

DOI:10.13409/j.cnki.jdpme.20230921004

自然灾害防控产业的技术突破与发展路径 战略研究*

刘汉龙¹, 任辉启², 陈军³, 仇文岗¹, 李喆⁴, 殷跃平⁵,
张勤⁶, 王鲁琦¹

(1. 重庆大学土木工程学院, 重庆 400045; 2. 军事科学院国防工程研究院, 北京 100850; 3. 自然资源部国家基础地理信息中心, 北京 100830; 4. 中国工程院战略咨询中心, 北京 100088; 5. 中国地质调查局中国地质环境监测院, 北京 100081; 6. 长安大学地质工程与测绘学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 在全球气候变化及地质活动日益活跃的孕灾大环境下,我国亟待实现自然灾害的快速高效应急处理,相应的灾害防控产业升级同样势在必行。结合自然灾害防控关键环节的发展方向,通过文献整理、现场调研、专家咨询及问卷调查等方式,分析了自然灾害防控产业面临的问题与挑战,开展自然灾害防控产业技术突破与发展路径的研究,提出以下对策措施:构建更为完善的标准化体系,严格核定从业资格,实时把控自然灾害防控产业的市场动态,保障产业市场良性竞争;立足本土化发展优势,集群化发展自然灾害防控产业,贯通自然灾害多产业链条;以自然灾害防灾减灾的基础研究为主导,通过理论创新和技术迭代,完成自然灾害产业升级,提升产业整体性、系统性和协同性,打造防灾减灾产业端的国际核心竞争力。本文将为自然灾害防控的产业高质量快速发展提供前瞻性、针对性、储备性的科学参考。

关键词: 全球气候变化; 自然灾害; 防灾减灾; 应急响应

中图分类号: X43 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-2132(2023)05-0917-06

Strategic Research on Technical Breakthroughs and Industry Development Paths of Natural Hazard Prevention and Control

LIU Hanlong¹, REN Huiqi², CHEN Jun³, ZHANG Wengang¹, LI Zhe⁴, YIN Yueping⁵,
ZHANG Qin⁶, WANG Luqi¹

(1. School of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, China; 2. National Defense Engineering Research Institute, Academy of Military Sciences, Beijing 100850, China; 3. National Center for Basic Geographic Information, Ministry of Natural Resources, Beijing 100830, China; 4. Strategic Consulting Center, Chinese Academy of Engineering, Beijing 100088, China; 5. China Institute for Geo-Environmental Monitoring, China Geological Survey, Beijing 100088, China; 6. School of Geological Engineering and Geomatics, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract: In the context of global climate change and increasingly active geological activities, China urgently needs to achieve rapid and efficient emergency response to natural disasters, and the corresponding upgrading of disaster prevention and control industries is also imperative. This study em-

* 收稿日期: 2023-09-21; 修回日期: 2023-09-26

基金项目: 中国工程院战略研究与咨询项目(2022-XBZD-06-03)资助

作者简介: 刘汉龙(1964—), 男, 教授, 博导, 博士。主要从事岩土工程研究。E-mail: hliuhhu@163.com

通讯作者: 仇文岗(1983—), 男, 教授, 博导, 博士。主要从事岩土工程研究。E-mail: zhangwg@cqu.edu.cn

employs a comprehensive research methodology, encompassing literature review, on-site research, expert consultation, and questionnaire survey. Furthermore, combined with the development objectives of key steps within natural hazard mitigation, the issues and challenges faced by the natural disaster prevention and control industry were analyzed to propose the development paths of technology breakthroughs. On this basis, the following strategies were summarized. A more comprehensive standardization system should be established to seriously verify professional qualifications, control the market dynamics of industries in real-time, and ensure efficient competition in the industrial market. Leveraging advantages of localized development, the development of natural hazard prevention and control industries should be clustered to connect multiple chains. Led by the basic research on natural hazard prevention and reduction, the upgrading of natural hazard industries should be completed through theoretical innovation and technological iteration. Moreover, the industry should highlight the overall, systematic, and synergistic characteristics to enhance international competitiveness within disaster prevention and reduction. This paper aims to provide forward-looking, targeted, and evidence-based scientific references to facilitate the high-quality and expeditious development of the natural disaster prevention and control industry.

