



移动扫码阅读

徐鹏,徐千淇,张亚宁,等. 情景分析和 LCA 组合方法在可再生能源政策环评的应用——以山东省为例[J]. 能源环境保护, 2022, 36(5): 27-32.

XU Peng, XU Qianqi, ZHANG Yaning, et al. Application of combination method of scenario analysis and LCA in policy environmental impact assessment of renewable energy policy: A case of Shandong Province[J]. Energy Environmental Protection, 2022, 36(5): 27-32.

情景分析和 LCA 组合方法在可再生能源政策环评的应用——以山东省为例

徐 鹏^{1,2,3,*}, 徐千淇^{1,2,3}, 张亚宁⁴, 包存宽^{1,2,3,*}

(1. 复旦大学 环境科学与工程系, 上海 200438; 2. 复旦大学 城市环境管理研究中心, 上海 200438;
3. 复旦大学 上海市生态环境治理政策模拟与评估重点实验室, 上海 200438;
4. 山东省建设项目环境评审服务中心, 山东 济南 276399)

摘要: 针对评价系统边界划定和核心要素识别等不确定性问题, 以山东可再生能源规划为案例, 探讨了生命周期评估(LCA, life cycle assessment)和情景分析组合工具在可再生能源政策环评中的应用。结果表明: 将 LCA 和情景分析工具相结合可以减小可再生能源政策环评的不确定性, 提高优化方案比选时的决策能力; 为了实现政策实施与环境影响评价的一致性, 还需要在政策环境影响评价的基础上做好跟踪评价。

关键词: 政策环评; 情景分析; LCA; 组合方法

中图分类号: X32

文献标识码: A

文章编号: 1006-8759(2022)05-0027-06

Application of combination method of scenario analysis and LCA in policy environmental impact assessment of renewable energy policy: A case of Shandong Province

XU Peng^{1,2,3}, XU Qianqi^{1,2,3}, ZHANG Yaning⁴, BAO Cunkuan^{1,2,3,*}

(1. Department of Environmental Science and Engineering, Fudan University, Shanghai 200438, China;
2. Urban Environmental Management Research Center, Fudan University, Shanghai 200438, China;
3. Key Laboratory for Simulation and Assessment of Environmental Policies, Fudan University, Shanghai 200438, China; 4. Shandong Province Environmental Assessment and Service Center of Construction Projects, Jinan 276399, China)

Abstract: In order to solve uncertainties such as the boundary delimitation of the assessment system and the difficulty in identifying core element, taking Shandong renewable energy policy as a case, the application of the combined tool of life cycle assessment (LCA) and scenario analysis in the environmental impact assessment of renewable energy policy were discussed. The results showed that the combination of LCA and scenario analysis tools could reduce the uncertainty of renewable energy policy EIA and improve the decision-making ability when comparing and selecting optimization schemes. In order to achieve the consistency between policy implementation and EIA, it was necessary to conduct the follow-up evaluation based on policy EIA.

收稿日期: 2022-06-29; 责任编辑: 金丽丽

基金项目: 山东省可再生能源政策环境影响评价(山东省生态环境厅, 生态环境部“重大经济、技术政策生态环境影响分析试点项目”); 国家自然科学基金“国家治理与全球治理”重大研究专项(18VZL013)

第一作者简介: 徐鹏(1991—), 男, 江苏江阴人, 博士研究生在读, 主要从事战略环评、气候政策等研究。E-mail: pengge1083@qq.com

通讯作者简介: 包存宽(1971—), 男, 山东嘉祥人, 教授, 博士, 主要从事战略环评、城市环境规划与管理、生态风险等研究。E-mail: baoock@fudan.edu.cn

Key Words: Policy environmental impact assessment; Scenario analysis; LCA; Combination method

0 引 言

加快发展可再生能源实现能源转型是“双碳”目标的重要抓手,而发展可再生能源离不开政策的支持和规划。可再生能源政策作为一种对社会、环境影响较大的政策类型,开展政策环评,综合评估政策所带来的影响,对体现新形势下政府行政行为规范化,决策制定科学化、民主化、法治化具有重要的意义。

