

李翔, 左天惠, 李洋. 广西应急测绘保障体系框架研究[J]. 华南地震, 2024, 44(1): 84-90. [LI Xiang, ZUO Tianhui, LI Yang. Research on Guangxi Emergency Surveying and Mapping Support System Framework [J]. South China journal of seismology, 2024, 44(1): 84-90]

广西应急测绘保障体系框架研究

李翔^{1, 2}, 左天惠^{1, 2}, 李洋^{1, 2}

(1. 广西壮族自治区自然资源调查监测院, 南宁 530219; 2. 自然资源部北部湾经济区
自然资源监测评价工程技术创新中心, 南宁 530219)

摘要: 分析了广西应急测绘任务需要解决的问题, 包括: 应对的情况、保障服务的对象、保障的阶段和各阶段的主要工作等。提出了该问题的解决思路, 设定了广西应急测绘保障体系建设目标, 设计了一套具有“统一指挥、上下联动、依靠群众”组织体系的, 具有“专常兼备、反应迅速”技术体系的和“覆盖全面”支撑体系的广西应急测绘保障体系框架, 很好支撑了首次国省协同跨省区应急测绘保障演练的顺利开展, 也经受住了“‘3.21’东航飞行事故’应急测绘保障任务的实践考验”。

关键词: 应急测绘; 体系; 无人机; 天空地人网; 自然资源

中图分类号: P205

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2024)01-0084-07

DOI: 10.13512/j.hndz.2024.01.09

Research on Guangxi Emergency Surveying and Mapping Support System Framework

LI Xiang^{1, 2}, ZUO Tianhui^{1, 2}, LI Yang^{1, 2}

(1. Guangxi Institute of Natural Resources Survey and Monitoring, Nanning 530219, China; 2. Technology Innovation Center for Natural Resources Monitoring and Evaluation of Beibu Gulf Economic Zone, Ministry of Natural Resources, Nanning 530219, China)

Abstract: Firstly, the problems to be solved in the emergency surveying and mapping tasks in Guangxi are summarized and analyzed, including the situation to be dealt with, the service object, the stage of guarantee, and the main work involved in each stage. Subsequently, the solution ideas are proposed, and the goal of building the Guangxi emergency surveying and mapping support system is determined. Furthermore, the Guangxi emergency surveying and mapping support system framework is designed, which has the organization system with "unified command, upper and lower linkage, rely on the masses", the technical system with "both professional and conventional, rapid response", and the support system of "comprehensive coverage". The system offers powerful support for the first national and provincial collaborative cross-provincial emergency surveying and mapping support exercise, and also withstands the practical test of the "3.21" China Eastern Airlines Flight Accident emergency surveying and mapping task.

Keywords: Emergency surveying and mapping; System; Unmanned Aerial Vehicle; Sky-Surface-Human-Net; Natural resources

收稿日期: 2023-11-08

基金项目: 广西重点研发计划(桂科 AB22080077); 广西科技基地和人才专项(桂科 AD20238044)联合资助。

作者简介: 李翔(1982-), 男, 硕士研究生, 高级工程师, 主要研究方向为摄影测量与遥感、应急测绘保障、地图学与地理信息系统。

E-mail: 155389005@qq.com

0 引言

受热带气流和特殊地形地貌影响,广西是全国自然灾害最为严重的省区之一。典型的自然灾害有洪涝、干旱、台风、冰雹、地震、滑坡、泥石流、风暴潮、山体崩塌、地面塌陷、低温冷冻以及森林火灾等^[1-2]。据统计,“十三五”期间,广西全区累计受灾人口1482.4万人次,因灾死亡失踪301人,直接经济损失达352.8亿元。虽大幅度低于《国家综合防灾减灾规划(2016—2020年)》的目标值^[3],但防灾减灾救灾工作依然严峻。

