

泥石流沟道清淤频次与应急疏散效率的关联性分析

袁伟

湖北工业大学

摘要: 泥石流沟道淤积会弱化沟道行洪排导能力,提升灾害突发概率与人员撤离工作开展难度。结合沟道清淤间隔和应急撤离实效开展分析,剖析不同清淤节奏带给沟道运行状态、预警传达时长、通行通道稳固程度及人员转移实效的各类作用。相关研究表明,适配现场条件的清淤节奏可减少泥石流堆积隐患,拉长应急处置时段,让人员撤离工作更具秩序与安全保障,也能为山区防灾治理、应急管控调整提供实践依据。

关键词: 泥石流; 沟道清淤; 清淤频次; 应急疏散; 疏散效率

DOI: 10.65976/3078-8145.2026.03.014

引言

泥石流灾害突发概率高、影响区域大、应急处置窗口期短,沟道淤积状况不仅会改变灾害发生后的行洪排沙水平,也会影响现场人员撤离环境。清淤属于泥石流沟道治理核心手段,作业频次设置得当,便能维系沟道正常运转,提升人员疏散实效。探究沟道清淤频次和应急疏散效率之间的关联,能够厘清清淤管控在防灾环节里的实际价值,为山区防灾、预警落实与人员安全转移筑牢支撑。

1 清淤频次对沟道排导能力的影响

1.1 沟道淤积对行洪排沙条件的限制

泥石流沟道受持续雨水冲刷、坡面物质补给及上游松散土体运移影响,逐步形成厚度不一的淤积层。淤积物质大多分布在沟床弯道、坡度剧变位置、沟口堆积扇与排导槽衔接地带,物料涵盖块石、砾石、砂土及细黏颗粒,沟道有效断面不断收窄,原有行洪区域被逐步挤占。过水断面缩减后,洪水泥沙混合体流动受阻,水体携沙能力持续走低,局部水位不断上涨,强降雨天气里易发生水流漫溢、路径改道与淤堵外溢现象。

随着淤积层不断增厚,沟床表面粗糙程度上升,流体前行阻力变大,泥石流流动状态从顺畅导流转为间断淤堵、瞬时猛冲,灾害发展的不确定性显著提升。排导设施内部出现淤堵,拦砂坝、排导槽与沉砂池联动调蓄作用大打折扣,整套消能减速、约束堆积范围的防护设施无法正常运转。沟道淤积改变泥石流行进路线,不断压缩沿线道路、桥涵与聚居区域的安全范围,行洪排沙状态脱离可控范畴,现场处置工作开展更加艰难。

1.2 清淤间隔对泥石流堆积风险的影响

清淤间隔的长短直接影响沟道内部松散物质的累

积体量,也会改变这类物质再次被触发运动的概率。间隔时间偏长,沟床里的砂砾、块石以及漂木等杂物历经多场降雨持续堆叠,部分地段形成结构偏弱的临时堆积体,遇上短时间强降雨或是上游来水量突然上涨,堆积体就会被水流快速冲刷并卷入泥石流活动,泥石流整体容重、流量和冲击力量都会随之变大。拉长清淤周期还会让沟道深处的风险隐患逐步隐性积累,表层水体流动状态看似正常,沟床整体高程早已出现抬升,局部区域过水能力明显下降,灾害来临之际很容易出现研判滞后^[1]。

清淤间隔设置过短会造成资源无谓消耗,同时加重场地扰动,反复机械作业损毁沟床原生稳定构造,搅动还未完全固结的沉积层,脱离降雨时段、物源补给总量、沟道形态演变等现实条件,清淤作业便无法贴合现场风险走势。合理划定清淤间隔需参照历年泥石流发作频次、区域年均降雨强度、上游崩塌滑坡活动状态、沟道泥沙淤积速率以及排导工程实际容量等内容,固守固定周期开展管理,常会出现该清理未作业或是重复开展无效作业的情况。汛前阶段、强降雨结束后以及连续小幅泥沙运移过后逐项排查核验,能够及时捕捉堆积风险的动态变化,让清淤间隔节奏和泥石流物源补给的自然节奏相互契合。

1.3 清淤频次与沟道安全容量的匹配

沟道安全容量可判定沟道在既定降雨、泥沙补给环境里承载洪水、泥沙与泥石混合体的实际状态,清淤工作的适配程度,取决于沟道剩余容积能否稳定维持在安全界限之内。沟道容量处于动态变化状态,沟床抬升、岸坡垮塌、支沟输沙、排导设施淤堵、下游堆积扇扩张都会带来相应改变。清淤节奏跟不上泥沙堆积速度,沟道可用空间便会不断缩减,原本可容纳中等规模泥石流的区域,经过多次少量沉积后会转入

