

国外末次冰期极盛期以来 环境演变研究的主要特点

任国玉

(北京师范大学地理系 100875)

提 要 国外对更新世末次冰期极盛期(LGM)以来环境演变的研究出现了一些新的趋势和特点。本文对此进行了归纳与分析,并指出它们对国内第四纪研究工作的启示意义。

关键词 末次盛冰期 晚冰期 全新世 古环境研究

近20年来,国外第四纪学者对末次冰期极盛期(LGM)以来全球及区域性环境演变研究投入了大量工作,取得了很多重要成果。概括和总结国外这方面的研究特点,对于我们具有一定借鉴意义。一般地说,国外同行的工作可以认为具有如下几个显著特点:(1)十分注重年代测定和提高演变序列的时间分辨率;(2)加强了新技术和新方法的应用;(3)重视跨多学科的综合研究;(4)随着资料的积累,已经开始由单点(site)研究发展到区域的或全球的空间复原;(5)模式模拟研究及对过去环境演变机制的探讨正受到重视。

1 关于测年和提高分辨率问题

不论是建立一个地区环境特定变量的时间演变序列,还是分析不同环境变量之间的相互作用过程,或是比较某类变量在不同地区之间变化特征的异同,均需要有精确的年代测定工作做为基础。实际上,年代测定的特殊重要意义只是在人们真正理解了环境系统各组成部分之间存在着十分复杂的相互影响,以及不同地区环境系统对同一外部驱动力的响应存在着时间上的差异以后才充分认识到。大气中CO₂等温室气体和地表气温之间存在着复杂的相互作用,冰岩芯记录的过去 $\delta^{18}\text{O}$ 值和CO₂含量之间具有怎样的超前或滞后关系对于揭示冰期结束和全新世开始阶段全球环境演变机制无疑是个关键问题。在冰消阶段之初,大量陆地冰融化的淡水注入大西洋,使海水 ^{18}O 浓度突然下降。太平洋较少受到冰融水直接冲淡作用。太平洋深海岩芯记录的 $\delta^{18}\text{O}$ 值的明显下降滞后于大西洋 $\delta^{18}\text{O}$ 突然变化之后多长时间,这对于理解 ^{18}O 信号的传播过程也是一个关键问题。Duplessy(1989)的工作表明,这个滞后时间是很短的,只有几个世纪^[1]。这说明, ^{18}O 信号的向太平洋传播不是由深海环流执行的,而

收稿日期:1992-07-24,修改稿:1992-11-21

是由大气水汽的洋际之间转送完成的,因为深海环流交换过程十分缓慢^[1]。同样,在陆地上,由于冰体和水体的联合影响,西北欧和北美东北部全新世早期温度对北半球太阳辐射变化的响应可能已经明显地落后于欧亚非和北美大陆其它地区。显然,所有上述这些时滞效应问题的解决都依赖高精度的年代测定。

各种海洋和陆地上的代用古环境资料越来越多地证实,气候及环境的演变不仅存在着空间上的相对一致性,而且更存在着地区间的明显差异。揭示这种地区间的差异同样只能依靠准确的年代测定。在这方面,地质学传统的以寻求区际演变规律相似性为目标的地质对比(Correlation)方法的意义需要重新评价,建立在这种方法基础之上的对比定年实践也具有愈来愈小的价值了。这是因为,它把两个地点本来可能存在重要时间差别的某一特征事先假定为是同时发生的,使人们难以看到真实的环境分布图式,因而也无从深入探讨变化的机制。而且,这种生硬的气候地层和生物地层对比方法还可能在研究中招致循环论证的错误。