“科学救灾,测绘先行”^[4]。应急测绘保障是突发事件应急处突的基础保障,2017年新《测绘法》颁布,规定了应急测绘的工作内容。至此,应急测绘保障工作要求明确写入法律,列入了广西壮族自治区自然资源厅的法定职能。

随着社会的发展和技术的进步,广西自然资源厅应急测绘数据获取能力从地面走向了天空,数据类型从二维走向了三维多源,服务能力从后端提供服务走向了前线直接服务。近10多年来先后为全州山体滑坡事故、平果铝尾矿库泄露事故、梧州苍梧地震、广西多处地陷和地质灾害等执行应急测绘任务20余次,为灾情研判、处置决策和应对部署等提供准确、翔实的科学依据,有效维护了社会和谐稳定,有力保障了人民生命财产安全。获得了当地政府、受灾群众的高度认可。但仍然不同程度的存在“指挥不当、上下脱节、力量薄弱、手段单一、反映滞后、覆盖片面”的问题,急需一套体系化的、系统化的应急处保障能力。

2020年12月,《广西壮族自治区自然资源厅应急测绘保障预案》完成修订并发布。为了更好的按照预案开展应急测绘保障工作,履行《测绘法》法定职责,本文依托“国家应急测绘保障南宁基地”的建设成果、依托“自然资源要素变化实时感知和智能处理关键技术研发与应用示范”重点研发项目、“北部湾地区自然资源监测评价工程技术创新中心”重点工作,从广西应急测绘保障工作的具体实际出发,着力研究探索一套“统一指挥、上下联动、依靠群众、专常兼备、反应迅速、覆盖全面”^[3]的广西特色应急测绘保障体系。

1 应急测绘保障的需求

1.1 应对的情况

主要应对广西行政区域范围内突发事件,可分

五类情况。第一类是洪涝、干旱、滑坡、泥石流等自然灾害;第二类是安全生产事故;第三类是公共安全事件^[5-6];第四类是自然资源厅“急难险重”工作任务;第五类是自然资源部、自治区党委政府下达的其他重要应急测绘保障任务^[7]。

1.2 保障服务的对象

主要有五类保障对象。分别是自治区党委、政府;自治区突发事件应急指挥机构及自治区政府有关部门;突发事件所在地市级人民政府;参加应急救援和处置工作的中国人民解放军、中国人民武装警察部队;参加应急救援和处置工作的其他有关单位或组织^[7]。

1.3 保障的阶段和主要工作

按照突发事件的发展过程及其所需应急测绘保障工作的不同,可分为储备、预警、抗灾、救灾和恢复等五个阶段^[8],可以有效应对“三断”及其他情况,进行预警、处置、抢修、救援和恢复。

(1)储备阶段。发生在事发的前、中、后各个时期。主要工作是有针对性的储备关键的“路—电—网”及其他重点目标的各时相、各尺度、各类型、各种精度、各种形式的地理信息数据,以备不时之需。

(2)预警阶段。发生在事发的前、中、后各个时期。主要工作是通过在“路—电—网”关键设施上及其他重点目标的上架设RTK等移传感器感知位移变化,或通过遥感手段对目标进行多期观测,经过对比分析发现位移变化,并将变化信息用于预警分析。

(3)抗灾阶段。发生在事发后72小时内,主要包括应急决策、应急救援两个工作。其中,事发后8个小时内进行应急决策,需要提供受灾地区的基础地理信息数据。包括行政区划图、影像图、地形图、高程模型、“路—电—网”等重要基础设施分布图、主要危险源分布图等;事发后8~72小时进行应急救援,需要提供事发后第一时间获取的基础地理信息数据。包括事发地区影像图、“路—电—网”等重要基础设施损毁专题图、高程模型、三维实景模型。同时进行应急导航与位置服务、空间分析与灾情解译、信息报送与共享等工作。

