

风险评估,提示并发症概率与筛查建议。在住院病区,系统对检验检查危急值自动预警,直达责任医生与护士,缩短响应时间。对手术患者,术前自动评估麻醉风险、出血风险、感染风险,生成个性化预案;术中实时采集生命体征数据,动态预警异常波动;术后跟踪康复指标,预测并发症并提前干预。

#### 4.3 医疗安全风险策略——筑牢质量安全防线

医疗安全风险策略以“早发现、早预警、早干预、早改进”为目标,利用大数据实时监控诊疗全流程风险点,包括诊疗行为、用药安全、院感防控、手术安全、耗材使用、费用合规等。通过构建风险模型、设置预警阈值、自动识别异常、推送干预提醒、跟踪整改效果,形成主动式安全管理闭环,将风险控制在萌芽状态。

例如,医院构建大数据医疗安全风险平台,覆盖16个风险模块。平台实时采集诊疗行为数据,自动识别过度检查、不合理用药、违规耗材使用等行为并预警。院感模块实时监测住院患者感染相关指标,对高危科室、高危病例实时提醒,协助快速排查与处置。手术安全模块对术前评估不全、术中生命体征异常、术后感染风险升高等自动预警,降低手术不良事件。平台对高警示药品、抗菌药物使用全程监控,未按规范使用自动拦截并提示依据。针对重点人群与重点疾病,系统动态评估风险等级,分级干预。风控平台还具备质量分析功能,定期生成安全报表,定位薄弱环节,推动持续改进。

#### 4.4 资源智能优化策略——提升医院运营效能

资源智能优化策略以“供需平衡、高效利用、降低浪费、提升效益”为目标,运用大数据分析门诊、住院、手术、设备、药品、耗材、人力等资源运行数据,结合历史规律与未来预测,实现智能调度与动态配置。通过智能预约、床位分配、手术排程、设备调度、库存预警、人力排班等功能,缓解资源紧张、减少闲置浪费、缩短患者等待、提升运行效率。

例如,医院上线大数据资源优化运营平台,构建全院运营驾驶舱。门诊模块基于历史流量与季节趋势,智能分配号源、分流时段、调整诊室开放,缩短候诊时间。住院模块自动评估床位使用率、周转率与病情等级,推荐最优分配方案,减少空床与等待。手术模块综合手术类型、时长、医生、设备、恢复室占用等因素,智能排程与冲突检测,提升手术室利用率。设备模块实时监控CT、MRI等使用率,智能预约与错峰安排,减少患者等待。药品与耗材模块实时监控消耗,设置安全库存,自动预警与补货,降低缺货与积压。人力模块基于工作量智能推荐医护排班,均衡负荷、保障休息。平台多端同步展示关键指标,异常自动预警。运行后,患者检查等待时间明显缩短,手术室利用率提升,床位周转加快,

药品耗材浪费减少,人力成本优化。

#### 4.5 科研数据赋能策略——加速医学研究创新

科研数据赋能策略以“高效提取、规范管理、安全共享、支撑研究”为目标,依托大数据平台构建专病数据库,实现病例快速筛选、数据自动提取、随访信息整合、研究项目管理与多中心协同。通过标准化、结构化、去标识化处理,在保护隐私前提下为临床研究提供高质量数据,降低科研人员数据收集整理负担。

例如,医院建设大数据科研专病库平台,覆盖心血管、肿瘤、神经、呼吸等重点专科。平台对接全院诊疗数据,按研究方案自动提取病例信息,构建标准化数据库。以心血管疾病为例,研究人员设定纳入排除条件,系统几分钟内完成筛选,自动生成基线特征、治疗方案、疗效指标、随访结果数据表。平台支持自定义变量、统计分析与可视化展示,方便直接用于论文与报告。通过隐私计算技术,实现与多家医院数据联合建模,扩大样本量、提升结论代表性。系统对研究项目全流程管理,数据使用留痕、合规可控。平台助力多项课题快速完成,多篇论文发表于高水平期刊,多项成果应用于临床路径优化与指南制定。科研人员从繁重数据工作中解放,专注研究设计与分析。科研赋能策略让数据成为研究核心生产力,推动临床与科研良性循环,为医院高质量发展注入持久动力。

### 5 结语

在医疗高质量发展与数字化转型背景下,医院应持续推进大数据技术深度应用,完善数据治理体系、强化安全合规、深化场景创新、推动数据要素价值释放。让诊疗数据真正服务于精准诊疗、高效管理、科学研究与群众健康,让技术更有温度、医疗更有品质、管理更有智慧。未来,随着技术不断进步与应用持续深化,大数据将在推动医疗模式变革、提升全民健康水平、助力健康中国建设中发挥更加重要而深远的作用。

#### 参考文献

- [1] 刘静. 医院统计工作中大数据技术应用效能分析[J]. 活力, 2026, 43(02): 109-111.
- [2] 王梓云. 基于大数据技术的医院人事管理创新[J]. 人力资源, 2025, (12): 143-145.
- [3] 蒋京员. 大数据技术支持下的医院运营管理创新策略研究[J]. 中国管理信息化, 2025, 28(03): 156-158.
- [4] 郭亮. 基于大数据的智能辅助诊疗管理系统设计[J]. 电脑编程技巧与维护, 2022, (02): 84-85+143.
- [5] 李锐. 大数据时代基于安徽省分级诊疗信息系统的探究[J]. 信息与电脑(理论版), 2018, (18): 122-123.

