

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2011.01.018

河北省水功能区纳污能力及限制排污总量研究

李红亮,米玉华

(河北省水文水资源勘测局,河北 石家庄 050031)

摘要 依据《河北省水功能区划》,以 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 为控制指标,根据入河排污口分析评价结果,合理确定水质模型和水质目标、设计流量等相关参数,应用水质模型计算了水功能区水域纳污能力和应削减量。结果表明,河北省水功能区水域纳污能力 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 分别为 7.76 万 t/a 和 0.34 万 t/a,仅为现状入河量的 21.7%和 8.1% ;COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 应削减总量分别为 30.8 万 t 和 3.97 万 t,平均削减率分别为 86.2%和 94.1%。据此拟定符合河北省现状实际情况的限制排污总量控制方案,为实现《河北省水功能区划》中的规划目标提供了科学依据。

关键词 水功能区 水质模型 纳污能力 限制排污总量 河北省

中图分类号 X26 **文献标识码** A **文章编号** 1004-6933(2011)01-0076-04

Study on the permissible pollution bearing capacity and gross discharge control of water function zones in Hebei Province

LI Hong-liang, MI Yu-hua

(Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Hebei Province, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract : Based on the Hebei water function zonation and the assessment results of river contaminant drain outlet, taking COD and $\text{NH}_3\text{-N}$ as the control index, the permissible pollution bearing capacity and the pollutant reduction of water function were analyzed by using rational water quality model with respect to the water quality target and design flow. The results showed that the permissible pollution bearing capacity of COD and $\text{NH}_3\text{-N}$ were 7.76×10^4 tons per year and 0.34×10^4 tons per year respectively, which were only 21.7% and 8.1% of total amount of present pollutant discharge. The pollutant reduction of COD and $\text{NH}_3\text{-N}$ should be 30.8×10^4 tons per year and 3.97×10^4 tons per year respectively, and the average pollutant reduction rates were 86.2% and 94.1%. The proposed pollutant reduction program agreed with real situation of Hebei Province. The scientific base to achieve the planned object in Hebei water function zonation was provided.

Key words : water function zone ; water quality model ; permissible pollution bearing capacity ; gross discharge control ; Hebei Province

《中华人民共和国水法》第三十二条规定“ 县级以上人民政府水行政主管部门或者流域管理机构应当按照水功能区对水质的要求和水体的自然净化能力,核定该水域的纳污能力,向环境保护行政主管部门提出该水域的限制排污总量意见 ”。由此可见,核定水功能区水域纳污能力、提出限制排污总量意见

是水资源保护的一项重要基础性工作,对于水污染防治,实施水功能区管理,维护河流健康生命,具有十分重要的意义^[1]。为实行最严格的水资源管理制度,保障经济社会可持续发展提供科学依据^[2]。

河北省属于资源性缺水地区,人均占有水资源量远远低于全国平均水平,水资源供需矛盾十分突

作者简介 李红亮(1971 —),男,河北省沧州人,高级工程师,主要从事水资源保护方面的工作。E-mail :sjzhlli@163.com

出。地表水资源总开发利用率达 90% 以上。由于大量未经处理达标的污水直接排入河道,远远超过了水功能区的纳污能力,约 2/3 水功能区达不到规定的水质目标。水质污染是污染物排放量超过水体纳污能力的结果。

1 水功能区划

根据《河北省水功能区划》,河北省水功能区划涉及干流及一、二级支流共 146 条河流,总河长 11 042 km ;湖库洼淀 25 座,总面积 934 km²。共划分一、二级水功能区 263 个,其中保护区 20 个、保留区 17 个、缓冲区 56 个,在一级水功能区开发利用区的基础上,又划分了 63 个饮用水源区、21 个工业用水区、78 个农业用水区、2 个景观娱乐用水区和 6 个过渡区^[3]。

