文章编号：1673-5196(2011)05-0121-05

城市居民生活水价测算的回归分析

李翠梅[1,2]，王建华[1]，王 浩[1]，刘遂庆[3]

(1. 苏州科技学院 环境科学与工程学院，江苏 苏州 215011；2. 中国水利水电科学研究院水资源所，北京 100044；3. 同济大学 环境科学与工程学院，上海 200092)

摘要：国内外学术界普遍关注的是水价测算模型及其参数估计的研究，即研究水价预测模型及应用，但鲜于对预测后的水价进行回归分析，造成调整后的水价组成不明，无法为水费合理分配提供科学依据. 依据长期边际成本原理，通过分析苏州市 1997—2008 年单位供水可变成本与固定成本实际数据，测算 2010 年苏州市居民生活水价，并对预测后的水价进行回归分析. 研究表明：在样本数据准确的基础上，通过回归分析能够正确揭示一定时期的水价及其组成，为城市水价收取与调整、水费管理与分配提供新的依据，对大力推进区域水资源可持续发展有着深远的实际和理论意义.

关键词：水价；测算；回归分析；边际成本

中图分类号：TU991.6 **文献标识码**：A

Regressive analysis of living water price forecasting for urban residents

LI Cui-mei[1,2], WANG Jian-hua[1], WANG Hao[1], LIU Sui-qing[3]

(1. College of Environment Science and Engineering, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215011, China; 2. China Institute of Water Resources and Hydraulic Power Research, Beijing 100044, China; 3. College of Environment Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The investigation of water price forecasting model and its parameter estimate was generally concerned by the academic circles at home and abroad. Namely, they were concerned in the investigation of water price forecasting model and its application; which were confined only to the regressive analysis of the water price forecasted, resulting in an unclear composition of the water price regulated and, therefore, the scientific basis for reasonable allocation of the water charges could not be provided. The living water price of Suzhou city's residents in 2010 was forecasted according to the long-term marginal cost principle and the analysis of the actual data of variable costs and fixed costs of unit water supply in Suzhou city during the years of 1997 through 2008 and the regressive analysis of the water price forecasted was performed, also. It was shown by the investigation that on the basis of accurate sampled data and by means of regressive analysis, the water price and its composition in a certain period of time could correctly be revealed, providing a new basis for the urban water charges gathering and regulating as well as the water charge management and allocation. The investigation in this paper has a deep practical and theoretical meaning for the retainable development of regional water resources utilization.

Key words: water price; forecasting; regressive analysis; marginal cost

自 20 世纪 90 年代开始至今，中国经历了一场持续的以水价上调为核心的水市场改革，大部分城市水价普遍从原先的几角钱上调至目前的 1～5 元/吨，表 1、2 是苏州 1991—2008 年水价调整情况. 由于与每个家庭、企业的切身利益密切相关，水价上调往往引起社会各界的广泛关注，水价制定及其作用也是国内外长期研究的热门课题.

Rogers[1]对如何利用水价提高水资源的公平性、效率与可持续进行了深入的研究. Garcia 等[2]评价了法国水价预测效益的收益. 从城市供水的需求

收稿日期：2011-03-18
基金项目：国家自然科学基金(51109153)，国家自然科学基金重点项目(40830637)，住建部科技项目(2010-K7-3)，江苏省住建厅科技示范项目(201006100005)
作者简介：李翠梅(1974-)，女，安徽滁州人，博士，副教授.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1 苏州市生活水价变化

Tab. 1 Variation of living water prices in Suzhou city

元/吨

年代	生活水价	年代	生活水价	年代	生活水价
1991	0.22	1997	0.60	2003	2.00
1992	0.28	1998	0.80	2004	2.40
1993	0.35	1999	0.95	2005	2.40
1994	0.45	2000	1.15	2006	2.70
1995	0.45	2001	1.40	2007	2.70
1996	0.45	2002	2.00	2008	2.70

表 2 苏州市非生活用水价格变化

Tab. 2 Variation of other than living water prices in Suzhou city

元/吨

年代	工业用水	商业用水	宾馆用水	特种行业用水	建筑业用水
1995	0.75	0.85	0.95		
2001	1.60	2.00	2.05		
2002	2.30	2.60	2.80		
2004	2.70	2.70	2.70		3.00
2006	3.00	3.00	3.30	4.00	3.30

