

# 公共卫生应急精准防控与一体化管理

刘奕, 张宇栋, 张辉, 范维澄

(清华大学公共安全研究院, 北京 100084)

**摘要:** 面对全球日益复杂且频发的突发公共卫生事件安全风险形势, 公共卫生应急体系与能力的现代化建设至关重要, 关系到国家总体安全保障水平的提高, 因而是国家治理体系和治理能力现代化改革的急需。本文围绕新型冠状病毒肺炎疫情防控, 从疫情监测报告系统、哨点监测与多点触发机制、面向个人的手机端应用程序 3 个方面梳理了我国公共卫生应急防控的发展现状, 深入探索了公共卫生应急精准防控与一体化管理的发展思路, 并针对性地提出了对策建议。在精准化防控方面, 需要综合传染病疫情时空建模和计算方法、疫情数据采集与信息统计、基层社区防控、应急资源保障等多方面需求落实防控措施; 在一体化管理方面, 要结合非常态下的社会治理信息采集与感知、数据分析与计算平台赋能、基层社会快速响应和指挥调度、疫情监测预警与态势预测、疫情风险的持续风险评估等实现全社会协同的公共卫生应急防控。研究建议, 应加强数据与计算分析技术合力赋能疫情防控, 实现精准感知管理; 完善传染病监测报告系统建设; 构建公共卫生治理的一体化防控体系。

**关键词:** 公共卫生事件; 应急管理; 疫情防控; 精准感知; 信息技术赋能; 一体化

**中图分类号:** R184 **文献标识码:** A

## Precise Control and Integrated Management of Public Health Emergencies

Liu Yi, Zhang Yudong, Zhang Hui, Fan Weicheng

(Institute for Public Safety Research, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** As public health emergencies become increasingly complex and frequent worldwide, modernization of the public health emergency system is urgently required for improving the overall security level of a country; it is also crucial for the modernization of the national governance system. In this study, we summarize China's response to public health emergencies from three aspects: epidemic surveillance and reporting system, sentinel surveillance and multipoint trigger mechanism, and mobile terminal application for individuals. Moreover, we explore the development paths for precise control and integrated management of public health emergencies and propose corresponding suggestions. Specifically, precision control can be realized by combining the following aspects: temporal and spatial modeling and calculation for the epidemic, epidemic data collection and information statistics, grassroots community prevention and control, and emergency resource supply. Integrated management should focus on: collection and perception of social governance information, data analysis and calculation platforms, rapid response and command at the grassroots level, epidemic monitoring/early warning/prediction, and continuous risk assessment. Furthermore, we suggest that China should strengthen

收稿日期: 2021-07-28; 修回日期: 2021-08-30

通讯作者: 范维澄, 清华大学公共安全研究院教授、院长, 中国工程院院士, 研究方向为公共安全; E-mail: wfan@tsinghua.edu.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“我国突发公共卫生事件应急防控体系研究”(2020-ZD-17)

本刊网址: [www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae](http://www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae)

information technology to enable epidemic prevention and control, improve its epidemic monitoring and reporting system, and build an integrated prevention and control system for public health governance.

**Keywords:** public health events; emergency management; epidemic prevention and control; accurate perception; information technology empowerment; integrated

## 一、前言

新型冠状病毒肺炎（COVID-19）疫情暴发，成为近百年来人类遭遇的影响范围最广的全球性大流行病，对国际秩序、经济发展和社会稳定造成了巨大影响。疫情防控成为世界各个国家和地区的头等大事。我国面对异常困难的疫情防控形势，经过艰苦卓绝的努力，逐步实现了全国复工复产、全民免费疫苗接种、疫情精准化防控等，公共卫生应急防控体系在实践中不断完善。

全球众多学者围绕 COVID-19 疫情防控的方法和策略开展了大量研究，其中非药物综合干预策略（NPIs）的研究，为全球各地疫情防控策略提供了重要的参考和借鉴。例如，我国采取的统一协作、及时调整防控和复工复产策略被证实能够有效阻断病毒传播 [1]；欧洲通过匿名化的大数据分析发现，各国间同步采取大规模的旅行限制和社交疏远措施，对疫情防控具有重要的积极影响 [2,3]；来自英国和美国的分析指出，增加对密切接触者的追踪，有利于疫情控制、病毒预防和传播 [4,5]；新西兰使用基于医院的严重急性呼吸系统疾病（SARI）监测、基于流感样疾病（ILI）的哨点综合医疗（GP）监测、南半球流感和疫苗有效性研究监测方案（SHIVERS-II & III）监视、国际疾病分类（ICD）编码入院、实验室监视以及数据分析等多个检测系统，有效控制了病毒传播 [6]。除了从流行病学、分子病原学、环境生态学以及社会科学等多角度开展 COVID-19 时空动态回溯分析，也有研究聚焦于基于人工智能（AI）和大数据融合分析等方法和技术助力疫情分析和防控 [7]。

当前，新型冠状病毒（SARS-CoV-2）不断变异，疫情仍在全球蔓延，我国依然面临着境外输入病例不断、国内零星散发病例和局部疫情暴发等严峻挑战。总结当前实践，通过技术和制度融合支撑精准防控、构建一体化管理体系，是实现科学治理和高效应急的重要举措与核心需求。

## 二、我国公共卫生应急防控的发展现状

经过实践探索，我国已初步建成突发公共卫生事件的应急防控系统，包括疫情监测报告系统、哨点监测与多点触发机制、面向个人的“健康码”类手机应用程序等，在 COVID-19 疫情防控中发挥了重要作用。

