

# GIS技术在特种设备事故应急救援应用模式探索

王帮琼 李 新 马志文

巴音郭楞蒙古自治州检验检测中心 新疆库尔勒 841000

**【摘要】**随着我国特种设备数量快速增长和使用领域不断扩大,特种设备事故应急救援的及时性和科学性面临着严峻挑战。传统的应急救援模式在信息获取、指挥决策和协同作战等方面存在诸多局限性,难以满足复杂场景下快速高效处置的需求。地理信息系统(GIS)技术凭借其强大的空间分析和可视化能力,为特种设备事故应急救援提供了新的技术支撑。因此,本文积极探索基于GIS技术的特种设备事故应急救援应用模式,期望通过整合多源数据、优化指挥决策和提升协同效能,实现特种设备事故应急救援的科学化、信息化和智能化,提高应急处置效率和救援成功率。

**【关键词】**GIS技术; 特种设备; 事故应急救援; 应用模式

特种设备是指涉及生命财产安全、危险性较大的锅炉、压力容器、电梯、起重机械等设备设施。(特种设备是指涉及生命安全、危险性较大的锅炉、压力容器(含气瓶)、压力管道、电梯、起重机械、客运索道、大型游乐设施和场(厂)内专用机动车辆等设备设施)。由于其技术复杂性和使用环境的特殊性,一旦发生事故往往会造成重大人员伤亡和财产损失。特种设备事故应急救援是指在事故发生后,通过快速反应、科学决策和有序行动,最大限度降低事故危害,保护人民生命财产安全的应急处置活动。随着信息技术的发展,将GIS等先进技术引入应急救援工作,对提升特种设备事故处置能力具有重要意义。

## 1 GIS技术在特种设备事故应急救援中的基础应用

### 1.1 特种设备事故现场信息快速采集与定位

GIS技术支持的特种设备事故现场信息快速采集与定位系统通过移动终端设备实现事故现场的实时信息获取。应急救援人员利用搭载北斗定位模块的手持终端,能够精确定位事故设备的空间坐标,同时借助高分辨率卫星遥感影像和无人机航拍获取事故现场的空间态势信息。移动采集终端集成的图像识别算法可快速识别特种设备铭牌信息、设备运行参数和安全附件状态,实现事故设备基础信息的智能化采集<sup>[1]</sup>。基于5G网络传输技术,现场采集的多源异构数据可实时回传至应急指挥中心,并在GIS平台上进行空间关联分析和可视化展示。系统还整合了激光测距仪、热成像仪等专业检测设备的数据接口,实现对事故现场温度、压力、有害气体浓度等环境参数的实时监测。通过部署分布式传感器网络,建立了覆盖事故区域的动态监测体系,

为应急救援提供持续的数据支撑。而GIS空间分析功能还可将采集的现场数据与预置的特种设备台账、维保记录、检验报告等历史数据进行关联,形成完整事故信息链,为事故原因分析和救援方案制定提供数据支持。

### 1.2 特种设备事故现场环境数据实时监测与分析

特种设备事故现场环境数据实时监测与分析系统基于物联网感知技术和GIS空间分析方法构建全方位的环境监测网络。系统通过部署多功能环境监测传感器阵列,实时采集事故现场的温度、湿度、气压、有毒有害气体浓度、噪声等关键环境参数。微型气象站能够持续监测事故区域的风向、风速、降水等气象要素,为污染物扩散趋势预测提供基础数据支撑。搭载多光谱传感器的无人机系统可快速获取事故现场的热成像、红外遥感等多维度数据,实现对危险区域的远程探测。GIS平台集成的空间插值算法对监测数据进行实时分析处理,生成事故影响区域的环境要素分布图,直观展示污染物浓度场和温度场的空间分布特征。系统运用时空分析模型,结合地形、建筑物分布等空间要素,模拟预测危险物质的扩散路径和影响范围,为应急疏散提供科学依据。环境监测数据与GIS平台预置的敏感目标信息相叠加,可快速识别受威胁的重要设施和人员分布,辅助制定精准的防护措施。基于深度学习算法的数据分析模块能够实现环境风险的智能研判,当监测参数超出预警阈值时,系统自动推送预警信息,确保应急处置的及时性和有效性。

