

文章编号:1671-6833(2005)01-0103-05

郑州市水环境承载能力计算及调控对策

宋宏杰, 马军霞, 左其亭

(郑州大学环境与水利学院, 河南 郑州 450002)

摘 要:以郑州市为实例,介绍城市水环境承载能力计算方法,计算郑州市现状水平年(2001 年)、规划水平年(2010 年、2020 年) 的水环境承载能力大小.经计算,郑州市现状水平年(2001 年) 的水环境承载能力为 $0.6686 \times 10^8 \text{ m}^3$,2010 年和 2020 年分别为 $4.2953 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $8.3316 \times 10^8 \text{ m}^3$.分析认为,2001 年和 2010 年郑州市不满足水环境承载能力要求,而到 2020 年可以满足水环境承载能力要求.并根据影响水环境承载能力大小的因素分析,给出提高郑州市水环境承载能力大小的调控对策建议,包括提高污水处理能力、增加外调水量等.

关键词:水环境承载能力; 郑州市; 计算模型; 调控对策

中图分类号:X 143 **文献标识码:**A

0 引言

城市化是区域社会经济发展到一定阶段的必然产物.根据联合国提供的统计资料,全球正在迅速城市化.1950 年,全世界城市人口占总人口的 29%;1975 年,城市人口占总人口的 39%;1995 年,城市人口占总人口的 45%;2000 年,城市人口占总人口的 50%;2020 年,城市人口比重将进一步上升,预计达到 60% 以上.我国属于发展中国家,城市化进程更快.到 2000 年底,我国城市化水平已由 1980 年的 19.4% 迅速增长到 36.2%;预计到 2020 年城市化水平可达到 50% 左右^[1].

由于城市化建设导致人口密度增加,土地利用性质改变,建筑物增加,道路及地下水管网建设使下垫面不透水面积增大,直接改变了当地地表和地下径流形成条件.另外,由于城市社会经济发展,对水资源的需求量增大,废污水相应增多,从而对水的时空分布、水循环及水的理化性质、水环境产生一定影响.这些自然因素和人为因素变化导致城市化带来三大水问题,即水资源紧缺、水环境污染、城市洪水灾害.在人类高强度活动影响下,城市水环境到底有多大的承载能力? 怎样才能保持城市水资源处于水环境承载能力范围内? 回答这些问题,对保证城市可持续发展有着十分

重要的意义.

笔者以郑州市为实例,先介绍城市水环境承载能力计算方法,进而计算郑州市现状水平年(2001 年)、规划水平年(2010 年、2020 年) 的水环境承载能力大小;最后根据影响水环境承载能力大小的因素分析,给出提高郑州市水环境承载能力大小的几点对策建议.

1 郑州市概况及水环境问题

郑州市是河南省省会,位于河南省中部,北临黄河,是河南省政治、经济、文化、科技、交通、商贸中心,是省域城镇体系中的中心城市和首位城市,并具有河南中原城市群经济隆起带的龙头地位,其在河南省社会经济中发挥着越来越大的作用.

按照郑州市行政区划分,包括 6 个区,分别是中原区、二七区、管城区、金水区、邙山区、上街区.其中,上街区位于郑州市西部,与郑州市区中心相隔较远,水资源分布及用水系统基本独立.因此,本文仅把 5 个区作为研究对象,即本文所指的郑州市均为郑州市区,包括中原区、二七区、管城区、金水区、邙山区,总面积为 987.9 km^2 .

2001 年,郑州市区总人口 259.65 万人,其中非农业人口 160.31 万人,农业人口 99.33 万人,国内生产总值(GDP) 为 362.5 亿元,人均 GDP 为

收稿日期:2004-09-26; 修订日期:2004-12-30

基金项目:河南省杰出青年科学基金资助项目(2005 年度);水资源与水电工程科学国家重点实验室开放基金资助项目(2003B007);郑州市重大科技攻关项目(03BB65ABKB 02)

作者简介:宋宏杰(1967-) 男,河南省郑州市人,郑州大学工程师,主要从事水环境评价及保护方面的研究.

13 963元,位于全国省会城市的第 14 位.

