

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2016.03.025

引黄入冀补淀工程对地表水环境影响预测

杨 柳¹, 逢 勇^{1,2}, 李 幸¹

(1. 河海大学环境学院, 江苏 南京 210098;
2. 河海大学浅水湖泊综合治理与资源开发教育部重点实验室, 江苏 南京 210098)

摘要:为缓解河北省地下水超采状况及向白洋淀实施生态补水,修建引黄入冀补淀工程。利用所建位山引黄入冀工程模型相关试验参数及其他相关研究成果对研究设置的 6 个情景方案进行了模拟分析,研究此次工程对输水沿线及受水区白洋淀的地表水环境影响。结果表明:在实施输水沿线水污染治理后,多年平均情况下,当引水口水质满足其水功能区水质目标要求时,输水沿线各断面水质除 TN 外可达到Ⅲ类水质标准,引黄入冀补淀工程可有效改善沿线及入白洋淀地表水环境。由运行初期所存在的问题建议入白洋淀断面设置水质自动监测站,一旦水质超标应立即停止向白洋淀引水,确保初期输水安全。

关键词:地表水;水污染治理;水环境影响;引黄入冀补淀工程;位山引黄入冀工程;输水沿线;白洋淀
中图分类号:X820.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2016)03-0131-06

Prediction of effect of Yellow River-to-Baiyangdian Water Transfer Project on surface water environment

YANG Liu¹, PANG Yong^{1,2}, LI Xing¹

(1. College of Environment, Hohai University, Nanjing 210098, China;
2. Key Laboratory of Integrated Regulation and Resources Development on of Shallow Lakes, of Ministry of Education, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: The Yellow River-to-Baiyangdian Water Transfer Project will be built in order to alleviate the groundwater over-exploitation in Hebei Province and to provide ecological water supplement to the Baiyangdian area. Using the relevant parameters regarding the Weishan Yellow River-to-Hebei Water Transfer Project and other related research results, analysis and simulation were carried out to examine six scenario plans developed in this study, in order to investigate the effect of the project on the surface water environment along the water transfer routes and in the Baiyangdian area. The results are as follows: after the implementation of water pollution control along the water transfer routes and when the water quality at the intake meets the requirements of the water function area, multi-year averages of water quality indicators at cross-sections along the route can meet all grade III standards except for total nitrogen. In addition, the Yellow River-to-Baiyangdian Water Transfer Project can effectively improve the surface water environment along the water transfer routes and in the Baiyangdian area. It is suggested that automatic water quality monitoring stations should be set up at the cross-sections in order to solve the existing problems in the initial period of operation. Once the water quality exceeds the standards, water transfer into the Baiyangdian area should be stopped immediately to ensure water safety during the initial period.

Key words: surface water; water pollution control; effect on water environment; Yellow River-to-Baiyangdian Water Transfer Project; Weishan Yellow River-to-Hebei Water Transfer Project; water transfer route; Baiyangdian

河北省水资源严重短缺,一般年份基本无地表水可以利用,只能靠大量开采地下水,而近 10 年平均地下水开采量达到 266 304 万 m³/a,开发利用率达到 241%,超采十分严重^[1-2]。白洋淀作为华北平原最大、最典型的淡水浅湖型湿地^[3],其生态系统

良性循环对维系华北平原和首都经济圈生态环境安全具有重要意义。随着干旱和污染的双重威胁,白洋淀逐步退化、萎缩,并数次出现干淀现象,干旱缺水已经成为影响经济社会发展、生态环境安全和社会政治稳定的重大问题。进行白洋淀生态补水十分

作者简介:杨柳(1990—),女,硕士研究生,研究方向为水资源规划与保护。E-mail:yundelanjingling@163.com

必要^[4-6],引黄入冀补淀工程应运而生。

近年来,一些学者对引黄入冀补淀工程做了相关研究,李涛等^[7]对引黄入冀补淀工程河北段对地下水的影响做了预测,结果表明该工程将有效改善地下水环境,干线附近地下水抬升范围不大、控制地下水临界水位前提下盐碱化危害较小;任健等^[8]对引黄入冀补淀工程泥沙处理对策进行了分析,研究得出泥沙处理措施应采取“避沙、防沙、沉沙、输沙”的原则;陈玉培等^[9]对引黄入冀补淀工程局部输水线路进行了必选分析,综合考虑选定南湖干渠单线输水方案。大多数学者对引黄入黄补淀工程输水线路及泥沙处理方面进行了计算分析,而对该工程如何影响地表水环境尚不清晰。

