

# 基于用户需求的农村安全饮水工程契合度 评价模型构建

何寿奎, 胡明洋

(重庆交通大学管理学院, 重庆 400074)

**摘要:** 以四川省绵阳市游仙区农村安全饮水工程为例, 借助因子分析法与层次分析法构建了基于用户需求的农村安全饮水工程契合度评价模型。其中, 二级指标对于一级指标的权重系数由因子分析提取公因子的贡献率确定, 三级指标对于二级指标的权重系数由层次分析的主观权重和因子分析的客观权重最终确定。研究表明, 水费定价收费标准的合理性、饮水资源获取的便捷性、工程建管质量的可靠性成为众多影响契合度因素中的主要因素。模型计算结果与实际调查结果大致吻合, 这说明, 考虑用户需求条件下的契合度评价模型对于指导农村安全饮水工程评价工作具有一定的适用性。

**关键词:** 用户需求; 农村安全饮水工程; 契合度; 评价模型

**中图分类号:** F323   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1672-1683(2014)04-0181-04

## Development of Fitness Evaluation Model for Rural Safe Drinking Water Project Based on User Demand

HE Shou kui, HU Ming yang

(College of Management, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

**Abstract:** According to the rural safe drinking water projects in Xianyou district of Mianyang city in Sichuan Province, a fitness evaluation model for the safe drinking water projects in the rural areas based on the user demand was established using the methods of factor analysis and analytic hierarchy process (AHP). The weight coefficients of the second grade indexes with regard to the first grade indexes were determined by the contribution rate of the common factor extracted from factor analysis, and the weight coefficients of the third grade indexes with regard to the second grade indexes were determined by the subjective weight from AHP and objective weight from factor analysis. The results showed that the reasonableness of water fee standard, the convenience of access to drinking water resource, and the reliability of quality of engineering construction management are the main factors affecting the fitness. The model results were similar to the actual survey results, which suggested that the fitness evaluation model based on the user demand is applicable to guide the evaluation of safe drinking water projects in the rural areas.

**Key words:** user demand; rural safe drinking water project; fitness; evaluation model

契合度本意是判明现象因果联系程度的一种方法, 现在多用来评价一种事物与另一种事物之间的一种相称、适应或胜任的状态<sup>[1,2]</sup>。基于用户需求的农村安全饮水工程契合度是一个综合性指标, 它是多方面、多层次的, 是工程受益用户长期以来各种微观感受的一种累计效应。在美国、澳大利亚等发达国家, 由于城乡差别较小, 自来水普及率较高, 农村地区饮用水并不困难, 其专门针对农村地区饮用水安全及评价的研究并不多。而我国农村地区由于自然条件、经济和社会

发展水平的限制, 安全用水状况相对滞后。目前, 关于农村安全饮水工程评价方法的研究成果<sup>[3-8]</sup>在实际应用中存在以下不足: 一是过多依赖主观赋权法, 影响评价结果的正确性; 二是评价指标信息重叠或某些指标之间具有较高相关性, 使评价结果与真实情况并不相符。因此, 农村安全饮水工程的评价和保障体系亟待发展与完善, 基于此, 本文将探讨基于用户需求的农村安全饮水工程契合度评价模型, 为政府的农村水利基础设施建设和管理提供科学的评价与决策依据。

收稿日期: 2014-01-14   修回日期: 2014-02-27   网络出版时间: 2014-06-11

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2014.04.001.html>

基金项目: 国家社会科学基金(12XGL010); 重庆市社会科学规划一般项目(2011YBJ021)

作者简介: 何寿奎(1967-), 男, 四川西充人, 教授, 硕士生导师, 主要从事项目管理、农村经济方面研究。E-mail: hsk0657@x263.net

