

中国大气污染防治技术评价应用体系与方法探析*

刘平¹ 童亚莉^{2#} 高佳佳² 韩佳慧¹ 杨丽²

(1.中国环境科学学会,北京 100082;2.北京市劳动保护科学研究所大气污染控制研究室,北京 100054)

摘要 系统梳理了中国技术评价的发展历程及应用体系,在此基础上,重点分析了中国大气污染防治技术评价的应用领域及评价方法的现状,总结中国大气污染防治技术评价目前存在的问题,提出要构建规范化评价标准与方法体系,推动建立政府指导下的市场化第三方评价运行机制以及加快职业化评价人员队伍建设等建议。

关键词 大气污染防治技术 技术评价 评价体系 评价方法

DOI:10.15985/j.cnki.1001-3865.2020.08.022

Analysis on application system and methods of air pollution prevention and control technology evaluation in China LIU Ping¹, TONG Yali², GAO Jiajia², HAN Jiahui¹, YANG Li². (1. Chinese Society for Environmental Sciences, Beijing 100082; 2. Department of Air Pollution Control, Beijing Municipal Institute of Labour Protection, Beijing 100054)

Abstract: The development and application system of China's technology evaluation were systematically summarized. Based on which, the application fields and evaluation methods of air pollution prevention and control technology evaluation in China were analyzed, and the problems existed in China's air pollution prevention and control technology evaluation were summarized. Finally, some suggestions, including constructing standardized evaluation standards and methods system, promoting the establishment of a market-oriented third-party evaluation mechanism under the guidance of the government and accelerating the construction of professional evaluation personnel team were proposed for the China's air pollution prevention and control technology evaluation.

Keywords: air pollution prevention and control technology; technology evaluation; evaluation system; evaluation method

我国大气污染物排放现状复杂,随着大气污染防治技术研究成果的不断产出、环境管理要求日益严格,大气污染防治技术评价在开展技术选择、支撑环境管理和促进成果转化等方面扮演着越来越重要的角色。科学合理地开展大气污染防治技术评价工作,对于大气污染防治技术产业化、经济高效地开展大气污染防治至关重要。

从科技成果的角度来看,大气污染防治技术是科技成果的一类,大气污染防治技术评价应是技术评价的应用领域之一。根据大气污染防治技术评价特征,可对大气污染防治技术评价定义为“按照规定的程序、方法,对组织或个人完成的具有一定学术价值或应用价值的,具备科学性、创造性、先进性等属性的大气污染防治技术进行科学性、创造性、先进性、可行性和应用前景的评价、评议、验证、论证、评审、鉴定等活动,并给出相应结论”。评价对象可包括应用于大气污染治理和预防的技术方法、产品(设

备)、药剂材料、工艺、方案、工程设施以及大气污染监测仪器等。

大气污染防治技术评价以技术评价为基础,近三十年来,国内外对大气污染防治技术开展了相关工作和研究,取得了相应的进展和成果。发达国家和地区如美国、欧盟等较早对大气污染防治技术评价开展了系统性研究,建立了最佳可行控制技术^[1-2]、环境技术验证评价^[3]、最佳可行技术^[4-5]等较为完善的评价体系。我国自2007年提出建立污染防治最佳可行技术以来,可行技术评价体系不断完善^[6]。在评价方法上,同行评议法在各类技术评价情景中应用最为广泛。同时,我国研究学者还将模糊综合评价、灰色综合评价、层次分析法等数学模型方法应用于不同行业的大气污染防治技术评价中^{[7][1157-1164, [8-9]]}。

本研究在分析国内外技术评价发展历程的基础上,对我国大气污染防治技术评价应用体系进行了

第一作者:刘平,女,1973年生,博士,高级工程师,主要从事环境技术评价研究。*通讯作者。

*国家重点研发计划项目(No.2016YFC0209101)。

全面的梳理,并重点对我国大气污染防治技术评价应用领域、评价方法研究和指标体系构建进行总结,分析了当前我国大气污染防治技术评价体系存在的问题,并提出了对应的对策和建议,以期为我国大气污染防治和环境管理体系的建设提供支撑和参考。