(4)救灾阶段。发生在事发后3~60天。主要包括救灾安置、灾损评估两部分工作,需要提供能够支撑临时安置点建设、恢复道路、恢复电力、恢复通讯、防止次生灾害发生、疫情防治、灾损评估所

需的基础图件和基础地理信息数据。

(5)恢复阶段。发生在事发60天后。其工作内容主要是事发地区的恢复重建或者安置点的规划重建工作。所需要的测绘成果主要是根据规划要求生产的规划图。

2 广西应急测绘保障体系建设目标

建成一支以自治区自然资源系统力量为主体的,有关部门、测绘资质公司和群众能参加的、基于自然资源“天—空—地—人—网”多维立体协同感知网^[9]、能有效覆盖广西陆海岛的、具有高适应性和高机动性的广西应急测绘专业力量。能够进行极端情况下突发事件“第一时间”现场

信息快速获取、处理、分析、解译能力,并以实体图纸图件、在线地理信息平台服务、专题信息报送等方式,为广西各类各级“应急处突”部门的应急决策、应急救援、救灾安置、灾损评估、恢复重建等提供及时有效的应急测绘保障服务^[10-13]。

3 广西应急测绘保障体系的构建

包括一个“统一指挥、上下联动、依靠群众”的组织体系,一个“专常兼备、反应迅速”的技术体系和一个“覆盖全面”的支撑体系等三个方面。总体框架如图1所示。

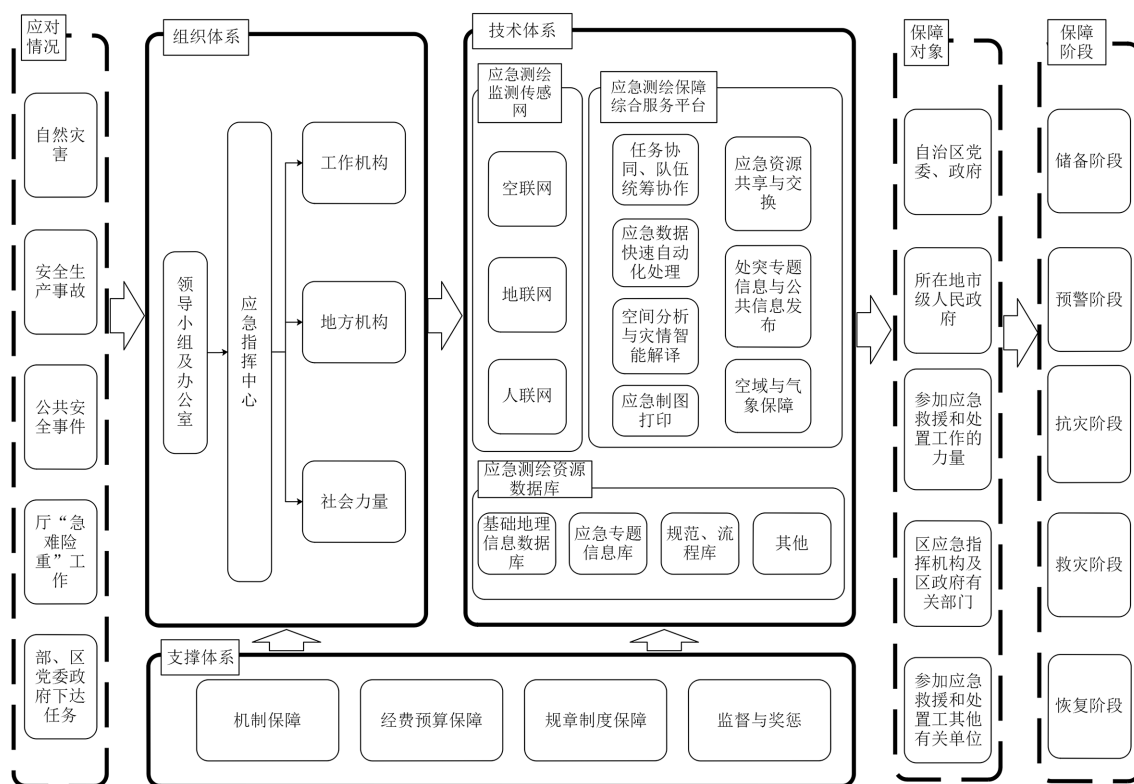


图1 广西应急测绘保障体系总体框架

Fig.1 Overall framework of Guangxi emergency surveying and mapping support system

