

环境监测大数据溯源在环境损害司法鉴定中的实操应用

李 泽

内蒙古环境监测检验有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘 要: 环境监测大数据溯源为环境损害司法鉴定提供精准污染源定位、污染迁移路径推演的科学支撑,对维护生态环境权益意义重大。本文明确溯源数据筛选标准、技术适配原则及流程标准化框架等核心要素,构建数据采集、预处理、整合与分析的全流程实操体系,阐明溯源结果与司法鉴定的衔接逻辑,从数据安全存储、技术工具适配及质量管控节点强化保障,为司法鉴定提供规范可靠的技术依据。

关键词: 环境监测大数据溯源;环境损害司法鉴定;实操应用;技术支持;质量控制

引言

生态环境问题日益突出,环境损害司法鉴定成为界定污染责任、维护生态安全的关键环节。环境监测大数据溯源凭借海量数据处理与精准分析能力,可提供污染源定位、污染路径推演等核心证据,但当前实操存在数据筛选标准缺失、技术场景适配不足、流程规范化程度低、司法衔接不畅等问题。系统探究其实操逻辑、流程设计与质量控制体系,对提升司法鉴定科学性、公正性具有重要现实意义。

1 环境监测大数据溯源的实操核心要素

1.1 溯源数据的筛选标准

环境监测大数据溯源中,数据筛选是保障溯源结果准确性的首要环节。从数据类型来看,需涵盖大气、水体、土壤等多环境要素的监测数据^[1]。大气数据包括颗粒物浓度,其中PM2.5浓度范围通常在0-500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,气体污染物含量如二氧化硫浓度一般在0-1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 等;水体数据涉及酸碱度,正常水体pH值在6-9之间,溶解氧含量在2-10 mg/L ,重金属离子浓度如铅离子浓度通常小于0.01 mg/L 等;土壤数据则有有机质含量,一般在0.5%-5%,农药残留量如六六六残留量应小于0.05 mg/kg 等。不同环境要素数据相互印证,可全面反映污染状况。时空覆盖度方面,时间维度上应包含长期连续监测数据,以捕捉污染的周期性变化规律,同时要有突发污染事件发生时的实时数据,精准定位污染起始时间;空间维度上,监测点位需合理布局,覆盖污染可能影响的区域,从污染源周边到扩散远端均应设置监测点,确保空间分布的完整性。精度要求上,传感器设备的测量精度需满足行业规范,对于关键污染物指标,应采用高精度监测设备,减少测量误差,保证数据能真实反映环境质量状况,为溯源分析提供可靠依据。

1.2 溯源技术的适配原则

溯源技术的选择直接影响溯源效率和准确性^[2]。传感技术方面,针对不同环境介质和污染物特性选型,在大气监测中,激光散射传感器适用于颗粒物浓度快速测量,其测量范围可达0-1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,响应时间小于1秒;电化学传感器对气体污染物检测灵敏度高,如为一氧化碳的检测限可低至0.1ppm。水体监测里,光学传感器可准确测量水体浊度,测量范围在0-1000NTU,色度测量范围在0-500度等指标。卫星遥感技术凭借宏观、快速、动态的优势,在大范围污染监测中发挥关键作用,通过多光谱、高光谱影像识别污染区域分布,其空间分辨率可达10米-30米,结合地理信息系统分析污染扩散趋势。物联网技术实现监测设备的互联互通,构建实时数据传输网络,使监测数据能及时上传至溯源分析平台,为快速溯源提供数据支撑。技术选型需综合考虑监测目标、环境条件、成本效益等因素,确保所选技术能有效获取关键信息,满足溯源需求。

1.3 溯源流程的标准化框架

溯源流程标准化是确保溯源工作规范、高效开展的关键^[3]。从数据采集开始,制定统一的数据采集规范,明确采集频率,如大气数据每小时采集1次,水体数据每4小时采集1次,方法、设备校准等要求,保证数据质量一致性。数据传输环节,采用安全可靠的传输协议,数据传输成功率应达到99%以上,防止数据丢失、篡改。数据预处理阶段,对原始数据进行清洗、转换、集成等操作,消除噪声数据,统一数据格式。溯源分析环节,依据筛选的数据和适配的技术,运用合适的模型算法进行污染源定位和贡献率计算。最后形成溯源报告,详细记录溯源过程、结果及依据,为环境损害司法鉴定等提供科学支撑,形成全链条闭环设计思路,保障溯源工作严谨性和可重复性。

