

S-P 概化模型在临沂水功能区纳污能力分析中的应用

徐智廷 李河海

(临沂水文水资源勘测局, 山东 临沂 276002)

摘要 通过对临沂市水功能区基本情况分析和对一维 S-P 水质模型的概化, 建立水体中污染物的排放与受纳水体水质之间的关系, 在给定的功能区现状的和规划的水质目标、设计水量、水质背景条件、排污口位置及排污口排放方式的前提下, 定量分析计算出水功能区纳污能力, 为水功能区污染物总量控制和水质管理提供科学依据。

关键词 :一维水质模型 纳污能力 水功能区 临沂市

中图分类号 :X32.012 文献标识码 :A 文章编号 :1004-693X(2007)03-0027-03

Application of S-P generalized model to analysis of water environmental capacity in Linyi water function area

XU Zhi-ting, LI He-hai

(Linyi Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Shandong Province, Linyi 276002, China)

Abstract :Based on the condition of water function area in Linyi City and the simplified 1-D S-P water quality model, the relationship between the discharge of water contaminant and water quality was established. Under the condition of current state, water quality goal, designed water quantity, background condition of water quality, the location of discharge outfalls and the way of discharge, the water environmental capacity of a certain water function area can be calculated quantitatively, on which the control of contaminant amount and water quality management can be relied.

Key words :one dimensional water quality model; water environmental capacity; water function area; Linyi City

临沂市位于山东省东南部,东隔日照市与黄海相望,南界江苏省,北与淄博、潍坊二市接壤,西与枣庄、济宁、泰安三市为邻。进入 20 世纪 90 年代,临沂市社会经济发展和城市化进程明显加快,工业废水和生活污水不断增加,水污染防治未能随社会经济同步发展。目前境内沂河、沭河、中运河等水系干流和主要支流受到普遍污染,部分河段污染还相当严重,污染事故时有发生。省际水事纠纷不断增多,如 2000 年位于江苏省连云港辖区的沭河石梁河水库连续发生两起大面积水污染,造成鱼类大量死亡,引发江苏渔民集体到临沂市政府上访的事件,一定程度上影响了当地的社会稳定和经济的可持续发展。

为了做好省际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的情况下,通过对入河排污口普查资料的统计分析,结合临沂市河流的实际情况,科学选用水质数学模型,对入河污染物 COD_{Cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 分别进行水功能区纳污能力分析。

1 水质模型与参数的选择和确定

1.1 水质模型的建立

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} 。

纳污能力计算的数学模型通常采用的是一维模型和二维模型。由于沂沭河、中运河系季节性山洪河道,上游山区切割深、比降大、河道弯曲、河道较窄、水深较小、污染物混合较快等实际情况,确定本次纳污能力计算采用一维模型。

1.1.1 浓度演算模型

浓度演算采用 S-P 水质模型,其解析解为

$$\rho = \rho_0 \exp\left(-K \frac{X}{86.4u}\right)$$

式中: ρ_0 为上游断面污染物浓度,mg/L; X 为功能区长度,km; u 为功能区内平均流速,m/s。

1.1.2 S-P 水质模型的概化

在忽略污水进入水体后混合过程的前提下,考虑现有排污口的实际状况,如位置、水量等对纳污能力计算的影响,并在具体计算时对排污口的位置进行概化。考虑到因排污口分布所带来的纳污能力计算的复杂性及研究本身的要求,将排污口的分布概化为计算单元的中间排污,即认为概化入河排污口距计算单元的上、下断面的距离相等。同时,为使功能区内最大限度地满足其水质控制目标的要求,规定在纳污能力计算时除排污控制区外,其他功能区自排污口点始,至下游 5 km 处必须达到该功能区的水质目标。从水资源保护的角度来看,这也是一种更有利于安全的考虑。

1.1.3 纳污能力计算模型

本次纳污能力计算,根据模型的适用条件,结合河流的实际情况和污染源的概化,分别导出以下两个计算模型。

a. 计算单元有排污口时模型为:

$$W = 86.4 \left(\rho_s e^{-K \frac{X_1}{86.4u}} (Q_p + Q_E) - Q_p \rho_0 e^{-K \frac{X_2}{86.4u}} \right) \quad (1)$$

