

洪涝灾害救援绳索专项选型与全生命周期运维技术体系研究

廖 武

湖南九一工程设计有限公司 湖南 长沙 410000

【摘 要】：绳索作为洪涝现场实现人员跨区域转移、锚点系统搭建、涉水拖拽救生的核心生命线装备，其材质适配性、浸水力学性能稳定性、受力布设合理性与运维管理规范性，直接决定应急处置全流程的人员安全冗余。针对当前基层应急队伍、民间救援力量普遍存在的绳索选型认知偏差、浸水强度衰减规律认知缺失、布设操作不规范、灾后养护体系空白等突出问题。

本文结合笔者参与黄岑水库漏水险情应急处置绳索断裂险情教训，系统对比天然纤维绳、合成纤维绳、金属钢丝绳三大类绳索在洪涝水环境下的力学性能差异化特征，多维度解析洪涝场景下绳索断裂的多因素耦合作用机理。依托现行国家行业规范、国际激流救援技术标准，构建洪涝场景专属的四类救援绳索分级选型体系，明确不同工况下的强制参数阈值与操作规范。针对堤坝锚固、激流横渡、孤岛人员转运、低水头坝回旋流处置等6类高频洪涝救援场景，建立标准化绳索组合搭载方案，设定救援系统整体安全系数不低于10:1的刚性底线。

本文重点完善分材质全链条维护保养技术细则，提出融合智能无人装备的绳索投送升级路径，为基层应急队伍的绳索采购选型、现场实操处置、全生命周期报废管理提供可落地的标准化技术支撑，填补现有常规救援绳索体系未覆盖洪涝专属工况的技术空白。

【关键词】：洪涝灾害；激流救援；救援绳索；浸水力学性能；全生命周期运维；

DOI:10.12417/2705-0998.26.11.007

引言

据统计，我国南方流域年均洪涝灾害发生数量较2000年增幅超过40%。相较于常规登山作业、工业吊装等干燥作业场景，洪涝救援场景下的绳索需长期处于高泥沙裹挟或掺混其他杂物的动态水环境中，常规通用绳索的选型标准无法适配该类极端工况。

从近年多起洪涝救援事故的回溯性复盘来看，超过三成的伤亡事件与绳索系统失效直接相关。部分基层村镇应急储备库仍大量配置普通天然麻绳，浸水后强度骤降引发断裂导致施救人员被冲走。非专业自发救援队伍仅凭绳体外观粗细判定承重能力，完全忽视浸水后的性能衰减。现场作业人员将绳索垂直于岸壁90°布设，全部水流荷载直接作用于绳体引发瞬时过载。库存绳索长期露天存储未定期检测，内部纤维已出现粉化损伤但外观完好，作业中途突发断裂。V形受力绳索系统布设间距过小，荷载集中造成被困人员拖拽失控溺亡。

笔者2005年参与湖南省宜章县黄岑水库漏水险情应急处置时，采用粗麻绳作为水下探查作业的安全绳，浸水后麻绳有效强度快速衰减，作业过程中突发局部断裂，依托预先布设的二道后备防护系统才成功脱险。该案例直观反映出普通天然纤维绳索完全无法适配洪涝长期浸水工况，也暴露出国内基层应急领域长期缺失绳索灾后标准化养护体系的现实短板。

当前国内现有学术研究与规范体系多聚焦高空坠落防护、工业起重钢丝绳报废、常规船舶缆绳使用场景，未针对激流、高湿洪涝环境建立专属的成套选型与运维细则。国际现行IRIA国际激流救援技术规范、NFPA 1983应急生命安全绳索标准在国内基层落地时，缺乏适配本土装备配置现状的本土化运维实施方案^[5]。基于上述行业痛点，本文通过多材质浸水力学性能对比试验，系统解析洪涝工况下绳索的断裂作用机理，分场景建立定向选型指标体系，形成标准化组合操作方案，补充分材质全流程维护保养技术章节，结合现行标准体系提出装备升级与技术发展路径，全面提升洪涝应急救援的装备安全冗余水平。

