

基于多元线性回归的中水回用技术营销推广研究

杨婷

江苏大学财经学院, 江苏 镇江

收稿日期: 2024年3月19日; 录用日期: 2024年4月15日; 发布日期: 2024年5月31日

摘要

中水回用技术的推广不仅能缓解缺水问题, 还能降低企业的生产成本。而中水回用的推广与发展取决于公众对中水回用的接受程度。因此, 为帮助相关企业完善中水回用的市场营销推广计划, 本研究以江苏省公众为例开展问卷调查, 建立公众对中水回用的态度、从众心理、了解情况、感知收益、健康风险感知与对中水回用接受程度的假设模型, 结合人口统计学变量, 运用多元线性回归模型进行实证分析。研究结果显示, 人们对中水回用的态度、群体心理、了解情况和感知收益会积极影响他们对中水回用的接受程度, 而健康风险感知则会对公众的接受程度产生负面影响。其中, 态度是影响中水回用接受程度最重要的因素。

关键词

中水回用, 接受程度, 多元线性回归分析

Research on Marketing and Promotion of Reclaimed Water Reuse Technology Based on Multiple Linear Regression

Ting Yang

School of Finance and Economics, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu

Received: Mar. 19th, 2024; accepted: Apr. 15th, 2024; published: May 31st, 2024

Abstract

The promotion of reclaimed water reuse technology can not only alleviate the problem of water

文章引用: 杨婷. 基于多元线性回归的中水回用技术营销推广研究[J]. 电子商务评论, 2024, 13(2): 3541-3549.

DOI: 10.12677/ecl.2024.132433

shortage, but also reduce the production cost of enterprises. The promotion and development of reclaimed water reuse depends on the public's acceptance of reclaimed water reuse. Therefore, in order to help relevant enterprises improve the marketing promotion plan of reclaimed water reuse, this study takes Jiangsu Province as an example to conduct a questionnaire survey and establish a hypothetical model of the public's attitude towards reclaimed water reuse, herd psychology, understanding of the situation, perceived benefits, health risk perception and acceptance of reclaimed water reuse. Multiple linear regression model was used for empirical analysis. The results show that people's attitude, group psychology, degree of understanding and perceived benefits will positively affect their acceptance of reclaimed water reuse, while the perception of health risks will have a negative impact on the public acceptance. Among them, attitude is the most important factor affecting the acceptance of reclaimed water reuse.

Keywords

Reclaimed Water Reuse, Acceptance Level, Multiple Linear Regression Analysis

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在全球范围内，很多国家都存在水资源短缺的困境，中国也不例外。据统计，中国 655 座城市中有近 400 个城市面临缺水问题。再生水利用是缓解城市缺水的一个重要途径。而再生水利用最主要的是中水回用。“中水”主要是指城市污水或生活污水经处理后达到一定的水质标准，可在一定范围内重复使用的非饮用水[1]。再生水的成功推广取决于公众的接受程度[2]。同样地，中水回用的推广与发展也取决于公众对中水回用的接受程度。为了缓解城市水资源短缺问题，提高再生水的利用率，必须增强公众对中水回用的可接受性。

国外关于公众对再生水利用接受程度的研究较多，如 Pascal Verhoest 等[3]发现对污染的厌恶和恐惧是消费者抵制废水再利用的关键驱动因素。Peter R Nkhoma 等[4]的研究表明，健康风险考虑是人们接受废水回用的重要决定因素。国内学者对此进行了相关研究，如孙金芳等[5] [6]通过问卷调查及相关模型，研究了公众参与再生水的回用意愿及影响因素。虽然国内学者已经关注公众对再生水的接受程度，但通过文献整理可以发现，研究公众心理因素对中水回用接受程度的影响文献较少。

基于此，本文结合技术接受理论和社会认知理论，建立公众对中水回用的态度、从众心理、了解情况、感知收益、健康风险感知与对中水回用接受程度之间的多元线性回归模型，结合人口统计学变量，探索江苏省居民对中水回用接受程度及其影响因素，为江苏省政府制定推动中水回用的发展策略提供科学依据。