通讯作者: 胡明洋(1990-), 男, 河南平顶山人, 硕士研究生, 主要从事项目评价理论及应用方面研究。E-mail: cqctbuhmy@msn.cn

# 1 契合度评价模型构建

## 1.1 因子分析契合度测评

因子分析(factor analysis)模型是一种能够把一些具有错综复杂关系的变量归结为少数几个不可观测的综合因子的多变量统计分析方法<sup>[9]</sup>。该方法可以实现用最少的因子来概括和解释大量的观测事实,从而建立起最简洁、最基本的概念系统来解释事物之间最本质的联系。近年来,因子分析在评价模型构建中已被广泛应用<sup>[1,9-10]</sup>。

设  $x_1, x_2, \dots, x_p$  为原始变量指标,将样本观测数据进行标准化处理使其  $x_i (i = 1, 2, \dots, p)$  均值为 0, 标准差为 1, 以  $F_1, F_2, \dots, F_m (m < p)$  表示标准化后的公共因子, 则因子模型为:

$$\begin{cases} X_1 = a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \dots + a_{1m}F_m + \varepsilon_1 \\ X_2 = a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + \dots + a_{2m}F_m + \varepsilon_2 \\ \dots \\ X_p = a_{p1}F_1 + a_{p2}F_2 + \dots + a_{pm}F_m + \varepsilon_p \end{cases} \quad (1)$$

其矩阵形式可以表示为  $X = AF + \varepsilon$ 。

其中

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mp} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$\varepsilon$  称为特殊因子,是指对某个特定变量起作用的因子。

(增加注释内容)

通过因子分析可以得到具有实际解释意义的公共因子,而利用因子分析法提取的影响用户需求契合度的潜在变量作为评价指标体系的二级指标既可以构成合理、层次性的指标体系,也可以解决各影响因素之间的多重共线性。

## 1.2 层次结构模型指标权重确定

### 1.2.1 二级指标对于一级指标的权重

因子  $F_j (j = 1, 2, \dots, p)$  对全部变量的方差贡献为载荷矩阵  $A$  第  $j$  列元素的平方和  $h_j = \sum_{i=1}^m a_{ij}^2$ 。它是衡量公共因子相对重要性的指标,  $h_j$  越大,表明  $F_i$  的贡献越大,故可以利用式(3)表示一级指标。

$$F = \frac{\lambda_1}{\sum_{j=1}^m \lambda_j} F_1 = \frac{\lambda_2}{\sum_{j=1}^m \lambda_j} F_2 + \dots + \frac{\lambda_m}{\sum_{j=1}^m \lambda_j} F_m \quad (3)$$

式中:  $\lambda_j / \sum_{j=1}^m \lambda_j$  为第  $j$  个主因子(第  $j$  个二级指标)对于一级指标的权重。

### 1.2.2 三级指标对于二级指标的权重

三级指标对于二级指标权重的确定采取层次分析中的主观分析与因子分析中的客观分析相结合的方法。假设上一层元素支配的下一层元素有  $N$  个, 则  $N$  个元素可以构成两两进行比较的判断矩阵  $A = (a_{ij})_{n \times n}$ , 其中  $a_{ij}$  表示元素  $i$  与元素  $j$  的重要性之比, 则元素  $j$  与元素  $i$  的重要性之比  $a_{ji} = 1/a_{ij}$ 。为了避免逻辑判断错误, 对判断矩阵  $A$  进行一致性检验, 令一致性比例:

$$CR = \frac{(\lambda_{\max} - 1)/(n - 1)}{RI} \quad (4)$$

式中:  $\lambda_{\max}$  是矩阵  $A$  的最大特征根。当  $CR < 0.1$  时, 可以认为层次单排序的结构有满意的一致性, 否则需要调整判断矩阵元素的取值。

