

高等学校教材试用本

工程地质学

上册

北京地质学院工程地质教研室编

只限学校内部使用



中国工业出版社

本书为北京地质学院工程地质教研室，根据几年来的讲稿，在1960年讲义的基础上，结合生产实践，修改编写而成。本书为上册，论述工程动力地质学。该书适用于高等地质院校水文地质及工程地质专业，对一般水文地质工作者也有参考价值。

工 程 地 质 学

上 册

北京地质学院工程地质教研室编

*

地质部地质书刊编辑部编辑(北京西四羊市大街地质部院内)

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许可证出字第110号)

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $9^{5/8}$ ·字数228,000

1963年1月北京第一版·1963年1月北京第一次印刷

印数0001—1246·定价(10-5) 1.20 元

*

统一书号: K15165·1851(地质-189)

本书系为水文地质及工程地质专业而编写的。它综合了北京地质学院几年来讲授这门课程的讲稿，并在1960年所编讲义的基础上，结合生产实践中的经验，进行了若干修改和补充。

作为工程地质学组成部分之一的土质学，已由北京地质学院编写，并于1961年由工业出版社出版，区域工程地质学也将另行编写。本书内容仅包括工程地质学的其余两大部分：工程动力地质学与专门工程地质学。

本书的第一部分——工程动力地质学应包括物理地质现象与工程地质现象的研究。但是，由于工程地质现象的产生及其性质，随工程建筑的类型与规模而不同，同时，在工程地质勘察中也常以预测和研究有关的工程地质现象作为重要内容之一，所以把各种工程地质现象分散到各有关建筑的工程地质勘察中去讲，将更能增强其间的有机联系，因而在第一部分中没有对这些现象作详细的叙述。这样，第一部分的内容就主要地集中在各种物理地质现象研究方面。

第二部分——专门工程地质学共分四篇。在第一篇中叙述了工程地质勘察的一些基本概念和理论，各种勘察方法的理论问题及应用原则。工程建筑的类型繁多，各有其自身的特点，对工程地质勘察也各有其独特的要求，但是却也有着共同适用的勘察方法和原则。若能善于掌握这些共同性的理论，则不管从事任何一种工程建筑的勘察工作，均将有门路可循。有鉴于此，本书以较大篇幅，把全篇分为九章，作了较详细的阐述。

第二部分的第二篇、第三篇和第四篇分别叙述了城市规划与工业民用建筑、道路建筑及水利建筑的工程地质勘察方法，在内容上更多地着重它们的特殊性方面，以便与第一篇相配合。本书尽可能地对与各类建筑有关的工程地质问题作了分析，以增强对为各类建筑而进行的工程地质勘察内容与方法的理解。

本书的下列章节是由张咸恭编写的：绪言，第一章，第三章的第一、三两节，第六章，第九章，第十章，第十三章，第十八章，第二部分的第四篇及两部分的引言。下列章节是由沈孝字编写的：第二章，第四章的第一、二、三节，第五章，第十一章，第十二章及第二部分的第三篇。下列章节是由张忠胤编写的：第三章的第二节，第四章的第四节，第七章，第八章，第十四章，第十五章，第十六章，第十七章及第二部分的第二篇。全书由张咸恭统校。

由于工程地质所涉及的问题十分广阔，其中很多问题尚有待于进一步探讨，所以书中不妥之处定然不少，再加付印仓促，也可能存在某些遗漏，希望各方面给我们提出批评和指正，以便进一步加以修改。我们将怀着感激的心情，对所有的意见表示热诚的欢迎。

目 录

前 言		三、岩堆	83
绪 论	1	四、雪崩	88
一、工程地质学的内容与分科	1	第五章 喀斯特	90
二、工程地质学的研究方法及其与其他科学的关系	2	一、概述	90
三、工程地质学的任务及其在国民经济建设中的意义	4	二、喀斯特发展的基本控制因素	91
四、工程地质学发展简史	5	三、喀斯特发育的基本规律	95
		四、喀斯特评价方法及工程处理	98
		五、喀斯特的工程地质研究	101
第一部分 工程动力地质学		第六章 潜蚀与流砂	104
第一章 岩石风化	12	一、潜蚀	104
一、一般概念	12	二、流砂	110
二、影响岩石风化的因素	13	第七章 多年冻结	116
三、风化壳及其分带	15	一、多年冻结的工程地质意义	116
四、岩石风化速度及防止岩石风化的措施	18	二、多年冻结的成因	116
五、岩石风化的工程地质研究	19	三、多年冻结区地壳浅层的结构和热动态	117
第二章 海岸和湖岸的冲蚀与堆积	25	四、多年冻结区地下水的工程地质研究	119
一、概述	25	五、多年冻结的研究方法及防治措施	121
二、波浪的形成与发展	25	第八章 新构造运动	122
三、波浪的冲蚀作用	28	一、新构造运动的工程地质意义	122
四、波浪的搬运与堆积作用	29	二、新构造升降运动的工程地质研究	124
五、岸滩的形成及其演变	32	三、新构造褶曲和断裂运动的工程地质研究	129
六、防治冲蚀作用的措施及工程地质研究方法	33	四、新构造运动的防治措施	132
第三章 与流水作用有关的现象	35	第九章 地震	133
一、冲沟的形成	36	一、概述	133
二、河流的作用	41	二、地震对建筑物的影响	134
三、山洪泥石流	54	三、地震烈度区域划分	138
第四章 斜坡土石的移动	60	四、小区域地震烈度划分	143
一、滑坡	61	五、地震区的工程地质评价	148
二、崩塌	79	六、地震的工程地质研究	149

緒 論

一、工程地質學的內容與分科

(一) 工程地質學的定义

工程地質學是地質學的一個分支。它的創始人 Ф.П. 薩瓦連斯基在1937年確定工程地質學為：“地質學的分科，它闡述工程建築事業中的地質問題”。這就明確地指出了工程地質學是為工程建築事業服務的地質科學。

