第 9 卷 第 3 期
1997 年 9 月

湖 泊 科 学
JOURNAL OF LAKE SCIENCES

Vol. 9, No. 3
Sep., 1997

全球晚第四纪湖泊数据库的研究*

于 革

(南京大学大地海洋科学系,南京 210093;Dynamic Palaeoclimatology, Lund University, S-22100 Lund, Sweden)

提要 湖泊水位升降反映了流域降水与蒸发的水量平衡变化.古湖面变化能够提供晚第四纪以来降水和湿度变化的气候信息.区域性湖泊水位的同步变化可以过滤掉个别湖泊受局部地域影响的水面变动,从而反应出较大范围的气候变化.建立区域性乃至全球性的古湖泊数据库反映这样的客观要求.目前,湖泊数据库在大陆尺度上恢复晚第四纪以来大气环流类型和在对比全球古大气环流模型中发挥着积极作用.本文通过作者近年来对欧洲古湖泊数据库的研究,介绍建立湖泊数据库的基础、方法和应用.希望籍此能够促进中国晚第四纪湖泊数据库的研究,并以此推动建立全球晚第四纪湖泊数据库的进展.

关键词 晚第四纪湖泊 数据库 欧亚大陆

湖泊水位升降主要反映了流域降水(P)与蒸发(E)的水量平衡变化($P-E$).现代湖泊模型的研究表明,降水是控制水量平衡变化最主要的气候参数,而温度、云量以及蒸发的影响则相对要小得多[1,2].因此,湖泊水位变化可以反映出区域降水(P)和有效降水($P-E$)的气候变化[3].古湖泊水位资料为定性恢复降水和湿度的气候状况提供了重要证据.虽然人类对热量和温度的变化有较强的承受能力,但是当大气降水大量减少,地表有效降水($P-E$)长期匮缺时,人类的承受能力却相当脆弱.无论是中国西域残留两千年前的文明古城,还是北非沙漠中六千年前的人类遗居,都反映了人类对长期干旱和水量枯竭的屈服.而未来大气中 CO_2 增加将与中全新世太阳辐射造成的增温效应相当,都会深刻改变大陆的蒸发和降水[4],从而影响到人类的生存和发展.从这个角度来看,在第四纪气候变化的众多气候参数研究中,古湖泊所提供的气候降水和湿度已成为一个极其重要的方面.实际上,十多年来古湖泊记录已被广泛并成功地应用在至少在两个主要方面:1)恢复晚第四纪以来的气候和大气环流系统的研究[5-7];2)比较和评价了古气候模拟结果,为大气环流模拟实验提出了积极的改进意见[8-10].

古湖泊水位记录反映了降水和湿度的气候状况.但是由于各个湖盆的大小和形状不同,每个湖泊所记录到的水面变化都有所不同.不同地质类型的证据所记录的湖泊水位变化也不一致.此外,虽然湖泊水位变化受到区域降水与蒸发平衡的控制,然而每个湖泊水位或深度还受到其他非气候因素的影响.例如火山和新构造运动、流域侵蚀以及人类活动均可改变一个湖泊的来水或出水.因此,一个湖泊钻孔或剖面记录难免会有局限,也难以分辨出该湖泊受局部地域影响的水面变动.要获得大范围降水和湿度的气候记录,只能依靠一个地区或一个区域的湖泊水位同步变化,而不是个别湖面的局部波动.建立区域性乃至全球性的古湖泊数据库有可能较客观提供全球气候变化信息[11].

---

* 美国海洋大气局/美国地学资料中心(NOAA/NGDC)资助.
收稿日期:1996-12-06;收到修改稿日期:1997-02-18.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

由于人们认识到区域性的湖泊记录可以恢复气候变化后，一些学者开始了晚第四纪湖泊数据库的研究. 英国剑桥大学的 Dick Grove 和 Alayne Streett 首先于 70 年代后期开始从事非洲湖泊数据库的研究[12]. 他们的努力导致了在 80 年代后期的"牛津湖泊数据库(Oxford Lake Level DataBase，简称 OLLDB)"[13]的产生. 这个数据库虽然以全球范围为尺度，但限于当时的资料积累并仅限于对内陆湖泊的收集，许多地区只收入很少湖泊或空白记录. 例如，仅收入了 8 个中国湖泊和 5 个欧洲湖泊，而前苏联和蒙古地区为 0. 通过资料和模型的研究，人们进一步认识到吞吐湖泊的湖面变化同样反应了气候变化[14-16]. 这推动了对温带地区古湖泊记录的系统分析. 自 1987 年以来，一些第四纪学者开始了对欧洲的湖泊[17,18]和前苏联的湖泊[19]资料的整理和编辑. 1992 年以来，为了对古大气环流模型的对比和评价，一些研究全球变化的国际计划(例如，"全新世对比合作研究与制图计划(COHMAP)"[8]，"古气候模型的相互对比计划(PMIP)"[20]等)认识到有必要建立一个新的全球第四纪湖泊数据库. 在美国国家海洋和大气局(NOAA)的支持下，现已完成了"欧洲古湖泊数据库(European Lake Status Data Base，简称 ELSDB)"[21]和"前苏联和蒙古湖泊数据库(Former Soviet Union and Mongolian Lake Status Data Base，简称 FSUDB)"[22]的研究和出版工作. 非洲和北美数据库将于近年内完成. 中国的数据库正在积极探索和研究之中.

