

基于排污权交易的再生水定价模型

宿晓,倪简,汪蕊

(河海大学企业管理学院,江苏常州 213022)

摘要:通过对已有再生水定价方法进行分析,以基于成本的再生水定价模型为基础,建立了再生水供方最低定价模型;引入排污权交易这一重要因素,得出再生水需方最高定价模型,从而得到较为合理的再生水定价区间,并以常州市为例对上述再生水定价模型进行实证研究,最后讨论了基于排污权交易的再生水定价模型的特点与适用条件。

关键词:再生水定价;排污权交易;成本加成模型;定价区间

中图分类号:X703;F205

文献标识码:A

文章编号:1003-9511(2016)06-0068-04

目前我国水资源日益短缺,全国城市每年缺水60亿 m^3 ,每年因缺水造成的经济损失约2000亿元,在一定程度上限制了我国城镇现代化建设进程和居民生活水平的提高。《2014年中国环境状况公报》中城市地下水水质检测报告显示,全国202个城市的水资源污染较严重,污水处理效果较差,水资源重复利用率低。面对严峻的水资源现状,再生水行业迅速发展。再生水是污水或雨水经过标准的水处理后,达到一定水质指标以满足某种用途的水。从环境保护的角度来看,使用再生水能有效降低环境污染,实现水生态的良性循环;从经济效益的角度看,水价不断上涨,污水回用系统的运行成本低于城市供水成本。因此,再生水开发利用是缓解水资源问题的有效途径。

合理定价是再生水推广使用中亟待解决的关键问题。与自来水相比,再生水的水质偏低,一般要求达到二级处理标准,适用于对水质要求不高的场合。工业用水对水质要求不高,且需水量大,再生水可以达到其用水标准,因此再生水的循环利用成为工业企业用水的新趋势。再生水作为自来水的低质替代品,与自来水必然存在一定的价差。我国目前还未形成一个综合各方面因素的再生水价格体系,各地主要由政府统一管控再生水价格,一般是通过文件规定将再生水价格维持在一定的范围内,导致全国各地再生水价格差异较大。为了对再生水更合理定价,学术界提出的定价方法主要有基于成本的平均

成本定价、边际成本定价等,还有基于用户需求、根据水质差异来确定价格的模型。但上述方法多是从供方或需方单方角度考虑的定价模型,存在着一定的局限性。

随着国家推行工业企业排污权交易和有偿使用的政策,排污权交易逐渐影响企业污水处理成本,进而成为影响再生水定价的重要因素。本文通过建立基于排污权交易的再生水定价模型,确定再生水的最高价格,结合供水方成本加成模型确定再生水的最低价格,考虑供需双方因素,使再生水定价更符合实际。

1 文献综述

最早的水资源定价理论大多基于成本或价格单方面因素。Geng^[1]提出合理的再生水定价可以帮助减少淡水的使用和废水排放,同时削减行政成本、改善融资环境。黄廷林等^[2]构建了影子价格模型、边际机会成本模型及市场价格模型,对再生水价值进行量化分析。随后不同学者对再生水定价进行多角度研究,吕荣胜等^[3]将环境先导的理念引入再生水定价中,得出以制水成本为依据的成本价格模型。吴艳等^[4]在Hotelling线性城市模型中引入质量差异,建立自来水和再生水纵向差异化双寡头垄断市场的价格竞争模型,分析了再生水需求和竞争均衡价格的影响因素。刘晓君等^[5]运用成本加成理论,采用阶梯定价的方法研究再生水定价,建立

