文章编号:1001-5485(2009)08-0020-04

渭河流域宝鸡段水体纳污能力及 总量控制定额分析计算

秦涛,汪妮,解建仓,张刚,刘武军

(西安理工大学 西北水资源与环境生态教育部重点实验室,西安 710048)

摘要:针对流域污染物总量控制定额在水资源保护中的重要性以及水体纳污能力具有季节性变化,参考河流二维模型参数的确定方法,探讨采用河流二维模型对水体纳污能力进行计算。从保护环境出发,考虑到同一条河流中不同水功能区的纳污能力不同,提出了选取最小纳污能力作为该河流的污染物总量控制定额。最后对渭河流域宝鸡市河段纳污能力及污染物控制总量定额进行了分析计算,为宝鸡市河流水污染控制提供了依据。

关键词:衰减系数;纳污能力;控制定额;水质

中图分类号:X522 文献标识码:A

1 概述

保护水资源、实现水资源的可持续利用,是现代水利的一项重要内容。随着人类对自然环境的开发利用程度不断加剧,大量的工农业及生活废污水排放到大江大河,导致水体环境质量日益下降。《中华人民共和国水法》明确提出了以自然水体对污染物稀释自净能力作为约束条件,实施污染物总量控制的水污染防治政策^[1]。纳污能力是指河流接纳污染物的能力^[2],通过河段纳污能力分析和污染物总量控制定额的计算可以从定量的指标上掌握河流允许排放污染物的状况,从而更加合理地管理流域,实现水资源可持续利用^[3]。本文以渭河流域宝鸡市河段为例,通过实测和试验分析确定参数,对纳污量做了详尽的计算,并确定了该河流污染物总量控制,为宝鸡市河流水资源保护提供了参考。

2 污染现状调查

黄河流域在宝鸡市共有99个排污口,主要分布在渭滨区、金台区、陈仓区、岐山等县。按陕西省黄河流域水功能二级区划,分属渭河5个二级区、千河3个二级区、金陵河2个行政区、小水河、清江河和石头河各1个二级区,黄河流域宝鸡市总登记排污水量0.95亿m³。2005年宝鸡市废污水排放量约为

1.02亿m³,登记排污水量占废污水排放量的95.2%,可靠性是较高的。

3 纳污能力分析计算

3.1 水质指标及标准

按《地表水环境质量标准》(GB3838-2002),并参照《渔业水质标准》(GB11607-89)、“景观娱乐用水水质标准”(GB12941-91)等相关标准,结合宝鸡市水资源利用状况、水资源配置要求及宝鸡市水功能区划方案和保护目标的要求,对所有二级水功能区根据主要污染物和超标污染物确定控制指标,按照水功能区保护目标要求确定水质目标,执行地表水环境质量标准(GB3838-2002)中的五类水质分级标准,到2020年宝鸡市水功能区水质保护目标见表1。

3.2 水质模型

对于顺直河段,忽略横向流速及纵向离散作用,且污染物排放不随时间变化时,二维对流扩散方程为

$$u \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} \left(E_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) - KC. \quad (1)$$

式中: u 为设计流量下河道断面的平均流速(m/s); C 为污染物浓度(mg/L); E_y 为污染物的横向扩散系数(m²/s); x 为沿河段的纵向距离(m); y 为计算点到岸边的横向距离(m); K 为污染物综合衰减系数(1/s)。

收稿日期:2008-10-21;修改日期:2008-12-08

基金项目:国家“863”计划资助项目(2006AA01A126);国家自然科学基金资助项目(50279041)

作者简介:秦涛(1984-),男,陕西韩城人,硕士研究生,主要从事区域经济与水资源管理研究,(电话)029-82312494(电子信箱)qintaotao0052@163.com。

