

# 南水北调东线工程江苏段水污染防治对策研究

阮晓红, 朱维斌

(河海大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210098)

**摘要** 进行南水北调东线工程水污染防治对策的研究, 根据调水线路人工调控的水流特性, 进行了一定设计条件下的水环境容量计算及可利用性分析, 在此基础上提出了各项水污染防治工程措施, 确保南水北调东线工程为送清水工程。

**关键词** 南水北调工程; 东线调水工程; 水环境容量; 水污染控制

**中图分类号** :X522      **文献标识码** :A      **文章编号** :1000-1980(2002)06-0079-04

## 1 南水北调东线江苏段调水工程

### 1.1 工程概况

南水北调东线工程是在江苏省江水北调工程现状(抽取长江水  $400 \text{ m}^3/\text{s}$ )基础上扩大规模和向北延伸的。调水工程从长江下游扬州附近抽取长江水, 利用京杭大运河及与其平行的河道为输水主干线和分干线逐级提水北送, 并连通作为调蓄水库的洪泽湖、骆马湖、南四湖、东平湖, 在位山附近经隧洞穿过黄河后自流到天津。南水北调东线工程分为一期(应急)工程、二期工程、远期工程。

### 1.2 输水线路

输水线路在江苏境内穿越扬州、淮安、宿迁及徐州 4 市, 采用双线或三线并联河道输水。具体输水线路安排如下:(a)从长江至洪泽湖, 由三江营抽引江水, 分运东和运西两线, 分别利用里运河、三阳河、苏北灌溉总渠和淮河入江水道送水。(b)洪泽湖至骆马湖, 采用中运河和徐洪河双线输水, 新开成子新河和利用二河从洪泽湖引水送入中运河。(c)骆马湖至南四湖, 有 3 条输水线:中运河—韩庄运河、中运河—不牢河和房亭河。

## 2 输水线路水环境问题分析

### 2.1 水质现状

根据 2000 年的水质常规监测资料, 选择高锰酸盐指数、DO、氨氮、挥发酚、总氰化物、总砷、总汞、总镉、六价铬、总铅、石油类等 11 项评价因子。对于湖泊水体, 增加总磷、总氮 2 项指标。根据各水体所属功能区类别, 采用《地表水环境质量标准》(GB3838—1999)进行水质现状评价。

评价结果表明, 南水北调源头长江水源地嘶马段水质较好, 六圩—瓜洲段石油类超标, 最大超标倍数 1.3 倍。输水干线京杭运河全程氨氮、石油类超标, 淮安境内、徐州境内  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  超标, 一般远离城区段水质较好, 城区段水质较差。输水湖泊总磷、总氮超标; 一般的相交河流水质劣于输水干线水质, 主要超标因子为氨氮、 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 、石油类, 局部河段受工业污染源影响, 重金属离子超标。

### 2.2 污染物现状排放量

根据城镇及农村生活污染源排放当量及污染负荷流失率、各市县环保局工业污染源排放量统计, 2000 年各地区及输水干线京杭运河的污染负荷统计结果表明, 4 个行政区 2000 年  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  排放总量为 87.9 万 t, 其中点源排放量为 19.7 万 t;  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  入河排放量为 36.2 万 t, 其中点源排放量为 19.7 万 t。京杭运河控制单元 2000 年  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  排放总量为 19.2 万 t, 其中点源排放量为 4.9 万 t;  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  入河排放量为 6.9 万 t, 其中点源排放量为 4.0 万 t。  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  入河污染负荷中生活污水及工业污水占总量的 58.2%, 氨氮入河污染负荷中农业面源占总量的 77.8%。