Keywords: global climate change; natural hazards; disaster prevention and reduction; emergency response

0 前言

加速的城市化进程推进了我国人口、财富、生产力的富集,然而,延伸的城镇空间发展与多发、频发自然灾害区域的重叠,同样使得公众承担了更多遭遇重大自然灾害的风险。全球气候变化及地质活动日益活跃的孕灾环境,反映为全球范围内强降雨事件的频率、强度和数量持续增加,多数地区出现了更加严重的干旱,海平面持续上升,永久冻土层加速解冻,冰川和冰盖融化等异常现象。在此背景下,我国已建或正在规划建设的城市群,多数面临7级以上大地震、强台风、流域洪水、巨型地质灾害等自然灾害的直接威胁。由于不同的地理展布及气候条件,差异性的自然灾害风险需要重点关注,如华北等城市群直下型重特大地震及其链生灾害,中东部城市群区域性洪涝链生灾害风险和地下空间安全,东部沿海城市群海平面上升和低洼地段被淹没及其连锁灾害,南方城市群低温雨雪冰冻灾害等^[1-2]。

新中国成立之后,党中央和国家对自然灾害的防控十分重视,尤其是改革开放后,我国在自然灾害防灾减灾方面取得的成就举世瞩目。十八大以来,习近平总书记曾多次做出重要指示,就如何做好防灾减灾救灾工作做出部署。但是,从整体上

看,我国自然灾害防治能力还很薄弱,如2021年河南郑州“7·20”特大暴雨灾害的应急处置,反映出我国在特大自然灾害紧急预警及响应机制方面仍有不足^[3]。加强对自然灾害的控制,不仅关系到我国实现“两个一百年”的中国梦,更关系到我国人民的生命财产安全。

为了进一步提升我国自然灾害高质量应急处置能力,相应的灾害防控产业升级势在必行。通过文献整理、现场调研、专家咨询及问卷调查等方式,本文分解了自然灾害“孕灾环境-致灾因子-受灾体”防控链条,以“灾难触发-民众需求-政府引导”为关键环节,总结了以下四方面内容为推进自然灾害防控产业升级提供战略引导:(1)自然灾害防控关键环节的发展方向;(2)自然灾害防控产业面临的挑战;(3)自然灾害防控产业技术突破与发展的路径;(4)自然灾害防控产业技术突破与发展的主要建议。

1 自然灾害防控关键环节的发展方向

根据自然灾害防控的关键环节,将全过程防控进行了三阶段的划分,即“灾前早期识别”、“灾中应急抢险”、“灾后安全运维”。经过系统调研,各环节的产业发展方向可以总结如下。

1.1 自然灾害防控灾前早期识别技术的产业化发展

目前,自然灾害防控空天地技术已在小部分领域实现产业化^[4-5],如:“三查”体系以及LIDAR技术、GNSS卫星导航定位及其融合技术。然而,在多数应用场景中尚未形成高质量的产业化升级。产业化推进的主要因素在于市场驱动机制、协调推广机制、政府政策保障,包括国家的推动和支持、技术的不断革新和发展、自然灾害的多发和频发、多元观测手段和高性能观测系统、先进的数据处理理论研究、多种时空技术和预测预报技术的快速发展等;此外,自然灾害防控行业与遥感测绘行业的联合是第一推动力,立足本土优势,形成区域产业集群,可以避免行业割裂,推动理念、技术与方法的有效融合应用。

1.2 自然灾害防控灾中应急抢险的产业化发展

随着国家应急管理现代化进程的持续推进和人民安全应急意识的提高,我国应急救援装备的需求逐渐增长并推动了安全应急产业的发展。传统的应急抢险主要以机械+人工为主,信息化程度不高,效率低下,缺少多源数据融合能力和统一调度平台^[6-8]。依托物联网、GIS的应急抢险信息化新技术,可有效帮助应急指挥人员合理地做出指挥决策,显著提高应急抢险效率。通过将新兴技术应用于自然灾害的处置中,形成系统、可靠、高效、智慧的体系,助力应急抢险产业的发展。以地质灾害为例,新工艺、新方法、新材料的研发和推广,不仅可以加强地灾“硬性”、“柔性”及“生态”等综合防治效果,还可以催化产生新的应急抢险产业链。

