

# 通信感知一体化在智能环境监测中的应用

刘佳睿 廖益炜 吉聪 武小鑫

喀什大学，新疆维吾尔自治区喀什市，844000；

**摘要：**本文探讨了通信感知一体化技术在智能环境监测中的应用，重点分析了其在空气质量、水质、气象参数和噪声监测中的实际应用价值。通过融合物联网、低功耗广域网（LPWAN）、5G 通信、边缘计算等技术，通信感知一体化实现了实时数据采集、传输与处理的高效协同。多源异构数据的集成与融合优化了环境监测系统的精确性与可靠性，显著提升了环境监测的时效性和智能化水平。特别是在空气质量和水质监测中，该技术的应用不仅提高了污染源追溯的准确性，还为气象监测和噪声监控提供了更加全面和动态的数据支持。

**关键词：**通信感知；智能；环境监测

DOI:10.69979/3041-0673.24.6.005

## 引言

随着环境污染问题日益严重，智能环境监测成为保障公共健康和生态安全的重要手段。通信感知一体化技术，作为信息通信技术与环境感知技术的深度融合，已成为提升环境监测系统效能的关键。该技术结合物联网、5G 通信、低功耗广域网（LPWAN）、大数据分析等前沿技术，通过多维度、多源数据的集成与处理，能够实时、准确地监测空气、水质、气象和噪声等环境参数。其优势不仅体现在高效的数据采集与传输能力上，还在于通过智能算法实现对环境变化的动态感知与预警。这为环境保护、灾害预防及资源管理提供了强有力的技术支持，推动了环境监测的智能化和精准化发展。

## 1 通信感知一体化技术概述

通信感知一体化技术是基于现代通信网络与感知技术相结合的一种新兴技术，其核心思想是通过将无线通信和环境感知功能深度融合，实现高效、精准的信息采集、传输和处理。该技术利用先进的传感器网络、低功耗广域网（LPWAN）、物联网（IoT）以及 5G 通信技术，实现对环境状态的实时感知，并通过高速低延迟的数据传输保障感知数据的有效性与时效性。在这一框架下，感知层通过部署多种传感器，采集环境中各种物理量、化学量及生物量的变化数据，通信层则通过先进的无线通信技术，尤其是 5G、NB-IoT、LoRa 等低功耗广域网技术，提供高效的远程数据传输能力。此外，云计算、大数据分析人工智能技术的结合，也为感知数据的智能处理和分析提供了有力支持，使得环境监测可以在更广泛的区域内实现精确覆盖。通过通信感知一体化，

环境监测不再局限于传统的人工巡查和点对点数据采集，而是实现了广域网覆盖和智能化的数据处理，极大提升了监测系统的综合性能和灵活性。此类技术的应用不仅提高了监测的实时性、准确性与覆盖范围，还在环境监测领域催生了更高效、精准的解决方案，具有重要的学术价值与广泛的实际应用前景<sup>[1]</sup>。

## 2 智能环境监测需求

### 2.1 实时性与准确性

在智能环境监测中，实时性与准确性是两个关键的需求维度，二者相辅相成，共同决定了监测系统的有效性。实时性要求环境监测系统能够在极短的时间内完成数据采集、传输与处理，确保监测结果能够及时反映环境状态的动态变化，这对应对突发环境事件、保障生态安全、以及为决策提供依据具有至关重要的意义。在这一过程中，通信网络的低延迟、高吞吐量和高可靠性成为确保实时性的关键技术支撑，尤其是在 5G、NB-IoT 等技术的加持下，实时数据传输的能力得到了极大提升。此外，准确性则要求监测数据在空间和时间上的高度精确，能够真实无误地反映目标环境变量的实际变化。为此，环境监测系统不仅需要依赖高精度传感器来确保数据的真实性，还必须具备强大的数据融合与分析能力，能够对多源异构数据进行有效处理与校准。数据的准确性还受到多种因素的影响，如传感器的灵敏度、环境干扰、数据采集频率等。因此，优化传感器布局、提升数据质量以及加强误差补偿机制是确保准确性的关键技术手段。总之，实时性与准确性是智能环境监测的核心需求，它们直接关系到环境保护的科学性、决策的精准性以及监测系统的可操作性<sup>[2]</sup>。

