XINBIAN DIXUE

新编地学哲学概论

王子贤 主编



ZHEXUE CONGSHU

地震出版社

封面设计／邢秀芬



ISBN 7-5028-1781-6

9 787502 817817 >

ISBN 7-5028-1781-6/Z·6
(2312) 定价：20.00元

·地学哲学文库

新编地学哲学概论

王子贤　主编

地震出版社

内 容 提 要

本书对地学哲学的理论体系作了较全面系统的论述，内容包括：地学本体论（地球观）、地学认识论、地学价值观、地学方法论和地球科学观等。本书从哲学的角度对地学科学研究提供了某种启迪和帮助，可供从事地理、海洋、气象、地矿等工作的科研工作者以及高校师生参考。

新编地学哲学概论

王子贤　主编

责任编辑：蒋浩旋　邢秀芬

地 震 出 版 社　出版发行

北京民族学院南路9号

北京地大彩印厂印刷

全国各地新华书店经售

850×1168　1/32　12.25印张　330千字

2000年6月第一版　2000年6月第　次印刷

印数　0001　1000

ISBN 7－5028－1781－6/Z·65

（2312）定价：20.00元

《地学哲学文库》编委会成员

朱　训　王子贤　石宝珩　叶天竺

吕录生　陈毓川　何贤杰　吴凤鸣

邹玉川　余谋昌　杜乐天　董道华

蒋　志　温克刚　郑大瑜　王泽九

王恒礼　张耀仓　吕国平

《地学哲学文库》总序

恩格斯在《自然辩证法》这篇光辉著作中指出："一个民族想要站在科学的最高峰，就一刻也不能没有理论思维。"地学哲学就是这种理论思维的重要组成部分之一。

地学哲学是地球科学哲学的简称。地学哲学思想古已有之，但作为一门新兴学科，则是地球科学与地学实践长期相互渗透、相互影响与有机结合的产物，是在20世纪80年代逐步形成与发展起来的。

地学哲学研究地球科学理论与实践中的哲学问题。地球科学发展至今天，已经形成包括地质科学、地理科学、海洋科学、大气科学与地球系统科学等门类在内的一个硕大的学科群，并已产生了丰硕的研究成果。通过地学哲学研究，对这些成果从哲学高度加以归纳，实现哲学上的升华，这不仅有助于丰富与发展人类对自然的认识，也将有助于提高人类认识自然、改造自然与适应自然的能力，同时还能给深入开展地球科

学研究与地学实践提供科学思想方法的指导。

地学哲学的研究领域涉及诸如地壳、地球运动变化规律、地学各分支学科研究与实践中的哲学思维；国土资源勘查思想方法、探寻矿产成矿规律、发现矿藏的创造性思维和矿藏的发现规律；人与矿产资源、环境、社会的整体性联系，地学与社会、地学与文化、地学与发展等一系列重要问题。

中国的地学哲学研究至少有两个鲜明特点：其一，它自觉地围绕国家经济建设与社会发展这个中心来开展自己的活动；其二，它自觉而不讳言地宣称马克思主义哲学是自己的研究指南，是自己的世界观与方法论。

地学哲学研究有自己明确的目的、任务。它始终如一地贯彻理论联系实际的方针，为促进实施“三步走”发展战略目标服务，为促进矿产资源勘查开发及其管理服务，为促进地球科学发展服务，为促进马克思主义哲学发展服务，为促进社会主义精神文明建设服务。

地学哲学始终不渝地贯彻百家争鸣、百花齐放的方针，注意吸收国内外先进科学成果，注意听取学术研讨中的

不同意见。这就使得地学哲学在学术研究不断取得进展的过程中，进步形成了一支日益壮大的有实力的研究队伍。

人类社会即将迈入断的千年。实现“可持续发展”正成为时代强音。节约资源、保护环境已形成时代潮流。地学哲学的发展面临着断的机遇与挑战。为适应新形势的需要，近些年来，地学哲学着意围绕可持续发展战略，开展“地球科学与可持续发展”的专题研究，并连续四届学术年会以此为专题，组织一大批专家学者进行讨论，取得了可喜的成果。

地学哲学委员会在成立至今的10多年里，形成了定期举行学术活动的制度，并在每届会国地学哲学学术年会成果基础上相应出版了一本论文专集，奉献社会。为了“集腋成裘”，现在我们开始以这些方面的研究成果为基础，并随着地学哲学研究的不断进展，遴选一批有代展性的论著，以《地学哲学文库》丛书的形式，向社会推荐雅俗共赏的学术著作，介绍地学哲学的研究连展与主共内容，营进精神文明的一片绿荫。

我们预想，《地学哲学文库》丛书应当具有科学性、知识性、

前瞻性与实用性。我们热忱地希望，这套丛书能够成为各界人士系统了解地学哲学研究活动及其成果的一个窗口，开展地学哲学研究的一个论坛，能够为其工作、学习、研究提供某种启示与帮助。无疑，建立这样的文库，尚无经验可循，只能尽力而为，奋力以进。敬请各界人士不吝赐教，帮助我们进行探索，以促进地学哲学的繁荣与发展，在人类社会的文明进步历程中留下坚实的足印。

中国自然辩证法研究会
地学哲学委员会理事长 朱训

1998 年 8 月 2 日

序

《地学哲学概论》是我国第一本关于地学哲学的读本，它阐述了地学哲学的对象、范畴与学科体系。它是全国十所院校及研究单位诸多作者的集体创作。

《地学哲学概论》一书酝酿于1983年6月福州全国首届地学哲学学术讨论会，并于1989年10月正式出版。其中的辛劳与甘苦，我是知道的；作者的公益活动，我是支持的。《地学哲学概论》出版后，有些地质院校用作教材，社会上的读者也有好评。《地学哲学概论》初版益今已有10年，地学哲学有了许多发展和最新研究成果，这就要求修订再版，丰富原书内容，以飨读者。我提出建议后，获中国自然辩证法研究会地学哲学委员会理事长会议赞同与支持，经原书作者努力，现已修订杀青，刊印发行。

就目前研究水平看，地学哲学的理论体系应当包括：地学本体论（地球观）、地学认识论、地学价值论、地学方法论与地球科学观。对此，《新编地学哲学概论》都作了系统论述，是一本值得一读的有益书籍。当然，关于地学哲学的理论体系以及其中的诸多的理论问题，国内外都有不同的看法与讨论。《新编

地学哲学概论》中阐述的观点也是一家之言，可以讨论。

地学哲学是以马克思主义哲学为指导、研究地球科学中和与地学有关工作中的哲学问题的新兴学科，它是哲学与地学的中介，是马克思主义应用哲学的一个分支。众所周知，地球科学是人类对于地球物质客体及其规律性的认识与反映，而人类在认识与反映中又离不开理论思维。地学哲学就是研究理论思维的应用学科。正如恩格斯所说："一个民族想要站在科学的最高峰，就一刻也不能没有理论思维。"① 所以，就一般意义而言，地学哲学对于地学研究与地理、海洋、气象、地矿等工作具有提供思维工具与方法指导的作用。

当前，我国正在实施国民经济与社会发展"九五"计划与2010年远景目标纲要，地球科学已经成为与资源开发和环境保护密切相关的一门基础性和综合性学科，地矿工作已进入经济地质与环境地质并重的时代。跨世纪工程和时代在呼唤地学与地矿工作发展的同时，也在呼唤地学哲学有一个新的发展。理论与实践都需要先进的科学的理论思维。同时，宣传马克思主义哲学这项精神文明建设的任务，也要求大力宣传与普及地学哲学。正是基于上述考虑地学哲学委员会支持《新编地学哲学概论》的出

① 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社，1964年，第29页。

版，并希望《新编地学哲学概论》能在加强地学哲学理论的研究与宣传普及，为地球科学的繁荣以及与地学有关工作的发展方面起到积极的促进作用。

中华民族是一个富于哲学传统的民族，马克思主义哲学具有强大的生命力。因此，在地学哲学领域，中国人应该对人类有较大的贡献。这有待于广大地学工作者和哲学社会科学工作者的关心与支持，还有待于广大地学哲学工作者、爱好者的共同努力。

地学哲学委员会理事长 朱训

目　　录

绪论篇　地学哲学的起点 …… (1)

第一篇　地球物质客体

第一章　地球物质客体的性质 …… (8)

第一节　地球物质客体的含义 …… (8)

第二节　地球物质各体的特征 …… (17)

第二章　地质运动 …… (26)

第一节　地质运动的含义 …… (26)

第二节　地质运动的特殊矛盾 …… (29)

第三节　地质运动的时间属性 …… (31)

第三章　地质运动的基本规律 …… (58)

第一节　地质系统律 …… (58)

第二节　地质分合律 …… (66)

第三节　地质互补律 …… (72)

第四节　地质重演律 …… (79)

第四章　地球物质客体的范畴 …… (87)

第一节　均一性与非均一性 …… (87)

第二节　渐变与突变 …… (92)

第三节　内力与外力 …… (100)

第四节　建造与改造 …… (109)

第二篇　地学认识论、价值论、方法论

第五章　地学认识论 …… (129)

第一节　地学认识与地学实践 …… (129)

第二节　地学思维 …… (142)

第三节　创造性思维与地质创造学 …… (160)

第六章　地学价值论…… (186)
第一节　自然价值概念…… (186)
第二节　矿产价值观念…… (196)
第三节　地学哲学价值论…… (210)
第七章　地学方法论…… (222)
第一节　地学方法及其特点…… (222)
第二节　经验方法…… (228)
第三节　地质传统方法…… (244)
第四节　地学现代方法…… (263)
第三篇　地学理论的发展规律
第八章　地学的体系结构…… (289)
第一节　地学体系的历史演变…… (289)
第二节　地学体系的结构…… (291)
第三节　硬科学地球科学…… (293)
第四节　软科学地球科学…… (295)
第九章　近代地质学的历史进程…… (298)
第一节　经典地质学的建立…… (298)
第二节　经典地质学的体系发育…… (305)
第三节　当代地学革命…… (308)
第十章　地学理论的发展规律…… (319)
第一节　地学发展的内在动力…… (319)
第二节　地学发展的外在动力…… (340)
结束篇　地学哲学的归宿
第十一章　人地关系…… (347)
第一节　人地关系的历史形态…… (347)
第二节　人类与地球相互作用…… (354)
第三节　人类与地球的和谐发展…… (362)
修订再版后记…… (375)

绪论篇　地学哲学的起点

当代，地学实践与地学理论正面临着时代的挑战。一方面，人口、资源、环境等全球性问题正困扰人类，针对这种形势，世界有些国家认为地矿工作已由“经济型”转向“社会型”。我国由于国情不同，地矿工作已进入经济地质与环境地质并重时期。另一方面，由于地球科学本身的发展规律，综合性趋势日益明显，正处在建立新的学科体系的重大转折时期。特别是社会经济的新变化要求地学为保证社会经济持续协调发展提供地学知识基础和开拓新的研究领域，发展新兴学科。再加上，新技术、新方法不断向地学渗透，更加拓宽加深了地学研究领域。总之，上述两个方面的发展态势正引起地球科学的深刻变化，一大批交叉学科与横向综合学科蓬勃发展起来，并将成为21世纪地学发展的基点。由此，可以把21世纪地球科学的时代特征概括为：综合化新体系。这种时代变化要求地学革新观念，转变思维方式，探索新的科学方法。正是这种客观发展趋势与理论要求，必须有一门专门学科来研究地学思维与地学方法的一般规律。这门“软件”学科就是本书介绍的“地学哲学”(Philosophy of the Earth Science)。“地学哲学”正是顺应地学现代化、地学实践现代化的时代要求而建立起来的新兴学科。我们理解的“地学”，乃是地球科学(The Earth Science)的简称，它是研究地球整体及其圈层物质运动规律的知识体系。①

作为一门独立学科，首先应当明确地学哲学的研究对象，进而建立它的理论体系。

地学哲学研究地球科学的哲学问题，它的研究对象是地球客体、

---

① 关于地学与地球科学两个概念，长期以来多有辩论。最近，美国学术界，又把地球科学(The Earth Science)诠释为固体地球的科学，把地学(Geoscience)诠释为有关地球整体及其圈层物质的科学。这就和我们的理解正为正反。对此，我们暂不讨论，维持本书撰写过程中的理解，希读者鉴察。

地学知识的一般发展规律。本书以地质学的哲学问题为研究重点，照顾到地学其他分支学科的哲学问题。

地球物质客体是一个哲学本体论范畴，它标志发生地质作用与过程的一切物质客体与物质系统的客观实在性，它是矿物、岩石、地层、地壳、生物圈、水圈、大气圈、地球、天地人系统、含地球的宇宙天体等物质系统的哲学概括与抽象，也是对地学中早已使用过的地质体、地球体、地体等概念的概括与抽象。地球地质客体是一个复杂的系统，具有自己的结构与特定功能。

无疑，地学也研究地球客体，研究地球及其圈层的属性与运动规律。那么，地学与地学哲学在研究对象上有何区别呢？地学各分支，诸如地理学、地质学、海洋学、气象学、地球物理学、地球化学等虽以地球客体为研究对象，但它们只是分别研究地球的某个层次、某个侧面、某种具体形态的特殊属性与特殊规律；面地学哲学则研究地球客体的总体、普遍属性与一般规律。特殊与一般是相互区别的，又相互联系的。地学与地学哲学是特殊与一般的关系。尤其重要的是，一般存在于特殊之中，特殊表现一般。地学哲学研究的地球客体普遍属性与一般规律，不是孤立自在的、表露于外的东西，而是寓于特殊之中，通过特殊表现出来的内在本质。所以，地学哲学只能通过地学去研究地球客体，只能通过地球客体的各个层次、各个侧面、各种具体存在形式去揭示它的内在规律性。可见，地学是地学哲学的基础，地学哲学是对地学的概括与抽象。地学哲学是经由地学知识去揭示地球客体的一般发展规律。这也就是地学哲学不同于哲学的特殊性，也是地学哲学的生存基点。不仅如此，地学哲学还研究地学如何反映地球客体以及反映过程的规律与方法。这就是地学哲学的认识论、方法论与地学观。

地学哲学是一门交叉学科，它是地学与哲学的中介。一方面地学哲学要以马克思主义哲学观点去概括地学的范畴、规律与现论，面不是用哲学结论去代替地学研究，另一方面地学哲学又为地学研究提供理论思维原则与方法。这就是地学哲学的地位与功能。地学哲学

是地学适应时代需要、认识与改造自然的友好同盟军。

地学哲学虽说是新兴学科，但地学哲学思想却源远流长，早已孕育在地学知识这个母体之中。在古代与中古时代，人类关于地球的知识包含在自然哲学这个原始科学综合之中，地质知识、地球观、哲学思想都溶为一体，以自然哲学形态出现。这种笼统的整体认识具有直观性与猜测性。公元前5世纪，古希腊的毕达哥拉斯学派与色诺芬尼都主张万物变化不拘的观点，并且用海陆变迁来阐述他们的观点。海陆变迁的证据是远离海洋的高山上发现有海生贝类。这种知识就是自然哲学形态的地学哲学思想。我国春秋战国时期成书的《周易》中曾讲到地壳变化的思想，说："天道下济而光明，地道卑而上行。天道亏盈而益，谦；地道变盈而流，谦；……地中有山，谦。"（《周易·谦卦》）其中讲到地变厚又流失，这是相反相成的道理（谦）。这是用地壳变动来印证相反相成的哲学思想。这种自然哲学包含有地学哲学思想。

15世纪以后，特别是18世纪开始，自然科学从自然哲学中独立出来，随后地质学、地理学、气象学、海洋学又从自然科学中独立出来。学科独立标志着人类认识的巨大进步。仔细分析地学各分支学科的知识，可以发现它们之中都包含有许多地学哲学思想，并且代代相延地缓慢发展着。风靡欧洲的魏纳学说，是以建立第一个岩层系列来阐述其水成论观点的。魏纳用大量地质资料雄辩地论证地壳岩层有四种层层相依的类型，最古老的原始岩层由花岗岩组成，它形成于原始海洋。无疑，原始海洋的观念既来自亚里斯多德，也迎合了《圣经》上的摩西洪水之说。郝顿在批判水成论的观点中建立起火成论体系。在批判"原始岩层"概念时，他引用地质资料证明花岗岩并非地球上最古老的岩石，阿尔卑斯片岩比花岗岩更古老。但片岩也非最古老。郝顿合乎逻辑地指出，沉积岩既然是由老岩层破碎、搬运、沉积而成，则最古老沉积岩之先必有更为古老的岩层在。他得出结论说，地质过程"既无开端，也无终结"。由此可见，水成论、火成论及一切地质理论，实际上都包含有三种内容：地质事实、地质现论、地质现念。这

个地质观念就是地学哲学思想，它表达了学者各自的地质思维特征与思想方法。地学哲学正是从各种地学理论与知识中总结出来并形成自己的理论体系的。

作为独立学科的地学哲学，在中国，不是从国外引进的，而是独立形成的。中国的地学哲学具有自身的特点：它从一开始就以马克思主义哲学为指导而形成自己的理论体系。中国的地学哲学的滥觞，是新中国建立后地学界的理论与思维。在50年代，社会上掀起学习马克思主义哲学热潮、当时的地质界普遍尝试着用辩证唯物主义观点来指导自己的地学研究与实践，涌现出一大批富于成果的学术论文与工作经验，其中闪灼着地学哲学思想的光辉。中国的地学哲学思想来源，最直接的就是这个时期的地学理论与实践。

1983年6月在福州召开了全国首届地学辩证法学术讨论会，会上成立了自然辩证法研究会地学专业组（后改称地学辩证法研究会），1985年规范改名为“地学哲学委员会”。正是在福州会议上讨论了地学哲学的研究对象与范畴、地学辩证法的核心问题是人地关系，以及地学思维的特点。这样，地学哲学开始形成自己的理论体系与学科共同体（学会），标志着新兴学科地学哲学的诞生。

地学哲学的发展迄今经历了三个阶段：

1. 创建阶段（1983～1988） 主要成就是建立了学科理论体系，出版了《地学哲学概论》。

2. 发展阶段（1988～1992） 主要成就是两年一届按期举行学术年会（第二届，1988年；第三届，1990年；第四届，1992年；），一会一书，出版了三本论文集（《地学与智慧》、《地学与哲学》、《地学与社会》）。

3. 兴旺发达阶段（1992～1996） 以朱训同志发表《找矿哲学概论》为标志，地学哲学进入兴旺发达阶段。学术成果主要有：《地质学大辩论》（诸大建等）、《天地人巨系统》（刘波）、《找矿哲学的理论与实践》（朱训）、《地学思维论纲》（白屯）、《地学哲学对谈录》（王维）。学会组织也有发展，成立了四川分会、江西分会、吉林分会与青年分会。在

长春地质学院(1993)与中国地质大学(北京)(1996)分别设立了“地学哲学研究所”。按期召开了两届年会(1994、1996),出版了论文集《地学与发展》。

一门独立学科成熟与否的标志是它自身理论体系的完善程度。应当根据什么原则来建立地学哲学的理论体系呢?

人地关系是地学哲学的基本问题。人地关系是指人类主体与地球客体(自然界)的对立统一关系。人类从自然界(地球)分化出来后,就以地球为认识对象与实践对象而处于对立统一关系之中。人类对地球的适应和改造是不断发展的。随着社会生产与科学技术的发展,人地关系经历了不同的演化阶段。时至今日,人口、资源、环境已成为全球性问题。从实践上看,要求地学与地学实践提供更多的资源与适合人类发展的环境,探讨人类社会系统与地球物质系统的协调发展。从理论上看,要求探索人、社会和自然界相互联系、相互作用的一般规律。这就要求从理论上阐述人地关系理论,在实践上协调人地关系发展。地学哲学理论体系应当是人地关系在理论上的再现。人地关系是地学哲学的出发点。

人地关系的逻辑展开,遵循逻辑的与历史的相一致原则,首先应当阐述地球客体的辩证法。因为地球客体是第一性的东西,它是人类认识对象与改造对象,是人类赖以生存的基础。这就决定了地球客体是地学哲学理论展开的基础与前提。这个从客体向主体运动的环节,可以图示为:地→人。这就是我们常说的地球观,它阐述本体论的范畴与规律。它包括:地球客体的本质属性及其存在形式,地球客体的运动及其基本规律,地球客体的范畴。

阐述地球客体之后,应当分析主体对客体的反映,客体辩证法就过渡到了主体辩证法,理论上就从地球观演绎到了地学认识论与方法论,即地学认识的辩证法,它揭示人类主体认识地球客体的思维原则与方法。这个主体向客体运动的环节可以图示为:人→地。地学认识论与方法论阐述地学认识与地学实践的辩证关系、认识的一般规律、地学思维特征、现代地学使用的各种方法的认识价值以及各种方

法之间的关联。除此之外，人类主体与地球客体的关系中，还有一种利害关系或功利关系，即地球客体具有满足人类物质文化需要的属性，人类主体能利用外界物来满足自己生存和发展的需要。研究主客体之间的价值关系，就是地学哲学的价值论。

地→人，人→地，两个环节是统一的，不是孤立存在的。即，地球客体对人类主体的第一性作用，与人类对地球客体的反作用，统一在人类社会实践之中，这是人地关系的社会性。换言之，在考察地球客体系统与人地认识系统之后，应当把人地关系放在地学-社会这个更大系统中加以考察，这就是地学发展的辩证法，即常说的"地学观"。它包括：地学发展的内在动力、社会环境，以及它的科学体系结构。

人地关系的历史归宿是地球客体与实践主体的和谐发展。这种协调统一不是抽象的、空洞的，而是具体的、历史的。反映这种统一的理论分析，应当从自然领域（地学辩证法）过渡到社会领域（社会历史辩证法），这就要求自然科学（地球科学）与社会科学（哲学）结合起来。这种结合的中介就是地学哲学。

地学哲学独立于世的根据，是在地学与社会科学交叉结合的必然趋势之中，研究地学哲学的目的与意义，也恰好孕育在交叉结合之中。地学哲学对于地学实践、地学知识以及哲学发展都有不可残缺的意义。

地学实践（主要是地矿工作）要为社会经济提供更多更好的矿产资源，要协助相邻学科解决人口、资源、环境的问题，一方面要依靠地学的理论与技术，另一方面也要有正确的思维原则与方法，地学哲学可以为此提供服务。尤其是在世纪之交的当前，地矿工作已进入经济地质与环境地质并重的时代。时代在呼唤地学与地矿工作发展的同时，也呼唤着地学哲学的新发展。地学哲学理应为跨世纪工程服务。

本世纪70年代以来，特别是前瞻21世纪地学发展趋势，地学与社会科学的交叉与综合化走向十分明显。地学的研究对象日益成为人化自然，社会科学研究的对象日益成为自然化的人，地学的社会科学化也十分明显。地学正面临着科学体系的重大转变时期，一大批交

叉学科与新兴综合学科正成为21世纪地学发展的基点。地学哲学应当在交叉综合的趋势中探求地学研究的新观念、新思维与新方法，开发地学研究的新天地。

地学哲学对于完整而准确地理解马克思主义哲学，深入学习马克思主义哲学，并用以指导自己的工作与研究，推动科学的哲学化、哲学的科学化，也具有十分重要的意义。

地学哲学作为一门新兴学科，在中国也不过只有十几年历史，在百花争艳的科学园地中，不过是破土而出的一株小草。这块丰沃的土地还有待地学工作者、哲学工作者以及有志于此的学者去开拓与灌溉。幼稚定在意料之中，但也不必妄自菲薄。只要扎根深深，生机当可勃勃。前面就是春天，前程胜似春天。

第一篇　地球物质客体

第一章　地球物质客体的性质

对地球物质客体的认识存在着两个基本角度：一是从哲学的角度抽象、概括地球物质客体最为本质的性质，揭示它的运动变化的内在规律，形成关于地球物质客体最一般的认识；另一个角度是从科学的角度，着眼于地球物质客体的局部特征和表现，分析其存在、运动、变化和发展的规律。由此而形成了关于地球物质客体不同组成部分、不同发展阶段和不同表现方式的多样性的认识。两个认识角度是内在联系、相互支持的，它们共同推进了关于地球物质客体的认识。

沿着这样的认识过程和认识特点，关于"地球物质客体"概念本身的认识就应有两个层面，即哲学的和科学的，尽管这样的区分在日常并没有被普遍重视，然而在理论上它们有很大的不同。地球物质客体特征的认识是建立在对其哲学界定基础之上的，从地球物质客体存在、运动和变化的物质基础上看，地球物质客体具有非均衡性；从地球物质客体的存在方式上看，它具有演化性，即能流演化、物流演化和信息流演化等；从地球物质客体存在的状态上看，它具有系统层次性。随着关于地球物质客体哲学的和科学的认识不断深入，关于地球物质客体的特性也在不断被发掘。

第一节　地球物质客体的含义

一、从哲学的角度看地球物质客体

从哲学的角度看待地球物质客体，其基本的规律性有以下几个

1　本章为天津河北工业大学白屯副教授执笔。

方面：

1. 地球物质客体是与地学主体相对应的哲学范畴，是不依赖于地学主体而存在，又被地学主体所反映的地学认识的对象

地球物质客体是一个哲学范畴，它不是一个具体的实物，而是具体实物的抽象。地球物质客体的对应范畴是地学主体，地学主体同样具有非实物性质，它也是对实物（地球科学家及地学工作者）的抽象。因此，在哲学的层面上看地球物质客体与在科学层面上看具有根本的不同。

地球物质客体不依赖于地学认识主体而存在，但又是而且只能是被地学认识主体所反映的客观存在。独立于人的反映过程之外的那种“地球物质客体”不仅没有以上的基本规定，而且是地学认识所用不着的，正如恩格斯所说，自然科学的极限是“我们的宇宙”，“而在我们的宇宙之外的无限多的宇宙，是我们认识自然时所用不着的。”[①]科学研究的客体是感觉的对象，“是感性的对象”。[②]由此可知，地球物质客体是人们通过感官或延长了的感官（科学仪器）可以感知的那个感性的地学世界，是与人（地学主体）建立了一定的信息联系，进入了地学认识范围的那部分地学世界。例如，地壳及其运动早在人类诞生以前就客观地存在着，但它并没有成为现实的地学认识客体。随着地球科学的发展，地壳及其运动成为地学主体关注的重要对象。从垂直运动、水平运动到板块构造理论，不仅地壳和地壳的运动越来越成为地学认识对象的核心，而且同时出现了诸如 E. 修斯、A. L. 魏格纳、H. H. 赫斯、R. S. 迪茨、X. 勒皮雄、D. P. 麦肯齐、W. J. 摩根和 J. T. 威尔逊等一批与地壳及其运动问题相“齐名”的著名人物。

需要指出的是，地球物质客体与地学对象在一定的意义下是同义的，除与地学认识主体相对应的含义外，地球物质客体即是地学认识活动的对象。

---

① 《马克思恩格斯选集》，第 3 卷，人民出版社，1955 年，第 557 页。

② 《马克思恩格斯全集》，第 42 卷，人民出版社，1955 年，第 169 页。

2. 地球物质客体与地学主体共同发展，最根本的决定因素是地学实践的进步，是地球科学的进步

地球物质客体进入地学认识的领域并在其中不断获得其性质、内容、作用、地位等的变化，其基本条件是地学实践。例如，关于地球形状的认识，最早人们认为大地是平的。古希腊泰勒斯把大地比喻为茶碟，漂在水上，其上倒扣着一个圆盖形的天。中国古代的“盖天说”也是这个意思。最早提出球形大地观的是毕达哥拉斯学派，亚里士多德给予经验证明。后来，经托勒密到麦哲伦，“球形说”最终确立起来。17 世纪末，I. 牛顿从力学观点创立了地扁说，认为地球是两极略扁的椭球，这一学说为法国在 1735～1744 年间的大地测量结果所证实。此后，人们又发现，地球是个三轴椭球形，而现代的新型观测技术又指出了地球类似于梨状的形体。与人类关于地球形状的认识过程相对应，关于地球的位置、运动、表面的变化、地壳的运动等等也发生了一次次的根本改变，从而对地球整体的基本特征发生了认识上的不断更新。在这个过程中，地球作为地球物质客体的组成和表现，作为地学认识的对象，也在不断改变着自己。

地球科学的不断进步是地球物质客体发生变化的直接原因。新的地学理论和方法的涌现，使得地学知识主体不断获得了研究或认识地球物质客体的新思路和新方法，从而加深和扩展了关于地球物质客体的理解。例如，从历史演变过程看，地球物质客体在地学认识过程中是由最初(近代)的整体特征到分化特征再到新的整体特征演变而来的。这一过程对应着地球科学发展的三个阶段。近代地学的综合发展是在 B. 瓦伦纽斯、A. Von 洪堡、C. 李特尔、C. 赖尔等人及其《宇宙》(1845～1862)、《地学通论》(1817～1859)、《地质学原理》(1830～1833)等的出现后形成的。然而从 19 世纪末到 20 世纪初，地学的发展与科学的思潮相应，出现了分化的趋势，部门化和交叉科学的出现反映了这一特征。例如，地理学中出现气候学、地貌学；地质学中分化出矿物学、岩石学、构造地质学；此外还分化出地球化学、地球物理学等。地学的分化并没有取代已成规模和大势的综合化思潮，地

学在分化与综合的交叉中发展。综合地理学、全球地质学和地球学的进步代表了地学新的综合发展。①

伴随着人的认识不断发展，大量地球物质客体的新形式和新的组成部分不断出现，从而丰富着地球物质客体的内涵。20 世纪初，苏联学者 B. II. 魏尔纳茨基最先研究了人的地质作用问题，从而把人与人的活动结果纳入到地球物质客体的范畴之中。他认为，人的地球化学功以令人惊异的速度增长。人正在把自己的影响扩大到全部化学元素，形成新的化合物，把新的物质引入地壳过程，改变了所有金属的地球化学史。他说，整个人类正在成为强大的地质力量。② 人的地质作用（目前来看，人不仅仅与地球物质发生地质作用，还发生地理、大气和海洋等多种综合作用③）还发生在采矿、工程建筑、人为地质灾害等等许多方而，随着地球科学家对这类问题的关注和由环境、资源、人口、能源、灾害等问题而引发的新的研究，地球物质客体在地学认识中的表现也发生了巨大的变化。

二、从科学的角度看地球物质客体

地球物质客体在地球科学家的视野中表现为活生生的、具体的、历史的研究对象。不同的地球科学家在研究各自领域的地球科学对象的同时，不仅概括出其研究对象的本质和规律，而且为整体的地球物质客体提供了大量丰富多彩的科学素材。

1. 在科学认识中，地球物质客体的具体表现形式及其本质和规律，被地学家从一个特定的方面、特定的层次上反映出来

首先，地学认识具有量的限度，因此，地球对象是有形的、量化了的。地球科学家所从事的地学研究是有实际所指的，并被一定的时空尺度所涵盖。在空间尺度方面，尽管地球的空间尺度可以从晶胞至全球，但按照一定的标准可将其划分为不同的级别，从而使不同的地学

---

① 《自然辩证法百科全书》，中国大百科全书出版社，1994 年，第 57 页。

② 《自然辩证法百科全书》，中国大百科全书出版社，1994 年，第 408 页。

③ 白屯：论当代地球科学整体发展的新趋势，《自然辩证法研究》，1994 年，第 8 期。

过程(沉积、岩浆、变质、成矿等)和不同的地学场(地球物理场、地球化学场、应力场等)被规范于其中。例如,划分为全球级、半球级、区域级和地域级等空间尺度。其中,全球级尺度是将地球作为一个整体单元,范围涉及地球的固体部分、液体部分和气体部分,在全球级空间尺度中重点涉及的是地球的起源和演化规律以及各种形态地体运动的全球分布等问题。半球级尺度是以地球明显的非对称性为前提,如按南北的非对称性、以0°和180°经度线为轴心的半球的非对称性和大陆及大洋的半球特殊性等来划分的,在这一尺度内存在着各自的规律和运动特征。区域性尺度是具有同结构和同源性的较大区域。在此区域中,地球对象的运动更多是取决于区域内的条件和物体相互作用。在区域级内部按照某种分区标志划分出的特定小区域即地域级尺度。这里的地球对象的运动是局部的、小规模的,从而形成了新层次的研究领域和研究对象。

在时间尺度方面,地学的不同学科选择了不同的时间段,出现了大量含义特定、时段特定的概念,如周期、旋回、脉动、韵律、分期、分幕、分级等。科学家认为,从定性的角度看,"韵律"的含义最为广泛,因而,地球科学研究的时间尺度可以划分为长韵律阶段(十亿~千万年级,即10^9~10^7年)、中韵律阶段(千万~万年级,10^7~10^4年)、短韵律阶段(万至年级,10^4~10^0年)和微韵律阶段(年、月、日级,100~10^{-3}年),等四个阶段,在不同的韵律阶段,地球对象所经历的作用和影响不同,因而表现出不同的性质和规律。①

其次,地学认识具有特定的内容。地球物质客体的具体表现不仅被地学认识的时空尺度所(相对)限定,而且,具体的地球科学认识往往肩负一定的目的和任务,从而在各自的角度提示地球物质客体整体的特性和运动规律。例如,地质学是研究岩石圈及其发展规律的科学。它所涉及的对象和所揭示的规律包括:岩石圈的成分、构造和历史,各类岩石及矿床形成的规律,地球岩石圈的空间分布和时间顺

① 《自然辩证法百科全书》,中国大百科全书出版社,1994年,第56页。

序，以及古地理环境的更替和生物在地球上的进化史等等。自然地理学则是研究地球表层自然地理环境的科学，它所涉及的对象包括天然环境和人为环境。前者即未经人类作用，或只受到间接影响，其自然面貌尚未由于人为因素而发生变化的环境，如热带和赤道的原始雨林、大荒漠、大沼泽、极地等景观；后者表示人类长期作用（包括破坏）的环境，如农田、林地、草场、城市等，它们共同构成了自然地理学研究的对象。

第三，地球科学揭示地球物质客体不同表现形态间横向和纵向的联系。地球科学的各个分支学科从来就不是孤立发展的，这其中的根源在于，地学认识对象本身与其它对象间存在着密切的物质、能量和信息的交流。所以，地球科学不同分支的发展过程从某种意义上看，正是不断揭示其各自对象与其它对象间相互关系的过程。从而这也从一个方面揭示了地球物质客体在地球科学领域中的广泛联系性。总扩起来，地学所揭示的科学对象间的联系可分为纵向和横向的。

地球物质客体的具体表现形式间在地学研究和发展中表示出的纵向联系，其主要形式是由地学的层次结构来表现的。例如，在地理学中，如果将部门地理学作为第一层次的学科，则地貌学和气候学；河流地貌学、河流水文学、湖泊学等；泥石流学、雪学、冬季学等分别成为部门地理学的二级、三级和四级层次的学科。与此同时，地学中的不同分支学科又在广泛的联系中结为整体，揭示出地球科学对象的纵向联系。例如，综合自然地理学是关于“地理壳”的整体特征的科学，而地理壳包含了地球表面的大气圈对流层、水圈、生物圈和地壳的沉积岩圈等不同组成部分，因此，综合自然地理学（钱学森曾建议称之为“地球表层学”）的对象正是关于地理壳综合、整体特征和发展规律的学问，从面揭示出地理壳特殊的物质三相（气、液、而体）交换和渗透规律、特殊的自发形成物（如生物、风化壳、土壤、地貌、沉积岩等）、特殊的圈层能量交换和循环（如水循环、生物地球化学循环、地质循环等）和特殊的人类生存、发展环境及其变化规律等多种规律和

特征。

2. 地学认识中的地学对象是哲学中地球物质客体的科学依据

首先，认识地球物质客体的特性离不开地球科学的认识成果，地球物质客体的最基本的特性之一是客观性。地学研究表明，任何地学学科所研究和揭示的地学对象内在的本质和运动规律都是不以人的意志为转移的，地学主体只能在反复的地学实践中认识它、反映它。因为，“人并没有创造物质本身，甚至人创造物质的这种或那种能力，也只是在物质本身预先存在的条件下才能进行。”① 地球物质客体的另一基本特性是不可穷尽性，这一点也是地球科学长期发展特别是现代地球科学的发展所证实的。例如，现代地质学的发展，微观上深入到原子层次，宏观上扩展到球外空间，深度上从陆壳进入上地幔和下地幔，而在广度上从大陆进入海洋并由海洋回到大陆，从全球空间进入太阳系。如此大规模、多极化和整体化的学科发展，必然为我们认识当代地球物质客体的基本特征提供科学的保证。

其次，推进对地球物质客体的认识仍然需要地球科学的进步。除以上基本特征外，地球物质客体还存在着一般的特征，例如非均衡性、演化性和系统层次性等等。这些特征的概括，首先是不同地学分支学科新发展的结果。还有一些特征正在随着科学家的不断工作而被逐渐揭示出来，不同分支学科的发展，形成了关于地球物质客体特征认识之源。例如，人地关系理论所揭示出的一些重大问题正在被概括为地球物质客体新的特征。从以前的地理环境决定论(E. 亨廷顿)、地理环境或然论(P. 韦达·白兰士、J. 布龙纳)到人地相互作用论(Γ. B. 普列汉诺夫)，再到今日的人地有机统一论，成为我们今日认识地球物质客体新特征(人地特征)的重要历史背景和观实依据。

三、地球物质客体在地学认识中的地位和作用

1. 地球物质客体是地学认识的客观前提

地学认识是地学对象在地学家(地学主体)头脑中的反映。进行

---

① 《马克思恩格斯全集》，第 2 卷，人民出版社，1955 年，第 58 页。

地学认识的基本条件不仅要具有认识的主体——地学家，而且必须有认识的客体——地学对象，两者缺一不可。另一方面，地学发展的历史过程表明，地学主体在认识地球物质客体时，并非简单、机械地反映地学对象，相反，地学主体是在尊重客观对象基本规律的前提下，能动地认识地学对象，这其中最突出的表现就是依据已掌握的事实和资料，经过逻辑加工而推出的地学假说。地学假说包含了地学对象的性质、状态、运动规律、发展方向等多方面的内容，地学家在深入地研究了这些内容并不断在地学认识和实践中修正和验证了这些假说之后，使假定性的地学对象逐步转化为真实对象。由于地学研究具有十分特殊的特点，如全球空间的广阔性与观察者地学实践的有限性的矛盾、地球物质演化的漫长性与地学主体实践的短暂性的矛盾、地球演变的非重复性与人们习惯的物理实验模拟的矛盾、地球历史的不规则中断与人的认识的连续性期望的矛盾等等，使得地学研究对象往往在地学认识中以假设或假说的方式出现。由大陆漂移说、地幔对流说、海底扩张说到板块构造说的假说演进过程，说明了地学认识过程中地球物质客体与地学主体间的辩证关系。

2. 地球物质客体是地学认识的动力和结果

地学认识来源于地学主体对地球物质客体的探究，大量新的地学研究课题的涌现，促使地学家不断深入到新的地学对象之中，由此而产生了理论与实践、主观与客观的矛盾，推动了地学认识的发展。因此，地球物质客体既是地学认识的动力，也是地学认识的结果。产生于 19 世纪的景观说是由 A. Von 洪堡、B. B. 道库恰耶夫等人开创，经 S. 帕萨尔格、Л. С. 贝格等人的工作创立的。在创立过程中，他们顶住当时流行于地学界的分析思潮，认为地现环境的各个组成部分的简单汇集不能说明整体地理环境，局部的地理环境间存在着复杂的网络关系，因此，要研究地现环境的局部，也要研究由这些成分构成的整体。他们称这个整体为景观，建立了景观学说。显然，作为研究始发点的地理景观也成为研究的结果，现代地理景观学正是在前人研究基础上，沿着既分析又综合的方向以及进行内部土地结构

研究的方向发展。[1]

3. 地球物质客体表示了地学认识的深度和广度，反映了地学认识主体的水平和能力

不同历史时期的地学认识程度可以通过当时地学对象的面貌来衡量，从而折射出当时地学认识主体的发展程度和认识能力。例如古代人眼中的地球，不论是位置（所谓“天地之体，状如鸟卵，天包地外，犹壳之裹黄”《晋书·天文志》）、形状（“天圆如张盖，地方如棋局”）、表面变化（所谓：“沧海桑田”或“天不变，道亦不变”）等都无法与现代人眼中的地球（例如，地球是一个有序巨系统；是一个不断演化的、复杂的、内外相互联系的整体；是一个开放的、包含着人-地相互作用的耗散结构等等）相比，从而表现出地学认识的极大进步以及地学家的研究程度。现代地学对象更加明确地提出了地学主体智力水平的问题。面对着地学对象的复杂性、不可逆性和不可直视性，地学家正迎接着新的挑战和难题。另一方面，人类社会发展所必需解决的资源、环境、灾害等全球性的问题，也为现代地学家提出了新的研究对象和课题。所有这些都需要地学主体在新的地学认识中提高智力水平，提高辩证思维能力，以迎接新的地学对象的挑战。[2]

4. 地球物质客体推动地学认识手段的发展

现代地学认识表明，对地学对象的认识是运用和发展地学认识手段的目的和动力。在地学发展的早期，多数地学对象具有直观性、单一性，因此，野外考察是基本的研究方法，地学研究工具也十分简单。但在现代，大量新事实和新现象的出现，迫使地学认识的手段迅速发展，不仅地学研究方法由近代的个别、单一和直观的“实在式”思维方式发展到流变性、历史性的“演化式”思维方式，再到全球性、整体性的“全球运动式”思维方式，[3] 而且大量新的地学研究工具也应

---

1. 《自然辩证法百科全书》，中国大百科全书出版社，1994年，第260页。
2. 白屯：走出现代地学研究的时空困境，《大自然探索》，1996年，第1期。
3. 白屯：地学思维史简论，《自然辩证法研究》，1991年，第8期。

运而生，例如，近年来开发的与海洋探测有关的仪器和设备就有海底地震仪、海底磁力仪、海底电位差仪、海底地温记录仪等，有力地促进了地学家对海底地震、磁场、电场、地温等的观测和观究。随着现代地学对象新特征的不断被揭示，地学研究手段和工具也在日益更新。四大技术体系（即观测与探测技术体系、模拟与实验技术体系、测试与分析技术体系、信息计算与处理技术体系）的不断完善，反映了当代地学研究方法发展的趋势和特征。

第二节　地球物质客体的特征

一、非均衡性

地球物质客体的非均衡性是地球物质和能量在时空分布的不均衡性。从本质上看，地球物质客体的非均衡性是地球物质存在、运动和变化的基础，是占主导地位和绝对的，而地球物质客体的均衡性则是从属性的、相对的。

首先，地球物质在时空分布上具有非均衡性。

早期的地球在物质组成上表现为相对的均衡。在地球形成之初，地球内部不同物质组成的原始星球在分异、调整之前处于混沌、无序状态，此时，大面积剧烈的火山喷发，强烈的岩浆活动与各种类型的物质相互作用，使地球内外的物质、能量逐渐开始有序循环，从而出现了初步的、以有序的层状结构为特征的早期地球非均衡的物质分布。随着地球内部脱气作用的不断进行，地球表层又进一步打破原来的均衡状态，逐渐形成了地球表面广泛分布的水和笼罩整个地球的大气层。

地球物质在结构构造上的均衡性主要表现在地球空间框架的相对定格或固定。类似鸡蛋的地球内部构造，如地壳（0～30 公里）似蛋壳，地幔（30～2900 公里）似蛋白，地核（2900～6371 公里）似蛋黄。地球的椭圆扁率为 1/300，其固体重量和体积也是相对固定的，分别为 66 万亿亿吨和 1.1 万亿立方米。在地球表面以上的气圈也具有类似的性质，如对流层，0～16 公里；平流层，16～60 公里；电离层，60～

100公里；磁层为1000公里以上。然而，均衡是相对的，非均衡是更为本质的特征，如地壳组成物质的成分不同，结构也不同，密度有大有小，物质的数量有多有少，地形有高有低，还有海洋与陆地的差别，地壳的结构有厚有薄等。科学家根据地震波速对不同特性的地下构造的反映，划分出“薄壳薄幔结构”，如北昆仑、南昆仑地体；“厚壳厚幔结构”，如巴颜喀拉和羌塘地体等等，由此而决定了地球引力场、重力场、电力场、磁力场的不均衡以及位能、势能、动能及压强等的不均衡。

其次，地球能量在时空分布上具有非均衡性。

地球是一个巨大的聚能体和耗能体。地球物质客体的能量绝大部分来自太阳的光辐射。太阳的能量来自聚变核能，约为四亿亿亿千瓦(3.8×10^{24}千瓦)。地球处的日照功率为1.35千瓦/平方米。太阳能量到达地球大气层表面的功率为1.72×10^{14}千瓦。其中，大气反射掉27%，吸收18%，散射掉7%，而直接射到地面的占41%，加上散射到地面的7%，共48%，功率为8.25×10^{13}千瓦。此外，地球自转动能、地热能以及地球植物在光合作用下制出的生物能等等，也构成地球能量体系中的组成部分。

除自然原因外，地球能量消耗的主要方面来自人类。目前，人类已利用的能源包括：矿物燃料(煤炭、石油、天然气等)、可再生能源(水力、风力、潮汐、波浪、柴草等)、核能(原子能)、太阳辐射能、地热及生物质能源。其中，矿物质燃料，特别是化石燃料，占能源消耗的绝大部分。

地球能量在地球形状、自转、绕日公转等方面的原因作用下导致分布的不均衡。例如，地球的体积在不断膨胀，其直径每年伸长5mm，而其自转速度在减缓，每昼夜延长$5\times10^{-6}\sim14\times10^{-6}$秒，欧洲和美洲两大陆间距离以2.5毫米/年的速度分开，北美和亚洲以2毫米/年的速度靠拢。地球能量也由于地球结构不同、内部构造各异和运动方式不一等原因而导致耗损的不均衡，如火山、地震、地热等的分布不均，致使地球上每年发生约10万次地震(有感的为3000～

6000 次)和喷出 66000 立方米火山灰,释放出大量能量。人类对地球能量的消耗日益加剧,使地球有限的能量资源濒于枯竭,据统计,按照目前的消耗量统计,地球上已探明的煤可供人类使用 200～300 年,而其它能源资源,包括提供核能的铀,也只能供人类使用 50～60 年。

如果结合地球物质客体的起源,把地球放在宇宙星体形成过程中来看地球物质和能量的非均衡性,则更加一目了然。按照大爆炸宇宙学的观点,地球物质与能量分布的不均衡,主要是由于大爆炸造成的宇宙膨胀所至。大爆炸造成了宇宙中体积、重量、能量不同的星体和宇宙碎屑物质、能量不同的发光体和黑暗物质,以及运行速度和方向不同的星体。因此,从元初开始,地球就是在非均衡的状态下发生和发展的,这说明,地球物质的非均衡是绝对的也是永恒的。

二、演化性

地球物质客体的演化性是地球物质的存在方式,是地球物质客体的存在状态、发展趋势等基本特性的概括。演化性是地球物质客体最基本的特性之一。

首先,地球物质客体在存在状态上具有演化性。这种存在状态的演化性具体表现为节律性、激变与渐变的交织性、收缩与膨胀的统一性以及多样性。

从地球演化历史过程上看,地球物质客体呈普遍的节律性演变的特征。地球演变的节律性,即地球在其漫长的演化过程中的阶段性。这种阶段性的主要特征是阵发性、周期性和不可逆性或前进性。这些主要特征,一方面揭示了地球运动变化更深层次的规律性;另一方面,其自身也表现为普遍节律现象。科学研究表明,地球的圈层结构纵向不均一及横向不均一是地球具有节律性变动特征的主要原因。①

---

① 王鸿桢:地球动力学的演化观,《共同走向科学》(中),新华出版社,1997 年,第 250 页。

从地球物质客体演变的方式看，地球的演化特性体现为激变和渐变相互交织的特征。地球上存在着以相对用时很短的运动、变化，这一点不仅在居维叶、布朗尼亚尔、博蒙、阿尔瓦雷斯父子等人的论述中不断被论证，而且一系列新事实和新概念，如“新灾变论”、“现实灾变论”、“事件地层学”等的出现，说明了现代人们对其的关注。而渐变性的运动变化是地球物质客体演化特性中较早地获得其科学和哲学地位的学说，渐变与激变成为相互依存的一对描述地球物质客体演变方式的范畴。

从地球物质的组构关系上看，地球物质客体的演变还体现在收缩运动和膨胀运动的对立统一之中。收缩与膨胀不仅是自然界中普遍存在的运动方式，而且也是地球形成、演化中导致地壳褶皱、山脉形成的动力之一。地球收缩和膨胀各有其规律性：在地球膨胀期，地壳受引力作用，产生大规模隆起与坳陷，形成大型裂谷和岩浆喷溢；在地球收缩期，地壳受挤压作用，产生褶皱山系，并伴随岩浆活动。收缩与膨胀的交替作用，使地球在时间上表现为收缩→膨胀→收缩的节律特征；在空间上则表现为局部的沉陷和挤压的不均匀分布。

从地球物质客体演变的表现上看，地球的演变表现为多样性。地球物质客体的演化是连续的和阶段性的统一，是发展的和进步的统一。地球演化具体体现在地核、地幔、地壳；在水圈、气圈、生物圈和外层空间；在无机界和有机界；在地球的微观或局部；在不同的地质运动过程，如矿床的形成过程、断裂构造的产生过程、地球化学过程等等都有不同的表现。分布于地球物质客体整体和局部的各种作用力更使得地球的演化表现出多种多样的形式和结果。例如，地球物质客体的宏观力学作用就有十四种之多，包括：自转、绕日公转、绕地月系质心旋转、绕太阳系质心运动、跟随太阳系绕银道而作螺旋式前进运动以及绕银河系中心运动等等。其中，地球自转的变化又可分为自转速率的变化和极移等，而地球公转时的轨道也是变化的，包括偏心率的变化、黄赤交角的变化和近日点进动的相对变化。此外，地球在公转时自转轴的空间指向也有两种变化，即地球旋转轴的运动以及其

摆动。由此可见，地球物质客体演化的过程不仅非常复杂，而且存在多样的方式和多样的表现。

其次，地球物质客体的演化性还表现在其发展趋势上。具体表现方式体现在地球能量流、物质流和信息流的变化过程之中。

地球物质客体物质和能量时空分布的非均衡性以及由此而产生的位能、热能和压强差的存在，造成了地球物质的扩散移动、滚动、蠕动及坠落等方式的物质流和能量的幅射、传导和扩散的能量流。物质流、能量流的流向、流量及流速，取决于其在时空分布上的非均衡程度，即它们的高与低、多与少、强与弱之差，或位能、势能、动能及压强之差。流量与流速取决于不均衡之差的程度，流向取决于不均衡差的最大方位或方向。引起物质运动的高差/落差、比降/坡降等既是不均衡的表现，又是重力场的表现。物质流和能量流的过程，都是遵循耗散结构理论和重力场理论的。①

地球物质客体中的物质流，其基本组成发生了变化，即人们已突破了固态、液态、气态三种传统认识，先后发现了生物态、等离子态、中子态、磁性中流（液氦Ⅰ、Ⅱ）等新的物态。近年来，美国、以色列和我国学者分别从急速冷却的铝锰合金、合金集聚体中发现了具有5次与8次对称轴的准晶体。1985年，我国学者彭志忠还揭示出这种介于晶、液过渡态的新物态具有的微粒分数维结构。地球物质客体的能量流也呈多样化，按照自然能和人工自然能的基本划分，前者包括地外能（太阳辐射能、日月引潮能、陨石冲击能、宇宙射线能等）、地表能（风能、水能、生物能、海洋能等）、地内能（机械能、物理能、化学能、结晶能、化石燃料能等）；后者主要是人工电能（水力发电、火力发电、风力发电等）和人工核能（人工核裂变能、人工核聚变能等）。②

地球物质系统的信息流，既是地球物质流、能量流的性质特征和

---

① 承继成、陈述彭：地球系统理论基础概述，《大自然探索》，1997年，第3期。

② 刘波：《天地人系统观》，安徽教育出版社，1992年，第200～205页。

状态的表征，又是物质和能量时空分布的不均衡性及其特征和状态的表征。按照信息科学的一般理论，信息是物质和能量状态的标志，信息流即物质流和能量流的性质、特征和状态的表示和知识，在此意义上，信息流对整个地球物质和能量的运行机制起着调控作用。地球物质客体的信息流一方面随物质流和能量流而产生，依附于它们而存在，以它们为载体；另一方面，地球物质客体的信息流又对能量流、物质流的流量、流速、流向起决定作用，所以地球物质客体的信息流具有两重性，它是地球客体的纽带和"神经系统"。沿着这一思路，科学家从物质、能量和信息在地球物质客体中迁移、转移和贮存的特征和过程中，揭示出地理流、地理势、地理场、地理谱和地理熵等特性和概念。①

三、系统层次性

地球物质客体的系统层次性是对地球物质客体存在的基本空间结构性的概括。地球物质客体基本时空结构是层次性的圈状结构，同时，它又不是简单的同心圈层状，而是开放的、复杂的、动态的和系统的层次结构。

首先，地球物质客体具有规则的基本时空结构。

地球系统的基本时空结构，即整个地球沿时间和空间发展坐标而沿化至今的层状面貌。它包括固体地球、地球表层和地球空间三大部分。

面体地球内部的主要层次由地表到地核依次分为（如图 1－1）：地壳、上地幔、下地幔、外核、过渡层、内核。地球表层指地面以上至 85 公里处大气层的中、低层。地球空间包括：高层大气（高于地表 85 公里以上的高层大气层）、磁层（起始于离地表 600～1000 公里，其顶部在向太阳一侧为 10.5 个地球半径，在背向太阳一侧可延伸到几百至一千个地球半径）。

---

① 承继成、陈述彭：地球系统理论基础概述，《大自然探索》，1997 年，第 3 期。

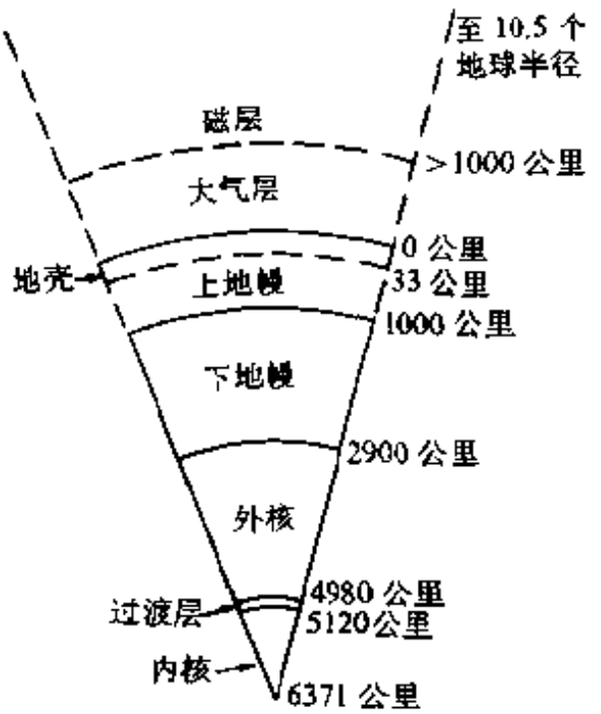


图 1－1　地球物质客体基本时空结构图

在以上三大部分中，地球表层系统是地球物质系统最重要的组成部分，它包括气圈、水圈、生物圈和岩石圈。气圈经历了由原始气圈向现代气圈的转变，即由原来以二氧化碳、一氧化碳、甲烷、氮等成分为主的还原大气转变为以氮、氧、氩、二氧化碳、水蒸气为主要成分的现代大气圈。气圈的总质量达 5×10^{15} 吨，由地表向高空划分为对流层、平流层、电离层、扩散层四个层，各层的物质成分、温度、密度、运动特性和物理化学状态等都有很大差异。水圈包括海洋、江河、湖泊、沼泽、冰川、地下水、大气中的水等，总重量为 1.433×10^{24} 克，其中海水占 97.2%，冰占 2.1%，陆地水占 0.629%。岩石圈包括地壳的沉积层、风化层和土壤层，还包括一部分上地幔，平均厚度为 70～100 公里。岩石圈上下部的物质成分不同，上部是以花岗岩为主的硅铝层，下部是以玄武岩和橄榄岩为主的硅镁层。岩石圈厚度分布不均，大陆壳平均厚度为 35 公里，大洋壳的平均厚度为 8 公里。生物圈是生命存在的主要领域，涉及到岩石圈、气圈和水圈。生物圈经历了由简单到复杂的演化，至今形成了包括 30 多万种植物、100 多万种动

物和10多万种微生物的丰富而多样的生命系统。特别是在大约300万年前，人从动物中分化出来（恩格斯曾将人从动物界脱颖而出称为“提升”[1]），从根本上改变了地球物质客体地球表层系统的组成。

其次，地球物质客体具有开放的系统层次结构。

系统科学立足于能量流动和温度变化关系，把系统分为孤立系统、封闭系统和开放系统。地球物质客体是一个开放系统。这是由于，一方面，地球运动的能量来源主要依靠太阳。例如，洋流的动力虽来自大气环流底层的盛行风和热盐对流，但其最终的能量来源乃直接或间接来自太阳。地理学家发现，地理环境中许多自然现象的发生和变化，主要是由太阳辐射能引起的区域的分异，这也是由于太阳幅射的分异引起的。至于地球上生命过程的存在，更离不开太阳的光和热。据有关专家估计，地球失去太阳幅射所提供的能量，仅仅依靠大气本身的有限能量的话，地球仅仅能维持一星期的正常运动。所以地球物质客体是一个开放的耗散结构体，它不断接受太阳源源不断的能量（负熵流），不断抵消地球表层的熵增和降低自身系统的总熵，由此而形成和维持了气圈、水圈、岩石圈、生物圈等的自组织的有序结构。

另一方面，地球接受能量的不均衡（事实上，太阳对地球辐射能量也是不均衡的），也导致了地球与外界不断进行物质与能量的频繁交流。比如，地球的年均气温并非是一个常数。70年代以前，地球的年均气温比30年代时降低了0.45℃，而在近几年，地球的年均气温呈上升的趋势。此外，地球的南北半球由于接受太阳辐射能量的角度不同而表现出热量的不一，就是在同一地区，冬夏季节也存在不同的热能变化。地球与外界保持着物质和动量的交换，据最新的资料表明，我们赖以生存的地球，在它运行的轨道附近，每年要吸引4万吨的宇宙碎屑物质——小陨石，而地球的固体潮，海洋、湖泊中的潮汐现象，则来自于地月、地日间的引力。所有这些因素都促使地球成为

---

[1] 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社，1971年，第20页。

一个开放的、动态的系统。系统层次性除上述内容外，还应强调两点：①地学面对的物质客体不只是地球的圈层结构，而且每一个圈层又是一个复杂的系统结构，因此，地学哲学在讨论地球物质客体时不能不考虑到系统层次的复杂性，避免以偏概全、张冠李戴的偏颇。②地球物质客体总是处在一定的空间结构之中，地球是太阳系的成员，是银河系的一颗尘埃，于是有了宇宙地质学、星际地质学、月质学等概念，这就给地球物质客体带来崭新的概括内容，应当引起重视。

非均衡性、演化性和系统层次性构成了地球物质客体一般特征的核心，它们之间具有前后相继的逻辑顺序，同时，它们也是地球物质客体最基本特性，即客观性、无穷尽性等的表现。应当指出，现代地球科学的发展正从科学的角度提出大量有关地球物质客体特征的事实，这些将为从哲学上进一步认识地球物质客体的特征打下坚实的基础。

第二章　地质运动

本章讨论地球物质客体的运动，即地质运动。正如本书第一章所述，地球物质客体有着哲学抽象与科学抽象两个含义。因此，相对应地，对地质运动也有着哲学含义和科学含义之分。地质运动作为科学含义的概念，没有人给过界定，但在地质界广泛流传着，是个含义不明确的概念。地质运动作为哲学概念的含义，目前也正在热烈讨论之中。本书对此提出自己的看法。

第一节　地质运动的含义[①]

地质运动作为一个哲学概念，是1959年由前苏联哲学家凯德洛夫提出来的。原来，恩格斯讨论物质运动形式时，只把物质运动划分出四种基本形式，即，机械运动、物理运动、化学运动、生物运动。后来，凯德洛夫创造性地提出地质运动也是物质运动的基本形式。凯氏认为，地质运动形式是"处于个别的宇宙天体范围内的无机物质（矿物物质）的存在方式"，并且提出地质运动是机械的、物理的、化学的运动形式的综合。这个提法，虽然引起学术界热烈争论，说法不一，但总起来看，可把地质运动定义为：它是机械运动、物理运动、化学运动的综合形式，它是包含有机械运动、物理运动、化学运动但又比它们更为高级、更为复杂的物质运动形式。这是多数学者取得的共识。[②]

自然界的物质演化系列，从机械运动经由物理运动到化学运动就发生了分化，形成两个具有综合性质的、相对应的分支（图2－1）。

---

① 本节参照诸大建的"关于物质运动的地质形态"和白屯的"试论地球运动形式"修改而成。

② 有的学者认为地质运动还包含有生物运动。当然生物与人类的活动对地质运动发挥（叠加）了重大作用，但从物质运动形式的演化系列看，地质运动应是处于化学运动形式与生物运动形式之间的运动形式。

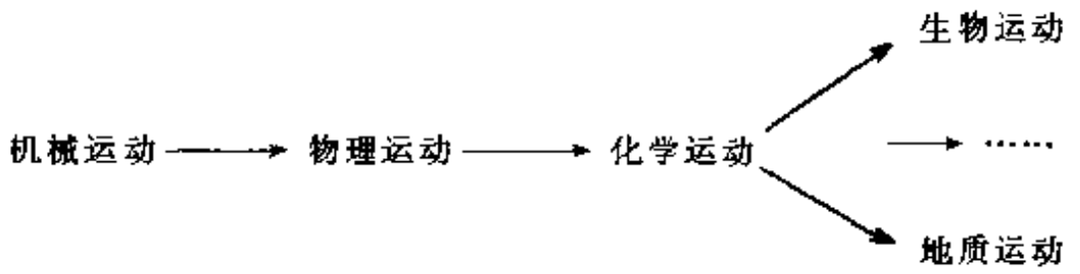


图 2-1　自然界物质演化系列

如图所示，一支是有机界的生物(生命)运动，另一支就是无机界的地质运动。生物运动是机械运动、物理运动、化学运动等单一运动形式高一级的综合运动形式。地质运动也是较单一运动形式高一级的综合运动形式，它是生命发生、发展的必需条件与背景。这一点下文论述的地球运动形式有进一步的说明。

应当指出，生物运动与地质运动虽同为综合形式的运动形态，但二者的性质区别是显然的：①地质运动主要发生在相对简单的无机物身上，而生物运动的物质承担者却是较为复杂的有机物质。②机械的、物理的、化学的过程在有机物质身上融合比在无机物质身上融合相对较强，即生物运动的整体效应高于地质运动的整体效应。正因为如此，人们很容易承认生物运动是一种独特的不同于低级运动的自然过程，而把地质运动误以为是机械的、物理的、化学的运动的简单相加，它本身并没有什么新物质。这正是历史上生物学研究常常出现“活力论”倾向，而地质学研究相反却常常出现“机械论”、“还原论”倾向的客观原因。

综上所述，可以把地质运动的含义概括如下：地质运动是地球物质客体的存在方式，是地球物质客体的固有属性；它是机械的、物理的、化学的运动形式的综合效应；它包含着机械运动、物理运动、化学运动，但比单一运动形式更为高级、更为复杂的物质运动形式。

要证明地质运动是否是独立的运动形式，必须阐明三个必不可少的条件：①地质运动是否有特殊的物质承担者；②地质运动是否有它所固有的特殊矛盾；③地质运动是否有其特殊规律。

地质运动的特殊物质承担者，凯德洛夫认为是地壳。现今学者认为，从分子、原子直至作为天体的地球之间各种物质层次均有地质运动的物质承担者。具体说：

(1)地壳或岩石圈是直接的可感受到的地质运动的物质载体。恩格斯说："当行星有了一层硬壳而且在它的表面有了积水的时候……，它的大气层变为我们现在所理解的意义下的气象现象的流动场所，它的表面成为地质变化的活动场所。"[①] 地质运动的物质载体的这一部分包括结晶态或非结晶态的矿物→作为矿物集合体的岩石与矿床→由不同矿床、岩石组成的各种地质体→地壳或岩石圈。这正是经典地质学研究的对象。

(2)地球的其它无机物圈层，即外部的大气圈、水圈，内部的地幔和地核。这正是地球科学各部门研究的对象，诸如气象学、海洋学、地理学、土壤学、水文学等。

(3)地质运动不仅是地球物质系统的固有属性，而且还是普遍存在于与地球类似天体(行星、卫星)上的物质系统的固有属性。因此，地质运动的物质载体还应包括更广泛的天体物质。机械运动、物理运动、化学运动在自然界(宇宙)是普遍存在的现象，现在我们又发现，地质运动在自然界(宇宙)也是一种普遍存在的现象，这就为论证地质运动是一种独立运动形式提出了重要根据，并且为天体地质学(行星地质学)的发展提出了理论根据。

以上所述地质运动的物质载体有一个共同属性，即宏观性，它与微观性(分子、物质粒子)和宇观性(天体物质系统)有着重要区别。由此，地学家们普遍认为，地球科学研究方法的特征之一是肉眼观察。因为，只有当研究对象及其过程具有宏观性时，肉眼观察对象的外部特征的观察方法才是可能的。[②]

---

① 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社，1984年，第17页。

② 本节内容全部参照诸大建"关于物质运动的地质形态"，见：《地学与发展》，第184页。

第二节　地质运动的特殊矛盾

地质运动是个哲学概念，它是从许多具体的地质活动与地质过程中抽象出来的。在地壳或岩石圈上就存在着两类不同的地质过程：属于内力地质过程方面的有地壳运动、地震、岩浆活动及变质作用等；属于外力地质过程方面的有风化、剥蚀、搬运、沉积、成岩作用等。内力地质作用与外力地质作用都是机械运动、物理运动、化学运动的综合效应。

是什么动力引起上述地质活动与地质过程呢？这种动力来自两个方面：第一，来自地球内部的能量，包括重力能、地热能、放射性蜕变能、地球自转能等；第二，来自地球外部的能量，包括太阳辐射能、月球引潮能、陨石冲击能、宇宙射线能等。正是这些能量的相互作用构成了地质运动的特殊矛盾。

特殊矛盾之一是受重力作用制约的地球收缩和受热力作用制约的地球膨胀之间的矛盾。这一矛盾是导致各种地质过程发生的主导因素。例如在重力作用下，当地球整体或局部收缩时，会导致地内物质发生向心式迁移，地表出现挤压与沉降，地球自转角速度增大，地表水体发生由高纬向低纬的海浸；而在热力作用下，当地球整体或局部膨胀时，会导致地内物质发生离心式迁移，地表出现拉张和隆起，地球自转角速度变慢，地表水体发生由低纬向高纬的海浸。

与上述矛盾密切相联的另一个特殊矛盾是受地内能控制的内动力过程与受外能控制的外动力过程之间的矛盾。两者之间具有相互影响、相互制约的关系。例如内动力引起的构造运动、地震活动、火山活动等可触发诸如滑坡、崩塌、泥石流和海啸等外动力地质作用，由外动力引起的悠久而强烈的剥蚀与搬运作用又可改变局部重力场而导致内动力地质作用。总的来说，当地内能与地外能增强并相互结合时会导致地质变化过程的加速；当地内能与地外能趋向于衰减时会导致地质变化过程的延缓。

上述两个矛盾决定了地质过程的全部多样性，并最充分地表现

在地球外圈层与地球内圈层相交界的地带，即地壳或岩石圈上。地质学家最注意地壳或岩石圈运动变化，其缘由即在此。地质学一直处于地球科学的带头地位与中心地位，其依据亦在此。

由于地质运动的物质载体有其自身的特点，更由于地质运动有其特殊的矛盾，这就必然导出地质运动有其特殊的规律。我们把这个问题留在第三章去论述。

此时，沿着物质载体与特殊矛盾，我们对地质运动的讨论延伸到地球运动形式这个新兴领域。

本世纪"地学革命"以来，整体、综合的地球观开始主导了地学家的思维，他们着力研究"全球变化"、"全球构造"等涉及地球全局的课题。尤其引人注目的是，自 1972 年罗马俱乐部的学者们提出"全球性问题"以来，人们把可持续发展作为自己注视的中心问题。可持续发展中心内容讲的是自然、经济和社会的协调统一的持续性。由此可以引伸出：地球物质客体的运动变化应当与经济、社会的变化作整体化的考察。有的学者把这称之为"地球运动形式"。①

地球运动形式的物质载体是人地合一的地球，其特殊矛盾是人地关系。

人地合一的地球，表明地球具有它特有的人化功能。这不仅指地球在漫长演化中分化出了人，而且从此人类活动叠加到地质活动之中，人地关系从而有了新的运动。现在看来，地球是综合、整体地存在与发展。一方面是地球在时空运动和发展上的整体性；另一方面是地球在人地关系上发展的一致性。当代地球科学研究已不能摆脱人的地球作用、地球前途和人类命运的一体化课题。简言之，地球运动形式是把地球客体包含于有机物与人类社会的统一运动之中，这就是地球整体性的新含义。

现代地学家在思考地球物质客体的运动时，越来越认识到，象人

① 最早提出"地球运动形式"的是河北工业大学的白屯，见：《地学与发展》，地震出版社，1996 年，第 180 页。

类社会的地质作用过程(人类对大气、海洋、环境的巨大作用)已不可能排除在科学研究之外了,这也就同时指明,地球科学的发展离不开人自身素质的提高,地球科学发展水平和速度,与地学工作者智力因素的成长水平和速度成正比。

第三节　地质运动的时间属性[①]

一、地质时间的本质

地质学家普遍认为,一切地质运动都必须在时间中进行,因此,时间是地质学中的一个极为基本而又重要的概念。从实质上来说,地质学,特别是它的重要基础学科地层学,则既是时间上的,又是空间上的科学。事实表明,离开了对时间的正确认识,地质科学就可能走向歧途,难以得到顺利的发展。

要真正了解地质时间的本质,首先应该认清时间的本质。

1. 时间的本质

长期以来,地质学家对时间的了解并不一致,有人认为它简单得如同 3 加 2 等于 5 一样的明了,又有人认为它捉摸不定、深不可测,其实,何尝是地质学家如此呢? 哲学家、数学家、物理学家、天文学家们不也曾为时间的玄妙所困惑并对时间进行了长期研究和反复探索吗?但是,直到马克思、恩格斯的辩证唯物主义问世后,人们才对时间有了真正科学的解释。辩证唯物主义总结了千百年来各门自然科学的研究成果,正确地得出了"时间是运动着的物质的存在形式"的科学结论。在其后的近 200 年中,这一正确的哲学思想曾指导着各门类自然科学工作者在各自的领域中进行了卓有成效的探索和研究;反过来,各类自然科学的迅猛发展又进一步充实、完善并证明了这一科学的论断。

然而,许多地质学家对于时间概念的这一实质性的结论认为太为原则、太为笼统,故而显得十分抽象而空洞,似乎难以捉摸,难以在

① 本节为中国矿业大学庄寿强教授执笔。

地质实践中使用。对此，我们可以略作分析。

“时间是运动着的物质的存在形式”至少应该包含有如下的意义：①时间与物质是不可分割的，即世界上既没有离开时间的物质，也没有离开物质的时间；②时间的表现形式是随着物质形态的变化而变化的，当说到时间的时候，就必须要说清楚是什么东西的时间，离开物质的时间是不可能存在的；③“物质的任何一种具体形态的持续性都是有限的，有始有终的。但是，由有限的、有始有终的具体物质形态所构成的整个宇宙的持续性却是无限的、无始无终的。”④“无限的空间和时间是由有限的空间和时间组成的，而有限的空间和时间都是具体的、特殊的、具有自身的特点的。”①

其实，随着社会的发展，人们对于时间概念日益重视起来，科学家们已把生活中的经验时间概念经过科学地上升后又用到了各门学科之中。正如金哲等所说：“随着现代科学技术的迅速发展，时间问题的研究已引起科学家的普遍重视，目前已深入到各门学科，出现了‘物理时间’、‘生物时间’、‘心理时间’等研究课题。就‘物现时间’而言，又具体划分为狭义相对论中的时间、广义相对论和宇宙学中的时间、量子力学的时间、粒子相互作用中的时间、克分子物理学中的时间等等，时间问题的研究已进入到一个新的阶段。”②

现在，对于时间本质的认识既然已可以形成共识，那么紧扣这个本质再来认识具体的地质时间就具有非常有利的条件了。

2. 地质时间的物质性和相对性

既然时间与物质是密不可分的，既然在客观世界中不可能存在任何离开时间的物质，也不存在任何离开物质的时间，那么客观物质的多样性就必然要导出时间形式上的多样性。任何一种具体的物质形式都必须与某一具体的时间形式相关联；相反，任何一种具体的时

① 李达主编：《唯物辩证法大纲》，人民出版社，1978年，第202～203页。

② 金哲、陈燮君：《生活中的时间学》，江苏科学技术出版社，1985年，第215页。

间形式也必须与某一具体的物质相关联。

比如，(地球)年这种时间形式，就是与地球绕太阳的公转这种具体的物质运动紧密相联的，如果没有地球，或者地球从来就不曾绕太阳公转，那么很显然就不会有(地球)年这种时间形式的存在。同理，月这种时间形式则是与月球绕地球的转动这一具体物质运动密切关联的，如果没有月球，或者月球不绕地球转动，那么月这种时间形式也就不会存在，人们也不会有月这种具体的时间概念。

由此，从与地质有关联的一些具体物质(运动)就会当然地引伸出一些与之密切相关的地质上的具体时间形式。对此，地质学家们实际上已经在有意或无意地使用了。如果从时间的物质性本质特征来对人们已经常用的地质时间形式进行一些剖析和探讨的话，那么就会发现，这些具体的地质时间至少有如下一些形式：

(1)沉积时间。它是地层沉积物沉积过程中的一种物质存在的具体形式，它与地层沉积物的沉积过程密切相关，并以地层沉积物、而且只以地层沉积物的存在而存在。在1900年第8届国际地质大会(巴黎)上，人们把各个地质"系"的沉积形成过程(的时间)确定为各个相对应的地质时间"纪"的做法，今天从时间的物质性来考察确实是正确的，也是非常符合唯物辩证法的。在此须强调的是，从上述时间的本质来分析，"纪"之所以被公认为地质时间的形式单位，是因为从根本上来说它的物质性是依赖于、而且也仅仅依赖于客观存在着的各个地质"系"(即地层沉积物)。因而，"纪"绝对不可理解成是离开"系"而单独存在的或者是在其它任何一种物质含义下的别种时间形式。当然，如果人们后来将"纪"做为一种普遍的时间尺度去度量其它时间形式时，它就不仅被认为是一种具体的时间，而且也被认为是一种抽象时间形式，其涵义发生了变化就另当别论了，关于"抽象时间"在下一个问题中再讨论。

(2)(古)生物时间。亦可称为生物时，它是(古)生物存在的一种具体时间形式，它只与生物的发生、发展、演化过程密切相关，并以它的存在而且只以它的存在而存在。客观上，它常以生物的延续过程来

表示。由于生物的种类繁多，而不同生物的种类和不同级别的阶元又有各自不同的延续过程，所以，由此就必然会导致多种不同的具体生物时间形式的产生。比如，随着具体生物种类的差异或分类阶元的不同（即具体的“物质性”不同），生物时间必然也要被进一步划分为诸如笔石动物生物时、珊瑚动物生物时、*Redlichia chinensis* 生物时、*Misellina* 生物时等等许许多多具体的生物时间形式。

（3）放射性时间。这是放射性同位素（物质）存在的一种具体形式，它与放射性同位素的放射过程密切相关，并以它的存在、而且只以它的存在而存在。这种时间形式常常被人们用地球年的时间形式来表示之（在这里，“年”仅仅是放射性时间的一种度量表现形式，但决不是唯一的度量表现形式，更不是它的本质反映），但从其物质性及其实质来考察，它与地球年之间并没有什么必然的联系，即使没有地球年的时间形式（即没有地球绕太阳公转的客观现象）存在，这些同位素照样会发生放射的过程，因而照样会具有放射性时间的属性，具体的放射性时间照样存在。

（4）磁性时间。它是地磁场（物质）的一种存在形式，它与地磁场的极性变化过程密切相关，并以它的存在、而且只以它的存在而存在。很明显，如果地球根本就不存在什么地磁极性，或者虽存在地磁极性但地史中从未发生过多次反转变化，那同样也不会有磁性时间的存在。与放射性时间一样，磁性时间与地球年时间之间也没有必然的联系。

此外，地球上岩浆的多次侵入、火山的间歇喷发、海陆的反复变迁（主要指大陆地壳）、气候的寒暑交替以及风雨的侵蚀、河流的搬运、岩层的褶皱变形和断裂等等地质上多种多样具体的物质及其运动，都有其自己的发展过程和经历，因此从时间的本质含义来看，它们各自都可以形成而且必然形成多种多样并一一相对应的具体时间形式。显然，这些多种多样的地质时间形式各自也都分别具有一定的有序性，因而不会错位或混乱。这些与地质有关的多种多样的具体时间形式泛称为广义的地质时间。

由此，不论人们的主观意愿如何，任何一种具体的地质时间形式都是完全地、不折不扣地依赖于地质上某种具体存在的物质而确定的，只要人们仔细找寻，都可发现多种多样的地质时间各自都具有实实在在的物质性，所以，任何离开具体物质形态的地质时间都是不存在的。这样，从具体物质的多样性导出地质时间的多样性中，当然就没有哪一种具体的地质时间形式可以称得上是"绝对的"，它们都是相对存在的，都是随着具体物质的存在而存在，随其变化而变化，随其消失而消失的。这就是地质时间的物质性和相对性，当然也是地质时间的本质之一。

由此，国际地层划分分会在《磁性地层极性单位——ISSC 国际地层指南补充章节》(1979)中所述的观点就值得商榷了。该补充章节中写道："一个特殊的'磁性时间'是虚构的，必须制止发展这套特殊的'磁性时间'术语的想法。就如同不存在'生物时间'这类事情一样，根本就不存在'磁性时间'，也不存在'放射性时间'。在地层学中，虽然存在着多种测定相对时间的地层时间和位置的方法——古生物的、磁的、放射性的等等，但只有一种时间。因而只应当存在唯一一套标准全球地质年代表和一套地质时间术语的标准，这套标准应该与所有的时间测定方法都有联系。"① 这段文字表述了不同的地质时间形式完全是"虚构"的，它在彻底否定了"磁性时间"、"生物时间"及"放射性时间"等一系列与实际物质运动密切相关的具体时间后指出"只有一种时间"，那么，这只有的"一种时间"究竟是什么时间呢？它又与什么样的具体物质相联系呢？这就很容易使人想到牛顿的超物质的唯一的"绝对时间"了。现在，与牛顿时间类似的"(地质)系代表连续不断的时间流逝的沉积物"之说在地质学论著中屡见不鲜，其实，究竟什么是"连续不断的时间流逝"呢？对此，它的不可能存在性应该引起人们的注意。

---

① 张守信译：磁性地层极性单位——ISSC 国际地层指南补充章节，《国外地质》，科学技术文献出版社，1980 年，第 9 期。

从辩证唯物论的基点出发，时间不可能是一种空洞的、与任何物质都毫不相干的等速均匀向前流逝的超物质的持续，时间必须依赖于某一具体物质的存在而存在并随着具体物质的消失而消失。地质时间当然也不能例外。无数个具体的相对的时间构成了哲学上所讲的既无起点又无终点的一般的时间。对此，李达曾有过精辟的论述。他说："特定的空间和时间总是同某种具体的物质运动联系着、并且有自己的特点的。……某种特定的空间和时间的终止，并不等于一般的空间和时间的终止，在一种特定的空间和时间终止了的地方，另一种特定的空间和时间紧接着就开始了，其间并没有任何空间上和时间上的'空隙'。因此，就一般的空间和时间来说，又是永远不会间断的。"① 很显然，只要深入地理解时间的物质性，地质学家便可以与地质科学的具体实践相结合，从而得到许多有益的启示，提出许多富有创造性的见解来。

3. 地质时间的度量

时间是怎样进行度量的呢？时间度量的实质又是什么呢？其实，度量的本身就是一种比较，一种对比。时间度量的本质实际是时间上的比较和对比。根据一般可对比性原则，两个事物之间只有在相同的属性或特征上才能进行对比，不同的属性或特征之间因不具备可比性而不能进行直接的比较或度量。

因此，度量某一物质的具体时间属性的尺度只能是客观存在着的与另一种物质相对应的具体时间形式，而决不可能是其它什么尺度，更不可能是非物质的、不存在的因素。空洞的、泛泛的、不与任何物质相关联的所谓"均匀流逝"的"绝对时间"因为在客观上根本就不存在，因此显然不可能用来作为各种具体时间的度量尺度和标准。另外，就具体的物质而言，某一具体物质的本身也不可能做为一种尺度去度量其它的具体时间，这是因为任何一种物质所具有的属性都是多种多样的，而时间只是其中的一个属性而已，因此，具有多种属性

① 李达主编：《唯物辩证法大纲》，人民出版社，1978年，第206页。

的物质本身当然不能作为一种尺度去度量时间，具体的物质与时间之间没有可对比性。故此，只有用与某具体物质相关联的具体时间这一属性才能作为一种尺度去度量其它的具体时间，即只有用时间来度量时间，只有用一种时间来度量另一种时间。

其次，与某一具体物质相关联的具体时间虽可有长短之分，但那是在经度量之后才有的结果。就某一具体时间形式自身而言，则无所谓长短之别，也就是说，任何一个具体时间量的大小都不是它自身所能单独表现出来的，它必须用另一种时间来表示。举例来说，(地球)年是指地球绕太阳运转过程的一种属性，但是，一年时间究竟有多长则不可能由地球本身的公转属性表现出来，也就是说，我们除了说"一年的时间就等于一年的时间"而外，再也增加不了任何新的内容，再也不能向前跨进一步。同样，作为地质时间的寒武纪是来自于地层寒武系的沉积属性，寒武纪时间的长度究竟是多少，也是寒武系(地层沉积物)自身所无法表现的。要想得知一年或寒武纪的时间长度或时间数值，唯一可行的方法只能是利用其它一种(与具体物质相关的)具体时间作为尺度来进行度量。比如，我们可以用与月球相关的"月"的具体时间形式来度量(地球)年的时间，这样便可得知：12 个月即为 1 年。这里的"12 个月"就是 1 地球年的一种时间值。在此，人们当然还可以另外选用其它任何一个或几个与具体物质相关联的具体时间来度量和表示一个地球年时间的长度(例如，如果用其它具体物质如金星、土星、木星等的"金星年"、"土星年"、"木星年"来表示地球年的时间的话，那么就会发现，约 1.6 金星年、0.04 土星年或 0.08 木星年的时间大约可表示 1 地球年时间的长度，但唯独不能用而且也无法用地球年本身来表示。

寒武纪的时间有多长？它可以用(但并非一定要用)地球年时间的形式来表示(约 6 亿～5 亿年前)，亦可用金星年、土星年、木星年、银河年或生物时间、古地磁时间等各种时间中的任何一种具体的时间形式来度量表示之。当然，它同样不可能由与寒武系(地层沉积物)相关的寒武纪自身的时间来表示。

显然，在时间的度量上人们应该遵循而且只能遵循可比性原则，即：度量物本身必须具有与被度量者相同的属性，并利用这个相同的属性才可能进行度量(对比)。这正如一把尺子本身必须具有一定的长度，一块砝码本身必须具有一定的重量，一种货币本身必须具有一定的价值，从而才能分别利用它们的相关属性来进行度量(表示)另一物体的长度、另一物体的重量，或另一货币(或商品)的价值。时间的度量也与之完全相同：度量(一种物质)具体时间的尺度只能是另一种具体(物质)的时间形式，而决不可能是什么"虚构的"或"超物质的"时间。换句话说，人们只能通过一种物质的时间形式去识别、测量或标记另一种物质的时间形式。因此，各种地质时间的度量和对比，也应遵循这一原则。

4. 地质时间的本质

由前面地质时间的具体物质性(客观性)、多样性(相对性)及不可自测性(即必须用其它种时间尺度才能进行度量)可知，多种多样的地质时间形式，如沉积时间、生物时间、磁性时间、放射性时间、岩浆侵入的时间、火山喷发的时间、海陆演变的时间、侵蚀和搬运的时间以及地层的褶皱、变形、断裂的时间等等，从其根源上来说必须是与地质上相应的物质(或地质事件)密切关联，因此全都是客观存在的，都不是人们头脑中臆想出来的。据此，从理论上说，人们就可以而且就应该从众多的地质时间形式中择其一种作为研究工作的时间标准。考虑到人们对各种地质时间的研究程度和认识深度并不相同，同时亦考虑到人们既然早在1900年就已确定了(也许当时是无意识地)以沉积物"系"的沉积时间"纪"来作为地质时间单位的事实，而且，这种时间形式确实也具有比其它具体地质时间更好的优越性(因为，所有的地质现象都必须保存在地层的岩石之中)，于是，对地质时间的"纪"就可以做一实质性的阐述了：地质时间"纪"是地层沉积物(系)的一种属性，它与地层沉积物(系)密切相关，并以它的存在而且只以它的存在而存在，当然，也以它的消失而消失。这就是地质时间实质的第一个含义。

其次，既然任何一个具体时间形式的长短都必须由与其它物质相关的另一个具体时间形式来表示（当然也可以分别用多个其它的具体时间形式来表示），那么，以沉积时间为本质的地质时间又用什么时间形式来表示为好呢？这个问题是地质时间本质的关键所在。当然，从理论上说，任何其它一种与地质有关的具体时间形式都可以用来表示之，诸如生物时间、古地磁时间、放射性时间、地球年时间、岩浆活动时间、海陆演变时间、构造变动时间等等。正因为如此，过去地质文献中出现的使用多种具体的物质（时间形式）来表示同一个地质时间"纪"的做法都应该视为正确的。比如，第四纪这段地质时间的起点就可被表述为：人类的出现（实际上是以人类生物时间这种具体时间的起点为第四纪的起点），或者泥河湾动物群的出现（实际上是以泥河湾动物群的具体生物时间的起点为第四纪的起点），或者红崖冰期的出现（实际上是以红崖冰期的气候时间的起点为第四纪的起点），或者松山反极性时中的奥尔杜维正极性亚时（实际上是以奥尔杜维正极性磁性时间的起点为第四纪的起点），或者 350 万年（实际上是以某一地球年时间值为第四纪的起点）等等。也就是说，度量一种地质时间"纪"的尺度可以是多种多样的具体的时间形式。在此应该强调的是，由于这些具体时间形式的尺度不同，所以其度量的结果往往就不会相同、不会吻合，如上述第四纪的各种具体时间的起始点就互不相合。这实际上已涉及到了地质学上最常见的"穿时"概念了，[①] 因篇幅关系在此暂不讨论。

既然表示地质时间"纪"的时间形式可以是多种多样的，那么，从研究工作和生产实践的需要出发，总得择取一个最为理想的并为大家所能接受的同一时间形式为好。在此，由于人们比较公认生物的演化过程体现了较为明显的不可逆性（严格说来，所有事物的发展都是不可逆的，但很多事物发展的不可逆性还很难为现代科学技术水平

① 庄寿强：《时间、穿时及地层的时差对比——地层学中若干基本问题的开放性探究》，中国矿业大学出版社，1994 年。

所判别），因此，根据当前地质科学的发展阶段、研究程度和水平、要求及实践的可能等多种因素，人们普遍倾向于用生物演化的生物时间来表示整个“纪”的地质时间。但对于寒武纪以前的隐生宙，则因生物化石发现得十分稀少，难以形成较完整的（生物）时间系统，故而人们又普遍采用地球年时间来标定其各个“纪”的时间值。这种分别使用生物（时）和地球年（时）来表示显生宙与隐生宙地质时间的客观事实是完全符合人类认识自然的总体规律，也是符合唯物辩证法的，因此，这就构成了地质时间实质的第二个含义。

根据上面两个含义，对于地质时间“纪”（即狭义的地质时间）的实质性阐述就可以这样进行了，即：显生宙（或隐生宙）地质时间的本质就是用生物时间的形式（或地球年时间形式）来表示的地层沉积物形成过程的一种沉积时间。比如，作为一个具体地质时间的纪，如对志留纪来说，其实质即被认为是由 *Parakidograptus acuminatus* 笔石生物时开始，直到 *Monograptus uniformis* 笔石生物时的起点为止的一段沉积物（即志留系）的形成（沉积）时间。据此，就现阶段来讲，地质时间“纪”的界线更改与否就只能与生物（隐生宙则只能与地球年）有关，而不必要也不应该再考虑其它因素了。否则将会给地质科学家带来一系列的混乱和纠缠不清的争议，在地层学界这些争议尤为突出。

二、抽象地质时间

前面已讲，地球年时间形式只是一种具体的时间形式而已，它是与地球绕太阳的公转这个属性密切相关、不可分割的。但是，一旦人们发现地球年时间与人们的生产、生活关系比较密切并常常把它作为一种基本的时间尺度去度量其它各种具体的时间形式时，这样的地球年时间就不再仅仅局限于是一种具体的时间形式，而是上升为具有“一般等价物”性质的抽象的时间形式了。抽象时间与具体时间的不同就在于其抽象性特征，据此，抽象时间可以在一定程度上脱离具体的物质而存在。举例来说，如果地球突然不再绕太阳公转了，那么作为具体的地球年时间即随之而消失，不复存在，但作为抽象的地

球年时间却仍然可能存在，而且还可能继续作为尺度来度量其它的具体时间。比如，当我们说到银河系的年龄为200亿地球年时间值的时候，实际上这个“地球年”就变成了抽象的地球年时间概念，它并不实际地表示、也不可能表示地球“确确实实”地围绕太阳公转了200亿圈，因为地球从形成到现在才只不过大约45亿年的历史（即：地球至今才绕太阳转了大约45亿圈）。其实，抽象时间也不是人们头脑中臆造出来的空洞的、泛泛的时间，只要细究起来，抽象时间最终还是建立在某一具体时间的基础之上的。

与此类似，在广义的地质时间中也存在具体的地质时间与抽象的地质时间之分。虽然各类广义的地质时间均为具体的地质时间，从其本质来看它们都具有与某具体物质不可分割的属性，但是，一旦人们根据科学发展的水平和地质学研究的程度而将其中某一具体的（广义）地质时间变为一般的尺度或一般的标志并用它去度量、测定另一些具体的（广义）地质时间的时候，它实际上就变成为一种抽象的地质时间了。举例来说，在各纪地层界线附近都存在有大量的具体生物带所代表的具体生物时间，如在二叠-三叠纪界线处有 *Otoceras woodwordi* 生物时、*Claraia wangi* 生物时、*Palaeofusulina chinensis* 生物时等等，在奥陶-志留纪界线处有 *Glyptograptus persculptus* 生物时、*Parakidograptus acuminatus* 生物时等多种具体的生物时间。虽然这些具体的生物时间随着具体生物带（物质）的存在而存在，随着生物带的消失而消失，但是，一旦人们根据科学发展的水平和需要而确定以某一种生物作为地质时间的标志时，那么这一生物的生物时就上升为抽象的生物时间并用来标定地质时间了。目前国际上业已通过的以 *Parakidograptus acuminatus* 笔石的首次出现作为奥陶-志留系界线标志的这一实际表明，国际地科联已经有意或无意地把 *P. acuminatus* 生物时当成一种抽象的生物时间，并通过各种手段及方式用这种时间去标定它所不存在的地区或剖面中沉积物的沉积时间（即正确地划分奥陶-志留纪地质时间的界限）了。

现在，国际地层划分分会正在引导各国的地质专家力图在各个

地质"系"之间寻找合适的生物标志是非常正确的做法，从哲学的角度来考察，这种做法的实质乃是地质专家们如何从众多的生物种中最后确定选用哪一个具体生物种的生物时间上升为抽象的生物时间，并且用它来标定或量度沉积物"系"的沉积时间（即地质时间）的一种研究探索的过程。

三、地质时间连续的相对性

地质学家们非常关心这样的问题：地质时间是连续的吗？究竟什么叫地质时间的连续？在对地质时间的物质性、相对性及地质时间的本质内容有了一定的了解后，再来认识地质时间的连续性问题就顺利得多了。

从地质时间的本质得知，地质时间的连续性完全取决于、而且只能取决于与它密切相关的物质，即地层（沉积物）的连续性。如果地层沉积物被证明是连续的，那么地质时间即为连续的；如果地层沉积物被证明是不连续的，那么地质时间当然也就是不连续的。为此，要讨论地质时间的连续性，首先就要涉及到地层（沉积物）的连续性问题。

什么叫地层的连续，或者说什么叫地层沉积的连续？对此，至今在地质学界尚未见到较为严格的解释或定义，不同的研究者从各自不同的角度对地层的连续性赋予了不同的含义。比如，有些人把地层中所谓的"混合生物群"的出现理解为地层"连续性"的标志；也有人把生物的"过渡层"作为地层连续性的证据；还有些人把岩性、岩相及生物内容上所存在的"过渡现象"视为连续或基本连续的理由。但是，由于"混合生物群"和"过渡层"的科学内涵本来就不清晰，因而用这些不清晰的概念再去标定"连续性"的实质，当然就不大可能得出明确而令人信服的结论。比如，80年代初我国地层工作者在做了大量的野外和室内地质工作后确认十分连续的、并被国际上列为前寒武系与寒武系界线层型候选剖面的云南晋宁梅树村剖面，后来恰恰被国际地科联认为界线附近的地层并不连续，最终遭到了否定。由此可见，地层沉积的连续性问题确实是地质学中的一个重要的而且也容易弄混淆的问题。

由于直接研究地层的连续性问题确有一定的难度，故此采用逆向思维的思考方法来进行一些必要的讨论。

显然，连续的对立面是不连续，由此，地层上的连续与不连续组成了一对矛盾。不连续的含义又有两个：一是缺失，二是重叠。由于重叠现象在地质实践中一般较容易判别并加以排除，因此，关于地层的连续性问题即可转化为专门讨论地层的缺失性不连续的问题了。

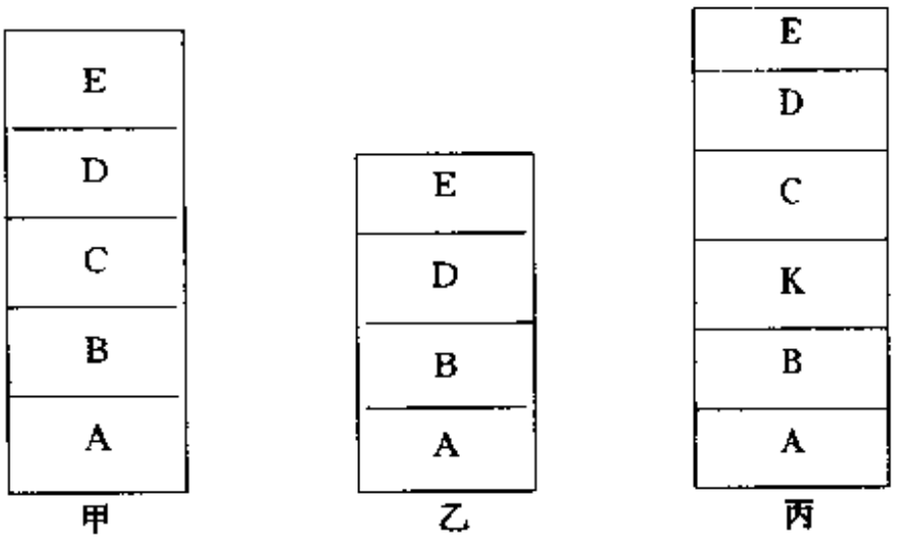


图2－2　地层连续性图解

如图 2－2 所示，甲、乙两地各有一套显生宙的地层。无论从理论上还是在实际中，人们都很难独立地判断每一地区地层的连续性，但是，通过两地地层地质时间的正确对比（从前述的地质时间的实质出发，这种地质时间的对比只能直接或间接地依靠某些生物的生物时间），便可得知乙地至少缺失了 C 地层，从而造成了地层的不连续。为什么呢？这是因为而且也仅仅因为在甲地存在有一套乙地所不存在的地层 C。那么，能否由此进一步得出结论说，甲地地层即为连续的呢？回答这个问题的关键同样在于是否在别处还存在某一个层序比甲地还要多的地区（剖面）。比如说，如果有一个丙剖面存在，经过对比发现它又比甲地多了一个 K 层（图 2－2），那么，甲地自然也会被认为是不连续（即有地层缺失）了。同样，丙地地层是否就是连续了呢？这也完全取决于在其它地区是否还存在比丙地地层还要多的层位。按这样的原则经过多次的对比和复合，就某一段地层面言，从理

论上来说在全球范围内至少存在一个(也可能有几个)这样的地区;在该地区(剖面),这一段地层是最完全,因而也被认为是最连续的。

由此看来,所谓一个地区地层的缺失,显然是以另一个(另一些)地区某地层的存在为前提条件或必要条件,并也以这个(些)地区某地层的存在为识别标志的。例如在图 2-2 中,乙地 C 地层的缺失,正是以甲、丙两地 C 地层的存在为前提的。如果在乙地以外全球上所有的地区均未发现有 C 地层的存在,那么地质学家就自然地认为乙地根本就不缺失什么 C 地层。

