

不同时序分辨率遥感数据对水土流失动态监测结果的影响对比

叶力努尔·帕台

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：水土流失具备显著的阶段性与波动性时空演变特征，遥感时序分辨率差异会直接干扰侵蚀动态监测精度与成果表征效果。本文依托高频、中频、低频梯度遥感数据体系，系统剖析不同时序间隔数据的地表信息捕捉特性，阐释时序分辨率影响覆被提取、水文扰动识别与空间格局刻画的内在机制，辨析各类数据监测成果的时空分异规律，明确长短时序数据的监测优劣。结合差异化侵蚀场景，搭建多源数据适配融合方案与技术优化路径，构建标准化数据选取体系，有效弱化时序数据固有偏差，提升水土流失动态监测的精准度与系统性。

关键词：水土流失；动态监测；遥感数据；时序分辨率；时空特征

引言：水土流失是受植被、水文、地形等多要素调控的动态地表过程，时空演变节奏复杂且存在明显阶段性波动。遥感时序数据是捕捉地表侵蚀动态、开展区域水土流失监测的核心支撑，不同时序间隔的观测数据在信息捕获完整性上存在天然差异。高频观测可留存短时侵蚀异动细节，低频观测更侧重长期稳态格局呈现，时序分辨率的差异化特征会间接改变侵蚀动态的识别结果。明晰各类时序遥感数据的监测适配性，厘清其对水土流失时空特征提取的影响规律，是提升区域水土资源动态监测质量的关键。

1 水土流失动态演化与遥感时序数据固有特征

1.1 水土流失动态过程的时间演变属性

水土流失属于随水文、地表覆被、地形条件持续变化的动态地表过程，整体演变存在明显的时间波动性与阶段性特征。自然环境下的地表侵蚀活动不会维持固定状态，会随季节更替、地表物质迁移、外力作用强弱变化产生持续性演变。植被覆盖的周期性更迭、地表表层物质的冲刷搬运、微地形的持续重塑，都会让水土流失活跃程度呈现阶段性起伏^[1]。短时间尺度的外力扰动可触发局部地表侵蚀响应，长时间尺度的环境变化则会推动区域侵蚀格局发生整体转变。时间维度的动态变化属性，决定水土流失监测需要依托具备时间连续性的观测手段完成信息捕捉。

1.2 不同时序分辨率遥感数据的时间采集特性

遥感时序数据按照观测时间间隔可划分多种梯度类型，不同数据体系的采集周期、时间采样节奏、观测时间密度存在本质区别。部分遥感数据源具备高频次时间采样能力，可实现短周期重复观测，能够持续捕捉地表

细微状态变动。中低频时序数据观测间隔更长，两次有效成像之间存在较长的时间空白期，地表瞬时变化状态无法被完整记录。各类时序数据的成像时间排布规律、数据时间覆盖连续性、缺失分布特征互不相同，形成差异化的地表观测时间体系，直接决定地表生态与水文过程的信息捕获能力。

1.3 时序间隔差异对应的地表信息捕捉特点

观测时序间隔的不同，会让遥感数据对地表动态过程的捕捉精度形成固有差异。短时序间隔数据可贴合地表快速变化节奏，记录阶段性、突发性的地表状态转变，留存完整的过程演化信息。长时序间隔数据仅能抓取特定时间节点的地表稳态特征，大量短时、临时性的地表变化会处于观测盲区。地表覆被更替、表层土壤状态改变、水文扰动带来的地表微调，都会在长周期观测间隔内发生多次转变，最终造成观测信息仅能反映时段末期状态，无法体现全过程演变细节。

1.4 水土流失监测对时间观测频率的匹配要求

水土流失动态监测强调过程连续性与状态时效性，需要观测体系贴合侵蚀过程的演变节奏开展信息采集。侵蚀活跃期的地表状态变化速度更快，需要更高频次的时间观测保障信息完整度。侵蚀平稳阶段地表状态趋于稳定，观测频率可适当放宽，仍需维持基础时间序列的连续性。监测工作需要兼顾瞬时变化与长期演变，既要捕捉短时外力扰动带来的局部侵蚀变动，也要积累长时间维度的格局演变信息。观测时间频率与侵蚀过程节奏的匹配程度，直接决定监测信息的完整度与代表性。

2 不同时序分辨率数据对水土流失监测的作用机制

2.1 时序分辨率差异对地表覆被动态捕捉的差异机理

地表植被覆被状态是制约水土流失发育的关键地表参数，覆被的动态波动直接对应侵蚀能力的强弱转变。高频时序数据可跟进植被自然生长、枯萎、人为扰动的阶段性变化，完整还原覆被动态演变全过程^[2]。低频时序数据容易跳过植被短期波动节点，造成阶段性覆被特征缺失，无法精准对应不同时段的地表抗蚀能力。时序间隔的差异会改变覆被动态信息的完整程度，让不同数据体系提取的地表基础参数存在固有偏差，进而改变水土流失状态的识别基础。

