

doi:10.3969/j.issn.1000-7695.2020.15.012

固体废弃物处理技术评价指标体系研究与实践

张静园, 张春鹏, 张 丁, 鲁 露

(科技部科技评估中心, 北京 100089)

摘要:为促进绿色技术成果转化应用, 建立专业评价指标体系, 从绿色技术的重要分支领域固体废弃物处理技术出发, 研究总结我国固体废弃物处理技术的发展现状、技术特点及存在问题, 提出一套基于专家咨询与标准化评价方法结合的技术评价指标体系。通过对技术先进性、成熟度、生态环境效益、经济效益以及科研水平等指标分析, 构建了五级评价等级, 为绿色技术成果转化的筛选评价提供支撑与借鉴。

关键词:固体废物处理; 绿色技术; 技术评价; 指标体系

中图分类号: F204

文献标志码: A

文章编号: 1000-7695 (2020) 15-0089-06

Research and Practice on Evaluation Index System of Solid Waste Treatment Technology

Zhang Jingyuan, Zhang Chunpeng, Zhang Ding, Lu Lu

(National Center for Science & Technology Evaluation, Beijing 100089, China)

Abstract: In order to promote the transformation and application of green technology achievements and establish a professional evaluation index system, this paper studies and summarizes the development status, technical characteristics and existing problems of solid waste treatment technology in China from the important branch of green technology, and puts forward a set of technical evaluation index system based on the combination of expert consultation and standardized evaluation method. By analyzing the indicators of advanced technology, maturity, ecological environment, economic efficiency and scientific research level, the five level of evaluation is constructed, which provides support and reference for the screening and evaluation of green technology achievements transformation.

Key words: solid waste treatment; green technology; evaluation of technology; index system

为深入贯彻习近平总书记生态文明建设重要思想, 落实联合国《2030 可持续发展议程》, 坚持绿色低碳循环发展, 2016 年科技部在上海建设了我国第一家“绿色技术银行”, 旨在促进我国绿色技术的筛选评价与转化应用落地, 提供技术收储、筛选评价、技术转移、金融支持等全链条服务。启动建设以来, 围绕资源节约、环境友好、安全高效、生命健康等绿色技术的重点领域, 收储了一大批技术成果, 但由于缺乏系统性的评价筛选体系, 成果水平参差不齐、落地转化成熟度不高, 难以有效地指导实践应用。为了实现技术供给方与需求方的精准对接, 促进一批技术先进、成熟度高、可复制推广的绿色技术成果的转化应用, 亟待研究构建一套既具有理论价值又能够便于实践操作、数据采集方便、指导性强的绿色技术评价指标体系。

固体废弃物处理是我国绿色技术的重要领域。2018 年 6 月, 中共中央国务院印发《关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》, 全面禁止洋垃圾入境, 开展“无废城市”建设试点等工作。2019 年以来, 我国先后在上海、北京等地试行“垃圾分类”政策, 统筹推进固体废弃物“减量化、资源化、无害化”处理。“无废城市”和“垃圾分类”等一系列措施对我国固体废弃物处理减量、垃圾焚烧处理能力提升及资源化运用都提出了更高要求。本文从固体废弃物处理技术角度出发, 探索建立一套科学规范的技术评价指标体系, 为实现技术的精准筛选、转化应用提供实践指导, 并为助推绿色技术的推广实践, 提升绿色产业创新发展提供借鉴和参考。

收稿日期: 2020-05-11, 修回日期: 2020-06-24

(C 基金项目: 国家重点研发计划大气污染防治与污染防治技术重点专项“绿色技术评价方法及产业政策体系研究”<http://www.yfrc.org.cn>)

1 固体废弃物处理技术

1.1 固体废弃物处理主要技术

固体废弃物（简称“固废”），是指人类在生产、消费、生活和其他活动中产生的固态、半固态废弃物质，大体分为危险废物、工业生产固废和城市生活垃圾。据统计，2018 年 200 家全国大、中城市一般工业固体废物产生量为 15.5 亿 t，工业危险废物产生量为 4 643.0 万 t，医疗废物产生量为 81.7 万 t，生活垃圾产量为 21 147.3 万 t^[1]。当前，我国固体废物产生量大、积存量多，固体废物底数不清、处置能力不匹配，固体废物污染风险隐患不断加剧。

