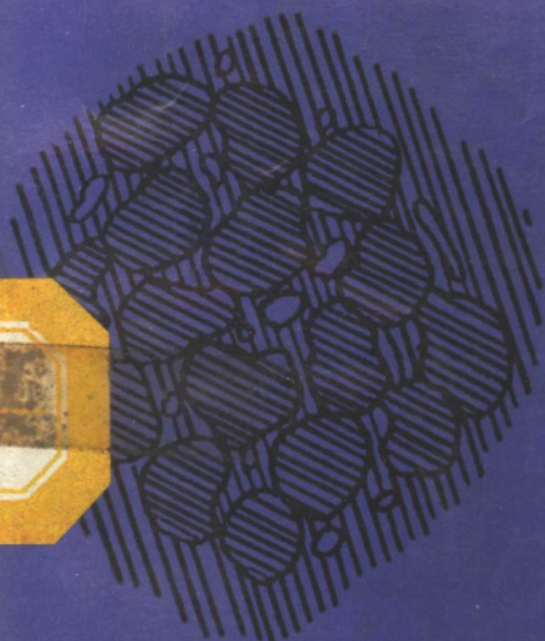




普通高等教育地质矿产类规划教材

工程岩土学

孔德坊 主编



地质出版社



数据加载失败，请稍后重试！

普通高等教育地质矿产类规划教材

工 程 岩 土 学

孔 德 坊 主 编

地 质 出 版 社

(京)新登字 085 号

内 容 提 要

本书从地质学的基本观点出发,结合工程建设的需要,系统论述了土和岩石的工程地质性质及其形成和变化。全书共九章,其中第一至三章和第四至六章分别论述土和岩体的成分、结构和力学性质及其影响因素;第七章论述作为降低岩体工程地质性能和形成土体材料的风化作用;第八和第九章分别介绍了土和岩体工程地质性质人工改良方法的基本原理和常见的工程地质分类。此外,还附有适合教学需要的土和岩石性质实验室试验指导细则以及本书中常用的符号、专题词汉英对照和主要参考文献。

本书除作为高校水文地质与工程地质专业本科教科书外,还可供从事水利水电、土建、道路、采矿等工程地质勘测的广大技术人员参考。

本书由胡海涛主审,经地质矿产部工程地质课程教学指导委员会于1991年9月审稿,同意作高等学校教材出版。

普通高等教育地质矿产类规划教材

工程岩土学

孔德坊 主编

责任编辑:屠湧泉

地质出版社出版

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所发行

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 15 插页: 3 页 字数: 353000

1992年7月北京第一版·1992年7月北京第一次印刷

印数: 1—2800 册

定价: 4.40 元

ISBN 7-116-00997-3/P·856

前 言

本教材是根据中华人民共和国地质矿产部工程地质课程教学指导委员会制订的“工程地质课程教学基本要求”(1989),在成都地质学院工程地质教研室为水文地质与工程地质专业历届本科生编写的《土质学》和《工程岩土学》(1981, 1986)教材的基础上,结合三十余年来的教学经验进行修改、补充编写而成的。

本教材包括绪论、一至九章和附录。第一至六章分别论述土体和岩体的地质特征和力学性质以及前者对后者的控制性意义;第七章讨论使岩体逐渐转变为土体的主要地质作用——风化作用,以及兼有岩、土体特点的风化岩体的工程地质性能;第八章扼要阐述岩土工程性质人工改良的主要方法的基本原理和方法选择的基本原则;第九章介绍了当前国内、外文献中常见和具有典型意义的对岩、土的工程地质分类。本教材附有岩土工程地质性质实验室试验指导细则,所列项目和方法是根据教学基本要求和本课程所能允许的学时(不超过40)以及我国现行有关标准和规程确定的。本书还附有本书使用的物理量符号说明和专题词汉-英对照表,以期对读者熟悉书中所采用的符号阅读本专业英文文献有所裨益。最后附列了主要参考文献。

本教材力图从地质学观点,深刻阐明岩、土工程地质性质的形成和变化,以有别于在作为力学学科分支的土力学和岩石力学中仅着眼于对岩、土工程地质性质指标的应用;力图突出那些与工程设计和施工直接相关的力学性质的论述,以避免使初学者在各种性质的主次问题上混淆不清;力图在保证经过实践检验而行之有效的基本理论并适当反映本学科新成就的基础上使内容尽可能精简,以适应于作为水文地质与工程地质专业本科生的教材(100学时以内)的要求。此外,在对某些有关内容的取材上充分注意了与近年来颁布的国家标准相适应。由于编者水平所限,在指导思想和取材上是否妥当,在内容和对某些问题的看法上也可能存在某些错误或不足之处,尚希读者不吝指正。

