

水环境承载能力预测模型及其在郑州市的应用

宋全香¹ 左其亭¹ 杨 峰²

(1. 郑州大学环境与水利学院 ,河南 郑州 450002 ;
2. 豫东水利工程管理局 ,河南 开封 475002)

摘要 :以郑州市为实例 ,介绍了计算水环境承载能力的“黑箱”模型、控制因子和控制参数的选择 ,并在此基础上预测了未来规划水平年郑州市的水环境承载能力 ,最后对计算结果进行了分析。2010 年、2015 年、2020 年、2025 年和 2030 年的预测排放量均超过了控制目标 ,必须通过减污和增水两条途径提高水环境承载能力。

关键词 :水环境 ;水环境承载能力 ;“黑箱”模型 ;郑州市

中图分类号 :X26 文献标识码 :A 文章编号 :1004-693X(2004)04-0022-03

水环境作为社会、经济系统存在和发展的基本因素 ,其承载能力状况对地区发展起着重要作用 ,是保障经济社会可持续发展的基本前提之一。水环境承载能力预测是水资源规划的一项重要内容 ,是实现水环境有效保护的基础和前提。建设一个良好的城市水环境 ,确保地表水达到水体功能保护目标 ,对城市经济建设、城市发展和人们生活有着重大意义。

1 郑州市概况

郑州市是河南省的省会 ,位于河南省中部 ,北临黄河 ,是河南省政治、经济、文化、科技、商贸中心。市区面积 987.9 km² ,辖金水、二七、中原、管城、邙山 5 个区。

随着郑州市人口增加和经济发展 ,用水量急剧增加 ,污水排放量随之也逐年增加。由于市区污水处理率较低 ,大量的污水未经处理直接排入河流或干渠 ,严重污染了河流、地下水。经过郑州市的几条河流 ,如贾鲁河、金水河、熊耳河 ,其水质分别为Ⅳ类、Ⅴ类和劣Ⅴ类 ,均超出其水质功能类别 ,对水资源利用和周边人民身心健康造成了很大的影响。2001 年 ,郑州市城市污水排放总量达 2.148 4 亿 m³ ,污水处理量为 0.815 9 亿 m³ ,污水处理率仅为 37.89% ,大量未经处理的污水排入河道 ,引起水质恶化 ,减小了水环境承载能力。

目前 ,贾鲁河接纳了郑州市城区排放的全部工业与生活污水 ,贾鲁河中牟公路桥断面为郑州市区全部污水汇入河流后的监控断面。要想实现水体

功能保护目标 ,建立良好生态环境 ,需要科学、合理、准确地计算出规划水平年其水环境承载能力。

2 水环境承载能力的概念

水环境承载能力指的是在一定的地域 ,其水体能够被继续使用并仍保持良好生态系统时 ,所能够容纳污水及污染物的最大能力^[1]。水环境承载能力也就是我们通常所说的“水环境容量”或者说是“水环境(水体)纳污能力”、“水环境容许污染负荷量” ,等等^[2]。

对于上述概念还有多种定义。例如 :①在一定的环境目标下 ,某一水域能承担外加的某种(类)污染物的最大允许负荷量 ,称为该污染物在这一水域的环境容量。水环境容量又称为水体的自净能力 ,它也可以表述为在保证某一水域水体质量符合规定的级别 ,在单位时间内能够连续均匀地接纳某种污染物的最大允许负荷量^[3]。②水环境承载能力为在某一时期、某种状态或条件下 ,某地区的水环境所能承受的人类活动作用的阈值^[4]。③水环境容量是满足水环境质量标准要求的最大允许污染负荷量 ,或纳污能力^[5]。等等。从以上诸定义可看出 ,水环境承载能力具有空间属性和时间属性 ,都强调在一定的区域和一定的时期内 ,并以一定的环境标准为目标。时间不同、地域不同、控制目标不同 ,相应的水体承载能力也就截然不同。

水环境作为社会、经济系统存在和发展的基本因素 ,它的承载能力状况对地区发展起着重要作用。

基金项目 :水资源与水电工程科学国家重点实验室开放研究基金(2003B007) ;河南省自然科学基金(311021600) ;郑州市重大科技攻关项目(03BB65ABKB02)

作者简介 :宋全香(1976—) ,女 ,河南林州人 ,硕士研究生 ,主要研究方向为水资源系统分析。

城市水环境承载能力指某一城市(含郊区)某一时期、某种状态下的水环境条件对该城市的经济发展和生活需求的支撑能力,它是该城市水环境系统结构特征的一种抽象表示方法,可以作为衡量该城市经济发展活动与水环境条件适配程度的指标。它具有时空分布的不均衡性和客观性、变动性、可调性的特征^[6]。

