

doi: 10.3724/SP.J.1201.2014.01059

南水北调东线一期工程沿线历年水质变化分析

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, 以规划水平年 2000 年为基准, 以 2000 年- 2013 年第一季度为时间轴, 按照高锰酸盐指数和氨氮两项主要指标, 对东线黄河以南段历年水质变化情况进行了年际、年内和沿程分析, 并选取典型断面进行了剖析。结果显示, 东线 10 年治污取得了显著成效, 沿线水质呈现出明显的阶段性改善特点, 2012 年 11 月, 东线黄河以南段各控制断面水质均达到规划治理目标要求, 并趋于稳定, 为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; 治污成效; 水质变化

中图分类号: X824; TV 68 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-1683(2014)01-0059-06

Variation Trend Analysis of Water Quality along the Eastern Route of South to North Water Diversion Project

GUO Peng, REN Jing

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

Abstract: According to the pollution control process of the first stage construction in the Eastern Route (ER) of South to North Water Diversion Project (SNWDP), the inter-annual and annual variations of water quality of the south section of Yellow River along the ER of SNWDP were analyzed using two key indicators, permanganate index and ammonia. The analysis selected year 2000 as the planning year, and was performed for the first quarter from 2000 to 2013. The results showed that water pollution control achieved remarkable successes, and water quality along the ER of SNWDP showed significantly phased improvements over the past decade. In November 2012, the water quality at the control sections met the requirements of planning objectives and it stabilized since then, which laid a solid foundation for the water service of the first stage engineering project in the ER of SNWDP in 2013.

Key words: Eastern Route of South to North Water Diversion Project; results of water pollution control; variation of water quality

南水北调东线一期工程是在现有京杭大运河及其平行河道基础上扩挖和延伸, 与沿线河流平交, 并利用沿线湖泊作调蓄, 水质好坏关系工程成败。工程于 2002 年 12 月 27 日率先开工建设。自规划论证和工程建设过程中, 东线沿线水质及治污工作备受关注。治污之初, 有关专家及学者对东线干线水质前景、风险进行了分析和预测^[1,2]; 实施过程中, 又对江苏、山东治污形势进行了研判^[3,5]。

笔者在收集整理东线苏鲁两省有关部门 10 年水质监测数据的基础上, 按照国家地表水环境质量标准 (GB 3838-2002) 中高锰酸盐指数 (COD_{Mn}) 和氨氮两项主要指标, 对沿线水质历年变化情况进行对比分析, 以期反映东线 10 年水质变化过程, 揭示 10 年治污历程, 为其他重点流域治污工作提供借鉴。由于东线一期工程黄河以北段采取工程立交方

式, 故本文分析的重点为东线黄河以南段。

1 治污背景分析

根据《南水北调东线工程治污规划》^[6], 2000 年东线黄河以南段 36 个控制断面 (见表 1) 中, 仅有 1 个断面水质达到规划目标要求, 达标率为 2.8%。除江苏省老汴河临淮乡断面水质达标外, 有 5 个断面水质为 0 类, 其他断面水质均为 V 类或劣 V 类。骆马湖以南段水质优于骆马湖以北段。入南四湖山东省各控制断面均污染严重, 其中洸府河东石佛、城郭河群乐桥、老运河济宁段西石佛断面水质超标最为突出, COD_{Mn} 超标倍数分别为 29.5、23.5、12.7 倍; 氨氮超标倍数分别达到 149、47.9、77.5 倍。可见, 东线治污的重点在山东, 难点在南四湖。

收稿日期: 2013-07-25 修回日期: 2013-12-03 网络出版时间: 2013-12-17

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.3724/SP.J.1201.2014.01063.html>

作者简介: 郭鹏 (1972-), 男, 河北安国人, 高级工程师, 长期从事南水北调工程环境保护管理工作。E-mail: guopeng@mwr.gov.cn

表1 南水北调东线黄河以南段控制断面水质目标

Table 1 Water quality requirements at the control sections in the south section of the Yellow River in the ER of SNW DP

