

DOI :10.3969/j.issn.1003-9511.2010.03.003

# 跨流域调水工程的水资源价值计算

郑雄伟,周 芬,郭 磊,舒全英

(浙江省水利水电勘测设计院,浙江 杭州 310002)

**摘要** :针对跨流域调水工程的受水区为使用调水区的水资源支付资源水价的现实,提出了跨流域调水工程水资源价值计算的 3 种方法:替代工程法、支付意愿法、效益分摊系数法,并以某跨流域调水工程为例,阐述了利用这 3 种方法计算水资源价值的原理及过程,旨在为确定类似工程的水资源价值提供参考。

**关键词** 跨流域调水工程;水资源价值;替代工程法;支付意愿法;效益分摊系数法

**中图分类号** :TV213.4 **文献标识码** :A **文章编号** :1003-9511(2010)02-0009-03

我国水资源总量虽然丰富,但与人口和经济社会发展不相协调,兴建跨流域调水工程是解决水资源分布不均、供需不平衡问题的一项重要举措。就浙江省来说,沿海经济发达地区水资源短缺问题已经成为经济社会发展的制约因素。根据文献[1],浙江省“十一五”期间将通过修建近 20 项水利工程以确保供水安全,其中涉及 6 项跨流域调水工程。跨流域调水工程需要协调处理技术、经济、管理等多方面的问题,其中受水区对调水区的经济补偿往往成为制约跨流域调水工程顺利实施的关键因素。

水资源是人类社会生存和发展必不可少的重要资源,和其他自然资源一样,具有经济价值。水价应包括 3 个部分,即资源水价、工程水价和环境水价。目前,人们普遍认可工程水价和环境水价,而对资源水价存在较大的争议。关于天然水资源价值的理论仍处于探索阶段,几乎没有可操作的水资源价值计算方法。但在缺水地区进行水价研究时,必须对天然水资源价值进行理论定位和合理定价[2]。合理确定水资源价值,不仅能够体现水资源的真正价值,更能为跨流域调水工程资源水价的确定奠定基础,对于促进跨流域调水工程的良性运行和可持续发展具有十分重要的意义。本文以某跨流域调水工程为例,采用多种方法对调水区水资源价值进行分析计算,旨在为类似工程的水资源价值测算提供参考。

## 1 某跨流域调水工程基本情况

浙江省某沿海城市(A区)水资源十分紧缺,域

内已无良好的建库场址,预计到 2020 年,即使实施了小型水库、中水回用、海水淡化等挖潜工程,生活及重要工业需水的缺口仍然较大,为此,必须从水资源较为丰富的外流域(B区)进行调水,以解决 A 区的水资源供需矛盾。

所建跨流域调水工程由渠首工程、输水堰及输水隧洞(埋管)、配套电站等组成。渠首工程是一座大 II 型水库,兼有供水、防洪、灌溉、发电等综合功能,水库总库容 10087 万  $m^3$ ,供水调节库容 9555 万  $m^3$ ,水库至 A 区调节水库的输水隧洞全长 16.894 km,设计引水流量 4  $m^3/s$ ,多年平均调水量 9033 万  $m^3$ 。

## 2 水资源价值计算

研究水资源经济价值的理论主要有:劳动价值论、效用价值论、地租论等。水资源价值的高低取决于服务对象,服务对象的性质差异将决定水资源价值的不同,采用的水资源价值计算方法也不尽相同。目前,有关量化资源价值的方法主要有支付意愿法、需求定价法、边际机会成本法、模糊数学法、影子价格法、收益现值法、效益分摊系数法等[3-6]。本文将分别采用替代工程法、支付意愿法和效益分摊系数法进行水资源价值计算。

### 2.1 替代工程法

替代工程法是针对受水区的实际情况,计算如果不建跨流域调水工程而采取其他替代工程所需的费用,该费用正好体现调水区水资源的价值。

作者简介:郑雄伟(1965—),男,浙江临海人,教授级高级工程师,主要从事水利规划工作。

表1 推荐工程方案与替代工程方案比较表

方案名称	工程投资/ (元·t <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup> )	制水成本/ (元·t <sup>-1</sup> )	备注
水库水+常规水处理工艺	5270	0.2	取水保证率和取水水质满足要求
河网水+水深度处理工艺	450~650	0.3~0.4	取水保证率和取水水质不能满足要求
海水+海水淡化处理工艺	4000~5000	4.0~5.0	淡化水使用范围受限,保证率能达到要求
回用水+水深度处理工艺	1000~1500	0.4~0.5	中水使用范围受限

注:制水成本是指经营成本,不包括折旧、摊销和利息支出等。

要对制水成本进行比较。新建跨流域调水工程后,由于原水水质好,处理工艺相对简单,制水成本仅0.2元/t,较河网水和中水的制水成本低0.1~0.3元/t,较海水淡化处理成本低3.8~4.8元/t,优势十分明显。

