

文章编号: 1007-6301 (2003) 02-0125-08

# 中国湖泊与环境演变研究的回顾与展望

韩 美, 李艳红, 张维英, 张丽娜

(山东师范大学人口 资源与环境学院, 济南 250014)

**摘 要:** 我国 70~80 年代中期, 湖泊沉积研究受油田开发的带动而得以兴起; 80 年代中期之后, 科研力量不断壮大, 研究的内容侧重气候变化, 研究区域不断扩大, 方法不断完善, 测年手段更趋精确; 近几年来又特别注重研究云贵高原和青藏高原的湖泊, 强化短时间尺度研究, 注重人为因素对湖泊沉积环境的影响。今后该领域研究应注意加强环境指标的综合运用与定量化研究, 强化分析环境演变中人为因素的影响, 尽快建立中国第四纪湖泊数据库, 积极开展极地地区湖泊的相关研究。

**关 键 词:** 湖泊; 环境演变; 湖泊沉积; 环境指标

**中图分类号:** P343.3; X144

湖泊作为大量环境信息的载体, 是环境演变研究的一种有效手段。在 20 世纪初, 竺可桢先生就对杭州西湖的成因做过研究<sup>[1]</sup>, 徐近之先生也对西藏纳木错湖的成因、演变作了考察<sup>[2]</sup>。但是我国湖泊与环境演变研究的全面展开是自 20 世纪 70 年代开始的。

## 1 70~80 年代中期, 油田开发带动了湖泊沉积研究

70 年代以来, 我国一些大型油田开始进入注水开发阶段, 油田的勘探和开发成为当时社会发展的迫切要求。由于我国大多数油田都发现在早白垩纪-早第三纪的古湖盆中, 由此不可避免地开展了古湖盆沉积相的研究。为加深对古环境的判别, 南京地理与湖泊研究所为主要科研力量, 在 1976 年到 1980 年选择了鄱阳湖作为研究基地, 重点在赣江三角洲地区, 进行了现代沉积研究<sup>[3]</sup>; 1981~1985 年在科学院的大力支持下, 以云贵高原的抚仙湖、洱海和滇池三个断陷湖泊作为湖泊不同演化阶段的实例, 对其沉积与环境进行了重点探讨<sup>[3,4]</sup>。通过与古湖盆相对比, 古今结合建立相关模式, 获得了不同尺度盆地构造沉积旋回的演化规律。对湖泊沉积中与地质相关的“物理过程模型”取得了一定的研究成果。

## 2 80 年代中期以来, 湖泊与环境演变研究快速发展

### 2.1 科研力量不断壮大

80 年代中期之后, 我国的湖泊与环境演变研究进入快速发展时期。这一时期以来,

收稿日期: 2002-11; 修订日期: 2003-02

基金项目: 山东省自然科学基金项目, 莱州湾南岸古湖泊与地理环境变迁 (Y2000E03)

作者简介: 韩美 (1963-), 女, 教授, 主要从事环境与资源研究, 已发表学术论文 40 余篇。

该领域已形成了以中国科学院南京地理与湖泊研究所为代表的专业科研机构,其中该所湖泊沉积与环境开放实验室的建立更为该领域研究提供了直接科研力量。另外中国科学院地质与地球物理研究所、地球化学研究所、地球环境研究所、盐湖研究所、地理科学与资源研究所等科研机构和中国地质大学、兰州大学等高等院校,也有一批从事第四纪环境或沉积环境研究的学者投入到这一领域之中,科研队伍不断壮大。

## 2.2 研究内容侧重气候变化

湖泊作为一种特殊的自然综合体,不仅是多种沉积矿藏赋存的场所,而且与大气、生物、土壤等多种要素密切相关,对气候、环境系统的变化反映极为敏感。多种自然要素相互作用和变化的信息可被很好地记录在湖泊沉积剖面中,为重建相应的气候环境演替序列提供可能。特别是随着全球变化研究的提出与深入,湖泊与环境演变研究的意义开始超出原来的范畴,成为研究全球变化特别是气候变化的重要手段,因此许多学者通过研究湖泊沉积揭示了某些区域、某些时段内气候与环境演变的特点<sup>[5~24]</sup>。

