

贾河纳污能力及排污总量控制分析

朱 健^{1,2},王 平¹,李捍东²

(1.中南林业科技大学环境工程研究所,湖南 长沙 410004;2.中国环境科学研究院,北京 100007)

摘要 分析贾河水质现状,指出该研究区域的主要污染物为 COD、NH₃-N、TP。根据其水质功能类别及水质目标,利用一维水质模型和污染源集中概化理论计算出水体纳污能力。在此基础上提出了总量控制对策,对超过最大允许纳污量的污染物进行削减,使削减后的污染源排放的污染物达到排放标准。最后提出可保证总量控制目标实施的具体措施及污染物防治对策,为该水域水资源保护与管理提供依据。

关键词 一维水质模型 污染源集中概化 水体纳污能力 总量控制

中图分类号 X32 **文献标识码** A **文章编号** 1004-6933(2009)03-0048-04

Analysis of water environmental capacity and total amount control of water pollution in Jiahe River

ZHU jian¹, WANG ping¹, LI han-dong²

(1. Institute of Environment Engineering Research, Central South University of Forestry & Technology, Changsha 410004, China; 2. Chinese Research Academy of Environmental Science, Beijing 100012, China)

Abstract Analyzing the status of water quality in the Jiahe River, the main pollutants COD, NH₃-N, and TP of the study area were identified. According to the water quality target, the function of the water body and specific conditions of the Jiahe River, the river's water environmental capacity was calculated with a one-dimensional water quality model and the pollution source schematized as a concentrated pollution source. Based on this, the strategy for controlling the total amount of water pollutants was put forward, and the pollutants that surpass the water environmental capacity must be cut down, so that the pollutants from the discharge points fall below water quality standards. Finally, because of the special conditions of the Jiahe River, concrete measures to guarantee the implementation of the total amount control are proposed, and so are strategies for pollution prevention. The basis for water resource protection and management of this water area are provided.

Key words one-dimensional water quality model; schematization of concentrated pollution source; water environmental capacity; total amount control

河流水环境容量(也称纳污能力)是指在一定环境目标下,河流水体所能承担外加的某种污染物的最大允许负荷量^[1]。河流水环境容量是一个与河流水文、水质和水力条件等密切相关的重要水管理参数。纳污能力随规划设计目标的变化而变化,反映了特定水体水质保护目标与污染物排放量之间的动态输入响应关系。其大小与水体特征、水质目标及污染物特性等有关,在实际计算中受污染源概化、设计流量和流速、上游本底浓度、污染物综合自净系数

等设计条件和参数的影响。河流纳污能力是流域污染物总量控制的基础,是保障流域河流基本功能持续正常发挥的一个必要前提^[2]。

贾河位于河北省昌黎县境内,属季节性河流,多年来除雨季外基本无天然水径流。近年来,随着经济的发展,水质不断恶化,污染问题日益突出。为了做好污染物总量控制以及水资源保护工作,在水功能区划确定的基础上,在给定其水体的功能目标、设计水量、来水水质以及水域排污口位置和排污方式

作者简介 朱健(1983—),男,安徽池州人,硕士研究生,研究方向为水污染控制。E-mail: zhujian198312@163.com

的情况下,通过对入河排污口普查资料的统计分析,结合实际情况,选用水质数学模型,对入河污染物 COD、NH₃-N、TP 分别进行水功能区纳污能力分析,提出各功能区的污染总量控制对策。

1 流域概况及污染现状

1.1 流域概况

贾河是饮马河的一个支流,发源于卢龙县境内,流经“安龙经济区”,在昌黎县县城南汇入饮马河,向东于大浦河口入渤海。大浦河口位于黄金海岸北侧,南、北戴河的南侧。黄金海岸与南、北戴河均属旅游避暑胜地。贾河属季节性河流,多年来除雨季外基本无天然水径流,现主要接纳“安龙经济区”的工业废水,下游饮马河除接纳贾河来水外还接纳昌黎县县城生活污水。

1.2 污染现状

近年来,随着当地社会经济的发展和城镇建设步伐的加快,大量高浓度有机废水注入贾河,有机污染物浓度高,导致贾河水中氮、磷营养元素超标,富营养化污染严重 造成藻类剧烈繁殖而缺氧 使得水生植物窒息死亡,河水变黑、变臭。水体生态系统功能脆弱且严重失衡,对贾河沿岸的生态环境造成了严重影响,同时给下游带来了巨大的环境压力,这在一定程度上制约了当地社会经济的稳定和可持续发展。

昌黎县贾河中上游两岸的多家粉丝、淀粉加工厂,长期向贾河排放大量废水,废水中富含淀粉、糖类、多类氨基酸、脂肪、有机酸、维生素以及酶类、茄类等高浓度有机污染物,致使河水水质严重超标,散发出大量恶臭,严重影响周围的环境。水质分析结果见表 1。