制水成本上的节省是由于调水区优质水资源带来的,因此,制水成本减少的费用正好体现B区水资源的价值。综合上述3类替代工程的制水成本和优缺点,推荐根据各方案制水成本域值下限,按同等权重计算水资源价值,即:

$$(0.3 - 0.2) \times 0.333 + (4.0 - 0.2) \times 0.333 + (0.4 - 0.2) \times 0.333 = 1.36 \text{ 元/t}$$

## 2.2 效益分摊系数法

我国资源属国家所有,资源所有权益(资源地租)通过国家税收方式来反映。分析水资源对国家税收的贡献额度,可以间接地计算出水资源的价值。本文从工业用水角度出发,采用效益分摊法计算水资源价值。该方法通过估算工业用水对税收的贡献额来计算水资源价值。这是反映工业用水的水资源价值,与生活用水水资源价值有一定出入,但差别不会太大。

效益分摊系数法计算水资源价值的公式为

$$T = \frac{b}{q} c_1 c_2 \quad (1)$$

式中:T为水资源价值;b为受水区万元产值纳税额;q为受水区万元产值耗水量;c<sub>1</sub>为受水区供水工程的效益分摊系数;c<sub>2</sub>为供水工程中源水工程的效益分摊系数。

根据受水区水资源公报和统计年鉴等资料,现状水平年受水区万元产值耗水量定额为15m<sup>3</sup>/万元,工业总产值1690亿元,纳税总额57.86亿元,计算得万元工业产值纳税额为342元,因此,每立方米水对税额的贡献为22.8元,而工业总投资320亿元,供水工程投资25亿元,计算得供水工程分摊系数为8%。城镇供水建设包括水源建设、水厂建设、管网建设和污水处理设施建设等,其供水效

如果不建跨流域调水工程,解决A区的缺水问题可以采用河网水深度处理、海水淡化、中水回用等替代工程予以解决。

河网水深度处理技术在受水资源条件限制的浙北地区广泛采用。河网水深度处理技术通常是指在常规处理工艺之后,采用适当的处理方法,将常规处理工艺不能有效去除的污染物或消毒副产物加以去除,提高和保证饮用水水质。应用较广泛的深度处理技术有:臭氧氧化、活性炭吸附和膜分离技术等。通过对浙江省嘉兴地区7座河网水深度处理水厂进行经济分析,结果表明,河网水深度处理工程的投资在450~650元/(t·d<sup>-1</sup>)之间,经营成本在0.30~0.40元/t之间。河网水深度处理不需要新建源水工程,投资成本低,但事实上,A区的河网水水质为IV~劣V类,完全不能满足国家水源水质标准,即使经多次深度处理,水的味觉和观感也不能满足居民的用水要求,而且A区平原河网调节能力有限,因此,河网取水水质和取水保证率都不能满足居民用水要求。

海水淡化技术正在我国天津、河北、辽宁、山东等省的沿海地区大力推行。随着近年来海水淡化技术的不断进步以及国家对此项目的优惠政策(融资、电价、税收等等),海水淡化工程的投资为4000~5000元/(t·d<sup>-1</sup>),吨水能耗为3.5~3.8kW·h,制水成本为4.0~5.0元/t。目前,天津大港电厂海水淡化成本为5元/t,玉环华能电厂海水淡化成本为5元/t。但是,从水质看,地表天然径流水较海水淡化提供的淡水更为当地居民接受;从能源消耗看,海水淡化工程需要消耗大量的能源,需配套建设电力保障设施而不得不增加投资,因此,海水淡化技术一般用来满足边远小岛、特殊产业的用水需求。

中水回用技术正在我国北方很多水资源紧缺城市大力推行。据了解,中水回用工程投资为1000~1500元/(t·d<sup>-1</sup>),经营成本约为0.4~0.5元/t。但是,从水质上看,经过深度处理的中水只能用于生活杂用、农业灌溉、部分工业和景观娱乐等,仍不能被居民直接饮用或间接饮用。此外,要实现中水回用技术的广泛推广,需对现有供水管网进行全面改造,也要增加投资,因此,中水回用也只能局限于部分特殊行业。

将跨流域调水工程加常规水处理工艺方式与上述替代工程方案进行比较,结果见表1。

跨流域调水工程和海水淡化工程每吨水的投资相当,河网水和中水深度处理没有原水工程,取水成本低,工程投资较少,但由于工程投资属一次性投资,涉及多方面的比较因素,不具有可比性,因此,主

益应按相应工程设施费用占总费用的比例进行分摊,源水工程暂按 0.5 的系数进行分摊,因此,源水工程对税额的贡献为 0.91 元/m<sup>3</sup>,该值反映了 B 区水资源的价值。

