

DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdtk.2018.0160

崔家萍,唐德善.基于ISM的城市黑臭水体整治公众满意度影响因素[J].南水北调与水利科技,2018,16(6):103-108,118.
CUI J P, TANG D S. ISM based analysis of factors affecting public satisfaction of urban black and smelly water treatment[J].
South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2018, 16(6): 103-108, 118. (in Chinese)

基于 ISM 的城市黑臭水体整治公众满意度影响因素

崔家萍, 唐德善

(河海大学 水利水电学院, 南京 210089)

摘要:在我国城市大部分河道已演变为黑臭河道的背景下,进行黑臭水体整治、改善城市水环境成为一项重要任务。将公众满意程度和长效机制建设情况作为评判黑臭水体整治效果好坏的依据,已经成为一种趋势。以南京市鼓楼区6条黑臭河道整治的公众满意度测评数据为基础,通过单因素方差分析筛选出7个对公众满意度有显著影响的因素,利用解释结构模型(ISM)梳理7个因素间的内在关联,建立多层递阶结构模型,为政府进行黑臭水体整治提供参考依据。分析结果表明,水体的异味、异常颜色、洁净程度和公众对整治工程的了解程度是影响黑臭水体整治公众满意度的直接因素,受访者人员性质是其间接因素,沿河污水直排、沿岸垃圾堆放现象是其根本因素。

关键词:黑臭水体整治; 公众满意度; 影响因素; 方差分析; 解释结构模型(ISM)

中图分类号: X522 文献标志码: A 开放科学(资源服务)标识码(OSID):



ISM-based analysis of factors affecting public satisfaction of urban black and smelly water treatment

CUI Jiaping, TANG Deshan

(College of Water Conservancy and Hydropower, Hohai University, Nanjing 210089, China)

Abstract: It is an important task to improve the water environment of the city as a large number of the urban rivers in China have turned black and smelly. It has become a trend to judge the effect of black and smelly water treatment by the public satisfaction degree and the long term mechanism construction progress. Based on the data of public satisfaction assessment of 6 black and smelly rivers in Nanjing Gulou District, we selected seven factors which had significant influence on public satisfaction through the single factor variance analysis. By using the Interpretative Structural Modeling method (ISM), we analyzed the internal relationships among the seven factors and built a hierarchical structural model, with a view to providing reference to the government on black and smelly water treatment. The analysis results showed that water odor, abnormal color, cleanliness, and public awareness of the treatment project were direct influencing factors on public satisfaction of the black and smelly water treatment; the identity of the respondents was an indirect influencing factor; direct sewage discharge to the river and garbage stacking along the river were the root factors.

Key words: black and smelly water treatment; public satisfaction degree; influencing factors; variance analysis; interpretative structural modeling

目前,我国城市普遍存在黑臭问题,即水体出现 季节性或常年黑臭^[1]。城市黑臭水体不仅给群众带

收稿日期: 2018-04-28 修回日期: 2018-09-12 网络出版时间: 2018-10-19
网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20181018.1516.008.html>
基金项目: 江苏省高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)

Funds: Project Funded by the Priority Academic Program Development of Jiangsu Higher Education Institutions(PAPD)

作者简介: 崔家萍(1994),女,河南郑州人,主要从事水利水电系统规划与工程经济方面研究。E-mail: 397239876@qq.com

通讯作者: 唐德善(1955),男,江苏泰州人,教授,博士生导师,主要从事水利水电工程方面研究。E-mail: 495188452@qq.com

来极差的感官体验,而且直接影响群众的生产生活。在黑臭水体问题愈受关注的今天,其整治成效特别注重百姓的监督作用^[25]。住房城乡建设部城市建设司副司长章林伟^[6]解读《城市黑臭水体整治工作指南》时谈到,城市黑臭水体识别主要针对感官性指标,百姓不需要任何技术手段就能判断。林培^[7]提出让百姓全过程参与城市黑臭水体的筛查、治理、评价,监督黑臭水体整治的成效,实现河流的长治久清。

本文通过问卷调查的方式对南京市鼓楼区主要河道附近的市民进行公众满意度测评,提炼出影响整治效果公众满意度的诸多因素,利用单因素方差分析法和解释结构模型(ISM- Interpretative Structural Modeling)对这些因素进行筛选、整理和分析,提出多层递阶结构图,为今后政府进行黑臭水体整治提供参考依据。

