

DOI: 10.13476/j.cnki.nsbtdqk.2019.0012

刘君龙,陈进,周晓明,等.考虑水文情势变化的黄柏河流域纳污能力[J].南水北调与水利科技,2019,17(1):84-91. LIU J L, CHEN J, ZHOU X M, et al. Analysis on the water environment capacity of Huangbo River basin considering the impact of changes in hydrological situation[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2019, 17(1): 84-91. (in Chinese)

考虑水文情势变化的黄柏河流域纳污能力

刘君龙¹, 陈进¹, 周晓明², 周召红³, 殷大聪¹, 周明圆¹

(1. 长江水利委员会 长江科学院 流域水资源与生态环境科学湖北省重点实验室, 武汉 430010;
2. 宜昌市河道堤防建设管理处, 湖北 宜昌 443000; 3. 宜昌市水资源管理中心, 湖北 宜昌 443000)

摘要:水体的纳污能力是指在满足水功能区水环境质量达标的基础上,水体最大允许的纳污量,其精确核定对水资源合理开发利用与有效保护具有重要的现实意义。水利工程、人类活动等使河流原有水文情势发生了不同程度的改变,水文情势变化影响下的纳污能力精确核定现已逐渐成为当前亟待研究和解决的问题。以长江流域的黄柏河为例,选取汇入支流、水库和调(引)水工程3个主要影响因素分析了对河道水文情势及其对纳污能力的影响,根据水文情势的差异性变化提出了相应的纳污参数确定方法,并基于一维水质数学模型计算得出黄柏河流域水体的纳污能力,最后以典型区段黄柏河东支保护区为例与传统法的纳污能力结果进行了对比分析。结果表明:考虑水文情势变化的纳污能力研究中所提出的纳污参数确定方法在一定程度上有助于水域纳污能力的准确核定。研究结果可以为区域有效保护水资源,防治水污染,改善水环境提供一定的技术参考。

关键词:纳污能力;水利工程;人类活动;水文情势;黄柏河;汇入支流;水库;调(引)水

中图分类号:X824 文献标志码:A 开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Analysis on the water environment capacity of Huangbo River basin considering the impact of changes in hydrological situation

LIU Junlong¹, CHEN Jin¹, ZHOU Xiaoming², ZHOU Zhaohong³, YIN Dacong¹, ZHOU Mingyuan¹

(1. Hubei Provincial Key Laboratory of Basin Water Resources and Ecological Environment, Changjiang Scientific Research Institute, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan 430010, China;
2. Yichang River Embankment Construction Management Office, Yichang 443000, China;
3. Yichang Water Resources Management Center, Yichang 443000, China)

Abstract: Water environment capacity (WEC) refers to the maximum amount of pollutants that can be assimilated by a water body given the condition that the water environment of the water function area meets the quality standards. The precise determination of WEC has important practical significance for the rational exploitation and effective protection of water resources. Water conservancy projects and human activities have changed the original hydrological situation of the river to varying degrees, and the precise verification of the water environment capacity under the influence of changes in hydrological situation has gradually become a problem that urgently needs study and solution. We took the Huangbo River in Yangtze River basin as a case

收稿日期:2018-09-10 修回日期:2018-12-03 网络出版时间:2018-12-12

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20181210.1704.006.html>

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(CKSF2017045/SZ);湖北省自然科学基金项目(2018CFB655)

作者简介:刘君龙(1992—),男,安徽亳州人,主要从事生态水利方面研究工作。E-mail:673095036@qq.com

通信作者:陈进(1959—),男,湖北武汉人,教授级高级工程师,博士生导师,主要从事流域水资源与环境方面研究。E-mail:chenjin@mail.crsri.cn

study, selected three major influencing factors, including the convergent tributaries, reservoirs, and water diversion projects, and analyzed their impacts on the hydrological situation of the river and on the water environment capacity. We put forward some corresponding parameter determination methods, and calculated the water environment capacity based on the one-dimensional water quality mathematical model. Finally, taking the typical section of East Branch Reserve of the Huangbo River as a case study, we compared the WEC results of the proposed method and the traditional method. The results showed that: the proposed method with consideration to the impact of changes in hydrological situation can contribute to the accurate verification of the water environment capacity to a certain extent. The research results can provide certain technical references for regional effective protection of water resources, prevention of water pollution, and improvement of water environment.

