

城市排涝消防救援作业规范与应急响应机制优化研究

王召军

国家西北区域应急救援中心

DOI:10.32629/jsse.v3i4.17838

[摘要] 城市内涝由自然因素(极端暴雨、风暴潮、河道行洪不足)与人为因素(规划缺陷、设施老化、管理失位)共同引发,会造成民生安全受胁、设施损毁、生态破坏等多维危害。当前消防排涝存在力量装备不足、作业规范漏洞、应急机制不完善等问题。为此,构建涵盖个人防护分级、多维现场侦察集成、装备部署规范、作业流程优化的技术体系,并从监测预警联动、分级响应调度、联合作战指挥、响应效能评估改进方面优化应急响应机制,形成“防护-侦察-作业-应急”的完整应对体系,以提升城市内涝消防救援能力,降低内涝危害。

[关键词] 城市排涝; 消防救援; 作业规范; 应急响应; 机制优化

中图分类号: TU998.1 **文献标识码:** A

Research on urban drainage, fire rescue operation specifications, and emergency response mechanism optimization

Zhaojun Wang

National Northwest Regional Emergency Rescue Center

[Abstract] Urban inland flooding is jointly caused by natural factors (extreme rainstorms, storm surges, and insufficient flood discharge capacity of rivers) and human factors (planning defects, aging facilities, and management failures), which can pose multidimensional hazards such as threats to public safety, damage to facilities, and ecological disruption. Currently, there are issues with fire and flood drainage, including insufficient force equipment, loopholes in operational norms, and imperfect emergency response mechanisms. To address this, a technical system encompassing personal protection classification, multidimensional on-site reconnaissance integration, equipment deployment standards, and optimized operational processes has been established. Furthermore, the emergency response mechanism has been optimized in terms of monitoring and early warning linkage, graded response dispatch, joint combat command, and response effectiveness evaluation improvement, forming a complete response system of "protection - reconnaissance - operation - emergency response" to enhance urban inland flooding fire rescue capabilities and reduce the hazards of inland flooding.

[Key words] urban drainage; fire rescue; operational norms; emergency response; mechanism optimization

引言

城市内涝频发,对民生、设施及生态造成严重影响,当前消防排涝工作面临诸多挑战,难以高效应对内涝问题。为改善这一状况,需深入分析内涝成因与危害,明确消防排涝现状短板。后续内容将详细阐述城市内涝的成因、危害与消防救援现状,进而构建消防救援排涝作业技术体系,优化应急响应机制,为提升城市内涝消防救援能力提供具体可行的方案,衔接起对相关核心内容的深入探讨。

1 城市内涝的成因、危害与消防救援现状

1.1 内涝成因解析

内涝的形成是自然因素与人为因素共同作用的结果。在自

然因素方面,气候变异成为重要推手,近年来极端暴雨事件频发,当日降雨量 $\geq 100\text{mm}$ 时,极易突破城市排水系统的承载阈值,导致雨水无法及时排出;同时,台风登陆时驱动的风暴潮会引发海水倒灌,进一步加剧沿海城市的内涝程度。而水文特征的不足也不容忽视,部分城市河道行洪能力先天不足,汛期来临时水位暴涨,严重阻碍城市雨水的外排通道^[1]。人为因素更是加剧内涝的关键。规划缺陷问题突出,许多城市在发展过程中对低洼区域进行无序开发,未充分考虑排水需求,且部分排口设计存在错位,导致排水效率大幅降低。设施老化现象普遍,城市排水管网淤堵率超过40%,大量杂物堆积堵塞管道,同时海绵城市建设滞后,透水路面占比不足30%,雨水渗透能力弱,地表径流增加。此外,管理