## 2.3 研究区域不断扩大

早期的湖泊研究多集中于东部季风区<sup>[25~28]</sup>,90年代基于更全面深入地探讨全球气候与环境变化的湖泊响应和完善西部湖泊研究,很多工作逐渐指向了对环境变化反映较为敏感的季风带边缘区<sup>[5~11,29~32]</sup>、内陆干旱区<sup>[33~39]</sup>和自然条件较为恶劣的青藏高原区<sup>[40~43]</sup>。使得我国湖泊与环境演变研究涉及的范围不断扩大,在各自然区都得以开展。其中由于青海湖处于常年西风带、东部季风区和青藏高原季风区的交汇地带,岱海处于季风区与非季风区的边缘地带,一直以来它们都是研究的热点所在。特别指出,近年来,中、德科学家正在合作研究中国的玛珥湖,他们在中国南、北方都钻取了不同长度的湖泊岩芯,来进行古气候古环境的研究<sup>[50~52]</sup>。

## 2.4 研究方法不断完善

这一时期的研究方法呈现出多样化的特点。就湖泊沉积而言,传统上多采用孢粉浓度及组合<sup>[7,35]</sup>、湖泊古微生物的丰度与分异度<sup>[11,24,53]</sup>、沉积物的地球化学标志<sup>[8,15,54]</sup>和硅藻分析<sup>[27,55,56]</sup>来反映湖泊古环境特征。90年代中期之后,出现了一些具有生态指示意义的孢粉间接记录指标,如A/C(Artemisia/Chenopodiaceae)、花粉系数、藜蒿比等指标<sup>[22,57]</sup>来半定量地推测区域古气候特征;对岱海的相关研究利用介形类微量元素Sr/Ca来定量恢复古盐度特征<sup>[59]</sup>;随着高精度稳定同位素测定方法和分馏效应的深入研究,开辟了用<sup>37</sup>Cl、<sup>18</sup>O、<sup>13</sup>Corg等稳定同位素来有效揭示湖泊水位波动、湖区生态与植被、气温变化、大气CO<sub>2</sub>浓度变化等信息的方法<sup>[13,14,38]</sup>;用沉积物的粒度特征也可反映湖面水位高低和湖区降水的变化<sup>[16,17,18]</sup>;从湖泊生产力角度出发,又逐渐发展了色素<sup>[19,23,56]</sup>、总有机碳(TOC)、总氮(TN)、总氢(TH)、碳氮比(C/N)等一系列环境指标<sup>[8,11,52]</sup>;湖泊纹泥与环境演变研究中由单纯的测年控制,逐渐深入到对纹泥层偶本身携带信息的研究<sup>[59]</sup>;沉积物磁化率研究法也应用较广<sup>[48]</sup>。

除利用湖泊沉积方法研究环境演变之外,用湖积堤、湖岸阶地、湖蚀崖和泥质湖底底面波痕等地貌、微地貌形态也可有效反映湖面的面积、高程及湖水的流动性<sup>[28,39]</sup>;从历史地理学角度出发,借助历史记录在该领域研究中亦起了一定辅助作用<sup>[60]</sup>;另外,国际上在80年代就开始用能量、水分、盐分平衡对古湖泊环境进行研究<sup>[61,62]</sup>,我国受此影响,将这种平衡法又发展应用到人类活动对湖泊环境演变影响的研究<sup>[63]</sup>及模拟预测研

究<sup>[45]</sup>；对于近时间尺度的研究还往往与器测资料相对比<sup>[17,64]</sup>。

### 2.5 确立时间序列的手段更加多样、精确

随着测年技术的不断发展，湖泊与环境演变研究中对于沉积年代的测定及年代序列的确立方法更为多样、精确。如沉积物有机质<sup>14</sup>C测年、古地磁测年、热释光测年、铀系测年和沉积物沉积速率推算法等。其中<sup>14</sup>C测年由原来的常规方法又发展应用了加速器质谱法(AMS<sup>14</sup>C)<sup>[15,52]</sup>；热释光测年法比80年代初更注重对采集样品进行阳光模拟晒退实验等精细处理<sup>[54]</sup>；<sup>137</sup>Cs、<sup>210</sup>Pb分别适用于30~40a和100~200a的湖泊沉积测定，在该领域中取得较为广泛的应用<sup>[17~19,65]</sup>；对于历史时期的研究还可利用考古、参考历史文献记录来进行辅助定年。多种测年手段相互补充，提高了确立时间序列的精度。