Key words: water environment capacity; water conservancy projects; human activities; hydrological situation; Huangbo River; convergent tributaries; reservoirs; water diversion projects

水是生命之源,生产之要,生态之基,是重要的自然资源和战略资源,水资源的可持续利用是经济社会可持续发展的重要保证^[1-2]。近些年,随着社会经济快速发展和城市化进程的加快,对水资源开发和利用程度的不断增大,水环境恶化与水污染问题也日益突出,现已成为制约许多地区经济社会发展的瓶颈^[3-6]。如何改善水环境,保证河流水质达标,成为目前亟需解决的重要问题。河流纳污能力的精确核定,是科学制定水污染防治措施的基本依据,也是实现河流水质健康的重要手段。目前,我国很多河流受人类活动的影响程度较大,水利工程的建设和发展改变了河流原有水文情势,纳污能力也因而受到了不同程度的影响。因此,水文情势变化影响下的纳污能力精确核定已逐渐成为当前亟待研究和解决的问题。

国内学者对纳污能力的研究主要集中在运用不同的模型和方法对某一流域的纳污能力进行计算^[7],周洋^[8]等在一维稳态水质模型和水环境模型基础上,采用段首控制高功能区和段末控制低功能区相结合的方法计算了渭河陕西段的水环境容量;彭嘉玉^[9]等利用生物学方法作为核定水环境容量的设计水文条件,并对铁岭市的COD和氨氮的水环境容量进行了核算;万飏^[10]等提出了一种一维水质-水力学耦合模型分配河流的环境容量;陶亚^[11]等基于EFDC模型,对松花江流域的阿什河分季节、分控制河段进行了水环境容量的分析与核算。

上述学者虽然用不同的计算方法和模型对河流(湖库)纳污能力进行了分析研究,但是案例研究中考虑人类活动等对水文情势及其对纳污能力的影响相对较少,最终可能会导致纳污能力计算结果过严格或过宽松的情况,从而不利于纳污能力合理有效的利用及河流(湖库)限制纳污红线的划定。基于此,本文选取汇入支流、水库和调(引)水工程3个主要影响因素分析了对黄柏河水文情势及其对纳污能

力的影响,充分了解了研究区水文水动力及水质变化特性,并根据水文情势的差异性变化提出了相应的纳污参数确定方法,避免了水文水动力条件变化考虑不全面导致水体纳污能力过严格的情况,以期黄柏河流域及其他类似地区的水环境管理部门有效保护水资源,科学制定水污染防治措施,改善水环境提供理论参考和科学依据。

1 研究区基本概况

1.1 流域自然概况及水功能区划

黄柏河位于长江中游北岸,为长江一级支流,流域面积约1 900 km²。河流分东西两条支流,东支为干流发源于黑良山,全长约130 km;西支为雾渡河发源于武郎寨,全长约78 km,东西两条支流于两河口汇合成干流,长约32 km,经小溪塔注入长江。东支干流水资源较为丰富,建有五级梯级水库群,其中中型水库4座,大(Ⅱ)型水库1座,同时东支干流上建有东风灌渠和东山运河两大调(引)水工程。流域水资源形势较为复杂,受人类活动等影响程度较大。

黄柏河流域共有一级水功能区12个,其中包含保护区9个和开发利用区3个;3个开发利用区又被划分为6个二级水功能区,其中包含饮用水源区2个、景观娱乐区2个、排污控制区1个和过渡区1个,各水功能区划具体情况见表1和图1。

1.2 水质概况

根据2016年对董家河入河口、黄花乡两河口、小峰镇张家口村等15个监测断面的水质监测资料分析可知,流域水质总体情况尚好,全年I~II类水河长232.8 km,占58.6%;III类水河长18.6 km,占4.68%;劣于III类水河长145.9 m,占36.72%(表1)。根据水功能区水质评价结果,全流域15个水功能区中有2个水功能区水质尚不达标。主要原

