

突发公共卫生事件智慧应急发展探讨

姚建义¹, 金雅玲¹, 汤晓勇¹, 吴家兵², 侯赛², 刘晓青³, 张天琛³,
宋铁⁴, 肖建鹏⁴, 刘剑君¹

(1. 中国疾病预防控制中心, 北京 102206; 2. 安徽省疾病预防控制中心, 合肥 230601; 3. 江西省疾病预防控制中心, 南昌 330029; 4. 广东省疾病预防控制中心, 广州 511430)

摘要: 构建信息化、数字化、智能化的智慧应急新模式, 旨在解决目前我国突发公共卫生事件应对过程中快速响应机制、多部门统一协调协作、信息交互流程等方面存在的薄弱环节以及应急管理效率低下等问题, 全面提升公共安全领域应对与处置能力。本文采用描述性研究法, 较为全面地分析了国外公共卫生应急体系建设与智慧应急发展现状, 准确梳理了我国卫生应急管理的需求、现状和存在问题; 提出了我国公共卫生智慧应急体系的中长期发展目标、重大任务、实现技术途径。研究建议, 规划实施卫生应急国家生物综合监测预警建设重大工程, 制定和修订新型智慧化卫生应急相关的法律法规, 保持应急管理机制的数据融通和可持续发展, 促进智慧化卫生应急产业发展, 推动行业人才队伍“医防融合”, 高水平建设我国预防型公共卫生应急体系网络。

关键词: 智慧应急; 监测预警; 应急作业; 医防融合

中图分类号: C93-03 **文献标识码:** A

Development of Intelligent Response to Public Health Emergencies

Yao Jianyi¹, Jin Yaling¹, Tang Xiaoyong¹, Wu Jiabing², Hou Sai², Liu Xiaoqing³,
Zhang Tianchen³, Song Tie⁴, Xiao Jianpeng⁴, Liu Jianjun¹

(1. Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China; 2. Anhui Provincial Center for Disease Control and Prevention, Hefei 230601, China; 3. Jiangxi Provincial Center for Disease Control and Prevention, Nanchang 330029, China; 4. Guangdong Provincial Center for Disease Control and Prevention, Guangzhou 511430, China)

Abstract: An informationized, digitalized, and intelligent emergency response mode is currently required in China to address the weaknesses and low efficiency in public health emergency management in the aspects of quick response mechanism, multi-department collaboration, and information interaction; this new mode can promote the response capabilities of China's public security sector. A descriptive research method is adopted to analyze the status quo of public health emergency response systems and intelligent emergency response development in other countries, and summarize the requirements, current status, and main problems of health

收稿日期: 2021-03-15; **修回日期:** 2021-06-05

通讯作者: 刘剑君, 中国疾病预防控制中心研究员, 研究方向为疾病控制与卫生应急管理; E-mail: liujj@chinacdc.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“智慧应急发展战略研究(2035)”(2020-XZ-03)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

emergency management in China. The development goals, major research tasks, and technological approaches are further proposed. To develop a preventative public health emergency response network in China, we suggest that a major national biological monitoring and early-warning project should be established for health emergency response, relevant laws and regulations promulgated and revised, data integration and sustainable development of the emergency management mechanism maintained, an intelligent health emergency response industry encouraged, and professionals for medical care and preventative medicine integrated.

Keywords: intelligent emergency response; monitoring and early warning; emergency operation; integration of medical care and prevention

一、前言

随着各国人员流动增加、经济交往活动频繁, 传染病流行与传播的风险不断升级 [1]。突发公共卫生事件频发, 对我国经济社会的影响应引起社会高度关注。近年来, 新一代信息技术飞速发展, 我国诸多行业的发展模式出现重大改变, 大数据、人工智能 (AI) 与经济社会融合不断加深, 智慧应急产业的发展需求趋于强烈 [2]。

