

自然辩证法讲义 (初稿)

专题资料之七

地球和地球科学的发展

B028

30

人民出版社出版

地球和地球科学的发展

孙 荣 圭

人 民 教 育 出 版 社

自然辩证法讲义(初稿)
专题资料之七:
地球和地球科学的发展问题

孙 荣 圭

*

人民出版社出版
新华书店北京发行所发行
香河县 印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/32 印张 3.25 字数 65,000

1980年3月第1版 1983年3月第3次印刷

印数 11,801—19,800

书号 2012·015 定价 0.24 元

前 言

地球科学是研究地球的形状、组成、构造、历史和运动规律的科学。地球科学的唯一对象是地球，然而地球不是孤立存在的，它的一切过程不仅有其内部根据，而且有其外部条件，因此，地球科学不能不涉及宇宙背景。虽然，现在认识地球的手段已经进入以电子技术和航天技术为特征的时代，但是迄今人们能直接考察的固体地球空间不超过它的半径的百分之一，能较详考察的地球历史的时间也只有它的年龄的十分之一。由于占有材料的局限和揭露本质的困难，人们在取得认识地球的成就的同时也会发生谬误，在获得改变地球的成功的同时也会遭到失败。以辩证唯物主义为指导，从哲学高度总结地球科学历史中的经验教训是十分必要的。

在封建主义的中世纪，唯心主义是以赤裸裸的神学教义的形态出现的，那时，素朴的唯物主义是打破神学禁锢的有力的哲学武器。随着近代地球科学的产生和发展，面对着层出不穷的自然界画面，唯物论和唯心论都在改变着自己的形式，因此它们之间的斗争也就更为曲折了。近百年的科学史实一再说明，素朴的唯物主义愈加不能保证科学结论的正确性，不少地球科学家是由于不能将辩证法运用于理论思维而导致谬误的。关于这一点，恩格斯曾明确指出，并在他的《自然辩证法》中加以论证⁽¹⁾。笔者在这本小册子里将遵循恩

(1) 恩格斯：自然辩证法，人民出版社，1971年，第43—44，93，187页。

格斯开创的道路，着重讨论地球科学中辩证法与形而上学的对立和斗争，从而说明，研究地球离开辩证思维无论如何是不行的。

地球科学辩证法的基本问题是什么呢？现在没有完全一致的看法，而且缺乏充分的讨论。我们认为，地球科学及其所反映的地球本身的发展问题无疑是地球科学辩证法的基本研究领域。首先是地球本身的发展问题，其次是地球科学的发展问题，再次是地球科学方法论的发展问题，三者相互联系又有所区别。在本书中，将分为三章讨论这些问题。

承蒙北京大学、南京大学、武汉地质学院、成都地质学院、中国科学院贵阳地球化学研究所、长沙大地构造学研究所、北京自然博物馆的同志阅读写作提纲和手稿，提出意见和建议，在此谨志谢忱。

孙 荣 圭

一九七九年十一月

于北京大学

注：本书原名《地球科学的辩证法问题》，为更符合书的内容，第二次印刷改名为《地球和地球科学的发展》。

目 录

第一章 关于地球的发展.....	1
第一节 地球充满着矛盾.....	1
第二节 地球渐变中的激变.....	9
第三节 地球的否定之否定.....	24
第四节 固体地球的吸引和排斥.....	36
第二章 关于地球科学的发展.....	46
第一节 地球科学的层次.....	46
第二节 地球科学的序次.....	56
第三节 地球科学的级次.....	61
第四节 地球科学在自然科学中的位置.....	68
第三章 关于地球科学方法论的发展.....	70
第一节 比较方法.....	70
第二节 假说的演化和价值.....	80
第三节 分析和综合的统一.....	92
结束语	94
参考书选	96

第一章 关于地球的发展

在地球科学取得巨大进步的今天，关于地球发展的神学说教已经没有人相信了。地球的发展不是上帝的创造，相反，整个人类乃至一些人头脑中虚幻的上帝都是地球发展的产物。那么地球是怎样发展的呢？历史上存在着辩证法和形而上学这两种根本对立的地球发展观。直到今天。有的同志虽然承认辩证法是一种思维方法，但是却不承认或不了解地球本身的发展是辩证的。这个问题不是纯理论问题，而是实践问题，它可以用被实践阐明的事实加以说明。地球发展的辩证法问题的内容是很丰富的，现在仅就地球科学史中曾经或正在引起重大争论的四个问题做一些初步的讨论。这些问题是：地球充满着矛盾、地球渐变中的激变、地球的否定之否定、固体地球的吸引和排斥。