由此可知,研究一个地区某地层缺失(不连续)的唯一办法是通过而且只能通过能否在其它地区发现该段地层。否则,人们根本无法从地质上来判定它究竟缺失与否。进一步说,人们根本无法研究或判断地层的所谓"全球性缺失"问题。比如,人们不难理解这样的表述:如果说全球都不存在某一地层 X 的话,那也就等于说全球都不缺失 X 地层,因此,地质历史中也就不存在与 X 地层相对应的 X 地质时间。

因此,一地区某地层的缺失实际上是暗示了其它地区该地层的存在。这样,人们就可以较为顺利地按上述地层多次对比的复合方法,把一段段分散在世界不同地区的连续的地层依叠复的原理在理论上排列在一起,从而组合构成了世界上最连续的一套地层系统(这也就是国际地层指南中所指出的、人们所希望建立的标准全球年代地层表,它包括地球历史中全部无间断、也无重叠的地层序列)。如果再以地质时间的实质来考察就会有充分的理由认为,根据这套最完整、最连续的地层系统(沉积物的物质)所引伸出的,并与之严格对应的地质时间系统,也必然是最完整、最连续的地质时间系统,在它的内部不应该、也不可能有任何地质时间的缺失。

但是,从时间的相对性考虑,由于不同时间的具体物质根据的不同,当我们用连续的地层(沉积物)系统来反映连续的地质时间时,这些连续的地质时间并不一定能代表地球年时间上的连续(因为地球年的时间只能来自于地球绕太阳公转的属性)。对此可以做如下的说

明：

人们都知道，任何一段地质上最为连续的剖面，包括像依据地层缺失的原则而确定的世界上最连续的一段地层剖面，都是由很多可以进一步划分出的“小层”所组成，比如像国际上第一个通过的志留-泥盆系界线层型剖面（即捷克首都布拉格附近的 Klonk 剖面）或者像我国的二叠-三叠系界线（候选层型）剖面及其它层型剖面等等，都无例外地由一系列的“小层”所组成。人们也知道，这些小层与小层之间或者更小的纹层与纹层之间众多的面，尽管丝毫不影响其它层沉积物上的连续性，但它却常常指示着地层沉积记录中的一个个小间断。

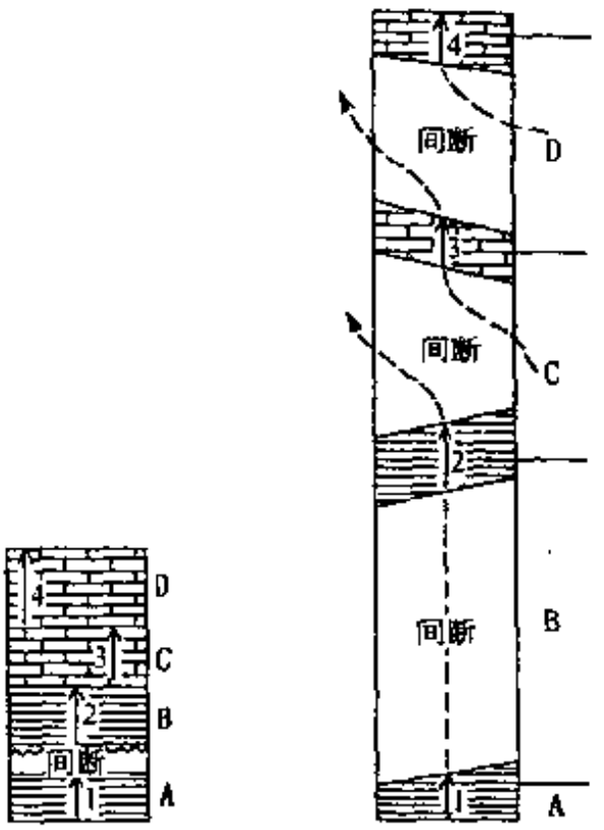


图 2-3　地层记录某一部分的常规图景（左）与真实图景（右）的比较

（据 D. V. 阿格①）

应该指出，这些小间断在本质上完全不同于前面所讲的地层缺

① D. V. 阿格著，吴贤涛、侯鸿飞译：《地层记录的特性》，科学出版社，1989 年，第 45 页。

失。这是因为，一地区某地层的缺失必须是以其它地区相应地层的存在为先决条件来辨认并确立的，然而这些“小间断”却在其它任何地区都没有与之相对应的“小地层”存在。因此，地层的缺失（或者叫地质上的缺失）与地层的“小间断”是两个完全不同的概念，它们决不是同义语。这样，即使是在最为连续的一段地层中也会出现许许多多的“小间断”。图 2－3 即为 D. V. 阿格对于若干小间断在（地球年）时间上的象征性表示，从这个图上亦不难看出地质时间与地球年时间的一些差异。

现在，很多地质学家都认为，地层中的每一个小间断所延续的（地球年）时间可能极为短暂，或许只有数百、数千年，因此在漫长的地质历史上可以忽略不计。然而，由于在许多地层剖面上，这种“小间断”的数目却是相当可观的，以致于如果把它们累加起来所代表的地球年时间值的总和就可能很大，故而不宜轻易加以忽视。比如，在南京东郊湖山地区的下中三叠统青龙群底部总厚不足 25 米的地层内，其肉眼可分辨出来的小层竟达 987 个，假设每个小层面的间断时间按 1000 年计算（从地球历史来看，这种假设可谓极小极小了），其间断的总时间即可达到 987000 地球年，如果整个青龙群按当地 800 米厚度相应计算，则其整个青龙群的“小间断”地球年时间总值就至少可达 3150 万年，即使扣除各种因素及假设中的夸大部分，无论怎样说这些小间断的时间总和总归是不能忽略不计的。由此看来，所谓的“小间断”所占据的（地球年）时间确也是十分重要的。

据此，任何一段，即便是最为连续的地层，其形成过程中从起始到终结所经历的地球年时间都要远远地大于该段地层沉积物所实际形成的地球年时间。美国学者 F. J. 索金斯曾对此做了类似的阐述：“例如，如果一套规则的沉积岩层厚度为 50 米，最底部与最上部岩层之间的年龄差可为 1000 万年（实际年龄）。然而每一个岩层都可能是在很短的时间里沉积的，时间范围可以从几天到几千年不等。比如说，如果一套岩层沉积作用所需的时间是它们单个岩层的总和，并且估计共有 10 万年。假如这套岩层代表 1000 万年，而形成这套岩层所

需的全部时间却只要 10 万年，那么在这个时间以外又发生了什么呢？”[①] 至于地层沉积的间断（地球年）时间很可能大于其真正在进行沉积的地球年时间这一点，还可以从沉积物的沉积速率与其厚度的关系上得到验证。研究表明，现代河流中沉积最缓慢的前三角洲的沉积速度（指以地球年时间为基数的沉积速度），其平均值也要比地史中的沉积速度高出 800 倍，即使扣除成岩压实作用造成的厚度误差，其差别之大仍是令人震惊的。这其中的主要原因就是有大量的“小间断”存在，正是这种“小间断”的总和，无形中加大了（地球年）时间的总长度，并反映了地质时间与地球年时间的差异。

D. V. 阿格对于图 2－3 所表示的地层中的无数的小间断作了极为形象的比喻：“表达这个图景的最好方法或许是孩子们所记下的网的定义：用绳子串起来的许多洞就是网。地层记录这个网就是用沉积串起来的许多洞。”[②]

关于这一点，达尔文早已根据生物的演化规律而机敏地感觉到了。他在划时代的名著《物种起源》中写道：“在连续地质层之间所经过的间隔时期，在许多情形下，也许较每一地质层沉积时所需的时间更长，这一点也为我们忽视。”[③]

综上所述，这些无数的（地球年）间断时间的总和与地层沉积物实际沉积的（地球年）时间相比，即使不是根大，至少也是不能随便忽视的。

由此，我们不得不认为，只依存于地层沉积物而确定的地质时间，在地层系统这个范围内，而且也只是在地层系统这个范围内才可能是连续的，一旦越出这个范围而进入到地球年的时间系统中，也即当我们用地球年的时间来衡量地质时间时，地质时间就不再是连续

---

① F. J. Sawkins 著，张友南等译：《地球的演化》，科学技术文献出版社，1982 年，第 98 页。

② D. V. 阿格著，呈贤涛、侯鸿飞译：《地层记录的特性》，科学出版社，1989 年，第 44～45 页。

③ 达尔文著，谢蕴真译：《物种起源》，科学出版社，1972 年，第 215 页。

的了，因为在这样连续的地质时间中实际上已经包含有许许多多地球年时间的间断或空白。在地史中，根本不可能存在没有任何对应沉积物的地质时间（这是由地质时间的物质性及其本质所决定的），但却完全可能存在没有任何沉积物的地球年时间，即在地质时间的“网”中存在有许许多多地球年时间的“洞”，这就是地质时间连续的相对意义。很明显，用不同（物质）的时间尺度去度量同一段地质时间值的时候，其结果不可能完全相同，也不会完全吻合，正像我们用不同的长度标准（如市尺、英尺、米等）去度量同一个物体的长度会得出不同的数值一样。在此，我们实际上又一次涉及到“穿时”的本质了。

李达在《唯物辩证法大纲》一书中其实早已指出了时间的这些性质：“特定的空间和时间总是同某种具体的物质运动联系着，并且有自己的特点的。……特定的空间和时间只是在一定的界限之内才是连续的；超出一定的界限，就不再是这样的空间和时间，它们的连续性就终止了。这就是空间和时间的非连续性。”①

四、生物的视灭绝与视地质事件

1. 从生物的视灭绝到大灭绝之谜的否定

100 多年来，地史中生物所发生的多次大灭绝，尤其是二叠纪末、白垩纪末生物大灭绝的疑团一直在困绕着科学工作者。人们试图从各个角度、各个方面去探索这些大灭绝的原因。特别是 80 年代以来，对于生物大灭绝的讨论可以说已发展到了白热化的阶段，各种观点、看法、设想蜂拥而出，其集中表现在新兴起的“新灾变论”与传统“渐变论”之间的激烈争论上，但至今仍没有一个较满意的解释。问题究竟出在何处？一个可能是这个“谜”或许太难解答，即以当前的科学水平尚未达到能圆满解决问题的程度，再一个可能则是这个“谜”本身也许还存在什么内在的、不甚清楚的问题。作者通过上述时间的研究后认为，第二个可能性是存在的。

我们知道，在漫长的地质历史中，特别自寒武纪以来，地球上的

① 李达主编：《唯物辩证法大纲》，人民出版社，1978 年，第 206 页。

生物无时无刻不在进行着发生、发展、变化及灭绝的演化过程。即使在今天，世界上仍有不少像大熊猫、非洲野牛、华南虎等生物正趋于灭绝之中。对此，科学家们并不感到惊讶，因为他们认为生物的灭绝和发生似乎都带有随机的色彩。人们所感到惊奇的，或者说大灭绝之所以会成为一个"谜"的，是为什么在某些相同的时间内（如二叠纪末、白垩纪末等）竟会有那么多的生物同时灭绝呢？

由此不难看出，关于生物大灭绝之谜至少要涉及到两个方面的实质性前提条件：一是生物的灭绝性；二是最后大灭绝的同时性。两者缺一不可，否则，生物的大灭绝就不会成为人们专门关注的问题，也就不会成为一个大"谜"了。

至于生物的灭绝，一般是指某一生物分类阶元在全球范围内消失（全部个体消亡，或演化为另一阶元的生物）的现象。它是渐变论者与新灾变论者所共同默认的前提，在此就不赘述了。

第二是最后大灭绝的同时性问题。这个问题之所以很重要，是因为如果生物的最后灭绝不具有真正意义上的同时性，那么所谓生物大灭绝之谜将会自行消解，因而也就不复存在。所以，这是要讨论。

由于具体的时间形式是多种多样的，与地质有关的地质时间的形式亦是种类繁多，所以就有必要来考察一下一般所指的最后大灭绝的"同时发生"究竟是在与什么性质的时间完全相同的时间里发生的，这是问题的关键所在。在传统地质学中，这也许根本不成其为问题，大量的文献资料表明，在传统地质学中，时间只有一种，因此人们所使用的同时既是地质时间的同时，又是地球年时间的同时。比如，同二叠纪末、同白垩纪末的含义就与同 2.48 亿年（前）、同 0.65 亿年（前）完全相同。①

---

① 当然，诸如像二叠纪末究竟是 2.48 亿年还是 2.42 亿年，白垩纪末究竟是 0.65 亿年还是 0.64 亿年，在传统地质学中也会引起一些争议，但这只是涉及到测试方法或水平方面的一些争议而已，究其认识根源来说，人们并未排斥"同地质时间就必然要同地球年时间"的传统观念，因此，我们并不考虑因各种测试误差而造成的不同结果。

然而，从时间的物质性和相对性为基点来考察，就会发现这两者之间恰恰并不一致。

前面我们已讨论过，地质时间的本质是用生物时来表示的地层沉积物的沉积时间，因此地质年代表中显生宙的各个纪、世等地质时间界线，最终都将由面且只能由具体的生物时间来确定。在此，与大灭绝有关的二叠纪(末)和白垩纪(末)的地质时间当然也只能用生物时间来表示，并以此加以识别。比如，以二叠纪(末)为例，虽然目前国际地科联尚未明确用哪一类生物的生物时来表示，然面，一般学者大多以菊石 *Otoceras woodwordi* 的最初出现为标志，当然，亦有学者提出以牙形石 *Hindeodus parvus* 的出现为标志。但不管怎样，二叠纪(末)或白垩纪(末)的实质仍然是用生物时来表示的一种沉积时间。就这个意义上说，而且也仅仅就这个意义上说，生物大灭绝最后同时发生在二叠纪末或白垩纪末才是完全正确的，这已为前人的大量研究成果所证明。但是，同地质时间并不等于同地球年时间。为此，我们可用二叠纪末(即三叠纪初)地质时间的标志生物 *Otoceras woodwordi* 为例来进行分析(现有人认为应该用牙形石 *H. parvus* 为标志，其实这并不影响本问题的讨论，因为所讨论的实质与方法完全相同)。既然 *O. woodwordi* 的生物时的起点已成为二叠纪末或三叠纪初的标志，那么，在全球的任何一个地区，其三叠纪的起点都必须以 *O. woodwordi* 的首次出现为标准。然而很明显，世界各地的 *O. woodwordi* 生物时的起点却不能代表它们都必须位于同一个地球年的时间内，其原因主要是因为两者的物质根据不同，以地球公转为依据而形成的地球年时间与以生物演化为依据面形成的生物时间两者之间当然不可能密切地吻合。在地球年时间的尺度下，一种生物的迁移速度无论多快，它也总需要花费一定的地球年时间才能扩张到世界各地。因此，如果我们以地球年时间作为尺度来衡量的话就不难发现，同一个 *O. woodwordi* 生物时在不同的地区根本不可能具有相同的地球年时间值。在不同地区的同一个 *O. Woodwordi* 生物时间线必然要与地球年的时间线斜交，这样一来，所谓同生物时间内发生的地质

现象就不可能在相同的地球年时间内发生了，当然，同地质时间（地质时间是用生物时间来表示的）内发生的地质现象也就不可能在同地球年时间内发生。

因此，我们可以肯定地说，在甲地区根据 *O. Woodwordi* 确定的二叠纪末如果说是 248 百万年（前）地球年时间的话，那么在乙地区同样根据 *O. Woodwordi* 而确立的二叠纪末就不可能再是 248 百万年（前）地球年时间了。所以，从理论上讲，全球各地区分别均以 *O. Woodwordi* 来确定的相同的地质时间二叠纪末，其地球年时间值不可能到处都相同。

因此很明显，所谓的二叠纪末或白垩纪末的生物最后大灭绝，在全球范围内只是发生在同一地质时间之内而已，但它们并没有发生在同一个地球年时间中，在地球年时间尺度下，它们彼此之间都存在着早、晚关系，这种早晚关系有时可以相差很远。到目前为止，我们见到文献资料上所记载的最后同时大灭绝的所有地质材料其实都是在相同地质时间尺度下的一种“视大灭绝”的材料，而并不是在相同地球年时间内发生的真大灭绝（我们把在地球年时间尺度下发生的灭绝叫真灭绝，而在非地球年时间即在地球年时间以外的任何一种时间尺度下发生的灭绝均叫“视灭绝”）。长期以来，人们的经验与常识无形中已完全混淆了地质时间与地球年时间的界限，并把“同时”的概念无意识地由“同地质时”（这是可以证明的）引伸到了“同地球年时”（这到目前为止尚无法证明）。这样一来，人们不知不觉地就把视大灭绝与真大灭绝两者等量齐观并且还进一步把视大灭绝当做生物的真大灭绝来进行原因上的解释与探讨。显然，这样讨论生物的大灭绝，无形中便因改变了原命题的前提而失去了其真实的意义。于是，新灾变论者用来解释生物大灭绝的各种理由不管有多么强的说服力，但终因大灭绝并非发生在同一个（地球年）时间内而成为“无稽之谈”，渐变论者也大可不必为“为什么生物会同（地球年）时灭绝”而感到困惑。其实，生物的大灭绝之争终究会因缺乏同（地球年）时的前提条件而至少可降低到一般灭绝或随机灭绝的高度上来加以对待。

如前所述，既然在漫长的地质历史中生物的一般灭绝时时刻刻都在不停地发生，它并没有引起人们的特别兴趣和重视，那么所谓的生物大灭绝之争也就应该告一段落而停止了——生物大灭绝之谜因缺少其"同地球年时间发生"之前提条件而根本不能成立，所谓的生物大灭绝并不是真正的大灭绝。人们只有在深入研究时间问题以后才有可能去确立究竟客观上是否存在的"真大灭绝"问题。

这也可算关于大灭绝问题讨论的另一种新认识吧。

2. 视地质事件

上述"视大灭绝"概念提出的本身，实际上已进入到视地质事件的研究之中。

地质事件一般是指在地质历史中发生的较大的地质现象，如生物的大灭绝、地表的升降、板块的运移、海水的进退、古地理的变化等等。由于所有的地质事件都必须在一定的时间里发生，所以，时间的多样性就必然会影响到人们对地质事件的认识。据此，当人们说到一个地质事件时，就必然要问一下，该地质事件是在什么样性质的时间之尺度下发生的。我们已经非常清楚，任何一个地质事件都不可能发生在所谓空洞的、不与任何物质相关联的"绝对"时间之内，在此，我们完全遵照人们把发生在地球年时间尺度下的各种事件与理象当成是真正发生的事件与现象的习惯与做法，在理性上继而强调把发生在地球年时间尺度下的地质事件叫真地质事件，而把发生在所有非地球年时间（含各种各样的生物时间、沉积时间、古地磁时间等等）内的事件均叫视地质事件。也就是说，对于同一个地质事件，人们可以用多种不同时间类型的尺度去进行度量，但只有在地球年时间尺度下的地质事件才是真地质事件。比如，前面所提到的生物大灭绝事件就有视大灭绝与真大灭绝之分。再比如，地质学家们关于生物迁移与古地理研究的所有分析资料及分析成果，绝大多数甚至全部都是置于生物时间或用生物时间来表示的地质时间的尺度之下完成的，因此它们均属于视地质事件或视地质现象的范畴。

典型的例子可举徐炳川先生关于中国石炭纪生物大迁移的研

究。

徐炳川曾详细地研究了我国石炭纪的生物大迁移，并取得了明显的成果。他的方法是首先“拟将石炭系细分为14个层位，分别以每一层位中分布最广、时代较短的生物表示”，然后再根据其它大量生物的最初出现具体层位的高低，按照由低层位向高层位迁移的原则绘制出了“我国石炭纪生物迁移趋势图”。[①] 应该说，徐炳川的研究方法是人们所熟知的也是普遍使用的传统方法。

其实，从时间的实质性来分析，徐炳川最初的研究所依据的只是他事先选定的14类生物的生物时间的起点，因此，确切地讲，他的图中所表示的生物大迁移的方向只能被认为是所有生物在这14类生物的生物时基准线基础上所做的一种视迁移而已，它绝对不代表、也不可能代表这些生物在地球年时间尺度下所做的真正的迁移。比如，作者曾仍以徐炳川的资料为根据，仍以他的假设为前提，仍按他研究的原则与方法，只是变换一下角度重新进行了标准生物的选择，结果就绘出了与之完全不同的另一张生物迁移图（其实也为一种视迁移图），从而得出了与徐炳川的结论并不相同的另一种生物迁移的结论（亦为另一类视迁移图）。其实，只要愿意，即使完全遵循传统的研究原则与方法，人们都可以从同样的实际资料中做出多种多样的“生物迁移图”。这种由于角度选择上的差异而产生的不同结论，完全像我们在选择不同的物体做参照物时可以认为汽车向车站运动或车站向汽车运动一样，在本质上并不存在哪一种是错误的，关键是如何来看待这些研究的成果和结论。

就我们所知，目前已有的各种地质文献资料中所涉及到的生物迁移的研究均与此类似，也可以说，在这种前提条件下研究出来的生物迁移差不多全为在某种特定的生物时间尺度或其它特定的具体地质时间尺度下的一种视迁移，而在地球年时间尺度下生物的真正迁

---

① 徐炳川：中国石炭纪古生物迁移研究，《中国地质科学院562综合大队集刊》，1983年，第4号。

移目前尚难以确切地判定。于是，徐炳川先生在同一篇文章中基于生物视迁移变化而进一步研究并绘制出来的我国石炭纪海水进退方向，也就只能是一种“视海进”和“视海退”的方向而已，在此没有任何理由认为它就如实地表示了在地球年时间尺度下海进和海退的真正运动方向。

在图 2－4 中，箭头表示我国早石炭世时海水运动（海进）方向。其实，据徐炳川的研究，这种海进方向的判断，只是在徐炳川所选择出来的 *Caninia dorlodoti*、*Cystophrentis* 和 *Pseudouralinia* 生物的生物时间基础上所做出来的一种由高纬区向南区的海进而已。然而，当用地球年时间尺度（坐标）来判断的话，如图中虚线所示，其实海水完全可能并没有真正地发生海进。

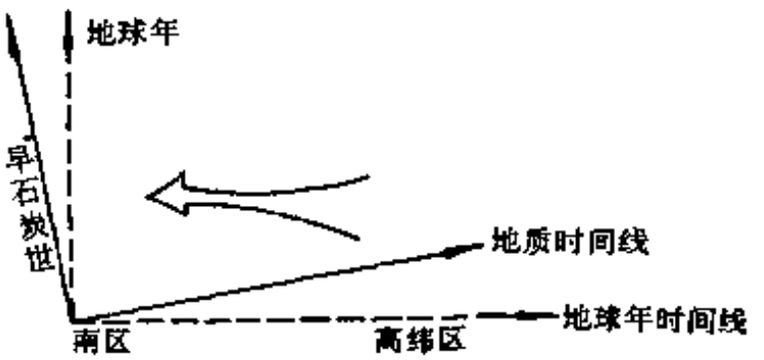


图 2－4　视海进与真海进的关系图

实线坐标与箭头（表示海水运动方向）据徐炳川．

虚线为设想中的地球年时间坐标系统

而且，在图 2－4 中，只要生物时间（以及由此而可能表示出的地质时间）的坐标不与地球年时间坐标相重合（根据生物必须在地球年时间尺度下才能真正进行迁移的原则，这种“不重合”现象则是必然要发生的，差别只是在于其不重合“量”的大小而已），那么，生物的视迁移就终归是真迁移的一种扭曲，它可以加快、减慢迁移的速度甚至完全改变生物迁移的方向。这种现象可从图 2－5 中得到明确的解释。

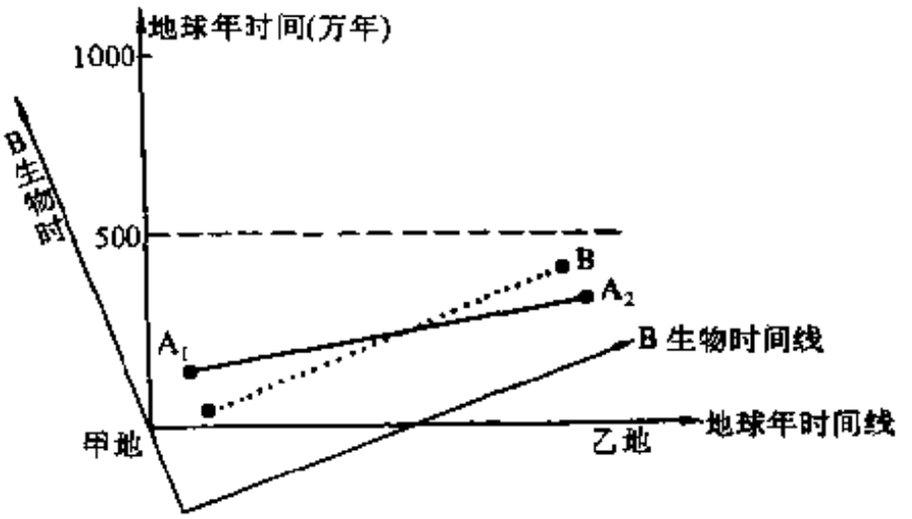


图 2-5　生物 A 的真迁移与视迁移之关系图解

在地球年时间尺度下，A 生物由甲地→乙地迁移(真迁移)，但在 B 生物时间尺度下，A 生物则由乙地→甲地迁移(视迁移)

由此，我们亦可以从时间的物质性和相对性出发，来进一步地研究一下古地理的问题。过去，人们常常根据若干化石的同时性来“恢复古地理”，例如，人们可以根据早二叠世的蜓类、珊瑚类及腕足类等大量的海生生物化石而把华南地区的早二叠世古地理恢复成一个“广阔的浅海”。其实，根据上述生物视迁移的道理，这样的“广阔海”并不代表地球年时间尺度下的“真正的广阔海”，它同样也是一个“视广海”。

图 2-6 反映了在某一个盆地内海、陆变迁的情况。图中，如果用生物时间作为时间尺度，通过生物群的分析可判定盆地东、西两侧共出现过三次海水全部淹没的情况(在传统地质学中，人们就是这样来分析一个盆地的)。但是，如果在地球年时间尺度下，由于它与生物时间总是“交叉”的关系(即传统地质学中的“穿时”)，所以其坐标体系就要与生物时间坐标体系产生一定的“角度”，因此该盆地真正成海和成陆的“过程”实际上是逐渐地从东向西推进，并且一直没有出现过东、西两地同时为海水全部淹没的“广海”情况，即在该盆地中始终都存在着海、陆并存的真古地理局面，而不像传统地质分析的那样由三次全部为海和三次全部为陆的视古地理状态。

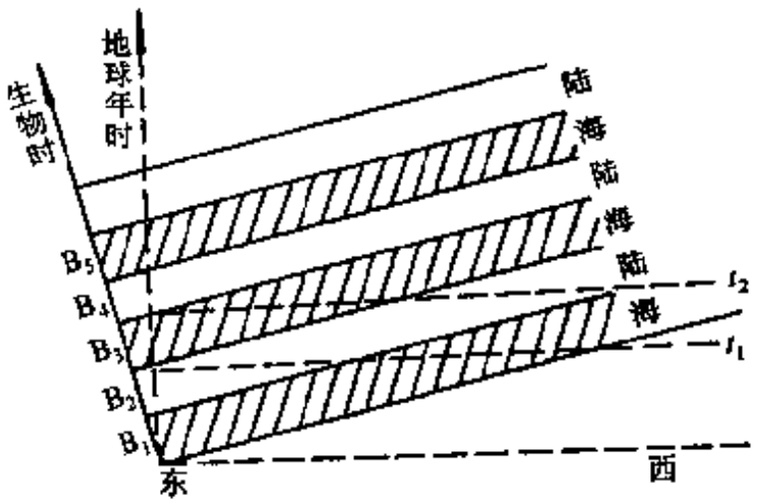


图 2－6　有关视古地理图的图解

在生物时坐标(实线)中：B_1、B_3、B_5 生物时内，某盆地东、西两地均为海(视海)，而在 B_2、B_4 生物时内全为陆(视陆)。在地球年时坐标(虚线)内：t_1 时间：东面为陆(真陆)，西面为海(真海)；t_2 时间：东面为海(真海)、西面为陆(真陆)。即在地球年时间尺度下，该盆地一直没有同时为海或同时为陆的古地理面貌

由此，还可以引出更多的问题，比如为什么早志留世全世界几乎都处于缺氧的还原条件下沉积的笔石页岩相地层？从地球年时间来看，在同一个地球年时间(4.4 亿年前)地表几乎全为不正常的“滞流海”环境实在让人费解。其实，早志留世的全世界的滞流海也只是一个“视滞流海”而已。在地球年时间尺度下，地表从来就不曾存在过全为滞流海的还原环境(可参见图 2－6)。

由此，在这种非地球年的地质时间前提下研究的地壳运动也只能是一种“视地壳运动”，它同样不可能如实地代表在地球年时间尺度下的真地壳运动。

这样看来，传统地质学中许多无法解决的所谓“全球性同时事件”，除了上面提到的早志留世全世界的笔石页岩相外，还有为什么石炭纪时全球几乎都温暖潮湿？晚三叠世为什么几乎都为红层？为什么冰川或者其它一些现在看来只可能在局部发生的地质现象一出现就是全球性的？甚至于“为什么中、晚寒武世华北地台几乎全为滨(浅)海沉积的鲕状灰岩及竹叶状灰岩”等等若干一直困绕着人们的问题，其实，这些所谓的同时性地质事件恰恰可能都是在非地球年的

地质时间(注意,它是用生物时间来表示的)内同时发生的,因此,它们只能是一种视地质事件,对此,我们完全可以从定性的角度加以说明。我们相信,只要人们按照视地质事件的新思路研究下去,最后终可以达到定量性的研究成果,从而对于所谓的"全球性地质事件"作出更为科学的解释。任何一门自然科学发展到一定高度后必然要与哲学思维联系在一起,也只有与哲学相互印证,它才能在更高的层次上得到更好的发展,地质学的发展也不能例外。现在看来,对于地质学中许多重大之谜的科学解释与重新评价,单单依靠地质学的知识也许多少有些困难了。

第三章　地质运动的基本规律

地球物质客体的运动是有规律可循的。地质运动规律是各种地质客体、地质现象之间必然的、普遍的、本质的联系。地学哲学不研究具体的特殊的地质规律(那是地学及其分支学科的任务),而是研究以地球客体为整体对象的一般的地质运动规律。

地球客体是自然界特殊的物质系统。地质运动是地球物质系统的运动。因此,在研究地质运动基本规律时,应当首先阐述地质系统律,它揭示了地球物质系统的存在形式及其规律性。接着,分析地质分合律,它描述了地球物质系统的运动状态。地球物质系统为什么运动不息、变化不止呢?运动是物质的本性,作为物质系统,地球物质的运动状态必有其自我调节的功能,这就是地质互补律的内容。最后,地球物质还有它运动的方向,即运动的前进性与周期性,我们概括为地质重演律。归纳起来,地质运动的基本规律是一个体系,它揭示地球客体运动的存在形式、运动状态、运动机制与运动方向。

第一节　地质系统律

一、地质系统的含义

系统论自本世纪40年代创立以来,得到了极为广泛的运用。系统思想、系统方法对科学与实践产生了重大影响,但也有些基本理论问题还处在争论之中。例如"系统"概念,就没有一个被科学界普遍接受的定义。一般认为,系统是由相互联系的要素结合而成的、具有特定功能的有机整体。结构是要素在时空上有序的相互作用方式。结构具有层次性。任何系统都是高一层次系统的要素,而某一系统的要素又是低一层次的子系统。地球客体的圈层结构既是作为物质系统的题中应有之义,又是系统与子系统的相互联系。系统存在与发展的外部条件的总和称为系统的环境。显然,不确定指明层次,系统和环境是区分不开的。上述定义没有指明各要素间相互联系的方式与程

度，因而具有模糊性。任何事物都以系统的方式而存在，并在自身的内在矛盾运动中及与环境的相互作用中发展。地质系统律揭示地球客体以系统方式存在和发展的规律。它是辩证唯物主义关于普遍联系思想在地学中的具体化。

地球是一个系统，其要素是大气圈、水圈、生物圈、岩石圈、地幔和地核。它有一定的时空结构，组成有机整体，发挥一定的功能。地球这个系统的环境是它以外的其它星体和天体。地球是在不断地与环境相互作用中发展与演化。

某一地区所具有成因联系的矿床（成矿系列）也是一个系统，其要素是各个矿体，它们之间的成因联系表现出一定的空间结构（分带等特征），其环境是所赋存的围岩、构造及经济地理条件等。

再如河流沉积系统，流水、搬运物（碎屑物与化学搬运物等）是系统的要素，而河床坡度、河流流域岩石性质、自然地理环境（气温、气压、降雨量等）是系统的环境，两岸碎屑物及被溶解的化学物质是系统的输入，而搬运物在河谷的沉积是系统的输出，输入与输出就是系统功能的表现。沉积系统就是由沉积要素与结构所决定的、不断与环境相互作用而运动演化的地质过程。

地质系统律，作为地学哲学的概念，虽然其思想来源是系统论与哲学，但形成此概念的主要依据却是地学中的系统思想。这表现在下述三个方面：

1. *岩石矿物方面*

（1）矿物的共生组合。人类很早就已认识矿物的伴生与共生现象。《管子·地数篇》载："山上有赭者，其下有铁；上有铅者，其下有银；上有丹者，其下有黄金；上有慈石者，其下有铜。此山之见荣者也。"这里说：铁矿表层有高价氧化物呈赭（红）色，方铅矿或辉铅矿是铅与银共生。许多铜矿床中磁铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、黄铁矿共生。伴生是指不同种矿物在空间上共同存在的现象。共生是指在一定时间空间范围内、在一定物理化学条件下有规律出现的一组矿物。这是近代矿物学形成的科学基础。如，与花岗岩有关的石英脉型钨锡矿床

中出现的黑钨矿-锡石-石英共生组合。显然互相伴生或共生的矿物形成为一个系统。

(2)建造。建造指地壳的物质构成,它是在地壳运动的某个阶段形成的岩体组合。它包括沉积建造、变质建造和岩浆建造。如发育于优地槽早期阶段的细碧角斑岩建造,主要由富钠的细碧岩、角斑岩及石英角斑岩组成。它们在成因上、成分上、时空上都有密切联系,形成一个很有特色的系统。

(3)成矿系列。成矿系列指在一定地质条件下形成的、在时间空间和成因上有联系的、不同成因类型矿床组成的整体。如玢岩铁矿成矿系列,时间上随岩浆的演化,包括与前中基性岩浆旋回有关的铜、金矿床。矿床类型包括矿浆型、高温气压交代(填充)型、接触交代型、高中温热液交代充填型、中低温热液型和火山沉积型。它们在空间分布上有一定的规律。

(4)变质相。变质相指在一定条件下形成的一定变质程度的变质岩组合,如绿片岩相、片麻石相等。与之相联系的变质联系、双变质带又是高一层次的系统。

2. 地层古生物方面

(1)生物地层单位中的组合带。是指有一定特征的化石组合的一段地层。组合带内不仅含有带化石,也有其它重要分子(化石),它们共同组成这个组合带的总特征。换句话说,组合带是一个系统,在确定它时不能只注意带化石与其它化石的特征(带化石与其它化石并不一定限于这个带内),而是要着重注意这个带化石组合的总特征。

(2)沉积相。它反映了沉积环境的岩性及生物的综合特征。例如礁相,是以造礁生物为特征的反映沉积环境的生物相。以珊瑚礁为主的礁相,反映一种海水清澈的温暖浅海环境。

3. 构造地质方面

地质力学的中心概念构造体系,是指同一地区、同一动力作用方式下形成的许多不同形态、不同性质、不同序次、不同等级、但有成生联系的构造要素组成的构造带及它们之间的岩块、地块组合而成的

整体。如祁连吕梁贺兰山字型构造体系、新华夏构造体系等。

板块学说的最新研究表明，板块(特别是大陆壳)是一个特定的系统，它有自己的发育史与复杂结构，以及特定的地质建造特征、地球物理特性。

总之，地质学中的系统思想不一而足，恕不赘述。

应当着重指出，近几年研究表明，根据地学理论与实践的发展，概括出地质系统律有着充分的科学依据与生命力。

近来有人提出"大地质"概念，把地质系统扩展为天地人巨系统，这就拓展了研究领域，解决和正在解决原来在子系统中无法解决的问题。例如徐钦琦研究证明，全球气候的总体格局是由黄道倾斜的自然的大波动所决定的。而全球气候变迁周期又和北京猿人在文化上的早、中、晚三个阶段相吻合，揭示出地理环境系统与人类社会系统的必然联系。①

人地关系这个系统越来越成为人们关注的研究课题。一方面，人口、资源、环境等全球性问题困扰人类，以致于在探索可持续发展的跨世纪工程中必须以人地关系系统为立足点来找寻出路。另方面，科学的发展也要求在人地关系这个高一级系统中建立全新的学科，诸如全球学、地理科学、地球系统学等等。②

系统思想在传统的地学各分支学科中也有进一步的发展。研究地球演化历史是传统地学的主要任务。但是，历来只注重研究固体地球演化史，近年来则注重研究地球内外各个圈层相互作用的演化历史。这是一个很大的进步。甚至有人提出：地史中气候变迁、地壳运动、生物演化、岩浆活动、元素演变、沉积演化、海水运动以及地球自转速度变化都具有银河年周期。③ 张家诚认为："气候系统就是辩证

---

① 徐钦琦：气候变迁的地球轨道决定论、北京猿人文化分期与全球性气候变迁(前文见《地学与发展》，地震出版社，1996 年，第 304 页；后文待发)。

② 陈传康：地球科学展望，《地学与智慧》，地质出版社，1990 年，第 23 页。

③ 陈雄：地球演化与银河系，《全国首届地学辩证法学术讨论会》，1983 年，第 37 页。

唯物主义普遍联系在气候学中的新概念”，而分析气候系统中的要素、量变与质变、周期性是现代气候学的任务，[1] 在海洋学中，论述海洋生物群落的系统及其与环境（生活小区）的关系，古生物学中论述生物系统的演化等等，都是较为明显的例证。

二、地质系统的分类与主要特点

这里讨论的地质系统，仅限于地质学。

地质学研究，大致分为“静态”与“动态”两个方面：一个方面是研究物质成分与结构；另一方面是研究地质过程与成因。由于地质过程是人类不曾经历或不完全经历的漫长历史，所以人们只好从现存的地球客体特征来反演其过程与成因。反演方法是地质学研究方法的主干。因此，物质组成及结构的研究就成为过程与成因研究的基础与重要途径，有时甚至是唯一途径。同时，对过程与成因的认识，反过来又会加深与开拓对物质组成与结构的理解。须知，这两个方面研究的具体对象与目的是不同的，一个是现存地球客体，一个是地球客体的古代地质过程。从系统论角度看，应分属不同类型的系统。据此，我们将地质系统划分为两类：

（1）地质作用系统，指形成地球物质客体的地质过程。如形成热液矿床的热演成矿系统，其要素是热水溶液及其搬运的矿质等，其环境是运动通道的特征、围岩的物理、化学性质、构造应力场特征，其输入是围岩中物质的加入等，而输出则是它形成的矿床或它与围岩作用而产生的蚀变岩。再如形成火山岩的火山喷发系统，其要素是熔岩和气液等，环境是喷发通道特征、围岩特性、地表地貌、气象、水文地质特征、构造应力场特征等，其输入是围岩物质及地表水等的加入，其输出是各种火山岩、火山沉积岩、喷出火山气体等。

（2）地球物质客体系统，指地质体构成的有机整体，如特定地质条件下的矿物共生组合。以金伯利岩为例，其主要原生矿物是镁铝榴

---

[1] 张家诚：现代气候学的若干哲学问题，《全国首届地学辩证法学术讨论会》，1983年，第60页。

石与金刚石共生，重砂找矿中通过追索镁铝榴石踪迹来寻找金刚石原生矿（金伯利原体）。地球物质客体系统的要素是地质体，其结构是地质体之间的时空关系及成因联系。处于不同层次的地质体，其系统的结构也不同，如岩石的组构、构造形迹的排列方式、矿床的分带等都是不同层次的系统的结构，地球物质客体系统的环境是相关的或时空近邻的地质体，如矿床的围岩、岩体的地质构造等。

应当指出，一定的地球物质客体系统是一定的地质作用系统输出的产物，如岩浆岩体就是岩浆活动的产物。地球物质客体系统与地质作用系统，都是自然系统，但二者也有不同，地球物质客体系统的发展过程比地质作用系统还要长。如地壳上的克拉通（长期稳定地区）内一定深度的岩浆岩体等，它们形成之后，几乎从来没有发生什么显著变化，因此，在一般尺度上，它是一个“死”系统。

地质作用系统是地学研究中最重要的地质系统，它在很大程度上决定了地球客体系统的特征。地质作用系统有五个特点：

（1）发展历史的长期性。如一种矿物的结晶过程往往可达数百万年；再如通常沉积 1 厘米地层需要近 3000 年。

（2）系统环境的复杂多样性。地球是巨大的非均质体，纵向上和横向上都是复杂多变的。同一个地球客体在同一个空间位置上，由于漫长地质历史的演化，其特征也是变化不定的。例如地壳上某个狭长的活动地带（地槽），经过漫长的历史演化，变成褶皱带，由活动渐趋稳定，成为地台。但这并不是它的终结，它还会转化为新型活动区（地洼）。可见，地质作用系统的环境在时间-空间上是复杂多变的。

（3）系统自身的复杂多样性。地质运动涉及物理运动、化学运动、生物运动等各种运动形态，地质运动的物质承担者有地内的、地表的，以及来自地外的物质客体，地质系统的环境又复杂多变，这就引起了地质作用系统的复杂多样性，并表现在地质作用的地域性上和时域性上。

（4）系统的开放性。地质作用系统几乎全部是开放系统，与环境有物质、能量、信息的交换，有的具有远离平衡态的特点，形成耗散结

构。如岩浆作用系统中，岩浆在上升过程中，不断地散发热量并与围岩发生物质与能量交换。

(5)系统的多层次性。地球客体系统的多层次性反映了地质作用系统的多层次性。例如地球圈层结构的多层次性，这是地球长期演化的结果，自地壳形成后是地质作用的结果。再例如，矿床学中讲到的矿石、矿体、矿床、矿田、矿区、成矿省也是一种不同层次的，由小到大的地球客体系统，显然是内力与外力地质作用的结果。

地质作用系统的上述特点，在一定程度上决定了地质事件的其它特点，如地球客体系统的复杂多样性、空间叠加性、不可重复性，以及不能人为控制等。其中如空间叠加性就是由于地质作用系统的长期发展性所造成的，即早期形成的产物与晚期形成的产物在空间位置上重叠。还有，地质研究中重视历史分析，强调地域性，也可以从地质作用系统的复杂多样性、长期发层性上得到部分解释。

三、地质系统律的认识论和方法论意义

地质系统律的认识论与方法论意义表现在：它为地学研究提供了一种新方法——地质系统方法。

广义的地质系统方法，是一类思想方法与技术方法的总称，它既是解决地质问题的思想方法，也是对地质系统的设计、描述、优化的技术方法(地质系统工程)。

狭义的地质系统方法，指的就是作为技术方法的地质系统工程。由于地质系统的特点，人们对它的研究大多通过它的输出(地球客体)来进行，这就决定了作为技术方法，地质系统方法具有局限性，即对它的系统分析，建立模型，求解，优化都有困难。

从方法论角度看，地质系统方法确有其独到的特点和重要性，这点我们将在第七章地学方法论中专门讨论。

下面仅就地学中的几个基本问题，以地质系统律为依据，作些分析：

(1)关于地学的现代研究方法。随着现代自然科学的发展，以分析为主的研究方法正转向以综合为主的研究方法，地学研究也呈现

这种趋势。这和系统科学的建立与广泛应用密切相关。于是，系统思想已成为科学研究以及地学研究的重要思想方法。系统论认为，整体大于部分之和。当前，地学已积累大量成果，正进入综合整理阶段，这除了要归纳各部分的共性之外，还要挖掘各部分没有、而整体具有的本质属性（规律）。例如，当人们将一个地区所具有成因联系的矿床作为一个整体来考察时，就可得到关于矿床成因更为完整而深刻的认识，并据以对矿床作总体评价，综合开发利用，达到经济上最优。

(2)关于地质理论的评价。地质系统具有多层次性，针对一定层次得出的结论，必然只能反映这个层次的特征与规律，具有局限性，它不可能完全反映低一层次的细节，也不能反映高一层次的所有联系。因此，地质研究所获得的某个结论，在外推时要慎重地考虑边界条件，不能不注意限度；同理，在评价他人某个假说或理论时，也不应当不切实际地要求它适合所有其它层次。具体说，不能将某个地区、一定时代地质现象的研究成果，不加分析地推广到其它地区、其它时代，也不能要求他人的理论与假说能够解释一切地质现象。一句话，考虑到地球客体系统的层次性，就可避免论断的绝对性与研究方法的绝对化。

众所周知，地质学有各种各样的理论分歧与争论，学派林立，百家争鸣。这其中的原因很复杂，但有一点，确是发生在"层次"隔阂之上，彼此谈的不是同一层次的课题，不是同一种内涵的概念。

(3)关于复杂性。不同层次的系统，有不同的要素与结构。低层次系统的要素与结构比较简单，层次越高的系统，要素与结构越复杂。如在元素这一层次，共有 108 种元素（目前已发现的元素）；到了矿物这一层次，元素组合的矿物达 3300 多种；再上一个层次，岩石的种类就更多、更复杂了。不同层次的复杂性不同，把握住这一点，就可总结出不同层次的规律。物理学、化学研究的对象比地质学研究对象的层次低，用抽象化简（还原）方法求到的东西多，得到了许多规律、定律。近代地质学早期也用抽象化简（还原）方法，得到了化石层序律、将今论古原理，等等。如果拿化石层序律与较低层次上的定律比

较，例如与岩浆岩冷却结晶的鲍文反应原理比较，则前者内涵较少，后者内涵较多（逻辑学上称之为：属概念与种概念的内涵与外延之间的反变关系）。可见，在高层次的地质系统中要去寻找诸如物理、化学现象内涵很多的规律，可能性不大；换言之，地质学得到的定律模糊度也较大。因之，认为地学不科学的人，很可能忽略了系统的层次性。

人们发现，长期以来，地学研究偏重于具体的详细调查，较高层次的总结与综合则较欠缺，因之，研究所得比较简单而适用范围很广的定律不太多。这也可能是被人认为"地质学不科学"的一个原因。

地质系统律是一个尝试性的概括，极不成熟，进一步的研究还有待人们作出更多的努力，以求日臻成熟完善。

第二节　地质分合律

一、地质分合律的含义

地质分合律又称分离结合律。它的含义是：在地球客体系统中，存在着分离与结合两种对立的倾向或力量，它们之间的相互制约与彼此消长，构成了地质过程的实在内容。如由于外力地质作用，坚硬的岩石被风化、剥蚀，又将岩石碎屑从高处搬运到低处沉积下来。剥蚀是分离的倾向，沉积是结合的倾向。再如地表水、地下水受地球重力场支配流向海洋，海水因太阳照射而蒸发，再经大气环流降水至大陆。蒸发与降水就是全球水循环中的分离与结合的两种倾向。在地壳运动中，建造代表形成，是地壳物质的结合；改造代表形变，是岩体的变形与变位，是分离的倾向。这也是两个相互联系、相互对立的倾向。岩石的热胀与冷缩，地球的膨胀与收缩，也是人们熟知的两种对立倾向，也是分离与结合的表现。可见，分离与结合是地质运动中的普遍现象。

应当指出，分离与结合这对哲学范畴，包含有机械运动的位移，但不能归结为位置移动，因为它包含有形成与形变、破坏与建设、膨胀与收缩、元素的迁移、物质的同化与分异等意思。换言之，分离与结合具有不同的层次性。地质分合律与地质系统律是互为表里的关系。

恩格斯指出，一切运动的基本形式都是接近与分离，收缩与膨胀，——一句话，是吸引和排斥这一古老的两极对立。我国地质界运用这一思想，把地质运动的内在矛盾概括为以重力为主的吸引和以热运动为主的排斥之间的矛盾。这一矛盾贯穿于一切地质过程的始终，分离与结合正是这一内在矛盾的具体表现。可见，这一内在矛盾决定了地质分合律具有客观性与普遍性。地质分合律揭示了地质过程的实在内容，是地质系统律的逻辑延伸。

可以把地质构造演化的内容概括成“开”与“合”的对立统一。“开”可以形成盆地、裂谷、地槽、大洋；“合”则褶皱成山，隆起成陆。在地壳运动中，“开”的最高层次表现是形成大洋，“合”的最高层次表现是克拉通化，固结大陆。在整个地质历史时期，“开”与“合”是相间出现的，一个时期以开裂为主，伴有局部聚合；另一个时期以聚合为主，伴有局部开裂。一“开”一“合”形成一个构造旋回。可见，“开”与“合”在时空上的组合，表现了地壳运动的实在内容。

地球的冷缩与膨胀，是一个不争的事实。虽说冷缩说与膨胀说已退出了历史舞台，但地球的胀缩现象并没有消失。地球是一个非均质的弹塑体，且又处在不断运动之中，这就决定了地球体积膨胀与收缩的必然性。现有材料证明，地球既非如冷缩说主张的单调收缩，也非如膨胀说主张的单调膨胀，而是有胀有缩，交替变化，存有规律性。

二、分离与结合的辩证关系

分离与结合是地质运动中对立的倾向，同时又是统一的。其统一性表现如下：

1. 分离与结合是互为前提的

沉积以剥蚀为前提，没有隆起带的剥蚀，沉积就没有物质来源。如何理解沉积是剥蚀的前提呢？因为沉积是新地层的形成过程，剥蚀是旧地层的破坏过程。没有新地层的形成，当然也就无所谓旧地层的破坏了。可见，沉积与剥蚀统一在地层不断变化发展的历程中。

建造与改造，也是辩证统一的。建造是改造的物质前提，没有岩体、岩层的形成，就不可能有岩体、岩层变形、变位的改造活动。另方

面，改造又是建造的前提，岩体、岩层的形变与破裂，又为沉积、岩浆充填创造了条件。地质构造与地表形态没有破坏，新的地质构造与地表形态就无法形成。在破坏中建设，在建设中同时遭到破坏，二者统一在地壳运动之中。

地球的胀缩是交替出现的。在时间上，一个时期的地球膨胀必然会导致另一个时期的地球收缩，反之亦然。在空间上，一个局部地区的地壳膨胀（隆起与引张）必然会伴随另一个相应地区的地壳收缩（沉陷与挤压），反之亦然。至于岩石的热胀冷缩也是互为条件，因为胀缩是分子或质点之间作用力使分子或质点保持平衡位置（结合）与离开平衡位置（分离）的对立统一。

2. 分离与结合在一定条件下互相转化

由水蒸发转化为降水，再由水转化为水蒸气，这是水分子运动形态的变化，条件是地球上温度与压力的变化。地球体积的膨胀与收缩也是相互转化的，其控制条件主要有：宇宙环境的变化、地内热能的变化、重力作用和地球自转速度变化。这四种因素的综合效应会使地球由膨胀为主转化为以收缩为主，或者向相反方向转化。例如，宇宙环境变化，宇宙物质高速碰撞地球，地球质量加大，地心引力增大，地球就趋向收缩。如果地球内部重核分裂蜕变引起元素总体积增大时，地球体积就会趋向增加，引起膨胀。一般说，热作用与重力作用这一内在矛盾是地球体积胀缩转化的原因。由于地球内能随时间衰减，地球胀缩交替的总效应有可能向收缩为主的方向发展。

把握分离与结合的辩证关系，就可以把握地质分合律的方法论。分离与结合这对范畴，是辩证唯物主义原理与地质运动相结合的产物，是哲学的具体化与深化。因此，了解分离与结合的辩证关系，就可以为地质研究提供辩证思维的指导，防止思想僵化与片面性。在实际研究中，往往有人强调地质构造运动中的改造，而忽视沉积建造；而另外一些人，则强调地壳物质的构成，而忽视岩层构造的变形。或者有人重视岩层构造的力学分析，有人重视地壳演化的历史分析，二者不能兼顾。实践证明，这样得出的结论是不可取的，从方法论上看，是

一种片面性。

地质系统律指导人们把地球客体、地质作用和地质过程放在系统之中考察，而地质分合律则在地质作用过程中区分两种对立的倾向或力量，并揭示其辩证关系。所以，地质分合律是地质系统律的一种表现，一种理论延伸。也就是说，在考察地质系统之时，应当留意系统中的对立倾向或力量，以及此消彼长的规律性。

在地质研究中，人们考察地球客体的物质构成与形变，这是一个层次。在此之后，人们综合考察形成与形变的关系、建造与改造的关系，总结出一般规律性。这就进了一个层次。概括也是深化，地质分合律的方法论意义恰在引导人们深化认识。

三、地质分合律的复杂表现

地质分合律在地球客体与地质作用的不同层次上，有不同的表现、不同的特征。如在岩石这个层次上，分离与结合表现有膨胀与冷缩、破裂与成岩，以及表现为沉积岩中的剥蚀与沉积、变质岩中的残留与变质、岩浆岩中的分异与同化。

在岩浆岩的形成中，种类不多的几种母岩浆之所以能够形成各种类型的岩浆岩，主要原因是岩浆活动过程中存在有同化与异化两种对立势力的相互作用。岩浆分异是指岩浆活动中，由于环境与条件的变化，其成分也随变化，由成分复杂的岩浆分化为许多或分比较简单的岩浆。岩浆同化是指岩浆侵入围岩之中而发生物质交代反应。岩浆活动的基本形式，即同化与异化，就是分离与结合。正是在分离与结合的相互作用(此消彼长)之中产生出来各种不同的岩浆岩。

矿床又是一个层次。在矿床形成中，一定的矿床总是某些有用矿物高度富集的产物，并且有用矿物呈共生组合的规律性。近代成矿理论注重矿物共生组合现象与成矿系列的研究。矿床形成与矿物共生组合是地球化学元素迁移的结果。通过地球化学元素的迁移，元素在地壳的某个地段集中，并在地质作用下形成矿床。由迁移引起的元素分散是分离的倾向，由迁移而引起的元素集中是结合的倾向，所以矿床形成是在分离与结合的对立统一中实现的。

大地构造又是一个层次。谈构造运动就离不开水平运动与垂直运动，这是构造运动中的两种对立的倾向或力量。在考察岩石形变的应力时，水平应力与垂直应力就是它的两个分量、两种力量。垂直应力是向心力量，水平应力是离心力量，是分离与结合的表现。水平运动与垂直运动还表示地壳构造运动的方向。从倾向上看，垂直方向表示结合，水平方向表示分离。地壳构造运动总是水平与垂直这两种对立倾向的分离与结合。在不同地区、不同地史时期，随着时间、位置、温度、压力等条件的变化，水平应力与垂直应力的主次、强弱都会有变化，从两表现出来的运动方向也就不同。一般说，在地壳上层，水平应力分量远超过垂直应力分量，所以水平运动占主导地位，垂直运动居于从属地位，只有在地壳下层和地幔，垂直运动才成为主导。具体到分析特定背斜、向斜和断层时，各点的总应力都可分解为水平应力与垂直应力。首先是水平侧压力引起层面滑动，形成褶曲，与此同时伴随有垂直应力，上推下压，形成背斜的上拱和向斜的下拗。可见，水平应力与垂直应力是有联系，褶皱与断裂也是相互联系的。

在地质学史中，隆起说与收缩说，槽台说与大陆漂移说，都长期争论过构造运动是以垂直运动为主还是水平运动为主的问题。我们从地质分合律立论，认为不同学派理论应取长补短，互相促进，不可以青诋黄，失之片面。如果再深入一个层次，垂直运动又有上升与下降两种倾向。上升是对引力的克服，是分离；下降是引力占主导，是结合。如果把升降运动放在地貌系统中分析，升降运动又与夷平作用相联系，夷平作用使地表平坦化，减少地表高差，是一种结合倾向，而升降运动则增加地表高差，是一种分离倾向。地壳升降运动比较激烈时期，称为幼年期，当主导方面转化为夷平作用时，称为老年期。两个阶段合称为地貌发育的一个旋回。旋回就是地质分合律以及后文讲到的地质重演律的综合表现。

板块学说认为，地壳由若干板块构成，板块之间的相对运动形或了各种地质现象。板块之间的运动有两类基本形式：接近与分离。两个板块之间的接近有两种方式：俯冲与碰撞。俯冲是洋壳板块侧向运

动时，遇到了大陆板块，由于洋壳板块岩石密度大，位置较低，所以俯冲到大陆板块之下，下插部分可达一、二百公里，甚至六、七百公里，下插处叫俯冲带。碰撞是两个大陆板块接近的方式，是板块接近的第二种方式。在相撞中，接触地带挤压变形，形成褶皱山脉，使原先分离的两块大陆板块缝合起来，此处叫地缝合线。与此相反，大陆板块的分裂就会形成海洋。古大西洋在距今3亿年时开始缩小，距今2亿多年时完全闭合消失，于是古北美与古欧洲两块大陆合并成一个大陆。在距今1亿年时，这个大陆又在原来缝合之处但又不是原处重新开裂，于是形成新的大西洋。可见，结合与分离是地壳运动中的普遍现象，是它的基本的倾向。结合造山，张裂造海，是板块学说的重要原理。

板块学说认为，板块相向运动中，张裂与挤压是相互联系而存在的。在对全球构造应力场分析中，可以印证这一点。挤压与拉张、碰撞与分裂是相互依存、相互转化的。全球范围或大区域的应力场为拉张，局部范围的应力场则为挤压；同样，全球范围或大区域的挤压应力场中，存在有局部范围的拉张应力场。前者如非洲大陆向北移动伴随有地中海的萎缩、闭合过程，印巴断块区向北运动导致青藏高原大幅度隆起。后者如始新世、渐新世的阿尔卑斯褶皱带形成时期其北侧形成莱茵地堑。还有，碰撞与张裂在一定条件下可以互相转化，碰撞带通过剪切带而转换成张裂带，这在大西洋中脊南端可以找到例证。总之，对构造应力场分析可以得出这样的结论：分离与结合是构造地质中的普遍现象，地质分合律是地质运动中客观存在的一条规律。

再考察地球这个层次。19世纪以前，地质学界盛行冷缩说，认为地球是由一团稀薄炽热的气态物质经由液态而冷凝成固体地球。地球在继续冷凝中，体积不断缩小，外层硬结地壳就会收缩起皱，因水平挤压而形成褶皱山脉。随着认识的深入，特别是放射性元素的发现，人们怀疑冷缩说，反而认为地球是由冷变热。原始地球也不是气态物质，而是固体物质聚集而成。固体物质在聚集过程中，由于陨石物质的冲击，放射性元素的蜕变加热，以及重物质向原始地球中心密

集，使地球温度不断增高，这样地球就由变热而膨胀。现在知道，地球既非单向持续冷却而收缩，也非单向持续增热而膨胀，而是冷缩热胀周期性波动，并且伴随有地球自由振动。在地球整体或局部收缩时期，地球物质主要由表层向地球内部迁移，地壳拗陷、褶皱，岩浆侵入活动频繁，地表水圈由两极向赤道运动。反之，在地球整体或局部膨胀时期，地球物质主要由深部向地表迁移，陆壳洋壳引张张裂，玄武岩浆沿裂隙涌出，在洋底形成新生洋壳，在大陆是岩浆侵入与火山喷溢，地表水圈由赤道向两极运动。由此可见，膨胀和分离倾向、收缩和结合倾向是十分普遍、相互联系而存在的。

地质分合律是地质领域的普遍规律，是物质运动一般规律的特殊表述。这就表明，认识地质分合律的各种具体表现，对于丰富辩证唯物主义，掌握辩证思维规律是有意义的。

第三节　地质互补律

一、地质互补律的含义

地质互补律是指开放的地球物质客体系统自身固有的互相补偿的功能，这种功能对该系统起到自我调节的作用，维持该系统正常运行。

这里有两个要点：地球物质客体系统具有互补功能；运动能对系统起调节作用。

人们很早就已发现，地壳厚度很不均一，陆地与海洋，高山与深谷，相差很大。近代科技进一步证明，地球是个物质分布极不均匀的球体，无论是纵向还是横向，物质分布都不均一。重力测量表明，高原与山区的重力比平均值低，为重力负异常；平原，特别是大洋盆地，重力比平均值高，为重力正异常。这说明组成地壳的岩层分布是不均匀的，即组成地壳的物质密度是不均匀的。高原和山区的硅铝层较厚，但物质密度较小；而平原与大洋盆地的硅铝层较薄甚至缺失，而物质密度较大。从 1855 年起，人们用“地壳均衡”来解释这种现象，认为地壳下面存在着均衡面，这是一个起伏不平的剖面；同时组成地壳物质

的密度也不均一。这样，高原与山区上部物质的质量有剩余，而其深部物质的质量又不足，上下两相补偿和抵消。大洋盆地缺失上覆岩层，袒露出硅镁层，于是深部的地幔也向上凸起，这样下部质量有剩余，上部水体部分的质量就不足，两相补偿，达到平衡。足见地壳这个系统具有互补功能。值得注意的是，均衡不是静止的、绝对的，而是在不断突破、不断调整中达到动态平衡。高原与山区时刻遭到剥蚀而减轻负荷，洼地与海盆不断接受沉积而加重负荷，达就使均衡面在负荷减轻地区上升，在负荷加重地区下降，以达到新的平衡。这种上升与下降的自我调节是由什么机制实现的呢？1889 年都顿提出，升降运动是由地壳下的塑性地幔缓慢的水平移动使质量得到补偿而实现的。当然，质量补偿是否由地幔的水平移动来促成，还值得深入研究。但地质互补现象是客观存在的。

从上文还可以说明，地质互补律中讲的自我调节功能也就是非平衡系统中内部各子系统（或要素）之间的功能——自组织性，而且组织过程使系统维持自稳定。这样说来，互补功能是系统内要素之间的相互作用而促成的，也就是要素间两种对立倾向或力量的相辅相成。所以说，地质互补律是地质分合律的补充与深化，它使人们对地球客体系统的考察从静态深入到动态，从结构深入到过程，从存在深入到演化。

地质互补律是概括地质学家长期研究成果而得出的概念。实践证明，剥蚀与堆积（沉积）、海侵与海退、熔融与结晶、伸张与挤压等等都是地质互补现象。前文讲到的地壳构造运动的“开”与“合”，板块构造理论的洋壳新生与俯冲消失，都是地质互补的诠释。应当指明，大洋中脊的开裂伴随有洋壳陆壳的聚会，大洋地壳的新生与旧洋壳的消亡，是一种地质互补的功能表现，并且说明了互补功能维持了地壳系统的稳定性。但这种机制的内在原因是什么，地质互补律并没有作出判断，这要靠地球科学的深入研究才能回答。构造地质学、动力地质学、板块学说虽然都有自己的说法，看来问题还没有得到解决。

总之，对立的双方相辅相成，就是我们说的“互补”，只不过我们

把“互补”限定为地球客体系统的一种自我调节(自组织)功能。这就是地质互补律的全部含义。

二、地质互补形式的多样性

地质互补是地球客体运动中的普遍现象,但地质互补的形式却是多种多样的。

首先看看地球化学元素迁移中的地质互补。元素的迁移是指元素由一种存在形式转变为另一种存在形式,并伴随有一定的空间位移的过程。由于不断迁移,使得元素在地壳各个不同地段和各种地球客体中的平均含量有所不同。含量超过克拉克值(平均含量值),称为“集中”;反之,低于克拉克值,称为“分散”。所以,地壳中元素含量的分配就是元素的分散与集中。某地段元素集中,必然伴随另一地段的元素分散,它是互相补偿的,元素迁移系统存在着元素集中与分散的互补功能。换言之,某地段富含某元素而贫于另外一些元素是受地质互补律支配的。应当指出,这种互补现象并不是说地球化学元素是一个固定量,富与贫是固定量的比例分配,而是说富与贫是元素分布在系统互补功能上的表现。互补功能是客观存在,这种功能如何表现,则受区域地球化学特征(区域岩石类型)的制约,即元素迁移系统是与环境相联系的。

元素在地壳中的聚集,使造矿元素与各种矿物之间表现为共生组合的关系,并形成多种矿种共生的综合矿床。例如,铁、铜、钴与赤铁矿、磁铁矿、黄铜矿共生组合。其原因,目前只认识到四点:共同的地球化学性质;相同的地质作用使之同时形成;类质同象置换;叠加矿化。其实,这四条都是讲元素迁移活动历史在空间与时间上表现的互补功能。另外,元素还可以互相转化,例如,铬、钛在超基性岩—基性岩—碱性岩建造中的演化,同样也是互补功能的表现。

在岩石矿物系统中,互补功能又普遍表现在交代现象中。例如,钾长石对酸性斜长石的交代,由于岩石与溶液的相互作用,钾元素的带入和钠、钙元素的迁出是互补的。

矿种共生形成的矿床,有明显的空间互补现象。例如,石膏、岩

盐、钾盐三个矿种常常共生而形成综合矿床，这种矿床的成因是封闭或半封闭水体蒸发沉积。由于石膏先沉积，分布面积广，所以当水体继续蒸发，沉积盆地面积逐步缩小时，石膏首先在盆地边缘出现，然后依次是岩盐(NaCl)、钾盐矿床，而且钾盐矿床居于盆地中央，面积最小。这种矿床形成过程中的空间互补关系显然受地质作用制约。

矿床共生(矿床系列)表现的互补功能是另外一种互补形式。所谓矿床共生是指一系列不同成因类型的矿床共生在一起，又称矿床系列。例如斑岩铜矿就是一组共生矿床。斑岩铜矿的成矿主导因素是含矿斑岩体，以及围岩岩性。斑岩铜矿的蚀变围岩呈现出有规律的带状分布特征。一般分为四个带：钾蚀变带、石英绢云母化带、泥化带、青盘岩化带。由于蚀变分带与矿物组合和矿石结构构造特征的分带相互呼应，所以我们认为是地质互补规律的表现。

再上一个层次，矿产资源的分布也呈互补格局。王战以能源资源(煤、石油、放射性元素、地热)为例，论述了资源分布的互补性。各种构造单元都有能源矿产赋存，放射性矿产资源对煤、石油资源互补；太阳能、风能对水力资源互补；地热能对其它能源矿产的互补。他认为这种互补性是由构造演化控制轻重元素分布所致。①

地幔系统中的互补形式是另外一种类型。地幔是地壳下面的圈层，厚度有2800公里。地幔下部是温度很高的地核，地幔物质呈塑性状态。地幔之上是地壳，温度远低于地核。这样地幔上下部分的温度是不均匀的，这就会发生对流，流动速度十分缓慢。地幔物质被地核加热后的热流，从地幔下部往上升起，抵达地幔上部时就作水平流动，并且经由地壳散热，变冷而下沉，由此形成对流。地幔物质热流的温度逐渐升高，当升到地幔上部的热流与下降到地幔下部的冷物质温度接近时，对流便暂时中止。经过一段时间，地幔物质下部加热与上部散热又出现温差时，对流又重新开始。由此可见，地幔对流体存

① 王战：中国能源资源分布的互补性与中国中西部经济的发展(摘要)(未刊稿)。

在着温度互补功能，当温度补偿达到热平衡时，对流中止；当温度补偿出现温差时，对流又重新开始。这是地幔对流系统的自组织性。地幔物质系统的加热与失热，是系统与环境的物质与能量交换，但互补功能却是地幔物质系统所固有的。地幔对流孕含着中止对流的因素，因热流总是从高温向低温流动，而散热 2 又慢于加热，趋势是温度趋于平衡。同时对流中止又孕含着重新启动对流的因素，因为加热快于散热，必然引起温差而发生对流。所以加热失热的条件不可少，而互补功能却是稳定固有。再者，对流的周期性变化（自组织性的表现）也决定于温度互补功能，而不决定于加热与失热。对流中止与对流运行这两种状态中，加热与失热的条件都存在，而温度补偿而产生的温差却不同，因此可以确认互补功能是系统维持运行的根据，而系统与环境的物质与能量交换只是条件。

板块学说认为，洋壳一边新生、一边消亡，大约两三亿年便可更新一次，这是洋壳永葆青春的互补形式。

地球上层的温度分布也是一个自我调节的系统。观测表明，地球内部温度越往深处越高，其增高率叫“温度梯度”。在大陆上，可从矿井或油井中实测得到温度梯度，其数值变化幅度很大，深度每增加 1 米，温度增高约为 0.01～0.1℃。海洋底部温度可用特制探针测得，其值约为 0.04～0.08℃/米。按照地面所测温度梯度推算地下深处温度，70 公里深处为 1400℃，110 公里深处应为 2200℃。这么高的温度足以使上地幔橄榄岩融熔。但据地震观测，上地幔直至地核边界绝大部分是固态而不是融熔状态。由此可见，地下深处 50～80 公里深处温度梯度可能有一个很大的变化，只有这样才能维持地温系统的热平衡。究竟是什么机制使地下深处温度梯度会大大变小呢？根据实测，地面热流平均值为 1.5 微卡/平方厘米·秒。从岩石放射性含量看，只有一小部分热流来自地球上层一二百公里厚度范围内，大部分应来自地下更深处。前文已述，在地下几十公里深处，温度梯度又大幅度减小，同时地壳上部又长期受到侵蚀，放射性元素也会不断被搬运走，可见，要维持地面热流，一定存有一种热传导机制。这种热传

导机制就是物质迁移。地球内部的物质迁移是经常发生的，如热液活动、岩浆活动、对流等。地幔某处积热太多而又传不出去，就会局部溶化或变软，呈塑性状态，发生对流，将热能带至地壳。应当着重指出，物质迁移导致地面热源保持一定值，主要原因是长寿命放射性元素铀、钍的迁移。实测表明，岩石圈表层（5～10 公里）铀、钍含量较大、放射性升热率高；而深部含量锐减，增温速度降低，温度梯度大幅度变小。由此可知，地球物质迁移尤其是铀、钍元素迁移，是地球主导传热机制，由它实现了地温互补功能，起到地温自我调节的作用。

岩层在大地构造作用力下，产生应力与应变，积累大量的应变能。有积累必有释放，应变能的积累与释放就是岩层面有的一种互补功能。由于这种互补功能，岩层可以自我调节，从而形成不同的地质构造形迹，其中有和地震密切相关的断层。

断层是一个系统，在地应力作用下，应变能往往集中于断裂带上。这种应变能积累有一个时间过程，才能达到破坏岩石的强度。由于岩层的结构与强度不均匀，应变能总是在某些地方加速积累，于是这些地方的岩层首先破裂，释放出能量，产生小地震，这是预震。随后，应变能积累到一定程度，体积相当大的岩石也承受不了，接近破裂状态。如果某一点开始破裂，裂缝沿着应力降落最快的方向扩展，岩层错动，形成断层，瞬间释放大量能量，这就是大地震。发生地震，不见得一次释放完所有积累的能量，剩余能量还会继续逐渐释放，形成余震。最后断裂带处于平稳状态，开始新的应变能积累。可见，地震是地应力集中和释放这一互补功能的表现，也是断裂系统自我调节的一种方式。由于应力集中的时间与空间不同，岩石强度分布不同，应变能释放方式也就不同，反映出来的地震在时间（频率）、空间、强度等分布上也不同。从这点说，应力能集中与释放的互补功能是受地质构造条件制约的。另外，断裂带上集中的能量释放，也不限于地震波一种释放方式，还有以热能、电磁能等方式释放的。这也表明，应力积累与释放互补功能是以多种形式表现的。

应力集中常常在构造的脆弱地带，如大断裂曲折、拐弯的凸出部

位，断裂带带间交叉处，活动断裂带内不平滑处。除此之外的地点，相对来说，应力集中较少。还有各种变化能显示地震易于集中与不易集中，这也是一种互补形式。还有，发生过强地震的地区，构造上是脆弱地带，容易发生小震，由此又不容易使应力高度集中，故而不易再次发生强震。这又是集中与释放互补功能的特殊表现。

三、地质互补律的认识论与方法论意义

广义地说，分离与结合、膨胀与收缩、剥蚀与沉积、建造与改造等也是互补的，即相互联系之意。不过我们还是把它们区别开来。地质互补律是针对地球客体系统的自我调节功能讲的，而地质分合律则着眼于地球客体系统的实在过程。两者虽有联系，但区别也是明显的。两者都是对地质系统律的演绎与补充。

地质互补律的认识论与方法论意义是：在物质系统中，功能与结构是对应的。因此，地质互补律可以引导人们从系统的互补功能入手，了解地球客体系统的某些特征，实现认识自然改造自然的目的。例如，地应力的集中与释放互补功能的表现，总是和地质构造相关连。因此，大面积划分地震危险地带，成为预报地震的常用方法（即地震地质方法）。由于地应力集中与释放都是在地震带上，这就使人们有可能控制地震。所谓控制，实际上是利用应力集中与释放互补功能，人为地激发能量提前释放，变大震的可能性为小震的现实，消除地震的破坏性。

从地质互补律来认识成矿规律，可以帮助人们从传统的单成因分析，进入多成因的综合分析，这对于分析复杂的成矿现象，无疑是有益的。在分析矿床成因类型与成因规律时，需要了解区域元素分布，确定区域克拉克值，以求划出某些元素富集趋势地区与贫化趋势地区，然后综合分析全局趋势。这一认识过程，实际上就是承认地质互补律支配着区域元素分布。因此，自觉地运用地质互补律指导矿床预测工作，也将会是有启发的。

应当指出，当前在矿床学中普遍使用矿床模式方法，这对于由定性认识向定量分析发展，引用数学方法、物现化学参数来认识矿床分

布规律将会有极大的推动作用。我们觉得这里有一个如何看待成矿模式的哲学问题。如果对某种成矿模式(如玢岩成矿模式),不是把它看成是某一矿床类型的抽象,只是看成是一种特定矿床的认识成果,就很容易使模式僵化变成先验的东西。从地学哲学看,某种成矿模式只不过是地质互补律的一种具体表现,在运用模式之时如果看到地质互补律的多样表现,就可以避免模式僵化。

控制论中的"黑箱"方法,也是从系统的功能着眼,从系统的输入、输出,探索系统的特征,达到认识与改造自然的目的。地质互补律也能给人以启示:对于地质系统的结构与复杂性没有认识清楚之前,人们可以从其互补功能入手,从系统的输出中,掌握地质系统的某些规律性,达到改造自然的目的。例如地震活动,因为地球内部是一个"黑箱",地应力集中的地点,岩层断裂的脆弱带的分布,岩石何时断裂,都是不清楚的。另外,地震还受一些未知因素的控制。就目前科学技术水平看,地震基本上还是地球内部"黑箱"的一种输出。因此,人们可以根据地质互补律结合具体的科学方法,对地震作出观测、预报与控制。

地质互补律讲的是地质系统的互补功能,由于地质系统的复杂性,互补功能往往不是单独发挥作用,而是与其它功能、其它规律一同发挥作用。而且,最要紧的是互补功能背后有什么共同原因,现在还不清楚。所以地质互补律在方法论上的意义就受到很大限制。

第四节　地质重演律

一、地质重演律的含义

1969 年,苏联地质学家 A. B. 龙德克维斯特在与生物重演律作类比的基础上提出了地质重演律:"任何一个内生成矿作用过程可以分成很多环节,每个环节又可分出一些规律更小的环节,成矿作用在时间上(和空间上)发育的基本规律对不同规模的环节来说都是相似的,在时间比较暂短的自然环节中发育过程好象是发育史全过程一个带有本身特色的缩影。"1984 年,几位作者各自将地质重演律推广

到整个地质学领域，认为它是地质运动中一条普遍而基本的规律。以后，一些学者从不同角度进一步论述和肯定了地质重演律。

作为地质运动的一条基本规律，可以将地质重演律表述如下：低层次的某种地质系统的(时空)发展过程是较高层次的同类地质系统发展历史的简单重演。

地质重演律包括时间和空间两个方面，它揭示了不同展次地质系统时空结构之间的相似性，地质运动的周期性和不可逆性。因此和前述三条基本规律相比较，它是在阐述地质系统的实在性、地质系统的运动状态、运动中的互补功能之后，阐述了地质系统运动的方向性及其特征。显然，它是辩证唯物主义的事物按否定之否定法则螺旋式上升发展规律在地学领域中的具体体现，它丰富了唯物辩证法的内容。

应当着重指出，重演不是简单得重复，只是强调时空上的相似。后面的实例和分析将进一步说明地质重演律的含义。

二、地质重演的普遍性

重演现象普遍存在于地质领域的各个方面：

1. *岩石学方面*

研究表明，地壳演化的总趋势是陆壳不断增大和加厚，成分由基性向中酸性变化。多期岩浆活动，一般是早期的比较基性，晚期的比较酸性，如常见的玄武岩-安山岩-流纹岩组合。同一期不同层次的岩浆岩，一般早形成的较基性，晚形成的较酸性，如华南燕山期的邓埠仙岩体，从第一次到第三次，其 SiO_2 的含量依次是 69.30%、73.59%、75.06%，酸性依次增强。同次岩浆岩的不同相带，一般先结晶的较基性，晚形成的较酸性，如广西大宁岩体，由边缘相到过渡相到中央相，依次为石英闪长岩、角闪石黑云母花岗闪长岩、黑云母花岗闪长岩。同一相岩石中，一般含 SiO_2 较少的矿物先结晶，含 SiO_2 较多的矿物后结晶。这就是著名的鲍文反应系列。更小的层次对单个斜长石晶体，从早到晚的结晶过程(即由晶体中心到边缘)，总体上一般也是酸性增加。由此可见，地壳演化、不同期岩浆活动、同期不同次

的岩浆活动、同一次不同相带岩石的形成过程、同相带岩石中不同矿物(甚至同一晶体)的结晶过程,这种不同层次(即延续时间不同,其形成的地质客体的规模也不同)的地质运动都有相似的演化趋势,即具有重演性。

罗诺夫较详细地研究了沉积岩成分在整个地区地质历史时期的变化,即有从砂岩、粘土岩→砂岩、粘土岩、化学沉积岩→砂岩、粘土岩变化的总趋势。在某一个地区沉积岩的形成又往往有从砂岩、粘土岩→化学沉积岩→砂岩、粘土岩→化学沉积岩→……的变化,这叫沉积旋回(厚度可从几十米到几十公里)。在沉积旋回中,厚度仅几十厘米或几厘米的岩性,按上述顺序重复形成的韵律层,称为沉积韵律。人们发现小韵律与大旋回在成分、岩性、结构上基本相似。可见低层次的沉积韵律是较高层次的沉积旋回及沉积岩地史分布的重演。

2. *矿物学方面*

华南花岗岩中锆石的晶形及化学成分也有重演性。从喜峰期到加里东期再到燕山期,纺锤状、晶形复杂、长宽比小的晶形依次减少,而长柱状、形态简单、长宽比大的晶形依次增多。在低一层次,同一岩体不同相带锆石晶形的变化也是这样。从喜峰期到加里东期再到燕山期,锆石中 HfO_2 的含量逐渐增高,而 ZrO_2/HfO_2 逐渐减少。对单个花岗岩如赣蔓岩体,从中央相到过渡相再到边缘相,锆石中 HfO_2 含量逐渐增高,ZrO_2/HfO_2 含量逐渐降低。可见锆石晶形及化学成分,在不同时代岩石、同一岩体不同相带及同一晶体由中心到边缘的不同层次上,具有相似性的变化规律。

稀有元素矿床中的锡石、湖北大冶铁矿中的磁铁矿也有类似的重演性。

3. *构造与地貌方面*

构造地质研究表明,在某一地区采集的岩石标本中的显微构造的形态与该区的宏观构造形态具有一致性。

地貌特征与地质构造、地层及气候等因素有关,在一个地区内,气候变化不大,因此地貌主要与地质构造及地层有关,地貌特征可视

为地质构造及地层的某种反映。如水系的分布，大水系由若干支流组成，支流由更小的支流组成。某级某个支流放大之后，其形态与整个水系相似。

4. *矿床学方面*

孙启祯研究指出：金属矿床在空间上主要分布在板块的边缘、大陆的边缘、槽台的边缘、海盆的边缘；在时间上主要分布在地史的早期或晚期、成矿作用的早期或晚期（岩体结晶的早期或晚期、火山喷发的早期或晚期）。可见，在不同层次，金属矿床的时空分布具有相似的规律性，即重演性。

据卢戈夫的研究结论，在全球范围内整个地史时期锡矿成因类型的变化趋势是：锡石长石建造→锡石石英建造→锡石硫化物建造。低一层次，我国南岭地区锡矿成因类型的变化也相似。在更低层次，一个矿田内与同一个花岗岩体有关的锡矿床其时间演化也是锡石长石建造→锡石石英建造→锡石硫化物建造（如桂东北新路矿田）。可是锡矿或因类型在全球范围内，在整个地质时期、在华南地区、在新路矿田内，这种不同层次上有相似的演化规律。

矿床空间分带也表现出重演性，如广西新路矿田，由花岗岩体向外依次有大冲、六合坳、白面山和石门四个矿床。用维特亚科夫斯基的方法，求得整个矿田内由花岗岩向外元素的分带序列是：Sn→Cn→Zn→Pb，而仅矿田内一个矿床，如白面山矿床，由中心向外元素分带序列也是：Sn→Cn→Zn→Pb。这是空间重演性的典型实例。

地质重演律还有其它许多例证。如生物重演律及生物全息律是古生物学中的时间重演及空间重演。生物重演律是指个体发育一定程度地重现其祖先在系统发育中所经过的阶段。生物重演现象是生物的普遍现象。一切多细胞动物，从海绵动物、腔肠动物到哺乳动物都具有基本相似的若干发育阶段。生物全息律是指生物子系统能反映母系统的整体信息，如植物无性繁殖、细胞遗传复制、细建包含生物整体信息、古生物化石的个别遗迹映射古生物种的整体信息，等等。这方面的研究甚多，不再赘述。

地质运动在时间上和空间上的重演是相互联系的，这是地质重演律表现的两个方面。地质作用系统具有重演性，才使地球客体在各方面（成分、结构）表现出重演性。在一定的水平上，有些重演现象相对是主要的，有的则是派生的。如花岗岩在化学成分及矿物成分两方面都表现出重演性，但矿物成分的重演可能是化学成分重演的产物，因为化学成分是决定矿物成分的主要因素。

由于地质作用与地球客体的复杂性，必然使地球客体系统的重演性表现多样化、复杂化，甚至导致"不符合"重演律的变异。因此，进一步深入研究重演现象，首先应象地质力学研究构造体系那样，对叠加作用形成的地球客体进行区分配套，恢复其本来面目。此外，研究重演应以正确划分层次为前提。划分层次，除了考虑地质运动的时空规模外，还应考虑地质运动的阶段性和间断性，否则就不能正确概括出重演性。

地质重演律揭示了地球客体系统不同层次间的相似性，尤其是不同层次时空结构的相似性。地球客体是多层次结构，不同层次间的相似程度是不相同的。层次相差越远，则相似程度越低。如矿区元素分带、矿田元素分带、矿床元素分带和矿体元素分带这四个层次间有相似性，但相邻层次间的相似程度更接近。有些地球客体只在一定层次范围内有重演性，超过这个范围相似程度就很低了。注意到这一点就可避免绝对性。

三、地质重演律的认识论和方法论意义

地质重演律是地质运动周期性和不可逆性的辩证统一。根据系统论的基本观点，地质重演律概括的是整体与部分之间的相互关系。这种相互关系是双向的：一方面，系统整体特征对子系统具有自上面下的控制影响；另方面，子系统对系统整体也有变异影响。这样，子系统一则可以重演系统整体特征，再则这种重演又不是简单重复，不是完全重演。由此，可以得出两个重要推论：

推论一：由子地质系统具有相似的演化，故地质运动具有周期性。例如，中国沉积矿床在最高层次的演化是从铁锰等到煤盐类，下

一个层次由于时间不同，先后有四个阶段，各阶段都与最高层次具有类似的演化，因而沉积成矿作用显示周期性。

推论二：由于子系统对系统整体具有变异影响，故在相似演化中又出现新特征，地质运动总体上具有不可逆性。例如生物的个体发育通过有利变异、遗传和积累而影响系统发育，这就使得系统发育在总体上具有不可逆性。又如一次热液成矿作用的早期或晚期具有不可逆性，最高层次的金属矿床在地史的早期或晚期也具有不可逆性。

地质运动的周期性是在地质运动不可逆性的背景上表现的，每个周期都在总体上发展了一步，而不是简单的重复；不可逆性则由不同周期总体特征的定向发展而显示出来。周期性与不可逆性是相互联系的。因此周期性与不可逆性的辩证关系就统一起来了，统一在地质重演律之中。不仅如此，地质重演律还揭示了周期性与不可逆性的实质。例如，每个花岗岩体都是由偏基性向偏酸性演化，在加里东期如此，在燕山期也如此，但燕山期岩体总体的酸性化比加里东期的增强了，因此加里东期岩浆演化晚阶段的岩石还可以比燕山期岩浆演化早阶段的岩石更具酸性。由此可解决一些长期争论的问题，如锆石的晶形到底与岩石酸度有关，还是与其形成时代有关。

地质重演规律是地质学传统方法——将今论古方法的理论根据，并指出狭义将今论古方法的缺陷。在赖尔时代，流行的是牛顿的因果性概念，古今可以类比的根据是相同原因引起相同结果。现在，我们根据地质重演律的推论，地质作用系统具有周期性演化，故可将今论古，将地史时期的地质作用和现代进行着的地质作用相类比，但同时又必须牢记，地质作用系统的演化总体上又是不可逆的，故不能作简单对比，必须辅以历史分析。

运用地质重演律可简化地质研究。以往研究地球客体都是在区域大面积系统观察和取样的基础上得出结论的，有了地质重演律为依据，我们就可在研究大区域岩体演化或成矿作用等之前，先搞清一个小岩体或一条矿脉的特征及其形成规律，并据此推断大区域（高层次）的特征，使以后的研究更有目的性、针对性。这种方法对不同层次

成矿系列的研究可能更为有效。但应指出，以地质重演律为依据，用小规模(低层次)地球客体的发展规律推断较大规模(较高层次)地球客体的规律，要注意层次间隔与层次范围，两者规模(层次)相差越大则越不准确，若无限外推，可能导致谬误。同理，用较大规模(层次)地球客体的规律去推断较低层次地球客体的规律也有类似的缺陷。

地质重演律还表明不同层次(规模)的地质运动受某种共同因素的制约。影响高层次地质运动的因素可能很多，但主要的只有几个，且与影响低层次地质运动的因素相一致。例如一次岩浆活动由偏基性向偏酸性的演化是由岩浆侵入的热力学、动力学条件、元素的地球化学性质等因素决定的，而更大范围内的岩浆活动，具有这种演化趋势的主要影响因素也可能如此。

地质重演律还促进了地质学与其它学科的综合与渗透。生物学家提出的生物全息律的概念，对其它学科产生了一定的影响，而且在物理学、气象学、地貌学及社会科学中发现了广泛的自相似现象。事实上，从更一般的意义上看，这些概念和地质重演律的实质都是一样的，即一个大系统可划分成不同层次的子系统，不同层次系统的时空结构具有相似性，即系统具有自相似性，但前二者更偏重于空间结构。此外，曼德尔布罗特提出了分形(fractal)的概念，并创立了分形几何学，一些人用自相似分形集描述了不同学科中许多自相似现象，如地球起伏、海岸线形态、河流量随时间变化等，都促进了这些学科间的综合与渗透。既然重演性是一种自相似性，则地质学中重演现象的研究就会促使地质学与这些学科的综合与渗透，而地质重演律为运用分形几何学描述地质现象，促进地质学定量化研究提供了依据。

陈传康运用"全息"概念，建立全息学与全息地学[①] 讨论子系统包含母系统的整体特征信息，这也是系统间的相似性。在论述全息地学的方法论意义时，他提出了"地理相关分析法"，即地球表层的组成

① 陈传康：全息学与全息地学，《地学与思维》，地质出版社，1992年，第185页。

部分，在一定地域内都具有相应的确定关系，据此可以从一个成分的特征相继地推导出其它成分的特征。这一方法对于区域开发具有实际意义。

四、问题及结论

地质重演律有多方面的表现，它推出了地质学的基本规律，即周期性规律与不可逆性规律，并把二者辩证地统一起来，它为地质传统方法（将今论古）提供了理论依据，为地质学研究提供了新方法和新的启示。但地质重演律仅仅是一种唯象的表述，它背后必有更基本、更深刻根源，这需要进一步从哲学、基础科学进行全面深入的研究。现在系统论（包括耗散结构理论、协同学、突变论等）、混沌理论、分形几何学的成就显示了解决此一难题的希望与可能。这个基本问题一旦解决，地质重演律就会显示出更大的理论意义与实际意义。

第四章　地球物质客体的范畴

第一节　均一性和非均一性[①]

均一性与非均一性是地球物质客体的重要范畴。赖尔的现实主义方法的一个重要原则就是“均一性原则”，认为地球上起作用的各种力无论是在质上或量上都是不变的。这种观点是建立在“世界是简单性”原则的基础上的。随着地球科学的发展，人们逐步认识了现实的地球的复杂性，它是均一性和非均一性的统一。因此研究这对范畴是有意义的。

一、均一性是相对的，非均一性是绝对的

均一性和非均一性是一对具有丰富内容的、含义深刻的范畴。均一性可以理解为同一性、一致性、对称性、均衡性、稳定性、平衡性等，这些状态都是相对的、暂时的、有条件的。非均一性反映的是事物的差异性、非一致性、非对称性、非守衡性、非均衡性、非稳定性、非平衡性等，这些状态都是绝对的、永恒的、无条件的。

现代地球科学提供大量的科学事实证明，地球物质客体是均一性和非均一性的统一。地球物质客体无论是地质、地理、地球物理、地球化学，还是大气，它们的性质、状态、结构都表现为时间的函数，具有复杂的性质。例如：地球物质客体的性质的均一性与非均一性；结构上的稳定性与不稳定性；无序、有序和混沌；作用机制的线性与非线性；时间上的对称性与不对称性、可逆性与不可逆性；物质系统的闭合性与开放性；状态的平衡性和非平衡性；规律的决定性与随和性等等。

地球是由不同性质的圈层构成的，即地球具圈层构造。从总体上，每一圈层的物质是均一的，如上地壳为硅铝层，成分相当于花岗

---

① 本章第一节和第二节为中国地质大学王恒礼教授执笔。

岩质，下地壳为硅镁层，成分相当于玄武岩质，而地幔则为超基性成分物质组成。但是，位于地球上不同部位或不同地域，同一圈层的性质又是千差万别、非均匀的。

地球的结构，其表面结构，海陆分布极不均匀，陆地主要集中在北半球，海洋面积占地球总面积的70.8%。其内部结构，据观测结果表明，地震波在地球内部的传播速度明显地显示三个不连续面：莫霍洛维奇面、古登堡-维舍特面和利曼面，并将地球分为地壳、地幔、外核和内核，地球是一个非均质体。

地球密度，目前不能直接测定，根据布伦提出的模型推算的地球密度也是不均匀的，地壳为0～2.83克/厘米^3，地幔为3.31～5.62克/厘米^3，外核为9.87～12.70克/厘米^3，内核为12.70～13.00克/厘米^3。

地球重力分布具非均一性。地球表面重力分布与纬度有关，随纬度增加而加大。赤道重力最小为978.0318厘米/秒^2，两极最大为983.2177厘米/秒^2。赤道和两极重力之比为189：190。

地球磁场分布具非均一性。地磁强度、磁倾角、磁偏角为地球磁性三要素。地磁要素在地球分布是不均匀的。据地质时代岩石剩余磁性测定，地球磁场在不断变化，发现磁极曾有过大范围的移动。在最近350年中磁两极经度变动十几度，纬度变动几十度。这些都说明了地球是一个非均匀的磁性球体。

地球内部温度分布也具非均一性。地壳内的平均温度梯度约每公里25℃，大地热流现象主要受地壳和上地幔50—100公里范围内地热活动的控制。地下的软流层部分呈熔融状态，故100公里深处的温度接近于该处岩石（玄武岩）的熔点，为1000～1200℃。在300公里以下的地幔，该处温度低于岩石的熔点，在1200～2000℃之间。400公里处为1500℃，尖晶石相变的温度条件为1900℃。在2900公里处地幔与地核的分界线，温度为3700℃。5100公里处为内、外核分界面，温度既要在熔点之下，又能使内核保持固态，故地球中心温度为1500～5000℃的范围。

地球转动存在着非均一性。据观测资料，地球的极地轨道是在移动的。地球北极长期向西移动，我国天津纬度站测得的结果是每年以0.0035厘米的速度向75°西方向移动。这个问题已经引起科学工作者的注意。

地球自转速度存在着非均一性。长期以来认为地球自转速度是均匀的，自20世纪20年代出现石英钟以来，才准确地测定出地球的自转速度的不均匀性。地球自转速度有长期变化、季节变化和不规则变化。由于月球的潮汐作用使地球的自转速度变慢，一日的长度100年增长1～2秒；由于气团的季节性移动，使地球速度出现春慢秋快的周年变化，振幅为20～25毫秒；由于太阳潮引起的半年变化，振幅约为9毫秒；由于月球潮汐引起的一个月和半个月的变化，振幅为1秒。这说明地球的角速度并不是常数，不仅在转速上，而且在转动轴的方向上，都有小的起伏变动，即地球的"摆动"。

地球化学成分的分布也存在着非均一性。大多数地球科学家认为，地球的圈层结构是在重力分异的作用下物质重新分布的结果，因而使它们在化学成分上有所不同。在地球演化过程中，由于重力和放射性元素使地球增温，低熔点的物质先熔，重者下沉，轻者上升。地球中心部分主要由铁镍这些重元素组成，地壳中则以原子量较小的氧、氢及其化合物分布最广，如钙、钠、钾的硅酸盐组成的岩石是地壳中最普遍的岩石，而地幔由镁、铁、硅酸盐类岩石组成，以化合物存在的氧元素仍占首位，铁镁所占比例较地壳增多，硅的比例比地壳少，而铝、钾、钠、钙减少得较多。原始地壳成分与现今地壳不同，不管在元素年度上或其比值上都经历了长期变化。

地幔的不均一性是近年来地球化学研究的重要发现。由于上地幔物质赋存于高温高压状态下，过去一直认为是均一的。从宏观上看，上地幔的地球物理场与岩石类型都是均一成近似均一的。但是近年通过对大洋中脊玄武岩、大洋岛玄武岩和大陆玄武岩的K、V、Th、Pb、Ba、Rb、Cs等（大离子亲石元素）含量REE组成及Pb、Sr、Nd、Hf等同位素组成的分析对比，从微观上看，发现从上地幔存在着区域不

均一性和层状不均一性。现已查明，地幔的不均一性，早在1832年前就提出了。目前多数人接受双层幔的模型，即地幔由两层组成，上层为受较强分异的亏损型（贫于大离子亲石元素）地幔，从其中产生出形成地壳的物质，并且大洋中脊玄武岩浆就直接由其提供；下层为相对未受分异的非亏损型原始地幔，大洋岛玄武岩和大陆玄武岩的物质由这种非亏损型的下地幔所提供。近年来研究发现，碱性岩浆均产生于上地幔富集大离子亲石元素和稀土元素地区，而矿床的区域分带，往往可以从上地幔的不均一性得到解释。此外，地球化学的不均一性还表现为由于压力造成的相变等。

以上的事实充分说明了地球的非均一性。现实的地球充满了矛盾。地球无论在成分、结构、形态，还是在地质、地现、物理和化学性质上都是极不均一的。地球的现状和历史不断地对它自身的同一性进行扬弃。每个事物（包括地球在内）自身和它自身同一，这个永恒的命题，已经被包括地球科学在内的自然科学一件一件地驳倒了。真实的具体的同一性（均一性）在它自身中都包含着差异和变化。因此，纯粹性的同一性（均一性），即不包含差异的同一性或均一性是不存在的。一切同一、均一都是有条件的、相对的，而一切差异、非均一都是无条件的、绝对的。同一包含差异、均一包含非均一，反之差异中有同一，非均一中有均一。我们要善于处理地球客体中的均一和非均一的这种关系，在均一中认识非均一，在非均一中把握均一。传统的时间可逆性原则和现实世界的简单性原则防碍我们正确理解均一性和非均一性的关系。因为一切都在发展变化，现实世界是复杂的。

与均一性和非均一性的范畴相近、相似又不相同的范畴有：同一性和差异性、对称与非对称、平衡与非平衡、稳定与不稳定、均衡与非均衡、有序和无序、渐变和突变等范畴。这些范畴有助于我们认识均一性和非均一性的关系。

二、地质运动中的均衡和非均衡

均一性和非均一性在地质运动中的一个重要表现，就是均衡和非均衡的问题。

均衡与非均衡现象主要是涉及地壳运动。地壳物质(密度、厚度)的非均一性以及地壳纵向、横向结构的非均一性是地壳的某些区域经常处于均衡和非均衡状态的交替过程的重要因素之一。

