

南水北调对南四湖水环境影响分析与评估

罗 辉¹, 周建仁², 郭 忠²

(1. 河海大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 山东省水利厅, 山东 济南 250013)

摘要 南四湖是山东省的重要水源地,也是南水北调东线工程的主要调蓄湖泊.随着该地区社会与经济的高速发展,南四湖也出现了诸多环境与生态问题.针对南四湖地区存在的湖泊淤积、水资源短缺、水污染及生态环境恶化等一系列问题,分析了现状南四湖水体水环境质量,并对南水北调工程实施后的水环境质量进行了预测评估.结果表明,调水将使湖区水环境质量有质的提高,退化的生态系统将得以恢复.

关键词 南水北调 南四湖 水环境评价

中图分类号 X824

文献标识码 A

文章编号 1000-1980(2005)01-0063-05

1 南水北调东线工程概况

1.1 规划布局与供水目标

南水北调工程是实现我国水资源优化配置的战略基础设施,也是一项巨大的生态工程,具有广泛的社会效益和生态效益.

东线工程是南水北调工程总体布局中的重要组成部分,其供水目标是解决调水沿线和山东半岛的城市与工业用水,改善淮北部分地区的农业供水条件,并在北方需要时提供农业和部分生态环境用水.

东线工程分三期实施.一期工程主要为苏、鲁两省供水.一期山东年需引江水量为 14.66 亿 m^3 ,三期为 34.63 亿 m^3 .山东境内南水北调干线工程分为南北、东西两大输水线路,全长 1 191 km,供水范围涉及 14 个市 107 个县(市、区),形成境内 T 字形输水大动脉,最终实现全省水资源的优化配置.

1.2 水环境治理原则与主要措施

南水北调东线主要利用现有的湖泊调蓄和河道输水.目前,这些湖泊和河道水污染相当严重,按照‘先节水后调水、先治污后通水、先环保后用水’的原则,在通水之前必须予以治理.为此,国家专门制定了《南水北调东线治污规划》.该《规划》确定以节水为基础,以治理为主线,以维持生态系统良性循环和实现社会经济可持续发展为宗旨,实行水质、总量、项目、投资、责任五位一体的治污机制,实施产业结构调整、工业综合治理、城市环境基础设施建设、截污导流与污水资源化以及流域生态恢复与保护措施,全方位强化治污工作,确保实现 2007 年输水水质达到 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅲ类水标准.

2 南四湖在东线调水中的地位

2.1 南四湖工程基本概况

南四湖位于淮河流域北部,东、西、北三面承接苏、鲁、豫、皖 4 省 32 个县(市)的来水,流域面积 3.17 万 km^2 ,是我国北方最大的淡水湖,是山东省重要的水源地.湖泊自北向南由南阳、独山、昭阳、微山 4 湖组成一体,湖泊水域面积约 1 266 km^2 ,二级坝枢纽将湖泊分为上级湖和下级湖.上级湖水域面积 602 km^2 ,兴利水位 34.2m,兴利库容 6.56 亿 m^3 ,死水位 33.0m,死库容 2.68 亿 m^3 ;下级湖水域面积 664 km^2 ,兴利水位 32.5m,兴利库容 4.72 亿 m^3 ,死水位 31.5m,死库容 3.06 亿 m^3 .湖泊盆地浅平,全湖平均水深仅 1.5m,为一平原浅水型湖泊.具有防洪、排涝、灌溉、供水、养殖、通航及旅游等多种功能^[1].

