



中国晚第四纪古湖泊数据库 (第二版)

薛滨 于革 张风菊 编著



科学出版社

中国晚第四纪古湖泊数据库

(第二版)

薛滨 于革 张风菊 编著

本书相关项目

国家自然科学基金：基于古湖泊数据库的晚第四纪湖泊水量空间格局分析及对古气候模拟验证研究（41372185），中国东部典型湖泊碳埋藏过程、机制及区域碳埋藏规律研究（41573129）

科技部基础性工作专项：中国湖泊沉积物底质调查（2014FY110400）
中国科学院战略性先导科技专项项目“大暖期中国环境格局”课题（12162）：
大暖期中国湿地和湖泊碳储量估算”（XDA05120602）



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书立足于中国近年来大量的湖泊第四纪地质证据,综合我国古湖泊演化特征和现有成果,并参考建立全球第四纪湖泊数据库的国际标准,本着气候意义的代表性、湖泊资料的可靠性以及年代数据的准确性等基本要求,根据各个湖泊的地质、地貌、生物、考古以及历史记录等综合文献,收集和编辑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,并开展空间数据分析,以提供东亚区域大陆空间尺度上的基础性资料,提升古湖泊数据库验证古气候模拟的能力,为更好开展古气候模拟与地质数据比较研究服务。

本书适合湖泊沉积与环境演化、第四纪专业相关人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国晚第四纪古湖泊数据库/薛滨,于革,张风菊编著. —2版. —北京:科学出版社,2016

ISBN 978-7-03-051247-5

I. ①中… II. ①薛… ②于… ③张… III. ①晚第四纪-古湖泊-数据库-中国 IV. ①P343.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第314125号

责任编辑:王腾飞 冯 钊/责任校对:贾娜娜 王晓茜

责任印制:张 伟/封面设计:许 瑞

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>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年12月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016年12月第一次印刷 印张:29 5/8

字数:702 500

定价:179.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

我国地域辽阔,湖泊众多,巨大的地形地貌阶梯分布及鲜明的亚洲季风气候特点,决定了我国湖泊空间分布具有鲜明的区域特色,也使我国成为世界上湖泊类型最多的国家之一。我国湖泊范围分布广,地域特色明显,湖泊科学研究在国际上具有极其重要的地位。

湖泊水量变化是流域水量平衡的重要体现,主要反映气候降水情况和有效湿度的变化。不同湖泊的水量变化往往不同,即使是距离相近的湖泊也不同。单个湖泊的水量变化受全球、区域、局部多种因素叠加影响,特别是易受人类活动干扰,而区域性湖泊水量的同步变化可以过滤掉个别湖泊受局部因素影响导致的水量变动,从而反映较大范围的气候变化,因此,建立区域性乃至全球性的古湖泊数据库可以实现这一目标。全球最早的古湖泊数据库始于20世纪70年代后期的非洲古湖泊研究,并在80年代后期发表全球牛津湖泊数据库,此后相继有欧洲古湖泊数据库、苏联和蒙古古湖泊数据库问世。这些古湖泊数据库在重建大陆尺度的晚更新世以来大气环流、对比和评价全球古气候模拟等方面发挥了积极的作用。

中国晚第四纪古湖泊数据库工作始于20世纪90年代中后期,当时全球古湖泊数据库内中国区域只有南京大学方金琪编写的几个湖泊点,在东亚地区基本空白。本书编写者先后在瑞典隆德大学、德国马克斯-普朗克生物地球化学研究所与国际知名学者 Sandy Harrison 合作,编写了《中国古湖泊数据库(第一版)》,收集了当时我国不同气候区的古湖泊演化特征和已有成果,从120多个湖泊资料点中筛选出能够反映气候变化、具有30000年以来湖泊记录、能够覆盖我国各个气候区域的42个湖泊点进行编写,并于2001年在马克斯-普朗克生物地球化学研究所英文出版。数据库资料涵盖时间长度达30000年(0~30000a B.P.),湖泊水位变化的时间分辨率约为500年。逐个湖泊资料在相同标准下进行定量转化、空间作图和时间序列分析,在综合分析各湖泊地质、地貌、生物、考古及历史记录资料的基础上,建立了包括湖泊水深和湖面高度变化的数据档案。

21世纪以来,我国的第四纪湖泊地质学家继续在不同地区进行了大量的湖泊钻孔、剖面研究,采用新的方法和技术,积累和发表了沉积、古生物、地球化学等多方面的研究成果,提供了最新的古湖泊水量变化信息。我国不同地貌单元和不同气候区的湖泊沉积钻孔和剖面研究已具有一定规模,第一版中国晚第四纪古湖泊数据库急需更新,从而为继续开展中国古湖泊地质证据的系统化研究提供依据。特别是中国大暖期气候与环境碳专项项目的实施,使得古湖泊数据库的更新编撰成为可能。《中国晚第四纪古湖泊数据库(第二版)》可以全面重建与我国不同区域湖泊与水量变化相关的古环境演变过程,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,通过对比、评价古气候模拟探讨季风古气候环境演变机制,同时也可以为湖泊学家提供系统的湖泊环境演变背景资料,为湖泊现代环境的研究提供参考。

