

DOI:10.3969/j.issn.1004-6933.2014.06.007

引滦输水污染物对于桥水库水环境的影响

张庆强,周潮晖,王旭丹,王立亚,马金玲

(天津市水文水资源管理中心,天津 300061)

摘要:对引滦输水期及非输水期引滦沿线入库水体污染物研究,分析水体中悬浮物、TN、TP等污染物对于桥水库水环境质量产生的影响。结果表明:对于桥水库的水环境产生影响的主要水质指标为TN、TP,其主要来源为引滦输水的上游水库;悬浮物及重金属在引滦输水沿线水体中含量较大,主要来源于沿线两岸的铁矿砂及选砂堆积物,但进入于桥水库前沉积量较大,对水库水环境影响较小。

关键词:引滦输水;水环境影响;总氮;总磷;悬浮物;于桥水库

中图分类号:X832 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2014)06-0035-05

Effects of water pollutants from Luanhe-Tianjin water diversion on water environment of Yuqiao Reservoir

ZHANG Qingqiang, ZHOU Chaohui, WANG Xudan, WANG Liya, MA Jinling
(Tianjin Hydrology and Water Resources Management Center, Tianjin 300061, China)

Abstract: In this study, the characteristic water pollutants flowing into the Yuqiao Reservoir from the Luanhe-Tianjin Water Diversion during water diversion and non-water diversion periods were studied, and the effects of suspended matter, total nitrogen, and total phosphorus on the water environment of the reservoir were analyzed. The results show that the main factors influencing the reservoir's water environment were total nitrogen and total phosphorus, which came from the upstream reservoir. There were large amounts of suspended matter and heavy metals in the water during the diversion, which mainly came from the tailings and deposits on both sides of the water diversion route. As the suspended matter and heavy metals were deposited in large amounts before they entered the Yuqiao Reservoir, they had an insignificant effect on the water environment of the reservoir.

Key words: Luanhe-Tianjin water diversion; environmental effect; total nitrogen; total phosphorus; suspended matter; Yuqiao Reservoir

于桥水库是天津市引滦输水工程的中储水库,接收潘家口—大黑汀水库输水,并向天津市内重要饮用水水源地输水,其水质好坏直接影响天津市民的生产生活。

近年来于桥水库综合营养指数已接近轻度富营养水平,特别是最近一两年的个别月份,在水库北岸浅水区和几个入库口的局部区域已发生轻微水华,表明水库已呈富营养化症状^[1-2]。

近年来于桥水库流域自产水量明显减少,水源主要来源于引滦输水,小部分来源于其他中小河流

汇入及降水等。2012 水利年度天津市累计从潘家口水库调水 4.0 亿 m³,至输水结束于桥水库蓄水量为 2.9 亿 m³。而 2012—2013 年于桥水库蓄水量基本保持 2 亿 m³ 以上,于桥水库起到引滦输水中转站的作用,水库水体置换较频繁,因此水库水质受输水水质影响较大。

1 引滦输水源头水环境状况

潘家口、大黑汀水库是于桥水库主要水源,由于承受其上游工业污水、生活污水,特别是两库区数万

基金项目:天津市水务局科技计划项目(KY2013-12)
作者简介:张庆强(1982—),男,工程师,主要从事水环境监测工作。E-mail:lele_54186@163.com

个投饵网箱养殖,急剧增加了水体中 TN、TP 等营养物质,致使两水库 TN 浓度常年劣于 V 类标准^[3-4]。

在引滦输水过程中,于 2013 年 6 月对潘家口、大黑汀水库进行采样调查,结果见表 1。由表 1 可见,TN 浓度均为劣 V 类,且以 NO₃⁻-N 为主,占 TN 的 66.1%~88.3%,说明水体中氮的转化处于相对稳定的状态。铁、锰均未检出。

