

# 再生水回用公众参与意愿两阶段影响因素分析

刘晓君, 陈诗祺\*, 付汉良

(西安建筑科技大学管理学院, 陕西西安 710055)

**【摘要】** 污水再生利用是减少水体污染、缓解水资源供需矛盾和促进城市经济社会可持续发展的重要途径,但公众的偏见和排斥严重制约再生水处理技术的推广和发展。本文整合技术接受拓展模型和技术准备度理论,构建公众参与再生水回用意愿影响因素模型,运用结构方程模型和人工神经网络进行两阶段实证检验。研究表明:感知有用性和感知易用性对公众参与再生水回用意愿有显著正向影响;便利条件和主观规范分别对感知易用性和感知有用性起显著提升作用;技术准备度的消极因素极大地阻碍了公众再生水回用意愿的提升。基于上述结论,本文提出提升宣传的有效性,完善城市再生水配套设施及相关激励政策,联合社区、学校、企业等平台协同推进再生水处理技术推广工作等对策建议,为政府制定科学有效的干预政策,引导公众使用再生水提供重要的理论参考和实践指导。

**【关键词】** 公众参与;再生水回用;结构方程模型;人工神经网络

**【中图分类号】** X32; F124.3; F205

**【文章编号】** 1674-6252(2022)03-0097-08

**【文献标识码】** A

**【DOI】** 10.16868/j.cnki.1674-6252.2022.03.097

## 引言

水资源不均衡分布、不合理开发、水污染等原因正在引发全球性水危机<sup>[1]</sup>,按照传统开源节流方式应对日益尖锐的水资源供需矛盾已难以解决水资源匮乏这一根本问题。再生水回用是解决水危机的重要途径,通过对污水处理达标后重新开发利用,将单纯的水污染控制转变为全方位的水环境可持续发展,具有显著经济与环境效益。2021年1月14日,国家发展改革委、科技部等十部门联合发布《关于推进污水资源化利用的指导意见》<sup>[2]</sup>,提出“到2025年,全国污水收集效能显著提升,全国地级及以上缺水城市再生水利用率达到25%以上,京津冀地区达到35%以上;到2035年,形成系统、安全、环保、经济的污水资源化利用格局”的总体目标。为切实有效提高再生水利用率,需对现阶段我国再生水推广的制约因素进行探究。考虑到污水处理技术几乎能生产出满足任何水质标准的再生水,技术问题已不再是再生水回用的阻碍,而公众对再生水回用的偏见和排斥成为制约再生水推广的核心因素。在过去的二十年里,由于公众抵制,极多地区的污水再生利用项目建设和运营一直停滞不前,这也直接影响再生水回用的进一步推广<sup>[3]</sup>。

尽管已有众多研究表明,使用再生水对人体健康造成的风险极低,但对化学品的恐惧和对健康风险的焦虑等刻板印象阻碍了公众进一步参与再生水回用<sup>[4]</sup>。而对污水再生利用后水质的担忧和对再生水技术的陌生感是形成再生水不洁这一刻板印象的深层诱因<sup>[5]</sup>,从本质上来说这是由于公众对使用再生水技术的准备度和信心不足所造成的。

公众参与意愿对再生水工程的推进至关重要,为缓解公众对于再生水回用意愿低甚至排斥和抵制的现象,愈多研究开始探究驱动公众再生水回用行为的相关对策。刘晓君等<sup>[6]</sup>在规范激活理论模型框架下证实了环保动机对居民再生水回用引导作用的产生机制。Hou等<sup>[7]</sup>从区域缺水感知角度出发,以认知语境理论及意识—行为理论为基础,探究其对公众接受再生水的影响。Gao等<sup>[8]</sup>将认知因素和情感因素纳入再生水回用行为,从发起、形成和延续的行为过程中探究其作用效果。现阶段公众再生水回用意愿影响因素的定量研究多采用结构方程模型,但仅采用传统结构方程模型探究变量间关系很可能将影响的过程简单线性化<sup>[9]</sup>。而与结构方程模型和Logistic回归等其他传统统计方法相比,人工神经网络模型能够以较高的预测精度模拟复杂的线性和非线性关系,考虑将其引入结

**资助项目:** 国家自然科学基金项目“城市居民再生水回用行为特征及驱动策略研究”(71874135);“公众认知视角下工程项目排斥行为的触发及防范机制研究:以再生水回用工程为例”(72001167)。

**作者简介:** 刘晓君(1961—),女,教授,博士生导师,研究方向为工程管理, E-mail: xjun\_liu@163.com。

**\* 责任作者:** 陈诗祺(1997—),女,硕士研究生,研究方向为城市居民再生水回用行为驱动对策, E-mail: chenshiqi@xauat.edu.cn。

构方程模型后的第二阶段分析,既提高了所构建模型在模拟复杂线性和非线性关系的精确性,又提升了人工神经网络对因果关系预测的适用性。

基于此,本研究整合技术接受拓展模型和技术准备度理论,在结构方程模型分析的基础上引入人工神经网络模型,构建公众参与再生水回用意愿的 SEM-ANN 两阶段模型,从再生水使用个体角度出发寻找制约再生水回用推广的关键因素。

