

环 境 评 价

挥发性有机物控制技术评价指标体系初探

王 灿^{1,2}, 席劲瑛², 胡洪营², 武俊良²

(1. 天津大学 环境科学与工程学院, 天津 300072;

2. 清华大学 环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100084)

[摘要] 阐述了挥发性有机物(VOCs)控制技术的评价原则、评价步骤和影响 VOCs 控制技术评价的因素,从技术、经济、社会和其他方面初步构建了 VOCs 控制技术的评价指标体系。进一步介绍了评价指标的量化方法。VOCs 控制技术评价指标体系的建立,为科学、全面、客观地评价和筛选 VOCs 控制技术奠定坚实的基础。

[关键词] 挥发性有机物;控制技术;评价指标体系

[中图分类号] TQ116.2

[文献标识码] A

[文章编号] 1006-1878(2011)01-0073-04

Evaluation Index System of Volatile Organic Compound Control Technology

Wang Can^{1,2}, Xi Jinying², Hu Hongying², Wu Junliang²

(1. School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2. Department of Environmental Science and Engineering, Environmental Simulation and Pollution Control State Key Joint Laboratory,

Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The principle, approach and affecting factors for evaluation of VOCs control technology are expounded. The evaluation index system is established considering several assessment aspects such as technical feasibility, economic efficiency, social impact and other factors. Some quantitative evaluation methods are also introduced. The establishment of the system is a stable basis for evaluating and screening VOCs control technologies in a scientific, comprehensive and impersonal way.

Key words: volatile organic compound; control technology; evaluation index system

挥发性有机物(VOCs)是一类强挥发性有机物的总称,主要来源于石油化工、造纸、油漆、涂料、采矿和废物处理等行业排出的有机废气^[1-3]。其中,大部分 VOCs 具有神经毒性和致癌作用,对人体健康产生极大危害^[4]。随着我国工业的快速发展,VOCs 污染问题越来越受人们的关注。近年来,各类 VOCs 控制技术和处理工艺应运而生^[5-8]。

随着科学技术的不断发展,人们逐渐认识到应更加关注技术的性质、功能和作用等问题,同时更应注重研究技术应用和推广对社会和地区产生的影响。在此背景下,技术评价逐渐兴起^[9-10]。我国在“十五”和“十一五”期间,针对一些行业废水(印染废水、制革毛皮工业废水)和危险废物公布了一批国家环保最佳实用技术。近年来,一些研究者针对城市污水^[11-12]和城市生活垃圾^[13]的处理技术也

提出了相关的评价指标和评价体系。现有的指标体系主要从经济成本、经济效益以及处理效果来进行评价,且多针对废水和固体废弃物处理技术。但截止到目前为止,我国尚未开展针对各类 VOCs 的控制技术应用和运行情况的系统调查,也缺乏关于 VOCs 控制技术评价方法和评价指标的研究。

本文将综合技术、经济、社会和其他方面因素,初步构建 VOCs 控制技术的评价指标体系及其量化方法。构建科学、合理的 VOCs 控制技术评价指标

[收稿日期] 2010-08-05;[修订日期] 2010-10-09。

[作者简介] 王灿(1981—),男,湖北省阳新县人,博士,讲师,主要研究方向为挥发性有机物控制技术。电话 022-27406057,电邮 wangcan@tju.edu.cn。联系人:席劲瑛,电话 010-62797163,电邮 xijinying@tsinghua.edu.cn。

[基金项目] 环保公益性行业科研专项项目(200809015)。

体系,对于全面、客观地评价各种 VOCs 控制技术,建立适合我国的 VOCs 控制技术管理体系具有重要意义。

1 VOCs 控制技术的评价原则与评价步骤

1.1 评价原则

VOCs 控制技术的评价原则主要包括以下几个方面:

(1)客观性。VOCs 控制技术的评价首先要体现客观公正的原则,需要透明的评价过程。例如,在对技术的社会效益进行评价时,需要充分考虑不同相关利益人(决策者、运营者、公众等)对决策方案的不同看法。只有充分了解不同相关利益人的看法,才能保证对 VOCs 控制技术作出客观评价^[11]。

(2)全面性。在评价 VOCs 控制技术时,要考虑控制技术本身是否满足可持续发展所要求的全面性和综合性,不仅仅要考虑 VOCs 控制技术的技术因素和经济因素两个方面,同时还需要衡量其他各方面的要求(例如技术的社会因素、环境因素(二次污染等)),全面、系统地评价 VOCs 控制技术^[11]。

(3)针对性。VOCs 控制技术的比较和评价需要根据不同治理目标以及应用的背景和条件,有针对性地选择评价指标,并确定不同评价指标之间的权重。脱离应用背景和目标的 VOCs 控制技术评价是没有意义的。例如,对于高浓度、单一成分的 VOCs 气体,对技术资源化权重的要求相对较高;而对于低浓度、复杂成分的 VOCs 气体,污染物的去除将成为关键。

1.2 评价步骤

一般而言,VOCs 控制技术的评价过程主要包括以下几个步骤。

(1)确定评价目标,了解评价对象的技术经济要求,调查、收集相关资料。

(2)分析各种 VOCs 控制技术的技术经济指标、管理运行条件等。

(3)针对评价对象,建立技术评价指标体系及其评价方法。

(4)分项评价,从技术性能因子、经济效益因子、社会效益因子、其他效益因子等多个方面进行评价因子的量化。

(5)综合评价各个分项因子。

(6)专家论证,提交评价结论与报告。

2 影响 VOCs 控制技术评价的因素分析

VOCs 控制技术评价指标的选择应考虑影响 VOCs 控制技术评价的主要因素,这些因素可以分为技术因素、经济因素、社会因素和其他因素。

(1)技术因素:随着人们对环境问题的关注,各类 VOCs 控制技术不断增加。不同 VOCs 控制技术的处理效果、适用性和操作性等差异很大,因此技术因素是考察 VOCs 控制技术的重要因素^[14]。

(2)经济因素:VOCs 控制技术的工程应用和运行维护都需要大量资金支持。在选择和确定采用何种技术方案时,控制技术的经济因素是不可或缺的参考要素。

(3)社会因素:VOCs 控制技术会带来一定的环境效益。减少 VOCs 的排放可提高人们的生活质量。同时,它也会提升污染企业的社会形象,给社会带来就业等方面的贡献。

(4)其他因素:除上述因素外,VOCs 控制技术在实际应用过程中,还应考虑土地资源消耗、工程周期和二次污染等方面的因素。

3 VOCs 控制技术评价指标体系的构建

根据评价指标的构建原则,结合 VOCs 控制技术本身的影响因素分析,确定了以下 4 个准则层、10 个评价因子和 18 个评价指标,构成了 VOCs 控制技术的评价指标体系。VOCs 控制技术评价指标体系及各评价指标的具体量化方法见表 1。在表 1 的评价指标体系中,既有定性指标,也有定量指标。定性指标涉及技术成熟度、社会效益和二次污染等方面;定量指标涉及技术控制效率、工程投资和运行成本等方面。

4 VOCs 控制技术评价指标的量化

4.1 评价指标的量化方法

常用的评价指标量化方法主要有以下两种。

(1)等级赋值法。对于定性指标,常常通过专家或相关人员评分的方式对不同的控制技术的某项评价指标进行赋值,赋值结果为 $[0, 1]$ 之间的某个数值,数值越大表明某项指标越好。参与评分的人员可能是相关技术专家、工程人员和相关的居民代表和行政人员等,在充分考虑技术应用的背景条件后独立进行评分,然后进行加权平均,得到定性指标的赋值结果。

