

Technology Assessment on Civil Coal Pollution Control in Jing-Jin-Ji Area

Chenli Xue^{1*}, Lianhong Zhong^{2#}, Jing Yan²

¹College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing

²Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing

Email: xueclucas@163.com, #lianhongzhong@163.com

Received: Oct. 3rd, 2018; accepted: Oct. 18th, 2018; published: Oct. 25th, 2018

Abstract

The civil coal pollution in Jing-Jin-Ji area becomes a serious problem remained to be controlled and solved urgently. In order to change this terrible situation, one scientific and workable assessment indicator system is put forward coupled on the pollution characteristics of the civil coal after the field survey. In the meanwhile, it filters out five projects to be assessed finally after all civil coal pollution control technologies are investigated in study area nowadays. On this basis, five projects are evaluated comprehensively from different aspects with the fuzzy comprehensive evaluation. Results show that if it takes technology, economy and environment into account together, the preferred projects are in this order: first choice as air source heat pump, to gas hanging stove second choice, third choice as storage-type electric heating, then as air source heat pump combined with solar energy, finally as coal briquette replaced. The evaluation result is consistent to the actual situation and this assessment indicator system has a certain value for generalization. The result also reveals that under multi-constraint conditions just like technology, economy and environment, the air source heat pump is the best one. Concerning the demand of the reality, gas hanging stove and storage-type electric heating should also be considered as available technology to help solve the serious air pollution problem in study area during the heating season.

Keywords

Environmental Engineering, Civil Coal Pollution, Technology Assessment, Fuzzy Comprehensive Evaluation, Membership Function

京津冀民用煤污染控制技术评估

薛陈利^{1*}, 钟连红^{2#}, 闫 静²

¹首都师范大学资源环境与旅游学院, 北京

*第一作者。

#通讯作者。

²北京市环境保护科学研究院, 北京
Email: xueclucas@163.com, [#]lianhongzhong@163.com

收稿日期: 2018年10月3日; 录用日期: 2018年10月18日; 发布日期: 2018年10月25日

摘要

为助力解决京津冀地区民用煤污染问题, 研究根据民用煤污染控制技术的特点, 构建了民用煤污染控制技术评价指标体系。结合当前京津冀地区民用煤污染控制技术的推广使用情况, 筛选出5种待评价技术, 采用多级模糊综合评价法对待评价技术开展综合评价, 研究结果显示: 从经济、技术、环境3方面综合考虑, 5种待评技术的优选次序为: 空气源热泵、燃气壁挂炉、蓄热式电采暖、太阳能 + 空气源热泵、型煤替代, 评估结果与京津冀地区实际情况相符。

关键词

环境工程, 民用煤污染, 技术评估, 模糊综合评价, 隶属函数

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来, 民用燃煤造成的大气污染问题受到社会各界普遍关注。有研究数据显示[1], 1吨散煤直接燃烧产生的大气污染物排放量是同等质量拥有高效污染控制措施火电燃煤排放量的5~10倍。民用煤燃烧时排放了大量颗粒物, 虽然民用耗煤量不到煤炭消耗总量的10%, 却贡献了大气中43%的烟尘[2]。民用燃煤废气中CO的排放量明显偏高, 其排放因子是工业燃煤锅炉的100倍之多[3], SO₂、NO_x日排放强度约为电力行业的7和1.2倍[4]。虽然近几年京津冀地区大力推进“煤改气”、“煤改电”等清洁能源替代工作, 但在经济欠发达及基础设施较差的农村, 燃煤仍是冬季取暖的主要方式。