目 录

前言

第 1 章 中国晚第四纪古湖泊数据库：背景与方法	1
1.1 研究背景、基础和研究内容	1
1.1.1 国内外古湖泊数据库的研究	1
1.1.2 研究内容	4
1.2 数据来源和研究方法	5
1.2.1 数据库资料来源	5
1.2.2 重建古湖泊水量的证据	5
1.2.3 湖泊水量的量化	6
1.2.4 年代学及其可靠性评价	7
1.2.5 数据库内容和文件结构	8
第 2 章 东北平原与山地湖区湖泊	13
湖区概况	13
2.1 黑龙江省湖泊	14
2.2 吉林省湖泊	21
2.2.1 大布苏湖	21
2.2.2 二龙湾玛珥湖	25
2.2.3 哈尼湖	28
2.2.4 西大甸子湖	30
第 3 章 蒙新高原湖区湖泊	33
湖区概况	33
3.1 内蒙古自治区湖泊	34
3.1.1 巴汗淖	34
3.1.2 巴彦查干湖	36
3.1.3 白碱湖	39
3.1.4 白素海	47
3.1.5 泊江海子	49
3.1.6 查干淖尔湖	53
3.1.7 岱海	57
3.1.8 额吉诺尔	70
3.1.9 呼伦湖	72
3.1.10 黄旗海	79
3.1.11 吉兰泰盐湖	91

3.1.12	调角海子湖	98
3.1.13	萨拉乌苏古湖	103
3.2	山西省湖泊	110
3.3	甘肃省湖泊	112
3.3.1	花海	112
3.3.2	青土湖	117
3.3.3	三角城古湖	121
3.4	新疆维吾尔自治区湖泊	123
3.4.1	阿其克库勒湖	123
3.4.2	阿什库勒湖	125
3.4.3	艾比湖	129
3.4.4	艾丁湖	138
3.4.5	巴里坤湖	142
3.4.6	贝里克库勒湖	157
3.4.7	博斯腾湖	160
3.4.8	柴窝堡湖	171
3.4.9	罗布泊	177
3.4.10	玛纳斯湖	185
3.4.11	乌鲁克库勒湖	192
3.4.12	乌伦古湖	194
3.4.13	乌兰乌拉湖	200
第4章	东部平原湖区湖泊	204
	湖区概况	204
4.1	河北省湖泊	205
4.1.1	安固里淖	205
4.1.2	白洋淀	207
4.1.3	宁晋泊	212
4.2	江苏省湖泊	218
4.3	湖北省湖泊	221
4.3.1	大九湖	221
4.3.2	龙泉湖	226
4.4	广西壮族自治区湖泊	228
4.5	广东省湖泊	230
4.6	台湾省湖泊	234
4.6.1	大鬼湖	234
4.6.2	嘉明湖	237
4.6.3	七彩湖	239

4.6.4 头渚古湖·····	241
第5章 云贵高原湖区湖泊·····	246
湖区概况·····	246
5.1 四川省湖泊·····	246
5.1.1 大海子·····	246
5.1.2 杀野马湖·····	248
5.2 云南省湖泊·····	251
5.2.1 滇池·····	251
5.2.2 洱海·····	256
5.2.3 抚仙湖和星云湖·····	264
5.2.4 曼兴湖·····	269
5.2.5 曼阳湖·····	272
5.2.6 纳帕海·····	274
5.2.7 杞麓湖·····	277
5.2.8 天才湖·····	281
第6章 青藏高原湖区湖泊·····	284
湖区概况·····	284
6.1 西藏自治区湖泊·····	284
6.1.1 阿克赛钦湖·····	284
6.1.2 昂仁湖·····	288
6.1.3 班戈错·····	293
6.1.4 班公错·····	297
6.1.5 北甜水海·····	304
6.1.6 布南湖·····	309
6.1.7 沉错·····	312
6.1.8 错鄂湖·····	318
6.1.9 错那湖·····	322
6.1.10 苟弄错·····	328
6.1.11 红山湖·····	331
6.1.12 曼冬错·····	334
6.1.13 拿日雍措·····	336
6.1.14 佩枯错·····	338
6.1.15 仁措·····	344
6.1.16 色林错·····	346
6.1.17 松西错和龙木错·····	352
6.1.18 希门错·····	361
6.1.19 小沙子湖·····	365

