

正视隐私所遭受的威胁
来自美国白宫前首席信息官的忠告

大数据时代的隐私

【美】特蕾莎·M·佩顿 西奥多·克莱普尔 / 著

◎ 郑淑红 / 译



PRIVACY IN THE AGE OF BIG DATA

RECOGNIZING THREATS, DEFENDING YOUR RIGHTS
AND PROTECTING YOUR FAMILY



上海科学技术出版社

SHANGHAI SCIENTIFIC & TECHNICAL PUBLISHERS

国家自然科学基金项目 (41271159)

陕西省教育厅自然科学基础计划研究项目 (16JK1828)

陕西省普通高校优势学科建设项目 (历史地理学: 0602)

咸阳师范学院“青年骨干教师”培养计划 (XSYGG201609)

咸阳师范学院学术著作出版基金

资助

内蒙古苏贝淖湖泊 沉积记录 环境演变

刘宇峰 / 著

科学出版社
北京

内 容 简 介

本书选择鄂尔多斯高原南部毛乌素沙漠地区的苏贝淖及其流域为研究对象,通过野外考察,在湖区剖面采集沉积物样品,利用加速器质谱碳十四测年及光释光测年法测定沉积物样品的年龄,由此建立相对可靠的剖面年代序列框架;同时结合剖面沉积物的粒度、磁化率、地球化学元素、有机质及碳酸盐五大指标的综合分析,重建苏贝淖流域全新世以来的气候环境演变序列。研究成果对深入研究和理解该地区气候环境的演变过程和机制以及区域响应具有重要意义。

本书可供地理学、第四纪地质学、环境科学等相关专业的研究人员,以及高等院校相关专业的本科生、研究生阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

内蒙古苏贝淖湖泊沉积记录与环境演变 / 刘宇峰著. —北京: 科学出版社, 2017.3

ISBN 978-7-03-051837-8

I. ①内… II. ①刘… III. ①湖泊沉积作用—研究—内蒙古 ②湖泊—环境演化—研究—内蒙古 IV. ①P512.2 ②P942.260.78

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 032554 号

责任编辑: 陈 亮 范鹏伟 / 责任校对: 彭 涛

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 黄华斌

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 3 月第 一 版 开本: 720 × 1000 1/16

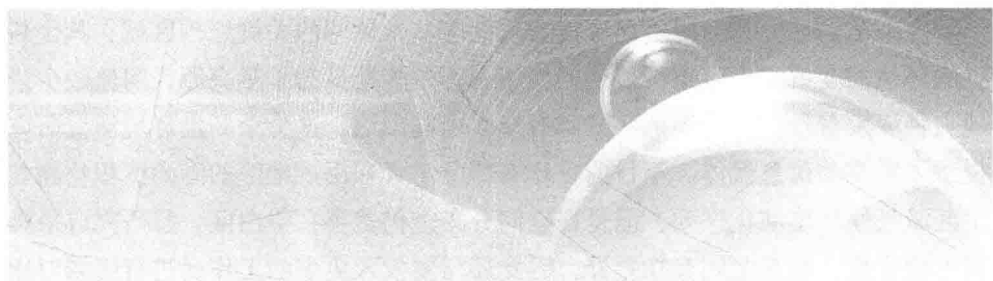
2017 年 3 月第一次印刷 印张: 10

字数: 180 000

定价: 72.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)





前 言

在全球人口增长及社会经济迅速发展的过程中，地球环境受到了前所未有的强烈干预，由此产生的诸如气候变暖、土地退化与沙漠化、水资源短缺、植被退化、自然灾害频发等区域性和全球性环境变化问题对人类的生存及经济社会的可持续发展构成严重威胁。因此，环境变化问题已成为众多学科领域的研究重点。过去全球变化（Past Global Changes, PAGES）是国际地圈生物圈计划（International Geosphere-Biosphere Program, IGBP）研究的重点计划之一，其研究的时间尺度经历了新生代、第四纪、全新世（早期、中期、晚期）以及百年或十年际等多个时段。由于人类社会的发展、繁荣、富强都发生在全新世，全新世环境演变研究逐步成为过去全球变化研究的热点问题。

目前，可通过岩石和地层学、生物与生态学、地球化学、地球物理学、考古学、文献记载、仪器监测记录等进行环境演变研究，其中岩石和地层学（主要是海洋沉积物和大陆沉积物）是研究环境演变的重要依据。湖泊作为一种相对独立的大陆自然生态系统，其发展演变受岩石圈、水圈、大气圈、生物圈等共同作用的影响。湖泊沉积物蕴含的环境信息是千年时间尺度上全球环境演变研究的重要载体。我国幅员辽阔，自然地理环境复杂，湖泊数量众多且分布广泛，利用湖泊沉积物来揭示区域环境变化已成为一种惯用手段。