表 1 潘家口、大黑汀水库水环境状况								mg/L
水库名称	监测点	ρ(SS)	ρ(TN)	ρ(NO ₃ ⁻ -N)	ρ(NO ₂ ⁻ -N)	ρ(NH ₄ ⁺ -N)	ρ(Fe)	ρ(Mn)
潘家口	PJ1	11	6.15	5.38	0.173	0.206	DL	DL
潘家口	PJ2	12	6.43	5.68	0.181	0.324	DL	DL
潘家口	PJ3	15	4.53	3.68	0.038	0.161	DL	DL
潘家口	PJ4	14	4.75	4.18	0.037	0.132	DL	DL
大黑汀	DH1	10	4.24	2.59	0.114	0.195	DL	DL
大黑汀	DH2	23	4.27	2.90	0.116	0.187	DL	DL

注:“DL”表示未检出

2 非输水期间引滦沿线污染物特征

2.1 黎河污染物特征

引滦非输水期间,黎河来水主要为支流来水,黎河沿线较大支流有炸糕店支流、高各庄支流、崔家庄支流、西山桥支流、龙湾桥支流^[5]。据其下游前毛庄水文站数据,非输水期间年平均流量为 1.2 m³/s,全年入果河水量约为 0.25 亿 m³。

隧洞出口、黎河大桥两断面在非输水期间基本上干枯或水量极少,仅采集黎河桥水样。监测结果表明:非输水期间,黎河主要靠各支流汇流,水质为劣 V 类,主要污染物为 TN,黎河桥断面 TN 质量浓度为 6.64~10.4 mg/L,水体中 TN 质量浓度高于引滦输水期间,主要受面源等污染源影响。但水体清澈、水中悬浮物质量浓度低,在 4~10 mg/L 之间。水中 TN 主要为 NO₃⁻-N,占 TN 的比值为 90%。由于全年输水原因河道受冲刷严重,河道中缺乏水生植物,对水体中氮的利用率低,吸收量小。

2.2 沙河污染物特征

沙河是于桥水库汇水支流之一,源头在遵化市境内,于蓟县汇入果河。由于遵化市的城市生活污水、加工业和工矿业等污水的排放影响,该河道已形成水体连续的河道污水库^[6]。受上游般若院水库和遵化市区西二环南路东沙河橡胶坝的拦截,沙河水平口多年平均流量为 1.99 m³/s,略大于黎河非输水期间流量,全年入果河水量约为 0.60 亿 m³。

受遵化市入河污水、流域面源及河道网箱养殖的影响^[7],沙河入果河断面水体中氮浓度高于黎河,监测期间 TN 质量浓度在 8.23~13.0 mg/L 之间,平均 11.5 mg/L,比黎河桥断面高 23%~31%,以至于果河桥断面水体中 TN 质量浓度高于黎河桥

断面。由于水流缓慢,沙河桥断面水体悬浮物质量浓度低,在 4~25 mg/L 之间。

3 引滦输水期间沿线污染物特征

3.1 监测断面设置及样品采集

引滦输水是间歇式输水,本文研究的输水期为 2013 年为 5 月 10 日至 6 月 30 日,距上次输水期间隔时间约为 5 个月。受沿线两侧环境影响,河道内沉积物较多,输水量较大,流速快,水流对河道冲刷,污染物进入水体,产生的影响比较明显,且输水时间为于桥水库藻类生长变化明显期,输水对于桥水库水体的变化影响较明显,因此选取这一输水期来研究。监测断面设置如图 1 所示。