### （一）疫情监测报告系统

自 2003 年发生严重急性呼吸综合征（SARS）后，我国不断加强疾病预防控制体系建设，并于 2015 年建成了传染病疫情和突发公共卫生事件网络直报系统 [8]。该系统的子系统“传染病信息报告管理系统”（NNDRS）实现了基于医疗卫生机构的法定传染病病例的实时、在线、直接报告。在 NNDRS 基础上，又先后建设了结核病、鼠疫、艾滋病、麻疹等多个单病监测系统，实现了病例个案数据的精准推送 [9]。随着信息技术与医疗技术的日益深度结合，为更好开展疑似疫情信息的上报工作，我国大多数医院都集成了医院疾病监测信息管理子系统（HDMIMS），将各个医院的内部数据通过数据接口形式传输到 NNDRS，形成了更为高效、准确的疫情直报机制。自疫情监测报告系统建成运行以来，完善了对不明原因肺炎（PUE）的监测功能，但对未知的、尚未被确认为“法定传染病”的初期传染性病症的监测仍然存在漏洞 [10]。

以流感为例，我国建立了覆盖全国的流感症状监测（或称症候群监测）网络 [11]，通过各级疾病预防控制中心与医院、流感实验室互连互通，连续、系统地收集和分析特定临床症候群发生情况等数据，根据疾病在时间、人群和空间分布上出现的异常情况，实现早期预警和快速反应，从而可以采取有效措施应对相关传染病，降低患病率和死亡率。流感症状监测的数据来源主要包括院前数据、确诊前院内医疗服务数据、临床诊断数据。近年来，针对某类人群开展的症状监测不断增加，同时与医疗、就诊相关的数据获

取也更为完善，如缺课缺勤、药店零售、120 急救热线等信息为传染病预测、预警工作提供了强大的数据支持。

### （二）哨点监测与多点触发机制

#### 1. 哨点监测机制

急性传染病暴发和流行的影响不可估量，公共卫生事件应急的关键在于“早”。“早发现”是“早报告、早隔离、早治疗”的前提，全面监测到异常发生并进行早期预警、及时响应，是防控传染病暴发流行的关键策略。药店和社区基层医疗卫生机构等在一定程度上是基层防疫网络中的“哨点”。COVID-19 疫情暴发以来，出于疫情防控需要，药店作为销售防护用品和药品的线下零售终端，被纳入疫情监测的“末梢”进行严格管控。此外，北京、上海、河北等地在社区增设了临时发热门诊，专门承担发热患者的筛查、登记、转诊、跟踪等工作。为落实疫情防控常态化和筑牢疫情防控监测网的要求，我国逐步在口岸、机场、火车站、汽车站、学校、社区、农贸市场、冷链仓库、机关企事业单位等众多场所也建立了疫情监测“哨点”，但在整个防疫网络中，“哨点”建设仍处于初步水平。面向未来，针对不明原因疾病和异常健康事件的监测，要进一步完善“哨点”建设，形成成熟的、标准化的机制以保障模式体系的持续改进。

#### 2. 多点触发机制

对传染病疫情风险的监测，医疗卫生机构的监测仅是“单点触发”，全方位的监测则需要融合分析各方面情报。在 COVID-19 疫情防控过程中，湖北、山西、上海、湖南、河南、河北、重庆等省市逐步探索和开展了多点触发预警机制的建设。例如，上海将打造基于多源数据、多点触发的公共卫生综合监测预警系统，纳入公共卫生体系建设行动计划中 [12]。在联防联控机制框架下，将卫生健康、海关、交通、市场、农业、林业、气象、环境保护、教育等多个部门纳入到数据采集渠道中，在多元数据共享机制基础上，建立多主体、多层级的信源，提高对突发和不明原因传染病的早期监测预警能力。

### （三）面向个人的手机端应用程序

在应对 COVID-19 疫情的过程中，形成了一系列依托移动互联、大数据等技术的信息化疫情防控工具，

如法国的“StopCovid”应用程序，韩国的疫情自我检测服务应用程序，新加坡的“TraceTogether”应用程序等。我国的通信大数据行程卡、“健康码”类移动应用产品为疫情防控、社会全面复工复产提供了重要的管理支持工具和手段。截至 2020 年 12 月，全国一体化政务服务平台推出的“防疫健康码”累计申领次数为近 9 亿人次，使用次数超过 400 亿人次，已成为日常生产生活的必需应用 [13]。

“健康码”类应用程序多是利用移动终端设备的蓝牙近场通信、信令数据、定位数据、二维码、自查自报等技术和功能，获取用户的位置和健康数据，识别潜在和既定的感染人群，并通过后端大数据比对分析，判断相关人员的接触风险，预防和追踪 SARS-CoV-2 的扩散与传播，降低疫情蔓延的风险。随着“健康码”类应用程序的使用，其中可能存在的数据可信、信息安全、隐私权益等问题也亟待解决。

## 三、公共卫生事件的精准防控

### （一）传染病疫情的时空建模和计算方法

研究和掌握传染病疫情的时空传播规律，建立传染病传播模型，是科学、有效预测传染病传播趋势，评估传染病控制措施有效性的重要基础。目前，相关研究领域已提出了基于仓室模型的传染病动力学建模方法，将人群分为易感（S）、感染（I）、康复（R）、暴露（E）、隔离（Q）、入院（J）等，发展出 SIR、SIRS、SEIR、SEIQR 等描述传染病传播规律的多种模型 [14~18]。在对 COVID-19 疫情的研究中，一些学者将已有的传染病传播模型 [19~21] 与数据驱动模型 [22~31] 相结合，应用于疫病传播趋势的预测中，取得了良好的效果。因此，基于模型计算和数据分析相结合的传染病疫情传播时空计量和预测分析、传染病学关键参数估算方法、传染病疫情传播情景推演及风险预测等研究已成为公共卫生应急精准防控的重要支撑。

