

西藏结则茶卡湖岸浅井记录及湖泊演化*

杨俊峰¹, 王跃峰¹, 赵虹², 白朝军¹, 方怀宾¹, 白国典¹

(1: 河南省地质调查院, 郑州 450007)

(2: 长安大学地球科学与国土资源学院, 西安 710054)

摘要: 藏西北结则茶卡湖面到高位湖岸线间湖泊记录发育, 沿岸湖积物中 3 个 U 系年龄分别为 14.2±1.2kaBP、38.0±3.5 kaBP 和 41.6±3.2 kaBP, 6 个浅井沉积物中 CaO、MgO、NaCl、LiCl、B₂O₃ 的含量与沉积物形成时代和环境有一定的关联性。在中更新末期, 该湖可能处于高湖位期, 随着晚更新世初期以来气候变干, 湖面开始下降, 湖泊逐渐萎缩, 湖水盐度逐渐增加, Ca 和 Mg 含量变高, 但在 30kaBP 左右, 气候有过短暂湿润期, 湖水出现返淡趋势, 之后湖水进一步浓缩, 湖水中 Na、B、Li 含量显著增高, 盐湖大约在 15kaBP 左右形成。

关键词: 浅井; 盐湖; 湖泊演化; 结则茶卡

The records of shallow well in Lake Jiezechaka shoreline of Tibet and the lake evolution

YANG Junfeng¹, WANG Yuefeng¹, ZHAO Hong², BAI Chaojun¹, FANG Huaibin¹ & BAI Guodian¹

(1: *Geological Survey Institute of Henan Province, Zhengzhou 450007, P.R.China*)

(2: *School of Earth Sciences and Resources Management, Chang'an University, Xi'an 710054, P.R.China*)

Abstract: The lacustrine sediments deposited between the present water level and the high perched lake shoreline in Lake Jiezechaka located in the northwestern Tibet provided good records of the lake evolution history. The three U series ages of the lacustrine sediments along the bank are 14.2±1.2kaBP, 38.0±3.5kaBP and 41.6±3.2 kaBP, respectively. The contents of CaO, MgO, NaCl, LiCl and B₂O₃ in six shallow wells are related to the age and environment when the sediments were deposited. In the end of middle Pleistocene, the lake shoreline lied in the high perched position probably. From the early period of the Late Pleistocene, the levels of the lake began falling because of the dry climate. The lake shrank gradually and the salinity was increased. Ca and Mg also increased correspondingly. However, around 30kaBP, there was a short wet period when the lacustrine water became less salty. Then, the lake water was further condensed with the increases in the content of Na, B, and Li significantly. The present salt lake was formed at about 15 kaBP.

Keywords: Shallow well; salt lake; lake evolution; Lake Jiezechaka

海拔 4000m 以上藏北高原是我国湖泊分布最多的地区, 先后有不少学者对其湖泊做过考查和研究, 提出中晚更新世在西藏存在一个“泛湖阶段”^[1-4]、青藏高原 40-28/25kaBP 时期为“泛湖期”及“大湖期”^[5-6] 和晚更新世发育“古大湖”^[7-8] 的观点和认识。结则茶卡位于藏北高原湖盆区西北部, 湖岸沉积物和湖成地貌和湖蚀地形发育, 湖水盐度高, 前人工作比较零星, 基础研究比较薄弱。笔者 2002 年在参加西藏盐湖遥感调查项目野外工作期间, 对结则茶卡湖及周围进行了较为全面初步研究, 取得第一手资料和初步成果。本文即是根据结则茶卡湖岸浅井记录, 对该湖的演化过程进行初步分析。

1 湖区概况

结则茶卡位于西藏日土县东汝乡境内(80°55' E, 33°56' N), 呈椭圆形 NW-SE 向展布, 面积 107.6km², 湖面海拔高度 4525m, 湖水最深 29m, 平均深 10.5m, 平均盐度 13.6%, 湖水中 B、Li、K 和 Cs 含量较高。

* 西藏自治区人民政府(藏政发[2000]112 号文)、西藏自治区发展计划委员会(藏计投资[2001]675 号文)和“西藏自治区盐湖矿产资源遥感调查”联合资助。2006-02-14 收稿; 2007-07-03 收修改稿。杨俊峰, 男, 1964 生, 高级工程师; E-mail: yj1999@126.com.

湖区气候干寒, 年降水量 50mm 左右, 年蒸发量 2065-2300mm, 湖水除靠大气降水补给外, 有少量泉水补给.

