

## 遥感技术在生态环境监测及执法中的应用

王有艳<sup>1</sup> 孙婷婷<sup>2</sup>

1. 山东评测环境科学研究院有限公司, 山东 青岛 266109

2. 山东汇氏环境科技集团有限公司, 山东 泰安 271000

[摘要] 生态环境监测是进行生态环境保护的首要前提, 也是一项复杂、繁琐以及涉及范围十分广泛且非常重要的工作, 只有做好生态环境监测和管理工作, 才能实现对生态环境的有效保护。然而, 传统的生态环境监测方法有许多局限性, 受到时间和空间的限制, 使数据收集和整理工作的效率不高。遥感技术的出现, 使传统的环境监测方法出现了改变, 实现了室外监测到室内监测的完美过渡, 通过遥感技术, 可及时获得大量环境数据信息, 提高了监测工作的效率。

[关键词] 遥感技术; 生态环境; 环境监测; 执法; 技术应用

DOI: 10.33142/ucp.v1i5.14417

中图分类号: X21

文献标识码: A

## Application of Remote Sensing Technology in Ecological Environment Monitoring and Law Enforcement

WANG Youyan<sup>1</sup>, SUN Tingting<sup>2</sup>

1. Shandong Evaluation Environmental Science Research Institute Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266109, China

2. Shandong Huishi Environmental Technology Group Co., Ltd., Tai'an, Shandong, 271000, China

**Abstract:** Ecological environment monitoring is the primary prerequisite for ecological environment protection, and it is also a complex, tedious, and widely involved and very important task. Only by doing a good job in ecological environment monitoring and management can effective protection of the ecological environment be achieved. However, traditional ecological environment monitoring methods have many limitations, such as time and space constraints, which result in low efficiency in data collection and organization. The emergence of remote sensing technology has changed traditional environmental monitoring methods, achieving a perfect transition from outdoor monitoring to indoor monitoring. Through remote sensing technology, a large amount of environmental data information can be obtained in a timely manner, improving the efficiency of monitoring work.

**Keywords:** remote sensing technology; ecological environment; environmental monitoring; law enforcement; technical application

### 引言

全球生态环境问题日益严峻, 生态环境监测与执法工作的重要性愈加突出。传统监测方法在周期长、覆盖范围有限、实时性差等方面存在明显局限, 已无法满足快速变化的环境需求。作为一种高效且精确的空间信息采集手段, 遥感技术已逐渐成为生态环境监测与执法的核心工具。借助卫星、无人机、地基传感器等多种平台, 遥感技术提供了广泛覆盖、长期稳定、高频次的的数据, 能够实时监测土地利用变化、植被覆盖度、大气污染、水体质量等关键环境要素, 从而为环境保护工作提供科学依据。环境执法方面, 不仅能够精确识别污染源、追踪非法排放, 遥感技术还为生态修复、资源管理等领域提供了必要的的数据支持, 显著提升了执法效率与透明度。随着技术持续进步, 遥感技术在生态环境监测中的应用也正在从静态分析扩展到动态监控、实时预警及综合评估等更高层次的应用。本文将深入探讨遥感技术在生态环境监测与执法中的应用现状、面临的挑战以及未来的发展方向。

### 1 环境监测与执法中应用的遥感技术与装备

在生态环境监测与执法中, 星载遥感、无人机遥感与

地基遥感技术的综合应用构建了一个多维度、高效能的监测网络, 提供了全方位的技术支持, 以服务环境保护。通过搭载在卫星上的设备, 星载遥感利用光学、多光谱、高光谱及雷达成像等技术, 实现了对大范围区域的长期环境监控。其广泛的覆盖范围及短周期观测特性, 使其在全球尺度上对大气、水体、植被等生态系统进行动态监测时, 具有无可替代的优势, 尤其适用于偏远地区的生态环境评估。无人机遥感, 由于其灵活性强、分辨率高的特点, 能够对中小范围进行精细化监测。配备多光谱相机、高光谱传感器或激光雷达的无人机, 在复杂地形中获取关键的环境数据, 尤其适合应用于污染事故的应急处置、植被退化监测以及非法排放点的定位。地基遥感通过固定或移动监测站点, 运用光学、激光或红外传感技术, 能够精确监测地面大气、水体或土壤中的特定环境参数。这种高精度的监测手段, 在校正与验证星载及无人机遥感数据方面至关重要, 同时为局部地区的环境执法提供了详细的污染物排放信息。三者的协同作用, 结合多源数据的融合与建模分析, 大大提高了环境监测与执法的效率与准确性, 为生态环境的动态管理与科学决策提供了有力支持。