笔者综合考虑引黄入冀补淀工程各水平年调水过程、引黄口段水质状况以及输水沿线排污口分布状况、治理情况、整治方案及实施可能性等,针对各类排污口部分整治和全部整治等情况,设置了6个情景方案进行模拟,利用位山引黄入冀工程相关试验参数(污染物降解系数 $K_{\text{COD}}=0.124\text{ d}^{-1}$, $K_{\text{NH}_3\text{-N}}=0.121\text{ d}^{-1}$, $K_{\text{TN}}=0.114\text{ d}^{-1}$, $K_{\text{TP}}=0.112\text{ d}^{-1}$)及其他相关研究成果,分析研究了该工程对输水沿线及受水区白洋淀的地表水环境影响。

1 工程概况

2013年11月,国家发展改革委批复了《引黄入

冀补淀工程项目建议书》(发改农经〔2013〕2326号),该工程为全程自流输水,引水线路途经两省(河南省、河北省)六市(濮阳市、邯郸市、邢台市、衡水市、沧州市、保定市)^[10],本项目是两个资源型缺水流域之间的跨流域调水工程,主要涉及黄河流域和海河流域。

工程自河南濮阳渠村引黄闸取水口引水,调水河段为黄河下游,工程引水口距上游小浪底水库约310 km,距离下游高村水文站约7 km,距离利津水文站约480 km;输水线路为自河南省濮阳市渠村引黄闸引水,途经河南、河北两省6市22个县市区,线路总长482 km,其中河南省境内为84 km,河北省境内398 km;引黄入冀补淀工程建设主要任务是为白洋淀实施生态补水和工程沿线部分地区农业供水,缓解沿线地区农业灌溉缺水及地下水超采状况^[11]。

2 水质达标情况及治理方案

调水区、输水河渠及受水区的水质现状监测结果表明:调水区黄河河段基本为Ⅲ类,基本能满足水质目标要求;河南段、河北段输水沿线水质现状较差,基本为Ⅴ类和劣Ⅴ类;受水区白洋淀现状水质也较差,基本都为Ⅳ~劣Ⅴ类^[12],不满足Ⅲ类水质目标要求。各河渠水质现状及达标情况具体见表1。

表 1 引黄入冀补淀工程涉及河渠水功能区水质达标情况

区域	河渠	二级水功能区划	水质目标(或评价标准)	水质现状	达标情况
调水区	黄河	黄河濮阳饮用工业用水区	Ⅲ类	Ⅲ类	达标
	天然文岩渠入黄口	天然文岩渠新乡缓冲区	Ⅴ类	Ⅴ类、劣Ⅴ类	部分达标
	南湖干渠	未开展水功能区划		Ⅲ类	达标
	第三濮清南干渠	未开展水功能区划	评价标准:Ⅲ类	劣Ⅴ类	未达标
	第三濮清南西支	未开展水功能区划		劣Ⅴ类	未达标
	新开渠	未开展水功能区划		劣Ⅴ类	未达标
	留固沟	未开展水功能区划		劣Ⅴ类	未达标
	东风渠	未开展水功能区划	评价标准:Ⅳ类	劣Ⅴ类	未达标
	南干渠	未开展水功能区划		劣Ⅴ类	未达标
	支漳河	支漳河邯郸农业用水区	Ⅴ类	劣Ⅴ类	未达标
输水沿线	老漳河	老漳河邢台农业用水区	Ⅴ类	劣Ⅴ类	未达标
	滏东排河	滏东排河邢台过渡区 滏东排河邢台饮用水源区 滏东排河衡水饮用水源区 滏东排河沧州饮用水源区	Ⅲ类	劣Ⅴ类	未达标
	北排河	未开展水功能区划		Ⅴ类	未达标
	献县枢纽段	未开展水功能区划			
	紫塔干渠	未开展水功能区划		Ⅳ类	达标
	陌南干渠段	未开展水功能区划	评价标准:Ⅳ类	Ⅲ类	达标
	古洋河	未开展水功能区划		劣Ⅴ类	未达标
	韩村干渠	未开展水功能区划		劣Ⅴ类	未达标
	小白河段	未开展水功能区划		劣Ⅴ类	未达标
	任文干渠	任文干渠沧州工业用水区	Ⅳ类	劣Ⅴ类	未达标
	滏阳河支线	滏阳河邢台农业用水区	Ⅳ类	劣Ⅴ类	未达标
	漳河	漳河邯郸农业用水区	Ⅳ类	劣Ⅴ类	未达标
	滏阳河	滏阳河邯郸农业用水区 滏阳河邢台农业用水区	Ⅳ类	劣Ⅴ类	未达标
受水区	白洋淀	白洋淀河北湿地保护区	Ⅲ类	劣Ⅴ类	未达标

