



湖泊环境治理

LAKE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

与

AND ECOLOGICAL HEALTH ASSESSMENT

生态健康评价

谭啸 顾正娣 许航 沈桢 专著

天津科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

湖泊环境治理与生态健康评价 / 谭啸等专著. —天津:
天津科学技术出版社, 2011. 11
ISBN 978-7-5308-6738-9

I. ①湖… II. ①谭… III. ①湖泊—生态环境—环境
管理 IV. ①X524

中国版本图书馆CIP数据核字 (2011) 第241123号

责任编辑:方 艳

责任印制:张军利

天津科学技术出版社出版

出版人:蔡 颢

天津市西康路 35 号 邮编 300051

电话 (022) 23332399 (编辑室) 23332393 (发行部)

网址: www.tjkjcbbs.com.cn

新华书店经销

天津午阳印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 8.5 字数 201 000

2011 年 12 月 第 1 版第 1 次印刷

定价: 48.00 元

序 言

湖泊是重要的水环境系统，具有调节河川径流、蓄洪航运、农业灌溉、提供工业和饮用水源、繁衍水生生物等多种功能，在社会和经济发展中发挥着重要的作用。同时，湖泊及其流域是人类赖以生存的场所，湖泊生态系统对全球变化响应敏感，湖泊是地球表层系统各圈层相互作用的联结点，是陆地水圈的重要组成部分，与生物圈、大气圈、岩石圈等密切关联，具有调节区域气候、记录区域环境变化、维持区域生态平衡和繁衍生物多样性的功能。近几十年来，随着气候变化和人类活动的加剧，很多湖泊面积萎缩、水量减少、污染加剧、灾害频发，湖泊已经成为区域环境变化的热点，是人与自然环境相互作用最敏感、影响最深刻、治理难度最大的水环境问题。着眼于湖泊环境治理与生态健康评价，我们整理国内外湖泊环境治理和长效管理的系统内容，供湖泊管理、研究、开发利用的人士参阅。

全书的统稿分工如下：第一、二、三章由谭啸（河海大学环境学院）编写，第四章由许航（河海大学环境学院）编写，第五章由沈桢（苏州市环境科学研究所）编写，第六章由顾正娣（东南大学环境审计学博士，南京审计学院讲师）编写。本书的部分研究内容受到中国博士后基金（20110491341）和江苏省博士后基金（1102004B）资助，特此表示衷心的感谢！

由于我们水平有限，加之时间仓促，恳请读者对书中的错误和缺点进行批评指正！以便在再版时用更完善的结构和更新颖的内容回报各位读者！

编 者

2011 年 12 月

目 录

第一章	湖泊学概论	1
第一节	我国湖泊概况	3
第二节	湖泊的功能与类型	14
第三节	湖泊的环境问题	20
第四节	国外湖泊治理经验介绍	23
第二章	湖泊富营养化与蓝藻水华	50
第一节	蓝藻的生物学及生态学特征	53
第二节	太湖蓝藻水华的演变过程与成因分析	60
第三章	蓝藻水华治理方法	72
第一节	生物方法治理水华	72
第二节	物理方法治理水华	82
第三节	化学方法治理水华	91
第四节	湖泊富营养化长效治理与蓝藻水华控制	93
第四章	藻毒素研究的进展	95
第一节	藻毒素的类型和特性	95
第二节	微囊藻毒素对不同细胞的毒性作用	97
第三节	藻毒素的检测	100
第四节	高藻浓度湖泊原水的处理与净化	105

第五章 我国主要湖泊治理概述.....118

第一节 巢湖的治理.....118

第二节 滇池的治理.....127

第三节 太湖的治理.....136

第六章 湖泊生态系统健康评价.....145

第一节 生态系统健康标准.....145

第二节 湖泊评价方案.....149

第三节 评价内容.....157

第四节 湖泊生态系统评价的发展方向.....183

参考文献.....187

第一章 湖泊学概论

汉语中“湖”与“泊”都指陆地水域，“湖”指水面有水草的水域，“泊”指水面无水草的水域。“湖”字从水从胡。“胡”字从古从肉，本义为“古人体毛浓密”。“水”与“胡”联合起来表示“水面长满了像胡须一样的水生植物”。“泊”字从水从白。“白”本义为“虚空”、“空无一物”。“水”与“白”联合起来表示“水面空无一物”。按《说文解字》对“湖”字的解释可知，古人利用湖泊来灌溉农田。从“泊船”、“泊位”、“停泊”等词汇来看，还可以利用湖泊来航运。