## 3 湖泊与环境演变研究的最新特点

### 3.1 云贵高原、青藏高原的湖泊成为当今研究的热点

湖泊环境演变与东南季风强弱关系的研究已取得较大进展<sup>[10,66]</sup>，而西南季风区的相关研究则比较薄弱。近年来依靠湖泊沉积记录对西南季风区环境演变进行研究日益受到重视(宋学良等, 1994; 陶发祥等, 1996; 张振克等, 1998)。尤其最近对洱海<sup>[18~20]</sup>、程海<sup>[21]</sup>所取得的研究成果，不仅明确了该区域环境演变与西南季风变迁的关系，也有助于对西南季风、东亚季风和印度季风进行对比研究，以丰富和完善亚洲古季风理论，进而建立相关气候系统的变化模式。

青藏高原作为喜山运动的产物，它的大幅隆升严重影响了我国区域自然环境的变化，同时，青藏高原是我国最大的湖泊分布区，对该高原湖泊进行研究，有助于揭示青藏高原乃至全国的环境演变规律。1999年以王苏民研究员为首的青藏高原形成演化及其环境资源效应(G1998040808~02)的湖泊专题组，在高原中部的错鄂湖进行湖泊沉积200m深钻孔取芯获得成功，为高原中部环境变化和构造事件及古生态时空演化的研究奠定了基础。青藏高原大湖期的标志和年代在通过对比甜水海古湖、邦达错古湖、龙木错古湖等多个古湖研究的基础上取得明确认识<sup>[67]</sup>。对兴错湖沉积物得分析已涉及定量地探讨近代气候与环境变化<sup>[64]</sup>。运用多种环境指标，对高原西北部的南红山湖近150年来的环境变化研究进行的也较深入<sup>[53,68]</sup>。

### 3.2 加强湖泊沉积的短时间尺度研究

目前全球性环境问题日益严峻，基于更好地对未来十几年至几十年全球气候和环境变化进行预测，人们开始更加关心各种短时间尺度的气候变化。过去2ka作为全球变化的一个重点研究时段，该时期以来的研究进行的较为深入<sup>[17,19,43,65]</sup>。近几年对岱海<sup>[11,46,47]</sup>、洱海<sup>[18]</sup>、青海湖<sup>[45]</sup>、南红山湖<sup>[53,68]</sup>的研究都是在百年甚至是十年尺度上进行的。

### 3.3 区分人为因素在环境演变中的作用

随着对短时间尺度研究的不断加强，科学区分湖泊沉积中所包含的人类活动信息，成为研究工作中不可忽视的内容。原来大多依靠考古和查阅历史文献来反映人类活动的状况。目前已有研究表明，湖泊沉积物色素的变化可判识流域人类活动的方式和强度特征<sup>[55,56]</sup>；磁化率参数对历史时期人类活动，特别是生产方式、强度的变化有明显指示意义<sup>[69,70]</sup>；沉积物元素Fe、Al含量的变化与人类活动影响下的水土流失有密切联系<sup>[70]</sup>。湖

泊低泥中磷的高水平含量表征了人类活动影响下湖泊水体富营养化的内源成因<sup>[71]</sup>。

### 3.4 为其它热点研究提供所需信息

新仙女木事件 (Younger Dryas) 作为气候变化轨道驱动理论的一个显著例外, 近 10 多年来一直是学术界关注的热点, 最近对湖光岩玛珥湖沉积物的研究<sup>[51~52]</sup>, 为 YD 在东亚季风区低纬度的存在提供了新证据, 这将促使目前较为流行的北大西洋低层流传带模式 (它主张以北半球高纬度区作为气候变化“驱动源”) 做出进一步的研究与完善; 区域环境演变中自然和人为因素的比例是目前科学界探讨的热点, 石羊河终间湖泊的模拟研究<sup>[63]</sup> 对此问题提供了新的研究思路; 野麻湖剖面记录的数层快速风成沉积代表了周期性沙尘暴事件<sup>[72]</sup>, 对岱海近 400 年来的“尘暴”事件研究也取得一定成果<sup>[49]</sup>, 这些对于结合当今沙尘暴活动, 共同探讨其活动的规律性和内在机制具有一定的辅助意义。