2. 理论分析与研究假设

技术接受理论表明，个体对新事物的行为意愿由态度和感知有用性决定[7]。态度是指用户个人在主观上的积极或消极感受[8]。由此，大众对于新事物的行为意向可以归纳为：对新事物的注意、特性的感知、情绪的偏爱以及行为意向的形成。故而，公众对再生水的关注与态度可能会推动中水回用技术的推广和使用。据此，可以提出：

假设 1: 公众对中水回用持积极态度能够提高其中水回用的接受程度。

根据社会认知理论, 行为意图受到个体认知与外部环境相互作用的影响[9]。公众对中水品质的担忧很大程度上来源于他们对中水的不了解或者说不那么了解。因而, 提供有关中水处理过程等的真实信息可能会增加公众对中水回用的接受程度。Nemeroff 等人[10]认为随着时间的推移, 人们逐渐熟悉一项事物, 最终会发现该事物是无害的。因此, 受到家人、亲戚、朋友或邻居等人的影响, 不断接触中水回用环境的公众, 对中水回用的熟悉程度会越来越高。这种熟悉会潜在影响公众对中水回用技术的接受程度, 使得公众更容易接受中水在日常生活中的使用。据此, 可以提出:

假设 2: 公众对中水相关知识的了解能够提高其中水回用的接受程度。

假设 3: 公众强烈的从众心理能够提高其中水回用的接受程度。

Slovic 等[11]认为, 若一项事物能有巨大收益, 那么公众通常认为它的风险很小。因此, 当公众发现使用中水回用技术能带来减少水资源消耗、保护环境以及减少生活支出等收益时, 他们就会认为中水回用技术的风险性较低, 进而更容易接受中水回用技术。据此, 可以提出:

假设 4: 公众对中水回用的感知收益对其中水回用接受程度有正面影响。

早期研究发现影响中水回用的因素与其安全性密切相关, 例如对中水回用技术的不信任以及感知到的健康风险。Bruvold 等[12]认为, 对技术的不信任会阻碍人们接受再生水的使用。虽然中水技术发展到了一定程度, 但很多人还是担心中水在使用过程中会出现技术上的问题, 或者是系统上的问题, 或者是人的失误, 导致出水的水质达不到标准, 对人类的身体健康造成威胁。此外, 相关研究表明, 再生水使用范围越接近人体, 公众越怀疑其安全性, 接受它的意愿就越低[13]。而中水来自工业废水和生活污水, 中水回用的水质安全问题自然会成为公众关注的焦点, 健康风险感知越强的人越是很难接受中水回用。据此, 可以提出:

假设 5: 公众对中水回用的健康风险感知对其中水回用接受程度呈负向影响。

3. 研究设计

3.1. 问卷设计

本文以调查问卷的方式, 对江苏省居民的中水回用意愿进行了随机抽样调查, 利用 SPSS 软件对回用意愿的影响因素进行了分析。调查问卷第一部分内容包括受访者的性别、年龄、月收入和教育程度这些基础信息; 第二部分包括公众对中水回用的态度、了解情况、从众心理、感知收益、健康风险感知这些心理特征; 第三部分为公众对中水回用的接受程度。本研究采用李克特 5 量表对中水回用问题的意见进行测评, 1~5 项表示对题项陈述内容很不符合到很符合, 即很不符合(1)、不符合(2)、一般(3)、符合(4)、很符合(5)。

3.2. 数据样本

为了确保问卷的品质, 本研究采取预先调研的方式, 让周围的学生、教师来完成问卷, 然后再对其进行修正。正式问卷的数据收集进行主要从两个渠道进行数据收集: 一是现场调研。主动前往镇江火车站、商城、医院、学校等地区, 邀请路人填写问卷, 以来收集青少年与老人的数据; 二是线上调研。主要借助数据调查网站问卷星, 以发放奖励金的方式收集问卷数据。

