

工业物联网提升环保监管效率的策略与路径

邓江飞 李晓丽*

新疆蓝熹禾环保科技有限公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 随着工业物联网技术不断发展, 其在环保监管领域的运用变得日益广泛。传统环保监管模式存有响应滞后以及盲区覆盖不足等状况, 难以契合当下环境治理的要求, 工业物联网技术的运用, 借助智能传感、边缘计算等技术方式, 实现了对污染源的实时监测与预警, 切实提高了环保监管的精准性与科学性。论文探讨工业物联网提升环保监管效率的策略和路径, 为智慧环保生态构建提供理论支撑与实践指引。

关键词: 工业物联网; 环保监管; 应用策略

Strategies and Paths to Improve the Efficiency of Environmental Supervision in Industrial Internet of Things

Jiangfei Deng Xiaoli Li*

Xinjiang Lanxihe Environmental Protection Technology Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: As industrial IoT technology continues to develop, its application in environmental supervision is becoming increasingly widespread. Traditional environmental supervision models suffer from delayed responses and insufficient coverage of blind spots, making it difficult to meet the current requirements for environmental governance. The use of industrial IoT technology, leveraging smart sensing and edge computing, has enabled real-time monitoring and early warning of pollution sources, significantly enhancing the accuracy and scientific nature of environmental supervision. This paper explores strategies and pathways for improving the efficiency of environmental supervision through industrial IoT, providing theoretical support and practical guidance for building a smart environmental ecosystem.

Keywords: industrial Internet of Things; environmental supervision; application strategy

0 前言

工业物联网技术运用于环保监管领域, 借助实时数据采集、预测性维护、资源优化、数据分析以及智能化监管等方式, 切实提高了环保监管效率。论文研究工业物联网提高环保监管效率的策略和路径, 涉及政策与法规支持、技术研发与创新、产业合作与平台建设、人才培养与知识普及以及安全与隐私保护等内容。这些策略与路径的施行, 为构建智慧环保生态给予了有力支持。

1 工业物联网技术概述

工业物联网 (IIoT) 作为物联网技术在制造业、能源等领域的深度应用范式, 依靠部署智能传感器网络、边缘计算节点和自适应通信系统, 构建起工业设备与数字平台间的双向信息通道。该技术体系整合了分布式云计算架构、机器学习算法及工业大数据分析模块, 能实现生产参数的实时捕获与智能分析, 更能驱动工艺流程的动态优化, 形成基于数据闭环的预测性维护体系。这种技术集成较大提升了工业系统的自主决策能力, 在降低能源损耗的同时为制造企业的数字化转型提供了核心支撑 (见图 1)。

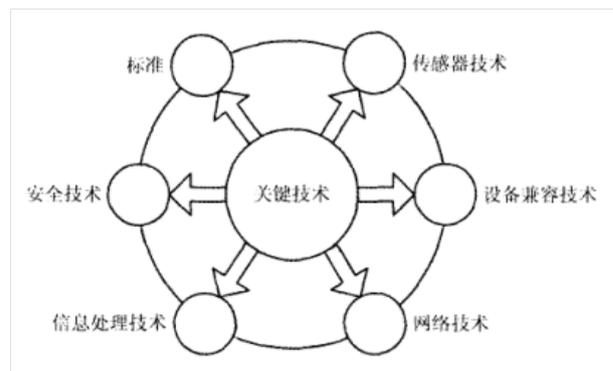


图 1 工业物联网技术

2 工业物联网提升环保监管效率的策略

2.1 实时数据采集与监控

工业物联网系统凭借广泛分布的监测装置, 在污染排放口、处理设备和环境敏感区域形成全天候监测网络。各类智能终端持续收集生产过程中产生的三废排放信息, 实时获取废水、废气等污染源的浓度、流速及成分数据, 同步记录周边环境的温湿度、颗粒物含量等生态指标, 依托 5G 网络与 LoRa 无线传输技术, 这些关键参数被即时同步回传至智

能环保云平台,经数据清洗后生成多维动态图表^[1]。环境执法人员可随时调阅企业排污设施的运行轨迹,当监测值超出预设阈值时,平台会自动触发多级预警机制,这种智能化的物联监测体系有效突破了传统人工巡查存在的响应滞后、盲区覆盖不足等瓶颈,推动环境监管模式由事后处置向源头管控转型,较大提高了污染防控的预见性与执法决策的科学性。

