

高等学校试用教材

(水文地质工程地质专业适用)

工程地质学

上册

兰州大学地质地理系 张咸恭 编

地质出版社

高等学校试用教材

(水文地质工程地质专业适用)

工 程 地 质 学

上 册

兰州大学地质地理系张咸恭 编

地 质 出 版 社

工程地质学

上册

兰州大学地质地理系

张咸恭 编

*

国家地质总局教育司教材室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1979年9月北京第一版·1979年9月北京第一次印刷

印数1-8,890册·定价 1.30 元

统一书号: 15038·教34

前 言

本教材是为高等院校水文地质专业或水文地质与工程地质专业编写的。根据该专业的培养目标，工程地质学的内容不宜过分庞杂，只能着重于基本理论的阐述和主要内容的一般了解。本教材在内容取舍上力图符合这一精神。当然，这一问题还有待进一步的研讨和实践的检验。

一九七八年初，拟出编写大纲，广泛地征求了有关院校和生产、科研部门的意见，编写过程中参考了60年代所编教材及近年来各兄弟院校新编的教材，给予编者很大的启发。同时也尽可能吸取了新引进的国外资料。一九七八年十二月召开了教材审稿会，对上册初稿进行了审查，到会的九所兄弟院校及生产、科研部门共15个单位的代表，对教材给予了肯定，并提出了许多宝贵意见，在此基础上作了进一步的修改补充。关于下册内容的安排，代表们也充分交换了意见。在此，编者向他们致以衷心谢意。

上册包括两篇，分别论述了土体和岩体的工程地质研究，即《土质学》或《工程岩土学》的内容。这是工程地质学的基础理论部分，比较重要，因此教材篇幅较大，教学时数限制，对水文地质专业可能稍嫌过多，有些部分可供自学参考之用。由于新的土工试验规程和岩石试验规程尚未正式出版，教材中引进的一些有关概念和原则如有不当之处，可按出版后的规程为准，加以订正。

下册包括三篇，分别论述了工程地质勘察的一般原则，一般工程地质问题的分析，以及水利电力工程地质勘察。重点放在工程地质问题分析方面，除了对各类建筑都有所涉及的一般性工程地质问题之外，在水利电力工程地质勘察中也以其专门的工程地质问题为中心。编者认为，只有对工程地质问题有所认识并掌握其分析方法，才能更好地理解工程地质勘察的意义，正确掌握勘察工作的深度，有效运用勘察的成果。这也是培养学生分析问题解决问题的能力所必需的。有了这个基础，则将来从事实际工作就会有门路可循，在所从事的专门工作中学习有关规程和细则也比较易于理解和执行。在有限的教学时间内，内容上这样取舍更属必要。

本教材是由张咸恭编写的，教研室的许多同志给予了热情帮助，各级领导同志给予了大力支持，在此表示谢忱。由于水平所限，资料搜集不足，教材中肯定存在许多缺欠和错误之处，敬希指正，以便修改。

目 录

绪论.....	(1)
一、工程地质学研究的对象、内容和研究方法.....	(1)
二、工程地质学的任务及其在社会主义建设中的意义.....	(4)
三、工程地质学的发展.....	(6)

第一篇 土体的工程地质研究

引言.....	(11)
第一章 土的物质组成与结构.....	(12)
§ 1 土的三相组成部分.....	(12)
一、土的相系组成	(12)
二、相系组成之间的相互作用	(12)
§ 2 土的粒度成分.....	(15)
一、粒组	(15)
二、土的粒度分类	(16)
三、土的新分类法	(19)
四、土的粒度分析原理.....	(23)
§ 3 土的矿物成分.....	(27)
一、土的矿物类型	(27)
二、土的粒度成分与矿物成分的关系	(28)
三、矿物成分对土的工程地质性质的影响	(29)
§ 4 土的化学成分.....	(36)
一、概述	(36)
二、粘粒的离子交换及其实际意义	(37)
三、粘粒的聚沉(凝聚)和分散	(39)
四、粘粒的触变和陈化.....	(40)
五、土的化学成分测定方法	(40)
§ 5 土中的水.....	(41)
一、土中水的工程地质分类	(41)
二、土中各种类型水的特征	(42)
§ 6 土的结构构造.....	(43)
一、土的结构构造的含义	(43)
二、粗碎屑土和砂土的结构构造	(44)

