

# 水价改革与节水技术推广的博弈

卢丽荣

(河北省水利水电勘测设计研究院,天津 300250)

**摘要** :在分析水价现状及改革方向的基础上,以火电厂方案优选为例,对水价与节水技术推广进行博弈分析,阐述了水价对节水的影响,并提出水价改革的建议。

**关键词** 水价;节水;博弈论;火电厂

中图分类号:F407.9

文献标识码:A

文章编号:1003-9511(2011)05-0031-03

博弈论又称对策论,是现代数学的一个新分支,也是运筹学的一个重要组成内容。博弈论是运用严谨的数学模型研究冲突对抗条件下最优决策问题的理论,简而言之,是研究决策主体在给定信息结构下使自己的效用最大化,并使不同决策主体之间达到效益平衡的理论。不管博弈各方是合作、竞争、威胁还是暂时让步,博弈论模型的求解目标都是使自身的最终利益最大化,且这种解是建立在对方也采取各自“最优策略”的前提下,最终各方达到一个力量均衡,谁也无法通过偏离均衡点而获得更多的利益。

博弈论的应用领域十分广泛,已成为经济、政治、军事等诸多领域重要的研究和分析工具。如何将博弈论更好地应用于水价改革与节水技术推广之中,以实现全社会节水的目标,是值得深入研究的课题。

## 1 水价现状及改革方向

### 1.1 水价现状

现状水价体系包括城市水价和农业水价两大部分。目前城市水价结构基本完善,终端用户水价由自来水价格(管网建设和维护成本)、污水处理费、水资源费(南水北调工程受益地区还加收了南水北调基金)和城市公用事业附加费构成。城市水价已经包含了对资源耗费的补偿和对环境污染损害的补偿。而农业用水由于地域差异性较大,目前仍未建立一个完善有效的水价体系,还处于低价或无偿使用状态。但即便是对城市供水,我国也仅仅从 1999 年才开始征收污水处理费。截至 2008 年底,全国 36 个大中城市供水价格平均为 2.9 元/m<sup>3</sup>,其中,自来

水价格 1.5 元/m<sup>3</sup>、污水处理费 0.9 元/m<sup>3</sup>,水资源费和南水北调基金约为 0.5 元/m<sup>3</sup> [1]。

如果不考虑资源的稀缺程度和环境治理成本,衡量水价高低的一个重要指标是水费支出占家庭平均支出的比重 [2]。根据世界银行和一些国际贷款机构的研究,水费支出占家庭支出的 3%~5% 是可行的。国际上,水费支出至少应占家庭支出的 2%。我国 2008 年城镇家庭人均实际支出为 14 748 元,人均水费支出为 92 元,水费支出占家庭全部支出比例的 0.6%。水价偏低,一方面不利于节水,因为用水户感受不到水资源的紧缺;另一方面,低水价造成对城市供水和治污的投入不足,既限制了供水事业的发展,也限制了污水的循环利用。由于水价偏低,2004~2007 年,全国 31 个省、自治区、直辖市中,供水亏损的省份比例分别为 68.0%、61.0%、64.5% 和 54.8%,亏损总额分别为 16.1 亿元、13.9 亿元、12.4 亿元和 14.8 亿元。

水价长期处于低价状态,形成供水企业亏损、水资源浪费、水体污染加重、企业治污能力不足的恶性循环,水价改革势在必行。

### 1.2 水价改革方向

水价改革对合理配置水资源、提高用水效率、节约用水、促进水污染治理和水环境优化有着重要的作用。考虑到水资源的匮乏程度以及治理水污染和优化水环境的需要,水价偏低的问题急需解决 [3]。根据国际经验,自来水水价 = 水资源费 + 供水成本(城市管网、引水渠道的建设、维护成本) + 污水处理费 + 税金 + 利润。事实上,处理 1t 污水的成本远高于提供 1t 自来水的成本。而且,自来水水价中的水

资源费需大幅度提高,才能反映水资源的稀缺性<sup>[4]</sup>。

据国外一些资料,水费支出占家庭收入的比例不同对居民的心理影响也不同。水费占家庭收入的1%时,对居民心理影响不大;水费占家庭收入的2%时,对居民心理有一定影响,居民开始关心用水量;水费占家庭收入的2.5%时,居民重视并注意节水;水费占家庭收入的5%时,对居民心理影响较大,居民认真节水;当水费占家庭收入的10%时,对居民心理影响很大,居民考虑水的重复利用<sup>[5]</sup>。可见,提高水价与增强居民节水意识息息相关。

因此,水价改革的方向是要“完善反映市场供求关系、资源稀缺程度、环境损害成本的生产要素和资源价格形成机制”。只有当水价真正反映了资源稀缺程度和环境损害成本时,节水型社会和可持续利用的水资源体系才能真正建立。

