

基于PSR模型的淮北地区固体废物资源化评价研究

吴宇微, 范廷玉

安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南

收稿日期: 2021年9月3日; 录用日期: 2021年10月4日; 发布日期: 2021年10月11日

摘要

我国人口众多, 生产生活所需资源众多, 同时是固体废物产生和积存大国。伴随我国市场经济和社会的迅猛发展, 新型业态也在不断出现。固体废物污染防治的工作依然面临挑战, 仍需不断强化监管。固体废物污染的预控与防治及其资源化处置是我国进行生态文明建设及其环境卫生保护活动中不能忽视的且极其重要的环节。而且, 固体废物资源化的发展并非单一的环节, 与我国对于大气、水、土壤等环境污染的防治有着紧密的联系。近年来, 在国家相关政策的助力和指导下, 固体废物污染预控防治和资源化处理工作取得了积极成效, 但仍有较大发展和提升空间。淮北是中国五大煤炭基地之一, 几十年的煤田开发, 造成煤炭资源日趋枯竭、土地塌陷, 煤矿留下的大量煤矸石和发电产生的粉煤灰, 一步一步地侵蚀着本已十分脆弱的城市环境, 淮北市面临着严峻的环境现实, 也十分具有代表意义。本文基于PSR模型, 分析淮北地区国内固体废物防治工程资源化综合利用的现状和发展潜力, 认为在淮北地区全民固体废物防治工程分类具有巨大效益潜力与资源化的空间。本文主要提出对淮北固体废弃物资源化综合利用过程的评价方法, 并对于淮北地区固体废弃物的资源化综合利用工作提出了相应的政策性意见。对淮北地区固体废弃物资源化进行研究, 希望对未来固体废弃物的研究提供借鉴意义。

关键词

PSR模型, 固体废物, 资源化, 淮北地区

Research on the Evaluation of Solid Waste Resource Utilization in Huaibei Region Based on PSR Model

Yuwei Wu, Tingyu Fan

School of Earth and Environment, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

Received: Sep. 3rd, 2021; accepted: Oct. 4th, 2021; published: Oct. 11th, 2021

Abstract

My country has a large population and a large number of resources needed for production and life. At the same time, it is a large country in the generation and accumulation of solid waste. With the rapid development of my country's market economy and society, new types of business are constantly emerging. The prevention and control of solid waste pollution are still facing challenges, and it is still necessary to continuously strengthen supervision. The pre-control and prevention of solid waste pollution and its resource disposal are one of the important factors that cannot be ignored in my country's ecological civilization construction and environmental sanitation protection activities. Moreover, the development of solid waste resources is not a single link, and is closely related to the prevention and control of air, water, soil and other environmental pollution in my country. In recent years, under the assistance and guidance of relevant national policies, solid waste pollution pre-control and resource treatment have achieved positive results, but there is still much room for development and improvement. Huaibei is one of China's five major coal bases. Decades of coal field development have caused coal resources to be depleted and land collapsed. The large amount of coal gangue left by coal mines and the fly ash produced by power generation have eroded the already very fragile urban environment step by step. Huaibei City is facing severe environmental reality, which is also very representative. Based on the PSR model, this paper analyzes the current situation and development potential of the comprehensive utilization of domestic solid waste prevention and control projects in Huaibei area, and believes that the classification of solid waste prevention and control projects for the whole people in Huaibei area has huge potential for benefits and resources. This article mainly puts forward the evaluation of the comprehensive utilization of solid waste in Huaibei area, and puts forward corresponding policy opinions on the comprehensive utilization of solid waste in Huaibei area. Research the resource utilization of solid waste in Huaibei area, hoping to provide reference for future solid waste research.