失位现象明显,排水设施养护频次不足,难以保障管网正常运行,应急演练也多流于形式,未能切实提升应对内涝的实战能力。

1.2内涝的多维危害

内涝会带来多方面的严重危害,对民生安全构成直接威胁。积水淹没居民区和商圈,导致大量人员被困,而交通线路被阻断,不仅影响群众出行,还会延误救援工作的开展,进而加剧社会恐慌情绪。在设施损毁方面,积水浸泡地下车库和配电房,容易引发漏电短路事故,造成电力中断;同时,长期浸泡会侵蚀建筑基础,导致墙体开裂,缩短建筑物使用寿命。生态破坏同样不可小觑,内涝积水易受到污染,为疫病滋生提供温床,若有危化品泄漏混入积水中,还会引发爆炸风险,形成“涝后灾链”,造成更严重的后果^[2]。

1.3消防排涝工作现状

当前消防排涝工作面临诸多挑战。在力量与装备上,基层消防队伍的排涝车、舟艇等装备配置严重不足,无法满足大规模内涝处置需求,且高扬程、大流量泵的占比低,排水效率难以提升。作业规范方面存在明显漏洞,防护标准模糊,尤其是在污染水域作业时,缺乏明确的防护要求,对消防员的安全构成威胁;侦察方法零散,尚未形成系统、规范的侦察流程,难以准确把握内涝区域的实际情况。应急机制也有待完善,预警主要依赖人工上报,信息传递不及时,且多部门协同缺乏制度化接口,各部门之间联动不畅,影响内涝处置的整体效率。

2 城市排涝消防救援作业规范的分析

2.1个人防护的分级构建

基于排涝作业场景的风险差异,构建分级防护体系,确保消防员安全。场景划分为三类:非涉水(飞溅区)、涉水(浅水区 $\leq 50\text{cm}$ 、深水区 $>50\text{cm}$)、污染水域。非涉水场景中,消防员需穿戴抢险救援服抵御污水飞溅冲击,搭配急流水域救生衣保障浮力安全,同时佩戴防冲击头盔,避免坠物或碰撞伤害。涉水场景进一步细分,浅水区($\leq 50\text{cm}$)需穿高筒橡胶靴隔绝积水,搭配防水涉水裤防止腿部浸湿;深水区($>50\text{cm}$)则必须穿戴干式救生衣,确保全身防水,同时系好安全绳并连接固定点,防止被水流冲走。污染水域作业风险更高,除基础防护外,需加戴加厚橡胶手套隔绝有害污染物,佩戴医用防护口罩避免吸入污水挥发的有害气体;作业前在皮肤褶皱处扑撒痱子粉减少积水残留,若有伤口需用防水绷带严密封闭,防止感染。健康管理环节,作业后强制进行全身消毒,从外部清洁到内部健康监测形成“防护-清洁-就医”闭环,一旦出现不适立即启动医疗检查。

2.2多维现场侦察技术集成

整合多维度侦察手段,构建全面的现场信息获取体系。街道路面侦察中,使用激光测距仪精准测量积水深度,同步操控无人机进行航拍,标注路面塌陷、窨井缺失等风险点,绘制“风险热力图”,为作业路线规划提供依据^[3]。地下空间(如地下车库、隧道)侦察需更为谨慎,消防员携带空气呼吸器保障呼吸安全,使用气体检测仪实时监测 O_2 浓度(低于19.5%需撤离)、 CO_2 含量及有毒气体(如硫化氢),同时借助声呐扫描技术,定位水下障碍物

与排水口位置,避免装备部署受阻。河流沟渠区域,通过舟艇搭载长杆探深,结合流速仪测量水流速度,若流速 $>2\text{m/s}$,严禁布设排涝泵,防止设备被冲毁。现代技术协同方面,利用无人机红外成像功能识别地下暗管泄漏点,将所有侦察数据录入系统,构建“水情-风险”数据库,并基于数据建立排涝作业GIS三维可视化模型,直观呈现作业区域情况。

