

工程地质学

吉林大学
出版社

工程地质学

李广杰 编

百林大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

陕西省泥石流灾害与防治/李昭淑编著. —西安:西安地图出版社, 2002. 9

ISBN 7-80670-226-1

I. 陕... II. 李... III. 泥石流—防治—陕西省
IV. P642.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 073885 号

陕西省泥石流灾害与防治

李昭淑 著

西安地图出版社出版发行

(西安市友谊东路 334 号 710054)

新华书店经销 西安地图出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 1/16 开本 18 印张 400 千字

2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月第 1 次印刷

印数:0001—1000 册

ISBN 7-80670-226-1/K · 98

定价:30.00 元

内容提要

本书从地质学的基本观点出发,结合工程建筑的需要,系统地论述了工程地质学的基本理论和方法,并引用了最近发布实施的有关规范,实用性较强。全书分十章:第一至第四章为土的工程地质性质,第五章、第六章为岩石、岩体的工程地质性质,第七章至第九章为地震、斜坡、岩溶工程动力地质问题,第十章为建筑物工程地质勘察。

本书除作为高校非勘察技术与工程专业工程地质方向地质类专业本科生教科书外,还可作为从事水利水电、土建、道路、采矿等岩土工程勘察的工程技术人员参考书。

前 言

本教材是吉林大学规划教材，是按地质学专业、资源勘察工程专业固体矿产勘察方向、地球物理学专业、勘察技术与工程专业应用地球物理方向、测绘工程专业、水文与水资源工程专业 45 学时授课内容编写的。全书分十章，其中第一至第四章为土的工程地质性质，第五章、第六章为岩石、岩体的工程地质性质，第七章至第九章为地震、斜坡、岩溶工程动力地质问题，第十章为建筑物工程地质勘察。

本教材由吉林大学建设工程学院李广杰编写。在总结本人二十余年为非勘察技术与工程专业工程地质方向本科生讲授工程地质学的教学经验的基础上，主要参阅了由李智毅和杨裕云主编的并由中国地质大学出版社出版的《工程地质学》，同时还参阅了国内出版的各种版本的工程地质学教材，搜集了最近颁布的有关规范。本教材是本着基本概念清楚，易于本科生学习，实用性强原则编写的。通过对本教材的学习，可以使各类非勘察技术与工程专业工程地质方向地质类专业学生能在有限学时内掌握工程地质学的最基本理论和方法。

吉林大学建设工程学院的刘丹、盛剑、秦胜伍同学帮助打字、绘图，谨此致谢。同时，还要感谢吉林大学教材科和建设工程学院教科研办的同志们，他们为本书出版提供了不少帮助。本教材除作为高校地质学专业、资源勘察工程专业固体矿产勘察方向、地球物理学专业、勘察技术与工程专业应用地球物理方向、测绘工程专业、水文与水资源工程专业等非勘察技术与工程专业工程地质方向本科生教科书外，还可作为从事水利水电、土建、道路、采矿等岩土工程勘察的工程技术人员参考书。

由于编者水平有限，书中难免会有缺点甚至错误，恳请读者批评指正。

目 录

绪	(1)
第一章 土的物质组成与结构、构造	(6)
第一节 土的粒度成分	(6)
一、粒径和粒组划分	(6)
二、粒度成分的测定和表示方法	(7)
三、土按粒度成分的分类	(9)
第二节 土的矿物成分	(10)
一、土中矿物成分的类型	(10)
二、矿物成分与粒度成分的关系	(10)
三、黏土矿物的类型及其基本工程地质特征	(11)
第三节 土中的水和气体	(12)
一、土中水的基本类型与特征	(12)
二、土中的气体	(14)
第四节 土的结构和构造	(14)
一、土的结构	(14)
二、土的构造	(16)
第二章 土的物理性质	(18)
第一节 土的基本物理性质	(18)
一、土粒密度	(18)
二、土的密度	(19)
三、土的含水性	(20)
四、土的孔隙性	(20)
五、土的基本物理性质指标间的关系	(22)
第二节 细粒土的稠度和可塑性	(22)
一、细粒土的稠度	(22)
二、细粒土的可塑性	(23)
三、液性指数	(24)
四、塑性图及其对细粒土的分类	(24)
第三节 细粒土的胀缩性和崩解性	(26)
一、细粒土的胀缩性	(26)
二、细粒土的崩解性	(27)

