

# 我国突发公共卫生事件科技应急支撑体系建设

李明穗, 王卓然, 武乐, 蒋慧莉, 杨俊涛, 刘德培

(中国医学科学院北京协和医学院, 北京 100730)

**摘要:** 科技应急支撑体系在我国历次突发公共卫生事件中发挥了重大作用。本文围绕我国突发公共卫生事件科技应急支撑体系建设, 从科研基地平台布局、大数据技术应用、公共卫生科技投入、科研成果转化等方面开展发展现状的系统梳理。通过与医学科技前沿的发达国家比较, 深入分析我国科技应急支撑体系建设面临的问题。针对基础研究薄弱、关键核心技术缺乏等问题, 建议强化高校、医疗机构和科技企业的协同作用, 提升我国基础医学研究能力、原创性医药产品和诊断试剂的研发能力。针对我国基地平台设施不足问题, 建议强化国家生物资源样本中心建设, 建立具有自我支撑能力的信息数据共享平台。针对公共卫生科技投入不足、人才体系不完善等问题, 建议发挥国家医学科学院的引领作用, 提升公共卫生领域的投入水平, 完善人才评价、储备、培养机制。

**关键词:** 突发公共卫生事件; 卫生健康; 科技支撑

**中图分类号:** R181.8 **文献标识码:** A

## Construction of Science and Technology Support System for Public Health Emergencies in China

Li Mingsui, Wang Zhuoran, Wu Yue, Jiang Huili, Yang Juntao, Liu Depei

(Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100730, China)

**Abstract:** China's science and technology support system has played a significant role in fighting public health emergencies. In this study, we summarize the construction status of China's science and technology support system for emergencies from the aspects of (1) layout of scientific research bases and platforms, (2) application of big data technology, (3) science and technology investment in public health, and (4) transformation of scientific and technological achievements. Subsequently, we analyze the challenges for the construction of the support system in China in comparison with developed countries that are advanced regarding medical science and technology. To solve the problems of weak foundation of basic medical research and lack of key core technologies, we suggest to strengthen the synergy of universities, medical institutions, and science and technology enterprises. This will improve China's basic medical research ability and promote the research and development of original pharmaceutical products and diagnostic reagents. In view of the lack of bases and platform facilities in China, we suggest to strengthen the construction of national biological resource sample centers and build self-supported data and information sharing platforms. As for insufficient investment in public health and an imperfect personnel system, we suggest to enhance the leading role of the National Academy of Medical Sciences, increase the input of public health, and improve the personnel evaluation, reserve, and training mechanisms.

**Keywords:** public health emergencies; health; scientific and technological support

**收稿日期:** 2021-08-20; **修回日期:** 2021-11-10

**通讯作者:** 刘德培, 中国医学科学院北京协和医学院研究员, 中国工程院院士, 研究方向为基因表达调控、基因治疗与心血管疾病发病机制;  
E-mail: liudp@pumc.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

### 一、前言

突发公共卫生事件指突然发生，造成或者可能造成社会公众健康严重损害的重大传染病疫情、群体性不明原因疾病、重大食物和职业中毒以及其他严重影响公众健康的事件 [1]。进入新世纪以来，以呼吸道病毒为主的新发突发传染病频繁暴发，如 2003 年的严重急性呼吸综合征（SARS）、2009 年的甲型 H1N1 流感、2014 年的埃博拉疫情、2015 年的寨卡疫情等。2019 年末暴发的新型冠状病毒肺炎（COVID-19）疫情被世界卫生组织（WHO）定义为国际关注的突发公共卫生事件，是对世界经济发展和社会稳定的严峻考验，也是对我国突发公共卫生事件防控体系的一次大考。

我国历经数次重大突发公共卫生事件，基本形成了涵盖临床救治、病毒溯源、动物模型构建、药物疫苗和检测技术产品研发等方面的多机构协作、多方力量整合的突发公共卫生事件科技应急支撑体系。然而，我国在基础研究领域、源头技术方面积累不足，生物安全关键核心技术产品、医疗器械的国产化率较低 [2]。药物创新能力及产业发展与国际先进水平尚有差距，药物研发设备和原材料严重依赖进口；医药研发投入大、风险高、周期长，单个研发机构或企业承担难度较大 [3]。我国应对突发公共卫生事件相关的药物疫苗研发能力、诊断试剂生产能力、防护装备储备能力、医疗器械供应能力还需要进一步提升 [4]。与美国相比，我国数据资源中心、生物安全实验室等科研基础设施建设的差距和短板凸显 [5]。为强化公共卫生体系的科技支撑，提升应对公共卫生安全的能力，我国需要着力破解公共卫生领域科技人才难题，不断探索完善科技人才培养机制；加强医学科学基础研究，探索疾病病因、发病机制、诊断及治疗机理研究，促进源头创新 [6]；摸清公共卫生事件科技应对能力，从基础性生物实验技术、高等级生物安全实验室防护设施、重要医疗救治和检测设备等方面找准“卡脖子”环节，确定科研主攻方向；重视研发快速反应技术平台和生物资源信息共享平台 [7]。

