

DOI:10.3969/j.issn.1004-6933.2014.01.001

基于TMDL模式的南水北调东线一期工程治污成效分析

郭鹏,任静

(国务院南水北调工程建设委员会办公室,北京 100038)

摘要:结合南水北调东线一期工程治污历程,对东线一期工程治污成效进行了述评。分析东线一期工程污染特征和治理难点,比较我国总量控制理念与美国流域水污染控制TMDL模式的差异,指出在东线一期工程治污规划实施中,以控制单元为基础,在保留安全余量的前提下,逐步构建和完善了点、线、面与内、外源及全方位、多层面的“全防全控”污染防控体系,总体上与TMDL模式相契合,探索出了一条适合南水北调东线工程实际的治污道路,取得了明显治污成效。2012年东线一期工程沿线主要污染物入河量达到规划控制目标要求,并自2012年11月起黄河以南段水质首次全部达到规划目标后,逐步趋于稳定,为2013年东线一期工程通水奠定了坚实基础。

关键词:南水北调东线工程;水污染防治;总量控制;TMDL模式;治污成效

中图分类号:X32

文献标志码:A

文章编号:1004-6933(2014)01-0001-07

Analysis of achievements in pollution prevention and control during first stage of Eastern Route of South-to-North Water Diversion Project based on TMDL model

GUO Peng, REN Jing

(Office of the South-to-North Water Diversion Project Commission of the State Council, Beijing 100038, China)

Abstract: With consideration of the experience in water pollution control during the first stage of the Eastern Route of the South-to-North Water Diversion Project (SNWDP), an overview of the achievements in water pollution control during the first stage of the Eastern Route Project is provided in this paper. The pollution characteristics and the difficulties in controlling the pollution during the first stage of the Eastern Route Project are analyzed. The concept of total amount control, accepted in China, is compared with the TMDL model adopted in the United States. During the planning and implementation of pollution control during the first stage of the Eastern Route Project, a point-line-plane, internal and external, integrated, and multi-faceted comprehensive prevention and full control system was constructed and improved on the basis of the control unit while maintaining a margin of safety. This system is in accordance with the TMDL model on the whole, and it provides a suitable method of pollution prevention and control along the Eastern Route of the SNWDP. There have been significant achievements in pollution control. In 2012, the main pollutants flowing into rivers during the first stage of the Eastern Route of the SNWDP met the planned control requirements. Since November of 2012, the water quality in the river section to the south of the Yellow River has met the planned requirements for the first time and tended to be stable afterwards, providing a solid foundation for the first stage of the Eastern Route Project in 2013.

Key words: Eastern Route of South-to-North Water Diversion Project; water pollution prevention and control; total amount control; TMDL model; pollution control achievements

2002年12月27日,举世瞩目的南水北调东线一期工程开工建设。按照党中央、国务院提出的“先节水后调水,先治污后通水,先环保后用水”这一“三先三后”要求,东线工程沿线掀起了声势浩大

的向污染宣战的治污大会战。

10年来,在国务院有关部门的大力支持下,经苏、鲁两省不懈努力,东线一期工程治污取得了显著成效,2012年东线一期工程沿线主要污染物入河量

达到规划控制目标要求,并自 2012 年 11 月起,东线一期工程黄河以南段的水质首次全面实现规划目标后逐步趋于稳定,为 2013 年东线一期工程通水奠定了坚实基础。

由于东线一期工程沿线一度污染十分严重,在规划论证和工程建设过程中,工程沿线的水质及治污工作备受社会各界的普遍关注。治污伊始,许新宜等^[1-2]专家及学者对东线沿线水质进行了研判,实施过程中马登月等^[3-4]对沿线排污情况及重点区域排污对水质的影响进行了分析,张树麟等^[5]对东线江苏段治污成效进行了评价,谢刚等^[6]对东线工程山东段治污采取的小流域综合治理思路与美国流域水污染控制 TMDL(total maximum daily loads)计划进行了对比。笔者尝试着通过分析 TMDL 模式,比较我国总量控制理念与美国流域水污染控制 TMDL 模式的差异,结合南水北调东线治污历程,对东线一期工程治污成效进行分析,以期揭示 10 年治污变化,为其他重点流域水污染防治工作提供借鉴。

1 南水北调东线一期工程污染特征

1.1 结构性污染问题突出,呈复合型和压缩型特点

南水北调东线一期工程利用京杭大运河及其平行河道输水和沿线湖库作为调蓄,与周边河流平交;工程除供水外,还兼顾防洪、排涝、航运等多种功能。由于位处淮河流域下游和沂沭泗流域,发达国家上百年工业化、城镇化进程中分阶段出现的环境问题,在该区域集中出现,点、线、面与内、外源污染交织,呈现出结构性、复合型和压缩型的特点。