三、粘性土的结构构造	(45)
四、土的结构构造的研究方法	(46)
第二章 土的物理性质	(48)
§ 1 土的重量	(48)
§ 2 土的含水量	(50)
§ 3 土的孔隙性	(51)
§ 4 土的物理性质的测定问题及指标的换算	(53)
第三章 土的水理性质	(55)
§ 1 土的透水性	(55)
§ 2 土的毛细性	(56)
§ 3 粘性土的稠度和塑性	(57)
一、粘性土的稠度	(57)
二、粘性土的塑性	(59)
§ 4 粘性土的膨胀性和崩解性	(62)
一、膨胀性	(62)
二、崩解性	(63)
三、影响膨胀与崩解的因素	(63)
第四章 土的力学性质	(65)
§ 1 关于土的力学性质的基本概念	(65)
§ 2 土的压缩性	(67)
一、土的压缩变形的特点与实质	(67)
二、压缩曲线	(67)
三、压缩定律	(71)
§ 3 土的抗剪性	(73)
一、土的抗剪强度	(73)
二、库伦定律与剪切曲线	(74)
三、砂土的抗剪性	(75)
四、粘性土的抗剪性	(77)
第五章 不同类型土的工程地质特征	(81)
§ 1 一般土的工程地质特征	(81)
一、概述	(81)
二、砾石(碎石)类土的工程地质特征	(81)
三、砂类土的工程地质特征	(82)
四、粘性土的工程地质特征	(82)
§ 2 几种特殊土的工程地质特征	(84)
一、黄土	(84)
二、淤泥软土	(88)
三、红粘土	(92)
四、膨胀土	(95)

五、盐渍土	(98)
六、冻土	(100)
七、填土	(107)
第六章 不同成因类型土体的工程地质特征	(110)
§ 1 土体的概念	(110)
§ 2 不同成因类型土体的工程地质特征	(111)
一、残积土体和坡积土体的工程地质特征	(111)
二、洪积土体的工程地质特征	(111)
三、冲积土体的工程地质特征	(113)
四、湖积土体的工程地质特征	(115)
五、冰碛土和冰水沉积土体的工程地质特征	(116)

第二篇 岩体的工程地质研究

第七章 岩体工程地质研究的特点	(117)
§ 1 岩体的基本特征	(117)
一、岩体与土体的差别	(117)
二、岩体与岩石的关系	(118)
§ 2 岩体工程地质研究的发展	(119)
第八章 岩石的物理、水理性质	(122)
§ 1 岩石的物理性质	(122)
一、岩石的重量	(122)
二、岩石的孔隙性	(123)
§ 2 岩石的水理性质	(123)
一、岩石的吸水性	(123)
二、岩石的软化性	(124)
三、岩石抗冻性	(125)
第九章 岩石的力学性质	(127)
§ 1 岩石的变形	(127)
一、岩石的变形特性	(127)
二、岩石的变形模量、弹性模量和泊松比	(132)
三、影响岩石变形特性的因素	(132)
§ 2 岩石的强度	(134)
一、岩石的破坏	(137)
二、岩石的强度	(139)
第十章 岩体工程地质特征	(150)
§ 1 岩体结构特征	(150)
一、结构面的类型及特征	(150)
二、结构体的形式及特征	(162)

三、岩体结构类型	(163)
§ 2 岩体的物理性状	(164)
§ 3 岩体的力学属性	(165)
一、岩体的应力——应变关系	(166)
二、应力应变与时间关系	(167)
三、岩体中应力的不连续性	(168)
四、岩体强度的不连续性	(169)
五、地应力及其对岩体的影响	(170)
第十一章 风化岩体的工程地质特征	(174)
§ 1 风化岩体的形成	(174)
一、岩石风化及其对岩石性质的影响	(174)
二、影响岩体风化的因素	(174)
§ 2 风化岩体的分带	(176)
一、风化壳的概念	(176)
二、风化岩体的垂直分带	(177)
第十二章 不同类型岩体的工程地质特征	(180)
§ 1 岩体分类问题	(180)
一、岩体质量分类	(180)
二、岩体工程地质综合分类	(182)
§ 2 不同成因岩体的工程地质特征	(183)
一、岩浆岩体的工程地质特征	(183)
二、变质岩体的工程地质特征	(186)
三、沉积岩体的工程地质特征	(188)
主要参考文献	(191)

绪 论

一、工程地质学研究的对象、内容和研究方法

毛主席教导说：“科学研究的区分，就是根据科学对象所具有的特殊的矛盾性。因此，对于某一现象的领域所特有的某一种矛盾的研究，就构成某一门科学的对象。”^①工程地质学研究的对象就是工程地质条件与工程建筑之间的矛盾。一切建筑物都是建筑在地壳表层的，地壳表层的稳定性及其土石的坚固程度必然影响到建筑物的稳定性；而建筑物兴建之后，又会反过来影响自然地质条件的变化，使得建筑物的稳定性更加复杂化。二者就是处于这样的矛盾之中。研究矛盾着的两个方面，特别是工程地质条件，研究矛盾的本质，研究促使矛盾转化，使矛盾得以解决的方法，这就成为工程地质学研究的对象。