# Application of New Communication Technology in Fire Fighting Command Decision-making under Extreme Conditions

Ronghui Yan

Emergency Communication and Vehicle Service Brigade, Hainan Fire and Rescue Corps, Haikou, Hainan, 571100, China

## Abstract

Addressing extreme firefighting scenarios involving base station failures, terrain obstructions, and intense interference, this study proposes a command communication system integrating airborne-ground Mesh access, portable satellite backhaul, and edge computing. Methodologically, a comprehensive platform constructed within combustion chambers, smoke corridors, and shielded darkrooms replicates forest terrain undulations and high-rise building response protocols. Key metrics including coverage, connectivity, and service capacity are collected to validate dual-path adaptive switching between public networks and satellite communications. Results demonstrate: end-to-end video transmission latency within buildings remains below 500ms via single-channel links, satellite backhaul latency stays under 2 seconds, and command transmission success rate reaches 98%. Comparative analysis shows response time reduced from 15 minutes to 3 minutes, resource allocation accuracy improved from 70% to 92%, and rescue time shortened by 25%. The system maintains continuous command linkages during public network failures, significantly enhances decision-making efficiency, and provides reliable communication infrastructure for cross-regional coordination.

## Keywords

Mesh ad hoc network; satellite communication; edge computing; firefighting under extreme conditions; command and dispatch efficiency

## 新型通信技术在极端条件灭火指挥决策中的应用

严荣辉

海南消防救援总队应急通信和车辆勤务大队, 中国·海南海口 571100

## 摘要

面向基站失效、地形遮蔽与强干扰交织的极端灭火场景, 提出由空地一体Mesh接入、便携式卫星回传与边缘计算组成的指挥通信体系。方法上, 在燃烧舱、烟雾走廊与屏蔽暗室构建的综合平台内, 复现林带起伏与高层建筑处置脚本, 采集覆盖、连通与业务承载等指标, 并验证公网与卫星双路径自适应切换。结果表明: 楼内单路视频端到端时延不超过500 ms, 卫星回传端到端时延控制在2 s以内, 指令传输成功率达到98%; 在统一口径对比中, 指令响应时间由15 min压缩至3 min, 资源调度准确率由70%提升至92%, 救援时间缩短比例达25%。结论认为, 该体系可在公网瘫痪条件下保持连续可用的指挥链路, 显著提升决策效率, 并为跨区域协同提供可靠通信底座。

## 关键词

Mesh自组网; 卫星通信; 边缘计算; 极端条件灭火; 指挥调度效率

## 1 引言

极端条件下的灭火行动常伴随地形遮蔽、设施损毁与强电磁噪声, 传统公网与常规对讲机在覆盖、抗扰与带宽上暴露短板: 林区有效覆盖长期约30%, 震后基站退服与同频拥塞使中断率逼近45%。面对需要稳定承载语音、视频与多传感的指挥闭环, 通信体系必须具备自组网、抗毁性、低时延与多模态承载能力。本研究以空地一体Mesh为现场接入域, 以便携式卫星回传为跨域骨干, 叠加边缘计算与QoS控制, 并辅以身份鉴权与加密, 形成一个在基站失效与

拥塞条件下仍可持续运行的指挥通信方案<sup>[1]</sup>。研究意义在于用可落地的系统工程把前线作战单元联成一体, 缩短指挥链路, 提升资源配置的准确性, 为跨区域协同与常态化演训提供可复用技术底座。

## 2 极端条件灭火指挥通信的现状与需求分析

### 2.1 极端条件下灭火指挥通信的现存问题

在极端灭火场景中, 传统公网蜂窝与常规对讲机暴露出覆盖、抗干扰以及带宽三类共性短板。鉴于森林火灾地形起伏与植被遮蔽, 山区公网有效覆盖常年维持在约30%, 高层建筑核心筒与地下空间同样形成深度盲区; 地震次生火灾叠加基站退服与强电磁噪声, 进一步放大链路脆弱性, 现场统计显示电磁干扰触发的通信中断率接近45%。需重点

【作者简介】严荣辉(1986—), 男, 中国福建漳州人, 本科, 中级, 从事通信技术应用研究。

关注的是，视频侦察与多传感信息上报对上行带宽与时延稳定提出更高要求，而公网在拥塞条件下难以持续承载实时视频，对讲机受限于 12.5 kHz 窄带仅能进行语音与极低速数传。以 2022 年四川省西部林区一场森林火灾为例，公网瘫痪

造成前线与指挥中心失联络 2 h，战术指令与物资调度出现滞后，直接把处置时机拖入被动窗口。综合上述脆弱环节，见表 1 对关键性能缺陷进行归纳，用以指向后续技术适配需求的边界条件<sup>[2]</sup>。