内蒙古南部鄂尔多斯高原位于东亚季风区的边缘地带，是典型的干旱、半



干旱生态脆弱区。作为对气候环境变化响应非常敏感的关键地理区域,其全新世的环境演变研究具有不可替代的作用。鄂尔多斯虽为干旱高原,河流较少,地表径流发育较差,但该地区分布有众多内陆湖泊,这为全新世环境演变研究提供了重要的信息载体。至目前,已有部分学者利用该地区的湖泊沉积物建立了区域气候环境演化序列,但是在空间分布上仍然存在空白区,且研究成果具有不确定性,相互之间存在差异,因此还需要投入更多的工作,进行区域对比研究,进一步加深对气候变化及其区域响应的认识和理解。

本书以鄂尔多斯高原毛乌素沙漠地区的苏贝淖尔及其流域为研究对象,选取湖区剖面采集沉积物样品,通过实验测定与分析,研究湖区及其流域的环境演变。全书共分6章,第1章绪论,主要介绍全新世环境演变、湖泊沉积与环境演变的研究现状和进展,并指出本书的研究内容、研究方法;第2章主要介绍研究区的自然地理状况;第3章概括湖泊沉积物样品的采集方法与过程,描述沉积物剖面特征,介绍沉积物年代学研究方法,并分析环境代用指标的指示意义和测定方法;第4章是实验结果分析,主要对沉积物的粒度、磁化率、地球化学元素、烧失量和碳酸盐含量的变化特征进行系统分析;第5章基于沉积物年代标尺,利用粒度、磁化率等多种环境指标分析苏贝淖尔流域的环境演化历史,并与周边区域已有的环境演变研究成果进行对比分析和讨论;第6章是结论和展望,提出本书研究的主要结论,并分析研究存在的不足及有待解决的问题。

本书涉及大量的野外采样和室内实验工作,感谢王恒松、陈见影、马倩、鲍锋、王继夏、王效锋、郑鹏、李创新博士和李艳龙、李艳茹、孔伟、安彬硕士的帮助。同时要感谢咸阳师范学院的领导和同事对本书出版的鼎力相助。科学出版社范鹏伟先生对本书出版给予了大力支持,付出了辛勤的劳动,在此表示诚挚的感谢!

环境演变是一个涉及多学科交叉研究的问题,更是一个长期的全球性问题,该研究领域遇到的诸如测年、环境代用指标的选取及指示意义等问题仍是未来长时期内研究的重点和难点,需要进一步深入研究。由于作者知识水平和能力有限,书中疏漏和不当之处在所难免,敬请广大读者批评指正,以便在今后的工作中完善和修改。

刘宇峰

2017年2月15日

目 录

前言	i
第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 环境演变研究进展	4
1.2.1 全新世环境演变研究进展	4
1.2.2 湖泊沉积与环境演变研究进展	7
1.2.3 湖泊演化研究原理与方法	13
1.3 研究的内容、方法和工作量	16
1.3.1 研究内容	16
1.3.2 研究方法及技术路线	17
1.3.3 研究的工作量	17
第 2 章 研究区域概况	19
2.1 地理位置	19
2.2 地质条件	21
2.3 地貌条件	23
2.4 水文水资源条件	26
2.5 植被与土壤条件	27
2.6 气候条件	29



第3章 沉积物样品的采集与研究方法	31
3.1 沉积物样品采集	31
3.2 沉积剖面特征	33
3.3 沉积物年代学研究方法	35
3.3.1 光释光测年	35
3.3.2 ^{14}C 测年	39
3.3.3 环境代用指标的指示意义及测定方法	47
第4章 环境代用指标实验结果及分析	67
4.1 沉积物粒度变化特征	67
4.1.1 粒度组成	67
4.1.2 粒度参数特征	71
4.1.3 粒度频率曲线特征	75
4.2 沉积物磁化率变化特征	79
4.3 沉积物地球化学元素的组成与分布特征	86
4.3.1 常量元素分析	86
4.3.2 微量元素分析	94
4.3.3 元素对比值分析	106
4.4 沉积物烧失量变化特征	110
4.5 沉积物碳酸盐含量变化特征	113
第5章 苏贝淖尔全新世环境演化过程重建	119
5.1 沉积物剖面年代标尺的建立	119
5.1.1 年龄测定结果	119
5.1.2 年代标尺的建立	121
5.2 苏贝淖尔全新世环境演化重建	122
5.2.1 SBN-1 剖面沉积物环境代用指标综合分析	123
5.2.2 SBN-2 剖面沉积物环境代用指标综合分析	125
5.2.3 苏贝淖尔全新世以来的环境演化历史	128
5.3 苏贝淖尔全新世环境记录与区域气候的对比及讨论	130
第6章 结语	136
6.1 结论	136
6.2 展望	138
参考文献	140