了基于再生水用户需水量、输水距离等因素的复合阶梯定价模型。

目前较新的水资源定价理论是综合考虑供求双方利益的定价模型,如段涛^[6]通过考虑再生水作为自来水替代品以及无须垄断管制的特点,建立了基于成本与需求综合考虑的再生水自主定价模型。张宏伟等^[7]也建立了供水方与用户的合作博弈模型,从再生水供给方与用户的利益关系分析入手,利用沙普利值得出再生水供给方与用户的利益分配表达式,推导出再生水的合理定价公式。陈莹等^[8]在借鉴合理水价定价方法的基础上,分析了再生水合理价格构成与定价机制以及再生水的定价区间,分析常规水价与再生水的比价关系对再生水利用的影响,分类制定再生水定价。Long^[9]进一步提出再生水处理方法和用水规模应是导致再生水价格差异的重要因素。

20世纪60年代后期,Dales^[10]最先提出环境允许的污染物排放份额理论以及排污权有偿交易制度。我国也逐渐重视该方面的研究,刘金星等^[11]分析了政府投资、污水综合利用和排污权交易3个方面与环境水价的关系,提出以污水处理费为保证的排污权交易制度。孙卫等^[12]通过建立流域排污权交易系统模型证明排污权有偿使用与交易制度能够有效增加再生水处理厂的污水处理量,同时促使排污企业减排,达到水资源可持续治理的目标。然而,将排污权交易制度与再生水定价联系起来的文献目前还很少。随着我国再生水行业快速发展和排污权交易与有偿使用的试点及推广,排污权交易将对未来再生水定价产生重要的影响。本文尝试构建基于排污权交易的再生水定价模型。

2 影响再生水定价的因素分析

2.1 排污权交易的机理

排污权内涵是政府作为社会的代表和环境资源的拥有者,把排放一定污染物的权利卖给出价最高的竞买者。污染者可以向政府购买排污权,也可以向拥有排污权的其他污染者购买,即污染者之间可以转让排污权。自1977年起,美国环境保护局就开放企业排污权交易平台,许多发达国家也相继实施了排污权交易的政策。由于我国水污染问题愈加受到政府的重视,排污权交易也逐渐在我国发展起来,《国务院办公厅关于进一步推进排污权有偿使用和交易试点工作的指导意见》于2014年正式发布,其中多处提及排污权有偿使用和交易制度以及建设过程中有关费用和价格等内容。《国务院办公厅关于进一步推进排污权有偿使用和交易试点工作的指导

意见》本质上隐含了排污权有偿使用制度和排污权交易制度相互衔接的价格体系,为全面推行排污权有偿使用和交易制度奠定了基础。

2.2 排污权交易对再生水利用的逆向推动

根据《环境保护法》和江苏省《排污许可证管理办法》,超标、超量排放污染物均属违法行为。也就是说,企业排放的污染物即使浓度达标,但超过主要污染物排放总量指标的,也不符合法律规定,要被处以罚款、限产限排、停产整治或停业关闭等处罚,情节严重的还要依法承担刑事责任。

因此,企业可以通过排污权交易平台或者向政府购买排污权以避免违法。但是,排污权交易的开展是以不超过污染物对当地环境的承载力为前提的,即企业不能过量购买。这也就迫使企业通过污染治理技术减少污染物排放以节约投资成本,并鼓励企业减少排污权的使用,将其用于自身发展或是交易获利。减少使用排污权的一个途径就是将污水排送到再生水处理厂,并相应地购买企业所需再生水,这也就达到鼓励企业使用再生水的效果。随着排污权有偿使用制度的不断完善,再生水回用渐渐成为工业企业用水的新趋势。这主要有两个方面的原因:①企业通过转让一部分排污权结合使用再生水的模式,可以节约污水排放的额度,并通过排污权交易获得部分收益;②部分工业企业的排污权不能满足企业的排放需求,排污权的高价促使企业增加再生水的使用^[13]。

对工业企业来说,有3种用水选择:自然水、自来水和再生水。工业企业在衡量用水方案的成本时,要考虑4个因素:污水处理费(将污水排放到河流中的费用)、污水输送费(工业企业将污水输送到再生水处理厂的费用)、排污权交易收益(排污权转让净收益)、再生水购买成本。如果企业引进再生水后的总成本小于仅使用自然水和自来水的总成本,那么企业会愿意增加再生水购买量。