1 研究背景和研究方法

1.1 研究背景

国内许多学者已经意识到城市黑臭水体对居民生活的严重影响,并做了许多研究。廖伟伶等^[8]指出黑臭水体是水体污染的一种极端现象。刘欣锴^[9]分析了哈尔滨市黑臭水体现状及治理过程中存在的问题。温爽等^[10]通过构建城市黑臭水体遥感识别算法,分析南京市主城区黑臭水体的空间分布和环境特点。许多学者利用问卷调查的形式,对黑臭水体形态与环境管理展开了调查。王旭等^[11]以北京中心城区为例,开展基于“互联网+”黑臭水体问卷调查评价研究。黄静等^[12]开展温州市黑臭河道人居环境评价的抽样问卷调查。卫立冬^[13]从环境经济学的角度,评价了滏阳河衡水市区段水体黑臭对舒适性的影响。

问卷测评流程主要包括:实地调研、问卷测评、录入数据、软件分析、建立模型、综合评价、得出结论。问卷测评旨在了解沿河居民所见的河道真实情况,运用居民的感官性指标来调整黑臭水体整治工程的侧重点,体现黑臭水体整治工程实施后带来的变化,获取居民对黑臭水体整治效果的满意程度。

1.2 数据来源

本文所用数据来源于 2017 年 6 月-10 月河海大学水利系测评队伍对南京市鼓楼区 6 个黑臭水体整治效果进行的公众满意度测评。鼓楼区 6 条已认定的黑臭水体包括:惠民河(南闸至入江口)、张王庙沟、外金川河(下关段)、内金川河(老主流和东、中、西支)、西北护城河(建宁路至金川门泵站段)、南十里长沟一支流(上游)等。本次测评主要采用问卷形式,沿

河道对居民、商户及过路人员进行问卷测评,共收回问卷 221 份,其中 16 份问卷出现答题不规范现象(未选选项、选多个选项、选项前后矛盾等),对此类废卷予以剔除,共得到有效问卷 205 份,问卷有效率达到 92.8%。

1.3 研究方法

1.3.1 研究对象

本次测评涵盖已认定的 6 条黑臭水体,测评数据分布情况见表 1。

表 1 各水体的测评数据分布情况

水体名称	张王庙沟	西北护城河	外金川河	南十里长沟一支流	惠民河	内金川河
份数	32	37	32	37	33	34
百分比(%)	15.6	18.0	15.6	18.0	16.2	16.6

1.3.2 研究变量确定

结合当前我国城市河道现状,文章重点选取如下 9 个黑臭水体整治效果公众满意度的影响因素:(1)居住工作地点与水体的距离;(2)水体的异味程度;(3)水体的颜色异常程度;(4)水体的洁净程度,有无残枝败叶;(5)对黑臭水体整治工程的了解程度;(6)水体有无污水直排现象;(7)河岸是否有垃圾杂物堆放;(8)受访者工作状态;(9)受访者人员性质。根据 205 份有效问卷,得出各变量的统计特征见表 2。

表 2 模型变量的解释和统计特征

变量名称	变量含义
受访者居住(工作)地点与水体的距离	500 m 以内= 1; 500~ 1000 m= 2; 1000~ 2000 m= 3
水体的异味程度	严重异味= 1; 轻微异味= 2; 无异味= 3
水体颜色异常程度	严重异常= 1; 轻微异常= 2; 无异常= 3
水体的洁净程度,有无残枝败叶	严重污染= 1; 轻微污染= 2; 洁净= 3
受访者对黑臭水体整治工程的了解程度	不了解= 1; 了解一些= 2; 十分了解= 3
沿河的污水直排现象(生活、工业)	多处污水直排= 1; 个别位置污水直排= 2; 无污水直排= 3
沿岸的垃圾、杂物堆放现象	多处垃圾堆放= 1; 个别位置垃圾堆放= 2; 无垃圾堆放现象= 3
受访者工作状态	在职= 1; 退休= 2; 学生= 3
受访者人员性质	居民= 1; 商户= 2; 过路人员= 3

2 分析过程

2.1 方差分析

2.1.1 方差齐性检验

方差齐性检验(Homogeneity of variance test):若不同样本组的总体方差一致,说明这些样本满足

方差齐性, 可进行单因素方差分析^{[14][15]}。在本次研究中, 主要采用 Levene 检验法。首先设定第一个假设: 第一个控制变量(受访者居住地点和水体的距离)数据与独立变量(城市黑臭水体整治效果的公众满意度)数据的方差是相同的; 然后计算各组控制变量的离差绝对值, 再求每组离差绝对值的平均数, 同时对独立变量的数据进行计算, 得到统计量 F 和对应的显著性 P 。若 $P > 0.05$, 则接受原假设, 说明控制变量与独立变量的总体方差相等, 满足方差齐性要求; 若 $P \leq 0.05$, 则拒绝原假设, 说明控制变量与独立变量不满足方差齐性要求, 无法进行单因素方差分析。本次研究利用 SPSS24.0 软件进行以上计算, 计算结果见表 3。