## 4 未来湖泊与环境演变研究需重视的问题

### 4.1 加强环境指标的综合运用与定量化研究

湖泊与环境演变的过程及结果会体现在多个方面, 需从多个角度综合运用多项环境指标才能较全面地把握地理过程。反过来, 每项环境指标对气候、环境各有其不同的侧重方向和不同程度的指示意义, 尤其是不同区域的环境指标, 对环境变化的响应往往有较大差异, 如何以区域为基础单元, 把这种响应关系定量地表示出来, 应成为湖泊与环境演变研究领域的一个深入方向。目前, 国际上在孢粉-古气候、硅藻-古盐度、古酸碱度转换函数等方面已取得一定进展<sup>[73~75]</sup>。我国应尽快开展这方面的相关工作, 如借助我国第四纪花粉研究在古生态学的数学方法应用、现代花粉的采集与分析等方面所取得的成果, 深入进行植物与气候研究, 建立起各自然区的孢粉-气候转换函数; 加强现代介形类生态资料研究, 以获得更为丰富和准确的古生态环境信息, 深入探讨介形类壳体中微量元素与湖水温度、盐度间的定量关系; 加强现代沉积机制与粒度特征分析, 尝试由粒度特征曲线向湖面水位线图进行转换; 将湖泊沉积物中气候代用指标所指示的变化信息与同时期器测气象资料进行对比、验证, 并最终获得函数关系。研究工作只有朝着定量化方向迈进才能提高研究的精度。

### 4.2 加强环境演变中人类活动因素的分析

人类活动在湖泊与环境演变中起着重要作用, 但在古环境古气候研究中考虑人与自然的相互作用的内容还相当少。例如栽培作物成分的增加会在多大程度上、以怎样的方式反映在孢粉组合中, 人为引渠或筑坝所导致的湖面高低的变化会给环境信息系列带来什么影响<sup>[76]</sup>, 湖泊初始生产力的提高包含有湖泊富营养化的可能, 湖泊沉积速率的加大和沉积物粒度的变粗可能是植被破坏、水土流失所引起的, 湖泊沉积物中重金属浓度的大幅度提高也可能是工业污染所致<sup>[65]</sup>等等。要想正确反映出区域环境演变过程, 还急需发展一系列判别指标和方法, 将人类活动因素与自然因素区别并有机联系起来。

### 4.3 加强高分辨率湖泊沉积与环境演变的整体、长序列研究

我国对新生代以来湖泊沉积的宏观时空分布及环境变动概貌的研究已取得了一定成果<sup>[77]</sup>, 但有些湖泊的长时间尺度测年因受当时技术限制而精度不高, 涉及各特征时期湖泊的范围、规模、水文特征等方面的精确、系统的资料较少, 且各自然区的研究程度有明

显差异，因此，用多种方法和手段完善各自然区湖泊的高分辨率研究已成为急待完成的一项工作。在建立各区域古环境演变序列的基础上，积极尝试从整体角度复原我国湖泊沉积所反映出的长序列环境演变，建立中国第四纪湖泊数据库。选取典型地段的湖泊，深入探讨区域环境演变的特征和形成机制，尤其要深入与季风变迁间关系的研究，密切国际交流，共同完善全球气候系统的变化模式。

#### 4.4 开展极地湖泊与环境演变研究

1990年10月在美国阿拉斯加大学召开的“极地在全球变化中的作用”国际会议上，各研究小组一致认为气候变化的效果在极地会表现得更明显。极地地区作为地球上受人类活动影响相对较小的地区，其历史时期的气候变化以自然因素的影响为主，并对中、低纬度地区的气候有很大影响，随着近年来对全球变化的深入研究和资料积累，国际上对极地地区和中纬度地区气候变化的对比研究已从定性逐渐走向定量<sup>[78]</sup>。我国对极地环境的研究相对落后，就湖泊与环境演变研究而言，极地地区的湖泊应成为今后不可忽视的研究对象。最新动态表明，这方面的工作在我国已开始进行，如孙立广、谢周清对南极阿德雷岛湖泊沉积的研究<sup>[79、80]</sup>，张干等对南极乔治王岛菲尔德斯半岛湖相沉积物进行了研究<sup>[81]</sup>。

