

中等专业学校試用教科书

工程地質与 水文地質

重庆水利水电学校
北京水力发电学校 合編



中国工业出版社

本教材系根据1961年3月水利电力部在重庆召开之全国水利电力系统中等专业学校教材工作会议的分工，并依据1960年秋季在重庆水利水电学校召开的水工建筑专业工程地质学研究会所制定之教学大纲编写的。

全书共分两大部分：第一部分是地质学基础部分，其中讲述了地质学的有关基础知识，如矿物与岩石、各种地质作用、构造地质、地史概要等，并结合实际阐明了它们与水工建筑物的关系；第二部分是专门部分，主要讲述与水工建筑有关的各种地质作用及其工程地质评价和一般工程地质调查方法，其中包括水文地质概论、影响建筑物稳定性的主要物理地质作用及水工建筑物的工程地质勘测等。

本书可作为全国中等专业水利水电学校四年制水工建筑专业的试用教科书，并可供水利水电建设工程工作的工程技术人员参考。

工程地质与水文地质

重庆水利水电学校
北京水力发电学校 合编

*

中国工业出版社出版（北京修德园路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可出字第110号）

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本850×1168 $\frac{1}{2}$ ·印张6 $\frac{3}{4}$ 插页2页·字数163,000

1961年6月北京第一版·1961年6月北京第一次印刷

印数0001—3030·定价(9-4)0.74元

统一书号：15165·178（水电—32）

目 录

緒 論	3
第一节 工程地质学研究的对象及本课程的内容	3
第二节 工程地质学在国民經济中的意义及其在水工建筑上的 重要性	4
第三节 工程地质学发展概况	5
第一章 地質营力与地質作用	8
第一节 地壳演变的概念	8
第二节 地质作用的能源分类	9
第三节 地质內力作用	9
第四节 地质外力作用	10
第五节 結語	12
第二章 矿物与岩石及其一般工程地質特征	14
第一节 概述	14
第二节 矿物的物理性质	15
第三节 重要矿物的描述	17
第四节 岩浆岩及其一般工程地质特征	22
第五节 沉积岩及其一般工程地质特征	29
第六节 变质岩及其一般工程地质特征	37
第七节 岩石的工程地质分类介紹	40
第三章 地質构造及其与水利工程建筑物的关系	42
第一节 地质构造的概念	42
第二节 岩层的产状	44
第三节 褶皱变动	50
第四节 断裂变动	56
第四章 地史概要及地質图	67
第一节 地史的意义及其与工程建筑物的关系	67
第二节 地史学的研究方法	67
第三节 地质时代的划分原則及划分	69
第四节 地质图的概念	70
第五章 水文地質概論	73
第一节 水文地质学研究的对象及其在国民經济建設中的 意义	73
第二节 岩石中的水及岩石的水理性质	74

第三节	地下水的物理性质和化学成分	77
第四节	地下水的分类	81
第五节	潜水	84
第六节	承压水的特点及其埋藏条件	89
第七节	裂隙水的特点及其埋藏条件	92
第八节	地下水运动的基本规律	93
第九节	地下水流向集水建筑物的运动	95
第十节	渗透系数之测定	102
第六章	影响水工建筑物稳定性的主要物理地质作用	119
第一节	物理地质现象的意义及分类	119
第二节	岩石的风化	119
第三节	流水的地质作用	123
第四节	滑坡	134
第五节	崩塌	140
第六节	潜蚀与流砂	142
第七节	喀斯特	144
第八节	地震	149
第七章	水利工程建筑的工程地质勘测与评价	154
第一节	水利工程地质勘测工作的目的与基本要求	154
第二节	水利工程地质勘测的任务与程序	155
第三节	工程地质条件概述	156
第四节	坝址的工程地质研究	159
第五节	水库区的几个主要工程地质问题	162
第六节	引水建筑物的工程地质研究	167
第七节	施工阶段的工程地质研究	172
第八节	工程地质勘测的工作方法	173
附录	实习参考讲义	183
实习一	矿物的鉴定	183
实习二	岩浆岩的鉴定	183
实习三	沉积岩的鉴定	184
实习四	变质岩的鉴定	186
实习五	在地质图上求岩层产状要素	186
实习六	地质剖面图的编制	187
实习七	揭露地质图分析指导书	189
实习八	压水试验的资料整理	191
主要参考书		196