1989年, 我国学者汪培庄提出模糊综合评判方法。作为模糊数学的一种具体应用, 它将模糊的定性评价转化为定量评价, 适合各类不确定性问题的解决。其在环境技术评价方面应用广泛: 孙现伟等[5]应用模糊综合评价法, 构建了三级评价指标体系, 从经济、技术、环境三方面对燃煤电厂PM_{2.5}控制技术进行评估, 并在此基础上对燃煤电厂一次PM_{2.5}减排潜力进行了研究, 结果表明: 采用技术评估的结果进行减排控制可显著降低燃煤电厂的PM_{2.5}排放量; 吕铃钥[6]以PM_{2.5}等6类污染物为评价因子, 运用模糊综合评价法对2013年京津冀地区13个城市的环境空气质量进行评价, 评价结果与实际污染情况基本吻合, 结果表明: 模糊综合评价法可用于空气质量的科学评估; 中国煤炭科学研究院杭州环保研究所[7]针对中小型燃煤锅炉烟气脱硫除尘构建了评价指标体系, 包括技术性成熟度、技术可靠性、技术性能、经济性四方面, 现在看来该评价指标体系分类粒度较粗且缺失环境指标, 分类不合理; 李友平[8]在综合分析国内外烟气脱硫评价指标体系的基础上, 综合考虑FGD技术自身的特点及评价方法提出了燃煤电厂烟气脱硫技术综合评价指标体系并采用模糊综合评价法对技术进行了评估, 结果表明: 应用模糊综合评价法可对环境方案进行科学合理的评估; 吴晓华[9]在对我国当前民用散煤清洁化利用各项技术进行调研的基础上, 通过构建综合评价模型, 选取无烟煤替代散煤等9项技术进行模糊综合评价, 结果表明: 以气、电

代煤是当前我国民用散煤清洁化的发展方向，结果与当前实际吻合，这证明了其在燃煤污染控制技术评价上的合理性；谭洪涛等[10]采用模糊综合评价法对培江绵阳段水环境质量进行评价，显示运用模糊综合评价法对水环境质量进行评价可弥补传统单指标的不足，结果更为科学客观；杨光丽[11]采用模糊综合评价法对阜新灌溉区地块土壤进行评价，实例验证表明：该评价方法科学有效地应用监测数据，可用于土壤环境质量的科学评估。大气污染方面，当前大部分技术评估研究均集中于大型燃煤电厂等排放量集中的领域，民用煤污染领域的技术评估研究鲜有发现。

本研究依据民用煤污染特点建立了民用煤污染控制技术评估指标体系，同时在广泛调研基础上筛选出京津冀地区民用煤污染控制技术方案。采用模糊综合评价法，首次在京津冀地区对筛选出的技术从经济、技术、环境方面进行综合评价，以期在京津冀地区找出技术可行、经济合理、环境友好的技术方案，为解决该地区采暖季严峻迫切的大气污染问题建言献策。

2. 待评技术的筛选

民用煤污染控制技术主要可分为两大类：清洁能源替代技术和煤炭清洁利用技术。通过实地调研走访发现京津冀地区所采用的典型民用煤控制技术有以下几种。

在直热式电采暖技术中，京津冀地区以蓄能式电暖器的使用数量最多，北京市的核心区“煤改电”工程约涉及 26.4 万户，大多采用这种供暖方式，它与传统的暖器片散热方式相似，容易被使用者接受且具有蓄热功能。

在热泵技术中，地源热泵和水源热泵对面积、地质条件等有一定要求，因此推广受到制约。空气源热泵对使用条件要求不高，具有广泛推广的可行性。

太阳能联合采暖技术。京津冀地区太阳能使用条件较好但不能做到独立供暖。因此太阳能与其他清洁能源结合的组合供暖方式，如太阳能 + 空气源热泵热源、太阳能 + 电锅炉辅助热源采供暖等方式在京津冀地区可行。

在不能采用清洁能源替代的地区或清洁能源改造过渡期，采用煤炭清洁利用技术也可有效缓解民用煤污染问题。使用符合标准的清洁民用燃料并配套使用节能环保型燃煤炉具，可大幅削减颗粒物、二氧化硫、一氧化碳、挥发性有机物排放。因此在清洁能源供应不足的条件下，该技术也是有效的减排手段。

技术筛选应综合考虑京津冀地区的地域特点及经济、资源、能源等条件以及当前民用煤污染控制技术的推广使用情况。综合京津冀地区实际情况及现实条件，最终确定待评技术见表 1。