综合而言，我国现有研究重点关注科技支撑在新冠疫情防控中的作用，分析视角集中于建立公共卫生应急管理体系、完善疫情防控预警机制、提升生物安全治理能力等，而关于突发公共卫生事件科

技应急支撑体系的全貌式分析和系统性研究有所缺乏，部分研究结论缺少扎实的理论数据支撑。本文重点阐述我国科技创新体系和能力布局在突发公共卫生事件中的支撑作用，剖析科技能力建设的短板和差距，结合国际有益经验，针对基础医学研究薄弱、关键核心技术缺乏、平台设施不健全、总体研究投入不足、人才体系不完善等关键问题提出针对性的发展建议。

### 二、我国突发公共卫生事件科技应急支撑体系的建设现状

#### （一）科研基地平台布局逐步完善

截至 2020 年 8 月，我国已建成各类生物技术基地平台 986 家，包括生物医学领域国家重点实验室 74 家（有 5 家属于多单位跨省共建）、省部共建国家重点实验室 31 家、以企业为主体建设的国家重点实验室 31 家、以医院为主体建设的各类国家临床医学研究中心 50 家 [8]，针对常见多发病、重大慢性病、传染病预防控制与诊治、新药研究及中医药等方向进行了全面部署。建成亚洲最大的药物化合物库，优化建设国家人类疾病动物模型资源库等卫生健康领域的国家科技资源共享平台。

在 COVID-19 疫情中，依托传染病专项支持的“重大传染病应急处置检测技术平台”“传染病监测技术平台”，在 5 天内确认新型冠状病毒（SARS-CoV-2）为此次不明原因肺炎病原体，分离出 SARS-CoV-2 毒株并拼接出病毒全基因组序列，得到 WHO “用创纪录短的时间甄别出病原体”的高度评价。依托国家人类疾病动物模型资源库，在全球率先建立 COVID-19 的小鼠、恒河猴、食蟹猴模型，被指定为国家疫苗药物评价平台；对首批 8 个疫苗中的 7 个进行评价，对上百种药物进行筛选和评价，为疫苗药物研发提供了有力支撑。

#### （二）大数据技术充分助力疫情监测和科研攻关

为开展 COVID-19 疫情防控监测，在国务院应对新冠肺炎疫情联防联控工作机制领导下，专门设立大数据专题组；科研攻关组成立信息化专班，综合全国确诊患者数、疑似病例、密切接触者、外来流入人口、地理空间、遥感监测等多个部委提供的数据，开展病毒溯源、传播链分析、疫情监测和

风险评估 [9]。为统一各地健康信息码，全国一体化政务服务平台推出“防疫健康码”，累计申领近 9 亿人次，使用次数超过 400 亿人次 [10]。

为促进科研攻关和成果共享，科学技术部、国家卫生健康委员会联合中华医学会，建立防控 COVID-19 科研成果的专业性交流平台，集成共享 COVID-19 科研应急攻关项目的科研成果、研究论文、实验数据、临床病例、重要进展等 [11]。国家人口健康科学数据中心及时发布“新型冠状病毒肺炎术语集”，构建了“新型冠状病毒肺炎数据共享系统”，提供科学数据、研究文献、疫情报告、防疫指南、防护知识等信息服务。为促进 SARS-CoV-2 基因组数据共享应用，国家生物信息中心 (CNCB)、国家基因组科学数据中心 (NGDC) 及时开发并维护 2019 新型冠状病毒信息库 (2019nCoV-1R)，整合来自全球共享流感病毒数据库 (GISAID)、美国生物技术信息中心 (NCBI)、深圳 (国家) 基因库 (CNGB)、国家微生物科学数据中心 (NMDC)、CNCB、NGDC 等机构公开发布的 SARS-CoV-2 核苷酸和蛋白质序列数据等信息。NMDC 建立了全球冠状病毒组学数据共享与分析系统，与国家病原微生物资源库 (NPRC) 等单位联合建设“新型冠状病毒国家科技资源服务系统”，有力支撑了我国乃至全球冠状病毒数据汇集和共享分析 [8]。