表 1 宝鸡市水功能区划分一览表

Table 1 Water function zoning of Baoji City

水系	河流	功能区名称	范围		长度/ km	现状 水质	水质 目标
			起始断面	终止断面			
渭河		宝鸡市 农业用水区	颜家村	林家村	27.2	Ⅲ	Ⅲ
		宝鸡市 景观区	林家村	卧龙寺	20	Ⅳ	Ⅳ
		宝鸡市 排污控制区	卧龙寺	虢镇	12	Ⅴ	Ⅳ
		宝鸡市 过渡区	虢镇	蔡家坡	22	Ⅴ	Ⅲ
		宝鸡市 眉县用水区	蔡家坡	汤峪入渭口	44	> Ⅴ	Ⅲ
小水河		陈仓饮用及 农业用水区	源头	入渭口	43	Ⅲ	Ⅲ
	清姜河	宝鸡饮用 工业用水区	杨家湾	入渭口	12	Ⅲ	Ⅲ
金陵河		宝鸡市 农业用水区	源头	岳家坡	52.5	Ⅲ	Ⅲ
		陈仓区排污 控制区	岳家坡	入渭口	4	Ⅲ	Ⅲ
千河		宝鸡市饮用、 工农业用水区	固关	冯家山	89.3	Ⅲ	Ⅲ
		宝鸡市 农业用水区	冯家山	石羊庙	18.2	Ⅲ	Ⅲ
石头河		宝鸡市 排污控制区	石羊庙	入渭口	4	Ⅲ	Ⅳ
		眉县饮用、 工业、 农业用水区	鸚鹄嘴	入渭口	34	Ⅲ	Ⅲ

河道断面为矩形,式(1)的解析解为

$$C(x,y) = \left[C_0 + \frac{m}{h \sqrt{\pi E_y x v}} \exp\left(-\frac{v}{4x} \cdot \frac{y^2}{E_y}\right) \right] \cdot \exp\left(-K \frac{x}{v}\right) \quad (2)$$

以岸边污染物浓度作为下游控制断面的控制浓度时,即 $y=0$, 岸边污染物浓度按式(3)计算,

$$C(x,0) = \left(C_0 + \frac{m}{h \sqrt{\pi E_y x v}} \right) \exp\left(-K \frac{x}{v}\right) \quad (3)$$

式中: $C(x,0)$ 是纵向距离为 x 的断面岸边 ($y=0$) 污染物浓度 (mg/L); v 为设计流量下计算水域的平均流速 (m/s); h 为设计流量下计算水域的平均水深 (m); 其余符号意义同上。相应的水域纳污能力按式(4)或式(5)计算,

$$M = [C_s - C(x,y)] Q; \quad (4)$$

$$\text{当 } y=0, \quad M = [C_s - C(x,0)] Q. \quad (5)$$

式中: C_s 为水质目标浓度值 (mg/L); Q 为初始断面的入流流量 (m^3/s)。

3.3 水质模型参数的确定

为了做好水资源总量的控制以及水资源保护工作,在水功能区划、保护准则、污染排放区的大小、污染物排放量的基础上,结合宝鸡市渭河段的实际资料,通过科学、合理的分析,对入河污染物 COD_{cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 分别进行水功能区域纳污能力的分析^[4]。

在河段纳污能力计算中,参数的确定和取值是否符合客观实际,直接关系到计算结果是否准确合理,因此,参数的确定和取值是纳污能力计算的关键。

3.3.1 综合衰减系数 K 的确定

综合衰减系数由试验所得,实测资料选取渭河流域宝鸡市朱园、林家村、益门镇、千阳、斜峪关、魏家堡和漫湾村作为控制断面的 1995 - 2005 年 10 a 的资料,由于资料过长,限于篇幅,本文就不详述。试验方法采用参考文献 [5]。经分析计算 COD 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的综合衰减系数为流量小于 $10 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,分别为 $0.1736 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ 和 $0.1160 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$; 流量大于 $10 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,分别为 $0.1389 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ 和 $0.0810 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ 。