6.1.20 扎布耶湖·····	368
6.1.21 扎仓茶卡·····	379
6.1.22 扎日南木错·····	384
6.1.23 兹格塘错·····	386
6.2 青海省湖泊·····	389
6.2.1 察尔汗盐湖·····	389
6.2.2 茶卡盐湖·····	401
6.2.3 大柴旦-小柴旦盐湖·····	404
6.2.4 达连海·····	410
6.2.5 冬给措纳湖·····	416
6.2.6 尕海湖·····	423
6.2.7 更尕海·····	428
6.2.8 乱海子·····	433
6.2.9 青海湖·····	436
第7章 晚第四纪以来中国湖泊水量变化及其古环境意义·····	447
7.1 引言·····	447
7.2 晚第四纪以来不同区域古水量及古降水变化·····	447
7.3 讨论与结语·····	450
附录·····	458
附录A 30000年以来湖泊水位量化·····	458
附录B 30000年以来湖泊水位三级量化·····	462

第 1 章 中国晚第四纪古湖泊数据库：背景与方法

1.1 研究背景、基础和研究内容

1.1.1 国内外古湖泊数据库的研究

利用地质资料验证古气候模拟试验是过去全球变化研究的重要方向,例如,国际地圈-生物圈计划(IGBP)的全球分析,解释和建模(GAIM)计划(TEMPO Members, 1996),美国国家科学基金会的古环境资料测试地球系统模型(TEMPO)计划(Prentice and Webb, 1998),国际古气候模拟比较计划(PMIP)(Joussaume and Taylor, 1995)。特别是 20 世纪 90 年代开始进行的 PMIP 计划,旨在通过对比不同气候模式对晚第四纪特征时期,如末次冰盛期(LGM)和全新世中期等的模拟结果以及模拟结果和地质记录的差异,来评估模式的敏感性和精确度(靳立亚和 Otto Bliesner, 2009)。当模拟结果与地质记录一致时,模拟试验为地质过程提供物理机制的解释;而当二者不一致时,反过来地质记录可为模拟试验提供重新设计、修改试验等有关反馈信息(Yu, 1996; Qin et al., 1998),最终实现对气候变化尽可能准确的预测。上述计划也同时促进了区域和大陆尺度的古气候、古环境资料的对比分析和古环境研究计划的开展,如全球古湖泊数据库计划(GLSDB)、全球古植被制图计划(BIOME6000)、粉尘指标和记录制图计划(DIRTMAP)、末次冰盛期赤道陆相记录集成计划(LGMTD)等大型研究计划的实施(刘艳和 Harrison, 2008),同时发展了模式资料和气候代用资料对比研究的统计方法(靳立亚和 Otto Bliesner, 2009)。多模式模拟结果的集成分析及模式结果之间的对比、模式与代用资料的对比研究取得了显著进展。

过去 20 多年来,国际古气候模拟研究已经取得大量的成果,并正在对古气候、古环境研究产生重要的影响。我国科学家参加 PMIP 框架下的模拟研究,对 LGM、中全新世等时期中国和东亚开展数值模拟(陈星等, 2000; 姜大膀等, 2002; 刘健等, 2002; 刘晓东等, 1996; 王会军和曾庆存, 1992; 于革等, 2000; 赵平等, 2003; 郑益群等, 2004),模拟结果和湖泊、冰川冻土、黄土和花粉植被等地质记录综合对比,温度场和降水场与东亚气候空间格局基本一致。但总的来说,我国科学家在古气候记录研究和古气候模拟研究结合方面,工作做的不是太多(丁仲礼和熊尚发, 2006),不少模拟结果与湖泊等代用气候资料恢复的记录仍然有出入(Jiang et al., 2011; 靳立亚和 Otto Bliesner, 2009),甚至明显不一致。气候模拟急需可进行对比分析的空间化地质数据,比如古湖泊数据库提供的空间半定量、定量的降水、有效降水($P-E$)资料等。

单个湖泊钻孔或剖面记录在恢复古气候记录时难免会有局限,有可能受局部因素的影响。要获得大范围降水和湿度的气候记录,必须依靠一个区域内多个湖泊水位同步变化的信息。区域性湖泊水位的同步变化可以过滤掉单个湖泊受局部因素的影响,从而反映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是古湖泊数据集成研究的重要方法,可较客观地提供区域乃至全球气候变化的信息(Harrison and Winkler, 1992; Kohfeld

