

[文章编号]1009-3729(2011)03-0025-09

地球人文社会科学研究的基本方法

余谋昌

(中国社会科学院 哲学所, 北京 100732)

[摘要]地球已经进入“人类世”的新地质时代,新地质时代的地球研究需要把自然科学与人文社会科学结合起来,并应用地球“活物质”方法、“盖娅假说”生命方法、生态系统整体性方法等新的科学方法来研究,形成地球人文社会科学。维尔纳茨基提出的地球“活物质”方法将地球生命有机体作为统一整体来研究地球上的物质、物质关系和运动,并据此创立了生物地球化学和“生物圈”学说,具有重要的科学价值和方法论意义。“盖娅假说”提出生物圈作为自适应的调节系统能够自动维持地球平衡状态,这种新的地学方法揭示了地球的自组织潜能和地球环境的非线性系统特性,也表明了人类活动应该遵循的生态伦理原则。生态系统整体性方法依照地学思维方式的生态整体性思维来看待和研究地球科学及“人类世”时代的地球问题,全面而辩证地把握研究对象,注重网络因果关系分析及生态学方法、概率统计方法、数学模型方法等的结合。这些新方法的应用不是孤立的而是统一的,表现了对人与地球的双重关切,将推动地球人文社会科学的长远发展,进一步拓展人类文明的新视野,使人类对地球的科学认识 and 实践活动迈向新的境域、攀上新的高度。

[关键词]“人类世”地质时代;地球“活物质”;盖娅假说;生态系统整体性

[中图分类号]N031 [文献标志码]A

地球科学被定义为自然科学,对它的研究属自然科学研究。但现在的地球并不是纯粹自然的地球,而是被人类活动改变了的地球,是人类学的地球。地质学家认为,地球已经进入一个新的地质时代——“人类世”地质时代。新的地质时代的地球研究不仅需要自然科学,而且需要人文社会科学,需要把自然科学与人文社会科学结合起来对其进行研究。进行地球的人文社会科学研究需要新的科学方法,比如地球“活物质”方法、“盖娅假说”生命方法、生态系统整体性方法等。

地球是太阳系已知八大行星之一,是一个庞然大物,总质量 5.974×10^{24} kg,赤道半径 6 378.14 km,分地壳、地幔和地核,总体积 $1.083 2 \times 10^{12}$ km³;它已经有 46 亿年的历史,是现在人类已知唯

一有生命的星球,是人类和近亿种生物共同的家园。但是,在茫茫宇宙中地球只是一颗小小的普通的行星,我们生活在地球上,看不到它的真面目,在浩瀚宇宙中它只是一个小斑点。我们认识地球,依照还原论分析思维,用分析方法、比较方法、实验方法等传统方法是无能为力的,需要用整体性方法。地球是有生命活动的机体,不仅有物理物质、化学物质,而且有生物活物质、有类;其运动形式不仅有机械运动、物理运动和化学运动,而且有地质运动、生命运动和社会运动。对这样复杂的地球的认识,需要生态系统整体性方法。

从认识论的角度看,人类认识地球是从石头开始的。一方面,人类从对石器的制造和使用中产生了最早的矿物知识,从陶器、铜器、青铜器、铁器的

[收稿日期]2011-01-09

[作者简介]余谋昌(1935—),男,广东省大埔县人,中国社会科学院研究员,博士生导师,主要研究方向:生态哲学和地学哲学。

制造和使用中产生了最早的矿物学知识,工业革命以后又出于对各种金属和燃料的需要而从矿物学发展出地质学;另一方面,在日常生活中,为了躲避或对抗各种各样的自然灾害,为了寻找栖身之所,为了获得食物和安全,人类不断积累并形成了地理、气象、灾害等有关地球的知识。科学技术革命形成了现代地球科学和技术体系,主要应用还原论分析思维来研究地球的机械运动形式、物理运动形式和化学运动形式;但是对现代地球特别是“人类世”地球的一些非常重要的物质运动形式,如地质运动形式、生物运动形式和作为地质作用力的人类的运动形式,尚缺乏深入研究,它需要新的研究方法。

一、地球“活物质”方法:研究地球科学的新方法

地球“活物质”理论是俄国科学家维尔纳茨基提出的。他是地球化学和生物地球化学的创始人。1981年,苏联自然科学哲学问题第三次会议专门讨论维尔纳茨基的科学遗产在现代科学发展中的意义,会议通过提案将1983年定为“维尔纳茨基年”,以纪念他对世界科学发展的杰出贡献——他第一个研究了生物有机体对地球的作用以及人的地质作用,创立了生物圈和智慧圈学说;他的地球“活物质”理论正确地解释了地球进化的生物学阶段的形成和意义,对认识地球具有重要的方法论价值。

1. 地球“活物质”概念的提出

1989年,笔者翻译出版了维尔纳茨基《活物质》一书。这是维尔纳茨基1920年代初的著作,1978年由莫斯科出版社出版,内容包括前言“宇宙的两种综合”,第一章“活物质的意义”,第二章“从地球化学观点论活物质”,第三章“生命起源和永恒性”,第四章“活物质和死物质”,第五章“地球化学中的活物质和活物质研究的特点”。

