



地学系统思维: 新世纪地球科学思维的基本走向

白 屯

(河北工业大学 社会科学系, 天津 300130)

摘要: 地学系统思维方式的形成具有特定的历史背景。随着现代地学研究范式发生的根本性转变, 地学系统思维方式开始出现, 标志着现代地学思维的重大突破。以地学系统思维方式理解地球和地球科学, 是新世纪地学研究和发展的哲学背景。

关键词: 地学系统思维; 地球科学; 思维; 走向

中图分类号: N031

文献标识码: A

人类对地球客体整体性和系统性的认识经历了一个逐步深化的过程, 这个过程伴随着旧有思维模式的不断被突破。1912年, 本不是“科班”出身的魏格纳发起了现代地质学革命, 以思维方式的创新^[1]引导了现代地球科学的飞跃发展, 进一步把人们对地球的认识向更为广阔和整体的方向推动, 这件事本身就说明了一个已被我们今天普遍认可的道理: 对地球客体更为广泛和深入的认识, 必须借助于所谓“外行”的学问, 更何况具有天文学、气象学背景知识的魏格纳, 在今天决不能将其排除在地球科学家的队伍之外的。在新世纪开始的时候, 地球科学思维模式正酝酿着新的突破, 新型地学思维模式——地球科学系统思维模式即将出现。

1 新型地学思维模式出现的历史背景

地球科学系统思维模式是在世纪之交, 在人类对地球客体认识的进一步深化, 以及地学理性水平进一步提高的基础之上出现的。

首先, 新的地学思维模式是现代地球科学革命思维成果的逻辑延伸。现代地学革命在地学哲学特别是在地学思维领域里的重要成果是产生并形成了

所谓“全球运动思维方式”^[2]。全球运动思维方式是在19世纪末、20世纪初创立并于20世纪中期逐渐发展成熟起来的。19世纪地质学中的冷缩论者丹纳(J. D. Dana, 1846, 1847)、徐士(E. Suess, 1888)、波蒙(E. de Beaumont, 1852)等人相信, 全球性的地质结果必然引起全球性的地质原因。他们关于正断层、逆断层和推覆体的研究, 开创了陆壳水平移动研究的先河。冷缩论者的地球观尽管并不承认大陆水平运动, 但有一点是可以肯定的, 即他们关于发生于全球的地球升降运动的阐述, 不仅抓住了全球运动思维方式中重要的内容, 而且成为后来魏格纳全球运动思维方式的思想渊源。

1912年, 魏格纳提出的“大陆漂移”假说, 把地学传统的水平运动研究从陆壳移到了海洋, 确立了地球的全球水平运动模式。在当时, 人们关于海洋的认识尚处于初期阶段, 而大陆上的地质、地理和古生物等资料也并不充分, 加之其天文学的专业背景——这使得人们把魏格纳当作地质学的外行——“大陆漂移”说遭到来自多方面的怀疑、批评甚至反对是可想而知的。然而, 魏格纳顶住压力, 系统收集了地球物理学、地质学、古生物学、生物学、古气候

收稿日期: 2001- 06- 07

作者简介: 白屯(1955-), 河南淮阳人, 哲学硕士, 河北工业大学社会科学系主任, 教授, 在读博士生, 研究方向为地学哲学和科学技术与社会。

¹ 魏格纳的思维创新主要体现在互补性和综合性方向, 参见参考文献[1]。

学、大地测量学等多方面的资料,并分别于1920、1922、1929年三次再版了其名著《大陆和海洋的形成》。大陆漂移说提出了与以往关于地球历史、地球时间、地球状态和地球发展等相异的假说,它以其大胆的“古陆分裂漂移”的设想,阐述了大陆和海洋的进化观。由此,发动了地球科学领域特别是地学思维领域新的革命。他的“地球是统一体客体”的观点、时间成为矢量的看法以及方法论上把整体和综合的思维模式引入地学研究的过程等思想,代表了现代地球科学系统思维的基本观点。