对地质运动中的均衡和非均衡思想,首先给予科学概括的是美国地质学家都顿(1889),他认为地壳始终处于均衡调整之中,地壳之所以向上抬升,是由于地壳受到剥蚀,失去重量,必须由壳下物质流动来补偿。而地壳下降则是地表剥蚀碎屑积于洼地,由负荷加重引起的。他把均衡理解为地壳升降的原因。由此,均衡概念是物质补偿趋势的物理模型。

均衡说所揭示的均衡与均衡异常(即非均衡)说明地壳本身由于物质及结构的不均一,在区域上正以某种运动方式进行调整,以求地壳暂时的、相对的稳定和平衡。

理论推导和测量证明,地壳下面确实存在一个起伏不平的均衡面。

根据地壳均衡假设和地壳均衡模式,经过纬度、高度和地形校正之后得到的重力异常,在山区应该为负,在海洋地区为正(相对地壳厚度而言)。大量的测量资料都符合此规律,如年轻的山脉——落基山、阿尔卑斯山、安第斯山及喜马拉雅山等都在深部有300毫伽布格异常的质量亏损,此亏损几乎恰好为海平面以上山脉的质量所补偿。根据地震学和卫星测量的重力证据,年轻的造山带的补偿部分必须来自地幔中的密度差。如大型正异常沿大洋隆起分布,海沟和岛孤带也是正异常,从地球重力的变化来说,地壳均衡假说是可信的。如果地壳是均衡的,则经过重大的均衡校正,其结果应该等于零,说明地壳处于均衡状态。但事实证明有些地区经过重力均衡校正之后还会出现或多或少的异常现象,通常称为均衡重力异常。对于均衡重力异常出现的原因,一个重要的地质解释就是表示该地区地壳还没有达到均衡状态,地壳系统正以某种运动方式进行调整,以便从非均衡态达到均衡态。当均衡异常超过一定限值就是失衡,就要产生地壳运动。所以均衡异常资料可以作为研究地壳的稳定性、预测天然地震可

能发生的地点及选择巨大的工程建筑基地的参考。

均衡重力异常是我们了解地壳构造的基础。地震活动是现代地壳运动的表现。强震带都分布在现代地壳强烈活动带上，即重力梯级带和地壳厚度突变带上，全球性环太平洋地震带、地中海-喜马拉雅山地震带是如此，我国大陆上的川滇南北向强震带也是如此。绝大多数的地震是断层运动的结果，而强震震源的断层，大多数深达莫霍面。从1966年至1976年，京津唐地区地震震源分布在10～15公里为最多，占44%。北京有史以来5级以上地震均发生在莫霍面隆起的周围。

研究地壳均衡与均衡异常的关系，有助于我们研究地壳运动的规律。地壳的均衡是暂时的、相对的。地质作用时刻在打破这种均衡状态，地壳高耸的地区如高原、山岳时刻在遭受剥蚀面减轻负荷，低洼地区如海盆，一直在接受沉积增加负荷，于是负荷减轻的地区就要上升，负荷增加的地区就要下沉，以达到新的均衡状态。都顿指出欧洲波罗的海沿岸第四纪以来，就因冰盖消融负荷减轻而大面积上升。这样的地壳升降运动由地下的塑性地幔缓慢地水平移动而得到补偿。有人认为我国西藏高原的抬升也和均衡现象有关。

均衡现象是客观存在的，但是对它的解释还没有得出一致的看法，有待于深入研究。当然不能把一切地壳的升降运动都作为均衡现象解释，地质运动是复杂的。

第二节　渐变与突变

渐变与突变是地学中的一个古老的范畴，研究这对范畴及其在地质运动中的地位和作用，有助于我们认识地球形成和发展过程中的各种地质作用及地质事件。

一、地质运动的渐变和突变

无论是考察地球的演变历史，还是考察地球上正在发生的各种变化，渐变和突变在地质运动中都是十分普遍的现象。两种状态在地质运动中交替出现，它们都是地球物质客体内部和外部因素共同作

用的结果。

渐变是地质运动在地球结构的某种层次上的一种缓慢的、逐渐的、连续的、不显著的运动变化状态。这种状态一般表现为较长的时间跨度。

突变是地质运动在地球结构的某种层次上突然的、剧烈的变化状态，由一种质向另一种质的飞跃，即渐进性的中断。这种状态的时间跨度相对来说比较短暂。

在地球的演变过程中，地球从均质的球体发展到复杂的圈层结构，从地层的形成到地壳的变化，从地球各种物理场的变化，从地球化学元素的运移，从地球气候的冷暖交替，从地球生命的起源和生物的进化中，都表现了渐变和突变两种状态。

在地表的老岩层不断地被破坏和新岩层不断地形成的过程中，既有缓慢的风化作用和缓慢的变质作用，也有剧变的造山作用和强烈的变质作用及火山作用。前者对地球面貌的改变要在亿万年后才能显现出来，而后者在短期内就使地球的面貌发生急剧的变化。地壳运动总是处在这两种状态中交替出现。

从古生代以来，地壳构造发生了三次突变，这就是4亿年前的加里东运动、2亿3千万年前的海西运动和4千万年前的阿尔卑斯运动。这三次全球性的造山运动为地球现在的海陆基本构造格局奠定了基础。

海洋地质的发展提供了大洋地史资料，卜里登根据古地磁资料研究指出：地壳运动有几个快速漂移期（即突变期），每期持续2千万年，然后总伴随着一个6千万年～1亿2千万年的间歇期（即渐变期）。据对板块运动研究的新进展，世界上大多数活动的板块都在以每年5～10厘米的速度沿上地幔软流层滑动。

在整个地质历史中，地球上的气候曾有大幅度的冷热变化。当气候趋向寒冷时，在两极和高纬度地带，以及中低纬度的高原和山地广泛地发育了冰盖或山岳冰川，这样的地质时期称为大冰期。一个冰期和一个间冰期（两个冰期之关的时期）构成一个完整的气候变化周

期。气候周期性的冷暖变化，是地球处于不停地运动的一种反映，反映了气候的渐变与突变。气候的冷暖交替，是连续与非连续、渐变与突变的统一，温暖的气候总是被寒冷的气候所间断。

地磁资料证明，地球的磁场方向曾多次发生突然的倒转。美国的考克斯提出了地球磁性年表。他综合了450万年以来的磁极倒转事实，将磁极倒转概括为四个极性期：即布容正向期（距今0.96百万年）、松山反向期（距今0.96～2.4百万年）、高斯正向期（距今2.43～3.32百万年）、吉尔伯特反向期（距今3.32～4.5百万年）。地磁极性的倒转这种突变现象并不是孤立的现象，它与地球上的许多突变现象，如气候的变化、生物的灭绝、上地幔的活动和火山活动都有密切的关系。

地球内部的热能，一方面不断地积累（渐变），另一方面又不断地释放（其中有突变）。地热的积累和释放，在地球演化的一定阶段保持相对的平衡状态。当积累达到一定程度时，这种平衡状态受到破坏，就会引起比较急剧的突变，而发生量值转化，由以积累为主转化为以释放为主。地热的积累和释放与地壳运动有密切的关系，自加里东运动以来，全球性的地壳运动频率和周期，表现出一定的规律性，正好反映了地壳中热能积累和释放速度的规律性变化。

生物的进化有很长的历史。最早的细胞大约在35亿年前出现，然后演变成现在的各种生物类型。进化论认为，自然选择是生物进化的基本过程和动力，渐变是生物进化的基本特征。生物是在适应环境中渐变的。生物群体是生物进化的单位。适应是自然选择的产物，不适者不能生存。种间的差异表现为间断性，它是由种内的差异（即突变）发展而来的。变异的原因是遗传物质的变化，也叫突变。

生物进化和突变在不同层次具有多种水平、多种方式、多种效应。渐变不一定引起质变，但少许的渐变也可以引起种内差异和种间差异。一个突变也可能一下子改变物种的性质，产生出新的物种。目前，国际古生物界承认渐变和突变都可以成种，但主要是突变成种。

总之，渐变与突变普遍存在于地质运动之中，是地质运动的两种状态。

二、渐变与突变的辩证关系

地质运动中的渐变和突变两种状态既有区别又有联系，既互相对立又互相统一。

所谓渐变和突变之间的区别，是指它们具有不同的基本特征和不同的性质。例如，热能的释放，通过地震和火山运动的形式释放出来的就是突变，而通过热传导的形式释放出来的就是渐变。再如，风化作用改变地球面貌是一种缓慢的、逐渐的、连续的过程，而造山运动改变地球的面貌则是一种突然的、剧烈的变化的过程，是连续过程的间断。可见，渐变和突变两种形式，无论在运动的强度上和方式上，还是在运动过程的时间上和空间上，都是有区别的两种运动状态。

渐变与突变既互相对立，又有联系，它们之间的联系、统一性表现如下：

首先，渐变与突变之间的界限不是绝对的。渐变与突变是相对而言。从时间上来说，例如，造山运动的一个旋回，包括沉积（渐变）和褶皱隆起（突变）两个方面，以沉降沉积为主的时间未必就长，而褶皱隆起的时间未必就短。对渐变和突变，不仅要从时间的量上分析，而且要从运动的质上分析（这里指地壳运动的方向和方式的变化）。

在生物进化过程中，有些物种从寒武纪开始出现一直延续到现代，几亿年发生的变化微乎其微，如有孔虫类、海绵动物、腕足动物、软体动物的腹足类、鳃鳃类中的双壳纲、腔肠动物中的水母类等，说明这些物种演化是非常缓慢的。古生物史上普遍存在辐射现象，新门类的出现往往是突然的、短期的，如白垩纪被子植物的爆发演化。新生代哺乳动物纲各类的辐射适应，根据化石记录，由原始哺乳类辐射出鲸类为 1200 万年，演变至蝙蝠类小于 1000 万年。这在生物史上可以是突变。根据放射性同位素测定，双壳类种平均寿命一般是数百万年，这是由旧种演变为新种的时间，这显然也是突变。但是和植物种比较，植物种通过杂交，染色体畸变，在一个世代或几个世代就可以

完成旧种的演化。前述之突变与之相比，又可以说是渐变了。

突变在地壳运动过程中更是具有相对性。就喜马拉雅山的隆起来说，它是由印度板块俯冲到亚洲板块下面，使喜马拉雅山在晚第三纪突然急剧地被抬升，这显然是突变。现在印度板块对亚洲板块仍然以每年 4 厘米的速度向北运动，形成了世界上最高的山和广阔的青藏高原。喜马拉雅山至今仍以每年 2 厘米的速度抬升。这种缓慢的抬升与高山高原的形成显然是一种渐变状态，但作为造山运动来说，这种上升速度也是够急剧的了。

突变对于不同范围、地域来说，也是相对的。一次火山爆发或一次地震，对于局部地区，无论是从能量释放的程度上，还是从规模上都是一次突变。但是对于地球内部积蓄的全部能量而言，这种释放却只有微小的渐变。一次火山活动或一次大地震，还不可能改变地球的结构，还不能使地球内部的能量发生明显的变化。

突变对于不同层次来说，也是相对的。在地球的演化历史中，曾经出现某些物种的栖息环境发生了剧烈变化，或者是生存竞争物种处于劣势，或者地球上发生大规模的剧烈的突变事变的时候，就会造成一些物种或大批物种的灭绝（或者导致一些物种的迅速增多和繁荣），从而中断一些物种的渐变的连续演化过程。物种的这种局部或全球性的灭绝表现出来的突变（或者灾变）与物种在演化过程中分于层次上的基因突变状态，显然不是一个层次上的突变。它是一种在宏观上的突变，是与整个物种缓慢演变过程同属一个层次。

其次，渐变与突变在一定条件下可以相互转化。

渐变在一定条件下可以转化为突变。如生物的演化一般是以缓慢的连续的渐进的方式进行，但是当外部环境发生剧烈变化时，就可能导致生物体基因发生突变，大大加速生物演化过程。如菊石在早泥盆纪一直缓慢地演化，只是在三叠纪之后，才突然增多，大有“过盛积累”之势。

突变在一定条件下也可以转化为渐变。如美国科罗拉多州丹佛附近落基山的阿尔塞纳尔地震（预测为大地震）。1962 年向地下近

400 米处寒武纪基岩注入废液，引起一系列小地震，对这种现象的研究表明，注入的流体润滑了受应力作用的断裂带，引起了地震能量的释放，从而将潜在的破坏性大的地震转化为一系列破坏性小的地震，把剧烈的突变事件转化为缓慢发生的渐变事件。

渐变和突变在一定条件下可以转化，但是，当条件不具备时，渐变不能转化为突变，突变也不能转化为渐变。例如海水蒸发，可以说始终是个渐变过程。又如，由于偶然因素或外部因素导致的突变，都不存在一个作为突变发生原因的渐变作用的过程。生物遗传的突变，包括染色体畸变和基因突变，突变出现的方向和大小与环境没有明显的关系，带有随和性，突变的频率很高，据密勒等人的统计，果蝇每10～30 个配对中，就有一个突变。这说明，这种突变预先都不存在一个与突变有直接因果联系的渐变过程。

地质上的突变现象所引起的质变，说明渐变与突变之间存在着多种复杂的关系。

三、灾变在地质运动中的地位

在哲学上，渐变是指量变，突变是指质变。随着地球科学的发展，仅用突变来描述地质运动的质变已经不够了，人们对灾变的作用有了新的认识，需要对灾变现象从哲学上加以概括。历史上赖尔和达尔文的后继者把渐变的思想强调过了头，不仅否定灾变，甚至连突变也不承认。因此，有必要对突变和灾变在事物发展中的作用和地位作一定的分析。

事物的质变可以分为两种：一种质变是由事物本身的量的积累而引起的（包括单纯数量的增减以及由于构成的成分在内部结构形式和排列次序上的变化而引起的质变），主要是由事物内部因素作用的结果，它又称为突变，它是普遍的、现实的、有规律的，可以认识的；另一种质变是与事物本身量的变化无关或关系不太密切的外部因素（偶然因素）引起的，它又称为灾变，它也是现实的、有规律的，同样也是可以认识的。灾变的出现具有很大的随和性、突然性。在地质运动中灾变在一定条件下促进、加快了原有事物的正常发展。它是在较短

的时间内改变环境的重要因素，是旧平衡破坏和新平衡建立的触发因素。

无论是突变还是灾变，都是地质运动中质变的重要形式。

客观的历史的分析灾变在地质运动中的地位和作用是很在意义的。近代，提出灾变思想的经典地质学奠基人之一的居维叶，他在研究巴黎盆地第三纪地层的过程中，认为岩层的褶皱和断裂、古生物的演化、岩石性质在纵向和横向的变化基本上都是突然的。他把这种突然变化称之为灾变，由于当时受自然科学发展水平的限制，他把这种灾变归之为超自然力。赖尔不同意地球演化历史中存在灾变，认为所有古生物的变化，地层的褶皱、断裂都是缓慢效应在较长的地质历史中积累的结果，其中生物的突然变化是由于地质记录的缺失，而不是灾变造成的。达尔文的"进化论"思想又进一步冲击了地质领域的灾变思想，使"均变论"的思想在地质学领域中统治了一百多年。

20 世纪 50 年代以来，地球科学的发展推动了地质学家、古生物学家对全球性的灾变现象的重断研究，首先集中在白垩纪末期生物大规模灭绝方面，如在陆地上占统治地位达 1 亿多年之久的恐龙的突然灭绝，菊石、箭石的全部灭绝。据统计，超微体生物灭绝率达 80%，有孔虫为 70%。鲁塞尔认为体重超过 25 公斤的爬行动物都未超过这个界限。许多学者认为当时地球环境的急剧变化很难用地球内因来解释。1978 年阿瓦雷斯父子在意大利考察白垩系-第三系沉积岩时，发现了铱含量大于背景值 30 倍的异常粘土，并认为这种异常与地外因素有关。大部分学者认为铱异常与小天体(陨星)碰撞地球有关，陨星撞击地球表而，造成地球一系列环境的急剧变化。陨石的巨大冲击力使被冲击的围岩和陨石成粉末状物质散布在全球上空，在平流层可停留数月成数年，使太阳光线大部分被吸收，造成地表光合作用急剧减弱，植物大量死亡，空气中 CO_2 急剧增高。大气中 CO_2 的"温室效应"又可使地表气撞升高，大量生物(特别是陆生生物)死亡。据有的学者发现，鳄鱼在 34 C 以上，其卵都为雄性，这样就无法再进行繁殖。少数学者如许靖华(1980)认为是慧星撞击地球，因

为慧星含有大量剧毒CN物质，进入水后，即可能毒化地球水圈，使生物大量死亡。

造成灾变因素除陨石或彗星碰撞地球之外，还有银心爆炸、太阳超级耀斑活动(能量可达10^{32}尔格)，它们对地球的气候、磁层、地磁场、臭氧层，进而对生物发展有决定性影响。此外，还有超新星的爆发等等。这些情况说明宇宙中确实存在一些短期的突然的自然现象。

劳普和塞普科斯基(1982)编制了新的显生宙各个时期每百万年的生物灭亡图。他们认为生物灭亡有两种模式：一类是正常灭亡，基于达尔文模式即生物的消失是内因造成的；另一类为集群灭亡或巨大灭亡，是由外因造成的。他们分析了集群灭亡的一些特点：第一、集群灭亡在地质历史上重复出现，且大致与地质上的系统的界限吻合；第二、时间短，具全球性分布现象；第三、灭亡时期不完全与环境改变同步；第四，生物大规模突然灭亡不仅仅反映在相同的生态群中，而且涉及到很多在生态上完全不同、分类上毫无关系，且生活在不同条件的门类中。

由于对生物大规模灭绝的深入研究，出现了古生物演化的新理论——间断平衡论。这种理论强调生物的演化是渐变与突变的结合。突变占主导地位。新物种的出现与灾变事件后的辐射演化有关，如白垩纪被子植物门的爆发演化、新生代哺乳动物各类的适应辐射等。

与生物灭绝有关的地质现象，如沉积环境和气候环境的突然变化、古地磁倒转、岩浆活动和构造运动的突然加剧以及海岸线进退规程的急剧变化等地质事件常与一定的灾变因素有一定的联系。

可以肯定灾变现象已经在地质历史上留下遗迹，研究灾变现象，可以帮助我们从理论上、成因上去解释地质事件产生的原因，为进一步研究地质运动的规律提供重要依据。

渐变和突变、灾变状态，它们都是地球演化过程的基本形式，它们贯穿于地球运动发展的全部过程，相互穿插地进行着。灾变在时间上虽然相对短暂，但在地球演化过程中起了重要作用。大灾变具有很大的能量，对原有的地质构造产生巨大的破坏作用，或者进行根本性

的改造。在地球的早期阶段，它周围空间宇宙物质的密度与现在相比要大得多，发生灾变的次数频繁的多，灾变能量比现在大许多量级。据对月球陨击坑的统计研究，陨击频数随时间大致以指数形式衰减。故地质时代越老，以陨击形式出现的灾变要比当前的多许多量级。

灾变不仅对旧事物的破坏有重要作用，而且是新生事物的诞生的重要因素，大灾变现象可能是宇宙因素直接或间接地造成的，它必然会把地外物质带到地球上来，使地球有机会增加新类别的物质。大灾变产生的能量（热能、动能、核能等）很大，而且集中在短暂时间内，可作为一些新合成物质的必然的能量来源。因此，在地质历史中，生物大规模灭绝后不久，往往出现新的生物组合，形成新的门类。

灾变作用也可与某些铁、镍、铜矿床形成有一定的联系，有些大型铁镍陨石本身就是矿产，如肖德贝里的铜镍矿床。模石撞击还可能形成一些含油盆地。在某些冲击地区可能形成金刚石矿床。超新星爆发可促成煤层和油气矿床。灾变在某种程度上为矿床寻找提供了新思路。

总之，灾变是事物发展的基本形式之一。充分重视地质、天文和其他领域中的灾变现象，对灾变的哲学性进行深入探讨，对自然科学及哲学的发展都有重要意义。

第三节　内力与外力①

一、内力与外力的涵义

在自然科学中，“力”既是使静态物体运动或使运动物体改变运动方向和速度的物理向量，又是用以表征物体之间或物体内部粒子之间相互作用的一个物理向量。“力”导致物体运动状态的改变（包括改变物体的位置、形状和大小，改变物体运动的方向与速度等），即沿力的作用方向产生加速度。

力有内力与外力之分。内力是同一物体内部各部分、诸质点之间

① 第三节、第四节为成都理工大学刘波教授执笔。

(分子之间、原子之间乃至基本粒子之间)的相互作用力;由外部其它物体施加于受力物体,并改变其质点间平衡状态的作用力总称为外力。外力又再分为面力和体力。其中,面力是指通过接触传递的一种相互作用力,或泛指任何作用于物体表面上的力,并把每单位面积上所受的力称为应力(常用单位为千克/平方厘米);体力则是物体内每个质点都感受到的并与物体质量成正比的外部作用力,按单位体积所受的单位力进行测定,如重力、离心力、磁力、惯性力等等。

从系统科学观点面言,内力是指同一物质系统内部各部分、各子系统、诸要素之间的相互作用力;外力则是指来自物质系统外部环境大系统的诸种作用力。

在地球科学领域,广义的内力与外力,乃是泛指地球物质系统的内动力(内营力)地质作用与外动力(外营力)地质作用的总和。构造地质学把地球体内或地壳内单位面积上的内力称为地应力或构造应力;地应变即地壳岩石的各种构造形迹,则是古今地应力作用的产物。显然,应力与应变被囊括在广义的内力与外力概念之中。

内与外力根源于内能与外能的推动,两者密切相关,相辅相成。内力地质作用与外力地质作用,都是自然界诸种物质运动基本形式的综合效应。

1. 内力地质作用

内力(或内生)地质作用,是以地球自身的旋转能、重力能、放射性核能、地热能、化学能等地内能源为动力,导致地壳物质成分、地壳结构、岩石特征、地质构造与地貌景观发生量变-质变的地质作用。其主要表现形式有:

(1)地壳运动——即地壳构造运动。从大陆漂移、海底扩张、岩石圈板块运动、地磁极倒转、地幔对流、地体运动,到地块、断块、岩块、岩体的构造变动,无论是地壳水平运动还是垂直运动、造陆运动或造山运动、陆壳运动或洋壳运动,它们的实质皆为地壳在地球内部热动力、重力、天体引力、地球旋转惯性力等综合作用影响下发生岩石位移和变形,并伴生岩浆活动和变质作用的机械力学运动与物理运动,

结果形成了各种类型的地质构造和大地构造(如褶皱、断裂和隆起区、拗陷区等)。

(2)地震作用——无论构造(断裂)地震、火山地震,抑或重力陷落地震等多成因类型的地震活动,都将导致地壳岩石变位和变形,释放地应力、地热和地光,产生地电、地磁异常等综合效应的机械力学运动与物理运动。

(3)岩浆作用——高温岩浆沿地壳软弱、破裂地带引起的岩浆侵入和火山喷发活动,在本质上表现为地热流迁移与释放的地球物理运动,也表现为岩流物质位移的机械力学运动。

(4)变质作用——无论是热力变质、动力变质、碎裂变质、接触交代变质,还是区域变质作用和混合岩化作用,都表现为岩石、矿物、矿床的物质成分、岩矿结构、晶格构造、形态特征的质变和重组,在本质上乃是典型的地球化学运动。

2. 外力地质作用

外力(或表生)地质作用,是以太阳辐射能及其变态风力、水力与生物能,以及日月潮汐能、陨石冲击能等地外能源为动力,作用于地壳表层,引起地表形态变化的地质作用的总和。其主要表现形式有:

(1)风化作用——这是地球客体与宇宙空间,地壳表层与大气圈、水圈和生物圈之间物质与能量转化的主要表现形式。风化作用是在以大气为主的环境系统的影响下,岩石的物理性状和化学成分发生变化的作用,以太阳辐射、水、气体和生物为其作用的外营力。按风化动力有物理风化、化学风化、生物风化等基本类型,它们在岩石风化过程中通常是同时进行的,既相互影响又相互促进,实质上乃是作用于地表岩石的物理运动、化学运动和生物运动的表现形式。不过,在某种气候条件下往往以某种风化类型为主导,并出现热力风化、冰融风化、寒冻风化等特殊类型。

(2)剥蚀作用——泛指地壳物质受风力、地表水、地下水、冰川、湖泊、海洋和生物等各种外动力地质作用的破坏和搬运等作用的总称。它既破坏地壳物质系统结构,又改变着地表的基本形态,形成剥

蚀地貌。无论是风力的吹蚀和磨蚀作用、地表流水的侵蚀作用、地下水的潜蚀作用、湖水和海水的冲蚀作用，还是冰川的刨蚀作用，它们实质上都是改造地表岩石、土壤的物理运动和化学运动形式。

(3)搬运作用——泛指通过风力、流水、地下水、波浪、冰川等搬运介质的外动力作用，使风化、剥蚀后的碎屑、胶体、分子或离子等不同状态的地表物质以推移、跃移、悬移或溶液运移等方式由此处移向彼处的过程。诸种介质的搬运作用，实质上都是地表破碎物质与粒子位移的机械力学运动，同时各种物质在搬运过程亦经受着不断地改造和分选作用。

(4)沉积作用——泛指被搬运的物质由于搬运介质的物理化学条件的改变而呈有规律的堆积现象。沉积作用可分为大陆的和海洋的两大类。大陆沉积作用按介质的不同有风力、地而流水、地下水、湖泊、沼泽、冰川等沉积作用类型；海洋中因能大量接纳由各种外动力地质作用搬运来的陆源物质，加之海底剥蚀作用相对减弱，故海洋沉积作用非常发育。大陆或海洋中的生物遗体或生物分泌物质大量堆积便形成了生物沉积。因此，按沉积作用方式有碎屑沉积(机械沉积)、化学沉积、生物沉积之分，它们分别是作用子地表的机械力学运动、化学作用和生物作用的产物。

(5)负荷地质作用——又称重力地质作用，即松散沉积物、岩块由于在自身的重量等外动力诱发作用下产生的崩塌、潜移(蠕动)、滑坡、泥石流等地质灾害，这是岩土自身重力作用导致机械力学运动引起的地表物质位移和变化的结果。

(6)硬结成岩作用——即松散沉积物转变为坚硬沉积岩的胶结、脱水、压实和结晶作用，反映了成岩过程中的机械力学运动和物理化学运动。

(7)生物地质作用——由植物、动物、微生物菌类组成的“三极”生态平衡系统，不断作用和影响于地壳表层物质系统的演变历程。如地下的煤、油页岩、石油和天然气，就是古生物遗体经有机地球化学作用转化而成的可燃有机岩和化石能源。从古至今，各地质时代形或

的生物沉积岩(如珊瑚礁灰岩等),以及地表岩石的生物风化作用,也是生物地质作用的典型范例。

(8)人类地质作用——人们移山填海、改造山河、开发矿山、工业生产、开荒种植等生产斗争,造就了众多的人工生态系统,也加速地改变着地貌景观;当人类行为一旦违背客观自然规律时,则导致了生态环境恶化、人为-自然灾害频发的恶果。这些人类地质作用乃是人为机械力学运动和社会运动的反映。

总之,地球内力与外力地质作用,实质上皆表现为地球内外机械的、物理的、化学的和生物的等诸种物质运动基本形式的综合效应。

二、内力与外力的辩证关系

1. 内力与外力的相对性

内力与外力是相对的概念,随着研究对象范围的改变,内力可以转变为外力,外力亦可转变为内力。如把整个太阳系、日地月系作为研究对象,则地球与太阳、行星、月球之间的万有引力属内力;若以地球物质系统为对象,则太阳、行星、月球对地球的引力(潮汐力)就变成了外力,只有地球内部各部分之间的引力与斥力才是内力;如以地壳上某一地块或岩块为对象,那么外围地块或岩块对它的作用力(包括引力)便统属于外力了。

2. 内力与外力的统一性

诸种内力、外力地质作用构成了完整而统一的地球动力系统,成为推动地球物质系统演化的原动力。

内力地质作用与外力地质作用相互制约、相互抵偿或相互叠加的总和,反映了地球上地质运动的全部内容,贯穿于地球地壳演化的全过程;两者关系实质上是建设作用与改造(破坏)作用的对立统一,是吸引作用与排斥作用的相互转化,也是运动与平衡的彼此交替。简言之,内外地质作用之间的统一是破建统一、动衡交替和内外力能复合,集中体现为引斥转化。

各种内力地质作用之间也是密切联系、相辅相成、相互转化的,甚至于相伴而生,形成因果连环效应。例如,由于软流圈"地幔对流"

的热流升降循环运动，导致了海底扩张、大陆漂移、板块变位的机械力学运动，伴生而来的便是炽热基性岩流沿洋中脊、转换断层等破裂乘虚侵入的岩浆作用和变质作用，形成洋壳板块的新陈代谢和陆壳板块边缘的构造变动；由于俯冲板块与仰冲板块之间的碰撞与摩擦，以及各岩石圈板块与地幔软流圈之间的摩擦作用，这种板块间、圈层间相对位移的机械力学运动，势必转化为地热运动，新产生的地热能与软流圈潜藏的炽热岩流相结合，导致地下质能运动内部矛盾的激化和突变，触发了板块边缘地带剧烈的岩浆侵入、火山喷发、地震活动和变质作用，并在此形成了独特的蛇绿岩套、地震-火山带和“双变质带”。这就是地球内力地质作用中机械力学运动与物理运动、化学运动相互转化、周而复始的典型范例。同样，各种外力地质作用之间，如从风化→剥蚀→搬运→沉积→硬结成岩→再风化→再剥蚀作用……，亦反映出相辅相成、相互制约、环环相扣、循序转化、旋回递进的辩证统一关系，构成了一个外力地质作用大循环。

3. 内外力能互成因果关系

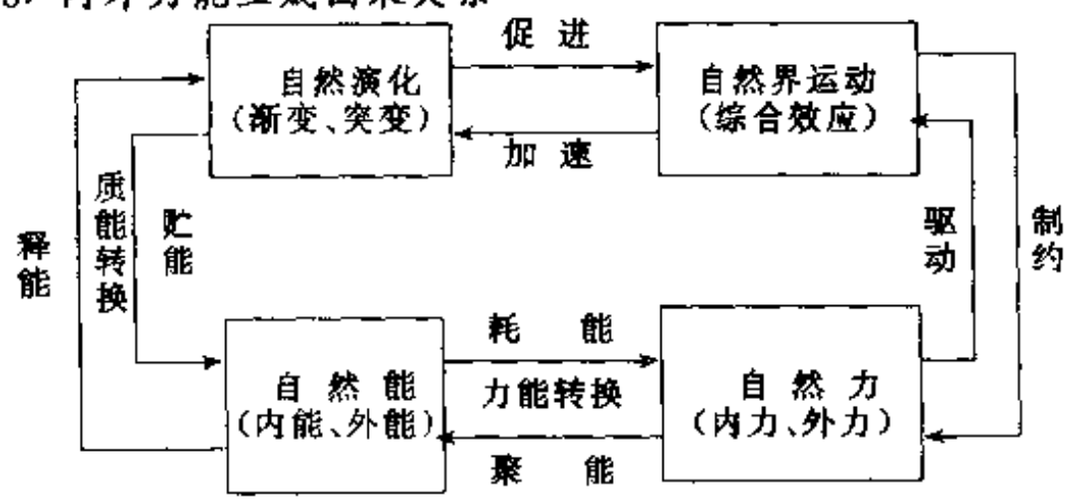


图4－1 自然界力、能转换与自然演化、自然运动的互促机制

一般地说，自然系统的物质演化，通过质能转换而贮存了自然能（内能、外能），自然能通过力能转换而转化为自然力（内力、外力），以自然能为能源的自然力驱动了自然界的各种运动，并加速着自然系统物质演化的历程。反之，自然界的各种运动制约着自然力（内力、外力）的动态平衡，并为自然能（内能、外能）的再聚集、再释放创造了条

件，进而也推动了自然系统物质演化的历程。由此，我们得到了一个自然界的力能转换与运动发展互促机制（图 4－1）：

对地球物质系统而言，同样显示了这种内外力能的相关性和互促机制："能"交"力"，"力"驱"动"，力能互补，力能转化。但其发展主流是：自然能（地内能、地外能）$\xrightarrow{转化}$自然力（内动力、外动力）$\xrightarrow{驱动}$地质运动（或地球客体运动）。

三、内力与外力在地球客体运动中的作用

恩格斯深刻指出："相互作用是事物的真正的终极原因"。[①] 从现代自然科学观点来考察，事物的相互作用在本质上是"力"的相互作用，"力"是事物运动、发展的终极原因。

就地球物质系统而言，内动力与外动力地质作用，乃是地球客体演化和地质运动的总根源，发挥了主导性的控制作用和推动作用。

1. 内外力能复合驱动是地球客体运动之源

通过自然演化，从原始星云物质凝聚而成的原始地球，一开始就存在着绕日公转和绕轴自转的变速旋转运动，由此产生的机械能即旋转能至今高达 2.137×10^{36} 尔格。它将促进地应力积累，并使地壳和地幔存储弹性能约达 10^{22} 尔格，从而导致地壳构造形变和激发大地震活动。在地球物质系统演化中，重力分异与热力分异相辅相成，促进了日趋完善的地核、地幔、地壳等圈层结构的分化。重力分异作用积累的重力能已高达 10^{38} 尔格数量级；地内放射性元素核衰变和裂变产生的核转变能在地史上变化于 $1\times10^{22}\sim7\times10^{29}$ 卡/年之间；地幔与地壳及上下地幔之间化学成分的转变和结晶相变、岩浆作用与结晶——变质作用产生的化学能、结晶能分别达 1×10^{39} 尔格和 1.6×10^{11} 尔格；还有地球作为巨大导电体和磁性体的电磁场运动产生的电磁能，等等。这些地内能量都可通过地质能转换而变成地热能（例如，仅铁元素在重力作用下大量下沉时所释放的重力转化而成的

---

① 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社，1971 年，第 209 页。

热能就有 2×10^{37}尔格；使早期的原始地球受到压缩的重力压缩能也要转变成热能，只要使地球半径收缩 1 厘米所释放的热量就约有 3.35×10^{30}尔格……），因而地球变成了源流不断的庞大热库，提供了地球演化与地壳构造运动的充足能源。这些地内能量，通过力能转换而成地内动力，驱动和控制着地球物质系统自身的整体运动、地内的质能运动，以及地球各子系统的相对运动（如地球各圈层间切向滑动、地壳受挤压褶皱等水平运动形式，地表海陆升降、地壳断块起落等垂直运动形式）。概言之，各种地球物理场（重力场、地应力场、弹性波场、地电场、地磁场、地热场）与地球化学场的错综交织，必然导致多种内生能源和地内动力相互制约、转化的综合效果，引起全球演变和地壳构造运动的一系列链锁效应。其中，地球重力能驱使物质向内聚集，地热能驱使物质向外扩散，重力能和地热能之间的斗争是促进地球发展、控制地壳构造运动的主导因素，其总趋势是打破旧的重力热力动态平衡，力求建立新的重力热力动态平衡。由此反映了地球内部物质引斥互控的内在联系，并将导致成改变全球性、区域性的位势差，促使位能与动能的相互转换，加速或延缓地壳的动"定"转化历程（图 4－2）。

同时，地球属于各级天体旋转体系（银河系→太阳系→日地月系）中的要素或小系统，也获得了其它天体提供的太阳辐射能、日月潮汐能、陨石冲击能、宇宙射线能等多种地外能源，地表的风能、水能和生物能实质上是太阳辐射能储存、转化而成的地外能的变种。这些地外能（地表能）导致了外动力地质作用的持续进行。

总之，地球客体运动（包括地壳构造运动）受地球内外力能驱动规律的制约，这条规律可简要表述为：地球内外力能复合驱动是地球客体运动之源，地球客体运动呈现为复因多果的因果网络。若内力外力累积，促使地内能与地外能增强并相互结合，形成能量倍增或动力叠加时，必然对地壳构造运动起"催化"作用，加速地球地壳演变进程；当内耗外耗丛生，导致地球内外能量削弱或动力衰减时，必然对地壳构造运动起"刹车"作用，就会延滞地球地壳演变历程。只有内外

力能复合成因论才能全面揭示地球发展和地质运动的根源，任何单一成因论都难免带有某些片面性。

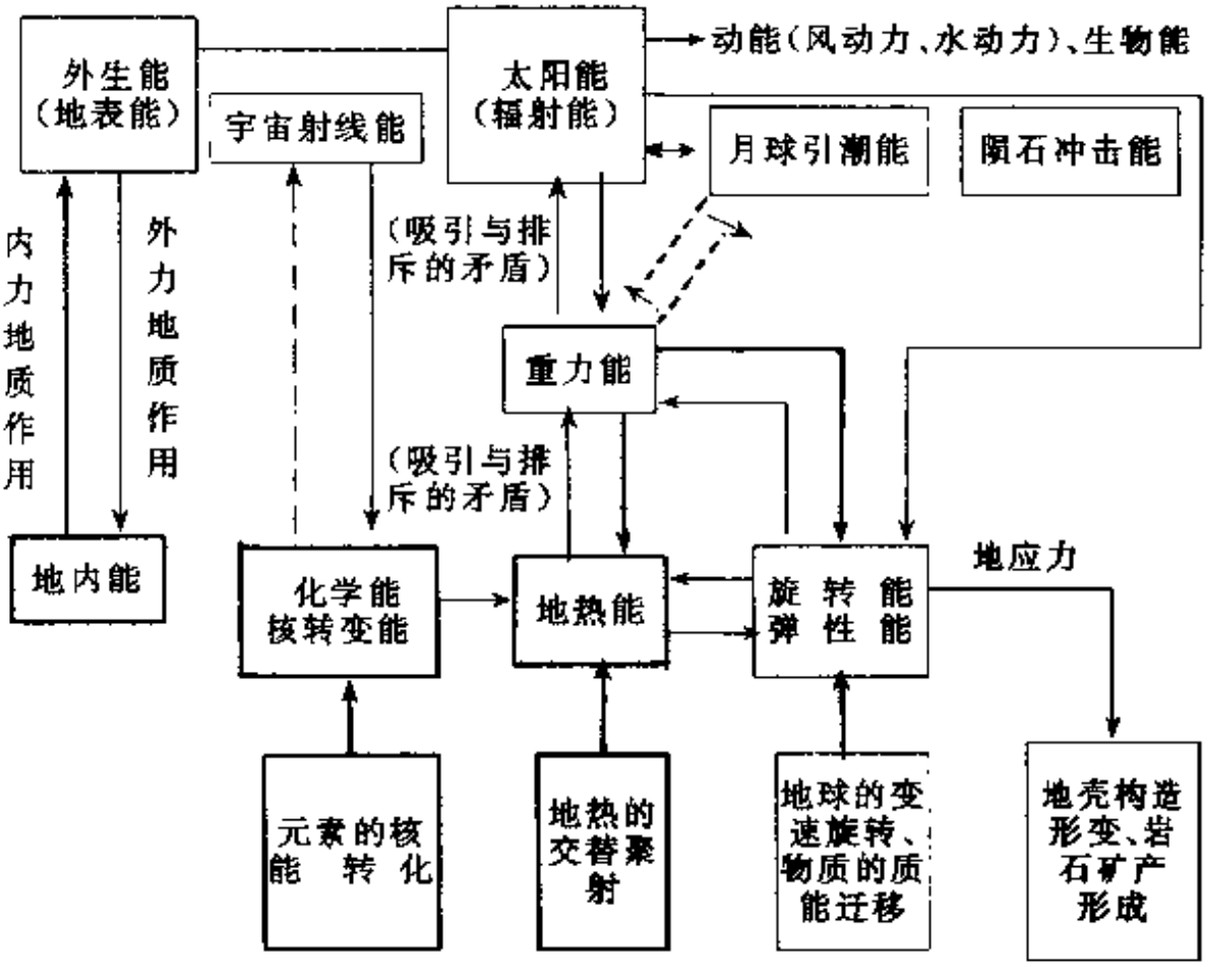


图4－2　错综复杂的地球客体运动和能量、动力转化方式图案

箭头分别代表地球物质运动形式、运动能量的矛盾或转化；
箭头及方框线条的粗细分别表示矛盾的主次方面或能量的强弱大小

2. 内力与外力的相互作用，不断塑造着各种地壳构造形迹，反复改造着地球表面形态

内力与外力地质作用既互相排斥和互相对立，又相互联系和相互依存。这种对立统一的矛盾运动，不断改变着地球岩石圈的物质组成和内部结构，塑造了各种地壳构造形迹（如由地应力与地形变导生的全球巨型纬向构造带、经向构造带和各类直扭型、旋扭型构造体系所反映的地壳应变图像），也反复改造着地球地形地貌景观（现今地球似梨状体外形的形成，地表山脉、盆地、海洋、湖江的生灭演化和海陆升降的沧桑巨变，等等）。

内外地质作用都是大自然的“雕刻家”。内力地质作用的主要功能是促使地壳内部构造复杂化，加大地表的起伏和高差；外力地质作用则削高补低、缩小地表起伏和夷平地表高差。

3. 内力与外力控制着成岩成矿作用，为人类创造了巨量的矿产资源

地球上展布的各种内成岩（火成岩、变质岩）与外成岩（沉积岩），以及内生矿床（岩浆矿床、变质矿床）与外生矿床（风化矿床、沉积矿床）等金属、非金属矿产资源，以及煤、油页岩、石油、天然气等化石能源，都是长期而复杂的内力、外力地质作用的产物。

第四节　建造与改造

一、建造与改造的涵义

建造与改造，同形成与形变、组成与结构的含义相近而语意更为深刻，乃泛指地球、地壳的物质组成与物质结构、岩石形成与岩石形变的全部总和。作为研究地球、地壳形成、演化以及各种地质作用一般原理的现代动力地质学（包括火山地质学、地震地质学、地貌学、构造地质学、大地构造学和固体地球物理学等领域），其主要研究内容就是地壳形成、物质组成与地壳结构的变化规律，地质作用的原因、动力、基本条件、作用过程和结果的基本原理，内外地质作用的相互关系及其在建造、改造地壳中的基本规律。它必须应用地质科学、古地理学、天文学、生物学、物理学、化学、数学等学科的理论，以及“将今论古、由古推今”、由天观地、天地结合的思维方法进行多学科交叉研究。因此，我们可以把现代动力地质学的主要研究内容简要地概括为对地球地壳建造作用与改造作用的综合研究。综观全球错综复杂、纵横交织的地壳地质构造，它们都是各种地质作用和地壳构造运动塑造的岩石永久形变的产物，地壳岩石形变则是在地壳形成的基础上发展起来的。为此，李四光教授早在1965年就把构造地质学、地质力学的研究内容概括为建造与改造两个方面。现今，建造与改造已成为研究地球物质客体的一对特定范畴。

一般说来，地壳建造代表地壳的物质组成，通常是指建筑地壳的物质材料，包括各种沉积岩层、岩浆岩类和变质岩类的集合体及其成岩成矿作用发生、发展过程，即具有“建造作用过程”的含义。建造又有老有新，老的建造经过毁坏以后，一部分消失，另一部分又转入新的建造，整合或不整合在老的建造之上。建造中这种整合和不整合关系，反映了地壳建造演化史，对研究一个地区的地质历史具有重要意义。这种关系也反映出地壳在发展过程中，建造和改造是相互影响、相互依存的两个作用过程。地史学家所称的“岩相建造”或“建造类型”，是指一定类型的岩石组合、岩石特征及其所反映的形成环境的总合，与地质力学的建造概念有别，各种建造类型的划分原则也不尽一致。探讨地壳建造，将从一个侧面揭示地壳构造运动的过程和方式。不同类型的建造，往往和不同种类的有用矿产资源密切伴生。如陆相红色碎屑岩建造，常伴生多种重要盐类矿产；火山成因的细碧角斑岩建造类型的铜矿，是铜矿的重要类型之一。

改造一般代表地质体的变形、变位和变质，常指地壳各部分经过地壳构造运动而改变它们原来形态、性质的作用和过程，通常由各种类型的褶皱构造和不同性质的大、中、小型断裂构造，以及动力变质作用，矿物相变乃至晶格位错现象等地壳岩石形变和质变反映出来。有人认为，改造还应包括非地壳运动产生的形变，如重力构造等。因此，广义的改造乃是地壳的机械运动、物理运动和化学运动的综合反映。对地壳改造的研究，可以进一步掌握地壳运动、岩浆活动、变质作用规律和各种矿产资源的形成分布规律。许多重要的岩浆矿产（金属、非金属）经常受控于不同级别的断裂构造，石油、天然气和煤则多赋存于相对稳定的沉降地区。

二、建造与改造的主要类型及其特征

地质学家们通常把在地壳内占据一定空间范围，具有一定成分并与周围相区别的天然实体称为地质体（包括各种板块、断块、地体、地层、岩体、矿体、火山体、蚀变带，乃至构造透镜体、岩体中的包体等）。显然，各类地质体都是地壳建造与改造的辩证统一体，均属内外

地质作用的产物。因此，研究地壳地质建造与改造的类型及其特征，必须落实在对地质体的深入研究上。

1.地壳地质建造的主要类型与基本特征

地壳地质建造简称“建造”，这里主要指地壳岩石在空间中呈有规律的自然共生组合。组成地质建造的各种岩石类型间无论在时间上和空间上都有密切的联系，均能从其共生组合特征、物质成分和结构构造上反映出属于一定地质发展阶段及大地构造环境的综合产物。地史学家、岩石学家、大地构造和构造地质学家们依据岩石组成，通常把地质建造划分为沉积建造、岩浆岩建造和变质建造等类型。同一种地质建造类型，按形成的大地构造环境，又可分为各种建造序列，如沉积建造可进一步分为地槽建造序列、地台建造序列、地洼建造序列等。研究地壳地质建造，对于深入了解地壳构造运动的历史和发展规律、指导矿产普查勘探、建立和划分不同的大地构造单元都具有重要的意义。

(1)沉积建造

在一定大地构造、地形、气候条件下，成因上有密切联系的、彼此共生在一起的沉积岩组合就是沉积建造。通常按大地构造条件划分为地槽型建造、地台型建造、地洼型建造等类型。每一类建造又可再分为若干建造。例如，地槽型建造可分为复理石建造、磨拉石建造、石灰岩建造、泥质页岩建造等。地洼型建造基本上由陆相地层(偶夹海相地层)所组成，常具间断型韵律，形成陆相(偶为海相)复理式建造。在我国东部华夏型地洼区内，典型的地洼型建造为类磨拉石建造的华夏式建造(包括萍乡式含煤亚建造、建德式火山岩亚建造、南雄式红色亚建造、丹霞式红色亚建造、兰塘式海相亚建造等)。研究和划分沉积建造，在指导沉积矿产普查勘探，恢复重建古地理、古构造和沉积环境，建立地壳构造运动的发展模式等方面皆具有重要的意义。

(2)岩浆岩建造

亦称“火成岩建造”。在一定的大地构造环境下，成因相似并具有共同特征和规律的一组岩浆岩的自然组合就是岩浆岩建造。它与特

定的地质发展阶段相对应，其岩浆来源、岩浆性质和演化特征等，均可反映地质构造条件。例如，中国祁连地槽中的细碧-角斑岩建造，是地槽发展早期阶段在海底喷发的富含钠(Na)的中-基性熔岩，它在空间上均分布于地槽褶皱带中。在板块构造中，大洋中脊和深海大洋盆地产出的"蛇绿岩建造"，乃是被特殊的远海沉积覆盖的、按一定顺序出现的一套特殊的超基性和基性火山岩组合。它产出于岩石圈板块发生大规模水平位移和互相碰撞时的过渡壳和陆壳岩块的地表，自下而上，蛇绿岩建造由底部橄榄岩—辉长岩侵入体—玄武岩状熔岩构成一完整剖面，其上为远海沉积物所覆盖。在板块构造的深断裂带附近，由于古板块边缘上地幔物质上涌，往往形成所谓"蛇绿岩套"(又称为"奥菲里建造")，乃是由超基性岩类、辉长岩岩墙群、枕状熔岩和燧石构成的一整套自然组合的复杂岩体。中国西藏沿雅鲁藏布江谷地出露的超基性岩带，东西向延伸达数百公里，有人认为它就是由蛇绿岩套组成的蛇绿岩带，并被许多地质工作者认定为古板块的地缝合线。

通过对岩浆岩建造的研究，将为我们正确地划分地壳构造运动发展阶段和大地构造单元提供重要的依据。

(3)变质建造

指一定的构造环境下，在空间上呈有规律的自然组合的一套变质岩。变质建造是在变质前的原岩建造的基础上，经历了不同程度的变质作用后所形成的。相同的变质建造在区域上具有相似的分布规律，在岩石类型、矿物组合、结构构造和产状上具有某些共同的特点。最典型的变质建造就是在板块构造聚合地带的两边常有一个高压低温变质带(由其特征矿物蓝闪石构成蓝闪石片岩)，以及一个低压高温变质带(即在地壳表层的侵入岩接触带上形成接触变质带)，两者共同构成"双变质带"，亦称"成对变质带"。在日本列岛上就展布着三对双变质带。

通过变质建造的研究，可以更好地阐明某一地区内原岩建造和变质作用的特点及其相互之间的关系，有助于了解古地质环境和地

壳构造运动规律，并解决变质矿床的普查和勘探问题。

2. 地壳岩石改造的主要类型与基本特征

地壳岩石改造简称“改造”。它泛指在地壳构造运动作用下，地球、地壳、地质体产生的形变、体变和质变的总合。因此，改造作用大体上可划分为地壳岩石形变、地球地壳体变和地壳岩石质变等三大类型。

(1)地壳岩石形变

泛指地壳岩石因受地应力作用使其内部质点间的相对位置发生改变所导致的岩层岩体形状或体积的宏观与微观变化。岩石变形的基本方式通常有压缩、拉伸、剪切、弯曲和扭转五种。在构造地质学中，习惯上把褶皱和断裂等地质构造形迹统称为岩石变形或形变。按照岩层岩体内的不同点在同一方向上的线应变和剪应变相同或不同，岩石变形有均匀变形、不均匀变形之分(实际变形大多为后者)。地壳岩石主要为不均质的弹塑性体，因而按照岩石力学性质的不同，岩石变形有弹性变形、塑性变形(永久变形)、脆性变形(破裂变形)之分。

在自然条件下地壳岩石永久形变造成的各种地质构造形体和岩块、地块相对位移的踪迹，不论其规模大小和性质差异，皆统称为构造形迹。它包括所有构造要素(结构要素)、地块形态(构造地块)和构造体系，即李四光(1953)提出的地质构造三重基本概念所涉及的内容。

①结构要素(构造要素)　泛指存在于各种地质体中最基本的地层构造形迹，主要有分别从微观上反映面状构造、线状构造的结构面和构造线条两类。结构要素是标志地质构造存在或划分构造地块的基本单位，它有原生结构要素与次生结构要素之分。前者指成岩过程中形成的原生结构面和构造线条(线理)，如沉积岩层的层理、间断面、不整合面和岩浆岩体的流层、流面、流线等；后者指岩石构造变动(机械力学运动)和非构造变动中发生形变而产生的次生结构面和构造线条(线理)，如褶皱轴面，各种破裂面，一部分节理、劈理、片理和

隐裂隙，以及次生流线理（岩石颗粒和矿物微粒在地应力作用下发生拉长、压扁和重结晶，并沿最大引张方向作定向平行排列的塑性变形现象）等。这些形体微小的面状构造和线状构造，亦往往具有不同力学属性，从而有压性、张性、扭性、压扭性和张扭性等不同结构要素之分。

②构造地块（地块形态） 系指具有一定综合结构形态、属于一定构造体系的地质块体。构造地块的存在常由地壳物质组成或地壳结构构造的不均一性，以及它们之间通常具有的明确界线反映出来，其规模大小、影响深度、结构形态、活动强度皆各有差异，既有比较活动的狭长带状地块——褶皱地带（褶带、断褶带），又有相对稳定的不规则板状地块——块垒地（盾地、台地）和“安全岛”。在长期复杂的地壳构造运动中，褶皱地带和块垒地可以相互转化。任何构造地块都是一定类型构造体系的组成部分，并具有一定的展布规律。构造地块的发生和发展必然受到构造体系和岩石性质的制约；反之，不同形态和不同类型构造地块的存在，构成一定的边界条件，也必定影响到构造体系的形成和特征、决定地块边缘及其内部的形变特点。

③构造体系与构造型式 李四光早在本世纪20年代提出的“构造体系”，乃是具有成生联系的各项不同形态、不同等级、不同性质和不同序次的结构要素所组成的构造带，以及构造带之间所夹的岩块或地块组合面成的有机整体。一个构造体系可以当作地应力场塑造的一幅地壳岩石应变图像。它是一定方式的区域性构造运动的产物，反映着一定类型的区域地应力状态。其区域性构造运动的时期主要是同一次的，亦可断续地先后发生几次。构造体系的规模很不相同，小至一块手标本，大至纵横数百公里，甚至更加宏伟。不同构造体系所达到的深度，一般随其所占范围的大小面呈现相应的变化。

构造体系的概念表明，任何地质构造形迹都不是孤立存在的，在其成型过程中，必有不可分割的伴侣成群出现。因此，要确立一个构造体系的存在，首先要确定它所属构造成分间的成生联系，即同一地壳运动方式作用中所产生的地质构造在空间展布、发生发展和力学

机制等方面的内在联系。纵观全球和区域构造构造体系的展布，表明它具有下述三个显著特征：①构造体系的定型性——各项有成生联系的构造带及其间所夹的地块或岩块，常组成一定标准类型的构造体系；②构造体系的定位性——组成构造体系的构造带及其间所夹地块或岩块，不是随机展布的，同一构造体系的构造带彼此方位的配置，常符合一定的规律；③构造体系的定向性——各类型构造体系，特别是巨型和大型构造体系，常依据一定空间方位定向出现。这些特征不仅在理论上有助于阐明地壳构造和地壳运动规律，而且在生产实践方面，如对区域地质调查、矿产普查勘探、工程地质、水文地质、环境地质、灾害地质和地震地质等领域的工作，都具有指导作用。

近些年来，构造体系概念有所发展，不仅包括具有成生联系的各种地质构造，而且受这些地质构造制约的各种地质作用（沉积作用、岩相建造、岩浆活动、变质作用、成矿作用等），以及各种地质现象（地震、火山、温泉、地热和地貌等），并被纳入构造体系组成部分之中进行综合考察。它们也是鉴别构造体系存在的重要标志和依据。由这些具有成生联系的各种地质构造、内外地质作用和诸种地质现象组合而成的总体，统称为“地质构造体系”。那些在地壳表层展布的巨型或大型构造体系，习惯上叫做“大地构造体系”。对一个地区的区域地质特征，包括地质构造及其相关的沉积建造、岩浆岩建造、变质建造和成矿作用等的形或发展起决定性作用的构造体系，则称为“主导构造体系”。例如，我国东部大陆与“新华夏海”（包括日本海和中国海——渤海、黄海、东海、南海、北部湾的浅海海域）之地质构造、各种地质作用（包括油、气、煤能源矿产和许多金属、非金属矿产的形成），以及地热、地震等不少地质现象，都受到新华夏构造体系的制约，故新华夏系为这一地区的主导构造体系。

“构造型式”乃是泛指具有共同组合形态特征、构成一定标准类型的构造体系。标准构造型式的建立，首先要查明各组成部分之间的成生联系，其中要重点考察下述四个特性：①重现性——一定类型的构造形迹组合，在不同地区多次被发现；②同时性——外力作用方式

一致，或由同一场构造运动，或系同方式多次构造运动形成，具有相似的发生、发展历史或呈现一定的演化规律；③统一性——从力学观点能够证明各组成部分具有应力作用方式的统一性；④相似性——用模拟实验方法6能够再现类似的构造形象，等等。每一类构造型式反映特定的外力作用方式和地应力场特征。依据外力作用方式和构造组合形态特点，已发现的构造型式可分为三大类，即纬向构造体系、经向构造体系和扭动构造体系。其中，扭动构造体系又因岩层岩体所受剪切应力（直线扭动应力、旋转扭动应力）的不同，可再分为直扭型、旋转型的五种型式和若干亚型：①多字型构造（含新华夏系、华夏系、河西系、西域系等的多字型构造或雁行式构造）；②山字型构造；③人字型构造；④部分棋盘格式构造（网状构造、X型构造）；⑤旋扭构造（含帚状构造、旋卷构造、S型构造、反S型构造、歹字型构造、莲花状构造或环状构造、辐射状构造成旋涡状构造、涡轮状构造、部分正弦状构造、连环式旋扭构造）。

（2）地球地壳体变

在全球地应力场的作用下，导致地球、地壳体积胀缩变化的应变，可称为地球地壳“体变”。

地球体积是不新收缩，还是不新膨胀？这是地学界长期争论的一个重大而复杂的科学难题。

地球热起源论引伸出收缩说的地球发展观，广泛流传于19世纪和20世纪20年代以前，以艾利·德·博蒙特（Elie de Beaumont）和杰弗里斯（H. Jeffreys）为典型代表。他们接受康德-拉普拉斯太阳系起源的星云说，认为原始地球最初由灼热气体组成，从外向内逐步冷缩而变成熔融状态，经过内部热对流和表层传导，产生长期热量辐射而逐渐冷却固结，在其表层首先形成坚硬的岩石地壳，地壳在冷却过程中收缩即褶皱成山，这就是传统的造山运动观点。因此，他们主张地球发展过程的总趋势是不断由热变冷，体积逐步缩小。

反之，地球冷起源论则导生了膨胀说的地球发展观，从20世纪20年代至60年代颇为盛行，以希尔根伯格（Hilgenberg）、加里（S.

W. Garey)等人为典型代表。膨胀说认为：原始地球是由成分不均一的宇宙尘、气体分子和陨石物质组成的较冷的均匀混合体，因分子引力而相互聚结成行星凝团，由于内部放射性元素蜕变，地球外层不断热熔，再经冷凝即为地壳。由此，他们推论，壳内大量放射能的积累，不仅不会使地球变冷，反而能将地壳烤热，以致引起球体膨胀和地壳胀裂。同时声称，由于重力使地球质量趋向集中，在重力的强大压力下，矿物晶格将受破坏，矿物质外层在内层的电子将与原子核分离，造成所谓压力电离化现象，从而认为产生地壳运动的主要矛盾，是重力使地球物质集中的倾向同被压缩物质反集中倾向的相互斗争。这种论点和宇宙膨胀说彼此呼应，认为宇宙万有引力常数与地球引力常数在不断变小，重力的压力在不断减轻，地内物质将不断变化，随着上地幔物质密度变小，地壳将逐渐增厚，而下地幔物质密度亦将变小并逐渐往深部移动。膨胀论者断定：地球发展历程的总趋向不是由热变冷，而是由冷变热；地球体积不是不断收缩，而是不断膨胀。近年来，还有人从新视角提出了“地球非球对称膨胀”假说。

应该说，地球收缩说与膨胀说在分别解释褶皱山系和地壳拉伸构造、全球裂谷系的成因上各有一定的真理性，但又各有其片面性和局限性。假如地球发展只是单纯地整体收缩或整体膨胀，那么在地壳上产生的褶皱和断裂必定是遍布地表并杂乱无章的。然而，全球地表不同地质时代褶皱与断裂的发育程度是差异量殊的，而且呈现出明显的定向性排列，这是这两种对立学派都难以回避和阐明的客观事实。

20 世纪 30 年代，布契尔(W. H. Bucher，1933)提出了认为地球既有收缩又有膨胀，胀缩呈周期性交替发展的脉动说；格雷博(A. W. Grabau，1933，1936～1938)依据他对世界古生物发育情况的研究，亦提出了在古生代由于海平面的升降运动而呈现出海进、海退有节奏地反复进行的脉动论。不过，脉动说虽能解释地壳构造运动的周期性，却仍不能阐明地壳构造展布的定向性。与此相反，本世纪 60 年代兴起的板块构造说则干脆建立在假定岩石圈板块为刚性体、地球

总体积基本恒定(不胀不缩)、海洋盆地容积基本不变的立论前提之上,进而构筑了以全球性"地幔对流"为驱动力去解释大陆漂移-海底扩张-板块运动机制的"新全球构造说"理论体系,这又难免同它所坚持主张的洋陆活动论产生难以回避的逻辑悖论,即在辩证逻辑上自相矛盾,以至近些年来不断受到许多学者的公开质疑。

笔者认为:地球地壳远非理想刚体,而是不均质的弹塑体,由此决定了地球体积胀缩形变(即体变)、地壳岩石构造形变的绝对性和必然性。因此,在地球地壳演变全过程中既不会单向收缩,也不会单向膨胀,更不可能不胀不缩。从地球冷热变动和体积变化而言,地球、地壳的发展史乃是冷缩热胀的周期性波动、螺旋式递进的历史。

控制地球体积胀缩变化的主要因素有:

①地内放射性重元素(包括超铀元素)的天然核转变。一个放射性核的裂变、衰变的链式反应最后可能转化为几十个乃至上百个稳定的轻核,由于重元素与轻元素的体积近似,故这种地内重核分裂的蜕变轻化作用将引起元素总体积相应增大几十至上百倍,不可避免地要导致地球体积增大与地球物质密度减小的总效应。

②以巨量核转变能(放射能)积累与释放为主导的地球热运动(热冷波动),将产生宏观性的热胀冷缩效应。

③地球物质密度减小导致地球引力场的变化——引起重力加速度和地心引力常数的降低,以及地球自转速率的变慢,反过来又会促使地球体积趋向膨胀。

④各大洋底沿洋中脊的扩张导致地球体积产生增大效应。

⑤地球地壳作为弹塑体将产生弹性形变和长周期的塑性形变。

⑥地壳热胀和破裂使地球加速向太空散射地热和物质,又会转而促使地球变冷收缩和旋转速率加快。

显然,地球体积胀缩变化的动力和能源主要来自于地热能、弹性能与重力能的相互作用和相互制约。由于地内放射性重元素不断蜕变分裂并渐趋稀散,轻元素丰度逐步增长,地球物质密度将逐步变小而体积渐大,同时核转变能控制着地热周期性的聚集与散射交替过

程，这一切导致了地球体积变化相应地经历着热胀→冷缩→再热胀→…交替而总趋势朝向膨胀的周期性波动过程。

事实上，在漫长的地史中，地表已屡经寒冷期与炎热期的交替和冰期与间冰期的反复，反映了古气候的周期性演变（除 45 亿年前地壳形成后就可能出现过首次大冰期外，由冰川遗迹已证实地质时代发生了 5 次大冰期）；地内则有多期次岩浆活动、火山喷发和构造运动的周期性爆发。这一切显然与地热运动的同期性变化有密切的内在联系。地壳形成有利于聚集和封闭地内大量放射性元素蜕变产生的地热能，而构造运动引起的地壳破裂形变，又创造了地热能辐射与释放的通道。在地壳岩石具有不均质的弹塑性的特定条件下，地壳积热与散热的矛盾斗争和相互转化，必然要导致地球体积的胀缩变化——积热增温而膨胀，失热降温而收缩。不过，地球体积胀缩变化本身不可能直接产生呈定向性排列的地质构造，只有同地球变速自转相结合，方可能激发剧烈的地壳构造运动，并产生定向性的褶皱断裂构造。

在地球整体或局部的收缩期，地内物质将产生“向心迁移”（即表层物质向地壳和地幔内部迁移），由于地球转动惯量减少，自转速度加快、在加大的旋转动力和切向侧压力作用下，势必形成定向性的褶皱山脉和地壳挤压带，导生压性、扭性、张性等各类断裂和深部岩浆侵入活动，同时伴随地表水圈由高纬向低纬、由两极向赤道的“向赤海侵”。在地球整体或局部的膨胀期，地内物质则产生“离心迁移”（即物质主要由地壳深部和地幔移向表层），由于地球转动惯量增大，自转速度变慢，地球膨胀将导致陆壳和洋壳破裂，就会形成定向性的地壳张裂带——引张型深大断裂、大陆裂谷和海洋裂谷，使玄武质岩浆沿地壳裂口（断层、裂缝）涌入，在洋底产生洋中脊和新洋壳，在陆地产生大规模岩浆侵入与火山喷发，相应引起围岩区的强烈变质作用，同样亦将伴随地表水圈由低纬向高纬、由赤速向两极的“向极海侵”（参见表 4－1）。

综合上述，我们不难引伸出在地史时期地球体积变化必然历经

周期性胀缩波动而总趋势趋向膨胀的球体胀缩交替规律。80年代初，前苏联有人曾推算出现今地球半径已比原始地球增长了1/3。有迹象表明，目前地球仍处膨胀阶段，因而引起了地球自转继续变慢。

表4-1　显生宙以来地球体积胀缩体变、自然速率变化与海陆运动方向

时间（亿年）	地球体积胀缩体变	地球自转速率变化	海水运动与陆块漂移方向
—0.66 —1.01	膨胀期	减速期	向西、向极运动。南北美洲大陆向西挤压，今大西洋形成，印度和阿拉伯半岛北移
—2.86	收缩期	加速期	向东、向赤运动。南部冈瓦纳古陆逆时针转动约20°，北部劳亚古陆顺时针转动约20°
—4.90	膨胀期	减速期	向西、向极运动。在—4.0亿年左右，古大西洋闭合，古澳大利亚南移
—7.21	收缩期	加速期	向东、向赤运动。在—6.5亿年左右，古陆张裂形成古大西洋，古澳大利亚向赤道方向漂移

反映地球地壳体积变化的球体胀缩交替规律，控制着地球地壳体积的周期性胀缩波动，反过来制约着地球自转速率快慢递变规律，导致地球自转减速过程与加速过程的相互转化，同时又决定了海水进退规程、大陆漂移方向和地壳岩石构造形变类型，对地壳建造与改造发挥着主导作用。

(3)地壳岩石质变

地壳岩石质变泛指各种岩石、矿物的宏观与微观变质作用的总合，即地球内部的物理作用、化学作用和构造应力作用对原岩(沉积岩、岩浆岩、变质岩)及其组成矿物的岩矿结构、构造和物质成分的重

新改造，从根本上说是岩矿物质分子、原子组成与结构的质变。地内岩石变质作用的温度一般大于150℃，它在固态下进行，故可把岩石始熔温度视为变质作用的高温限，大多数岩石变质作用的高温限大致在700°～900℃。深入研究地壳岩石变质作用将有助于揭示地壳演变规律和变质矿床展布规律。

作为地壳改造作用表现形式的地壳岩石质变具有以下基本特征：

①引起岩石变质作用的多因素　岩石变质作用是地表以下一定环境中的固态岩石发生结构、构造改组或物质成分变化而形成新岩石的地质过程，以出现重结晶现象和变质矿物为其标志。引起岩石变质的基本要素是温度、压力、化学活动性流体的不同组合而共同形成的多样化地质环境。温度是引起岩石变质的主导因素，温度升高使岩石重结晶，温度再高则引起岩石重熔。压力（静压力、定向压力、流体压力）使重结晶矿物产生定向排列，形成特有的变质岩结构和构造。化学活动性流体（以H_2O和CO_2为主，并含多种金属、非金属与F、Cl、B、P等组分的溶液）在变质过程中可促进组分的溶解，加速扩散速度，催化重结晶作用与变质反应。

②岩石变质作用方式的多样化　依靠引起变质作用的诸要素，固态岩石变质作用具有如下多种方式：使非晶质、细晶质原岩转化为结晶质、粗晶质岩石的重结晶作用，在原岩总成分不变的情况下促使新结晶矿物形成的变质结晶作用；从外部渗入原岩的热气或热液使原岩矿物转变为新矿物的交代作用；由化学活动性流体引起的脱水反应和脱碳反应（随着变质矿物转化而释放出H_2O与CO_2）；含铁氧化物等发生还原反应。

③岩石变质作用类型的多样化　根据变质作用所处的地质环境、变质因素组合关系及其产物特征，岩石变质作用呈现为下述多种类型：A. 岩浆岩体与围岩接触部位的接触变质作用（含热接触变质作用、接触交代变质作用）。B. 在构造运动定向压力作用下的动力变质作用即碎裂变质作用，其产物通称为构造岩、动力变质岩、错动变

质岩或碎裂岩。它通常是由构造断裂带(或破裂带)中的原岩在应力作用下发生破碎、形变、晶格位错、重结晶和应力矿物(新生矿物)的结晶等而形成的。当受力程度强烈时,原岩的原生结构遭受破坏,便形成具有次生结构(如碎斑结构、糜棱结构)的碎斑岩、糜棱岩、超糜棱岩、玻状岩等动力变质岩,在破碎带中形成定向性、具有压碎结构的构造圆化角砾岩、构造压扁角砾岩和包容其中的构造透镜体等,它们对揭示应力活动方式对地壳岩石的改造作用有重要意义。C. 由负荷压力、构造运动的动压力叠加、地幔上升热流、深部岩浆热流等多种变质因素相结合而在大范围内产生的区域变质作用,常形成长几百至数千公里、宽几十至数百公里的区域变质带。它所造成的区域变质岩构造具有明显的定向片理特征,由低到高显示出板状→千枚状→片状→片麻状构造。区域变质岩在高温高压下产生多次叠加的塑性变形,往往塑造出极为复杂的小型柔皱构造。著名的蓝闪石片岩就是广布于环太平洋褶皱带、阿尔卑斯山系和乌拉尔山脉等地在高压低温条件下区域变质作用的产物。板块构造说认为它是由于大洋板块沿贝尼奥夫带向大陆板块下部俯冲时形成的高压低温变质条件下的产物。D. 由高度变质作用形成的原岩与局部熔融岩石相互交插的混合岩化作用,它所产生的熔融结晶岩和深度变质岩(地片岩、片麻岩等)相互构成复杂的变质岩组合。E. 在大洋中脊处高热流梯度区发生的洋底变质作用,由此形成了下伏于洋底现代松散沉积层之下的变质玄武岩和变质辉长岩等洋壳岩石,在大西洋中脊还有蛇纹岩伴生。

④地壳岩石变质作用的时空展布特征　地壳变质岩的时空展布特征突出表现在:A. 大面积广布——世界上所有的前寒武系地盾区全由以片岩、片麻岩、麻粒岩为主的深变质结晶岩系所组成,从而构成浑圆状的古陆核心。大陆上许多沉积-构造盆地的沉积盖层之下往往有浅变质褶皱基底与深变质结晶基底的发育。B. 条带状展布-在古生代以后各地史时期的褶皱带上,变质岩系显示出条带状构造线并围绕在地盾区外缘,其变质矿物多属于低压型(红柱石-矽线石型)

和中压型(蓝晶石-矽线石型);中新生代变质岩带主要展布于阿尔卑斯-喜马拉雅褶带和太平洋西侧边缘海沟岛弧系统,以广泛发育高压型(硬玉-蓝闪石型)变质岩相为其特征。从海沟向大陆方向依次平行排列着高压变质带和低压变质带成对出现的"双变质带",在日本岛弧上就展布着三对区域"双变质带"。第四纪以来仍在洋脊和海沟中发生着以变质玄武岩为主的轻变质作用。

三、建造与改造的辩证关系

建造是地壳运动的物质基础,改造则是地壳运动及其产物的具体体现。建造与改造是地壳演化中两个相辅相成、对立统一的地质作用和过程。

地壳建造主要表现为地质体的形成作用和过程,包含在不同地质时期中,在不同温度、压力下产生的沉积岩层与火成岩体(岩浆岩、喷发岩)的总合,即地表沉积作用与地内岩浆、火山活动的发展史。地壳改造主要表现为地质体的形变、体变、质变作用和过程,包括在不同应力作用下,岩层、岩体和地块出现宏观形变的机械变化(结构变形与构造位移),以及岩石、矿物产生微观相变的化学变化(成分变质与晶格位错),亦即地壳构造变动(褶皱、断裂)、地球、地壳体积变化和岩矿变质作用的演变史。研究地壳地质构造与地壳构造运动,理应同时兼顾建造与改造、形成与形变、组成与结构这两方面,不可只抓一面,偏废一面。但两者又总有主次、轻重之分,而决不是"平起平坐"等量齐观的。

传统构造地质学诸学派一向强调以研究地壳形成的地质体(沉积岩、火成岩、变质岩)的建造发展史为主,主要着眼于沉积岩相、建造、厚度和古地理变迁的地史分析,去描述区域地质构造特征,并划分出地槽区、地台区、地洼区等不同类型的大地构造单元。地质力学与板块构造学派则主要从地壳结构、岩石圈形变的观点,分别按各自的学术思想体系去研究地质构造,都十分强调改造作用的主导性。地质力学固然主张形成与形变并重,建造与改造彼此联系,并从沉积学、地层学和古生物学观点进行过有关建造作用的若干研究,但毕竟

是主要着眼于地质构造体系的应力-形变分析的。

地壳组成与岩石形变、建造作用与改造作用是既有区别又密切联系、相互制约的对立统一体，两者互为存在条件，反映了物质基础与上层建筑的辩证关系，我们完全可以把各类地质构造体系视为岩石建造-改造的综合体。没有地壳岩层和岩体的形成，就不可能有岩石的构造形变；反之，岩石塑性形变与破裂形变的产生，又为沉积物堆积成岩与岩浆岩充填的形成创造了条件。基底的改造可能提供表层建造的场所，表层的建造也可能影响基底的改造，但表层的形变不一定和基底的改造经常一致。没有建造作用就无所谓改造作用，而改造作用的发展又必将促进建造作用的进行。总之，在任何地区，在各个地质时期，形成中有形变，形变中有形成；建造中有改造，改造中有建造。两者总是前后相继或相辅伴生、相互制约的。

但是，岩石形成与构造形变、建造作用与改造作用的矛盾双方，是有主次之分的。一般地说，构造形变或改造作用占居着矛盾的主要方面。这是由于，在地球自转离心力、重力、热力和潮汐力、太阳能等内外因素相互作用下，地壳必然要发生构造运动，岩石必定要产生升降、拗折、断裂等构造形变。应力作用与岩石形变存在着辩证的因果关系。不同方式的应力作用于不同物理和力学性质的岩石介质上，就会引起不同类型和程度的岩石构造形变。这种形变主要集中于岩石介质的不均一处，通过研究岩石的构造形变特点，又能反过来追踪应力作用方式。地球岩石圈是不均质的弹塑体，各种岩层、岩体和地块的形态、结构和岩矿成分各不均一，它们所受应力作用的大小、速度和方向也常不均一，因而必然造成多样化的构造型式或构造体系。各类地壳构造单元，如地槽区（地向斜、地背斜）、地台区、地洼区等，实际上也是地壳巨型拗褶、断裂体系的组成部分。在统一地应力场控制下，造陆作用和造海作用、造山作用与造盆作用总是相反相成、彼此制约的。甲地上升并海退为陆必伴随以乙地沉降与海侵超覆；山系隆起因盆地沉降而得到物质补偿，而盆地的沉积作用又需山脉的剥蚀夷平提供陆源碎屑沉积物。这说明地球统一地应力场控制了地壳构

造形变的总貌，进而控制了海陆沉积盆地的产生和发展，控制了海水进退规程和地表沉积作用的演变规律（如海相与陆相沉积的相变，沉积岩层厚薄的变化，沉积物粒度、颜色的韵律性等）。同时，地应力既能引起岩石升降褶断的构造形变，塑造各类构造型式，也必然激发与控制着地震活动、火山爆发、岩浆侵入与变质作用的强弱，并导致内生、外生成岩成矿作用的进行，控制各种矿产资源的聚集分布规律。

综合上述，在地球地壳发展全过程中，建造作用与改造作用确实发挥了双重推动作用和控制作用。因此，许多大地构造学家都主张采用地质历史分析与构造应力-形变分析相结合的方法，去研究大地构造演化和进行构造区划。有些学者在划分强烈活动区与相对稳定区这两类地壳构造单元时，提出了综合分析法，强调既以地质发展史的差别为主要依据，又考虑到应力场的异同，进而把构造反差强度（含构造起伏的密度、幅度和速度）、岩浆活动特点、变质作用特点、地壳运动型式、构造区结构等五要素作为大地构造区划的标准。其中，以构造反差强度最重要，它是通过沉积建造分析与构造型相分析相结合而反映出来的。这个综合分析法全面兼顾了建造与改造诸要素在地壳地质构造演化中的双重作用，同时因突出了构造反差强度等主要因素，实际上也就指出了改造作用的主导性。因此，通过各大地构造学派“异途同归”的发展趋势，可以认为：在地壳发展过程中，建造作用是基础，改造作用是主导；建造作用与改造作用密切结合，两者交叉影响、推动、控制着地壳地质构造的形成和形变，同时又彼此促进和相互制约（通常表现为建造为改造奠基，改造控制建造）。一部地壳演变史，就是建造与改造、形成与形变的交互作用史。

四、建造与改造在地壳地质演化中的作用

建造与改造是地壳演化历程中全部地质作用的两种表现形式。在地壳地质演化史中，建造作用与改造作用相互结合，推动和控制着地壳结构、地质构造、地形地貌的形成和发展，塑造了全球复杂多样的沉积建造、岩浆建造和变质建造，以及错综交织的构造型式与地貌景观，控制着地壳的成岩成矿规律。

1. 建造与改造塑造了全球外貌、地壳地质结构和大地构造格局

现今地球外貌显示为三轴旋转应变椭球体，经人造卫星实测地球为一似梨状体。由岩石组成的地壳，在纵向结构上出现了上部硅铝层（沉积岩、花岗岩类）与下部硅镁层（玄武岩、辉长岩、橄榄岩类）的分异，在横向结构上产生了大陆型地壳（双层结构）与大洋型地壳（单层结构）的分化。地球岩石圈分裂为六大海陆板块和一系列中、小、微型板块。地壳上展布着众多的地槽区、地台区、地洼区等大地构造单元。特别是在全球统一地应力场的制约下，由地壳构造运动塑造的经向构造体系、纬向构造体系和各种扭动构造体系纵横交织而成的地壳岩石应变图像，清晰地显示了构造体系定型性、定位性和定向性的空间展布规律，以及构造运动周期性、定时性、继承性、新生性和构造运动全球性、统一性、定向性的时空演变规律，等等。面对这一切客观存在的宏观现象和宏观规律，人们总得承认：建造作用与改造作用确实是相辅相成的、相互补偿和相互制约的。正是由于地壳建造的奠基作用和地壳改造的主导作用，周而复始，永不停息，才最终塑造了现今的地球外貌、地壳地质结构与大地构造格局。

2. 建造作用与改造作用前后相继或同步而行，推动和控制着地球岩石圈的形成与形变，促使地壳地质结构趋向复杂和推陈出新

例如，全球板块构造的形成与形变，特别是在诸板块的相向与相背运动中，必然产生一系列板缘与板内建造-改造特征。在俯冲板块与仰冲板块相互碰撞的会聚边缘带，会出现混杂堆积、蛇绿岩套、高压低温和低压高温的双变质带、蓝闪石片岩带、地缝合线（巨大褶继山系）、岛弧海沟系、板块俯冲带（深源地震带）和火山带等挤压特征；在板块彼此分离的离散边界，表现为大洋中脊和大陆裂谷带等引张断裂构造形迹，已形成或将形成新的洋壳建造；在板块间相互滑动的转换边缘，表现为转换断层等剪切构造形迹。

推而广之，在整个全球地壳构造系统中，无论是岩石圈板块构造，还是各类地质构造体系与不同地壳构造单元，都是特定的地壳岩石建造-改造综合体。

3. 各种地壳建造与改造都控制着相应的内生矿床和外生矿床，建造-改造控矿规律促使矿产资源类型多样化

地壳建造控矿主要表现为岩体控矿、岩性控矿、岩相和建造控矿、层控矿床等多种成矿机制。尤其是不同类型的岩浆岩建造、沉积建造和变质建造，往往和不同种类的金属、非金属、油气煤等有用矿产密切伴生。例如，海相火山-沉积成因的细碧角斑岩建造，其硅质层中多见富铁、锰、磷等矿床，火山岩中常含铜、铝、锌、黄铁矿、稀有元素等矿床。太古代的多数金属、非金属矿产的空间展布常与绿岩建造带密切相关。泻湖建造中常见岩盐、石膏和硬石膏矿床。海陆交互相含煤建造中屡见煤矿与煤成气富集。陆相红色碎屑岩建造中产有岩盐、石膏、沉积铜矿和石油，有时产煤。暗色砂泥岩建造与碳酸盐建造常富含石油、天然气、煤等可燃有机矿产。

地壳改造控矿主要表现于剥蚀深度控矿、构造控矿等成矿机制。各类矿床都有其特定的成矿时空规律，成矿区域与成矿时代主要取决于地球深部地质构造环境、地壳运动方式等方面。地槽区、地台区、地洼区等不同地壳构造单元，全球板块构造中的各类板间构造带和板内构造带，皆在一定程度上具有特定的成矿专属性和矿床叠加现象。

地质力学首先提出了构造体系控矿作用的概念，指出矿产受成矿条件和矿产分布规律的双重控制。成矿条件主要取决于岩石性质和岩体、岩层形成时的地质环境及其相互关系；矿床分布主要受构造体系的控制，而且构造体系有时也影响成矿条件。构造控矿主要表现在：①结构面力学性质控矿——不同结构面力学性质及其转化、叠加等都能控矿，压性断裂常为有利岩浆、矿液运移的导矿构造，张性断裂为良好的储矿构造，等等。②构造体系多级控矿——在一个区域内，构造体系的第一级构造控制成矿带展布，第二级构造决定矿区或矿田，第三级构造制约矿床和矿体，这就是构造体系分等级依次控矿规律。③构造体系复合控矿——岩石比较破碎的构造复合地区常常是岩浆活动和矿产富集的有利部位，常见矿区星罗棋布。④构造等间

距控矿——某些间隔距离彼此相等的构造带(如雁行褶皱、多字型断裂)往往控制含矿岩体和矿脉的分布。应用这些构造控矿规律,已在预测和发现油气矿产、金属与非金属的隐伏矿体等方面发挥了重要作用。例如,运用我国东部新华夏系沉降带控制含油气盆地分布和扭动构造体系控制油气田分布等规律,指导我国找油已实现了重大突破。

此外,现代地壳构造运动也激发和控制着构造地震活动,主要表现在岩石形变塑造的活动或僵化的构造带往往成为控震构造体系,由活动性断裂带构成的发震构造体系则是孕育地震的温床。

第二篇　地学认识论、价值论、方法论

第五章　地学认识论

地学认识论是地学哲学的一个组成部分，是关于地学认识的本质及其发展过程的哲学理论。地学认识论的任务是揭示地学认识的本质，揭示地学认识发生、发展的一般规律，实现地学主客体的统一。地学认识与地学实践有着密切的联系，在与地学实践的相互作用中，地学认识形成了其基本的规律和法则。作为对地学认识过程的研究成果以及地学认识论的重要组成部分，地学思维及其研究具有特殊的对象、内容和重要意义。在地学认识的发展过程中，地学思维形成了其基本范畴和体系。

第一节　地学认识与地学实践

地学认识离不开地学主体和客体。地学客体的特殊性及其在地学研究中的重要地位和作用，决定了地学主体的特殊性，以及地学认识和地学实践的辩证关系，在地学认识运动、发展过程中，形成了其基本规律。

一、地学认识的主体与客体

1. 地学认识主体

地学认识主体是地学实践活动和地学认识活动的承担者，是在地学实践中产生的并专门从事地球科学认识和实践活动的地球科学工作者。

职业地球科学家产生于近代西方以地质科学为带头学科的地学

---

① 本章由天津河北工业大学白屯副教授执笔。

萌芽时期，这是伴随着科学从哲学中分化的大潮的到来而开始的。早期的地学家往往被称为“矿物学家”、“岩石学家”或者“博物学家”。这是由当时地学认识主体的基本特征所决定的。这些特征主要包括：首先，早期的地学家大多是某一学科领域的“专家”，象阿格里可拉(G. Agricala)是矿物学家，史登诺(N. Steno)是地层学家，达·芬奇(Da Vjnci)是化石研究专家等。这些地学家同时具备广博的知识，他们分别在多个领域做出重要贡献。其次，地学认识以直观、经验性为特征。受历史条件限制，早期的地学家在对地学认识对象规律的把握上还只是表面的和经验性的，地学著述大多是以感性认识的平铺直叙为特点，理论抽象的层次很低。例如，作为近代地质学发端的欧洲大陆，广泛分布着中生代和古生代地层，面很少有意大利那样的第四纪火山，所以，“火成岩”和“火成论”在当时以研究露头为主，以经验和局部为主的研究传统中得不到欧洲大陆地质学家的理解和重视就是正常的了。第三，经典地学家开始运用科学的实验手段进行研究，反映了建立在实验、论证基础上的地学认识的具体性。但此时的实验技术手段、方法和思想仅仅是初级的。早期的地学实验产生于多门具体学科，在地质学中，霍尔(J. Hall)是发明并有效地运用地质实验的第一人。气象学中的实验是推动气象学发展的一支重要力量。然而，经典地学实验以手工为主，低精度，直观和小规模，这与现代地学实验有相当差距。

地学认识群体产生于18世纪的德国，其代表为弗莱堡学派。1765年，在具有悠久历史的矿山城弗莱堡建立了世界上最早的矿山学校，著名地质学家魏纳(A. G. Werner)曾担任该校的教授。

地学认识群体或地学共同体在组织形式上经历了几种不同的发展模式。第一种是“师生共同体”，这是地学共同体中最早的组织形式，它是以师生关系作为维系共同体的纽带，在学术观点和学术方法上带有共性的地学主体。第二种地学认识群体是以某种学说为纽带形成的“学说共同体”，例如赫顿(J. Hutton)、普莱费尔(J. Playfair)、赖尔(C. Lyell)等所形成的以均变论观点为基础的地学共同体；以韦

内茨(Venetz)、查彭蒂尔(J. de Charpentier)、阿加西斯(L. Agassiz)等人的冰川学说为基础形成的共同体等。第三种地学认识群体是以某种相对成熟的学科为基础而建立的"学科共同体",这是在地学认识史上影响较大、相对稳定的地学家组织。例如地学史上的地层学共同体,代表人物有拉马克(Lamarck)、居维叶(Curier)、史密斯(W. Smith)、默奇森(R. I. Murchison)和塞奇威克(A. Sedgwick)等。

地学认识主体在形成和发展中逐渐被赋予其自然的和社会的基本规定性。地学认识主体的自然规定性即地学主体自身的基本素质和相关规定,具体包括:地学人、地学语言和地学能力。地学人是包括地球科学家在内的从事与地球客体与人类相关的一切科学活动的人及人的群体的总称。地球科学家是地学人中的核心。地球科学工作者,包括一般专业地学人员、地学教育工作者、地学信息工作者、地学管理工作者和组织领导工作者,以及与此相关的科学家、科技工作者、管理工作者等是地学人的另一重要组成。

地学语言是地学认识主体所特有的、用以表达和交流地学认识内容和成果的工具。从广义上看,地学语言的起源与地学认识、地学实践及地学家的出现是一致的。地学语言在早期是以提出大量标志地学认识和地学实践活动的内容、过程及方法的基本概念开始出现的。随着地学实践的发展,地学语言逐步向着进一步规范学科术语、描述和反映地学研究程度、水平和现状方向发展。地学语言在现代科学及社会中表现出社会化的新特征,它已逐步开始渗透到社会的各个阶层。

地学能力是地学认识主体在地学实践过程中产生和发展起来的、用以胜任地学研究工作的主观条件,主要包括地学观察能力、地学实验能力和抽象能力。地学观察能力可主要具体化为三个方面:一是准确选取和把握观察对象;二是最大限度获取观察对象的全部信息;三是观察中心不可少的初步分析、比较和评价。地学实验能力的高低与地学认识和地学实践的水平相关。早在中国两晋时期就出现了以鉴别化石真伪的燃烧实验(葛洪及其之后的酈道元),尽管这些

实验“大半都是科学家们私自设法布置他所需要的设备”(李四光),其手段、工艺、精确化和社会化程度都远非与今日的地学实验可相比,但确实从一个方面表现了地学家在那个时代的实验能力。现代地学实验在深度和广度上对地学家的能力提出了更高的要求,以“三严”(严肃、严格、严密)为基本准则的现代地学实验,表现了当代地学主体的素质和能力。地学抽象能力及其在不同历史时期的程度和水平,是地学家认识能力的集中体现。其中关于地学时间和空间的认识和抽象从一个方面标志着地学认识主体的不断成熟。对地学时间的抽象经过了从古代对地球年龄的天才猜测(如亚里士多德)到中世纪把地学时间贯以神的意志,再到近代关于地学时间无限漫长(如赖尔),甚至永恒(如图尔明)和短暂激变(渐)(如塞奇威克)的激烈争论等几个基本过程。现代关于地学时间的抽象不仅建立在现代科学技术蓬勃发展的基础之上,而且出现了更为理性的地学时间观,例如提出了绝对的和相对的地学时间,提出了地质时间与视地质时间及时间、穿时与地层时差对比(庄寿强,1994)等概念。对地学空间的抽象主要是沿着地学实践场所的不断扩展,由局部到全球,由地上到地下,由大陆到海洋,由宏观到微观和宇宙观而发展的。总之,地学时空的抽象揭示出地学时空形式与内容的变异性、地学时空与地质客体存在、运动、演变的相关性等深刻内涵,同时,也使地学主体的抽象能力获得极大的发展。

地学认识主体的社会规定性是地学认识主体在形成和发展中所印记的社会烙印,包括地学群体、地学关系和地学社会。

地学群体是由一定数量的地学家在一定关系(地学关系)及一定的地学意识的维系下组成的集合体。地学群体的形成有两个前提条件:一是地球科学发展到某种程度,以至于在相当的社会范围内形成了所谓地学意识;二是地学、地学家与社会的广泛交融,形成了以解决地球、地学或有关地学问题为核心的地学关系。现代地学群体的形成和组织方式多种多样,有的是以某位或某几位知名地学家为中心,形成关于某一类问题的研究团体;有的是以对某种地学学科的研究

热点或某种自然现象的关注而聚集起来或组织起来，形成相对稳定的研究机构，但它们基本上是由前面所述的三种基本形式，即“师生共同体”、“学说共同体”和“学科共同体”演变或发展而来。[①] 关于“地学群体”是一个不争的事实，是个科学社会学问题，不是哲学问题。地学群体对地学发展的作用应作具体分析，在科学发展的不同阶段，地学群体往往发挥两种作用：一种是集中人才与研究力量形成某种学说观点并推广之，从而推动地学发展；一种是形成封闭团体排斥新思想，从而阻碍地学发展。

地学关系是在地学认识和实践中由种种联系和相互作用形成的相互影响的状态，是地学及地学思想获得其社会规定性的内在依据。地学关系最初是在地球科学内部不同学科之间展开的。随着地学实践的发展，地质、地理、气象、海洋等学科不断相互结合，出现了洪堡(Humboldt)、彭克(A. Penck)、柯本和魏格纳等一批先驱人物。地学家也注意到了地球科学与其它科学的密切关系。自近代以来，数学、物理学、化学、生物学、医学、天文学等与地球科学的广泛结合，极大地推动了地球科学的发展。现代地球科学的发展体现出全方位、多功能、立体化，特别是随着人类日益而临着解决关系人类自身生存和发展的全球性生态问题的出现，使地球科学家建立了更为广泛的地学关系，地学家本人也逐渐成为集自然科学家和社会科学家为一身的新型科学家。

地学社会是以地学群体为内核，以地学关系为纽带而形成的地学与社会相互联系的整体。地学社会学是对地学社会的理论研究，是关于地球科学的发展与人类社会的发展相互关系的学问。地球科学与社会具有互动的关系，一方面，地学作用于社会，体现出其社会功能，如地学作为生产力、地学作为软科学参与决策和科学管理等；另一方面，社会从方方面面影响地学，例如提供地学发展的物质基础、

---

① 白屯：《地学思维论纲》，中国科学技术出版社，1995 年，第 178～183 页。

发展动力和发展方向等。这些都成为地学主体完善和发展的重要的社会基础。

2. 地学认识客体

地学认识客体是地学认识主体在地学实践和地学认识活动中所指向的对象，是在地学认识中形成的、关于所有地学认识对象的性质、发展规律等的哲学概括。

同地学认识主体的发展过程相对应，地学认识客体也经历了一个辨证的发展过程。早期的地学认识客体受地学实践的程度、规模所限，表现出个别、具体和局部的特点。从地域分布上看，地学认识客体主要在早期地学发展的重要国家及部分地区，如意大利、德国、英国、法国等出现。地学认识客体的基本品格在 18～20 世纪初由于"地质学英雄时代"(Zittel，1901 and G. Sarton 1919)的到来而极大地改变。地学认识客体被一批先锋式的地学家如赫顿、拉马克(Lamarck)等贯以时间性的特征，在他们看来，地学认识客体经历了漫长的演化和发展过程。这一重要的看法后来在赖尔那里被升华为一种近代地学具有代表性、指导性和可操作性的观念和方法并被极大地发展了。与此同时，在洪堡(1817)、H. W. 布兰德斯(1820)、沃耶科夫(1884)、福伯斯(1850)和莫里(1858)等人的努力下，地学认识客体向空间和海洋扩展。至此，地学认识客体突破了前人单一、静止的认识特征，时间性、连续性和过程性等开始成为代表其基本特征的重要方面。

现代地学认识客体的基本轮廓是在 19 世纪末 20 世纪初伴随着现代地质学革命的兴起开始形成的，它在三个基本方面表现出其重要的特征。

首先，现代地学认识客体是一个动态的时空整体。在时间特征方面，地球客体具有"巨量时间"(赫顿语)，它形成在 45 亿年前，在 35 亿年前形成了原始海洋，而至少在 30 亿年前地壳就开始进行以水平运动为主的运动了。另一方面，现代地球客体的时间又显示出多种类、多层次的特性。例如，地球客体有绝对时间和相对时间、渐变的漫长时间与激变的短暂时间、可逆的与不可逆的时间等等。此外，关于

地球认识客体还在其时间特性方面提出尺度问题、[①] 地质对象的具体运动形式与具体时间形式的关系问题[②]等等。在空间特征方面，一是现代地球客体在宏观层次上展示着其巨大的圈层结构，这种结构包括大气圈、水圈、生物圈、人类圈、岩石圈、地幔、地核等组成部分，形成了空间跨度在5000～6000公里(地表以下2900公里，地表以上2000～3000公里)的多层、重叠交错的地学认识对象。与此同时，现代地学对象正在向更大规模的宇观伸展，仅从现代大地构造学的研究来看，就涉及到了飞行于星际的小行星，这是德国科学基金会制定的1991～1994年地球科学未来任务时指出的。他们把行星学与地球科学相结合，并且指出，地球科学未来的任务是"要把行星学与宇宙学列为首位"。[③]另一方面，现代地学认识客体又在微观领域展开。地学家们正致力于诸如矿物或成矿过程中的微观物理化学研究、岩石的物质组成及其再循环研究、地幔物质热对流机理研究等重大基础性课题。地学认识的微观层次也随着地学认识的深入而发展，例如由以往的以岩石或岩体为研究起点，发展到以矿物研究为起点，再到目前的以元素或同位素研究为起点的变化。

其次，现代地学认识客体是一个开放的复杂巨系统。系统理论认为，当一个系统中的子系统种类很多，它们之间的关联关系又很复杂，并且有多种层次结构，就称此系统为复杂巨系统。由于此类系统与周围的环境有物质、能量和信息的交换，因此是开放的，故也称其为开放的复杂巨系统，例如生物系统、地理系统、社会系统、生态系统等。现代地学认识客体不仅与以上所列系统具有非加合的关联关系，而且自身构成了一个更大的开放巨系统。这一巨系统具有复杂的结

---

① 段联合、彭建兵、雷援朝：地质学中的时间问题，《第六届全国地学哲学年会论文》，1996年。

② 庄寿强：同时性的实质与生物的集群灭绝，《南京大学学报》，1996年，第4期。

③ 肖庆辉等：《中国地质科学近期发展战略的思考》，中国地质大学出版社，1991年，第390页。

构组成，在共时态和历时态两个方面表现出复杂、交错和流动的空间结构。它既是长期、多种地学运动过程和结果的叠加，也是不同地学子系统运动规律的共同反映和表现。这一巨系统具有特殊的功能，系统内部各不同子系统之间以及系统整体与外界（环境）之间存在着物质、能量、信息和相互作用，从而更加反映出地学认识客体的复杂性。

第三，地学认识客体具有社会属性。一方面，作为巨系统的地学认识客体本身包含了社会系统、生态系统等与人类社会相关的子系统；另一方面，随着现代人-地关系的发展，人类社会对地球、生态环境的作用和影响（积极的和消极的）日益加剧，已经日益成为认识地球客体及其发展变化规律的重要因素。从早期的希波克拉底（Hippokrates）、中国的屈原到现代的维尔纳茨基（В. И. Вернадский）等人的著述中均可读到有关这方面的思想。现代地学认识客体越来越趋向于把人（作为整体的人类社会以及作为个体或群体的研究者）的作用、影响、能力、目的等等纳入到地学的对象和研究过程之中，从而形成了新的地学认识对象观。①②

二、地学认识与地学实践的关系

马克思主义经典作家把实践当作主体与客体之间相互联系、相互作用和相互转化的基础和机制，当作认识主体与认识客体之间构成关系并实现这种关系的现实基础，因此，实践是主客关系的根本方式。所以，地学认识的主体与客体必然与人类实践活动的特殊形式——地学实践相关，面且地学认识主体与客体的有机统一也必须到地学实践中去把握。