### （二）疫情数据采集与信息统计

疫情变化是动态的，实时统计相关数据，将各部门、各层级之间串联起来协同战“疫”，是我国 COVID-19 疫情防控实践的宝贵经验。在数据统计过程中，统计指标不清晰、统计标准不统一、统计数据不共享等会造成数据失真，直接影响疫情的精准防控。

面向未来疫情防控的需要,应制定数据统计汇聚的相关技术标准,建立全方位、多维度的疫情统计标准化指标体系。例如,可采用“三间分布”法汇聚标准数据,通过动态、深层次地分析疫情流行因素及规律,提高疫情数据采集和统计分析的效能(见图1)。

### (三) 基层社区防控

社区防控是 COVID-19 疫情防控的关键。基层社区不仅要高效落实防疫工作,更要充分考虑群众的基本生活保障和市场动态,关心特殊人群,关注舆情。在传统的网格化管理基础上,动态、全方位地实施多元化、精细化、个性化的管理与服务,是公共卫生应急防控工作中的重要基层任务。在基层治理过程中,整合涵盖疫情、民生、社区诉求等各方信息,形成疫情与社情数据的统一汇聚、疫情防控与社会治理行动的统一部署,从而实现公共卫生应急管控的精准化、人性化、科学化。

### (四) 应急资源保障

按照集中管理、统一调拨、平时服务、灾时应急、采储结合、节约高效的原则,推动应急物资供应保障网的安全、高效、可控,构建健全、统一的应急物资保障体系。COVID-19 疫情暴发后,工业和信息化部紧急组织开发了国家重点医疗物资保障调度平台,主要用于搜集、统计、分析、监控、调度、过滤重点医疗物资企业的产能、产量、库存等情况,统筹线上线下,实现对防护服、药品与检测试剂、专用医疗设备等重点医疗物资供给能力的及时掌握。未来,面向满足国家应急体系建设与应急物资保障需求,还需要进一步完善应急物资保障法律法规和管理机制,提高应

急物资保障的网络化、数字化、智能化水平,提升应急物资保障的储运基础条件,创新应急物资保障的精准科学决策能力。

## 四、公共卫生应急防控与一体化管理

公共卫生应急防控工作需要全社会协同来完成,一体化管理是公共卫生应急防控的重要和紧迫需求,主要体现在社会治理信息的采集与感知、数据与计算赋能精准防控、基层社会快速响应和指挥调度、疫情监测预警与态势预测、疫情风险的持续风险评估等 5 个方面。

### (一) 社会治理信息的采集与感知

#### 1. 多源信息采集与风险感知

在应对大规模传染病疫情时,加强个体体温监测和健康信息采集是非常重要的。我国地域广、人口众多,在疫情非常态下,做好各类信息采集和风险感知尤为重要。因此,要建立政府、社区、企业、居民等的多方协同和有序配合,运用大数据、物联网等技术,融合采集轨迹类、文本类、图像类等多模态信息,汇聚涵盖人流、物流、信息流的多源异构数据,形成有效的多源信息采集与风险感知,为疫情精准防控提供准确、有效、全面的信息。

#### 2. 信息管理的数字化与智能化

COVID-19 疫情防控初期,我国大量地区仍在沿用传统的纸质表格进行信息统计,信息承载量有限、低拓展性、信息整理与提取工作庞杂、信息易丢失损毁等问题逐步凸显出来,暴露出公共卫生应急工作在信息管理能力方面的不足。为此,公共卫生应急信息管理现代化必要路径为借助文本识别等技术,实现对已有纸介信息的电子化,同时利用手机等各类智能终端设备,实现多样化、信息化的数据采集。通过电子化信息采集方式,实现信息的及时保存与精准归类;充分应用大数据、物联网、人工智能(AI)等技术,提高信息整理效率,从而提升公共卫生应急响应效率和处理能力。

#### 3. 高价值信息的生产与维护

高风险群体、场所、交通工具、物流等信息在我国疫情防控工作中发挥了重要作用,在疫情精准感知和防控中体现了较高的价值。适应移动互联网时代信息生产主体由单一转向多元、传播模式由线性传播转

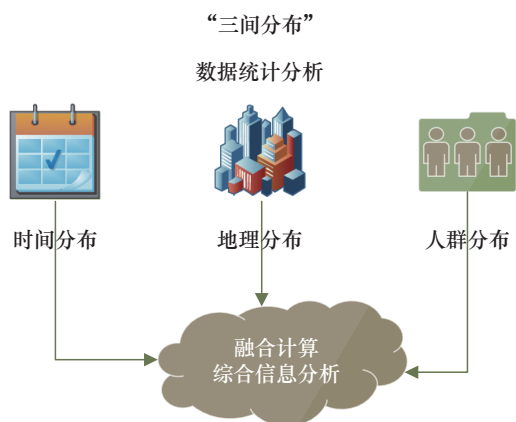


图1 “三间分布”数据采集标准化与融合分析

向网络传播的特点，通过多源渠道采集获取的信息，需要开展进一步甄别、筛选工作，以确保信息的可靠性。为此，以大数据、智能物联网（AIoT）等技术为基础、以疫情精准感知防控为导向、以数据分析为支持，基于信息的服务价值，打造“采编—维护—发布应用—需求反馈—分析—采编”各流程闭环的公共卫生应急信息运营价值链，降低信息管理成本，实现高价值信息生产和运营服务的专业化、常态化管理，开展对确诊病例、疑似患者、密切接触者等重点人群活动的集中化管理。信息资源的高效利用将提高公共卫生应急能力，降低疫情扩散风险，更好支撑疫情精准感知和精准防控。