第一节 地球充满着矛盾

地球上的一切都处于无休止的运动之中，这是因为地球充满着矛盾。地球表面的自然界按其物质存在形式可分为大气圈、水圈、岩石圈（包括土圈）和生物圈，它们之间是相互联系、相互渗透和相互作用的。

大气圈的概念很早就建立了，但是，人们对它的层次认

识曾经很模糊，甚至以为它是均匀的。本世纪以来，使用气球、火箭和人造卫星等探测工具考察后，才较确切地知道大气圈分化为对流层、平流层、中间层、热层和外逸层，大气质量的75~90%集聚在对流层中^[1]，它同人的关系最为密切。

对流层为什么会发生对流呢？在对流层中大气流动受多种因素控制，但气压差起决定作用。在绝热的条件下，气压差(ΔP)同高差(ΔZ)、密度(ρ)、重力加速度(g)成比例，当静力平衡时它们之间关系依下式^[2]：

$$-\frac{\Delta P}{\Delta Z} = \rho g$$

这个等式说明，低处气压大于高处气压而产生一个向上推力，但空气本身的重力产生一个向下的引力恰好与之平衡。因此，这种静力平衡是在绝热条件下暂时的平衡，只要失去这一绝热条件，平衡随即被打破，引起空气流动。地球表面的热能绝大多数是来自太阳辐射，辐射能的54%被大气反射和吸收，它对大气对流不起决定作用，而其中的46%却被地面吸收和反射，从而对地面大气进行不均匀加热。根据气体定律，假若地面空气体积不变，气压将随温度的升高而加大，使地面空气克服重力而上升。这样看来，地面空气受两种相互对立的因子支配：一方面地球引力场的吸引使空气获得下沉的趋向，另一方面太阳辐射（通过地面反射起作用）的排

[1] Joseph S. Weisberg (1976); Meteorology, Houghton Mifflin Co, Boston, pp8-14.

[2] S. Petterssen, Introduction to meteorology. 近代气象学原理，程纯枢译，龙门联合书店，1950年版，第3—7页。

斥使空气获得上升的趋向。若两者势均力敌，则空气处于静力平衡状态；若一种趋向压倒另一种趋向则平衡被打破，空气或者上升或者下沉。矛盾双方主导地位的转化是有条件的，条件就是地面与地面空气之间的温差。当地面温度高于地面气温时，空气因吸收地面热量而上升；当地面温度低于地面气温时，空气因补给地面热量而下沉。由于地球表面不同纬度、海陆以及陆地上不同地貌单位吸收和反射太阳辐射能的差异性，在一些地方地面空气因吸热而上升构成低压区，在另一些地方地面空气因放热而下沉构成高压区。高压区空气流向低压区，在科利奥里力参与下，低压区形成气旋而高压区形成反气旋。在对流层顶则相反，在上升气流的终点构成高压，而在下降气流的始点构成低压，那里的水平气流的方向与地面相反。这样，在对流层中就产生了一系列对流环。因此，大气对流的根本原因在于对流层本身的矛盾性。

水圈比大气圈复杂，水呈现为气、液、固三种物态，并在一定条件下相互转化。支配水大尺度运动的基本矛盾是什么呢？俗语说：“水往低处流”。大陆上冰川、地表水和部分地下水是从高处流向低处，大气中的液态和固态水以降水方式落向地面，这都是地球引力作用的结果。太阳辐射引起普遍蒸发和升华，又将地表的液态和固态的水转化为气体送到对流层中。如果没有这种矛盾过程，大气中的水将趋向枯竭，大陆水也不可能“川流不息”。

在水圈中，海水占97.2%，现代海洋学告诉我们，绝对静止的海水是不存在的。虽然迄今对海水运动的认识还不完

善，但是对它进行逻辑描述所需的资料还是够的。

表面洋流的基本动因在于地球重力场控制下太阳辐射对洋面的不均匀加热，这一点与大气对流层的动因有些类似；不同之点在于海水是被直接加热而无需地面反射，而且大洋水体是以大陆为边界的。在像大西洋这样贯通南北的大洋中，构成了独立的大洋对流系统。由于不均匀加热，低纬表面海水因水温升高、密度降低而上升，并沿洋面向两极方向流动，在流动中因水温降低、密度增高而下沉，并沿水面下不深的水平流回赤道，构成单环对流。但是，实际的表面洋流并非如此简单，因为地面风系足以驱动表面海水顺风流动，在科利奥里力和大洋两岸阻挡的作用下，形成副极、副热和赤道三环水平环流^[1]。因此，产生表面洋流的根本原因是地球重力和太阳辐射(通过对表面海水不均匀加热)引起的海水两种运动趋向的矛盾，加上大气环流的介入和海岸地形的影响，就构成了一幅复杂的画面。

