

应急通信装备在山区灾害现场的信号覆盖局限与对策

韩艳艳

(河北省应急救援和训练中心, 河北 石家庄 050200)

摘要 山区灾害现场地形复杂、环境恶劣, 应急通信装备的信号覆盖易受多重因素制约, 难以满足灾害救援过程中信息传递的及时性与稳定性需求, 成为影响救援效率、威胁被困人员生命安全的关键瓶颈。针对这一核心问题, 结合山区灾害现场的实际场景特征, 剖析信号覆盖局限的具体表现与深层成因, 探索科学合理、切实可行的优化对策, 破解山区灾害现场应急通信“通不了、通不好”的难题, 以期提升山区灾害应急救援通信保障能力提供有益参考。

关键词 应急通信装备; 山区灾害现场; 信号覆盖; 覆盖局限; 覆盖效能

中图分类号: TN91

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.10.040

0 引言

山区地质结构特殊、气象条件多变, 地震、滑坡、泥石流等灾害频发, 一旦发生极易造成交通中断、电力瘫痪, 通信设施也会遭到严重损毁或破坏。应急通信作为灾害救援的“生命线”, 承担着传递救援指令、反馈现场情况、衔接救助资源的重要职能, 而信号覆盖的稳定性与全面性直接决定应急通信效能的发挥。山区灾害现场的高山阻隔、植被遮挡、地形起伏等客观条件, 给应急通信装备的信号传输带来诸多阻碍, 导致部分救援区域出现信号盲区、信号微弱或信号中断等问题, 严重影响救援工作的有序推进。明确应急通信装备在山区灾害现场的信号覆盖局限, 探寻针对性解决路径, 对强化灾害应急救援保障能力、减少人员伤亡和财产损失具有重要意义。

1 山区灾害现场应急通信装备信号覆盖的核心特征

山区灾害现场多为高山、峡谷、沟壑相间的地形, 高低起伏的山体形成天然屏障, 应急通信装备发射的信号在传输中易被阻挡、反射或折射, 大幅缩短传播距离, 难以实现大范围覆盖。与平原地区信号传输的顺畅性不同, 山区地形的不规则性使信号覆盖呈现碎片化, 低洼峡谷、山体背阴处极易形成固定信号盲区, 简单调整装备位置无法改善。灾害发生后, 崩塌的岩土、损毁的植被会进一步改变局部地形, 加剧信号传输阻碍, 影响信号覆盖稳定性, 无法形成持续连贯的覆盖

网络。同时, 灾害常伴随暴雨、暴雪、强风等恶劣气象, 会干扰信号传输, 暴雨浓雾加速信号衰减, 强风可能导致应急基站、天线移位倾斜, 造成信号偏移或中断, 现场粉尘、水汽也会削弱信号发射效率, 且受次生灾害影响持续存在不确定性^[1]。山区灾害救援具有紧迫性和突发性, 应急通信覆盖需短时高效, 快速部署调试装备、优先覆盖关键点位, 并随搜救进度灵活调整, 保障救援指令与现场信息实时传递。

2 应急通信装备在山区灾害现场的信号覆盖主要局限

2.1 地形阻隔导致信号覆盖盲区广泛存在

山区灾害现场的高山、峡谷、深沟等地形, 对各类应急通信装备的信号传输均形成强烈阻碍。无论是卫星通信装备、短波通信装备, 还是应急基站, 其信号在传输过程中都会因山体遮挡而无法到达部分区域, 形成大面积信号盲区。这些盲区多分布在山体背坡、峡谷底部、低洼地带等地形复杂区域, 而这些区域往往是灾害发生后被困人员易被困、救援难度较大的区域, 信号盲区的存在使得救援人员无法及时获取被困人员的求救信息, 也无法向被困人员传递救援指令, 严重延误救援时机。山体的多重阻隔会导致信号出现多径传播现象, 信号叠加后易产生干扰, 即使部分区域有信号覆盖, 也会出现信号杂乱、不稳定的问题, 无法满足应急通信的基本需求。

作者简介: 韩艳艳 (1983-), 女, 本科, 注册安全工程师, 研究方向: 应急装备与应用工程。

2.2 环境干扰造成信号传输质量大幅下降

山区灾害现场的恶劣环境不仅会阻碍信号传输,还会严重干扰信号质量,导致应急通信装备的信号出现微弱、卡顿、中断等问题。灾害发生后伴随的暴雨、暴雪等气象条件,会使空气湿度大幅增加,信号在传输过程中会被水汽吸收,导致信号衰减加剧,信号强度无法达到通信标准,出现通话断音、数据传输失败等情况。同时,山区植被覆盖率较高,灾害发生后未损毁的植被、倒伏的树木会对信号形成遮挡,尤其是密集的林木会对信号进行多次反射和吸收,进一步削弱信号强度,使得应急通信装备的有效覆盖范围大幅缩小^[2]。灾害现场的电磁环境复杂,损毁的电力设施、其他电子设备会产生杂波干扰,影响应急通信信号的纯净度,导致信号传输质量下降,无法实现清晰、稳定的信息传递。