Keywords

PSR Model, Solid Waste, Resource Utilization, Huaibei Area

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

1.1. 研究背景

1.1.1. 国内综合背景

固体废弃物对环境的污染以及其资源化处理,是当今我国乃至世界环境保护和资源保护所面临的重要问题。固体废弃物主要是包含了人们日常生活与生产性建设以及经济社会活动的过程当中所产生的各种固态或半液化等废弃物[1]。比如生活垃圾,工业废旧金属,炉渣、尾矿等。如果固体废弃物没有得到合理处置,将会对生态和自然环境带来极大破坏,随之会危害人体健康,并形成固体废物污染。

党的十八大以来,我国不断完善法规政策、强化科技支撑、健全标准规范,并把资源的综合利用纳入到生态文明建设总体布局当中。资源综合利用产业得以推动并不断发展壮大,各项固体废物处理工作也得到了积极进展。大宗固体废物的综合利用率由2015年的50%上升到2019年的55%,累计增

长 5 个百分点。其中, 秸秆、粉煤灰、矿物煤、石膏及工业副产品综合利用率分别为 86%、78%、70%、70%。“十三五”期间, 我国对各种大宗固体废物实施了累积综合利用约 130 亿吨。节约土地占用面积已经超过 100 万亩。此外, 还为企业提供了一种大量的资源综合利用的新型产品, 这样才能够使钢铁、煤炭、建材、化工、电力等领域的产业得以保持高质、快速的发展。这些政策措施都具有明确的资源环境优势和经济效益, 对于缓解我国一些原材料和资源的短缺、改善生态环境和水平发挥着很大的作用[2]。

“十四五”期间, 我国将以促进经济社会发展为主题, 全面改善和提高自然资源综合利用水平的任务更加迫切。由于受到自然资源状况、能力结构、经济发达水平、人口素质等诸多因素的影响, 未来几年我国对固体废弃物处置仍然处于一个产生强度太高、综合利用产品附加值不高的严峻环境。当前, 我国大宗固体废物的累计堆积量还是高达约 600 亿吨, 且每年新增的堆积量接近 30 亿吨。其中, 不乏有综合利用率仍然比较低的固体废弃物, 如赤泥、磷石膏、钢渣等。他们不但占用了很多宝贵的土地和水生资源, 也给我们带来了巨大的自然生态和环境安全隐患。由此可见, 我国固体废弃物的资源化发展仍然面临巨大挑战。因此, 我们必须一定程度地深入贯彻落实各项相关法律法规, 加大法律执行工作力度, 确保我区固体废物的处理源头回收减量处理工作顺利深入推进, 提高我国固体废物处理资源集约化的有效利用率和进行无害化的有效处置, 着力解决主要矛盾和突出问题, 积极促进资源综合利用及其相关产业实现新发展[3]。

1.1.2. 淮北市固体废物资源化现状和形势

近年来, 淮北市积极贯彻落实党中央的部署, 将国家关于固体废物污染防治和资源化处置工作列入了全市经济与社会发展规划范围, 积极制定各种针对性地推进固体废物污染预防和资源化处置的政策、经济与科学技术等相关政策、资金保障政策与管理措施, 对固体废物进行充分的回收利用和合理的资源化综合处置利用以及无害化治理。淮北市人民政府办公室近日发布的数据显示, 2020 淮北市年普通工业中的固体废物总量约 1300 万吨, 主要包括煤煤灰、粉煤灰、炉渣、脱硫石膏。近年来, 淮北市积极地发展和推广了主要由粉煤灰、炉渣和煤炭等作为原料的新型建筑材料产品、以及相关的电力和其它产品, 使得提升粉煤灰等综合性固体废物能够有效地提高综合利用的产品质量与附加值。此外还加强了对生活垃圾、农业垃圾的处置, 极大减少了固体废弃物的堆放所带来的环保污染。在推进固体废物资源化的各个领域, 积极开展相关技术研究, 并对建筑、建材、建筑等传统行业进行了引导, 鼓励开展关于固体废物资源化综合利用的科学研究和推广。从而使得原材料的替代率得到提高。