此次研究共回收 171 份问卷, 去除缺漏等无效问卷后, 得到有效样本 142 份, 有效率为 83.04%。本研究对 142 份有效问卷进行了统计分析, 整理后具体见表 1。从表 1 可以看出, 参加此次调查的男性和女性数量大致相当, 年龄分布在 19~30 岁之间, 月收入主要集中在 2000 元及以下, 受教育程度在大学或专科以上的占 57.7%。

Table 1. Distribution of individual characteristics of the sample (N = 142)**表 1.** 样本的个体特征分布(N = 142)

个体特征	类别	人数	比例
性别	男	66	46.5%
	女	76	53.5%
年龄	18 岁及以下	28	19.7%
	19~30 岁	70	49.3%
	31~50 岁	16	11.3%
	51~59 岁	16	11.3%
	60 岁以上	12	8.5%
月收入	≤2000 元	62	43.7%
	2001~5000 元	49	34.5%
	5001~8000 元	23	16.2%
	≥8001 元	8	5.6%
受教育程度	高中及以下	82	57.7%
	本科或大专	53	37.3%
	硕士研究生及以上	7	4.9%

4. 数据分析与结果

4.1. 量表信效度检验

由于是量表问卷,在实证分析前,需检验问卷数据的信效度。本研究问卷维度设计来自刘浪[14]的成熟量表。变量已通过效度检验。从表 2 中可以看到问卷中各分量表的 Cronbach's α 值系数都接近 0.9,表明该量表已经通过了信效度的测试,问卷的内部一致性良好。

Table 2. Reliability test of each subscale**表 2.** 各分量表信度检验

变量	题项数	α 系数	处理方式
态度	3	0.887	接受
从众心理	3	0.871	接受
了解情况	3	0.911	接受
感知收益	3	0.911	接受
风险感知	3	0.939	接受
接受程度	5	0.898	接受

4.2. 描述性分析

为了准确测量各变量的数据特征及相关性,本研究对其进行了描述性统计分析,详细情况如表 3 所示。据表 3 中量表变量,本研究发被解释变量接受程度的平均值为 3.985,接近 4,这表明被调查者较为愿意接受中水回用;其中,态度、从众心理、感知收益这些解释变量的平均值都在 3.5 以上,能够初

步说明公众有点愿意接受中水回用，而了解情况与健康风险感知平均值在 3 附近，可以反映出公众对中水回用的了解的缺乏和其对安全性的不信任。此外，由表 3 可知，自变量与因变量的相关性较为显著，它们之间存在线性关系。

Table 3. Mean, standard deviation and correlation coefficient of each variable (N = 142)

表 3. 各变量的均值、标准差和相关系数(N = 142)

变量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.性别	1									
2.年龄	-0.314**	1								
3.月收入	-0.201*	0.081	1							
4.受教育程度	0.027	0.118	0.038	1						
5.态度	0.176*	-0.105	-0.166*	0.177*	1					
6.从众心理	0.240**	0.066	-0.251**	0.232**	0.463**	1				
7.了解情况	0.259**	-0.041	-0.155	0.106	0.415**	0.468**	1			
8.感知收益	0.171*	-0.082	-0.105	0.148	0.440**	0.405**	0.487**	1		
9.风险感知	-0.137	0.172*	0.136	-0.169*	-0.392**	-0.329**	-0.357**	-0.361**	1	
10.接受程度	0.206*	-0.026	-0.107	0.226**	0.615**	0.587**	0.554**	0.584**	-0.515**	1
M	1.540	2.390	1.840	1.470	3.751	3.585	3.416	3.672	3.009	3.985
SD	0.501	1.173	0.896	0.592	1.198	1.213	1.301	1.270	1.486	1