表 3 不同控制变量的方差齐性分析
Tab. 3 Analysis of variance homogeneity of control variables

控制变量	Levene 统计	自由度 1	自由度 2	显著性
受访者地点与水体的距离	1.960	2	202	0.144
水体的异味程度	1.440	2	202	0.239
水体颜色异常程度	1.690	2	202	0.187
水体的洁净程度	1.740	2	202	0.178
受访者对黑臭水体整治工程的了解程度	0.243	2	202	0.785
沿河的污水直排现象	0.577	2	202	0.563
沿岸的垃圾杂物堆放现象	0.474	2	202	0.623
受访者工作状态	0.307	2	202	0.736
受访者人员性质	0.024	2	202	0.976

从表 3 中可以看出, 各控制变量(因子)与独立变量数据的显著性 P 均大于 0.05, 说明它们是相互独立的随机样本, 均服从正态分布, 并且其总体方差相等, 满足方差齐性, 因此以上控制变量均可以进行单因素方差分析。

2.1.2 单因素方差分析

将独立变量的方差作为切入点, 对多个控制变量的样本进行显著性检验, 鉴别这些控制变量是否存在对独立变量的显著性影响^{[14][15]}。本次主要研究一个独立变量(城市黑臭水体整治的公众满意度)是否受其他多个控制变量的影响, 采用单因素方差分析, 主要步骤如下。

(1) 根据各个控制变量(因子)建立检验假设 $H_0, H_1, H_2, \dots, H_n$ 。提出原假设 H_0 : 样本集 1(黑臭水体整治效果的公众满意度)与样本集 2(受访者居住工作地点与水体的距离)不存在显著性的影响; 建立建设 H_1 : 样本集 1 与样本集 2 存在显著性的影响。

(2) 采用单因素方差分析中的 F -检验, 计算统计量 F 的观测值和与其对应的概率 P 。

(3) 做出显著性水平决策。在显著性水平 $\alpha =$

0.05 的情况下, 若 $P > 0.05$ 则接受原假设 H_0 , 即承认样本集 1(黑臭水体整治效果的公众满意度)与样本集 2(受访者居住工作地点与水体的距离)不存在显著性的影响, 黑臭水体整治的公众满意度与受访者居住工作地点与水体的距离无关; 若 $P \leq 0.05$, 则拒绝原假设 H_0 , 接受假设 H_1 , 即样本集 1 与样本集 2 存在显著性的影响, 黑臭水体整治的公众满意度与受访者居住工作地点与水体的距离有关。

(4) 逐个因子与独立变量进行单因素方差分析, 得出结论, 剔除不相关的因子, 保留相关联的因子, 以便于进行下一步分析。

本次采用 SPSS24.0 软件进行以上计算, 结果见表 4。

表 4 不同控制变量的单因素方差分析
Tab. 4 Single factor variance analysis of control variables

控制变量		平方和	自由度	均方	F	显著性
受访者地点与水体的距离	组间	0.412	2	0.206	2.776	0.065
	组内	15.003	202	0.074		
	总计	15.415	204			
水体的异味程度	组间	2.988	2	1.494	24.283	0.000
	组内	12.427	202	0.062		
	总计	15.415	204			
水体的颜色异常程度	组间	2.262	2	1.131	17.367	0.000
	组内	13.153	202	0.065		
	总计	15.415	204			
水体的洁净程度	组间	3.891	2	1.945	34.100	0.000
	组内	11.524	202	0.057		
	总计	15.41	204			
受访者对水体整治工程的了解程度	组间	3.844	2	1.922	33.556	0.000
	组内	11.571	202	0.057		
	总计	15.415	204			
沿河的污水直排现象	组间	4.058	2	2.029	36.086	0.000
	组内	11.357	202	0.056		
	总计	15.415	204			
沿岸的垃圾杂物堆放现象	组间	3.899	2	1.950	34.196	0.000
	组内	11.516	202	0.057		
	总计	15.415	204			
受访者工作状态	组间	0.293	2	0.146	1.954	0.144
	组内	15.123	202	0.075		
	总计	15.415	204			
受访者人员性质	组间	0.899	2	0.450	6.256	0.002
	组内	14.516	202	0.072		
	总计	15.415	204			

注: 此表基于 5% 的显著性水平下

由结果可知, (1) 在显著性水平 $\alpha = 0.05$ 的情况下, 水体的异味程度、水体的颜色异常程度、水体的洁净程度、受访者对水体整治工程的了解程度、沿河污水直排现象、沿岸垃圾堆放现象、受访者人员性质这 7 个控制变量的概率 P 值均小于 0.05, 说明这 7

