

基于双权重的控制断面水质达标方案研究

——以南水北调京杭运河邳州段张楼断面为例

王健健^a, 逢勇^{a,b}, 贾俊杰^a

(*河海大学 a. 环境学院; b. 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: 南水北调京杭运河邳州段张楼断面是列入国家考核的江苏省6个断面之一, 全面分析张楼断面水质污染负荷及邳州市内外污染权重对改善张楼断面水质意义重大。本文采用污染负荷比方法计算了COD、氨氮、TP、石油类4项因子对张楼断面的水质污染权重; 在一维水质模型的基础上, 根据设计水文条件及边界水质, 计算各项因子在不同流向情况下邳州市内、外污染源对张楼断面水质影响的权重。结果表明: ①4项因子对张楼断面的污染贡献率均在19%~32%之间; ②对于COD、氨氮、TP邳州市内部污染源占70%, 对于石油类邳州市内部污染源占40%; ③在污染工程实施后张楼断面水质浓度值能达到地表水Ⅲ类水标准。本文计算方法及结果为实施张楼断面流域层面的污染控制提供依据。

关键词: 水污染; 污染因子; 双权重; 控制断面; 工程措施

中图分类号: X824 文献标识码: A 文章编号: 1672-643X(2014)03-0034-04

Research on standard scheme of water quality at control section

of river based on double weight theory: Take Zhanglou section in Pizhou city of Beijing-Hangzhou canal of south-to-north water diversion as example

WANG Jianjian^a, PANG Yong^{a,b}, JIA Junjie^a

(*a. Environmental College; b. Key Laboratory for Integrated Regulation and Resources Exploitation on Shallow Lakes, Ministry of Education, Hohai University, Nanjing 210098, China*)

Abstract: Zhanglou section in Pizhou city of Beijing-Hangzhou canal of south-to-north water diversion is one of six sections in Jiangsu province which is included in the national examination. Comprehensive analysis of water pollution load, internal and external pollution rights has important significance for improving water quality of Zhanglou section. This article adopted the load ratio of pollution to computer the weights of water quality pollution at Zhanglou section by COD, NH₃-N, TP and oil. On one-dimensional river model, the paper simultaneously calculated the weights of impact of pollution source within and out of the control region on water quality in different flow directions of every factor according to designed hydrology conditions and the boundary conditions of river. The results indicate that: ① the contribution rate of pollution of four pollutants to Zhanglou section is 19%~32%; ②COD, NH₃-N and TP of the internal pollution sources accounted for 70% of the total pollutants, while oil type of that accounted for 40%; ③after the project of control pollution is put into effect, the water quality can meet the water quality standard of Class III of surface water. The calculation method and results can provide the basis for the implementation of pollution control of basin level in Zhanglou section.

Key words: water pollution; pollutant factor; double weight; control section; engineering measure

南水北调京杭运河邳州段张楼断面(见图1)是列入国家考核的江苏省6个断面之一。目前存在着石油类、总磷超标的问题, 按照国家要求, 南水北调

通水前张楼断面水质必须达标, 故开展张楼断面水质达标污染控制意义重大。分析张楼断面水质主要超标因子以及造成水质超标的污染源头是开展污染

控制的前提。京杭运河是中国重要的一条南北水上干线,在国家考核的6项指标中有多项指标超标。2007-2009年京杭运河邳州段存在往复流情况,自北向南流向天数占90%。张楼断面水质的污染不仅与邳州市内部污染源有关,也与南北边界的外部污染源有直接关系;不仅与工业、生活、农业等陆地污染源有关,也与河道内在航船舶有直接关系。目前国内对于污染因子权重的研究较多,吴义峰等^[1]运用过粗糙集数学理论;刘志斌等^[2]运用过层次分析法;肖建军等^[3]运用过污染指标污染负荷比;史永松等^[4]运用过综合污染指数及 spearman 秩相关系数法;陈科等^[5]运用过内梅罗综合评价指数及灰色理论;张丽旭等^[6]运用过动态排序法。对于控制单元内外污染源权重的影响研究较少,鲍琨等^[7]对影响太湖流域无锡市殷村港断面水质的污染源进行污染控制单元划分,并计算了控制单元内外污染权重。但是国内对于污染因子权重以及各污染因子受内外污染源影响权重的综合分析几乎没有。对于河道控制断面水质达标主要为容量总量控制技术^[8-10],船舶污染治^[11-12]主要为船舶油废水、洗舱水的治理。

