

文章编号: 1009-6248(2005)02-099-03

地球表层系统浅论

张猛刚, 雷祥义

(西北大学地质系, 陕西 西安 710054)

摘要: 地球表层系统是岩土圈、大气圈、水圈、人类圈和生物圈构成的地表自然社会综合体, 笔者从系统论的观点出发, 阐述了地球表层系统的边界、环境、要素、结构和功能; 并分析了地球表层系统的开放性、有序性和耗散结构的特征; 最后阐明了协调人地关系是地球表层系统研究的主要内容。

关键词: 地球表层系统; 系统论; 边界; 环境; 要素; 结构; 功能

中图分类号: X14 **文献标识码:** A

1 地球表层系统概念的提出

长期以来, 人们一直在探索和研究着人类自己赖以生存的环境——地球表层。在古代, 中国有盘古开天辟地的神话, 西方有上帝造万物的传说。随着科技的发展, 人类对于自己的生存环境——地球表层的认识已不再满足于神话猜想, 而是要做科学的研究与求证。许多地理学家、生物学家和地质学家在这方面做了大量研究, 并提出了“生物圈”、“生态圈”、“地理壳”、“地理环境”、“地球表面”、“地球表层”等概念, 但是都没有建立地球表层的完整理论体系^[1]。

近年来, 许多传统的地学学科已趋于成熟, 同时各学科之间的联系与依赖性日益加强。人们在研究一些复杂自然现象或事件的时候, 发现这些现象或事件不是孤立的, 也不是单独发生于某一圈层, 而是地球表层各圈层相互影响和相互作用的综合结果, 因而不能在单独某一门学科内研究。

随着空间技术发展, 使得人们从空间对地球进行观测成为可能, 这种观测是全球性的, 同时也提供了迅速有效的从全球角度观测地球的手段。再加上系统论、协同论、突变论、耗散结构论等新理论以及现代高新技术所提供的方法, 深刻揭示地球系统的运行规律已有可能。

钱学森教授于1983年倡议建立“地球表层学”,

认为地球表层学是“跨地理学、气象学、地质学、工农业生产技术、技术经济和国土经济的新学科”, “是自然科学与社会科学的交叉学科”^[2]。

2 地球表层系统的概念

地球表层系统是由岩土圈、大气圈、水圈、生物圈和人类圈所构成的地表自然社会综合体, 是人类圈与地圈相互作用的复合物质系统, 是地球圈层结构中的特定部分, 与周围的地球圈层其他部分存在物质能量交换关系, 是一个开放的复杂次级巨系统。

从系统论^[3]的观点来看, 地球表层系统的概念应该从系统的要素、结构、边界、环境 and 功能5个方面理解。

2.1 地球表层系统的要素

系统的要素是指构成系统的基本单元, 其基本特性是基元性。地球表层系统的要素是分圈层的, 一共分为大气圈、水圈、生物圈、岩土圈和人类圈。在这里, 地球表层已经不是地理学上原来的含义(即是组成它的几个圈层相互交错相互渗透的部分), 而是大气圈、水圈、生物圈、岩土圈和人类圈整体的名称。

2.2 地球表层系统的结构

系统的结构是指系统要素之间相对稳定的有一定规则的联系方式的总和。简单系统的结构可以用状态方程表示; 复杂系统目前用系统集成的方法来组合,

收稿日期: 2004-01-04; 修回日期: 2004-04-04

作者简介: 张猛刚(1975-), 男, 陕西户县人, 从事第四纪地质研究。

就是把复杂系统分解为简单系统,对简单系统写出状态方程,然后再逐步把简单系统集成成为复杂系统。对于地球表层系统这样的复杂大系统来说,系统集成的方法还有许多困难,但是它还是可用的(图1)^[4]。

