

突发公共卫生应急指挥系统总体架构设计研究

邓 锴¹ 王 坤² 王 勇³ 陈庆锬⁴ 王 岩⁴ 郭孟杰¹ 万艳丽⁴ 郭永超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 设计突发公共卫生应急指挥系统总体架构, 推动我国突发公共卫生事件应急管理体系的建设和完善。**方法/过程** 采用文献调研、现场调研、技术分析等方法, 阐述突发公共卫生应急指挥系统的设计目标和总体架构设计原则, 设计突发公共卫生应急指挥系统总体架构。**结果/结论** 突发公共卫生应急指挥系统总体架构设计遵循5大原则、采用8项主要技术, 形成“六纵三横二对接”总体架构, 基于此建立的突发公共卫生应急指挥系统可提升应急管理部门的处置效率与指挥能力。

【关键词】 公共卫生; 应急指挥系统; 架构设计

【中图分类号】 R-058 **【文献标识码】** A **【DOI】** 10.3969/j.issn.1673-6036.2025.10.011

Study on the Overall Framework Design of the Public Health Emergency Command System

DENG Kai¹, WANG Kun², WANG Yong³, CHEN Qingkun⁴, WANG Yan⁴, GUO Mengjie¹, WAN Yanli⁴, GUO Yongchao¹, 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 To design the overall framework of the public health emergency command system, so as to promote the construction and improvement of the public health emergency management system in China. **Method/Process** By using methods such as literature review, on-site investigation and technical analysis, the design goals and overall framework design principles of the public health emergency command system are expounded, and the overall framework of the system is designed. **Result/Conclusion** The overall framework design of the public health emergency command system follows five major principles and adopts eight key technologies, forming an overall framework of “six layers, three systems and two interconnections”. This system can enhance the handling efficiency and command capability of the emergency management department.

【Keywords】 public health; emergency command system; framework design

【修回日期】 2025-04-18

【作者简介】 邓锴, 副研究员, 发表论文6篇; 通信作者: 郭永超, 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

2003 年以来,我国以制定和完善应急预案为切入点,逐步健全应急管理体系^[1-2]。近年来突发公共卫生事件频发,不仅给人民生命财产造成损失,也给国家和地方政府的卫生应急管理带来挑战,需多主体、多层次协同才能有效控制。而不同主体因目标、地域、利益差异产生博弈关系,易导致防控矛盾,影响时效性^[3]。因此,建立突发公共卫生事件应急管理体系,既是完善疾病预防控制体系的重要任务,也是国家战略需要^[4]。

突发公共卫生事件具有突发性、未知性、多样性、群体性、社会性等特点,其防控效果与国家公共卫生应急体系建设水平直接相关^[5-6]。此类事件每年给国内经济社会发展和人民群众生命财产造成严重损失^[7],对国家应急和决策部门的处置能力提出更严格的要求^[8-9]。国家大力倡导运用大数据、物联网等技术建设面向突发公共事件的应急指挥系统^[9-10]。许多学者已开展相关研究,刘家福等^[11]、余其鹏^[12]、宁玉辉等^[13]、赵开功等^[14]分别设计面向不同突发公共事件的应急指挥系统。公共卫生事件应急指挥系统的建设有助于提升城市管理水平和行政服务效率^[15-17]。

突发公共卫生应急指挥系统总体架构的设计,可深化对突发公共卫生事件应急管理的理解,丰富公共卫生应急管理理论体系,提高应急响应效率、优化资源配置、增强公众安全感和自我防护意识^[18-19]。本研究设计突发公共卫生应急指挥系统总体架构,旨在为推动我国突发公共卫生事件应急管理体系建设和完善贡献力量。

2 突发公共卫生应急指挥系统设计目标

突发公共卫生应急指挥系统设计旨在有效应对突发公共卫生事件,保障人民生命安全和身体健康,维护社会稳定和经济发展,具体包括以下几个方面。一是建立信息收集与共享机制,构建高效机制,确保突发公共卫生事件发生时能迅速获取相关

