



高等学校教科书

地质学及水文地质学

铁道部教材編輯組选編

人民铁道出版社



高等学校教科书

地质学及水文地质学

铁道部教材編輯組选編

主编 王德山
副主编 李景文

人民铁道出版社

一九六一年·北京

本书系铁道部教材編輯組选編，并推荐作为高等学校教科书，适用于铁道建筑及桥梁隧道专业。

本书系根据1959年制定的教学大纲編成。全书包括地质学原理、水文地质述要及物理地质現象三部分。在前两部分，除扼要闡述最基本的概念外，并适当地分別联系和铁道建筑有关的问题。在第三部分，結合物理地质現象注重闡述在铁道建筑方面所遇到的較普遍的工程地质問題以及工程地质学的基本知识。全书尽量采用了国内实际資料并綜合地論述了有关各問題的理論研究。

本书也可作为其它有关建筑专业的教学用书或参考书。

主編单位：唐山铁道学院

編著者：王继光

高等学校教科书
地质学及水文地质学
铁道部教材編輯組选編
人民铁道出版社出版
(北京市霞公府17号)

北京市书刊出版业营业許可证出字第010号
新华书店科技发行所发行
各地新华书店经售
人民铁道出版社印刷厂印

书号1303 开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张 $9 \frac{3}{8}$ 插頁1 字数229千

1961年8月第1版

1961年8月第1版第1次印刷

印数0,001—1,600册 定价(10) 1.30元

前 言

本书初稿是以唐山铁道学院地质教研室集体编写的讲义为基础，经编者加以补充和改编，其中有些章节系重新编写而成，其后又根据1959年制定的教学大纲，作了全面的修订。

为铁道建筑和桥隧专业所开的这门课程，按要求，既须注重地质学的基本理论，又须注意结合专业，而在范围上则包括地质学原理、水文地质学述要以及工程地质方面的知识。根据我们的点滴经验，在前两部分，除重点阐述最基本的概念外，并适当地分别联系和铁道建筑有关的问题。在工程地质方面只能就物理地质现象和铁道工程较密切的部分加以介绍。考虑到我国当前在铁道建筑方面的工程地质问题现状，在本书中较为注重阐述在铁道建筑方面所遇到的较普遍的工程地质问题并尽量采用了国内资料。此外，在水文地质勘测部分也引用了国内探寻水源经验的资料。关于地质勘探工作应注意的原则和措施，都分别在有关章节里提到，至于铁道工程地质勘测细则中所规定的阶段和要求，因属于规范性质，依任务的具体情况而定，而且在进行生产劳动之前，势必组织对这方面的专著和国家规定文件的学习，所以未考虑编入。

本书所引用的国内资料均系取材于所收集到的铁路现场工作总结、专门性研究会论文集以及地质方面的期刊。有些问题虽尚未获致适当结论，但为反映国内在这方面的成就，所以尽量采入。不可否认，资料的收集，限于条件而不够全面，编写工作也会存在不少缺点，希望各方面提出批评和意见，以便再作补充和修正。

本书在编写过程中，承唐山铁道学院地质教研组的邓绍忠、李秉生、韩毅、蒋爵光和杨华琨各同志的校阅并提出宝贵意见。编者根据意见作了修改。定稿后，承唐山铁道学院铁道建筑系教材编审组的张鸿逵、张泽熙、于仲凯各教授及郝沅讲师的详细了解，又作了补充和修订。编者对上述各同志的热忱，在此表示感谢。

王继光

1961年3月，唐山

目 录

第一編 地質学原理

緒 論	1
I. 地質学的研究对象和分支	1
II. 地質学发展史概要	2
III. 地質学对于铁道建設的意义	4
IV. 地質学的研究方法	5
第一章 地球的构成	6
I. 地球圈及地球的物理性质	6
II. 地球起源学說	9
第二章 地壳的組成及矿物概述	11
I. 矿物及其物理性质	11
II. 最主要的造岩矿物	15
III. 岩石的概念和一般特征	18
第三章 岩漿作用与岩漿岩	18
I. 岩漿及岩漿作用	18
II. 火成岩的分类	21
III. 最主要的火成岩	22
IV. 火成岩的产状和节理	23
第四章 风化作用和沉积岩	25
I. 风化作用的意义及其类型	25
II. 沉积岩的形成过程和分类	28
III. 沉积岩的产状和沉积特点	31
第五章 变质作用和变质岩	33
I. 变质作用的意义及其类型	33
II. 变质岩的特点和分类	35
III. 最常见的变质岩	36
第六章 岩石的工程性质及研究矿物岩石的主要方法概述	37
I. 岩石的工程性质概述	37
II. 研究矿物岩石的主要方法概述	41
第七章 构造作用	42
I. 岩层的层位要素和位移形态	42
II. 大地构造基本类型和地壳运动概述	48
III. 新构造运动及其在工程建設中的意义	49
IV. 地震	50
第八章 剝蝕作用	54
I. 风的地质作用	54