地学实践是地学家为了认识地球客体的本质和规律面使其主观见之于客观的活动。地学实践作为一项相对独立的科学的社会的实践形式，具有自己特殊的性质、内容和结构。首先，地学实践的目的是

---

1. 白屯：当代地球科学整体发展的新趋势，《自然辩证法研究》，1994 年，第 9 期。

2. 白屯：走出现代地学研究的时空困境，《大自然探索》，1996 年，第 1 期。

直接为地学认识服务的。尽管地学实践经历了由浅入深、由低级到高级的发展，但其目的始终没有发生转变。其次，地学实践的时空尺度与地学实践的水平密切相关。一方面，地学实践具有地域特征，即地学实践活动往往以空间上的某种尺度为范围展开，特殊的（或个别的）地学实践活动与地球的某一个部位直接相关。另一方面，地学实践具有时域特征。这与地学认识主、客体的发展程度相关，同时也与地学客体的阶段性作用（或运动）规律有关。第三，地学实践是一项具有探索性、尝试性的科学实践活动。地学认识客体提出的问题往往是不可逆、不可重复或不可直观的，这使得探索地球客观规律的活动具有极大的尝试性、冒险性、偶然性和重复性。因此，地学认识主体在科学认识活动中既要付出艰苦的劳动和高度的智慧，又必须对对象进行大胆而细心的尝试和探索。第四，地学实践的发展过程是波浪式的，即地学实践在不同的历史时期有不同的发展速度。这是受相关的地学主客体的发展程度及其关系、地学环境等制约的。

地学实践使地学主体与地学客体获得了真正的结合。作为地学认识的两极，地学主体与地学客体在地学实践中构成了对立统一的矛盾关系，并促使地学认识不断发展。在这个过程中，地学实践对地学认识有以下几方面的作用。

第一，地学实践是地学认识发展的桥梁与动力。从地学认识的角度看，地学主体在地学实践过程中与地学客体相结合、相作用，产生了地学概念、地学定律和地学理论体系，产生了地学认识的全过程。地学客体的性质和规律在地学实践中变或地学主体的观念。例如，魏格纳在分析和论证其大陆漂移假说时逐渐意识到，“地球具有全球统一的逻辑规律，它支配着彼此往往相隔甚远的各门学科，如火山学、古生物学、构造学、古气候学、地球物理学等等”，[①] 这是他在地学实践活动中创立全球运动思维模式[②] 的一个重要过程。

---

① C. J. 阿莱格尔：《活动的大陆》，科学出版社，1987 年，第 10 页。

② 白屯：地学思维史简论，《自然辩证法研究》，1991 年，第 8 期。

第二，地学认识在地学实践中不断深化。地学认识是地学主体在地学实践中关于地学客体本质和规律的主观反映和概括。这是一种能动的、长期的过程。地学客体在时间、空间、结构、功能等方面的特性被不断发掘，使得地学主体必须相应地不断超越个体思维的有限性、局部性和片面性而逐渐强化对地学客体的认识和了解，这也是一个不断发展的过程，而且这个过程也只有在无限的地学实践过程中才能实现。

地学实践的发展也离不开地学认识。这是由于，地学认识时时都在以最先进的形态及成果指导或推动着地学实践的发展。现代地学认识所提出的全球运动思维模式，不仅概括和总结了当代地学认识中最一般的思考方式，而且为地学家从事地学活动提供了重要的参考和指导。这一点正如安·伏尔格评价魏格纳的新发现对地学的发展所导致的巨大影响时所说的，他（指魏格纳）是这个时代的开端，……他把最广泛的自然科学领域的成果和事实结合起来，推动了地球科学的发展。①

三、地学认识的基本规律

1. 地学认识与地球实践循环前进律

辩证唯物主义把人类社会生活的本质看作是实践的，而认识的过程和发展是以实践为基础的辩证发展过程。实践是认识的出发点、动力、条件和归宿。另一方面，在认识的辩证运动过程中，认识和实践始终是具体的、历史地统一的，也就是说，人的认识总是在一定实践基础上对认识对象一定发展阶段、一定认识层次的反映。正是通过认识和实践的辩证运动，不断地推进了两者的发展。正如毛泽东同志所说，“实践、认识、再实践、再认识，这种形式循环往复以致无穷，而实践和认识的每一循环的内容，都比较地进到了高一级的程度。”②

---

① 安·伏尔格：从现代的观点看魏格纳的大陆漂移说，参见：阿·魏格纳：《大陆和海洋的形成》，商务印书馆，1986 年，第 374 页。

② 《毛泽东选集》，第 1 卷，人民出版社，1991 年，第 296 页。

地学认识与地学实践循环前进律是辩证唯物主义原理的具体化。它的基本内涵是，在地学及地学哲学的发展过程中，地学认识与地学实践始终相互促进，共同发展，从而推动了人类地学认识和地学哲学的进步。它的基本外延可以包括以下三个方面的内容。

首先，从地学认识的历史水平看，地学认识水平取决于地学实践及其所创造的历史条件和水平。地学认识的发展，依赖于地学实践，这种依赖关系体现在地学认识在不同的历史发展阶段对具体的和历史的地学实践程度的依赖。现代地球科学达到了空前的发展水平，在地球观、地学观和地学方法论等方面达到了全面、辩证的思维阶段，这无疑是与现代地学实践的全面、辩证和综合发展的特点密不可分的。所以，“今天的地质学已摈弃了海进海退交替发生、中间穿插着造山运动的枯燥程式，现代地质学使用了定量方法、测量方法，特别是以模式假说为基础的科学方法”，① 表现出与以往完全不同的认识程度和水平。

其次，从目的看，地学认识服务于地学实践，地学实践需要地学认识来指导。地学实践是在获得了正确的地学认识的指导下不断发展的。仅以现代地学室内实验和研究的情况为例，现代地学室内实验和研究的内涵已远远超出“整理野外资料”而扩展为集地学资料再收集、加工整理各类地学信息以及进行理论研究为一体的综合研究。从某种意义上讲，地学室内研究的程度，代表着地学进步的程度，室内进行的信息加工处理、数值分析运算、仪器发明和制造等，从一个侧面标志着现代地球科学的新近发展。②

第三，从发展道路看，地学实践和地学认识通过不断相互作用、相互转化，彼此相互促进。例如，现代地学认识过程已在以往地学研究所遵循的由感性到理性、由经验到理论再到实践的总过程中注入了大意新的内容，如地学感性认识的理性化以及对“超感性认识”问

---

① C. J. 阿莱格尔：《活动的大陆》，科学出版社，1987 年，第 164 页。

② 白屯：走出现代地学研究的时空困境，《大自然探索》，1996 年，第 1 期。

题的理性辅佐等等。与现代地学认识的进步相同步，现代地学实践也获得了质的进步。魏格纳曾经成功地运用其假说指导自己获取大量第一手资料，而李四光也曾多次谈到先进的理论或拟论对于地学研究的指导作用。[①] 总而言之，地学认识与地学实践的反复促进共同推动着地球科学的发展。

2. 阶梯序次递进律

朱训教授在《找矿哲学概论》和《找矿哲学的理论与实践》等著作中详尽地阐述了地质找矿认识活动中所遵循的阶梯序次递进的规律。朱训教授指出，阶梯序次递进律的内容是说，勘察活动是一个认识、判断与推理的过程，在这个过程中可以划分为若干阶段，主体的认识每前进一步，就上升一个阶梯，各个阶段联合起来就呈阶梯式前进上升的形式。[②] 阶梯式发展是矿产勘查过程中认识运动的主要形式，阶梯式发展作为认识运动普遍规律的一种表现形式，与螺旋式上升的波浪式前进一样，具有一个共同特征，即曲折性与前进性的统一。但不同之处在于，“阶梯式发展”没有“波浪式前进”形式中那种波峰与波谷之分，也没有“螺旋式上升”形式中那种前进式上升与复归式上升之分（如图 5－1 所示）[③]。



图 5－1　认识的阶梯式发展

提出找矿实践中阶梯序次递进规律，对于地学研究具有普遍意义。地学主客体与一般科学认识中的主客体间所存在的特殊性，决定了地学认识和地学实践的特殊性。地学认识的对象在共时域和历时

① 李四光：科学的中心思想在怎样转变，参见周林等主编：《科学家论方法》，内蒙古人民出版社，1983 年，第 37 页。

② 朱训主编：《找矿哲学的理论与实践》，地质出版社，1995 年，第 12 页。

③ 朱训：《找矿哲学概论》，地质出版社，1992 年，第 138～139 页。

域中的特殊矛盾性[①]，决定了地学认识的曲折性、渐进性和阶梯性，决定了地学认识是沿着由表及里、由浅入深、由近及远的循序渐进的过程进步的。这一点李四光教授也曾有过论述，[②] 他说，我们的工作要由近及远，由浅入深，稳扎稳打。他还说，行远自迩，由简入繁，乃治学自然之程序。所以，地学认识包含了前进性与阶段性的统一、有限与无限的统一、决定论与概率论的统一等重要的过程，而这一过程从地学认识论的角度看，则表现出阶梯序次前进的规律。[③]

3. 现象到本质逐步深入律

地学认识在形成和发展的过程中遵循着从现象到本质逐步深入的规律。这一规律是指，地学认识立足于地学认识客体的表现和根据两个方面，不断地从地学对象的现象深入到其本质，从而获得关于地学对象规律性的认识。

与其它科学研究不同，地学研究和探索的独特性在于，一方面，地学家面对的对象，在时间特点上是“不但我们没有经历过而且任何人都没有经历过的过程”（恩格斯语），[④]，而在空间上的特点是远远超出于我们的存在空间，它们往往以纷繁复杂的各种表现展示出来。另一方面，地学认识主体受到一定的历史条件和科学技术水平的限制，面表现出实践经验、知识结构和水平、哲学素养即辩证思维能力的不足以及勤奋程度的不够[⑤]等方面的限制。这些情况，造成了地学认识必然要经历从现象到本质的不断地深入的过程。在这个过程中，不仅地学认识不断地克服了地学现象和本质所构成的辩证矛盾而获得发展，而且也使得地学认识主体不断地在知识、能力、方法等方面获得长足的进步。所以，地学认识就是在连续而长期地沿着这样的规

---

① 白屯：走出现代地学研究的时空困境，《大自然探索》，1996年，第1期。

② 李四光：科学的中心思想在怎样转变，参见周林等主编：《科学家论方法》，内蒙古人民出版社，1983年，第39～40页。

③ 朱训主编：《找矿哲学的理论与实践》，地质出版社，1995年，第13页。

④ 《马列著作选编·哲学》，人民出版社，1992年，第98页。

⑤ 朱训：《找矿哲学概论》，地质出版社，1992年，第124页。

律逐渐深入到对地学客体更深刻的、内在的、规律性的认识，从而走向了现代。

第二节　地学思维

地学思维是地学认识与地学实践发展的必然产物。作为地学思维的重要组成部分，地学思维方式表现出地学思维历史的、相对稳定的模式和特征。地学思维在其发展过程中以其特有的方式进一步反映了地学主体与地学客体的关系，并在此过程中形成了特殊的品格和体系。

一、地学思维方式

1. 地学思维的含义及其特征

地学思维(Earth science thinking)是表征地学实践和地学认识活动的一个基本概念，是对地学认识在不同形成阶段运用多种认识形式而最终产生的基本过程的哲学思考和描述。[①] 显然，“地学思维”这一概念是有所指的，它的依据来自客观，它存在于地学实践和地学认识之中。

进一步探讨地学思维的独立性，弄清什么是地学思维，有必要把它同一些相近的概念、提法作一比较。首先，地学思维与地学认识。地学认识是人类认识的特殊领域，是地学主体对地学客体的过程、规律和结果的观念的再现。显然，地学思维属于地学认识的范畴，是地学认识的重要组成部分。然而，与整体、多层次的地学认识不同，地学思维是对地学认识中地学客体历史性、过程性的抽象和概括，它集中且具体地反映了地学家在地学实践基础上对地学认识对象的历史与过程进行抽象和概括的成果。其次，地学思维与地学实践。地学思维的本质特征来源于地学实践，这个不容动摇的根基表明，地学思维与地学实践具有决定与被决定的关系，没有地学实践，产生不了地学思维。另一方面，地学思维与地学实践具有反映与被反映的关系，作为

① 白电：《地学思维论纲》，中国科学技术出版社，1995 年，第 9 页。

地学认识的一个重要组成部分，地学思维反映了地学实践的历史性、过程性，从一个侧面突出了地学实践的运动特征在地学认识中的地位。此外，地学思维可以正确地指导地学实践，尤其是对地学实践的发展过程、认识方法等予以指导。第三，地学思维与地学思想。作为理性认识的组成部分，地学思维与地学思想是一致的。但两者在认识体系中具有不同的位置和作用。地学思维侧重对地学实践过程或地学认识过程的把握，总结概括出它们的规律和理论，与地学思想相比，地学思维的外延小。地学思想往往是对地学实践和认识的理论的或其它方式的概括，它作为"概念的概念"(康德语)，表示我们所知事物的最高综合。黑格尔还把思想看作是客观真理的最高表现形式。[①] 因此，地学思维可以表示为"thinking"或"thought"，而地学思想则除此之外还可以表示为"idea"或"ideology"。

地学思维有下列基本特点：

第一，地学思维集中反映地学主体与地学客体的认识关系。地学主体与地学客体发生着多方面的关系，包括实践关系、认识关系、价值关系、审美关系等等，从地学思维的角度看，主要或集中地体现其中的认识关系。

第二，地学思维是对地学认识和地学实践的过程的描述和抽象。地学思维对过程的关注，根本是由于，地学认识的对象是在永恒的发生、发展和灭亡中存在的，是在不同事物间的统一和转化中存在的，地学对象与地学过程不可分离。因此，地学认识和地学实践自然也离不开对地学对象及其过程的反映和实践，并在其中表现出其过程性(实践的过程性和认识的过程性)。地学思维正是在力求紧跟当代地学主体对地学客体过程性密切关注的趋势，着眼于地学认识和实践的过程性而展开研究的。

第三，地学思维更加注重地学主体。从地学思维的角度看，在现代地学主客体认识关系框架中，地学主体与客体的地位并不是相互

---

① 孙小礼等主编：《科学方法》，上册，知识出版社，1983年，第465页。

等价的，现代新型的人-地关系，越来越把地学主体的地位、作用、价值以及责任、义务等突出出来，地学思维正是在这一点上展开自己的研究的。

2. 地学思维方式

地学思维方式，是地学家认识、理解和把握地球客体的本质和规律的思想方式，是地球客体规律在思维领域中的反映模式。[①] 在后面的叙述中将会看到，[②] 地学思维方式与地学个体思维、地学思潮共同构成了地学思维的全部内容，而地学思维方式的产生则标志着地学思维发展到了一个高级阶段。

地学思维方式的形成依靠两个基本条件，即：第一，地学认识主体对地球的看法发生了重大的变化；第二，建立了新的地球科学体系。从历史上看，地学思维方式共经历了三种具体形式，即地球实在思维方式、地球演化思维方式和全球运动思维方式。

(1)地球实在思维方式

地球实在思维方式表示的是用人的直接经验处理有关地球问题的思维方式。这是地学思维历史中所形成的第一个相对稳定的思考模式，其主要代表人物包括近代地学萌发时期的带头学科——地质学中的著名人物，如魏纳及弗莱堡学派、赫顿、霍尔、盖塔尔及德马雷等。在时间上，地球实在思维方式的形成以魏纳建立第一个以矿物学为中心的地质学体系为标志。

地球实在思维方式的主要特点有：第一，零散性思维，从地学认识主体的认识空间看，地球实在思维所面对的客体是个别的、区域性的或局部的。地学家们的活动范围很有限，其视野也相对狭小，从地学认识的成果、地学著作、文献上看，这一时期的地学家多以直观描述和经验观察、分析为主要工作手段，深入的理性分析和辩证的思考则不足。例如，魏纳写了《矿物的外部特征》(1774)和《各类岩石的简

① 白屯：《地学思维论纲》，中国科学技术出版社，1995年，第95页。

② 参见本节"地学思维体系的基本构成"。

单分类和描述》(1787)等"小册子"。

第二,思维的经验式。此时的地学家常常进行野外旅行,并常把数学和科研放在野外,魏纳还创立了野外地质实习课。然而,相对孤立和单一的地学思维使得地学家们往往把"眼见为实"作为立论、立据之本,认识的过程和内容往往渗透着大量的经验色彩。"水火之争"的例子可以很好地说明这一点。①

第三,以一概全的地学思维推测。受时代条件的影响,这一时期的地学思维模式表现出以局部代替整体、以孤立取代联系的特点。魏纳的地质学体系是以水成论为基础,以矿物学为中心,以经验描述为方法建立起来的。他认为,地质学是研究矿物学的。而且他相信,德国萨克森的岩石序列是全球通用的地层。

地球实在思维方式的产生,促使地质学在学科建设上进入新的阶段,这使得矿物学进一步完善,地层学进入新的发展阶段,并且还开创了沉积学、火山岩石学及实验地质学等学科。从地学方法上看,地球实在思维促使地学观察方法取得重要的地位,并且建立了一套观察程序,实验方法也应运而生。在地学观上,从实地出发,以事实领先和以经验为重的观点占主要位置。然而,狭隘的形而上学的经验论,重具体而轻整体、轻联系的"症状"也形成并在某种程度上阻碍了地学的进步。所以,恩格斯说,近代的自然观具有"低于希腊古代"的特点,以此来衡量此时的地球观也是适宜的。

(2)地球演化思维方式

地球演化思维方式指的是以地球演化的观点分析、评价地球客体的思维模式。按照赫顿的看法,地球是一个自然历史过程的产物,它经历了无限漫长的时间,大陆发生了变化,今日的大陆就是这个变化的产物。创立地球演化思维模式的主要人物有:赫顿②、普莱弗尔、

---

① 王子贤、王恒礼编著:《简明地质学史》,河南科技出版社,1985年,第82～93页。

② 赫顿在两种思维方式创立的过程中都起到重要的作用。

赖尔以及布丰、居维叶、博蒙特等，他们分别提出了均变论和激变论的观点，并从各自的角度以不同的理论和实践方式为这一新的思维模式作出重要贡献。

地球演化思维模式重视地球物质运动的因果性、历史性和长期性，关注地球发展的连续性和变动性，体现出与以往思维方式完全不同的特点。第一，地学思维是动态的。演化思维方式的产生，从根本上结束了以静态的眼光看待地球客体的历史，开辟了以运动、变化和发展的模式认识地球的新阶段。从此，地球的运动与过程、历史与原因、古代与现代等被统一起来，地学领域出现了一批新的、更深入地反映地球客体运动、变化和发展规律的概念和范畴。

第二，地球演化思维方式是时序性思维。把地球客体当作一个发展、演化的结果，必然使地学时间成为地学家关注的焦点。激变论者如惠威尔(M. Whewell)、居维叶和巴克兰(W. Buckland)等把地球的发展过程看作是多次突然的、根本的变动，因而其历史似乎并不太长。均变论者如赫顿和赖尔等，则针锋相对，他们认为，地球具有漫长的历史和缓慢的变化过程，而且这个过程是无始无终的。这两种观点分别从各自的角度提出了地学时间的问题。

第三，地球演化思维增强了地学思维的理性程度。地学家广泛使用联系的观点和各种逻辑的推理方法建立地学体系，从而使得此时的地学达到了前所未有的理性化水平。赖尔在叙述“将今比古”的历史性法则时指出，认识地球的历史，只有把现今仍在起作用的自然力和法则与人的推理能力结合起来。他还进一步把研究地球历史的方法归结为两种推理，即类比推理与归纳推理。在建构地学体系时，地学家们自觉地运用系统的观点去全面展示这一时期的地学面貌。到19世纪末，以矿物学、岩石学、古生物学、矿床学、地貌学以及动力地质学、构造地质学等学科为主体的近代地学体系已趋完善。在地理学中，环境地理学、区域地理学、景观地理学和以确定地理现象位置、距离、规模、结构等的区域地理学等一批主干学科纷纷产生，成为近代地理学的带头学科。

地球演化思维方式标志着地学思维的深化和地学辩证法的弘扬，它在更高的层次上归纳总结和统一了以前的地学思维，从而极大地推动了地球科学的发展。然而，辩证法的不彻底性也给地球演化思维方式带来了一些问题，恩格斯在评论赖尔时曾特别指出了这一点。①

(3)全球运动思维方式

全球运动思维方式是以地球的整体运动认识和把握地球客体的思维模式。这是随着地球科学和地学认识的发展而必然产生的、具有前所未有的指导力量和影响范围的现代地学思维模式。全球运动思维方式有两个基本出发点，即思维的幅射域是全球(广义的全球，包括人及人类社会)，而思维的特性是源于地球客体的整体运动。全球运动思维方式创立于19世纪末、20世纪初并于20世纪中叶逐渐成熟起来。其代表人物主要有丹纳(J. D. Dana)、徐士(E. Suess)、博蒙特(E. deBeaumant)及泰勒(F. Taylor)等，而最重要的人物是魏格纳(A. Wegner)。

全球运动思维方式具有鲜明的特点。第一，全球运动思维是综合性的思维。全球运动思维方式从整体上把握对象的基本规律，在时间上，力图跨越人类自身短暂的时间标尺去体验无机界漫长的历史时钟。现代地学家在实践中总结出一套认识地球客体时间的基本方法，以最接近于人类或有机界生存的时间为基准去追求其真实、可靠的地学时间。在结束了19世纪30年代均变论把地球历史看作"既无开端又无结束"的看法之后，槽台学说从古生代展开了地学时间的研究。板块构造理论则把其研究的时间起点放在石炭纪，并创造了现代地质学革命的奇迹。20年代末，李四光的地质力学则从中生代着眼，建立了地质力学理论体系。② 随着全球变化研究成为90年代到下一世纪与岩石圈研究相并列的前沿课题，人们开始了关于第四纪地球

---

① 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社，1984年，第12页。

② 白屯：地学思维史简论，《自然辩证法研究》，1991年，第8期。

的重新关注，即从偏重其区域地层、冰川作用和古人类研究等领域转向第四纪全球变化规律和全球对比研究，尤其是第四纪古气候、古环境的全球变化以及第四纪各种作用过程、机制和变化趋势的预测。在空间上，地学整体思考则表现为地学家的工作范围和思考范围的大大扩展。从前的地学家受主客观条件的限制，其工作区域主要是其自身生活的范围，不论是北魏郦道元的中国北方旅行、东晋僧人法显的印度远足求经，还是明末徐霞客的华夏漫游，以及近代欧洲大陆地学家魏纳、居维叶、赖尔等，都没能把他的地学实践空间展示得象今日地学家们这样彻底。在当代，整体思维的空间统括全球已非鲜见之事，而且还把月球、太阳甚至太阳系之外的星体也包括在思考的范围之内。

第二，全球运动思维方式体现出现代地学思维的辩证法。从地球观看，地球客体的存在与演化的矛盾运动、激变与渐变、水平运动与垂直运动、吸引运动与排斥运动等等，无不反映了地学认识客体对立统一的矛盾运动法则。在地学观方面，随着现代地学革命的兴起，新的地球科学体系建立起来并深刻地表现了现代地球科学发展的内在规律。地球科学内部各组成部分的不断分化和有机结合，萌生出大量新兴学科；地球科学的横向发展，使得地学与其它自然科学、地学与社会科学相结合，出现了大量新的学科生长点，面标志着地球科学系统化、整体化发展的新学科——地球系统科学也已进入创立阶段。[①] 在方法论方面，“非此即彼”的思维模式与“亦此亦彼”相结合，突破了地学思维方法的绝对化。[②]

第三，全球运动思维方式进一步提高了现代地学思维的抽象度。地球实在思维侧重于对现象的描述，对感性材料的分析和加工处理居于初级水平。演化思维把地球客体运动、变化和发展的规律反映到

① 白屯：中国地球系统科学研究述要，《河北地质学院学报》，1996 年，第 5 期。

② 白屯：中国地学哲学研究 15 年，《自然辩证法研究》，1996 年，第 8 期。

地学思维领域，重点在于对地球客体“生平”的考察，抽象度进一步提高。全球运动思维方式则是全方位、立体化思考，理性化程度更加提高。理性化提高的重要标志表现在两个方面：一是理论建构的宽和深。基础理论的涵盖面扩大，其涉及范围可以是整个学科。二是理论的表述精确化，大量数学理论和方法，如归划理论、回归分析、图论、耗散理论、相关分析和统计理论等，运用于地学理论的建设之中。①②

全球运动思维方式是地学思维方式发展的第三个高潮，尽管它至今仍在发展，但它给现代地球观、地学观和地学方法论带来的新内容、新观点引人注目。它已经并将继续成为广大地学工作者重要的思维背景。

二、地学思维体系构成

1. 地学思维的系统性

系统理论把由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成的、具有特定功能的有机整体称为系统，并且认为，这个系统是从属于更太系统的。系统可以明确地区分出实物系统和其思想映象即概念系统，而地学思维属于事物的概念系统，确切地说，它属于哲学观念系统中的重要组成部分。

地学思维系统性是对地学认识过程系统性的反映，在不同的认识阶段，地学思维的系统性的表现不同。古代地学思维的系统性表现为朴素而整体性的特点，在东方分别出现了关于天文、地理、气候以及海陆变迁、山河布局等整体性思考。这些朴素的、具有强烈思维色彩的认识，一方面来自古代先哲们的社会实践经验，另一方面来自他们天才的直觉和猜测。地学思维的系统性在近代总体上表现为机械性特征，对地球的整体认识也是零散、局部或形而上学的。这当然与科学在这一时期的整个特点相吻合。例如以科学分析方法为主导的

---

① 赵鹏大：面对地球系统科学时代的挑战，《地质矿产报》，1994 年 11 月 2 日。

② 诸大建：地球科学的体系结构研究论述，参见：顾铁军、张明定主编，《地学的哲理》，西北大学出版社，1994 年，第 31 页。

近代地学思维，不仅从学科组成上划分出地质学、地理学、气象学和后来的海洋学，从而使不同的地学分支处于地学整体的恰当地位，而且在每一类地学学科中，又出现了具体而系统的划分，如魏纳把地层按照由老到新划分的原始层、过渡层、次生层、水平层等四个部分，体现了地层系统的整体结构。现代地学思维表现出的系统性则是将辩证法贯穿其中。19世纪的地质学“不仅指出了相继形成起来和逐一重叠起来的地层”（恩格斯语）的系统特点，而且在更大的范围上指出了地层中的有机沉积物所暗示的地球漫长的时间演化史。20世纪地学思维则在此基础上将地球演化的时间系统与空间系统相结合，建立了当代地学思维系统中的有机整体的时空观。

地学思维的系统性与地学思维体系密切相关。地学思维体系是其系统性的表现方式，是其系统的逻辑结构和理论形式。从根本上说，地学思维体系的依据来自地学认识和地学实践过程，正是它们的系统性决定了地学思维体系与其系统性的关系。①

建立地学恩维体系遵循的是历史与逻辑相统一的原则，这一点也离不开对地学实践和地学认识过程的考察。当我们以相对静止的观点看这一过程，可以发现三个基本的组成单元，即地学个体思维、地学思潮和地学思维方式；而从动态的角度看这一过程，则可以观察到一个完整的地学思维体系的动态结构。让我们先从前者看看地学思维体系的基本构成。

2. 地学思维体系的基本构成

地学恩维体系的基本构成包括地学个体思维、地学思潮和地学思维方式。它们都是在地学思维长期的历史发展中逐步产生的，这里仅就古代地学思维的萌发、地学个体思维和地学思潮作一介绍。

(1)古代地学思维的萌发

地学思维在总体上是与人类文明史同源而生的。古代的地学里

① 白屯：关于地学思维研究中的几个问题，参见：顿铁军、张明定主编，《地学的哲理》，西北大学出版社，1994年，第22页。

维与科学思维、哲学思维合为一体，大量古代文献从不同的侧面反映了古代先哲们为后来地学思维所作的前期准备。首先是经验材料的准备，主要表现为观察和记录了大量的地学事实。例如中国古代关于地壳运动、"沧海桑田"的思想（最早可追溯到《周易·谦卦彖辞》），关于地震和火山的记录（《竹书纪年》，距今约 3800 年历史），关于矿产品（金属及非金属矿产、煤、石油和天然气及地下水等）的开采和利用的记录（至少在公元前 21 世纪的齐家文化或龙山文化时期人们就已会利用自然铜制成铜器。而至少在距今 2000 多年前，中国古代就已开始认识和使用石油和天然气了，《汉书·地理志》中记载，"高奴，有洧水，可燃"）。①

其次是逻辑上的准备，主要表现在把哲学的思考与地学知识相结合，把分析和逻辑推论合理地溶入到地学认识之中。被称为气候学鼻祖的希波克拉底（Hippocrates）从日常生活中通过对经验材料的思考，第一个把人类的生活与气象现象结合起来。亚里士多德（Aristoteles）分析、推断出风的成因，他认为太阳把地面上因水受潮的物质通过干燥使其变成热气离开地面，后者形成了风，并且与前者的蒸发物一起产生了空气。古代文献特别是中国古代文献对矿物的记载十分丰富，而且对矿物的成因、分布规律等的认识和研究也具相当水平。关于这一点，著名学者李约瑟评价说，中国人对岩石和矿物的研究"并不是感情用事的，而是科学的"。例如在分析矿物的成因时，中国古代不仅提出过类似亚里士多德"蒸发物"的"气"的概念，而且还提出矿物在地下可以"互相转化"的思想，如成书于先秦的《管子·地数》中就详细分析和记载着矿苗和矿物的相依关系，所谓"山上有赭者，其下有铁"，等等。

其三，古代有关的地学文献还为古代地球观作了直觉的准备。古代哲人天才的猜测为最早的地球观的形成打下基础。一是关于大地

---

① 王仰之编著：《中国地质学简史》，中国科学技术出版社，1994 年，第 9 页。

形状的猜测。从起先的“天圆地方”(《晋书·天文志》)到“天圆拱地”(《周髀算经》),再发展到“浑天说”。二是关于地球运动的猜测。《管子》中指出“天地不可留,故动,化故从新,是故得天者高而不崩”,说明了天地关系(位置关系、结构关系、演变关系等)依靠运动的关系保持了目前的状态。三是关于地学研究综合方法的猜测。地学研究的综合方法是现代地学研究的基本方法。在古代,不仅出现了综合考察、记录地学认识内容的著作,如中国古代的《山海经》、《水经注》、《徐霞客游记》等,而且还出现了象古罗马哲学家辛尼加的《自然科学诸问题》这一类专门讨论地学综合性研究方法的著作。

(2)地学个体思维

地学个体思维即地学家个人关于地学认识对象的发展过程的认识和反映,它产生于地学家个人的大脑,是与职业地学家的出现(最早出现的是地理学家)[①] 紧密相关的。

早期地学家对地学个体思维的贡献是从纵向扩展地学逻辑体系,即从内容上逐步丰富原有的知识(见表1),从方法上继承和发展前人的成果(例如关于矿物的分类,从《山海经》以矿物的物理性质划分,到东晋葛洪以矿物的化学性质按加热燃试的方法划分,再接续到北魏郦道元、宋代苏颂、杜绾等人的有关研究),从地学基本概念上不断丰富和完善。[②]

表5-1 中国古代部分地理文献资料

数量 / 内容 / 书名	地区	山脉	河流	湖泊
禹贡	35	42	46	10
山海经	725	451	262	27
汉书·地理志	2245	153	480	59
水经注	17756	791	1252	248

① 白屯:《地学思维史简论》,中国科学技术出版社,1995年,第45—46页。

② 白屯:《地学思维论纲》,中国科学技术出版社,1995年,第48页。

近代地学家对地学个体思维发展的贡献是大量创立新的地学学科。17 世纪末到 18 世纪，地质学开始成为独立科学。产业革命的推动，使得与发掘矿藏相关的区域地质调查和矿物学的研究取得重大进展。另一方面，前人丰厚的地学资料被发掘出来，推动了地学思维的进步，并由此而导致了 18 世纪末叶到 19 世纪初近 40 年“地质学英雄时代”的产生。遍及近代地学各个先期学科的英雄人物（他们往往被后人称为“××学之父”）共同为地学思雄的进步编织了丰富多彩的画面。首先提出均变论（Uniformitariarism）的赫顿被誉为“近代地质学的开拓者”和“近代地质学之父”。而在他之前的阿格里可拉由于对矿物学、冶金学、化石和采矿学等方面的重大贡献和影响，被评价为“对全欧洲起了传统的指导作用”（小林英夫语）。出生于哥本哈根的史登诺由于对地层学和区域地质学的研究，被后人称为“地层学之父”和“区域地质学之父”。在地理学中，洪堡和李特尔被称为是“代表了一个时代”的地理学家。大气科学是在伽利略（发明空气温度计，1597 年）、托里拆利（发明气压计，1643 年）、布兰德斯（开创天气分析和预报，1820 年）、威廉·费尔勒（提出大气循环理论，1856 年）和汉恩（创立气象学体系，1901 年）等人的努力下建立起来的。海洋科学的功臣主要有波义耳（海洋化学，1670 年）、列文虎克（发现海洋原生动物，1674 年）、贝努利（提出平衡潮学说，1740 年）、拉普拉斯（首创大洋潮汐动力学理论，1775 年）、达尔文（提出珊瑚礁成因的沉降说，1842 年）和莫里（建立经典海洋学体系，1855 年）。

现代地学家对地学个体思维的贡献则是为地球科学的整体发展提供广泛的联系。现代地学理论体系所体现的整体性和系统性的趋势和特点与现代地学家的贡献直接相关。首先，现代地球科学家往往具备宽广和深厚的知识储备，他们可以在几乎所有地学知识所涉及的领域进行工作和研究。例如，获得天文学博士学位的魏格纳在论证大陆漂移假说中大量运用到地质、地理、天文、古生物、地球物现、地球化学及海洋学等方面的知识和方法。其次，现代地学家的另一个思维特点是在各种创造性思维活动中提出高层次的科学假说。地学研

究对象的复杂化、系统化和整体化，决定了现代地学家在思维中所必须具备广泛联系和善于综合、系统和整体地分析处理现实问题的能力，这也为地学家提出高层次的科学假说创造了条件。魏格纳的同事本多夫曾评价说，他（指魏格纳）获得知识主要靠直觉，……他对重大问题有着很少出错的敏感。此外，魏格纳独特的地质互补思维方法，也从一个侧面体现出现代地学家的思维品格。[①] 第三，现代地学家所运用的思维是综合思维，这使得一系列相关的思维领域、思维工具和思维范畴联系起来，如时间与空间、局部与整体、运动与静止、历史与现实、分析与综合、定性与定量、归纳与演绎等等。

(3)地学思潮

地学思潮表示在地学发展史的某一时期，在某一地域所发生的反映当时地学研究和发展状况并产生了较大影响的思想潮流。作为地学思维的重要组成部分，地学思潮在整个地学认识结构中，在发生源上和延续时间上都有特殊的内容。从整个地学认识结构上看，地学思潮处于地学一般意识与地学社会心理中间，它一方面与地学一般意识相关而具有理性化和抽象化的特点；另一方面，它又受地学社会心理面素的影响，还与不同时代的社会政治状况、经济水平和文化发展程度等相关。从发生源上看，地学思潮的产生具有个体性和区域性，它往往是不同历史时期不同地学家关于当时、当地地学热点或前沿问题的新思想、新方法或新行为的反映。从延续的时间看，地学思潮具有明显的"浪潮"特点，有时某种浪潮可以大到形或地球观、地学观的规模，从而长期影响到地学研究的内容和指向，有时它也可以表现为十分短暂且很局部的思想火花，甚至在历史上留不下什么痕迹。

地学思潮的基本作用包括两个方面。一方面是可以推动地学思维及地球科学的发展，我们称它为内作用；另一方面是对科学思维进步起到推进作用，即外作用。

---

① 白屯：魏格纳地质互补思维述评，《科学技术与辩证法》，1991 年，第 4 期。

地学思潮最直接的作用是对地学思维发展的推动作用，这表现为两点。第一，促使地学思维向理性化、抽象化的方向发展。历史上地学思潮的蓬勃兴起，使得地学思维一步步登上理性的台阶。地学思维理性增强的过程大致分为三步，即怀疑—提出问题—批判或推翻旧理论建立新理论，恩格斯在批评一些科学家蔑视辩证法时指出，他们带了很多仪器，却单忘了一件“主要的”仪器，即“怀疑和批判的头脑”。理论的发展，首先从怀疑前人的或现有的理论开始，这在新的地学思潮形成时是主要的特点。在中国古代一次重要的地学思潮[①]兴起之中起到重要作用的裴秀，从对前人所制图件的精确度和方法的怀疑开始，“甄　旧文，疑者则阙”。在怀疑的同时，地学家往往提出新的问题以期弥补旧理论中的缺陷，这在地学思潮的兴起中是一个普遍的现象。此时地学工作者所感兴趣的与其说是问题的解决，不如说是问题的形成。新思潮兴起的巨大作用，按照马克思的观点，是在批判旧世界中发现新世界。赫顿在建立自己的理论体系中不仅批评了水成论者的片面性，而且还批判了喷出论者没有认识到火山和陆地的抬升的关系。与赫顿同期的三名魏纳“最出类拔萃的”学生，洪堡、弗衣生和布赫对水成论的“沉重打击”更说明对传统理论的反思和批判在地学思潮发展中的重要意义。在怀疑—提出问题—批判与创建的过程中，地学思潮往往发展到形成理论化、方法化的地球观。例如，由地学实在思潮发展到形成一种理论化的时代意识——地球实在思维方式。

第二，地学思潮推动地学思维综合化和系统化。近代地学思潮与地学思维发展的关系已形成两者交互进步的势头，即地学思潮推动地学思维方式的形成，而后者又诱发新的、不同程度的地学思潮不断产生。例如，在地质学中作为带头学科而形成的地学演化思维方式，一方面代表了近代末期地学思维的主流，另一方面它本身就是由地

① 白屯：地理大交流与中国古代地学思潮之嬗变，《自然辩证法通讯》，1993年，第3期。

学演化思潮发展过来的。而在演化思维方式形成并影响到整个地学领域之后，新的相关思潮又接踵而起，如地理学中就产生了以戴维斯(W. M. Davis)为代表的近代地貌学"地理循环论"观点。他认为，地表形态是连续变化的，地貌的侵蚀循环经历了幼年期、壮年期、老年期和准平原期等几个阶段，并以此循环往复。随着地学思潮不断推动地学思维方式的进步，地学思维整体综合化、系统化的步伐呈加速发展的态势。从地球实在思维(方式)到地球演化思维(方式)再到全球运动思维(方式)的过程说明了这一点。地学思维每实现这样一次飞跃，都毫无疑问地带动了地球科学的发展。

地学思潮促进其它科学思维的进步是地学思潮基本作用的另一个重要方面。这种作用直接体现在它对同时期科学思维或科学思潮的影响上。事实上，这是科学思潮或思想影响地学思潮的反作用。亚·沃尔夫曾明确指出了科学与地学间的这种影响。他说，地理学的描述要靠探险、勘测和地图绘制艺术，而它在科学上的解释成功则仰赖各门其它科学的成就，"尤其是天文学、气象学、地质学甚至还有人类学"。这也使我们想起19世纪地学演化思潮曾对达尔文的生物进化观点给予的影响。

地学思潮的外作用反映了地学思维具有的群体性与社会性，反映了它们之间的交流关系。地学思潮的兴起，使得每个科学思维个体都参与到地学及其它科学思维之中，这一特点在现代地学思潮兴起之中特别明显。现代地学研究是以全球运动的整体思考为特色的，这显然是现代科学整体化思潮的组成部分。现代生态学、生物科学和系统科学是带动现代科学整体化发展的重要的基础科学，它们在现代地学思潮的兴起和壮大中也起到重要的促进作用。与此同时，现代地学思维也对它们的进步产生重要的影响。以生态科学的发展为例，自本世纪30年代英国生态学家坦斯利(A. C. Tansley)提出"生态系统"概念后，生态科学开始全面迈向整体化的新阶段。60年代末到70年代，在环境污染引起的生态、环境危机中，生态理论则成为对环境问题进行综合治理的重要依据。而恰恰这一生态理论及其综合分析

的方法，吸取了大量与其同期发展的环境科学、经济科学、地球科学及其它科学综合研究思想方法的精华。所以，具有时代特色的整体科学思潮必然产生其内部各不同组成部分（即各科学思潮）间的相互作用，并以此而获得各自整体的发展。

3. 地学思维体系

按照黑格尔的说法，真理不能在体系之外存在。[①] 地学思维体系毫无例外地反映着地学思维的存在、运动和发展的实质内容。

地学思维立足于地学认识和实践的基本过程，以地学个体思维、地学思潮和地学思维方式作为其主要组成部分，三者在地学思维的运动发展中具有不同的相互作用关系和方式。

地学个体思维、地学思潮和地学思维方式三者首先具有阶梯递进关系。从发展顺序上看，地学个体思维、地学思潮和地学思维方式中，前者是后者的基础。地学个体思维的广泛影响，促使地学家的思维从内容到方向发生整体、倾向性转变，从而掀起地学思潮。而地学思潮的社会化和观念化，推动了地球科学和地学观的整体革命，从而产生了新的思维方式。18 世纪到 19 世纪初，英国地质学家赫顿首次明确提出地球具有漫长的演化史的假说，即地球“没有显示出开端的综迹，也望不到终结的尽头”。作为一种地学个体思维，他的观点在当时并没有引起多大的注意，并且还受到如爱尔兰气象学家、气象科学院院长查德·柯万等人的“激烈抨击”。然而，赫顿理论经过普莱费尔通俗、生动的解释和积极传播（普氏写了《赫顿理论例话》，1802 年），到英国著名地质学家赖尔那里（1830 年），产生了前所未有的巨大影响，该假说不仅被进一步精雕细镂，而且发展成当时地学家们普遍接受的一种新观念。

地学个体思维、地学思潮和地学思维方式在地学思维体系中具有相对独立性。认识到这一点，避免了凡地学个体思维必有地学思潮成凡地学思潮必有地学思维方式的误解。

---

① 雅克·敦德：《黑格尔和黑格尔主义》，商务印书馆，1995 年，第 83 页。

地学思维的发展史上，已形成的具体而稳定的地学思维方式只有三种，即地球实在思维方式、地球演化思维方式和全球运动思维方式。它们把整个地学认识和实践的历史过程划分为三个阶段和三种历史形态。然而，无论在中国还是在西方，地学思潮的产生和形成次数可谓众多，它们往往以不同学科、不同的产生时间和地域为转移，形成了多种多样、规模和内容均不尽一致的地学思潮。例如，仅从现代地理学中就可以找到诸如区位论、数量革命、激进地理学和行为地理学等多种思潮。显然，对历史上地学个体思维的分析和统计则更难以用具体的数字来进行，它本身就是每一位地学家进行地学实践和认识过程的思考或反映，这是地学思维最活跃、最多变和最有希望的生长点。

地学思维本身是不断变化和发展的，其体系的基本组成部分间的关系自然也是动态的和变化的。这种动态和变化的表现是形成了三个基本循环（如图 5－2）。

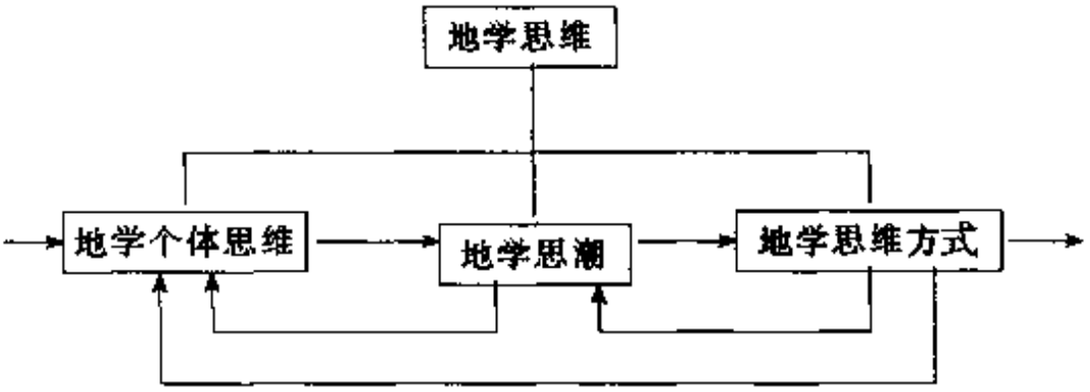


图5－2 地学思维体系动态结构

第一个循环是在地学个体思维与地学思潮之间进行的。这是一个由思维个体到思维群体再到思维个体的循环。作为这一循环的两极，地学个体思维与群体思维（思潮）间的差别是显而易见的。前者以地学家独特的生活经历与地学研究为特色，形成以个体地学实践为基础的独特思考。后者反映了当时当地各种地学独立思考中有代表性的、引起一定范围共鸣的意识趋向，并以此区别于地学个体思维。另一方面，个体思维与思潮又处于相互依存、相互作用和相互转化的关系之中。地学思潮不能离开个体思维而“纯”独立存在，撇开思维个

体就无法理解地学思潮。与此同时，地学思潮作为相对范围内的科学研究导向，无不影响着或引导着地学家个人思维的发展。显然，地学个体思维与地学思潮的双向依赖、作用、转化，构成了地学思维运动的一个重要组成部分。在这个循环中，不仅地学家个人获得了其理论的新发展，而且也使得地学研究成为一种特殊的社会现象。

第二个循环是在地学思潮与地学思维方式之间进行的。这是一个由某局部区域发生的、具有相对随机特征的地学思维形式向一个由代表某地学时代特征的、具有规律性的思维形式转化的过程，也是一个由地学思维群体意识到地学思维时代精神的转化过程。可想而知，在这一转化中，地学思维由从前社会心理的特殊形式，转化为一种高水平的社会意识。由此而引起的地学思维的进步是实质性的：从与地学家日常工作、生活等相联系的、不很系统、不大定型的自发性地学反映、认识形式转变为一种系统化的、有确定范围的、自觉的地学意识。地学思潮对地学思维的作用是直接推动了地学思维向着哲学化的方向发展，即我们所说的产生了地学思维方式。然而，地学思维方式一旦形成，就会对不同的地学思潮起着引导作用，它使不同层次、不同领域中的地学思潮向地学思维方式所显示的时代特征和趋势靠近。

第三个循环是在地学个体思维与地学思维方式之间进行的，其中经历了地学思潮的中介。由零散的地学个体思维过渡到具有社会心理特征的地学思潮，再到形成相对稳定的地学社会意识形式即地学思维方式，是地学思维发展的一个必然趋势。这个趋势中渗透着地学家对地学思维客体认识过程中的规律性，即随着认识由零散性、经验性和模糊性向群体性、理论性和清晰性的转化，地学认识形成了其深层次的认识模式，这种模式将会引导着新的地学个体思维和地学思潮向着规律性、理论性和系统性的方向发展。

以上三个逻辑循环过程的有机统一，构成了地学思维无限发展链条中的一个环节，地学思维就是在这样一个发展过程中经历了由量的增加而引起的质的变化的过程，也经历了多次否定之否定的过

维个体就无法理解地学思潮。与此同时，地学思潮作为相对范围内的科学研究导向，无不影响着或引导着地学家个人思维的发展。显然，地学个体思维与地学思潮的双向依赖、作用、转化，构成了地学思维运动的一个重要组成部分。在这个循环中，不仅地学家个人获得了其理论的新发展，而且也使得地学研究成为一种特殊的社会现象。

第二个循环是在地学思潮与地学思维方式之间进行的。这是一个由某局部区域发生的、具有相对随机特征的地学思维形式向一个由代表某地学时代特征的、具有规律性的思维形式转化的过程，也是一个由地学思维群体意识到地学思维时代精神的转化过程。可想而知，在这一转化中，地学思维由从前社会心理的特殊形式，特化为一种高水平的社会意识。由此而引起的地学思维的进步是实质性的：从与地学家日常工作、生活等相联系的、不很系统、不大定型的自发性地学反映、认识形式转变为一种系统化的、有确定范围的、自觉的地学意识。地学思潮对地学思维的作用是直接推动了地学思维向着哲学化的方向发展，即我们所说的产生了地学思维方式。然而，地学思维方式一旦形成，就会对不同的地学思潮起着引导作用，它使不同层次、不同领域中的地学思潮向地学思维方式所显示的时代特征和趋势靠近。

第三个循环是在地学个体思维与地学思维方式之间进行的，其中经历了地学思潮的中介。由零散的地学个体思维过渡到具有社会心理特征的地学思潮，再到形成相对稳定的地学社会意识形式即地学思维方式，是地学思维发展的一个必然趋势。这个趋势中渗透着地学家对地学思维客体认识过程中的规律性，即随着认识由零散性、经验性和模糊性向群体性、理论性和清晰性的转化，地学认识形成了其深层次的认识模式，这种模式将会引导着新的地学个体思维和地学思潮向着规律性、理论性和系统性的方向发展。

以上三个逻辑循环过程的有机统一，构成了地学思维无限发展链条中的一个环节，地学思维就是在这样一个发展过程中经历了由量的增加而引起的质的变化的过程，也经历了多次否定之否定的过

程。显然，地学思维体系的动态逻辑结构表现了地学思维产生、运动、发展的基本过程和规律，构成了一个完整的动态体系。

第三节　创造性思维与地质创造学[①]

一、创造性思维

创造性思维是人类特有的思维。人类凭借着创造性思维在不断地认识世界、改造世界。从这个意义上说，人类所创造的一切成果，都是创造性思维的外现与物化。因此，地学中的每一个新发现、每一个新假设及每一个新现论，最早都与创造性思维有着密切的关联。

什么叫创造性思维？对此目前还没有统一的认识。一般认为，创造性思维是一种有创见性的思维，是能开拓（人类）认识新领域的思维。

1. 创造性思维与逻辑思维的关系

所谓逻辑思维，一般是指符合形式逻辑要求（规律）的思维。创造学研究表明，逻辑思维与创造性思维之间的关系是较为复杂的。

（1）逻辑思维与创造性思维的区别

①思维形式。逻辑思维一般须遵循逻辑规律，它的表现形式主要是以概念出发，通过比较、判断、推理，最后得出逻辑的结论。逻辑思维一般都是在现有知识与经验范围内进行的思维活动。科学与现实要求人们按一定的逻辑规律去思考。人们在进行逻辑思维以前，首先应该明确有关的定义或概念，然后才能进行各种形式的逻辑判断与推理，最后得出合乎逻辑的结论。一般说来，只要概念正确，逻辑思维严谨，即判断和推理中没有差错，那么其结论也会正确。所以，逻辑思维会使人产生正确的思维结论，而且在很多情况下，往往只产生一个正确的结论。

创造性思维则不同，它没有固定的程序与方法，它的思维形式是直现、联想及灵感等等。因此，创造性思维的结果就个可能是唯一的，

---

① 本节为中国矿业大学庄寿强教授执笔。

它常常会产生很多个可能的结果。

②思维方法。逻辑思维的方法一般是指逻辑中的比较与分类、分析与综合、抽象与概括、归纳与演绎。创造性思维的方法则不同，它主要是一种猜测、联想、想象或顿悟。因此，从逻辑的角度来看，创造性思维显然"根据不足"，有些"随心所欲"，因而显得"不合情理"，甚至"荒唐"。然而，正是这些"不合情理"的猜测、联想等方式，才突破了逻辑思维的框架，突破了原有知识的束缚，形成了创造，才使人们对于客观世界的认识与改造产生了质的变化。从某种意义上讲，创造性思维就是以越出逻辑思维的框架为其重要特色。牛顿曾说过的"没有大胆的猜测就不可能作出伟大的发现"，实际上是强调了创造性思维的一种思维方法。

③思维方向。逻辑思维是单向性的思维，即一般所说的由概念→判断→推理→结论。逻辑思维的单向性决定了其思维结果一般只会产生一个(正确的)结论。在许多情况下，人们迫切需要一个正确的结论，而不是多个结论，如：对疾病的诊断、天气的预报、矿产的勘察及地质上各种理象的成因解释等等。在此，逻辑思维最能满足这一要求，这也是长期以来许多科技工作者十分推崇逻辑思维，甚至只知道有逻辑思维而不知道还有其它思维的原因之一。

创造性思维没有固定的思考程序与思考方法，它的思维方向也很多，这又叫思维的多向性。比如，从方向上来考虑，创造性思维就有逆向思维、侧向思维、平行思维、发散思维等等。由于在每一个方向上都会产生思维的结果，所以创造性思维的多向性必然导致其思维结果的多样性。

④思维基础。逻辑思维必须以明确的概念出发，因此它的思维基础主要是现成的知识或已有的经验。离开了知识，逻辑思维是无法进行的。比如一个没有或很少地质学知识的人很难进行"绳状灰岩→强动力氧化环境→滨海沉积"的逻辑思维过程。

创造性思维由于是以其猜测、想象出发，又没有固定的思考方式，所以它虽然也需要一定的知识做为基础，但并不完全依赖知识，

它可以在思维过程完成后再反过来补充有关的知识。比如，魏格纳在进行大陆漂移的创造性思维时，开始并非建立在大量地质知识的基础上。事实是，最初他在进行创造性思考时，对于地质知识还知之甚少，只是后来，在"非洲与美洲大陆曾经是联在一起的"创造性思维结果显示出来后，魏格纳才从多方面去搜取有关的地质知识(资料)，甚至还涉足到了其它学科知识领域。

总之，创造性思维往往是在人们认为不合逻辑的地方发现隐秘，看出问题，从而标新立异、引发创造。因此，创造性思维不像逻辑思维那样仅用现有的知识去套已知的规则，而是不停地向规则和传统挑战，从而进一步发展科学。从思维的角度来考察，有相当一部分"知识拥有者"的权威，其逻辑性很强，这对于解决已知领域里的问题，或者叫做重复性地解决别人已经解决过了的问题大有用武之地。但是对于解决未知领域里的问题，对于解决前人未能解决过的问题，对于产生崭新的学术思想及其工作方法来说，他们有时则显得碍手碍脚，不是那么顺当，甚至还会形成创造的障碍。对此，培根曾经这样说："现时的逻辑方法仅有助于证实并确立那些建立在庸俗观念基础上的谬误，面于探求真理无补，因而弊多利少。"英国哲学家席勒(F. C. S. Schiller)甚至认为："对科学行动步骤进行逻辑分析，实在是科学发展的一大障碍。""科学家越推崇逻辑，他们推理的科学价值就越低，这样说是绝不过分的。……然面，使社会感到幸运的是：绝大多数科学伟人幸而对逻辑传统概念一无所知。"① 这些话虽然讲得有些值激，但从中可明显看出逻辑思维与创造性思维之间确有一定的不协调关系。

(2)逻辑思维与创造性思维的联系

人类的知识和经验总是在不断发展的。在整个发展过程中的某一发展阶段上，当人类的知识与经验积累到一定程度时，就会导致原

---

① W. I. B. 贝弗里奇著，陈捷译：《科学研究的艺术》、科学出版社，1979年，第87～88页。

有逻辑思维中的矛盾，要解决这些矛盾，就需要一些非逻辑的思维，即创造性思维来完成。比如，过去人们认为煤是在地下高温高压环境下形成的，过去人们认为不会存在移动几十甚至上百公里的巨大推覆体，过去人们认为结晶形态中不会出现五次对称轴等等。然而，随着低温低压下"人造煤"的试验成功，随着对众多类型推覆体认识的深化，随着具有五次对称的"不可思议"的结晶形态的发现，人们就再不能用过去的逻辑来对待这些新的发现了，这时就需要突破、需要创新。所以，创造性思维是建立在对原有逻辑思维进行突破的前提下发生、发展的。

其次，创造性思维一旦突破原有的逻辑后，它必然会在更高层次上再上升为逻辑思维，以便把新的知识、新的发现纳入到已知的体系之中，继而做为已有知识的形式保留下来。如果创造性思维不在更高层次上与逻辑思维相通，那么这些新的发现、新的经验、新的突破就不会上升为知识，不会上升为理论，因而也就不能广泛地指导人们去认识世界、改造世界。上一世纪，一个想制造飞机的人大多被认为是"疯子"、"狂人"，而且，上一世纪的物现定律和数学公式似乎也都是为"飞机飞不上天"服务的，按那时的逻辑和知识，飞机根本不可能在空中飞行。然而，现在的知识和现在的逻辑（即上一世纪的创造性思维）却不但能证明飞机可以在空中飞行，而且还能进一步说明其飞行的稳定性和可靠性如何如何之大。

由逻辑思维→创造性思维→更高层次的逻辑→更高层次的创造，以至无止境地发展下去，这可能是人类认识自然、利用自然的基本思维规律。

2. 创造性思维的特点

由于现在人们对于自身创造性思维的活动了解得并不多，研究得也不够深入，故而对于创造性思维特点的看法也不一致。据不完全统计，迄今为止不同的研究者在其论著中所表述的创造性思维的特点就已多达180余个，在此仅就主要者分述如下。

(1)独立性

创造性思维的独立性表现为它不受外界因素的干扰，不受已有知识、经验的限制，它不依附或屈从于任何一种旧有的或权威的思路或方法。

创造性思维的独立性体现在其怀疑性、抗压性和自变性上。所谓怀疑性，指的是对一些“司空见惯”、“理所当然”的事情敢于质疑；所谓抗压性则表现为力破陈规、锐意进取，勇于向旧的习惯势力挑战。其实，创造性思维的结果一般都以“反常性”的面貌出现，因此在开始时很难得到人们的赞同与支持，于是，它常会受到人们的干涉和外界的压力，这就形成了它的抗压性。创造性思维的自变性主要表现在它在一定的时候会进行自我否定，它不受自己所设置的框框的限制，也常常会自我打破框框，并不断地产生新的思想。

(2)求异性

所谓求异性就是指“与别人看到同样的东西却能想出不同的事情”。创造性思维可以使一个人对同一个问题形成尽可能多的、尽可能新的、尽可能独创的、尽可能前所未有和尽可能没有遗漏的设想、方法、方案、思路、解法和可能性等等。创造性思维的求异性是通过其思维的发散性、侧向性、逆向性等不同思维方向上的思维结果面体现出来。

(3)想象性

没有想象就不会有创造，人类正因为有无限的想象能力，所以才会有无限的创造能力。想象是其它思维尤其是逻辑思维所不允许的，但是创造性思维却完全不能离开想象。

(4)灵感性

有人把灵感的产生视为狭义的创造，由此可见灵感在创造中的重要。灵感是一种综合性的突发心理现象，是创造性思维与其它心现因素协同活动中表现出来的最佳心理状态。处于灵感之中的创造性思维反映了人们注意的高度集中、想象的骤然活跃、思维的特别敏锐和情绪的异常散昂。

(5)潜在性

创造性思维的潜在性往往表现为人们非自觉的、好象没有进入认识领域内的一种思维，潜在的创造性思维（或潜意识）往往在解决许多复杂问题中起着极为重要的作用。研究表明，暂时潜在性的创造性思维需要一定的精神松驰才容易表露出来，因此娱乐、休息或者改换一下工作的性质、状态往往是引发潜在性的触发器，它可以促使创造性思维的显露。

（6）敏锐性

敏锐性是指创造性思维特别留心意外的现象、留心“反常”的现象。所谓的“射獐得马”、“擒龙获鳟”就是它的一种写照。创造性思维的敏锐性常常使它能及时而准确地抓住机遇，促使创造的成功。

应该指出，上述的创造性思维的六个特点至今也还没有得到基本的共识，持不同观点的学者很多，由此可见对创造性思维特点的认识并非十分清楚。故此，作者进行了研究，结果初步表明，人们之所以对创造性思维罗列了近 200 个“特点”，其关键之一就在于对“特点”本身的涵义缺乏科学的理解。其实，特点应该是一事物区别于其它事物的属性。由此“特点”应该具有排它性、唯一性、本质性及主现性。很多创造学研究者或许就因为未分清特点与属性之间的区别而将创造性思维的许多属性误认为特点，从而造成了混乱。据此，作者提出了识别事物特点的四条可操作的标准，最后的结论是，创造性思维的特点只表现为其思维结果的新颖性。

二、地质创造思维

地质创造思维是创造性思维在地质学上的具体应用，或者是指地质上适用的创造性思维。由于篇幅的关系，在此只简单地介绍一下地质创造思维的思维形式及方向。

1. 地质创造思维的形式

（1）直观思维

所谓直观思维是指人们不经过逐步的分析而迅速地对问题的答案做出合理的猜测、设想或顿悟的一种跃进式的思维。直观思维的关键在于不经过逐步的分析（在很多情况下也无法进行逐步的分析）而

直接进行猜测，从而形成思维上的跳跃、突破，其整个思维过程都难以用或者不可能用语言来表达。

地质学中由直观思维而产生的思维成果并不少见。著名的斯台诺关于地层的三个定律（即层序律、原始连续律和原始水平律）即是一种直观思维的产物。斯台诺的这三个地层学定律是地层学乃至整个地质学的基础，使每一个刚接触到地质学的人都能极为直观地明白其中的含义，无须证明、也无必要从理论上加以证明。因此，这三个定律不是逻辑思维的产物，恰恰相反它们是地质工作者进行逻辑思维的起点和依据。

日本创造学家新崎盛纪把直观思维对应于人类的第一信号系统，认为这是建立在人类直观感觉上，通过人类感觉（视觉、听觉、触觉等）而进行的一种思维活动；把逻辑思维对应于人类的第二信号系统，认为这是建立在人类理性认识（概念、判断及推理等）上的思维。对于这一点，欧美一些心理学家及我国的一些学者也持相同的看法。

我们认为直观思维虽然利用了人们的感性认识（如感觉、知觉、表象等），但它决非只停留在这一步上，它可能是超越其逻辑的形式后而处于更高一个层次上所进行的思维，它非常类似于人类的“感性—理性—感性”的反复认识过程中的后一个感性阶段，从表面上看似乎前后同是感性，但其层次与实质并不相同。故此，将直观思维简单地与第一信号系统相对应的看法是值得慎重研究的，至少，普遍具有第一信号系统的高等动物目前还很难说都具有直观思维的思维本领。所以，直观思维的结果虽然仍以简单的直观形式表现出来，但实际上它完全可能是在越过了“理性阶段”的许多逻辑思维层序及非逻辑思维过程后的一种思维上的高度凝缩，只是无法用语言来详细描述而已。

(2)想象思维

想象是一种非逻辑的猜测与臆想。想象往往都是在某个基点上展开进行的，据此，想象思维又可分为联想思维及幻想思维。

①联想思维。联想思维属于想象思维的一种。所谓联想思维，就

是人们通过一件事情的触发而迁移(联想)到另一些事物上的思维。联想的最大作用在于能克服两个不同概念在意义上的差距,并可在另一种意义上把它们联结起来,由此可以产生一些新颖的、创造性的设想。故此,联想思维是创造性思维的一种重要表现形式。

联想的经典法则最早是由亚里斯多德提出的,即当人的思想受到某种刺激或者在某种特定的环境下通过回忆时可以产生三种类型的联想:相似联想、接近联想和对比联想。

相似联想是指人脑中出现与某一刺激物或环境具有若干相同性质或特征的联想。比如,看到鸟想到了飞机(都能飞行);再比如,在野外看到褶曲而想到横梁受力时产生的弯曲,从而进一步通过横梁所受的力来分析判断岩层的受力,等等。

接近联想则是指由某一刺激物或环境而产生有关事物的联想。如看到了学生就可能想到教室、书包等。虽然学生与教室、书包之间并无共同之处,但是它们之间却有一定的联系。

至于对比联想,又叫相反联想,是指联想物与刺激物之间存在一些相反性质的联想。

②幻想思维。幻想是想象中的一种极端形式。所谓幻想,一般是指与某种愿望相结合并且指向未来的一种想象。在整个人类的创造发明过程中,幻想思维起了很大的作用,因此,随意贬低幻想的作用是不应该的。幻想思维在创造中的作用大致表现在三个方面:一是可以使人产生创造的欲望;二是可以激发人们上进的心现;三是可以指出人们前进的方向。上一世纪的科幻作家凡·儒纳写的许多幻想中的事情,后来都成为科学家们的奋斗目标,有不少现在已变成了现实。

地质学中很多地质现象是看不见、摸不着的,或者是不能直接观察到的,所以,在地质学中想象思维就显得更为重要了。当然,想象越是大胆,可能其中所包含的错误也越多,但这并没有什么关系,只要能及时回到地质现实中来加以检验,错误就会被发现、被修正,正确就会被充实、被发展。地质想象思维的高级发展阶段就是地质假说。

(3)灵感思维

灵感思维是创造性思维的又一种形式,它是人们在创造中达到高潮阶段后出现的一种最富有创造性的思维突破。灵感思维常常以"一闪念"的形式出现,并往往使人们的创造活动进入到一个质的转折点上,很多创造性成果都是通过灵感思维而最后完成的。所以,有人把灵感的到来又看成是狭义的"创造"并不是没有道理的。

灵感是一种突发性的心理现象。据研究,灵感思维具有引发的随机性、出现的瞬时性、目标的专注性、内容的新颖性及界限的模糊性等属性。灵感思维的产生过程大致如下:

首先,头脑中要有一个急待解决的中心问题;第二,要有必要的知识储备,其中也包括一些相邻学科的知识。否则,有时单靠地质知识来解决某类地质中的创造问题,困难会很多;第三,对这一中心问题进行过大量的、长时间的思考。这是产生灵感的极为重要的条件,只有反复地、苦苦地、长时间地思索,思维才会逐步地转化为潜意识,为灵感的出现奠定基础,做好准备;第四,搁置,即暂不去管它,也不再去思考它,而让潜意识在默默地起作用;最后,思维便会自然地进入到第五步,即产生灵感。

2. 地质创造思维的方向

创造性思维往往没有固定的思考方向,它既可以是在线性上的单向延伸,又可以是在平面内的多向发展,还可以是在三度空间里的立体思索。

(1)思维的发散性

思维的发散性又叫思维的开放性,其表理是从某一点出发,既无一定方向、也无一定范围地向所有可能的方向任意地发散。这种思维主张人们打开五官大门,张开思维之网,冲破一切禁锢,尽力接受更多的信息。在思维的发散过程中,人们除了应用已有的知识与记忆外,更重要的是加入了想象的成分。这样,人们的思路就显得更加开阔,其答案就当然不可能限制在"唯一性"之中了。

思维的发散性要求人们尽可能多地列出事物产生的所有可能性

(那怕是百分之一、千分之一的可能性)。这是一种,而且只是一种思维的方法而已,故此,仅就思维过程而言,暂时是先不考虑其"现实性"的。"一切从实际出发"是应该极力提倡的工作方法及工作态度,但并不是好的思考方法,也不是唯一的、当然就更不是创造性的思考方法了。在此,应该把人们的思考方法与工作方法严格区别开来。

事实上,许多地质上的成果在某个阶段曾被认为根本"不可能"而后来又被证明是正确的,比如,大陆的水平运移(板块构造)、陆相地层中的海相化石等等。二十多年前,如果说可以在一天中形成数米厚的地层,则一定被认为是"胡说八道"。然而,后来对火山的实地研究表明,确实在一天中可以沉积几米厚的地层,甚至中间还可夹有几个"不整合"!

所以,思维的发散性就是要求真正做到思想开放,不要随便妄下"这不可能"的结论,而是要找出、挖出尽可能多的"可能"。否则,就会像美国石油地质学家 Parke A. Dickey 所说的那样,过去我们有过石油已被找尽的想法,其实我们只是找完了思路。

(2)思维的逆向性

逆向性是创造性思维的又一个重要方向,是与一般逻辑思维方向完全相反的一种创造性思维。它常常因不合逻辑而被一般人视为"荒唐",其实,逆向性思维中却常常包含有创造的萌芽。比如,最早发明的一种"吹尘器",后来就由人们利用逆向思维思考而反方向地改进为现今的吸尘器。

正向思维是符合传统、符合人们已有知识的一种逻辑思维,逆向的创造性思维是它的倒置,然而倒置不一定都是错的,在某些情况下倒置可能更好,更能解决问题,只是在很多情况下"倒置"一般不易为人们所重视,更难为一般人所接受而已。

(3)思维的侧向性

"它山之石,可以攻玉"是思维侧向性的形象化比喻。思维的能向性是指既不与一般思维方向相同,又不与之相反,而是从旁侧开拓出一些思路,故而有人称为是"从其它离得很远的领域中取得启示的思

维方法”。这种利用“局外”信息来发现、解决问题途径的思维能力与人眼的侧视能力相类似，故称为思维的侧向性。

地质创造中的侧向思维往往通过横向渗透或联想思维的方式达到解决问题的目的。达尔文的生物渐变论思想来自于著名地质学家赖尔的地质渐变论(实为均变论)，而他的生存斗争的进化理论又是从马尔萨斯的人口论中得到启发，这些都可以反映出达尔文的侧向思维能力。

创造学中的移植创造原理就是通过思维的侧向性而在创造过程中体现的。

3. 地质创造性思维的训练

就像人们的身体需要进行锻炼才能健康一样，人的创造性思维能力也需要一些专门的训练才能提高，为此，创造学中有一些专门的创造性思维训练的程序与课程。比如，创造性思维中的发散性训练，就是以一物品为对象，从其材料、功能、结构、形态、组合、方法、因果、关系等八个方面为“发散点”，进行具有多端、灵活、新颖的发散训练。此外，还有专门的摆脱习惯性思维的训练、想象能力的训练(含图形想象、文字想象、“假如”想象等)、联想能力的训练等等。大量的事实表明，经过专门的创造性思维训练后，人的创造性思维能力会有一定程度的提高。中国矿业大学地质专业大学生在经过创造性思维的训练后，在校学习期间就已做出不少的地质创造成果，在社会上产生了较大的反响。正是以这一点为重要实践基础，作者才正式提出并创建了专门培养地质工作者创造性、专门开发地质工作者创造能力的地质创造学。

三、地质创造学

1. 地质创造学简介

地质创造学是作者 1991 年建立的一门地质学与创造学相结合的交叉性学科。因此，在涉及地质创造学以前，应该先了解一下有关创造学的概况。

创造学是 40 年代初诞生于美国的一门新兴学科。创造学是专门

研究人们在科学、技术和艺术上的创造活动，探索其创造的过程、特点、规律和方法的一门科学，也就是说，创造学是专门研究人们发明创造过程及其发展规律的科学。创造学中有两条基本的原理：①创造力是人人皆有的一种潜在的自然属性。研究表明，除了极少数因患有某些疾病或精神不正常者外，每个普通的人都具有这种创造力；②创造力可以通过科学的教育和训练而不断地激发出来转化为显性的创造能力，并得到不断的提高。也就是说，人们的创造性完全可以通过科学的教育来培训，人们的创造活动是可以在学校中进行“教”与“学”的。比如，作者在校内开设创造学课后，选修此课的大学生就产生了数百项发明创造，获得了30多项国家专利。作者还在地史学课的教学中揉进了创造学的原理与方法，后来产生了平均每2位学生就能写出一篇创造性小论文的可喜成果。

创造学既然是研究人们发明创造规律的科学，那它当然就离不开各类自然科学。其实，各门科学也离不开创造学。任何一门科学，只要它还在发展，就必然依靠创造，只有创造才是各门学科发展的动力。据此，创造学实则是一门涉及到任何一门学科的横断性学科。地质科学要发展，只能依靠地质工作者的创造性，只能依靠创造，而要创造，就必然会有意或无意地接触到创造学的有关内容。这样，地质创造学就显得更为重要了。

地质创造学的立论根据，除上面所说的两条基本原理外，还应增加一点是：人的创造能力往往具有一定的方向性，即不同的人，成同一个人在不同方向上表现的创造能力并不相同。达尔文在生物方面表现有明显的创造能力，但在其它方面，尤其是语言方面则很一般；高尔基在文学方向上创造能力极强，而在其它方面则很平平。据此，按照地质科学的方向来开发地质人员的创造能力不但是必要的，而且也是可能的。所以，地质创造学的建立不但有其理论根据，面且也有它的实践意义。

地质创造学是根据创造中的综合原理将创造学与地质学相结合而组成的一个相互渗透的交叉性学科。地质创造学主要研究地质科

学领域内的各种理论与实践的创造活动，探索地质科学中的创造过程，创造思维的特点、规律和方法。地质创造学不研究具体的地质成果及其应用，而是研究这些成果最初是怎样从地质学家头脑中发生、发展，又怎样在实践中检验的，以及这些成果的产生有无可遵循的规律等等。

由此，地质创造学的研究内容主要有两个方面：一是研究如何把创造学中已有的普遍性的创造原理、创造思维的方法与开发创造能力的做法用于地质学内，使它变为地质工作者的具体方法与指南；二是研究如何把地质领域中已经形成或有意无意正在使用的一些具体的创造性做法及思考方法上升到理性的高度，以便在更高层次上指导更多的地质工作者从事于地质创造。最后，地质创造学的目的旨在最大限度地去启迪、开发地质人员头脑中的创造能力，以促进地质科学的发展。

当然，地质创造大多属于理论创造的范畴，它与一般的技术创造（如发明等）虽同属于创造之列，但又有较大的差别。比如，地质创造还包括了新发现、新综合、新解释和新假说等重要内容。此外，由于存在着地球的宏观性与人眼感知微观性之间的矛盾，地质作用的漫长历史与人类短暂生命之间的矛盾以及人们对地壳深处只能间接探测与对地球表面能够直接进行观察之间的矛盾等多方面的复杂因素，地质创造学便具有它自己面有的特色与丰富的内容了。

地质创造学论证了一个人地质创造能力的大小与其所拥有的地质知识量之间并非成正比。据此，人们就应该主动地使用创造学中的“直接创造法”而尽快进入创造活动之中。地质创造学主张人们在地质观察与地质研究中应正确地使用逻辑思维与非逻辑思维，正确地使用收敛性思维与发散性思维，强调同中求异与异中求同的研究原则与方法，这样才能更好地开发创造能力。诺贝尔奖获得者艾伯特·詹奥吉讲过，所谓发明创造，就是与别人看同样的东西却能想出不同的事情。其实，面对同一个地质现象，有人可能有突出的创见，而有人则可能视而不见，其原因大多在于创造能力开发程度的不同及创造

性思维能力的差异。看见各洲大陆轮廓相互吻合者不乏其人，但只有魏格纳(尽管他当时地质学知识很少)，利用它奠定了大陆漂移说的基础。类似的事实并不少见，值得人们去深思。大量的事实表明，直接的"看见"并不简单地等于发现，只有在创造性思维指导下的"看见"才有可能导致新的发现，才有可能在人们熟视无睹的地方，甚至人们认为不可能的地方发现新问题，做出新贡献。

2. 创造力与创造能力

人们对于创造力这个词并不陌生，但直到现在仍没有一个共同的、简洁而科学的概念或定义来涵括它的全部内容，其原因主要在于它涉及的面十分广泛，以致人们常常不得不从某一个侧而来论述它，这就使得不同的人从不同的角度对创造力产生了不同的理解。比如，人们从心理、思维、知识、能力、素质或环境等各个方面共对创造力下过百余种定义。这其中几乎所有的研究者都把创造力与创造能力当成同义词来看待。近年来，作者经过专门的研究认为创造力与创造能力并不是同一个概念。

一般人现指的创造力包含着创造力(狭义)与创造能力两方面的内容。狭义的创造力是一种先天的自然属性，是正常人都具有的一种潜在的创造能力，它是人脑千万年来随着形体进化面进化的结果，它不受到外界的直接干扰。而创造能力则是显性的创造力，它是在创造力自然属性基础上与各种环境因素相互作用的产物，它可以随着教育程度的差异、个人素质的改变、知识水平的变化面发生变化。因此，创造能力是可以开发的，是可以通过教育、培养而得到提高的，是可以通过创造活动而表现出来的一种社会属性。

创造能力开发的原则是用则进、废则通。创造能力的开发就应遵循压力原理(含社会压力、经济压力、工作压力及自我压力)、轰击原理(含信息轰击、心理轰击)、调节原理及流动原现等主要原理。其开发的方法则主要是进行专门的创造性思维的训练、加强对创造学中各种创造原理及创造技法的学习、加强培养创造的个性与创造的素质等等，当然，最根本的还是应该全面推广实施创造教育。

3. 地质创造能力

创造学研究表明，单纯知识的多少与创造成果之间并无简单的正比关系。也就是说，知识多的人创造性不一定就强，知识少的人创造性也不一定就弱。一个人能否进行创造活动及创造成果的大小是受多种因素制约的，在这诸多因素中创造能力无疑是一个极为重要的方面。

地质创造能力至少可以包括如下一些内容：

(1)地质观察能力

观察是有一定目的的、有组织的、主动的知觉。人们把全面、深入、正确地观察事物的能力称为观察能力。据此，地质观察能力则是指全面、系统、正确地观察、认识一个地质现象(在野外或实验室内)或一个地质体的能力。

由于观察是一种主动的知觉，因此观察绝不简单地与"看见"等同。看见，只需要有心理上的"注意"即可，但是，观察就大为不同了。在看见地质现象后如何进行观察，需要有一定的观察顺序，而且还要加进各种思维的因素。著名科学家贝弗里奇认为："一切观察都含有两个因素：①感官知觉因素(通常是视觉)；②思维因素，这一因素如上所述，可能是半自觉半不自觉的。"① 无论是自觉还是不自觉，由看见上升到观察，其中必定有思维的成分在起重要的作用。据此，在观看一个地质现象时，应多启动思维，使其大脑真正处于"观察"之状态。这样的观察，往往会得到出乎意料的收获。事实说明，在观察中启动的创造性思维越多，其观察的结果就越会出乎意料，其创造性也就越强。所以，提高观察能力就是在观察中要主动地进行思维活动。

在观察的同时，也应该注意尽量排除那些影响观察效果的各种因素。比如，在观察过程中不能受传统、习惯、专家成权成等各方面条条框框的限制，传统及旧有的知识常常使一个人看不见明显事实的

---

① W. I. B. 贝弗里奇著，陈捷译：《科学研究的艺术》，科学出版社，1979年，第105页。

事例在地质研究中并不少见。因此，在观察中绝不能一切套用现有的知识，而应该以事实为根据，多问“是什么”与“为什么”。

此外还应该提及的是，诸如许多心理上可能引起的错觉也会极大地妨碍地质观察能力的有效发挥以及观察对象所在环境的变化亦会干扰正常的观察结果等有关内容，在此就不细述了。

最后，既然思维在观察中起着决定性的作用，那么思维的单向性也就常常会限制一个人的观察能力，特别是创造性的观察能力。故此，在创造性观察中就必须用多向思维来进行指导，从而主动地改变思维的方向，并特别注意一些“意外”或“反常”的现象，在别人觉得没有问题的地方多角度地加以思索，提高观察中的创造性。

(2)地质发现能力

地质发现是地质创造的重要内容。发现一般是在对事物进行认真观察的基础上，经过与已有知识的反复比较而最后产生的，所以发现比一般指的看见或观察的层次要高。发现的实质主要在于加进了思考或思维的比较与上升的过程。比如，许多人都看到过从山上下落的大小石头几乎同时落地的现象，但只有伽利略才从中发现了落体定律。再比如，大小砾石混杂沉积的现象在上一世纪已为许多地质工作者观察过，巨大的漂砾分布在高山上的事实也都为不少地质学家所熟知，但是他们却没有发现这些都是由冰川作用形成的。

从地质创造的角度来考察，发现能力又可进一步区分为发现异同、发现可能、发现问题和发观关系的能力等等。在此，我们只提及发现问题及发现可能的能力。

巴尔扎克有一句名言：“?”无疑是打开一切科学大门的钥匙。创造学研究表明，创造活动的第一步就是要发现问题。地质学中始终都有若干前人尚未涉及的“处女地”，只要认真找寻，这些“处女地”也还不少，诸如新矿物、新化石、新地层、新构造的发现等等，我们把这种直接的发现称为第一发现或初级发现。另外，还有一种是在一个已知的事实中，在别人已经研究过而认为没有问题的地方再去发现问题，这种发现我们称为次级发现或二次发现。事实证明，越是在大家熟视

无睹的地质现象中，越是在人们通常认为没有问题的地方则恰恰可能隐藏着问题，而且这样的问题一旦被发现，则完全可能是关键性的问题、突破性的问题、出乎人们意料之外的创造性的问题。比如前面提到的漂砾的冰川沉积就属于次级发现之列。

此外，在地质学中发现可能的能力也十分重要。地质现象极为复杂，一种地质现象的出现往往与多个因素有关，一个地质因素（如地震）又可以造成多种地质现象。因此，而对一种具体的地质现象，人们都应尽可能多地用发散性思维去发现与它相关的可能性。满足于一个可能性，即一个“合理”的解释或一个“正确”的答案，而不再探索其它可能性，甚至排斥、压制其它的可能性解释，则只会封锁自己广阔的思路。地质知识总是需要不断完善的，就某一个地质研究者来说，无论其学识多么渊博，也总是非常局限的，再加上各个人的思考方式、传统及习惯也不相同，因此，一些人，或者大多数人甚至是全部研究者在某个时期认为完全可能的事，或许后来证明却是不可能的；而众所一致认为不可能的情形，后来则又被证明恰恰是可能的。所以，所谓创造，从某种意义上说也就是在人们认为不可能的地方发现其可能的一种尝试、创造，是向传统的“不可能处”进军，也就是变“不可能”为“可能”的一种探索。在此，地质发现能力是极为重要的。

(3)接受地质新思想的能力

什么是新思想？就广义来说，地质上的新思想应该是指与传统思想、传统知识及传统做法不一致的、有分歧的甚至完全相反的思想、知识及做法。然而，有时候某些新思想的表现形式却不一定新颖，也可能是一种“老”思想的延伸与变形，对此就要善于识别。比如，本世纪初魏格纳的大陆漂移说遭到湮没后，如果再被人提及，则不会被认为是“断”而反被认为是“过时货”了，这是不妥的。应该知道，当一个老问题，一个已经“盖棺论定”的问题如果再次被慎重提出来，则其中很可能真正闪烁着创造的火花。

人们大多有一个共同的心现，即习惯于过分地挑剔新事物、新思想中的缺点，又习惯于极度地容忍老事物、老思想中的不足，并从各

个方面去修补、完善，以尽力维护其存在的合理性。这对人们的创造极为不利。所以，接受地质新思想，最重要的是对新的思想要敏感，要支持，即使其中只有百分之一的正确性也应给予支持，而不要轻易地否定。有人统计过，在七、八十年代的10年中，美国所发表的量子力学方面的文章后来被证明99%都是不正确的，但它并没有阻碍量子力学的发展。故此，地质科学也应从中得到借鉴。

(4)地质想象能力

想象是对新形象的创造。任何一个最简单的设计、方案、设想，都离不开想象，没有想象就没有创造，对此，爱因斯坦也做过想象力比知识更为重要的论述。大量的资料表明，离开了想象，地质工作是无法进行的，其原因就在于地质现象的复杂性，有时其复杂程度会大大超过人们的意料。比如，长达数百公里的推覆体、贝加尔湖里的海豹、非洲坦葛尼喀湖里的栉水母、白垩系中有孔虫与陆相介形虫的共生及大洋中时有时无的所谓幽灵岛等许多现象，在某一段时期中都被认为是“不可想象”的。此外，地质资料往往是不连续的，它们之间常常存在许多“空缺”，要将它们有机地联结起来，也只有靠“想象”。美国咨询石油地质学家爱德华·贝蒙特(Edward A. Beaumont)来华讲学时，曾引用 Wallace E. Pratt 的话说，最终分析得知，首先发现油气的地方是在人们的大脑中。由此可见地质想象能力在地质学中的重要性。

4. 地质创造原理

创造原理在创造学中应归入创造工程的分支之中，创造工程是创造学中最富有实用性的一个分支。除了创造原理外，创造工程还专门研究各种各样的创造技法。

当然，不学创造学的人也可以在地质上做出创造甚至重大的创造来，但这并不会降低创造学的价值，正如有些未上过大学的人也可以进行重大的发明创造，但这并不意味着社会上没有办大学的必要一样。一般说来，地质工作者如果完全靠自己去摸索，即便条件顺利、到他主动地掌握了其创造的原理与方法时，可能已走过人生中的许

多弯路，因此，及早地了解并掌握地质创造的原理，可以节省更多的时间与精力，有可能尽快地取得创造性的地质成果。

创造学中的有关创造的普遍性原理共有10余个，在此仅就与地质学最有关的几个原理作一简单地介绍。

(1)综合原理

这里讲的综合不是逻辑学中讲的分析与综合，而是一种辩证综合。

所谓综合，就是将不同研究对象的各个组成部分、方面或层次有选择地进行重新组成，形成一个复合的、新型的整体。这个复合的整体与原先被综合的对象相比具有明显的创新性，因而有人说综合就是创造，由此可见综合在创造中的作用。

人们可以综合不同的科学原理而创造出新的原理，综合已有的事实材料而发现新的规律，综合已有的科学方法而创造出新的方法等等。在这里，主动地、有意识地、科学地综合极为重要。美国的阿波罗登月计划所包含的技术中几乎没有一项是新的突破，都是已有的现代技术，关键在于科学地综合。有人统计过，20世纪世界上的重大发明创造中，日本连一项也没有，但它善于在别国先进技术的基础上搞综合，从面创造出了不少世界上一流的技术。

地质综合就是在认识地质学分支内、外的组成部分和因素的基础上把各组成部分和因素抽出来重新联合成一个有机的整体，达到地质上的创新效果。

故此，利用地质综合原理进行地质创造，应首先使用发散性思维加以仔细、认真、全方位、多角度的研究，然后再行综合。比如，地质学发展中出现的许多新型的学科分支，大多为综合的产物，像地质力学、地球化学、环境地质学、旅游地质学、医学地质学等等。不但地质学与其它学科结合形成新学科时需要综合，而且，地质学自身的发展也无时不在进行综合。人们在进行古地理研究时，首先要研究各代表地点的资料，然后加以综合。地质年代表也是地质研究的高度综合性产物。

地质创造中的综合还可以包括地质概念的综合，它可以是概念中内涵与外延的综合，亦可以是不同概念之间的综合，像命题的综合、模型的综合等等。

地质科学发展中的重大突破与创造，几乎都离不开综合，离不开对前人知识的综合，离不开对前人研究方法的综合。赖尔的地质巨著《地质学原理》也是综合的产物。正因为如此，历来都有人"看不起"赖尔的地质进化论，其重要理由之一便是其书中所述的理论与方法差不多都是前人说过的，赖尔只是把这些地质思想编纂一下，加入一些实例而已。很显然，这些人不知道赖尔的"综合"中就已包含了创造，甚至是重大的创造。

进行地质创造，千万不要忘记"综合"。

(2)还原原理

创造学研究表明，任何发明创造都有其创造的起点和原点，就某一个层次来说，创造的起点可以很多，但创造的原点则是唯一的。创造的原点可以作为创造的起点，但任何创造的起点都不能作为创造的原点。因此，有意识地研究已有事物的创造起点，并顺着某一个已知的创造方向反回追索到它的创造原点，再从创造的原点出发利用思维的发散性去寻找多种创造方向，从而更好地用新的思想、新的技术去进行创造。这种从原点出发去解决问题，或者说先回到根本上再去抓住关键来进行发明创造，就是应用还原原理的创造。以锚的发明创造为例。在创造中可先找到一个已知的起点，比如重量很大的铁锚，然后进行反向追索(即反方向追索其发明史上的若干重要发明起点)：很重的铁锚→重量不大的铁锚→木爪石碇→石碇。在追索到"石碇"的最初原点后，人们便不难还原出其石碇的本质是"能够将船舶固定在水而上的一种装置"。从这原点出发，充分利用发散性思维来考虑"能够将船舶固定在水面上的装置"后就很容易地发现，依靠重物(即石碇、铁锚等)抛向水底来固定船舶，直至发展到越来越大的大铁锚仅仅是一个创造的方向而已。如果改变一下方向，人们即顺利地发明了与现今铁锚完全不同形态与结构的火箭锚、螺旋锚、冷冻锚、

吸附锚等等。

在地质学中，有许多现象都被前人反复地观察并研究过，然而，由于种种原因，人们对地质现象大多只沿着某一个既定的方向去进行研究，至多是各人选择的起点不同而已。例如，如何正确地划分年代地层单位界线的问题可以说至今尚未取得什么令人满意的进展。如果用还原原理来分析就不难发现：每个年代地层单位界线的每一种新的划分方案虽然都可算一个创造，但它们均属于同一个方向内不同起点上的创造而已，它们都没有回到创造的原点上，即没有从根本上来把握界线的本质，故而长期以来一直存在众多的争端。比如，仅石炭、二叠系的界线标志竟有 30 余个，虽然这 30 余个界线都具有创新性，但它们都是在起点上的创造，并没有还原到原点上去从本质上解决问题。据此，作者根据还原原理握出了一整套地层对比的新方案，取得了较为满意的研究成果。

(3)移植原理

所谓移植，就是把某一领域内的科学理论或技术发明(含有关创造的原理、环境、过程、思路、方法、手段及成果等)应用到另一学科或技术领域之中的研究过程。研究表明，移植往往能取得很好的创造效果。

地质移植一般有两个含义：一是把某非地质领域内已知的理论、概念、研究过程、思路、方法及成果应用到地质学的研究中，促进地质科学的发展；二是把地质科学中一个分支的研究方法或成果用于另一个分支中，比如把对冰川地质作用的一套研究方法与机理移植到对滑坡、泥石流的研究，就可解决许多疑难问题。当然，对于地质移植来说，主要的还是思想的移植与方法的移植。作者曾把哲学上的时间概念及其研究成果移植到对若干地质事件的研究中，得出了新颖的时间与地质时间的概念，继而又引发了一些地质创造上的其它成果。

总之，移植、交叉、渗透是当前科学发展的一个趋势，也是地质创造的一个趋势。要发展地质学，就应该密切关注邻近学科的发展现状，主动将其中的有用部分移植到地质学中来。

(4)换元原理

由于地质现象的复杂性及地质研究工作的特殊性，从而使有些研究对象，如深部地质及地球历史中的地质变化等，蒙上了看不见摸不着的特色，因此对它们直接进行研究往往就很困难。对此，可采用另一个自然现象，甚至人工的现象来代替欲研究的对象进行有关的研究，然后把研究的成果通过分析、筛选后反过来用于被替代的地质现象中。这种主动调换一个类同的现象来进行的研究就叫地质换元。

模拟(实验)是地质换元的最常用的方法，尤其在地质研究的早期，或者在开辟一个新领域、创造一个新理论时，常常要用模拟(实验)的方法。李四光在创建地质力学时就采用了不少模拟；岩石学家鲍文提出岩浆的分异学说后，也是先在实验室里进行模拟；作者在研究蜓类动物壳体受力时，亦采用了各种蛋类为对象进行破碎实验的模拟，从而否定了传统认为的蜓类隔壁褶皱是为了加大壳体抵抗能力的错误认识。

模拟换元的前提条件是模拟物与被模拟物之间必须有相同的属性，否则不能进行换元，它们之间相同的属性越多，其换元就越清晰，其结果的可靠性也就越大。

此外，在地质创造中还有一种换元可暂称为“时空换元”，即为了研究过去所发生的地质事件，常常把时间这个“元”换成现在可以观察到的空间“元”来进行研究。例如，为了研究河流的发展历史，人们在看不到过去河流具体演变的情况下，通过分析可以对现存河流的不同流段进行研究，结果一般把上游段作为其发展的幼年期，把下游段作为其发展的老年期来对待。这样，人们便可以在同一的时间里去研究河流在不同时期中的演变过程。其实，达尔文对于珊瑚礁形态发展的研究、威尔逊关于大洋地壳从开裂到最后闭合的六个时期发展过程的研究等等，都在一定程度上使用了“时空换元”的原理。

除了上述的 4 个地质创造原理外，在地质创造中还经常使用的有逆反原理、迂回原理、群体原理等等。

5. 地质创造性思考

由于地质学所研究的具体对象常常是看不见、摸不着的(如地壳深部的地质、地史中的地质等等),或者虽然可以看见,但常常难以全部看见(如覆盖、缺失及只能见到部分钻井的岩芯等等),因此,在地质创造中思考就成为一种极重要的研究手段了。有时,即使一个地质现象可以完完整整地见到,但若要进行深层次的、创造性的研究,同样也离不开思考。

根据创造学中一般的创造性思考原则,结合到地质创造中的一些具体情况,我们提出如下一些思考的原则或方法。

(1)步步追踪

地质现象是各种地质运动最终的综合性反映。由于地质运动的长期性和多样性,它最后保留下来的地质现象就非常复杂,这对于地质研究来说,确实产生了困难的一面。然而,正是这种复杂性的本身,正是一个地质现象中所含有的千万个信息或性状,决定了在该地质现象中多多少少总会保留一些能够探索真理的蛛丝马迹。因此,不失时机地从这些残留的珠丝马迹中抓住关键,再一步一步地深入追踪下去,从已知到未知、从现实到可能、从现象到本质、从个别到一般地进行系列追踪思考,就会引出一系列的问题,并由这些问题再追踪到相关的解决方法,最后完成地质创造。步步追踪还可具体地分为野外地质追踪、问题连锁追踪、文献资料追踪、步步因果追踪等等。就拿因果追踪来说,看到一个地质现象的人如果只以一步追踪其原因者,就可能进入创造的境地(但这一步须是前人未曾涉及过的);如再能追踪一步,其创造的层次则明显提高;如若能追踪到第三步,那成果就很有可能具有一定突破的性质了。

步步追踪,就是沿着一条线索深入追下去。牢牢咬定,锲而不舍,即便是错误的,也要找出错误的原因并仔细分析之,决不半途而废。

(2)横向迁移

创造学中把这种思考方法称为水平思考法。

横向迁移,或叫横向思考,是相对于步步追踪、步步深入的"纵向思考"而提出的。世界著名创造学家、英国剑桥大学的爱德华·德波

诺教授曾研究过横向思考，并用形象化的“钻孔”来比喻之。他认为，纵向思考是在某一个固定位置上将一个孔（在很多情况下，这是一个为前人所钻的孔）钻得更深，它的最高形式是逻辑。科学家中许多人都擅长纵向思考，擅长在前人已选定钻孔的位置上将“孔”越钻越深，而横向思考则要求人们能经常地换一个位置重新去“钻孔”。

横向迁移，是指地质工作者从已有的知识出发向未知的领域迁移，它不是简单地在前人成果基础上直接追踪，而是独辟蹊径；不是在前人已开凿的钻孔中继续加大深度，而是另外寻找钻孔位置，寻找崭新的突破点。

横向迁移思考方法的根据是创造性思维的发散性。只有思维的发散才能产生新的、众多的思维方向，才能突破前人的研究框框和知识的范畴，才能在另一个或多个新的位置上“钻孔”，也才能产生突破，形成创新。

(3)极端激发

极端激发的思考也是一种创造性的思考方法。人们在研究某些地质现象时，由于干扰因素太多，因而有时要把所研究的对象推向极端，然后根据在极端状态下所出现的特殊现象来进行研究。比如，地质学中的典型标本、典型地区、层型剖面、标志层等典型地质现象的确立就是明显的事例。人们可以通过对典型标本的研究而详细了解一般标本的特征；对典型地质现象的研究而了解区域地质的概况。为此，人们常常尽力去寻找若干处于极端状态下的地质现象，通过对这些现象的研究来掌握一般规律。因此，极端激发法的说理性较强。比如，人们常以“如果所有的母亲都生男孩，那么……”用这样显而易见的极端思考来分析、批判重男轻女的错误思想就比较容易得到大多数人的认可。所以，极端激发的思考方法可以把不明显的现象明显化，把模糊的概念清晰化，它实际上是在思考中起了放大镜或显微镜的作用。

在使用极端激发时要注意，有时在极端状态下的一些属性与表现，并不完全适用于一般情况之中，因此，要及时地检验其思考结果

的正确性，而不要盲目地推广到一般中去。

(4)引向荒谬

引向荒谬的思考方法是从现有的现象或结论出发，通过周密而严格的逻辑思考从而引出明显错误的、不真实的结果，然后反过来对现有现象或结论提出疑问或否定的思考方法。

一般说来，地质学中的一个结论如果是正确的，那么以它为基础而进行的所有合乎逻辑思考所产生的结果也应该是正确的。据此，我们便可以任意对一个已有的结论进行严密的逻辑思考，并及时地检验其思考的结果。

"以其人之道还治其人之身"是引向荒谬思考法的重要表现形式。地学界中的传统是很深的，地质创造方面的成果、论著一般又都要冲破传统才能发表、出版，在此，引向荒谬的方法往往可以引起人们的注意，从而比较容易地得到他们的支持，有利于新观点、新思想的传播。作者就曾用此法对现有传统的地层对比的本质问题进行了分析，比如，将"同一个生物种化石在世界各地最初出现究竟是同时的，还是不同时的?"引到了荒谬的"同一个生物种化石在世界各地最初出现既是同时的，又是不同时的"结论之中，最后才对地层对比的实质进行了一系列的研究，并取得了明显的成果。①

(5)反面求索

反面求索即主张人们要有意识地、主动地利用创造性思维中的逆向思维来从反面对一些事物或地质现象进行非常规的思考。

李四光就极力主张对事情反过来思考、反过来做一下。其实，李四光地质力学中的"反序法"就是反面求索的典型。

一般情况下，人们普遍强调对于地质现象应多问几个"为什么"，这确实是思考的重要方面，然而，从创造的全义来说，仅仅如此还很不够，人们还应该从反面问一下："为什么不呢?"这样就容易把事物看或是它从来没有过的样子，从而引发自己的创造性思维、导致创造