第四节 土的透水性和毛细性	(28)
一、土的透水性	(28)
二、土的毛细性	(30)
第三章 土的力学性质	(32)
第一节 土的压缩性	(32)
一、土压缩变形的特点与机理	(32)
二、压缩试验与压缩定律	(33)
三、土的变形模量 (E_0)	(35)
四、土的前期固结压力	(36)
第二节 土的抗剪性	(37)
一、土的直剪试验与库仑定律	(38)
二、三轴剪切试验	(40)
三、不同排水条件下土的抗剪强度	(41)
第四章 各类土的工程地质特征	(42)
第一节 一般土的工程地质特征	(42)
一、砾类土	(43)
二、砂类土	(43)
三、细粒土	(44)
第二节 几种特殊土的工程地质特征	(44)
一、淤泥类土	(45)
二、黄土	(47)
三、膨胀土	(51)
四、红黏土	(54)
第五章 岩石的工程地质性质	(56)
第一节 岩石的物理性质	(56)
一、岩石的密度	(56)
二、岩石的空隙性	(56)
三、岩石的吸水性	(57)
四、岩石的软化性	(59)
五、岩石的抗冻性	(59)
六、岩石的透水性	(60)
第二节 岩石的力学性质	(60)
一、岩石的变形特性	(61)
二、岩石的强度特性	(66)
三、抗压强度与弹性模量、抗拉强度、抗剪强度的关系	(69)
四、岩石的三向压力强度	(70)
第六章 岩体的工程地质性质及岩体工程分类	(71)
第一节 岩体的结构特征	(71)

一、结构面的类型	(71)
二、结构面对岩体力学性质的影响	(73)
三、软弱夹层	(74)
四、结构体特征	(74)
五、岩体的结构类型划分	(75)
第二节 岩体的力学性质	(75)
一、岩体的变形性质	(75)
二、岩体的强度性质	(79)
第三节 岩体的工程分类	(85)
一、RQD 分类	(85)
二、节理岩体的 CSIR 分类	(85)
三、巴顿岩体质量 (Q) 分类	(87)
四、岩体质量指标 (RMQ) 分类	(87)
第四节 风化岩体的工程地质特征	(88)
第七章 活断层和地震工程地质研究	(90)
第一节 活断层	(90)
一、活断层的特征	(91)
二、活断层的鉴别	(92)
三、活断层区的建筑原则	(93)
第二节 地震的工程地质研究	(94)
一、地震震级和烈度	(94)
二、地震效应	(97)
三、场地工程地质条件对震害的影响	(100)
四、地震区抗震设计原则和建筑物防震、抗震措施	(102)
第八章 斜坡变形破坏工程地质研究	(103)
第一节 斜坡中的应力分布特征	(103)
一、斜坡中应力状况的变化	(103)
二、影响斜坡应力分布的主要因素	(105)
第二节 斜坡变形与破坏	(106)
一、斜坡变形	(107)
二、斜坡破坏	(108)
第三节 影响斜坡稳定性的因素	(116)
一、岩土类型及性质的影响	(116)
二、地质结构的影响	(117)
三、水的影响	(121)
四、地震的影响	(123)
五、人类活动的影响	(123)
第四节 斜坡稳定性评价	(124)