1.2. 国内外研究现状

1.2.1. 国外研究现状

随着社会的进步和发展, 发展循环经济是各国推的必然选择。因此, 各国也不断对循环经济的发展进行研究。20 世纪 90 年代起, 发达国家已经开始确定了可持续发展的战略部署, 并且积极促进循环经济的发展。外国专家学者常把循环经济作为生态经济的一部分, 从循环经济的角度出发进行研究。著名美国学者 Hotelling 在其所著《可枯竭资源经济学》一书中首次提出固体废物在不可再生资源被消耗后所形成的固体废物可以被转化成能够重新进行再次综合利用的二次资源, 该经济学理论是为固体废物资源化的综合利用和管理提供了一条新思路。该理论有效地解决了资源在多个时期、跨阶段的合理配置和有效利用问题, 使得现代社会人们的传统思想得以革命性地改变。Baumol 与 Hoel 研究了废弃物循环在实现可持续发展方面的积极影响。Anderson、Dinan 及 Highfilltal 等提出如果垃圾填埋对于废物的回收和处理不够充分, 人们就会将未来能被可持续利用的垃圾和废物作为一种新的原材料来加以回收和使用, 从

而也就会极大地促进垃圾和废物重新再利用。Divita 则尝试用一般均衡分析的方法来评价在生产领域废物资源的循环情况。

在关于固体废物管理的相关法律政策的制定和其实施中, 各个国家基于减少固体废物的产生和对资源的能量进行循环综合利用的思路, 采取了不同的措施和形式, 但都有关于对能源资源实施循环利用的思想[4]。德国实际上是最早开始发展循环经济的国家, 并首先从个别领域逐步建立起一套相关的法规然后从各个领域内不断完善的自下而上制定出新的方法。比如, 制定了《废物处理法》《循环经济与废物管理法》《废物限制及废物处理法》等, 构建了较为总结的循环经济法。而日本则主要是通过自上而下的做法, 首先是制定使用世界范围内所有国家的一种概括性循环经济法, 然后在此基础上, 在各个具体的领域都制定出了其他相应的法律和政策。美国大部分州和地区已经都制定了多种形式的重要再生循环的法律和政策, 但目前尚没有一部由全国统一普遍通用的重要循环经济法[5]。

1.2.2. 国内研究现状

我国的许多专家学者在固体废物资源化方面提出了很多观点, 这对促进和推动我国循环经济理论和实践的发展具有重要意义。

刘庆山从对资源进行再生利用的角度明确指出了可以进行再生资源利用的根本性实质就是对自然资源进行循环经济的利用并首先明确引用了“循环经济”一个名词; 之后, 徐嵩龄认为我国的环境保护在循环经济中占有重要的地位; 诸大建、郭雪、冯之浚和曲格平等进行了研究并提出完善循环经济的基本内涵以及我国循环经济的形成与发展模式等。赵瑞霞和张长元对我国循环经济从基础理论到实际应用的情况进行了深入的研究; 曹凤中和金涌等多位学者从循环经济生态学角度深入讨论了我国构建和发展可持续循环经济制度的合理性和重要性; 姜国刚则从社会主义资源分工的视角把社会主义资源和环境对于经济增长的影响引入我们所认为受益于经济增长的理论来看, 使得我们对于现有的经济理论解释能力得以增强。

余辉等研究人员通过深入开展“十三五”后的我国废弃家用电器和消费电子产品垃圾处理工艺行业综合发展规划战略研究规划进行调查分析研究, 对当地城镇居民普遍较为重视的家用垃圾处理废弃物移动处理设备和比如智能垃圾处理消毒智能手机、固定式移动电话机、吸油烟机等四类设备分别进行了综合回收, 同时组织启动了这些含铅大量 crt 的家用玻璃产品回收和垃圾处理工艺企业技术应用示范建设工程, 降低了工业能耗利用水平, 减少了工业环境污染, 使得这些含铅大量 crt 的家用玻璃产品回收和垃圾处理工艺企业更加符合规范化、集中和实现信息化、产业化。高瑞等等的人还仔细研究了不锈钢渣在冶金工业上为何可以广泛用来当作工业冶金的主要利用原材料, 水硬胶凝性和肥料生产和酸性土壤改良剂等。可以广泛适用于在炼铁烧结熔剂以及生产钙镁磷肥等方面。张利珍等人对尾矿进行了处理, 他们采用了对其中一个空区的尾矿作为充填物, 对该尾矿作为处置, 并认为填充法可以有效减少对环境的二次污染。