2 环境监测大数据溯源的实操流程设计

2.1 数据采集阶段的溯源实操

数据采集是环境监测大数据溯源的基础环节。采样点位溯源需依据污染特征与环境要素分布规律科学布局。针对大气污染,在污染源下风向按梯度设置点位,以工业污染源为例,在下风向500米、1000米、2000米处分别设置点位,捕捉污染物扩散过程;水体污染监测中,在河流上下游、支流汇入处及排污口附近布设点位,以50公里河流为例,在上游10公里、中游30公里、下游45公里及主要支流汇入处和排污口附近各设置1个点位,全面反映水质变化^[4]。采集设备校准溯源至关重要,定期将传感器送至专业计量机构校准,校准周期为每6个月1次,记录校准时间、校准参数及校准结果,确保设备测量精度符合标准。数据传输轨迹记录方面,采用具备时间戳与位置信息的传输协议,对数据从采集端到存储端的传输路径进行全程记录,包括传输节点、传输时间、数据完整性校验信息等,保证数据在传输过程中未被篡改或丢失,为后续溯源分析提供可靠原始数据。

2.2 数据预处理阶段的溯源实操

异常值剔除需留存溯源依据。运用统计方法如Z-score法或IQR法识别异常值时,记录异常值的具体数值、出现时间、所在点位及判定依据,以便后续复查与分析。数据标准化过程中进行溯源标记,对不同来源、不同量纲的数据,按照统一标准进行转换,如将浓度数据统一换算为标准单位,同时标记数据原始来源、转换方法及转换参数,确保数据在标准化过程中可追溯。

2.3 数据整合阶段的溯源实操

多源数据关联需搭建溯源链路。将大气监测数据、水质监测数据、气象数据等不同类型数据,通过时间、空间坐标进行关联,形成完整的数据集合。记录数据关联的规则与方法,如时间匹配的精度要求、空间坐标转换的参数等,构建清晰的数据关联溯源链路^[5]。数据融合时标注溯源节点,在融合多源数据生成综合指标或模型输入数据时,明确数据融合的步骤、算法及参与融合的数据来源,对每个融合节点进行详细标注,保证数据融合过程的透明性与可追溯性。

2.4 数据分析阶段的溯源实操

污染因子识别遵循特定溯源逻辑。通过分析污染物浓度变化趋势、相关性等特征,结合环境背景值与排放标准,确定主要污染因子。记录分析过程中使用的统计方法、模型算法及判断依据,形成完整的污染因子识别溯源逻辑链条。迁移路径推演需提供溯源支撑,运用大气扩散模型、水动力模型等,模拟污染物在环境介质中的迁移过程,根据模型输入参数、模拟结果与实际监测

数据的对比分析,验证迁移路径推演的合理性,为污染溯源提供科学支撑。

3 溯源结果在司法鉴定中的实操衔接要点

3.1 溯源数据与鉴定事项的匹配方法

在司法鉴定场景中,溯源数据与鉴定事项的精准匹配是关键前提。需从数据维度出发,构建与损害事实的对应逻辑。针对大气污染损害鉴定,溯源数据应涵盖污染物浓度、排放源位置、气象条件等维度。污染物浓度数据需与损害区域内的监测站点数据关联,通过时间序列分析,确定污染发生时段与损害事实发生时间的吻合度;排放源位置数据则要结合地理信息系统,判断与损害区域的相对位置关系,明确污染传输路径的可能性。对于水体污染损害鉴定,溯源数据需包含水质指标、水文参数、排污口信息等。水质指标数据要与损害水域的监测结果对比,分析污染物种类与浓度的变化趋势;水文参数数据可辅助模拟污染物扩散过程,验证损害事实与污染源之间的因果联系。通过这种多维度的数据匹配,确保溯源结果能够直接支撑鉴定事项的判断。

3.2 溯源链路的司法鉴定呈现形式

溯源链路的清晰呈现是司法鉴定结果被采信的重要保障。可视化与可追溯的文档规范是核心要求。可视化方面,利用地理信息系统、数据可视化工具,将溯源过程中的关键节点,如污染源位置、监测点位、数据采集时间等,以图形化方式展示^[6]。通过绘制污染扩散模拟图、时间轴图等,直观呈现污染从源头到损害区域的迁移过程,使鉴定人员和司法人员能够快速理解溯源逻辑。可追溯的文档规范则要求建立完整的溯源记录体系,包括数据采集记录、设备校准报告、分析过程文档等。每份文档都应详细记录操作步骤、参数设置、结果依据等信息,并采用唯一标识进行编号管理,确保溯源过程的每一个环节都能被追溯和验证。

