

基于全国 227 个样本的城镇污水处理厂治理全成本分析

谭雪 石磊 陈卓琨 李涛 马中 郑祥 程荣

(中国人民大学环境学院, 北京 100872)

摘要 根据相关法律规定,我国污水处理费征收标准基于污水的治理成本制定,并要求涵盖污水处理厂的治理成本。通过构建全成本分析框架,选取全国的 227 座污水处理厂为样本,覆盖全国东部、中部、西部地区,分析污水处理厂的建设和运行成本,对城镇污水处理厂的治理全成本进行估算,并进行地域、执行标准与治理成本之间对比研究。案例研究表明,我国污水处理厂的治理标准在地区和标准间均存在差异,基于相关结论可为我国污水处理费征收标准改进提出政策建议。

关键词 城镇污水处理厂 治理成本 运行成本 全成本分析 案例研究

DOI:10.13789/j.cnki.wwe1964.2015.0152

Cost analysis of the municipal wastewater treatment plant operation based on 227 samples in China

Tan Xue, Shi Lei, Chen Zhuokun, Li Tao, Ma Zhong, Zheng Xiang, Cheng Rong

(School of Environment and Natural Resources, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

Abstract: According to the requirements of laws in China, the wastewater discharge fee should be based on the cost of treatment and should cover the operation cost of wastewater treatment plant operation. Through setting up the whole cost analysis framework, this paper estimated the whole cost of municipal wastewater treatment plant construction and operation based on the samples of 227 wastewater treatment plants distributed in east part, middle part and west part of China; in addition, a comparative study was carried out between different areas, executive standards and treatment costs. Case study showed that there was a difference of treatment cost between different areas and executive standards. Some policy suggestions on wastewater discharge fee in China were proposed based on relative conclusions.

Keywords: Municipal wastewater treatment plant; Treatment cost; Operation cost; Whole cost analysis; Case study

0 概述

近年来,城镇生活污水和工业废水的排放量不断增加,给我国水环境保护带来巨大压力,已经成为我国社会经济持续发展的严重掣肘。由于城镇污水处理厂排放标准偏低,阻碍了污水处理费制度的实施效果,即使是达标排放的出水依然会污染水环境,部分污

水处理厂俨然成为污水排放和水环境污染“大户”^[1]。

根据《水污染防治法》和《城镇排水与污水处理条例》,我国污水处理费的征收标准是基于成本制定的,并且覆盖污水的治理成本,但是这其中并没有包括污水和污泥排放的外部成本。当污水处理费不能包含污水治理的全部成本时,征收的费用不能满足污水达标处理的全部需要,配套管网建设滞后和运行费用不足,就会导致污水处理厂的的实际处理量未能与污水处理能力保持同步增长^[2],因此有必要对污水处理厂的全部成本进行分析。

国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07633-02);北京高等学校青年英才计划(YETP0200);中国人民大学 2014 年度拔尖创新人才培养资助计划成果。

国内学者多从会计学角度对污水处理厂进行成本核算,或从技术角度分析污水处理厂降低成本的方式。骆敏^[3]从经济学视角构建污水处理费用函数,分析污水处理厂长期成本趋势;周斌^[4]通过比较不同工艺所需成本,指出污泥运行成本在核算中不能被忽略,并且目前华东地区执行的污水处理收费标准远不能覆盖不含折旧的污水处理厂的的实际成本;原培胜^[5]分析了城镇污水处理厂运行成本的概念和构成,并结合实际工程经验对其成本进行测算,提出降低运行成本的相关建议;王佳靓^[6]从环境会计的角度估算了污水处理厂运行所需环境要素的资源成本,但这种环境成本和本文所定义的环境成本不同;徐浩^[7]结合工作实际对污水处理厂的会计成本进行分析,并提出成本控制建议;还有学者^[8~10]提出通过技术改进和节能减排实现污水处理厂的成本控制。这些研究鲜有对多座污水处理厂样本对比分析,本文选取全国不同省份 227 座污水处理厂进行对比分析,研究结果更具有普遍性和实际意义。

1 数据来源与研究方法

1.1 污水处理厂的治理成本结构

根据《水污染防治法》,污水处理厂的治理成本主要包括污水处理厂及管网和设施的建设成本和运行成本,污水处理厂的位置、工艺、规模、水质和是否满负荷运行都影响污水处理成本。结合各省污水处理定价成本政策及会计核算方法,污水处理厂的治理成本分为建设成本和运行成本。