其次,大科学时代的地球科学研究面对的是复杂的巨系统及复杂巨系统问题。20世纪60年代开始,在世界范围涌动的大科学时代到来之际,地学研究面对的问题发生了实质性的变化,其突出的特点是地学研究往往围绕着更为巨大的课题展开,科学家进行着世界范围的合作,一系列大规模的国际联合攻关项目纷纷上马。其中,岩石圈研究和全球变化研究等重大项目最为引人注目。岩石圈研究一直是现代地学研究的中心内容之一。与以往以板块构造理论为核心,以查明岩石圈结构为主要目的的研究不同,新的岩石圈研究是通过地质、地球物理、地球化学、大陆超深钻、空间大地测量等多学科综合探索,了解地壳和地幔的物质组成、结构构造、物理化学状态和物质运动方式,并建立全球岩石圈的结构、成因和演化的动力学模型,为寻找和评价油气和矿产资源,为预测和减轻地质灾害,为改善自然环境等问题提供基本知识框架或依据。以第二代环境问题(主要包括臭氧层破坏、气候变暖、酸雨、生物多样性减少等^[3])的出现为代表的全球变化是当今人类最为关心的重大科学和社会问题之一。为研究该问题,国际科学联合会发动组织了国际地圈生物圈计划(IGBP),即全球变化计划。全球变化计划的目的是深入研究地球系统各圈层内部及相互之间的物理学、化学和生物学作用的过程及其规律,全面了解自然环境的特征及其变化趋势,系统探讨由人类活动引发的环境变化及其已经或将会造成的重大全球变化。全球变化研究的基本思路是把包括人类圈在内的各个圈层作为一个整体联系起来,系统研究它们之间的各种作用和影响。

第三,对新型人—地关系的理论阐述和现实理解。今天的地球科学正在以自己的方式表明着一种新的人地关系,这种人地关系的实质就是把人和地

同时归入到一个更大的系统中,因为,无所不在且极大地影响到人类自身生存和发展的人类地质作用、地理作用、海洋作用和大气作用等被统称为人类地球作用的行为已为世人所公认,而且,地球科学和地球科学家也必将在这一个大系统中展开自己的工作。最早显示出这一趋势的是地学的各个分支学科,如地理学、大气科学、海洋科学及地质科学中的某些学科,它们将研究的目的、对象置于解决人—地关系问题的新领域,取得了一些重大成果。嗣后,一些传统上被认为是研究远离人类社会生活、远离人的直观的科学问题,如地壳深部问题、微观地质问题和史前地质问题等,也在其被赋予了预测自然灾害和寻找新能源、治理环境污染等任务中与人类社会的生存和发展联系到了一起。

地学是为人类服务的,这种服务先是以地学服务于经济建设为切入点,进而发展到保障人类社会可持续发展的高度,如保障资源永续利用的能力,促进资源短缺与经济迅速发展之间矛盾的解决,促进和指导人类社会保持良好的生态和环境,为提高人类预测预防和治理自然灾害的能力提供支持等。由此而出现了如农业地学、医学地学、交通地学、旅游地学、人口地学、城市地学和决策地学等与人类社会存在和发展密切相关的新兴学科。

第四,现代地球科学家的培养方式出现了新的特征。当代地学教育的模式表现出现代地学思维的新视野和地学系统思维的客观需要,形成了以关注全球整体发展特别是关注人类社会与地球共同发展的人才培养趋势。与此同时,地学教育的发展明显地表现出其更为广阔的涉足领域和更为艰深的理论基础以及其与社会的密切联系。例如,现代地学的教育体系就涉及到各级教育机构、政府、地学院校和专业以及大学的教师培训部门。美国斯坦福大学地球系统问题研究的主要组织者 G. Ernst 和生态学家 J. Roughgarden 等人提出建立的“地球系统课程”包括了地学、生物学、工程学、经济学和政治分析、环境工程或土地使用计划等学科,目的是把地球科学内部以前一个个孤立的系列课程组成一个大系统,从而使新一代地球科学家能够获得更为宽广的现代知识。

