

地球演化的新突变期

——地球结构畸变与全球问题

A New Stage of Catastrophe in the Earth Evolution

陈之荣

(中国科学院地球物理研究所)

提 要 全球问题的出现已引起国际科学界和各国政府的高度重视,但目前对它的实质、根源和前景的认识还很不一致。本文从地球系统演化的角度,认为地球正处于结构畸变、功能严重失调的新突变期;全球问题的前景主要取决于人类圈的行动,只有发挥人类圈的积极作用,建立以循环及其形式递增为基础的发展模式,才能克服全球问题,促进地球进化。

地球是变化的。这种变化既有渐变也有突变。突变的速度快,并伴有质的变化。在地球演化过程中,突变曾多次发生。近几十年来,地球面貌的深刻变化和一系列全球问题的出现,表明最近一次地球突变已经来临。由于地球科学的发展落后于地球本身的变化,使人类对地球这一新时期的到来缺少准备,从而付出了沉重的代价。现在再也不能耽搁对地球这一转折时期的研究了。

一、地球系统的演变

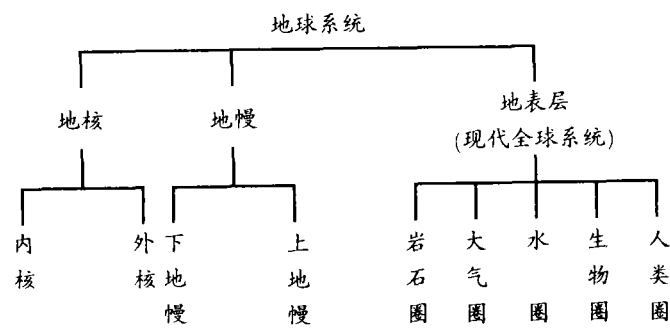
地球系统是其结构和功能的统一,而它的结构和功能又都在不断演变之中。

1. 地球系统的结构

地球是个复杂的巨系统。它的结构具有明显的层次性,见表1。在已知宇宙中,现代地球系统是最复杂,发展水平最高的天体。这一系统由地核、地幔和地表层三部分构成。它们不仅在地球中所处的位置不同,而且在物质组成、物理性质、演化过程,以及与地外环境的关系等方面也有明显区别。在这三部分中,地表层受地外环境影响最大,演化最快,与人类的关系也最为密切。

一般认为,现代全球系统是由岩石圈、大气圈、水圈和生物圈构成,而把人类作为影响其变化的外部因素。这也许是不能揭示地球史上这次突变的关键所在。其实,人类是地球系统内部的一个组成部分,它已成为一个独立的地球圈层而与岩石圈、大气圈、水圈和生物圈并列。也就是说,我们认为,现代全球系统不是由四个地球圈层,而是由五个地球圈层构成。

表1 地球系统的划分



2. 地表层结构的演变

地表层由地球圈层构成。不同学科划分地球

圈层的原则不完全相同。从地球系统科学来看,按照自然实体对它们进行划分也许是合适的。很明显,岩石圈、大气圈和水圈是按岩石、大气和水这些自然实体划分的。目前,对生物圈划分主要有两种意见,其一是生物的总体,其二是生物及其生存环境。按照自然实体的划分原则,我们采用生物圈的第一种含义。人类圈也是按人这一实体来划分的地球圈层。

现代地表层系统是漫长地球演化史的产物。这部演化史有着明显的阶段性。根据地球圈层的数量,可将它分为五个演化阶段,见表2。

应该指出,从自然实体的出现到“圈层”的形成之间是个或长或短的阶段。从生物出现到生物圈形成要经历几亿年时间,从人类诞生到人类圈

表2 地表层系统的演化

系统演化期	结 构	起始时间
原始地表	岩石圈 ₁	
二元系统演化期	岩石圈 ₂ 、大气圈 ₁	约 45 亿年前
三元系统演化期	岩石圈 ₃ 、大气圈 ₂ 、水圈 ₁	约 44 亿年前
四元系统演化期	岩石圈 ₄ 、大气圈 ₃ 、水圈 ₂ 、生物圈 ₁	约 38 亿年前
五元系统演化期	岩石圈 ₅ 、大气圈 ₄ 、水圈 ₃ 、生物圈 ₂ 、人类圈	约 300 万年前