3.3.2 水功能区水质目标浓度值 C_s 的确定

从宝鸡市水功能区划分表中可以得到各个水功能区的水质目标,在根据国家地表水环境质量标准 (GB3838 - 2002) 中的五类水质分级标准确定水质目标浓度 C_s 的值。

3.3.3 流量

依据各河流水文站的最枯月平均流量资料进行频率计算,饮用水区采用 95% 保证率相应流量设计流量,其他分区则采用 75% 保证率相应流量作为设计流量。排污口流量以环保、水利部门的实测流量或统计资料为计算选取值。

3.3.4 初始断面污染物浓度值 C_0 的确定

根据上一个水功能区的水质目标浓度值 C_s 确定。

3.3.5 横向扩散系数 E_y 估值

根据费休公式:

$$\text{顺直河段为 } E_y = (0.1 \sim 0.2) (H \sqrt{gHJ}),$$

$$\text{弯曲河段为 } E_y = (0.4 \sim 0.8) H \sqrt{gHJ}.$$

式中: E_y 为水流的横向扩散系数 (m^2/s); H 为河道断面平均水深 (m); g 为重力加速度 (m/s^2); J 为河流水力比降。

3.3.6 纵向离散系数 E_x 的估值

$$\text{根据费休公式: } E_x = 0.011 u^2 B^2 / (H \sqrt{gHJ}).$$

式中: B 为河流平均宽度 (m); 其余符号意义同上。

宝鸡市河流水质模型参数见表 2。

4 分析计算

渭河流域位于我国西北黄土高原东南地区,北为黄土高原,南为秦岭山区,干流全长 818 km。宝

表2 宝鸡市河流水质数学模型参数

Table 2 Parameters of water quality mathematical model for Baoji City of the Wei River basin

一级分区	二级分区	流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	E_x/E_y	COD			氨氮		
				K/ ($10^{-4} \cdot \text{s}^{-1}$)	Co/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	Cs/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	K/ ($10^{-4} \cdot \text{s}^{-1}$)	Co/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	Cs/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
	宝鸡市农业用水区	81.4	3.8	0.138 9	20	20	0.081	1	1
	宝鸡市景观区	81.4	4.2	0.138 9	20	30	0.081	1	1.5
渭河	宝鸡市排污控制区	81.4	4.3	0.138 9	30	30	0.081	1.5	1.5
	宝鸡市过渡区	81.4	4.5	0.138 9	30	20	0.081	1.5	1
	宝鸡市眉县用水区	76.5	5.2	0.138 9	20	20	0.081	1	1
小水河	陈仓饮用农业用水区	17.2	3.9	0.138 9	20	20	0.081	1	1
清姜河	宝鸡市饮用工业用水区	4.1	2.3	0.173 6	20	20	0.116	1	1
	宝鸡市农业用水区	1.84	1.8	0.173 6	20	20	0.116	1	1
金陵河	陈仓区排污控制区	1.84	1.8	0.173 6	20	20	0.116	1	1
	饮用、工农业用水区	13.8	2.3	0.138 9	20	20	0.081	1	1
千河	宝鸡市农业用水区	15.4	2.7	0.138 9	20	20	0.081	1	1
	宝鸡市排污控制区	15.4	2.7	0.138 9	20	30	0.081	1	1.5
石头河	眉县用水区	14.2	2.6	0.138 9	20	20	0.081	1	1

鸡市是陕西省第二大城市,位于渭河中游区,干流长 206.1 km,河道较宽,多沙洲,水流分散。由于降雨和下垫面的因素,河道径流呈现地区分布不均,年际变化大和年内分配不均的特点。近年来,随着西部大开发,陕西建成西部强省,宝鸡经济有了较大的发展,但同时辖区生态环境受到了一定的影响,尤其是渭河水域,由于工业废水和城市污水的大量排放,水质受到了一定的污染,一定程度上影响了生态环境与社会经济的可持续发展。