3.1 组织体系

按照统一领导、分级负责^[8]、部门协同、联动响应、依靠群众的原则建立自然资源应急测绘保障组织体系和机构^[7]。

(1)领导小组及办公室。负责应急测绘保障日常管理工作,负责与“应急处突”部门保持密切联系,了解需求;负责组织开展演练;负责预案编制和修订;编制年度经费预算;负责有关监督

管理工作。

(2)应急测绘保障指挥中心。负责根据领导小组及办公室要求,下达应急测绘保障指令,负责指挥、调度、协调厅应急测绘保障工作机构成员单位。

(3)工作机构。厅各直属事业单位为应急测绘保障主要工作机构,对一级、二级、三级预案进行响应,承担由领导小组办公室和指挥中心下达和部署的应急测绘保障具体工作。

(4)地方机构。设区市、县(市、区)自然资源主管部门是地方机构,坚持属地管理原则^[14],负责响应一级预案,按照领导小组办公室和指挥中心指令配合完成超出属地应对能力的应急测绘保障工作。

(5)社会力量。依靠群众力量,将各地具有优势资源、技术的相关企、事业单位或者个人等社会力量纳入自治区应急测绘保障体系,必要时执行一级响应,按指挥中心按照统一领导、专常结合原则,统筹领导、组织协调社会力量参与应急测绘保障工作。

(6)各级主体之间的应急联动的机制和关键技术。在制度层面,各级主体之间应急联动机制通过本级应急预案“纵向互联,横向互通”。领导小组及办公室统一指导制定本级预案,预案中明确本级组织结构及分工,做到指令、信息、数据的承上启下,畅通流转,确保多层级、多主体应急联动工作的顺利开展。

在技术层面,应急测绘保障指挥中心通过“广西应急测绘保障综合服务平台”指挥调度各级主体协同开展应急联动工作(详见本文“技术体系”)。

3.2 技术体系

以“数据获取准实时化、数据处理自动化、分析解译智能化、信息服务网络化”为目标建设技术体系,重点建设“广西应急测绘监测传感网、广西应急测绘资源数据库、广西应急测绘保障服务平台”^[15]。

(1)广西应急测绘监测传感网。“天一空一地一人一网”一体化观测网络是对地观测领域的科学前沿,也是应急测绘中灾情信息获取的最主要手段^[16]。广西应急测绘监测传感网依托国家应急测绘保障南宁基地建设成果、自然资源“天一空一地一人一网”多维立体协同感知网进行建设^[9]。重点建设“空联网”、“地联网”、“人联网”三个部分^[9],利用“空一地一人”网一体化灾害现场信息的协同获取^[17],解决突发事件现场信息快速、全面、准实时、动态获取的问题。

空联网^[9]。将国家应急测绘保障南宁基地的彩虹-4无人机、广西自然资源厅厅属各事业单位、各设区市自然资源主管部门以及社会力量和个人的无人机设备、传感器设备连接组网^[18-19],形成光学、高光谱、红外、LiDAR、SAR、倾斜摄影、视频等各种遥感数据快速获取能力。

地联网^[9]。将国家应急测绘保障南宁基地的应急监测车、移动测量车,广西自然资源厅厅属各事业单位、广西各设区市自然资源主管部门以及社会力量和个人的各类监测、测量、调查等装备连接组网,形成突发事件前线现场勘测与现场数据的采集能力^[20]。