## 2 我国生态环境监测的现状

近年来,我国在生态环境监测方面取得了显著进展,逐步建立了覆盖全国、功能完备的监测体系,在大气、水、土壤、植被等多个领域收获了丰富的监测数据。目前,监测网络由卫星遥感、无人机遥感、地基监测站及移动监测平台共同构成,使得从宏观到微观、多尺度的生态环境观测成为可能。特别是在空气质量与水体污染监测方面,通过布设自动化监测站点,主要污染物的实时监测及动态追踪已成功实现,为污染治理与环境保护提供了重要的数据支持。然而,当前我国生态环境监测依然面临诸多挑战。一方面,监测数据的整合未能有效进行,多源数据的标准尚未完全统一,从而影响了监测结果的准确性与可比性。另一方面,一些偏远地区的监测覆盖仍显不足,尤其在土壤污染与地下水水质监测领域,仍存在较大的空白<sup>[1]</sup>。在生态环境执法方面,监测技术与执法需求的融合度亟待提升,且高时效性、高自动化的监测手段尚未得到广泛应用。随着技术的不断进步,应加强多源遥感数据的共享与融合,进一步完善监测设备的标准化与自动化水平,从而全面提升生态环境监测的能力与效能,为我国生态环境保护与可持续发展提供更加有力的支持。

## 3 遥感技术在生态环境监测中的主要应用

### 3.1 植被指数监测

植被指数监测是遥感技术在生态环境监测中的关键应用之一。通过分析地表植被的反射光谱特征,它能够定量评估植被的覆盖度、健康状况及生长动态。常用的植被指数,如归一化植被指数(NDVI)与增强型植被指数(EVI),通过遥感影像中红光与近红外波段的反射率计算得到,能够敏感地反映植被的生物物理特性。在生态环境监测中,植被指数被广泛应用于森林资源评估、草地退化监测、农田健康状态评估及植被覆盖变化趋势分析等领域。例如,定期获取植被指数数据,可有效揭示某一地区植被覆盖的时空变化情况,从而判断植被退化或生态破坏现象是否存在。植被指数监测还为碳汇能力的评估及生态修复效果的验证提供了重要的科学依据。在环境执法领域,植被指数的应用也能有效识别非法采伐、土地开垦等行为,能够通过精确定位植被损失区域,从而提高执法工作的效率与准确性。尽管植被指数监测在宏观尺度上具有较高的适用性,但在实际应用中需要特别注意它对地表非植被因素的敏感性。例如,土壤背景与大气条件可能会对监测结果产生一定的干扰。

### 3.2 土壤污染监测

土壤污染监测是遥感技术在生态环境监测中的关键应用之一。通过高光谱成像、多光谱分析以及热红外成像等技术,土壤中的重金属含量、有机污染物的分布及其理化特性,能够迅速被评估。遥感技术通过利用土壤反射光

谱特性的变化,结合不同波段的反射率数据,揭示污染物的种类与浓度分布,从而为精准监测土壤污染提供了强有力的支持。例如,土壤中的铅、镉、砷等重金属污染,能够通过高光谱遥感有效检测,并绘制污染分布图,识别污染源及其扩散路径。农田、工业区及废弃地的土壤健康状况,能够通过多光谱遥感技术定期监测,从而评估土地退化的程度及其对生态系统的潜在影响。同时,热红外成像技术通过识别土壤温度异常,能够间接判断地下污染物的分布特征。在环境执法领域,遥感技术为监控工业企业的排放行为提供了精确的数据支持,污染区域得以锁定,为现场执法提供重要线索。尽管遥感技术在土壤污染监测方面具有显著优势,其监测精度仍可能受到分辨率及污染物光谱特性复杂性的限制。因此,遥感监测结果的准确性,通常需要与地面采样及实验室分析相结合,以进行验证。