3 水环境承载能力计算

3.1 计算模型

计算河流水环境承载能力的数学模型很多。按照解的特点,可分为确定性模型和随机性模型;按时间划分,可分为稳态模型和动态模型;按照空间划分,可分为零维、一维、二维和三维模型;按照模型性质划分,可分为黑箱、灰箱和白箱模型等等。

为了客观地描述水体自净能力或污染物降解规律,较准确地计算出河段的水环境承载能力,本文结合郑州市实际情况和项目研究要求,根据物质平衡原理建立了“黑箱”模型^[2]。该模型简单、方便,不需要研究污染物质进入河流后的衰减速率和迁移转化规律,仅需要依据现有资料计算出污染指标的综合削减系数 K 值,即可推算未来或设计情况下的水环境承载能力,中小河流规划时常常使用该模型。具体计算公式为:

物质平衡模型:

$$\left(Q_1 C_1 + \sum_{i=1}^n q_i C_i \right) - K \left(Q_1 C_1 + \sum_{i=1}^n q_i C_i \right) = Q_2 C_2 \quad (1)$$

式中: Q_1 为计算河段上游断面来水量; Q_2 为计算河段下游断面来水量; C_1 为计算河段上游断面污染指标浓度值; C_2 为计算河段下游断面污染指标浓度值; $\sum_{i=1}^n q_i$ 为计算河段接纳的污水总量,包括工业污水、农业污水、生活污水、生态污水等。

取 $C_2 = C_s$, $C_1 = C_0$, $Q_2 = Q_1 + \sum_{i=1}^n q_i$, 通过式(1)变换和推导,得出水环境承载能力计算模型:

$$W = \frac{\left(Q_1 + \sum_{i=1}^n q_i \right) C_s}{1 - K} - Q_1 C_1 \quad (2)$$

式中: W 为河流水环境承载能力; C_s 为计算河段下游断面污染指标控制目标浓度值; C_0 为计算河段污染指标浓度背景值; K 为污染指标综合削减系数。

其他符号意义同上。

3.2 参数与控制因子的确定

在河段水环境承载能力计算中,参数的确定和

取值是否符合客观规律,直接关系到计算结果的准确性和合理性。因此,参数的确定和取值是水环境承载能力计算中最为关键的一步。

3.2.1 控制因子的选择

根据污染源现状评价结果,郑州市区域内 COD 指标是最普遍、最严重的污染因子,欲使郑州市水环境根本好转,必须严格控制其入河量。因此,确定 COD 作为郑州市河流水环境承载能力计算和污染物总量控制的首选因子。

3.2.2 水质控制断面和水质目标

贾鲁河中牟公路桥断面为郑州市区全部废污水汇入贾鲁河后的监控断面,其纳污能力在一定程度上反映了郑州市的水环境承载能力,故选择该断面为贾鲁河城区段出境水质控制断面。按照河流水功能区划,要求贾鲁河中牟公路桥断面达到 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的 IV 类水标准, COD 质量浓度为 30 mg/L。

3.2.3 污染指标浓度背景值 C_0 的确定

河流本应具有自然背景值,或称本底值,即在天然情况下形成的水中污染指标的质量浓度。由于目前除了地处偏僻地区的水体呈自然背景浓度外,其他水体都受到不同程度的污染。因此,这样的水体已不存在本底值,只能把现状的水体污染指标浓度作为进行预测计算的背景值^[7]。水环境承载能力计算时, C_0 值一般选取计算河段上游断面的实测污染指标浓度年平均值或季节平均值等。现状情况下,中牟公路桥断面 COD 质量浓度年平均值为 112.60 mg/L。

3.2.4 污染指标综合削减系数 K 的确定

污染物进入水体后,流动过程中经过水中物理、化学与生物作用,使污染物浓度降低的现象,称为水体的自净作用。自净能力的大小是各种作用综合的结果,在研究时可针对不同的污染指标用该污染指标的综合削减系数这一指标来描述^[8]。污染指标综合削减系数反映了污染物在水体作用下分解速度的快慢。一般可以通过室内模拟实验、现场实测计算或估计得到。根据以往资料计算,求得 $K = 0.195$ 。

3.2.5 河流上游来水量 Q 的确定

贾鲁河由南向北流经市南西郊后,被常庄、尖岗水库截流。在 1972 年后水库下游陈伍寨坝以下基本无天然径流,开始接纳城市污水与农灌退水,故其上游来水量认为是零。

3.2.6 入河污水排放量 $\sum q_i$ 的确定

污水排放量主要由工业废水、农业污水、生活污水以及生态污水排放量构成,其中生活污水排放量又包括城市生活和农村生活污水排放量。由于农村生活污水一般用于沼气池沤成有机肥料,施于农田,

