

科学数据中心间重大事件联合应急响应机制研究

王爽¹ 张连翀² 李国庆² 赵文明³ 罗葳⁴

(1. 中国科学院高能物理研究所, 北京 100049; 2. 中国科学院空天信息创新研究院, 北京 100094;
3. 中国科学院北京基因组研究所(国家生物信息中心), 北京 100101;
4. 中国医学科学院国家人口健康科学数据中心, 北京 100730)

摘要: 科学数据中心作为重要的数据基础设施和载体, 在公共卫生、自然灾害等突发应急事件中发挥着越来越大的作用。针对国内外不同数据中心间应急响应机制模式, 从资源保障、政策协调、参与程度、响应效果和监管部门监管责任等方面进行分析, 提出适合我国科学数据中心体系的“管理部门—责任中心—代理机构”联合应急响应机制, 并阐述具体应急响应流程, 为提高科学数据中心应急数据保障能力、增强我国在应急响应方面的制度性优势提供思路。

关键词: 科学数据中心; 重大事件; 应急响应; 应急响应机制; 应急响应模式

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2024.01.001

CSTR: 15994.14.issn.1674.1544.2024.01.001

中图分类号: G322

文献标识码: A

Research on Joint Emergency Response Mechanism of Major Events among Scientific Data Centers

WANG Shuang¹, ZHANG Lianchong², LI Guoqing², ZHAO Wenming³, LUO Wei⁴

(1. Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; 2. Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094; 3. Beijing Institute of Genomics, Chinese Academy of Sciences/China National Center for Bioinformatics, Beijing 100101; 4. National Population Health Data Center, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100730)

Abstract: As a significant data infrastructure and carrier, scientific data center is becoming more and more important in the emergencies of public health and natural disaster. Aiming at the emergency mechanism among domestic and foreign data centers, this paper conducts an analysis from the aspect of resource guarantee, policy coordination, participation, response effect and responsibility of regulatory authority. Then, the “management department - responsibility data center - broker agency” emergency response mechanism that is suitable for Chinese scientific data center system is proposed, and the emergency response process is introduced. The proposed emergency response mechanism provides idea for improving the emergency data guarantee capability of the scientific data center and enhancing the institutional advantages of China in emergency response.

作者简介: 王爽(1994—), 女, 中国科学院高能物理研究所工程师, 研究方向为数据管理; 张连翀(1985—), 男, 中国科学院空天信息创新研究院助理研究员, 研究方向为遥感数据服务协同技术(通信作者); 李国庆(1968—), 男, 中国科学院空天信息创新研究院研究员, 研究方向为高性能地学计算和网络化数据工程; 赵文明(1977—), 男, 中国科学院北京基因组研究所(国家生物信息中心)教授级高级工程师, 研究方向为生物信息大数据; 罗葳(1988—), 女, 中国医学科学院国家人口健康科学数据中心项目主管, 研究方向为数据科学和卫生健康数据管理。

基金项目: 国家科技基础条件平台中心委托任务课题项目“科学数据中心重大事件联合响应机制与规范化流程研究”(2021WT11)。

收稿时间: 2023年2月14日。

Keywords: scientific data center, major event, emergency response, emergency response mechanism, emergency response model

0 引言

科学数据是国家科技创新和经济社会发展的重要基础性战略资源^[1]。《科学数据管理办法》《数据安全法》和《关于构建数据基础制度更好发挥数据要素作用的意见》等国家一系列政策法规的出台,为科学数据的管理与开放共享提供了政策保障和制度规范。2019年,科技部和财政部联合公布的20家国家科学数据中心和30个国家生物种质与实验材料资源库,在实现数据共享、支撑科技创新、加强国际合作方面,已成为重要的新型基础设施和载体^[2];2020年,中国科学院初步建成了由总中心、18个学科中心和13个所级中心组成的中国科学院科学数据中心建设与服务体系,成为中国科学院科学数据的汇交、管理、开放共享和创新应用工作的重要抓手^[3]。