II. 流水的地质作用..... 58

 (一) 大气水的地质作用..... 58

 (二) 河流的地质作用..... 61

III. 冰和冰川的地质作用..... 65

IV. 湖与海的地质作用..... 68

第九章 地史学概要、地质图及地质测勘..... 71

 I. 地史学的基本知识..... 72

 II. 第四纪地质与地貌以及在工程地质方面的意义..... 76

 III. 地质图的类别和编制方法..... 79

 IV. 地质测勘及其进行方法概要..... 85

 V. 物探及航测在铁道工程地质测勘工作中的展望..... 88

第二編 水文地质学述要

第十章 地下水的意义及自然界水的循环..... 91

 I. 地下水及其对铁道建设事业的意义..... 91

 II. 地下水与大气降水、地表水的关系..... 92

第十一章 岩石的水理性质及岩石中水的存在形式和运动的基本定律..... 94

 I. 岩石的水理性质..... 94

 II. 岩石中水的存在形式..... 96

 III. 地下水运动的基本定律..... 98

第十二章 地下水的物理性质和化学成份..... 99

 I. 地下水的物理性质..... 99

 II. 地下水的化学成份..... 100

第十三章 地下水分类概述..... 102

第十四章 潜水..... 104

 I. 潜水的基本特点..... 104

 II. 潜水分带概述..... 107

第十五章 自流水..... 108

 I. 自流水的基本特点..... 108

 II. 我国的自流水分布情况..... 110

第十六章 地下水的调查与勘探..... 112

 I. 水文地质测勘..... 112

 II. 水文地质勘探..... 114

第三編 物理地质现象

第十七章 斜坡岩体的移动..... 118

 I. 斜坡岩体的移动及其类型概述..... 118

 II. 崩塌、岩堆及其特点..... 119

 III. 崩塌、岩堆和铁道工程的关系..... 120

 IV. 滑坡及其类型与特点..... 122

V. 滑坡与铁道工程的关系.....	124
第十八章 黄土及类黄土	127
I. 黄土、类黄土及其与铁道工程的关系.....	127
II. 黄土的湿陷性.....	128
III. 潜蚀作用.....	129
IV. 黄土地区的铁道工程地质问题.....	129
第十九章 喀斯特	130
I. 喀斯特的意义及其地貌特点.....	130
II. 喀斯特发生和发展的条件.....	132
III. 喀斯特水概述.....	133
IV. 喀斯特与铁道工程的关系.....	133
第二十章 沼泽	134
I. 沼泽及其成因和类型.....	134
II. 沼泽沉积物的特点及其对路堤的关系.....	134
第二十一章 盐渍土	136
I. 盐渍土的意义、特征和类型.....	136
II. 盐渍土对铁路路基的影响.....	138
第二十二章 冻胀和多年冻结	139
I. 冻胀现象.....	139
II. 多年冻结的意义及其在我国分布.....	140
III. 多年冻结层的基本特点.....	140
IV. 多年冻结区的地下水.....	142
V. 多年冻结对铁道工程的影响及测勘的基本原则.....	142

第一編 地質学原理

緒 論

I. 地質学的研究对象和分支

地質学是研究地球的科学。它的主要任务是研究地壳的物质成份和分布情况以及地壳所曾遭受过的变化过程和地球的发展历史。但研究地質学的目的，更重要的是在已知地質条件以及其变化规律的总结基础上，进一步指导有关的生产建设工作，并不断根据实践中所提供的新资料，充实理论，逐步掌握其规律，从而达到征服自然，使之为人類服务。

知识源于实践这一真理，从地質学的发展过程来看，是最明显不过的。可以说，最初它是和采矿事业的发展有着密切关系的，同时它的主要任务也偏重在探索矿产资源的蕴藏和分布规律方面。一直到目前，这门科学的作用，在矿产普查和勘探以及成矿规律的研究方面，还是占主要地位。但是随着生产的需要以及科学的不断发展，本門科学所探讨的对象，无论是在范围上，或是深度上，都日益有所进展。到目前，在地質科学的范畴中，又逐步分出许多独立的，但彼此又有密切关系的分支学科，其中最主要的有：

岩石学 它是研究各种岩石（組成地壳的物质）的成因、組成成份、结构、性质、存在条件以及其它特点的科学。

矿物学 岩石是由一种或一种以上的組份构成的，每一种組份都具有比較均一的化学成份和相应的结构形态以及一系列物理性质。这些組份就是矿物。专门研究矿物的化学成份、特性、结构形态、分类以及它們的形成条件的科学，叫作矿物学。

动力地質学或物理地質学 它是专门研究使地表不断发生变化的各种地質作用以及它們的发生原因和活动规律的科学。在地質学里，这是主要的一部分，而在工程地質学范畴里，在研究和工程地質有关的自然地質作用的时候，这也是很重要的。其它，例如，**地震学**——专门研究地震的发生原因和规律的科学；**地貌学**——专门研究地表起伏的特点及其形成过程的科学；**冻土学**——专门研究多年冻层特点的科学等都是和动力地質学的基本理论有密切关系的。

历史地質学和古生物学 根据遗存在岩层（主要是沉积岩）里的生物遗迹、岩层顺序以及地壳变化（海陆变迁）来论证地壳的历史过程的科学，叫作历史地質学或地史学。其中专门研究生物遗迹的发展、演变、特点及其分类的科学，叫作古生物学。

构造地質学 这是专门研究地壳中各种岩层所表现的破坏形态和位移形式并且探讨它們的彼此的关系的科学。目前本門科学所讨论的范围注重在一个区域内所有各种岩体构造的特点及其发生的先后次序。对于建筑工程来说，这门科学所研究的内容，无论在施工或采石等方面都具有现实意义。

水文地質学 专门研究地下水的成因、补给、分布、儲量和它的活动规律的科学。这是由地質学分出来的一支比較新的科学。

工程地質学 这也是由地質学发展出来的一門新的科学。它是研究有关工程建筑的地质问题的科学。它所研究的范围包括和正在兴建的或已建成并交付使用的工程建筑物有影响的

地质环境的变化^①。对于建筑工程师来说，必须掌握工程地质学的知识，他才能够针对着各种工程建筑物的要求来获得在设计上所必需的一切地质资料并能研究在地质条件上有害的和有利的两方面的問題作为设计上的参考。工程地质学还要包括土质学和土力学两門学科。在考虑具体問題的时候，工程地质問題往往是和水文地质条件分不开的。