政策环评目的是为了对政策及其替代方案的环境影响进行综合的评价,将环境因素纳入政策的制定过程中,使政策实施过程的负面环境影响最小化^[1]。可再生能源的政策环评涉及内容面广、联动性高,造成的影响在空间和时间尺度更大,具有全局性和持久性^[2]。这使得政策环评在进行预测评价和对策方案比选时,面对的是一个变化更为迅速、影响更加广泛的多重复杂系统,需要处理更为复杂的不确定性问题。图 1 显示了受不确定性影响的复杂系统,在不同时间点通过不同路径在未来发展的可能状态。可再生能源政策环评的不确定性主要包括三个方面。第一是政策本身的不确定性。政策是对社会系统未来活动在时间和空间的大尺度安排,政策与社会系统、社会系统与自然环境系统均是互动的,造成了系统未来发展的不确定性。同时,政策本身也会受外部局势的变化,不断被调整和改变,比如可再生能源政策会受到能源价格、国际形势等方面的影响。第二是政策实施过程中外部环境对自然环境的不确定性,政策的制定与实施须考虑资源环境条件与生态对社会系统的制约,如评价对象本底自然、经济条件,如沿海地区适合发展海上风电,而内陆地区适合发展光伏发电。第三是现行和新出政策的实施对生态环境系统可能产生的影响。需要注意的是,政策实施对生态环境可能的影响包括负面影响和正面影响,例如可再生能源的替代效应就是典型的环境正效应,而在以往环评中对于正效应的讨论较少。因此,识别和应对上述不确定性,是确保政策环评科学开展的关键。

情景分析法可用于处理环境影响评价中的不确定性问题,得到了环评编制者和研究者的广泛青睐^[3-4]。情景分析是将未来可能的发展界定于一定范围内,通过定性定量相结合的方法,描述未

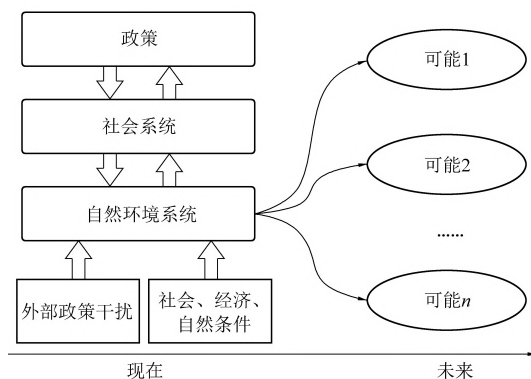


图 1 政策对自然环境系统的不确定性影响

Fig.1 Uncertainty of policy on natural environment system

来可能发展的状态,将视角从评估未来最有可能发展的状况,转向了评估不同情景下最需要关注的重点问题^[5]。Zhu^[6]和 Schwenke^[7]等学者探索了情景分析在战略环评的应用,均取得了较为理想的效果,然而由于评价目标涉及环境影响可能远远超出评价目标所划定的地理范围,仍存在环境系统边界划定和核心要素识别困难的问题。生命周期评估(LCA)广泛应用于产品、技术、政策等多个社会领域,可以评估评价目标整个或某个生命周期阶段的消耗与影响,和情景分析法具有高度的适配性,也可以较好地反映可再生能源带来的潜在环境影响。鉴于此,本文拟通过 LCA 与情景分析相结合的方式,从 LCA 系统论的角度出发,探索应对可再生能源政策环评不确定性的方法,并结合案例进行分析讨论,以为政策环评的科学决策提供支持。

1 情景分析和 LCA 在环评中的应用

1.1 情景分析框架

20 世纪中期,美国物理学家 Herman Kahn 首先提出情景构建,用于预测可能发生的世界性“核战争”^[8]。随后该方法经过发展与完善,被广泛应用于规划、环评等多个领域^[9]。“情景”是为了关注决策目标的因果过程,而对未来可能呈现态势构建的假设事件。情景分析在环评中的应用步骤如图 2 所示。