形成也经历了近300万年。但为了方便起见,我们把自然实体出现的时间作为新地球演化期的起始时间,实际上它只是新地球演化期开始萌芽的时间。

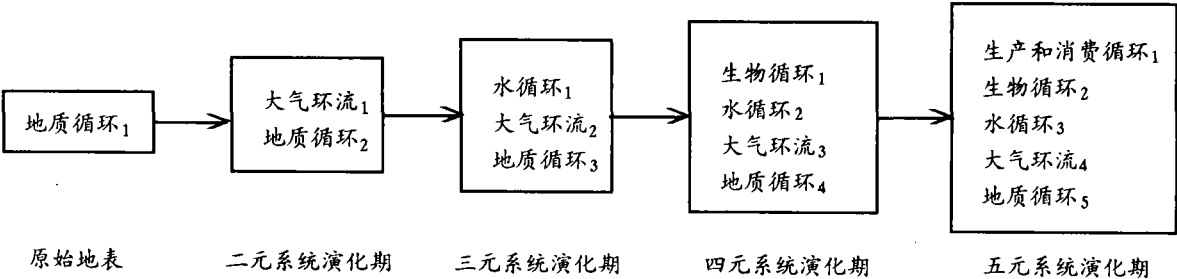
地表层演化史表明,地球圈层是不断增加的:新地球圈层的出现并不以原地球圈层的摧毁为前提:新地球圈层的出现和发展,必将改变原地球圈层;而原地球圈层的改变又促进新地球圈层,甚至整个地表层的进化。

3. 循环形式递增及其意义

地表层系统的基本功能是生态功能。这种功能主要表现为能量的单向流动和物质循环。地球物质循环的种类极为多样,但在每一圈层中都有其基本的物质循环形式,如岩石圈的地质循环,大气圈的大气环流,水圈的水循环,生物圈的生物循环以及人类圈的生产和消费循环。地球结构的变化往往是由其功能改变引起的,而地球结构的变化也必然改变其功能。因而,随着地表层结构的演变,其循环形式也随之发生相应的变化,见表3。

物质循环形式的递增提高了对能量和物质的利用率。地球是太阳系的一个成员,它离太阳较近,受太阳辐射影响很大。地表层系统的能源主要来自太阳,如果没有太阳辐射的供应,它将成为一个冰冷的、死寂的世界,如果太阳辐射常数降低1~2%,就会引起北半球大陆冰河作用区的迅速增加。地球是个自组织系统,它在太阳辐射相对稳定的情况下,可通过循环形式递增提高对太阳能的利用率。在没有大气和水存在的原始地表,太阳辐射的输入和热辐射的输出几乎在相同的温度下进行,地球获得的自由能很少。自从有了大气圈和水圈之后,大气环流和水循环可将30%左右输入的太阳辐射转变为地球自由能,增强了地表层的活力。绿色植物又使地球接受的太阳辐射的1/1000转变为生物化学能,这些能量又通过食物

表3 地表层循环形式的递增



链,按1/10定律传递给食草动物和食肉动物,维持着生机勃勃的生物世界。人类的出现,不仅使太阳能按人的需要大量转变为供食用的生物化学能(食物),而且还利用水能、风能、地热能和埋藏于地下的生物化学能(矿物燃料)等。

地球资源是有限的,循环形式递增也提高了对它的利用率。例如,由于生物圈的出现,地球外圈化学元素的1/3以上参与了生物循环,硅、碳、铁、锰和硫的富集,以及氮、磷、钾、碳和氧

等的循环也是由生物循环引起的。在人类圈中,生态农业的发展以及工业上各种综合利用也都包含通过循环及其形式的递增来提高资源利用率的过程。

二、起主导作用的地球圈层:人类圈

目前正在实施的“国际地圈—生物圈计划”(又称全球变化)主要探索物理世界和生命世

界的相互作用。虽然它也重视人类活动,但只是把它作为一个外在的因素。然而,在我国学术界,把人类作为现代地球系统中的一个独立地球圈层的观点正引起人们的注意。

1. 地球的最新圈层

人类圈一词使用还不够广泛,对它的理解也不尽相同。现在主要有三种不同的观点。其一认为人类圈是生物圈发展的最新阶段。例如瓦伦泰因(Vallentyne)认为,“由于智人进行了大量地质活动,现代生物圈有时也称人类圈”。此处,人类圈是生物圈发展的现代阶段,智人的大量地质活动就是它的起始时间。远在本世纪40年代,苏联著名学者维尔纳斯基就有类似的主张,他把生物圈发展的最新阶段称为“智力圈”。其二认为人类圈是生物圈的一个组成部分。如罗德里尔(Roederer)写道:“现代又渗入了生物圈的最新组分:人类圈”。以上两种观点都没有把人类圈从生物圈中提升出来,没有摆正人类圈的位置。其三认为人类圈是最新的地球圈层。我们从地球系统演化的角度出发对人类活动进行了分析,1985年谢家洋提出了人类社会圈为一地球圈层的主张。1986年,笔者在地球系统非线性演化框架中,讨论了人类圈的地位和形成时间等问题;最近,又比较系统地阐述了人类圈为最新地球圈层的观点。