建设成本是污水处理项目按照确定的建设内容、建设规模、建设标准、功能要求和使用要求等建成并验收合格交付使用的全部财产。污水处理厂的建设成本主要以污水处理厂、管网和设施等的建设投资为主,其中,污水处理厂的费用相对独立且容易计算;而管网建设、监管检测等费用混杂,并且是多年累积投资的结果,不容易计算。对于后者,如果有明确的投资记录,按照记录计算累积投资;如果没有明确记录,则按照重置成本法进行估算,并摊薄到每一年。

运行成本按照发生方式可分为生产成本和期间成本。生产成本是指污水处理过程发生的各项支出,包括人员费用、外购原材料费、水电费、维护费和污泥处理处置费等;期间成本是指为管理和组织污水处理厂运营而发生的费用,包括管理成本和财务成本。

1.2 数据和指标选取

本文根据经济发展情况和各地污水处理厂数量,按照污水处理厂分布密度选取全国 227 座污水处理厂为样本,其中,东部地区 128 座,中部地区 62 座,西部地区 37 座,如图 1 所示。这些污水处理厂中,88 座出水水质执行 GB 18918—2002 一级 A 标准,127 座出水水质执行一级 B 标准,11 座出水水质执行二级标准,1 座出水水质执行三级标准。



图 1 污水处理厂案例分布情况

数据来源于《2013 年城镇排水统计年鉴》、《2012 年中国环境统计年报》和实际调研。指标包括:污水年处理总量、污水年运行总费用、污泥年运行总费用、固定资产总额等。其中,建设成本包括污水处理设施和污水管网的折旧,污水处理厂的建设成本用固定资产折旧来计算;管网的建设成本用污水处理厂所在地(市、县)的排水管网年更新改造费用折旧来计算,由于部分样本的管网建设成本不可得,根据经验测算,污水管网的建设投资成本是污水处理设施的 3~4 倍^[12],本研究取 3.5 倍进行计算;运行成本包括污水处理和污泥处置的年运行总费用。污水处理厂所在地的污水处理费相关数据来源于《2013 年城镇排水统计年鉴》和各地财政局、发改委网站及《污水处理费管理办法》等相关条例。

1.3 全成本分析

污水处理费必须依据污染者付费原则,按照完全成本法将污水排放的全部成本内部化,才能实现环境质量的不退化。

污水处理厂的全成本包括污水排放的治理成本、机会成本和外部成本。当污水处理厂将污水处

理到无退化的排放标准时,排放污水不会造成环境污染,治理成本和机会成本均已内部化;当污水处理厂达标排放,但是排放标准低于环境无退化标准时,依旧会造成环境污染,带来外部成本;当污水处理厂排放未达标时,企业就成为产生环境污染的污染者,产生外部成本。通常,污水排放带来的环境损害是多方面的,造成直接损害和间接伤害,可能有短期损害,也可能有长期影响,而且这些影响可能是潜在的或未知的。通过提高排放标准,直到负外部性消除,此时的治理成本就是全成本。

为了评估污水排放的全成本,在设定不同地区水域环境制定环境无退化标准的基础上,将生态环境的损害成本和修复成本纳入其中,使外部成本内部化,进行基于环境无退化标准的污水排放治理全成本的定量化估算。自筹或 BOT 等形式建设和运营的污水处理厂,已经考虑了运行和投资回报,并且因为污水管网和污水处理厂的边界和服务对象明确,因此可以确定一定排放标准下的治理成本,全成本模型如式(1)所示。

$$TotalC_i = OpC_i(Q, Tech, q_0, q_1, \dots, q_k) + \varphi(OpC_i, r) + \tau(Q, Tech, q_1 \dots q_k, Q_e) \quad (1)$$

式中 $TotalC_i$ 表示污水处理厂治理污水的全成本; $OpC_i(Q, Tech, q_0, q_1, \dots, q_k)$ 表示污水处理厂的治理成本函数,其中 Q 表示排放水量, $Tech$ 表示技术水平, q_0 表示进水水质, $q_1 \sim q_k$ 表示不同排放标准的约束; $\varphi(OpC_i, r)$ 表示进行污水治理的机会成本函数,其中 φ 表示进行污水处理可能获得的合理利润率是治理成本和市场平均利润率的函数,下文计算的全成本中暂不考虑污水处理厂盈利状况,因此未计算机会成本; $\tau(Q, Tech, q_1, \dots, q_k, Q_e)$ 表示污水处理厂排水对环境造成的外部成本,是排水量、技术、排水标准和其他废物产生量的函数, Q_e 表示其他废物产生量。