与供给两个方面建立了水价预测的计量经济学预测模型，模拟了边际成本定价和社会剩余的变化，揭示最优定价-边际成本方法的特点. Raymundo[3] 研究了巴西水价制定过程中的要素分析，讨论社会边际价格理论在水价制定中的应用. Roberto[4] 研究了居民水价支付意愿并分析水价政策可行性. Olmstead[5] 分析阶梯水价下的用水量需求. Ruijs[6] 分析水价政策对用水量与水资源配置的影响与作用. Lim[7] 研究通过城市供水最优框架的制定来减少对环境影响和外部成本.

中国众多学者围绕水资源的价值、价格、水价结构等进行了大量研究工作，也取得了丰硕的研究成果. 李金昌[8] 从资源租金角度提出了水资源价格模型，体现自然资源本身的价值. 但是，水的供求弹性在居民、工业、农业灌溉中的差异性较大，有关参数的确定比较困难，因此，此模型只是一种理论框架，无法应用到水资源价格计算中. 姜文来[9] 提出了模糊数学定价模型. 王浩、阮本清、沈大军[10] 在分析总结基于宏观经济的一般均衡模型的发展、基本结构和应用于水价研究的基础上，以邯郸市为例进行了实际研究，测算了工业、农业的水价，分析说明了工业、农业供水量变化对国民经济的各部门产出、就业和价格的变化，并指出了模型存在的不足和改进措施. 王浩院士课题组（倪红珍、汪党献等老师）[11] 长期致力于水价模型与定价理论的研究，取得了巨大的成就，分析了水价与国民经济发展的关系，为国家制定相关政策奠定了良好的理论基础. 陈锡康等[12] 基于投入产出模型，对中国九大流域 1949—2050 年水资源影子价格进行了测算. 夏军等[13] 对水资源经济政策 CGE 模型及在北京市的应用进行了深入的研究. 贾绍凤等[14] 对水资源投入产出模型进行了综述. 李翠梅等[15-21] 对城市供水价格预测长期边际成本模型及其 GMM 参数估计方法进行了深入的研究，提高了该模型的实用性. 但是，由上述文献综述可以看出，国内外学术界普遍关注的是水价预测模型及其参数估计的研究，即运用某一水价预测模型对特定时期的水价进行预测后，很少对预测后的水价进行回归分析，因此造成了以下几个问题.

1）调整后的水价组成不明，令水价调整缺少说服力.

2）无法为水费合理分配提供科学依据，令公众普遍认为水价上涨单纯提高了自来水公司的利润.

3）无法体现水资源的稀缺性，不利于水资源的可持续发展.

4）无法体现一定时期，为保证城市供水行业可持续发展而必须的固定资产再投资的情况.

因此，在水价预测的基础上进行水价回归分析十分必要.

1 水价预测回归分析步骤

1）根据预测目标，确定自变量和因变量.

根据长期边际成本方法原理与模型，城市水价预测需要的参数有可变成本和固定成本两大类. 可变成本包含水资源费、动力费用、药剂费用、管理费用和财务费用 5 个变量；固定成本包括工人工资及福利、固定资产折旧、无形资产与递延资产摊销费、大修理费和日常修理费用 5 个变量. 这 10 个变量都可以看为是水价的自变量，水价是这 10 个变量的因变量. 表 3、4 分别给出苏州市 1997—2008 年单位供水成本 10 个自变量的统计数据.

2）建立回归预测模型.