人联网^[9]。通过普适型、智能化终端设备或者安装普惠性APP,利用移动互联网(互联网)等网络技术,将参与自然资源调查监测的专业队伍、基层干部、社会公众联网,充分发挥各自的优势实现各类外业调查监测数据的第一时间采集。人联网的主要组成包括区市县各级专业队伍、基层干部和社会公众。

(2)广西应急测绘资源数据库。依托国家应急测绘保障南宁基地“国家应急测绘资源广西共享节点”进行建设^[15]。对基础地理信息、基础应急专题信息等应急成果数据;应急测绘作业标准规范、预案、流程指导等文档类数据;应急测绘队伍、装备信息;事件信息库、预案库、知识库、模型库、案例库、文档库的综合数据库等知识类进行存储和管理。

(3)广西应急测绘保障综合服务平台。依托“广西无人机应急联动服务平台”^[15]和广西“泛像控库及二三维影像自动化处理系统”进行建设。重点解决任务协同、队伍统筹协作;应急数据快速自动化处理;空间分析与智能灾情解译;应急制图打印;应急资源共享与交换;处突专题信息与公共信息发布;空域与气象保障等问题^[21]。

任务协同、队伍统筹协作。依托“广西应急测绘联动服务平台”实时掌握各类、各级应急队伍、应急装备的位置、工作状态。启动预案后,就近、快速统筹调动事发地应急测绘力量协同开展应急测绘任务。实现“数据获取准实时化”。获取的遥感数据通过网络传输进入“广西应急测绘资源数据库”,进入数据自动化处理的任务流程。

应急数据快速自动化处理。依托“泛像控库及二三维影像自动化处理系统”软硬件,对事发现场发回的多源航空遥感影像数据进行化数据处理进行集群化、多维度并行处理,生产影像、高程、地表模型和三维模型等地理信息数据。实现“数据处理自动化”。产出的成果数据用于空间分析、灾情解译、应急地图制图等工作。

空间分析与灾情智能解译。依托“广西壮族自治区自然资源监测动态感知大脑”,融合天、空、地多维数据,综合运用视觉AI和深度学习技

术,基于多波段、多极化、主被动微波遥感的自然地理现象自动解译理论,通过自我训练迭代,可以实现微波遥感影像灾情信息自动快速解译^[22]。进而开展空间分析工作和灾情自动解译工作。实现“分析解译智能化”。

应急制图打印。制定各类应急专题图的制图标准规范和模板,建设一套应急制图云系统,使本地和事发地的“应急处突”部门可以调用已有应急基础地理信息数据、自动化处理生产现势性的应急地理信息数据、分析解译后的专题数据等完成智能化制图,在连接本地绘图设备后,快速打印用于满足应急响应、应急指挥、应急救援、应急安置、重建规划等所需的各类图纸图件^[23-25]。

应急资源共享与交换。依托“国家应急测绘资源广西共享节点”和“广西应急测绘数据快速传输网络”,通过应用云计算、大数据、物联网、人工智能、融合通信、5G等前沿技术手段^[26],实现应急测绘数据的在突发事件现场、突发事件所在市县区、国家航空应急测绘保障南宁基地、应急测绘保障对象间的应急测绘数据快速传输和交换工作。有助于解决应急信息“获取难”“融合难”“共享难”“应用难”等问题^[26]。

处突专题信息与公共信息发布。依托“广西无人机应急联动服务平台”,开发兼顾志愿者地理信息的应急测绘服务网站^[27],以面向任务的应急测绘聚焦服务模式^[28]为“应急处突”部门提供专题应急队伍分布、任务执行进度、过程监控、地理信息空间查询分析、导航定位、空域和气象保障服务、预警等专题性信息服务;为公众提供舆情上报、任务执行进度、地理信息空间查询分析、导航定位、气象保障、预警等一般性公共信息服务。实现“信息服务网络化”^[29-31]。