### 3.3 大气污染监测

大气污染监测是遥感技术在生态环境监测中的重要应用。通过卫星、无人机及地基遥感设备,能够对大气中的污染物分布、浓度及其动态变化进行广泛观测,效率得到了显著提高。基于大气的散射、吸收光谱特性及热辐射信号,遥感技术能够精确地监测常见的气体污染物,如二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、氮氧化物(NO<sub>x</sub>)、臭氧(O<sub>3</sub>)以及细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>)。例如,二氧化碳的浓度分布能够通过光学遥感在特定波段的分析中得到检测,排放源的追踪得以实现;激光雷达技术则能够精确描绘大气气溶胶的垂直分布,帮助识别雾霾形成的关键因素。通过监测温度变化及热异常,热红外遥感技术揭示了区域性污染源,如工业排放点及城市热岛效应。在跨区域的大气污染传播监测中,遥感技术展现出了广域覆盖的独特优势,污染气团的路径能够追踪,扩散模型得以构建,从而为污染防控策略提供了重要数据支持。在环境执法领域,遥感监测能够迅速定位违规排放行为,相关部门的应对措施得以有效展开<sup>[2]</sup>。然而,大气污染的遥感监测准确性可能会受到云层、地表反射率变化等因素的影响,因此,结合地面观测数据及模型校正,对于提高监测精度,至关重要。

### 3.4 水污染监测

水污染监测是遥感技术在生态环境监测中的关键应用之一。通过多光谱、高光谱成像及热红外技术,能够对地表水体的污染范围、污染物浓度及其动态变化进行大范围且快速的观测。水体反射光谱的变化通过遥感技术得以捕捉,结合特定波段的吸收特性,悬浮物、叶绿素、溶解性有机物及重金属污染得以有效监测。例如,水体的富营养化程度能够通过多光谱遥感技术识别,藻类暴发的范围及其发展趋势也能被分析;而高光谱遥感则能够精确检测水中某些污染物的浓度,如石油泄漏或工业废水中化学物质的分布。通过监测水温的异常变化,热红外遥感能够间

接推断热污染或地下排放源的存在。在跨区域的水体污染监测中,遥感技术凭借其广域覆盖的能力,流域尺度的水质整体状况得以提供,污染溯源模型也得以帮助建立,从而为流域治理提供了科学依据。在环境执法过程中,污染事件的高风险区域能够迅速通过遥感监测定位,地面采样及执法工作因此能够获得明确指引。然而,水污染遥感监测的精度会受到天气条件、水体深度及地表复杂性的影响,通常需要结合地面监测数据及实验室分析进行必要的校正与验证。

#### 4 存在的不足及展望

##### 4.1 促进多源遥感数据融合

尽管遥感技术在生态环境监测中取得了显著进展,但在实际应用过程中,仍面临多源遥感数据融合的诸多挑战。目前,来自多个平台(如卫星、无人机、地基传感器等)以及不同传感器(光学、雷达、高光谱等)的遥感数据,存在明显的时间、空间分辨率和精度差异。特别是在尺度效应、时间同步性及数据精度等方面,增加了数据融合的复杂性。如何高效地融合来自不同来源的数据,进而实现更加全面且精准的环境监测,成为亟待解决的核心问题。数据融合的推进,不仅需要数据融合算法上的创新,基于人工智能与深度学习的图像处理技术被认为能够有效消除不同数据间的系统误差与噪声,而且还要求提高数据的时空匹配度,确保动态环境监测过程中能获得实时且精确的结果<sup>[3]</sup>。随着遥感平台的日益多样化以及数据处理技术的不断进步,数据融合方法将逐渐成熟,时空分辨率的瓶颈将被突破,跨尺度、跨平台的高效协同应用将得以推动。

##### 4.2 提高遥感参数反演效果

提高遥感参数反演精度是生态环境监测中面临的核心挑战之一。遥感数据的反演过程,旨在从观测数据中提取地面物理与化学特征,如植被覆盖度、土壤湿度及污染物浓度等。然而,这一过程常常受到多种因素的影响,包括大气干扰、地表特征的复杂性以及遥感平台的分辨率限制。在实际应用中,反演精度的提升面临着诸多制约,尤其是在复杂环境下,如云层覆盖、大气气溶胶及光谱混合效应等,这些因素均可能对遥感数据的反演结果产生显著影响。如何有效克服这些干扰因素,提升反演算法的准确性与鲁棒性,已成为当前研究的重要课题。为应对这些挑战,提出了多种优化策略。例如,结合地面观测数据进行反演校准,先进的机器学习与深度学习算法也被应用于数据训练与建模中。此外,利用多源数据融合来弥补单一数据源的局限,已成为一种有效的解决方案。通过不断改进反演模型,能够显著增强其对复杂环境中遥感信号的适应性,从而提高反演结果的精度与可靠性。