## 2 水价与节水博弈实例

火电厂一直是工业用水户中的大户,在上马空冷火电厂之前,火电厂是名副其实的“水耗子”。在我国缺水的地区,由于大量使用地下水发电,地下水水位开始不断下降。为此,国家发展改革委员会要求在富煤缺水地区必须使用空冷火电厂发电。为了使空冷火电厂能够得到广泛推广,除了政策导向外,水价在其中也起着重要作用。

### 2.1 拟建火电工程方案比选

在某地区拟建设 $2 \times 350$  MW火电(热电联产)厂,有空冷火电厂和湿冷火电厂两种建设方案。目前,空冷火电厂投资高于湿冷火电厂,但用水量较少,运行期间水费成本相对较低。两种建设方案的特性指标见表1。

在不考虑其他条件变化情况下,供水价格直接影响建设方案的优化比选。将空冷火电厂与湿冷火电厂相比增加的投资作为增量费用,节约的用水成本作为收益,采用增量效益费用法对两方案进行不同水价状况下的方案优选。增量效益费用比大于1时,投资大的方案较优;增量效益费用比小于1时,投资小的方案较优;增量效益费用比等于1时,两方案效果同等优<sup>[6]</sup>。

表1 空冷火电厂与湿冷火电厂投资与用水指标

火电冷却工艺	工程规模/MW	静态投资/亿元	单位发电投资/(元·kW <sup>-1</sup> )	用水量/(万m <sup>3</sup> ·a <sup>-1</sup> )
空冷	2×350	31.74	4534	164
湿冷	2×350	28.95	4136	1046
两种工艺差值	0	2.79	399	-882

不同水价情况下空冷火电厂与湿冷火电厂方案比选结果详见表2。

表2 不同水价情况下空冷火电厂与湿冷火电厂方案比选结果

水价 P/(元·m <sup>-3</sup> )	空冷用水成本/万元	湿冷用水成本/万元	湿冷与空冷用水成本差值/万元	增量效益费用比
2	328	2092	1764	0.52
2.5	410	2615	2205	0.65
3	492	3138	2646	0.78
3.84	630	4017	3387	1
4.5	738	4707	3969	1.17
5	820	5230	4410	1.3
5.5	902	5753	4851	1.43

注:财务指标计算中,财务基准收益率为8%。

水价与方案比选关系见图1,图中, $P_0$ 为增量效益费用比等于1时的临界水价。

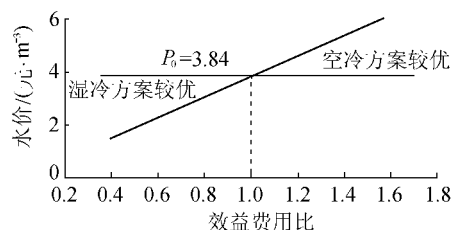


图1 水价与火电厂方案优选关系

从表2和图1可以看出,如果业主从投资收益角度来优选方案,当水价等于3.84元/m<sup>3</sup>时,空冷火电厂与湿冷火电厂两方案同等优;水价低于3.84元/m<sup>3</sup>时,湿冷火电厂方案比空冷火电厂方案优;水价高于3.84元/m<sup>3</sup>时,空冷火电厂方案比湿冷火电厂方案优。

### 2.2 水价与节水的博弈关系

项目拟建设地区有再生水厂和自来水厂两家供水公司。假设供火电厂的再生水供水价格和自来水供水价格分别为 $P_r$ 、 $P_t$ ,火电厂采取空冷或湿冷两建设方案同等收益时的水价为 $P_0$ (称临界水价)。在不考虑政策等其他外界因素条件下,不同水价组合策略,将直接影响业主对火电厂的建设方案做出不同的决策。

a.  $P_r \leq P_t < P_0$ ,再生水供水价格 $P_r$ 小于等于自来水供水价格 $P_t$ ,且小于 $P_0$ 。在此情况下,业主会优先考虑上马湿冷火电厂,因为水价较低,上马空冷火电厂所增加的投资与节水所带来的收益相比,其效益费用比小于1。也就是说在这种供水价格下,增加投资采取节水措施,企业的收益会降低。在最大利益目标的驱动下,企业不会增加节水投资,将会主动采取湿冷火电厂建设方案。

当 $P_r = P_t$ 时,企业选择再生水还是选择自来水,一方面会考虑水源点输水至厂区距离的远近,另一方面企业为了避免利用再生水可能出现的水质风险,更倾向于使用自来水。当 $P_r < P_t$ 时,企业为了节约成本,会选择再生水作为生产水源。

b.  $P_r < P_0$  且  $P_l > P_0$ , 再生水供水价格  $P_r$  小于临界水价  $P_0$ , 自来水供水价格  $P_l$  大于临界水价  $P_0$ 。在这种情况下, 企业可能有两种选择: 如果采用再生水作为供水水源, 业主会优先考虑上马湿冷火电厂; 如果采用自来水作为供水水源, 业主会优先考虑上马空冷火电厂。