注：**在 0.01 级别(双尾)，相关性显著。*在 0.05 级别(双尾)，相关性显著。M 为均值，SD 为标准差。

4.3. 差异性分析

为检测人口统计学变量的不同是否对公众接受中水回用存在显著性影响，本研究利用单因素方差检验以及独立 t 检验，通过均值比较进行分析。具体结果如下：人口统计学变量“性别”在独立 t 检验中 t 值为-2.442，p 值为 0.016，小于显著性水平 0.05，即不同性别的公众对中水回用的接受程度存在显著性差异。通过不同性别下各自变量的均值比较可以看出，女性比男性更愿意接受中水回用。

变量“年龄”的 F 值为 0.601，p 值为 0.663 > 0.005，即各年龄段居民对再生水的接受程度不存在差异；“月收入”的 F 值为 0.546，p 值为 0.652 > 0.05，即月收入不同的公众对中水回用的接受程度不存在差异；“受教育程度”的 F 值为 3.848，p 值为 0.024 < 0.05，即受教育程度不同的公众对中水回用存在显著性差异，根据表 4，可以得出受教育程度越高的公众对中水回用的态度越积极，从众心理越强、对中水回用的相关知识和能带来的收益越了解，同时他们对健康风险的也较为关注，由此可知，受教育程度高的公众对中水回用的接受程度高。

Table 4. Comparison of mean values of individual characteristics of samples on independent variables

表 4. 样本个体特征对自变量的均值比较

	因素	态度	从众心理	了解程度	感知收益	风险感知
性别	男	3.525	3.2729	3.0553	3.4402	3.2271
	女	3.9472	3.8554	3.7283	3.873	2.8197
年龄	18 岁及以下	3.8211	3.5596	3.5357	3.5482	2.9639
	19~30 岁	3.8763	3.5763	3.3856	3.8861	2.7663
	31~50 岁	3.5619	3.3331	3.4381	3.3969	3.0625

续表

	51~59 岁	3.2913	3.5413	3.4788	3.3544	3.7706
	60 岁以上	3.7217	4.085	3.195	3.5	3.4442
月收入	≤2000 元	3.9568	3.7795	3.5376	3.8389	2.7094
	2001~5000 元	3.7076	3.7076	3.4898	3.579	3.2924
	5001~8000 元	3.3617	3.16	3.2178	3.4496	3.1148
	8001~12,000 元	3.5413	2.5425	2.5825	3.585	3.2925
受教育程度	高中及以下	3.5485	3.3495	3.2929	3.5046	3.2154
	本科或大专	4.044	3.8685	3.5785	3.8934	2.7668
	硕士研究生及以上	3.9043	4.19	3.6171	3.9529	2.4271

4.4. 多元线性回归分析

4.4.1. 模型检验

由于本研究数据的测量采用的是李克特 5 级量表，变量为数值型变量，初步满足进行多元线性回归分析的条件。具体检验：在 SPSS 的回归分析中，(1) 模型自变量的相关系数显著性较好，如表 3 所示，自变量与因变量存在线性关系；(2) 模型中变量的容忍度 > 0.6，VIF < 5，变量之间无多重共线性；(3) 模型的 DW 值为 1.534，在可接受范围内，反映出残差序列存在自相关可能性小；(4) 据图 1 可知，标准化残差值满足正态分布，据图 2 可以发现数据大致均匀分布在 Y = 0 的两侧，可以认为残差满足方差齐性。此外，模型调节后的 R² 为 60.6%，超过 50%，对被解释变量有较好的解释能力，且模型的 F 值为 44.364，显著性为 0.000，比显著水平 0.005 要低，这表明该模型具有良好的拟合性能，回归模型具有一定的实际意义。这些表明本研究适合建立多元线性回归模型。