表 1 黄柏河水功能区划

Tab. 1 Water function zoning of the Huangbo River

功能区名称	起始断面	终止断面	河流长度/km	水质现状	水质目标
黄柏河东支保护区	黑良山	黄花乡两河口	129.4	II	II
董家河源头水保护区	樟村坪镇	入黄柏河口	11.0	II	II
西汉河源头水保护区	樟村坪镇	杨树口入河口	15.4	II	II
栗林河源头水保护区	张家花屋	入黄柏河口	17.8	II	II
黄马河源头水保护区	罗家湾村	沙岩屋入河口	25.6	II	II
晒旗河源头水保护区	樟村坪镇	晒旗村	13.5	II	II
神龙河源头水保护区	西河村	荷花镇入河口	10.0	II	II
盐池河源头水保护区	殷家沟	荷花镇入河口	12.8	II	II
黄柏河西支保护区	西支源头	两河口	77.8	II	II
小峰河夷陵景观娱乐用水区	仗儿垭村	张家口村	21.9	II	II
东山运河-水厂饮用水源区	汤渡水库库尾	东山电站	25.0	II—III	II
东山运河夷陵西陵伍家岗景观娱乐用水区	东山电站	入江口	5.5	II—劣 V	III
黄柏河小溪塔饮用水源区	黄花乡两河口	鄢家河与黄柏河入口处	31.6	II	II
黄柏河小溪塔排污控制区	鄢家河与黄柏河入口处	冯家湾	13.0	III	III
黄柏河小溪塔过渡区	冯家湾	黄柏河入长江口	4.6	III	III

注:表中数据取自《宜昌市水功能区划报告》的研究成果。



图 1 黄柏河水功能区划分

Fig. 1 Map of water function zones of the Huangbo River

因是东支上游及其支流上建有大量磷矿企业,造成水体中总磷质量浓度超标;东山运河流经城区,生活污水所排污水中氨氮和总磷质量浓度超标对河流水质影响较大。此外,由于目前尚无排污口直接进入水库,根据水库营养状态综合评价结果表明 5 座水库为中营养水平,均不存在富营养化状态。

2 纳污能力影响因素的分析与计算方法

2.1 纳污能力影响因素的分析与计算参数的确定方法

2.1.1 影响因素的分析

综合国内相关研究分析可知,水利工程、人类活动等对水文情势变化及其对纳污能力的影响是不容忽视的。本文结合黄柏河流域水资源情势较为复杂,受人类活动影响程度较大等特点,从汇入支流、水库、调(引)水工程 3 个主要影响因素做了如下分析。

(1)支流的汇入会导致干流的水流、水质发生突变,这种汇流口水流连续性的破坏对干流影响程度较大^[12]。主要表现为当支流的动量或者汇流比不为零时(有一定量的水流汇入),支流与干流的相互挤压、顶托作用会产生一定程度的壅水^[13],会改变干流原有的水位、流量等水文条件;同时支流的汇入不仅增加了干流中的水量,同时还带入了支流中的污染物,水文条件和污染物量的变化都会对河流整体的纳污能力造成不同程度的影响。此外,干支流水体的交换、掺混也易造污染物的叠加效应。

(2)水库建成后破坏了水流的自然控制系统^[14],改变了河流的水动力特性。一方面水库修建后随着库区水位的抬高,水力坡度变缓,入库河段流速减缓,降低了污染物的迁移扩散能力,导致河道自净能力下降;另一方面水库蓄水后受库区回水的顶托影响,在回水区的末端水动力微弱,易形成局部水

域相对静止的湖泊型库湾,库湾区水体不能畅流,降低了水体的稀释和自净能力^[15-16],同时营养物质也更容易富集,易造成水体富营养化;再者受水库调蓄作用的影响,水体在库区滞留时间增长,使得下游河道水体更新周期变长,水体的自净能力下降,但同时枯水期由于水库的调蓄使得下游流量比同期增加,又会在一定程度上提高河道的环境稀释容量和自净容量。

(3)调(引)水工程实施建成后,大流量的取用水会引起取水口下游水位、流量不同程度的减小、流速减缓,加速水体中泥沙与有机污染物的沉降,从而不利于污染物的扩散,降低了水体对污染物的稀释能力^[17],同时引水口下游河道径流量的减少,甚至不能满足下游河流对于相对稳定最小生态流量的需求,导致区域纳污能力大幅度降低。此外,外调的水体中也挟带了水源区的污染物,同样会对供水区和受水区的纳污能力产生一定的影响。

2.1.2 计算参数的确定方法

综合以上分析可知,上述因素都不同程度的影响河流水文情势及纳污能力。因此,为了更精确的核定纳污能力,本文结合相关研究与实践,提出了几点切实的确定纳污参数的方法。

(1)基于对水质规划计算规程及相关研究成果综合分析可知,同一水体在不同的水文情势下不同区段的水流、河床、污染物量等条件均不同。在计算河段相对较长的水功能区纳污能力时,可以以支流、水库及调(引)水断面为节点将水功能区划分为若干个较小的计算单元,分别计算其纳污能力,汇总各计算单元的纳污能力即为整个水功能区的纳污能力。如本次研究区的黄柏河东支保护区河段长度超过 100 km,旁侧有较大支流汇入,且建有 5 座大中型水库、人工灌渠和运河,区域水文情势变化相对较大,因此,需充分考虑支流、调(引)水和水库调度的综合影响,在计算纳污能力时可以将功能区划分为 5 个区段(图 2),然后按照上述分区段求和法确定水功能区总的纳污能力。