2 现代地学研究范式发生了根本转变

现代地学研究的范式出现了三个大的根本性转变。

第一个转变是地球科学研究的系统性出现了由学科小系统到科学大系统的根本转变。17 世纪末、18 世纪初,地学开始独立,形成了以一门门分支学科如矿物学、矿床学、地层学、岩石学、古生物学、动力地质学、构造地质学、区域地理学、自然地理学、人文地理学、地貌学以及后来产生的天气学、气候学、预报学和海洋生物学、海洋地理学、海洋化学等为代表的学科体系。与此同时,一些地学的先驱人物就已经开始跨出前人既定的思维领域,思考地学对象或地学学科之间的横向联系,例如出现了早期的把地质学与物理学、地理学与生物学、地质学与气象学等相结合的思考,其中,比较有代表的是德国著名科学家洪堡。20 世纪,随着现代地学的发展,特别是在“地质学革命”发生的过程中,地球科学开始了与其它自然科学更为实质的结合,地球科学已经不再是某一地学分支学科如地质科学的同义语,也不仅仅以有关固体地球及其内部和周围流体为主要研究内容,它应当是关于地球整体及其运动、变化、发展的本质和规律的系统认识,它的分支学科应当包括地球科学史、大气科学、固体地球科学、空间物理学、地球化学、大地测量学、地图学、地理学、地质学、水文学、海洋科学和地球科学其他分支等二级学科以及在其所属之下的至少 94 门三级学科。^[4]80 年代末、90 年代初,旨在从整体上研究地球系统成因演化作用的地球系统科学浮出水面,从而在一个新的层次上对当代地球科学进行重新整合,成为新世纪地球科学发展最明亮之点。

第二个转变是地球科学研究的对象系统出现了由非生命科学系统到把非生命科学系统与环境和生命科学系统相结合的转变。现代地球科学密切关注着人类所面临的环境、资源、灾害、人口等难题,出现了由以前仅对非生命科学对象的把握到将非生命与生命、非生命与环境、非生命与生态对象和相互关系的统筹思考和把握。事实上,地球科学思维明显地意识到其与生命科学的对象和与生命科学的研究息息相关是 20 世纪 70 年代以后的事情,尽管类似的思想早就出现过。¹ 来自美国石油地质学家联合会的调查表明,当代地质学家选择职业时,46% 的人选择了与环境研究有关的工作,而只有 12% 的人选择了与石油有关的职业,此外,9% 的人选择了教师工作。^[5] 职业选择是社会需求的反映,也从一个侧面表明地球科学发展的新趋向:地球科学研究不再仅仅

是传统意义上关于地球各个组成部分的认识和探究,它已包含或扩大到人们通常所说的环境科学、生态科学、生物科学等与生命系统相关的领域。现代地球科学在处理诸如能源与矿产问题、寻找和保护干净的水源、综合治理环境污染、保护生态环境和国土资源以及自然灾害的预报和防治等方面显示出巨大的应用潜力。

第三个转变是地球科学研究出现了由关注自然大系统到关注自然和社会两大系统的转变。现代地球科学正在逐步走出传统非生命的研究对象而扩展到社会,她密切地关注着社会,关注着人类自身的种种行为。因此,现代地球科学与社会科学的联盟是客观要求之使然。当代地学研究对象转向更加贴近于人类社会的领域,她把一系列关系到社会发展的重大问题当作自己的研究对象,这是近些年来出现的新趋势。事实上,自从世界范围的资源短缺、环境污染和生态破坏成为与经济的空前高速增长及人口的迅速膨胀相并列的 20 世纪三大变化以来,世界地学研究的中心就已经开始向治理污染、保护生态环境的方向转移,并由此带动了地学新发展的车轮。维护和改进环境状况,保护人类赖以生存的物质基础,提供更多更好的资源存量和资源储备等等成为地学新的生长点。^[6]

3 现代地球科学系统 思维方式关于地球的理解

地球科学系统思维方式(geoscientific fashion of system thinking)是当代科学家以系统思维的方法认识、理解和把握地球客体本质和规律,并形成系统地球科学理论的基本思维模式,是地球科学和地学哲学在当代的最新结合和抽象,是现代科学家了解和研究地球客体的重要的思维背景。

