

无人机技术在灭火救援实战中的应用

杨赛亚

(象山汇恒科技咨询有限公司, 浙江 宁波 315000)

摘要 随着现代城市建设与森林资源保护需求的提升, 火灾救援面临地形复杂、环境高危、信息获取滞后等挑战, 传统救援手段在效率与安全性上的局限性日益凸显, 而无人机技术凭借高空机动、精准定位、多载荷集成等特性, 逐步成为灭火救援体系中的关键支撑。基于此, 本文从无人机技术的灭火救援优势出发, 通过研究分析无人机技术在灭火救援中的主要功能, 提出了无人机技术在灭火救援实战中的具体应用策略, 以期为相关人员提供有益参考。

关键词 无人机技术; 灭火救援; 实战应用

中图分类号: TP242

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.28.039

0 引言

火灾救援是保障公共安全的重要一环, 长期以来都被“三难”问题困住: 危险的地方人进不去, 复杂环境里实时信息拿不到, 灾情变化也没法准确判断。特别是高层楼着火、森林大火这些情况, 地面救援受地形挡着、高温浓烟熏着, 还有二次灾害的风险, 常常错过最佳救援时机。无人机技术的引入, 以其非接触式作业, 从立体角度监测现场, 功能还能通过模块组合拓展, 正好打破了传统救援在空间和时间上的限制。

1 无人机技术的灭火救援优势

无人机在消防救援中的优势首先体现在定位准、操控稳, 多旋翼无人机能垂直起飞降落, 还能在空中悬停, 飞抵灾害现场上空特别快^[1]。特别是在 100 ~ 1 000 m 的作业范围内, 它能测出毫米级精度的空间数据, 把实时传回的各种信息拼成灾害现场的立体图像, 给救援指挥提供精准的环境参数, 这种稳定的飞行平台不受地形影响, 在密密麻麻的建筑群或者山地里也能稳稳悬停侦查, 保证灾情监测不停歇、数据靠谱^[2]。另外, 由于无人机上的音视频传输、红外热成像、物资投送这些功能模块都是标准化设计, 能在多次救援任务里反复用, 单次作业成本降了不少, 且用无人机代替人去高危区域, 能减少救援人员直面危险的可能, 风险也低了很多。另外, 模块化设计也很实用, 根据救援需要, 无人机能快速换上不同的设备, 比如装上高分辨率夜视摄像头, 就算是晚上或者能见度差的时候, 也能拍回清楚的现场画面, 这对于实际救援而言非常关键。

2 无人机技术在灭火救援中的主要功能

2.1 灾情侦察

无人机在灭火救援中承担的灾情侦察功能, 主要是依托多元技术集成形成立体化信息采集体系, 其飞到高空、装上高清录像设备, 实时拍到火灾现场的动态画面, 操作人员也可以根据需要调整飞行高度, 把现场视频同步传到救援车的监视器上, 让前面侦察和后面指挥能随时通信息。而且, 无人机上的摄像机还能变焦、倾斜着拍, 从不同角度取景, 按设定好的频率扫描, 能把车辆、道路、建筑物的样子都拍下来, 为分析灾害现场的布局提供直观的图像资料。例如: 2024 年南方某高层住宅火灾, 无人机就靠着多角度拍摄, 很快厘清着火点分布和被困人员大概位置, 给指挥人员省了很多判断时间^[3]。

2.2 信号覆盖

无人机带的红外夜视摄像系统和辅助照明设备, 不管白天黑夜、有没有烟, 都能从多个角度拍灾区的画面, 高清画面能让人看清地形、火灾范围和火势往哪儿蔓延, 给现场指挥提供了准确的参考。遇到灾害现场断水、断电、断网的极端情况, 通信无人机所采用的无线传输技术搭起临时的中继网络, 设备把运输模块合并到中继节点, 信噪比门限低到 1 dB, 接收灵敏度能到 -128 dBm, 同样的传输功率下, 覆盖范围比以前的办法大了六成左右(见图 1)。这种靠物理层中继组网的方式, 能让各个网络节点互相补位, 不用依赖外面的通信设施也能传信号。要是现场有新节点加进来, 或者原来的节点退出, 网络还能自己调整结构, 保证通信不断。现在 5G 技术的应用越来越广泛, 无人机处理信号的能力

提升了不少,构建通信链路、收发射频信号,100毫秒内就能搞定。这种快反应,在自然灾害刚发生时特别有用,能及时搭起通信链路,让救援指令和现场数据能及时传递。自组网终端还能灵活调整网络结构,在建筑坍塌、山地救援等复杂环境中保持通信链路的稳定传输,为跨区域协同救援提供可靠的信息交互通道^[4]。

