

水土流失监测技术在水土保持中的应用与进展

贡玛莉

新疆维吾尔自治区水土保持监测中心（新疆维吾尔自治区水利厅水土保持实验站） 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要：水土流失监测技术是水土保持工作的关键组成部分，近年来得到广泛应用与发展。该技术通过信息化手段建立监测模型与数据中心，实现水土流失的连续、系统、及时监测。卫星遥感、高光谱遥感及激光雷达等技术的应用，显著提升了监测的精准度与效率。水土流失监测为水土保持规划、治理效果评估提供了科学依据，推动了水土保持学科的发展，对保障国家生态安全、促进生态文明建设具有重要支撑作用。

关键词：水土流失监测技术；水土保持；应用；进展

引言：水土流失作为影响生态环境和农业可持续发展的关键问题，其有效监测与管理至关重要。随着科技的飞速发展，水土流失监测技术不断创新与完善，为水土保持工作注入了新的活力。本文旨在深入探讨水土流失监测技术在水土保持领域的实际应用及其最新进展，分析其在提高监测效率、优化治理策略等方面的重要作用，以期水土流失防治提供科学依据和技术支持，推动生态文明建设迈向新台阶。

1 水土流失监测技术概述

1.1 传统监测技术

（1）地面观测、调查等方法的特点及局限性：地面观测和调查方法是水土流失监测的基础，其特点在于能够直接获取监测点的详细数据。然而，这些方法也存在局限性，如数据采集效率低、难度大，尤其是在地形复杂、人迹罕至的地区。此外，传统方法受人为主观因素影响较大，数据标准可能不一致，导致信息的直观性差。

（2）遥感监测技术的发展历程及应用现状：遥感监测技术自上世纪末以来得到了快速发展，现已成为水土流失监测的重要手段。它利用卫星或飞机搭载的传感器获取地表信息，具有覆盖范围广、数据采集周期短、成本低等优点。目前，遥感监测技术已广泛应用于全国或区域水平的水土流失监测中，为水土保持工作提供了有力支持。

1.2 现代监测技术

（1）高光谱遥感、激光雷达等新型遥感技术的应用原理：高光谱遥感技术通过获取地表物质在多个窄波段上的光谱信息，实现对地物的精细分类和鉴别。激光雷达则利用激光脉冲测量地表高度和形态，提供三维地表信息。这些新型遥感技术的应用原理在于利用不同地物在光谱和形态上的特征差异进行识别和分析。（2）自动化、智能化监测设备的研发进展：近年来，随着物联网、人工智能等技术的不断发展，自动化、智能化监测

设备在水土流失监测领域取得了显著进展。这些设备能够实时监测和记录水土流失状况，提高监测效率和准确性。例如，新型土壤侵蚀自动监测设备能够剔除土壤表层积水和坡面径流造成的测量误差，具有较高的精度。

1.3 监测方法体系

（1）研究性监测、实验性监测、生产性监测的分类与特点：研究性监测侧重于理论探讨和规律揭示；实验性监测通过设计实验方案验证监测方法的可行性；生产性监测则针对具体生产实践目的进行动态评估。这些监测方法各有特点，共同构成了完整的水土流失监测方法体系。（2）预警预报性监测的作用及实施难点：预警预报性监测能够提前发现水土流失趋势并采取措施进行干预。然而，其实施难点在于需要建立精确的水土流失预测模型，并考虑多种自然和人为因素的影响。

2 水土流失监测技术在水土保持中的应用

2.1 监测网络构建与数据处理

（1）水土保持监测站点的布局与建设。水土保持监测站点的科学布局与建设是开展水土流失监测工作的基础。在站点布局时，需综合考虑地形地貌、气候条件、土地利用类型等因素。例如，在山区、丘陵等地形起伏较大、水土流失风险高的区域，应加密站点布设；而在地势平坦、水土流失相对较轻的地区，站点密度可适当降低。站点建设过程中，要配备先进的监测设备，如自动雨量站、径流小区观测设施、土壤含水量监测仪等，这些设备能够实时、准确地采集与水土流失相关的数据，为后续分析提供可靠依据。此外，站点还需具备完善的基础设施，保障监测人员的工作与设备的正常运行，从而确保监测数据的连续性和稳定性^[1]。（2）数据采集、传输、处理与分析的技术流程。数据采集涵盖多源信息，包括降雨量、径流量、土壤侵蚀量等。利用传感器、监测设备自动采集数据，提高采集效率与准确

性。采集后,通过无线网络、卫星通信等技术将数据实时传输至数据中心。在数据处理阶段,运用数据清洗技术去除异常值与噪声数据,保障数据质量。采用地理信息系统(GIS)、数据库管理系统等工具,对数据进行分类存储与管理。分析环节则借助统计学方法、数学模型等,挖掘数据间的内在联系,如分析降雨强度与土壤侵蚀量的关系,为水土保持决策提供数据支撑。