1 洪涝场景救援绳索分类体系与浸水性能特征

洪涝救援场景的核心风险要素为长期持续浸水引发的力学性能不可逆衰减，不同材质绳索的纤维吸湿特性直接决定其在水环境下的安全极限，是洪涝场景定向选型的核心判定依据。

1.1 适配洪涝工况的绳索分类逻辑

不同于常规场景下仅依据材质、制造工艺、结构粗细、通用场景的四维划分体系，本文结合洪涝场景的特殊需求，将绳索划分为三大材质类别的专项分级体系，详见表1。

表 1 洪涝工况绳索分类表

序号	1	2	3
绳索大类	天然纤维绳	化学合成纤维绳	金属钢丝绳
主要品类	棉、麻、剑麻、马尼拉麻绳等 纶（尼龙）、涤纶、丙纶	纶、超高分子量聚乙烯（UHMWPE）四类 普通镀锌碳素钢丝绳、304 不锈钢钢丝	绳、316 不锈钢钢丝绳
浸水性能特点	吸水后体积快速膨胀，湿态抗拉强度大幅下滑，浸水后易发生霉变腐蚀 四类主流材质多具备疏水性或微吸水特	性，耐水耐腐蚀性能优异 金属结构高承重，浸水后易发生电化学锈	蚀引发断丝

1.2 主流材质绳索浸水力学性能差异化对比

针对洪涝场景 72 小时高泥沙含水量水环境的模拟条件，不同品类绳索的核心性能差异量化结果如下。

天然纤维（麻绳/棉绳）。纤维快速吸水后直径膨胀 10%~20%，完全干燥后收缩率达 5%~15%，湿态抗拉强度仅为干态的 60%~70%。洪水裹挟的泥沙会快速侵入纤维缝隙，加速内部霉变与纤维松散，经石块、树枝轻微切割后极易发生整体断裂。该类绳索严禁作为洪涝主承重救援绳，仅可用于临时短时捆绑漂浮杂物，单次涉水使用后直接做报废处理，不具备重复养护复用价值。

锦纶（尼龙）绳。吸水后湿态强度衰减幅度为 10%~15%，新出厂绳索表层的工业润滑剂遇水后会大幅降低绳体与锁具的咬合摩擦力，投入正式作业前需通过冷水浸泡 24 小时完成去油定型处理。该类绳索延伸率为 5%~7%，可有效吸收突发浪涌的瞬时冲击荷载，但在高温洪水中易发生纤维结构破坏，长期浸泡会加速老化进程。适配非漂浮型静力承重系统，不推荐用于水面漂浮拖拽作业场景。

涤纶绳。材质本身疏水性极强，浸水后尺寸几乎无变化，具备常规耐酸碱腐蚀能力，完全浸泡后的强度损失小于 5%，是岸边长期锚固场景的优选品类。仅在 pH 值高于 9 的强碱性洪涝水体中长期浸泡时存在水解风险，其密度大于水落水后直接沉底，不利于水面救援操作开展。

丙纶/超高分子量聚乙烯绳。该两类材质几乎不吸水，密度小于纯水可全程实现水面漂浮，浸水后强度衰减幅度可忽略不计，同时具备优异的耐海水、淡水腐蚀性能，是抛投救生绳、水面拖拽绳的首选用材。其唯一缺陷是材质表面偏光滑，徒手抓握、与金属锚点咬合时摩擦力不足，需额外搭配防滑扁带提升咬合力。

钢丝绳：普通镀锌碳素钢丝绳接触洪水后会立即发生电化

学锈蚀，破断拉力呈持续不可逆下降趋势，仅允许短时沾水，严禁在洪涝场景中长期使用。304 不锈钢钢丝绳在普通淡水中短期浸泡性能可靠，但接触含氯离子的高盐度洪水、海水后易产生点蚀现象。添加钼元素的 316 不锈钢钢丝绳抗氯离子腐蚀性能优异，适配汛期高盐浑浊洪水的间歇浸泡工况，但长期静止淹没在水下仍会出现缝隙腐蚀。所有钢丝绳浸水后表层润滑油会快速流失，内部钢丝磨损速率大幅提升，出现锈坑、单丝断裂等问题时需严格按照 GB/T 5972-2023 标准强制报废^[1]。

