第 15 卷第 2 期　　湖 泊 科 学　　Vol.15, No.2
2003 年 6 月　　Journal of Lake Sciences　　Jun., 2003

新疆博斯腾湖流域水环境保护与治理*

兰文辉　阿比提　安海燕

（新疆环境监测中心站，乌鲁木齐 830011）

提　要　博斯腾湖是中国最大的内陆淡水湖，对地处干旱内陆的新疆来讲，是极为重要的自然资源和经济资源.近 50 年的流域和湖区大规模开发，博斯腾湖在发挥巨大生态、环境、经济和社会效益的同时，环境问题也日趋严重.通过实施保护工程，加强宏观调控，保护其生态环境，保护生物多样性.

关键词　博斯腾湖　环境保护　治理
分类号　P343.3

博斯腾湖是中国最大的内陆淡水湖．对地处干旱的新疆来讲，是极为重要的自然资源和经济资源，并发挥着不可替代的生态、环境功能．经过近 50 年的流域和湖区大规模开发，博斯腾湖在发挥巨大生态、环境、经济和社会效益的同时，环境问题也日趋严重，博斯腾湖流域水环境的保护与治理已势在必行[1-3]．

1 环境概况

1．1 地理位置

博斯腾湖流域位于我国新疆著名的焉耆盆地内（41°45'-42°15'N，86°00'-87°26'E），行政区域隶属新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州(以下简称巴州)的和硕县、和静县、博湖县、焉耆县(图 1)．开都河-孔雀河是焉耆盆地开-孔河流域特大型灌区的母亲河，而博斯腾湖则是她的“心脏”.她既是开都河的归宿地，又是孔雀河的发源地．

1.2 地形地貌

博斯腾湖流域地处封闭的山间盆地——焉耆盆地，地形总趋势是北高南低，自山前向博斯腾湖依次为山前洪积冲积倾斜平原、开都河三角洲和博斯腾湖盆地．

1.3 地质及水文地质

在山前带或冲积平原上部，由单一巨厚的卵砾石组成无压潜水含水层，潜水位一般在 10-15m，水平径流强烈，矿化度小于 1g/L，是水质好的强富水区．在盆地平原的中游地带，地下水开始出现承压，形成潜水与承压水分布区．潜水位埋深变浅，多在 1-3m 之间，水平径流滞缓，垂向交替较强，矿化度增高，属中等富水区．在冲积平原下游与湖积平原，属于弱富水区.潜水的水平径流停滞，而代之以垂向蒸发，矿化度可高达 3g/L 以上，土壤普遍盐渍化．承压水则保持着淡水或低矿化特征．

* 2002-05-30 收稿；2003-03-21 收修改稿．兰文辉，男，1967 年生，工程师．

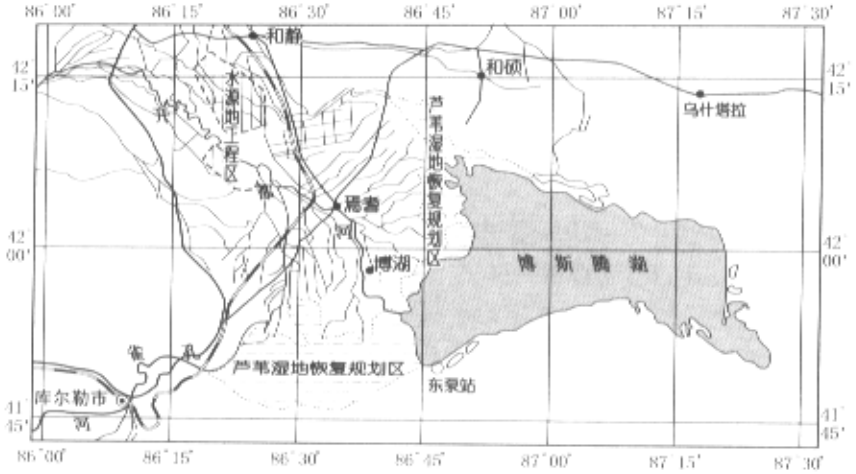

图 1 博斯腾湖流域图

Fig.1 Sketch of Bosten Lake catchment

1．4 地下水资源

据统计，焉耆盆地地下水补给量为 14.07×10⁸m³/a，可开采量为 9.05×10⁸m³/a，储存量为 1320.11×10⁸m³/a ．

1.5 地表水资源

1.5.1 入湖河流 焉耆盆地有大小河流十余条，总径流量约 38.83×10⁸m³．其中开都河为最大河流，年径流量 33.4×10⁸m³．近年来，焉耆盆地从开都河的引水量约保持在 11×10⁸m³/a 左右，余水均进入博斯腾湖．

