：18.875 字数：447000

1990年5月北京第一版·1990年5月北京第一次印刷

印数：1—2530册 定价：3.75元

ISBN 7-116-00534-X/P·456

译者序

本书由苏联莫斯科大学 E·M·谢尔盖耶夫、Г·А·戈洛德科夫斯卡娅、Р·С·齐安基罗夫、В·И·奥西波夫和 В·Т·特罗菲莫夫合著，E·M·谢尔盖耶夫教授主编，系经苏联高等和中等专科学校教育部审订用于高等院校“水文地质与工程地质”专业本科教学的教科书。E·M·谢尔盖耶夫教授为苏联科学院院士，曾任国际工程地质协会第三届（1978—1982）主席，是国际上著名的工程地质学家。

本书为 E·M·谢尔盖耶夫教授主编的《Грунтоведение》一书的修订第五版。全书共分四篇，十四章。第一篇包括五章，论述了作为岩土工程地质性质基础的岩土的物质成分和结构构造；第二篇包括四章，主要论述岩土与工程建设相关的各类性质，并讨论了表征岩土性质的各种指标以及某些指标间的相关关系；第三篇分三章，论述了各主要类型岩土的特征；第四篇论述作为自然地质体的岩土体的特性。全书贯穿地质学观点；充分体现了岩土与工程建设有关的各类性质决定于其物质成分和结构构造，是在自然历史过程中形成的并不断变化着这一辩证唯物主义思想。与第四版相比，在第五版中作者提出了人类和生物活动这一巨大地质营力对岩土性质的重要影响；强调了岩土各组份间的相互作用；首次在苏联《Грунтоведение》一书中将岩土体作为地质体论述了它们的非均质性、各向异性、不连续性……等特性。应当认为，这些特点，无论在深度与广度或者微观与宏观方面，都使工程岩土学得到了很大的发展。

本书的前言、绪论和第一篇由朱春润译，第二篇由孔德坊译，第三篇由赵泽三译，第四篇由刘汉超译。初稿由王士天、张倬元校对。最后由孔德坊进行统一整理，并编制了专题词俄-汉和汉-俄索引。季恒钰同志绘制了全部插图。

由于译者的水平和时间所限，译文中难免有欠妥之处，尚希读者不吝指正。

译者

1989.2

前言

高等院校地质专业本科生用教科书《工程岩土学》第四版于1973年出版，问世迄今已有10年。在此期间人类地质活动的作用日益明显。在当今科技革命蓬勃发展的时代里，人类地质活动的意义已完全可以同发生于岩石圈表层的自然地质作用的意义相媲美。因而，作为研究环境地质主要学科的工程地质学，作用大为增长。与此同时，作为工程地质学的基础理论部分之一的工程岩土学的作用也随之而提高。现在，不研究人类作用引起的岩土变化，就不可能合理地利用作为周围环境组成部分之一的地质环境。

与人类工程活动有关的一切岩石和土壤很早以来就被称之为岩土（грунт*）。本书的作者们也持有这一观点，坚决不赞成只将松散土类划归为岩土，也反对用其它名称来取代“工程岩土学（Грунтоведение**）”。

人类对岩土的作用会改变其各组成部分的相互关系，从而导致岩土性质的变化。因此，在教科书中，首先阐述岩土各组成部分的特性，并且除通常研究的固体、液体和气体组分而外，首次讨论了岩土的生物组分，揭示了它们对岩土性质的影响。

在第五版中增加了一章，用以讨论岩土各组成部分之间的相互作用，并对岩土的结构联结给予了很大的注意。

书中保持了40多年以前由М·М·菲拉托夫（Филатов）创立的岩土研究的物理-化学和成因观点，并以这种观点来阐述岩土的基本类型及其工程地质性质。

研究岩土特征时，不能仅以一些个别的（即使甚至是大量的）试样的性质为依据。岩土层及其构成的岩土体，因其自身的非均质性，通常具有不同于个别试样的，且往往是较差的性质。所以，对岩土体的研究具有重大的实际意义。在本书的最后一篇中讨论了这个问题。

基于上述情况，在撰写第五版教科书时，作了大量的修订工作，并补充了许多反映本学科最新成就的资料。

读者的一应批评意见、希望和见解，请寄：117234，莫斯科，B-234，列宁山，国立莫斯科大学地质系工程岩土及工程地质教研室。

尽管书中可能有某些不足之处，但作者们相信本书不仅适用于学习“工程岩土学”的本科大学生，而且对从事于工程地质及相邻学科工作的专家们也是颇有裨益的。本书对所有研究环境地质学问的人也会是有意义的。