А.В. 波波夫於1951年在他的“工程地質學”一書中說“工程地質學是地質學的一部分，是研究與人類工程活動有關的地殼表層動力的科學”。的確，一切建築物都是建築在地殼上的，而且僅限於地殼表層。地殼表層的穩定性與堅固程度也就決定了建築物本身的穩定性與正常使用條件。地殼表層的物质組成各處不一，因而其堅固程度也極不相同；另外，地殼不斷遭受各種自然地質作用而發生動力變化，這都會影響到建築物的穩定性。而建造的建築物又反過來影響自然地質條件的變化，使得建築物的穩定性更加複雜化。工程地質學應當全面地估計到這種動力情況，確定應行採取的措施，以保證建築物在這種變化條件下的穩定性和耐久性。

基於上述，В.Д. 羅姆塔澤補充了薩瓦連斯基和波波夫的定义，認為工程地質學為：“一門科學，它研究各種建築物建造的地質條件，建築物對自然地質條件發生變化的影響；選擇保證建築物在相應地質條件下的穩定性和正常使用的措施”。這種理解可能較前述定义稍全面而具體。

(二) 工程地質學的內容與分科

由上述定义可知，工程地質學是和工程建築密切聯繫着的一門實用的地質學，因此它的內容也就緊緊地環繞着工程建築的要求，以保證各種建築物如工業廠房、民用建築、道路、橋樑、堤壩、運河、海港以及各種國防工程等的穩定性及正常使用。這些不同類型不同規模的建築物對工程地質的要求極不相同，而它們所遇到的地質環境又是那麼千變萬化，這就使得工程地質涉及的理論問題十分複雜，研究的內容也很廣泛。歸納起來，工程地質學的內容可分為下列諸方面：

1. 研究土石的工程地質性質：這包括土石的成因及其變化；土石的物质組成，結構構造以及物理力學性質；土石的區域分布和特點；以及改良其性質的措施。有關這方面的研究已經發展為一門獨立的科學——土質學。這是工程地質學的一個重要的分支。

2. 研究對工程建築穩定性有影響的地質現象。這包括物理地質現象與工程地質現象兩種。前者是自然地質作用所引起的，而後者是由於人類工程活動——興建建築物所引起的。這種研究已成為工程地質學的另一分支，並稱之為工程動力地質學。工程動力地質學研究這些現象發生和發展的因數和規律，對它們進行定性的和定量的評價，擬定與之進行鬥爭的措施。正如薩瓦連斯基所說的“不良的地質現象並不是那麼可怕，而可怕的是我們對這些現象認識不足和不會正確地估計它們對建築物的影響”。

3. 進行區域性的研究，確定各種不同的物理地質現象的分布狀況，土石分布的變化，

水文地质条件的区域变化规律等等，并根据工程地质条件划分工程地质区、亚区、地段等。根据这种区划即可清楚地了解到不同的区、亚区等范围内的主要工程地质特点，预料在不同地区内建筑时的有利和不利条件。这对于规划各种建设工作及进一步的工程地质研究指出了方向。这就是工程地质学的另一分支——区域工程地质学的研究内容。

4. 除上述理论性的研究之外，工程地质学的重要内容之一就是为各种建筑物的设计、施工和运用提供地质资料，全面说明建筑地区的工程地质条件。为此须进行工程地质勘察。这是一项复杂的工作。在勘察中不但要把上述各种理论知识熟练地用于实际，而且还要掌握各种勘察方法，这些方法是：工程地质测绘，勘探工作，物探工作，试验工作，实验室工作及长期观测工作等。此外，还须遵循一定的工作步骤——勘察阶段，以便根据工程设计的合理要求安排工作量。在工程地质中，这些工作方法在不断地改进，因而新方法的制定和现有方法的统一也是一项重要的研究内容。工程地质勘察及其有关问题的研究也可以看作是工程地质学的一个分支，并且可以称之为专门工程地质学。

二、工程地质学的研究方法及其 与其他科学的关系

工程地质学是地质学的一个分支，它是由地质学孕育发展而来的，它们的研究对象——地壳——也是相同的。因此在研究方法上，工程地质学所采用的最主要的方法就是地质方法，即自然历史分析法。这是因为工程地质所要研究的土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发展的结果。随着自然历史条件的变化，它们也具有不同的特征。例如处于一定条件下的某一种土石，其工程地质特征是该土石自生成以来的造岩作用之总的结果，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有其发展的过程和目前所处的发展阶段所赋予它的特征，也即是说它所表现的特征是决定于一系列自然历史因素的。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、地质现象或是地质构造，要预测它们在建筑物建造后的变化，都不能脱离自然历史条件，都必须应用自然历史分析法，即地质学的方法。薩瓦連斯基說：“……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，只能得出区域性的、定性的评价，这对于工程地质还不能满足要求，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各种工程地质条件作出定量的评价。为此在工程地质中广泛地采用了试验方法。例如，我们通过实验室工作和野外试验取得土石的各种物理、水理、力学性质指标；通过勘探和详细测量取得软弱夹层的厚度及其在水平方向上的变化的数据，取得破碎带宽度及裂隙率的数据，取得岩石风化厚度的数据等，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，取得沉陷速度、水库坍岸速度、坝下渗漏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得出的正确结论总合起来，我们就能很好的对土石性质、构造变化及各种地质现象作出定量评价。另外，在工程地质中我们很重视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，用以作为对该建筑物相邻地区进行工程地质评价的参考。这样，我们就把旧有建筑物看作了评价该区工程地质条件的试验模型，这是一种最好的试验工作。