3.3 溯源结果的关联性验证实操

溯源结果的关联性验证是确保鉴定结论科学性的关键环节。需从数据一致性与逻辑性两个层面开展校验流程。数据一致性校验方面,对溯源过程中使用的多源数据进行交叉比对。将现场监测数据与实验室分析数据、历史监测数据进行对比,检查数据是否存在显著差异。若发现数据不一致,需分析原因,排除数据采集误差、设备故障等因素影响,确保数据真实可靠。逻辑性校验则侧重于分析溯源结果与损害事实之间的逻辑关系。通过构建因果关系模型,验证污染源排放与损害事实之间的必然联系。例如,分析污染源排放强度、排放时间与损害区域污染物浓度升高、生态环境破坏程度之间的量化关

系,判断溯源结果是否符合科学逻辑。通过严格的关联性验证,提升溯源结果在司法鉴定中的可信度与说服力。

4 实操应用中的技术支撑与质量控制

4.1 溯源数据的安全存储与调用规范

在环境监测大数据溯源实操中,溯源数据的安全存储与调用是确保数据完整性和可靠性的基础。为防止数据被篡改,我们采用分布式存储与区块链技术相结合的方案。分布式存储将数据分散存储于多个节点,例如将100TB数据存储于10个节点上,避免因单一节点故障导致数据丢失,同时每个数据块存储3份以增强容错能力^[7]。区块链技术则利用其特性为数据添加时间戳和数字签名,形成不可逆的链式结构,确保数据更新或调用时留下可追溯的记录。在数据调用方面,我们建立了严格的权限体系,根据用户角色分配权限,管理员可访问所有数据,而普通用户仅限于授权范围内的数据。数据访问需经过认证审批,并记录访问日志以便审计追溯。

4.2 技术工具的实操适配

技术工具的合理适配是提升溯源效率和准确性的关键。大数据平台作为核心工具,需具备海量存储、高效计算和灵活分析的能力。在数据接入环节,平台应支持多种数据格式和协议,确保不同来源的数据能够顺利汇聚。数据处理阶段则提供数据清洗、转换、集成等功能,以提升数据质量。数据分析模块应集成多种统计方法和机器学习算法,以满足不同溯源场景的需求。溯源算法的应用流程需结合具体问题设计,例如污染源定位可运用地理信息系统和空间分析算法,污染迁移路径推演则可采用流体力学模型和数值模拟方法。在应用过程中,还需不断优化算法参数以提高其适应性。

4.3 实操过程的质量管控节点

实操过程的质量管控是确保溯源结果科学可靠的重要保障。我们应在关键环节设置溯源校验机制,对数据采集、处理、分析等阶段进行全程监控。在数据采集阶段,定期检查采集设备的运行状态和校准记录,建议每周检查一次,以确保数据采集的准确性和稳定性。同时,对采集的数据进行初步校验,检查数据是否在合理范围内、是否存在异常值,如大气温度是否在-20℃至50℃之

间。数据处理阶段,需审核数据清洗和转换过程,验证方法的合理性。数据分析阶段,则采用交叉验证和独立复核来校验结果,交叉验证可将数据分为5份进行5折验证,独立复核则邀请不同专业人员对结果进行评估,以确保结论的客观性和准确性^[8]。通过完善质量管控节点,我们能够及时发现并纠正实操中的问题,从而提升溯源工作的整体质量。

结束语

环境监测大数据溯源在环境损害司法鉴定实操应用中,通过明确核心要素、规范实操流程、强化司法衔接与质量控制,构建了科学、严谨的司法鉴定支撑体系。这不仅有效提升了溯源结果的准确性与可靠性,更为环境损害责任认定提供了坚实保障,对推动生态环境保护司法实践、维护生态环境安全与公众健康具有重要意义。未来可进一步探索人工智能等技术与溯源流程的深度融合,持续优化实操效能。

参考文献

- [1]杨翠柏,钱永涛.环境损害司法鉴定费制度的完善[J].中国司法鉴定,2021,No.115(02):1-6.
- [2]钟久隆,刘卓魁,顾乔轩,等.基于物联网和大数据技术的大气环境监测及溯源[J].南通职业大学学报,2022,36(4):75-79.
- [3]王爱春.环境监测数据在污染源追踪中的应用分析[J].资源节约与环保,2025(9):139-142.
- [4]负庆芳.基于污染源溯源监测数据的生态环境监察技术研究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(13):135-137.
- [5]陈龙利,银燕春,方军毅,等.健全生态环境监测量值溯源体系探讨[J].精细与专用化学品,2023,31(7):29-32.
- [6]刘宗妹,刘斌.区块链技术的司法应用及创新路径探索[J].网络安全技术与应用,2025(7):137-140.
- [7]胡坦,罗颂.供应链在区块链环境下的隐私安全溯源应用研究[J].保密科学技术,2025(1):34-40.
- [8]张晓丽,武志恒,曹鹏鹏.面向大气环境监测的VOCs在线监测与溯源技术研究[J].中国资源综合利用,2025,43(6):179-181.