

·科学论坛·

# 对 21 世纪中国湖泊环境变化的思考

于 革

(中国科学院南京地理与湖泊研究所,南京 210008)

**[摘要]** 通过介绍国内外湖泊演变研究、古湖泊研究计划、古水文数据与气候水文模型模拟等研究现状和动态,从数据和模型方面对我国在 21 世纪的湖泊环境演变的研究提出初步的建议和设想。

**[关键词]** 湖泊环境,古气候与湖泊水文模拟,环境预测

21 世纪全球气候变化以及由此引起的环境变化,将会对我国湖泊环境与水资源产生巨大的影响。加强对湖泊环境与水资源变化的研究,是我国社会经济可持续发展的需要。

## 1 湖泊环境变化研究的迫切性

### 1.1 湖泊环境变化研究是我国社会经济可持续发展的需要

湖泊是地表水载体,对目前水资源短缺、水环境恶化、水灾害频发反映敏感。西部内陆湖泊咸化、干涸,青藏高原湖泊面积锐减,东部湖泊淤塞、污染,已成为制约我国经济可持续发展的重要因素之一。湖泊环境和湖泊演化的研究,在水资源和环境方面将为我国高层次决策提供战略依据和空间信息;为论证西部历史上曾存在的大面积淡水湖和人类能够生存的气候环境能否在未来 200—500 年重现,为东部水汽环流与湖泊水资源的人为参与和控制可能性提供科学依据。西部地域辽阔但气候恶劣,能否在西部生存进而开发,很重要取决于水资源。湖泊及其周边湿地是人类生活、栖息的主要场所。我国内陆干旱、半干旱地区的湖盆流域兴衰决定了社会兴亡和民族兴盛。湖泊资源和环境变化研究将为解决人口压力(如移民的可能性)、社会经济的全地域发展(如中国西部发展)提供基础性科学论证。东部大气降水充沛,但降水季节分配和空间分布极不均匀;由此丰水季造成洪灾,枯水季则造成旱灾。能否在丰水时留得住水?水量盈余流域向水量亏蚀流域调剂?湖泊是最佳的天然蓄水库;湖泊的天然蓄

水能力与水汽环流变化和陆面表生过程密切相关,并受下垫面湖泊环境变化影响;论证湖泊调蓄水资源控制能力,人类参与的大湖面期(例如早中全新世)重现的可能性。

### 1.2 对气候环境变化成因和预测模型提供长时间尺度的水分信息和验证依据

在能够提供长时间尺度地质记录中,湖泊水量变化是为数不多的地质证据中最重要的水量变化代用指标。我国处于东亚季风和西风带气候变化敏感带,大气环流变化造成的降水及其水量变化较之热量和温度变化更具有区域性。我国湖泊广泛分布,湖泊作为降水和有效降水的历史和现代记录,更能反映空间变化和区域特征。

中国现代湖泊和古湖泊信息是目前国际全球变化研究中的空白,抓住机遇与国际同领域合作,有利于信息交换、数据共享、避免低水平或重复研究的耗费,在较高层次上建立水量空间信息系统。同时缩小与国际先进水平的差距,有利于引进国外水量空间信息,维护国家利益和安全需要。

### 1.3 湖泊环境变化研究切合全球变化研究的前沿和热点

在古气候研究中,相对于受太阳辐射、冰流、海冰和海温驱动的热量状况相比,水汽、水量变化受到大气环流和下垫面控制和影响,因而更具有复杂性和研究难度。湖泊具有空间分布广泛和水量状况的直接指示意义,被作为恢复水量的主要代用指标。自 80 年代以来均被应用在重大的国际全球古气候变化研究计划中(气候预测及制图项目:CLIMAP, 80

本文于 1999 年 7 月 19 日收到。

年代初;全球全新世气候及制图项目:COHMAP, 80年代后期;全球分析、解释和模拟计划:GAIM, 90年代初;地球系统模型与古环境测试计划:TEMPO, 90年代中期<sup>[1]</sup>。通过古湖泊专家参加、科研经费划分、重大成果贡献等合作形式参与。

