

基于欧式贴近度的模糊物元模型优选奶牛 养殖废水处理工艺

傅金祥,谷文艺,何 祥,李晓溪,孟海停,徐静怡

(沈阳建筑大学市政与环境工程学院,辽宁 沈阳 110168)

摘 要 目的 从技术性能、经济费用、管理效果三方面对 UASB + SBR、UASB + 生物接触氧化法处理奶牛养殖废水进行工艺优选. 方法 在模糊物元分析的基础上,结合欧氏贴近度的方法,对奶牛养殖废水处理工艺进行对比评价. 以试验室中试实测备选方案的化学需氧量(COD)、五日生化需氧量(BOD_5)、氨氮(NH_3-N)、总磷(TP)、悬浮物(SS)的去除率为基础,利用均方差法确定指标权重,得出欧式贴近度. 结果 UASB + SBR 的技术性能最优,UASB + 生物接触氧化法的经济效益和管理效果最优,综合评价 UASB + SBR 的欧式贴近度值为 0.341 2,高于 UASB + 生物接触氧化法欧式贴近度值. 结论 “UASB + SBR”为最佳组合工艺,为奶牛养殖废水处理技术产业化过程中性能评估提供了科学的依据.

关键词 奶牛养殖废水;中试;模糊物元分析;欧氏贴近度

中图分类号 X713

文献标志码 A

Process Optimization of Dairy Cattle Breeding Wastewater Treatment Technology Using the Fuzzy Matter-Element Model Based on Eucli Approaching Degree

FU Jinxiang, GU Wenyi, HE Xiang, LI Xiaoxi, MENG Haiting, XU Jingyi
(School of Municipal and Environmental Engineering, Shenyang Jianzhu University, Shenyang, China, 110168)

Abstract: The evaluation index system was established from the aspects of technical performance, economy and management to analysis UASB + SBR, UASB + bio-contact oxidation processes. Based on the fuzzy matter element analysis combined with the concept of euclid approach degree, a comparison for the dairy cattle breeding wastewater treatment technology was made. In view of the removal efficiency of COD, BOD_5 , NH_3-H and TP which obtained from pilot test and the index weights were determined by the mean variance method. The results showed that UASB + SBR has the best technical performance. the concept of euclid approach degree of the UASB + SBR, The economic benefit and management effect of UASB + biological contact oxidation method is the best, and the euclid approach degree of UASB + SBR is 0.341 2 higher than UASB + biological

收稿日期:2017-03-29

基金项目:国家十二五水体污染控制与治理科技重大专项课题资助项目(2012ZX07505-003-01)

作者简介:傅金祥(1955—),男,教授,主要从事污水处理与资源化技术方面研究.

contact oxidation. The "UASB + SBR" was the best combined process. This method provided scientific evaluation basis for industrialization of dairy cattle breeding wastewater treatment.

Key words: dairy cattle breeding wastewater; pilot test; fuzzy matter-element analysis; euclid approaching degree

奶牛养殖场每天会产生大量的粪便以及饲料残渣,所以其废水中含有大量的有机物及有毒物质,这些污染物如果不合理进行处置,就会严重危害周围人及畜的饮水安全^[1]. 林霞亮等^[2]研究了 UASB + 两级 AO + 化学除磷 + 稳定塘 + 人工湿地组合工艺处理奶牛养殖废水. 祁福利^[3]研究了畜禽养殖废水达标处理新工艺. 对于奶牛养殖废水来说,尽管目前已有大量的工艺研究和设计^[4-5],但是在实际的工艺运行过程中,投资成本、经济效益还有设备稳定性等因素,均造成了试验过程中的最佳方案与实际工艺运行过程中存在较大偏差,因此有必要对组合型工艺处理奶牛养殖废水进行试验研究.

目前,在国内外多个领域中已经用到了模糊物元分析法,如逆向物流壁垒识别与分析^[6]、多指标面板数据综合评价^[7]、太湖平原的河流健康评价^[8]和区域知识产权战略绩效评估研究^[9]等. 从当下研究状况来看已有模糊物元分析法与其他方法相连接的案例,如基于 GIS 技术及模糊物元分析法^[10]. 模糊物元分析法与欧式贴近度相结合的方法也有报道^[11-15]. 但中试条件下废水处理工艺优选领域中采用欧式贴近度模糊物元法的鲜有报道.