2. 起主导作用的地球圈层

长期以来,人们对人类在现代地球演化中的作用一直认识不足。这种状况正在发生变化。这是因为人类圈已经成为一种巨大的地质力量。例如,人类的农业活动每年可移动3 000立方公里的物质,而现代洋壳年产生速率却只有10立方公里。河流每年携入海洋的固体物质也只有15立方公里。又如,在工业发达的国家,每人每年利用新物质约为20吨,10亿人每年利用的新物质就相当于洋壳形成、侵蚀和造山运动每年移动物质质量的总和。再如,人类每年生产7万种化合物,它们参与全球系统的物质过程,正在严重地影响空气、水和大地。总之,人类圈引起的全球变化已超过自然过程引起的全球变化;在现代全球系统中,它已成为居主导地位地球圈层。

3. 人类圈的整体行为

人类圈是现代全球系统中的一个重要子系统。研究人类圈的重点就是研究它在全球系统中的整体行为。它主要取决于:(1)人口数量是否适度;(2)人类圈的素质是否高(它不仅包括人的健康和受教育状况,更重要的还包括支配人类活动的地球观和决策);(3)对资源开发和利用程度等。目前,掠夺式的地球观支配着人类的活动,人口增长过快以及资源利用率不高表明人类圈还处于较低的发展水平。

三、全球问题的实质和总根源

目前,科学界对全球问题的实质和总根源的认识远非一致。我们认为,从地球结构变化的研究中,可以对该问题有个较为清楚的认识。

1. 全球问题的实质

循环是全球系统物质运动的基本形式。循环形式之间的协调是系统存在的基础;良性循环的破坏及循环形式之间的失调就意味着系统的退化。

图1是现代全球系统物质流动图。圈层排列与它们形成先后相一致。岩石圈和大气圈最先形成,水圈、生物圈和人类圈按形成时间先后又迭加在原有系统之上。每一地球圈层都有自己的基本物质循环形式,这些基本循环形式本身又是由多层次物质循环组成。不同层次物质循环相互联系和相互作用,共同构成一个复杂的物质循环网络。在这网络中,一种物质循环形式的改变(尤其是重要循环形式的改变),通过复杂的反馈必将改变其它地球圈层的物质过程。

全球系统是变化的。引起这种变化的原因有三。其一是全球系统环境的变化。全球系统的环境

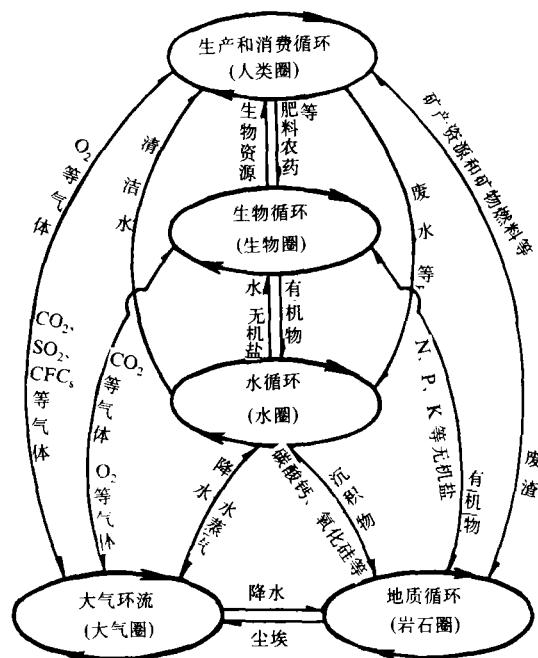


图1 现代全球系统的物质流动

可分为地外环境和地内环境,它们的变化都对全球系统发生影响,太阳黑子的周期变化及其对全球系统的影响就是一例。但它们都未超出正常范围。其二是全球系统中四个自然圈层的变化。这种

变化已存在几十亿年,总的说来,它们的速度较慢;近几百年来,尤其是近几十年来,由其自身原因引起的变化并不大。在这几个自然圈层中,气候的变化最为显著,它对粮食生产的影响也最为明显,但据统计,世界粮食生产因气候变化引起的波动也只占5%。其三是人类圈的变化。从图1中可以看出,人类圈位于该图的顶端。它形成的时间虽不长,但变化却异常迅速。由于人口膨胀和需求水平的提高,需要从其它地球圈层取得更多资源(例如,世界能源消耗约15年增长一倍),并排出更多废弃物。人类圈的物质活动与其它地球圈层紧密联系,正引起它们的迅速变化。

