

人工智能在环保技术服务企业转型中赋能研究

崔 剑 林 毅 贺 雄

北京北方节能环保有限公司 北京 100070

摘 要：随着全球污染治理技术的日趋成熟以及“双碳”目标的提出，环保技术服务将经历由“末端治理”向“全过程管控”，采用“全过程智慧化服务”模式的转型。在这一转型过程中，人工智能（AI）作为新一轮科技革命的核心驱动力，正通过数据分析、识别、预测等核心能力，深度赋能于环保技术服务企业。本文旨在系统探讨 AI 在环境监测、污染治理、环境执法及环评咨询等关键场景的应用实践，分析其对传统环保服务模式的价值重构，并深入剖析企业在数字化转型过程中面临的数据壁垒、技术成本与复合型人才短缺等挑战，最后提出构建“AI+ 环保”新生态的实施路径与战略建议，为环保技术服务企业的高质量发展提供理论参考与实践指导。

关键词：人工智能；环保技术服务；数字化转型；精准管控

引言：伴随“双碳”战略落地与环保要求不断提升，依靠人力的传统环保服务举步维艰，行业正加速向“全过程智慧化服务”转型。人工智能依托数据解析、智能辨识及预测本领，广泛渗透于环境监测、污染治理、环境执法与环评咨询等重点场景，重塑着服务模式的价值。不过，企业转型仍受数据孤岛、投入成本大及跨界人才匮乏等难题制约。本文探究人工智能对环保技术服务企业的赋能路径，剖析现存问题，为行业数智化转型提供参考。

1 AI 赋能环保技术服务企业转型的背景与意义

1.1 研究背景

随着工业化和城市化进程的加速，环境污染呈现出复合型、紧缩型、密集型的特点，传统的人力密集型和经验主导型的环保服务模式已难以满足日益复杂的环境治理需求。一方面，环保监管要求不断提高，对企业排污数据的真实性、时效性和精准性提出了严苛标准；另一方面，环保技术服务企业自身面临着环保治理方式的变化适应性问题、同类企业之间的激烈竞争及自身运营成本高等现实痛点^[1]。

在此背景下，环保技术服务将经历由“末端治理”向“全过程管控”，采用“全过程智慧化服务”模式的转型。数字技术与环保产业的深度融合将成为环境治理现代化的必然之路。人工智能技术依托其强大的算力基座、先进的算法架构与高效的数据解析能力，正日益成为破解生态环境治理深层次困境、提升环境精准管控与公共服务效能的关键驱动力。

1.2 研究意义

对于环保技术服务企业而言，AI 不仅仅是一种技术工具的叠加，更是一场生产关系的变革。研究 AI 在环保

领域的赋能作用，有助于企业明确数字化转型的方向，从单一的环保技术服务供应商转型为综合环境服务商。通过 AI 赋能，企业能够实现从“被动应对”到“主动预警”、从“粗放管理”到“精准管控”、从“经验依赖”到“数据决策”的根本性转变，从而在激烈的市场竞争中获得新的增长点。

2 AI 赋能环保技术的核心逻辑与技术底座

2.1 核心逻辑

AI 赋能环保的核心逻辑在于建立“感知-分析-决策-执行”的闭环。传统环保服务往往依赖人工采样和实验室分析，数据链条长、时效性差。AI 技术通过网络传感器实现全过程高频感知，利用计算和分析实时处理海量数据，基于数据模型生成最优决策，并反馈给控制设备自动执行，从而实现环境治理的智能化闭环。