以系统的观点把握地球是地球科学系统思维方式理解地球的核心,由此而造就了新地球观的基本特征。

首先,地球科学系统思维方式认为,地球是一个巨大的系统,必须从系统的和整合的观点出发,研究

¹ 例如,在地球与人类的关系方面,希波克拉底(Hippokrates)第一个把人类生活和气象现象结合起来,而中国战国时期的大诗人屈原在其著名的《天问》中也描绘了一幅关于自然、社会和人世沧桑相联系的地球知识画面。

地球大系统及其子系统,即地球整体及其各圈层内部以及圈层之间的运动变化全过程、形成机制以及可能发生的变化趋势。传统地球科学的各分支学科,多注重研究地球各特殊子系统的内部,及其在特定时间内的结构与作用过程,它们把地球客体划分为不同的部分,而把由研究这些部分所获得的知识简单迭加当作“地球科学”,由此而出现了针对地壳、地幔和地核进行研究的科学如地质学、地理学、地球物理学和地球化学;针对大气圈进行研究的大气科学;针对水圈进行研究的海洋科学、水文学和冰川学;针对生物圈进行专门研究的生物科学等。地学系统思维方式则要求把地球当作一个行星,打破原有分支学科的局限,从整体上展开研究,从而获得了新的认识结果。

其次,地球科学系统思维方式认为,地球是一个演化系统,它时时发生着各种类型的相互作用,从而表现出地球系统的复杂性。现代地球科学系统思维方式认为,地球是一个时刻都在发展变化的演化系统,例如,太阳系的运行速度是 220 千米/秒,地球的公转速度是 30 千米/秒,而地表的空气、温度、湿度以及海洋、河流、湖泊等都在不停地运动。就连岩石圈也以零到十几厘米/年的速度在进行变位与变形。科学家还发现,地核则具有相当快的转动速度(数万千米/年),它的物质成分也在时刻发生着变化。总之,地球时刻都在发生着形式多样、规模程度不一的演化过程。

伴随着地球演化的发生,地球内部圈层之间存在着复杂的相互作用。地球是一个极为复杂的系统,其复杂性产生的根本原因是其内部作用方式的复杂多样,而且,多样化的相互作用导致了地球系统总体性状、结构与功能以及不同圈层之间相互作用关系的复杂性。这种复杂性的表现我们随处可以发现,例如地球深部密度不同的物质分布与地表及大气圈中的重力分布关系,地表磁场与地核地幔之间转速差异运动的关系等等。科学家指出,对地球系统的复杂性研究将是 21 世纪地学发展中居战略地位的生长点之一。^[7]深入了解地球如此复杂的系统演化关系,对于地学实践有重要的指导意义。例如我国科学家在解决世界性的找矿难题时提出了分析地质异常、成矿多样性和矿床谱系三者相互联系、相互影响的内在关系为主要切入点的方法,取得了良好的效果。^[8]再比如,科学家利用地球不同圈层之间

运动和相互影响的关系来分析研究地震、厄尔尼诺等现象的性质和机理也获得理想的结果。^[9]

第三,地球科学系统思维方式认为,地球是一个开放的系统。一方面,地球系统自从诞生以来,整个系统与周围环境之间就一直发生着质量、能量与动量的交换,从原始地球在不断接受固体星子反复碰撞和吸积,到不断接受太阳能和宇宙线的辐射等等。另一方面,地球系统在接受来自外界的质量、动量与能量的同时,也在不断地耗散其能量。由于地球已进入中年阶段,地球表层已形成较厚的固态地幔与地壳,因而地表的物质绝大部分被牢牢地吸引在固体地球表面或其周围,散失量较小。然而,由于地球每时每刻的火山爆发、喷泉等的进行,地球的热量仍然在不断散失。40 亿年来,地球表面温度降低了 200—500℃,热损耗速率约在 5—12℃/亿年的范围内。地球在转动过程中,转动惯性能也在逐渐消耗,表现在地球自转速率的逐渐减慢,现在已有证据表明,5 亿年前地球每年有 430 天,每天仅有 20 小时^[10]。所以,地球是宇宙中的一个组成部分,它时时刻刻与宇宙发生着相互作用,并由此表现出其鲜明的开放特点。