1 技术评价的发展与应用

1.1 产生与发展历程

技术评价是对技术水平、价值、效果等进行判断的认识活动^[10],是技术研究成果从实验室走向市场的重要环节。大气污染防治技术评价作为技术评价的应用领域之一,其基本的评价制度、评价方法和运行机制等与技术评价基本相同。技术评价最早可追溯到15世纪初原威尼斯共和国对专利申请的审查而开展的同行评议^[11]。1950年美国国家科学基金会(NSF)成立,将同行评议确立为遴选资助对象的运行机制^[12]。此后,以同行评议为主要方式的技术评价在世界各国的科技管理部门得到普遍应用,成为优化配置科研资源的有效手段^[13]。美国众议院科学技术委员会开发分会于1966年在研究报告中首次提出要开展技术评价,1972年美国通过立法建立了国会技术评价办公室。随后,技术评价相继引入欧洲和日本^[14]。

我国技术评价的发展与国家政策推动密切相关。梳理我国颁布的各类技术评价相关政策文件,根据我国技术评价发展特征,本研究将我国技术评价发展历程划分为摸索阶段、快速发展阶段和逐步完善阶段。

(1) 摸索阶段(1987—2000年)

原国家科学技术委员会在1987年发布《科学技术成果鉴定办法》,首次正式提出与技术评价相关的要求,规定列入国家和省、自治区、直辖市以及国务院有关部门科技计划内的应用成果,以及少数科技计划外的重大应用技术成果,可通过检测、会议或函审的形式开展科技成果鉴定。1993年我国通过实施了第一部科技基本法——《科学技术进步法》,规定并提出了专家评审制度的总体要求,为我国技术评价的规范化发展提供了法律基础。

(2) 快速发展阶段(2000—2011年)

在我国技术评价发展历史上,技术评价最早可归属于技术研发相关科技活动完成后进行的绩效评价,通过对科技活动产出的效果、影响等评价,促进成果转化和应用,为完善科技管理和追踪提供依据。2000年1月,科学技术部等发布《国家科技计划项

目管理暂行办法》,提出国家科技计划在验收前应委托有关社会中介服务机构对研究开发成果完成客观评价或鉴定。2003年9月,《关于改进科技评价工作的决定》和《科学技术评价办法(试行)》进一步明确过去由政府部门直接组织实施的评价活动转变为政府委托,第三方机构和专家委员会(专家组)开展评价的模式。原环境保护部2007年提出要建设环境保护技术评价工作目标,2009年发布《国家环境保护技术评价与示范管理办法》,明确了应开展环境保护技术评价的7类情况,提出了环境技术评价的方法和程序,并要求环境保护行政主管部门在开展与环境保护技术相关的管理工作或项目审批时,应当以环境保护技术评价的结果作为依据。此时,技术评价在环境技术领域已从科技活动完成后的绩效评价扩展到技术方案的比选、技术目录编制、奖项评选等。此后,技术评价的社会化、市场化发展速度明显加快,各种评价模式、方法、应用领域不断发展完善,我国技术评价发展进入一个新阶段。

(3) 逐步完善阶段(2011年至今)

为规范和完善评价标准和评价内容,2011年科学技术部发布《科技成果评价试点暂行办法》,明确了评价工作的7个评价标准:(1)技术创新程度、技术指标先进程度;(2)技术难度和复杂程度;(3)成果的重现性和成熟程度;(4)成果应用价值与效果;(5)取得的经济效益与社会效益;(6)进一步推广的条件和前景;(7)存在的问题及改进意见。2016年,科学技术部正式废止1987年颁布的《科学技术成果鉴定办法》,并牵头印发了《科技评估工作规定(试行)》,明确各级科技行政管理部门的评价工作交给专业评价机构执行,评价结构对评价结果负责。这意味着我国正探索和建立以市场为导向的新型技术评价机制。