表1 VOCs 控制技术评价指标体系及各评价指标的具体量化方法

准则层	因子层	指标层	量化方法
技术性指标	技术处理效果	去除率 x_1	归一化法
		去除速率 x_2	归一化法
		达标率 x_3	归一化法
	技术成熟度	技术发展阶段 x_4	等级赋值法
		市场占有与应用情况 x_5	等级赋值法
		管理复杂程度 x_6	等级赋值法
	技术适应性	适用的 VOCs 物质范围 x_7	等级赋值法
		适用的 VOCs 浓度范围 x_8	等级赋值法
		适用的废气其他特征(温度等) x_9	等级赋值法
经济性指标	工程投资	单位控制气量工程投资 x_{10}	归一化法(同趋化控制)
	运行成本	单位控制气量运行成本 x_{11}	归一化法(同趋化控制)
	回收收益	单位控制气量回收收益 x_{12}	归一化法
社会性指标	社会效益	社会接受程度 x_{13}	等级赋值法
		提升企业形象作用 x_{14}	等级赋值法
		是否符合可持续发展理念 x_{15}	等级赋值法
其他指标	土地资源消耗	控制设备的占地面积 x_{16}	归一化法(同趋化控制)
	工程周期	工程实施周期 x_{17}	等级赋值法
	二次污染	控制尾气毒性、噪声等 x_{18}	等级赋值法

(2) 归一化法。对于定量指标,由于不同定量指标的性质和量纲不同,不具有可比性和可加性,无法直接加和出综合指标值,也无法对多种技术进行综合比较。因此,在计算综合指标值之前,必须对各指标进行无量纲化(归一化)处理。各原始值经归一化变换,变成 $[0, 1]$ 之间的数值,归一化后的数值大小可反映被评价指标的好坏^[15],归一化计算公式见式(1)。

$$Y_i = \frac{X_i - X_{i,\min}}{X_{i,\max} - X_{i,\min}} \quad (1)$$

式中: Y_i 为某项控制技术第*i*项评价指标经过归一化变换后的取值,归一化变换后的值在 $[0, 1]$ 范围内; X_i 为该项控制技术第*i*项评价指标原始值; $X_{i,\min}$ 和 $X_{i,\max}$ 分别为该项控制技术第*i*项评价指标原始值的最小值和最大值。

有些指标(如运行成本)由于原始值越小越好,在归一化后结果呈负向性。为使无量纲化结果具有可比性、可加性,需要采用具备同趋化控制功能的归一化公式,见式(2)。

$$Y_i = \frac{X_{i,\max} - X_i}{X_{i,\max} - X_{i,\min}} \quad (2)$$

4.2 各指标因素的综合评价

各指标权重的确定。由于不同评价指标对整个控制技术评价的影响程度不同,因此需要考虑各评价指标的权重^[12]。假设每个评价指标的权重系数为 $a_i (i=1, 2, \dots, 18)$, $a_i=0$ 表示在评价中不考虑第*i*项评价指标的影响。 a_i 应满足的条件见式(3)。

$$\sum a_i = 1 \quad (3)$$

综合评价指标的计算。把针对某项控制技术的评价指标数值与权重系数相乘,然后再相加,得到针对该项技术的综合评价指标*R*,计算公式见式(4)。*R*值最大的控制技术即为最佳控制技术。

$$R = \sum a_i Y_i \quad (4)$$

5 结语

在综合考虑 VOCs 控制过程中多方面因素的基础上,初步建立了 VOCs 控制技术评价指标体系及其量化方法,为开展 VOCs 控制技术评价奠定了基础。同时,该评价指标体系有较强的扩展性和适应性,体系中的指标及其权重可以根据实际情况进行适当的修改和简化。

在 VOCs 控制技术评价过程中,权重系数的确定是评价中的难点。由于不同污染源的 VOCs 排放特征不同,会导致不同技术评价方案的考虑因子所占的权重各不相同。只有通过广泛调研,充分了解相关人员对不同指标的关注程度,才能得到客观的 VOCs 控制技术的综合评价结果。