##### 4.3 优化遥感建模尺度效应

优化遥感建模中的尺度效应,是提升遥感技术在生态环境监测中应用精度的重要途径。在实际应用中,遥感数

据常呈现出不同的空间、时间与光谱分辨率,而生态环境变化往往具有多尺度特征。某些现象在宏观尺度上可能表现为大范围趋势,但在微观尺度上则呈现出复杂的局部变化。这一差异,使得如何有效结合不同尺度的遥感数据,并合理处理尺度效应,成为关键问题。尺度效应可能导致从高分辨率到低分辨率数据转换过程中,信息丢失的现象出现,或者使得不同尺度上的现象不匹配,从而影响模型的准确性与预测能力。为了解决这一挑战,基于多尺度分析的遥感模型正在开发,采用自适应尺度转换、数据分层融合及尺度不变性特征提取等方法,优化遥感数据在各个空间尺度上的表现。此外,结合区域特征及地面观测数据,也有助于减小尺度效应带来的不确定性,从而提升建模的精度与可靠性。

##### 4.4 提高遥感产品自动化水平

提升遥感产品自动化处理能力,是遥感技术在生态环境监测中发展的关键方向之一。目前,遥感数据的处理与分析仍较多依赖人工干预,尤其在数据预处理、特征提取、模型训练及结果验证等环节,自动化水平较低,导致工作效率和实时性无法满足大规模、长期监测的需求。此外,遥感数据的复杂性与海量性,使得人工处理不仅耗时,还容易引发错误,从而影响监测结果的准确性。因此,自动化水平的提升,尤其是在数据采集、分析及产品生成等方面,将显著提高监测的效率与精度<sup>[4]</sup>。为此,机器学习、深度学习等人工智能技术正在被研究者积极探索,以实现遥感数据的分类、解译及分析。通过这些技术,有价值的信息能够从海量遥感数据中自动提取,进行高效的模式识别与异常检测。此外,自动化系统的建立,也可实现实时监测与快速响应,尤其在环境突发事件或灾害监测中,为决策提供及时支持。

##### 4.5 增强遥感综合分析能力

增强遥感综合分析能力,是遥感技术在生态环境监测中的关键发展方向。尽管遥感技术能够提供丰富的环境监测数据,如何有效解读与综合分析这些数据,仍面临诸多挑战。遥感数据本身具备高度复杂性与多样性,如何将不同来源、类型及尺度的数据融合,并从中提炼出对环境变化的深刻洞察,已成为提升遥感技术应用效果的关键所在。为此,更加先进的分析方法需得到发展,如多源数据融合、时空动态分析、非线性建模及智能化决策支持系统等。通过将卫星、无人机、地基传感器等不同平台的数据整合,借助人工智能、机器学习等技术提取数据中的潜在模式,能够为生态环境变化趋势、污染源识别及生态恢复效果评估等提供更加精准的分析结果。遥感数据的综合分析不仅涉及单一数据类型(如植被指数或大气污染),而且需要在多维度、多层次的信息集成下进行,这对于全面理解生态环境系统的动态变化至关重要。

## 5 结语

遥感技术在生态环境监测及执法中的应用,展现了显著的潜力与优势,能够实现大范围、高频次、精确的环境数据采集,为环境保护及可持续发展提供有力的技术支持。通过卫星遥感、无人机遥感与地基传感等多个平台的协同作用,已在污染源追踪、生态评估及资源管理等方面发挥了重要作用。然而,随着技术的不断发展,遥感数据处理的复杂性、精度提升及时效性等问题,依然存在。展望未来,随着人工智能、机器学习等新兴技术的不断融合,遥感技术将在生态环境监测与执法中,承担更加关键的角色,推动环境保护工作向更加科学、智能及高效的方向发展。

## [参考文献]

- [1]曾丽蓉. 浅谈遥感技术在生态环境监测中的应用[J]. 皮革制作与环保科技,2021,2(15):44-45.
  - [2]陈博明. 遥感技术在生态环境监测及执法中的应用进展[J]. 矿冶工程,2020,40(4):165-168+173.
  - [3]冯江. 遥感技术在生态环境监测中的应用[J]. 农业开发与装备,2016(5):95.
  - [4]周智晨. 探究遥感技术在生态环境监测中的应用[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊),2019(11):178-179.
- 作者简介:王有艳,(1985.11—),女,本科,汉族,专业:精细化工/国际贸易。