对奶牛养殖废水处理工艺进行评价研究涉及多方面,包括处理效果、经济等. 基于此,笔者根据试验室两套中试组合工艺“UASB + SBR”、“UASB + 生物接触氧化”的处理效果,采用模糊物元分析法对其进行定性和定量的赋值,进而从经济、技术(处理效果)、管理三方面进行方案优选,建立了奶牛养殖废水处理工艺的综合评价指标体系.

1 构建评价模型

为对奶牛场养殖废水处理方案进行讨论对中试组合工艺“UASB + SBR”、“UASB + 生物接触氧化”的处理效果进行评价并评价指标体系,利用定性和定量相结合的方法确定评价指标的模糊量值^[16],从技术性能、经济费用、管理效果三个方面对其进行评价.

1.1 指标体系建立的意义及原则

评价体系是奶牛养殖废水处理工艺最佳方案优选的基础,评价体系当中包含了评价对象与评价方法. 由于奶牛养殖废水处理工艺的优选涉及经济、管理、处理效果等多因素,所以需要综合考虑多项指标,形成总的评价指标体系. 评价指标体系的建立应遵循科学性和全面性、可操作性和独立性.

1.2 指标体系的建立及框架

以最佳方案选择为目标层(A),技术性能、经济费用、管理效果三方面内容为准则层(B),以 COD 去除率等 12 项具体指标为指标层(C),具体如图 1 所示.

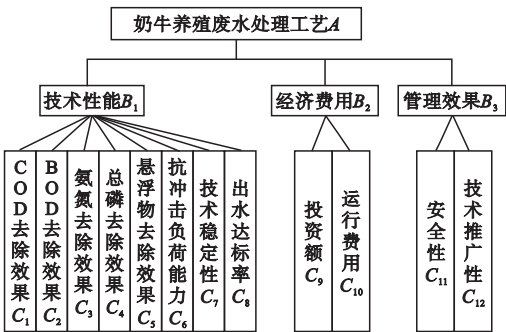


图1 奶牛养殖废水处理工艺优选评价指标体系

Fig. 1 Assessment criteria index system for treatment process of dairy cattle breeding wastewater

2 试验室中的中试结果

奶牛养殖废水试验原水取自沈阳某乳业养殖场,经混凝气浮预处理后进入生物段处理 即“UASB + SBR”、“UASB + 生物接触氧

化”. 试验一共耗时 16 个月,其中 UASB 水力停留时间为 48 h,运行温度为 30 ~ 32 ℃,生物接触氧化水力停留时间为 48 h,气水比为 50:1,室温下运行(环境温度 22 ~ 25 ℃). 两套组合工艺装置图见图 2.

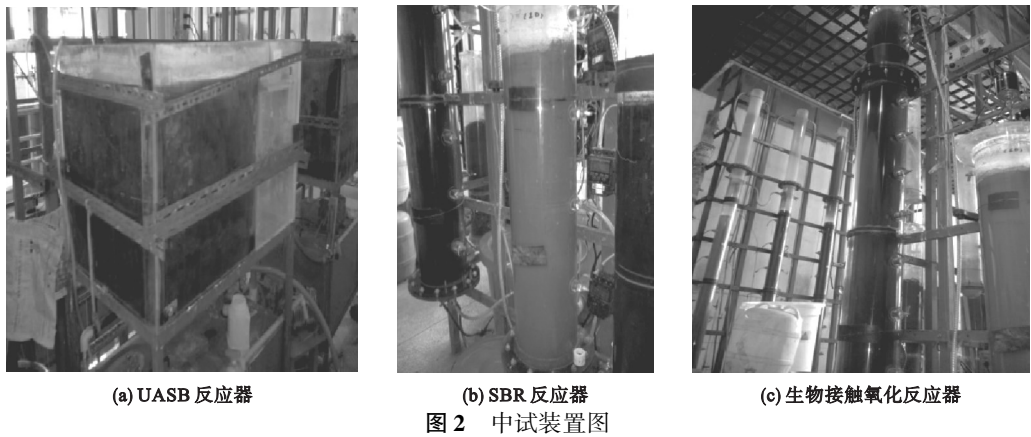


Fig. 2 The pilot experimental device

图中,UASB 反应器高 2 m,外径 0.2 m,内径 0.1 m,反应器总容积 16 L,有效容积 12 L,水浴套管容积 24 L,反应器上部设有三相分离器,采用水浴以保持温度恒定.生物接触氧化装置为有机玻璃,反应室内由组合填料填充,其中组合填料由塑料圆环和高分子纤维束组成,下部设布气管.生物接触氧化池高 0.8 m,宽 0.5 m,高 0.5 m,总容积 160 L,反应区容积 100 L,沉淀区容积 60 L. SBR 工艺采用序批式反应器,装置材料为有机玻璃,柱状反应器高 1.5 m,直径 0.2 m,有效容积 38 L. 装置内装有曝气及搅拌装置,可以控制曝气量并确保装置内污泥反应均匀,SBR 工艺占地面积小、间歇进水、排水,定期排泥,完成对废水的处理.