### (三) 公共卫生科技投入逐步加大

我国突发公共卫生事件科研经费，主要来源于国家自然科学基金，科学技术部国家科技重大专项、国家重点研发计划。国家自然科学基金委员会 (NSFC) 于 2009 年启动“非常规突发事件应急管理研究”重大研究计划共资助项目 120 余项，总经费达 1.2 亿元 [12]。截至 2020 年，“重大新药创制”国家科技重大专项累计支持 3000 多个课题，中央财政投入达 233 亿元 [13]。截至 2018 年，“艾滋病和病毒性肝炎等重大传染性疾病防治”专项投入 28 亿元，用于支持 170 项突发急性传染病防控相关项目研究 [14]。2020 年，NSFC 资助 44 个公共卫生领域项目立项，资助总金额为 1795 万元；陆续发布 SARS-CoV-2 相关的专项项目指南和长期计划 (见表 1)，加强 COVID-19 方向的研究和应对力度 [15~18]。

### (四) 科研成果应用有效转化

我国主动应对急性传染病、慢性重大疾病以及公共卫生、健康促进等健康需求，积极促进科技成果转化。艾滋病病毒核酸筛查试剂实现国产，人类免疫缺陷病毒 (HIV) 检测窗口期由 28 天缩短到 11 天；“血站核酸筛查”于 2016 年正式成为国家政策并覆盖全国。新型疫苗、免疫治疗等前沿技术研究进展显著。截至 2019 年 7 月，“重大新药创制”国家科技重大专项累计 139 个品种获得新药证书，其中 1 类新药 44 个 [19]。截至 2018 年，累计超过 280 个通用名药物通过欧美通用名药物注册，29 个专项支持品种在欧美发达国家获批上市，23 个制剂品种以及 4 个疫苗产品通过 WHO 预认证 [20]。基于 Cortellis 数据库和国家药品监督管理局网站数据，2020 年我国研发上市 43 种药物和疫苗产品，58 项 COVID-19 检测器械和诊断试剂。

## 三、我国突发公共卫生事件科技应急支撑体系建设存在的差距和短板

### (一) 公共卫生科技支撑原始创新能力有待增强

#### 1. 药物和疫苗研发能力

我国生物制药企业、科研院所关于突发公共卫生事件的药物和疫苗研发能力逐步增强，然而在基础创新、中试及产业化、产品研发总量方面与欧美发达国家相比仍有差距。基于 Cortellis 数据库，截至 2021 年 9 月，美国、欧盟、中国参与研发重大传染病 (包括鼠疫、霍乱、SARS、流感、寨卡、埃博拉、脊髓灰质炎病毒感染、COVID-19) 相关药物和疫苗的产品数分别为 1102 项、517 项、437 项；其中三方参与研发 COVID-19 病毒感染相关药物和疫苗的产品数分别为 739 项、365 项、248 项 (见图 1)。新药和疫苗研发资金需求大、研发周期长，如单项抗体药物研发经费需要 2 亿美元，在医药研发难度较大的情况下甚至可达 5 亿美元，单个科研院所或生物制药企业独立承担的难度较大 [3]。

#### 2. 检测器械和诊断试剂研发能力

高性能检测产品和医疗器械等防控产品是对突发公共卫生事件的重要科技支撑，然而我国公共卫生相关的检测器械和诊断试剂仍较多依赖进口，原理性创新尤为不足。基于国家药品监督管理局、美国食品药品监督管理局 (FDA) 网站数据，近五

表 1 NSFC 发布的 COVID-19 相关专项指南情况

| 发布时间       | 指南名称  | 资助期限 | 资助强度   | 资助项目数    |
|------------|---|------|--|----------|
| 2020 年 1 月 | 新型冠状病毒 (2019-nCoV) 溯源、致病及防治的基础研究                          | 2 年  | 直接费用资助强度约为 150 万元/项                                  | 约 20 项   |
| 2020 年 2 月 | 新冠肺炎疫情等公共卫生事件的应对、治理及影响                                    | 1 年  | 资助直接经费 1000 万元, 直接费用资助强度约为 50~80 万元/项                | 20 项     |
| 2020 年 5 月 | 新型冠状病毒中德合作研究应急专项项目指南                                      | 1 年  | 中德双方总经费不超过 150 万元人民币 (或等额的欧元)/项                      | 不超过 20 项 |
| 2020 年 9 月 | 2020 年度国家自然科学基金委员会与新西兰健康研究理事会新型冠状病毒肺炎 (COVID-19) 合作研究项目指南 | 2 年  | 中方对获批项目的资助强度为直接经费不超过 150 万元/项, 新方资助强度为不超过 35 万新西兰元/项 | 不超过 3 项  |