1.5.2 出湖河流（孔雀河） 孔雀河发源于博斯腾湖并汇流开都河西支来水，经铁门关峡谷进入库尔勒和尉犁地区．目前，孔雀河已基本为一条人工调控河流，年径流量约 11×10⁸m³．

1.5.3 博斯腾湖 博斯腾湖为天山南麓山间断陷湖，由大湖、小湖群、苇湖三部分组成．水域面积约 1300km²．博斯腾湖水量平衡见表 1．

表 1 1955-1995 年博斯腾湖水资源组成及其分配利用

Tab.1 Compositions of different activities of water resources and allocation in Bosten Lake

水资源的组成				水资源的分配利用			
来源项	年平均(10⁸m³)	总量(10⁸m³)	%	分配项	年平均(10⁸m³)	总量(10⁸m³)	%
初期湖储水量		85.5	7.5	泄入孔雀河	7.24	296.8	26.2
开都河入湖水量	21.6	885.6	78.1	流入孔雀河	2.38	97.6	8.6
其他河入湖水量	0.53	21.9	1.93	小湖流入孔雀河	1.14	46.7	4.12
农田排水入湖量	1.87	76.7	6.76	蒸发	14.69	602.2	53.1
承压水入湖量	0.53	21.5	1.90	外渗	0.58	23.8	2.1
降水量	1.04	42.6	3.73	末期湖储水量		66.7	5.88
合计		1133.8	100			1133.8	100

2 主要环境问题

2.1 入湖水量减少，湖水水位下降

据实测记录，博斯腾湖 1959 年湖泊水位为 1048.75m，到 1988 年下降为 1045.21m. 究其原因，主要是大规模土地开发引水和无节制农业灌溉所致.据统计，20 世纪 50 年代焉耆盆地仅有耕地面积约 7000hm^2，而目前已达到 10×10^4hm^2，年灌溉用水超过 12×10^8m^3.

2.2 湖水矿化度增加，盐污染加重

20 世纪 50 年代，博斯腾湖湖水矿化度不足 0.6g/L，而到了 90 年代，上升到 1.3-1.8g/L，博斯腾湖已由淡水湖渐变为微咸水湖[1].

焉着盆地灌区土壤盐渍化十分严重.据 1982-1991 年监测资料分析，各大小河流，平均每年带入盆地总盐量为 105×10^4 t，农业灌溉排水每年向博斯腾湖输入盐量 43.55×10^4 t.

2.3 入湖废水超标排放，湖区有机污染加剧，水体富营养化

根据最近 10 年的监测结果，博斯腾湖（平均）高锰酸盐指数为 III 类，总磷为 III 类，总氮为Ⅴ类，湖水出现富营养化，全湖处于中营养状态，部分水域达到中富营养水平[1,4].

随着焉耆盆地工业发展和人口增加，超标工业废水和生活污水急剧增加. 目前每年有 1000 多万 m^3 工业废水和 700 多万 m^3 生活污水直接或通过入注河流排放进入博斯腾湖，加上通过土壤淋溶每年排入的约 1.9×10^8m^3 农田排水，每年排入湖区有机物 6000 余 t，氮、磷等营养物 300 余 t.

2.4 湖滨湿地生境退化，生物多样性受损

在湖泊水位下降、湖水矿化度上升和湖区有机污染不断加剧的多重作用影响下，博斯腾湖湖滨湿地生境持续退化. 芦苇湿地面积已由 1958 年的 558km^2 下降到 1999 年的 410 km^2，其中一、二、三类芦苇面积下降，四类面积扩大，目前大芦苇(一类芦苇)仅占 5%. 依赖于湖区湖泊湿地生存的许多陆栖和水栖生物受到严重威胁. 鸟类和水禽种类已下降到约 30 种，中国特有鱼种扁吻鱼(新疆大头鱼)和裂腹鱼(尖嘴鱼)已濒临灭绝，鹈鹕、黑鹳、小苇等珍稀水禽种群数量减少，湖区周围很难见到野猪、獐子，旱獭、野兔等也在减少.