依据自变量和因变量的历史统计资料建立回归分析方程，即回归分析预测模型. 分别根据表 3、4 提供的苏州市 1997—2008 年供水成本历史数据建立回归预测模型. 分别根据历史数据首先进行线性回归分析、对数回归分析、乘幂、指数回归分析、多项式回归分析. 计算结果发现：乘幂、指数回归分析、多项式回归分析等回归分析模型计算数值偏离太大，不适合本研究，筛选出线性回归和对数回归作为比较研究. 线性回归分析模型（回归分析 1）和对数回归分析模型（回归分析 2）计算结果见表 5.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 3　1997—2008 年苏州市单位供水可变成本

Tab. 3　Variable costs of unit water supply during 1997 through 2008 in Suzhou city　　元/吨

年份	水资源费		动力费用		药剂费		管理费		财务费用		小计
	成本	比例	成本	比例	成本	比例	成本	比例	成本	比例	
1997	0.01	1.94	0.11	21.34	0.02	3.88	0.045	8.73	0.006 5	1.26	0.191 5
1998	0.01	1.94	0.11	21.34	0.02	3.88	0.045	8.73	0.006 5	1.26	0.191 5
1999	0.01	1.94	0.11	21.34	0.02	3.88	0.045	8.73	0.006 5	1.26	0.191 5
2000	0.01	1.53	0.12	18.40	0.03	4.60	0.075	11.45	0.007 8	1.20	0.242 8
2001	0.01	1.53	0.12	18.40	0.03	4.60	0.075	11.50	0.007 8	1.20	0.242 8
2002	0.01	1.53	0.12	18.40	0.03	4.60	0.075	11.50	0.007 8	1.20	0.242 8
2003	0.01	1.48	0.13	19.34	0.04	5.95	0.075	11.16	0.007 8	1.16	0.262 8
2004	0.13	12.18	0.13	12.17	0.04	3.74	0.085	7.96	0.008 5	0.80	0.393 5
2007	0.20	17.41	0.14	12.19	0.04	3.48	0.085	7.40	0.008 5	0.74	0.473 5
2008	0.20	17.41	0.14	12.19	0.04	3.48	0.085	7.40	0.008 5	0.74	0.473 5

表 4　1997—2008 年苏州市单位供水固定成本

Tab. 4　Fixed costs of unit water supply during 1997 through 2008 in Suzhou city　　元/吨

年份	工人工资及福利		固定资产折旧		无形资产与递延资产摊销费		大修理费		日常检修		小计	合计
	成本	比例	成本	比例	成本	比例	成本	比例	成本	比例		
1997	0.011	2.13	0.21	40.75	0.000 85	0.16	0.081	15.72	0.021	4.07	0.323 85	0.515 35
1998	0.011	2.13	0.21	40.75	0.000 85	0.16	0.081	15.72	0.021	4.07	0.323 85	0.515 35
1999	0.011	2.13	0.21	40.75	0.000 85	0.16	0.081	15.72	0.021	4.07	0.323 85	0.515 35
2000	0.015	2.30	0.25	38.33	0.001 50	0.23	0.10	15.33	0.043	6.59	0.409 5	0.652 30
2001	0.015	2.30	0.25	38.33	0.001 50	0.23	0.10	15.33	0.043	6.59	0.409 5	0.652 30
2002	0.015	2.30	0.25	38.33	0.001 50	0.23	0.10	15.33	0.043	6.59	0.409 5	0.652 30
2003	0.015	2.23	0.25	37.19	0.001 50	0.22	0.10	14.87	0.043	6.40	0.409 5	0.672 30
2004	0.018	1.68	0.45	42.12	0.002 00	0.19	0.15	14.04	0.055	5.15	0.675 0	1.068 50
2007	0.018	1.57	0.45	39.18	0.002 00	0.17	0.15	13.06	0.055	4.79	0.675 0	1.148 50
2008	0.018	1.57	0.45	39.18	0.002 00	0.17	0.15	13.06	0.055	4.79	0.675 0	1.148 50

表 5　2010 年苏州市居民生活水价回归分析

Tab. 5　Regressive analysis of urban resident living water price of year 2010 in Suzhou