黎振越等人通过深入研究了一个关于建筑垃圾处理装置破碎场地的问题, 他们认为这种新型建筑材料产品的开发研制能够极大地缩短施工工期, 在经过多年固体废物应用技术处理之后, 就能够开发和生产一种具有完全适应国家标准的符合质量监督检测要求标准的新型建筑材料。而且按照设备配置的不同, 建筑垃圾的有效综合利用率最高可达 80%~100%, 可以做到几乎零污染、零排放的理想环境治疗效果。韩姣等人认为, 采用水泥窑协同处理的活性污泥技术, 不过他们认为, 采用水泥窑尾气烘干的方式, 将其中的污泥含水率从 80% 左右下降到 20%~30%。此外, 还充分节约了污泥黏土的资源, 并把这些污泥当做一种辅助燃料来使用, 大大的节省了煤炭资源, 从而也实现了水泥黏土生产企业与污水处理企业之间的双赢, 达到了污泥稳定、无害、减量和资源化再利用的效果。

2. 指标体系构建和模型

2.1. PSR (压力 - 状态 - 响应)模型框架以及应用现状

1979年, 加拿大的高级统计学家马克首次明确提出了压力 PSR, 也就是说就是“即压力(pressure)状态(state)响应(response)”的压力模型统计框架。到了 20 世纪八十和九十年代, 联合国环境规划署(UNEP)以及整个欧洲联盟经济合作与发展组织(OECD)将该规划理论及其框架进一步与其发展结合起来, 并且也由此开始被广泛地深入应用涉及到许多环境保护问题的研究中[6]。张琨等指出 PSR 模型作为建立生态安全评价指标体系应用较多的框架模型, 可以合理地反映出外部干扰与环境变化之间的因果关系, 拓展性较高[7]; PSR 模型可以应用于以森林、湿地、流域、城市等为研究对象的生态安全研究中, 如郭文月通过 PSR 模型构建西北五省森林生态安全评价指标体系[8]; 王雪梅, 柴仲平等利用该模型进行新疆艾比湖流域的生态安全评价研究[9]; PSR 模型也可以研究人为活动造成的景观地区开展生态安全评价, 如张崇森, 李森等以铜川市为例, 基于 PSR 模型构建指标体系, 开展了城市生态安全评价与贡献度研究[10]。除此之外, PSR 模型也可以在大尺度范围上开展研究, 如高珊与黄贤金基于该框架, 结合环境、决策和行为三个方面建立关于我国生态文明建设成效的评价指标体系, 对我国生态文明建设和生态环境质量变化两者的相关关系进行深入分析[11]。有学者根据不同的研究的区域、研究对象, 结合不同的计算方法对 PSR 进行了扩展改进, 如胡坤侠集成熵权法和灰色关联评价模型, 利用 PSR 模型建立综合评价指标体系, 对赣州市 18 个县市为进行生态安全评价[12]。

2.2. 适用条件和主要针对问题

建立在“原因 - 效应 - 响应 - 响应”这一基本管理逻辑上的一个组织效应指标系统得到了 PSR 模型, 主要用于评价人类活动对生态环境的影响程度, 是较为成熟的评价指标体系。总体上反应了人类活动和社会经济发展、资源与管理决策的相互依存相互制约的关系主要目的是用来解释“发生了什么、为什么发生以及如何应对”三个基本关键问题[6]。