第四,地球科学系统思维方式认为,地球的进化是以自组织的、不可逆的和进化的方式进行的。经过近年来的研究,证明了地球整体经历了从简单到复杂、由低级到高级不可逆的演化过程。例如,根据同位素地球化学的研究成果,富含铝硅酸盐的古大陆的核心主要增生时期为距今 30 亿—18 亿年,即新太古代—古元古代时期,现在所知的大陆地壳基本上都是该时期形成的。在 18 亿年以前,由于²³⁵U 诱发裂变能和²⁶Al 辐射能的作用相当猛烈,地球内部的热活动一直比较强烈,物质在垂直方向(地球半径方向)上的分异、对流、迁移等作用都相当激烈。然而,在 18 亿年以后,即中元古代以来,²³⁵U 的诱发裂变能已释放完毕,热能的释放主要依靠较弱的,长寿命放射性元素²³⁸U、Th 和 K 等,能量显著降低,使

¹ 地震在发生前几天,由于深部地壳应力积累,逐渐产生微裂隙,放出气体,从而使大气圈底部的空气发生局部的“温室效应”,利用红外线遥感探测的方法,及时掌握热红外异常,可以起到预报地震的目的。此外,立足于地球圈层间相互作用的观点,我国学者提出了厄尔尼诺现象的出现与地幔大规模排气作用有关。

地球内部变冷,岩石可塑性变小,导致上地幔的顶部层位和地壳合成一个统一的岩石圈,其刚性程度加大,为后来岩石圈板块大规模地沿地表面水平方向运移创造了条件。^[11]总之,自从地球形成以来,地球的各个圈层一直处于不断的演化发展之中,这个过程是自组织的、不可逆的和前进式的。

4 现代地球科学系统思维方式 关于地球科学的理解

以大系统的观点把握地球科学是地球科学系统思维方式理解地球科学的核心。

首先,地球系统科学的主要任务是在更大的规模上对地球系统的历史发展过程进行研究。地学系统思维方式认为,了解地球系统的过去和现在是地球科学最重要的任务之一,因为,对地球整体演化发展过程的追溯,不仅关系到对其现状的把握,而且关系到把握地球的未来。科学家指出,对地球系统整体发展过程的诠释,核心是对发生在地球发展不同阶段及地球发展整体过程统一性的研究,特别是对以几十年至几百年为时间尺度的中间时段的地球发展过程予以重点研究。因为,此时段对于人类社会的生存和发展尤为重要。为此,地球系统科学应当融合地质科学、地理科学、大气科学、海洋科学和地球生物系统的知识,以便认识和把握与人类生存时间尺度相关的地球系统的演化规律。

第二,地球系统科学的主要目标是在深入把握地球系统整体运动演化规律的基础上,建立新型、统一的地球科学体系,从根本上改变以往人们对地球科学体系特征的疑惑:存在越来越多的分支学科,而没有相应的地球科学整体,以至于长期出现对地球科学体系的线性理解:部分分支学科的迭加等于整体的地球科学。目前正在开展的研究,如探索地球及其大气圈、水圈和生物圈在各种时间尺度上的演化记录、揭示过去大陆的运动规律、建造古大洋和古大气环流模型的全球古环境和生物演化研究、全球地球化学和生物地球化学循环研究、危险性评价和可承受风险水平研究等,都是这方面的积极尝试。

第三,地球系统科学的实质是从整体上揭示和表现地球运动形式。笔者曾于 1995 年提出地球运动形式的概念和某些思考^[12],作为对自然界某一运动形式的揭示和反映,地球科学所揭示的是地球运动形式,这是在前人关于地质科学是对地质运动形

式(凯德洛夫,1959,1963)的揭示和反映基础上,在人类对地球科学研究出现了新的变化的基础上得出的结论。建立地球系统科学体系,实质上是从根本上反映和表现了自然界一种人们尚认识不大清楚的运动形式,从而在以往机械运动、物理运动、化学运动、生命运动和社会运动的基础上透视出地球运动的真谛。这是因为,地核、地幔、地壳,地表的海洋、大气与空间以及人类社会,它们既有差别但又源于一体,它们各自有存在的成因机制和演化过程,也有现实的物理、化学动力学和社会科学系统的特征,因而在分门别类地对其进行研究时,不可避免要与各门自然科学和社会科学联系起来。然而,由于地球运动形式和地球系统科学是对地球上存在的各类运动形式及各类科学活动的直接或间接的综合反映,它必然要超越以往的地学认识,达到更深和更广的水平,从而揭示出地球系统新的本质。