根据国务院“先治污后通水”的调水原则^[13], 工程实施前必须解决输水沿线水污染问题, 制定输水沿线水污染防治方案, 确保入淀水质安全, 保障入白洋淀Ⅲ类用水的水质目标。工程制定了“引黄入冀补淀工程输水沿线水污染治理与入河排污口整治方案”。对输水渠道沿线 23 个排污口全部整治, 输水沿线不再有排污口分布。即河南濮阳第二污水处理厂投产运用且出水排马颊河, 河南段输水渠道不再有排污口分布; 河北输水沿线排污口全部整治, 河北段输水沿线不再有排污口分布。

综合考虑工程各水平年调水过程、引黄口段水质状况以及输水沿线排污口分布状况、治理情况、整治方案及实施可能性等, 针对各类排污口部分整治和全部整治等情况, 本研究设置了 6 个情景方案进行了模拟分析(表 2)。

表 3 黄河花园口以下河段排污口基本情况

排污口名称	行政区	水功能区		水质目标	排污口类型	废污水量/ (万 t·a ⁻¹)	COD 排放量/ (万 t·a ⁻¹)	NH ₃ -N 排放量/ (万 t·a ⁻¹)
		一级	二级					
平阴翟庄闸	泰安市、聊城市、	黄河山东开发利用区	黄河聊城、德州饮用、工业用水区	Ⅲ类	混合废污水	849.5	528.8	46.3
长清老王府	济南市、德州市					302.6	212.8	16.1

由表 3 可知, 排放的污废水主要是生活污水和工业废污水, 污水为常年排放, 因此需要常年保证一定的水量用于自净降解, 才能保障下游水质不会产生明显恶化。

对工程生效前后不同水平年下利津断面、高村断面日均流量与自净需水量进行对比分析, 结果表明: 高村、利津断面均有一定天数日均流量不能满足自净需水要求, 特别是 90% 水平年下, 不满足自净流量程度较高, 因此建议 90% 水平年当高村、利津断面流量低于 120m³/s、100m³/s 时停止引水, 保证高村、利津断面的自净需水量, 同时要加强度运行管理, 最大程度避免对下游水环境造成影响。

3.2 对输水沿线水环境影响

3.2.1 输水沿线水环境模型构建及参数率定验证

根据实测资料, 位山引黄输水线路及该工程输水线路研究河段长度远远大于其宽度和深度, 其横向和竖向的扩散作用远远小于其沿河道的输移作用, 因此在横向和竖向的浓度梯度可以忽略。根据上述特点, 将输水线路视为一维河流进行研究。河道一维稳态水质模型为

$$\rho = \frac{\rho_0 Q_0 + \rho_1 Q_1}{Q_0 + Q_1} \exp\left(-\frac{Kx}{86400u}\right) \tag{1}$$

式中: ρ 为位于污染源下游 x 处的断面平均浓度, mg/L; ρ_0 为水流输送物质的断面初始质量浓度, mg/L; ρ_1 为污染物入河质量浓度, mg/L; Q_0 为水流初始流

表 2 引黄入冀补淀工程情景方案设计			
情景	流量/(m ³ ·s ⁻¹)		引黄口水质类别
	引黄总干渠	入河北	
多年平均	100	60	Ⅲ
	100	60	Ⅳ
75% 水平年	78	40	Ⅲ
	78	40	Ⅳ
90% 水平年	61.4	25	Ⅲ
	61.4	25	Ⅳ

3 工程对地表水环境影响分析

3.1 对调水区黄河下游水环境影响

黄河下游小浪底以下河段为典型的游荡型河段^[14], 但花园口以下河段受两岸大堤约束, 两岸排污口较少, 花园口以下河段排污口基本情况见表 3。

量, m³/s; Q_1 为污染物入河流量, m³/s; k 为污染物质降解系数, d⁻¹; u 为断面平均流速, m/s; x 为水流输送污染物质距离, m。

收集 2009 年 11—12 月份位山引水期间河北省南宫市和生店村张二庄断面、河间市张庄村沧保公路断面和大树刘庄入淀站断面水量水质实测资料, 对所建模型参数进行确定, 模型降解系数由式(2)确定:

$$K = -\frac{86400u}{x} \ln \frac{\rho(Q_0 + Q_1)}{\rho_0 Q_0 + \rho_1 Q_1} \tag{2}$$