① 参阅本书第二章第三节。

的开始。

总之，在进行地质创造时，其思考的方法一定要灵活、开阔，不能死套逻辑，要多角度、全方位、远距离地从各个方面获取多种信息，进行开放性的、有主见的思考。在思考中既不要受前人或他人思路的限制，也不要受自己思路，尤其是曾使自己成功了的思路的限制和诱导。这样，就能极大地发挥出人们的创造性。

第六章　地学价值论

价值是个关系概念。它反映一定主体与客体的利益(需要)的关系。价值,表示外界物(客体)对主体需要的肯定(正价值)或否定(负价值)。

地学价值,包括:(1)地球科学的价值;(2)地球物质客体的价值。这里我们主要讨论地球物质客体的价值。

第一节　自然价值概念

人类远古时代,在古人与自然关系中,人的力量过于弱小,自然的力量过于强大,人类完全依靠自然界生活。这时,自然价值是毫无疑问的,上至帝王将相下至平民百姓,无不信天、敬天、尊天和畏天,无不对自然(天)顶礼膜拜。这是人类图腾崇拜和自然崇拜的文化时代。

随着社会生产力发展和科学技术进步,人对自然取得一个又一个胜利,人走向否定自然的道路,人成为唯一的价值尺度,只有人具有价值,自然界没有价值。

一、自然价值概念的提出

现代西方哲学和科学,认为自然界是没有价值的。依据康德,人是目的,而且只有人是目的,人的目的是绝对的价值。西方的哲学和科学,不仅主张人与自然分离、科学与伦理学分离,而且认为在科学与伦理学中,事实与价值的分离,在是什么和应当怎样之间有不可逾越的鸿沟,从而发展了"只有人才是重要的"的哲学、科学和伦理等。

虽然人们在自然价值的基础上创造和实现文化价值,但是人们只承认文化价值,不承认自然价值。在经济生活中,虽然人们竞相向自然索取,把自然资源作为重要的经济资产进行开发利用,但是人们

① 本章为社科院哲学所余谋昌研究员执笔。

却不承认它具有经济价值。因为按照传统经济学，只有人类劳动产品才有经济价值，自然资源作为非劳动产品是没有价值的。我国是这样，西方和其他国家也是这样。美国学者克鲁蒂拉指出："一般美国人的观点同土地经济学家一样，直到最近还认为荒原、野地和一些所谓'待开发资源'毫无价值"。自然资源没有价值的概念一直延续到现在，即使对土地经济学有过杰出贡献的学者，如伊里和威尔伟，他们也认为："土地和自然一样无所谓生产成本。土地不是生产要素，在其被耕作和'从事生产'之前甚至不是消费品。"①

依据自然资源没有价值的观点，人们掠夺性地开发资源，常常以损害环境和浪费资源的方式发展经济，造成严重的环境污染和资源破坏，自然资源价值的损失成为制约经济发展的重要因素，出现经济不可持续发展的严重形势。

正是在这样的形势下，学术界才提出"自然价值"概念。

70 年代，美国皇家学会会员、经济学家阿伦·康特尔指出，人类全部活动，包括经济活动都在消耗环境质量和自然资源。但是资源无价、使用资源无需付费，导致了资源浪费和环境污染。因而他提出"环境费用和污染者付费"的问题。② 他认为"必须以这样或那样的形式给资源制定价格，以便限制消费和给予保护。"③

我国《生态学杂志》1987 年发表"生态学中的价值概念"一文，主张把"功利"和"价值"概念引人生态学研究和实践，承认环境质量和自然资源具有经济价值，实行自然资源有偿使用的经济政策。④

1977 年，美国学者安德森在《改善环境的经济动力》一书中指出，价格在资源配置中有重要作用，没有价格的宝贵资源被随意使

---

① J.V. 克鲁蒂拉、A.C. 费舍尔：《自然环境经济学：商品性和舒适性资源价值研究》，中国展望出版社，1989 年，第 10～11 页。

② 阿伦·康特尔：环境费用和污染者付费，见陈栋主编：《环境经济学与生态经济学文选》，广西人民出版社，1982 年，第 161～166 页。

③ 于光远等：《论环境管理》，山西人民出版社，1981 年，第 67 页。

④ 余谋昌：生态学中的价值概念，《生态学杂志》，1987 年，第 2 期。

用，引起环境损害的后果。这可能导致为这些资源定价。在市场经济中，价格在所有资源配置中发挥着关键性作用，可使资源得到最有效的利用。当经济系统中的市场功能正常运行时，每种资源利用的价格等于生产该种资源所消耗的资源的价格。①

1980 年，贾里尼在《财富和福利的对话》一书中，主张把海里的鱼的总量作为经济价值来计算。他提出"天赋遗产"概念，认为财富和福利是由自然的天赋遗产与人类努力的结合组成的。因而他提出"生态经济学"的价值观，即"利用价值观"。它包括各种物质和服务，例如湖水被污染，这是它的利用价值被破坏，对于饮用和游泳来说，它只有"负"的利用价值，或"减去的价值"。②

1975 年，美国学者克鲁蒂拉和费舍尔《自然环境经济学：商品性和舒适性资源价值研究》一书，提出一直延续到现在的关于资源毫无价值的观点是"不幸的"。他认为，"评价无法制造的自然资源的价值"，是自然资源保护再认识的重要问题，他们着重分析了自然资源的商品性价值和舒适性价值，并提出"选择需求"等新概念。③

1989 年，美国学者罗伯特·雷佩托发表"自然资源同样是生产性资产"一文。他提出，自然资源对长期的经济发展做出了重要贡献，但是迄今，自然资源被当作大自然恩赐之物，而不是生产性资产。一个国家可能耗竭其矿产资源，伐掉森林，侵蚀土壤，污染含水层，捕杀野生动物，使鱼类等水产濒临绝迹等，但是国民收入往往不登记资源财富的损失。这就严重地扭曲了经济评估。他认为，经济高速增长虽然能够通过开发资源而产生，但这是收入的虚假增加，宝贵财富的永久丧失。这种资源负债的经济最终是难以维持的。它对一个国家的

---

① R. 安德森等：《改善环境的经济动力》，中国展望出版社，1989 年，第 4～8 页。

② 徐崇温：《全球问题和"人类困境"》，辽宁人民出版社，1986 年，第 274～280 页。

③ J. V. 克鲁蒂拉、A. C. 费舍尔：《自然环境经济学：商品性和舒适性资源价值研究》，中国展望出版社，1989 年，第 10～14 页。

威胁是特别大的。因此，他认为必须把自然资源当作经济资产，即生产性资产。它的价值不在于投资成本，而在于其所能产生的潜在收入。正如一台机器由于损耗或过时而需要折旧一样，土壤由于遭受侵蚀丧失肥力也会贬值。①

如何对"自然价值"概念作出理论说明？余谋昌认为，一要承认自然生产力和自然界物质生产过程，自然价值是自然界物质生产过程创造的；二可以用事物的有序性——包括事物的结构有序性和功能有序性——的程度（负熵的大小）或信息量的大小来定义价值。② 这样，现有三类经济价值创造的过程都是提高事物有序性的过程：①社会物质生产过程，是人类劳动使自然物质形态发生变化，提高它的结构有序性或功能有序性，使它能满足人和社会的各种需要。这里人类劳动以负熵形式投入产品生产过程，提高了事物的有序性（信息量）。这是人类劳动创造价值的的过程。根据人类劳动提高的事物有序性程度，即人类劳动变天然自然物为人工自然物的信息量来评价它的价值的大小。②自然物质生产过程，这也是创造价值的物质生产过程。由于负熵流（主要是太阳辐射）的输入，植物、动物、微生物生产过程，把无机物质转化为生物产品，据高了自然事物的有序性（信息量），从而为人类对它们的利用创造了价值。今天我们利用的各种资源，包括生物资源和非生物资源都是这一过程所创造的价值。例如地下矿藏，它是受内力地质作用和外力地质作用，把分散的化学元素变为矿产，从而提高了它的有序性而可供人类利用。这是自然界物质生产过程。③知识的生产和使用作为创造经济价值的过程，也是提高事物有序性的过程。科学技术作为第一生产力，成为经济增长的首要因素，知识的创造和使用作为不同类型的劳动，它正在为社会创造越来越多的价值；而且，有人预言，在未来社会里，随着第5代电子计算机

---

① 《生态经济通讯》，1991年，第1、2期。

② 余谋昌：生态学中的主体与客体，《自然辩证法研究》，1988年，第2期，第28页。

(智能机器人)的发明,计算机从信息处理发展到知识处理,智能机器人成为经济价值的主要创造者,社会的经济价值越来越大的部分是由知识实现的。这时,直接形式的劳动交给机器人,"直接劳动本身不再是生产的基础,工人不再是生产劳动的当事者。"

二、自然界的价值

自然界从满足人的需要的角度,它的价值有不同层次的含义:①广义理解的自然界的价值,指生态系统对人的一般意义和作用。例如自然条件和自然资源,包括宇宙、地质、地理、气象、水文和地文、生物和矿藏等,它是人类生存的基础。此外,现在认为对人类没有直接功用的动物和植物,如千百万种昆虫,以及荒野等,由于它们在生态系统中的地位和作用,对维护生态平衡有重要意义,因而对人类是有重要价值的。②表示事物对人的效用,即它的可利用性,或使用价值。例如清洁的空气和水源、原始森林和草地、肥沃的土壤、野生动植物和各种矿藏,它们虽然不是人类劳动产品,但对人具有重要的使用价值。③狭义的理解,即自然资源具有经济价值,它进入商品市场,应作为生产性资产,在生产过程中对它们的使用应计人成本。

这种价值观是从自然界具有多种功能,如资源供应的功能、消纳废物的功能、生命维持的功能、维持地表生物地球化学平衡的功能等,强调地球对人类生存的重要性。这里,人类不仅把自然界作为获得资源的源泉,满足人类各种需要,是人类生存和发展的条件;而且,要把自然界看作是重要的调节器,在"人-自然"系统中,它不是外因(外部条件),而是系统的内在机制,因而人类要把保护环境和维护生态平衡作为社会的重要目标。

根据这种价值观,人对待自然的态度就不能仅仅从消费者的立场出发,而且要从建设者的立场出发,把利用自然、开发自然与建设自然统一起来,在从事经济建设的同时注意环境建设,协调经济发展与环境保护的关系,使历史向人与自然和谐以及人类本身和谐的方向发展。

1992 年 10 月,美国著名哲学家罗尔斯顿应邀在中国社科院哲

学所作关于自然界的价值的讲演。他认为，自然价值可以定义为被储存的成就，自然价值主要是：

(1)支持生命的价值。达尔文用生存竞争表示自然界的关系。这是自然界的一部分事实。自然界是一个很大的领域，它支持生命发展已持续几十亿年，创造了成千上万的生物。现在要问：自然界有没有独立于人之外的价值？是的，它有非常大的价值，支持生命的价值。

(2)经济价值。自然界的许多东西可以在市场上出卖从而得到经济好处。人们通过劳动把自然物转变为对人有用的形式，如砍树盖房，但人们说，房子的价值来自劳动而不是来自树。无论是马克思主义还是资本主义的经济学家都认为，价值来源于劳动，而不是来源于自然界。这只是部分真理。自然界包含丰富性，人类可以加以利用。因而价值既依赖于劳动，又依赖于自然界。有些价值是通过人类劳动产生的，有许多价值是大自然本身的产物。

(3)科学价值。自然科学研究自然界，物理学、化学、生物学、地质学等，它们研究自然界的不同方面。我们不要只庆贺科学家的技巧，而忘记了自然界的丰富性。科学告诉我们地球是什么？人是什么？人是从哪里来的？等等。人是后来才出现的，有了人才有地质学、地理学等科学。但有人竟傲慢地说：只有人才有价值，自然界没有价值。

(4)娱乐价值。人并不是所有时间都在工作，人喜欢做的一件事是娱乐。娱乐要到大自然中去，人是自然的欣赏者。高等动物是否也欣赏自然？人类欣赏自然与欣赏艺术品不同，欣赏一幅画、一支歌，它带有意象性，用不着所有感官，但是自然界没有意象性，它给人类以感觉。欣赏自然要用人的所有感官。在欣赏自然方面，也许东方人比西方人优越，西方人主要欣赏艺术品，东方人既欣赏艺术品又欣赏大自然。人的欣赏体验达到最佳状态，如观看星里和古老的岩体产生的体验，发生在大自然而不会在家里。

(5)基因多样性的价值。包括动物、植物、微生物物种基因，在农业中有重大意义，如抗病基因等，可以用它为人的利益服务。我们不能损害它的丰富性和多样性。

(6)自然史和文化史价值。人与自然相互作用在各种文化中都是突出的。每一个民族都有自己同自然相互作用的历史。自然史比文化史时间更长,人如果不了解自然史就不能理解人是什么,以及人在自然界的位置。只有了解自然史和文化史,才能更好地理解人。

(7)文化象征价值。如美国的鹰、苏联的熊、中国的龙。美国的每一个州都有动物象征,如科罗拉多州的独角羊。运动会也常常选某一动物为吉祥物。许多城市或街道用生物、河流和山川命名,或作为文化象征。

(8)性格培养价值。自然和自然史有利于人的性格培养。例如领孩子到大自然野游、观赏动物、看猫爬树、爬山等等,对性格培养是有好处的。

(9)治疗价值。大自然帮助生命恢复。如心脏病手术后,住房的窗户临大自然有利于恢复。

(10)辩证的价值。科学家告诉了我们自然界多样性,以及多样性统一。所有东西由原子和基本粒子构成,少数几种粒子构成了千变万化的自然界。自然界所有生物种有同样的 DNA 和 RNA,人的化学机制与动物的化学机制相同。所有物种具有相同的东西,表现了自然界的统一性。

(11)自然界稳定性与开放性价值。自然界具稳定性,如橡树的种子只生长出橡树。但是它又常常给人以惊人的、不遵循规律的现象,如果到另一个国家,成另一个森林,人们又会发现别的地方所没有的新物种。自然界的稳定性和开放性都有价值。

(12)尊重生命的价值。自然界的道德价值。

(13)哲学和宗教价值。从哲学和宗教的角度思考生命的意义,把自然界看作是神奇的。别的星球是不是也有生命呢?从航天器中看地球,它是非常美丽的,它是人类的家园,也是其他生命的家园。我们是地球上丰富生命的一部分,我们要尊重、欣赏自己作为它的一部分的自然系统。

罗尔斯顿指出,我们说自然界有价值,基于它对人类需要的满

足。这里"有价值"是对人而言的，表示我们对它进行评价。这种观念是部分真理。因为整个星球有能力创造价值，大自然创造了多种多样的事物，怎么会设有价值呢？如果认为只有人有价值，或者只对人有价值，那么就丧失了对我们所来源的系统的评价与欣赏。许多年来，人类不关心大自然、星球本身自动地进行调节，但是现在人类已拥有巨大力量，可能伤害其他物种和整个星球。这就提出一个观点：人类从关心自己的福利而关心大自然。基于人类利益的伦理学对环境保护是足够的，但是，它不能深刻和全面地理解大自然是一个综合整体，因而有必要建立新的环境伦理学。

三、自然界的外在价值和内在价值

罗尔斯顿指出，承认自然界对人有价值，这只是部分真理，因为自然界不仅对人有价值，而且自然界创造价值，它自身具有价值，独立于人的价值。也就是说，自然界具有外在价值和内在价值。这是关于自然价值评价的两种尺度的问题，或关于自然价值两个层次的分析。

自然价值从文化的层次，或人类的层次，是指以人为尺度进行评价。上面我们关于自然价值的讨论，主要是以人为尺度的评价。从这个尺度，作为客体的自然物能够满足主体人的需要，实现主体的利益，因而说自然界是有价值的。从这个尺度进行评价，自然界对人的价值可以分为它的商品性价值和非商品性价值这两大类。商品性价值是指它作为生产性资产的经济价值，它进入商品市场可以一定的价格出售。在这里我们说，原始森林里的树、海里的鱼和处女地，与人种的树、人养的鱼和人培育的土地，它们具有同样的经济价值，在商品市场上可以同样的价格销售。非商品性价值，例如生存价值，维持生命生存以保持稳定和健全的生态，这对人的福利是不可缺少的；消遣价值和美学价值，满足人类的审美、娱乐、欣赏的需要（如果它们作为旅游资源进入市场还具有经济价值）；医学、科学、哲学、史学和宗教价值，等等，它是人类精神、智慧和创造力的重要源泉之一。

值得注意的是，自然界的生态价值不能仅仅从经济的角度进行

计算，而且有的甚至不能进行商业性价值计算，例如绿色植物光合作用的价值，它把太阳能转变为地球有效能量，地球上的人类和其他生命，都靠植物转变的太阳能维持；从植物的光合作用开始，经过动物的消费和微生物转化的生态过程，是生态系统物质循环、能量转化、信息传输的生命过程，它源源不断地生产植物蛋白、动物蛋白、纤维和其它各种生物产品。森林、草原、渔场和农田这四大生命系统，它的稳定、健全和运行，对于社会经济发展和人类福利有至关重要的意义；生物创造和维持地球适宜生命生存的条件，维护地球表面生物地球化学平衡，如氧平衡、碳平衡、水平衡和其它化学元素和化学过程平衡，对人类和其他生命生存也是至关重要的。自然界的这些价值，虽然不能进行商品性价值计算，但是这些价值具有不可替代的性质，人类过程（除了在极小的范围内，例如人工生物圈或宇宙飞行器中人工环境设计）还无法创造，在这个意义上，它是最高价值。

面且，就在可以进行经济价值计算时，例如对森林的经济价值进行计算时，科学家认为，森林在涵养水源、保护土壤、防风固沙、维持生命和保护环境等方面创造的经济价值超过它作为木材的价值的20倍以上。一般说来，生态价值的非商品性方而高于它的商业性方面。因面，只从经济学的角度对自然价值进行评价，或者只从经济学的角度采取开发、利用和保护自然的措施，这是非常不够的，或者是难以奏效的。莱奥波尔德指出，以单一的经济私利为基础的自然保护系统，是一个没有希望的不平衡系统，即使是缺乏商业价值的许多物种，它们对于经济的健全运转也具有非常重要的价值。①

罗尔斯顿指出，自然价值是自然界的性质，是由自然系统或自然物质的结构决定的。例如，自然价值在以和谐的生态关系或自然关系表现时，可以从两个层次进行分析，一是生物学的层次，即生物与非生物的自然关系价值；二是文化层次，即人类的层次，是人与环境关

① A.莱奥波尔德：《沙乡的沉思》，经济科学出版社，1992年，第210～211页。

系的价值。也就是说，自然界不仅具有以人为尺度的、工具主义的价值；而且具有以它自身为尺度的、非工具性的内在价值。

自然价值，当以人为尺度进行评价时，它作为人的工具，满足人的需要，这是自然界的外在价值。那么，这种价值是主观的还是客观的？罗尔斯顿认为，自然价值是自然界的性质，是由它的结构决定的，因而是不以人的意志为转移的客观实在。虽然它是客观的，例如马铃薯有营养，对于人来说这种营养价值是客观的，但是，另一类关系，例如鹰的雄姿，对于满足人的欣赏需要来说，它又似乎是主观的。在这里自然价值的存在，是由于人主观地意识到和体验到，并在个人的经验中享用这些价值，因而说自然价值是主观的。

自然价值，当以它自身为尺度进行评价时，表现为它自身的生存，这是自然界的内在价值。罗尔斯顿指出，我们说自然界和自然历史是有价值的，这不仅仅是人类赋予它价值，而是由时间和历史永远地赋予它的，它具有内在价值。例如，生命及其遗传信息，即便在荒野中，不管人是否体验它，它客观地存在着。因而我们说，自然界的价值既是内在的又是客观的。这种评价并不只是由人的经验判断的，而是由一种逻辑必然性产生的。①

因此，从"人-自然"系统的整体性观点来看，人与自然这两大要素处于相互依赖和相互作用中，其中每一方而的存在，既是自身存在，又是另一方存在的条件；每一方而存在既表现为自身生存又是利于他方生存。也就是说，每一个方而既是自身生存目的，又是他方生存的手段，包括人在内的所有生命，都处于这种生态关系中，从而构成生态系统相互作用和合作协同的整体性。人、生命和自然界在这一整体性中，既表现为自身存在，即自身的内在价值；又表现为他物的手段，即外在价值。因而它是目的与手段、利己与利他或权利与义务的统一，是内在价值与外在价值的统一，这是人、生命和自然界生存

---

① H. Rolstom, Human Values and Natural Systems: Society and Recources, 1988, pp. 271～283.

的性质。

第二节　矿产的价值观

我们关于地学价值的研究主要讨论地球物质客体的价值。第一节我们讨论了生物和环境资源的价值，在这里我们主要讨论矿产资源的价值。

一、提出矿产价值观的现实性

矿产资源开发利用支持了长期的社会经济发展。但是，由于矿产是非人类劳动产品，人们不承认矿产具有经济价值，并用一些片面的观点作为人们行动的依据，造成矿产资源的浪费和破坏，使我们陷入困境之中。从矿产价值的角度，我们认为需要摈弃如下的片面观点。

1. 摈弃“矿产资源无限，取之不尽用之不竭”的观点

曾经在很长的时间里，人们认为自然资源，包括矿产资源是无限的，它取之不尽用之不竭。因而长期以来，人们并没有节约和爱资源的意识，滥用资源成为一种习惯，形成一种浪费型的经济。这种浪费型的经济不仅表现在工业生产和农业生产中，而且表现在社会生活的各个领域，常常以牺牲和浪费资源的方式实现社会需要的满足。有的资料说：“社会物质生产从自然界取得的物质中，被利用的仅占3～4%，而其余96%则以有毒物质和废物的形式被重新抛回自然界。工业发达国家每人每年消耗大约30吨物质，其中仅1～1.5%变为消费品，而剩下的则成为对整个自然界极其有害的废物”。①

这种估算也许过于严重了。中国国家环保局局长解提华指出，“我国总能源利用率只有30%左右，矿产资源利用率仅40～50%，社会最终产品仅占原材料投入量的20～30%。”②

这种浪费型经济不仅造成严重的环境污染，而且加重资源短缺

---

① Ю. Т. 弗罗洛夫：《人的前景》，中国社会科学出版社，1989年，第149页。

② 《世界环境》，1996年，第3期，第3页。

和能源危机的形势。人们重新审视传统关于资源的观点，形成新的认识，学者指出，特别是像矿物这样的不可再生资源，它的埋藏储量是有限的，随着它的大量耗用，许多矿物最终耗竭的时刻正在迫近。图6－1表示了矿物耗竭的趋势；图6－2表示矿产资源的估计可采储量的使用期限；图6－3是煤和石油产量估计曲线，表明它们的产量将很快达到高峰，此后将迅速下降和最终耗竭的趋势。①

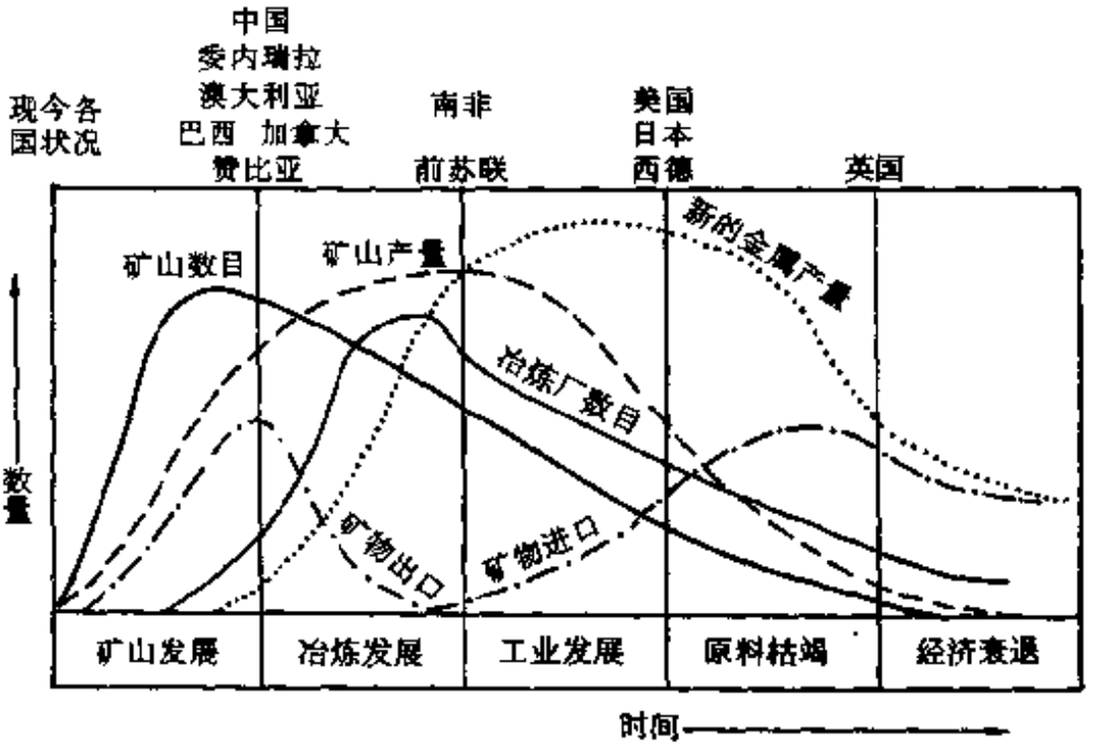


图6－1　矿物耗竭趋势

（引自J.T.哈迪：《科学技术与环境》，1984年）

我国矿产资源也同样面临严峻的形势，据估算，在45种主要矿产中，目前有6种存在储量不足或地质工作程度不够的问题。到2020年，其中的绝大多数矿产探明储量均不能满足需要。

① 刘国城等：《生物圈与人类社会》，人民出版社，1992年，第152～154页。

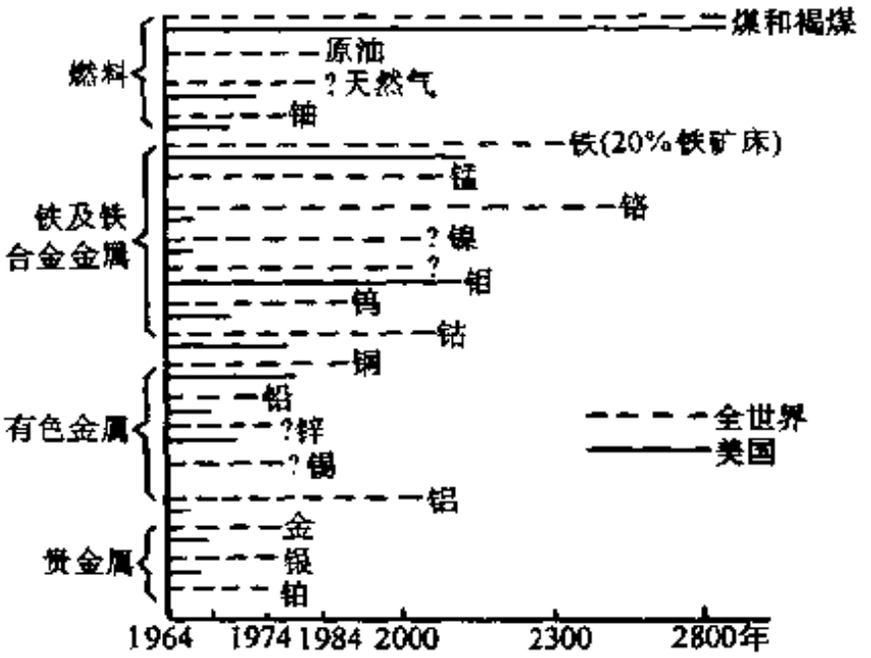


图 6－2　矿物资源的估计可采储量使用期限

（引自 P.R.埃利希等：《人口、资源、环境：人口生态学问题》，第二版，W.H.弗里曼公司旧金山版）

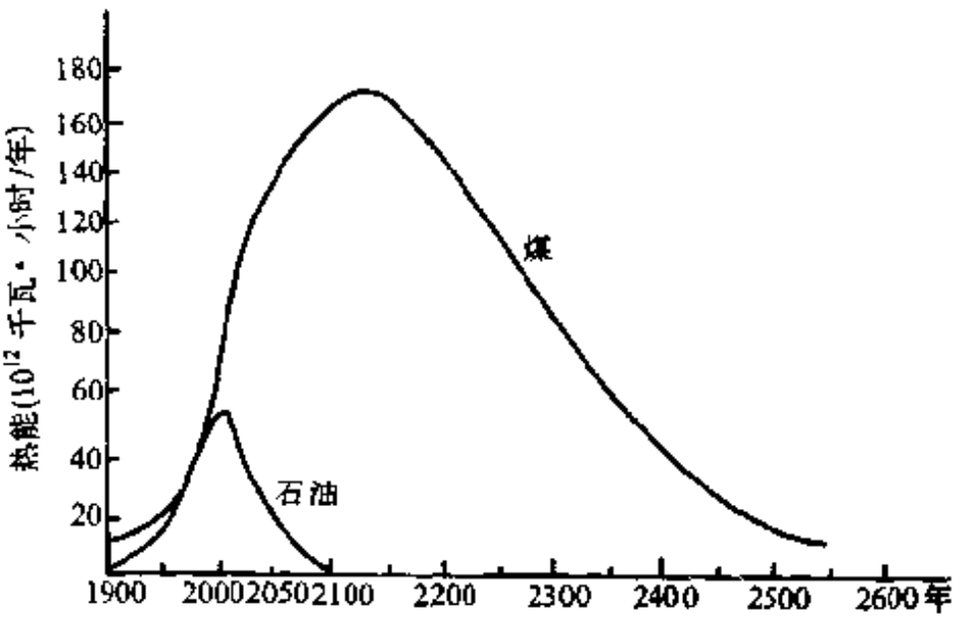


图 6－3　煤和石油产量估计曲线

实践表明，矿产资源是有限的，我们要摒弃“资源无限，取之不尽用之不竭”的观点，转变浪费型经济为节约型经济，树立资源有限、应给予更多的关心和爱护的观点，使节约和爱惜资源成为习惯。

当然，“资源有限论”并不为悲观论提供论证。因为“资源”概念是发展的，随着科学技术进步，虽然有些资源可能出现枯竭形势，但是人类可以开发更深地层的资源和丰富的海洋资源。地球上有许许多

多的物质，现在虽然还未发现它的用途，但人类一旦对它有了需要，它们将为人类提供无限的可供利用的可能性，即使某些资源枯竭了，人们可以找到它的代用品。因此，只要我们对待矿产资源采取爱惜和节约的态度，科学和合理地开发利用，地球有足够的能力维持人类社会持续发展的需要。

2. 摈弃"矿产资源无价，可以无偿使用"的观点

曾经在很长的时间里，人们依据只有人类劳动产品才具有经济价值的观点，认为不是人类劳动产品的矿产资源是没有价值的，人们对它的使用是大自然的恩赐，因而至今仍然实行资源无偿使用的经济政策。

各种矿石可以以一定的价格在市场上销售，例如金刚石和天然金块，它们的价格非常昂贵。这是由于它们非常稀少，物以稀为贵。尽管大量矿产，例如煤炭、原油和天然气，各种金属和非金属矿石，它们以一定的价格在市场上销售，但这并不意味着就认为它们具有经济价值，通常它们的价格是按照勘查、开发和运输到销售点所消耗的社会必要劳动计算出来的，它们本身并没有经济价值。

依据"矿产资源无价可以无偿使用"的观点，人们不断加剧对矿产的掠夺，从开发矿产中受益，又不必为之付出代价，而且常常以减少对矿井投资的办法，以最少的劳动开采到最大量的矿产，即使降低回采率，也在所不惜。特别是在小矿业不受控制地发展的地区，累累出现矿山受到破坏，矿产价值受到不可逆转的损失，达到异常严重的程度。

资源无价滋长了人们对矿产资源的掠夺，资源破坏已使经济发展陷入困境之中。为了走出困境，我们需要按照事物本来的面目，抛弃资源无价的观点，承认矿产作为重要生产性资产是具有经济价值的。它同人类建造的工厂和机器设备一样，在挖掘和投入生产过程时应当作为成本进行计算，对它们的消耗同对其它劳动产品的消耗一样计入成本，实行矿产资源核算，并将它纳入国民经济的核算系统。

这样，矿产价值计算和价格的制定，就不仅仅根据它们的勘查、

开采和运输所消耗的社会必要劳动，而且应当包括它自身的价值，即纯价值。有的学者认为，矿产如石油的纯价值，是它在国际市场上的价格减去开发和运输成本。我们认为，应根据矿产资源的质量设计各种矿产价值计算的模式。例如某一矿产的价值应包括如下因素：①它的质量（品位）的高低和使用价值的大小；②它的储量的多少，是否适合于大规模开采；③地质条件和埋藏深浅等，是否便于开采；④它的分布是否接近生产基地，是否便于运输；⑤开发和使用它时对环境质量的影响，即环境损害费用的大小，以及为了避免这种有害影响而支出的环境保护费用等。也就是说，根据矿产资源的质量列出若干主要参数，设计它的价值计算模式，并据此制定出各种矿产使用的价格，科学地实行资源有偿使用的政策。

3. 摈弃“矿产资源无主，可以谁采谁有”的观点

“资源无主，谁采谁有”，这是又一个传统价值观念。在矿产资源开发领域，它也有长期和广泛的不良影响，特别是在小矿业开发方面，矿产资源无主的观念，助长了滥挖滥采，导致矿产资源破坏，有的地方已造成非常严重的后果。应当说，这种观念的形成，同“资源无限”与“资源无价”的观念相关，在抛弃这两个片面观点之后，事实上已对批判“资源无主，谁采谁有”的观点作了理论论证。

在实践上，这种观点是违反宪法的，许多国家的宪法都规定，自然资源属于国家所有。我国宪法规定：“矿藏、水流、森林、山岭、草原、荒地、滩涂等自然资源，都属于国家所有，即全民所有。”

因而抛弃“资源无主，谁采谁有”的观点，树立“当代人和后代同样重要”的观点，实施“资源国有”和“资源共享”的政策，这是合理开发和科学利用矿产资源的重要条件。

这里需要指出，“资源共享”与“谁采谁有”是不同的概念。后者不仅侵犯他人的利益，而且是资源破坏的一个重要原因。“资源共享”，从时间的角度来说，“明天和今天同样重要”，“后代和当代人同样重要”，当代人需要的满足应以对后代人满足其需要的能力不造成损害为原则。从空间的角度来说，应当包括地区、国家的资源共享，以及人

与其他生命的资源共享。实施这个原则，应禁止任何组织或个人用任何手段侵占和破坏自然资源，制止“谁采谁有”的行为。

上面说的，概括起来就是，现实生活已经提出这样的问题，科学不仅要研究事实，而且要研究价值，弥合事实与价值之间的鸿沟。在找矿领域的科学研究中，我们不仅要回答“是什么”的问题，例如什么是矿，矿床是怎样形成的，到哪里找矿和如何找矿，即矿产形成规律和找矿的规律这样的问题，而且要回答“怎么样”的问题，即关于矿产和找矿的价值的问题。矿产价值的问题是社会现实生活提出的科学问题。

二、矿产资源的价值分析

矿产作为非人类劳动的产品，它的价值与社会物质生产的产品价值是不一样的。这里我们就矿产的价值及其价值创造，以及矿产价值的特点展开讨论。

1. 矿产价值及其价值创造

矿产价值是指矿产资源的有用性。这是由矿产的性质、它的物质结构决定的。这里主要涉及矿产的经济因素和地质面素，即矿产的有用性表现在两个方面：一是经济有用性，即已测定具有商品价值的矿物，它具有现实的经济意义；二是地质有用性，地质工作的任务是勘查尚未发现的矿床，依据对一定的地质条件的分析，即它的地质有用性，发现（或推测）具有商品价值的矿物，它对未来的经济发展具有重要意义。

问题可以这样提出，这个矿的价值怎样，是好是坏？经济学家和企业家关注的是它的经济有用性，即从矿山建设、采矿和矿产进入经济系统流动的整个过程，要求从这个过程获得巨大的经济利益。另一方面，地质学家和采矿工程师关注的是矿产地质有用性，依据对岩石和矿物形成规律的知识，明确它的真正存在和分布，从而确定到哪里找矿，能找到什么矿，以及依靠现有技术如何最优地把这些矿产开采出来。

美国 D. A. 布鲁伯斯特在“资源可用性分析”一文中，引用了由

V. E. 麦克维提出的资源分类框架。1973 年这一框架被用于美国地质研究专业文献。图 6－4 表示矿产资源的地质因素(地质有用性)与经济因素(经济有用性)之间的关系。①

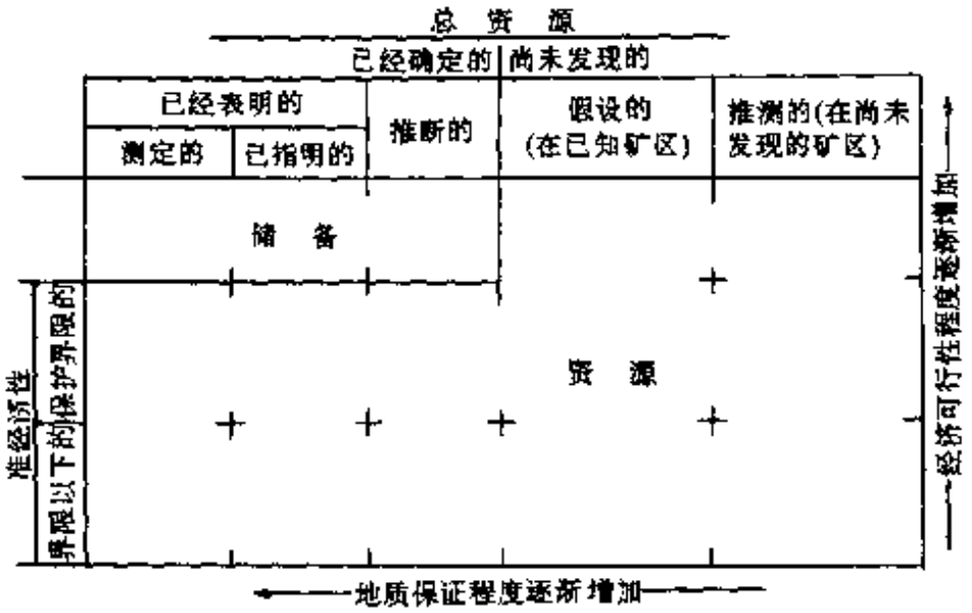


图 6－4 美国矿产局和美国地质局所采用的矿产资源分类

(引自:《美国矿产局和美国地质局的矿产资源分类体系原则》,地质局公报·1976 年)

也就是说,矿产价值主要包括经济有用性和地质有用性。它和社会物质生产过程制造的商品的价值的区别是:①它埋藏于地下,需要通过勘查、挖掘等生产过程才能进入商品市场,转变为现实的经济价值;② ②它不是人类劳动的产品,而是自然界生产力、自然界物质生产过程,即内力地质作用和外力地质作用过程的产物。它的价值是自然界的创造。

这里我们承认矿产资源具有经济价值,认为这种价值是由自然界物质生产过程创造的,这是对现实事物(现实的地质客体及其意义)的分析得出的结论。这种结论与马克思主义是不矛盾的。

马克思主义认为,自然资源,包括矿产资源,虽然不是人类劳动

---

① D. A. 布鲁伯斯特:资源可用性分析,《生态经济通讯》,1993 年,总第 67 期。

② 这一点很重要,这对于理解"交换价值就是交换人类劳动"有帮助。

的产品，但它是社会的财富，并且是劳动藉以创造经济价值的社会财富。恩格斯指出："劳动和自然界一起才是一切财富的源泉。"① 马克思主义还认为，劳动并不是使用价值的唯一源泉。马克思说："自然界和劳动一样也是使用价值（而物质财富本来就是由使用价值构成的！）的源泉，劳动本身不过是一种自然力的表现，即人的劳动力的表现"。② 他又说："人在生产中只能像自然本身那样发挥作用，就是说，只能改变物质的形态。不仅如此，在这种改变物质形态的劳动中还要经常依靠自然力的帮助。因此，劳动并不是它所生产的使用价值即物质财富的唯一源泉。正像威廉·佩第所说，劳动是财富之父，土地是财富之母"。③

这里，马克思主义认为自然资源是社会财富，它具有使用价值，因而应当承认它是有经济价值的。因为物品的价值和使用价值是统一的。物的价值的终极含义是使用价值，或者，物的使用价值是它的价值承担者，一物随着它的使用价值的消耗，它的价值也在消失；同样，随着它的使用价值增加，它的价值也在增长。虽然价值和使用价值是两个不同的概念，但它们之间是有极其密切的联系的。

这里我们从矿产具有使用价值，进而论证它具有价值。因为自然界和劳动一样是使用价值的源泉，既存在社会生产力，也存在自然生产力，这两种生产力推动两种物质生产过程，即社会物质生产过程和自然物质生产过程，这是创造价值的两种过程。这是矿产价值分析的基础。

2. 矿产价值的主要特点，它的多维性、多层次性和历史性

我们对矿产价值的分析，不是指某一矿物的有用性，而是指矿产作为资源整体的价值。从这样的角度，我们认为矿产价值有如下三方面的特点：

---

① 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社，1971 年，第 149 页。

② 《马克思恩格斯全集》，第 19 卷，人民出版社，1955 年，第 15 页。

③ 《马克思恩格斯全集》，第 24 卷，人民出版社，1955 年，第 398～399 页。

(1)矿产价值的多维性。从满足人类需要的角度，所有矿产都具有价值，而且矿产的价值是多种多样的，它具有多维性。矿产价值多维性的根源，从价值客体的角度讲是矿产的无限丰富性和地质的无限丰富性，以及它们属性的多样性；从价值主体的角度讲，人类需要的多样性。无比丰富和多样性的矿产可满足人类不同的需要，这样就形成了矿产价值的多维性。例如：

①矿产的经济价值，即经济有用性。这是矿产价值的主要方面。人们的找矿活动，主要是把矿物作为经济资产，拿到市场上出卖以得到经济好处。它进入生产过程，成为支持社会经济发展的重要因素。

②矿产的科学价值和自然史价值。人们研究矿床不仅形成了矿物学这门学科，而且在矿物学的基础上形成了地质学。正是依据储存于矿物中的记忆痕迹，即非常丰富的地球发展信息，人们才知道地球是怎样产生的，地壳是怎样运动的，依据这些记忆痕迹人们重建了地球的历史、太阳系和星系的历史，以及我们人类是从哪里来的、人类产生和发展的历史，等等。矿产作为科学研究的对象，为科学的发展提供了永恒的源泉和动力，它具有重要的科学价值和史学价值。

③矿产的美学价值。人们不仅以某一种精美的矿石，如天然金刚石、天然金块和天然矿石晶体作为审美对象，而且某一地层剖面的矿物学特征、地表岩体形成的奇峰异状和雄伟壮观、地下喀斯特溶洞千奇百怪的自然景观等等，都使众多参观者留连忘返，从中得到美的体验和审美情趣。由于矿物的丰富性，使人们可以欣赏和体验到其中的美景，满足了人类审美、休息和娱乐的需要。这是人类欣赏自然的重要方面。它的审美价值是永恒的和不可低估的。

④矿产的文化史价值。人与自然相互作用，变自然因素为文化因素，这是人类文化史的重要方面，其中矿物的作用是非常突出的。例如人们用“石器时代”、“铜器时代”和“铁器时代”来表示古代社会。“石器时代”是远古世界史时期，这时劳动工具是用天然的鹅卵石、火石、石英石、燧石、玄武岩石块等矿物，经打制做成劳动工具。考古学者又依据石器发展水平不同，把这一时期分为旧石器、中石器和新石

器时期，如手斧、石球、切割器、刮削器是旧石器时期主要工具；石锤、石钻、石刀、石箭头等出现在中石器时期；新石器时期以磨制石器为标志，出现磨光的石磨、石犁、石铲、石凿等。“铜器时代”是奴隶社会古代世界史时期，它以铜器使用为标志，最早是利用天然铜，以后用矿石炼铜，最后用铜和锡合金制成青铜器。“铁器时代”占据古代史末期和整个中世纪，大约公元前14世纪发明用矿砂炼铁。铁器使用使人类史进入了新阶段。恩格斯说：“一切文化民族在这个时期经历了自己的英雄时代：铁剑时代，但同时也是铁犁和铁斧时代。铁已在为人类服务，它是在历史上起过革命作用的各种原料中最后的和最重要的一种原料。”① 人类的历史是同对矿物的认识和利用相联系的。了解自己的文化史，特别是没有文字记载的远古和古代世界史，主要是依靠人类在矿物利用中留下的记忆痕迹，靠它可以重建人类早期的文化史，因而它具有重要的文化史价值。

⑤矿产的医学价值。我们的祖先很早就知道某些矿物的医疗保健功效。例如现存最早的一部药物学专著，即战国时期（公元前二世纪）《神农草本经》中，共记载药物365种，其中矿物药46种；明代医学家李时珍的《本章纲目》中，共收药物1892种，编排次序以矿物打头，共分16部62类，矿物类药物267种，分为水、火、土、金石四部，金石部又分为金、玉、石、卤四类。其中水类43种，包括天然水和某些溶液，如雨水、井泉水、盐胆水；土类61种，包括各种泥土、黄土、白垩、优龙肝（灶中土）；金类28种，包括金属、合金和金属化合物；玉类14种，主要是硅酸盐类，如青玉、宝石、玉母等；石类72种，为不溶于水的化合物，如丹砂、雄黄、空青、砒石、水银粉；卤类20种，为溶于水的盐类，如食盐、硝、硇砂、绿矾。② 至今人们仍然用许多矿物类药物作为治病或保健物品，如用矿物或矿物组合制成的磁性杯和矿泉壶

① 《马克思恩格斯选集》，第4卷，人民出版社，1955年，第159页。

② 王子贤、王恒礼：《简明地质学史》，河南科学技术出版社，1985年，第40～41页。

已成为重要的保健用品、矿泉水在饮品市场中占有很大份额等等，矿物的保健价值将继续不断地被开发利用。

矿产从满足人类需要的角度，它的价值主要是上述五个方面。但这不是全部，还可以列出许多方面。例如，它也为人以外的生物利用，具有重大的生态价值，面生命维持系统的保护又是符合人类利益的；它参与地表生物地球化学作用，形成生物地球化学循环的平衡，这也是人类生存所必须的。此外，矿物和矿产形成的辩证法，对人类的哲学思想发生重要影响，对宗教、文学、伦理学等意识形式也有重要影响，等等。它的价值具有多维性。

值得注意的是，矿产价值虽然具有多维性，能够满足人类不同需要，但是某一种矿物不能同时满足上述各种需要，而且，当满足某一种需要时，意味着它的其它价值的损失，因而在这里存在"选择需求"的问题，即通过价值评价，选择其中最迫切和最有意义的需要。

(2)矿产价值的多层次性。人类对矿物的认识和利用主要不以个人为单位，而是以一定的群体即以社会为单位，以一定的社会关系形式表现的。社会是有层次的，因而表现了矿产价值的多层次性。

从主体对矿物需要的角度，它的价值主要有如下层次：

①矿产对全人类的价值，满足物种 *Homo Sapiens*(人类)的生存和发展的需要。人们提出"只有一个地球"的口号，这是从全人类的角度看待矿产的价值，按照"全人类利益"相互依存的原则处理好"资源共享"的问题。

②它对一定历史阶段的人类的价值。由于矿产是不可再生资源，某一种矿产价值的开发是有限的，它们的耗竭将影响后代的利益，因面应当依据"明天和今天同样重要"、"后代和当代人同样重要"的原则，正确处理矿产利用的理在和未来、近期与长远需要的矛盾，以保证经济持续发展、人类持续发展的需要。

③它对一定社会群体的价值。现在人类主要以国家、阶级、民族和一定的社会集团的形式存在。这是人类开发利用矿产资源价值的最重要层次。在这个层次上，围绕矿产价值的开发所产生的矛盾、对

立和冲突也最为复杂和激烈。为了争夺某种矿产资源，甚至进行战争，如帝国主义之间争夺资源的战争、帝国主义对殖民地人民的战争等。例如1992年海湾战争，在很大因素上就是为争夺中东的石油。资源公有，现在主要是指国家所有。因而这个领域的问题，应该依据尊重主权和平等互利的原则协商解决争端，而不应该诉诸武力，不应发动掠夺资源的战争。

④它对个人和家庭的价值，这是人类利益最基本、最简单和最直接的层次。但是，矿产作为国家所有的资源，矿产开发是国家社会行为，虽然所有个人具有平等地利用矿产资源的权利，但是要依据个人利益服从国家、民族和集体利益的原则，正确处理个人利益与国家、集体利益的关系，特别是在小矿业开发中，必须批判"资源无主，谁采谁有"的观点，制止乱挖滥采破坏资源的行为。

(3)矿产价值的历史性。人们把矿产的价值定义为被储存的成就(自然界的创造)。我们开发矿产的价值，是把矿产的潜在有用性变为现实的有用性。这是需要有一定条件的。同具备这种条件相联系，表现了矿产价值的历史性。或者按另一种说法，人们总是在不同的社会历史形态中，在一定的时空条件下，通过一定的途径和运用一定的手段开发矿产价值的，它表现了一种历史性。同这种历史性相联系，表现了矿产价值的历史性。

矿产潜在有用性变为现实有用性的主要条件是：

①人类需要的发展。这是实现矿产价值的主要动力。地球上物质是无限丰富的，它们都是被储存的成就。人类一旦对其中的某种物质有了需要，就会依据这种需要去创造各种条件，开发和利用它们。人的需要是历史地发展的，例如人类利用的最重要的矿物，最早是石块，然后是铜和铁，现在人类开发45种主要矿产，表现了鲜明的历史性。

②人类对矿产认识的发展，是人类开发矿产价值的先决条件。当人们对矿产没有认识的时候，就是遇到了宝物也不知道它的价值。矿产对人类的价值是随着人们对它的性质的认识才被发现的。矿物学

知识的增长，使人区别了矿与非矿，从而把更多的物质作矿产资源开发，因而矿物学的历史发展同人类开发矿产价值的历史是一致的。例如化学元素概念的形成，化学元素概念的演化，人类对各种化学元素性质的认识，开拓了人类需要的新领域，并从而创造了实现这些需要的条件。

③以工具的改进为标志的生产力发展，提供了实现矿产价值的主要手段。人类把矿石从地下埋藏中发现和挖掘出来，转化为人类可供使用的原料或燃料，需要以工具为中介，例如必须具备一定的钻探工具才能查明地下有什么矿床，必须拥有一定的工具才能建设矿井，并把矿石开采出来。这里生产工具发展的历史性表现了矿产价值的历史性。

同上述条件的历史性发展相联系，矿产价值历史性的主要表现是：

(1)非矿到矿转化的历史性。矿与非矿的界限是相对的。它的主要标准是人类的需要，以及具备一定的科学-技术-经济条件去满足这种需要。只有为上述标准和条件具备时，地球上的某种物质才成为矿产。它的客观标准是某种地球物质所含有的有用元素及其物理性能达到当时科学-技术-经济条件可以利用的要求。人们对矿产价值的评价是上述主观标准和客观标准的统一。

从它的客观标准来看，非矿向矿转化，即矿产价值的形成有一个历史过程。也就是说，地球上分散的化学元素，经过岩浆活动和地壳运动，以及地球化学过程、物理过程和生物过程，即地质内力作用和外力作用，使某种化学元素在岩体中富集。当集中到一定的程度(人们常常以"品位"表示)以及它的量达到一定的规模时，这种富集某种有用元素的地球物质就称之为"矿"。地球上的矿产价值是自然界的创造。每一种矿产的形成都有一部历史，表现了矿产的历史性。

从它的主观标准来看，非矿向矿转化有一个过程，即人类对某种地球物质的需要，对它的科学认识以及开发利用，使它成为人类生活中的矿产。这里，人类对每一种矿产的认识、开发和利用也都有一部

历史。

(2)认识、开发和利用矿产价值的历史性。上面说到,矿物潜在有用性变为现实有用性有三个条件:一是人的需要;二是科学认识发展;三是技术工具进步。随着这些条件的出现,某种地球物质才成为人类利用的矿产。在这以前,虽然它们客观地存在着,但是人们并不把它们作为矿产对待。例如矿物燃料作为矿产来开发利用,主要是产业革命以来,到现在也不过 200 年的历史。虽然煤、石油和天然气发现的历史要早得多,例如我国 1000 多年前《汉书·地理志》记载上郡高奴县(今延安一带)"有洧水可燃"(指石油);晋朝《博物志》:"酒泉延寿县南,山名火泉,火出如炬"(指天然气),当时已用它煮盐;《元一统志》记载:"在延长县南迎河,石凿开石油一井,其油可燃。"① 但是,它们的开发利用要晚得多。世界上 1848 年开发出有现代工业价值的第一口油井(俄国巴库);1871 年开发了世界上最早的大油田(美国宾文法队亚布雷得福油田),② 离现在都不到 200 年时间。

在非矿向矿转化中主体性的作用主要表现在技术工具的进步。例如:①降低工业开采的品位,使低品位矿石转化为矿。如现在铜矿石的工业品位为 0.5%,即含铜达 0.5%时才叫矿,才能开发利用,随着需求增加和技术进步,许多地区已经开采品位为 0.4%的矿。科学家估算,铜矿开采品位如果从 0.4%降低到 0.2%,全世界铜矿储量就要增加 25 倍。②新技术的采用可以在废矿石和尾矿中提取金属。例如 70 年代国外采用堆浸法提取金的新工艺,近些年来中国地质科学院堆浸试验研究中心和河南、陕西、新疆等地也完成了万吨和 10 万吨级堆浸试验,取得成功。新疆阿勒泰地区富蕴县和地质四大队进行 10 万吨级低品位含金岩石堆浸试验,共堆浸矿石 110744 吨,原矿平均品位 3.62 克/吨,尾矿 0.4 克/吨,金浸出率为 90.61%,回收率

---

① 中科院自然史所地学史组:《中国古代地理学史》,科学出版社,1984 年,第 352~353 页。

② 王子贤、王恒礼:《简明地质学史》,河南科学技术出版社,1985 年,第 121~126 页。

87.75%，产金 11200 两，项目投资 504 万元，总产值 1680 万元，实现利税 1176 万元。此外，现在国内外正在开发生物工程，通过生物富集提取尾矿中的金属，从而为从非矿向矿转化提供了非常广阔的前景。③增加开采深度。现在所说的矿产，实际上是地下几百米至几千米的表层矿产，而大陆地壳达 30～70 公里，平均厚度为 35 公里，那里埋藏了极其丰富的矿藏；而且，地壳厚度不及地球半径的百分之一，更大量的化学元素埋藏在更深的地壳底下。随着科学技术进步，它们的价值的开发也是有可能的。④海洋资源宝库的开发，例如海底锰铁矿储量超过 15000 亿吨，其中经济可利用的按现有技术估算有 3400 亿吨，按平均含量计算，有 710 亿吨锰、23 亿吨镍、23 亿吨钴、15 亿吨铜。此外，海水中溶解有亿吨化学元素，虽然由于它们极为稀薄，现在还不能称为“矿”，但未来人类还是可能找到开发利用它们的方法，从而把海水中的有用化学元素作为矿产提取出来。

因此，非矿向矿转化，从它的客观标准来看是自然界成矿过程；从它的主观标准即主体性来看，包括人类需要、科学发展和技术进步，这些都是历史发展的过程，从而表现了矿产价值的历史性。

第三节　地学哲学价值论

上面我们说到，地学价值包括：(1)地球科学的价值；(2)地球物质客体的价值。我们主要就地球物质客体的价值开展讨论。因而，这里地学哲学价值论，主要是指地球物质客体价值研究和价值评价的理论。第一节自然价值概念，事实上是关于地球物质客体的价值的总体研究；第二节本来应当分别研究地球物质客体次一级层次的价值，如岩石圈，地质学的、地球物理学的和地球化学的价值；大气圈，气象学的价值；水圈，海洋学的价值；生物圈，生态学的价值。这是一些新的问题，由于我们的研究刚刚起步，这里我们仅仅讨论了矿产的价值这一问题。同样，现在关于地球物质客体价值评价的研究，也主要是指关于矿产价值评价，即找矿哲学价值论的研究。当然，任何理论，如果它是真理，那么它就具有普遍性。我们期望，关于矿产价值的研究

对其它地球物质客体价值的研究也有意义。

矿产价值论，一是关于矿产价值的研究；二是关于矿产价值的评价。上述关于矿产价值的研究，主要包括两个部分：(1)关于矿产价值观念的研究。在这里，矿产价值以观念的形式表现时，它是主观的，表现了它的主观性；但是，它又是矿产价值客观性的反映，因而具有客观性，而且，依据这些观念指导人类行为，它又表现了实践性。例如上面指出的有关矿产价值的三个片面观点，它是对客观的矿产价值的不正确的反映，人们依据这些观念行动，对矿产价值采取错误的态度，这是矿产资源受到破坏的重要原因。抛弃这些片面观点，树立矿产资源价值的正确观点：①矿产资源是有限的，应当百倍地珍惜和保护它；②矿产资源是有价值的，要实行矿产资源有偿使用的经济政策；③矿产资源有主，它属于国家所有，实行国有资源共享的政策。从而使我们关于矿产价值的观念是符合客观的。也就是说，矿产价值观念是关于矿产价值的主观性、客观性和实践性这三者的统一。(2)关于矿产价值本身的研究，涉及矿产价值、矿产价值的创造和矿产价值的特点。这里我们既从主体(主观性)方面研究矿产的价值，又从客体(客观性)方面研究矿产的价值，从主体性与客观性的统一，也就是从实践的角度研究矿产的价值。

下面我们就矿产价值评价的问题展开讨论，包括矿产的真理性评价、价值评价和实践评价，以及它们的统一。

一、矿产的真理性评价与价值性评价

人们找矿活动以及整个找矿过程，首先面临的问题是："这个矿是好是坏？"这既涉及矿产的真理性评价，又涉及矿产的价值评价。

所谓矿产的真理性评价，是它的认知评价，即人们有关这种矿产的知识，包括矿物学的整个知识体系，是不是真理。例如，首先需要区分矿与非矿。但是我们的目的是确定矿，因而在区别了矿与非矿之后就要回答'是什么矿'这样的问题。这就涉及矿产分类，即进一步需要研究某一种矿的性质与功能，主要是矿产的品位以及某种矿产的储藏量的规律等问题，以及它的化学元素及其含量、物质结构和特性

等。这种认识既是矿产分类的条件又是分类的结果。这是矿产认知的静态分析。为了找到它们，还必须进行矿产的动态分析，回答它是怎样形成和演化的，即矿产形成的规律性以及它与周围物质的关系，从而揭示矿产的价值，包括它的经济有用性和地质有用性。

鉴于找矿的目的是解决矿产与人类需要的关系，即把矿产从地下埋藏中挖掘出来，满足人类需要，为人类的目的服务，这就需要将它从真理性评价过渡到价值性评价和实践评价，这就需要将它不仅涉及某一矿产的物质结构的性质和化学成分等，还包括这种矿产所在的地理位置，以及它所处的条件，包括矿产的埋藏深度，它与围岩的关系，以便确定对它的挖掘技术和挖掘途径，以及采矿的整个组织管理路线。

矿产的真理性评价如何才是正确的呢？它需要经受三个方面的检验：①外部证实，即我们有关矿产的知识要建立在有普遍意义的事实的基础上，它不仅不与经验事实矛盾，而且是与经验事实一致的。②内部完备，即我们有关矿产知识的表述是准确的和需单的，是符合逻辑的，具有“自洽性”和“相溶性”，描述是和谐统一的，真理是简单明白的，让人一看就懂。③外部证实和内部完备最后受实践检验，以它们与实践相符的程度表明它是真理、部分真理或者谬误。

“这个矿是好是坏？”在解决了它的真理性评价之后，人们对它的认识仍没有完结，还必须进行它的价值评价，只有这样才能实现矿产对人的价值。

所谓矿产的价值性评价，是在它的认知评价的基础上，回答它能解决怎样的问题，具有什么社会意义，是否能够满足人和社会的需要。这里主要解决三方面的问题：①本体论的价值评价，即某种矿产的价值是否符合人的现实需要。它是以人为尺度进行评价的，它符合人的需要表明它有价值。这是由找矿决策决定的，或者是找矿决策的主要方面。②认识论的价值评价，即依据它的真理性评价和决策，制订找矿计划，主要要求这种计划与矿产的真理性评价和找矿决策相符。③实践论的价值评价，即依据上述评价结果，进行具体的找矿和

采矿实践。它要求人们的这方面的行为要与上述科学评价相符。当然，由于人类认知的相对性，在人们实践过程中不断修改自己对事物的真理性评价和价值性评价，这是经常发生的，而且这本身是使人的认识与实践相符所必须的，是整个认知运动过程的一部分。人类在这种认识与实践的矛盾运动中不断地接近认知真理和价值真理，这是永无止境的前进性过程。

矿产的真理性评价与价值评价两者是什么关系呢?简单地说，两者既有联系又有区别，不能把它们看作是一回事，又不能把它们机械地割裂开来。一般地说，前者涉及事实，回答"是什么"即真与假的问题。要求它符合事实，是真理，这里客观性原则是检验它的基础。后者回答"怎么样"即好与坏的问题。它涉及人的功利，以人为尺度进行评价，受人类的客观目的检验。最后，这两种评价在找矿和采矿实践中接受实践考验，达到统一。这是矿产价值评价的真、善、美的统一。

我们说它们之间的关系是非常密切的，因为矿产的真理性判断（认知评价）是它的价值判断的客观基础，如果我们对矿产的认知不是真理，或不含真理性成分，那么它就没有价值可言，也不可能实现它的价值；而且，错误的认识（例如依据上述关于矿产价值的三种片面观点采取行动），可能造成社会经济财产和自然资源的重大损失；如果矿产资源的真理性评价，它的真理性越高，即它越全面、正确和科学地反映了矿产的性质的特征，那么它就不仅具有较高的认知价值，而且具有较高的生产力价值，有助于人类找矿和采矿实践。

也就是说，矿产的价值评价和实践评价要建立在它的真理性评价的基础上，首先要求对矿产评价具有真理性。但是这种真理性的认识要落实在社会价值上，因而又必须从真理性评价过渡到它的价值性评价。最后这两种评价接受实践的考验，人类矿产实践又不断地修改和不断完善矿产真理性和价值性评价。

因此，人类认识和开发利用矿产资源的过程，包括它的真理性评价、价值性评价和实践评价，从真理性评价到价值性评价，从这两者到它的实践评价。反过来，又从实践评价到它的真理性评价和价值评

价。这是三者相互联系、相互作用和相互渗透的过程，是它们不断反复和不断完善的过程，也就是人们“认识、实践、再认识、再实践”的统一过程。这是人们向矿产真理不断接近的过程。

二、不同利益主体有不同的价值哲学

矿产资源作为人类社会生存和发展的物质基础，满足人类社会经济发展的各种需要。因而“这种矿是好是坏?”它的经济有用性和地质有用性的价值评价问题，主要是从主体（人和社会）的目的加以确认的。因为利益主体的层次性，表现了矿产价值的层次性，即它应满足不同社会层次的各种需要，如全人类社会的生存、国家经济建设、民族和地方的经济建设、矿山企业的利益、小集体和个人利益等。在这里，不同的利益主体有不同的利益目标，实施不同的价值哲学。

在世界工业化发展过程中，开发矿产资源的价值，主要是能源（如石油、煤炭和天然气资源）、原材料（如各种金属和非金属矿物），它们起了举足轻重的作用。不仅在资本主义发展的资本原始积累的过程中，而且在整个工业化过程中，依靠无偿使用矿产资源，特别是掠夺殖民地和半殖民地的矿产资源，提供廉价的能源和原材料。这里资本主义的矿产价值哲学是掠夺性的，找什么矿和开采什么矿，是按照利润最大化的原则来确定的，也就是说是以能赚到更多的钱为标准的。这是非常不公正的。我们要坚决反对这种价值哲学。

现在有些发达国家已经依靠掠夺资源发展起来，并形成资源帝国主义形式的支配和控制地位，继续在国际上实行不利于发展中国家的政策。例如在国际市场上实施由他们制定的制成品高价对原材料低价的政策，使世界财富不断地从发展中国家流向发达国家。这里，缺乏资源价值的科学评价，是使上述政策长期通行无阻的一个原因。因而资源科学评价应当成为克服这种不公正现象的一种努力。发达国家应依据资源有价和主权平等的源则，放弃他们的支配地位，并把它们攫取的一部分利润返回资源所有的国家，帮助他们发展经济。

拥有矿产资源的国家，通过资源主权——矿产资源所有、开发和利用的主权——的确立，行使发展自己独立自主经济的“发展权”。例

如，富产石油的国家组成欧佩克集团，首先废除过去关于石油权利的依附性协定，收回石油主权；接着行使国家主权，有计划地开采石油，大幅度地提高石油价值。这是符合矿产价值理论的。他们利用“石油美元”赚得的资金进行经济建设，行使自己的“发展权”。这种做法维护了自己的利益，打击了资源帝国主义形式的支配和控制的地位，对发展中国家走向经济自主和建设独立自主的经济具有重要意义。

我国是实行社会主义制度的国家，国家富强和人民幸福是社会主义价值观的出发点。按照这种价值观，我们要实施从实际出发找矿和开发矿产资源的方针。例如，找什么矿？到哪里找矿？开采多少？主要依据国家建设的需要，同时考虑本地区的地质条件，以及经济的科学技术的可能性，把资源开发实现国家宏观的经济效益和企业与矿山的微观经济效益，同矿产资源保护统一起来。这里要注意防止两种偏向：一种是主观主义唯意志论，不管地质条件是否可能（是否具备矿产的地质有用性），单纯强调需要而搞瞎指挥和一刀切，无休止地搞“××会战”，以国家和集体的名义蛮干，造成矿产资源的破坏；另一种是忽视国家经济建设需要，或者不考虑国家经济建设需要，不适当地强调“有啥找啥”。一个地区有没有矿，有什么矿，有多少矿，质量如何？均由客观地质条件决定，这是不以人的主观意志为转移的。而且，矿产资源的分布又是不均衡的，地球上存在的矿产，不一定每一个国家都那么齐全；一个国家拥有的矿产，不同地区不一定都有。资源分布的这种不均衡性是客观地质规律作用的结果，因而一个地区在具体确定应以哪些矿产作为普查勘探的对象或主攻对象时，就不能只考虑国家经济建设的需要，还要考虑本地区客观地质条件的可能性。也就是说，因地制宜，从本地区的实际情况出发，首先寻找国家建设需要而成矿地质条件又较有利的矿产，充分发挥各地区的资源特长，为在全国范围内实现资源配套，建立完整的国民经济体系贡献各自的力量。①

---

① 朱训：《找矿哲学概论》，地质出版社，1992年，第274～275页。

此外，矿产价值在一个国家的范围内还要满足地区经济建设的需要、工厂企业经济建设的需要、矿山企业建设的需要和人民生活利益的需要。这里要按照资源公有和资源共享的原则，正确处理不同利益主体之间的关系，主要是总体利益与局部利益的关系；国家、地区、厂矿企业和个人的利益关系；长远利益与近期利益的关系；当代人和子孙后代的利益关系。并以此决定找矿和开发的方向，坚持实事求是的思想路线。

三、矿产价值评价的两种尺度

矿产价值评价的两种尺度是指评价矿产内在价值和外在价值的尺度。

马克思在《1884 年经济学哲学手稿》中提出两种尺度的思想。他说："动物只是按照它所属的那个种的尺度和需要来建造，而人却懂得按照任何一种的尺度来进行生产，并且值得把内在的尺度运用到对象上去；因此，人也按照美的规律来建造。"①

从哲学意义上来讲，这两种尺度，一是指主体的尺度，二是指对象的（客体）的尺度。

主体与客体的关系是认识论的基本范畴。在这里，主体是指进行认识和实践活动的、具有意识和自觉能动性的人；客体是指主体认识和实践的对象。在认识论中，人是主体，而且只有人是主体，不承认对象的主体性。从认识是人类的活动这点来说，这是正确的。但是，认识又是人与对象的相互作用，从这个视角，上述看法也许是不全面的。

问题在于，过去人们只是从认识论的角度来谈论主体与客体的关系。因面只承认人是主体，人的尺度是唯一的，只有"一种尺度"，不承认对象的主体性，没有"两种尺度"。

那么在认识论的领域之外是不是也有主体与客体关系的问题呢？回答应当是肯定的，因为主体与客体的关系不仅表现在认识论的

---

① 《马克思恩格斯全集》，第 42 卷，人民出版社，1995 年，第 97 页。

领域，而且表现在存在论即本体论的领域，客观世界处处表现的两种事物的相互联系和相互作用事实上就是一种主体与客体的相互作用。

大家知道，本体论回答世界是什么的问题。它是关于存在的学说。当今世界可以从人地关系进行认识，从这个视角，世界是“经济-社会-自然”复合生态系统。这也是当今地球科学中人类生态学的表述。

在生态学中，主体不是唯一的，并不是只有人是主体。生态学研究生命与环境的相互关系，因而有“以生物为主体的生态”这样的概念，例如以生物个体为主体的生态（个体生态学研究的对象）、以生物种群为主体的生态（种群生态学）、以生物群落为主体的生态（群落生态等）、以生物圈的全部生物为主体的生态（全球生态学）。在这里，生物个体、种群、生物群落、生命活物质是生态关系中不同组织层次的生态主体（它是存在论的主体而不是认识论的主体）；与这些生态主体对应的环境是不同组织层次的生态客体（同样，它是存在论的客体而不是认识论的客体）。所谓生态过程，是这些生态主体与生态客体相互作用的过程。

人类生态学中，研究以人为主体的生态，包括以个人、家庭、城市或乡村、国家或民族、全人类为主体的生态，研究这些组织层次的生态主体与生态客体的相互作用，从而产生了庭院生态学、城市生态学、乡村生态学、区域生态学和社会生态学等。这里主体与客体的关系既是认识论的，又是存在论的。

而且，从存在论的角度，主体与客体的关系还可以推至地球发展的前生物阶段。马克思和恩格斯指出：“物质是一切变化的主体”。”① 尽管这是性质不同的主体与客体的关系。那么，是不是死物质也有“主动性”呢？物质自发的运动和自发的发展，表明世界上不存在无主动性形式的存在，只是在物质演化的不同阶段，有不同形式和不同程

① 《马克思恩格斯全集》，第2卷，人民出版社，1955年，第164页。

度因而有不同性质的主动性。物质运动的源泉在物质本身。这表明物质本身包含主动性。否则物质运动和物质变化的原因就得不到说明，只好求助于“上帝”。这里没有“上帝”，或者“上帝”就是物质的相互作用。

因此，我们对马克思关于“两种尺度”的这段话的理解是：①两种尺度是指主体的尺度和对象的尺度；②人作为主体的尺度不是唯一的，还有“动物所属的那个种的尺度”；③只有人懂得这两种尺度的问题，懂得把自己的内在尺度运用到对象上；④只有这样，人才能按照美的规律来建造。

从自然界价值评价的角度，这里马克思提出了自然价值评价的完整理论，关于自然界的外在价值和内在价值的理论。

从这两种尺度来看待矿产的价值，一方面是它对人的价值。这是在文化的层次（即人类的层次），在人与矿产的关系方面，是以矿产这一客体作为对象的，评价它对于人的价值。这是以人为尺度的、它作为人的工具的价值进行评价的。从这样的角度，矿产价值是由人的需要或者由主体的目的进行评价的，是由人的主体性决定的。就矿产而言，这是它的外在价值。另一方面，在自然界的层次，在它的自然关系方面，具有以它自身为尺度的价值，即它的内在价值。这是由自然物的结构和性质决定的。在这个层次，即使它埋藏在地下，不管人是否体验它，它客观地存在着，作为被储存的成就（自然界的创造），它的价值既是内在的又是客观的。这种评价不仅可以由人的经验来判断，而且是事物发展的一种逻辑必然地产生的。

从人的尺度评价矿产“是好是坏”时，就其内容来说，主要包括真理性评价、价值性评价和实践性评价。这种评价，一方面由矿产的物质结构和特定性质决定，它具有对象的客观性；但是另一方面，它又是以人为尺度，按照人的需要，并且是由人去评价和实现的，因而它又具有主体性，即人对矿产这一对象性关系中，人是对象的主体、它的价值的评价者和行为者。

以人为尺度进行矿产价值评价，从矿产价值实现的角度，主要要

处理如下两种利益关系：

一是国家、集体和个人之间的利益关系。矿产作为国家所有的资源，因而它满足国家经济社会建设的需要是首位的。当然在这个过程中也包括满足集体和个人的需要，集体和个人的利益在某种程度上也要得到承认和受到尊重。它们之间利益关系的处理原则是：当两者发生矛盾时，局部利益服从整体利益，集体和个人利益服从国家利益。

二是当代人和后代之间的利益关系，或者近期利益与长远利益的关系。这里既要满足当代人利益的需要，又要考虑后代的利益。它的主要原则是：满足当代人的需要以不损害后代满足需要的能力为限度。由于矿产是不可再生资源，因而按照上述原则，除了矿产资源的合理利用、充分利用和节约的原则外，某种矿产的耗竭速度，应不超过寻找它的代用品的速率。只有这样才算是正确处理近期利益与长远利益、当代人的利益与后代的利益之间的关系，才不损害未来发展的机会，实现了人类社会的持续发展。

其次，矿产价值从自然界的层次进行评价，它具有内在价值，即生命和自然界的生存。虽然“动物只按照它所属的那个种的尺度和需要来建造”，但是我们要承认这种尺度，并且把这种尺度应用于对象上，从而“按照美的规律来建造”。提出这个问题，不仅在理论上是有意义的，这就是要求我们在理论上承认“两种尺度”，承认自然界内在价值的客观性，而且这在实践上也是必要的，因为人类找矿、开发利用矿产价值的许多过程可能对自然界造成损害，包括环境污染和生态破坏，其后果不仅损害自然过程，而且损害人类本身的利益，从而使人类持续发展和生物圈持续发展受到损害，人和生物圈的生存有了危险。

也就是说，对矿产资源内在价值的承认，是根据人对自然界整体性的认识，把人本身看作是自然界的一部分，是“人-自然”有机整体的一部分。作为自然界整体一部分的人，不能以损害这个整体的形式谋求发展。但是在以往的人类活动中，包括找矿和开发与利用矿产

中，造成生态系统和生态过程损害的事是常有的，例如矿山建设（特别是露天矿）或矿产挖掘的过程中破坏生物栖息地，矿产的冶炼和利用中产生严重的环境污染，等等。这是以损害自然为代价谋求自身的发展的做法，是一种“杀鸡取卵”式的做法。因为它损害了自然界的整体性，因而最终对人类的生存造成损害。

因此，这里提出的问题可以概括为尊重自然的整体性，在具体的实践活动中，应正确处理人与自然之间的利益分配。人类对矿产资源的开发，在耗费资源的过程中必须对自然的消耗作出补偿，投入保护自然的资金，以保持自然利用与保护之间的平衡。例如采取如下的措施：①矿产资源综合开发和综合利用，力求采用新技术使采矿活动、矿产冶炼和利用不造成环境破坏，或者对这一过程可能造成的环境污染，采取污染控制的原则；②合理利用矿产，实行爱惜和节约资源的原则；③对矿山建设中造成的生物栖息地破坏，在采矿之后进行补偿，如矿山复垦、重建合理的生态系统，等等。

总之，矿产价值的科学评价，首先是从它的真理性评价到价值性评价。在真理性评价中矿产知识要符合客观事实，客观性原则是主体性与客体性的统一，这是知识真理性评价的基本原则。其次，从它的真理性评价到它的价值评价。在价值评价中，既包括它的经济价值评价又包括它的非经济价值（非商品性价值）评价，应是它的多价值评价；同时矿产价值评价包括的经济有用性评价，以及它的地质有用性评价，是这些不同方面的价值评价的统一。而且，矿产价值评价，应坚持价值评价的两种尺度，承认矿产的外在价值与内在价值，正确处理这两种价值的关系。这样，我们对矿产价值的评价又从它的科学评价过渡到它的道德评价。第三，依据上述科学评价和道德评价，制订正确的找矿方针，制订科学的开采、冶炼和综合利用的决策和计划，并实施这些决策和计划。这样，矿产价值评价就从它的真理评价和价值性评价过渡到它的实践评价。也就是说，矿产价值评价体现于我们认知、勘探、开采、利用和保护矿产资源的全过程，包括它的真理性评价、它的价值性评价、它的实践评价，这三者的统一，也就是它的真、

善、美的统一。

矿产价值评价以实现人类持续发展为目标，包括实现三个有互相联系不可分割的持续性：生态持续性、经济持续性和社会持续性。依据这样的目标，坚持科学的矿产价值评价，包括它的真理性评价、价值性评价和实践评价，我们将走向矿产资源的认知、勘查、开采、利用和保护的科学道路。

第七章　地学方法论

第一节　地学方法及其特点

地学方法的产生与发展是由地学的任务及其历史条件所决定的，但地学方法的形成与发展又影响着地学的发展。地学方法论的出现是地学成熟的表现。

地学方法源远流长。人与地球是对立统一的关系，由此决定了人的地学思维框架与认识方法。古代人类从他们所处的自然环境中形成了关于天与地的起源认识，其方法是幻想与猜测。后来人类积累了大量的实用地学知识，并和古代地学方法紧密结合在一起。这就是古代的地学观察与分析方法，它具有较浓厚的猜测性与神秘性，不是科学形态的方法。

科学的地学方法是近代大生产的产物。首先是地质观察方法的建立，接着是地质实验方法的产生，如布丰的火球实验与霍尔的火山流实验。然而影响地学历史的是地学理论思维方法的确立，这就是将今论古方法。

将今论古方法在批判神学自然观中诞生。达·芬奇批判了化石成因的天体作用论，提出了生物化石方法。接着，18 世纪建立了地层学的概念学方法。魏纳从岩相分析入手，建立了地层概念。居维叶提出了“标准化石”概念，使古生物学与地层学结合起来，完善了生物地层学方法。史密斯在实践上完善了生物地层学方法，提出不同岩层可用化石作为标志来划分的方法。但此时对于地球自然史的演化原因及其历程（地球动力学），此方法还无力回答。完成这一任务的是英国地质学家赖尔。赖尔提炼的将今论古方法是继承赫顿的思想而创造的。赫顿认为，摩西洪水说是神学观念，不能用来说明地球上的变化，只有用现在起作用的地质力量才能说明过去地壳岩层的形成与变化。由此他把缓慢发展的时间观念引入了地质学，为将今论古方法奠

定了现实主义基础。赖尔则继承了赫顿的观点，综合居维叶、史密斯的化石-地层方法，提出了将今论古方法。

(1)赖尔确认“现在是了解过去的钥匙”的原则，坚决反对古今不一致的“灾变”思想。

(2)赖尔结合化石-地层方法，系统地论证现今各种自然营力正是古代地球表面变化的原因，确立了渐变论立场。

(3)赖尔强调赫顿的“天律不变”原则，确认地质事件按接近均一速度而演变的原则。

赖尔把化石-地层-年代-将今论古等方法综合成完整的地质方法，把理性带进地质学中，宣告科学的地学方法诞生。

将今论古方法在近代地质学中得到广泛应用：与新的理论与技术相结合，建立了地质年代学方法，把地质历史的时间比较与地质构造的空间比较相结合，建立了域间比较方法；在地壳物质与地壳运动的成因研究中与综合性方法相结合，建立了地质综合性方法。

将今论古方法也有其缺陷。它认为地球上起作用的各种力是不变的。这样，本来是一种历史或演化的方法，却变成了非历史、非演化的方法，渐变论(均变论)导致了不变化。因此，将今论古方法对地学发展的影响是双重的，既有推动地学发展的积极作用，也有束缚地学发展的消极作用。后来地学的发展不得不冲破它的束缚，进入现代地学方法时期。

现代地学方法以综合性研究为特征，可以称之为“综合性方法”。本世纪初，魏格纳创立大陆漂移说，把以地学假说为特征的综合性研究方法引进了地质学。魏格纳阐述了提出大陆漂移说的思想发展过程：首先，他是在观看世界地图时偶然(机遇)发现大西洋两岸的相似性。其次，他有了美洲大陆与致洲大陆原本是一个大陆的想法(假说)才去查找资料。再次，他形成科学假说后才去进行科学论证。可见，他一反传统，摆脱形态描述与分析性归纳的路子，独辟蹊径地采用各种可能掌握的方法，综合运用，以论证自己的地质假说，此即地学综合性方法。

新的地学方法的出现，并非偶然事件，它是人类地质实践的必然结果。早在魏格纳之前，培根、洪堡、泰勒、贝克都曾有过大西洋两岸相似性的思想火花，但他们由于使用的方法不同，主要是受地质学传统方法的束缚，没有沿着科学轨道得出积极成果。魏格纳不同于前人之处，就在于他综合了各种方法，对地质假说作了开创性的综合性研究。当然，这种综合性研究方法也有着深刻的时代原因。20世纪开始，量子力学与相对论在自然科学中引起了变革，打破了牛顿时代“我不作假说”的传统，确立了先立假说再去求证的科学方法。这表明科学深入发展愈来愈远离经验，因而描述-归纳的传统方法不能不让位于综合性研究方法，它反映出在认识客体中，主体的认识构建、价值构建起着十分重要的作用，并通过研究方法来实现这种主动性。

近代地学方法，从地质观察、地质实验到将今论古方法的确立，再到现代地学综合性方法的出现，是地学方法上的两次质的飞跃，是一个大旋回。这种地学理论发展的周期性是相呼应的。这样，地学方法的历史形态就形成了一个完整的体系：地学经验方法-地学传统现论分析方法-以假说为特征的现代地学综合性研究方法。

观在讨论地学方法的特点。所谓地学方法的特点，一是相对自然科学方法论而言，一是相对于其它自然科学学科而言。这都是由地学研究对象的特性所决定的。

(1)地球物质客体，在地壳表层有些部分是可见的，而其深部至今尚不可见。

(2)地球物质客体，无论是天然自然，还是人工自然，都是一种自然历史形态与遗迹，是不会掺假的，可观察到的。

(3)地球物质客体的自然历史过程有时间特性，即不可逆性。

(4)地球物质客体的空间特性具有不均匀性。

(5)地球物质客体与人类社会有着广泛的物质、能量、信息的交换。

由于以上特性，决定了地学方法具有以下特点：

(1)特别重视地质事实证据，尤其是野外直接观察到的地质事

实。在18世纪末地质学建立时期，常常由于重大地质事实的发现而引起地质理论的创立与突破。现代地学中的板块构造理论最终也要诉诸可观察到的地质事实作为论据。因此，地质学方法的传统就是相信事实。这一特点是地学方法的优越性。因为地质事实不会故意掺假，因而由此建立的理论具有可信性与相对稳定性。

例如，19世纪在地球年龄问题上，地质学家与地球物理学家有过争论，物现学家根据热传导率算出地球年龄只有2千万年，而地质学家根据将今论古方法提供的地质事实确认地球至少有10亿年历史。当然、放射性发现后，测算出地球年龄至少有46亿年。但就当时而言，地质方法提供的地质证据，似乎比物理学证据更科学些。

相信地质事实证据，有时使地质学家在思维中形成一种定式：拿出地质事实来！当代地球物现方法已经取得地核的许多数据，但从地质方法来说，这并非地质事实，因为还没有钻到地核取出地内岩芯。

相信地质事实，就是强调归纳推理。地质归纳法是地质传统方法的特征。如果把重视地质事实稍加夸大，象魏纳那样，只相信自己观察到的地质事实，就会导致狭隘的经验主义。地质作用是有区域性与叠加性的，只凭自己的经验就可能把地质研究引向死胡同。所幸，地球客体又迫使地学研究据脱经验束缚，而注重推测，运用假说。

(2)特别注重运用地质假说。假说方法在地学中的运用具有以下特点：

①假说的大量运用。按说，地质学强调事实论据，由地质事实归纳的结论具有不证自明的公现性质。例如史坦诺的地层学定律：重叠律、原始连续性律、原始水平沉积律。但这类定律在地质学中为数不多，大量的是地质假说。假说林立是地质学方法的一个突出特点，因为地质过程时间间距很长，原因复杂，地质研究手段与方法有限，因而只能靠推论来建立认识框架，地质假说也就应运而生。在历史上，地质学每一次较大的转折或突破，都是假说的更替。其实，将今论古方法本身就是以假说为基础的方法。

②建立假说的随意性大。地质学中建立假说带有极大的随意性，

同一事实可以建立不同的假说，解释多样，因人而异。这除了地学研究对象的特性外，还由于地质方法的经验性强化了假说的随意性。例如矿床成因研究，有人说，有多少矿床学家就有多少矿床成因理论。

③假说检验的相对性十分突出。在地质研究中，“判决性”检验几乎不可能。布赫说：“支持一种观点可以引用许多事实，而反对同一观点也有许多事实。”这种情况，使得地质假说更替频繁，不同假说长期对峙，优选假说极为困难。即使是被淘汰的假说，若干年后可能又死灰复燃。这都说明，检验假说具有十分突出的相对性。

地质假说的上述特点表明，运用假说非常需要科学的思维方法。威尔逊对板块学说的革命意义有段精采的评述：“在每一次科学革命之前，所有的新设想与一切旧概念总是格格不入的。……如果地质学家们企图把一个实际上是活动的地球史，套到一个死板的和固定不变的大陆的框架中的话，重大问题不可能得到解答，也就不足为怪了。这不是由于我们在方法上和观测上的错误，而是我们的整个思想问题。”①

(3)特别需要辩证思维。地学方法的运用特别需要与辩证思维相结合，这突出表现在以下两点：

①地质事实的确证与解释需要辩证思维，这对确证地质事实常常出现的分歧，以及判断各种解释的合理性，作用十分突出。例如，在矿床成因理论中，发现在碳酸盐地层中产出铅锌矿床，它与岩浆活动无关，物质组成简单，限于一定层位，围岩少蚀变。对此现象一直存在对立看法：一种说是沉积矿床，另一种说是岩浆期后中低温或低温矿床。是否非此即彼呢？经过仔细考察，它们都具有外生特征与内生特征，是名符其实的“亦此亦彼”。在这里把握和运用辩证思维的“中介”概念与方法显得非常重要。多年来构造地质研究中存在着“非槽即台，非台即槽”的思想，是否也缺少“中介”辩证思维？

②假说的形成与运用需要辩证思维。地质学惯用将今论古方法，

---

① 竹内均等：《地壳运动假说》，科学出版社，1962年，第222页。

即以已知的“今”去推断未知的“古”，以果求因。这就面临着两种对立的选择：或者坚信单一的因果联系，把单一的“今”看成是单一的“古”之决定论关系；或者把“今”与“古”看成是系统决定的因果链。正如本节所述，前者是赖尔的机械决定论观点，后者是近代地学的综合性方法原则。显然不应该把一个演化着的地球硬套在机械决定论的框框中。

将今论古是纵向外推，另外还有一个横向外推也常在地质研究中使用，即，把一种地质理论推广应用于其它地点。这种外推，若不讲边界条件，同样也会造成失误。历史上，人们把阿尔卑斯褶皱带不恰当地去推广解释其它地区的地槽褶皱带的演化，从而造成理论失误，即属此类。其实，这就是矛盾特殊性与普遍性关系的问题。由于地质现象区域性强，地质现象特殊性与普遍性关系就更加复杂，也就更加需要自觉地运用辩证思维。

综上所述，自然涉及地学思维。地学思维是一个思维系统，它是科学思维系统的子系统。一般说来，地学思维由地学认知结构、地学价值结构、地学决策结构所构成，或者说，它是思想导向、观念导向、方法导向的统一。在地学实践中，地学认识主体反映地球物质客体中，地学方法的突出特点是强调地学认知结构，特别是认知结构的经验结构。这样，构成地学思维的是一个三级思维框架，即，地学认识主体→地学认识主体认知结构→地学认识主体经验结构。这个三级思维框架反映出地球物质客体在认识中的重要地位与作用。地学思维在地学实践中，强调时间观念（将今论古）、空间观念（区域特性）和具体条件。这里的时间反映是双向的，空间反映是多维的，而且时间与空间均是巨大尺度，其具体条件又随时间特性而复杂化。这一点也反映出地球物质客体的特性。由此构成地学思维的一个三维形式：时间-空间-条件。在地学思维过程中，表现出更多地注重地质事实，更多地运用假说，更多地需要辩证思维，这又是一个三维形式。据此，地学的思维框架、思考线索、思维特征构成了地学思维的基本内容和特点（这里没有讨论地学思维的“硬”件手段的特点）。地学史和地学思想

史表明，地学思维有其优点也有其弱点。如何做到扬长避短，是发展现代地学的一个极其重要的课题。

第二节　经验方法

一、地质观察

地质观察是地学研究的基础。一切地学认识与研究，地学的其它方法，都必须以第一手资料为依据，地质观察是取得第一手地质资料的最基础的方法。

地质观察是人们为达到一定的目的，在认识与改造地球客体的过程中，通过感觉器官（借助仪器和工具）获取关于地球客体的现象材料的基本方法。

地质观察是科学的观察，是认识的感性阶段，也是社会实践的一种形式。地球客体具有可观察性是地质观察这一科学实践活动的依据和出发点，而地质观察的特点则决定了人们在地质观察中应遵循的一些基本原则。

1. 可观察性原理

地学研究的对象，既有现实发生的各种地质过程与地球客体，也有亿万年以前发生的地质过程与地球客体。这就自然而然地产生一个问题：作为地学研究对象，必然是人们能够对其进行观察的事物，难道说我们“看到”亿万年前的地层？没有。那么，怎样看待对地学研究对象的观察呢？亦即，地学工作者获取科学事实的基本认识论前提是什么呢？

为此，科学家、哲学家作出一个方法论上的规定：科学认识的对象应当是而且只能是原则上可以观察到的客体。这个规定被称之为“可观察性原理”。所谓“原则上可以观察到的客体”不仅指通过感觉器官直接被观察到的客体，例如岩石、矿物，而且包括那些借助仪器能够直接或者间接被观察到的客体，例如地核、古地理等。

可观察性原理是辩证唯物主义物质观和认识论在科学实践领域中的具体运用。这一原理承认观察对象是不依赖观察者而独立存在

的客观实在，同时又承认观察对象能够同观察仪器和观察者发生相互作用，因而客观对象的信息可以直接或间接地被观察者所摄取、所反映。

可观察性原理包含以下涵义：

(1)可观察性意味着那些不具有客观实在性的、不同其它事物发生相互作用、不能传递任何信息的"冥冥之物"排除在外。客观实在，不管是过去的或者未来的，人类出现之前的或尚未观察到的，统统属于可观察到的客体。

(2)它反映着认识主体对观察结果的直接影响，或者说，客观世界的片断实际上能否进入观察领域，这与主体有关。这主要表现为思维对观察的指导作用。一块古生物化石，一般人只当它是一块石头，而地质学家则可以获取关于古生物及地层的信息。

(3)它要求人们在构思和设计观察仪器、观察方式以及选择观察场合和条件时，必须充分注意观察手段的长处，和充分暴露观察对象的特征，即，把对象的信息显示出来。例如电法勘探与磁法勘探就显示不同的信息。

(4)它要求人们辩证地把握观察对象同观察仪器和观察者之间的相互作用，这种相互作用是客观存在的，既不可随意加上去，也不能随意抹下去，关键是正确把握这种相互作用的客观性，正确描述观察事实。

(5)它决定着对科学假说的观察检验。对科学假说的检验，是把由假说推演出来的关于事实的结论，经由观察到的事实加以检验。尽管这种检验同技术上的可观察与否有关，但理论层次上的假说的可检验性，归根结底取决于经验层次上的可观察性。

实证主义对可观察性加以曲解，否认观察对象的客观实在性，把观察到的事实仅仅归结为主观感觉到的东西。另外，也不能机械理解观察，把观察看成是主体单向反映客体，否认观察主体与观察客体的双向作用，尤其是否认思维对观察的指导作用。以上两种偏向都不能科学地、准确地观察客观对象。

2. 地质观察的特点和作用

地质观察的特点主要有：

(1)地质观察的目的性

人们观察地球客体的基本任务与目的是认识与运用地球客体及其规律，获取地矿物质资源，满足生存条件，以满足人类不断变化的物质文化需要。随着人类社会的进步，人类认识地球的目的也是变化的，观察要解决的具体任务也是不尽相同的 。

首先，观察要满足理论发展与生产实践两个方面的需要；其次，就理论需要而言，各个学科对观察的要求也不同；再次，就实际工作而言，业务不同、目的不同，因而观察要求也不同；最后，不同学科、不同学派也有不同的观察要求。

地质观察的目的性，在观察之前就以观念形态存在着，并以此作为实际观察的指导。

实际观察中地质观察的步骤大致是：①选择观察地区；②选择观察对象；③选择适当的观察路线和观察点；④确定观察步骤、观察方法和手段。

(2)地质观察的探索性

地质观察虽有明确目的，但不那么具体，要在观察中不断修正和具体化。观察的方法与步骤、仪器和工具，虽然拟有计划但在观察中常有变换与改动，因为一切要以实际情况为准。地质观察还有极大的偶然性，因为野外是否能够找到预定的观察对象是不确定的，这有主客观的因素的干扰。

(3)地质观察的局限性

地质观察的对象是地质运动的结果。地质运动一方面具有全球性或区域性，另一方面地质运动在空间上和时间上具有差异性。人们在局部地点上所观察到的结果，常常不能全面表现地质运动的原因。再者，地质运动是一个综合运动过程，原因极其复杂多变，因此地质运动的本质和规律性表现为种种不同的现象，而地质观察恰恰只是见到一个一个局部现象，这就造成极大的局限性。还有，局限性还有

其主观因素。多个观察者在同一个观察点上抱着同一目的所作的观察，其结果不尽相同。这就是观察的个体差异。

地质观察在地学发展中具有特别重要的作用。一般说，观察与实验是科学感性认识的两种基本方法，但由于地质实验受到多种条件的限制、在地学研究中不能象其它学科那样普遍而广泛的使用，这就更加突出了地质观察作为感性材料获取的基本手段的作用。其作用主要是：

①地质观察是获得地球客体的自然信息、形成科学的感性认识的基本方法与手段，是地学认识的基础。

②地质观察是检验和发展地学理论的重要手段。由于生产实践对于检验地学理论十分困难，而对地球客体又难以进行科学实验，这就突出了地质观察对于检验地学理论的优点。例如，根据外星撞击论推断某地白垩纪和早第三纪地层间应当存在一层铱含量偏高的粘土层，如果经过肉眼观察和仪器分析，确实看到了它的存在，一般说，这个推断就能够成立；反之，这一推断就不能成立。由此，外星撞击论也就可以部分地得到证实或否认。显然，这是不好用生产实践成科学实验来检验的。

③地质观察是生产实践的重要步骤。地质生产实践的范围很广，但哪一样也离不开一个“找”字。开发矿业，要找矿；开发地下水，要找水；工程建设，要找适合地质条件的地点。所有这些，都要通过地质观察才能找到。以找矿为例，无论出露地表的矿体，还是深埋地下的盲矿体，都有形成矿体的控制因素，即由岩石、地层、构造等显示的成矿条件，以及矿体形成后的次生现象，即找矿标志。找矿过程正是通过观察发现控矿因素和找矿标志的过程，钻控、槽探、物探、化探则是实现观察的具体方法。

3. 地质观察的基本原则

(1)客观性原则

地质观察的客观性原则，就是要求观察者如实地反映地球物质客体的本来面貌，切忌带有主观随意性。只有坚持客观性原则，才能

保证获得真实的第一手资料，保证地学研究建立在可靠的基础之上。这就必须注意以下几点：

①正确处理观察的目的性与观察客观性的关系。观察是有目的的，这就要遵重客观事实和客观规律，正确选择观察区域、观察路线与观察点。在观察中，必须认真观察，详实记录。人们在观察中，常常有意识地去搜寻自认为有价值的东西，去证实或反驳某一先前提出的观点，这是必要的，也是可行的。但不应根据主观需要而决定事实的取舍、特别是不应忽视或抹煞不特合自己观点的事实材料。观察客观性原则要求根据观察到的事实来修正自己的目的，而不是根据目的来取舍事实。

②正确处理理论同实际的关系。观察需要理论的指导，没有理论的指导不是科学的观察。但又不能把理论指导强调到不适当程度，以致于以理论剪裁实际。这里的关键是正确地运用理论思维。

③正确处理经验与事实的关系。这里的经验是指人们在观察中所积累的感性知识。有经验的地质工作者在观察中往往比别人看得更深、更广，获取更多的资料。但经验也容易束缚自己的手脚，"污染"自己的头脑，陷于主观片面的泥坑。因此，要坚持客观性原则，正确运用先前的经验。

江西德兴斑岩铜矿与西藏新发理的大铜矿有类似之处，又各具特点。如果拘泥原有经验，就可能发理不了新铜矿，或发现了也不承认它是大型斑岩铜矿。这里就要正确运用经验观察新的事实。