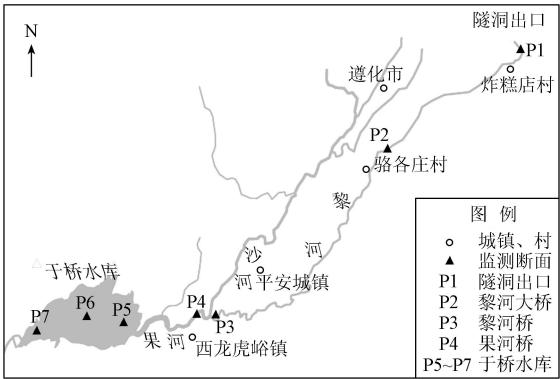


图 1 引滦输水沿线及于桥水库监测断面设置

引滦输水期间,在输水初期的 5 月 11 日、14 日,输水中期 6 月 4 日,输水后期 6 月 17 日对输水沿线进行 4 次取样。输水期间隧洞出口断面水质清澈,略带少许鱼腥味。输水初期,受水流冲刷影响,河道内沉积物大量进入水体,水体出隧洞后逐渐浑浊,水中悬浮物含量开始增高。输水中期沿线水体浑浊度明显改善,输水稳定期及后期水质已转清。

3.2 TN

引滦输水期间,入津滦河水首先经过河北省迁西县的滦河、黎河分水岭,经过 12.4 km 的输水隧洞,出隧洞后流入河北省遵化市境内黎河干流至于桥水库^[8]。由于大黑汀水库至隧洞出口全程为封闭隧洞,水体受外界污染物影响较小,水质应与大黑汀引滦输水出口水质相近,水体尚清,水体中悬浮物含量低。由图 2 可见,输水初期 TN 质量浓度从隧洞出口处至果河桥有明显增高趋势,输水中、后期水体中 TN 浓度各断面变化不明显。说明沿线汇入水体及区域 TN 的排量相对于输水水体中 TN 质量浓度要小很多,因此可以说在大水量输水的情况下,水中 TN 主要来源于大黑汀水库。输水前期 TN 的质量浓度受河道原有水质及底质影响较大。此次引滦输水各监测断面水质 TN 均为劣 V 类,浓度范围

在 4.33 ~ 7.41 mg/L 之间。

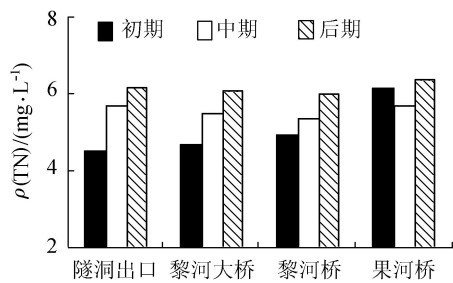


图2 引滦输水期 TN 质量浓度变化情况

由图 3 可见,各断面 $\text{NO}_3\text{-N}$ 与 TN 的比值呈现稳定比例关系,且随输水过程比值逐渐缓慢上升,说明该河段有机氮在逐渐分解为氧化态氮,水体已转向自净。但由于输水河道缺乏生物量, $\text{NO}_3\text{-N}$ 与 TN 的比值上升缓慢,入果河前 $\text{NO}_3\text{-N}$ 占 TN 的比例由 81.1% 上升为 82.3%。

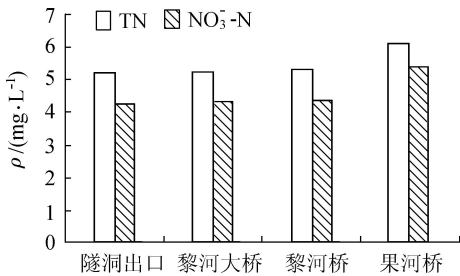


图3 引滦输水期 TN 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的质量浓度比较

3.3 TP

输水过程中水体 TP 的质量浓度变化过程为先增后降(图 4)。从输水初期与中期水体中 TP 的变化情况可以看出输水中期水体中 TP 的质量浓度变化要比输水初期浮动大。分析可能是沿线面源 TP 的汇入^[9],引起水体中 TP 质量浓度上升,至果河桥段水流平缓,在悬浮物沉降及生物量增加的影响下,TP 的质量浓度又降低。由此可以看出引滦水体中 TP 的质量浓度是受到输水源头大黑汀水库水质及引滦沿线的含磷污染物汇入共同影响的。