目前，在我国的宏伟的社会主义建設中，不但对于工程地质人員提出了复杂的任务，而且对于工程建筑人員，特别是铁道和桥隧建筑技术人員也提出了新的要求。要求他們必須結合建筑地段的地质資料来进行设计并掌握地质条件的变化情况来处理施工問題。因此，現代的工程建筑人員，在全面业务知识方面来说，也必须具备較丰富的地质科学（地质学原理、水文地质学、工程地质学）方面的理論和技术知识。

铁道建筑和桥隧专业的学生所要通晓的地质科学中主要的应当是工程地质学和水文地质学，但就学习的系統来说，又必須在充分掌握地质学原理的基础上来研究工程地质学和水文地质学。因此，在铁道学院所要讲授的有关地质学方面的課程，在范围上应当是地质学、水文地质学和工程地质学三方面的綜合課程，而在深度上是要求在具体工作中能够理解哪些問題应当和地质师商量而且在设计时能够正确地运用原始地质資料所必须具备的基本知识。

II. 地质学发展史概要

前面曾经說过，作为一門科学来说，地质学的形成到现在也不过百余年，而就我国的情况来说，則只是五十年左右的事情。但地质学思想起源却都很早。在欧洲，16世紀的时候，芬奇首先注意到地层里的化石（就是保存在岩石里的古时生物的遗迹）并且作了合理的說明。18世紀的罗莫諾索夫（1711—1785）除了对地球历史方面作了研究以外，并且正确地划分了内、外地质作用的性质^②。在这一段时期里，罗氏的許多著作絕大部份是結合着采矿和冶金事业的。这就是說，当时是运用了已有的地质学知识来指导生产工作的。同时也可以看出，只有在生产实践中才給地质学提供了更多的研究材料。

我国北宋时代的沈括在他所写的梦溪笔談里討論过关于黄河、长江以及永定河的流砂等方面的地质問題并对化石有所記述。这些在今天看来还具有现实意义的地质問題的研究，按时期說来，还早于芬奇約500年。但如果提到东汉张衡創制候风地动仪以测地震的成就的話，其时代就要更早了。所有这些史实都說明我們的祖先在关于地质学的思想方面曾经达到相当成熟的地步，而且所有見解都是基于实地观察的論证。然而由于当时的社会条件限制了它的发展，終于使这点学术萌芽一現即止^③。

从19世紀中叶到19世紀末期，在欧洲，地质学在采矿事业上应用得更为广泛，因而得以丰富本門科学的資料和論据也越多。这样，地质学就开始独立并形成较为系統的科学。从上世紀的80年代起，地质学又开始应用于有关工程建筑方面的問題。在苏联以及資本主义国家中对于工程地质和土质学进行系統的科学的研究，并实际去应用其成果，都是从本世紀20年代初期开始^④。就苏联来说，十月革命后，一方面由于大規模国民经济建設的需要，另一方面继承了曾经研究过和工程建筑有关各問題的苏联地质学者的优良传统，因而工程地质学和土质学方面获得了迅速的发展。

① И·В·波波夫：“現代工程地质学及土质学問題”“地质譯丛”，1956年第5期，24頁。

② В·М·古明斯基：“土木工程适用地质学原理”，上册，10—16頁。

③ 李四光：“跟着中国翻了身的地质学”，人民日报，1951年。

④ И·В·波波夫：“現代工程地质学及土质学問題”，“地质譯丛”，1956年第5期。

我国初次有现代地质科学书籍是在1873年，并在1911年首次建立了地质勘测的机构^①。此后，通过我国地质学家的劳动，逐渐在地质科学各方面：地史、古生物、构造地质、第四纪地质（当时包括在新生代地质中）等方面收集并总结了有关我国的大量地质文献和资料。然而由于旧中国的腐朽政治和社会条件所决定的，仅有的地质工作只是局限在小规模的地质机构里来进行，因而其成就毕竟是有限的，更谈不到把地质科学的研究广泛而密切地和国民经济问题相结合了。在解放后的初期，国民经济建设工作中也反映出旧时代的地质科学研究的狭隘性。不仅在矿产资源蕴藏方面的调查资料远远落后于当前的要求，而且在大规模的各项工程建设上所需要的，有关设计的地质资料，也几乎可以说是空白点。至于在铁路工程建设方面，甚至可以说是对于地质资料从来没有考虑过。我国地质学家在旧时代里曾经有不少的勘查工作虽然是利用铁道线路进行的，但所进行的不是铁路工程地质。

随着中国人民革命的胜利和中华人民共和国的建立，我国的地质工作才开始进入了一个蓬勃发展的新历史时期，同时在关于地质科学的理论研究方面也获得了空前的发展。

在党的正确领导下，明确地把地质工作纳入国家建设计划中，并根据国民经济建设发展的不同时期，按规定的任务来开展工作，使地质工作密切地为社会主义建设事业服务。

在国民经济恢复时期，除集中力量，有重点地开展了大规模的矿产勘探工作之外，并开始培养了大批的新生力量。与此同时，许多旧的地质工作者，在党的亲切关怀和帮助下，经过历次政治运动的锻炼，明确了为人民服务的意义，也逐渐改变了积久以来的旧工作态度，作出了一定的贡献。

为实现党在过渡时期的总任务，地质工作除了完成和超额完成矿产的储量任务外，又确定了若干矿床的类型，获得了地质上的新知识。在此时期还进行了大规模的流域规划和大型建设工作的工程地质和水文地质工作。例如，三门峡水库坝址的勘探工作等。这些方面成就的取得，也得力于苏联以及其它各兄弟国家的友谊支援。

在党的三面红旗的光辉照耀下，我国地质工作者也认真贯彻执行了党的鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义总路线和“两条腿走路”的方针，在全国范围内开展了群众性的报矿运动，同时也在广大人民群众中普及了地质科学和勘探的知识。