在进行定量评价时，我們还須采用計算方法，即根据試驗工作中所得的各种数据利用各种理論計算公式进行計算，以取得有关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，在工程地质工作中必須綜合应用地质方法，試驗方法和計算方法才能取得可靠的結論，很好地完成它所負担的任务。

在明确了工程地质研究方法之后，即可清楚了解到工程地质学所涉及到的知識范围是很广泛的。实际上，在工程地质工作中研究許多实际問題时需要的理論知識大大地超出了工程地质学本身的范围，而必須有許多属于其他学科的知識作为輔助。当然，任何一門科学都不是孤立的，总是与其他学科紧密联系着的。但工程地质学，这种联系更为广泛，这是因为工程地质学所研究的对象是属于地质方面的，而它服务的对象則是工程建筑。为此，工程地质学除与地质学的各种分科密切联系之外，还与許多基础理論及应用技术科学相联系。

关于工程地质学的分科及其与其他科学的联系可用表1說明。

地质学的分支：动力地质学、构造地质学、地史学、地貌学、岩石学等都是工程地质

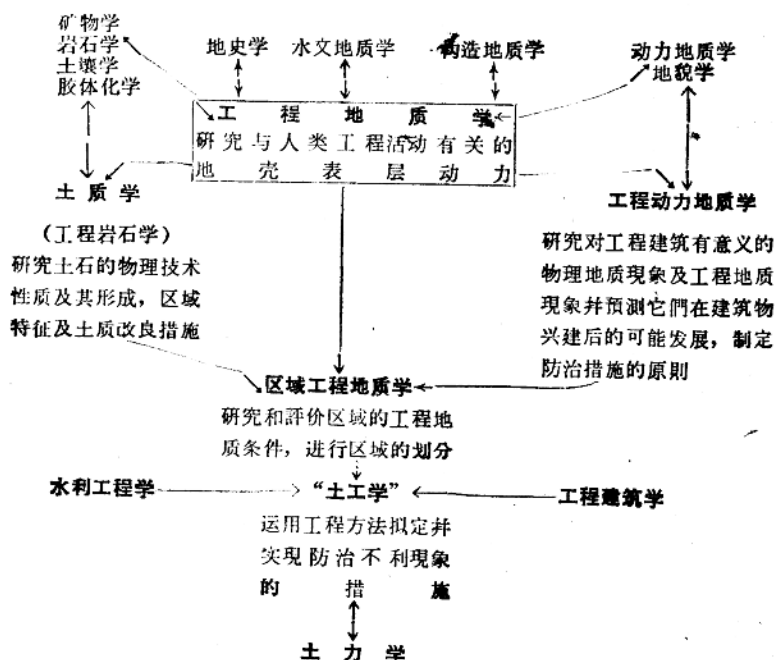


表1 工程地质学的分科及其与其他科学的关系

(根据B.A.普里克朗斯基“土质学”增訂第三版略加修改)

学的基础，工程地质学所研究的对象經常与它們是共同的，因而常常应用其理論及方法。但是工程地质学在出发点上更具有实际的目的性，因而着重点也与之不同。如前所述，在研究方法上也比它們更深一步。“将研究結果用数量（数字的）形式来表示，是工程地质学与地质学的一般科目的最显著差别”（薩瓦連斯基）。因此，波波夫指出：不能認為岩石的工程地质研究与岩石学之間，工程地质学中对地质作用的研究与动力地质学之間以及

工程地质学和一般地质学之間没有什么差別。长期以来地质学一直是为矿产的普查与勘探服务并在其影响下发展的。所以利用一般地质科目的研究成果来解决工程地质問題常常是不够的。

水文地质学与工程地质学的关系特別密切。土石的含水情况及其与水接触后的性能都与水文地质条件有关；大多数的物理地质現象及工程地质現象的发生和发展都受水文地质条件的影响。因此，工程地质学所要解决的許多問題常常也就是水文地质所要解决的問題，例如坝基及繞坝渗漏的問題，水庫渗漏及浸沒的問題，铁路沿綫及工业建筑地区的供水問題等等，常常难于分辨这究竟是水文地质工作还是工程地质工作。工程地质中解决許多与地下水有关的問題时都要应用水文地质学的方法及地下水动力学的計算公式。因此，脫离开水文地质的知識是无法完滿地进行工程地质工作的。正因为如此，工程地质与水文地质直到現在还是同一个专业而难于划分。

土力学与工程地质的关系尤其密切，上述工程地质学中的計算方法，实际上絕大多数就是土力学（及地下水动力学）的計算方法。在广义的工程地质学概念中，我們可以把土力学看作为工程地质学的一部分，就象土质学是工程地质学的一部分一样。不过，土力学作为一門独立的科学比工程地质学誕生得还早些，而且在研究方法上土力学是运用力学方法的，它是建筑力学的一部分。它研究应力在土中的分布及由此引起的变形。因此，严格一些說，它是一門独立的科学。当然，从建筑者的观点看来，土力学无可爭辯地是一門独立的科学。

此外，要解决工程地质学的問題还須应用一系列工程技术学科（理論力学和实用力学，建筑力学，水利工程，工程建筑等）的理論知識。很明显，以工程建筑为服务对象的工程地质工作人員，不了解工程建筑为何物，这是很难想象的。

由上述可見，工程地质人員应具备的知識是很广泛的，应有一般理論性的、方法上的和一般地质学的知識修养，并且在一定程度上要通晓一些工程技术的知識。

三、工程地質学的任务及其在国民經济建設中的意义

工程地质学的基本任务就是通过工程地质勘察及理論性的研究闡明建筑地区的工程地质条件，解决与建筑有关的工程地质問題，提供設計、施工所需的地质資料，以保証建筑物的安全（穩定）、經濟和正常使用。它的具体任务如下：

1. 为修建建筑物选择地质条件最优良的建筑地点；
2. 闡明建筑地区的工程地质条件，并进行定量的评价，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問題，并作出結論；
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、結構及施工方法的合理建議及保証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。