1.3 浸水后关键安全性能的演化规律

所有品类绳索浸水后抗拉强度均会出现不同程度下降，其中天然纤维绳降幅最大，丙纶、超高分子量聚乙烯绳降幅最小，洪涝救援场景严禁直接采用干态额定承载力开展荷载计算。湿胀干缩特性方面，天然棉麻绳形变最为显著，合成纤维绳尺寸稳定性极强，尼龙绳完成预浸泡晾干后会出现轻微收缩，布设作业时预留足够的长度余量。水与紫外线的协同作用会显著加速合成纤维的老化进程，天然纤维浸水后的霉变降解速率较干燥环境提升 3~5 倍，直接大幅缩短装备使用寿命。操作手感层面，湿态天然麻绳整体僵硬，尼龙绳完成去油处理后摩擦力提升利于锁具咬合，丙纶绳湿态下表面偏滑，徒手抓握稳定性不足。

2 洪涝救援绳索的失效风险与防控体系

基层实操中存在的装备储备误区、专业认知缺失、操作流程不规范、养护管理空白等突出问题。会直接引发两类重大安全事故：一是绳索系统整体失效，导致被困群众无法及时转移，错失最佳救援窗口期；二是绳索断裂产生的瞬时冲击直接波及作业人员，引发落水冲走、溺亡等恶性伤亡事件，导致救援失败。

2.1 洪涝场景绳索断裂因素分析

结合流体力学、材料力学仿真分析与多起现场事故的回溯研究，洪涝工况下的绳索断裂并非单一因素作用的结果，而是五大核心诱因叠加耦合最终触发的失效行为。

（1）流体动力学瞬时超载。水流冲击力与流速的平方呈正相关关系，当绳索垂直于岸壁以 90°布设时，全部水流荷载直接作用于绳体，瞬时拉力极易突破绳索最小破断强度阈值。现行规范明确要求绳索布设时与水流方向呈 45°~60°的斜拉角度，通过力的分解效应直接降低单绳承受的拉力荷载。

（2）机械切割与泥沙磨损。急流中裹挟的石块、断木、建筑垃圾会持续摩擦切割绳体护套，导致有效承重截面积不断缩小，局部应力集中引发断裂；救援作业完成后若未及时清理纤维缝隙中残留的泥沙，后续存放过程中硬质沙粒会持续研磨内部承重纤维，埋下长期断裂隐患。

（3）材料老化与隐性损伤。绳索长期露天存放被阳光直射暴晒、往年洪水浸泡后未妥善养护，会导致绳体内部纤维逐

步粉化锈蚀,钢丝绳内部出现不可见的断丝现象,此时绳索外观无明显破损,但实际承载力已大幅下降。

(4)绳结与锚固操作缺陷。普通死结会直接损耗绳索50%的有效承重强度,现场作业中采用单锚点受力、尖锐棱角处未铺设防磨垫层、水位上涨后未动态调整绳体张力等操作,都会造成局部荷载集中触发断裂。

(5)动态疲劳冲击。洪水浪涌、漩涡会反复对绳体施加拉伸-收缩交变荷载,材料长期处于动态疲劳受力状态,突发洪水峰值冲击时极易引发脆性断裂。多次承受浪涌冲击后未及时开展检测保养,绳索的实际使用寿命会大幅缩短。

2.2 洪涝场景通用安全防控规范

针对上述失效风险,建立覆盖从新绳预处理到定期全检的全流程防控体系。新绳预处理环节,仅尼龙静力绳允许通过冷水浸泡24小时完成去油定型,带防水涂层的特种禁水绳索严禁直接浸水,天然麻绳无预处理养护价值,涉水使用后直接报废。材质场景匹配环节,水面漂浮救援作业优先选用丙纶、超高分子量聚乙烯材质绳索,岸边长期锚固场景选用涤纶绳,临时承重保护选用尼龙静力绳,金属辅助锚定选用316不锈钢钢丝绳,全流程禁用天然麻绳作为主救援绳。涉水作业结束后第一时间启动清洗、阴干处置流程,杜绝泥沙、盐碱长期残留于绳体缝隙中。钢丝绳洪水浸泡后需彻底擦干并重新涂抹专用钢丝绳润滑脂,严格执行国标报废判定标准。建立常态化检查机制,每次救援作业前后全面检查护套破损、断股、锈蚀情况,每年完成全批次绳索的拉力抽检,漂浮救援绳设计使用寿命不超过3年。