近年来,公共卫生、自然灾害等突发应急事件逐渐成为各国发展共同面临的重要风险和威胁,给人类生命健康、财产安全和经济可持续发展带来严峻挑战,也对突发事件应急处理过程中的信息统筹能力、人员协调能力和数据保障能力提出了更高的要求。应急数据具有复杂性、紧迫性和多样性的特征,用户往往需要从多家数据中心获取所需要的数据,不仅费时费力,而且无法保证数据的准确性和完整性,限制了科学数据中心的应急响应效果^[4]。因此,开展科学数据中心间联合应急响应机制研究,不仅能够促进跨领域科学数据的综合利用,还能够充分发挥我国科学数据中心在应急管理领域的制度优势,提升社会服务能力。

本文面向国内外突发应急事件,提出一种适合我国科学数据中心的联合应急响应机制和规范化流程。首先,从公共卫生和自然灾害出发,对国内外数据中心的应急响应机制进行调研。其次,在调研的基础上总结数据中心间应急响应机制模式,并从资源保障、政策协调等多个角度分

析不同模式的优缺点。最后,提出适合我国科学数据中心的“管理部门—责任中心—代理机构”机制,阐述应急响应的具体流程,并在这个机制的基础上对我国科学数据中心进行探索实践。

1 国内外数据中心应急响应机制调研

1.1 国际数据中心应急响应机制

在公共卫生方面,国际数据中心公共卫生应急响应机制主要有国际核酸序列数据共享联盟。国际核酸序列数据库合作联盟(International Nucleotide Sequence Database Collaboration, INSDC)是美国国立生物技术信息中心(National Center for Biotechnology Information, NCBI)、欧洲生物信息学研究所(European Bioinformatics Institute, EBI)、日本国立遗传研究所DNA数据库(DNA Data Bank of Japan, DDBJ)3个国际生物信息中心分别依托其核酸序列数据库建立的数据共享与合作联盟,也是国际上公共领域数据共享方面著名的组织之一^[5]。这个组织的3个成员之间每天进行核酸序列数据交换,在任意一个数据库提交的数据都会同步提交至其他两个数据库中。INSDC的3个成员每年召开会议,讨论有关建立和维护序列存档的问题,并制定了一系列统一的标准和政策。3个成员的核酸序列数据库使用同一个序列命名空间,使得无论访问哪个数据库,同一个序列编号(accession number)对应相同的内容。

在自然灾害方面,国际数据中心应急响应机制主要有空间与重大灾害国际宪章。空间与重大灾害国际宪章(International Charter Space and Major Disasters, CHARTER)是目前世界上影响最大的空间减灾合作机制^[6]。截至2023年3月,参与这个机制的数据中心达到17个(包括欧洲空间局、美国地质调查局、德国宇航中心和日本宇宙航空研究开发机构等),启动地震、洪涝、地震、滑坡、火山爆发等全球重大灾害应急

响应超过 800 次，可协调的光学和雷达遥感卫星超过 60 颗^[7]。作为政府间减灾合作机制的代表，CHARTER 建立了包括需求提报、任务规划、数据分发和产品生产在内的一整套工作机制，从而确保受灾成员国、联合国机构和其他国际组织的授权用户获取遥感数据和信息产品^[8]。

1.2 国内数据中心应急响应机制

我国国家科学数据中心在灾害、公共卫生等应急响应方面也参与并开展了一系列工作。参与机构包括国家人口健康科学数据中心、国家对地观测科学数据中心等。此外，针对不同场景，不同科学数据中心间也开展了联合应急响应工作。

(1) 国家人口健康科学数据中心

在 2019 年年末暴发的新型冠状病毒感染 (COVID-19) 疫情后，国家人口健康科学数据中心及时发布了“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、疫情地图、救治医疗机构导航、心理援助查询等信息和应用服务^[9]，并配合国际科学院联合组织 (IAP) 美国秘书处对呼吁为全球突发卫生事件建立全球卫生数据共享框架公报进行审核。整合优势科技资源，联合高校、科研单位、医疗机构科研力量，建设具有自我支撑能力的高质量卫生健康数据管理和信息共享平台，以应对我国突发公共卫生事件。