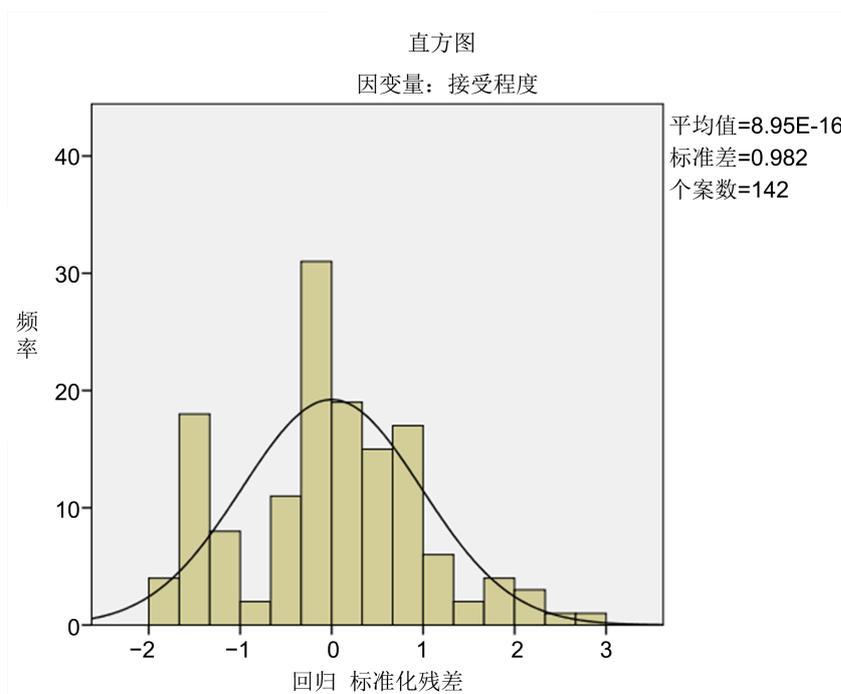


Figure 1. Histogram of standardized residuals

图 1. 标准化残差直方图

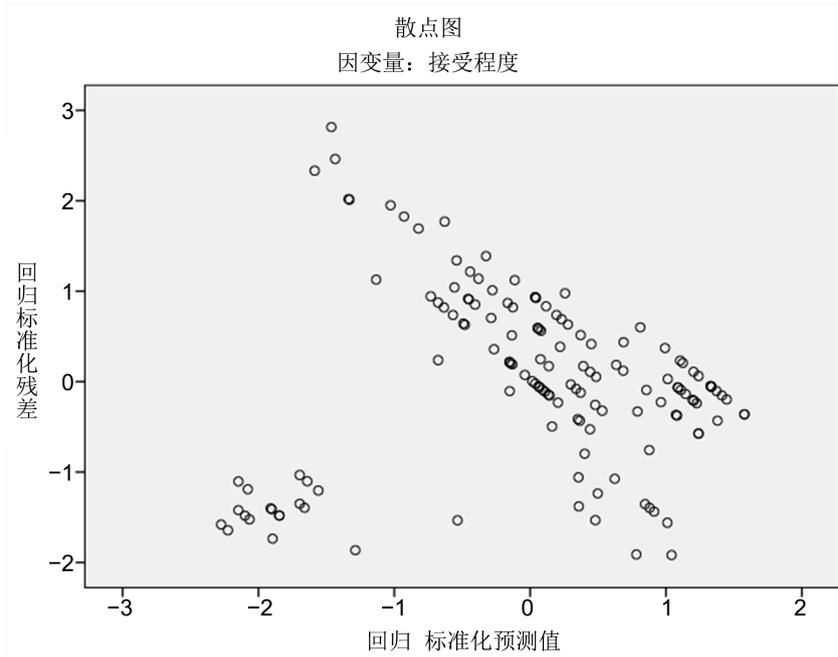


Figure 2. Scatter plot of standardized residual values and standardized predicted values
图 2. 标准化残差值与标准化预测值散点图