1.3 自然灾害防控灾后安全运维技术的产业化发展

从长期来看,在动态的社会经济趋势和气候变化的背景下,自然灾害造成的经济损失将持续上升。作为社会经济发展的防护网,保险行业通过风险转移可以为自然灾害防控的安全运维提供解决方案。这需要保险业构建更符合我国国情的自然灾害风险量化模型,而相应的应急服务也成为唯一可以联结社会大众的细分产品领域。自然灾害具有复杂的多尺度、多过程及多相态特征,不同灾害模式的物理力学过程及机制需要采用不同的模拟算法与技术手段,实现灾害全过程的精细化仿真分析^[9-11];同时,自然灾害全过程的数字孪生亟待进一

步系统化和产业化,以期可以成为自然灾害防控长期安全运维的重要保障。

2 自然灾害防控产业面临的挑战

我国是世界上受自然灾害影响最严重的国家之一,具有灾害种类多、分布地域广、发生频率高、灾害损失重、灾害风险高等特点。70%以上的城市、50%以上的人口分布在自然灾害的高风险区,平均每年约有3亿人次受灾,造成超过3000亿元的直接经济损失。具体来说,地质灾害、洪涝、地震造成的死亡人数分别居世界第一、第二和第三位^[2]。需要注意的是,我国自然灾害的发生频率要高于世界各国的平均值,近年来全球气候变暖诱发的极端天气,进一步加剧了我国自然灾害的风险,为自然灾害的防控工作带来了更加复杂的形势和挑战^[12-13]。

已有研究表明,我国自然灾害和事故灾难风险的底数不清、数据分享程度不够,同时跨领域、多灾种、全流程的风险分析与评估系统研发不足。与国际主流水平比较,我国自然灾害防控的整体水平及技术积累均处于跟跑状态^[14-18]。

针对自然灾害防控关键环节的发展方向,我国亟待加强对自然灾害高风险区域的实时监测预警技术的研究,提高监测预警的普适性、准确性及实效性;需要重点关注自然灾害应急救援仪器装备的自主研发和生产,以降低对国外技术的依赖程度,提高我国应对重大自然灾害的能力;构建政府为主导、多部门协同、社会力量参与的自然灾害防控的长期运维智能化系统,发挥自然灾害保险等应急服务的优势。

3 自然灾害防控产业技术突破与发展的路径

据以上分析,拟面向自然灾害防控产业关键技术攻关与高质量发展提出五个方面的发展路径和策略,即提升防控技术研发能力、促进防控产业链建设、打造强竞争力防控产品、探索突破性发展模式以及提供必要的政策支持。具体展开如下:

(1)新时期的自然灾害应急需求在不断提高,必须以创新为导向,在重大自然灾害监测预警与风险防控、安全生产风险监测预警与事故防控、处置

救援装备与综合支撑技术等方面开展基础研究、技术攻关、装备研制和应用示范,进一步提升我国的自然灾害防控技术研发能力。

(2)从需求侧进一步挖掘自然灾害防控市场潜力,激发公众的应急安全意识,常态化自然灾害防控应急服务,以自然灾害应急处置为核心,建设覆盖面广泛的多领域产业链,推进以社会需求为牵引的专项规划。

(3)引入云计算、大数据、智能检测、新能源等新兴技术,加强自然灾害防控传统行业与新兴行业的融合,拓展现有优势,打造具有强竞争力的自然灾害防控产品,旨在立足本土优势,接轨全球。

(4)在研发自然灾害防控产品和完善自然灾害应急服务时,需要明确政府主管部门、科研院所、研发企业的社会责任及义务,实现“产学研用”一体化,保证经济效益与社会效益相统一,探索突破性发展模式。