由于建筑物的穩定性不仅决定于地质条件，而且也决定于建筑物本身的結構类型和規模的大小，因此建筑地点的选择不单是地质工程师的事，也是建筑工程师的事，所以必須协同进行。在完成其他許多任务中，这种协作也是十分密切的。

在国民經济建設的各方面：水利建筑，铁路、公路，及工业民用建筑，无不需要工程地质工作，以保证建筑物的安全、經濟和正常应用。工程地质工作在社会主义建設中已經成为必不可少的組成部分。苏联四十余年的伟大建設經驗証明：“任何工程建設不进行勘测工作是不能进行設計与施工的”。我国远在第一个五年計劃之初，曾提出施工之前必先进行設計，設計之前必先进行勘测。馬克思列宁主义教导我們，“存在决定意識”，进行任何工作必須深入了解客观存在，只有掌握了客观規律，才能利用这些規律为社会主义建設服务。我們进行建設，与自然作斗争，就必须掌握自然規律。对于建造建筑物來說，地质条件就是这种自然規律的一个极为重要的方面。根据上述工程地质学的任务可知工程地质学不单为工程建設研究工程地质条件，而且还闡述各种工程地质問題作出工程地质評价。在設計工作和施工中不考虑工程地质条件，不先进行工程地质研究，就必然犯主观主义的錯誤，不能多、快、好、省地进行建設，而是少、慢、差、費。

在资本主义国家，这种少、慢、差、費的作法极为普遍。也正是因为这样，建筑事故也层出不穷，造成生命财产的重大損失。例如，美国奥斯汀城科罗拉多水坝的崩毀，加拿大特朗斯康谷仓的傾倒，西班牙蒙特哈德坝高72米的“千水庫”等，都是由于不注意地质条件盲目修建而招致失敗的。类似的例子还多得很，不必一一列举。

我国在解放初期，由于工程技术人員不了解工程地质的重要性，或者忽視工程地质工作，在各项建設中也发生了一些問題，造成一定的浪費和損失。相反，凡是很好地进行了工程地质勘察的工程項目，工程质量就得到提高，工程費用减少。目前，在我国社会主义建設总路綫的指导下，我們对任何一項工程都要本着多、快、好、省的精神进行建設。这样，工程地质工作的意义就更为巨大。工程地质工作必須走到各项建設的前面去，为工程的設計和施工提供充足、可靠的地质資料。

四、工程地質学发展簡史

恩格斯有句名言：“社会方面一旦发生了技术上的需要，則这种需要就会比十数个大学更加把科学推向前进。”●的确，任何一門科学的发展，反映了生产实践对它的要求。工程地质学之所以能够成为一門独立的科学，并沿着正确的方向迅速发展，正是大規模的社会主义建設需要給予了巨大的推动力量。我們完全可以这样說，沒有伟大的十月革命，沒有社会主义制度的保証和大規模的社会主义建設需要，苏联的工程地质学是不会象今天这样蓬勃发展的。可見社会制度的改变，对于科学的发展具有多么重大的意义！

（一）工程地质学的形成及其在国外的發展

工程地质学作为一門独立的科学是1929年在苏联形成的。它还是一門很年輕的科学，还須要不断地充实其理論，丰富其內容。

在地质史中，把地质知識运用到工程建筑方面远比应用到采矿事业方面为迟。但是，在很早时期，人們就已懂得在建筑中考虑地基問題了。这可以从許多一直到現在还保存得很好的古代建筑得到証明。十八世紀在建筑中开始注意到地质。英国的工程师威廉·斯密士在修建道路和运河的过程中注意地质現象的观察，并第一个提出用化石确定地层的方

● 馬克思恩格斯文选（两卷集）第二卷，504頁，莫斯科外国文书籍出版局，1955。

法，对不同地区的地层进行比较，成为18—19世紀期間很有权威的地质学家。在俄国，格里果里·馬霍金根据自己的工作，写了“工厂施工回忆录”（18世紀），討論了有关水坝和工厂建筑的問題，可算是俄国第一本“工程地质指南”。19世紀初，在苏联、在欧洲一些国家已經出現許多地质論文，討論与城市安全有关的滑坡問題、建筑石料問題等等。

十九世紀中叶以后，在俄国的铁路及水利建設事业中开始有地质人員参加工作，說明在建筑方面已对地质工作相当重視。19世紀末，对地质为建筑服务的思想已較明确。在俄国已有不少地质人員积极参加建筑工作，并担負起应有的責任，寻求保証建筑物稳定的途径，而不单是力求解释現象了。他們作出了不少值得注意的作品。在欧美，也已提出工程地质的概念，如勃拉烏著的“工程地质学或地质学在工程中的运用”（1878）及法格年尔的“地质学在工程事业中的运用”（俄国譯本1887）。在一般的地质书籍中也提到滑坡、石材的詳細研究資料，如J.D. 德納（1895）、A. 格克（1893）等人的著作。不过，在欧美的“工程地质学”中已經树立了这样一种方向，即地质学家們只描述局部的自然情况，避免解决任何看起来完全應該属于建筑工程师范围的一些問題。这种影响一直达到現在，例如有些人提出：“地质学家不应参与工程技术問題以免承担責任”。在瑞士地质学家M. 刘松的著作中更是認為参加工程建設的地质学家只應該使用自然科学的方法，而不應該“侵犯”工程的方法。1949年出版的美国J.M. Trefethen 所著“工程师适用地质学”中說得更明确：“……地质人員只是参与人，对工程的成敗不負其責，責任应落在主要工程师（按：系指設計和施工工程师）的身上”。这样，在这些国家，就在建筑事业中划分出了相互对立的地质学家和工程师。这种情况大大限制了工程地质学在这些国家的发展。