最后，作者们向审编手稿和在定稿中给予帮助的同志们和同事们表示由衷的感谢。

*，**“грунт”一词的定义详见绪论§2。按其含义，结合我国用词习惯，本译本将其译为“岩土”，作为岩石和土的泛称。但在具体章节中将视文义译出，或岩土或岩石或土。因此，将грунтоведение译为“工程岩土学”，而不赞成译为“土质学”——译者注

目 录

前言

绪论	1
§ 1 人类地质活动与工程地质学	1
§ 2 工程岩土学的形成和发展	3
§ 3 工程岩土学的现状	5
§ 4 工程岩土学与其它学科的关系	7

第一篇 岩土的成分和结构构造

第一章 岩土의 固相组分	10
§ 1 岩土의 固相组分按矿物成分的划分	10
§ 2 原生硅酸盐类的结构和性质	12
§ 3 简单盐类的结构和性质	14
§ 4 粘土矿物的结构和性质	16
§ 5 有机物和有机质-矿物组合物	22
§ 6 冰	25
§ 7 岩土固相组分基本单元的大小、形态特征和数量关系	25
§ 8 岩土矿物成分与分散度的相互关系	36
第二章 岩土의 液相组分	38
§ 1 岩土中水的分类	38
§ 2 结合水	39
§ 3 自由水	43
§ 4 岩土의 天然含水率及其对岩土性质的影响	44
第三章 岩土의 气相组分	47
§ 1 岩土中气体的成分	47
§ 2 岩土中气体的状态	49
第四章 岩土의 生物相组分	51
§ 1 岩土中的可见生物	51
§ 2 岩土中的微生物	51
第五章 岩土——多相体系	56
§ 1 岩土组分间的相互作用	56
§ 2 岩土의 结构联结	64
§ 3 岩土의 结构和构造	72

第二篇 岩土的性质

第六章 岩土의 物理性质	81
--------------	----

§ 1	岩石的密度	81
§ 2	岩石的渗透性	83
§ 3	岩石的热物理性质	87
§ 4	岩石的电学性质	91
§ 5	岩石的磁性	94
第七章	岩石的物理-化学性质	97
§ 1	岩石的可溶性	97
§ 2	土的吸附性	99
§ 3	岩石的电动和浓差渗透性质	104
§ 4	岩石的侵蚀性质	107
§ 5	土的粘着性	109
§ 6	土的可塑性	112
§ 7	岩石的膨胀性	115
§ 8	岩石的收缩性	118
§ 9	土的毛管性	121
§ 10	岩石的抗水性	124
第八章	岩石的物理-力学性质	129
§ 1	基本概念	129
§ 2	岩石的变形性质	132
§ 3	岩石的强度	143
§ 4	岩石的流变性质	158
§ 5	动力作用下岩石的性状	164
第九章	分类和计算指标 岩石性质指标间的相关关系	173
§ 1	分类和计算指标	173
§ 2	岩石性质指标间的相关关系	177
§ 3	岩石某些性质间相关关系的实例	178

第三篇 主要岩石类型的特征

第十章	岩石分类	183
§ 1	分类的类型	183
§ 2	岩石一般分类原则的建立	184
§ 3	岩石的一般分类	186
第十一章	坚硬岩石	191
§ 1	岩浆岩	191
§ 2	变质岩	200
§ 3	胶结沉积岩	205
§ 4	人工岩石	216
第十二章	分散性土	219
§ 1	碎屑(非粘性)土	219

§ 2	粘土类土和粉质（黄土类）土	227
§ 3	腐殖质-泥炭土	240
§ 4	土壤	246
§ 5	人工土	250

第四篇 岩 土 体

第十三章	岩土体的一般知识	254
§ 1	概念定义	254
§ 2	决定岩土体工程地质性质的因素	257
第十四章	岩土体的特征	266
§ 1	非均质性	266
§ 2	各向异性	269
§ 3	裂隙性	271
§ 4	风化程度	273
§ 5	含水性	274
§ 6	应力状态	275
专题词索引（俄-汉）		281
专题词索引（汉-俄）		288

绪 论

§ 1 人类地质活动与工程地质学

随着生产力的发展,人类对自然界的影响与日俱增。K·马克思在《资本论》第一卷中曾经指出,随着生产力的发展,人类在自然界中的作用将日益增长,而大规模的使用机器的联合生产活动,归根结底会使自然力服从于直接的生产过程。Φ·恩格斯在《自然辩证法》中指出,人类不同于其他动物之处在于能够认识和正确运用自然规律。他认为,为了调节人类活动未来的和不可预见的影响,必须变革当时存在的生产方式和整个资本主义制度。B·И·列宁在《哲学笔记》中也谈到了自然界与人类社会的相互作用和互相渗透问题。