第1章 绪 论

1.1 研究背景及意义

地球环境是在不断发展变化的，而人类的出现，对这种原本只受自然支配的变化产生了一定干预。在人类诞生初期，其对环境的干预作用微乎其微，但随着人类社会的迅速发展，这种干预就变得愈发全面和深刻，进而产生了一系列重大的环境问题，这严重影响到人类自身的生存和发展。当前，人类面临的主要环境问题涉及多个方面，如全球气候变暖、世界人口剧增、土地退化与沙漠化、植被覆盖率下降、淡水资源减少、自然灾害频繁发生等（联合国社会发展研究所，1997）。环境变化具有区域性和全球性特征，其主要原因是地球表层作为一个巨大的生态系统，环境因子随着该系统中的能量和物质流动影响全球的环境变化（夏建新等，2006）。基于上述原因，国际社会及相关领域专家、学者都对环境问题给予高度关注并投入了大量的研究工作。

早在17世纪，一些西方科学家就曾试图利用地层中的各种生物化石来解释地球环境演变的原因。英国地质学家赫顿（J. Hutton, 1726—1797年）在18世纪后期撰写了著名的专著 *Theory of Earth*，首次提出了均变论的学术思想。19世纪初期，在赫顿和其他学者的影响下，被誉为“冰川学奠基人”的路易斯·阿

加西 (Louis Agassiz, 1807—1873 年) 于 1840 年对欧洲阿尔卑斯山的冰川进行了全面研究, 并发展了冰川理论, 后来他的冰川理论逐步得到了国际科学界的认可。1901—1909 年, 德国地理、地质学家瓦尔特·彭克 (Walther Penck, 1888—1923 年) 与爱德华·布吕克纳 (Eduard Brückner) 合作发表了《冰川时代的阿尔卑斯山》, 详细研究了欧洲阿尔卑斯山的冰川沉积, 并对第四纪冰期进行了详细的划分。南斯拉夫地质学天文学家米兰科维奇 (M. Milanko-vich, 1879—1958 年) 于 1920 年提出气候变化的天文学说, 认为地球轨道周期变化是第四纪气候演变及冰期形成的重要影响因素; 1922 年, 奥地利天文学家、地球物理学家魏格纳 (Alfred Lothar Wegener, 1880—1930 年) 在地质地貌、地球物理、气候、生物等学科领域搜集了丰富的关于地球环境变迁的数据资料, 在此基础上提出了著名的“大陆漂移学说”, 这对以后的全球环境演变研究产生了较为深远的影响 (魏格纳, 2006)。

20 世纪 40 年代以后, 环境演变研究取得了迅速的发展, 一些较先进的技术方法和手段应用到环境演变研究中来, 如利用放射性同位素的衰变特性测定沉积物的绝对年龄、沉积物氧同位素的分析、古地磁的测量等。到了 20 世纪 60 年代, 在魏格纳“大陆漂移学说”的基础上, 美国地质学家迪茨提出“海底扩张学说”, 随后法国科学家勒比逊于 1968 年提出“板块构造学说”, 也称为“全球大地构造学说”, 这些学说对全球岩石圈的发展演变规律进行了较为详细的解释。新的理论方法和新技术手段的发现及应用, 对全球环境演变研究起了很大的促进作用, 其中更新世、全新世的全球环境演变研究受到了国际地理研究者的青睐。进入 20 世纪 80 年代以来, 全球变化科学成为地球系统科学研究的焦点和热点问题 (陈宜瑜等, 2002)。1986 年, 国际科学联合会理事会 (ICSU) 组织了 4 个全球变化研究计划, 即世界气候研究计划 (World Climate Research Programme, WCRP)、全球环境变化的人文因素变化 (The International Human Dimensions Programme, IHDP)、生物多样性计划 (Biological Diversity Plan) 和国际地圈生物圈计划 (International Geosphere-Biosphere Program, IGBP)。过去全球变化 (Past Global Changes, PAGES) 是国际地圈生物圈计划研究的重点计划之一, 其研究的目的就是“通过过去地球表面环境变化规律和机制的研究, 弥补现代器测记录的不足, 获得现代地球环境、气候变化规律和机制的理解, 寻找与今天状况接近或相似的‘历史相似型’, 从而为未来环境和气候变化预测服务” (安芷生和符涂斌, 2001)。

