数字化背景下的现场应急指挥中心设计研究

张福波

阿拉善盟应急管理局　内蒙古　阿拉善盟　750306

摘　要：现场应急指挥中心是突发事件一线处置的核心载体，其设计水平直接决定应急响应效率与决策质量。传统应急指挥模式存在信息采集滞后、系统孤立、协同性差、决策依托经验等短板，难以适配智能化应急处置的实战需求。依托物联网、大数据、人工智能等数字化技术，本文立足基层应急实战场景，梳理指挥中心功能定位与运行逻辑，剖析数字技术的赋能价值，搭建感知、网络、数据、应用、决策五层一体化技术架构。从空间布局、系统集成、人机交互、安全保障等维度，构建数字化现场应急指挥中心整体设计方案。研究可为应急指挥设施智能化升级、标准化建设提供参考，助力应急管理体系数字化提质增效。

关键词：现场应急指挥中心；数字化；物联网；态势感知；系统设计

引言：自然灾害、生产事故等突发事件随机性强、演变迅速、影响范围广，对区域公共安全应急处置能力提出严苛考验。现场应急指挥中心作为一线处置的核心枢纽，承担态势研判、协同调度、指令下达、复盘评估等关键职能，是衔接上下级应急体系、统筹一线救援的核心节点。随着 5G、边缘计算、数字孪生等数字技术成熟落地，应急指挥模式迎来革新契机。本文结合基层应急实战痛点，开展数字化现场应急指挥中心整体设计研究，为智能应急体系建设提供技术支撑。

1 现场应急指挥中心的功能定位与业务流程

1.1 功能定位与核心职责

现场应急指挥中心是突发事件现场应急指挥体系的核心节点，承担着" 承上启下、居中协调" 的关键角色。从纵向看，它接收上级应急指挥机构的决策部署，同时汇集现场各类救援力量的信息反馈；从横向看，它需要协调公安、消防、医疗、交通、通信等多部门的联合行动。其核心职责可概括为五个方面。信息汇聚方面，负责采集、整合来自现场各类传感器、监控设备、移动终端和人工报送的多元异构信息，形成统一的事件视图。态势研判方面，基于汇聚信息对事件发展态势进行快速评估和趋势预测，为决策提供依据。指挥调度方面，根据研判结果向各救援单元下达行动指令，调配应急资源。协同联动方面，打破部门壁垒，实现多主体之间的信息共享与行动同步。信息发布方面，按权限向内部指挥体系和外部公众发布权威信息。

1.2 典型业务流程分析

现场应急指挥中心的运行流程贯穿日常防控、应急响应、现场处置、事后复盘全周期，形成闭环式应急管理体系。日常常态化运行阶段，中心实行全天候值守机制，依托各类监测设备动态采集区域风险数据，同步开展设备运维、系统调试、预案迭代、人员备勤等基础保障工作，确保应急体系时刻处于待命就绪状态。当突发安全事件发生后，中心即刻启动对应等级应急机制，快速完成人员集结、设备开机、通信调试与初始态势评估，快速搭建现场指挥架构。事件处置核心阶段，系统依托数据处理、决策调度、执行反馈三大联动环路协同运行，完成多源数据整合可视化、应急方案研判下发、现场执行进度实时回传迭代，动态优化处置流程。事件终结后，依托全程留存的运行数据开展复盘总结，梳理处置短板与流程缺陷，针对性优化应急预案与指挥机制，持续提升基层应急处置规范化水平[1]。

2 数字化技术对现场应急指挥中心设计的影响

2.1 技术驱动：从传统指挥到数字指挥的范式转变

传统现场应急指挥中心以语音通信为核心手段，依赖电话、对讲机和纸质预案，信息的获取和传递存在严重滞后。指挥员主要依靠个人经验进行判断，各部门之间信息共享困难，“烟囱式”系统林立，难以形成合力。数字化技术的引入正在推动三个层面的范式转变。感知层面，物联网传感器、无人机航拍、卫星遥感、移动终端等多源感知手段的部署，使指挥中心从“信息匮乏”走向“数据富集”，现场态势可实现分钟级甚至秒级更新。认知层面，大数据分析和人工智能算法能够从海量异构数据中自动提取关键信息，辅助指挥员快速理解事件全貌和发展趋势，从“经验驱动”转向“数据驱

动”。行动层面，数字通信和智能调度系统支持指令的秒级下达和执行状态的实时追踪，指挥效率大幅提升，从“单向命令”走向“闭环协同”。这一转变深刻影响着指挥中心的空间组织、系统架构和人机交互设计。