与上述各阶段的勘探工作相适应，为开展某些理论性的研究，相应地加强了研究工作并建立了许多研究机构^②。

为铁路建设而进行的工程地质勘测和研究工作也是从解放后新中国开始的。在党的领导下，我国在进行社会主义经济建设之初，就相应地提出扩展铁道的建设计划。根据发展计划，今后所要修建的铁道大部份将分布在我国西南和西北各地区。这些地区，在地质条件上来说都是比较复杂的。在这种情况下，不但对地质工作者提出了巨大而重要的任务，同时对铁道建筑人员也明确地指出，像以往那样习惯于采用最不经济的办法来加大建筑物安全系数的方法必须加以改变。在这期间，在学习苏联并结合我国具体情况的原则下，我国初次拟定了“新线铁路工程地质勘测细则”。根据不同勘测阶段，要求精度不同的地质勘测和相应的地质资料。这标志着我国地质科学也随着国家的生产建设的迅速发展而大大地发展了一步，同时工程地质学在铁路工程方面的应用也就奠定了基础。

除铁道工程地质方面以外，如前面所指出的，在水利、工业及民用建筑以及其它等方面的工程地质工作的开展也是飞速的。解放后几年来，由于生产实践的经验总结和资料的积

① 章鸿钊：“中国地质学发展小史”，商务1955年版，11页。

② 李四光：“建国十年来中国地质工作的发展”，科学通报，1959年第18期。

累，我国的工程地质学在内容上也不断地得到补充和发展，并且对许多新的课题也展开研究。就铁道工程地质方面来说，其中比较重要的有：沙漠地区的防砂保护路基问题、缺水地区提供地下水源以供机车用水问题、地震地区的建筑物防震措施、黄土地区对于路基和路堑边坡的坡度设计、湖沼地区路基修建问题、大型水库边岸对铁路和坍岸关系、永冻地区的路基修建、沿海地区滩地上路基沉陷问题、石膏漠地区修路问题等。当然，作为科学理论问题来说，这些问题尚须继续研究，但是根据目前所提出的研究资料来看，在铁道工程地质勘测工作方面已获有一定的进展。至于说到航测工作，我国已在某些地区进行。此外，在铁路工程地质工作中，广泛开展电法勘探工作以提高工程地质勘查的质量。所有这些都说明我国铁路工程地质科学是正在逐步发展中的。

III. 地质学对于铁道建设的意义

当我们注意到我国在铁路工程地质所获得的发展的同时，还必须强调指出工程地质之运用于铁道工程方面是和我国社会主义经济建设发展的要求相适应的。毫无疑问，只有在社会主义制度下，科学才有可能获得更广泛的发展前途。但是工程地质之能够在铁道工程部门受到重视也是经过斗争过程的。在以往许多已建成的铁路中，绝大部分是在地质条件不太复杂的东部平原地带，而且施工的规模也不大，因而在铁路建设部门习惯上造成“不考虑地质也照样能建筑铁路”^①的传统想法。在这种错误思想的指导下，在以往的铁路修建中，由于忽视地质勘查以及有关施工的地质条件的研究，因而造成巨大损失的实例是不不少的。其中典型的例子如宝天线。这段线路发生边坡崩塌、滑坡、流泥等一系列工程地质的问题，整修经年，造成养护和维修工作上的极大负担。仅这一个例子就足可说明工程地质和铁路建筑的关系了。

铁道线路往往跨越数百以至数千公里，在这种情况下，不但要考虑多种建筑物，更重要的是必须考虑到线路要经过不同的自然条件的地区并且会遇到多种多样的地质问题。就这一点来说，在铁路工程地质方面所要考虑的工程地质条件以及所要研究的问题要比其它工程方面，如水利、工民建等更广泛。在铁道工程方面，因为最基本的问题往往决定于线路方案的选择，所以从选线开始就应当考虑到地质资料。

在施工地段，对于大多数不良的地质情况都是可以想出办法来处理的，重要的是在施工之先，必须对它们分析清楚。从工程地质观点来说，在建筑场地，被认为是不良的地质条件是随时可以遇到的，只要是对这些不良的地质条件事先作充分的调查和研究，而且善于配合各种工程的要求来估计它们的话，任何问题都是可以得到解决的。

总之，在对各种工程建筑进行勘查设计时，包括铁路选线在内，必须进行一般性的地质测绘和专门性的地质勘探工作。现场的实例告诉我们，在铁路工程建筑物中，问题发生在结构本身的很少，而由于建筑物所在地段的地质条件的变化（沉陷、崩塌、滑坡等），因而造成损失的事例却很多。所以，单纯考虑建筑物本身而不考虑当地自然条件变化的可能性的话，就不可能保证工程设施的永久安全。自然条件的变化不但可以发生在施工过程中，也往往发生在竣工之后。这种实例也是很多的。为克服和预防工程地质问题的危害所拟定的方案和措施的正确与否完全决定于对于当地地质条件本身变化的规律和原因所作的分析是否正确。这样首先就需要有足够而正确的地质资料。这一点对于铁道建筑事业来说，更显得重要。

① 白超然：“工程地质知识对铁路工程设计的重要性”，“水文地质工程地质”，1957年第二期，32—34页。

从1953至1956年間，我国的铁道建設方面，包括干綫和专用綫，新建和恢复的綫路在內，共計完成7532公里。在这些铁路的建設过程中，从草測到定測、施工，都曾經进行了工程地质的勘查工作，而且还为第二个五年計划所預备修建的铁路初步进行了地质勘查。武汉长江大桥的桥位地质勘查和桥墩的地质勘探都能及时提供了地质資料并为大桥的提前建成創造了有利的条件。在所修建的綫路中，有的个别地段在竣工后曾經发生过边坡不稳以及破坏等現象，而这些地段大都是由于地质方面的工作进行得不够彻底所造成的。