2.3装备部署的科学规范

排涝车辆选址严格遵循科学模型,需选在结实路面(承载力 $\geq 10\text{t}$)、坡角 $\leq 15^\circ$ 的区域,远离桥涵下方及低洼易积水处,避免车辆被困;与市电线路保持 $\geq 5\text{m}$ 间距,防止触电风险,接电桩埋深 $\geq 0.5\text{m}$,确保供电稳定。排污泵架设实行编号管理,便于快速调度与故障溯源,优先部署在水深 $\geq 0.5\text{m}$ 的最深区域,提升排水效率;浅水区($<0.5\text{m}$)需挖掘深 $\geq 0.8\text{m}$ 的集水坑,集中积水后再布设设备。泵体用绳索固定在坚固物体上,进水口处用树杈或拦网拦截杂物,防止堵塞;线路接口用防雨布紧密包裹,隔绝雨水。排水管网单侧敷设,减少对交通的影响;十字路口处设置承重 $\geq 5\text{t}$ 的护桥,保护管网同时保障车辆通行;管道转角处采用 $\leq 30^\circ$ 的支护结构,防止弯折破损;排水口选在低洼区域,确保排水顺畅,水带末端用绳索固定在堤坡,堤坡表面铺设防雨布,避免水流冲刷造成水土流失。

2.4作业实施的流程优化

排水策略以高效排水为核心,优先利用城市现有固定排口,减少临时管网铺设;对高处积水区域,筑建临时子堤引导水流向排口汇聚,安排专人定期用长杆疏通排口杂物,防止堵塞^[4]。动态运维机制保障设备持续运转,每2小时清理泵体周边杂物,监测管道塌扁率,若超过10%立即停机处置,避免管道破裂;通过泵组接力(间距 $\leq 50\text{m}$)的方式,突破单泵扬程限制,提升深层积水排出效率。特殊场景采取针对性措施:夜间或高温环境作业,实行4小时轮班制,配备降温贴、含盐饮料缓解人员疲劳;污染水域作业时,消防员穿戴防刺手套,设置蛇虫预警装置,每小时检查线路接口密封性;电路安全方面,作业前全面检测线路绝缘性,清理泵体周边杂物时必须关停泵机,防止触电。

3 城市排涝应急响应机制优化

3.1监测预警联动升级

构建多维度监测预警体系,实现风险提前预判与快速响应。数据融合模型为核心支撑,整合气象部门的暴雨预警数据(如降雨量、降雨时长)、水文部门的河道水位与流速数据、市政部门的管网容量及淤堵情况数据,通过算法建模构建内涝风险评估模型,可提前12小时预测内涝发生区域与严重程度,为应急准备争取时间。智能监控网络覆盖城市易涝点,在立交桥下、低洼居民区、地下车库入口等关键位置,同步部署水位传感器与高清视频监控设备。水位传感器实时传输积水深度数据,视频监控结合AI算法自动识别“漫水倒灌”等险情,一旦触发预设阈值,系统立即向消防指挥中心推送警报信息,自动启动救援响应流程,减少人工上报的时间损耗。预警传播实行分级发布制度,按风险等级划分为蓝、黄、橙、红四级:蓝色预警(轻度风险)通过社区

公告栏、业主群推送;黄色预警(中度风险)联动本地媒体播报,提醒群众减少外出;橙色与红色预警(高、极高风险)则由消防指挥中心直接对接社区居委会,协助组织低洼区人员转移,确保预警信息精准触达不同群体。

3.2 分级响应调度重构

依据内涝面积、积水深度、受困人数三大核心指标,构建四级响应体系,实现资源精准调配。分级指标明确:内涝面积 $\leq 1\text{km}^2$ 、水深 $\leq 0.5\text{m}$ 、受困人数 ≤ 10 为IV级(局部);内涝面积 $1\sim 5\text{km}^2$ 、水深 $0.5\sim 1.5\text{m}$ 、受困人数 $10\sim 50$ 为III级(区域);内涝面积 $5\sim 10\text{km}^2$ 、水深 $1.5\sim 3\text{m}$ 、受困人数 $50\sim 100$ 为II级(大面积);内涝面积 $> 10\text{km}^2$ 、水深 $> 3\text{m}$ 、受困人数 > 100 为I级(特大)。对应四级响应制定差异化处置方案:IV级响应由辖区单支消防队伍独立处置,调配1~2台排涝车与1艘舟艇,快速缓解局部积水;III级响应启动跨队支援,从周边队伍调派排涝力量,增配发电车保障设备供电、排水机器人深入狭窄区域作业;II级响应由支队统筹指挥,联动市政部门清理堵塞管网、电力部门抢修受损线路,形成处置合力;I级响应启动跨区域增援,协调直升机运输大型排涝设备、无人机开展全域侦察,构建“水陆空”立体化救援体系。跨区协同依托区域排涝力量调度平台实现,平台整合各省、市消防队伍的装备储备(如排涝车数量、泵体型号)、人员配置、实时位置等信息,支持跨区域资源快速调度与信息共享,避免重复投入或资源短缺。