放射性¹⁴C同位素测年在晚冰期和全新世环境演变研究中具有其它技术所不可替代的作用(Bradley, 1985)^[2]。目前,加速器质谱仪(AMS)技术在欧美地区的使用已很普遍,过去需要大块含碳样品才能测定¹⁴C年代的情况已经完全改变了,现在只需几毫克即可(Stuiver, 1988)^[3]。此外,传统的衰减计数技术现在也大大地提高了精度。近十几年来,国外湖泊沉积、泥炭沉积和深海沉积岩芯分析都以充分的AMS¹⁴C测年数据构筑牢靠的时间框架,从而能够建立起高分辨的时间序列和进行不同环境变量演变的相互关系研究。国内这方面技术发展还很缓慢,亟需予以重视。

2 关于新技术和新方法应用问题

除了¹⁴C测年技术的改进外,其它研究手段和方法也得到了迅速的发展。计算机和卫星遥感技术已经应用到环境演变研究中。卫星在监测冰川移动、植被覆盖度的改变、沙漠化程度发展、雪盖范围和海冰范围的变化,以及海温变化和大气变量变化方面正发挥着越来越大的作用。此外,各种代用环境指示资料的发现和使用为研究工作提供了新的手段,如湖积物和风积物中生物成因的碳酸钙¹⁸O和¹³C同位素测定可以反映过去气候或植被的演变;磁化率的测定可能反映降水或湿度的变化;湖泊沉积物外源化学元素的分析有助于恢复流域侵蚀强度的演变;各种代用资料的校准技术或转换函数使得人们能够定量计算过去环境变量变化的量值;利用数学模型和计算机可以模拟过去的某一特定时间片段的环境特征,等等。

在LGM以来长时间尺度研究中,定量校准技术的发展具有特别重要的意义。这种技术最先应用于根据深海岩芯有孔虫估算过去海水温度的研究,后来被扩展到陆地研究上来,用来进行孢粉资料及树木年轮宽度的校准。从某种意义上说,70年代CLIMAP计划和80年代COHMAP计划成员的突破性研究工作^[1,5]都密切地依赖于校准函数的发展和使用。

定量校准技术已经在我国的树木年轮研究中得到应用。但是,作为国内晚更新世以来环境演变研究最主要手段的孢粉分析还未能采用校准函数方法。这种状况的形成部分地和我国现代植被受人类活动影响比较深刻、与现代气候条件相平衡的自然植被分布较局限以及表层花粉采集和分析工作不充分等因素有关系。我们看到,欧洲大部分地区人类活动历史也相当悠久。天然植被受到人类活动干扰同样比较严重,但根据现代表层花粉和气候之间关系建立起来的各种定量校准方法却获得了满意的效果。因此,经过慎重的分析和订正,在我国

孢粉研究中逐步采用校准函数等定量复原技术不是不可能的,尤其象在东北部和北部那样人类强烈破坏时间较短的地区,可以先行开展这方面的工作。

3 关于跨学科综合研究问题

地球科学中的综合趋势在 70 年代初期以后得到明显加强。这在 LGM 以来环境演变研究中也表现得很明显。80 年代末期国际地圈生物圈计划(IGBP)的拟定和执行无疑已经进一步促进了地球科学各分支学科之间的结合和交叉。出现这种局面显然和理论研究的兴起与发展有关,因为探讨环境演变的机制必然要求理解大气圈、水圈、岩石圈和生物圈以及日地关系等环境系统各部分之间的相互影响和相互作用,要求研究人员具备气候学、海洋学、地质学和生态学等多学科的知识。例如,LGM 阶段以来大气 CO₂ 含量的变化及其同温度的相互联系就是一个十分复杂的问题,到目前还没有很好解决。但最终理解它显然需要在诸如海洋生物、洋流、海冰、陆地生物圈以及它们同天文因素驱动下的大气变量之间的复合的相互作用等进行系统研究,这不是传统的单一学科分析方法所能胜任的。可以看到,近年国外晚更新世以来环境演变研究正在这种综合的跨学科研究方向上迅速深化。不论是通过洋底有孔虫和陆地植物记录恢复过去季风环流的图式⁽⁶⁾,还是根据海底沉积纹层的生物扰动追索过去类似埃尔尼诺(El Nino)现象的低频海气振荡历史⁽⁷⁾,均体现了研究工作的这种跨学科和综合趋势。

