



工业园减污降碳协同效应评价体系与实证研究

裴金铃, 杨晓, 罗千里, 王一超, 周丽旋, 房巧丽, 张晓君[✉]

生态环境部华南环境科学研究所 生态环境部城市生态环境模拟与保护重点实验室, 广州 510630

摘要 工业领域减污降碳是经济社会发展全面绿色转型的关键也是实现“双碳”目标的重要举措。工业园作为工业领域主要发展平台, 开展工业园减污降碳协同效应评价, 以评价结果为导向, 为工业园管理者提供园区工业管理政策与措施根据, 对推动工业园减污降碳工作具有现实意义。本研究综合工业园产污产碳环节及排放数据情况, 参考协同控制效应坐标系构建“L”线协同效应评估坐标系, 建立对应的评价工作流程, 形成一套可操作的减污降碳协同效应评价体系, 并选取南沙经济开发区进行实证研究。研究显示, 工业园减污降碳协同效应评价体系能作为有助于判断园区工业管理政策与措施的减污降碳协同效能的工具, 能引导园区管理者深度挖掘园区减排潜力, 对促进工业园减污降碳协同增效具有现实指导意义, 本研究的实践探索有潜力推广至不同类型工业园, 可为全面推进工业园绿色转型及率先实现“双碳”达标提供有效技术支撑。

关键词 减污降碳; 工业园; 协同效应; 评价体系; 实证研究

“以实现减污降碳协同增效作为促进经济社会发展全面绿色转型的总抓手”的工作意见在我国出台的《关于深入打好污染防治攻坚战的意见》、《减污降碳协同增效实施方案》等多个重要文件予以强调。工业领域减污降碳是经济社会发展全面绿色转型的关键。工业园作为我国工业企业主要集聚区, 是推动工业领域绿色转型的重要平台。我国工业园具有园区数量高、经济产值高、污染排放强度高、碳排放集中度高的“四高”特点, 也具备“统一规划布局、统一集中管理、统一基础设施、统一环境监管”等特征^[1]。近年来国家高度重视工业园绿色发展试点项目建设, 工业园生态化、绿色化发展取得显著成效。但工业园碳排放贡献率仍持续攀升, 在国家“双碳”承诺下, 工业园成为工业部门实现碳达峰碳中和的必要路径。2022 年生态环境部牵头联合七个部门印发实施的《减污降碳协同增效实施方案》提出开展工业园减污降碳协同度评价研究。本研究着眼于构建便于园区管理者可实施、易操作的工业园减污降碳协同水平评价技术路线, 为园区管理者提供减污降碳协同增效管理根据, 对指导深度挖掘工业园减污降碳潜力, 促进工业园率先实现“双碳”目标具有现实指导意义。

目前国内外对减污降碳协同效应实现路径研究较多, 大多集中在交通^[2]、农业^[3]、工业^[4-5]、电力^[6]等不同部门, 到全球^[7]、国家^[8-9]、省^[10]、城市群^[11-12]、城市^[13-14]、工业园^[15-19]等不同区域层次, 如陈晓红等^[20]发现相对于能源消费结构优化, 工业行业通过降低钢铁、电力等高耗能行业比例的产业结构调整的减污降碳作用更大; 李云燕等^[21]发现控制能源消费强度和能源消费总量可以提升城市减污降碳耦合协调水平; 费伟良等^[22]发现工业园区依托火电厂开展污泥资源化、能源化利用是一种很好的减污降碳协同增效技术途径。随着路径研究的不断深入, 有不少学者开始研究讨论减污降碳协同效应量化评估手段, 如刘华军等^[23]构造全局参比的非径向方向性距离函数, 从成本节约角度科学化我国重点区域及省际的减污降碳协同效应; 唐湘博等^[24]运用耦合协调模型计算 30 个省(自治区、直辖市)碳减排与大气污染物控制系统的耦合协同度; 张瑜等^[25]利用面板回归模型和中介效应模型分析后疫情时期中国减污降碳政策的协同效应; 刘茂辉等^[26]采用减排量弹性系数法定量分析天津市长时间序列的减污降碳协同效应; 王慧慧等^[27]、毛显强等^[28]利用协同控制坐

收稿日期: 2024-01-05 录用日期: 2024-02-29

基金项目: 国家重点研发计划项目课题(2022YFF1301204)

第一作者: 裴金铃(1992—), 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向为生态环境规划与管理政策, 减污降碳协同策略研究, 1258289825@qq.com ✉通信作者: 张晓君(1990—), 女, 硕士, 中级工程师, 研究方向为绿色发展政策研究, 996267699@qq.com