## 1 理论基础与研究假设

### 1.1 技术接受拓展模型

技术接受模型 (Technology Acceptance Model, TAM) 被广泛用于解释和预测人们对某种新技术的接受程度<sup>[10]</sup>。TAM 主要以感知有用性及感知易用性解释及推论使用者态度及行为意图,而感知有用性及感知易用性则受到外部变数影响。传统 TAM 模型对个人行为意图的解释存在局限,为此 Venkatesh 和 Bala 对其进行拓展,纳入了主观规范、焦虑等变量,进一步增强技术接受模型的鲁棒性,更深入地解释了影响用户技术接受的诱因。本研究选取主观规范、再生水回用焦虑及便利条件对感知易用性和感知有用性进行解释。

主观规范是个体在决定是否做出某项行为时所感知到的外部压力,是帮助个体进行自我调节其技术采纳动机的主要外在动机因素之一。Hussain 等<sup>[11]</sup>基于计划行为理论检验了个人在应对巴基斯坦碳排放时选择采用 Zig-zag 技术的态度及意图,研究结果再次证实了主观规范对新技术的采纳意向有显著影响。基于已有研究成果,本研究提出假设:

H1: 主观规范正向作用于公众参与再生水回用意愿的感知有用性。

在再生水回用情景下,将焦虑的关注视角转向用户对于采纳新技术的心理状态,以进一步探究个人使用再生水时产生的负面情绪。David 及 Hess<sup>[12]</sup>提出可以通过降低技术诱发的状态焦虑,从而减少用户感受到的技术压力。Tsai 等<sup>[13]</sup>为用户对采用远程医疗服务的焦虑提供了理论框架的实证支持,用户对使用远程医疗存在负面情绪时,将降低该技术的感知有用性。基于已有研究成果,本研究提出假设:

H2: 再生水回用焦虑负向作用于公众参与再生水回用意愿的感知有用性。

便利条件是影响个体行为决策的信念因素,该因素衡量的是用户在多大程度上认为组织或技术的支援体系为自己使用该信息技术提供了便利。在本研究中

支援体系主要是指了解再生水知识的途径、再生水涉及的相关设施及公众实际能够使用再生水的机会等。Kurfali 等<sup>[14]</sup>研究结果证实便利条件对使用电子政务服务行为意向有积极影响。Terzis 和 Economides<sup>[15]</sup>也证实便利条件直接正向影响学生采纳计算机评估技术的感知易用性。基于已有研究成果,本研究提出假设:

H3: 便利条件正向作用于公众参与再生水回用意愿的感知易用性。

感知有用性是指个人在使用新技术时所感知到的价值信念;感知易用性是指个人在使用新技术时所感知到的使用难度或操作难度,感知易用性也是技术感知有用性的前置因素。尹洁林等<sup>[16]</sup>发现当消费者对新能源汽车有较高的感知易用性和感知有用性时,其购买意愿会显著提高。李子琳等<sup>[17]</sup>分析得知测土配方施肥技术的采纳意愿受到感知有用性和感知易用性共同正向影响,且感知易用性通过感知有用性作为中介对农业技术采纳意愿产生影响。基于已有研究成果,本研究提出假设:

H4: 感知易用性正向作用于感知有用性。

H5: 感知有用性正向作用于公众参与再生水回用意愿。

H6: 感知易用性正向作用于公众参与再生水回用意愿。

### 1.2 技术准备度

技术准备度 (Technology Readiness Index, TRI) 旨在从多维度测量个体在面对某种技术的整体心理状态,包括对此项技术的信心、态度等<sup>[18]</sup>。关于消费者的信念、认知、感受和动机在对产品和服务的评价方面既可能是促进因素,也可能是抑制因素,故该理论从乐观性、创新性、不适性和不安全感四个维度衡量个人准备采用某技术的意愿。

乐观性和创新性可视为个人使用技术的驱动力。对澳大利亚、中国和美国三国旅行者的在线调研结果证实,乐观性和创新性对技术驱动服务的总体满意度和可持续决策之间的关系具有正向调节作用<sup>[19]</sup>。Hung 和 Cheng<sup>[20]</sup>基于个人接受技术的心理状态和兼容性发现,技术准备度的积极态度正向影响虚拟社区中知识共享的采纳意愿。基于已有研究成果,本研究提出假设:

H7a: 乐观性正向作用于公众参与再生水回用意愿的感知有用性。

H7b: 乐观性正向作用于公众参与再生水回用意愿的感知易用性。

H8a: 创新性正向作用于公众参与再生水回用意愿的感知有用性。

H8b: 创新性正向作用于公众参与再生水回用意愿的感知易用性。

不适性和不安全感可视为个人使用技术的阻碍力。赵庆等<sup>[21]</sup>发现,在移动图书馆使用中不适性和不安全感对移动图书馆服务质量有负面影响。Saqib等<sup>[22]</sup>运用采集到的截面数据对所构建的消费者购买节能家居产品意向模型进行实证分析,发现个人购买节能型家庭产品的购买意愿随负面态度的增加而降低。基于已有研究成果,本研究提出假设:

H9a: 不适性负向作用于公众参与再生水回用意愿的感知有用性。

H9b: 不适性负向作用于公众参与再生水回用意愿的感知易用性。

H10a: 不安全感负向作用于公众参与再生水回用意愿的感知有用性。

H10b: 不安全感负向作用于公众参与再生水回用意愿的感知易用性。

综上,提出公众参与再生水回用意愿理论模型,见图1。

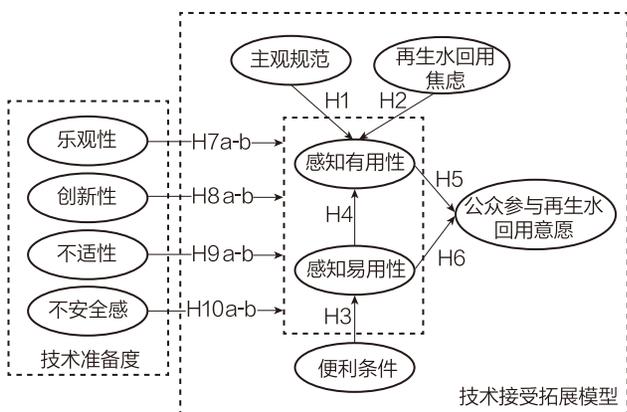


图1 公众参与再生水回用意愿理论模型

## 2 研究方法

### 2.1 量表设计

本研究以问卷调查开展数据收集工作,在现有文献成熟量表的基础上整合本研究量表,并根据公众对参与再生水回用意愿的研究情景进行修改。除个人信息外其余问卷题目回答均采用5级Likert量表。为消除理解偏误,在正式问卷调查开始前发放55份预调研问卷进行小样本测试,共回收52份有效预调研问卷,再依据预调研问卷的信效度剔除无效观察变量并完善观察变量表述,最终得到正式问卷。

### 2.2 样本选取与数据收集

本研究在水资源紧缺及水环境污染矛盾较为突出的陕西省开展线下纸质问卷和线上电子问卷双渠道数据收集工作。2021年5月17日—6月9日于西安市、咸阳市、渭南市主城区内共发放线下纸质问卷312份,从回收问卷中剔除明显逻辑错误及非完整问卷17份,回收有效线下纸质问卷295份;2021年5月9日—6月27日,以陕西省境内城市居民为调查对象共发放线上电子问卷318份,从回收问卷中剔除明显逻辑错误及非完整问卷59份,回收有效线上电子问卷259份。最终回收有效线下纸质问卷及线上电子问卷554份,问卷有效回收率87.94%,其中男、女比例为56.7%、43.3%。本研究将所采集数据导入SPSS 25.0进行数据处理,并利用Smart-PLS 2.0及Python 3.7对模型进行两阶段分析。

## 3 实证分析

### 3.1 基于SEM的公众参与再生水回用意愿模型分析

#### 3.1.1 信度和效度检验

本研究通过观察变量载荷、Cronbach' $\alpha$ 值检验量表和所收集数据的信度。观察变量载荷大于0.7则认定观察变量信度满足要求,观察变量及其信度与效度检验指标见表1,问卷中36个观察变量载荷介于0.777至0.863之间,满足判定要求。数据信度判定要求Cronbach' $\alpha$ 值超过0.7,本研究所有潜变量的Cronbach' $\alpha$ 介于0.711至0.894之间,满足判定要求,即所采用观察变量和收集数据均具备良好信度。

效度评价由收敛效度评价和区别效度评价组成。由表1可知,每个潜变量的平均抽取变异量AVE值均满足高于0.5的判定要求,证明其取得良好收敛效度。区别效度采取Fornell-Larcker准则进行检验。由表2可知,所有潜变量AVE的平方根均大于该构面与其他构面之间的相关系数,证明本研究取得良好区别效度。