### 1.3 特种设备事故区域地理信息可视化展示

特种设备事故区域地理信息可视化展示系统基于三维

GIS引擎构建了全景式的可视化平台。该平台集成倾斜摄影测量技术获取的高精度三维实景模型,结合BIM技术构建的特种设备内部结构模型,实现了从宏观到微观的多尺度可视化表达。系统运用WebGL技术开发的轻量化三维场景,支持事故现场地形地貌、建筑物、道路交通等空间要素的实时渲染与交互操作。基于空间分析算法生成的地形坡度、坡向等派生信息图层叠加显示,直观呈现事故区域的地理环境特征。动态可视化模块采用时空立方体模型,将事故发展过程中的关键节点信息进行时空轨迹重现,辅助事故原因分析与救援效果评估。平台整合了激光点云数据处理技术,对事故现场进行三维重建,并利用分层着色技术突出显示重点区域和关键设备<sup>[2]</sup>。可视化系统配备智能标注功能,自动提取并展示特种设备的型号参数、运行状态等属性信息,便于救援人员快速掌握设备特征。基于WebSocket协议的实时数据推送机制,确保现场采集的监测数据能够通过专题图层、热力图等多种可视化方式及时展现;系统还支持多终端协同操作,移动设备可通过增强现实技术叠加显示虚拟场景信息,为现场救援人员提供直观的空间信息支持。

## 2 GIS技术支持特种设备应急救援指挥决策

### 2.1 特种设备事故影响范围快速评估与预测

GIS技术支持的特种设备事故影响范围快速评估与预测系统基于空间分析模型和数值模拟算法构建科学的评估框架。该系统整合事故源项参数和环境监测数据,运用高斯烟羽扩散模型对有毒有害物质的扩散范围进行动态模拟,并结合数字高程模型和气象数据预测污染物的迁移轨迹。空间叠加分析功能将预测结果与人口分布、重要基础设施等敏感目标图层进行关联,快速识别受影响区域内的风险目标。系统采用改进的脆弱性评估模型,考虑建筑物结构特征、人员密集程度等因素,对不同区域的受灾程度进行量化分级。基于机器学习算法的智能分析模块能够根据历史案例数据,结合当前事故特征,预测事故发展趋势和可能造成的危害后果。评估系统配备专业的地理统计分析工具,通过克里金插值法生成灾害影响强度分布图,直观展示事故危害的空间分异特征。多情景模拟功能支持设定不同的事故发展参数,通过对比分析辅助选择最优的应急处置方案。系统还整合了地下管线、交通网络等关键基础设施数据,评估次生灾害风险,为应急疏散和警戒区域划定提供决策依据。实时评估结果以专题地图和统计报表形式推送至指挥决策终端,确保指挥人员

及时掌握事故影响态势。

### 2.2 应急救援力量调度与最优路径规划

特种设备事故应急救援力量调度与最优路径规划系统基于GIS网络分析技术构建智能化的调度决策平台。该系统整合了应急救援队伍、专业装备、医疗资源等应急力量的空间分布数据,结合实时路况信息和交通网络拓扑结构,实现应急资源的快速调配。系统采用改进的Dijkstra算法计算最短响应时间路径,并考虑道路等级、拥堵程度、施工占道等动态因素,为救援车辆规划最优行进路线。智能调度模块基于空间聚类分析,根据救援需求和资源分布特征,自动生成多梯次、多方向的力量投送方案。系统配备了应急资源能力评估模型,结合救援任务类型和现场环境条件,优化救援力量组成结构,确保救援力量与任务需求精准匹配<sup>[3]</sup>。实时车辆定位功能通过北斗导航系统对救援车辆进行动态跟踪,支持救援车队的协同调度和实时调整;系统集成了交通管制措施发布功能,可快速划定应急通道,并将管制信息推送至交通诱导设施;而基于空间缓冲区分析的备用路径规划功能,为救援车辆提供多条备选路线,有效应对突发路况变化。

### 2.3 应急救援物资配置与资源优化管理

特种设备事故应急救援物资配置与资源优化管理系统基于GIS空间分析方法构建了全域覆盖的物资调配网络。该系统运用空间聚类算法对应急物资储备库进行布局优化,实现应急物资的合理分区存储和就近调配。物资管理平台采用RFID技术对重点应急物资进行智能化管理,结合GIS空间数据库记录物资存储位置、数量和保质期等信息,实现物资储备状态的实时监控。系统配备需求预测模型,根据事故类型、影响范围和救援人数,科学测算各类应急物资的需求量,确保应急物资供应的精准性。资源调配模块基于启发式算法,综合考虑物资储备点分布、运输距离和道路通行条件,生成最优的物资调运方案。系统集成了供应链管理功能,通过建立应急物资供应商数据库和调运车辆资源池,构建快速响应的应急物资保障体系。物资配送环节采用车辆路径优化算法,结合实时路况信息,为物资运输车辆规划最优配送路线。系统支持应急物资的分级分类管理,通过空间分析确定不同类型物资的最佳存储位置和调配策略。物资使用管理模块采用电子标签技术,对物资使用情况进行全程跟踪,实现应急物资补给的动态调整和及时补充。资源优化系统还具备智能预警功能,当物资储备