2.1 试验数据

分别对 UASB + SBR、UASB + 生物接触氧化两套工艺进行进出水污染物指标检测,检测指标包括化学需要量(COD)、生物化学需氧量(BOD₅)、氨氮(NH₃—N)、总磷(TP)和悬浮物(SS)的质量浓度.

2.1.1 组合工艺 COD 的去除效果

采用组合工艺对 COD 的去除效果如图

3 所示. 从图 3 中可以看出,奶牛养殖废水进水 COD 平均质量浓度分别为 8 125 mg/L、8 089 mg/L,通过 UASB + SBR、UASB + 生物接触氧化两组工艺处理后,出水 COD 平均质量浓度为 81 mg/L、161 mg/L,去除率分别为 99%、98%. 两套系统出水满足《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB18596—2001)中 COD 质量浓度小于 400 mg/L 排放限值要求.

2.1.2 组合工艺对氨氮的去除效果

采用组合工艺对氨氮的去除效果如图 4 所示. 从图 4 中可以看出,两套组合工艺进水氨氮平均质量浓度分别为 310 mg/L、321 mg/L. 通过两组工艺处理后,出水氨氮的质量浓度分别平均维持在 15.2 mg/L、33.4 mg/L,去除率分别为 95.1%、89.6%. 两组工艺均能满足《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB18596—2001)中氨氮质量浓度小于 80 mg/L 要求.

2.1.3 组合工艺对总磷的去除效果

采用组合工艺对总磷的去除效果如图 5 所示.