本文通过作者近年来对欧洲古湖泊数据库的研究，介绍建立湖泊数据库的基础、方法和应用. 希望籍此能够促进中国晚第四纪湖泊数据库的研究，并推动实现全球晚第四纪湖泊数据库计划.

1 数据库的资料来源和工作方法

湖泊数据库旨在建立晚第四纪以来湖泊的相对湖水深度或湖面高度变化的数据档案，其资料主要来源于各个湖泊的地质、地貌、生物、考古以及历史记录等综合文献收集. 收入到数据库的湖泊有一些基本要求：1)气候意义的代表性；2)湖泊资料的可靠性；3)年代数据的准确性.

为了使湖泊记录能客观地反映气候变化，首先要了解湖泊所在的区域背景，以尽可能地排除湖泊水位变化受到非气候因子的影响. 对受到火山和新构造运动、流域侵蚀、冰川、海面、跨流域地下水以及人类活动影响的湖泊都尽可能地予以系统排除. 在欧洲古湖泊数据库的编辑中，共收集了 294 个有记录的湖泊. 经过逐个论证后，排除了有潜在非气候因子影响的 176 个湖泊. 实际收入数据库 118 个，仅占全部收集资料的 40%[21].

用来重建湖面变化的证据主要来源于综合的沉积记录，包括湖泊沉积物的性质变化(岩性、粒径、有机含量、化学成分等)、沉积结构变化(纹层的出现或缺失、湖相层空间分布、沉积透镜体和间断面、二次沉积、沉积速率等)以及沉积物分布上限等[14,16]. 古生物记录也是重要的恢复湖面升降的证据(水生动植物化石、水生孢粉、淡水硅藻及藻类、介形虫和软体动物等生物组合)[16]. 一些湖面高度或湖水深度变化可以从地貌(古岸线高度、水下阶地深度等)，考古证据(居住点沉没的垂直和水平距离)和历史记录等获得. 确定每个湖泊水位变化事件至少根据两种或两种以上的独立证据，例如湖相沉积变化和水生植物组合变化. 图 1a 给出了英国威尔士山区 Melynlly 湖反映了 12ka 以来湖面变化的的钻孔中沉积地层，水生孢粉和硅藻组合变化的主要证据. 在 10.3－9ka 该湖由一套粉砂层组成，含有寄生硅藻和近岸相花粉组合，反映了浅水环境. 在 9ka 以后，由一套湖泥沉积并具有细纹层结构，含有浮游硅藻和深水花粉组合，反

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

映了深水环境. 在 7.6－4.8ka,仍为湖泥沉积但细纹层消失,硅藻由浮游型转变为底栖型. 它反映了湖水深度变浅,属于相对中等深水环境. 自 4.8ka 以后,湖泥沉积中又见细纹层结构,同时浮游硅藻大量增加,反映了湖水深度的增加,属于相对深水环境. 在 2ka 以后,湖泊接受湖泥沉积但细纹层消失,硅藻又由浮游型转变为底栖型,反映了湖水深度变浅. 因此,该湖泊在全新世至少发生了五次较明显的湖水位变化. 这些湖泊沉积物和生物组合变化是建立该湖泊水位变化数据档案的主要依据.

根据每个湖泊在地质时期出现的最小和最大记录,每个古湖泊不同水位状况可分别数字化为从 0(湖泊干枯),1(最低水位),2(次一级低水位),……N(最高水位). 每级水位之间并非是线性关系,而是定量的不同水位变化记录. 由于在同样的气候条件下,不同的湖盆大小和形状对水位变化幅度反应不一样. 因此数据库中的水位记录详细程度,各个古湖泊都不尽相同. 例如,有些湖泊仅仅能分辨 2 级变化(最高水位和最低水位),而有些湖泊可分辨多至 7 级[21]. 图 1b 给出了波兰 Kruklin 湖晚冰期以来恢复的变幅约 6m 的湖面变化曲线图. 在一般情况下,尽管不同的证据的精度不一样,由所恢复的水位变化基本相同. 但是也有可能出现不一致的情况. 例如,根据沉积物岩性和水生植物变化恢复的 Kruklin 湖水位变化,在 9－7kaBP 间有不同的记录(图 1b). 据分析该湖由沉积物指示的深水环境是由于冰融水所致,故数据库仅收集了自 7ka 以后的水位记录. 一般在没有充分证据支持或否定下,湖泊数据库尽可能如实地保留这些记录.