现代地质学对湖泊的定义是：地表洼地积水形成的、水域比较宽广、水流缓慢的水体，由湖盆、湖水、水体中所含物质（矿物质、溶解质、有机质及水生生物等）共同组成湖泊系统。湖泊学是陆地水文学的分支学科，主要研究湖泊（包括水库）的形成与演变，湖泊中各种水文现象的发生与变化规律以及湖泊资源的利用等。地球表面湖泊总面积约270万 km^2 ，占全球大陆面积的1.8%左右，是地表水中仅次于冰川的第二大水体，淡水湖泊中98%以上的水量是可供利用的，全球湖泊淡水总量为125000 km^3 ，大约4/5的淡水储存在40个大湖中。虽然湖泊遍布全世界，但北美洲、非洲和亚洲的湖泊水量占世界湖水总量的70%。

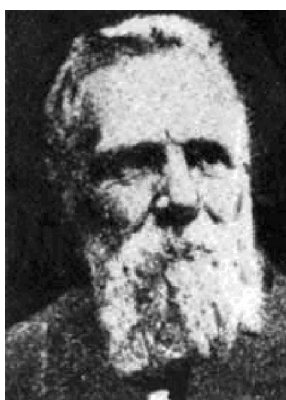
在两千多年前，我国就有了专门记录湖泊的文献。公元前221年，《禹贡》记载了湖泊水文情况。公元6世纪，酈道元所著的《水经注》是我国古代一部较完整记载河道水系的专门著作。《水经注》对各种类型湖泊的记载也颇为详细，例如：蒲昌海（罗布泊）、卑禾羌海（青海湖）、彭蠡泽（鄱阳湖）、洞庭湖、叶榆泽（洱海）、马骨湖（洪湖）等。此外还涉及沿海的泻湖，例如：卢容浦、朱吾浦、四会浦、寿冷浦、温公浦等。酈道元注意到湖泊与河流间密切的水文

关系，他多次指出：湖泊可以调节河流量，发洪水时河流将洪水排入湖泊，旱季湖泊又将湖水补给河流。这对于当代的防汛抗旱、兴修水利仍具有指导意义。



郦道元 (约470~527年) 字善长，范阳涿鹿 (今河北省涿鹿县) 人，北魏的地理学家、散文家。

近代湖泊学的奠基人福雷尔最早开始湖泊学的系统研究，他以日内瓦湖为中心，研究水位、光学、热学、湖水运动和湖泊水生物等的变化过程和规律。



福雷尔 (Francois-Alphonse Forel, 1841~1912年), 瑞士科学家，近代湖泊学的奠基人。

1876年，福雷尔首先应用流体力学公式计算湖泊波浪，研究湖水物理作用及其与水生生物的相互作用。1889年，他采用水色计测量湖水颜色，经乌勒改进后命名为“福雷尔—乌勒标准水色计”，迄今仍用于观测湖水和海水。1895年福雷尔提出湖泊按水温划分为热带湖、温带湖、极地湖3种类型。福雷尔的论

著很多，最主要的著作是《日内瓦湖湖泊志》（共3卷），内容包括地理、地质、气候、水文、物理、化学、生物学等各个方面，书中首次提出“湖泊学”名词。

20世纪20年代后，科学家应用质量守恒和能量守恒原理，提出湖泊水量平衡、泥沙平衡、盐量平衡等问题，结合流体力学理论，使湖泊学研究从定性走向定量。20世纪50年代后，随着计算机技术的发展、同位素及遥感技术的应用以及精密测量仪器的研制，湖泊学得到迅速发展。现代湖泊学的主要研究内容包括：湖泊的成因和形态，湖泊水量平衡及热量平衡特点，湖水运动规律，湖泊水化学和湖泊污染过程，湖泊沉积过程及环境演化规律，湖泊中的生物资源，矿物资源的开发利用等。

