Design and Implementation of an integrated environmental protection consultation solution for industrial parks

Xueben Wang

Anhui Hemei Environmental Protection Group Co., Ltd., Hefei, Anhui, 231200, China

Abstract

With the acceleration of the industrialization process, industrial parks are confronted with challenges such as concentrated environmental pollution and complex ecological governance. Traditional decentralized environmental protection consulting services have been difficult to meet the requirements of comprehensive control and management. Based on the core scenarios of environmental protection consulting services in industrial parks, this article builds a full-process closed-loop management system based on systems engineering theory, integrates multi-source data resources by applying technologies such as blockchain and digital twins, and innovates the “environmental protection manager” service model to achieve systematic prevention, precise governance, and long-term control of environmental issues. This research provides replicable and scalable practical paths and theoretical references for environmental governance in industrial parks, which is of great significance for promoting one-stop solutions for environmental protection consultation in industrial parks.

Keywords

Industrial park Environmental protection consultation Integrated solution Digital platform Environmental risk prevention and control

工业园区环保咨询一体化解决方案设计与实施

王学本

安徽禾美环保集团股份有限公司，中国·安徽 合肥 231200

摘要

随着工业化进程加速，工业园区面临环境污染集中、生态治理复杂等挑战，传统分散式环保咨询服务已难以满足综合管控需求。本文基于工业园区环保咨询业务核心场景，通过构建基于系统工程理论的全流程闭环管理体系，运用区块链、数字孪生等技术整合多源数据资源，创新“环保管家”服务模式，实现环境问题的系统性预防、精准化治理与长效化管控。本研究为工业园区环境治理提供可复制、可推广的实践路径与理论参考，对推动工业园区环保咨询一站式解决方案具有重要意义。

关键词

工业园区；环保咨询；一体化解决方案；数字化平台；环境风险防控

1 引言

工业园区作为产业集聚发展的核心载体，在推动经济增长的同时，也带来了严峻的环境挑战。生态环境部《2023年全国生态环境统计年报》显示，我国工业园区污染物排放占全国工业排放总量的68%，其中挥发性有机物（VOCs）排放占比达75%，环境风险防控压力持续攀升。传统环保咨询服务以环境影响评价、环保验收、应急预案编制等单一业务为主，存在服务碎片化、数据割据化、协同能力欠缺等弊端。例如，美国环保署（EPA）研究指出，分散式服务模式导致环境管理效率降低40%以上，决策响应时间延长约3-5天。当前，打造覆盖多业务范畴的环保咨询一站式解决

方案，实现对工业园区环境问题全周期管理，成为提升园区环境治理效果、促进绿色可持续发展的关键。

2 文献综述

国内外学者对工业园区环境管理进行了广泛研究。国外方面，德国在工业4.0园区建设中，通过构建环境管理系统（EMS）实现生产与环保数据的实时交互，显著提升资源利用效率^[1]。美国学者Smith（2021）提出基于生命周期管理理论的园区环境治理框架，强调从规划到运营的全过程协同。国内研究中，相关研究表明，“三线一单”管控要求有效约束了园区产业布局，但在动态监管和应急响应方面仍存在不足^[2]。近年来兴起的“环保管家”服务模式虽取得一定成效，但现有研究多聚焦于服务模式介绍，对其与数字化技术融合的深度应用探讨较少。本文提出的一体化解决方案，在借鉴现有研究的基础上，重点突破多业务协同和智能化风

【作者简介】王学本（1973-），男，中国山东人，本科，高级工程师，从事环保研究。

险防控的技术瓶颈，为工业园区环境管理提供新的思路。

3 工业园区环保咨询业务现状与问题分析

3.1 业务分散导致管理效率低下

当前工业园区环保咨询业务呈现“分段式”特征，环境影响评价聚焦项目前期规划，环保验收侧重建设成果核查，应急预案着重应对突发环境事件，各环节缺乏有效衔接。《环境工程学报》研究指出，这种分散模式导致项目从环评到验收的周期平均延长1-2个月，企业环保设施建设与园区整体环境要求脱节率达35%。

3.2 数据孤岛阻碍精准决策

各环保咨询业务生成的数据分散在不同系统，缺乏统一管理与共享机制。生态环境部调研显示，园区内环境监测数据、环评报告数据与应急预案资源数据的互通率不足20%，导致园区管理者难以全面掌握环境状况，无法通过数据驱动制定精准治理策略。

3.3 风险防控体系存在短板

环境风险应急预案编制普遍存在形式化问题，与园区实际情况不符。中国环境科学研究院(2023)的调查表明，65%的园区应急预案未结合区域环境敏感性及企业风险源分布进行动态更新，且仅有32%的园区建立了与周边社区、应急管理部的协同机制，导致突发环境事件发生时响应滞后。

