

突发公共卫生事件应急软件架构设计研究*

邓 锴¹ 王 坤² 付 兵¹ 王 勇³ 高 星⁴ 雷行云⁴ 郭永超¹ 金泽楠¹
胡红濮^{2,4}

(¹ 北京市公共卫生应急管理中心 北京 100012

² 中国医学科学院/北京协和医学院马克思主义学院 人文和社会科学学院 北京 100193

³ 北京市红十字血液中心 北京 100055

⁴ 中国医学科学院/北京协和医学院医学信息研究所 北京 100020)

〔摘要〕 目的/意义 提出突发公共卫生事件应急软件架构方案, 为公共卫生领域应急管理工作提供支持。方法/过程 通过文献分析和现场调研, 设计突发公共卫生事件应急软件架构方案。结果/结论 该突发公共卫生事件应急软件能够快速、有效地调动和整合各种卫生资源, 及时开展应急救援工作, 最大限度减少人员伤亡和经济损失, 共同维护公共卫生安全, 不断完善和提高应急响应能力。

〔关键词〕 公共卫生; 应急软件; 架构设计

〔中图分类号〕 R-058 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2025.02.012

Study on the Architecture Design of Emergency Software for Sudden Public Health Emergencies

DENG Kai¹, WANG Kun², FU Bing¹, WANG Yong³, GAO Xing⁴, LEI Xingyun⁴, GUO Yongchao¹, JIN Zenan¹, HU Hongpu^{2,4}

¹Beijing Public Health Emergency Management Center, Beijing 100012, China; ²School of Marxism & School of Humanities and Social Sciences, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100193, China; ³Beijing Red Cross Blood Center, Beijing 100055, China; ⁴Institute of Medical Information, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100020, China

〔Abstract〕 **Purpose/Significance** Proposing an emergency software architecture plan for sudden public health emergencies to provide support for emergency management in the field of public health. **Method/Process** Design an emergency software architecture plan for sudden public health emergencies through literature analysis and on-site research. **Result/Conclusion** The emergency software for sudden public health emergencies can quickly and effectively mobilize and integrate various health resources, carry out emergency rescue work in a timely manner, minimize casualties and economic losses, jointly maintain public health safety, and continuously improve and enhance emergency response capabilities.

〔Keywords〕 public health; emergency software; architecture design

〔修回日期〕 2024-12-19

〔作者简介〕 邓锴, 副研究员, 发表论文 6 篇; 通信作者: 金泽楠, 胡红濮。

〔基金项目〕 国家社会科学基金重大项目 (项目编号: 22&ZD141); 国家社会科学基金重点项目 (项目编号: 22AZD089)。

1 引言

突发公共卫生事件呈现突发性、不确定性、危害性、系统性等特点^[1-2]，危害性大，严重损害社会公众健康^[3-6]。因此，应急处置响应是否及时、落实是否有效，直接决定突发公共卫生事件舆论传播态势^[7]。做好充分准备是应对重大公共卫生事件和稳定民心的必要前提，研究突发公共卫生事件应急软件极具意义。

我国已建立多个公共卫生信息化平台，但其整合与协同性仍有待提高。各部门之间信息共享和沟通机制尚不完善，导致突发公共卫生事件发生时，信息流通不畅，影响响应效率。此外，我国在公共卫生数据分析和利用方面仍存在短板，与发达国家存在一定差距。在公共卫生事件中，公众的参与度和信任度至关重要，但我国在公众健康教育、信息传播和沟通方面仍存在不足，公众对疫情防控措施的信心和参与度不高。

随着我国城市化进程加快，城市人口规模扩大，城市公共卫生事件风险不断加大，一些城市近年出现的重大突发公共卫生事件暴露了城市公共卫生管理的短板^[8-11]。应急软件可以提高应急响应效能，加强卫生应对能力^[12-14]，增强抵抗突发公共卫生事件的效率和水平^[15]。因此，开发体系完善的公共卫生事件应急软件对应对城市公共卫生突发事件、维护城市公共卫生安全具有重大意义^[16-17]。本文提出的突发公共卫生事件应急软件架构方案，具有针对性强、数据整合完善、决策支持科学等优势，与其他同类平台相比响应更加高效、决策更加科学，为公共卫生领域应急管理工作提供有力支持。