注: 资料来源于 NSFC 网站。

年来我国研发重大传染病 (见图 2, 包括 COVID-19、流感、寨卡等) 相关检测器械和病原诊断试剂的产品数为 70 项, 美国对应为 291 项; 2020 年, 我国 COVID-19 相关上市检测器械和诊断试剂的产品数为 58 项, 美国对应为 274 项。由此可见, 我国相关上市检测器械和诊断试剂的研发投入和产业规模仍需进一步扩大; 涉及抗病毒药物、疫苗、抗体、器械设备等研发的交叉学科领域布局仍需完善, 针对未知传染病的前瞻性、实用性探索研究有待加强。

## (二) 公共卫生科技资源基地平台建设有待加强

### 1. 公共卫生资源平台建设

我国公共卫生领域的国家重点实验室体系建设亟需完善。国家生物医学数据存储、管理与共享平台, 菌毒种、细胞株、实验动物、文献资源、人群队列等国家级高水平生物样本资源平台建设有待加强 [21]; 生物医药技术和资源共享方面的国际依存度偏高, 仍存在受制于人的情况。数据库、样本库、生物资源库等研究资源的汇交标准和共享机制有待健全, 庞大的资源优势尚未转变为公共卫生科技产出优势 [21]。

### 2. 高等级生物安全实验室建设

我国高等级生物安全实验室缺乏合理布局, 数量也低于美国等发达国家。截至 2020 年, 我国通过科学技术部建设审查的三级生物安全实验室有 81 家 [5], 真正投入使用的只有十多家; 从地域上看集中分布在北京、广州、上海、武汉等城市, 从行业上看主要分布在海关、检验检疫、疾控中心等方面。美国几乎所有高水平大学医学院、医院都配备了三级生物安全实验室, 2011 年美国即已建成 1495 个三级生物安全实验室; 截至 2017 年 12 月, 全球 23 个国家已建成和在建的四级生物安全实验

室共有 54 个, 其中美国、英国、中国的数量分别为 12 个、5 个、3 个 [22]。

## (三) 公共卫生科技应急支撑体系有待健全

### 1. 公共卫生科技研究总体投入

我国公共卫生科研经费主要来源于以基础研究为主的国家自然科学基金、以医学方式列项的国家重点研发计划和国家科技重大专项, 缺乏专门的医学科学基金, 制约了我国突发公共卫生事件科技支撑能力; 公共卫生科研经费投入总量相较以美国为代表的发达国家仍有差距。2018 财年, 美国国立卫生研究院 (NIH) 统摄的生命科学领域经费总量达 363 亿美元 [23], 基于 NIH RePORTER 在公共卫生领域投入资金约 181 亿美元。基于 NSFC 的资助数据, 2018 年我国中央政府在生命科学领域投入研究经费约为 130 亿元, 政府属科研机构支出研究经费约为 2691.7 亿元 [24]。

### 2. 国家级机构统筹开展突发公共卫生事件研究的能力

居于医学科技前沿的国家主要依托国家级医学研究机构, 如 NIH、法国国家健康与医学研究院 (INSERM)、英国医学研究理事会 (MRC)、英国国家健康研究所 (NIHR) 等, 统筹分配国家医学健康领域的研究经费, 引领包括突发公共卫生事件科技应急研究在内的国家医学科技研究。相比之下, 我国国家级医学研究机构的引领作用有待充分发挥。

### 3. 公共卫生领域专业人才

我国公共卫生体系建设相关专业人才储备不足。在全国卫生人员中, 疾控机构的卫生人员 2009 年的占比为 2.53%, 2020 年的占比为 1.53%, 呈持续下降趋势 [25]。与此同时, 我国从事疫苗、抗病毒药物、