个控制变量与独立变量有显著性影响, 可以进行下一步分析。(2) 在显著性水平 $\alpha=0.05$ 的情况下, 受访者地点与水体的距离与受访者工作状态这两个控制变量的概率 P 值分别为 0.065 和 0.144, 均大于 0.05, 说明这两个控制变量与观测变量(黑臭水体整治效果的公众满意度)不具有显著性影响, 予以剔除。对有效影响因素进行编号见表 5。

表 5 影响因素表示符号

Tab. 5 Symbols for influencing factors

影响因素	表示符号
水体的异味程度	S_1
水体的颜色异常程度	S_2
水体的洁净程度	S_3
受访者对水体整治工程的了解程度	S_4
沿河的污水直排现象	S_5
沿岸的垃圾堆放现象	S_6
受访者人员性质	S_7

2.2 解释结构模型分析

解释结构模型法 (ISM-Interpretative Structural Modeling) 是一种用于分析多个要素间复杂关系的研究方法, 将复杂的系统分解为若干子系统要素, 通过计算建立多级递阶的层次结构模型^{[16][17]}。主要步骤如下。

(1) 设定关键问题 S_0 , 本次研究中设定关键问题 S_0 为黑臭水体整治效果的公众满意度。

(2) 列举各影响因素 S_1, S_2, \dots, S_7 与关键问题 S_0 之间的相关性。

(3) 根据各影响因素的相关性, 建立邻接矩阵。邻接矩阵的构成要素由式(1)确定:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, S_i \text{ 与 } S_j \text{ 有关} \\ 0, S_i \text{ 与 } S_j \text{ 无关} \end{cases} \quad (1)$$

$i=0, 1, \dots, n \quad j=1, 2, \dots, n \quad n=7$

(4) 将邻接矩阵变换为可达矩阵。

(6) 对可达矩阵进行分解, 进行级次划分。

(7) 根据级次和相互关系建立解释结构模型。

根据各因素间的逻辑关系和公式(1), 建立邻接矩阵 A :

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A+I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

可达矩阵 S 满足条件:

$$S = (A+I)^{\lambda-1} = (A+I)^{\lambda} \neq (A+I)^{\lambda-1} \neq \dots \neq (A+I)^2 \neq (A+I)^1 \quad (2)$$

其中 I 为单位矩阵, $2 \leq \lambda \leq k$, k 为邻接矩阵的阶数(此处 $k=8$)。

根据公式(2), 将邻接矩阵 A 在 matlabR2015b 软件上进行计算, 得到可达矩阵 S :

$$S = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

在可达矩阵 S 中, S_i 所在的行凡是元素为 1 的都是可达到的, 收入可达集 R ; S_i 所在的列凡是元素为 1 的都是被达到的, 收入先行集 A 。求共同集 $C(S_i) = A(S_i) \cap R(S_i)$, 若 $C(S_i) = R(S_i)$, 说明 S_i 只可以被到达, 即为最高级元素, 划为第一层次集合 $L_1 = (S_i) (i=0, 1, \dots, 7)$ ^{[19][20]}。进行第一次级次划分见表 6。

表 6 可达矩阵 S 的第一级次划分

Tab. 6 The first rank division of the accessible matrix S

S_i	先行集 $A(S_i)$	可达集 $R(S_i)$	$C(S_i) = A(S_i) \cap R(S_i)$
S_0	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6	1	1
S_1	1, 2, 3, 5, 6	0, 1, 2, 3	1, 2, 3
S_2	1, 2, 3, 5, 6	0, 1, 2, 3	1, 2, 3
S_3	1, 2, 3, 5, 6	0, 1, 2, 3	1, 2, 3
S_4	4, 7	1, 4	4
S_5	5, 6	0, 1, 2, 3, 5, 6	5, 6
S_6	5, 6	0, 1, 2, 3, 5, 6	5, 6
S_7	7	1, 4, 7	7

由上表可知, 有 $C(S_0) = A(S_0) \cap R(S_0) = R(S_0)$, 则 S_0 为最高层元素, 一级要素集合 $L_1 = (S_0)$ 。

在可达矩阵 A 中删去 S_0 所在的行与列后, 得

到矩阵 A_1 , 再对 A_1 进行以上计算步骤, 得到二级要素集合 $L_2 = (S_1, S_2, S_3, S_4)$ 。重复以上步骤得三级要素集合 $L_3 = (S_5, S_6, S_7)$ ^[21-25]。由此得到结构层次模型见图 1。