緒 論

第一节 工程地质学研究的对象及本課程的内容

工程地质学是地质学的一个分支，它是研究工程建筑物設計、施工，以及使用中有关的地质问题的科学。

所有的工程建筑物，如民用建筑、工厂厂房、公路铁路、桥梁、堤坝等等都是修建在地壳之上，因之也就必然会遇到各种各样的地质问题。而工程地质学就是研究并且解决建筑物在设计、施工及使用中的地质问题，从地质的观点出发保证建筑物的经济，安全与适用。

要修建工程建筑物，就必然要利用地球表面的形态，甚至于要适当地改造地球表面的形态。由于建筑物类型及规模的不同，因之，对于其作为地基之岩石及土的要求也就不同。而要修建这些建筑物，还必须要选用一定数量的天然建筑材料。为了要知道在什么样的条件下适合修建什么样的建筑物，什么样的岩土其承载能力如何；当地的地质构造、水文地质条件及物理地质现象对工程建筑有什么影响；在什么地方才能取到合用的天然建筑材料等等。这就必须研究建筑区域的工程地质条件，找出其规律，将这些规律应用到工程建筑的设计、施工、以及使用当中去。

本课程主要是研究与工程建筑、特别是水工建筑有关的地质问题，它是为水工建筑设计及施工服务的。从内容上看本课程主要包括两大部分：第一部分是地质学基础部分，在这一部分中将讲述地质学方面的基础知识，如造岩矿物与岩石，各种地质作用，构造变动及地史概要等，它是为第二部分专门部分服务的；第二部分是专门部分，主要讲述与水工建筑有关的地质问题，其中包括有水文地质概论，影响建筑物稳定性的物理地质作用及水工建筑物的工程地质勘测。

第二节 工程地质学在國民經濟中的意义及其 在水工建筑上的重要性

按照建筑物使用的性质來說，它們是处在各种不同的环境中，但是它們总是与地球的表层——地壳发生着联系，所以地壳的稳定性与强度就决定着建筑物的稳定性及正常使用条件。因此，工程地质学的意义是极其巨大的，它涉及到國民經濟各个部門。

例如修建大型的民用与工业建筑时，就要求对作为建筑物地基之土的物理、力学性质进行調查研究，特别是“水”对于地基土石作用的影响。过去很多实例說明，由于不注意对地基土石的研究而引起建筑物之毀坏，如加拿大的特朗斯康谷仓，在修建后使用不久，即发生了巨大的不均匀沉陷，最大沉陷值达到 880 毫米之多，建筑物傾斜角达到 27° ，而其鋼筋混凝土結構之本身并未破坏，这足以說明建筑物本身强度和建筑物地基强度之間的不协调程度。

在修建铁路及公路的路塹或路堤时，由于斜坡岩石之移动，往往造成巨大之困难，例如某些铁路，由于滑坡之发生往往影响到交通之正常进行，在滑坡发育地区及地震烈度較大地区应特別注意选择路塹及路堤之边坡坡角。

当修建铁路隧道及地下铁路时，必須要詳細的研究沿綫的地质构造，岩石性质，水文地质条件等等。因为設計其内部結構，选择开凿深度以及施工方法，都决定于上面这些工程地质条件。

在国防事业上亦用到有关工程地质学方面的知識，因之，工程地质学在国防事业中也具有重要意义。

工程地质学对于水利工程来讲尤为重要。因为巨大的水工建筑物的破坏，不只損失了建筑物的修建費用，而且会造成下游地区之洪水災害，涉及到人民生命财产之安全和損失。因之，設法保証巨大水利工程建筑物的安全和正常工作，具有头等重要的意义。但是保証建筑物的安全，决不是通过加大安全系数来达到这

一目的，而是要在詳細的研究建筑区域的工程地质条件的前提下，保証建筑物的安全、經濟与适用。只有这样才是合乎我国社会主义建設要求的。在資本主义国家里，由于忽視水工建筑的工程地质調查，因而造成了各种不同类型的水坝破坏，例如，美国圣佛兰西斯坝，修建在外表似乎坚硬的石膏所胶結的砾岩上，由于石膏溶解而造成地基岩石的压缩，引起水坝之不均匀沉降，而导致水坝結構物的破坏。类似的例子还有很多。对于水坝来讲不仅要考虑其稳定性問題，还必須注意到它是否达到了我們預期的目的——蓄水，例如在裂隙发育的多孔的岩石上，或修建在喀斯特地区之水坝，可能会引起严重漏水的現象。德国的密歇德坝修建后，坝下渗漏量达 500 升/秒；美国的米尔布恩坝，由于防渗层破坏，蓄水后，庫水在十天內漏完。这种漏水是不允許的，它使修建的建筑物完全失去了使用价值。因之，在修建之前就必须調查清楚促使过度渗漏的条件，只有这样才能及时地采取有效的防渗措施。