标系分别评估了交通、钢铁、水泥行业污染物和温室气体减排协同水平,上述研究主要开展城市等区域或者行业为对象的减污降碳协同水平评价。目前,针对工业园层面的评价主要以绿色低碳发展水平评价为主,如刘业业等^[29]建立了适用于综合类工业园区生态文明水平评价的指标体系;熊昊钰等^[30]建立了适宜重化工园区循环经济评价指标体系;赖玢洁等^[31]构建了生态工业园区发展环境绩效指数。近几年,逐渐有学者开始开展工业园减污降碳协同水平评价方法研究,杨儒浦等^[32]构建工业园减污降碳协同增效评价指标体系,以无量纲指数对工业园区减污降碳协同增效整体水平进行评估。现阶段工业园区减污降碳协同增效管理更需要的是指导有助于判断园区工业管理政策与措施的减污降碳协同效能的工具。依据评价结果引导园区管理者选择性实施或优化实施 PTMSA (政策 policy、技术 technology、措施 measure、标准 standard 和行动 action) 等以达到提升园区减污降碳协同水平的目的。

本研究依托工业园现有污染物排放与二氧化碳排放统计制度,明确工业园减污降碳协同水平评价的评价边界、数据统计与核算方法、评价流程,建立“L”线协同效应评估坐标系方法,为管理者提供工业园区开展 PTMSA 减污降碳协同水平评价技术流程,提高减污降碳协同评价方法的直观程度,引导园区管理者持续深入实施正确有效的减污降碳措施,强化正协同效应、规避负协同效应。

1 评价技术路线

1.1 评价边界与数据来源

参考世界资源研究所和世界可持续发展工商理事会所提出的企业/组织温室气体核算体系中碳排放的范围一、二、三^[33-34],工业园区碳排放核算范围一为园区边界内所有直接排放,范围二为园区外购电力和热力生产的间接排放,范围三为除范围二之外其他间接排放,例如园区废弃物外运处理过程的碳排放。考虑园区减污降碳协同效应评价服务于园区生态环境管理与绿色发展决策,确定其评价边界为工业园地理边界范畴内的工业生产能源活动和工业生产过程活动。详见工业园污染物和温室气体排放核算边界图。其中,排放数据来自园区内企业及园区管理部门,企业数据包含企业自行开展的环境监测报告、排污许可执行报告、清洁生产报告和技改项目相关材料;园区管理部门提供监督性监测、环境统计、治污设施运行、能源基础设施运行和能源消耗等相关数据。

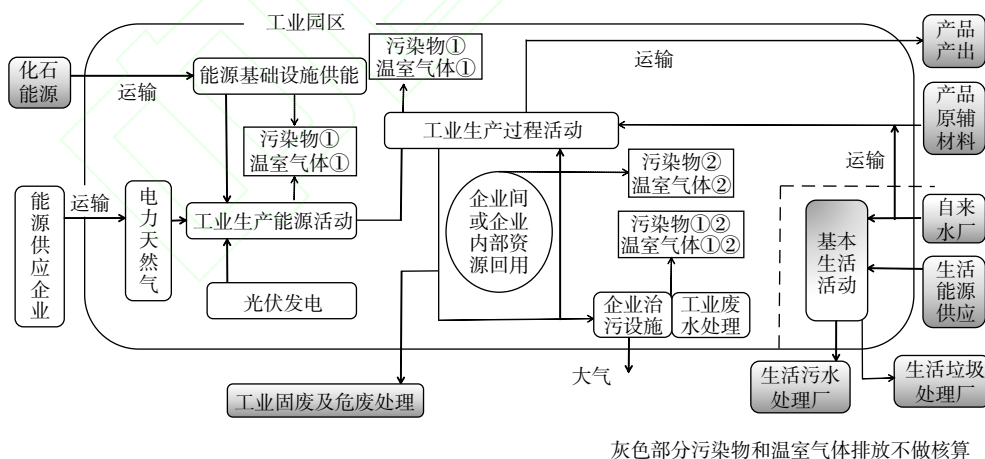


图 1 工业园污染物和温室气体排放核算边界

Fig. 1 The accounting boundary for pollutant and greenhouse gas emissions in industrial park

1.2 评价方法

协同控制效应坐标系是指在二维空间坐标系中以坐标的形式分别表示不同控制措施对污染物或温室气体的减排效果,评估方法较为成熟,对协同控制效果可进行对比和量化研究,但对协同控制程度缺乏直观描述且对应用于整体减污降碳协同效果评估较少。