由上述可见,K·马克思、Φ·恩格斯和B·И·列宁预见到,随着生产力的发展,人类对自然界的影响将会愈来愈大,自然界与人类社会之间的相互作用将会更加剧烈。他们的预言现在已在全球性的环境问题中得到了具体的反映。这里要强调的是,人类在争取技术进步以改善自身生活的斗争中,要合理地利用自然资源,使自己的活动不仅不会恶化,反而应有利于改善自然环境。在苏共24、25和26次代表大会上正是这样提出问题的。

人类周围的环境包括生物圈、大气圈、水圈和岩石圈等多种组分,所有这些组分都是彼此相互联系的。人类对岩石圈的影响可以是直接的,也可以是间接的(通过周围环境的其它组分)。为了便于想像仅仅是人类对岩石圈的直接作用的规模,这里援引如下一些数据。

目前,有5%的陆地表面为各类工程建筑物(房屋、采矿场、道路、水库等)所占据,而到2000年,预计这个面积将为陆地的15%。到二十和二十一世纪之际,将有六分之一的陆地,即相当于苏联领土的面积处于人类活动的直接影响之下。

全世界铁路网的总长度约为 $1.4 \times 10^6 \text{ km}$ 。铁路和公路路堤所用的土石方量可与河流的现代沉积相匹敌。苏联灌溉干渠的长度超过 $300 \times 10^3 \text{ km}$,这相当于地球和月亮间距离的3/4。仅仅在苏联,人工水库的库岸长度就接近于地球赤道的长度,到1968年,库岸的长度已达33000km。在整个库岸上都发生着强烈的边岸再造、滑坡或盐渍化和沼泽化作用。

土壤改良和灌溉工程要占据几十甚至几百平方公里的土地。到本世纪末,全世界的灌溉面积看来将会达到 200×10^6 公顷(ha)*。不小的面积将被疏干。在这些地方人类将根本改变水的动态和地球表部的土壤和岩石的状态。

由于人类的活动,在地表将会出现几万立方公里的、与第四纪沉积物毫无共同之处的废弃土石堆。

到二十世纪末,预计全球半数以上的居民将生活在城市。根据1979年的人口统计,苏联现在已有62%的居民在城市中生活。况且,城市是人类对岩石圈表部作用最强烈和最多

* $1 \text{ ha} = 10^4 \text{ m}^2$ 。

样的地方。

В·И·韦尔纳茨基 (Вернадский) 的预见已经实现。他在地球的各种地圈中划出了一个显示出人类对地质作用的影响, 并发育着各种岩土工程作用的“人文圈”, 或“智慧圈”。В·И·韦尔纳茨基写道: “人文圈是地球上的新的地质现象。在此圈内, 人类首次成为巨大的地质营力。他们能够并且应该用自己的劳动和智慧, 对自己的生活领域进行与前不同的根本改造。在人类面前, 展现出了愈来愈宽广的创造可能性……地球的面貌发生着变化, 原始的大自然正在消失”(1944)。现在, 人类真正成了巨大的地质营力。人文圈涉及到的地球表面愈来愈广, 也愈来愈深。

发生在地表的地质作用具有非常重要的意义。А·В·西多连科 (Сидоренко) 写道: “……也不能忘记那些直接发生在地表和接近地表部分的地质作用的重大意义。研究这些作用的意义, 特别是考虑到人类对它们的干预, 决不亚于开发宇宙、近地空间或地球深部的意义”(1967)。关于人类的干预提高了地表地质作用的意义, 这种思想是非常正确的。根据全世界的统计资料, 70%的滑坡是人类活动所引起的。

由上述可见, 研究作为周围环境组分之一的岩石圈的表部具有重大意义。将周围环境的这一部分称为“地质环境”是合乎逻辑的。“周围环境”这一概念与人类的生命和活动相联系。而“地质环境”这一术语涉及的则是人类在岩石圈范围内的生命与活动。

地质环境指的是岩石圈的上部, 它是一个受到人类工程活动作用的多组分动力体系, 它本身又在一定程度上决定着人类的活动。由于人类的作用, 自然地质作用会发生变化, 也会产生一些新的人为作用, 这本身又将引起地域特征的变化。

因此, 在人类活动的影响下, 那些对于经济开发有重要意义的岩土、地质作用以及地域的特点都将发生变化。研究所有这些问题就是工程地质学的任务。

早在十九世纪, 苏联和其它国家就已经开展了工程地质勘察工作, 但那时还未形成学科, 甚至连“工程地质学”的名称也还未出现。这一名称于本世纪上叶才开始使用。现在很难确定这一名称源于何处, 根据И·В·波波夫 (Попов) 的回忆: “它开始传扬并为俄国地质学家所使用已经是二十年代的事了。”