and Harrison, 2000)。英国剑桥大学的 Dick Grove 和 Alayne Street 于 20 世纪 70 年代中后期开始从事非洲古湖泊数据库的研究 (Street and Grove, 1976), 并在 80 年代后期完成“牛津湖泊数据库”(Oxford Lake Level Data Base) (Street et al., 1989), 该数据库以全球范围为尺度, 但限于当时的资料积累仅收集了内陆封闭湖泊的资料。通过资料和模型的研究, 人们进一步认识到湖泊的湖面变化可以反映气候变化 (Harrison and Digerfeldt, 1993; Digerfeldt, 1986; Mason et al., 1994), 特别是 PMIP 计划, 推进了全球第四纪湖泊数据库的建设, 现已完成“欧洲古湖泊数据库”(European Lake Status Data Base) (Yu and Harrison, 1995)、“前苏联和蒙古古湖泊数据库”(Former Soviet Union and Mongolian Lake Status Data Base) (Tarasov et al., 1994)、“非洲和北美古湖泊数据库”(Kohfeld and Harrison, 2000; Jolly et al., 1998)。此外, 根据 1998 年以前出版的湖泊地质资料而编撰形成的《中国古湖泊数据库(第一版)》, 于 2001 年在德国马克斯-普朗克研究所出版 (Yu et al., 2001)。

《中国古湖泊数据库(第一版)》收录了 1998 年以前出版的 42 个湖泊点的晚第四纪地质资料 (表 1.1), 于 2001 年编辑完成 (Yu et al., 2001)。作为我国区域范围内系统性空间分布的地质资料, 提供了湖泊水量每千年变化的空间信息 (Xue and Yu, 2000; 薛滨和于革, 2005; 薛滨等, 2001)。我国一些从事古气候模拟的研究学者, 如陈星等 (2002)、郑益群等 (2002)、Jiang 等 (2011) 在对 LGM、6ka B.P.^①东亚季风气候与植被影响模拟, LGM 中国 PMIP 古气候模拟比较分析时, 均参照了该数据库。根据数据模拟之间的比较研究发现, 模拟的古气候与由重建资料得到的古气候相比仍有一定的差别, 甚至有时无法对比, 如 Jiang 等 (2011) 通过古气候模拟研究得出青藏高原及新疆北部大部分地区在 LGM 时气候偏干旱, 而第一版古湖泊数据库引用的湖泊地质资料则显示, 此时该区大部分湖泊处于湿润的高湖面时期。古气候模拟的研究学者认为无法很好对比的一个重要原因是, 现有的部分模式没能考虑一些关键的物理过程, 在古气候模拟中, 由于重建资料非常少, 只能用现代资料代替地质资料做模拟的边界条件, 如冰川规模、植被状况、海冰覆盖等, 边界条件的潜在影响可能会被忽视; 另一原因是地质资料的缺乏和验证能力的不足, 地质资料本身不完善。因为对于大多数反演的地质资料来说, 它们都是一个点上的反演值, 具有许多局部特征, 如何将模拟的大范围结果与单点资料空间集成后的数据进行比较, 也是验证古气候模拟的一个值得探讨的问题。

表 1.1 《中国古湖泊数据库(第一版)》收录的湖泊

湖泊	纬度/°N	经度/°E	海拔/m a.s.l.	记录长度/a B.P.	具体完成者
艾丁湖	42.67	89.27	-155	50000	GY and SPH
阿克赛钦湖	35.20	79.83	4840	35000	GY and SPH
阿其克库勒湖	37.07	88.37	4250	17000	GY and SPH
阿什库勒	35.73	81.57	4683	16000	GY and SPH

① a B.P. 绝对年代, a 是公元年的意思, ka 是千年的意思, B.P. 是 before the present, 现代的科学放射性年代以距今 (1950 年) 为起点, 下同。

续表

湖泊	纬度/°N	经度/°E	海拔/m a.s.l.	记录长度/a B.P.	具体完成者
白碱湖	39.15	104.17	1282	39000	BX, GY and SPH
白素海	42.58	115.9	2000	13250	BX and SPH
巴里坤湖	43.70	92.80	1575	37000	GY and SPH
班戈错	31.75	89.57	4520	20500	GY and SPH
班公错	33.70	79.42	4241	39600	GY and SPH
贝力克库勒湖	36.72	89.05	4680	13000	GY and SPH
大鬼湖	22.85	120.85	2150	2600	BX and SPH
察尔汗盐湖	36.93	94.99	2675	38000	GY and SPH
查干淖尔湖	43.27	112.9	920	18000	BX, GY and SPH
柴窝堡湖	43.50	87.90	1092	30000	GY and SPH
七彩湖	23.75	121.23	2890	4700	BX and SPH
错那湖	32.03	91.47	4590	35000	GY and SPH
大柴旦小柴旦盐湖	37.83	95.23	3110	24800	GY and SPH
洱海	25.84	99.98	1974	23000	BX, GY and SPH
额吉诺尔	45.23	116.5	829.2	15200	BX, GY and SPH
抚仙湖-星云湖	24.5	102.88	1720	40000	GY and SPH
苟弄错	34.35	92.2	4670	20000	GY and SPH
红山湖	37.45	78.99	4870	17200	GY and SPH
呼伦湖	48.90	117.40	545	34000	BX and SPH
吉兰泰盐湖	39.75	105.7	1023	17200	BX, GY and SPH
龙泉湖	30.87	112.33	150	9600	BX and SPH
罗布泊	40.29	90.80	780~795	20800	BX, GY and SPH
玛纳斯湖	45.45	86	251	32000	GY and SPH
曼兴湖	22	100.6	1160	27400	BX, GY and SPH
南村古湖	24.75	110.4	160	6400	BX, GY and SPH
宁晋泊	37.25	114.75	26	18000	BX, GY and SPH
北甜水海	35.70	79.37	4800	18000	GY and SPH
萨拉乌苏古湖	37.7	108.6	1300	220000	GY and SPH
杀野马湖	28.83	102.2	2400	7700	BX and SPH