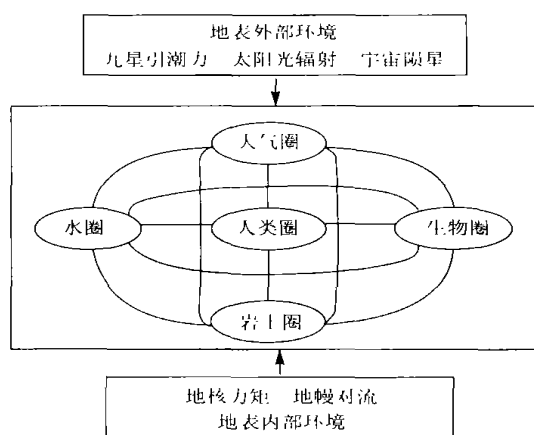


图1 地球表层系统的结构

(据孙根年, 1998, 略有修改)

Fig. 1 The structure of the earth surface system

2.3 地球表层系统的边界

系统的边界是指把系统与环境分开的某种界限。地球表层系统的界限自然就由组成它的圈层的界限来定,也就是总的下界就是岩石圈的下限,约在地表以下60多千米,总的上限就是大气圈的上限,地表以上约1200 km。但是人类活动目前所能影响的最大范围,向下可以达到12 km(前苏联在克拉半岛开凿技术钻孔的深度);向上可以达到平流层的顶部(考虑到臭氧层的破坏)。而与人类生存关系最密切的部分应该是对流层到地壳的部分。

2.4 地球表层系统的环境

系统的环境指一个系统之外的一切事物或系统的总和。环境也具有系统性,地球表层系统的环境可分为地表外部环境和地表内部环境。地表外部环境中对地球表层系统影响最大的因素有太阳光辐射、九星引潮力、宇宙陨星等。地表内部环境中对地球表层系统最有影响的因素有地核力矩、地幔对流。

地球表层系统的内部环境中,地核和地幔过程推动板块构造运动,完成大陆增生、海底扩张、陆洋转换等地球表层系统的变化事件。这些事件又反馈影响到地球表层系统的环境。例如,在古—中生代时期,主要由地幔热驱动形成了联合古陆,后者又反过来促进了当时古地磁异常、地核偏移和地幔

结构的长期变化。

地球表层系统的外部环境也是不断的变化的,变化有3种形式:周期性变化。例如太阳辐射在地球表层分配的周日变化和周年变化;月球引起的地球潮汐的周期变化等;定向变化。例如由于月球对地球的潮汐作用使地球自转减慢,地球自转周期变长;随机变化。大陨星冲击地球是随机变化最明显的例证。

地球表层系统的环境除了变动的一面外,还有相对稳定的一面。由于地球质量较大,也就产生较大的重力加速度,这一重力加速度在地球演化史上变动较小,这是地球保持大气圈和水圈的条件。自从太阳进入主序星阶段以来,它产生聚变能的速率相当稳定,同时由于日地距在地史上变化很小,因而地球表层获得太阳辐射较稳定^[5]。

2.5 地球表层系统的基本功能

系统的功能是系统过程的秩序。地球表层系统的功能就是地球表层系统长期演化过程的秩序。从地球表层40多亿年的演化史来看,大体可分为3个重要演化期:从原始地表(没有大气圈和水圈,更没有生物圈和人类圈)到岩石圈、大气圈和水圈的形成大约经历了十几亿年,为生命的孕育和诞生创造了必要条件;其后约30亿年^[6],是生物圈及其环境圈层(岩石圈、大气圈和水圈)协同演化发展的漫长时期;大约在200~300万年前人类出现后,是人类圈形成和发展时期。这样,可以认为地球表层系统的基本功能就是生态功能。人类出现之前的岩石圈、大气圈、水圈和生物圈协同演化发展时期的地球表层系统可以称为自然生态圈,人类出现后的地球表层系统可以总称人类-自然生态圈^[7]。

3 地球表层系统的基本特征

地球表层系统是一个具有耗散结构的开放的有序复杂巨系统。

3.1 地球表层系统的开放性

地球表层系统的开放性表现在地球表层系统同它的环境有物质和能量交换。从输入到地球表层的方面看,有太阳辐射、潮汐能。地球深处也向地球表层输送热岩浆,还有太空中的各种粒子流、陨石等进入地球表层。地球表层系统也有输出,有把地表热能散发到宇宙空间的红外辐射,还有岩层插入