20 世纪 80 年代以来, 全球人口数量迅速增长, 加之科学技术发展迅猛, 人

类改造地球环境的能力和范围大大加强,由此而产生的环境问题也出现了“由点向面”式的发展趋势,即由局部性、地区性问题逐渐发展成为全球性问题,因此以区域环境变化研究为重点,加强区域环境变化研究的全球性已成为众多学科领域普遍关注的热点问题(陈伴勤和方修琦,2004;葛全胜等,2004;陈力奇,2003;延军平,2006)。过去全球变化研究在时间上主要注重两种尺度:一是长时间尺度的环境演化研究,即过去 200 ka 以来的冰期-间冰期旋回,着重研究地球系统长时间演变的动力过程;二是近 2 ka 以来的短时间尺度环境演化研究,主要研究不同历史时期各种自然因素与人类活动对环境变化的影响和作用。随着过去全球变化研究方法和技术的不断改进,如测年技术的不断改进,过去全球变化研究的时间尺度经历了新生代、第四纪、全新世早期、全新世中期、全新世晚期以及百年或十年际时间尺度等多个时段。全新世是地质历史时期最年轻也是最重要的一个时代,因为它对人类具有十分重要的意义,人类社会的发展、繁荣、富强都发生在全新世。全新世环境演化规律与现在及未来的环境条件变化相比更为接近,因此,深刻了解和认识全新世的环境演化对于未来环境变化趋势预测具有重要意义。

在已有的过去全球变化研究中,环境演变研究的信息载体较多,主要体现在以下几个方面:①岩石、地层学的依据。其主要包括海洋沉积物和大陆沉积物(冰川、黄土、红层、古沙丘、河湖沼相沉积物等),可以根据沉积物的各种物理和化学性质,如颜色、粒度、元素组成、矿物成分及含有的各种化石等判断当时的沉积环境条件。②生物、生态学依据。各种动物和植物的生存都需要一定的环境条件作支撑,因此,一些动植物的化石、生态特征、种类及群体特征等都可以作为古地理环境演化的证据。例如,化石造礁珊瑚的存在表明当时的海洋为浅海环境,而且是热带环境;微体古生物,如沉积物中的孢粉、孔虫、介形类等所提供的信息可以重建古地理环境的演变过程。③地球化学依据。沉积物所含元素的表生地球化学行为可以反映古地理环境中的温度、降水量、水体的盐度等,因此也是环境演变的重要信息依据。例如,Fe(铁)和Mn(锰)元素在沉积物中的含量及比值变化可以反映水体的氧化还原状况(段丽琴,2011)。④地球物理学依据。古环境变化可以通过测定不同年代沉积物的古地磁和同位素来推测。⑤考古学依据。利用考古所获得的数据资料,可以为全新世中晚期的环境演化提供重要参考依据。⑥文献记载的依据。不同年代丰富的历

史文献记载是非常宝贵的资料,是环境演化重建不可或缺的信息依据。我国地大物博,历史文化悠久,古人留下的史料异常丰富,从大量的历史文献中,如《永乐大典》等都可以找到区域环境演变的证据。⑦仪器监测记录的依据。仪器监测记录的数据资料在时间尺度上较短,最长也就一两百年,但是这些精确的资料是研究百年尺度气候环境变化的基本依据。

目前,在环境演变研究所使用的各种信息载体中,湖泊沉积物具有信息量丰富、连续性较好、较高的时间分辨率及沉积速率、分布广泛等一系列优势(余铁桥,2009),因此是千年时间尺度上全球环境演变研究的重要信息源。我国幅员辽阔,自然地理环境复杂且丰富多彩,据统计,当前全国湖泊中面积在 1 km^2 以上的约 2600 个,总面积合计达到 $74\,277\text{ km}^2$ 。这些湖泊在全国各地均有分布,其中在我国东部平原和青藏高原地区分布最为密集(王洪道,1995)。此外,在新疆和内蒙古等干旱区分布有大量的盐湖。近些年来,诸多学者利用不同的方法和技术手段进行了我国不同气候区湖泊沉积记录的气候环境变化系统研究,得出了一些有意义的研究结论。然而,不同气候区湖泊沉积记录所反映的气候变化特征不尽相同,具有明显的区域差异。内蒙古南部鄂尔多斯高原位于东亚季风区的边缘地带,为典型的干旱、半干旱生态脆弱区,该地区的湖泊是当地重要的陆地水资源,对区域生态环境的稳定发展具有重要作用。利用湖泊这一对气候变化最为敏感的“指示器”进行区域环境的演变研究,对该地区及周边区域的环境变化及驱动机制研究具有重要意义。