由此可知,再生水处理厂向工业企业收取的污水输送费可以在一定程度上补偿再生水处理的成本,间接地影响再生水的定价。

2.3 排污权交易对再生水定价的影响

排污权交易体系的逐渐建立会促使越来越多的工业企业选择将污水输送到再生水处理厂,并从再生水处理厂购买一定量的再生水,则直接排放到自然界的污水会大大减少,工业企业与再生水处理厂形成一个再生水处理及利用循环体系^[14]。自然环境中污染减少,会在一定程度上减轻政府治理污染的负担。为了维持该体系的良性循环,让再生水供需双方都有利可图,政府给予再生水处理厂适当的

补贴,并确定合适的再生水价格。

综合上述排污权交易对工业企业和再生水处理厂的影响,本文建立一个污水再生利用的循环体系(图1)表示污水到再生水处理厂的运输处理过程,图中 x_d 为企业排放污水需缴纳的污水处理费,元/t。该循环体系有再生水处理厂和工业企业两个主体,污水和再生水的流向如图1所示。在研究中本文将整个体系分为再生水输送环节(A)和污水输送环节(B),两个环节分别对应定价模型中的制水成本和运输成本。

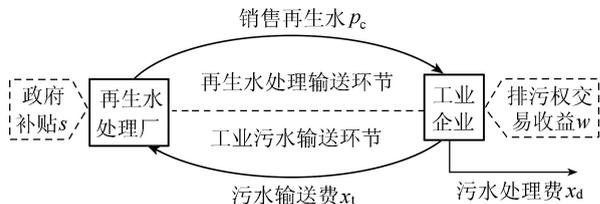


图1 污水再生利用的循环体系

3 再生水定价模型的建立

3.1 最低定价模型

目前,国内再生水定价主要采用成本加成模型,即以产品的生产成本为基础,再加上一定比例的利润来定价。这种方法的局限性就是忽略了一些现实的影响因素,如政府补贴、水质优劣、排污权交易等。因此,从再生水处理厂的角度,在再生水成本加成的定价基础上,加入企业排污权有偿使用和交易与政府对再生水处理企业的价格补贴这两个因素,再生水定价模型更符合实际:

$$p_c = (c_c - x_t)(1 + p) - s \quad (1)$$

式中: p_c 为再生水单价,元/t; x_t 为再生水处理厂在接收工业企业的污水时收取的单位输送费,通常根据管道的固定资产年折旧费和管道铺设建设费的投资报酬计算得出,元/t; p 为再生水处理厂的成本利润率; s 为再生水处理厂生产单位再生水获得的政府补贴,元/t; c_c 为再生水年单位生产成本,参照刘晓君^[5]建立的基于成本加成的再生水阶梯定价模型,由再生水的年单位制水成本 c_p 和年单位运输成本 d_1 加总得出。具体计算如下。

a. 再生水年制水成本=工程投资年折旧费+设备运行管理费+药剂费+其他费用。工程投资年折旧费是基于再生水处理厂投资费用函数^[15] $F = 153.70Q^{0.83}$ 和固定资产综合折旧费率5%得出;药剂费为一年期间再生水处理所用药剂费用总额;工厂人工及管理费用等其他费用按前述3项费用的一定比例计算,通过实际调研,目前其均值约为15%。即

$$c_p Q_i = \left[5\% \times 153.70Q^{0.83} + 1.18eQ_i H + \right.$$

$$\left. \frac{365Q_i}{10^3} \sum_{i=1}^n (a_i b_i) \right] \times (1 + 15\%) \quad (2)$$