④正确处理观察结果与对象的关系。观察对象是客观存在的实体或事件，有人称之为"事实Ⅰ"；观察的结果，有时也称为事实，但它是观察的判断、经验的陈述，即科学语言对事实Ⅰ的描述，有人称之为"事实Ⅱ"。由于观察对象的复杂性，以及观察主体和观察条件的局限，事实Ⅱ只能大体与事实Ⅰ相符合。于是，对"眼见为实"这句话就要分析。北京周口店一条龙山本是由前寒武纪和寒武纪地层构成，而在50年代初，人们却把它看成是石炭系和二叠系。50年代的学子也是"亲眼所见的事实"，但并不是科学事实，也就是说事实Ⅱ与事实Ⅰ

有了很大的出入。科学观察本质上是由事实Ⅰ向事实Ⅱ转化，并力求事实Ⅱ与事实Ⅰ相符合。为此，必须提高观察者的理论水平与观察能力，另方面都在重复观察中检验观察结果，未经检验的材料不能当作科学事实使用。

(2)系统性原则

观察的系统性原则，就是要求观察者把观察对象置于系统之中，用整体的观点去把握它，切忌片面性。

①从整体观点出发。在野外发现一个矿点，要对它的地质环境，对矿体、矿化或含矿岩系的分布范围，对矿石的成分、品位及其变化等，作出综合评价；对成矿的地质条件和成因类型，进行系统分析；同时对于国家的需求、地方工农业发展状况，以及自然条件、交通条件都要联系起来考虑。对于不同的观察者来说，还要把自己的观察置于对象本身所具有系统性之中来考虑，即：古生物学家要明确自己工作的价值在于确定地层的相对年龄；结晶学家要明确自己工作的意义在于确认矿物的性质、结构与生成条件；区域地质工作者要明确自己工作的理论意义与实际意义。可是，在实际工作中，并不是每一个人都能够从一个特殊的产状、一块化石碎片、一条小小的擦痕、一处起伏的地貌中清楚地看到它们包含的特殊意义，其原因就在于人们没有把这些具体的事物置于系统整体之中来考察。

②要有层次观点。地球客体与地学都是具有层次性的整体。因此，观察首先要确定是在哪个层次上观察，观察的是哪个层次。显然矿物学与岩石学对一块岩石的观察有不同的要求，面同一个学科对不同的对象(矿物、岩石、地层、区域、全球)也有不同的观察。其次，要把不同层次的观察联系起来思考与再观察，要把观察的不同层次观察结果综合起来思考与再观察，这样得来的科学事实才是形成理论的原素。

③观察的时空观点。对地球客体的结构、构造和产状的考察，是通过对地球客体之间的时空关系，以及其内在组成部分之间的时空关系的观察来实现的。没有时空观点，地球客体将是一锅稀粥，变成

无序的混沌状态。地球客体是地质运动的实体与产物，它以时间与空间形式表现出来。时间表现着地质运动的持续过程，以及地球客体各部分产出的先后顺序；空间表现着地质运动的规模、程度以及地球客体各个部分所处的位置。时间与空间一同表现地质运动的性质与规律。

对地球客体的空间与时间作定量观测，就是地质测量。把测量结果，用各种地质界限投影在平面上，标志出地球客体的时空关系，就是地质填图。我们从地质图上能够看出该地质区域地质运动的过程与规律性，并作出种种预测，正是对图中各种地质界限所表现的时空关系作出分析的结果。

④观察的全面性。它要求尽可能多地观察对象，把握事物的各种因素和联系，只有如此，才能为把握事物的本质提供基础。在实际观察中力求全面，就是要把点、线、面上的观察结合起来。

以区域地质调查为例，在工作准备阶段，野外勘查中，在面上了解调查区内的山川地势、基岩的分布和裸露程度、主要地层单位、构造变动的程度和构造轮廓、岩体和矿产的种类和分布，并选择标准层以及实测剖面的位置。踏勘是在面上的工作，可以通过对航空照片的解释和飞机上的鸟瞰，大致了解调查区的概况。但踏勘又离不开线和点上的工作，野外踏勘主要是在踏勘路线上进行，对于调查区内具有典型意义的地质现象和矿产还要进行重点观察。

选择一定的路线和控制点进行系统的野外观察，是地面区域调查的基本方法。它的作用，一方面是用一定的点线密度来满足不同比例尺的调查精度要求，另方面是便于对野外观察材料进行系统编录。

系统原则对观察点的要求，首先是对观察点的选择，要能满足一定要求的全局性。其次，明确点上观察是地质观察的基础，应力求全面，充分搜集第一手资料，尤其注意新发现的事实，作进一步的详细观察。再次，把对点与对面的观察联系起来，有效地提高观察资料的实用价值。

(3)精确性原则

地质观察精确性原则要求观察的结果(事实Ⅱ)在质和量的统一上同地球客体(事实Ⅰ)相符合。由于各种原因,地质观察的模糊度较大,因此,在观察中应力求减少模糊度,这就应当坚持:

①数量原则,即在观察中应取得足够的、系统的数据。为此,首先要有一定数量的观测点;其次,在测点与测线上,应有足够的工作量。诸如各类地质体的产状要素、探槽和取样的深度、钻井的进尺和岩芯采集率,以及各类样品和标本的数量。再次,对每一个观察点上的观察内容,也有一个数量要求。观察内容不局限于某一方面,而是多方面、多方位,对矿物、岩石、地层、构造、接触关系均予以重视;远视、近视、肉眼、仪器、直接观察和揭露等各种手段的综合运用,以免失去表征本质的各种现象。最后,一定量的重复观察是保证精确性的必要手段。在一个区域开展地质工作,往往要重复多次,每次都会取得新资料,而且不同部门、不同观察者在同一地区取得的资料也会有所不同,将这些材料综合起来运用十分有利于取得精确成果(此处涉及地质成果有有偿转让,本书不讨论)。

②定性观察与定量观察相结合。定性观察是定量观察的前揭,而定量观察又是定性观察的保证。例如对岩石的定名,野外可根据岩石成分、结构、构造初步确定。至于准确定名,则要对岩石中各种矿物含量作定量分析,并对各矿物间的结合方式作定量测试。再者,不同质的事物,有不同的量的范围。例如断裂,其规模与断距不同,性质各异。小者仅是错动,次为局部范围的断层,再大点是区域性的大断裂,甚至是全球性"深大断裂"。这些断裂的产生原因和构造规律是不尽相同的。

总之,没有定量观察就没有地球科学,定量的精度,是决定地球科学发展的一个重要因素。

③对观察者的要求。一是要求观察者有献身精神。徐霞客历时34年(22岁至56岁),跋涉16省,"登不必有径,涉不必有津",登山必登顶,涉水必索源,不避风霜,不畏艰险,为后人留下宝贵的观察资料。大陆漂移说创始人魏格纳,1906年为观测高空气压、气温、风向、

风力，乘高空气球飞行 52 小时，高度 3700 米，创当时世界纪录。他年过半百，竟在零下 65 度严寒中，4 次考察格陵兰。可见地质观察要观察者有献身科学的精神。二是要求有严谨的工作作风。达尔文在谈到自己的科学活动时说："我没有突出的理解力，也没有过人的机智，只是在观察那些稍纵即逝的事物并对其进行精细观察的能力上，我可能在众人之上。"① 精细观察是地质工作者必备的能力与工作作风。三是创造性地运用各种地质规范。工作精度要求在地质规范中有明确规定，理应遵守照办。但对规范的运用应有辩证的处理，如果死守规范，往往会错过重要的地质现象。因此有时要对某些地质现象作特殊的深入观察，以求达到工作的一定深度与精度。四是讲求职业道德。不但观察资料力求真实，绝不作假，而且应将观察所得资料原则上看作是人类的共同财富。

④不断采用新技术。这是提高观察精度、深度与广度的主要途径。数学方法与电子计算机在地质观察中的运用，对于定量观察以及对观察结果的定量分析具有重要作用。

二、地质实验

地质实验是继地质观察之后产生的另一种获取地球自然信息的方法，它克服了单纯观察的局限性，体现了人们向地球客体主动索取信息的能动性，它在地学发展中越来越显示其重要作用。

1. 地质实验的特点

地质实验是根据一定研究目的，运用科学仪器与设备，在人为控制或模拟地质现象条件下获取科学材料的研究方法。

地质实验是在地质观察的基础上发展起来的。18 世纪以前，由于生产水平低下，人类对地球客体的认识仅限于表面的经验描述。当时，单纯地质观察所获得的地质信息基本上能够满足生产的需要。后来随着实践与认识的发展，人们需要寻求新的方法来开拓获取地质信息的途径，地质实验便应运而生。

---

① 引自《光明日报》，1980 年 12 月 8 日。

最先将实验引入地质学的是美国地质学家霍尔，他用岩石实验来探索岩石成因，以及地层褶皱构造。人们称他为“实验地质学之父”。

真正使地质实验成为重要手段是近代地质学全面发展时期(1830～1900年)。此时，资本主义大生产为地质学提供了许多新的仪器和手段，大大开拓了地质学新领域，接着就进入了地学新的革命时期(1900～　)，地质实验已成为地学中举足轻重的研究方法。回声探测器和海底热流技术的应用，使人们对海底地形有了更详细的了解，并导致海底扩张学说的出现。磁测仪的使用，导致发现了地磁场反复倒转及磁异常条带相间排列的地质事实，为海底扩张学说增添了定性分析资料。“格洛马·挑战者号”在大西洋和太平洋的深海钻探，为海底扩张学说又增添了定量分析资料。这些都把地学研究推向一个高潮。地质实验已成为认识与改造地球客体的主要社会实践之一。

然而，地质实验不能脱离地质观察。原因是：(1)地质观察为地质实验提供实验目标的选择依据；(2)地质观察与地质实验相结合是当今地质研究一大特征；(3)地质观察的形式已大大改变，地质观察已摆脱单凭感官的直接观察的局限而与地质实验一体化。

地质实验的优点是强化认识主体的能动性。首先，实验使认识主体由相对被动变为主动；其次，实验能表达认识主体的意愿；再次，实验能证明假说的正确与否。

地质实验的另一个优点是使地球客体更易于为主体所认识。首先，实验可以简化和纯化研究对象；其次，实验可以激化和强化研究对象的信息；再次，实验可以模拟地质过程。

地质实验的基本要素有三个：地质实验者、地质实验手段、实验对象。地质实验可划分为很多类型。根据地球客体质的多样性，可分为地球物现实验、地球化学实验、古生物实验等；根据地球客球受力性质的不同，可分为张性实验、压性实验、压扭实验等；根据地球客体质与量的不同，可分为地性实验、定量实验、地质结构实验等；根据实

验手段不同，可分为室内实验、野外实验；根据实验所处空间位置不同，可分为地下实验、地面实验、空中实验、太空实验等；根据实验目的不同，可分为析因实验、思想实验、对照实验、中间实验等。

地质实验作为一个系统，其内在结构就是实验三要素之间相互联系和作用的方式。我们用图 7－1 表示：

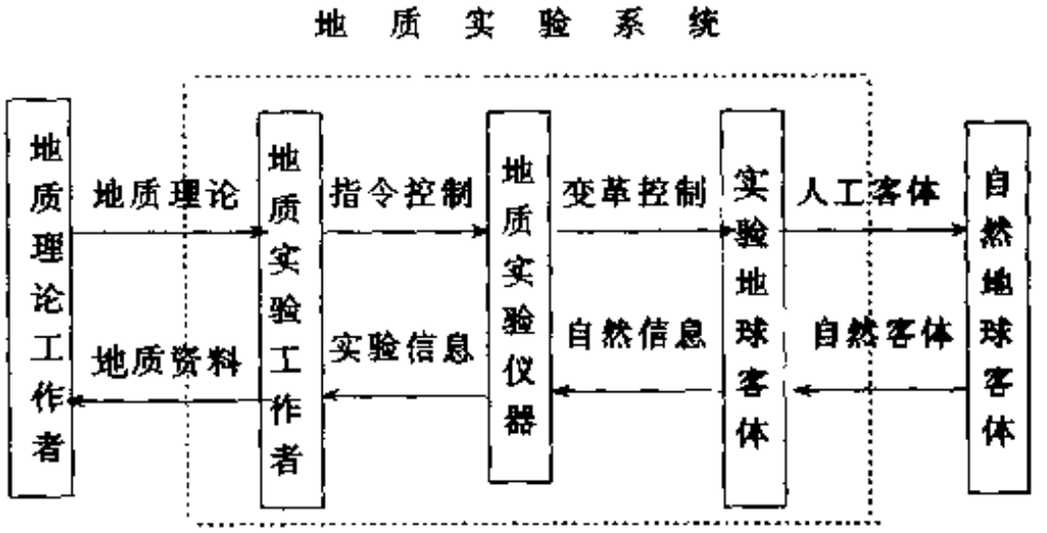


图7－1　地质实验系统结构简图

由图可知，虚线以外的地质工作者与地球自然客体是实验系统的环境。图中箭头表明系统内诸要素的相互作用和联系。首先是实验者依据理论（假说）设计实验方案与仪器，并通过仪器控制与变革实验地球客体，获得信息后再传递给实验者加工、整理，作为资料反馈给地质理论工作者。一方面用此资料评价理论（假说），另方面进一步按排新的实验。地质实验的功能已显现于图中。

2. 地质实验与仪器

地质实验必须利用地质实验仪器作用于实验对象，方能达到实验目的。

地质实验仪器是地质实验系统的中介物，实验者借助仪器同实验对象作信息交流。实验仪器具有双重属性。一方面，仪器是根据人的需要而设计出来的，它延长了人的感觉器官，尤其是物化了人类理性。实验仪器是地质实验的必要物质手段。在错综复杂的条件下，不

使用实验仪器，就会使实验主体与实验客体发生分离，致使地质实验无法进行。现代地学实践证明，新的实验仪器增强了地质工作者认识地球客体的主观能动性，扩大了认识与实践的范围。这些表明实验仪器具有认识主体的属性。另方面，地质实验仪器一经出现，就变成了独立于人的意识之外的存在物，它与实验客体的相互作用，只是遵循物质相互作用的一般规律，并不以人的意志为转移。它不象实验主体那样具有能动性、社会性和意识性。因此，实验仪器又具有认识客体的属性。地质实验仪器是认识主体与认识客体对立统一的、兼有双重属性的事物。

地质实验仪器直接体现实验的科学水平，从面也体现了地学的认识水平。地学史证明，地学的发展与地质实验有重要关系。地质实验仪器是根据地学研究的实际需要，将地学知识、人的思维方式、方法等物化为地质仪器，并通过仪器作用于地球客体，来达到认识与改造地球客体的目的。这里，地质实验仪器是实现目的的外部手段，也是凝聚人类智慧与需要的新的实体。这种实体，既非天然存在物，也绝非观念的东西，而是一种特殊的人工创造物，它以重要角色出现在实验系统中并显示自己的存在价值，同时又将实验主体与实验客体的性质于功能集于一身而显现出来。自然，这就直观地体现了实验以及地学的科学认识水平。

地质实验仪器在实验中的作用，主要表现为：①它具有延伸认识主体器官的功能；它可以有助于克服主观随意性和模糊性；它可以延伸人脑的功能。②它能帮助认识主体提出假说并验证假说。③它是提出实验课题、选择实验对象、实现认识目的的现实条件。

3. 性实验与地质定量实验

地质定性实验是判定事物是否具有某种属性。它解决“是不是”、“有没有”的问题。具体说，它判定某种因素是否存在，因素间是否有联系，测定某些物质的定性组成和内部结构。例如，1920 年，米德用石蜡做了两个实验：当水平挤压时，产生垂直挤压力方向的褶皱轴线；当剪切扭动时，产生与边界线成 45°角的斜列褶皱轴。在第一次

实验中，首先发生两组走向“逆断层”，最后出现直立性横张裂隙。在第二次实验中，首先发生斜向张裂隙，再发生两组平行过界的剪裂隙，最后出现两组与张裂隙近于垂直的“逆断层”。在此实例中可以看出，地质定性实验所完成的任务和回答的问题只是有和无、上和下、左和右、前和后等定性的东西，并不回答程度的高低、速度的快慢、先后秩序和等级多少等定量的问题。

地质定性实验在地学研究中占有特殊重要的地位。例如，托利对盐丘形成机制的实验；德田对日本列岛斜列构造的模拟实验；科伯对对称褶皱构造的实验；藤原等人对“地方旋涡”的模拟；皮奇对苏格兰不对称褶皱构造的实验以及我国地质学家李四光对东亚常见的山字型、丁字型、人字型、膝型、帚型等扭动型式构造的实验，都是地质定性实验获得重要成果的范例。

地质定性实验固然重要，但要对地球客体获得清晰而准确的认识，还必须考虑地球客体的量。因此，由定性走向定量便成为地质实验发展的必然。定量实验是揭露各因素间的数量关系，确定某些因素的数值而进行的实验。这种方法，早在 20 世纪初就已出现，但由于仪器质量差、数量少，定量实验发展缓慢。直到 20 世纪 40 年代以后才得到长足发展，出现大量的定量地质学科，如岩石力学、水动力学、工程力学、矿物力学、地球动力学与地质力学等。

地质定性与定量实验是对地球客体质与量的认识，既相区别，又相联系。地质定性实验是定量实验的基础，地质定量实验是定性实验的深化与精确化。例如，矿区普查评价阶段就属于定性实验阶段，其任务是确定该矿区有什么重要矿产、伴生矿是什么、大致储量多少、对国民经济发展有什么作用等。在此基础上再选定工业远景矿区，应用定量实验手质进行全面的矿床勘探，由此完成各种定量的工业评价，为矿山的设计和建设提供准确的矿产资源和地质、技术经济资料。

地质定量实验与数学方法紧密联系，是地学进步的重要标志之一。定量实验不仅深化与精确化定性实验，而且有时还能修正定性实

验的初步认识。例如前苏联在科拉半岛上的深钻实验。原来根据地球物探测得，地震波垂直波速以6公里/秒的速度传播到地下7公里（即第一层），又以6.4～6.7公里/秒的速度传播至地下20公里处（即第二层），再以7公里/秒以上的速度传播至地下35公里处（即第三层）。据此推断，地壳第一层为花岗岩，第二层是玄武岩，第三层是镁、铁含量超过第二层的玄武岩。由于垂直波在三层的界面上都发生急剧的变化，由此推测35公里厚的地壳由截然不同的三种岩石区组成，然而通过深钻实验，发现上述推断与实际不符，地壳的结构并不是界限分明的三层，而是大杂烩似的千百层，每层厚度只不过十至几百米。即使按成分含量划分花岗岩与玄武岩，也不是以7公里为界，面是12公里，因为地下10公里处仍有大量花岗岩。在这一岩层中，花岗岩按生成年代可分为两种，上面一层是20亿年前生成的，下面一层是25～27亿年前生成的。过去地质界推测花岗岩随着生成年代的不同，其密度也不同，但实际上它们的密度几乎一样。过去认为地下10公里深处的温度是100℃，实际上却是200℃。这样，定量实验对传统看法提出了挑战。

4. 地质析因实验与地质模拟实验

地质析因实验是从地质结果或现象出发寻找原因的实验方法，简言之，就是以果求因。

地质现象十分复杂，往往受多种因素的影响，因此在析因实验中要特别注意调查研究，尽可能多地掌握各种与地质现象有关的原因，区分其作用大小、主次，方能比较准确地把握地球客体的运动规律。

在具体操作中，常常采用比较析因实验设计去寻找原因。比较析因实验就是把两种或多种实验单元进行比较，从而揭示某种原因是否存在的实验方法。它有两组或两组以上的相似实验组群，其中一组是比较的标准组群，其它的是比较对象，通过一定的实验步骤，判定这些比较对象是否具有某种原因。例如，不同地区的地层比较就属于这一类实验，其中的地层标准剖面就是比较的标准组群。

地质模拟实验是用一种模拟的替代物来做实验，将结果外推到

原型上去，以揭示研究对象的本质的间接实验方法。由于地球客体难以直接实验，因而模拟实验在地学研究中更显出突出意义。模拟实验有两个基本特点：其一，实验模型与研究对象必须具有某种相似性；其二，先研究实验模型，再将结果外推去研究原型。一般说，地质模拟实验可分为三步，如图 7－2 所示，即：

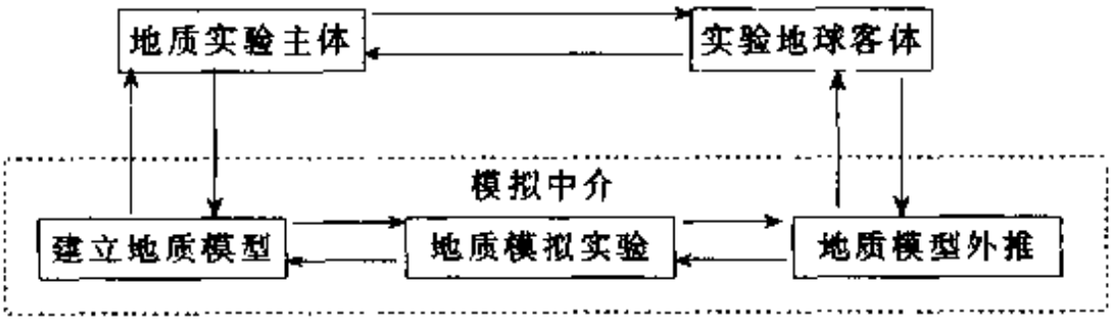


图7－2 地质模拟实验系统

(1)建立实验地质模型；

(2)模拟实验，获取数据；

(3)将结果外推到原型上去，对被模拟的地球客体作出推断。

由上可知，地质模型具有特殊重要的意义，它是实验主体把握实验客体的中介，起着既是实验对象又是认识手段的双重作用。地质模型的质量直接关系到实验的成败以及研究的结果。因此，建立地质模型是最关键的一步，也是最困难的一步。

建立地质模型应满足三个基本条件：①地质模型必须与地质原型有某种相似关系；②地质模型要能真正代替地质原型，并能从中获取原型的信息；③实验结果要能外推到地质原型上去。这就是建立模型必须满足的三个条件：相似条件、替代条件、外推条件。

建立模型还要遵循三条基本原则：一是简单性，模型与原型完全一样，或更为复杂，那就没有必要建立模型；二是目的性，要心中有数，明确建模目的，只有弄清要获取何种信息，建模才有意义；三是精确性，选择模型要保证实验的精密程度。

地质模拟实验可分以下四类：以物理过程为基础的地质物理模拟实验；以数学形式相似为基础的地质数学模拟实验；以内部结构为基础的地质结构模拟实验；以外部功能和行为为基础的地质功能模

拟实验。在地学研究中，前两种模拟实验应用较广泛，后两种目前应用较少。因此，这里对地质模拟实验和地质数学模拟实验加以介绍。

地质物理模拟实验是以地质模型与原型之间的物理过程具有相似性为基础的实验方法。这种物理过程的相似性必须符合相似理论的三条基本定理。

第一相似定理：相似系统应有相同的相似判据，其相似指数应等于1。这就是说，假如研究两个相似地球客体系统 $S(F,L,M,t)$ 和 $S'(F',L',M',t')$ 相应的变量和参数保持不变比例：$mF=F/F'$，$mM=M/M'$，$mL=L/L'$，$mt=t/t'$。系统的有关变量和参数之间所组成的无量纲比值（即相似判据 π）对所有相似系统来说数值相等：$\pi=ML/Ft^2=M'L'/F't'^2=idem$，即由相似倍数组成的相似指标 $mM\cdot mL/mF\cdot m\pi^2=1$

第二相似定理：如果一个物理系统可由 n 个量纲不同的物理量组成的函数方程表示，则可用这些物理量的 $n-k$ 个（k 为量纲不同的物理量的个数）无量纲比例数 π 完全表达出来：$f(\pi_1,\pi_2,\pi_3,\cdots,\pi_{n-k})=0$

第三相似定理：如果现象的单值条件（系统的几何性质、介质的物理性质、起始条件和边界条件等）相似，并且由这些单值条件所组成的判据在数值上相等，则这些现象是相似的。

上述三条，第一、二条规定了相似现象所具有的性质，第三条规定了相似现象的充分必要条件，这三条相互联系、相互补充。它要求判定相似现象时，一要注量物理量的相似，即所有的矢量（力、速度、加速度等）在方向上相应地一致，在数值上相应成比例；二要注意所有标量（如温度、密度、浓度等）在对应的空间点上和时间间隔内都相应地成比例。只有如此，才能使地质模型与原型之间只有不同的大小比例而无物理过程本质的区别。应用地质物理模拟实验具有三个优点：首先是在地质模型上直接观察到物理过程，具有直观性；其次是能将地球客体发生的综合过程在地质模型中全面地表现出来，具有综合性；最后是可以在人为控制下，重复某一阶段，突出某一方面，具

有灵活性。

数学地质模拟是以模型与地球客体之间的数学形式具有相似性为基础的实验方法。任何不同本质的地球客体的运动过程，只要它们遵循的规律在数学表达式上相同，就可以用数学地质模拟方法来研究。例如，地下水动力学中的水头 h 方程：$\partial^2h/\partial x^2+\partial^2h/\partial y^2+\partial^2h/\partial z^2=0$ 与电学中的电势 u 方程：$\partial^2u/\partial x^2+\partial^2u/\partial y^2+\partial^2u/\partial z^2=0$，就具有完全相似的数学方程（即拉普拉斯方程）。这样，就可以利用性质极不同的电路装置来模拟地下水的运动过程。在水文地质学中，这种电路装置就是地下水的数学模拟，简称“电模拟”。本世纪 60 年代以来，电子计算机在地学中广泛应用，数学地质模拟也进入崭新天地，不但用数学模拟地下水运动、地壳沉降规律、构造应力变化，而且还模拟岩浆的演化、大气变化趋势等。数学模拟方法已成为地学中不可缺少的重要方法。

第三节　地质传统方法

地学传统方法是近代地球科学形成和发展时期的研究方法。这些方法主要有：比较与分类方法、将今论古方法、历史分析方法、溯因法与假说方法。无论现在，还是将来，这些方法仍然是现代地学常用的并促其发展的基本逻辑方法。因此，研究和掌握这些方法，对于地学的实际运用与理论发展都具有重大意义。

一、比较与分类

比较是研究对象间差异点和共同点的逻辑方法。地球物质客体的本质与现象中的特殊性与同一性是比较方法得以成立的基础。物质与现象在空间上的同时并存，在时间上的先后相随，既有同一性也有差异性。因此，地质学上的比较方法包括空间上的比较和时间上的比较。空间上的比较，即在既定形态上的比较，能够确认或区分各种不同的事物与现象。时间上的比较，即在历史形态上的比较，能够进一步发现同一事物或现象随时间而发生的变化。在实际认识中，这两方面的比较常常是结合使用的。

科学研究中的比较，不能停留在现象上，而要在表面上差异极大的事物之间，看出它们在本质上的共同点，或在表面上极为相似的事物之间，看出它们本质上的差异点。另外，比较是在相互联系中认识事物的一种方法，任何比较都是在一定的关系上、根据一定的标准进行的。没有标准就无法比较，不同的标准也不能进行比较。否则就会出现风马牛不相及的逻辑错误。

地质学上常用的比较方法，大体上有空间比较、物质成分与性质比较、时间比较。关于时间比较我们将在将今论古方法和历史分析方法中详述。

地质学上的空间比较主要是指域间比较与形态比较。地球物质客体及其现象都出现于一定的时间、地点、条件下，表现为一定的物质形态。就其分布的地点而论，有的在全球出现，如全球性构造运动；有的在海洋中出现，如大洋裂谷；有的在大陆上出现，如大陆裂谷与河谷阶地；有的在一定区域出现，如环太平洋地震带。在观察与研究地质现象时，区分特殊与一般、存在的本体范围与环境，是十分必要的，否则将引起认识上的混乱。为此，有人提出“域”（或“畴”domain）的概念。所谓“域”，就是某一地球物质客体或现象的分布范围。若一种事物或现象普遍分布在一个域中，那么它在域中就是一般的，在域外则是特殊的；域内为本体范围，域外为环境条件。

域间比较按照研究对象的空间尺度大小与特征，可分为：

(1)宏观域间比较，即大的地质区域对比。如魏格纳将欧非大陆和美洲大陆作区域对比，发现了两者的联系，提出大陆漂移说，并为20世纪以来地质科学发展的重大成就所证实。这是应用比较方法抓住研究课题的突出例证。

(2)微观域间比较，即深入矿物内部结构域的域间比较。如应力矿物学就是通过矿物内部结构域之间的比较来研究矿物的力学性质以及它与大尺度构造环境的关系。

(3)宇观域间比较，即不同星球壳体之间的比较。如比较星质学所应用的域间比较方法。

(4)尺度不同的域间比较，即是具备共同标准和关系而尺度不同的域间比较。如固体力学所研究的不同尺度、不同材料具有的相同的力学机制而采用的比较方法。

(5)人造域与自然域之间的域间比较，即模拟实验所应用的比较。

地质学的空间比较，还有物质外部形态之间的比较，这是地球物质客体外部形态三维延展性及其特征之间的比较。它是比较岩石学、比较矿物学和比较古生物学经常应用的方法。

地球物质客体之间的本质比较，主要是模型比较方法(或模式比较方法)。地质学中常用的本质比较模型，大体可分为三类：一类是状态模型，如各种构造体系和各种地层标准剖面模型；另一类是成因模型，如各种矿床成因模型；第三类是演化模型，如各个大地构造学派的地壳演化模型。反映现代科学技术水平的地质模型是应用系统科学技术和电子计算技术的各种地质人工智能模型。

在地学中，比较方法在观察与理论研究中都具有重要作用。

首先，运用比较方法，可以对特定课题作定性鉴别与定量分析。如矿物学的光谱分析方法，就是将矿物的特征光谱线作比较来确定其化学成分及其含量的。再如鉴定地层相对地质年代的化石方法和同位素年龄方法，都是比较方法的的具体运用。

其次，它可以揭示不易直接观测到的运动与变化。例如，海陆位置变化在短时间内难以直接观察到，只有对大洋裂谷和大陆裂谷进行大地测量，并把数据作比较，才能发现似乎固定不动的裂谷两侧的海陆板块每年都在缓慢移动，从而使大陆漂移和板块构造假说得到证实。

第三，在地质学中运用比较方法，可以追溯地球物质客体的发展历史及其顺序。我们根据有共同特征可能有共同起源的道理，追溯地质体与地质现象的历史渊源。我们根据差异程度较小的事物在时间上相隔较近、反之相隔较远的道理，可以确定其历史顺序，从面推知事物的来龙去脉。这种追溯历史渊源与确定历史顺序的比较方法叫

历史比较法。运用此法，可由观察到的现象推知无法观察到的历史过程。

第四，它可以对理论研究的结果与实验、观察的事实之间是否一致作出确定判断。例如1842年达尔文从对太平洋珊瑚礁的观察中提出了关于珊瑚礁成因的堡礁学说，认为热带、海洋中的珊瑚礁是由造礁生物——珊瑚与海藻等在火山岛四周靠近水而没有沉积物的石底上繁殖起来的，由于海底缓慢下沉，它们为了维持其生长表面经常接近水的位置而不断向上增长，从而形成不断增厚的环礁。为了证实此说，早在1881年达尔文就写信给瑞士博物馆学家阿加西兹，希望在社会群岛的Bora Bora打一钻，以证实堡礁学说。这个愿望直到1947年才在古比基尼岛实现，以钻进779米没有穿透珊瑚礁面告终。50年代，又在Eniwetok Atoll钻进1287米，取得玄武岩岩芯，从而证实了达尔文的堡礁学说。

分类方法是根据对象的共同点与差异点，将其划分为不同种类的逻辑方法。分类也有一个以现象到本质的发展过程。开始是现象分类，又称人为分类，它是根据事物的外部特征来进行的分类。这种分类往往把本质上相同的事物分在不同的类别中，把本质上不同的事物分在相同的类别中，带有一定的人的主观性。但这在人的认识历史上是不可避免的，这种粗糙的分类是人类认识的阶梯。认识发展后，是本质分类，又叫自然分类，即根据事物的本来面目，从它的本质特征和内部联系来进行分类。这种分类，随人类实践与认识的发展也不断深入。例如就认识矿物、岩石来说，西方最早进行矿物分类的是公元前370年古希腊的狄奥弗拉斯特，他把当时认识的16种岩矿分为两类：加热融熔或改变形态的为一类；能承受热的作用而不变化外形的为另一类。这就是现象分类。后来到了中世纪，阿维森纳、康瑞德、马柏都斯等人对60～82种岩矿的分类也是现象分类。开始根据物理性质对矿物分类的学者是罗马帝国的列昂纳多。而第一个开拓近代矿物学分类的是16世纪德国学者阿古里可拉，他列举了18种物理属性作为分类标准，是地学史上第一个本质分类。18世纪末著

名地质学家魏纳将矿物分类发展到新阶段，他把实用与物理属性结合起来分类。再往后是根据矿物结晶构造分类（丹纳），根据矿物的化学成分分类（米修里、柏齐力阿斯），根据矿物化学成分与晶体结构之间的统一关系分类（布拉格父子），最后是矿物的成因分类（维尔纳茨基、费尔斯曼、罗森布什）。完全可以不夸张地说，一部矿物学史就是矿物个类的发展史。

分类方法有自己特有的规则。首先是要有一个标准，而且只能有一个标准。没有标准不能分类，标准多了也不能分清楚类。例如前述矿物分类最早的一个科学标准就是矿物的物理属性。把物理属性、化学成分结合起来作为标准分类，是一个标准还是两个标准呢？这是一个非常有趣的问题。实践证明，物理属性与化学成分结合起来，是一个组合标准，是单一标准，是可以作为分类原则的。把不同标准凑在一起是多标准，划分的子系统是相互重叠的，只能造成分类的混乱。

其次，要严格注意种和类的“从属关系”。种的层次在上，类的层次在下，两者紧相联系反映自然本来面目。例如岩浆岩分类，根据产状，可以划分为侵入岩与喷出岩，侵入岩又可划为深成岩与浅成岩，这里有两级从属关系，绝不能把岩浆岩划分成深成岩与喷出岩两类。

再次，分类必须相应相称，即划分所得的子项之和必须与母项相等，过宽过窄都会造成混乱。例如岩石可分为岩浆岩、沉积岩、变质岩三类。如果只划分为岩浆岩、沉积岩两类（过窄），或划分为岩浆岩、沉积岩、变质岩、喷出岩（过宽），都是不正确的，过宽的错误同时也是划分标准不统一的错误。

分类方法的科学意义，首先是使大量繁杂的材料系统化、条理化。试想，地球上已发现3000多种矿物，如果不分类研究与认识，那将是一幅多么混乱的局面。其次，科学分类系统反映事物内部的本质联系，因此可以根据系统的特性，推断某些未发现事物的性质，正如利用门捷耶夫的周期表（分类表）发现新元素所证明的。

应当指出，比较与分类是相互依存、相互促进的。比较是分类的前提，分类是比较的结果。没有正确的比较，就没有正确的分类；有了

初步分类，才能深入一步去比较。比较与分类是地学研究中不可残缺的逻辑方法。

二、将今论古方法

将今论古方法是根据均一性原则（或叫现实主义原则），运用历史比较方法，认识地球和地壳演化历史的一种方法。在地学史上，将今论古是渐变论的方法论基础，是赫顿提出来并由赖尔丰富与完善的。将今论古方法使地质学成为科学，近200年来，一直被地学界奉为圭臬，对地学的发展起了极其重大的作用。现今仍然是地学中的重要原则与方法，并和其它方法结合在一起，实际运用于科学实践中。

将今论古方法的理论基础、原则和方法简述于下：

（1）物理学和化学定律在时间中是不变的（即"天律不变"），物理学的均一性也不随时间变化。这是它的理论基础。

（2）由此推出将今论古方法的原则：均一性原则（现实主义原则）。可以概括表述为"古今一致"（或称之为均变论原则）。仔细详查，均一性原则侧重讲物理变化速度不变，即地质作用的速度是古今一致的、匀速的。而现实主义原则侧重于物理和化学等作用的形式和原因是一致的，即地质作用的形式和原因古今是一致的。

（3）以今证古的方法。由上述理论与原则，必然逻辑推论为以古论今。可以表述为：过去地球表面的变化可以参考现在起作用的原因加以解释；过去地球表面地质作用的类型和速度可以参考现在的类型和速度来解释和计算。将今论古就是"以今证古"和"以今算古"。

（4）现在是（认识）过去的钥匙（The present is the key to the post）。有人考证，此格言并非出自赫顿或赖尔，而是地学史家盖基总结渐变论而提出来的。这个概括是符合原意的。

将今论古方法的理论前提是自然界服从自然法则，自然法则不随时间变化，也不受任何神意和其它超自然力量的侵犯。首先，将今论古理论运用自然界发展变化的观点说明古今地壳的变迁，从而把万能的上帝从地质学中驱逐出去，使地质学建立在科学的唯物论基础之上。它代表着整个自然科学方法论上的革命，在当时起了打破神

学禁锢、解放思想的重大历史作用。从此，将今论古方法应用于地球史的研究取得了划时代的成就。其次，赫顿提出并由赖尔丰富完善的理论，当用于欧洲第三纪地质之研究时，将现代地质作用同欧洲第三纪地质过程加以比较，从而建立起欧洲第三纪地质史，这就示范地使地球史研究建立在科学方法论基础之上。第三，以将今论古为方法论基础而建立的地质渐变论，奠定了近代地质学的基础，促进了古生物学的发展，为进化论开辟了道路。恩格斯评价赖尔是："只有赖尔才第一次把理性带进地质学 6 中。"①

将今论古方法无疑带有局限性和片面性，由此引发了古往今来许多争论。

首先，什么叫自然法则？均变论者对此就有多种解释，有人将自然现象、事件、状态、原因、变化等都视为"自然法则"，这就使他们陷入被动地位，不得不一再"调整"对"自然法则"的解释。这种多解性必然引起混乱。

其次，人们一直认为物现常数、化学元素和生物习惯是古今一致的，因此将它们视为自然法则。其实未必如此。引力常数就遭怀疑，常数不常，古今并非一致。半衰期在 10^5～10^7 年的二十几种短寿命放射性元素，过去可能存在，现在地球上已消失。一些长寿命的放射性元素则衰变为其它同位素。生物习惯的古今一致也受到怀疑。一种根状海百合从侏罗纪就存在，原来生活在浅海中，而丹麦 Galathea 号考察船(1950～1952)却从 8210 未深太平洋底把它打捞了上来。类似改变习性的"活化石"并不罕见，这是因为它们的适应能力强，在环境不断改变中，它们没有被自然选择所淘汰。

第三，物理定律、化学定律是否不变？我们知道确立定律的基础是观察，我们对物理定律、化学定律赖以确立的观察只能是人类存在以来的观察，而不是在人类存在以前的观察。地质现象恰恰是人类没有或很少经历过的，因此说物理定律、化学定律不变就缺少根据。事

---

① 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社，1971 年，第 13 页。

实上有些自然过程古今是不一致的。例如地磁场的产生与消失、磁场反向倒转等，古今就不一致，而且人类很难直接观察到。在这里，将今论古只不过是一句空话。天然磁场既然是历史的东西，有关天然磁场的物理定律怎么可能是不变的呢？

第四，地质学是关于地球、地壳发展历史的历史性科学，而均一性原则却是非历史性原则，这两者之间存在着矛盾。随着地质学向纵深发展，这一隐伏矛盾就逐渐暴露出来，均一性原则适用范围就越来越窄，矛盾越来越尖锐。只有抛弃均一性原则的束缚，科学地对待将今论古方法才是正道。

正确使用将今论古方法，应当和历史分析方法结合起来，应当辩证地对待将今论古。① 例如有人根据地层中含有珊瑚化石就判断该地层的沉积环境，显然这是将今论古。但是辩证思维一下，是否单纯根据现今生物（珊瑚）的生活习性就能推断古环境呢？不能。解决这个问题，需要理论思维，也需要具体方法。比较生物化学证明，理代动物骨骼的胶原中的羟脯氨酸与全部亚氨酸的含量，随动物体温与环境温度而变化。再加上其它一些数据，推断古环境就可靠一些。可见，在地学研究中，辩证思维已成为不可避免的了。

三、历史分析方法

地质学中的历史分析方法是由赫顿首先提出来的，后来被赖尔实际运用于地史分析之中，并使之完善。这个方法在近代地质学的发展中起过重要作用，至今仍是地学的重要方法。

历史分析方法是以现实主义原则为指导、以历史比较为逻辑的研究方法。赫顿认为："为了理解过去的自然作用，就必须研究现在的地球构成。进行了这方面的研究，才能知道决定事物未来方向的原理"。② 这就是说，要反演地球的过去和正推地球未来的发展方向，必

---

① 孙荣圭：《地球和地球科学的发展》，高等教育出版社，1984 年；《地质科学史纲》，北京大学出版社，1984 年。

② 小林英夫：《地质学发展史》，科学出版社，1972 年，第 62 页。

须遵循现实主义原则，研究地球的现代构成、地质作用及其产物，以地球或某一地质体的岩石或构造的历史遗迹为根据，进行现实比较与类比，从而推出地球史上的地质作用及其产物与环境，研究它们的演化史，并推断地球或某一地质体未来的发展方向。例如，我们知道现代的天然盐是干燥和半干燥气候区的盐湖在强烈蒸发下沉积的，煤是湿热区植物被埋藏地下经化学分解形成的，珊瑚在温暖洁净海水中才能生长繁殖，等等，那么当发现地层中有盐岩、煤层或珊瑚礁时，就可以推断当时的地质作用及其自然环境，并推出其变化过程。赖尔就是应用历史分析方法，根据第三纪的地层古生物中的现代生物物种的百分比，以及岩石、构造和海陆分布的遗迹，与第四纪的地质相关因素进行比较、类比，对西欧第三纪地层作了进一步分析。这无论就其科学内容，还是科学方法来说，都是开创性的科学贡献。

近代地质学把现实主义原则和历史分析方法结合起来，揭示了地球是逐渐生成的，地质体不仅在空间上互相邻近，而且在时间上前后相继，这样就使地质学进入历史领域，成为真正的科学。正如恩格斯定义的“地球发展史，即地质学”。①

历史分析方法，并没有超出机械唯物主义的局限。它认为地质作用从古到今在性质上和程度上都没有变化，没有认识到地质作用及其赖以发生的环境因素和介质本身也是在不断变化着的，其变化规模与速度也是不均匀的。例如，生物圈或生物界在地史中的演化对沉积建造的影响最为突出，许多沉积结构构造和特种沉积都与生物活动有关，没有大量生物的繁育，就不会出现生物碎屑岩和礁体；没有大规模的植被出现就不会形成煤层。而在地质时期中生物的种属不仅在质上有变化，而且在量上也有变化，所以不少特种沉积受生物演化中高级形式出现的制约，而在不断变化，随生物对变化着环境的适应，各类生物的生态也会随时间而改变。例如，现代海百合和腕足类

---

① 恩格斯：《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》，人民出版社，1958年，第19页。

动物主要生活于半深海区，但古生代它们则与造礁珊瑚共生，显然是属于浅海环境。水圈和气圈是沉积作用的介质，而大气和海水的组分，特别是含氧量和含盐度也是随时代而变异的，介质的变化对沉积物的特征具有根本性的控制作用。

运用历史分析法研究地球的演化历史，就必须以地质历史遗迹为根据，以联系的、发展的历史观点为指导，在分析中贯彻现实主义原则和历史进行原则，把以今证古和以古证今结合起来，互相补充。例如，对地槽沉积物的认识是以今证古，而地槽的概念是从古生代地层资料中抽象出来的，用这个概念研究现代地槽是以古证今。其次，必须将研究对象纳入历史范畴。因为“每个时代都具有如此独特的环境，每个时代都是如此特殊的状态，以至必须而且也只有从那种状态出发，以它为根据，才能判断那个时代”。① 黑格尔这番话虽然是针对人类社会而言的，同样适合于地球史的历史分析，它是历史分析法的重要前提。

应用历史分析方法必须尽可能详细地占有那个历史阶段的一切方面和一切联系，区分该阶段地质作用与其环境相关作用的普遍性与特殊性，以及后续过程环境的影响的次生变化，才能判断该历史阶段质的规定性，如果就事论事，例如，只根据地层的珊瑚化石来判断其沉积环境，甚至大加推断当时海水深度、温度、盐度、水动力条件等等，那就陷于片面了。其实，单纯根据沉积物的性质，或只根据现今生物生活习性去推断古环境，其结论往往是不可靠的。沉积物形成后的成岩过程相当复杂。由于海底沉积物在成岩过程中，其所含孔隙水和卤水与沉积物以上的海水隔绝，其氧化还原条件和酸碱度与海水并不相同，因而沉积物内部形成的同生矿物并不代表海水水体底部的环境条件。

四、溯因法

地质学中的溯因法，是承认地质现象之间的因果联系，以现今尚

---

① 列宁：《哲学笔记》，人民出版社，1958年，第343页。

存的地质历史遗迹为果，追溯其成因的逻辑方法。它是科学中决定论原则与方法在地质学中的应用。

溯因法是以回向分析（即地质反演）为基本分析方法。其概括表述为：从已知的地质现象或地质体在其发生、发展过程中某个时刻的状态、性质出发，进而反演推断出引起这一现象的原因，或反演推断其相邻状态或初始状态，以及它们的性质。这种回向分析方法是由地质学研究对象（地球、地壳）的特征决定的。由于地球、地壳的演化过程极其久远，几乎都是在人类产生以前无限时间内发生的。因此，人们追溯地质现象的成因，或追溯地球和地壳的历史，不免要受到种种限制，而溯因法的回向分析搭起了一座由已知现在推断未知过去的桥梁。

地球、地壳和地质体运动的普遍联系和相互作用的遗迹是溯因法由已知现在推断未知过去的客观基础。恩格斯说，呈现在我们面前的整个自然界“是一幅由种种联系和相互作用无穷无尽地交织起来的画面”。①地球物质客体都处在相互作用、相互制约之中。地球物质客体的运动，从一种状态或过程向另一种状态或过程过渡和演交，不可能毫无前兆地发生，又毫无痕迹地消失，它们总是同时伴随着数量不少的物质、能量和信息的流动。地球物质客体本身，就是一部载荷着巨大信息量的“地质史诗”，它真实地记载着地壳交迁的历史。比如，地壳岩层中保留的一切古生物化石及虫迹、爬痕、足印、管穴等所标志的地层系统和古生物系统相互作用的遗迹，就是以奇特的“文字信息”在这部史书上记载着亿万年来地壳变迁的生动情景，对我们重塑地史是个见证。

可见，运用溯因法重塑地球历史，并不是人们随心所欲的遐想和臆造，而是有深厚客观基础作为可靠的依据。但是，运用溯因法还必须注意地球客体本身结构和机制的复杂特征：

第一，地壳和地质体的面貌，由于年代久远，变迁太大，已经造成

---

① 《马克思恩格斯全集》，第20卷，人民出版社，1960年，第23页。

地层缺损、层序颠倒等复杂情况，人们要读懂这部“残篇断简”、“字迹模糊”的“地质史书”，必须进行一番精心的“校订考证”和“分章划段”，以便为推断反演创造必要的条件。

第二，信息作为地球客体普遍联系的一种特殊形式，无处不在。然而信息的空间分布是不均匀的。要从地球客体现实状态中获取其过去状态的足够信息，必须尽力寻找记载地质体状态演化遗迹的信息源。例如，珊瑚化石指示古浅海环境；破碎贝壳指示古滨海环境；植物化石指示古陆相环境。出露完全、顺序正常、接触清楚、化石遗迹丰富的典型地带，则又是便于全面分析地层成因和年代的信息源。只有为不同目的找到这样或那样意义的信息源，才能窥测一般，作出正确的推断。

第三，地质信息载体是凝聚着地质成因意义的信息源，而要揭示其地质成因，必须进行破码、译码工作。运用溯因法从地质历史遗迹解译地质成因意义信息，往往需要把握信息载体的某些属性。例如，凝聚着地层演化信息的生物化石的某些属性，对判定地层成因和年代就具有实质性的意义。不过要从各种地质信息载体的某些属性中最大限度地提取过去的未知信息，就离不开现代物理、化学等学科的分析鉴定手段，以延伸人的认识器官，扩大获取信息的能力。例如，植物的孢子花粉颗粒小、重量轻、产量大，坚固的外壳能耐酸、耐碱、抗机械压力，埋藏万古，仍可遍存，而采用现代科学手段分析鉴定它的结构、大小、形状等，就可以从中获取关于古气候、古生态、古地质环境等大量的未知过去的信息。

运用溯因法还应注意地质因果联系的复杂性、多样性以及其它辩证关系，正确把握地质因果链的联系环节和发展过程。

首先，应注意地质体因果联系的整体综合性。有因果联系的不同状态或性质的地质体是由许多（至少有两个）不同的地质现象、要素按照一定的结构组成的综合体，它的“果”不是单一的，而是“果”的集合体。因而与之对应的“因”也不是单一的，而是“因”的集合体，从而组成一个整体综合性的序列因果链。

魏格纳认为，大西洋两岸的海岸轮廓、地层层序、山脉走向、化石分布、动物区系等许多因素极其相似，推断这是原始统一的巨大地块曾在几亿年内发生破裂，并水平漂移几千公里的有力证明。如果将大陆某些部分旋转一个角度，那么就可以复原整块大陆。魏格纳所揭示的这种纵横数千里、上下几亿年的地球演化历史过程，给人们提供了溯因法的一种极其重要的整体决定论原理。

由于因对果的作用强弱不同，地质因果关系的整体综合性并不排除果的集合中某项可辩状态为主要的果的要素，与其对应的因的集合中有某项可辩状态为主要因素。在运用溯因法时，只要注重从有科学意义的主要之果去探求具有科学价值的主要之因，就能大为简化解决问题的过程。

其次，应注意单项可辨状态的因果分析是地质溯因法的基础。除了从主要的果推断主要的因的单项因果链分析颇为重要外，其它重要的果之因的单项因果链的分析也不能忽视。地质体的演化过程中存在着“多因”与“多果”、“多因”与“一果”、“一因”与“多果”等复杂因果链，这些都需要用溯因法配合其它方法解决。

第三，应注意因果关系状态变化的复杂性。地质体演化过程中的因果关系，从时间上看是前后相继的，就其变化状态而言，就有纷乱时期强烈运动的激变遗迹。但是，往往有许多因果联系，却如同滴水穿石，是数百万年甚至数千万年宁静缓慢变化累积的效应，是长期渐变作用富集的结果。

第四，应注意地质因果联系形式的多样性。如通过沉积岩相分析，可以重塑古地理环境；以砂页岩含煤地层，可以推断所经历的古环境和成煤时代；从火山碎屑岩层，可以推断地壳所经历的强烈运动和火山时代。只要对岩层与古代环境之间的变化关系有了规律性认识，就可以把现存岩层的沉积序列看成“果”，把沉积环境的变化看成“因”，探索这种沉积过程的经常而稳定的因果联系，并可以获得有确定的现在之“果”，必有确定的过去之“因”的判断。

第五，不仅应注意因果联系的必然性，而且应注意因果联系的偶

然性。在地质研究中，确定的、必然的因果联系，只在一定范围、一定条件下和近似程度上是正确的，并不能无条件地外推到一切场合。例如，在地层的岩相分析中，由于大量例然因素的影响，沉积的因果联系并不是一种严格的单值对应关系，很难用确切的函数来推述，作出精确的判断。一般说，沉积成岩过程从某种状态（可将某层次看成某种状态）到另一种状态是按某种概率分布转移的，是服从或然因果规律的。因此，沉积成岩过程由"已知现在"辨测"未知过去"（沉积环境），是具有或然决定性质的。这就是人们运用溯因法研究地质过程因果规律应当确立的非完全决定论的决定论观点。

总之，溯因法是地学的一种传统科学方法，至今仍有其实际应用意义，只要注意应用现代科学理论和技术去充实它，这种传统方法一定会为地学现代化作出贡献。

五、假说与找矿模式

1. 什么是假说

假说是根据科学事实和科学理论对未知的自然现象及其规律作出探索性解释和说明。

在科学上，假说有三层含意：思维形式、知识形态、认识方法。

作为思维形式，正如恩格斯所说："只要自然科学在思维着，它的发展形式就是假说。"① 不言而喻，地学的发展形式也离不开假说这种思维形式。

作为科学知识形态，假说的逻辑结构与科学理论并无二致，同样也具有解释功能与预见功能。假说在地学中的作用，远比其它学科更为重要，甚至可以说，一部地学史就是一部假说更迭史。假说林立，可以说是地学最显著的特点之一。

作为科学认识方法，假说方法在地学认识与实践中的地位是不断加强与显赫的。在赫顿以前，地学方法主要是归纳法，假说方法只是处在从属地位。17 世纪英国地质学家赫顿把假说方法提到了地学

① 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社，1964 年，第 218 页。

研究的首位，依据这种方法，赫顿提出了火成论观点和宇宙（地球）起源学说。使假说方法声震全球的是近代地学革命的先驱德国科学家魏格纳，他提出的大陆漂移说被奉为假说方法的成功范例。

实际上，上述三层含意在科学中是统一的，只是在不同场合有所侧重。本节只侧重讨论假说作为方法的特征和实际操作的原则，尽管要涉及它的思维形式、知识形态的含意。

2. 假说的一般特征

地学假说和其它假说一样，具有共同的一般特征，了解这些特征，对于使用假说方法是必不可少的基础知识。

假说的一般特征是：

（1）科学性。 假说的科学性是指提出假说必须以一定数量的科学事实及已有科学理论为根据。这就是说，假说与无根据的胡说有一条原则界限，即要满足两项要求：第一是假说要与普遍原理、已被证实为真的科学理论相一致；第二是假说要有一定的科学事实作为根据。满足这两项，即使提出的假说后来被证实为错误的，也是科学假说而不是胡说，对科学发展仍起到促进作用。

假说的科学性是假说的科学生命力之所在，也是假说转化为理论的内在根据，这是假说与理论作为科学知识形态的共同性，它们二者的区别也仅只是科学理论基本上不存在特征的疑问，而假说则是特征的设定。正是它们之间存在着共同性与差异性，假说才成为从事实遍往理论的桥梁，成为人类科学认识的阶梯。

（2）探索性。假说的探索性是指假说的基本概念不同于科学理论，它是人们对未知自然现象及其规律的假定性看法。这表明，假说是一种或然性的认识，它可能由科学事实加以证实，转化成科学理论；也可能由科学事实加以否认，被废置不用。

科学性与探索性是假说的两个基本特征，在使用假说方法时，一定要从这两个特征出发，正确认识和使用它。

3. 假说的多元性

地质假说最突出的特点是它的多元性。所谓多元性，是指用以解

释同一地质现象的假说常常是多说并存。这许多假说，或者是解释角度不同，相互补充；或者是理论出发点不同，相互抵触。例如，关于大地构造的机理问题，我国就有许多不同的构造学派，它们彼此之间在理论上有很大的差异。

地质假说的多元性，来自主客观的因素。从主观看，由于立论者占有的科学材料不同，研究的角度迥异、理论出发点有别、思想方法与知识结构差异，因此，他们对同一地质理象的解释也就不同，因而设立不同的假说。从客观看，地质假说的多元性来自地质现象的多解性。地质运动是物理运动、化学运动、生物运动等的综合性的特殊运动形式。同时，地质运动又有显著的叠加性，地质遗迹是随时间推移而叠加形成的。地质运动的这种复合和叠加赋予地质现象以极端复杂性。一种地质现象往往是多种地质营力反复塑造而成的，这就造成了对同一地质观象可能出现多种不同的解释，而每一种解释都可能引出一种假说。故说地质现象的多释性决定了地质假说的多元性。

4. 假说方法的运作

运用假说方法，一般分为两种类型：一种是形成假说；一种是依据已有假说指导实践。

形成假说，就是假说方法的运用，一般包括三个步骤：提出假说、推演假说、检验假说。现以魏格纳的大陆漂移说为例，说明假说方法在建立假说过程中的实际运用。

早在 1910 年，魏格纳在翻阅世界地图时，就偶然发现大西洋两岸的海岸线相互对应，特别是巴西东端的直角突出部分与非洲西岸呈直角凹进的几内亚湾十分吻合。但当时他没有深究下去。到了 1912 年，他从其它学术论文里知道，大西洋两岸的有些动植物物种十分相似，这就使他进一步去思考，并提出大陆漂移的基本概念：由于均衡作用，原始大陆在洋壳上不断漂移，约在 1.8 亿年前的侏罗纪至 5 千万年前的第三纪，泛大陆开始分裂，分裂了的大陆各部分，或向西、或向赤道方向漂移，或两者兼而有之，终于形成观今的海陆分布。这就是魏格纳提出的假说。

依据假说，魏格纳作了推演。这是他1914年在第一次世界大战中负伤后躺在病床上思索的。按大陆漂移的基本思想，现今的各大陆可以拼合在一起，同时，大西洋两岸也不仅仅是某些生物种属相似，而应有更多的地质的证据。这就是假说的推演。

有了推演就要搜集证据来检证假说。实际上魏格纳搜集到以下证据：

(1)大陆的拼合。文献表明，美国人贝克和法国人施奈德早在19世纪中叶就对全球各大陆作过拼合，证明泛大陆是存在过的。

(2)古生物证据。这是由古生物学提供的。大西洋两岸有许多化石种属相似。

(3)地质构造方面证据。大西洋两岸的岩石类型和地质构造极其吻合。

(4)冰川证据。古生代晚期(约3亿年前)南半球各大陆普遍发生过冰川作用，而北半球各大陆则没有见到冰川遗迹。魏格纳认为，这恰好说明2亿年前各个大陆曾以南非为中心组合在一起，冰川中心在南非，使南非、印度和澳大利亚发生了由岸外向内陆的冰川运动。欧、亚、北美的许多地区当时曾远离两极，所以那里没有冰川遗迹。

(5)古气候证据。古冰川分布说明古气候和现今各地的气候正好相反。如果大陆在地史时期曾经连接在一起，这种现象就易于解释。

作为全球构造学说，如果大陆漂移说只能笼统地说明海陆分布的极貌，还不会有多么大的生命力。魏格纳认识到这一点，进一步引伸大陆漂移的基本概念，描述了大陆漂移的具体进程，并广泛解释地球上一些显著的地质特征。他指出，喜马拉雅山脉由向北漂移的印度次大陆与亚洲大陆碰撞挤压而成；南、北美洲向西漂移时，其前缘受阻于洋底地壳，挤压褶皱而成科迪勒拉-安第斯山系：欧洲的阿尔卑斯山脉与北非的阿特拉斯山脉则由大陆向赤道移动时挤压而成；东亚岛弧是大陆漂移时受洋壳阻力而拖拽所脱落、滞后的碎片。他如此延伸大陆漂移的基本概念，扩大了假说的应用范围，完善了假说的内在机制。这一步骤可以说是假说的再推演、再验证，也可以说是假说

的演绎。因此从方法论上说，这种方法是假说-演绎法。

由上可以把假说方法的形成假说型概括成以下步骤与操作原则：

(1)提出假说。根据事实提出假说的关键是提出基本概念，它是创造性思维的结晶，取决于作者的专业知识与思维艺术，具体说，就是控制天才思想闪光的能力与品格。

(2)推演假说。运用演绎法推演出若干结论，便于搜集证据来验证假说，为下一步作准备。正如前叙，魏格纳是在相当长的时间之后作的推演，然后才去着手搜集证据。

(3)验证假说。大体说是通过科学实践与社会实践来验证。这一步关系到假说生死存亡的命运，必须仔细去做。验证往往需要反复进行，以求完善假说的内在机制。正如前述，地质假说的多元性也要求验证假说必须反复进行，才显出假说的真理性。

运用假说方法的另一类型，是以假说为导向，去探索地学理论与地学实践。通常，人们把这称之为假说的应用。从这点说，假说之应用与理论之应用，没有原则区别，因为假说具有真理性，因而可以对发展理论与指导实践起到定向、凝聚作用。这一点恰好反映了地学认识与实践具有猜测性、探索性和目的性相统一的特点。正是在这个过程中使用假说方法，可以起到团结队伍，巩固与发展科学共同体，促使假说向理论转化，以及获取实际社会效益等作用。但千万不可忘记，假说和理论还是有不同之处，即，假说具有探索性，其自身还是待证的认识，因此，在运用假说方法时，一定要有辩证思维，既以假说为导向，又不以假说所束缚。地学史上常常出现这样的情况，某一学派的代表人物，在学术争论中，放弃原有假说之立场，皈依新假说，去开拓科学研究的新途径。如布赫由水成论者转变为火成论者，威尔逊由固定论者转变为板块学说的活动论者。中国学者也有这种迹象。总之，假说之应用与假说的验证、补充是统一的、互补的，这一点是由假说的本质特征所决定的。

假说方法的典型例证是找矿模式。下面专门讨论找矿模式。

5. 找矿模式①

“找矿模式”的提出，是现代找矿理论发展到一定阶段的必然产物，建立找矿模式是现代地学研究的一种重要方法。找矿模式是假说方法的范例。

什么是找矿模式？② 找矿模式是对矿床生存特征各组成要素、成矿机理与成矿过程的概括与假设。通常采用图解、表格、函数方程等形式表达。

建立找矿模式多是出自找矿勘探的需要。某一重大价值矿床发现与证实后，将其控矿因素与找矿标志模式化，然后以此类比，去圈定找矿靶区并加以验证。随找矿勘探实践发展，由单一矿床找矿模式，向区域找矿模式；由成矿系列低序次找矿模式，向高序次找矿模式；由单矿种找矿模式，向多矿种找矿模式；由经验描述性模式，向成因模式；由单一手段找矿模式，向多手段综合方法找矿模式；以及根据某一大地构造学说建立全球性找矿模式等等发展，表现出找矿模式已经成为现代地学的重要方法与手段。从我国实践看，找矿模式的发展，经历了三个阶段：

(1)经验描述模式阶段。这种模式(或称作模型)以局部、直观的地质矿产条件为基础，以就矿找矿为方法。如扬子江下游铁矿模式(谢家荣、程裕琪，1935 年)，以及 60 年代以典型矿床为模本的找矿模式。

(2)成因模式阶段。70 年代矿床成因模式成为热点，陈毓川等首次建立组合成因模式，如玢岩铁矿类型组合成因模式。

(3)理论探矿模式阶段。找矿方式、方法进入理论探矿阶段。此时多成因模式、综合找矿模式、高层次理论探矿模式等相继出现，成

---

① 参照白屯：《关于找矿模式的几个认识》、王发宁《成矿模式研究的特点与方法》。以上两文载于：《地学与社会》，地震出版社，1994 年，第 70 页；《地学与发展》，地震出版社，1996 年，第 331 页。

② 找矿模式，又称成矿模式。这里我们强调它的方法论意义，故统称为找矿模式。

为风气。到了80年代中期，建立找矿模式已成为地矿部门的明确要求。

为什么说，找矿模式是现代地学发展的必然表现呢？找矿认识与实践是主体关于客体（矿床存在与演化规律）的反映。随着人类需求的发展以及科技进步，人们对矿床客体的认识越来越深入，认识手段也越来越多样化，这就要求对矿床形成的主要特征与内在机理有清楚的认识，对物探、化探等多种手段有综合性了解，并且用理论形式概括出来。找矿模式的建立，既是利用已知地表或浅部矿化标志去推断深部矿体的空间位置，又是将地球物理、地球化学、遥感影像等间接找矿标志转化为直接找矿标志，去预测隐伏矿体或盲矿体。所以从主体反映客体来说，找矿模式适应了这个要求，使这种反映更加深化与科学化。

不仅如此，主体反映客体的重要环节是发挥主体的能动性。找矿模式的建立，必须有两个前提，即必需的地质资料与主观加工。我们强调的是主观加工。找矿模式是客体原型以及找矿手段的理论化、抽象化，它是一种科学假说，带有主体意识的形象表现。由此可见，找矿模式的建立，充分体现了认识主体的主观能动性。这恰是找矿模式的重要品格，是它具有方法论功能的根据。

成功的找矿模式其方法论功能，首先它能指示某类成矿远景区，在矿产普查阶段指导人们从“无矿”到“有矿”的飞跃。其次，找矿模式还是一种找矿思路与方法，对于寻找同类矿产具有启迪与预示作用（注意不是取代具体的找矿方法）。最后，找矿模式还具有理论预示功能，它从宏观、大空间范围、大时间尺度上指示某类型矿种或矿化带形成的可能性。

第四节　地学现代方法

近代自然科学四百多年的长期发展中，以牛顿力学分析、林耐生物分类法为代表的科学方法，可以称之为“以分析为主的还原主义方法”。这种方法的基本特点就是把事物一段段、一层层地分析研究，象

黑格尔说的“剥大葱”一样，分析完了，大葱也不存在了。认识是深入了、细致了，但同时也就“只见树木，不见森林”，离开了事物的本来面目。随着科学技术的发展，科学家通过自己的科学实践越来越发现这种机械还原主义方法的局限性，在方法上出现了各门学科方法的相互渗透与综合，尤其在辩证唯物主义产生之后，提出了辩证思维的方法，这样，还原主义方法就向辩证法复归，产生了辩证综合方法。到了本世纪50年代，系统论、控制论、信息论诞生，以系统方法为代表的新方法逐渐占据主导地位。地学研究方法大体也经历了这样的历史过程。19世纪以前，矿物学、岩石学、地层学为主导学科时期，以魏纳为代表的以岩相分析为主的分类方法占了主导地位。到赖尔时代，他将观察方法、实验方法、生物化石方法、地层学方法、岩相分析方法、分类法等综合成现实主义方法（基本原则是将今论古）。这就是地学史上第一个综合性方法。到了本世纪初，魏格纳提出了大陆漂移学说，直到50年代的板块学说出现，这是近代地学史上的一次革命。理论的革命伴随着方法上的突破。从大陆漂移说到板块学说，把地质传统方法、地球物理方法、古地磁方法、深海钻探方法、大地测量方法等都综合起来，以假说为起点作综合性研究。这就是地学史上第二个综合性方法，我们称之为辩证综合方法。随着系统科学对地学的渗透，以系统方法为主导的现代地学方法完全显示了在地学领域的强大生命力，它将适应自然科学整体化趋势，把21世纪的地学带向一个协调人地关系和谐发展的新天地。

据此，本节将论述：辩证综合方法；地质系统方法；其它现代方法。

一、辩证综合方法

从地学方法体系看，认识地球客体的方法共有三个层次。一个层次是地学各分支学科的特殊研究方法，如岩相分析法、地层古生物法等。第二个层次是地学中的一般研究方法，如观察、实验、将今论古、溯因法等等。第三个层次是哲学的思想方法，它不仅适用于地学、自然科学，也适用于社会科学和思维科学，如矛盾分析法，辩证综合方

法，系统方法等。

辩证综合方法与逻辑方法中讲的分析与综合不同。逻辑的综合是在思想中把对象的各个部分、各个方面和各种因素联结起来考虑的一种思维方法。那么，什么是辩证综合方法。

1. 辩证综合方法的含义

辩证综合方法是对处于普遍联系中的对象作辩证考察的思维方法。

任何事物都是处在普遍联系之中的，但人们认识事物时，不一定都把考察对象置于普遍联系之中，有时候是允许暂时切断这些联系而单独考察某个事物，或某物的某个侧面的。例如分析方法，就是把整体分解成部分、把复杂事物分解为简单要素面分别加以研究。当然这种分解是暂时的、有条件的。与此相反，人们也往往将各个部分、各个要素的认识联结起来，形成对事物整体的认识，这就是逻辑综合。显然，这两种逻辑方法都没有把对象放在普遍联系之中来考察，或者说它们都没有把普遍联系作为认识的出发点与落脚点。

辩证综合方法则要求人们在考察事物时按照事物本来具有的普遍联系的本质来认识，不能只见树木不见森林。例如，考察地壳运动的规律，人类认识地壳运动的历史是先考察大陆地壳，后考察海洋地壳，时至今日，讨论地壳运动就应采取辩证综合方法，把大陆地壳与海洋地壳联系起来考察。再例如，地质学史有渐变与灾变之争。渐变论认为，现在正在进行着的改变地壳形态的地质作用，也同样以基本相同的强度作用于地质历史的整个时期，以往的地质事件可以用今天所看到的现象和作用来加以解释。也就是说，今天见到的地质现象与地球面貌是缓慢地质作用的结果。灾变论认为，地球当前的形态与面貌是全球性突然剧变造成的，这些变动超出了人类的经历与自然知识范围。时至今日，人们普遍认为，渐变与灾变都是地球演化的两种力量，从其重要性看，灾变的意义更大些。

由上可见，辩证综合方法是不同于逻辑综合的：①出发点不同。辩证综合以事物的普遍联系为研究的出发点，而逻辑综合则以分析

所得的知识为出发点；②内容不同。辩证综合是以分析与综合的反复进行为内容的，其思维程序是：综合→分析→综合；而逻辑综合的内容是分析加分析，其思维程序是：分析→综合；③结果不同。辩证综合的结果是揭示事物本来的联系，而逻辑综合的结果只是事物的整体形象，这个结果的质量取决于分析的质量。

当然，事物的各个部分、各个要素之间是有联系的，所以逻辑综合自然被包含在辩证综合之中。从下面谈到的辩证综合的类型时可以看出辩证综合方法大大优于逻辑综合。

2. 辩证综合方法应用举例

为了叙述方便，我们把辩证综合的类型划分为以下几种：

(1)对立而的综合。地质现象中常有许多组对立的倾向与过程，在认识达到一定程度时要将其综合起来。例如，拉张与挤压，就应综合考察，一处拉张，另一处必然受到挤压；一个时期拉张，必然伴随另一个时期的挤压。板块学说的“拉张造海，挤压造陆”的概念，就是辩证综合方法的实例。再如，建造与改造，形成与形变，也是应当综合考察的。没有建造，哪有改造；没有形成，无从形变。没有改造，也无所谓建造，也就没有发展；没有形变，也无所谓形成，也谈不上发展。可见，它们本来是相互联系、相互依存的过程，这就是综合方法的根据。地质学史中常有对立的学派与理论，它们也常常反映地质过程或地质作用的不同侧面，因之应当把这两种见解(实际上是两种地质作用或过程)综合起来，才能反映事物的全貌。例如，火成论与水成论、渐变论与灾变论。从岩石成因上立论的水成论与火成论，反映了两种成岩作用与过程，把两种学说综合起来，才接近岩石成因的真理。同理，渐变论反映地质作用与过程的量变，灾变论反映了质变，量变与质变联系起来，才能说明地质变化的全貌。

涂光炽教授正确提出“非此即彼”与“亦此亦彼”的关系。[①] 他说：

---

① 涂光炽：地学中若干思想方法的讨论，《地学哲学通讯》，第一期，1989年1月，地学哲学委员会刊出。

"在半个世纪以来，经典的成矿理论，除了对少数变质矿床以外，多数矿床都是被看作不是外生的，就一定是内生的；不是内生的，就一定是外生的；不是浅部形成的，就一定是深部形成的；不是深部形成的，就一定是浅部形成的，这中间是不是有过渡？过去不予考虑。而恰好是这种'非驴非马'，既非典型内生，又非典型外生。这在矿床成因上长期以来是有争论的。现在我国很多地区发育的铅锌矿床赋存于碳酸盐地层中，附近没有岩浆活动，物质组成简单，矿石矿物就是一些闪锌矿、方铅矿、黄铁矿，围岩也没有蚀变。……它不是非此即彼，而是亦此亦彼。不久前人们用层控矿床的概念把这类非驴非马的矿床统一起来"。显然，把内生矿床与外生矿床的特征综合起来，就得出了亦此亦彼概念，再综合其它成矿因素就是"层控矿床"概念。

(2)多因子的综合。地球物质客体与地质作用，常常是多因子的复合体，因此在地学认识史上积累资料达到一定程度必然综合成许多新概念。对地质研究客体形成综合性认识，反映了学科的成熟程度。例如，成矿区或成矿带，指矿床集中产出的地区或带状地区，其内在涵义是在地质构造、地质发展史以及成矿作用上具有共性的地区，这实际上是把地质构造、地质发展史，以及成矿作用诸方面所获得的信息加以综合比较而形成的新概念。再如成岩系列，是指几个成岩建造的组合，主要表现在化学成分和矿物成分的变化具有明显的规律性，如拉斑玄武岩系列等。显然，这是将几个成岩建造的研究成果综合而得的概念。

王鸿祯教授子70年代初提出了"阶段发展论"观点，用以概括地球发展史。这个理论就是应用辩证综合方法而建立起来的。他说："阶段发展论认为，地球发展史可以按照量变到质变的概念，用一些质变期为界，划分出自然阶段；地球及其各圈层发展的总过程是由简单到复杂、由无序到有序的前进过程，各阶段均具有独特的特征；地球各圈层的阶段划分各具不同的标志，但其整体是大致同步的或同时的。大量资料的综合分析表明：生物圈发展的质变点是灭绝和新生变化的高峰值，在陆生、海生各门类之间不尽相合，但大体相近。生物

演化的前进性是公认的。岩石圈发展的质变点表现在地质热事件同位素年龄高峰值，各大陆、各地区有所不同，但整体上是明显集中的。这些高峰值与古地磁极性分期和生物演化阶段是大致相合或可比较的。岩石圈及水圈、气圈发展的前进性表现在构造状态和组分的方向性变化，总的说是分异度和有序度的不断提高。地球各圈层阶段划分的统一性最可能与更高层次的太阳系、银河系的同期性影响相关，因而也是有序的。全球性板块运动是非匀速的，也应有高峰期，有待于各时期古大陆再造的验证。所有上述阶段性都不是同期性的重复，而是前进性的发展。"①这一段 1988 年 10 月书写的文字充分表明"阶段性"新概念是综合多方面资料、多种学说观点而形成的，是辩证综合方法应用的范例。

再例如要认识含油气盆地的演化史，就必须辩证综合多种因子才能得出科学概念。一般公认，生、储、盖、运、聚、存、散等七大要素是生油、圈闭、成藏的主要条件。显然，这里使用的是辩证综合方法，人们把这种研究称之为"油气综合评价预测"是颇有道理的。

(3)方法与信息的综合。地球客体的复杂性决定了地学方法的多样性与信息获取的多渠道性，人们可以分领域、分侧面、分阶段地获取信息，但最后形成科学认识，那就必须运用辩证综合方法，把多种信息综合面成科学认识。张文佑教授于 1983 年在福州地学哲学学术会上提出两个著名的学术观点。一个是关于地层划分问题。他说："过去划分地层都是根据生物的进化历史来划分。这个问题今天要不要重新考虑？单纯按生物来划分可能不够全面了。如同位素年龄划分、大地构造旋回划分就可以考虑结合起来了。这几种划分的具体结果当然不尽相同。但有一个事实是大家都承认的，即在时间顺序上，构造运动先于岩浆活动，岩浆活动先于沉积相变，沉积相变又先于生物的发展。这里就需要辩证思维，把各方面的因素联系起来。比如从

① 王鸿祯：地球史中"阶段论"观点的哲学思考，1988 年 10 月，(未刊论文)

构造旋回来考虑，'南方震旦系'似可划为古生界底部，而'北方震旦系'则可另建立始生界。总之，我们不能只限于自己的一个学科，而要与其它学科联系起来。"其它学科就是指其它方法与信息，只有综合其它方法与信息才能把地层划分进一步科学化。

再一个论点就是把地质力学分析与历史分析结合起来的问题。张文佑教授说："力学分析是空间分析，历史分析是时间上的演化。把两者结合起来就好比动画片一幅幅联起来。力学分析是指各个地质体(断裂、褶皱、岩体等)的空间组合。力学分析是历史分析的基础，历史分析是力学分析的综合。"① 这里提出了一个重要概念，即，纵向综合(历史分析)与横向综合再综合起来，姑且名之为"多级全方位综合"，这是较高层次的综合方法，是辩证综合方法的现代形态。

现代综合方法的范例是板块学说，从学术思想看，板块学说是对大陆漂移说与海底扩张说的全球性综合。从方法论上说，新全球构造的研究方法是赖尔现实主义方法的再生与复归，其重大特点是以现实主义方法为立足点，将地球物理方法、古地磁方法、深海钻探方法、海洋地质普查方法、传统地质方法综合起来的一种新现实主义方法，或称之为新全球构造方法。这个方法有以下特点：

(1)立足于全球。

(2)以地质学原有的方法论原则(现实主义原则)为杠杆，吸收尽可能多的新方法。

(3)明显的辩证综合特点。

从地质学史的角度看，板块学说的综合是二级综合。一级综合是赖尔的现实主义方法。这个方法是综合了在他之前的生物化石方法、地层学方法、岩相分析法、岩相古地理方法、历史分析方法及统计方法而形成的。是不是有三级综合呢？我们认为那是有的，这就是系统方法在地学中的应用，或叫地质系统方法的成熟。地质系统方法也是

① 张文佑：学习应用自然辩证法进行地学研究，《地学与哲学》，文史出版社，1998年，第4页。

一种辩证综合方法，也是纵向综合与横向综合再综合起来的“多级全方位综合”，但它不限于此，而是具有明显的“系统性”特征。为此，我们把它单独列出，作为现代地质方法的一种而专题论述。

3. 辩证综合方法的原则

(1)客观性原则。辩证综合方法是在事物的普遍联系中考察事物。事物当然都是处于普遍联系之中的，孤立自在的事物是不存在的。但联系总是具体的、有序的，事物不会是混乱堆砌的。这样，在考察事物的联系时，只能是按照事物的本来面目(即客观上存在的联系)来综合事物的各个方面、因素、过程，而不能主观地“拉郎配”，把不相干的、相差层次甚远的、无序的事物综合在一起。硬把毛刷综合到哺乳动物中去，毛刷也不会生出乳腺来。但是，人们会问，事物在未加考察之前，你怎么知道它们有无联系呢？这就产生一个怪圈：你必须综合本来有联系的事物，但你在综合之前又根本无法保证事物之间是否存在联系。怎么办？这就涉及到第二个原则。

(2)辩证性原则。上述这个悖论，从形而上学看来是无法解决的，但辩证法认为，这个悖论好解决，那就是在综合之前你假定这个事物与其它事物处于有序的联系之中。考察的结果无非是两个：客观上存在联系，或不存在联系。这两个结果，对综合方法来说，并无本质区别，因为无论存在或不存在联系，对于综合方法与实践目的来说，都是等价的。辩证法告诉我们：认识的出发点是实践，这是提取综合课题的起点，然后经过综合，就达到了经由实践检验的目的。正如前文指出的，辩证综合的思维进程是：综合　分析　综合。这个过程始终立于实践的坚实基础上，这就保证了辩证综合不会陷于怪圈和违背客观性原则。

举例来说，现今考察地质现象，一个很重要的方法就是把“天、地、人”综合起来考察。当然，把天文因子、地质因子和人类社会因子作为普遍联系的网络来考察，可能是遵重客观性原则的，也可能是违背这个原则的，这就要作辩证考察。有人从天文因子的周期性变化，推断出地球冰期的周期性变化。然后又和人类社会的周期性进化作

比较，从而得出结论说："北京猿人在文化上的早、中、晚三个阶段恰好与全球性气候变迁的三次周期相吻合。"① 这种综合是客观的、科学的。

同样是讨论"大、地、生"巨系统的综合，有人却认为中国古代的"天人合一"是天地生巨系统研究的先驱，是古人提出人地关系命题的证明。且不是"天人合一"的"天"并不是物质的宇宙，而是冥冥之中的理性。就算是把天解释为自然界，也不能把"天人合一"的命题等同于"人地关系"或"天地生巨系统"的命题。这样的综合是违背客观性原则同时也违背辩证性原则的，不足训。

(3)多样性原则。辩证综合的形式是多种多样的，我们在上文作为举例，虽说举了若干种，但绝不意味着就这么几类。这就要求我们在应用辩证综合方法时不要拘泥于已有形式，而要富于创造性。辩证综合方法本身就是一个开放性的命题，如果自我封闭起来，那么既不可能辩证，也无法操作综合。辩证综合就代表开放性与无限创造力。

4. 辩证综合方法的意义

(1)克服了以分析为主的研究方法的局限性。前文已述，以分析为主的研究方法，把人们的眼光局限在事物的侧面、部分、片段，从而肢解了机体，分割了事物的联系。这在研究简单事物与过程，考察单因子联系时尚可差强人意，满足初级实践要求。等到进入复杂领域，以分析为主的方法就不够用了，自然面然让位于辩证综合方法。辩证综合的长处就在于多侧面、多层次、多方位的考察事物，并且以反映整体为己任。辩证综合方法代表人类认识能力的进步。

(2)满足科学发展的要求。当代科学发展的总趋势是整体化。整体化的特征是纵向综合与横向综合。前者如板块学说，后者如数学地质与环境科学。科学的整体化还表现为现论的整体化，赖尔的地质学原理以及板块构造理论都是理论的整体化。这两个方面都借助辩证

① 徐钦琦：北京猿人文化分期与全球气候变迁，见《地球哲学与可持续发展》，文史出版社，1998年，第285页。

综合方法。科学及理论的发展常常伴随有方法上的革新，辩证综合方法就是适应科学发展而出现的方法。

(3)开拓了研究新领域。辩证综合方法一个显著特点是突破了原有科学分科的界限，这就明显地表现出这个方法具有无限的开拓能力。涂光炽教授指出：在教学与科学分科上，我们总把煤矿、石油、天然气、金属、非金属等划分开来。这些专业分属中央各个部管辖，学生也按这种划分学，毕业后还按这种划分去实践。自然界本来是有着内在有机联系的，现在人为地把它割裂了。于是非此即彼的思想方法非常流行，而恰恰有很多亦此亦彼的领域没人注意、没人搞，科学研究要深入下去，必然涉及亦此亦彼的领域，例如介于煤和石油之间的亦此亦彼的东西要我们去研究。① 涂先生说的亦此亦彼的领域就需要我们应用辩证综合方法去开拓。

二、系统方法

地学研究方法，随着科学技术的不断发展，不断从其它科学中汲取新的思想与新方法，而不断发展与更新。最突出的表现就是系统方法在地学中的运用。

1. 地质系统方法的含义

地质系统方法，就是指系统方法在地学领域中的运用，就是将地质研究对象放在系统形式中加以考察与控制的方法。

本书第三章第一节中已确认地球物质客体以系统方式存在的普遍性，并将地质天然系统划分为两类：地质作用系统与地球物质客体系统。现在讲到系统方法，就是按照事物本身的系统性，将研究对象放在系统形式中加以认识与控制。显然，地质系统方法处理的系统，不是天然系统，而是人们对天然系统加工后获得的人工系统。

系统方法，是一种方法体系，主要包括三个层次的内容：思想方法、工程步骤和具体技术。此处讲地质系统方法，自然也包含这三个

---

① 涂光炽：地学哲学研究中的一些问题，见《地学与思维》，地质出版社，1992年，第18页。

内容。系统思想方法，就是从系统观点出发，考察对象的整体与部分（要素）之间、系统与环境的相互联系、相互制约的关系，以求达到最优。系统工程步骤，包括系统分析与系统管理，共有七个步骤（详下文）。系统方法的具体技术是指模型化方法、最优化技术、系统预测技术、系统决策技术等。

此处阐述的系统方法着重讲的是前面两项内容，不谈具体技术方法。

传统的地质研究方法往往把研究对象加以分解，从对象的各个部分研究起，认为把各个部分的特征弄清楚，自下而上地就可以把整体的特征揭示出来，在此过程中，运用观察、实验、假说、推理等方式获取经验数据与理论结论。这对于一些简单的地质问题，自然是行之有效的方法，面对于复杂的地质现象就显得无能为力了。地质系统方法则不然，从认识论上看，它把形象置于系统与环境、整体与部分（要素）的相互联系的两络之中，自上而下地从整体功能与特性中去把握部分（要素）与整体的联系。从方法论上看，它把不同功能的传统方法结合起来，既定性又同时定量地寻求最优方案，形成一种多功能、多用途的新的综合性方法。所以，系统方法反映了当代科学技术的新成功与新趋势，适合地球客体这个复杂系统的需要。

2. 地质系统方法的基本原则

运用系统方法，必须掌握和运用其基本原则，只有这样才能有效地解决问题。

（1）整体性原则。整体性原则是系统方法的基本出发点。世界上各种事物、过程都不是杂乱无章的堆积，而是相互联系的有机整体。事物整体的性质和规律，并非各个部分（要素）的总和，而是各个部分（要素）的相互作用的整体效应。整体大于部分之和。这就要求在研究地质问题时要从整体出发，不能仅限于孤立地考察各个部分。例如，热液矿床往往是多金属共生矿床，进行矿床评价时，如果只着眼于一种主要金属矿种，而忽视其它伴生金属矿种，就有可能造成错误评价，浪费矿产资源。因为伴生金属矿物含量较低，没有单独开采价

值，但如果和主要金属矿物一起开采，就可大大降低开采成本，从而提高了矿床评价。这就是矿床评价中关于系统的整体效应。

(2)层次性原则。前文已述，地质系统具有多层次性，这就要求系统方法注意考察整体与层次、层次之间的关系。地球客体与地质作用所处的层次不同，其特征和规律也就不同；混淆不同层次的地质问题往往得不出正确结论。

(3)有序性原则。地质系统的有序性是指地质系统的时空结构都是有规律的联系。有序性是系统的有机联系的必然反映。运用时间有序性原则，可以帮助我们探索地球客体发展规律，如矿物的结晶规律、岩浆的结晶顺序、地层的沉积过程和地球的圈层分异。运用空间有序性原则，可以帮助我们揭示矿物的晶格结构、矿石构造、矿体构造、断层构造以及地球的圈层构造等。

(4)最优化原则。最优化是系统方法的根本目的。最优化是指运用最新技术与手段从多种可行方案中选择最优方案，使系统运转处于最佳状态，达到最优效果。这是任何传统方法所不能做到的。例如，矿山开采，总以投资少、见效快、收益高为目标，从矿山的勘探、设计、施工、开采，有许多方案可供选择，选中最接近这个目标的方案，在运行中就要协调其内部各子系统之间关系，使其始终处于最佳状态，以便收到最优效果。

(5)地质环境原则。地质环境是指影响地质系统存在和发展的全部外界条件。地质系统与地质环境是两个相互依存的对立统一体，离开环境，地质系统是无法存在的。地质环境原则就是要求人们在研究、管理、改造地质系统时，要注意系统整体与环境的相互作用和相互联系。否则，所得的结论将是片面的、不正确的，运行的系统将是滞塞的、混乱的、低效率的。

此外，还有一些原则，如相关性、协调性、动态性、结构性等等也须遵守。上述基本原则必须兼顾，否则也会破坏系统方法的完整性。

3. 地质系统方法的步骤

系统方法的程序、步骤，一般公认霍尔(A. D. Hall)1969 年提出

的三维结构是比较通用的系统工程方法。这种对人工系统组织管理的科学方法，共分七个步骤：

(1)摆明地质问题。第一步是根据国家对矿产资源的需求、地学自身发展需要、主客观条件，摆明问题，确定研究对象。问题提得明确与否，水平高低，直接影响工作之成败得失。

(2)目标选择。一个地质系统的总目标只有一个，但表现和说明目标的指标却有多个。如各种地质技术指标、经济指标等，它们相互影响、相互制约，组成一个指标体系，共同体现着实现目标的优劣程度。

(3)系统综合。目标已定，就要拟定方案，达到目标的方案与途径不是一个而是多个，它们各有自己的特点与优点，如地质技术方案、管理方案、实施手段、经济、政策控制手段以及各种衡量标准等。为了选择最优方案，有必要将各种可行性方案列出，加以分析与比较。例如勘探我国浅海石油，就有几种可行性方案：一是靠本国力量自行设计和勘探；二是招标外国石油公司勘探；三是国内外联合勘探。这三种方案都可达到勘探石油的目的，只有经过分析论证之后才好确定。

(4)系统分析。就是对可行性方案进行比较。一般是先建立相应的数学模型，在计算机上仿真和定性定量分析，为选择最优方案提供准确的依据。

(5)最优化。选择最优方案，要看哪个方案使系统的整体功能最好，或者地质系统的目标函数达到最大值或最小值。

(6)决策。一个复杂的地质系统性往具有多个优化方案，有的是地质技术最优，有的是经济指标最优，还可能是政治、军事上最有利，具体选择哪一个优化方案，要根据实际情况作出决策。

(7)实施方案。最优方案确定之后，就要按部就班去实施。实施中如果发现问题较多，实施不下去，就要返回到前面某个步骤重新做起。

这七个步骤是一个大概的程序，先后次序也不那么严格。尤其是

地质问题十分复杂多样，这就要求使用系统方法时，必须灵活取舍，反复摸索，不拘一格，以求组织与管理人工系统达到最优。

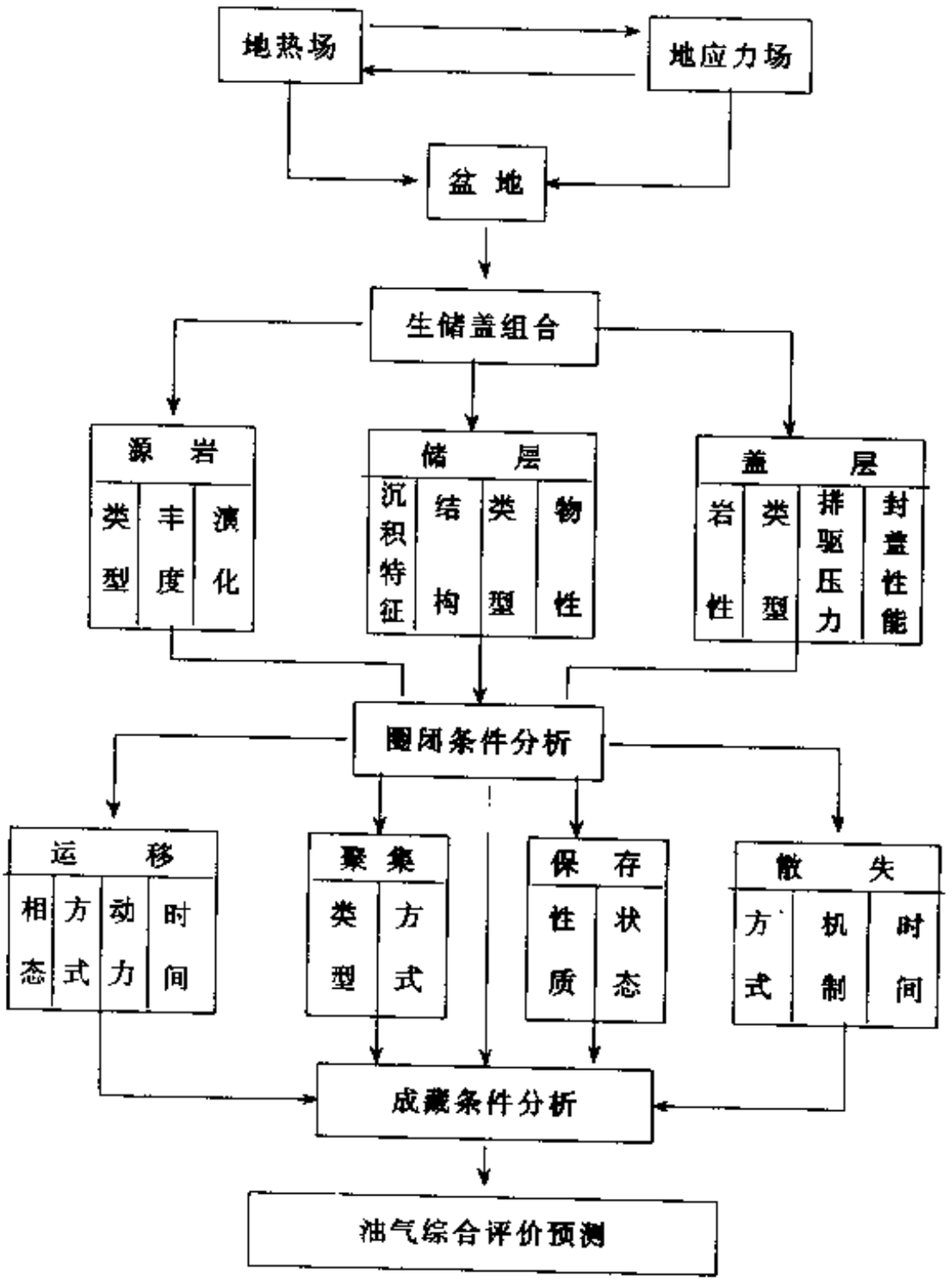


图7－3 含油气盆地的系统分析

这七个步骤，实际上是两部分组合：前六步是系统组织，第七步是系统管理。系统组织又称为系统分析，关键在于系统模拟与设计。系统管理是系统的研制、试验与评价，检验系统是否能够达到预期效果。发现不当之处就要及时改正，甚至推倒重来，直至达到理想设计，实现最优目标。

现以含油气盆地分析为例，看看地质系统方法的应用。①

首先，把含油气盆地按其自身的系统性放在系统形式中加以考察。构成含油气盆地的因素很复杂，大体上可分为三个层次（见图7-3）。

由图可知，盆地结构由三个层次组成。第一个层次由地热场、地应力场以及盆地三个子系统构成，三者都是自然系统，从宏观地质背景形成了对油气的控制。例如，地热场对有机质热油化及生烃史有直接影响，地应力场直接影响盆地的结构、构造、形成与模化，而盆地的形成、演化过程更与烃类生聚史息息相关。这些因素是相互制约、互为因果的。

盆地系统的第二个层次，核心是生储盖组合。“生”指生油层（油气源岩），即生烃的机制、有机质的丰度、类型及有机质的热演化。“储”指储油层，包括沉积成岩特性、储层形状及分布、储层结构与物性，以及孔隙的演化。“盖”指盖层，包括类型、排驱压力及封盖能力等。生储盖组合这一层次的研究对象仍然是地球物质客体。

盆地系统的第三个层次是圈闭条件分析。圈闭是地质作用系统，圈闭系统的子系统除了生储盖之外，还有运移、聚集、保存、散失等，是以地球客体为依托的地质作用过程。我们把生、储、盖、运、聚、保、散七个因素划分为两个不同层次，根据就在它们是两个不同类型的地质系统。应当遵循整体性、层次性、有序性原则，综合研究这七个因素之间辩证关系。油气的散失是对油气生成、聚集、保存的破坏。对

① 孙惠军：略谈系统学在含油气盆地分析中的应用，见《地学与社会》，地震出版社，1994年，第64页。

于油藏来说，“生”、“运”是输入，散失是输出，二者是对立的。运移与扩散也是一对矛盾，运移是供给，扩散是付出。“运”、“散”具有相似的动力学机理，区别仅在于运移在成藏前，散失在成藏后；运移有利于成藏，而散失是对油气藏的破坏。“储”、“盖”不仅与“聚”、“保”密切相关，而且往往直接影响油气二次运移。总之，这七个因素纵横交错，构成控制油气成藏的网络系统。生储盖组合与圈闭条件这两个层次的综合则是油气成藏条件分析。至于其它一些影响运、聚、保、散的因素，可视为更低一级的子系统。可见，油气盆地系统是从盆地→组合→圈闭→成藏的演进、由多因素、多层次构成的复杂系统。

上述模式只是表达了盆地形成演化的主要因素，还有时间、空间以及时空组合等无法在图 7－3 中表达出来的因素，此外还有温度、流体、压力、气候、生物、地化等环境因素也没有表示出来。模式既非唯一，也非十全十美。

上述模式是对盆地自然系统的提炼，但系统方法告诉我们，重要的是设计人工系统，便于对盆地作动态化、定量化分析，以求达到对盆地的控制与改造，实现最优。设计盆地人工系统必须严格按照系统方法的程序与步骤，循序进行，其主要技术手段就是盆地模拟。在此我们列出盆地分析流程图，如图 7－4 所示。