固废因其含有的成分非常复杂，物理性状多样，是“三废”中较难处理的一种。目前的处理思路主要有：一是源头控制其产生量，例如，开展垃圾分类、提高废物的回收率，逐步改进生产工艺减少原料消耗，延长产品的生命周期等；另一种是进行资源化回收利用，把固废作为可回收能源，经一系列处理后成为最终废弃物进行处理，并对处理过程中产生的二次能源加以利用。固废处理技术主要采用压实、破碎、分选、焚烧、生化处理等，各类处理技术及主要优劣见表 1^[2-3]。

表 1 固体废弃物处理技术分类及优劣势比较

技术类别	典型处理技术	技术的优劣势
分类回收	压实、破碎、磁选、分选等	利用先进的自动化机械装置设备，在重力或离心力的作用下实现对垃圾分拣，实现回收可利用垃圾的重复利用。回收技术需要利用固体废弃物的自身特性，对其性质要求较高
卫生填埋	沼气利用	利用生化原理实现对垃圾中的有机物质的分解处理，达标排放渗滤液和沼气。填埋处理是目前城市生活垃圾最主要的处理方法，其处理量占总量的 70% 左右，技术具有建设投资少、处理量大、处理费用低、处理废物类型多的优点，同时具备修复土地和收集沼气的特点。但该方法易受到交通、水文地质条件的限制，选址难度较大，且需关注垃圾防渗等问题
生物堆肥处理	露天堆肥法、快速堆肥法等	基于一定的好氧/厌氧环境，进行固体废弃物中有机成分的降解处置，使之转化成为无机成分，并对含量较大的垃圾无机物及难于生化降解的有机物进行人工堆肥。该工艺的发酵周期短，便于机械化，无害化程度高，投资成本和填埋法相似，产成品具备农肥价值。然而该方法作业现场卫生环境不好，垃圾减容率一般，运行费用也较高
焚烧处理	分散焚烧、集中焚烧	焚烧能够彻底消灭固体废弃物，并利用燃烧产生能量，彻底去除固体废弃物的毒性。焚烧法可用于可燃固体废弃物，部分废弃物因其燃烧中可产生热能、电能而具有很高的再利用价值。但焚烧法运行成本相对高，还会产生有害气体
化学/生化处理	高温熔融、冶金废渣、化工固废金属回收等	用于较多危险固体物的无害化处置如工业危险固体废物处置、冶金、发电等领域废渣资源化处理。该类技术避免了危险废弃物的危害，同时有利于贵重金属的回收，具有可观的经济效益

1.2 固体废弃物处理相关标准和政策的发展历程

研究技术相关标准政策对于掌握技术成果转化和建立科学评价指标具有重要指导意义。研究发现，我国对固体废弃物的处理大致经历从认识、管控到治理三大阶段^[4]。一是认识阶段，政策法规集中在对固体废弃物的检测认知，然后建立危险固体废弃物的贮存、填埋、运输等过程管理和处置标准，例如危险废物贮存污染控制标准等。二是管控阶段，首次颁布部分危险废物管理办法与指南^[5]，出台生活垃圾及污泥管理等相应的防治和管理意见，例如 2010 年出台关于加强城镇污水处理厂污泥污染防治工作的通知等。三是治理阶段，在此阶段我国完善了工业固体废物、生活垃圾等防治制度，对危险废物的经营、固体废物的进口标准等颁布了一系列政策法规，例如黄金行业氰渣污染控制技术规范等。

总体来说，我国的固体废弃物处理政策标准已逐步面向细分领域，对不同类型的污染物控制已建立了明确的操作规范和控制标准，固体废弃物处理技术的评价指标体系需要紧扣相应的处理标准和规范，并将相关的行业标准规范作为衡量技术水平的最根本的前提和基础。