2.2 动态监测与预警系统

(1) 基于遥感技术的水土流失动态监测实例分析。遥感技术凭借其大范围、周期性观测的优势,成为水土流失动态监测的重要手段。以某水土流失严重区域为例,利用高分辨率卫星遥感影像,结合地理信息系统,可提取植被覆盖度、土地利用变化等信息。通过多时相遥感影像对比分析,能直观呈现水土流失的时空演变过程。例如,发现某区域因过度开垦,植被覆盖度下降,导致土壤侵蚀加剧,水土流失面积逐年扩大。利用遥感技术还可估算土壤侵蚀模数,为水土保持措施的制定提供量化依据。(2) 预警系统的建立与功能实现,如土壤侵蚀预警、泥沙淤积预警等。基于监测数据与分析模型,建立水土流失预警系统。系统通过设定土壤侵蚀强度、泥沙淤积量等预警阈值,实时监测数据一旦超过阈值,便触发预警机制。以土壤侵蚀预警为例,当监测到某区域土壤侵蚀模数达到中度侵蚀标准时,系统立即向相关部门发送预警信息,提示采取措施进行防治。同时,预警系统还可预测水土流失发展趋势,为提前规划防治方案、调配资源提供支持,有效降低水土流失带来的危害^[2]。

2.3 不同空间尺度的应用

(1) 坡面尺度、小流域尺度、区域尺度的监测方法与实践。在坡面尺度,采用径流小区法、测钎法等进行精细化监测,详细记录坡面土壤侵蚀过程与规律。小流域尺度则结合地面监测与遥感技术,对整个流域的水土流失状况进行综合评估,分析流域内各要素对水土流失的影响。区域尺度上,利用遥感、地理信息系统等技术,整合多源数据,实现对大面积区域水土流失的宏观监测与分析。例如,在某省级区域,通过建立区域水土流失监测模型,全面掌握区域水土流失的总体态势与分布特征。(2) 监测结果在水土保持规划、治理与效果评估中的应用。监测结果为水土保持规划提供科学依据,通过分析不同区域的水土流失状况,合理布局水土保持工程,如确定修建梯田、鱼鳞坑、植被恢复等措施的具体位置与规模。在治理过程中,依据监测数据及时调整治理方案,确保治理措施的有效性^[3]。治理完成后,利用

监测结果对治理效果进行评估,通过对比治理前后的水土流失指标,如土壤侵蚀量、植被覆盖度等,判断水土保持措施的实施成效,总结经验,为后续水土保持工作的优化提供参考。

3 水土流失监测技术的最新进展

3.1 高新技术在监测中的应用探索

3.1.1 高光谱遥感技术在植被识别与生物措施因子计算中的应用前景

高光谱遥感凭借其高光谱分辨率优势,可捕捉植被在数百个连续波段的反射光谱。不同植被因生理结构和化学组成不同,呈现独特光谱“指纹”,借此能精准区分植被种类,识别病虫害早期症状。在生态修复工程中,该技术可快速获取植被覆盖度、生物量等生物措施因子,量化评估退耕还林还草效果,为植被优化提供科学依据。

3.1.2 激光雷达技术在高精度地形测量与林木生长监测中的应用

激光雷达(LiDAR)通过激光脉冲实现厘米级精度的地形测绘,能穿透植被还原复杂山区地表形态,精准识别水土流失敏感区域。在林木生长监测方面,其周期性扫描可获取树木树高、冠幅等参数,分析生长动态。如在西南林区,利用该技术可评估森林郁闭度变化对水土保持能力的影响^[4]。

3.2 智能监测系统的开发与应用

3.2.1 基于物联网、大数据技术的智能监测系统设计

智能监测系统依托物联网传感器网络,实时采集土壤含水量、坡度、降雨量、地表位移等数据。这些传感器通过5G或LoRa等通信技术,将数据传输至云端大数据平台。平台利用机器学习算法,对海量数据进行分析处理,构建水土流失预测模型。如在某小流域监测中,系统通过分析历史数据与实时监测数据,能提前预测暴雨引发的水土流失风险。

3.2.2 智能监测系统在提高监测效率与数据准确性方面的作用

传统人工监测存在周期长、误差大等问题,智能监测系统实现了7×24小时不间断自动监测,数据采集频率可达分钟级,极大提升了监测效率。同时,自动化的数据采集与处理流程,避免了人为操作误差,确保数据真实可靠。系统还能对异常数据自动预警,为水土流失防治决策提供及时、准确的数据支持。