危险状态。

把控容量标准不能单纯依照固定周期推进作业,可结合断面勘测、空中巡检、雨情记录、堆积层厚度变化灵活调整管控方式。主沟下游、桥涵出入口、村落上方沟段等重点地段,执行更严格的容量管控标准,预留充足泄洪排沙空间,防止泥石流向聚居区域推进时发生淤堵漫流。沟道安全容量和人员撤离实效关联紧密,充裕空间可推迟水流外溢节点,为险情通报、道路管控、人员转移留出操作时段。空间不足会压缩应对时长,撤离线路也更易出现阻断情况。清淤节奏依照不同区段容量变化区别划定,高风险地段加大管护力度,低风险地段采用定期巡检配合适度清淤的作业模式。

2 沟道治理不足对疏散效率的制约

2.1 淤积变化监测不及时造成预警滞后

泥石流沟道淤积状态呈现分段演变、突发变动的特点,仅靠汛期前期巡检、人工目测,无法第一时间察觉沟床抬升、断面收窄、局部淤堵等细微改变。山区沟域地形错综复杂,不少区段处在陡坡、转弯处以及林木遮蔽地带,人员抵达难度较大,监测频次偏低时,沟内泥沙堆积、石块卡堵、浮木滞留等问题极易被遗漏。降水结束后,上游松散岩土会短时间内输送至中游与下游区域,排导槽入口、桥涵底部、沟口堆积扇周边会快速出现淤堵。

由于缺少持续监测数据,预警体系只能参照降雨数值、过往经验开展判定,无法体现沟道实际容载能力,预警级别和现场风险出现偏差。淤积动态没能及时察觉,灾情研判会落后于沟道形态改变,预警下发时间被压缩,人员转移、道路管控、抢险器械调配都无法提前开展。监测滞后也会干扰清淤工作的判断,存有隐患的区段长期得不到处理,强降雨叠加上游来沙的情况下,泥石流会在预警全面传开前出现漫溢、溃堵现象,人员撤离工作失去灵活调整空间与安全缓冲。

2.2 清淤计划缺乏动态调整影响应急响应

清淤计划始终沿用固有周期与统一执行标准,会逐步脱离沟道现场真实的风险演变态势,降雨强弱、上游岩土失稳现象、地表植被长势改变以及人类活动干扰,都会作用于泥石流沟道,各年份、各季节泥沙淤积的快慢有着显著区别。固化的清淤安排能简化日常管控流程,却难以应对暴雨过后新形成的堆积物、局部沟体突然堵淤、导流设施运行效能衰减等各类状况。不少沟道完成汛前清淤工作后,接连遇上高强度降雨,上游松散岩土不断汇入导流槽与沟口地带,原有周期尚未抵达节点,新生隐患就已达到必须处理的

程度^[2]。

计划模式缺少动态调整空间,也会打乱应急资源排布,作业器械、转运车辆、作业人员以及废渣堆放区域不能依照风险高低提前布设,灾害来临只能临时调配,拉长整体抢险耗时。清淤方案若没能对接气象预警、地质隐患巡查、村落撤离预案,相关工作便会孤立开展,难以成为应急处置环节里的前置防护举措。对于重点沟体、危险地段以及居民区上游沟道,可结合降雨预判、实地巡检情况、泥沙监测数据灵活改动作业时间,让清淤部署紧跟风险走势,防止应急处置可用时间持续缩减。

2.3 沟道阻塞削弱疏散通道安全保障

沟道阻塞对疏散通道形成的影响不止局限于表层水流的漫溢外溢,各类水体冲刷、坡面漫流、泥沙淤埋及桥涵结构失效等问题,都会直接破坏山区道路的通行连续性。山区居民聚居点、乡村主干道和临时应急避险路线大多沿沟谷沿线与沟口两侧布设,沟道内部出现的块石堆积、漂浮物卡阻与排导槽堵塞问题,会让强降雨天气下的水沙混合流体偏离固有排泄路径,直接冲击道路边坡、桥梁基础与地势低洼路面。路面被厚重泥沙覆盖后,车辆正常通行条件大幅下降,人员徒步转移的行进速度持续放缓,夜间昏暗环境或暴雨天气场景下,人员滑倒、迷失方向及遭受二次伤害的风险会大幅提升。

桥涵入口被各类淤积物料堵塞堆积后,区域河道水位快速抬升,路面积水滞留与涵洞顶托积水的现象,会直接造成疏散路线提前中断,既定的人员转移方案无法依照预设路线顺利落实。沟道阻塞还会诱发局部泥石流运动改道,原本划定的安全转移通道直接暴露在灾害冲击范围内,大幅提升现场临时改线处置与人员调度指挥的工作难度。疏散通道的安全运行依托沟道排泄性能、道路通行条件和避险点位可达性的协同适配。未被清理的阻塞隐患会从通行速率、路线选择、现场秩序多方面干扰疏散工作,持续拉长整体人员转移时长,大幅增加人群暴露在灾害环境中的危险时长。