本教材由孔德坊主编。其中前言、绪论和第四、五、六、七、八、九章由孔德坊编写;第一、二、三章由朱春润编写;试验指导细则原稿是由赵泽三编写的,在本次出版前由张惠英进行了修订。最后由孔德坊对全稿进行了统一修改、整理。插图由李志侃绘制。

本书承胡海涛先生主审,在编写中参阅了国内、外学者的大量著作和文献,并选用了其中的许多资料和图表,在此一并谨表谢忱。

编 者 1991.7,

目 录

绪 论	1
§ 1 工程岩土学的研究对象和研究意义	1
§ 2 工程岩土学的研究内容和研究方法	2
§ 3 工程岩土学与其它学科间的关系	4
§ 4 工程岩土学的发展过程和趋向	5
第一章 土的物质成分	8
§ 1 土的基本组成部分	8
§ 2 土的矿物成分	9
一、土的矿物成分的基本类型	9
二、粘土矿物的基本特征	10
三、有机物	19
四、矿物密度和土粒密度	20
§ 3 土中的水	21
一、土中水的基本类型	21
二、固态水	22
三、液态水	23
四、气态水	32
第二章 土的结构和构造	33
§ 1 土的结构特征	33
一、土粒的大小	33
二、土粒的形状和表面特征	35
三、土的颗粒组成	36
四、土粒的排列	38
五、土粒间的联结特征	39
六、土结构的类型	43
§ 2 土的构造特征	46
§ 3 土的孔隙和裂隙	47
一、土的孔隙	47
二、土中的裂隙	49
三、土的密度与孔隙性指标间的关系	50
第三章 土的力学性质	52
§ 1 概述	52
§ 2 土的变形性	53
一、土的可压缩性	53
二、影响土的可压缩性的主要因素	61
三、黄土的湿陷性	63

§ 3 土的抗破坏性	65
一、土的抗剪强度	66
二、影响土的抗剪性能的主要因素	69
第四章 岩体的物质成分和结构特征	73
§ 1 概述	73
§ 2 岩体的物质成分	74
§ 3 颗粒的基本特征	77
一、颗粒的大小	77
二、颗粒的形状和排列	77
三、颗粒间的联结	78
§ 4 岩石中的空隙	79
§ 5 岩体的结构面	83
一、结构面的成因类型	83
二、泥化软弱夹层	86
三、结构面的特征	87
§ 6 岩体的结构类型	91
第五章 岩体的力学性质	92
§ 1 概述	92
§ 2 岩石的变形性	92
一、基本概念	92
二、岩石在单轴压力作用下的变形	93
三、岩石在三轴压力作用下的变形	99
四、岩石在单轴拉伸和剪切作用下的变形	102
五、岩石在辐射状压力下的变形	105
六、岩石的蠕变	106
七、岩石变形的本质	107
§ 3 岩石的抗破坏性	109
一、基本概念	109
二、岩石的抗拉强度	110
三、岩石的抗剪强度	110
四、岩石的抗压强度	112
五、岩石在三轴应力下的抗破坏性	114
§ 4 结构面的强度	116
一、各种结构面强度的一般情况	116
二、未被充填的结构面的剪切机制	117
三、未被充填结构面抗剪性能的测定	118
§ 5 岩体的变形性和抗破坏性	119
一、岩体的变形性	119
二、岩体的抗破坏性	124
第六章 影响岩体力学性质的主要因素	126
§ 1 概述	126