这种狭隘的方向影响甚广，当时的俄国也被波及，以致在19世紀末叶和二十世紀初叶工程地质学的发展变得微弱。有关工程地质現象的估計及保証建筑物稳定的重任都落在工程师的肩上，在实际建設中發生的事故特別多。

伟大的十月革命給实用地质学的发展开辟了道路。列宁提出的国家电气化計劃和几个五年国民經济建設計劃的执行，苏联兴修了許多巨大的水电站及大型水利工程，各种工矿企业及大城市的规划和改造工作，以及莫斯科地下鉄道及其他許多巨大工程的建設。在这些工作中都要求地质人員的参加，都需要全面地研究这些建筑物建造的地质条件，对自然地质条件进行定量的評价以及預測建筑物建成以后的变化。这种社会主义建設的实际需要，大大促进了地质科学的发展。1929年地质委员会的地下水部扩展为水文地质工程地质中央研究所（ВНГЕДРЕНЖ），在其下，第一次設立了工程地质部，这样，工程地质学就作为一門有組織的独立科目从地质学中分出来，成为一門新的科学——工程地质学。

不久以后，工程地质专业机构也在許多其他部門：水工地质局，道路設計院，水电設計院，全苏給水、排水、水工建筑物及工程水文地质科学研究所（ВОДГЕО），全苏基本建設研究所（БЕОС）等順利发展着。

由于具有較高理論水平的专业干部的需要，为了培养专业干部，1929—1930年第一次在列宁格勒矿业学院和莫斯科地质勘探学院開設专业課目。1932年在莫斯科地质勘探学院成立了由工程地质学創始人薩瓦連斯基教授領導的世界第一个工程地质教研室，一方面担負着培养干部的任务，一方面进行工程地质方面的科学研究工作，制定工程地质学的理論基础。

科学研究机构也成立起来，1931年地质研究机构中設有工程地质工作部門，1933年苏

联科学院設立了水文地质科，其中附有工程地质部分。1939年在苏联地质保矿部成立了全苏水文地质和工程地质研究所。1944年苏联科学院建立了以薩瓦連斯基院士命名的水文地质工程地质問題研究室。在此期間举行了一些工程地质专业會議，如滑坡問題會議，喀斯特問題會議，永久冻土會議……。1937年薩瓦連斯基的“工程地质学”出版了，这本书，以及卡明斯基教授的“地下水动力学”等巨著对最后确立工程地质学为一門独立科学具有决定性的意义。

現在，苏联的工程地质学已經发展得很完善，不但在許多宏伟的共产主义建設中作出了貢獻，并且在理論方面不断获得新的成就。例如关于黃土的研究，滑坡的研究，高坝工程地质問題的研究，喀斯特的研究等等都有很大的进展。而許多巨大复杂的建設工程和理論課題还在不断地要求着工程地质学的更大发展。

同时期，在資本主义国家則是另一番景象。由于社会制度的束縛，也由于前述狹隘方向的影响，在建筑事业中地质学家自陷于自然科学的狭小范围內。他們所著的“工程地质学”只是普通地质加上一些工程常識，与現在所了解的工程地质完全是两回事，也很难解决任何实际問題。例如H. Ries与 T. L. Watson 所著“工程地质学”（1914）与上述J. M. Trefethen所著“工程师适用地质学”等即屬此种。直到現在，在美国还没有一門独立的工程地质学。

在資本主义国家地质学家既不能滿意地解决有关建筑的地基問題，建筑人員就不得不自行設法解决。他們能够凭借的武器就是建筑力学，首先是土力学。于是，在这些国家里又出現了另外一种学派，其特点是忽視了地质現象，过高估計了力学数学的方法在分析地基稳定性中的意义，而把地质勘察置于次要的地位。即使进行地质勘察工作，也主要是采取鑽探和坑探的方式，对土石的研究也仅限于其物理力学性质的試驗，对于其地质成因、物质組成則不甚重視。

1929年出版的K. 太尔查基、K. A. 萊得里奇和R. 坎伯合著的“工程地质学”在工程地质学的发展史中是具有很大价值的一部著作。书中提出了土质学这一名詞，并作了有关土的詳細研究，对崩塌和滑坡的研究已經初具規模，有关坝基、隧洞稳定問題的研究也較当时的一般著作作为深入。但是这一著作却也表現了上述的缺点。

瑞士地质学家L. 宾德尔的巨著“工程地质学”也属于偏重力学数学方面的著作。此书共分两大册，上册于1944年、下册于1948年在奥地利出版，內容很丰富，从普通地质到土质学、土力学、工程建筑无所不包。书中在不少方面的研究是很深入的，也具有較高的水平。但是正如H. B. 波波夫所說，此书仍是“工程师适用地质学”与“土力学”的机械組合。

值得提出的是1954年出版的卡尔·凯尔的“工程地质学与土工学”一书。这本书在內容上虽也与上列著作有着相似之处，但对于地质的意义則提到了較高的位置。K. 凯尔認為工程地质学的基本任务有二：在实验地质学的整个基础上研究自然条件，闡明地质环境对相应技术条件的意义。他并且認為单单根据土力学，土质学也是一样，是不能解决这些問題的。土力学和土质学只是广义的工程地质的組成部分。这些观点是与現在对工程地质的了解較接近的。

（二）我国工程地质事业的发展

我国人民在很早的时代进行許多巨大的工程建設时，就已經具有一些工程地质方面的

經驗。例如在公元前250年修建四川灌县都江堰分水灌溉工程时，就充分利用了地貌条件和地质条件。在修建大运河和万里长城的工程中也是考虑到地形和土质问题的。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問題，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天然建筑石料，使这些古老建筑物坚实稳固。但是封建统治使得这些知識不能发展提高，而未能形成科学理論。