一、自然历史分析法·····	(124)
二、图解法·····	(124)
三、工程地质比拟法·····	(127)
四、刚体极限平衡计算法·····	(130)
五、数值计算法·····	(136)
六、概率分析法·····	(136)
第五节 斜坡变形破坏的防治·····	(137)
一、预防措施·····	(137)
二、治理措施·····	(137)
第九章 岩溶工程地质研究·····	(143)
第一节 概述·····	(143)
第二节 碳酸盐岩的溶蚀机理·····	(144)
一、碳酸盐岩的溶蚀过程·····	(144)
二、混合溶蚀效应·····	(145)
三、其他离子的作用·····	(145)
第三节 影响岩溶发育的因素·····	(146)
一、碳酸盐岩岩性对岩溶发育的影响·····	(146)
二、气候对岩溶发育的影响·····	(147)
三、地形地貌对岩溶发育的影响·····	(148)
四、地质构造对岩溶发育的影响·····	(149)
五、地貌和地质构造对岩溶水循环交替条件的影响·····	(150)
六、新构造运动的影响·····	(152)
第四节 岩溶地区水库渗漏问题·····	(153)
一、水库渗漏分类·····	(154)
二、库区渗漏条件分析·····	(154)
三、岩溶地区修建水库的库坝址选择原则与防渗处理·····	(155)
第五节 岩溶地基稳定问题·····	(157)
一、岩溶地基变形破坏的主要形式·····	(158)
二、地表塌陷的成因及分布特征·····	(158)
三、岩溶地基稳定性评价·····	(159)
四、岩溶地基的处理措施·····	(161)
第十章 建筑物工程地质勘察·····	(162)
第一节 概述·····	(162)
一、地基、基础的概念·····	(162)
二、建筑物的主要工程地质问题·····	(163)
第二节 地基中的应力分布·····	(164)
一、土的自重应力·····	(164)
二、基底压力·····	(165)

三、地基中的附加应力	(167)
第三节 地基沉降计算	(174)
一、地基最终沉降量的计算	(174)
二、地基沉降与时间关系	(179)
第四节 地基变形允许值	(181)
第五节 地基承载力	(181)
一、载荷试验	(182)
二、地基承载力特征值的确定	(184)
三、修正后的地基承载力特征值的确定	(184)
第六节 建筑物岩土工程勘察要点	(185)
一、岩土工程勘察分级	(185)
二、岩土工程勘察主要工作内容	(187)
三、勘察阶段划分及各勘察阶段的勘察要点	(187)
四、岩土工程勘察中的其他工作	(191)
参考文献	(192)

绪

地球上现有的一切工程建筑物都是修建在地壳表层,修建在各种地质环境中,地壳表层的地质环境与工程建筑物之间必然产生一定方式的相互关联和制约。地质环境对工程建筑物的制约,通常会由一定的作用影响工程建筑物的安全稳定和正常使用,某些地质条件欠佳会增高工程造价。例如,地球内部构造活动导致的强烈地震,顷刻间可使较大地域内的各种建筑物和人类生命财产遭受毁灭性的损失;地壳表面的软弱土体不适应某些工业与民用建筑物荷载的要求,需进行专门的地基处理,从而增加工程的造价;地质时期内形成的岩溶洞穴严重渗漏,造成水库不能正常发挥效益,甚至完全丧失功能;大规模的崩塌、滑坡中断铁路、公路交通,摧毁建筑物,使人类生命财产遭受巨大的损失。建筑物修建以后,又反过来影响地质环境,使地质环境发生一些变化,变化后更加复杂化的地质环境又影响到建筑物的安全稳定和正常使用,甚至威胁到人类的生活和生存环境。例如,在土基上修了建筑物以后,地基就要产生压缩变形;大型水库的兴建,使河流上、下游大范围内水文和水文地质条件发生变化,会引起库区渗漏、塌岸、浸没、淤积和诱发地震等问题,甚至使生态环境恶化。所以,工程建设必须根据具体地质环境和工程建设方式、规模和类型,预见其二者相互制约的基本形式和规模,才能合理有效地开发利用并妥善保护地质环境。工程地质学便是担负着这种任务的应用地质学科。