由图可知，这个盆地人工系统分析的结果是含油气盆地的远景评价。通过比较发现，远景评价与原综合评价是不同的，主要是：

(1)人工系统增加了输入与输出以及数据库，即加强了信息资料的输入与管理，为整个系统增加了负熵流，提高了系统的有序度和整体功能。

(2)盆地模拟运用了计算机技术作动态分析和定量分析，从而使模式最优。

(3)建立了反馈系统，可以不断改善系统的自组织能力，使模式不断完善，达到最优。

(4)把盆地构造发育史、地热史、沉积成岩史、有机质生烃演化史联系起来考察，达到“历史与现实的辩证统一”。

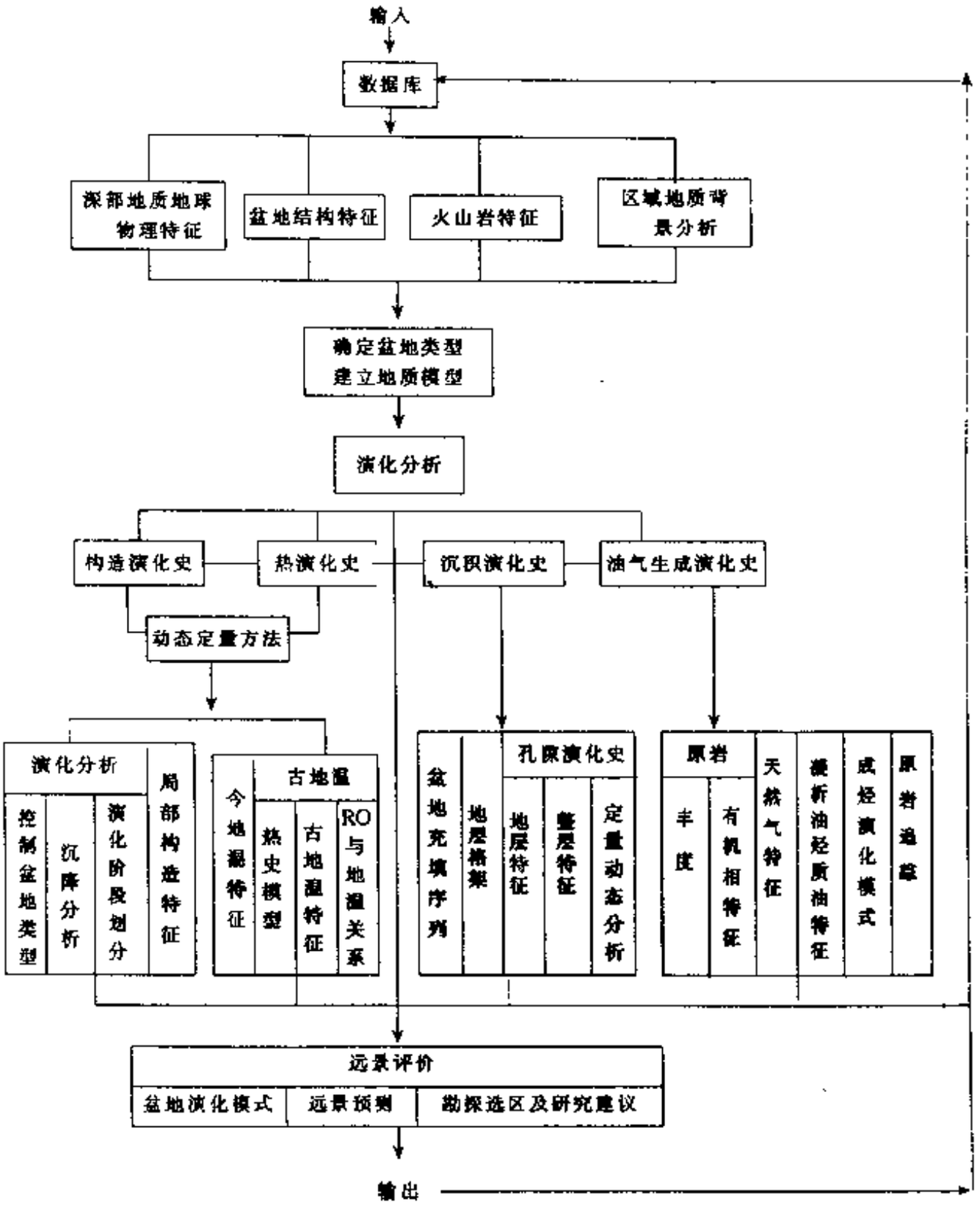

输入
数据库
深部地质地球物理特征
盆地结构特征
火山岩特征
区域地质背景分析
确定盆地类型
建立地质模型
演化分析
构造演化史
热演化史
沉积演化史
油气生成演化史
动态定量方法
演化分析
控制盆地类型
沉降分析
演化阶段划分
局部构造特征
古地温
今地温特征
热史模型
古地温特征
RO与地温关系
盆地充填序列
地层格架
孔隙演化史
地层特征
整层特征
定量动态分析
原岩
丰度
有机相特征
天然气特征
裂解油烃质油特征
成烃演化模式
原岩追踪
远景评价
盆地演化模式
远景预测
勘探选区及研究建议
输出

图 7－4　盆地分析流程图

4. 地质系统方法的意义

地质系统方法适应当代地学的发展，给地学研究提供了崭新的思维方式与方法，是对传统地质方法的创新，主要表现在：

首先，地质系统方法突破了传统地质方法的局限。传统地质方法习惯于先从部分考察起，然后进入整体，先分析后综合。这种方法的局限性在于它把整体与部分、分析与综合人为地割裂开来。而地质系统方法则把整体作为研究的出发点与落脚点，把分析与综合有机结合起来，从相互联系、相互作用中考察整体与部分、各因素之间的关系，并且动态地、定量地把握地质运动过程，这是对传统地质方法的一大突破。

第二，地质系统方法突破了地质传统方法单一的认识功能。在传统地质方法中，研究目标的选定主要靠经验判断与逻辑分析，实现目标主要靠室外观察、记录，室内定性、定量实验、鉴定、分析，直至提出假说与理论。从整体上看，上述具体方法没有内在联系，整个研究过程被分割成条条块块，谈不上总体效应。地质系统方法则把一系列科学方法组织起来，使之成为系统方法的组成部分。在局部上，各个科学方法实现自己的特定功能，在整体上又共同实现系统方法的功能。尤其是，地质系统方法兼有确定与分析地质目标与优化、实现地质目标的双重功能。再者，传统地质方法预测分析的认识功能较差，而地质系统方法不但把握对象的过去与现在，而且通过模拟与模型演示对象的历史演化，预测未来。这就大大提高了预测分析的认识功能。

第三，地质系统方法突破了传统地质方法使用范围局限性。将今论古、历史分析、地质观察等方法只适合研究某些地质现象、某个侧面，不太适应复杂多变的复杂巨系统，地质系统方法不仅能克服这种局限，适应各种复杂巨系统的研究需要，而且地质系统方法具有一般方法论的特点，既适应地质研究，又适用于地质管理、地质技术工程、地质教育、地质信息处理等领域，并使研究自然与社会、科学与技术、生产与管理达到辩证统一，对于协调人与自然、资源与环境、生存与发展、社会与灾害具有不可替代的方法论意义。

综上所述，地质系统方法的多功能与普适性，使其成为地学领域的一般方法。但这并不意味着地质系统方法可以替代传统地质方法，地质系统方法正是综合运用了传统地质方法才使自身具有多功能和普适性。

三、其它方法

1. 地质的数学方法

在地学中应用的数学方法，不是现代方法，而是相当古老的方法。早在19世纪初，赖尔就应用统计方法把第三纪地层中的生物种属与现代种属作比较，划分出第三纪地层。到了19世纪末，卡尔·皮尔逊也对古生物化石作了统计分析。但真正把数学方法登堂入室地引进地学作为研究的主角，那还是30年前的事。特别是在本世纪科学的数学化趋势中，地学也参加了这次大合唱，并且形成了数学地质学这新学科。所以，把数学方法列入现代方法而加以论述，也还是事出有因。马克思说："一种科学只有在成功地运用数学时，才算达到了真正完善的地步。"①

地质的数学方法是经由量、量的变化、量与量的关系来认识地球客体与地质过程的方法。数学方法的功能(研究的工具、形式化语言、数量分析与计算、推现工具)以及与模型方法相结合的数学模型，在地学领域都有实现。例如，对应用多元统计方法对地质问题进行回归分析、趋势面分析、主成分分析、因子分析、对应分析、聚类分析、非线性映象分析；使用数学模型再现地质演化过程；采用突变论模型研究断层运动、生物灭绝等灾变事件，等等。

地质的数学方法与其它地质方法相比，具有以下特征：

第一，地质的数学方法把地球客体的量、量的变化、量与量的关系抽象为一套形式化语言(符号)，并通过逻辑推导，反映地球客体与地质过程的规律性，从而简化与加速了地质思维过程。数学语言这种简洁精确的表达形式，无疑会推动地学的发展。

---

① 《回忆马克思恩格斯》，人民出版社，1978年，第7页。

第二，地质的数学方法对地球客体作定量分析与数量计算，以此来把握对象的性质与规律，可以深化与精确化地学研究。

第三，它为地学研究提供了逻辑推理和证明的工具。

第四，它以量、量的变化、量与量的关系为考察对象，这就为地学提供了一种普适性很广泛的一般方法、研究工具。

数学模型方法是建立数学模型来揭示对象之本质特征和变化规律的方法。数学模型专指反映特定事物数学关系之结构，它具体表现为一组数学关系或一套算法。在信息时代，数学模型必须形式化，便于用计算机加工处理。

应用数学方法解决地质问题，一般要经过以下步骤：

(1)获取地质数据。通过野外观察、地质测量、地质实验等方法获取必要的数据。所谓"必要"，一要有系统性，反映对象的全貌；二要有准确性，误差不能过大；三要有一定数量，根据精度要求而定。

(2)建立数学地质模型。数学地质模型是指反映地质研究对象之特征、规律的数学表达式。一般有：第一，必然性数学地质模型。它描述地球客体具有连续演化和因果关系。例如没有断裂出现的褶皱过程、矿体(岩体)与围岩的蚀变过程、化学元素的迁移过程等。描述地质必然性的数学方法很多，除去概率论、数理统计、突变论外，全部常量数学方法和变量数学方法都可使用。第二，或然性数学地质模型。它描述地质现象的随机性。例如要了解腕足动物贝壳生长和壳体形态的变化，可使用多元统计分析建立模型。第三，模糊数学地质模型。对无法定量描述的对象，只能用客观模糊与主观模糊的准则来建立模型。例如，沉积旋回清晰、成矿条件较好、构造发育等模糊概念，显然不能用传统的数学地质模型来描述，只能使用模糊数学地质模型。第四，突变论数学地质模型。地质领域存在大量不连续的突变现象，如岩层断裂、火山喷发、星球碰撞、恐龙灭绝等。推述这类现象只能用突变理论，建立突变论数学模型。它描述地质事件不连续的突变过程，揭示突变方式与各种制约条件的相互关系。以上四种模型的建模程序都是一样的：首先根据地质理论，确定对象的基本地质量；其次，

突出主要地质因素作数学抽象；再次，分清常量与变量、已知与待求的量，最后，抽象出待解的数学地质模型。

(3)模型求解。数学地质模型应是可解的。如果不可解，应检查建模过程是否有误。求解应根据数学解法求出答案，或直接解出，或使用电子计算机。

(4)解释模型的解。这是对模型求出的解作出说明与评价，即回到现实原型作出判断与预见。达到这一步很难，要求有丰富的知识与很高的学术素养。

地质的数学方法与电算技术有着密切关系。首先，电算技术加快了定量的速度与拓宽了定量范围。例如地震预报，要求在短时间内处理大量地震信息，从接收、转换、归类、分析到解出一系列地震方程，如果由人力计算，或年累月未必完成，即使三天五天超额完成，地震也可能已经发生了，预报或为历史。而采用电算技术，困难就迎刃而解。其次，电算技术使模拟地质过程成为可能。所谓地质模拟，就是用数学模型来模仿地质过程，并用计算机来进行计算与逻辑运算，实现模拟实验的要求。例如要研究"浅海处泥的供应量变化，珊瑚和钙藻群落的生存能力有何变化?"就可以对浅海作出一个动态模型，然后改变泥的供应量(数符化)，在计算机上就可看出数符变化对动态模型的影响，从而解出上述课题。

数学方法在地学中的应用，前景十分远大：

(1)应用领域越来越宽，进程越来越快。自50年代数学方法应用于经典地质学各分科以来，发展势头十分迅猛，理正向两极拓展：一极是走入地学深层理论的探讨；一极是渗入具体技术的脉络。如成矿规律、地质过程模拟和矿产资源预测及综合评价。这种应用加速了地学发展进程，有时还表现为一些数学上的重大突破，并反映在数学地质上，如马尔柯夫链、蒙特卡罗法、数量化理论、多维标度法等。

(2)地质的数学方法种类越来越多，发展趋势是多种方法综合化。例如多元统计分析方法就是多种数学方法的综合运用。

(3)数学方法与传统方法相结合。例如，马尔柯夫链与符今论古

方法的结合，对地质体进行研究，进行单元划分，客观地变量赋值；利用电子计算机使地层定量化，从而反映地质历史进程。这样，使地层划分和古地貌分析从定性分析走向定量分析。

地质的数学方法虽说发展很快，但终究只是数学科学一小部分理论与方法被引进到地学中来，而且还仅限子对地质过程的解释，还不曾用数学方法预测地学理论与检验理论。在这方而还有许多工作、许多领域有待人们去开拓。这方面的科学进军才刚刚起步。前景是十分诱人的。①

2. 地质黑箱方法

地质黑箱，是指这样一个地质系统，它的内部结构无法直接观测，只能从外部了解其输人值与输出值。某些地球客体或过程，其内部物质组成、结构构造、形成机理是无法或不便直接观察到的，仿佛是不透明而又密封的箱子，这就是“地质黑箱”，例如，地球深部的矿体、水体、岩石构造、断裂、油气运移、元素迁移，等等。要解决这样的课题，正好使用黑箱方法。

所谓地质黑箱方法，就是通过分析地球客体的输人和输出（信息、物质、能量）的动态过程，来了解地球客体的内部结构、行为方式、功能特性及运动机理的一种方法。使用这一方法一般要经过四个基本步骤。

首先，确认地质黑箱。地球客体与环境总是处在相互联系之中，只有把研究对象从与环境的联系中分离出来，使之成为相对独立的对象，才能判断它是不是黑箱。地质黑箱与环境之间的分离界限有两种：一种是泾渭分明；一种是逐渐过渡。前一分离界线易于辨认，如断层界线、岩层界线、矿体、岩体与围岩的界线等；后一分离界线之辨

---

① 蒋志教授批评本题说：“论述太过平泛。”这是正确的。他指出目前数学地质有一个倾向：各种新奇的数学方法都拿来用，但仅仅是从资料中取出特征，基本上属于现象范围，即现象与现象之间的联系。他认为数学地质应当运用数学来描述事物的本质联系。如气象学中暖云降水机制、地震机制、地电、地磁机制、地质体中原子随机运动机制等。

认，难度很大，不过采取一定方法（如近似方法、模糊数学方法）加工处理后，也可辨认。确定了分离界线，地质黑箱也就被确认。

第二，抓主要联系。地质黑箱与环境进行信息、物质、能量交换，从某种意义上说，环境决定着地质黑箱形成、存在与演化。这样，环境对地质黑箱的影响，就是通过特定通道实现的“输入”，地质黑箱对环境的影响，就是“输出”。如图 7　5 输入 X(t)，输出 Y(t)。

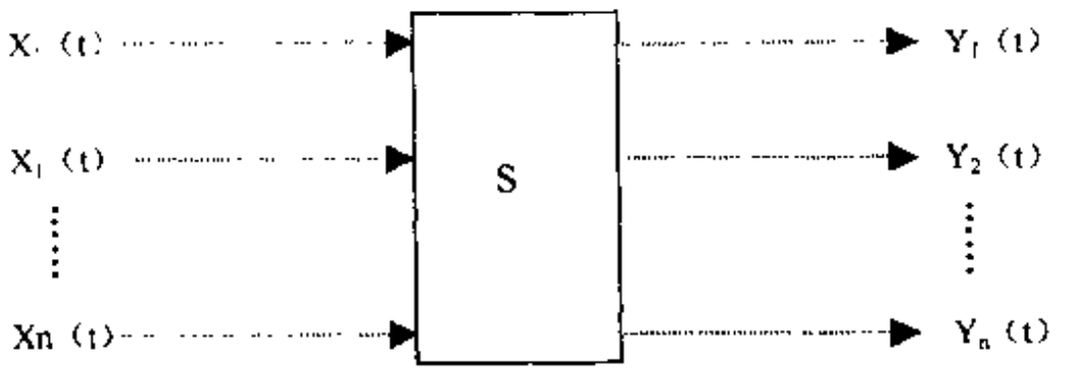


图 7－5　地质黑箱示意图

第三，观察地质黑箱。输入、输出变量确定之后，要观察其动态过程，测量并获取大量信息。观察黑箱大致有两种方法：自然观测与人为观测。前者就黑箱的原始形态观测；后者人为叠加某种测试输入，增加或减少动态过程的变化强度与范围。例如，测量地下水体流速，可以在水体上游投放某种色素物质，在下游记录色素流经路程的时间。这两种观测是互相补充的。

第四，建立模型。获取信息后就可建立地质黑箱模型，然后作定性、定量的分析，静态与动态的分析，作出评价，以及解释黑箱内部结构与运行机理，从而对地质黑箱演化趋势作出预测。

近年来，地质黑箱方法在地学研究中得到广泛应用，已逐渐形成一套程序，现用图 7－6 表示。

一般说来，地质问题可视为黑箱问题，这是因为黑箱概念是相对的。随着认识的深入，黑箱就会变成“灰箱”、“白箱”。因此，控制论创

始人维纳说:"所有科学问题都是作为闭盆问题开始的。"① 地学史也证明这一点。

黑箱方法对于处理地质问题十分有效,但也不是尽善尽美。要完全准确地把握地球物质客 2 体规律性,还须与其它地学方法紧密配合,相互验证。

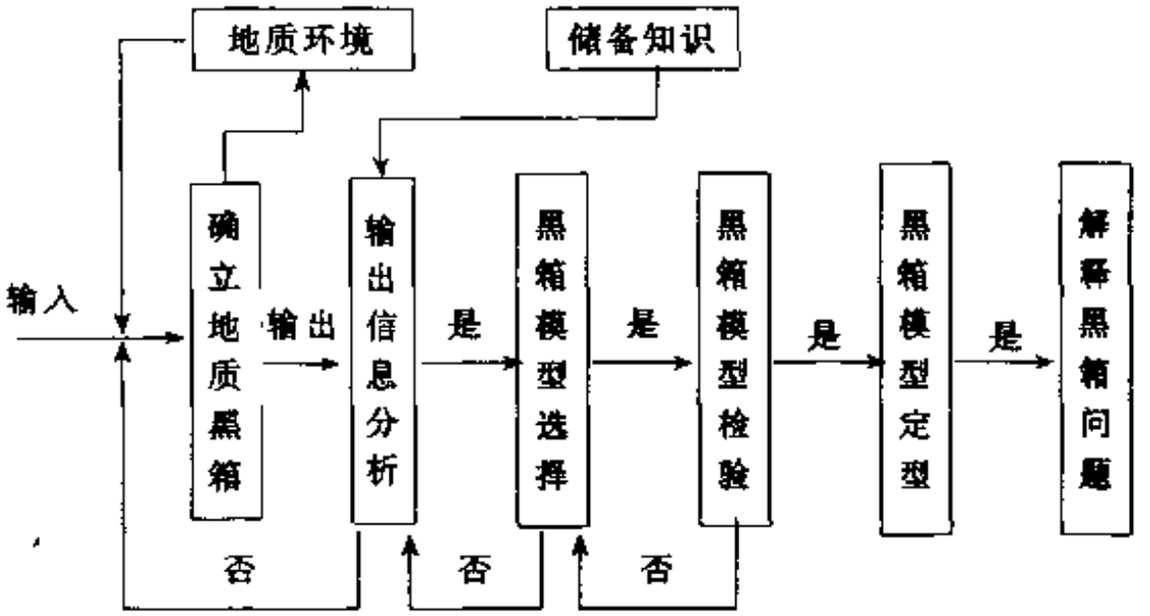


图7－6 地质黑箱方法的程序框图

3. 地质信息方法

地质信息方法是在现代信息科学的基础上将信息方法移植过来的一种新的研究方法。多年来,它在地学中的实际应用已取得相当成果,发挥了重要作用,已成为地学方法中一种十分有效的方法。

地质信息是指地球物质客体的表征与外化。地球客体的许多属性是由地质信息来表征、并通过外化的形式与环境联系起来的。地质信息一方面揭示出地质客体之间的相互联系的一般性质与特殊性质,另方面说明了地球客体与周围环境密切联系,它是地球物质客体系统的组织程度和有序程度的标记。

---

① 维纳:《模型在科学中的作用》,科学出版社,1972 年,第 319 页。

地质信息方法就是运用信息论观点，把对地球客体的研究抽象为地质信息的传递、转换过程，通过对地质信息的获取、传输、加工、处理等步骤来揭示地球客体的性质和运动规律的一种方法。

地质信息是分析和解决地质问题的基础，这是地质信息方法有别于其它地质方法的标志。地质信息方法撇开地球客体的物质存在形式与运动状态，将地球客体的各种属性与信息之间的对应关系，抽象为信息及其变换过程，经过分析与处理，达到对地球客体的认识。例如，地下隐伏矿体的信息通过不同载体传到地表，被仪器接收，经过加工、解释，找到矿体属性与地质信息的关系，便可将找矿活动转化为地质信息研究，达到找矿目的。再如利用遥感技术普查矿产，也是应用地质信息方法。图 7－7 标出了地质信息方法的研究过程。

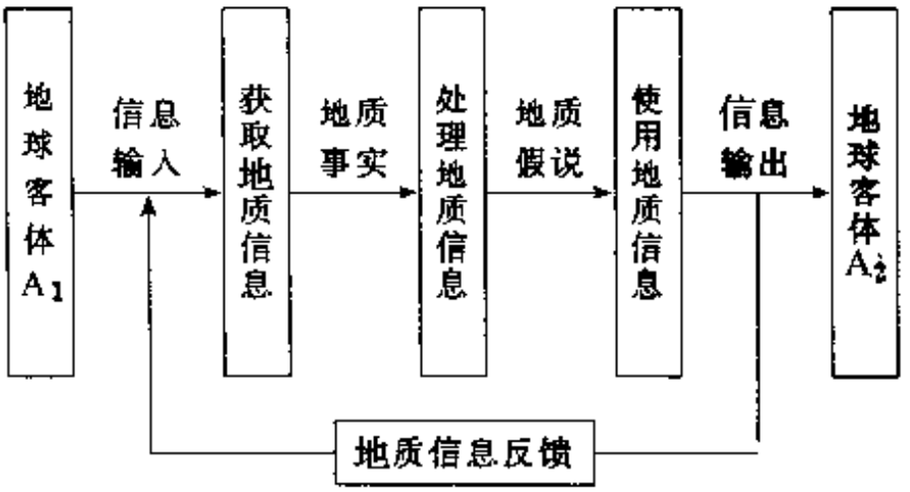


图7－7 地质信息方法的研究过程

可以看出，地质信息方法把通常使用的地质方法，如收集地质资料、抽象地质概念、检验地质假说等，即是地质观察方法、地质实验方法、地质模拟方法、科学抽象方法等综合起来，形成高一层次的地质方法。

地质信息方法在实际应用中发挥了巨大作用，具有重要意义。

首先，它揭示了地球客体之间的信息联系，为认识地球客体打开了一条广阔的通道。例如，矿体与围岩经常有着信息、物质、能量的交换，通过研究围岩的信息转换过程，可以了解矿体的形成与演化规

律；反过来，也可以认识围岩的性质。其它如，水系的分布与构造、次生晕与矿体、地壳运动与地球演化、气候变迁与生物进化等等亦可以应用地质信息方法来考察。信息之间的交换与转变过程，是使用仪器进行物探、化探、测量、遥感等地质方法的基础。

其次，它为找矿、采矿及地质管理的现代化提供了有效手段。在地质实践中，人流、物流、信息流总是贯穿全过程，这三者之一发生堵塞或中断，地质系统运行就会发生混乱。其中信息流尤其重要，它调节着人流、物流的数量、流向、速度和目标的实现，使人流、物流有序地运动。事实证明，地质信息的处理已成为地质实践的重要内容。例如，矿产预测，需要编制综合地质信息矿产图，建立综合地质信息找矿模型，以至作矿产预测。这些都必须通过地质、物探、化探、重砂、遥感等方法获取足够的地质信息，然后综合加工而达到目的。地质技术经济管理，更是如此，没有完整而高效的地质信息系统，就无法进行人员的合理调配、物资供应、高效率生产，也无法实现最经济、最优化的管理目标。

第三篇　地学理论的发展规律

第八章　地学的体系结构

时至今日，地球科学已发展成为一个复杂的知识体系，有必要研究地学的体系结构。

研究地学的体系结构，包括体系研究与结构研究。体系研究就是着眼于地学各学科内容的内在联系，即依据某种哲学思想对地学各学科进行科学分类，以便建构成科学体系。结构研究着眼于科学体系的形式方面的结构分析，以便用结构形式来说明科学体系的功能。这两个方面的研究结合起来，分析地学各学科之间的区别与联系，确定它们在地学中的作用与地位，揭示地学体系的一般特征和发展规律，其中包括地学各学科的相互作用的途径和方式，无疑对于地学的发展具有不可忽视的意义。

第一节　地学体系的历史演变

人类关于地质的知识，最早是融合于生产技术中的岩矿知识和包含在自然哲学中的地球观。最早采取独立形态上的地学知识是地理学。中国古代著作《山海经》、《禹贡》在公元前5世纪就对中国的自然地理、经济地理作了提纲挈领的记叙。古希腊的赫卡泰、欧多克索在公元前5世纪也描绘了地中海沿岸的地理，公元前3世纪埃拉托色尼的《地理学》三卷，被公认为欧洲最早的通论地理专著。公元1世纪古希腊的斯特拉波十七卷《地理学》是欧洲最完整的区域地理专著。到了中世纪，西方地理学衰落而中国地理学却格外兴盛。地志学有司马迁《史记》，地图学有裴秀《禹贡地域图》，地文学有沈括《梦溪笔谈》，而突出的就是史籍中的地志学。在西方，一直晚到17、18世纪

才有成熟的地理学出现，其中最具代表性的就是近代地理学奠基人洪堡。到了19世纪70年代，地理学发展到一个新阶段，如德国的拉采尔、李希霍芬，俄国的道库恰耶夫、格里高里耶夫、卡列斯尼克等，进行了地理的综合性研究和区域性探讨。总之，地理学发展早于地质学，18世纪形成体系，19世纪中叶成熟，是地学中最早成熟的学科。

地学中接续地理学而独立的学科是矿物学，矿物学是地质学的母体。人类关于岩矿的知识肇始于远古时代。到了中古时代，中国与西方的岩矿知识都有长足发展。16世纪中叶，以阿古里可提为代表，旧矿物学向新矿物学过渡。结晶学逐渐成型后，大大推动了矿物学发展。近代矿物学的革命，由英国索尔比、尼科尔完善偏光显微镜而实现。然后是X射线谱仪，矿物相平衡研究，固体物理、量子化学引进到矿物学中来固实现的一系列革命，使近代矿物学臻于成熟。

与此同时，人们重新认识了地球，近代地质学诞生。正如恩格斯指出的"旧的地球的界限被打破了；只是在这个时候才真正发现了地球，……教会的精神，独裁被摧毁了，……为18世纪的唯物主义作了准备。"①15世纪到18世纪中叶，人们对地球构造与地球演化作了大量工作，为地质学的诞生准备了条件。1790～1830年被称为"地质学的英雄年代"，是地质学的确立时期，其标志是：奠基的学术著作问世，地质学会的建立，地质学讲座风起云涌，地质学理论体系形成。魏纳的《矿物的外部特征》、赫顿的《地球学说》、赖尔的《地质学原理》等完成了地质学的理论与方法，标志着地质学的诞生。19世纪中叶到20世纪中叶，地层学、矿床学、岩石学、古生物学、地史学都相继独立发展起来。接着，地球物理、地球化学也相继问世。此后，地质学又开始分化，形成更多学科。

海洋学，也是相当古老的学科知识，但真正形成独立学科，还是20世纪初。1925～1927年"流星"号首次系统考察海洋，搜集了7万个深海数据。同时，美国又建立一批大型海洋实验室。这些标志着海

---

① 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社，1964年，第7页。

洋学的诞生。二次大战后，首先由于军事需要，海洋学有了新的发展。带有深潜器的“里雅斯特”号深潜到 10850 米深处，核潜艇“鹦鹉螺号”从冰层下穿过北极。后来又有对印度洋研究、海洋断面的地球化学研究和海洋动力学实验，将海洋学推进到成熟程度。

大气科学是以大气为研究对象的科学，虽然在 15 世纪后诞生，直到 20 世纪 50 年代，由于电子计算机、卫星及遥感预测、激光、微波等新技术的引进，数学方法和物理方法相继渗透到大气研究中，才使大气科学具有了现代化水平。从 60 年代起，世界气象组织和国际科学联盟理事会组织了世界天气监视网，进行全球气象观察，其目的在于延长天气预报的时间和准确性。70 年代末举行了第一次全球性观测，有近百个国家参加。经过十余年努力，形成了一个可监试全球气候情况的观测系统和通讯系统。从 80 年代中叶开始，一个庞大的世界气候研究计划开始实施，其目的是研究在多大程度上气候是可以预报的，并预测人类活动对气候变化的影响。除此之外，从 1987 年开始，又实施了一个为期 10 年的全球对流层实验计划，研究全球污染物质的产生和消失等。此外，一些国家也经常对某一特殊天气系统或某一特殊气象问题进行大规模的综合观测。我国 1979 年对青藏高原气候进行了大规模综合观测研究，后来又对北京、天津地区灾害性风暴进行综合观测研究。美国对灾害性风暴也进行了综合观测研究。这些都对大气科学走向成熟作出贡献，并建立了完善的理论体系。

以上简述表明，地学体系具有从萌芽状态走向成熟状态的演化规律。和自然科学其它基础科学相比，地学体系还处在年青阶段，还远未达到成熟程度。

第二节　地学体系的结构

地学体系的结构，现在还是一个正在研究的课题[①]，原则上说，

① 诸大建：关于地球科学的体系结构，《地学与社会》，地震出版社，1994 年，第 90 页。

地学体系的结构有两种类型:层次结构与门类结构。

关于地学体系的层次结构,各人的划分标准与层次都不同,我们主张多级多层次划分。

地学体系的一级划分,是把地学划为硬科学地学与软科学地学。地学体系的二级划分是把硬科学地学划分为三大部分:地球外部圈层;地球内部圈层;地球学。地学体系的三级划分是将三大部分再划分为基础性学科与技术性学科。

为什么划分硬科学地学与软科学地学?众所周知,科学之分为"硬"和"软",是对科学功能进行分类而形成的概念,是借用电子计算机的术语"硬件"和"软件"来命名的。所谓硬科学,是指具有解决各种实体物质运动的能力,例如,物理学、化学、生物学、工程技术等。所谓软科学,是指对硬科学进行组织、管理、指挥、控制而实现系统整体优化效应的科学,例如,系统科学、管理科学、科学学、创造工程学等。

硬科学地学(地学硬科学系列)是指研究地球物质客体及其规律的各门地球科学,如,矿物学、地质学、海洋学、气象学等。软科学地学(地学软科学系列)是指以地球科学自身的性质和发展规律为研究对象的各门地球科学,如,地球科学史、地球科学学、地学哲学等。

由上可知,推动地球科学的发展,不但要致力于对地球物质客体作实体性研究,而且还要对这种实体性研究本身作研究。我们可以把前者称之为"对地球的思考",那么对后者就应称之为"对这种思考的再思考,即所谓反思"①

关于地学体系的第二级划分,我们将结合门类结构,在下文详细介绍。此处仅就第三级划分(基础性学科与技术性学科)分析如下:

地学体系中的基础性学科,是指认识地球物质客体及其规律的学科;地学体系中的技术性学科是指改造地球物质客体的学科。显然,技术性学科是地学通向生产实践与社会实践的桥梁,这就实现了

---

① 诸大建:关于地球科学的体系结构,《地学与社会》,地震出版社,1994年,第91页。

科学技术与生产一体化。应当说明，现代科学技术发展的基本趋势是综合化，这就使基础性科学与技术性科学的界限日益模糊。这里讲的基础性学科与技术性学科是目前人们的习惯说法。

第三节　硬科学地球科学（地学硬科学系列）

硬科学地学由三大部分组成（这是地学体系的第二级划分，划分标准是研究对象是地球的不同圈层）：第一个部分是研究地球外部的圈层（即大气圈、水圈等）的流体地学。包括大气科学、海洋科学、水文科学等。第二个部分是研究地球内部圈层（即地壳、地幔、地核）的固体地学，包括地理科学、地质科学、（固体）地球物理学、地球化学等。第三个部分是地球学与地球系统科学，它是从整体上研究地球特征及其规律的学科，具有综合特色。地球学不同于地球科学，地球学是一门独立学科，涉及研究地球各个圈层结构的地球构成学、研究地球整个历史过程（从天文史一直到地质史）的地球演化学、研究涉及天文性质的地球球体与运动特点的地球运动学、研究地球运动变化机制的地球动力学。地球学的提出和形成是20世纪50年代以来地球科学综合化趋势的产物。这门学科最先由前苏联学者别洛乌索夫（1964）、荷兰学者范·贝梅伦（1969）创议；后来得到加拿大学者威尔逊（1974）等的附议和实施。他们把大陆漂移说、板块学说看成是第一个地球学理论。我国尹赞勋（1978）则把地球学称之为“地体学”，曾提出从板块学说出发建立有关全面研究固体地球的初级地体学，然后建立全面研究地球之气、液、固三态物质辩证发层的高级地体学的宏伟设想。地球系统科学也是一个综合性学科，其侧重点是以系统论为指导，把地学各学科综合为一个整体，着眼于天地与人诸系统的综合研究，目前正处在建立之中。

硬科学地球科学中，主干学科是地质科学。地质科学再划分为许多分支学科，是地学体系的第三级划分，即划分为基础性学科与技术性学科。基础性学科是认识与发现地球物质客体的特征及其规律的基础理论，由研究对象及任务划分（第四级划分）为：静态地质学、动

态地质学、历史地质学。①

静态地质学是人类认识地球的起点，主要包括矿物学、岩石学、矿床学。

动态地质学研究各种地质营力对地球表面的改造作用以及地球的物理过程、化学演化过程，旧称动力地质学，包括冰川学、地文学、水文学、火山学、地震学，以及后来发展起来的地球物理学、地球化学等。

历史地质学研究地球的演化历史，包括地层学、地史学、古生物学、古地理学、大地构造学等。

基础性学科有以下特征：第一，国际性特征。地质学发展的初期带有明显的地域性，魏纳仅仅根据弗莱堡的地质特征就企图概括全球的岩层类型与序列，其方法是错误的，其目的是合理的。当赖尔建立第一个地质学原理时，其国际性特征就显现了出来，这不仅仅因为赖尔的考察范围从英伦之岛扩展到欧洲，再到美洲，更重要的是，他的理论与方法受到各国地质学家的认同，普及到全球。由此可见，基础理论之所以是"基础"，很重要一点就是它反映地球物质客体的基本特征与规律，从而得到地质界的普遍认同。这就是国际性特征。第二，时间性特征。基础理论传播时间呈现越来越快的趋势，过去年代一项科学发理要保密一二十年才公开，今天科学家都急于抢时间发表其理论，有的二三周就公布于世，有的利用学术会议公布，速度更快。第三，指导性特征。基础现论是技术性学科的指导。基础性学科是人类心智的神奇创造，它改变人们的观念，从而对于实践与应用具有指导意义。例如板块学说改变了人们对地球的看法，使人们用一种全新的思维去认识地球和探索地质资源与人类生存条件。

地学体系的技术性学科，其主要任务是控制或改造地球物质客体，使其为人类的需求服务。由此标准可以将技术性学科再划分（第三级划分）为以下三类：

---

① 孙荣圭：《地质科学史纲》，北京大学出版社，1984 年。

第一类：着重解决人类所需的资源，称之为资源地质学。

第二类：着重研究人类生存环境问题，称之为环境地质学。

第三类：着重研究控制灾害的灾害地质学。

技术性学科包括范围极广，除了基础性学科，其余均包括在技术性学科之内，如工程地质学、地电学、地热学、大气化学、气候学、海洋化学、海洋生物学、遥感航测、电子探针、化验测试等等。技术性学科有很大一部分是理论，但其本质特征是侧重于应用，即其研究不会导致认识上的突破，而是直接通向生产，获取经济效益。

基础性学科与技术性学科的关系十分密切。一方面基础性学科建立关于地球的知识体系，以求知求真为目的，为技术研究提供理论基础与指导；另方面，技术性学科为基础理论研究提供课题与资料，同时又为基础理论找到可能用途的渠道。所以两者是相辅相成的辩证统一。因此各国在注重基础研究的同时，特别注重技术研究。

技术性学科直接联系着生产与生活，它对国民经济和科学技术的发展有着巨大推动作用，世界上几乎所有国家都注重技术研究，并取得了明显的经济效益。但是，注重技术研究的同时，必须特别强调注重基础研究。不搞技术研究。经济上不去；不搞基础研究，发展经济没有后劲、国家永远落后。因此，合理安排基础性学科研究和技术性学科研究的比重，是国家科学技术政策研究的重要任务之一，也是地球科学能否正常快速发展的原则之一。

第四节　软科学地球科学（地学软科学系列）

软科学地球科学，是地球科学自身的反思，由三个部分组成（第二级划分）：地学历史学、地球科学学、地学哲学。

地学历史学，主要研究地学的形成、发展的历史，细分（第三级划分）为地学史、地学思想史、地学社会史等。地学史实际上也是一个庞大的系列，其中包括：地学通史、地学断代史、地学各分支学科史（如矿物学史、矿床成因学史等等）。这个系列的历史科学，主要考察各学科、各时代的地学历史进程，以及整理各方面的史料。地学思想史研

究科学自身逻辑支配下的地学思想发展过程，其中包括各种地学理论的发展史，以及地质学中的几次大争论（如水火之争等等）。地学社会史研究地学发展的社会环境，即地学发展的外动力因素。

地球科学学，研究地球科学系统与人类社会系统的相互作用与一般规律，包括：地学社会学、地学体系结构学、地学管理科学等等。地学社会学研究社会如何制约地学发展和地学如何影响社会。地学体系结构学研究地学的学科分类与学科构成、它们之间的相互关系及其功能。地学管理科学研究地球科学发展战略和地学决策管理。

地学哲学，研究地学中与各分支学科中的哲学问题。总体的地学哲学包括地学本体论、地学认识论、地学价值论、地学方法论等分支。地学本体论（地球观）着重探讨对于地球物质客体的本质属性及其发展规律的最一般看法。地学认识论主要研究地学的认识过程、地学思维、创造性思维在地学中的表现等特征与规律性。地学方法论研究地学研究方法的特殊性、规律性。地学价值论（地学观）研究地学在人类知识系统和社会系统中的独特地位与其发展规律。

地球历史学、地球科学学、地学哲学在地学软科学系列中是既相区别又相联系的。地球历史学是人类认识地球、改造地球实践活动发生发展的历史纪实，它奠定了地球科学学和地学哲学的基础。地球科学学揭示地球科学在人类社会系统中发生发展规律的事理，某种程度上沟通了地学史和地学哲学的联系。地学哲学作为理论和实践的思维哲理在地学软科学系列中起到了思维规范与导向作用。地学软科学系列的出现，明显地反映了当今地球研究领域中自然科学与社会科学相结合、相渗透的趋势。

与地质学在地学硬科学系列中占主干地位相对应，地学哲学在地学软科学系列中也起着主干科学的作用。如果说地学软科学系列的核心是地学哲学，那么现阶段地学哲学研究的重心就是地质哲学。随着50年代以来国内外对地质哲学研究的重视，地质哲学已有一些稳定吸引人们思考的研究课题。概括起来有：

（1）在地学本体论方面，主要课题有：地质运动是否是物质运动

的一种基本形式，地质学有没有自己的特殊规律，地质学时间中的进化与循环、渐变与突变(灾变)、地球物质与地质过程的空间展布的均一性与非均一性等等。

(2)在地学认识论方面，主要课题有：地质学的本性是历史的，还是因果的，观察方法和假说方法在地质学史的特殊意义，地质学的思维习性及其利弊分析，地质学知识的微观结构和相互关系，为什么地质学充满学派之争等等。

(3)地学价值论方面，主要课题有：地质学与物理学、生物学等基础学科的关系，地质学发展的内部逻辑和社会条件，地质学在人类社会结构中的特殊作用，地质学科学共同体的学术交流过程等等。

第九章　近代地质学的历史进程

近代地质学独立以来，迄今只有200多年的历史，在这期间地质学经历了三个重要发展阶段：一个是地质学的诞生；一个是地质学的成熟；再一个是当代地质学的革命时期。

第一节　经典地质学的建立

所谓经典地质学，即近代地质学，它是文艺复兴以来，特别是英国产业革命以后，随着欧洲资本主义工业的兴起而产生与发展起来的。它产生于1790～1830年的欧洲，史称地质学的英雄时代。

地质学是一门实践性很强的基础科学，它与人类的生存、生活与生产息息相关。可以说自从人类在地球上出现以来，人们就在同地球打交道，并开始了原始地质知识的萌芽与积累。但是，古代的地质知识是零散的、直观的，甚至带有猜测成分与思辨性质。地质学真正成为一门系统的科学，则是在18世纪末、19世纪初，是社会变革与产业革命直接推动的结果。归纳起来，社会实践与生产实践为地质学的建立，准备了三个条件：地质资料的积累、地球观的变革与地质方法论的确立。

一、野外地质的兴起

随着资本主义工业的发展，对原料基地和矿物资源的需求日益强烈，这就推动了采矿业的发展，使得许多自然科学家改变了传统的案牍工作方式，纷纷走向大自然，进行实地考察，从而积累了大量的地质资料，为地质学的诞生准备了条件。

从事野外考察的早期学者，有著名的达·芬奇、史登诺和洛蒙诺索夫。但形成风气则是在19世纪之初，这和欧洲近代工业的发展直接相关，其中佼佼者有法国的盖塔尔、德马雷，德国的莱曼、富克泽尔、帕拉斯，英国的米歇尔、莱斯普，瑞士的索修耳。以上学者的工作

使得野外地质考察形成一套完整的观察与记录的工作方法，使原来浮光掠影的野外地质旅行转变成为有规矩可循的科学工作方法与操作程序，这就使得积累系统的地质资料成为可能。

不仅如此，在系统的野外观察中逐渐形成许多科学的地质概念。例如盖塔尔绘制的法国岩矿分布图，揭示了岩矿分布的规律性；德马雷关于奥弗涅玄武岩火成岩成因的概念；莱曼对二叠纪地层的研究；富克泽尔关于二叠系、三叠系含有特定化石的概念；帕拉斯关于乌拉尔地层的类型划分；米歇尔关于地震的基本概念；索修耳关于阿尔卑斯的系统资料积累；以及早期史登诺揭出的地层叠复原理与连续性原理。以上这些对于地质学理论建设作出了不可缺的科学准备。

二、地球观的转变

欧洲人的地球观（宇宙观），从古代到近代，深深受着亚里斯多德和托勒密的影响。

亚里斯多德认为，宇宙的结构与体系是这样的：宇宙的中心是不动的地球，天穹是许多恒星天球层，以月球所在的天层为界，向上是天界，太阳星辰在天界天层中并随天层而旋转。天界是高贵的、不灭的。同下界由火、气、水、土四元素组成，并与热、冷、干、湿四性相结合而形成各种物体。大地由四元素四性相结合而生成海洋与大陆、干地与湿地，并有周期性变化。四元素在地表与地内形成蒸气与烟气。它在地表就表现为陆地与水。太阳照射水，蒸发为浓云。太阳照射大地而产生烟气，进入高空为大气，再转化为雷电与浓云，浓云变成石头，降落下来猛击大地就是雷电。地内形成的蒸气与烟气转变成为金属与化石，以及岩石与矿物。总起来，大地与岩石矿物都由天体作用而形成，可以称之为“天体作用地球观”。

托勒密的地球中心说是用 80 个圆构成天体运行图象，用以解释观察到的天文现象。这种本轮-均轮体系不具有客观实在性，只是一种几何模型，但由于能够解释行星视运动，所以长期为人们所使用。

亚里斯多德的天体作用地球观和托勒密的地心说之所以长期统治人们的头脑，其主要的原因是它符合统治阶级和宗教神学的意志

和观念。到了文艺复兴时代，由哥白尼振臂一呼的科学革命从根本上动摇了传统的旧地球观，人们开始从新认识地球。

哥白尼学说之所以称之为“时代的号角”，是因为地球由上帝选定的宇宙中心一下子跌到一个普通行星的轨道上运转，并且从观察中可以证实这个看法符合客观实际，从而从根本上动摇了宗教神学的统治，使整个欧洲人的观念来了个底朝天的大翻身。可见，由哥白尼开始的科学革命，是一次思想大解放的观念革命。这个革命波及地质研究，就是地球观的大转变。于是欧洲人开始用新眼光重新认识地球，把从古希腊以来提到或讨论到的许多地质问题，又重新提出来加以检验与讨论。其中主要是三个问题，即关于化石、关于大地、关于地球演化等问题。

关于化石的争论，是地质科学介入反宗教神学斗争的中心议题，曾经深深影响了好几代人。历来对于“化石”(古生物遗骸)有种种不同的成因说法。大体上有两类说法：一类认为是上帝(或天体作用)制成次品；一类认为是大自然的产物(生物遗骸)。这两种不同看法到了文艺复兴时代就形成势不两立的酷烈斗争。因为争论的实质已不是化石成因，而是宗教教条是否可信。按《旧约·创世纪》，地球在被创造完整之前，生物是尚未被创造出来的，如果说密封在地壳中的化石是生物遗骸，那就无异于宣布宗教教条是彻头彻尾的谎言。不少学者为宣传化石的生物成因而受到宗教的迫害，其原因就在于此。

与化石成因相联系的是关于大地形成与变动的问题。海生贝壳化石在内陆高山上发现，表明海陆位置是变化的。怎么变化呢？大致有三种看法：水动力说、火动力说、升降一致说。由于水动力说把原生岩以及地层的变迁都归之于洪水的作用，所以受到教会的支持，而火动力说则受到教会的责难。至于以达芬奇当代表的升降一致说则流传而较窄，影响有限。上述无论那种说法，都以原始海洋的存在为前提。但原始海洋存在不存在呢？这就涉及下面的专题。

关于天体演化，是个很古老的命题。到了17世纪，老命题又焕发青春，并具体化为地球演化问题。

近代地球演化假说，第一个有影响的学说是笛卡儿的涡动说：宇宙原来是物质粒子；粒子间相互吸引而形成偏转以及旋涡运动；旋涡中心形成太阳以及周围的行星。地球作为行星之一，产生之日处于灼热状态，逐渐冷却才形成圈层结构。

再一个有影响的天球演化假说是牛顿的引力收缩说：太阳系起源于稀薄气体尘埃云，由于万有引力的引力收缩而形成太阳与行星，并按引力规律而运动。但这个假说着眼于太阳系的运动而不讨论地球的演化。

康德-拉普拉斯的星云假说对于地质学理论的形成有较大影响。这个假说认为太空的星云物质相互吸引与排斥而形成团块的旋转运动，逐渐形成太阳与行星。原始星云由炽热旋转状态而不断冷却而加速，甩出气环后云团旋转变慢（部分角动量被甩出物质带走），随着冷却继续，转速加大而甩出新的气环。如此反复，形成七大行星。地球在冷却过程中放出大量水蒸气而凝结成原始海洋，致而形成原始地层，在继续冷却中地表形成山脉。无论是笛卡儿和康德-拉普拉斯假说，都把原始海洋作为地球演化的初始状态。这就为宗教神学宣传诺亚洪水提供了辩护词。为了批驳这种说教，布丰提出了自己的地球演化假说，对地质学产生了直接影响。

在布丰之前，地质界有一批人醉心于利用笛卡儿的地球演化假说，论证诺亚洪水的存在，英国的波纳特教授甚至根据圣经人物世系，推断地球年龄为 5000～6000 年。布丰针对这种思潮，发表了《地球学说》，批判按宗教编年史断定地球年龄的荒谬说教，提出自己的地球演化学说。他依据地球冷缩说，通过实验测定铁球由灼热到冷却的时间，推断地球年龄为 74800 年，并把地球演化史描述为七个阶段。他的演化假说比拉普拉斯的星云假说早出 50 年，是第一个用地质观点论述地球演化的学说。布丰的思想后来被两个对立的学派所继承与发展。波蒙继承与发展了布丰的现实主义激变论思想，提出全球冷缩造山系的学说。居维叶则继承与发展布丰的非现实主义激变论思想，提出“超自然”的灾变论。

由上可见，两种不同的地球观在19世纪之初，表现在许多地质问题的争论之中，其中值得重点介绍的是水成论与火成论之争，以及均变论与灾变论之争，这两次重大争论直接推动了地质学的诞生。

三、水成论与火成论之争

水成论与火成论之争（连同均变论与灾变论之争）实质上是两种不同地球观的争论，也就是两种地球观在特定问题上的特殊表观。

从特定问题上看，水成论与火成论之争是关于岩石成因之争。（玄武岩是水成还是火成）。水成论的思想导源于英国的伍德沃德，集大成于德国的魏纳。魏纳认为，地球肇始之时，地壳为原始海洋所包围，溶解于海水中的矿物质沉积结晶，形成原始岩层，海水下降，原始岩层出露，受到风化、堆积形成沉积岩层，后来海水又淹没地壳，又形成新的水平地层。总之一切岩层均形成于水中，完全排斥火山成因。他认为火山喷发只是由于地下煤层燃料熔融围岩所致。

火成论导源于意大利的莫罗，集大成于英国的赫顿。赫顿认为，原始地球是由固体核和包围它的洋水所构成。固体外壳包容熔融岩浆，当能量聚集到一定程度，熔岩流就通过火山口而喷流，同时海底地壳隆起，形成陆地与山脉，山上岩石被风化成碎屑，沉积于海底，因地下热而固结成岩，经过地壳再度隆起而成倾斜岩层。可见，火成论不仅承认岩石火成成因，而且也承认部分岩石水成成因。

水成论与火成论的分歧，不止是岩石成因，而是立足于对地球史的理解。在水成论看来，原始海洋形成原始地层后，地球上的岩层只是简单重复地堆积上去。从认识根源上看，魏纳是把德国弗赖堡地区的地质条件无限扩张地推向全世界，这就把原始海洋及一成不变的地层统统留给了上帝造物。火成论则不同，赫顿坚持用地球上观察到的因素来解释地球的历史，坚决反对用超自然的力量来说明地球的变化。他特别强调地球的历史不能用人类的时间尺度来测定，现存的地质现象中“看不见开端的迹象，没有终结的前景”。所以赫顿是把进化思想带进地质学的第一人。由此可见，水成论与火成论的分歧在于不同的地球观，即地球是一部进化的历史，还是现成的历史？如果说

地球是演化的，那么其原因何在？

应当承认，水成论的片面观点虽说是错误的，但他确认沉积岩层的客观存在，并引导人们从事野外观察来确认不同类型的岩层。它对于地质学的成长还是有功绩的。火成论之所以由少数派而代替居于多数派地位的水成论，绝不仅仅是他们纠正了玄武岩水成成因之错误论断，不仅仅是他们既承认岩石火成成因，又承认岩石水成成因，而是他们把地质进化和唯物论观点带进了地质学，火成论代替水成论是地质观念的历史进化。

四、均变论与灾变论之争

均变论与灾变论的分歧，直接命题是地壳运动的方式是渐变（均变）还是灾变。实质上争论的焦点是引起地壳运动的力量是超自然的，还是自然界本身所固有的。

居维叶是灾变论的代表，他在研究巴黎盆地的生物化石时，明显看到不同地层中脊椎动物化石属于不同物种，他认为局部环境的改变不足以引起物种变化。所以他说："借助这些仍然存在的原因来解释地球表面的更古老的变革长期以来被认为是可能的……但是我们不久将会看到不幸的是自然史的情况并非如此；作用的绒团在这里断裂了，自然的进程发生了变化，她使用的力没有一种足以产生她的古远的结果。"① 根据《地球表面的革命》，居维叶确认引起地球历史中巨大灾变的自然力，不是冰川、洪水、火山、地震，是什么呢？他的确没有明说（当然也没说是神力），但无疑那是一种超自然力。②

均变论的代表是赖尔。赖尔观点可以说是直接针对居维叶而发表的。他认为，地壳演化的原因是自然力长期作用的结果。这种作用不是爆发式的、突然的，而是渐进式的、缓慢的，这种变化的积累会使地壳发生显著变化。他认为，灾变论的错误在于"过分低估了时间的长度"，"把几百万年误认为几千年"，"必定会对各种作用的力量和猛

---

① 诸大建：《地质学大争论》，西北大学出版社，1991年，第46页。

② 王子贤、王恒礼：《简明地质学史》，河南科技出版社，1985年，第95页。

烈程度作出过分夸大的描述”。①

所以，从争论的实质看，灾变论是错误的，而均变论则是一种健康的假说；从地壳运动的方式看，灾变论和均变论各抓住真理的一端，相互补充起来才是全面的。值得特别指出的是，通过灾变论与均变论的争论，使得地质学方法论进一步确立起来，大大促成了地质学的诞生。

五、地质学方法论的确立

一门科学的独立，必须具备两个科学条件：有自己特定的研究对象与研究目的，以及科学的自己的研究方法。关于研究对象与研究目的，正如上文所述，已为15、16、17、18世纪的科学家所探讨。地质科学的研究对象是地球（地壳），或者更确切说是关于地球（地壳）的历史。地质科学的研究目的，或者说是描述地球（地壳）历史，或者说是探索地球（地壳）演化史的原因。显然，这反映出地质学家具有不同的地球观。一般地说，水成论、灾变论只是描述地球（地壳）的历史，而火成论、渐变论则着力探讨地球（地壳）演化的原因。

由于地球观不同，他们的研究方法也有差异。或者说，有什么样的地球观，就有什么样的方法论。②

水成论者、灾变论者，一般说，着重使用野外观察描述方法与分类方法，旨在描述地层、岩石、矿物的类型与特征，描绘地球（地壳）史。火成论者、渐变论者，虽然也使用野外观察描述方法与分类方法，但这些方法都统摄于现实主义方法，形成地质学方法论的体系。正如本书第七章第三节所述，现实主义方法又称为将今论古方法，它的原则是“均一性原理”，即地质作用的形式与原因古今是一致的。这样，该方法的使用就是：过去地球表面的变化可以参考现在起作用的原因加以解释，这就是以今论古。这个方法是由赫顿首先表述，然后由赖尔完成的。

① 孙荣圭：《地质科学史纲》，北京大学出版社，1984年，第54页。

② 孙荣圭：《地质科学史纲》，北京大学出版社，1984年，第52页。

居维叶在原则上是反对现实主义方法的。他认为，古今的地质营力是不同的，地质历史中的激变过程是现今地质营力所不能完成的。这种以今非古的观点暗示着地球表面变化现在起作用的原因和过去起作用的原因在质与量上是不同的。所以可以认为，居维叶是从否证方面为现实主义方法的确立起到了作用。

尽管如此，我们还是应当认定，将今论古方法立足于用自然界自身的原因来说明地球表面的变化，这就把神的意志从地质科学中驱赶出去，打破了神学禁锢，解放了思想，使地质科学奠立在科学的唯物论基础之上，最后完成了地质学的独立地位。所以人们公认，1830年赖尔《地质学原现》的出版，标志着近代地质学的诞生是有道理的。

地球观与方法论虽然有着密切联系，但究竟是两件事，两个不同方面。地球观与方法论一致，在通常情况下，在地质科学的常规发展时期是经常一致的。但是，在特殊情况下，在地质科学的革命变革时期，地球观与方法论又是矛盾的。往往是，方法论的改变会引起地球观的革命变革，从而导致地质科学的革命，或者导致地质学家观念的改变。前者，我们将在下文看到，现代综合方法引导了当代地学革命。后者如布赫、洪堡等人，用将今论古方法使自己由水成论立场转变到火成论立场上。如此这般的例子，在地质学史上是很多的。

第二节　经典地质学的体系发育

经典地质学，即近代地质学发轫于15世纪，完成于19世纪初，首先发展起来的是矿物学、古生物学和地层学，这就构成了地质科学中三大理论支柱中的静态地质学和历史地质学的基础。后来，赖尔又完善了动态地质学，终于使地质科学现论大厦完备起来。

一、静态地质学

所谓静态地质学是研究地球物质构成静止形态的地质学科，主要是矿物学与岩石学。构成地壳的物质主要是矿物、岩石与地层。在魏纳那里称之为“地球构成学”，而且他只研究矿物的性质、用途和分布，地层分类不大涉及矿物成因与形成过程，以及地层的构成历史。

关于岩石，他认定岩石的水成成因。

关于矿物学，16 世纪的阿古里可拉代表着从旧矿物学到新矿物学的过渡，然后有史登诺、伊斯内对晶面夹角的研究，巴塞林纳斯、惠更斯和惠伊对方解石折射的研究，以及布雷维斯的晶体结构"空间点阵"理论，最后是丹纳对矿物学早期的总结性著作的问世。

矿物学的第一次革命是 1851 年索尔比、尼科尔把偏光显微镜带进了矿物学。矿物学的第二次革命是 1913 年布拉格父子发明并使用晶体反射式 X 射线谱仪，探索晶体内部原子结构的奥秘。矿物学第三次革命是 20 世纪 30 年代关于矿物形成的物理化学条件与相平衡研究。矿物学第四次革命是 20 世纪 70 年代以来兴起了矿物物理学，以及诸多新学科、现代科技引起现代矿物学的出现。

岩石学原来包含于矿物学中，19 世纪初才独立出来。魏纳首先对岩石作了分类，并认为所有岩石都是水成成因。他是沉积岩最早的系统研究者。对火成岩(岩浆岩)研究有从盖塔尔到赫顿的诸多学者。提出变质岩概念的是赖尔，他首次把岩石划分为三大类：火成岩、沉积岩、变质岩。岩石学的进步和研究方法紧密相联，偏光镜与薄片方法使岩石研究大为进展。后来又引进了化学分析方法，使岩石学硕果累累。岩石学早期着重于岩石的分类研究，后来转换为对岩石的成因研究并提出各种假说。20 世纪岩石学的显著特点表现为多种学科、多种现代方法渗透到岩石学面形成综合化的特点。

矿物学与岩石学的研究成果大大推动了动态地质学的发展。

二、动态地质学

动态地质学，又称为动力地质学，它研究地壳组成物质、构造和表面形态不断变化和发展的作用及其规律性。属于动态地质学系列的学科有冰川地质学、地文学、水文学、火山地震学与地震学等。

在这个系列中，最突出的成就是赖尔的地质进化论，正如本章第一节所叙，无论在地球观方面、还是地质学方法论方面，赖尔都把理性带进了地质学，奠定了地质学独立的里程碑。

冰川地质学的奠基人是瑞士的阿加西，他的重要贡献是提出了

冰期说。

水文地质学独立于19世纪下半叶，除赖尔外，有突出贡献的是美国的戴维斯（侵蚀循环说）和德国的彭克（由构造作用与侵蚀作用的相互影响而形成地貌特征）。

火山的研究从18世纪的意大利人莫罗开始，经过盖塔尔、德马雷的努力，到了水火之争中得到长足发展，像布赫、洪堡这样的水成论者对火山研究都是很系统的，最后是赖尔集成于《地质学原理》中。

地震地质学应当从1755年里斯本大地震后米歇尔对地震的研究开始，接着有洪堡的火山地震成因说、维也纳学派的构造地震说。20世纪以来，地震成因学说大致分为三类：①断层说（美国的贝尼奥夫）；②岩浆冲击说（日本的松泽武维）；③相变说（美国的布里奇曼、云伍德）。

三、历史地质学

历史地质学研究地球（地壳）演变的历史。地质历史的确凿证据存在于地层之中，水成论者一直主张根据岩性来确定地层的新老相对年龄。火成论者则指出这种想法不切实际，应当把生物化石作为确定地层层序的根据。于是地层学与古生物学就发展起来。魏纳是研究地层层序的首批学者，但他的地层层序是粗糙的，甚至是错误的。英国的史密斯首创使用化石确定地层的方法，奠定了生物地层学的基本原则。接着是法国的居维叶，他提出的"器官相关律"解决了化石鉴定中的难题，奠定了古生物学的基础。以后，经过许多学者努力，制定了地质年代表，为地质历史的研究奠定了科学基础。

生物化石除了提供地层层序证据外，它还可通过古今生物比较，提供生物环境的证据。于是开创了古生物地理学研究，其中赖尔与奥格作了经典研究。20世纪早期，古地理学依照两个方向发展：古生物地理学与构造古地理学。构造古地理学为大地构造研究提供了重要研究方法，而大地构造学则极大地丰富了历史地质学的内容。①

---

① 孙荣圭：《地质学史纲要》，北京大学出版社，1984年，第60页。

第三节　当代地学革命

20 世纪 60 年代的地球科学革命，是近代地质学诞生以来一次最深刻的变革，它引起了地球观、地质方法论以及地球科学体系的全面变革。

一、地学革命的先声

当代地学革命的历史起点是 1915 年魏格纳《海陆的起源》一书的发表。魏格纳所处的时代，正是地质学领域中新旧两种思想交织、并开始转换的时代。当时以“地槽学说”为代表的固定论已深入人心，但是随着区域地质调查的深入开展，人们已发现地槽学说的许多破绽，这个理论难以解释许多科学事实。例如，埃希尔父子在阿尔卑斯山脉中发现，地质年代较老的暗色砂岩覆盖在比较年轻的灰岩之上，这就很难用地壳垂直升降运动来解释，只能得出这样的概念：阿岩层间存在着逆掩断层和水平推移。同样的地质现象已为奥地利的徐士所注意。1875 年他在“阿尔卑斯山脉的成因”一文中，也从冷缩说的角度论述了水平运动是形成阿尔卑斯推覆体和强烈褶皱的力学机制。1885 年他出版《地球面貌》时，更加详细地论述了地壳的水平运动。徐士对泰勒影响极大。泰勒从分析全球山系展布入手，揭示了南北半球大陆水平运动的格局。徐士和泰勒的思想预示地学革命迟早定会到来。

魏格纳被誉为活动论的旗手，是一位富于创造精神的科学家。他是怎样提出大陆漂移说呢？后来他回忆说：“我在 1910 年观看世界地图时，产生了大西洋两岸吻合的直觉印象，那时在我头脑中出现大陆漂移的初步想法，但是对此未予重视，因为我当时认为这是不可能的。1911 年秋天，我偶然获得一份综合报告，从中得到关于巴西和非洲之间存在着陆地通道这个古生物学的论断，这是我以前所不了解的。它促使我去概略地浏览那些地质学和古生物学领域中与此问题有关的研究成果，后来得到了如此重要的证据，令我对大陆漂移的原

则之正确性深信不疑。"①

以上引文可见，魏格纳的大陆漂移说不是经验事实的总结，而是先形成假说之前提概念，然后再去论证，最后形成完整的假说理论。

为了证明大西洋两岸之大陆是水平漂移的，他提出五个方面的论据：大地测量证据；地球物理证据；地质证据；古生物和生物证据；古气候证据。

在确认大陆漂移之后，他进一步追索：大陆漂移的机制是什么？即大陆漂移的动力来源问题。在当时的科学条件下，他只好采用推论的方法，提出大陆向赤道漂移的作用力是地球自转时的离极力，向西漂移的作用力是潮汐力。

大陆漂移说是对当时居于统治地位的"大陆固定论"、"海洋永存论"的一个强有力的冲击，从而"在地球科学中开创了大发现和大认识的时代"。②

二、海洋探测与板块构造

魏格纳和他以前的科学家都是立足于大陆来讨论全球问题，没有涉及占地球表面四分之三的广阔海洋。这正如著名加拿大地球物理学家威尔逊所指出的那样："任何人都不能即使最细致地考察了一个蛋壳的四分之一，就说发现整个鸡蛋。"③ 我们不能因此面厚责魏格纳，因为那时对深海的探测还刚刚起步，人们对海底世界还一无所知。

50年代对海洋地质来说是一个历史转机。由于海洋的战略地位和对海洋资源的需求，许多国家对海洋探测都倾注了热情，更由于随之而来的海洋探测技术的飞快发展，这就给海洋地质带来了蓬勃生机。回声探测技术、海底热流测量、拖式磁感仪等仪器与技术，导致了一系列海底发现，从而为地球科学理论突破创立了科学前提。

---

① 魏格纳：《大陆和海洋的形成》，科学出版社，1962年，第116页。
② 魏格纳：《大陆和海洋的形成》，科学出版社，1962年，第374页。
③ 怀利：《地球是怎样活动的》，科学出版社，1963年，第117页。

首先是大洋中脊和全球裂谷系的发现。从前，人们对海底地形是靠猜想建立起来的概念。第二次世界大战后，把战时的回声探测装置用于深海探测，使人们在短时间内彻底改变了海底地形的概念。1956年美国拉蒙特研究所的希曾和尤因提出了“大洋中脊是连续的”概念，得出了洋中脊首尾相连，形成全球海底山系的认识。而后又在大西洋中脊顶部发现深2000米，宽50多公里的裂谷，由大洋中脊向两侧展开，沉积物逐渐加厚，其地质年龄也逐渐增大。但一般都不超过1～2亿年。

其次是海底地热流的测定。20世纪30年代，对大陆地热流作了测定。后来马克思威尔和勒维尔发明了海底探热针，从而获得第一批海底地热流数据，发现大洋中脊地热流值高(2～8微卡/平方厘米·秒)，而海沟处热流值偏低(小于1微卡/平方厘米·秒)。这是一个崭新的研究课题。

再次是海底地磁异常条带的规则分布。50年代美国“先驱者”号考察船曾以密第的路线对太平洋部分海域进行地磁测量，梅森根据测试记录绘制了一张磁强等值线图，发现海底地磁呈条带状、正负异常相间分布，每个条带的宽度为20～30公里，长度为数百公里到数千公里，异常强度约400伽马左右。以后，又在太平洋、大西洋和印度洋其它海域测得海底地磁也具有两样的特征。人们经过仔细研究，发现海底磁异常条带沿大洋中脊平行分布，两侧对称，暗示着二者之间存在某种成因联系。

总之，而对着海底一系列重大发现，人们要对它作出正确解释，原有理论已无能为力，只能另辟蹊径，在现论上有所突破。这一历史重任刚好落在两位从事海洋调查的美国学者身上，他们是赫斯与迪茨。

赫斯是一位有经验的地质学家。第二次世界大战时，他乘潜艇作水下观察，发现了许多平顶山。早年他接受万宁·曼内兹的热对流说，此次结合观察把这种假说升华为“海底扩张”，以后又在二、三年内得到证实。

迪茨是美国测量局的技术员。他于1961年在报刊上发表文章，也提出“海底扩张”的概念。1968年他把这一学说的首创权归于赫斯。

海底扩张说的提出，代表了新兴技术和海底地质、海底地球物理的一次综合成果，但得以包容更多事实的理论却是板块构造学说，它是在海底扩张学说的基础上提出来的。再有，1965年加拿大学者威尔逊首先提出“转换断层”概念。他认为，像门多西诺这样的大断裂带，不是一般的平移断层所致，而是不断扩张的大洋中脊由于扩张速率不同而发生的相对位移。他还认为，大洋中脊、转换断层和岛弧-海沟系是地球上三种构造活动带，它们首尾相连，把整个地球表层分割成若干板块。1967年，美国年轻学者麦肯齐和帕克受到布拉德的启示，悟出了用欧拉定律描述刚硬板块绕轴旋转运动的思想，这样就从根本上纠正了人们容易把板块运动误解为平板运动。与此同时，美国另一青年学者摩根根据转换断层所表示的海底扩张方向，论述了板块旋转运动的轨迹，并据以描绘了第一张世界板块分布图。他把全球划分为20个板块，洋中脊、海沟和大断层就是板块间的边界。1968年法国学者勒·皮雄在此基础上把板块学说又往前推进一步，把全球板块概括为六大板块，并根据洋中脊扩张的线速度推算出板块运动的角速度。至此，一种新的理论基本成熟问世，人们称它为板块构造学说或新全球构造学说。

三、地球科学革命

海底扩张说和板块构造说的建立，是20世纪以来地球科学所取得的最充人瞩目的成就，是地球科学史上的一次革命。

第一，它是地球科学观念的根本变革。它以活动的地球观取代了传统的理论——固定地球观，改写了长期以来以大陆地质为主要内容的地质学历史，把大陆与海洋、深部地质、前寒武纪地质等都囊括在其研究领域之内，开拓了地球整体性、综合性研究的新时代。

第二，使地质学的理论由多元走向统一。“科学意味着从杂乱无章的自然现象中探求规律的一种努力，它应当能提出一种简单的关

系来解释表面上看起来互不相关的事实。”① 过去的各种地质理论往往只能解释一部分地质现象，今天的板块学说则是在新的科学水平上的一次综合。它不仅仅反映了地质学的成果，而且概括了大地构造学、地球物理学、海洋地质学、岩石学、古地理学等固体地球科学诸门分支学科的最新成就。因此，它有可能建立起对许多复杂地质现象进行解释的统一模式。诸如大洋的产生、山脉的形成、大陆的漂移、地震的分布、岩浆活动、变质作用、生物盛衰、矿藏赋存、地磁地热等都可用此理论作出较好回答。对此，美国学者康迪作了很好的评述：“科学的规律似乎总是以暂时假说为特征的收集资料的初期阶段，进化到对积累的大量资料提出解释的新的统一理论阶段。物理学和化学早在20世纪开始前后就进行了这种革命，而地球科学可能现在刚刚进入这样一场革命。像其它领域的科学革命一样，地球科学中的新思想和新解释也不会使先前的观察失败。相反海底扩张和板块构造学说首次对以前看来毫无联系的地质学、古生物学和地球物理学领域里的观察资料提供了统一的解释。”②

第三，体现了多学科的相互渗透和新技术的运用。早在100多年以前赖尔就曾指出：“地质学几乎和所有的自然科学都有密切关系。”③ 因此，他认为地质学家“必须精通化学、物理学、矿物学、动物学、比较解剖学、植物学，简言之，他必须精通任何有关有机物和无机物的科学。”④ 但是赖尔所处的对代，科学发展的主要趋势还是分门别类地进行研究，许多科学家还是分工的奴隶和致力于某一方面研究的“专门家”。19世纪末、20世纪初，自然科学的相互渗透和综合趋势渐趋明显，新技术的运用也有了可能。这两方面一旦结合起来并运用到地球科学，必然会给地球科学带来崭新局面。

第四，促进了地球科学研究方法的改进与变革，即由经验证明发

---

① 许靖华：《地学革命风云录》，地质出版社，1974年，第49页。
② 康迪：《板块构造与地壳演化》，地质出版社，1978年，第1页。
③ 赖尔：《地质学原理》，第1册，科学出版社，1956年，第2页。
④ 赖尔：《地质学原理》，第1册，科学出版社，1956年，第2页。

展到科学论证。地质学原本是一门观察科学，多年沿袭下来的主要方法是对各种地质现象进行描述，用经验材料来说明一种假说。譬如大地构造学说就是以地层和岩相分析为主要研究手段的。魏格纳在论证大陆漂移说时，主要运用的也只是地质学、古生物学和古气候学等方面的经验材料，地球物理方面的资料很少，而且科学水平也不高。20世纪50年代以后，这方面有了很大改进，重力测量、古地磁、声波探测、同位素测定、海底钻探和超深钻等现代技术手段广泛运用于地球科学，并取得一大批显著成果。这些成果成为海底扩张和板块构造学说的有力支柱。目前，磁卫星、卫星激光测量、遥感技术、高温高压模拟实验、模型方法和电算技术等的运用，进一步加快了地质工作的进程，提高了它的科学性和准确性。总之，现在的地球科学已是今非昔比，已从传统的宏观描述进入到宇观和微观、定性与定量相结合的崭新阶段。

第五，标志着地球科学研究从个体走向群体。科学理论上的重大突破已不是一个人、一支笔的事业，而是科学共同体努力的结果。库恩指出，科学是科学家集团即共同体的活动，科学知识的生产和证明之单位已不是科学家个人，而是科学家集团。如果说在近代科学的早期，某些重大成就还是科学家个人行为的话，那么现在这种可能性则愈来愈小。这一点尤其显著表现在地球科学中。譬如海底扩张说就是赫斯和迪茨集一大批科学家（希普、塔普、布拉德、马克思威尔、勒维尔、勒夫、梅森、曼内兹、霍姆斯、尤面等）的研究成果而提出的，而后，又得到了凡茵、马修斯和成尔逊等人的论证。

板块学说的建立更是凝聚着众多科学家的心血，它是科学家集体智慧的结晶。他们有英国剑桥大学，美国普林斯顿、拉蒙特地质研究所和斯克利普斯海洋研究所等四个单位的大量学者。特别是剑桥的地球物理研究中心，在50、60年代更是新学术思想和新学说的发源地。朗科恩这些50年代初的毕业生逐渐成为古地磁研究的理代学派，他们曾使沉伦多年的大陆漂移说再度辉煌。凡茵、麦肯齐、帕克等60年代的研究生则继承前辈学者的思想，对海底扩张说和板块构造

说作了杰出的贡献。特别需要指出的是两次学术大讨论，1965 年的剑桥聚会和 1966 年的纽约讨论会，各路英雄云集一堂，充分讨论与交流了各自的学术见解，对新学说的诞生直接起到了“催生作用”。会后经过共同努力，于 1968 年正式提出板块构造学说，吹响了时代的号角。这个事实告诉我们，地学研究领域不断扩大又不断深入，学科分工越来越细又日益渗透与综合，在这样一个时代背景下，一个科学家要想通晓人类所积累的全部知识那是不可能的。如果要想在理论上有所作为，科学家之间就必须通力合作，集体攻关。

综上所述，海底扩张说和板块构造说的兴起，是地球科学史上划时代的事件。它不同于以往学说之间的更替，而是地球科学观念、理论体系和科学方法上的根本变革与全面更新。它动摇了传统地质学的根基，改写了地壳演化模式，深刻影响了地学界的学术思想，创造了地球科学的新天地。

四、当代地学的特点和发展趋势

20 世纪 60 年代的地学革命，给地球科学带来了巨大变化。特别是近 20 年来，地球科学在许多领域有了突飞猛进的发展。

1. 当代地学的基本特征

20 世纪，特别是 60 年代以来，地球科学与以往相比，有着显著不同之处，除了理论上的变革外，主要表现在研究领域拓宽、研究方法日趋完善和研究水平不断提高上。现述如下：

(1)当前地球科学已进入从大陆到海洋、从地球表层到地球内部、从显生宙到隐生宙多侧面、全方位、整体性研究地球的阶段。此前的地质学，主要是大陆地质学，60 年代以后，随海洋调查迅速发展，人们从大陆走向海洋，使地学真正成为关于整个地球的科学。

60 年代以前，地质学仅限于大陆的壳层部分，很少深入到地球内部。60 年代开始，美国和前苏联率先打入地球深部开展探测。一种是利用地球物探方法探测上地幔和地球深部。另一种是开展深钻与超深钻的钻探工作，以取得地壳深处和上地幔的资料。这些都为打开地球深部奥秘提供了依据。

在地球45亿年历史中，前寒武纪就占了八分之七的历史过程。我们已了解的显生宙只不过占八分之一。因此，要了解地球，建立正确而全面的地学理论，不了解前寒武纪，那是不可能的。近几十年来，对前寒武纪地质的研究也得到了可喜的进展。

(2)研究方法和手段更趋于多样而全面，现实主义方法和历史主义方法相互为用，传统方法和现代方法携手并进。长期以来，地学使用的是传统地质方法，实践证明，这些方法是行之有效的，但也有局限性。例如将今论古方法就应当以历史分析方法为补充，而且这两者也都应以现代科学技术手段为工具，以求更多更快更准确地获取与处理地质资料。地学长期以来依靠一把铁锤、一只罗盘和一只放大镜伴终身，虽说有用，但限制了观察范围与速度。近些年代，地球科学研究手段与方法突飞猛进，大大提高了观察的广度与精度。试想，我们对深邃海底、对地球内部圈层结构、对矿物岩石的微观结构等前了解，离开了现代科技手段，怎么会达到今天的认识水平。当然现代化方法与手段与传统方法与手段，应当相辅相成，而不能顾此失彼。26届地科联主席尤金·舍波特说得好："思想和铁锤需要和地球物理学、大地测量学、岩石力学紧密结合"，切不可犯"有些地质学家冒着越来越多的风险去依赖数学的、物理的、化学的和其它的盲人，而放松了和新鲜空气、咸的海洋、脏的露头、五光十色的薄片、不显眼的化石接触"的错误。①

(3)从宏观描述到宏观与微观探幽相结合，从定性分析到定性与定量分析相结合。错综复杂的地质现象与地质过程既有宏观显示，也有微观显示。在没有运用精密测试仪器之前，人们仅凭肉眼观察，只能对一些宏观现象进行描述，面对其细微结构和变化则无能为力。随着先进观测手段的使用，宏观观测与微观观测两个方面都得到进一步发展。例如凭借遥感技术发现了一些前所未见的大断裂带和许多环状构造。同时凭借光谱仪、质谱仪、电子探针、穆斯堡尔仪分析矿物

① 《第26届国际地质大会文件选载》，地质出版社，1982年，第24页。

的化学成分，有可能诞生一门全新的学科——矿物谱学和量子矿物学。又如地震预报，过去多停留在对地震发生时与发生后某些宏观现象的描述，而忽视对地震机制、地应力积累和变化以及地震发生前后光、电、磁和化学元素等微观现象的研究。70年代开始，人们根据板块构造划定地震分布区域，在世界各地震带上建立地震监测网。日本全国设有100多个海潮观测站、20个地壳变形观测站、18个微地震观测台。通过大地三角测量、精密水准测量、地磁地电测量，来研究地壳的微量形变及其引起的地球物理场的变化，并预测地震是否发生。美国在加利福尼亚大断裂带，设立了100个地震台站，并装备先进地震仪器，附以电子计算机网络，对各地震台站观测的数据集中处理，根据新层的微量变化和地应力积累，判断地震何时可能发生。我国邢台地震(1966)发生后，根据宏观地质现象预测地震发展趋势，同时加强地应力测量，成功地预报了辽南海成大地震。

对各种地质现象和过程作定性分析，相对来说比较容易，过去做的工作也较多。但是如果停留在这一步上，不能作出精确的定量分析，地球科学也就不能跨入精密科学的行列。近年来，由于地下核试验、岩石力学实验、人造卫星和深海技术、电子显微镜等新技术手段的使用，人们获得了许多新数据，在大型电子计算机帮助下，对一些复杂的地质过程作了定量分析。如1969年起人们运用有限元法，对地球表层构造形式动力模型，结合考虑粘弹性介质，对重力影响下的褶皱作用过程进行了分析。

(4)地球科学研究由各自为政进入到广泛的国际合作阶段。1950～1960年的地球物理年实施了第一个大规模的国际合作项目，开展了极地及海洋地质考察与研究。1960～1970年又实施了国际上地幔计划。1970～1979年又实施了国际地球动力学计划。同时，联合国教科文和地科联围绕全球地质问题进行了国际地质对比计划，有70个会员国、几十个联系国参加，研究项目确定下来的有60余项，内容十分广泛。1977年又制定了国际固体地球科学计划，主要研究对象是整个岩石圈。

广泛的国际合作，使中国的地位与作用日益显著。仅就近年来在中国举行的国际地质会议及合作项目看，最重要的有以下几项：

(1)第 30 届国际地质大会 1996 年 8 月在中国北京召开。

(2)1988 年 8 月在中国召开了国际地质对比计划(IGCP)第 224 项——“亚洲东部陆缘前侏罗纪的地质演化”第三届学术讨论会。

(3)1988 年在中国召开了国际地质对比计划(IGCP)第 91 项——“前寒武纪变质与成矿作用国际学术讨论会”。

(4)1992 年 9 月在中国召开了国际地质对比计划(IGCP)第 319 项——“全球古地理学术讨论会”。

2. 地球科学未来展望

20 世纪 60 年以来，地球科学在以下几个方面有了新的突破：①前寒武纪研究；②深部地质工作；③高温高压模拟实验；④行星地质对比研究。但是，在 20 世纪～21 世纪之交，地球科学的发展，主要的已不是沿纵向越来越细的学科深入发展，而是面临一个建立新的地球科学知识体系的变革时期。这是由以下几点决定的：①许多国家地矿工作正由“供给驱动型”向“需求驱动型”转变，中国已进入经济地质与环境地质并重与协调发展时期；②国际地学工作方向在全球范围内出现重大转变；③各国地质机构与地学科技政策正处在重大调整时期。

新的地球科学知识体系至少有以下特征：①由原先以传统地质基础学科为主的结构，向以环境为主的新兴应用学科群转移；②由原先以地球固态圈层(岩石圈)为重点的学科结构，向以诸多圈层(岩石圈、生物圈、水圈、气圈)相互作用的地球系统科学为学科结构重心的方向转变；③由原先以学科分化为特征的传统学科模式向以环境地球科学为中心的高层次横向交叉方向发展的新型综合学科模式转变；④由原先以区域地质调查为特征的分门别类的研究(岩石、土壤、水、大气、生物、人类)向以地球表层为系统的综合研究转变。①

---

① 肖庆辉：21 世纪初社会经济变化与地学发展初探，未刊稿。

总之，面对世界各国的社会变化、经济变化、地矿工作与地学研究的变化，地球科学正面临一个知识体系重大转变时期。这对人们是一个机遇与挑战并存的历史时期，谁掌握了先进的哲学思想武器，谁就会在这个挑战面前赢得主动，谁就是把握时代的强者。中国地学工作者有理由、有能力、有责任对世界地学发展作出更多的贡献。

第十章　地学的发展动力

科学作为知识体系，其发展动力诸因素一般分为内在因素与外在因素两大类。在科学史的范围内，就称之为“内史”与“外史”。地学的发展动力，也可以这样来论述。

第一节　地学发展的内在动力

地学史是一门学科史，其内在发展动力是三类内在矛盾：地学事实与地学理论的矛盾；地学理论的内在逻辑矛盾；地学理论各派学说之间的矛盾。地学的内在矛盾在表现上，和其它学科相比较，有相同的一面，也有不同的一面。现论述于下。

一、地学事实与地学理论的矛盾

地学事实是主体经过社会实践对地球物质客体的经验陈述。这种陈述并不是地球物质客体自身，面是对地球物质客体的主观描述。因此地学事实与地球物质客体可能一致，也可能不一致。地学理论是从地学事实中抽象出来的关于客观存在的地球物质客体的规律性认识。它包括检验前的状态（假说）和检验后的状态（狭义的理论）两种情况。地学事实与地学理论是感性认识与理性认识、经验与理论这些哲学认识范畴在地学认识论与方法论中的具体表现。

地学事实来源于社会实践。这里的社会实践基干部分是生产活动。但是地质生产和地学理论的关系不同于一般生产与一般科学的关系。以找矿勘探为例。找矿勘探的三个阶段：普查、详查、勘探，既是生产活动又是地学认识活动。作为生产活动，找矿勘探的任务是寻找并查明目标矿产及其地质、经济和技术特征，提出勘探报告资料。

显然，这是地学发展的外在因素，应留待下一节论述。但是，作为地学认识活动，找矿勘探的特征是通过直接观察和思维去反映地质事实。显然，这又是地学发展的内在因素。由此例可以推断，一切带有地质调查特征的社会实践，都具有上述两重特性，都应是地学发展的内在因素之一，确认这一点对探讨地学发展规律性十分重要。下面将分析地学发展内在动力三大类矛盾的相互关系，从中可以知道，地学事实与地学理论的矛盾乃是内在矛盾中的基本矛盾。现在我们又确认带有地质调查特征的社会实践乃是地学认识活动的内在因素，这就提示我们在考察地学发展时必须充分注意地质调查等社会实践的重要意义。

地学事实与地学理论这组矛盾的对立双方是相互联系、相互作用的。地学事实是地学理论建立和发展的基础，表现在：

(1)地学事实对于地学理论具有催生作用。在实践的基础上发现的地学事实，或者“新”，或者“多”，就会催促理论向前发展。首先是新事实，现有地学理论不能容纳新事实，就要求产生新理论。例如在18世纪60年代魏纳的水或论风靡全球之时，苏格兰一位业余地质爱好者赫顿发现了一件新的地质事实。原来魏纳认为，一切岩石都是水成成因，处于原始层的花岗岩也是水成成因。可是赫顿在他的家乡爱丁顿的索尔兹伯里山观察到暗玄岩是岩浆侵入成因(有清晰的冷凝边界和围岩烘烤现象)，接着他又在苏格兰东北部的波索伊观察到花岗岩有文象结构，从而把岩浆概念扩展到了花岗岩。这就是说，赫顿观察到的花岗岩新事实，是水成论解释不了的，所以才得出火成论概念。此例足以说明，只要有一个事实就可以否证旧理论，提出一种新的假说。其次要讲到“多”事实。观察到的事实不一定“新”，只是重复已观察到的事实，也可催促理论概括出新。例如赖尔发表《地质学原理》时，科学地概括出“地质进化论”，把理性带进了地质科学，标志近代地质学的诞生。从地质事实看，赖尔并没有发现什么新事实，他列举的都是前人提到过的既有事实，但由于他概括的不只是一个地区的事实，而是广大地区以至于全球事实，所以他的地质进化论具有了

科学形态，这也是一种创造，即综合性创造（当然这种综合不只是资料综合，更重要的是地质观念与地质方法的综合）。再譬如，1960 年美国学者赫斯根据洋底地质资料提出了“海底扩张”概念，由于论证不足（亦即事实不充分），他使用“地质史诗”一词来表述他的假说，并仅限于普林斯顿大学内部传播，不敢公布于世。后来经过五年的事实积累，主要是美国海岸与大地测量局的迪茨等人的观察与论证，海底扩张学说才独立于世。显然，地学事实催动了新观念的诞生。

（2）地学事实对于地质理论具有检验作用。根据地学事实提炼出来的地学理论还需要回到地学实践中用地学事实来加以检验。检验的结果，不外乎是三种情况：当地学理论与地学事实相吻合时，理论得到确认；当地学事实与地学理论相冲突时，理论受到反驳或否证；当地学事实既不能证实也不能否证地学理论时，理论被搁置起来。上述“海底扩张学说”的命运就是通过检验得到确证的例子。关于水成论所说花岗岩是水或成因的例子，受到赫顿怀疑后，经过布赫、洪堡等人观察到的事实而被否证。而魏格纳的大陆漂移说，从 1915 年提出时起，到 1960 年止，共 45 年间，经过许多学者的观察，提出过许多地学事实来论证与反驳，终未取得确定结果，大陆漂移说事实上被搁置起来，直到 1960 年赫斯发表海底扩张说，才又被人们重新认识。

上面讲的是地学事实对地学理论的作用，下面介绍地学理论对地学事实的作用。

（1）地学理论对地学事实有“反发现”的作用。一个新的地学理论一旦形成，必定反过来指导人们获得许多新的地质资料，或者是对原有地学事实重新发现，或者导致许多重大事实的新发现。例如阿尔卑斯蛇绿岩是德国学者史坦因曼于 1905 年发现的，并认定为岩浆侵入成因。施蒂勒把含蛇绿岩的地槽称为优地槽。50 年代赫斯把洋底基岩与蛇绿岩作对比，确认二者成分相近。到了 60 年代以后，赫斯建立海底扩张概念后，他把大洋中脊上涌的地幔熔融物质而形成的蛇绿岩称之为“蛇绿岩化”。1963 年，英国的加斯等人推断蛇绿岩套就是现代洋底地壳的“橱窗”，于是蛇绿岩就或为判断古大洋的标志。板块

学说支持者就把施蒂勒的优地槽断定为古大洋。[①] 这是原有地学事实的重新发现。而海底扩张学说提出后，人们迎来了对海底地质资料获得大量丰收时期。至于说板块构造理论建立以后的四十年间，地学史上出现了一个迅猛发展的历史时期，其中对于地学资料的积累，无论数量还是质量都是历史上任何时期所不可比拟的。

(2)地学理论对于地学事实具有"反评价"作用。地学理论绝不是被动地、单方面地受到地学事实的裁决，有时地学事实与地学理论相冲突时，地学事实反而受到怀疑。这是否说，地学事实对于地学理论的基础作用受到怀疑呢？不是的，这恰好说明，地学事实只是对客观地质现象的主观描述，这种描述不可能是完全中性的，其中必然渗透着原有地学理论的背景知识。显然，如果原有地学理论有误，那么对地质现象的描述就会出错，所以有理由对地学事实表示怀疑并重新估价，从而保护了受到反驳的现论。例如，魏纳的学生布赫，对于宣传水成论不遗余力，而且是位杰出的野外调查学者。1797 年布赫辞去矿业公司工作成为自由研究学者，1798 年去意大利考察，看到长石斑岩后曾极力寻找煤沉积的证据而不获结果。1802 年，他到奥弗涅考察，看到了玄武岩和含有长石斑岩的火山颈。此时他虽然怀疑自己的眼睛，玄武岩怎么和火山熔融岩流在一起，也就是说，他怀疑了地学事实，但他仍然顽固地认为"萨克森的玄武岩由于与沉积岩互层因此是水成的"。1806 年布赫考察斯堪的纳维亚半岛，看到了花岗岩脉向上延伸到了含化石的石灰岩中，其接触带明显受到热改造。这就使他从怀疑玄武岩是否是水成岩事实，转到怀疑水成论本身，从面从水成论者立场转变到火成论立场。[②]

由上可见，地学理论依赖于地学事实，这没有疑问；而且地学事实也需要依赖地学理论，这就未必为人接受。果真如此，岂不滑进相

---

① 王子贤，王恒礼：《简明地质学史》，河南科技出版社，1985 年，第 189 页。

② 诸大建等译：《地质学大争论》，西北大学出版社，1991 年，第 22 页。

对主义泥坑？首先，相互依赖是对立面的相互依存。其次，对立面的依存是有主次之分的。地学事实是矛盾的主要方面，因为地学事实来源于实践，而地学理论则来源于对地学事实的抽象，地学事实对地学理论具有决定作用。

地学的发展表现为地学事实与地学理论之间的矛盾不断产生又不断解决的波状运动，即：地学事实与地学理论不一致→改造理论或重新评价事实消除冲突→新的地学事实与地学理论再度出现不一致→新的调整→新的矛盾……如此循环往复，不断向前发展。

二、地学理论自身的逻辑矛盾

地学理论自身的逻辑矛盾是指地学理论的自洽性与完备性出现缺陷。这种逻辑错误反映了地学理论自身的科学成分与非科学成分之间的矛盾。解决这类矛盾，就要求消除理论中的非科学成分使之完备化，从而地学理论不断发展与进步。

在自洽性方面，可能出现两种情况。一种是地学理论的观点是正确的，但论证中出现逻辑矛盾，纠正这种错误，可以使原来正确的理论观点更加精确与完备。例如，魏格纳的大陆漂移说，它表述的大陆整体活动（水平运动）的观点是正确的。但大陆漂移的动力来源是什么，他论证得不正确，他说的离极力与潮汐力，经地球物理学家计算，这两种力都非常小，不足以推动大陆作长距离水平运动。正是这种矛盾推动着支持大陆漂移的学者研究大陆漂移的机制，引发了地幔对流说与海底扩张说的出现。尽管这两种假说都没能科学地解释板块运动的机制与力源，但它们论证了板块构造学说的科学性，大大推动了现代地学的发展。①

地学理论自洽性方面的缺陷，还表现为一种是地学理论的观点是不正确的，在论证中出现逻辑矛盾，导致格露这种理论的谬误，从而抛弃这种理论，代之以更正确的理论。例如，魏纳的水成论认为，地

① 王子贤、王恒礼：《简明地质学史》，河南科技出版社，1985 年，第 181 页。

球上一切地层岩石都是在原始海洋中化学沉积以及后来大陆出露水面后的机械沉积面成。这里暗含着一个逻辑矛盾，早已被意大利地质学家布赖斯拉克(Scipio Breislak)指出，现存地球上的水量完全不足以容纳下所有固体地壳物质的总量。试问：原始海水跑到哪里去了？魏纳说跑到太空中去了。什么原因呢？他说不上来。[①] 这个论证中的错误暴露了水成论的理论错误，结果是被火成论取而代之。地学理论中的不完备性，更多地表现为将一种根据地区资料建立的理论，不恰当地外推为全球性理论。这种涵盖性上出现的逻辑矛盾往往将一个正确的理论引向了错误的深渊。当这种矛盾被揭露之后，地学理论就向前迈进了一步。例如，地槽学说原为美国地质学家根据阿帕拉契山脉的历史而概括出来的概念，当把这个区域性地质概念推广到欧洲时，就出现许多矛盾：阿帕拉契山脉是海盆边缘褶皱山脉，阿尔卑斯山脉是内陆褶皱山脉；美国地槽发育史是接受沉积后转化为地背斜，而欧洲地槽则有不同的发育过程；美国地槽是浅海沉积，沉积物来源于边缘地背斜的剥蚀，而欧洲地槽为深海沉积，沉积物来源于内陆雁行山脉。揭露这种矛盾的过程，就是地槽学说不断向前发展的过程。后来施蒂勒的"正地槽"(优地槽与冒地槽)，俄国学派的"泛地槽"、"泛地台"都是在揭露地槽学说涵盖性上的矛盾而发展的。[②]

三、地学理论各派学说之间的矛盾

各派学说之间的矛盾，就是地学理论之间的矛盾。这种矛盾在地学中十分普遍，一部地学史说它是学派争论史也不过分。比较著名面重要的是水成论与火成论之争、均变论与灾变论之争、活动论与固定论之争。此外，还有化石成因之争，洪积论、漂冰说与冰川说之争，地球年龄上的地质学家与物理学家之争，板块构造学说中地质学家与地球物理学家之争，等等。上述争论大体分成两种类型。地质学家之

---

① 诸大建等译：《地质学大争论》，西北大学出版社，1991 年，第 7 页。

② 王子贤、王恒礼：《简明地质学史》，河南科技出版社，1985 年，第 161 页。

间的争论是不同学科之间在地质问题上的争论。在地球年龄与板块运动机制上，由于地质学家和地球物理学者使用的方法与资料不同，得出了互相矛盾的结论，其结果可以互相推动把研究课题引向纵深发展，推动地学进步。

地质学家之间的争论是地质学内部的争论。这是由于理论观点不同而引起的争论。同一个地球，为什么会引发不同的观点呢？大体上不外以下几种原因：

(1)从发展史上看，地学是个区域性很强的学科，人们考察地质现象只能从区域开始，逐步走向全球。因此，根据区域地质形成的概念不可避免地会在不同理论、学派之间发生冲突。水成论与火成论之争，冰川学说上的争论，大地构造学派之间的争论，部分原因就是各自很据的地区资料不同而引发的理论观点之争。

(2)由地学研究对象的多解性而引发的争论。例如，玄武岩、花岗岩的成因，魏纳认为是深海化学沉积，赫顿认为是火成成因，这是同一个地质现象作了不同解释。冰川学说上的争论，也是这种情况。庐山倒底有没有第四纪冰川？也是论家各执一词。这种争论显然可以推动双方更加深入研究，推动地学发展。

不同学派、理论的争论发展结果是纷纭复杂的、结局各异的。一般来说，有以下几种结局：

(1)比较正魏的理论代替错误的理论，在地学史上，早期的例子较多，如关于化石成因的生物造骸说，代替了造物主的戏谑说、天体作用说、大自然内部塑造力说等。从18世纪末近代地质学产生以后，这种例子少了许多。冰川说代替溧冰说算是仅有的少数例证。

(2)比较正确的理论代替片而的理论。火成论代替水成论可以代表这种结局，虽说这种代替是一个较长的历史过程。活动论代替固定论也可算成这一类。应当说明，这种代替实际上是一种兼容，比较正确的现论兼容了比较片而的理论。例如火成论与水成论之争，并非一种片面性反对另一种片而性，在岩石成因的争论中，水成论是强调一切地层与岩石由海水中沉积而成，而火成论仅只反驳玄武岩、花岗岩

的水成成因，并不否认沉积岩的水成成因。板块构造学说为代表的活动论，应该说是一种全球构造理论，它涵盖海洋与大陆的地质现象，而以地槽学说为代表的固定论，是立足于大陆地质的片面性理论，所以前者代替后者可以看成是比较正确的理论代替片面的理论。

(3)两种理论反反复复、长期争论与并存。作为例证，可以举出均变论与灾变论。居维叶的理论和赖尔的理论被概括为均变论与灾变论，这是英国矿物学教授惠威尔的创造。论家早已指出这两个词不十分准确。我们认为，均变论与灾变论都含有真理成分与错误成分，当然也不是一种片面性反对另一种片面性。赖尔的均变论在它的理论体系中包含有矛盾。一方面他强调地质进化思想、强调地质作用的缓慢变化，以及现实主义方法，另方面他又认为在地球上起作用的力，无论在种类上和强弱上过去都和现在同一。尽管后者是错误的，且和地质进化论不协调，但赖尔的基本方面是理性的进步的。居维叶的灾变论明确宣布"借助这些仍然存在的原因来解释地球表面的更古老的变革长期以来被认为是可能的"，由于自然进程有了突然性变化，上述方法是不可能的。这就表明居维叶明确宣布古今不一致，以至于理实主义方法是无效的。所以从基本倾向看，居维叶是不正确的，但他的理论体系中有一个思想是合理的，即，地质过程中存在着周期性的突然变化(哈勒姆称之为"幕次论"①)，这是值得重新评价的。赖尔的《地质学原理》出版后，均变论居于统治地位，灾变论处于沉寂状态。但是20世纪中叶以来，新灾变论又异军突起，正说明均变论与灾变论之争将继续下去，继续推动地学的发展。

四、地学理论内在矛盾之间的相互关系

上面讲了地学现论的三种内在矛盾运动，并形成地学史发展的内在推动力。在三种内在矛盾中，地学事实与地学理论的矛盾是基本矛盾，它的存在和发展，决定了地学理论自身逻辑矛盾与地学现论各学派矛盾的存在和发展。也可以说后两种矛盾是基本矛盾的表现。举