据估算,在东线一期工程输水干线 COD 负荷中,点源占 66.9%,面源占 32.8%,内源和线源占 0.3%;在 NH₃-N 负荷中,点源占 89.9%,面源占 9.4%,内源和线源占 0.7%^[7];其中,工程沿线造纸、发酵、化工等 3 个行业 COD 排放量占工业企业 COD 排放总量的 80% 以上。

东线一期工程治污既包括河流的治理,又涉及湖泊和湿地的保护;既有治污的要求,又有恢复受损河湖生态健康的需要。治理东线污染,实现输水干线“清水廊道”目标是东线工程成功的关键。

1.2 治污的强度和时限要求决定了治污难度

根据《南水北调东线工程治污规划》^[8],2000 年东线一期工程苏鲁两省 COD 入河总量 34.3 万 t, NH₃-N 入河总量 2.8 万 t,分别超出目标要求 COD、NH₃-N 入河控制总量 6.3 万 t 和 0.53 万 t 的 4.4 倍和 4.3 倍;黄河以南 36 个控制断面中,仅 1 个断面水质达到规划目标要求,达标率 2.8%,有 5 个断面水质为Ⅳ类,其他 30 个断面水质均为Ⅴ类或劣Ⅴ

类,山东段全线水质总体为Ⅴ类或劣Ⅴ类(表 1)。入南四湖各支流控制断面水质均严重超标,其中洸府河、城郭河、老运河济宁段水质超标最为严重, COD_{Mn}超标倍数分别为 29.5、23.5 和 12.7 倍, NH₃-N 超标倍数分别达到 149、47.9 和 77.5 倍。

表 1 南水北调东线一期工程黄河以南段控制断面水质目标

区段	城市	控制单元	控制断面	2000 年水质	水质目标
长江至洪泽湖	扬州	新通扬运河扬州段	江都西闸	Ⅳ	Ⅲ
	泰州	新通扬运河泰州段	泰西断面	Ⅳ	Ⅲ
	扬州	北澄子河	三垛西大桥	劣Ⅴ	Ⅲ
	淮安	淮河盱眙段	老山乡	Ⅴ	Ⅲ
	淮安	入江水道	塔集	Ⅳ	Ⅲ
	宿迁	老汴河	临淮乡	Ⅱ	Ⅲ
洪泽湖至骆马湖	淮安	京杭运河淮安段	五汉河口	劣Ⅴ	Ⅲ
	宿迁	京杭运河宿迁段	马陵翻水站	Ⅳ	Ⅲ
	徐州	徐沙河	沙集西闸	Ⅴ	Ⅲ
骆马湖至南四湖	徐州	房亭河	单集闸	劣Ⅴ	Ⅲ
	徐州	不牢河	蔺家坝	劣Ⅴ	Ⅲ
	徐州	复新河	沙庄桥	Ⅴ	Ⅲ
	徐州	沛沿河	李集桥	劣Ⅴ	Ⅲ
	徐州	京杭运河邳州段	张楼	劣Ⅴ	Ⅲ
	临沂	沂河	郯城码头	Ⅳ	Ⅲ
	临沂	邳苍分洪道	林子	劣Ⅴ	Ⅳ
	枣庄	韩庄运河	台儿庄大桥	Ⅴ	Ⅲ
	枣庄	峰城沙河	贾庄闸上	劣Ⅴ	Ⅲ
	枣庄	薛城小沙河	彭口闸	劣Ⅴ	Ⅲ
南四湖区域	济宁	老运河微山段	老运河微山段	劣Ⅴ	Ⅲ
	菏泽	东渔河	西姚	劣Ⅴ	Ⅳ
	济宁	西支河	北外环桥	Ⅴ	Ⅳ
	济宁	老万福河	高河桥	劣Ⅴ	Ⅳ
	菏泽	洙赵新河	喻屯	劣Ⅴ	Ⅲ
	济宁	洙水河	105 公路桥	劣Ⅴ	Ⅲ
	济宁	洸府河	东石佛	劣Ⅴ	Ⅲ
	济宁	白马河	马楼	劣Ⅴ	Ⅳ
	济宁	泗河	尹沟	劣Ⅴ	Ⅲ
	枣庄	城郭河	群乐桥	劣Ⅴ	Ⅲ
	济宁	老运河济宁段	西石佛	劣Ⅴ	Ⅲ
	济宁	梁济运河济宁段	李集	劣Ⅴ	Ⅲ
	济宁	赵王河	杨庄闸	劣Ⅴ	Ⅲ
	济宁	梁济运河梁山段	邓楼	劣Ⅴ	Ⅲ
南四湖至东平湖	济宁	泉河	牛庄闸	劣Ⅴ	Ⅲ
东平湖区域	泰安	大汶河	王台大桥	劣Ⅴ	Ⅲ
	泰安	东平湖	湖心	劣Ⅴ	Ⅲ