2.2 预测性维护与故障预警

工业物联网基于对环保设备运行状态的智能监测与分析,有效构建预防性维护机制。借助在设备关键节点部署多源传感器,持续获取设备运行时的振动频谱、温升曲线及压力波动等多维度参数,依托边缘计算平台将实时数据与设备全生命周期档案进行动态比对,在整合设备历史运行记录与性能退化模型的基础上,采用深度神经网络算法建立设备健康度评估体系,精准识别潜在故障模式。以污水处理系统为例,曝气装置一旦监测到异常振动模式,系统可凭借频谱特征分析预判轴承组件的磨损梯度,在效能衰减临界点前启动维护预案。

2.3 资源优化与能源管理

工业生产领域正加速推进数字化转型,工业物联网成为实现精细化管理的技术支撑。依托数据采集与分析技术,企业可动态追踪生产线运行状态与能源使用效率,精准掌握原材料转化率、能源分配比例等关键指标,凭借智能算法匹配设备工况与生产需求,如依据订单波动自动调节设备负载参数,构建动态能源调度体系^[2]。以石化行业为例,借助整合原料库存与订单信息,物联网平台能实时优化反应釜温度曲线与投料周期,使单位产品污染物排放量降低12%~15%,结合边缘计算技术建立的能源监测网络,可识别空压机组、循环水泵等关键设备的异常能耗波动,凭借优化用能结构使能源利用率提升。

2.4 数据分析与决策支持系统

环保监管体系的智能化转型依托工业物联网实时采集的多元异构数据构建动态决策依据。基于多维数据关联分析技术,系统对环境监测指标、企业能耗参数及设备运行状态等核心数据进行深度解析,精准识别污染排放特征与生产周期、气象要素间的耦合机制,凭借构建污染物排放与工艺参数、气象条件等多变量耦合模型,可实现区域性环境质量演变趋势的智能预判。决策支持平台将复杂分析成果转化为可视化决策图谱,结合行业污染特征库与政策法规库,动态生成差异化管控方案,针对突发性环境风险,应急响应机制即时激活,借助溯源追踪污染成因、模拟推演扩散路径,形成分级预警与处置预案,使环境治理从被动响应转向主动防控,实现治理策略的动态优化。

2.5 智能化监管与执法

工业物联网技术的应用为环境监管领域注入了智能化

基因,优化了执法工作的执行效率。凭借部署物联传感网络与区块链数据存证系统,环保部门可对企业排污行为实施从源头到末端的全链条闭环管理,配合无人机巡航和热成像卫星扫描技术,构建起天地空一体化的多维度监测网络。在执法实践中,配备北斗定位功能的智能终端与中央控制系统保持数据实时同步,使工作人员可现场调取企业的环评档案和排污许可电子证照,保证执法程序的合法性与证据链完整性,典型应用场景中,执法人员使用便携式检测仪扫描排污节点专属标识,即刻获取该点位实时污染物浓度图谱及过往排放记录、治理台账,大幅提升核查工作的精准度^[3]。技术体系还创新性地融合了环境信用动态评价机制,依托区块链技术构建企业生态档案数据库,将污染物排放量、环境守法记录等多项指标纳入信用评估模型,对重点监控对象实施分级预警和联合惩戒措施,借助数据穿透式监管形成强有力的制度约束,有效维护生态环境治理的公平性。

3 工业物联网提升环保监管效率的路径

3.1 政策与法规支持

政策法规体系构成工业物联网赋能环境监管的关键支撑。政府部门应当出台专项指导方案,系统规划物联网技术在环境治理领域的实施路径与发展目标,借助设立技术升级引导基金对环保设备物联网改造项目给予定向补贴,如对安装智能监测终端的企业实施增值税抵扣政策,降低企业技术改造成本,提高企业参与意愿。在法律层面需同步完善环境数据治理条款,界定企业在环境数据采集、传输和应用环节中的法律边界,又建立标准化的数据管理流程,保障监测信息的完整性与溯源性,可建立强制性污染源监测数据直报制度,要求重点排污单位凭借加密物联网节点实时传输经过认证的监测数据,对数据篡改行为实施信用惩戒与经济处罚并重的追责机制。还需构建跨行政层级和业务领域的联合监管体系,打通部门间数据孤岛,推动生态环境部门与工业和信息化、质量监督等机构建立动态数据交换机制,借助智能算法实现异常排放的协同研判与联合执法,形成从数据采集到处置反馈的监管闭环。