工程地质学作为一门科学首先形成于苏联。在其形成的初期阶段, 有决定性意义的是水工建设——列宁国家电气化计划的一个组成部分。下列学者的工作对于工程地质学的形成和发展有着重要意义, 他们是 Ф·П·萨瓦连斯基 (Саваренский)、Г·Н·卡缅斯基 (Каменский)、Н·Ф·波格列博夫 (Погребов)、И·В·波波夫、Н·Н·马斯洛夫 (Маслов)、М·П·谢缅诺夫 (Семенов)、В·А·普里克隆斯基 (Приклонский) 以及其他一些参加过伏尔加、第聂伯水电站, 伏尔加—莫斯科运河等工程勘测工作的学者。伟大的苏联地质学家 Е·В·米兰诺夫斯基 (Милановский)、Г·Ф·米尔钦克 (Мирчинк) 和 Н·С·沙茨基 (Шацкий) 等人也为科学工程地质学的建立作出了重大贡献。1929年在列宁格勒矿业学院, 1931年在莫斯科地质勘探学院相继建立了工程地质教研室。成立教研室的时间表明, 工程地质学作为一门独立的学科形成于三十年代初期。

在不同的历史时期, 学者们对于工程地质学内容的提法是不相同的。近期的一个定义是由И·В·波波夫于1951年在其教科书《工程地质学》中给出的。作者在书中写道: “工程地质学作为一门科学是地质学的一个分支, 它研究与人类工程活动有关的地壳表层的变动”。

从那时到现在又过了三十年。在科学技术飞速进步的条件下,这段时间对于年轻学科的发展已不算短。所以,现在在“工程地质学”的概念中又增添了一些与往不同的含义,从而可以这样来定义:工程地质学是研究地质环境及其合理利用和保护的科学。

在工程地质学中,可划分出几门大的理论性和实用性分科,它们彼此相互联系而又各具独特的研究对象,因而它们各自又都是一门独立的学科。理论性分支学科包括:工程岩土学(研究岩石和土),工程动力地质学(研究作用)和区域工程地质学(研究区域)。工程地质学的实用性分科可使其理论研究成果应用和实施于人类的各种工程经济活动;这类分支学科包括:城市工程地质学,矿床工程地质学,工程地质改良,陆棚工程地质学等。

因此,工程岩土学是工程地质学的一门理论性分科,它对于其实用性分科具有重要的意义。

§ 2 工程岩土学的形成和发展

工程岩土学是研究岩土的科学,因此,首先应对“岩土(грунт)”这一术语进行一些讨论。对“岩土”的涵义理解的不同,不仅会使工程岩土学所研究的许多问题发生变化,而且也会使作为一门学科的工程岩土学本身的结构发生变化。

“грунт”一词在很早以前就成了俄国建筑师们的术语,在彼得一世时期就已使用。当时按彼得一世的指令,由外国专家承建的连接伏尔加河和波罗的海的上沃罗切克运河因水浅而难以通航。1711年就此问题向彼得一世呈交的报告中写道:“此航道之艰难不可言喻。许多地方水深不超过1—1.5英尺(ft)*;许多地方 грунт 夹杂有大量从水下凸起的石块,许多地方须要挖除沙、石,修筑堤坝以抬高水位……”〔达尼列夫斯基(Данилевский), 1948〕。

十九世纪,在俄国建筑师中已为 грунт 建立了明确的概念。грунт 被理解为那些用作任何建筑物的地基的土和岩石。在В·卡尔洛维奇(Карлович)的著作(1869)中,грунт 的定义是这样的:“在建筑业中,将 грунт 理解为用于砌置建筑物并对其基础建筑方法产生影响的那部分地壳”。грунт 就是作为建筑物地基的土和岩石,这种概念在俄国存在了很长时间,从十九世纪中叶到二十世纪初。

грунт 的较广义的定义源于1903年发表的А·П·帕夫洛夫(Павлов)的著作《辛比尔斯克和萨拉托夫伏尔加流域的滑坡》。А·П·帕夫洛夫所研究的地质问题范围很广,其中包括对与铁路建设有关的滑坡的研究。只是在为工程建筑而研究土和岩石时,他才用“грунт”这一术语,并将其理解为建筑师们感兴趣的、并作为研究对象的地壳的上部。在工程岩土学的形成过程中曾采用了“грунт”的这一广义概念。