数据信息,使各级卫生部门、医疗机构及相关单位及时共享信息,提升决策科学性和及时性。二是制定智慧协调机制,明确各级指挥机构职责权限,确保应急响应中各部门高效协同;建立跨部门、跨区域协作机制,实现资源合理配置和高效利用。三是提升应急队伍响应能力,依据科学应急预案开展演练和培训,提高各级人员应急处置能力;组建快速响应队伍,确保突发事件发生时能迅速出动开展救援和控制工作。四是建立评估与反馈机制,评估应急响应过程,及时发现问题并改进。这既有助于提升系统整体效率,也为未来应急管理提供宝贵经验。五是科技支持与创新应用,充分利用大数据、人工智能、云计算等现代科技手段,提升突发公共卫生应急指挥系统智能化水平;通过科技创新,增强疫情预测、监测与分析能力,为决策提供科学依据。总之,通过信息共享、指挥协调、应急响应、评估反馈和科技支持等综合措施,构建高效、灵活、智能的应急管理体系,以应对日益复杂的公共卫生挑战。

3 突发公共卫生应急指挥系统总体架构设计原则

一是预防为主、平急结合。树立风险意识,强化底线思维,坚持关口前移、抓早抓小、常备不懈,提升监测预警灵敏度,完善公共卫生风险研判、评估、决策与防控机制,将问题解决在萌芽、成灾之前。坚持急时与平时功能结合,立足重大疫情防控救治需求,加强突发公共卫生应急管理软硬件建设,实现社会效益与经济效益统一。

二是顶层设计、系统互联。从整体出发规划系统架构、功能模块及相互关系,合理配置资源,协调各部分协同运作。注重与外部环境衔接,保障系统开放性与兼容性。通过顶层设计,使系统设计具备整体性、协调性和可持续性,为项目或行业发展奠定基础。项目建设尽可能整合利用已有、在建和将建项目资源,统一设计大数据平台,可与其他系统互联;整合现有数据资源,实现系统互联与数据共享。

三是系统开放、功能实用。采用先进设计思想和开放体系结构，考虑开放性与兼容性要求，以实际需求确定功能，以满足实际需求为最终目标。

四是安全可靠、运行稳定。对信息加密，保障传输安全，注重系统运行可靠性与稳定性，满足 24 小时不间断业务运行要求。

五是重点部署、分步实施。充分考虑统一化、标准化、权威化要求，建立监管信息统一体系架构，有序推进系统建设。

4 突发公共卫生应急指挥系统总体架构

突发公共卫生应急指挥系统总体架构可概括为“六纵三横二对接”，见图 1。其中“六纵”主要由基础环境运行层、数据资源层、应用支撑层、业务应用层、分析展示层和用户层组成，“三横”由标准规范体系、安全保障体系和运维保障体系组成，“二对接”指与第三方信息系统和硬件设备对接。

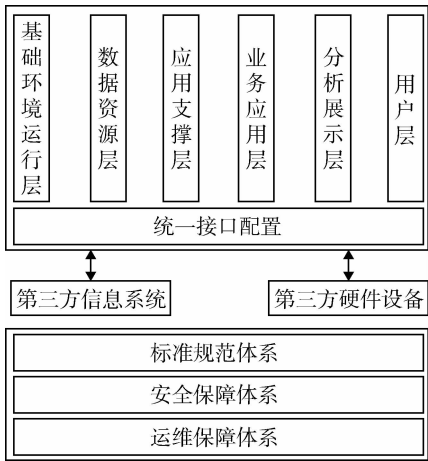


图 1 突发公共卫生应急指挥系统总体架构

4.1 “六纵”

基础环境运行层旨在满足应急指挥系统业务需求，保障系统稳定运行与高质量服务。本研究依托政务云建设该层，以租赁方式确保系统运转。基础硬件环境含服务器、存储设备、网络设备等，提升计算、存储和网络通信能力；软件环境含操作系统、数据库等，提供应用运行环境与管理工具；网络环境含政务内网、外网和互联网，实现数据传输