空域与气象保障。依托“广西无人机应急联动服务平台”,开发应急测绘门户网站空域和气象保障模块,空域保障方面提供空域审批流程指导、空域批件查询、空域管制分区查询、获批空域范围查询、放飞申请流程查询等空域保障服务;气象保障方面提供未来30天中长期天气预报用于飞行任务规划、提供未来一周天气预报用于制定飞行计划、提供未来两小时天气预报用于飞行任务执行、提供飞行区域实时天气预警用于应急返航和终止飞行任务。实现“信息服务网络化”^[29-31]。

(4)多平台、多网络的应急数据融合。为提高应急测绘数据的可用性、可靠性、实时性,应急

测绘数据需要实现多平台、多网络的数据融合。在不同的硬件设备、软件系统、通信网络之间,实现应急测绘数据的无缝对接、快速传输、高效融合,提高应急测绘数据的可用性、可靠性、实时性。

多平台数据获取与传输。利用卫星、无人机、航空、地面等多种手段,实时采集灾区的地理、环境、灾情、救援等数据,形成海量、异构、动态的应急测绘数据源。建立应急测绘数据的传输链路和接口,实现应急测绘数据的实时同步、动态更新、增量传输,提高应急测绘数据的时效性和准确性。

应急数据融合后管理与集成。建立应急测绘数据的仓库或云平台,实现应急测绘数据的集中存储、统一管理、安全防护,提供数据共享、检索、交换等服务,满足各级各类应急测绘数据的需求。建立应急测绘数据的集成模式,实现应急测绘数据的空间集成、时间集成、语义集成、多维集成,提高应急测绘数据的完整性和可信性。

应急数据可视化与分析。利用大数据、人工智能、地理信息等技术,对应急测绘数据进行挖掘、分析、研判,提取有价值的信息,构建风险评估、预警预报、应急方案等模型和算法,为应急决策提供智能化、专业化、精细化的手段。利用三维数字地球、虚拟现实、增强现实等技术,对应急测绘数据进行多维度、多层次、多效果的可视化展示,实现应急测绘数据的直观表达、交互操作、动态演示,为应急指挥提供辅助支持。

依托“广西无人机应急测绘联动服务平台”,从技术角度实现各类应急装备、应急数据的融合。通过该平台能够把应急部门的各类应急设备连接起来,变成应急测绘资源,解决了应急装备及资源利用率不高和协同共享不足的问题。通过平台融合各类应急数据,并快速回传灾害点影像、音视频等应急数据,极大提升应急测绘的响应速度和能力。通过多平台、多网络的数据融合,也提高了应急数据共享和利用效率,实现数据增值、数据赋能。

3.3 支撑体系

保障体系用以支撑组织体系和技术体系各项工作得以正常开展。包括建立与应急、气象等部门的信息通报机制;建立空域使用快捷审批机制;建立健全“平战结合”工作机制;建立经费预算

保障建立各类人员培训制度、设备管理制度、安全生产制度、工作标准、作业规范、指导流程和特情处置预案以及监督与奖惩机制等^[32]。

4 实践案例

4.1 桂粤湘琼联合开展跨省区应急测绘保障演练

2021年10月21日,在自然资源部统一指挥下,由广西自然资源厅牵头,联合广东、湖南等省厅、海南测绘地理信息局,圆满完成“2021年度桂粤湘琼跨省区应急测绘保障演练”。

演练通过利用广西无人机应急联动服务平台,实现国省两级指挥协同、四省(区)六地同步联合演练和5个指挥部实时联动;在线调动10支专业队伍和若干地方队伍共计100余人、10架无人机,完成6项应急测绘保障任务;实现28分钟完成卫星遥感图制作上传、40分钟完成矢量图件制作上传、50分钟完成应急灾害专题地图制作上传、无人机航摄数据实时快拼回传,高质量完成了演练任务。