不同污水处理厂采取的工艺不同,受技术影响的成本可以反映在污水处理厂的运行成本中,因此依据会计核算准则,在实际计算中污水处理厂的治理成本可以表现为各项成本的线性加总,见式(2)。

$$OpC_i = \beta_1 I_1 + \beta_2 I_2 + C_p \quad (2)$$

式中 I_1 ——城镇污水处理设施的固定资产投资;
 β_1 ——污水处理设施的基本折旧率,以污水处

理设施固定资产的折旧年限为 20 年、固定资产净残值率 4%^[12~13] 计算得到污水处理设施的固定资产投资基本折旧率为 4.8%;

I_2 ——污水管网的投资;

β_2 ——污水管网的基本折旧率,以污水管网的折旧年限为 30 年、预计净残值率 4% 计算得到污水管网的固定资产投资基本折旧率 β_2 为 3.2%;

C_p ——城镇污水处理厂的运行成本。

2 案例研究

2.1 污水处理厂样本的治理成本对比分析

通过计算(由于篇幅所限,仅展示整理后的结果),227 座污水处理厂的单位治理全成本在 1.01~6.97 元/ m^3 ,平均治理成本是 2.73 元/ m^3 ,平均建设成本为 1.70 元/ m^3 ,平均运行成本 1.03 元/ m^3 ,普遍高于 227 座污水处理厂所在地污水处理费收费标准。样本所在地居民污水处理费收费标准在 0.10~1.80 元/ m^3 ,平均居民污水处理费标准是 0.76 元/ m^3 ;工业废水处理费收费标准在 0.40~2.50 元/ m^3 ,平均工业废水处理费标准是 0.98 元/ m^3 。

结果表明,不同地区污水处理厂的治理成本不同,西部地区的平均治理成本最高,东部地区其次,中部地区最低,见表 1。西部地区成本相对较高可能源于其地理地质原因导致建设成本增加,西部地区的平均管网建设成本为 1.64 元/ m^3 ,高于东西部地区的平均管网建设成本 30% 以上。东部地区和中部地区的地理地质相似,但是东部地区的平均治理成本略高,原因是东部地区普遍经济更为发达,因此资源利用成本相对较高,例如建设用地、劳动力、材料成本等。

表 1 2012 年污水处理厂治理成本

地区	样本数量 / 座	平均治理成本 / 元/ m^3	建设成本 / 元/ m^3	运行成本 / 元/ m^3
东部地区	128	2.69	1.66	1.03
中部地区	62	2.58	1.56	1.02
西部地区	37	3.13	2.08	1.05
平均		2.73	1.70	1.03

执行不同出水水质标准的污水处理厂的治理成本不同,见图 2。88 座执行一级 A 标准的污水处理厂,治理成本为 1.24~6.97 元/ m^3 ,平均 2.95

元/m³;127 座执行一级 B 标准的污水处理厂,治理成本为 1.01~6.86 元/m³,平均 2.60 元/m³;11 座执行二级标准的污水处理厂,治理成本为 1.61~3.96 元/m³,平均成本是 2.50 元/m³;1 座执行三级标准的污水处理厂,治理成本为 1.18 元/m³。

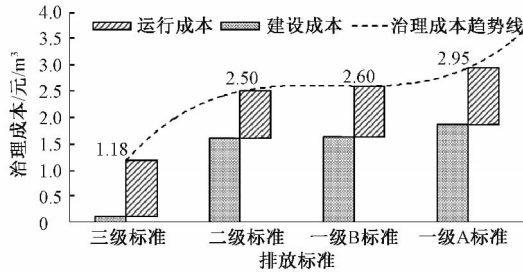


图 2 2012 年污水处理厂治理成本

从图 2 可以看出,随着出水水质标准的提高,污水处理厂的治理成本不断增加,且成本增速呈现波浪式上升趋势。从三级标准提升到二级标准,边际治理成本递增,这说明从一个很低的治理水平提高到较高的治理水平需要成本大幅度提升,可能的原因是从很低的治理水平提高到较高的治理水平需要治理设施的更换和技术的更新;而从二级标准提升到一级 B 标准治理成本增幅较小,由于目前这两个标准执行比较普遍,在现有的技术和设备条件下比较容易实现提标升级改造,成本投入相对较小;而当从一级 B 标准提高到一级 A 标准时,边际治理成本又呈现递增趋势,因为当治理水平的提高超过一定的治理能力时会使得总成本呈阶段性增加,因此当污水处理厂的执行标准提高到一定标准时,治理成本会大幅度增加。