为了研究各公共因子的成因问题, 将公共因子表示为原变量的线性组合。

$$F_j = b_{j1}x_1 + b_{j2}x_2 + \dots + b_{jp}x_p \quad (5)$$

在此基础上对  $F_j$  和与之关系密切的部分原变量进行回归分析, 以回归系数作为三级指标对于二级指标的客观权重。

然后采用如下方式确定客观权重<sup>[10]</sup>:

$$\lambda_j = \frac{\lambda_{j(AHP)} * \lambda_{j(EA)}}{\sum_{j=1}^m [\lambda_{j(AHP)} * \lambda_{j(EA)}]} \quad (6)$$

式中:  $\lambda_{j(AHP)}$  为使用层次分析法确定的主观权重;  $\lambda_{j(EA)}$  为使用层次分析法确定的客观权重;  $\lambda_j$  为综合权重。

## 2 契合度评价模型构建实例

### 2.1 游仙区农村安全饮水工程简介

武引工程系川东北部专区工农业和城市经济发展重要的水源工程, 被国务院列为《九十年代中国农业发展纲要》中重要的大型水利基础设施项目。游仙区是该工程第一受益县区, 位于四川盆地西北部, 属亚热带湿润型季风气候, 全区年均降水量 1 230 mm。虽然武引工程解决了灌溉用水, 但由于没有河流, 人畜饮水安全问题长期困扰着游仙群众。为此, 游仙区成立了区农村供水总站, 整合辖区内自来水厂, 全力推进安全饮水工程的建设。目前, 该区安全饮水工程主要由国家投资建设, 后期由区农村供水总站管理。区内群众负责户内管材及计量设施, 同时投工投劳参与工程项目的建设, 工维修养护基金的来源主要是区财政和水费提成。

### 2.2 契合度测试指标的确定

为了避免专家打分的主观性, 采取了实地调查和用户需要契合度影响因素分析相结合的方式, 来确定农村安全饮水工程评价指标。首先, 通过预测试不断完善评估指标; 其次, 借助小样本测试对分辨力差的评价指标予以剔除; 最后, 在满足全面性、可操作性、数量适中原则基础之上, 从评价指标体系的系统性及完备性出发, 选取最终的契合度测试指标并进行实地问卷调查。共发放问卷 100 份, 形成有效问卷 96 份。问卷契合度测试指标具体为: 施工规范  $x_1$ ; 工程质量  $x_2$ ; 配套措施  $x_3$ ; 供水水质  $x_4$ ; 水源安全  $x_5$ ; 水压稳定  $x_6$ ; 供水持续性  $x_7$ ; 取水方便  $x_8$ ; 故障维修及时性  $x_9$ ; 抄表准确度  $x_{10}$ ; 及时处理群众意见  $x_{11}$ ; 工作人员态度  $x_{12}$ ; 水价标准  $x_{13}$ ; 入户安装及维修费  $x_{14}$ ; 收费公平性  $x_{15}$ ; 健康水平  $x_{16}$ ; 生态环境  $x_{17}$ ; 避免缺水邻里争水矛盾(邻里关系)  $x_{18}$ 。

### 2.3 因子分析契合度测评

因子分析的重要前提是原始变量具有较强的相关性, 其中巴特利特球体检验和 KMO 是较为常用的两种检验方法。表 1 中 KMO 值为 0.817, Bartlett 球形检验值为 708.781(自由度为 153), 伴随概率值为 0.000 < 0.01, 达到显著性水平, 表明数据样本适合进行因子分析。

根据特征值准则(一般取大于 1), 从原始指标变量中提取 6 个公因子, 作为农村安全饮水工程契合度评价的二级指标, 表 2 是 6 个因子的特征值及方差贡献率。

表1 KMO 和 Bartlett 的检验

Table 1 Tests of KMO and Bartlett

取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin 度量		.817
	近似卡方	708.781
Bartlett 的球形度检验	df	153
	Sig.	.000