在恢复湖泊原始水位变化过程的基础上,为了制图的需要数据库还根据不同水位记录在整个湖泊历史中出现的频率,采用了三级重新分类. 基于类比和模拟现代湖泊,对闭合的内陆湖盆采用了频率在 0%－30%、30%－85%、85%－100%分别划分为高、中、低三级水位,例如 OLLDB[13],而对温带湖盆则采用了与之相适应的 0%－25%、25%－75%、75%－100%为高、中、低三级水位,例如 ELSDB[21]和 FSUDB[22].

各个古湖泊水位记录的年代利用了多种测年方法,包括^{14}C 和纹泥年代学,以及相对年代学方法,例如火山灰年代学、孢粉年代学、沉积地层学、地文期和考古年代等等. 由于这些测年方法各异,许多年代的精度则存在着不同的误差. 数据库要求对每一个年代方法有客观地记录. 另外,一个钻孔/剖面上测年数据的多少和距离的远近,也是评价年代可靠性的重要参数.

评价测年数据与所用钻孔的距离采用了 5 级标准,它们的可靠性从第 1 级到第 5 级表示从较好到较差:第 1 级:来自钻孔/剖面本身的放射性碳或年纹层测年;第 2 级:来自湖盆的放射性碳测年所做的孢粉或岩性相关年代;第 3 级:来自 50km 以内的放射性碳测年所做的孢粉或岩性相关年代;第 4 级:地区性具有放射性碳测年的孢粉或岩性相关年代;第 5 级:推测性的年代,例如区域地层年代、地文期等.

在一个钻孔或剖面内,评价测年数据与湖泊水位变化事件的远近采用了 Webb 的 1－7 级可靠性评价方法[23]. 该方法自 COHMAP 计划采用[5]以来得到了较广泛的应用. 它们的可靠性依次从第 1 级到第 7 级:

(1)如果上下层位有两个年代数据限定,湖泊水位变化事件可根据以下判断:第 1 级:两个年代距离该事件都在 2ka 以内;第 2 级:一个年代距离该事件在 2ka 以内,另一个距离该事件在 2－4ka;第 3 级:两个年代距离该事件都在 2－4ka;第 4 级:一个年代距离该事件在 2－4ka,另一个距离该事件在 4－6ka;第 5 级:两个年代距离该事件都在 4－6ka;第 6 级:一个年代距

