

国家自然科学基金资助项目



DI ZHI XUE DI ZHI XUE

地质学的思维

● 雷援朝 段联合 彭建兵 著



西安地图出版社

责任编辑 张兵利
封面设计 郭学功



地质学的思维

DI ZHI XUE DE SI WEI



ISBN 7-80545-965-7



9 787805 459653 >

ISBN7-80545-965-7/P·38

定价：15.00元

·国家自然科学基金资助项目·

地质学的思维

雷援朝 段联合 彭建兵 著

西安地图出版社

图书在版编目(CIP)数据

地质学的思维/雷援朝等著. —西安:西安地图出版社, 2000. 10

ISBN 7-80545-965-7

I. 地… II. 雷… III. ①地质学—哲学②地质学—思维方法 IV. P5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 75126 号

地质学的思维

雷援朝 等著

西安地图出版社出版发行

(西安友谊东路 124 号 邮政编码 710054)

新华书店经销 西安工程学院印刷厂

850×1168 毫米 32 开本 9.125 印张 229 千字

2000 年 10 月第 1 版 2000 年 10 月第 1 次印刷

印数:1—1000

ISBN7-80545-965-7/P·38

定价:15.00 元

前 言

多年来,每当我们在地质科学的殿堂中徘徊的时候,我们常常被地质学这个神秘的研究客体所困惑,翻阅地质学的历史巨册,科学大师们的学术思想曾几度拨开重重迷雾,但随着时光的运行,我们又陷入到了云雾之中。关于地质学的性质,西方地质学家认为区别于物理学和化学这些理论科学的根本特征在于它是一门历史科学,它的目的是重建地球史即重建独特地质事件的时间序列,而不是探求支配地球变化的一般性规律,并且认为地质事件的时间序列才是地质学中的理论思维的最高追求。基茨(1963,1977)认为在地质学研究中,对特殊事件的关心和描述这些事件的单称性陈述使得地质学本质上是历史的。他引证波普尔的观点说,对于历史科学家,单称描述性陈述是他们的研究目的,理论仅是通向目的的手段;对于理性科学家来说,普适性的理论是他们的研究目的,单称描述性陈述则是通向目的的手段。80年代由劳丹对其提出了挑战,她认为把地质学性质归结为历史是一种严重的误解。事实表明,地质学中既有历史性成分又有理论性成分,人们长期以来把赫顿、赖伊尔等人的工作曲解了。事实上,他们的工作性质涉及到对地球上变革过程的理解。因此,重要的是保持历史论地质学和理性地质学之间的张力。所以,因果论地质学认为地质过程中存在着许多独特的规律。该学说以能否建立一套系统的地质学规律作为衡量地质学成熟与否的重要标志。劳丹的观点得到国内一些学者的认同。例如陈国达教授就撰写过《地洼说——历史论与因果论结合的学说》等。但是,面对地质事实,遗憾的是可供研

究的资料极不完整,地质历史的原貌又不可能重现。所以,地质学家只能依据从现存的地质现象中提取资料,去推测、思考和判断已消失了的地质历史、地质运动过程中的因果关系,并且创造出了许多地质科学的理论。这些理论无疑渗透着人的关于地球科学的思维因素。

关于地质学中的研究方法,首先地质学研究碰到的是三方面的困难:

1. 地质过程的不可及性。许多地质现象是地球内部物质活动的过程造成的,如深部地质问题,而我们今天的研究,也只是借助于星际的陨石或一些地球物理手段来间接的感知,所以这些过程对于任何人类观察者来说都是不可企及的。

2. 地质变化的长期性。许多地质现象发生的过程是那样的长,以致在人类的时间尺度里不可能完成对他们的整个观察。

3. 地质原因的复杂性。造成地球表面的各种变化,并不是少数几个简单因素造成的结果。可以轻而易举地识别出来的原因,往往是由多因素组成、相互作用的极其复杂的系统。所以,地质学家长期以来就是依据这些特点选择和调整着研究方法。