续表

湖泊	纬度/°N	经度/°E	海拔/m a.s.l.	记录长度/a B.P.	具体完成者
头渚古湖	23.82	120.89	650	30000	GY and SPH
乌兰乌拉湖	34.8	90.5	4854	18500	GY and SPH
乌鲁克库勒湖	35.67	81.62	4687	7000	GY and SPH
小沙子湖	36.97	90.73	4106	13000	GY and SPH
金川西大甸子	42.33	126.37	614	10200	BX, GY and SPH
兴凯湖	45.2	132.2	69	64000	BX and SPH
扎布耶湖	31.35	84.07	4421	37600	GY and SPH
扎仓茶卡	32.60	82.38	4328	26000	GY and SPH
兹格塘错	32.08	90.83	4560	21000	GY and SPH

注: GY: 于革, 中国科学院南京地理与湖泊研究所; BX: 薛滨, 中国科学院南京地理与湖泊研究所; SPH: Sandy P. Harrison, 马克思-普朗克生物地球化学研究所

造成中国古湖泊数据库验证能力不足的很大原因在于先前所用资料偏老。《中国古湖泊数据库（第一版）》建立在 1998 年以前的资料，当时只有 42 个湖泊点被收录，空间网格点分布不足导致统计分析能力偏弱。而最近 10 多年来，我国第四纪地质学家在不同地区进行了大量的湖泊钻孔/剖面研究，积累和发表了大量的沉积、古生物、地球化学等多方面成果（环境代用指标分析更为丰富，有的已经进行了定量研究），加上测年手段和方法的改进（AMS¹⁴C 测年、年代校正、碳库效应分析等），提供了具有更为精确年代控制的古湖泊水量变化的气候信息。初步判断我国不同地貌单元和不同气候区可纳入数据库的湖泊点达到近 90 个，具备了更新古湖泊数据库的基础，为系统开展古湖泊资料与古气候模拟的对比研究提供了可能。因此，针对我国空间古湖泊数据与古气候模拟结合的薄弱环节，建立新一版的中国晚第四纪古湖泊数据库，并开展空间数据分析，能提供东亚区域大陆空间尺度上的基础性资料，提升古湖泊数据库验证古气候模拟的能力，并为更好开展古气候模拟与地质数据比较研究服务。

1.1.2 研究内容

根据我国不同气候区的近 10 多年来的湖泊第四纪地质资料，综合研究各个湖泊的地质、地貌、生物、考古以及历史记录等文献，在我国湖泊第四纪多年成果积累的基础上，结合第一版古数据库资料重新分析，按照全球湖泊数据库的统一标准，建立中国晚第四纪湖泊数据库。中国第四纪湖泊数据库作为大陆空间尺度上的基础性资料，能提供系统化的湖泊资料，能够进一步重建晚第四纪以来的典型气候阶段的水汽空间分布变化，成为探讨中国和东亚地区气候与环境变化过程和动力机制的基本资料和依据。本书收录了 89 个晚第四纪以来的湖泊点资料。

目前来看，古数据库在对晚第四纪以来冬夏季风进退、西风带干湿变化、太平洋季风与印度季风的强弱变化、太平洋副热带高压位置变化等大气环流变化的重建和论证方面已经显示出系统数据的重要应用前景（Yu et al., 2000; Xue and Yu, 2000）。

1.2 数据来源和研究方法

1.2.1 数据库资料来源

数据库的资料主要以《中国古湖泊数据库（第一版）》资料以及近10多年来公开发表的文献为基础（详细见每个湖泊点后的参考文献）。为了资料的完整性及准确性，同时需要追踪原作者的一些详细资料，这主要通过与研究者的联系获得。