首先是评价对象的影响识别,包括划定评价对象的影响范围、核心要素识别以及系统不确定性的识别。系统边界划定是确定系统可能造成影响的范围;核心要素是指评价对象对系统可能造成的主要环境影响;不确定性是由于外部环境改变可能带来的影响。

第二是影响预测和评价,确定评价对象在情景分析中时间和空间的评价范围,预测驱动因素和不确定性因素,确定模型参数,最后通过模型模拟各个情景。

最后是根据各个情景得出的结果,提出针对性的建议。

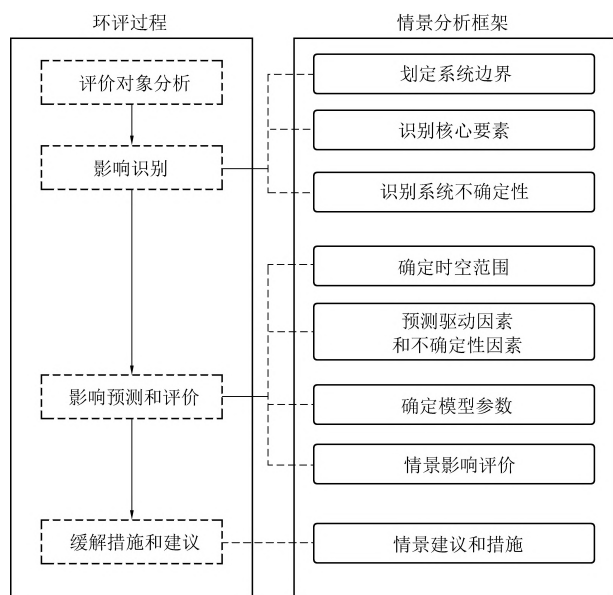


图2 情景分析法的方法框架

Fig.2 The methodological framework of scenario analysis

与具体项目相比,政策涉及的时空尺度较大,拟议方案实施面临的不确定性因素更多,这些都导致政策环评难以实施,且其评价结果的主观性更强。传统的情景分析方法都缺乏标准的边界评估

和因素识别流程,导致在情景方案比选时缺乏说服力。因此,本文采用 LCA 系统论思路,结合情景分析进行优化,使流程在实践中相对标准可靠。

1.2 LCA 和情景分析的组合方法框架

LCA 最初作为产品的环境管理工具,不仅能对产品直接的环境影响进行有效的定量分析和评价,而且能对其“从摇篮到坟墓”的全过程所涉及的环境问题进行评价。随着 LCA 的发展,该方法的应用逐渐拓展到战略分析、公共政策分析等领域。基于 LCA,一方面可更为全面分析评价发展可再生能源的生态环境影响,另一方面为后面明确不同阶段或环节的相关主体的环境责任提供依据。LCA 应用于政策环评具有以下优势。

首先是评价对象的系统边界划定问题。预测政策实施后系统内生态环境变化情况是政策环评的基础,LCA 的系统论思路包含了评价对象造成的直接影响和间接影响,可以更加科学判断政策环评的系统边界和研究范围,预防间接影响导致的次生污染问题,减小环境影响不确定性。同时 LCA 庞大的数据库可以为预测模拟的定量表达提供大量的数据支持。第二,LCA 具有综合性的特点,不仅可以计算污染废物对生态环境的影响,同时可以考虑因资源、能源消耗对环境造成的综合影响,有助于体现政策影响的全局性。第三,LCA 具有全局性特点,从全局视角避免了局部视角改进的污染转嫁问题,有助于情景方案的正确比选,帮助决策者做出更好的决策。

