

基于水质达标的派河生态流量分析

朱昊或^{1,2}, 隗岚琳², 林妙丽², 杜云彬^{1,2}

(1. 重庆交通大学河海学院, 重庆 400074; 2. 南京水利科学研究院生态环境研究所, 江苏 南京 210098)

摘要:为促进流域水资源与社会发展相协调,分析了流域水环境现状,通过对比国内外生态流量研究现状,选择了模型计算方法,开展了基于NH₃-N和TP两种污染物指标的生态流量分析。

关键词:生态流量;水环境;调水;派河

中图分类号:X824

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2021)06-0026-04

Analysis of ecological discharge of Pai River based on water quality standard

ZHU Haoyu^{1,2}, WEI Lanlin², LIN Miaoli², DU Yunbin^{1,2}

(1. Hohai College, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China;

2. Institute of Eco-environmental Research, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210098, China)

Abstract: In order to promote the coordination of water resources and social development in the river basin, current status of water environment in the river basin was analyzed. By comparing the research status of ecological flow at home and abroad, model calculation method was selected, and ecological flow analysis based on NH₃-N and TP was carried out.

Key words: ecological flow; water environment; water transfer; Pai River

生态流量是维持河流生态系统健康可持续发展的基本要素,保障河流生态流量是落实五大发展理念、推进生态文明建设、保障区域水安全和生态安全的基本要求。《中华人民共和国水法》《中华人民共和国水污染防治法》《关于实行最严格水资源管理制度的意见》(国发〔2012〕3号)等法规政策均明确规定,国务院有关部门和县级以上地方人民政府在开发、利用和调节、调度水资源时,应当注意维持江河的合理流量和湖泊、水库以及地下水的合理水位,维护水体的自然净化能力。2015年4月国务院印发的《水污染防治行动计划》明确要求“完善水量调度方案,合理安排闸坝下泄水量和泄流时段,维持河湖基本生态用水需求,重点保障枯水期生态基流”;2019年水利部明确了21条中等开发利用强度的河流开展生态流量保障试点工作,并将生态流量保障工作作为“水利工程补短板、水利行业强监

管”的重点优先突破领域。

近年来,随着派河中下游地区社会经济的发展 and 人口膨胀,排入派河中下游干流的污染物增多^[1],水体水质持续恶化,导致干流水体富营养化加剧,水华现象频发,严重威胁了区域水安全和生态安全,对河流健康构成严重威胁,给巢湖流域生态文明建设带来了新的挑战。尽管在《巢湖综合治理绿色发展总体规划》等相关规划中,对派河干流的水环境进行过分析,但受历史原因影响,过去派河流域的水资源开发利用规划,对中下游干流生态需水考虑的不够深入。派河水生态系统不断退化,引发了一系列生态环境问题,引起了社会的广泛关注。

为贯彻落实十八大提出的关于加强生态文明建设的重要精神,促进派河中下游地区经济社会发展与水资源、水环境承载能力相协调,开展派河中

收稿日期:2020-11-24

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项(No. 2017zx07603-004, 2017zx07603-005)

作者简介:朱昊或(1996—),男,硕士研究生在读,研究方向为水环境。E-mail:haoyuuzhu@163.com

下游干流河道内生态需水研究十分必要,也非常紧迫。本研究以期为保障派河干流及其主要基流生态基流量、改善派河中下游地区河道水质、维系区域生物多样性和生态系统健康提供支撑,为后期水利工程的规划建设的生态流量保障提供依据。

1 派河水环境现状

派河是巢湖主要入湖支流,发源于江淮分水岭周公山,干流经城西桥、上派、中派、下派进入巢湖,全长 60 km,流域面积 584.6 km^[2]。河道上游弯窄流急,下游宽直流缓,枯水季节水深约 1 m。根据派河中下游干流面临的主要生态环境问题,确定派河干流为研究对象,全长 48.9 km,综合考虑基础资料系列长度及完整性,关键断面选取派河入巢湖口处(国控断面)作为关键控制断面。

表 1 为国控断面 2016—2018 年 3 年月平均水质指标,其中流量由逐日平均流量计算获得。由表中可以看出,各水质指标含量在 1—6 月较高,主要原因可能在于 1—3 月流量较低且冬季水体营养物消耗较低,而 4—7 月降雨带来部分面源污染引起水质恶化^[3],COD 的增加也印证了这一点。8—