序号	区段	地市	控制单元名称	断面名称	2000年水质情况	水质目标
1		扬州	新通扬运河	江都西闸	0	0
2		泰州	新通扬运河	泰西	0	0
3	长江至洪泽湖	扬州	北澄子河	三垛西大桥	劣0	0
4		淮安	淮河盱眙段	老山乡	0	0
5		淮安	入江水道	塔集	0	0
6		宿迁	老汴河	临淮乡	0	0
7	洪泽湖至骆马湖	淮安	京杭运河淮安段	五叉河口	劣0	0
8		宿迁	京杭运河宿迁段	马陵翻水站	0	0
9		徐州	徐沙河	沙集西闸	0	0
10	骆马湖至南四湖	徐州	房亭河	单集闸	劣0	0
11		徐州	不牢河	蔺家坝	劣0	0
12		徐州	复新河	沙庄桥	0	0
13		徐州	沛沿河	李集桥	劣0	0
14		徐州	京杭运河邳州段	张楼	劣0	0
15		临沂	沂河	郯城码头	0	0
16		临沂	邳苍分洪道	林子	劣0	0
17	枣庄	韩庄运河	台儿庄大桥	0	0	
18	南四湖区域	枣庄	峰城沙河	贾庄闸上	劣0	0
19		枣庄	薛城小沙河	彭口闸	劣0	0
20		济宁	老运河微山段	老运河微山段	劣0	0
21		菏泽	东渔河	西姚	劣0	0
22		济宁	西支河	北外环桥	0	0
23		济宁	老万福河	高河桥	劣0	0
24		菏泽	洙赵新河	喻屯	劣0	0
25		济宁	洙水河	105公路桥	劣0	0
26		济宁	洸府河	东石佛	劣0	0
27		济宁	白马河	马楼	劣0	0
28		济宁	泗河	尹沟	劣0	0
29		枣庄	城郭河	群乐桥	劣0	0
30		济宁	老运河济宁段	西石佛	劣0	0
31		济宁	梁济运河济宁段	李集	劣0	0
32	济宁	赵王河	杨庄闸	劣0	0	
33	南四湖至东平湖	济宁	梁济运河梁山段	邓楼	劣0	0
34		济宁	泉河	牛庄闸	劣0	0
35	东平湖区域	泰安	大汶河	王台大桥	劣0	0
36		泰安	东平湖	湖心	劣0	0

规划要求,东线一期工程通水前沿线水质必须达到规划治理要求,按照 COD_{Mn} 和氨氮两项主要指标评价,黄河以南 36 个控制断面中,31 个断面水质需达到 0 类;山东省东渔河西姚、西支河北外环桥等 5 个断面水质需达到 0 类,输水干线水质达到 0 类。治理难度之大,被一些专家称为“流域治污第一难”。

2 治污成效分析

以规划水平年 2000 年为基准,以 2000 年-2013 年枯水期第一季度为时间轴,结合治污历程,按年际、年内,沿程对沿线历年水质变化趋势进行分析。

2.1 历年水质变化

通过对东线黄河以南段历年水质变化分析(图 1),可以

看出,沿线水质呈现出明显的阶段性改善特点。

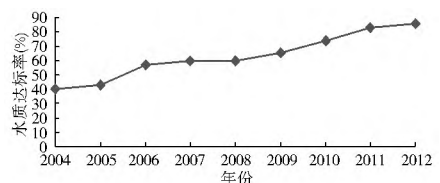


图1 南水北调东线黄河以南段控制断面历年水质达标情况
Fig. 1 Annual water quality at the control sections along the south section of the Yellow River in the ER of SNW DP

2.1.1 规划实施、治污启动阶段

“十五”期间(2003年-2005年),围绕控制单元治污实施方案的制定,结合“十五”国家重点流域水污染防治计划的实施,沿线实施了以产业结构调整为重点的点源污染治理。