2.2 南四湖对调水资源的配置作用

南四湖是南水北调东线的必经之路,也是东线调水的调蓄湖泊。根据南水北调东线工程规划,一期工程下级湖蓄水位由 32.5 m 提高至 33.0 m,而上级湖将保持现状设计蓄水位 34.2 m,利用湖泊自身进行槽蓄。在调水期上、下级湖水流流向由原来的自北向南自然流向通过泵站提水将变为由南向北的流向。

由于南四湖的特有地理位置和水文特点,南水北调东线干线山东境内规划的调蓄水库虽然还有东平湖及新建大屯、东湖、双王城 3 座平原水库,但南四湖因紧邻调水上游地区江苏省徐州市,因此该湖泊的调蓄能力和水资源状况直接影响整个山东供水的保证率,对未来向河北、天津送水也将起到至关重要的配置作用。

3 南四湖现状问题与分析

3.1 工程防洪标准低,河湖淤积严重^[2]

南四湖湖东丘陵随山洪、径流带入大量泥沙,年径流输沙量约 609 万 t,其中入湖泥沙约 467 万 t,湖西平原排洪河道引黄退水亦带来大量泥沙,入湖泥沙约 31 万 t,年入湖泥沙总量达 782 万 t,估算年淤积量占湖泊总容量的 0.13%。随着近年来入湖水量的减少,两岸泥沙量增加,特别是近十几年鲁西平原引黄带来的泥沙,使南四湖淤积过程加快。此外,南四湖中水生植物茂盛,分布面积广,对入湖泥沙起到了很大的滞沙、促淤作用。湖中大面积莲藕基本处于自生自灭状态,轮叶黑藻、金鱼藻、菹草等大量饵料植物极少捞取利用,任其腐烂于湖中,周而复始也加速了湖泊沼泽化过程。二级坝修筑后,客观上加大了湖内泥沙淤积速度。这些因素均人为加快了湖泊沼泽化自然进程,使防洪库容逐年缩小。

围湖造田、围湖养鱼,大量围垦圈圩使南四湖的水面缩减了近 1/5。随着南四湖干涸频率的加快,围垦现象呈现愈演愈烈的局面。湖面越小越容易干涸。

南四湖堤防工程经过东调南下一期治理后,防洪标准有了显著提高,但由于湖东堤等工程尚未完全实施,加上湖泊自身淤积、围垦等因素,使工程的整体防洪能力很低,直接威胁湖区群众的生命财产安全。

3.2 水资源严重短缺,用水矛盾突出

山东省人均水资源占有量仅为全国平均水平的 17%,南四湖地区尽管为山东省水资源相对丰富地区,但其资源量仍难以满足区域经济建设发展的需求,特别是城市供水不足的矛盾十分突出。随着沿湖经济的不断发展,工农业生产和生活用水不断增加,经济高速发展和水资源供需矛盾日益突出。特别是近 20 年北方地区连续干旱少雨,水资源总量下降,加之水资源的利用率不高,用水浪费严重,使南四湖几乎成为季节性湖泊。

南四湖水资源现主要来源于降雨形成的地表径流和引黄灌溉的退水及周边排放的工业、生活污水。2002 年夏天,南四湖遭受百年不遇的特大干旱,出现湖河干涸现象,群众吃水困难,湖内生物大量死亡。

3.3 水质污染严重

随着地区工业、城市、矿区的发展,南四湖的水质受到严重污染,全区水环境质量不断下降。重要污染源涉及济宁、菏泽、枣庄和徐州 4 个地区。主要污染源可分为工业废水、生活污水、农田回流水和畜禽及水产养殖非工业点源废水。

长期监测资料表明,区内主要 13 条入湖河流均呈现程度不等的有机类型污染。依据 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》,对南四湖周边 13 个监测断面(湖区 4 个)的水质评价结果为:20 世纪 80 年代前,南四湖及其入湖支流的水质大多可达饮用水标准(按Ⅲ类水标准),1977 年和 1980 年水质达标率分别为 68.3% 和 65%;20 世纪 80 年代中期水质开始恶化,1986 年达标率为 33.3%,至 1991 年降到了 17%;20 世纪 90 年代末和 21 世纪初水质严重恶化,达标率仅 3% 左右。

目前南四湖流域大多数重点工业污染源实现了达标排放,但由于工业废水排放标准与水环境质量标准之间差异较大,因此在南四湖蓄水量较小的情况下,入湖河道的水环境污染对南四湖水体质量的影响不容忽视。对南四湖流域实行污染物的总量控制是水环境质量好转的前提。