在苏联,工程岩土学是作为研究与工程建筑有关的岩土的新学科方向而发展起来的。В·В·多库恰耶夫(Докучаев)在土壤学中所确立的成因观点,以及П·А·泽米亚琴斯基(Земляченский)于1923年提出的必须将粘土作为特定的自然历史形成物来研究的观点,为工程岩土学的形成奠定了地质基础。

1923年在列宁格勒成立了道路研究委员会,在Н·И·普罗霍罗夫(Прохоров)、П·А·

* 1ft = 0.3048m

泽米亚琴斯基和Н.Н.伊万诺夫(Иванов)的领导下,该委员会组织了对与道路修建有关的土壤和沉积岩土(主要是年轻的沉积物)的研究,从而产生了道路工程岩土学。后来,当成因观点在为其它类型的工程建设所进行的岩土研究中得到确认的时候,“道路”二字就被抛弃不用,而开始采用了“工程岩土学”这一较广义的名称。1930年在列宁格勒大学,而后于1938年在莫斯科大学相继成立了工程岩土学教研室。这证明,工程岩土学作为一门独立学科,在苏联是与工程地质学同时于三十年代形成的。

莫斯科大学工程岩土学的奠基者М.М.菲拉托夫写道:“在科学的各个领域内均显示出有效影响的革命创造力,导致了工程岩土学的诞生,现在,它已形成一门完整的、能在社会主义祖国进行卓有成效的工作的学科”(1937)。

工程岩土学从一开始就是作为一门自然历史科学发展起来的。П.А.泽米亚琴斯基,М.М.菲拉托夫,В.В.奥霍金(Охотин),В.А.普里克隆斯基,Б.М.古缅斯基(Гуменский),И.В.波波夫,С.С.莫罗佐夫(Морозов)等人的工作对于工程岩土学的发展具有重要的意义。

与工程岩土学同时还形成了其邻近学科——土力学,它是在物理-数学,建筑学和地质学相结合的基础上发展起来的,其基本原理在1925年为К.泰沙基的专著《建筑土力学》所阐明。

土力学讨论的是将理论力学和建筑力学的定律应用于土体时所导出的一般规律性。此时,将服从于力学定律并能进入一定计算公式的土力学性质放在首位,而对于土的地质成因特征则考虑较少。为建筑目的对岩土的研究,在西方国家主要是在土力学范围内进行;而在苏联,工程岩土学和土力学却同时得到了发展。

很自然,土力学对岩土的研究较之于工程岩土学更为模式化,因为,不然的话,就难以取得定量的规律性。工程岩土学对岩土的研究是以基础地质学科为基础的,而且研究得比较详细。然而,此时,并非总有可能建立起定量的规律性,有时还不得不应用定性的指标。所以,土力学和工程岩土学在很大程度上是互为补充的。

由于苏联学者,首先是М.М.菲拉托夫的工作,以成因观点来研究岩土已成为工程岩土学的方法基础。成因观点的实质是认为岩土的成分、结构构造和性质由其成因所决定。这里的所谓“成因”不仅包括沉积作用和成岩作用,而且还包括后来的构造作用和表生作用。

对岩土进行研究,不仅要研究它们的矿物组分(固相),而且要研究其中含有的水(液相)和空气(气相)。工程岩土学是将岩土作为多相体系来研究的。上述各组分(岩土中还可能生物相)的相互关系决定着岩土的性,如注意到,固态粘土具有较高强度,而当其处于饱水状态时则会像水一样流动,就可充分理解这一点。

综上所述,现在可对“岩土(грунт)”这一术语给出明确的定义。岩土指的是任何处于人类工程活动影响下、具有一定成因标志并作为多相动态体系来研究的各种岩石、土和人为形成物。根据“岩土”的这一定义,即可明确工程岩土学这门学科的内容。

工程岩土学乃是研究与人类工程活动有关的各种岩土的学科。

§ 3 工程岩土学的现状

对于设计师、建筑师、采矿工程师、土壤改良工程师以及其他一些研究有关国土经济开发问题的专家们来说,首先必须了解他们与之打交道的岩土的性质。岩土的性质与它们的成分和结构构造特征有关。因此,当从工程地质观点对岩土进行评价时,总是要研究它们的成分和结构构造。

将岩土划分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大基本类型是以工程地质目的对岩土进行成因研究的基础,这种划分同时反映了它们各自的成因和最重要的岩性特征。将岩土进一步较详细地划分为成因类型和岩性类型,能为各种工程地质问题的解决提供更多、更重要的有关岩土特征方面的信息。