3 洪涝场景救援绳索分级选型体系与核心参数标准

参照IRIA国际激流救援技术规范、GA/T 1271-2015水域救援装备要求、NFPA 1983应急生命安全绳索标准,将洪涝救援绳索划分为四大类专属品类,统一明确材质、直径、破断拉力、可视性核心强制指标^{[3][4][5]}。

(1)水面漂浮救援绳(救生浮索):材质选用高强丙纶、超高分子量聚乙烯,整体密度小于水可全程漂浮,直径控制在8~16mm区间,标配浮环与安全钩,主要用于近距离直接拖拽落水人员,适配岸边浅滩救援场景。

(2)抛投救援绳(抛绳包):采用轻质丙纶编织工艺制作,整体收纳于浮力抛绳包内,额定抛投距离覆盖15~30m,绳体搭载反光/荧光标识,用于远距离激流、孤岛被困人员的生命线投送,是基层应急队伍的标配基础装备。

(3)固定导向救生绳:采用涤纶复合编织工艺,耐风化抗酸碱性能优异,沿堤坝、水库岸线以45°~60°角度斜拉布设,供救援人员抓握通行,作为横渡作业的基础保护线,需配套地桩与防磨护垫使用。

(4)静力救援系统绳:采用低延伸尼龙芯护套绳结构,延伸率小于1%,最小破断强度不低于22kN,适配横渡绳桥搭建、人员高空吊运、孤岛提拉转移等复杂绳索救援系统,该类绳索不具备漂浮性能,实际使用时需额外搭配浮球辅助。

明确强制选型核心参数阈值:材质优先级层面,水面漂浮类作业优先选用丙纶/超高分子量聚乙烯,长期锚固场景优先选用涤纶,承重系统优先选用尼龙静力绳,金属辅助锚定优先选用316不锈钢钢丝绳。直径与拉力层面,常规救援绳直径控制在8~12mm区间,最小破断强度不低于5kN,复杂系统主绳直径不小于12mm,破断强度不低于22kN。可视性要求层面,绳索基体需采用橘红、荧光橙高亮材质,内嵌反光条,部分型号可添加夜光纤维,满足夜间、浑浊洪水环境下的识别需求。所有洪涝救援绳索系统的整体安全系数刚性设定为不低于10:1,完全符合国际应急生命安全装备的核心标准要求^[9]。

使用环节执行三条硬性安全规定:严禁使用棉麻绳、老化断股、表面破损绳索开展人员救援作业。抛投操作需规范缠绕,防止绳体意外缠绕救援人员肢体。固定导向绳严格控制45°~60°的斜拉布设角度,水位涨落过程中实时调整绳体张力。同时鼓励家庭应急储备短款便携抛绳包,专业救援队伍配套全身安全带、下降器、滑轮省力系统等成套装备。

4 洪涝救援绳索全生命周期维护与保养规范

洪涝救援绳索长期接触洪水泥沙、盐碱、漂浮杂物与强紫外线辐射,涉水后若未开展标准化养护,会大幅缩短使用寿命,埋下隐性断裂安全隐患。本文结合现行国标、行业标准与国际救援规范要求,形成覆盖使用后清洗、干燥处理、存放管理、定期检测、报废判定、钢丝绳专项养护六大环节的完整技术方案^{[2][3][4]}。

4.1 涉水救援后标准化清洗工艺

合成纤维救援绳(丙纶、涤纶、尼龙、超高分子量聚乙烯)分类处置:轻度污染(仅沾染清水、少量泥沙)场景下,采用常温清水反复冲洗绳体,分段揉搓彻底清除纤维缝隙内残留的泥沙。重度污染(沾染泥浆、生活污水、化工污染物、海水盐碱)场景下,调配无漂白成分、无酸碱强腐蚀性的中性洗涤剂,使用30°C左右温水浸泡10~15min,搭配软毛刷轻刷绳皮,严禁使用钢丝刷刮擦破坏护套结构。同时明确禁止性操作清单:不得使用消毒液、漂白水、汽油、酒精等腐蚀性溶剂清洗绳体,避免破坏纤维分子结构降低抗拉强度。禁止高压水枪直接对冲绳芯,高压水流会将泥沙压入内部造成永久磨损。

