

文章编号: 1671-6833(2005)02-0063-04

# 南水北调工程的生态环境影响评价研究

窦明, 左其亭, 胡彩虹

(郑州大学环境与水利学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 介绍了国外大型调水工程的一些经验教训, 指出在实施大型跨流域调水工程前, 进行生态环境影响分析是十分必要的。接着从生态环境的角度出发, 阐述了南水北调中线工程实施有可能带来的不利影响, 并针对不同调水方案, 重点讨论了工程对汉江中下游水环境容量和水华发生概率的影响。最后提出维护环境可持续发展的对策和建议, 从而为南水北调工程的实施提供科学依据。

**关键词:** 南水北调工程; 可持续发展; 水资源管理; 生态环境

**中图分类号:** X 522 **文献标识码:** A

## 0 引言

水资源问题是 21 世纪制约中国社会经济可持续发展的关键性因素。由于中国所处的地理位置, 从总体来看, 南方水量相对较丰沛, 而北方比较干旱。为了缓解中国北方缺水的严重局面, 南水北调工程由问题的提出、规划向实施阶段发展, 是国家在水资源合理利用与调配的重大决策和战略性基础设施。然而, 由于调水改变了流域间水资源的自然地理分布, 受水区、输水干渠沿线和水源区水文情势将发生变化, 从而会引发一系列的生态环境问题, 因此, 需要加强南水北调工程的生态环境影响研究。

南水北调工程的研究始于 20 世纪 50 年代, 历时半个世纪。长江水利委员会、黄河水利委员会、中国水利水电科学研究院等多家单位, 进行了大量的勘测、科研和规划设计等工作, 对南水北调工程实施方案也已作过多次的研究和论证。但是, 由于部门和专业的局限性, 以及迫于工程上马的压力, 生产部门更多注重工程问题, 而对因工程引起的生态环境问题却未能得到满意的答复<sup>[1~3]</sup>。本文作者针对南水北调工程可能带来的生态环境问题进行评价分析, 并探讨维护环境可持续发展的对策和建议, 从而为工程的实施和安全运行提供科学依据。

## 1 国外大型调水工程的启示

大型跨流域调水工程在国际上已有许多成功

经验, 也有一些教训。如美国最大的调水工程加利福尼亚州调水工程、俄罗斯的北水南调计划、印度的北水南调工程、墨西哥的南水北调工程以及加拿大的丘吉尔河引水工程等。大型调水工程的出发点是, 为了缩小水资源空间差异, 缓解缺水地区水资源供需矛盾、人为合理分配水资源, 使水资源充分发挥效益。

调水带来的好处是不言而喻的。美国西部素有干旱“荒漠”之称, 由于修建了中央河谷、加州调水、科罗拉多水道和洛杉矶水道等长距离调水工程, 在加州干旱河谷地区发展灌溉面积 140 多万公顷, 使加州发展成为美国人口最多、灌溉面积最大、粮食产量最高的一个州, 洛杉矶市跃升为美国第三大城市。

然而, 有时由于调水工程巨大, 涉及社会、经济、环境和技术等多方面问题, 特别是难于预见的生态环境问题, 可能会给人类带来危害甚至是灾难。俄罗斯北水南调工程, 以亚洲地区 8 条流入北冰洋河流的总水量 19 500 亿  $m^3$  作设计依据, 即调出水量为其 1%~3%, 看来水量似乎不多, 不料工程竟造成原流入喀拉海的淡水量和热水量减少, 影响了喀拉海水温、积水、含盐量、海面蒸发以及能量平衡。还导致极地冰盖扩展增厚, 春季解冻时间推迟, 地球北部原本短暂的生长季节, 也将再度缩短半个多月, 西伯利亚大片森林遭破坏, 风速加大、春雨减少、秋雨骤增, 严重影响了农业生态环境。同时也使北冰洋海域通航条件变差, 大马哈鱼等鱼产减少, 而且还将潜在地影响着当地乃至

收稿日期: 2004-09-10; 修订日期: 2004-12-20

基金项目: 河南省自然科学基金资助项目(311021600)

作者简介: 窦明(1975-), 男, 山东省淄博市人, 郑州大学讲师, 博士, 主要从事水文水资源及环境方面的研究。

全球的气候.

由此可见,合理实施跨流域调水计划有助于水资源的充分利用和改善生态环境;相反,不但不能达到预定的目标,反而会遭到大自然的报复.目前,国外对大型调水工程都已采取非常审慎的态度,在规划新的调水工程时,必须考虑其对环境和经济的影响,如北美水电联盟计划因工程规模浩大,对生态环境破坏力强而最终被搁浅.相比之下,建立节水型工农业,减少无效灌溉,同样可以获得数以亿计的经济效益,而且不致破坏生态平衡,现已被多数发达国家所采纳<sup>[4]</sup>.