§ 2 矿物成分的影响	126
§ 3 结构的影响	127
§ 4 水的影响	132
§ 5 作用力的特点对岩体力学性质表现的影响	135
§ 6 温度效应	138
§ 7 综合表征岩体力学性能的常用指标	140
第七章 风化作用对岩体工程地质性质的意义	142
§ 1 概述	142
§ 2 风化作用降低岩体工程地质性能的机制	143
一、对岩体结构的改变	143
二、产生次生粘土矿物	144
§ 3 影响岩体风化的主要因素	146
一、岩石的抗风化能力	146
二、气候	146
三、地貌	147
§ 4 风化壳的结构	147
§ 5 岩体风化程度的工程地质研究	151
一、以肉眼观察为主的风化定性标志	152
二、由实验室测试得出的某些表征岩石成分或结构的指标	152
三、由实验室或原位简易测试得出的力学性质指标	154
§ 6 岩体风化速度的工程地质研究	157
第八章 岩土工程地质性质人工改良的基本原理	159
§ 1 概述	159
§ 2 岩土工程地质性质人工改良的主要方法	159
一、拌和法	159
二、加载压密法	160
三、灌浆法	162
四、高、低温处理法	163
五、电化学法	163
§ 3 岩土性质人工改良方法的选择原则	165
第九章 岩土的工程地质分类	166
§ 1 概述	166
§ 2 土的工程地质分类	166
§ 3 岩石和岩体的工程地质分类	168
一、迪尔和米勒对岩石的分类	169
二、巴顿的隧道围岩分类	170
§ 4 我国岩土工程地质分类的趋向	172
附录 I 岩土工程地质性质实验室试验指导细则	175
前 言	175
实验一 土粒密度试验	175

实验二	土的含水率试验	176
实验三	土的液限试验	178
实验四	土的塑限试验	179
实验五	土的颗粒组成试验	180
实验六	土的密度试验	189
实验七	土的压缩试验	191
实验八	土的击实试验	194
实验九	土的直接剪切试验	196
实验十	土的三轴压缩-剪切试验	198
实验十一	岩石变形试验	201
实验十二	岩石抗拉强度试验	205
实验十三	岩石抗剪强度试验	206
实验十四	岩石抗压强度试验	208
实验十五	岩石三轴试验	210
附录 II	本书使用的主要物理量符号	215
附录 III	专业名词汉英对照	217
主要参考文献		230

绪 论

§ 1 工程岩土学的研究对象和研究意义

人类的工程建筑活动是在地表或地壳浅部的一定地质环境中进行的,地质环境必然要对建筑物的施工和建筑物建成以后的正常使用发生不同程度的影响,而且,建筑物的修建又必然对地质环境产生不同性质和不同程度的反作用。为了使所修建的建筑物能够正常地发挥预期的效益又造价低廉,而且不会对周围的环境造成不良后果,在修建建筑物之前,必须根据实际需要深入研究地质环境,预测和评价可能产生的、与建筑物及其周围环境有关的地质问题——工程地质问题(engineering geological problem),为建筑物的设计和施工提供必要而充分的地质依据。工程地质学(engineering geology)就是研究工程建筑物与地质环境相互作用而产生的工程地质问题的学科。

工程地质问题是多种多样的。在具体情况下可能出现何种问题及其对建筑物和周围环境的影响程度如何,取决于建筑物特点和地质条件。这些地质条件包括岩土的工程地质性质(engineering geological property of rock and soil)、地质构造、地貌、水文地质和岩体中地应力的特点等五个方面,通常总称之为工程地质条件(engineering geological condition)。由于工程地质条件是是否可能产生工程地质问题的基础,因而要想预测和评价工程地质问题,查明、分析和研究建筑地区和有关范围内的工程地质条件便是工程地质工作者在实际工作中的首要任务。

任何工程建筑都是修建在岩土体之上(地上建筑物,如房屋、水坝、道路、桥梁等)或岩土体之中(地下建筑物,如隧道、地下厂房、地下道路等)的,前者将岩土体作为地基,后者将岩土体作为修建环境。因此,岩土又是重要的建筑材料。应当认为,工程建筑与岩土的关系极为密切,是不可能脱离岩土而单独存在的。而且,任何工程地质问题都是由于岩土的工程地质性质不能适应自然环境或者不能适应建筑物对环境的改变而存在或者发生的。从这里可以看出,岩土是产生工程地质问题的物质基础。在工程地质条件的上述各个方面中,岩土的工程地质性质是其中涉及最广泛、最重要的一个方面。

工程岩土学(science of engineering rock and soil)是研究岩体和土体工程地质性质及其形成和变化规律以及如何改善这些性质的学科,是工程地质学的分支之一,是工程地质学中的基础理论部分。

岩土的工程地质性质主要包括抵抗外力作用的力学性质和被水渗透的性质,它们直接决定于岩土的化学成分和结构。岩土的化学成分和结构属于岩土的地质特征,它们是在漫长的地质历史中,在内、外动力的作用下形成的,而且还将在今后的自然和人为条件下不断地变化和发展。在岩土及其物质成分和结构的形成、变化和发展中,它们的工程地质性质必然也会发生相应的变化。因此,工程岩土学不仅要研究岩土当前的性质如何,而且要从分析和追溯这些性质的形成过程中,结合当前的自然条件以及建筑物建成以后对它的改