本研究参考协同控制效应坐标系,引入“L”线建立“L”线协同效应评估坐标系以表征工业园减污降碳协同

水平。将工业园管理政策与措施对于工业园污染物和温室气体减排量形成坐标绘制于二维空间坐标系中，根据其在坐标系中与“L”线所处的空间位置与垂直距离，可直观反映工业园管理政策与措施的减污降碳协同效应程度，实现工业园 PTMSA 协同减污降碳程度的定量评估和坐标系直观描述。

1) 核算减排量。计算工业园 PTMSA 实施前后污染物和温室气体排放量的减排量如式 (1)、(2)、(3)、(4) 所示。

$$\Delta EP = EP_1 - EP_2 \quad (1)$$

$$\Delta GHG = GHG_1 - GHG_2 \quad (2)$$

式中： EP_1 和 GHG_1 为实施 PTMSA 前污染物和温室气体排放量， m^3 ； EP_2 和 GHG_2 为实施 PTMSA 后污染物和温室气体排放量， m^3 。其中污染物和温室气体排放量计算统一采取“排放因子算法”，考虑到工业园污染物和温室气体排放因子多样，为合理比较其综合减排效果，使用当量系数进行折算。其中折算系数选取自《中华人民共和国环境保护税法》、IPCC 发布的各类温室气体的全球增暖潜势（或全球变暖潜势）参数、《挥发性有机物排污收费试点办法》（财税〔2015〕71 号）。

温室气体综合排放量如式 (3) 所示。

$$Q_{GHG} = \sum_{i=1}^i \alpha_i Q_i \quad (3)$$

式中： α_i 是将第 i 类温室气体 (CO_2 、 CH_4 、 N_2O) 折算为二氧化碳当量的折算系数； Q_i 为第 i 类温室气体 (CO_2 、 CH_4 、 N_2O) 的排放量， m^3 。

污染物综合排放量如式 (4) 所示。

$$Q_{EP} = \sum_{j=1}^j \beta_j Q_j \quad (4)$$

式中： β_j 是将第 j 类污染物折算为污染物当量的折算系数； Q_j 为第 j 类污染物的排放量， m^3 。核算综合大气污染物排放量 Q_{CAP} 时， j 类污染物为大气污染因子 (SO_2 、 NO_x 、 PM_{10} 、 NH_3 、 CO 、 VOC_s)；核算综合水污染物排放量 Q_{CWP} 时， j 类污染物为水污染因子 (悬浮物、COD、 BOD_5 、氨氮、石油类、总磷)。

2) 建立平面直角坐标系。设置坐标 A (1, 1)，与原点相连形成“L”线；水平数轴为 X 轴表示污染物减排量 (ΔEP)，垂直数轴为 Y 轴表示温室气体减排量 (ΔGHG)。PTMSA 对工业园污染物和温室气体的减排程度可根据坐标所处位置直观表现，坐标与 L 线的垂直距离大小表征 PTMSA 实施后污染物和温室气体的协同程度，该距离越小表示该 PTMSA 的污染物和温室气体协同水平越高。

如图 2 所示①坐标 A、B、C 位于第一象限，为“正协同”，其中坐标 A 与 L 线的垂直距离最小即代表 A 实施后减污降碳协同度最好；B、C 均有减污降碳效果，其中 B 靠近 X 轴，则表示 B 实施带来的污染物减排效果显著优于温室气体减排效果；C 靠近 Y 轴，则表示 C 实施带来的温室气体减排效果显著优于污染物减排效果；②坐标 D 位于第三象限，为“负协同”，表示 D 实施后会导致污染物和温室气体的增加；③坐标 E 和 F 分别位于第二和第四象限，则表示为“非协同措施”，即 E 和 F 实施无法同时引起污染物和温室气体减排量下降。

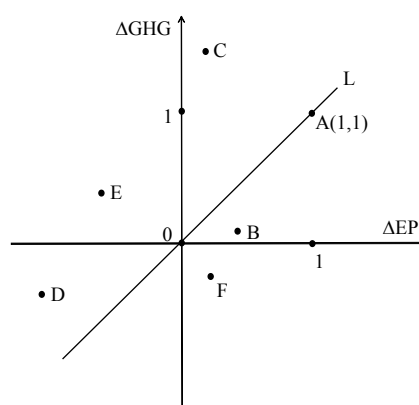


图 2 “L”线协同效应评估坐标系

Fig. 2 The "L" line synergistic effect assessment coordinate system

1.3 评价流程

本着实际科学可操作、核算环节不错漏的原则，将工业园减污降碳协同效应评价的技术路线流程图分为 3 个环节：一是实地调研园区重点企业、管理部门，走访园区基础设施建设等，收集资料，整理数据，对园区近年来实施的举措开展分类，为核算环节打基础；二是根据年度排放数据核算园区污染物和温室气体直接减排量，根据举措实施效果核算园区污染物和温

