

中等专业学校教材試用本

工程地质学

(土质学部分)

宣化地质学校編



中国工业出版社

中等专业学校教材试用本



工程地质学

(土质学部分)

宣化地质学校編

中国工业出版社

本書为工程地质学的土质学部分，是研究与工程建筑事业有关的土质学的科学。土质学是工程地质学的主要组成部分，它是研究和评价在建筑物作用下决定着岩石性状的岩石性质的一門科学。

本書可作为中等地质学校水文地质工程地质专业的教材。

工程地质学

(土质学部分)

宣化地质学校編

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

地质印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店經售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $8^{3/4}$ ·字数207,000

1961年7月北京第一版·1961年7月北京第一次印刷

印数0001—2,533·定价(9—4) 0.86元

统一書号: 15165·598 (地质—15)

目 录

緒 論

§ 1. 工程地质学的研究对象和任务	5
§ 2. 工程地质学的研究方法	7
§ 3. 工程地质学的分科及与其他科学的关系	8
§ 4. 工程地质学的发展简史	9

工程岩石学部分

緒 言

第一章 工程岩石学的一般問題	13
§ 1. 岩石的基本組成部分	13
§ 2. 岩石的工程地质性质及其指标	14
§ 3. 岩石工程地质性质的成因和变化	15
§ 4. 岩石的工程地质分类	18
第二章 岩石的结构和构造	21
§ 1. 岩石的结构	21
§ 2. 岩石的构造	23
第三章 松散岩石的粒度成分	26
§ 1. 土粒組及顆粒級配的概念	26
§ 2. 土粒組的划分	26
§ 3. 松散岩石按粒度成分的分类	27
§ 4. 顆粒分析及其結果的图表整理	29
第四章 岩石的矿物成分	31
§ 1. 原生矿物对岩石工程地质性质的影响	32
§ 2. 粘土矿物对岩石工程地质性质的影响	33
§ 3. 水溶盐对岩石工程地质性质的影响	36
§ 4. 有机杂质对岩石工程地质性质的影响	37
§ 5. 在工程地质学中研究岩石矿物成分的方法	38
第五章 岩石的基本物理性質和物理状态	39
§ 1. 岩石的重量	39
§ 2. 岩石的湿度	42
§ 3. 岩石的孔隙性与压密程度	43
§ 4. 坚硬岩石的裂隙性	46
§ 5. 岩石的热学性质	48
第六章 粘土質岩石的胶体特性	49
§ 1. 风化产物胶体颗粒的一般概念	49
§ 2. 风化产物胶体颗粒的结构和性质	50
§ 3. 粘土顆粒的物理化学現象	55

第七章	岩石与水作用时的性质和状态	60
§ 1	岩石中水的种类和状态	60
§ 2	岩石颗粒表面的结合水	62
§ 3	粘土质岩石与结合水含量有关的性质和状态	65
§ 4	岩石的水理性质	72
第八章	岩石的力学性质	80
§ 1	松软岩石的压缩性	80
§ 2	土的抗剪强度	85
§ 3	在动荷载作用下粘性土的压密性	91
§ 4	在振动的影响下砂粒性质的变化	93
§ 5	坚硬岩石的变形和力学强度	95
第九章	坚硬岩石的工程地质特征	100
§ 1	坚硬岩石的基本特征	100
§ 2	火成岩的工程地质特征	100
§ 3	变质岩的工程地质特征	103
§ 4	坚硬(岩质、半岩质)沉积岩的工程地质特征	105
第十章	松软沉积物的工程地质特征	107
§ 1	残积层的工程地质特征	107
§ 2	坡积层的工程地质特征	107
§ 3	洪积层的工程地质特征	108
§ 4	冲积层的工程地质特征	109
§ 5	湖沼沉积物的工程地质特征	110
§ 6	海相沉积物的工程地质特征	111
§ 7	冰川沉积物的工程地质特征	112
§ 8	风积层的工程地质特征	113
第十一章	特种类型岩石的工程地质特征	114
§ 1	黄土的工程地质特征	114
§ 2	泥炭和淤泥的工程地质特征	119
§ 3	土壤及其工程地质特征	121
§ 4	冻土的工程地质特征	126
第十二章	岩石性质的工程改良	131
§ 1	概述	131
§ 2	水泥灌浆法	132
§ 3	粘土灌浆法	133
§ 4	沥青灌浆法	134
§ 5	硅化法	135
§ 6	冻结法	137
§ 7	振动压密法	138
§ 8	电化学法	138
§ 9	物理化学法	139

緒 論

§1 工程地質学的研究对象和任务

工程地质学是地质学中的一部分，是研究与工程建筑事业有关的地质问题的科学。

由于人类社会生产的需要，于本世纪二十年代中叶，工程地质学形成为地质学中一门独立的科学。

从前，在建筑事业还不十分发达的时代，工程建筑物的规模不大，结构简单，所以在建筑物的设计与兴建过程中，也就不去注意建筑地点的地质条件的好坏，只以加大安全系数的办法来保证建筑物的稳定性。但到了十九世纪和二十世纪，随着建筑技术的发展，不但建筑规模日趋庞大，而且结构也日益复杂。如果再以加大安全系数的办法来保证建筑物的安全，必然要在建筑费用上造成巨大的浪费。因此，不得不去研究那些与工程建筑事业有关的地质问题，用科学的方法解决建筑物设计与兴建中的安全、经济、适用等互相矛盾的问题。工程地质学就这样从生产实践中产生，因而也就决定了这门科学的研究对象和任务。