各污染物降解参数率定结果见表 4。

表 4 各污染物降解参数率定结果

断面	$\rho(\text{COD})/$ (mg·L ⁻¹)	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})/$ (mg·L ⁻¹)	$\rho(\text{TN})/$ (mg·L ⁻¹)	$\rho(\text{TP})/$ (mg·L ⁻¹)	流速/ (m·s ⁻¹)
张二庄	3.5	0.30	5.47	0.03	0.70~1.10
沧保公路入淀站	2.6	0.19	3.91	0.02	
降解系数(d ⁻¹)	0.124	0.121	0.114	0.112	

根据率定得到的参数, 利用 2010 年 1 月位山引水期间张二庄断面、沧保公路断面水质实测资料, 对所建模型参数计算结果的准确性进行了验证, 模型计算值与 2010 年实测值的对比见表 5。

由表 5 分析可知, 两断面 COD、NH₃-N、TN、TP 实测值与计算值误差率较小, 因此模型率定验证得到的参数较为合理, 可用于本工程的水质计算工作。

表 5 断面水质实测值与计算值结果对比

断面	COD			NH ₃ -N			TN			TP		
	$\rho_{\text{实}}/$	$\rho_{\text{计}}/$	误差/%	$\rho_{\text{实}}/$	$\rho_{\text{计}}/$	误差/%	$\rho_{\text{实}}/$	$\rho_{\text{计}}/$	误差/%	$\rho_{\text{实}}/$	$\rho_{\text{计}}/$	误差/%
	(mg·L ⁻¹)	(mg·L ⁻¹)		(mg·L ⁻¹)	(mg·L ⁻¹)		(mg·L ⁻¹)	(mg·L ⁻¹)		(mg·L ⁻¹)	(mg·L ⁻¹)	
张二庄	10.85	11.972	10.34	0.81	0.815	0.57	4.95	5.542	11.95	0.07	0.070	0.31
沧保公路	9.80	8.868	9.51	0.44	0.444	0.83	4.94	4.206	14.87	0.04	0.038	3.90

3.2.2 输水沿线水质沿程变化

按照引黄入冀补淀可研设计中关于引水渠道的设计,模型中概化的河道主要为输水总干渠,总长度约为 480 km(自沉沙池至入白洋淀断面),概化河道

中渠道长、宽、底高程、边坡、流速、水深、糙率等参数均按照可研报告^[6]中的设计值选取,河道糙率为 0.015~0.025。具体见表 6。

表 6 引黄入冀补淀概化河道模型参数选取

里程/m	边坡	底宽/m	水深/m	流速/ (m·s ⁻¹)	超高/ m	渠深/ m	里程/m	边坡	底宽/m	水深/m	流速/ (m·s ⁻¹)	超高/ m	渠深/ m
4995	2.0	10.5	3.89	1.44	1.2	5.09	254660	2.0	60.0	4.02	0.32	1.2	5.22
38000	2.0	11.0	4.17	1.15	1.2	5.37	367560	2.0	32.0	4.84	0.34	1.2	6.04
54570	2.0	15.0	4.64	0.75	1.2	5.84	385860	2.5	15.0	5.17	0.50	1.2	6.37
83060	2.0	9.0	4.64	0.70	1.2	5.84	428990	2.0	15.0	3.27	0.70	1.2	4.47
164060	2.0	32.2	3.18	0.53	1.2	4.38	447840	2.5	30.0	4.21	0.36	1.2	5.41
190750	2.0	57.0	4.30	0.32	1.2	5.50	480616	2.5	30.0	4.66	0.32	1.2	5.86

通过建立工程水质数学模型,结合引水条件及经率定验证后得到的模型参数($K_{\text{COD}}=0.124\text{ d}^{-1}$, $K_{\text{NH}_3\text{-N}}=0.121\text{ d}^{-1}$, $K_{\text{TN}}=0.114\text{ d}^{-1}$, $K_{\text{TP}}=0.112\text{ d}^{-1}$)及