南四湖作为沿线重要调蓄湖库,涉及苏鲁豫皖 4 省 32 县,流域面积 3.17 万 km²。受地形、地势影响,区域 53 条主要支流全部汇入南四湖,且无直接入海通道。由于污染严重,南四湖一度成为“死湖”,鱼虾绝迹。

按照规划要求,东线一期工程通水前,全线 COD 入河总量须削减 28.0 万 t,削减率 82%;NH₃-N 入河总量须削减 2.3 万 t,削减率 81%;年削减 COD 和 NH₃-N 负荷为 8%;黄河以南 36 个控制断面中,有 31 个断面水质要达到Ⅲ类,5 个断面水质达到Ⅳ类。这些污染必须在通水前 2012 年治理好。时间之紧、

难度之大,被一些专家称为“流域治污第一难”。

2 总量控制理念与 TMDL 模式

2.1 总量控制理念

总量控制是我国“九五”规划以来实施的一项重要重要的环境管理措施,是将管理的地域或空间作为一个整体,根据要实现的环境质量目标,确定该区域或空间一定时间内可容纳的污染物总量,继而采取措施使得所有污染源排入该地域或空间内的污染物总量不超过可容纳的污染物总量,保证环境质量目标的实现。

总量控制的核心是容量分配,即对可利用的环境承载能力及允许排放量进行分配,分为流域总量分配和污染源总量分配。流域总量分配是将污染物排放总量分配到独立的行政区或分配到水系、支流、子流域、排污口的过程;污染源总量分配是将污染物排放总量分配到各污染源的过程。水质目标管理是“国家-流域-区域-控制单元-污染源”的多层次体系^[9]。

目前,总量控制理念已成为我国水环境管理战略和制定水环境规划的指导思想。由于受发展阶段和实践约束,总量控制仍以点源控制为主。

2.2 TMDL 模式

TMDL 计划由美国环保局于 1972 年在《清洁水法》中提出,2000 年 7 月 13 日正式颁布实施。TMDL 模式为最大日负荷总量,是在满足水质标准的条件下,水体能够接受的某种污染物的最大日负荷量,包括点源和非点源的污染负荷,同时考虑安全临界值和季节性变化,从而采取适当的污染控制措施来保证目标水体达到相应的水质标准。其目标是识别具体的污染区域和污染来源,并且对这些具体区域的点源和非点源污染物浓度和数量提出控制措施,从而引导整个流域执行最好的管理计划^[10]。

依据该计划可以得到以下公式:

$$T_{MDL} = W_{LA} + L_A + B_L + M_{OS}$$

式中: T_{MDL} 为最大日负荷总量; W_{LA} 为允许的现存和未来点源的污染负荷; L_A 为允许的现存和未来非点源的污染负荷; B_L 为水体自然背景负荷; M_{OS} 为安全临界值或安全余量,是指污染物质与受纳水体水质之间关系的不确定数量,通常通过对负荷或水质相应的保守性假设来计算或预留出一定比例的可分配负荷不参与负荷分配,而将其作为安全临界值,美国环保局推荐的污染余量安全值 M_{OS} 为污染负荷总量 T_{MDL} 的 5% ~ 10%。

TMDL 计划将水污染控制从基于污水排放标准切换到环境水标准,从控制点源转换到控制整个流域,安全余量是其分配的最大特点,它的存在使得分

配到各排污方的实际分配量较其他模式要小,由此带来更为严格的污染物削减方案,有利于水质达到给定标准,也利于水质的恢复,并使得水体具有一定抵御突发性事件的能力^[11]。

我国提出的总量控制与美国的 TMDL 模式在总体思路上是相似的,都是预先制定目标,然后将达到该目标所允许的污染物最大排放量进行分配,差距主要在于:①水质目标的确定,其水资源保护已由过去的单纯污染源控制转变为根据水体生态健康和生态功能来决定控制污染;②非点源污染控制;③分配模式中的安全余量的设置^[11-12]。

3 东线工程治污规划及实施

东线工程治污规划编制于 2001—2002 年,是基于总量控制理论对相应治污方案进行设计的,即通过实现输水干线达到地表水Ⅲ类水质目标对应的水环境容量计算推算出受纳水体的纳污总量,并按突出调水工程需求原则将其分配到各污染控制区及污染源。其不同于以往规划在于:①主要污染物总量控制首次由单一的 COD 指标调整为 COD 和 NH_3-N 两项指标同时控制;②由“九五”规划中的点源治理,调整为按东线一期工程污染特征,将南四湖、东平湖区域作为点、面源污染防治的重点区域,实施以治为主,配套截污导流工程、污水资源化工程和流域综合整治工程^[8];③在水环境容量的计算和分配中未考虑东线一期工程增供水量所带来的新增环境容量,而是作为安全余量保留。