第一节 我国湖泊概况

我国是一个多湖泊的国家，面积在 1 km^2 以上的湖泊有2300余个，总面积为 71787 km^2 ，占全国总面积的8%左右。其中，青海湖面积为4000多 km^2 ，是我国最大的湖泊。西藏的纳木错，湖面海拔4718 m，是海拔最高的大型湖泊。位于长白山上的天池，水深达373 m，是我国最深的湖泊。根据各地语言习惯，我国各地对湖泊的称谓有很多种。在江浙一带称“漾”、“荡”、“汎”、“塘”；在东北地区称“池”或“泡”；在内蒙古称“诺尔”、“淖”、“海子”；在云贵地区称“海”或“池”；在新疆称“库勒”；在西藏称“错”或“茶卡”等。我国湖泊分布范围广而不均匀，东起东经 $132^{\circ}20'$ 的兴凯湖，西至东经 $78^{\circ}50'$ 的班公错；北起北纬 $48^{\circ}57'$ 的呼伦湖，南到北纬 $23^{\circ}25'$ 的大屯海。东部平原和青藏高原形成两大稠密湖群。内蒙古高原、云贵高原、柴达木盆地和准噶尔盆地湖泊分布也较多。但长江上游、珠江流域和浙闽丘陵等地区湖泊寥寥无几。按湖泊的地理位置，可将中国湖泊分为东北、（内）蒙（古）新（疆）、青藏、东部平原和云贵五大湖区。

（1）青藏高原湖区（包括青海、西藏），多为内陆咸水湖或盐湖。区内主

要湖泊有：青海湖、鄂陵湖、扎陵湖、纳木错、奇林错、班公错、可鲁克湖、扎素湖、察尔汗盐湖、茶卡盐湖、哈拉湖等。

青藏高原气候严寒而干燥，冬季湖泊冰封期较长、降水稀少，夏季的冰雪融水是湖水补给的主要形式。湖泊水情虽有季节性变化，但水位变幅一般普遍较小，年内变幅一般不超过50 cm。湖泊成因类型复杂多样，但大多是发育在一些和山脉平行的山间盆地或巨形谷地之中。其中大中型的湖泊如纳木错、色林错、玛旁雍错等都是由构造作用所形成，湖盆陡峭，湖水较深，且湖泊的分布与纬向、经向构造带相吻合，只有一些中、小型湖泊分布在丛山峻岭的峡谷区，属冰川湖或堰塞湖类型。湖泊深居高原腹地，多是内陆河流的尾闾和汇水中心，以内陆咸水湖和盐湖为主，但在黄河、雅鲁藏布江、长江水系的河源区，由于晚近地质时期河流溯源侵蚀与切割，仍有少数外流淡水湖存在，如黄河源的扎陵湖、鄂陵湖是本区域两大著名的淡水湖。但总体上，青藏高原地区湖泊的湖水矿化度，具有自南向北增加的趋势，如西藏南部地区的湖泊，湖水矿化度多在1~6 g/L之间，向北至西藏中部或藏北南部，湖水矿化度增至50~130 g/L，到西藏北部，湖水矿化度进一步增高到200 g/L左右，到柴达木盆地，湖水矿化度已升高到300 g/L以上。

青藏高原地区作为地球的第三极，具有敏感响应全球气候变化的特点，而湖泊作为其流域物质能量的“汇”，对区域环境的变化十分敏感，如补给系数为100的湖泊，流域降水量减少1 mm或蒸发量增加1 mm，可能导致湖泊水位下降0.1 m。据长江源区沱沱河沿、曲麻莱和玉树州的气象资料，近20年来年平均气温（在统计平均意义下）以每年0.046℃的速率上升（全球的平均值约为每年上升0.01℃），其中4月和5月上升速率高达每年0.084℃；而年降水量以每年3.46 mm的速率下降，年蒸发量则以每年6.15 mm的速率增加。在区域暖干化的气候背景下，湖水入不敷出，湖泊干化现象显著，多处于萎缩状态，往往沿岸区有多级古湖岸砂堤残留，湖泊退缩痕迹清晰可见。如青海湖，水位从1956年的3196.94 m变为1988年的3193.55 m，共下降了3.35 m，湖面积减少了301.6 km²。

