

汪品先. 对地球系统科学的理解与误解——献给第三届地球系统科学大会[J]. 地球科学进展, 2014, 29(11): 1 277-1 279, doi:10. 11867/j. issn. 1001-8166. 2014. 11. 1277. [Wang Pinxian. Earth system science: Conception and misconception—To the third conference on Earth system science, Shanghai[J]. Advances in Earth Science, 2014, 29(11): 1 277-1 279, doi:10. 11867/j. issn. 1001-8166. 2014. 11. 1277.]

对地球系统科学的理解与误解^{*}

——献给第三届地球系统科学大会

汪品先

(同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092)

摘要:地球系统科学不应当理解为各门地球科学的叠加,而是探索其圈层相互作用,整合其各种学科,将地球作为一个完整系统来研究的学问。地球系统科学从全球变化开始,然后向早期的地质年代推进。而当前面临的新任务是将地球表层与地球内部过程连接起来研究。

关键词:全球变化;地球系统;地球连接;盖娅假说

中图分类号:P5 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-8166(2014)11-1277-03

1 什么是地球系统科学

欢迎各位前来参加第三届地球系统科学大会。但是你知道什么是地球系统科学吗?当然知道,不然怎么会来开会呢。其实并不见得。眼下“地球系统”走红,出书、上课、开会都喜欢叫“地球系统科学”,实际大家指的并不都是一码事。

“各门地球科学加起来,就成为地球系统科学”,这是最常见的一种误解。十多年前我国出过一本1 000多页的巨著,地球科学所有分支应有尽有,由各路名家分头介绍本学科的发展,书名就叫“地球系统科学”。多年来通行的“地球系统”教科书中,有许多也是地球科学各个分支的浓缩本。把各个学科放在一起,无疑是件大好事,但这并不是现在所说的地球系统科学。地球系统科学不能光靠加法。不过把地球科学加起来就做成的“地球系统科学”,也不是中国的专利。《印度科学院学报》的《行星与地球科学》分卷,2005年改名叫《地球系统科学学报》,反映的就是这股世界潮流。

另外一种误解,是把遥感科学、或者把数值模拟当作“地球系统科学”。遥测遥感是地球系统科学

产生的前提,有了遥感技术才有全球的视野。一位德国科学家把遥感技术的发明比作“第二次哥白尼革命”:第一次依靠望远镜从地球向外看,建立了“日心说”;第二次依靠遥感技术从空间向内看,其结果就是“地球系统科学”^[1]。而认识地球这个极大的复杂系统,决不是人脑所能对付,只有依靠计算机才能实现。因此,从日本横滨的超级计算机“地球模拟器”,到我国北京在建的“地球系统模拟器”,都是研究地球系统科学的重大设施。不过科学研究手段不等于科学本身,地球系统科学是建立在遥感技术、计算技术和许许多多观测试验基础上的新学科,代表了地球科学集成研究的新方法。

2 从全球变化到地球系统

将地球作为整体、从圈层相互作用着眼的“地球系统科学”,源自“全球变化”的研究。20世纪80年代为应对“臭氧洞”、“温室效应”的威胁,首先由大气科学界发起,在全球范围内对碳循环等进行跨越圈层追踪。1983年,美国国家航空航天局(National Aeronautics and Space Administration, NASA)建立了“地球系统科学委员会”,1988年发表了“地

* 收稿日期:2014-10-29;修回日期:2014-11-06.

作者简介:汪品先(1936-),男,江苏苏州人,中国科学院院士,主要从事海洋地质与古环境研究. E-mail: pxwang@tongji.edu.cn

球系统科学”报告^[2],提出著名的“Bretherton 图”,展示了大气、海洋、生物圈之间,在物理过程和生物地球化学循环的相互作用,标志着“地球系统科学”的起步。

20 多年来,许多全球变化的研究以“地球系统”冠名。1996 年美国地球物理学会在美国国家科学基金会(National Science Foundation, NSF)支持下组织会议,提出将“地球系统科学”列入教学计划。从此之后,“地球系统科学”的课程和教科书接踵而来。进入 21 世纪,四大全球环境变化计划(世界气候研究计划(World Climate Research Program, WCRP);国际地圈生物圈计划(International Geosphere-Biosphere Program, IGBP);国际全球环境变化人文因素计划(International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, IHDP);国际生物多样性计划(An International Programme of Biodiversity Science, DIVERSITAS))又联手建立了“地球系统科学联盟(Earth System Science Partnership, ESSP),对碳、水、食物和健康四大问题进行集成研究。地球系统科学已经牢牢地扎根在应对全球环境变化的社会需求和地球与生命科学相结合的基础之上^[3]。

然而所有这些以“全球变化”为研究对象的“地球系统科学”,着眼点都是有关人类生态环境的现代过程。尽管有些长期过程需要上溯到千、百年前,甚至涉及万年尺度的变化,但都是围绕着现代变化开展研究,有着时间域里的限制。