因此,本书选择以内蒙古南部鄂尔多斯高原毛乌素沙漠地区的苏贝淖尔及其流域为研究对象,通过加速器质谱 ^{14}C 测年和光释光测年,采用沉积物粒度、磁化率、烧失量、碳酸盐、地球化学元素等多环境代用指标综合分析的方法,重建了苏贝淖尔流域全新世以来的环境演变历史。

1.2 环境演变研究进展

1.2.1 全新世环境演变研究进展

第四纪(Quaternary)是地质历史时期最后一个阶段,而全新世(Holocene)是第四纪最后一次冰期至今的这段时间,也称为冰后期(Postglacial)。被誉为

现代地质学的奠基人——英国地质学家莱伊尔 (C. Lyell, 1797—1875 年) 在 1839 年称这一时期为近代世 (Recent Epoch)。全新世一词由法国古生物学家哲尔瓦 (P. Gervais) 于 1860 年提出, 并在 1885 年的国际地质大会 (International Geological Congress) 上获得通过。对于全新世的时间下限, 目前科学界尚无统一的意见, 大多采用距今 11 500—10 000 a 前。全新世时间较短, 因此沉积物厚度不大, 但是沉积物在全球的分布范围非常广泛。许多学者对全新世进行了阶段划分, 获得普遍认可的是挪威人布利特 (A. Blytt) 和瑞典人塞南德尔 (R. Sernander) 的划分方案。他们对欧洲北部沼泽地层中的生物化石和孢粉进行了较为详细的研究, 在此基础上于 1909 年将北欧冰后期的气候期划分为 5 个阶段 (表 1-1) (刘嘉麒等, 2001)。他们的气候划分方案被世界各国一直延用至今, 且不断得到完善。瑞典学者波斯特 (L. von Post) 在 1946 年把全新世气候变化划分为 I 期 (温度上升期) → II 期 (温度最高) → III 期 (温度下降期) 3 个阶段。安蒂夫斯 (E. Antevs) 于 1953 年将全新世也分为 3 个时期, 即升温期 → 高温期 → 中温期, 对应时间段为 11.5—8.5 ka BP (全新世早期)、8.5—3.0 ka BP (全新世中期) 和 3.0 ka BP 以来 (全新世晚期)。由于各地响应全球变化存在一定的区域差异, 因此多数研究结论之间存在较大差别, 使早、中、晚全新世各阶段的起止时间不尽相同。目前大多数研究者通常将 8.5—8.0 ka BP 和 4.0—3.0 ka BP 作为各阶段的时间界限 (闫慧等, 2011; 施雅风, 1992; 王绍武和龚道溢, 2000; 张兰生, 1999)。全新世作为一个特殊的地质历史时段, 其对人类社会的发展具有重要意义, 因此许多学者将全新世作为环境变化研究的热点时段之一。到了 20 世纪 70 年代, 美国学者 George Denton 和 Karlen 教授对欧洲和北美洲的山地冰川活动的研究表明, 全新世的气候环境很不稳定, 变化较为频繁, 而且千年左右的时间尺度是气候旋回变化的主要周期 (Denton and Karlen, 1973)。

表 1-1 布利特—塞南德尔全新世气候分期表

北欧气候期	时段/ka BP	气候特点
前北方期 (Pre-Boreal)	10.3—9.5	寒冷转向温凉, 气候干燥凉爽
北方期 (Boreal)	9.5—7.5	气候温干, 冬季较冷夏季较暖
大西洋期 (Atlantic)	7.5—5.0	气候温暖潮湿, 平均气温比现在高 2℃ 左右, 又称为高温期
亚北方期 (Sub-Boreal)	5.0—2.5	气候干凉而多变化, 冬季寒冷夏季温暖
亚大西洋期 (Sub-Atlantic)	2.5—0	气候凉爽湿润

但是, 还有部分研究者的研究成果并不支持全新世气候频繁波动、很不稳定的说法, 如有学者在 1993 年通过对格陵兰冰芯氧同位素的研究分析, 认为在全新世的绝大部分时间段, 气候变化并没有出现波动, 反而表现出异常稳定的特征 (GRIP members, 1993)。但是这样的结论很快被其他研究成果推翻。O'Brien 等在 1995 年再次对全新世的格陵兰冰芯进行了化学成分分析, 结果表明: 全新世存在以千年时间尺度为周期的气候振荡 (O'Brien et al., 1995); Bond 等通过对北大西洋海洋沉积物的研究, 进一步证实在全新世确实存在频繁的气候波动变化, 周期为千年左右 (Bond et al., 1997)。此外, 我国学者吴文祥和葛全胜 (2005) 认为, 不论是在高纬度地区, 还是在中纬度和低纬度地区, 全新世气候都经历了千年时间尺度的周期波动; deMenocal 等 (2000) 的研究表明, 北非亚热带地区在全新世期间, 海洋表面温度出现过至少 6 次降温事件, 降温旋回周期约为 1.5 ± 0.5 ka。另外, 在对其他区域的环境演化研究中, 如对赤道东非 (Stager J C and Mayewski, 1997)、西非 (deMenocal et al., 2000)、西北太平洋 (Jian et al., 2000) 等的沉积物记录中同样找到了全新世气候频繁波动的有力证据。