1.2 技术评价应用体系

近30年来,我国技术评价领域进行了一些与我国经济发展水平和社会发展阶段基本一致的积极探索,形成了科研项目管理和环境管理两大应用体系。在科研项目管理领域,不同专项、计划、基金等均使用不同形式的验收、评价方式对项目成果进行考核,在保证项目顺利完成的同时促进技术产业化发展。如《国家重点研发计划管理暂行办法》明确要求,需由专业机构进行项目成果验收。专业机构根据不同项目类型,组织项目验收专家组,采用同行评议、第三方评估和测试、用户评价等方式,依据项目任务书所确定的任务目标和考核指标开展验收。项目验收

专家组一般由技术专家、管理专家和产业专家等共同组成。国家自然科学基金依据国务院于2007年2月24日颁布的《国家自然科学基金条例》，规定基金管理机构应当聘请具有较高的学术水平、良好的职业道德的同行专家进行评审，对基金资助项目申请从科学价值、创新性、社会影响以及研究方案的可行性等方面进行独立判断和评价，提出评审意见。在环境管理领域，技术评价的应用主要包括环境保护科学技术奖、技术目录、污染防治可行技术和成果鉴定4个方面，有效推动科学技术进步。

2 大气污染防治技术评价

2.1 大气污染防治技术评价应用领域

我国大气污染防治技术评价研究主要应用在燃煤电厂、玻璃行业和工业锅炉的脱硫、脱硝、除尘技术评价和超低排放技术组合评价^[15]，制药行业^[16]、包装印刷行业^[17]、石化行业^[18]和油品储运行业^[19]挥发性有机物排放控制技术和自动监测技术评价^[20]、铅冶炼污染防治技术评价^[21]⁵²⁶、船舶废气减排技术^[22]以及重型柴油车节能减排综合评价^[23]等领域。在优化评价程序、选择合适的评价方法的基础上，综合考虑行业特征和污染防治技术特点，对行业技术开展技术、经济和环境等综合性能评价。

根据评价需求的侧重，可以将大气污染防治技术综合评价分为两大类，侧重技术性能评价和侧重经济性能评价。侧重技术性能评价主要以评价技术本身的技术水平和对环境的影响为主，经济因素不予考虑或指标权重较小，如技术综合效能评估和全生命周期评价^[24]，主要用于技术本身性能评价。侧重经济性能评价主要考虑技术工程应用优劣，经济因素指标权重相对较大，如技术经济分析^[25]、最佳可行技术筛选^[21]⁵³⁰。

2.2 综合评价方法

大气污染防治技术评价作为技术评价的应用领域之一，其基础评价方法与技术评价方法一致。现代技术综合评价方法可以归纳为实证评价法、同行评议法和多指标综合评价法3大类。其中，同行评议法以及多指标综合评价法中的层次分析法、灰色综合评价法和模糊综合评价法在大气污染防治技术领域的应用研究最为广泛。

2.2.1 实证评价法

实证评价是通过对技术应用工程现场测试，依据测试数据得到真实、准确、能够客观反映污染防治工艺技术及其设备性能的充足科学数据的评价方

法^[26]。实证评价法具有较强的计划性和目的性，于是在实际运行条件下通过科学、合理的检测方案获得技术参数，评价结果准确、可靠、直观，具有较高的可信度，但也存在评价周期长、费用成本高的缺陷。实证评价法为技术综合评价奠定基础，实证评价法目前是我国开展最佳可行技术评价和环境技术验证评价必不可少的手段。实证评价法主要应用于环境技术验证、污染防治可行技术指南编制上。

环境技术验证评价于1995年前后出现在美国、日本、加拿大，是由政府的环境部门建立并推行的一类基于第三方评价机构的技术验证，是对具有商业化潜力的创新环境技术进行测试、验证的新型技术评价制度^[27]。环境技术验证评价采用定量与定性相结合的方法，定量评价采用大量的性能测试和数理统计模式^[28]。环境技术验证评价是我国目前发展中的一种评价方式。