Table 5. Regression model results
表 5. 回归模型结果

模型	未标准化系数		标准化系数	t 检验统计量	显著性	共线性统计	
	B	标准误差				容差	VIF
(常量)	1.802	0.311		5.794	0.000		
态度	0.222	0.054	0.266	4.091	0.000	0.663	1.507
从众心理	0.194	0.053	0.236	3.66	0.000	0.674	1.485
了解情况	0.117	0.051	0.153	2.322	0.022	0.647	1.545
感知收益	0.178	0.051	0.226	3.488	0.001	0.667	1.5
风险感知	-0.133	0.04	-0.198	-3.293	0.001	0.774	1.291

注：因变量：接受程度。

4.4.2. 回归分析与假设检验

基于此，本研究将对中水回用的“接受程度”作为因变量，态度、从众心理、了解情况、感知收益和健康风险感知作为自变量，对其进行多元线性回归分析，回归结果如表 5 所示。5 个自变量的显著性均小于显著性水平 0.05，即这 5 个自变量与因变量的线性关系是显著的，可以保留在方程中。据此，可以得出多元线性回归方程：

$$Y = 1.802 + 0.222X_1 + 0.194X_2 + 0.117X_3 + 0.178X_4 - 0.133X_5$$

其中，因变量 Y 指“接受程度”；自变量 X_1 指“态度”， X_2 指“从众心理”， X_3 指“了解情况”， X_4 指“感知收益”， X_5 指“健康风险感知”。根据表 5 回归模型结果以及多元线性回归方程可知，变量“态度”、“从众心理”、“了解情况”、“感知收益”在显著性水平为 0.05 时与中水回用“接受程度”呈正相关，其影响系数为 0.222, 0.194, 0.117, 0.178，说明对中水回用持积极的态度，有较强的从众心理，

有较好的认知或知觉较好的公众更愿意接受中水回用,这符合 Nancarrow [15]、Jeffery [16]、Massoud [17] 等的研究一致,即假设 1, 2, 3, 4 成立;变量“风险感知”在显著性水平为 0.05 时与中水回用“接受程度”呈负相关,其影响系数为 0.133,表明越是注重中水回用安全性的公众接受中水回用的程度越低,与 Kandiah 等[18] [19]的研究一致,即假设 5 成立。在影响公众对中水回用接受程度的变量中,态度 ($\beta = 0.266$) 是影响公众接受中水回用的最主要因素,其次依次为从众心理 ($\beta = 0.236$)、感知收益 ($\beta = 0.226$)、风险感知 ($\beta = -0.198$) 和了解情况 ($\beta = 0.153$)。

5. 结论

本文通过对江苏省 142 个居民的调查,建立公众对中水回用的接受程度间有关的理论分析框架,然后用多元线性回归模型实证分析了公众对中水回用的接受程度及其影响因素,得到以下结论:

(1) 通过对问卷数据的整理分析,因变量“接受程度”平均值接近 4,可以说明江苏省公众较为愿意接受中水回用的实行,反映出进一步引导公众接受中水回用的必要性。

(2) 研究结果显示,受教育程度不同的公众对中水回用的接受程度存在明显差异,即受教育程度高的公众对中水回用的接受度越高,其中女性人群对中水回用的接受度高于男性。此外,公众的年龄和月收入对中水回用的接受程度无显著影响。

(3) 实证结果表明,“态度”、“从众心理”、“了解情况”、“感知收益”、“风险感知”这些自变量对公众接受中水回用都产生了显著影响,这表明江苏省公众的心理特征对中水回用的接受程度会产生一定的影响。