2.2 数据驱动：感知、传输、计算与呈现的全链条重塑

数字化现场应急指挥中心的运行基础是全链条的数据流动，包括感知、传输、计算和呈现四个关键环节，每一个环节都对中心设计提出特定要求。感知层部署在现场的各类传感器、摄像头、无人机等终端设备构成指挥中心的“感官系统”，产生的数据量呈指数级增长。传输层依赖 5G 专网、Mesh 自组网、卫星通信等组合手段，确保在公网中断等极端条件下数据链路仍能畅通。计算层依托边缘计算节点和移动数据中心，在靠近现场的位置完成数据的快速清洗、融合和初步分析，降低对远端云中心的依赖[2]。呈现层通过大屏幕显示系统、多屏协同工作站和 AR 增强现实设备，将复杂数据转化为指挥员可快速理解的图形化信息。上述全链条重塑对指挥中心的机房部署、网络架构、供电保障和空间弹性等方面提出了新要求，设计中需统筹考虑计算资源的本地化部署、通信设备的多模冗余以及显示系统的可扩展性。

3 数字化现场应急指挥中心的技术架构设计

3.1 五层技术架构模型

基于“端—网—云—用—智”的设计理念，本文提出数字化现场应急指挥中心的五层技术架构。感知层由部署于现场的各类终端设备构成，包括气象监测站、水质传感器、结构健康监测仪、热成像摄像机、无人机及机器人等，负责环境参数、灾损信息和救援现场状态的实时采集。网络层承担感知数据的上行传输和指令数据的下行分发，采用“公网为主、专网补充、卫星兜底”的多模融合组网方案，确保通信链路的高可用性，重点部署 5G 专网和 Mesh 自组网设备。数据层对多源异构数据进行汇聚、清洗、标准化存储和融合处理，建立统一的数据资源池，解决数据格式不统一、时空基准不一致等关键问题。应用层承载综合态势一张图、协同会商系统、资源调度平台、预案管理系统等具体功能模块。决策层依托人工智能和大数据分析技术，提供事件趋势预测、资源需求估算、方案优化推荐等智能决策支持功能。

3.2 核心功能模块设计

基于前文五层数字化技术架构，结合基层现场应急处置的实战场景，本文整合设计五项核心业务模块，搭建一体化智能应急指挥体系。态势感知模块依托地理信息、动态监测、视频采集、资源台账等多源数据，通过多维可视化展示技术还原现场全貌，实现风险态势实时把控。协同调度模块支持多单位远程会商、在线协同办公，结合空间地理技术完成救援力量定位、路径规划与动态调度，提升跨部门联动处置效率。资源管控模块对各类应急人力、物资、装备、运力实施数字化动态管理，可根据突发事件等级智能匹配调配方案，全程跟踪资源落地状态。智能预案模块将传统纸质预案数字化、流程化，可根据现场工况自动匹配处置流程，智能生成处置任务清单，辅助科学决策[3]。通信管控模块实时监测全网设备与链路运行状态，可自适应切换通信模式，保障指挥指令与现场数据稳定传输。

4 现场应急指挥中心的空间布局与系统集成设计

4.1 功能分区与空间布局优化

结合现场应急指挥全天候值守、多部门联动、高强度作业的实战特性，本文按照功能互补、流程顺畅、运维便捷的原则，对指挥中心进行标准化功能分区规划，主要包含决策指挥、联合办公、数据机房、设备保障、后勤服务五大区域。核心决策区布置可视化大屏与智能会商设备，布局科学合理，保障指挥团队全局研判、精准下达指令。多部门联合办公区采用模块化席位与轻量化隔断设计，兼顾独立作业与协同沟通需求。数据机房区集中收纳各类核心软硬件设备，配备恒温恒湿系统与双路供电架构，保障设备稳定运行。设备保障区统一布置供电、备用设备及备品备件，做好散热降噪与安全防护。后勤区域为值守人员提供基础生活保障。同时严格落实建设规范，预留充足设备与席位冗余空间，适配后期系统迭代与功能扩容需求。

4.2 信息系统集成设计

信息系统集成是数字化指挥中心从“功能叠加”走向“能力融合”的关键，核心任务是打破各子系统之间的数据壁垒和操作孤岛。建立统一的数据交换平台，制定标准化的数据接口规范，实现感知数据、视频流、语音通信、业务系统数据之间的互联互通，采用消息队列和微服务架构保证数据在爆发峰值时的可靠传输和系统的弹性扩展能力。采用“平台 + 应用”的架构模式，将各功能模块以松耦合方式集成在统一门户框架下，用户通过单点登录即可访问所有授权功能，无需在多个系统间频繁切换，集成平台需提供可视化的工作流编排工具支持跨系统的业务流程自动化。实现多屏联动显示，主屏展示全局态势，侧屏显示专项数据或视频会议画面，