所有的工程建筑物，如厂房、住宅、堤坝、道路、桥樑、海港和运河等，都要建筑在地壳的表层，所以建筑物的稳定性和耐久性在很大程度上决定于地壳表层的稳定性，而地壳表层的稳定性又取决于地质和水文地质条件的好坏和自然地质现象（冲沟、滑坡、喀斯特）的活动程度等。因此，工程地质学的研究对象之一，就是研究这些与工程建筑活动有关的地质、水文地质条件和自然地质现象。研究与评价这些条件和现象，从而为建筑物选择良好的场地，以及提出保证建筑物稳定性和正常使用的措施。

另一方面，兴建建筑物也会引起建筑地区内自然地质条件的变化。因此，工程地质学不仅要研究现存的地质现象，而且也要研究由于兴建建筑物可能发生和发展的地质现象，如：地基沉降、道路冻胀、水库塌岸等等。因为这些现象也会同样的使建筑物的稳定性遭到破坏。这些现象称为工程地质现象，是工程地质学研究对象的另一主要内容。工程地质学不仅是预测自然条件与地质条件在兴建建筑物以后可能发生的变化，而且要提出保证建筑物在环境变化条件下的稳定和耐久的措施。

苏联学者B. И. 罗姆塔捷在Ф. П. 薩瓦連斯基院士所提出的工程地质学定义的基础上，给工程地质学作出一个比较确切的定义：工程地质学是研究各种建筑物建造的地质条件、建筑物对自然地质条件变化所发生的影响，以及选择在相应地质条件下保证建筑物的稳定性和正常使用的措施的科学。

工程地质学的任务可以概括为两个方面。其一是解决工程建設中的地质问题的实际任务；其二为解决从实践中产生的理论问题的理论研究任务。

工程地质学的实际任务就是通过各种方法的工程地质勘察（如：测绘、勘探、野外试验、实验室研究和长期观测等）对影响建筑物结构、建筑条件、建筑物稳定性及使用情况的各種自然因素进行全面的 research，来阐明建筑地区的地质条件，并选择出最适宜的建築地区和建筑地点。这些自然地质因素最主要的有：地形、地质构造、水文地质条件、物理地质现象、地基岩石的物理力学性质以及建築材料的产地分布情况等等。工程地质勘察工作

首先必須查明對於評價建築物建造條件最主要的起決定性作用的地质因素，並對它們進行深入而全面的研究；研究這些地质因素的分布、成因和動力，從而對它們進行定性和定量的評價。所以，工程地质勘察應當是從各種因素和現象的定性評價開始，直到對各種因素和現象的定量評價而告終，在這一基礎上確定保證建築物穩定性的相應措施。

但是認為工程地质學的任务僅限於解決上述實際問題是不全面的。工程地质學在解決實際問題的同時，遇到了一系列理論性問題。研究與闡明這些理論性問題，便能使工程地质學更完善的完成它的實際任务。因此，工程地质學的理論任务包括以下幾個方面：

(1) 岩石的工程地质研究。闡明各種岩石的建築性質、成因及其變化對工程建築物穩定性的影響，制定岩石工程地质分類，擬定新的岩石工程地质研究方法，統一現有的研究方法。根據岩石類型制定岩石性質的工程改良方法。研究所有這些問題，構成了工程岩石學的主要內容。

(2) 物理地质現象和工程地质現象的研究。確定這些現象的發生原因、發展因素和活動的動力與規律。擬定研究方法和定性、定量的評價方法。研究所有這些問題，構成了工程動力地质學的主要內容。

(3) 研究中國領域內區域工程地质條件及其分布規律，並進行中國領域內的工程地质分區。以提供大規模的工程建設和區域規劃設計之用。研究所有這些問題，構成了中國區域工程地质學的主要內容。

(4) 根據具體的地质條件、勘察階段和工程建築物的類型制定統一的、新的野外工程地质勘察方法，如：工程地质測繪、工程地质勘探和試驗、長期觀測等等。擬定工程地质圖的編制方法。

(5) 研究並制定防治不良地质現象和加強建築物穩定性的工程地质改造措施和方法。

在我國今后的社會主義建設事業中，工程地质學更有着艱巨而繁重的任务。在社會主義經濟建設的各個方面，無論是水利水電建設、鐵路與公路建設、工業與民用建築，無不需要工程地质工作參加。為保證建築物的安全、經濟和正常使用，工程地质工作在社會主義建設中已經成為不可缺少的組成部分。

我國水利水力資源極為豐富，全國年總水量僅次於蘇聯和巴西，居世界第三位。水力蘊藏量居世界第一。幾年來水利水電工程建設已取得輝煌成就，但是所開發利用的水利水力資源不過是全國水利水力資源的一小部分。為了變水害為水利，在全國有計劃的形成比較完整的水利工程系統，使農業擺脫水旱災害，獲得更大的丰收；為了利用一切水力資源，實現城市和鄉村電氣化，以滿足工農業飛速發展的需要，就必須進行更大規模的水利水電工程建設。河流被水工建築物控制後，總是尋找工程建築和地质條件中的弱點來沖垮控制它的建築物。這樣就可能使人民的生命和國家的財產受到不應有的損失。為了使水利水電建設能夠順利的進行並保證它的穩定性，就必須進行足夠細緻的工程地质勘察工作。