3 保护对策与治理方案

鉴于博斯腾湖的重要地位和面临的环境恶化状况，国家和地方有关单位已开展了大量的研究工作，包括博斯腾湖湿地调查、焉耆盆地水盐监测、焉耆盆地水资源开发利用规划、博斯腾湖环境调查与污染防治对策研究等，积累了较为丰富的研究资料. 在总结国内湖泊环境保护[4-8]经验的基础上，结合博斯腾湖流域具体情况，提出了以下保护对策和治理方案.

3.1 博斯腾湖流域水环境保护与治理总体目标

博斯腾湖流域水环境保护与治理要以保障入湖淡水水量、降低湖水矿度(小于 1g/L)和减轻湖区有机污染为途径，以湖区生物多样性恢复和湖泊湿地生态系统健康及完整性保持为目标.

3.2 总体思路与方案

以开-孔河流域为对象，湖区及周边地区为重点，降低湖水矿化度为核心，基于水资源合理配置，生物工程措施与水利工程措施相结合.在流域中游耗水、排盐区实施水源地

工程，减少灌区河流引水量，降低灌区地下水位，减轻土壤盐渍化，控制灌区农田排水入湖盐量；湖滨湿地生境退化区实施湿地恢复和生物多样性保护工程，提高湖泊自净能力和生境质量；大湖区实施东泵站扬水工程，与己有西泵站联合，加强湖水环流和湖区排盐．

3.3 方案可行性

保护方案以博斯腾湖湖区生态多性样恢复和湖泊湿地生态系统健康、完整性保持为目的，瞄准水环境恶化这一引起博斯腾湖生物多样受损的核心问题，针对导致其水环境恶化的三大原因(入湖淡水减少、农田灌溉排盐增加和有机污染加剧)，在中游排盐、耗水区，通过水源地工程，在增加入湖淡水水量的同时，控制灌区向湖区的排盐量；湖滨湿地退化区通过湿地恢复(育苇)与生物多样性保护工程，增加湖泊自身对入湖盐的吸收能力和对有机污染的净化能力；大湖区通过东泵站工程，加强湖区湖水环流同时提高了湖区防洪标准，并通过泵站扬水在实现对下游孔雀河安全输水的同时，实现即时排盐．因此，从改善博斯腾湖流域水环境与生境这一生物多样性保护的根本途径来讲，保护方案的整体构思具有可行性．

3.4 保护工程内容

3.4.1 水源地工程　焉耆盆地因大量引用地表水进行不合理灌溉，地下水位旁边升高，约62%的灌区地下水位埋深小于 2m，不少耕地因次生盐渍化而荒废，盐碱较重的土地因洗盐需耗用更多的淡水，农田每年通过排水带入博斯腾湖盐量 44×10^4 t．要改变焉耆盆地过量引水灌溉，地下水位升高，排水出路不畅，土壤盐碱化严重的局面，必须建设水源地工程合理开采地下水．

在流域中游，和静县与焉耆县，沿开都河南北两岸布设机井 204 眼，每年开采地下水量 $1\times10^8m^3$（用于农灌），置换出开都河水 $1.3\times10^8m^3$，增加开都河入湖水量．水源地工程对保护博斯腾湖生态环境的积极作用，具体体现在两方面：

(a) 减少地表积盐，改善上游人工生态环境　在规划井灌区，实行井渠结合，以井灌为主，降低该地区地下水位至 3m 左右，减少潜水蒸发，减少地表积盐，可加速盐碱土的脱盐过程，提高单位面积产量及水分生产率.同时，由于地下水位降低，盆地的一些滋生蚊虫沼泽地会消失，改善盆地的生活环境．