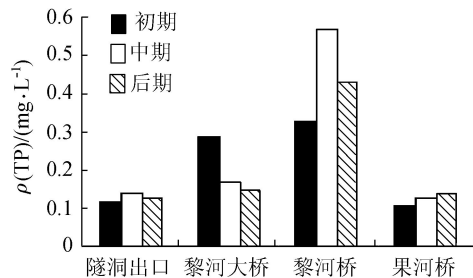


图4 引滦输水期 TP 质量浓度变化情况

3.4 悬浮物

隧洞出口水体中悬浮物浓度较低,至遵化黎河段水流速较快,河床底质受到扰动,大量沉积物进入水体,使得水体中悬浮物开始大量增加,至汇入果河

前黎河桥断面达到最大值。由图 5 可见,在输水初期,黎河桥断面悬浮物质量浓度高达 693 mg/L,是隧洞出口处的 115 倍;经过 20 d 的输水,进入输水中期,水体中悬浮物质量浓度趋于稳定,黎河大桥断面为 33 mg/L 左右,较输水初期下降 90%;后期黎河桥段面为 100 mg/L 左右,较输水初期下降 80%;果河桥断面悬浮物质量浓度变化不大,为 30 ~ 47 mg/L 之间,说明悬浮物基本沉降于果河桥与黎河桥之间。

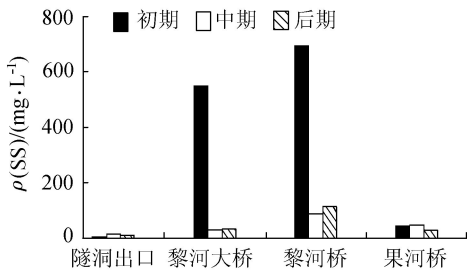


图5 输水期引滦沿线悬浮物质量浓度变化情况

3.5 TFe、TMn

由监测成果分析,输水期间隧洞出口 TFe 平均质量浓度为 0.22 mg/L, TMn 平均质量浓度为 0.10 mg/L,输水期全过程中 TFe、TMn 的浓度变化较小。TFe 和 TMn 的浓度从隧洞出口处至黎河桥断面开始上升,在黎河桥断面达到最高值,后至果河桥断面急剧下降。

从图 6 中可以看出,引滦输水中 TFe、TMn 的质量浓度变化主要以输水初期为主,输水初期 $\rho(\text{TFe})$ 最高值达 91.68 mg/L,超过标准 305 倍。 $\rho(\text{TMn})$ 为 1.46 mg/L,超过标准 14 倍。输水中、后期水中 TFe、TMn 质量浓度变化不明显。从图 6 中可以看出 TFe、TMn 质量浓度在总的输水期间变化趋势相近,在引滦沿线相同的监测点呈现相近的规律。

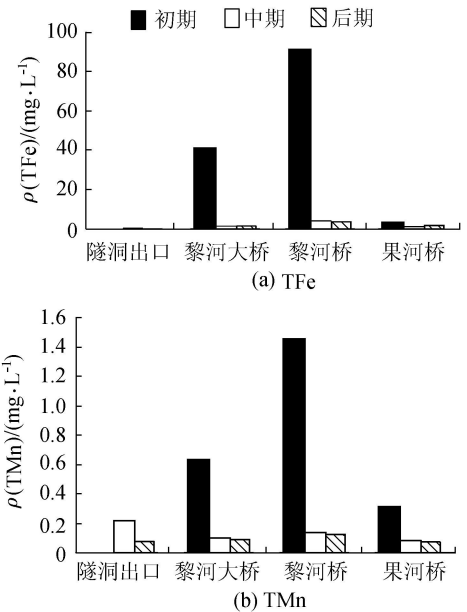


图6 输水期 TFe、TMn 质量浓度的变化情况

由输水沿线悬浮物、TFe、TMn 的变化情况(图 7),可以看出三者间变化规律相近,TFe、TMn 质量浓度随水体中悬浮物质量浓度的增大而增大,且最高点均出现于黎河桥附近。结合引滦沿线流经两岸实际情况^[10]以及监测点的设置(黎河大桥在遵化市南),引滦输水由隧洞出口流经遵化市,受其钢铁、选沙等工业影响,水体中悬浮物可能会含有由铁矿渣、尾矿砂扬尘而进入水体中的颗粒物,因此引起水中 TFe、TMn 质量浓度增加。