我國水利水力資源雖然極為豐富，但是在地區分布上極不平衡。全國土地總面積約963萬平方公里。長江流域及其以南地區面積不及全國土地面積的二分之一，而水量卻占全國總水量的74%。西北干旱地區土地面積約為全國土地總面積的三分之一，水量卻只有全國總水量的4.35%。沙漠總面積約16億畝，合計一百多萬平方公里，約占全國土地總面積的11%。因此，除充分利用地下水外，還必須平衡全國水量，使水盡其利，改變自然面貌，使

地尽其利。对于治理沙漠南水北调的引水和输水路线进行研究，以掌握引水路线的工程地质条件，提供规划设计所需要的资料，将是中国工程地质工作者的光荣而又极为艰巨、复杂的任务。

我国的铁路和公路建设虽然有了巨大的成就，但是以土地面积计算，每平方公里内平均还只有很少的铁路线。为了更好的促进工农业更进一步的发展和提高人民生活与文化水平日益提高所需要的产品运输工作，还需要修建更多的铁路和公路。工程地质工作者必须在这些自然条件极其复杂的地区为铁路和公路的设计和施工提供工程地质资料。随着工业城市的日益发展，开辟地下铁路交通线也将对工程地质工作提出更多的要求。

为了更快地提高我国的工业水平，增强我国国防力量，满足人民生活日益增长的需要，我国将开展更大规模的基本建设，建筑更多的厂矿企业与民用建筑物。这就要求工程地质工作者提供兴建数以万计的工业与民用建筑地基的工程地质资料。

进行社会主义经济建设，与大自然作斗争，征服自然，改造自然，就必须掌握自然规律。对于兴建工程建筑物来说，地质条件就是这种自然规律的重要方面，工程地质学正是要研究这些条件，掌握这些规律，使社会主义建设按照多快好省的原则进行。

§2 工程地质学的研究方法

凡是一门独立的科学，都有它自己的目的、任务及与其他科学不同的研究方法。工程地质学是研究工程建筑的地质条件及这些建筑物对自然地质条件变化的影响。为了解决摆在它面前的任务，需运用各种综合的方法，最主要的是地质方法、试验方法和理论计算方法。

地质方法即是自然历史分析法。工程地质学是地质学的一个分支，是在地质学的基础上发展而来，它所研究的岩石和物理地质现象都是自然历史的产物。地壳任何地段的地质构造都是该地段地质历史发展结果的表现。随着自然历史条件的变化，它们也具有相应的不同的特征。例如处于一定条件下的某一种岩石，其工程地质特征是該岩石生成以来造岩作用的总的结果，而且在今后随着所处条件的变化还要继续变化。每一种物理地质现象都有其发展过程和目前所处的发展阶段所赋予它的特性，也就是说它所表现的特征决定于与其相关的一系列自然历史因素。此外，任何地质现象都不是孤立的，而与其他现象有着密切的联系。因此，要研究岩石、地质现象或是地质构造，要预测它们在建造建筑物以后的变化，都不能脱离自然历史条件，都必须运用自然历史分析方法，即地质学的方法。工程地质学的奠基人Ф.И.薩瓦連斯基曾說：“……迴避地质学的工程地质学家是一錢不值的，他不会带来任何益处。”

但是也必须看到，单单应用地质方法研究工程地质问题，只能得出区域性的和定性的评价。这样还远不能满足要求。因为在建筑物的设计、施工和运用中要求我们对于建筑地点的工程地质条件作出定量的评价。

在工程地质学的研究中进行定量评价时广泛地采用了试验方法。例如我们通过实验室分析和野外试验取得岩石的各种物理、水理、力学性质指标，通过勘探和详细测量取得地下软弱夹层的厚度及其在水平方向上的变化数据，取得岩石风化带厚度的数据，取得裂隙及构造破碎带的数据等；通过长期观测取得各种物理地质现象发展速度和发育程度的数据，取得地基沉降速度、水库塌岸速度、坝下渗流量等等工程地质现象的数据。把试验方法所

得的各种数据和用地质方法所得出的正确結論統一起来，我們就能很好的对岩石性质、构造变化和各种地质現象作出定量评价。另外，在工程地质工作中，我們很重視对旧有建筑物的观测和研究，这可以了解到这些建筑物本身及其地基的变化或变形情况。这样，我們就把旧有建筑物看作了评价該区工程地质条件的試驗模型，这是一种最好的試驗工作。

在进行定量评价时，我們还須采用計算方法。即根据試驗工作所得出的各种数据利用相应的理論計算公式进行計算，以取得有关工程建筑物的稳定性及可能发生的各种变化的預測及結論。

由上述可知，在工程地质的实践中必須綜合的运用地质方法、試驗方法和計算方法才能很好的完成它的任务。

§3 工程地質学的分科及与其他科学的关系

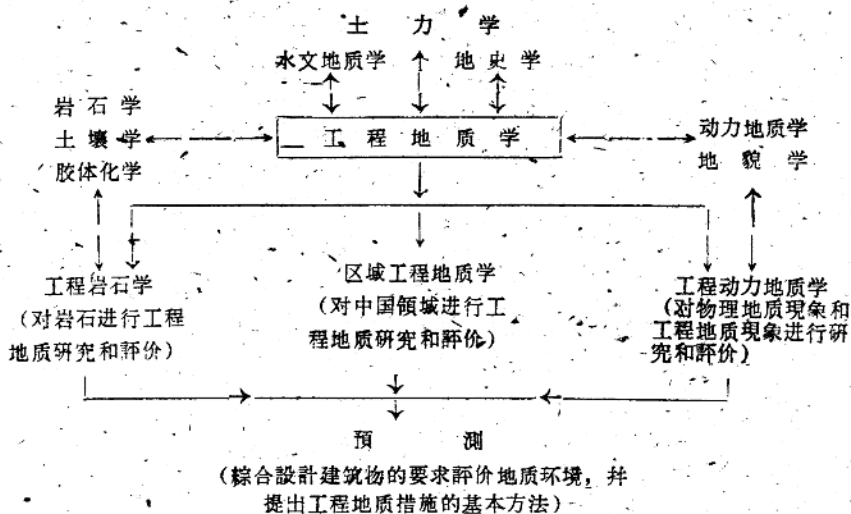
工程地质学是一門綜合性的科学，到目前它可以分成下列各科：工程岩石学（土质学）、工程动力地质学和区域工程地质学，見下表。