1.3 技术筛选评价研究的现状

(C)1994-2022 China Academic Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

评价指标开展多维度研究。国际上，英国绿色投资集团建立了由 4 个一级指标和 19 个二级指标构成系统且高效的项目筛选标准体系，一级指标包含为“技术”“绿色”“市场”“风险”4 个方面，每个方向有若干二级指标供参考，明确聚焦可再生能源、能源效率相关、废弃物管理、绿色建筑和清洁交通等领域^[6-7]。Goedkoop M^[8-9]国外多位学者对固体废弃物从产生、运输、再生到最终处理过程中处理技术的环境影响值进行定量计算，建立了基于全生命周期（LCA）的评价方法。Cha Hee Sung^[10]通过鉴定影响韩国建筑垃圾管理的 59 个影响因子，建立了评估工具来测定工程项目对于建筑垃圾管理。

在我国，刘平等^[11]建议将 ETV 环境技术验证评价制度纳入我国环境科学技术管理体系，弥补我国对新环境技术性能效果定量评价的不足，并推动其国际间验证体系互认。张建松等^[12]采用危害因子识别的方法，构建固废资源化产品质量安全评价的定性和定量指标体系。伍跃辉等^[13]研究了废塑料资源化过程中对环境潜在影响的评价方法，确定了废塑料资源化生命周期评价模型的各项参数，包括废塑料资源化的环境影响因子的特征化、废塑料资源化生命周期评价标准化基准值、环境负荷权重因

子等。高东峰等^[14]提出了一套基于专家评价的工业固体废物综合利用技术评价指标,建立了技术先进性指标、经济可行性指标和环境友好性指标三大类一级指标及相应的二级指标,并对各指标进行定量权重计算,为环境技术评价制度提供补充和参考。

目前对于绿色技术的评价大多是沿用技术评价的通用标准,对于固废处理技术的评价缺乏针对性、体系性的研究。固废技术大多具有公益性和商业性两种属性,而目前的评价体系更多关注的是技术的科学属性,尚未真正关注技术转化和落地应用,难以有效助推绿色技术产业的发展,需要建立一套针对绿色技术细分领域的,面向技术转移、成果转化的科学的指标评价体系。

2 固废处理技术评估指标体系及方法研究

2.1 指标体系的设计原则及思路

近 20 多年来,我国对绿色技术评价的主要方法以专家同行评议和合格评定模式为主。国家生态环境部启动国家环境技术管理项目,以第三方验证机构对环境技术性能验证为主的环境保护技术验证评价(Environmental Technology Verification, ETV)逐渐兴起,鉴于环境技术验证评估体系的建立和完善需要一个过程,真实数据和信息的严重缺失以及经费不足等也是目前较大的困难,对于绿色技术的评价仍需要借助原有专家评估体系工作的经验^[14]。

本研究综合运用专家同行咨询与标准化评价法等,在评价指标体系的设计上重点考虑了以下原则:一是要注重技术的应用性,技术筛选评估的目的在于推动固废处理技术产业化,促进优秀成熟的绿色技术转化应用的角度出发,因此在体系设计上要注重技术的市场前景、落地转化的成熟度以及承接落地的综合条件等。二是要建立分类评价的思路,需要结合固废处理技术细分领域特点,建立专业的、有针对性的指标评价体系。三是定性与定量结合,

注重指标体系的规范和可操作性,在科学、全面、合理的前提下,力求实际应用过程中方便、简洁、可行。

为遵循固体废弃物减量化、资源化、无害化的处理原则,指标体系的构建包括以下过程:(1)结合固废资源化产业发展特点和相关评价标准,开展技术指标调研和数据收集分析,建立指标库,将现有科技评价体系中涉及的所有相关指标进行梳理总结。(2)从固废处理技术领域出发,对能体现技术本质特征,满足成果转化需求的指标进行筛选和比较,例如主要污染物的减排量、资源的回收效率、能耗水平等,删除不重要、重复以及难以评价衡量的指标。(3)征求业内专家意见。对初步筛选指标进行判断衡量,将指标进行归类,理清结构关系,确定核心维度及指标。(4)对核心指标进行权重赋值,并对具体指标的衡量标准进行定义,形成最后的指标体系。

2.2 评价指标体系

研究发现,固废资源化处理技术评价体系应至少反映三类内容:(1)实际处理效果,如主要固体废弃物减量率、污染物去除率、资源的直接回收效率、回收资源的二次利用情况等。(2)处理过程环境影响效益水平,例如处理过程中的二次污染情况、减排率(温室气体排放量)、物耗及物耗水平等。(3)技术转化进展情况,例如技术的就绪水平、产业化程度、技术产业前景、市场规模容量、团队研发及知识产权风险等。