针对沿线结构性污染特征,山东省率先关闭5万t以下、江苏省关闭3.4万t以下造纸企业化学制浆生产线,淘汰了1万t以下酒精和淀粉生产线^[7]。从图1可以看出,两省工业结构调整初见成效,沿线水质有了一定程度的改善。2005年,沿线已按规划建成治污项目83项,其中新建成城市污水处理厂28座,新增污水日处理能力163万t;黄河以南段实测的35个断面中(赵王河杨庄闸断面常年断流,下同),有15个断面水质达到规划目标,达标率为42.9%^[7]。

2.1.2 防控体系建立、治污措施全面展开阶段

“十一五”期间(2006年-2010年),治污工作全面展开,治污项目加快建设(见图2),规划确定的“治、截、导、用、整”一体化的治污体系^[6]基本建立。两省以控制单元治污实施方案^[8-9]为抓手,加快实施工业结构调整、工业综合治理、城镇污水处理及再生利用、流域综合整治(主要为人工湿地)和截污导流等五大类项目,沿线水质持续得到改善。

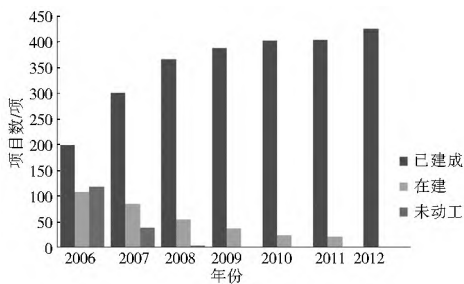


图2 南水北调东线治污规划项目实施情况

Fig. 2 Implementation of the planning projects for pollution control in the ER of SNWDP

其中,2006年-2008年,沿线重点实施了工业治理再提高和城镇污水处理及再生利用项目建设,点源治理成效进一步得到巩固,沿线水质在进一步改善的同时基本趋于稳定,达标率保持在60%左右(见图1)。2009年-2010年,截污导流项目(中水截蓄导用项目)和人工湿地项目全面实施,治污体系综合功效日渐显现,沿线水质进一步提升。2010年,控制单元治污方案确定的426项全部开工,已建成404项,建成率为94.8%,在建项目均为人工湿地和截污导流项目^[10];黄河以南段实测的35个断面中,有26个断面水质达到规划目标,达标率为74.3%。

2.1.3 深化治污、目标攻坚阶段

“十二五”时期(2011年-2013年),治污工作由工程治理转向生态修复和综合治理,治污向深度、广度拓展。针对江苏复新河等3个水质不稳定达标控制单元,山东泲府河等9个不稳定达标和不达标控制单元,制定并实施了控制单元治污补充方案^[11-14],采取针对性的“一河一策”措施,深化污染治理,治污综合效益进一步发挥,水质实现历史性突破。2012年,实施方案确定的426项治污项目,已全部建成;黄河以南段实测的35个断面中,有31个断面水质达到规划目标,达标率为88.6%,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。

2.2 枯水期和年内水质变化分析

通过对2006年-2013年东线沿线第一季度水质年际变化(见图3)和2012年年内各月水质达标情况(见图4)分析,

可以看出,2006年-2009年枯水期沿线水质达标情况趋于稳定,2010年沿线水质较2009年有了进一步的改善,达标率提高了7个百分点;“十二五”期间,水质改善明显,治污综合功效和“一河一策”措施发挥了明显效果。2012年沿线各月水质经小幅波动后,不达标断面个数逐季减少,11月至翌年3月,水质持续保持全达标态势,为东线一期工程通水奠定了坚实基础。

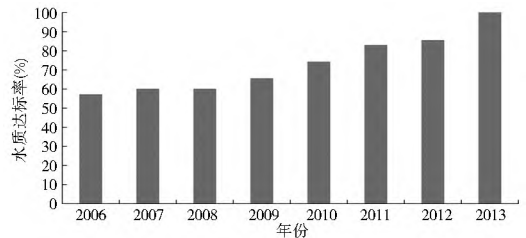


图3 2006年-2013年南水北调东线黄河以南段沿线第一季度年际水质变化

Fig. 3 Annual water quality of the south section of the Yellow River in the ER of SNWDP in the first quarter of 2006-2013