结则茶卡沿岸湖积阶地在西部东汝乡政府一带保存比较好, 但湖蚀地形保存相对较差, 其余地段湖积阶地虽有不同程度破坏和洪积物覆盖, 但湖蚀地形保存相对较好. 根据西部阶地野外 GPS 测定和十万分之一地形图初步确定各阶地前缘海拔高度 T_1 - T_6 分别为 4550m、4600m、4640m、4660m、4675m、4685 m. T_1 和 T_2 沉积物主要为砂、砾、粉砂、粘土和化学堆积; T_3 沉积物主要为粘土和化学堆积物; T_4 、 T_5 和 T_6 沉积物总体以砾石、砂和粘土为主; T_6 以上阶地到高位湖岸线沉积物保留不很多, 主要以砾石和砂为主, 湖蚀地形比较发育, 古湖岸线清楚可见, 线上下植物的种类和稀疏程度差别非常明显, 且横向上延伸稳定.

在西南岸见到的高位湖积层残留层不整合覆盖在基岩上, 其北岸的湖蚀台地比较发育, 台面上见有湖蚀洞、湖蚀槽和少量湖积砾砂. 高位湖积层和湖蚀台地顶面海拔高度 4845-4850m, 这个高度与前人在湖西南岸测量 4800-4810m 高度相差不大, 与藏北高原西北侧的甜水海和东南部的纳木错海拔高度^[7-8,10]相近, 但与郑绵平等^[9]4970m 高度(这个高度是结则茶卡与西南侧台错的分水岭)差别较大.

沿岸洪积物比较发育, 近代洪积物可能形成于全新统, 湖岸线以下与湖积物同期洪积物可能形成于晚更新世, 湖岸线以上第四系沉积物研究不够, 可能以洪积物为主.

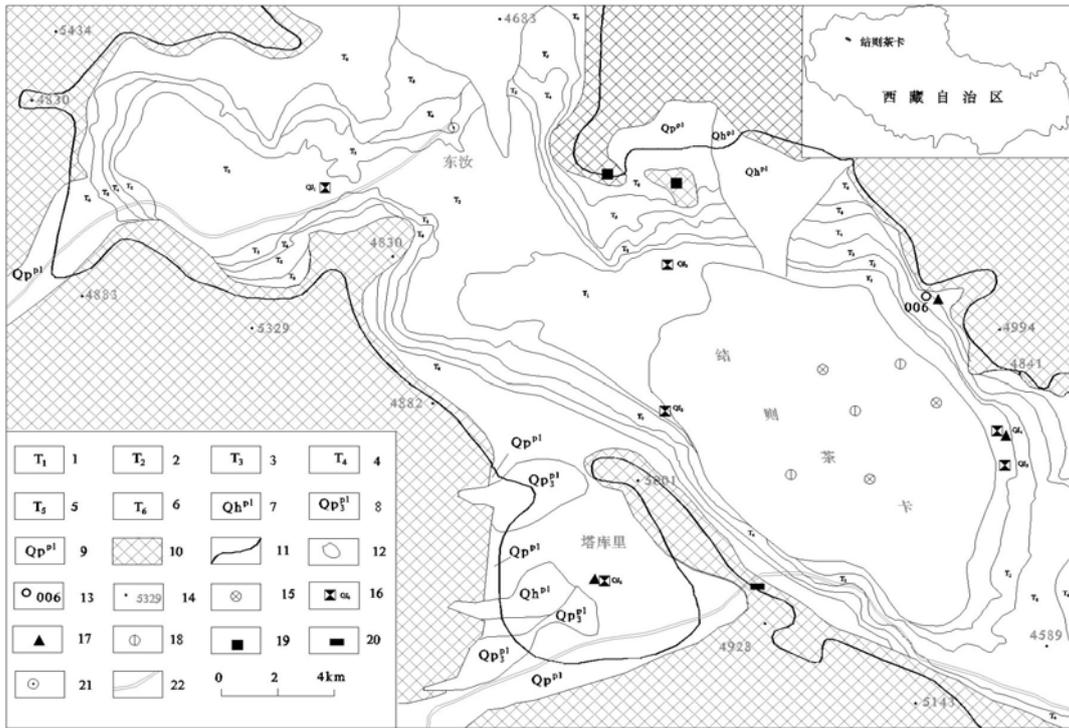


图 1 结则茶卡湖区第四纪沉积物及样品分布

1-5: 一级到五级阶地; 6: 六级及以上阶地; 7: 全新世洪积物; 8: 晚更新世晚期洪积物; 9: 高位湖岸线以上沉积物; 10: 基岩; 11: 实测及推测高位湖岸线; 12: 现代湖泊; 13: 取样地质点及编号; 14: 高程点及高程; 15: δD 和 $\delta^{18}O$ 取样点; 16: 浅井井口位置及编号; 17: U 系年龄取样点; 18: $\delta^{11}B$ 取样点; 19: 高位湖蚀平台观察点; 20: 高位湖积层观察点; 21: 乡政府所在地; 22: 简易公路