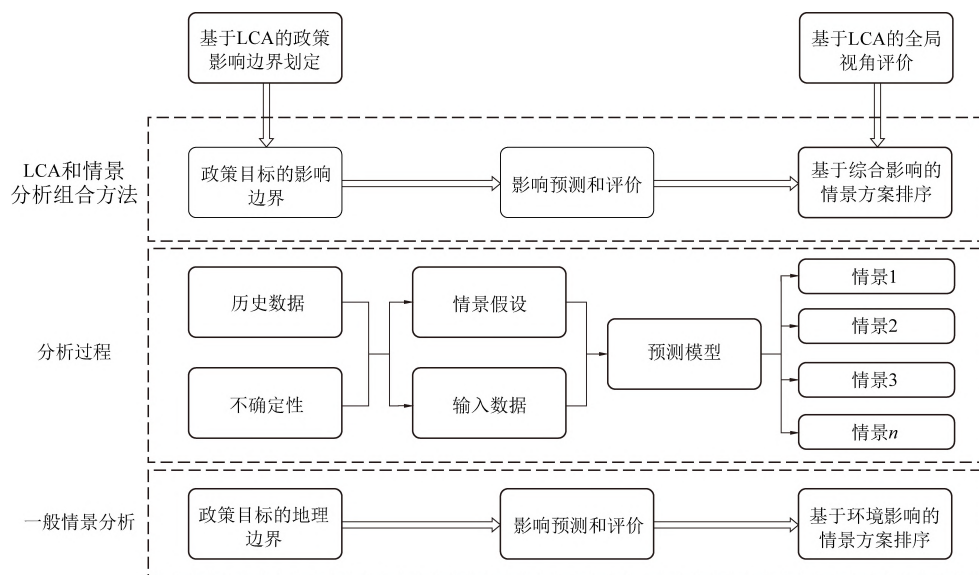


图3 LCA 与情景分析组合方法框架

Fig.3 Combination method framework of LCA and scenario analysis

如上所述,使用 LCA 与情景分析组合方法,可以进一步综合评估政策所带来的环境影响,减少预测的不确定性。与一般情景分析相比,组合方法考虑了政策地理边界外的环境影响。一般情景分析是以政策的地理边界作为评价边界,忽视了政策执行对上下游所带来的影响,而组合方法有助于评价系统的不确定性来源,从而做到源头防治。此外,政策环评的目标是评价政策执行所能造成的影响,影响评价的角度会得出不同的评价结果。一般的情景分析是基于环境影响的绝对值进行选择的,如污染排放量、生态空间变化量等。组合方法则是使用 LCA 的特征化和归一化分析,综合经济、环境、资源消耗等多个指标综合得出的情景方案比选结果。组合方法无疑可以更好地减小不确定性,满足政策环评对预测的要求。

2 山东可再生能源发展政策环评案例分析

2.1 政策案例基本概况

为贯彻落实碳达峰、碳中和战略目标。山东省依托地缘优势,积极建设以海上风电、光伏发电为主体的新型电力系统,整体推进“能源-经济-环境”系统的协调、优化与升级,2021年7月9日,山东省发展和改革委员会、山东省能源局等印发了《关于促进全省可再生能源高质量发展的意见》(以下简称《意见》)。《意见》明确指出了风力发电、光伏发电、生物质发电等六类可再生能源及其配套设施的发展思路。

本案例中,分别使用一般情景分析和 LCA 情景分析组合方法,预测分析了不同情景下发电环节可再生能源替代火电(主要是煤电)的影响,比较不同情景下可再生能源的减污降碳协同效应。

2.2 系统边界划定

基于 LCA 的系统边界划定包括空间和时间两部分。

在空间维度上,本次政策环评将空间分为省内空间和其他空间。其中,省内空间是指以全省范围为边界,总面积 15.79 万 km²,涉及分布式城乡光伏发电项目、碳排放、能源结构及电力体系、社会经济效益等的具体分析。其他空间则是指设备制造和运输、项目建设等可能造成的间接环境影响的部分。以可再生能源项目为例,图 4 展示了可再生能源生态环境影响的空间。横轴为设备周期,包括设备生产、设备运输、电厂建造、电厂运