由此可见，工程地质学是研究与工程建筑有关的地质问题的科学。它是为工程建筑服务的，可以称为工程建筑的地质学。

工程建筑的类型是很多的，有工业民用建筑、铁（公）路建筑，水运建筑，水利水电建筑，矿山坑道工程，以及国防工程等等。每一类工程建筑又是由一系列建筑物组成的，例如工业厂房、高楼大厦、街道、桥梁、隧道、运河、海港、堤坝、水电站、引水渠道、井巷、采场、地下厂房、油库、飞机场等等，不胜枚举。每种建筑物的型式不同，规模各异。它们或则位于地面之上，或则埋于地下，虽然总地说来只限于地壳的表层，但无不与地质环境息息相关。它们由于各自结构上的不同，使用上的特点，对于客观存在的工程地质条件的适应性是极不相同的。加之工程地质条件随地而异，千变万化，这就使得工程地质涉及的理论问题十分复杂，研究的内容也很广泛。

工程地质研究的内容主要是地壳表层的地质状况，它的物质组成，结构构造，动力变化，表面形态，各种地质体的分布规律与形成历史。地壳表层是各种内力作用和外力作用的集中场所，情况最为复杂，往往在很短的距离内工程地质条件就有截然的变化。因此，一个建筑场地总是具有它特有的工程地质条件的，这是长时期地质历史发展的产物，有赖于人们去研究、认识。

这也说明了，工程地质学的研究内容在性质上是属于地质学范畴的，所以工程地质学是地质学的一个分支，是由地质学孕育发展而来的。它是一门实用的地质学，服务于工程建筑。

工程地质学对于地质条件的研究着重于和工程建筑有关的方面。除了这种一般地质的内容之外，工程地质学的研究内容还包括以下几个特有的方面：

1. 研究土石的工程地质性质。土石的工程地质性质对工程建筑具有根本性的或决

^①参阅《毛泽东选集》284页。

定性的意义。任何建筑物总是离不开土石的，或者以之作为地基，或者以之作为围岩介质，或者用以作为建筑材料。因而如何取得土石物物理力学性质的精确指标，并对不良性质进行改造以满足建筑的需要，就成为工程地质学研究的重要课题。作为工程地质学重要组成部分之一的《土质学》（现改称《工程岩土学》），就是从土的形成和物质成分出发对上述课题进行研究的。

2. 岩体工程地质力学的研究。岩体中总是存在着各种成因不同，性质不同，大小不同和产状不同的结构面，如层面、不整合面、片理面、断层、裂隙等。这些结构面将岩体切割成无数大大小小的单元块体，即结构体。因此，岩体实际上就是由结构面和结构体组合而成的。岩体的工程地质性质，特别是它的力学性质不完全决定于组成它的那些完整的结构体，而是在更大程度上决定于切割它的那些结构面，特别是软弱结构面。因而在分析岩体本身的工程地质性质或论证它作为建筑物的地基或围岩的稳定性时，决不能单单从构成岩体的岩石本身性质出发，更重要的是要考虑其中各种结构面的性质及其组合关系。岩体中的结构面占量最多的是由地壳变动而形成的构造结构面，如断层、节理等。运用地质力学观点分析结构面的形成和发展过程，并以物理和力学的方法手段测试结构面的力学性质，预测岩体在工程作用下的变形和破坏规律，进一步根据结构面发育的情况，主要结构体的形式以及地层岩性，将岩体划分为不同的结构类型。这一整套的理论、步骤和方法，在我国工程地质学的研究领域中，已发展成为一个独立的分支学科。

3. 工程动力地质作用的研究。地壳表层时时遭受各种内力作用和 外力作用 的影响，威胁建筑物的安全。例如地震对建筑物的破坏，河岸冲刷和冲沟发育对临近房舍和道路的威胁，泥石流对建筑物的危害等等。自然地质作用所形成的各种地质现象，还大大恶化了场地的建筑条件，例如滑坡地段使道路通过十分困难，岩溶地区修建水库常易漏水，等等。这种对工程建筑常常造成严重危害的自然地质作用和现象，在工程地质学中称为物理地质现象。主要的物理地质现象有：岩石风化、冲沟、泥石流、海岸和湖岸的冲刷与堆积、滑坡、崩塌、岩溶、潜蚀、多年冻结、地震等。

建筑物的兴建，改变了当地的自然条件，对地基产生新的应力，与周围的地质条件发生相互影响，引起新的地质作用。例如建筑物的重量对地基土层产生压力，使土层压缩而发生地基沉降，严重时甚至引起地基土的挤出，使建筑物发生变形破坏。又如水库的兴建、蓄水，使库岸地带的水文地质条件改变，岸坡土层遭受库水波浪的冲击，不断发生坍塌，引起水库边岸再造。有些水库，在一定的地质条件下，产生水库激发地震等等。这种由于人类工程活动而引起的对建筑物有影响的地质作用和现象，称为工程地质现象。

工程动力地质学就是专门从事于物理地质现象和工程地质现象的研究的分支学科。工程动力地质学研究这些现象发生和发展的规律，预测它们对建筑物的危害程度，拟定与之进行斗争的措施，以便消除它们对建筑物的不良影响。