2003 年规划实施之初,为避免流域级规划、区域级方案及项目实施三者脱节,东线一期工程率先在全国确定了以控制单元为基础的实施理念,组织苏鲁两省分别制定并实施了 41 个控制单元治污实施方案(其中江苏 14 个,山东 27 个),把治污规划中的各项治污措施细化对应到具体的控制单元,将规划“水质、总量、项目、资金、责任”五位一体的治污管理目标对应到责任辖区和责任单位,共安排了工业结构调整、工业综合治理、城镇污水处理及再生利用、流域综合治理和截污导流等 5 大类项目 426 项,总投资 153 亿元^[13-14]。

“十一五”期间,以控制单元为抓手,东线工程实施了以“治”为主,“治理、截污、导流、回用、整治”一体化的治污措施^[8],治污综合成效基本显现。“十二五”初期,针对江苏、山东 12 个不稳定达标和不达标控制单元,在对其水质目标、容量总量、项目配置进行再研究的基础上,制定并实施了控制单元补充实施方案,采取针对性的“一河一策”措施,进一步加强防控体系。治污工作相应由工程治理转向

生态修复和综合治理,总体上与 TMDL 模式相契合。

4 治污成效分析

4.1 安全余量

根据东线一期工程可研报告,东线一期工程供水时间为汛后 10 月至翌年 5 月(即非汛期调水),抽江规模 500 m³/s,入南四湖下级湖 200 m³/s,入东平湖 100 m³/s,过黄河 50 m³/s,向山东半岛供水 50 m³/s。工程建成后,多年平均抽江水量 87.68 亿 m³,调入南四湖下级湖 29.73 亿 m³,过黄河 4.42 亿 m³,送到胶东 8.83 亿 m³。

为确保输水干线工程水质达到地表水Ⅲ类标准,治污规划在总体设计中未将此增供水量所带来的环境自净能力和由此产生的水环境容量纳入容量总量的分配,为东线通水后的水质安全提供了安全余量,这样既体现了党中央、国务院提出的“先治污后通水”要求,又迫使沿线必须实施更严格的治理措施来解决沿线污染。

4.2 点源治理

4.2.1 工业点源治理

针对结构性污染突出的特点,“十五”期间苏鲁两省首先对沿线重点污染行业实施了产业结构调整,对造纸、发酵、化工等行业落后产能进行了淘汰。“十一五”期间,沿线继续加大淘汰落后产能的力度,山东省关闭了沿线 5 万 t 以下造纸草浆生产线,江苏省淘汰了所有草(棉)浆化学制浆和年产 5 万 t 以下废纸造纸、年加工 80 万张(折牛皮标张)以下的制革生产线等。同时,两省颁布实施了严于国家标准的造纸、纺织染整、畜禽养殖、垃圾填埋渗滤液等污染物排放标准。

2006 年,山东省从实现东线一期工程水质目标出发,创新流域管理理念,实施浓度倒逼机制,将污染物排放标准转换为环境质量标准,在全国率先颁布实施了分时段、分区域严于国家标准的 DB 37/599—2006《山东省南水北调沿线水污染物综合排放标准》,其中沿大堤向外延伸 15 km 的重点保护区域所有企业执行 $\rho(\text{COD}) \leq 60 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{NH}_3\text{-N}) \leq 10 \text{ mg/L}$ 排放标准;一般保护区分别执行 $\rho(\text{COD}) \leq 60 \sim 100 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{NH}_3\text{-N}) \leq 10 \text{ mg/L}$ 的水质标准;COD 排放标准最高严于当年国家行业标准 6 倍多,NH₃-N 排放标准最高严于国家行业标准 7 倍,此举取消了行业污染排放“特权”,有力地促进了工业企业进一步实施“再提高”工程。2013 年起,又执行了更加严格的水环境质量修订标准,将重点保护区排放浓度限值分别提高到 $\rho(\text{COD}) \leq 50 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{NH}_3\text{-N}) \leq 5 \text{ mg/L}$,一般保护区排放浓度限值分别提高到

$\rho(\text{COD}) \leq 60 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{NH}_3\text{-N}) \leq 10 \text{ mg/L}$,实现了行业污染物排放标准与地表水环境质量标准间的有效对接。沿线工业治污水平得到显著加强。

4.2.2 城镇污水处理及再生利用

为解决污水处理厂建设滞后问题,江苏和山东两省在全国率先启动了城镇污水处理机制改革,运用市场机制和价格杠杆,逐步建立起开发、竞争、有序的环保市场。目前,调水沿线所有地市污水处理费征收标准均已提高到 1.0~1.2 元/t,同时通过企业化改革,推行 BOT、TOT、合资合作等方式建设和运营城镇污水处理厂,逐步实现污水处理的投资多元化、运营企业化和管理规范化。