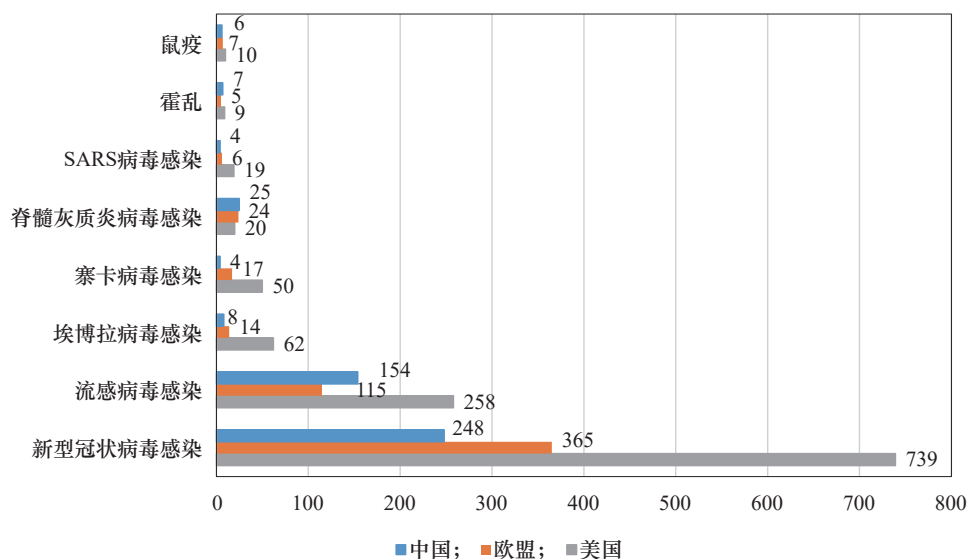


图1 美国、欧盟、中国的药物疫苗产品参与研发数量（基于 cortellis 数据库，截至 2021 年 9 月）

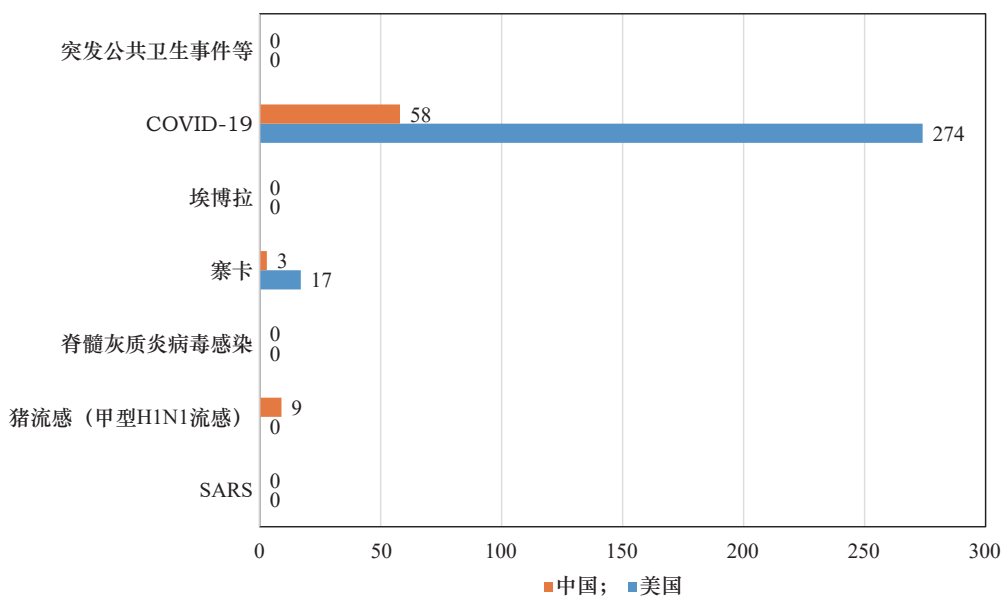


图2 中国、美国突发公共卫生事件涉及的检测器械和诊断试剂上市数量（2016—2020 年）

检测产品、医疗器械研发的专业人才相对匮乏，尤其是具备多学科知识基础、传染病流行理论和丰富国际视野及实践经验的复合型高层次人才。

#### 四、强化我国突发公共卫生科技应急支撑体系的建议

##### （一）开展关键核心技术攻关，有效发挥科技支撑保障作用

强化基础医学研究能力。结合人工智能和大数

据等新技术，以临床应用需求为牵引，开展新发突发公共卫生事件病毒溯源、传播途径、致病机理和危害致命性研究，建立具有国际领先水平的病原体组合筛查技术体系和预警溯源技术体系，全面提高突发公共卫生事件应急处置能力。

提升原创性医药产品和诊断器械的研发能力与响应速度。从国家战略层面统筹部署突发公共卫生事件药物和疫苗产品研发，加快推动疫苗的临床试验和上市使用，提高药物疫苗产品研发上市总量。加强高端医疗器械与检测试剂的研发能力、共性

关键技术研究与技术标准体系建设,提高关键原材料、高端医疗设备、检测试剂的国产化率。建立应急药物、疫苗、医疗器械产品储备制度,探索建立有效治疗药物、疫苗产品、医疗器械紧急使用授权管理制度。

强化高校、医疗机构、科技企业的紧密合作,建立高校、科研单位、医疗机构围绕重大攻关任务的合作体系。为激发生物科技企业创新活力,建议相关部门联动给予政策倾斜,合理拓宽企业融资渠道,建立企业应用基础医学研究成果的产业转化机制 [26]。