## 2.2 多源异构数据集成

多源异构数据集成是智能环境监测系统高效运行的重要基础,旨在对来自不同传感器、网络协议和数据格式的数据进行统一处理和整合,以实现跨平台、跨领域的协同监测与分析。环境监测通常涉及物理量、化学量和生物量的多维感知,这些数据往往具有异构性,包括空间分布上的多尺度特征、时间维度上的非同步性,以及采集方式上的多模态差异。为实现多源数据的高效集成,首先需要依托异构数据融合技术,对多种数据格式进行标准化处理,确保数据在空间和时间维度的可比性与一致性。其次,利用分布式计算与边缘计算技术,可以在感知层实现部分数据的本地化处理与预分析,降低数据传输带宽压力并提升实时性。此外,通过采用语义标注与本体建模技术,可以对多源异构数据进行语义统一,为后续的跨域数据关联和深度挖掘提供语义层面的支持。与此同时,基于大数据技术和人工智能算法的智能化数据处理方法,可以进一步实现对多源数据的动态关联与非线性特征提取,从而提高系统对复杂环境变化的感知能力与响应速度。最后,通过构建高效的云平台与物联网架构,能够在全局范围内实现数据的共享与协同,为跨部门的联合监测与智能决策提供支持。多源异构数据集成的有效实现,不仅显著提升了环境监测系统的整体性能和数据利用效率,还为更精确、更全面的环境监测和评估奠定了坚实的技术基础<sup>[3]</sup>。

## 3 通信感知一体化在智能环境监测中的应用

### 3.1 空气质量监测

通信感知一体化技术在空气质量监测中的应用具有重要的理论价值和实践意义。空气质量监测系统通常涉及多种污染物的感知,如 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、CO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub> 等,这些数据的准确性和实时性对环境保护和公共卫生安全具有直接影响。通过通信感知一体化技术,可以实现多种传感器的协同工作,将各类气体和颗粒物的监测数据通过低功耗广域网(LPWAN)或 5G 网络传输至云平台进行实时分析与处理。为了满足空气质量监测的实时性需求,边缘计算与物联网技术的结合在传感器节点进行初步数据预处理,显著降低了数据传输的延时,并减少了网络带宽的占用。基于物联网架构,数据从传感器到云端的传输过程能够实现智能化、自动化的调度与优化,保障了海量数据的实时更新与存储。在数据集成与分析方面,通信感知一体化技术不仅能够处

理来自不同传感器的异构数据,还可以通过大数据处理与人工智能算法对监测数据进行深度分析,挖掘出不同污染物的空间分布特征、浓度变化规律以及潜在的污染源,进而为空气质量预警与预测提供决策支持。此外,基于大数据平台的集成与共享,跨区域、跨部门的联合监测与协同决策成为可能,从而实现了更加精细化的空气质量管理与污染源控制。通过这一技术的推广应用,可以显著提高空气质量监测系统的响应速度、数据准确性和综合评估能力,为环境治理和政策制定提供科学依据<sup>[4]</sup>。

### 3.2 水质监测

通信感知一体化技术在水质监测中的应用,基于无线传感网络(WSN)、物联网(IoT)、低功耗广域网(LPWAN)以及云计算技术的深度融合,极大提升了水质监测系统的实时性、准确性与全面性。水质监测不仅涉及水中化学物质(如溶解氧、pH 值、重金属离子浓度)和物理参数(如温度、浊度、导电性)的监测,还需要应对水体污染的突发性和动态变化特征。通过布设传感器网络,实时采集水质数据并通过高效的通信技术传输至数据中心,可以实现多维度水质数据的综合分析。在数据传输层,LPWAN、5G 等通信技术为大范围水域提供了高效且低功耗的覆盖,保证了远离城市中心的偏远地区水质监测点的数据可靠性和时效性。感知层采用高精度传感器,确保了水质参数的准确测量,尤其在水中复杂物质浓度的检测上,提供了更为精细的监测能力。结合边缘计算技术,数据的初步处理与分析可以在近源端完成,大幅降低了传输延迟并提升了系统响应速度。另一方面,多源数据融合技术能够对不同传感器所采集的数据进行统一标准化处理,消除因环境变化、传感器类型差异等引起的数据偏差,从而增强数据的可靠性与一致性。在数据处理层,利用大数据分析 with 人工智能算法,可以识别水质污染的潜在源头、污染物浓度的时间变化趋势,并进行污染预测与水质评估,为相关部门提供及时的预警信息。通过这一综合技术体系,水质监测不仅实现了从单一污染物监测向多维度综合分析的转变,还提升了污染源追溯与治理的智能化水平,为水资源管理、生态保护以及环境治理提供了有力的技术支持<sup>[5]</sup>。