表2 特征值及方差贡献率

Table 2 Eigenvalues and contribution rate of variance

初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
合计	方差 %	累积 %	合计	方差 %	累积 %	合计	方差 %	累积 %
16.521	36.229	36.229	6.521	36.229	36.229	3.165	17.585	17.585
21.608	8.936	45.165	1.608	8.936	45.165	2.522	14.009	31.594
31.299	7.218	52.383	1.299	7.218	52.383	2.191	12.171	43.765
41.234	6.853	59.236	1.234	6.853	59.236	1.937	10.762	54.527
51.051	5.838	65.074	1.051	5.838	65.074	1.512	8.402	62.928
61.003	5.573	70.647	1.003	5.573	70.647	1.389	7.718	70.647

提取方法: 主成份分析

表2中可以看到,从18个原始指标变量中选择的6个公因子,对总方差的解释率为70.674%,可以认为量表具有良好的结果效度。但由于各公因子在原始变量上的载荷系数相差不大,需要进一步进行因子旋转,使载荷系数向两极分化,以便对各公因子做出合理的解释。选择方差最大化正交旋转法进行因子分析,得到如表3所示的因子载荷矩阵。

表3 旋转成份矩阵

Table 3 Rotated component matrix

	便捷程度	供水质量	项目效益	服务质量	收费标准	建管质量
施工规范	.280	.687	.173	.009	.076	.198
工程质量	.013	-.013	.068	-.013	.123	.902
配套措施	.209	.443	.431	.221	.421	-.004
水源安全	.155	.680	.218	.220	.330	-.042
供水水质	.080	.804	.018	.378	-.037	-.059
水压稳定	.549	.310	.146	.335	-.068	.320
供水持续性	.714	.337	-.019	.009	.004	.372
取水方便	.783	.215	.030	.265	.044	-.052
故障维修及时性	.456	.240	.447	.192	.347	.302
抄表准确度	.751	.094	.249	-.004	.140	-.103
及时处理群众意见	.548	-.048	.269	.333	.129	-.140
工作人员态度	.046	.194	.191	.781	.217	-.012
水价标准	.318	.190	.043	.744	.045	.041
入户安装及维修费	.155	.187	.017	.201	.825	.159
收费公平性	.553	.011	.409	.012	.327	.278
健康水平	.089	.240	.671	.284	-.417	.113
生态环境	.084	.502	.670	-.204	.144	-.187
邻里关系	.264	.024	.679	.197	.099	.121

注:采用方差最大化正交旋转法

表3显示:第一因子在水压稳定、供水持续性、取水方

便、故障维修及时性、抄表准确度、及时处理群众意见等6个原始指标变量的载荷较大;第二因子在施工规范、配套措施、水源安全、供水水质4个原始指标变量的载荷较大;第三因子在健康水平、生态环境、邻里关系3个原始指标变量的载荷较大;第四因子在工作人员态度、水价标准2个原始指标变量的载荷较大;第五因子在入户安装及维修费、收费公平性2个原始指标变量的载荷较大;第六因子在工程质量1个原始指标变量的载荷较大。因此,根据因子载荷情况可以确定,便捷程度、供水质量、项目效益、服务质量、收费标准及建管质量为农村安全饮水工程契合度评价模型的6个二级指标,三级指标的分布见表4。

表4 契合度评价指标体系

Table 4 Evaluation index system of fitness

一级指标	二级指标	三级指标
便捷程度(0.505)		$x_6(-0.002)$
		$x_7(-0.031)$
		$x_8(-0.012)$
		$x_9(-0.001)$
		$x_{10}(-0.037)$
		$x_{11}(-0.013)$
供水质量(0.130)		$x_1(-0.005)$
		$x_3(-0.006)$
		$x_4(-0.038)$
项目效益(0.099)		$x_5(-0.056)$
		$x_{16}(-0.041)$
		$x_{17}(-0.009)$
服务质量(0.100)		$x_{18}(-0.069)$
		$x_{12}(-0.014)$
收费标准(0.085)		$x_{13}(-0.117)$
		$x_{14}(-0.187)$
建管质量(0.081)		$x_{15}(-0.016)$
		$x_2(-0.344)$