张楼断面位于邳州市。邳州市地处江苏省北部,地势平坦,呈西北高、东南低走势。全市总面积2 085.13 km²。东西距离约52 km,南北距离61 km,东陇铁路横穿东西,京杭运河纵贯南北,是苏北鲁南水路交通枢纽。境内水系属淮河流域,沂、沭、泗水系,按流向归属分为沂河、京杭大运河中运河段、邳洪河三大水系,以京杭运河水系为主。现有水域面积344.4 km²。境内干支河流43条。沂河水系位于邳州市境东部,境内河道长23.1 km,流域面积116.64 km²;京杭大运河中运河段水系居于市境中部,境内长56.1 km,流域面积41 322 km²。邳洪河位于市境西部,全长27.2 km,境内流域面积581.17 km²。多年平均降雨量为843.1 mm,大部分集中在汛期,6-9月的降雨量为577.7 mm,占全年降雨量的68.5%。

1 治理目标

近期(2012):保证规划方案实施后,张楼断面水质各考核指标可以达到国家考核标准(Ⅲ类地表水环境质量标准)。

远期(2015):保证规划方案实施后,张楼断面水质各考核指标稳定、持续达到国家考核标准(Ⅲ类地表水环境质量标准)。

具体指标及目标值见表1。

表1 治理指标及目标值表

序号	指标	目标	备注
1	COD _{Cr}	20	国家考核
2	氨氮	1.0	国家考核
3	总磷	0.2	本次要求
4	石油类	0.05	国家考核
5	高锰酸盐指数	6	国家考核
6	溶解氧	5	国家考核
7	挥发酚	0.005	国家考核

2 张楼断面水质污染因子权重分析

2.1 计算方法

污染因子权重以污染负荷比表示,计算公式如下:

$$\text{综合污染指数: } P_j = \sum_{i=1}^n P_{ij}, \quad P_{ij} = \frac{C_{ij}}{C_{i0}} \quad (1)$$

$$\text{污染分担率: } K_j = \frac{P_{ij}}{P_j} \times 100\% = \frac{P_{ij}}{\sum_{i=1}^n P_{ij}} \times 100\% \quad (2)$$

式中: P_j 为 j 湖库水污染综合指数; P_{ij} 为 j 湖库 i 项污染指标的污染指数; C_{i0} 为 i 项污染指标的评价标准值; C_{ij} 为 j 湖库 i 项污染指标的年均值; K 为 i 污染指标在该湖库诸污染指标中的污染负荷比。

2.2 计算结果

通过对张楼断面2004-2009年水质监测资料分析:7项指标中COD_{Cr}、氨氮、总磷、石油类4项指标超标比较严重;高锰酸盐指数、溶解氧、挥发酚3项指标基本不超标。4项超标指标中污染负荷比基本在19%~32%之间,见表2。

表2 张楼断面主要超标水质污染负荷比统计 %

年份	COD	氨氮	TP	石油类
2004	28	28	22	22
2005	28	25	25	22
2006	27	23	28	22
2007	24	19	27	30
2008	24	23	21	32
2009	25	22	22	31

3 邳州市内外污染源对张楼断面水质影响权重分析

3.1 计算方法

邳州市内外污染源对张楼断面水质影响权重分

析计算公式如下:

$$\alpha_{\text{内}} = \frac{c_{\text{内}}}{c_{\text{内}} + c_{\text{外}}}, \quad \alpha_{\text{外}} = \frac{c_{\text{外}}}{c_{\text{内}} + c_{\text{外}}} \quad (3)$$

式中: $\alpha_{\text{内}}$ 、 $\alpha_{\text{外}}$ 分别为内部和外部污染源所占的权重,% ; $c_{\text{内}}$ 为边界取功能区水质目标时,考虑内部污染源排放情况下按一维水质模型计算得出的张楼断面水质浓度值,mg/L; $c_{\text{外}}$ 为边界取实测水质时,不考虑内部污染源排放情况下按一维水质模型计算得出的张楼断面的水质浓度值,mg/L。

3.2 模型及排污口概化

3.2.1 一维稳态水质模型

$$C = \frac{W + Q_0 C_0}{Q_0} \exp\left(-k \frac{x}{86400u}\right) \quad (4)$$

式中: C 为计算断面水体污染物质量浓度,mg/L; k 为水质降解系数, d^{-1} ; u 为流速,m/s; x 为污染源与计算断面纵向距离,m; W 为概化排污口排污量,t; C_0 为边界水质质量浓度,mg/L; Q_0 为河流流量, m^3/s 。

对沂沭泗流域 65 个雨量站点,从 1960 - 2005 共 46 年的降雨量资料进行频率分析,分析得 90% 保证率的典型年为 1981 年;75% 保证率的典型年为 1997 年。