2009—2012 年,山东省在已建城市污水处理厂的基础上,又全面启动了升级改造工程,将已建城市污水处理厂由原来的 1 级 B 处理升级至 1 级 A 处理,加强脱磷除氮功能,并要求工程沿线在 2013 年 6 月前彻底解决城镇污水直排问题。江苏省实施了《南水北调东线工程江苏省城镇污水管网建设实施方案(2011—2012 年)》,完善管网收集系统。截至 2012 年,江苏省东线工程沿线共建成城市污水处理厂 44 座,日处理能力达 208 万 t;建制镇污水处理设施 113 座,日处理能力 25.65 万 t,建制镇设施覆盖率达到 73%。山东省共建成污水处理厂 90 座,日处理能力达 430 万 t,其中达到 1 级 A 处理标准的占 50%;再生水日回用能力达 97.9 万 t,回用率达到 20%以上。2012 年东线一期工程沿线已建成的城镇污水处理能力较 2002 年提高了 10 倍以上,污水处理率达到 87%。

此外,根据东线工程治污规划要求,江苏省在工程沿线 5 个地市分别建设截污导流工程,将工业和城市污水处理厂处理达标后的尾水经资源化利用后,利用管道、渠道导入长江或入海,实现输水干线的“清污分流”,每年可回用中水 0.94 亿 t,导出 1.97 亿 t 尾水,削减 COD 负荷 3.35 万 t、NH₃-N 负荷 0.24 万 t。

4.2.3 主要污染物入河量变化

通过严格的点源治理,东线沿线污染负荷呈明显下降趋势,治污减排的效果十分显著。据对东线一期工程淮河片 34 个控制单元近 243 个入河排污口主要污染物 COD 和 NH₃-N 入河量 10 年监测数据分析显示(图 1),“十五”期间,沿线通过产业结构调整,基本遏制了主要污染物排放过快增长的势头,2005 年东线一期工程淮河片 COD 入河量较 2000 年减少了 30% 左右,其中江苏省减排效果较为显著;由于受工程沿线总体经济增长较快和粗放型经济影响,NH₃-N 入河量仍在继续增加,但增长较快

的势头基本得到遏制。“十一五”时期,随着国家节能减排力度的加大和东线工程治污工作的全面推进,工程沿线结构减排、工程减排和管理减排的效益逐步显现,2006 年东线一期工程淮河片主要污染物入河量首次出现“拐点”(即 COD 和 NH₃-N 入河量双双下降)后,工程沿线的 COD 入河量年均降幅在 5.5%,NH₃-N 入河量年均降幅达到了 10.3%;2010 年东线淮河片 COD 和 NH₃-N 入河量总体达到规划目标要求(表 2)。“十二五”时期的前两年(2011 和 2012 年),减排效果得到了进一步巩固,2012 年 COD 和 NH₃-N 入河量分别为 5.28 万 t 和 0.38 万 t,达到规划目标控制范围。

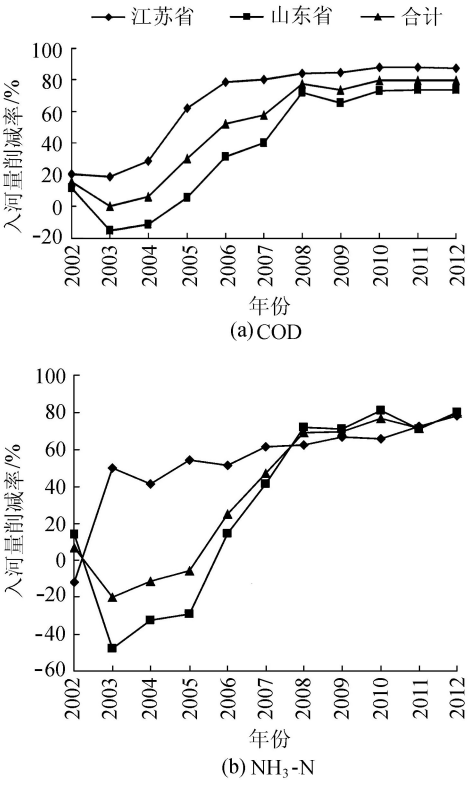


图 1 南水北调东线一期工程淮河片 COD、NH₃-N 入河量削减率历年变化

此外,为进一步夯实减排效果,国家《重点流域水污染防治规划(2011—2015 年)》中,还将在东线一期工程沿线实施工业污染防治项目 162 项、城镇污水处理及配套设施 188 项。