参考文献

- [1] 钱茜,王玉秋.我国中水回用现状及对策[J].再生资源研究,2003(1):27-30.
- [2] Wu, D., Zhao, Y., Pei, Y.S., et al. (2010) Proposes on Utilization and Management of Reclaimed Waste Water in China. *Water Resources and Hydropower Engineering*, **41**, 10-14.
- [3] Pascal, V., Biliiana, G., Joke, B., et al. (2022) Public Acceptance of Recycled Water: A Survey of Social Attitudes toward the Consumption of Crops Grown with Treated Wastewater. *Sustainable Production and Consumption*, **34**, 467-475. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.10.003>
- [4] Nkhoma Peter, R., et al. (2021) Recycled Water Reuse: What Factors Affect Public Acceptance? *Environmental Conservation*, **48**, 278-286. <https://doi.org/10.1017/S037689292100031X>
- [5] 孙金芳,刘伟,高静,等.城市再生水回用意愿调查及影响因素分析[J].能源与环境,2023(6):158-160.
- [6] 刘晓君,陈诗祺,付汉良.再生水回用公众参与意愿两阶段影响因素分析[J].中国环境管理,2022,14(3):97-104. <https://doi.org/10.16868/j.cnki.1674-6252.2022.03.097>
- [7] Davis, F.D., Bagozzi, R.P. and Warshaw, P.R. (1989) User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science*, **35**, 982-1003. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982>
- [8] Al-Gahtani, S.S. (2016) Empirical Investigation of E-Learning Acceptance and Assimilation: A Structural Equation Model. *Applied Computing and Informatics*, **12**, 27-50. <https://doi.org/10.1016/j.aci.2014.09.001>
- [9] Bandura, A. (1999) Social Cognitive Theory: An Agentic Albert Bandura. *Asian Journal of Social Psychology*, **2**, 21-41. <https://doi.org/10.1111/1467-839X.00024>
- [10] Nemeroff, C., Rozin, P., Haddad, B. and Slovic, P. (2020) Psychological Barriers to Urban Recycled Water Acceptance: A Review of Relevant Principles in Decision Psychology. *International Journal of Water Resources Development*, **36**, 956-971. <https://doi.org/10.1080/07900627.2020.1804841>
- [11] Slovic, P., Finucane, M.L., Peters, E., et al. (2004) Risk as Analysis and Risk as Feelings: Some Thoughts about Affect, Reason, Risk, and Rationality. *Risk Analysis*, **24**, 311-322. <https://doi.org/10.1111/j.0272-4332.2004.00433.x>
- [12] Bruvold, W.H. and Cook, J. (1981) Reclaiming and Reusing Wastewater. *Water Engineering and Management*, **128**, 65-71.
- [13] Hurlimann, A. and Dolnicar, S. (2010) When Public Opposition Defeats Alternative Water Projects—The Case of Toowoomba Australia. *Water Research*, **44**, 287-297. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.09.020>

-
- [14] 刘浪. 城市居民再生水回用行为影响因素及干预策略仿真研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安建筑科技大学, 2020. <https://doi.org/10.27393/d.cnki.gxazu.2020.000170>
- [15] Nancarrow, B.E., Leviston, Z. and Tucker, D.I. (2009) Measuring the Predictors of Communities' Behavioural Decisions for Potable Reuse of Wastewater. *Water Science & Technology*, **60**, 3199-3209. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.759>
- [16] Jeffrey, P. and Jefferson, B. (2003) Public Receptivity Regarding "In-House" Water Recycling: Results from a UK Survey. *Water Science and Technology: Water Supply*, **3**, 109-116. <https://doi.org/10.2166/ws.2003.0015>
- [17] Massoud, M.A., Arine, K., Ibrahim, A., *et al.* (2018) Factors Influencing the Reuse of Reclaimed Water as a Management Option to Augment Water Supplies. *Environmental Monitoring & Assessment*, **190**, 531. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6905-y>
- [18] Kandiah, V., Binder, A.R. and Berglund, E.Z. (2017) An Empirical Agent-Based Model to Simulate the Adoption of Water Reuse Using the Social Amplification of Risk Framework. *Risk Analysis*, **37**, 2005-2022. <https://doi.org/10.1111/risa.12760>
- [19] Goodwin, D., *et al.* (2018) Informing Public Attitudes to Non-Potable Water Reuse-The Impact of Message Framing. *Water Research*, **145**, 125-135. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.08.006>