基于用户需求的农村安全饮水工程契合度

## 2.4 层次结构模型指标权重的确定

表2中选取的6个公因子对应的特征值分别为6.521、1.608、1.299、1.234、1.051、1.003。根据公式  $\lambda_j / \sum_{j=1}^m \lambda_j (j=1, 2, 3, 4, 5, 6)$  可以计算得到各公因子的贡献率分别为0.513、0.126、0.099、0.102、0.083、0.079,所以总的契合度评价值可以表示为:

$$F = 0.513F_1 + 0.126F_2 + 0.099F_3 + 0.102F_4 + 0.083F_5 + 0.079F_6 \quad (7)$$

在实地调查和主观评价各项三级指标与用户需求契合度数据的同时,对18项三级指标的重要性也进行实地问卷调查,结果如表5所示。

$$a_{ij} = \begin{cases} \frac{\left[ \frac{h_i - h_j}{e} + 0.5 \right] + 1}{2} & h_i > h_j \\ \frac{1}{\left[ \frac{h_j - h_i}{e} + 0.5 \right] + 1} & h_j > h_i \end{cases} \quad (8)$$

式中:  $a_{ij}$  为判断性矩阵第  $i$  行第  $j$  列元素,  $h_i$  为选择第  $i$  项指标重要的人数,  $h_j$  为选择第  $j$  项指标重要的人数。而参数  $e$  为:

$$e = \frac{h_{\max} - h_{\min}}{8} = \frac{93 - 19}{8} = 9.250 \quad (9)$$

表5 三级指标重要性列表

Table 5 List of the importance of third grade indexes

指标项	选择人数	指标项	选择人数
$x_1$	26	$x_{10}$	87
$x_2$	93	$x_{11}$	73
$x_3$	78	$x_{12}$	19
$x_4$	93	$x_{13}$	89
$x_5$	93	$x_{14}$	47
$x_6$	45	$x_{15}$	30
$x_7$	87	$x_{16}$	72
$x_8$	63	$x_{17}$	39
$x_9$	54	$x_{18}$	78

根据层次分析理论,表5数据式和(8)可以得到6个相对重要性的判断性矩阵(限于篇幅,这里省略了矩阵测算表格),矩阵对应的最大特征值与其对应的特征向量分别为:5.888, 3.660, 3.029, 2.000, 2.000, 1.000; [0.085, 0.631, 0.196, 0.132, 0.631, 0.375]<sup>T</sup>, [0.074, 0.360, 0.656, 0.656]<sup>T</sup>, [0.506, 0.120, 0.854]<sup>T</sup>, [0.110, 0.994]<sup>T</sup>, [0.949, 0.316]<sup>T</sup>, [1]。

将上述特征向量进行归一化处理即可得到三级指标对于二级指标的权向量,具体权重系数分别为:[0.058, 0.427, 0.133, 0.090, 0.427, 0.254]<sup>T</sup>, [0.050, 0.244, 0.446, 0.446]<sup>T</sup>, [0.344, 0.081, 0.580]<sup>T</sup>, [0.080, 0.719]<sup>T</sup>, [0.688, 0.229]<sup>T</sup>, [1]<sup>T</sup>。

对上述判断性矩阵进行一致性检验得到一致性指标值分别为:-0.022,-0.113,0.0146,0.0,0.0。通过查表得到平均随机一致性指标RI分别为:1.24,0.90,0.58,0.00,0.00,0.00。利用式(4)可得到对应的一致性比例CR分别为:-0.018,-0.126,0.025,0.0,0.0。根据层次分析一致性检验标准可知,当CR<0.1时,上述判断矩阵具有满意的一致性,这样确定的权重值是可以接受的,可以将其采纳作为三级指标对于二级指标的主观权重。