解放以前，在我国寥寥可数的地质人員中很少进行工程地质工作。腐朽反动的统治既不进行什么建設，当然也就談不上工程地质，而当时工程地质之名虽由资本主义国家文献中可以看到，但也仅仅是为建筑人員講的一点普通地质知識，根本不是我們今天所說的工程地质。在当时的铁路、公路工程中林文英曾作过一些地质調查；李学清，熊永先等曾調查过四川龙溪河坝址地质；侯德封，姜达权等曾在长江三峡、广东潘江等地进行过水利工程的地质調查。但是所有調查都未能發揮应有的作用，因为这些工程并未修建。除了地质人員之外，当时还有一部分人从土工方向出发进行地基基础的調查研究工作，同样也得不到发展。

解放后，在党和毛主席的正确领导下，我国国民經济建設飞跃发展，水文地质工程地质事业也随着建設的需要迅速地发展起来，其势凶猛，一日千里。

解放初期在全国地质工作計划委员会下設立了工程地质处，在有限的人力之下，担負了一些重点水利工程和铁路綫路的工程地质工作。1952年为了迎接第一个五年国民經济建設計划，成立了地质部，其下設立了水文地质工程地质局。在水利水电、铁路、冶金、建筑工程等部門也都設立了水文地质工程地质队或勘测处。为了壮大专业队伍，培养技术干部，在北京、长春、成都等地质学院設立了水文地质工程地质专业，在其他一些大学及高等院校有的也設了这一专业。在中等地质技术学校，很多也設有这一专业。此外，由于大量需要，各部門还办了一些短期訓練班，以应急需。因此，在短短的几年內，在我国就形成了一支規模巨大的工程地质水文地质队伍。

十三年来我国工程地质学在党的领导和关怀下，在苏联专家的热情帮助下，各方面都取得了辉煌的成就。为国家的工农业建設提供了地质資料，解决了一些地质問題，为保証工农业的发展作出了一定的貢獻。同时，由于結合生产，工程地质学在其本身的理論上及工作方法上都得到了丰富和改进。

在水利工程方面，工程地质工作为編制許多大河流的流域规划收集了大量的工程地质資料，对于許多大大小小的水庫，进行了系統而詳細的工程地质勘察，解决了許多复杂的工程地质問題。1958年大跃进以来，形成了兴修水利的高潮，对工程地质工作提出了更多的要求。在这种情况下，工程地质工作也以大跃进的步伐为数以万計的大、中、小型水庫进行了工程地质研究，同时还保証重点，完成了規模巨大的工程地质勘察和研究工作。

在道路建設方面，也进行了大量的工程地质工作。例如已經建設成和还在兴建的宁二铁路、鹰厦铁路、兰新铁路、宝成铁路、成渝铁路、川黔铁路、內昆铁路以及其他铁路，其工程地质条件都很复杂。康藏公路、青藏公路的修建也都遇到了复杂的工程地质問題。中国的工程地质人員，在党的领导下，克服困难，为这些道路的修建完成了大量的工作，克服了各种各样不良的地质現象，使許多复杂的工程地质問題得到解决，保証了这些铁路得以順利施工。著名的武汉长江大桥、重庆长江大桥及新的黄河大桥的兴建中，为保証桥基安全进行了詳細的工程地质勘察工作。

在城市规划及工业民用建筑方面，解放后我们取得了极为辉煌的成就。北京、上海、武汉等大城市的规划及大工矿企业厂房的兴建都进行了系统的勘察工作。

在上述生产工作的同时，工程地质的科学研究工作也迅速发展起来。1954年开始在地质部水文地质工程地质局建立了科学研究机构，1956年建立了水文地质工程地质研究所。同年，中国科学院地质研究所也设立了水文地质工程地质研究室。许多其他产业部门的科学研究院中也设有工程地质研究室或土工组。

仪器工具和工作方法的改进在1955年前后即已取得不少成绩，尤其是在1958年，在总路线的光辉照耀下，在全国大跃进中，工程地质勘察的群众性技术革新运动也蓬勃开展。使许多勘探、试验工作向着简易机械化、自动化、现场化、快速化的方向迈进，因而工作效率及技术水平有了空前提高。

在理论研究方面，对喀斯特的研究，对黄土的研究都取得了一定的进展。土质改良的研究工作也已大量开展。在撫順及宝成铁路都遇到了对工程具有威胁性的滑坡，这方面的研究取得了不少成果。

上述各方面的成就主要是在党的正确领导与关怀下取得的。

另外，苏联专家的帮助对我国工程地质的发展也具有重要的作用。专家们对我国水文、工程地质机构的建立，新生力量的培养，研究工作的规划以及发展方向等都给予了热忱的指导。

在总路线、大跃进、人民公社三面红旗的光辉照耀下，在党的正确领导下，我国的建设事业正在飞跃前进。许多巨大的水利工程，大型工厂，新兴城市以及更多的铁路、公路建筑都将面临着复杂的工程地质问题，保证这些建设的顺利完成，是工程地质工作者的光荣而繁重的任务。在完成这些任务中，工程地质事业也将更迅速地发展，并将在理论上进一步丰富和提高，推动这门科学不断向前发展。

第一部分 工程动力地质学

工程动力地质学是工程地质学的一个重要分支，它是研究与工程建筑有关动力地质作用的科学。这种动力地质作用有两类，其一为我们熟知的自然地质作用，其二为由于建筑物的兴建而引起的各种作用。

地壳不是安静不变的，而是时时遭受内力和外力的作用在不断变化着的。这种变化对建筑在地壳表面的建筑物产生巨大的影响，使建筑物塌毁或受到威胁。例如，地震对建筑物的破坏是大家都知道的。还有许多地质作用具有地区性，只有生活在当地的人们才能深刻认识到它对建筑物的破坏性。例如，居住在大平原地区的人们很难想象山崩有什么危险，但是山区居民却很懂得躲开危险的悬崖建筑居室；许多喀斯特地区的人们都知道地面塌陷带来的灾害，而其他地区的人则想不到这对建筑有何影响。由上述可知，对建筑物的稳定性来说，地质作用是一个重要的因素。忽视这一因素，就会带来严重的后果，在人类工程实践中也充分证明了这一点。这种对建筑物有影响的自然地质作用及现象，在工程地质中被赋予特定意义，特称为“物理地质现象”。