(b) 增加入湖淡水，减少入湖盐分　开采地下水量 $1\times10^8m^3$，增加开都河入湖水量 $1.3\times10^8m^3$（矿化度约 0.4g/L），减少农排入湖水量 $0.4\times10^8m^3$，减少入湖盐量约 16×10^4t，大湖区矿化度从目前的 1.3-1.4g/L 下降到 1g/L，有效地淡化湖水，改善湖区生态环境及孔雀河水质．

3.4.2 东泵站扬水工程　西泵站已在 1981 年投入运行，近 20 年来独自承担博斯腾湖向孔雀河供水任务，超负荷运行，东泵站的建设势在必行．东泵站工程在博斯腾湖南岸西泵站以东 650m 处建设，装机规模与西泵站相同即 $6\times800km$，扬水流量 $45m^3/s$，引水渠及输水渠最大过水能力均为 45 m^3/s，输水渠与西泵站输水干渠相接．东泵站建成以后，与西泵站联合扬水流量 $90m^3/s$,年扬水量控制在 $15.4\times10^8m^3$，将更有效地发挥博斯腾湖调节水库的作用，对博斯腾湖的水环境及孔雀河流域绿洲生态都有积极作用：

(a) 促进湖水循环，加强湖水淡化：自西泵站 1983 年投入运行以来，博斯腾湖水的矿化度从 1982 年 1.8g/L 降低到 1999 年的 1.46g/L，这虽与近几年入湖水量较多有关，

但西泵站的积极作用不可忽略．东泵站的建设将加强此功能．

(b) 提高向孔雀河供水的保证率：东西泵站规模均按目前孔雀河最大需水流量设计，两站联合运行，保证泵站的正常运行及检修，提高泵站扬水保证率及湖区防洪标准，充分发挥博斯腾湖多年调节和反调节水库的作用．

(c) 与水源地工程配合，改善水生物生态环境：水源地工程投入运行后，每年将增加河道入湖水量和西泵站扬水量，能有效地加强博斯腾湖吞吐流．东泵站建成，将有效地保证湖区出流通畅，促进湖区水体运动，利于湖区水生物生态环境的改善．

3.4.3 生物工程措施（芦苇湿地恢复工程）　鉴于目前博斯腾湖湿地面积有所缩小，芦苇生长质量下降，恢复湿地必须首先恢复作为湿地生态系统主体的芦苇面积，提高生长质量，为其它生物种群提供良好的栖息地环境；另外由于芦苇具有较强的净化水质，消除污染的功能，大面积种植芦苇有助于改善博斯腾湖日趋恶化的水质，为湿地恢复和物种多样性保护提供必要的环境保证．

芦苇湿地恢复工程建设分为三区七片(图 1)，总面积 2200hm^2．使芦苇的产量达到(40-50)×10^{4}t/a，规格苇的面积达到总面积的 30%以上．

如果将博斯腾湖湿地生态系统作为一个相对封闭的系统处理，那么从绝对意义上来讲，水利工程只能将系统内的盐渍随水的流动而重新分配，并不能随水排出系统，而将盐随水输送到下游或是未开垦的区域，结果只能是使盐渍范围越来越大，给生态系统造成更大的威胁．而利用植物体逐年移走一部分盐，使生境中盐渍真正减少，才能从根本上改变生境的条件，进而改善环境．芦苇具有较强的吸收盐分的功能，可使盐分在其体内贮存，随着芦苇的收割外运而带出湿地系统．

芦苇湿地恢复工程除种植芦苇外，还应对典型耐盐植物进行研究并从中筛选表现良好的植物种进行大面积栽培，等 3-5 年土壤性质有所改良后，再采取不同的匹配和栽培措施，以逐步恢复湿地环境到原有的生态景观．

需要强调的是，芦苇湿地的排盐功能前提是合理控制其运转负荷，对废水的净化作用也是一样．以上保护工程，是根据盆地灌区的实际情况从宏观生态角度实施的保护措施．从控制博斯腾湖水质污染的角度而言，除了控制农田排水这一主要污染源，工业废水与生活污水的控制和治理力度也必须加大，必须作到达标排放和总量控制．毕竟，湿地系统对污染物的降解去除能力是有限的，要加以保护．