(2) 国家对地观测科学数据中心

国家对地观测科学数据中心积极助力重大灾害应急响应工作。在河南特大暴雨、四川泸定地震灾害发生后，中心发挥分中心工作机制，紧急协调气象、海洋、资源、长光和欧比特等几十颗民商高分辨率卫星制订灾区卫星拍摄计划，为应急管理部国家减灾中心、自然资源部生态地质与灾害防控重点实验室、农业农村部农业灾害遥感重点实验室、水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心等 51 个减灾机构和团队的灾区房屋倒损、道路受损和次生地质灾害风险评估工作提供了数据保障。

2 科学数据中心间应急响应机制模式分析

目前，国内外科学数据中心间应急响应机制可分为 5 种模式，即平等协作模式、管理部门直接管理模式、牵头中心协调模式、管理部门指定模式和管理部门指定代理模式。

2.1 平等协作模式

在平等协作模式下，应急响应事件的发起主体为请求对象，启动主体和数据提供方均为各参与中心。在此过程中，联合工作组负责与请求对象进行对接并提供数据服务。具体响应流程如下：由应急响应请求对象（应急管理部、卫生健康委员会等部委级直属单位、各级政府机构、非政府组织等）发起应急请求，各相关中心接收请求后，共同确认发起应急响应。参与应急响应的中心各派代表成立临时的联合工作组，负责商讨应急响应流程、组织协调各机构开展应急响应工作，具体包括各中心的任务分配、数据流转、数据产权、成本分摊以及事件宣传等。期间发生的各项成本由各中心共同承担，联合工作组根据实际情况结束应急响应工作（图 1）。

平等协作模式是一种自下而上、自发性、临时性的应急响应机制，应急响应请求发生后，各相关中心共同发起应急响应。各中心间通过联合工作组相互协作，地位平等，共同拥有事件宣传署名权，各参与中心拥有数据资源署名权。

2.2 管理部门直接管理模式

在管理部门直接管理模式下，应急响应事件的发起主体为请求对象，启动主体为管理部门，数据提供方为各参与中心。在此过程中，管理部门负责与请求对象进行对接，参与中心向请求对

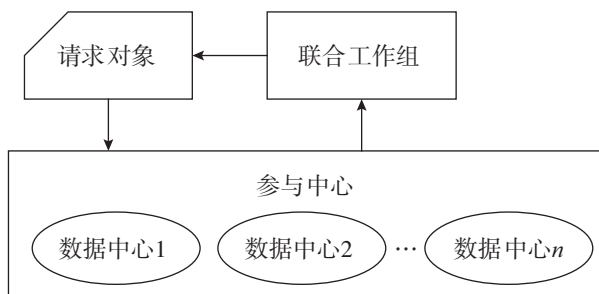


图 1 平等协作模式

象提供数据服务。具体响应流程如下：由应急响应请求对象（应急管理部、国家卫生健康委员会等部委级直属单位、各级政府机构、非政府组织等）向管理部门发起应急请求，管理部门确定进行应急响应后，根据协议向相关中心发布应急响应任务。管理部门直接管理所有参与中心，并负责商讨应急响应流程、组织协调各机构开展应急响应工作，包括各中心的任务分配、数据产权、成本分摊以及事件宣传等。期间发生的各项成本由管理部门承担，管理部门根据实际情况结束应急响应工作（图2）。

管理部门直接管理模式是一种自上而下、有组织、契约式的应急响应机制。管理部门拥有事件宣传署名权，各参与中心拥有数据资源署名权。

2.3 牵头中心协调模式

在牵头中心协调模式下，应急响应事件的发起主体为请求对象，启动主体为牵头中心，数据提供方为各参与中心。在此过程中，执行工作组负责与请求对象对接并提供数据服务。具体响应流程如下：由业务部门作为应急响应请求对象（应急管理部、国家卫生健康委员会等部委级直属单位、各级政府机构、非政府组织等）向相关中心发出应急响应请求。中心确定进行应急响应后，作为本次应急响应的牵头中心，组建执行工作组负责此次应急响应事件。执行工作组对相关中心发布应急响应任务，并组织、协调其他自愿参与应急响应的中心开展应急响应工作，包括各中心的任务分配、数据产权、成本分摊以及事件宣传等。应急响应期间发生的各项成本由牵头中心承担，执行工作组根据实际情况结束应急响应工作（图3）。