4. 区域工程地质的研究。研究区域性的工程地质特征，工程地质条件的区域性变化规律，例如土石类型的分布规律，各种物理地质现象的分布规律，特别是地质构造的变化规律，以及区域地壳稳定性的特征等。并按工程地质条件的相似性和差异性进行区域的划分。根据这种区划即可了解到不同的区、亚区等范围内的主要工程地质特点，对

工程建筑的有利和不利条件。这对于各种建设的规划工作及进一步的工程地质研究指明了方向。区域工程地质学即是这方面的研究的分支学科。

5. 工程地质勘察的理论和技术方法的研究。为了提高工程地质勘察的质量, 需要不断总结经验, 改进设备, 创造新的手段和方法, 尽可能以较少的工作量取得必要而精确的第一性资料, 达到详细查明工程地质条件、深入论述工程地质问题, 正确作出工程地质评价的目的。不同类型的工程建筑, 对工程地质条件的要求和存在的工程地质问题是不同的, 因而勘察方法的选择、工作的布置、工作量的使用也是不同的。需要进行充分的研究, 制订适用的勘察规范或工作手册, 作为勘察工作的指针。仪器设备的不断革新, 使之轻便化、机械化、现场化, 以提高工作效率, 减轻体力劳动, 也是工程地质应该加以研究的内容。总之, 工程地质勘察理论和技术方法的研究是多方面的, 内容是十分丰富的, 由此形成了专门工程地质学这一分支学科。

上述工程地质学特有的几个研究方面也都不能脱离开一般地质研究的基础。所以工程地质学的研究内容是属于地质范畴的, 但是必须是和工程建筑有关的, 因为它是以工程建筑为服务对象的。

工程地质学的研究方法是和它的研究内容相适应的, 即主要采用地质方法, 也就是自然历史分析法。这是因为各种地质体、地质构造、地质现象以及地貌形态都是地质历史发展的产物, 它们的特征都是一定的地质发展过程赋予它的, 而且随着所处条件的变化, 还要继续发展变化。此外, 任何地质现象都不是孤立的, 而是与其他现象密切联系着的。因此, 要研究土石、地质构造或地质现象, 要预测它们在建筑物兴建之后的变化, 都不能脱离开自然历史条件, 都必须应用自然历史分析法。否则就不能真正查明场地的工程地质条件, 也就无法作出深入的问题论证和得出正确的工程地质评价。实践证明, 许多工程地质勘察工作在结论中出现了错误, 都是由于最基本的地质工作没有作好, 离开了自然历史分析法。许多工程地质勘察工作遇到了困难, 都是由于最基本的地质问题无法解决, 不敢下结论。

例如在评价建筑地基土体稳定性时, 必须研究土体的地层组合, 其次要研究各层土的物理力学性质, 取得计算指标。土体的地层组合, 各层土的横向延伸情况, 决定于土体的成因和形成过程中物质来源及地形变化的情况等一系列地质因素。土的物理力学性质与它的粒度成分和矿物成分有着密切的关系, 而土的粒度成分和矿物成分又是决定于土的成因、搬运和沉积过程的特征等地质因素的。所以只有以自然历史分析法, 弄清土体的成因和历史发展过程, 才能掌握它的地层组合和物理力学性质变化的规律, 从而为合理布置勘探、正确获得计算指标以及恰当作出地基稳定性评价, 打下可靠的基础。

又例如评价地下工程的岩体稳定性时, 必须抓住岩体结构, 以此为研究基础, 再加上相应的物理、力学测试和试验, 以便认识工程岩体的本质。而岩体结构是长时期地质历史的产物, 只有用地质力学的观点和方法, 才能把岩体的结构体系的形成过程搞清楚, 正确理解它们的配套组合。

工程地质学的第二种研究方法是试验方法。几乎在任何工程地质勘察中都不能满足于仅仅采用地质方法作为评价建筑物稳定性的依据, 这只能作出区域性的和定性的评价。而生产实际还要求定量评价, 要具体计算地基沉陷量、坝基渗漏量、地下工程山岩压力、水库渗漏量等等, 作为采取必要处理措施的依据。为此须要通过实验方法取得计

算用的参数。例如通过实验室试验或野外现场试验取得土石的各种物理、水理和力学性质指标；通过勘探和地面量测取得软弱夹层的厚度及其在延伸方向上的变化，取得裂隙率和断裂破碎带的宽度，取得岩石风化壳的厚度等数据；通过长期观测工作取得各种物理地质现象发展速度和发育程度的数据、取得沉陷速度、水库坍岸速度、坝下渗漏流量的数值；通过模型或模拟试验取得有关数据或检验计算结果。另外，在工程地质中对新建和旧有建筑物的观测和研究，可以了解到这些建筑物本身及其地基的变化或变形情况，用以作为相邻或相似条件下进行建筑的工程地质评价的参考，这实际上也是一种实际的模型试验。