第三节 工程地质学发展概况

工程地质学是从人类生活与生产实践中发展起来的科学。

我們的祖先在很早以前就有了关于工程地质方面的經驗，在公元前 250 年就修建了四川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与地质条件，开凿了宝瓶口，修建了分水魚咀、飞沙埡、人字堤等工程，灌溉土地 300 万亩。又如公元前 485 年开始修建沟通南北、全长 1,700 公里的大运河，成功地利用了沿綫的地形、地质条件。还有战国时代的郑国渠、秦渠和汉代的汉延渠等，都是著名的古代水利工程。这些工程都說明了我国的劳动人民在成功的利用水利資源方面，曾發揮了卓越的天才，并且都十分成功的利用了当地地形、地质条件及良好的天然建筑材料。我国古代的許多桥梁、宮殿、庙宇、宝塔等大型建筑物都有良好的地基，并采用了耐用，美观的天然建筑材料。几千年来我国劳动人民在修建各种建筑物中，累积了丰富的工程地质方面

的經驗。但是由于一直处在封建社会及半封建半殖民地的社会制度下，这些宝贵的經驗不可能得到应有的发展与提高，同时与其有关的科学，也很难得到发展与提高，因而尚未形成科学的理論。

十七世紀以来，由于工程建筑实际的需要，人們便开始在修建建筑物时，注意地质条件的影响，因此，在一些工程建筑方面的书籍中，往往用了一定的篇幅来说明如何鉴定矿物和岩石，如何判明地下水的存在，以及如何考虑地下水对工程建筑的影响。最初編制“岩层分布图”的威廉·史密斯就是道路和运河的工程师。

十九世紀中叶，由于铁路工程的日益发展，由于修建大运河（苏伊士运河）及大型水庫水电工程的需要，在工程建筑的设计与施工中，开始有地质人員参加工作，搜集与设计及施工有关的地质資料。俄国的許多地质学家作了很多有关铁路方面的工程地质調查，研究了铁路路綫的地质条件及不良地质現象，如滑坡等問題。但在当时有些建筑工程，并没有地质人員参加，只是用简单的不經濟的加大安全系数来解决地质問題。

偉大的十月革命，为一切自然科学的发展开辟了广闊的道路，因此，实用地质学有了很大的发展。列宁提出的国家电气化计划的执行；苏联修建了大量的水电站、水利工程、黑色冶金及化学工业企业；修建了莫斯科地下鉄道等等。这些巨大工程的设计与施工，都要求有地质人員参加工作，都需要全面地研究与建筑物有关的地质条件，提供设计施工中所需要的工程地质資料。这样，就促进了工程地质学的发展，在实践中形成了地质学的分支——工程地质学。在二十世紀的二十到三十年代中，工程地质学形成了独立的一門科学。1929年苏联地质委员会設立了工程地质专业机构，列宁格勒矿业学院和莫斯科地质勘探学院中建立了世界第一个工程地质教研室。随着国民經济的不断发展，苏联在工程地质学方面已远远地超过各資本主义国家的水平。

地质学在我国已有五十多年的历史，在解放前的約四十年

中，由于反动統治，把矿产资源的开发权让給了帝国主义国家，我国少数有限的地质人員只能搞一些为研究而研究的理論学术問題，研究了一些地质构造、古生物、地层，編制了几幅地质图，地质科学的发展极为緩慢，实用地质学就更沒人加以重視了。从1930~1945年的十五年中，曾先后有李学清等人作过长江宜昌葛州峡；四川龙溪河；大渡河；广东潯江；台湾大甲溪等水电工程及一些公路鉄路的工程地质勘查。但勘查之后根本不可能修建，因此，解放前在工程地质学方面基本上是个空白点。