Fig.1 Distribution of Quaternary sediments and samples in Jiezechaka area

2 浅井剖面记录

为了研究结则茶卡湖积物纵向的岩性特征、化学成分、含矿性, 我们在结则茶卡周围共挖了 QJ₁-QJ₆ 个浅井, 除取得常规样品外, 还取得了部分年龄样品, 浅井岩性、分层及化学分析结果(图 2)。QJ₁ 位于二级阶地上, 井口坐标: 34°01'48"N, 80°42'47"E, 顶面海拔 4614m, 深度 4.2m, 岩性、分层及化学分析结果(图 2), 其中第 3 层含大量冰块, 冰块占 70%以上, 可能为冻土层。CaO 含量比较高, 变化不明显, MgO 含量相对较低, 从下到上总体呈递增趋势, 二者相关性不明显; QJ₂ 位于西偏南部的一级阶地上, 井口坐标: 33°57'34"N, 80°50'20"E, 顶面海拔 4559m, 深度 3.65m, 第 4-5 层可见到有机质, 第 1-2 层可见到盐粒。CaO 含量不高, 从下到上呈递减趋势, MgO 含量相对较高, 从下到上总体呈递增趋势, 二者负相关性明显。第 1 层中 NaCl 含量 2.07%, Na₂SO₄ 含量 26.90%, MgSO₄ 含量 3.90%; QJ₃ 井口位于西北部一级阶地上, 井口坐标: 34°00'38"N, 80°50'00"E, 顶面海拔 4571m, 深度 9.8m, 底部含有机质, 顶部可见砂层。CaO 和 MgO 含量不高, 二者呈正相关性。第 10 层底部 NaCl 含量 336.0%, LiCl 含量 31.8%, B₂O₃ 含量 52.3%; QJ₄ 井口位于湖东部的二级阶地上, 井口坐标: 33°56'48"N, 80°58'16"E, 顶面海拔 4568m, 深度 6.2m, 底部第 7-8 层含有机质, 第 7 层出现有砂层, 第 3 层见有冰块, 冰块含量在 50%左右, 显示冻土层的存在。浅井中 CaO 含量很高, MgO 含量不高, 二者从下到上总体略呈递增趋势, 相关性不明显。第 8 层底部 NaCl 含量 84.0%, LiCl 含量 0, B₂O₃ 含量 8.70%; QJ₅ 井口位于湖东部一级阶地后缘上, 井口坐标: 33°56'28"N, 80°58'16"E, 顶面海拔 4570m, 深度 4.2m, 上部第 1-2 层为砂砾层和砂层。CaO 和 MgO 含量中等, 二者从下到上变化趋势不明显; QJ₆ 井口位于湖西南部塔库里的六级阶地上, 井口坐标: 33°53'54"N, 80°48'49"E, 顶面海拔 4767m, 深度 8.7m, 上部第 1 层和第 3 层出现有砂层和砾层。浅井中 CaO 含量较低, MgO 含量也不高, 二者从下到上呈显著递增趋势, 正相关性很明显。第 7 层底部 NaCl 含量 236%, LiCl 含量 0, B₂O₃ 含量 8.70%。