从上述介绍可以看出,工程地质学是地质科学的一个分支,是研究与工程规划、设计、施工和运用有关的地质问题的科学。它是在改造大自然的生产实践中发展起来的一门科学,因而在经济建设和国防建设中应用非常广泛,如工业及民用建筑、水利水电建设、铁路和公路交通、矿山开发及国防工程等,都需要进行工程地质工作。

一、工程地质学的任务

工程地质学是为工程建设服务的,基本任务是为工程建筑的规划、设计和施工提供地质资料,运用地质和力学知识回答工程上的地质问题,以便使建筑物与地质环境相适应,从地质方面保证建筑物的安全稳定、经济合理、运行正常、使用方便。尽可能避免因工程兴建而恶化地质环境,引起地质灾害,从而达到合理利用和保护环境的目的。

据此,可以把工程地质学的研究任务具体归纳为以下几个方面:

1. 查明各类工程建筑场区的地质条件。建筑场区地质条件的好坏,对建筑物的安全稳定有直接影响,在进行建筑前,必须查明场区的地质条件。
2. 对场区及其有关的各种地质问题进行综合评价。例如,修建水库要对库岸、坝基稳定问题、库区和坝基渗漏等问题作出评价。

3. 分析、预料在工程建筑作用下, 地质条件可能出现的变化和作用。例如, 在土基上修建建筑物后, 可能产生的最大沉降量是多少, 能否出现不均匀沉降等。

4. 为建筑物选择适宜的建筑场址。包括为工业与民用建筑物选择场地、为水库选择坝址和为铁路、公路选择线路等。在选择场址时, 同时要考虑场地的地质条件, 使用条件和经济条件, 就是说既要安全, 又要经济、合理。

5. 对不良地质条件提出防治和改造措施。大部分建筑物场地的地质条件都不是理想的建筑环境, 有些条件不能满足工程建筑要求, 这就需要针对不良的地质条件对不良地质现象进行防治和对场地进行合理的改造。

6. 为保证工程合理设计, 顺利施工和正常使用提供可靠的技术参数。例如, 为工业与民用建筑工程提出地基承载力值, 为水库大坝设计提供坝基岩体的抗剪强度指标及为人工边坡设计提供安全边坡的最大坡角等。

7. 制订保护地质环境的措施。人类工程活动在利用地质环境, 改造地质环境方面取得了巨大效益, 但是, 也会产生一系列不利于人类生活与生产的地质环境问题。因而, 工程地质工作除了保证工程本身的安全、经济之外, 还应把保护地质环境作为一项重要任务。

由上述任务可见, 工程地质条件和工程地质问题是两个重要概念。

工程地质条件一词在工程地质学中被经常地广泛地应用着。但是, 各方面对它的理解还很不一致, 概念上还存在分歧。工程地质条件可以理解为各种对工程建筑有影响的地质要素的总称, 包括地形地貌条件、岩土类型及工程地质性质、地质构造、水文地质条件、物理地质现象以及天然建筑材料等六个要素。由此可见, 工程地质条件是一个综合概念, 在提到工程地质条件一词时, 实际上是指上述六个要素的总体, 而不是指任何单一要素。单独一个要素不能称之为工程地质条件, 而只是工程地质条件的某一因素。工程地质条件直接影响到工程建筑物的安全、造价和正常使用。所以兴建任何类型的建筑物, 首先就要查明建筑场地的工程地质条件, 它是工程地质勘察的基本任务。