式中: W 为计算单元的纳污能力,kg/d; ρ_s 为计算单元水质目标值,mg/L; X_1 为入河排污口概化位置距计算单元下断面的距离,km; X_2 为入河排污口概化位置距计算单元上断面的距离,km; Q_E 为概化排污口排污流量,m³/s; Q_p 为计算单元上断面的设计流量,m³/s。

b. 计算单元无排污口时模型为:

$$W = \frac{\rho_s - \rho_0 e^{-K \frac{X}{86.4u}}}{1 - e^{-K \frac{X}{86.4u}}} (Q_p K X / u) \quad (2)$$

以上两模型反映了计算单元在确定的水质目标 and 设计流量的条件下所具有的纳污能力,比较适用于北方地区天然径流较小的河流。

1.2 水质模型参数的分析和确定

1.2.1 污染物综合降解系数 K

污染物综合降解系数 K 值的实测资料率定常用

二断面法,利用 S-P 模型的解析解。根据临沂水文水资源勘测局在沂河斜午闸—大庄段、沭河石拉渊—板泉桥段 K 值多次实验结果,结合其他已有的研究资料,确定沂河、沭河和中运河水系 COD_{Cr} 降解系数 K 取值为 0.5 d⁻¹、NH₃-N 降解系数 K 取值为 0.4 d⁻¹。

1.2.2 设计流量 Q_p

a. 对有水文资料的河段,选取 1980~1999 年共 20 a 的水文资料系列,计算出各站历年 1 月至 12 月的各月平均流量,对 20 a 每个月的流量分别进行 P-III 型频率适线,分别求得每个月保证率为 90% 和 75% 的设计流量。

b. 对无水文资料的河段,距水文站较近的则直接借用邻近水文站的设计流量;不能借用的河段采用水文比拟法求得。

1.2.3 流速 u

对应设计流量下计算单元的设计流速,采用以下公式计算:

$$u = aQ^b$$

式中: a 、 b 为待定系数。

a 、 b 的率定,将上式取对数,得线性回归式

$$\ln u = \ln a + b \ln Q$$

对 $\ln u$ 和 $\ln Q$ 采用近期 50 次的断面实测流量成果资料,进行最小二乘法线性回归分析,进而得到经验系数 a 、 b 的值。对于没有实测流速资料的河段,借用附近区域的流量流速关系分析设计流速。根据 90% 和 75% 保证率下的逐月设计流量,计算该断面不同保证率下的逐月设计流速。

1.2.4 背景浓度 ρ_0

源头水水质:根据历史资料的分析得河流的源头水 ρ (COD) 约为 5 mg/L, ρ (NH₃-N) 约为 0.1 mg/L。另若计算单元上接源头水保护区时,考虑到当前河流源头保护区内的水质都受到人类活动的不同程度的影响,该计算单元背景 ρ (COD) 取值为 10 mg/L, ρ (NH₃-N) 取值为 0.5 mg/L。

上断面来水水质:纳污能力计算单元为非源头段时,其背景浓度采用上一个功能区的水质目标。对于个别功能区参数、模型等选择合理,而出口水质仍不能达到功能区水质目标的,对功能区划进行调整或修改。功能区纳污能力计算结果为负值时,适当延长功能区长度,便于对入河污染物的灵活控制或调配。

1.2.5 下断面浓度 ρ_s

计算单元的下断面浓度一般采用该计算单元的水质目标。排污控制区下接除过渡区外的其他二级功能区,则其下断面浓度 ρ_s 即为下一个功能区的水质目标。

1.2.6 入河排污口流量、水质监测资料

采用 2000 年临沂市水利局普查成果资料。

2 纳污能力计算结果

本次纳污能力计算主要针对 11 个开发利用区中的 5 个饮用水源区、3 个工业用水区、13 个农业用水区和 3 个排污控制区进行,共 24 个功能区。

计算纳污能力的 24 个功能区,在 90% 设计保证率下 COD、NH₃-N 的总纳污能力分别为 19 325 t/a 和 844 t/a,纳污能力最大的功能区为邳苍分洪道郯城苍山农业用水区,省界二级功能区新沭河临沭农业用水区 COD、NH₃-N 纳污能力分别为 126 t/a、5.89 t/a,在 75% 设计保证率下 COD、NH₃-N 的总的纳污能力分别为 41139 t/a 和 1835 t/a,纳污能力最大的功能区为沂河临沂郯城段农业用水区,新沭河临沭农业用水区 COD、NH₃-N 纳污能力分别为 273 t/a、12.3 t/a。