地球内部深处, 现在人类还把人造卫星、宇宙飞船送入太空。

3.2 地球表层系统的有序性

从形成地球时无生命的地球表层演化到有生物的地球表层, 再从有生物的地球表层演化到今天有高度文明的人类的地球表层, 地球表层系统的演化明显是从简单到复杂, 从无序到比较有序。

3.3 地球表层系统的耗散结构

普利高津认为, 开放系统不断与环境交换能量与物质, 只要形成了足够的负熵流, 就能使系统的总熵不增长, 甚至减少, 这样开放系统就能远离平衡态产生有序稳定的结构, 这就是耗散结构。太阳辐射能是地球表层的主要能源。太阳辐射能进入地球表层后推动大气循环, 引起水循环, 带动了地球表层大量物质的循环运动, 促进地形地貌的侵蚀堆积过程; 有机体固定的太阳辐射能, 是地球表层全部生命运动的能量基础。进入地球表层的太阳辐射能是短波辐射, 能量高, 也就是熵低, 在地球表层内做功, 最后以热辐射逸出地球表层的是长波辐射, 能量低, 也就是熵高。这样太阳辐射能在地球表层流通转化形成负熵流, 使地球表层能够远离平衡态形成有序的结构和稳定的功能, 成为具有耗散结构的开放体系^[8]。

4 人类与地球表层的关系

人类是地球表层系统演化发展的产物, 是地球表层系统的一个重要组成部分。开始人类只是天然生态系统中的一个普通消费环节, 随着人类社会的发展, 人类活动对地球表层系统的影响和作用日益加深^[9], 在十年和百年的时间尺度上, 已达到了可人与自然作用相比拟的程度, 甚至更强。

随着人口的急剧增加和经济工业化与社会城市化, 一方面人类对自然环境与自然资源的改造利用规模和速度空前增长; 另一方面自然环境的破坏与资源的枯竭严重影响人类经济发展和社会进步。人地关系处于剧烈“对抗”之中。因此, 要使社会经济健康而稳步的发展, 就应该寻求建立人与地, 即与自然环境和谐、协调的关系。而要建立这种良好的人地关系, 并且能够进行调控, 就必须清楚了解地球表层的动态及其机制, 人与自然相互作用及其过程, 以及人地系统的调控与优化模式, 这正是需要人类解决的一个重要课题。

参考文献:

- [1] 项目建议书起草小组. 关于地球表层动态机制与人地系统调控的研究 [J]. 地球科学进展, 1992, 7 (1): 28-33.
- [2] 刘术培, 蔡运龙. 地球科学导论 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 2-4.
- [3] 苗东生. 系统科学精要 [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1998, 26-37.
- [4] 孙根年. 地球表层 M PBL 系统及其两个尺度的全球变化模型 [J]. 地球科学进展, 1998, 13 (5): 481-486.
- [5] 陈之荣. 地球表层系统非线性演化模式 [J]. 地球物理学报, 1987, 30 (4): 389-98.
- [6] 刘本培, 全秋琦. 地史学教程 [M]. 北京: 地质出版社, 1996. 56-57.
- [7] 谢家泽. 关于地球表层系统观的几个问题 [J]. 地球科学进展. 1995, 10 (5): 432-435.
- [8] 浦汉昕. 地球表层的系统与进化 [J]. 自然杂志, 1983, 6 (2): 126-128.
- [9] 雷样义. 协调人与地质环境的关系- I 人类活动对地质环境的影响 [J]. 西北大学学报 (自然科学版), 2000, 30 (4): 323-327.

A discussion on the earth surface system

ZHANG Meng-gang, LEI Xiang-yi

(Department of Geology Northwest University, Xi'an 710069, China)

Abstract: The earth surface system is composed of hydrosphere, atmosphere, anthroposphere, biosphere, lithosphere and pedosphere. In this paper, by of the system method composed of element, structure, boundary, environment and function, the definition of the earth surface system is explained. The characteristics of the earth surface system is also analyzed.

Key words: earth surface system; systematology; boundary; environments; element; structure; function