计算方法也是工程地质学常用的研究方法。在进行定量评价时，须根据用试验方法取得的有关数据，利用有关的理论计算公式进行计算。在论证工程地质问题时，通过计算方法，作出定量分析是重要的。但是，这并不是说通过地质方法进行定性分析是可以忽视的，不，决不是这样，脱离开定性分析，单纯追求定量分析，是不会得出正确结论的。只有在正确的定性评价的基础上，根据实际情况，搞清边界条件、用计算方法所得到的定量评价才是正确的。

工程地质学的三种研究方法：地质方法、试验方法和计算方法，必须综合应用，紧密结合。地质方法是最根本的最主要的方法，离开这一方法，既不能正确使用试验方法取得符合实际的参数，也不能合理使用计算方法，根据具体条件进行计算。而单单采用地质方法，没有实验方法和计算方法，就不能充分满足工程建筑的要求，达不到彻底为工程建设服务的目的。

二、工程地质学的任务及其在社会主义建设中的意义

我国社会主义建设的总路线是：‘鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义。’工程建筑必须贯彻这一方针，工程地质学的根本任务就在于此。

工程建设是人类利用自然、改造自然，使自然为人们服务的一种活动。这就必须先了解自然，而与工程息息相关的地质条件，更是应当加以了解的重要方面。工程地质学的任务就是通过应用各种手段和方法进行工程地质勘察，并在自身理论的指导下分析研究勘察所取得的成果，结合具体工程的特点和要求，阐明有利的和不利的地质条件，对有利条件如何更加合理地加以利用，对不利条件如何有效地加以防治和改造。这样就能使工程做到因地制宜，心中有数，既经济又安全，使主观意图和客观条件完美地结合起来，取得成功。实践证明，工程地质工作做得愈仔细愈充分，工程设计和施工也就进行得愈为顺利而可靠。毛主席曾对某工程的建设作出“充分可靠”的指示，就包含着这种主客观一致的辩证关系，是我们在建设中应当严格遵循的原则。

工程地质工作的具体任务包括下列各项：

1. 为修建建筑物选择地质条件最优良的建筑地点；
2. 阐明建筑地区的工程地质条件，指出有利的条件和不利的条件；
3. 解决与建筑有关的工程地质问题，进行定性和定量评价，作出正确的结论；
4. 根据所选定的地点的工程地质条件提出有关建筑物的类型、规模、结构及施工方法的合理建议及保证建筑物正常使用所应注意的地质要求；

5. 拟定改善和防治不良地质条件的措施方案。

上述任务必须与设计 and 施工人员共同研究, 协作进行, 才能较好地完成。

在工程建设中, 工程地质工作已经成为必不可少的部分。我国远在建国初期就提出了: 施工之前必须先进行设计, 设计之前必须先进行勘测。1972年国家建委又在有关文件中重申了这一原则。

工程地质工作的意义在于掌握建筑地区的地质客观规律, 避免建设中的盲目性。否则在设计工作和施工中不考虑地质条件, 不进行充分的地质研究, 就必然犯主观主义的错误, 不能多、快、好、省地进行建设, 而是少、慢、差、费。

国外这种不重视工程地质工作而造成的建筑事故是很多的。例如美国加利福尼亚州的圣弗朗西斯坝, 在修成水库蓄水两年以后, 在1928年, 高约70米的混凝土大坝被冲垮了, 只留下中部坝块矗立河中(图1)。事后研究, 坝基一部分位于倾向河谷的片岩上, 沿片理面很易滑动; 另一部分坝基座落在砾岩上, 砾岩为粘土充填, 并有石膏脉, 易于溶解。砾岩干时胶结甚好, 但遇水就很快崩解, 渗透水流将其掏蚀冲刷, 引起大坝失事。曾有人认为大坝失事是片岩滑动引起的, 实际并非如此。这次事故的造成是由于地质工作没有做好, 坝基岩石的软弱性是很清楚的, 稍加注意即可查清。



图绪1 美国加利福尼亚州圣弗朗西斯坝1928年冲垮之后, 沿坝轴线剖面图

另外, 1900年美国得克萨斯州奥斯汀的滑动是另一事故。坝基岩石为石灰岩夹页岩, 岩层倾向下游, 倾角平缓。坝建成8年, 受渗透水流扬压力的作用, 大坝因坝下页岩层的滑移而整个向下游滑动, 以致毁坏。这也是事先没有进行足够的地质工作, 对页岩夹层的不良作用和渗透水流的扬压力注意不够造成的。

1963年意大利瓦依昂水库左岸的大滑坡, 也是引起举世震惊的一次大事故。大坝高266米, 质量还是比较好的, 但是由于对水库左岸的岩体在蓄水后的稳定问题没有进行预测, 蓄水后也没有注意观测, 以致对这次滑坡毫无预防。滑坡的规模极大, 体积达2.5~3.0亿立方米。滑坡发生得很迅速, 以致使水库激起巨浪, 越过坝顶冲向下游, 所过之处受到严重冲刷, 田園毁灭, 死亡三千人。