序号	组成	线性回归分析 1	对数回归分析 2	分析值 1	分析值 2	比例/%
	可变成本			1.979	0.932	42.05
1	水资源费	$y=0.303\ 2x-0.168\ 6$	$y=0.235\ 9\ln(x)+0.138\ 4$	1.26	0.50	26.77
2	动力费用	$y=0.040\ 8x+0.092\ 2$	$y=0.033\ 4\ln(x)+0.134\ 1$	0.28	0.19	5.95
3	药剂费	$y=0.028\ 1x+0.009\ 8$	$y=0.023\ 6\ln(x)+0.038\ 8$	0.14	0.08	2.97
4	管理费	$y=0.052\ 6x+0.029\ 4$	$y=0.044\ 9\ln(x)+0.083\ 9$	0.28	0.15	5.95
5	财务费用	$y=0.002\ 8x+0.005\ 5$	$y=0.002\ 3\ln(x)+0.008\ 4$	0.019	0.012	0.40
	固定成本			2.729	1.327	57.95
1	工资及福利	$y=0.01x+0.007\ 2$	$y=0.008\ 3\ln(x)+0.017\ 5$	0.054 3	0.030	1.15
2	固定资产折旧	$y=0.402\ 9x-0.005\ 8$	$y=0.320\ 2\ln(x)+0.404\ 4$	1.89	0.901	40.15
3	无形资产与递延资产摊销费	$y=0.001\ 6x+0.000\ 2$	$y=0.001\ 4\ln(x)+0.001\ 9$	0.008	0.004	0.17
4	大修理费	$y=0.111\ 1x+0.025\ 5$	$y=0.089\ 3\ln(x)+0.139$	0.55	0.278	11.68
5	日常检修维护费	$y=0.046\ 9x+0.004\ 7$	$y=0.039\ 4\ln(x)+0.053\ 1$	0.226	0.114	4.80
合计				4.707 3	2.259	100

注:表 5 中最后 1 列表示分析值 1 各项费用与总价比值.

3) 进行相关分析.

回归分析是对具有因果关系的影响因素(自变量)和预测对象(因变量)所进行的数理统计分析处理. 只有当变量与因变量确实存在某种关系时,建立的回归方程才有意义,因此,作为自变量的因素与作为因变量的预测对象是否有关,相关程度如何,以及判断这种相关程度的把握性多大,就成为进行回归分析必须要解决的问题.

结合表 3、4 数据对水价预测 10 个自变量和供水成本进行相关分析,求出相关系数矩阵,见表 6.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 6 供水成本相关系数分析矩阵

Tab. 6 Analysis matrix of correlative coefficients of water sullpy costs

相关系数	供水成本	水资源费	动力费	药剂费	管理费	财务费用	工资福利	固定资产	摊销费	大修理费	日常修理费
供水成本	1										
水资源费	0.960 9	1									
动力费	0.923 3	0.845 5	1								
药剂费	0.840 9	0.690 2	0.952 1	1							
管理费	0.804 5	0.627 3	0.884 0	0.933 6	1						
财务费用	0.868 5	0.711 0	0.915 5	0.943 6	0.993 0	1					
工资福利	0.911 8	0.772 2	0.931 8	0.942 0	0.976 7	0.995 3	1				
固定资产	0.993 5	0.959 9	0.879 5	0.802 0	0.761 4	0.832 9	0.882 7	1			
摊销费	0.915 0	0.776 8	0.932 6	0.941 5	0.975 0	0.994 5	0.999 9	0.886 4	1		
大修理费	0.995 2	0.933 2	0.913 3	0.856 7	0.834 7	0.894 1	0.933 4	0.99 25	0.936 2	1	
日常修理费	0.870 3	0.713 4	0.916 3	0.943 7	0.992 5	0.999 9	0.995 6	0.834 9	0.994 8	0.895 7	1

表 7 预测模型回归系数分析

Tab. 7 Analysis of regression coefficients of forecasting model

供水成本	水资源费	动力费	药剂费	管理费	财务费用	工资福利	固定资产	摊销费	大修理费	日常修理费
回归系数	0.923 5	0.852 6	0.707 3	0.647 3	0.754 4	0.831 5	0.987 1	0.837 2	0.990 4	0.757 4

从表 6 可以看到，各自变量的相关系数均较大，表明这 10 个成本影响因子与水价预测目标密切相关，符合回归分析的要求.

4）检验回归预测模型，计算预测误差.

回归预测模型是否可用于实际预测，取决于对回归预测模型的检验和对预测误差的计算. 回归方程只有通过各种检验，且预测误差较小，才能将回归方程作为预测模型进行预测.