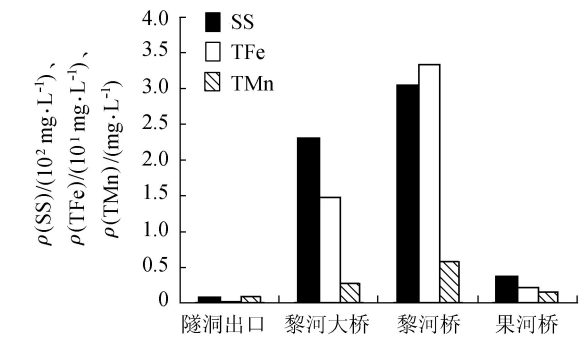


图 7 输水沿线悬浮物、TFe、TMn 质量浓度变化情况

4 输水期于桥水库水环境变化情况

引滦入津工程投入使用后,于桥水库不仅接纳本流域来水、接纳滦河来水,同时还担负向市区供水的任务。于桥水库的蓄水量受两大水系及其输出水量的影响,水质随输水变化而明显变化^[11]。

4.1 蓄水量

本次引滦输水从 5 月初开始至 6 月末历时 2 个月左右,输水 2.37 亿 m^3 ,从图 8 可以看出,于桥水库在输水期间蓄水量一直在增加,但因于桥水库在接收输水同时在向市区供水,显示出水库蓄量变化不大。由于引滦输水入于桥水库位于库东,而于桥水库向市区供水水闸位于库西,因此可以说于桥水库水体置换量很大。

4.2 TN、TP

由图 8 可见,引滦输水开始前水体中 TN 浓度很高,TP 浓度很低,两者比例为 259 : 1,结合水库藻类生长变化趋势,可以看出在输水初期制约藻类生长的营养因素以 TP 为主。图 8 中 TP、TN 与藻细胞密度变化趋势可以看出,随着引滦输水进入,于桥水库水体得到置换,水体中 TP 浓度随之增加,氮磷比在减小,因此促进了藻类的生长。同时藻类的生长消耗了水中氮,由此出现水体中 TP 与藻类上升, TN 急剧减小的变化趋势。

6 月末 7 月初,引滦输水结束,随水体中 TP 的补充停止,浓度比达到最低点,为 17 : 1。这种水环境中氮磷比适宜藻类生长,因此藻类大量繁殖,由图

8 中看出藻细胞密度在这段时间呈明显上升趋势。而随藻类在生长过程中对 TP、TN 的消耗,就出现图中 TP、TN 持续下降现象。

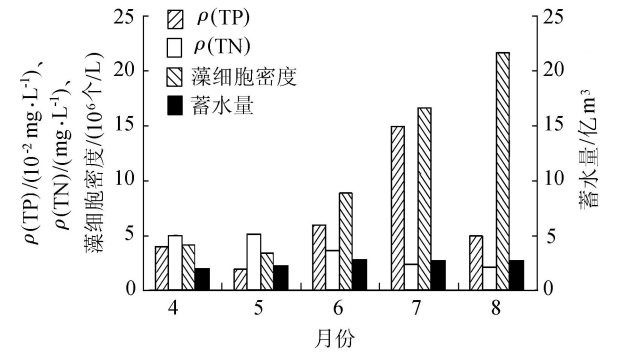


图 8 于桥水库蓄水量、藻类与水体中 TN、TP 含量关系

4.3 悬浮物、TFe 和 TMn

于桥水库水体中悬浮物受引滦输水影响浓度有所上升,但变化不明显(图 9)。5 月至 6 月末引滦输水结束,水体中悬浮物质量浓度基本上在 5 ~ 8 mg/L 间变动。