由于建立了相对完整的系统化的广西应急测绘保障体系,本次演练基本做到了“统一指挥、上下联动、依靠群众、专常兼备、反应迅速、覆盖全面”,保证了首次国省协同跨省区应急测绘保障演练的顺利开展。

4.2 为“3.21”东航飞行事故提供应急测绘保障

2022年3月21日16时,在获悉东航一飞机在广西梧州发生事故后,广西自然资源厅立即启动区、市、县自然资源部门三级应急测绘联动保障机制,并在自然资源部地信司的指导下,及时布置任务。

3月21日19时,及时提供了事发地点最新卫星遥感应急图,用于现场指挥。3月21日19:10,制作了圈出出事地点的梧州市、藤县及埌南镇共3幅行政区划图,向现场指挥部提供各类图件10份,3幅行政区划图同时提供给自然资源部国家基础地理信息中心。3月22日10时,完成高分辨率的救灾区域三维模型;获取了22日早上6:30的高分三号卫星影像并完成影像图制作。

与此同时,3月21日晚,通过组织广西自然资源调查监测院等自然资源系统内外5家单位以及社会力量共27架无人机、30余人在梧州现场附近随时待命。22日中午无人机获批升空,晚8时许生存

东航MU5735航班失事地点的0.5平方千米正射影像图。该图件已交梧州现场指挥部用于搜救工作。

由于建立了相对完整的系统化的广西应急测绘保障体系,本次任务在第二天就按需求提供了完整的应急测绘保障服务,是对广西应急测绘保障体系的一次实践考验。

5 结束语

应急测绘是我国应对重大灾害,制定国家防灾减灾战略,发展防灾减灾工程技术,对测绘工程学科和行业提出的新要求^[22],完善的应急测绘保障体系是履行职能职责的必要保障。虽然国家应急测绘保障能力建设项目南宁基地的建成、广西自然资源“天—空—地—人—网”多维立体协同感知网的不断完善、广西无人机应急联动服务平台的上线、泛像控库及二三维影像自动化处理系统的研发为广西应急测绘保障体系的建设提供基础技术支撑,但仍需要继续用大数据、人工智能、云计算、边缘计算等前沿技术不断提升技术能力,同时不断进行组织创新、制度创新,激活广西应急测绘保障体系内部潜力,更“准”更“快”的为“应急处突”部门服务。

参考文献

- [1] 刘炳胜,黄如兰,王志星,等.广西地质灾害现状与防灾减灾策略探讨[J].南方国土资源,2019,36(06):63-64+67.
- [2] 陈圆.广西主要海洋灾害及防治对策[J].南方国土资源,2014,31(07):40-41+44.
- [3] 广西壮族自治区应急管理厅.广西应急体系建设“十四五”规划:桂应急发〔2021〕75号[A/OL].(2021-09-23)[2023-11-08].<http://yjgl.gxzf.gov.cn/gwgg/t11220055.shtml>
- [4] 张东升,王剑敏,欧仁和,等.浅谈领导工作用图的编制和设计[J].测绘与空间地理信息,2012,35(11):182-183.
- [5] 刘芳.以需求为导向探索测绘地理信息供给侧改革[J].中国测绘,2016,25(02):59-63.
- [6] 张志,黄全义,王金坡.应急管理对基础测绘的需求分析[J].中国应急管理,2009,27(03):26-29.
- [7] 广西壮族自治区自然资源厅.广西壮族自治区自然资源厅办公室关于印发应急测绘保障预案的通知:桂自然资办〔2022〕460号[EB/OL].(2022-12-14)[2023-11-08].<https://dnr.gxzf.gov.cn/zfxgk/fdzdgknr/zcfg/btgdgkwj/t16390867.shtml>
- [8] 李朋德.中国应急测绘体系建设与实践[J].卫星与网络,2013,14(11):22-27.