根据因子载荷矩阵,采用最小二乘法对因子得分函数进行回归估计,由因子得分矩阵(限于篇幅,这里省略了矩阵测算表格),可以确定:

$$\begin{cases} F_1 = 0.153x_6 + 0.307x_7 + 0.365x_8 + 0.036x_9 + \\ \quad 0.360x_{10} + 0.212x_{11} \\ F_2 = 0.380x_1 + 0.093x_3 + 0.308x_4 + 0.448x_5 \\ F_3 = 0.420x_{16} + 0.366x_{17} + 0.415x_{18} \\ F_4 = 0.515x_{12} + 0.463x_{13} \\ F_5 = 0.619x_{14} + 0.163x_{15} \\ F_6 = 0.716x_2 \end{cases} \quad (10)$$

将式(10)中各系数标准化,即可得到各三级指标对于二级指标的客观权重,分别为:[0.107, 0.214, 0.255, 0.025, 0.251, 0.148]<sup>T</sup>, [0.309, 0.076, 0.251, 0.365]<sup>T</sup>, [0.350, 0.305, 0.346]<sup>T</sup>, [0.527, 0.473]<sup>T</sup>, [0.792, 0.208]<sup>T</sup>, [1.000]<sup>T</sup>。通过式(6)得到最终权向量分别为:[0.002, 0.328, 0.122, 0.008, 0.385, 0.135]<sup>T</sup>, [0.050, 0.060, 0.362, 0.527]<sup>T</sup>, [0.3481, 0.072, 0.580]<sup>T</sup>, [0.110, 0.890]<sup>T</sup>, [0.920, 0.080]<sup>T</sup>, [1.000]<sup>T</sup>。因此,各公因子可以表示为:

$$\begin{cases} F_1 = 0.002x_6 + 0.328x_7 + 0.122x_8 + 0.008x_9 + \\ \quad 0.385x_{10} + 0.135x_{11} \\ F_2 = 0.050x_1 + 0.060x_3 + 0.362x_4 + 0.527x_5 \\ F_3 = 0.348x_{16} + 0.072x_{17} + 0.580x_{18} \\ F_4 = 0.110x_{12} + 0.890x_{13} \\ F_5 = 0.920x_{14} + 0.080x_{15} \\ F_6 = x_2 \end{cases} \quad (11)$$

将式(11)带入式(3)即可最终得到农村安全饮水工程契合度评价的最终模型:

$$\begin{aligned} F = & 0.0064x_1 + 0.0790x_2 + 0.0076x_3 + 0.0457x_4 + \\ & 0.0664x_5 + 0.0114x_6 + 0.1684x_7 + 0.0625x_8 + \\ & 0.0041x_9 + 0.1975x_{10} + 0.0692x_{11} + 0.0112x_{12} + \\ & 0.0908x_{13} + 0.0763x_{14} + 0.0067x_{15} + 0.0344x_{16} + \\ & 0.0071x_{17} + 0.0574x_{18} \end{aligned} \quad (12)$$

### 3 结语

在适应契合度的众多影响因素中,最主要的是水费定价收费标准的合理性、饮水资源获取的便捷性、工程建管质量的可靠性三种因素。事实上,水费定价是安全饮水工程实施成败的关键,水质和建管质量是安全饮水工程能否得民意的决定要素,用水便捷性则直接影响用户的需水决策。本研究构建的理论模型与实地调查结果大致吻合,说明基于用户需求,运用层次分析与因子分析相结合方法构建的农村安全饮水工程契合度评价模型,对于指导农村安全饮水工程评价工作具有一定的适应性。