3.3 联合作战指挥完善

建立扁平化联合作战指挥部,打破部门壁垒,指挥部内设侦察组、作业组、保障组、医疗组,各组实行模块化分工,可根据灾情动态重组:如内涝伴随人员受伤时,医疗组可与作业组联动,前置医疗点;设备故障时,保障组可快速对接维修力量。明确各部门权责划分,由消防部门牵头统筹整体救援工作,市政部门负责清理排水管网、疏通排口,电力部门保障作业区域供电稳定、排查漏电隐患,生态环境部门实时监测积水污染程度(如检测重金属、有毒物质含量),并联合制定《协同作战手册》,细化各部门在不同灾情场景下的职责与协作流程。搭建指挥信息平台作为数据支撑,平台实时汇总水情(积水深度、流速)、装备运行状态(如泵体排水量、燃油余量)、人员位置等数据,通过可视化界面呈现,辅助指挥人员制定处置方案,同时支持各部门数据互通,避免信息不对称导致的处置延误。

3.4 响应效能评估与改进

设定量化评估指标衡量响应成效:响应时间以消防队伍接到指令至抵达现场为准, ≤ 30 分钟为优秀、 $30\sim 60$ 分钟为合格、 > 60 分钟为不合格;排水效率按单台排涝车每小时排水量计算, $\geq 500\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{车}$ 为优秀标准;损失控制率以受灾区域实际损失与预估损失的比值衡量, $\geq 80\%$ 为优秀,反映灾情控制效果。建立“复盘-优化”闭环机制,每次排涝作业结束后,组织各参与部门开展“双盲演练”,即不提前告知演练场景(如模拟内涝伴随危化品泄漏、夜间极端暴雨等新场景),检验现有预案的适用性,针对演练中暴露的问题(如部门协同卡顿、装备适配不足),迭代优化预案内容,持续提升应急响应能力。

4 结论

城市内涝治理是保障民生安全与城市韧性的关键议题,消防救援队伍作为核心处置力量,其作业规范与响应机制的优化尤为重要。本文基于三大理论,通过多方法研究,构建起涵盖个人防护、侦察、装备部署等环节的技术体系,优化了监测预警、分级响应等应急机制,形成“技术-机制-协同”三位一体解决方案。该方案有效破解了传统作业碎片化、协同滞后等困境,为消防队伍提供了可落地的技术指南,也为多部门协同制度化奠定基础。未来需结合极端天气新特征,持续迭代技术规范与响应机制,进一步推动城市内涝治理从“被动应对”向“主动防控”转型,切实提升城市抗涝能力与应急治理水平。

[参考文献]

- [1]王浩.城市内涝灾害应急管理体系研究[M].北京:科学出版社,2023.
- [2]Smith J.Urban Flooding:Causes,Impacts,and Mitigation[J].Journal of Hydrology,2022,609:127789.
- [3]应急管理部.消防救援队伍水域救援技术规程[S].北京:应急管理出版社,2024.
- [4]郑州“7·20”特大暴雨灾害调查报告[R].郑州:河南省人民政府,2021.

作者简介:

王召军(1983--),男,汉族,山东临沂人,本科,职称或职务:国家西北区域应急救援中心二大队大队长。研究方向:森林火灾救援,抗洪涝灾害救援,地震救援。