

# 辽河流域重污染行业废水处理最佳可行技术评估方法与系统开发

向连城<sup>1,2</sup>, 宋永会<sup>1,2</sup>, 段亮<sup>1,2</sup>, 李蕊<sup>1,2</sup>, 李丛<sup>1,2</sup>, 刘雪瑜<sup>1,2</sup>

(1. 中国环境科学研究院环境基准与风险评估国家重点实验室, 北京 100012;

2. 中国环境科学研究院城市水环境科技创新基地, 北京 100012)

**[摘要]** 辽河流域重污染行业集中, 水环境污染严重。通过对辽河流域重污染行业废水处理技术的分析, 针对重污染行业废水处理技术使用范围和具有明显行业特性的问题, 使用模糊-灰色综合评判法、层次分析法等综合评价方法, 分行业对废水处理技术进行多指标、综合性的评价研究, 对废水处理技术的处理效果、减排效果及经济性进行综合评价。针对评价过程涉及数学模型复杂、计算量大, 导致评价工作效率不高、难以保证精确度的问题, 开发并利用计算机软件实现这一过程, 设计了评价系统的指导思想、结构、评价功能等。结果表明, 废水处理技术评价系统可大幅度提高评价工作的效率和精确度。

**[关键词]** 辽河流域; 行业废水处理; 技术评价; 软件系统

**[中图分类号]** X522 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2013)03-0049-07

## 1 前言

我国在环境技术管理方面虽然做了大量工作, 但总体仍处于松散、无序的状态, 过去开展的环境保护最佳实用技术筛选工作由于存在诸如评价制度不完善、评价机制不健全等问题, 尚未形成完整、科学、系统的环境技术管理体系, 远不能满足环境监管、科技进步和环保产业发展的要求。

2009年, 辽河流域主要排污行业为石油加工炼焦及核燃料加工业、化学原料及化学制品制造业、造纸及制品业、黑色金属冶炼及压延加工业、农副食品加工业、饮料制造业和医药制造业, 各行业废水排放量、化学需氧量(COD<sub>Cr</sub>)排放量、氨氮排放量占工业废水排放总量的比例见图1。由图1可以看出, 石油、化工、造纸、农副产品加工、饮料制造等行业污染物排放量较大, 医药行业废水排放总量较低, 但浓度较高。石化、冶金、医药、纺织和造纸5个行业使用的不同废水处理方法所占比例见图2。在

石化、医药行业中, 采用好氧活性污泥废水处理方法的比例较高; 在纺织、造纸行业中, 采用混凝-气浮组合工艺废水处理方法的比例较高。在以上行业废水处理中采用何种方法需要根据经验确定, 其实际运行效果的优劣没有科学的评判。

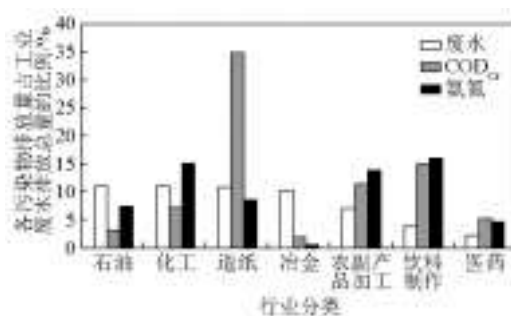


图1 各行业废水排放量、COD<sub>Cr</sub>排放量和氨氮排放量占工业废水排放总量的比例

Fig.1 The proportion of wastewater, COD<sub>Cr</sub> and NH<sub>3</sub>-N discharge of each industry to total industry