2.3 装备适配性不足加剧信号覆盖困境

现有应急通信装备多是基于平原或常规场景设计研发,对山区灾害现场的复杂地形和恶劣环境适配性不足,进一步加剧了信号覆盖的局限。部分应急通信装备体积庞大、重量较重,山区灾害现场交通中断,装备难以快速运输到指定位置,无法及时部署实现信号覆盖;部分装备的信号发射功率不足,难以穿透山区的山体和密集植被,无法实现远距离、大范围的信号传输。同时,部分应急通信装备对环境适应性较差,在高温、低温、高湿度、强风等恶劣条件下,易出现故障停机、性能下降等问题,无法持续稳定发射信号,导致信号覆盖出现间断性中断,无法满足救援过程中持续通信的需求,进一步制约应急救援工作的推进。

3 应急通信装备在山区灾害现场信号覆盖局限的成因剖析

3.1 地形条件的先天性制约是核心成因

山区与生俱来的地形特征是导致应急通信装备信号覆盖局限的核心因素,这种制约具有先天性、难以规避的特点。山区山体高大、地形起伏剧烈,应急通信信号的直线传输特性使得信号无法绕过山体实现覆盖,只能在视线范围内传播,而山区复杂的地形结构导致视线传输路径被大量阻断,信号覆盖范围自然受到限制。山区峡谷、沟壑等地形会形成“信号陷阱”,信号进入后易被多次反射、折射,最终被消耗殆尽,无法实现有效覆盖^[3]。这种地形上的先天性制约,无论采用何种应急通信装备,都难以完全消除,只能通过针对性措施进行缓解,这也是山区灾害现场应急通信信号覆盖始终面临的核心难题。

3.2 灾害场景的复杂性加剧覆盖难度

山区灾害现场的场景复杂性,进一步加剧了应急通信装备信号覆盖的局限,这种复杂性体现在灾害破坏的突发性和次生灾害的持续性上。山区灾害发生往往具有突发性,瞬间造成通信设施损毁,原本的通信网络彻底瘫痪,只能依靠应急通信装备搭建临时通信链路,而临时搭建的通信链路本身稳定性较差,易受现场环境影响。同时,灾害发生后易引发滑坡、泥石流、余震等次生灾害,这些次生灾害会持续破坏现场环境,损毁临时部署的应急通信装备,或改变地形、气象条件,导致信号覆盖范围不断变化、信号传输持续受到干扰,使得信号覆盖的难度进一步加大,无法形成稳定的覆盖网络。

3.3 装备部署与保障体系不完善

应急通信装备的部署合理性和保障体系的完善程度,直接影响信号覆盖效果,而当前在山区灾害现场,这两方面的不足进一步加剧了信号覆盖局限。装备部署过程中,缺乏对山区灾害现场地形、环境的精准研判,往往采用常规部署方式,未根据现场实际情况优化装备位置、调整发射角度,导致装备效能无法充分发挥,部分关键区域无法实现有效覆盖。同时,应急通信装备的保障体系不完善,现场缺乏专业的装备调试、维护人员,装备出现故障后无法及时修复,导致信号覆盖出现中断;装备所需的电力、耗材等保障物资供应不及时,也会影响装备的持续运行,无法实现长时间、稳定的信号覆盖,进一步凸显信号覆盖的局限。

4 破解山区灾害现场应急通信装备信号覆盖局限的优化对策

4.1 优化装备部署策略,适配山区地形特征

结合山区灾害现场的地形特点,制定科学合理的应急通信装备部署策略,最大限度规避地形对信号覆盖的制约。针对高山阻隔问题,采用“高点部署、分层覆盖”的方式,将应急基站、信号中继设备部署在高山山顶等制高点,利用高点优势扩大信号覆盖范围,同时在峡谷、低洼等信号盲区增设小型中继设备,实现信号接力传输,填补覆盖空白。针对地形碎片化特征,根据救援需求划分重点覆盖区域,优先在救援指挥部、被困人员集中区域、救援通道等关键点位部署高性能应急通信装备,确保核心区域信号稳定覆盖,同时灵活调整装备位置和发射角度,适配地形变化,提升信号覆盖的全面性和稳定性。

4.2 强化装备技术升级,提升抗干扰能力

聚焦山区灾害现场的环境干扰问题,加大应急通信装备技术升级力度,提升装备的抗干扰、抗恶劣环

境能力。研发适配山区场景的小型化、高功率应急通信装备,提升装备信号发射功率和穿透能力,能够有效穿透山体、植被实现信号传输,减少信号衰减。优化装备的抗环境干扰性能,提升装备在暴雨、暴雪、强风等恶劣气象条件下的稳定性,采用防水、防尘、抗风设计,防止环境因素对装备部件造成损坏,确保装备能够持续稳定运行^[4]。同时,引入先进的信号抗干扰技术,过滤现场电磁杂波干扰,提升信号传输的纯净度和稳定性,避免信号卡顿、中断等问题,保障信息传递的顺畅性。