今后，在我国铁路建設中将要遇到自然条件比較复杂的地区，这些复杂地区也是由不同的地质情况所决定的，特別是在山岳地区，无論是設計，或是施工，首先接触到的就是地质問題。就这一点来看，則以上所指出的地质学在铁路建設方面的意义就更明确了。

IV. 地質学的研究方法

教学实践說明，在工程学院里，为了使學生更好地理解地质学的課程的特点和学习方法，除首先明确地质学知识在他所学习的全面业务上的重要性而外，更重要的是理解地质学的研究方法。

地质測繪以及工程地质勘查和勘探等工作的目的是为了：（1）对建筑場地地质条件的观察和研究，（2）进行有关的地质資料的收集。然而观察和資料收集并不是地质学研究的終极目的，而仅是工作过程中的一个步驟。主要的是对資料的整理和分析。在整个过程中还必须配合必要的試驗和分析工作。

測繪以及資料的收集可以根据地表上的地质露头来进行，但資料的收集也可以从地下一一在所挖掘的坑、槽和矿井里进行。至于目前人所不能到达的深度，則采用地球物理的勘探方法，借助于地球的各种物理性质所反映在仪器（重力仪、磁力仪、地震仪等）上的結果来加以分析和論证。这些都属于間接方法。

在进行測繪和勘探的时候，不能局限于一点或一处的地质露头或一种地质現象，而是要和它的周围环境联系起来进行观察；注意它們彼此間的关系，这样才能在整理和分析的时候避免发生錯誤。也就是說，在地质学研究的方法中，最重要的是注意：（1）把現象看成是物质变化过程，（2）把各种現象看成是发展的，是相互联系的。

以上所談，总起来說就是，根据所累积的观测資料，通过分析加工，系統地整理来寻求所要研究的問題的規律性。这是地质学研究方法的一般原則。在各分支的科学中都还各有其具体的方法。例如，古生物学的方法就是根据古代生物生活状况的遺迹（依靠所发现的化石并联系其沉积条件）来追溯它們的生活史；又如构造地质学，根据岩层变动的情况和各构造現象彼此間的关系，确立所研究地区的某一阶段的地壳运动的性质以追溯地质过程的历史。

除上述以外，地质学也采用另一种方法，就是实验的方法。这就是在实验室的条件下来验证在野外所获得的事实和观察的結果。但是在实验室的条件下来验证有关地质学方面的問題，在目前还不能設想像化学和物理实验那样容易操纵，因为在自然界所发生的作用的規模的巨大以目前实验室的条件还不能完全摹拟，特别是对于作为地质作用因素之一的時間的控制，和自然界的实际情况相距更远。所以实验的方法，目前在地质学范围里还不能普遍地应用。只是在某些方面，例如，在矿物和岩石的研究工作中，曾获得了一些效果，并且已逐漸形成实验矿物学和实验岩石学。实验岩石学方面的研究，不但对于岩石成因問題可以提出验证的实验資料，而且对于和工业有关的問題，例如，耐火材料、陶瓷以及人工合成岩石等技术問題也起了很大的作用。

在概略地介绍了地质学的研究方法以后，还必须着重指出，地质学所研究的具体问题是发生在自然界的問題；它不但是复杂的，而且总是和它周围的一系列地质条件有联系的。因此，在以上所谈的第一种方法中，为整理资料所进行的各种试验以及对于所得到的数据的分析工作，必须结合当地的具体情况来进行研究。如果脱离了当地的地质条件而单纯从试验数字出发来研究地质问题的话，就可能导出错误的结论。至于实验的方法，如前所言，在目前阶段，还只能局限于某些在一定条件下的问题的研究，尚不能广泛地施用于复杂的自然过程的摹拟。所以这种方法在地质学的研究工作中的实际意义就有了限制。实际上，大自然的本身才是地质学的最好的实验室。对自然现象的直接观察研究，有助于我们解决实际問題。

第一章 地球的構成

I. 地球圈及地球的物理性質

前面提到，地质学的研究对象是地球，而其具体问题之一是关于地球的构成，包括地球内部情况的研究。这个问题不仅是在理论方面，而且是在实用方面都具有重要意义。例如，它和矿产的分布问题以及在以后我们将要介绍的，发生在地表附近的某些地质作用有直接联系，而由于这些作用所引起的地质现象又往往对我们的工业建设事业有直接影响。

由于这个问题的研究，要涉及较广泛的自然规律的探求，必须通过许多性质不同的科学的综合研究，同时，问题所涉及的范围又属于不能直接观察的地球深处，所以迄今所据以说明地球内部情况的根据，主要是依据间接的资料。纵然目前在钻孔深度可达2500米，个别的石油探井曾达5000米，然而这个数字如果和地球半径（赤道半径约6378，两极半径约6356公里）来相比，实在是微不足道。因此也难以得出足以说明地球深处情况的资料。

借助于地球物理勘探的方法，特别是地震法以及借助于对自然地震的研究，使我们获得较丰富的，能以说明地球深处情况的资料。通过这些资料，对地球内部的构成作出科学的假说，但并不是全部问题都已明确了解，而且对有些问题也引起争论。

地震的资料说明，由地震所产生的地震波在地球内部的传播情况和传播速度是随深度的不同而变化的。根据所记录的曲线（图1）可以看出，纵波速度曲线表现数次急骤变化，其比较明显的是在约1200公里处，曲线有一急变现象。其后曲线缓慢上升；在2900公里处，曲线又表示非常明显的下降，几乎降到接近原始波速的地方，