式中: Q_i 为污水日处理量,t/d; Q 为再生水年销售量,t; e 为电费单价,一般取1.18,为水泵及电动机等设备的效率及维护修正系数; H 为一级、二级、增压泵站的全部扬程,m; a_i 为第 i 种药剂的单价,元/kg; b_i 为第 i 种药剂的投加量,kg/t。

b. 再生水年运输成本=管道建设费用×(管道折旧费比例+管道维护费比例)。再生水年运输成本由管道折旧费和管道维护费构成,两者均基于管道建设费用函数 $F = 16.72Q^{0.78} E_i$ 计算,一般取2%为年折旧率,3.5%为维护费比例。即

$$d_1 Q_i = 16.72Q^{0.78} E_i \times (2\% + 3.5\%) = 0.92Q^{0.78} E_i \quad (3)$$

式中: E_i 为污水输送管道长度,m。由式(2)和式(3)整理得 c_c :

$$c_c = c_p + d_1 = \left(8.84Q^{0.83} + 1.36eQ_i H + 0.42Q_i \sum_{i=1}^n (a_i b_i) + 0.92Q^{0.78} E_i \right) / Q_i \quad (4)$$

考虑到工业企业的需方利益,企业向再生水处理厂每吨污水的输送费用应小于企业向河流中排放的每吨污水处理费,即:

$$x_t < x_d \quad (5)$$

因此,可得再生水的最低定价模型为

$$p_c > (c_c - x_d)(1 + p) - s \quad (6)$$

3.2 最高定价模型

对于工业企业来说,假设企业能够接受的每吨再生水定价为 p_c ,企业使用每吨自来水的费用为 βp_c ($\beta > 1$)。如果企业从再生水处理厂购买再生水,则每吨节约费用

$$\Delta p = \beta p_c - p_c$$

另外,企业通过排污权交易获得的净收益为

$$\Delta w = w - x_t \quad [16]$$

式中: w 为排污权交易收益,元/t。

因此对于生产型企业,使用再生水使企业节约的成本和排污权交易的收益之和必须大于企业可能因此面临的风险损失:

$$\Delta p + \Delta w > l \quad (7)$$

式中: l 为每吨再生水质量风险损失费,元/t。由此可以得到再生水的最高定价:

$$p_c < \beta p_c + \Delta w - l \quad (8)$$

综上所述,得到每吨再生水定价模型:

$$\frac{(c_c - x_d)(1 + p) - s}{\beta - 1} < p_c < \frac{\Delta w - l}{\beta - 1} \quad (9)$$

4 实证分析

以常州市再生水行业为例计算再生水价格并作比较分析。根据中国水网 2014 年的再生水数据, c_p 为 1.5 ~ 3.5 元/t, d_i 根据企业需水量和运输管道长度计算, c_e 为 1.65 ~ 4.5 元/t。根据常州市水务局网站数据, 一般工商业 x_d 为 1.75 元/t。《城市供水价格管理办法》规定, 再生水行业的 p 在 6% ~ 8% 之间。目前, 不同地区政府对再生水补贴的额度不相同, 如昆明市 s 为 0.7 元/t, 北京市约为 1 元/t, 综合来看, 各个地区一般在 0.5 ~ 1.5 元/t。

以常州市戚墅堰污水厂、清潭污水处理厂、城北污水处理厂为调研对象, 通过实地咨询相关信息, 假设污水密度为 1 t/m^3 , 计算确定常州市 c_p 为 2.5 元/t, d_i 为 1.51 元/t, x_d 为 1.75 元/t, p 为 6%, s 为 0.7 元/t, 可得 p_c 为 1.7 元/t。

根据“江苏省排污权交易平台”网站上的排污权拍卖价格数据, 计算出一般工业企业的 w 为 0.34 元/t, x_i 为 0.75 元/t, 常州市一般工商业用水自来水价格 p_z 为 4.25 元/t, 根据统计数据得出工业企业因使用再生水可能造成的损失 l 为 1.09 元/t, 由此可得再生水的最高价格 p_c 为 2.75 元/t。