我国“互联网+医疗健康”的国家战略在新型冠状病毒肺炎 (COVID-19) 疫情防控过程中发挥了重要作用, 所取得的扎实效果离不开超前布局和持续建设。有研究认为 [3,4], 到 2030 年我国在 AI 理论、技术和综合应用水平方面将达到世界领先水平。面向 2035 年, 为了加强国家生物安全观、建成以居民健康为中心的社会、构建强大的公共卫生体系, 需要将智慧应急体系建设作为国家战略发展方向。突发公共卫生事件智慧应急指基于第五代移动通信 (5G)、AI、大数据、云计算等新一代信息技术与突发公共卫生事件应急管理技术的深度融合, 以信息技术为手段, 贯穿多元多渠道监测预警、高效科学智能指挥决策等卫生应急管理各环节, 全面提升我国卫生应急管理的科学化、专业化和经济化水平。

回顾 COVID-19 疫情的应对过程可发现, 这一过程既暴露出了传统卫生应急体系在大数据使用、信息交互等方面的薄弱环节和短板, 也展现了新一代信息技术在病源追踪与隔离、科学高效救治等方面发挥的作用与前景。为此, 本文针对突发公共卫生事件智慧应急的创新应用开展宏观探讨, 着力提出我国智慧应急管理体系的中长期发展目标、重大任务、技术途径, 以期为领域前瞻发展提供基础性参考。

二、突发公共卫生事件智慧应急的需求分析

近年来, 我国每年报告和处置的突发公共卫生事件都在千起左右, 以传染病突发事件为最主要的报告类型, 具有突发性强、破坏性大、波及范围广等特点。发生传染病突发事件, 尤其是鼠疫、甲型 H1N1 流感、COVID-19 疫情等重大传染病流行甚至是大流行, 不仅严重威胁居民健康和生命安全, 还会严重影响社会稳定和经济发展。

突发公共卫生事件处置的关键在于解决好“渠道不畅、信息滞后、效率不高”等问题, 确保相关数据和信息能够及时采集报送以支持科学分析研判、高效指挥决策。在 COVID-19 疫情暴发后, 有关传染病监测预警、传播模型和趋势预判、疫情报告与信息化管理、流行病学调查、可视展示与分析、社区管控等工作, 都暴露出了应急管理亟需改进的环节和做法。

目前, 互联网、物联网、5G、大数据、云计算、AI 等新一代信息技术发展迅猛, 推动新技术在突发公共卫生事件应急管理领域应用的深度融合势在必行; 需要实施应急信息化迭代升级, 创新应急管理模式, 加强智慧应急能力建设, 提升卫生应急管理效率等。

三、国外突发公共卫生事件应急管理进展

(一) 美国

美国通过国家突发事件管理系统 (NIMS) 提供了全国统一模板, 以协调各部门并要求各州和地方政府据此处置突发事件 [5]。美国疾病预防控制中心历来重视公共卫生信息系统建设, 共建立了 28 类 101 个监测系统; 与突发公共卫生事件相关的有国家传染病监测系统、电子实验室报告系统 (采

集实验室电子信息报告)、国家症状监测项目(进行数据实时分析比对)等 [6]。2004 年,美国国土资源部建立了美国生物监测整合系统,通过收集、整合、分析人类疾病、食品、农业、水、气象、环境监测等方面的信息,力求早期发现自然疾病暴发和意外、故意使用生物战剂、新发生物危害事件。2012 年,美国发布《生物监测国家战略》,旨在建立高效整合的国家生物监测系统,收集整理包括人、动物、植物“全谱性”威胁在内的重要信息,实现生物威胁的早期发现预警、突发公共卫生事件的整体态势感知 [7]。美国还提出了建立智慧型国家职业健康安全监测系统的规划目标,保证监测数据的质量和效率,保护信息安全。相关数据的收集、分析、展示离不开标准化,需要具有丰富经验的工作人员参与 [8]。

(二) 其他国家

2012 年,世界卫生组织(WHO)启动了应急作业网络(EOC_Net)建设,各国的应急作业中心有着广泛应用并在突发事件处置响应中发挥了重要作用 [9,10]。欧盟、澳大利亚等国家和地区,WHO 等国际组织,或建立独立的卫生应急指挥系统,或在政府指挥系统下建立卫生应急指挥子系统。欧盟疾控中心突发公共卫生事件应急指挥中心发展了多个专用信息管理工具,如监测风险并开展评估的风险跟踪工具、协调应对行动的早期预警和应对系统、实施风险评估的传染病情报系统;与欧盟成员国共建快速预警系统,签订了术语和程序协议,旨在实现共同操作、信息交流和共享。