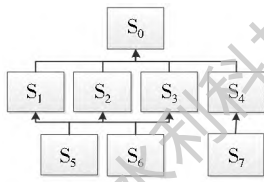


图 1 结构层次模型

Fig. 1 Hierarchical structural model

根据结构层次模型以及各影响因素建立解释结构模型见图 2。

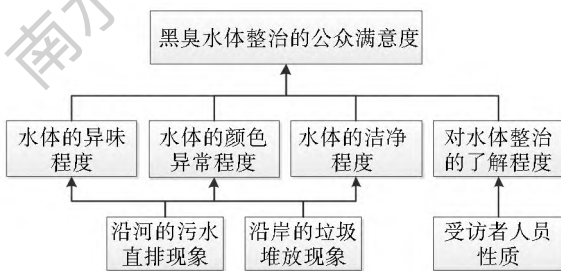


图 2 解释结构模型

Fig. 2 Interpretative structural model

3 黑臭水体整治公众满意度的分析

由图 2 的解释结构模型可以看出各影响因素之间的相互关系和重要度层级。第一级次是关键问题: 黑臭水体整治的公众满意度; 第二级次有四个控制变量: 水体的异味程度、颜色异常程度、洁净程度和受访者对水体整治的了解程度; 第三级次有三个控制变量: 沿河的污水直排现象、沿岸的垃圾堆放现象和受访者人员性质。

(1) 水体的异味程度、颜色异常程度、洁净程度和受访者对水体整治工程的了解程度位于第二级次, 说明它们直接影响黑臭水体整治公众满意度, 其影响力不容忽视。受城市建设影响, 大部分河道过于渠化、硬化, 不利于水体与陆地的能量流动和物质交换, 缺乏生态保护性, 并且河道流动性降低, 易造成水体缺氧状态, 引起水体富营养化; 特别是夏天气温较高, 水体内微生物繁殖迅速、活动性较强, 更易造成水体的臭味, 河流颜色也会发绿发黑。

(2) 沿河污水直排现象和沿岸垃圾堆放现象位于模型的底层, 是影响黑臭水体整治公众满意度的根本因素。河道附近部分商户或居民缺乏护河意识, 存在倾倒污水、抛掷废物等行为, 并且在岸边堆放垃圾, 降雨时雨水冲刷河岸, 易将污染物质带入河

流, 污染水质使河流黑臭。

(3) 受访者对黑臭水体整治工程的了解程度也是影响公众满意度的直接因素之一。相关部门努力做好宣传舆论引导, 持续开展“治水护河”宣传, 市民对黑臭水体整治工程愈了解、愈关注, 护河意识进一步提升, 有效减少各类涉河不文明行为, 保护河道水环境。许多河道在整治前后发生了较大的变化, 切实改善了市民的居住环境。

(4) 受访者人员性质是黑臭水体整治公众满意度的间接因素。受访者人员性质有居民、商户和过路人员, 其中居民和商户长期在水体附近活动, 对黑臭水体整治问题较有发言权。结合“河长制”工作开展, 可增强群众对河道管理工作的认识, 深入发动城市居民参与河道管理, 提高群众爱河、护河、管河的积极性。

4 结语

综合以上分析可以发现, 水体的异味程度、水体的颜色异常程度、水体的洁净程度、受访者对整治工程的了解程度直接影响黑臭水体整治公众满意度, 而沿河污水直排现象、沿岸垃圾堆放现象、受访者人员性质是其根本因素, 各个因素之间互相关联且存在交互影响, 彼此之间又独立发挥作用, 形成一个较为完整的系统。

其结果表明, 在城市黑臭水体整治过程中, 若仅仅改变表面黑臭状态, 未改变其内在深层影响因素, 治理后的水体很快就会重返黑臭状态。群众对黑臭水体整治的满意度测评是整治效果长效评估机制的一个重要方面, 使人民群众发挥监督作用, 充分调动积极性, 提升护河意识, 参与到黑臭水体整治的长效化建设中来。通过大家共同努力, 实现“河畅、水清、岸绿、景美”的目标。本文可为下一步城市黑臭水体整治工程提供参考依据。但由于 ISM 方法存在一定的局限性和主观性, 相关认识仍待进一步补充和完善。

参考文献(References):

[1] 朱品文. 全国多半城市存在黑臭水体[J]. 生态经济, 2016, 32(5): 10-13. (ZHU P W. Black and smelly water bodies exist in most cities throughout the country[J]. Eco Economy, 2016, 32(5): 10-13. (in Chinese)) DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-4407. 2016. 05. 003.