根据再生水供水方的成本加成定价模型可以得到再生水处理厂获得最低利润率情况下所能接受的最低再生水价格, 需求方的基于排污权定价模型可以得到工业企业使用再生水替代自来水和自然水情况下所能接受的最高再生水价格。在这个价格区间 [1.7, 2.75] 中, 地区政府可以根据污水排放企业和再生水处理厂的具体情况确定适合的成本利润率和补贴情况, 进一步调整再生水供需双方都能接受的价格。

5 结语

本文通过建立基于排污权的再生水定价模型确定再生水最高价格, 结合供水方成本加成定价模型确定再生水最低价格, 得到较为合理的再生水定价区间, 提出的定价方法综合考虑了再生水供需双方的利益需求, 引入近几年对工业企业影响较大的排污权交易因素, 可作为再生水定价的一种实用方法。污水再生利用循环体系可看作是维持良性循环的生态系统, 其中再生水的高效利用和水资源循环利用都体现了循环经济的内涵。水资源短缺是当今世界的难题, 再生水处理及利用作为一种具有较高生态效率的新经济发展模式, 是解决这个难题的有效途径。

目前各地区排污权交易体系发展程度不同, 企业参与排污权交易的意愿受多种因素影响, 使本文提出的基于排污权的再生水定价模型的适用范围存在一定局限性。

参考文献:

- [1] GENG Y. The role of pricing on integrated water management at the industrial park level: A case of TEDA [J]. Water and Environment Journal, 2005(3): 256-263.
- [2] 黄廷林, 李梅, 王晓昌. 再生资源价值理论与价值模型的建立 [J]. 中国给水排水, 2002, 18(12): 22-24.
- [3] 吕荣胜, 李璨. 基于环境先导的再生资源定价研究 [J]. 内蒙古农业大学学报(社会科学版), 2010, 12(1): 66-68.
- [4] 吴艳, 宋健峰, 郑垂勇. 基于产品差异化的再生水需求与市场定价模型 [J]. 统计与决策, 2011(14): 48-51.
- [5] 刘晓君, 韩思茹, 罗西. 基于成本加成的再生水阶梯定价方法研究 [J]. 水资源与水工程学报, 2014, 25(6): 29-33.
- [6] 段涛. 城市再生水的自主定价问题及定价方法研究 [J]. 自然资源学报, 2014, 29(4): 719-725.
- [7] 张宏伟, 胥然然, 张雪花. 既定成本下再生水合作博弈定价模型 [J]. 天津工业大学学报, 2014, 33(4): 66-69.
- [8] 陈莹, 赵辉, 聂汉江, 等. 再生水定价的形成机制分析 [J]. 水利经济, 2015, 33(4): 50-53.
- [9] LONG Mengting. Reclaimed water price research in Beijing communities [J]. Advances in Social Science Education and Humanities Research, 2015, 32: 147-150.
- [10] DALES L. Water and ownership [J]. Canadian Journal of Economic, 1968(1): 791-804.
- [11] 刘金星, 吴小刚, 张土乔, 等. 江南水乡区域合理水价模式探讨: 以浙江省为例 [J]. 水资源保护, 2004, 20(5): 20-28.
- [12] 孙卫, 袁林洁, 唐树岚. 流域排污权交易系统模型研究 [J]. 预测, 2009, 28(5): 1-7.
- [13] NGUYEN M H, EFTICHIOS S S. Cross-industry emission permits trading [J]. Journal of Regulatory Economics, 1998, 13(1): 37-46.
- [14] LUCA T. Environmental economics and modeling marketable permits [J]. Asia-Pacific Financial Markets, 2010, 17(4): 325-343.
- [15] 田一梅, 赵新华, 张雅君. 城市自来水与中水系统综合规划的优化研究 [J]. 给水排水, 2001, 37(5): 23-27.
- [16] JAROSLAW S, PAWEL B. CO₂ emission trading model with trading prices [J]. Climatic Change, 2010, 103(1): 291-301.

(收稿日期: 2016-04-22 编辑: 胡新宇)