3 清淤管理与疏散组织协同优化路径

3.1 建立雨季前后分级清淤机制

雨季前后落实分级清淤机制,可参照沟道风险层级、泥沙淤积位置与降水时段,把传统周期化作业转为分类管控。雨季来临前,逐一检查主沟下游、排导槽入口、拦砂坝下方、桥涵两侧以及居民区上方沟体,集中清理阻碍行洪排沙的石块、淤泥与漂杂物,保障核心区域拥有正常泄流条件。雨季全程不开展大范围施工扰动,以巡回检查、局部疏通和突发状况处理为主,

快速疏通临时堵点、涵洞受压区段、临近道路的沟体地段,降低沟床结构变动对水流泥沙运移的干扰。

雨季结束后,结合当期降水实况与泥沙流动状态,复测沟床抬升幅度、沟岸坍塌范围以及堆积扇延伸情况,划定后续修复清淤的具体区域。分级清淤依照高风险区域、关键节点、紧邻疏散线路地段依次推进,把现有资源投向关乎人员撤离与工程稳固的位置。物源补给充沛、过往灾害多发、下游聚居人口较多的沟道,适当加大巡检频次并提高作业要求;淤积状态趋于稳定的沟段,搭配定期巡检与按需清淤的模式,杜绝重复作业与资源损耗。这套分级模式能让清淤频次、作业力度和现场风险形成适配状态。

3.2 完善沟道风险监测与预警联动机制

沟道风险监测与预警联动体系,整合现场巡查、智能监测与信息公示整套流程,构建隐患甄别至应急处置的完整闭环体系。监测工作聚焦淤积厚度、沟床高低落差、断面形态变动、排导设施堵塞情况以及桥涵通水状态等核心指标,依托人工巡检、定点监测设备、无人机航拍、雨量采集设备与实时视频设备采集各类现场数据^[1]。不同沟道环境选用不同监测方式,地形陡峭沟段依托远程影像设备与无人机完成核查工作,居民区上游及道路交汇沟段布设固定监测设备,精准把控关键位置的动态变化。

风险预警判定不局限于降雨数值标准,同步结合沟道实时淤积现状与清淤施工完成进度综合研判。沟床出现明显抬升、排导槽通水断面缩减、桥涵周边出现淤堵趋势时,及时上调风险等级,提前开展河道清障、交通管控以及人员撤离筹备工作。监测数据同步对接气象、水利、自然资源、应急管理及基层属地单位,打破各部门信息独立闭塞的局面。对外公示的预警内容标注风险沟道位置、潜在影响区域、人员撤离路径与避险安置点位,为现场防控工作提供直观指引。

3.3 推动清淤成果转化为疏散效率提升依据

清淤作业产生的实际作用可支撑疏散能力优化,结合整治后沟道现状、路面通行实况与人员撤离规划展开对照研判。作业收尾后整理点位分布、土方清运量、残存淤积厚度、沟道过水断面、桥涵通行状态及受影响区域变动等台账内容,同步更新现有应急撤离相关

预案。临近聚居区、校园、施工场地与游玩区域的沟段,结合整治后风险回落情况重新规划行进路线,核查原有通路能否正常使用,按需调整临时避险点位与备选行进线路。

整治数据也能推算灾害来临前可利用的应对时长,沟道排导能力改善,泥石流漫流与道路阻断概率随之下降,从发出预警到人群抵达安全区域的整套流程会更加顺畅。实地演练贴合整治后的现场环境推进,检验人群集合速度、车辆调配节奏、特殊群体安置办法以及线路分流执行效果。部分沟段整治后依旧存在通行短板,预案里增设值守点位与绕行通路,避免单一线路故障阻碍整体撤离进度。整治台账、动态监测数据与演练记录彼此串联,让工程整治成效落地为实操性较强的撤离管理参考,让沟道整治发挥出超出治理本身的综合价值。

4 结语

泥石流沟道清淤频次与应急疏散效率具备密切联系,合规清淤可优化沟道行洪排沙条件,缓解淤积堵塞与泥石流漫溢隐患,为预警公示、道路管控及群众撤离预留充足处置时长。清淤管理可结合降雨动态、沟道淤积现状、重点风险区域灵活调整,适配监测预警、疏散路线规划与应急演练工作。健全分级清淤模式、完善风险监测体系、落实清淤治理成效,可增强山区泥石流防控能力,提升人员疏散安全保障水平。

参考文献:

- [1] 张友谊,赵灵川,古维扬,等.泥石流重力拦砂坝泄水孔过流能力研究[J].自然灾害学报,2025,34(6):36-45.
- [2] 陈志雄,程栋,田超.水文地质监测技术在山洪泥石流灾害预警中的具体运用[J].中国科技论文在线精品论文,2025,18(4):332-334.
- [3] 刘泓汐,郭超,元媛,等.基于泥沙-径流的山洪灾害动态风险评估与预警[J].中国防汛抗旱,2022,32(8):20-26.
- [4] 徐根祺,温宗周,李丽敏,等.监测预警技术在泥石流灾害中的应用[J].有色金属科学与工程,2021,12(2):97-104.
- [5] 熊江,唐川,陈明.泥石流早期识别与监测预警研究进展探讨[J].自然灾害学报,2021,30(1):165-173.