

涉及居民生活的多途径海水利用运营模式探讨^{*}

寇希元,张雨山,王静,姜天翔,杨波

(国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所 天津 300192)

摘要:涉及居民生活的多途径海水利用是沿海地区海水直接利用的重要组成部分,为了合理规划水资源配置,要求科学客观地预测居民生活海水需水量。根据某沿海城市历年居民生活用水量的统计资料,运用一元线性回归模型、生长曲线模型和人均生活杂用水定额法对其居民生活海水需求量进行了预测,结果表明生长曲线预测模型较为符合实际。对涉及居民生活的多途径海水利用的水价进行了探讨,对海水供水水价的组成进行了分析,提出了推广居民区海水利用产业发展的建议。

关键词:居民区海水多途径利用;海水需水量;预测;模型;海水水价

中图分类号:P746 **文献标志码:**A **文章编号:**1005—9857(2015)05—0050—04

1 引言

作为实现水资源可持续利用的开源增量技术,海水利用是解决我国沿海地区水资源短缺的重要途径^[1-4]。海水利用主要有海水淡化,海水直接利用等方式,直接利用又包括海水作为工业冷却用水和城镇居民生活用水。以环渤海为例,统计数据表明该地区年生活用水量已接近 90 亿 t,其中 1/3 以上是生活杂用水和城市环卫等用水^[5],随着沿海地区居民生活水平的提高、国家对工业用水的严格控制和工业用水重复利用率的提高,城镇生活用水在供水总量中的比例还将逐年增加。

海水在城市居民生活用水方面除可用于冲厕外,还可用于空调、景观、娱乐、游泳、洗浴等方面。海水空调利用海水作为冷、热源进行供冷和供热,该技术具有高效节能、运行费用低的特点。海水中含有的多种微量元素能够促进人体内的新陈代谢,提高肌体的免疫功能,国内已有部分沿海城市尝试修建海水游泳池,很受居民的欢迎。将海水引入居民生活,深度开发海水在居民生活用水领域的应用,在沿海地区形成集海水冲厕、海水空调、海水游泳洗浴、海水景观为一体的海水利用模式,形成特色海水利用产业,不仅能

够提高居民的生活健康水平,节约宝贵的淡水资源,增加水资源总量,而且符合国家循环经济、节能减排、低碳经济政策的要求,将为我国沿海经济社会的持续健康发展提供保障,具有重大的经济和社会效益。

2 海水生活需水量预测

据不完全统计,城市生活用水约占城市用水总量的 20%,冲厕用水占城市生活用水的 35%左右,再加上海水空调、海水洗浴、海水景观等,约占城市生活用水的 40%。

城市生活用水是城市用水的重要组成部分,随着我国人民生活水平的逐步提高,居民对水量和水质的要求也越来越高。海水在居民生活中可以用于冲厕、空调、游泳、洗浴和景观等方面,面对日益紧张的用水形势,通过对未来用水量增长趋势的预测,可以及早进行合理规划,对解决供需矛盾、维持水资源平衡具有重要的现实意义。用水量变化受到地域、生活习惯、生活水平、收入、水价和社会经济等多种因素综合作用的影响,不同的用水变化过程具有不同的用水量预测方法^[6-9],针对居民生活用海水的随机波动性和非线性的特点,对涉及居民生活的多用途海水水量变化趋势进行预测,以期对相关海水利用工程

^{*} 基金项目:海洋公益性行业科研专项资金项目(201105026)。

设计提供决策依据。

2.1 模型的建立

2.1.1 一元线性回归模型

根据某沿海城市 2003—2012 年生活杂用水量(按生活用水量的 40%折算)的统计资料,采用一元线性回归模型进行居民生活海水用水量的预测。预测模型为

$$Q=A_0+A_1T$$
(1)

式中: Q 为预测年居民生活海水用水量,亿 m^3 ; T 为预测年份,年; A_0 、 A_1 为待定参数。

参数 A_0 、 A_1 可通过最小二乘估计获得

$$A_1=\frac{\sum_{i=1}^nT_iQ_i-(\sum_{i=1}^nT_i\sum_{i=1}^nQ_i)/n}{\sum_{i=1}^nT_i^2-(\sum_{i=1}^nT_i)^2/n}$$
$$A_0=\frac{\sum_{i=1}^nQ_i}{n}-\frac{A_1}{n}\sum_{i=1}^nT_i$$

根据城市生活用水资料,可得模型为

$$Q=0.488\ 69+0.122\ 42T$$
(2)

相关系数 $R^2=0.953\ 2$

标准差 $S=0.383\ 699$

表 1 某沿海城市历年生活杂用水量 亿 m^3

年份	用水量	年份	用水量
2003	0.632	2008	1.310
2004	0.708	2009	1.400
2005	0.836	2010	1.450
2006	1.120	2011	1.710
2007	0.980	2012	1.650