造,预测岩土工程地质性质的变化趋向和速度。这样,才能满足工程地质工作中对工程地质问题的预测和评价的需求。在工程建设中,对岩土工程地质性质研究的任何忽视,或者孤立地、静止地研究它们,都会给工程建设造成不同程度的恶果。轻则延误工期、增加造价;重则建筑物虽然尚能稳定存在,但不能发挥预期效益;最严重的,甚至发生突然破坏,造成生命和财产的极大损失。这些史例,在世界建筑史上是非常之多的。前者如我国的长江葛洲坝工程,由于对坝基下的软弱泥化夹层在施工之前研究不足,成为停止施工一年的重要原因之一。又如,苏联于1960年在西伯利亚冻土区的一个河流上建成了一个电站,在不厚的土层下是节理极为发达的玄武岩,节理中的水已被冻结,误认为是不透水的。但在水库蓄水之后,由于库水温度较高,冰脉融化,发生严重漏水,致使电站无法发挥它应有的效能。至于因对岩土工程地质性质研究不足而导致灾害发生的实例,在欧美国家更是屡见不鲜的。例如,美国加利福尼亚州的圣弗兰西斯(San Francis)水坝,部分坝基由砾岩组成。由于对该砾岩浸水后可能发生崩解认识不足,水库蓄水不久即因砾岩崩解而导致水坝倾倒,除大量财富损失外,426人丧生。1959年法国南部的马帕塞(Malpasset)水坝的失事,是又一典型史例。坝体位于片麻岩上,但左岸片麻岩中夹有绢云母片岩和粘土薄层。蓄水一年后这些软弱夹层因浸水而力学性能降低,致使水坝崩溃,洪水下泄,席卷十公里处的福瑞捷斯城,并使附近铁路、公路、供电和供水线路全遭破坏。据不完全统计,死亡三百余人,百余人失踪。更为突出的失事史例是意大利的瓦扬(Vaiont)水坝灾难。瓦扬水坝是当时最高的拱坝,高258m,近坝库区的山体由石灰岩和粘土岩组成。蓄水后,粘土岩浸水膨胀而推动山体下滑,1963年由于数亿立方米的岩石高速度崩滑在水库中,激起巨浪,洪流以高出坝顶近百米的高度直泻而下。虽然坝体经受住了这次坝顶洪水漫溢和巨大震动的考验,但不仅因巨大的崩滑体填塞了大部分库容而使该工程失去效用,并且死亡2600余人。这些都是建筑史上因对岩土的工程地质性质研究和估计不足而带来的典型惨痛教训。

岩土,是岩体和土体的简称,它们都是自然历史的形成物和地壳表层的组成物。从地质学大循环来说,土体在经过成岩作用 and 在地壳深处的高温高压环境中能够转变为岩石,而岩体在经过地壳风化作用和各种外动力的搬动和沉积后又成为土体,它们互为因果;它们的工程地质性质同样决定于其各自的物质成分和结构。虽然某些岩土(例如我国第三纪和第四纪早期的某些沉积物以及某些凝灰岩和火山灰的过渡类型沉积物)的粒间联结很弱,以致很难确切确定它们是属于岩体还是属于土体,但是在一般情况下,它们之间由于存在颗粒间有无坚固联结的区别而使工程地质性质有显著的差异。从上述可知,岩体和土体之间既有多方面的共性和密切联系,又存在明显的不同,因此,对它们的研究,既应统一考虑,也有必要和可能进行分别论述。

§ 2 工程岩土学的研究内容和研究方法

根据工程岩土学在工程地质学中的地位和任务,工程岩土学的研究内容应包括以下几个方面:

- (1) 岩土的工程地质性质及其与地质特征(物质成分和结构)之间的关系;
- (2) 岩土工程地质性质的物理机制;

(3) 在与周围的自然条件(尤其是建筑物建成以后被改变了的自然条件)相互作用中,岩土工程地质性质变化的趋向、规律和速度;

(4) 测试岩土工程地质性质的方法和技术;

(5) 改善岩土工程地质性质的方法。

任何一门学科的研究方法,都决定于其研究对象和研究目的,工程岩土学也是如此。由于工程岩土学的研究对象是岩体和土体,它们是地质体,是自然历史的形成物,其目的在于研究岩土的工程地质性质,以确保不致发生危及建筑物和周围自然环境的工程地质问题,并尽可能地降低建筑物的造价,因此,对于岩土工程地质性质的研究必须采用地质学方法和专门的实验方法。