金属钢丝绳分类清洗:淡水洪水沾染场景下,用清水冲洗表面淤泥,软布擦拭缝隙内嵌泥沙;海水/盐碱洪水沾染场景下,将钢丝绳置于清水中充分浸泡中和氯离子,完全擦干后立即开展润滑作业,严禁长期残留盐渍诱发点蚀。

天然纤维麻绳/棉绳单次涉水使用后无法彻底清除内部霉

菌孢子，无清洗养护价值，单次水域救援后直接强制报废，严禁重复投入后续救援场景。

4.2 标准化干燥处理流程

所有品类救援绳清洗后全部置于阴凉通风区域自然阴干，采用平铺或松散悬挂方式摆放，避免绳体堆叠挤压导致内部积水滞留。严格禁止采用烘干、暴晒、明火烘烤、暖气直吹方式加速干燥。高温环境会使尼龙纤维软化、丙纶快速老化变脆、表层反光涂层失效，紫外线直射会加速绳体纤维粉化。绳体完全干燥的判定标准为：表面无潮湿水渍，内部触摸无潮湿感，

无霉味、腥臭味后方可开展收纳作业，若绳体内部长期处于潮湿状态，合成纤维会逐步发生内部水解，钢丝绳会快速产生锈蚀损伤。

4.3 仓储存放管理体系

存储库房需保持干燥通风，环境温度控制在 10~25℃区间，相对湿度不高于 65%，远离雨水、积水、化学品、机油、酸碱试剂，配套防潮货架与除湿设备。分类收纳环节，抛绳包、漂浮救生绳干燥后完整收纳进原装浮力包，禁止过度收紧挤压绳体。静力绳、导向长绳采用松散大圈盘绕方式存放，禁止使用紧束死结盘放，长期紧束会造成纤维发生永久形变。钢丝绳采用立式悬挂存放，避免地面堆放引发摩擦锈蚀，与尖锐金属构件保持足够安全间距。存放禁忌明确要求：绳索不得直接放置于裸露泥土、水泥地面；禁止与尖锐工具、电焊设备、化学品混放。长期闲置的绳索每 3 个月取出通风一次，防止闷捂引发霉变。同时为每一根绳索粘贴唯一编号标签，完整记录采购日期、救援使用次数、涉水记录、保养日期、检测结果，建立电子装备运维台账，实现全生命周期可追溯管理。

4.4 周期性检查与检测机制

执行三级检测流程：第一级为每次使用前后的必做目视检查，合成绳需检查绳皮破损、割口、灼烧痕迹、软化结块、反光条脱落、局部变色、异味霉斑情况，分段挤压查看内部纤维是否出现粉化损伤。钢丝绳逐段检查表面麻点、锈蚀、单丝断裂、润滑脂流失、变形扭结状态；配套浮环、安全钩、抛绳包检查是否存在开裂、变形、卡扣失效问题。第二级为月度全面外观检测，将盘绕存放的绳索完整展开，逐米排查隐蔽损伤位置，对存在轻微磨损的部位做特殊标记，限制其作为主承重绳使用，仅可用于临时辅助固定作业。第三级为年度力学性能抽检，按照 GB/T 8834-2016 标准开展拉力试验，同批次绳索抽取代表性样品检测最小破断拉力，若承载力下降至额定值的 80% 以下，整批次绳索做降级或报废处理，静力救援绳、抛投绳每年强制完成一次全批次抽检^[2]。

4.5 分材质报废判定标准

不同品类绳索执行差异化报废阈值：丙纶、超高分子量聚乙烯漂浮救援绳设计使用寿命为 3 年，出现割伤、内部纤维粉

化、反光层大面积脱落、多次激流冲击情况直接报废，使用满 3 年强制淘汰。尼龙静力绳使用周期为 5 年，出现软化、灼烧、严重磨损、拉力衰减超过 20% 的情况立即报废。涤纶导向绳户外连续布设 2 年必须强制更换，出现霉变、开裂、酸碱腐蚀情况直接报废。钢丝绳严格依据 GB/T 5972-2023 标准执行，出现锈蚀麻点、断丝、扭结变形、润滑失效情况直接报废，普通镀锌碳素绳涉水一次建议直接更换^[1]。天然麻绳只要涉水使用后立即强制报废，严禁二次用于救援作业。