解放后，我国的地质科学和其他科学一样蓬勃地发展起来，在党的领导下，它开始了为人民服务，为国民經济建設服务。首先組織了中国地质工作計劃指导委员会，全面安排了地质工作力量，胜利完成了第一个五年計劃所需要的矿产勘查任务，并为第二个五年計劃作了准备。为了保証工农业的发展，变水害为水利，几年来編制了我国若干大河流的流域规划要点，为編写这些规划搜集了大量資料，作出了巨大的貢獻。十年来，特别是1958年大跃进以来，修建了大量的大、中、小型水利水电工程，使灌溉面积、发电量均大大增加。在大型水电工程中，解决了极其复杂的工程地质問題，提供了設計、施工所需要的工程地质資料。

此外，在公路、鉄路以及基本建設等方面，也都完成了巨大的工程地质勘察任务，并在科学研究方面作出了卓越的貢獻。

第一章 地质营力与地质作用

第一节 地壳演变的概念

地壳在我们看来似乎是很稳定的，实际上它是时刻在运动着和发展着的，并不是静止的。它的成分及它的构造都在随着时间持续而不断的发展变化着。例如地壳常常震动，同时发生地裂，山崩等现象，世界上许多地方都有火山，如象日本的富士山，意大利的维苏威火山，夏威夷火山等至今还常常喷出灼热的熔岩，熔岩冷却凝结成岩石等等，这些都是地壳演变的证据。

地壳成分和构造的种种变化，是由地质作用引起的，换句话说凡是引起地壳成分和构造发生变化的作用就叫地质作用。地质作用所进行的速度并非完全一致的，有些地质作用进行得很迅速，例如火山、地震、山崩等等，这些地质作用往往会给人类带来一定的灾害，另外有些地质作用是时时刻刻都经常在进行着的，这种缓慢的地质作用常不易被我们的感觉器官感觉出来，但是由于它们经过长时间的不断的运动和发展，其结果亦会引起地壳巨大的变化。如黄土的形成就是一个例子，根据观察表明，要形成二米厚的一层黄土就需要二千年左右的时间。我国兰州附近的黄土厚达二百米，可推知其形成当需二十万年左右的时间。

大多数的地质作用都是进行得很缓慢的，例如地壳的外层在结晶岩之上，常复有数百甚至数千米厚的沉积岩。这些沉积岩都是以前的岩石经过破坏后再沉积形成的，而沉积岩的生成实际上就是地质作用的一种结果。由此可见，地壳的变化是长期而且经常存在着的；河水冲刷河谷也是一种地质作用，世界上最大的北美尼亚哥拉大瀑布，其冲刷之机械力相当于二千万匹马力，如此巨大的冲刷力使石灰岩之河谷每年向上游移动约三十厘米。以上这些都说明大多数的地质作用都是进行得极缓慢的，而由于其长期不懈作用的结果，造成了地壳种种的巨大变化。

第二节 地质作用的能源分类

地质作用是由地质营力所引起的，而地质营力的产生则需要能。地球上能的来源主要有太阳能、地球的内热及地球内部由于物质分布不均匀所产生之巨大压力等。

太阳的热及重力是引起地壳物质变化的重要能源。有了太阳能及地心引力的作用，风才能吹，河流才能流动，动植物才能生长……；地球的内热则主要是由于地球内部，放射性元素蜕变放射出之热能累积的结果。而地球内热及由于其内部物质分布不均匀所产生之压力，是引起地球内部物质运动之能源。

由太阳能及地心引力所引起之地质营力叫地质外营力，由外营力所导致之地质作用叫地质外力作用，或简称外力作用；由地球内热及其内部物质分布不均匀而产生之压力所导致的地质营力，叫地质内营力，由地质内营力所引起的地质作用叫地质内力作用，或简称内力作用。

第三节 地质内力作用

在地壳内力作用的影响下，常使地壳有的地方上升有的地方下降，并可使地球内部的岩浆侵入到上部岩层褶皱中，或喷出地表形成火山，以及使岩层产生褶皱等等。所以说内力作用的结果造成了地壳的原始地形及岩层的各种构造变动。关于内力作用的表现，可以分为以下几种情形：