2 水功能区水质评价

2.1 入河排污口评价

根据对水功能区 634 个入河排污口调查成果分析,2007 年河北省入河废污水量为 15.7 亿 t,入河污染物总量为 40.0 万 t,其中 COD 为 35.8 万 t,NH₃-N 为 4.22 万 t。入河废污水超标率为 72.3%,超标最为严重的是农业用水区。水功能区入河废污水见图 1。

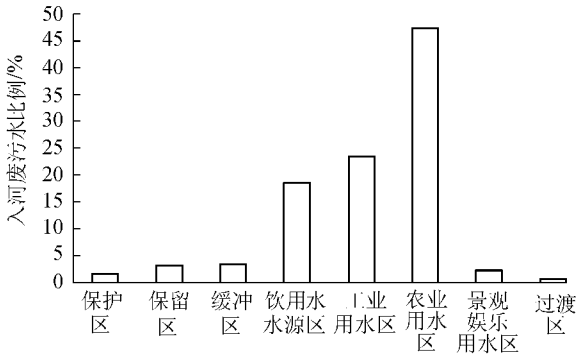


图 1 不同水功能区入河废污水量分布

2.2 水功能区水质评价

根据 2007 年水功能区 232 处监测站点的水质监测资料,河北省 263 个水功能区中,水质评价为 I ~ III 类水的有 91 个,占 35% ;IV 类的有 5 个,占 2% ;V 类的有 7 个,占 3% ;劣 V 类的有 116 个,占 44% ;干流的有 44 个,占 16%。达到《河北省水功能区划》水质目标要求的仅有 68 个,达标率为 31.1% (图 2)。

3 水功能区纳污能力计算与分析方法

水功能区纳污能力是指对确定的功能区,在满足水域功能要求的前提下,按给定的水功能区水质目标值、设计水量、排污口位置及排污方式,单位时间功能区水体所能容纳的最大污染量。因此,计

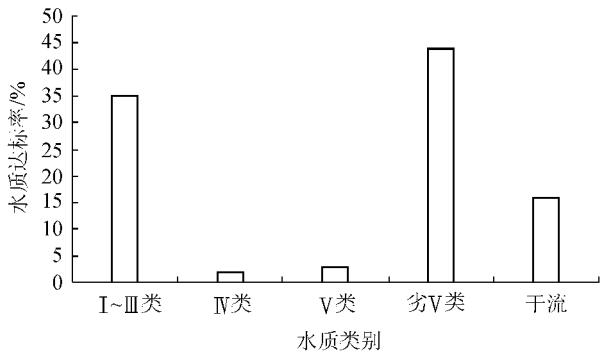


图 2 水功能区水质评价

算河流纳污能力时,必须综合考虑河流水量、现状水质、水质区划目标、污染物降解能力等因素的影响,并在此基础上建立河流纳污能力计算的模型。

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,即:

$$d\rho/dt = -k\rho \tag{1}$$

根据河北省河流水文条件,对于河道流量和流速较小、水流极缓的河道水质用零维水质模型模拟,而对于水体流动明显的河道则用一维模型模拟^[4]。

3.1 零维水质模型

对于停留时间很长,水质基本处于稳定状态的河段、湖泊,可作为一个均匀混合水体进行分析,在式(1)中引进污染物输入项 $Q\rho_0$ 、输出项 $Q\rho$,可得零维模型,并求得其稳态解析解为:

$$\rho = \rho_0/(tk + 1) \tag{2}$$

式中: ρ 为出流污染物的质量浓度,mg/L ; ρ_0 为入流平均质量浓度,mg/L ; t 为水体滞留时间,d ; u 为流速,km/d ; k 为污染物综合衰减系数,1/d。