## 5 总结

我国的湖泊与环境演变研究工作，在20世纪70年代为顺应油田开发的社会需求而得以兴起；随着全球变化问题的提出与深入，80年代中期之后该领域进入快速发展阶段，在不断强大的科研力量支持下，广泛开展了湖泊与气候变化研究，涉及的湖泊遍布全国各个自然区，覆盖度大为提高，发展应用了多种方法、指标（特别是具有生态指示意义的指标）来复原古环境，测年技术水平也大为提高；最近该领域研究工作更趋深入细致，表现为较高的分辨率和较短的时间尺度，对云贵高原、青藏高原的湖泊研究投入大量研究，并结合季风理论进行了环境演变机制探讨，对湖泊沉积中所包含的人类活动信息的提取已取得初步成果。同时研究中还存在一些不足之处：在环境指标与环境要素的定量关系研究中，与国外的差距较大；对人为因素的研究正处于起步阶段，缺少理论指导和科学有效的研究方法；研究水平的区域差异大，给整体对比带来困难，且长时间尺度研究的分辨率普遍不够高；对于地理位置特殊的极地湖泊还需大胆尝试研究。这些方面都应成为今后研究中不可忽视的方面。

## 参考文献

- [1] 竺可桢. 杭州西湖生成的原因. 竺可桢文集. 北京: 科学出版社. 1979, 18~20.
- [2] 濮培民. 中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊学研究回顾与展望. 中国科学院南京地理与湖泊研究所集刊, 1991, 第8号: 129~134.
- [3] 王苏民. 湖泊沉积学在中国科学院南京地理与湖泊研究的发展. 中国科学院南京地理与湖泊研究所集刊, 1991, 第8号: 135~138.
- [4] 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 兰州地质研究所, 南京地质古生物研究所, 等. 云南断陷湖泊沉积与环境. 北京: 科学出版社. 1989. 1~513.
- [5] 黄麟. 青海湖沉积物的沉积速率及古气候演变的初步研究. 科学通报, 1988, 33(22): 1740~1744.
- [6] 张彭熹, 张保珍, 杨文博. 青海湖冰后期以来古气候波动模式的研究. 第四纪研究, 1989, 9(1): 66~77.