2 突发公共卫生事件应急软件开发方案

2.1 卫生应急准备子系统

2.1.1 设计思路及功能结构 卫生应急准备是为了确保在突发卫生事件发生时，能够快速、有效地调动和整合各种卫生资源，及时开展应急救援工作，最大限度地减少人员伤亡和经济损失。其主要设计思路如下：一是建立完善的应急组织体系；二是强化应急物资储备；三是提升应急医疗救援能

力；四是加强应急队伍建设；五是完善应急预案和制度建设；六是加强宣传教育和培训，加强公众的卫生应急意识和技能培训，提高其自救互救能力。卫生应急准备子系统功能结构，见图 1。其主要面向全市各医疗机构、急救中心、疾控中心提供应急值守、应急保障、应急培训演练、应急预案管理和应急知识库功能，用于满足全市卫生应急准备工作的管理和监督需求，提高应急准备工作效能。

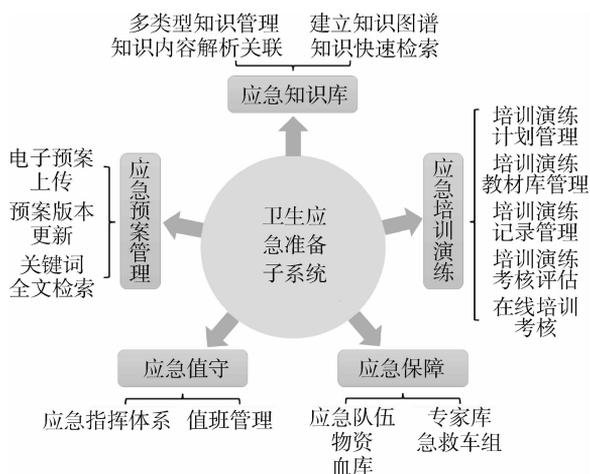


图 1 卫生应急准备子系统功能结构

2.1.2 应急值守 包括应急指挥体系管理和值班管理。前者依托现有应急指挥管理体系，建立支持管理人员动态调整的在线应急指挥架构，可对其中人员进行管理维护，形成完整的工作通讯录。后者供各应急管理相关单位上传本单位的应急值班表，可自动生成值班日志，供管理人员查询和统计。

2.1.3 应急保障 包括 5 个部分。一是应急队伍管理和维护。全市各医疗机构根据系统预设模板，填报应急队伍人员信息，如该信息发生变更，管理人员可登录系统维护信息，实现动态管理。二是专家库管理。管理人员可在系统中设置应急管理专家小组，支持自定义小组名称、范围和工作区域；可将专家信息录入系统，并根据已设置的专家小组进行专家抽取；专家抽取过程中，可查看专家活动和相关资源占用情况，确保专家小组真实有效。三是医疗物资管理。各医疗机构根据医疗物资调查信息表，填报本单位医疗物资信息，经管理部门审核通过，可查询全市医疗物资信息。四是急救车组管理。管理人员可查看全市急救车组的列表信息，点击某辆车，还可查看详细的车辆信息、车组人员、

现场 GPS 定位、车辆任务轨迹、接处警处理和院前病案记录等。五是血库管理。通过与红十字血液中心系统对接,查询全市各血液机构成品库库存、明细和发放记录,支持按血型分析。

2.1.4 应急培训演练 管理人员可制定培训演练计划,支持查看计划执行进度和完成情况;可动态管理培训教材、课件和相关音视频资料,开展在线培训考核,查询培训演练记录,按照培训单位和人员进行考核分析,提高各机构职工应对突发事件的能力,确保在紧急情况下能够迅速采取有效的应对措施。

2.1.5 应急预案管理 管理人员可根据本单位实际情况,在线制定应急预案,包括突发事件类型、应对措施、人员组织、物资保障、流程控制等多个方面。支持上传电子版应急预案,对预案进行结构化解析,以及关键字全文检索,有效提高各机构应对突发事件的能力和效率。