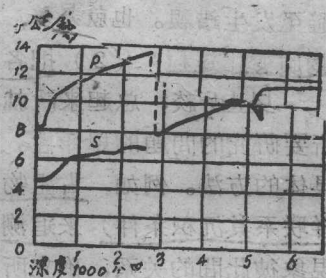


图1 地震纵波(P)和横波(S)在地球内的速度分布

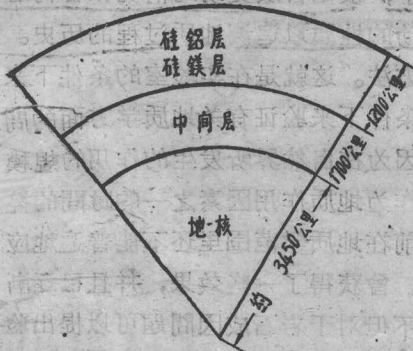


图2 地球内部构成示意图

随后又缓慢上升。这种现象说明地球内部的物质的性质和分布的情况是随着深度有显著变化的，而且说明地球内部是“固态的”。根据这种情形，就把地球内部划分为不同性质的圈层，组成了同心圆的构造。2900公里以内直到地球中心叫作地核；2900公里处向外直到1200公里处，叫作中间层；自1200公里以上的部份，叫作地球的外壳（图2）。但是根据地震波的传播情况来看，并根据其它方面的研究说明，外壳部份的组成物质的性质也是不均一的。目前

认为在这一部分的最上层，也就是从地表到深約20公里的地方，主要是以含硅和鋁的物质組成，通常叫作硅鋁层，有时把这层叫作岩圈。同时根据地球物理勘探的資料說明，这一层的厚度变化是很大的，在山地地区比較厚。目前对这层的厚度有不同的意見。在这一层的下部主要是以含硅和鎂的物质組成，通常叫作硅鎂层。

地球的密度：地震波的研究資料，不但可以作为地球内部圈层划分的基础，同时也证明了地球物质的密度随深度而改变的事实。根据对地表各部份岩石試驗的結果，得出平均密度是2.7~2.8，同时利用地球物理仪器和方法，測得地球的平均密度是5.527。这样看来，地球内部物质的密度必然更大，而且是随深度而加大的。地震波速度的变化正好說明了这一点，因为地震波的速度是和物质密度成正比的。目前对于密度随深度增高的意見如下：

地表物质密度	2.66	深1300公里	5.0
深60公里处	3.20	深2500公里	7.40
深500公里处	3.30	深5000公里	10.80
深800公里处	3.75	地心部份	11.30

地球内部压力：地球物质的密度既然随深度而加大，自然也会造成由于上部物质的重量关系而引起下部压力的增高。目前不同学者根据不同的方法所計算的，关于地球内部不同深度的压力数值是有差别的。就地球表层來說，在大陆部份平均每一公里对下面岩层的压力是270大气压；海洋部份，平均每一公里是100大气压。

研究地球内部压力，特别是上复岩层的压力問題对于铁道建筑工程來說，是一項有实际意义的問題。在开凿隧道的或者修建地下铁道的时候必須要考慮这一問題。

随着深度的增加，上复岩层的重量增加，其岩层应力自然也增长。在开凿隧道或其它挖掘工程的时候，时常发生强有力的石块从岩层里，像被射击出来的現象。岩层的压力，在一定的地质条件下：岩层性质、地质构造、水文地质等的綜合影响，会造成岩层的破坏，其結果往往使隧道的頂和壁以及其它人工結構遭致毁坏。

研究地层压力不但要研究由上而下的压力，同时还須注意側压力的問題。目前在这方面所进行的工作，除了根据結構力学以及弹性理論来进行实验室的实验方法外，主要还注意在已有的坑道中进行直接观测。不同学者对于确定岩层压力的理論和研究方法已作了不少的貢獻，但这方面的問題还没有获得完全的解决。

地热——地球内部的温度：地球物理性质的另一項和经济建設有密切关系的問題是地热問題。目前对于利用地下热能的問題已展开广泛研究。例如，利用地下热所形成的高热地下水和水蒸汽来建立电站的問題等。但是对于铁道建筑工程來說，特别是在开凿隧道或是地下作业的时候，首先应当注意的問題是在隧道里所可能遇到的最高温度对于施工条件的影响。

关于地热的来源問題，我們将在叙述施密特关于地球起源学說的时候来談，但是目前还不能认为这已有了肯定的答案。根据許多实测的資料，例如，深井钻探、矿井开挖以及其它方面的研究都已证明在地表的一定深度之下，地温是随着深度而增加的。上面所說的一定深度叫作常温带。在这个界限以上的地表部份的温度是依据太阳的热能为轉移的，因为太阳的热能可以透入地表下到一定深度，不过这种透入进行得很緩慢。在太阳热能所能透入到达的一定深度的地位，其昼夜的和每年的温度都几乎没有变化，所以叫作常温带。不同的地区，其常温带的深度也是不同的，它主要是和地理的緯度有关系。

自常温带以下，地温随深度而增加。其規律通常认为是每深下100米，温度递增3°C。这个数值叫作地热增温率。为增加1°C所应当增加的平均深度，以米計，叫作地温級。根据已知

的当地常温带深度、年平均温度和地温级就可以利用公式求得不同深度的地温。这些在专门书籍中都有详细叙述。但是必须注意到前面所说的地热增温率的数值，随当地的不同条件而变化的范围是相当大的，不但在不同地区有差别，即在同一地点它也不一定是常数。它实际上受地形、岩石性质、地下水情况以及距岩浆体的远近等和其它地质条件所影响的。