#### 4. 加强信息共享与隐私保护

公共卫生应急管理需要多个部门的协同配合，因此，各级政府、卫生机构、企业、运营商、居民等之间加强信息交流和信息融合是非常重要的。打破“信息孤岛”，建立合理的信息共享机制，有助于及时排除各类公共卫生风险。在加强公共卫生应急信息共享的同时，还需要着重提升隐私保护水平，避免个人隐私原始数据被共享，避免因隐私问题导致公众配合度降低等问题的出现。为此，可以采取包括脱敏和去隐私设计、共享分析后信息等技术，个人信息采集“最小化”规则，信息安全法律等，全面保护个人的隐私安全。

### （二）数据与计算赋能精准防控

“新基建”和智慧城市的发展，医疗卫生机构的诊治、病例的社交网络流调、大规模病毒检测和疫苗接种等公共卫生工作逐步实现数字化，为疫情防控背景下精确到人的细粒度风险感知、多模态数据融合的风险分析、基于大数据的风险预测、“互联网+”模式下的多主体协同管理等提供了数据资源。当前，数据条块化分割的现状为数据共享造成了掣肘，为此，在完善多类型、多层次技术设备的数据采集与标准化汇聚技术的基础上，建立数据更新与运维机制，保障数据的时效性、准确性；发展可信的数据共享技术，保障数据真实可靠，实现数据管理和共享应用的全流程可溯源；发展多源异构大数据融合分析技术和 AI 技术，为公共卫生应急大数据一体化融合分析和智能决策提供支持。

社会因素如政治、经济、文化等对应对疫情防控的行动、干预措施有着重要影响。尽管社会因素不易

被量化，但随着来自移动设备和其他技术中关于个体行为数据的愈加丰富，如 SEIR 模型等有关疫情传播的社会因素数学建模，为参数化决策过程提供了科学手段 [32]。运用各类模型、多源异构大数据、AI 等技术，开展计算分析，也为公共卫生应急精准感知管理目标的实现提供了依托，如美国弗吉尼亚生物资讯研究所基于其所开发的千万次计算平台对大型社会接触网络进行模拟，分析了传染病传播过程、评价了多种传染病防治策略的优劣。在科学、高效防控疫情的同时，为尽可能防范化解外溢风险，通过构建复杂社会系统模型，融合“新基建”和各项相关技术发展，搭建面向公共卫生应急应用、充分考虑多样化社会因素参量的社会计算科学平台与支撑环境十分必要 [33]。目前，国际上常用于社会计算的多主体建模工具集有 Swarm [34]、Repast [35] 和 Netlogo [36] 等，都为我国进一步利用社会计算对公共卫生应急发挥信息数据赋能，提供了良好的借鉴。

### （三）基层社会快速响应和指挥调度

#### 1. 基层社会责任主体

基层社会承担的疫情防控责任主体众多，公共卫生应急管理需要多部门的共同响应和行动，因此，社会基层的快速响应需要多主体的高效配合（或参与），共同构成决策层的指挥调度；明确各个责任主体的具体职责，根据常态下各个责任主体负责或擅长的事务，进行非常态下的各责任主体具体职责划分，确保非常态下各项公共卫生应急工作有序、高效地开展，避免出现职责空白或交叉重复的问题，实现疫情监测、信息采集、应急启动、应急响应和应急恢复等工作的有序推进。

#### 2. 快速响应和指挥调度

快速响应和指挥调度是确保公共卫生应急各项工作有效开展的重要条件。为了避免不明风险的传染病疫情因应急响应不足导致扩散传播，规避过度响应对经济社会和人民群众生活带来的不利影响，需要建立完善的异常公共卫生事件识别与上报机制。为此，针对我国“全国—省厅—市局—区县—街道—企业—社区—小区—个人”多层级公共卫生应急指挥调度链结构，根据疫情态势和危害程度，建立不同应急级别下的快速响应机制，落实分级负责、属地管理的原则，采取针对性措施，是平衡应急防控与经济社会发展秩序的关键。

### 3. 基层社会应急防控预案

各责任主体应根据职责范围和不同情境等，制定有效可行的应急防控预案，确保科学防控无死角。同时，需要成熟的机制来保证应急防控预案的持续改进，提高应急准备、病患救治、居民物资保障、秩序恢复等公共卫生应急行动中的各方面效能。

### 4. 应急防控专业力量建设

公共卫生应急预案的制定在确保科学合理的同时，应充分利用现有资源，建设一批能够快速转化为应急防控力量的可靠专业化队伍，包括检测、隔离、治疗、后勤、治安等专业力量，确保在发生公共卫生突发事件之后能够及时启动预案、有效执行预案，避免因低组织适配性影响社会基层的快速响应和指挥调度效能发挥。

## （四）疫情监测预警与态势预测

在非常态下，加强对疫情变化形式的持续跟踪监测和态势感知预测是至关重要的。当高风险因素出现或疫情加剧扩散迹象出现时，及时准确地发布预警信息，动员和指挥各相关责任主体的应急准备和响应行动，是避免疫情暴发、病毒大规模传播和公共卫生状况恶化的关键。全社会常规预警、场所与区域预警、发热门诊预警是疫情持续监测预警的三道防线（见图 2）。

### 1. 全社会常规监测预警

在出现突发公共卫生事件时，为了及时发现异常的、典型的致病症状，需要全社会广泛开展包括体温监测等身体健康状况的自查工作，各个责任主体的疫情防控机制是这项工作的核心保障。在发现公共卫生安全隐患（疑似病例）、高风险因素（确诊病例）后，要尽快开展风险源排查，将相关信息通过专门的信息共享渠道上报公共卫生应急管理部门，并适当发布预警，提醒公众做好个人防护，这是发挥好第一道防线作用的关键。在此过程中，将先进的互联网和信息技术适配好疫情预警机制，是及时采取措施避免公共卫生危机扩大化、主动开展疫情风险精准感知和有序实施分级防控行动的重要条件。