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

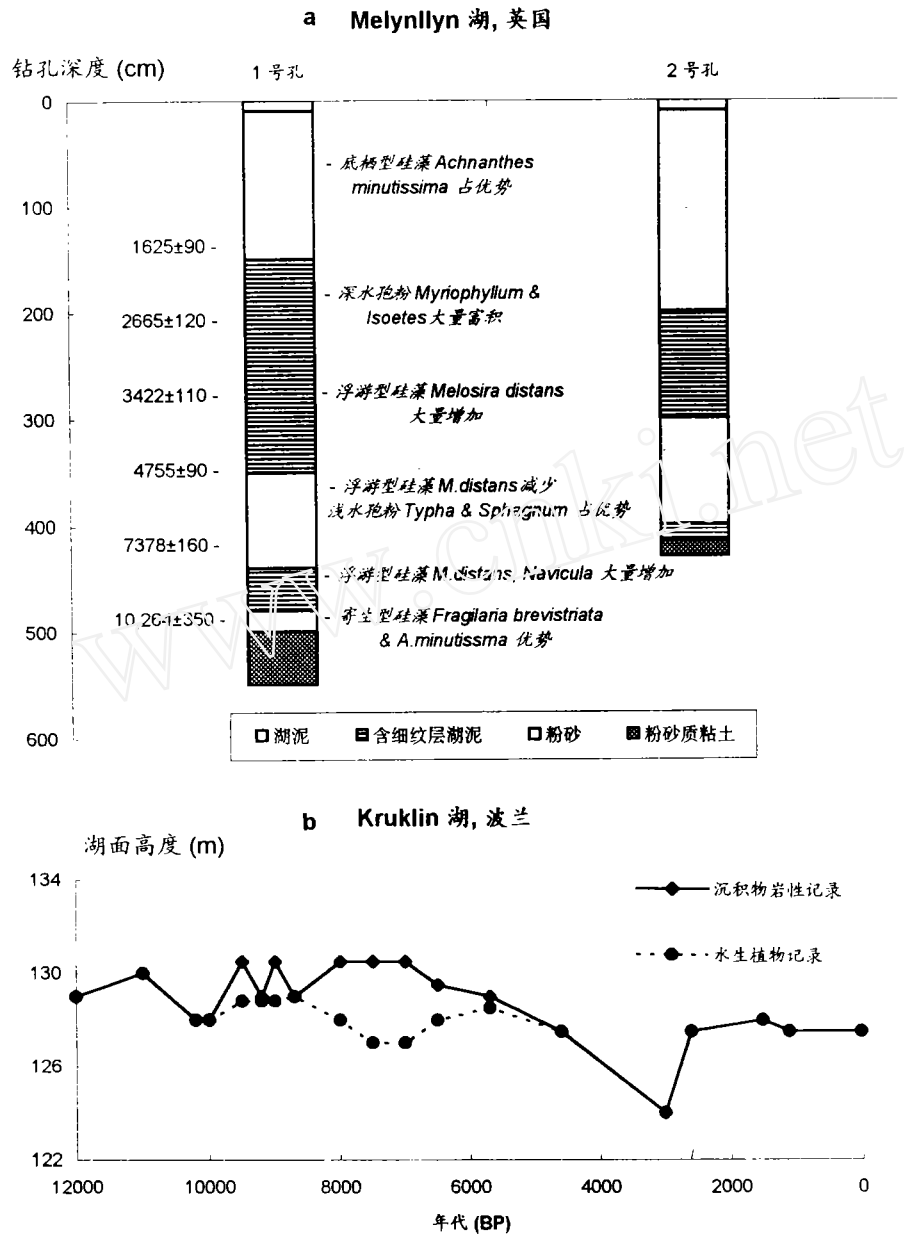

图1 建立古湖泊数据库的两个湖泊例子. 资料来源于欧洲古湖泊数据库[21](a:英国威尔士Melynlly湖的主要钻孔地层,孢粉/硅藻组合以及年代的简图. 湖泊沉积物、生物组合和年代是建立湖泊水位变化数据档案的主要依据;b:根据沉积物和水生植物恢复的波兰Kruklin湖晚冰期以来水位变化曲线图. 水位状况变化是湖泊数据库的主要成果

Fig. 1 Two examples of constructing the lake status data base (a: Diagram of stratigraphies, assemblages of aquatic pollen and diatom, and datings in Lake Melynlly, Wales, UK; b: The reconstruction of Late glacial lake levels from Lake Kruklin, Poland on basis of the lacustrine sediments and aquatics. Data sources from ELSDB[21].)

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

离该事件在 4－6ka,另一个距离该事件在 6－8ka;第 7 级:两个年代距离该事件都在 8ka 以外.

(2)如果只有上层位或下层位一个年代数据限定,湖泊水位变化事件根据以下判断:第 1 级:所测年代距离该事件在 0.25ka 以内;第 2 级:所测年代距离该事件在 0.25－0.5ka;第 3 级:所测年代距离该事件在 0.5－0.75ka;第 4 级:所测年代距离该事件在 0.75－1ka;第 5 级:所测年代距离该事件在 1－1.5ka;第 6 级:所测年代距离该事件在 1.5－2ka;第 7 级:所测年代距离该事件在 2ka 以外.

由于对定性的湖泊资料进行定量和半定量数字化,并对测年数据进行可靠性判定,这些数据库就可以较方便地为不同精度的研究进行资料筛选和使用.

2　数据库的内容、结构和资料获取

目前,三个古湖泊数据库(OLLDB、ELSDB 和 FSUDB)收集和编辑了五百多个湖泊(图 2)自晚更新世以来在百年至千年尺度上的古水位状况资料.九十年代完成的数据库(ELSDB 和 FSUDB)采用了统一的数据库内容和结构,即同时具有每个湖泊的文献档案和所有湖泊总结性的数据表格,便于用户使用和查询.文字用英语撰写发表,资料用 ASCII 格式输入计算机国际网络(INTERNET).因此,使用者既可以采用数据库的文献资料,也可以通过 INTERNET 无偿获取到相应的计算机资料.

数据库的文献档案以文字描述为主,易于资料查询;总结表格以数字记录为主,易于计算机化使用.在文献档案中,记录了各个时期每个湖泊水位变化的证据.多数湖泊还画出主要钻孔地层,生物组合以及年代的简图(图 1a)和恢复的水位变化曲线图(图 1b).每个文档同时也列出相应的数据化的水位等级、年代资料以及文献来源.湖泊数据库的总结性的表格由几类数据组成:1)原始资料信息表,包括各个湖泊的地理位置,湖盆参数、地质、地貌背景、水位记录长度和主要证据、年代测定、资料来源等;2)距今 30ka 来每 0.5a 一个间隔的湖泊水位表,用数字 0,1,...,N 表示从最低到最高水位;3)三级重新分类的湖泊水位表;4)每个湖泊的^{14}C 测年数据表;5)每个湖泊的年代数据的可靠性表,包括了 1－5 级测年方法评价和 1－7 级测年数据距离的判定.

3　数据库的制图和应用

目前,晚第四纪湖泊数据库在恢复大陆尺度的晚更新世以来大气环流类型及在对比全球古大气环流模型发挥着积极作用.这里主要介绍近年来作者参加的这两方面工作的一些成果.