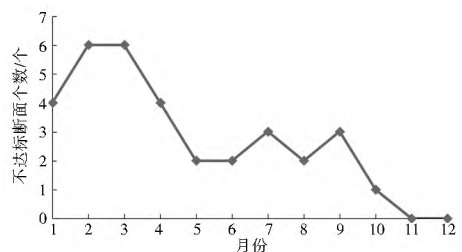


图4 2012年南水北调东线黄河以南段沿线各月水质达标情况

Fig. 4 Monthly water quality of the south section of the Yellow River in the ER of SNWDP in 2012

2.3 沿程水质变化分析

针对沿线历年水质变化特点,分别选取2010年和2012年对各控制断面 COD_{Mn} 和氨氮浓度沿程变化情况进行分析。从图5、图6可以看出,2010年江苏省辖14个断面水质全部达标;山东省黄河以南段21个断面中有12个达标,达标率为57.1%。山东不达标的9个断面主要集中在南四湖部分支流和梁济运河济宁段,其中水质为Ⅱ类的有8个, COD_{Mn} 超标0.01~0.52倍,氨氮超标0.02~0.35倍;泲府河东石佛断面水质为劣Ⅴ类,主要是氨氮超标,超标倍数为1.05倍。2012年山东段水质进一步改善,不达标断面个数降为4个,水质均为Ⅱ类,其中泲府河东石佛断面、老运河西石佛断面水质距规划目标要求还有一定差距, COD_{Mn} 年均值分别超标0.19倍和0.45倍,氨氮分别超标0.29和0.41倍。由于洙赵新河喻屯断面1月-4月水质不达标、洙水河105公路桥断面1月-3月水质不达标及汛期影响,此两个断面 COD_{Mn} 年均值略有超标。

通过对南四湖山东区域2006年11月和2010年11月 COD 和氨氮指标比较^[15](见图7),可以看出,2006年南四湖水水质总体为Ⅴ类-劣Ⅴ类,上级湖污染十分严重,下级湖薛城小沙河控制单元氨氮超标严重;经过“治、用、保”综合治理^[16],2010年湖区水质有了明显改善,下级湖水水质基本达到Ⅱ类,出下级湖韩庄运河台儿庄大桥断面水质为Ⅱ类,相比

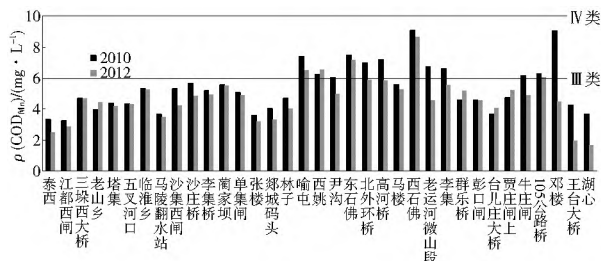


图 5 2010 年和 2012 年南水北调东线黄河以南段控制断面 COD_{Mn} 浓度沿程变化情况

Fig. 5 Variations of permanganate index at the control sections along the ER of SNWDP in 2010 and 2012

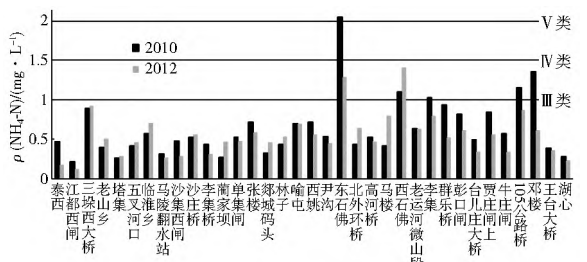


图 6 2010 年和 2012 年南水北调东线黄河以南段控制断面氨氮浓度沿程变化情况

Fig. 6 Variations of NH₄-N concentration at the control sections along the ER of SNWDP in 2010 and 2012