但是,随着城市发展,水资源问题日益严重. 2001 年,郑州市水资源总量为 $1.292\ 4\times 10^8\text{ m}^3$,实际用水量 $5.118\ 6\times 10^8\text{ m}^3$,按本地水资源计算,缺水 $3.826\ 2\times 10^8\text{ m}^3$.本地水资源远满足不了用水需要,从黄河引水 $2.238\ 3\times 10^8\text{ m}^3$,地下水超采 $1.366\ 0\times 10^8\text{ m}^3$,可见郑州市水资源短缺十分严重.另外,郑州市水环境质量令人堪忧,郑州市城市 2001 年污水排放量达 $2.148\ 4\times 10^8\text{ m}^3$,污水处理量仅 $0.815\ 9\times 10^8\text{ m}^3$,污水处理率 37.98%(据《郑州市统计年鉴》).大量的污水未经处理直接排入河流或干渠,严重污染河流、地下水,经过郑州市的几条河流贾鲁河、金水河、熊耳河水水质类别均在Ⅳ、Ⅴ和超Ⅴ类,均超出其水质功能类别,严重影响其水资源利用和周边人民身心健康.再者,由于地下水超采,导致地下水位下降,形成大范围降落漏斗,引起地面塌陷、影响地面建筑物安全;并因地下水位下降,地下水向下渗透或向深层越流,已被污染的地表水很容易引起地下水污染.

作为郑州市的河流水系来说,到底有多大的环境承载能力?能接受多大的排污量?这是需要量化回答的问题.

2 水环境承载能力的概念及计算方法

关于水环境承载能力的概念,汪恕诚曾论述为“水资源承载能力讲的是用水即取水这一面.你用了水之后,产生了污水,污水又排放到一定的水域里去,这个水域能够承载多少污水和污染物的排放呢?因此,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.”^[3]

如果不去过多地“抠字眼”的话,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”等等都是一个概念,一个意思^[3].实际上,两者也有细微差别,水环境承载能力强调以“保持生态系统良性循环”为目标.为了便于实际应用上操作和显示污水处理厂作用,针对城市水环境问题,左其亭等曾建议采用“水体容许城市污水最大排放量”作为水环境承载能力指标^[4~9],本文也采用这一提法.

根据对水环境承载能力的分析,可以简单概括为:在一定条件下,如果生态环境系统达到良性循环的极限,这时其对应的水体最大可以接纳的

城市污水排放总量,就称为“水环境承载能力”.简言之,水环境承载能力是指“水体维持生态系统良性循环所能接纳的城市污水最大排放量”.

水环境承载能力控制目标强调的是生态系统的良性循环.现在的问题是,什么样的状态才算是生态系统良性循环?用哪些指标来表征?考虑到城市水资源系统和范围更大的区域水资源系统生态良性循环,至少应控制以下几方面:一是城市污水或污染物排放总量不得超出一定限度(即,总量控制);二是特定区域水体的水质不得超出水体本身水功能区的水质标准(即,浓度控制);三是城市相关河流的径流量不得小于河流最小基流量(即满足生态用水).

这三方面的控制范围作为生态系统良性循环的判别标准,在这种标准下得到的最大允许城市污水排放量就是水环境承载能力.其基本思路是,以控制目标为约束,以水量水质模型为基础,反推水环境承载能力.针对郑州市,选用的水环境承载能力计算模型主要公式^[3,7]包括以下几方面:

2.1 城市污染物排放量计算

城市某污染物排放总量计算式:

$$W_w = Q_w C_w \tag{1}$$

式中: Q_w 为污水排放总量, m^3 ; C_w 为污水处理前城市污水某污染物综合浓度, kg/m^3 ; W_w 为污染物排放总量, kg .

某污染物排入地表水体的总量计算式:

$$W_{\text{WD}} = Q_w \mu C_D + Q_w (1 - \mu) C_w \tag{2}$$

式中: C_D 为污水处理后某污染物浓度, kg/m^3 ; μ 为污水处理率; W_{WD} 为污水处理后某污染物排放总量, kg .