如果企业处于自由竞争、无外界因素调控状况下, 企业会继续考虑再生水供水价格  $P_r$  与自来水供水价格  $P_l$  的差距, 考虑上马空冷火电厂与湿冷火电厂的投资差额, 会以投资收益率最高为目标进行方案选择。企业是否会主动采用空冷的节水技术, 主动利用再生水, 存在着不可预见的不确定因素, 因为企业是以实现最大利益目标为导向的。

c.  $P_0 < P_r < P_l$ , 再生水供水价格  $P_r$  大于临界水价  $P_0$ , 小于自来水供水价格  $P_l$ 。在这种情况下, 企业会主动采取空冷火电厂的建设方案。因为无论再生水供水价格  $P_r$  还是自来水供水价格  $P_l$  都高于临界水价  $P_0$ , 企业如果采取湿冷火电厂建设方案, 虽然节省了建设投资, 但需付出高用水成本的代价。从表 2 和图 1 可以看出, 当水价高于  $P_0$  (3.84 元/ $m^3$ ) 时, 空冷火电厂与湿冷火电厂建设方案的增量费用效益比大于 1, 空冷火电厂方案较优, 企业收益最大。

同时, 由于再生水供水价格  $P_r$  小于自来水供水价格  $P_l$ , 企业为了获得较高收益, 会主动取用再生水, 进而达到充分利用再生水、节约水资源的目的。

### 2.3 水价对节水的影响

从以上的博弈分析可以看出, 由于空冷火电厂一次性投入要高于湿冷火电厂, 在水价较低情况下, 很多火电厂并不愿意主动加入空冷行列。如果水价上涨, 则湿冷火电厂的生产成本自然要增加, 从长远的角度看, 使用空冷火电厂产生的经济效益更高。水价上涨势必会迎来空冷火电厂的建设高峰, 并加速现有湿冷火电厂改造为空冷火电厂的进程。

水价上涨是双刃剑, 在增加了企业用水负担的同时, 也促进节水技术的大力推广, 如果能够将节水技术更加广泛地导入生产, 从长远的角度看, 不但会抵消水价上涨所带来的生产压力, 也会在提高企业社会竞争力的同时, 节约水资源, 保护水环境。

### 2.4 水价制定的博弈

鉴于前述分析, 在不同的水资源管理体制下, 再生水厂和自来水厂两家供水公司的水价制定会出现迥然不同的结果。

#### 2.4.1 再生水厂与自来水厂隶属不同部门管理

假设再生水厂隶属于 A 部门, 自来水厂隶属于 B 部门。通常情况下再生水的供水成本较高, 如果

再生水厂要补偿成本增加合理收益, 其供水价格将高于自来水供水价格, 这时火电厂会采用自来水, 而再生水将因水价过高卖不出去而白白流掉。如果再生水厂为了增加一点收益, 在亏损状态下采取低于自来水供水价格的价格降价出售, 在无宏观调控指导下, 自来水厂为了追求部门利益可能会与再生水厂展开“价格大战”, 最终受益者是火电厂, 不用采取节水技术就能够获得较高收益。再生水厂因收益较差, 治污能力不足, 社会则出现自来水浪费的现象。

虽然火电企业获得了暂时利益, 却是以浪费水资源、损害水环境为代价。显然这种管理体制不利于水资源保护工作的深入开展。

#### 2.4.2 再生水厂与自来水厂隶属同一部门管理

再生水厂与自来水厂均隶属于同一部门管理, 需要以实现水利水务一体化为前提, 即对区域的防洪、除涝、蓄水、供水、排水、节水、水资源的保护、污水处理及其回收利用等由水务部门统一管理, 变“多龙管水”为“一龙管水”。

在这种体制下, 管理部门会按照水质差别统筹考虑, 遵循优质优价原则, 自来水供水价格会高于再生水供水价格。同时为了维持污水处理厂的正常运行, 再生水供水价格中将对运营成本进行合理体现。这种情况下, 会促进火电厂利用再生水, 同时采取节水技术。这种体制既能保证污染治理的持续投入, 又能节约自来水, 充分利用再生水, 实现水资源的优化配置和良性循环。

## 3 水价改革建议

通过前述水价改革与节水技术推广的博弈分析, 对水价改革提出以下几点建议:

a. 水价改革要以水利水务一体化改革为基础, 以促进水环境的优化和水资源的可持续开发利用为目标。

b. 水价改革要使供水价格包含供水成本并体现合理收益。这其中的难点是要准确界定市场和政府的责任, 即水价中有哪些部分需居民承担, 哪些需政府无偿投入。

c. 水价改革要体现价格是价值的表现形式, 充分发挥水价的经济杠杆作用, 水资源费要充分体现水是一种稀缺资源。

d. 水价改革的调整步伐既要在人们经济能力的承受范围内, 又要控制水资源浪费的现象, 使水价沿着健康的方向发展。

水价改革可以促进节水技术推广, 推进节水型社会的建设, 实现水资源的良性循环。在水资源保护和节水型社会建设过程中, 存在(下转第 37 页)