参考太湖模型水质降解系数以及相关航道石油类水质降解系数的相关研究成果,综合考虑附近区域水质降解参数规律取 COD $0.08 \sim 0.15 \text{ d}^{-1}$,氨氮 $0.06 \sim 0.12 \text{ d}^{-1}$,TP $0.06 \sim 0.12 \text{ d}^{-1}$,石油类 $0.18 \sim 0.22 \text{ d}^{-1}$ 。

3.2.2 排污口概化 概化排污口的入河污染源包括工业点源、生活点源和农业面源,由于工业点源排放量不大全部进行计算。原则上,有大型污水处理厂处、工业企业密集区及城市人口密集区附近的河流需要概化排污口。概化排污口具体位置见图 1。

3.2.3 污染源与水质响应关系建立 通过排污口的概化,结合区域水环境数学模型,可建立张楼断面水质与上游概化排污口的响应关系。

京杭运河自北向南流向时:

$$C_{\text{COD、氨氮、TP}} = C(C_{\text{北边界}}, W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6, W_7)$$

$$C_{\text{石油类}} = C(C_{\text{北边界}}, G_1, G_2, G_3, G_4, G_5)$$

京杭运河自南向北流向时:

$$C_{\text{COD、氨氮、TP}} = C(C_{\text{南边界}}, W_7, W_8),$$

$$C_{\text{石油类}} = C(C_{\text{南边界}})$$

3.3 计算结果

3.3.1 京杭运河自北向南流向 根据已建立的污染源与水质响应关系,利用一维稳态水质模型分别

计算:①边界取功能区水质目标时,考虑内部污染源排放情况下张楼断面水质浓度值 $C_{\text{内}}$;②边界取实测水质时,不考虑内部污染源排放情况下张楼断面的水质浓度值 $C_{\text{外}}$ 。京杭运河自北向南流向时,邳州市内外污染源对张楼断面 COD、氨氮、TP、石油类浓度影响权重计算结果分别见表 3 和表 4。

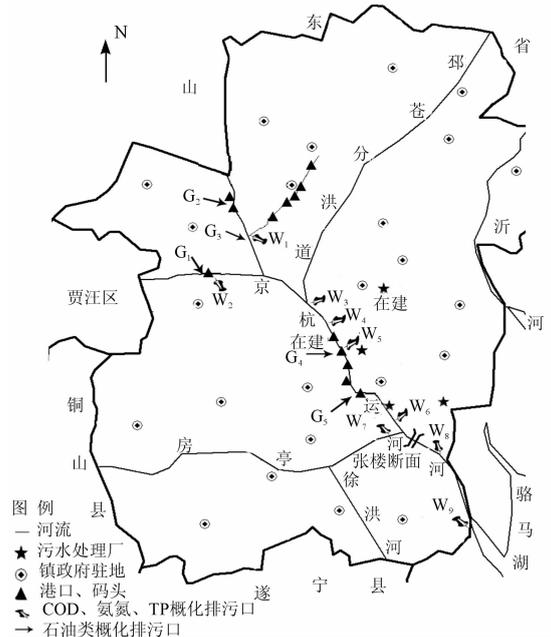


图 1 邳州境内入京杭运河概化排污口位置图

表 3 京杭运河自北向南流向时张楼断面 COD、氨氮、TP 超标影响权重分析 mg/L, %

指标	监测时间	张楼断面水质	区域外权重	区域内权重	区域内平均权重
COD	2008-01	27.1	31	69	73
	2008-07	23.5	26	74	
	2008-09	24.5	24	76	
	2009-01	1.68	26	74	
氨氮	2008-01	2.17	30	70	69.6
	2008-03	1.81	35	65	
	2008-07	1.39	26	74	
	2009-02	2.10	35	65	
总磷	2008-01	0.25	36	64	68.8
	2008-03	0.216	33	67	
	2008-07	0.239	30	70	
	2008-09	0.287	28	72	
	2009-10	0.231	29	71	
	2009-12	0.234	31	69	

表4 京杭运河自北向南流向时张楼断面
石油类超标影响权重分析 mg/L, %

监测时间	张楼断面浓度		区域外	区域内
	张楼左	张楼右	权重	权重
2008-05	0.06	0.06	62	38
2009-01	0.06	0.05	59	41
2009-07	0.06	0.07	52	48

从表3、表4可见:①对于COD、氨氮、TP区域内污染源占70%;②对于石油类污染区域内污染源占40%。

3.3.2 京杭运河自南向北流向 当京杭运河自南向北流向时,南部骆马湖边界离张楼断面距离较近,中间没有港口、码头等污染源,所以石油类污染主要由外部边界造成。邳州市内外污染源对张楼断面COD、氨氮、TP浓度影响权重计算结果分别见表5。