4.3 非点源治理

4.3.1 面源污染防治

由于骆马湖以南段京杭运河大堤普遍高于地

面,东线面源污染防治的重点主要集中在调水源头以及骆马湖以北的南四湖、东平湖区域^[7]。

江苏省将东线工程的江都取水口划为饮用水水源保护区,建设农业面源污染控制、引江河道与湿地保护、生态林网与生态廊道、生态环境监测预警系统,建成生态防护林 667 hm²,并在输水沿线地区发展生态农业,建设无公害农产品、绿色食品和有机食品基地 100 多万 hm²,化肥施用量较 2000 年减少了 15% 以上。省际徐州市在沿河 500 m 范围内划定为禁养区,严禁围网养育和畜禽养殖,并将其境内 7 个控制单元断面上下游各 3 km 及河道背水坡底以内水面和陆域划为水质达标保护区。

山东省以南四湖、东平湖区域为重点,实施“两减三保”(减少农药、减少化肥,保产量、保质量、保环境),推行农村环境集中连片整治,开展畜禽养殖污染治理;在重点支流入干流处、河流入湖口,因地制宜建设人工湿地水质净化工程,实施规模化退耕还湿,建设沿河环湖大生态带。按照治污规划及实施方案^[14],已在南四湖和东平湖区域建成流域综合治理项目(人工湿地水质净化工程)15 项,在保证进水浓度 $\rho(\text{COD}) \leq 40 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{NH}_3\text{-N}) \leq 2 \text{ mg/L}$ 情况下,经人工湿地净化处理,出水可达到Ⅲ类水质要求,年削减 COD 为 0.47 万 t,NH₃-N 为 419 t。2012 年底,山东省在工程沿线建成人工湿地 9 733 hm²,修复自然湿地 10 867 hm²。目前,山东省正在实施《南四湖生态环境保护试点总体实施方案(2011—2015 年)》,以进一步控制南四湖区域面源污染。

4.3.2 线源污染防治

针对京杭运河航运特点,2007 年前,工程沿线结合国家船型标准化示范工程,共淘汰水泥船 0.4 万艘,拆改挂浆机船 2.4 万艘;并按照规划及实施方案^[13-14],在沿线通航的 6 个地市建成岸上油废水和垃圾处理(置)设施 69 座,运河徐扬段年可削减石油类污染物 294 t、船舶垃圾 3.89 万 t。同时,全面清理取缔沿线小码头和小堆场,将港口、码头逐步退出输水干线,实施集约化、环保型建设,仅济宁市就在梁济运河沿线清理、拆除小码头 34 个。

江苏、山东两省规定,航行于京杭运河段的船舶,须定期送交油废水和生活垃圾,严禁中等毒性及以上的危险化学品运输,并着手在船舶上强制性加装生活

表 2 南水北调东线一期工程淮河片主要污染物入河量

省 份	2000 年		2005 年		2010 年		2012 年		目标值	
	COD	NH ₃ -N	COD	NH ₃ -N	COD	NH ₃ -N	COD	NH ₃ -N	COD	NH ₃ -N
江苏	11.93	0.56	4.30	0.24	1.37	0.18	1.45	0.11	2.00	0.09
山东	14.58	1.32	13.79	1.70	3.94	0.25	3.83	0.26	3.46	0.38
总计	26.51	1.88	18.09	1.94	5.31	0.43	5.28	0.37	5.46	0.47

废水处理装置。自 2013 年起,沿线开始实施油改气 (LNG 燃料)混合动力船舶试点,推进绿色航运计划。

4.4 环境背景值提升

工程沿线以实现河湖休养生息为目标,实施河湖生态环境整治,逐步恢复受损河湖生态健康,提升环境自净能力。江苏省结合运河城区段环境治理,搬迁污染企业和沿岸居民,建设沿河生态景观带。淮安市通过实施治污规划中的截污导流工程,清理里运河淤积河段 24.3 km、淤泥 140 多万 m³,疏浚清安河 22 km。目前,苏北运河城区段已初步形成了生态、休闲、美观的绿色通道和景观隔离带。

针对南四湖、东平湖投饵性网箱养殖污染突出问题,2002 年山东省实施了“两湖”围网、网箱清理行动,共清理取缔投饵性围网、网箱约 2.067 万 hm²,建立净水性增殖水域约 7 万 hm²,基本实现湖区渔业的休养生息。同时,利用季节性河道和闲置洼地,建设 21 项中水截蓄导用工程,对经治理达标排放的中水进行截、蓄、导、用,在保证调水期中水不进入或少进入输水干线的同时,逐步恢复河道生态功能,年可利用中水 2.1 亿 m³,消化 COD 为 4.49 万 t, NH₃-N 为 3 121 t,有效改善农灌面积 13 万 hm²,实现了北方季节性河道常年有水的目标。

4.5 水质目标分析

经 10 年治理,2012 年东线治污规划及实施方案确定的 426 个治污项目均已建成投运,实际完成投资 174 亿元,投资完成率为 113%,规划确定的“治理、截污、导流、回用、整治”一体化的治污措施全面落实。