表面洋流涉及的深度是有限的，更深的海水是以水团(Water masses)的形式运动着，它主要由水的密度差驱动^[2]。高密度水团产生于极区水面，那里的低温和冰冻提高了海水的盐度和密度。例如大西洋，形成于南极大陆附近水面的南极底层水团的密度最高，下沉后沿洋底向北可流至北纬

[1] J. Williams, J. J. Higginson, J. D. Rohrbough: Sea and Air, Second edition, Naval institute press, Annapolis, Maryland, 1973, pp 171—194.

[2] D. A. Ross(1977): Introduction to Oceanography, Prentice Hall Inc, Englewood cliffs, pp 211—213.

45°，形成于格陵兰附近水面的北大西洋深层水团的密度次之，它在底层水之上向南可流至南纬60°，形成于南纬60°附近水面的南极中层水团的密度更低，它在深层水之上向北流过赤道。极区洋面水来自赤道区，南北不同水平的高密水团流至赤道区则相互迭置起来，这垫高了的水面恰好补偿了赤道区洋面水量的亏损，构成一个涉及整个大洋深度的单环对流。显而易见，推动这一对流的基本矛盾同上述表层水的对流本质上是是一致的，只是表现形式不同。

岩石圈 (Lithosphere) 的现代概念是指软流圈以上的地壳和上地幔，平均厚度七十公里^[1]。地壳上部为硅铝层，下部为硅镁层。硅铝层在大陆上较厚，且大致与地形高度成比例，向大洋盆地减薄乃至缺失。基本上呈固态的岩石圈在人们的印象中是“坚如盘石”、“稳如泰山”，其实不然，由于岩石圈中充满矛盾，它在时间的长河中既不坚也不稳。在岩石圈的表面，太阳辐射和地心引力仍然同时起作用。太阳对地球辐射的时空不均一性以及由它提供动能的大气和水的各种形式的运动，使岩石失去稳定性而遭到风化、剥蚀、搬运，岩石碎屑和质点因获得动能而克服地心引力随大气和水一起运动；随着动能的丧失，地心引力又重新占据主导地位，使岩屑和质点获得稳定性，在较原来位置为低的地方沉积下来，这就是所谓的均夷作用 (denudation)。如果按照现代岩石圈表面均夷作用的速率计算，固体地球表面少则数百万年、多则数千万年将被彻底夷平，那么何以经过几十亿年的均夷作用

[1] S. K. Runcorn (1962 ed): Continental drift, Academic press, New York, pp 289—292.

地球表面还有高山深渊存在呢？启蒙时代的地质学家就曾考虑，除了使岩石圈表面均夷的地质作用之外，是否还存在着使岩石圈表面崎岖的地质作用呢？对此曾有过两种对立的见解，以致在十八、十九世纪之交引起一场著名的论战——“水火之争”^[1]。

主水学派领袖魏纳(A. G. Werner 1750—1817)根据晶体矿物形态的研究和已有的实验结果相信：既然过饱和溶液能够析出晶体，那么一切结晶岩，包括花岗岩、片岩和细晶玄武岩就都是水成岩，并且猜测晶体越大指示水越深。因此，他对萨克逊盆地的地层剖面作如下解释：最底部原生层包括花岗岩、云母片岩、石英斑岩等为深海沉积物，其上的过渡层包括石膏、粘板岩、绿岩等为浅海沉积物，再上的次生层包括灰岩、煤、玄武岩、白垩、盐岩等为滨海或湖泊沉积物，最上的水平层包括冲积层和火山岩为陆地沉积物。魏纳的这个结论虽然不正确，但还有它合理的成分。他的主要错误在于将这个结论夸张地推广到全球，于是得出这样一个“地球学说”：原始地球布满象圣经中“诺亚洪水”那样的原始大洋，地球面貌的改变决定于全球水面突然地普遍下降，并将其归因于地壳空洞的突然漏水或是大于地球的彗星偶然掠过而带走了地球上的水。地壳(或岩石圈)内部没有任何运动，阿尔卑斯山为原始地球所固有，大水退却后才露出水面。至于火山，那是地下煤层

[1] F. D. Adams (1942), *The birth and development of the geological sciences*, Dover, New York, pp 209—248.