因此将固废资源化处理技术三类评价内容分类形成技术先进性、技术成熟度、生态环境效益、经济效益、研发水平等方面 5 个一级指标和 16 个二级指标。一级指标用于快速识别技术,进行宏观分析,具有简洁快速、省时省力等特点,可以用于对一般技术初步定性判断。二级指标在一级指标基础上的延伸,对一级指标进行具体阐述,指标体系如图所示。

表 2 固废处理技术评价指标体系

一级指标	二级指标	指标说明
技术先进性	主要污染物去除率	是指固体废弃物中主要污染物处理过程中削减量占原有污染物的百分比
	固废减量率	技术对固体废弃物的处理效率,是指处理后固废量占处理总量的百分比
	资源回收效率	处理技术回收效率,即该技术回收资源占原有污染物总量的百分比
技术成熟度	有害污染物去除率	技术对固废中潜在有毒有害及重金属等的去除效率
	研发应用阶段	处理技术目前所处的产业化进展
	技术的稳定性	技术产品质量的稳定性及可靠性
	技术的可复制推广性	技术在不同应用场景的复制推广性
生态环境效益	废物产生量(t/万t固废)	技术在处理过程中二次污染产生的废水、废气、废渣的排放量
	废物的处置工艺	处理过程中废物产生后的处置率和无害化程度。包括废水的回收处理率、废气的除臭措施及无害化处理、废渣的二次处理
	药剂消耗水平(t/万t固废)	处置过程所消耗的药剂剂量
	耗电量(kW·h/t固废)	固废处理过程中的耗电量,以处理单位固体废弃物的消耗量为计量指标
	环境政策标准	用于说明是否符合国家和地方有关环境法律、法规,污染物排放是否达到国家、地方和行业的排放标准、排污许可证和总量控制的要求

表 2（续）

一级指标	二级指标	指标说明
经济效益	技术产品应用成本（元/t 固废）	技术应用中的研发、设备费用、物耗、劳动力成本等
	发展前景	处理技术领域的国家政策导向及发展前景
	市场竞争	技术产品的市场规模、盈利能力、竞争情况等
	产业链协同	技术产业上下游产业发展情况及产业链协同发展等
研发水平	支撑后续研发背景	技术支持后续的持续创新研发能力
	核心人员技术水平	技术核心研究团队的研究背景及研究水平
	团队管理运营能力	技术团队的管理能力、运营及绩效激励能力

2.2.1 技术先进性

技术先进性是衡量固废处理技术的核心指标，直接反映了处理技术的实际效果和应用情况，技术先进性主要通过与国内、外同类技术成果的比较，体现其原理、方法、装置等的性能、功能参数及其他技术指标的水平及优越性。因此对比参照的技术是衡量被评技术先进性高低的重要参考指标，一般选

择相同技术领域、同样或相似的作用效果的最高水平的技术。若尚未进入产业化的技术，可通过查询文献或者咨询专家进行选取，若已有产业化的技术，也可通过产业规模、市场价值等角度进行判断。如表 3 所示，对先进性的等级进行描述定义，来反映技术的作用或效果水平。

表 3 技术先进性评价等级参考

等级	说明	评价依据
第一级	该技术核心指标未达到或达到国内行业标准的最低水平	主要技术指标与国内外最先进的同类或相似技术相比所处的位置。参考专家意见、自评信息、论文、专利、标准、行业数据等信息
第二级	该技术核心指标达到国内同行业领域的平均水平	
第三级	该技术在国内外行业中领先水平，核心指标达到国内同行业最高水平	
第四级	该技术在国内外行业处于最高水平，核心指标达到国际同行业领先水平	
第五级	该技术在国际处于最高水平，核心指标达到国际同行业最高水平	

2.2.2 技术成熟度

技术成熟度，即技术就绪度（Technology Readiness Level, TRL）是用于衡量该技术成果所处的发展阶段，技术的成熟度体现了技术产业化的程度^[15]。固废处理技术大多是应用性较强的技术，