现以最简单的砂土按成因划分为例来说明这个问题。“风成砂”这一术语即告诉我们这类砂土具有颗粒细小,分选性好,大部份颗粒呈浑圆状,且能构成独特的地形形态等特征。“冲积砂”则具有另一些特征:稍含粉土和粘土颗粒,沿河流向下游方向冲积物的分散度逐渐提高,等等。

风成砂和冲积砂的性质在相当程度上决定于它们的上述特征。例如,风成砂,即使是细粒的,也具有相当好的透水性,因为砂粒的分选性和浑圆度较好;同时,风成砂透水性的空间变化也是较小的。河床砂的透水性沿河流因分散度的提高而降低,并在不大的距离内可能会由于不同的层理特点而不同。在风成砂和河床砂两者分散度相同的情况下,河床砂由于在水中的多次再沉积而具较高的密度,以及颗粒均一性和浑圆度较差,故其透水性通常较低。

这样,一经指出砂土的成因类型,人们就会立即对其透水性和其它性质产生一定的概念。但是,如果不了解该成因类型的岩性特征,则这些概念还是不够完整的。

仍就风成砂而论,为了对这类砂进行充分的评价,就需了解它的矿物成分。例如,在一些情况下,风成砂可能是石英砂,但比较经常的它们是典型的多矿物成分砂,不同程度地含有石英、长石、方解石、白云母、岩屑及胶结的粘土集粒〔西卡拉库姆晚第四纪风成砂;库普林娜(Куприна),1958〕。在后一种情况下,颗粒的浑圆度是不相同的,这就会直接影响到风成砂的一切性质。

因此,砂土的岩性特征是其成因特征的重要补充。但仅仅岩性特征是不够的,因为,不知道成因特征,就无法理解该砂土特有的总体规律性。

上述这一点适用于所有岩土。为了证实这一情况,不妨再举一个花岗岩——侵入岩的实例。“侵入岩”这一术语表明花岗岩的成因类型,是岩浆熔体在深部结晶时形成的,因此它们具有全晶质均粒结构。但按其结构,花岗岩可以是粗粒的、中粒的,也可以是细粒的;而按成分,又可能是微斜长石的,黑云母的等。随着岩性特征的不同,花岗岩(未经风化)的单轴抗压强度(如克拉斯诺亚尔水电站地区)变化于50到270MPa之间。可见,强度的变化很明显,不过在所有情况下,强度值仍然都高。花岗岩的强度高,是因为它们是侵入岩,即取决于其成因;而强度值的差异则是由它们的岩性特征所决定的。

所以,在进行工程地质研究时,必须对岩土进行成因和岩性类型的划分,因为两者能互为补充地提供所研究岩土的一般规律性和个别具体特征。

一些在同一条件下形成,且地质年代和成分也都相同的岩土,在现时状态和性质方面彼此却可能有显著的差别。这是因为这些岩土经受了不同的后期改造。后期改造对岩土性质形成的影响可用广布于俄罗斯地台北部和西北部的寒武纪水云母粘土来加以说明。在列宁格勒地区,这些粘土于地质历史时期曾经受过两次荷载作用:第一次在古生代,荷载较小(6—7MPa),但历时较长;第二次在冰川期,荷载较大(8—9MPa),但延续时间较短。而在相当长的地质历史时期内,寒武纪粘土是遭受卸荷作用的,从而发生了回弹膨胀和水化。因此,列宁格勒地区的寒武纪粘土在自己的“发育”中“落后”于,例如,沃洛格达地区的类似沉积物,后者从古生代到现在一直不间断地经受着重力的压密。所以,如果说沃洛格达地区的寒武纪粘土是一些有一定片理发育,含水率为5%,孔隙度为15%的粘土岩,而在列宁格勒地区则为含水率达14%,孔隙度达30%的硬塑性和半固态粘土〔洛姆塔泽(Домтадзе),1973〕。

上述实例清楚地表明,在后期作用的影响下,岩土会发生强烈的变化。因此,必须研究岩土的成分、结构构造和性质等特征与所有从形成至今对其产生影响的作用之间的关系。这种关系不是抽象概念,它表现在岩土成分、结构和构造特征的改变上,而最终则使这些岩土具有不同的性质。从其对岩土性质影响的大小来看,成分,结构和构造这三者是同等重要的因素。但是,随着岩土成因和岩性类型以及所要研究的性质的不同,其中每一种因素都可能具有控制意义。

不能将岩土的成分理解为仅仅是其矿物部分(即固相组分)。岩土的成分决定于其所有组分及它们间的相互关系。在这方面,现在要算对松散沉积物,亦即分散性土研究得最好。已经较好地研究了分散性土的性质与其化学-矿物成分及土中各类水的含量之间的关系。而对分散性土的性质与所含气体和有机物的关系则研究得较差。微生物对岩土性质影响的研究尚处于初期阶段。