维尔纳茨基在本书的前言中开头便说:“很遗憾,生物学家们通常很少注意与活物质有关的现象,而对于由外界环境变化表现出来的有机体的种的特征的研究工作,也远远脱离使现代研究者感兴趣的一般任务。生物学家们忘记了他们所研究的有机体是地壳不可分割的一部分,是地壳不断变化的机制,而只是在我们的抽象中才可以把有机体同

地壳分开。我们只有在对它评定时,把有机体的地质的、特别是地球化学的性质(即生物圈中化学现象总和所引起的变化)与有机体的形态的生理特性结合起来,才能得到关于有机体的完整概念。”^{[1](P12)}与传统生物学家的研究不同,他一开始就视生命为整体,认为生物与环境是统一的、生命现象与无生命的自然现象是统一的,他用生命整体性观点研究生物的地质作用,并从地质的即行星的观点来看待这种统一过程和作用。总之,维尔纳茨基是用全新的观点,即“活物质”的观点研究地球的。

所谓“活物质”,是指生物圈内有机体的总和。这一概念是维尔纳茨基在创立生物地球化学时提出的。1915年,他发起成立俄国自然生产力研究委员会并任主席。在自然生产力研究中,为了研究各种自然资源如岩石、矿物、水、植物、动物等,需要用统一的尺度和方法计算这些资源。这样,他开始像研究岩石、矿物的总量一样研究植物和动物总量,从而提出“活物质”概念。他说:“在地球化学中,生命的无数单个有机体的协同作用,以它们的总和表现出来……必须从它们的重量、它们的化学成分、它们的能量、它们的空间特性的观点来表示有机体的总和。以这些参数表示活的有机体的总和,必须引进表明生命的新的术语。我把以重量、化学成分、能量、空间特性表示的有机体的总和称为活物质。”^[2]

以有机体总和表示的“活物质”,是地壳不可分割的一部分,是造成地壳变化的重要因素。“活物质”作为地球生命有机体是统一整体,它的地质作用是巨大的,可以与河流、风、火山和其他地质作用相比拟。他说:“从地球化学的观点来看,活的有机体不是地壳化学组织性中的偶然事件,它构成地壳最重要的和不可分割的部分。它们与地壳上的无机物、矿物和岩石有密切的联系,是统一的地壳过程的表现。”^{[3](P64)}在这里,生物成为地球的强大的地质作用力的表现。

2. “活物质”概念的科学意义

首先,通过对活物质的研究创立了一门新的科学——生物地球化学。维尔纳茨基指出,活的有机体在地球化学过程中不是次要的地质因素,而是地球表面最强大的地质作用力。它在地壳化学元素

的迁移、浓缩、分解和化合过程中起着重要作用。现代大气中的氧是植物光合作用形成的,如果没有游离氧,地壳及其变化的全部过程就会按完全不同的方式进行。地球水圈的化学成分与生命活动有关。岩石圈的沉积岩是生物性岩石,是“活物质”的创造。“活物质”堆积了可燃性矿物如煤、石油、天然气、沥青等;生物参与了许多化学元素的富集、分散、迁移和转化,形成了如硫、磷、铁、硅等许多矿藏,同时参与了岩石圈的建造和改造,建造了整个土壤圈。维尔纳茨基说:“实际上,活物质以自己的影响遍及整个地壳化学,影响几乎所有化学元素的地球化学史。”因此,“不研究生物,就不能理解化学元素的历史”^{[3](P36)}。生物地质作用思想的提出是一场地学革命。按照传统观念,有机体对地壳的作用是微不足道的,甚至在维尔纳茨基的著作发表多年之后,这种观念仍然在地质学研究中占统治地位。

其次,在“活物质”研究的基础上创立了“生物圈”学说。维尔纳茨基指出:“现在,大量地质学文献中还没有把生物圈看作是统一整体,看做是地壳机制的合乎规律的表现。”^{[1](P222)}他依据对“活物质”研究的成果,用精确的事实研究生命现象的地质意义,描述生命的地质表现,提供了生命行星过程的科学图景,创立了科学的生物圈学说。维尔纳茨基生物圈学说的主要思想如下。

(1)生物圈是统一的整体。生物圈不是地球表面的偶然现象,它与地壳结构有密切联系。“活物质”是生物圈机制的统一整体。维尔纳茨基指出:“整个活物质是不可分割的整体。它不仅彼此之间,而且与生物圈的无机环境之间,有合乎规律的联系。”^{[1](P231)}生物圈是有生命分布的地带,即有生命存在的地球外壳。生物圈有大量液态水,可以从太阳得到充足的能量,大气圈上层有臭氧层屏障挡住太阳大部分紫外线,有大气、水和富含碳、氢、氧、氮、硫、磷、钙、钾、铁等生命元素的土壤,因而它又是生物的生存环境,可确保生命在这里生存、繁荣和发展。