1.2.2 重建古湖泊水量的证据

湖泊水位、湖泊面积、湖泊深度及湖水咸淡等变化数据是建立在对逐个湖泊地貌、沉积、生物、地球化学等湖泊记录的系统分析上。在收入数据库之前，首先检查每个湖泊记录是否尽可能系统排除受非气候因素（构造、河流等）或非直接气候因素（冰川、海面等）影响的湖泊水位变化。这样湖泊水量可以反映流域的降水（ P ）和有效降水（ $P-E$ ）等气候变化。

用来重建古湖泊水深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）（Digerfeldt, 1986; Harrison and Digerfeldt, 1993）；古生物记录也是重要的恢复湖泊水深、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）（Harrison and Digerfeldt, 1993）。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，湖盆内多个湖泊钻孔的相关分析也可获得古湖泊面积变化的范围。我国西部的许多湖泊为咸水湖，化学沉积的矿物类型变化可反映出湖水古盐度的变化，进而可近似地指示古湖泊水量的变化。

确定每个湖泊水量变化事件至少要根据两种或两种以上的独立证据，如湖相沉积变化和水生植物组合变化，并取得一致的对古水量的解释。图1.1给出了中国内蒙古南部巴彦查干湖全新世以来湖面变化的沉积地层、水生藻类及碳酸盐矿物组合的主要证据。在12465~11110 cal. a B.P.^①，该湖为砂砾、粉砂、砂质粉砂层，表明此时湖水水位较低，该层淡水浅水藻类盘星藻（*Pediastrum*）含量极低，也表明此时期湖水较浅。在11110~7920 cal. a B.P.，该湖为粉砂质黏土夹暗灰色粉砂层，岩性变化表明湖水深度较下覆层增加，盘星藻（*Pediastrum*）含量的增加，和湖水深度增加一致。碳酸盐矿物为方解石，不含白云石，表明当时湖水较淡，水位较深。在7920~6505 cal. a B.P.，该湖为粉砂质黏土层，岩性变化表明湖水深度较下覆层增加，盘星藻（*Pediastrum*）含量为剖面最大值，和水深变深一致。碳酸盐矿物仍为方解石，不含白云石，和较深的湖水环境一致。在6505~4550 cal. a B.P.，该湖仍为粉砂质黏土沉积，碳酸盐矿物中白云石的出现表明湖水盐度增大，水位下降。盘星藻（*Pediastrum*）含量的下降，和水深变浅一致。在4550~2595 cal. a B.P.，该湖为灰

① cal 即 calender 的意思，也就是日历年龄距今多少年，下同。

色黏土沉积，该处岩性变化及沉积速率的突变（0.004cm/a）表明在该处可能存在一沉积间断。盘星藻（*Pediastrum*）含量在该层基本消失，同时碳酸盐矿物中白云石含量增加并逐渐成为主要的蒸发盐矿物，表明湖水位较前期仍继续下降。2595 cal. a B.P.以来该湖为砂质粉砂层，含一薄层砂砾，岩性变化表明湖水深度较下覆层下降，盘星藻（*Pediastrum*）在该层仍极低，和浅水环境一致。因此，该湖泊在晚冰期以来至少发生了 5 次较明显的湖泊水位变化，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。