我国也有一些因对地质工作重视不够或工作做得不很深入而造成的工程事故。例如解放初期浙江省某水利工程, 由于地质工作做得较差, 施工过程中发现左岸岩体破碎, 拦河坝的左坝头恰位于该岩体上, 极为不利。经研究确定该破碎岩体为一古滑坡体, 后经勘探查明滑坡体的厚度约60~70米, 挖除是困难的, 只得采取了一系列颇为复杂的处理措施, 才保证了工程的正常使用。如果在动工之前工程地质工作做得稍微充分一些, 在左岸进行少量的勘探工作, 上述问题也就可以事先察知, 而不致造成临时被动。这个教训是很深刻的。另外一个例子是安徽省一个水电工程, 完工后运转多年, 于1962年右坝肩发生渗漏, 岩体有轻微滑移及张裂现象, 对大坝的安全产生严重的影响。在勘测过程中对右坝肩的地质构造了解得还是比较详细的, 但是预测结构面的作用, 在水的作用下其可能引起的变化, 则注意得不够充分, 因而处理措施不够严格, 未按当地地质条件

设置防渗帷幕，风化岩清除得不够彻底，在工程建成之后地质条件发生变化的情况下，终于发生右坝肩失稳的事故。经过进一步的工程地质工作，并进行了加固处理，现运转正常。

上述中外事例说明，建筑地区的地质条件常常是复杂的，存在着这种那种不利的条件，须要进行工程地质工作，仔细查明，详予论证。不利的工程地质条件并不可怕，可怕的是工作粗糙，而对复杂的条件无所认识，或者把它当成“小事”而忽略过去，留下了隐患。

工程地质工作要从工程的规划设计，直到施工和建成以后，始终坚持，很好地进行工作，以便能够及时解决所遇到的工程地质问题，总结勘测工作中的经验，提高勘测工作的质量。

目前，我国人民在英明领袖华主席和党中央领导下，正在为实现“四个现代化”而奋勇努力，在新时期的总任务中，许多项目都需要工程地质工作。工程地质学的任务比已往任何时候都更为繁重而光荣，在把我国建设成为现代化的伟大的社会主义强国的豪迈事业中，工程地质工作者一定能够胜利完成所担负的任务，作出巨大的贡献。

三、工程地质学的发展

我国人民在很早的时代从事于许多巨大的工程建设时，就已经具有一些工程地质方面的知识 and 经验。例如在公元前250年修建四川灌县都江堰分水灌溉工程时，就充分掌握了河流动力地质学原理，利用了地质-地貌条件。灵渠的修建，使湘江和漓水得以沟通，在地质地形的利用方面是非常巧妙的。在修建大运河和长城的工程中也是考虑到土质和地形问题的。至于许多古代桥梁、宫殿、庙宇的修建，更是考虑到地震和地下水的问题，选定了良好的地基，进行了合适的加固处理，采用了各种坚固美观的石料，使这些古老建筑物坚实稳固，历经千百年而依然屹立。

但是，长期的封建统治使得这些知识不能发展提高，而未能形成系统的科学理论。解放前工程地质工作基本上没有进行，只是少数人利用一般地质知识配合少量的铁路公路建设和水利工程进行过一些地质调查，既受不到重视，也未发挥应有的作用。当时工程地质学之名虽由资本主义国家的文献中可以看到，但也仅仅是为建筑人员讲的一点普通地质知识。

在国际上，工程地质学的形成也仅是本世纪三十年代的事。伟大的十月革命给实用地质学的发展开辟了道路，社会主义大规模建设的需要，促进了工程地质的发展，1932年在莫斯科地质勘探学院成立了由Ф.П.萨瓦连斯基领导的工程地质教研室，培养工程地质专业干部，奠定工程地质学的理论基础。

在资本主义国家，在土木建筑工程中虽然也进行地质调查，但是地质人员主要是从事一般地质构造和地质作用的研究，着重动力工程地质和专门工程地质的内容，而对于解决有关建筑的地基问题则不负主要责任。这就使得岩石与土的研究不得不由岩石力学和土力学来承担。这些学科不是地质学的分科，而是属于“土工学”系统。因而在国际上与这几个学科相应的学会同时并存，即国际地质学会工程地质分会、国际土力学及基础工程学会，和国际岩石力学学会。国际地质学会工程地质分会是1968年在23届国际地

质学会议上成立的,1972年24届国际地质会议上工程地质分会的论文主要有滑坡、岩溶、地面沉降、工程地质图、航测摄影、物探方法的应用等。1978年9月召开了第三届国际工程地质协会会议,内容更为丰富。国际土力学及基础工程学会成立较早,活动较多,讨论的问题主要为应力-应变及强度情况,粘土建筑地基,软土地基问题,土的动力学问题,膨胀土、湿陷土及红土的工程地质性质,野外及室内研究方法等。国际岩石力学学会1966年才开始活动,会议讨论的内容包括:岩石的特性、岩体的研究与岩体强度问题,岩石的变形特性,岩石抗剪强度,山岩压力问题,岩石边坡稳定问题等。目前这些学会已趋于联合起来。