#### 3.1.2 模型拟合度分析

通过路径系数的显著性、决定系数 $R^2$ 和构面交叉验证的重叠性 $Q^2$ 评估结构模型以判断模型拟合程度。显著性检验结果见表3,各影响路径 $P$ 值均 $< 0.05$ ,即各潜变量间关系存在显著性。感知有用性、感知易用性、公众参与再生水回用意愿的 $R^2$ 分别为0.763、0.730、0.551,均大于0.5,说明模型拟合效果良好。感知有用性、感知易用性、公众参与再生水回用意愿

表1 观察变量及其信度与效度检验指标

潜变量	编码	观察变量	观察变量 载荷	Cronbach's $\alpha$	组合 信度	AVE
主观规范	SN1	对我的行为有重要影响的人认为我应该在生活中使用再生水	0.806	0.816	0.879	0.644
	SN2	对我很重要的人认为我应该在生活中使用再生水	0.801			
	SN3	我日常接触的大部分人认为应该在生活中使用再生水	0.814			
	SN4	我现在的学校 / 公司 / 社区支持我在生活中使用再生水	0.789			
再生水回用 焦虑	ANX1	使用再生水对我不会产生任何焦虑	0.835	0.858	0.904	0.701
	ANX2	使用再生水让我觉得很紧张	0.831			
	ANX3	使用再生水让我觉得很不舒服	0.849			
	ANX4	使用再生水让我感到很不安	0.834			
便利条件	FC1	我生活区域周边的设施可以供我在生活中使用再生水	0.863	0.802	0.884	0.717
	FC2	我在生活中有很多机会可以使用再生水	0.841			
	FC3	我在生活中可以了解到关于再生水的知识	0.836			
感知有用性	PU1	我相信使用再生水提高了水资源的利用率	0.809	0.847	0.897	0.686
	PU2	我相信使用再生水可以减少水资源的压力	0.826			
	PU3	我相信使用再生水可以节约生活成本	0.836			
	PU4	我相信使用再生水是一种保护环境的好方法	0.841			
感知易用性	PEOU1	我可以轻而易举地在生活中使用到再生水	0.854	0.818	0.892	0.734
	PEOU2	我能识别再生水设施	0.860			
	PEOU3	总的来说, 我会在生活中使用到再生水	0.856			
乐观性	OPT1	我认为使用再生水是一件感到新奇的事	0.792	0.741	0.852	0.658
	OPT2	我认为再生水的使用让人们的用水行为更为环保	0.796			
	OPT3	我开始意识到生活中接触再生水的机会比前几年多了	0.845			
创新性	INN1	我对再生水抱有比较大的兴趣	0.856	0.807	0.886	0.721
	INN2	我总乐于尝试使用不同的新兴技术, 比如再生水	0.842			
	INN3	周围人喜欢向我寻求新兴技术方面的建议, 比如再生水	0.849			
不适应性	DIS1	现有的再生水推广方式对我深入了解再生水没有太大帮助, 因为它们没有用我能理解的术语解释再生水	0.824	0.711	0.839	0.634
	DIS2	当我从一些宣传栏或科普文章 / 视频中学习关于再生水知识时, 我会觉得自己被比我更了解再生水技术的人利用了	0.777			
	DIS3	许多新兴技术的健康或安全风险直到人们使用后才会被发现, 比如再生水	0.787			
不安全感	INS1	我认为过快地推广再生水的使用可能会对健康造成风险	0.855	0.796	0.880	0.710
	INS2	我认为过快地推广再生水的使用可能会对环境造成风险	0.837			
	INS3	我对现有再生水处理技术的安全性存有疑虑	0.834			
公众参与再生水回用意 愿	ACC1	将再生水用于造林育苗	0.799	0.894	0.919	0.653
	ACC2	将再生水用于小区 / 城市景观	0.818			
	ACC3	将再生水用于城市道路冲洒	0.806			
	ACC4	将再生水用于冲洗厕所	0.819			
	ACC5	将再生水用于车辆清洗	0.780			
	ACC6	将再生水用于消防用水	0.827			

注: 观察变量即为调研参与人员看到的问卷题项

表2 各潜变量间相关系数与AVE的平方根

	主观规范	再生水回用焦虑	便利条件	感知有用性	感知易用性	乐观性	创新性	不适性	不安全感	公众参与再生水回用意愿
主观规范	0.803	—	—	—	—	—	—	—	—	—
再生水回用焦虑	-0.707	0.837	—	—	—	—	—	—	—	—
便利条件	0.789	-0.676	0.847	—	—	—	—	—	—	—
感知有用性	0.760	-0.665	0.694	0.828	—	—	—	—	—	—
感知易用性	0.769	-0.659	0.769	0.777	0.857	—	—	—	—	—
乐观性	0.674	-0.593	0.672	0.713	0.703	0.811	—	—	—	—
创新性	0.677	-0.580	0.682	0.692	0.710	0.640	0.849	—	—	—
不适性	-0.571	0.477	-0.548	-0.678	-0.650	-0.555	-0.531	0.796	—	—
不安全感	-0.749	0.621	-0.718	-0.784	-0.734	-0.704	-0.643	0.581	0.842	—
公众参与再生水回用意愿	0.640	-0.557	0.594	0.731	0.650	0.637	0.601	-0.546	-0.705	0.808