2.2 短时水文扰动事件与遥感观测时序的匹配关系

多数地表侵蚀活动由短时水文扰动驱动，瞬时性、阶段性的水文作用会快速改变地表土壤结构与物质分布。高频时序观测可覆盖扰动发生前后的地表状态变化，记录扰动触发的侵蚀响应过程。低频时序观测的时间排布相对稀疏，极易错过扰动发生时段，仅能记录扰动结束后的地表稳态结果，缺失过程性演变信息。观测时序与水文扰动发生节奏的适配程度，会直接影响侵蚀诱发机制与动态演变过程的信息留存，形成不同的数据观测偏差。

2.3 水土流失时空演变信息的时间过滤规律

不同时序分辨率的数据会对水土流失动态信息形成差异化的时间过滤效果，筛选留存不同尺度的演变信息。短时序间隔数据保留细微、短期的侵蚀波动特征，可呈现精细化的时空演变细节。长时序间隔数据会平滑弱化短时波动，突出长期、整体的格局演变特征，掩盖阶段性局部异常变化。时间过滤效应会重塑监测数据包含的信息结构，让不同时序数据表征的水土流失动态特征呈现明显区分。

2.4 观测时间间隔对水土流失空间格局识别的制约

方式

水土流失空间格局由全域多区域、多时段的侵蚀动态共同构成，空间分布特征依托连续的时间观测数据支撑。高频时序数据可积累充足的时间样本，精准刻画局部区域的侵蚀活跃程度与空间差异。低频时序数据时间样本稀疏，局部区域的阶段性侵蚀变化难以被有效捕捉，空间格局的细节辨识度持续降低。观测时间间隔的拉长会逐步弱化空间异质性的识别能力，造成精细化空间格局特征出现缺失与失真。

3 多时序分辨率遥感数据监测对比与结果分析

3.1 不同时序数据的统一预处理与归一化处理方式

为规避多源遥感数据存在的系统偏差，保障不同时序数据监测结果具备横向可比性，所有时序影像均开展标准化的统一预处理与归一化处理。通过辐射、几何与大气校正消除成像误差，统一数据空间基准、重采样规则与裁剪范围，实现多源数据尺度匹配^[3]。同时针对影像空缺、云遮挡、异常像元等问题进行修复插值，补齐时序观测空白，保障数据集的完整性与规范性，为后续水土流失参数提取与对比分析奠定统一数据基础。

3.2 水土流失动态变化信息的提取与统计口径

依托预处理后的标准化数据集，可采用统一的运算算法、判别阈值及统计规范，提取植被覆被、地表粗糙度、地表水体分布等水土流失关键参数，最大程度降低解译差异与统计误差。通过统一全域时间与空间统计单元，系统梳理高频、中频、低频时序数据对应的侵蚀动态特征，全程维持一致的分析标准，保障多类时序数据对比结果的科学性与严谨性。不同时序遥感数据的监测优势、存在局限及适用场景如表1所示。

表1 不同时序分辨率遥感数据水土流失监测特征对比

时序类型	观测间隔	主要优势	固有局限	适配监测场景
高频时序	1-5 d	捕捉短时侵蚀异动，还原过程演变	数据量大，云噪声干扰多，处理负荷高	侵蚀活跃区、暴雨扰动、局部人为扰动追踪
中频时序	10-30 d	数据体量适中，兼顾过程与长期格局	短期快速地表变化易被平滑过滤	区域常规动态监测、中长期侵蚀趋势研判
低频时序	> 30 d	时间跨度大，适合长周期趋势分析	短时动态信息丢失，易低估局部侵蚀强度	地貌稳定区、多年尺度宏观格局评估

3.3 不同时序分辨率对应的水土流失时空分布差异

经过多源数据横向对照可以发现，时序分辨率的梯度变化会直接改变水土流失时空分布信息的呈现状态。高频时序数据可识别更多阶段性、局部性的侵蚀动态变化，空间分布细节层次更为丰富，时间维度的演变起伏更为明显。中低频时序数据呈现的时空分布状态相对平

稳，短期局部的侵蚀异动被弱化，整体分布格局更偏向长期稳态特征。不同时序数据捕捉的侵蚀活跃区域、演变时段、空间分异特征存在明显区分，数据时序特性直接重塑监测成果的时空表达结构。

3.4 时序分辨率梯度变化下的监测数据差异规律

结合多梯度时序数据的对照结果能够总结稳定的差

异性规律。时序观测间隔缩短,监测数据对短期侵蚀波动、局部侵蚀异变、阶段性水文响应的捕捉能力持续提升,监测成果的细节丰富度逐步增强。时序观测间隔拉长,监测体系对快速动态过程的捕捉能力逐步弱化,数据呈现的演变趋势更趋于平缓、整体化,短时尺度的动态特征逐步消失。时序分辨率的梯度变动会形成规律性的信息筛选与特征保留机制,让不同时序体系的监测成果形成稳定的差异化层级。