由于建筑物的兴建，就会改变当地的条件，引起新的地质作用。例如建筑物的重量会使地基土层中的力学平衡发生变化；修建水坝会使水库中水位抬高，库岸的条件就会显著地发生改变等等。这些新的地质作用，同样会影响建筑物本身或其相邻建筑物的安全。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及现象，被称为“工程地质现象”（卡明斯基，1937）。

关于物理地质现象及工程地质现象的研究，就组成了工程动力地质学的内容。

在工程动力地质学中对物理地质现象的研究与动力地质学对动力地质现象的研究是不同的。这表现在研究目的及研究方法上的差别。

动力地质学研究各种地质作用的发生和发展的动力来源及过程，其目的是了解这些作用在形成岩石和现代地形方面的作用。在方法上一般是应用地表观察的方法作出定性的评价。

工程动力地质学则是研究各种物理地质现象对建筑物的稳定性及对将来建筑物的使用方面所造成的危险，以便在选择建筑地点时设法避开它们，或者采用积极措施，防止它们的发生和发展，消除它们对建筑物与建筑地区的不良影响。因此，工程动力地质学对物理地质现象的研究要比动力地质学详细得多，而且不能仅限于定性的评价，还必须作出定量的评价。在研究方法上除了应用动力地质学的方法之外，还要采用一系列综合的方法，如气象学、水文学、水文地质学、地貌学、地质勘探及工程地质学本身的方法等等。

还应当指出，各种物理地质现象是相互联系、相互制约的，因此在研究某一物理地质现象时决不能孤立地去研究它，而必须研究它与其他物理地质现象的关系。例如在研究岸坡崩塌或滑坡时，必须研究河岸或海岸的冲刷等等。

物理地质现象的种类繁多，为了便于理论的研究和掌握其发展的规律和发生的原因作为制定防治措施的依据，必须对物理地质现象进行分类。正确的分类原则应当是建立在自然历史的基础之上的。萨瓦连斯基于1941年作了物理地质现象的分类（表2），这一分类

表 2

地 质 作 用 发 生 和 发 展 的 基 本 原 因	物 理 地 质 现 象
I. 与风化营力作用有关的现象	风化
II. 与地表水（海水、湖水、河水、沟渠水）活动有关的现象	边坡冲刷和塌落（海蚀与河蚀） 斜坡冲蚀（冲沟） 山洪泥石流
III. 与地表水和地下水活动有关的现象	沼泽 湿陷 喀斯特
IV. 与斜坡上地下水和地表水活动有关的现象	滑坡
V. 地下水活动的现象	潜蚀 流砂
VI. 与土石的冻结和融解有关的现象	土石的冻结和冻胀 多年冻结及其现象
VII. 与地球内力有关的现象	地震现象
VIII. 与人类工程活动有关的现象	沉降，压缩，膨胀，进行地下及深部工程时地表和地下的变形

注：此分类表是H.B.柯洛明斯基略加修改过的。

是以物理地质现象发生和发展的原因作为基础的。而其实际价值也即在于此，因为只有弄清了这些现象发生和发展的基本原因，才能有效地制定与之进行斗争的措施，消除或减轻它们对工程建筑物的威胁。

表2中最后一类——与人类工程活动有关的现象，亦即现在所称的工程地质现象的分类，显然是比较粗略的。H.B.波波夫于1951年对工程地质现象作了进一步的补充和划分，并与物理地质现象相对比（表3）。

表 3

物 理 地 质 现 象	工 程 地 质 现 象
1. 在后期沉积物重量作用下于成岩作用过程中发生的沉积物的压实。岩石在冰川等荷载作用下的压实	1. 建筑物地基土石的压实
2. 后生作用过程中黄土的压实与“草原碟形地”的形成	2. 黄土中由于水道湿水和沟渠水渗透而产生的湿陷现象
3. 冰锥、冰丘、热喀斯特等	3. 建筑物地基中土石的冻结变形及道路翻浆
4. 滑坡、崩塌、岩堆、山麓堆积	4. 人工边坡变形
5. 海岸和湖岸的磨蚀	5. 水库边坡再造
6. 喀斯特洞穴顶部塌落	6. 进行地下作业时土石的移动

在研究工程地质现象时，最基本的任务是推测在一定的自然环境中由于建筑物的兴建或人类经济活动（灌溉，在山坡上采伐树林，修筑路堑，开垦田地等等）可能产生的作用，也就是预测建筑物兴建后的变化，掌握其变化性质与发展规模，以便预为之计，在兴建以前即采取合适的措施，预防其对于建筑物稳定性的不利影响。因此，在研究工程地质现象时除了弄清地区的自然条件之外，还必须结合所设计的建筑物的规模、结构类型等进行一些计算。

本部分将着重在物理地质现象的讲述。至于工程地质现象，因其与建筑物有着密切关系，某种工程地质现象只有在某种建筑中才会发生，例如水库边坡再造只与水库的兴建有关，道路冻害只与道路建筑有关，山岩压力只与地下工程有关等等；而这些现象也是各种建筑物工程地质勘察中的专门性问题，所以把它们分别放在专门性工程地质勘察的各有关

章节中講述，而不在本部分中講述。这样更能結合工程实际，得到深入的了解。但是应当強調指出，工程地质現象是工程动力地质学的一个組成部分，这个基本概念不容模糊。

第一章 岩石风化

一、一般概念

关于风化作用的概念，在普通地质学中已有叙述。我們可以把风化作用理解为：改变岩石成分、结构构造和状态的物理及化学作用的統称。这种作用之所以发生，是因为岩石处在与原来环境不同的新环境下而引起的。