研究设置的 6 个情景方案进行模拟分析,对本工程输水沿线水质沿程变化进行预测,具体预测结果见表 7。

表 7 输水沿线沿程水质变化

引水量条件	黄河口引水量/(m ³ ·s ⁻¹)	入河北流量/(m ³ ·s ⁻¹)	引水处(黄河)水质指标	入河北断面			入邢台			入衡水			入沧州			入白洋淀		
				$\rho_{\text{预}}/$ (mg·L ⁻¹)	预测水质	现状水质	$\rho_{\text{预}}/$ (mg·L ⁻¹)	预测水质	现状水质	$\rho_{\text{预}}/$ (mg·L ⁻¹)	预测水质	现状水质	$\rho_{\text{预}}/$ (mg·L ⁻¹)	预测水质	现状水质	$\rho_{\text{预}}/$ (mg·L ⁻¹)	预测水质	现状水质
P=90%	61.4	25	Ⅲ	COD	20.700	Ⅳ类	20.900	Ⅳ类		21.820	Ⅳ类		23.520	Ⅳ类		22.030	Ⅳ	
	61.4	25		NH ₃ -N	1.130	Ⅳ类	0.994	Ⅲ类		1.160	Ⅳ类		1.330	Ⅳ类		1.240	Ⅳ	
	61.4	25		TN	2.399	劣Ⅴ类	2.110	劣Ⅴ类		2.463	劣Ⅴ类		2.824	劣Ⅴ类		2.492	劣Ⅴ	
	61.4	25	Ⅳ	TP	0.161	Ⅲ类	0.142	Ⅲ类	劣Ⅴ类	0.166	Ⅲ类	劣Ⅴ类	0.190	Ⅲ类	劣Ⅴ类	0.201	Ⅳ	劣Ⅴ类
	61.4	25		COD	26.010	Ⅳ类	26.270	Ⅳ类	劣Ⅴ类	26.55	Ⅳ类	劣Ⅴ类	27.760	Ⅳ类	劣Ⅴ类	25.990	Ⅳ	劣Ⅴ类
	61.4	25		NH ₃ -N	1.260	Ⅳ类	1.230	Ⅳ类		1.380	Ⅳ类		1.550	Ⅴ类		1.450	Ⅳ	
	61.4	25		TN	2.549	劣Ⅴ类	2.488	劣Ⅴ类		2.792	劣Ⅴ类		3.136	劣Ⅴ类		2.914	劣Ⅴ	
P=75%	61.4	25	Ⅳ	TP	0.180	Ⅲ类	0.176	Ⅲ类		0.197	Ⅲ类		0.221	Ⅳ类		0.223	Ⅳ	
	78	40	Ⅲ	COD	19.800	Ⅲ类	19.006	Ⅲ类		20.700	Ⅳ类		19.540	Ⅲ类		19.480	Ⅲ	
	78	40		NH ₃ -N	1.100	Ⅳ类	1.050	Ⅳ类		1.150	Ⅳ类		1.080	Ⅳ类		0.980	Ⅲ	
	78	40		TN	2.335	劣Ⅴ类	2.229	劣Ⅴ类		2.441	劣Ⅴ类		2.293	劣Ⅴ类		1.970	Ⅴ	Ⅴ类
	78	40	Ⅳ	TP	0.157	Ⅲ类	0.150	Ⅲ类	劣Ⅴ类	0.164	Ⅲ类	劣Ⅴ类	0.154	Ⅲ类	劣Ⅴ类	0.140	Ⅲ	Ⅲ类
	78	40		COD	25.300	Ⅳ类	25.620	Ⅳ类	劣Ⅴ类	26.400	Ⅳ类	劣Ⅴ类	25.940	Ⅳ类	劣Ⅴ类	24.550	Ⅳ	劣Ⅴ类
	78	40		NH ₃ -N	1.400	Ⅳ类	1.280	Ⅳ类		1.360	Ⅳ类		1.450	Ⅳ类		1.410	Ⅳ	
多年平均	78	40		TN	2.832	劣Ⅴ类	2.589	劣Ⅴ类		2.751	劣Ⅴ类		2.933	劣Ⅴ类		2.848	劣Ⅴ类	
	78	40	Ⅳ	TP	0.200	Ⅲ类	0.183	Ⅲ类		0.194	Ⅲ类		0.207	Ⅳ类		0.205	Ⅳ	
	100	60		COD	19.600	Ⅲ类	19.010	Ⅲ类		19.280	Ⅲ类		18.890	Ⅲ类		18.790	Ⅲ	
	100	60		NH ₃ -N	0.990	Ⅲ类	0.920	Ⅲ类		0.910	Ⅲ类		0.950	Ⅲ类		0.930	Ⅲ	
	100	60		TN	2.102	劣Ⅴ类	1.953	劣Ⅴ类		1.932	劣Ⅴ类		2.017	劣Ⅴ类		1.879	Ⅴ	Ⅴ类
	100	60	Ⅳ	TP	0.141	Ⅲ类	0.131	Ⅲ类	劣Ⅴ类	0.130	Ⅲ类	劣Ⅴ类	0.136	Ⅲ类	劣Ⅴ类	0.125	Ⅲ	Ⅲ类
	100	60		COD	25.700	Ⅳ类	25.450	Ⅳ类	劣Ⅴ类	26.130	Ⅳ类	劣Ⅴ类	24.987	Ⅳ类	劣Ⅴ类	23.050	Ⅳ	劣Ⅴ类
	100	60		NH ₃ -N	1.580	Ⅴ类	1.310	Ⅳ类		1.350	Ⅳ类		1.420	Ⅳ类		1.310	Ⅳ	
	100	60	Ⅳ	TN	3.196	劣Ⅴ类	2.650	劣Ⅴ类		2.731	劣Ⅴ类		2.873	劣Ⅴ类		2.659	劣Ⅴ	
	100	60		TP	0.226	Ⅳ类	0.187	Ⅲ类		0.193	Ⅲ类		0.203	Ⅳ类		0.202	Ⅳ	

