

# 探索气圈与水圈变化过程的地质科学

汪品先

(同济大学海洋地质系 上海 200092)

**提 要:**地质科学的任务正从资源勘探扩展到环境预测,从面向过去变为也要面向未来。与此相应,除地球的固态圈层外,气圈和水圈的历史演变也成为其直接的研究对象。古海洋学、古湖泊学、古水文学、古大气化学和古气象学等新学科应运而生。新的研究领域要求改革研究方法,应用严格的数据采集和处理技术、经过模式的建立和检验过程的定量研究,其结果必将推动整个地质科学的现代化。最后对我国开展相应研究提出了若干建议。

**关键词:** 环境预测 古水圈 古气圈 全球变化 模式建立

## 一、地质科学的新领域

长期以来,地质科学主要为矿产资源服务,研究重点在于固态圈层,生物圈的演化是作为地质时代的标志、气圈和水圈的演化是作为矿产形成条件来加以研究的。当人类把注意力投向未来生存环境的预测和保护时,气圈和水圈的历史演变就成为直接的研究对象。近年来,古海洋学、古湖泊学、古水文学、古大气化学、研究大气环流的古气候学、古气象学和研究古潮汐等问题的古地球物理学蓬勃发展(表一)。它们不仅是新开拓的研究领域,而且要求新型研究方法、技术,对整个地球科学的方法学提出了挑战。

本来,沉积矿产的形成条件和许多地质历史上的重大事件,很难直接靠固态圈层的变化得到解释。不了解海岸上升流的地质意义,就难以理解大片海相生油层系的成因<sup>[1]</sup>;不认识湖水中营养元素富集引起的藻类勃发,也无从说明某些陆相油页岩的形成<sup>[2]</sup>。至于环境变化趋势的推测,更离不开地表流态圈层演变历史的研究。在宏观上,要研究固态圈层的构造运动如何引起大洋和大气环流的改组,从而造成气候、生物和沉积的变化。例如印度板块与欧亚板块碰撞,导致东亚季风的形成,使我国早第三纪晚期发生气候带格局的根本改变<sup>[3]</sup>;巴拿马海道关闭,导致墨西哥湾流的形成,使上新世晚期北极冰盖产生<sup>[4]</sup>。在微观上,要研究海、陆、气之间微粒物质的交换,对生物群和沉积物可以产生的各种影响。例如在大气微尘搬运过程中,气溶胶中的铁离子可能对大洋初始生产力有重要影响<sup>[5]</sup>;而海浪溅沫中的气溶胶,也可以影响陆地的生态系。目前,对气圈和水圈的研究已经使地球科学深入到新的层次,探索的古环境参数已不再限于温度、盐度、深度一类传统项目,古云量、古风速、古生产力、古潮差、

收稿日期:1991-04-20

古海洋底层水更新的速度、古大气中微量元素的含量等等,都已经提上日程。

表 1 几个有关学科的国际会议或计划

学科	会议	时间与地点	
古海洋学	国际古海洋学大会	第一届	1983 瑞士苏黎世
		第二届	1986 美国伍兹霍尔
		第三届	1989 英国剑桥
		第四届	1992 德国基尔
古湖泊学	国际古湖泊学学术讨论会	第一届	1967 匈牙利 Tihany
		第二届	1976 波兰 Mikolajki
		第三届	1981 芬兰 Joensuu
		第四届	1985 奥地利 Ossiach
		第五届	1989 英国
古水文学	国际地质对比计划 IGCP—158 项 1977—86 “15 万年来温带的古水文学” A. 古河流 B. 古湖沼		
古气候学	“古气候学与古气象学:	1987 美国	
古气象学	全球大气搬运的古今格局”	Oracle	

气圈和水圈演变的地质研究,是 90 年代“全球变化”研究的需要。理由十分明显:“全球变化”本身无法实验,只能用地质历史的实例来检验“全球变化”的模式;同时,近二十年来科学技术的进展,已使气圈、水圈演变的地质研究成为可能。计算机、遥感等新技术的突飞猛进,为大气和海洋科学的高速发展准备了条件;同样,新的采样技术(如深海底液压取芯设备、浮泥的干冰采样设备)、测年技术(如加速器 $^{14}\text{C}$ 法)、分析技术(如微量样品的稳定同位素分析)和数据处理技术(如古生态转换函数法)的产生,也为古大气和古大洋的定量研究创造了前提。人们推测,19 世纪自然历史研究的突破在于生物界的演化理论,20 世纪后半叶的突破在于地球固态圈层运动的理论,20 世纪末、21 世纪初的突破,很可能将是大气和海洋系统的演化理论。地质学在陆地与大洋的工作相结合,揭示了构造运动的机理和规律。现在,地表固态圈层的研究与流态圈层相结合,加上天文因素和生物圈的考虑,可望能揭示地质历史上“世”、“纪”、“代”、“改朝换代”的原因,找出地史上的周期与事件,使地史学从描述性变为探求规律的科学。