3.1　恢复晚更新世以来欧亚大陆西风带与季风环流空间变化类型

依据 ELSDB、FSUBD 和部分 OLLDB 资料,以每 500 年间隔做出湖泊水位相对现代变化的空间分布图.从这些晚更新世以来序列图中,发现:1)湖泊水位变化在空间上具有相当一致的区域性;2)时间变化最大集中在 18ka,15ka,12ka,9.5ka,7ka 和 3kaBP 几个时期.根据对欧亚大陆现代大气环流的类比,恢复了 20ka 以来欧亚大陆西风带地区的空间变化类型[6].末次盛冰期时环斯堪的那维亚的湖泊比现代低,而地中海地区的湖泊比现代高,反映了北欧的干燥气候受到了斯堪的那维亚冰盖冷高压的控制,南欧的湿润气候则受到了向南迁移的西风带影响.这种气候类型与北美冰盖迫使西风带南移有一致的空间效应[5].晚冰期至全新世初期随着

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

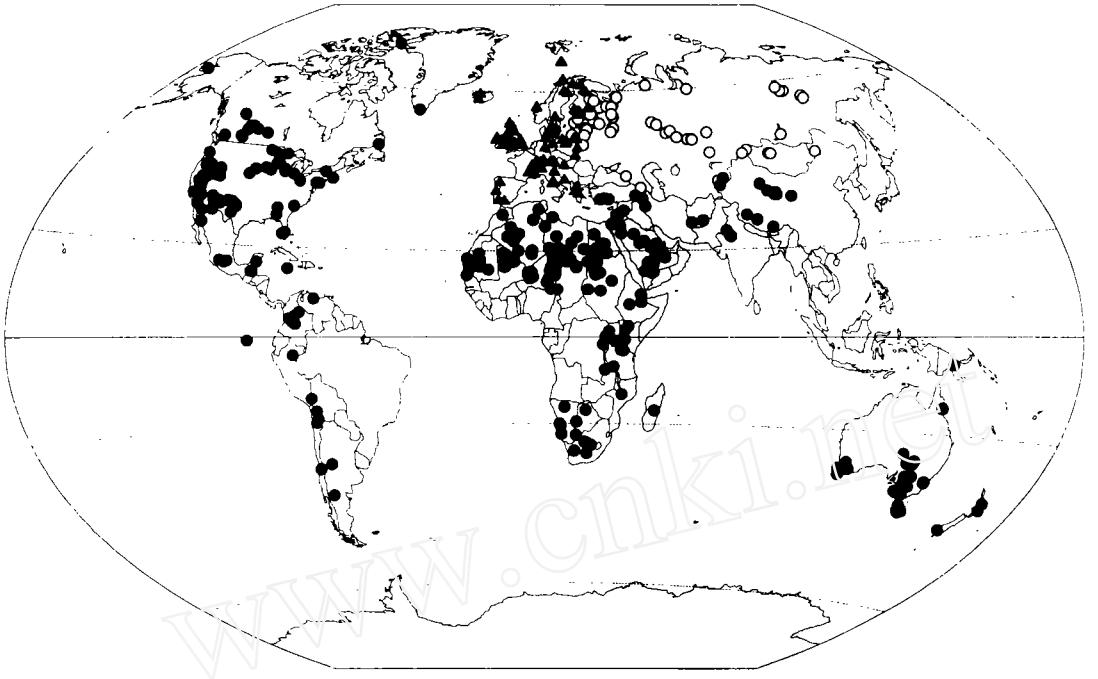

图2 三个第四纪古湖泊数据库中的湖泊位置图

资料来源:● 牛津古湖泊数据库(OLLDB)[13];▲ 欧洲古湖泊数据库(ELSDB)[21];

○ 前苏联和蒙古湖泊数据库(FSUDB)[22]

Fig. 2 Site map from the lake status data bases

Data sources from OLLDB[13](●), ELSDB[21](▲) and FSUDB[22](○)

北欧冰盖的逐渐退缩,冰盖反气旋减弱,西风带北移.这造成了北欧的干燥带范围小,仅在冰盖南缘形成一条狭窄的干燥带,同时地中海地区趋于干燥.在全新世中期,除了环波罗的海地区比现代干燥,广大的欧亚大陆包括了南欧、俄罗斯平原、蒙古高原和远东地区都显示了比现代潮湿的气候.这样的空间类型反映了北欧的干燥气候受到了夏季阻塞高压的控制,欧亚大陆的湿润气候受到了非洲季风和亚洲印度洋季风的向北扩张的影响.由于该研究尚缺乏太平洋季风区的湖泊资料,还未对太平洋季风区做具体的分析.但许多研究已表明,该地区具有较显著的季风扩张[24,25].欧亚内陆中纬度地区中全新世的气候相当湿润,它与北美大陆内部的高温而干燥显著不同.由此推测,该地区的湿润状况很可能由于大气环流的复合效应所造成:东部的水汽来源于亚洲夏季季风环流的渗透,西部的水汽来源于北欧阻塞高压东翼的气旋气流的增强.大气环流的变化比直接的太阳辐射变化更显著地决定欧亚大陆内部的水量平衡状况[6,10].末次间冰期气候模拟的综合分析也提出了同样的看法,即模拟太阳辐射变化驱动下大陆内部干燥的幅度和范围,表现既受温度和蒸发直接作用,又与大气环流参与的间接作用有关的两者复合效应[26].

