

# 城镇污水处理项目成本效益分析

李闻一(教授), 钟里卉, 祝麟

(武汉纺织大学会计学院, 武汉 430200)

**【摘要】** 如何衡量城镇污水处理项目的绩效是政府工作的重要内容。本文在对城镇污水处理项目研究现状和发展动态研究的基础上,采用三级指标对城镇污水处理项目成本效益进行详细分析,建立其成本模型和效益模型,并对其生态效益进行了建模量化。结合“城镇污水处理项目的成本收益”调查问卷对某市5个城镇污水处理项目进行实证分析,对比探讨项目的成本效益,得出城镇污水处理项目经济效益得到重视、生态效益相差甚远和成本效益值不够理想等结论。

**【关键词】** 城镇污水处理项目; 成本效益; 经济效益; 生态效益

## 一、引言

我国水资源匮乏,人均占有量少,空间分布不均匀。同时,随着城市化、工业化加速以及现代工业废水的乱排乱放、城市垃圾大量增加、农村农药随意喷洒等等,水污染问题日益严重,水资源需求缺口日益增大。有效处理城镇污水对于解决水污染问题,缓解用水供给矛盾至关重要。“十二五”期间全国城镇新增污水处理规模4 569万立方米/日,全国城镇建设污水网管15.9万公里,新增污水配套管网总投资达1 852亿元。截至2013年6月底,全国城市、县累计建成城镇污水处理厂3 479座,污水处理能力约1.46亿立方米/日。2013年第二季度,全国城镇污水处理厂累计处理污水110.5亿立方米,同比增长6.7%,运行负荷率达到83.5%,同比提高了1.4个百分点。

政府既然制定了相应的政策、规划,并对城镇污水处理投入大量的资金,那么城镇污水处理项目运行效果如何?国内学者对此展开了深入研究。王浩昌(2011)等针对我国城市污水处理厂运行效率低、缺乏有效监管、运行模式粗放现状,设计开发了污水处理厂运行绩效管理信息系统(WWTP-PMS),为污水处理厂运行绩效管理工作提供信息平台和管理工具。杨硕(2010)等通过对影响污水处理厂效益的因素进行分析研究,以专家对各因素重要性的评判为依据,确定其绩效评价的4个维度、9个一级指标、23个二级指标及隶属的基层指标。陈立爱(2013)等在构建衡量污水厂运营绩效指标体系的基础上,应用加速遗传算法和投影寻踪模型,将衡量污水厂运营绩效的多维评价指标投影到一维数据空间,实现了复杂系统的横向对比。本文将生态效益纳入总效益范围内进行考量,选取成本效益指标并构建成本效益模型,让成本效益的计量和分析更加真实完整,符合污水处理项目的实际,从

而为政府提供投资与运行的准确数据,让公众了解污水处理项目运行情况。

## 二、污水处理项目成本效益指标选取

通过访谈公共管理、财务、污水处理等领域的专家和工程师,确定城镇污水处理成本效益考查内容,然后对城镇污水处理厂进行问卷调查,结合座谈内容和专家筛选,最终确定城镇污水处理项目以下成本效益指标:

表1 城镇污水处理项目的成本效益指标

一级指标	二级指标	三级指标
城镇污水处理项目的效益	城镇污水处理项目经济效益	污水处理收费
		污水回用收益
		提取有用物质收益
	城镇污水处理项目生态效益	污水处理厂的全生命周期
		污水处理量
		城镇供水价格
城镇污水处理项目的成本	城镇污水处理项目建设成本	污染治理设备的投入
		污染治理技术的研究投入
		各种材料和能源的投入
		各种工程建设投入
		其他固定资产投资
	城镇污水处理项目运行成本	燃料及动力费
		药剂费
		人工福利费
		管理费
		税费
		污泥处置费
	城镇污水处理项目维护成本	日常维护费
		折旧费