2.2 控制断面径流量计算

在污水排放到地表水体后,水体水质和水量均发生变化,模拟这种变化可以建立比较简单或复杂的数学模型,下面仅列举根据水量平衡原理建立的计算模型.

$$Q_m = Q_1 + Q_w - \xi (Q_1 + Q_w) \tag{3}$$

式中: ξ 为水体水量总消耗系数; Q_1 为排放的河流上游来水量, m^3 ; Q_m 为控制断面径流量, m^3 .

2.3 控制断面水质指标计算

本文针对郑州市,选用河流水质模拟黑箱模型(或称物质平衡模型)

$$Q_m C_m = (Q_1 C_1 + W_{\text{WD}}) - K (Q_1 C_1 + W_{\text{WD}}) \tag{4}$$

式中: C_1 为上游断面浓度, kg/m^3 ; C_m 为控制断面浓度, kg/m^3 ; K 为污染物综合消减系数.

2.4 控制目标方程

根据上文对“生态系统良性循环”三方面控制目标的说明,建立如下控制目标方程:

浓度控制方程

$$C_m \leq C_s \tag{5}$$

式中: C_s 为控制断面浓度控制目标值,kg/m³.

总量控制方程

$$Q_m \cdot C_m \leq W_s \tag{6}$$

式中: W_s 为污染物总量控制目标值,kg.

河流生态用水最小基流控制方程

$$Q_m \geq Q_s \tag{7}$$

式中: Q_s 为河流流量控制最小目标值,m³.

3 郑州市水环境承载能力计算结果及分析

3.1 污水排放量计算

污水排放量包括工业、农业及生活三大方面.根据《郑州市统计年鉴》《郑州市水资源公报》提供的 1994 年~2001 年统计数据,工业废水耗水量约是工业引水量的 20%,排放量是工业引水的 80%.也就是说,在计算工业废水排放量时可以近似采用工业用水量乘以排放系数.

农田灌溉用水排放量等于用水量乘以排放系数.由于农田灌溉定额随着灌溉技术的发展和节水水平的提高而减小,而耗水量占引水量的比例在增加,相反灌溉排水所占的比例逐渐下降.因

此,农田灌溉排放系数是一个随着灌溉水平提高而变化的值.根据统计数据,本文作者建立 GM(1,1) 序列预测模型,据此模型可以计算不同规划水平年的排放系数.

生活污水分城市生活污水、农村生活污水.由于农村生活用水比较分散,近似认为农村生活用水全部消耗.城市生活用水排放量等于生活用水量乘以排放系数.

3.2 水环境质量控制目标

控制郑州市水环境的主要断面选择贾鲁河中牟公路桥断面,原因有两方面:一是,该断面基本上控制了郑州市污水出区量;二是,该断面也是更大范围水环境保护规划的主要控制断面.

(1) 按照《河南省淮河流域水污染防治规划及“九五”计划实施方案》(豫环[1997] 51 号),分配给郑州市 2000 年的 COD 允许入河量为 2.224 5 万吨,其中贾鲁河为 1.804 5 万吨.按照《河南省南水北调城市水资源规划报告》制定的郑州市 2005 年、2010 年、2030 年 COD 入河量控制目标分别为 2.151 7、1.845 0、1.836 3 万吨.

(2) 按照河流功能区划,要求贾鲁河中牟公路桥断面达到Ⅳ类水标准,COD 浓度为 30 mg/L.

3.3 水环境承载能力计算结果及分析

为了说明问题,这里只列举现状水平年(2001 年)、规划水平年(2010 年、2020 年)的计算结果,见表 1.根据表 1 计算结果,可以得出以下结论:

表 1 不同水平年郑州市水环境承载能力计算结果表						
Tab.1 The calculation table of carrying capacity of Zhengzhou urban water environment						
时间	计算方案	计算指标				
		总排放水量 /(10 ⁸ m ³)	总排放 COD 量 /(10 ⁴ t)	污水处理率 /%	中牟公路桥断 面径流量 /(10 ⁸ m ³)	中牟公路桥断 面 COD 浓度 /(mg·L ⁻¹)
2001(现状)	按现状条件计算	3.577 8	5.313 6	7.70	3.536 7	112.60
	按承载能力计算	0.668 6	0.946 0	7.70	3.694 1	30.00
	污水处理率到 90.00%后	2.424 2	3.581 8	90.00	2.430 1	30.00
	满足水环境承载反求	3.577 8	5.313 6	90.23	3.536 7	30.00
2010(规划)	按照规划方案计算	5.989 0	9.422 9	80.00	4.640 2	46.77
	按承载能力计算	4.295 3	6.185 4	80.00	6.080 8	30.00
	污水处理率到 90.00%后	5.548 0	8.579 9	90.00	5.015 4	30.00
	满足水环境承载反求	5.989 0	9.422 9	92.28	4.640 2	30.00
2020(规划)	按照规划方案计算	8.331 6	13.765 8	93.00	5.510 5	31.32
	按承载能力计算	8.036 0	13.198 3	93.00	5.703 3	30.00
	满足水环境承载反求	8.331 6	13.765 8	93.78	5.510 5	30.00

(1) 现状条件下,按照目前的用水、排水、污水处理能力等条件计算,已经超出水环境承载范围,这与目前郑州市水环境问题十分严重结论一致。且按照目前发展趋势预测,如果不进行大规模调整,2010 年仍将超出水环境承载能力范围。

(2) 如果按照现状条件计算,要达到水环境承载能力范围内,必须使污水总排放量降到 $0.668\ 6 \times 10^8\ \text{m}^3$,远小于现状污水实际排放量。当污水处理率提高到 90.00% 时,满足水环境承载能力时的污水总排放量($2.424\ 2 \times 10^8\ \text{m}^3$)略小于现状条件下的污水排放量。当污水处理率达到 90.23% 时,就能满足现状污水排放要求。说明:在其它条件不变的情况下,提高污水处理能力,将大大改善水环境承载能力。

(3) 如果按照 2010 年预测条件计算,要满足水环境承载能力要求,必须使污水总排放量降到 $4.295\ 3 \times 10^8\ \text{m}^3$,远小于 2010 年预测的污水排放量。当污水处理率提高到 90.00% 时,计算的满足水环境承载能力时的污水总排放量($5.548\ 0 \times 10^8\ \text{m}^3$)略小于预测的污水排放量。当污水处理率达到 92.28% 时,就能满足污水排放要求。

(4) 规划水平年 2010 年与现状水平年 2001 年比较,水环境承载能力有很大提高,原因是:2010 年增加了区外调水量(即南水北调中线工程输水量) $3.315\ 8 \times 10^8\ \text{m}^3$,增加了污水回用水量 $1.419\ 7 \times 10^8\ \text{m}^3$,提高了水环境承载能力。说明:在其它条件不变的情况下,提高水资源可利用量,也将大大改善水环境承载能力。

(5) 如果按照 2020 年预测条件计算,要满足水环境承载能力要求,必须使污水总排放量降到 $8.036\ 0 \times 10^8\ \text{m}^3$,略小于 2020 年预测的污水排放量。当污水处理率达到 93.78% 时,就能满足污水排放要求。

从水环境承载能力的概念和计算实例来看,在超出水环境承载能力的条件下,将有 3 种解决途径:一是消减排污量(指直接排污量);二是建立综合污水处理厂(指对进河污水进行处理);三是增加河流进水量(指增加引用水量)。这三种途径反映三种解决思路,反映三种规划方案。第一种是通过控制社会经济发展规模来实现水环境承载;第二种是通过规划污水处理厂来达到水环境控制目标,实现水环境承载;第三种是通过增加引用水量,经过稀释、降解等作用降低污染物浓度,实现水环境承载。

4 提高城市水环境承载能力的调控对策

从水环境承载能力的概念、定量计算方法以及在郑州市的应用研究成果可以看出,提高水环境承载能力的对策可以概括如下几方面:

(1) 增加污水处理厂,提高污水处理能力,以提高水环境承载能力。通过增加污水处理量,减小对水环境压力,改善水环境质量,以提高水体纳污能力,从而提高水环境承载能力。这是保护水资源,保护生态环境,促进社会经济、水资源、生态环境协调发展的基本要求,也是提高水环境承载能力的重要措施。