2.2 技术底座

计算机视觉技术：广泛应用于图像识别、视频分析。在环保领域，用于识别排污口异常、监测工地扬尘、分析水体黑臭程度、识别生物多样性等。

机器学习与深度学习：通过构建网络模型，对历史环境数据进行训练，实现对空气质量、水质变化的预测，以及对污染源的精准溯源及控制。

知识图谱：将环境法规、污染源特性、环境治理工艺等碎片化信息结构化，构建环保领域的“大脑”，为智能环评和执法提供辅助决策。

数字孪生：在虚拟空间构建实体设施（如污水厂、垃圾焚烧厂）的镜像，通过仿真模拟优化工艺参数，提升实体运行效率。

3 AI 在环保技术服务重点场景的应用实践

3.1 智慧环境监测

从“点状抽检”到“全域感知”。传统的环境监测受限于人力物力，往往存在监管盲区和时间滞后。AI 技术的应用，极大拓展了监测的广度和深度。

一体化监测网络：利用卫星遥感+无人机+地面微站+水质浮标，构建全方位监测体系。AI 算法能够融合多源异构数据，剔除噪声，精准反演区域环境质量状况。

水质特性预警：通过 AI 分析水体中的有机物光谱特性，能够快速识别并预警水污染事件，甚至在污染物浓度尚未超标时，通过光谱微小变化发现潜在的污染风险。

3.2 污染治理智能运维

从“经验调整”到“精准管控”。在工业废水治理设施（如废水 DTRO、BAF）的运营中，AI 通过建立工艺数据模型，实现运行参数的自动优化。

污水厂数字孪生运营：污水处理是一个复杂的生化反应过程，进水水质水量的波动直接影响出水效果。AI 系统基于进水数据预测污染物去除效率，计算出水质，并反向调节控制曝气量、回流比等关键工艺参数。

3.3 智慧环境执法与监管

从“人员现场管控”到“非现场执法”。对于提供环境监管服务的第三方企业，AI 极大地提升了执法效率和公正性。

非现场执法：通过安装在企业排污口的智能监控设备，AI 自动识别流量异常、浓度突变等数据，并结合视频分析判断是否存在偷排漏排行为。

环评报告 AI 智能审查：传统环评报告审查耗时耗力。基于 NLP（自然语言处理）技术的 AI 审查系统，可在较短的时间内完成一份数百页报告的初步核对，自动抓取数据矛盾、引用错误等问题，将审查效率提升数十倍。

3.4 智能环评与碳管理

从“手动编制”到“智能计算”。随着碳排放权交易市场的启动，碳管理成为环保技术服务的新蓝海。

碳数据自动核算：AI 技术通过对接企业生产系统（DCS/PLC）和能源管理系统，实时采集燃煤消耗、电力使用等数据，自动核算碳排放量，解决了传统碳盘查周期长、数据易出错的问题。

碳足迹预测与减排路径规划：利用 AI 模型模拟不同减排措施下的碳足迹变化，为企业制定最优的“碳中和”路线图。例如，AI 可以建议何时进行节能改造、何时购买碳配额最经济，帮助企业以最低成本实现合规。

4 AI 对环保技术服务企业的价值重塑

4.1 降本增效

突破利润瓶颈。环保行业长期以来面临“重资产、高成本”的困境。AI 赋能通过“省人、省药、省电”直接降低运营成本。例如，通过智能加药系统，避免药剂过量浪费；通过智能曝气，降低电耗。对于第三方治理企业，这意味着运营利润率的直接提升。同时，AI 的自动化运维大幅减少了一线操作人员的数量和劳动强度。

4.2 服务模式创新

从“卖工程”到“卖服务”。AI 推动了环保企业商业模式的变革。传统模式多为 EPC（工程总承包），收入往往是一次性或固定收益。基于 AI 的数据增值服务，企业可以向客户收取技术服务费用。例如，提供“环保设施健康管家”服务，通过预测性维护避免设备故障停机；提供“环境效益担保”服务，承诺通过 AI 优化达到特定的排放指标或能耗指标。这种轻资产、高技术含量的服务模式具有更强的粘性和更高的附加值^[2]。

4.3 决策科学化

积累沉淀专家知识。环保领域蕴含大量隐性的专家经验（如老工人如何根据生化泡沫判断污泥状况）。AI 技术通过学习，将这些经验数字化、模型化，形成可复用的算法资产。这不仅解决了人才培养周期长的问题，还避免了因人员流动导致的技术流失。企业因此构建起自己的智能化数据模型，形成技术壁垒，核心竞争力从“关系营销”转向“技术硬实力”。

4.4 合规避险

降低法律风险。环保法规日益严苛，一次超标排放可能导致巨额罚款甚至停产。AI 系统具备实时预警功能，能够在超标发生前发出警报（如预测到进水毒性升高，提前调整工艺或切换进水），为企业争取宝贵的应急处理时间，规避法律风险。

5 面临的挑战与制约因素

5.1 数据壁垒与质量困境

AI 需要大量高质量、真实的数据进行训练。然而，环保行业存在严重的“数据孤岛”现象。

数据碎片化：数据分散在政府、企业、第三方机构手中，缺乏统一共享机制。

数据质量问题：许多老旧监测设备精度不足，数据缺失、异常值多，且缺乏专业的分析团队对环境数据进行筛选和标定，导致模型训练效果不佳，“Garbage In, Garbage Out”（垃圾进，垃圾出）现象突出。