### (二) 完善公共卫生科技资源基地平台建设, 增强科技自主保障支撑能力

强化国家生物资源样本中心建设。加强菌毒种、细胞株、药用资源、实验动物、生物样本与人类遗传资源等国家级生物样本资源中心建设,成立大型队列项目和罕见病患者库,完善各类资源平台的汇交标准和共享机制,促进有限资源的科学合理利用。

建设具有自我支撑能力的高质量数据管理和信息共享平台。借鉴 NCBI、美国国家医学图书馆 (PubMed)、欧洲生物信息研究所 (EBI) 等机构的成功运行经验,建设国际一流的国家医学图书馆、本土化的全球生物医学文献检索系统和国家临床数据中心 [21],推动实现生物医学、图书资料、科研文献、医学专利、临床试验数据等信息的高质量共享共用 [7]。

完善高等级生物安全实验室和国家级实验室布局。根据区域人口密度、病原检测和科研需求,合理增设区域化的固定式三级、四级生物安全实验室,辅以小型移动式三级、四级生物安全实验室,满足突发公共卫生事件应急需求。强化公共卫生领域国家重点实验室建设,充分发挥国家医学中心、国家临床医学研究中心的行业引领作用。

### (三) 健全公共卫生支撑保障体系, 增强应对突发公共卫生事件的综合能力

加强公共卫生科技人才储备。改善公共卫生和临床医学人才评价体系,打破唯论文和影响因子的评估方法。鼓励科研合作,淡化第一作者、通讯作者身份认定。完善人才选拔聘用、培养储备和激励制度,多方吸引具有国际视野的高水平复合型公共

卫生人才。建立国家和地方应急响应队伍,开展经常性应急防控演练。

充分发挥国家医学科学院的统筹引领作用。结合医学健康领域国家实验室建设,建立真正的国家医学科学院 [21],借鉴 NIH、INSERM、MRC 等机构经验,充分发挥统筹医学科技创新资源、引领医学科技创新的作用。面向居民生命健康,围绕医学科技创新重大战略和突发公共卫生事件防控需求开展持续的科研攻关。整合优势科技资源和科研力量,统筹实施人口健康和生物安全领域科研布局,加强基础性、前沿性、公益性卫生健康科技创新领域研究。

合理增加公共卫生领域科技投入。建议在现有五大科技计划 (专项、基金) 之外,成立专门的医学研究基金,独立管理卫生健康领域的科技资源布局 [21]。持续稳定支持生命科学领域的基础研究和医疗健康关键核心技术攻关,尽快加强疫病防控和公共卫生领域的战略科技力量。

#### 参考文献

- [1] 中华人民共和国国务院. 突发公共卫生事件应急条例 [EB/OL]. (2003-05-09)[2021-08-15]. [http://www.gov.cn/gongbao/content/2003/content\\_62137.htm](http://www.gov.cn/gongbao/content/2003/content_62137.htm).  
The State Council of the People's Republic of China. Regulations of the PRC on emergency response to public health emergencies [EB/OL]. (2003-05-09)[2021-08-15]. [http://www.gov.cn/gongbao/content/2003/content\\_62137.htm](http://www.gov.cn/gongbao/content/2003/content_62137.htm).
- [2] 夏俊杰, 杨明. 关于科技在应对重大突发公共卫生事件中发挥统筹协同作用的思考 [J]. 中国科学院院刊, 2020, 35(8): 1061-1065.  
Xia J J, Yang M. Thoughts on the coordinated role of science and technology in dealing with major public health emergencies [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2020, 35(8): 1061-1065.
- [3] 武瑞君, 李治非, 张鑫, 等. 新冠病毒抗体药物研发进展与展望分析 [J]. 中国生物工程杂志, 2020, 40(5): 1-6.  
Wu R J, Li Z F, Zhang X, et al. Development and prospect of antibody drugs for SARS-CoV-2 [J]. China Biotechnology, 2020, 40(5): 1-6.
- [4] 赵锐, 石秀园, 王兴邦, 等. 我国建立突发公共卫生事件医药研发储备机制的思考 [J]. 卫生经济研究, 2020, 37(6): 6-9.  
Zhao R, Shi X Y, Wang X B, et al. Reflections on the establishment the reserve mechanism of medical research and development for public health emergencies in China [J]. Health Economics Research, 2020, 37(6): 6-9.
- [5] 赵超, 胡志刚, 焦健, 等. 打通科技治理与生物安全治理的边界——中国生物安全治理体系建设的制度逻辑与反思 [J]. 中国科学院院刊, 2020, 35(9): 1105-1115.  
Zhao C, Hu Z G, Jiao J, et al. Fusing boundary between biosecurity governance and science & technology governance—Institution-