表3 潜变量间标准化的路径系数值

影响路径	路径系数	标准差	T统计量	P值	显著性
主观规范→感知有用性	0.128	0.048	2.642	0.008	**
再生水回用焦虑→感知有用性	-0.099	0.043	2.379	0.020	*
便利条件→感知易用性	0.312	0.051	6.103	0.000	***
感知易用性→感知有用性	0.142	0.051	2.793	0.005	**
感知有用性→公众参与再生水回用意愿	0.569	0.061	9.257	0.000	***
感知易用性→公众参与再生水回用意愿	0.208	0.066	3.147	0.002	**
乐观性→感知有用性	0.103	0.043	2.387	0.017	*
乐观性→感知易用性	0.137	0.046	2.965	0.003	**
创新性→感知有用性	0.105	0.043	2.415	0.016	*
创新性→感知易用性	0.191	0.038	5.000	0.000	***
不适性→感知有用性	-0.197	0.031	6.347	0.000	***
不适性→感知易用性	-0.201	0.032	6.264	0.000	***
不安全感→感知有用性	-0.269	0.044	6.180	0.000	***
不安全感→感知易用性	-0.174	0.045	3.850	0.000	***

注：显著性判别标准：\*\*\* $P \leq 0.001$ ，非常显著；\*\* $0.001 < P \leq 0.01$ ，比较显著；\* $0.01 < P \leq 0.05$ ，一般显著。余同

的 $Q^2$ 分别为0.490、0.507、0.336，远远高于阈值0，表明该模型具有强烈的预测相关性。结构方程模型效应检验结果见图2，结果明晰了各潜变量间的影响路径及其主要影响因素。

### 3.2 基于SEM-ANN的公众参与再生水回用意愿模型分析

根据结构方程分析结果构建神经网络拓扑

模型，见图3。神经网络模型包含输入层、隐含层、输出层。为验证影响因子对相关因素的重要性，将结构方程模型中的显著潜变量所对应的观察变量 $i_{(1\sim 23)}$ 作为神经网络模型输入节点。潜变量间关系及个数分别决定隐含层层数及神经元个数，神经网络模型中神经元间连接方式由外生潜变量对内生潜变量的影响路径决定，模型将标准化的变量荷载和潜变量间标准化路径系数作为各神经元间连接预估权重。最后将内生潜变量所对应的观察变量 $i_{(24\sim 36)}$ 作为输出节点。

本研究采用多层前馈神经网络，选取Sigmoid函数作为隐含层和输出层激活函数，利用Python对SEM-ANN训练模型进行编程，再以测试集原值与预测值之间的均方根误差RMSE及决定系数 $R^2$ 为指标检验预测模型的拟合性和精确度。SEM-ANN模型输出项的RMSE及 $R^2$ 见表4，证实基于SEM-ANN的公众参与再生水回用意愿模型有着良好的收敛性和拟合性。与原SEM模型相比，感知有用性、感知易用性和公众参与再生水回用意愿相应 $i_v$ 的决定系数均有明显提高，特别是感知有用性和感知易用性的拟合能力有大幅度提升。分析结果证实所构建的SEM-ANN联合模型既弥补了结构方程模型对非补偿模型中非线性关系解释的缺失，又为具有“黑箱”性的人工神经网络模型提供了输入层变量、输出层变量及各神经元间的影响路径和影响程度等结构支撑，大大增强了模型预测公众参与再生水回用意愿影响因素的精确性。