表 7 是供水成本中 10 个变量线性预测模型的回归系数分析，由计算得出的数据均能满足各自回归方程的检验，表明回归预测模型可以用于实际预测.

5）计算并确定预测值.

最后一步就是利用回归预测模型计算预测值，并对预测值进行分析，确定最后的预测值. 表 5 分别给出了线性回归预测模型和对数预测模型的预测值，见表 5 第 5、6 列. 预测的结果分别是 2010 年苏州市居民生活水价分别是：4.707 3 元/吨和 2.25 9 元/吨. 结合实际情况进行分析认为：随着社会水资源日益匮乏、稀缺性的增加，水价应该是一个上升的趋势，对数预测模型预测值低于现行水价，因此不可取. 故采用线性回归模型预测水价：4.7073 元/吨，取 4.71 元/吨. 按 4.71 元/吨计算，平均每户居民每月水费支出约为 47.1 元至 71 元左右，占居民可支配收入的 0.9%～1.36%，远小于 2%～3%的承受力.

2 水价回归分析结果

回归分析可以清楚地表达水价组成各部分及其所占的百分比（见表 5 的第 5～7 列），由表 5 回归分析结果可以得出以下结论.

1）通过模型参数的回归分析，可以计算出水价各组成的数值. 例如，2010 年苏州市居民生活水价为 4.71 元/吨，可变成本为 1.979 元，其中水资源费、动力费、药剂费、管理费、财务费用分别为 1.26、0.28、0.14、0.15 和 0.012 元.

2）表 5 可以为水价调整提供清楚、详细、有力的支持，让群众一目了然.

3）依据表 5 可以制定相应的水费分配方案，并建立监督机制，有利于提升区域水资源的可持续发展，逐步形成供水工程资金来源与资金配置的良性循环.

4）预测与回归分析结果表明，当前水价中水资源费较低，不能体现水资源的稀缺性，在今后一段时间水价应上调的主要部分为水资源费用.

5）由表 8 和图 1 可以看出，在水价组成中，水资源费和固定资产费用应该占用较大的比重. 反映了随着社会、经济的发展，一方面水资源日益匮乏；另一方面，越来越多高新技术产品投入到供水工程中，高新技术产品的折旧速度远远大于以往技术含量较低的设备与产品，这表明征收的水费中应充分考虑固定资产的再投资及其投资周期.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 8　水价调整表

Tab. 8　Regulation of water prices

序号	项目	预测值	比例/%	08 年样本值	比例/%
	可变成本	1.979	42.05	0.473 5	41.23
1	水资源费	1.26	26.77	0.20	17.41
2	动力费用	0.28	5.95	0.14	12.19
3	药剂费	0.14	2.97	0.04	3.48
4	管理费	0.28	5.95	0.085	7.40
5	财务费用	0.019	0.40	0.008 5	0.74
	固定成本	2.729	57.95	0.675	58.77
1	工人工资及福利	0.054 3	1.15	0.018	1.57
2	固定资产折旧	1.89	40.15	0.45	39.18
3	无形资产与递延资产摊销费	0.008	0.17	0.002	0.17
4	大修理费	0.55	11.68	0.15	13.06
5	日常检修维护费	0.226	4.80	0.055	4.79
合计		4.71	100	1.148 5	100

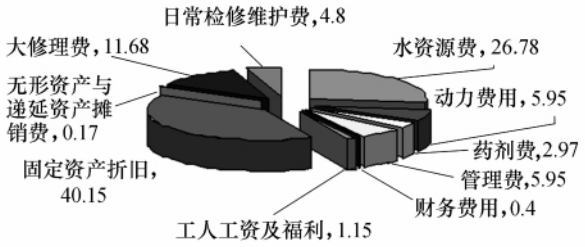

图 1　2010 年苏州市预测水价组成示意图

Fig. 1　Schematic diagram of water price composition forecasted with model for 2010 in Suzhou city

3　结论

分析苏州市 1997—2008 年单位供水可变成本与固定成本实际数据,根据长期边际成本原理预测 2010 年苏州市居民生活水价. 采用回归分析对所预测的水价及其组成进行深入的剖析,并以此为依据制定水价具体调整方案. 研究表明:通过线性回归分析能够正确剖析一定时期的水价及其组成;能够为城市水价收取与调整提供有力的理论依据;为水费合理分配提供新的理论依据;对大力推进区域水资源可持续发展有着深远的实际和理论意义.