表 1 极端条件下传统通信方式的性能缺陷对比表

性能维度	公网蜂窝通信	常规对讲机
覆盖能力	山区森林火灾覆盖率约 30%，高层建筑核心筒与地下空间盲区显著，震后基站退服比例可达 40%	近距直视条件可覆盖，越岭遮挡与楼层隔断显著，跨楼层与跨山谷覆盖不连续
抗干扰能力	强电磁噪声与同频拥塞下中断率约 45%，邻区切换频繁导致链路抖动	对同频互扰较敏感，强噪声环境下语音可理解度下降至约 70%
数据带宽	灾时上行可用速率小于 1 Mbps，难以稳定传输实时视频与多路传感数据	信道带宽 12.5 kHz，仅支持语音与极低速数传，不具备视频承载能力
时延稳定性	拥塞条件端到端时延大于 1 s，抖动明显导致控制指令到达时间不确定	语音路径时延约 100–200 ms，稳定性较好但不支持大包数据
组网与弹性	依赖地面基站与回传链路，缺乏自组网能力，单点故障易引发大片盲区	点对点或单中继组网，跨区域需要多级中继，链路一处损毁即产生网络分裂
能源与保障	基站市电依赖强，油机接入与维护复杂，恢复周期长	终端续航相对充足，但中继与临时转发站需要持续供电与现场维护
典型失效模式	基站退服与信道拥塞叠加导致接入失败率升高与业务抢占失灵	中继损毁或遮挡导致语音覆盖碎片化与通信窗口不稳定

## 2.2 新型通信技术的适配需求与应用潜力

面向极端条件灭火指挥，通信体系需在基站失效、地形遮蔽与多源干扰并存的情境下仍能把作战单元联成一体。结合指挥链路的连续性要求，关键能力落在自组网能力、抗毁性、低时延以及多模态数据传输与计算卸载四个方面。自组网指节点可自动发现邻居并进行多跳路由重构，抗毁性指在节点损毁和链路衰落时维持网络拓扑稳定，低时延指挥闭环需要把语音指令与传感遥测快速送达，多模态传输与计算卸载要求把视频、环境参数和位置信息同步上传并在近端完成压缩与筛选。围绕上述需求，Mesh 自组网选用分布式拓扑与链路质量驱动的动态选路，把无人机、车载平台与手持终端组织为多跳通道，得以覆盖无基站区域并容纳节点移动；卫星通信把前线汇聚节点与省级或国家级指挥中心连成远距通道，弥补超长链路跨区域调度；边缘计算把视频编码、事件检测与业务优先级划分前移到现场网关，凭借本地处理降低回传负荷并提升关键业务的可达性<sup>[3]</sup>。

## 3 新型通信技术在灭火指挥决策中的关键应用场景与实现方法

### 3.1 基于 Mesh 自组网的现场多节点通信协同机制

鉴于极端火场中基础设施易受损且电磁环境复杂，Mesh 自组网把接入与转发职能分散到每个节点。网络采取分布式拓扑，节点在发现邻居后依据链路质量与跳数等度量开展自动路由选择，并在链路衰退时进行旁路切换，把单点失效的影响降低。面向灭火场景，可把节点按空地一体进行配置。

围绕数据交互机制，本研究把位置、视频与环境监测

划入分级业务队列，节点依靠链路状态信息传播与更新路由度量，边缘侧在拥塞时触发速率自适应与队列整形，把高优先级业务优先送上低时延路径；汇聚节点开展时间同步、身份认证与端到端加密，指挥端再把调度指令定向下发至指定小组。

### 3.2 融合卫星通信的跨区域指挥指令传输方案

在山地森林火灾、城市高层外墙火势扩散以及地震后大范围停电断网的情境中，地面蜂窝与地面中继常被地形遮挡或设施损毁所影响，指挥链路出现空窗。卫星通信作为独立于地面基础设施的广域链路，能够把地面覆盖盲区补齐，尤其在跨行政区域调度与长距离回传上发挥门到门连接作用。考虑卫星链路受限于回波时延与带宽，方案把控制指令与态势数据进行分层承载，采用低地轨道 LEO 作为主干承载以压缩时延，地球同步轨道 GEO 作为冗余备份来维持连续性，并对窄带上行配置强纠错与自适应编码以提高抗干扰能力<sup>[4]</sup>。

### 3.3 AI 辅助的通信数据实时分析与决策支持模块

面向高温与结构遮挡叠加的通信场景，AI 辅助模块部署在边缘计算节点与指挥端之间，承担把链路数据转化为可用情报的工作。模块把汇聚的多路流量按任务语义进行筛选与重组，借助时序去噪、重复包消解和丢帧补全，压缩无效负载，并把关键事件流以小时延推送至指挥席。

从数据来源来看，模块依靠现场 Mesh 回传的环境量测、人员位置以及器材状态来构建统一视图。环境量测包含温度与一氧化碳浓度，位置由室内 UWB 与惯导进行融合估计，器材状态覆盖呼吸器瓶压与终端电量。异常感知采用阈值加时序模式联合策略，对温升突变、位置异常聚集和设备离线