对于地质科学的方法,国外一些学者认为现在人们一直在强调地质学研究方法与一般研究方法是如何不同,但即使是赖伊尔的地质现实与历史的比较法则也不是与一般研究方法相脱离的。地质学研究方法的特殊性仅仅是地质学在运用一般方法论时有其自己的特点。由此可想而知,在地质学方法论研究中,重要的不是发现或发明多少种完全标新立异的“地质学”方法,而是应该琢磨如何把科学研究的一般方法论创造性地转化为与地质学的特殊性相匹配的思维法则。例如,地质工作中的假说是上世纪末张伯伦提出的,他的观点在地质学界很有影响,哈勒姆(1983)通过研究地质学史上的许多案例后提出,事实上杰出地质学家多数采用的是某种形式的“假说—演绎法”,即首先构想假说(地质形象思维),然

后在地质实践中取舍和发展它们,并认为这样的地质思维更有进取性。

那么,什么是地质学的本质,著名科学哲学家波普尔说过:“知识是客观的,本质上是猜测的”。我们认为波普尔的话正好言中了地质学的本质,即它的研究对象是客观的,而它的研究方法本质上是思维性的,理论是猜测性的。其客观性、思维性和猜测性都具有浓郁的地质学特点和地质学意识。并且在我们多年的研究中认识到,地质学的研究方法并非主要是借助于化学、物理学、生物学的研究方法,而是具有鲜明地质特点的思维法则和思维方法。我们将这些思维法则和方法,称之为地质学思维。我们的这部著作就是从剖析地质学思想体系入手,通过探讨地质理论中的思维因素、地质实践的结构,研究地质学思维和地质学思维方法,以及其中的某些地质哲学问题(如地质学时间等)。为了阐明我们的论点,我们还解析了造山带(以秦岭造山带为主)研究和镶嵌构造学说中的研究思想和思维方法。所以该书取名为《地质学的思维》。

1985年,我们开始对地质工作中的这些问题发生了浓厚的兴趣,1989年,我们承担了陕西省教委的《地质学思维机理》研究的课题,1991年至1994年,我们的《地质学中的思维方法研究》获得了国家自然科学基金委员会的资助。多年来,我们一直从事这方面的研究,十余年来我们发表了60余篇论文,在多年研究成果的基础上,撰写了这部学术著作。

这部著作分为19章,约25万字,内容分为五个层次:1.对地质学思想体系的探索;2.在分析地质学研究中的思维因素中,建立了地质学思维方法的基本理论;3.对地质学思维方法的解析;4.探讨了地质学时间等哲学问题;5.具体的案例分析。

为了使本书的内容更为丰满,我们在附录部分转载了美国著名石油地质学家华莱士·E·普拉特的名篇《找油的哲学》和《十九世纪的地质学》一书中的两篇文章。

书中的第一、六、九、十、十二、十四章由段联合撰写；第二、三、四、五、七、十三、十五、十六章由雷援朝撰写；第八、十七、十八章由彭建兵撰写；十九章由刘良撰写；三篇译文由雷援朝翻译；全书的提纲、前言、后记及统稿均由雷援朝执笔。

我们在研究和撰写书稿的过程中，多次得到了马宗晋、王鸿祯、张国伟院士，朱训、王子贤、杜乐天、余谋昌、吴凤鸣、黄顺基、肖庆辉、何贤杰、石宝珩、王恒礼、王战、宋正海、赵重远、刘池阳、孙勇教授以及好友诸大建、吕国平、白屯等学者的支持，特别是国家自然科学基金委地学部和西北大学地质系的关怀才得以完稿，在此一并致谢。

著 者

1998年10月于西安

目 录

前 言	(1)
第一章 地壳演化思维的历史回顾	(1)
一、静态地壳观阶段(1750±~1830)	(1)
二、探究地壳、岩矿成因阶段(1830±~1910)	(3)
三、递进演化的地壳观形成阶段(1910±~1960±)	(5)
四、综合的、不可逆的地壳演化观形成(1960±~)	(8)
第二章 地质理论中的思维因素	(13)
一、地质理论中的思维因素	(14)
二、地质学思维及其特点	(16)
三、研究地质理论中思维因素的意义	(20)
第三章 地质学实践的结构	(22)
一、地质学实践的定义和性质	(22)
二、地质学实践的特点	(23)
三、地质学实践的结构	(24)
四、物质、动态、精神、管理诸因素在地质学实践中的作用	(28)
第四章 地质学思维机理	(30)
一、地质学的本质	(30)
二、地质学思维的性质	(35)
三、黑体概念的阐述	(37)
四、地质思维:典型的黑体相互作用的范例	(39)
五、从主动黑体与被动黑体的作用到思维产生的	