地球的重力：研究的結果說明，地球的重力不但随深度而变化，即在地球表面的不同地区也是有变化的。一般來說，在两极地区是983，在緯度 45° 处是980，而在赤道地带是978。然而实际勘探的結果，有些地方的重力情况往往是和这种規律不符合的。也就是說，有些地方的重力比两极地区还要大，而有些地方的重力却比赤道地带还要小。这种反常現象叫作重力异常。其数值大于正常值的叫作正异常，小于正常值的叫作負异常。研究地球表层的重力异常現象可以探索地球表层部份的密度不同的物质分布的情况，类如勘探石油或地下水的分布情况。重力勘探是利用重力仪（摆、扭秤）来进行的。

地球的磁性：在地质勘测工作以及其它测地工作中通常要利用指南仪的磁針来指示方位。磁針的方向（即磁子午线）和地理的子午线是不相符的，它們所形成的偏差角叫作磁偏角；把地球上磁偏角相等的地点联结起来的线叫作等磁偏角线，由这些线所组成的图，叫作等磁偏角图。

磁針和水平面也形成夹角，叫作磁傾角。在北半球，磁針的北端下傾而在南半球是磁針的南端下傾；在磁两极，磁針是直立的。把磁傾角相等的点联接起来所形成的线，叫作等磁傾角线。磁傾角等于零的线就是磁赤道。

在某些地区往往会看到磁針所指的方向竟和磁子午线也不符合，有些地区（非极地区）磁針竟是直立的。这种情形叫作磁性异常。磁性异常的現象說明，或是由于构造作用的影响，地壳曾发生剧烈的变位；或者是由于当地距地表不深的地带存在巨大的磁铁矿床存在。根据这一特性，所以磁力勘探也是地球物理勘探方法中常采用的一种，它是利用磁力仪来进行的。

除了根据地球物理勘测所获得的資料，按照地球内部的物质状态和相应的物理性质，把地球内部划分为圈层构造以外，同样地对地球表面以及其外围的物质也进行了观测和研究。

在地球表面，約370百万平方公里的面积是由水体所掩复的，占地球的总面积70.8%。在地表上的水体，除表现为湖、河、洋等以外，对工程地质問題具有更重要意义的是地下水以及充填在岩石孔隙和裂隙中的各种水体。就其分布和循环沟通的情况來說，也可以把它看作一个闭合的連續圈层，叫作水圈。

以海洋的水体來說，也可以把它們按照不同的深度和活动的特点来分层。由表面到約200米深处的部分，主要是由于波浪的动蕩的影响，水流非常紊乱；再下到約1300米深处的部分叫作对流层。这是由于上部浪波的扰乱而产生的上下对流；最下到11,000米处为平流层，这一部分沒有上下对流的現象。

不但大陆水体和海洋水体，在所含成份不同，处在不同的大洋地区的海水，其成份也是有区别的。

在整个地球的最外圈，也就是包围着整个地球的气体，叫作大气圈（简称气圈）。根据研究的資料說明，在700~800公里的高空还是有大气存在的，但显然是很稀薄了。气圈本身可分为两层：下部的，也就是和地表接触的一部分，叫作对流层，这是受地球表面温度影响而产生对流現象的一层，高度的10.5公里；上部的叫平流层，也叫同温层。它是不受地面温度影响，因而沒有上下对流的一层气体。同时它处于距地心較远的地方，所以受地心吸力較弱。

在大气圈，每升高100米，气温就下降 1°C ，这个数值叫作气温梯变率。这两层空气的組成成份，直到40公里高空仍无差别。根据对20公里以内气体的分析，其成份，按重量計算如下所列：

氮	75.7%	氫	1.28%
氧	23.01%	其它(包括氫)	0.03%

綜合以上所列的：(1) 气圈，(2) 水圈，(3) 岩圈以及岩圈以下，包括地球内部圈层，总称为地球圈，体现了整个的地球构成。

在上述地球圈的概念中，現代科学还提出生物圈也包括在內。这个圈是代表着有生命的物质带。这是因为生物的活动和地质作用有极密切的关系。例如，在土壤形成过程中，生物的作用是极为重要的。在以后所要談到的，风化作用和岩石的形成过程等各方面，都有生物的活动参与其間。

在研究了地球圈的概念以后，还应当提到，地球是处在两种热能的影响中。一种是內热，由于內热所引起的地质作用，例如，地震作用等，統称为內力作用。一种是外热，也就是由太阳所发射到地球表面的热。由外热所引起的生物以及气圈和水圈的各种活动，从而使地表受到破坏和冲刷等作用，統称为外力作用。

在地表所进行的各种工程建筑都是处在外力作用的环境条件中，同时，也不应当认为在地表附近部分所发生的地质作用和內力作用毫不相关，相反，它們之間是有直接联系的。

II. 地球起源学說

关于地球以及太阳系中其它星球的起源问题的研究虽然是属于天文学中宇宙起源学的范围，但是有关地球起源的学說和論断却和地质学所研究的各种地质作用的理論观点有密切关系。同时各方面的观测和研究的结果說明，表现在地壳上的地质作用，例如地震活动、海岸升降以及地热等方面的問題是和地壳深处的物质状态、分布和活动是密切联系的，而探討地壳深处的情况也不能不考虑到地球的形成过程。因此，可以說，研究地球起源实际上是为了解决实际问题而探寻理論根据，并不是沒有实际意义的。苏联科学家們目前正在致力研究的矿藏成因以及地震預报等问题就是結合地球起源理論来进行的。

地球起源学說一直是和地质学以及其它科学，特别是天文学方面的成就相适应而发展的。基于科学上的新成就和实际观测資料，有关地球起源学說也日益完善，比較完滿地表现在苏联科学家施密特于1944年所提出的新学說——行星及其卫星形成的隕石說。