整体来看,国外有着公共卫生事件信息化应用的良好实践,但智慧应急也属新概念、新起点;多个国家均为发展初期,全面构建新型智慧应急体系处于起步阶段。

四、我国突发公共卫生事件应急管理现状

(一) 取得的成就

一是卫生应急法规制度、预案体系逐步完善,突发公共卫生事件应急管理和运行不断健全。《中华人民共和国突发事件应对法》等 70 多部相关法律法规、10 余个部门规章、一系列卫生应急技术规范与操作指南相继发布。国家、省级、地市级突发

事件卫生应急指挥系统建设有序实施,视频会商、指挥协调、信息沟通、应急值守、资源管理与调度等辅助决策功能逐步落实 [11]。

二是突发公共卫生事件监测预警能力不断提升。我国启用了世界规模最大的传染病、突发公共卫生事件网络直报系统,平均报告时间由过去的 5 d 缩短到当前的 4 h。进一步整合相关平台的监测信息,建立起制度化的突发事件公共卫生风险评估机制。相关信息系统在 COVID-19 疫情信息管理、信息可视化、传播模型建立、趋势预测分析等方面进行了规模化应用,提供了较为全面、较高自动化水平的管理和服务 [12]。

三是突发事件现场卫生应急能力、卫生应急物资保障能力显著增强。自 2010 年以来,我国部署了 4 类 58 支国家卫生应急队伍,建立了国家卫生应急物资储备体系,完善了应急物资协调调用机制,在历次重特大突发事件应对中发挥了重要保障作用。例如,我国派遣整建制应急队伍参加 2014 年西非埃博拉出血热疫情、尼泊尔里氏 8.1 级地震救援,为构建世界公共卫生安全屏障做出了应有贡献。

(二) 存在的不足

一是信息技术手段在防控决策和管理中的应用有限,能够及时探测新发传染病及异常病例的科技手段缺乏,针对多渠道来源信息的收集、整合、分析等支撑能力不够。现行的传染病预警系统是 2008 年建设运行的,平台架构、数据管理、模型构建等是 10 多年前的技术,AI、大数据、算法识别等技术未得到深入应用。

二是监测预警信息来源单一、共享机制不健全 [13]。当前,监测预警系统主要源自医疗机构的确诊病例信息,数据内容单一,缺失对早期监测预警具有重要意义的关键信息(如症状、接触史、旅行史等);“医防融合”和协作不够紧密,预警时间关口明显滞后;卫生健康系统内部、跨行业部门之间未能建立有效的信息共享机制。此外,疾病预防控制机构人员短缺,“医防”机构之间呈现“碎片化”管理 [14],信息收集、分析的效率低下,健康服务缺乏精准化、及时性的问题愈发显现。

三是信息化基础设施不健全,信息收集整理能力不足。多个应急管理系统之间缺乏必要的信息交互 [15],管理部门存在条块分割与信息壁垒;应急

数据呈现分散化, 农业、动物等机构的信息收集更是困难重重。分散化平台建设与环境信息标准尚不统一, 各个部门的数据形式多样、标准不一; 参考体系的不同, 给应急大数据的跨部门检索、整合、共享造成困难。在医疗卫生单位外, 其他渠道的卫生健康信息收集较多依靠效率低下的人工检索方式; 国际信息则依赖国际组织及相关机构的被动通报, 很难获得及时、完整、综合的应急信息。

五、我国突发公共卫生事件智慧应急的发展目标与重大任务

(一) 发展目标

到 2025 年, 新一代信息技术广泛应用于卫生应急管理领域, “资源整合、智慧技术、共享共建、全面感知、科学高效、反应灵敏、协同联动、高效调度” 的突发公共卫生事件智慧应急体系基本建成并启用; 应急响应、核心救援、应急保障等能力显著改善, 应急救援队伍、物资装备体系不断完善; 早期预防、及时发现、快速反应、有效处置能力大幅提高并与国际接轨; 最大程度地预防和降低突发急性传染病在我国的暴发与流行。