- al logic and reflection of China's biosecurity governance system construction [J]. *Bulltin of Chinese Academy of Sciences*, 2020, 35(9): 1105–1115.
- [6] 丛斌. 为公共卫生体系提供强大科技支撑 [N]. *团结报*, 2020-07-04(02).  
Cong B. Provide solid scientific and technological support for the public health system [N]. *Unita*, 2020-07-04(02).
- [7] 陈婷, 王磊, 李丽娟, 等. 从科技角度落实《生物安全法》提升应对公共卫生安全能力探讨 [J]. *中国公共卫生*, 2021, 37(9): 1443–1446.  
Chen T, Wang L, Li L J, et al. Enhancement effect of *biosafety law* implementation on public health safety capability in view of science and technology [J]. *Chinese Journal of Public Health*, 2021, 37(9): 1443–1446.
- [8] 中国生物技术发展中心. 2020中国生物技术基地平台报告 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2020.  
China National Center for Biotechnology Development. 2020 China biotechnology base and platform report [M]. Beijing: Scientific and Technical Documentation Press, 2020.
- [9] 张新, 林晖, 王劲峰, 等. 中国数字化公共卫生应急管理体系建设的科技策略建议 [J]. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2020, 45(5): 633–639.  
Zhang X, Lin H, Wang J F, et al. Scientific and technological strategies proposal for the construction of digital public health emergency management system in China [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2020, 45(5): 633–639.
- [10] 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]. (2021-02-01)[2021-08-15]. <http://www.cnnic.net.cn/hlwxfzj/hlwzxbg/hlwjtjbg/202102/P020210203334633480104.pdf>.  
China Internet Network Information Center. The 47th China statistical report on the Internet development [EB/OL]. (2021-02-01)[2021-08-15]. <http://www.cnnic.net.cn/hlwxfzj/hlwzxbg/hlwjtjbg/202102/P020210203334633480104.pdf>.
- [11] 中国政府网. 科技部、卫生健康委联合中华医学会建立防控新冠肺炎科研成果的专业性交流平台 [EB/OL]. (2020-02-15)[2021-08-15]. [http://www.gov.cn/xinwen/2020-02/15/content\\_5479386.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2020-02/15/content_5479386.htm).  
The State Council of the People's Republic of China. Ministry of Science and Technology of the PRC, National Health Commission of the PRC and Chinese Medical Association have established a professional communication platform of scientific researches on novel coronavirus pneumonia [EB/OL]. (2020-02-15)[2021-08-15]. [http://www.gov.cn/xinwen/2020-02/15/content\\_5479386.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2020-02/15/content_5479386.htm).
- [12] 国家自然科学基金委员会. “非常规突发事件应急管理研究”重大研究计划取得系列成果 [EB/OL]. (2018-01-19)[2021-08-15]. <http://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab440/info72681.htm>.  
National Natural Science Foundation of China. The major research project “unconventional emergency management research” has achieved a series of results [EB/OL]. (2018-01-19)[2021-08-15]. <http://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab440/info72681.htm>.
- [13] 中国政府网. “重大新药创制”科技重大专项收官 [EB/OL]. (2021-02-02)[2021-08-15]. [http://www.gov.cn/xinwen/2021-02/02/content\\_5584285.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2021-02/02/content_5584285.htm).  
The State Council of the People's Republic of China. The national science and technology major project “significant new drug creation” has finished [EB/OL]. (2021-02-02)[2021-08-15]. [http://www.gov.cn/xinwen/2021-02/02/content\\_5584285.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2021-02/02/content_5584285.htm).
- [14] 中华人民共和国科学技术部. “艾滋病和病毒性肝炎等重大传染病防治”国家科技重大专项新闻发布会 [EB/OL]. (2018-03-28)[2021-08-15]. <http://www.most.gov.cn/xwzx/twzb/fbh18032701/index.html>.  
Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China. The news conference of the national science and technology major project for “prevention and treatment of AIDS, virus hepatitis and other serious infectious diseases” was held [EB/OL]. (2018-03-28)[2021-08-15]. <http://www.most.gov.cn/xwzx/twzb/fbh18032701/index.html>.
- [15] 国家自然科学基金委员会. “新型冠状病毒(2019-nCoV)溯源、致病及防治的基础研究”专项项目指南 [EB/OL]. (2020-01-22)[2021-08-15]. <https://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab442/info77363.htm>.  
National Natural Science Foundation of China. The guideline of the special project “basic research on traceability, pathogenicity and prevention of New Coronavirus (2019-nCoV)” [EB/OL]. (2020-01-22)[2021-08-15]. <https://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab442/info77363.htm>.
- [16] 国家自然科学基金委员会. 国家自然科学基金“新冠肺炎疫情等公共卫生事件的应对、治理及影响”专项项目评审会召开 [EB/OL]. (2020-03-31)[2021-08-15]. <https://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab445/info77618.htm>.  
National Natural Science Foundation of China. The National Natural Science Foundation project “Novel coronavirus pneumonia and other public health events, coping, governance and impact” special project assessment was held [EB/OL]. (2020-03-31)[2021-08-15]. <https://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab445/info77618.htm>.
- [17] 国家自然科学基金委员会. 国家自然科学基金委员会中德科学中心新型冠状病毒中德合作研究应急专项项目 [EB/OL]. (2020-05-17)[2021-08-15]. <https://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab442/info77836.htm>.  
National Natural Science Foundation of China. The guideline of the NSFC-SGC new coronavirus Sino German cooperative research contingency special project [EB/OL]. (2020-05-17)[2021-08-15]. <https://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab442/info77836.htm>.
- [18] 国家自然科学基金委员会. 2020年度国家自然科学基金委员会与新西兰健康研究理事会新型冠状病毒肺炎(COVID-19)合作研究项目指南 [EB/OL]. (2020-09-16)[2021-08-15]. <https://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab442/info78676.htm>.  
National Natural Science Foundation of China. The guideline of 2020 NSFC-HRC COVID-19 cooperative research project [EB/OL]. (2020-09-16)[2021-08-15]. <https://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab442/info78676.htm>.
- [19] 中国新闻网. 中国“重大新药创制”专项累计139个品种获新药证书 [EB/OL]. (2019-07-31)[2021-08-15]. <https://www.china.news.com.cn/gn/2019/07-31/8912774.shtml>.  
China News Service. A total of 139 varieties of the national science and technology major project “significant new drug creation” have obtained new drug certificates [EB/OL]. (2019-07-31)[2021-08-15]. <https://www.china.news.com.cn/gn/2019/07-31/8912774.shtml>.
- [20] 中华人民共和国科学技术部. 重大新药创制国家科技重大专项新闻发布会 [EB/OL]. (2019-08-01)[2021-08-15]. <http://www.most.gov.cn/xwzx/twzb/fbh19073101/>.

- Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China. The news conference of the national science and technology major project for "significant new drug creation" was held [EB/OL]. (2019-08-01)[2021-08-15]. <http://www.most.gov.cn/xwzx/twzb/fbh19073101/>.
- [21] 王辰. 集中力量开展关键核心技术攻关, 加快解决医药卫生领域“卡脖子”问题 [N]. 人民政协报, 2021-08-04(06).  
Wang C. Focus on tackling key core technologies and speed up the solution of the “neck sticking” problem in the field of medical and health care [N]. CPPCC Daily, 2021-08-04(06).
- [22] 黄翠, 汤华山, 梁慧刚, 等. 全球生物安全与生物安全实验室的起源和发展 [J]. 中国家禽, 2021, 43(9): 84-90.  
Huang C, Tang H S, Liang H G, et al. Origin and development of global biosafety and biosafety laboratory [J]. China Poultry, 2021, 43(9): 84-90.
- [23] NIH. NIH data book: NIH budget history [EB/OL]. (2019-10-01)[2021-08-15]. <https://report.nih.gov/nihdatabook/>.
- [24] 国家统计局. 2018年全国科技经费投入统计公报 [EB/OL]. (2019-08-30)[2021-08-15]. [http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/rdpcgb/qgkjjftrtjgb/201908/t20190830\\_1694754.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/rdpcgb/qgkjjftrtjgb/201908/t20190830_1694754.html).
- National Bureau of Statistics. Statistical bulletin of national science and technology investment in 2018 [EB/OL]. (2019-08-30)[2021-08-15]. [http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/rdpcgb/qgkjjftrtjgb/201908/t20190830\\_1694754.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/rdpcgb/qgkjjftrtjgb/201908/t20190830_1694754.html).
- [25] 光明网. 公共卫生体系建设和医疗体制改革的问题和建议 [EB/OL]. (2020-03-19)[2021-08-15]. <https://m.gmw.cn/baijia/2020-03/19/33665554.html>.  
Guangming Online. Problems and suggestions on public health system construction and medical system reform [EB/OL]. (2020-03-19)[2021-08-15]. <https://m.gmw.cn/baijia/2020-03/19/33665554.html>.
- [26] 习近平. 为打赢疫情防控阻击战提供强大科技支撑 [J]. 北京人大, 2020 (4): 4-6.  
Xi J P. Provide strong scientific and technological support for winning the war of epidemic prevention and control [J]. The People's Congress of Beijing, 2020 (4): 4-6.