Sir Archibald Geikie, F. R. S. (1905), *The Founders of Geology*, Second edi, Macmillan and Co, London, pp 237—316.

燃烧引起的局部现象，火山岩归根到底是水成岩的派生物。

主火学派领袖郝屯(James Hutton 1726¹⁸—1797)在苏格兰看到了另外一些地质现象。他看到花岗岩的支脉侵入围岩之中和热变质现象，并首先详细观察了一个非常清晰的角度不整合。这一切使他相信，在沉积岩形成之后，地下有一种力将它推起、变形、这就是熔融的岩浆，花岗岩就是这种岩浆凝结而成的。法国的德马列斯特(N. Desmarest 1725—1815)顺玄武岩层追索到了古火山口，证明玄武岩也不是水成岩。曾经坚信水成说的魏纳的两位最著名的学生洪堡德(F. H. A. V. Humboldt 1769—1859)和布赫(C. L. Von Buch 1774—1852)活动范围很广，他们发现不少山脉轴部有岩基侵入，而在花岗岩和火山岩地区恰好缺乏煤层。经过近半个世纪的反覆实践，人们确认花岗岩和玄武岩不是由海水中直接沉淀出来的，而是炽热岩浆冷却的产物；同时魏纳的地壳不动论也就彻底动摇了。主火学派的一个功绩是建立了地壳运动的科学概念，从而确认固体地球内部存在着矛盾，这个学派用“火”即岩浆活动来概括这一矛盾运动。虽然水火两派在学术见解上各有短长，但是主火学派的哲学结论是进步的，它成为后来地壳运动学说的出发点。关于岩石圈乃至固体地球内部矛盾问题将在本章第四节详加讨论。

在大气圈、水圈、岩石圈相互作用最活跃的地球表面，生活着数百万种有机体，整个有机界及其依存的环境组成一个薄层，叫作生物圈⁽¹⁾。生物是环境的产物，它不仅适应于环

[1] R. H. 怀梯克(1970)，群落与生态系统，科学出版社，1977年版，第iii，39—120页。

境，而且改变着环境，生物与环境的相互作用决定生物圈的发展。

有机体依其营养方式和自然功能分为三个类型：植物、动物、菌类^[1]。植物通过光合作用将气圈、水圈、岩石圈中的无机物合成为有机物，将太阳能固定在机体内，因此它是自然界的生产者。动物除了直接从自然界吸取气、水、无机盐以外，主要靠摄食植物和以植物为食的动物营生，因此它是自然界的消费者。在生产者与消费者的对立中，植物是矛盾的主要方面，没有生产者就没有消费者。但是，动物的功能不仅是消灭植物，在植物的生活中，动物以多种方式促进植物的生长，包括授粉、灭虫、施肥等。而且，在植物和动物之间存在着质能的交换和循环，最明显的例子就是植物呼出氧为动物吸收，而动物呼出 CO_2 为植物吸收。这样，在植物和动物之间构成一个对立统一的整体。任何一个群落、生态系统乃至整个生物圈，植物的生产量远大于动物的消费量，多余的植物和动物遗体将被积累下来。长此下去将导致严重后果：空气中的 CO_2 将趋向枯竭，植物和动物遗体和排泄物将塞满地球表面，最后是生物圈的毁灭。其所以没出现这一可怕的局面是因为第三类型机体——细菌和真菌以腐生和寄生方式加入了生态系统。植物和动物直接或间接从自然界摄取营养合成为机体，菌类则分解植物和动物遗体，将取自自然界的质能还原给自然界，有了菌类这个分解者和还原者才使生物圈不断演替、万象更新。

[1] 陈世骧(1978)：生物史(第四分册)，科学出版社，第44—47页。

生产者与消费者、合成者与分解者的矛盾推动生物圈的发展，它的最高产物是人类。人是生物圈的组成部分，受生物圈矛盾的支配；同时，人类从生物圈分化出来组成社会，受社会矛盾的支配。在人类发展史中，人要适应于环境，又由不自觉地自觉地改变环境。当对环境的发展规律陷于盲目性时，人的生产力使大气、水、土壤污染，生物种群和群落遭到危害或灭绝，茂密的热带雨林变为荒凉的沙漠，肥沃的田野因盐碱化而变得贫瘠，大自然就是这样无情地一再惩罚了我们。当对环境的发展取得规律性认识并用以指导实践以后，不仅使生存环境得到保护，而且能动地使它朝着有利于人类的方向发展。但是，人认识地球和改变地球的能动作用在彻底消灭人剥削人的现象以前，往往难以充分发挥。因此，在自觉地改变地球的同时，必须自觉地改变社会。