直接进入调水线的重点工业污染源排放口有 87 个,主要入河排污口有 47 个。

### 2.3 污水处理现状

规划范围内城市生活污水处理普遍滞后,据 2000 年统计,目前扬州市、淮安市、宿迁市、徐州市仅建有集中式污水处理设施 5 座,总处理能力 22.8 万 t/d。

工业污水实施达标排放以来,除个别困难企业外,各城市排污企业均建设了厂内污水处理设施,在正常运转时,工业废水基本达标排放。

### 2.4 规划区主要环境问题分析

由水环境现状评价及污染源构成分析,目前南水北调东线工程江苏段水环境问题反映在如下几个方面:

a. 以 12 项水质指标对南水北调东线工程江苏段进行水质现状评价,表明目前输水线路中大部分区段的水质不符合调水的水质要求,主要超标因子为氨氮、石油类、 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 、DO、挥发酚。水环境总体状况为距离城市较近的水域水环境状况较差,远离城市的水域水环境状况较好。

b. 南水北调东线调水水质要求应达到国家地表水环境质量标准Ⅲ类水,而输水线局部河段原功能区划的要求为地表水环境质量标准Ⅳ类水,功能区要求的提高,对总量控制提出了更高要求。

c. 各城市污水处理厂资金筹措困难,投入不足,污水集中处理水平低,集中处理率仅达到 15% 左右,县级市生活污水基本未经处理,直接排入城市下水道后进入地表水体。

## 3 调水线水文特征及水环境容量

### 3.1 调水线水文特性分析

京杭运河在江苏境内所经区域绝大部分属于淮河流域。为了解决江苏苏北地区严重缺水的状况,自 1963 年建成江都抽水站以来,经过近 40 年的不断建设,已初步建成以江都水利枢纽为起点、以京杭大运河苏北段为骨干输水河道的江水北调工程,及淮水北调和江水东引工程,形成了一个比较完善的跨流域供水网络,江水、淮水可以实行联合调度,输水河流完全处于人工调控的状态。以京杭运河为例,河流自然流向由北向南,人工调控由南向北,局部河段滞流。

### 3.2 调水线水环境容量计算的设计水情确定

由于京杭运河苏北段完全处于人工调控状态,水流状态由闸、抽水站控制,考虑到向北方(上游)调水是今后的主流态,要回答的问题也是调水水质是否能达到目标要求,因此,对运河水质评估的重点放在调水状况下。因此,水环境容量计算借用江苏江水北调历史资料,设计水量以多年平均调水量的河道流量分布为依据,具体见表 1。

为了实现水资源的空间调配,京杭运河一线设置了大量的水利控制工程,河道水流状况复杂,沿线除了水闸、抽水站外,大型的水利枢纽有淮阴、淮安枢纽。分析京杭运河各水文测站逐日流量分布响应特征及水利工程分布状况,将输水干线京杭运河分扬州至淮安段、宿迁至徐州段分别建立水量、水质模型。

表 1 江水北调调水水量统计

保证率	抽江水 400 亿 $\text{m}^3$	入洪泽湖 300 亿 $\text{m}^3$	出洪泽湖 230 亿 $\text{m}^3$	入骆马湖 200 亿 $\text{m}^3$	出骆马湖 200 亿 $\text{m}^3$	入下四湖 150 亿 $\text{m}^3$	出江苏省 125 亿 $\text{m}^3$
20%	18.5	14.6	35.2	29.8	48	31.7	15.7
50%	50.6	41.8	61.3	50.1	40.1	25.9	12.5
75%	100.5	81.5	39.1	33.1	17	10.8	3.6
95%	112.9	89.9	6	4.4	0	0	0
多年平均	66.37	54.03	46.60	38.74	35.76	22.21	10.20

### 3.3 调水情况下水环境容量估算

#### 3.3.1 计算方法

水环境容量是指水域使用功能不受破坏条件下,接纳污染物的最大数量。通常将给定水域范围、给定水质标准、给定设计条件下水域的最大容许纳污量作为水环境容量<sup>[1]</sup>。

对同一个水功能区划相应的河段而言,污染物排放口通常是不规则地分布于河流的不同断面,功能区水流断面的浓度是将所有排污口产生的浓度进行叠加得到,但考虑到此项工作的复杂性及规划本身的要求,可