工程岩石学是研究岩石的各种性质、这些性质的形成及在自然或人为因素影响下的变化的科学。这门科学在以前出版的書籍中都称其为土质学。工程岩石学是工程地质学的基础，正如矿物学和岩石学是地质学的基础一样。

工程动力地质学是研究具有工程意义的物理地质現象，工程地质現象以及这些現象的区域性的和数量上的特征，并针对具体問題，研究防治这些不利于工程建筑的現象的措施的科学。

区域工程地质学是对中国各区域进行工程地质条件分布規律的研究和评价的科学。

从工程地质学的目的、任务、研究方法和分科中，我們可以看出它与整个科学有着密切的联系（見下图）。尤其与地质学中的各科的联系更为密切。工程地质学就是以这些地质科学为基础产生出来并发展成为独立科学的。地史学、动力地质学、地貌学、水文地质学、岩石学等等，便是工程地质学的基础。



工程地质学的分科及其与其它科学的关系簡图

工程地质学是一门较复杂的科学。在解决自己的问题时,还广泛地应用了化学、地球化学、胶体化学、物理学及力学等科学。在这些科学中与工程地质学最相近的是土力学。土力学是应用力学来研究和计算工程地质作用中有关地基和土工建筑物的强度、稳定性和变形问题的科学。土力学使工程地质学有可能阐明地质作用对岩石力学性质的影响,对地质现象进行数量上的评价,并正确的了解在具体条件下的工程建筑。

所以,工程地质工作者应该具有广泛的一般理论修养,很好的掌握地质科学,并且应在一定程度上了解某些工程技术知识。

§4 工程地质学的发展简史

工程地质学与其他科学一样,是从人类生活与生产实践中发展起来的。

我国早在几千年前就开始积累了关于工程地质方面的经验。在公元前250年就修建了四川省灌县都江堰分水灌溉工程,充分利用了当地的天然建筑材料和地质条件;公元前485年开始修建沟通北京至杭州全长1700公里的大运河,成功地利用了沿线地形与地质条件;公元前221年开始修筑世界著名的万里长城,从嘉峪关到山海关共长2300公里,通过了各种不同地质条件的复杂地段;我国有很多古代桥樑、宫殿、庙宇、宝塔等大型建筑物都有良好的基础,并采用了耐用美观的建筑石料。但是在封建制度的统治下,人民的智慧和创造性得不到重视和发展,而且这些工程建筑也只是被封建统治者用来巩固自己的统治地位,而不能用于为人民谋福利。因此我国劳动人民所积累的丰富的工程地质方面的经验未能得到及时总结、整理和发展。

十七世纪以后,由于西方资本主义生产力的发展,刺激了工程建筑事业的发展。随着建筑物规模的浩繁,要求解决建筑物的稳定性的地质问题也愈来愈迫切,建筑师们也不得不开始注意到与工程建筑有关的地质问题。

十八世纪俄国格里戈利与奥霍金所著的“工厂生产志”对于水坝及厂房建筑物有关的地质条件作了说明,这是世界上第一本“工程地质指南”。

十九世纪中叶,由于铁路工程的日益发展;由于苏伊士运河或大型水电站和水利工程的需要,在工程建筑的设计施工中开始有地质人员参加工作,收集一些与设计 and 施工有关的地质资料。

在资本主义制度下,工程建筑只是为了追求利润,因而把工程地质工作降低到最低限度。这样就使工程地质学的发展受到了限制和阻碍,因此工程地质学在当时并没有能够形成一门独立的科学。

伟大的十月社会主义革命,为工程地质学的发展开辟了广阔的道路。苏联在列宁同志和苏联共产党的领导下制定的电气化计划和几个五年国民经济建设计划的执行,在苏联兴建了大量的水电站和水利工程,如:德聂伯水电站、古比雪夫水电站、依万可夫水电站;伟大的顿河-伏尔加河运河工程;莫斯科运河等。在这些巨大规模的工程建筑中,要求对其地质条件必须加以详细地全面地研究。在乌拉尔、乌克兰、西伯利亚的黑色冶金化学的巨大企业建筑中同样要求地质学解决一系列估计建筑物地基的稳定性及增加地基承载能力的方法。苏联地质学家还参加了莫斯科地下铁道的建设。由于工程地质调查工作的蓬勃发展,便促使地质学中一门新的分支——工程地质学的形成。1929年苏联地质委员会创立了水文地质工程地质研究所。1932年在莫斯科地质勘探学院建立了由Ф.П. 薩瓦連斯基教授

领导的世界上第一个工程地质教研室。从1930年起，苏联开始陆续出版工程地质方面的工作手册、指南和教科书。其中Ф.И.薩瓦連斯基的“工程地质学”和Г.Н.卡明斯基的“地下水动力学”被认为是工程地质学形成的决定因素。И.В.波波夫和В.А.普利克郎斯基等在工程岩石学（土质学）的发展中也作了巨大的贡献。随着国民经济建设的发展，苏联的工程地质学现在已远远地超过了各资本主义国家中的工程地质学的发展。