各个大洲的湖泊深钻计划(LDTF: Lake Drilling Task Force)在北美大盐湖、大熊湖已经进行,并获取了高分辨气候环境时间序列和变化过程的地质记录。对季风和季风环境变迁的认识和深化,吸引了国际湖泊深钻计划对中国湖泊沉积环境演变的关注。湖泊深钻与冰芯、海洋深钻对比及大陆水体与冰冻圈、与海洋圈对地球系统的反馈机制。重视各类古气候数据库的建立,在数字化地球规划和建设中,核心是资料的去伪存真,空间上系统化、数据质量的标准化。80年代中期发展起来的“世界古气候数据中心(NGDC)”集中了储存量达110 GB共有13种地球数据库,其中有湖泊水位数据库(Lake-level Data Base)和古湖沼数据库(Paleolimnology Data Base)。数据库具有较高的资料共享率,NGDC在全球信息网上使用者达到1.5万人/月,为研究和决策提供了有效和系统的科学数据。古湖泊数据库现已覆盖了北美、欧洲、非洲、亚洲北部等地区,但中亚和东亚仍是空白。

在对现代气候过程模拟机制模拟(CLIVAR计划)和国际模型模拟相互对比(全球AMIP计划),大力度进行全球古气候模型(全球PMIP计划中17个气候模型)<sup>[2]</sup>、古水文模型(如HYDRS)<sup>[3]</sup>、古植被模型(如BIOME)实验<sup>[4-5]</sup>,重要突破是对地球各圈层的相互作用和反馈机理的多系统模拟。以对地球气候系统的探索,重建地球实验场和反演气候环境,测试地球轨道、冰流、海洋和大陆反馈等驱动气候、水汽变化的动力机制。全球科学家对季风和季风变迁的关注,在古季风模拟中已成为我国和国际气候学及其地学研究的前沿和热点<sup>[6-7]</sup>。对南亚热带季风近2万年来的降水模拟得到地质证据很好的验证,而对东亚季风水分场的模拟呈现复杂空间格局。

强调资料对模型的贡献和促进(PMIP计划、GAIM计划),用观察资料确定地质时期的边界条件、预制地球圈层的各类物理指标、评价和检验模型的输出,发展更加现实和可应用性的动力模型(TEMPO, 1996)。在全球尺度上和较粗分辨率对东亚地区的2万年来气候模拟,不同的古气候模型模拟结果存在着很大的差距,并且与地质资料存在着很大差距<sup>[8]</sup>。这与下垫面的反馈作用有着很大的关

系<sup>[9-10]</sup>。发展与资料结合和区域嵌套模型是目前国际研究的热点。

在对不同气候与环境的模拟研究中,时间尺度集中在各个气候环境关键时段:近200年(工业革命以来大气及其地表圈层质和量巨变时期)、近2000年(人类活动作用气候、环境过程由弱到强、由被动到主动、由支配到影响时期)、中全新世(6 ka,冰流规模与今相当但太阳辐射异常位于峰值、距人类环境最近的最温暖时期)、晚冰期(12-10 ka,冰期向间冰期过度、气候剧烈振动时期)、末次冰盛期(21 ka,太阳辐射异常和大气CO<sub>2</sub>浓度处于低值、北半球冰流规模位于峰值、距人类环境最近的最寒冷时期)等关键时段和参照点,以测试地球内外动力驱动和各种地球圈层的反馈作用、预测未来气候环境变化,而全球大陆的水分状况和气候环境始终是全球变化研究中的重要难点和热点。

## 2 我国研究现状和方向

我国的湖泊沉积与环境变化的研究近10多年已取得了很大成绩<sup>[11]</sup>。对比同领域的国际先进水平,仍然存在着一些差距。资料研究地域上的局限性,缺乏空间的总体规划,钻孔密集地点和无资料区形成反差。一些粗线条地质记录,缺乏实体和年代的高分辨记录和研究。这有待于通过区域规划的湖泊钻孔、高分辨湖相沉积获得、高精度测年方法应用、多指标研究手段得以整体水平提高和重点、难点的突破。湖泊沉积地质资料研究气候环境变化存在以下局限性:(1)地质资料能够提供过去的气候环境记录,恢复所发生的过程,并能揭示发生的规律。但是,资料本身并不能揭示气候变化发生的动力机制,对认识变化的成因只能停留在假说和推测,例如通过对“高湖面”、“古土壤”湖泊地貌和湖泊沉积性推测的“夏季风增强”;对预测未来显得无能为力,仅仅能提供统计学方面的周期重现。这有待于具有动力输入控制的大气环流模型解决。(2)地质资料提供了可靠的气候环境变化证据,反映出对气候相对现代的“冷”、“热”、“干”、“湿”变化,然而难以提供定量和机理的深化分析。因而在认识和应用上,缺乏空间可对比性,也缺乏成因机理根据。这有待于对现代气候环境过程的认识和类比、模拟研究。