### 3.3 结果分析

结构方程模型中各影响因素间路径系数和神经网络中隐含层各层间标准化相对权重见表5。在基

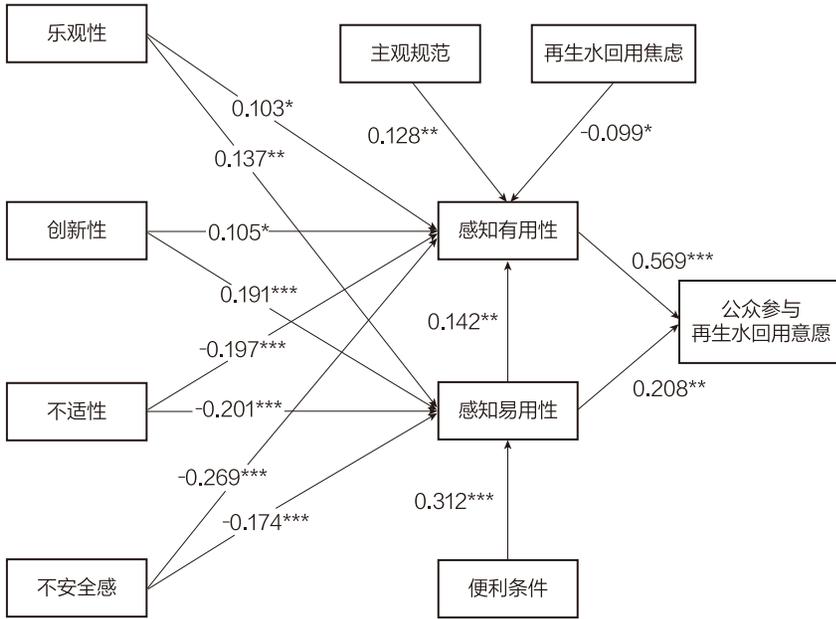


图2 效应检验结果

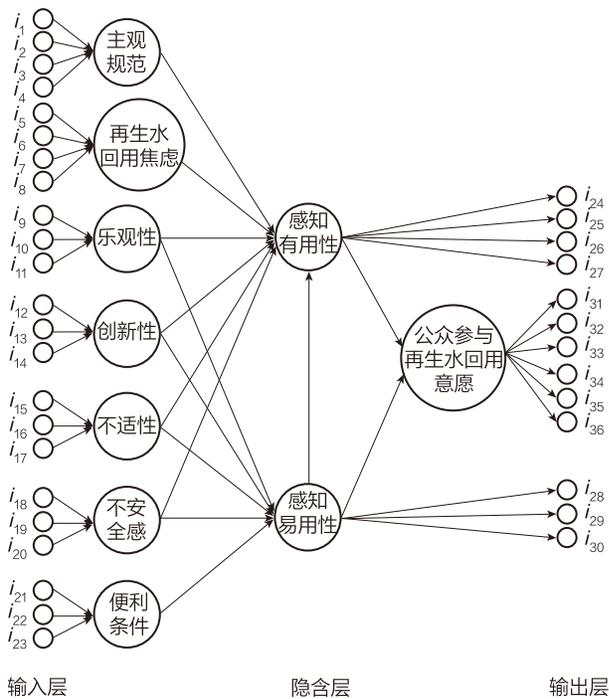


图3 基于SEM-ANN的公众参与再生水回用意愿模型

于结构方程模型的公众参与再生水回用意愿模型的分析结果中，研究假设 H1 至 H10 均得到验证。第二阶段中神经网络模型的结论也基本验证了结构方程模型中的结果。两阶段分析结果共同表明，感知有用性主要受到主观规范、不安全感、不适性和感知易用性的影响，但在相对重要性的排序上存在一定差别，引入神经网络分析后主观规范的重要性排名大幅上升，而感知有用性对不安全感的敏感程度有所下降；在感知有用性的影响因素中，创新性、乐观性和再生水回用焦虑的重要性排名较低，SEM-ANN 模型分析则认为再生水回用焦虑的重要性略高于另外两者。

两种分析方法均认为便利条件是影响感知易用性的最主要因素，不适性和不安全感的重要程度有所差别，SEM-ANN 模型认为不安全感对感知易用性的影响程度高于不适性；乐观性对感知易用性的影响最不显著。两阶段分析均证实感知有用性对公众参与再生水回用意愿的影响明显高于感知易用性。

## 4 结论与对策

### 4.1 结论

本研究从再生水个体使用者的视角出发，将技术准备度、主观规范、再生水回用焦虑及便利条件与技术接受模型的关键变量感知有用性和感知易用性进行整合，建立公众参与再生水回用意愿理论模型，运用结构方程和神经网络对模型进行两阶段实证检验，得到以下结论：

(1) 感知有用性和感知易用性对于公众参与再生水回用意愿起促进作用，且采纳意愿受感知有用性的影响更大。

表4 SEM模型和SEM-ANN模型的拟合指标

模型类型	指标名称	感知有用性				感知易用性			公众参与再生水回用意愿					
		$i_{24}$	$i_{25}$	$i_{26}$	$i_{27}$	$i_{28}$	$i_{29}$	$i_{30}$	$i_{31}$	$i_{32}$	$i_{33}$	$i_{34}$	$i_{35}$	$i_{36}$
SEM-ANN	RMSE	0.198	0.189	0.250	0.244	0.195	0.156	0.155	0.238	0.245	0.276	0.254	0.254	0.286
	$R^2$	93.29%	94.88%	92.81%	93.20%	94.45%	95.46%	95.45%	95.02%	96.02%	94.65%	94.45%	96.46%	95.95%
SEM	$R^2$	43.06%	61.54%	56.56%	76.82%	51.71%	52.10%	51.30%	72.89%	86.36%	70.47%	80.92%	82.43%	87.91%