钢丝绳专项养护细则明确要求：每次洪水浸泡清洗干燥后，均匀涂抹专用钢丝绳润滑脂，充分填充钢丝绳缝隙隔绝水汽。定期清理缝隙内嵌泥沙、盐渍，防止电化学腐蚀发生。存放前完全去除表面水渍，悬挂于通风区域，避免多层堆叠挤压，严禁钢丝绳与合成绳索混放，防止金属毛刺割伤合成绳护套。

5 典型洪涝救援场景绳索搭配与标准化操作方案

基于 IRIA 国际激流救援技术规范，针对堤坝锚固、激流岸边施救、急流孤岛转运、低水头坝回旋流救援、水域绳索横渡、人员高空吊运六大高频洪涝救援场景，建立成套绳索组合、绳结布设、锚固防护专项方案，全程设置冗余后备保护机制，彻底规避单点断裂失效风险^[5]。

(1) 堤坝固定锚固场景：主承重静力绳选用最小破断拉力不低于 22kN 的型号，配套 10mm 耐磨扁带作为锚点缓冲保护。采用三点锚固体系，优先选用直径大于 30cm 的活树、混凝土挡墙、专用地桩作为锚点，扁带完整包裹锚点棱角，铺设橡胶防磨垫隔绝尖锐断面。锚点固定采用双套结+防脱半结，绳体延长采用双渔人结，人员连接端采用称人结搭配坐式安全带。独立布设一条后备保护绳，与主绳分别设置不同锚点，杜绝单一锚点失效风险；堤坝长期布设的涤纶导向绳每 3 个月拆解清洗、阴干保养，防止泥沙长期磨损。

(2) 普通岸边激流落水救援：优先使用抛绳包采用抛物线方式远距离投送，待落水者双手稳定抓握绳体后匀速收拉，严禁猛拽绳体造成落水者呛水，同时避免绳体瞬时过载断裂。岸边导向绳斜向布设，间隔捆绑辅助浮球，便于落水者自主抓握向岸边移动；救援作业完成后第一时间拆解抛绳包，清洗绳内嵌泥沙，完全阴干后再行收纳。

(3) 急流孤岛救援双系统配置：岸边险滩、低落差水域场景采用橡皮艇联动绳桥系统，在孤岛上游两岸架设主绳桥，搭配滑轮、3 根牵引绳双向控制橡皮艇行进；峡谷高落差孤岛场景采用 V 形提拉省力系统，在孤岛上方两岸搭建高落差绳桥，搭配意大利半扣下降器、倍力滑轮组，直接提拉转移被困人员。需特别注意拉大两岸锚固间距，避免绳索形成狭窄 V 形受力结构引发荷载集中；救援完成后所有绳索单独清洗，分开存放避免相互摩擦造成护套损伤。

(4) 低水头坝回旋流救援：低水头坝下游回旋流存在反

向吸力,严禁救援人员直接涉水靠近危险区域,采用多个抛绳包串联组成长牵引绳,河面搭建横向贯通保护线,两岸协同操作将生命线递送至被困人员手中,顺着水流方向拖拽脱离漩涡危险区。该场景下绳索泥沙、杂物附着严重,清洗时需适当延长浸泡时间,彻底清除纤维缝隙内嵌淤泥。

(5) 水域绳索横渡场景:河面宽度小于抛投距离时,两岸救援人员直接互抛抛绳包完成主绳架设;河面宽度超过30m时,采用皮划艇搭载轻质信使细线先行渡河,通过信使细线逐步牵引主绳完成布设。主绳与水流夹角设置为大于 60° ,尽可能降低水流侧向推力;横渡系统绳索承受反复摩擦冲击,使用后重点检查绳皮磨损程度,磨损严重的绳索直接报废处理。

(6) 人员高空吊运转移:采用双八结作为人员承重绳结,两个绳圈分别固定在被困人员腋下与大腿根部,保证受力均匀避免造成勒伤;主绳配套滑轮省力系统,采用双绳并行布设方式提升安全冗余,适配内涝高层建筑、竖井被困人员的转移作业;吊运静力绳承受高强度动态荷载,每次使用后额外增加内部纤维检查流程。