由图 5 可见,进水总磷的质量浓度分别维持在 38 mg/L、33 mg/L,通过 UASB +

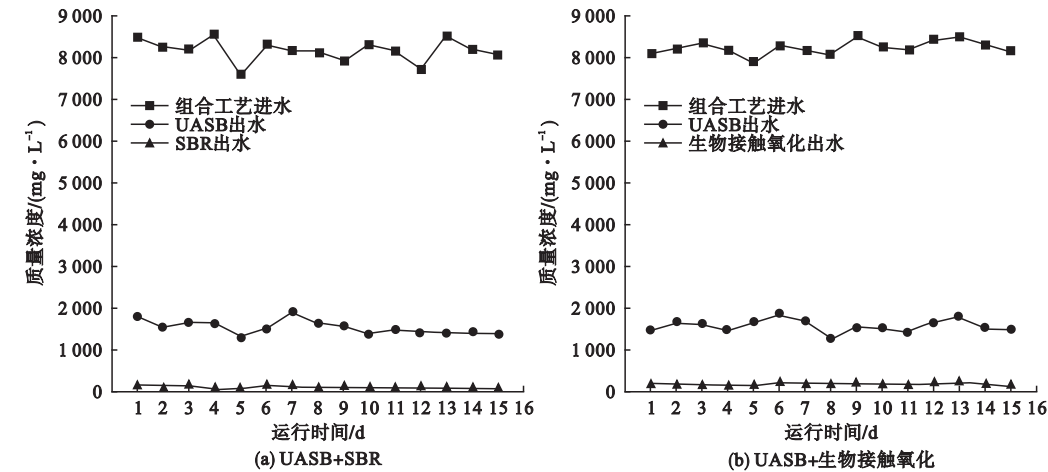


图3 组合工艺 COD 去除效果

Fig. 3 COD removal efficiency of combined technology

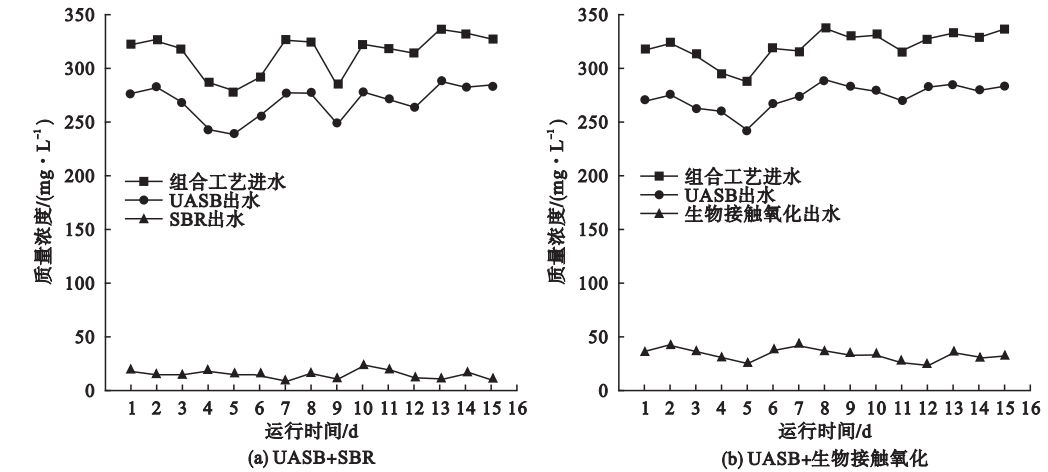


图4 组合工艺对氨氮的去除效果

Fig. 4 NH₃-N removal efficiency of combined technology

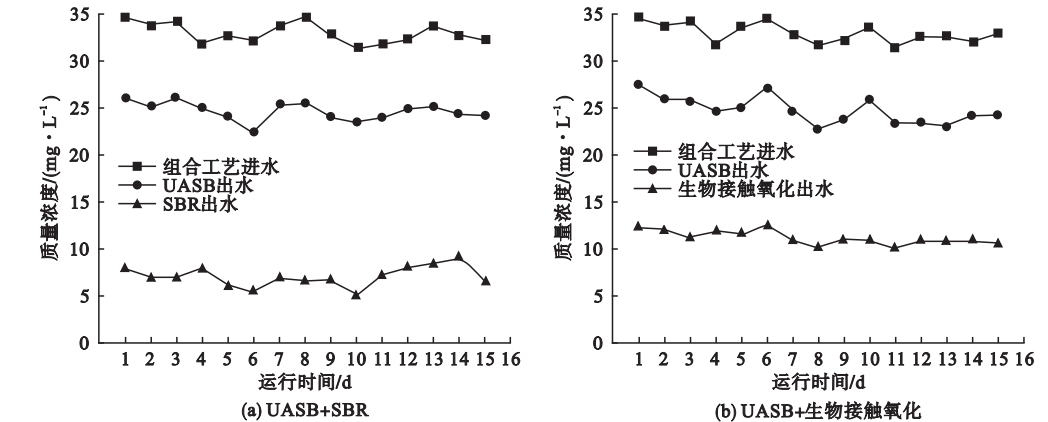


图5 组合工艺稳定运行期间对总磷的去除效果

Fig. 5 TP removal efficiency of combined process during the stable operation

SBR、UASB + 生物接触氧化两组工艺反应后,出水总磷的平均质量浓度为 7.2 mg/L、7.6 mg/L,去除率分别为 81.2%、77%。从试验结果中可以看出,两组工艺均能满足《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB18596—

2001)中总磷的质量浓度小于 8 mg/L 的排放限值要求。

试验测得的 BOD₅ 和 SS 的质量浓度列出以下总结数据如表 1 所示。

表 1 污染物进出水浓度及去除率

Table 1 Inlet and effluent of pollutant and removal efficiency

指标	UASB + SBR			UASB + 生物接触氧化			质量浓度 排放标准/ (mg·L ⁻¹)
	进水质量 浓度/ (mg·L ⁻¹)	出水质量 浓度/ (mg·L ⁻¹)	去除率/ %	进水质量 浓度/ (mg·L ⁻¹)	出水质量 浓度/ (mg·L ⁻¹)	去除率/ %	
BOD ₅	6 800	132	98.1	6 800	89	98.7	150
SS	95	18.7	80.3	95	13.2	86.1	200