### 2. 场所和区域哨点监测预警

在发现确诊病例或其他高风险因素之后，结合流行病学调查、行程追踪等多种方式，排查确诊病例在一定时间段内的活动区域，及时定位、隔离密切接触者和其他高风险人员，切断疫情传播链条。此外，结合多个确诊病例的行程情况，通过对轨迹类数据的分析，确定疫情高风险场所和地区，利用合并样本和快速检测技术，对有高风险场所旅行史和居住在高风险地区的人员进行快速排查，并在高风险最小区域范围内采取必要的封锁管控措施，是精准感知疫情风险和防控向低风险地区扩散的重要手段。

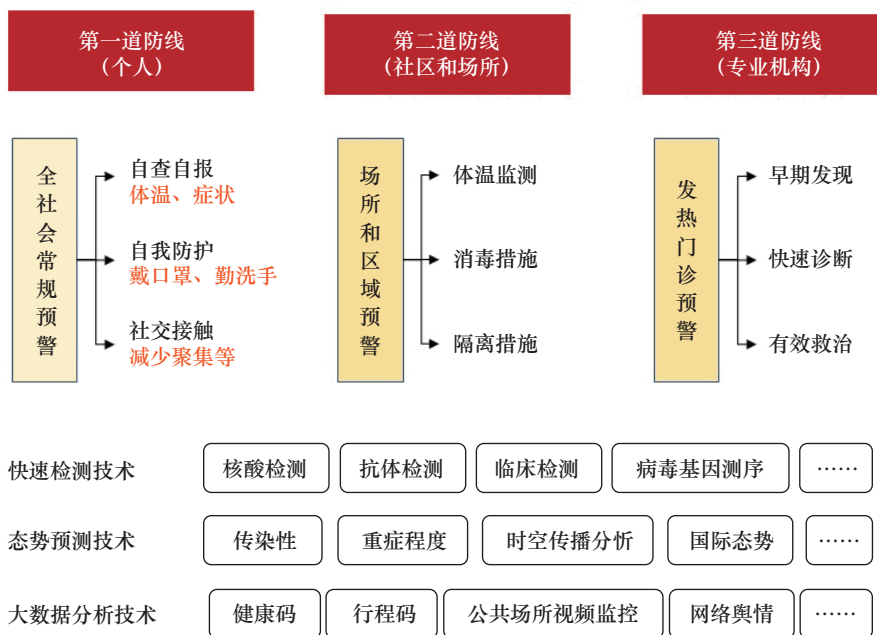


图 2 非常态下的疫情持续监测预警与态势预测

### 3. 发热门诊监测预警

发热门诊是医疗系统应对重大传染病疫情的前置关口，发热门诊通常采用快速和专业化的医疗诊断技术来甄别传染病。在排查出如体温偏高、典型症状明显等健康状况异常人员时，应迅速转移到发热门诊进行进一步筛查和确诊。提高社区医院甄别发热病人病原体的分诊筛查能力，可以进一步提高整体医疗系统的诊断效率，避免非常态下的医疗资源挤兑、发热人员聚集，降低医院内交叉感染的风险。在物理空间和信息空间内，实现全流程闭环管理，可以显著提高大规模传染病疫情应对的精准化程度和效率。

### 4. 疫情态势预测

公共卫生应急需要依据对疫情态势的预测情况，及时开展各类资源储备和调度。在 COVID-19 疫情防控实践中，根据全国各级卫生健康委员会每日公布的确诊病例数据，结合历史上发生的传染病疫情确诊病例数量的变化规律确定各类参数，运用同化模型开展疫情态势预测，取得了良好效果 [37]，如图 3 所示。通过比较预测病例数和实际确诊病例数，可以评估当前公共卫生应急管理和疫情防控工作的有效性。当预测值与实际值偏差较大时，通过分析偏差产生的原因，对公共卫生应急工作有效性较差的区域发布预警信息，督导采取更多必要措施以控制疫情传播和扩散，

并重新进行当地疫情趋势预测。

## (五) 疫情风险的持续风险评估

为巩固疫情防控成果，需要准确开展各类风险评估工作，加强对高风险地区和高风险人员的管理工作。非常态下疫情的持续评估包括区域风险评估、群体风险评估、源头风险评估和环境风险评估 4 个方面。

### 1. 区域风险评估

开展非常态下区域整体风险评估，可以为不同地区公共卫生应急管理和疫情区域精准感知防控提供可靠依据，实现对重点区域的精准管控。通过对全部确诊病例开展流行病学调查和行程追踪，排查病例集中出现的地区，制定科学合理的风险评估规则；根据评估规则，针对不同地区的疫情传播、防控措施、物资资源、生活保障等区域疫情防控风险进行评估，确定各个地区的风险等级；对高风险区域进行预警，同时加强高风险地区人员流动性管控，防止疫情由高风险地区向低风险地区扩散，实现非常态下区域的疫情精准感知防控。