数学描述	(42)
六、本章结语	(45)
第五章 地质形象思维	(47)
一、地质形象思维的特点	(47)
二、地质形象思维的规律	(51)
三、地质形象思维的逻辑性	(53)
四、地质形象思维的语言	(55)
第六章 地质学中的创造性思维	(58)
一、什么是创造性思维	(58)
二、创造性思维在地质学中的表现形态	(60)
三、创造性地质思维的品质	(67)
第七章 地质学中的 Fuzzy 语文系统	(71)
一、地质语言的模糊性	(71)
二、地质语文系统	(74)
三、描述地质语文系统的方法	(75)
四、文法与结构	(82)
第八章 地球的整体性与整体性地质思维	(86)
一、整体性地质思维的意义	(86)
二、地球的整体性	(87)
三、整体性地质思维的原则与方法	(112)
四、本章结语	(130)
第九章 从中西哲学的比较上看中国地质学思维的特点	(132)
一、两种不同的自然观	(132)
二、两种不同的运动观	(136)
三、两种不同的理性	(139)
第十章 地质学时间的几个问题	(143)
一、无限的与有限的地质时间	(143)

二、可逆的与不可逆的地质时间	(147)
三、时间尺度的选择问题	(150)
第十一章 地质学问题	(153)
一、地质学问题的背景	(153)
二、地质学问题的结构	(154)
三、地质学问题的特殊性	(157)
四、地质学问题的意义	(159)
第十二章 地质学事实和理论的一些特点	(161)
一、地质学事实的几个特点	(161)
二、地质学理论的几个特点	(162)
三、地质学理论的进化	(164)
第十三章 地质学思维科学体系的构思	(167)
一、建立地质学思维科学的基础	(167)
二、地质思维科学体系的构思	(168)
第十四章 地球物质系统中自组织的形成机理	(175)
一、地球物质系统的非平衡态	(175)
二、地球物质系统的开放性	(176)
三、地球物质系统的非线性相互作用	(178)
四、涨落在地球物质系统演化中的作用	(179)
第十五章 造山带与地质思维	(181)
——个案分析之一	(181)
一、地球、大陆、造山带	(181)
二、造山带研究的观念与思考	(184)
三、造山带物质时空演化、运动学与动力学	(187)
第十六章 波浪镶嵌说中的地质思维	(194)
——个案分析之二	(194)

一、学说产生的背景和思想起源	(196)
二、波浪镶嵌说中的活动论观与固定论观	(198)
三、波浪镶嵌说中的历史论观与因果论观	(200)
第十七章 新灾变论的哲学与思维方法的启示	(202)
——个案分析之三	(202)
一、新灾变论的兴起及其地质事实	(202)
二、新灾变论的灾变哲学观与无序思维	(204)
三、新灾变论的外因主导哲学观与系统思维方法启示	(206)
四、本章结论	(208)
第十八章 地质灾害的群发性与地质思维的整体性	(209)
——个案分析之四	(209)
一、地质灾害的群发性	(209)
二、地质灾害研究思维方法的整体性	(213)
第十九章 变质作用 PT_t 轨迹理论及其研究方法	(217)
——个案分析之五	(217)
一、从变质相系到 PT_t 轨迹	(217)
二、确定变质作用 PT_t 轨迹的研究方法和内容	(222)
三、 PT_t 轨迹研究中存在的几个问题	(225)
四、关于现代地质科学思维方式的几点启示	(228)
附 录	(232)
一、译文:找油的哲学	(232)
二、译文:赫顿和魏纳的地质学第一原理	(238)
三、译文:阿尔卑斯山脉及解决办法	(266)
四、各章参考文献	(274)

第一章 地壳演化思维的历史回顾

无疑，“地壳（岩石圈）处于永恒的演化之中”，这一观念在今天是普遍被接受的。然而这一认识的形成却经历了一个极其曲折的历史过程。

如果把 18 世纪中叶当作经典地质学的肇始，那么，在从这至今的这 250 年间，人们在“地壳（岩石圈）是如何演化的”这一地质学的纲领性问题上，表现出四种观念形态，经历了三次观念转变。本章拟就这一问题加以总括性地评论。

