

城市环境监测网络建设与管理模式比较研究

林 晨 俞 洪 吴克奖 郭 静

浙江中一检测研究院股份有限公司 浙江 宁波 315000

摘 要：本文对城市环境监测网络建设与管理模式展开比较研究。建设模式包括集中式、分布式、云平台集成式，各有优劣。管理模式有垂直化与属地化，也存在不同问题。探讨了技术驱动下的监测网络优化路径，以及城市特征、管理机制对模式选择的影响，指出技术演进推动模式融合创新，为城市环境监测体系发展提供参考。

关键词：城市环境监测；建设模式；管理模式；技术驱动；模式融合

引言：城市环境问题日益凸显，环境监测网络建设与管理至关重要。不同建设与管理模式各有特点，集中式建设模式能精细捕捉重点区域环境要素，但存在覆盖不足等问题；垂直化管理体系可保障数据一致性，但灵活性欠佳。深入研究这些模式，分析其优缺点及适用场景，有助于优化城市环境监测网络，提升环境治理水平。

1 城市环境监测网络建设模式比较

1.1 集中式建设模式

集中式建设模式以城市核心区域为重点，将监测设备进行高密度、集约化布设。这种布局围绕人口密集区、工业集中地等环境敏感区域展开，通过在有限空间内设置大量监测点位，实现对重点区域环境要素的精细化捕捉。从大气质量监测设备对污染物浓度的实时追踪，到水质监测仪器对水体理化指标的持续测定，集中化部署确保关键区域环境数据获取的全面性与及时性。数据传输与管理环节采用有线传输技术和中心化架构。有线传输凭借稳定的物理连接，保障监测数据高速、低损耗地传输至数据中心，有效减少数据丢包与传输延迟问题，为环境决策提供即时数据支持。中心化管理模式下，数据统一汇聚于中央处理系统，便于进行标准化处理与深度分析，可快速整合各类环境数据，形成系统化的监测报告，提升数据处理效率与分析准确性。但集中式建设模式存在固有局限。大量监测设备集中于核心区域，使得城市边缘及偏远地带监测覆盖不足，难以全面反映区域整体环境状况。有线传输方式对线路依赖性强，一旦物理线路受损，如遭遇施工破坏、自然灾害等情况，易造成数据传输中断，影响监测工作连续性。中心化管理架构下，数据处理与存储集中于单一中心，存在单点故障风险，若数据中心出现技术故障或安全问题，可能导致整个监测网络运行瘫痪。

1.2 分布式建设模式

分布式建设模式突破核心区域限制，将监测设备分

散部署于城市各区域。通过在商业区、住宅区、生态保护区等不同功能区设置监测点位，构建起覆盖全域的监测网络。无线传输技术的应用赋予该模式高度灵活性，摆脱传统线缆束缚，使监测设备可灵活安装于复杂地形或偏远区域，实现对城市环境的广域覆盖。无论是楼宇顶端的空气质量监测站，还是河流沿岸的水质监测浮标，均可通过无线信号将数据实时回传^[1]。这种建设模式在覆盖范围扩展上具备显著优势，能够深入城市各个角落，获取更全面的环境数据，有效填补集中式模式下的监测空白区域。但分布式布局也带来网络稳定性挑战。众多分散的监测节点依赖无线通信，信号易受建筑物遮挡、电磁干扰等因素影响，导致数据传输不稳定。不同区域的监测设备在型号、技术标准上存在差异，数据格式与传输协议难以统一，增加了数据整合与分析难度，影响监测网络整体运行效率。

1.3 云平台集成模式

云平台集成模式以云端技术为核心，构建智能化的城市环境监测体系。监测设备采集的数据不再局限于本地存储或传输至固定数据中心，而是直接上传至云端服务器。云端强大的存储与计算能力，可实现海量环境数据的实时接收、存储与分析。通过大数据分析算法与人工智能技术，对多源异构的环境数据进行深度挖掘，快速识别环境变化趋势，生成可视化分析结果，为环境管理提供精准决策依据。但该模式面临数据隐私与网络安全风险。环境监测数据包含大量敏感信息，如污染源分布、区域环境脆弱点等，数据存储于云端，存在被非法访问、窃取或篡改的可能。云平台作为数据汇聚中心，一旦遭受网络攻击，如黑客入侵、恶意软件攻击，不仅会导致监测数据泄露或丢失，还可能影响整个监测网络正常运行。不同监测设备与云平台之间的数据交互，也需解决接口兼容性、数据加密传输等技术问题，以保障数据在传输与存储过程中的安全性与完整性。