(2)生物圈是地壳上太阳能转换的重要机制。维尔纳茨基指出:“实质上,生物圈可以被看做是地壳的这样的地带,它是把宇宙辐射转变为有效的地球能——电能、化学能、机械能、热能等——的转换器。”^{[1](P231)}太阳能决定生物圈机制的主要特征。太

阳能转变为地球有效能量是在“活物质”的参与下进行的。首先是绿色植物的光合作用直接利用太阳能制造化合物。其他所有生物都与植物有着直接的不可分割的联系,它们进一步改造由植物制造的化合物。整个活的自然界就是把太阳能转变为地球有效能量的过程的进一步发展。能量的这种转换可以看做“活物质”的属性,是生物圈中“活物质”的功能。生物圈就是特殊的化学反应器。“整个活物质,即全部有机体的总和,无例外地是生物圈中自由化学能的积累,是把太阳能转变为自由化学能的统一的特殊方面。”^{[1](P241)}自然界处处表现了生物圈中“活物质”的太阳能转换器的作用,这是地壳的新的机制,它从根本上改变了地球的历史和命运。

(3)生命活动具有巨大的地质意义。维尔纳茨基指出,虽然地球上 $10^{12} \sim 10^{13}$ t的生物量,但它只是地球质量的很小的一部分;而“活物质”每年生产 38×10^{10} t的生物量,在生物圈的整个历史上,它的生产总量几乎是地壳无机物总量的2倍。“活物质”以其重量、化学成分、能量来参加地球化学过程,起到了地球化学联合工厂的作用。“活物质”改变了地壳原有的动态平衡过程和物质循环系统,产生了许多新的物质运动。特别是对地壳元素在循环系统中的地位、复杂性和分布不平衡性,“活物质”起了改造整个地壳的作用。现代大气圈的形成、现代水圈的化学成分、现代岩石圈特别是土壤圈的形成,都是生命活动的结果,是地壳生物圈机制的表现。因此,维尔纳茨基指出:“在地球表面,不存在比整个有机体更经常地起作用、因而按其最终结果来说是更强大的化学力。我们越研究生物圈的化学现象,就越坚信,在地球表面没有不依赖于生命的事件。”^{[1](P241)}

(4)生物圈向智慧圈过渡。1942年,维尔纳茨基发表他最后一篇论文《关于智慧圈的几句话》,提出关于智慧圈的学说。这是他的生物圈学说的逻辑发展和最终完成。他清楚地认识到,生物圈的物质运动及地球上生命的演化形式越来越复杂,随着高等哺乳动物类人猿的出现以及人从类人猿中分化出来,生物圈受到新的力量——人的智慧的力量改造,生物圈发展的自然过程被打断,其性质发生变化,生物圈演化到了新阶段——智慧圈。他

说:“智慧圈是生物圈演化的许多阶段中的最新阶段,在地质史上是现在的状态。这一过程的进程只有从过去地质时期的某些方面的研究着手才能揭示出来。”^{[1](P357)}

人以自己的劳动和智慧改变着地球,人的作用成为生物圈的新的机制。维尔纳茨基强调,人的智慧——科学思想已经成为地球的新力量。他指出,人的力量不是由人的生物量决定的,“整个人类总共也不过是地球物质的极小的一部分。他的强大力量不是与他的物质质量有关,而是与他的大脑、他的智慧和这种智慧指导下的劳动有关”。^{[1](P355)}他把智慧圈看做人与自然建立的合理的和谐的相互关系。他说:“我对前途充满乐观。我想我们经历着的不仅是历史的变化,而且也是星球的变化。我们生活在向智慧圈过渡的时期。”^{[1](P355)}

3. “活物质”概念的方法论意义

维尔纳茨基第一个把生命作为整体来研究。他认为,无论是生物个体和物种,还是“活物质”和生物圈,生命虽然有不同的层次,它们最重要的特征都是以有机统一整体的形式存在和起作用。用这种观点,即生命和地球是统一有机整体的观点研究地球,是一种新的科学研究方法,是地球科学研究的一种生命整体性方法。

所谓“活物质”方法,是指用“活物质”是生物圈机制的统一整体的观点研究地球上的物质、物质关系和运动。例如在生物地球化学研究中,研究生物对地球的作用,不是研究单个有机体对地球的作用(因为单个有机体的地质作用是微不足道的),而是研究有机体及其作用的总和怎样引起地球的变化。同样,人类对地球的行为及其对动物和植物的行为的后果,也只有从整体上观察研究才能正确把握和正确认识。人在消灭野生动物或在砍伐森林时,不仅仅是在破坏自然界的景象,更严重的是在破坏地球化学过程的进程、破坏地球生命的整体性。

维尔纳茨基对地球的研究坚持用整体性的观点——生物整体、“活物质”整体、生物圈整体,以及自然界的统一、生物与环境的统一、人与自然的统一等。他总是以整体性观点提出问题 and 解决问题,不是强调个体、分析和分离,而是强调整体、集合和综合,从事物和现象的普遍联系与相互作用中把握研究对象,放眼整个星球运动过程,注意全球问题