3.3 监测技术与其他领域的交叉融合

3.3.1 监测技术与地理信息系统(GIS)的结合应用

将监测数据与GIS技术结合,可实现水土流失信息的

空间可视化与深度分析。通过GIS的空间叠加分析功能，能直观展示水土流失强度、分布范围与地形、土壤、土地利用等要素的关系，绘制水土流失专题地图。利用空间建模，可模拟不同治理措施下的水土流失演变趋势，为水土保持规划提供科学依据。

3.3.2 监测数据在生态环境评估、水资源管理等方面的应用拓展

监测数据在多领域发挥重要作用。在生态环境评估中，通过分析植被覆盖、土壤侵蚀等数据，可评估生态系统服务功能，划定生态保护红线。在水资源管理方面，监测数据能揭示水土流失对水质、水量的影响机制，为水库泥沙淤积预测、流域水资源调度提供数据支撑，实现资源环境的协同管理。

4 水土流失监测技术面临的挑战与对策

4.1 技术挑战

4.1.1 监测技术的适用范围与局限性分析

尽管各类高新技术不断应用于水土流失监测，但每种技术都存在适用范围与局限性。例如，高光谱遥感技术虽在植被识别上表现出色，但易受天气条件制约，云层覆盖时无法获取有效数据；激光雷达技术获取高精度地形数据成本高昂，且在复杂城市环境中，建筑物等干扰物会影响测量精度。此外，一些智能监测设备在极端环境下，如高温、高湿、强风沙地区，难以稳定运行，导致监测数据缺失或不准确，限制了监测技术在更广区域的应用。

4.1.2 监测数据的质量控制与精度提升难题

多源监测数据的质量控制与精度提升面临诸多困难。不同类型的监测设备采集的数据格式、精度存在差异，在数据融合过程中容易产生误差。而且，部分监测设备长期运行后会出现性能衰减，如传感器老化，导致数据偏差。同时，数据传输过程中的网络波动、信号干扰，也可能造成数据丢失或错误。此外，人工校准数据的效率低、成本高，难以满足海量监测数据实时质量控制的需求，严重影响监测结果的准确性与可靠性。

4.2 对策与建议

4.2.1 加强监测技术研发与创新

加大对监测技术研发的投入，鼓励科研机构、企业开展联合攻关。针对现有技术的局限性，研发抗干扰能力强、适应复杂环境的监测设备与算法。例如，开发具有穿透云层能力的遥感技术，降低天气对监测的影响；

优化激光雷达数据处理算法，减少外界干扰带来的误差。同时，利用人工智能、机器学习等技术，实现监测设备的自动校准与故障诊断，提高数据采集的准确性与稳定性。

4.2.2 建立完善的监测网络与管理体系

构建覆盖不同地形、气候区域的立体监测网络，合理布局各类监测站点，确保监测数据能够全面反映水土流失状况。建立统一的数据管理平台，规范数据采集、传输、存储、分析等流程，实现数据的标准化与规范化管理。制定严格的数据质量管理制度，定期对监测设备进行维护与校准，对采集的数据进行审核与校验，及时发现并处理数据异常情况，保障监测数据的连续性与完整性。

4.2.3 加强跨学科合作与交流

促进地理学、生态学、计算机科学、电子工程等多学科的交叉融合，整合各学科的优势资源与技术手段。例如，结合生态学知识优化监测指标体系，利用计算机科学提升数据处理效率，借助电子工程改进监测设备性能。加强产学研合作，搭建跨学科交流平台，鼓励科研人员、企业技术人员、行业专家进行经验分享与技术交流，共同探索监测技术与其他领域融合的新途径、新方法，推动水土流失监测技术的创新发展。

结束语

综上所述，水土流失监测技术在水土保持领域发挥着举足轻重的作用，其不断进步与应用极大地提升了水土流失防治的科学性和有效性。未来，随着技术的持续革新与跨学科融合的深化，水土流失监测将更加精准高效，为水土保持工作提供更为强大的技术支撑。我们期待在社会各界的共同努力下，水土流失问题得到有效遏制，生态环境得到显著改善，为建设美丽中国贡献力量。

参考文献

- [1]孙国焕.济宁市东部山丘区水土保持高质量发展探讨[J].治淮,2024,(04):44-45.
- [2]杨颖.农村水利工程施工中的水土流失与水土保持对策[J].低碳世界,2023,(10):119-120.
- [3]陈茂山.建立水土保持信用评价制度提升人为水土流失监管效能[J].中国水利,2023,(06):61-62.
- [4]牛帅帅.济南市城市水土保持区划及水土流失防控策略[J].河南水利与南水北调,2024,(08):86-87.