

# 基于水量调控防治艾比湖流域沙尘天气灾害的设想

刘 晓<sup>1</sup>, 陈正江<sup>2</sup>, 高 凡<sup>3</sup>

(1. 山东理工大学资源与环境工程学院, 山东 淄博 255049;

2. 西北大学城市与资源学系, 西安 710069; 3. 华东师范大学资源与环境科学学院, 上海 200062)

**摘要:** 针对艾比湖流域生态环境灾害, 分析其成灾原因及发生规律。从改变水量分配时间格局的角度, 分析入湖水量季节调控的可行性并提出实施方案。具体为通过人工引、蓄水设施将秋、冬季入湖地表径流蓄积起来, 在春季大风、沙尘多发季节注入湖中, 减少此时沙尘天气的发生。确定春季所需补充的水量, 先以湖区地形图为基础建立湖区数字高程矩阵, 然后回归计算湖面面积与湖水体积对应函数, 此时根据实测的当年春季湖面面积即可算出达到预定湖面面积所需水量。按照此方案修建人工引、蓄水设施并实施调控后, 既可以治理流域沙尘天气, 又可最大限度节省水资源。

**关键词:** 水量调控; 生态环境灾害; 艾比湖

中图分类号: P445. 1; X171. 1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)06-0092-03

## Thinking on Preventing Dust Storm Based on Water Volume Control in the Ebinur Lake Region

LIU Xiao<sup>1</sup>, CHEN Zheng-jiang<sup>2</sup>, GAO Fan<sup>3</sup>

(1. College of Resources and Environmental Engineering, Shandong University of Technology, Zibo, Shandong 255049, China;

2. Department of Urban and Resource, Northwest University, Xi'an 710069, China;

3. School of Resources and Environmental Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

**Abstract:** The reason and rule of the Ebinur Lake valley environment and ecology disaster were studied. A new method was put forward to control lake volume based on water inflow control. The reservoir in the valley is used to cumulate water inflows in autumn and winter. In spring when gale comes, the water pours into the Ebinur Lake. The volume to be pour into lake in spring is calculated by a digital elevation matrix volume model. When this scheme is put into reality, the environment and ecology disaster in the valley can be controlled and the maximum volume of water can be saved.

**Key words:** water volume control; environment and ecology disaster; Ebinur Lake

近 50 年来艾比湖流域由于社会经济耗水量的剧增, 导致了湖泊干涸、植被衰败、沙尘天气增多等现象。特别是沙尘天气增加, 对流域内人、畜健康, 社会经济发展产生了严重威胁。许多专家学者已经认识到此问题, 并做了大量的研究, 提出了许多治理方案。其核心思想不外乎保障一定的年地表入湖水量, 维持湖面面积在一定水平<sup>[1-3]</sup>。

但是, 在流域水资源总量一定(跨流域调水计划尚未实施)的情况下, 既要满足工农业生产的基本需要, 又要保障一定的生态用水量, 社会经济发展用水与生态用水之间形成了不可调和的矛盾。本文分析艾比湖的水文特征以及多年来沙尘天气发生规律, 提出通过人工水利设施进行入湖水量调控, 改变湖泊水量的季节变化格局, 保障春季沙尘天气多发时期湖泊面积, 以此达到利用有限的水资源, 最大程度降低干涸湖底裸露沙尘带来的环境灾害。

### 1 研究区域概况

艾比湖位于准格尔盆地的西南侧、我国新疆博尔塔拉蒙古自治州境内, 介于 82°35' ~ 83°11' E, 44°44' ~ 45°10' N 之间, 是新疆最大的咸水湖, 同时也被称为我国四大沙尘源区之一。艾比湖流域面积 50 621 km<sup>2</sup>, 包括博州全部(除赛里木湖集水区)、乌苏市、奎屯市、独山子地区、托里县南部地区的范围, 是北疆地区重要的粮食基地、棉花基地、畜牧业基地和石油化工基地。保持艾比湖地区良好的生态环境, 对保障天山北坡经济带社会经济的协调发展, 新欧亚大陆桥的运输安全, 乃至我国西部边疆的安全建设, 均具有重要的战略意义。

### 2 生态环境灾害成因

艾比湖流域生态灾害, 是由于阿拉山口的大风吹起艾比

\* 收稿日期: 2004-12-26

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G1999043504)资助

作者简介: 刘晓(1981-), 男, 山东淄博人, 助教, 硕士, 主要从事资源环境, 地理信息系统方面的研究。

湖干涸湖底的盐尘引起的,是多种地理要素相互作用的结果<sup>[6]</sup>。

### 2.1 干涸湖底成为沙尘天气物质源

历史上艾比湖面积很大,但一直处于缓慢缩小过程中<sup>[4,5]</sup>。湖泊鼎盛时期(晚更新世),湖面面积有3 000 km<sup>2</sup>,到本世纪50年代,湖面面积仅存的1 200 km<sup>2</sup>左右。50年代以来,由于流域范围内人口急剧增加,地表、地下水的引水量增大,湖面面积迅速缩小,80年代以来湖泊面积一度缩小到600 km<sup>2</sup>左右。近年来由于全流域范围内降水量的增加,湖面面积稍有回升。