- [7] 山发寿. 青海湖盆地 35 万年来的植被演化及环境变迁. 湖泊科学, 1993, 5(1): 9 ~ 16.
- [8] 王云飞. 青海湖、岱海的湖泊碳酸盐化学沉积与气候环境变化. 海洋与湖沼, 1993, 24(1): 31 ~ 35.
- [9] 王苏民, 余源盛, 吴瑞金, 等. 岱海湖泊环境与气候变化. 合肥: 中国科学技术大学出版社. 1990.
- [10] 王苏民, 冯敏. 内蒙古岱海湖泊环境变化与东南季风强弱关系. 中国科学(B 辑), 1991, 21(7): 759 ~ 768.
- [11] 曹建廷, 王苏民, 等. 近千年来内蒙古岱海气候环境演变的湖泊沉积记录. 地理科学, 2000, 20(5): 391 ~ 396.
- [12] 王苏民, 王富葆. 全新世气候变化的湖泊记录. 见: 施雅风. 中国全新世大暖期气候与环境. 北京: 海洋出版社. 1992: 146 ~ 152.
- [13] 沈吉, 王苏民, 羊向东. 湖泊沉积物中有机碳稳定同位素测定及其古气候环境意义. 海洋与湖沼, 1996, 27(4): 400 ~ 403.
- [14] 刘卫国, 肖应凯. 昆特依盐湖氯同位素特征及古气候意义. 海洋与湖沼, 1998, 29(4): 431 ~ 434.
- [15] 介冬梅, 吕金福. 大布苏湖全新世沉积岩心的碳酸盐含量与湖面波动. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(2): 77 ~ 82.
- [16] 孙千里, 周杰, 肖举乐. 岱海沉积物粒度特征及其古环境意义. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(1): 93 ~ 95.
- [17] 王君波, 朱立平. 藏南沉错沉积物的粒度特征及其古环境意义. 地理科学进展, 2002, 21(5): 459 ~ 467.
- [18] 陈敬安, 万国江. 洱海近代气候变化的沉积物粒度与同位素记录. 自然科学进展, 2000, 10(3): 253 ~ 259.
- [19] 张振克, 吴瑞金. 近 2000 年来云南洱海沉积记录的气候变化. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(2): 31 ~ 34.
- [20] 张振克, 吴瑞金, 王苏民, 等. 全新世大暖期云南洱海环境演化的湖泊沉积记录. 海洋与湖沼, 2000, 31(2): 210 ~ 214.
- [21] 陈敬安, 万国江. 程海近代气候变化的化学记录. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20(1): 39 ~ 42.
- [22] 钟巍, 舒强. 南疆博斯腾湖近 12.0ka B. P. 以来古气候与古水文状况的变化. 海洋与湖沼, 2001, 32(2): 213 ~ 219.
- [23] 吴艳宏, 吴瑞金. 运城盆地 11kaB. P. 以来气候环境变迁与湖面波动. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(2): 83 ~ 86.
- [24] 景民昌, 孙镇城. 柴达木盆地达布逊湖地区 3 万年来气候演化的微古生物记录. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(2): 55 ~ 58.
- [25] 孙顺才, 伍贻范. 太湖形成演变与现代沉积作用. 中国科学(B 辑), 1987, (12): 1322 ~ 1326.
- [26] 黄志强. 江苏北部沂沭河流域湖泊演变的研究. 徐州: 中国矿业大学出版社. 1990.
- [27] 马燕, 郑长苏. 太湖全新世海相硅藻化石的发现及其意义. 科学通报, 1991, 36(21): 1641 ~ 1643.
- [28] 周廷儒, 李华章, 刘清泗, 等. 泥河湾盆地新生代古地理研究. 北京: 科学出版社. 1991. 27 ~ 62.
- [29] 宋春青, 杨志荣. 内蒙古达拉诺尔晚更新世以来的湖面变化及其气候意义. 北京师范大学学报, 1988(增刊): 69 ~ 76.
- [30] 刘清泗, 王加兴, 李华章. 北方农牧交错带全新世湖泊演变特征. 见: 赵济. 区域环境自然灾害地理研究. 北京: 科学出版社. 1990: 1 ~ 7.
- [31] 张振克, 吴瑞金, 王苏民, 等. 2600 年来居延海环境演变的湖泊沉积记录. 湖泊科学, 1998, 10(2): 156 ~ 161.
- [32] 王苏民, 吉磊, 羊向东, 等. 内蒙古扎诺尔湖沉积物中的新仙女木事件记录. 科学通报, 1994, 39(4): 348 ~ 351.
- [33] 施雅风, 文启忠, 曲耀光. 新疆柴窝堡盆地第四纪气候环境变迁和水文地质条件. 北京: 海洋出版社. 1990: 152 ~ 157.
- [34] 韩淑堤, 瞿章. 北疆巴里坤湖内陆型全新世气候特征. 中国科学(B 辑), 1993, 23(11): 22 ~ 31.
- [35] 羊向东, 王苏民. 一万多年来乌伦古湖地区花粉组合及其古环境. 干旱区研究, 1994, 11(2): 7 ~ 10.
- [36] 吴敬禄. 新疆艾比湖全新世沉积特征及古环境演化. 地理科学, 1995, 15(1): 39 ~ 46.
- [37] 林瑞芬, 卫克勤. 新疆玛纳斯湖沉积柱样的古气候古环境研究. 地球化学, 1996, 25(1): 63 ~ 72.
- [38] 林瑞芬, 卫克勤. 新疆玛纳斯湖沉积物氧同位素记录的古气候信息探讨: 青海湖和色林错比较. 第四纪研究, 1998, 18(4): 308 ~ 316.
- [39] 柏春广, 穆桂金. 艾比湖的湖岸地貌及其反映的湖面变化. 干旱区地理, 1999, 22(1): 34 ~ 39.
- [40] 李世杰, 郑本兴, 焦克勤. 西昆仑山南坡湖相沉积和湖泊演化的初步研究. 地理科学, 1991, 11(4): 306 ~ 314.
- [41] 李世杰, 李树德. 西昆仑山甜水海两个钻孔的研究及其意义. 冰川冻土, 1991, 13(2): 187 ~ 188.
- [42] 胡东生. 可可西里地区湖泊演化. 干旱区地理, 1995, 18(1): 60 ~ 67.
- [43] 王苏民, 薛滨, 夏威岚. 希门错 2000 多年来气候变化的湖泊记录. 第四纪研究, 1997, 17(1): 62 ~ 69.