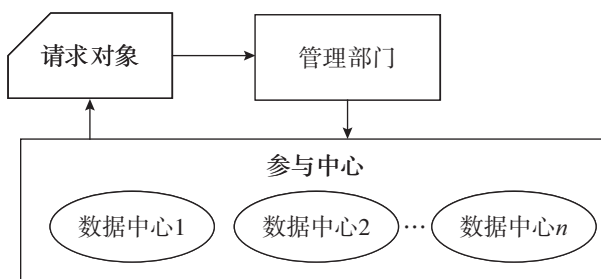


图2 管理部门直接管理模式

牵头中心协调模式是一种按需启动、有限范围、委托式的应急响应机制。牵头中心拥有应急响应事件宣传署名权，各参与中心拥有数据资源署名权。

2.4 管理部门指定模式

在管理部门指定模式下，应急响应事件的发起主体为请求对象，启动主体为管理部门，数据提供方为各参与中心。在此过程中，执行工作组负责与请求对象进行对接并提供数据服务。具体响应流程如下：由应急响应请求对象（应急管理部、国家卫生健康委员会等部委级直属单位、各级政府机构、非政府组织等）向管理部门发出应急响应请求。管理部门接收到应急响应请求后对其进行评估，确定发起应急响应，并指定负责此次应急响应事件的中心。管理部门和负责中心共同抽调人员成立执行工作组。执行工作组商讨应急响应流程、对相关机构发布应急响应任务，并组织、协调其他自愿参与应急响应的中心开展应急响应工作，包括各中心的任务分配、数据产权、成本分摊以及事件宣传等。应急响应期间发生的各项成本由管理部门和负责中心共同承担，执行工作组根据实际情况结束应急响应工作（图4）。

管理部门指定模式是一种按需启动、有限范围、任务式的应急响应机制。负责中心除作为应急响应事件的参与者，还与管理部门共同负责协调其他各中心共同进行应急响应。管理部门和负责中心拥有应急响应事件宣传署名权，各参与中心拥有数据资源署名权。

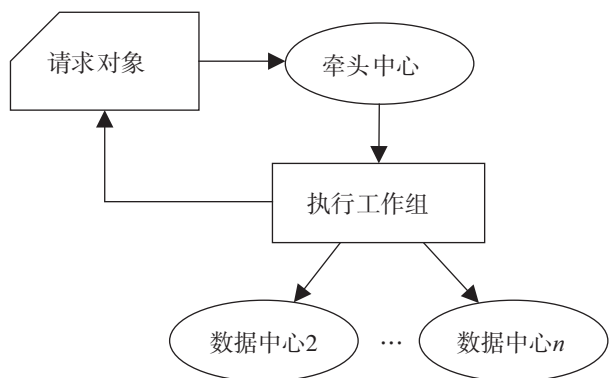


图3 牵头中心协调模式

2.5 管理部门指定代理模式

在管理部门指定代理模式下，应急响应事件的发起主体为请求对象，启动方为管理部门，数据提供方为各参与中心。在此过程中，代理机构负责与请求对象进行对接并提供数据服务。具体响应流程如下：由应急响应请求对象（应急管理部、国家卫生健康委员会等部委级直属单位、各级政府机构、非政府组织等）向管理部门发出应急响应请求。管理部门确定发起应急响应并指定其代理机构。代理机构负责协调各中心共同发起应急响应，包括各中心的任务分配、数据产权、成本分摊以及事件宣传等。期间发生的各项成本由管理部门承担，管理部门根据实际情况结束应急响应工作（图 5）。

管理部门指定代理模式是一种指定代理、有限范围、任务式的应急响应机制。代理仅负责协调组织各参与应急响应中心，并不参与到实际应急响应工作中。管理部门拥有事件宣传署名权，各参与中心拥有数据资源署名权。