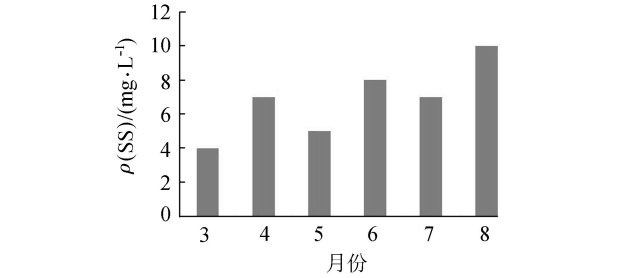


图 9 于桥水库水体中悬浮物变化

于桥水库水体中 TFe、TMn 均在检出限附近,水体受引滦输水影响较小。

5 结 论

a. 非输水期引滦沿线沙河、黎河的污染物浓度较高,但由于流量较小,全年汇入量约为 0.85 亿 m^3 ,而于桥水库常年蓄水量超过 2 亿 m^3 ,全年输水量大于 4 亿 m^3 ,因此非输水期汇入水库的污染物浓度对水体水质影响不大。

b. 于桥水库水质主要受引滦输水的影响,引滦输水中 TN 主要来源于潘家口、大黑汀水库, TN 为劣 V 类,引滦沿线 TN 的汇入量相比引滦输水中 TN 的浓度要小。引滦输水中 TP 的浓度受沿线污染物汇入影响较大。

c. 结合于桥水库的藻类监测,于桥水库水体中制约藻类生长的营养元素为 TP。从于桥水库水体中 TP、TN 浓度变化规律看,TP 的主要来源为引滦输水。

d. 引滦输水沿线中悬浮物及 TFe、TMn 的浓度变化主要受引滦沿线的铁矿尾矿、选砂等工业污染,

水体中三者浓度关系呈正比。结合悬浮物的沉降变化特征,引滦输水中悬浮物、TFe、TMn 三者在入库前果河桥断面附近沉降较多,达到 80% 以上,水体中三者浓度对于桥水库水质影响不大。

参考文献:

[1] 郑丽娜,程君敏,温圣宇. 于桥水库水源地污染状况及对策[J]. 海河水利,2008 (5):16-17. (ZHENG Lina, CHENG Junmin, WEN Shengyu. The water pollution status and control countermeasure of Yuqiao Reservoir [J]. Haihe Water Resources, 2008 (5): 16-17. (in Chinese))

[2] 金丹越,黄艳菊. 天津于桥水库主要环境问题及其防治对策[J]. 环境科学研究,2004 (增刊 1):77-79. (JIN Danyue,HUANG Yanju. The environmental problems and controlling countermeasures of Tianjin Yuqiao Reservoir [J]. Research of Environmental Sciences, ,2004 (S1): 77-79. (in Chinese))

[3] 邢海燕,暴柱,宁文辉. 潘家口、大黑汀水库水源地水质现状评价与保护对策[J]. 海河水利,2009 (3):24-26. (XING Haiyan,BAO Zhu,NING Wenhui. Current status and protection measures in water source area of Panjiakou-Daheiting Reservoir [J]. Haihe Water Resources, 2009 (3):24-26. (in Chinese))

[4] 吕艳,翟卫东,邢海燕,等. 潘家口、大黑汀水库富营养化趋势分析及对策[J]. 河北水利,2013 (10):38. (LYU Yan,ZHAI Weidong,XING Haiyan,et al. Analysis on the eutrophication change of Panjiakou-Daheiting Reservoir [J]. Hebei Water Resources, 2013 (10): 38. (in Chinese))

[5] 黄立洪,孙翔宇,程强,等. 黎河支流污染治理措施探讨[J]. 水利技术监督,2011 (2):55-57. (HUANG Lihong, SUN Xiangyu, CHENG Qiang, et al. Measures of preventing pollution on the tributary of Li River [J].