表 1 2017 年月平均水量水质指标

月份	$\rho(\text{COD})/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{TP})/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
1	21.77	3.60	0.31	8.64
2	28.43	3.60	0.32	16.14
3	24.37	3.69	0.23	19.35
4	22.60	4.43	0.36	16.56
5	26.33	3.69	0.45	20.78
6	23.87	2.96	0.24	15.8
7	21.47	2.27	0.24	11.82
8	21.01	1.93	0.22	9.73
9	17.08	2.95	0.17	11.04
10	19.07	1.80	0.18	7.56
11	21.56	1.60	0.22	11.02
12	21.33	1.67	0.25	12.91
均值	22.41	2.85	0.27	13.45

12 月水质有转好趋势,主要原因在于该时期水体交换能力增加,自净能力增强。

根据中华人民共和国地表水环境质量标准(GB3838—2002),对派河 3 种主要污染物指标进行评价,评价结果如表 2。派河 3 种单体指标大多处于Ⅳ~劣Ⅴ类标准之间,综合评价多处于Ⅴ和劣Ⅴ类标准,其中 COD 基本处于Ⅳ类标准,TP 处于Ⅳ类和Ⅴ类水质标准,而 NH₃-N 多处于Ⅴ和劣Ⅴ类标准。河道水质在 1—7 月为劣Ⅴ类、8—12 月多为Ⅴ类水质,主要污染物为 NH₃-N^[1]。

表 2 平均水质年内变化情况

月份	COD	NH ₃ -N	TP	综合评价	流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
1	Ⅳ	劣Ⅴ	Ⅴ	劣Ⅴ	8.64
2	Ⅳ	劣Ⅴ	Ⅴ	劣Ⅴ	16.14
3	Ⅳ	劣Ⅴ	Ⅳ	劣Ⅴ	19.35
4	Ⅳ	劣Ⅴ	Ⅴ	劣Ⅴ	16.56
5	Ⅳ	劣Ⅴ	劣Ⅴ	劣Ⅴ	20.78
6	Ⅳ	劣Ⅴ	Ⅳ	劣Ⅴ	15.8
7	Ⅳ	劣Ⅴ	Ⅳ	劣Ⅴ	11.82
8	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	9.73
9	Ⅲ	劣Ⅴ	Ⅲ	劣Ⅴ	11.04
10	Ⅴ	Ⅴ	Ⅲ	Ⅴ	7.56
11	Ⅳ	Ⅴ	Ⅳ	Ⅴ	11.02
12	Ⅳ	Ⅴ	Ⅳ	Ⅴ	12.91
平均 水平	Ⅳ	劣Ⅴ	Ⅳ	劣Ⅴ	13.45

2 研究方法

2.1 研究现状

2018 年布里斯班的宣言对生态需水定义进行修订:“维持水生生态系统所必需的淡水水量、时间、水质以及水位,进而支持人类文化、经济、可持续发展”。经修订后定义涵盖了流水,静水和依赖于地下水的生态系统以及可能在这些状态之间交替的水生生态系统。根据研究目的和保护目标,国外发展了多种确定河流环境流量的方法,从单纯

的水文学法,发展到水力学法,进一步发展到整体性方法。水文学法假定生物与流量变化之间存在响应关系,保护水平直接和流量相关,并且随着流量的增加保护水平提高。水力学和生境方法则假设生物的响应或者与湿周有关、或者与生境有关,而且随着流量的增加,这种响应关系呈现非线性。

我国自 20 世纪 70 年代开始探索生态需水研究,包括概念、计算方法等,主要以借鉴国外为主。2000 年以后,生态需水的相关概念如最小生态需水、适宜生态需水等被不断提出,计算方法也多种多样。该阶段不仅关注生态需水量,还开始关注生态流量过程、发生时间和频率等更多的水文要素。2011 年至今,更加注重生态用水与河流治理开发、修复等方面的结合,开始强调生态用水调度等方面的实践管理工作。在 2018 年修改的《中华人民共和国水污染防治法》第二十七条明确“国务院有关部门和县级以上地方人民政府开发、利用和调节、调度水资源时,应当统筹兼顾,维持江河的合理流量和湖泊、水库以及地下水体的合理水位,保障基本生态用水,维护水体的生态功能”。社会开始关注河湖生态需水,各地针对自身情况,也积极开展了一些实践管理的探索。目前,国内外对如何确定适宜的环境流量进行了大量研究,这些研究方法根据原理的不同大致可以分为 4 类^[4]:

(1)水文学法:主要基于历史数据,很少考虑河流或其生物群落的特殊性。

(2)水力学法:主要利用流量和河流形态的关系,例如水深、流速、湿周计算出河流的生态流量。

(3)生境模拟法^[5]:利用水生生物和河道水力参数来共同确定河道内所需要的合理生态流量。

(4)综合法:需要收集待研究河流的各种数据,并且需要建立河流流量特征与主要生态需水之间的结构联系。

2.2 研究方法

目前我国不同领域提出了不同环境流量计算方法,这些方法大多是借鉴国外的方法,方法的合理性和机理值得进一步探讨。考虑到国内大量现场观测数据缺乏的情况,实际分析河流环境流量时,应结合研究区域的实际情况采用不同的计算方法,分析不同环境流量计算方法的优缺点,对比已有的基础资料,选择出适合的计算方法。由于派河缺乏长时间、长序列的水文、水质、生物监测资料,难以对派河环境流量进行水文学和综合法进行研究。目前,派河生态流量以控制环境污染物为主要

目标,以模型算法为主要计算方法,在研究断面处,针对断面特征,组合不同的水动力条件和污染输入负荷,设置多情景模拟,根据规划水质达标要求,推求不同条件下满足水质达标的断面生态流量。该方法作为派河污染物控制的依据可行,方法较为合理。

本研究通过对基础资料的系统整理分析,摸清派河干流水质、生态流量等方面的基本特征和演变规律。以关键断面(国控断面)为水质控制的重点对象,分析派河中下游河道内天然径流和实测径流的时间变化特征;重点分析关键断面生态环境用水、水污染等时空演变情况。通过构建水质数学模型并与水动力模型耦合,根据历史资料和水环境达标要求,选定 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 模拟其时空变化特征,推求关键断面水质变化情况下的环境需水量。针对目标在计算过程中的分析单元、时间尺度及过程等进行标准化处理,统一时间尺度(日、月、年)、空间尺度(以控制断面为主要依据)、计算情景(不同来水量)等各种输入条件、计算情景、输出成果等进行统一设定,确保 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 指标环境需水的统一融合。其中,模型选取与水质资料对应的 2017 年 1 月 1 日至 2017 年 12 月 31 日水文、水质资料作为模型边界,在该时期的水动力模型基础上进行水环境模型计算。

3 计算结果

本研究污染负荷采用日平均值,代入模型校验派河国控断面环境调水流量结果见表 3。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 环境调水量均高于 TP 环境调水流量,因此环境调水量以 $\text{NH}_3\text{-N}$ 环境调水量为主,结果如图 1。结果表明,派河干流(国控断面)水质达到Ⅳ类水标准时,年平均环境调水流量为 $3.39 \text{ m}^3/\text{s}$,派河干流(国控断面)水质达到Ⅴ类水标准时,年平均环境调水流量为 $1.45 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

派河干流(国控断面)水质达到Ⅳ类、Ⅴ类水标准时,环境调水量见图 2。可以看出,在单一年度内,派河水质达标需要调水量在年内变化较大,在水质达到Ⅳ类水标准时,春夏秋冬四季调水量分别需要 $6.06 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $4.08 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $0.98 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $2.42 \text{ m}^3/\text{s}$;水质达到Ⅴ类水标准时,春夏秋冬四季调水量分别需要 $3.58 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $1.88 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $-0.40 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $0.76 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

根据模型算法计算结果,派河干流春夏季(2—7 月)需要调较多外来水量,消减派河污染程度,秋冬季(8 月—次年 1 月)需要调水水量较少。

表3 派河各月份对应水质指标环境调水量计算结果

月份	基本 流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Ⅳ类水调水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)		Ⅴ类水调水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	
		$\text{NH}_3\text{-N}$	TP	$\text{NH}_3\text{-N}$	TP
1	5.99	-1.56	-1.86	-2.08	-2.32
2	8.51	10.16	-1.18	6.70	-1.80
3	11.02	9.60	0.72	6.1	-0.54
4	15.72	5.60	1.28	3.22	-0.02
5	13.53	3.32	1.94	0.78	-0.26
6	17.45	3.34	0.10	1.64	-0.78
7	15.72	2.88	-0.56	0.9	-1.68
8	13.63	-0.52	-1.16	-1.38	-1.86
9	13.88	0.56	-1.38	-0.72	-2.18
10	10.02	-0.44	-1.40	-1.08	-1.80
11	7.86	2.2	-0.68	0.60	-1.56
12	9.12	5.52	1.74	2.76	-0.06
平均值	11.87	3.39	-0.20	1.45	-1.24