2.1 纳污能力功能区分布

纳污能力按功能区类型统计,含入河排污口的饮用水源区、工业用水区、农业用水区、排污控制区数量分别为 3 个、2 个、9 个和 3 个。现状年饮用水源区有 3 个含入河排污口,随着对水资源开发利用保护程度的加大和水功能区管理的逐步深入,规划年饮用水源区内的排污口将逐步改建和取缔。COD、NH₃-N 纳污能力主要分布在农业用水区,按 90% 保证率计算分别占总纳污能力的 62.9%、63.3%;其次为排污控制区,按 90% 保证率计算分别占总纳污能力的 17.0%、18.5%。按 90% 保证率计算,有排污的功能区 COD 纳污能力占总纳污能力的 68.0% NH₃-N 纳污能力占总纳污能力的 70.7%。统计结果见表 1。

表 1 各功能区类型纳污能力统计结果

功能区类型	功能区数量/个	COD/(t·a ⁻¹)		NH ₃ -N/(t·a ⁻¹)		
		90%	75%	90%	75%	
饮用水源区	无排污	2	1132	2489	42	95
	有排污	3	848	1468	30	84
	合计	5	1980	3957	72	179
工业用水区	无排污	1	213	309	8	12
	有排污	2	1684	3462	73	145
	合计	3	1897	3771	81	157
农业用水区	无排污	4	4830	9561	196	390
	有排污	9	7329	16923	338	780
	合计	13	12159	26484	534	1170
排污控制区	无排污	0				
	有排污	3	3289	6927	156	330
	合计	3	3289	6927	156	330

2.2 纳污能力水系分布

沂河水系 90% 保证率时 COD、NH₃-N 纳污能力分别为 12 259 t/a、529 t/a,分别占总纳污能力的

63.5%、62.7% ;沭河水系 90% 保证率时 COD、NH₃-N 纳污能力分别为 1765 t/a、82 t/a,分别占总纳污能力的 9.1%、9.7%。;中运河水系 90% 保证率时 COD、NH₃-N 纳污能力分别为 5 301 t/a、233 t/a,分别占总纳污能力的 27.4%、27.6%。统计结果见表 2。

表 2 水功能区纳污能力分水系统计结果

水资源利用分区	COD/(t·a ⁻¹)		NH ₃ -N/(t·a ⁻¹)	
	90%	75%	90%	75%
沂河	12 259	28 200	529	1 243
沭河	1 765	6 176	82	279
中运河	5 301	6 763	233	313
合计	19 325	41 139	844	1 835

3 结论和建议

a. S-P 水质概化模型适用于计算在确定的水质目标和设计流量的条件下、水功能区所具有的纳污能力,比较适用于天然径流较小的沂沭河及中运河水系。河流纳污能力计算模型要树立动态模型的概念,可因参数的变化或污染物控制目标的改变,随时利用计算机程序进行计算或修正。

b. 由于河流生态保护确定的低限生态用水未能实施,本次纳污能力不计算在内,以后河流生态用水可作为核算纳污能力时设计流量的计算依据。

c. 河道拦蓄工程项目建设后,原功能区的使用功能、单元长度、水质目标等因素要随之改变和调整,纳污能力也随之改变。应采用水资源平衡和配置的最终结果计算规划纳污能力。

d. 具备条件时,可按水期的不同分别分析计算水功能区纳污能力,对纳污总量控制进行时间上的细化,提高入河污染物总量控制工作的可操作性。

e. 本计算方法不完全适用于水库或河道集中式供水水源地,以纳污能力为依据的污染物总量控制规划计划仅作为宏观指导控制,随着供水水质标准要求的提高,应不仅限于 COD、NH₃-N 纳污总量的研究。

f. 概化后推理的水功能区纳污能力分析成果得到了地方水行政主管部门的审批、认可,为水功能区污染物总量控制管理提供了科学的依据,纳污总量分析研究需要在模型的调整、参数的优化等方面不断完善、不断探讨。

参考文献:

- [1] 张逢甲,金传良,顾丁锡,等.水污染物容许排放量计算方法[M].北京:中国科学技术出版社,1991.
- [2] 金光炎,黄道基,郑英铭,等.水质数理统计、评价、预测与规划[M].北京:中国科学技术出版社,1991 308-339.

(收稿日期 2006-09-12 编辑 徐娟)