3.2 一维水质模型

在流动河道中,污染物浓度沿程是变化的,对式(1)引用 $dt = dx/u$ 并求得其一维水质模型稳态解析解为

$$\rho = \rho_0 \exp(-kx/u) \tag{3}$$

式中: x 为与起始断面间的距离,km ; u 为设计条件下河段平均流速,km/d ; ρ_0 为起始断面污染物质量浓度,mg/L。

3.3 模型参数的确定

3.3.1 水功能区水质目标的确定

按照《河北省水功能区划》中规定的水质目标对照相应标准予以确定。

3.3.2 设计流量的确定

水功能区流量大小是影响水功能区纳污能力的重要因素之一。在其他影响因素不变的情况下,水功能区的纳污能力是流量函数,并随着流量的增大而增大。要量化一个水功能区的纳污能力,就要首先界定‘流量’指标,即不同的设计流量,对应着不同

的纳污能力。

河道流量采用最近 10 年(1998—2007 年)最枯月平均流量作为设计流量。湖库水量采用近 10 年(1998—2007 年)最低月平均水位相应的蓄水量作为设计水量,与此种情况对应的纳污能力是出于安全考虑而确定的。

3.3.3 设计流速的确定

根据确定的设计流量从水文控制断面枯水期的流量、流速关系曲线上查出相应的设计流速。

3.3.4 初始浓度值 ρ_0 的确定

根据上一个水功能区的水质目标值来确定 ρ_0 ,即上一个水功能区的水质目标值就是下一个功能区的初始浓度值 ρ_0 。若计算河段为河源段,则 ρ_0 取源头水水质。在计算纳污能力时,山区河流源头水 ρ_0 取 II 类标准值;平原河流源头水 ρ_0 取 III 类标准值;有汇入河流的按汇入河流目标值;省界河流按上游外省的目标值。

3.3.5 综合衰减系数 k 的确定

污染物综合衰减系数 k 是反映污染物沿程变化的综合系数,它体现污染物自身的变化,也体现了环境对污染物的影响。它是计算水体纳污能力的一项重要参数,对于不同的污染物、不同的环境条件,其值是不同的。该系数常用实测资料进行率定,率定方法采用 2 断面法。即:

$$k = (\ln \rho_1 - \ln \rho_2) V_S / \Delta x$$

式中: ρ_1 为河段上断面污染物质量浓度,mg/L; ρ_2 为河段下断面污染物质量浓度,mg/L; V_S 为河段平均流速,km/d; Δx 为上、下断面距离,km。

4 纳污能力确定原则

根据河北省实际情况,水功能区纳污能力的确定原则如下:

a. 本着改善保护区和饮用水源区水质的原则,不允许直接排污,不再计算纳污能力,按‘0’计。

b. 对于保留区和缓冲区,本着保留区和缓冲区的水质不得有恶化现象的原则,如现状水质已达到《河北省水功能区划》规定的目标,以现状入河污染物量作为纳污能力。对于未达标而需要改善水质的保留区和缓冲区,则根据相应水质模型计算水功能区的纳污能力。