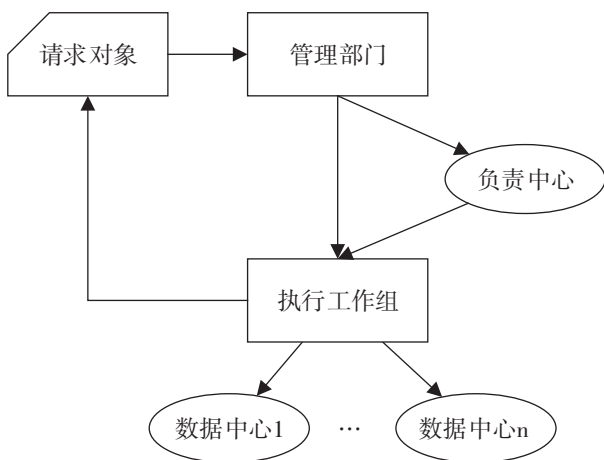


图 4 管理部门指定模式

2.6 5 种应急响应机制模式的优劣势

从资源保障、政策协调、参与程度、响应效果和监管部门监管责任等方面对各模式进行分析（表 1）。

在平等协作模式下，应急响应事件资源由各参与中心提供，各中心具有较大的自主性，参与程度较高。但由于缺少管理部门监管，各中心间合作政策缺乏统一规范和约束力，管理部门监管责任小，响应效果一般。

在管理部门直接管理模式下，管理部门直接监管各参与中心，应急响应事件资源由各参与中心提供，各中心间合作政策具有统一的规范和约束力，参与程度较高，响应效果较好，但管理部门监管责任较大。

在牵头中心协调模式下，牵头中心负责协调和组织应急响应事件。应急响应事件资源由各参与中心提供，由于缺少管理部门监督，牵头中心对各中心间的政策协调效果一般，各参与中心的参与程度一般，响应效果一般。管理部门的监管责任较小。

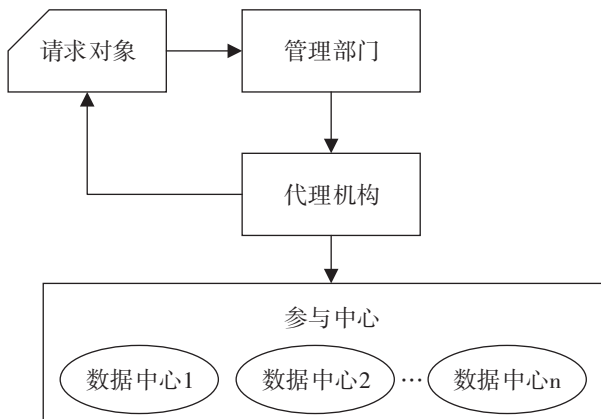


图 5 管理部门指定代理模式

表 1 科学数据中心间应急响应机制模式分析

模式	资源保障	政策协调	参与程度	响应效果	管理部门监管责任
平等协作模式	中	弱	高	中	小
管理部门直接管理模式	强	强	高	好	大
牵头中心协调模式	中	中	中	中	小
管理部门指定模式	强	强	高	好	中
管理部门指定代理模式	中	中	中	中	中

在管理部门指定模式下，管理部门指定应急响应事件的负责中心，并共同成立执行工作组协调和组织应急响应事件。应急响应事件资源由各参与中心提供，各中心间合作政策具有统一的规范和约束力，参与程度较高，响应效果较好，但管理部门监管责任一般。

在管理部门指定代理模式下，管理部门指定代理方协调各个中心共同发起应急响应，而代理机构并不参与具体应急响应工作。应急响应事件资源由各参与中心提供，但是由于缺少管理部门的管理，代理机构对各参与中心间的政策协调效果一般，各参与中心的参与程度一般，响应效果一般，且管理部门的监管责任一般。