室气体间接减排量，为协同评价做准备；三是根据减排数据绘制“L”线协同效应评估坐标系图，根据坐标位与“L”线垂直距离直观评价减污降碳协同效应程度，得出工业园减污降碳最佳的实施路径。

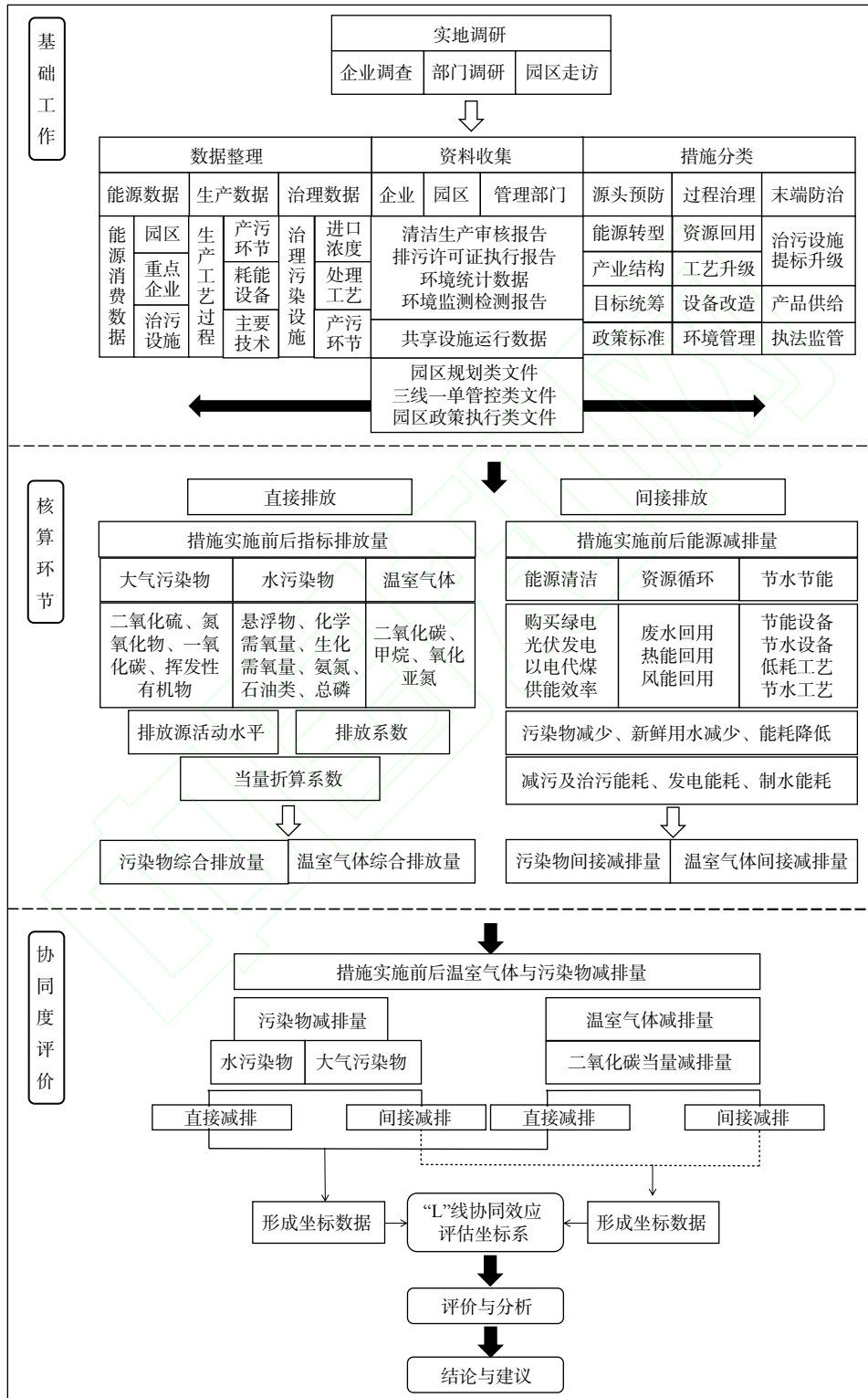


图3 工业园减污降碳协同度评价工作流程

Fig. 3 Technical roadmap for evaluating the synergy of pollution reduction and carbon mitigation in industrial parks