3.5 保护工程预期效益

3.5.1 削减入湖污染负荷，开发地下水，恢复湖滨湿地生态系统　首先对生活污水、工业废水和农业排水进行治理和控制，减少废水及污染物入湖量，加上湿地生态处理系统对废水的净化作用，从根本上削减博斯腾湖的水污染源，有效抑制博斯腾湖水质恶化趋势，改善湖滨湿地水环境质量;建设水源地开发地下水，降低灌区地下水位，改善土壤盐渍化，增加入湖淡水量，使由于水环境恶化而受到干扰的湿地生态系统得到修复．

3.5.2 保护湖区及湿地生物多样性　博斯腾湖流域水环境的改善，使湖区内的水生生物在数量上向原有水平接近，芦苇湿地中衰退的生物类群逐渐恢复，在加强保护恢复的基础上，辅以人工放养等措施，博湖芦苇湿地的生境得到恢复，鸟类和水禽的种类有望从目前的不到 30 个种类恢复到原有种类总数的 80%-90%，数量也有较大的增长，能够基本保持种群的稳定和自我发展，基本恢复到开发前的水平．

3.5.3 污水资源化，节约淡水资源 博斯腾湖水质的改善，有利于芦苇的生长，对于博斯腾湖芦苇湿地的恢复是重要的前提条件；另一方面在博斯腾湖中大量种植芦苇，由于芦苇本身具有吸收盐分的作用，同时其根部的湿生环境及微生物具有净化水质的作用，加之其具有一定的耐污性，因而可实行污水灌溉，实现污水资源化，降低淡水的需用量，这对于地处干旱环境的焉蓄盆地具有重要意义．

3.5.4 有效削减盐量，改善土壤状况 规划育苇 2200hm^2，每年芦苇外运带走盐量 2.3×10^4 t，从而降低土壤含盐量，脱盐明显，其效果随植苇年限增加而加强．同时，芦苇地下根茎分布极广，纵横交错，可使土壤疏松，孔隙度增大，碱化度降低，土壤结构发生良性改变．

3.5.5 改善孔雀河水质，保护孔雀河流域生态环境 博斯腾湖作为孔雀河河源，其生境的改善，对于孔雀河流域的生境改善也将起到积极的作用．通过向孔雀河加大输水量，分布在孔雀河流域的天然胡杨林的生长环境也将得到很大改善，有效防止胡杨林的衰退和死亡．

3.5.6 保护塔里木河下游绿色走廊，维护塔里木地区生态环境 通过东泵站的建设，可加大孔雀河水量，并通过孔雀河实施向塔里木河下游应急输水，遏制塔里木河下游由于缺水造成的胡杨林大面积死亡，保护塔里木河绿色走廊，阻塔克拉玛干沙漠北移，维护塔里木地区生态环境．

参 考 文 献

1 李卫红，袁磊．新疆博斯腾湖水盐变化及其影响因素探讨．湖泊科学，2002，14(3)：223-227

2 胡汝骥等．近期新疆湖泊变化所示的气候趋势．干旱区资源与环境， 2002，1

3 黄文钰等．中国主要湖泊水库的水环境问题与防治建议．湖泊科学 1998，10(3)：83-90

4 舒金华等．中国湖泊营养类型的分类研究．湖泊科学，1996，8(3)：193-200

5 陈荷生．太湖流域城市水环境综合治理．城市环境，2000，5

6 诸 敏．太湖水质变化趋势及其保护对策．湖泊科学，1996，8(2)：133-138

7 金相灿等．太湖重点污染控制区综合治理方案研究．环境科学研究，1999，12(8)

8 蔡启铭等．太湖水质的动态变化及影响因子的多元分析．湖泊科学，1995，7(2)：97-106

Conservation and Control of Aquatic Environment of Bosten Lake Watershed, Xinjiang

LAN Wenhui, Abiti & AN Haiyan

(Xinjiang environmental Monitoring Centering, Urumqi 830011, P.R.China)

Abstract

Bosten Lake is the biggest fresh-water inland lake in China, and it is the very important natural and economic resource in Xinjiang, the arid inland of China. With the development and utilization on a large scale during the past 50 years, the lake has significantly created social and economical profits. Meanwhile, the environment issues are becoming more and more serious. The ecosystem and biodiversity in the watershed can be protected through the implement of conservation engineering and the enhancement of integrated adjustment.

Keywords: Bosten Lake; environment conservation control