2.3 预警照明

作为灾害现场信息传递的辅助手段,无人机的核心功能在于通过灯光系统排除环境信号干扰与噪声影响,保障救援指令的有效传达。比如在晚上搜救的时候,无人机可以按预设的灯光变化传递特定信息,同时用高亮度的照明设备提供大范围、持续的空中光源,给救援创造安全的环境,保证晚上也能不间断救援。这套系统设计得极为方便,车载便携可跟着救援车一起走,任务换地方或者有突发情况时,启动特别快。操作系统里的自动巡航模式,能按设定的航线智能照亮区域,协助人工操作,降低了操控难度,在复杂的救援场景里也能方便使用。这种从高空照明的办法,比地面照明范围大,光源稳定,能明显提高夜间救援的效率和安全性,在任务转移或突发状况下实现快速启动响应。

3 无人机技术在灭火救援实战中的应用策略

3.1 侦查火灾现场信息

受限于火灾现场复杂地形与高危环境,消防人员往往难以直接进入危险区域,而无人机凭借灵活的机动性能,可深入建筑坍塌区、化工火灾现场等人员禁入区域,通过实时回传的多维数据构建现场全景影像。这种非接触式侦查模式不仅能替代救援人员完成高难度作业,还能在宽度广、纵深长的火场环境中,实现传统人工侦查无法覆盖的空间维度数据采集,为救援方案制定提供关键的现场依据^[5]。首先,无人机配备有高清摄像和热成像设备,能在短时间内扫遍整个火场。红外热像技术能穿过烟雾找到火源位置和温度分布,再加上智能分析算法,很快就能画出火点分布图,标出有人被困的地方。这样一来,使侦察时间大幅缩短,给应急决策争取了宝贵时间。在特殊灾害场景里,无人机的优势更为明显,比如火场有毒气泄漏或者易燃易爆的东西,无人机能远程操控飞进去,用气体探测器和热成像设备一起收集环境数据,实时传给指挥系统。这样既不用让救援人员冒险,又能保证数据准确,给指挥中心调派消防力量、规划安全路线提供科学参考,从根本上降低救援时的伤亡风险。除此之外,续航时间长的无人机还能延长侦察的时间,装上追踪模块持续监测火灾发展,把不同时间的现场视频和图像传到指挥系统,建成动态的灾情数据库,救援人员就可以

根据这些不断更新的信息,准确判断火势往哪儿蔓延。特别是在易燃易爆物品多的地方,还能通过无人机传回的热源信号变化,提前预警可能的爆燃风险,及时调整救援力量的部署和策略,从被动应对变成主动防控^[6]。

3.2 参与灭火救援指挥决策

无人机在指挥决策中的作用主要是通过建立多个信息交互渠道来提高指挥效率,利用自身所配备的音频通信模块和无线传输设备,远程建立救援人员和被困人员的语音通道,通过稳定的声音传输安抚被困的人,并引导他们逃生。这种不用接触的通信方式,打破了传统救援的空间限制,以便指挥人员随时知道被困人员的情况,给制定救援方案提供现场信息。在高层火灾救援中,无人机的航拍侦察能力很突出,着火楼层以上要是因为高温浓烟,消防员进不去,无人机能悬停着拍实时画面,传回着火层的火势分布、门窗状态和有没有人活着的迹象;再加上高分辨率摄像头和红外热成像设备,穿过烟雾看出温度分布,给指挥人员判断火势蔓延方向、规划进入路线提供直观依据。多架无人机一起飞,还能从不同方向立体监测火场,把多路影像拼起来,形成没有死角的现场全景图,帮助指挥中心全面掌握灾情。以油罐车火灾为例,无人机可在火场周边安全的地方悬停侦察,把火焰高度、罐体温度、危险品泄漏情况这些数据,同步传到前方指挥部和作战指挥中心。指挥系统根据这些实时数据写出风险评估报告,动态调整救援力量,比如调整泡沫消防车的喷射角度、规划消防员的安全撤离路线,且无人机还可通过图像识别标出火场里的危险区域,用直观的方式预警可能坍塌或者爆燃的地方,帮指挥人员优化救援方案,降低救援人员的风险。

3.3 为救援工作提供辅助作用

在实际灭火的过程中,无人机能装轻便的灭火器和救生设备,穿过地面救援力量到不了的窄小空间,把灭火药剂精准投到火源点,或者给被困的人空投救生绳、应急食品这些东西。这种从空中投送的方式,打破了传统地面救援的空间限制,为复杂环境下的应急处理提供了新办法^[7]。例如:在晚上救援时,无人机的应急照明设备能提供大范围的高空光源,多角度的灯光能穿过黑暗和烟雾,为搜救提供帮助。热成像摄像头和照明系统一起用,既能通过红外信号找到受困人员,又能用强光帮助救援人员看清地形障碍,让夜间救援效率提高不少,这种光信号和热信号一起用的办法,让无人机在能见度很低的时候也能侦察引导,成了地面救援的“空中眼睛”。在技术结合方面,无人机主要是通过数据链路和地面指挥系统随时交换信