伴随湖盆的干涸,湖滨植被不断退化,裸露湖底面积不断增大,50年代裸露湖底有350 km<sup>2</sup>,70年代一直到90年代一直保持800 km<sup>2</sup>左右,近几年一直维持在600 km<sup>2</sup>以上。根据流域气象资料以及多次环湖考察结果,可以断定是艾比湖的干涸湖底为全流域的沙尘天气提供了丰富的沙尘源,治理流域内的沙尘天气,必须从控制干涸湖底面积入手。

### 2.2 阿拉山口大风成为沙尘天气动力基础

紧邻艾比湖西北部是世界著名的风口阿拉山口。此处终年大风不断,根据阿拉山口气象站近50年的观测,年均8级以上大风日数163 d,大于等于6 m/s的大风时数每年268 h。大风天气多发生在春季3~6月份,此时间段内爆发的大于等于6 m/s的大风时数占到总数的60.9%。

尽管近40年来,阿拉山口大风日数呈现略微减少的趋势,但由于下风向地区地表状况的变化,沙尘天气总体呈现增加的趋势<sup>[7]</sup>。从阿拉山口吹来的大风,将疏松的地表物质搬运到下风向数千平方公里范围内,造成流域沙尘灾害。对近40年来统计资料分析,大于等于6 m/s的大风时数与沙尘天气数程明显的正相关,相关系数为0.76。

### 2.3 湖盆地区土壤、植被特征加剧了沙尘灾害

艾比湖盆地的地貌单元,自周围山地向下依次有山地、丘陵、山前冲洪积砾质平原、细土平原、湖积平原五部分,湖积平原又由河湖相堆积平原和干涸湖底盐土平原两部分组成。近50年来由于人类引水量增加,北部和东南部湖泊迅速退缩,形成新的湖积平原。此处的湖积平原地势平缓,最大高差3 m,土层是含硫酸盐和氯化物为主的厚层细粒盐土,分选性较好,因此最容易成为沙尘源区。

由于人工引水量增大,导致湖区地下水位下降,湖滨植被衰败;人类的樵采、淘金、挖沙行为,也在很大程度上破坏了湖滨的原生植被。在部分干涸湖底地区地表存在盐壳,厚度大于20 cm,地表光秃裸露,寸草不生,风蚀作用非常强烈。湖盆地区植被衰败,加剧流域内的沙尘天气。

### 2.4 多种地理要素共同作用形成生态环境灾害

造成流域范围的沙尘天气,需要同时具备三个成灾因子:第一是阿拉山口的大风,这包括风速、风向、持续时间等;第二是地表因素,包括地表植被覆盖度、地表湿度、地表物质组成等;第三是裸露湖底面积,裸露湖底面积越大,沙尘源面积越大。三个因素同时出现,则会发生沙尘灾害;只要其中有一个因素缺少,沙尘天气发生的可能性就大大减小,甚至不会出现。

## 3 基于水量调控改善流域生态环境

### 3.1 灾害发生的季节规律

艾比湖地区的沙尘天气主要分布在每年的春季,这与该地区的气候特征、湖泊水文特征以及植被特征有关。艾比湖每年冬季11月到翌年2月处于冰封期,此时地表土壤不同程

度的冻结,由于没有沙尘来源,因此此时不会发生沙尘天气。从3月份开始,地表逐步解冻。此时表层土壤失去水分后变得疏松干燥,地表植被尚未长成,又正处于阿拉山口大风多发的季节,在三个成灾因子都具备的情况下,此季节最容易产生浮沙、扬尘天气。

此后在夏季阿拉山口大风天气相对较少,地表植被也逐渐长大,具备了一定的防风固沙功能。6、7月份是艾比湖的枯水期,此时干涸湖底面积虽大,但是由于此时阿拉山口大风减少,以及地表植被正处于一年中最茂盛的季节,故发生沙尘天气次数较少。秋季艾比湖在接纳了精河的夏季洪水后,面积达到一年之内的第二次高峰,此时大风、大面积裸露湖底、地表植被稀疏三个成灾因子都不成立,因此也很少发生沙尘天气。

根据艾比湖流域多个气象站的实际观测,沙尘天气的发生时间,有明显的规律性,3~6月份沙尘天气出现次数占全年的62%。因此,改善流域环境,最重要的就是控制春季3~6月出现的沙尘天气。