到 2035 年, 全面建成现代化突发公共卫生事件智慧应急体系, 高效应对公共卫生安全风险挑战, 适应全面建成小康社会要求, 与新一代信息技术协同发展并高度融合, 便于全社会共同参与; 全面实现全球、全危害、全因素、全过程的智慧化监测预警多点触发机制和精准预报, 建立现代化、智能化的卫生应急决策与指挥系统; 持续提升应急管理、核心应急救援、综合应急保障、社会协同应对等能力, 涉外应急能力与发达国家同步, 全面建成“海陆空”立体化的紧急医学救援体系。

(二) 重大任务

1. 基于信息技术的智慧化多点触发传染病监测预警平台

立足我国传染病联防联控方面的机制优势, 打通管理部门、执行机构之间与传染病相关的数据壁垒, 利用大数据、5G、区块链、云计算、AI 等技术, 建立多元数据共享机制, 搭建现代化、智慧化的多点触发监测预警系统。从多监测点、多个渠道自动化地采集突发公共卫生事件相关信息, 开展公共卫

生大数据的融合、治理、可视化、探测分析, 及早并智能判别突发公共卫生事件发生风险或已出现的“苗头”, 自动发出预警信号, 为科学防控决策提供支撑。

一是完善主动监测和调查技术, 提升多源监测数据质量和获取效率。选择重点省份、重点地区建立症候群主动监测系统, 部署传染病监测智能软件, 通过数据自动提取技术 (不依赖于疾病诊断信息) 从医院信息系统读取具有传染病指示症状的疑似病例信息, 结合规则和机器学习模型等智能判断, 实时、主动抓取传染病早期预警关键信息; 在不影响诊疗行为过程、不增加临床医生工作量的基础上, 前移预警关口、实现早期预警。对相关数据进行加密和管理, 搭建公共卫生大数据监测预警系统、智慧化预警所需的数据仓库, 实时动态展示多源监测数据的时间变化趋势、空间分布特征。

二是加强传染病预测预警研究, 优选传染病预警智能算法。高效、科学的探测预警算法是实现预警的关键环节。随着多源监测大数据和公共卫生事件的深度融合, 虽有多种数据资源用于预测预警, 但对预警方法的有效性、预警结果的精确度提出了更高要求。研究融入机器学习、深度学习、无监督学习等 AI 算法, 搭建智慧化的多点触发预警系统; 鉴于新发传染病预警的复杂性、多变性, 在实际应用中动态修正 (调整) 模型参数, 平衡预警的灵敏度和特异度; 筛选适宜本地应用的智能传染病预测预警模型, 边运行、边评价、边完善。

2. 全流程覆盖、“人机物”全面互联的智慧应急响应指挥平台

以全面感知、融合通信、公共安全技术为支撑, 建立反应灵敏、协同联动、高效调度的智慧应急响应指挥系统。挖掘突发公共卫生事件预防准备与处置响应等全部要素, 汇聚并呈现突发公共卫生事件态势, 实现事件接报、应急响应、指挥调度、研判分析、协同会商、应急评估等的全流程管理, 为应急响应指挥智能化、扁平化、一体化提供信息化手段支撑。

一是搭建智能化公共卫生应急响应和指挥平台 (应急作业中心)。基于 5G、AI、无人机、卫星定位导航等技术, 发展卫生应急指挥和远程协作系统, 保障卫生应急作业在各类区域 (如灾区、边远地区) 的高效顺畅运作, 保障前方指挥部、后方指挥中心

的互联互通、实时对接。

二是打牢数字设施基础建设，搭建智能化公共卫生应急人员物资调配平台，支撑对应急事件指挥的快速反应。将各级各类应急预案存入电子预案库，开展数字化预案的分类管理，实现预案审核、备案、修订等的在线全流程化。

三是集约感知网络和数据资源。部署感知网络，汇聚跨部门共享数据、社会及互联网数据，获取各类实时监测信息，对公共卫生事件规模、现场实况、医疗资源等进行动态感知。依托应急通信网络、公共通信网络、低功耗广域网等进行数据感知采集，加强卫生应急感知网络的感知层、传输层能力建设。