低于安全阈值时自动触发补充预警，确保应急物资储备的持续性和可靠性。

### 3 GIS技术驱动的特种设备应急救援协同作战

#### 3.1 多部门应急救援信息实时共享与联动

多部门应急救援信息实时共享与联动平台基于GIS分布式架构构建了跨部门协同的信息交互体系。该平台采用微服务架构和数据总线技术，实现消防、医疗、环保等多部门救援信息的无缝对接和实时共享。空间数据交换模块基于OGC标准规范，支持多源异构数据的快速整合，确保各部门空间信息的互操作性。系统设计了统一的数据接口规范，通过WebService服务将各部门的专业应用系统接入协同平台，形成信息共享的服务链。实时数据同步机制采用消息队列技术，保证各部门采集的现场数据能够及时推送至其他协同单位。平台配备了基于区块链技术的数据安全机制，对敏感信息进行分级授权管理，确保数据共享过程的安全可控。协同指挥模块运用空间关联分析方法，将各部门的专业数据进行空间叠加，形成统一的态势感知视图；系统集成了即时通讯功能，支持多部门救援人员进行实时音视频通话和文字交流，提升协同救援效率<sup>[4]</sup>。信息联动机制则基于工作流引擎，根据预设的应急响应规程，自动触发相关部门的联动响应，实现救援力量的快速集结。

#### 3.2 应急救援现场态势综合研判与分析

应急救援现场态势综合研判与分析系统基于GIS空间分析技术构建了多维度的态势感知模型。该系统整合多源遥感数据、物联网监测数据和现场采集数据，运用空间统计分析方法对事故现场的环境要素、危险源分布和救援力量部署情况进行全方位研判。态势分析引擎采用深度学习算法，通过对历史案例数据的挖掘分析，建立事故发展态势预测模型，实现对事故演变趋势的科学预判。系统配备了基于空间关系的风险评估模块，结合地形地貌、气象条件和周边敏感目标分布，对不同区域的风险等级进行动态评估。智能研判功能运用模式识别技术，对救援现场的关键信息进行自动提取和分类，辅助指挥人员快速把握现场态势。系统集成了专家知识库和案例库，通过相似案例检索和智能推理，为现场处置方案优化提供决策支持；态势分析平台采用可视化建模技术，将复杂的多维数据转化为直观的态势图和决策建议，提升指挥决策的科学性。此外，系统还具备态势推演功能，支持多种救援方案的仿真模拟，通过对比分析选择最优处置策略；实时态势分析结果

以图表、专题图等形式推送至各级指挥终端，为协同作战提供统一的态势认知基础。

#### 3.3 应急救援指挥调度一体化平台构建

应急救援指挥调度一体化平台基于GIS技术构建了集数据采集、态势研判、指挥决策和调度执行于一体的综合指挥系统。该平台采用微服务架构设计，实现各功能模块的解耦合灵活组合，支持个性化的指挥流程配置。系统集成了多源数据融合技术，将遥感影像、视频监控、物联网传感等多渠道数据进行智能整合，形成全面真实的现场态势信息；指挥决策模块基于人工智能算法，综合分析事故类型、危害程度和救援需求，自动生成多个可选的救援预案；方案推荐引擎考虑救援装备性能、人员专业技能等因素，对备选预案进行优劣评估，辅助指挥员选择最优决策方案。系统内置标准化的指挥流程和调度规则，通过工作流引擎实现指令的自动下达和任务分解，确保指挥调度的规范性和时效性；移动指挥功能支持指挥人员通过移动终端实时查看现场态势，并通过电子标绘下达作战指令；调度执行模块采用智能调度算法，根据任务需求和救援力量分布，自动匹配最优的救援资源组合。此外，平台还集成了三维可视化技术，通过虚拟现实和增强现实等技术手段，构建身临其境的指挥场景，提升指挥人员的态势感知和判断能力。

#### 结束语

GIS技术在特种设备应急救援领域的深度应用将持续深化，人工智能、大数据、物联网等新兴技术的融合创新将进一步提升应急救援的智能化和精准化水平。协同指挥能力的不断增强和应急处置效率的持续提升，必将为特种设备安全运行提供更加可靠的技术保障。

#### 参考文献：

- [1] 李荣. 多元主体参与视角下贵州省特种设备事故应急救援运行机制研究[D]. 导师：徐中春. 贵州大学, 2023.
- [2] 刘阳. 浅谈特种设备事故原因分析及改善措施研究[J]. 中国设备工程, 2022, (15): 170-172.
- [3] 宋继红. 特种设备事故调查应当重视技术方法[J]. 劳动保护, 2021, (02): 26-28.
- [4] 杨洋, 邱郡, 李赵, 文祥, 全薇. 论特种设备事故(突发事件)的应急响应与科学处置[J]. 中国特种设备安全, 2020, 36(02): 1-5.