总而言之，地球上的一切，从大气圈到生物圈，从沙粒到人类社会，都在不休止的运动之中，其所以如此，是因为地球充满着矛盾。

第二节 地球渐变中的激变

自然界的激变与渐变的关系是一个古老的哲学命题。公元前780年(周幽王二年)陕西发生一次大地震，当时的景象是“烨烨震电，不宁不令。百川沸腾，山豕率崩，高岸为谷，深谷为陵”^{〔1〕}。面对自然界的激变，周朝大夫惊呼：“周将亡矣！夫

〔1〕 诗经·小雅·十月之交。

天地之气，不失其序；若失其序，民乱之也”^{〔1〕}。中国的历史记载中，火山爆发比较少见，但是地震、洪水、星坠之类屡见不鲜。荀况（公元前298—238年）认为，这是“天地之变，阴阳之化，物之罕至者也；怪之可也，而畏之非也”^{〔2〕}。王充（公元27—100年）提出，“且夫物之生成，无卒成暴起，皆有浸渐”^{〔3〕}。我国两千年前人们已认识到，激变是一种自然现象，是由渐变长期积累而后爆发的。这个哲学结论是实践经验的总结，后来人们一再新的实践检验它，乃至围绕这一问题展开论战。

欧洲产业革命对矿产资源的需求向科学提出矿产空间分布规律问题，与这个问题有关，还必须解决地球历史发展规律这样的基本理论问题；同时向哲学提出：地球有没有实在的历史？地球史能否正确认识和怎样认识？地球史是怎样展开的？但是，直到十八世纪，欧洲的科学还深深禁锢在神学之中，创世记是杜撰地球史的唯一依据。贝克莱（George Berkeley 1710）主教断言，“存在就是被感知”。^{〔4〕}既然一切人都未曾感知地球的过去，那么地球的历史就不存在，或者不能被认识。当时知道人类历史只有几千年，关于地球史的认识限于猜测，这就为上帝留下了地盘。爱尔兰的大主教乌歇尔（Bishop Usher 1650—1654）甚至从希伯来经典中“考

〔1〕 国语·伯阳父论地震篇。

〔2〕 荀子·天论。

〔3〕 论衡·道虚篇。

〔4〕 转引自列宁：唯物主义和经验批判主义，人民出版社，1971年版，第10页。

证”出地球是上帝于公元前 4004 年 10 月 26 日上午 9 时创造的^[1]。这样荒诞的臆断有的人是相信的，但有的自然学者却坚决摒弃它，而求助于科学的理论思维。杰出的法国学者布丰(G.L.L de Buffon 1707—1788年)因哈雷彗星的启发提出地球不是上帝造的，而是太阳和彗星碰撞突然形成的；原始地球炽热，他用烧红铁球模拟地球冷却时间为 74800 年，比乌歇尔的臆断的数字大一个量级，这是教会不能允许的。布丰进一步推论，地球早期的地质作用比晚期激烈，因为那时地球温度高；虽然古今地质作用的结果很不相同，但地质作用的原因是类似的。他将地质作用的原因分为两种：一般原因如火、空气、水的作用是连续而缓慢的；特殊原因如地壳的抬升、淹没和下陷是突然而迅速的。他相信，只要对这些古今地质过程和结果仔细观察并加以推论，就能认识地球的历史^[2]。由于布丰强调地球起源和地壳运动的突然性和地质过程的古今不一致性，他成为欧洲激变论(Catastrophism)的早期代表。布丰的激变论在理论上具有反对神学的含义，在方法论上是现实主义的，在历史上起过进步作用，这一唯物主义传统后来为以波蒙(J.B.A.Elle de Beaumont 1798—1874)为代表的现实主义激变论者继承。布丰的激变论也有时代的局限，例如，几万年的时间对于一部翻天覆地的地球史是远远不够用的，我们将看到，以居维叶(G.L.Cuvier

(1) J. F. White (1962 ed): Study of the earth, Englewood Cliffs, New York, pp 42—46.

(2) Jr, C.C. Albritton (1975 ed): Philosophy of geohistory, Hutchinson & Ross, Stroudsburg, Pa. Dowden, pp 316—318.