2.2 我国城镇污水处理厂治理成本分析

根据住建部发布的数据来看,截至 2012 年底,我国已建成污水处理厂 3 340 座,污水处理能力 1.42 亿 m³/d,年污水实际处理量为 422.8 亿 m³[14],全年运行费用 393.5 亿元。2012 年,我国污水处理设施累计完成建设投资 3 407.7 亿元,折旧率为 4.8%,预计净残值率 4%,年折旧 157.03 亿元;根据测算,我国污水管网的建设投资大约为 13 630.8 亿元,折旧率为 3.2%,预计净残值率 4%,年折旧 418.74 亿元。据此估算,城镇污水处理厂全年运行成本为 393.5 亿元。建设成本为 575.77 亿元,则全国城镇污水治理总成本约 969.27 亿元。

由此可以估算,在现状城镇污水处理排放标准

下,我国城镇污水处理的单位治理成本(包括污水处理设施建设成本、污水管网建设成本、运行成本)为 2.29 元/m³,略低于 227 个样本数据计算结果,但仍远高于我国 36 个大中城市平均污水处理费 0.76 元/m³(居民)和 0.98 元/m³(非居民)[15]。由此可见,我国征收的污水处理费只覆盖污水处理厂的运行成本,并未覆盖我国城镇污水处理的全部治理成本。

2.3 治理成本与污水处理费比较分析

具体从各地的污水处理费的实际征收标准来看,与当地的污水处理费比较,可以看出大部分的污水处理厂的单位治理成本是高于其所在地的污水处理费征收标准的(居民、工业),如图 3 所示。

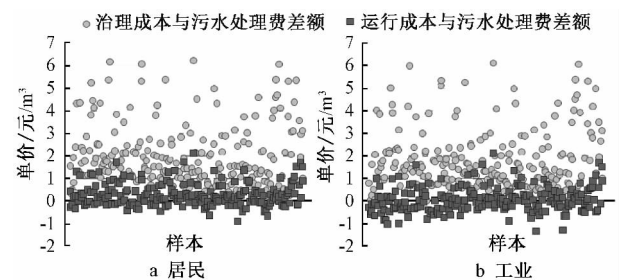


图 3 治理成本和运行成本与当地污水处理费差额

居民用水排水属于基本生活需要,对居民所征收的污水处理费低于治理成本,可以通过政府的财政进行补贴;而工业排水是为了生产盈利,具有商业性质,而对工业征收的污水处理费低于治理成本,说明对工业征收的污水处理费未能包含全部的治理成本,说明社会在为工业排污支付成本。

3 讨论

前文所计算的污水处理厂的治理成本包含了建设成本和运行成本,当污水处理厂的排水和其他废弃物不会对环境造成外部影响时,就是污水治理的全部成本。实际上,现行的国标《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)是 2002 年依据当年的技术、成本和环境容量制定的,已与现在的环境状况脱节,在接纳水体水质劣于水环境功能要求且排放标准等于和劣于现状水质的情况下,达标排放的排水依然会污染水环境。此时的外部成本没有纳入到污水的治理成本中。因此,如果加上环境成本和机会成本,污水处理费的征收标准应该远大于现行的价格。

当前城镇污水处理厂污染物排放标准偏低,制度建设不完善,监管机制缺失,因此污水治理的全部成本并不是由污水处理厂承担。基于前文计算分析可见,污水处理费仅涵盖污水处理厂的运行成本,建设成本尚未包含在内,而污水治理可能带来的环境成本则由社会承担。对于居民而言,污水处理属于政府的公共服务职能,应当给予适当的财政补贴;但是对于工业而言,依据污染者付费原则,这部分成本应当由排污者承担,现在仍存在政府补贴工业的现象。