除了对全新世气候的不稳定性进行详细研究外, 许多学者还对全新世发生的一些极端事件, 如旱灾、洪灾等与人类文明之间的相互关系投入了大量的研究工作。例如, Courty 等 (1989)、Weiss 等 (1993)、Hodell 等 (1995) 对南美洲、非洲地区全新世的气候变化与人类文明的关系进行了研究, 结果表明, 全新世一些极端气候事件的发生与人类文明的衰落及演替存在很大关系。

在我国, 相关领域研究者对于全新世环境演变的研究相比国外较晚, 始于 20 世纪 70 年代, 到目前也得到了大量的研究成果, 且大多数研究在时间段上主要集中在全新世中期以来。我国地理学家竺可桢 (1973) 借助仪器观测等技术手段, 同时结合考古文献等相关资料, 恢复了我国近 5000 来的气候变化序列。其研究认为, 在最初的 2000 年, 即从仰韶文化时期到安阳殷墟时期, 我国的年平均气温要比现在高约 2°C , 2000 年之后, 年平均气温在 2°C — 3°C 摆动; 在过去的 5000 年中, 最为寒冷的时段发生在公元前 1000 年、公元前 400 年、公元 1200 年和公元 1700 年; 同时, 竺可桢将此研究结果与其他相关研究成果进行对比后, 认为中国近 5000 年的气候变化具有世界性特征。丁锡祉 (1994) 对我国全新世的环境演变研究结果显示, 我国早、中、晚全新世气候先后经历了升温期、高温期和降温期 3 个大的时期, 且在整个全新世主要发生了 4 次气候冷暖波动变化, 即高

温期(7.0—5.0ka BP)、寒冷期(2.92.3 ka BP)、气候适宜期(约1.2—0.9 ka BP)和小冰期(约0.55—0.125 ka BP)。姚檀栋等(姚檀栋等, 1990; 姚檀栋和 Thomson, 1992)通过对冰芯记录的研究, 认为我国西部地区过去5000年的气候变化具有以下特征: 3000年之前, 气候相对比较温暖; 3000年之后, 气候则相对较为干冷, 最寒冷的时期出现在公元1000年左右。陈渭南等(1994a)等利用地球化学元素对毛乌素沙地全新世的气候变化进行了研究, 结果表明, 在早全新世前期(11.0 ka BP以前), 气候温干; 11.0—10.0 ka BP, 气候冷湿; 9.0 ka BP前后, 气候干燥。中全新世(8.5—2.0 ka BP), 气候整体上相对潮湿, 其中早期(8.5—5.0 ka BP)为降雨较多的时期; 中期(5.0—3.5 ka BP)有两次周期性波动, 5.0—4.0 ka BP较干燥, 4.0—3.5 ka BP较湿润, 正好对应我国龙山文化与夏、商温暖时期, 气候相对温湿; 晚期(3.5—2.0 ka BP)较干燥, 其中3.5—2.7 ka BP, 气候相对温和湿润, 大概相当于东周、秦汉暖期。晚全新世(1.5 ka BP以来), 气候整体上温和偏干, 其中1.5—1.0 ka BP, 气候相对较湿润。强明瑞等(2005)利用碳酸盐稳定同位素分析, 重建了苏干湖流域近2000年以来的气候变化, 结果得出, 公元1—190年, 气候暖干; 190—580年, 气候冷干; 580—1200年, 气候暖干, 对应中世纪暖期; 1200—1880年, 气候冷湿, 对应于小冰期; 1880—1950年, 气候冷干; 20世纪50年代以来, 气候逐渐变暖。

综上所述, 在全新世环境演变研究方面, 国内外学者利用不同区域的冰芯、孢粉、石笋、湖泊、海洋、黄土、树轮等环境信息载体, 结合高分辨率测年手段, 恢复了全新世以来的环境变化模式, 但是环境系统的演化是非常复杂的, 目前对于全新世环境演变的时空规律及其驱动机制仍存在诸多未知。因此, 我们有必要利用先进的技术手段和研究方法在不同区域, 尤其是对环境变化异常敏感的关键地理区域开展环境演变研究, 不断填补区域研究的空白, 继续为全新世环境演变理论研究框架提供重要参考资料。