施密特根据太阳系现在的行星分配情况、运动特点，特别是根据天文学方面研究并证实的弥漫在星际的像尘埃状的物质大量存在的事实，科学地論证了星际物质经过凝聚过程成为包括地球在內的行星的起源学說。用他自己的話來說^①：“由于太阳参加了在銀河系的轉动之中，它由一些黑暗的物质云中俘获了一部份尘埃和流星的固体物质，也可能还有一部份气体。这样就在太阳的周围形成了粒子群，它們在太阳引力作用之下，作橢圆运动并且和太阳一同继续它在銀河系中的行程。后来从这些固体物质，也就是从这些粒子群形成了行星。”

施密特的学說充分解釋了太阳系內行星和卫星的运行規律外，也說明了地球的热化的过程，地球内部物质按密度的分异等理論，因而完善地闡明了关于地球内部的构成以及有关地球的构造运动方面的某些問題。他的学說，在这方面是和許多新的地质資料欣然一致的^②。

施密特学說是根据物质的演化和发展的观点的，所以这个学說不仅能对許多地质学方面的具体問題提供了理論上的解說，更主要的是从地球形成以前的物质演化过程和地球形成以后的地质时期的地球发展过程相联系起来，說明太阳系和地球的形成不是偶然的，而是物质在长期，并且在目前还是继续发展的一个过程。这

① O. I. 施密特：“地球起源学說四讲”，11頁，1954，中国科学院。

② I. A. 柯西金：“含油区大地构造原理”，中譯本，上册，249頁。

一点根据天文学方面所证明的，就是在目前恒星还是不断地产生出来的事实就足以说明了。

施密特的学說不只是解决了在他以前的許多旧学說中所不能解决的問題，其更具有意义的是彻底揭穿旧学說中所采用的“灾难的”和“偶然的”的說法以及在科学研究方法中的唯心观点。为了說明这点，在这里有必要概括地提一下关于旧的地球起源学說的特点①。

1745年法国科学家毕尤馮提出的太阳系形成学說，认为太阳曾与一运行着的固体彗星相撞，太阳从此撞击发生变形并由太阳分出熾热的物质凝固成行星。这是企图用偶然的，灾难的說法来解释行星起源的一派。

德国哲学家康德（1724~1804）认为宇宙太空中曾经存在混沌状态的物质，好象現在的宇宙尘埃一般，但他认为这些物质是神創造的而且是固定不变的。这些物质之中，密度大的吸收密度小的，集結成为原始的太阳，而且在吸收时由于碰撞因而开始旋轉。在开始旋轉的时候，不断有小的顆粒集結成一些云状尘埃围绕太阳中心旋轉。这些云状物质逐渐集結成块状物体，形成行星和卫星，其中之一就是地球。

法国数学家拉普拉斯（1749~1827）认为原始太阳是一团灼热而稀薄的物质—星云，中心部份比較紧密而表层部份較稀薄。由于旋轉加速，从太阳中抛出的物质构成环状物质（很象土星环，天文学上叫作拉普拉斯环）。在和原始太阳朝同一方向旋轉的軌道中，物质集聚成为行星。

康德和拉普拉斯都认为行星的起源物质是云状物质，因而有星云派之称。康德认为物质的产生是神的意志而且是固定不动的。这显然的不能說明問題，而拉普拉斯的学說也未說明原始太阳旋轉的原因。并且根据天文观测的結果說明，許多行星的卫星的旋轉方向并不是和行星方向一致的。

美国的张伯倫和穆尔頓认为原始太阳在运行的过程中遇到巨大的另一恒星，由于互相吸引，在星体的表面上引起涨潮波，发生从太阳内部向外喷发物质的灾变现象，就象現在的太阳日珥一样。在这些物质周围由于冷却而固結的固体物质—星子，逐渐集中，构成行星。这个学說所假設的两个原始恒星在很近的距离相遇的可能性已被現代天文学研究所否定，同时这个学說对于行星构成中的細节也不能完全正确解释。只是在假設行星是由弥漫于空間的尘埃物质所构成的这一点是和现代学說相符合的。

其他还有许多建立在唯心观点的学說，例如瑞典化学家阿林紐斯（1859~1927）用行星相撞的灾变来解释行星起源的学說；英国物理学家金斯（1877~1946）认为行星的形成是偶然的观点也是属于灾变論的学說。

就以上各学說中的有关地质理論部份來說，所有旧的学說都归結于一点，就是地球曾经是由高度熾热的物质形成，并由于逐渐散热，从地表开始冷却收縮，因而构成山脉。这样就不得不引伸到現在地球内部的热是由原始的热残余下来的。因而地球終必冷却而僵化。但这种推論和地质方面的資料是不相符合的。而按照施密特的学說，地球在原始形成时是冷的。由于組成它的那些松散的星际尘埃—隕石体的集聚过程中，也就是在地球体的本身发展过程中，由于不断的压密，使地球内部压力越来越大，达到数百万个大气压，因而使地球内部物质轉为高热，同时使内部物质由于高热熔融而进行按密度分异的过程，也就是使重的組成部份趋向深处同时使轻的組成部份上浮。并特別提到，在这上浮过程中把放射性物质也帶到上部。通过施密特学說也說明由于压密而引起的地球收縮，这样对于地壳运动的性质也得到完善的解释。

当然施密特的学說也并不是达到彻底完善的地步，然而就所有关于地球起源的学說来看，直到現在，只有施密特学說是既根据实际观测資料，又通过数学計算来比較完善地說明太阳系及其行星的起源的学說。学說所根据的是宇宙物质的发展过程。沒有虚构的外力，这样就彻底地批判了“灾变”的唯心观点。所以說这个学說应当认为是苏联科学在这方面的巨大成就。同时也应当注意到，地球起源問題是一个綜合性的問題，必須通过天文学、地质学、天体物理学、地球物理学以及有关各方面的綜合研究才能获得进展，而这样的条件只有在社会主义制度下才有可能实现。

① 參閱B·H·帕夫林諾夫：地球的起源，1956，地质出版社。