### 参考文献(References):

- [1] 纪杰,冯有胜.高校图书馆数据库与用户需求的契合度实证研究——基于重庆工商大学的调查[J].图书情报工作,2012(23):74-77+49. (JI Jie, FENG You sheng. The Empirical Research Between University Library Database and user Demanding—Based on the Survey by Chongqing Technology and Business University [J]. Library and Information Service, 2012(23):74-77+49. (in Chinese))
- [2] 曹忠鹏,代祺,赵晓煜.公益事件营销中企业—消费者契合度和宣传侧重点影响效果研究[J].南开管理评论,2012(06):62-71. (CAO Zhong-peng, DAI Qi, ZHAO Xiaoyu. Study on the Effect of Publicity Emphasis and Conforms to the Enterprise—the Consumer Public Welfare Event Marketing [J]. Nankai Business Review, 2012(06):62-71. (in Chinese))
- [3] HAGAN RM, ROBERTS EB. Ecological Impacts of Water Projects in California [J]. Journal of Irrigation Drainage Division, 1972(98):25-48.
- [4] Yan Zhang, Andrew Grant, Ashok Sharma et al. Alternative Water Resources for Rural Residential Development in Western Australia [J]. Water Resource Manage, 2010(24):25-36.
- [5] DeMoel P J, Verberk J Q J C, J. C. VanDijk. Drinking Water: Principles And Practice [M]. World Scientific Publishing Company, 2007.
- [6] 李伯华,刘传明,曾菊新.基于农户视角的江汉平原农村安全饮水支付意愿的实证分析——以石首市个案为例[J].中国农村 (下转第193页)

- 农村水利水电, 2011, (5): 64-67. (YANG Ji long, HAN Dong mei, XIAO Guomei. An Analysis of Water Supply Security in the Binhai New Area in Tianjin[J]. China Rural Water & Hydropower, 2011, (5): 64-67. (in Chinese))
- [2] 储诚山, 程道辉, 苏小红. 基于遗传算法和 GIS 的给水管网水力模拟[J]. 中国农村水利水电, 2006(2): 70-72. (CHU Chengshan, CHENG Dao hui, SU Xiaohong. Hydraulic Calculation of Water Distribution Network Based on Genetic Algorithm and GIS[J]. China Rural Water & Hydropower, 2006(2): 70-72. (in Chinese))
- [3] 王郑, 都伟杰, 曹世玮. 管网平差教学程序开发初探[J]. 宁夏工程技术, 2007, 6(2): 157-159. (WANG Zheng, DU Wei Jie, CAO Shi wei. Study on teaching program in pipe networks[J]. Ningxia Engineering Technology, 2007, 6(2): 157-159. (in Chinese))
- [4] Chang Ni Bin, Pongsanone N P, Ernest A. Comparisons between a Rule-based Expert System and Optimization Models for Sensor Deployment in a Small Drinking Water Network[J]. Expert Systems with Applications, 2011(38): 10685-10695.
- [5] Chang Ni Bin, Pongsanone N P, Ernest A. A Rule-based Decision Support System for Sensor Deployment in Small Drinking Water Networks[J]. Journal of Cleaner Production 2012, 29 30: 28-37.
- [6] Sedki A, Ouazar D. Hybrid Particle Swarm Optimization and Differential Evolution for Optimal Design of Water Distribution Systems[J]. Advanced Engineering Informatics, 2012(26): 582-591.
- [7] 张馨予, 李树平. 基于 EPANET-MSX 的多水源供水管网余氯模拟研究[J]. 河南科学, 2010, 28(2): 216-219. (ZHANG Xunyu, LI Shuping. Study on Simulation of Residual Chlorine in Multi Source Water Distribution System with EPANET-MSX[J]. Henan Science, 2010, 28(2): 216-219. (in Chinese))
- [8] 马洪涛, 王军, 张卫红. 基于 GIS 与 EPANET 的昌平新城再生水管网规划[J]. 中国给水排水, 2008, 24(24): 32-35. (MA Hong tao, WANG Jun, ZHANG Wei hong. Recycled Water Network Planning for Changping New Town Based on GIS and EPANET[J]. China Water & Water Ater, 2008, 24(24): 32-35. (in Chinese))
- [9] 刘志扬. HACCP 食品安全管理体系在我国的应用[J]. 科技经济市场, 2011(1): 48-50. (LIU Zhi yang. Application of HACCP Food Safety Management System in China[J]. Science & Technology Economy Market, 2011(1): 48-50. (in Chinese))
- [10] Hulebak, K L, W Schlosser. Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) History and Conceptual Overview[J]. Risk Analysis, 2002, 22(3): 547-552.
- [11] 杨虎, 李谷, 关智勇. HACCP 在淡水养殖中的应用及推广[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(1): 132-135. (YANG Hu, LI Gu, GUANG Zhi yong. Application and Promotion of HACCP in Freshwater Aquaculture[J]. Hebei Agricultural Sciences, 2011, 50(1): 132-135. (in Chinese))
- [12] 黄福南. 危害分析关键控制点(HACCP)[J]. 食品与发酵工业, 2002, 28(2): 5. (HUANG Fu nan. Hazard Analysis and Critical Control Point(HACCP)[J]. Food and Fermentation Industry, 2002, 28(2): 5. (in Chinese))
- [13] GB/T19 538 2004, 危害分析与关键控制点(HACCP)体系及其应用指南[S], 2004. (GB/T 19 538-2004, Hazard Analysis and Critical Control Point(HACCP) System and its Application Guidelines[S], 2004. (in Chinese))
- [14] Mortimore S, Wallance C. HACCP system [J]. Food Technol, 1991, 45
- [15] 夏雁, 周红霞, 于青. HACCP 系统在济宁市市政自来水生产中的应用[J]. 预防医学论坛, 2007, 13(6): 515-516. (XIA Yan, ZHOU Hong xia, YU Qing. Application of HACCP System in the Production of Tape Water in Ji ning City[J]. Preventive Medicine Tribune, 2007, 13(6): 515-516. (in Chinese))