2.1.6 应急知识库 基于知识图谱技术建立,包含各种应急知识和技能,可实现管理人员对应急知识的快速检索。

2.2 卫生应急监测预警子系统

卫生应急监测预警子系统是一个综合性的系统,旨在通过对疾病、危险因素和异常健康事件的监测,及时发现和识别潜在的公共卫生威胁,采取适当的措施,防止或减轻其对公众健康的影响,其具体目标包括以下几个方面。一是及时发现和识别潜在的公共卫生威胁,如新发突发传染病、群体性不明原因疾病等。二是通过对疾病、危险因素和异常健康事件的监测,掌握其发生、发展和变化的趋势,为决策提供科学依据。三是通过对疾病、危险因素和异常健康事件的监测,评估公共卫生事件的影响范围和程度,为制定和调整应对策略提供支持。四是通过监测和预警,为采取适当的措施提供时间保障,减轻公共卫生事件对公众健康的影响。五是通过监测和预警,提高公众的健康意识和自我保护能力,促进社会共治,共同维护公共卫生安全。

卫生应急监测预警子系统设计思路如下。一是建立全面的监测网络。建立覆盖全市各医疗机构、急救中心、疾控中心的监测网络,实现对疾病、危险因素和异常健康事件的全面监测。二是整合多渠道数据。整合医疗机构就诊记录、疾控中心疫情报告、卫生监

督机构执法信息、社区卫生服务中心健康管理数据等,通过相关分析全面了解公共卫生状况,及时发现潜在的公共卫生威胁。三是分析风险监测数据。采用大数据、人工智能等先进技术手段,实时分析监测数据,提供预警和预测功能,提高监测准确性和时效性,为决策提供科学依据。四是实现分级预警。根据突发公共卫生事件的性质、范围和影响程度,分级预警。不同级别的预警对应不同的应对措施和响应级别,以保障资源的合理分配和应对措施的有效性。五是强化信息共享和合作机制。促进各地区、各单位之间的信息交流和协同作战,快速识别和应对公共卫生威胁,提高整体应急响应能力。

2.3 卫生应急处置子系统

卫生应急处置子系统的设计目标是确保在突发公共卫生事件发生时,能够快速、高效、有序地开展应急处置工作,最大限度地减少人员伤亡和经济损失,提高社会应对突发公共卫生事件的能力,其设计思路主要包括以下几个方面。一是建立突发公共卫生事件应急指挥决策中心。该中心负责全面协调和指导应急处置工作,应具备完善的组织架构和职责分工,以进行高效的信息汇总、决策支持和指挥调度。二是整合信息资源。整合各相关部门和机构的信息资源,建立完善的信息收集、传输、处理和分析体系,确保信息的及时性、准确性和全面性。同时,要建立健全信息公开机制,及时向公众发布权威信息,消除恐慌情绪。三是优化决策支持系统。通过应用先进的预测模型、风险评估方法和数据挖掘技术等,为决策者提供科学、准确的数据支持和决策建议,提高决策的科学性和准确性。四是实现高效协调和联动。加强各部门、各地区之间的协调联动,建立完善的工作机制和沟通渠道,实现资源共享、信息互通和行动协同,提高整体应急响应能力。五是提供技术支持和保障。应急指挥系统应具备先进的技术支持和保障手段,包括远程视频会议、无线通信、大数据分析等,以满足应急处置工作的需要。

2.4 卫生应急事件复盘子系统

卫生应急事件复盘子系统针对突发公共卫生事件产生的档案信息进行收集、整理、存储、利用和管理,旨在提高档案管理效率,保障档案信息安

全,为突发公共卫生事件的应对和决策提供有力支持。卫生应急处置结果推演主要步骤如下。第 1 步:设定模拟事件,选择可能发生的卫生应急事件进行模拟。第 2 步:制定应急预案。根据模拟事件特点和应对要求,制定相应应急预案。第 3 步:模拟事件发生。模拟事件按照预设情境和时间节点发生,各相关单位和人员按照职责和预案进行应对。第 4 步:评估应对效果。对应急预案的执行情况进行评估,包括响应速度、协调性、效果等方面。第 5 步:总结经验教训。根据模拟事件的应对效果,总结经验教训,进一步完善应急预案和应对措施。