(2)对于下游受水库调蓄影响的水功能区,确定设计流量时应考虑天然汇水与水库调度的综合影响,其断面设计流量可取不同典型年下的水库下泄流量与区间汇流量之和,其中水库下泄流量可直接取水库的生态下泄流量,区间汇流量取近 10 年最小月平均流量或 90%保证率最枯月平均流量。流域其他水功能区则可按照《水域纳污能力计算规程》(GB/T 25173—2010)的规定,采用近 10 年最小月平均流量或 90%保证率最枯月平均流量作为设计流量。

(3)受水文情势变化以及其他环境因素的影响,不同区域上水动力特性和污染物的分布特性不同,因而各河段间的纳污能力也存在着一定程度的差异,同时由于不同区段的区间经济结构和经济发展水平不同,对水质目标的要求以及污染物的排放量也不同。因此,根据水域纳污能力,并结合区域技术经济条件,在满足水功能区水质达标的基础上,针对不同区段在水环境质量标准限值范围内科学制定相应的水质目标浓度,使得低功能区所多利用的纳污能力等于高功能区纳污能力的减少^[18],不仅有利于区域水质目标的重新分配,而且更有利于纳污能力充分与合理的利用。

(4)流速是纳污能力计算中一项重要的水文参数,其确定的合理性会直接影响纳污能力的可靠性。受流域自然条件的限制,河流的长短及其支流的长度和数量不同,集水能力也不同,同时又受区域水文情势变化的影响,因此,河道不同位置的断面流速存在一定的差异。为取得一定数量且有足够精度的流速资料,可选择河道顺直、水势较好的典型河段进行实测,并把实测流速转化为设计条件下的流速,同时结合研究区域已有流速等相关水文资料综合进行确定。



图 2 黄柏河东支保护区分段示意图

Fig. 2 Sections of east branch reserve of the Huangbo River

2.2 计算方法

2.2.1 模型的选择

黄柏河流域虽然水文情势发生了一定的变化,但河流总体具有宽深比不大、污染物在较短时间内横向和垂向皆能混合均匀、污染物浓度在断面横向上变化不大等一维河道的特点^[19-20]。根据《水域纳

污能力计算规程》(GB/T 25173—2010)^[21], 仍可选用一维水质数学模型计算纳污能力, 基本计算公式为

$$C_x = C_0 \exp\left(-K \frac{x}{u}\right) \quad (1)$$

式中: C_x 为流经 x 距离后的污染物质量浓度(mg/L); C_0 为初始断面的污染物质量浓度(mg/L); x 为沿河段的纵向距离(m); u 为设计流量下河道断面的平均流速(m/s); K 为污染物综合衰减系数(1/s)。

相应的水域纳污能力按下式计算

$$M = (C_s - C_x)(Q + Q_p) \quad (2)$$

式中: M 为水域纳污能力(g/s); C_s 为水质目标质量浓度(mg/L); Q 为初始断面的入流流量(m³/s); Q_p 为废污水排放流量(m³/s)。

当 $x=L/2$ 时, 即入河排污口位于计算河段的中部时, 水功能区下断面的污染物质量浓度按式下计算

$$C_{x=L} = C_0 \exp(-KL/u) + \frac{m}{Q} \exp(-KL/2u) \quad (3)$$

式中: m 为污染物入河速率(g/s); L 为计算河段长(m); $C_{x=L}$ 为水功能区下断面污染物质量浓度(mg/L)。

相应的水域纳污能力按下式计算

$$M = [C_s - C_0 \exp(-KL/u)] \cdot \exp(KL/2u)(Q + Q_p) \quad (4)$$

式中符号意义同前。

2.2.2 计算参数的确定

根据选定的纳污能力计算模型, 结合上述纳污能力影响因素的分析和计算参数的确定方法, 本次研究对水质目标质量浓度、背景质量浓度、污染物综合衰减系数、设计流量和平均流速等基本参数还需要进一步的确定。