行和设备废弃后回收与处置等 5 个环节;纵轴为项目周期,包括项目选址、场地整理、建设与运营、场地废弃后再利用等 4 个环节。

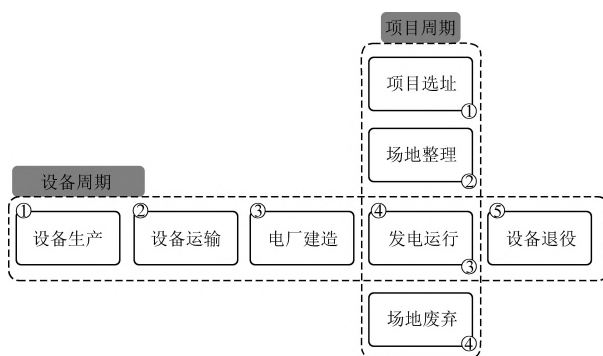


图 4 可再生能源生态环境影响边界

Fig.4 Eco-environmental impact boundary of renewable energy

时间维度上考虑 4 个时间节点:一是基准年,以《意见》发布时间(即 2021 年)的前一年即 2020 年为基准年,考虑到因疫情影响等特殊性及 2020 年相关数据异常及可获得性,需要参考 2019 年相关数据;二是政策目标年,即《意见》所明确的 2025 年,作为预测时间节点,基于政策分析现状,预测政策生态环境影响的范围、方式和类型,判断政策实施的生态环境效益和不良影响,判断是否可能造成重大生态环境影响、不确定性及风险分析;三是考虑到山东省大规模开发可再生能源是始于“十三五”期间,以及国家提出 2030 年碳达峰、以及 2035 年基本实现现代化和美丽中国基本建成,全国及山东省“十四五”发展规划及 2035 远景目标纲要,山东省相关能源(含可再生能源及产业)发展规划的目标年,设置 2030 年和 2035 年 2 个时间节点,作为情景分析时间节点;四是展望至第二个百年目标(2050 年)和国家承诺实现碳中和的 2060 年。

2.3 情景构建

(1) 情景 1——BAU 情景

“十三五”时期,山东省规划建成可再生能源发电机组 3 010 万 kW,实际建设 4 433 万 kW,超出规划目标 75%。考虑到山东目前电力系统之中可再生能源的占比较低,而且仍有较大的发展空间,基准情景即“BAU 情景”(Business As Usual)设置为维持“十三五”期间的增长态势。

(2) 情景 2——政策情景

政策情景即作为本次环评对象的《意见》完全实施、政策目标完全实现下的情景。根据《意见》,

山东省将进一步推动风能、太阳能、生物质能、抽水蓄能等可再生能源开发与利用空间,提高可再生能源的利用率。到 2025 年,山东省可再生能源发电装机规模将达到 8 000 万 kW 以上,力争达到 9 000 万 kW 左右。

(3) 情景 3——双碳情景

山东是能源消耗大省,能源结构转型压力巨大。双碳情景是基于我国“双碳”目标总体要求和《山东省“十四五”生态环境保护规划》发展要求设定而出的情景。按照国务院发布的《2030 年前碳达峰行动方案》,全国到 2030 年,风电、太阳能发电总装机容量达到 12 亿 kW 以上。因此,本情景假设山东在 2030 年实现碳达峰,“十四五”时期严格控制煤炭消费增长,淘汰煤电落后产能,推进可再生能源建设。“十五五”时期实现火电清洁化转型改造,火电装机不再增长,用电增长全部由可再生能源补充。

(4) 情景 4——德国情景

德国是全球碳排放前 15 位国家中最早实现碳达峰的国家,先后决定于 2022 年实现弃核、2038 年完全退出煤电,并提出在 2050 年实现碳中和。2020 年德国可再生能源约占电力消费比重 35%,占终端能源消费比重 18%。2021 年 1 月,德国正式拉开退煤帷幕,开始拍卖煤电装机容量。作为欧洲第一的工业强国,德国电力系统的转型对工业大省山东具有极强的借鉴意义。德国情景就是假设山东 2025 年达到同期德国的可再生能源发展和电力系统结构。