如前所述,岩土不是偶然地出现和孤立而静止地存在于自然界中的。它们是在漫长的地质时期中,在一定的环境和地质作用下形成的,并且自其形成以后而位于地壳上部时,又在其周围的各种因素(包括自然的和人为的)作用下不断地发生变化。在岩土的这些形成和变化过程中,各有其相应的物质成分和结构,从而也各有其相应的工程地质性质。所以,只有采用地质学的自然历史分析方法,才能正确地认识岩土工程地质性质的形成原因和过程、现阶段的空间分布规律以及今后的变化趋向。关于地质学的自然历史分析法,已在有关基础地质学课程(如岩石学、构造地质学、水文地质学等)中讲授,这里不再重复。

采用自然历史分析法得到的结果是定性的、分析的,这对于工程地质学来说,还不能满足工程建设的需要。为了定量评价在具体情况下工程地质问题是否可能发生和发生的可能规模,为了定量地对比和衡量不同岩土或同类岩土的工程地质性质及其变化,以及为了工程设计中的直接需要,还需要确定表征岩土工程地质性质的各种定量指标的数值。因此,必须采用专门的实验方法。在实验方法中,又可分为取样试验(sampling test)和原位试验(insitu test)两大类型。

取样试验是在所研究的地区按需要采取一定数量和尺寸的岩土样品,在实验室或现场用专门的仪器进行测试。测试成果的精确程度,首先决定于试样(sample)是否对于自然岩体或土体具有真正的代表性,以及试验条件是否符合或近似岩土在自然界中存在的条件或当其与建筑物相互作用时的实际情况;其次是取样质量、仪器性能和试验技术问题。为了提高所采取的试样对岩体或土体的代表性程度和试验条件与实际条件的近似程度,采取试样和试验工作,都必须在对岩土的地质特征及其空间分布情况、岩土体存在的自然条件和建筑物建成后的实际工作条件,全面而深入地了解的基础上进行。任何脱离岩土体实际情况的试验工作,都是毫无意义的,甚至是极为有害的,因为根据脱离实际的试验结果时常会得出对工程地质问题的错误判断或错误的工程设计。因此,在采取试样和进行试验之前,必须充分研究岩土体的产状、构造、结构、物质成分和它们在空间范围内的分布,以及地貌、水文地质条件和由于建筑物的修建对它们可能发生的影响。只有这样,才有可能使所采取的试样对自然的岩土体具有最大限度的代表性,才能使试验条件尽可能地接近于实际情况具有充分的依据。

尽管如此,取样试验毕竟不是在自然条件下进行的,而且由于试验仪器的限制,试样也不可能太大,这样就给试验工作尽可能近似于岩土实际情况的意图,带来了不可避免的、较大的局限性。对于修建重要的或大型的建筑物来说,往往还需要采用原位试验方法,以弥补上述取样试验方法的不足。原位试验方法测试岩土体的工程地质性质,不需要

采取试样，而是在天然露头、坑道或钻孔中的岩土体上直接进行的。与取样试验相比，它在颇大程度上更接近于自然实际。当然，原位试验的选点同样应当遵循取样试验中取样所应遵循的上述原则，而不能脱离对岩土体的地质特征和存在的自然环境的研究。

此外，场地中建筑物的布局和类型的特点，同样是取样试验和原位试验必须考虑的重要原则。

从上述中可以清楚地看出，在工程岩土学中所采用的自然历史分析方法和专门实验方法之间，有着极为密切的关系。显然，前者是后者的基础，而后者则是前者研究岩土工程地质性质的继续和深入。