完全治理的情况中,在多年平均下、75%水平年且引水水质为Ⅲ类的情况下,输水渠道入河北境、入邯郸、入邢台、入衡水、入沧州、入白洋淀断面水质除

TN 外均可满足地表水Ⅲ类水标准。但 90%水平年各断面水质不满足Ⅲ类水质标准。

总体来看,在实施输水沿线水污染治理后,多年

平均情况下,当引水口水质满足其水功能区水质目标要求时,输水沿线各断面水质除 TN 外可达到Ⅲ类水质标准。

4 工程引发的初期输水问题预测分析

引黄入冀补淀工程引水前沿线排污口分布较多,水质现状较差,完全治理情况下仍有部分污染团滞留在输水干渠中难以清除^[15],在目前已实施的应急补水期间,为了保障输水沿线及白洋淀入淀水质,利用调水水头将输水渠道污染团冲到下游和支渠中,全部禁止排污作临时性污染控制措施,这种措施在一定程度上减轻了应急输水沿线水污染程度。但初期输水水质较差,加剧了输水渠道下游水污染问题,对输水干渠水环境造成一定的不利的影响。

根据回顾性评价结果,位山引黄输水渠道调水初期水质也较正常输水阶段差,为此工程收集了位山引黄应急补淀调水初期及调水后河间市张庄村沧保公路断面地表水监测点水质监测资料(2009 年 10 月 30 日至 11 月 3 日为初期输水阶段;后期为正常输水阶段),分析得到初期及正常输水过程中张庄村沧保公路断面水质监测结果(表 8)。

表 8 位山引黄补淀期间初期输水过程沧保公路断面水质监测结果对比

时间	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$	$\rho(\text{TP})$
2009-10-30	0.58	0.11
2009-11-03	0.19	0.08
2009-11-21	0.16	0.06
2009-12-11	0.42	0.04
2009-12-21	0.17	0.04

从表 8 可以看出初期输水阶段水质劣于正常输水阶段水质,初期输水较正常输水阶段的水质恶化程度为: $\text{NH}_3\text{-N}$ 15.79%, TP 25%。

利用建立的一维水质数学模型,考虑初期输水时输水渠道中滞留水的影响(滞留水水质浓度参考现状已收集资料),参考 2009 年位山引黄补淀期间初期输水过程中初期输水水质与正常输水水质的差异情况,对本工程输水初期沿线水质沿程变化进行了预测。

经预测分析可知:在输水初期,因为原有输水渠道现有水质较差,受原有渠道现状水质的影响,白洋淀水质不能达到Ⅲ类水质要求,初期输水较正常输水阶段的水质恶化程度平均为 COD 20%、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 20%、TN 24%、TP 25%。建议入白洋淀断面应设置水质自动监测站,一旦水质超标应立即停止向白洋淀引水,确保初期输水安全。

5 结 论

a. 修建引黄入冀补淀工程对缓解白洋淀持续

缺水、生态环境持续恶化,缓解工程沿线区域地下水超采严重、地质灾害频发严峻形势已变得刻不容缓;

b. 在实施输水沿线水污染治理后,多年平均情况下,当引水口水质满足其水功能区水质目标要求时,输水沿线各断面水质除 TN 外可达到Ⅲ类水质标准,引黄入冀补淀工程将有效改善沿线及入白洋淀地表水环境;

c. 大型工程运行初期所存在的问题需要在实际实施过程中不断完善,建议入白洋淀断面设置水质自动监测站,一旦水质超标应立即停止向白洋淀引水,确保初期输水安全。

参考文献:

[1] 赵勐. 河北省引黄输水河段水文特性分析[J]. 水科学与工程技术, 2012 (6): 26-29. (ZHAO Meng. Hydrology characteristic analysis of water supply from the Yellow River in Hebei Province [J]. Water Sciences and Engineering Technology, 2012 (6): 26-29. (in Chinese))

[2] 河南省水利勘测设计研究有限公司. 引黄入冀补淀工程可行性研究报告[R]. 郑州: 河南省水利勘测设计研究有限公司, 2014.

[3] 徐丽娟, 魏建强. 白洋淀生态补水存在问题及对策[J]. 工程与建设, 2014 (3): 305-306. (XU Lijuan, WEI Jianqiang. Baiyangdian ecological hydrating existence question and countermeasure [J]. Engineering and Construction, 2014 (3): 305-306. (in Chinese))

[4] 陈建国, 曾庆华, 王兆印. 冰盖流的输沙特性[J]. 泥沙研究, 1992 (1): 61-69. (CHEN Jianguo, ZENG Qinghua, WANG Zhaoyin. Ice stream sediment characteristics [J]. Journal of Sediment Research, 1992 (1): 61-69. (in Chinese))

[5] 何国建, 方红卫, 府仁寿. 桥墩群对河道水流影响的三维数值分析[J]. 水动力学研究与进展(A 辑), 2007, 22 (3): 345-351. (HE Guojian, FANG Hongwei, FU Renshou. Three-dimensional numerical analyse on water flow affected by piers [J]. Journal of Hydrodynamics, 2007, 22 (3): 345-351. (in Chinese))

[6] 涂程旭, 王昊利, 林建忠. 圆柱绕流的流场特性及涡脱落规律研究[J]. 中国计量学院学报, 2008, 19 (2): 98-103. (TU Chengxu, WANG Haoli, LIN Jianzhong. Experimental research on the flow characteristics and vortex shedding in the flow around a circular cylinder [J]. Journal of China Jiliang University, 2008, 19 (2): 98-103. (in Chinese))

[7] 李涛, 张俊芝, 郝晓莉, 等. “引黄入冀补淀工程”河北段对地下水的影响预测[C] // 中国水利学会. 中国水利学会 2013 学术年会论文集: S1 水资源与水生态. 北京: 中国水利学会, 2013.

[8] 任健, 李虎成, 吴春占. 引黄济淀泥沙处理对策浅谈[J]. 中国水运, 2008 (2): 117-118. (REN Jian, LI Hucheng, WU Chunzhan. Yellow River lake sediment

- treatment countermeasure [J]. China Water Transport, 2008(2):117-118. (in Chinese))
- [9] 陈玉培,王伟,孙卫静. 引黄入冀补淀工程局部输水线路分析比选[J]. 河南科学, 2014(8):1534-1537. (CHEN Yupei, WANG Wei, SUN Weijing. Analysis and comparison of the partial water conveyance lines of the water supply project of Baiyangdian River in Hebei by introducing water from Yellow River[J]. Henan Science, 2014(8):1534-1537. (in Chinese))
- [10] 冯谦诚,王文杰,李峤. 河北水务集团推进引黄入冀补淀前期工作 力争工程早日开工建设[J]. 河北水利, 2014(9):18-33. (FENG Qiancheng, WANG Wenjie, LI Qiao. Hebei water group promote the Yellow River into the Baiyangdian River prophase work strive for engineering construction as soon as possible [J]. Hebei Water Resources, 2014(9):18-33. (in Chinese))
- [11] 卢双宝. 引黄入冀补淀工程建设的必要性[J]. 河北水利, 2012(9):25-26. (LU Shuangbao. The necessity of the Yellow River into the fill Ji Lake project construction [J]. Hebei Water Resources, 2012(9):25-26. (in Chinese))
- [12] 张婷,刘静玲,王雪梅. 白洋淀水质时空变化及影响因素评价与分析[J]. 环境科学学报, 2010, 30(2):261-267. (ZHANG Ting, LIU Jingling, WANG Xuemei. Causal
- analysis of the spatial temporal variation of water quality in Baiyangdian Lake [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2010, 30(2):261-267. (in Chinese))
- [13] 孙建峰. 对南水北调东线工程几个重要问题的认识[J]. 水利水电工程设计, 2002, 21(1):1-3. (SUN Jianfeng. Several problems knowledge of East Route of South-to-North Water Diversion Project [J]. Design of Water Resources & Hydroelectric Engineering, 2002, 21(1):1-3. (in Chinese))
- [14] 王卫红,田世民,孟志华,等. 小浪底水库运用前后黄河下游河道河型变化及成因分析[J]. 泥沙研究, 2012(1):23-31. (WANG Weihong, TIAN Shimin, MENG Zhihua, et al. Evolution processes of river pattern in Lower Yellow River after commissioning of Xiaolangdi Reservoir [J]. Journal of Sediment Research, 2012(1):23-31. (in Chinese))
- [15] 赵晓晖,侯越,张建江. 引黄补淀管理工作相关问题[J]. 水科学与工程技术, 2013(增刊1):72-74. (ZHAO Xiaohui, HOU Yue, ZHANG Jianjiang. Issues of the Yellow River to Baiyangdian Lake diversion project management [J]. Water Sciences and Engineering Technology, 2013(sup1):72-74. (in Chinese))
- (收稿日期:2015-06-04 编辑:徐 娟)