随着水位下降,湖面萎缩,湖水矿化度明显增加,1962年青海湖矿化度为12.490 g/L,到1986年已达14.152 g/L。据有关研究,青海湖每年入湖的地表、地下径流量为 $36.28 \times 10^8 \text{ m}^3$,而其流域内的工农业用水量仅 $1.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右,其萎缩和变浅主要由气候变化所致。

面积约 600 km^2 的米提江占木错,现已解体并萎缩成4个串珠状湖泊,湖水明显咸化。乌兰乌拉湖现已分离为5个小湖泊,发育了多级湖滨阶地。雀莫错湖水现已减少了近1/2。苟仁错在20世纪60年代为咸水湖,到20世纪80年代发展成为盐湖(面积仅 23.5 km^2),现已近干涸,变为干盐湖。乃日平错退缩痕迹随处可见,残留湖呈长条状平行岸线分布,与第四纪大湖面时期相比,湖泊水位下降了近20 m,面积缩小了近2/3。万泉错沿岸分布有多条古砂堤,湖面下降了48 m,面积缩小了近9/10,现存滨岸带面积 2.0 km^2 以下的残留小湖有27个之多。心湖南、北滨岸带各分布有1条古湖岸砂堤,海拔4840 m,湖面下降了近34 m,面积缩小了近3/4。仓木错退缩痕迹非常明显,湖泊东岸的最高一道古湖岸砂堤,高出湖面97 m,沿半山腰等高延伸,保存完好,十分清晰。在这个相同的高度上,湖蚀洞穴多处可见。龙木错沿岸分布有古湖岸砂堤70条之多,特别是湖泊东部滨岸带多达100余条,最高湖岸线高出水面达150~160 m等。另外,大量无名小湖退缩、咸化和干涸,如位于沱沱河北岸(沱沱河沿附近)的无名小湖已经干涸。位于二道沟附近的无名小湖明显退缩,湖水含盐量46.619 g/L。位于不冻泉至曲麻莱途中的无名小湖,湖岸退缩100 m以上,湖水含盐量高达102.423 g/L。

青藏高原地区人烟稀少,湖泊退缩变化多系自然原因,但个别湖泊,特别是通江的淡水湖泊,有人类活动影响的因素。如羊卓雍错北距雅鲁藏布江8.0~10.0 km,其间以甘巴拉山相隔,与其周围的沉错、巴纠错、哲古错和普莫雍错等组成了藏南最大的内陆湖群。盆地外围高山环绕,山体海拔在5000 m以上,湖泊水能资源丰富,与雅鲁藏布江之间水位落差达840.0 m,现已实施通过缩小湖泊面积、减少水面蒸发量获得富余水量进行发电(即通过降低湖泊水位

10.5 m提供的 $55.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 水量发电), 装机容量 $12 \times 10^4 \text{ kW}$, 最大引用湖水量 $18.0 \text{ m}^3/\text{s}$, 并以因湖泊水位下降, 湖面退缩所减少的约 $50.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 蒸发量寻求新的平衡, 届时湖泊将因人为影响而显著退缩。另一方面, 在区域气温不断升高、冰川消融的背景下, 夏季河流的冰川水量补给增加, 导致通江或依赖冰川补给的湖泊扩张、淡化。据直门达水文站流量资料, 通天河6~10月的平均流量以每年 $7.05 \text{ m}^3/\text{s}$ (多年平均值) 的速率增加, 如1960、1970、1980、1990和1999年6~10月的平均流量分别为417.5、462.5、469、539和 $713.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 。如位于可可西里的库赛湖虽然历史上存在退缩现象, 但近期由于受到昆仑山冰川补给增加, 湖泊明显淡化和扩张, 湖水含盐量由20世纪70年代中期的 28.54 g/L 下降到2000年的 21.52 g/L , 下降了 7.02 g/L , 其湖水淡化趋势是非常明显的。又如位于沱沱河北岸(沱沱河沿附近)的雅西错, 由于沱沱河夏季水量增加、水位抬升, 河水倒灌入湖, 导致湖泊面积明显扩张, 湖水侵蚀湖岸现象清晰可见, 湖水含盐量 1.80 g/L , 与沱沱河河水的含盐量相近。无论湖泊是退缩还是扩张, 均是其对区域环境变化的响应, 反过来对区域环境带来深刻的反馈作用。湖泊退缩将导致区域水汽补给减少, 沙化和荒漠化面积增加, 干旱化趋势加速; 湖泊扩张将造成冰川融冰水源补给, 因蒸发面扩大、蒸发量增加而丧失更多的水汽。在区域暖干化趋势得不到缓解的情况下, 青藏高原湖泊的这种演变趋势将会进一步发展, 这也是该区湖泊生态环境演变的典型特征。