(本文凝结着我的导师吉林大学刘猷桓先生的心血,在此深致谢意。)

参考文献

- [1]白屯.魏格纳地质互补思维述评[J].科学技术与辩证法,1991(4):13.
- [2]白屯.论地学思维方式[J].自然辩证法研究,1991(4):54.
- [3]余谋昌.创造美好的生态环境[M].北京:中国社会科学出版社,1997.49.
- [4]中国国家标准局.学科分类与代码(GB/T,13745-92).北京:中国标准出版社,1992.56.
- [5]Donald C. Haney. Wake up Geologists! [J]. *Geotimes*, 1993(2): 25.
- [6]白屯.关注社会的地学与地学的新发展[J].自然辩证法研究,2000(10):11.
- [7]於崇文.固体地球系统的复杂性 with 自组织临界性[J].地学前缘,1998(9):3.
- [8]赵鹏院士提出“三联式成矿预测”理论[N].光明日报,2001-5-31.
- [9]杜乐天.厄尔尼诺会不会发自地幔“呼吸”[N].科技日报,1998-2-12.
- [10][11]陶世龙,万天丰,程捷.地球科学概论[M].北京:地质出版社,1999.128,132.
- [12]白屯.从地质运动形式到地球运动形式[J].科学技术与辩证法,1995(3):18.

(下转第 67 页)

科学技术的一些新学科动向的涉及还需更加广泛等。这有待于再版时予以补正,以使该教材更加完满和充实。尽管如此,该书仍不失为一本好书,正如邢贲思教授在“序言”中指出的,《自然辩证法(干部读本)》“注重理论联系实际,简明扼要,通俗易懂又

不乏深刻和新意,对帮助领导干部学习马克思主义的自然观、科学技术观和科学方法论,做了一件很有意义的工作”。该书的正式出版,必将对广大党政领导干部学习自然辩证法发挥积极的推动作用。

(本文责任编辑 王国政)

(上接第 31 页)

[8] 哈贝马斯. 公共领域的结构转型[M]. 曹卫东, 王晓珏等译. 上海: 学林出版社, 1999. 3- 4.

[9] 盖建民. “模型化”思维论析[J]. 科学技术与辩证法 2000(1): 17- 21.

[10] [13][15][16] Thomas. R. Dye **Understanding Public Policy** 8th ed, [M]. Prentice- Hall, Inc, 1995. 17- 41, 26, 32, 35.

[11] R M 克朗. 系统分析与政策科学[M]. 北京: 商务印书馆, 1986. 33.

[12] 卢现祥. 西方制度经济学[M]. 北京: 中国发展出版社, 1996. 83.

[14] 陈庆云. 公共政策分析[M]. 北京: 中国经济出版社, 1996. 123.

[17] 追踪诺贝尔——诺贝尔经济学奖得主专访[R]. 北京: 中国计划出版社, 1998. 152.

The Making Subject Change and Model Select in Process of Making Policy

LI Xia, XING Run-chuan

(The Institute for Research in Science Technology and Society in ShanXi University, Taiyuan 030006, China)

Abstract: The paper discusses making subject's changing and model selecting from the view of making subject of science and technology policy. Pointed out, at present we should study our country's making subject's changing and model selecting question base on the trend of present.

Key words: science and technology policy; making subject; changing; model

(本文责任编辑 马惠娣)

(上接第 36 页)

Geoscientific System Thinking: The Main Tend Towards of Geoscientific Thinking in New Century

BAI Tun

(Dept. of Social Science, Hebei University of Technology, Tianjing 300130, China)

Abstract: There is specifically historical background in forming Geoscientific fashion of System Thinking. With the change of paradigm, the Geoscientific fashion of System Thinking begin to appearance and it is the importance breach on modern geoscience thinking. It is the important philosophical background in studding and developing geoscience to understand earth and geoscience with geoscientific fashion of system thinking.

Key words: geoscientific system thinking; geoscience; thinking; tend towards

(本文责任编辑 范勤宇)