**[收稿日期]** 2012-12-10

**[基金项目]** 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07208-001, 2012ZX07202-005, 2012ZX07202-003)

**[作者简介]** 向连城(1962—), 男, 湖北恩施市人, 硕士, 研究员, 主要从事污水处理技术研究; E-mail: xianglec@craes.org.cn

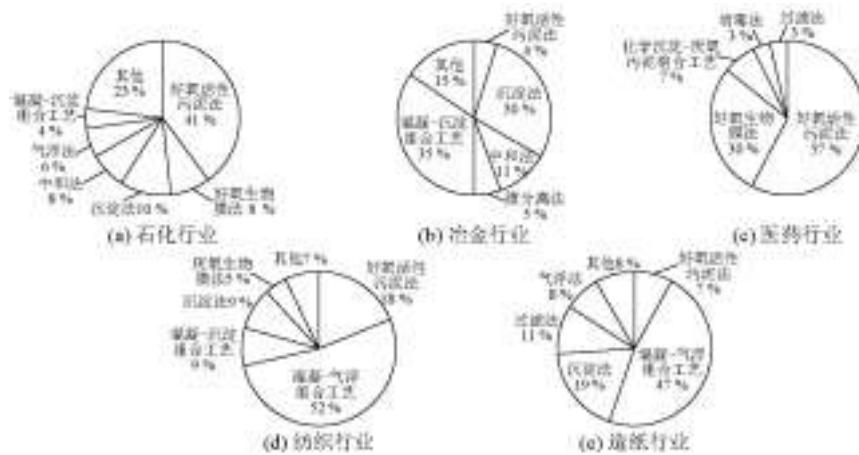


图2 各行业中各种废水处理方法的所占比例

Fig.2 The proportion of each wastewater treatment method in each industry

辽河流域的水污染治理是一项长期而艰巨的任务。针对废水处理技术众多、效率差异大等问题,以及国内缺乏规范有效的技术评估方法和技术研发与应用缺乏科学评价依据的现状,本研究构建了辽河流域重污染行业废水处理技术评估方法,并开发了相应的软件系统,对流域重污染行业的典型废水处理技术进行了评估,以期为流域污水处理技术的研发和应用提供有效的技术支持和依据。

## 2 行业废水处理最佳可行技术评估方法研究

### 2.1 行业废水治理技术评价方法的建立

工业废水处理技术评价方法中最主要的评价方法是效益评价,即环境投资收益评价<sup>[1]</sup>。该方法是将治理污水所付出的代价(污水治理所需投资和污水治理设施运行费用)与所获得的收益(包括综合利用回收有用物质收益、通过治理减少环保罚款和避免停产损失的效益等)相比较,效益/费用比值较大的处理技术为优。目前常用的评价方法有模糊综合评判法<sup>[2]</sup>、灰色综合评判法<sup>[3]</sup>、层次分析法<sup>[4]</sup>、费用效益分析法<sup>[5]</sup>和技术成本效益评价法<sup>[6]</sup>等。通过对模糊综合评判法及灰色综合评判法的深入研究,将灰色系统的理论和方法引入模糊综合评判法,并对现有模糊综合评判法中存在的问题加以分析、处理,建立模糊-灰色集成评判法,使改进后的方法计算简单、定量化程度高,最大程度地摆脱了人为因素对评价结果的影响。

权重集 $A$ <sup>[7]</sup>是决定评判结果可靠与否的关键因素,而进行评判时最困难的问题往往就是对 $A$ 的正

确赋值。从目前的技术评价应用成果来看,因素的权重集大多是由研究人员根据以往的经验赋值的,这就使得评判这样一种定量的研究方法因人为确定的权重集而带上了不确定性。

模糊综合评判的权重集<sup>[8]</sup>事实上反映了事物内部各种影响因素之间的相互关系,在多数情况下,人们并不能清楚地知道这种关系,换言之,事物与其影响因素构成了一个灰色系统。为此,笔者将灰色综合评判法引入模糊综合评判法中。在综合评价中,将评判事物的标准序列作为参考数列,将各评价对象构成的序列作为比较数列,然后计算各评价对象与评价标准之间的关联度<sup>[9]</sup>。关联度愈大,表明相应的评价对象与评价标准之间的关系愈紧密,即该因素对主因素的影响愈大<sup>[10]</sup>。这说明关联度与权重在基本意义上是相通的。因此,利用特定的方法对关联度加以处理来代替模糊综合评判法中的权重集是可行、合理的。

#### 2.1.1 原始数据的无量纲化处理

在处理数据时,不同的指标拥有不同的量纲,如果不对这些指标的量纲进行处理,那么将无法进行理论运算和数据计算。为此,应对所有的指标值进行无量纲化处理。无量纲化处理能很好地消除原始数据量纲对评价指标可加、可比性的影响,利用特定的运算将原始数据转换为新值,从而保证运算的正常进行<sup>[11]</sup>。下面介绍一种改进后的无量纲化处理方法<sup>[12]</sup>。

设  $\min y_i(k)$ 、 $\max y_i(k)$  分别为第  $k$  个指标在所有方案中的最小值和最大值,则

$$x_i(k) = \frac{y_i(k) - \min y_i(k)}{\max y_i(k) - \min y_i(k)} \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

$$x_i(k) = \frac{\max y_i(k) - y_i(k)}{\max y_i(k) - \min y_i(k)} \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