工程地质问题是指由工程建筑与地质环境之间相互作用和相互矛盾而引起的, 对建筑本身能否顺利施工和正常运行或对周围环境可能产生影响的地质问题。工程地质环境是自然界客观存在的, 它能否适应工程建设的需要, 则一定要联系到工程建筑物的类型、结构和规模。优良的工程地质环境能适应建筑物的要求, 对它的安全、造价和正常使用方面不会造成影响或损害。但是, 工程地质环境往往有一定的缺陷, 会对建筑物产生某种影响, 甚至造成灾难性的后果。因此, 一定要将工程地质环境和建筑物这相互矛盾着的两个方面联系起来进行分析。不同类型、结构和规模的工程建筑物, 由于工作方式和对地质体的负荷不同, 对地质环境的要求是不同的。所以, 工程地质问题是复杂多样的。例如, 工业与民用建筑物的主要工程地质问题是地基承载力和变形问题; 地下洞室的主要工程地质问题是围岩稳定性问题; 露天采矿场的主要工程地质问题是采坑边坡的稳定性问题。而水利电力建设中的工程地质问题则更为复杂多样。例如, 坝基渗漏和渗透稳定性是土石坝主要的工程地质问题; 坝基抗滑稳定和坝肩抗滑稳定则分别是重力坝和拱坝的主要工程地质问题; 还有水库渗漏、库周浸没、库岸再造以及船闸边坡稳定和渠系工程渗漏和稳定问题等等。对工程地质问题的分析、评价, 是工程地质学研究的

核心任务。对每一项工程的主要工程地质问题，都必须做出定性的或定量的确切结论。

二、工程地质学的研究内容、分科及与其他学科的关系

工程地质学研究的内容是多方面的，完整的工程地质学科体系，应从如下几方面进行研究，由此也就形成了它的分支学科。

(1) 岩土工程地质性质研究。建造于地壳表层的任何类型建筑物，总是离不开岩土体的，作为建筑物地基或环境的岩土体，其成因类型和性质对建筑物的意义重大，是人类工程活动与地质环境相互联系和制约的基本要素。无论是分析工程地质条件，或是评价工程地质问题，首先要对岩土的工程性质进行研究。研究岩土的分布规律和成因类型，它的工程性质和形成、变化规律，各项参数的测试技术和方法以及对其不良性质进行改善、补强等方面的内容，是由“工程岩土学”这一分支学科来进行的。

(2) 工程动力地质作用的研究。作为工程地质条件要素之一的工程动力地质作用，包括地球的内力和外力成因两方面，此外还有人类工程、经济活动所产生的各种作用，往往制约着建筑物的稳定性、造价和正常使用。研究工程动力地质作用（现象）的分布、规模、形成机制、发展演化规律，所产生的不良地质问题，对之进行分析、评价以及提出有效的防治对策和措施等，是由“工程动力地质学”这一分支学科来进行的。

(3) 工程地质勘察理论和技术方法的研究。工程地质学服务于工程建设的具体工作就是要进行工程地质勘察。正如前面所提及的，工程地质勘察的主要目的，就是为工程建筑物的规划、设计、施工和使用提供所需的地质资料和各项数据。由于不同类型、结构和规模的建筑物，对工程地质条件的要求以及所产生的工程地质问题不同，因而其勘察方法的选择、勘察方案的布置以及工作量的使用等也都不尽相同。为了做好勘察工作，就要在查明建筑场区工程地质条件的基础上，对可能产生的主要工程地质问题进行确切的分析、评价。为了保证工程地质勘察的质量和精度，应该制定适用于不同类型工程建筑的勘察规范或手册，作为工程勘察的指导性文件。当前，我国有关部门已经编制出或正在编制国家标准的各类建筑工程的勘察规范或规程；并注意和推广新颖的勘察理论和技术方法。有关这方面的研究，是由“专门工程地质学”这一分支学科来进行的。

(4) 区域工程地质的研究。不同地域的自然地质条件不同，因而工程地质条件和工程地质问题也有明显的区域性分布规律和特点，为了国土资源开发利用和工程建设布局的优化，就必须研究不同地域工程地质条件的形成和分布规律，进行区划。我国国土面积广大，自然地质条件复杂，因此开展这方面的研究更显重要。“区域工程地质学”即为开展这方面研究的分支学科。