本文基于 PSR 模型框架, 构建淮北地区固体废物资源化评价指标体系。把 PSR 模型应用在固体废物资源化评价的具体方法可以理解为: 针对固体废弃物资源化各类指标体系的构建, 生产和生活各部门固体废弃物排放的相关指标即为压力指标; 状态指标则是被定义为各个部门中可以解释固体废物资源化压力指标。在本研究中, 响应指标狭义的指各个生产和生活部门为减少固体废弃物排放以及资源化利用所采取的政策与行动。

2.3. 指标初选与指标确立

2.3.1. 指标筛选的原则

各项压力、状态和相应指标筛选是构建淮北地区固体废物资源化 PSR 模型的关键。本文围绕已确定的“淮北地区固体废物资源化”的评价主题, 遵循以下原则进行指标筛选。

第一, 各项指标应适用于淮北地区实际情况, 可能不适用于淮北地区情况的指标应将其剔除。

第二, 各项指标应该能体现固体废物资源化的特征和基本属性。指标的综合性和不可忽略, 因此, 应该选取信息量大、综合性强的指标。各项指标要尽量选取能全面反映固体废物资源化的发展过程中亟待解决的核心问题。

第三, 各项指标应与固体废物资源化发展形成对应关系。固体废物资源化评价指标体系很大程度依赖于上是对固体废物资源化策略实施和应用效果的评估。因此, 形成对应关系更有利于促进固体废物资源化实践以及评价的连贯性。

第四, 指标的选取要兼顾科学性和可操作性。

2.3.2. 指标体系初选

“压力 - 状态 - 响应”的模型符合固体废物资源化的基本逻辑, 而大众更加关注的是环境治理的效果, 所以将响应作为最终评价标准。本研究以淮北市对固体废物资源化的推进过程作为指标选取的依据, 进行文献研究并用归纳分析法对之前的观点进行归纳和总结, 初步形成评价指标体系。

2.3.3. 指标筛选结果

本研究通过问卷调查法, 对政府工作人员及专家发放调查问卷, 剔除对评价目标相对不重要的指标, 最终得出淮北市固体废物资源化评价指标体系(见表 1)。

Table 1. Evaluation index system of solid waste in Huaibei City

表 1. 淮北市固体废物评价指标体系

研究范围	压力(P)	状态(S)	响应(R)
工业固体废物	GDP 贡献率	工业固体废物污染	工业固体废物综合利用率
	单位 GDP 工业固废产生量		危险废弃物中和利用率
	工业发展需求		工业固废治理资金到位率
农业废弃物	GDP 贡献率	农业固体废物对环境的污染	农业废物的利用率
	单位粮食产量固体废物产生量		农业废物的无害化处理率
	粮食需求		农业人废物处理的资金和政策扶持
生活废弃物	人们的生活需求	生活固体废物对环境的污染	生活废物的综合利用率
			人民的环保意识
			生活废物无害化处理的配套设施

3. 模糊一致偏好关系模型的构建及权重确定

3.1. 权重确定方法及优化

由于各个环境评价绩效指标的具体重要性涉及程度往往相差甚远, 所以我们在对各个环境评估绩效指标进行环境综合衡量评估之前就常常需要先一步确定每个环境评估评价指标的具体权重。权重的具体确定方法可以大致分为主观主体赋权法与确定客观主体赋权法:确定主观主体赋权的方法常见的确定方法主要有: *adelphi* 赋权法、层次结构分析法(ahp), 客观主体赋权法主要分别是两个主要成分层次分析法、熵权法。由于实施固体废物处理资源产业化的工程建设及其环境治理和其他固体废物利用资源化处理工作都已经是完全具备了一定的国家区域性经济政策支持条件, 完全直接使用了不确定性经济指标, 无法充分地准确反映该建设项目以及固体废物处理资源化工程建设经济发展的实际运行情况。所以, 采取主观性的赋权法更加合理。层次化的分析方法是目前最普遍广泛使用的。但该比较方法还是需要经过专家们详细划分的各种方式后再来对其进行两两之间的综合比较才可以能够真正确定其中的重要性, 该过程操作过程复杂繁琐且难以通过一致性检验[13]。所以本文在确定权重时采用了模糊一致偏好关系法, 该方法相比之下则更加优化。