(上接第 184 页)

- 观察, 2008(03): 20-28. (LI Borhua, LIU Chuan ming, Ceng Juxin. An Empirical Analysis of the Rural Drinking Water Safety of Jiangnan Plain Based on Willingness to pay of Farmers' Perspective-In the Case of Shishou City[J]. China Rural Survey, 2008(03): 20-28. (in Chinese))
- [7] 陆建红, 徐建新, 赵鹏. 河南省农村安全饮水综合评价研究[J]. 灌溉排水学报, 2010(06): 18-22. (LU Jian hong, XU Jian xin, ZHAO Peng. Research on Comprehensive Evaluation of Rural Drinking Watersafety in Henan Province[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2010(06): 18-22. (in Chinese))
- [8] 王蕾, 朱玉春. 基于农户视角的农村饮水供给效果评价——来自 803 户农户数据的解析[J]. 农业技术经济, 2013(02): 64-71. (WANG Lei, ZHU Yuchun. Rural Water Supplying Effect Evaluation Based on the Perspective of Farmers- Analysis of the Data from 803 Households[J]. Economy of Agricultural Technology, 2013(02): 64-71. (in Chinese))
- [9] 朱慧明, 孙雄志. 基于混合先验分布的贝叶斯因子分析模型[J]. 湖南大学学报(自然科学版), 2007(09): 82-85. (ZHU Hui ming, Sun Xiong zhi. Analysis of the Bias Factor Mixed Prior Distribution based on Model [J]. Journal of Hunan University (Natural Science Edition), 2007(09): 82-85. (in Chinese))
- [10] 耿金花, 高齐圣, 张嗣瀛. 基于层次分析法和因子分析的社区满意度评价体系[J]. 系统管理学报, 2007(06): 673-677. (GENG Jinhua, GAO Qi sheng, ZHANG Si ying. Evaluation System of Community Satisfaction Based on Analytic Hierarchy Process and Factor Analysis[J]. Journal of System Management, 2007(06): 673-677. (in Chinese))