(5) 环境工程地质的研究。这是现代工程地质学研究的热点。由于人类工程、经济活动对地质环境的反馈作用日趋广泛和深刻，使地质环境恶化，甚至使地质灾害频发，严重威胁着人类的生存和生活。为了合理开发利用和保护地质环境，要建立起地质环境与人类活动之间的理论模式关系，科学地预测由于人类活动对地质环境的负影响以及它的区域性变化。尤其在大型水利水电工程、城市建设和矿产开发等方面要大力开展环境工程地质研究。所以，“环境工程地质学”已成为工程地质学的新兴分支学科。

工程地质学所涉及的知识范围是很广泛的，它必须要以许多学科的知识作为自己的

理论基础和方法、手段。因而它与地质学的各分支学科以及其他多种学科相联系。

其中,地质学的分支学科有:动力地质学、矿物学、岩石学、构造地质学、地层学、第四纪地质学、地貌学和水文地质学等,它们都是工程地质学的地质基础学科。没有这些基础学科的知识,是不可能进行工程地质研究的。例如,研究岩土工程地质性质时,就必须具备矿物学和岩石学的知识。研究各种工程动力地质作用和现象,更需要多种地质分支学科的理论和方法作为其基础。

为了确切地研究一些不良地质现象的形成机制和定量评价工程地质问题,工程地质学要以数学、物理学、化学、力学等学科知识作为它的基础。尤其是属于物理学的力学学科的工程力学、弹塑性力学、结构力学、土力学和岩体力学等,与工程地质学的关系十分密切。工程地质学中的大量计算问题,实际上也就是土力学和岩体力学的课题;土力学和岩体力学是进行工程地质问题定量评价的左右手。因此,在广义的工程地质学概念中,甚至将土力学和岩体力学也包含在内。

此外,工程地质学还与工程应用技术科学、环境科学、工程科学等有关。如水利水电建筑学、工业与民用建筑学、气象学、水文及水测验学、电子计算机技术、地球物理勘探学、钻探学等与之联系就较密切。

三、工程地质学的发展历史

人类在远古时代,就懂得利用优良的地质条件兴建各类建筑工程。但是,工程地质学在国际上成为地质学的一门独立分支学科,则仅有 70 多年的历史。

上世纪 30 年代初,原苏联开展大规模的国民经济建设,促使了工程地质学的萌生。1932 年在莫斯科地质勘探学院成立了由 Ф.И. 萨瓦连斯基领导的工程地质教研室,培养工程地质专业人才,并奠定了工程地质学的理论基础。此时,欧美和日本等国家,在进行水利工程和土木工程建筑中,也都开展了工程地质工作,但主要是从事一般地质构造和地质作用与工程建设关系的研究,其研究对象是附属于建筑工程中的。有关岩土工程地质性质和力学问题的研究,则是由土质学、土力学和岩石力学等学科承担的。

工程地质学经过数十年的发展,学科体系逐渐完善,已形成为有多分支学科的综合性学科。

为了促进工程地质科学的发展和便于各国学者的学术交流,于 1968 年在第 23 届国际地质大会上成立了国际地质学会工程地质分会,后改名为国际工程地质协会(IAEG)。该协会下设多个专业委员会,并定期进行学术交流,办有会刊。至今已召开了八届国际工程地质大会。每届大会所交流的学术论文内容非常广泛,有各类岩土体工程地质性质研究,有与地基、边坡和地下工程岩土体稳定有关的工程地质问题研究,还有环境规划和城市区的工程地质勘察研究,以及各类重大工程兴建的环境地质问题研究等等。此外,还包括地热工程及与核废料处理有关的工程地质研究等课题。各国工程地质学家与土力学家、岩石力学家,在对各种工程岩土体稳定性分析和评价过程中紧密协作配合,并于 1975 年成立了国际工程地质协会,同时召开了国际岩石力学学会和国际土力学及基础工程学会这三个学会的秘书长联席会议,以期成立综合性的国际学术团体。此外,工程地质与岩土工程这两个学科之间的关系,也是当前国际工程地质界所关注的。两者