大气环流模型已被认为是预测气候的一个重要工具。用于气候变化预测的全球大气环流模型(GCM)获得了巨大的发展,涌现出一批全球尺度的大气环流模型,成为研究气候变化机理与预测气候

变化的有力工具。然而季风气候模拟模型也有其局限性:(1)东亚季风气候系统的复杂性,非单一的大气环流模拟能胜任;(2)长时间尺度气候模型模拟的边界并非常数,缺乏现实的边界资料;而古气候模拟能够有地质资料提供边界条件(辐射、大气微量气体浓度)和下垫面(大陆、海洋、冰层等);(3)古气候模型结果缺乏实际观测资料的验证。地质资料和分析代用指标能够提供对比和验证。

### 3 建议和对策

研究途径的进一步改进:(1)通过获得高分辨地质记录,认识气候环境变率,以及高精度关键时段和参照点空间场;(2)现代表生过程,类比和模拟的定量化研究;(3)建立现代湖泊水资源和古湖泊水量状况变化有序化、系统化信息系统,完善数据库更新、评价和应用体系;(4)建立古气候环境数据库,包括恢复和重建水汽、水量的各类代用指标(湖泊、冰川、黄土沙漠、树轮等);(5)重视观察数据系统性和标准化,强调多学科、多指标研究的相互对比和补充以及中国水资源和水量变化;(6)发展中国区域气候、水文模型;(7)采用数据对模型实验的输入(边界条件和下垫面预制)和输出(对结果的比较验证),提高模型对现实地球的模拟水平;(8)参与国际全球性数据库合作、全球模型对比计划,使中国的数据和模型与国际接轨,并及时获得全球信息和先进技术的交换和共享。

研究目标和设想:(1)建立中国各气候类型下典型湖泊沉积序列和水量变化高分辨记录;(2)湖相沉积中的灾害记录、水环境剧烈变化参照系;(3)在全球规模气候模型基础上,发展中国区域气候模型;(4)在湖泊地质古气候资料基础上,试验和改进现有的大气和水文耦合模型;(5)在上述模型基础上,分别驱动水文和植被模型,以获得中国区域湖泊水资源定量变化和植被类型、空间分布变化;(6)利用地质资料对模型的输出对比和检验,改进和完善气候水文模型的模拟,获得更为可靠、准确的预测模型;

(7)重点在气候与水文模型的耦合,全球尺度模型与中国区域模型的嵌套,资料对模型实验的边界预制和成果诊断;(8)模拟中国西部盐湖演变、盐湖淡化工程的可能性;(9)模拟中国东部水汽环流变化下湖泊蓄水能力,下垫面水资源人为参与和控制的可能性。

**致谢** 论文准备过程中得到王苏民、吴瑞金、薛滨、陈星、刘健等积极建议或有益讨论,特此致谢。

### 参 考 文 献

- [1] TEMPO. The potential role of vegetation feedbacks in the climate sensitivity of high-latitude regions: a case study at 6000 years before present. *Global Biogeochemistry Cycles*, 1996, **10**:727—736.
- [2] Joussaume S, Taylor K E. Status of the Paleoclimate Modeling Intercomparison Project (PMIP). In: *Proceedings of the First International AMIP Scientific Conference* (Monterey, California, USA, 15—19 May 1995). World Meteorology Organization, Geneva. 1995, **92**:425—430.
- [3] Coe M T. The hydrologic cycle of major continental drainage and ocean basins: A simulation of the modern and mid-Holocene conditions and a comparison with observations. *Journal of Climate*, 1995, **8**:535—543.
- [4] Claussen M, Gayler V. Modelling paleo- and present-day vegetation patterns. *Annales Geophysicae*, 1995, **13** ( Suppl. II): 357.
- [5] Foley J A, Prentice I C, Ramankutty N et al. An integrated biosphere model of land surface processes, terrestrial carbon balance, and vegetation dynamics. *Global Biogeochemical Cycles*, 1996, **10**: 603—628.
- [6] 王会军. 季风模拟研究之进展. *中国气候变化与气候影响研究*. 北京:气象出版社, 1997, 383—391.
- [7] Zhang Y, Sperber K R, Boyle J S et al. East Asian winter monsoon: results from eight AMIP models. *Climate Dynamics*, 1997, **13**:797—820.
- [8] Yu G, Harrison S P. An evaluation of the simulated water balance of Eurasia and northern Africa at 6000 yr using lake status data. *Climate Dynamics*, 1996, **12**:723—735.
- [9] Kutzbach J E, Bonan G, Foley J et al. Vegetation and soil feedbacks on the response of the African monsoon to orbital forcing in the early to middle Holocene. *Nature*, 1996, **384**: 623—626.
- [10] Wang H-J. Role of vegetation and soil in the Holocene megathermal climate over China. *Journal of Geophysical Research*, 1999, **104**:9361—9367.
- [11] 王苏民,张振克. 中国湖泊沉积与环境变化研究的新进展. *科学通报*, 1999, **44**(6):579—583.