表5 京杭运河自南向北流向时张楼断面COD、
氨氮、TP超标影响权重分析 mg/L, %

指标	监测时间	张楼断面水质	区域外权重	区域内权重	区域内平均权重
COD	2007-04	19	2.1	97.9	93.3
	2007-12	20	11.3	88.7	
氨氮	2008-02	0.99	14.6	85.4	85.4
总磷	2007-01	0.177	16.2	83.8	75.0
	2007-03	0.168	33.9	66.1	

从表5可见:对于COD、氨氮、TP区域内污染源占75%以上。

4 工程措施及环境可达性分析

4.1 工程措施

根据邳州市内外污染源对张楼断面水质影响权重分析,结合邳州市环保规划,分别提出第一阶段(2012)和第二阶段(2015)主要工程任务。

第一阶段(2012年)主要工程任务包括4类:①截污导流工程建设:包括主干管网18.8 km,提升泵站3座;②污水处理厂及配套管网建设:包括污水处理厂扩建规模4万t/d,配套管网49.8 km;③邳州航道沿线码头、港口治理及油污水处理设施建设,包括一套油污水处理设施;④边界拦污闸建设:包括8座拦污闸建设。

第二阶段(2015年)主要工程任务包括4类:①支流污染治理及生态建设:对邳州市城河、武河、沙沟、六保河等主要河流两岸的亲水漫坡、植被缓坡、林木植物固岸进行建设;②大力推进农业面源治理:大力推进农村沼气、改水改厕等项目建设,开展对生

态污水、村镇垃圾、畜禽养殖和农业面源污染的治理;③主要河道节制闸维修工程:对六保河、官湖河、剑秋河与房亭河4条主要排污河道,的节制闸进行维修加固;④水环境监测及监控网络建设。

4.2 可达性分析

利用一维水质模型计算张楼断面水质达标时,各排污口排污量。并根据区域现状排污量和各项工程对污染物的削减量,计算得到各规划年目标削减量以及工程实施后可削减污染物总量见表6。

表6 工程实施后污染物削减量与削减目标对比表 t/a

规划年限	削减量	COD	氨氮	TP	石油类
2012年	目标削减量	5189	539	62	5.9
	工程削减量	5918	585	67	7.4
2015年	目标削减量	6277	613	73	6.2
	工程削减量	14728	1025	203	8.8

从表6可见:污染治理工程对污染物的削减量均大于目标削减量,说明区域污染物排放总量可达。

根据工程削减量计算得到规划年污染物排放量,利用一维水质模型计算在最不利情况下张楼断面主要水质指标计算结果见表7。

表7 工程实施后张楼断面主要水质预测结果表 mg/L

COD	氨氮	总磷	石油类
17.8	0.88	0.017	0.048

从表7可见:工程实施后张楼断面水质能达到地表水Ⅲ类水标准。

5 结语

(1)张楼断面2004-2009年4项水质污染因子中:COD权重占24%~28%,氨氮权重占19%~28%,总磷权重占21%~28%,石油类权重占22%~32%。

(2)京杭运河自北向南流向时,邳州市内部污染源对张楼断面COD、氨氮、TP浓度影响权重占70%,对石油类浓度影响权重占40%;京杭运河自南向北流向时,邳州市内部污染源对张楼断面COD、氨氮、TP浓度影响权重占75%,石油类主要受外部污染源影响。

(3)污染治理工程实施后,张楼断面水质浓度能达到地表水Ⅲ类水标准。

参考文献:

- [1] 吴义锋,吕锡武,何雪梅,等.不确定信息下的水体污染因子粗糙分析[J].系统工程理论与实践,2006,26(4): 136-140. (下转第42页)

载指数自2009年以来增幅明显。这说明,一方面土国水资源效益逐步提升,另一方面水资源在其农业生产中的开发和利用程度提高。然而,相对于水资源效率的逐年提高,该国水资源承载力增速较缓,即水资源用量连续增加将导致水资源开发潜力减小,同时,农业水资源压力和农牧业水资源匮乏度较高且有升高趋势,若长期持续土国水资源可能会面临枯竭的困境。

消费与经济利益是水资源开发利用的直接驱动力,为缓解土库曼斯坦面临的水资源消耗的巨大压力,实现水资源的可持续利用,应从减少高耗水产品(肉类等)消费、种植低耗水作物、采用节水灌溉技术(微灌、雨水积聚技术和补充灌溉等)、实施虚拟水贸易策略等角度降低水足迹^[12,16],这些措施对于减轻水资源紧缺压力具有重要的现实意义。