2 实证研究

2.1 工业园概述

广州南沙经济技术开发区(以下简称南沙开发区)地处广州市南沙区,位于粤港澳大湾区几何中心。1993 年经国务院批复设立为国家经济技术开发区,管理范围总面积 30.1 km²,以汽车制造和电子信息产业为主导产业。对南沙开发区减污降碳协同度开展评价能在一定程度上反映国家东部尤其是珠三角区域国家级高新技术开发区的发展情况,具有典型代表意义。

2.2 结果与讨论

1) 园区减污降碳协同效应整体评价。南沙开发区 2018—2022 年减污降碳协同效应评价结果如图 4 所示,为尽量减少不同年度园区生产产值对污染排放、碳排放量的影响,在对园区每年度减污降碳协同水平评价中,将减排量调整为单位工业增加值减排量。其中 A₂₀₁₈、A₂₀₁₉、A₂₀₂₀、A₂₀₂₁、A₂₀₂₂ 与“L”线的垂直距离分别表示园区 2018—2022 年在实施工业管理政策与措施情况下每年度“单位工业增加值(IVA)工业废水减排量与单位工业增加值二氧化碳减排量”的协同水平, B₂₀₁₈、B₂₀₁₉、B₂₀₂₀、B₂₀₂₁、B₂₀₂₂ 与“L”线的垂直距离分别表示园区 2018—2022 年在实施工业管理政策与措施情况下每年度“单位工业增加值工业废气减排量与单位工业增加值二氧化碳减排量”的协同水平。由图 4 可知,2021 年 A₂₀₂₁ 和 B₂₀₂₁ 均最接近 L,减污降碳协同度最高,说明 2021 的园区落实的环境管理政策,投入运行的环境管理设施,开展的节能技改项目、减碳工程等呈现的减污降碳效果最佳。2021 年南沙开发区获得国家级“生态文明建设示范区(生态工业园区)”称号,并在商务部组织的 2022 年国家级经济技术开发区综合发展水平考核评价中综合排位 13^[35],说明减污降碳工作取得的阶段成效同步提升了南沙开发区绿色生态发展水平。2021 年单位工业增加值二氧化碳减排量最大,2018 年单位工业增加值工业废水和单位工业增加值工业废气减排量最大。说明“十三五”时期园区污染防治工作取得显著成效,碳减排成效在“十四五”开始显现,该结论基本符合园区“十三五”时期污染总量控制和“十四五”时期碳减排的工作思路,也是园区环境重点管理、重点项目实施预期与上级政策兑现的结果。同时,应注意到 2022 年度园区在碳减排和污染减排上边界效应显现,在“十四五”中后期,园区管理者应保持园区常规政策和环境管理措施的有效实施,督促园区内已开展清洁生产项目的企业项目执行力度不减,维持和平衡好现阶段减排成效。

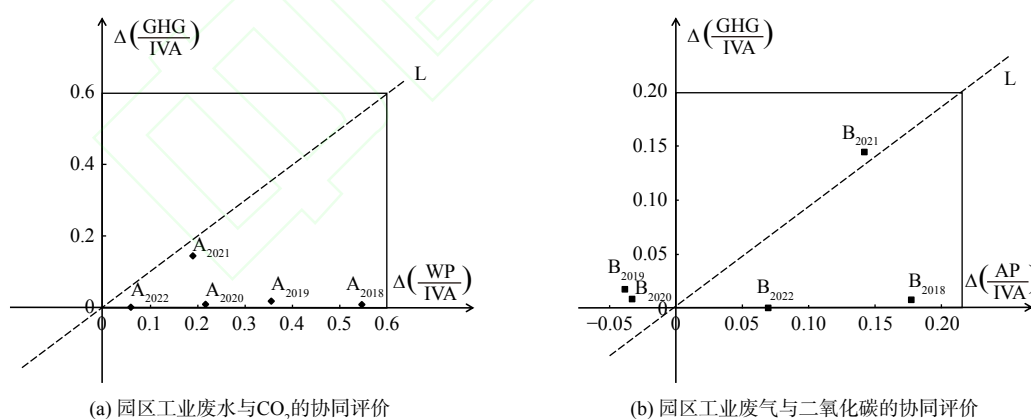


图 4 2018—2022 年南沙开发区减污降碳协同效应整体评价结果

Fig. 4 The overall evaluation results of the synergistic effect of pollution reduction and carbon reduction in Nansha development zone from 2018 to 2022