4 工业园区环保咨询一体化解决方案设计

4.1 全流程闭环管理体系构建

4.1.1 前期规划：深度融合的环境影响评价

基于系统工程理论，建立“园区整体+入驻项目”双维度环评体系。对园区产业规划、能源结构、生态承载力进行系统性评估，运用区域大气扩散模型与水环境容量测算方法，确定污染物排放总量控制指标。以某新能源汽车产业园为例，通过环评将园区年度VOCs排放总量控制在500吨以内，并据此制定企业准入门槛。对于单个项目，要求提交清洁生产审核报告，优先采用低能耗、少排放工艺，如某农药生产企业采用水基化工艺后，有机溶剂用量减少60%。

4.1.2 中期建设：动态跟进的环保验收管理

构建“建设前—建设中—建成后”三阶段验收体系。建设前依据环评批复要求，对环保设施设计方案进行三维建模，核查废气处理塔、污水处理池等设施的空间布局与参数配置；建设中通过无人机巡查与物联网传感设备，实时监测环保设施施工进度与质量，如利用传感器监测污水处理池防渗层厚度；建成后开展全要素综合验收，除常规污染物排放检测外，纳入碳排放强度、危险废物处置合规性等指标^[1]。

4.1.3 后期运营：智能协同的环境风险防控

以风险源数据库为基础，开发环境风险智能预警模块。融合企业污染物排放数据、气象条件、敏感目标分布等信息，采用AI算法预测风险发生概率与扩散路径。编制应急预案

时采用“情景-应对”模式，针对不同风险场景制定分级响应程序，并与园区应急指挥中心、周边医疗机构实现信息共享与联动应对。例如，当某企业储罐液位超过安全值80%时，系统自动发出黄色预警，并向企业负责人与园区应急指挥中心推送处置建议。

4.2 多源数据整合与数字化平台建设

搭建基于“云-边-端”架构的工业园区环保咨询聚合式数据平台。边缘端部署500余个智能监测点位，涵盖废气、废水、土壤、噪声等领域，采用傅里叶变换红外光谱仪、在线水质分析仪等设备实时采集数据；云端利用大数据分析模型挖掘数据价值，通过机器学习算法关联分析企业生产负荷与污染物排放数据，如发现某企业夜间生产时废气排放异常升高，及时提示排查治污设施。同时，采用联盟链架构与智能合约技术构建数据存证体系，企业每次上传监测数据时，系统自动生成哈希值并记录到区块链，监管部门可随时验证数据真实性。

4.3 技术与服务模式创新

4.3.1 物联网实时监测

部署物联网设备实现PM2.5、VOCs浓度等环境参数的实时监测与自动上传，为风险预警提供数据支持。

4.3.2 区块链数据存证

基于区块链技术构建数据存证平台，确保环评、验收报告等数据不可篡改，提升数据公信力^[4]。例如，某企业因篡改监测数据导致其环保验收文件在区块链平台被标记异常，监管部门据此进行查处。

4.3.3 数字孪生模拟

利用GIS与三维建模技术构建园区数字孪生模型，模拟极端天气下污染物扩散情景，提前制定防控策略。在台风季来临前，通过模型模拟预测某化工企业危废仓库受淹风险，园区管理部门及时协调企业转移危废，避免环境污染事故发生。

4.3.4 “环保管家”服务模式

采用“环保管家”全周期托管服务，由专业团队常驻园区，提供政策解读、技能培训、日常巡检、应急处置等服务。服务成本采用“企业分摊+政府补贴”模式，根据企业规模与污染程度确定费用比例，同时政府对采用该服务模式的园区给予年度环保专项资金支持。环保管家每月对企业环保设施进行检查，如发现某企业废气处理设施活性炭吸附装置未及时更换，立即督促整改并协助制定更换计划。

5 案例分析：某国家级工业园区环保咨询一体化实践

5.1 案例背景

某国家级化工园区入驻企业82家，涵盖石油化工、精细化工、新材料等高污染、高风险行业。园区周边5公里范围内分布有3个居民区和2个水源保护区，环境敏感程度高。

在传统环保咨询模式下,园区面临诸多问题:业务分散导致企业环保设施建设与园区规划脱节;数据孤岛现象严重,各企业监测数据、环评报告等信息分散存储;风险防控能力薄弱,部分企业应急预案陈旧,缺乏园区级应急联动机制。这些问题致使园区年均环保整改项达32个,环境投诉率居高不下,曾因废气泄漏引发周边居民集体投诉。