1.2.2 湖泊沉积与环境演变研究进展

1. 国外湖泊沉积研究进展

国外研究者早在19世纪末期就对湖泊沉积进行了相关研究, 以美国学者 Russel 在1885年对内华达州西部的 Lahontan 湖的研究和 Gilbert 在1890年对犹

他州 Bonneville 湖的研究为代表。到了 20 世纪初期, 湖泊沉积研究进一步发展, 代表性成果有: Nipkow 在 1920 年对瑞士苏黎世湖的沉积物岩芯进行了研究; 1932 年, Heim 进一步对瑞士的主要湖泊, 如苏黎世湖、何卢塞恩湖等进行了详细的湖泊沉积研究。到 20 世纪中期, 随着研究方法和技术手段的不断完善和成熟, 湖泊沉积研究取得了一系列重大成果, 如 Kullenberg 在 1952 年再一次对瑞士的苏黎世湖进行研究, 首次钻取了 8.5 m 长的湖泊沉积物岩芯, 并应用地理、化学、生物等相关理论方法探讨了该湖泊的演化历史; 1957 年, 美国学者 Hutchinson 出版了《论湖泊学》一书, 该书是国际上关于湖泊学研究的首本论著, 其对后期直到现在的湖泊沉积研究仍具有重要的指导意义(沈吉, 2009)。

20 世纪 70 年代后期、80 年代初期, 湖泊沉积研究在世界各国受到普遍重视, 取得了诸多研究成果。例如, I. M. Bowler 在 1981 年利用沉积物孢粉、介形虫、岩石矿物成分及 Ca/Mg 比值等多环境指标, 同时结合区域地貌分析, 详细地研究了澳大利亚 Kelimabete 湖泊一万年来水文变化特征(Williams et al., 1997); 1980 年, 许靖华主持了瑞士苏黎世湖泊钻探计划“Zübo 80”, 并在后期开展了“近代湖泊酸化古生态研究(PLEADS)”计划; 法国、德国等研究者在 20 世纪 80 年代初期制定了“古老湖泊的气候、演化与地球动力学研究计划”(CEGAL), 并在后期针对非洲的裂谷湖泊进行了沉积学研究。总体上, 这一时期的湖泊学研究可分为两个方面: 一方面, 以第四纪晚期的湖泊沉积为研究对象, 进行古气候、古环境的演变及趋势预测研究; 另一方面, 以中生代的部分构造湖泊为例, 研究其湖盆构造、油气的形成及地质演化等方面(沈吉, 2009; 王苏民等, 1990; 王苏民, 1993; 秦伯强, 1999; Hutchinson, 1957; 汪品先等, 1991)。

20 世纪 80 年代后期、90 年代初期以来, 湖泊沉积研究实现了跨越式的发展, 不仅研究方法日趋完善, 测年手段更加多样、精确, 而且不断向以年、季节为时间尺度的高分辨率古气候研究的方向发展。在高分辨率湖泊沉积研究中, 纹泥层有助于精确测年, 因此是一种理想的技术手段。许多学者通过对一些湖泊年纹层的研究, 建立了多个纹层年代框架。例如, 目前欧洲大陆上最长的纹层来自于德国 Holzmaar 玛珥湖, 完整的纹层可以重建过去 23.22 ka 以来的区域环境演化历史; 利用日本 Suigetsu 湖的纹层建立了 45 ka 以来环境演化序列, 这是目前世界上取得的最长的湖泊年纹层记录(沈吉, 2009; Zolitschka et al., 2000; Nakagawa et al., 2003); Gajewski 等(1997)利用湖泊纹层研究了加拿

大 Devon 岛东北部地区过去 150 年的夏季平均温度变化趋势; Lamoureux 和 Gilbert (2004) 借助纹层厚度、沉积物粒度及其他气候指标重建了 Devon 岛过去 750 年以来的气候变化。

2. 国内湖泊沉积研究进展

我国的湖泊沉积研究要比国外大概晚 30 年, 最早的湖泊沉积研究始于 20 世纪 20 年代。早期针对湖泊开展的研究主要体现在湖泊的水文测验、形态测量、地质地貌等方面, 如对太湖、洞庭湖、滇池、青海湖等湖泊的研究(沈吉, 2009; 李协, 1926; 李长傅, 1935)。20 世纪 50 年代后期以来, 著名气象学家和地理学家竺可桢于 1957 年主持召开了全国湖泊科学研究工作会议, 首次提出了进行湖泊研究的科研任务(湖泊及流域学科发展战略研究秘书组, 2002)。1958 年, 中国科学院地理研究所在南京成立湖泊研究室(沈吉, 2009)。至此, 我国湖泊学的研究范围和内容有了很大的扩展, 研究范围涉及各种类型的湖泊, 如分布在青藏高原上最大的内陆湖泊——青海湖、察尔汗盐湖等咸水湖, 位于长江中下游的太湖、鄱阳湖、巢湖等大型淡水湖, 地处云南地区的滇池、洱海等断陷湖泊, 等等。湖泊沉积研究的内容从原来简单的水文测验、地质地貌研究扩展到湖泊演化、古气候的演化等方面。