在技术的转化实践中，技术承接单位往往非常看重技术的成熟度。本文在美国航空航天局（NASA）提出并使用的九级技术就绪度分类方法基础上，就固废处理技术从技术思路产生到产业化全过程中的不同阶段将成熟度等级进行定义，见表 4。

表 4 固废处理技术成熟度（TRL）参考评价准则

等级	等级描述	评价标准	评价依据
1	思路报告级	形成固废处理技术原理清晰、研究并证明技术原理有效的思路性报告	需求分析及技术基本原理报告
2	技术方案级	制定研发的技术路线、确定研究内容、形成明确有效的技术方案。	技术方案、实施方案
3	关键技术验证级	关键污染物去除技术通过方案验证	研究报告等
4	仿真结论成立级	实验室环境下关键污染物去除技术通过验证	研究报告等
5	中试初样级	放大生产环境下固废处理技术可行，为工程应用或实际生产提供数据	中试研究报告
6	中试正样级	放大生产环境下固废处理技术满足生产要求	中试研究报告
7	技术示范级	关键固废处理技术、参数功能在示范企业、流域示范区中进行示范，达到预期目标	技术示范 / 工程示范报告、专利等
8	用户验证级	处理技术通过第三方评估或经用户试用，证明可行	第三方评估报告，示范工程依托单位应用效益证明
9	推广应用级	处理技术得到广泛应用	推广应用证明

2.2.3 生态环境效益

生态环境效益用于衡量固废处理过程中废水、废气、固废产生量和处置方式等、能耗水平以及减排等的表现。在我国，固体废弃物的处理并未得到足够的重视，许多传统的处理技术都显现出了严重的二次污染问题，例如传统的卫生填埋垃圾渗滤液对于地下水的污染问题、焚烧过程中的二恶英等有毒物质挥发的问题、金属的冶炼回收过程中的有毒

重金属的二次污染问题等。此外由于环保产业发展受政策调控影响较大，固废处理技术的生态环境效益普遍受政府较关注，同时出于风险规避角度，排除潜在的因环保政策问题导致的企业停产等问题，金融投资机构也非常重视生态环境效益。

2.2.4 经济效益

经济效益的评估可以从技术的应用成本（技术应用中的研发、设备费用以及劳动力的生产成本），

技术所在行业的发展趋势及市场规模、市场竞争、营业收入、上下游产业链的协同情况等方面,分析该技术已产生或可能产生的经济价值。同时由于绿色技术兼具公益性与市场价值,往往需要政府扶持,评估中也要关注政府在项目的税收、补贴及法律政策方面的支持情况^[16]。技术的经济价值在促进技术的落地转化,进一步产业化推广应用具有重要的意义,常常受到技术投资方的重点关注。

2.2.5 研发团队

研究发现许多实验室的技术,其研究人员科研能力较强,而工程和产业化能力往往欠缺,运营和管理水平不足,这些因素也常常影响到技术的转化

应用。因此评估实践中,可以对技术研发团队的研发背景、核心人员行业技术水平、团队的运营管理能力、完整性、稳定性、成长性等角度进行考虑。

2.3 评估结果确定

通过对固废处理技术相关评价标准和专家的咨询意见,评估方根据材料证据对比标准规定的等级或数值,确定最终固体废弃物处理技术评定等级。推荐等级在三级及以上,一般建议对被评技术予以推广应用,而对于推荐等级为二级及以下等级,一般不建议对该技术进行推广,具体等级评定参考表5所示。

表5 技术推荐等级评价参考

级别	评价参考意见
五级 非常推荐	该技术先进性达到五级,技术成熟度达到8级以上,已经或即将获得广泛应用,在行业关键技术难题取得重大突破,打破国外技术封锁
四级 积极推荐	技术先进性达到四级以上,成熟度达到8级以上,已经或具备广泛应用条件,针对行业关键技术难题取得较大突破;技术先进性达到四级以上,技术成熟度为6~7级,产业化前景较为明朗,有望较快实现产业化,技术打破国外技术封锁
三级 适度推荐	技术先进性达到四级以上,打破国外技术封锁,或针对行业关键技术难题取得较大突破,但技术成熟度为6~7级,尚处于实验室或小试阶段,产品化难题有待克服;技术先进性达到三级以上,技术成熟度达到8级以上,针对关键技术进行引进模仿性创新
二级 谨慎推荐	技术先进性达到二级以上,技术成熟度为6~7级,产业化面临重大难题,或技术成熟度低于6级;技术先进性达到二级,技术成熟度达到8级以上,为引进模仿性创新或国内模仿创新
一级 不推荐	技术先进性为一级,或技术成熟度低于6级,为国内模仿创新或无明显创新