3. 评估流程

3.1. 构建评价指标体系

在借鉴已有民用煤污染评价指标体系的基础上，结合民用煤污染控制技术的特点，确定评价指标并

Table 1. Overview of projects to be assessed

表 1. 待评估技术概况

序号	名称	优点	缺点
1	优质型煤替代	适用性强	污染较重
2	蓄热式电暖器	清洁环保、运行费低	节能性差、电力增容费高
3	空气源热泵	无污染、适用性强	有噪声、改造难度大
4	燃气壁挂炉	投资小、使用方便	适用性差、环境友好性差
5	太阳能 + 空气源热泵	节能环保、运行费用低	投资费高、适用性差

建立评价指标体系。同时依据专家意见及实践情况确定了各指标权重。一级指标包括技术性能指标、经济成本指标、环境效应 3 类指标。其中, 技术性能指标主要包括技术成熟性、稳定性、先进性、适用性、操作复杂性、设备安全性; 经济成本指标包括投资成本、运行维护成本、基础设施需求、占地面积; 环境效应指标包括污染物(烟尘、SO₂、NO_x、VOCs)去除率、节能效益和对周围环境影响(噪声、生态、报废)。民用煤污染控制技术评价指标体系及权重见表 2。

3.2. 评价方法

模糊评价法是一种基于模糊数学理论的综合评价方法, 该方法以模糊变换原理和隶属度理论为基础, 是一种解决多因素影响问题的定性、定量相结合的方法。它是在综合考虑评判对象各指标, 兼顾评判对象各特性、各方面因素的基础上, 将各项指标进行量化处理, 并根据不同指标对评判对象影响程度的大小而分配以适当的权重值, 从而对各评判对象给出一个定量的宏观综合评价指标, 通过对综合评价指标的比较选出最佳方案。

从京津冀地区民用煤污染控制技术评价指标体系可看出, 民用煤污染控制技术的评价考虑因素众多且指标类型复杂, 是定性定量指标相结合的过程, 采用模糊综合评价法可对其进行较好地评估。

Table 2. Evaluation index system empowering

表 2. 评价指标体系及权重

准则层	准则层权重	指标层	指标层权重
技术性能指标	0.35	技术普及程度	0.1429
		设备使用年限	0.1429
		技术先进性	0.1429
		技术升级改造性	0.1429
		技术适用性	0.1429
		操作复杂性	0.1429
		设备安全性	0.1429
经济成本指标	0.2	投资成本	0.25
		运维成本	0.25
		基础设施需求度	0.25
		占地面积	0.25
		烟尘去除率	0.1111
环境效应指标	0.45	SO ₂ 去除率	0.1111
		NO _x 去除率	0.1111
		VOCs 去除率	0.1111
		节能效益	0.1111
		可再生能源利用率	0.1111
		运行噪声	0.1111
		对生态环境影响	0.1111
		废弃物对环境的影响	0.1111

3.3. 指标值的量化

模糊综合评价过程中, 先进行一级评价, 即单独从经济、技术、环境对待评技术进行评价。其后在此基础上进行综合评价。一级评价中单因子评价矩阵的构造要以待评技术在各指标的实际取值情况为基础。由表 1 可看出, 评价指标体系中既有定量指标也有定性指标, 定性指标的取值无法准确描述, 不能直接用于评价。对定量指标而言, 由于各指标量纲间的差异, 指标值直接比较没有意义, 需对指标值进行量化。引入模糊数学中隶属函数的概念, 对定性、定量指标值进行量化, 将其值变换到可比较的范围内。隶属函数可划分为两类三种: 定性指标的隶属函数又可称其为等级赋值法, 定量指标的隶属函数可分为偏小型隶属函数和偏大型隶属函数。偏小型隶属函数又称为成本型隶属函数, 即其值越小越好, 偏大型也称效益型, 取值越高越好。

定性型:

$$u_i = x/n, 0 \leq x \leq n \quad (1)$$

偏小型:

$$u_i = \frac{a_2 - x}{a_2 - a_1}, a_1 \leq x \leq a_2 \quad (2)$$

偏大型:

$$u_i = \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, a_1 \leq x \leq a_2 \quad (3)$$

其中 u_i 为第 i 项指标经过归一化后的取值。 a_1 , a_2 分别为隶属函数的下限值(实际取值最小值)和上限值(实际取值最大值), 对不同指标而言其限值不同, 可依据各指标实际取值情况确定; n 是定性指标的评价等级数目, x 为各方法的评价取值。