3.2 对比和评价古气候模拟实验

由于预测未来气候已成为目前气候环境等众多学科研究的重要目标之一,近二十多年来

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

大气环流模型及古气候模拟实验得到了长足的进展. 验证和评价气候模型预测结果无论在理论上还是在应用上都具有重要意义[8]. 古大气环流模型基本驱动力来自于太阳辐射、大气成分和下垫面(包括了冰盖、海洋和大陆状况)的变化. 近来一些研究表明，古气候模型能够捕捉一级气候信号，即受地球轨道机制驱动的太阳辐射控制的气候变化，并对大陆尺度的区域气候有着较好的预测能力[8]. 但是，由于各个模型组织对模型结构设计互相独立，边界条件输入各不相同，因而模拟的结果差异很大. 这对评价和应用实验成果造成了极大困难. 古湖泊数据库是验证和评价古气后模型实验的一个重要手段. 例如，中全新世(6ka)由于太阳辐射异常大于现代而且北半球冰流与现代相同，这一时期已被许多国际气候模型组织列为古气候实验模拟的一个关键阶段，用以检验地球轨道驱动气候变化的机制. 作为 PMIP 计划的一个组成部分，全球晚第四纪湖泊数据库将提供降水和有效降水方面的地质资料，将对此计划中 17 个模型的 6ka 实验进行评价和验证[20].

图版 Ⅰ 和图版 Ⅱ 给出了 PMIP 中影响较大的五个模型[10](英国大学大气模型计划：UGAMP 第 2.0 版；英国气象局模型：UKMO 第 3.2 版；欧共体汉堡模型：ECHAM 第 3.2 版；法国气候与环境模型站模型：LMCE 第 4 版；和美国国家大气研究中心的气候模型：CCM 第 2.0 版)分别对 6kaBP 降水与蒸发平衡($P-E$)的模拟结果与湖泊资料的对比. 模拟结果与湖泊资料都表示成 6ka 与现代的差异，以反映它们相对现代的的变化. 可以看出，所有的模型都模拟了东亚季风区 $P-E$ 的显著增加. 增强地区主要分布在印度和中国西部(约 25－35°N，80－95°E)，但各个模型模拟的变化幅度和分布范围有所不同. 模型 ECHAM 和 LMCE 对欧亚大陆内部(40°－60°N 地区)模拟了比现代干燥，而模型 UKMO，UGAMP 和 CCM 模拟了与今类似或稍比今湿的气候条件但变化差较小，$P-E$ 变化每年平均在约 40mm(ECHAM)至 20mm(CCM)之间. 除了 LMCE 外，四个模型在不同程度和位置上都模拟的北欧干燥环境. 与北欧相反，四个模型模拟了南欧比现代更湿润的环境. 五个模型都模拟了在北非和阿拉伯半岛的比现代更大的 $P-E$，表明了非洲季风的扩张. 在湖泊地质资料绘出的湿度变化图中(和图版 Ⅱ，下)，由高湖面或深水位指示的比现代湿润的地区出现在北非、阿拉伯半岛、印度和中国西南部. 南欧(西班牙、葡萄牙、希腊)的湖泊水位也同样比现代高. 比现代干燥的地区出现在中东、北欧斯堪的那维亚地区. 大西洋沿岸的西北欧地区，如爱尔兰、苏格兰、挪威以及前苏联西北部和波罗的海东部地区出现比现代潮湿区. 从乌拉尔到雅克苏的欧亚大陆内部出现与今类似或比现代潮湿的水文状况. 目前湖泊数据库还缺乏中国东部和中亚地区的湖泊资料.

用该空间分布图式对比和分析 PMIP 五个模型所做降水和有效降水模拟[10]，肯定了这些古大气环流模型的 6kaBP 模拟的许多特征的一致性. 例如亚洲和非洲季风的扩张，北欧的干燥和南东欧潮湿. 同时也表明了模拟与湖泊资料仍有明显的差异. 具体表现在：1)非洲季风和亚洲季风扩张范围小于观察资料；2)北欧比现代干燥，但干燥区比模拟的地区更集中在波罗的海地区；3)南欧比现代潮湿，但是成因是夏季降水增加而不是模拟的冬季降水增加；4)欧亚大陆内部比现代湿润的模拟不足，反映了模型过低估计了东亚季风环流和欧洲阻塞高压的变化. 根据模型实验的边界条件和其它输出结果(例如海平面气压、风场、降水和温度)综合分析，作者还提出了原因分析和改进意见. 例如，PIMP 计划中的 6kaBP 实验对陆地表面采取了与今相同的预制处理，特别是未能考虑到植被和土壤的地表反馈效应，造成了所有模型总是偏低模拟 6kaBP 非洲/亚洲夏季风和欧亚内陆湿润状况的缺陷，以及错误的模拟了地中海地区湿润机制

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的主要原因.此外,模型没有涉及到古海陆分布的变化,其精度还未能模拟出小于大陆尺度的水量平衡特征,因而难以模拟出如像北欧干燥地区较准确的范围.因此,完善的模型尚有待于海洋水层的参与、植被和土壤的地表反馈以及模型精度的提高.