## 二、地质科学的新任务

在矿产资源的勘探中,地质科学主要是“面向过去”;在“全球变化”或“地球过程与全球变化(EPGC)”范围内为预测环境演变的地质科学,却需要“面向未来”(表二),其着眼点首先在于近几万年来较短时期的地质过程,实际是地质、历史与现代过程的交接带。此类研

究, 至少在下列四方面要求改进方法:

表 2 地质科学两种方向的比较

主要目标	矿产资源勘探	环境预测、保护
主要对象	固态圈层	流态与固态圈层
预测任务	空间预测	时间预测
特点	面向过去	面向未来

1、进行确实定量的研究。不定量的预测缺乏实际意义, 而且可以导致谬误。“气温上升会使海面升高”的论断就需要定量, 因为少量的升温反而可以增加降雪量、扩大冰盖体积而使洋面下降<sup>[6]</sup>。为取得确实定量的结论, 必需在研究过程中每个环节都坚持定量的标准, 而且有精确度、可信度的估算。70年代初在美国创立的“古生态转换函数法”, 利用微体化石的定量数据求取古温度<sup>[7]</sup>, 我国近年来对南海晚第四纪冬、夏表层水温的计算<sup>[8]</sup>和对西太平洋上新世古水温的计算<sup>[9]</sup>, 均属成功的实例。如果以为用计算机处理过的都叫“定量研究”, 甚至以为在小数点以后增加位数就可以提高“精度”, 那实在是“对定量”的误解。

2、通过模式的检验论证结论。根据现有的认识和资料提出模式, 按照模式的推论选出关键地点和关键层段进行调查和分析, 对模式进行检验和改进, ——这应当是研究地质演化历史的正常方法。由于地球表面的流态圈层比固态圈层具有更大的流动性和易变性, 即使现代大气和大洋的实测结果也必须用模式加以归纳, 研究古大气、古大洋时更是如此。当然, 其中也有概念模式和数值模式之分, 模式的复杂程度也十分悬殊。例如, 南海冰期/间冰期表层海水温差的异常, 可以根据南海冰期时半封闭条件下海流格局的变化模式, 用柱状样实际数据加以检验; 南海陆坡晚第四纪  $\text{CaCO}_3$  曲线与太平洋相反、与大西洋一致的原因, 也可以通过溶解与稀释两种不同模式的检验, 得出是陆源物质“稀释作用”控制的结论<sup>[7]</sup>。事实上, 地质科学迫切需要向实证科学逼近以提高精密程度, 而地质科学在研究时间上的变化过程时, 往往比研究空间变化时更加缺乏精确性。在进行“再造”和“复原”时, 有时甚至还有待划清科学与艺术的界限。

3、充分估计环境因素相互作用的复杂性。流态圈层的变化过程中, 往往有诸多的因素同时在起作用。米兰柯维奇理论用地球运行的轨道周期解释冰期/间冰期的交替, 但末次冰消期的加速变化, 尤其像“新仙女木期”那样的突然事件, 不可能单纯用轨道周期来解释<sup>[10]</sup>, 其中都有非线性的反馈作用。海面上升可以淹没陆地、使岸线后退, 但冰后期海面上升时有些河口岸线并未后退, 海区携来沉积物的堆积可以抵销海面上涨的效果, 这里有河口沉积速率与海面上升速率的关系问题。这种“意料不到”的联系, 在流态圈层的研究中比固态圈层更多。同样, 当研究古水体的化学变化时, 用某一类元素建立起来的古海水化学变化模式, 如果不适用于另一类元素, 便不能成立。当发现两种现象相关时, 并不能因此认为它们之间有因果关系。要避免简单化, 要识别复杂的相互关系, 必须进行不同学科、不同工种的共同研究。

4、正确使用替代性标志。由于流态圈层的直接地质记录很少, 必须大量使用替代性标志; 而有效的替代性标志和医药一样, 必定有其适用范围和忌用场合。例如生物壳体的同位素数

据,只是在生物与其水体保持同位素平衡、死后又无同位素变化的前提下方才有用。重要的任务是寻找适合我国使用的标志,比如是否可以采用反映粉尘搬运和水份搬运的地质标志,来探测冬、夏季风强度的演变,等等。

总之,有严格的数据采集和处理,模式的论证和检验,过程的定量研究,是探索古大气和大洋系统的基本途径。这种研究方法不同于“材料→分析→结论”的习惯程序,更不同于凭直觉推论的作法。推行新型的研究方法,将不仅为“全球变化”提供不可替代的重要手段,而且也将对整个地球科学的现代化,起重要的推动作用。