2.2 构造复合模糊物元

根据以上试验中试结果的去除率可以定量的对模糊量值进行赋值.在物元理论中,对于给定事物 M 、特征 c 以及量值 v ,这三个部分可以组成有序三元组 $R = (M, c, v)$. R 是描述事物的基本元,简称物元^[17].其中, c 为 M 的特征, v 是特征 c 的量值.在评价分析当中,如果特征 c 是定性的,那么我们无法确定 v 的准确值,则称 v 具有模糊性, R 也被称为模糊物元.如果 M 有 n 个特征值,分别为 c_1, c_2, \cdots, c_n ,则其相对应的模糊量值也分别为 v_1, v_2, \cdots, v_n ,称 R 为 n 维模糊物元. M 个事物的 n 维模糊物元组合在一起,便构成 m 个事物的 n 维复合模糊物元,记为 R .

$$R = \begin{bmatrix} & c_1 & c_2 & \cdots & c_n \\ M_1 & v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1n} \\ M_2 & v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ M_m & v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix}. \quad (1)$$

本研究中 R 为 2 个奶牛养殖废水处理工艺 n 维复合模糊物元; M_i 为第 i 个被评工艺; c_j 为第 j 项评价指标; v_{ij} 为第 i 个被评工艺第 j 项评价指标所对应的模糊量值, $i = 1, 2; j = 1, 2, \cdots, 12$,构造各评估指标值如表 2 所示。

表 2 被评工艺评价指标模糊物元

Table 2 Fuzzy values of assessment criteria for evaluated processes

指标层因素	$R(M, c, v)$ 中量值 v	
	UASB + SBR	UASB + 生物接触氧化
C_1	99%	98%
C_2	98.1%	98.7%
C_3	95.1%	89.6%
C_4	81.2%	77%
C_5	80.3%	86.1%
C_6	中	良
C_7	优	优
C_8	优	优
C_9	156 万元	203 万元
C_{10}	15 万元	13 万元
C_{11}	优	优
C_{12}	良	良

3 计算欧式贴近度模糊物元

3.1 构造从优隶属度模糊物元

各单项评估指标相对应的模糊量值的隶属程度,称为从优隶属度^[18].由于各指标特征值对于评价结果来说,有的越大越优,有的则越小越优.因此,针对不同的优隶属度采用不同的计算公式如下。

正指标:

$$u_{ij} = \frac{v_{ij} - \min_{1 \leq i \leq m} v_{ij}}{\max_{1 \leq i \leq m} v_{ij} - \min_{1 \leq i \leq m} v_{ij}}. \tag{2}$$

负指标:

$$u_{ij} = \frac{\max_{1 \leq i \leq m} v_{ij} - v_{ij}}{\max_{1 \leq i \leq m} v_{ij} - \min_{1 \leq i \leq m} v_{ij}}. \tag{3}$$

定性指标从优隶属度设置如下:

$$u_{ij} = \begin{cases} 1.00 & \text{评估标度} = \text{优} \\ 0.75 & \text{评估标度} = \text{良} \\ 0.50 & \text{评估标度} = \text{中} \\ 0.25 & \text{评估标度} = \text{较差} \\ 0.00 & \text{评估标度} = \text{差} \end{cases}$$

由此,可以构造奶牛养殖废水处理工艺从优隶属度复合模糊物元 R_{mn} .

$$R_{mn} = \begin{bmatrix} & c_1 & c_2 & \cdots & c_n \\ M_1 & u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1n} \\ M_2 & u_{21} & u_{22} & \cdots & u_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ M_m & u_{m1} & u_{m1} & \cdots & u_{mn} \end{bmatrix}. \tag{4}$$

被评工艺评价指标优隶属度值如表 3 所示.

表 3 被评工艺评价指标优隶属度值 R_2
Table 3 Optimal subordinate degrees of assessment criteria for evaluated processes

因素	R_2	
	UASB + SBR	UASB + 生物接触氧化
C_1	1	0
C_2	0	1
C_3	1	0
C_4	1	0
C_5	0	1
C_6	0.5	0.75
C_7	1	1
C_8	1	1
C_9	1	0
C_{10}	0	1
C_{11}	1	1
C_{12}	0.75	0.75

3.2 建立标准模糊物元以及差平方复合模糊物元

由式(4)可以构造标准方案 M_0 的模糊物元,记为 R_{0n} .

$$R_{0n} = \begin{bmatrix} & c_1 & c_2 & \cdots & c_n \\ M_0 & u_{01} & u_{02} & \cdots & u_{0n} \end{bmatrix}. \tag{5}$$

奶牛养殖废水处理工艺优选的差平方复合模糊物元 R_{Δ} 由式(4)和式(5)各对应项的差的平方所构成:

$$R_{\Delta} = \begin{bmatrix} & c_1 & c_2 & \cdots & c_n \\ M_1 & \Delta_{11} & \Delta_{12} & \cdots & \Delta_{1n} \\ M_2 & \Delta_{21} & \Delta_{22} & \cdots & \Delta_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ M_m & \Delta_{m1} & \Delta_{m2} & \cdots & \Delta_{mn} \end{bmatrix}. \tag{6}$$

被评工艺评价指标差平方值如表 4 所示.