一、静态地壳观阶段（1750 $\pm$ ~1830 $\pm$ ）

这一时期，人们关于地壳的知识主要局限于显生宙的沉积盖层，主要任务是搜集基本地质学事实，对岩石、矿物进行肉眼观察分类、成因分类（水成或火成），建立生物地层系统以及确立经验地质学研究方法。可以看出，在这一时期静态（机械）的自然观始终束缚着人们的认识，同时宗教神学仍然是制约地壳演化思想发展的一道无形樊篱。

布丰（G. L. de Buffon, 1707~1788）是第一个用实验和数学方法解决地球演化问题的人，他用灼热铁球冷却法，求得了一个与宗教教义（6000 年）相悖的 74800 年的地球年龄，并把地球演化划分为 7 个阶段。这本是一个对机械自然观及宗教神学的有意义突破，然而迫于教会的淫威，他却不得不违心地附和宗教循环论中的“6 个宇宙天”，把 74800 年划分为 6 个纪

(Epoch)。尽管这样，巴黎大学还是宣布在他的著作中有 14 处“违背了宗教信条”，使得他后来不得不放弃自己的学说^[1]。

魏纳 (Werner A. G. 1749~1817) 是第一个把地质知识系统化的学者，他建立了一门“地球构成学”(Geognosy)，旨在研究矿物的性质、用途和地理分布，而不太关心矿物成因和形成过程^[2]。在他看来，地壳是僵硬不动的，并且存在一个一成不变的、普遍适用的地层序列——“万有建造”(Universal Formations)^[3]，——这与牛顿的“自然法则”何其相似！他把地表变化的原因归于不可预测的某种超自然的力量^[4]。他的学生詹姆森 (Jamson R. 1774~1854) 则更加露骨地宣扬神创论，认为圣经条文是解释自然的最终根据^[5]。

由赫顿 (Hutton J. 1727~1797) 提出、由莱伊尔 (Lyell C. 1797~1875) 系统化了的“均变论”(Uniformitarianism) 或“渐变论”(Gradulism) 实际上把地球看作一个无始地终的实体^[6]，地质过程“没有开端的迹象，也没有终结的前景”^[7]。在莱氏看来，变化是存在的，但却极其缓慢，现今存在和发生的，必定在无限的地质史中永恒地存在^[8]。现今的变化规则在地质史中永远适用 (The present is the key to the past)。正如恩格斯批评莱伊尔讲的，“地球的冷却对他来说是不存在的，地球不是按照一定的方向发展着”^[9~10]。他们所犯的错误是混淆了方法论上的均变与本体论上的均变^[11]，把现实主义原则的适应范围夸大到不适当的程度。

居维叶 (Cuvier D. C. 1769 ~ 1832) 的灾变论 (Catastrophism) 完全是科学事实与观念冲突的产物。一方面，他通过实际观察看到了生物化石在各地层中的差异性，甚至总结了一些在时间上的变化规律，另一方面，“物种不变”的自然观和根深蒂固的宗教情感却不允许他做出一个合乎理性的解释，于是只能借助于上帝之手。

二、探究地壳、岩矿成因阶段 (1830 ± ~ 1910 ±)

这一时期，人们关于地壳演化的知识的增长和观念变化主要有如下五个方面：

①经过阿尔伯蒂 (Alberti)、席基威克 (Sedgwick)、麦其生 (Murchison) 等人的努力，建立了较完整的显生宙地层表。这对以后的地质学发展具有奠基性意义。

②从波蒙 (E. de. Beaumont) 的《论山系》(1852) 到徐士 (Suess E) 的《地球面貌》(1883)，反映了地质学开始从区域地层、全球山脉走向及走向变化、构造形态、排布规律等的对比分析上思考山脉形成机理和地壳演化问题。这反映出区域地层、古生物、岩相古地理等地质资料的日益丰富，也反映出全球地貌研究的迅速发展。

③槽台学说的创立。由美国人霍尔 (Hall J. 1859) 和丹纳 (Danal J D. 1873) 创立的，后经欧洲学者奥格 (Haug)、冠伯 (Kober L)、徐士等人完善化了的地槽—地台理论，第一次详尽地讨论了地表狭长的活动带与宽阔的稳定地块、盆地与山脉、洋壳与陆壳之间的生因关系。首次建立了一个基于可靠经验事实之上的地壳演化模式。