2 城市环境监测网络管理模式对比

2.1 垂直化管理体系

垂直化管理体系依托自上而下的架构运行,构建起严格的标准化流程与质量控制机制。从监测方案制定、设备选型安装,到数据采集、分析与报告编制,每个环节均遵循统一规范。上级部门制定监测技术标准与操作流程,下级执行单位严格按照要求实施,确保监测工作的一致性与规范性。这种管理模式,质量控制贯穿监测全过程,通过定期校准设备、规范数据采集方法、复核分析结果,保障监测数据的准确性与可靠性,为环境决策提供坚实的数据支撑。然而,垂直化管理体系存在显著弊端。高度集中的管理架构使得整个监测网络的运行依赖单一指挥链条,一旦关键节点出现故障,如上级管理部门系统崩溃、核心传输线路中断,极易引发连锁反应,导致整个监测网络陷入瘫痪,形成单点故障风险。在应急响应方面,信息需层层上报、指令层层下达,流程繁琐耗时,面对突发环境事件时,难以快速调动资源、及时采取应对措施,影响应急处置效率。尽管标准化流程能保证日常监测工作有序开展,但在应对复杂多变的环境问题时,其灵活性与快速响应能力不足的问题凸显。

2.2 属地化管理体系

属地化管理体系赋予地方管理部门更大的自主决策空间,显著提升环境监测的响应灵活性。地方单位依据辖区实际环境特点与管理需求,自主规划监测点位布局、选择适用的监测技术与设备,可针对本地突出环境问题快速调整监测重点^[2]。遇到突发环境事件时,属地管理部门能够迅速启动应急监测程序,无需层层审批,第一时间组织人员、调配设备开展现场监测,及时获取关键数据,为应急处置争取宝贵时间。这种管理模式贴合地方实际,能有效提升监测工作的针对性与时效性。但属地化管理也面临诸多挑战。由于各地管理水平、技术能力存在差异,监测设备选型、数据采集方法、分析标准难以统一,导致不同区域数据缺乏可比性,影响环境质量的整体评估与趋势分析。在处理跨区域环境问题时,如流域性水污染、区域性大气污染,属地管理部门间协调难度大,易出现责任推诿、信息壁垒等问题,难以形成协同治理合力。各地区监测数据分散存储管理,缺乏统一的数据共享平台与机制,限制了数据资源的整合利用,阻碍环境监测网络整体效能的发挥。

3 技术驱动下的监测网络优化路径

3.1 智能监测技术应用

智能监测技术重塑城市环境监测网络架构。物联网

技术实现监测设备互联互通,遍布城市各处的传感器、监测仪器通过无线网络形成数据交互网络。街道旁的空气质量传感器、河道中的水质监测探头、工地周边的噪声监测装置,均能实时共享数据,并依据预设规则联动响应。当某区域污染物浓度异常,周边设备自动加密监测频次,强化数据采集。边缘计算进一步优化数据处理流程。传统模式下数据全部上传至中心服务器处理,易导致网络拥堵与传输延迟。边缘计算将部分数据处理功能下沉至网络边缘节点,在设备端或边缘服务器进行初步分析筛选,仅上传关键数据。如交通枢纽区域,大量监测数据经边缘计算提取异常信息与趋势特征后再传输,减轻云端压力,实现数据快速响应。机器学习在污染溯源中发挥重要作用。通过对历史监测数据、气象条件、地理信息等多维度信息的学习训练,挖掘数据间潜在关联。大气污染溯源时,算法结合风向、风速、周边污染源分布,模拟污染物扩散路径;水体污染分析中,根据水质指标变化、水文条件判断污染输入点,持续优化算法提升溯源准确性。