的整体功能。这种方法具有普遍意义。

二、“盖娅假说”:认识地球的生命方法

盖娅是希腊神话中的大地女神,因而“盖娅假说”又称“大地女神假说”。它认为地球是一个生命体,就像一个生物那样是活的,总是努力维持一种健全的平衡,并竭力避免疾病。人类和其他生物都是这个生命体的一部分。

1. 什么是“盖娅假说”

“盖娅假说”是英国地球大气化学家詹姆斯·拉弗洛克(1969)和美国生物学家林恩·马格利斯(1974)提出和创立的。他们把“盖娅假说”表述为:当地球的大气组成、地表温度、酸碱度和海水的盐分含量等受到自然条件的变化和干扰,如太阳辐射量的增加、地震、火山爆发、陆地板块运动和冰河作用或工业污染、森林滥伐等人为了的破坏时,地球上所有生命的总体包括动物、植物、微生物,就会通过其生长和代谢对这些变化做出相应的反应。也就是说,生物及其环境组成一个自我调节的反馈系统,能对抗不适于生物生存的环境变化,生命或生物圈,以最有利于自身的方式,调节或维持气候和大气组成,生物圈作为自适应的调节系统能够自动维持地球平衡状态。

2. “盖娅假说”的提出

“盖娅假说”发展了现代生态观,该假说提出的过程便蕴含深刻的地球生命系统的方法论意义。

1961年春天,拉弗洛克被美国加州理工学院喷气推进实验室聘为顾问,负责维京号宇宙飞船一些仪器的设计工作。当时,著名的生物学家诺曼·豪罗维兹正带领一批科学家研究测定火星上是否有生命的仪器装置。那时,几乎所有的科学家都相信最有可能具有生命存在的星球是火星。揭示外星的生命存在,不论对扩大我们研究宇宙的视野还是对研究人类的进化都具有重要意义。至于发现火星生命是否存在的最好方法,有的科学家认为应自动的生物学实验室或化学实验室通过宇宙飞船送入火星,以检验地球上的生物能否在火星“土壤”中生存;有的科学家认为应首先测定一下火星“土壤”中是否含有表明生命存在的氨基酸和蛋白质;还有的科学家认为应直接测定火星上是否有光合

作用,因为不存在光合作用的星球是不可能存在生命的;有的科学家甚至建议将鸡汤带到火星上去“诱捕”微生物。但是,这些假设实验具有很大的局限性,不仅对整个宇宙飞船全面消毒是件很不容易的事,飞船的着陆地点也会直接影响测定的结果。这就如同“外星人”要研究地球上是否有生命存在而从撒哈拉沙漠、北极冰川或喜马拉雅山之颠取得的样品中很难得到正确答案一样。

拉弗洛克建议,测定火星是否有生命存在的最好方法,应是首先比较一下有生命的地球与其邻近的火星或金星大气气体构成的主要不同是什么。当时,根据已有的关于火星和金星表面性质的资料,很容易看出有生命的地球与火星和金星的大气气体构成明显不同,主要表现在:火星和金星的大气构成中二氧化碳占绝对优势,而氧气、甲烷气及氮气的含量很低。如果将地球上的所有生命排除,然后用物理化学方法计算地球大气中各种气体达到平衡状态时的浓度,那么其大气中各种气体的浓度同火星和金星非常相似。同时,金星和火星的气体组成处于化学平衡态,而地球上的气体组成则是远离平衡态。火星具有化学平衡态的大气组成表明,其上不可能有生命存在。拉弗洛克等人的这一观点提出后,在当时不仅被拒绝接受,他还因此失去了在美国国家宇航局的工作。其原因之一是宇航局认为他的这一观点是反传统的。传统的观点认为地球大气的组成主要是受物理和化学因素的影响,而生物的影响是微不足道的;原因之二是拉弗洛克得出的结论会影响美国政府对国家宇航局研究经费的投入。

拉弗洛克等人回到英国后,不断地思索这样的问题:大约35亿年前,地球普遍出现了生命以后,太阳的辐射量比此前增加了30%左右,然而地球上的气候变化很小;地球的表面平均温度一直在15℃左右;大约20亿年前由于光合作用而使生物(植物)大量出现,地球大气中的氧气不断剧增,但后来一直稳定在21%左右……因此,他推断地球上的所有生命或生命总体控制着地球的环境条件。例如甲烷与氧化的关系——在全球范围内,由甲烷菌产生的甲烷可高达 10^9 t/a,这可能是阻止大气中氧气浓度继续增加的原因。地球上所有生命的总体及其环境组成的实体(地球生态系统)具有生命有机统