6 展望与基层落地实施建议

针对当前洪涝绳索救援体系的现存短板,未来可从技术升级、产品研发、管理落地三个维度持续优化。

新技术融合层面,依托智能装备优化传统人力作业模式,采用无人机搭载轻质信使绳实现远距离跨河基础绳线架设,无人艇携带成套抛绳包直达孤岛、漩涡危险水域,地面机器人完成岸边锚点固定,大幅减少救援人员进入激流高风险区域,提升系统容错率的同时降低绳索拖拽磨损,减少后期养护作业压力。

产品研发层面,建议行业厂商开发标准化专用防汛一体化救援绳索。绳索基体采用玻璃钢高强度编织材料,密度仅为钢材的 $1/4$,抗拉强度为普通钢绳的2倍;表层全覆盖反光荧光涂层,夜间低能见度条件下具备主动反光识别能力;绳芯填充高密度浮力材料,全程漂浮不沉底。配套一体式浮环、快挂安全钩,成套标准化包装适配500kg以内的常规人员救援荷载,出厂附带专属通俗化养护说明书,明确标注清洗、干燥、存放周期,大幅降低基层队伍的养护操作门槛。

基层应急管理落地层面,村镇、消防、应急站全面淘汰库

存天然麻绳,统一配置丙纶抛绳包、涤纶导向绳、22kN静力救援绳、316不锈钢辅助钢丝绳,配套绳索清洗工具、防潮货架、专用钢丝绳润滑脂。常态化培训环节增设绳索维护保养实操课程,讲解分材质清洗、干燥、存放、检测全流程,结合本地洪涝事故典型案例开展风险警示。装备运维环节建立绳索使用、保养、检测电子台账,完整记录浸水、冲击、存放时长,达到规定使用寿命的装备统一强制报废,每年按批次完成绳索拉力抽检。同时结合国内现行相关国标与国际救援技术规范,因地制宜制定本地化洪涝绳索选用与运维细则^{[3][4][5]}。

7 结论

洪涝灾害场景区别于高空作业、船舶系泊等常规工况,长期高湿浸水、高速动态水流冲击、漂浮杂物切割、交变疲劳荷载对救援绳索的材质适配性、结构稳定性、布设方式与后期养护体系提出了特殊的差异化要求。天然棉麻绳湿强度衰减幅度大、易霉变断裂,严禁作为洪涝主救援装备,涉水使用后完全无养护复用价值。丙纶、超高分子量聚乙烯漂浮绳适配水面抛投拖拽作业,涤纶材质适合岸边长期锚固场景,低延伸尼龙静力绳适配复杂承重救援系统,316不锈钢钢丝绳可用于短期辅助锚定作业。

洪涝场景下的绳索断裂是水流瞬时超载、机械磨损、操作缺陷、材料老化、养护缺失多因素耦合作用的结果,现场作业必须严格执行 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 斜拉布设、三点锚固、双绳冗余防护、规范绳结使用等标准化操作要求,救援系统整体安全系数刚性设定为不低于10:1^[5]。同时严格落实清洗、阴干、防潮仓储、定期检测、到期强制报废的全流程保养制度,可显著延长绳索使用寿命,彻底消除隐性强度衰减引发的安全隐患。针对堤坝、激流、孤岛、回旋流、横渡、吊运六大典型场景形成的成套绳索搭配与分场景养护方案,可有效降低绳索失效引发的人员伤亡风险。未来需持续推动无人机、无人艇、机器狗等智能装备与绳索救援技术的深度融合,开发轻量化、高可视、自带浮力、易养护的防汛专用救援绳索。基层应急队伍同步更新装备储备体系,完善救援实操与装备保养一体化培训机制,结合国家、国际救援规范统一洪涝救援绳索选用、运维、报废全链条标准,全面提升极端洪涝条件下绳索救援的安全性与装备全生命周期使用效率^{[2][3][4][5]}。

参考文献:

- [1] GB/T 5972-2023,钢丝绳报废标准[S].北京:中国标准出版社,2023.
- [2] GB/T 8834-2016,纤维绳索力学性能试验方法[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [3] GA/T 1271-2015,水域救援装备要求[S].北京:中国标准出版社,2015.
- [4] NFPA 1983,Standard on Life Safety Rope and Equipment for Emergency Services[S].National Fire Protection Association,USA.
- [5] IRIA.International River Rescue Association 激流救援技术规范[S].国际激流救援协会.