[2] 林长喜, 吴晓峰, 曲凤臣, 等. 我国城市黑臭水体治理展望[J]. 化学工业, 2017, 35(5): 65-68. (LIN C X, WU X F, QU F C, et al. prospect of urban black and smelly water treatment in China [J]. Chemical Industry, 2017, 35(5): 65-68. (in Chinese))

- DOI: 10.3969/j.issn.1673-9647.2017.05.011.
- [3] 姜青新. 城市黑臭水整治新规解读[J]. WTO 经济导刊, 2015 (11): 78-79. (JIANG Y X. The new regulation of the urban black and smelly water regulation[J]. WTO Economic Guide, 2015 (11): 78-79. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1672-1160.2015.11.030.
- [4] 赵越, 姚瑞华, 徐敏, 等. 我国城市黑臭水体治理实践及思路探讨[J]. 环境保护, 2015, 43(13): 27-29. (ZHAO Y, YAO R H, XU M, et al. Discussion on the practice and thinking of the treatment of the black and smelly water in our city[J]. Environmental Protection, 2015, 43 (13): 27-29. (in Chinese)) DOI: 10.14026/j.cnki.0253-9705.2015.13.005.
- [5] 郝英群, 张璘, 孙成, 等. 江苏省城市河流黑臭评价标准研究[J]. 环境科技, 2013(6): 46-50. (HAO Y Q, ZHANG L, SUN C, et al. Study on evaluation standard for malodorous and black urban rivers in Jiangsu[J]. Environmental Science and Technology, 2013(6): 46-50. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1674-4829.2013.06.013.
- [6] 章林伟.《城市黑臭水体整治工作指南》的出台背景[J]. 城乡建设, 2015(11): 10-11. (ZHANG L W.《Urban black and Smelly water Treatment Work Guide》published in the background [J]. Urban and Rural Construction, 2015 (11): 10-11. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1002-8455.2015.11.003.
- [7] 林培.《城市黑臭水体整治工作指南》解读[J]. 建设科技, 2015 (18): 14-15. (LIN P.《The city black and smelly water treatment Work Guide》interpretation [J]. Construction Technology, 2015 (18): 14-15. (in Chinese)) DOI: 10.16116/j.cnki.jskj.2015.18.001.
- [8] 廖伟伶, 黄健盛, 丁健刚, 等. 我国黑臭水体污染与修复技术研究现状[J]. 长江科学院院报, 2017, (11): 153-158. (LIAO W L, HUANG JS, DING J G, et al. Pollution Status and Remediation Technologies of Malodorous Black Water Body in China [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2017, (11): 153-158. (in Chinese)) DOI: 10.11988/cjkyb.20170730.
- [9] 刘欣铠. 关于哈尔滨黑臭水体治理的相关建议[J]. 价值工程, 2016(15): 36-37. (LIU X K, Suggestions for Black and Odorous Water Treatment in Harbin [J]. Value Engineering, 2016 (15): 36-37. (in Chinese))
- [10] 温爽, 王桥, 李云梅, 等. 基于高分影像的城市黑臭水体遥感识别: 以南京为例[J]. 环境科学, 2018(1): 57-67. (WEN S, WANG Q, LI Y N, et al. remote sensing identification of urban black and smelly water bodies based on high level image: A case study in Nanjing [J]. Environmental Science, 2018 (1): 57-67. (in Chinese)) DOI: 10.13227/j.hjks.201703264.
- [11] 王旭, 王永刚, 徐菲, 等. 基于“互联网+”的北京城区黑臭水体调查与评价[J]. 净水技术, 2017, (8): 97-104. (WANG X, WANG Y G, XU F, et al. Investigation and Assessment of Black and Odorous Water Body in Beijing Urban Area based on the "Internet Plus" [J]. Water Purification Technology, 2017, (8): 97-104. (in Chinese)) DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2017.08.018.
- [12] 黄静, 刘耀龙, 陈振楼, 等. 温州市典型黑臭河道人居环境调查分析[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2011, (1): 172-178. (HUANG J, LIU Y L, CHEN Z L, et al. An investigation of human settlement environment of typic black-odor rivers in Wenzhou [J]. Journal of East China Normal University (Natural sciences), 2011, (1): 172-178. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1000-5641.2011.01.020.
- [13] 卫立冬. 水体黑臭对舒适性影响的经济评价—以滏阳河衡水市区段为例[J]. 资源与人居环境, 2008(18): 60-62. (WEI L D. Economic evaluation of the influence of water black and odor on comfort—taking Fuyang Hengshui section as an example [J]. Resources Inhabitant and Environment, 2008(18): 60-62. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1672-822X.2008.18.024.
- [14] 杨小勇. 方差分析法浅析—单因素的方差分析[J]. 实验科学与技术, 2013, 11(1): 41-43. (YANG X Y. Analysis of variance analysis Method—the Anova of single factor [J]. Experimental Science and Technology, 2013, 11 (1): 41-43. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1672-4550.2013.01.015.
- [15] 邱宏, 金如锋, 赵玲, 等. 用 SPSS11.0 实现对重复测量资料的方差分析[J]. 数理医药学杂志, 2006, 19(2): 162-165. (QIU H, JIN R F, ZHAO L, et al. The variance analysis of repeated measurement data is realized by SPSS11.0 [J]. Journal of Mathematical Medicine, 2006, 19 (2): 162-165. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1004-4337.2006.02.025.
- [16] 白冰, 李平. 基于 ISM 的可达矩阵的简便算法[J]. 价值工程, 2015(4): 213-215. (BAI B, LI P. A simple algorithm based on ISM to reach Matrix [J]. Value Engineering, 2015 (4): 213-215. (in Chinese)) DOI: 10.14018/j.cnki.cn13-1085/n.2015.04.119.
- [17] 张静, 李茂清. 由邻接矩阵求解可达矩阵的一种改进简便算法[J]. 电脑知识与技术: 学术交流, 2007, 1(1): 177-178. (ZHANG J, LI M Q. An improved and simple algorithm for solving the accessible matrix by adjacency matrix [J]. Computer Knowledge and Technology: Academic Exchange, 2007, 1 (1): 177-178. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1009-3044.2007.01.094.
- [18] 李婷, 郑垂勇. 基于 ISM 方法的水利信息化影响因素分析[J]. 中国农业资源与区划, 2015, 36(7): 25-32 (LI T, ZHENG C Y. Analysis of influencing factors of water conservancy informatization based on ISM method [J]. Agricultural Resources and Zoning in China, 2015, 36 (7): 25-32 (in Chinese)) DOI: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20150704.
- [19] 刘静, 周玉玺. 基于 ISM 和方差分析的农户参与农田水利设施建设意愿的影响因素分析——基于山东 15 个粮食主产县(市)的调查[J]. 农村经济与科技, 2016, 27(23): 91-94. (LIU J, ZHOU Y X. Analysis of factors influencing farmers' willingness to participate in the construction of farmland and water conservancy facilities based on ISM and variance analysis—based on the investigation of 15 main grain producing counties (cities) in Shandong Province [J]. Rural Economy and Technology, 2016, 27 (23): 91-94. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1007-7103.2016.23.035.