一整体的性质,仅从各部分之和并不能预测其性质。拉弗洛克的好友、诺贝尔文学奖得主戈尔丁建议这个实体的名字叫“盖娅”。因为在希腊神话中,大地女神盖娅出现在旧石器时期,她是混沌的女儿,是天空之神、高山之神和海洋之神的母亲。盖娅同罗马神话中的地球女神、埃及神话中掌握生育和繁殖的神、中国的观音菩萨、印度神话中的拉施米、那伐鹤人神话中的善变女人非常相似,她们都是女性地球之神,是生命的赐予者。拉弗洛克欣然采用“盖娅”作为其理论的名称,还因为盖娅与地理学和地质学词汇有关——Geography和Geology中都有Ge,即大地女神的意思,Gaia比拉弗洛克原来为自己学说起的名字“生物控制宇宙系统的趋势:稳态”更恰当、更形象。

拉弗洛克第一次正式公开提出他的“大地女神假说”,是于1969年在美国普林斯顿大学召开的一次国际会议上。这次国际会议的主题是探讨生命的起源问题。他的这一论点在当时并没有引起什么反响,只有美国波士顿大学的马格利斯对其大胆的设想表现出了很大的兴趣。从此,她不仅成了拉弗洛克的挚友,也成了“大地女神假说”的最忠诚的支持者和合作者。

1972年,拉弗洛克发表了第一篇关于“大地女神假说”的文章。1974年,他和马格利斯又对该假说作了新的描述,认为生物圈是能维持地球平衡状态的自适应的调节系统,并称之为“大地女神假说”。“大地女神假说”在刚刚提出的几年中并没有引起人们的重视,到1979年牛津大学出版社出版了拉弗洛克的第一部专著后,他的假说才引起人们的兴趣。这本只有157页的书在1988年就重印了3次,有许多关于“大地女神假说”的文章相继问世。有的给予高度评价,认为它是“创世纪之见解”;有的则认为它纯属谬误,是典型的“目的论”;还有的认为它只能算隐喻,算不上什么假说。例如,学者杜莱特就对“大地女神假说”提出了强烈的质疑,他认为一个物种是不能进化的,因为自然选择根本无从谈起——如果我们认为地球是自然选择的结果,那么大地女神存在的先决条件是宇宙中存在着“星际间选择”;这样整个宇宙将是一个充满其他死星球而只被少数几个具有自我调节功能的活星球点缀着的宇宙。进一步说,如果真的存在着“星际间

选择”,大地女神也是短命的,因为她不能繁殖!拉弗洛克则认为,生命是整个星球范围的现象,在这样一个范围内,大地女神是不朽的,因此,她不需要繁殖。

3. 用地球生命方法论证“盖娅假说”

为了说明大地女神通过其反馈机制对环境的控制作用,拉弗洛克举出几个例子加以说明:如果地球生物圈温度升高,那么植物对二氧化碳的同化或二甲基硫的生成会增加,从而能降低其温度;如果地球生物圈温度过低,那么,地球表面的反射也会减弱,如有些藻类颜色变深就会减少热的散失。再如,海水中的含盐量通过生物作用基本上保持恒定的现象也为假说提供了证明——由陆地进入海洋中的盐每年大约有 5×10^8 t,以此速率,只需 8×10^7 a就会使海水含盐量达到现在的浓度(3.5%);而实际上,海洋的年龄已经有几十亿年了,但为什么海水中的盐分没有升高呢?拉弗洛克认为,环礁湖是维持海洋盐分浓度的主要贡献者,进入环礁湖中的海水很快被蒸发掉,而逐渐积累的盐丘很快就被海洋微生物包围而形成一层防止盐分重新溶解的保护层。

问题是大地女神如何感觉有些物理和化学参数偏离了最适状态呢?她又怎样通过自己的负反馈机制使这些参数回到可以接受的范围之内呢?例如,她怎么会感到外界的气温高低?她是怎样知晓海水过咸的?她怎样或通过什么样的机制指示生物圈做出相应的反应呢?除非在她的“遗传结构”中早已写进了一套预见和计划的密码,否则她将对这些变化无能无力。这就不难想象为什么有人称“大地女神假说”是典型的“目的论”了。

达尔文主义者认为物种之间的关系就是竞争,每个物种都是寻求自我并尽可能满足自己需要的自私的东西。英国演化生物学家理查德·道金斯甚至认为基因也是自私的,是竞争的基本单位。因此,他们断定,生命只是寻取自我利益,根本不可能在全球范围内形成一个互相合作、自我调节的利他系统。甲烷固然有平衡氧气浓度的作用,但这只是偶然的,而偶然的平衡是一种脆弱的平衡。拉弗洛克和马格利斯认为,单一的机制不可能调节地表的温度、大气气体的构成和酸碱度。这些性质的控制是千百万个组成大地女神有机体的个体和群

体物种相互作用的结果,是生命整体性的表现。由这些物种组成的反馈环一环扣一环,环环相连。只要条件适合,每个物种都有指数增长的可能。这些都是生物总体对环境变化可能作出迅速反应的基础,是有机整体作用的结果。

有人认为,既然大地女神具有自我控制机能,那么我们对自然的破坏就不用顾忌了。实际上,这是对“大地女神假说”的误解。大地女神是由细胞组成的,无数的细胞群组成了她的许多器官,如热带雨林、海洋等,少数几个细胞的自然消亡或者被其他外力致死,她是能承受得住的,如果对她的破坏涉及关键器官,这对她可能是致命的——即使她能自己医治创伤,但说不定人类的存在就在她的施治之列,那时候人类十有八九就不存在了。