既保持学科本身的特色,又能互相协作,取长补短,共同为工程建设做好基础性工作。

我国的工程地质学是在新中国成立后才发展起来的。上世纪 50 年代初由于经济和国防建设的需要,地质部成立了水文地质工程地质局和相应的研究机构,在地质院校中设置水文地质工程地质专业,培养专门人才。对当时的一些重大工程项目,如三门峡水库、武汉长江大桥、新安江水电站等,都进行了较详细的工程地质勘察。随之,城建、冶金、水电、铁道、机械、化工、国防等部门也相继成立了勘察和研究机构,并在有关院校中设立有关专业。50 余年来,我国在水利水电、铁路桥梁、城市规划、工业与民用建筑、矿山工程、大型地下开拓工程和国防工程等方面进行了大量工程地质工作,为工程的规划、设计、施工和正常运行提供了较充分的地质依据。这不但保证了工程建设的顺利进行,而且丰富了工程地质学的理论宝库。

为了更好地促进我国工程地质学科的发展,加强学术交流,中国地质学会工程地质专业委员会于 1979 年 11 月成立,并同时召开了我国首届工程地质大会。至今已召开了六届大会和多次专题性学术讨论会。20 世纪 90 年代,结合国际减灾 10 年的活动,全国地质灾害研究会于 1989 年成立,并办有专门的学报。这个全国性学术组织以工程地质学家为主体,专门从事地质灾害的形成机制、时空分布规律、预测预报、防治对策和措施等方面的研究。当前,我国工程地质界在能源和矿产资源开发、沿海经济开发区和城市环境工程地质、地质灾害预测预报、工程地质图集编制、测试技术理论和方法等方面,开展了较广泛而深入的研究,取得了丰硕的成果。

工程地质学作为一门独立的科学体系还在不断充实、完善,当前又开辟了矿山工程地质、地震工程地质和海洋工程地质等新的研究领域。此外,工程地质学还引进新兴学科,如信息论、系统论、耗散结构理论、灰色理论等理论和方法,使之更有效地服务于工程建设。

第一章 土的物质组成与结构、构造

土是地壳表层最主要的组成物质,是岩石圈表层在漫长的地质年代里,经受各种复杂的地质作用而形成的松软物质。分布在我国大部分地区的土形成于新第三纪和第四纪,,由于其成因类型、物质组成和结构、构造不同,因而具有不同的工程地质性质。

土是由各种不同成因类型的岩石经风化、搬运、堆积而成的,它们通常由固体颗粒以及颗粒间孔隙中的水和气体组成的,是一个多相、分散、多孔的系统。一般可把土看做为三相体系,包括固体相、液体相和气体相。固体相又称土粒,是土的主要组成部分,由大小不等、形状不同、成分不一的矿物颗粒或岩屑所组成。液体相即是孔隙中的水溶液,它部分或全部地充填于颗粒间孔隙内。气体相指的是土中的空气及其他气体,它占据着未被水充填的那部分孔隙。三者相互联系、相互作用,共同制约着土的工程地质性质。

一般情况下土具有成层的特性。同一层内土的物质组成和结构、构造基本一致,工程地质性质亦大体相同,这就是我们常称的“土层”。随着工程地质工作的发展,有些学者提出了“土体”的概念。强调土体不是由单一而均匀的土层组成的,而是由性质各异、厚薄不等的若干土层,以特定的上、下次序组合在一起。土体不是简单的土层组合,而是与工程建筑的安全、经济和正常使用有关的土层组合,它一般是多层土层的综合体,但也可以是单一土层的均质体。“土体”概念的提出,使论证工程地质问题和评价工程地质条件工作更全面、更符合实际。