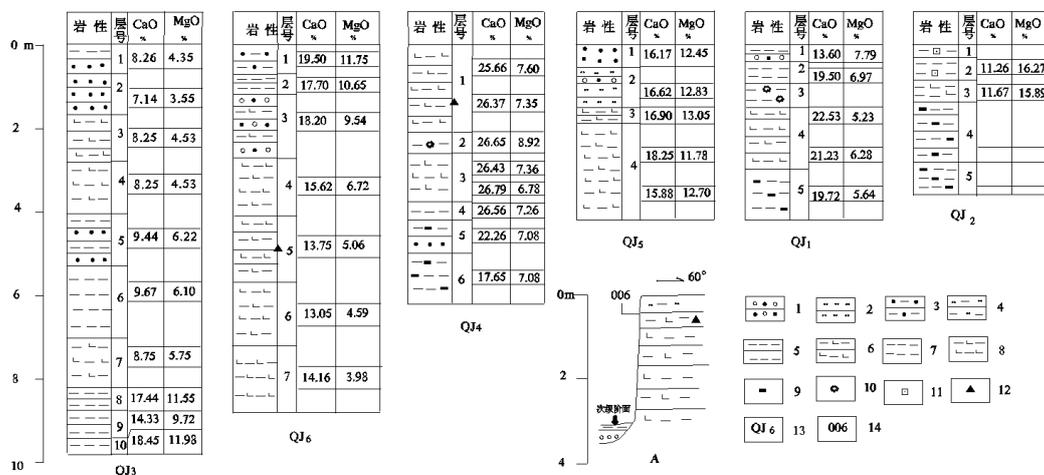


图 2 结则茶卡浅井及样品分析结果

- 1: 砾石层; 2: 砂层; 3: 含砂粘土层; 4: 粉砂质粘土层; 5: 纹层状粘土; 6: 纹层状钙质粘土; 7: 粘土; 8: 钙质粘土; 9: 有机质; 10: 冰块; 11: 盐粒; 12: U 系年龄样取样位置; 13: 浅井编号; 14: 地质点号; A.U006/1 取样剖面

Fig.2 Shallow-shaft and chemistry analysing results of samples from the lacustrine deposits

3 U 系年龄分析结果

在结则茶卡取了 3 个 U 系同位素样品, 取样位置见图 1, 其中 006U/1 取样坐标为 33°59'42"N, 80°56'24"E, 年龄值 238QJ₄ U/1 为 14.2±1.2 kaBP、238-U006/1 为 38.0±3.5 kaBP、238QJ₆U/1 为 41.6±3.2 kaBP。将上述 U 系年龄与纳木错和甜水海湖相沉积物的 U 系测年结果^[7]比较相似。可能结则茶卡湖岸沉积物与纳木错和甜水海盆地演化有某些相似之处, 可能结则茶卡 T₁ 形成于全新世, T₂ 及以上阶地形成于晚更新世。

4 高位湖积层、高位湖岸线和高位湖蚀地形及盐湖的形成时代

结则茶卡高位湖积层沉积物以砾石为主, 笔者没有采集到年龄样, 根据结则茶卡湖泊特征及沿岸积物中的 U 系同位素年龄, 曾经推算出高位湖积层形成年龄 120–90kaBP 之间^[11], 这个数据与纳木错高位湖积层 115.9±12.1 kaBP^[7]和甜水海地区 TS95 钻孔 5d 亚段(137–112kaBP)^[10]非常接近. 对于郑绵平等^[9]在结则茶卡与南侧台错分水岭附近(海拔 4970m)钙质砾岩中所取 U 系年龄 43.1 ± 3.2kaBP, 其可能不代表结则茶卡高位湖积物形成的年龄, 或许有着其它的代表意义. 在结则茶卡湖岸 4970–4850m 间, 笔者没有见到湖岸线和湖蚀地形, 仅在部分基岩表面和缝隙及洪积物见有白色盐霜, 该盐霜可能与雨水冲刷基岩(比如新近系康托组)淋滤有关. 目前在没有报道在台错附近海拔 4970m 地段见有湖积物, 而且用相对升降运动造成湖水外泄, 难以解释其如此高度湖积物的形成和结则茶卡湖岸海拔 4850m 以下多级非常清楚的湖岸线及湖蚀地形的存在, 因为其形成需要一定时期稳定的水面. 结则茶卡其湖面的下降主要受构造和气候因素影响, 而且气候因素又是其主导因素^[11], 西临甜水海 5e 亚段沉积时期气候比较湿润^[10], 与结则茶卡相距不远, 气候环境差别不会大, 当时藏北高原的高度可能比现在低, 气候的影响范围可能比现在要大, 从气候角度来看, 这个时期也容易形成泛湖, 所以结则茶卡高位湖积层、高位湖岸线和高位湖蚀地形很可能形成于晚更新世早期.