### 2. 群体风险评估

开展非常态下群体风险评估，可以为不同群体公共卫生应急管理和精准感知防控提供可靠依据，实现

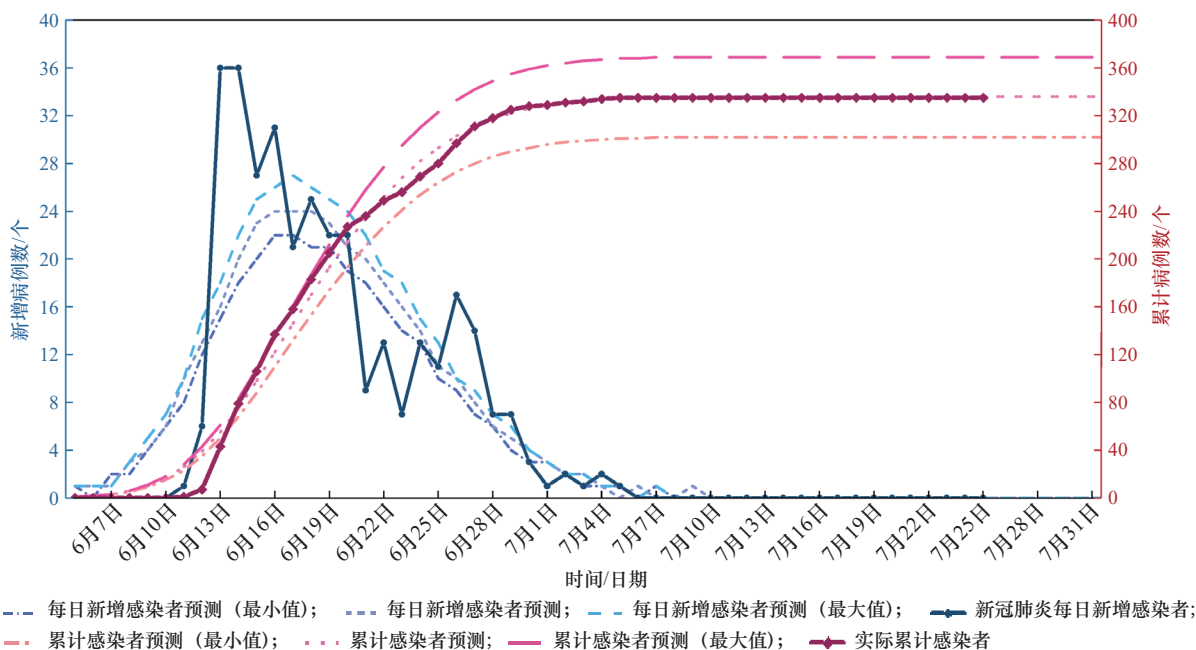


图 3 疫情态势预测效果：北京市新发地聚集性疫情趋势预测

注：疫情预测使用的是 2020 年 6 月 7 日至 2020 年 6 月 25 日 24 时的数据；验证数据使用的是 2020 年 6 月 26 日至 2020 年 7 月 25 日 24 时的数据。

重点群体的精准管控。通过分析不同群体的日均接触人数、接触方式等信息,评估得出不同群体的风险等级,进而对高风险群体进行预警,采取相应的防护策略。加强对高风险群体的健康管理,要求高风险群体人员加强防护措施,避免这一群体成为疫情扩散的源头,避免“超级传播者”的出现。

### 3. 源头风险评估

开展非常态下源头风险评估,可以在一定程度上避免疫情的暴发和扩散。通过分析确诊病例的接触史等信息,分析推断疫情出现的可能源头,采取必要的措施,切断疫情传播源头。持续评估潜在的风险源头(如野生动物)和不同来源物流(如冷链食品)的风险,为开展病毒溯源工作、制定科学合理的管理措施提供依据。

### 4. 环境风险评估

开展非常态下环境风险评估,可以及时发现潜在的疫情传播高风险环境场所,开展预警并采取必要的封闭和消杀措施。在发现高风险环境场所的同时,要开展同类环境场所的排查,实现非常态下环境场所的疫情精准感知防控。环境风险评估配合可疑暴露者的管理,可以及时隔离潜在的传染源,切断潜在的传播渠道。

## 五、对策建议

### (一) 数据与计算分析技术合力赋能疫情防控, 实现精准感知管理

信息技术和计算分析技术在疫情防控中的应用,显著提高了各个环节的运作效率,提升了精准防控能力,为我国快速控制疫情及复工复产提供了重要支撑。目前,信息技术工具在实践中不断成熟和系统化,如“北斗+”“互联网+”等一系列自主知识产权信息技术应用,无人机、机器人、体温检测等各类设备工具创新,基于行程轨迹的大数据风险分析、基于传染病传播机理和社会数据融合的计算分析技术,成为今后疫情防控实现精准感知的重要管理手段和工具。

整体来看,我国在疫情防控过程中向世界输出了许多成功经验,但我国公共卫生应急的信息化能力仍存在一定不足。为此,建议在“新基建”与“数字中国”建设过程中,主动发掘公共卫生与应急管理的交叉应用需求,充分释放信息技术和智能装备在应对突发传染病疫情威胁的引擎作用,调动专门产业配套,推动

建立“人-机”协同、多主体协同、技术与制度适配的应急防控精准感知管理一体化体系。

### (二) 完善传染病监测报告系统建设

面向疫情精准防控的需求,需要进一步建立常态化的联防联控机制,落实可信数据融合与协同智能监管,提升我国公共卫生应急的整体信息化水平,加强各部门之间的紧密合作。重点升级疾病预防控制、生物检验检疫等重点领域的情报融合分析系统,优化主要场所和重点人群的监测技术与机制,落实信息互通互报的技术途径,确保各方面公共卫生监测数据可以快速有效的收集、分析、反馈和应用。

在传染病监测报告系统中,构建全国性的传染病监测诊断实验室网络体系,明确临床实验室和公共卫生实验室在传染病监测诊断实验室网络系统的职责。对于新发传染病,应多渠道加强症状监测,通过连续、系统地收集和分析特定疾病临床症状群的发生频率数据,及时发现疾病在时间和空间分布上的异常聚集,对疾病或不良健康事件的暴发,开展早期探查、预警和快速反应的监测,为应对突发公共卫生事件的准备赢得时间。