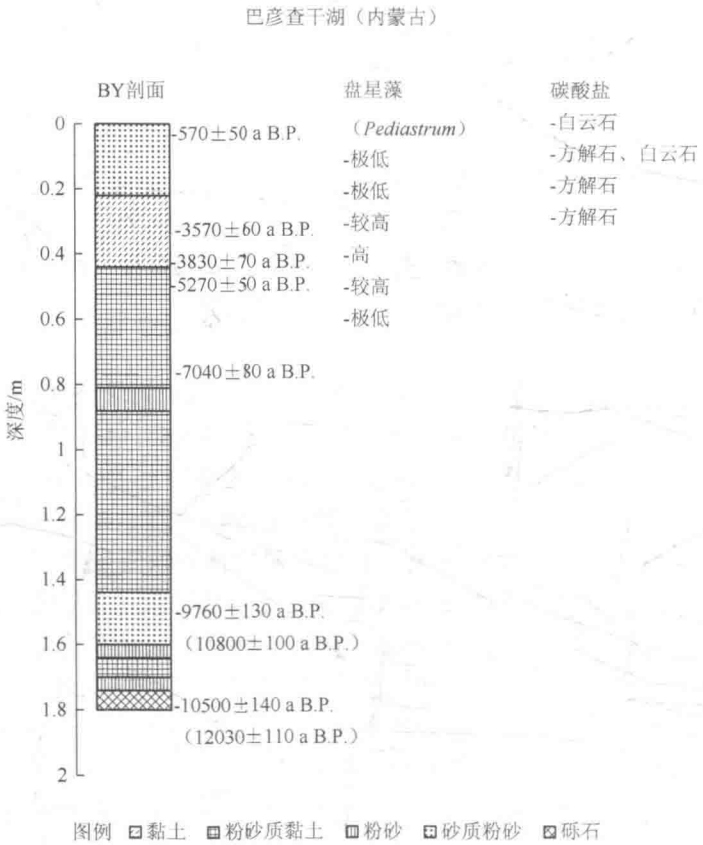


图 1.1 建立中国古湖泊数据库的例子——巴彦查干湖的岩性、藻类、年代及碳酸盐变化是建立全新世以来湖泊水位水深变化的主要依据

1.2.3 湖泊水量的量化

数据库将湖泊各种地质证据转化成相对现代湖面高程、面积、深度、盐度的湖泊水量指标。最终根据这些指标的综合判断，划分出湖泊状况（lake status）的数字化等级。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（最大高度水位）。每级水位之间并非是线性关系，而是定性的不同水位变化的记录。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，数据库中水位记录的详细程度，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级甚至更多。在一般情况下,尽管不同证据的精度不一样,但所恢复的水位变化应基本相同,当然也有可能出现不一致的情况。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,并做出合理恰当的解释。

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,对闭合的内陆湖盆分为0~30%、30%~85%、85%~100%高、中、低三级水位,OLLDB (Street-Perrot et al., 1989),对温带湖盆则采用了与之相适应的0~25%、25%~75%、75%~100%高、中、低三级水位,ELSDB (Yu and Harrison, 1995)和FSUDB (Tarasov et al., 1994)。计算每个湖泊的古水量相对现代的距平值,分别得到五级指示盆地的干湿变化:湿润(+2)、较湿润(+1)、无变化(0)、较干燥(-1)和干燥(-2)。

1.2.4 年代学及其可靠性评价

各个古湖泊水位记录的年代利用了多种测年方法,包括放射性碳、热释光年代学、铀系年代学以及相对年代学方法,如火山灰年代学、孢粉年代学、沉积地层学和考古年代等。根据湖泊地貌和湖泊沉积主要反映百年至千年的气候记录,我们采用了500年间隔作为湖泊水量变化的基本时间单位。每个500年的年代采用在测年数据的基础上,用沉积速率线性内插确定,并配合其他相关年代加以验证。

由于这些测年方法各异,许多年代的精度存在着不同的误差。数据库要求对每一个年代方法客观地记录。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。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(Webb, 1985)。该方法自COHMAP计划(1988)采用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 B.P.以内;

第2级:一个年代距离该事件在2ka B.P.以内,另一个距离该事件在2~4ka B.P.;

第3级:两个年代距离该事件都在2~4ka B.P.;

第4级:一个年代距离该事件在2~4ka B.P.,另一个距离该事件在4~6ka B.P.;

第5级:两个年代距离该事件都在4~6ka B.P.;

第6级:一个年代距离该事件在4~6ka B.P.,另一个距离该事件在6~8ka B.P.;

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 B.P.以内;

第2级:所测年代距离该事件在0.25~0.5ka B.P.;

第3级:所测年代距离该事件在0.5~0.75ka B.P.;

第4级:所测年代距离该事件在0.75~1ka B.P.;

第5级:所测年代距离该事件在1~1.5ka B.P.;

第6级:所测年代距离该事件在1.5~2ka B.P.;