(2) 蒙新湖区或称西北干旱区湖区(包括内蒙古、新疆、甘肃、宁夏、陕西、山西), 多为内陆咸水湖或盐湖。区内主要湖泊有: 呼伦湖、博斯腾湖、贝尔湖、乌伦古湖等。

该地区面积大于 1.0 km^2 的湖泊约有772个, 面积 19700.3 km^2 , 约占全国湖泊总面积的21.5%; 其中大于 10.0 km^2 的湖泊107个, 面积 18059.43 km^2 。蒙新高原地区地貌以波状起伏的高原, 山地与盆地相间分布的地形结构特征, 河流和潜水向洼地中心汇聚, 一些大中型湖泊往往成为内陆盆地水系的尾闾和最后归宿地, 发育成众多的内陆湖, 只有个别湖泊如额尔齐斯河上游的哈纳斯湖、黄

河套地区的乌梁素海等为外流湖。本区地处我国内陆，属干旱、半干旱气候区，降水稀少，年降水量一般在400 mm以下（多数低于250 mm），地表径流补给不丰，蒸发强度较大，年蒸发量达2000~3000 mm，湖水因不断被浓缩而多发育成咸水湖或盐湖，淡水湖分布较少。其中，鄂尔多斯高原、准噶尔盆地和塔里木盆地，咸水湖和盐湖分布相对集中。沙漠广袤，在沙漠区边缘地带多有风成湖分布，是本区湖泊的又一显著特色。这些湖泊多是面积很小的小型浅水湖泊，湖泊的径流补给以地下潜水形式为主，一旦遇到沙暴侵袭，湖泊即可迅速被流沙所淹埋而消亡。据初步统计，蒙新地区湖泊总储水量 $712 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，其中淡水储量 $22.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。因此，对于水资源匮乏的干旱、半干旱地区，湖泊咸化在水循环中的地位突出。从成因上看，咸水湖或盐湖都是由淡水湖长期演变而成。内陆封闭型湖泊由于没有出流，入湖径流中所携带的盐分便在湖盆中不断积聚，湖水中的盐分浓度逐步增高，总体上则必然呈现由淡水湖至咸水湖，最终至盐湖、干盐湖的演变规律。

博斯腾湖东西长55千米，南北宽25千米，略呈三角形，大湖面积约988平方千米，蓄水量99亿立方米。博斯腾湖是我国最大的内陆淡水湖。东西长55千米，南北宽25千米，面积1100平方千米，湖面海拔1048米，平均深度9米，最深处17米。从1956年到1988年，32年中博斯腾湖水位下降了3.13 m。湖水矿化度由0.38 g/L增加到1.87 g/L，从新疆最大的淡水湖变为微咸水湖。

艾比湖位于新疆精河县境内，是新疆面积最大的咸水湖。该湖地处准噶尔盆地西南部，是博尔塔拉河、精河、奎屯河等多条内流河的汇聚中心，海拔189米，为噶尔盆地最低点。历史上，艾比湖水面面积曾超过1200平方千米，年入湖水量达12亿立方米。但近半个世纪以来，由于农田灌溉大量需水，湖滨地区沙漠化程度加剧，再加上处于风力极强的阿拉山口的下风向，艾比湖成为中国沙尘暴主要策源地之一，目前湖面已萎缩到500平方千米以下，平均水深1.4米，最深处仅为3米。随着水量的减少，湖水的矿化度现已达到75~90克/升。

艾丁湖在吐鲁番盆地的最低洼处，湖面海拔为-154 m，是我国湖面海拔最

低的湖泊。20世纪50年代初,艾丁湖面积达 124.0 km^2 ,60年代中期尚有 23.0 km^2 ,80年代中后期湖泊水面仅剩 5.0 km^2 ,湖水含盐量高达 200 g/kg ,接近消亡。玛纳斯湖1957年湖泊面积约 550 km^2 ,60年代后期干涸。岱海20世纪60年代末以来水位持续下降,1970~1995年的25年中下降 3.85 m ,湖泊面积也由 160 km^2 缩小到 109 km^2 。居延海是我国历史上著名的游移湖泊,后分为东居延海和西居延海,1958年航片显示东居延海面积 35.5 km^2 ,西居延海面积 267 km^2 。此后,1961年西居延海完全干涸,东居延海也出现过数次干涸现象,1994年又一次干涸,直到现在仍然处于干涸状态。