### (三) 构建公共卫生治理的一体化防控体系

以社区为数据生产、态势感知和决策行动的第一线,形成基层社区公共卫生应急防控精准感知管理的标准化方法。突破传统社会治理基层的单向输出模式,以信息化为推手,在隐私保护的前提下,注重民众参与,扩大疫情防控沟通的社会面,探索发展网络化和多元主体协同的共建、共治、共享新模式。通过技术集成、业务整合、功能创新,打造平战结合的多场景、全要素、跨领域的一体化平台,实现社会治理前端面向疫情防控的“数据-计算-模型-案例-知识”交互融合与混合驱动、公共卫生风险“主动感知-智能预测”的深度联动,构建个人-家庭-社区-城市-国家各层级互通、多部门机构协作的公共卫生事件一体化防控体系。

#### 参考文献

- [1] Lai S, Ruktanonchai N W, Zhou L, et al. Effect of non-pharmaceutical interventions to contain COVID-19 in China [J]. *Nature*, 2020, 585(7825): 410-413.
- [2] Ruktanonchai N W, Floyd J R, Lai S, et al. Assessing the impact of coordinated COVID-19 exit strategies across Europe [J]. *Science*,



- 2020, 369(6510): 1465–1470.
- [3] Flaxman S, Mishra S, Gandy A, et al. Estimating the effects of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 in Europe [J]. *Nature*, 2020, 584(7820): 257–261.
- [4] Davis E L, Lucas T C D, Borlase A, et al. Contact tracing is an imperfect tool for controlling COVID-19 transmission and relies on population adherence [J]. *Nature Communications*, 2021, 12(9): 1–8.
- [5] Moon S A, Scoglio C M. Contact tracing evaluation for COVID-19 transmission in the different movement levels of a rural college town in the USA [J]. *Scientific Reports*, 2021, 11(3): 1–12.
- [6] Huang Q S, Wood T, Jelley L, et al. Impact of the COVID-19 nonpharmaceutical interventions on influenza and other respiratory viral infections in New Zealand [J]. *Nature Communications*, 2021, 12(2): 1–7.
- [7] Suryanarayanan P, Tsou C H, Poddar A, et al. AI-assisted tracking of worldwide non-pharmaceutical interventions for COVID-19 [J]. *Scientific Data*, 2021, 8(3): 1–14.
- [8] 国务院新闻办公室. 国家人权行动计划(2012—2015年)实施评估报告 [EB/OL]. (2016-06-14)[2021-07-20]. [http://www.gov.cn/xinwen/2016-06/14/content\\_5082026.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2016-06/14/content_5082026.htm).  
The State Council Information Office of the People's Republic of China. Evaluation report on the implementation of the national human rights action plan (2012—2015) [EB/OL]. (2016-06-14)[2021-07-20]. [http://www.gov.cn/xinwen/2016-06/14/content\\_5082026.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2016-06/14/content_5082026.htm).
- [9] 赵自雄, 赵嘉, 马家奇. 我国传染病监测信息系统发展与整合建设构想 [J]. *疾病监测*, 2018, 33(5): 423–427.  
Zhao Z X, Zhao J, Ma J Q. Conception of an integrated information system for notifiable disease communicable surveillance in China [J]. *Disease Surveillance*, 2018, 33(5): 423–427.
- [10] 王宇, 向妮娟, 倪大新, 等. 安徽省两所地市级医院不明原因肺炎监测系统运行情况调查 [J]. *疾病监测*, 2017, 32(5): 428–432.  
Wang Y, Xiang N J, Ni D X, et al. Performance of surveillance system of pneumonia with unknown etiology in two hospitals at municipal (prefecture) level in Anhui Province [J]. *Disease Surveillance*, 2017, 32(5): 428–432.
- [11] 王潇雨. 全球共谋流感防控 [N]. *健康报*, 2018-05-24(01).  
Wang X Y. Global conspiracy for influenza prevention and control [N]. *Health News*, 2018-05-24(01).
- [12] 上海市卫生健康委员会, 上海市发展和改革委员会, 上海市经济和信息化委员会, 等. 上海市加强公共卫生体系建设三年行动计划(2020—2022年) [EB/OL]. (2020-06-01)[2021-07-20]. [https://www.shanghai.gov.cn/nw12344/20200813/0001-12344\\_65151.html](https://www.shanghai.gov.cn/nw12344/20200813/0001-12344_65151.html).  
Shanghai Municipal Health Commission, Shanghai Municipal Development & Reform Commission, Shanghai Municipal Commission of Economy and Informatization, et al. Three years action plan for strengthening the construction of public health system in Shanghai (2020—2022) [EB/OL]. (2020-06-01)[2021-07-20]. [https://www.shanghai.gov.cn/nw12344/20200813/0001-12344\\_65151.html](https://www.shanghai.gov.cn/nw12344/20200813/0001-12344_65151.html).
- [13] 中国互联网络信息中心. 第47次《中国互联网络发展状况统计报告》 [EB/OL]. (2021-02-03)[2021-07-20]. [http://www.cnnic.net.cn/hlwfzyj/hlwzxbg/hlwtjbg/202102/t20210203\\_71361.htm](http://www.cnnic.net.cn/hlwfzyj/hlwzxbg/hlwtjbg/202102/t20210203_71361.htm).  
China Internet Network Information Center. The 47th *China statistical report on Internet development* [EB/OL]. (2021-02-03) [2021-07-20]. [http://www.cnnic.net.cn/hlwfzyj/hlwzxbg/hlwtjbg/202102/t20210203\\_71361.htm](http://www.cnnic.net.cn/hlwfzyj/hlwzxbg/hlwtjbg/202102/t20210203_71361.htm).
- [14] Kermack W O, Mckendrick A G. A contribution to the mathematical theory of epidemics [J]. *Proceedings of the Royal Society of London Series A, Containing Papers of A Mathematical and Physical Character*, 1927, 115(772): 700–721.
- [15] 韩华, 马爱娜, 赵夏, 等. 具有远程感染机制的SIRS传播模型及仿真 [J]. *武汉理工大学学报*, 2010, 32(2): 141–145.  
Han H, Ma A N, Zhao X, et al. SIRS model with the long-distance spread and emulation [J]. *Journal of Wuhan University of Technology*, 2010, 32(2): 141–145.
- [16] 杜燕飞, 肖鹏, 曹慧. 具有阶段结构的周期SEIR传染病模型的动力学性态 [J]. *四川师范大学学报(自然科学版)*, 2017, 40(1): 73–77.  
Du Y F, Xiao P, Cao H. Dynamic behavior of a periodic seir epidemic model with stage-structure [J]. *Journal of Sichuan Normal University (Natural Science)*, 2017, 40(1): 73–77.
- [17] Hethcote H W. The mathematics of infectious diseases [J]. *SIAM Review*, 2000, 42(4): 599–653.
- [18] Castillo-Chavez C, Castillo-Garsow C W, Yakubu A A. Mathematical models of isolation and quarantine [J]. *The Journal of American Medical Association*, 2003, 290(21): 2876–2877.
- [19] Lucia I U, Deisboeck T S, Grisolia G. Entropy-based pandemics forecasting [J]. *Frontiers in Physics*, 2020, 8: 1–7.
- [20] Roques L, Klein E K, Papax J, et al. Impact of lockdown on the epidemic dynamics of COVID-19 in France [J]. *Frontiers in Medicine*, 2020, 7: 1–7.
- [21] Della M M, Orlando D, Sannino F. Renormalisation group approach to pandemics: The COVID-19 case [J]. *Frontiers in Physics*, 2020, 8: 1–7.
- [22] Fisman D N, Hauck T S, Tuite A R, et al. An IDEA for short term outbreak projection: nearcasting using the basic reproduction number [J]. *PLOS ONE*, 2013, 8(12): 1–7.
- [23] Tuite A R, Fisman D N. The IDEA model: A single equation approach to the Ebola forecasting challenge [J]. *Epidemics*, 2018, 22: 71–77.
- [24] Hsieh Y. Richards model: A simple procedure for real-time prediction of outbreak severity [M] // Ma Z, Zhou Y, Wu J. *Modeling and dynamics of infectious diseases*, Singapore: World Scientific, 2009: 216–236.
- [25] 王丙刚, 曲波, 郭海强, 等. 传染病预测的数学模型研究 [J]. *中国卫生统计*, 2007, 24(5): 536–540.  
Wang B G, Qu B, Guo H Q, et al. Study on mathematical model of infectious disease prediction [J]. *Chinese Journal of Health Statistics*, 2007, 24(5): 536–540.
- [26] Moirano G, Richiardi L, Novara C, et al. approaches to daily monitoring of the SARS-CoV-2 outbreak in Northern Italy [J]. *Frontiers in Public Health*, 2020, 8: 1–7.
- [27] Brooks L C, Farrow D C, Hyun S, et al. Flexible modeling of epidemics with an empirical Bayes framework [J]. *PLOS Computational Biology*, 2015, 11: 1–51.
- [28] Yang Z, Zeng Z, Wang K, et al. Modified SEIR and AI prediction