结则茶卡不同深度湖水所取样品显示, 变化区间盐度为 13.2%–13.8%, δD_{SMOW} 为 -51‰至 -26‰, $\delta^{18}O_{SMOW}$ 为 -2.7‰至 -1.5‰, $\delta^{11}B$ 为 -3.04±0.48‰至 -0.05±0.40‰. 李红春等在研究美国西部 Owens 湖发现, 镁硅酸盐只在盐度大于 3g/L 的湖泊中形成, 其含量与盐度成正比, 湖积物中 Mg 大部分来自自生硅酸盐, Li 与 Mg 有较好的相关性, Li 浓度的变化不仅能代表封闭湖盐度的变化, 而且还能够反映出温度的变化^[12]. 结则茶卡浅井 QJ₃ 中, Li 含量较高, Mg 和 B 含量也较高, QJ₄ 和 QJ₆ 中, Li 含量为零, Mg 和 B 含量较低(QJ₆ 的顶部 Mg 的含量高可能与后期残余湖有关), 而且 Mg 含量 QJ₆ 比 QJ₄ 含低, 这与美国 Owens 湖的特征相似^[12]. 在晚更新世晚期以前(大约 15kaBP), 结则茶卡一方面湖水面积较大, 盐度小, 盐度增幅对 Mg 的含量反映不十分灵敏, 另一方面也可能当时的气候没有后来干热, 湖区的温度增加幅度不大, 湖泊浓缩有限, 而根据晚更新世晚期以前湖泊下降幅度比其以后还大来看, 湖泊浓缩量还是比较大的. 晚更新世晚期以来结则茶卡湖水盐度增加较快, 成盐矿物浓缩较快, 表现在 QJ₃ 沉积物中盐度增大, Li、Mg 和 B 成盐矿物含量增加, 这可能与总体气候变干有关. 另外, QJ₄ 和 QJ₂ 中的有机层虽没有详细研究, 但其可能与该地区晚更新世以来的冰期和间冰期变化特征关系密切, 与青藏高原北邻罗布泊 3.2 万年以来气候变化有某些相似之处^[13], 可能反映青藏高原及周边晚更新世以来气候变化存在着继承性.

5 湖泊演化

结则茶卡可能在中更新世某个时期, 已经与外界没有水体的交换, 湖水难以外泄, 形成封闭型湖泊. 结则茶卡位于藏北高原内部, 构造运动主要表现为整体隆升, 而构造运动对封闭型湖面的影响比较小, 而气候变化直接影响着湖水的补给和蒸发, 继而影响到湖面的变化.

结则茶卡地区在中更新世末期, 可能气候与甜水海^[10]乃至整个藏北高原气候一样湿润, 湖水补的量大于蒸发量, 湖泊不断扩大, 在藏北形成了比较大的湖泊, 晚更新世初期湖面达到最高, 很有可能象纳木错、结则茶卡、甜水海为相通的湖泊(范围比赵希涛等所指可能还有大^[7]). 随着青藏高原和喜马拉雅山的隆升, 气候逐渐变为干寒, 湖水的蒸发量大于补的量, 湖水开始浓缩, 湖面开始下降. 由于气候的变化是阶段性^[10], 还可能阶段型小幅度的升降运动(晚更新世以来青藏高原没有大幅度的升降运动^[8])的影响, 在结则茶卡沿岸形成了 6 级及以上的阶地、明显的湖蚀地形、大量的湖岸堤和众多条古湖岸线. 结则茶卡自晚更新世初以来, 湖面下降了 325m, 其下降幅度是藏北高原湖泊中迄今所知最大的^[10], Ca 和 Mg 的含量大幅增加, 这主要与其气候干旱、长期处于封闭状态及湖泊浓缩有关. 结则茶卡与甜水海相似, 40–20kaBP 期间出现过湿润气候, 在沿岸湖积物沉积沉积了有机质(如 QJ₄ 的有机质). 大约 20 kaBP 以后, 结则茶卡的气候又变得干旱, 湖水又开始浓缩, 大约在 15 kaBP 左右卤水湖已经形成, 至此以后, 湖区气候总体一直干旱, 湖泊进一步浓缩, 湖水盐度进一步增加, 在湖泊周围沉积了大量的盐类物质, 但气候也可能出现过短暂的湿润, 沉积了 QJ₂ 下部的有机质(该有机质不排除与 QJ₄ 为同一时期沉积).

致谢: 成文前期得到了中国科学院地质与地球物理研究所赵希涛研究员和中国地质科学院地质力学研究所朱大岗研究员帮助, 成文过程中得到我院卢书伟教授级高工的指点, U系同位素样品测试由中国科学院地质与地球物理研究所马志邦研究员完成, 参加野外工作还有我院李秋生高级工程师、宋克金和吕宪河工程师, 在此一并表示感谢!