3.4 生态环境日趋恶化

近年来,南四湖多次出现干湖现象。尤其是 2002 年,南四湖遭受了百年一遇的特大干旱,使生态环境遭到重创。同时,南四湖遭受长期的有机污染,水质恶化也严重破坏了生态环境,造成了南四湖内水生生物特别是鱼类数量的大量减少。据 1987 年济宁市科委调查,南四湖中鱼类是 8 目 16 科 78 种,到 2003 年仅为 6 目 11

科 29 属 32 种^[3]。

4 南水北调对南四湖水环境的影响评估

4.1 南四湖水体纳污量现状

根据南四湖的蓄水量及湖区内水环境污染特点,计算南四湖 COD_{Mn}和 NH₃-N 的纳污量和水体达到Ⅲ类水标准时的应削减量,计算结果见表 1。

表 1 南四湖水体纳污量及应削减量

Table 1 Pollution accepting capacity and quantity to be cut down in Nansihu Lake

年 份	蓄水量/ 亿 m ³	COD _{Mn}			NH ₃ -N		
		水质类别	纳污量/t	应削减量/t	水质类别	纳污量/t	应削减量/t
1998	12.8	Ⅳ	9 826	2 146	Ⅲ	1 003	- 277
1999	12.2	Ⅳ	9 312	1 992	Ⅳ	1 464	244
2000	7.1	超Ⅴ	7 234	2 974	Ⅴ	1 775	1 065

从表 1 看出,南四湖在不同蓄水量的情况下,有机物的年纳污量变化幅度较小,氨氮纳污量随蓄水量减小有明显增加,从污染物应削减量来看,随着蓄水量的减小,污染物的应削减量呈明显增加态势,以氨氮的削减量最为明显,说明南四湖水体的水环境质量与其蓄水量有着直接关系,即蓄水量大水质则好,蓄水量小水质则差^[4]。

4.2 不同供水保证率下水环境质量分析

以南四湖 50%,75%,95% 的供水保证率的水量为基础,根据近几年南四湖污染物质的纳污量,对不同保证率水量情况下的水环境质量进行了评价,结果见表 2。

表 2 南四湖不同供水保证率下水环境质量评价结果

Table 2 Water environment quality assessment results of Nansihu Lake under different water supply insurance coefficients

保证率/ %	COD _{Mn}				NH ₃ -N			
	1998 年	1999 年	2000 年	年均	1998 年	1999 年	2000 年	年均
50	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ
75	Ⅳ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
95	超Ⅴ	超Ⅴ	超Ⅴ	超Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ

由表 2 看出,南四湖平水年份(供水保证率 50%)水环境质量可以达到Ⅲ类水标准,枯水年份(供水保证率 75%)水环境质量可以达到Ⅳ类水标准,特枯年份(供水保证率 95%)水环境质量则仅符合或超出Ⅴ类水标准。由此可见,南四湖来水量的大小是保证水环境质量的主要原因之一。

4.3 调水对湖区水环境质量影响分析

南四湖周边河流现状污染比较严重,且流入南四湖的水量、水质变化起伏不定,从而对湖区水质产生很大影响^[5]。

调水前,必须对周边入湖河流进行治理,以减弱入湖河流对调水水质的影响。另外,还可辅以生物措施,在上级湖种植芦苇、香蒲、浮萍等挺水植物、浮叶植物、漂水植物和沉水植物,形成宽约 500 m 的水生植物带。通过水生植物带的阻滞、隔离和净化作用,将有助于调水区水质的改善。

在调水期,湖水流向将变为由南向北的流动。为分析调水后湖区主要污染物(COD)质量浓度演变趋势,建立南四湖二维流场数值模拟模型,入湖流量按照一期正常调水工况进行。即:下级湖老运河调入 $Q = 125\text{ m}^3/\text{s}$ 、不牢河调入 $Q = 75\text{ m}^3/\text{s}$,上级湖二级坝入湖 $Q = 125\text{ m}^3/\text{s}$ 。取调水入下级湖 COD 质量浓度为 20 mg/L ,湖区本底 COD 质量浓度为 40 mg/L ,各河流入湖口的 COD 质量浓度为 100 mg/L ,下级湖控制水位 31.3 m ,上级湖控制水位 32.8 m 。通过美国 SMS(Surface Water Modeling System)软件模拟计算,绘得调水后 120 d 湖区 COD 质量浓度等值线,如图 1、图 2 所示。