其中,式(1)适用于值越大效用越大的因素属性;式(2)适用于值越小效用越大的因素属性。

### 2.1.2 参考数列与比较数列的选定

通常选用诸方案中的最优值(若某一指标取大值为好,则取该指标在各方案中的最大值;若取小值为好,则取各方案中的最小值)作为关联分析的参考数列<sup>[13]</sup>,记为 $X_0$ ,表示为

$$X_0 = \{X_0(1), X_0(2), \dots, X_0(m)\} \quad (3)$$

将决定、影响被评判事物性质的各子因素数据的有序排列作为关联分析的比较数列<sup>[14]</sup>,记为 $X_i(k)$ ,表示为

$$X_i(k) = \{X_i(1), X_i(2), \dots, X_i(m)\} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

### 2.1.3 计算关联系数

将无量纲化处理后的参考数列记为 $\{x_0(k)\}$ ( $k=1, 2, \dots, m$ ),将无量纲化处理后的比较数据列记为 $\{x_i(k)\}$ ( $i=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, m$ )。则关联系数<sup>[15]</sup>为

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|} \quad (5)$$

式中, $\rho \in [0, 1]$ 为分辨系数,一般取 $\rho=0.5$ ;  $i=1, 2, \dots, n$ ;  $k=1, 2, \dots, m$ 。

### 2.1.4 计算关联度

利用式(6)即可计算出各比较数列与参考数列之间的关联度<sup>[16]</sup>

$$r_{k,0} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \xi_i(k) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

### 2.1.5 由关联度向权重的转换

将关联度进行归一化处理,得权重集<sup>[17]</sup>

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_m) \quad (7)$$

式中,  $a_k = r_{k,0} / \sum_{k=1}^m r_{k,0}$ , 且  $\sum_{k=1}^m a_k = 1$ 。

### 2.1.6 建立单因素评判集

令

$$r_{ki} = \frac{x_i(k)}{\sum_{i=1}^n x_i(k)} \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

式中, $r_{ki}$ 表示第 $i$ 个方案的第 $k$ 项指标的值在 $n$ 个方案的同一指标值的总和中所占的比例。则单因素

评判集<sup>[18]</sup>为

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix} \quad (9)$$

### 2.1.7 综合评判

利用模型 $M(\cdot, +)$ <sup>[19]</sup>对各方案进行综合评价:

$$\begin{aligned} \tilde{B} = A \circ R &= (a_1, a_2, \dots, a_m) \circ \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix} \\ &= (b_1, b_2, \dots, b_n) \end{aligned} \quad (10)$$

式中, $\tilde{B}$ 为综合评价结果矩阵; $b_i = \sum_{k=1}^m a_k \cdot r_{ki}$ ,为第 $i$ 个方案的评价结果。

## 2.2 行业废水治理技术评价方法应用

在废水治理技术评估中,首先根据水处理技术的投资额、运行费用和减排受益等数据进行技术效益评价。然后利用模糊-灰色集成评判法对其水处理效果进行评价,评价指标为 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、生化需氧量( $\text{BOD}_5$ )、氨氮、石油类、挥发酚的去除率等(具体指标因行业废水的基本特征而异)。最后利用多层次灰色综合评判法对废水治理技术在经济效益和处理效果两方面的表现进行综合,得出不同技术的综合评分,下面以石化行业废水处理技术为例进行评价。

第一步,对辽河流域石化行业水处理技术效益进行评价,根据水处理技术的总投资、运行费用及年收益情况计算技术收益率。其中,收益按减排污染物所节省的排污收费来计算。通过计算发现,辽河流域石化行业收益最高的废水处理技术为离子交换法,收益率为37.997。

第二步,对辽河流域石化行业水处理效果采用模糊-灰色集成评判方法进行评价,该行业的水处理效果评价指标体系为 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、氨氮、石油类以及挥发酚的去除率。通过计算发现,辽河流域石化行业废水处理效果最好的技术为好氧活性污泥法,评价得分为0.85。

最后,对辽河流域石化行业水处理技术进行综合评价,以第一步和第二步中的技术费用效益评价

和处理效果评价的结果为基础,利用多层次灰色综合评判法对二者加以整合,得出综合评价结果(见表1)。由表1可知,辽河流域石化行业综合评价最好的废水处理技术是好氧活性污泥法,综合得分为0.734 7。应用该评价方法对冶金、医药、纺织、造纸等辽河流域重污染行业的废水处理技术进行评价,得到以下