还有人认为大地女神是“活的”提出了质疑,认为她不是活着的有机体;或者认为大地女神是超生态系统,而不是超级有机体。因为有机体是由遗传控制的,而地球中心并无生命。在这一点上,马格利斯也认为对“大地女神假说”的讨论应限制在地球的表面及其周围的大气层。拉弗洛克则坚决主张,大地女神应包括整个地球。他认为,大地女神犹如一株大红木树,即使99%的组织已死亡(树皮及树干内部大部分),只有树皮下面的形成层细胞和部分树冠是活的,我们仍然可以认为它是一棵活着的树。

4. 中国学者的地球生命方法论证

北京大学地质系张昀教授对“盖娅假说”的论证依据是地球是“活的”。

(1)地球靠生命活动保持其远离天体物理学平衡状态。地球与其邻近的类地行星相比较具有其特殊性。金星与火星在轨道位置上最接近地球,但金星大气圈的密度、化学组成、酸碱度、氧化还原以及温度稳定性等都与地球有显著不同,其二氧化碳的比例达90%,因而表面温度较高,没有液态水圈存在的可能;其大气中不含自由氧,呈酸性,密度大。地球大气圈中氮与氧气占优势,呈中性。依据“盖娅假说”,地球大气圈是由生物圈调控和保持的。这种解释是正确的。地球大气圈是在生命过程参与下形成的,也是靠生命活动保持其非化学平衡的。地球现有的状态是生命参与的地质历史过程的结果,并靠其生命活动调节、控制和维持。因

此,保护地球上的生命是保护地球环境的关键。

(2)地球借生命活动实现能量转换和物质元素循环。地球表层的物质运动和系统内复杂结构的保持主要靠两个巨大能源:一个是太阳辐射能,另一个是地球内部热核反应能。太阳辐射能的捕获主要是通过由植物的光合作用开始的碳循环实现的,即通过“二氧化碳—有机碳—碳酸盐”循环途径完成的。植物光合作用将大气中二氧化碳还原为有机碳,从而将太阳辐射能转换为化学能,这种转换的化学能又以多种方式在生物圈内部转移,形成系统内的能流。这是保持生物圈系统稳定和能量周转的必要条件。化学家曾预言,大气中的氮和氧,部分已合成为硝酸;理论上,只要有适当的条件,将来有可能完全反应都变成硝酸。但是,今天的大气中仍然是氮和氧占主要部分。原因何在?“盖娅假说”认为,这些特殊的化学物质之所以没有全部合成为硝酸,正是细菌及其他微生物作用的结果。

5. “盖娅假说”的地质方法论意义

“盖娅假说”确证地球生物圈是维持和发展地球生态系统的基本单位,用这样的观点看待地球、分析地球是一种新的地质认识论和方法论。

首先,“盖娅假说”揭示了人类赖以生存的地球具有巨大的自组织潜能。地球在与其表面的动植物的相互作用中,改变了大气的原有化学成分,现有大气中氧气含量大大高于百万年前;在所有生物的碳循环中,适量的有毒气体是必需的。据此可以说,光合作用不是一种或然律的杰作,也不是一种无目的事件,而是这个星球的创造。

其次,“盖娅假说”揭示了地球是一个有机的系统,任何问题的解决都必须在整体的层次上进行。我们赖以生存的地球上的每一个现象都不是孤立的,是整个系统中大量的线性因素和非线性因素长期作用的结果,尤其是非线性的放大作用不可低估。

再次,“盖娅假说”确证生物圈、大气圈等地球环境是复杂的非线性系统,用人们习惯的简单的线性思维习惯去思考这类非线性问题必然出现重大失误。主张“盖娅假说”的一批科学家用非线性动力学理论研究这类系统呈现出的混浊无序状态和中纬度大气循环中巨大强劲的旋风一次次证明:看似无序的大气圈创造了令人难以置信的新秩序。

非线性系统有着惊人的自组织能力。对地球诸子系统“盖娅假说”中的无数非线性现象及不可预见性现象的反馈回路知之甚少甚至一无所知,正是人类至今尚不能正确认识自然的关键所在。

“盖娅假说”也表明了一种伦理前提,即地球生物圈是一个活的有机体,人类的一切活动都要有助于她的整体活性的稳态发展,反之就是错误的。这种活性在生态系统中表现为生态过程,因此人类在地球生物圈层面认识并改造自然时不应当破坏生态过程。尊重生态过程是在生物圈层次尊重自然的生态伦理的原则之一。