分析图 1 可知,调水与下级湖原湖水混合后,污染物得以稀释,在主流区 COD 质量浓度呈梯度递减,由于流速大,水体交换快,有利于污染物的输移扩散。薛城小沙河等入湖河流污、废水受调水影响,仅在入湖河口附近形成了面积很小的超标区。不牢河污、废水由于处于非主流区,交换混合不充分,入湖河口附近 COD

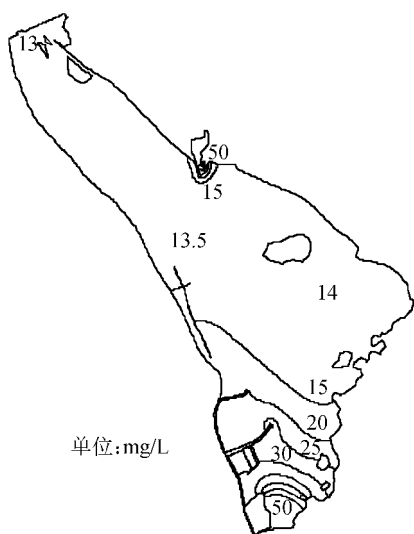


图1 调水120 d下级湖 COD 质量浓度等值线

Fig.1 Isolines of COD concentration in downstream lake by water diversion for 120 d

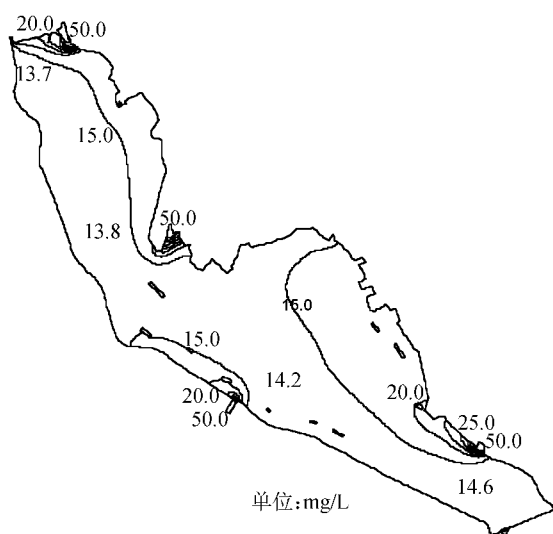


图2 调水120 d上级湖(有水生植物带)COD 质量浓度等值线

Fig.2 Isolines of COD concentration in upstream lake (with aquatic plants) by water diversion for 120 d

质量浓度较高.随着时间的推移,调水与湖水进一步稀释、混合,出下级湖浓度可保证达到入湖浓度,并且出水水质有好转的趋势.

分析图2可知,入湖河流排入的废水、从下级湖调入水与原上级湖湖水充分混合稀释,由于水生植物带的阻滞、隔离等作用,使入湖河流的污、废水不能扩散到主流区及出水口.经模拟计算,上级湖 COD 出水质量浓度可达 13.7 mg/L ,符合 II 类水水质指标.

5 两个典型年南四湖水环境分析

5.1 2002 年特旱年份生态灾害与措施

2002 年,南四湖流域降水量严重偏少,至 12 月 1 日,南四湖地区平均降雨量为 370 mm ,比常年同期锐减 48% ;总来水量只有 2.25 亿 m^3 ,仅是多年平均来水量的 10% .2002 年 7 月 15 日和 8 月 25 日,南四湖上、下级湖分别出现了最低水位,其中上级湖为历史最低水位,南四湖基本干涸,湖区生态系统遭受致命打击^[6].