3 我国科学数据中心联合应急响应工作机制研究

为提高科学数据中心的社會服务能力，促进科学数据资源的有效利用，完善科学数据中心的机制，本文面向公共卫生、自然灾害等突发

应急事件，提出自上而下的、适用于我国科学数据中心体系的联合应急响应机制，并提出规范化响应流程。

在现有应急响应机制模式分析的基础上，鉴于实际情况，本文建议我国各科学数据中心间采用“管理部门—责任中心—代理机构”多方混合模式进行突发事件应急响应。

3.1 应急响应机制及流程

应急事件发生后，由应急响应请求对象向数据中心主管单位（国家科技基础条件平台中心等）发起应急响应请求。数据中心主管单位指定负责此次应急响应事件的责任数据中心，双方共同组建的应急工作指挥部负责协调各参与数据中心进行应急响应。各数据中心负责检查并提交专业的数据资源至主管单位指定代理机构。代理机构及时将数据汇交情况反馈给应急工作指挥部，应急工作指挥部再通知请求对象去代理处获取数据。主管单位根据实际情况，宣布结束应急响应工作（图6）。

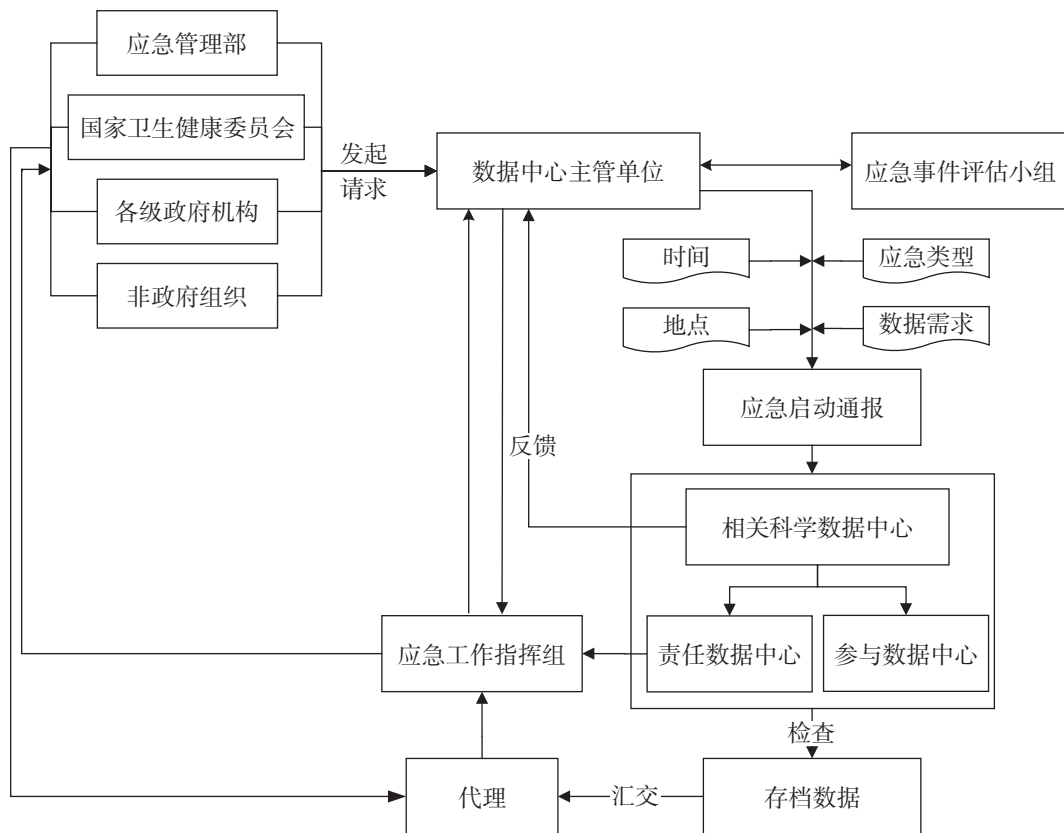


图6 我国科学数据中心联合应急响应机制模式

(1) 由明确的应急响应请求对象（应急管理部、国家卫生健康委员会等部委级直属单位、各级政府机构、非政府组织等）向数据中心主管单位发起应急响应请求（邮件、电话等）。