第一节 土的粒度成分

一、粒径和粒组划分

土颗粒的大小以其直径来表示,称为“粒径”,其单位一般采用毫米。由于自然界中的土粒并非理想的球体,通常为椭球状、针片状和棱角状等不规则形状,因此粒径只是一个相对的、近似的概念,应理解为土粒的等效直径。

自然界中土颗粒直径大小相差十分悬殊,大者可达数千毫米以上,小者可小于万分之一毫米。土粒直径不同,土粒的成分和性质也有差异,由不同粒度土粒组成土的性质也有差别。自然界中土粒直径相差很大,土的性质也有很大差别。但是,当土粒的粒径在某一大小范围内变化时,土的成分和性质差别不大,可以认为具有大致相同的成分和相似的性质。为了便于研究土中的各粒径土粒的相对含量及其与土的工程地质性质的关

系，将自然界中土粒直径变化范围划分成几个区段，每个区段中包括的土粒成分相近，性质相似。这种土颗粒按大小相近、性质相似合成的组叫粒组。实际上就是把不同颗粒分成等级，所以也叫粒级。

具体制定粒组划分方案时，主要要考虑土粒性质和成分随粒径的大小差异而存在的区别，其次要与目前粒度分析试验的技术水平相适应，同时还要考虑到使用的方便性。目前我国使用的粒组划分方案是1990年颁布的《土的分类标准》(GBJ145-90)中的粒组划分方案(表1-1)。

表 1-1 粒组划分方案

粒 组 统 称	粒 组 名 称		粒 径 (d) 范 围 (mm)
巨 粒	漂石(块石)粒		$d > 200$
	卵石(碎石)粒		$200 \geq d > 60$
粗 粒	砾 粒	粗 砾	$60 \geq d > 20$
		细 砾	$20 \geq d > 2$
	砂 粒		$2 \geq d > 0.075$
细 粒	粉 粒		$0.075 \geq d > 0.005$
	粘 粒		$0.005 \geq d$

二、粒度成分的测定和表示方法

土的粒度成分是指土中各个粒组的相对百分含量，通常用各粒组占土粒总质量的百分数表示。它是通过土的颗粒分析试验测定的。通过颗粒分析可以进行土的粒度分类，并可大致地判别土的工程地质性质等。目前，颗粒分析的方法可分为筛分析法和静水沉降法两大类。筛分析法适用于砂粒以上较粗的颗粒，静水沉降法适用于粉粒以下较细的颗粒。筛分析法是将风干、分散的代表性土样通过一套孔径不同的标准筛，称出留在各筛子上的颗粒质量，即可求出各个粒组的相对百分含量。我国目前采用的标准筛的最小孔径有的用0.1mm，有的用0.075mm。静水沉降法主要有密度计法和移液管法，其次还有双洗法和虹吸比重瓶法。这些方法都是先将土样浸泡在纯水中制成悬浮液，然后根据不同粒径在静水中沉降速度不同的原理，测定各粒组的百分含量。

为了使颗粒分析结果便于利用和易于看出规律性，需要对颗粒分析的资料加以整理，并用较好的方法表示出来。目前，通常采用表格法和图解法来表示颗粒分析成果。

表格法是利用列表的方法来表示颗粒分析的成果(见表1-2)。该法可以很清楚地用数量说明各粒组的相对含量，但不易看出规律。

常用的图解法有累积曲线法、分布曲线法和三角图法。累积曲线图是以土粒粒径为横坐标，以粒组累积百分含量(小于该粒径的所有土粒的百分含量)为纵坐标，在直角坐标系中表示两者关系的曲线图。累积曲线图有自然数坐标和半对数坐标两种，而后者应用较广泛(图1-1)。