- [9] 周涛,唐长增. 自然资源调查监测体系数字化建设[M]. 北京:科学出版社,2022:61-100.
- [10] 汤建国,胡传文,王玲,等. 省级应急测绘保障服务体系研究[J]. 测绘通报,2012,58(07):94-96.
- [11] 邹进泰,马德富. 强化五个意识搞好湖北省自然灾害应急管理体系建设[C]// 2007中国科协年会专题论坛暨第四届湖北科技论坛“湖北省防灾减灾与应急管理体系建设”分论坛论文集. 武汉:湖北省科学技术协会,2007.
- [12] 曾超,曹振宇,曾珍,等. 四川省应急测绘保障体系构建及实践[J]. 测绘科学,2021,46(11):187-200.
- [13] 于颂,杨爱民,陈峰. 应急测绘保障系统的应用——以山西省为例[J]. 测绘通报,2016,62(11):118-121+140.
- [14] 中华人民共和国自然资源部. 自然资源部应急测绘保障预案:自然资办发〔2022〕15号[A/OL]. (2022-04-22) [2023-11-08]. http://zrzy.qdn.gov.cn/zwgk_2020/zdlyxx/chdlsx/202205/t20220512_74045272.html
- [15] 赵勇,武昊,王中祥,等. 国家应急测绘保障能力建设项目总体技术设计[J]. 测绘通报,2019,65(09):121-127.
- [16] 李德仁. 对地观测与抗震救灾[J]. 测绘科学,2009,34(01):8-10.
- [17] 赵勇,刘万增,李然,等. 新时代应急测绘保障技术体系框架设计[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2020,45(08):1312-1318.
- [18] 王中祥,武昊,朱杰,等. 工业级无人机应急测绘系统研究[J]. 测绘科学,2019,44(07):177-182.
- [19] 李英成,薛艳丽,李西林,等. 北斗短报文的无人机飞行监管技术与装备研究[J]. 测绘科学,2019,44(06):47-51.
- [20] 毕凯,王中祥,武昊,等. 国家应急测绘前线勘测系统设计与建设[J]. 测绘通报,2019,65(09):139-146.
- [21] 周治武,赵勇,朱秀丽,等. 国家基础地理信息中心应急测绘保障服务现状与展望[J]. 测绘通报,2015,61(10):16-19.
- [22] 李建成,宁津生,闫利. 应急测绘技术[C]//第十三届中国科协年会第12分会场—测绘服务灾害与应急管理学术研讨会论文集. 中国科学技术协会,2011.
- [23] 陈军,陈利军,廖安平,等. 汶川地震灾区应急影像地图制作技术[J]. 遥感学报,2009,13(01):162-168.
- [24] 杨庚印. 应急地图测绘生产体系的研究与应用[J]. 测绘通报,2011,57(01):78-81.
- [25] 张鸿儒. 省级测绘应急保障快速供图服务体系建设[J]. 地理空间信息,2018,16(12):122-124+11.
- [26] 玉新年. 广西凝心聚力,绘就“十四五”应急体系建设蓝图[J]. 中国减灾,2022,32(01):22-25.
- [27] 杨靓,黄蔚,查祝华,等. 兼顾志愿者地理信息的国家应急测绘公众服务平台设计[J]. 测绘通报,2019,65(09):147-151.
- [28] 朱庆,曹振宇,林琤,等. 应急测绘保障体系若干关键问题研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2014,39(05):551-555.
- [29] 龚建辉,黄青伦,陈中林,等. GIS服务在测绘应急保障体系中的应用[J]. 测绘科学,2013,38(04):164-166.
- [30] 徐胜华,刘纪平,刘猛猛,等. 一体化综合减灾智能服务系统研究[J]. 测绘科学,2019,44(06):273-278.
- [31] 陈军,何超英,朱武,等. 汶川抗震救灾的基础地理信息综合应急服务[J]. 地理信息世界,2008,6(06):7-11.
- [32] 曹振宇. 自然灾害应急测绘信息服务机制与方法[D]. 武汉:武汉大学,2014.