可喜的是,近年来国内环境演变研究也开始出现不同学科相互协作的趋向,地理学者参加环境演变研究也促进了这种综合研究的发展⁽⁸⁾。在西安黄土与第四纪研究开放室,不同学科的学者协同工作,已经取得了象古季风研究那样的重大成果⁽⁹⁾。但是,从总体上看,国内的大部分研究工作还没有越出传统的学科间壁垒的围限,这是需要进一步改进的。

4 关于空间分布图式问题

国外研究的另一个突出特点是,由于资料的不断积累以及检验和校准模式的需要,人们开始从单点复原扩展到空间演变规律的探索。这种过去不同特定时间片段(time slices)环境变量水平分布图式的分析建立在单点定量恢复的基础上,使得人们可以了解环境演变的地域差异。把这种差异同当时特有的边界条件及外部驱动力结合起来进行分析,就有可能从宏观上探讨过去的环境变化的机制和成因。对古气候模拟结果的检验也是这种工作的重要贡献。还应该认识到,宏观空间分布的复原也可以反过来指导局地研究,并能够孤立出不同于大规模演变规律的局地因素的影响。可见,空间分布图式的分析是环境演变从经验研究走向理论概括的必由之路。

定性的空间分布图式研究可以追溯到 Kellogg 对全新世温暖期全球降水或土壤水分变化的恢复工作⁽¹⁰⁾。很长一段时间,Kellogg 图被用来作为未来 CO₂ 等温室气体引致全球增温情况下世界降水或土壤水分变化空间分布的一种相似型。这种类比现在受到激烈的批评,因为即使全新世确实存在一个全球统一的高温期,它的形成原因也是和未来增暖不同的。但是,如果我们不是把它作为一种确定的预测方案,而是作为未来可能出现的情势之一,这种

工作仍然具有一定意义。更何况,目前已有证据说明,全新世温暖期大气 CO₂ 含量也的确比较高,这至少可能部分地贡献给了当时的气温上升。

各种化石孢粉图以及在此基础上编制的古植被图和古气候图,根据浮游有孔虫记录编制的海温分布图,以及根据树木年轮资料绘制的气温、降水和气压场分布图等,都是建立在定量分析基础上的空间复原研究,其中有关 LGM 阶段全球大洋海水温度分布和全新世不同阶段陆地气候空间特征的研究构成了 CLIMAP 和 COHMAP 计划的最重要科学目标和科学成果^[4,5]。

在国内,张兰生首先对 LGM 阶段我国的气温和降水分布进行了定量复原^[11],国家气象局气象科学研究院等编制了中国近五百年旱涝分布图^[12],有些工作对不同特征时间片段的植被分布进行了定性推测。依靠我国近 20 年的科学积累和进一步的定量复原工作,今后这方面研究将获得新的发展。

5 关于古环境模拟问题

利用气候模式或综合环境模式对过去环境进行模拟是理解演变机制的最终手段,也是预测未来环境发展趋势的基本方法。过去的十几年,GCMs 模式在国外已经被用来模拟 LGM 和全新世全球古气候,并成功地输出了那些受到地球轨道参数及不同边界条件控制的环境变量特征。这种纯理论上的研究一开始就和经验重建工作密切结合,二者相得益彰,互相促进。经验研究为检验模拟结果和校准模式提供古环境观测资料,而模式研究则为古环境经验复原的解释提供有效手段,并可以对资料稀缺地区的研究工作给予指导。在不久的将来,IGBP 计划研制的全球生物地球化学系统的综合模式必将对地球环境系统变化做出更合理的预测。