(上接第98页)

- [9] 丁建华,杨威,金显文,等. 赣江下游流域大型底栖动物群落结构及水质生物学评价[J]. 湖泊科学, 2012, 24(4):593-599. (DING Jianhua, YANG Wei, JIN Xianwen, et al. Community structure of macrozoobenthos and biological evaluation of water quality in lower reaches of Ganjiang River [J]. Journal of Lake Sciences, 2012, 24(4):593-599. (in Chinese))
- [10] 蔡琨,张杰,徐兆安,等. 应用底栖动物完整性指数评价太湖生态健康[J]. 湖泊科学, 2014, 26(1):74-82. (CAI Kun, ZHANG Jie, XU Zhao'an, et al. Application of a benthic index of biotic integrity for the ecosystem health assessment of Lake Taihu [J]. Journal of Lake Sciences, 2014, 26(1):74-82. (in Chinese))
- [11] 吴东浩,汪军涛,张咏,等. 连云港主要河流大型底栖无脊椎动物水质生物评价[J]. 环境监测管理与技术, 2010(1):29-32. (WU Donghao, WANG Juntao, ZHANG Yong, et al. River water bioassessment with benthic macroinvertebrate in Lianyungang, Jiangsu Province [J]. The Administration and Technique of Environmental Monitoring, 2010(1):29-32. (in Chinese))
- [12] RESH V H, NORRIS R H, BARBOUR M T. Design and implementation of rapid assessment approaches for water resource monitoring using benthic macroinvertebrates[J]. Australian Journal of Ecology, 1995, 20(1):108-121.
- [13] 王备新,杨莲芳. 大型底栖无脊椎动物水质快速生物评价的研究进展[J]. 南京农业大学学报, 2001(4):107-111. (WANG Beixin, YANG Lianfang. Advances in rapid bio-assessment of water quality using benthic macroinvertebrates [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2001(4):107-111. (in Chinese))
- [14] REYNOLDSON T B, NORRIS R H, RESH V H, et al. The reference condition: a comparison of multimetric and multivariate approaches to assess water-quality impairment using benthic macroinvertebrates[J]. Journal of the North American Benthological Society, 1997, 16(16):833-852.
- [15] 王博,刘全儒,周云龙,等. 东江干流底栖动物群落结构与水质生物学评价[J]. 水生态学杂志, 2011, 32(5):43-49. (WANG Bo, LIU Quanru, ZHOU Yunlong, et al. The community structure of zoobenthos and bioassessment of water quality of the Dongjiang River [J]. Journal of Hydroecology, 2011, 32(5):43-49. (in Chinese))
- [16] 戴纪翠,倪晋仁. 底栖动物在水生生态系统健康评价中的作用分析[J]. 生态环境, 2008, 17(6):2107-2111. (DAI Jicui, NI Jinren. Roles of benthos in the aquatic ecosystem health assessment [J]. Ecology and Environment, 2008, 17(6):2107-2111. (in Chinese))
- [17] 霍堂斌,刘曼红,姜作发,等. 松花江干流大型底栖动物群落结构与水质生物评价[J]. 应用生态学报, 2012, 23(1):247-254. (HUO Tangbin, LIU Manhong, JIANG Zuofa, et al. Macrobenthos community structure of macrobenthos and bioassessment of water quality in main stream of Songhua River [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2012, 23(1):247-254. (in Chinese))
- (收稿日期:2015-05-20 编辑:彭桃英)