4.1 纳污能力的计算

利用上述数学模型,通过分析计算得到了 2020 年渭河宝鸡市河段为了达到水功能区水质的保护目标。黄河流域宝鸡市河段 9 个水功能二级分区纳污能力总量 COD 为 104 962.6 t/a,氨氮为 5434.9 t/a。其中渭河宝鸡市过渡区 COD 纳污能力最大,而氨氮纳污能力最大的是宝鸡市景观区。这是由于这两个水功能区设计流量、计算河段、降解系数、上下游控制目标浓度相差都比较大。

表3 宝鸡市水功能区纳污能力计算表

Table 3 Calculation of accepting pollution water capacity of water functional areas for Baoji City t/a

一级分区	二级分区	水质目标	CODcr	氨氮
渭河	宝鸡市农业用水区	Ⅲ	7 678.3	766.0
	宝鸡市景观区	Ⅳ	18 510.4	2 356.3
渭河	宝鸡市排污控制区	Ⅳ	18 792.3	897.0
	宝鸡市过渡区	Ⅲ	23 364.4	776.8
	宝鸡市眉县用水区	Ⅲ	24 202.3	1 006.1
小水河	陈仓饮用及农业用水区	Ⅲ	267.6	11.9
清姜河	宝鸡市饮用工业用水区	Ⅲ	402.4	17.3
	宝鸡市农业用水区	Ⅲ	452.0	29.5
金陵河	陈仓区排污控制区	Ⅳ	634.0	42.7
	宝鸡市饮用、工农业用水区	Ⅲ	3 694.6	115.7
千河	宝鸡市农业用水区	Ⅲ	2 455.8	51.3
	宝鸡市排污控制区	Ⅳ	1 978.0	90.0
石头河	眉县饮用、工业、农业用水区	Ⅲ	2 530.5	74.3

4.2 污染物控制量与削减量

根据宝鸡市水资源短缺的实际情况,同一条河流不同二级水功能区的最大纳污能力不同,如果上游的污染物排放量达到该功能区的最大纳污能力,势必影响到下游水功能区的水体纳污能力。以水环境质量不断改善为远景目标,选取水功能区二级分区中纳污能力最小值作为该河流的纳污能力总量控制定额。根据宝鸡市渭河不同水文条件下纳污能力计算结果,得到污染物 CODcr 和氨氮的总量控制定额分别为 13 308.8 t/a, 789 t/a。

2005 年宝鸡市渭河废污水排放量约为 10 225.8 t,含有主要污染物 CODcr、氨氮分别为 13 159.24, 1 528.3 t/a,其中渭河干流排放污染物 8 039.4 t/a,含有主要污染物 CODcr、氨氮分别为 11 999.15, 1 491.8 t/a。将计算得到的宝鸡市渭河污染源总量控制定额与 2005 年现状污染负荷比较,得到 CODcr 不需要削减;氨氮指标削减量为 734.8 t/a,削减率达 25.6%。虽然渭河 CODcr 总量不要削减,但从表 4 可以看出渭河干流污染还是较为严重, CODcr 和氨氮的削减量分别为 4 320.9, 462.3 t/a, CODcr、氨氮的指标削减量分别达到了 56.3%, 60.4%。由此可见,为了实现 2020 年宝

表4 污染总量控制定额和削减量成果表

Table 4 The allowable pollutant total amounts and

河流	attenuation amounts t/a					
	总量控制定额		现状排放量		削减量	
	CODcr	氨氮	CODcr	氨氮	CODcr	氨氮
渭河	7 678.3	766.0	11 999.2	1 228.3	-4 320.9	-462.3
小水河	267.6	11.9	35.4	2.3	232.2	9.6
清姜河	402.4	17.3	54.8	1.4	347.6	15.9
金陵河	452.0	29.5	77.4	2.6	374.6	26.9
千河	1 978.0	90.0	300.3	1.3	1 677.7	88.7
石头河	2 530.5	74.3	263.4	5.9	2267.1	68.4
总计	13 308.8	989.0	12 730.5	1 241.8	578.3	-252.8