与信息共享；安全环境含防火墙、入侵检测系统等，保障系统安全与数据机密。

数据资源层为应急指挥调度业务提供稳定、可靠、高效的数据支撑，保障应急准备、监测预警、处置、辅助决策等上层应用正常运行。本研究数据资源层包括结构化数据（业务类、支撑类、分析类）、非结构化数据、半结构化数据和共享交换数据等。结构化数据中的业务类包括应急队伍、物资、专家、急救车辆、血库资源、应急预案、门/急诊监测、预警、处置、事件等信息；支撑类包括预警模型库、评价指标库、元数据库等；分析类包括风险监测预警、辅助决策支持、专业分析等信息；非结构化数据包括文本、图片、音频、视频等；半结构化数据包括 XML、JSON 数据；共享数据包括突发公共卫生事件、应急处置、响应等数据。

应用支撑层提供通用应用组件和中间件，降低上层应用开发难度和成本，提高开发和运行效率。本研究应用支撑层涵盖消息中间件、数据库中间件、缓存中间件、负载均衡中间件、地理信息系统服务组件、商业智能分析组件、全文检索组件、数据交换组件、内容管理组件、文档管理组件、单兵设备组件、统一用户组件。

业务应用层是突发公共卫生应急指挥系统的核心层，可提供应急准备、监测预警、处置、事件复盘等功能，为卫生应急决策和公共服务提供数据支持。卫生应急准备主要包括应急值守及值班、队伍管理、专家库管理、物资管理、血库资源管理、培训演练、预案管理、知识库管理等功能；卫生应急监测预警主要包括突发公共卫生事件监测、紧急医学救援监测等功能；卫生应急处置主要包括事件管理（一线值班）、记录、接报、信息转呈、报告撰写、处置（科级以上）、启动响应、追踪等功能；卫生应急事件复盘主要包括事件电子化归档、数据调取、指挥调度和院内救治信息记录等功能；应急基础数据中心包括应急元数据管理、数据获取、数据管理、数据加工、数据仓库、数据交换管理、空间数据管理等。

分析展示层基于卫生应急辅助决策中心，面向用户提供信息展示与交互操作，依据用户需求和行为习惯进行个性化设计优化，提升用户体验和服务

质量。包括可视化分析统计（事件数量、应急队伍、专家资源、急救车组、物资库存等分析统计）、智能化辅助决策（风险区域智能标注、应急预案自动生成、卫生应急队伍组建、急救车组智能调度、事件发展研判指示等）和视频化指挥调度（队伍调度、物资调拨、车组派遣、医院收治、区域封控、临时隔离点设置、现场实况音视频展示）。

用户层面向系统的直接使用者，主要包括卫生健康委员会相关领导及其他应急管理单位工作人员等。

4.2 “三横”

标准规范体系是突发公共卫生应急指挥系统的基础和重要组成部分，用于规范系统建设和运行管理，是平台信息和软件资源共享、有效开发、顺利集成、安全运行及平稳更新完善的重要保障。该体系包括信息系统技术规范和管理制度规章两方面。信息系统技术规范涵盖数据、接口、编码、安全等规范；管理规章制度涵盖项目管理、安全管理、运维管理等。

安全保障体系是突发公共卫生应急指挥系统的重要组成部分，旨在确保应急指挥系统安全稳定，防止信息泄漏、篡改或损坏。针对应急指挥系统安全目标和需求，制定相应政策和规章制度；建立专业安全团队或机构，负责安全管理、监督和应急响应；采用各种安全技术和手段，如加密技术、入侵检测和防御技术、防火墙技术等，确保系统安全。

运维保障体系主要负责日常监控：实时掌握系统运行状态，快速响应并解决问题；保障数据安全，提升系统效率；打造专业运维团队，保障体系稳定可靠运行。建立健全该体系可加强对政务信息系统的监控和管理，及时发现并解决系统运行问题，提高系统稳定性和安全性，优化性能，降低运营成本，促进信息共享和协同工作。

4.3 “二对接”