欧盟于1996年提出最佳可行技术来预防和减少工业污染排放对环境造成的污染。最佳可行技术体现了综合污染防治全过程控制和清洁生产管理的理念，包括污染物源头控制技术、生产工艺技术、末端治理技术，是制定排污许可证条件和排放限值的基础，主要针对已经有实际应用的技术。我国现行最佳可行技术体系起始于2007年，主要指“污染防治可行技术指南”，涵盖废气、废水、噪声和固体废物等各种环境要素。我国各行业污染防治可行技术指南的编制基本分为技术初筛、技术调查和技术评价3个阶段。

2.2.2 同行评议法

同行评议法也称专家评议法，是以评议专家的主观判断为基础，依据一定的评价标准，对评价对象的各种技术性能和客观效果进行评价的一种方法。同行评议法的评价结果本质上是一种定性评价，具有操作简便、结果直观、综合性较强等特点，但专家的选择具有不确定性，难以保证评价结果的客观性和准确性。根据评价方式的不同，同行评议法一般可分为专家会议法、专家打分法、德尔菲法、头脑风暴法等。同行评议法是实际技术评价中应用最为广泛的一类方法，目前主要应用于最佳可行技术筛选、技术目录编制、科研项目验收考核等工作中。

2.2.3 多指标综合评价法

多指标综合评价法是在提出评价目标后，根据评价要求及技术的特点，构建指标体系并计算或给出指标权重，然后通过综合评价方法（模型计算），获得评价结果的一类评价方法。多指标综合评价法的

核心在于评价指标体系的构建和综合评价模型,常见的多指标综合评价法包括层次分析法、模糊综合评价法、数据包络分析法、灰色综合评价法等。

多指标综合评价法较同行评议法而言具有更强的科学性和客观性,但运算过程较为复杂,需要的数据量较大。目前多指标综合评价法已应用于多个领域和行业的大气污染防治技术评价研究中,如电厂PM_{2.5}、脱硫脱硝技术综合评价、工业锅炉烟气污染控制技术综合评价等。

2.2.4 不同评价方法的结合应用

多种技术评价方法的综合应用可以克服单个评价方法本身的局限和不足,这在大气污染防治技术领域得到了较多的应用。由于同行评议法简单易行,有研究者将同行评议法与层次分析法、模糊综合评价法相结合开展技术评价研究。邓双等^{[7]1160}利用专家打分法与模糊综合评价法相结合,邀请了20位涉及除尘技术研发、技术评估、能源和工程设备制造等领域的专家对不同燃煤电厂烟气一次PM_{2.5}控制技术进行赋值。吕庆志等^[26]将专家评议与层次分析法相结合,确定大气污染防治技术综合性能评价指标权重。

2.3 大气污染防治技术评价指标体系构建

国内学者针对我国大气污染防治不同技术类别的指标体系构建开展了大量研究^[46]。综合目前大量的研究成果来看,大气污染防治技术评价指标主要包括技术指标、环境指标、经济指标、运行管理指标、社会指标5大类,在具体的研究应用中,根据不同的评价需求构建评价指标体系,评价指标存在评价边界不清晰、定义不明确的问题,导致同一指标在不同技术领域的应用有所差异。

3 存在问题

随着大气污染防治技术科技成果转化的加速和评价需求的凸显,科学合理地开展大气污染防治技术评价,对于推动大气污染防治技术成果转化、支撑大气环境管理以经济高效地开展大气污染防治至关重要。综合分析我国科技评价发展历程、大气污染防治技术评价应用体系和评价方法,目前我国大气污染防治技术评价存在以下问题:

(1) 以政府为主导的专家评议体系已不能满足大气污染防治技术评价要求。专家评议是目前我国技术评价工作中实际应用最为广泛、最具有代表性的一类评价方式,评价结果以定性评价为主。由于专家评议适用范围广,多数情况下能对技术的技术

性能、环境影响和经济成本等作出比较客观、科学的定性评价。但由于受专家资源、专家学识和经验的局限以及缺少监督制约机制,在一定程度上影响了评价结果的科学合理性和客观公正性。随着市场经济体系的建立和完善,单一的专家评议体系、技术鉴定已不能满足新形势下对大气污染防治技术评价的不同需求,亟需建立适应环境管理需要的新大气污染防治技术评价体系。