之下,水质较差的区域主要集中在上级湖的最北端,即老运河、洸府河入湖口。

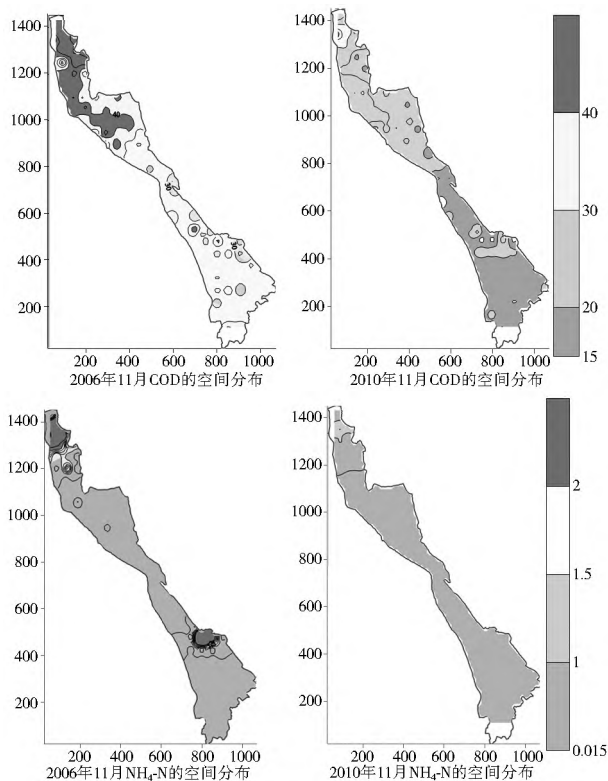


图 7 南四湖区域水质变化对照

Fig. 7 Variations of water quality of the Nansi Lake

2.4 典型断面水质变化分析

根据东线一期工程特点和沿线污染特征,分别选取入南四湖下级湖的薛城小沙河彭口闸断面,入上级湖的城郭河群乐桥断面、洸府河东石佛断面等 3 个断面对其历年水质变化

进行分析。

2.4.1 薛城小沙河

薛城小沙河控制单元涉及薛城小沙河、新薛河、薛城沙河 3 个子控制单元,主要接纳枣庄市新城区、薛城区、山亭区和鲁南化工园区的工业废水和生活污水。通过该控制单元治污方案实施^[9],彭口闸断面水质改善明显(见图 8-图 9),尤其是氨氮浓度由 2006 年 14.4 mg/L 降至 2009 年 0.6 mg/L,降幅 95.8%,2009 年彭口闸断面水质达到Ⅲ类。说明山东省自 2006 年起实施的新薛河人工湿地示范工程成效显著。

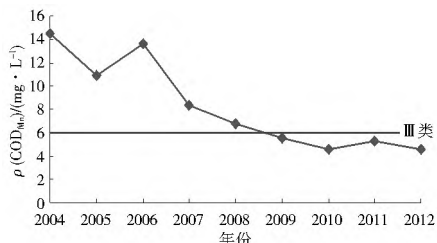


图 8 薛城小沙河彭口闸断面 COD_{Mn} 浓度历年变化

Fig. 8 Variations of permanganate index at the Pengkouzha section of the Xiaosha (Xuecheng) River

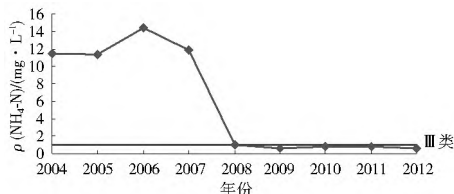


图 9 薛城小沙河彭口闸断面氨氮浓度历年变化

Fig. 9 Variations of NH₄-N concentration at the Pengkouzha section of the Xiaosha (Xuecheng) River