### 3.2 水量调控改变春季湖面面积

根据以上的分析,控制艾比湖流域生态灾害,必须从控制造成灾害的多个成灾因子分析入手。阿拉山口的大风是北天山山脉阻挡通过此处的全球大气环流导致的,不可能通过人工干预的方法解决。春季土壤解冻,地表土层松动,以及此时地表植被覆盖度低这些因素也是不可改变的。惟一可以通过人类工程行为达到的,是增大春季大风时期的湖面面积,以及增加此时的地表湿度。这都可以通过春季向湖中注水达到。

春季注入湖中的水,可以通过修建人工引、蓄水设施,将夏秋季洪水、冬季的冬闲水积蓄起来,在春季2、3月份湖面解冻后注入艾比湖。拦蓄夏季的洪水,将导致湖面面积在7、8月份减小,由于此时蒸发量较大,而此时的植被、大风条件决定了此时不可能产生较多的沙尘天气,故不会对此时的流域环境造成重大影响。拦蓄洪水进入人工水库之后,可以通过工程措施控制蒸发量和渗漏量,这样在人工条件下又减少了地表水的蒸发、渗漏损失。

### 3.3 预计产生的结果

此方案实施后,增加了春季入湖水量,使春季湖面面积增大,湖滨地区地下水位升高,湖滨地区土壤湿度增加,因此可以有效减少沙尘天气发生的次数。

除了直接减少裸露湖底面积,该方案还可从其他方面抑制沙尘天气的发生。由于此地区气候寒冷,一般植物在4月初发芽,5月底生长旺盛,这两个月份是植物需水最多的季节,此时增大湖面面积,增加湖泊土壤湿度,可以改善此季节湖周围湿地生态保护区的植被生长状况,这在一定程度上也可减少沙尘天气。

## 4 实施步骤

### 4.1 湖区数字高程矩阵建立

通过注水改变湖面面积方案的实际实施中,注入湖水的水量值,需要精确计算出。本研究中首先通过高程点内插建立湖区数字高程矩阵(图2),以此数字高程矩阵为基础,得到不同湖面面积对应的湖水体积、干涸湖底面积。此时,在已知春季某一月份湖面面积情况下,可以求得达到预定湖面面积所需增加的水量。

### 4.2 标准春季湖面面积的确定

春季所应达到的湖面面积,应该在满足增加湖滨土壤湿

度、减少干涸湖底面积的前提下,尽量节约水资源。近几年阿拉山口大风天气并无明显变化,但是由于流域内降水偏多,湖面面积有所回升,故沙尘天气明显减少,故可根据近几年春季湖面面积,探求一个面积值作为标准湖面面积,认为湖面面积达到此状态时可以杜绝大规模沙尘天气的爆发。

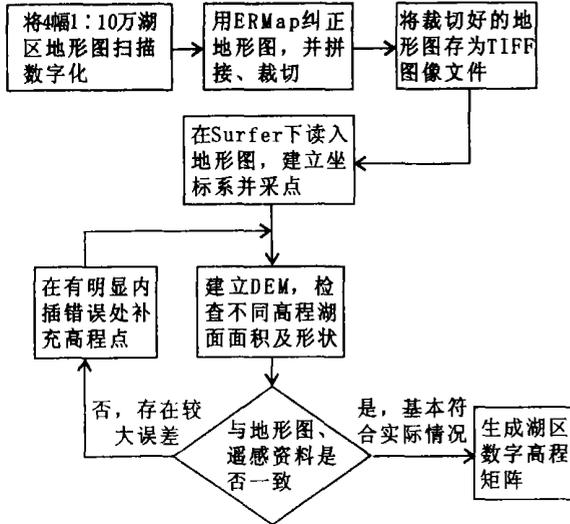


图1 湖区数字高程矩阵生成过程

1999~2001年,流域内降水偏多,2000年更全流域主要水系都发生500年一遇洪水,这三年都未发生大规模沙尘天气。根据FY-1C卫星观测,湖面面积在1999年4月上旬为703 km<sup>2</sup>、2000年4月上旬为1 096 km<sup>2</sup>、2001年3月下旬达到685 km<sup>2</sup>。根据这些资料,在此提出春季湖面面积目标:保障3月底、4月初湖面面积为650 km<sup>2</sup>。

#### 4.3 春季所需补充水量的确定

根据数字高程矩阵生成的艾比湖面积、水体体积关系如图所示。可以看出,伴随湖面面积增大,湖水体积呈线性增大。对湖面面积与湖水体积关系进行回归,得到线性方程

$$y = 0.01325x + 4.798 \quad (1)$$

式中:  $y$ ——湖水体积;  $x$ ——湖面面积。根据此公式,可以计算出春季任意湖面面积与标准湖面面积状态下湖水体积之差,也就是需要注入湖中的水量。

$$Y_1 = 8.6125 - 0.01325x \quad (2)$$

$$Y_2 = 9.275 - 0.01325x \quad (3)$$

式中:  $Y_1$ ——水源充沛条件下,使湖面面积达到700 km<sup>2</sup>时所需水量;  $Y_2$ ——水源紧缺条件下,使湖面面积达到650 km<sup>2</sup>时所需水量。