在对东线一期工程黄河以南段实测的 35 个规划控制断面 (赵王河杨庄闸断面常年断流) 历年水质主要指标 COD_{Mn} 和 NH₃-N 监测结果显示 (图 2),“十五”期间,结合国家重点流域水污染防治规划实施和沿线的产业结构调整,东线一期工程水质有了一定程度的改善,2005 年黄河以南段有 15 个断面水质达到规划目标,达标率为 43%;“十一五”期间,随着规划治污项目的全面实施,治污措施的陆续展开,沿线水质在前 3 年达标率稳定在 60% 的基础

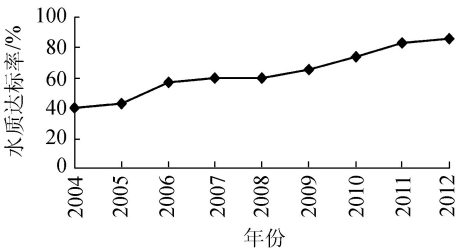


图 2 南水北调东线一期工程黄河以南段控制断面历年水质达标率

上,2010 年提高到 74.3%;“十二五”期间前两年 (2011 和 2012 年),补充治污方案的实施和“一河一策”措施的落实,治污综合效益进一步发挥,水质实现历史性突破,2012 年有 31 个断面水质年均值达到规划目标,达标率为 88.5%,其中 11 月全部断面首次达到规划治理目标要求,并基本趋于稳定。2013 年 1—6 月,沿线断面水质全部达到规划目标要求。

山东省在工程沿线经济保持年均 17% 的增长情况下,水质污染呈逐年下降的趋势 (图 3,图 4)。2012 年辖区内黄河以南段实测的 21 个控制断面水质指标 COD_{Mn} 和 NH₃-N 质量浓度较规划实施前 2002 年分别下降了 74.6% 和 91.8%,年均下降 7%~9%。

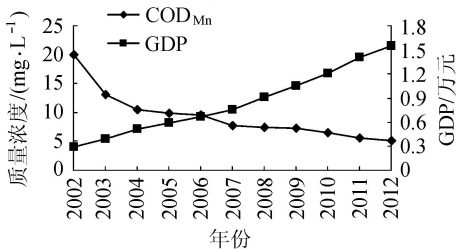


图 3 山东省南水北调东线一期工程沿线 COD_{Mn} 质量浓度与 GDP 增减趋势

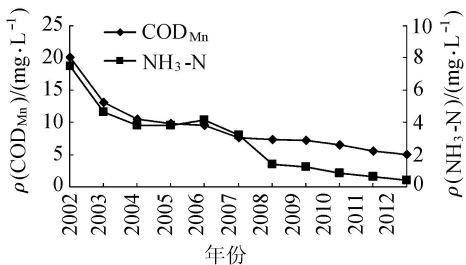


图 4 山东省南水北调东线一期工程沿线 COD_{Mn} 与 NH₃-N 质量浓度变化趋势

治污节点南四湖的水质改善明显,生态环境质量得到显著提升。2013 年 1—6 月,湖区大湖、岛东等 5 个国控断面 COD_{Mn} 和 NH₃-N 质量浓度均达到Ⅲ类水标准,出下级湖韩庄运河台儿庄大桥断面水质为Ⅲ类。据山东省有关单位应用水生态系统健康综合指标体系 (EHCI),选用透明度、DO、Chl-a、TP、TN、NH₃-N、COD、浮游植物、浮游动物、底栖动物等 10 项物理化学和生态指标对 2010 年南四湖水生态健康评估显示^[15] (图 5),南四湖健康指数总体为中等偏好,已基本恢复至 20 世纪 80 年代中期水平。

5 结 语

a. 南水北调东线一期工程经过 10 年的污染治理与控制,形成了一套浓度控制和总量控制相结合的治污模式,在保留新增水环境容量的前提下,实施了严格的点源治理措施,初步控制了非点源污染,提升

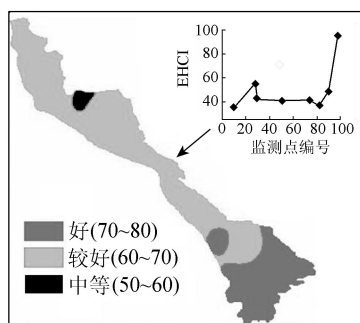


图5 2010年南四湖水生态健康指数(EHCI)

了环境背景,逐步恢复了受损河湖生态健康,基本构建了点、线、面、内、外源,全方位、多层面的“全防全控”污染防控体系,总体上与美国的TMDL模式相契合,探索出了一条适合南水北调东线工程实际的治污道路。

b. 工程沿线通过结构减排、工程减排和管理减排,污染治理“调结构、控增量、减存量”取得显著成效。2012年东线一期工程沿线主要污染物COD和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 入河量均已达到规划确定的目标控制范围。

c. 通过治理,东线一期工程水质明显改善,2012年11月黄河以南段各控制断面水质首次全部达到治污规划目标要求,并逐步趋于稳定,为南水北调东线一期工程通水奠定了坚实基础。