2.4.2 城郭河

城郭河主要接纳滕州市的全部工业废水和生活污水,结构性污染问题比较突出。通过该控制单元治污方案实施^[9],水质发生了显著变化(见图 10-图 11)。2006 年 COD_{Mn}、氨氮浓度较 2000 年分别下降了 91.4% 和 77.7%,主要得益于 2001 年滕州市关停了洪绪、民政 2 家麦草制浆造纸厂,2005 年又关停了华闻纸业草浆生产线。2010 年北沙河中水截蓄导用项目,城郭河中水截蓄导用和人工湿地项目相继建成并发挥效益,群乐桥断面水质进一步改善,尤其是氨氮浓度由 2006 年 10.9 mg/L 降至 2010 年 0.94 mg/L,降幅为 91.4%,水质达到Ⅲ类。

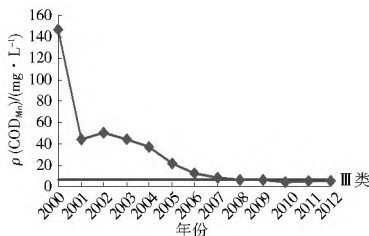


图 10 城郭河群乐桥断面 COD_{Mn} 浓度历年变化

Fig. 10 Variations of permanganate index at the Qunleqiao section of the Chengguo River

2.4.3 府河

洸府河主要接纳济宁市区、兖州市及泰安市宁阳县的工业和城市污水,此单元结构性污染问题突出。通过治理^[9],可

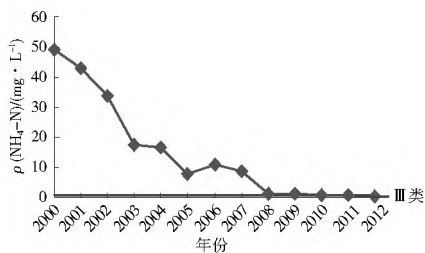


图 11 城郭河群乐桥断面氨氮浓度历年变化

Fig. 11 Variations of NH_4N concentration at the Qunleqiao section of the Chengguo River

可以看出(见图 12- 图 13),在实施工业结构调整项目后,东石佛断面水质有了大幅改善,2005 年 COD_{Mn} 和氨氮浓度较 2000 年分别下降了 88.6% 和 87.3%;“十一·五”期间,围绕“治、截、导、用、整”体系的基本建立,水质进一步改善,2010 年 COD_{Mn} 和氨氮浓度分别较 2005 年下降了 64.1% 和 89.2%,减幅明显,但水质仍为劣 V 类。2011 年- 2012 年,济宁市进一步采取了针对性措施,实施重点排污企业太阳纸业废水改排泗河工程,健全城镇污水收集管网、清理河道畜禽养殖,完善截污导流和人工湿地功能,执行进一步加严的企业治理标准等一系列措施,东石佛断面水质于 2012 年 10 月首次达到规划目标,并逐步稳定。

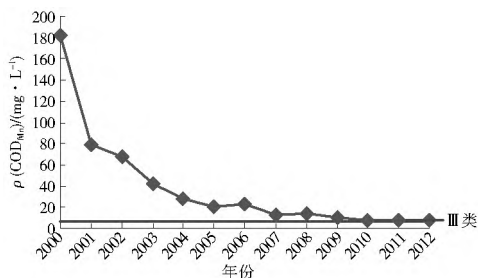


图 12 洸府河东石佛断面 COD_{Mn} 浓度历年变化

Fig. 12 Variations of permanganate index at the Dongshifo section of the Guangfu River

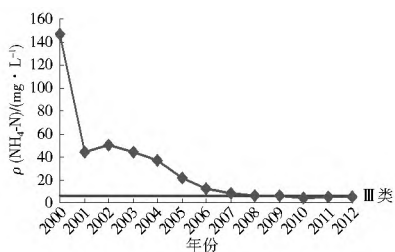


图 13 洸府河东石佛断面氨氮浓度历年变化

Fig. 13 Variations of NH_4N concentration at the Dongshifo section of the Guangfu River