(下转第 118 页)

- [23] 李如忠, 徐晶晶, 姜艳敏, 等. 铜陵市惠溪河滨岸带土壤重金属形态分布及风险评估[J]. 环境科学研究, 2013, 26(1): 88-96. (LI R Z, XU J J, JIANG Y M, et al. Fraction distribution and ecological risk assessment of soil heavy metals in the riparian zone of Huixi stream in Tongling City[J]. Research of Environmental Sciences, 2013, 26(1): 88-96. (in Chinese)) DOI: 10.13198/j.res.2013.01.92.lirzh.014.
- [24] 丛鑫, 张佰溪, 胡峰, 等. 矿业城市煤矸石山周边土壤重金属分布特征与影响因素研究[J]. 生态环境学报, 2017, 26(3): 479-485. (CONG X, ZHANG R X, HU F, et al. Distribution characteristics and influence factors of heavy metals in soils around coal waste piles nearby mining city[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2017, 26(3): 479-485. (in Chinese)) DOI: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2017.03.017.
- [25] 马骅, 任明强, 赵宾. 露天煤矸石堆放对下游农田土壤重金属的污染分析[J]. 煤炭加工与综合利用, 2016(3): 74-79. (MA H, REN M Q, ZHAO B. Analysis of open pit coal gangue pollution of soil heavy metals in the downstream farmland[J]. Coal Processing & Comprehensive Utilization, 2016(3): 74-79. (in Chinese)) DOI: 10.16200/j.cnki.11-2627/td.2016.03.025.
- [26] 马守臣, 邵云, 杨金芳, 等. 矿粮复合区土壤-作物系统重金属污染风险性评价[J]. 生态环境学报, 2012, 21(5): 937-941. (MA S C, SHAO Y, YANG J F, et al. Risk assessment of heavy metal contamination in soil-plant system of the overlapped areas of crop and mineral production[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2012, 21(5): 937-941. (in Chinese)) DOI: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2012.05.031.
- [27] WILLIAMS C, DAVID D. The effect of superphosphate on the cadmium content of soils and plants[J]. Aust J Soil Res, 1973, 11: 43-56. DOI: 10.1071/SR9730043.
- [28] 李艳利, 肖春燕, 王守全, 等. 焦作市城区土壤重金属空间变异特征及污染评价[J]. 水土保持通报, 2014, 34(3): 271-276. (LI Y L, XIAO C Y, WANG S Q, et al. Spatial Variability and Evaluation of Soil Heavy Metal Pollution in Jiaozuo City[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2014, 34(3): 271-276. (in Chinese)) DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2014.03.054.
- [29] 郭彦海, 孙许超, 张士兵, 等. 上海某生活垃圾焚烧厂周边土壤重金属污染特征、来源分析及潜在生态风险评价[J]. 环境科学, 2017, 38(12): 5262-5271. (GUO Y H, SUN X C, ZHANG S B, et al. Pollution Characteristics, Source Analysis and Potential Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Soils Surrounding a Municipal Solid Waste Incineration Plant in Shanghai[J]. Environmental Science, 2017, 38(12): 5262-5271. (in Chinese)) DOI: 10.13227/j.hjcx.201704113.
- [30] 银燕春, 王莉淋, 肖鸿, 等. 成都市区、城郊和农村生活垃圾重金属污染特性及来源[J]. 环境工程学报, 2015, 9(1): 392-400. (YIN Y C, WANG L L, XIAO H, et al. Characteristics and sources of heavy metal pollution in urban, suburban and rural domestic waste of Chengdu[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2015, 9(1): 392-400. (in Chinese)) DOI: 10.12030/j.cjee.20150165.
- [31] 刘芳, 塔西甫拉提·特依拜, 依力亚斯江·努尔麦麦提, 等. 准东露天煤田周边土壤重金属污染及潜在生态风险[J]. 生态环境学报, 2015, 24(8): 1388-1393. (LIU F, TASHPOLAT T, IL-YAS N, et al. Pollution and Potential Ecological Risk of Soil Heavy Metals Around the Coalfield of East Junggar Basin[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2015, 24(8): 1388-1393. (in Chinese)) DOI: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2015.08.020.