2) 园区 PTMSA 减污降碳协同效应评价。对南沙开发区近年来实施的六类 PTMSA 进行减污降碳协同效应评价, C₁ 光伏发电项目建设, C₂ 工业废水回用技术实施, C₃ 节能设备或技术改造, C₄ 风能、热能等资源循环化, C₅ 以水资源节约为主的清洁生产, C₆ 以废气治理为主的清洁生产, 评价结果如图 5 所示。可知, C₁ 措施经实施后碳减排量相比污染物减排量最高, 碳减排成效最为显著; C₆ 方案经落实后污染物减排量相比碳减排量最高, 污染减排成效最为显著; C₄ 坐标位与 L 的垂直距离最短, 减污降碳协同度最佳。

张瑜等^[25]研究表明减污政策的效力以减污为主、降碳为辅,这与 C_6 的评价结果相符合;李可心等^[36]研究表明提高资源利用水平是工业园区未来持续提升减污降碳协同增效水平的重要着力点,这与 C_4 的评价结果相符合。根据评价结果,南沙开发区在“十五五”时期应进一步加大园区资源循环化改造,加强水、气、热能等资源回收循环使用,以确保园区减污降碳协同持续增效。

3 结论与展望

3.1 结论

1) 本研究提出的工业园减污降碳协同效应评价技术及其工作流程在实证研究中得到很好的应用,适宜实际操作。案例园区减污降碳协同程度得到直观评价,评价结论与其实际成果相互印证,案例研究表明,技术路线与评价手段有潜力推广给成熟度较高的工业园区,作为减污降碳协同评价的有效工具。

2) 园区 PTMSA 协同效应评价结果表明,工业园减污降碳协同路径可根据园区自身污染物与温室气体排放水平进行选择。对于污少碳多的工业园,应优先从能源深挖碳减排潜力,采取能源结构优化、能源效率提升、工艺设备节能、清洁能源替代等手段减少碳排放;对于污多碳少的工业园,要从加强原辅料绿色化、提升末端治理处理效率等方面入手;对于污碳排放相对平衡的工业园,在工业生产活动里集中开展资源循环化改造,提升资源利用率,用好工业园行政管理独立的优势与治污设施集约化的特点,聚力提升园区内企业间以及园区内企业与外界企业间的资源回用效率,加强资源在生产工业链、物质产业链上的多级利用,实现资源利用高效,环境负荷降低,实现园区的能源、水资源产出率提升,二氧化碳及主要污染物排放强度降低。

3.2 展望

1) 由于将园区外运废物处置等范围三的碳排放置于工业园减污降碳协同效应评价技术的评价边界之外,因此可能导致源头减废、废弃物资源回收利用等 PTMSA 的减污降碳效益被忽视。

2) 本研究依托工业园现有污染物排放与二氧化碳排放统计制度,小微企业排污排碳情况不在数据收集范畴,因此对工业园内企业的工业生产能源活动和工业生产过程中的减污降碳协同水平未做到全覆盖评估。

3) 企业是工业园的主要管理对象。现有统计制度未做到园区企业全覆盖,因此建议工业园管理者重点识别园内主要排放对象,将耗能高、产污高的企业纳入工业园重点管理,加强对企业的重点管控管理水平,有条件的情况下对工业园内重点管控企业开展减污降碳协同效应评价,根据企业的减污降碳协同水平引导企业采取精准措施,大幅提升工业园环境治理绩效。

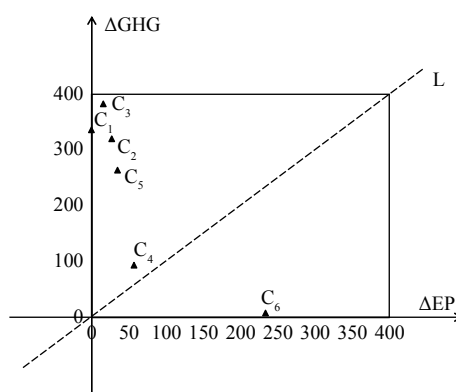


图5 南沙开发区六类 PTMSA 减污降碳协同效应评价

Fig. 5 The evaluation of synergistic effect of pollution reduction and carbon reduction in Nansha development zone after implementing six types of PTMSA