(1) 水质目标浓度 C_s 和背景质量浓度 C_0 的确定

水质目标质量浓度 C_s 根据《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) 中给定的水环境质量标准限值范围, 同时考虑研究区段上、下游水功能区相互关系以及水功能区重要程度, 综合分析予以确定^[22] (表 2), 最终使得相应的低功能区所多利用的纳污能力等于高功能区纳污能力的减少^[18]。

初始断面背景质量浓度 C_0 原则上可采用本底值, 若该水功能区上游还有其他有水质控制目标的水功能区, 则也可取上游水功能区出口断面的水质目标值 C_s 。

(2) 污染物综合衰减系数 K 的确定

污染物综合衰减系数反映了污染物在水中降解的快慢程度, 是纳污能力计算中一项重要参数^[23-24]。本研究主要采用了分析借用法^[25], 根据研究区源头区的历史水质监测数据按式(5)进行综合分析计算, 同时结合文献^[22] 中长江流域研究成果对流域内不同河段的综合衰减系数进行了合理的修正, 最终确定水功能区污染物综合衰减系数 K (表 2)。

$$K = \frac{u}{\Delta x} \ln\left(\frac{C_{\text{上}}}{C_{\text{下}}}\right) \quad (5)$$

式中: Δx 为上下游断面之间的距离; $C_{\text{上}}$ 为上断面污染物质量浓度(mg/L); $C_{\text{下}}$ 为下断面污染物质量浓度(mg/L); 其余符号意义同前。

(3) 设计流量的确定

设计水文条件的确定, 反映了河流(湖泊)水质保护目标的安全系数^[25]。河道流速和污染物综合衰减系数等参数均随设计流量的变化而发生相应的变化^[26], 因此, 设计流量的确定是进行纳污能力计算的关键。根据我国水质规划计算规范要求, 本次研究采用 90% 保证率最枯月平均流量作为设计流量条件, 考虑到黄柏河流域实际水文特性, 其中各河段的设计流量值则根据上述纳污参数的确定方法进行确定(表 2)。

表 2 黄柏河东支保护区各区段计算参数

Tab. 2 Calculation parameters of east branch reserve of the Huangbo River

河段 编号	污染物综合衰减系数/s ⁻¹					污染物水质目标质量浓度/(mg·L ⁻¹)					设计流量/ (m ³ ·s ⁻¹)	平均流速/ (m·s ⁻¹)
	高锰酸盐指数	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	高锰酸盐指数	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP		
河段 1	0.19	0.19	0.19	0.16	0.08	2.50	10.00	1.50	0.10	0.025	0.55	0.45
河段 2	0.19	0.19	0.19	0.16	0.08	2.50	10.00	1.50	0.10	0.025	1.10	0.40
河段 3	0.19	0.19	0.19	0.16	0.08	2.50	10.00	1.25	0.50	0.025	1.40	0.40
河段 4	0.19	0.19	0.19	0.16	0.08	2.50	10.00	1.00	0.50	0.025	2.08	0.40
河段 5	0.18	0.18	0.18	0.15	0.08	4.00	15.00	3.00	0.50	0.100	2.21	0.30

注: 表中仅列举了典型区段黄柏河东支保护区的纳污能力计算参数。

(4) 流速的确定

通常情况下, 对于有资料地区, 可按如下公式计算

$$u = Q/A \quad (6)$$

式中: u 为设计流速(m/s); Q 为设计流量(m³/s); A 为过水断面面积(m²)。

对于无资料地区, 可采用经验公式计算断面流

速,也可通过实测确定。基于上述对研究区水文情势变化的综合分析,本次研究的流速是通过选择典型测流断面进行实测,并把实测流速转换为设计条件下的流速,同时结合黄柏河流域水文站(雾渡河站、分乡站)历年水文监测资料综合确定各功能区段的河道平均流速(表2)。

3 计算结果及分析

根据上述纳污能力影响因素的分析、计算模型的选择以及计算参数的分析与确定,对黄柏河流域各水功能区的纳污能力进行了计算,流域各水功能区纳污能力计算结果见表3,同时为了便于对比分析,本文采用传统法纳污能力算法(未考虑水文情

势变化对纳污能力的影响)对研究区内的典型区段黄柏河东支保护区进行了纳污能力计算,计算结果见表4。

3.1 流域各水功能区纳污能力计算结果

由表3数据可知,流域高锰酸盐指数、COD、BOD、NH₃-N和TP的纳污能力分别为911.62、3057.35、656.80、177.50和31.34 t/a。其中一级水功能区纳污能力主要集中在开发利用区,占一级水功能区总纳污能力的67%;二级水功能区纳污能力主要集中在排污控制区,占二级区总纳污能力的74%。与其他3类污染因子纳污能力相比,NH₃-N和TP纳污能力剩余空间相对较低,因此,黄柏河在水资源管理与水污染防治的过程中应重点控制这两类污染因子。