3.2 多源数据融合策略

多源数据融合通过构建卫星遥感与地面监测的天地协同机制,拓展环境监测维度。卫星遥感技术凭借覆盖范围广、观测周期短的优势,可获取城市宏观尺度的环境信息,如植被覆盖变化、水体面积波动、热岛效应分布等^[3]。地面监测设备则聚焦局部区域,提供污染物浓度、气象参数等高精度数据。两者结合形成互补,卫星遥感发现某区域植被异常减少后,地面监测网络可针对性加密该区域土壤、空气监测点位,获取微观层面环境数据;地面监测发现水质异常时,卫星遥感可辅助分析污染扩散范围与潜在来源,实现宏观与微观视角的有机统一。多维度环境数据关联分析模型是数据融合的核心。该模型整合大气、水体、土壤、气象、交通等多领域数据,通过复杂的数学运算与逻辑分析,挖掘数据间隐藏关系。在城市空气质量研究中,关联分析模型可将工业排放、机动车流量、气象条件等数据纳入分析框架,解析各因素对空气质量的影响权重;针对城市内涝问题,模型融合降雨数据、排水管网监测数据、地形地貌信息,预测内涝风险点与积水趋势。通过不断优化模型结构与参数设置,提升多源数据融合深度,为城市环境综合管理提供更全面、准确的决策依据,推动环境监测从单一要素分析向多要素协同研判转变。

4 环境监测网络建设与管理模式的选择与适配

4.1 城市特征对模式选择的影响

城市规模是影响建设模式选择的重要因素。大型城

市通常人口密集、功能区域复杂、污染源多样,对数据精度和响应速度要求较高,适合采用云平台集成模式,借助云计算与大数据分析技术整合多源异构数据,提高信息处理效率。而中小型城市资源有限,监测重点相对集中,更适合集中式建设模式,在核心区域布设高密度监测点位,保障关键区域环境质量可控。地理形态与环境特征同样影响模式适用性。地形复杂或发展不均衡的城市更适合分布式建设模式,通过广域部署弥补集中式模式下的覆盖盲区。工业密集型城市面临多重污染压力,需构建覆盖全面、响应迅速的体系,可结合分布式建设与云端分析,兼顾广域监测与智能预警。生态敏感型城市更关注长期趋势变化,适合采用远程传感与云端存储技术,减少人工干预带来的生态扰动。

4.2 管理机制与运行模式的匹配

管理模式的选择还取决于城市治理体系。部分城市偏好垂直化管理,强调统一调度与标准执行,以确保数据一致性与权威性;另一些城市则倾向于属地化管理,赋予地方单位更大自主权,提升应急响应能力。当前,混合管理模式逐渐成为主流^[4]。整体架构上采用垂直管理,确保规范统一与数据共享,而在具体实施中保留地方灵活性,提升管理针对性与适应性。系统稳定性与扩展性也是管理模式选择的关键考量。垂直化管理虽能保障数据一致,但存在单点失效风险,一旦中心节点故障,可能影响整个系统运行。属地化管理虽然灵活,却易造成数据碎片化,难以形成统一视图。未来应推动具备容错机制与协同能力的混合架构,使监测网络在面对复杂问题时更加稳健可靠。

4.3 技术演进推动模式融合与创新

随着物联网、人工智能、5G通信等技术的发展,城

市环境监测正向智能化、协同化方向演进。传统单一模式的局限被打破,集中式与分布式、垂直化与属地化之间的界限趋于模糊。例如,基于无线传输的分布式节点可通过云端接入统一平台,实现逻辑上的中心化管理;边缘计算设备可在本地完成初步分析,减少对中心系统的依赖。这种技术驱动下的模式融合提升了系统的稳定性与扩展性,也为环境治理提供更高效的数据支撑。未来,城市环境监测将更加注重系统性与协同性,不仅硬件设施持续升级,软件平台与数据分析能力也将成为关键。如何在多种模式之间找到平衡,兼顾数据完整性、准确性与运行效率,将成为管理者面临的核心任务。技术创新与机制优化的持续推进,将共同推动城市环境监测体系迈向更高水平。

结束语

城市环境监测网络建设与管理模式的选择需综合考虑多方面因素。不同建设模式与管理模式各有优缺点,且城市特征、管理机制等会影响模式选择。技术演进推动模式融合创新,未来应持续探索,平衡数据完整性与运行效率、成本控制,以构建更高效、稳定的城市环境监测体系,助力城市环境治理。

参考文献

- [1]金云鹏.环境监测技术在城市规划中的应用研究[J].皮革制作与环保科技,2023,4(15):51-53.
- [2]潘海田.城市环境污染的监测与治理技术思路构建[J].清洗世界,2023,39(05):74-76.
- [3]钱狄鑫,周轩宇,曹颖等.城市大气环境监测和净化方法分析[J].中国资源综合利用,2023,41(03):132-134.
- [4]周轩宇,钱狄鑫,白彬.基于大气监测的城市环境治理分析[J].中国资源综合利用,2023,41(01):170-172.