在半封建半殖民地的旧中国，国民经济一直处于极其落后的状态，中国劳动人民的智慧和创造性被扼杀。在军阀割据时期和蒋匪帮统治时期，统治阶级只忙于争权夺利和镇压人民革命运动的内战，国内也根本谈不上有所建设。如治淮工程、成渝铁路、武汉长江大桥等工程兴建的口号叫嚷了几十年，但在解放前始终没有动工，即使有一点建设也都是为了巩固他们自己的统治地位。而且在很多工程建设中也没有考虑到当地的地质条件，盲目消耗了大量人力、物力和财力，使用极不经济的方法来加大安全系数。从1934年起到1949年全国解放前的十五年中，虽曾先后有李学清等作过长江宜昌葛州坝、四川龙溪河、大渡河、广东潘江、台湾大甲溪等水电站及一些公路和铁路工程的地质调查。但这些调查只是作了地质方面的描述，并没有用工程地质的观点来对地质条件加以评价。而且，在这些地质调查之后，绝大部分工程都没有修建。没有实践作为基础，工程地质学在那时也就无法建立起来。1946年虽然在地质调查所内设有工程地质室，但是只有三、四个工作人员，工程地质学基本上还是一个空白点。

1949年中华人民共和国成立，全国人民在中国共产党和人民政府的领导下，进行了大规模的国民经济恢复工作。1953—1957年胜利完成并超额完成了宏伟的第一个五年计划，1958年开始了第二个五年计划。大规模的社会主义建设，推动了工程地质工作和工程地质学的突飞猛进的发展。

1950年毛主席发出响亮的号召：“一定要把淮河修好”。在党和政府的领导下，在淮河展开了大规模的水利工程建设，同时也进行了大量的工程地质工作。几年来我国编制了黄河、淮河、珠江、辽河、松花江、海河等主要河流的流域规划和全国最大河流长江的流域规划要点。工程地质工作为编制这些主要河流的流域规划要点收集了大量的工程地质资料。十余年来兴建了大量的大中小型水利水电工程，使全国灌溉面积和水电容量均有巨大增长。许多巨大规模的水利水电工程的工程地质勘测工作已相继结束，并正式开工兴建。这些巨大规模的水利水电工程地质勘测工作，不仅保证了工程的建设，而且充实了工程地质学的科学宝库。

1958年在党中央提出的鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义的总路线光辉照耀下，我国掀起了全面大跃进。兴建水利形成群众运动的高潮。数以万计的大中小型水利水电工程的工程地质勘测工作满足了大跃进中水利水电建设的要求。由于劳动人民的智慧的充分发挥，在广西傣族自治区及云南、贵州、湖南等省充分利用了自然特性，在石灰岩喀斯特地区成功地修建了很多大中小型水利水电工程，打破了资本主义国家工程地质学派所提出的石灰岩喀斯特地区不能建坝的“禁例”。这些成就不但满足了国民经济建设的需要和加快了建设速度，并且丰富了工程地质科学。

• 铁路和公路是发展工农业的先行。旧中国遗留下来陈旧的铁路只有二万多公里，而且大部分布在东北和东部沿海地区，公路也是有限的。解放以来，修建和恢复铁路近万公里，公路四通八达，已基本达到了县县通公路的程度。在许多已建成或正在修建的铁路线

和公路線上，都进行了工程地质勘测工作。这些道路建筑工程都是在工程地质条件非常复杂的条件下修成的。如川藏公路从成都平原起，盘旋而上青藏高原，截横断山脉，翻二郎山，屢逢冰川雪崩，滑坡山崩，中国工程地质工作者在党的领导下为修建这些道路提供了設計和施工时所必需的宝贵的地质資料。

連貫南北橫跨长江的武汉长江大桥，是世界有名的铁路公路两用大桥。1952年开始了选綫工程地质勘测，1954年进行技术設計阶段的工程地质勘测。在水深流急，工作条件十分困难的情况下完成了桥墩地基勘探，給大桥提前建成創造了有利条件，并积累了深水以下的工程地质勘探的丰富經驗。

解放后，在厂矿房屋等基本建設方面也获得了輝煌的成就，兴建了无数的厂矿企业和面积巨大的民用建筑。

在工程地质科学研究方面，近几年来在党的领导下，为解决生产实践中所遇到的工程地质問題和总结地质工作經驗等方面也取得了巨大的成就。例如，在三門峽、隴西等地区对黃土及黃土狀土的成因、性质、构造和工程地质条件等問題，作了很多有意义的研究工作，解决了灌溉渠道、铁路、厂基、水庫等工程的地质問題。

中国几年来为满足国民經济建設的需要所进行的大量工程地质工作，积累了相当丰富的資料，給进行区域工程地质的研究准备了条件。区域工程地质的研究也将进一步的推动工程地质科学的发展和指导生产工作的进行。1957年刘国昌教授曾发表了“中国区域工程地质学綱要”，其后郑象銑等也进行过有关中国工程地质区划的研究。1959年地质部水文地质工程地质局在展开編制水文地质图工作的同时，进行了編制中国区域綜合工程地质图的工作。这项工作的展开，将进一步发挥工程地质学对国民經济建設的作用，也将进一步丰富和发展了中国的工程地质科学。