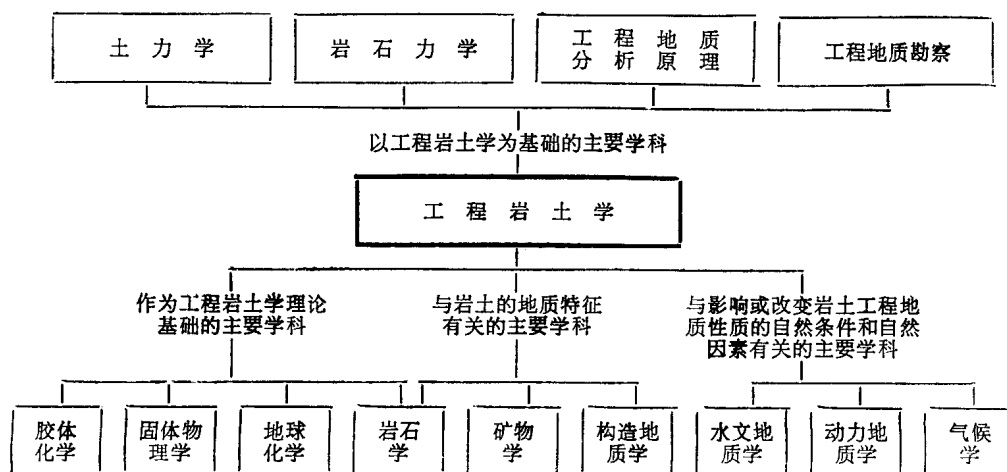
§ 3 工程岩土学与其它学科间的关系

任何一门独立的学科，虽然在研究对象、研究任务和内容、研究方法以及理论基础等方面有其独立性，但决不是孤立存在的，而是与其它许多学科之间存在着直接或间接的关系。这些关系所涉及的范围，主要决定于该学科的研究对象以及研究任务和内容。前面已经多次指出，工程岩土学的研究对象是作为自然历史形成物的岩体和土体，研究它们的工程地质性质以作为工程地质问题的预测和评价以及工程设计的地质依据。由此可将与工程岩土学直接相关的其它学科，概括为以下四个方面：

以工程岩土学为基础的学科。换言之，即以研究工程地质问题为中心内容的学科，主要包括工程地质学的其它两个分支学科——工程地质分析原理和工程地质勘察，以及土力学和岩石力学等。

作为工程岩土学理论基础的有关学科。主要有胶体化学、固体物理学、地球化学以及地质学的某些分支学科。在后者中，与岩石学有更密切的关系。

与岩体和土体的物质成分和结构有关的学科。前面已经指出，岩土的物质成分和结构这些地质特征是决定岩土工程地质性质的物质基础，研究岩土工程地质性质及其形成和变化，必须从研究物质成分和结构着手，必须借助这些学科的知识 and 理论。在这些学科中，主要有岩石学、矿物学、构造地质学等。对于粘土质岩土，矿物学中的粘土矿物学部分尤其重要。



与影响岩土工程地质性质并使其发展变化的自然条件和自然因素有关的学科。岩土的工程地质性质在一定的自然环境中形成,并且也在一定的自然条件下不断地发展变化。§1中所列举的史例充分说明,对岩土工程地质性质发展变化的任何忽视,都将会造成严重的后果。这些学科主要是水文地质学、动力地质学和气候学等。

综上所述,可将工程岩土学与其它学科间的主要关系,列成如上页所示的形式。

§4 工程岩土学的发展过程和趋向

科学的发展,必须以生产力的发展和生产的需要为前提。人类对于岩土工程地质性质的研究,直至工程岩土学作为一门独立而完整的学科的发生和成长,必然也完全符合这一科学原则和客观规律。

我国是一个文化高度发达、历史极为悠久的国家,在工程建筑史上,更有其光辉的一页。远在春秋时代,修筑了鸿沟(始建于公元前722年,起自河南荥阳,引黄河水注入淮河)和伍堰(始建于公元前506年,在江苏高淳县沟通太湖与长江),举世闻名的大运河的仪征至淮安段也始建于公元前485年;同时,在春秋时代,黄河两岸的劳动人民在与黄河泛滥的斗争中,普遍修筑了堤防。同样著名的万里长城和四川灌县的都江堰则分别始建或竣工于战国时代,距今都已有两千多年的历史。在这些伟大建筑物的修建中,如果对于岩土的工程地质性质没有必要的了解,是完全不可能成功的。而且其中某些建筑物是修建在工程地质性质极差的黄土状土(鸿沟)或冲积土(运河的仪征至淮安段)中的,为了防止渗漏,可以设想,当时必然会对这些土体的渗透性能有正确的认识。隋代(公元605~616年)修建的河北赵州桥,桥台砌置在砂层上,当时对该砂层工程地质性质的研究虽无文字记载,但根据近代对该桥桥台的验算,压力约为0.5~0.6 MPa,恰与目前建筑规范中所规定的密实粗砂的容许承载力相近。由此可以推断,早在一千三百余年前,我国人民对岩土工程地质性质的认识,已经是相当成熟的了。十九世纪初期(清嘉庆8~14年,即公元1803~1809年)在重建江西临川的文昌桥时,对岩土工程地质性质的研究,可见于文昌桥志中:“桥惟西岸三墩系石底,只用石上迭石。余皆沙底,沙负石必日沉,石必日缩,愈缩则愈沉,倾之者至矣。故继以钉桩之工,……”。由此可见,当时已经研究了岩土的可压缩性,并根据不同类型岩土的可压缩性的特点,分别采用了不同类型的基础。虽然我国人民在生产实践中积累了关于岩土工程地质性质的丰富经验和知识,但是由于在长期的封建制度统治下,整个生产力受到严重束缚,所以不仅没有进行过系统的分析和研究,从理论上加以提高和发展,甚至缺乏文字记载,致使这些作为我国劳动人民智慧结晶的、宝贵的科学遗产,没有能够比较完整地保存下来。