## DISCUSSION ON CHINESE LAKE ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE 21ST CENTURY

Yu Ge

(*Institute of Geography and Lake, CAS, Nanjing 210008*)

**Abstract** After discussing the lake environmental study in the world, this paper suggested to obtain a series of high-reso-

lution records and systematic sequences from Chinese lakes under various climatic regimes for establishing comparable systems in the changes of vapor-moisture-water conditions; to facility cooperation with the global lake status data bases and the global modelling intercomparisons for exchanging and sharing global information; and to develop coupled climate-hydrology models and to validate the palaeo-simulations in order to do more realistic prediction for future changes in the water resources and environments in China.

**Key words** lake environments, palaeoclimate and lake hydrology modelling, simulation of environments

·资料·信息·

## 2000年在中国召开的国际会议预告

1. 智能控制与智能自动化是当前自动化、信息、电子、计算机等领域的研究热点,为促进中国智能控制与智能自动化的发展,由中国科学技术大学承办的“**第三届全球智能控制与自动化大会**”将于2000年6月28日在安徽合肥召开。本次国际会议将有中国大陆以及海外学术界的知名学者与会。会议所涉及的范围:智能系统与专家系统,智能控制,神经网络与模糊控制,机器人学与机器人控制,大系统,调度、规划、管理与决策系统,自治、容错和故障诊断系统,制造系统和 DECS,计算机辅助设计,信息处理与信息系统,系统理论和控制理论,建模、辨识和估计,自适应控制,变结构控制,非线性系统及其控制,遗传算法,混合动力学系统, $H_{\infty}$ 控制和鲁棒控制,最优化与最优控制,分布式计算机控制系统,仪器仪表。

2. “**第三届国际电力电子和运动控制会议**”将于2000年8月5—18日在清华大学召开。20多个国家和地区的约200名代表参加会议。会议主要内容是电力电子和运动控制领域的学术交流,涵盖了电力半导体器件、无源元件组件及材料,电力电子电源系统,电气传动和运动控制,变换器及其系统,电力电子在电力系统中的应用,器件与系统的建模仿真和CAD,电磁兼容性、抗干扰性及可靠性,电力电子

集成技术及“电力电子”教学研究。

3. “**第17届国际拉曼光谱会议**”将于2000年8月20日在北京大学召开。中国科学技术协会主席周光召院士担任大会主席,诺贝尔奖获得者朱棣文博士及中外一些著名专家届时与会。会议涉及化学、生物医学、物理、地质矿物和仪器等领域,会议内容包括:(1)回顾拉曼光谱学70年的历史;(2)介绍拉曼光谱学的最新发展;(3)探讨21世纪拉曼光谱学的发展和应用前景。

4. 由中国地理学会、南京大学、中国科学院地理研究所主办,北京大学、兰州大学、国际地貌学家联合会协办的“**国际地貌学家协会专题会议——季风气候、地貌作用与人类活动国际学术讨论会**”将于2000年8月25—29日在南京召开,约有250位中外科学家与会。它是国际地貌学家联合会为配合国际地理联合会2000年在汉城举行的“第29届国际地理大会”专门组织的一次大型国际会议,会议内容将涉及山地高原、盆地、沙漠、大河、湖海等地貌在中国独特地貌作用下的变化与人类利用,以及全球变化中的自然灾害防治与信息系统。大会设15个分会,会后分3条路线进行地貌考察。

(国际合作局 王丽汴 供稿)