复习思考題

1. 工程地质学的研究对象和它的任务是什么？在我国社会主义建設中，工程地质工作的任务是什么？
2. 工程地质学运用那几种研究方法？各种方法的特点是什么？如何綜合地运用这些方法？
3. 工程地质学分为那几个独立科目？它們的研究对象和任务是什么？
4. 工程地质学是怎样产生的？工程地质学的发展大致可分为哪几个阶段？各阶段的发展特点是什么？
5. 工程地质学的现状怎样？

工程岩石学

緒 言

岩石对工程建筑的意义 工程岩石学是工程地质学的最重要的组成部分，它是研究和评价在建筑物作用下决定着岩石性状的岩石性质的一門科学。这些岩石性质叫做工程地质性质或物理技术性质，有时也称为建筑性质。其中最主要的就是岩石的力学强度。工程岩石学不是静止地研究这些性质，而是要考虑到在自然因素和人为因素的影响下这些性质的变化情况。

人們对于岩石的研究和認識，最初是由于采矿工业的需要而开始的，因而产生了地质学及其重要分支——矿物学和岩石学，并促进其不断地发展。但是我們都知道，組成地壳表层的岩石对于人們的工程建筑活动也有着极其重要的意义。因为：

(1) 岩石（坚硬的和松軟的）是所有建筑物的地基。任何一种工程建筑物都必须建筑在地壳的表层，都不能脱离岩石而凭空建筑。因此，建筑物地基岩石性质的好坏，便直接影响着该建筑物的施工条件、經濟造价、安全性和耐久性。

(2) 岩石是工程建筑物最好的天然建筑材料。例如铁路和公路的路堤需要土和砂，铁路道渣需要石料；許多建筑物基础和墙壁需要块石；混凝土和鋼筋混凝土建筑物需要大量的碎石和砂；土坝需要大量的土料等等。建筑物附近有无适用的天然建筑材料或其儲量多少；建筑材料的质量如何、离建筑地点的远近等，都将决定建筑物的工程造价，影响其稳定性和耐久性。

(3) 在很多情况下，岩石直接是建筑物本身不可分割的一部分，就是說岩石是建筑物的环境（或介质、围壁）。例如：隧道或地下铁道、运河、路堑、地下室建筑等等，都是将岩石作为建筑物的围壁或环境。因此，岩石的性质（尤其是岩石的力学强度）就直接决定着建筑物的施工条件、稳定性和耐久性。

由于地壳表层的岩石与工程建筑事业有如上述的密切关系，随着建筑事业的发展，建筑規模日益庞大和建筑技术日趋复杂，不但要求从开发利用有用矿产的目的来研究和認識岩石，而且必須从工程建筑的目的，以工程地质观点去研究和認識岩石。这样便从人們的实践中产生了工程岩石学，或称为土质学。

工程岩石学按其本身的任务又可区分为普通工程岩石学（普通土质学）、区域工程岩石学（区域土质学）和土质改良学。

工程岩石学的任务 工程岩石学主要是研究各种岩石的建筑性质、改变这些性质的自然因素和人为因素以及根据工程建筑的要求改善岩石性质的方法和措施。

应用于解决具体的工程建筑的实际問題上，工程岩石学具有如下的实际任务：

(1) 将建筑地区內的所有岩石进行工程地质分类，并确定各种类型岩石的分布情况。

(2) 确定建筑地区內各种类型岩石的物理技术性质指标（尤其是力学强度）的数值，预测在設計建筑物作用下，岩石性质可能发生的变化，并与工程設計人員共同评价这

些性质及其变化对設計建筑物的适宜性和危害性。

(3) 提出改善岩石性质的方法, 以保证最合理的进行施工建筑, 保证建筑物的稳定性和耐久性。

很显然, 松软的沉积岩对工程建筑来说具有比坚硬岩石更为不良的性质, 并且它们在地壳的表层分布最广, 建筑物在多数情况下需要兴建在这些松软岩石上面, 所以与岩石学不同, 工程岩石学特别注意研究这些松软岩石。

工程岩石学最重要的理论任务就是研究在造岩过程中形成岩石强度和其他工程地质性质的作用和这些性质的属性。

值得提出的是从工程地质的观点来研究岩石常称之为“土”, 因此工程岩石学又被称为土质学。

第一章 工程岩石学的一般问题

§1 岩石的基本组成部分

在对岩石进行工程地质研究时, 最重要的一个特点就是要考虑到, 岩石是由固体颗粒和孔隙组成的。部分孔隙为水所填充, 而另一部分孔隙则为空气所占据。

因此, 固体颗粒、水和空气乃是岩石的基本组成部分。这些岩石的基本组份互相作用着, 并决定着岩石的工程地质性质和在建筑物作用下岩石的性状。岩石的基本组成组份又常常称为岩石的相。在一般的情况下, 岩石是三相体系的。如果在岩石中不含水或不含空气, 则叫做两相体系的岩石。在自然产状岩石的孔隙中, 总是要含有一定数量的水, 因此岩石或者是三相体系或者是两相体系(孔隙为水所充满)。如果孔隙中无水, 这种岩石即是绝对干燥的岩石。绝对干燥的岩石只有把土样经过人工烘干之后才能获得, 因为在自然产状岩石的孔隙中, 总是要含有一定数量水的。