三、生态整体性思维:地质思维方式的要义

地球科学研究有其极大的复杂性,它的对象是巨大的地球行星以及与地球密切相关的太阳系,甚至宇宙太空;它的时间尺度为46亿年(取“宇宙大爆炸说”);它是不断发展变化的,包括它的自然系统、社会系统和精神系统。人们对地球的认识从实际经验开始,但是,“科学不能仅仅在经验的基础上成长起来”^[4]。恩格斯指出,当自然科学走进理论领域时,“在这里经验的方法就不中用了,在这里只有理论思维才能有所帮助”。^[5]科学理论思维方式与机械运动、物理运动、化学运动、生命运动等物质运动形式相关,研究各种物质运动形式都有其相应的思维方式。1959年,苏联科学院凯德洛夫院士提出“地质运动形式”概念,开启了地质思维方式研究。

1. 什么是地质思维方式

凯德洛夫认为,地质运动是物质运动的基本形式之一,它是地球物质在行星规模的存在方式。地球物质是进化发展的,与此相关,物质运动形式也是进化发展的。在物质运动形式的分类体系中,物质运动的化学运动形式进化分为两支:一支超出化学运动形式范围进入生物运动形式领域,另一支则进入地质运动形式领域。地质运动形式区别于其他物质运动形式的特点是:地壳有3个圈层——岩石圈、水圈和大气圈,它们之间及其内部存在一定的相互作用,这种相互作用是机械的、物理的和化学的运动形式产生的,是这些运动形式的综合。整个地球是地质运动形式的承担者,因而地质运动形

式是机械运动、物理运动、化学运动和生物运动形式的综合,它对于揭示地球物质运动规律、认识地球物质具有方法论意义。

地学思维方式与地球和地质运动形式的研究有关。1981年,马宗晋院士在全国首届地质学史讨论会上提出“地学思维习性”问题。他指出,地质学研究要求掌握大量的各种各样的标本、遗迹中所包含的信息,运用分析、分类、对比、归纳整理、想象编纂等思维方式来重建地质历史过程和地质现象的生成过程,以求得众多问题的解答,从而形成地质思维的习性。这是由研究对象的特点和所要解决的问题的工作方法所决定的。地质思维习性是地学研究对象、方法、问题、任务的反复作用培养出来并在科学实践中形成的一种观察、思考问题的习性。^[6]

1983年在全国首届地学哲学学术讨论会上,笔者作了《关于地球科学思维》的发言,指出地学思维方式是由地球科学的特点决定的。地球科学研究地球体、地球结构及其形成和发展的历史,其研究对象具有以下特点:(1)地球是结构非常复杂的系统,今天人类实践和认识所能达到的只是地球表层很薄的一部分;(2)地球的历史很长,其中绝大部分是没有人经历过的;(3)地球物质运动包括力学的、物理的、化学的和生物的等运动形式,是这些运动形式的综合;(4)地球的发展变化非常缓慢,虽然也有像火山地震那样非常迅猛的变化,但是地球的许多变化是人不易直接觉察到的。地球科学研究对象的这种复杂性决定了地球科学思维的特点。就总体特征而言,地球科学思维是一种整体性综合思维。^[7]

中国科学院地质研究所叶连俊教授指出,地质思维在转化,“当代地质思潮的趋势似乎不再认为地质作用的进行仅仅是一种线性的演化,而更多的可能是一种非线性变革”。^[8]

我们认为,地学思维作为独特的思维方式,其主要特征是:(1)重视时间属性。地球科学研究地球的发展,而地球发展作为一个历史过程具有鲜明的时间连续性。这就决定了地球科学思维的特殊性,即专门的地球科学思维习性。例如,地质学家在整理漫长的地球史的史实时,注意到地理遗迹、地质遗迹、生物遗迹的时间属性或历史属性,因而

把地球的发展理解为某种进化的系列,从而形成地球发展的历史观点和进化观点。(2)在空间属性方面注重区域分异研究。地球表层的复杂分化决定了地球科学家必须注重区域分异研究。(3)对地球的时间和空间的综合分析,使对地球的认识从静态研究过渡到动态研究,并把它的时间结构与空间结构、动态过程与成因关系系统一起来,这是一种结构历史分析。这一思维习性有助于揭示地球结构的有序性和时间发展的规律性。^[9]

2. 地学思维是一种生态整体性思维

整体性或整体论思想是英国学者斯马茨在《整体论与进化》一书中提出的。他认为,自然界的事物是由各部分或各种要素组成,但各部分不是孤立的,而是一个有机整体。其基本观点是:(1)复杂整体的各部分是相互联系的,不能单从其部分孤立地加以研究;(2)整体大于组成它的各部分之和,大于总和的原因不是神秘的、超自然的,而是各部分的相互作用;(3)由部分构成的整体有新性质突现,仅以各部分的知识不可能预言这种新性质;(4)任何复杂系统的变化,部分原因是系统本身内部各种变化的结果,部分原因是系统与外在因素相互作用的结果;(5)事物的现在包含其过去与未来,它们之间存在相互作用,这就是有机整体的历史性。^[10]