### 三、污水处理项目成本效益模型的建立

#### (一)污水处理项目成本

城镇污水处理项目成本包括建设期投资(一次性基建投资)成本和运行期费用。

1. 建设期投资。根据建设部标准《城市污水处理工程项目建设标准》(建设[2001]77号),对城市污水处理厂工程建设规模的确定依照表2。

	I类	II类	III类	IV类	V类
污水处理量 (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /d)	50~100	20~50	10~20	5~10	1~5

2. 运行期费用。污水处理设施的主要运行期费用可细化为以下几项:①直接材料:在污水处理过程中耗用的各种材料、药品、低值易耗品费用;②动力费:在污水处理过程中耗用的燃料和动力费用;③工资福利费:污水处理厂内生产工人、管理人员的工资及福利费;④折旧费:企业提取的固定资产折旧额,折旧率按相关财务规定分类计取;⑤修理费:设备修理预提的费用;⑥检修维护费:对构筑物、设备、工艺管道等日常检修维护实际发生的费用;⑦财务费用:企业长、短期贷款发生的利息支出;⑧其他费用:如污泥处置费、生产用车费、办公费、差旅费、邮电费等。

(1)将各种成本表示为燃料及动力费(主要是电费)C<sub>1</sub>、药剂费C<sub>2</sub>、工资福利费C<sub>3</sub>、日常维护费C<sub>4</sub>、管理费C<sub>5</sub>、污泥处置费C<sub>6</sub>和折旧费C<sub>7</sub>等,得到下式:

燃料及动力费:

$$C_1 = a \times b + c$$

式中:a表示每单位污水的耗电量;b表示电价;c表示每单位污水的其他动力费用。

工资福利费:是指城镇污水处理项目工资,以及按工资一定比例提取出来的专门用于人员医疗、补助和其他福利事业的经费,按下式来计算:

$$C_3 = g \times h (1 + 14\%)$$

式中:g表示某城镇污水处理厂的人员数量;h表示某地区年收入均值。

日常维护费:

$$C_4 = e \times k \times j$$

式中:e表示某城镇污水处理厂的投资;k表示某城镇污水处理厂的固定资产占总投资的比例;j表示维护费率。

管理费:

$$C_5 = (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_7) \times m$$

式中:m表示管理费率。

污泥处置费:

$$C_6 = \frac{O + S + Y + R}{Q}$$

式中:O表示污泥处理药剂费;S表示污泥填埋费;Y表示污泥运输费;R表示污泥处理电费。

依据对不同地区污水处理设施的调查,可确定以上公式中各部分系数,如:工业电价、年平均收入、污泥填埋运输费等。从而进一步确定各个不同地区、不同规模城镇污水处理设施的成本明细。

(2)如果以建设成本、运行成本和维护成本对其进行表示,则:

建设成本可表示为:C<sub>j</sub>=r

运行成本可表示为:C<sub>y</sub>=C<sub>1</sub>+C<sub>2</sub>+C<sub>3</sub>+C<sub>5</sub>+C<sub>6</sub>

维护成本可表示为:C<sub>w</sub>=C<sub>4</sub>+C<sub>7</sub>

故城镇污水处理项目成本可表示为:C=C<sub>j</sub>+C<sub>y</sub>+C<sub>w</sub>

#### (二)污水处理项目效益

1. 污水处理收费。处理不同性质的污水收费标准不同。参照不同地区的污水收费标准,可分为居民污水处理费、非经营性污水处理费、经营性污水处理费、特种行业污水处理费等类别。

本文设定某城镇污水处理厂的居民污水处理费为I<sub>11</sub>,非经营性污水处理费为I<sub>12</sub>,经营性污水处理费为I<sub>13</sub>,特种行业污水处理费为I<sub>14</sub>,则其污水处理收费I<sub>1</sub>可表示为:I<sub>1</sub>=I<sub>11</sub>+I<sub>12</sub>+I<sub>13</sub>+I<sub>14</sub>

2. 污水回收收益。城镇污水回用,就是将城镇生产污水和生活污水经过收集处理后,再重新回用于生产、生活的污水资源化过程,回用的污水可用于工业冷却、城市绿化等方面。城市污水的回用,可以很好地控制地表水、地下水资源免受或少受污染,有效地解决污染源治理,提高环境质量,对保障人民健康意义重大,由此带来不可估计的经济效益。