3. 智慧决策辅助支持系统

基于现有卫生应急管理的信息化、数据基础，结合大数据挖掘和 AI 辅助分析，建立事件链、预案链的综合分析模型，立体研判突发公共卫生事件，通过闭环反馈逐步优化决策。依托卫生应急管理“一张图”，开展多图层的建设和集成，实现监测感知数据综合展示、空间信息智能检索，开展多源大数据的治理、管理、可视化。结合突发公共卫生事件特征，建设专题研判、智能方案生成、专题辅助决策可视化、总结评估等功能，为精准高效防控决策提供支撑手段。

一是完善基于地理信息系统的应急管理功能。对接“数字政府”地理信息公共服务平台，制定相关的标准规范要求，开展各类卫生应急管理业务的图层、路径规划，开发关联分析、数据可视化、综合查询等功能和服务。

二是智能分析突发公共卫生事件态势。研究构建重点关注区域的模型、三维可视化仿真技术，对突发公共卫生事件发展趋势、传播链演进、影响过程进行模拟，辅助评估事件可能造成的影响范围、人员伤亡、经济损失等情况。

三是建立综合风险评估应用体系。开展区域、时间（年度、季度、月度等）、专题等风险评估应用研究，发展展示信息和分析模型，在事件接报后能够自动匹配并进入专题研判程序。建立面向各类公共卫生事件的辅助决策知识模型，采用系统自动生产、人工干预等方式，分析明确各类公共卫生事件的发生特点、演化特征、处置难点，提出风险防护、应急处置、救援转移等决策建议。

4. 基于物联网技术的应急资源保障与应用平台
研究建立“统一指挥、协调有序、运转高效”的公共卫生应急资源保障与应用平台，健全应急物资储备统一共享机制，形成“横向到边、纵向到底”的公共卫生应急资源保障网络。在应急状态下，根据实际需要，按照就近、最快的原则打破地域、层级界限，建立上下联动、横向协同、扁平化的应急物资调拨机制，快速机动调拨物资以满足救灾减灾需要。推广应用基于物联网无线射频识别技术，建设应急资源智能仓储系统。在平时例行开展各类资源的管理、维护、查询、统计，在应急时为突发事件所需资源的调拨、分配提供数据支撑。通过信息化手段，实现应急物资申请、分配、发放全过程的高效监管。

六、对策建议

（一）规划实施国家卫生应急生物综合监测预警建设重大工程

规划建设全球生物监测预警整合平台，统筹多部门、多渠道资源，建设覆盖全球、全危害、全因素、全过程的公共卫生、生物安全信息监测系统；推进跨部门应急核心信息共享，提高应急监测的时效性和保真度，及时发出预警信息。开展跨部门、多学科参与的风险评估，确保早期发现具有潜在威胁的公共卫生安全事件，为精准施策提供科学支撑。

推动理念一致、功能协调、结构统一、资源共享、部件标准化的智慧应急体系顶层设计，依托国家级疾病预防控制中心，开展国家统一规划、省级统筹建设、地市和县区分级部署应用。立足全局开展相关系统的总体架构设计，编制体系建设、产业发展、科技创新等专项规划，形成全域覆盖、分层管理、分类指导、多规衔接的规划体系；与公安、应急管理等部门的信息体系实现业务联动和数据协同，按照职责分工制定实施方案，细化分解规划目标并落实重点任务。

（二）制定和修订智慧化卫生应急相关的法律法规

智能技术和工具应用涉及一些法律法规问题，如生物安全、数据安全、个人隐私、公众健康信息等。在重大、特大突发事件发生时，为了维护社会

稳定与国家安全,可通过行政指挥与临时规定等方式,限定性采用智慧应急的措施与方法,同时注重安全保障。例如,在 COVID-19 现场流行病学调查过程中,为获取个人行程轨迹、密切接触者、个人健康信息等,需要公安人员陪同参与现场流行病学调查。为了更好发挥智慧应急的潜在效能,建议在完善与修订相关应急法律法规时,重点考虑智慧应急系统运行过程中所涉及的生物安全、数据安全、个人隐私、公众健康信息等内容,为智慧应急发展提供完备的法律保障。