## 2 南水北调工程引发的生态环境问题

(1) 对汉江中下游水环境容量的影响.由进入汉江的污染源调查资料分析可知,汉江水污染类型以有机污染和富营养化污染为主.本文选取常用来反映河流有机污染的指标——高锰酸盐指数( $COD_{Mn}$ )作为水环境容量的评价指标,同时建立河流一维水动力学—水质耦合模型,分别计算现状(2000年)、中线调水 $145\text{亿m}^3$ 、中线调水 $145\text{亿m}^3$ 加引江济汉补偿三种情况下汉江中下游沿江城市的最大允许排污量,后两种情况与现状情况的差值即为中线调水工程对汉江中下游水环境容量的影响值.经计算得出:中线调水 $145\text{亿m}^3$ 将使汉江中下游总的水环境容量减少 $10.92\text{万t/a}$ ,损失率为 $32.4\%$ ;如在调水 $145\text{亿m}^3$ 的同时实施引江济汉工程,则潜江以下江段的水环境容量损失得到较大程度的减少,总的水环境容量损失将是 $8.35\text{万t/a}$ ,损失率为 $24.75\%$ .由此可见,中线调水后汉江中下游的水环境容量将有一定程度的减少,水体自净能力降低.

(2) 对汉江中下游水体富营养化问题的影响.近年来,汉江中下游水体富营养化问题逐年加剧,最突出表现在20世纪90年代发生的3次严重水华现象上.经研究发现,导致水华发生的主要原因为:汉江中游进入城区的排污量日趋严重,藻类生长所需的氮、磷等营养物质严重过量(水质因子);春季气温偏高,阳光充足(气候因子),水流情势变化,汉江水枯同时长江水位增高使汉江流速变缓(水文因子)<sup>[3]</sup>.

本文作者建立了汉江水华发生概率计算模型.该模型包括水体富营养化模型<sup>[6,7]</sup>、河流一维水动力学模型以及随机数生成模型组成.它可以模拟汉江水华发生的机理,并对诱发水华的各种因子进行随机抽样组合,求出调水后汉江水华的发

生概率.计算思路为:首先,针对诱发水华的各种因子,建立历年水质、气候、水文资料样本集合,其中水文集合又分为汉江流量和长江水位两个控制因子,而汉江流量则包括现状情况下、调水 $145\text{亿m}^3$ 、调水 $145\text{亿m}^3$ 加引江济汉补偿3种方案;其次,采用混洗线性同余数法生成 $[0, 1]$ 区间上均匀分布的随机数 $N=50\ 000$ ,通过随机数对上述样本集合进行随机组合,并以此作为河流一维水动力学模型和富营养化动力学模型的输入,然后计算各断面水质变化过程;最后,根据水华判别标准计算南水北调中线工程调水前后汉江水华发生的概率<sup>[3]</sup>.

经计算得出:在现状的水文条件下,汉江水华的发生概率为 $9.2\%$ ;而调水 $145\text{亿m}^3$ 后水华发生的概率为 $13.6\%$ ,这预示着中线调水 $145\text{亿m}^3$ 方案的实施将加重汉江中下游富营养化问题,导致水华发生概率增加;调水 $145\text{亿m}^3$ 加引江济汉补偿使水华的发生概率降为 $1.3\%$ ,这说明引江济汉工程能极大地减少水华的发生概率,减免南水北调中线工程对汉江中下游带来的不利影响.

(3) 对汉江中下游水生生物与鱼类资源的影响.丹江口水库大坝加高调水后,水库下泄水量减少,使河道水位下降,流速减缓,部分河道变窄,水生生物栖息空间相应缩小,部分生物如绿藻、硅藻,其生物量将大大提高,而生物多样性下降.由于弃水减少,坝下河段水位变幅较小,5~6月份鱼类所需涨水过程消失,加之泄水低温影响,产漂流性卵的鱼类所需水文条件将很难满足,使得丹江口至襄樊河段主要鱼类产卵场大多会消失,襄樊以下中游河段因支流南河、唐白河等水的汇入,可形成少量鱼类繁殖的小规模范围的产卵场所,其产卵期也将相应推迟月余,产卵期间也将缩短.同时,水库水温分层特性更为明显,下泄低温水对汉江中下游四大家鱼产卵将带来不利影响.

(4) 对汉江中下游航道及灌溉的影响.现状条件下,汉江中下游碍航浅滩,枯水通常达不到设计水深,即使不调水,枯季汉江中下游通航条件也不好.调水后,枯水季节加长,中水流量减少,通航保证率降低,同时,流量变化过快,落水冲刷期缩短,碍航程度增加.对灌溉的影响主要表现在同流量下的保证率降低,如保证率 $50\%$ 条件下调水后比调水前绝对值减少 $518\sim 643\text{m}^3/\text{s}$ ,同时水位下降,引水条件恶化,引水量减少.