定性指标的评分标准及各待评技术指标取值情况分别见表 3、表 4, 将其取值按式(1)完成定性指标值的量化; 同时通过对专家意见的咨询及实际调研情况, 收集到关键定量指标在待评估方法中的取值情况见表 5。

Table 3. Standard value of qualitative metrics

表 3. 定性指标取值标准

赋值	1	2	3	4	5
技术普及程度	低	较低	中	较高	高
技术先进性	差	较差	中	较好	好
技术升级改造性	差	较差	中	较好	好
技术适用性	差	较差	中	较好	好
操作复杂性	难	较难	中	较易	易
设备安全性	差	较差	中	较好	好
基础设施需求度	大	较大	中	较小	小
占地面积	大	较大	中	较小	小
可再生能源利用率	低	较低	中	较高	高
生态环境影响	大	较大	中	较小	小
产品报废环境影响	大	较大	中	较小	小

Table 4. Values for qualitative metrics of every project
表 4. 各技术定性指标取值

技术	型煤替代	蓄热式电采暖	燃气壁挂炉	空气源热泵	太阳能 + 空气源热泵
技术普及程度	高	较低	中	较高	低
技术先进性	差	中	较好	好	较好
技术升级改造性	中	差	好	好	好
技术适用性	好	好	好	较好	较好
操作复杂性	难	易	易	易	较易
设备安全性	差	好	好	好	好
基础设施需求度	小	大	大	较大	较大
占地面积	较大	小	小	小	较小
可再生能源利用率	低	低	低	低	中
生态环境影响	较大	小	较小	小	小
产品报废环境影响	小	小	小	较大	大

Table 5. Values for quantitative metrics of every project
表 5. 各技术定量指标取值

技术	型煤替代	蓄热式电采暖	燃气壁挂炉	空气源热泵	太阳能 + 空气源热泵
设备使用年限(年)	10	8	10	8	8
投资成本(元/m ²)	50	112.5	162.5	262.5	618.8
运行维护成本(元/m ² ·年)	20.21	37.11	24.67	14.73	12.51
烟尘去除率(%)	92	100	100	100	100
SO ₂ 去除率(%)	8	100	98	100	100
NO _x 去除率(%)	50	100	25	100	100
VOCs去除率(%)	72	100	100	100	100
运行噪声(db(A))	30	30	65	60	60
节能效益(COP值)	0.7	1	0.9	2.8	2.2

从评价指标体系可看出,设备使用年限、烟尘、SO₂、NO_x、VOCs去除率、节能效益指标,其取值越高越好,对上述指标按式(3)进行量化;投资成本、运行维护成本、运行噪声3项指标取值越小越好,采用式(2)进行量化。综上考虑,待评技术各指标取值经隶属函数处理后结果见表6。

4. 综合评价

4.1. 一级评价

准则层的指标权重矩阵 $W = [0.35 \ 0.2 \ 0.45]$, 技术层指标权重矩阵 $W_1 = [0.1429 \ 0.1429 \ 0.1429 \ 0.1429 \ 0.1429 \ 0.1429 \ 0.1429]$, 经济层指标权重 $W_2 = [0.25 \ 0.25 \ 0.25 \ 0.25]$, 环境层指标权重 $W_3 = [0.1111 \ 0.1111 \ 0.1111 \ 0.1111 \ 0.1111 \ 0.1111 \ 0.1111 \ 0.1111 \ 0.1111]$

从上述指标量化结果可构造出技术、经济、环境方面的单因子评价矩阵 R_1, R_2, R_3 分别如下:

Table 6. Quantitative results of index value
表 6. 指标值量化结果

准则层	指标层	型煤替代	蓄热式电采暖	燃气壁挂炉	空气源热泵	太阳能 + 空气源热泵
技术指标	技术普及程度	1	0.4	0.6	0.8	0.2
	设备使用年限	1	0	1	0	0
	技术先进性	0.2	0.6	0.8	1	0.8
	技术升级改造性	0.6	0.2	1	1	1
	技术适用性	1	1	1	0.8	0.8
	操作复杂性	0.2	1	1	1	0.8
	设备安全性	0.2	1	1	1	1
经济指标	投资成本	1	0.89	0.8	0.63	0
	运行维护成本	0.69	0	0.51	0.91	1
	基础设施需求度	1	0.2	0.2	0.4	0.4
	占地面积	0.4	1	1	1	0.8
	烟尘去除率	0	1	1	1	1
	SO ₂ 去除率	0	1	0.98	1	1
	NO _x 去除率	0.33	1	0	1	1
环境指标	VOCs 除率	0	1	1	1	1
	节能效益	0	0.14	0.1	1	0.71
	可再生能源利用率	0.2	0.2	0.2	0.2	0.6
	运行噪声	1	1	0	0.14	0.14
	生态环境影响	0.4	1	0.8	1	1
	产品报废环境影响	1	1	1	0.4	0.2

$$R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0.4 & 0.6 & 0.8 & 0.2 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.6 & 0.8 & 1 & 0.8 \\ 0.6 & 0.2 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0.8 & 0.8 \\ 0.2 & 1 & 1 & 1 & 0.8 \\ 0.2 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, R_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0.89 & 0.8 & 0.63 & 0 \\ 0.69 & 0 & 0.51 & 0.91 & 1 \\ 1 & 0.2 & 0.2 & 0.4 & 0.4 \\ 0.4 & 1 & 1 & 1 & 0.8 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0.98 & 1 & 1 \\ 0.33 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0.14 & 0.1 & 1 & 0.71 \\ 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.6 \\ 1 & 1 & 0 & 0.14 & 0.14 \\ 0.14 & 1 & 0.8 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0.4 & 0.2 \end{bmatrix}$$

将技术层指标权重矩阵 W_1 与技术层单因子评价阵 R_1 相乘得:

$B_1 = W_1 \cdot R_1 = [0.6 \quad 0.6 \quad 0.9143 \quad 0.8 \quad 0.6571]$ 。即单独从技术层面看各方案优选次序为: 燃气壁挂炉 > 空气源热泵 > 太阳能 + 空气源热泵 > 蓄热式电采暖 = 型煤替代。技术性能最好的是燃气壁挂炉法, 其次为空气源热泵, 型煤替代法和蓄热式电采暖得分最低, 该结论与实际情况基本一致; 同理可得 $B_2 = W_2 \cdot R_2 = [0.7725 \quad 0.5525 \quad 0.6275 \quad 0.7350 \quad 0.5500]$, 单独从经济角度考虑: 型煤替代 > 空气源热泵 > 燃气壁挂炉 > 蓄热式电采暖 > 太阳能 + 空气源热泵, 型煤替代法具有明显经济优势, 而燃气壁挂炉、电采暖方式成本较高, 评估结果与实际情况相符;

$B_3 = W_3 \cdot R_3 = [0.2967 \quad 0.8156 \quad 0.5644 \quad 0.7489 \quad 0.7389]$, 从环保角度看各方案优选次序为: 蓄热式电采暖 > 空气源热泵 > 太阳能 + 空气源热泵 > 燃气壁挂炉 > 型煤替代, 型煤替代法环保劣势明显, 蓄热式电采暖由于没有任何排放, 其环境特性得分最高, 环境评估结果也具较强可信度。

4.2. 综合评价

将准则层的指标权重矩阵 $W = [0.35 \quad 0.2 \quad 0.45]$ 与单因子评价矩阵 R_1, R_2, R_3 组合成的矩阵 R 相乘得综合评价结果矩阵 B 。

$$B = W \cdot R = [0.35 \quad 0.2 \quad 0.45] \cdot \begin{bmatrix} 0.6 & 0.6 & 0.9143 & 0.8 & 0.6571 \\ 0.7725 & 0.5225 & 0.6275 & 0.7350 & 0.5500 \\ 0.2967 & 0.8156 & 0.5644 & 0.7489 & 0.7389 \end{bmatrix} \\ = [0.4980 \quad 0.6815 \quad 0.6995 \quad 0.7640 \quad 0.6725]$$