2.4 一般情景分析与组合方法的结果比较

通过预测模型模拟两种方法,在不同情景下的政策目标年(2025)的环境影响。根据“减污降碳协同增效”原则、污染物与碳排放同火力发电(主要是煤电)关联程度,并考虑到数据可获得性,选择 SO_2 、 NO_x 、烟尘、废水、 CO_2 等指标进行减污降碳的协同效应进行权重赋值,赋值方法均为专家打分法。然后根据四个情景下减污降碳协同效应进行打分,计算得出各情景综合得分。

一般情景分析的减污降碳协同效应,具体见图 5。

图 5 可得四个情景的得分从高到低依次为:BAU 情景、双碳情景、德国情景、政策情景。从指标得分来看,BAU 情境中,除了废水减排量,其他污染物的减排效益均为最佳,尤其是权重最大的 CO_2 减排量,与其他三类情景相比优势明显。这是

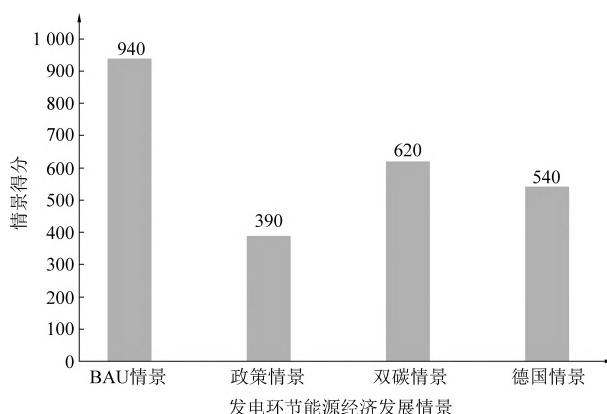


图 5 一般情景分析情景比选结果

Fig.5 Comparison results of general scenario

由于只考虑发电过程的情况下,污染物减排效益直接受到可再生能源装机量影响,而 BAU 情景中装机量最大,因此减排效益最佳。

LCA 与情景分析组合方法的四个情景得分从高到低依次为:德国情景、BAU 情景、双碳情景、政策情景,具体见图 6。

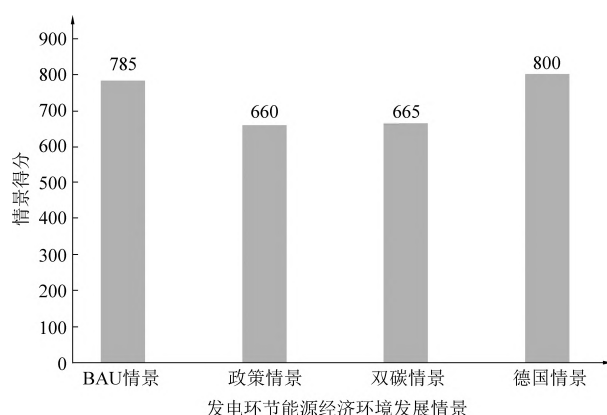


图 6 LCA 与情景分析组合方法的情景比选结果

Fig.6 Comparison results of LCA and scenario analysis combination methods

从指标得分来看,在德国情景下,除了 SO_2 和 NO_x 这两类大气污染物之外,其他污染物的减排效益都呈现较好的结果;在 BAU 情景中,应对气候变化相关指标以及对于大气污染物、废水、粉煤灰等污染的减排效益显著。这是由于从 LCA 的视角考虑时,将装备制造、运输、使用、拆解、回收全过程产生的污染物纳入到了计算结果,而风力发电在全生命周期的污染物排放较少,因此装机结构对与不同情景的得分影响较大,即风力发电占比较高时,全生命周期的污染物减排效益更为明显。当只考虑发电过程的污染物减排效益时,BAU 情景的替代效益最为突出;当基于 LCA 视角

考虑污染物减排效益时,德国情景和 BAU 情景由于装机结构的影响,具有较好的替代效应。

2.5 不确定性讨论

基于组合方法的综合预测分析可以看出,本案例中可再生能源发展政策,其自身所涉及的可再生能源项目及其配套设施的建设、运营和服役期满后的拆解处置的全过程,因各类事故会产生一定的生态环境风险,《意见》包含有风电、光伏发电、生物质能发电和抽水蓄能、电化学储能以及输送变电升压等配套设施,这些项目和设施的建设、运营及服役后的拆解处置中,除前述正常状况下产生相应的生态环境影响之外,还会因各类事故或突发事件而造成一定生态环境风险。此外,还有可再生能源设备设施生产中使用的重金属、危险化学品在服役期满拆解处理处置产生的危险废物以及其生态环境影响。