3 案例实证分析

3.1 案例背景

2016年科技部在上海先行先试,建立了集技术收储、筛选评价、技术转移、金融服务为一体的绿色技术银行。绿色技术银行收储一批28项固体废弃物处理技术,应用效果参差不齐,技术成熟度不一,需要对技术进行科学的筛选评估,以实现绿色技术的落地转化。本文选择某工业含银废渣资源化利用项目技术的评估过程进行分析。该工业废渣是金属冶炼后产生的固体废物,含有一定量的银、金、锌、铜、铝、铁等金属,这些金属元素均可进行二次回收利用,同时该工业废渣残留有大量氰化浸出剂和砷等重金属,属于《国家危险废物名录》中的固体废物,给生态环境带来巨大的风险,需严格按危险废物处置要求进行管理与处理。

3.2 实施过程

评估前期,通过查阅该技术成果领域国家政策标准、专业文献书籍、领域研发进展报告等,系统梳理该技术的原理、行业领域产业化进程、行业技术成熟度、市场前景等方面信息。从冶金行业固废资源化领域专家库中,依据核心技术相关性、政策和产业分析需求等评估要素,筛选化学工程作业、金属矿物冶炼加工、冶金清洁生产等领域,熟悉冶金尾渣行业上下游现状及金属富集分离等领域的

学术界、产业界及法律、财务不同领域7位权威专家组成专家组,制定了针对该细分领域的专业的评估指标体系。对比参照技术的关键评估指标,对被评技术的技术水平、环境效益、经济价值、团队研发风险等方面进行评估、分析与判断,形成评估推荐等级。

3.3 指标体系及评级结果

评估结果发现,技术原料年处理量达50万t/年,固废污染物的减量率达到80%以上,与国内领先企业的已有工程化数据接近或基本持平;技术完成中试,技术就绪度水平是6级,已有成熟推广案例,具备复制性、推广性,但产业化应用工程项目较少;技术产生的废气排放满足环保标准要求,物耗水平与行业平均水平持平,但有害重金属含量未鉴定,存在一定环保风险;技术属于国家鼓励的产业,资源化处理具有有效益、可持续等优点;团队缺乏技术工程化人才,不利于该技术的产业化。

3.4 评估结果应用

通过评估,该技术推荐等级定为比较推荐,评估团队对技术在产业化推广、知识产权布局等方面提出了建议,技术成果方积极增加了研发布局,调整了产业化的方向,积极开展放大验证。绿色技术银行通过应用评估方法对一批固废处理技术的评估,筛选出多项技术先进、成熟度高、可复制性强、具备落地转化条件的技术,并积极对接基础好、承接

条件成熟的地区例如广东、山西、广西等地进行落地转化和产业化推广, 同时该类技术的评价指标体系为其他绿色技术例如工业水污染治理、大气污染处理技术的评价提供了借鉴。

4 启示与发现

(1) 评价过程中注重标准化评价, 侧重评价技术产业化应用的前景, 提高技术的转移转化效率。本文评价方法注重结合现有环保标准的对比, 注重同类技术竞争产品的对标比较, 按照明确的评价标准, 实现评价技术的等级量化评价。为进一步实现技术的转化落地, 在评价指标体系中增加了对技术的产业化前景的分析, 专家的咨询中增加了产业界, 法律及投资相关专家, 并引入了上下游用户的评价意见, 将促进地方政府、行业及企业快速识别技术及推广应用。

(2) 建立了针对细分领域的分类评价指标体系, 提高了绿色技术的供给与精准识别。目前我国科学技术成果的评价过程中, 大多以通用的评价标准为主, 侧重技术本身的评价, 而对市场、产品、团队、知识产权、风险等因素的评价较少涉及, 此外环保技术大多具有公益性属性, 其市场应用价值、经济效益的判断也是绿色技术。本文针对固废污染物处理特定领域的技术建立了评价指标体系, 推动了固废处理技术的快速精准筛选评价, 为建立绿色技术的筛选评价标准体系提供经验。