2002 年 12 月 8 日,实施了从长江向湖内应急生态补水,补水流量 $30 \text{ m}^3/\text{s}$,补水总量 1.1 亿 m^3 .补水后,南四湖水面面积比补水前增加 120 km^2 ,基本满足南四湖湖区鱼类、水生植物、浮游生物和鸟类等生态链的最低用水需求,湖区生物物种得以延续,多样性得以保持,南四湖生态系统避免了一次毁灭性的破坏.这次实施应急生态补水,是南水北调工程的预演和初步尝试.

5.2 2003 年丰水年份水环境分析

2003 年是山东省有水文资料以来第二大丰水年.微山湖蓄水量达到近 20 年的最高值.通过监测,水质达到 GB 3838—2002 III 类水标准的监控断面占 71.4% ,湖区水质明显好转,湖区生态系统得以逐渐恢复.湖中各种鱼类和浮游生物明显增多,就连多年不见的微山湖四鼻鲤鱼和河鳗也都纷纷亮相,而且喜欢生长在水质良好、水位较深湖水中的小银鱼重现微山湖.每当傍晚时分,微山湖上还出现万只水鸟聚集、觅食的景象.这说明,随着湖水水质的改善,湖区生态环境得到良好恢复.

6 结 论

a. 由于自然和人为因素的影响,南四湖淤积严重,大大削弱了其防洪及蓄水调节功能,无法发挥其应有的作用.南四湖水质恶化,已危及其生态安全和湖区人民的生存安全.

b. 南四湖流域为资源性严重缺水地区,目前水资源的开发利用已超过当地水资源的承载能力.实施南水北调是解决南四湖地区水资源紧缺的一项最主要的措施,同时也可缓解水资源紧缺给该地区带来的诸多环境冲突.

c. 南四湖水环境质量与蓄水量有直接关系,加大南四湖的来水量是解决南四湖水环境质量的必要途

径.

d. 南水北调东线工程的实施,将长江水引入南四湖,加快了湖区水体的置换速度,增大了湖区的水环境容量.在实现入湖污染物总量控制的前提下,调水将使水环境质量得到明显好转,只要措施到位,可以保证向北方缺水城市输送合格的水源.

e. 南水北调东线工程的实施,湖水水位提高并趋于稳定,将彻底消除南四湖干涸的危险,退化的水生态系统得以恢复,生物多样性得以保持,必将再还一个碧波荡漾、鱼跃鸟鸣、荷花绽放、景色秀美的南四湖.

参考文献：

[1] 储德义.合理配置水资源,保护南四湖生物多样性[J].治淮,2003,6(3):10—12.
[2] 张祖陆,孙庆义,彭利民,等.南四湖地区水环境问题探析[J].湖泊科学,1999,3(5):86—90.
[3] 李传印,李殿香.南四湖鱼类物种多样性衰减原因初步分析[J].水利渔业,2003,2(2):49—50.
[4] 刘洪林,邢文洁,王素芳,等.南水北调东线输水干线南四湖水环境质量研究[J].水文,2003,8(3):49—51.
[5] 庞煜,龙腾锐,尘峰,等.南水北调东线山东段沿线水污染现状调查与分析[J].给水排水,2002,28(3):18—20.
[6] 于琪.南四湖生态补水的思考[J].中国水利,2003,1(2):48—49.

Analysis and assessment of the impact of South-to-North Water
Diversion Project on water environment of Nansihu Lake

LUO Hui¹, ZHOU Jian-ren², GUO Zhong²

(1. College of Environmental Science and Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China ;
2. Water Conservancy Bureau of Shandong Province, Jinan 250013, China)

Abstract The Nansihu Lake is an important water source in Shandong Province and is one of the main impounded lakes in the South-to-North Water Diversion East Route Project. With the development of social economy, many environmental problems have appeared in this area, such as lake swamping, shortage of water resources, water pollution, deterioration of ecosystem, etc. In this paper, the current situation of water environment quality is analyzed, and the water environment quality after the implementation of the South-to-North Water Diversion Project is predicted and evaluated. The results show that the water environment quality will be improved greatly after the water diversion, and that the degraded ecosystem will be restored.

Key words South-to-North Water Diversion Project ; Nansihu Lake ; assessment of water environment