表 4 被评工艺评价指标差平方值 R_3
Table 4 Differences square of assessment criteria for evaluated processes

指标层因素	R_3	
	UASB + SBR	UASB + 生物接触氧化
C_1	0	1
C_2	1	0
C_3	0	1
C_4	0	1
C_5	1	0
C_6	0.625	0
C_7	0	0
C_8	0	0
C_9	0	1
C_{10}	1	0
C_{11}	0	0
C_{12}	0	0

3.3 均方差法确定指标权重

在综合评价中有一个很重要的因素就是模糊量值赋值之后所占的权重反映了各项指标对优选结果的影响程度,因此采用均方差法确定评价指标权重,计算步骤如下^[19].

3.3.1 评价指标从优隶属度均值计算

$$E(c_j) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m u_{ij}. \tag{7}$$

运用式(7)计算所得到的奶牛养殖废水处理工艺评估指标从优隶属度的均值如表 5 所示.

表 5 评价指标优隶属度均值 E_c

Table 5 The mean value of optimal subordinate of assessment criteria for evaluated processes

准则层因素	指标层因素	E_c
B1	C1	0.5
	C2	0.5
	C3	0.5
	C4	0.5
	C5	0.5
	C6	0.625
	C7	1
	C8	1
B2	C9	0.5
	C10	0.5
B3	C11	1
	C12	0.75

3.3.2 计算各评价指标从优隶属度均方差

$$F(c_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^m (u_{ij} - E(c_j))^2} . \quad (8)$$

计算被评工艺评价指标优隶属度均方差 F_c 如表 6 所示.

表 6 被评工艺评价指标优隶属度均方差 F_c

Table 6 The mean square deviation of optimal subordinate degrees of assessment criteria for evaluated processes

准则层因素	指标层因素	F_c
B1	C1	0.707 1
	C2	0.707 1
	C3	0.707 1
	C4	0.707 1
	C5	0.707 1
	C6	0.176 8
	C7	0
	C8	0
B2	C9	0.707 1
	C10	0.707 1
B3	C11	0
	C12	0

3.3.3 计算各评价指标权重

$$w_j = \frac{F(c_j)}{\sum_{j=1}^m F(c_j)} . \quad (9)$$

计算被评工艺的评价指标权重 w_j 如表 7 所示.

表 7 被评工艺的评价指标权重

Table 7 The index balance of assessment criteria for evaluated processes

准则层因素	指标层因素	w_j
B1	C1	0.137 9
	C2	0.137 9
	C3	0.137 9
	C4	0.137 9
	C5	0.137 9
	C6	0.034 7
	C7	0
	C8	0
B2	C9	0.137 9
	C10	0.137 9
B3	C11	0
	C12	0

3.4 计算欧式贴近度并进行处理工艺优选

考虑到评价结果是评价工艺全部特征的综合得分,因此欧式贴近度的计算采取 $M(\cdot, +)$ 算法^[20].

$$\rho = 1 - \sqrt{\sum_{j=1}^n w_j \Delta_{ij}} . \quad (10)$$

欧式贴近度表示的是备选方案与标准方案之间的贴合程度,欧式贴近度的值越大表明被评方案越接近于标准方案,反之则被评方案越远离标准方案,从而选择欧式贴近度值大的那个为最终优选方案^[13].

运用式(10)计算奶牛养殖废水处理工艺与理想工艺之间的欧式贴近度,用 ρ_1 表示 UASB + SBR 法欧式贴近度值, ρ_2 表示 UASB + 生物接触氧化法法欧式贴近度值.

技术性能: $\rho_1 = 0.474\ 8, \rho_2 = 0.356\ 8$;

经济效益: $\rho_1 = 0.853\ 2, \rho_2 = 1$;

管理效益: $\rho_1 = 0.628\ 7, \rho_2 = 1$;

综合考虑: $\rho_1 = 0.341\ 2, \rho_2 = 0.257\ 3$.