致谢 本文的数据库工作在1995年7月应美国海洋大气局/美国地学资料中心(NOAA/NGDC)的"全球古湖泊数据库工作会议"之邀做成果报告;1995年5月应欧共体科学基金会的"欧洲全新世水文和气候学术会议"之邀做综合学术报告.数据与模型对比研究于1996年6月在巴黎应"PMIP学术讨论会"之邀报告.本文承施雅风先生和Dr. Sandy Harrison在第四纪气候环境方面给予建设性意见.在此一并表示衷心地感谢!

参 考 文 献

1 Benson L V. Paleoclimatic significance of lake-level fluctuations in the Lahontan Basin. *Quaternary Research*, 1981, **16**: 390—403

2 Hastenrath S, Kutzbach J E. Paleoclimatic estimates from water and energy budgets of East African lakes. *Quaternary Research*, 1983, **19**: 141—153

3 Street-Perrott F A, Harrison S P. Lake levels and climate reconstruction. In: Hecht A D, ed. Palaeoclimate analyses and modelling. New York: John Wiley & Sons, 1985. 291—340

4 Wetherald R, Manabe S. The mechanisms of summer dryness induced by greenhouse warming. *Journal of Climate*, 1995, **8**: 3096—3108

5 COHMAP Members. Climatic changes of the last 18000 years: observations and model simulations. *Science*, 1988, **241**: 1043—1052

6 Harrison S P, Yu G, Tarasov P E. The Holocene lake-level record from Eurasia. *Quaternary Research*, 1996, **45**: 138—159

7 Yu G, Harrison S P. Lake status changes in northern Europe during the Holocene. *Boreas*, 1995, **24**: 260—268

8 Wright Jr H E, Kutzbach J E, Webb III T, *et al.* Global climates since the Last Glacial Maximum. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1993. 569

9 Street-Perrott F A, Mitchell J F B, Marchand D S, *et al.* Milankovitch and albedo forcing of the tropical monsoon: a comparison of geological evidence and numerical simulations for 9000yBP. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh (Earth Sciences)*, 1990, **81**: 407—427

10 Yu G, Harrison S P. An evaluation of the simulated water balance of Eurasia and northern Africa at 6000yrBP using lake status data. *ClimateDynamics*, 1996, **12**: 723—735

11 Harrison S P, Winkler M. A new global lake-level data base: advert and appeal for assistance. *Royal Society of Canada, Bulletin*, 1992

12 Street F A, Grove A T. Environmental and climatic implications of the late Quaternary lake level fluctuations in Africa. *Nature*, 1976, **261**: 385—390

13 Street-Perrott F A, Marchand D S, Roberts N, *et al.* Global lake-level variations from 18000 to 0 years ago: a palaeoclimatic analysis. TechnicalReport, U S DOE/ER/60304—H1TR046. Washington: U S Department of Energy, 1989. 181

14 Digerfeldt G. Studies on past lake-level fluctuations. In: Berglund B, ed. Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology. New York: John Wiley & Sons, 1986. 127—144

15 Mason I M, Guzkowska M A J, Rapley C G, *et al.* The response of lake levels and area to climatic change. *Climate Change*, 1994, **27**: 161—197

16 Harrison S P, Digerfeldt G. European lakes as palaeohydrological and palaeoclimatic indicators. *Quaternary Science Reviews*, 1993, **12**: 233—248

17 Harrison S P, Saarse L, Digerfeldt G. Holocene changes in lake levels as climate proxy data in Europe. *Palaok-*

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

limaforschung, 1991, **6**: 159－170

18 Harrison S P, Prentice I C, Guiot J. Climatic controls on Holocene lake-level changes in Europe. *Climate Dynamics*, 1993, **8**: 189－200

19 Saarse L, Harrison S P. Holocene lake-level changes in the eastern Baltic region. In: Special volume for the 27th International Geographical Congress. *Man and Nature*, 1992, (1): 6－20

20 Joussaume S, Taylor K E. Status of the paleoclimate modeling intercomparison project (PMIP). In: Proceedings of the First International AMIP Scientific Conference. *WCRP Report*, 1995, **92**: 425－430

21 Yu G, Harrison S P. Lake status records from Europe: Data base documentation. *NOAA Paleoclimatology Publications Series Report*, 1995, **3**: 1－451

22 Tarasov P E, Harrison S P, Saarse L, *et al*. Lake status records from the former Soviet Union and Mongolia: Data base documentation. *NOAA Paleoclimatology Publications Series Report*, 1994, **2**: 1－274

23 Webb T. A global paleoclimatic data base for 6000yrBP. Technical Report, DOE/EV/10097－6, Washington: US Department of Energy, 1985. 155