表 1 贾河泥水界面水样水质分析结果						
检测指标	pH	$\rho(\text{COD})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TN})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TP})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	有机质百分率/%
实测值	9.2	1 560	232	45	210	18.5
标准值(Ⅲ类)	6~9	20	1.0	0.2	1.0	

从表 1 可以看出,贾河主要污染因子为 COD、TN、NH₃-N 和 TP,水质远远超出 GB3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅲ类水质标准,属Ⅳ~Ⅴ类,其中 TN、TP 和 NH₃-N 已超出国家标准Ⅲ类水的 200 倍,属于严重污染。

2 水质模型选择与参数确定

2.1 模型选择

河道纳污能力计算采用一维河流水质模型,计算时将排污口在功能区内的分布加以概化后进行

计算^[3-4]。

2.1.1 一维水质模型概述

水质模型建立的基础是物质守恒定律和化学反应动力学原理。

$$\frac{d\rho}{dt} = k\rho$$

式中; ρ 为污染物质量浓度,mg/L; t 为污染物在水体中的降解时间,s; k 为污染物综合自净系数,d⁻¹。

对于宽深比不大的河流,污染物在较短的时间内基本上能在断面内均匀混合,污染物浓度在断面上横向变化不大,可用一维水质模型模拟污染物沿河流纵向的迁移问题来计算自净能力。

在稳态或准稳态的情况下,一维水质数学模型为

$$\rho(x) = \rho_0\exp\left[-k\frac{x}{v}\right]$$

式中; ρ_0 为基准断面污染物的本底质量浓度,mg/L; k 为污染物综合自净系数,d⁻¹(计算时换算为 s⁻¹); v 为断面设计流速,m/s; x 为计算断面至基准断面的距离,m; $\rho(x)$ 为计算断面污染物的质量浓度,mg/L。

2.1.2 污染源集中概化纳污能力计算模型

通常情况下,考虑到计算的复杂性和一般规划本身的要求,需要将河段内排污口的分布加以概化。目前污染源概化主要采用两种方法 概化为均匀分布或概化为一个集中点。

概化为均匀分布即认为污染物排放在同一河段内沿河长均匀分布,并认为污染源源强在同一功能区内沿河长均匀分布,概化示意图 1(a)。此种概化实际上体现了污染物分布的一种平均状况,对某一河段也许存在一定偏差,但从统计、规划的特点来看,却综合反映了若干河段污染物排放的一种平均状态。

概化为一个集中点即认为污染物排放在同一功能区内集中在一个点,所有污染物由这个点源排入,概化示意图 1(b)。此种概化实际上体现了污染物分布的一种集中状况。

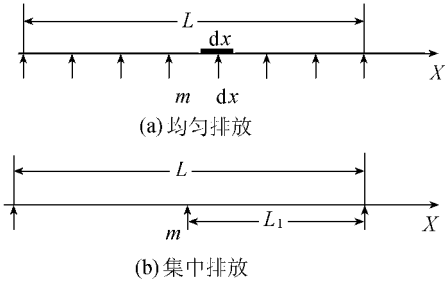


图 1 河段污染源概化示意图

本文采用污染源集中概化对贾河纳污能力进行分析。集中排放河段纳污能力的计算公式为^[5-6]

$$m = Q_p \frac{\rho_s - \rho_0 \exp\left(-k \frac{L}{v}\right)}{\exp\left(-k \frac{L_1}{v}\right)}$$

式中： m 为纳污能力， g/s （结果表示时换算为 kg/d ）； ρ_s 为下游控制断面污染物的目标质量浓度， mg/L ； L 为计算河段的全长， m ； Q_p 为断面设计流量， m^3/s ； L_1 为集中概化点距下游断面的距离， m 其他同上。

2.2 参数确定

2.2.1 断面设计流量 Q_p

有长系列资料时，选用频率 P 为 90% 的最枯月平均流量；无长系列资料时，采用近 10 年系列资料中出现的最小月平均流量作为设计流量。因沿途有其他流量注入，故采用的计算公式为

$$Q_p = \sum_{n=1}^i q_{ip}$$

经分析计算，贾河垂柳庄北断面、新庄子南断面、小刘庄北断面设计流量分别为 $2.43 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $4.82 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $6.37 \text{ m}^3/\text{s}$ 。各断面的相对位置见图 2。图 2 中 1、2、3 分别对应垂柳庄北断面、新庄子南断面、小刘庄北断面。