本文采用费用效益分析法对城镇污水回用的经济性进行分析,其计算公式如下:

$$I_2 = B - C$$

式中:I<sub>2</sub>表示污水回用的净效益现值;B表示污水回用的总效益现值;C表示污水回用的总费用现值。

$$B = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}$$

$$C = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

式中:B<sub>t</sub>表示第t年的效益,包括节省的水费、污水处理费用等;C<sub>t</sub>表示第t年的费用,包括建设费用、运行费用和维护费用等;r表示政府贴现率;t表示时间。

3. 提取有用物质收益。从污水中提取有用物质,形成新产品获得收益,可以取得一定的经济效益。

$$I_{31} = \sum_{t=1}^n Q_t P_t$$

式中:Q<sub>t</sub>表示从城镇废水中提取的物质总量;P<sub>t</sub>表示

从城镇废水中提取物质的市场价格。

有些物质需经深度加工、处理,才能制成新产品并出售,获得收益,可以表示为:

$$I_{32} = \sum_{i=1}^n Q_i' P_i'$$

式中:  $Q_i'$  表示形成的产品  $i$  的产量;  $P_i'$  表示  $i$  产品的市场价格。

从而可知,污水处理厂在运行过程中提取有用物质的收益可表示为:  $I_3 = I_{31} + I_{32}$

由前述可知,污水处理项目的效益主要包括污水处理收费  $I_1$ 、污水回用收益  $I_2$  和提取有用物质收益  $I_3$ ,故污水处理项目收益可表示为:  $I = I_1 + I_2 + I_3$

### (三) 污水处理项目成本效益模型

本文中建立城镇污水处理项目的效益包含经济效益和生态效益。在求解出城镇污水处理项目的经济效益  $E_j$  和生态效益  $E_s$  后,可以计算出效益  $E$ ,表达式如下:

$$E = E_j + E_s$$

在实地考察和调研当地年平均收入、电价以及单位污水处理收费等各指标的基础上,可以分别表示出不同地区污水处理项目的经济效益和生态效益,进而得出不同地区污水处理项目的效益模型,对其进行量化分析。

(1) 经济效益模型的构建。经济效益是指有用成果与劳动消耗的比较关系,简称为所得与所费的关系,即:

$$\text{经济效益} = f(\text{所得}, \text{所费})$$

本文在求解出污水处理项目的成本  $C$  和收益  $I$  以后,其经济效益  $E_j$  可表示如下:  $E_j = I - C$

(2) 生态效益模型的构建。生态效益是指自然界的生态系统通过自身活动来满足人类生理及心理需要的属性。城镇污水处理项目不仅是一项环保治理工程,也是一项社会公益事业。以生态效益为主要盈利目标,它所反映出来的效益是抽象概念,不像设备、原材料等有形物质有显性的货币价值,很难用货币单位来度量。本文试图从污染物运动过程找到量化方法。

污染物进入水体后随水流迁移,并逐渐混合、稀释和降解。如果将水体假定为一维水质模型,那么污染物进入河流后,可分为三个阶段:第一阶段,污水在离开排放口以后,以射流或浮射流方式与周围水体掺混及扩散,这个阶段又称初始稀释阶段。第二阶段,是向河宽横向紊动扩散阶段,污水在排放口附近初始稀释至污水扩散到全河宽有一个较长过程。第三阶段,沿纵向的河流分散占主导地位,可作为一维纵向分散问题看待,这一阶段是下游分散阶段。

本文假定水流近似地处于稳定状态,断面均匀,基于一维水质模型对城镇污水处理项目的生态效益进行量化研究。根据污染物稀释理论,以稀释污染物达到要求地表水所需水量的价值作为生命周期评价中污染物所带来的

生态效益。生态效益指标如下:①要求标准的出水水量,以  $Y_1$  表示;②稀释污染物所需水量,以  $Y_2$  表示;③城镇污水处理厂污染物排放标准,以  $W_1$  表示;④原水浓度,以  $W_2$  表示;⑤城镇供水价格,以  $P_1$  表示;⑥原水价格,以  $P_2$  表示。