只有将环境成本内部化,纳入到全成本核算体系中,据此设计的污水处理费征收标准才能够涵盖污水治理的全部成本,才能够保证水环境质量不退化。而要想将环境外部影响内部化,必须依据环境无退化原则进行排放标准的修订。应该根据受纳水体的环境质量标准要求制定城镇污水处理厂的环境无退化的排放标准,对于资源型缺水地区和水污染严重地区,应该制定更为严格的排放标准;对于天然来水充沛且环境容量尚可地区,可以酌情修订现有的排放标准。

应进一步完善污水处理费政策体系,要基于环境无退化时的治理成本来制定污水处理费的征收标准。并且,进一步加强污水处理费征收、使用和污水处理厂运营维护的监管,按照事权、财权相匹配的原则,建立和完善污水处理设施运营和经费保障机制。积极扩展相关资金的渠道,引入多方资金,建设多种项目建设和运行模式,运用市场激励手段提高效率降低成本,保证污水处理设施的正常运行。

4 结论

(1)227个污水处理厂样本的单位治理成本为1.01~6.97元/m³,平均治理成本是2.73元/m³;我国城镇污水处理的单位治理成本约为2.29元/m³,均远高于样本所在地平均污水处理费0.76元/m³(居民)和0.98元/m³(非居民)。当前污水处理费的征收标准远低于当前低排放标准下的全部治理成本,仅覆盖污水处理厂的运行成本,水环境质量得不到有效保障。

(2)从地域来看,我国污水处理厂的治理成本呈现出地区差异,西部地区最高,中部地区最低。

(3)从执行标准来看,随着出水水质标准提高,污水处理厂治理成本不断增加,边际治理成本呈现递增趋势。

(4)居民排水具有公共服务性质,可以由政府补贴;工业排水具有商业性质,应依据污染者付费原则承担相关成本,现阶段仍存在政府补贴工业现象。

(5)基于样本结果,应当进一步修订《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002),依据环境无退化时的污水处理设施的全部治理成本来制定污水处理费征收标准,加强污水处理费征收、使用和监管,建立污水处理设施的运营和经费保障机制。

参考文献

- 葛勇. 基于污染治理成本开展污水排污费征收标准的研究:[学位论文]. 南京:南京理工大学,2012
- 陈中颖,刘爱萍,刘永,等. 中国城镇污水处理厂运行状况调查分析. 环境污染与防治,2009,9:99~102
- 骆敏. 污水处理成本的费用函数分析. 江苏环境科技,1992,(3):23~35
- 周斌. 华东地区城市污水处理厂运行成本分析. 中国给水排水,2001,18(8):29~30
- 原培胜. 城镇污水处理厂运行成本分析. 环境科学与管理,2008,(1):107~109
- 王佳靓. 关于污水处理厂的环境成本核算研究:[学位论文]. 北京:中国政法大学,2011
- 徐浩. 污水处理厂成本管理研究. 经营管理者,2013,24:184
- 徐晓宇,李春光. 污水处理厂运行的节能降耗技术进展. 给水排水,2009,26(12):47~50
- 赵宝江,李江,王丽萍. 污水处理厂节能减排的实现途径分析. 环境保护与循环经济,2010,11:49~62
- 沈大军等. 水价制定理论、方法与实践. 北京:中国水利水电出版社,2006
- 污水厂建设,首先解决管网大头成本——其次才是提高污水处理费的收取标准. <http://huangbaojusi2008.blog.163.com/blog/static/843744172008718159156/>
- 万雨龙,金腊华,陈克坚,等. 低成本生物膜法处理城市污水试验研究. 工业水处理,2007,4:72~74
- John W Sawkinst, Valerie A Dickie. Affordability of household water and sewerage services in Great Britain. Fiscal Studies,2005,26
- 关于全国城镇污水处理设施2012年第四季度建设和运行情况的通报. http://www.mohurd.gov.cn/zcfg/jsbwj_0/jsbwjcsjs/201303/t20130301_213010.html
- 2013年8月36个大中城市服务收费平均价格表. http://www.sdpc.gov.cn/fzgggz/jggj/jgsjgjc/201309/t20130927_586168.html

✉ 电话:(010)82502696

E-mail:tsnow@ruc.edu.cn

收稿日期:2015-01-26