- [44] 中国科学院兰州分院,中国科学院西部资源环境研究中心. 青海湖近代环境的演化和预测. 北京:科学出版社, 1994.
- [45] 秦伯强,黄群. 青海湖热力状况的模拟与未来情景之研究. 湖泊科学,1998,10(3):25~31.
- [46] 乌云格日勒,刘清泗. 岱海湖心沉积物分析及600年来环境演变. 地理学报,1998,53(增刊):76~82.
- [47] 乌云格日勒,刘清泗. 岱海湖盆未来10年环境演变趋势探讨. 干旱区资源与环境,1998,12(1):44~51.
- [48] 张振克,吴瑞金. 岱海湖泊沉积物频率磁化率对历史时期环境变化的反映. 地理研究,1998,17(3):297~302.
- [49] 金章东,王苏民. 岱海地区近400年来的“尘暴”事件:来自岱海沉积物粒度的证据. 湖泊科学,2000,12(3):193~198.
- [50] 刘嘉麒 J. F. W. Nwgendank,王文元,等. 中国玛珥湖的时空分布与地质特征. 第四纪研究,2000,20(1):78~86.
- [51] 王文远,刘嘉麒. 热带湖光岩玛珥湖记录的末次冰消期东亚夏季风两步式的变化. 科学通报,2000,45(8):860~864.
- [52] 王文远,刘嘉麒. 新仙女木事件在热带湖光岩玛珥湖的记录. 地理科学,2001,21(1):94~96.
- [53] 李元芳,朱立平,李炳元. 150年来青藏高原南红山湖的介形类与环境变化. 地理研究,2001,20(2):199~205.
- [54] 彭子成,韩有松. 莱州湾地区10万年以来沉积环境变化. 地质论评,1992,38(4):360~366.
- [55] Swain B. Measurement and interpretation of sedimentary pigments. Freshwater Biology,1985, 15:53~75.
- [56] 马燕,王苏民,潘红玺. 硅藻和色素在古环境演化研究中的意义—以固城湖为例. 湖泊科学,1996,8(1):16~26.
- [57] 杨振京,刘志明. 银川盆地中更新世以来的孢粉记录及古气候研究. 海洋地质与第四纪地质,2001,21(3):43~49.
- [58] 沈吉,王苏民,R. Matsumoto,等. 内蒙古岱海古盐度定量复原初探. 科学通报,2000,45(17):1885~1888.
- [59] 李万春,李世杰. 高分辨率古环境指示器:湖泊纹泥研究综述. 地球科学进展,1999,14(2):172~176.
- [60] 韩昭庆. 南四湖演变过程及其背景分析. 地理科学,2000,20(2):133~137.
- [61] Kutzbach J E. Estimates of past climate at Paleolake Chad, North Africa, based on a hydrological and energy - balance model. Quaternary Research,1980,14(2):210~223.
- [62] Swain A W, Kutzbach J E, Hastenrath S. Estimates of Holocene precipitation for Rajasthan, India, based on pollen and lake level date. Quaternary Research,1983,19(1):1~17.
- [63] 郭晓寅,陈发虎. 自然条件下石羊河间湖模拟研究. 自然资源学报,1999,14(4):385~388.
- [64] 吴敬禄,Andreas Luecke,李世杰,等. 兴措湖沉积物有机碳及其同位素揭示的近代气候与环境. 海洋地质与第四纪地质,2000,20(4):37~42.
- [65] 沈吉. 中国过去2000年湖泊沉积记录的高分辨率研究:现状与问题. 地球科学进展,1995,10(2):169~175.
- [66] 王苏民,羊向东. 江苏固城湖15ka以来的环境变迁与季季风关系探讨. 中国科学(D辑),1996,26(2):137~141.
- [67] 李炳元. 青藏高原大湖期. 地理学报,2000,55(2):174~182.
- [68] 陈玲,朱立平,李炳元,等. 近150a来南红山湖的地球化学特征及环境意义. 地理科学,2002,22(1):39~42.
- [69] Oldfield F. Environmental magnetism ~ a personal perspective. Quaternary Science Reviews,1991,10:73~85.
- [70] 张振克,吴瑞金. 云南洱海流域人类活动的湖泊沉积记录分析. 地理学报,2000,55(1):66~74.
- [71] 郭怀成,孙延枫. 滇池水体富营养化特征分析及控制对策探讨. 地理科学进展,2002,21(5):500~506.
- [72] 施祺,王建民. 石羊河古终端湖泊沉积物粒度特征与沉积环境初探. 兰州大学学报(自然科学版),1999,35(1):186~198.
- [73] Birks H J B, Gordon A D. Numerical Methods in Quaternary Pollen Analysis. London:Academic Press. 1985:1~203.
- [74] Sybille W, Rolands, Rolfk. Cyclotella - taxa in lakes of the Alpine region and their relationship to environmental variables. Aquatic Science,1995,57(4):360~386.
- [75] Shen J, Matsumoto R, Wang S M, et al. A 3600 year paleoclimatic change inferred from organic C-13 and  $\delta^{15}N$  of the Gucleng lake sediments, Southeast China. Chin J Ocean Limnol, 1997,15(3):279~284.
- [76] 王苏民. 湖泊沉积的信息、原理与研究趋势. 见:张兰生. 中国生存环境历史演变规律研究(一). 北京:海洋出版社,1993,6~13.
- [77] 王苏民,李建仁. 中国晚新生代湖泊沉积及其反映的环境概貌. 湖泊科学,1993,5(1):1~7.
- [78] 陈玲,张青松,朱立平,等. 近400年来北极地区和中国气温变化的对比研究. 地理研究,2000,19(4):344~350.
- [79] 孙立广,谢周清,赵俊林. 南极阿德雷岛湖泊沉积物 Sr/Ba 与 B/Ca 比值特征. 海洋地质与第四纪地质,2000,20(4):