表3 黄柏河各水功能区纳污能力计算结果

Tab.3 Calculation results of water environment capacity of water function zones in Huangbo River

一级水功能区	二级水功能区	纳污能力/(t·a ⁻¹)				
		高锰酸盐指数	COD	BOD	NH ₃ -N	TP
保护区		235.23	979.72	312.08	65.38	9.18
开发利用区	景观娱乐用水区	63.84	194.79	33.64	11.87	3.50
	饮用水水源区	36.23	167.02	50.01	4.01	0.20
	排污控制区	525.67	1546.97	227.30	89.10	17.75
	过渡区	50.65	168.85	33.77	7.14	0.71
合计		911.62	3057.35	656.80	177.50	31.34

3.2 纳污能力对比

由表4数据分析可知,考虑水文情势变化下的纳污能力算法所得高锰酸盐指数、COD、BOD、NH₃-N和TP的纳污能力分别为229.55、847.58、191.27、30.09、6.12 t/a,用传统的纳污能力算法所得相应的纳污能力分别为147.52、526.16、190.19、24.11、2.96 t/a。相对于传统法纳污能力计算结果,考虑水文情势变化下的纳污能力算法

所得高锰酸盐指数、COD、BOD、NH₃-N和TP的纳污能力分别增加了55.61%、61.09%、0.56%、24.80%、106.76%。结果表明,考虑水文情势变化的纳污能力研究中所提出的纳污参数确定方法,能在水环境质量标准限值范围内灵活地选择水质目标浓度,也能相对更准确地确定不同河段的设计水文条件,在一定程度上有助于水域纳污能力的准确核定。

表4 黄柏河东支保护区段纳污能力计算结果

Tab.4 Calculation results of water environment capacity of east branch reserve in Huangbo River

一级水功能区	河段编号	考虑水文情势变化下的纳污能力结果/(t·a ⁻¹)					传统法的纳污能力结果/(t·a ⁻¹)				
		高锰酸盐指数	COD	BOD	NH ₃ -N	TP	高锰酸盐指数	COD	BOD	NH ₃ -N	TP
黄柏河东支保护区	1	32.31	137.09	13.10	0.61	0.29					
	2	7.79	31.17	4.68	0.26	0.03					
	3	7.87	31.47	0	18.42	0.03					
	4	22.58	90.32	0	3.82	0.10	147.52	526.16	190.19	24.11	2.96
	5	159.00	557.53	173.49	6.98	5.67					
合计		229.55	847.58	191.27	30.09	6.12					

注:纳污能力为零值,因分段计算时需综合考虑上下游水功能区的水质目标要求及之间相互联系。

4 结语

水利工程、人类活动等使河流水文情势及纳污

能力发生了不同程度的改变,本文以汇入支流、水库和调(引)水工程3个典型的影响因素为研究对象,分析了河道水文情势及其对纳污能力的影响,并

根据水文情势的差异性变化提出了相应的纳污参数确定方法。通过与传统纳污能力计算方法结果(未考虑水文情势变化对纳污能力的影响)对比分析表明,考虑水文情势变化的纳污能力研究中所提出的纳污参数确定方法,在一定程度上有助于水域纳污能力的准确核定。此外,本文仅对水文情势变化影响下的黄柏河流域纳污参数的确定方法进行了探讨,但如何建立考虑水文情势变化下的纳污能力计算模型,从而来进一步提高纳污能力的计算精度,还有待在后续研究中结合更多流域的水文特性开展进一步深入的研究。

参考文献(References):