- of the epidemics trend of COVID-19 in China under public health interventions [J]. *Journal of Thoracic Disease*, 2020, 12(3): 165–174.
- [29] Hu Z X, Ge Q Y, Li S D, et al. Forecasting and evaluating multiple interventions for COVID-19 worldwide [J]. *Frontiers in Physics*, 2020, 3: 1–10.
- [30] Utsunomiya Y T, Utsunomiya A, Torrecilha R, et al. Growth rate and acceleration analysis of the COVID-19 pandemic reveals the effect of public health measures in real time [J]. *Frontiers in Medicine*, 2020, 7: 1–10.
- [31] Tsallis C, Tirnakli U. Predicting COVID-19 peaks around the world [J]. *Frontiers in Physics*, 2020, 8: 1–6.
- [32] Buckee C, Noor A, Sattenspiel L. Thinking clearly about social aspects of infectious disease transmission [J]. *Nature*, 2021. 595(7866): 205–213.
- [33] 王飞跃, 曾大军, 毛文吉. 社会计算的意义、发展与研究状况 [J]. *科研信息化技术与应用*, 2010, 1(2): 3–14.
- Wang F Y, Zeng D J, Mao W J. Social computing: Its significance, development and research status [J]. *e-Science Technology & Application*, 2010, 1(2): 3–14.
- [34] Minar N, Burkhart R, Langton C G, et al. The swarm simulation system: A toolkit for building multi-agent simulations [EB/OL]. (1996-06-21)[2021-07-21]. <https://santafe.edu/research/results/working-papers/the-swarm-simulation-system-a-toolkit-for-building>.
- [35] Collier N. RePast: An extensible framework for agent simulation [J]. *Natural Resources and Environmental Issues (NREI)*, 2001 (8): 17–21.
- [36] Tisue S, Wilensky U. NetLogo: A simple environment for modeling complexity [C]. Boston: The Fifth International Conference on Complex Systems, 2004: 1–9.
- [37] 袁宏永, 梁漫春, 黄全义, 等. 实证数据同化案例方法在新冠肺炎疫情分析中的应用 [J]. *科技导报*, 2020, 38(6): 83–89.
- Yuan H Y, Liang M C, Huang Q Y, et al. Application of empirical data assimilation method in trend analysis of COVID-19 [J]. *Science & Technology Review*, 2020, 38(6): 83–89.