20 世纪 80 年代以来, 由于全球变化研究逐渐成为国际科学界研究的热点问题之一, 我国的湖泊沉积研究也走上了蓬勃发展的道路, 研究内容越来越丰富, 成果也日渐突出, 研究范围更加广泛, 涉及了青藏高原的古湖泊, 新疆地区的湖泊、盐湖, 内蒙古地区的湖泊, 东部平原地区的湖泊, 云贵高原地区湖泊及台湾高山湖泊等。部分代表成果有: 中国科学院兰州地质研究所等在 1979 年出版了《青海湖综合考察报告》一书(中国科学院兰州地质研究所等, 1979); 胡东升等在 2001 年出版了《察尔汗盐湖研究》一书; 屠清瑛等于 1990 年出版了《巢湖》一书; 中国科学院南京地理与湖泊研究所于 1989 年出版了《云南断陷湖泊环境与沉积》一书; 陈克造和 Bowler (1985) 等利用察尔汗盐湖的沉积物特征研究了区域古气候的演化; 张彭熹等(1989)借助湖泊沉积物对青海湖冰后期以来的古气候波动模式进行了研究; 李炳元等(1991)对喀喇昆仑山-西昆仑山地区的湖泊演化进行了研究; 王苏民等(1994)对内蒙古扎赉诺尔湖泊沉积物中的新仙女木事件记录进行了研究; 王苏民等(1996)对江苏固城湖 15 ka



以来的环境变迁与古季风关系进行了探讨；沈吉等（1997）在《科学通报》发表了《固城湖 9.6 kaB. P. 发生的一次海侵记录》的研究论文；施祺和王建民（1999）研究了石羊河古终端湖泊沉积物的粒度特征及沉积环境；张振克和吴瑞金（2000）对云南洱海湖泊沉积记录的流域人类活动进行了研究；秦伯强等（2003）对太湖沉积物悬浮的动力机制及内源释放的概念性模式进行了探讨；羊向东等（2005）研究了长江中下游浅水湖泊历史时期的营养态演化及生态响应；沈吉等（2006）以陕西红碱淖湖泊为例，研究了湖泊沉积记录的区域风沙特征及湖泊演化历史；汪勇等（2007）以青海湖为例，研究了湖泊沉积物 ^{14}C 年龄的硬水效应校正问题；等等。这些研究成果对于后期的湖泊沉积研究具有很大的参考价值。

综上所述，自 20 世纪 80 年代以来，我国湖泊沉积学研究除了在研究范围和内容方面有所进步外，在研究的方法、技术手段方面也有了很大的突破和进展，主要体现在以下几个方面：①采用多环境指标，对不同区域、不同时间尺度的湖泊沉积与气候演化进行高分辨率研究。虽然湖泊沉积物中含有丰富的环境信息，但因其具有混合性，单一环境指标往往很难准确反映事实，如对于沉积物粒度指标而言，粗颗粒一方面可反映区域气候相对干旱，湖泊萎缩；另一方面也能说明在气候湿润期，降水的增加增强了地表径流，使湖区周围大量的粗颗粒物被携带入湖（沈吉等，2006；沈吉，2009），因此，多环境指标的综合分析是进行合理解释的前提。当前，研究湖泊沉积物的环境代用分析指标有很多种，如粒度、磁化率、有机质含量、硅藻、地球化学元素含量及其比值、碳酸盐含量、孢粉、有机碳同位素等（王苏民和张振克，1999）。对不同时间尺度湖泊沉积记录的环境演化进行高分辨率研究，具有两方面的意义：一方面可以填补区域环境演化序列的空白；另一方面可以解决湖泊沉积岩芯的“碳库效应”问题。②采用新的研究方法和技术手段。首先，多种测年技术和手段的综合应用，对提高沉积物年代序列的精度具有很大的促进作用。其次，利用新的沉积物采样装置，采用新技术进行样品的采样，同时应用新的分析测试方法，能够提高时间分辨率。例如，XRF core scanning 对提高湖泊沉积环境记录的分辨率和千年气候变化研究的质量能起到关键推动作用（刘永等，2011；成艾颖等，2010；Daryin et al., 2005）。③利用多学科进行交叉研究。仅仅利用沉积学单学科知识来研究不同时间尺度，尤其是千年时间尺度的高分辨率湖泊沉积演