c. 开发利用区以能满足用水需要,达到《河北省水功能区划》规定的目标为原则,根据相应水质模型计算水功能区的纳污能力。

5 水功能区纳污能力结果分析

根据上述方法计算得到全省水功能区 COD 和

NH₃-N 的年纳污能力分别为 7.76 万 t 和 0.34 万 t。河北省各水系及分行政区纳污能力统计分别见图 3 和图 4,分功能区纳污能力统计见表 1。

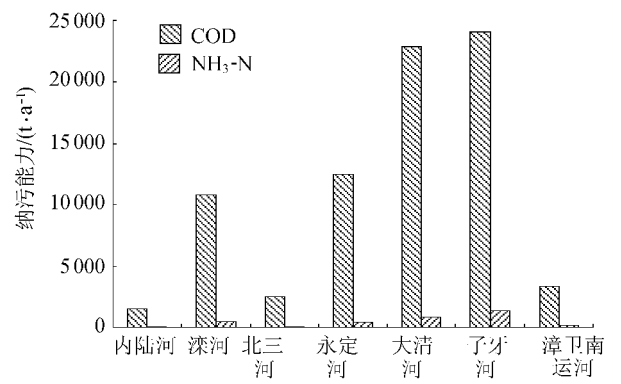


图 3 河北省分水系纳污能力

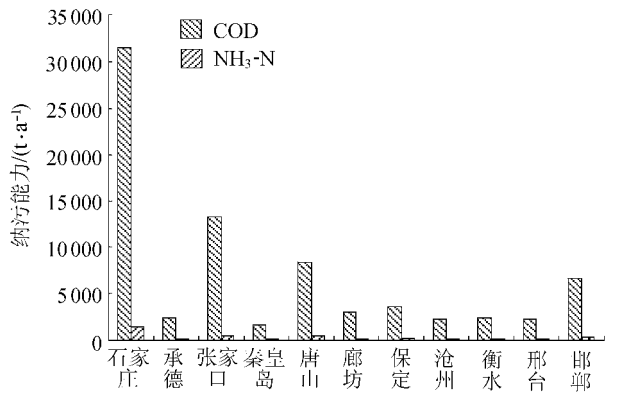


图 4 河北省分行政区纳污能力

表 1 河北省分功能区纳污能力统计

水功能区	功能区个	现状入河量/(t·a ⁻¹)		纳污能力/(t·a ⁻¹)	
		COD	NH ₃ -N	COD	NH ₃ -N
保护区	20	4 902.0	507.8	0	0
保留区	17	11 258.8	1 403.5	4 307.7	262.4
缓冲区	56	6 174.6	2 225.0	2 846.9	98.7
饮用水水源区	63	48 766.8	7 502.7	0	0
工业用水区	21	62 946.1	5 844.1	12 312.3	625.2
农业用水区	78	217 147.9	23 135.8	56 584.3	2 342.3
景观娱乐用水区	2	4 948.1	1 390.9	1 425.0	71.2
过渡区	6	1 472.5	161.9	142.8	7.1
二级区小计	170	335 281.4	38 035.4	70 464.4	3 045.8
合计	263	357 616.8	42 171.7	77 619.0	3 406.9

从图 3 ~ 4、表 1 可以看出,在行政区中,石家庄市水功能区纳污能力最大,COD 和 NH₃-N 分别占全省的 40.6%和 41.1%;在水系中,子牙河水系和大清河水系的 COD 和 NH₃-N 纳污能力较大,两者 COD 和 NH₃-N 纳污能力为全省的 60.6%和 63.5%。在一级水功能区中,开发利用区的纳污能力最大,COD 和 NH₃-N 的纳污能力分别为 7.05 万 t 和 0.30 万 t,分别占全省的 90.8%和 89.4%。在二级水功能区中,纳污能力最大的是农业用水区,COD 和 NH₃-N

的纳污能力分别为 5.66 万 t 和 0.23 万 t,分别占全省的 72.9%和 68.7%。

6 水资源纳污能力分析

为了表明河北省地表水资源对污染物的承受能力,采用纳污能力与多年平均地表水资源量的比值作为单位水资源量纳污能力进行分析。河北省多年平均地表水资源量为 120.4 亿 m³,全省 COD 和 NH₃-N 纳污能力分别为 77 619.1t 和 3 407.0 t,单位水资源量 COD 和 NH₃-N 的纳污能力分别为 645 t/亿 m³ 和 28.3 t/亿 m³。

单位水资源量 COD 纳污能力最大的水资源二级区是海河南系,为 0.11 万 t/亿 m³,最小的是滦河,为 220t/亿 m³ 单位水资源量 COD 纳污能力最大的设区市是衡水,依次为石家庄、廊坊、张家口、邯郸、唐山、邢台、沧州、保定、秦皇岛、承德。单位水资源量 NH₃-N 纳污能力最大的水资源二级区同样是海河南系,为 48.7t/亿 m³,最小的是滦河,为 10.9t/亿 m³ 单位水资源量 NH₃-N 纳污能力最大的设区市是衡水,依次为石家庄、廊坊、邯郸、张家口、唐山、邢台、沧州、保定、秦皇岛、承德。