致谢:本文得到苏州科技学院基金、江苏省高校"青蓝工程"项目的资助,在此表示感谢.

参考文献:

[1] PETER R. Water is an economic good: how to use prices to promote equity, efficiency, and sustainability [J]. Water Policy, 2002, 4(1): 1-17.

[2] SERGE G, ARNAUD R. Estimating the benefits of efficient water pricing in France [J]. Resource and Energy Economics, 2004, 26(1): 1-25.

[3] RAYMUNDO G. Price setting for water use charges in brazil [J]. Water Resources Development, 2005, 21(1): 99.

[4] ROBERTO G A, JAY R L. Derived willingness-to-pay for household water use with price and probabilistic supply [J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 2006, 132(6): 424.

[5] OLMSTEAD S M, HANEMANN W M, STAVINS R N. Water demand under alternative price structures [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2007, 54(2): 181.

[6] RUIJS A, ZIMMERMANN A, VAN DEN BERG M. Demand and distributional effects of water pricing policies [J]. Ecological Economics, 2008(66): 506-516.

[7] LIM S R, SUH S, KIM J H, *et al*. Urban water infrastructure optimization to reduce environmental impacts and costs [J]. Journal of Environmental Management, 2010, 91(3): 630-637.

[8] 李金昌. 自然资源价值理论和定价方法研究 [J]. 中国人口资源与环境, 1991(1): 29-33.

[9] 姜文来. 水资源价值论 [M]. 北京:科学出版社, 1998.

[10] 沈大军,梁瑞驹,王　浩,等. 水价理论与实践 [M]. 北京:科学出版社, 1999.

[11] 倪红珍,王　浩,汪党献. 经济社会与生态环境竞争用水的水价研究 [J]. 水资源保护, 2008, 24(3): 73-76.

[12] 陈锡康,刘秀丽,张红霞. 中国 9 大流域水利投入占用产出表的编制及在流域经济研究中的应用 [J]. 水利经济, 2005, 32(2): 36-65.

[13] 邓　群,夏　军,杨　军,等. 水资源经济政策 CGE 模型及在北京市的应用 [J]. 地理科学进展, 2008, 27(3): 141-151.

[14] 严婷婷,贾绍凤. 水资源投入产出模型综述 [J]. 水利经济, 2009, 27(1): 8-13.

[15] 李翠梅,王建华,王　浩,等. 城市水价预测长期边际成本模型的 GMM 参数估计 [J]. 自然资源学报, 2010, 25(9): 1589-1595.

[16] 李翠梅,陶　涛,刘遂庆. 城市水价预测的长期边际成本方法理论与案例研究 [J]. 资源科学, 2010, 32(7): 1356-1361.

[17] 李翠梅,陶　涛,刘遂庆. 苏州市居民生活用水量价格弹性研究 [J]. 给水排水, 2010, 36(5): 171-174.

[18] LI Cuimei, WANG Jianhua, WANG Hao, *et al*. Study on functional quantitative mathematical model of water distribution systems [C]//Proceedings of 12th Annual Water Distribution Systems Analysis Symposium. Tueson, Arizona, USA: ASCE-USA, 2010.

[19] 李翠梅,刘遂庆. 城市水价预测模型研究与 GMM 参数校验 [J]. 同济大学学报:自然科学版, 2009, 37(9): 1212-1216.

[20] LI Cuimei, LIU Suiqing. Water price forecasting method based on marginal-cost Theory in China [C]//World Environmental & Water Resources Congress. Kansas MO, USA: ASCE-USA, 2009, 342: 42-51.

[21] 李翠梅,刘遂庆,陶　涛. 给水管网设计与运行评价的价值工程方法 [J]. 同济大学学报:自然科学版, 2006, 34(5): 646-650.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net