43 ~ 46.

[80] 孙立广,谢周清. 南极阿德雷岛湖泊沉积  $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  定年及其环境意义. 湖泊科学, 2001, 13(1): 93 ~ 96.

[81] 张干,盛国英. 南极乔治王岛菲尔德斯半岛湖相沉积物的分子有机化学特征. 科学通报, 2000, 45(增刊): 2758 ~ 2762.

## A Review and Prospect of Lake and Environmental Evolution in China

HAN Mei, LI Yanhong, ZHANG Weiyong, ZHANG Lina

(College of Population Resources and Environment, Shandong Normal University, Jinan, 250014 China)

**Abstract** Based on lots of documentations, it can be said that the research of lake and environmental evolution in China had been developed by the tapping of oilfields from the 1970s to mid 1980s. Since mid 1980s, much progress has been made, the power of research has been strengthened, and more attention has been paid to climatic changes. The research regions have been gradually increased, the methods of research have been well developed, and the techniques of dating have become more precise. The new characteristics of the recent research show that particular attention is paid to the lakes located in Yunnan-Guizhou Plateau and Qinghai-Tibet Plateau, the research for short time scale becomes more important, and more work about the effect caused by human activities is done.

As to the further research, we should enhance the full utilization and quantitative study of the environmental indexes, and the analysis of the impacts coming from human activities also should be strengthened. It is necessary to set up Quaternary data base of the lakes in China to shorten the way with other countries. We should also set foot in polar lakes.

**Key words** Lake; Environmental evolution; Lake sediments; Index of environment