表5 影响因素相对重要性

影响路径	路径系数	标准化 相对权重	影响路径	路径系数	标准化 相对权重
主观规范→感知有用性	0.128	0.276	便利条件→感知易用性	0.312	0.289
再生水回用焦虑→感知有用性	-0.099	0.084	乐观性→感知易用性	0.137	0.124
感知易用性→感知有用性	0.142	0.191	创新性→感知易用性	0.191	0.142
乐观性→感知有用性	0.103	0.047	不适性→感知易用性	-0.201	0.197
创新性→感知有用性	0.105	0.054	不安全感→感知易用性	-0.174	0.248
不适性→感知有用性	-0.197	0.158	感知有用性→公众参与再生水回用意愿	0.569	0.693
不安全感→感知有用性	-0.269	0.191	感知易用性→公众参与再生水回用意愿	0.208	0.307

(2) 便利条件和主观规范分别以感知易用性和感知有用性为中介对公众参与再生水回用意愿起主要驱动作用。

(3) 技术准备度对公众参与再生水回用意愿有显著影响,从分析结果看,乐观性和创新性对感知易用性和感知有用性的驱动力相对较弱,但两个负向维度对二者的阻碍力较为显著。

## 4.2 对策

(1) 感知有用性是目前影响公众再生水回用意愿的关键因素,这意味着现阶段公众比起是否能实际使用再生水更关注的是再生水回用所产生的经济效益和环保价值,表明再生水回用还处于宣传推广期,公众对再生水回用行为多处于认知了解情景。所以再生水推广应充分考虑再生水处理技术作为环境友好型技术所具备的亲环境行为属性,让公众能明确了解到使用再生水带来的环境效益和经济效益,引导城市居民对再生水回用和环保行为建立观念联想。同时,感知易用性对公众再生水回用意愿的影响也不能忽视。公众是否选择采纳再生水处理技术除了个人心理因素的影响外,还有相当程度上受外部控制条件影响。出台激励政策,完善城市再生水配套设施,提供有利的外部便利条件将有助于打破城市居民使用再生水的硬件瓶颈。

(2) 在两阶段分析中均认为便利条件是影响感知易用性最显著的因素,换言之,公众对再生水的感知易用性很大程度上归因于便利条件,而现阶段公众日常生活中了解和再生水的途径较少,直接制约公众再生水感知易用性进一步提升。主观规范在人工神经网络分析阶段中对感知有用性的重要程度显著提升,成为最关键的影响因素。表明个体在再生水回用的决策上受到社会情景和群体氛围的渗透和约束,与自身相关组织的号召及对行为起重要指导作用个体的看法和建议等或成为影响公众参与再生水回用的重要外部

途径。结合便利条件和主观规范对于公众再生水回用意愿的影响,未来可考虑加强相关集体的交流互通和生活片区内再生水的可利用性,联合社区、学校、企业等平台协同推进再生水处理技术推广工作。通过联合规划,合理配置再生水资源;联合宣传,提升集体内部对再生水的认知;联合运营,控制再生水生产成本,进而稳步提升公众参与再生水回用的意愿。

(3) 不适性和不安全感的存在极大限制了公众进一步使用再生水的意愿,因此提升公众再生水信息披露感知,降低再生水用户潜在的不安全感和不适性,可破除现存再生水回用推广困难的壁垒。此外,从再生水回用技术准备度的消极态度高于积极态度这一现象来看,现有的再生水宣传推广方式可能未达到预期效果。而知识普及手段的不适配是导致公众对再生水技术的认知和信心不充分的主要原因,在持续加大宣传力度时更要注重提高宣传的有效性,重视政策解读的及时性、宣传材料的可理解性、再生水信息披露的可靠性,规避不理解、不信任等消极情绪的产生。

## 参考文献

- [1] TORTAJADA C, VAN RENSBURG P. Drink more recycled wastewater[J]. *Nature*, 2020, 577(7788): 26-28.
- [2] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 关于推进污水资源化利用的指导意见 [EB/OL]. (2021-01-11)[2021-11-02]. [https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202101/t20210111\\_1264795\\_ext.html](https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202101/t20210111_1264795_ext.html).
- [3] LI L, LIU X J, ZHANG X Y. Uncovering the research progress and hotspots on the public use of recycled water: a bibliometric perspective[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2021, 28(33): 44845-44860.
- [4] FIELDING K S, DOLNICAR S, SCHULTZ T. Public acceptance of recycled water[J]. *International Journal of Water Resources Development*, 2019, 35(4): 551-586.
- [5] HOU C X, WEN Y, HE Y Q, et al. Public stereotypes of recycled water end uses with different human contact: evidence from event-related potential (ERP)[J]. *Resources, Conservation and*