### 3.3 气象参数监测

通信感知一体化技术在气象参数监测中的应用,借助先进的传感器技术、无线通信技术以及大数据处理能力,极大地增强了气象数据的采集精度与实时传输能力。

气象监测涉及温度、湿度、风速、气压、降水量、辐射量等多个物理参数的动态观测,这些数据的准确性和时效性对于天气预报、气候变化研究及灾害预警具有重要意义。通过部署基于物联网的传感器网络,气象监测系统能够在广泛区域内实现高密度、低功耗的实时数据采集。为了确保数据的高时效性,通信感知一体化技术利用 5G、NB-IoT 等低延迟、高带宽的通信技术,实现对气象数据的快速传输与远程处理。在数据处理层,边缘计算技术可对采集的数据进行初步处理和过滤,减少传输过程中可能产生的延时并提高数据处理效率。同时,异构数据融合技术能够有效地整合来自不同类型传感器的数据,克服因不同传感器精度、性能差异导致的数据不一致问题。通过大数据分析 with 机器学习算法的结合,可以对历史气象数据进行深度挖掘,预测气象变化趋势,分析气候变动规律,并为灾害预警提供科学依据。基于通信感知一体化技术,气象监测系统不仅能够实现单一站点的数据采集,还能通过多点数据融合、协同监测,提升系统的空间分辨率和预测能力。此技术的应用有效提高了气象监测的精确度与实时性,为防灾减灾、农业生产、城市管理等领域提供了强有力的技术支持<sup>[6]</sup>。

### 3.4 噪声监测

通信感知一体化技术在噪声监测中的应用,通过无线传感器网络(WSN)、物联网(IoT)和大数据分析的结合,显著提升了噪声污染的检测精度、实时性与空间覆盖能力。噪声监测系统通常需要实时采集环境噪声级别(如 A 计权声级、等效连续声级)及其频谱特征(如噪声源频率分布),并分析其对环境与人体健康的影响。通信感知一体化技术通过部署智能噪声传感器,实现了对城市、工业区、交通密集区等噪声源的全覆盖监测。这些传感器采集的数据通过 LPWAN、NB-IoT 或 5G 等高效通信技术进行实时传输,确保了海量噪声数据的快速上报与处理。为了应对噪声数据的异构性和大规模采集需求,系统采用多层次的数据融合技术,将来自不同类型传感器的噪声数据进行标准化处理,从而实现数据的时空统一性与一致性。通过边缘计算技术,传感器节点可以在本地进行噪声数据的初步处理和过滤,降低了系统的网络负荷,并提升了响应速度。进一步借助云平台的大数据分析能力,结合机器学习与人工智能算法,对

噪声污染的来源、强度和分布规律进行深入分析,为城市规划、环境保护和噪声控制提供科学依据。此外,通信感知一体化技术在噪声监测中的应用还使得实时噪声预警系统得以实现,通过对动态变化的噪声数据进行智能预测和评估,及时识别噪声污染的高风险区域,为城市管理者提供精确的治理策略与决策支持。此技术的广泛应用为提升城市环境质量、优化公共政策、保护人民健康提供了坚实的技术支撑<sup>[7]</sup>。

## 4 结语

综上所述,通信感知一体化技术在智能环境监测中的应用,凭借其高度集成的物联网、低功耗广域网(LPWAN)、5G 通信、大数据分析等技术,显著提升了环境监测系统的实时性、准确性与智能化水平。通过多源异构数据的高效集成与深度挖掘,能够精确识别环境变化趋势,为污染源监测、灾害预警以及资源管理提供强有力的技术支持。

## 参考文献

- [1] 张洋. 人工智能在环境监测中的应用策略探讨[J]. 中国轮胎资源综合利用, 2024, (11): 75-77.
  - [2] 覃琼霞, 王维. 基于生态环境治理现代化探讨生态环境监测的数字化转型实践[N]. 山西科技报, 2024-11-07 (B06).
  - [3] 王俊. 复杂水文环境下拱桥支架设计与力学性能智能监测技术[J]. 铁道建筑技术, 2024, (11): 132-136.
  - [4] 史维峰, 包云, 傅荟瑾, 等. 列车运行环境安全智能检测监测系统预期功能安全分析[J]. 中国铁路, 2024, (10): 156-162.
  - [5] 冯耀. 基于无人机平台的铁路运维环境智能监测技术研究[J]. 铁道勘察, 2024, 50 (05): 50-56+72.
  - [6] 罗文立. 高危油气化工环境中智能安全监测技术的应用挑战[J]. 广东化工, 2024, 51 (19): 113-114+110.
  - [7] 方超. 基于 AT89S52 单片机的智能环境监测平台设计[J]. 中阿科技论坛(中英文), 2024, (10): 84-88.
- 作者简介: 刘佳睿, 男 (2003-01-), 汉族, 四川广元, 本科, 研究方向: 基于通信感知一体化的智能环境监测应用研究