2.1.2 生长曲线模型

居民生活海水用水量增长可用生长曲线进行表征,根据生活杂用水量的变化趋势,采用甘培茨模型模拟^[10]

$$Q=L\times\exp[b\times\exp(kT)]$$
(3)

式中: b 、 k 为待定参数; L 为预测年居民生活海水用水量的上限,亿 m^3 。

对式(3)进行变形,令 $Y=\ln(L/Q)$, $B=\ln(-b)$,则式(3)变为线性函数

$$\ln Y=B+kT$$
(4)

对于式(4),可采用最小二乘法确定模型中的参数。

居民生活海水用水量上限 L 的确定是根据城市现有生活杂用水与其他用水类型的比例,假定其他用水结构不变,对水源总量按这一比例分配得到的。本文取 $L=2.499$ 亿 m^3 。

根据某沿海城市生活杂用水量资料,可得生长曲线模型为

$$Q=2.499\times\exp(-0.610\ 8\times\exp(-0.145\ 6T))$$
(5)

相关系数 $R^2=0.953$,标准差 $S=0.345\ 74$ 。

2.1.3 人均生活杂用水定额法

人均生活杂用水定额法根据生活杂用水定额和人口数来预测居民生活海水用水量,预测公式为

$$Q=N\times q_z\times3.65\times10^{-5}$$
(6)

式中: N 为预测年用水人口数,万人; q_z 为预测年人均生活杂用水定额,L/(人·d)

式(6)中关键是确定预测年人均生活杂用水定额 q_z ,可根据某沿海城市历年人均生活杂用水定额进行预测。

表 2 某沿海城市历年人均生活杂用水定额

L/(人·d)

年份	定额	年份	定额
2003	94.7	2008	103.4
2004	98.5	2009	106.4
2005	102.5	2010	107.2
2006	101.8	2011	108.1
2007	104.7	2012	108.3

人均生活杂用水定额可采用生长曲线式(3)计算,居民生活杂用水量可参考相关标准、规范要求,同时考虑城市发展、居民生活水平及生活方式等因素,人均综合生活用水上限定为 300 L/(人·d),则生活杂用水上限为 120 L/(人·d),得到预测生活杂用水定额公式为

$$q_z=120\times\exp(-0.088\ 0\times\exp(-0.232T))$$
(7)

相关系数 $R^2=0.953$,标准差 $S=0.345\ 74$

根据式(7)计算得 2015 年和 2020 年生活杂用水定额分别为 114.8 L/(人·d)和 118.4 L/(人·d)。

预测年人口采用平均递增率法进行预测,公

式为

$$N=N_0(1+r)^t \tag{8}$$

式中： N 为预测期末用水人口数，万人； N_0 为预测起始年用水人口数，万人； r 为人口递增率； t 为预测年与预测起始年的时间差，年。

设某沿海城市 2012 年城镇人口为 418.56 万人，2012—2020 年人口数量以年均 0.398% 的速度递增，则规划年 2015 年和 2020 年人口数分别为 423.58 万人和 432.07 万人。

由式(6)可求得规划年 2015 年和 2020 年某沿海城市生活海水需水量分别为 1.775 亿 m^3 和 1.867 亿 m^3 。

2.2 预测结果分析

运用上述方法预测城市生活海水需水量，结果见表 3

表 3 预测结果			亿 m^3
年份	一元线性回归	生长曲线模型	定额法
2015	2.080	2.279	1.775
2020	2.692	2.390	1.867

比较各种预测方法，一元线性回归对数据的线性要求较高，在用水量增长的开始阶段是比较符合实际的，但事实上用水量的增长并不是简单的线性关系，因此该方法不适宜于海水生活用水量的长期预测。人均生活杂用水定额受到诸如地理位置、气候、生活习惯、生活方式、政策和产业结构等多因素的综合影响，而且其中的社会影响因素存在不确定性，导致人均生活杂用水定额法的长期预测结果可能存在较大误差。生长曲线模型从长期来看，能够反映用水量增长的“S”形变化趋势，如能合理确定居民生活海水用水量的上限值，预测值是相对比较合理的。

3 涉及居民生活的海水价格分析

居民区海水多途径利用根据使用性质可以分为冲厕、游泳、洗浴、娱乐、景观与空调等用途，其中冲厕的用量最大，也是用户数量最多的，而其他几类用水或者局限于公共建筑，如办公楼、写字楼等，或者是属于休闲产业。对于海水供水来说，人们最为关心的是水量和水质，水量可用本文前述方法进行预测。在海水多用途利用中，因游泳和洗浴与人体直接接触，水质要求较高，

按照 GB3097—1997《海水水质标准》的要求，应该不低于二类海水水质标准，冲厕、景观、空调属于生活杂用水，应该不低于三类海水水质标准。

对于涉及居民生活的海水价格可实行按质论价，针对不同用途的海水，采取不同的管理办法和价格，这样做的好处在于能够加强人们的节水意识。对于一般的冲厕用海水，供应过程中可以只进行简单的絮凝沉淀处理，以降低其生产成本；对于游泳、洗浴用海水，因其与人体直接接触，则要进行深度处理，如采用石英砂过滤技术吸附去除海水中的有机物和浊度等污染物，并进行消毒工艺处理以满足二类海水水质标准，可见，水价必须按市场经济原则，实行优质优价。对于涉及居民生活的多用途海水利用来说，为了鼓励和培养人们使用海水的意识和习惯，在多途径海水利用的初期阶段可免费供应海水或者制定低廉的海水供水水价。