我国是在解放以后,由于社会主义建设的飞速发展,才开始了大规模的工程地质工作,工程地质学从无到有,由小到大,不断发展壮大,目前已成为具有我国自己特色的一门学科。

在实践方面,工程地质学为我国的工农业建设和国防建设进行了大量的勘测工作,提供了设计和施工的地质依据,保证了建设的顺利安全,经济合理。所涉及范围十分广泛,迁到的问题各种各样,从而为工程地质学在理论上的发展和提高积累了大量的实际资料,奠定了实践基础。同时也推动了工程地质实践本身的迅速发展。

首先是在工程地质勘察的理论和方法上的进展十分迅速。基于勘察阶段的划分和勘测内容的取舍等一系列理论问题的探讨,各部门结合工程的特点制定了工程地质勘察规范,以便统一要求。在测绘方面,地质力学原理已得到广泛的应用,以为研究建筑的区域稳定性和地基稳定性的基础,结合赤平极射投影法或最近水电部门提出的平面投影法分析岩体的稳定性。这是我国独具特色的方法,在实际工作中取得了很好的效果。在航空照片的应用方面多年来已在开展,近年并开始向遥感技术趋进,以提高测绘工作的速度和质量,减轻野外跋涉的劳动强度。在勘探方面,小口径金刚石钻头的应用正逐步扩大,不但钻机轻便,搬运方便,而且能够取得完整的岩心,包括破碎带风化带和软弱夹层等都可以取得岩心,得到充分的观察和研究,而且孔壁光滑便于钻孔照像和钻孔电视的进行,也方便了测试工作的装置。大口径竖井全断面钻进也在积极发展,加速勘探的效果,便于实际观察。我国水电部门在60年代已开始应用钻孔照像和钻孔电视,取得了良好的观察效果,现正推广应用。

触探的应用在许多部门已较广泛,不单可以用来直接确定地基的承载力,而且也是一种有效的勘探手段。特别是静力触探,可以利用灵敏度很高的电测探头,探出细小的薄层,用以了解土体的均匀性,进行地层的划分,是很有效的。

在物探方面,广泛应用的还是电测深和电测剖面法。地震法虽已开始应用,但尚不普遍,多用于岩体变形参数的测定。利用同位素测定砂土的密度和湿度的方法已日臻完善,逐渐推广。

试验工作也有很大进展。室内试验向着机械化、自动化发展,野外试验在测试装置和试件大小和制备方面都有所改进,特别是岩体试验方面取得了丰富的经验。目前水电部门(水电科学研究院、长江水电科学研究院、黄委水科所、水电四局勘测设计院等单位)正积极进行岩石试验规程的制订,总结经验,统一方法。用声波法确定岩石的弹性模量和泊松比,近年来推广很快。

在工程地质理论方面的研究也取得很大的成就。我国的工程地质工作在50年代以查

明工程地质条件为主,随着工作的深入和设计方面的要求,研究的中心逐渐侧重于工程地质问题的分析,而不能满足于单纯工程地质条件的查明和叙述。目前这种分析已逐渐深入而系统化,并对于定量分析的要求愈益增加。

在理论的进展上比较突出的是岩体力学的研究。岩体是由结构面及其分割的单元块体组成的,结构面包括岩体中的各种界面如层理、片理、不整合面、软弱夹层以及构造结构面。其中构造结构面如断层、节理裂隙等,是大量的、主要的,可以用地质力学原理分析其力学属性,成生关系,发展顺序和构造体系。根据结构面的组数和特征以及结构体的形态特征,可以把岩体划分为不同的结构类型。不同结构类型的岩体其物理性状和力学属性是不同的。以此作为基础,结合建筑类型和临空面的方向关系,分析岩体的稳定性,评价建筑物的工程地质问题,以及应行采取的处理措施。这一套完整的方法体系把地质力学原理和岩石力学原理很好地结合起来,称为岩体力学或岩体工程地质力学。这在我国比较突出,而其他国家结合地质力学不够。

对于软弱夹层和缓倾角裂隙的研究方面也做了许多工作,在今年8月召开的水电勘察工作会议上提出了不少这方面的研究成果。

在松软土的研究方面,我国对几种特殊土如淤泥软土、黄土、膨胀土(也称胀缩土)、红粘土等,进行了大量的研究工作,取得了可喜的成果。由于近年来几次较强的地震,砂土液化问题引起了大家的注意。从砂土液化的基本理论,可液化砂土的范围,鉴定方法,可达的深度与地震烈度的关系,到其他地质条件的影响等一系列问题,进行了研究,取得很大的进展。

有关地震和抗震建筑的研究作了大量的工作,并制定了铁路、水利、建筑等方面的抗震规范。在地震和区域稳定问题的研究方面,我国利用地质力学理论,认为发震部位是在活动断裂的两端、拐点及与其它断裂的复合部位。这些部位以及构造应力场的加强在区域稳定方面是不利的,建筑场地的选择应予考虑。这方面的研究已逐渐形成《工程地震学》。对水库激发地震也作了深入研究。