24 施雅风，孔昭宸，王苏民等. 中国全新世大暖期气候与环境的基本特征. 见：施雅风，孔昭宸主编. 中国全新世大暖期气候与环境. 北京：海洋出版社，1992. 1－18

25 安芷生，吴锡浩，卢演俦等. 最近2万年中国古环境变迁的初步研究. 见：刘东生主编. 黄土、第四纪地质、全球变化（二）. 北京：科学出版社，1990. 1－26

26 Harrison S P, Kutzbach J E, Prentice I C, *et al*. The response of northern hemisphere extra tropical climate and vegetation to orbitally-induced changes in insolation during the last interglacial: results of atmospheric general circulation model and biomesimulations. *Quaternary Research*, 1995, **43**: 174－184

STUDIES ON GLOBAL LATE QUATERNARY LAKE-LEVEL DATA BASES

Ge　Yu

(*Department of Geo & Ocean Sciences, Nanjing University, Nanjing* 210093, *P. R. China*;
Dynamic Palaeoclimatology, Lund University, Box 117, *S*－22100 *Lund, Sweden*)

Abstract

Fluctuations of lake status reflect changes in water balance of precipitation minus evaporation ($P-E$) over a catchment. The ancient lake status can provide information of precipitation and humidity during the late Quaternary. Synchronous changes in regional lake status may keep lake levels from being influenced by non-climatic factors or local factors. The recognition that lake data could be used to reconstruct past regional climate changes leads to the construction of a global lake-level data base. Nowadays, Quaternary lake status data bases have played a key role in reconstructions of continental-scale atmospheric circulation patterns and are used to compare and evaluate the simulations of precipitation and $P-E$ from the atmospheric general circulation models.

Lake records from North Eurasia show regionally-coherent patterns of changes during the late Quaternary. Lakes, peripheral to the Scandinavian ice sheet, were lower than today at the glacial maximum, but high in the Mediterranean zone, reflecting the dominance of glacial anti-

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

cyclonic conditions in North Europe and a southward shift of the westerlies. The influence of the glacial anticyclonic circulation attenuated in the late glacial period, and the westerlies gradually shifted northward, so that drier conditions in south of the ice sheet were confined to a progressively narrower zone in North Europe, and the Mediterranean zone became drier. During the Holocene, there was a gradual shift to conditions wetter than present in central Asia, associated with the expanded Asian monsoon, and in the Mediterranean, in response to a local, monsoon-type circulation. Conditions were drier in North Europe, reflecting the increased incidence of blocking anticyclones centred on Scandinavia. Conditions in the interior of North Eurasia were similar or slightly wetter than present, likely associated with cyclonic activity on the downstream limb of the summer anticyclone in the west and monsoon penetration in the east. These reflect thechanges in insolation and glacial boundary conditions.

Simulations of the response to insolation forcing at 6000 yrBP made with five different AGCMs show some common features, e. g. more humid than today in the mid-latitudes of Eurasian continent, enhancement of the Afro-Asian monsoons, drier conditions in North Europe but wetter conditions in the Mediterraneanregion. By comparing the lake data with simulated $P-E$ fields basis can be provided forunderstanding the observed climatic changes and for evaluating the climate model simulations.

Thus the paper introduced the work on European lake status database, and discussed the basis, methods and applications of the data bases, in order to improve work on the Chinese data base and speed the global data base.

Key Words Late Quaternary lake-level, the data base, Eurasian continent

图 版 说 明

图版 I 不同的大气环流模型对 6kaBP 的 $P-E$ 模拟与湖泊水位的相对现代变化的对比图. 上:欧共体汉堡模型(ECHAM 第 3.2 版);中:美国国家大气研究中心的气候模型(CCM 第 2 版);下:法国气候与环境模型站模型(LMCE 第 4 版). 模型资料来源 Yu 和 Harrison[10].

Plate I 6kaBP comparison map between the $P-E$ fields of different GCMs and the lake data. The $P-E$ values are present by their differences at 6 ka from the present(6−0ka). Upper: Model ECHAM; Middle: Model CCM; Lower: Model LMCE. Modelling data from Yu and Harison[10].

图版 II 不同的大气环流模型对 6kaBP 模拟的 $P-E$ 与湖泊水位的相对现代变化的对比图(续图版 I). 上:英国大学大气模型计划模型(UGAMP 第 2.0 版);中:英国气象局模型(UKMO 第 3.2 版). 图例与图版 I 相同. 下:反映 $P-E$ 湿度的湖泊水位变化. 模型资料来源 Yu 和 Harrison[10],湖泊资料来源湖泊数据库[13,21,22].

Plate II 6kaBP comparison map between the $P-E$ fields of different GCMs and the lake data(Plate I continued). Both $P-E$ values and lake status are present by their differences at 6 ka from the present(6−0ka). Upper: Model UGAMP; Middle: Model UKMO. Keys as the Plate I. Lower: lake data. Modelling data from Yu and Harison[10] and lake data from the data bases[13,21,22].

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net