风化作用是在各种风化营力的作用下进行的。最主要的风化营力有：太阳热能、大气降水、地下水、水蒸汽、冰、以及二氧化碳、氧和动植物有机体。这些风化营力所起的作用，与地区的气候，岩石性质，地质构造，地貌条件及水文地质条件等有关。在不同的自然条件下，各种风化营力的强度不同，相互的配合也不一样，因而岩石风化的过程是十分复杂的。

可以按照作用的性质把风化作用分为物理风化作用和化学风化作用。在普通地质中还分出生物风化作用，不过这种作用，从工程地质观点来看，意义較小。物理风化作用使岩石发生机械破碎，其影响深度也較小，一般不超过10米。化学风化作用使岩石的化学-矿物成分发生改变，其影响深度較大，因而意义也較巨大。

物理风化作用总的結果是使岩石破碎。而这种破碎将会扩大岩石与风化营力的接触面积，促进化学风化作用的进一步加强。

随着岩石破碎性的增加和化学风化的加强，岩石将会发生一系列的变化：

1. 原生矿物的数量，主要是长石的数量逐漸减少，而次生硅酸鋁矿物如高岭石、蒙脱石等的数量增加；非晶质的分解产物及氢氧化鉄、氢氧化鋁等的数量也在增加；
2. 由于上述化学-矿物成分的变化，风化产物的亲水性也劇烈增高，这表現在岩石吸水性、膨胀性和崩解性的提高以及在与水作用时表現在塑性状态等方面；
3. 岩石的强度大大降低，而孔隙度則显著增加；
4. 简单的可溶盐类的聚积，例如石膏等矿物数量的显著增加；
5. pH值的改变；在某些粘土质岩中，有时pH值从7.8—8.0降低为5.0—4.5。

岩石的这种变化，使其物理、力学性质大大恶化，特別是强度降低很多，在与水作用时表現在一些特殊的性状，透水性增加等等。这就使得原来坚硬而稳定的岩石变得軟弱而易变，对建筑物來說是十分不利的。所以在工程地质中，岩石风化的研究成为重要的課題之一。

在各种建筑中，由于岩石风化而造成的危害可以列举出很多实例。在华南地区，岩石风化深度較大，有的地方深达100余米，一般深度也达到30—50米。这就使許多高坝坝基不得不采取大量挖方的措施，以便将风化层(全部或一部分)清除，而将大坝基础砌置在穩妥可靠的較为新鮮的基岩上。当然这会大大增加造价。在某些花崗岩地区修建隧洞时，曾因对岩石风化估計不足而发生了洞口坍塌，造成人身事故，并延誤了工期。此外，許多道

路病害地段的坍方滑坡也往往与岩石风化有关，因为由风化岩石所组成的斜坡其稳定边坡要比新鲜岩石小得多，对这一点估计不足，就会招致道路经常受到破坏和需要不断维修的麻烦。

工程地质中研究岩石风化，是为了解决下列实际问题：

1. 根据岩石风化深度及其分布情况，选择最适于修建建筑物的地点；
2. 确定重大建筑物地基中须要挖除的岩石风化层的厚度；
3. 根据岩石风化速度以便确定合理的边坡坡度，及确定基坑、路堑保持开敞状态的安全期限；
4. 确定防止岩石风化的措施。

二、影响岩石风化的因素

岩石风化是一个十分复杂的过程，因为它是许多因素综合作用的结果。下面将着重分析各种因素对风化深度所发生的影响。应当注意的是：任何一种因素都不是孤立的，而是与其他因素相互联系的，这包括该因素本身的性质以及其对于岩石风化的影响程度。

岩石性质 不同的岩石对风化作用的抵抗力极不相同。尽人皆知，软弱岩石比坚硬岩石易于风化。岩石本身的性质是影响岩石风化程度最重要的因素。可以从许多方面对这一因素进行分析。

岩石成因 对风化的影响是很显著的。研究证明，岩石最初生成时的环境与现在所处的风化环境差别愈大，则其成分和性质的变化也愈强烈。成因不同的岩石，其矿物成分和结构构造亦异，故表现了不同的抵抗风化能力。

岩石的矿物成分 与岩石成因有密切关系，对风化有决定性的影响。各种矿物抵抗化学风化的稳定性极不相同。根据 Л. В. 普斯托瓦洛夫的研究 (1940)，可以按照矿物对化学风化作用的相对稳定性进行分类 (表 1-1)。含有较多的不太稳定矿物的岩石，较易风

表 1-1 矿物对化学风化作用的相对稳定性

矿 物	最 稳 定 的	稳 定 的	稍 稳 定 的	不 太 稳 定 的
于水溶液中分解的 矿物	石英 白云母	正长石，微斜长石， 酸性斜长石	角闪石， 辉石	基性斜长石，黑云母 橄榄石，海绿石，黄 铁矿
溶解于水的矿物	硅酸盐 石英	方解石 白云石	石膏 无水石膏	岩盐，光卤石，其他 钠钾氯化盐，硫酸盐 及碳酸盐

化。例如岩石中黑云母的含量较多时，则比含黑云母少的岩石风化得深些，此点已被许多地区的研究成果所证实。黄铁矿是一种有害的矿物，不但其本身易于风化，而且还在风化过程中产生硫酸，促进其他矿物的分解。基性火成岩比酸性火成岩风化深度为大，因为基性火成岩主要是由不太稳定的和稍稳定的矿物组成的。

岩石中矿物种类的多少也很有关系，单矿物岩石要比矿物成分复杂的岩石耐风化，尤其是由稳定矿物组成的单矿物岩石，如石英岩，抵抗风化的能力极强。