2.5 卫生应急基础数据中心

卫生应急基础数据中心的设计目标是确保突发公共卫生事件发生时,能够实现快速、高效、可靠的数据交换和共享,以支持应急处置工作,其设计思路如下。一是建立统一的数据交换标准。包括数据格式、数据元、数据交换协议等,以确保各地区、各部门之间的数据能够兼容和共享。二是建立高效的数据传输机制。包括实时数据传输、批量数据传输等,以确保数据的及时性和完整性。三是实现可靠的数据交换与共享。采用可靠的数据交换与共享技术,如基于 Web 服务的分布式计算、消息队列等,确保各地区、各部门之间的数据能够可靠地交换和共享。四是保证数据的安全性和保密性。采取必要的技术手段和管理措施,确保数据的安全性和保密性。例如,采用加密技术保护敏感数据,建立身份认证和访问控制机制,防止数据泄漏和滥用。五是提供灵活的数据接口与扩展性。以满足不同部门和地区的数据交换需求变化和系统升级。六是支持多种数据源和数据格式。包括结构化数据、半结构化数据和非结构化数据等,以满足不同部门的数据需求。七是实现自动化与智能化。通过技术手段,减少人工干预和操作成本,提高数据交换的效率和准确性,例如利用机器学习算法进行数据清洗和校验。

2.6 卫生应急辅助决策中心

卫生应急辅助决策中心的设计目标是建立一个集中、直观、易用的可视化分析展示系统,基于大数据、物联网、云计算和人工智能等新技术,实现卫生应急处置辅助决策和智慧化指挥调度,全面提高卫生

应急处置能力,保障公共卫生和人民生命健康安全。一是数据可视化。将复杂的数据以直观、易懂的可视化图表、图形等形式展示出来,例如疫情分布图、病例趋势图、救援行动路线图等,以便公众更好地理解数据。二是实时监控。实时监控突发卫生事件的发展和变化趋势,及时更新数据和可视化展示,便于决策者快速掌握情况,作出正确决策。三是多维度分析。从多个维度深入分析数据,例如时间、地点、病例类型、年龄分布等,便于发现数据中的规律和趋势,为决策提供科学依据。四是数据交互。提供交互式操作界面,使用户能够通过简单的操作对数据进行筛选、过滤和分析,以获得更准确、个性化的可视化展示结果。五是可定制。根据用户需求和偏好,提供可定制的可视化展示模板和数据分析报告。六是高效性能。优化系统性能,提高数据处理和可视化展示效率,确保系统的稳定性和可用性。

3 效果评估

突发公共卫生事件应急软件架构设计的应用评估涉及多个方面,包括软件的功能性、可靠性、易用性、安全性以及在实际应急响应中的表现等。一是有效性评估。即评估突发公共卫生事件发生时软件的响应速度和决策支持能力,如是否能够迅速响应突发公共卫生事件,提供及时、准确的信息支持和决策辅助,确保其有效应对各类紧急情况;预警模型是否准确,能否及时发出预警信号;应急指挥体系是否完善,能否实现医疗资源快速调度和分配等。二是可靠性评估。即考察软件架构设计的稳定性,确保在紧急情况下不会出现系统崩溃或数据丢失等问题。需验证软件在长时间运行和高负载情况下的表现;检测软件在长时间运行、高并发和大流量状态下的稳定性;评估软件的数据加密和防护措施是否到位,确保数据不被泄漏或篡改,数据传输和存储过程安全。三是实用性评估。即评估软件架构设计是否易于操作和使用,方便应急管理人员快速熟悉并有效利用其功能。如分析软件是否提供用户友好的界面和丰富的功能选项;评估用户界面是否简洁明了,易于操作。四是灵活性评估。即考查软件架构设计是否具备高度的灵活性,能够根据实际需要快速调整和优化功能配置。如验证软件是否

支持模块化设计并支持扩展,以便在后续开发和升级中添加新功能或修改现有功能。收集用户使用反馈,包括功能需求、操作体验等方面的意见,并依此进行优化。五是可扩展性评估。分析软件架构设计是否具备强大的可扩展性,能够随着公共卫生事件应急响应需求的增长而不断扩展和升级。评估软件是否支持与其他系统的集成和互操作,以实现更广泛的信息共享和协同工作。

为了获得更全面、客观的评估结果,可采用多种评估方法,如案例分析、调查问卷、专家评审等。同时,还需要根据评估结果提出针对性的改进建议,以不断优化和完善软件架构设计,提升其在突发公共卫生事件应急响应中的效能。

4 结语

借助人工智能、大数据等信息技术的应急响应在一定程度上可成为应对突发公共卫生事件的重要助力^[18-20]。本研究设计的突发公共卫生事件应急软件已取得初步成果,但用户友好性方面略有不足,培训内容较复杂,培训成本高昂。未来将进一步加强技术整合与标准化,优化用户中心设计,提升系统的整体效能和实用性,为公共卫生安全提供更加坚实的技术支撑。以便突发公共卫生事件发生时,能够快速、有效地调动和整合卫生资源,及时救援,减少人员伤亡和经济损失,维护公共卫生安全,提高应急响应能力。