(三) 保持应急管理机制的数据融通和可持续发展

在运用新一代信息技术的基础上,注重加强与公安、海关、地质气象、环境生态、交通运输、信息通信等部门的信息融合和对接,支持智慧应急新技术的一体化、同质化发展,更好保障各类业务、数据、技术的融合,实现跨层级、跨地域、跨系统、跨部门、跨业务的协同管控与服务。建议在政府层面加强智慧应急体系建设的顶层设计,实现统筹规划、合理布局、高效运行、有序发展。建设智慧医疗、智慧疾控、智慧健康等数字化平台,发展多部门、跨地区数据高效互通、安全共享的基础设施,为智慧应急提供坚强的机制保障。

(四) 促进智慧化卫生应急产业发展

围绕准备、监测、预警、指挥、辅助决策等环节的迫切需求,加快智慧应急系统建设和融合发展,为全社会和相关行业提供个性化、多元化、高质量的公共服务,促进关联产业的快速高效发展。在前沿基础理论、关键支撑技术、基础共性平台等方面强化部署,促进新一代信息技术与关联产业的深度融合,形成数据驱动、“人机”协同、跨界融合、共创分享的新经济业态。鼓励开展契合个性化需求的定制服务,推动卫生应急产业创造价值、分享价值。适度创新投融资模式,吸引社会资本对智慧应急生态建设的投入,激发和保持社会创新活力。

(五) 推动行业人才队伍“医防融合”

建议重视医学与公共卫生之间存在裂痕的现状,将公共卫生、人群健康等理念融入医学教育、日常诊疗活动 [16];优化公共卫生管理与实践,尽快实现“医防融合”,使医生群体成为社会健康生

活方式的实践者、推广者。加大高层次公共卫生专业人才培养,提升公共卫生管理机构对于信息化技术赋能的作用认知,提高运用信息化技术解决应急管理问题的能力。培养应急行业的复合型管理人才和高素质队伍,实现卫生应急业务、互联网及信息化技术手段的能力贯通。开展专业研究机构 and 高等院校的业务协作,组建智慧应急综合培训基地,成立国家级智慧应急专家库,集智开展智慧应急关键问题攻关。

致谢

感谢“公共卫生事件智慧应急发展战略研究”项目团队全体同志的辛勤劳动和研究贡献。

参考文献

- [1] 蒋曼,李程跃,李振红,等.“一带一路”沿线区域及国家传染病发病状况分析[J].医学与社会,2019,32(1):1-6.
Jiang M, Li C Y, Li Z H, et al. Analysis of morbidity trend of infectious diseases in areas and countries along the China-proposed Belt and Road Initiative [J]. Medicine and Society, 2019, 32(1): 1-6.
- [2] 温志强,李永俊.加快我国智慧应急产业发展的对策建议[J].改革与开放,2019(11):22-24.
Wen Z Q, Li Y J. Countermeasures and suggestions for accelerating the development of intelligent emergency industry in China [J]. Reform & Opening, 2019 (11): 22-24.
- [3] 陈新华,蒋建文,周华,等.COVID-19疫情背景下的医院人工智能快速布局和发展战略探讨[J].中国工程科学,2020,22(2):130-137.
Chen X H, Jiang J W, Zhou H, et al. Rapid layout and development strategy of hospital artificial intelligence during the COVID-19 Pandemic [J]. Strategic Study of CAE, 2020, 22(2): 130-137.
- [4] 程京,邢婉丽.医疗器械与新型穿戴式医疗设备的发展战略研究[J].中国工程科学,2017,19(2):27-28.
Cheng J, Xing W L. Research on the development strategy of medical devices and new wearable devices [J]. Strategic Study of CAE, 2017, 19(2): 27-28.
- [5] 姚建义,冯子健.美国公共卫生应急准备对我国的借鉴与启示[J].公共卫生与预防医学,2012,23(4):56-58.
Yao J Y, Feng Z J. The reference and inspiration of public health emergency preparedness in America to China [J]. Journal of Public Health and Preventive Medicine, 2012, 23(4): 56-58.
- [6] 王晓雯,金春林,程文迪,等.美国急性传染病和突发公共卫生事件综合监测和应对系统分享[J].中国卫生质量管理,2020,27(5):110-113.
Wang X W, Jin C L, Cheng W D, et al. Experience of comprehensive surveillance and responding system for acute infectious disease and public health emergency in America [J]. Chinese Health Quality Management, 2020, 27(5): 110-113.
- [7] 刘术,舒东,刘胡波.美国《生物监测国家战略》简述及分析[J].人民军医,2013,56(5):525-526.