我国的古气候和古环境模拟工作还比较薄弱。随着中国全球变化研究的进行,国内综合环境模式的研究也将得到发展,并将对过去环境演变的资料提出新的要求。

最后,值得指出的是,国外上述环境演变研究进展的几个特点实际上是相互联系的。包括多元统计方法在内的新技术的应用是进行综合性系统分析、空间分布制图和古环境模拟的基础,跨学科综合研究可以为模式研究人员提供过去环境系统相互作用过程的概念模式,空间环境变量制图又是提供模式边界条件及检验模式的基本途径。新技术的发展和应用,特别是多元统计方法的推广是导致 70 年代后期以来环境演变研究出现上述重大发展的重要因素。

20 年前,布朗大学的海洋地质学家 John Imbrie,威斯康星大学著名气候学家 Reid Bryson 和亚利桑那大学树轮气候学专家 Harold Fritts 分别从事着转换函数问题的研究(Hecht, 1985)^[13]。尽管几位学者当时都认识到这种新技术对复原过去的环境具有重要意义,但他们未曾料到,他们发展的这一新方法使晚更新世以来海洋和陆地环境演变研究产生了革命性的跃进。目前,这种方法正在不断完善,并将进一步发挥重要作用。

参 考 文 献

[1] Duplessy J. C. Global changes during the last 20000 years; the ocean sediment record. In: Bradley R S (ed.), Global

- Changes of the Past, 1989, 341—356.
- [2] Bradley R S. Quaternary Paleoclimatology. Allen & Unwin, Boston, 1985. 120—223.
- [3] Stuiver M. Dating proxy data. In: Berger A et al (eds.). Climate and Geoscience. Kluwer Academic Publishers, 1988. 39—45.
- [4] CLIMAP Project Members. The surface of the ice—age Earth. Science, 1976, 91; 1131—44.
- [5] COHMAP Members. Climatic changes of the last 18000 years; observations and model simulations. Science, 1988. 241; 1043—1052.
- [6] Gullen J L. Microfossil evidence for changing salinity patterns in the Bay of Bengal over the last 20000 years. Paleogeogr Paleocli Paleoeo, 1981, 35; 315—356.
- [7] Anderson R Y et al. Expression of seasonal and ENSO forcing in climatic variability at lower than ENSO frequencies; evidence from Pleistocene marine varves off California. Paleogeogr Paleocli Paleoeo, 1990, 78; 287—300.
- [8] 张兰生. 中国第四纪以来环境演变的主要特征. 北京师范大学学报(自然科学版), 1984, (4).
- [9] 安芷生等. 最近 130ka 中国的古季风. 中国科学(B), 1991, 10; 1076~1081; 1991, 11; 1209—1215.
- [10] Kellogg W W. Global influences of mankind on the climate. In: Gribbin J(ed). Climate Change. Cambridge Univer Press, 1978. 205—227.
- [11] 张兰生. 我国晚更新世最后冰期气候复原. 北京师范大学学报(自然科学版), 1980, 1.
- [12] 气象科学研究院等. 中国近五百年旱涝分布图集. 地图出版社, 1981.
- [13] Hecht A D. Paleoclimatology; a retrospective of the past 20 years. In: Hecht A D(ed.). Paleoclimate Analysis and Modeling. John Wiley & Sons, 1985. 1~25.

SOME CURRENT TRENDS IN THE STUDIES ABROAD ON THE ENVIRONMENTAL CHANGES DURING THE LAST 18000 YEARS

Ren Guoyu

(Department of Geography, Beijing Normal University Beijing, 100875)

Abstract

The last two decades witnessed some major developments in the studies of the environmental changes since Last Glacial Maximum in the western countries. The current research characteristics have been summarised in this paper as followings;

- (1) More attentions have been payed to the precise dating and the fining of the time resolution;
- (2) The applications of the advantage techniques and methods have been emphasized;
- (3) The synthetic studies across different disciplines have become more and more important;
- (4) With the accumulation, the researchers in the western countries have began to reconstruct the space patterns of environmental changes on continental or even global scales;
- (5) Simulation studies using models and investigation of the mechanism of paleoenvironment changes has been shown to be very valuable in the formation of the theory.

Key words: Last glacial maximum, Late glacial, Holocen, Paleoenvironmental research.