作者贡献: 邓锴负责研究设计;王坤负责论文撰写;付兵、王勇、高星、雷行云、郭永超负责软件设计与评估;金泽楠负责提供指导、论文修订;胡红濮负责研究设计、论文修订。

利益声明: 所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- 1 王宏伟. 提升非常规突发事件的应对能力: 应急管理体制改革成败的“试金石” [J]. 公共管理与政策评论, 2018, 7 (6): 37-51.
- 2 刘阳, 田军, 冯耕中, 等. 考虑声誉效应的应急物资储备系统动态激励模型 [J]. 系统管理学报, 2022, 31 (1): 1-15.
- 3 郭亚男, 安实, 麦强. 考虑参照依赖的突发公共卫生事

件预警信息公开策略研究 [J]. 运筹与管理, 2023, 32 (2): 139-146.

- 4 赵飞, 傅承主, 矫涌本, 等. 国内外突发公共卫生事件应急指挥系统建设研究 [J]. 中国卫生信息管理杂志, 2012, 9 (2): 25-29.
- 5 叶冬青, 查震球. 我国突发公共卫生事件的新特点与应对新策略 [J]. 中华疾病控制杂志, 2009, 13 (1): 1-3.
- 6 徐晓君, 黄一峰. 突发公共卫生事件应急管理中舆情引导机制探讨——基于“社会人”假设理论进行分析 [J]. 江苏卫生事业管理, 2022, 33 (6): 816-819.
- 7 本刊编辑部. 以史为鉴 继往开来 走好新时代应急管理“赶考路” [J]. 中国应急管理, 2021 (12): 6-7.
- 8 金琪, 廖康杰, 姚海龙, 等. 基于城市公共安全的应急指挥系统软件架构设计与实现 [J]. 数字技术与应用, 2018, 36 (11): 142-144.
- 9 申俊龙, 王鸿江, 魏鲁霞. 我国应对突发公共卫生事件的城市社区韧性治理模式建构研究 [J]. 中国医院管理, 2021, 41 (12): 91-95.
- 10 王世福, 张晓阳, 邓昭华. 突发公共卫生事件下城市公共空间的韧性应对 [J]. 科技导报, 2021, 39 (5): 36-46.
- 11 彭翀, 李月雯, 王才强. 突发公共卫生事件下“多层次联动”的城市韧性提升策略 [J]. 现代城市研究, 2020 (9): 40-46.
- 12 陈莹, 邱勇, 陈珊珊, 等. 高校开放实验室突发公共卫生事件应急管理机制与案例分析 [J]. 实验科学与技术, 2022, 20 (1): 140-143.
- 13 李双凤. 加强医院应对突发公共卫生事件应急后勤保障管理研究 [J]. 现代医院, 2022, 22 (1): 141-142.
- 14 王怡凡, 周典, 姚辰欢, 等. 面向重大突发公共卫生事件的医院应急管理弹性能力研究 [J]. 中国医院管理, 2021, 41 (6): 12-15.
- 15 ZHANG H W, YU J, XU H J, et al. Corona virus international public health emergencies: implications for radiology management [J]. Academic radiology, 2020, 27 (4): 463-467.
- 16 林家俊, 孙于岚, 陈培彬, 等. 城市突发公共卫生事件应急管理体系评价——基于福建省九地市的实证分析 [J]. 龙岩学院学报, 2021, 39 (2): 98-106.
- 17 王刚. 应急预案演练对公共卫生管理人员应对突发事件能力的影响 [J]. 中国卫生标准管理, 2024, 15 (15): 49-52.
- 18 于小菲. 面向突发公共卫生事件的地方政府应急医疗物资保障优化研究 [D]. 南昌: 江西财经大学, 2024.
- 19 眭海刚, 王金地, 彭明军, 等. 时空大数据在突发公共卫生事件应急指挥中的应用与挑战 [J]. 指挥与控制学报, 2024, 10 (4): 502-508.
- 20 张锋. 基于大数据的重大突发公共卫生事件风险治理研究 [J]. 理论视野, 2020 (9): 67-73.