同时政策执行内容也可能受其他政策的影响产生偏移。政策执行存在不确定性体现在政策年限上,《意见》是 2021 年 7 月 9 日发布,政策目标年是 2025 年,而国家双碳目标明确碳达峰时间是到 2030 年。然而截止目前,山东碳达峰行动方案尚未出台,其达峰的时间点和峰值无疑将对于《意见》内容来说是一项较大的不确定因素。

3 结果与讨论

目前,政策环评仍处于探索阶段,其理论和方法研究仍需完善。由于政策的不确定性和复杂性,决定了其评价方法的多重性,在实践应用上需要根据不同区域政策对象的异质性加以灵活应用,突出因地制宜原则,实施定性和定量相结合的方法予以评价。

本文以山东可再生能源规划为案例,探讨了基于 LCA 的情景分析在政策环评中的应用。案例研究表明,LCA 和情景分析组合方法可以拓展政策评价的范围,同时可以通过综合影响分析,减少间接环境影响带来的不确定性问题,用更为标准化的方式来呈现复杂系统的多维情景,提高政策环评中多方案比选时的决策能力,有利于评估出最优政策方案,提升其综合决策水平。同时,要想实现政策实施与环境影响评价的协调一致,在

政策环境影响评价的基础上,还需要做好跟踪评价,以使其更具有指导意义。

参考文献

- [1] 耿海清,李天威,徐鹤.我国开展政策环评的必要性及基本框架研究[J].中国环境管理,2019,11(6):23-27.
Geng H Q, Li T W, Xu H. The necessity and basic framework of China's policy strategic environmental assessment [J]. Environmental Conformity Assessment, 2019, 11 (6): 23-27.
- [2] 潘硕,刘婷,徐鹤. CGE 模型在政策环境影响评价中的应用[J].环境影响评价,2016,38(5):17-22.
Pan S, Liu T, Xu H. The application of CGE model in policy environmental impact assessment [J]. Environmental Impact Assessment, 2016, 38 (5): 17-22.
- [3] 杨桃萍,常理,毛思禹.情景分析法在贵州省旅游发展规划环评中的应用研究[J].环境科学导刊,2015,34(6):91-96.
Yang T P, Li C, Mao S Y. Application of scenario analysis in environment impact assessment of Guizhou tourism development planning [J]. Environmental Science Survey, 2015, 34 (6): 91-96.
- [4] Khosravi F, Jha-Thakur U. Managing uncertainties through scenario analysis in strategic environmental assessment [J]. Journal of Environmental Planning and Management, 2019, 62 (6): 979-1000.
- [5] Bj Rklund A. Life cycle assessment as an analytical tool in strategic environmental assessment. Lessons learned from a case study on municipal energy planning in Sweden [J]. Environmental Impact Assessment Review, 2012, 32 (1): 82-87.
- [6] Zhu Z, Bai H, Xu H, et al. An inquiry into the potential of scenario analysis for dealing with uncertainty in strategic environmental assessment in China [J]. Environmental Impact Assessment Review, 2011, 31 (6): 538-548.
- [7] Schwenker B, Wulf T. Scenario-based strategic planning: Developing strategies in an uncertain world [J]. Betriebswirtschaftliche Forschung Und Praxis, 2013, 67 (2): 222-224.
- [8] Godet M, Roubelat F. Creating the future: The use and misuse of scenarios [J]. Long Range Planning, 1996, 29 (2): 164-171.
- [9] 麦茨·林德格伦, 汉斯·班德霍尔德. 情景规划: 未来与战略之间的整合: The link between future and strategy mats lindgren and hans bandhold [M]. 重庆: 经济管理出版社, 2003.