- Recycling, 2021, 168: 105464.
- [6] LIU X J, HE Y Q, FU H L, et al. How environmental protection motivation influences on residents' recycled water reuse behaviors: a case study in Xi'an city[J]. *Water*, 2018, 10(9): 1282.
- [7] HOU C X, WEN Y, LIU X J, et al. Impacts of regional water shortage information disclosure on public acceptance of recycled water — evidences from China's urban residents[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 278: 123965.
- [8] GAO Y, LI Z G, KHAN K. Effect of cognitive variables and emotional variables on urban residents' recycled water reuse behavior[J]. *Sustainability*, 2019, 11(8): 2208.
- [9] SOHAIB O, HUSSAIN W, ASIF M, et al. A PLS-SEM neural network approach for understanding cryptocurrency adoption[J]. *IEEE Access*, 2020, 8: 13138-13150.
- [10] DAVIS F D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology[J]. *MIS Quarterly*, 1989, 13(3): 319.
- [11] HUSSAIN B, NAQVI S A A, ANWAR S, et al. Zig-zag technology adoption behavior among brick kiln owners in Pakistan[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2021, 28(33): 45168-45182.
- [12] AGOGO D, HESS T J. "How does tech make you feel?" a review and examination of negative affective responses to technology use[J]. *European Journal of Information Systems*, 2018, 27(5): 570-599.
- [13] TSAI J M, CHENG M J, TSAI H H, et al. Acceptance and resistance of telehealth: the perspective of dual-factor concepts in technology adoption[J]. *International Journal of Information Management*, 2019, 49: 34-44.
- [14] KURFALI M, ARIFOĞLU A, TOKDEMIR G, et al. Adoption of e-government services in Turkey[J]. *Computers in Human Behavior*, 2017, 66: 168-178.
- [15] TERZIS V, ECONOMIDES A A. The acceptance and use of computer based assessment[J]. *Computers & Education*, 2011, 56(4): 1032-1044.
- [16] 尹洁林, 张子芊, 廖赣丽, 等. 基于技术接受模型和感知风险理论的消费者新能源汽车购买意愿研究 [J]. *预测*, 2019, 38(6): 83-89.
- [17] 李子琳, 韩逸, 郭熙, 等. 基于 SEM 的农户测土配方施肥技术采纳意愿及其影响因素研究 [J]. *长江流域资源与环境*, 2019, 28(9): 2119-2129.
- [18] PARASURAMAN A. Technology readiness index (Tri): a multiple-item scale to measure readiness to embrace new technologies[J]. *Journal of Service Research*, 2000, 2(4): 307-320.
- [19] WANG Y, SO K K F, SPARKS B A. Technology readiness and customer satisfaction with travel technologies: a cross-country investigation[J]. *Journal of Travel Research*, 2017, 56(5): 563-577.
- [20] HUNG S W, CHENG M J. Are you ready for knowledge sharing? An empirical study of virtual communities[J]. *Computers & Education*, 2013, 62: 8-17.
- [21] 赵庆, 施国洪, 邵世玲. 技术准备度对移动图书馆服务质量的影响机制研究 [J]. *图书情报工作*, 2015, 59(17): 33-40.
- [22] ALI S, ULLAH H, AKBAR M, et al. Determinants of consumer intentions to purchase energy-saving household products in Pakistan[J]. *Sustainability*, 2019, 11(5): 1462.

## Two-Stage Influencing Factors Analysis of Public Participation Willingness in Recycled Water Reuse

LIU Xiaojun, CHEN Shiqi\*, FU Hanliang

(School of Management, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

**Abstract:** Sewage reuse is an important way to reduce water pollution, alleviate the contradiction between water supply and demand and promote the sustainable development of urban economy and society. However, the public prejudice and rejection seriously restrict the popularization and development of recycled water disposal technologies. This paper integrates the technology acceptance expansion model and the technology readiness theory, constructs the influencing factors model of public participation willingness to reuse recycled water, and uses structural equation model and artificial neural network to conduct two-stage empirical test. The results show that perceived usefulness and perceived ease of use have significant positive impact on public willingness to participate in recycled water reuse, and facilitating conditions and subjective norms significantly improve perceived ease of use and perceived usefulness respectively, and the negative factors of technological readiness greatly hinder the improvement of public willingness to reuse recycled water. Based on the above conclusions, it is proposed to improve the effectiveness of publicity, improve urban reclaimed water supporting facilities and related incentive policies, and cooperate with communities, schools, enterprises and other platforms to promote the promotion of reclaimed water treatment technology. The research results provide important theoretical support and implementation suggestions for the government to formulate scientific and effective intervention policies and guide the public to use recycled water.

**Keywords:** public participation; recycled water reuse; structural equation model; artificial neural network