#### 参考文献:

- [1] 杨利普,杨川德. 艾比湖流域水资源利用与艾比湖演变[J]. 干旱区地理, 1990, 13(4): 1-14.
- [2] 杨利普. 艾比湖流域自然资源的合理利用[J]. 干旱区地理, 1990, 13(4): 30-35.
- [3] 周长海. 艾比湖生态危机及恢复重建措施[J]. 干旱区资源与环境, 2002, 17(2): 71-77.
- [4] 柏春广,穆桂金. 艾比湖的湖岸地貌及其反映的湖面变化[J]. 干旱区地理, 1999, 22(1): 34-40.
- [5] 闫顺,穆桂金,远藤邦彦, Nobuhiko Handa. 2500年来艾比湖的环境演变信息[J]. 干旱区地理, 2003, 26(3): 227-232.
- [6] 吉力力·阿不都万里,穆桂金. 艾比湖干涸湖底尘暴及其灾害分析[J]. 干旱区地理, 2002, 25(2): 149-154.
- [7] 杨青,何清,李红军,等. 艾比湖流域沙尘气候变化趋势及其突变研究[J]. 中国沙漠, 2003, 23(5): 503-508.
- [8] 钱云. 艾比湖沿岸生态环境的演变与保湖的重要意义[J]. 干旱区地理, 1996, 19(1): 48-52.
- [9] 闫顺. 艾比湖及周边地区环境演变与对策[J]. 干旱区资源与环境, 1996, 10(1): 31-37.
- [10] 李文化,郭江平,赵强. 新疆艾比湖荒漠生态保护区建设条件及规划[J]. 中国沙漠, 2000, 20(3): 278-282.
- [11] 黄镇,何清. 艾比湖面积的遥感气候学分析[J]. 新疆气象, 2002, 25(3): 5-6.

## 5 讨论

### 5.1 预计产生的效果

过去对艾比湖流域的沙尘天气提出的改善治理指标,多为保障年入湖水量,扩大年均湖面面积。实际直接起效果的是增大冬、春季入湖水量,扩大3~6月份湖面面积,而在其余月份,即使湖水体积再大,并不能对减少沙尘天气起直接作用。本文提出的方案,通过改变了地表入湖水量的季节分配格局,使注入的水发挥了更大的生态效益。同时,由于在引水、蓄水设施中可以减少蒸发、渗漏损失,因此大大节约了地表水资源,这必将产生明显的社会经济效益。

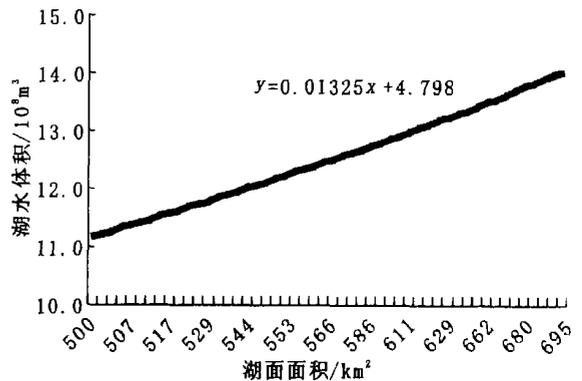


图2 湖面面积与湖水体积关系函数

### 5.2 可能存在的问题

任何人类大规模的工程行为,都会引起相应的生态环境响应;通过工程行为对水资源进行的调控,具体实施中还需注意以下问题:

(1) 如何合理利用并扩建现有水利设施。经过50年的建设,艾比湖流域建成了蓄水水库、引水干渠、各级支渠一系列完整的引水措施,2000年博、精河上游水库蓄水量超过 $2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。怎样充分利用这些水利设施并对其进行改进,使其不仅可以蓄水灌溉,还可以对湖面面积进行人工调控,是工程技术人员面临的挑战。由于平原地区气温高,蒸发渗漏强烈,且已经修建了多座水库,再建立新的水库难度较大,因此只能在河流上游的山区寻找合适的地理位置。新水库的选址以及调蓄能力的设计,需要多方面专家共同研究讨论。

(2) 方案实施后对湖滨植被、土壤造成的影响。由于水量调控改变了艾比湖湖水季节分配,这势必对其湖滨植被产生影响。夏、秋季水量被调控转移到春季,则此季节地下水位降低,湖滨植被对此做出的响应,需要进行长期观测。