参考文献:

[1] 许新宜,尹宏伟,姚建文. 南水北调东线治污及其输水水质风险分析[J]. 水资源保护,2004,20(2):1-3. (XU Xinyi, YIN Hongwei, YAO Jianwen. Pollution remediation along east route of South-to-North Water Transfer Project and risk analysis of quality of water conveyance [J]. Water Resources Protection, 2004, 20 (2): 1-3. (in Chinese))

[2] 刘玉年,万一,徐亚东. 南水北调东线一期工程水质分析[J]. 河海大学学报:自然科学版,2005,33(3):264-268. (LIU Yunian, WAN Yi, XU Yadong. Analysis on the water quality of the Eastern Route South-to-North Water Diversion Project[J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2005, 33(3): 264-268. (in Chinese))

[3] 马登月,路学堂,张灵真. 南水北调东线工程的排污现状与防治措施[J]. 南水北调与水利科技,2007,5(4):29-31. (MA Dengyue, LU Xuetang, ZHANG Lingzheng. Current status and management of preexisting pollution Via the Eastern Route of South-to-North Water Transfer Project (ERP) [J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2007, 5(4): 29-31. (in Chinese))

[4] 武周虎,慕金波,谢刚,等. 南四湖及入出湖河流水环境质量变化趋势分析[J]. 环境科学研究,2010,23(9):1167-1173. (WU Zhouhu, MU Jingbo, XIE Gang, et al. Analysis of water environmental quality variation trends in Nansi Lake and its joined rivers [J]. Research of

Environmental Sciences, 2010, 23 (9) 1167-1173. (in Chinese))

[5] 张树麟,颜志俊,朱乾德,等. 南水北调东线江苏段水污染防治成效研究[J]. 南水北调与水利科技,2012,10(1):1-3. (ZHANG Shulin, YAN Zhijun, ZHU Qiande, et al. Effectiveness for water pollution prevention in Jiangsu Section of the South-to-North Water Diversion Eastern Route Project [J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2012, 10 (1): 1-3. (in Chinese))

[6] 谢刚,彭岩波,李必成,等. TMDL计划与小流域污染综合治理思路的研究:以南水北调东线山东段治污为例[J]. 农机化研究,2006(5):189-192. (XIE Gang, PENG Yanbo, LI Bicheng, et al. A comparative study on water pollution control between TMDL and small river basin pollution comprehensive treatment: example as water pollution treatment in Shangdong Province during South Water to North [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006 (5): 189-192. (in Chinese))

[7] 朱顺初,杨智. 南水北调东线第一期工程水污染防治研究[C]//黄真理,廖文根,刘德福,等. 中国环境水力学2006. 北京:中国水利水电出版社,2006:369-373.

[8] 中国环境规划研究院,水利部淮河流域水利委员会,水利部海河流域水利委员会,等. 南水北调东线工程治污规划[R]. 2001.

[9] 国家环境保护局中国环境科学研究所. 总量控制技术手册[M]. 北京:中国环境科学出版社,1990.

[10] 杨龙,王晓燕,孟庆义. 美国TMDL计划的研究现状及其发展趋势[J]. 环境科学与技术,2008,31(9):72-76. (YANG Long, WANG Xiaoyan, MENG Qingyi. Present status and perspective of TMDL program in USA [J]. Environmental Science & Technology, 2008, 31 (9): 72-76. (in Chinese))

[11] 刘赣明. 最大日负荷总量(TMDL)模式下的污染负荷分配研究[D]. 广州:中山大学,2005.

[12] 叶兴平,张玉超. TMDL计划在污染物总量控制中的应用初探[J]. 环境科学与管理,2008,33(8):13-16. (YE Xingping, ZHANG Yuchao. A elementary study on the application of TMDL in the total discharge of pollutants [J]. Environmental Science and Management, 2008, 33 (8): 13-16. (in Chinese))

[13] 江苏省发展改革委员会,江苏省环境保护局. 南水北调东线工程江苏段控制单元治污方案[R]. 南京:江苏省发展改革委员会,江苏省环境保护局,2005.

[14] 山东省发展改革委员会,山东省环境保护局. 南水北调东线工程山东段控制单元治污方案[R]. 济南:山东省发展改革委员会,山东省环境保护局,2005.

[15] 山东省环境保护厅. 南四湖生态环境保护试点总体实施方案(2011—2015年)[R]. 济南:山东省环境保护厅,2012.

(收稿日期:2013-08-09 编辑:高渭文)