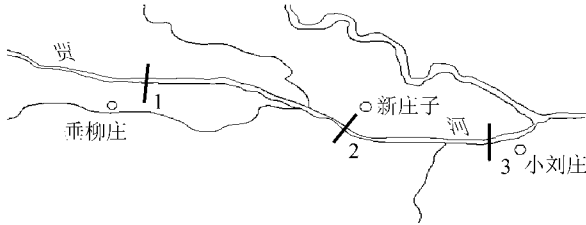


图 2 各计算断面相对位置

2.2.2 断面设计流速 v

如具有断面实测资料，则断面设计流速采用公式

$$v = Q_p / A$$

式中： A 为横断面面积， m^2 。

若无断面实测资料时，采用经验公式

$$v = \alpha Q_p^\beta$$

式中： α 、 β 由往年水文站枯水期实测资料率定^[4]。

本文研究对象贾河具有断面实测资料，故采用

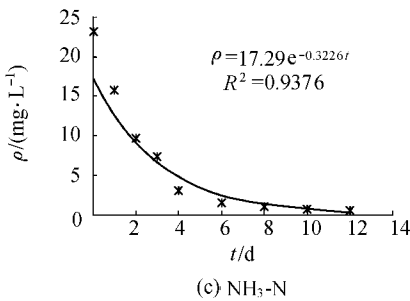
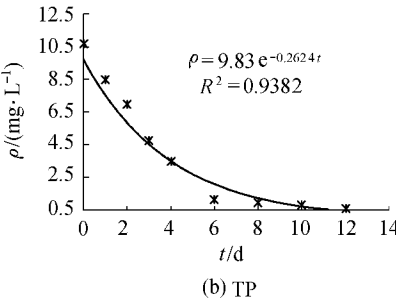
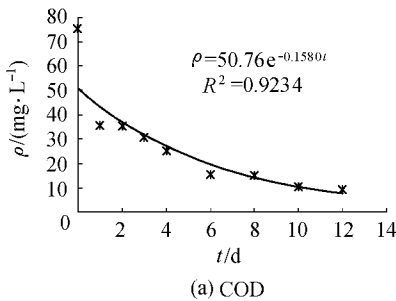


图 4 COD、TP、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度随时间降解曲线

前者计算，经分析计算贾河垂柳庄北断面、新庄子南断面、小刘庄北断面设计流速分别为 0.35 m/s 、 0.60 m/s 、 0.64 m/s 。

2.2.3 综合自净系数 k

综合自净系数通过实验室实验率定获取，实验为动态模拟实验，模拟污染物 COD、TP、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 在自然条件下随时间的降解过程，所以通过本实验率定所得综合自净系数可推广到原型中进行相关计算。进行实验时， pH 为自然值，水温为室温， DO 为自然复氧状态。实验装置见图 3，3 种污染物随时间的降解曲线见图 4。

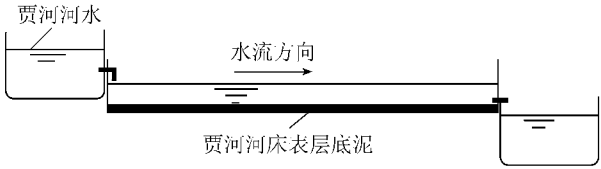


图 3 实验装置示意图

由图 4 可知，COD、TP、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 随时间降解曲线拟合公式分别为

$$\rho = 50.76e^{-0.1580t} \quad R^2 = 0.9234$$

$$\rho = 9.83e^{-0.2624t} \quad R^2 = 0.9382$$

$$\rho = 17.29e^{-0.3226t} \quad R^2 = 0.9376$$

将上述公式可归纳为 $\rho = ae^{-kt}$ ，由上述公式可得 COD、TP、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的综合自净系数分别为 0.16 d^{-1} 、 0.26 d^{-1} 、 0.32 d^{-1} 。

2.2.4 污染物本底浓度

污染物本底浓度采用 2007 年水质监测平均值，垂柳庄北断面 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 的本底质量浓度分别为 460.5 mg/L 、 21.4 mg/L 、 4.03 mg/L ，新庄子南断面 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 的本底质量浓度分别为 360.5 mg/L 、 19.5 mg/L 、 3.033 mg/L ，小刘庄北断面 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 的本底质量浓度分别为 160.5 mg/L 、 18.4 mg/L 、 1.033 mg/L 。

2.2.5 水质目标与控制参数

为满足各功能区的水质控制目标，在功能区类别相应的取值范围内，综合考虑与其相邻的上、下游功能区的相互关系，原则上不低于现状水质。① 各

表 2 各河段纳污能力统计结果

t/d

河段	最大允许纳污量			现状排放量			削减量		
	COD	NH ₃ -N	TP	COD	NH ₃ -N	TP	COD	NH ₃ -N	TP
垂柳庄	10.57	0.80	0.16	28.39	1.45	0.17	17.82	0.65	0.01
新庄子	18.75	0.32	0.06	29.23	1.09	0.11	10.48	0.77	0.05
小刘庄	13.39	0.74	0.08	22.79	0.85	0.09	9.40	0.11	0.01