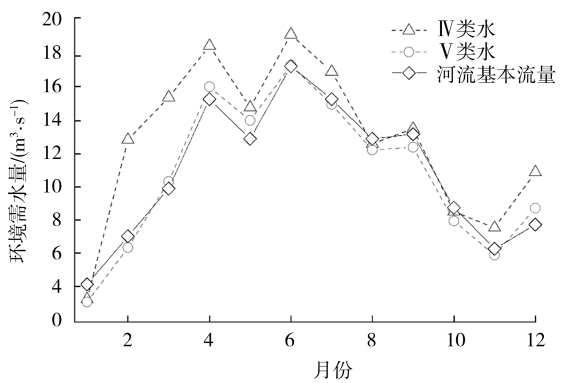


图1 派河(国控断面)水质达标后生态流量对比分析

这与肥西县多年平均降水量变化过程基本呈相反趋势(图3)。可以推测,派河上游水质较差,因此在枯水期,派河水质改善需要调集更多外部水源;在丰水期,受降雨补给稀释的影响,派河水质有所改善。

4 结 论

近年,派河总体水质略有好转,但水体污染覆盖面仍较大,主要污染指标有 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP等。为改善

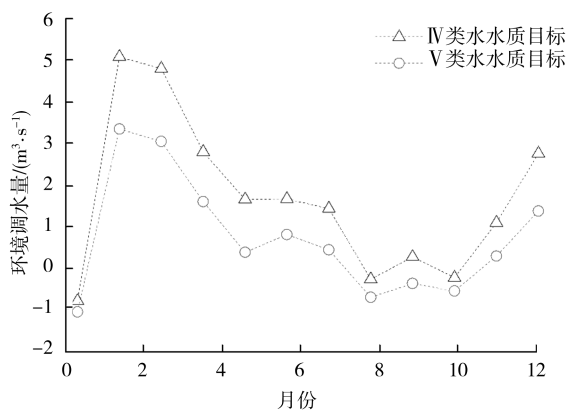


图2 派河(国控断面)水质达标后环境调水量对比分析

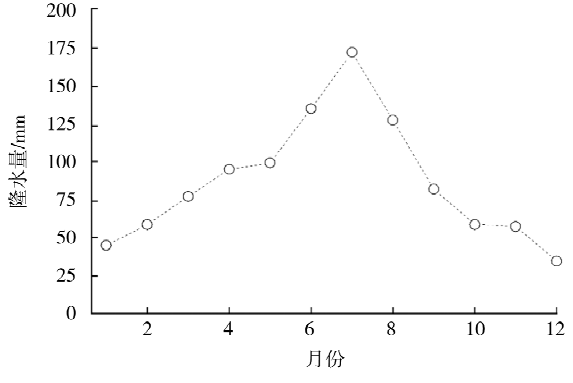


图3 肥西县多年平均年内降雨分配过程

派河水质,派河流域内近年来修建了3座比较大型的污水处理厂,监测数据表明,西部组团、中派污水处理厂处理效率较高,出水水质均达到Ⅲ类,一定程度改善了派河水质。为更好改善派河水质,考虑对沿程点源、非点源进行截污,提高污水处理厂处理能力的同时,可通过引入洁净水源,尤其在枯水期流量较小时可有效改善河道水环境质量,增强水体流动性与自净能力,进而提升河网的水环境容量。

参考文献:

[1] 刘姝,孔繁翔,蔡元锋,等. 巢湖四条入湖河流硝态氮污染来源的氮稳定同位素解析[J]. 湖泊科学, 2012, 24(6):952-956.

[2] 合肥地方志编撰委员会. 合肥市志[M]. 合肥:安徽人民出版社,1999.

[3] 张广萍,周美正,张延,等. 安徽派河流域水污染特征及原因分析[J]. 人民长江, 2014, 45(18):20-24.

[4] 陈昂,王鹏远,吴森,等. 国外生态流量政策法规及启示[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版), 2017, 38(5):49-53.

[5] 桑连海,陈西庆,黄薇. 河流环境流量法研究进展[J]. 水科学进展, 2006(5):754-760.