(3) 进一步优化筛选体系, 建立绿色技术的评估实践应用的新场景。自 2016 年以来, 绿色技术银行积极推进绿色技术创新资源的集聚, 运用绿色技术与现代金融工具, 促成了多项绿色技术的转移转化。绿色技术项目从传统的风能、太阳能、垃圾和生物质发电等行业, 到智能电网、低碳交通、能量储蓄和潮汐技术等创新技术领域, 都对绿色技术的筛选范围和标准都提出了更高的要求。本文建立的以固废为代表的绿色技术评价体系, 为完善我国绿色技术的评价管理制度提供了参考, 为绿色技术银行强化了绿色技术收储供给, 同时为生态环境部打造“无废城市”, 推广先进适用技术的工作提供了可能的筛选评价方式。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国生态环境部. 2019 年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报 [R/OL]. 北京: 生态环境部, (2019-12-31) [2020-03-20]. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/gtfwzrfz/>.
- [2] 曹金敏. 固体废物综合处理技术的现状与对策 [J]. 资源节约与环保, 2015(3): 50.
- [3] 王智勇. 浅谈固体废物综合处理技术的现状与措施 [J]. 低碳世界, 2019, 9(12): 46-47.
- [4] 周鑫, 贾中帅. 我国现行固废处理政策法规分析 [J]. 现代矿业, 2019, 35(12): 1-6.
- [5] 中国环境科学研究院固体废物污染控制研究所. 危险废物经营单位记录和报告经营情况指南 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.
- [6] MACQUARIE GROUP. Green Finance Framework [EB/OL]. (2019-06-01) [2020-03-25]. <https://static.macquarie.com/dafiles/Internet/mgl/global/shared/about/investors/debt-investors/macquarie-green-finance-framework.pdf?v=3>.
- [7] 卜永祥. 英国绿色投资银行的转型及其启示 [J]. 中国金融论坛工作论文, 2017(13): 1-15.
- [8] INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. ISO14040-2006 Environmental Management Life Cycle assessment Principles and Framework [S]. Geneva: ISO, 2006: 1-20.
- [9] GOEDKOOP M, SCHRYVER A D, OELE M. Introduction to LCA with Simapro7 [R/OL]. Netherland: Pre.Consultants. (2009-02-03) [2020-01-03]. <http://www.pre.nl/simapro/manuals/default.htm>.
- [10] CHA H S, KIM J, HAN J Y. Identifying and assessing influence factors on improving waste management performance for building construction projects [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2009, 135(7): 647-656.
- [11] 刘平, 王睿, 韩佳慧, 等. 我国环境技术验证评价制度建设探析 [J]. 环境保护科学, 2014, 40(2): 86-89.
- [12] 张建松, 黄进, 林翎, 等. 工业固废资源化产品质量安全评价指标体系研究 [J]. 标准科学, 2014(5): 38-42.
- [13] 伍跃辉. 废塑料资源化技术评估与潜在环境影响的研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.
- [14] 高东峰, 黄进, 林翎, 等. 工业固体废物综合利用技术评价浅析 [J]. 标准科学, 2013(4): 16-19.
- [15] 周小林, 武思宏, 李骞, 等. 技术就绪度方法在国家科技计划项目评估中的应用 [J]. 科技管理研究, 2017, 37(3): 158-162.
- [16] 王小勇, 赵叶华. 公益性科技成果评价与转化模式研究 [J]. 科技管理研究, 2014, 34(6): 79-83, 89.

作者简介: 张静园 (1988—), 女, 山东青岛人, 硕士, 中级工程师, 主要研究方向为科技成果转化与评估; 张春鹏 (1979—), 通信作者, 男, 辽宁辽阳人, 博士, 副研究员, 主要研究方向为科技成果转化与评估; 张丁 (1989—), 女, 河北邢台人, 博士, 中级工程师, 主要研究方向为科技成果转化与评估; 鲁露 (1991—), 女, 四川达州人, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为科技成果转化与评估。