参 考 文 献

- [1] Yang Y, Allen E R. Biofiltration control of hydrogen sulfide:1. Design and operational parameters[J]. J Air Waste Manage,1994, 44(77): 863-868.
- [2] Wang C, Xi J Y, Hu H Y, et al. Stimulative effects of ozone on a biofilter treating gaseous chlorobenzene[J]. Environ Sci Technol, 2009, 43 (24): 9407-9412.
- [3] 王灿, 胡洪营, 席劲瑛. 城市污水处理厂恶臭污染及其评价体系[J]. 给水排水, 2005, 31(9): 15-19.
- [4] Kennes C, Veiga M C. Fungal biocatalysts in the biofiltration of VOC-polluted air[J]. J Biotechnol, 2004, 113(1-3): 305-319.
- [5] 张林, 陈欢林, 柴红. 挥发性有机物废气的膜法处理工艺研究进展[J]. 化工环保, 2002, 22(4): 75-80.
- [6] 李捷, 羌宁. 活性炭吸附回收挥发性有机物的研究进展[J]. 化工环保, 2008, 28(1): 24-28.
- [7] 张云, 李彦锋. 环境中 VOCs 的污染现状及处理技术研究进展[J]. 化工环保, 2009, 29(5): 411-414.
- [8] 朱登磊, 赵秀华. 生物滴滤塔处理含 H₂S 和 NH₃ 气体的中试研究[J]. 化工环保, 2009, 29(5): 438-441.
- [9] 翟欣翔, 陈贵锋. 融入可持续发展观的技术评价指标体系构建[J]. 科学与科学技术管理, 2004, 5(8): 92-95.
- [10] 胡永宏, 贺恩辉. 综合评价方法[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 167-188.
- [11] 刘民辉, 曾科, 金涛. 污水处理工艺的经济技术评价[J]. 现代商贸工业, 2009, 9(9): 277-279.
- [12] 谭秀慧, 夏明芳, 张爱茜, 等. 农业废水治理技术筛选指标体系研究[J]. 环境科技, 2009, 22(3): 11-14.
- [13] 陈民欣. 城市生活垃圾处理技术经济评价指标体系的研究[J]. 科技创新导报, 2010, 4(8): 8-9.
- [14] 杨丽, 陈贵锋. 洁净煤技术评价指标体系的构建[J]. 洁净煤技术, 2004, 10(3): 1-2.
- [15] 任世华, 姚飞, 俞珠峰. 洁净煤技术评价体系指标无量纲化处理[J]. 煤质技术, 2005, 2(3): 6-9.

(编辑 王 馨)

《化工环保》(双月刊)征订启事

中文核心期刊 中国科技核心期刊

邮发代号 2-388 定价 15 元/册 全年 90 元

《化工环保》是中国石油化工股份有限公司北京化工研究院、中国化工环保协会主办的技术性期刊,国家级环保科技杂志。主要报道化工、石油化工、轻工、冶金、煤炭、制药、市政等行业的环保科研成果、三废治理与综合利用技术、污染物分析检测技术、清洁生产技术、环境影响评价、环保管理及方针政策、环保设备与材料、环保信息与动态。《化工环保》国内外公开发行人,各地邮局均可订阅。

《化工环保》是中文核心期刊和中国科技核心期刊,曾荣获“全国石油和化工行业优秀期刊一等奖”和“中国石化集团科技期刊评比二等奖”。《化工环保》被美国化学文摘(Chemical Abstracts)选为来源期刊,也是中国期刊网、万方数字化期刊群等国内著名数据库的来源期刊。欢迎大专院校的师生、企业事业单位的科研与工程技术人员投稿。

《化工环保》具有承办国内外广告业务的丰富经验和优势,广告发布量大,宣传效果好。

欢迎订阅! 欢迎投稿! 欢迎刊登广告!

编辑部地址:北京市朝阳区北三环东路 14 号

邮编:100013

电话:010-64201560, 64211381

广告联系:010-59202466, 59202216, 59202490

传真:010-64211381

电邮:ghhb.bjhy@sinopec.com