

天津市海水淡化需求预测及其经济价值测算

李磊, 邹川玲, 张晗, 刘淑静

(国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所, 天津 300192)

摘要:对天津市用水需求和供水能力进行分析估算。结果表明:为填补水资源供需缺口,预计到2020年,全市对海水淡化水的需求量约为3亿 m^3 ,海水淡化工程规模将达到80万 t/d 。根据海水淡化水用途,运用比例分摊、生产函数等计算方法,量化测算得海水淡化水用于居民生活、工业生产和浓海水综合利用的经济价值分别为39.75元/ m^3 、96.8元/ m^3 和2.7亿元/a。研究成果旨在为充分认识海水淡化水的经济效用和价值,科学决策海水淡化产业发展提供参考。

关键词:海水淡化;经济价值;需求预测;天津市

中图分类号:TV213.4

文献标识码:A

文章编号:1003-9511(2016)03-0066-03

天津是我国北方典型的缺水城市,由于人均水资源量极低、降水时空分布不均、上游来水量锐减以及水体污染加剧等诸多因素,使水资源短缺问题长期困扰和制约着社会的进步和经济的发展。南水北调工程建成通水后,一定程度上缓解了中心城区的用水压力,但从长远考虑,天津市仍需构建自给自足、供水稳定、水资源可持续利用的多水源供水体系。海水淡化是水资源开源增量的有效途径^[1],也是天津市重要的补充和优势水源。在海水淡化推广应用过程中,海水淡化产水成本问题备受关注,却忽略了海水淡化水供给生活、生产用水产生的经济效用和社会价值。本文借鉴水资源价值计算方法,对海水淡化水经济价值进行测算分析,通过对海水淡化水价值的充分认识,加强非常规水源的利用和配置,对于打造海绵城市、实现资源的合理开发利用具有重要意义。

1 天津市水资源现状分析

天津市多年平均水资源量为15.69亿 m^3 ,人均水资源占有量仅为160 m^3 ,属于极度缺水地区;地表水资源开发利用率高,用水紧张状况由来已久。由于本地水源不足,天津市长期以来依赖引滦、引黄等外调水源,这些水源占市区供水量的90%以上;再生水和海水淡化等非常规水源开发利用有限,

主要用于城市杂用水、农业灌溉和补充部分沿海地区生产、生活用水等。2014年底南水北调工程建成通水后,为天津市新增供水约8.6亿 m^3 ,中心城区实现了引滦、引江的双水源配置,保障了一定时期的用水需求。

作为我国最早引进海水淡化工程的地区^[2],经过多年发展,截至2013年底,天津市已建成海水淡化工程规模约31.7万 t/d ,位列全国首位^[3]。然而海水淡化水实际使用量却相对较少,2013年为3142万 m^3 ,其中北疆电厂供水957万 m^3 ,包括456万 m^3 电厂自用水,供给开发区泰达水厂343万 m^3 以及汉沽龙达水厂158万 m^3 ;大港新泉海水淡化工程专为解决百万吨乙烯项目用水问题,通过专用输水管道全年供水2077万 m^3 ;大港电厂年供水量108万 m^3 ,主要用于自身锅炉用水和部分罐装纯净水销售。天津市主要海水淡化工程及其年供水量如表1所示。

表1 2013年天津市主要海水淡化工程年供水量及产能

工程名称	工程规模/ (万 $t \cdot d^{-1}$)	年供水量/ 万 m^3	产能/%
北疆电厂海水淡化工程	20	957	13.1
大港新泉海水淡化工程	10	2077	56.9
大港电厂海水淡化工程	0.6	108	49.3

2 天津市用水及海水淡化需求预测

现状条件下,以引滦、引江等外调水源为主的供

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研专项基金(K-JBYWF-2013-G13)

作者简介:李磊(1985—),女,辽宁铁岭人,工程师,硕士,主要从事海水利用发展战略研究。E-mail: hhlilei2304@sina.com

水体基本满足了天津市今后一段时期的用水需求。但随着海上丝绸之路的建设,沿海城市的扩大开放和加速发展,未来天津市需水量还将快速增长。根据水资源不同用途,结合天津市国民经济发展指标和用水状况,从生活、生产和生态环境三方面预测2020年全市用水需求,并通过对供水能力的分析,预测海水淡化水作为补充水源的需求量。

2.1 用水需求量预测

2.1.1 社会经济指标

根据《天津市城市总体规划》和人口、农业、工业等专项规划,到2020年,全市常住人口预计将达到1350万人,其中城镇人口1210万人,城镇化水平达90%;农业灌溉方面,耕地保有量不低于43.7万 hm^2 ,有效灌溉面积约为37.5万 hm^2 ;工业生产方面,工业增加值预计将突破60000亿元,工业增加值达到16000亿元,年均增长速度在14%以上。