3 从地球表层到地球内部

2001 年,英、美两国的地质学会在爱丁堡联合举办了“地球系统过程(Earth System Process)”国际大会,将“全球变化”的概念上推了几十亿年,从古代光合作用的起源,一直到近代暖池演变的气候效应^[4]。苏格兰的爱丁堡称得上是地质科学的发祥地,也是 200 多年前“水成派”与“火成派”火并的地方;这次爱丁堡会议,又把地质学推向“地球系统科学”的新阶段。与“全球变化”不同,这里说的“地球系统科学”不但穿越圈层,而且横跨时空,将“全球变化”的概念应用于地质演变,在探索圈层相互作用的同时,研究时间和空间不同尺度的变化过程,揭示不同尺度过程的驱动机制和相互关系。地球系统概念进入地质科学,不但是全球变化研究圈层相互作用在时间上的延伸,更标志着地质科学进入集成研究的新时期。

然而,以上所说的还都是地球的表层,无论气

圈、水圈、生物圈、岩石圈,都局限于地球的表层。近年来发现,全球变化所研究的碳循环和水循环,都不只存在于地球表层,地幔里有着大量的水和碳,都在和地球表面的圈层发生相互作用,只是时间太长、埋藏太深,不易被人类发现。从地面俯冲下去的板块会改变地幔的成分,从地幔逸出表面的地幔物质也在改变着地球的表层。这项研究已经成为国际研究的前沿,美国 Sloan 基金会设立的“深部碳计划”就是一例。这种结合地球内部和地球表层的全球变化研究,叫作“行星循环(planetary cycle)”或者“地球连接(Earth connection)”^[5]。

地球系统科学时间和空间范畴里的拓展,激发了对比较行星学的兴趣。地球内部与表层联系,在地球演化的早期更为密切;而地外星球的全球变化,正是我们研究地球演化早期最好的参考。就像政治家读历史、国学家学外语一样,地外星球的“地球系统”能够开阔我们的思路。因此,比较行星学是我们提升地球系统研究高度的必修科目。我们衷心希望“地球系统科学大会”能够激起学术交流的火花,促进这些新领域在我国的发展。

4 寻求地球科学自己的理论

在英国的乡下,生活着一位 95 岁高龄的老人 James Lovelock。他首先发现大气中氟利昂的广泛存在,提出了根据大气成分判断星球上有没有生命的新思路。20 世纪 70 年代,他提出地球是一个超级有机体的假说,认为地球能够自我调节,拥有全球规模的自我调节系统,并且用希腊神话中大地女神“盖娅(Gaia)”来命名这个控制系统^[6]。这项“盖娅假说”激起了学术界剧烈的争论:这究竟是一种异端邪说,还是科学思维上的创新?

迄今为止,地球科学并没有自己的理论。地球科学里的理论,都可以说是物理、化学等兄弟学科在地球科学中的应用。现在“地球系统科学”的产生,提出了研究地球圈层相互作用、时空尺度相互关系的新题目,很可能正是建立地球科学理论的一道曙光。“盖娅假说”提倡研究的“地球生理学”,会不会就是这种理论探索的把手?

从地球系统科学入手探索地球科学自己的理论,目前还只是一种朦胧的设想。地球系统过于复杂,作为整体进行研究要求方法和思路上的创新。比如大气界有人建议,用能量平衡和“最大熵”的方法来整体研究地球这个复杂系统,十分值得注意^[7]。地球系统的研究,固然依靠着观测与模拟的

技术进展,但同时也必须要有理论、思路上的创新。300年前现代科学的产生,关键在于解剖分析;而当代系统科学的发展,又反过来要求整合集成。如果说,以整体综合为特色的华夏文明,在300年前难有作为,那么在当代地球系统科学的发展中,能不能一显身手,做出自己的贡献?

参考文献 (References):

- [1] Schellnhuber H J. "Earth system" analysis and the second Copernican Revolution[J]. *Nature*, 1999, 402: C19-C22.
- [2] Earth System Sciences Committee, NASA Advisory Council. Earth System Science—A Closer View [R]. Washington DC: NASA, 1988.
- [3] Wang Pinxian. Earth system science in China: Quo vadis? [J]. *Advances in Earth Science*, 2003, 18(6): 837-851. [汪品先. 我

国的地球系统科学向何处去? [J]. *地球科学进展*, 2003, 18(6): 837-851.]

- [4] Wang Pinxian. Earth system processes: A global meeting[J]. *Advances in Earth Science*, 2002, 17(3):311-313. [汪品先. 穿越圈层, 横跨时空——记“地球系统过程”国际大会[J]. *地球科学进展*, 2002, 17(3):311-313.]
- [5] IODP. Illuminating Earth's Past, Present, and Future [M]. Washington DC: IODP MI, 2011. [IODP. 照亮地球:过去、现在与未来[M]. 上海:同济大学出版社,2011.]
- [6] Lovelock J E, Margulis L. Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: The Gaia hypothesis[J]. *Tellus*, 1974, 26(1/2): 2-10.
- [7] Kleidon A. A basic introduction to the thermodynamics of the Earth system far from equilibrium and maximum entropy production[J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2010, 365: 1 303-1 315, doi:10.1098/rstb.2009.0310.

Earth System Science: Conception and Misconception —To the Third Conference on Earth System Science, Shanghai

Wang Pinxian

(State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Earth system science should not be understood as an all-embracing term that combines various disciplines studying the planet Earth. Rather, it is a new approach to consider interaction between its various subsystems, and seeks to integrate various research fields to understand the Earth as a system. Earth system science has developed from global changes studies, then extended into the deep geological past and now is facing a new challenge connecting the surface processes with those in the Earth's interior.

Key words: Global change; Earth system; Earth connection; Gaia hypothesis.