### 2.3 支付意愿法

所谓支付意愿法就是以亚洲银行和世界银行建议的方法估算用水户的水费支付意愿,它是采用间接计算的方法来获得水资源的价值。假设用水户的水费支付意愿为  $P$ ,供水系统的边际成本为  $C$ ,则水资源价值的间接估算公式为

$$T = P - C \quad (2)$$

#### 2.3.1 $P$ 值计算

用水户水费支付意愿的计算公式为

$$P = A \frac{E}{W} \quad (3)$$

式中: $A$  为水费支付指数; $W$  为用水户用水量; $E$  为用水户的年均收入或销售收入。

公式中的水费支付指数是水费与用水户实际收入或总产值的比值,它综合反映了用水户经济承受能力、心理承受能力和节约用水意识等。根据国际上比较认可的标准,水费占居民年可支配收入的比例约为 3%~5%,国内一些研究机构的调研成果认为,国内城市居民生活用水水费支出占家庭平均收入的 2%~3% 比较合适,而工业水费支出指数可以较居民水费支出指数略高。

假设供水工程有生活和工业 2 个用水户,那么,综合支付意愿采用如下公式计算:

$$J = (J_S W_S + J_G W_G) / (W_S + W_G) \quad (4)$$

式中: $J$  为各类用水户的水费综合支付意愿; $J_S$  为生活用水户的水费支付意愿值; $W_S$  是水利工程向生活用水户的供水量; $J_G$  为工业用水户的水费支付意愿值; $W_G$  是水利工程向工业用水户的供水量。

根据受水区统计年鉴等有关资料,采用式(3)计算得到受水区生活和工业用水户水费支付意愿结果,见表 2。受水区生活用水和重要工业用水比例约为 2:3,因此,采用式(4)计算得到综合水费支付意愿值为 4.82 元/m<sup>3</sup>。

#### 2.3.2 $C$ 值计算

理论上,边际成本要求供水量的变动逐步、连续、小量地进行,而现实供水过程中,供水量的变动却是突然、间断、比较大量地进行,因此,只能用相应项目的平均成本来代替边际成本。其计算公式为

$$C = \left[ K \times \frac{(1+i)^n i}{(1+i)^n - 1} + U + xi \right] / W_{供} \quad (5)$$

式中: $K$  为供水工程系统相关项目的总投资,万元; $i$  为社会折现率,%; $n$  为供水工程使用寿命; $a$ ;  $U$  为

表 2 受水区消费者的水费支付意愿计算结果

用户类别	居民年可支配收入/元	工业总产值/亿元	水费占年收入或总产值比例/%	可承担的年水费/万元
城市居民	19036		2.5	0.0476
农村居民	7368		2.5	0.0184
工业用水户		1690	2.5	422.500
用户类别	居民用水量/(m <sup>3</sup> ·a <sup>-1</sup> )	工业用水量/(万 m <sup>3</sup> ·a <sup>-1</sup> )	可承担的合理水价/(元·m <sup>-3</sup> )	可承担的原水水价/(元·m <sup>-3</sup> )
城市居民	76.7		6.21	2.79
农村居民	33.6		5.49	2.47
工业用水户		23 723	17.80	8.00

供水工程年运行费用,万元; $x$  为供水工程流动资金占用量,万元; $W_{供}$  为供水工程年供水量,万 m<sup>3</sup>。A 区供水工程系统分源水工程、水厂及输水管道工程等,其跨流域调水工程经投资分摊后由受水区承担的投资为 12.6 亿元,工程使用寿命 50 年,社会折现率取 8%,年运行费和流动资金分别为 6 505 万元和 350 万元,计算得到受水区源水工程边际成本为 1.87 元/m<sup>3</sup>,水厂及输水管道工程边际成本省内外变幅不大,一般为 1.0~1.2 元/m<sup>3</sup>,这里取平均情况 1.1 元/m<sup>3</sup>,因此,供水系统工程边际成本合计为 2.97 元/m<sup>3</sup>。

#### 2.3.3 $T$ 值计算

根据已经计算得到的  $P$  值和  $C$  值,由式(2)可以计算得到水资源价值为 1.85 元/m<sup>3</sup>。

## 3 结 论

a. 水资源的特殊性导致水资源价值的定量计算十分困难,采用本文提到的 3 种方法计算出来的水资源价值有所差别,其中支付意愿法计算的值最大,其次是替代工程法,效益分摊系数法计算的值最小。3 种方法的计算结果与多种因素有关,因此计算结果略有变化,但相比较而言,替代工程法计算的结果更为稳定。替代工程法和效益分摊系数法主要从受水区的情况衡量调水区的水资源价值,将区域经济效益、水资源紧缺程度体现在水资源价值的计算结果中,因此,推荐采用替代工程法和效益分摊系数法核算水资源价值。

b. 水资源价值计算结果是调水区与受水区就水资源转让利益补偿问题进行友好协商的基础,也是合理确定跨流域调水工程供水水价中资源水价的基础,对于促进跨流域调水工程的顺利实施和良性运行具有重要意义。