为确保应急监测预警和应急指挥调度工作高效开展，设计两类对接工作，一是与其他信息系统的数据交换和共享，包括医院信息系统（hospital information system, HIS）、市卫生健康委员会信息中

心数据系统、市 120 急救系统、市疾控中心系统、市血液中心系统、区卫生健康委员会系统及外省共享交换系统等；二是与智能硬件集成对接，包括卫生应急移动单兵设备、无线智能应急布控球、智能应急无人机、应急指挥车等，见图 2。

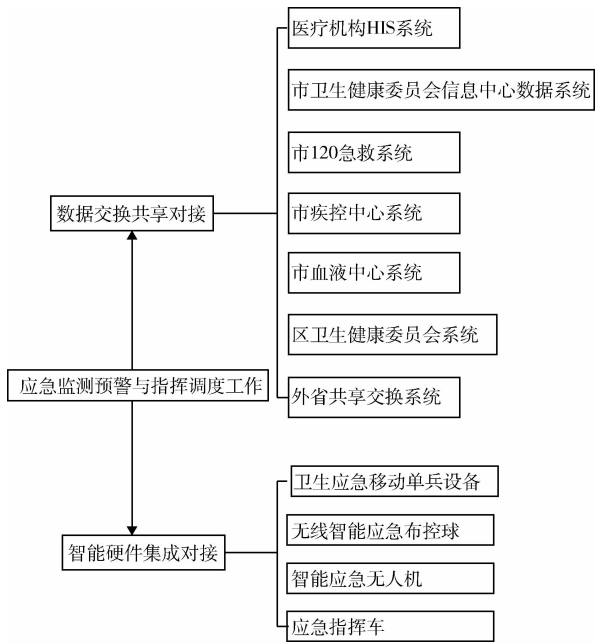


图 2 突发公共卫生应急指挥系统“二对接”架构

5 突发公共卫生应急指挥系统技术架构

突发公共卫生应急指挥系统涵盖数据存储技术、业务应用技术、服务网关技术、访问控制技术、应用展现技术、集成交付技术、运维管理技术、平台集成技术。其中数据存储技术架构，见图 3。

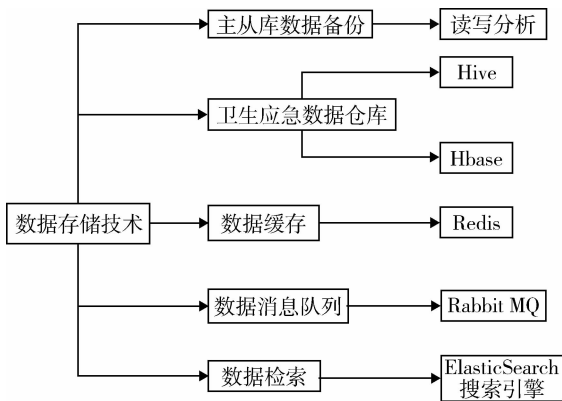


图 3 数据存储技术架构

数据存储主要通过读写分析的方式进行主从库的数据备份,同时基于 Hive 和 Hbase 建立卫生应急数据仓库,数据缓存主要依赖于 Redis 建立,数据消息队列采用 Rabbit MQ 进行通信,最终数据检索通过 Elasticsearch 搜索引擎实现。

业务应用技术应用于服务融合方面,采用微服务注册方式,各应用可进行服务订阅,保障技术架构为松耦合状态;文件服务主要通过 Play Framework 实现上传、下载、压缩;视频服务主要通过 SpringBoot 实现上传、转码、播放;建立 ELK 日志采集监控,实现日志自动采集、分析和相关搜索。

通过服务网关技术,可将权限校验的逻辑写在网关过滤器中,后端服务无须关注权限校验的代码,所以服务的 jar 包中也不会引入权限校验逻辑,不会增加 jar 包大小。本研究服务网关覆盖 Biz GateWay、App GateWay、Admin GateWay、Msg GateWay 和 File GateWay 等。

访问控制技术主要用于系统管理员控制用户对服务器、目录、文件等网络资源的访问,在保障性能的前提下,主要采用 CDN 网络加速、LVS 虚拟负载、Keepalived、DNS 和 VPN 登录控制等技术实现。