结果:冶金行业综合评价最好的废水处理技术是好氧活性污泥法,综合得分为0.735 6;医药行业综合评价最好的是好氧生物膜法,综合得分为0.737 6;纺织行业综合评价最好的是混凝-沉淀组合工艺,综合得分为0.733 3;造纸行业综合评价最好的是化学沉淀-好氧活性污泥组合工艺,综合得分为0.735 0。

表1 辽河流域石化行业废水处理技术综合评价

Table 1 Petrochemical Industry wastewater treatment technology comprehensive evaluation in Liaohe River basin

处理技术	收益率	评判得分	综合评分	使用频次
沉淀	0.031 8	0.208 3	0.368 5	16
好氧活性污泥法	0.015 7	1.000 0	0.734 7	43
好氧生物膜法	0.009 8	0.458 3	0.422 2	11
化学沉淀-好氧活性污泥组合工艺	0.002 1	0.625 0	0.476 4	3
混凝-气浮组合工艺	0.006 0	0.770 8	0.545 3	3
离子交换	1.000 0	0.333 3	0.657 1	1
气浮	0.000 4	0.000 0	0.333 4	5
氧化与还原	0.000 2	0.354 2	0.395 2	3
中和处理	0.000 2	0.145 8	0.354 9	4
中和处理-化学沉淀组合工艺	0.000 0	0.125 0	0.351 5	1
过滤	0.011 9	0.812 5	0.570 8	2
混凝-沉淀组合工艺	0.029 7	0.229 2	0.372 1	8
膜分离	0.000 2	0.000 0	0.333 4	1
化学沉淀	0.001 6	0.166 7	0.358 5	2
厌氧污泥法	0.005 2	0.500 0	0.433 8	2

### 3 行业废水处理技术评估软件系统开发

#### 3.1 软件介绍

##### 3.1.1 软件设计思想

本软件是在大量调查研究的基础上,借鉴了众多现有技术评估软件的优点,结合辽河流域典型工业废水的特点,采用先进的软件设计技术开发而成的。

1)模块化设计。将评估软件分为若干个相对独立的模块,每个模块承担不同的功能。主要包括数据录入、计算、数据输出、查询以及报表等。

2)数据库技术。针对评价过程中使用信息量大的特点,本软件采用数据库形式来管理各类数据。

3)可视化编程技术。本软件采用 Visual C#可视化编程语言进行编写,具有贴近用户的图形操作界面,实现了所见即所得的设计意图;通过采用 Windows 风格的界面,实现了良好的全中文人机交互功能。

4)开放性设计。在开发软件时考虑到用户将来有对软件进行修改的需要,因此采用了开放性的设计风格,用户只需添加新模块或修改现有的相应

模块即可实现对软件的升级,而不需要重新编写软件的核心程序<sup>[20]</sup>。

##### 3.1.2 软件结构

辽河水污染治理技术评估软件由4个子系统组成,即人机对话与问题处理系统、模型库管理系统、数据库管理系统以及知识库管理系统,如图3所示。



图3 技术评估系统结构

Fig.3 Structure of technology assessment system



人机对话与问题处理系统包括用户界面、数据的输入输出、故障判断及反馈以及报表输出等部分;模型库管理系统包括软件内部所集成的多种数学模型:模糊-灰色集成评判法、层次分析法、模糊综合评判法、灰色综合评判法、费用效益分析法和成本效益评价法,共计6种综合评价方法,分别应用于不同的评价需求;数据库管理系统的主要功能为用户数据的读取与保存,参数的读取以及后台数据缓存等;知识库管理系统包括评价方法介绍以及常见水处理技术简介等内容。

### 3.2 软件功能

软件主功能包括3个部分,分别是评价功能、查询功能和信息采集功能,软件主界面如图4所示。



图4 软件主界面

Fig.4 Main interface of the software

#### 3.2.1 评价功能

评价功能主要针对水处理技术的评价而设计。水处理技术种类繁多,对于不同水处理技术,从处理效果以及经济性等多方面出发对水处理技术进行评价,并给出不同技术在不同方面的优劣性报告,为使用者完成技术决策提供有力的理论依据和数据支持<sup>[21, 22]</sup>。用户可选择不同的数学模型进行评价。

软件集成了6种不同的评价模型:模糊-灰色集成评判法、层次分析法、模糊综合评判法、灰色综合评判法、费用效益分析法以及技术成本效益评价法。其中前4种为处理效果评价模型,后2种为经济性评价模型。在实际应用中推荐使用模糊-灰色集成评判法和技术成本效益评价法<sup>[23, 24]</sup>,用户也可根据需要进行选择。下面以模糊-灰色集成评判法