7 入河污染物应削减总量分析

水功能区入河污染物应削减量为水功能区污染物现状入河量与该水功能区的纳污能力之差。根据以上污染物入河量和纳污能力,现状 COD、NH₃-N 入河量分别为 35.8 万 t 和 4.22 万 t,分别超过纳污能力的 4.6 倍和 12.4 倍。河北省水功能区 COD 和 NH₃-N 应削减总量分别为 30.8 万 t 和 3.97 万 t,平均削减率分别为 86.2%和 94.1%,削减任务最重的是开发利用区中的农业用水区。

根据以上纳污能力和应削减量的分析,全省污染源的水污染治理任务相当艰巨。由于河北省属于资源型缺水地区,平原河道几乎没有径流,而山区河道即使有径流,流量也很小,再加上山区水体划定的保护区和饮用水水源区较多,不允许纳污,造成河北省纳污能力较小,水资源承载能力有限,相应的污染物应削减量较大。

8 限制排污总量实施建议

出于安全考虑给出的方案设计流量条件较为严格,计算得到的纳污能力较小,污染物应削减量较大,在水资源极为紧缺的河北省,近期实现存在一定

困难,可作为节能减排与水污染治理规划的远期目标 从表 1 数据得知,河北省 NH₃-N 削减量相对于 COD 更大。就集中式污水处理厂目前的处理技术而言,与 COD 相比,NH₃-N 去除率不是很理想。因此,在制定污染源治理目标时,应将 NH₃-N 排放量作为重要控制目标,改变目前只是将 COD 指标作为单一控制指标的做法,确保水功能区水质目标的实现。

8.1 入河排污口达标排放后削减情况

由于大量入河排污口未达标排放,导致入河污染物量较大,水功能区水质达标率较低。2007 年排入水功能区的污水量为 15.7 亿 t,其中 72.6%污水超过 GB 8978—1996《污水综合排放标准》一级标准,若现有入河排污口均达标排放,则与现状实际入河情况相比,要达到功能区水质目标,全省 COD 和 NH₃-N 的削减率将分别从 86.2%和 94.1%下降到 24.5%和 47.9%。由此可见,当入河排污口实现达标排放后,入河污染物削减量明显降低,大大缓解了水污染治理压力。

8.2 建议

水体纳污能力是满足水功能区水环境质量标准要求的污染物最大允许负荷量,是水行政主管部门进行水资源管理的重要依据,是制定区域限制排污总量的基础,也是编制水资源保护规划和经济发展的依据之一^[5]。以水功能区管理为载体,依法向有关部门提出限制排污的意见,加强省界和重要控制断面的水质监测以及入河排污总量的监控。将确定的水功能区纳污能力作为污染物减排依据和河道管理依据,并对入河排污口实行污染物总量控制和浓度控制。对于促进全省水资源合理开发、科学配置、高效利用,有效保护和综合治理,从而确保水资源保护目标的最终实现,具有十分重要的意义。

参考文献：

[1] 张红举,翟淑华.平原河网纳污能力核算方法研究[J].水资源保护,2009,25(5) 24-27.
[2] 陈雷.实行最严格的水资源管理制度 保障经济社会可持续发展[J].中国水利,2009(5) 9-17.
[3] 河北省水利厅,河北省环境保护局.河北省水功能区划[R].石家庄 河北省水利厅,河北省环境保护局,2004.
[4] 李红亮,李文体.水域纳污能力分析方法研究与应用[J].南水北调与水利科技,2006(S1) 58-60,97.
[5] 汪恕诚.水环境承载能力分析与调控[J].水利发展研究,2002(1) 2-6.

(收稿日期 2009-11-30 编辑 高渭文)