3.2. 模糊一致偏好关系模型(CFPR)的构建

2004 年, Herrera-Viedma 我们首次在研究报告中明确提出了模糊一致性的偏好指标关系计算模型 (consistent fuzzy preference relation, 简称 CFPR)。该关系模型经过对各个指标的总标记数量-1 (其中标记

个数为 n 或 $n-1$ 次对各个模型指标的计算重要性应用程度分别进行两两之间的综合比较, 并对其加以综合利用后即运用这个模型指标在各个应用层面上的传导性质就得以直接获取最终结果评价矩阵, 使得这个最终评价矩阵的计算统一性和计算准确度都因此得到了充分保障[14]。这种评估方法设计充分考虑了我国固体废物处理资源化利用评估主要指标的模糊和复杂。特别是在指标评价确定指标的权重数量庞大时, 使用模糊一致性和偏好价值关系评价模型工具来评估确定的指标权重更加准确有利于大大改善评价效率。

1) 方案集为 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ 。与方案集相关的互补乘性偏好关系为 $A = (a_{ij})$, 且 $a_{ij} \in [1/9, 9]$; 与方案集对应的互补模糊偏好关系为 $P = (P_{ij})$, 且 $P_{ij} \in [0, 1]$ 。则 $P = g(A)$, 即

$$P_{ij} = g(a_{ij}) = 1/2(1 + \log_9(a_{ij})) \tag{1}$$

式中: g 为转换函数, 可以根据不同情况在各应用领域进行适当转换; i, j 为常数。

2) 对于模糊偏好关系 $P = (P_{ij})$, 则有

$$P_{ij} + P_{jk} + P_{ki} = 3/2 \quad (\forall i < j < k) \tag{2}$$

$$P_{i(i+1)} + P_{(i+1)(i+2)} + \dots + P_{(j-1)j} + P_{ji} = (j-i+1)/2 \quad (\forall i < j) \tag{3}$$

3) 如果计算所得 P_{ij} 不在区间 $[0, 1]$ 中, 而处于 $[-a, 1+a]$ ($a > 0$) 这一区间, 那么在保持互补以及加性一致性不变的条件下, 可以通过转换函数将其化至 $[0, 1]$ 间, 步骤如下:

$$B = \{P_{ij}, i < j \wedge P_{ij} \notin \{P_{12}, P_{23}, \dots, P_{(n-1)n}\}\} \tag{4}$$

$$P_{ji} = \frac{j-i+1}{2} - P_{i(i+1)} - P_{(i+1)(i+2)} - \dots - P_{(j-1)j} \tag{5}$$

$$K = \left| \min \left\{ B \cup \{P_{12}, P_{23}, \dots, P_{(n-1)n}\} \right\} \right| \tag{6}$$

$$P = \{P_{12}, P_{23}, \dots, P_{(n-1)n}\} \cup \left| B \cup \{1 - P_{12}, 1 - P_{23}, \dots, 1 - P_{(n-1)n}\} \right| \cup -B \tag{7}$$

$$\begin{cases} f: [-a, 1+a] \rightarrow [0, 1] \\ f(x) = (x+a)/(1+2a) \quad (a > 0) \end{cases} \tag{8}$$

经过计算, 最终 P_{ij} 在区间 $[0, 1]$ 中。

3.3. 固体废物资源化评价权重确定步骤

1) 建立构造上的判断矩阵。构建了一个判断性的矩阵。聘请了经环保等各个方面领域的专家学者和技术人员, 对可能直接影响固体废物资源化的各个相邻性评价指标进行了两两之间的比较对每个指标 C_i ($i=1, 2, \dots, n$), n 个专家 E_k ($k=1, 2, \dots, n$) 分别对 C_i 指标进行 $n-1$ 次的两两比较以及打分, 即得到相应的判断矩阵 A^k 。在进行比较打分时要严格以 1~9 标度法为准则依据。

$$A^k = \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ \vdots \\ C_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & a_{12}^k & & & \\ & 1 & a_{23}^k & & \\ & & 1 & a_{ij}^k & \\ & & & \ddots & a_{(n-1)n}^k \\ & & & & 1 \end{pmatrix}$$