(上接第 108 页)

- [20] 刘倩, 雷婷, 李明慧, 等. 基于 ISM 的工程项目投标决策影响因素分析[J]. 重庆建筑, 2015(2): 54-57. (LIU J, LEI T, LIM H, et al. Analysis of influencing factors of project bidding decision based on ISM[J]. Chongqing Building, 2015(2): 54-57. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1671-9107.2015.02.054.
- [21] 刘贵文, 杜惠妹, 但依然, 等. 基于 ISM 的城市更新项目风险因素关系研究[J]. 建筑经济, 2018(2): 89-95. (LIU G W, DU H S, DAN Y R, et al. Research on the relationship between the risk factors of urban renewal projects based on ISM[J]. Construction Economy, 2018(2): 89-95. (in Chinese)) DOI: 10.14181/j.cnki.1002-851x.201802089.
- [22] 周炜, 赵挺生, 徐树铭, 等. 基于 DEMATEL 和 ISM 的建筑工程工人安全行为影响因素建模[J]. 土木工程与管理学报, 2017(6): 126-132. (ZHOU W, ZHAO T S, XU S M, et al. Model of influence factors for worker safety behavior based on DEMATEL and ISM[J]. Journal of Civil Engineering and Management, 2017(6): 126-132. (in Chinese))
- [23] 孙艺榛, 郑军. 基于 ISM 模型的山东省农村生活环境污染影响因素分析[J]. 农业资源与环境学报, 2017, (6): 576-581. (SUN Y Z, ZHENG J. Analysis of influencing factors of rural living environment pollution in Shandong Province based on ISM model[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2017(6): 576-581. (in Chinese)) DOI: 10.13254/j.jare.2017.0182.
- [24] 王宏兵, 郑雪筠, 李海峰. 基于距离熵优化 HMM-ISM 的大型水电项目建设期风险评价模型研究[J]. 水力发电, 2017(10): 87-93, 98. (WANG H B, ZHENG X Y, LI H F. Research on risk assessment model for large scale hydropower project during construction period based on HMM-ISM optimized by distance entropy[J]. Water Power, 2017(10): 87-93, 98. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.0559-9342.2017.10.022.
- [25] 廖伟逸, 袁辉, 王凤山. 基于解释结构模型的公路隧道口部滑塌影响因素分析[J]. 安全与环境工程, 2017(6): 134-138. (LIAO W Y, YUAN H, WANG F S. Analysis on influencing factors of landslide at the highway tunnel entrance based on ISM[J]. Safety and Environmental Engineering, 2017(6): 134-138. (in Chinese)) DOI: 10.13578/j.cnki.issn.1671-1556.2017.06.022.