工程岩土学作为一门学科的逐渐形成,这还是国内、外工程地质工作者和其它有关方面的科学技术人员在本世纪二十年代以来,特别是70年代以来共同劳动的结果。

在前苏联,对于土的工程地质性质有意识的研究开始得较早。早由于资本主义在俄国的发展,十九世纪末期大规模兴建道路,积累了有关道路建设方面的土的工程地质性质的丰富资料,二十年代就已总结出了道路土质学。随着十月革命后的大规模建设,四十年代发展成为适用于各种类型建筑工程的土质学(грунтоведение)。土质学对于土是作为一种地质体来研究的,用发展和变化的观点研究土的工程地质性质,这是非常正确而可贵的。应

当指出的是,虽然苏联学者将“грунт”一词定义为与建筑工程有关的一切土和岩石,土质学应包括对土和岩石的工程地质性质的全面研究,但是土质学的实际内容则主要是土(颗粒间无坚固联结的),而涉及岩石(颗粒间有坚固联结的)的工程地质性质则很少,说明对于后一重要方面,研究得还非常不足。

在此期间,欧美国家也在大规模的工程建设中积累了有关岩土工程地质性质的大量资料,但是他们没有将建筑工程所涉及的岩体和土体作为地质体来看待,忽视对岩土工程地质性质的形成、发展和变化的研究,而仅仅着眼于岩土工程地质性质指标的测试,将有关岩土工程地质性质的知识分别附属于土力学(soil mechanics)和岩石力学(rock mechanics)中。这样的方向,大大束缚了对岩土工程地质性质的研究,不可能使其得到应有的发展。

50年代初期,土质学被介绍到我国。在我国四十多年来的社会主义建设中,一方面,将国外学者们创立的土质学中关于土的工程地质性质的某些原理应用于我国的工程建设;对建筑事业起了一定的促进作用;另一方面,通过我国四十多年来的建设实践,也大大丰富和提高了关于土的工程地质性质的研究内容和水平。更应强调指出的是,我国的研究者们加强了从地质学的观点对岩体工程地质性质的研究和系统总结,70年代形成了全面研究岩体和土体工程地质性质的工程岩土学。

近年来,国内外的研究者在工程岩土学的研究中从以下几方面开展了不同程度的工作,可以预料,在不久的将来,这些研究成果将会有力地推动工程岩土学的发展。

(1) 为了进一步研究岩土的性能与其矿物成分和结构间的关系,开展了对岩土矿物成分和结构的微观研究。例如,利用超高倍扫描电子显微镜研究粘性土和粘土岩的粘土矿物成分和微观结构;利用X-射线测角仪测定岩土的亚组构(sub-fabric),从而得出了岩土力学性质的各向异性与岩土中矿物颗粒的优势方位间的关系。

(2) 为了正确认识天然岩土体(含有宏观和微观结构面的)的工程地质性质,加强了对结构面力学性能和力学效应的研究。中国科学院地质研究所在岩体结构方面取得了大量有价值的研究成果。近年来,对于土体中裂隙的研究也有重要进展,它将会突破将土体一概作为连续介质的传统观念,使对土体的工程地质研究更符合自然实际。

(3) 开展了对某些具有特殊工程地质性质的或在岩体中起特殊作用的岩土的研究。例如对黄土、胀缩土、冻土、红土、淤泥、软弱夹层、风化岩石等的研究,都给予了相当的重视。