从湖泊自然演化过程上看,影响湖水矿化度和含盐量的因素主要是入湖盐分和湖泊水量的变化。封闭型湖泊由淡水湖演变为咸水湖或盐湖,需要经历相当长的时间,少则几千年,多则上万年。可见,湖水总盐分的增加是一个非常缓慢的过程。以岱海为例,入湖地表水和地下水的矿化度在 $300\sim400\text{ mg/L}$ 之间,岱海的年平均入湖径流量是 $0.78\times10^8\text{ m}^3$ (1955~1995年),而据1996年7月的调查,湖水矿化度 4.25 g/L ,相应的湖水储量为 $7.66\times10^8\text{ m}^3$,每年通过地表、地下径流进入岱海盐分不到其总含盐量的1%,这种量级对湖水矿化度的短期变化是没有多大影响的。但强烈的人类活动,也可能出现入湖盐量大幅增加使湖水迅速咸化的情况,如为治理土壤盐渍化而进行的灌溉洗盐即是一例,湖泊集水域过量截取径流,致使入湖水量锐减,导致湖泊萎缩,湖水含盐量因湖水浓缩而升高。另一方面,湖泊的跨流域调水增加入湖径流量,使得湖泊水面扩张,湖水含盐量则因低矿化度的径流稀释而淡化。蒙新高原湖泊集水域过量截流的人类活动,导致湖泊萎缩咸化是主要趋势。

(3) 云贵高原湖区(包括云南、贵州、四川、重庆),主要集中在滇中和滇西北地区,是我国淡水湖分布较多的地区之一,也是我国唯一不冰冻的湖区。区内主要湖泊有:滇池、程海、泸沽海、清水海、洱海、异龙湖、抚仙湖、阳宗海等。

云贵高原地区是我国五大湖区中湖泊数量最少的,面积大于 1.0 km^2 的湖泊

共计60个,面积1199.4 km²,约占全国湖泊总面积的1.3%。其中面积大于10.0 km²的湖泊仅13个,面积1088.2 km²,占本区湖泊面积的90.8%。该区是我国断裂构造湖泊发育形态最典型的地区。自上新世晚期以来新构造运动强烈,地貌结构由广泛的夷平面、高山深谷和盆地等交错分布而构成,湖泊的空间分布格局深受构造与水系的控制。区内一些大的湖泊都分布在断裂带或各大水系的分水岭地带,如滇池位于金沙江支流普渡河上游和南盘江源头,抚仙湖和洱海分别位于南盘江的源头及红河与漾濞江的分水岭地带。本地区湖泊一般具有水深岸陡的形态特征,如抚仙湖最大水深155 m,平均水深87 m,是我国目前已知的第二深水湖泊,其他如泸沽湖、阳宗海、洱海、程海等的平均水深也都在10 m以上。该地区湖泊风光秀美,景色宜人,但生态系统脆弱。云贵高原地区湖泊因其多是构造湖成因,湖滨山丘环绕,湖岸陡峭,深水逼岸,湖泊滩地均不甚发育,沿岸带缺乏我国东部平原,特别是江淮地区湖泊自陆地至湖泊敞水区那种结构分明、层次清晰的湿地景观。