5.2 场景复杂性与模型泛化能力不足

工况异构导致迁移成本较高：各污水处理厂的进水

水质、工艺路线、池体功能各异，生产工况千差万别。基于单一场景训练的 AI 模型往往缺乏泛化能力，难以直接跨厂迁移。模型部署通常需要投入大量算力与数据进行重新训练及调优，导致初期开发成本极高。

“黑箱”效应制约决策信任与闭环控制：深度学习等模型内部逻辑复杂，可解释性相对较差。在面临水质超标等关键问题时，受限于严格的环保责任追究机制，管理人员往往对 AI 的决策建议仅作为可参考内容之一，更倾向于依赖保守的传统经验进行人工处理，致使系统难以实现完全的 AI 自主闭环控制。

5.3 复合型人才短缺

“AI+ 环保”是典型的交叉学科领域，既懂环保工艺机理，又精通算法开发的复合型人才极度匮乏。纯 IT 人员不懂生化反应机理，纯环保人员不懂编程建模，导致技术落地过程中沟通成本较高，很多项目止步于简单的可视化大屏，未能深入到工艺核心参数的控制环节。

5.4 投资回报周期与成本顾虑

部署 AI 系统需要投入关键工艺参数的传感器仪表、服务器算力、软件授权及维护等费用。对于许多利润微薄的中小环保企业而言，这是一笔巨大的开支。且采用 AI 系统运营的收益往往是长期、隐性的（如节省的电费、药费），短期内 AI 系统的应用难以量化，导致企业决策者对大规模投入 AI 系统持观望态度。

6 实施路径与战略建议

6.1 夯实数字化基础，打通数据链路

企业应优先解决“有数据”和“好数据”的问题。

硬件升级：逐步更换高精度、智能化的网络传感器，确保源头数据质量。

数据治理：建立统一的数据平台，制定数据标准，打破各子系统之间的壁垒，实现生产数据、监测数据、管理数据的融合。

机理 + 数据双驱动：在数据积累不足时，先利用环保领域的机理模型（如活性污泥生长模型等）作为基础，再结合实际数据进行修正，提高模型在冷启动阶段的可用性。

6.2 聚焦高价值场景，以点带面突破

避免“大而全”的盲目建设，优先选择最痛点、收益最明显的场景切入。

高耗能环节优先：例如曝气系统、焚烧炉控制系

统，这些环节消耗的能源占比较高，AI 优化带来的成本节约立竿见影，易于测算 ROI（投资回报率）。

高风险环节优先：例如在线监测预警系统，帮助企业规避处罚风险，客户付费意愿强。

试点验证：选取一个示范项目进行试点，跑通模式、积累数据、验证效果，形成标杆案例后再进行复制推广。

6.3 构建产学研协同机制，培育人才队伍

外部合作：与高校、科研院所、AI 科技公司建立战略合作，借用外部算法力量解决基层技术难题。

内部转型：加强对现有环保工程师的数字化培训，培养其数据思维；同时引入 IT 人才，使其深入生产一线学习环保工艺，打造复合型团队^[3]。

7 未来展望

7.1 大模型与生成式 AI 的应用

随着 ChatGPT 等大模型技术的发展，未来将在环保领域出现“环保大模型”。

智能交互：环保管理人员可以通过自然语言与系统对话，系统自动生成环保设施运行管理分析报告。

智能设计：在环评阶段，AI 可以根据项目选址、规模及生产工艺流程，自动生成最优的环保工艺方案和选型建议。

7.2 数字孪生全生命周期管理

未来，工厂从设计、建设到运营拆除，全生命周期将在数字孪生体中映射。环保服务将不再局限于后端治理，而是介入到前端的生产设计环节，通过仿真模拟预判环境影响，实现源头减量。

8 结论

人工智能赋能环保技术服务企业是产业升级的必由之路。AI 可提升环境治理精准度与效率、压缩运营成本，重构行业价值链，助力行业向高端智能绿色方向演进。

参考文献

- [1] 宋纯宁, 刘晨阳, 张立, 等. 数字化技术在宽带钢热连轧机产线的应用与发展 [J]. 冶金自动化, 2025, 49(6): 1-11.
- [2] 赵卫东. Z 公司数字化转型问题与对策研究 [D]. 重庆工商大学, 2025.
- [3] 彭建飞. 智慧图书馆的智慧服务与技术实现路径思考 [J]. 武夷学院学报, 2024, 43(4): 96-99.