5.2 解决方案实施

为处理该工业园区在传统环保咨询模式里面临的业务分散、数据成岛和风险防控薄弱等问题,园区通过全流程闭环管理体系构建、多源数据整合平台建设以及创新技术与服务模式应用这三个层面实施环保咨询一体化方案,具体如下:

5.2.1 构建全流程闭环管理体系

相关人员利用区域大气扩散模型与水环境容量计算手段,科学地明确污染物排放总量的控制标准,且从另外一个维度,针对单一入驻项目,要求该入驻项目提交详细的清洁生产审核报告,优先采用能耗低、排放少的工艺技术。相关部分对环保设施建设全阶段进行动态跟进,按照环评批复载明的要求,为环保设施设计方案开展三维建模,对废气处理塔、污水处理池等关键设施的空间布局与参数配置展开细致核查,以某企业污水处理站设计方案为对象,借助三维建模,发现该调节池与厌氧池布局存在流程不顺畅的情况,迅速要求设计单位进行优化修正。

5.2.2 建设多源数据整合平台

在云端利用大数据分析模型和机器学习算法,对采集到的海量数据进行深度挖掘。通过关联分析企业生产负荷与污染物排放数据,及时发现企业环境异常情况。例如,系统通过分析某化工企业的生产排班数据与废气排放监测数据,发现该企业在夜间22点至凌晨4点生产时,非甲烷总烃排放浓度较白天正常生产时升高30%,据此判断可能存在治污设施运行不正常的情况,及时提示企业进行排查,最终发现是废气处理设备的活性炭吸附装置未按规定更换,导致处理效率下降。企业将其车间废气排放监测数据上传后,系统凭借区块链开展存证工作,若后续察觉数据存在异常修改迹象,可迅速锁定修改时间与进行操作的主体,在云端借助大数据分析模型及机器学习算法,挖掘采集到的海量数据的深层内涵,对企业生产负荷与污染物排放数据做关联分析,及时找出企业环境的异常状况。

5.2.3 创新技术与服务模式应用

该园区构建了VOCs在线追溯体系,凭借安装于园区各企业排放口、园区边界的VOCs监测设备、气质联用仪之

类,把气象参数和地理信息系统(GIS)结合起来,做到对VOCs污染源的精准查定,凭借GIS与三维建模技术构建起园区数字孪生模型,实现园区环境的虚拟场景仿真。把园区的地形地貌、企业分布、污染治理设施等信息加以输入,结合气象数据,运用污染物扩散模型,开展极端天气下污染物扩散情景的模拟,提早拟定防控办法。由专业团队长期扎根园区,为企业给予全周期、一站式整合的环保服务^[1]。同时,环保管家团队还为企业提供环保政策咨询服务,帮助企业及时了解最新的环保法规和标准要求,指导企业开展环保合规管理。

5.3 实施成效

经过两年实践,该园区环境管理成效显著。环境投诉率从实施前的年均35次下降至11次,降幅达68.6%;年均环保整改项从32个减少至11个,减少65.6%;VOCs排放量降低23%,碳排放强度下降18%。园区成功入选国家级绿色工业园区,吸引新能源、新材料等绿色产业入驻,实现经济效益与环境效益的协同提升。

6 结论

本文提出的工业园区环保咨询一体化解决方案,通过整合业务流程、打通数据梗阻、创新技术应用,有效解决了传统服务模式下管理低效、风险防控不足等问题。该方案显著提升了园区环境治理水平,促进了绿色低碳发展,具有良好的可复制性和推广价值。然而,方案仍存在一定局限性。一方面,数字化技术的应用对中小企业资金和技术要求较高,可能影响其推广普及;另一方面,跨部门数据共享和协同机制的建立仍面临政策和管理层面的挑战。未来研究可聚焦于如何降低中小企业数字化转型成本,探索更有效的政策激励机制,以及深化与“双碳”目标的融合路径,为工业园区可持续发展提供更有力的支撑。

参考文献

- [1] 毛晓红.工业园区环保管家在推动绿色发展中的作用及路径探析[J].皮革制作与环保科技,2023,4(18):45-47.
- [2] 陶术平,沈蒙蒙,杨新华.环保管家的优势及其在工业园区中的应用[J].皮革制作与环保科技,2023,4(05):178-180.
- [3] 徐惠娟.工业园区环保管家服务模式的思考[J].清洗世界,2022,38(06):100-101.
- [4] 杨雪.浅析环保管家内涵及应用[J].资源节约与环保,2022,(01):136-138+142.
- [5] 朱少波.全过程环保咨询服务模式在抽水蓄能工程中的应用[J].绿色科技,2021,23(24):96-99.