分散性土作为强度最低的沉积物,过去和现在一直倍受注意。这类土的状态极易因其中各组分的相互关系,尤其是各种类型水含量的不同而发生变化。因为,土粒之间的联结(结构联结)本质上完全不同于矿物颗粒内部的联结。矿物颗粒内部是牢固的化学联结,而土粒间的结构联结却较弱,本质上属分子联结、离子-静电联结、毛管联结或其它类型的联结。

坚硬岩石,如岩浆岩,变质岩,胶结沉积岩,具有较高的强度,这是因为其矿物颗粒之间的结构联结具有与颗粒内部联结同样的化学属性。这类岩石,由于其强度高而被称为坚硬岩石。在工程岩土学发展的初期,对坚硬岩石很少注意,认为这类岩石强度高,没有必要对其进行详细研究。后来,由于克拉斯诺亚尔斯克水电站在花岗岩上、勃腊茨克水电站在西伯利亚暗色岩上、以及其它一些建筑物在坚硬岩石上的兴建,才开始认识到,对这些岩石,同分散性土一样,也应进行认真研究。所以,现在对任何岩土,无论是分散性土还是坚硬岩石,研究的途径都是相同的。这一途径的实质在于,从岩土的“微观世界”到岩土体的整体性质,都要进行研究。所谓“微观世界”,应当理解为岩土中各个矿物晶体和颗粒之间以及各组分之间的相互关系,这种相互关系只能靠现代物理-化学研究方法才能认识。岩土的性质往往就基本上取决于这些相互关系。

在工程地质勘测中,总要进行大量的试样测试研究。尽管如此,仅根据试样的实验室研究,常常还远不能可靠地阐明岩土体的工程地质特性。例如,花岗岩的单轴抗压强度有

100MPa, 看来它们似乎可以支承任何工程建筑物。但实际并非如此。花岗岩体中构造断裂、裂隙和风化带的存在, 以及成分的不均一性等, 都常常会使它成为不适于兴建重要建筑物的岩体。例如, 建设克拉斯诺亚尔斯克水电站时, 在施工过程中就已发现, 勘测阶段揭露的构造破碎带在坝基的一段内有出露。为把这一破碎带改造成完整坚固的岩体, 曾用了大量的混凝土。

另一个例子是建设纳伦河上托克托古尔水电站时的情况。该电站修建在下石炭系大理岩化石灰岩上, 岩石的单轴抗压强度为120MPa。岩体为大量构造裂隙所切割。在地表以下20—80m的深处, 岩体内广泛发育着外动力成因的裂隙。坚硬岩石的高度裂隙化为峡谷两岸深挖方施工造成了极大的困难。由于这种原因, 最终不得不放弃了拱坝方案。此外发现, 坝轴线地段的斜坡还有崩塌的危险。不稳定岩体的总方量达 10^7m^3 , 于是按要求采取了昂贵的防治崩塌的专门性措施。

所举实例说明了对岩体进行工程地质研究的全部重要性。现在已不能只局限于在实验室内研究一些试样的性质。岩土的实验研究应当与野外现场研究(对其特征和性质)相配合。此时, 还往往有必要对岩土体本身的性质作出评定。这是一件复杂的事情。对岩土体不能象对试样那样进行压缩试验和剪切试验。为评定岩土体的性质, 只能采用现场定量研究方法, 其中以物探方法最为有效。因此, 物探在工程岩土学和工程地质学中的作用正在日益增长。

工程岩土学领域里的地质工作者要向设计和建筑人员提供他们所需的一切有关岩土性质方面的资料。倘若这些性质不能满足要求, 就要提出人工改良岩土的方法。这类问题由工程岩土学的一个分科——“岩土的技术改良”来研究。此外, 工程岩土学专家还应该与建筑师一起共同解决这样的问题: 是将拟建工程迁移到另外地方, 还是采用某种方法人工改良岩土来得更经济些。现在已经有许多可以通过向岩土中灌注胶结或粘结物和以各种物理场作用于岩土来达到改善其性质的方法。尤其重要的是, 现在已经开始从地质-地球化学的角度, 通过模拟自然作用来研究制造人工岩土的问题。

综上所述, 在现阶段, 工程岩土学的基本任务是对岩土(包括岩石、土壤和人工构筑物)进行从微观到岩土体的综合研究以达到合理开发地质环境的目的。

§ 4 工程岩土学与其它学科的关系

与任何其它学科一样, 工程岩土学的发展不是脱离其它学科, 而是与它们紧密相联系的。工程岩土学在自己的发展过程中, 与工程地质学的其它分支学科互为影响, 并且是共同以各基础学科的成就为基础的。