(5) 对长江河口咸水入侵的影响.长江口的咸水入侵在天然情况下已比较严重,南水北调东、中、西三线工程全部实施后,总调水量为 $380\sim 480$

亿 $m^3$ /年,约占长江口平均年径流量的5%,在平水年份,工程不会对下游产生明显影响,枯水年份调水会加剧长江口南支下段的咸水入侵,对崇明岛水资源利用将有一定影响,特别是今后随着沪崇苏大交通的建设,海岛片的需水量可能将大幅度增加,因此有必要规划相应的对策。

(6) 对长江河口泥沙淤积的影响.南水北调工程将使河流来沙中的悬移质泥沙大幅度减少,导致河床不稳定,槽、滩之间的泥沙交换更加频繁.调水对长江口水沙过程的影响将导致拦门沙滩顶位置内移、航槽冲淤平衡格局重置、河口泥沙运动及河槽演变调整等.除了流域调水总量外,调水比和调水方式也会对河口沉积过程产生影响,可能使河口三角洲的淤涨速度减缓,甚至转为侵蚀。

(7) 对长江河口及临近海域水生生物的影响.长江冲淡水携带大量泥沙、营养盐、污染物等输送入海,对长江河口、黄东海的生态环境产生深远的影响.南水北调工程将减少长江入海径流量.冬季的长江冲淡水在一狭窄带内沿浙江海岸向南扩展.夏季时,径流量大,冲淡水主要朝东南扩展,向外扩展范围大;若径流量小,则主要朝东北扩展,向外扩展范围小.南水北调工程对来水来沙的减弱作用将削弱对河口区营养盐和痕量物质的稀释、吸附作用,东线调水使扬州至长江口江段的污染物以更高浓度进入河口,如无相应的污染控制措施,将对河口生态系统及其生物多样性产生严重的影响.水中悬移质泥沙的减少将改变目前悬沙对初级生产力的生长限制作用,加上水体中过剩的营养盐,将导致赤潮的发生率上升,严重威胁长江口的渔业资源现状及生物多样性。

### 3 可持续发展建议与对策

南水北调工程浩大,要充分考虑各种不利因素,确保工程建立在节水、治污和生态环境保护的基础上,努力把可能造成的影响减少到最低限度,使南水北调工程成为可持续发展工程。

(1) 实施南水北调工程,必须坚持开源节流并重、节水优先的原则.我国北方地区缺水是事实,但是缺水的主要原因是水资源的不合理利用以及对水资源的破坏和浪费.在我国不少地方一方面水资源十分紧缺,一方面水的浪费现象也十分严重,许多农田仍是大水漫灌,工业用水重复利用率很低,城市供水和使用过程中跑冒滴漏的现象相当普遍.以缺水著称的西北地区,人均年用水量为 $850 m^3$ ,比全国人均用水量几乎高出一倍.落

后的灌溉方式、粗放的管理,使西北地区农业用水的有效利用率只有30%~40%,而发达国家则达到70%~80%.同样,工业万元产值的平均用水量 $182 m^3$ ,高的在 $200\sim 300 m^3$ 以上,比全国平均水平高出1~3倍.而节水工程却有很大潜力可控;据专家测算,如果我国农业用水的利用率提高10个百分点,则将意味着每年可节水400亿 $m^3$ ,相当于东线、中线工程调水之总和.这个数字已超过了正常年份农业灌区300亿 $m^3$ 的缺水量,是正常年份城市缺水量60亿 $m^3$ 的近7倍.因此,在加紧组织实施南水北调工程的同时,要大力开发北方水资源潜力,争取多节水、少调水;要采取强有力的措施,加强水资源管理,绝不能出现大调水、大浪费的现象。

(2) 实施南水北调工程,必须切实重视水污染防治工作.必须强调先治污,加大水污染防治力度,大力推进污水的资源化和再利用.必须高度重视对工程水源区的生态环境保护,通过治理点源污染,减少进入丹江口库区的污染负荷;加强库区上游水土综合治理,控制面源污染.明确汉江中下游水环境容量补偿标准,研究中下游水质综合改善措施.加强沿江城市生态环境建设和污染治理工程,严格执行污染物总量控制和排污许可制度;加强支流污染治理,确保抵达长江口的水质维持在三级水以内。

(3) 合理制订渔业发展规划.逐步建设丹江口水库渔业设施,恢复和发展渔业生产能力,为保护水库水质,合理布设网箱养鱼.在陶岔渠首适宜地段建设拦鱼设施,减少鱼类资源流失.建立人工放流站,补偿因大坝加高引起的鱼类产卵场淹没和低温水下泄对鱼类资源的影响.完善和强化渔业管理机构,保护鱼类产卵场及幼鱼。