将排污口在功能区内的分布加以概化,这种概化是认为污染物排放在同一功能区沿河均匀分布,此概化实际上体现了污染物分布的一种平均状况,对某一河段也许存在一定偏差,但却综合反映了若干河段污染物排放的一种平均状态,也可将污染源概化在河道起始断面或中心断面等,据此可推算一维河道的纳污能力。

环境容量由稀释容量及自净容量两部分组成,综合比较各类环境容量计算方法<sup>[2~4]</sup>,当污染物量呈非线性衰减情况时,水环境容量计算采用如下公式<sup>[5]</sup>:

$$W = (Q + q)C_s - QC_0 + (Q + q)C_s[1 - \exp(-KL/U)]$$

式中:W——环境容量;Q——起始断面流量;q——沿程进入的流量; $C_0$ ——起始段的污染物浓度; $C_s$ ——环境质量标准;K——衰减系数;L——计算河段长度;U——计算河段平均流速。

### 3.3.2 计算参数及成果

考虑河段概化情况,水环境容量的计算按行政区段估算,由于水环境容量的利用主要是人们的生产、生活活动区,因此,容量计算河段长度的取值,中心市取10 km,县级市取5 km;水量设计条件取江水北调多年平均的调水水量分配过程,水质设计条件按功能区达标条件确定, $C_s$ 取《地面水环境质量标准》(GHZB1—1999)中Ⅲ类, $C_0$ 取《地面水环境质量标准》(GHZB1—1999)中Ⅱ类。根据实测资料及模型推算U和K值,计算参数的取值见表2。计算得平均调水流量下,扬州、淮安、宿迁、徐州的水环境容量 $COD_{Cr}$ 分别为7994.8、4656.9、4571.4、8391.4 t/a。

表2 水环境容量计算参数

Table 2 Calculation parameter of water environmental capacity

行政区	入流断面流量 ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	出流断面流量 ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	平均流速 ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	降解系数 ( $d^{-1}$ )	区段长度 (km)	入流断面浓度 ( $mg \cdot L^{-1}$ )	出流断面浓度 ( $mg \cdot L^{-1}$ )
扬州	204.20	173.80	0.80	0.137	10	15	20
淮安	147.80	136.40	0.70	0.137	10	15	20
宿迁	136.40	125.30	0.65	0.137	10	15	20
徐州	106.90	76.70	0.30	0.137	10	15	20

## 3.4 水环境容量可利用性分析

a. 扬州段由于枯水年份抽水量较大,而扬州市段本身用水量并不大,所以,随着设计保证率的增加,抽江后河道行水量的增加,水环境容量增加。

b. 在淮安区段,因为调用了洪泽湖的调蓄水量,区间的流量变化较大,随着不同保证率下调水流量的变化,水环境容量也是变化的。由于淮安及淮阴枢纽的调控作用,在淮安、淮阴区段京杭运河的流向从扬州的里运河段经苏北灌溉总渠进入调蓄湖泊洪泽湖,再从二河进入京杭运河,因此,京杭运河淮安局部区段水流是滞流的,建议淮安区段京杭运河的环境容量为不可利用的容量。

c. 在宿迁区段,水环境容量的变化规律与淮安段相同。

d. 在徐州区段,随着区间用水量增加,水环境容量减少。

另外,由于调水的流量将根据供水区水资源的需求而变化,环境容量也将随不同的运行状况而变化,因此是一个不确定的量。由于本规划为一期(应急)工程所做,所以采用多年平均调水工况下的水环境容量为水污染控制工程规划和水环境目标管理的依据。

## 4 水污染治理方案及调水水质目标可达性分析

### 4.1 水质保护的策略及工程项目规划

南水北调东线工程水污染治理规划目标为保证受水区域城镇水源地水质达到国家地表水环境质量标准Ⅲ类水要求,根据水环境现状分析及总量控制要求,总量控制指标为 $COD_{Cr}$ 。

规划研究以淮河流域水污染防治规划为基础,建立水体质量、排污总量、治污项目、工程投资四位一体的规划指标体系,其核心是水环境质量达国家地表水环境质量标准Ⅲ类;