Technical Supervision in Water Resources, 2011 (2):55-57. (in Chinese))

[6] 温圣宇,张 鹏,王欣然. 沙河水环境污染情况浅析[J]. 科技致富向导,2011 (2):262. (WEN Shengyu,ZHANG Peng,WANG Xinran. The water pollution of Sha River [J]. Guide of Sci-tech Magazine, 2011 (2): 262. (in Chinese))

[7] 胡晓芳. 于桥水库水源地重金属污染研究[C]//中国环境科学学会. 中国环境科学学会学术年会论文集 (第四卷). 北京:中国农业大学出版社, 2012:2685-2688.

[8] 孙秀英,苏昌永. 引滦工程沿线存在的水环境问题与治理对策[J]. 水利水电技术,2001,32 (8):58-60. (SUN Xiuying, SU Changyong. The water environmental problems and controlling countermeasures of Luanhe-Tianjin water diversion [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2001, 32 (8): 58-60. (in Chinese))

[9] 杨丽敏,樊建超. 黎河水质变化分析及污染防治对策探讨[J]. 海河水利,2010,8 (4):23-25. (YANG Limin, FAN Jianchao. Analysis on the water quality change and controlling countermeasures of Li River[J]. Haihe Water Resources, ,2010,8 (4):23-25. (in Chinese))

[10] 李得清,李东坡,李东娜. 论引滦入津工程黎河输水段的水环境问题[J]. 中国城市经济,2010 (9):268. (LI Deqing,LI Dongpo,LI Dongna. On water environmental problem of Li River water conveyance section in Water Diversion Project from Luanhe River to Tianjin City [J]. China Urban Economy, 2010 (9):268. (in Chinese))

[11] 李玉英,侯任合. 于桥水库富营养化趋势及成因[J]. 水利水电技术,2001,32 (8):61-63. (LI Yuying, HOU Renhe. Analysis on the eutrophication change of Yuqiao Reservoir [J]. Water Resources and Hydropower Engineering,2001,32 (8):61-63. (in Chinese))

(收稿日期:2014 - 03 - 28 编辑:徐 娟)



· 简讯 ·

水利部门超额完成太湖生态清淤任务

太湖生态清淤是国务院批复的《太湖流域水环境综合治理总体方案》确定的综合治理措施之一,有利于削减内源污染,扼制湖泛生态危害,保障太湖地区供水安全。2008 年江苏省政府决定把方案确定在 2015 年实施的湖体清淤任务提前至 2008 年,计划用 5—6 年时间完成清淤任务 3 500 万 m³。江苏省水利部门加强协调组织,指导沿湖各市区科学有序开展湖体生态清淤工程,截至目前累计完成太湖生态清淤 122 km²、3 669 万 m³,超额完成了太湖生态清淤任务,生态清淤效益显著。一是清除了大量湖体内源污染物质。直接减少内源污染物有机质 11.9 万 t,总氮 2.9 万 t、总磷 2.4 万 t,相当于近 15 年滞留在湖区的入湖污染物总量。二是割断了湖泛发生的生物链。有效削弱了湖泛产生的物质条件,启动清淤工程以来,湖泛发生频次逐步下降。三是降低了蓝藻发生强度。蓝藻成规模暴发的时间逐年推迟,暴发强度有所减弱。四是明显改善湖体水质。清淤后有效改善底泥厌氧环境,对底泥内源污染释放的控制效果非常明显,清淤区大部分监测点磷的释放强度降至负值水平(即由释放转为吸附)。五是改善底栖生物生态环境。清淤 6 个月后,底栖生物恢复量达 61.8%,种群达 70%,一年后生物恢复量达到 98%,3 年后群数量及生物恢复量均超 100%,且群落结构和组成更加稳定。

(摘自: http://www.hwcc.gov.cn/pub2011/hwcc/wwgj/gjpt/tyxw/201411/t20141106_385370.htm)