协作 相互监督,并对违法乱纪的现象根据情节在网络信息中予以披露。通过建立健全部门信息联动机制、工作协调机制、情况通报机制、检查督办机制、责任追究机制<sup>[4]</sup>,并与党委、政府、检察、纪检、审计等部门形成合力,就能大大提高水利主管部门依法监管的工作水平。

### 3.3 大胆进行制度与政策创新,不断巩固和深化水利财务改革

构建地方水利基本建设配套资金弹性管理机制,是当前解决许多县(市)配套资金不能到位的现实选择。各地应该坚决落实中央 2011 年 1 号文件精神,新上项目一律取消县级水利地方资金配套。对于各个省的资金配套比例,中央可以根据各个省的财力情况制定弹性配套标准,实行有区别的配套资金弹性管理机制。与此同时,积极完善政府财政投入机制,包括财政投入稳定增长机制、财政信贷机制、财政补偿机制等。

水利基本建设项目竣工财务决算是基本建设项目财务管理中的重要内容。水利工程竣工决算报告应该综合地、全面地反映水利工程建设成果和财务情况。在编制竣工决算报告时,要及时地清理财产、物资、债权债务,处理工程中有关遗留问题,实现工完场清,工完账清。针对目前一些水利基本建设项目没有编制财务竣工决算,无法办理财产和账目移交的实际情况,笔者建议对《水利基本建设资金管理暂行办法》(财基字[1999]139号)进行部分修订,建议把“项目竣工财务决算”改为“项目竣工(完工)财务决算”,以便符合真实反映配套资金落实情况及水利基本建设竣工或完工情况的要求。

针对湖北地方财力不足,各县水利部门人员编制偏少,公务费严重不足的实际状况,建议将地方公

务经费纳入部门预算管理,实行标准化的定员、定额和项目预算,公用经费实行弹性补贴。首先,在人员编制上,要明确预算范围。应该尽快对地方水利部门在职人员进行一次大普查,根据水利部门工作岗位的实际需要做定员定额(零基预算)和项目预算制度的基础工作。其次,公用经费方面,在保证各水利部门单位基本支出需要一致的基础上,对于重点发展的条件特殊的水利部门,政策上应该予以支持。人员公用经费要区别对待,实行弹性补贴。

### 3.4 加强财务管理团队建设,完善内部审计监督制度

提高水利财务管理单位会计人员素质,完善内部审计监督制度是实施和深化改革的决定性因素。部门预算管理、国库集中支付是一项政策性、技术性很强的工作,对从业人员的思想政治和业务素质要求都很高。培养和提高会计人员的综合素质,关键在于抓好会计人员的后续教育,建立并切实完善内部审计监督制度,造就一支政治过硬、业务熟练、作风优良的财务管理团队,这样才能确保改革的整体工作全面展开并日益深化。

#### 参考文献:

- [1]任宪韶.巩固国库集中支付成果 促进水利事业发展 [N].中国水利报,2005-12-08(3).
- [2]李计初.深化改革 规范管理 全面推进水利财务经济管理工作[J].中国水利,2005(24):30-31.
- [3]唐世青.水利财政资金国库集中支付评价指标体系研究[J].中国水利,2008(18):56-57.
- [4]王海,钟玉秀,丁民,等.水利财政资金管理责任制度研究[J].中国水利,2006(14):40-41.

(收稿日期 2010-12-30 编辑 陈玉国)

(上接第 33 页)

许多有争议和对抗性的问题,这些问题都可以运用博弈论解决。如何更好地发挥博弈论的作用,做好水资源保护工作,值得进一步研究和探索。

#### 参考文献:

- [1]周望军.中国水资源及水价现状调研报告[R].北京:国家发展和改革委员会,2009.
- [2]王亦宁.城市水务市场化背景下我国城市水价分析[J].

水利经济,2010,28(2):31-35.

- [3]郑雄伟,周芬,郭磊,等.跨流域调水工程的水资源价值计算[J].水利经济,2010,28(3):9-11,74.
- [4]王俊能,许振成,彭晓春,等.水环境质量资源定价模型研究[J].水资源保护,2011,27(1):80-84.
- [5]施熙灿.国外及我国部分地区水价概况[J].水利水电科技进展,2003,23(3):60-64.
- [6]吴恒安.财务评价:国民经济评价理论与方法[M].北京:中国水利水电出版社,1998.

(收稿日期 2011-06-01 编辑 彭桃英)