息,把现场侦察的影像、环境参数传到救援终端,帮消防员制定物资调配方案。比如在大楼倒塌的时候,无人机能带气体检测仪飞到废墟里,远程测有毒气体浓度,给救援人员规划安全路线;而森林灭火时,无人机航拍则可以画出火场态势图,引导地面队伍安排消防车和隔离带。这种空中和地面配合的方式,明显提高了救援资源的调配效率。然而,受限于机身尺寸与动力系统,无人机的载荷能力通常难以满足大质量救援物资的运输需求,在风力超过设计阈值或雨雪天气中,飞行稳定性会受到明显影响,可能导致作业中断,这就意味着在装备研发中要进一步优化动力系统与材料结构,提升设备在复杂环境下的适应能力。

3.4 辅助进行森林防火监测

我国森林面积大,地形复杂,植物茂密,一旦着火,传统救援力量常因为地形挡着或者火势太快,没法靠近作业,无人机能高空巡航,很快飞到火场上空,用红外热成像设备和高分辨率摄像头找到起火点,同时传回火场的实时画面,在火灾刚发生时就掌握火源位置和蔓延方向,给后面的救援安排提供关键信息。在处理火情时,无人机带的灭火弹模块能快速压制初期火势,地面控制系统精确算好投弹路线,把灭火药剂直接投到火源中心,一次投送能覆盖不小的火点,有效阻止火势扩大^[8]。同时,无人机把拍到的火灾图片和视频加密传到前方指挥部和作战指挥中心,指挥系统根据实时画面制定动态的灭火方案,调派消防力量和物资,让森林火灾的应急响应快很多。随着无人机遥感技术的升级,它的监测范围和设备的能力也增强了,能装更多救援装备参与灭火。比如长安大学研发的无人机灭火控制系统,用多传感器融合技术实时采集和传输火场影像,还能动态调整照明、灭火、航拍这些模块。在复杂天气下,系统能自己优化飞行参数,保证设备在大风、烟雾里也能稳定工作,其所带的智能分析算法,能根据火场温度分布预警危险区域,帮救援队伍规划安全的灭火路线。这种能适应环境、精准作业,还能智能决策的技术系统,让无人机在森林防火中的实际作用提高不少。从应用场景来看,无人机在森林防火监测中形成了从预防到处理的完整链条,平时巡逻时,设备能按设定的路线对重点林区进行常态化遥感监测,结合植物光谱分析提前预警可能的火灾风险;着火时,就马上转成应急处理模式,负责找火源、初期灭火和传数据,实现森林火灾“早发现、早处理、早评估”的科学防控目标^[9]。

3.5 建立灾情数据库

当前,我国灾情数据库的建设尚未形成完善体系,导致火灾现场各类数据的收集、分类、检索与分析缺

乏系统性支撑,这一现状直接制约了无人机技术在灭火救援中的效能释放,尤其在集群协同与功能创新层面,难以获得扎实的数据支撑与实践指引。因此,构建健全的灾情数据库,成为进一步挖掘无人机实战价值、拓展其应用场景的关键路径。在多机协同作业中,无人机的任务分工、飞行路径规划、空域冲突规避等,均需基于同类场景的历史数据优化决策逻辑。但目前,此类数据多分散于各救援记录中,未形成可复用的结构化信息。在无人机功能创新层面,无人机搭载的热成像模块、气体探测传感器等设备,其性能参数需结合不同火灾环境(高温、高湿、浓烟)的实际数据持续校准。然而,现有数据收集机制未能系统记录设备在复杂场景下的表现,导致新功能开发常停留在实验室验证阶段,难以适配实战需求,所以还需进一步深入研究,提高无人机技术的实战效果。

4 结束语

无人机技术在灭火救援实战中,主要是依托自身携带的高清摄像和热成像设备,立体侦察灾情现场,并借助通信中继模块和 5G 技术,搭建临时的信号网络,解决灾害中的“断网”问题;使用预警照明设备在晚上或能见度低的时候提供持续光源。同时,凭借自身轻便的载荷设计,精准投送灭火药剂和救生物资,提高初期火情的处理效率。然而,在实际应用中还需不断结合现场需求优化技术,让无人机在复杂环境中更可靠,和地面救援力量配合更默契,真正成为保障救援安全、提高救援效率的“好帮手”。

参考文献:

- [1] 商韵.无人机技术在灭火救援工作中的应用[J].城市建筑空间,2024,31(S2):166-167.
- [2] 同[1].
- [3] 刘龙灿.无人机技术在化工消防灭火救援中的应用[J].化工管理,2024(25):106-109.
- [4] 张明辉,陈跃富.无人机技术在灭火救援实战中的应用[J].今日消防,2024,09(05):38-41.
- [5] 周景鸿.无人机技术在灭火救援中的应用[J].今日消防,2024,09(03):45-47.
- [6] 崔建华.无人机技术在消防灭火救援中的应用探析[J].数字通信世界,2020(09):165-166.
- [7] 李亚斌.无人机技术在化工火灾消防救援中的应用探讨[J].消防界(电子版),2024,10(22):38-40.
- [8] 武毅哲.无人机技术助力消防灭火救援[J].防灾博览,2024(02):54-59.
- [9] 陈彦州隆,裴佳航.基于无人机技术的灭火救援行动路径规划与优化[J].水上安全,2024(02):61-63.