(2) 数据中心主管单位对应急响应请求进行初步评估，确定进行响应后，将应急请求提交至突发应急事件评估小组，评估小组由数据中心主管单位组织相关领域专家组成。

(3) 评估小组对本次事件进行评估，确定发起应急响应后，数据中心主管单位根据事件发生的时间、地点、应急类型、程度、数据需求范围等信息，加工整理成应急启动通报，根据预案将通报通过多种渠道（函、邮件、电话、微信等）下发至相关科学数据中心。

(4) 根据各数据中心的参与意愿，数据中心主管单位指定此次应急响应事件负责实际协调工作的责任数据中心，并由数据中心主管单位和责任数据中心抽调人员组建应急工作指挥组。

(5) 参与应急响应的各数据中心在接收到上述通报后，对自有数据进行整理，并在应急启动后 24 小时内以清单形式将数据汇交至指定代理机构。

(6) 指定代理机构通过专题系统完成数据整理、编目、信息发布和用户服务，并由应急工作指挥组第一时间反馈给请求对象，其他数据中心对此事件保持关注，及时将后续数据更新至专题系统。

(7) 应急工作指挥组应及时向数据中心主管单位汇报工作进展，并征求工作指导意见。

(8) 数据中心主管单位根据实际情况，宣布结束本次应急响应工作，并对参与此次应急事件的数据中心进行总结和绩效评价。

在“管理部门—责任中心—代理机构”机制下，数据中心主管部门指定本次应急响应事件的责任数据中心，并共同成立应急工作指挥组协调和组织本次应急响应事件。应急响应事件数据资源由各参与中心提供，各中心间合作政策具有统一的规范和约束力，参与程度较高，响应效果较好，而管理部门监管责任一般。此外，通过代理

机构建立的专题系统，应急事件相关的数据资源能够及时反馈给请求对象。在应急响应事件完成后，这些存档数据资源也能够随时被访问。

3.2 典型应用分析

在“管理部门—责任中心—代理机构”模式下，各科学数据中心针对如新型冠状病毒肺炎疫情和夏季洪涝灾害等进行了一些探索。

(1) 新型冠状病毒肺炎疫情

2019 年年末，新型冠状病毒感染（COVID-19）疫情暴发。在国家科技基础条件平台中心的领导下，国家基因组数据中心、国家微生物数据中心、国家地球系统科学数据中心、国家人口健康科学数据中心、国家病原微生物资源库、国家标准物质资源库、国家模式与特色实验细胞资源库联合发布了“新型冠状病毒肺炎科技资源服务专题”^[10]，由国家科技资源共享服务工程技术研究中心提供技术支持。专题根据疫情的动态变化，提供了冠状病毒序列信息、基因组信息、医疗卫生机构信息等相关的数据资源。

(2) 夏季洪涝灾害

2020 年夏季，我国长江流域遭遇罕见的流域性洪水，造成重大人员伤亡和财产损失。在国家科技基础条件平台中心的领导下，对地观测、青藏高原、地球系统和气象等国家科学数据中心联合发布了“中国 2020 年洪涝灾害数据服务专题”^[11]，由国家科技资源共享服务工程技术研究中心提供技术支持。专题提供了覆盖鄱阳湖、巢湖、太湖等区域的高分一号光学数据集、高分三号雷达数据集、珠海一号高光谱数据集、基础地理数据集、经济社会数据集以及逐日汛情动态监测信息等，累计服务科研团队 398 个，支撑科研项目 26 个。

综上所述，通过搭建数据资源专题网站，不同应急事件相关的科学数据和科技资源能够及时发布，用户通过访问专题网站即可获得不同来源、不同类型的科学数据，极大地提高了数据资源的使用效率，缩短了数据资源的获取时间。专题网站的建立，能够持续动态地为地方政府、科