如同不能不考虑地质作用(无论是自然的还是人为的)的影响来研究岩土一样, 也不能脱离开岩土来研究地质作用。因而, 在工程岩土学与工程动力地质学之间存在着密不可分的联系。

在对一个区域进行工程地质研究时, 总会产生这样的问题: 该区具有怎样的地质结构, 是由哪些岩土构成的? 区域工程岩土学研究各类岩土的空间分布规律, 它既是区域工程地质学的一部分, 也是工程岩土学的一部分。区域工程岩土学是将工程岩土学和区域工程地质学紧密联系起来的“桥梁”。工程岩土学、工程动力地质学和区域工程地质学之间

的相互联系导致了它们在工程地质学领域内的结合。

工程地质学（当然也包括工程岩土学）的发展是以四大基础学科，即地质学、物理-化学、力学-数学和社会经济学为基础的。

上面已经指出，工程岩土学属于地质学科范畴。它要应用各种基础地质学科，如矿物学、岩石学、地球物理学、历史地质学等的成就，而它也以其自身的成果丰富着上述学科。在地质学科中，工程岩土学与水文地质学和冻土学的联系最密切。

水文地质学和工程岩土学都要研究岩土中的水。地下水是水文地质学的主要研究对象。然而，有些专门性质的问题，在工程岩土学中要比在水文地质学中研究得更详细。例如，研究天然溶液与高分散颗粒间的相互作用在工程岩土学中具有特殊的意义，由于这种作用会在分散性土中形成结合水，从而对其性质产生很大的影响。

冻土学也是一门地质学科，在苏联，它是在В·А·奥布鲁切夫（Обручев）和М·И·苏姆金（Сумгин）等人的领导下形成的。苏联几乎有一半土地为多年冻土所覆盖，在其余的半数地区也差不多都有季节性冻土分布。处于冻结状态的岩土，在成分、结构构造特征和性质方面，与非冻结岩土有大的差异。冻土中的地质作用也独具特色。工程岩土学和冻土学间的相互联系主要在两个方面：一是两者所面临的问题具有共同性；二是同一种岩土会随外部条件和埋藏深度的不同而有时处于冻结状态，有时则处于融化状态。

需要指出的是，工程岩土学与土壤学因有共同的研究对象而是相互联系的，但两者的研究任务各不相同。土壤学将土壤作为植物的生长环境来研究，而工程岩土学则是将其作为岩土来研究的。两学科的研究方法在某些方面是一致的，在许多情况下，一个学科所获得的资料可为另一学科所利用。

工程岩土学的发展以物理、化学、数学和力学的成就为基础。没有这种基础，工程岩土学就不可能得到发展，因为岩土是一种多组分动态体系，必需采用定量指标才能对其进行评价。

近来，社会经济因素对于工程地质学的意义愈来愈大。例如，地质环境的规模，它在人类活动影响下的变化程度及其合理利用的可能性，都决定于一系列社会经济因素。因此，有理由认为，“地质环境”是一个自然-社会学概念。人工岩土制造就是上述情况在工程岩土学中的一个具体表现。

建立在马列主义哲学基本原理之上的正确的研究途径和方法，对于工程岩土学也具有重大意义。例如，应该将岩土的性质看作是其质量特征的反映，而质量特征的获得又是岩土在自然和人为因素影响下，其成分和结构构造发生量变的结果。因此，如果我们要对岩土进行全面评价，不仅要研究它们的性质，而且要研究它们的成分和结构构造特征。

根据以上所述，《工程岩土学》教材包括如下四个部分：第一部分——岩土的成分和结构构造，第二部分——岩土的性质，第三部分——各主要类型岩土的特征，第四部分——岩土体的特征。

参 考 文 献

- Попов И. В. Учение о грунтах как геологических образованиях. — «Труды лаб. гидро-геологических проблем им. Ф. П. Саваревского», т. VI. М.—Л., 1949.
- Приклонский В. А. Советское грунтоведение. — В кн.: Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии, № 13. М., 1950.
- Сергеев Е. М. Инженерная геология—наука о геологической среде. — «Инженер. ная геология», 1979. № 1.
- Сергеев Е. М. и др. Инженерно-геологические аспекты рационального использования и охраны геологической среды. М., 1981.
- Филатов М. М. Грунтоведение к двадцатой годовщине Великой Октябрьской революции. — «Почвоведение», 1937, № 9.