在人为原因或自然原因的影响下, 岩石中的水量和空气量的比值可能发生变化。在这种情况下, 我们就叫做岩石的相态变化或相成分变化。

由于岩石的基本组份之间的比例关系不同, 使它呈现出四种不同的状态(见图1-1及表1-1)。每一种状态都具有与其相应的工程地质特性。

在岩石相态变化的同时, 岩石性质也要发生变化。岩石相态变化对岩石性质的影响在粘土质岩石中表现得尤为明显。例如, 当粘土在干燥状态时, 性质坚硬, 具有很大的力学强度, 但如果孔隙中水份不断增加, 便出现塑性状态, 其力学强度大大降低, 最易变形, 几乎不能作为任何建筑物的地基。

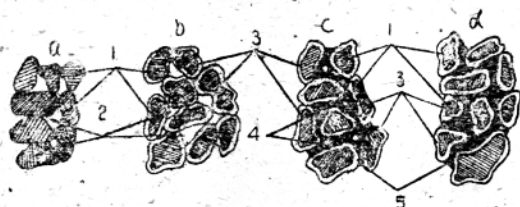


图 1-1 岩石的基本组份和状态示意图

a—绝对干燥岩石; b—稍湿的岩石; c—湿的岩石;
d—饱水的岩石

1—固体颗粒(骨架); 2—与大气相通的气体; 3—被束缚在颗粒表面上的水; 4—孔隙中的密闭空气; 5—充满孔隙的毛细水和自由水

表 1-1 岩石基本組份間的比值不同所具有的四種基本狀態

岩石狀態	相的數目	基本組份的比例	基本組份的物理狀態
干的	2	矿物顆粒+空氣	固体+气体
稍濕的	3	矿物顆粒+空氣+被束縛的水	固体+气体+液体
濕的	3	矿物顆粒+水+密閉的空氣	固体+液体+气体
飽水的	2	矿物顆粒+水	固体+液体

§ 2 岩石的工程地質性質及其指標

在人們的工程建築活動中，岩石與建築物互相作用時，決定着岩石性狀的那些最重要的岩石特征和性質可以分為四組。

屬於第一組的有，岩石的產狀特征，岩石的構造、結構、矿物成分和韌度成分，以及岩石孔隙中的液態相和氣態相的成分。

屬於第二組的有岩石的物理狀態和物理性質，如岩石的比重、容重、天然濕度、多孔性、孔隙性、裂隙性、溫度、導熱性和熱容量。

屬於第三組的一些性質與岩石中所含的水有密切的關係，並說明岩石固態和液態相互作用的結果。屬於這一組的有松軟粘土質岩石的膠體性質、稠度狀態、塑性、崩解性、收縮性、膨脹性、毛細性、透水性等等。對於某些類型的粘土來說，膠體性質有着極其特殊的意義。

屬於第四組的是岩石的力學性質，這些性質能夠說明岩石的強度以及工程建築物對岩石性狀所發生的直接影響，這些性質是：岩石的抗压強度和抗剪強度。

應當指出，所有的上述特征和性質是互相聯系和互相影響的。我們把這些特征和性質總稱為工程地質性質，或物理技術性質、建築性質。

為評價岩石與建築物互相作用時的性狀，為對在建築物作用下的岩石進行工程地質分類，就必須具備能夠說明岩石性狀的數量特征的岩石性質指標。岩石性質的指標就是表示岩石工程地質性質的大小程度的數值。它是用一般的岩石學方法和工程岩石學所特有的研究方法來求得的。例如孔隙度、濕度、壓縮系數等。

用各種方法求得的岩石工程地質性質指標應當保證：

(1) 能夠對岩石進行工程地質分類。根據指標能夠劃分出工程地質性質（尤其是強度）相同的岩石類型。

(2) 結合各種類型建築物的要求，能夠把各種類型岩石的工程地質性質用精確的數字表示出來，對建築物的穩定性進行計算。

(3) 能夠說明岩石在建築物的作用下的各種變化與時間進程的關係。

按用途，通常指標可分為三個基本組，

(1) 分類指標：這種指標仍用來從物理力學性質方面進行岩石的分類，即岩石的工程地質分類所應用的指標。例如根據塑性指數進行松軟岩石的分類，這種分類普遍的被採用在野外條件下以搓土條的方法來確定土的名稱。

(2) 直接指標：這一組指標是直接用於與各種建築物穩定性有關的設計計算中。例

如压缩系数可以直接用于求算建筑物的沉降量。抗剪强度可以用于计算土工建筑物斜坡的稳定性。直接指标能够把岩石的重要工程地质特性直接用数字表示出来。在大多数情况下是岩石的力学性质指标。

(3) 间接指标, 这一组指标是用来近似的计算分类指标或直接指标。例如比重(间接指标)可以用来计算孔隙度(分类指标)。同样, 在很多情况下孔隙度也可成为间接指标, 例如用孔隙度来计算渗透系数或压缩系数等直接指标。

间接指标与直接指标相比较, 直接指标更便于应用而且可靠, 但是测定直接指标的方法要比测定间接指标的方法困难得多。

此外, 按求得指标的方法可将指标分为:

(1) 实测指标, 必须用实验的方法直接测定求得的指标。例如比重、湿度、压缩系数等。

(2) 导出指标, 可以用实测指标进行计算求得的指标。例如孔隙率、孔隙比。

在工程地质实际工作中, 要想对工程建筑物作出正确而可靠的工程地质评价, 就必须获得准确的岩石工程地质性质指标。

评价建筑物稳定性的岩石工程地质性质指标的准确性和可靠性, 在很大程度上决定于求得这些指标的方法、采样法和所采的样品的代表性。在工程岩石学中专门测定岩石工程地质指标的方法可分为实验室测定法和野外测定法。前一种方法比较简便, 应用得最广, 但所得结果准确性较差。后一种方法能更准确的测出岩石的工程地质性质指标值, 因为野外方法是在岩石天然状态下直接进行测定的。但野外方法并不经常采用, 因为这种方法所需的开支费用较大, 所需的时间较长。为了在实验室测出准确的指标, 需要采取最有代表性的样品, 而且所用的样品需要保持天然状态, 即天然的组织、结构、孔隙度、湿度等等。这种样品叫作原状样品或非扰动样品。样品愈是接近天然状态, 其所测定的指标也就愈准确。