2.5 特征污染因子分析

2.5.1 石油类

针对运河苏北段航运较发达的特点,在对 COD_{Mn} 、氨氮两项主要指标分析的基础上,对沿线石油类指标进行了专门的单因子分析。

2000 年,江苏 14 个断面中,有 5 个断面石油类指标超标,超标 0.19~ 7 倍(超标最严重的是京杭运河宿迁段),主要分布在京杭大运河干线^[6]。自 2007 年京杭运河全面禁止

挂浆机船和沿岸船舶油废水收集站的陆续投运后,沿线石油类基本控制在 0 类。但随着苏北段运河航道等级的提升,航运污染问题日益显现,部分断面石油类浓度达到标准值上限,并时有超标现象,见图 14。

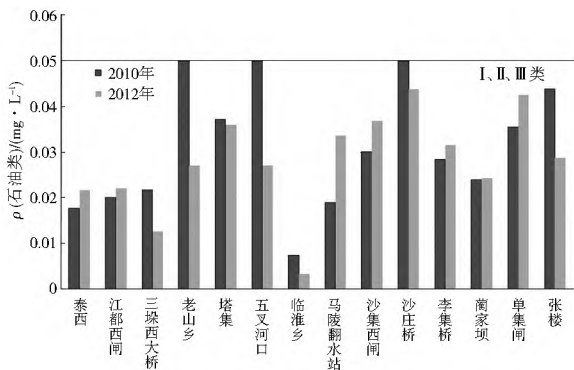


图 14 2010 年和 2012 年南水北调东线江苏段控制断面石油类浓度沿程变化

Fig. 14 Variations of oil concentration at the control sections along the ER of SNWDP in Jiangsu Province in 2010 and 2012

2.5.2 湖泊总磷、总氮

通过对南四湖 2010 年 11 月总磷、总氮分布情况分析^[15](见图 15),可以看出,上级湖南阳湖总磷、总氮浓度偏高,面源污染已成为南四湖水水质进一步提升的主要因素。

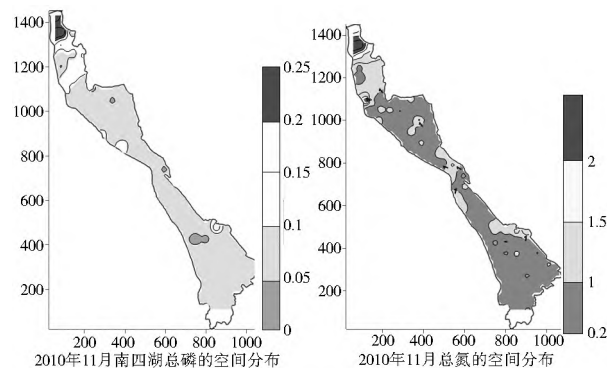


图 15 2010 年 11 月南四湖总磷、总氮空间分布

Fig. 15 Spatial distribution of TP and TN in the Nansi Lake in November 2010

3 小结

(1) 经 10 年治污,东线沿线水质得到了显著改善,呈现出明显的阶段性改善特点,2012 年 11 月,黄河以南段各控制断面水质达到治污规划目标要求,并逐步趋于稳定,为东线一期工程通水奠定了坚实基础。

(2) 为保证东线水质安全,需在进一步巩固治污的基础上,继续深化、拓展治污领域,加强环湖大生态带和水系生态建设,加大农业面源污染防治力度,推进航运污染综合治理,提升沿线水质达标水平。

(3) 东线一期工程通水后,沿线水文情势将发生改变,流向、流量、流速、流场等变化将对调水水质产生一定影响,需及时跟踪研究汛后调水初期及通水期间水质变化情况。

参考文献(References):