(2) 缺乏成果转化导向的大气污染防治技术评价方法体系研究。从目前开展的不同领域(火电、工业锅炉、石化等行业)大气污染防治技术评价研究和实际评价应用来看,我国大气污染防治技术评价对象以已经成熟应用或有工程应用案例的技术为主,尚缺乏对处于技术研发阶段的大气污染防治技术的评价方法体系研究,大气污染防治技术评价在促进技术成果转化方面的作用有待提升,新技术如何通过自我声明纳入技术指南尚未有明确的规定和评价方法指导。

(3) 市场化的大气污染防治技术评价体制尚未建立。从国外科技评价的产生和发展来看,建立“政府指导-第三方机构执行-市场监管”的技术评价运行模式是最为有效的技术评价市场化、社会化运营机制。但随着我国科技评价社会化、市场化的不断发展,我国在大气污染防治技术评价领域尚未建立市场化体制机制,从而导致诸多问题存在。在技术推广方面,技术评价成果与技术需求者难以对接,技术研发者积极性不高;在环境管理方面,技术汇编、技术目录等文件的更新不及时,政府部门主导开展的技术评价无法全面满足管理需求。

4 对策及建议

针对目前我国大气污染防治技术评价存在的问题,综合借鉴国外评价经验和我国社会经济发展基本国情,提出以下对策及建议:

(1) 积极构建规范化评价标准与方法体系

为规范开展评价工作,应编制大气污染防治技术评价标准文件,建立成果转化导向的大气污染防治技术评价体系,以促进大气污染防治技术成果转化。开展技术综合评价方法学研究,优化、集成多类技术评价方法,解决多项技术综合评价由于数据需求量大、操作复杂导致实际应用难度较大的问题。进行成果转化不同阶段的大气污染防治技术评价指标体系研究,建立适应于不同阶段和评价需求的指标手册。基于评价需求和评价特征,研究建立市场

化评价工作程序,构建社会化评价服务模式。

(2) 推动建立政府指导下的市场化第三方评价运行机制

建议在我国大气污染防治技术评价领域引入市场机制,在相关规章建设中,确立评价机构地位。通过政策性引导,鼓励科研开发机构、咨询机构、社会团体等建立社会化评价机构,大力促进专业化大气污染防治技术评价机构的发展。建立技术评价资金扶持机制,鼓励技术拥有者委托开展技术评价,推动技术评价市场化服务运营。同时,采取评价资质颁发、资质定期考核等方式,指导并监督评价机构开展评价工作。

(3) 加快职业化评价人员队伍建设

大气污染防治技术评价作为科技决策咨询服务活动,应对评价人员进行职业化建设和法制化管理,建立执业资格制度,加快职业化队伍建立。也可以加强对评价机构的管理,充分利用已有的各类职业资格制度,对评价人员的资质能力提出要求。

参考文献:

- [1] STENSVAAG J M. Preventing significant deterioration under the Clean Air Act: the BACT requirement and BACT definition [J]. Environmental Law Reporter, 2011, 41(10): 10902-10920.
- [2] USEPA. Guidance for determining BACT under PSD [EB/OL]. [2019-05-01]. <https://www.epa.gov/nsr/guidance-determining-bact-under-psd>.
- [3] USEPA. Environmental technology verification program [R]. Washington, D.C.: USEPA, 2000.
- [4] DIJKMANS R. Methodology for selection of best available techniques (BAT) at the sector level [J]. Journal of Cleaner Production, 2000, 8(1): 11-21.
- [5] GELDERMANN J, NUNGE S, AVCI N, et al. The reference installation approach for the techno-economic assessment of emission abatement options and the determination of BAT according to the IPPC-directive [J]. Journal of Cleaner Production, 2004, 12(4): 389-402.
- [6] 王之晖, 宋乾武, 冯昊, 等. 欧盟最佳可行技术(BAT)实施经验及其启示[J]. 环境工程技术学报, 2013, 3(3): 266-271.
- [7] 邓双, 孙现伟, 束韞, 等. 燃煤电厂烟气一次 PM_{2.5} 控制技术的综合评估[J]. 中国环境科学, 2018, 38(3).
- [8] 于超, 王书肖, 郝吉明. 基于模糊评价方法的燃煤电厂氮氧化物控制技术评价[J]. 环境科学, 2010, 31(7): 1464-1469.
- [9] 王海林, 王俊慧, 祝春蕾, 等. 包装印刷行业挥发性有机物控制技术评估与筛选[J]. 环境科学, 2014, 35(7): 2503-2507.
- [10] 张先恩. 科学技术评价理论与实践 [M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [11] CHUBIN D E. Grants peer review in theory and practice [J]. Evaluation Review, 1994, 18(1): 20-30.
- [12] 龚旭. 美国国家科学委员会的决策职能及其实现途径[J]. 中国科学基金, 2004, 18(4): 245-248.
- [13] BRAUN D. Lasting tensions in research policy-making: a delegation problem [J]. Science & Public Policy, 2017, 30(5): 309-321.
- [14] 冯秀珍, 张杰, 张晓凌. 技术评估方法与实践 [M]. 北京: 知识产权出版社, 2011.
- [15] 李楠. 火力发电厂超低排放改造项目综合评估研究 [D]. 北京: 华北电力大学, 2017.
- [16] 卢怡昕. 制药行业 VOCs 防治技术评估体系的建立及应用 [D]. 石家庄: 河北科技大学, 2016.
- [17] 薛鹏丽, 张佟佟, 孙晓峰. 包装印刷行业挥发性有机物控制技术评估与筛选[J]. 环境与可持续发展, 2019, 44(2): 79-82.
- [18] 李佳羽, 刘利民, 韩建华, 等. 典型化工园区 VOCs 排放控制技术的评价[J]. 化工进展, 2016, 35(4): 1230-1256.
- [19] 阿克木·吾马尔, 蔡思翌, 赵斌, 等. 油品储运行业挥发性有机物排放控制技术评估[J]. 化工环保, 2015, 35(1): 64-68.
- [20] 崔虎雄. VOCs 自动监测技术评价指标构建的研究[J]. 环境科学与技术, 2017, 40(11): 156-159.
- [21] 王兵, 孙启宏, 扈学文, 等. 铅冶炼污染防治最佳可行技术筛选研究[J]. 环境工程技术学报, 2011, 1(6).
- [22] 杨少龙, 韩志涛, 潘新祥, 等. 基于灰色层次分析法的船舶废气 SO₂ 减排技术评价[J]. 环境工程学报, 2015, 9(10): 4928-4934.
- [23] 刘纯, 朴世文, 刘晓舫, 等. 基于 AHP 的重型柴油车节能减排综合评价方法研究[J]. 汽车科技, 2017(4): 61-65.
- [24] 于伟静. 燃煤电厂 SO₂ 超低排放技术的生命周期评价[J]. 电力科技与环保, 2017, 33(2): 19-21.
- [25] 王小明, 薛建明, 颜俭, 等. 现有燃煤电厂烟气脱硫改造方案的经济评价——燃煤电厂烟气脱硫技术及经验专述之三[J]. 电力环境保护, 2000(3): 38-42.
- [26] 宋乾武, 白璐, 赵秀芹, 等. 实证评估在中国环境技术评估中的作用[J]. 环境工程技术学报, 2012, 2(6): 508-511.
- [27] 环境省. 環境技術実証事業 [EB/OL]. [2019-05-08]. <http://www.env.go.jp/policy/etv/>.
- [28] 梁鹏, 杜蕴慧, 吴铁, 等. 欧盟最佳可行技术体系研究及对我国的启示——以钢铁行业为例[J]. 环境保护, 2017, 45(增刊1): 90-92.
- [29] 吕庆志, 曾小岚, 朱天乐, 等. 大气污染防治技术评价方法研究[J]. 环境科学与技术, 2017, 40(7): 188-192.
- [30] 尹一男, 柴立元, 孙宁. 铅冶炼污染防治技术评价指标体系的构建[J]. 环境污染与防治, 2012, 34(10): 82-87.

编辑: 丁 怀 (收稿日期: 2019-08-15)