2.1.2 用水定额

随着节水工程的实施和管网设施的不断完善,生活和工业用水定额逐渐降低。预计到2020年,城镇和农村居民综合生活用水定额分别约为243 $\text{L}/(\text{人}\cdot\text{d})$ 和105 $\text{L}/(\text{人}\cdot\text{d})$;灌溉用水有效系数将提高至0.8^[4-5],75%保证率条件下平均灌溉用水量约为3075 m^3/hm^2 ;工业用水重复利用率保持在93%以上,万元工业增加值取水量预计下降至11 m^3 左右^[6]。

2.1.3 用水需求

以社会经济指标和用水定额为变量,采用需水定额法、弹性系数法等对天津市居民生活、工农业生产和生态环境用水量分别进行预测计算,并考虑供水普及率、管网设施和相关政策实施等情况,计算得2020年平水年(50%保证率)条件下,全市居民生活、农业灌溉和工业生产需水量分别为6.32亿 m^3 、12.64亿 m^3 和10.48亿 m^3 ,需水总量约为40.9亿 m^3 。

2.2 供水能力分析

天津市地表水及入境水多年平均径流量为27.68亿 m^3 ,保证率为50%、75%和95%条件下产水量分别为24.43亿 m^3 、15.35亿 m^3 和6.81亿 m^3 。由于产水区下垫面变化、上游取用水和调蓄能力的增加,地表水可供水量逐渐减少。预计到2020年,天津市50%、75%和95%条件下地表水可供水量分别为9.63亿 m^3 、7.24亿 m^3 和2.30亿 m^3 ^[7];全市地下水可开采资源量7.34亿 m^3 ,其中矿化度小于2 g/L 的浅层淡水4.50亿 m^3 ,根据《天津市地下水压采方案》和管理要求,地下水可供水量不超过3.4亿 m^3 ;对于外调水源,南水北调中线工程计划分配水量约8.6亿 m^3 ,南水北调中线、引滦工程组合供水后,50%、75%和95%条件下可分别提供

15.23亿 m^3 、14.83亿 m^3 和13.14亿 m^3 的可用淡水^[7]。另外,再生水等非常规水源的开发利用力度逐渐加大,可增加供水量约9.7亿 m^3 。综上所述,2020年天津市各水源可供水总量约37.96亿 m^3 。

2.3 海水淡化需求预测

在抑制需求和进一步挖掘本地水源潜力、增加外调水源、提高供水能力的前提下,2020年天津市若为平水年份(50%保证率)仍存在近3亿 m^3 的水资源供需缺口无法解决,若遇枯水年份供需缺口将更大,淡化水作为补充水源的供水需求已十分迫切。海水淡化供水不受地域、气候限制,是水资源开源增量的有效途径。通过提高海水淡化工程规模、扩大淡化水利用范围,可在不改变现有供水格局的前提下,满足新增用水需求。未来天津市将扩建北疆电厂二期工程和南港工业区“海水淡化与工业制盐一体化”项目,新增海水淡化工程规模约50万 t/d ,按照80%产能计算,工程建成后可为天津市新增供水2.3亿 m^3/a ,加上海水直接利用对淡水的有效替代,可有效填补水资源供需缺口,满足全市生产、生活和生态用水需求,实现水资源合理配置和可持续利用。

3 海水淡化经济价值测算

海水淡化水属再生型水资源,具有与水资源相同的自然、社会、环境属性和经济价值,具体表现为:作为市政供水的补充水源,满足居民生活用水需求;为工业提供高品质生产用水,避免因缺水导致的产量减少等问题,提高工业产值;对海水淡化后的副产品浓海水进行综合利用,可以获得高纯度、高附加值的化工产品,促进循环经济发展。

3.1 补充生活用水经济价值

从市场角度而言,海水淡化水补充生活用水的经济价值可以通过等值替代的民用自来水价格来反映,即用替代水量和现行自来水水价进行核算。但由于水价是市场经济条件下将水作为一种商品而制定的买卖关系中的度量衡,无法完全反应水资源的稀缺性和资源价值。为充分体现生活用水的实际价值而非价格,选取目前水资源价值计算中较常用的比例分摊法,通过计算水资源在劳动力恢复所需的各类生活资料中的贡献率,获得淡化水供给生活用水的经济价值。具体计算方法如下:

$$V = \frac{IE\varepsilon}{w} \quad (1)$$

式中: V 为生活用水经济价值,元/ m^3 ; I 为城乡居民可支配收入,元; w 为人均年用水量, m^3 ; E 和 ε 分别为恩格尔系数和水对劳动力恢复的贡献率。

现状年(2013年),天津市城市人均可支配收入

为 32 658 元。随着经济的发展、生活水平的不断提高,预计到 2020 年,人均可支配收入将达到近 80 000 元;用水量方面,根据近 10 年天津市用水量变化趋势可见,随着居民节水意识和用水效率的不断提高,人均综合用水量呈下降趋势,预计到 2020 年人均年用水量将从现状的 161 m^3 下降至 110 m^3 。 E 是评价贫富国家生活水平的重要标准之一。根据天津市经济发展水平和居民消费结构,2013 年和 2020 年 E 分别取为 36.6% 和 30%。对于 ε , 相关研究成果较少,目前仅限于定性研究,通常直接采用 0.3 的定性分析数值^[8]。