3.2 技术研发与创新

工业领域环保监管效能的提升本质上依赖于技术体系的持续突破与创新应用。在感知层革新方面,需要突破传统传感器的性能瓶颈,重点研制兼具微污染物识别与环境参数感知功能的智能传感装置,依靠优化材料工艺与电路设计,实现复杂工况下的长期稳定监测。传输层需构建适应工业场景的物联通信架构,开发有抗干扰能力的多模异构网络协议,有效解决数据丢包与延迟难题。数据处理层面应融合时序分析与深度学习算法,构建有自学习能力的污染溯源模型,从多维异构数据中识别潜在关联规律,采用分布式账本技术构建环保数据联盟链,能保障监测数据的完整性与可追溯性,又可实现跨部门的安全协同(见表1)。

表 1 工业领域环保监管效能提升表

层面	技术突破与创新应用	目标
感知层	研制智能传感装置	微污染物识别与环境参数感知
传输层	构建物联网信架构	抗干扰多模异构网络协议
数据处理层	融合时序分析与深度学习算法	构建自学习污染溯源模型

3.3 产业合作与平台建设

推动工业互联网在环保监管领域的实践应用，最关键的是构建多方协作的产业生态与智能化服务平台。主管部门需强化统筹协调，借助搭建环保科技企业、物联网服务商与高校实验室的协同创新网络，形成产—学—研—用融合创新体系，重点破解环保数据采集、传输安全及智能分析等共性技术瓶颈。建议打造省级工业互联网环保监管中枢平台，高效整合污染源监测、企业环评档案及环保执法数据库，构建覆盖环境要素全维度的集成化服务平台，打破传统环保管理中存在的信息孤岛，该平台拥有多维度数据分析、智能预警推送及全生命周期设备管理等核心功能模块，支持企业在线上上传环境履约报告、在线查询行业技术规范，帮助执法部门实现污染源实时追踪与决策支持。

3.4 人才培养与知识普及

人才储备与公众认知提升是维持工业互联网环保监管长效运作的双重支柱。高等教育机构需打破传统学科壁垒，在环境工程学院系中植人物联网传感技术、污染源智能识别等前沿课程模块，培育兼具数据解析能力与环保政策理解力的综合型技术骨干，产教融合方面，建议龙头企业与高校共建“技术攻关+场景实训”的协同育人平台，凭借真实环境监测项目实操，强化学生设备调试、异常数据溯源等实战技能。针对行业技术迭代特点，可建立环保监管部门与行业协会联动的职业认证体系，开发模块化继续教育课程包，运用虚拟仿真技术开展远程技能提升培训。

3.5 安全与隐私保护

在环保监管领域，工业互联网系统的安全防护与隐私

保障已成为不可回避的核心议题。面对海量终端设备接入与实时数据传输带来的双重挑战，需要构建覆盖感知层、传输层和应用层的立体防御体系，技术层面应同步推进动态加密协议研发与智能威胁感知系统部署，依靠量子密钥分发技术提高数据传输可靠性，并运用行为分析算法实现异常流量的精准识别。针对环保监测产生的涉密数据，需构建覆盖采集标注、传输脱敏、存储分域的全生命周期管控机制，特别是对污染源定位等敏感信息实施区块链存证与零信任访问控制，个人信息处理环节应严格遵循数据最小化与用途限定准则，采用差分隐私技术实现统计特征的可用性与个体隐私的平衡。

4 结语

工业互联网技术运用于环保监管领域，给环境治理带来了重大变革。借助一系列策略和路径，政策引导、技术创新、产业协作、人才培养以及安全保障等，切实提高了环保监管效率，促使环境治理朝着智能化、精细化方向迈进。随着技术持续进步以及应用场景不断拓展，工业互联网在环保监管领域会发挥更关键作用。

参考文献：

- [1] 巩浩,张方回,刘斌,等.GIS与物联网融合在铁路项目施工安全环保监管中的实践研究[J].交通节能与环保,2024,20(S2):66-70+93.
- [2] 张宇,杜庆昌.基于物联网技术的污水处理厂全过程监管系统[J].建设科技,2014(8):72-73.
- [3] 游波,甄欣.环境监管物联网技术架构及应用体系研究[J].信息技术与信息化,2015(8):41-43.

作者简介：邓江飞(1990-),男,中国四川达州人,本科,工程师,从事排污许可、环保检测仪器仪表、环保咨询等方面研究。

通讯作者：李晓丽(2000-),女,中国甘肃定西人,本科,从事排污许可方面研究。