治污对策研究以治污水、回用水、输尾水、送清水为基本方针,将淮安及徐州地区作为水环境综合整治的重点,以水环境容量为依据,提出了包括城市污水处理厂建设、截流导污治理工程、工业污染源治理、船舶污染物控制工程、生态工程建设及输水线监测点的自动控制和信息化系统建设等污染治理工程项目,工程投资

总额 602 536 万元,一期投资 352 840 万元(占 58.6%),二期投资 249 696 万元(占 41.4%)。

#### 4.2 调水水质目标可达性分析

利用多年平均调水工况下的水环境容量进行调水水质目标可达性分析,对照京杭运河工业及生活污水的  $COD_{Cr}$  排放量、治污工程  $COD_{Cr}$  的削减量,一期治污工程实施后,规划范围内城市  $COD_{Cr}$  的平均削减率可望达到 48.8%;二期治污工程实施后, $COD_{Cr}$  的平均削减率可达到 65.0%。各行政区段应削减的  $COD_{Cr}$  统计见表 3。由统计结果可知,徐州地区应进一步加强  $COD_{Cr}$  的削减,才能保证输水水质全线达标。

表 3 京杭运河局部河段应削减的  $COD_{Cr}$  量

Table 3  $COD_{Cr}$  reduction in the Great Canal

t/a

行政区	年份	$COD_{Cr}$ 总排放量	污水处理厂削减后 $COD_{Cr}$ 排放量	环境容量	应削减的 $COD_{Cr}$ 量
扬州市	2000	7 544.86		7 994.8	0.00
	2005	8 752.04	4 481.04	7 994.8	0.00
	2010	10 414.92	3 645.22	7 994.8	0.00
淮安市	2000	3 016.00		4 656.9	0.00
	2005	3 169.20	1 853.03	4 656.9	0.00
	2010	4 270.66	1 494.73	4 656.9	0.00
宿迁市	2000	7 364.30		4 571.4	0.00
	2005	8 100.73	4 147.57	4 571.4	0.00
	2010	9 234.83	3 232.19	4 571.4	0.00
徐州市	2000	23 759.00		8 391.4	15 367.60
	2005	27 798.03	14 232.59	8 391.4	5 841.19
	2010	32 523.69	11 383.29	8 391.4	2991.89

## 5 结 语

本研究结合污染物总量控制的基本理论和方法,针对人工调控河流的水情特殊性,提出对运河水质评估的重点放在调水状况下,设计水量选取多年平均调水量的河道流量分布。

污染治理工程以水环境容量和总量控制为依据,对河道环境容量进行了可利用性分析,提出了入河排污口调整、城市和工业废水治理、必要的导污工程等水污染控制工程方案,提出了总量控制的目标和要求,同时评估了水污染治理工程效果,建议徐州地区应进一步削减入河污染负荷。

#### 参考文献:

- [1] 夏青. 流域水污染物总量控制[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996. 170~173.
- [2] 蒲迅赤, 赵文谦. 纳污河道环境自净容量的精确计算方法[J]. 四川大学学报, 2001, 33(1): 1~4.
- [3] 韩龙喜, 朱党生, 姚琪. 宽浅河道纳污能力计算方法[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2001, 29(4): 72~75.
- [4] 胡丙清. 旅游环境容量计算方法[J]. 环境科学研究, 1995, 8(3): 20~24.
- [5] 方子云. 水资源保护工作手册[M]. 北京: 水利水电出版社, 1996. 352~357.

## Measures for prevention of water pollution in Jiangsu section of South-to-North Water Transfer East Line Project

RUAN Xiao-hong, ZHU Wei-bing

(College of Environmental Science and Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

**Abstract:** In consideration of the water pollution along the east line of the South-to-North Water Transfer Project, according to the water flow characteristics by artificial regulation along the water diversion route, a study is performed on the measures for water pollution prevention. Besides, the water environmental capacity is calculated, and its usability is analyzed under a certain design condition. Based on the research, some measures are put forward, ensuring the water quality along the east line of the South-to-North Water Transfer Project.

**Key words:** South-to-North Water Transfer Project; east line water transfer project; water environmental capacity; water pollution control