为例对评价功能进行介绍。

首先新建一个评价项目,在评价方法中选择模糊-灰色集成评判法(如图5所示),按照提示填写评价方案数量:选择水质类型为“造纸工业废水”,评价方案数量选择“6”(如图6所示),参数数量选择“默认参数”即软件默认的造纸工业废水评价指标体系(包括COD去除率、BOD去除率等12项指标)<sup>[25, 26]</sup>,如图7所示。然后用户需要填入所需评价的备选技术的水处理数据,由软件进行计算并给出结果,如图8和图9所示。



图5 评价模型选择

Fig.5 Evaluation model selection



图6 评价参数选择

Fig.6 Evaluation parameters selection



图7 评价功能演示

Fig.7 Evaluation function demo



图8 评价结果

Fig.8 Evaluation results

评价	非传统工艺评价			
	生物膜法	化学氧化法	气浮法	电絮凝法
二沉池出水 (nd)	88	72	88	78
生化池出水 (nd)	88	88	88	88
膜池出水 (nd)	88	88	88	88
水解酸化池 (nd)	88	88	70	88
二沉池出水 (nd)	88	88	88	88
处理水量 (万吨)	100	115	111	108
平均水量 (万吨)	85	85	85	85
投资额 (万元)	1.10	1.10	1.00	1.10
运行费用 (元/吨)	1.81	1.10	1.00	1.10
能耗 (kWh)	88	187	111	110
运行费用 (万元)	88	11	88	88
投资额 (万元)	88	88	88	88
综合评价得分	0.88	0.88	0.88	0.88

图9 Excel报表

Fig.9 Statements in Excel

### 3.2.2 查询功能

查询功能分为评价模型查询和水处理工艺介绍两个部分。评价模型查询部分包含了软件所集成的6种评价技术的数学模型,便于用户详细了解模型内容及其适用范围。水处理工艺介绍部分包含了6大重点工业行业的常见废水处理工艺与技术的流程、适用情况以及处理效果等方面的简要说明,方便用户进行筛选和查询。

### 3.2.3 信息采集

信息采集功能主要针对后期软件网络发布之后,用户完成工程调查表并上传至服务器,为进一步集成、整理和分析水处理技术数据做准备。

## 4 结语

1)根据行业废水处理技术综合评价结果,石化行业综合评价最好的废水处理技术是好氧活性污泥法,综合得分为0.734 7;冶金行业综合评价最好的是好氧活性污泥法,综合得分为0.735 6;医药行业综合评价最好的是好氧生物膜法,综合得分为0.737 6;纺织行业综合评价最好的是混凝-沉淀组合工艺,综合得分为0.733 3;造纸行业综合评价最好的是化学沉淀-好氧活性污泥组合工艺,综合得分为0.735 0。

2)模糊-灰色集成评判法适用于工业废水处理的效益评价,计算结果与实际得出的结论基本一致。运用灰色综合评判法,在专家经验判断的基础上,将各位专家的经验判断“兼收并蓄”并进行量化,通过计算关联度从而得到各评价指标的权重,

此法比直接的经验估计法更科学、实用。模糊-灰色集成评判方法较好地克服了人为主观性,从而使结果更加客观公正。该方法具有可行性,为各种工业废水处理技术之间的比较以及各项技术不同运行阶段的处理效果的比较提供了可行的方法,有着广泛的应用价值。