4.3 完善装备保障体系,强化支撑能力

构建完善的应急通信装备保障体系,为山区灾害现场信号覆盖提供有力支撑,破解装备部署、运行过程中的各类难题。组建专业的应急通信保障团队,配备专业的装备调试、维护人员,灾害发生后同步赶赴现场,快速完成装备部署、信号调试工作,及时处理装备运行过程中出现的故障,确保装备持续稳定发挥效能。建立应急保障物资储备机制,提前储备应急通信装备、电力设备、耗材等物资,确保灾害发生后能够快速调配、及时补给,解决装备运行的物资需求。同时,建立装备部署研判机制,提前掌握山区地形、气象等信息,制定针对性部署方案,提升装备部署的效率和合理性。

5 山区灾害现场应急通信装备信号覆盖的实践路径完善

5.1 构建多装备协同覆盖机制,提升覆盖效能

单一类型的应急通信装备难以应对山区灾害现场复杂的信号覆盖需求,需构建多装备协同覆盖机制,整合各类应急通信装备的优势,实现优势互补、协同发力。结合山区灾害现场的实际情况,整合卫星通信装备、短波通信装备、应急基站、中继设备等各类装备,形成“卫星+短波+地面”的多元协同通信网络,卫星通信装备负责远距离信号传输,短波通信装备负责复杂地形下的应急通信,地面应急基站和中继设备负责近距离信号覆盖和盲区填补,全方位提升信号覆盖的全面性和稳定性,确保不同救援场景、不同区域都能实现有效通信。

5.2 加强场景化演练,提升快速响应能力

山区灾害现场应急通信装备的信号覆盖效果,离不开快速、高效的部署和操作能力,需加强场景化演练,提升应急通信团队的快速响应和实战能力。结合山区灾害的特点,模拟不同灾害场景、不同地形条件下的应急通信部署场景,组织应急通信团队开展演练,重点演练装备运输、快速部署、信号调试、故障排查等环节,提

升团队对复杂场景的适应能力和操作熟练度^[5]。通过常态化场景化演练,优化装备部署流程、完善保障方案,确保灾害发生后能够快速响应、高效部署,在最短时间内实现重点区域信号覆盖,为救援工作提供及时支撑。

5.3 推动区域联动保障,强化资源共享能力

山区灾害救援往往涉及多个区域、多个部门,需推动区域联动保障,强化应急通信资源共享,破解单一区域、单一部门资源不足的问题,提升信号覆盖保障能力。建立跨区域应急通信资源共享机制,整合不同区域的应急通信装备、技术人员、保障物资等资源,一旦某一区域发生山区灾害,可快速调配周边区域的优质资源,支援现场应急通信保障工作,提升信号覆盖的效率和质量。加强与相关部门的联动协作,协同电力、交通、气象等部门,提前掌握灾害预警、地形变化、气象条件等信息,为应急通信装备部署、信号优化提供支撑,同时保障装备运输、物资补给通道的畅通,确保应急通信保障工作有序推进。

6 结束语

本文聚焦应急通信装备在山区灾害现场的信号覆盖局限与对策,明确山区灾害现场应急通信装备信号覆盖的核心特征与主要局限,剖析地形制约、环境干扰、装备适配不足等相关成因,提出针对性的优化对策与实践路径,破解山区灾害现场应急通信信号覆盖难题。应急通信装备的信号覆盖效能直接关系到山区灾害救援工作的推进成效,以及受困人员生命安全与财产损失。通过优化装备部署、强化技术升级、完善保障体系、构建协同机制,能够有效提升应急通信装备在山区灾害现场的信号覆盖质量,强化应急通信保障能力。未来需持续聚焦山区灾害现场的实际需求,不断完善相关路径,推动应急通信装备更好地适配山区灾害场景,为山区灾害应急救援工作提供更坚实的通信支撑。

参考文献:

- [1] 王伟,许勇,陈晔,等.关于应急通信能力提升策略研究[J].电信工程技术与标准化,2025,38(11):54-58.
- [2] 任萌,郜凤国,张丽,等.面向空地互补保障的应急通信装备配置研究[J].电信工程技术与标准化,2025,38(11):44-48.
- [3] 巫江.高原寒区应急通信装备的使用与维护保养研究[J].中国设备工程,2025(13):73-75.
- [4] 王英剑,胡燕祝,张明作,等.面向城市地下空间应急救援的灾情信息感知与通信技术及装备[J].武汉大学学报(信息科学版),2025,50(06):1150-1158.
- [5] 钮蕊蓉.受限空间下应急智能通信装备前端天线的研究[D].廊坊:华北科技学院,2025.