- Liu S, Shu D, Liu H B. Briefing and analysis of *National strategy for biosurveillance of America* [J]. *People's military surgeon*, 2013, 56(5): 525–526.
- [8] 肖洪喜, 周志俊. 美国欲建21世纪智慧型国家职业健康安全监测系统 [J]. *职业卫生与应急救援*, 2018, 36(1): 82–83.
Xiao H X, Zhou Z J. US building a smarter national surveillance system for occupational safety and health in the 21st century [J]. *Occupational Health and Emergency Rescue*, 2018, 36(1): 82–83.
- [9] 刘波, 姚建义. 美国疾控中心卫生应急体系探究 [J]. *中国公共卫生管理*, 2012, 28(6): 701–705.
Liu B, Yao J Y. Research on the health emergency system of US CDC [J]. *Chinese Journal of Public Health Management*, 2012, 28(6): 701–705.
- [10] 孙辉, 徐敏, 牛艳, 等. 卫生应急作业中心的跨国比较研究 [J]. *现代预防医学*, 2014, 41(12): 2191–2193.
Sun H, Xu M, Niu Y, et al. A cross national comparative study on health emergency operation center [J]. *Modern Preventive Medicine*, 2014, 41(12): 2191–2193.
- [11] 杨维中. 中国卫生应急十年 (2003—2013) [M]. 北京: 人民卫生出版社有限公司, 2014.
Yang W Z. China's decade of health emergency response (2003—2013) [M]. Beijing: People's Medical Publishing House Co., Ltd., 2014.
- [12] 古雪颖, 尚志刚, 郭曦榕. 大数据背景下信息系统在COVID-19疫情中的应用浅析 [J]. *计算机科学与应用*, 2020, 10(12): 2197–2204.
Gu X Y, Shang Z G, Guo X R. Analysis of the application of big data background information system in COVID-19 epidemic under the background of big data [J]. *Computer Science and Application*, 2020, 10(12): 2197–2204.
- [13] 常健. “智慧应急”的应用与发展 [J]. *中国应急管理*, 2018 (6): 44–45.
Chang J. The application and development of “intelligent emergency response” [J]. *China Emergency Management*, 2018 (6): 44–45.
- [14] 曹若明, 耿兴义, 刘翀, 等. 济南市“数字疾控, 智慧公卫”信息平台建设实践和体会 [J]. *中华预防医学杂志*, 2016, 50(1): 94–96.
Cao R M, Geng X Y, Liu C, et al. Practice and experience in the construction of information platform of “digital disease control and intelligent public” in Jinan City [J]. *Chinese Journal of Preventive Medicine*, 2016, 50(1): 94–96.
- [15] 杨维中, 兰亚佳, 吕炜, 等. 建立我国传染病智慧化预警多点触发机制和多渠道监测预警机制 [J]. *中华流行病学杂志*, 2020, 41(11): 1753–1757.
Yang W Z, Lan Y J, Lyu W, et al. Establishment of multi-point trigger and multi-channel surveillance mechanism for intelligent early warning of infectious diseases in China [J]. *Chinese Journal of Epidemiology*, 2020, 41(11): 1753–1757.
- [16] White K L. 弥合裂痕——流行病学、医学和公众的健康 [M]. 张孔来, 译. 北京: 人民卫生出版社有限公司, 2019.
White K L. *Healing the schism: Epidemiology, medicine, and the public's health* [M]. Translated by Zhang K L. Beijing: People's Medical Publishing House Co., Ltd., 2019.