3)利用计算机软件完成复杂的水处理技术多指标综合性的评价工作能够大量节省这一工作的耗时,并提高计算精度,对技术评价工作的发展有着重要意义。

## 参考文献

- [1] 黎巍,曾向东.城市污水处理厂的技术经济综合分析与评价[J].工业安全与环保,2009,35(1):16-18.
- [2] 张秀兰.基于模糊综合评判法的研究及应用[J].科技信息,2008(14):423-424.
- [3] 刘方贵,夏岑岭.灰色综合评判法在城市防洪规划方案选择中的应用[J].山东水利,2001(2):32-33.
- [4] 李恺.层次分析法在生态环境综合评价中的应用[J].环境科学与技术,2009,32(2):183-185.
- [5] Hanley N, Spash C L. Cost-Benefit Analysis and the Environment [M]. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 1993.
- [6] 王蕾,刘婷.用交叉列表评价法解决企业技术经济效益评价问题[J].技术经济,2006,25(10):36-38.
- [7] Liu Baoding, Liu Yian-Kui. Expected value of fuzzy variable and fuzzy expected value models [J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2002, 10(4): 445-450.
- [8] Liu Yian-Kui, Liu Baoding. Expected value operator of random fuzzy variable and random fuzzy expected value models [J]. International Journal of Uncertainty, Fuzziness & Knowledge-Based Systems, 2003, 11(2): 195-215.
- [9] Lo Wei-Shuo, Hong Tzung-Pei, Wang Shyue-Liang. A top-down fuzzy cross-level Web-mining approach [J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 2003, 3: 2684-2689.
- [10] Nahmias S. Fuzzy variables [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1978, 1(2): 97-110.
- [11] 庄奕强.无量纲化自然单位法特征量[J].泉州师范学院学报,2000,18(6):16-19.
- [12] 李炳军,朱春阳,周杰.原始数据无量纲化处理对灰色关联度的影响[J].河南农业大学学报,2002,36(2):199-202.
- [13] 田云丽.基于模糊综合方法的工业污水环境安全影响评价研究[J].中国安全科学学报,2007,17(9):109-112.
- [14] 赵玲萍,张凤娥,董良飞,等.灰色模糊综合评价法在中水工程中的应用[J].节水灌溉,2009(4):40-45.
- [15] 慕金波,杨红红,姜涛.灰色综合评判用于工厂废水处理方案的优选[J].环境工程,1992,10(5):37-41.
- [16] 杜栋,庞庆华,吴炎.现代综合评价方法与案例精选[M].北京:清华大学出版社,2008.
- [17] 谢季坚,刘承平.模糊数学方法及其应用[M].武汉:华中科技大学出版社,2006.
- [18] 胡宝清.模糊理论基础[M].武汉:武汉大学出版社,2006.
- [19] 赵玲萍,张凤娥.灰色模糊综合评价法在高层建筑给水方式选择中的应用[J].水资源与水工程学报,2009,20(1):116-119.
- [20] Epstein R G. A software engineering course with an emphasis on software processes and security [C]// IEEE 21st Conference

- on Software Engineering Education and Training (CSEET' 08). Piscataway: IEEE, 2008: 67-73.
- [21] Keup L E, Ingram W M, Mackenthun K M. Biology of water pollution: A collection of selected papers on stream pollution, waste water, and water treatment [J]. Water Pollution Control, 1967, 3(1): 298.
- [22] Reddy P R, Swaroop G S, Teja M K R. Mathematical analysis for constant household monitor of water pollution[C]// 2010 IEEE International Conference on Electro/Information Technology (EIT 2010). Piscataway: IEEE, 2010: 6.
- [23] 陈衍泰, 陈国宏, 李美娟. 综合评价方法分类及研究进展[J]. 管理科学学报, 2004, 7(2): 69-79.
- [24] 张于心, 智明光. 综合评价指标体系和评价方法[J]. 北方交通大学学报, 1995, 19(3): 393-400.
- [25] Swaroop G S, Reddy P R, Teja M K R. Hygieia-Domestic On-line Monitor of Water Pollution[M]. Athens: WSEAS Press, 2010.
- [26] 俞肖云. 工业经济效益评价指标体系的重建[J]. 统计研究, 2003, 3(3): 14-19.

## Evaluation method and computer software development on best available technologies for heavy pollution industrial wastewater treatment in Liaohe River basin

Xiang Liancheng<sup>1,2</sup>, Song Yonghui<sup>1,2</sup>, Duan Liang<sup>1,2</sup>,  
Li Rui<sup>1,2</sup>, Li Cong<sup>1,2</sup>, Liu Xueyu<sup>1,2</sup>

(1. State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China; 2. Department of Urban Water Environmental Research, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

**[Abstract]** The heavy pollution industries in Liaohe River basin are concentrated, and the water environment pollution is serious. Through analyzing the heavy pollution industrial wastewater treatment technologies, and aiming at the problems of treatment technology utilization ranges and the industrial characters, fuzzy-grey comprehensive evaluation method and hierarchy analysis method were employed to carry out multi-parameter, comprehensive evaluation in terms of treatment efficiency, discharge reduction and cost. As the evaluation processes involve both complex mathematic models and large amount of calculations, the evaluation efficiency is not high, and the accuracy is very difficult to guarantee. In this paper, computer software for the realization of the evaluation was developed, and the thought of evaluation system, structure and evaluation functions etc were designed. It showed that the evaluation system of wastewater treatment technologies can greatly improve the efficiency and accuracy of the evaluation.

**[Key words]** Liaohe River basin; industry wastewater treatment; technology evaluation method; software system