地壳运动：在地壳内力作用的影响下，使得地壳在经常运动着。就其运动形式来说，可以分为垂直运动及水平运动两种。垂直运动就是物质沿着地球半径的方向移动，水平运动则是物质沿着平行于地球表面的方向移动，这两种运动的结合，就是岩层沿着其合成面方向发生运动（既不是地球半径方向，也不是平行于地表的方向）。在这两种地壳运动中，垂直运动很显然是主要的地壳运动，其结果往往是地壳的上升或下降；水平运动则往往引起岩层褶皱变形，导致岩层产状及构造形态的改变。当然，垂直运动也

可以造成褶皺變形，水平運動亦可以表現為地殼的上升與下降。

變質作用：變質作用是使一種岩石在高溫高壓及外來物質的參與下，變成另一種具有新的結構構造及礦物成分的岩石的地质作用，而在岩石的變化過程中是沒有經過熔滲化階段的。變質作用與地殼運動及岩漿活動等是有著密切關係的。例如由於地殼運動而使原來在地表的岩石下降到地下深處，其上受有巨大的岩石壓力；同時又處在地下高溫狀態下，因之，可以使岩石重結晶或產生新的礦物等。又如岩漿活動時，圍岩與岩漿接觸的部分受到岩漿的溫度、壓力及化學成分滲入的影響後，亦會發生變質。總之，變質作用的結果，改變了原有岩石的結構構造及礦物成分，而形成了新的岩石——變質岩。

岩漿活動：岩漿是一種在地下深處，在高溫高壓下，飽含揮發性成分之複雜硅酸鹽熔融體。當岩漿在其上復壓力減小或其內部壓力變化的情況下，便能沿着地殼深處的弱帶或裂隙上升，在上升過程中要消耗很多能量，當其愈近地表，溫度壓力愈來愈低，因之，它就會逐漸冷凝形成岩石。如果岩漿是在地表以下冷凝，就叫做岩漿的侵入活動，其形成的岩石叫侵入岩；如果岩漿岩是噴出到地表形成火山，就稱為火山活動，其形成之岩石叫做噴出岩。

地震：內營力的作用，不論是地殼運動或岩漿活動，都會引起地殼的震動，這種震動可以發生在陸地亦可發生在海底，其表現形式、傳播情況和所引起後果之總合就叫地震作用。當然，地震亦可以由山崩、坍塌等外力作用引起，但就其規模大小及數量之多少來說，都遠不如地质內力作用所引起的。

第四節 地质外力作用

地质外力作用是朝着與內力作用相反的方向進行的。各種外營力破壞着地表，改變內力作用生成的原始地形，其總的趨勢是要削平山岳及高原，並且將它們破壞之產物搬運到低洼的地方堆積起來，企圖消彌地球表面之不平。外力作用又可以分為：風化作用、剝蝕作用、搬運作用、沉積作用及硬結成岩作用等。茲分

述如下：

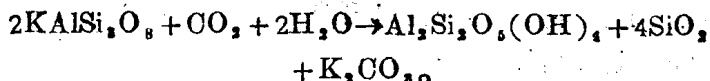
一、风化作用

岩石暴露在地表，与大气、水及生物等直接接触，在这些外力因素的綜合影响下使岩石发生毀烂破坏的过程叫风化作用。

风化作用又可分为物理风化作用，化学风化作用及生物风化作用。

物理风化作用是指岩石的破坏只有物理状态的改变，而没有化学成分上的变化。例如花崗岩在外界温度变化的影响下(如昼夜的变化、季节的变化等)，可使岩石的内部与外部冷热不均一，并由此引起其脹縮的不均而形成一种层状的剝落現象；又如石英、长石、云母各自都有其自己之物理性质，表現在膨脹系数上是不一样的。当温度变化时其各自脹縮不一，也会引起其顆粒間之脫落。这些变化，只能使整体的岩石变成碎块，以至泥沙，但并未改变其成分，我們称之为物理风化或叫崩解。

化学风化作用就是指岩石在风化时不只有了外形的变化，且有了成分上的变化。如长石风化形成高岭土，不只改变了外貌，而且有了成分上的变化，称之为分解。其反应化学式如下：



生物风化作用是指生物对岩石的破坏作用。例如穴居动物彫凿岩石；树根生长在岩石裂隙中使其不断扩大；生物腐烂腐植酸腐蝕岩石等等。这些都是生物对岩石起的破坏作用，但其表現仍是物理的或化学的破坏作用。