式中, a_{ij}^k 为第 k 个专家对 C_i 和 C_j 比较的偏好程度。

2) 构造模糊偏好关系。将判断矩阵中的 $\{a_{12}^k, a_{23}^k, \dots, a_{(n-1)n}^k\}$ 分别转换成 $[0,1]$ 区间的数字, 并将每一个专家的判断矩阵中的 P_{ij}^k 计算出来, 即

$$P^k = \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ \vdots \\ C_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.5 & p_{12}^k & & & \\ 1-p_{12}^k & 0.5 & p_{23}^k & & \\ & 1-p_{23}^k & 0.5 & p_{ij}^k & \\ & & 1-p_{ij}^k & \ddots & p_{(n-1)n}^k \\ & & & 1-p_{(n-1)n}^k & 0.5 \end{pmatrix}$$

式中 P_{ij}^k 为计算出的第 k 个专家模糊偏好关系。

3) 标准化检验。对得到的 P_{ij}^k 值进行标准化检验, 如果不在 $[0,1]$ 这一区间中, 按照转化函数进行转化, 最终使所有 P_{ij}^k 值均在 $[0,1]$ 这一区间中。为了全面地考虑到各专家的打分, 将模糊偏好关系的平均值作为依据, 即

$$P_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m P_{ij}^k \tag{9}$$

式中 P_{ij}^k 为计算出的第 k 个专家模糊偏好关系。

4) 计算综合评价值。以模糊偏好关系矩阵作为依据, 计算各级指标的平均偏好程度。各个指标相对权重为

$$S_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P_{ij} \tag{10}$$

各指标相对评价值为

$$W_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \tag{11}$$

式中 S_i 为各因子所对应的权重。

5) 对评价结果进行分析。根据以上所述得到的研究结果就能够直观地得出不同评价指标之间的重要性和相对应程度之间的量化关系, 为淮北市固体废物资源化评价的精准性和有效率提供了依据。

4. 淮北市固体废物资源化的建议

1) 加大环保法律宣传力度。利用各种传统和新兴媒介的媒介, 采取各种手段和途径, 加强对“一法一条例”的宣传和教育。注重油气宣传工作主体的有针对性、高效度, 大力提高全民油气就业服务是各级党政机构领导班子干部、公司负责人及其他有关工作人员在油气行业中的环保与法制意识。牢靠树立党员的自主担当意识, 增强自觉性。通过全方位和多层次、多方面地开展普法知识宣传教育, 促进全社会形成了资源节省、固废降低、利用整体化的良性局面。

2) 我们要进一步加强固体废物的资源化与无害化处理基础设施建设, 提升对固体废物的无害化处置与资源化综合利用能力。规划要求建设科学高效的环卫基础配套设施, 增加城镇及乡村垃圾压缩转运站建设数量, 推动垃圾资源化综合利用与处理工程。

3) 加强固体废物资源化利用引导和市场推进措施。在各个区域经济发展进程中, 不断探索新的固体废物循环资源化利用实践模式和方法。各级政府尤其是各级环保部门要树立服务和发展意识, 积极转变职能, 为循环利用固体废物资源, 发展循环经济做好相应的指导和服务和支持工作。此外, 还要积

极依法推进各类企业的清洁生产工作、加强对企业清洁生产各个项目审核和批准。在此基础上, 要进一步充分发挥构建我国具有特色社会主义市场经济管理体系的巨大优势和经济市场机制的强大灵活性, 在加快推动绿色循环经济和自然资源化综合利用中不断起到积极推动作用[15]。