河段内的 ρ_0 值采用上一个功能区的控制目标 ρ_s 值 ②各功能区的 ρ_s 值,既要满足各功能区的水质要求,又要充分考虑该功能区的实际排污情况,所以,必须确定适当的水质控制目标值 ρ_s 。

2.2.6 水体纳污能力

运用上述方法和确定的参数,计算出贾河不同河段水体 COD、NH₃-N、TP 的最大允许纳污能力,结果见表 2。

3 污染源总量控制对策

为实施污染物的总量控制,运用系统优化方法揭示污染源排放量与环境保护目标之间的定量关系,将环境系统中允许排污总量分配到各个具体的污染源,通过点源的微观治理而实现环境质量在总体上的最优控制。但在客观现实中,由于管理手段和措施的滞后,污染物削减的优化方案往往难以落实^[7]。因此,要使排污总量控制在环境管理中真正发挥作用,必须建立以下行之有效的保证措施^[8]。

a. 加强计量和环境监测。排放量和污染物排放浓度是实行总量控制的两大基本要素。目前,污水排放缺乏有效的计量手段,实施排污总量控制缺乏科学依据。为了适应新的管理方法的需要,必须加强和健全计量、监测手段,使总量控制建立在更科学的基础之上。

b. 严格控制新污染。贾河水污染状况十分严重,污染物排放只允许削减,不允许增加。所以必须严格控制污染源,对原有污染源进行严格监控,对污染严重企业给予关停,不允许再有新污染源出现。

c. 积极推行许可制度,严格执法。许可制度的实施是总量控制计划完成的坚实基础。执行排污许可制度,综合考虑了保护目标的要求与各排污单位的位置、排污方式、排污量、技术经济条件,结合总量控制目标,对污染源从整体上有计划、有目的地削减污染物排放量,使环境质量逐步得到改善^[9]。

总之,控制水污染、实行总量控制,要根据我国国情,强化水环境管理与监测,通过规划、标准与法规和经济政策等宏观控制措施,推进污染防治技术进步,将保护环境质量的工作渗透到社会各有关方面,进而达到有效控制和改善我国水环境质量的目

的。同时排污总量控制的方法也只有在实践中才能得到不断完善和发展^[10]。

4 结 语

贾河 COD、NH₃-N 和 TP 的主要来源是‘安龙经济开发区’生活污水和工业废水。根据污染物总量控制分析,COD 各河段的削减量分别为 17.82 t/d、10.48 t/d、9.40 t/d,NH₃-N 各河段的削减量分别为 0.65 t/d、0.77 t/d、0.11 t/d,TP 各河段的削减量分别为 0.01 t/d、0.05 t/d、0.01 t/d。因此必须加大对 COD、NH₃-N 和 TP 等污染物的控制、处理力度,才能达到控制目标。应根据水资源保护法规,依法治水,建立统一、高效、协调的水资源保护管理体制,加强流域水资源管理,加强入河排污口设置的管理,加强水资源保护的舆论宣传和监督,注重水资源保护与管理的科学研究,努力实现水资源可持续利用,支持经济社会的可持续发展。

参考文献：

[1] 环境科学大辞典编辑委员会. 环境科学大辞典[M]. 北京 中国环境科学出版社,1991 3616-618.

[2] 廖文根,李锦秀,彭静. 水体纳污能力量化问题探讨[J]. 中国水利水电科学研究院学报,2003,1(3) 211-215.

[3] 徐智廷,李河海. S-P 概化模型在临沂水功能区纳污能力分析中的应用[J]. 水资源保护,2007,23(3) 27-29.

[4] 吴师. 淮河鲁台子—石头埠段动态纳污能力分析[J]. 水资源保护,2005,21(4) 52-55.

[5] 韩龙喜,朱党生,蒋莉华. 中小型河道纳污能力计算方法研究[J]. 河海大学学报:自然科学版,2002,31(4) 35-38.

[6] 赵寿云,申春香. 湘江衡阳市段纳污能力及总量控制分析[J]. 水资源保护,2004,20(3) 23-25.

[7] 秦赏格. 平乐河段水质现状评价及其水环境容量探讨[J]. 人民珠江,1997(3) 61-63.

[8] 李建萍,李绪谦,王存政. 伊通河水环境容量与污染防治对策的研究[J]. 世界地质,2001,20(2) 183-187.

[9] 路全利,刘冬梅. 黄河内蒙古段环境容量及总量控制研究的初步探讨[J]. 内蒙古环境保护,2001,13(1) 19-22.

[10] 田卫,俞目青,王国平,等. 吉林省主要河流指定标准功能可达性分析[J]. 中国环境科学,1998,18(2) 180-183.

(收稿日期 2008-09-24 编辑 徐娟)