二、剝蝕作用

剝蝕作用是将风化的产物从它的生成的地方搬开，与此同时它还对岩石进行破坏，改变原有地形的一种地质作用。剝蝕作用可以由各种地质外营力来完成。由于营力不同，剝蝕作用又可分为許多种类：风的剝蝕作用叫吹揚作用；风或雨水带动砂粒磨打和彫凿岩石的作用叫磨蝕作用；流水的剝蝕作用叫侵蝕作用；海浪的剝蝕作用叫冲蝕作用；冰川的剝蝕作用叫刨蝕作用等等。

三、搬运作用

搬运作用与剥蚀作用是密切相关的。经过风化剥蚀的产物由流水、海浪、洋流或风等等将它们携带着，使之离开原来生成的地方，这种由一地搬运到另一地的作用叫搬运作用。由于搬运作用形式之不同可以分为：风力搬运、河流搬运、海水搬运及冰川搬运等等。

四、沉积作用

风化剥蚀之产物，经一段时期的搬运，到一定的环境下沉积下来，象这样被搬运的物质在适当的环境下沉积下来的作用叫沉积作用。

在地球表面各处都可以进行沉积，但有一些沉积往往是暂时性的沉积，如雨后水中之泥沙往往在低洼处沉积，但沉积下来的物质又可能被下一次的雨水冲刷而带走。地球上能够长期保留沉积的地区，主要是海洋以及大陆上一些被封闭起来的内陆湖泊与盆地。海洋是接受沉积的主要地区，绝大多数的沉积都是暂时性的。由此可见，无论大陆和海洋都可以进行沉积。由于沉积环境不同，因而沉积之性质也就不同，所以我们可以将其分为大陆沉积与海洋沉积两种基本类型。由于所有这些沉积作用的结果为形成沉积岩创造了条件。

五、硬结成岩作用

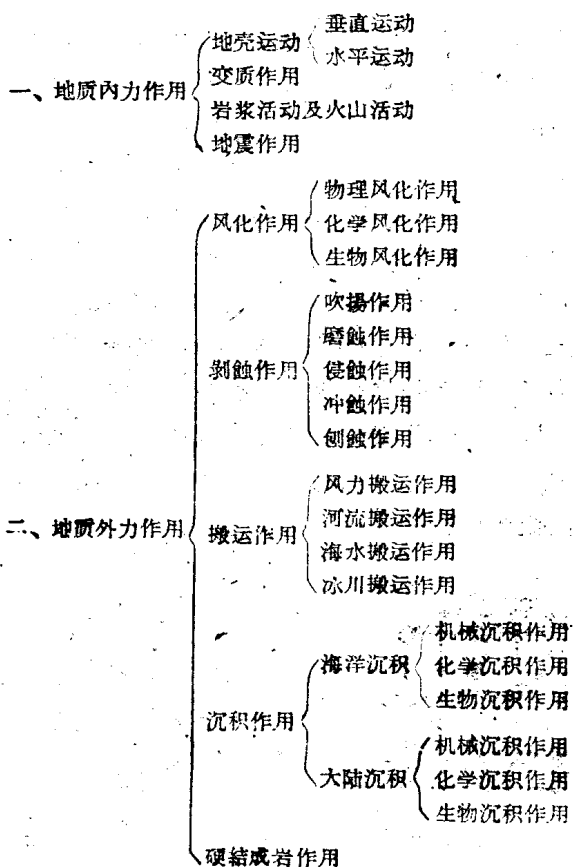
沉积物最初只是一些松散物质，这些沉积物要变成坚硬的沉积岩，是要经过一定过程的。首先是这些松散的沉积物在其上复沉积物之作用下压密，使其间的孔隙度缩小；其次，经过压密的沉积物再被各种胶结物所胶结（胶结物可以是外来的，如地下水在其中运动沉淀而成；也可以是其内部物质组分泌出来的），或由于埋在地下较深处，受高温高压作用而发生重结晶，使其硬结而变成了坚硬的沉积岩，这个过程就叫做硬结成岩作用。