参考文献

- [1] 李宜瑾,贺成,夏志云,等. 工业园区减污降碳协同增效案例探析——以上海化学工业区危险废物协同处置模式为例[J]. 环境保护科学, 2023, 49(3): 18-26.
- [2] 邓红梅,梁巧梅,刘丽静. 交通领域减污降碳协同控制研究回顾及展望[J]. 中国环境管理, 2023, 15(2): 24-29+23.
- [3] 韩玉花,杨帆,隗潇,等. 北京市农业减污降碳协同管控的现状、问题与对策[J]. 环境保护, 2023, 51(14): 54-58.
- [4] 陈凤兰,李果果,黄小卫. 造纸工业中减污降碳路径研究[J]. 造纸装备及材料, 2022, 51(5): 6-8.
- [5] 曹宏斌,赵赫,赵月红,等. 工业生产全过程减污降碳:方法策略与科学基础[J]. 中国科学院院刊, 2023, 38(2): 342-350.
- [6] 向梦宇,王深,吕连宏,等. 基于不同电力需求的中国减污降碳协同增效路径[J]. 环境科学, 2023, 44(7): 3637-3648.
- [7] RADU O B, MAARTEN V D B, KLIMONT Z, et al. Exploring synergies between climate and air quality policies using long-term global and regional emission scenarios[J]. Atmospheric Environment, 2016: S1352231016303624.
- [8] 郑逸璇,宋晓晖,周佳,等. 减污降碳协同增效的关键路径与政策研究[J]. 中国环境管理, 2021, 13(5): 45-51.
- [9] 易兰,杨田恬,杜兴,等. 减污降碳协同路径研究:典型国家驱动机制及对中国的启示[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(9): 53-65.
- [10] 孙世达,张改革,孙露娜,等. 河北省 2013~2020 年大气污染治理进程中的减污降碳协同效益[J]. 环境科学, 2023, 44(10): 5431-5442.

- [11] 狄乾斌, 陈小龙, 侯智文. “双碳”目标下中国三大城市群减污降碳协同治理区域差异及关键路径识别[J]. 资源科学, 2022, 44(6): 1155-1167.
- [12] 马伟波, 赵立君, 王楠, 等. 长三角城市群减污降碳驱动因素研究[J]. 生态与农村环境学报, 2022, 38(10): 1273-1281.
- [13] 李云燕, 宋伊迪. 碳中和目标下的北京城市道路移动源 CO₂ 和大气污染物协同减排效应研究[J]. 中国环境管理, 2021, 13(3): 113-120.
- [14] 袁晓玲, 郝继宏, 钟楚潮, 等. 中国城市“减污降碳”协同驱动因素及实现路径研究[J]. 管理科学, 2023, 36(4): 26-46.
- [15] 费伟良, 李奕杰, 杨铭, 等. 碳达峰和碳中和目标下工业园区减污降碳路径探析[J]. 环境保护, 2021, 49(8): 61-63.
- [16] 魏泽洋, 汪自书, 谢丹, 等. 工业园区“三线一单”减污降碳协同管控技术路径研究[J]. 环境保护, 2023, 51(14): 22-28.
- [17] 沈益婷. 碳达峰和碳中和目标下工业园区减污降碳路径探析[J]. 节能与环保, 2023(6): 30-32.
- [18] 冯钦忠, 杨世童, 刘俐媛, 等. “双碳”目标下工业园区减污降碳协同增效路径分析与技术要求[J]. 环境保护科学, 2023, 49(3): 1-7.
- [19] 余广彬, 张正芝, 丁莹莹. 碳达峰和碳中和目标下工业园区减污降碳路径探析[J]. 低碳世界, 2021, 11(6): 68-69.
- [20] 陈晓红, 张嘉敏, 唐湘博. 中国工业减污降碳协同效应及其影响机制[J]. 资源科学, 2022, 44(12): 2387-2398.
- [21] 李云燕, 杜文鑫. 京津冀城市群减污降碳时空特征及影响因素异质性分析[J]. 环境工程技术学报, 2023, 13(6): 2006-2015.
- [22] 费伟良, 崔皓, 陈露, 等. 污水处理厂污泥处置减污降碳路径研究——以苏州工业园区污泥处置及资源化利用为例[J]. 环境保护科学, 2023, 49(3): 31-35.
- [23] 刘华军, 郭立祥, 乔列成. 减污降碳协同效应的量化评估研究——基于边际减排成本视角[J]. 统计研究, 2023, 40(4): 19-33.
- [24] 唐湘博, 张野, 曹利珍, 等. 中国减污降碳协同效应的时空特征及其影响机制分析[J]. 环境科学研究, 2022, 35(10): 2252-2263.
- [25] 张瑜, 孙倩, 薛进军, 等. 减污降碳的协同效应分析及其路径探究[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(5): 1-13.
- [26] 刘茂辉, 刘胜楠, 李婧, 等. 天津市减污降碳协同效应评估与预测[J]. 中国环境科学, 2022, 42(8): 3940-3949.
- [27] 王慧慧, 曾维华, 吴开亚. 上海市机动车尾气排放协同控制效应研究[J]. 中国环境科学, 2016, 36(5): 1345-1352.
- [28] 毛显强, 曾桢, 刘胜强, 等. 钢铁行业技术减排措施硫、氮、碳协同控制效应评价研究[J]. 环境科学学报, 2012, 32(5): 1253-1260.
- [29] 刘业业, 崔兆杰, 于斐. 园区生态文明建设水平评价指标体系[J]. 环境科学与技术, 2015, 38(12): 276-282.
- [30] 熊昊钰, 汪俊时, 侯浩波, 等. 重化工园区循环经济评价指标体系构建及应用研究[J]. 工业安全与环保, 2015, 41(5): 99-102+78.
- [31] 赖玢洁, 田金平, 刘巍, 等. 中国生态工业园区发展的环境绩效指数构建方法[J]. 生态学报, 2014, 34(22): 6745-6755.
- [32] 杨儒浦, 王敏, 胡敬韬, 等. 工业园区减污降碳协同增效评价方法及实证研究[J]. 环境科学研究, 2023, 36(2): 422-430.
- [33] WBCSD, WRI. The greenhouse gas protocol: a corporate accounting and reporting standard (revised version)[EB/OL]. (2004). [2024-01-01]. <https://ghgprotocol.org/corporate-standard>.
- [34] WRI, WBCSD. Corporate value chain (Scope 3) standard[EB/OL]. [2024-01-01]. <https://ghgprotocol.org/standards/scope-3-standard>.
- [35] 申桂英. 商务部公布 2022 年国家级经济技术开发区综合发展水平考核评价结果[J]. 精细与专用化学品, 2023, 31(2): 39.
- [36] 李可心, 杨儒浦, 王敏, 等. 典型国家级经济技术开发区减污降碳协同发展研究[C]. 中国环境科学学会 2023 年科学技术年会论文集(一). 中国环境科学学会, 2023: 31-37.