### 三、几点建议

对于这种新型的研究方法,我国研究地质历史的学术界还不习惯,也不够熟悉。为此,特提出如下建议:

1、在预测今后几十、几百年环境变化趋势时,对于近十五万年来、特别是末次冰期以来的演变,尤其是历时数百年的“突然事件”,具有特殊的意义。因此,针对“环境”研究的需要,有必要重新考虑我国地质科学研究力量的布局,动员一部分从事较老地层“资源”研究的力量转入较新地层“环境”研究中来。

2、探索气圈与水圈变化过程的地质研究范围十分广阔,我国不可能“全面出击”,必须结合我国特有的条件,针对“全球变化”中的关键问题,争取重点突破。我国疆域辽阔、环境多样,无论是高山冰川、风尘堆积,还是长江大河、广阔陆架,都居世界前列,各时代地质记录齐全,又具有东亚季风、青藏高原、黄土剖面、黑潮海流等独特的现象和材料,应当加强用地质手段针对水圈和气圈中的特殊问题开展研究。

3、要促进研究方法的改进。当前应当通过研究经费拨款的杠杆,促成一个或数个有严格定量基础的古大气、古大洋的多学科协作研究项目,对内作为地质科学方法改进的试点,对外追踪国际学术研究的前沿;应当组织若干次探讨研究方向和方法的小型跨学科专题讨论会,学习柏林“达伦会议(Dahlem Konferenzen)”的模式,事先交流材料、开会不作报告,而是专题讨论今后研究的课题与方法;鼓励思路开阔而以严格实际材料为基础的理论性探讨,争取不仅向国际学术界提供研究材料,而是力争进入理论探索的前沿。

4、及时组织一批新颖的综述性书籍,组织相应的学术会议或学习班,推广上述新方向、新方法。对于大学生、特别是研究生的培养计划,应作相应的修改、补充,以适应地质学面临的研究内容和方法上的重大改进。

### 参 考 文 献

- [1] Thiede, J. and Suess, E. (eds.), Coastal Upwelling, Its Sediment Record. Part B. Plenum Press. 1983.
- [2] Fleet, A. J., Kelts, K. and Talbot, M. R. (eds.), Lacustrine Petroleum Source Rocks. Geological Society Special Publ. No. 40. 1988.
- [3] Wang, Pinxian, Progress in Late Cenozoic palaeoclimatology in china: a brief review. In: R. O. Whyte (ed.), The Evolution of the East Asian Environment. Hong Kong Univ., 1: 165-187. 1984.
- [4] 同济大学海洋地质系,古海洋学概论。同济大学出版社,1989.

- [5] Duce, R. A., The impact of atmospheric nitrogen, phosphorus, and iron species on marine biological productivity. in: P. Buat-Menard (ed.), The Role of Air-Sea Exchange in Geochemical Cycling. NATO ASI Ser. C, 1986, Vol. 185: 497-529.
- [6] 任美镔, 全球气候变化与海平面上升问题. 科学, 1988年第40卷, 第4期, 248-253页。
- [7] 汪品先, 冰期时的中国海——研究现状与问题. 第四纪研究, 1990年第2期, 111-124页。
- [8] 王律江、汪品先, 用转换函数法推算南海古温度的尝试. 科学通报, 1988年第33卷, 第5期, 371-373页。
- [9] 王律江, 晚第三纪海水表层温度历史——一种转换函数新方法的试验. 同济大学博士学位论文, 1989。
- [10] Harvey, L. D. D., Modelling the Younger Dryas. Quaternary Science Review, 1989, 8: 127-149.

## GEOLOGICAL SCIENCES EXPLORING CHANGES IN ATMOSPHERE AND HYDROSPHERE

Wang Pinxian

(Tongji University, 200092)

### Abstract

Geological science is extending its research field from resources exploration to environment prediction, from tracing back to looking ahead. Accordingly, the history of evolutionary changes in atmosphere and hydrosphere has become its direct object of study, along with the solid sphere of the Earth. New branches of geological science have emerged as times require, such as paleoceanography, paleolimnology, paleohydrology, paleoatmospheric chemistry, paleometeorology, etc. To meet the demands arisen from the new research field, it is to renew the methods and techniques we used to apply, and to introduce a quantitative approach with a well defined system of data collection and treatment, with modelling and testing. All this will promote modernization of the geological science as a whole. The paper concludes with several suggestions concerning relevant research activities in China.

**Key words:** environment prediction, paleoatmosphere, paleohydrosphere, global changes, modelling