在岩溶的研究方面,我国多年来一直是重视的。近年来除结合岩性外,更结合构造体系研究岩溶发育的规律,并发现有些地方有不受当地溶蚀基准面控制的深循环带发育规律。摸清岩溶发育的区域性及具体地点的规律,有助于正确采取防治措施。最近已成立了专门研究机构。

由于青藏铁路的勘测和其他建筑的需要,近年来对冻土的研究取得了丰富的成果。在泥石流研究方面也做了大量工作,对泥石流的发育规律和防治措施有了新的认识。滑坡的研究很普遍,许多地区,许多部门进行了这方面的工作,获得了大量的成果,积累了不少经验。

在地下建筑方面,无论岩体还是土体洞室的研究都取得很大的进展,特别是对水封油库的研究,在黄岛和浙江都进行了专门研究取得很好的成果。结合岩体结构类型进行围岩分类计算山岩压力,确定支护措施,是一种多快好省的办法。而喷锚结构的推广应用,对隧道支护是一种有效的方法。

特别值得提出的是地面沉降的研究。由于过量抽取地下水,造成粘土层压缩固结并影响砂土结构改变,以致地面发生大面积沉降。我国上海和天津等大城市都出现这类问题。经过有关单位和群众相结合的大规模研究,明确了机制,采取了回灌,在一定程度上

上制止了沉降的发展。这一问题还在继续研究之中。

我国在工程地质的理论和实践方面虽然取得了上述的许多成就，但是，应当看到，与国外相比还有着相当的差距。林彪“四人帮”的干扰，拉大了这一差距。1978年9月在西班牙首都马德里召开的国际工程地质协会（IAEG）第三届国际大会，比较全面的反映了七十年代中期以来工程地质科学技术的新成果，展现了今后的发展趋向。这次会议交流的科技论文可分为四个方面：

1. 区域规划：包括为地区和城市发展服务的工程地质评价；自然灾害，如岩土体失稳、洪水、地震等；海岸工程问题；露天矿开采事故；核装置的选址等。

2. 土、岩石和岩体的性质：包括土和岩石的风化及抗风化性能；土和岩石特征（成分、结构、构造等）对其工程地质性质的影响；不连续性对土和岩石性质的影响；土和岩石作为建筑材料；工程地质分类体系等。

3. 专门工程地质场址评价和工程地质问题：包括线性工程（道路、渠道、管线等）；坝体与水库；地下、水下工程；核电站；高精度装置。

4. 工程地质勘察技术的发展：包括钻探与取样技术；原位测试；地球物理方法；遥感技术；水下工程勘察的专门技术；竣工后的监测技术等。

本届大会还提出了很多新课题。例如关于土的工程地质分类的新概念和新方法；残积土的定量评价；根据现场实测记录定量估计地面运动参数的理论和方法。在专门工程地质勘察方面，如核反应堆及人造卫星跟踪天线工程场址的评价以及难度较大的水下和大陆架开发工程等项目的勘察技术问题等，引起了广泛的重视。工程地质勘察技术有很大发展。如法国的自动钻进定位的原位测试技术系列；英国提出“利用仪器化的钻探技术作为场地勘察的辅助手段”，即通过仪器测量钻进过程中的各项指标，间接求得岩石的物理力学性质。此外，新的原位测试方法，如水压张裂试验（求应力及岩心定向）和渗透试验等；新的地球物理方法，如“超微震（微声）”技术，热测井在工程地质中的应用等。

与国外先进技术相比，我们还要在赶超方面作出很大的努力。在小口径金钢石钻和大口径竖井全断面钻进方面，我国也在推广使用，但是在技术指标和操作方法上比国外还差一段距离。有些物探方法在国外已普遍采用，如地质雷达、钻孔电视、水声探测等，效果也较显著，而我国技术还比较差，有的甚至尚未使用。土和岩石力学性质测定，在设备性能和操作技术上我国也有待进一步提高，特别是岩石力学性质的测定，国外多采用现场大型试验，我国也应加强。在地质数据计算处理方面，国外分别用有限单元法和电子计算机进行，较为普遍，我国虽也开始向这方面发展，但还有待于推广和提高。

在以华国锋同志为首的党中央领导下，在十一届三中全会精神鼓舞下，我国已将工作的着重点转移到社会主义现代化建设上来。这是一场根本改变我国经济和技术落后面貌的伟大革命，全国人民必须全力以赴，向自然开战。我们有许多建设工作要做，在华主席提出的发展国民经济十年规划纲要草案中，要求大搞以改土治水为中心的农田基本建设，继续治理黄河、长江、淮河、海河、辽河、珠江等大江大河，搞好解决西北、华北、西南地区干旱问题的骨干工程，兴建南水北调工程；因地制宜地搞好中、小型水利工程，抓好十二个大面积商品粮基地的建设；为了加快发展基础工业，计划新建和续建