全球系统物质循环的变化有两种情况。其一在人类圈内部。随着人口膨胀及生产和消费的增长,它的物质循环不仅规模日益扩大,而且形式也在增多。其二在其它地球圈层中,它们的良性循环正在恶化和破坏,例如,森林破坏,草原退化,沙漠扩大,水和空气污染,水土严重流失,臭氧层破坏,降水酸化等。以地质年代为时间尺度,矿物燃料和金属也是循环的,但由于人类的大量开采和迅速消费,它们也已变成不可循环的非再生资源。在现代全球系统中,人类圈循环形式的递增和其它地球圈层良性循环的破坏并存,两者的对立正日益扩大和加深。可见,全球问题实质上就是循环等功能的严重失调。

2. 全球问题的总根源

循环等功能的严重失调有其结构根源。现代全球系统的结构就是五大地球圈层的相互联系、相互作用的方式。它主要取决于人类圈同其它地球圈层的联系和作用方式。人类圈是不断演化的,这种演化使全球系统的结构发生相应的变化,见表4。

表4 人类圈的演化及其与其它地球圈层的关系

人类圈的演化阶段	人类圈与其它地球圈层的关系	问题性质	起始时间
萌芽时期	受其它地球圈层支配	基本协调	约300万年前
形成时期	与其它地球圈层抗争	局部	约500年前
迅猛成长时期	力图主宰其它地球圈层	全球	第二次世界大战后

人类诞生是地球史上划时代的事件。在其初期,由于人口数量少,能力低下,还不成其为“圈”。我们把这一时期称为人类圈的萌芽时期。人类圈开始形成于地理大发现时期。这时,世界人口已近5亿,各地已有较多的贸易往来等。自第二次世界大战以来,地球上人口急剧增长,科学技术飞速发展,以及在征服自然的地球观支配下而行动,这一方面增强了人类圈的力量,同时也推动了对自然

资源的掠夺和环境的破坏。地球上生物约为500~3 000万种,它们是几十亿年地球演化的结果。在自然状况下,有些生物种也会灭绝,但其速度较慢。在全球系统演化的最近阶段,结构畸变使生物发生了大规模灭绝,生物的多样性正急剧减少。目下,每年约有万种以上的生物灭绝,比古生代和中生代两次生物大灾难还快数千甚至上万倍。总之,生物种的大灭绝,以及人口、资源和环境等一系列全球性问题的出现,表明全球系统正处于灾变时期。

四、人类圈的行动与地球前景

在地球演化史上,结构变化是一常见现象,它既可同灾难、退化相联系,也可成为推动地球进化的必要条件。现代全球系统的结构变化是种畸变,是种非正常的结构变异,是必须改变也是可以改变的。

1. 树立全球意识

与地球相比,个人实在太渺小了。长期以来,人们只对自己生活的局部地区发生兴趣。这种情况现正在发生根本性的转变。首先应归功于科学技术的进步,它促进通讯的现代化及世界范围的物资、科技和人才的交流,扩大了人们的视野,增强了不同地区的相互了解和依赖。其次,全球问题也使人类清楚地认识到自己活动的全球性质。图2是全球系统分岔图。全球问题的出现标志着全球系统已进入分岔点,即新的突变期。人类圈的行为将决定地球的前景。如果按目前状况继续下去,全球系统必将退化。只有改变畸变结构,用各地球圈层的协同共进化代替人类圈对其它地球圈层的统治,全球系统才可进入更高的演化阶段。因而,人类必须树立全球意识,即认识到现代全球系统为一整体,它的进化与退化取决于人类圈的行动。

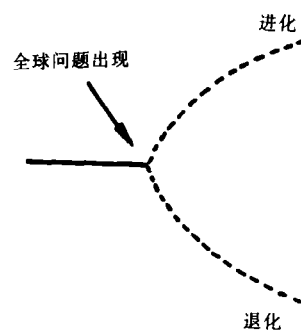


图2 全球系统的突变
(目前仍在突变之中)

2. 增强对全球系统的调控

全球意识促进互相协作。例如,为了保护臭氧层,1987年签订了蒙特利尔协议书,1989年又发

表了赫尔辛基宣言;为了深入了解全球变化,90年代初已开始实施“国际地圈—生物圈计划”等。当然,这仅是良好的开端,进一步加强是完全必要的。

互相协作既是认识全球系统的必要,也是调控全球系统的必要。我们认为,建立以循环及其形式递增为基础的发展模式,可能是克服全球问题,促进地球进化的有效途径。这一发展模式的主要内容是:

(1) 发挥人类圈的积极作用。其主要表现为控制人口数量,提高人类圈素质,增强对全球系统的调控能力,建立新的、良性物质循环网络。

(2) 恢复、强化和递增全球系统的物质循环。现代全球系统的许多良性循环(如生物、水和土等循环)已受到严重损害,恢复这些循环已是当务之急。强化对人类有用的某些生物循环已为人类带来巨大利益。例如,在农业发明前,由光合作用供养的植物和动物只能供养1 000万人口,而在农业发明后的今天,栽培作物和饲养动物已能供养50余亿人的生活。我国是农业大国,在占世界7%的耕地上强化一些作物和家畜,供养了占世界22%的人口。根据人类的需要及全球系统状况,强化物质循环的种类和重点都会发生变化。例如,为解决未来的能源,雷维尔(Revelle)经计算后提出,

可采用在热带、温带大量种植快速生长树林的办法,这无疑是一种有吸引力的设想。循环形式递增是地球进化的一个规律,在现代全球系统时期也不例外,甚至还会加快,并有明确的目的性。菲律宾的马雅农场(Maya Farms)不仅把农业和牧业,而且还把加工业等连成一个复杂的循环网络,它既可充分利用资源(包括太阳能),生产更多产品,也消除了污染,美化了环境。发展生态农业是一项有前途的事业。

(3) 设计一些物质循环,提高非再生资源的利用率,并努力保存这类资源。地球上物质循环的时间尺度是很不相同的。有些循环形式由于周期很长,对人类圈的生产 and 消费来说,几乎是不可再生的。金属差不多都属于此例。这类资源对人类至关重要,但数量却很有限。为此,一方面要有计划地开采并及时寻找替代资源;另一方面也要设计一些物质循环以保存这类资源,同时防止它们污染环境。

地球新突变期的到来既向人类提出了严峻的挑战,也为地球向更高层次演化提供了机会。人类圈只有通过全球系统实施有目的、有计划的调控,全球问题才能克服,地球进化才有保证。

(责任编辑 宋义荣)

科技动态

由60个碳原子组成的球状 分子在18K时可能变成超导体

〔本刊讯〕 据英国《新科学家》周刊1991年4月27日报道,由60个碳原子组成的“英式足球形状”的分子,如果掺杂少量钾原子,就可以变成超导体。新泽西州美国电报电话公司贝尔实验室的阿尔特·赫巴德(Art Hebard)和他的同伴发现, C_{60} 分子(也叫做“buckyballs”),在18K(-255℃)的温度下,可变成超导体。在以前的实验中,他们已指出,掺杂钾的 C_{60} 分子在和空气隔离时,可以导电(空气和钾接触时会起化学反应)。

一般说, C_{60} 分子(buckyball)不导电,因为它们的全部电子都被牢牢地束缚住了。但是当碱金属(例如钾)嵌入 C_{60} 分子之间的空隙时,就可以改变这种情况,因为钾能贡献出它们的外层电子给碳分子,产生导电带。

赫巴德的研究小组发现,掺杂钾比掺杂其他碱金属得到的导电性更高。当每个 C_{60} 分子有大约三个钾原子时,得到的效果最好。赫巴德说,“在我们发现它是导电的以后,很自然的事情就是看它是不是可能成为超导体”。

掺杂钾的 C_{60} 经过了两项关键的超导性试验,一是看它是否排斥磁场(即迈斯纳效应),二是看它是否出现

零电阻。

实际上,在18K时只有约1%的试样排斥磁力线。但赫巴德说,这和高温超导体中看到的情形是相同的。他认为,最后使全部试样都排斥磁场是有可能的。

研究人员发现,他们所用的试样的电阻在16K和17K之间开始下降,在5K时,几乎达到了零,即只有平常时的电阻的0.01%。

掺杂了(钾)的 C_{60} 的(超导)临界温度,在“分子组成”的固体类型的金属中是最高的。在这种材料中,在分子单元之间的电子不迁移或不共享(高温陶瓷超导体不是分子组成的固体,因为它们有连续的结晶点阵)。

纯的 C_{60} 是稳定的和不活泼的,但掺杂后的这种材料则是不稳定的,因为钾原子和空气起化学反应,这种反应是如此强烈,以致能引起燃烧,就像金属钾一样,这一点可能会妨碍这种材料的实际应用。

迄今为止,赫巴德及其同事只用掺杂了钾的 C_{60} 进行了超导性试验,但他们计划研究其他掺杂材料。

(王竞 译自英国《新科学家》周刊 1991.4.27)