3.1 海水水价构成

参考全成本水价^[11]作为海水水价构成模式，该模式反映了海水的环境价值及供水的物化劳动价值。可用公式表示为

$$P=P_c+P_e+P_b+P_t \tag{9}$$

式中： P 为海水水价； P_c 为海水供水工程成本，包括取水、输送及相应的处理成本； P_e 为海水的环境成本，即为消除海水使用后所带来的负面环境影响所必须付出的代价，主要是污水处理费； P_b 为供水利润，是指供水经营者从事正常供水生产经营获得的合理收益，按净资产利润率核定； P_t 为供水税金，是指供水经营者按国家税法规定应该缴纳并可计入水价的税金。

对海水利用来说，可以暂时不考虑海水资源费。对于海水使用后所产生的污染海水，在产生量较小时，可与市政污水一并进入污水处理厂进行处理，污水处理费可参照自来水供水的有关规定核定。供水工程成本分为折旧费和运行费两部分。其中折旧费包括固定资产折旧、无形资产与递延资产摊销费；运行费包括职工薪酬、动力费用、药剂费用、大修理费、日常修理费用、管理费用和财务费用等。

3.2 用户水价承受能力分析

用户经济承受能力的海水水价模型为

$$P=AE/C \tag{10}$$

式中: P 为用户可承受海水水价; A 为水费支出指数; E 为用户实际收入或总产值; C 为消费水量。

根据资料,城市居民可承受水价可按家庭水费支出占家庭收入的一定比例考虑,该比例约在 2.5%~5.0% 之间比较合适,但随着家庭收入的提高和居民生活内容的丰富,该比例会适当降低。

海水可接受价格水平是影响居民是否能接受海水的重要因素^[12],只有当海水价格接近或低于自来水价格时,才能有效培养民众使用海水的习惯。海水利用是利国利民、造福子孙后代的大事,沿海地方政府应当因地制宜地制定有利于居民区海水推广利用的政策,对海水供水企业在一定时期免征或减征税金,并制定海水价格补贴、

居民区海水综合利用工程资金补贴,培育海水利用市场,建设海水利用产业化基地。

4 结论

采用不同的方法预测了沿海城市居民生活杂用水的海水需求量,分别建立一元线性回归模型、生长曲线模型,并利用人均生活杂用水定额法对某沿海城市的居民生活杂用水海水需求量进行了预测,结果表明生长曲线预测模型较为符合实际。

对涉及居民生活的海水多途径利用的水价进行了探讨,对海水供水水价的组成进行了分析,提出了推广居民区海水利用产业发展的建议。

参考文献

[1] 朱庆平,史晓明,詹红丽,等. 我国海水利用现状、问题及发展对策研究[J]. 中国水利,2012,21:30—33.

[2] 张春园,钟玉秀,王建华,等. 关于积极发展海水利用的几点建议[J]. 水利发展研究,2011,9:1—6.

[3] 詹红丽,李宗璟,郭风,等. 我国海水利用发展现状与国外经验借鉴[J]. 水利科技与经济,2013,19(1):71—73.

[4] 高忠文,蔺智权,王铎,等. 我国海水利用现状及其对环境的影响[J]. 海洋环境科学,2008,27(6):672—676.

[5] 贾绍凤. 关于大力推广海水利用解决中国环渤海地区缺水问题的建议[J]. 科技导报,2009,27(6):10.

[6] 袁瑞新,肖献国. 基于灰色 Verhls 的城市生活需水量预测模型[J]. 人民黄河,2008,30(9):50—51.

[7] 段海妮,莫淑红,沈冰. 基于灰色 GM(1,N)自记忆模型的城市生活需水量预测[J]. 水电能源科学,2010,28(12):19—20.

[8] 刘建林,张国珍. 基于遍历灰色模型的城市生活需水量预测研究与应用[J]. 兰州交通大学学报,2011,30(3):141—144.

[9] 王春超,王丽萍,曹云慧,等. 改进多变量灰色模型在城市用水量预测中的应用[J]. 水电能源科学,2013,31(2):27—29.

[10] 李秉文,杜梅. 甘培茨模型在工业废水排放量预测中的应用研究[J]. 东北水利水电,1996(12):37—40.

[11] 杨立疆,夏丽,侯丽娜,等. 动态价格方法在五家渠市城镇供水水价测算中的应用[J]. 水电能源科学,2013,31(11):171—175.

[12] 陈东景,于婧,江世浩,等. 大生活用海水使用状况调查与思考[J]. 海洋经济,2013,3(5):10—16.