(责任编辑: 金曙光)

The evaluation system and empirical research on the synergistic effect of pollution reduction and carbon mitigation in industrial parks

PEI Jinling, YANG Xiao, LUO Qianli, WANG Yichao, ZHOU Lixuan, FANG Qiaoli, ZHANG Xiaojun*

South China Institute of Environmental Sciences, Guangzhou 510630, China

*Corresponding author, E-mail: shuiwangyouxiang@163.com

Abstract In the industrial sector, pollution reduction and carbon mitigation are not only key to achieving comprehensive green transition of economic and social development, but also important measures to achieve the "dual carbon" targets. Considering industrial parks as the main development platforms within the industrial sector, undertaking result-oriented evaluations of the synergistic effect of pollution reduction and carbon mitigation proves instrumental. Such evaluations furnish industrial park managers with tailored policies and measures for effective industrial park management, which can effectively promote pollution reduction and carbon mitigation in industrial parks in practical. This study integrated pollution and carbon emission data in industrial parks to construct the "L" line synergistic effect evaluation coordinate system, based on the cooperative-control coordinate system. Besides, this study established a corresponding evaluation workflow and lastly formed an operational evaluation system for the synergistic effect of pollution reduction and carbon mitigation. Selecting Nansha economic development zone for empirical research, the results showed that the evaluation system could effectively reflect the focus and main achievements of the case selected. Secondly, during the period from 2018 to 2022, the synergistic effect of pollution reduction and carbon mitigation of the park reached its peak in 2021. Lastly, in recent years, the resource recycling transformation projects in Nansha economic development zone had the maximum synergistic effect of pollution reduction and carbon mitigation. In view of this, this study offered a constructed evaluation system can be utilized as a tool to examine the effectiveness of pollution reduction and carbon mitigation policies and measures in industrial park management. Furthermore, it could guide park managers to explore the potential for emission reduction in depth and has practical implications for enhancing the synergistic effect of pollution reduction and carbon mitigation in industrial parks. In summary, the findings of this study holds the potential for wider application across various types of industrial parks, thereby offering effective technical support for advancing the comprehensive green transition of industrial parks as well as achieving the "dual carbon" targets ahead of schedule.

Keywords reduce pollution and carbon emissions; industrial parks; synergistic effect; evaluation system; empirical study