在采取原状样品的时候, 需采用专门的方法和设备。从试坑、探槽、探井、平巷和斜土地点采取原状试样的方法比较简单。而从钻孔中提取原状试样时需采用取土器。虽然取土器的种类较多, 但仍不能使岩石的天然状态丝毫不变。从流砂中或稀释的软泥中采取原状土更为困难。

因此, 要想对建筑地区的工程地质条件作出正确的评价, 就必须在工程地质勘察过程中深入细致和细心谨慎的做好一系列实际工作。

§ 3 岩石工程地质性质的成因和变化

基本概念 岩石现存的各种各样的工程地质性质不是本来就有的, 也不是永远不变的。它是由各种复杂的和长期的因素互相共同作用的结果, 并将随着各种因素的变化而变化。

概括而言, 岩石的工程地质性质是在造岩作用过程中形成的。研究形成岩石性质的作用乃是工程岩石学的最重要的理论问题之一, 尤其对于沉积岩来说更为重要。

造岩作用的涵义就是决定着岩石现有成份、结构和性质的各种地质作用的综合。造岩作用是在各种因素的作用下完成的。这些因素有: 岩石形成时的温度、压力和其他物理化学条件, 及岩石生成后所处的环境——重力、水、空气、太阳能、动植物有机体和人为的

作用。

它們作用在一定的自然环境中并以一定的方式互相配合。这些因素作用的时间长短，也将引起造岩作用的不同结果。

造岩作用的过程一般可分为几个阶段，其中各类岩石所共有的阶段为岩石的形成阶段和岩石在风化带中的再造阶段。

岩石性质与岩石生成环境的关系 岩石的形成条件是决定岩石工程地质性质的极其重要的因素。岩石一定的生成环境，均具有与其相适应的一定的工程地质性质特征。也就是说有什么样的生成环境，便有什么样的岩性特征。例如，火成岩是由于高温熔融的岩浆冷却而成的，第四纪松软粘土是由于坚硬岩石在地表低温低压条件下风化后的产物。因此火成岩一般均具有极其坚硬的性质，而粘土则在建筑物作用下极易压缩变形。因为岩石的形成可以发生在各种条件和各种环境下，这样，就很自然的形成各种各样成因类型的岩石，而它们都具有各不相同的工程地质特征。

火成岩工程地质性质，决定于原生岩浆的成分以及岩浆凝固的速度和条件。根据这些条件不同，便形成酸性岩和基性岩，深成岩、浅成岩和喷出岩。其中每一种岩石均具有其独特的工程地质性质，其在建筑物作用下的性状也各有区别。

沉积岩的工程地质性质极为复杂。有性质与火成岩相似的坚硬岩石，有在水中可以溶解的岩石，有易于压缩变形的塑性岩石，也有疏松散粒的岩石。沉积岩造岩作用的共同因素为：原生物质的成分，原生物质的堆积条件和后来把它们变成岩石并再次改变它们的再造作用的特点和再造作用的延续时间。这些因素在各种物理化学环境下作不同的配合，便产生了上述极为复杂的工程地质特性。

变质岩是改变了的火成岩或沉积岩。决定变质岩基本特征的是变质作用。变质作用的基本因素是原岩的成分和性质、变质时的温度和压力。例如，区域变质、接触变质和动力变质所产生的岩石各有不同的特征。同样石灰岩变质成大理岩、砂岩变质成石英岩，大理岩和石英岩的性质有显著的区别。

岩石生成以后的再造作用也是形成岩石工程地质性质及促使这些性质不断变化的重要因素。如前所述，岩石的一定的工程地质性质特征适应于岩石的一定的生成环境。由于各种因素随时间不断的变化着，即由于生成岩石的环境不断的变化着，岩石在变化后的新环境下将处于不稳定状态。因此，岩石性质必然向着适应新环境的方向改变，形成新性质的岩石。例如，花岗岩是地下高温岩浆慢慢冷却而生成的，花岗岩在该条件下是稳定的，但当花岗岩暴露在地表后，在低温、低压而且有水和大气的作用的条件下，便处于不稳定的状态。因此，花岗岩必然遭受风化，而其工程地质性质也发生了剧烈的改变，形成适应地表环境的新性质的岩石。又如，在地表条件下形成的疏松砂土，由于埋入地下深处在上复地层压力的作用下和其他物理化学环境的变化，可以胶结而成砂岩。同样，地表条件下生成的粘土经胶结后可以变成頁岩。因此，岩石的工程地质特性随着岩石所处的介质的条件的变化而改变。对于不同成因类型的岩石，这种变化具有不同的强度、方向和連續性。火成岩和变质岩在风化壳内的变化，引起破碎，終至变成松软的微粒状态，降低了强度，增大了透水性。松软沉积岩在地下深处发生胶结作用或变质作用，形成坚硬整体岩石，增加了强度，降低了透水性。

由上述可以明显的看出，不研究岩石的原始生成条件和现在岩石所处的条件，就不能