④以尼科尔 (Nicol W. 1829) 偏光显微镜的发明为肇始，后经索尔比 (Sorby H. C)、齐尔克尔 (Zirkel F)、罗森布什 (Rosenbusch H) 等几代师生薪尽火传的努力，到 60 年代末建立了一套完整的岩矿显微结构研究的方法和理论。1890，俄国的费罗多夫 (ФедороВ Е С) 又发明了双环测角器 (费氏台)。此时，人们便超越了传统的肉眼观察方法，能够对矿物的显微结构、结晶规律、理化性质等做出可靠的说明。尤其重要的是 70 年代以

后，由于地球化学的兴起，使人们能够把显微方法与化学分析相结合对岩石学进行有效分类和成因探讨。由美国岩石学家克鲁斯（Cross）等创立的 CIPW 岩石分类体系（1905，根据矿物共生规律，把化学分析年算成一系列标准矿物并依此进行分类的方法）是一个典型的例子。

⑤基于岩矿分析化学、地球化学的迅速发展，50 年代以后出现了丰富的岩石、矿床、矿物的成因理论。例如德国的鱼特（Roth, 1869）的火成岩同源岩浆分异说，俄国列文生—列星格（Левинсон - Лессинг）与美国的戴利（Daly）的低共同化分异假说，德国的尚德伯格（Sandberger）关于矿脉成因的侧分泌说等。此外，法国的一批学者如达罗切爾（Dulocher, 1857）等还提出了花岗岩生成理论，提出了岩石旋回（原生沉积—变质—花岗岩）等假说，这反映出人们已注意到三大岩类的成因及转化关系。

这一时期存在的问题可归纳为如下几点：

①由于地壳放射性元素的存在及其功能的无知，人们对地内热状态缺乏准确的知识。总体上仍停留在布丰的“单纯冷却”模式上，对地壳运动的能量来源尚处于直观、模糊的猜测阶段。有两个显著的表现：a. 整个这一时期是以冷缩说占主导地位的地壳演化模式，把地壳收缩的水平作用力当作山脉形成的主因；b. 物理学家（以 Thomson William 为代表）仍坚持以热球冷却法来估算地球年龄。

②由于没有可靠的同位素测龄方法，对于山脉、岩石等地质体的年龄、同时性、序次性等不能给出准确的答案，因而限制了对地质客体的历史演化、生因关系及事件的持续久暂等做有效讨论。

③在地壳演化模式上，地槽学说无疑是一个里程碑。但该学说从一开始就陷于“是此非彼”的思维模式，即“非槽即台，非

台即槽”，递进演化思想尚不具备。

④在海陆位置及其关系上固定论占据统治地位。

此外，必须指出，达尔文进化论（1859）的提出是一个重大的地质学事件。它对于整个地质学的发展具有观念变革的意义。如果说以前自然科学家的信条是“自然的固定秩序”，那么从这时开始，自然科学家的格言就变成了“进化”。人类学、文化史、比较生态学，甚至比较宗教学都开始积极地寻找与生物进化论的接合部位^[12]。但是，概念的普遍使用并不等于对概念的深刻理解，尤其在地壳演化这一地质学纲领性问题上，递进演化的观念直至 20 世纪 60 年代才真正树立起来。

三、递进演化的地壳观形成阶段 (1910 $\pm$ ~1960 $\pm$)

这一时期地壳演化知识的主要进展如下：

①活动论的兴起。新世纪活动论的兴起有两个重要原因。一是区域地层、古生物、岩相古地理、宏观构造形态等地质资料的大量积累，使得人们能从横向比较上悟出各大陆在地史上的几何关系。徐士（1885）的活动论思想倾向就是以此为基础的，而泰勒（F. B. Tayler）的活动论（1910）则是徐士思想的继承和发展。后来的李四光思想（1926）又是对泰勒思想的完善化。由于物理学革命对放射性元素蜕变释热功能的揭示（居里夫妇，1903）及其在地壳岩石中的广泛分布这一事实的发现，使得人们相信这足以补偿甚至超过地壳散失的总热量（Rayleith, 1906）。这无疑为地壳运动找到了巨大的动力源泉。这一事实不仅和地球冷缩说产生明显的冲突（如按冷缩说单是形成第三纪褶皱，地球就需要整体降温 2400℃，没有足够的补偿，漫长地史中的构造运动就难以解释），而且只有在地球膨胀时表壳才会有一个相互