抚仙湖在云贵地区面积居第三位,是蓄水量最大的深水湖泊,湖水透明度平均为7.0~8.0 m,最大可达12.5 m,属贫营养类型,清澈碧蓝,是我国目前最清澈的湖泊之一。湖区盆地从边缘向湖面,依次分布构造中山(高于200 m)、低山(100~200 m)、丘陵(低于100 m)和堆积平原。构成本区山地的地层复杂,石灰岩、白云岩山地在湖滨广泛分布,继而形成了景色宜人的秀丽风光。如湖泊西部尖山和笔架山的断层崖直立湖边,经流水切割和溶蚀作用,发育有石芽、落水洞、岩溶泉和地下暗河等溶蚀地貌景观;湖区北、东和南部分布着沙砾岩和紫红色砂页岩山地,因其岩性较软,山体切割破碎,沟谷发育,峰峦林立。另外,湖中的孤山岛,又名羸海山,远望如一巨艇浮于水面,其上果木森然,花草深茂,石怪崖奇,风光极美。元明时有亭阁殿堂等建筑和一个九丈十三层的大铜塔,成为一方胜地,当时曾有弄珠崖、柯坪、襟海亭、鱼乐园、振衣岗、虹饮桥、雄文阁、隔日坊、龟极峰、观生台十景,堪称蓬莱仙境,曾是滇中南一带的旅游胜地。

由群湖相映成趣的九寨沟海子群位于四川省南坪县境，岷山南段尕尔纳峰北麓、嘉陵江支流白水江源头之一，因有九个藏族村寨而得名。九寨沟融众多湖泊、瀑布、钙华滩、雪山、原始森林以及丰富的物种和民俗风情为一体，被列为国家级自然保护区和联合国世界遗产公约批准的自然遗产之一。保护区面积720.0 km²，其中原始森林20.0 km²；大小湖泊114个，总面积3.5 km²以上。九寨沟原始森林中至今仍保存有独叶草、星叶草和箭竹等白垩纪末至第三纪初的孑遗植物和10余种国家Ⅱ类保护树种，以及数十种我国特有珍贵树种、灌木与草本植物。另外，湖中还生长特有的水生植物43种，有10余种属于国家Ⅰ、Ⅱ类保护的濒危物种，构成我国重要的生物资源宝库。

洱海古代文献中曾称为叶榆泽、昆弥川、西洱河、西二河等，位于云南大理市的西北，是云南省第二大淡水湖，中国第七大淡水湖。洱海北起洱源，长约42.58千米，东西最大宽度9.0千米，湖面面积256.5 km²，平均湖深10米，最大湖深达20米。洱海唯一出水口在在下关镇附近，经西洱河流出。洱海是大理“风花雪月”四景之一“洱海月”的所在地。据说因形状像一个耳朵而取名为“洱海”。

泸沽湖古称鲁窟海子，又名左所海，俗称亮海，位于四川省凉山彝族自治州盐源县与云南省丽江市宁蒗彝族自治县之间。泸沽湖湖面海拔约2690.75m，面积约48.45 km²，平均水深45米，最深处90余米，透明度高达11米。中有五个岛、三个半岛和一个海堤连岛。湖中各岛婷婷玉立，形态各异，林木葱郁，翠绿如画，身临其间，水天一色，清澈如镜，藻花点缀其间，缓缓滑行于碧波之上的猪槽船和徐徐飘浮于水天之间的摩梭民歌，使其更增添几分古朴、几分宁静，是一个远离嚣市，未被污染的圣地。湖边的居民主要为摩梭人，也有部分纳西人，摩梭人至今仍然保留着母系氏族婚姻制度。

云贵高原地区的湖泊主要得到西南季风带来降水的补给，均为外流淡水湖，但因湖泊位于大的断裂带，是大河水系的分水岭地带，具有出流很小的半闭流特点，换水周期较长，输入湖泊的盐类及其他物质容易在湖泊中积聚。如抚仙

湖的换水周期166.9年、泸沽湖38.4年、马湖6.8年，滇池、洱海的换水周期也均在3.0年以上，而且湖泊沿岸深水逼岸，湿地生态系统分布范围较小，致使湖泊自我调节能力较低，净化功能相对较弱，湖泊的生态系统脆弱，一旦遭到破坏很难恢复，例如滇池的不当利用所引起的富营养化问题积重难返、根深蒂固，是个值得深思的教训。

(4) 东北平原与山地湖区（包括辽宁、吉林、黑龙江），区内除松嫩平原有部分内陆湖泊外，多为外流淡水湖。区内主要湖泊有兴凯湖、镜泊湖、松花湖、五大连池、白头山天池等。