（下转第 91 页）

- Economic modelling, 2023, 124(7): 106297.
- [20] KOULADOUM J C, NGOUHOUE I, MIAMO C W. Wellbeing in Africa: the role of technology transfer[J]. Technology in society, 2023, 73(2): 102238.
- [21] BOLATAN G I S, GIADEDI A, DAIM T. Innovation leadership through technology transfer: case of Turkish industry[J]. Technology in society, 2022, 68(1): 101909.
- [22] 刘曦子, 侯锐, 陈进. 人口受教育程度对居民消费的影响研究: 基于动态面板分位数回归法[J]. 西北人口, 2017, 38(1): 50-56, 65.
- [23] 孙丽文, 吴林飞, 齐培潇. 区域技术转移影响因素组态效应研究: 输出与吸纳双重视角[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(18): 56-63.
- [24] 杨仲基, 王宏起, 武建龙. 利益相关者视角下区域科技成果转化能力评价及实证研究[J]. 工业技术经济, 2018, 37(1): 153-160.
- [25] 彭峰, 周银珍, 李燕萍. 中国高技术行业的技术转移与效率差异[J]. 求索, 2016(3): 92-96.
- [26] 冯华, 单丽曼. 中国技术转移效率评价研究: 基于Malmquist指数和Bootstrap-DEA的实证分析[J]. 学习与实践, 2016(11): 14-22.

(上接第7页)

研院所等应急响应用户提供科学数据支撑和信息保障。

4 结语

面向国家重大需求和国民经济主战场是当代科学界的两个重要任务之一。科学数据中心作为国家创新体系的重要组成部分,要主动担负起相关的任务。本文为改变我国各科学数据中心独立、重复开展应急事件响应服务的现状,提出了一种面向重大事件的科学数据中心联合应急响应机制。这个应急响应机制在不改变各数据中心现有业务体系的基础上,为更加高效、精准助力应急事件处理工作提供了渠道统一、覆盖全面、迅速响应的技术途径,促进了科学数据中心主动对接和圆满完成国家重大需求的任务,并在提升跨领域科学数据利用率的同时,扩大了我国科学数据中心社会服务能力。

参考文献

- [1] 王瑞丹, 杨静, 高孟绪, 等. 加强和规范我国科学数据管理的思考[J]. 中国科技资源导刊, 2018, 50(2): 1-5.
- [2] 科技部, 财政部. 科技部 财政部关于发布国家科技资源共享服务平台优化调整名单的通知[EB/OL]. [2022-06-01]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-06/11/content_5399105.htm.
- [3] 中国科学院科学数据中心体系[EB/OL]. [2022-06-10]. <https://www.casdc.cn/>.
- [4] 卢逸航, 李国庆, 陈祖刚. 科学数据中心间互操作模式研究[J]. 数据与计算发展前沿, 2022, 4(1): 69-83.
- [5] COCHRANE G, KARSCH-MIZRACHI I, TAKAGI T, et al. The international nucleotide sequence database collaboration[J]. Nucleic acids research, 2016, 44(D1): D48-D50.
- [6] Charter. International Charter Space and Major Disasters (Charter)[EB/OL]. [2021-10-30]. <https://disaster-scharter.org/web/guest/home>.
- [7] 王志刚. 支持国际灾害救援, 贡献中国航天力量: “空间与重大灾害国际宪章”实施20周年[J]. 卫星应用, 2020(11): 14-20.
- [8] 苗晨, 张连翀, 李国庆, 等. 基于开放科学的全球重大自然灾害数据应急援助机制研究和实践[J]. 中国科技资源导刊, 2022, 54(1): 2-10.
- [9] 李明穗, 王卓然, 武乐, 等. 我国突发公共卫生事件科技应急支撑体系建设[J]. 中国工程科学, 2021, 23(6): 139-146.
- [10] 国家科技基础条件平台中心. 新型冠状病毒肺炎科技资源服务专题[EB/OL]. [2022-05-20]. <https://www.escience.org.cn/topic/important-topic?id=6bc7e3ea278b45ce4105ef87b47903fc>.
- [11] 国家科技基础条件平台中心. 中国洪涝灾害数据服务专题[EB/OL]. [2022-05-20]. <https://www.escience.org.cn/topic/important-topic?id=cfff51734e0a6247a4a0c871eadd0254>.