4) 积极促进和引导固废资源化资源化的技术支持体系, 加大及科技投入, 提高资源再利用效率和无害化处理强度。微观方面上, 各相关企业要推广适合自身规模和技术发展的技术措施和手段, 重视生产过程中固体废弃物的回收处理和资源化利用。宏观方面的基础上, 要求整个社会或地区经济都需要实现科技体系网络化管理, 大力发展绿色环保产业和高新技术产品的绿色环境管理, 使得实现资源的跨产业、循环和资源化的利用, 对于废弃物要实现综合的产业化管理和无害处置。

5) 要进一步加强执法监管。加强固体废物资源化利用的执法能力建设和环保执法过程监督, 积极探索和鼓励创新的监管方式。通过定期规范检查和不定期突击检查, 扩大投诉和举报途径等形式, 摸清固体废物数量和变化情况, 及时排查隐患风险。此外, 要进一步加大执法力度, 依法针对违规地堆放或者倾倒的固体废物以及其他违法禁止处置的危险废料等各类破坏生态环境的违规执法行为, 进行严厉打击, 确保其环境安全。

5. 结语

循环经济是当代社会发展的必然选择, 固体废物资源化利用是发展循环经济的重要课题。固体废物的资源化处理事关发展全局, 必须引起全社会的注意。通过对淮北市固体废物资源化处理的研究来看, 认为固体废物防治工程分类具有巨大效益潜力与资源化的空间。固体废物资源化的发展并不是单一环节也不能一蹴而就。它不仅需要政策的支持, 也需要相应技术的发展, 更是依赖于社会所有人员的共同努力。

参考文献

- [1] Smith, L.A., Means, J.L. and Barth, E.F. (2011) *Recycling and Reuse of Industrial Wastes*. Science Press, Beijing.
- [2] 王军. 资源与环境经济学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2009.
- [3] 谢志明. 燃煤发电企业循环经济资源价值流研究[D]: [博士学位论文]. 长沙: 中南大学, 2012.
- [4] 陈艳. 基于资源分工理论的固体废物循环经济效应分析[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南大学, 2006
- [5] 李惠萌. 城市工业固体废物循环经济模式构建方法及其应用研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南大学, 2008.
- [6] 霍子文, 王佳. 基于 PSR 模型的北京市西北生态涵养区生态健康评价研究[J]. 中国土地科学, 2020, 34(9): 105-112.
- [7] 张琨, 林乃峰, 徐德琳, 于丹丹, 邹长新. 中国生态安全研究进展: 评估模型与管理措施[J]. 生态与农村环境学报, 2018, 34(12): 1057-1063
- [8] 郭文月. 基于 PSR 模型的西北五省森林生态安全评价[J]. 中国林业经济, 2019(6): 107-110.
- [9] 王雪梅, 柴仲平, 热依拉阿里木江. 基于 PSR 模型的艾比湖流域生态安全评价研究[J]. 农业资源与环境学报, 2013(5): 86-90.
- [10] 张崇森, 李森, 张力喆, 牛小勇, 殷崎栋. 基于 P S R 模型的城市生态安全评价与贡献度研究——以铜川市为例[J]. 安全与环境学报, 2019, 19(3): 1049-1056.
- [11] 高珊, 黄贤金. 基于 PSR 框架的 1953-2008 年中国生态建设成效评价[J]. 自然资源学报, 2010, 25(2): 341-350.
- [12] 胡坤侠. 基于灰色关联模型的区域生态安全综合评价——以江西省赣州市为例[J]. 安徽农业科学, 2020(2): 93-97.
- [13] 刘芳. 基于一致性模糊偏好关系的群体决策理论与方法研究[D]: [博士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2013.
- [14] Herrera-Viedma, E., Herrera, F. Chiclana, F. and Luque, M. (2004) Some Issues on Consistency of Fuzzy Preference Relations. *European Journal of Operational Research*, 154, 98-109.
- [15] 王永生. 发展循环经济, 实现我国矿业的可持续发展[J]. 矿产保护与利用, 2005(2): 1-4.