第五节 結 語

地质内力作用与地质外力作用是互相联系、互相矛盾的統一

体。如果只有内力作用，则地球表面就会被高山深谷所占据；如果只有外力作用，则地球表面也就会削平为浑圆的椭球体。内力作用与外力作用在任何一个地方都是同时存在的。内力作用总是造成地表之起伏不平，以及形成岩层的各种构造形态；而外力作用则总是在内力作用的基础上加以加工彫凿，企图消弥地表之起伏不平，因之他们是互相联系而又互相矛盾的统一体。虽然它们在同一、同地出现，但其表现强烈程度并不绝对一致，往往是有些地区以内力作用为主(如山岳地区)，而另一些地区又以外力作用为主(如冲积平原地区)。也就是说：在一个地区的地质作用是有主次之分，不同的地区，其主要地质作用是不同的。

表 1-1 地质作用总表



第二章 矿物与岩石及其一般

工程地质特征

第一节 概 述

任何工程建筑物都是修建在地壳——岩石圈之上，且岩石还常作为修建建筑物之建筑材料。特别是对巨大的水利工程建筑来说，更是需要用大量的建筑材料——岩石。为此，对不同岩石之野外鉴定及对其物理、化学性质，结构构造的研究，具有特别重要的意义。

岩石是由矿物组成的。所谓矿物即具有一定物理性质和化学成分的自然元素或天然化合物。目前已知的化学元素有 103 种。但构成岩石圈的化学元素只有 13 种最为主要，其在地壳中所占的重量百分比如下：

氧：46.7 %；硅：27.7 %；铝：8.1 %；铁：5.1 %；钙：3.6 %；钠：2.7 %；钾：2.6 %；镁：2.1 %；钛：0.62 %；氢：0.14 %；磷：0.13 %；碳：0.094 %；硫：0.052 %。

以上 13 种元素共占地壳总重量之 99.6 %，其余 90 种元素仅占 0.4 %。自然界矿物主要是化合物，只有少数是自然元素状态存在；并且大多数皆为固体，很少是液体或气体。其中大部分为结晶质的矿物，玻璃质(非结晶质)的矿物很少。所谓结晶质矿物就是指在矿物内部组成矿物的质点呈有规则排列的矿物而言，它们

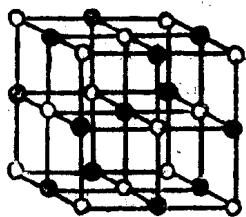


图 2-1 食盐的结晶构造

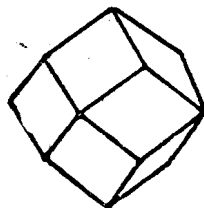


图 2-2 石榴石的晶体

在生长环境良好的条件下，都可形成具有规则几何形态的多面体——晶体(见图2-1及图2-2)。非晶质矿物则是矿物内部之质点无一定规则之排列的矿物。晶质矿物一般具有“各向异性”之性质。所谓“各向异性”，即在矿物不同方向上其表现之性质不同。如云母可分为极薄的片状，但它只能沿某一定之方向剥开，而其导热性、抗拉性等垂直及平行薄片方向也有不同。非晶质无此性质。

目前已知自然界的矿物有2,500种以上，但构成岩石的主要矿物则仅有50种左右，这类矿物称为造岩矿物。其中可以决定岩石名称及其主要性质的矿物称主要矿物。次要矿物在岩石中的数量不多。

表2-1 岩浆岩主要造岩矿物对风化作用的稳定性

矿 物	稳定程度	风化后的次生矿物成分
石 英 白 云 母	非常稳定的	不变化
正 长 石 斜 长 石	稳 定 的	高岭石、絹云母及粘土矿物 高岭石及其他粘土矿物
酸性斜长石 角 閃 石 輝 石 黑 云 母	不太稳定的	高岭石、絹云母及其它粘土矿物 褐铁矿、綠高岭石及其它粘土矿物 褐铁矿、方解石、綠高岭石及其它粘土矿物 褐铁矿
基性斜长石 似 长 石 橄 欖 石 黄 鉄 矿	不 稳 定 的	高岭石、絹云母及其他粘土矿物 高岭石、沸石、絹云母 褐铁矿 褐铁矿

这里介绍一下原生矿物与次生矿物之概念：原生矿物即指岩浆在其冷凝结晶过程中所形成的矿物，如橄欖石、輝石、长石等。当原生矿物在近地表或地表以上，由于水、氧、二氧化碳、有机质的作用下发生变化而形成的新矿物叫次生矿物(或外生矿物)。如石膏、方解石等。但各类矿物其发生次生变化的难易程度(即稳定性)是不同的(见表2-1)。在实际工作中，那些不稳定