应用展现技术应用于移动端、PC、专用设备等多个终端,支持原生 (Android、iOS、Harmony OS、Hyper OS)、混合 (DSBridge、AppCan)、H5 (VUE Vant)、小程序 (Vant/Uni-app)、浏览器 (Vue + Element/iview) 等业务应用。

集成交付技术主要应用于自动化构建、测试和部署流程,加速软件交付速度,同时提高软件的质量和可靠性。本研究采用的集成交付技术主要包括 Zabbix 分布式系统监控、Yapi API 接口平台、SVN 配置管理、GIT 代码版本管理、Maven 服务构建和 JMeter 压力测试等。

通过专业化、标准化和流程化手段实现运维管理自动化,如自动化部署、配置、监控、告警等,以提升运维质量,降低运维成本。本研究采用的自动化运维管理工具包括 Puppet、Chef、Ansible、Saltstack 等。

平台集成技术可帮助实现更高效、更灵活的业务流程,提高工作效率和质量。本研究主要通过

Mule ESB 服务总线、Kafka 消息总线、Kettle 数据交换、QuartzCrontab 定时任务等进行平台应用集成。

6 结语

本研究设计的突发公共卫生应急指挥系统以应急事件处置为导向,融合多种技术手段与多源数据^[20]。系统设计遵循 5 原则、采用 8 项主要技术,形成“六纵三横二对接”总体架构,可提升应急管理相关部门的处置效率与指挥能力。

本研究仍存在以下不足:系统模块化设计不完善,数据共享机制尚不健全,可能导致部门间信息孤岛现象;用户界面友好性和可操作性有待提升。针对这些问题,将优化系统架构以提高可扩展性,建立统一数据共享平台以促进信息流通,改进用户界面设计以增强易用性。未来系统建设将引入人工智能技术进行数据分析与预测,加强与智能硬件集成,实现实时监测与响应,从而提升系统整体效能与实用性,为公共卫生安全提供坚实技术支撑。

作者贡献: 邓锴负责研究设计;王坤负责论文撰写;王勇、陈庆锐、王岩、郭孟杰、万艳丽负责技术架构分析;郭永超负责提供指导、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 赵瑞霞,宋拥军,李敏. GIS 在突发公共卫生事件中的应用现状与展望 [J]. 中国数字医学, 2022, 17 (8): 110 - 115.
- 2 中共十九大: 决胜全面建成小康社会夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利 [J]. 保密工作, 2021 (12): 2.
- 3 陈智. 广东省县级政府突发公共卫生事件应急政策执行能力研究 [D]. 兰州: 兰州大学, 2023.
- 4 陈明雁,李太生,马小军,等. 北京协和医院建立突发公共卫生事件应急指挥体系实践与思考 [J]. 中国医院, 2023, 27 (2): 35 - 37.
- 5 张培东,蒋俊俊,李炫蓉,等. 现阶段我国突发公共卫生事件的应急体系建设 [J]. 内科, 2022, 17 (4): 428 - 431.

(下转第 107 页)