4 基于监测差异性的遥感时序数据适配优化策略

4.1 不同水土流失演变场景的时序分辨率适配准则

时序分辨率差异带来的监测偏差,会在不同侵蚀发育场景中呈现不同的影响程度,需要结合地表侵蚀演变特征建立分层适配准则^[4]。地表侵蚀活动活跃度高、阶段性水文扰动频繁的区域,地表覆被与土壤表层状态更新速度快,短周期侵蚀异变频发。高频次时序观测体系可以捕捉阶段性侵蚀起伏,完整留存地表动态演变细节,保障监测信息能够真实反映区域侵蚀活跃状态。地貌条件稳定、植被覆盖状态恒定的区域,侵蚀演变节奏平缓,长期状态保持稳定,无需过高密度的时间观测。中等时序分辨率数据可以稳定刻画区域整体侵蚀格局,满足常规动态监测的基本需求。局部地表扰动多发、人为或自然因素引发临时性侵蚀变化的区域,长周期观测模式容易遗漏短期异变过程。高密度时序观测能够填补长周期数据的信息空缺,精准捕捉局部短暂侵蚀响应,依据场景属性匹配对应的观测体系,可从源头降低时序分辨率带来的监测偏差。

4.2 多梯度时序遥感数据的互补融合思路

单一时间采样规格的遥感数据存在固有监测短板,无法兼顾过程细节与长期格局的双重监测需求。高频时序数据具备细密的时间采样优势,能够记录短时段内植被波动、地表微形态变化与临时侵蚀异变,补充精细化的过程演变信息,弥补长周期数据细节缺失的问题。低频时序数据时间跨度更广、序列稳定性更强,可锚定区域长期侵蚀演变整体走向,过滤短期随机波动带来的格局干扰。多梯度数据融合依托分层整合思路,梳理不同时序数据的信息优势,拆分短时动态细节与长期演变趋势两类核心信息。通过规范的数据融合架构,整合多时间尺度观测内容,构建兼具细节精度与整体稳定性的监测数据集,完善水土流失动态监测的信息维度。

4.3 弱化时序分辨率偏差的监测技术改进路径

时序间隔差异引发的信息缺失与特征失真,可通过针对性技术优化手段实现有效修正,降低数据固有属性

对监测质量的干扰。针对长时序观测存在的时间空白问题,搭建规范的时序插值补充体系,依托前后时段地表参数演变规律,推演空白时段的地表状态变化,还原被遗漏的阶段性侵蚀演变信息。动态识别算法需要完成针对性升级,区分长期趋势性演变与短时偶然性波动,对不同时间尺度的侵蚀特征进行分层识别,规避时序过滤效应造成的特征弱化与信息失真。统一全域监测判别阈值与参数识别标准,规范多源时序数据的解译口径,消除不同观测体系存在的系统性偏差。

4.4 水土流失动态长效监测的数据选取体系

结合时序分辨率对监测成果的影响规律,以及不同场景的适配特征,可搭建标准化的数据选取体系,支撑区域水土流失长效监测工作开展。结合监测工作的侧重点、区域侵蚀发育的整体特点、地表动态演变的剧烈程度,对观测数据进行分级筛选与搭配组合。侧重过程追踪的监测工作,优先选用高密度时序数据,保障动态过程的完整记录。侧重格局研判的监测工作,以长时序稳定数据为主体,把控长期演变规律。聚焦异变识别的监测工作,采用多梯度数据组合模式,兼顾稳定性与灵敏性。标准化的数据选用与融合应用模式,能够持续优化区域水土流失监测体系,提升动态监测工作的系统性与科学性,为区域水土保持研判工作提供稳定的数据支撑。

结束语

时序分辨率是调控水土流失遥感监测成果质量的核心因素,不同梯度时序数据对应差异化的地表信息过滤与特征保留效果,直接影响侵蚀过程细节捕捉与空间格局刻画精度。多源时序遥感数据各有监测优势与短板,单一数据难以适配复杂多变的地表侵蚀监测场景。分层适配、数据融合与技术优化可有效消解时序观测偏差,完善区域水土流失监测体系。分级搭配多梯度时序数据开展监测,能够兼顾过程细节与长期格局,为水土保持管控与生态治理提供精准的数据支撑。

参考文献

- [1]赵若钰.基于遥感监测的水土流失动态分析研究[J].建材与装饰,2026,22(14):109-111.
- [2]张继真,姜艳艳,张月.基于遥感技术的东北黑土区水土流失动态监测研究[J].中国水土保持,2024(1):26-29.
- [3]牛炳慧.遥感数据云平台在农田水土流失动态监测中的应用[J].农业工程技术,2023,43(23):47-48,64.
- [4]汪敏辉.基于遥感数据的水利工程水土保持动态监测方法研究[J].数字农业与智能农机,2026(5):23-25.