以  $W$  代表要求的地表水水质标准,则:

$$W = \frac{W_1 \times Y_1 + W_2 \times Y_2}{Y_1 + Y_2}$$

通过水价为杠杆计算城镇污水处理厂出水价值  $V$ ,则可表示为:

$$V = (Y_2 \times P_2 - Y_1 \times P_1) \times l \times n$$

式中:  $n$  代表污水处理厂的全生命周期;  $l$  代表污水处理量。

至此,上式已通过量化模型对生态效益进行数值量化,直观反映污水处理项目的生态效益,故本文将生态效益  $E_s$  表示为:  $E_s = V$

## 四、城镇污水处理项目成本效益案例研究

### (一) 某市城镇污水处理项目现状

某市每年向其 13 个行政区的污水处理项目投入财政资金 2 亿多元,用于污水的处理。通过这些城镇污水处理项目的运转,该市的污水处理达到了预期的效果。但也存在一些问题:城镇污水处理率不达标;资金和项目的整合不足;农村环境管理的长期机制尚待建立;居民思想认识不到位、环境意识不强等等。

### (二) 城镇污水处理项目成本效益分析步骤

首先设计调查问卷。确定城镇污水处理项目所属地区,从成本与效益两方面,依次确定研究指标,根据指标设计出成本效益模型分析所需信息,并将其抽象为一系列的问题,设计出成本效益调查问卷。②其次进行问卷调查。根据调查问卷,与项目负责人、财务负责人、工程师等座谈并委托其填写问卷。最后进行成本效益分析。整理调查数据并结合前文所建立的成本效益模型,对城镇污水处理项目的成本效益进行量化研究,得到项目的成本效益分析结果。

### (三) 某市城镇污水处理项目成本效益分析

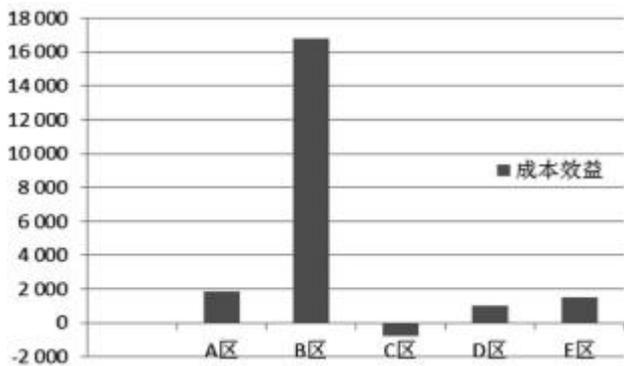
本文基于所建立的城镇污水处理项目的成本效益模型,选取某市 5 个城区的 5 个具有代表性的污水处理厂进行案例研究。

表 3 成本效益数据 单位:万元

项目	成本			经济效益	生态效益
	$C_j$	$C_y$	$C_w$	$E_j = I - C$	$E_s$
A 区	17 246.7	3 025.12	800	- 1 551.82	3 400
B 区	5 650	6 504.5	889	3 947.25	12 862.5
C 区	534	220.52	19	- 754.72	6.38
D 区	5 093.37	1 231.26	130	440.57	609
E 区	3 600	1 306	200	14	1 508.58

根据问卷访谈和会计数据的调阅,分别得到成本、经济效益和生态效益的值,并结合上文所述计算方法,得到5个污水处理厂的**成本效益值**,如表4所示。

地区	A区	B区	C区	D区	E区
成本效益	1 848.18	16 809.75	- 748.14	1 049.57	1 522.58



5个城镇污水处理项目的成本效益对比(单位:万元)

如上图、表4所示,除C区的污水处理项目成本效益值为负外,其余4个城镇污水处理项目的成本效益值均为正。结合所调查地区的经济发展情况和污水处理项目所覆盖区域的人员组成情况,以及周围工业分布情况,可以得到以下结果:

**B区**污水处理厂规模大,年污水处理量最多,经济效益较大;同时其使用年限为**50**年,生态效益**Es**很高,其成本效益值最大。**C区**污水处理厂建成于**2013**年,至今才投入使用半年,运营初期污水处理量特别少,收益无法弥补高额的建设成本,经济效益**Ej**为负。同时由于要求标准的出水水量为**0.15(10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>/d)**,生态效益**Es**很小,其成本效益值最低且为负。**A区**污水处理厂,建设成本和规模最大,而成本效益值居第二位,主要原因是污水处理量较低,且使用年限较短。**D区**和**E区**污水处理厂,其成本效益值大致相同,主要因为两个项目的建设成本、污水处理量、使用年限等影响成本和效益的因素相似。

## 五、结论及建议

### (一)研究结论

1. 提出了城镇污水处理项目的成本效益指标。通过访谈专家以及问卷调查,结合座谈内容和专家筛选,最终确定城镇污水处理项目的成本效益指标。一级指标为城镇污水处理项目的效益和成本,二级指标为城镇污水处理项目经济效益、生态效益、建设成本、运行成本和维护成本,将生态效益纳入其中进行考量。

2. 建立了城镇污水处理项目成本效益模型。在对城镇污水处理项目成本、效益进行分析的基础上,分别建立了项目的成本模型和效益模型,并对项目所产生的生态效益进行建模量化,最终建立城镇污水处理项目成本效益模型。

3. 经济效益得到重视,生态效益相差甚远。通过对某市5个城镇污水处理项目的实证研究可以得出以上结论,这与客观实际相吻合。随着我国对污水处理项目的投入日益增多,实际使用的污水处理项目的数量不断增加,项目绩效评价的不断推进,成本管控得以加强,收益的实现方式和形式不断增多,经济效益实现的差距得以缩小。但是生态效益没有引起足够重视,造成治理后的污水质量差距较大。

4. 成本效益值不够理想。根据上图,可以看出某市5个城镇污水处理项目的成本效益值不够理想。这主要缘于污水处理项目的污水实际处理量与规划的设计处理量相差太远。

### (二)研究建议

1. 要合理匹配建设成本和污水处理量。在城镇污水处理项目规划和立项过程中,要深入对该地区的经济状况、人口数量和周边环境等因素进行调研,更加准确地估算当地所需污水处理量,据此合理规划污水处理项目的规模、污水处理能力和投入成本。

2. 进一步拓展城镇污水处理项目的多元收益。城镇地区生活、生产等污水经污水处理厂处理后,其水质标准为**V**或**IV**类,根据国际经验,可以用于农田作物灌溉、林木灌溉、生态湿地用水和水养殖用水等。因此要进一步拓展城镇污水处理项目,这样做不仅能直接带来经济效益,而且能产生很好的生态效益。

3. 重视城镇污水处理项目的生态效益。城镇污水处理项目不仅要重视经济效益,而且要更加重视生态效益。据新华社报道,中国现水安全红色警讯,全国**657**个城市中,有**300**多个属于联合国人居署评价标准的“严重缺水”和“缺水”城市,六成地下水水质较差极差,水污染已向全国蔓延。正如习总书记所说,我们要为子孙后代留下天蓝地绿水清的环境。

4. 进一步落实各级政府水环境治理责任主体地位。只有实施水环境治理行政首长负责制、目标责任制和环境损害责任终身追究制,才能真正将水环境保护落到实处,建立起政府、公众、企业、环保志愿者等共同参与的环境保护机制。

### 主要参考文献

宋国君,韩冬梅.中国城市生活污水管理绩效评估研究[J].中国软科学,2012(8).

审计署外资运用审计司.“三河三湖”水污染防治绩效审计调查综述[J].中国审计,2010(7).

【基金项目】教育部人文社会科学研究青年基金项目“纺织印染行业水污染防治公共项目的公众满意度模型构建及评价研究”(项目编号:10YJC630126);武汉市社会科学基金项目“武汉市城镇污水处理项目成本收益研究”(项目编号:WHSK11041)