根据上述参数计算,现状年和 2020 年,海水淡化水补充生活用水的经济价值分别为 $22.27 \text{ 元}/\text{m}^3$ 和 $65.45 \text{ 元}/\text{m}^3$,相当于目前天津市居民自来水水价的 4.5 倍。而居民水费支出仅占家庭可支配收入的 2.42%,低于 3%~5% 的标准比例,这也反映出目前水价未充分体现水资源价值的管理现状。

3.2 供给工业用水经济价值

从价值角度而言,工业生产过程实质是从生产要素的投入到产品产出的过程。工业用水作为生产要素之一,其经济价值也应通过产出的产品价值来体现。工业用水量与所能产生的产值之间的关系可以用生产函数表示。运用经济学中经典的柯布-道格拉斯(Cobb-Douglas)生产函数公式,建立以资金、劳动力和水资源为投入要素的函数关系,计算得工业用水的经济价值如下^[9]:

$$P = AK^\alpha L^\beta W^\tau \quad (2)$$

$$\tau' = \frac{\tau}{\alpha + \beta + \tau} \quad (3)$$

式中: P 为产出产值,亿元; K 为资金投入量,亿元; L 为劳动力投入量,万人; W 为水资源投入量,亿 m^3 ; α, β, τ 分别为资金、劳动力、水资源投入的产出弹性,反映资金和劳动力投入变化后引起产出的变化程度; A 为效率系数; τ' 为工业用水弹性系数。

公式中天津地区工业总产值、固定资产投资、从业人数和工业用水量等参数,由 2003—2013 年《天津市统计年鉴》和《天津市水资源公报》中获得。将固定资产投资、从业人数、用水量作为自变量,工业总产值作为因变量,利用 EVIEWS 软件经回归分析拟合生产函数,获得参数 A, α, β, τ 数值分别为 0.0299、0.3921、1.5079 和 0.2372,相关系数 $R = 97.52\%$,拟合结果优度较高。通过生产函数计算得到 τ' 为 0.11,即 1% 的工业用水可以获得 0.11% 的工业产值。以 2013 年工业产值和用水量数据为基础,折合工业用水的经济价值约为 $96.8 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。

3.3 浓海水综合利用经济价值

浓海水综合利用是指利用海水淡化副产品——

浓海水提取各种化学元素及对其进行深加工等利用方式。利用浓海水化学物质浓度高的特性,不仅可以提高盐化工企业的生产效率,同时解决了浓海水排海可能产生的环境问题,实现了资源、能源的梯级利用和零排放。

天津北疆电厂海水淡化项目每年向厂区附近的长芦汉沽盐场排入浓海水 5 300 万 t,可产盐约 100 万 t,释放 22 km^2 的盐田土地。按照目前天津市原盐 270 元/t 的市场价格计算,浓海水仅制盐一项产品的年收益就将达到 2.7 亿元。预计到 2020 年,海水淡化工程扩建后产盐量将翻一番,浓海水综合利用的经济价值也将超过 5 亿元。

4 结 语

海水淡化是天津市重要的补充和优势水源,也是水资源开源增量的有效途径。2020 年,随着人口增长、经济发展对水资源需求量的不断增加,天津市近 3 亿 m^3 的水资源供需缺口需要海水淡化水开源补充。海水淡化水为居民生活、工业生产供水产生的经济价值分别为 $65.45 \text{ 元}/\text{m}^3$ 和 $96.80 \text{ 元}/\text{m}^3$,另外通过浓海水综合利用还将额外获得 5 亿元收益。以 2013 年为例,海水淡化水为居民生活和工业生产供水量分别为 0.0501 亿 m^3 和 0.2641 亿 m^3 。依据本文方法测算,全年海水淡化供水产生的经济价值总量约为 29.38 亿元。在天津市城市和经济发展的进程中,海水淡化不仅发挥了重要的基础资源保障作用,还具有可观的经济价值。

参考文献:

- [1] 阮国岭,冯厚军. 国内外海水淡化技术的进展[J]. 中国给水排水,2008,24(20):86-90.
- [2] 潘献辉,阮国岭,赵河立,等. 天津反渗透海水淡化示范工程(1 000 m^3/d) [J]. 中国给水排水,2009,25(2):73-77.
- [3] 2013 年全国海水利用报告[R]. 北京:国家海洋局科学技术司,2014.
- [4] 纪涛,苏丽娜,西伟力,等. 天津市再生水利用现状的调查与研究[J]. 环境科学与管理,2007,32(6):30-33.
- [5] 天津市农业节水灌溉发展“十二五”规划[R]. 天津:天津市水务局,2012.
- [6] 天津市工业经济发展“十二五”规划[R]. 天津:天津市经济和信息化委员会,2012.
- [7] 天津市节水型社会建设试点规划[R]. 天津:天津市水务局,2006.
- [8] 王欢. 基于边际效用理论的水资源价值研究[D]. 北京:北京工业大学,2012.
- [9] 彭祥,胡和平. 水资源配置博弈论[M]. 北京:中国水利水电出版社,2007.

(收稿日期:2015-10-13 编辑:胡新宇)