第 7 级：所测年代距离该事件在 2ka B.P.以外。

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。

1.2.5 数据库内容和文件结构

本书收集和编辑了 89 个湖泊，这些湖泊点的基本资料见表 1.2 及图 1.2。

表 1.2 《中国晚第四纪古湖泊数据库（第二版）》收录的湖泊

湖泊	省份	纬度/°N	经度/°E	海拔/m a.s.l.	现代面积/km ²	记录长度/cal.a B.P.
兴凯湖	黑龙江	45.20	132.20	69	4525?	64000
大布苏湖	吉林	44.75~44.83	123.60~123.70	122	36	18350
二龙湾玛珥湖	吉林	42.30	126.36	724	0.3	38900
哈尼湖	吉林	42.21~42.23	126.05~126.63	900	16.8	13640
西大甸子湖	吉林	42.33	126.37	614	—	11890
巴汗淖	内蒙古	39.30	109.27	1278	—	11000
巴彦查干湖	内蒙古	41.65	115.21	1355	—	44300
白碱湖	内蒙古	39.05~39.15	104.08~104.18	1282	—	44300
白素海	内蒙古	42.58	115.90	2000	—	16100
泊江海子	内蒙古	39.76~39.80	109.28~109.37	1365	1.2?	6535
查干错	内蒙古	43.27	112.90	920	21	21355
岱海	内蒙古	40.46~40.61	112.55~112.78	1220	—	35000
额吉诺尔	内蒙古	45.21~45.26	116.45~116.55	829.2	10	17820
呼伦湖	内蒙古	48.50~49.33	116.96~117.80	540	1750.98	15304
黄旗海	内蒙古	40.78~40.90	113.01~113.38	1268	110	158000
吉兰泰盐湖	内蒙古	39.60~39.70	105.58~105.75	1023.5	—	60000
调角海子湖	内蒙古	41.30	112.35	2015	0.3	13405
萨拉乌苏古湖	内蒙古	37.70	108.60	1300	—	150000
硝池	山西	34.87~35.05	110.95~111.01	320	20?	13010
花海	甘肃	39.96~40.81	97.02~98.53	1115	—	15475
青土湖	甘肃	39.10	103.60	1302	—	>11160
三角城古湖	甘肃	38.20	102.95	—	—	>18800
阿其克库勒湖	新疆	36.96~37.16	88.30~88.55	4250	345	20100
阿什库勒湖	新疆	35.73	81.57	4683	10.50?	19345
艾比湖	新疆	44.57~45.13	82.58~83.26	195	890	15446
艾丁湖	新疆	42.53~42.71	89.16~89.66	154.4	5 (3) ?	53280
巴里坤湖	新疆	43.60~43.73	92.73~92.95	1580	<100	41500
贝里克库勒湖	新疆	36.72	89.05	4680	4.4?	14890
博斯腾湖	新疆	41.93~42.23	86.68~87.43	1048	1000	16854
柴窝堡湖	新疆	43.50	87.90	1092	29	30000

续表

湖泊	省份	纬度/°N	经度/°E	海拔/m a.s.l.	现代面积/km ²	记录长度/cal.a B.P.
罗布泊	新疆	39.90~40.83	90.17~91.41	780	—	25230
玛纳斯湖	新疆	45.66~45.95	85.66~86.25	251	750	36800
乌鲁木齐库勒湖	新疆	35.67	81.62	4687	15	7900
乌伦古湖	新疆	46.98~47.42	87.02~87.58	478.6	927(1062.30)?	10250
乌兰乌拉湖	新疆	34.80	90.50	4854	545(655.25)?	22250
安固里淖	河北	41.33~41.45	114.30~114.40	1313	47.6	9530
白洋淀	河北	38.78~38.97	115.80~116.10	5	—	11700
宁晋泊	河北	37.00~37.50	114.66~115.25	24~32	—	30000
固城湖	江苏	31.23~31.30	118.88~118.95	5	81 (24.5) ?	18010
大九湖	湖北	31.50	110.50	1760	10	15753
龙泉湖	湖北	32.87	112.33	150	—	11260
南村湖	广西	24.75	110.40	160	—	7330
湖光岩	广东	21.15	110.28	—	2.3	62130
大鬼湖	台湾	22.85	120.85	2150	0.1087	2615
嘉明湖	台湾	23.30	121.00	3310	0.009	4000
七彩湖	台湾	23.75	121.23	2890	0.3	5355
头诸古湖	台湾	23.82	120.89	650	—	34565
大海子	四川	27.50	102.40	3660	0.15?	14590
杀野马湖	四川	28.83	102.20	2400	0.04	8975
滇池	云南	24.66~25.03	102.60~102.78	1886	297	11360
洱海	云南	25.60~25.96	100.01~100.30	1973.7	149.8	38070
抚仙湖	云南	24.37~24.63	102.81~102.95	1720	211	>40000
星云湖	云南	24.28~24.38	102.75~102.80	1740	35	
曼兴湖	云南	22.00	100.60	1160	1.5	32115
曼阳湖	云南	22.10	100.50	1181	1.5	57250
纳帕海	云南	27.5	99.5	3200	<5	63400
杞麓湖	云南	24.13~24.21	102.71~102.81	1797	36.86	16260
天才湖	云南	26.60	99.70	3898	0.02	11940
阿克赛钦湖	西藏	35.13~32.28	79.73~79.91	4840	160?	39580
昂仁湖	西藏	29.30	87.18	4300	4	13245
班戈错	西藏	31.50~32.00	89.57~90.00	4520	135.4	24045
班公错	西藏	33.67~33.73	79.0~79.83	4241	412	43620
北甜水海	西藏	35.70	79.37	4797~4800	8	21020
布南湖	西藏	35.98	90.11	4874	50	10596
沉错	西藏	28.88~28.98	90.46~90.58	4420	39.1	50000
错鄂湖	西藏	31.40~31.53	91.47~91.55	4515	61.3	24000
错那湖	西藏	31.91~32.13	91.41~91.55	4583	174	39725
苟弄错	西藏	34.63	92.15	4670	2.9	>23000
红山湖	西藏	37.45	78.99	4870	4.3	20250
曼冬错	西藏	33.50~33.56	78.80~79.00	4310	61.6	早全新世