(4) 施工合理布置.施工总体布置应节约用地,尽量利用荒地、坡地、滩地,不占或少占良田.渠道建筑物与渠道施工,应统一规划土石方的平衡,尽量减少弃土量,在不影响排水泄洪的情况下,利用山沟、荒地、河滩堆渣,以减少占用耕地面积.结合工程建设,加强总干渠沿线水土保持工作。

(5) 加强用水管理,合理利用水资源.加强地下水人工补给,提高地表径流利用率,使区域生态环境逐步向良性循环方向发展,地下水动态平衡得以恢复.建立流域环境生态监测站,加强对饮用水源水质、水生生物多样性、汉江水华、长江口赤潮、河口来沙来水、潮滩冲淤动态、冲淡水动态等

的监测,建立相关数据库,以备今后的模型建立、前景预测、方案调整等.在南水北调工程进行的同时,加强对长江口自然湿地的保护,减少围海强度,在某些区段,进行一些湿地保育和重建的生态工程,保证在长江口有一定的湿地面积和相应的环境功能.在水量分配规划中,适度考虑生态环境要求,改善受水区生态环境状况.灌溉科学化及干、支渠防渗,防止土壤盐渍化.

(6) 南水北调东、中、西三线要实行统筹调度、统一管理,要做到调水、用水、治污、环保一手抓,既不能影响国家整体利益,也不能对水源区的生态环境造成重大破坏.各线工程要相互兼顾,合理调配水量,对突发性水污染问题及早做好应急准备,将损失减少到最小.如东线工程,为了避免在枯水期加剧长江口的盐水入侵,可将大通流量  $12\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$  作为控制南水北调东线调水的临界流量,适时地对东线调水进行优化调度,在大通流量  $10\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$  时,严格控制或停止东线调水.如遇长江枯水年,建议三峡水库蓄水期提前一个月,即9月开始,延至10月、11月、12月维持天然下泄水量.同时,南水北调东线所经过的洪泽湖、骆马湖、南四湖和东平湖在9、10月引江水储蓄,以备苏、皖、鲁及天津市的用水,枯水期减少江水抽引量,采取避让措施.对于中线工程,为了防止汉江中下游水华的发生,建议以仙桃流量  $500\ \text{m}^3/\text{s}$  为警戒流量,在枯水期2~4月份,当水量低于此标准时,可通过控制中线调水,增加丹江口水库下泄流量等措施来预防水华的发生.

#### 4 结束语

南水北调工程是一个跨时间、地域的大规模

调水工程,由它引起的生态环境影响是一个极为复杂的问题,其影响后果通常显现有一定滞后过程.因此,在工程实施之前,必须周密规划,科学论证,优化选取.对可能遇到的各种生态环境问题要深入研究,找出其中各系统之间的相互关系及影响规律,并提出合理的评价系统.同时,根据国家的经济能力和需水增长情况,全面安排,分步实施.只有这样,对南水北调工程的生态环境影响认识、评价及对策,才能更完善.

#### 参考文献:

- [1] 黄真理,傅伯杰,杨志峰.21世纪长江大型水利工程中的生态与环境保[M].北京:中国环境科学出版社,1998.
- [2] 刘昌明,沈大军.南水北调工程的生态环境影响[J].大自然探索,1997,(16):1~6.
- [3] 畅军庆,张荣南.南水北调湖北库区水环境现状及问题分析[J].环境科学与技术,1997,(2):1~4.
- [4] 汪达论.国外跨流域调水工程对生态环境的影响与发展趋势[J].环境科学动态,1999,(3):28~32.
- [5] 窦明,谢平.汉江水华问题研究[J].水科学进展,2002,(5):557~561.
- [6] 夏军,窦明.汉江富营养化动态模型研究[J].重庆环境科学,2001,(1):20~23.
- [7] ROBERT A. Hydrodynamic and Water Quality Model Theory, User's Manual, and Programmer's Guide B[R]. USEPA: Environmental Research Laboratory, 1991.
- [8] 窦明,谢平.南水北调中线工程对汉江水华影响研究[J].水科学进展,2002,(6):714~718.

### Assessment of Influence of Water Transfer Project from South to North on Ecological Environment

DOU Ming, ZUO Qiting, HU Caihong

(School of Environmental & Hydraulic Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** This paper introduces some experiences and lessons of overseas large scale water transfer projects, and indicates that it is necessary to analyse the ecological environment influence brought by the project before it is implemented. Then in view of ecological environment, the unfavorable influences caused by water transfer project from south to north are expounded. And with aim at the different schemes, the influence of the project on water environment capacity and probability of algae bloom occurrence in the middle and lower reaches of Hanjiang river is discussed in detail. Finally this paper lists some suggestions on the sustainable development of the environment from which the water transfer project from south to North can benefit.

**Key words:** water transfer project from south to north; water resource management; sustainable development; ecological environment