席位屏幕供操作使用，通过统一的内容分发管理系统实现多屏内容的协同调度。

4.3 人机交互与可视化设计

应急指挥高强度、高压力的作业场景，对人机交互与可视化系统的便捷性、直观性提出极高要求，也是提升研判效率与决策准确性的关键。本文采用分层可视化展示思路，搭建全局概览、细节钻取、智能分析三级展示体系，分别用于呈现核心处置指标、细分现场数据与风险推演结果，实现宏观把控与精细化分析兼顾。界面整体采用深色基调，有效缓解长期值守的视觉疲劳，通过色彩层级区分信息重要程度，对风险告警信息做高亮动态提示，保障关键信息快速识别。系统兼容键鼠、触控、手势、语音多种交互方式，简化操作步骤，实现快速调阅、画面切换等操作，提升指挥作业效率[4]。同时遵循人因工程设计标准，优化终端设备角度、大屏可视范围与大厅分区照明条件，规避反光、视野受限等问题，适配长时间、高强度的应急指挥工作场景。

5 关键保障系统设计

5.1 通信与网络保障设计

现场应急指挥中心的通信保障设计以“永不中断”为目标，采用多链路冗余方案。主链路优先接入运营商5G 专网和光纤宽带，作为日常主要通信通道。备链路部署现场 Mesh 自组网基站，在公网信号盲区或拥塞时启用，支持多跳中继和自愈合组网。兜底链路配置卫星通信终端（含高通量卫星和天通卫星），确保在极端条件下至少保持窄带语音和低速数据的传输能力。中心内部网络采用有线为主、无线为辅的架构。有线网络按业务类型划分为指挥业务网、视频传输网和设备管理网三个物理隔离的子网，通过网闸实现受控互访。无线网络采用 Wi-Fi 6 和 5G 室内分布系统双重覆盖，满足移动终端和临时接入需求。所有关键网络设备和链路均实现 1+1 或 N+1 冗余配置，故障切换时间不超过 30 秒，确保指挥指令在任何情况下均可下达。

5.2 供电与环境保障设计

现场应急指挥中心的供电保障是系统持续运行的命脉，按一级负荷中的特别重要负荷标准设计。市电经双路引入，通过 ATS 自动切换开关接入 UPS 系统，UPS 后备时间不少于 30 分钟，其后接快速启动柴油发电机组（后备时长不低于 72 小时，油箱容量按额定负载连续运行时间计算）。关键服务器和通信设备采用双路 PDU 供电，任一回路故障不影响设备运行。环境保障方面，设备区配置风冷型或水冷型精密空调系统，采用 N+1 冗余配置，保持温度 22±2℃、相对湿度 45%±10%的恒温恒湿环境。指挥大厅配置舒适性空调，满足人员密集度变化时的热舒适需求。新风系统按每人每小时不低于 30m³/h 的标准供应新风，维持正压环境防止室外污染空气渗入。噪声控制方面，设备区与指挥大厅之间设隔音墙，空调室外机组远离指挥区域布置，确保指挥大厅声环境满足长时间高强度工作的要求。

结束语

数字化技术正深刻重塑现场应急指挥中心的设计理念与技术形态。研究表明，设计应以业务流程为核心依据，“信息处理—决策指挥—行动反馈”三个闭环对系统能力与空间组织提出明确约束；“感知—传输—计算—呈现”全链条数据流动是区别于传统模式的核心特征，五层架构为系统设计提供了结构化框架；空间布局、系统集成与人机交互三者协同优化缺一不可；通信多模冗余与供电多级保障是需优先确保的特殊约束。后续可进一步深化极端“三断”条件下的生存能力设计、数字孪生效能评估及 AI 辅助决策的信任机制与人机协作等研究方向。

参考文献

[1] 顾焘, 韩晨平, 张琳. 数字化背景下的现场应急指挥中心设计研究 [J]. 工业设计,2024(1):56-59.

[2] 谢家兴, 李春. 应急指挥中心”村村通”-竹溪县多维应急网织密基层安全屏障 [J]. 湖北应急管理,2025(13):34-35.

[3] 黄浩. 黄石市应急管理信息化建设现状与工作建议 [J]. 湖北应急管理，2025(10)：12-15.

[4] 程刚, 游钦凉, 曹德胜, 等. 新时期应急信息化人才培养路径探究——基于创新应急管理教育发展视角 [J]. 安全与环境工程,2024,31(5):256-265.