大部分水分通过蒸发损耗 ,与城市生活污水相比 ,人均数量少 ,排入江河的也少 ,故近似认为农村生活污水排放量为零。预测的郑州市规划水平年污水排放量见表 1。

表 1 郑州市规划水平年污水排放量预测 万 m³

年份	工业废水	农业废水	城市生活污水	生态污水	合计
2005	14 234.4	2 899.86	19 917.6	4 336	41 387.86
2010	19 924.0	1 816.08	25 583.2	12 496	59 819.28
2015	26 184.8	999.76	31 464.8	13 160	71 809.36
2020	31 488.8	569.35	37 481.6	13 824	83 363.75
2025	35 507.2	414.76	42 513.6	14 496	92 931.56
2030	36 984.8	188.92	47 614.4	15 160	99 948.12

据预测 ,到 2005 ,2010 ,2015 ,2020 ,2025 ,2030 年 ,污水回用量分别占污水排放量的 20% ,30% ,35% ,40% ,45% ,50% ,即入河的污水量分别占污水总排放量的 80% ,70% ,65% ,60% ,55% ,50%。计算出的各规划水平年入河的污水量见表 2。

表 2 郑州市规划水平年入河污水量 万 m³

年份	入河污水排放量	年份	入河污水排放量
2005	33 110.29	2020	50 018.25
2010	41 873.50	2025	51 112.36
2015	46 676.08	2030	49 974.06

3.3 承载能力计算结果

根据上述确定的模型以及各参数 ,预测出各规划水平年水环境的承载能力见表 3。

表 3 郑州市规划水平年水环境承载能力计算结果 t

年份	COD 容量	年份	COD 容量
2005	12 339.24	2020	18 640.34
2010	15 605.03	2025	19 048.08
2015	17 394.81	2030	18 623.87

4 结果分析

为了便于对比分析 ,现将规划水平年 COD 入河量控制目标与Ⅳ类水标准下水环境承载能力预测值列于表 4。COD 控制目标参考《河南省南水北调城市水资源规划报告》。其中 2015 年、2020 年、2025 年为内插值。

表 4 郑州市规划水平年水环境控制目标与预测值比较 t

规划水平年	COD 排放控制目标	COD 排放预测值	规划水平年	COD 排放控制目标	COD 排放预测值
2005	17 923	12 339.24	2020	15 623	18 640.34
2010	14 073	15 605.03	2025	16 399	19 048.08
2015	14 848	17 394.81	2030	17 174	18 623.87

由表 4 可看出 ,除 2005 年 COD 预测排放量小于控制目标外 ,2010 年、2015 年、2020 年、2025 年和 2030 年预测排放量均超过了控制目标。这就要求我们必须采取正确的措施以提高水环境承载能力。

由水环境承载能力计算模型可看出提高水环境承载能力的主要途径有两条 :减污和增水^[1]。减污可从以下几方面考虑 :①强调清洁生产 ,把防治水污染的工作重点从末端治理转为源头控制 ;②通过控制社会经济发展规模减少用水量 ,或通过节水减少污水排放量 ;③提高污水处理率 ,增加污水处理量。污水资源化既治理了污水 ,减少了污水的排放 ,处理后的水又可以回用 ,不仅增加了水环境承载能力 ,而且还增加了水资源承载能力 ,是一举多得的重要措施。增水也就是增加河流上游来水量(环境用水量) ,使河流污染物浓度得到一定程度的稀释 ,从而增加水环境承载能力。

近年来 ,随着社会经济的快速发展 ,用水量、排污量不断增加 ,河水进一步污染 ,水环境更加恶化 ,水资源供需矛盾日益突出 ,这些已成为城市社会经济持续发展的主要制约因素之一。因此 ,研究郑州市水环境承载能力 ,对于科学、合理地保护水环境 ,实现水资源有效、安全的利用具有重要意义。

参考文献 :

[1] 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.
[2] 崔树彬.河流水环境承载能力及定量化问题探讨[OL].
http://www.hwcc.com.cn/searchresult.asp 2002-04-15.
[3] 翁焕新.城市水资源控制与管理[M].杭州:浙江大学出版社,1998.
[4] 贾振邦,赵智杰,李继超,等.本溪市水环境承载力及指标体系[J].环境保护科学,1995,21(3):8~10.
[5] 方子云.水资源保护手册[M].南京:河海大学出版社,1988.
[6] 崔凤军.城市水环境承载力的实例研究[J].山东矿业学院学报,1995,14(2):140~144.
[7] 刘兰芬,张祥伟,夏军.河流水环境容量预测方法研究[J].水利学报,1998(7):16~20.
[8] 刘强,陈进,黄薇,等.水资源承载力研究[J].中国水利,2003(10):15~19.
[9] 左其亭,张培娟,马军霞.水资源承载能力计算模型及关键问题[J].水利水电技术,2004(2):5~8.

(收稿日期:2004-02-14 编辑:高渭文)