4 优选结果

4.1 二级指标综合评价结果

根据计算出的 UASB + SBR、UASB + 生物接触氧化法的二级指标欧式贴近度值得出如下结论。

(1) 技术性能指标: $\rho_1 > \rho_2$, 被评工艺技术性 UASB + SBR 优于 UASB + 生物接触氧化法, UASB + 生物接触氧化法与标准方案的贴近度较差, 是因为 SBR 工艺对污染物的去除效果好于生物接触氧化, 并且运行时间也比生物接触氧化反应要好。

(2) 经济效益指标: $\rho_2 > \rho_1$, 被评工艺经济费用 UASB + 生物接触氧化法优于 UASB + SBR, 生物接触氧化法优势较明显, 原因是生物接触氧化法运行费用较低。

(3) 管理效益指标: $\rho_2 > \rho_1$, 被评工艺管理效益生物接触氧化法明显好于 SBR 工艺, 是因为温度对 SBR 反应器的影响高于生物接触氧化技术, SBR 工艺对突然的水质冲击, 系统需要较长的时间恢复。

4.2 综合评价一级指标

按照欧式贴近度这一标准对被评方案进行综合排序, 其中 UASB + SBR 方法优于 UASB + 生物接触氧化法, 因此, UASB + SBR 法为欧式贴近度模糊物元分析法所选择的最终工艺。

5 结论

“UASB + SBR”法技术性能最优, “UASB + 生物接触氧化”法经济效益和管理效益最优, 综合考虑“UASB + SBR”最优, 为奶牛养殖废水处理工艺优选提供了参考依据。同时, 本评价模型不仅限于奶牛养殖废水处理工艺的评价优选, 对于多方案、多指标的综合评价问题, 也具有较好的推广应用价值。

参考文献

- [1] 赵玉祥. 奶牛养殖废水处理工程分析[J]. 环境科技, 2011, 1(24): 29-31.
- [2] 林霞亮, 周兴求, 辛来举, 等. UASB + 两级 AO + 化学除磷 + 稳定塘 + 人工湿地组合工艺处理奶牛养殖废水[J]. 净水技术, 2017, 36(1): 87-91.
- [3] 祁福利. 混凝沉淀法处理奶牛养殖废水的试验研究[J]. 家畜生态学报, 2015, 36(6): 43-46.
- [4] SIALVE B, BERNET N, BERNARD O. Anaerobic digestion of microalgae as a necessary step to make microalgal biodiesel sustainable[J]. Biotechnology advances, 2009, 27(4): 409-416.
- [5] 徐耀鹏. UASB-SBR-稳定塘组合工艺处理高浓度养殖废水研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2011.
- [6] MARINA B, KANNAN G. Identification and analysis of reverse logistics barriers using fuzzy Delphi method and AHP resources[J]. Conservation and recycling, 2016(108): 182-197.
- [7] 胡玉洲. 基于模糊物元分析法的多指标面板数据综合评价[J]. 统计与决策, 2016, 14(8): 32-35.
- [8] XIAO Jundeng, YOU Pengxu, LONG Feihan. Assessment of river health based on an improved entropy-based fuzzy matter-element model in the Taihu Plain[J]. China ecological indicators, 2015, 57: 85-95.
- [9] 陈菊红, 王绒, 同世隆, 等. 基于模糊物元分析法的区域知识产权战略绩效评估研究[J]. 科技管理研究, 2015(20): 166-172.
- [10] (ZHAO Yuxiang. Analysis of dairy farming wastewater treatment project[J]. Environmental technology, 2011, 1(24): 29-31.)
- [11] (LIN Xialiang, ZHOU Xingqiu, XIN Laiju, et al. UASB + two-stage AO + chemical phosphorus removal + stable pond + constructed wetland combined process for treating dairy cattle aquaculture wastewater[J]. Water purification technology, 2017, 36(1): 87-91.)
- [12] (QI Fuli. Study on treatment of dairy cow wastewater by coagulation sedimentation[J]. Journal of domestic animal ecology, 2015, 36(6): 43-46.)
- [13] (XU Yaopeng. Study on treatment of high concentration aquaculture wastewater by UASB-SBR-stable pond combination process [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology. 2011.)