参考文献:

- [1] 周玲玲,王琳,王晋.水足迹理论研究综述[J].水资源与水工程学报,2013,24(5):106-111.
- [2] 尹剑,王会肖,蔡燕.基于减少水足迹的水资源管理措施[J].南水北调与水利科技,2013,11(2):18-23.
- [3] 戚瑞,耿涌,朱庆华.基于水足迹理论的区域水资源利用评价[J].自然资源学报,2011,26(3):486-495.
- [4] 郭鹏程,包安明,易秋香,等.干旱区绿洲-荒漠化演变中的水足迹表征研究——以新疆天山北坡为例[J].水土保持通报,2012,32(1):171-176.
- [5] Ministry of Nature Protection of Turkmenistan. Country study on the status of biodiversity of turkmenistan [M]. Ashgabat: Ministry of Nature Protection, 2002.
- [6] 李立凡,刘锦前.中亚水资源合作开发及其前景——兼论上海合作组织的深化发展战略[J].外交学院学报,

2005,31(1):36-41.

- [7] 冯怀信.水资源与中亚地区安全[J].俄罗斯中亚东欧研究,2004,34(4):63-69.
- [8] 付颖昕.中亚的跨境河流与国家关系[D].甘肃:兰州大学,2009.
- [9] 张宝山,依马木·阿吉.中国新疆与土库曼斯坦农业发展及合作问题研究[J].新疆财经,2006,33(4):44-47+52.
- [10] 联合国粮农组织. FAOSTAT [EB/OL]. [2013-10-15]. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/E>.
- [11] 李泽红,董锁成,李宇,等.武威绿洲农业水足迹变化及其驱动机制研究[J].自然资源学报,2013,28(3):410-416.
- [12] 韩舒,师庆东,于洋,等.新疆1999-2009年水足迹计算与分析[J].干旱区地理,2013,36(2):364-370.
- [13] 龙爱华,徐中民,张志强.西北四省(区)2000年的水资源足迹[J].冰川冻土,2003,25(6):692-700.
- [14] 封志明,刘登伟.京津冀地区水资源供需平衡及其水资源承载力[J].自然资源学报,2006,21(5):689-699.
- [15] 张丹,封志明,刘登伟.基于负载指数的中国水资源三级流域分区开发潜力评价[J].资源科学,2008,30(10):1471-1477.
- [16] 王新华,徐中民,龙爱华.中国2000年水足迹的初步计算分析[J].冰川冻土,2005,27(5):774-780.
- [17] 中国驻土库曼斯坦大使馆经济商务参赞处.2008年土库曼棉花产量近年来首超百万吨[EB/OL]. [2013-10-10]. <http://tm.mofcom.gov.cn/article/jmxw/200901/20090105986594.shtml>.
- [18] 潘文俊,曹文志,王飞飞,等.基于水足迹理论的九龙江流域水资源评价[J].资源科学,2012,34(10):1905-1912.

(上接第37页)

- [2] 刘志斌,王永,邵立南.基于层次分析法的地下水质量评价[J].露天采矿技术,2006,2:48-50.
- [3] 肖建军,毛剑英,石来元,等.湖库水质评价污染因子选择方案探讨[J].中国环境监测,2005,21(4):53-55.
- [4] 史永松,刘德启.苏州市外城河水水质变化趋势及对策研究[J].环境科学与管理,2008,33(6):47-49+52.
- [5] 陈科,徐达.湛江市城区地下水污染因子灰色关联分析[J].广东水利水电,2009(3):37-39+46.
- [6] 张丽旭,赵敏,时俊.长江口近岸表层海水污染因子的分类判别与环境质量综合评价[J].海洋湖沼通报,2010,3:107-114.
- [7] 鲍琨,逢勇,孙瀚.基于控制断面水质达标的水环境容量计算方法研究——以殷村港为例[J].资源科学,

2011,33(2):249-252.

- [8] 孟伟.流域水污染物总量控制技术与示范[M].北京:中国环境科学出版社,2008.
- [9] 孟伟,张远,郑丙辉.水环境质量基准、标准与流域水污染总量控制策略[J].环境科学研究,2006,19(3):1-6.
- [10] 孟伟,张楠,张远,等.流域水质目标管理技术研究(I)—控制单元的总量控制技术[J].环境科学研究,2007,20(4):1-8.
- [11] 肖惠兴.京杭运河徐扬段船舶污染综合整治研究[J].现代交通技术,2010,7(2):89-92.
- [12] 周桂良,毛丽娜,费志浩.京杭运河淮安段船舶污染防治研究[J].物流工程与管理,2009,31(7):82-83.