从技术、经济、环境三方面综合考虑, 待评方案优选次序为: 空气源热泵 > 燃气壁挂炉 > 蓄热式电采暖 > 太阳能 + 空气源热泵 > 型煤替代。从评价结果看, 空气源热泵具有较好的发展空间, 燃气壁挂炉和蓄热式电采暖评分也较高。随着京津冀地区“煤改气”、“煤改电”工作的推进, 各地区对燃气、电价均有一定补贴政策, 可预见这两种方案也有一定发展空间。在环保越发重要的趋势下, 型煤替代法作为一种备用取暖方式应减少使用。综合评价结果与京津冀地区各技术推广使用情况基本一致, 可信度较高。

在一级评价过程中, 燃气壁挂炉既不具经济优势也没有环境优势, 但在最终评价结果中却得分较高, 主要是因为其技术得分较高且技术指标权重也较重要, 综合计算后其最终得分较高。这说明了指标权重的重要性, 同时也表明单从技术、经济、环境任一方面做出的评价不能准确评价各方案优劣, 这体现出综合评价的客观性和科学性。

5. 结论

1) 在现有燃煤污染控制方案基础上, 综合考虑各评价指标体系的优劣, 同时结合待评技术的特点, 构建了民用煤污染控制技术评价指标体系, 最终评价结果与实际相符。表明该指标体系较科学、客观、合理, 可用于京津冀地区民用煤污染控制技术的科学评估。

2) 在构建的评价指标体系基础上, 采用模糊综合评价法可用于对环境技术评价问题进行科学决策。采用多级模糊综合评价法对京津冀民用煤污染控制技术进行综合评估, 评估结果与该地区民用煤控制技术使用情况一致。在当前经济、能源、技术等条件制约下, 空气源热泵是应大力推广使用的民用煤污染控制技术。

3) 要快速解决京津冀地区冬季民用煤污染问题, 以选择清洁能源替代技术最为有效。从京津冀地区清洁能源的可获得性考虑, 电、天然气、太阳能作为替代能源的可能性最大。根据京津冀地区的经济情况及地域特点, 空气源热泵、燃气壁挂炉、蓄热式电采暖可作为广泛推广的备选技术。

基金项目

本文受国家重点研发计划《居民清洁采暖示范工程经济及环境效益综合评价》(2017YFC0211406)项目资助。

参考文献

- [1] 王善成. 散煤的清洁高效利用和有效治理非常紧迫[EB/OL]. http://news.xinhuanet.com/energy/2016-09/14/c_1119564366.htm, 2016-09-14.
- [2] 毛健雄, 毛健全, 赵树民. 煤的清洁燃烧[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 1-414.
- [3] Li, Q., Li, X.H., Jiang, J.K., *et al.* (2016) Semi-Coke Briquettes: Towards Reducing Emissions of Primary PM2.5, Particulate Carbon, and Carbon Monoxide from Household Coal Combustion in China. *Scientific Reports*, **6**, Article ID: 19306. <https://doi.org/10.1038/srep19306>
- [4] 潘涛, 薛亦峰, 钟连红, 等. 民用燃煤大气污染物排放清单的建立方法及应用[J]. 环境保护, 2016, 44(6): 20-24.
- [5] 孙现伟. 我国燃煤电厂一次 PM2.5 减排潜力研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2016.
- [6] 吕铃钥, 李洪远. 基于模糊综合评判的京津冀地区空气质量评价[J]. 南开大学学报(自然科学版), 2016, 49(1): 62-68.
- [7] 郝吉明, 王书肖, 陆永琪. 燃煤二氧化硫污染控制技术手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001: 1-465.
- [8] 李友平. 燃煤电厂烟气脱硫技术综合评价及专家系统研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 四川大学, 2005.
- [9] 吴晓华. 我国民用散煤清洁化利用技术评估[J]. 煤炭加工与综合利用, 2017, 46(12): 10-15.
- [10] 谭洪涛, 王彬, 朱琳, 等. 基于模糊综合评价法的培江绵阳段水环境质量评价[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(9): 70-72.
- [11] 杨光丽. 模糊综合评价法在土壤环境质量评价中的应用实例[J]. 气象与环境学报, 2008, 24(3): 63-66.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5485, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: aep@hanspub.org