- 24 陈锦皇, 何小军, 张进祥. 以 DeepSeek 为代表的自然语言大模型给急诊医学科住院医师规范化培训带来的机遇与挑战 [J]. 中华急诊医学杂志, 2025, 34 (5): 616–619.
- 25 RAJARAM A. Large language models in medical education; new tools for experimentation and discovery [J]. Canadian medical education journal, 2024, 15 (3): 123–124.
- 26 MCLEAN A L. Constructing knowledge: the role of AI in medical learning [J]. Journal of the American medical informatics association, 2024, 31 (8): 1797–1798.
- 27 范佳荣, 钟绍春. 学科知识图谱研究: 由知识学习走向思维发展 [J]. 电化教育研究, 2022, 43 (1): 32–38.
- 28 陆泉, 谢祎玉, 陈静, 等. 临床医学课程知识主题图谱构建研究 [J]. 图书情报工作, 2019, 63 (9): 101–108.
- 29 郭宏伟. 基于智能教育的高校在线课程知识图谱构建研究——以中国医学史为例 [J]. 中国电化教育, 2021, (2): 123–130.
- 30 于骊, 邓为民, 张士杰, 等. 知识图谱赋能基础医学教育的实践 [J]. 中华医学教育杂志, 2024, 44 (7): 513–516.
- 31 KERN D E, THOMAS P A, HUGHES M T. Curriculum development for medical education: a six – step approach [M]. 3rd ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2016.
- 32 PAN S, LUO L, WANG Y, et al. Unifying large language models and knowledge graphs: a roadmap [J]. IEEE transactions on knowledge and data engineering, 2024, 36 (7): 3580–3599.
- 33 ZHANG Z Y, HAN X, LIU Z, et al. ERNIE: enhanced language representation with informative entities [C]. Florence: The 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, 2019.
- 34 KE P, JI H Z, RAN Y, et al. JointGT: graph – text joint representation learning for text generation from knowledge graphs [C]. Online: Association for Computational Linguistics, 2021.
- 35 WANG M, SUN Z, JIA M, et al. Intelligent virtual case learning system based on real medical records and natural language processing [J]. BMC medical informatics and decision making, 2022, 22 (1): 60.

(上接第 80 页)

- 6 李青青, 孙守强. 面向突发公共卫生事件的全流程应急决策体系构建 [J]. 情报杂志, 2025, 44 (2): 66–71.
- 7 贾群林, 刘鹏飞. 突发公共事件的应急指挥与协调 [M]. 北京: 当代世界出版社, 2010.
- 8 蔡胜胜. 突发事件应急决策与处置平台设计与实现 [D]. 北京: 中国人民公安大学, 2020.
- 9 赵宏伟, 赵西珂, 王阳阳, 等. 面向突发公共事件的数字化应急指挥系统研发 [J]. 计算机技术与发展, 2023, 33 (7): 202–207.
- 10 赵文景. 区块链在智慧城市应用中存在巨大潜能 [J]. 中国信息界, 2022 (3): 62–65.
- 11 刘家福, 李帅. 基于 WebGIS 的城市灾害应急系统设计研究 [J]. 吉林师范大学学报 (自然科学版), 2018, 39 (1): 129–134.
- 12 余其鹏. 基于 Android 平台的地震应急系统设计与实现 [J]. 地理空间信息, 2020, 18 (7): 72–77.
- 13 宁玉辉, 姚喜. 一种应急指挥系统的设计与实现 [J]. 计算机科学, 2021, 48 (S1): 613–618.
- 14 赵开功, 方衡. 一体化运营综合能源集团智能应急指挥平台的研究与实现 [J]. 矿业安全与环保, 2021, 48 (6): 58–64.
- 15 ELSEDIMY E I, ABOHASHISH S M M. An intelligent hybrid approach combining fuzzy C – means and the sperm whale algorithm for cyber attack detection in IoT networks [J]. Scientific reports, 2025, 15 (1): 1005.
- 16 SHI H, TSAI S, LIN X, et al. How to evaluate smart cities' construction? A comparison of Chinese smart city evaluation methods based on PSF [J]. Sustainability, 2018, 10 (1): 37.
- 17 马庆禄, 张丽, 王欣宇. 突发公共卫生事件下成渝城市群智慧化治理 [J]. 重庆交通大学学报 (社会科学版), 2024, 24 (4): 54–62.
- 18 郭轩荧, 乔学斌. 基于危机管理理论的公共卫生应急管理体系构建和思考 [J]. 江苏卫生事业管理, 2021, 32 (11): 1553–1557.
- 19 方鹏骞, 王一琳. 我国医疗卫生体系治理能力及应急响应机制的关键问题与思考 [J]. 中国卫生事业管理, 2020, 37 (4): 241–244.
- 20 WANG T, GUOMAI S, ZHANG L, et al. Earthquake emergency response framework on campus based on multi – source data monitoring [J]. Journal of cleaner production, 2019, 238 (11): 117965.