(4) 在岩土工程地质性质的测试方面,在方法和技术上都有颇大的进展。加强了对岩体和土体原位测试方面的研究,使原位测试与取样测试相配合,提高了数据的精确度。研究出一批技术简单、仪器轻便的取样或原位试验方法,例如岩石的点荷载试验、岩体结构面的简易剪切试验(利用携带式剪切仪)和滑动试验(利用巴顿的滑动试验仪)、岩体回弹试验(利用回弹仪)等等。利用这些方法,试验时间短、成本低,易于取得大量资料。开展了探测结合的测试方法研究,即在钻探或物探过程中同时测取关于岩土工程地质性质的数据。此外,还将某些先进技术(如弹性波技术、红外线技术、放射性技术等等)引进到岩土工程地质性质的测试中来。

(5) 加强了岩土工程地质性质研究中的数学分析。例如,应用统计数学处理测试数据和探求其统计规律,应用模糊数学方法分析岩土工程地质性质的影响因素等等。在这些数学分析中往往需要借助电子计算机来完成。

从以上所述中可以看出，工程岩土学还是一门比较年轻的学科，虽然在它发展和形成的这几十年中已经取得了较大的成就，但还有许多方面亟待研究、突破。这正是工程地质工作者的重要任务。在过去的四十年中，工程岩土学已为我国的建设事业起到了应有的作用，可以预料，在今后我国的社会主义现代化建设事业中，它必将发展到更高的水平，发挥出更大的作用。

第一章 土的物质成分

§ 1 土的基本组成部分

土是由各种不同成因类型的岩石经风化、搬运、堆积而成的疏松沉积物，它们通常由相互作用着的固、液、气体三个部分组成。固体矿物颗粒是土的主要组成部分，常称为土粒 (soil particle)。土粒间孔隙 (pore) 中充满着液体和气体，在负温条件下还有冰存在于其中。土中的液体一般是水，气体主要是空气和水蒸汽。根据工程地质观点，可将土作为多相体系 (polyphase system) 来研究。不仅研究固相——矿物颗粒，而且要研究液相——主要是水，和气相以及特殊相——生物。一般情况下，土为三相体系，主要由矿物颗粒、水和空气这三个基本部分组成。

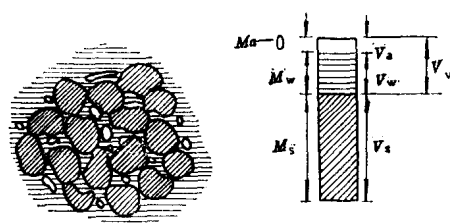


图 1—1 土的三相组分简化示意图

M ，质量； V ，体积； a ，空气； w ，水； s ，固体颗粒

于其中。土中的液体一般是水，气体主要是空气和水蒸汽。根据工程地质观点，可将土作为多相体系 (polyphase system) 来研究。不仅研究固相——矿物颗粒，而且要研究液相——主要是水，和气相以及特殊相——生物。一般情况下，土为三相体系，主要由矿物颗粒、水和空气这三个基本部分组成。

为了便于说明和应用，可将土的三相

组成部分的质量和体积用符号予以表示 (图 1—1)。

组成土的这三个基本部分，无论是各自的绝对数量，或者是三者之间的比率，都不是固定的，而是随着时间的延续，在不同自然环境的影响下，不断地变化着，其中矿物颗粒变化较小。虽然在风化作用以及流水作用和各种动力作用下，矿物颗粒被破坏、搬运或聚集，发生数量增减或质量上的变化，但是这些作用或者需要较长的时间 (与水和空气的变化相比)，或者必需具备一定的条件才可能发生。而土中水和空气的数量变化，却对于客观环境所给予的影响极其敏感。当土的全部孔隙完全被水充满时，形成饱水土 (saturated soil)；而当孔隙中完全充满着空气时，则成为干土 (absolutely dry soil)。饱水土和干土都是二相体系 (diphase system)。在土的孔隙中水和空气同时存在时，则为三相 (triphase) 体系。

当土的孔隙中水和空气的数量比率变化时，土将处于不同的状态，同时呈现不同的工程地质性质。对于粘性土来说，这种影响尤为显著，例如饱水粘土可能是可塑状态的，甚至是流动状态的，力学强度极低。

组成土的各个部分不是机械地聚集在一起，也不是彼此孤立互不相干的。由于矿物颗粒的表面能和孔隙水溶液中电解质的存在等，在它们之间的接触面上发生着复杂的物理的、化学的或物理-化学的互相作用。这些作用导致在土中产生许多特殊的现象，如毛细现象，水解、氧化、溶解、吸附和离子交换等。它们对土的工程地质性质有着极为重要的影响。

由于土的工程地质性质在物质成分方面主要取决于固相和液相，气相的影响较小，而