- (CHEN Juhong, WANG Rong, TONG Shilong, et al. The performance evaluation of regional intellectual property strategy based on fuzzy matter[J]. Science and technology management research, 2015(20):166-172.)
- [10] 郝敬锋,刘红玉,胡和兵,等.基于GIS技术及模糊物元分析法的南京市仙林新市区生态安全评价[J].生态与农村环境学报,2011,27(5):32-36.
(HAO Jingfeng, LIU Hongyu, HU Hebing, et al. Eco-security assessment of Xianlin new urban district of Nanjing of using GIS technology and fuzzy matter element analysis[J]. Journal of ecology and rural environment, 2011,27(5):32-36.)
- [11] 马冬梅,陈大春.基于欧式贴近度的模糊物元模型在水资源脆弱性评价中的应用[J].南水北调与水利科技,2015,13(5):1003-1007.
(MA Dongmei, CHEN Dachun. Application of fuzzy matter element model based on euclid approach degree on vulnerability assessment of water resources[J]. South-to-north water transfers and water science technology, 2015,13(5):1003-1007.)
- [12] 周泰,袁波.基于模糊物元欧式贴近度的区域物流发展水平评价[J].物流科技,2016,(3):13-17
(ZHOU Tai, YUAN Bo. The evaluation of regional logistics development based on euclid approach degree of fuzzy matter-element[J]. Logistics sci-tech, 2016(3):13-17.)
- [13] 刘香,李平,明文卉.欧氏贴近度模糊物元模型在高层建筑结构方案评价中的应用[J].内蒙古科技大学学报,2012,31(4):385-387.
(LIU Xiang, LI Ping, MING Wenhui. Application of fuzzy matter-element model to appraisal on high-rise building structural project on the basis of euclid approach degree theory[J]. Journal of inner mongolia university of science and technology, 2012,31(4):385-387.)
- [14] 傅金祥,刘聪慧,张荣新,等.欧氏贴近度模糊物元分析法优选制浆造纸中段水处理工艺[J].环境工程学报,2014,8(11):4600-4604.
(FU Jinxiang, LIU Conghui, ZHANG Rongxin, et al. Selection of intermediate water treatment processes for pulp and paper industry using the fuzzy matter-element analysis based on euclid approaching degree[J]. Chinese journal of environmental engineering, 2014,8(11):4600-4604.)
- [15] 李秉,王凤山,李炜.基于模糊物元分析的空袭目标威胁评估与排序方法[J].航空计算技术,2008,38(1):12-15.
(LI Bing, WANG Fengshan, LI Wei. Method of air-attack target threat and order based on fuzzy-matter elements analysis[J]. Aeronautical computing technique, 2008,38(1):12-15.)
- [16] 金业权,胡满,吴谦.基于欧氏贴近度的钻井井控风险定量评价方法研究[J].科学技术与工程,2014,14(22):177-188.
(JIN Yequan, HU Man, WU Qian. Study on quantitative risk assessment method of drilling well control based on euclid approach degree[J]. Science technology and engineering, 2014,14(22):177-188.)
- [17] 鲁仕宝,黄强,王义民,等.基于模糊物元和熵权迭代理论的区域水资源开发利用程度评价[J].环境工程学报,2010,29(3):215-220.
(LU Shibao, HUANG Qiang, WANG Yimin, et al. Evaluation of development level of water resources based on fuzzy matter-element and entropy objective iteration theory[J]. Chinese journal of environmental engineering. 2010,29(3):215-220.)
- [18] 邵必林,杨敏敏,刘博强.基于模糊物元的绿色施工评价方法研究[J].建筑节能,2014(3):97-100.
(SHAO Bilin, YANG Minmin, LIU Boqiang. Research on green construction evaluation method based on fuzzy matter element[J]. Building energy conservation, 2014(3):97-100.)
- [19] 陈鹏,杜睿攀,宋鹏举,等.基于欧式贴近度的压裂效果评价方法在姬塬油田的应用[J].辽宁化工,2012,41(8):871-874.
(CHEN Peng, DU Ruipan, SONG Pengju, et al. Application of fracturing effect evaluation method based on Euclid approach degree in Jiyuan oilfield[J]. Liaoning chemical, 2012,41(8):871-874.)
- [20] 李永壮,鲁文轩,郭华,等.基于群体AHP方法和欧式贴近度的A-E一甄选模型构建研究[J].科技管理研究,2013(1):225-228.
(LI Yongzhuang, RU Wenxuan, GUO Hua, et al. A-E selection model construction research on group-AHP and Euclid approach degree[J]. Science and technology management research, 2013(1):225-228.)