(下转第 74 页)

建设征地移民安置规划设计规范》有明确表述：“农村移民生产安置规划投资应与征收土地的土地补偿费和安置补助费进行平衡分析”。土地征收费用包括集体所有的耕地、园地、林地、牧草地和其他农用地等农用地以及荒草地、滩涂等未利用地的土地补偿费和安置补助费。资金平衡分析的分析单元为集体经济组织。《移民条例》中涉及的补偿范围主要指建设征地红线范围内的各类实物。

在建设征地红线范围内,各个集体经济组织涉及的土地分布数量通常都不相同,土地类别分布也不尽相同,因此,各集体经济组织之间最终获得的土地征收费用也完全不同,有的甚至相差比较悬殊。以集体经济组织为分析单元,补偿费用出现在设计报告中的这种差异容易造成集体经济组织之间的攀比,可能会给地方政府实施工作造成被动或者带来不必要的麻烦。笔者建议《移民条例》实施细则应明确以村民委员会为投资平衡分析的分析单元,村民委员会是村民自我管理、自我教育、自我服务的基层群众性自治组织,这样有利于各集体经济组织内部的协调。

在补偿范围方面,对于建设征地红线范围以外的各类实物《移民条例》只对远迁移民且属于个人所有的零星树木、房屋等实物进行了相应的补偿,而对剩余土地资源的处理尚未交代。从水利水电工程建设征地的实际情况看来,剩余土地资源尤其是林地资源相对比较丰富。尽管土地承包权受到农村土地承包法的保障,不会因搬迁而随之失去,但是,移民远迁后,这些土地资源后续管理的成本和收益问题客观存在,通过何种方式或途径使外迁移民获得实实在在的收益,提高其生活水平,是项目业主、地方政府和设计院三方应重视的问题。

## 5 结 语

在《移民条例》实施后,我国征地移民规划设计

(上接第 11 页)

### 参考文献:

[1] 浙江省水利厅,浙江省水利水电勘测设计院.浙江省水资源保护与开发利用总体规划[R].杭州:浙江省水利水电勘测设计院,2005.

[2] 李永根,王晓贞.天然水资源价值理论及其实用计算方法[J].水利经济,2003,21(3):30-32.

[3] 汪党献,王浩,尹明万.水资源价值水资源影子价

除存在上述问题之外,还存在房屋装修具体如何调查、实物指标公示及复核程序如何开展以及相应增加的现场工作量和工作时间如何计算等问题。

由于水利水电工程建设征地移民安置是一项政策性强、涉及面广、关系复杂、影响深远的系统性工作,而《移民条例》及相关的水利水电工程系列规划设计规范中规定的各项条款原则性较强,没有细化到具体工作的各个方面,在实际工作过程中可操作性不够,容易引起项目各方理解上的偏差。笔者建议尽早出台《移民条例》实施细则,进一步补充完善相应的规程规范、技术标准,以便统一认识,正确把握移民安置的政策精神,促进我国大中型水利水电建设事业的健康发展。

### 参考文献:

[1] 国务院.大中型水利水电工程建设征地补偿和移民安置条例[EB/OL].[2009-10-20].http://law.baidu.com/pages/chinalawinfo/7/85/f03aca71cb8f68460f1df320564fc52e\_0.html.

[2] DL/T5064—2007 水电工程建设征地移民安置规划设计规范[S].

[3] DL/T5377—2007 水电工程建设征地实物指标调查规范[S].

[4] 李波,余文学.关于浙江SX水库移民非农安置选择的几点思考[J].水利经济,2007,25(4):78-80.

[5] 陈艳,陈绍军,王松.水库移民社会风险评价[J].水利经济,2005,23(2):62-64.

[6] DL/T5376—2007 水电工程建设征地处理范围界定规范[S].

[7] 周建,施国庆,李菁怡.生态移民政策与效果探析:以新疆塔里木河流域轮台县生态移民为例[J].水利经济,2009,27(5):68-72.

(收稿日期 2009-12-10 编辑 张志琴)

栢[J].水科学进展,1999,10(2):195-200.

[4] 何刚.基于水资源资产价值的水价制定研究[D].南京:河海大学,2006.

[5] 孙静,阮本清,张春玲.新安江流域上游地区水资源价值计算与分析[J].中国水利水电科学研究院学报,2007,5(2):121-124.

[6] 刘春生.南水北调工程水价的合理确定[J].水科学进展,2004,15(6):808-812.

(收稿日期 2009-10-21 编辑 彭桃英)