[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 Xirui, YIN Hongwei, YAO Jiarwen. 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 Yurui, WAN Yi, XU Yandong. 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] 张素英. 南水北调东线江苏段水污染防治现状及水质保证措施探讨[J]. 南水北调与水利科技, 2009, 7(2): 18-20. (ZHANG Suiying. Analysis and Study on the Existing Water Pollution Prevention and Water Quality Guaranteeing Measures of the South to North Water Transfer Project in Jiangsu Province [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2009, 7(2): 18-20. (in Chinese))
- [4] 高德刚, 于福春, 于广仓, 等. 南水北调工程东线山东段水污染原因分析及治污措施[J]. 水利经济, 2006, (6): 53-55. (GAO Degang, YU Fuchun, YU Guangcang, et al. Analysis on Water Pollution and Remediation Measures of South to North Water Diversion Project in Shandong Province [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2006(6): 53-55. (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] 中国环境规划院, 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. (Chinese Academy for Environmental Planning, The Huaihe River Commission of the Ministry of Water Resources P. R. C., The Haihe River Commission of the Ministry of Water Resources P. R. C., et al. The Planning for Pollution Control of the Eastern Route of the South to North Water Diversion Project [R]. 2001. (in Chinese))
- [7] 《中国南水北调工程建设年鉴》编撰委员会. 中国南水北调工程建设年鉴 2006[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006: 287-288. (Establishment Committee of China South to North Water Diversion Project Construction Yearbook. China South to North Water Diversion Project Construction Yearbook 2006 [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2006: 287-288 (in Chinese))
- [8] 江苏省发展改革委, 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]. 2005. (Jiangsu Development and Reform Commission, Jiangsu Environmental Protection Bureau. The Control Unit Pollution Solution of Jiangsu ERP of SNWDP [R]. 2005. (in Chinese))
- [9] 山东省发展改革委, 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]. 2005. (Shandong Development and Reform Commission, Shandong Environmental Protection Bureau. The Control Unit Pollution Solution of Shandong ERP of SNWDP [R]. 2005. (in Chinese))
- [10] 《中国南水北调工程建设年鉴》编撰委员会. 中国南水北调工程建设年鉴 2011[M]. 北京: 中国电力出版社, 2011: 249. (Establishment Committee of China South to North Water Diversion Project Construction Yearbook. China South to North Water Diversion Project Construction Yearbook 2011 [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2011: 249 (in Chinese))
- [11] 江苏省发展改革委, 江苏省环境保护厅. 南水北调东线复新河单元沙庄桥断面达标方案(2010-2015) [R]. 2011. (Jiangsu Development and Reform Commission, Jiangsu Environmental Protection Bureau. Pollution Control Compliance Program of Fuxin River Shazhuang Bridge Section ERP of SNWDP (2010-2015) [R]. 2011. (in Chinese))
- [12] 江苏省发展改革委, 江苏省环境保护厅. 南水北调京杭运河邳州段张楼断面水质达标方案(2010-2015年) [R]. 2010. (Jiangsu Development and Reform Commission, Jiangsu Environmental Protection Bureau. Pollution Control Compliance Program of the Grand Canal Zhanglou Section ERP of SNWDP (2010-2015) [R]. 2010. (in Chinese))
- [13] 江苏省发展改革委, 江苏省环境保护厅. 南水北调东线输水干线高邮市北澄子河三垛西大桥断面达标方案(2010-2015年) [R]. 2010. (Jiangsu Development and Reform Commission, Jiangsu Environmental Protection Bureau. Pollution Control Compliance Program of Beichengzi River Sanduoxi Bridge Section ERP of SNWDP (2010-2015) [R]. 2010. (in Chinese))
- [14] 山东省环保厅. 南水北调东线一期工程山东段水质达标补充实施方案[R]. 2012. (Shandong Environmental Protection Bureau. The Supplementary Implementation Program for Pollution Treatment of Shandong Province ERP of SNWDP [R]. 2012. (in Chinese))
- [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]. 2012. (Shandong Environmental Protection Bureau. The Pilot Overall Implementation Plan for Ecological and Environmental Protection of Nansi Lake (2011-2015) [R]. 2012. (in Chinese))
- [16] 郭鹏, 任静. 南水北调东线治污的探索与实践[J]. 南水北调与水利科技, 2013(5): 184-188. (GUO Peng, REN Jing. Exploration and Practice on Pollution Remediation Along the Eastern Route of South to North Water Diversion Project [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2013(5): 184-188. (in Chinese))