- [1] 许继军,陈进.长江流域水利发展规律初探及思考[J].中国水利,2012(10):46-48. (XU J J, CHEN J. Preliminary discussion and thinking on the law of water conservancy development in the Yangtze River basin[J]. China Water Resources, 2012, (10): 46-48. (in Chinese)) DOI:10.3969/j.issn.1000-1123.2012.10.020.
- [2] 陈进.水生态文明建设的方法与途径探讨[J].中国水利,2013(4):4-6. (CHEN J. Methods and approaches of water ecological civilization construction[J]. China Water Resources, 2013(4):4-6. (in Chinese)) DOI:10.3969/j.issn.1000-1123.2013.04.003.
- [3] 王富强,王雷,荣飞.基于一维水质模型的新乡市河流纳污能力的计算[J].华北水利水电大学学报,2014,35(5):81-84. (WANG F Q, WANG L, RONG F. Calculation of pollution capacity of rivers in Xinxiang City based on one-dimensional water quality model [J]. Journal of North China University of Water Resources and Electric Power, 2014, 35(5):81-84. (in Chinese))
- [4] Boon P J, Calow P, Petts G E. River conservation and management[M]. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 1992.
- [5] 余明勇,刘婧婧.长黄黄冈城区河段水环境容量与污染物总量控制研究[J].水电能源科学,2013,31(12):33-37. (YU M Y, LIU J J. Study on water environmental capacity and total pollutant control in the section of Huanggang City in Changhe City[J]. Water Resources and Power, 2013, 31(12):33-37. (in Chinese))
- [6] 王新娟,孙颖,邵景力.北京西郊地区地下水纳污能力分析[J].南水北调与水利科技,2014,12(6):31-34. (WANG X J, SUN Y, SHAO J L. Analysis of groundwater pollution capacity in the western suburbs of Beijing [J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2014, 12(6): 31-34. (in Chinese)) DOI:10.13476/j.cnki.nsbddqk.2014.06.007.
- [7] 张晓,罗军刚,解建仓.考虑取水口和支流的河流纳污能力计算模型的研究与应用[J].水利学报,2017,48(3):317-324. (ZHANG X, LUO J G, XIE J C. Research and application of calculation model for river pollution capacity considering water intake and tributary[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2017, 48(3): 317-324. (in Chinese)) DOI: 10.13243/j.cnki.slxb.20160270.
- [8] 周洋,周孝德,冯民权.渭河陕西段水环境容量研究[J].西安理工大学学报,2011,27(1):7-11. (ZHOU Y, ZHOU X D, FENG M Q. Study on water environmental capacity of Shaanxi section of Weihe River [J]. Journal of Xian University of Technology, 2011, 27(1): 7-11. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1006-4710.2011.01.002.
- [9] 彭嘉玉,雷坤,乔飞,等.基于不同设计水文条件的铁岭水环境容量核算[J].环境工程技术学报,2017,7(4):470-476. (PENG J Y, LEI K, QIAO F, et al. Calculation of water environmental capacity in Tieling based on different design hydrological conditions[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2017, 7(4): 470-476. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1674-991X.2017.04.064.
- [10] 万飏,吴贻名.河流环境容量的推求及分配方法探讨[J].武汉水利电力大学学报,2000,33(1):74-76. (WAN B, WU Y M. Study on calculation and distribution method of river environmental capacity[J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2000, 33(1): 74-76. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1671-8844.2000.01.019.
- [11] 陶亚,陈宇轩,赵喜亮,等.基于EFDC模型的阿什河水环境容量季节性分析[J].环境工程,2017,35(7):65-69. (TAO Y, CHEN Y X, ZHAO X L, et al. Seasonal analysis of water environment capacity of Ashi River based on EFDC model[J]. Environmental Engineering, 2017, 35(7): 65-69. (in Chinese)) DOI: 10.13205/j.hjgc.201707013.
- [12] 王晓刚.汇流口水流水力特性研究综述[J].中国农村水利水电,2007(10):82-86. (WANG X G. Summary of research on hydraulic characteristics of water flow at the junction[J]. China Rural Water and Hydropower, 2007(10): 82-86. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1007-2284.2007.10.024.
- [13] 张原锋,王平,侯素珍,等.黄河上游干支流交汇区沙坝淤堵形成条件[J].水利科学进展,2013,3(24):333-339. (ZHANG Y F, WANG P, HOU S Z, et al. Formation conditions of silt blockage in the intersection of dry tributaries in the upper reaches of the Yellow River[J]. Advances in Water Science, 2013, 3(24):333-339. (in Chinese)) DOI: 10.14042/j.cnki.