东北地区面积大于 1.0 km^2 的湖泊有140个，面积 3955.3 km^2 ，约占全国湖泊总面积的4.4%。其中面积大于 10.0 km^2 的湖泊52个，面积 3705.7 km^2 ，占本区湖泊总面积的93.7%。东北地区，三面环山，中间为松嫩平原和三江平原，在平原地区分布的大片湖沼湿地中，发育有大小不一的湖泊。湖泊成因多与地壳沉降、地势低洼、排水不畅和河流的摆动等因素有关，湖泊具有面积小、湖盆坡降平缓、现代沉积物深厚、湖水浅、矿化度较高等特点。分布于山区的湖泊，其成因多与火山活动关系密切，是本区湖泊的又一重要特色。如镜泊湖和五大连池均是典型的熔岩堰塞湖。前者是牡丹江上游河谷经熔岩堰塞而形成，为我国面积最大的堰塞湖；后者是1920~1921年间，由老黑山和火烧山喷出的玄武岩流，堵塞纳谟尔河的支流——白河，并由石龙河所贯串的五个小湖。白头山天池（中朝界湖）是经过数次熔岩喷发而形成的典型火口湖，也是我国第一深湖，最大水深373.0 m。

东北地处温带湿润、半湿润季风型大陆性气候区，夏短而凉爽多雨，6~9月的降水量约占全年降水量的70%~80%，汛期入湖水量颇丰，湖泊水位高涨；冬季寒冷多雪，湖泊水位低枯，且湖泊封冻期较长。因此，东北地区湖泊，除一部分山区湖泊外，平原湖泊大多为湖、沼相伴而生，沼中有湖，湖边是沼的特点。从而，汛期是湖，枯期为沼，湖、沼难分。湖沼水体是向周围输送水分的稳定水源，湖沼系统中的水除了来源于大气降水外，更多的来源是河流的定

期泛滥。周期性的洪泛来水，使大量的水存储在湖沼系统中，既为生态用水输送水分，又通过渗透作用补给地下水，并且通过蒸发调节区域局部小气候，减缓其周围温湿场的变化。但由于长期环境变化和人为影响，湖沼趋于浅型化，淡水湖沼趋向盐碱化，甚至演化成盐沼。如松嫩平原地区，由于人类活动的强烈干扰，特别是近一个世纪以来的高强度开发，使区内湖沼系统受到明显冲击，57%的湖沼受自然和人为作用影响而严重退化。目前，该区内的莫莫格、龙沼和月亮泡面积共约114400 km²，面积大于1.0 km²的湖泡仅有112个，面积约858 km²，两者总和约占土地总面积的20%，与历史时期相比（据估算约占48.8%）泡沼已显著退缩，胁迫生态环境日趋恶化，土地退化、沙化、盐碱化十分严重。仅土地次生盐碱化面积就以每年1.0%~1.4%的速度增长。另外，区内水利工程的建设也带来了许多负面效应，洪泛作用明显削弱，不仅影响了湖沼生态系统，而且影响了区域总体水量平衡，割裂了河—湖沼—盐沼一体的环境结构。

三江平原承受人口和经济发展的双重压力，盲目开垦、环境污染已经造成的湖沼大面积萎缩和功能退化，生物多样性降低，水质恶化，水旱灾害频繁、经济社会发展的环境基础弱化。1998年夏季在长江、嫩江—松花江流域发生的特大洪灾，其重要原因就是沿江漫滩湖沼退化，流域洪水调蓄功能丧失的结果。1949年以来，三江平原经历了四次开荒高潮，垦殖率由1949年的7.22%上升到1994年的41.99%，使湖沼的调蓄功能丧失，洪涝灾害的频率和危害性增大。在1949~1969年的21年中，旱灾发生频率为23.8%，涝灾的发生频率为33.3%，而1970年到1990年的21年间，旱、涝发生频率分别增至33.0%和47.9%。湖沼开垦也造成局部地区湿度下降，动植物种属数量减少。水体污染，过渡捕捞，肆意滥捕产卵亲鱼和幼鱼，致使鱼类资源衰退，产量下降。中小河流的鱼类资源比20世纪70年代减少80%以上，著名的挠力合红肚鲫鱼已濒临绝迹。

（5）东部平原湖区（包括江西、湖南、湖北、安徽、河南、江苏、上海、山东、河北、北京、天津、浙江、台湾、香港、澳门、海南、福建、广东、广西），主要指长江及淮河中、下游，黄河、海河下游及大运河沿岸分布的淡水