---

① 诸大建等译：《地质学大争论》，西北大学出版社，1991年，第200页。

例来说，水成论与火成论的争论，焦点在于玄武岩、花岗岩的成因。这当然是由魏纳把花岗岩置于原始层和把玄武岩置于成层岩层而引起的。魏纳学说中的这种错误，和魏纳掌握的地学事实之局限性有关。一则是他足不出萨克森，容易犯以偏概全的逻辑错误；一则是他缺乏火山地质的科学事实，也容易陷于根据不足的泥沼。这都是地学事实与地学理论的矛盾之反映。萨克森地区的玄武岩呈水平或近水平产出，在某些山顶上形成覆盖层，魏纳据此就认为是沉积岩而归于成层岩层。当有人指出玄武岩是火成成因时，魏纳不能意识这是地学理论与观察到的科学事实之间出现矛盾，不能够尽可能多地去观察事实，而是顽而地坚持认为玄武岩就是原始海洋中的化学沉积。至于陡斜的板状玄武岩，他不认为是侵入岩（当然他当时还不接受这个概念），而认为是由化学沉积物充填裂隙而形成的沉积岩。这种对客观存在的地质现象所作的描述，也充分说明地学理论对于地学事实的“反评价”作用，把反对方提出的质疑事实硬塞进了自己的理论框架之中，加深了地学事实与地学理论之间的矛盾。总之，随着辩论的深入，上述地学理论与地学事实之矛盾就逐渐暴露出来，结果就促使水成论的追随者去思考与考察玄武岩、花岗岩成因，并导致布赫、洪堡这洋的有影响的水成派学者，通过地质实践而转变立场，皈依火成论。类似水火之争的矛盾怎样解决呢？这使我们回忆起法国学者德马雷的名言。德马雷1771年就发表论文指出玄武岩是火成成因，到了1806年出版单行本时，水火之争正如火如荼展开，有人建议这位81岁的长者参加辩论，而德马雷不主张争辨，只是淡淡地说：“去看看吧”。这就是说，类似水火之争的学派矛盾，根本上是地学事实与地学理论之间的矛盾，辩论固然有益，根本上还要靠通过实践，搜集事实来作科学论证。布赫、洪堡等人的思想转变也证明了这个道理。

顺便说明，哈勒姆认为，水火之争的主要问题在地层学不成熟。[①] 这是有道理的。当岩层出现角度不整合时，没有形成地层柱状

① 诸大建等译：《地质学大争论》，西北大学出版社，1991年，第193页。

图之前，是很难确定地层的新老关系的。此时，含花岗岩的地层在水平成层岩之下，便贸然判断花岗岩层比沉积岩更原始，从而得出海水化学沉积之结论那就不足为奇了。而地层学之所以不成熟，根本上还是地学事实还没有积累到形成地层学概念的成熟程度，也还是地学事实与地学理论的矛盾的表现。

五、推动地质学发展的三次大争论

学派之间的矛盾怎样推动地学发展呢？现以三大学派之争来说明内在矛盾是推动地学发展的动力。

1. 水成论与火成论之争

水成论是一种地学思想与理论。它认为地球上的地质现象、地层、岩石都是在水中沉积形成的。水成论思想有人追溯到古希腊的地质思想（泰勒斯的“水是万物的本原”）。至少，18 世纪早期的洪积论者余赫译，应是水成论的先驱。水成论的代表人物，人们公认是德国地质学家魏纳。他认为，早期地球表面为原始海洋所淹没，所有地层与岩石从海水中沉淀、结晶而成，最先沉积的是花岗岩与结晶片岩，是“原始岩”，而后是“过渡层”，再上为含生物化石的成层岩层，最上是没有固结的松散沉积物，叫“冲积岩”。他认为，玄武岩也是水中沉积而成。魏纳根据萨克森地质勾勒出的地层序列被说成是整个地球的地层序列，并由他的学生在世界各地广为宣传，形成 18 世纪 70、80 年代在欧美占统治地位的地质思想。即使如此，当时也不乏持怀疑态度的学者，例如意大利地质学家布赖斯拉克就在他编写的教科书中提出质疑：现存海水总量不足以容纳全部地壳固体物质，试问，大量原始海水跑到哪里去了呢？魏纳认为海水跑到太空中去了。更多的人认为，从魏纳提到的诸多地质现象看，与其说海平而下降，不如说陆地抬升更能解释圆满。

在魏纳的地层序列中，玄武岩被列入成层岩层，也是水成成因。其实，从 16 世纪到 18 世纪，玄武岩已为广大地质学者所认识，许多人（如盖塔尔、德马雷）认为是火成成因。当有人向魏纳提出不同意见时，魏结采取不屑理睬的态度，固执地认为玄武岩是原始海洋中的化

学沉积物。有些呈倾斜状的暗色岩，明显地不同于水平沉积岩层，但魏纳却把它说成是充填裂隙的岩脉，仍然是化学沉积物。由于对意大利火山地质、北爱尔兰"巨人堤道"柱状节理的岩石、法国奥涅弗玄武岩等的考察，人们对魏纳的批评越来越多，这就激发了魏纳去进一步寻找支持其水成论观点的证据。1788 年，魏纳在萨克森沙尹木贝山上找到一组岩层，向上依次是砂岩、页岩、玄武质砂岩(泥岩)、玄武岩的地层序列。他认为这组岩层的渐变关系表明玄武岩与沉积岩无法相区别，以此说明玄武岩之水成成因。但是，此一"发现"立即受到他的得意门生福格特的反驳，学生坚持认为玄武岩是古熔岩。随之而来的是一场持久的争论，双方观点没有丝毫改变，师生情谊却走向破裂。接着 1789 年，巴黎矿业学校教授德多洛米尼向魏纳提出新的挑战：花岗岩不是原始的，其下有成分很不相同的岩石，这种岩石穿过花岗岩产生玄武岩。① 接着，火成论的代表赫顿就出现在论争的讲坛。

赫顿本来是荷兰莱顿大学的医学博士，但毕业后也未行医，而是办农场和化工厂。他 46 岁(1768)那年回到爱丁堡过退休生活，并寄情于地质研究。1785 年他宣读论文"地球现论"系统阐述火成论观点。他认为，花岗岩、玄武岩都是火成成因，花岗岩是正常熔岩，而苏格兰的"暗玄岩"则为"隐伏熔岩"，即侵人火成岩。同时他用了两年时间去证明花岗岩脉比它周围的围岩新，花岗岩不可能是原始物质。赫顿的观点受到前人的启发，也是十分明显的，如莫罗、德马雷等。但赫顿的理论仍然使同代人大吃一惊。他认为，地球是一个热循环的稳态系统，并具有漫长的历史，没有开端也没有终结。地内热是地质过程的动因，热量与压力是地下岩石固结成岩的原因。内热的膨胀力导致海底与陆地抬升，抬升与剥蚀在无限漫长的时间往复循环。魏纳本人没有反驳赫顿。魏纳学派也没人出来反对赫顿。倒是爱尔兰皇家学

---

① 诸大建等译：《地质学大争论》，西北大学出版社，1991 年，第 11～12 页。

会会长柯文严厉批判赫顿。柯文的批判，与其说是理性的，不如说是感情的。因为柯文的批判论据，只是说赫顿是无神论，说火成论没有支持圣经的创世纪教条。1793 年赫顿对此作了答复，并对柯文的许多地质分析作了驳斥。1799 年，柯文再度发起激烈攻击，举出北爱尔兰拉什玄武岩层中含有海洋生物化石为例，证明玄武岩水成成因。此时赫顿已经躺在墓地里了，只好由普莱费尔出来作答，证明柯文说的玄武岩实际上只是靠近玄武岩接触带被严重烘烤了的页岩。[①] 正是激于义愤，普莱费尔写了《赫顿学说解释》，大大发展了火成论观点。

赫顿的著作没有引起人们多大注意。倒是魏纳的几个学生对水成论的反戈一击，起了决定性作用，导致水成论的最终失败。

1802 年，魏纳的两个学生，布赫与弗衣生结伴考察了奥涅弗，不无痛苦地确认玄武岩的火成成因。从此他们在论文中转向了火成论。布赫并于此时提出"隆起火山口说"，正式承认地内热是改造地球表面的决定力量。

1805 年，魏纳的另一位大弟子洪堡，偕同布赫访问维苏成火山地区，事后发表论文，指出水成论的错误，明魏自己接受了火成论观点。

正是欧洲大陆逐渐放弃水成论之时，英伦三岛却把水火之争演得如火如荼。1808 年，詹姆生在爱丁堡发起了魏纳学会，专门宣传水成论观点，批驳赫顿学说，这就把英国的论战推向空前激烈的程度。有一次在苏格兰一个小山上为一组地层成因争论起来。这里有几层暗色岩夹在页岩与砂页之中。水成论据此认为暗色岩为水成成因，火成论者认为砂岩已被接触变质，暗色岩为火成成因。争论双方由争论而谩骂，进而报以老拳，撕打起来。当然，君子动口不动手，打起来终不能引为光荣。但争论双方为寻求支持自己的论据，面拓展对英伦三岛的地质调查，推动了英国的地质研究。在英国的争论最终是火成论驳倒了水成论。詹姆生自己也承认水成论在理论上的失误，宣布赞成

---

① 诸大建等译：《地质学大争论》，西北大学出版社，1991 年，第 23 页。

火成论，并由此将魏纳学会改名为“爱丁堡地质学会。”

综上所述，水火之争的分歧在于：①玄武岩、花岗岩的成因。水成论说是水成成因，事实上是火成成因。这是水成论的硬伤，即，科学事实与地质理论不符。在事实面前，除了魏纳本人，其他水成论者只好承认失败。所以史家把奥涅弗玄武岩地区，称作为水成论的坟墓。②深海成岩问题。水成论主张深海成岩，就原始岩层而言是化学沉积，而过渡岩层与成层岩层则是部分机械沉积、部分化学沉积。火成论则认为地内热是成岩的主要原因，即所有深海成岩都是熔融沉积物而成岩。在这个问题上，水火两派都不是无懈可击的。③对地层“不整合”的成因解释。水平地层与倾斜地层交互产出的现象，魏纳认为是偶见的，不重要的，并认为是在一个倾斜面上沉积而成。赫顿则认为水平地层是沉积地层的原始状态，倾斜则是地层抬升的结果。抬升的动力是地内热。赫顿认为，地层最初是浸蚀过程，然后是沉积，以致固结成岩，所以陆地的浸蚀与陆地的沉积再造是循环进行的，然后是地层的抬升降起，其中包括花岗岩脉切穿沉积岩层，地层倾斜，地层褶皱。所以，就水成论而言，世界是一次成型的；而火成论则强调地质过程“没有开端的迹象，没有终结的前景”，现存世界是以前一个或多个世界演进的结果。火成论是当时科学水平下的地质进化论。从这一点看，水火之争的历史功绩就在于传播了地质进化论，为地质学的诞生准备了思想条件。

从另一个角度看，水成论是阻碍地质学进步的。主要论据有两条：第一，水成论正好符合当时占统治地位的宗教神学思潮——创世纪教条，从而起到了箝制科学思想的作用。例如柯文批判赫顿不支持宗教教条。第二，水成论的教条式研究方法限制了地学研究。1811 年詹姆生的学生菲顿批评水成论时说：“魏纳学派阻碍了科学发现的进展。它所采用的研究方法非常简单。……当一个魏纳学派地球构成论者到一个国家调查时，他被要求做的就是把他所观察到的现象套在魏纳已在他的矿物界蓝图中排好的位置。用不着那么卖力地对地层进行如实描述，同其它国家具有同样特征的岩石进行比较，只要判

定这些地层属于哪一个被认为曾在全球发生的沉积序列就行了……”①

上述批评是有合理成分的，但陷于绝对化。事实上，水成学派对地质学发展还是有贡献的，它引导人们科学地进行野外调查，把地质学研究奠定在实践基础之上，并且提出了地质学史上第一个地层层序表，据此找到了当时急需的矿产资源。而这，就是水成论风靡欧洲、培养一代地质人材的原因。

火成论虽说代表了时代进步的地质思潮，提出了地质进化思想。但是它也有其时代局限性，水成论的地层层序表虽说是粗糙的，科学完备性不够，但却是聊胜于无，而火成论连粗糙的地层层序表也没有。地质进化思想的真正确立还有赖于生物地质学的建立。这个历史任务是由下一次地质学大争论来完成的。

2. 灾变论与均变论之争

在欧洲地质学界，灾变思想是一种流传久远、影响广泛的社会思潮。17 世纪末，有布丰(Buffon)、伯内特(Burnet)、惠斯顿(Whiston)、伍德沃德(Woodword)等人。其中又可分为两种流派：以布丰为代表的彗星碰撞说和以伯内特为代表的大洪水说。特别是后者以圣经创世说为依据，认为地层岩石与陆地形成于摩西洪水。哈勒姆认为，当时地质学家深信，地球上褶皱的高山，以及切割高山的深谷是不能用现在见到的地质过程来解释的，现今的河流水量与流速，远不能凿出如此高深的峡谷，意大利火山地区抬升的高度与规模，远不能与阿尔卑斯山脉强烈倾斜和扭曲相提并论，因此，寻找过去某一时期发生过的激烈变化，是一种相当符合逻辑的推论。② 值得认真分析的是，这种根据科学观察而作出的理性推断，在当时社会上占统治地位的宗教神学控制下，不少人都屈服于宗教教条，有意或无意地为创世说、摩西洪水说作辩护。正是在这种社会背景下，具有反判精神的赫顿首

---

① 诸大建等译：《地质学大争论》，西北大学出版社，1991 年，第 27 页。

② 诸大建等译：《地质学大争论》，西北大学出版社，1991 年，第 36 页。

先站出来批判灾变思想，批判灾变和支配灾变的超自然力量。他说："在解释那些实际上呈现在我们面前的事件中，……没有必要构想自然界中的毁灭性事件，或者依赖于任何由超自然原因支配的力量。"① 普莱费尔对赫顿思想进一步解释，他举出河流经过山谷两侧地层岩石一致性，说灾变论者设想"自然界某种巨大的骚动，这种骚动把山脉扯碎，为河水打开了通道。只有科学家才能深邃地想到这些结果有赖于长期持续的作用，……河流对山脉的缓慢作用……"②由此可见，在18世纪末灾变与渐变的分歧中，突出的一点是对河流侵蚀作用的机理如何认识，灾变思想主张古代河流的流量与水速大大超过现在，是一种剧烈的灾难性的大洪水；而渐变思想则认为关键不在于侵蚀力量的大小强弱，而在于侵蚀过程的时间。

赫顿批判灾变的地球学说，受到爱尔兰皇家学会会长柯文的激烈批评，批评的理由就是赫顿没有支持创世纪中的教义，即，世界是被突然创造出来的。赫顿在答复中说："我被谴责为无神论的逻辑就在这里"。②

另一个批评赫顿的学者是德留克。他认为地球历史有两个本质上不同的时代，早期是大陆形成的时代，接着发生了一次大灾变，洪水淹没了大陆，这就开始了后来的地球时代。这次大洪水大约发生在4000年以前，洪水退去这才有了现在看到的地层。所以大陆的历史相当短，关于突然性灾变人类还记忆犹新。他说，赫顿认为大陆有无限久远的历史，人类何时住上地球也不清楚，这就把事物歪曲了，弄得和主观幻想一致了。由此可见，灾变思想和渐变思想的分歧之一，就是地球历史的时间问题。③

以上争论发生在1788～1797年，足见18世纪末灾变思想已相当流行。正是此时，居维叶于1812～1821年发表《脊椎动物骨骼化

---

① 诸大建等译：《地质学大争论》，西北大学出版社，1991年，第38页。
② 诸大建等译：《地质学大争论》，西北大学出版社，1991年，第43页。
③ 诸大建等译：《地质学大争论》，西北大学出版社，1991年，第45页。

石》，共12卷，全书写完后补写“绪论”中提出他独具特色的灾变论。过了20年，约在19世纪40年代，剑桥大学教授惠威尔把居维叶的灾变思想概括为“灾变论”，把与之对立的赖尔的地质思想，称之为“均变论”。

1825年，居难叶将“绪论”单独印行，取名为《地球表面的革命》。他在此书中针对赫顿的学说，明确表述了灾变论的主要内容：①

(1)根据巴黎盆地第三纪地层所示，灭绝生物与现存生物之间没有过渡类型，这是由于地质年代中的灾变所造成的。

(2)关于地球表面变革的原因，有人用现在仍然起作用的原因去解释古代地质变革，这是不符合事实的，因为自然进程发生了中断，现存地球上起作用的所有的力都不足以说明远古的变革。

(3)这种变革是突然的，不是渐进的，那些古老岩层的变位、迁移和倾斜告诉人们，变化是突然面猛烈的。地内能量消耗随时间的递减。

(4)灾变是周期性地发生，最近一次灾变发生在距今5400年，海洋的人侵和无常的洪水都是突然地剧烈地淹没陆地，然后是海平面下降，生物在灾变中灭绝，后来从别处迁移过来新的生物。

居维叶的灾变论发表后，直接的论战只发生过一次，其它论战都是居维叶死后发生的。现在我们先叙述直接论战。1832年在法兰西科学院居维叶和圣希雷尔公开辩论。论题中心是关于生物是否进化问题。居维叶强调古代生物物种与现存生物物种没有联系，因此研究应当搜集资料，根据事实作出结论。圣希雷尔则强调生物进化，研究应当阐述进化的机制与原因。这场辩论，现场表现是势均力敌，不分胜负，甚至居维叶在表现上还占有优势，但实际上居维叶否认生物进化的观点是错误的。总的看，辩论对于宣传进化论思想有好处，为地质进化论开辟了道路。

---

① 篇幅所限，我们不能引用《地球表面的革命》的原文，具体内容参阅诸大建等译：《地质学大争论》，西北大学出版社，1991年，第46～48页。

居维叶的灾变论，为他的朋友和弟子大大加以丰富与发展，哈勒姆把它称之为“灾变论的确立”。这其中有布朗尼亚尔(Brongniart)和彭特兰德(Pentland)。他们的论述主要有两点值得注意：①生物物种的突然变化，不仅有动物而且有植物，说明灾变是普遍的；②生物灭绝和更替可以和大地构造变化联系起来，特别是和角度不整合联系。英国著名地质学家塞基威克肯定了居维叶倡导的“灾变论”具有方法论上的意义。[①] 此外，也应指出，居维叶的弟子也明确指出，灾变的来源是摩西洪水，或是一种超自然力。

灾变思想在英国自有它自己的传统与特点，和大陆国家的灾变思想有某种差别。英国的灾变论者，主要有康尼比尔(Conybeare)、巴克兰(Buckland)。也许由于他们都是牧师，他们的灾变论思想就直接和圣经创世纪联系起来，把地质变化与物种变化说成是“造物主最崇高的贡献”。正如前文伍德沃德所示，科学家并非从圣经中去寻求证据。但有人用科学事实去印证圣经条文却是确有其事的，英国的灾变论者恰恰带有这个特点。

介绍了以上历史，可以明白看出，1830 年赖尔出版的《地质学原理》针对灾变论而发出的质疑与批判，是有凭有据，击中要害的。赖尔批判灾变论，主要有：

(1)批判灾变论“假定过去的原因必定不同于现在的原因”，否定了“天律不变”原理就否定了现实主义方法。

(2)批判灾变论将地质学与圣经调和起来，因而阻碍了地质学进步。

(3)地球变化的干扰期和宁静期是交替进行的，但地下运动的能量总是一致的，没有理由构想偶然的爆发性的灾变。

(4)地壳隆起升高现象是普遍的、渐进的、缓慢的，只要考虑到时间的无限性，就可以理解渐进性变化，无须求助灾变。否则，就只好把地质建造归因于超自然的力量。他以第三纪物种变化和火山活动为

① 诸大建等译：《地质学大争论》，西北大学出版社，1991 年，第 50 页。

例，说明灾变论主张物种灭绝和火山活动要比现代激烈的观念，是由于严重低估了第三纪的时间尺度。

赖尔对于灾变论的批判确有过头的地方，即认定居维叶就是主张摩西洪水是地质上的最近一次灾变，以致造成生物灭绝和其它地质事件。正如上文所示，居维叶的灾变论与比他早的和比他晚的灾变思想来说，确有独特之处，不加区别地加以谴责，似嫌过头。但是也应如实地指出，居维叶的灾变论也确实与当时的社会思潮（用科学论证摩西洪水的存在）是扭在一起的。所以，“查无实据，却事出有因”。恩格斯1875年写的《自然辩证法·导言》，基本上是根据赖尔的《地质学原理》而作的对居维叶的批判，并且加强了批判的力度。这样，令人很有些抱不平，主张给居维叶“平反”。我们觉得，关于居维叶的灾变论，确实应当作历史唯物主义的分析，这一点还有待学者专家的努力，但至少有两点可以考虑：第一，居维叶的灾变论产生于19世纪初，当时是灾变思想流行时期，在他之前与之后，有许多地质学者用地质学证据去论证摩西洪水的存在，从而为宗教科学张目，并实实在在地阻碍了地质学的发展。在这个历史阶段，赖尔举起渐变论的旗帜（体系与方法）站在前列批判灾变论，无疑是起到了历史进步作用的；第二，批判灾变论中，没有把居维叶和其他灾变论者区别开来，这是一个缺点或不足，但是次要的方面。

当然，赖尔的批判还有一个不足，这是由他的均变论思想造成的，即，完全否认地质过程中的突变，把古今一致强调到绝对的程度，未能在现实主义方法中加进去历史分析。这种片面性也是历史造成的局限性。正是这一点，才有了“新灾变论”的崛起。

新灾变论用地质学的历史观点、沉积学的浊流研究、地貌学的灾难性洪水侵蚀、生物学的间断平衡、中生代大规模生物灭绝、构造地质学上的应力积累与周期性释放、天文学上的陨石碰撞地球，甚至数学中的突变论，来说明灾变是自然界普遍的规律性的现象，这就表明均变思想与灾变思想的冲突到现在尚未完结，它也仍然是现代地质学进步的动力之一。从这一点说，灾变论与均变论的争论，不同于水

成论与火成论的争论，谈不上谁胜谁负、谁取代谁的问题。

3. 固定论与活动论的争论

固定论是说地球上的海陆分布格局是永恒的，大陆的地理坐标恒久不变，顶多只有垂直升降运动。这种地质观念在19世纪中叶到20世纪初占统治地位。代表人物有丹纳、徐士等人。

活动论是说海洋与大陆的分布有其演化历史，大陆曾经有过大规模的水平运动，以及分裂与扩散。这种地质观念虽说早有斯奈德、泰勒、李四光等人提出，但未引起重视。真正代表活动论的学者是德国的魏格纳。

魏格纳于1912年在法兰克福发表大陆漂移的假说，1915年出版《海洋与大陆的起源》一书，这两次都没有引起多大注意。1922年此书第三版时才引起学术界的争论，极大地改变了人们的地质观念。

魏格纳的大陆漂移说主要内容是：地球上原来只有一个超级的原始大陆——泛大陆(Pangaea)，它为原始海洋(泛大洋)所环绕。从中生代开始，泛大陆分解，其破碎部分分开或向西、或向赤道、或两者兼而有之地漂移。由于组成大陆壳的硅铝层轻而硬，组成洋壳的硅镁层重而可塑，故陆壳在洋壳上漂移，大陆前缘受阻于洋壳而褶皱成科迪勒拉-安第斯山脉，以及挤压而成喜马拉雅山脉、阿尔卑斯山脉、阿特拉斯山脉等，同时在海洋中拖拽两成许多滞后的成串的岛屿。

魏格纳提出的论据是：①大西洋两岸海岸线的相似性；②南方各大陆古生物的同一性；③根据现今各洲的冰川遗迹，推断三亿年前海陆配置，说明大陆发生过漂移；④和冰川遗迹相印证，古气候资料证明大陆发生过漂移；⑤测量出格陵兰正离开欧洲向西漂移。

以上论据，除⑤外，其它均为查有实据的依据。然而魏格纳提出的大陆漂移的驱动力(离极力与潮汐力)却引来了更多的麻烦。

大陆漂移学对于当时占统治地位的固定论(主要是冷缩说和地槽学说)是个针锋相对的挑战，一场争论在所难免。1926年在美国纽约专门召开了一次学术会议讨论大陆漂移说，魏格纳和泰勒都参加了这次会议。出席会议的知名学者共14人，7人支持(2人有保留地

支持),7 人反对,旗鼓相当,势均力敌。

会议争论的要点是:①大陆漂移的驱动力。美国的威利斯认为离极力与潮汐力都不足以驱动大陆作长矩离漂移。第二年英国著名地球物理学家杰弗利斯也作了相同的批评。②大陆怎么漂移?美国学者舒切尔特指出,按魏格纳说法,硅铝质陆壳在硅镁质洋壳上漂移,说明陆壳比洋壳的刚性大,又说大陆边缘山脉是大陆边缘受阻于洋壳而褶皱成山,说明洋壳比陆壳刚性大。这个两难推理使魏格纳陷于窘境。后来杰弗利斯也指出洋壳是刚性的,极本不允许陆壳在其上作漂移。③大西洋两岸相似性是科学证据吗?不少论者用作大陆拼合图来证明,大西洋两岸原来是一整块大陆。但是,仔细想一想,大陆漂移几千公里,经历漫长年代,竟然毫无缺失、变形、毁弃而保持原样平移开来。这是和运动变化的原意相悖的。所以反对者说,大西洋两岸海岸线的吻合,不是证明了大陆漂移,而是推翻了大陆漂移学说。应当说,海岸线吻合,只是认识的起点或契机,不能用为证据,因为相似性本身是需要证明的。④其它关于古生物证据、冰川遗迹、古气候证据,也都不是无懈可击的。

从总的看,大陆漂移说这个新思想还缺乏论证,本身也有逻辑矛盾。辩论推动支持者对新思想作出新的论证与新的发展。从 1924～1960 年是争论的沉寂时期。

真正使新思想"古树逢春"是海洋地质学的跃进。第二次世界大战后,海洋地质学勃兴起来。到了 50 年代,由于回声探测技术的进步,人们对深海地质有了新的概念,在大西洋底发现一条三公里离、数百公里宽的海底"山脉",后来称之为"洋中脊"。随后接着发现洋中脊是一个全球体系,总长约八万公里。围绕洋中脊获得大量地质资料,其中洋壳地壳的新生循环演化导致海底扩张学说出现。然后又有古地磁倒转的信息出现,威尔逊转换断层的提出,深海钻探岩芯的漂定,对于海底扩张学说作了有力的论证。于是 1965～1968 年美国几所研究所的年轻人提出了板块构造学说,揭开了现代地学的革命序幕。

板块构造的基本思想是：地球表面覆盖着若干岩石圈板块。板块边界有三种类型：发散边界、汇聚边界、被动边界（后来又增加地缝合线）。大洋中脊、深海沟、褶皱山脉、转换断层就产生于边界处。板块是外部较冷的刚性物体，其下是厚度不等的软流层，其热对流是板块运动的驱动力。软流层热对流把大洋中脊两侧岩石圈送开，同时将地内熔融物质带到地表形成新生地壳。在大陆边缘或深海沟处，洋底地壳被拽入深处，消亡于地幔之中。板块在运动中使大陆破裂、碰撞，在漫长地质年代中形成裂谷、地槽、海盆，漂移大陆、褶皱山脉与地震。

板块构造学说提出之后，遭到许多学者的指责，其中地球物理学家尤其激烈，例如杰弗利斯在其专著《地球》多次再版时增添了批判构造学说的内容。1970 年英国古地磁学家兰康公开批评杰弗利斯对古地磁学与地幔对流学说持顽固态度。对此，杰弗利斯公开作了答复。他认为：(1)根据对上地幔物质粘滞度的测定，发生地幔对流是不可能的。(2)古地磁学的方法十分可疑，不能保证标本从取样、搬运，直至实验室测定时其磁化强度与方向没有发生任何变化。总的来看，这次争论反映了地球物理学家的门户之见，拒绝新学说的开拓之举。

另外一次争论发生在威尔逊与别洛乌索夫之间。别洛乌索夫批评新学说集中在以下几点：

(1)新学说只取海洋地质资料，不取大陆（特别是苏联）资料，是以偏概全。

(2)大洋中脊地磁异常不是平行对称的。

(3)洋底沉积分布与地磁异常对不上口径。

(4)把大洋岩石圈说成是刚性的，不对。

这次争论，总的看别洛乌索夫陷于偏激，指责的问题显得支离破碎，有的是细枝末节，没有从大处着眼来估量新学说，而且许多地方囿于学派之见。

再一次争论是美国梅耶霍夫父子提出的批评。他们认为中生代以前，地磁场是多极磁场，所以解释地磁曲线根本不需要假定磁极移动与大陆漂移。他们以古气候资料反驳地球自转轴来回变更的论点。

后来他们又对地磁异常条带的平行性、对称性、条带性、全球相关性提出全面的否定。梅氏父子从方法上诘难新学说，有益于新学说的改进。

固定论与活动论的争论还会继续一段时间，因为新学说确有许多有待完善和继续研究的问题。不过历史已经证明，新学说带给地学的许多新思想、新概念在现实生活中已经发挥作用，并极大地改变了传统地质学，以致子开辟了现代地学的新时期。

第二节　地学发展的外在动力

地学发展的外在动力是指地学的外部矛盾，亦即地学发展的社会条件。所谓社会条件，包括有社会实践、社会制度与社会意识，它是地学发展的必要条件。

一、社会实践对地学发展的作用

在社会条件中，社会实践对地学的发展有着明显的直接推动作用。地学的研究活动本身就是一种社会实践，在社会实践这个系统中，地学研究与其它社会实践必然处于相互作用中。一方面地学研究依赖其它社会实践为它提供必要的物质前提与精神前提。另方面地学又满足社会实践提出的社会需要。

在社会实践中，社会物质生产对地学发展具有主导作用。首先，社会物质生产为地学发展创造了必要的物质条件。从事地学研究活动的人，赖以生存的生活资料是由社会物质生产提供的。再者，地学研究的仪器设备等物质条件也是由社会物质生产提供的。在当前社会主义经济建设的体制改革中，地学研究的规模本质上也是由生产规模决定的，其运行形式是由国民收人再分配来实现的。

其次，社会物质生产是地学知识的重要源泉，是地学发展的强大动力。恩格斯指出："技术在很大程度上依赖于科学状况，那末科学却在更大程度上依赖于技术的状况和需要。社会上一旦有技术上的需

要，则这种需要就会比十所大学更能把科学推向前进。”[①] 这是说社会物质生产（经过技术）是科学发展的强大动力。这对地学发展也是完全适合的。地学史表明，地学是随着人类的生产与生活而不断发展的。社会生产为地学提供了研究课题、研究资料、研究手段和检验的标准与途径。

原始社会的生产力水平低下，地学知识也只处在萌芽状态。中世纪封建生产方式的生产力虽有发展但仍然低下，地学知识也只能处在十分零散的缓慢发展之中。随着近代资本主义大生产的出现与发展，近代地质学才独立发展起来。20 世纪 50 年代以来，现代化大生产日新月异，现代科技飞速发展，地学也掀起了革命的浪潮，随之出现迅猛发展时期。近年来，由现代化大生产引起的种种社会问题，要求地学作出相应的回答，致使地学的体系结构处在重大变革之中，出现了许多新的学科与门类。以上历史表明，社会生产实践是地学发展的强大动力。

第三，社会物质生产为地学发展提供了有效的检验途径。魏纳学说中的地展学知识是十分原始与粗糙的，但毕竟它是一种假说，是否正确只能通过社会生产来加以检证。魏纳通过他训练的大量学生分散在世界各地去寻找矿产资源，从而检验了水成论学说的科学真理性与缺陷。板块构造学说诞生后，不仅要受到海洋地质的检验，更重要地是受到大陆地质的检验，当人们在海洋与陆地运用板块构造理论探测到所需的矿产资源与地质资料时，这种学说就经受住了检验并得到相应的发展。

除此之外，社会军事实践也影响着地学的发展，虽说不那么直接。人所周知，深海地形探测是二次大战中由美国海军开始的。大战后，由于军事和抢夺资源的需要，美国政府大力支持海洋调查，从而推动了海洋地质，以致于催生了海底扩张系统和古地磁学科的诞生与发展。

---

① 《马克思恩格斯选集》，第 4 卷，人民出版社，1972 年，第 505 页。

另外，医疗卫生、防灾减灾、生存环境、城市建设等等社会实践都日益明显地影响着地学的发展，甚至决定了地学发展的体系与方向。这一点已日益引起人们的重视。

二、社会制度对地学发展的作用

社会制度包括经济制度、政治制度、文化制度等。其中经济制度是基础，它决定整个社会的性质，从而极大地影响着地学的发展。在原始、奴隶、封建等社会经济制度中，统治阶级不重视地学知识的作用，在政策上不鼓励地学发展，所以那时的地学处在零散、自生自灭的状态中，发展极其缓慢。资本主义制度建立之初，由于大生产的需要，资产阶级对于地学采取鼓励发展的政策，所以地学有它自身发展的"英雄时代"，建立与发展了近代地学的体系。20 世纪 50 年代以来，资本主义发达国家对于地学采取鼓励发展的政策，使得地学有了极大的发展，形成了现代地学的体系，并且推动着现代地学走向重大变革时期。在这个期间，社会主义国家的地学发展成绩也很巨大，就我国来看，随着国家经济制度的改革与调整，政策上也有许多相应变化，地学发展也就有了不同的发展阶段。一般说来，经历了 50 年代的大发展、60～70 年代的大停顿与大破坏、80 年代的大恢复、90 年代的大调整等不同阶段。总之，社会经济制度对地学的发展，从本质上看，公有制与私有制对地学的态度是不尽相同的，但不同社会经济制度对于地学的发展影响都是通过科学政策与地矿事业的政策来实现的。因此要就具体历史条件作出具体历史分析，不能简单化一概而论。

政治制度对地学的影响，除上面提到的政策导向外，还有一个阶级斗争对地学的影响问题。这里有两种情况：一种情况是历史上进步的革命的阶级运用地学进行革命斗争，从而使民主政治推动地学发展；一种情况是反动阶级为巩固自身的统治，压制地学的宣传与发展。这两种情况在 15～18 世纪资产阶级革命时期，在欧洲表现得十分充分。非洪积说、布丰学说、进化论等受到封建政权与教会的迫害，以及洪积说、神创论、水成论受到封建政权和教会的支持，就是明显

的例子。

在我国，人民政权建立之后，从根本上讲，在百花齐放、百家争鸣方针下，在民主政治下，地学发展是顺利的，成绩是巨大的，但也有"左"倾政策的极大干扰和文化大革命的摧残，使得地学发展受到极大的阻挠与破坏。这种政策上的失误，表现出政治对地学的阻碍作用。

由上可知，政治与政治制度对地学的影响是双重的。如果政策反映客观规律，就能促进地学发展；如果政策违背客观规律，破坏地学自身的发展规律，也就阻碍与破坏地学的发展。这种情况，不仅应为执政者大戒，也应引起地学工作者的重视，并从中得出正确的结论。

三、社会意识对地学发展的作用

地学是一种社会意识形式，它和其它社会意识处于相互联系、相互作用之中。各种社会意识都不同程度地影响地学的发展。首先是哲学对地学发展具有指导作用。恩格斯认为，自然科学家不管你对哲学采取什么态度，但总离不开哲学的支配。这是因为，哲学为地学提供了思维工具与思维指导原则。区别只是在于科学家是否自觉地接受正确的哲学来指导自身的研究。地学家也是如此。地学家在从事专业研究时，他们必然是自发的朴素的唯物主义者，即力图用自然界固有的原因来说明自然界，反对各种超自然的因素。但是他们在世界观上并不都是彻底的唯物主义者。例如赫顿，作为一个地学家，他认为地球是一部机器，严格按化学和力学原则组构并运转；但是他并非是一位无神论者，一再宣称全智全能上帝的存在。这种双重人格现象应当放在他所处的那个历史环境中去考察，而不能厚责古人。

赖尔是一位具有鲜明唯物主义立场的地学家，他集大成论述的地质进化论与现实主义方法，是建立在唯物主义哲学基础之上的，他坚持用自然界自身的原因来说明各种地质现象，他坚决反对以超自然力的作用为借口否定将今论古的科学方法。他宣称他的学说与宗教创世说有本质不同。

以上例证说明，唯物主义哲学对地学研究是十分必需的。但是过

去的自然科学唯物主义是“自发的、自觉的、不定型的、哲学上无意识的信念”。[①] 当超出他们的专业领域之时，就陷于唯心主义与形而上学。赫顿反宗教的唯物主义是不彻底的，虽然他不让上帝干预他的自然界，但他仍然把上帝奉为全智全能的统治者，自然界的变化不过是上帝的智慧与能力的例证。这就为宗教留下了一席之地。赖尔虽然把理性带进了地质学，但他缺乏辩证法，只强调渐变而否定质变，强调连续而否定间接，进化的地球却容许不进化的生物存在等等，这就为形而上学复兴留下了空地。由此可见，只有自觉地掌握时代的先进哲学，才能在地学研究中有所作为。

辩证唯物主义是当代最科学的哲学体系，它是科学的世界观，又是指导科学研究的认识论与方法论。由于地学研究对象的特殊性，在研究中十分需要创造性思维和科学的方法论，因此自觉地掌握辩证唯物主义就显得格外重要与迫切，这一点早已为实践所证明，并将越来越得到实践的证明。

作为社会意识，其它自然科学学科对地学的影响也是很明显、很巨大的。地学史证明，力学、物理学、化学、生物学、天文学等基础科学的发展对于地学发展具有“血缘关系”的推动作用。早期，如赫顿、赖尔的地质进化论，明显地受到牛顿力学的启迪，赫顿甚至把地球看成是一部热力机。赫顿经常强调地球上一切变化均按照化学原则进行。在地球年龄的争论中，物理学家和地质学家明显地居于两个对立的阵营，从而使得物理学知识大大渗透到地质学中来。板块构造学说，按威尔逊的观点，就是地质学与地球物理学的美满结合。所以，基础科学对地学发展的推动作用是个不争的事实。此外，由地学知识体系结构的形成与发展，也可以证明，许多地学分支学科，恰恰是基础学科与地学的相互结合的产物。诸如，地球物理学、地球化学、数学地质学、生物地质学等等。不仅如此，交叉学科与综合学科正是地学发展的生长点，是当代地学的显著特征之一。诸如，深部地质学、全球变化

---

① 列宁：《唯物主义和经验批判主义》，人民出版社，1955年，第348页。

地质学、流体地质学、全球动力学、表层系统地质学、大陆动力学、地球化学动力学、深部地球化学、地球物质科学、地球系统科学等。

影响地学发展的学科，早已不限于基础学科，而是辐射到所有科学学科。诸如生物学、海洋学、气象学、医学、农业科学、工程学等与地学相交叉而形成的新兴学科，一大批已卓有成绩地发展着。

更值得注意的是，地学发展已由原来以传统基础学科为主干的结构，向以环境为主的新兴应用学科转移，形成了地球环境科学发展的方向。在这个方向下，地学发展迎来了一个前所未有的跨学科大联合、大交叉、大综合的新时期。这样，其它学科对地学发展的巨大作用也就是历史上空前的了。①

最后，专门讲讲地学教育对地学发展的意义。地学教育也是一种社会意识，它是地学发展的重要的文化背景。

地学发展离不开人才的活动、人才补充与更新。地学人才就是地学教育提供的。因此，地学教育对地学发展具有不可忽视的战略意义。

(1)地学教育发达才迎来地学兴旺。纵观近代地学发展，有了资本主义大生产，才有近代地学的产生与发展，其中，地学教育是个突出的中介。

首先，地学教育总是超前于地学兴旺。以英国为例，剑桥大学的伍德沃德地质学讲座创办于18世纪30年代，牛津大学地质学讲座创办于1819年，然后是苏格兰与爱尔兰一大批中等技术学校出现，这就为英国的地质勘探热潮准备了地质人才，然后才结出地学硕果，出现了赫顿、赖尔的地质进化论。

近代中国也是如此。1913年地质研究所成立，它实际上是个教育机构，培养了22名中国土生土长的地质人才，中国地质学各学科最早的一批学科带头人大半是地质研究所的毕业生(还有一半是国外归来的学者)。诸如谢家荣、叶良辅、李学清、王竹泉、李捷、谭锡畴

① 肖庆辉：21世纪初社会经济变化与地学发展初探(论文)，1996年。

等。

(2)地学教育是一个广泛的概念,地学普及教育也是文中应有之义。地学普及教育主要由地质学会、地理学会等学术团体来实施。世界上最早的一批地学学会,如伦敦地质学会(1807)、英国皇家地理学会(1830)、法国地质学会(1830)、美国矿物学会(1799)、美国地质学会(1840)、德国地质学会(1848)等和中国地学会(1909),中国地质学会(1922),对普及地学知识起到了极其重要的开拓、启蒙作用、地学兴旺创造了条件。

(3)当代地学发展证明,有组织、有计划的地学教育是地学发展一个不可或缺的必要条件。无论是国外,还是国内,概莫能非。这是因为当代地学已是一个庞大而复杂的知识体系,它涉及到社会生产和生活的许多部门,因而需要大量的、具有系统地学知识的人才,各国政府均在有计划、有组织地培养地学人才,以应社会所需,这就决定了地学发展的速度与规模,从战略上决定了地学的命运。

结束篇　地学哲字的归宿

第十一章　人地关系

地球的发展，从无机进化（物理世界的历史），到有机进化（生物世界历史），再到文化进化（人类社会历史）。这便是“从地球起源到人类生存”——1992 年第 29 届国际地质大会的主题。

或者如恩格斯说：“有了人，我们就开始有了历史。”② 这便是从自然到历史，从自然过程到社会过程，自然过程与社会过程统一，以及从自然科学到社会科学，自然科学与社会科学统一。这种过渡的真实的衔接点是人类劳动、人类的社会实践。

这就是地学辩证法。它从地到人，把地球客体及其运动作为人类认识和实践的对象，是地学哲学的基础；但是更重要的是从人到地，人对地球的认识和改造，人类改变了地球的面貌。因面人地关系既是地学哲学的基线，又是地学哲学的归缩。

第一节　人地关系的历史形态

300 多万年前，人从高度发达的类人猿发展出来，开始了人类社会的历史。从此，世界史就是人类与地球相互作用的历史，也就是人地关系的历史。

---

① 人地关系是指人类主体与地球客体（自然界）的关系，也可表述为人与自然的关系。

② 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社，1971 年，第 19 页。

在人类历史上，人地关系的性质是由社会生产力决定的，社会生产力发展到一个新阶段，人地关系也随之发展到一个新的阶段。社会生产力发展的历史性决定了人地关系的历史性，以及人们关于人地关系观念的历史性。

一、古代：自然力占主导地位，自然界统治人——地理环境决定论

人类远古时代，包括蒙昧时期和野蛮时期。从社会生产力的角度，这时，采集和狩猎是社会的中心产业，石器是主要的技术工具，利用人自身的体力是主要能源形式，全部生产过程由人完成。人直接从自然界取得生存资料。

由于生产力水平很低，面对异常强大的自然力，以及洪水猛兽的袭击，全面表现了自然界对人的制约性。恩格斯指出："自然界起初是作为一种完全异己的、有无限威力的和不可制展的力量与人对立的。人们同它的关系完全像动物同它的关系一样，人们就像牲畜一样服从它的权力，因而，这是对自然界的纯粹动物式的意识（自然宗教）。"①

这时人类生活包括生产生活、社会生活和消费生活带有动物的自然性。由于生产力水平很低，社会没有剩余产品，因面实行原始共产主义的分配制度。面对强大的自然力，在人的意识中没有把自己同自然界分开，人、神、兽三位一体。第一个神是图腾神，或自然神，人们崇拜自然界的自发力量，即图腾宗拜和自然崇拜。但是也以神话的形式借助想象去征服自然力，人们在许多神话传说中创造了一系列征服自然的英雄，如我国的盘古开天辟地、女娲炼石补天、燧人氏钻木取火、神农氏尝百草、王亥驯百兽、大禹治水等等。他们一直受到人们的崇敬。

因面远古时代，人与自然关系的观念具有"自然宗教"的形式。这是最早的人地关系恩想。

---

① 马克思、恩格斯：《德意志意识形态》，人民出版社，1962年，第25页。

一万年前，农业产生，人类进入“真正意义上的文明”时代。这时，农业代替渔猎和采集成为社会中心产业，实现人类第一次产业革命。它以青铜器和铁器为主要工具，利用人的体力、畜力和薪柴为主要能源，通过开发土地资源，发展农业和畜牧业。这种技术形式比狩猎和采集有更高的效率，因而为人类提供更丰富、更经常和可靠的食物，并且开始有了剩余产品，从而使社会形态过渡到奴隶社会和封建社会。

农业的产生是人类对自然界的第一个伟大胜利。农业的发展创造了人类光辉灿烂的古代文明。鉴于风调雨顺对于农业生产和动物饲养有重大意义，在人们的思想中把天命奉为万物的主宰，因而古代社会人地关系思想，即天命论（尊天命）的思想占统治地位。

古代社会人类仍然主要依靠自然力，因而人地关系的观念形态从另一个角度又是地理环境决定论的。

宋正海认为，地理环境决定论的思想在古代就产生了，例如古希腊希罗多德在公元前5世纪“第一个系统地论述了历史时期中存在的人与地理环境的关系”，他认为“全部历史都必须用地理观点来研究”。柏拉图和亚里士多德也发表了这种思想。我国春秋时期思想家管仲比希罗多德早两个世纪提出这种思想。他说：“地者，万物之本原，诸生之根菀也，美、恶、贤、不肖、愚、俊之所生也。……水者，何也？万物之本原也。何以知其言也，夫齐之水道，躁而复，故其民贪粗而好勇；楚之水，淖弱而清，故其民轻果而贼；越之水，重而浊，故其民愚疾而垢……”（《管子·水地》）管子认为，水和土是人性关系、愚俊之“根菀”。[①]

近代法国思想家孟德斯鸠（1689～1755年）被认为是地理环境决定论的集大成者。他《论法的精神》一书，论述了国家制度、政体、民族的道德风尚、宗教信仰、心理素质、法律的性质、风俗等，都是由气

① 宋正海：地理环境决定论的发生发展及其在近现代引起的误解，《自然辩证法研究》，1991年，第9期。

候、土壤及人们所居住的领土的大小决定的，民族的生活条件即地理条件在社会发展中起决定作用。法国的拉采尔，美国的巴克尔、森普尔、亨丁顿等发展了环境决定论的思想。

这种思想强调地理环境对人和社会发展的作用，忽视人对自然界的反作用，这是一种自然主义的历史观点。

二、近代：人的因素占主导作用，人统治自然——人类中心主义

18 世纪产业革命后，工业代替农业成为社会中心产业，人类进入现代工业文明时代。这是人类第二次产业革命。以蒸汽机和纺织机为代表的机器系统的产生，使机器成为人类的主要工具，煤炭、石油、天然气，以及以这些矿物燃料相关的电力和原子能与核能的开发，为社会提供比农业社会大得无法比拟的动力，驱动工业流水线的自动化生产，以及现代化交通、通信乃至整个社会的运转，各种金属和非金属材料的使用，生产出无比丰富的产品满足社会需要，一批又一批工业化国家进入现代化社会。

马克思和恩格斯在《共产党宣言》中赞扬说："资产阶级在它的不到一百年的阶级统治中所创造的生产力，比过去一切世代创造的全部生产力还要多，还要大。自然力的征服，机器的采用，化学在工业和农业中的应用，轮船的行驶，铁路的通行，电报的使用，整个整个大陆的开垦，河川的通航，仿佛用法术从地下呼唤出来的大量人口，——过去哪一个世纪能够料想到有这样的生产潜力潜伏在社会劳动里呢？"①

在马克思和恩相斯写了这些话以后到现在又过了一个半世纪。150 年世界工业化所创造的生产力及其所创造的社会财富比那时还要多，还要大，多和大数十倍，上百倍。这是人类对自然界的更加伟大的胜利。

这个胜利是在人统治自然的思想指导下取得的。虽然这种思想在古代思想家那里就产生了，例如在我国就有荀子"制天命而用之"、

---

① 《马克思恩格斯选集》，第 1 卷，人民出版社，1972 年，第 256 页。

刘禹锡"天人交相胜"、"人诚务胜天"的思想;但是,它成为占统治地位的思想,以及它从理论走向实践,是人类控制自然不断取得胜利的思想总结,是在西方实现的。近代法国哲学家笛卡尔(1569～1650年)主张要"借助实践哲学使自己成为自然界的主人和统治者"。德国哲学家康德(1724～1804年)提出"人是目的"这一著名命题,他认为只有人是目的,人的目的是绝对的价值,而且人为自然立法,"人是自然界的最高立法者"。英国哲学家培根(1561～1629年)和洛克(1632～1704)是把这种思想从理论推向实践的伟大思想家。培提提出"知识就是力量"的名言,他认为人类为了统治自然需要了解自然,科学的真正目标是了解自然的奥秘,从而找到一种征服自然的途径。洛克认为,人类要有效地从自然的束缚下解放出来,"对自然的否定就是通往幸福之路。"

人们依据这种思想,应用理代科学技术和理代生产力,在实践上大规模地向大自然进攻,对自然界取得一个又一个胜利。也就是说,随着哲学和科学的发展,随着社会生产力的发展,人统治自然的思想不仅建立在哲学和科学的理性基础上,而且成为人类的伟大实践。它的实质是人类中心主义,不仅包括人统治自然的哲学和科学的知识体系、技术和工艺体系,而且包括人类社会的生产方式和生活方式。它的核心思想是,一切以人为中心,人类行为的一切都从人的利益出发,以人的利益作为唯一尺度,只依照自身的利益行动,并以自身的利益去对待其它事物。

人统治自然、以人为中心的思想是人与自然关系达到一个新阶段的思想总结,是一个伟大的思想。它的产生作为人类认识的伟大成就,不仅是对古代天命论思想的胜利,同时也是对自然主义历史观(环境决定论)的胜利。它的实践建构了人类整个现代文明。著名历史学家汤因比认为,东西方诸历史观的演变,其本质莫不是为了人类本性中的自我中心的思想。

三、现代:人与自然和谐发展,尊重自然——文明的生态史观

20世纪中叶,在现代科学的基础上出现了一批高新技术、主要

是信息和微电子技术、生物技术、航天技术、新材料和新能源技术等，称为现代科学技术革命。它的应用促进社会生产力发展，推动社会全面进步，迎来世界的新社会。这是一个怎样的新社会？学者们从不同的视角描绘了未来新社会的基本轮廓。例如：

后工业社会。美国丹尼尔·贝尔，1959 年；

信息社会。日本梅棹忠夫，1963 年；

第三次浪潮社会。美国阿尔温·托夫勒，1980 年；

知识价值社会。日本堺屋太一，1985 年；

知能社会。中国童天湘，1986 年；

我们从人地关系的视角认为未来的社会是生态文明的社会。

人类在自然的基础上创造自己的文化。如果我们把迄今为止的文化称为传统文化，它有许多特点，其中最主要的是，以人统治自然为指导思想，以人类中心主义为价值方向。按照这样的方向，人类从自己的利益出发，根据自己的需要，无限制地向自然进攻，拼命地向自然索取，掠夺式地开发利用自然资源，常常以损害自然环境的方式谋求经济增长，从而不新加剧人与自然的对立和冲突，最后发展到全球性生态危机的形势，使人类在地球上的生存有了危险。因为以人统治自然为核心的传统文化，在人与自然的关系上把自己放在主宰自然的地位上，发展了一种“反自然”的文化。人作为自然界的一部分，试图统治自然；人作为自然生命的一个物种，试图统治所有物种。这是不可能有自由的。虽然人类反自然的文化取得了一个又一个胜利，但是正像恩格斯指出的，自然界对于人类的每一个胜利都进行了报复，从而使人类成为战胜自然的悲剧英雄。

这就是传统文化发展使人类社会处于一个分叉口的形势。在这个分叉口上人类面临文化性质的革命。它要求我们建立新的人地关系的观念。

其实，这种探索从一个世纪之前就开始了。美国学者马什（G. P. Marsh，1801～1882 年）《人与自然：或被人类行为改变了的自然地

理》(1864 年)一书,被认为是"创立了一种人地关系研究的新方法",[①]或"关于人对地球影响的第一个真正的理论综合"。[②]马什把注意力转向人对自然的作用,转向人类活动引起有机和无机生境的改变。他指出,人类依赖土壤、水、植物和动物,利用它们支持人类生活,发展人类文明。在这里,人类活动对环境有着深远的、交互的、并且可能是破坏性的影响。虽然在发展文明的过程中,改变自然生产力是必要的,但是要注意其中破坏性倾向正在超出适当的限度,可能会摧毁它们之间相互依赖的关系网,因而人类必须学会认识他们的环境,必须恢复已经造成的破坏,以保持它的生产能力。马什关于人与自然关系的理论是"人地协调论",这是"一个更为有意义的对自然看法的转折点"。[②]

20 世纪初,思想家们转向人地关系研究的新领域。巴罗斯提出"人类生态学",他在 1922 年美国地理学会开幕词中指出,地理学应当致力于研究人类的生态,或人类对其自然环境的适应。这里所谓"适应",不是由于自然环境的原因,而是由于人们的选择,因而需要有一个统一的课题,以便使地理研究结成整体,这便是人类生态学。他说:"我认为,在人们努力谋生中所发生的人和地球的关系,一般说来是最直接、最亲密的,其它许多关系是通过这些关系建立起来的。这种最直接的关系便是人类生态关系,它"必须从头至尾是一种按人地关系正常顺序的解释性论述。"[③]

施韦兹提出"尊重生命的伦理学"。他从文化的角度研究人与自然的关系,1923 年著《文明的哲学:文化与伦理学》一书。他说:"文化的本质是双重的。文化包括智慧对自然力的统治,以及智慧对人类信念和意愿的统治。"这里,智慧对自然力的统治不是纯粹的进步,它固有一些毛病,征服自然赋予人一种力量,可能用于作恶,只有后者才

---

① 普雷斯顿·詹姆斯:《地理学思想史》,商务印书馆,1982 年,第 185 页。

② 罗·克金托什:《生态学概念和理论的发展》,中国科学技术出版社,1992 年,第 178~179 页。

③ 普雷斯顿·詹姆斯:《地理学思想史》,商务印书馆,1982 年,第 366 页。

能使人免做恶事。因而他主张从伦理学的高度保护地球上的生命，根据生存愿望的概念来建造伦理学。这就是，自然界给予我们生存的愿望，我们要从生存的愿望建立对生命的崇拜，确立尊重生命的伦理学。

莱奥波尔德提出“大地共同体”概念，创建“大地伦理学”。1933年他发表“大地伦理”一文，主张把伦理学对象的范围从人、人与社会之间的关系，扩大到人与大地之间的关系，提出“大地共同体”概念。他认为，土壤、水域、植物、动物等构成完整的集合：大地；人与大地（自然界）构成“大地共同体”，人是这个共同体的一员，而不是大地的征服者。他说：“大地伦理学改变人类的地位。从他是大地-社会的征服者转变为他是其中普通一员和公民。这意味着人类应当尊重他的生物同伴，而且也以同样的态度尊重大地社会。”因而他认为，需要用全新的价值观重建人类理性的大厦。

20世纪下半叶，上述少数思想家的思想成为社会的普遍思想，人们逐渐认识到，随着新的科学技术革命和社会生产力飞遍发展，人与自然关系的性质发生变化，地球没有能力支持人类，按照传统的人地关系模式发展，需要转换人类社会发展模式，并在实施可持续发展战略方面形成共识，“可持续发展”成为人地关系新模式。它的科学基础是人与自然关系为基本问题的地球系统科学。为了自觉地采用这种新的模式，需要对人地关系开展新的科学研究。

第二节　人类与地球的相互作用

人与地球的相互作用似乎是同“1+1=2”那样是尽人皆知的问题。但是实际上并不是那样。要不然为什么人与自然的矛盾和对立会导致严重的冲突，发展成全球性生态危机，乃至威胁人类生存的地步呢？这是我们对人类与地球相互作用的认识仍然不完善的结果。例如在人地关系中如下四个相当重要的具体问题上：①人类生存与自然界生存的关系；②人类对策与自然对策的关系；③社会物质生产与自然物质生产的关系；④文化价值与自然价值的关系。长期以来，人

们不重视这些关系，或者根本没有提出这种关系的问题。因为就主要的思想趋势而言，人们只承认人类生存，忽视自然界的生存；只承认人类对策，不承认自然对策；只承认社会物质生产，不承认自然物质生产；只承认文化价值，不承认自然价值。而且，人类活动的主要趋势是：常常是以损害自然界生存的方式谋求自己的生存；在实施人对自然的对策的过程中破坏自然的对策；以损害自然物质生产的方式进行社会物质生产；以破坏自然价值的形式创造文化价值。这种只知其一、不知其二的认识，或者以其一损害其二的做法表明，人们对人与地球相互作用的认识是不完善的。人类的实践同时表现了两种倾向：一不承认地理环境的作用，即人对地球的依赖性；二在人类对球的作用上，发展了“反自然”观点，以及掠夺自然的行为。鉴于人们对人与自然关系的认识和实践的这种片面性，以及它造成后果的严重性，我们认为，开展关于人类与地球相互作用的研究是非常必要的。

一、地球对人的作用——自然界的优先地位

人类活动改变自然，这是不可避免的。这是地球史发展到人类史时期的必然性。但是在这里我们必须非常清醒的是：第一，人是自然界的一部分，人类属于地球，而不是地球属于人类；第二，人类依赖地球，自然界是人类存在的基础。

这就是马克思关于“自然界优先地位”的观点。这一观点的主要含义是：①自然界先于人类历史存在。人类除了通过繁殖再生产人以外并没有创造物质。人类发展生产力，包括社会物质生产、人类自身的生产和自然物质生产，建设种种人工生态系统，是在自然物质（自然界物质生产）存在的条件下进行的。②人类依靠自然界生活。自然界为人类劳动提供资料，“没有自然界，没有感性的外部世界，工人就什么也不能创造。”[①] 它为人们用以开展劳动活动、实现自己的劳动，并借以生产出自己需要的产品提供资料。这里，没有劳动加工的对象，劳动就不能存在。③自然界提供人类生存、享受和发展的资料。它

---

① 《马克思恩格斯全集》，第42卷，人民出版社，1972年，第92页。

作为人类生命活动的材料、对象和工具，是人的无机的身体。“自然界是人为了不致死亡而必须与之不断交往的、人的身体。”①

人类的生产和生活都是以地球为基础进行的。到现在为止，人们还没有发现适宜人类生存和人类可以到达的其它天体。地球上的自然条件和自然资源是人类赖以生存的基本条件。人对地球的这些条件的依赖，虽然随着社会发展依赖的形式和程度会发生变化，但是依赖这种根本性质是不可避免的。而且，自然环境的这种作用，特别是它通过生产力和参与生产过程表现的作用，决定了它对社会发展，如对社会生产力发展、对社会生产力结构、对社会经济结构、对人类社会生活等具有决定性作用。这是人地关系中人类与地球相互作用中，自然界决定人的方面。这是地理环境决定论所决定的。

二、人对地球的作用——人是巨大的地质作用力

虽然马克思主义奠基人明确地阐述了人对自然界的作用。恩格斯说：“……人也反作用于自然界，改变自然界，为自己创造新的生存条件。日耳曼民族移入时期的德意志‘自然界’，现在只剩下很少很少了。地球的表面、气候、植物界、动物界以及人类本身都在不断地变化，而且这一切都是由于人的活动，可是德意志自然界在这个时期中没有人的干预面发生的变化，实是微乎其微的。”② 马克思甚至认为，现实的自然界是人类学的自然界。他说：“在人类历史中即在人类社会的产生过程中形成的自然界是人的现实的自然界；因此，通过工业——尽管以异化的形式——形成的自然界，是真正的、人类学的自然界”。③

但是，长期以来人对自然界的作用并没有引起地质学家的重视。在地质学文献中没有把人对地球的作用看作是地质作用的因素，没有对人的地质作用问题进行研究。按照传统的地质学思想，内力地质

---

① 《马克思恩格斯全集》，第42卷，人民出版社，1972年，第95页。

② 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社，1971年，第209页。

③ 《马克思恩格斯全集》，第42卷，人民出版社，1972年，第128页。

作用和外力地质作用包括了地壳运动(地壳演化)的全部动力,人类活动被排除在地质作用因素之外,认为人对地质过程的影响是无能为力的。

20世纪初,俄国学者维尔纳茨基最先对人的地质作用开展研究,提出人类活动是一种地质营力的观点。他说:"在我们的地质时代,……我们看到人的地球化学功的令人惊异的速度增长。我们看到人的意识和集体智慧对地球化学过程的越来越突出的影响。人把活物质对有机物和无机物质的原子交换的新形式的作用引入星球结构。从前有机体只影响对于它们的发展、繁殖、食物、呼吸所必须的原子的历史。人扩大了这个范围,影响到对技术、对建立文明的生活方式所需要的元素。在这里,人不仅是作为Homo Sapiens(智人),而且是作为Homo Sapiens faber(创造者)起作用。"① 他指出,随着社会发展,人的地质作用不断增长,正在把自己的影响扩大到全部化学元素,人类合成新的化合物,把新的化学物质引入地壳过程,改变所有金属的地球化学史,打破了地质时期建立的元素迁移平衡,改变了原有地球化学循环,形成新的地球化学过程。他说:"整个人类正在成为强大的地质力量。在人类面前,在他的智慧和劳动面前已经提出为了有自由思想的整个人类的利益改造生物面的问题。"②

1945年,维尔纳茨基提出"智慧慧"概念,并认为智慧圈是地球的新的地质现象。他说:"智慧圈是生物属层化的许多阶段中的最新阶段,是地质史上今天的状态。""智慧圈是地球的新的地质现象。在这里人首次成为巨大的地质力量。他能够而且应该从自己的劳动和思想改造自己的生存领域,与过去比较是根本的改造。"③

智慧圈概念的实质是表示人对地球的作用,人成为巨大的地质力量,是新的行星现象。这一概念的优点是:①它表明一种演化关系,

---

① B. II. 维尔纳茨基:《生物圈》,1967年,第183页。

② B. II. 维尔纳茨基:《生物圈》,1967年,第356页。

③ B. II. 维尔纳茨基:《生物圈》,1967年,第356~357页。

智慧圈是生物圈的新的状态，是生物圈发展的新阶段；②这个阶段的特点是形成新的地球圈层，在这里人运用日益完善的技术对自然界有计划有组织地作用，人成为可与地质规模相提并论的力量；③它表明社会与自然不是等价的因素，两者有本质的区别，社会是更有组织更高级的因素；④社会与自然是统一的完整的系统，两者具有不可互割的相互联系、相互作用，社会过程和自然过程必须协调发展，防止环境恶化。智慧圈强调人类圈与生物圈共同进化，人对生物圈的作用不是破坏生物圈，而是促进生物圈发展，并在此基础上保持社会全面进步、人类持续发展。

但是，维尔纳茨基关于人的地质作用的思想，以及关于智慧圈的实质是人对地球的作用的想法是新的行星现象的思想，当时并没有被社会接受，只是到 20 世纪下半叶，环境问题成为社会中心问题，随着对生物圈研究的深化，智慧圈的思想才逐渐被人们接受。越来越多的事实表明，人类活动已经影响到整个地球表面的变化，包括大气圈、水圈、岩石圈和生物圈的各种过程，人类正在改变地球的面貌。

人的地质作用包括以下内容：

(1)人类活动对岩石圈的作用，形成不同于第四纪堆积物的人类成因的堆积物。

(2)人类活动打破了地质时期建立的元素迁移平衡，改变了原有的地球化学循环，形成新的地球化学过程。

(3)人类活动不仅改变了地球上动物和植物的位置，而且改变了生物圈的结构，到处以人工生态系统代替天然生态系统，形成从生物圈到智慧圈的演化。

(4)人类活动改变了原有的矿物形式。人类技术过程提炼以亿吨计的纯金属，从地球化学的现点来看，这些纯金属在地球表面未曾这样大规模地自然存在过。它们的生产和使用使地球化学过程发生变化。它们在消费过程中分散，渗入到大气、水体、土壤和生物中，形成新的矿物形式，其中许多对人体和生物是有害的。

(5)人类活动对大气产生影响。人类向大气排放大量污染物质，

造成大气中硫氧化物、氮氧化物、二氧化碳、粉尘微粒和重金属微粒等的浓度增加，正在改变大气的成分和结构，破坏大气的化学平衡，特别是导致地球增温、臭氧层破坏、酸雨等全球性问题，可能导致非常严重的后果。

(6)人类活动对水圈产生影响。农林牧渔业发展，水浇地扩大，改变了地表水文状态和地下水构成，出现地下水位下降和土地盐渍化现象；人类的水利工程改变了水系和水分布；人类活动向水体排放污染物质，改变水的化学成分和水化学过程；植被破坏、森林滥伐，影响水平衡和水循环。

(7)人类活动对地貌产生巨大影响。人类大规模的工程活动，包括城市和乡村建设，极大地改变着地球原有的面貌。森林破坏使沙漠化和荒漠化扩展，种种荒野被人工景观代替，在地球表面形成新的人类成因的自然地理景观。

总之，随着科学技术和社会生产力发展，人类对地球的作用不断增长，人类活动已经成为一支强大的地质力量，正在导致地球表面全球规模的变化，形成新的地质过程。也就是说，人类因素已成为一种地质作用力、一种新的地质运动的动力。它与内力地质作用和外力地质作用构成新的统一的地质运动过程。这是地球史发展到人类阶段所形成的地质运动的新的特点，是地质学研究的新课题。

三、地球对人的反作用——环境问题成为社会中心问题

在人与自然的斗争中，人类取得一个又一个胜利，特别是工业革命以来，人们用人类对自然的胜利来衡量人类进步，以向自然索取表示人的价值。在这里，人们不承认自然环境的作用，没有自然界的地位，自然界被看作只是改造、征服、统治的对象。或者，第一，把自然界作为索取资源的仓库，拼命地掠夺自然资源；第二，把自然界作为排放废弃物的垃圾场，随意向环境排放废弃物。人们只关心自己的社会成就，从来也不关心自然界，不考虑自然界的未来，不建设自然界，而且常常不惜以损害自然的方式增长经济。人们把自己的目的加之于自然界，把改造和控制自然的胜利，当作已经永远主宰和统治自然

界。

但是正如恩格斯所说的，自然界对于人类的每一个胜利都进行了报复。所谓环境问题包括：空气污染，水源污染，土地和生物污染；森林滥伐，草原和渔场退化，土壤流失，土地沙漠化、荒漠化；以及地球增温、臭氧层破坏、酸雨、生物多样性丧失等等，环境退化正在成为全球性现象。它使人类在地球上生存出现危机。

也就是说，人类与自然斗争的伟大实践取得了胜利，但是它同时也带来威胁人类生存的严重后果，从而使这种胜利具有悲剧的性质。在这里，自然界以自然规律的作用，特别是对人类利益的破坏作用，为自己开辟道路，以自己的巨大力量为自己争得地位，并迫使人类承认自然界的地位。梅萨罗维奇和彼斯特尔在《人类处在转折点上》(1976)一书中指出，在环境问题这种新的危机里，有证据表明，自然界再次成为敌手，而且是一个全然没有被打倒的敌手，是一个在某些方面比我们所曾想象的更难以捉摸和更加强大的敌手。①

这是地球对人类活动的反作用。当它以对人类利益的损害，并威胁人类的未来时，促使了人类环境意识的觉醒，使人类在更深的层次认识到人类对地球的依赖性，即人类在地球上生存和持续发展，不能无视自然界的地位。

四、人类与地球对立的统一—— 调整人地关系

人地关系，人类与地球相互作用，一方面是地决定人的方面，即人对自然的依赖性，这是人的自然化的自然基础；另方面是人决定地的方面，人类活动引起地球变化，创造人工自然或社会的自然，这是自然的人化。决定论是双向的。

在人类与地球相互作用中，人类实践引起自然界变化，以及人自身的变化。这是人地关系的实质。这里表现了人与自然的两方面的对立。第一，人的意识与自然物的对立。从认识论上来说，人不是消

---

① 徐崇温：《全球问题和"人类困境"》，辽宁人民出版社，1986年，第198页。

极地反映自然界，而是能动地认识世界。人类的科学活动形成人对地球物质客体及其运动的认识，从而产生改变自然物质及其关系的方案和途径；同时不断提高人的认识能力。这是自然界通过人认识自己。第二，人本身的自然力（包括人控制的自然力）与自然物质的对立。从实践上来说，人不是消极地服从自然的支配，而是能动地改变自然，从而利用自然。这种能动性主要表现在人制造和使用工具，通过劳动用物质的力量作用于自然界的物质，使自然界发生变化，变天然物质为人工自然物，变天然生态系统为人工生态系统，使人在有用的形式上占有自然物质。

但是，人地关系的这种对立不应以冲突为特征，而该以和谐为特征。

第一，人与自然的对立是有条件的。因为人类与地球相互作用，表现了人类与自然关系的两重性：人靠自然生活同时又是改变自然的力量，人改造自然又依赖自然，变革自然又顺应自然，控制自然条件又受自然条件约束，支配自然力又受自然力的支配。人与自然的关系既包含适应又包含冲突，是有冲突的和谐。人与自然相互作用的结果，一方面是人引起自然界变化，另一方而环境改变又影响人自身的变化。

第二，人与自然对立的机制是劳动。在劳动中，人以生产劳动主体的身份同作为生产劳动对象的自然处于相互对立的地位。人通过劳动作用于自然界，改变自然界的面貌，进行经济再生产与自然再生产。劳动是人适应环境以及使环境适应于人的最重要的形式和条件。由于它要引起自然界变化，因面蕴含着人与自然的冲突。在这里，劳动工具作为人类劳动中的重要因素，劳动工具的进步是劳动发展的分度尺，它是处于人和劳动对象之间的中介物。在人和劳动对象的斗争中，它是站在人一边、与人合作、为人所掌握的力量。它的发展和进步使人在自然界中处于越来越重要的地位。

第三，人与自然的对立是历史发展的必然结果。劳动的性质和形式是历史发展所决定的。随着劳动的历史发展，产生了人对自然关系

的历史发展。今天，人与自然的矛盾在许多方面都激化了。这是由当今的劳动性质、人类的技术形式和生产工艺等决定的。因而调整人与自然的关系，虽然依赖于调整人类的社会关系，以社会关系的完善为前提，但是关键环节是调节人类劳动，特别是创造新的技术形式（新的生产工艺）以及采用新的能源结构，使社会物质生产方式和社会生活符合自然保护的方向，使人与自然的关系向和谐统一的方向发展。

第三节　人类与地球和谐发展

人类在地球上生存，人以自己的劳动适应环境，或使环境适应自己的生存，从而产生人与自然的对立。长期以来，人地关系的主要目标，或地学的主要任务，是勘查、开发利用资源，以满足社会发展需要，支持社会经济发展。

现在，随着科学技术进步和社会生产力发展，人与自然关系的性质发生变化，环境问题、人口问题、粮食问题，它们对于社会发展来说已经同资源问题同样重要，或为社会的中心问题。在这样的形势下，1995 年朱训同志提出“协调人与自然的关系，开拓地学探索的新领域。”1996 年朱训同志提出“地学哲学为实施跨世纪工程服务”，主要内容是：①紧密围绕实施跨世纪工程提供更好的资源保障，继续进行找矿哲学探索；②为解决人类面临的环境问题开展地学哲学探索，推进环境地学研究；③开展地学思维和地学方法论研究，在揭示人地系统的基本矛盾、寻求协调人地关系规律性认识方面开展地学哲学的探索。

因面，地学哲学为跨世纪工程服务，其中一项重要任务是探索协调人地关系的新途径。

一、协调人地关系是地学哲学的新领域

环境问题成为当今世界的社会中心问题。虽然它以环境污染和生态坡坏的形式表现出来，但是，它的核心是人的问题、文化问题。因为它是在人类文化发展过程中，由人类过去的生存斗争所引起、成为威胁当今人类生存的中心问题，并将由现在和未来的人类生存斗争

所解决。因而它的实质是人地关系问题。

这里我们对上面提出的人地关系的四个具体问题略作分析，确立人地关系新理论。

1. 关于人类生存与自然界生存的关系

保护环境，这是关于维护生命和自然界生存的问题。过去人们没有提出这个问题。因为人们在温饱线上争扎着过日于，首先要解决自己生存的问题。这是很自然的。

但是，现在的情况已发生变化。科学技术和社会生产力发展改变了人与自然关系的性质。人类生存斗争中，只依据自己的利益行动，运用现代生产力对大自然采取掠夺性行动，从自然界索取越来越多资源，同时向环境排放越来越多废弃物，这样便破坏了大自然的平衡，威胁生命和自然界的生存。而且，它也威胁人类自身的生存。

这样，提出自然界生存这个问题是十分必要的。而且，我们对自然界生存这样的问题必须有清醒的认识。

第一，我们要承认自然界的生存，尊重自然界的生存。人类是自然界的一部分。美国学者罗尔斯顿指出："地球不是人的财产，面是一个有机共同体，是生存的单元。地球不属于我们，相反，我们属于地球"。① 而且，我们必须十分谦恭地认识到，地球适宜生命生存的条件是由生命创造和维持的，特别是绿色植物的光合作用，它转化和积累太阳能，包括人在内的地球上全部生命，都依靠植物的光合作用维持生命。人类依赖自然界生存，这是不可避免的。科学家指出，地球上要是没有人，其它生命照样生存；但是，要是没有植物，或者要是没有昆虫和微生物，人类只能存活几个月。我们必须尊重生命和自然界的生存。

第二，生命和自然界的生存之所以成为问题，主要是由于人类的不合理的活动造成的。过去在只承认或只考虑人的生存，而不承认或

---

① H. 罗尔斯顿：全球环境伦理学：一个有价值的地球，《生态环境保护和自然资源管理的理论研究》，黑龙江科学技术出版社，1995 年，第 67 页。

不考虑生命和自然界生存的情况下，人类的生产和生活常常是以损害生命和自然界生存的形式谋求自己的生存，伐尽森林，耗尽矿藏，污染空气，污染水源，破坏生命栖息地，从而破坏了生命的生存，到头来是破坏了自己的生存条件，从而使自己的生存有了危险。

第三，正确认识和处理人类生存与自然界生存的关系是协调人地关系的一个重要方面。在这里，我们要承认自然界的生存，尊重自然界的生存，改变过去以损害自然界生存的方式谋求自己生存的做法，通过环境保护和自然保护，以维护自然界生存。我们认为，通过生产方式和生活方式的变革，改变它的反自然的方向，使它具有保护生态的性质，协调两者的关系是可以做到的。在这里不是以损害自然的形式达到人类生存，也不是以减少人类生存利益去维护自然生存，而是以两者共存共荣为目标。

2. 关于人类对策与自然对策的关系

人类的活动总是按照既定的对策办事，这便是从自然界索取更多的资源。但是从来也不承认或不考虑自然界的对策，不考虑自己实施既定对策会产生怎样的自然后果。

自然界也有它的对策吗？美国著名生态学家奥德姆指出："生态系统发展的原理，对于人类与自然的相互关系，有重要的影响：生态系统发展的对策是获得'最大的保护'（即力图达到对复杂生物量结构的最大支持），而人类的目的则是'最大生产量'（即力图获得最高可能的产量）。这两者是常常发生矛盾的。认识人类与自然之间这种矛盾的生态学基础，是确定合理土地利用政策的第一步。"①

地球景观分海洋和大陆，在大陆，有海岸带、平原、丘陵、高山、森林、草原、湖泊、河流、沼泽、沙漠和荒漠等。这里有气候多样性、水文多样性、土壤多样性及生物和生态系统多样性。自然演替的结果表明，生态系统力图达到复杂的生态结构及其最高生物量；但是，人类实施自己的对策，为了取得"最大生产量"，即满足自己需要的产品的

① E. P. 奥德姆：《生态学基础》，人民教育出版社，1981 年，第 261 页。

最大产量，例如把森林、草地、沼泽辟为农田，种植单一的作物，不仅简化物种，而且减少生物量，“取走的比送回的多”。长期如此，不仅形成两种生产（社会物质生产与自然界物质生产）的尖锐矛盾，而且损害了生物圈的生态学基础，包括损害生物圈的物质循环、水循环和生物地球化学循环，从而损害人和其它生命的生存条件。

因而，我们需要承认自然的对策。生态系统发展按照其对策，达到复杂的生物种的结构和比较高的生物量。这对人类实施自己的对策是有利的。但是，如果不承认自然对策，或者以损害自然对策的形式实施人类对策，那么就会出现生态危机从而“两败俱伤”的局面。这里需要调整人类对策，把人类活动控制在生态系统允许的限度内，在每一次新的大规模开发利用自然资源的过程中，社会必须投入新的用于资源保护的资金，以维持自然资源的利用和保护之间的平衡，防止生态潜力的根本丧失，以调节两种对策的矛盾。

3. 关于社会物质生产与自然物质生产的关系

在人与自然的关系中，有三种生产：一是人自身的生产，人口生产；二是社会物质生产，商品生产；三是自然物质生产，资源再生产。

从物质生产的角度，人与自然相互作用是社会生产力与自然生产力相互关系的一定形式。马克思曾指出，在人类社会发展的任何一个水平上，社会物质生产过程不仅包括人的生产活动，而且包括自然界本身的生产力。[①] 也就是说，社会物质生产和再生产，来源于社会生产力和自然生产力的结合，包括社会物质再生产过程和自然物质再生产过程。甚至在社会物质生产思人类劳动间歇期间，作为物质生产的物理过程、化学过程和生物过程等自然过程仍在发生作用；在社会物质生产过程以外，自然物质生产过程可提供社会劳动生产同样的物质产品，如肥沃的土地，茂密的森林，肥美的草原，各种各样的动物、植物和微生物等，在满足人的需要方面，它们同人类劳动的产品

① 《马克思恩格斯全集》，第 26 卷，第 3 册，人民出版社，1972 年，第 500 页。

是一样的。

但是长期以来，人们只承认社会物质生产，不承认自然物质生产；而且，常常以损害自然物质生产的形式进行社会物质生产。这样就形成社会物质生产与自然物质生产的尖锐矛盾。然而，整个社会物质生产是以自然物质生产为基础的，包括工业生产，如果没有自然界提供的物质资料（能源和原料），工人便什么也不能创造，工业生产便要停业，特别是生物性产品的生产、农业生产、林业生产、畜业生产、渔业生产，更是一刻也离不开自然物质生产。在这里，对自然物质生产的损害，也就是对社会物质生产的损害。

自然物质生产是社会物质生产的基础，生态潜力是社会经济潜力的基础。因而我们必须承认自然物质生产，改变以损害自然物质生产的方式进行社会物质生产的做法，调节两种生产的矛盾。这是协调人地关系的又一个重要方面。

4. 关于文化价值与自然价值的关系

在“地学的价值论”中，我们阐述了矿产的价值和自然界的价值。但是在以往社会发展中，人们只承认文化价值，不承认自然价值，认为只有人是目的，只有人有价值，自然界是没有价值的。依据这样的观念，人类大多数活动以损害自然价值的方式实施文化价值，这样就造成对自然价值的严重损害，乃至自然价值的损失已经威胁人类生存，从而迫使人们承认自然价值。

因面在自然价值与文化价值关系问题上，我们要确立如下观点：①我们要承认自然价值，人类的全部创造都以自然价值为基础，离开自然人类什么也不能创造。②人类在自然价值的基础上创造文化价值，实现文化价值。这是人与自然关系的本质。③以往的人类活动，以损害自然价值的方式实现文化价值，从而使人类走到不可持续发展的地步。在恶化了的自然环境条件下，不可能维持健全的文化，环境一旦恶化，文化也必然会随之迅速衰落。因而我们必须保护自然价值。④人类开发利用自然资源，变自然价值为文化价值，但是不一定要采取损害自然价值的形式。运用人的智慧和创造力，可以在增加文

化价值的同时保护自然价值。也就是说，既不以损害自然价值的方式实现文化价值，也不是以减少文化价值的方式保护自然价值，文化的发展既对人有利，又对自然有利；这是可以做到的。这是协调人地关系的最重要的领域。

二、人地协调发展规律

在地球发展的人类阶段，人类圈的形成是地球发展的最重要的的事件。人类与地球相互作用作为地球发展的新的动力，已成为决定地球发展的一个关键因素。这种作用遵循怎样的规律？我们认为，人地协调发展是客观规律。

朱训、吕国平在“协调人与自然的关系，开拓地学哲学探索的新领域”一文中，关于协调人地关系的规律，作了如下的表述：[①]

(1)人地关系主从律，即人首先是自然的产物，人地之间存在客观的主从关系，人对自然的改造必须遵从自然规律的规律。

(2)人地系统反馈律，即人对地的能动作用总会伴随地对人的反作用的规律。

(3)人地控制递进律，即人类越是发展，对地的可控能力越强的规律。

(4)人地依赖递进律，即人类社会越是发展，对地的客观依赖性越高的规律。

(5)人地发展规律，即人类进化、社会进步的过程，必然是人类对地球资源与自然环境了解、占有、利用和合理改造的增长过程，否则是退化和退步的过程的规律。

(6)人地适应律，即人类社会在生存发展中的功能释放必须合于地球资源环境的合理更新与维持条件，地球资源环境体系的功能释放必然制约人类社会生存发展的条件，只有这样才能实现人地系统协调发展。这叫人地系统功能耦合原理，是协调人地关系最重要的一

---

① 朱训、吕国平：协调人与自然的关系，开拓地学哲学探索的新领域，《地学与发展》，地震出版社，1996年，第17页。

条原理。它揭示人类经济社会发展不只是内部的平衡发展，而应上升到经济、社会、资源、环境整体上的全面协调发展。

这是关于人地协调发展规律的比较全面的理论概括。为了认识这一规律，我们作如下补充：

(1)人类活动必然引起自然界的变化，而且随着生产规模扩大，人类活动引起自然界变化也越来越大。这是不可避免的。但是，人类破坏自然则不是不可避免的，这是我们进行环境保护的基础。

对待生态问题，有两个派别：一是生态唯意志论，它认为自然界是任人宰割的，可以不考虑自然规律，完全根据人的意志为所欲为地对待自然界。这是一种反自然的观点；二是生态主义的观点，它认为生态平衡是神圣不可侵犯的，干预自然是人类最严重的错误，由于这一错误人类已经陷入一场生态灾难，只有停止发展才能维护地球上的平衡。

这两种观点都是不正确的。实践证明，如果违反自然规律去统治自然，必然导致生态灾难，反过来受自然界统治；同样，人类不能不利用自然，保持原生的自然平衡是不可能的，而且自然生态系统对人而言不一定是最理想的。人类运用自己的智慧，通过劳动，按照生态规律，可以建设比自然生态系统有更高生产力的人工生态系统。这里，人类破坏大自然旧有的平衡，建设有益于人的新的自然平衡，这是世界进步。

因此，正确处理经济发展与环境保护的关系，使两者协调发展，实现经济效益、生态效益和社会效益三者统一，这是经济社会持续发展的客观规律。

(2)人、社会和自然"高度相关"。在人类与地球相互作用中，这种相关性表现在：一方面自然界决定人，人的自然化；另方面是人决定自然，这是自然的人化。两相相互渗透并相互交织，成为对立统一整体。

这种相关性是历史地发展的。随着社会发展，人与自然的相关性越来越紧密，越来越完善。在当代科学技术革命条件下，达到这种相

关性的新阶段。它要求有相应的社会组织形式，如更合理的社会制度和政策与之相适应；要求符合时代的生产方式和生活方式与之适应；要求有更高文化、更大的创造力与责任感的人与之相适应。这就是人的全面自由发展。

这种相关性表现为主体（人与社会）与客体（自然环境）的统一、主观（人的实践目的）与客观（自然规律）的统一。忽视自然，违反自然规律，就表现为主体与客体的冲突。当代环境问题成为严重问题，便是这种冲突的突出表现。只通过调节人和社会活动，使之符合客观规律，这种冲突才能得以解决。

（3）人和社会活动加速自然进化进程。人类劳动是自然界物质、能量、信息交换的新形式。随着社会物质生产发展，促进这种交换，从而极大地加速地球表面物质演化的进程。其主要特点是：

第一，加速地球表面物质有序化进程，同时也加剧它的无序化过程，但总的进程是向提高有序化的方向发展。人类活动自觉地有计划地建立人工生态系统，为了维持系统的结构和功能，不断地对系统输入物质和能量，即输入负熵流，抵销系统自然过程的增熵趋势，积聚经济-社会系统的有序。从总的进程来看，整个“社会-经济-自然”系统，以及它的子系统——社会系统、经济系统和自然系统，负熵流的输入大于系统内部熵产生，因而系统处于减熵趋势。这是社会发展和世界进步的现实基础。

但是，按照有序性原理（即负熵原理）：“一个系统的无组织的发生与另一个系统中组织的加强相联系。”① 也就是说，“经济-社会”系统的有序可能以“自然系统”的无序为代价。美国哲学家拉兹洛说：“在整个自然系统范围内，没有什么不受价值约束。自然系统全部尽可能地损害这个物质宇宙，向内部积聚秩序和可以利用的能量，把无秩序和熵留给它们的环境。在环境走向衰败的同时，这些系统自己却

---

① A. 乌耶莫夫：时间的方向问题与系统发展的规律，《自然科学哲学问题》，1987 年，第 2 期。

保持稳定状态，甚至还能增长和增加它们自己的组织性。”[1]

在人工生态系统的建设中，如果只注重积聚系统的有序，并常常以牺牲环境有序为代价去达到自己的目的，那就可能使环境走向衰败，到头来危害人类的长远利益。因此，我们必须遵循有序性原理，在积聚“经济-社会”系统的有序时，不能过分损害环境的有序性，以利于维持环境的再生潜力，保证它为人类的永久利用。

第二，加速生物地球化学过程。人类劳动作为人与自然之间物质交换的方式，是自然物质循环的新形式。例如在工业生产过程中，人们把地下矿藏挖掘出来，利用煤、石油、天然气，以及各种金属和非金属矿产，特别是合成各种化合物，所有这些物质以新的形式参加地球表面的物质循环，改变了原有地球化学平衡，形成新的地球化学过程；在农业中，人们为各个生态系统投入物质和能量，又从系统中取走大量产品，这样也形成新的生物地球化学过程；在消费生活中，人们消费各种物质，同时把废物排向环境，消耗系统的负熵，这也加速自然物质循环过程。因此，人类的劳动和生活作为地球物质运动的新形式，极大地加速和扩大生物地球化学循环过程，促进地球物质的循环、转化和再生，改变原有生物地球化学平衡，形成新的生物地球化学平衡。

第三，加遽地球物质进化。大量人工过程代替天然过程，大大加速地球表面的物质进化。主要表理在两方面：一是与人类的技术过程有关的化学过程，人类生产和使用大量人工合成的化学物质，加速了物质的化学进化。二是与人类的技术过程有关的生命过程，人类的生物生产，加速了物质的生物进化。在生物性生产即农业、林业、畜牧业和渔业生产中，人工选择代替自然选择，大大加快了物种更替的速度，加速了生物进化过程，特别是当代生物工程技术的应用，能够在较短的时间内创造出符合人类需要的生物新品种，对地球生物进化产生重要的影响。

---

① E. 拉兹洛：文化与价值，《哲学译丛》，1986 年，第 1 期。

值得注意的是，人类活动同时加速了物种灭绝的过程。科学家估算，1600～1900 年地球上有 75 个物种灭绝，平均 4 年灭绝一个物种。20 世纪以来，平均每天有一个物种灭绝。现在平均 6 小时有一个物种灭绝。特别是热带森林破坏，科学家指出，如果全球热带雨林毁灭，将意味着世界上 80%的植物和大量动物物种灭绝，形成物种灭绝浪潮。这是物种遗传资源多样性的丧失，可能使农业面临灾难性的后果。

(4)人类和地球共同进化。地球表面是人类活动的场所。在这里人类活动作为一种重要的地质力量急剧地改变着地球表层的面貌。人类在创造他们生活的两个世界：人类社会——人类圈包括社会圈、技术圈和智慧圈；自然界——大气圈、水圈、岩石圈和生物圈。人类在创造自己的社会历史的同时，再生产整个自然界，即“人类学的自然界”，或“社会的自然”。

上面的分析表明，这两个世界是“高度相关”的，已经相互渗透和不可分割地交织在一起。当我们在认识上把它们分为两个世界，或有质的区别的两个世界时，是表示人类与地球相互作用，形成对立统一的关系。这种对立统一成为一种重要机制，保证人类与地球共同进化的活力。

这里所谓人类与地球共同进化，是指其中一个的进化依赖于另一个的进化，一个进化促进另一个进化。这里第一，人类与地球相互作用，本质上是一种合作关系。人类通过自己的活动，包括以科学技术发展为特征的认识活动，以及开发利用自然为特征的实践活动，都促进了自然界的进化；同时，自然界作为人类活动的对象，它提供了人类活动和人类生存的全部需要。人类和地球的这种合作关系，用生态学术语来表述是“互利共生”的关系，即人地关系具有互利共生的性质。第二，这种合作关系具有相对性，包括了它们的适应性选择和制约。例如大家知道，今天人类生活的两个世界——人类社会和生物圈，正处于深刻的矛盾与冲突之中。严重的环境污染和生态破坏，是这种冲突的具体表现。它同时威胁两个世界的生存。而且，它也表现

了自然界对人的世界的选择压力和制约。它是由于人类的不经心引起的，表明人和社会的适应性选择的错误。这就要求调节人和社会活动，按照客观事物发展的需要，遵循人地协调发展的规律，把人类活动限制在生态许可的限度内。这种环境选择压力形成一种制约，要求人类的适应性选择，适过人类的智力进化和活动进化，即通过人和社会活动的自觉调节，实现协调人地关系。在客观上，它既符合人的需要，又符合生物圈发展的需要。

因此，人类与地球相互作用的合作关系，以及它们的适应性选择和制约，是两者相互作用机制。这使得两者是命运相依的和共同进化的。人类与地球协调发展、共同进化，既是客观的历史进程，又是客观历史的发展规律。

三、地学辩证法与社会历史辩证法的统一

“从地球起源到人类生存”，从自然到历史，这是从地学辩证法到社会历史辩证法的发展。

在人类史上，人地关系是历史地发展的，这就是从自然统治人，到人统治自然，再到人地协调发展的历史进程。

在人类思想史上，人们对人地关系的认识也是历史发展的，这表现为占主导地位的人地关系思想，也有一个从地理环境决定论，到人统治自然的思想，再到人地协调论的发展过程。

为什么立论说人类与地球协调发展是客观规律呢？

首先在人地关系史上，无论是古代的自然统治人，还是近现代以来人统治自然，它都是人类进步不完善、人地关系不成熟的表现。这种关系表示人类与地球的矛盾，从对立走向冲突，既不符合人类利益，又不符合自然界的利益。虽然这种关系的产生和发展具有必然性，但是它又具有历史性，它被更为合理的关系取代，同样具有历史必然性。

其次，在人地关系的思想史上。地理环境决定论，强调地理环境对社会发展的决定作用，忽视人对自然的反作用。这是一种自然主义的历史观点。恩格斯说：“人的思维的最本质和最切近的基础，正是人

们引起的自然界的变化，而不单单是自然界本身，人的智力是按照人如何学会改变自然界而发展的。因此，自然主义的历史观……是片面的，它认为只是自然界作用人，只是自然条件到处决定人的历史发展，它忘记了人也反作用于自然界，改变自然界，为自己创造新的生存条件。”①

另一种历史观，把社会与自然、社会规律与自然规律的区别绝对化，把社会看作是在自然界影响之外的社会关系的总和。它只注意人对自然界的作用，忽视自然界对人和社会的反作用。它以人统治自然为指导思想，按人类中心主义的价值方向，主张无限制地向自然进攻，拼命地掠夺自然。这是一种反自然的历史观点。恩格斯曾经批判这种错误的观点，并用人类不合理的开发活动使美索不达米亚等地变为不毛之地的事例，警告人们不要过分陶醉于我们对自然界的胜利，对自然的每一个胜利自然界都报复了我们。他说：“我们必须时刻记住，我们统治自然界，决不象征服者统治异民族一样，决不象站在自然界以外的人一样，——相反地，我们连同我们的肉、血和头脑都是属于自然界，存在于自然界的；我们对于自然界的整个统治，是在于我们比其他一切动物强，能够认识和正确运用自然规律。”②

这两种思想，一个片面强调自然界，一个片面强调社会，都是片面的。世界是人、社会和自然界相互作用形成的整体。它们之间虽然具有本质的区别，但又具有不可分割的联系，把一个统一的世界分割开来，孤立起来，并加以绝对化的理解，这是错误的。

马克思和恩格斯指出：“历史可以从两方面来考察，可以把它划分为自然和人类历史。但是这两方面是密切联系的；只要有人存在，自然史和人类史就彼此相互制约。”③

因此，我们需要调整我们的自然观和历史观，建立整体性的人地

---

① 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社，1971 年，第 209 页。

② 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社，1971 年，第 159 页。

③ 《马克思恩格斯全集》，第 3 卷，人民出版社，1972 年，第 20 页。

关系观念。这种自然观不是关于纯粹自然的观念，而包含人和社会因素的社会自然观。于光远认为，有了人之后，许多自然物受到社会的影响，打上了社会的烙印，成了具有某种社会性质的东西，产生了“社会的自然”这样的概念。[①]同时，需要调整我们的历史观。这种历史观不是关于纯粹社会历史发展的观点，自然因素参与了社会历史的创造，获得了社会历史的尺度，因而应该是包含自然因素的历史观。日本学者梅棹忠夫著《文明的生态史观》一书，他认为应重视自然因素和生态条件对文明史进程的重要作用，因而我们的历史观应当是“文明的生态史观”。[②]

也就是说，我们对世界的看法，或我们的人地关系的观念，是关于人、社会和自然是统一整体的观点。不能把人和自然分割开来，没有截然分割的、纯粹的自然观或历史观，而只有两者相互作用和相互渗透的、关于自然观与历史观统一的看法。这就是关于地学辩证法与社会历史辩证法统一的人地关系的观点。因为现实的世界，不是人的世界与自然界两者简单的相加，而是它们相互作用构成的系统。现实的人地关系，一方面是在具体的社会历史发展中，以一定的社会关系形式，并借助这种社会形式进行和实现的。这是一种社会历史的联系；另一方面，这种关系又是在具体的自然环境中，通过人类劳动这种中介，以改变和利用自然的形式进行和实现的。这又是一种自然历史的联系。这就是说，社会发展包含自然因素，自然界参与社会历史的创造；自然界的发展包含人类因素，人类参与自然历史的创造。这里，我们从人与自然相互作用去认识世界和解释世界，也就是从实践去理解世界。人类实践是从自然到历史、从地学辩证法到社会历史辩证法过渡的衔接点，通过人类实践把自然过程和社会过程衔接起来，实理地学辩证法和社会历史辩证法统一。这便是我们关于人地关系观念的结论，地学哲学的归宿。

---

① 于光远：自然，《自然辩证法研究》，1991 年，第 4 期。

② 梅棹索夫：《文明的生态史观》，上海三联书店，1988 年。

修订再版后记

《地学哲学概论》是在朱训理事长鼓励与支持下于1989年出版的。近年来，他多次提议修订再版。1996年8月在地学哲学第六届年会上，他又明确指出："地学哲学研究已经有了不少成果，《概论》理应吸收这些新成果，修订再版。"随后，地学哲学委员会理事长会议赞同这个建议，指定我负责执行。

此次修改由我拟定提纲，致函原15位作者征求意见，然后确定修改提纲，聘定几位同志执笔修撰。显然，修订本是在原作者劳动成果的基础上加工而写成的，理应向原作者致谢。他们是：李春国、秦长兴、王恒礼、刘波、李秉平、凌故升、张大庆、张明定、崔宝成、程畅、朱新轩、诸大建、胡光、余谋昌、王子贤。

此次修订，原书理论体系未变，仍然由本体论、认识论、方法论、地学观等部分组成。但增写内容较多，故对原文压缩删减不少。即使如此，我们仍然认为地学哲学这个体系，以及其中所述内容，还是一部有待完善的著述，恳请读者与专家不吝赐教，多作批评。

此次修改执笔人分工如下：

绪论篇　王子贤

第一章　白　屯

第二章　王子贤　庄寿强

第三章　王子贤

第四章　王恒礼　刘波

第五章　白　屯　庄寿强

第六章　余谋昌

第七章　王子贤

第八章　王子贤

第九章　王子贤

第十章　王子贤

结束篇　余谋昌

修订完毕后，请束训理事长写了序。

此次修订本定名为：《地学哲学概论新编》。后束又被收入《地学哲学文库》。

此次修订书稿，最后由蒋志教授审稿。他在百忙中详审书稿，并笔录具体而中肯的修改意见，使我倍受教益，深为感动。出书过程中得到余浩科及其他许多同志的热情帮助，统致谢忱。

在本书编撰过程中，参阅了大量文献。除部分直接引用的文献用页下注形式表明外，其他不再一一列举，在此谨致歉意。

王子贤　让

1999 年 12 月于北京

[General Information]
书名=新编地学哲学概论
作者=
页数=377
SS号=0
出版日期=
Vss号=91482244