32. 1309. 2013. 03. 002.
- [14] 陈常梅,陆经纬,李丽华. 浅谈水利工程建设对河流生态系统的影响[J]. 山东水利, 2005(6): 21. (CHEN C M, LU J W, LI L H. Talking about the influence of water conservancy construction on river ecosystem [J]. Shandong Water Resources, 2005(6): 21. (in Chinese)) DOI: 10. 3969/j. issn. 1009-6159. 2005. 06. 014.
- [15] 袁弘任. 三峡水库纳污能力分析[J]. 中国水利, 2004(20): 19-22. (YUAN H R. Analysis of pollution receiving capacity of the Three Gorges Reservoir [J]. China Water Resources, 2004(20): 19-22. (in Chinese)) DOI: 10. 3969/j. issn. 1000-1123. 2004. 20. 002.
- [16] 陈进,黄薇. 水资源与长江的生态环境[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008. (CHEN J, HUANG W. Water resources and the ecological environment of the Yangtze River [M]. Beijing: China Water & Power Press, 2008. (in Chinese))
- [17] 胡志芳,张利平. 南水北调中线工程对汉江中下游水环境影响分析[J]. 水利与建筑工程学报, 2008, 6(3): 15-17. (HU Z F, ZHANG L P. Analysis of the influence of the middle route of the South-to-North water transfer project on the water environment of the middle and lower reaches [J]. Journal of Water Resources and Architectural Engineering, 2008, 6(3): 15-17. (in Chinese)) DOI: 10. 3969/j. issn. 1672-1144. 2008. 03. 005.
- [18] 赵云. 扬州市江都区水环境容量分析及水环境整治的措施[J]. 资源与环境, 2015(10): 143. (ZHAO Y. Analysis of water environment capacity and measures for water environment improvement in Jiangdu district of Yangzhou City [J]. Resources and environment, 2015(10): 143. (in Chinese))
- [19] 张文志. 采用一维水质模型计算河流纳污能力中设计条件和参数影响分析[J]. 人民珠江, 2008(1): 19-22. (ZHANG W Z. Analysis of design conditions and parameters in the calculation of river pollution capacity by one-dimensional water quality model [J]. Pearl River, 2008(1): 19-22. (in Chinese)) DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6396. 2007. 10. 020.
- [20] 杨喆,程灿,谭雪,等. 官厅水库及其上游流域水环境容量研究[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(1): 163-168. (YANG Z, CHENG C, TAN X, et al. Study on water environment capacity of Guanting Reservoir and its upstream basin [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2015, 29(1): 163-168. (in Chinese)) DOI: 10. 13448/j. cnki. jalre. 2015. 029.
- [21] GB/T 25173-2010, 水域纳污能力计算规程[S]. (GB/T 25173-2010, Watershed pollution capacity calculation procedure [S]. (in Chinese))
- [22] 傅慧源. 长江干流水域纳污能力及限制排污总量研究[J]. 人民长江, 2008, 39(23): 40-42. (FU H Y. Study on pollution receiving capacity and limits of total emissions in the main stream of the Yangtze River [J]. Yangtze River, 2008, 39(23): 40-42. (in Chinese)) DOI: 10. 3969/j. issn. 1001-4179. 2008. 23. 014.
- [23] 张晓,罗军刚,陈晨,等. 基于动态规划的河流纳污能力优化计算[J]. 西北农林科技大学学报, 2014, 42(10): 218-224. (ZHANG X, LUO J G, CHEN C, et al. Optimization calculation of river pollution capacity based on dynamic programming [J]. Journal of Northwest A & F University, 2014, 42(10): 218-224. (in Chinese)) DOI: 10. 13207/j. cnki. jnwafu. 2014. 10. 035.
- [24] 郭儒,李宇斌,富国. 河流中污染物衰减系数影响因素分析[J]. 气象与环境学报, 2008, 24(1): 56-59. (GUO R, LI Y B, FU G. Analysis of influencing factors of pollutant attenuation coefficient in rivers [J]. Journal of Meteorology and Environment, 2008, 24(1): 56-59. (in Chinese)) DOI: 10. 3969/j. issn. 1673-503X. 2008. 01. 014.
- [25] 张萌,祝国荣,周慧,等. 仙女湖富营养化特征与水环境容量核算[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(8): 1395-1404. (ZAHNG M, ZHU G R, ZHOU M, et al. Eutrophication assessment and estimation of water environmental capacity in Xiannv Lake of Jiangxi [J]. Resources and Environment in The Yangtze basin, 2015, 24(8): 1395-1404. (in Chinese)) DOI: 10. 11870/cjlyzyyhj201508019.
- [26] 李红亮,王树峰. 不同设计水文条件下河北省水功能区纳污能力研究[J]. 南水北调与水利科技, 2010, 3(8): 68-70. (LI H L, WANG S F. Study on pollution receiving capacity of water function zone in Hebei Province under different design hydrological conditions [J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2010, 3(8): 68-70. (in Chinese)) DOI: 10. 3969/SP. J. 1201. 2010. 03068.