(2) 在缺水条件下,增加外调水量,经过稀释、降解等作用降低污染物浓度,实现水环境承载,也是提高水环境承载能力的一个重要方面。

(3) 水环境承载能力大小还与污水回用量有关。污水回用量是指经污水处理后的一部分水又被引用的水量。其在某种程度上缓解了用水紧张矛盾,增加水资源可利用量,间接提高了水环境承载能力。

(4) 城市发展规模是否能满足水环境承载能力的要求还与污水排放量有关,可以通过一定措施,减少直接排入河道的污水量,以减轻对水环境的压力。在本文计算中,引用污水排放系数指标来估算水资源在引用之后排放到水体中的污水总量。因此,可以通过调整产业结构,采用先进科技手段,提高用水效率,增加厂内污水处理能力,改善河道排水条件等措施,以减小污水排放量,从而减轻对水环境的压力。

(5) 城市发展规模是否能满足水环境承载能力的要求还与水资源利用效率有关。水资源利用效率包括工业用水、农业灌溉用水、生活用水等效率,其相应的指标有工业万元产值用水量、农业灌溉定额、生活用水定额等。可以通过节约用水,改善用水条件,提高水资源利用效率,以确保水环境用水,间接提高水环境承载能力。

5 结束语

笔者从水环境承载能力概念和内涵分析入手,以郑州市为实例,介绍城市水环境承载能力计算方法,计算郑州市现状水平年(2001 年)、规划水平年(2010 年、2020 年)的水环境承载能力大小,给出提高郑州市水环境承载能力大小的几点调控对策,对一般城市水环境承载能力计算有借鉴作用。

参考文献:

[1] 左其亭.城市水问题及城市化建设水资源安全研究 [A] ·陈传友,齐亚彬.中国自然资源与全面建设小康社会 [C] ·北京:中国水利水电出版社,2003. 162~165.

[2] 汪恕诚.水环境承载能力分析[J] ·水利发展研究,2002,2(1) :2~6.

[3] 崔树彬.论河流水环境承载能力及其应用 [EB / OL] ·
http : // www . h w e c . c o m . c n / n e w s d i s p l a y , 2 0 0 2 - 0 4 - 1 5 .

[4] 左其亭,马军霞,高传昌.城市水环境承载能力研究 [J] ·水科学进展,2005,28(1) :25~27.

[5] 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,2004,35(2) :5~8.

[6] 左其亭,陈曦.面向可持续发展的水资源规划与管理 [M] ·北京:中国水利水电出版社,2003. 114~121.

[7] THOMPSON S A .Hydrology for Water Management [M] ·Netherlands ,Rotterdam /Brookfield ,1999.1~24.

[8] 左其亭,张浩华,欧军利.面向可持续发展的水利规划理论与实践 [J] ·郑州大学学报(工学版) ,2002,23(3) :37~40.

Carrying Capacity of Water Environment and Control Measures in Zhengzhou

SONG Hong-jie , MA Jun-xia , ZUO Qi-ting

(Schod of Environmental & Hydraulic Engineering ,Zhengzhou University ,Zhengzhou 450002,China)

Abstract : In this paper ,with a case study of Zhengzhou city ,computation method of carrying capacity of urban water environment is introduced .The values of carrying capacity of water environment in 2001,2010,and 2020 have been calculated and got in Zhengzhou respectively , $0.668\ 6\times10^8\ \text{m}^3$, $4.295\ 3\times10^8\ \text{m}^3$ and $8.331\ 6\times10^8\ \text{m}^3$.The study results reveal that the total volume of drainage water in Zhengzhou exceeded the carrying capacity of water environment in 2001 and will still exceed it in 2010 ,but will not exceed it in 2020 .According to the factor analysis ,the control measures for improving carrying capacity of water environment are put forward in the paper ,such as :(i) to increase the treatment capacity of sewage (such as building some sewage treatment plants) ;(ii) to increase the volume of external water resources from other regions .

Key words : carrying capacity of water environment ; Zhengzhou city ; computation model ; control measures