6 参考文献

- [1] 韩同林. 西藏东北部的新生界及其层序讨论. 青藏高原地质文集. 北京: 地质出版社, 1983: 255-266.
- [2] 韩同林. 西藏古湖蚀微地貌的发现及其意义. 喜马拉雅地质 II. 北京: 地质出版社, 1984: 267-273.
- [3] 中国科学院青藏高原综合科学考察队(杨逸畴, 李炳元等). 西藏地貌. 北京: 科学出版社, 1983: 1-238.
- [4] 中国科学院青藏高原综合科学考察队(关志华, 陈传友等). 西藏河流与湖泊. 北京: 科学出版社, 1983: 1-3.
- [5] 郑绵平, 刘俊英, 齐文等. 从盐湖沉积探讨 40ka B.P.以来青藏高原古气候演替. 见: 郑绵平主编. 盐湖资源环境与全球变化. 北京: 地质出版社, 1996.
- [6] 李炳元. 青藏高原大湖期. 地理学报, 2000, **55**(2): 174-182.
- [7] 赵希涛, 朱大岗, 吴中海等. 西藏纳木错晚更新世以来的湖泊发育. 地球学报, 2002, **23**(4): 329-334.
- [8] 赵希涛, 朱大岗, 严富华等. 西藏纳木错末次冰期以来的气候变迁与湖面变化. 第四纪研究, 2003, **23**(1): 41-52.
- [9] 郑绵平, 袁鹤然, 赵希涛等. 青藏高原第四纪泛湖期与古气候. 地质学报, 2006, **80**(2): 169-179.
- [10] 施雅风, 李吉均, 李炳元等. 青藏高原晚新生代隆升与环境变化. 广州: 广东科技出版社, 2002: 240-241, 339-345.
- [11] 杨俊峰, 崔霄峰, 卢书伟等. 藏西北结则茶卡湖晚更新世以来的盆地演化及气候环境. 新疆地质, 2005, **23**(1): 59-66.
- [12] 李红春, 朱照宇. 美国西部 Owens 湖地球化学记录及其古气候意义. 第四纪研究, 2002, **22**(6): 578-588.
- [13] 罗超, 杨东, 彭子成等. 新疆罗布泊地区近 3.2 万年沉积物的气候环境记录. 第四纪研究, 2007, **27**(1): 114-119.

第 12 届世界湖泊大会在印度召开

第 12 届世界湖泊大会于 2007 年 10 月 28 日-11 月 2 日在印度的捷普召开. 来自 60 个国家的近 1000 名湖泊科技与管理工作者参加了大会. 印度总统 Pratibha Patil、印度环境与森林部部长、国际湖泊环境委员会主席、我国国家环保总局副局长王玉庆等出席了会议. 大会报告以及专题报告涉及的主题有湖泊流域综合管理、湖泊富营养化逆转、湖泊生态过程、湖泊保护与修复、综合水资源管理、生物多样性、渔业资源、人类影响与土地使用、湖泊湿地与气候变化、水质调查与检测、富营养化模拟、生物修复与生物调控、外来物种、遥感与现代技术、湿地构建、生态水利学与生态水文学、高原湖泊、浅水湖泊、城市湖泊、咸水湖泊、海岸带湿地、污染控制技术、湖泊治理案例、监测与评价的政府机制、经济评价、法律法规、公众参与教育、娱乐及旅游、湖泊与文化等. 作为此次大会的标志性结果, 大会通过了“捷普宣言”就世界湖泊问题向全球发出以下 10 点共识和号召: 1) 探索适合的研究方法建立数据库以利于执行管理行动计划; 2) 制订湖泊与湿地的物理、化学和生物方面的标准; 3) 探讨控制入侵水生物种的指南与方法; 4) 开发可以加快湖泊和湿地修复的低成本且生态友好的创新技术; 5) 倡导民众通过项目方式积极参与水体保护及其合理使用; 6) 鼓励企事业单位参与湖泊和湿地的保护, 维护其生态服务功能; 7) 开展气候变化对湖泊影响的科学研究, 探索将清洁发展与湖泊可持续发展相结合的可能性; 8) 通过政府的财政机制加强各地区在湖泊与湿地管理和修复方面的合作; 9) 建立一个亚洲中心, 促进湖泊与湿地管理与修复技术的研究、培训与教育和发展; 10) 加强国际组织对湖泊和湿地修复和管理的支持. 大会决定第 13 届世界湖泊大会将于 2009 年 11 月在中国武汉召开.(中国科学院生态环境研究中心 潘纲)