鸡市渭河流域水质达到保护目标,渭河干流的污染治理是重中之重。

5 成果分析

从水体水质保护目标出发,基于水体水质纳污能力,制定污染物控制总量控制定额,使得水污染总量控制目标更加明确、具体、可操作化,体现了我国水资源保护管理模式的变革和决策目标的转变^[5]。水体污染已经严重影响到环境,为了有效控制污染,迫切需要计算河流纳污能力,并确定其污染物总量控制定额,为环保部门保护水环境提供依据。本文利用河流二维模型计算水体纳污能力,针对同一条河流有不同的水功能分区,采用选取一条河流中水功能区二级分区最小纳污能力作为河流污染物总量控制定额,体现了安全保护环境、充分利用水体稀释

自净能力的目的。通过对渭河流域宝鸡市河段纳污能力分析计算表明,渭河流域宝鸡市河段水体没有超过纳污能力,但渭河干流污染负荷超标严重。

参考文献:

[1] 中华人民共和国水法[S]. 2002.

[2] 徐海亮,郭永平,何宇. 塔里木河干流纳污能力分析评价[J]. 干旱区研究,2001,(12):813-817.

[3] 李锦秀,马巍,史晓新,等. 污染物排放总量控制定额的确定方法[J]. 水利学报,2005,(7):812-817.

[4] 李锦秀,廖文根,黄真理. 三峡水库整体一维水质数学模拟研究[J]. 水利学报,2002,(12):7-10.

[5] 寇晓梅. 汉江上游有机污染物 COD_{Cr} 综合衰减系数的试验确定[J]. 水资源保护,2005,(5):31-33.

[6] 汪恕诚. 资源水利的本质、理论基础和体制保障[J]. 中国水利,2002,(11):1-6.

(编辑:周晓雁)

Analysis and Calculation of Water Environmental Carrying Capacity and Allowable Pollutant Total Control Quota in Baoji in the Weihe River

QIN Tao, WANG Ni, XIE Jian-cang, ZHANG Gang, LIU Wu-jun

(Xi'an University of Technology, Key Laboratory of Northwest Water Resources and Environment Ecology of MOE, Xi'an 710048, China)

Abstract: Considering the importance of the allowable pollutant total control quota in water resources protection and the seasonal variation of water environmental carrying capacity, and with referencing the determination of river two-dimensional model parameters, a calculation method on pollution carrying capacity is explored by using this model. With an eye to the environmental protection and the differences of environmental carrying capacity among water functional areas, a suggestion that selecting a function area of the minimum bearing capacity is regarded as to be the allowable pollutant total control quota is proposed. Such analysis calculation method of water environmental carrying capacity and allowable pollutant total control quota can provide basis for water pollution control of rivers in Baoji City.

Key words: attenuation coefficient; water environmental carrying capacity; allowable pollutant total control quota; water quality

· 简讯 ·

长江控制设备研究所大型贯流式机组调速器在乌金峡电站顺利投运

2009年1月23日、2009年4月12日、2009年6月30日,甘肃乌金峡水电站2,3,4号机组调速系统相继高质量一次顺利完成72小时满负荷并网试运行,机组运行各项参数良好。该调速系统采用了长江科学院长江控制设备研究所GLT-150-6.3型微机调速器和YZ-10-6.3型油压装置。

乌金峡水电站是由国投公司投资控股的甘肃小三峡水电开发有限公司继大峡、小峡之后在黄河上游开发建设的第三座水电站。该电站是黄河龙羊峡至青铜峡河段15级梯级规划中的第12级电站,电站安装4台3.5万kW贯流式水轮发电机组,总装机容量14万kW,年均发电量6.83亿kW·h。工程总投资13.88亿元。

《摘自(长江科学院网)》