地球作为复杂的巨系统是一个有机整体,它是不断进化的,整体与部分的关系具有历史性。最初,地球刚从形成太阳系的星云分化出来时是一个匀质的混沌球体,没有分出部分。由于地球物质的物理运动和化学运动,最早分化出来的是地壳、地幔和地核;之后从地壳分化出大气圈和水圈,生命在化学运动基础上产生,形成生物圈;最后从生物圈分化出人类社会和智慧圈。这一过程经历了几十亿年的时间。在这里,受地球物质运动推动,部分从整体中分化出来,并且从次一级整体分化出次一级的部分,从而产生整体与部分以及各个部分之间的关系,体现出整体与部分的相对意义。

按整体论观点,首先,整体决定和制约部分的产生、存在和发展,部分的性质、结构和功能是由整体的动力学决定的,部分只是在整体中才获得意义,离开整体就失去其存在价值。但是,部分作为整体的内容,它表现整体,其产生、存在和发展是整体的发展、完善和实现。整体与部分是互补的,彼

此不可分割。其次,整体由部分构成,但是整体不是相同组成部分之和的简单相加,而是不同部分组成的有序系统。由于各个部分之间差异的多样性,各个部分的相互作用使整体大于它的各个部分之和。地球作为有机整体是创造性的综合过程,它不是静态的而是动态的、进化的。

我们对地球的研究需要应用整体论的观点和方法。同时,地球作为活的生命系统,是“人—社会—自然”的复合生态系统。对它的认识需要生态学观点,即生态系统整体性的观点。

生态学的真谛是整体论。“生态学”概念于1866年就由德国生物学家海克尔提出,他把“生态学”定义为研究有机体与它们的环境之间相互关系的科学。虽然这一概念提出较早,但直到20世纪中叶生态危机成为威胁人类生存的严重问题,生态学的观点才开始受到人们的重视,生态学有了迅速发展。现在,生态学观点、生态方法和生态思维在自然科学、社会科学和技术科学领域及经济、社会、文化领域已被广泛应用,并越来越受到重视,它开创了人类认识和社会实践的新时代。

用生态系统整体性观点看待和研究地球科学和“人类世”时代的地球问题,就要全面而辩证地把握地球科学研究的对象及其整体性,用相互联系、相互作用的系统化和网络化的观点,从线性因果关系分析过渡到网络因果关系分析,注重生态学方法与概率统计方法、数学模型方法及其他现代科学方法的结合。这一方法的应用既表示对人的目的、人的作用和人的未来的关切,又表示对地球生态系统、生命多样性和自然环境健全的关切。地球科学对它的期望是必需的、合理的和正确的。

总之,地球是生命体,按照中国古代“道法自然”的哲学理念,它是自然创造的成果。地球科学告诉我们,自然创造的地球,第一阶段是物理学和化学的地球,地球物质的物理和化学运动推动地球进化;第二阶段是生物学的地球,生物“活物质”成为地球进化的动力;第三阶段是人类学的地球,人类的地质作用成为地球进化的动力。这是地球生

命进化的三个主要阶段。老子说:“人法地,地法天,天法道,道法自然。”(《老子·第25章》)自然是道的本性、天的本性、地的本性和人的本性,所以我们对有生命的地球进行研究就需要遵循自然的法则,对地球进化第一阶段的研究可用物理学和化学的方法,对地球进化第二阶段的研究需要用“活物质”方法,对地球进化第三阶段的研究需要用“盖娅假说”方法。这些方法的应用不是孤立的而是统一的,其中每一阶段的研究方法都贯穿着对自然法则的遵循。按地质学家的说法,今天的地球进化已经进入“人类世”的地质时代,已经是“人类学的地球”,对它的研究不仅需要地球自然科学,而且需要地球人文社会科学;不仅需要现代分析和实验方法,而且需要“活物质”方法和“盖娅假说”方法以及生态学整体性方法。这些方法的综合应用将进一步开拓人类文明的新视野,使人类对地球的科学认识和实践迈向新的高度。

[参 考 文 献]

- [1] [苏联]维尔纳茨基. 活物质[M]. 余谋昌,译. 北京:商务印书馆,1989.
- [2] [苏联]维尔纳茨基. 生物圈[M]. 莫斯科:科学出版社,1967:72.
- [3] [苏联]维尔纳茨基. 地球化学概论[M]. 杨辛,译. 北京:科学出版社,1962.
- [4] [美]爱因斯坦. 爱因斯坦文集(第1卷)[C]. 许良英,范岱年,编译. 北京:商务印书馆,1976:309.
- [5] 恩格斯. 自然辩证法[M]. 北京:人民出版社,1971:29.
- [6] 马宗晋. 科学的思维习性[C]//地学与哲学. 北京:中国文史出版社,1998:45-48.
- [7] 余谋昌. 关于地球科学思维[C]//地学与哲学. 北京:中国文史出版社,1998:49-55.
- [8] 叶连俊. 八十年代的地质学[J]. 自然辩证法通讯,1981(5):39.
- [9] 陈传康,余谋昌. 地学哲学[C]//自然辩证法百科全书. 北京:中国大百科全书出版社,1994:58.
- [10] 胡文耕. 整体论[C]//自然辩证法百科全书. 北京:中国大百科全书出版社,1994:703-704.