(5)为了促进自然灾害防控产业的更新换代,政府应在市场主导的同时,充分发挥宏观引导和支持作用,持续推出优惠政策及激励制度,统筹协调多方力量,共同推进自然防控产业发展,实现“灾后应急”到“灾前防控”的理念升级。

4 自然灾害防控产业技术突破与发展建议

自然灾害防控关系到人民群众的生命财产安全,其相关产业的升级应用,必须在实时高效防灾减灾的基础上开展,这与其他产业的发展有着本质的不同。因此,为了进一步释放自然灾害防控产业的巨大潜力和强大动能,建议从以下三个方面进行推进:

(一)建议构建更为完善的标准化体系,量化自然灾害防控产业准入门槛;严格核定从业资格,实时把控自然灾害防控产业的市场动态,保障产业市场良性竞争,避免“劣币驱逐良币”。

我国的自然灾害防控产业已经初具规模,从政府层面加强监管,严格核定从业资格,进而量化自然灾害防控产业的准入门槛,可以从根本上保障相关产业市场的高质量发展。我国自然灾害种类多,地域广,频率高,自然灾害防控所涉及的产业门类会相对复杂,部分产业可能会划归多部门进行领导管理。因此,从国家层面协同多部门整合一个更

为完善的自然灾害防控产业标准就显得更为重要。在制定多部门协同监管的自然灾害防控产业体系的同时,必须进一步明确责任主体,避免交叉领域监管模糊的情况出现,以保证自然灾害防控产业可以良性竞争,迅速发展。

坚持“以人为本”是我国实施可持续发展的核心战略。自然灾害防控关系到人民群众的生命财产安全,其相关产业的升级应用,必须在实时高效防灾减灾的基础上开展,这与其他产业的发展有着本质的不同。广义来看,我国自然灾害防控产业关系到了民生的基本问题,可从属于公益事业领域,政府部门的定向采购将是推进该产业高质量发展的关键。因此,地方政府可以通过政策倾斜、技术指导以及产业激励等方法,积极营造稳定公平透明、可预期的营商环境,致力于自然灾害防控传统产业的升级以及高精尖产业的重点培育。

(二)建议立足本土化发展优势,集群化发展自然灾害防控产业,贯通自然灾害多产业链条,保障产业上下游高质量联动,打破国外自然灾害防控相关产品的垄断局面。

实现自然灾害防控产业集群化可以进一步凸显系统优势和集体效率,强化专业分工,发挥协作效应,降低创新成本,优化生产要素配置,同时也可以有效推动区域产业的高质量发展。由于我国自然灾害的分布特点,不同区域的自然灾害的特点及防控重点也会有很大的差异,如我国西南山区地震、周期性强降雨及其衍生的地质灾害链,我国东南沿海区域台风及相关的地质灾害以及我国北方区域的周期性寒潮等。需要注意的是,我国自然灾害存在一定的跨区域特性,因此,结合政府采购需求,立足本土区域的自然灾害特点,打造集群化的自然灾害防控产业,仍然具有较好的发展前景,同时也可以进一步反向推进区域经济发展。

在自然灾害防控产业链条中,可以简要划分为三个环节,即自然灾害防控的灾前早期识别、灾中应急抢险和灾后安全运维,涵盖了监测预警装备、抢险救灾平台以及长期运维系统等。不同环节之间互有交叉,贯通自然灾害多产业链条,保障产业上下游高质量联动,可以进一步完善产业链条,提高行业整体发展水平。针对区域自然灾害特点,通过产业集群模式,在特定区域实现多部门协同的信息源整合;同时,可以在京津冀、长三角、粤港澳大湾区、长江流域、黄河流域、青藏高原等重点区域开

展试点建设,先行建立一批自然灾害防控示范产业园区。

(三)建议以自然灾害防灾减灾的基础研究为主导,通过理论创新和技术迭代,不断外延自然灾害防灾减灾产业领域,完成自然灾害产业升级,提升产业整体性、系统性和协同性,打造防灾减灾产业端的国际核心竞争力。

需要把握好当前从“基础研究大国”向“基础研究强国”过渡的重大契机,继续加大对自然灾害防灾减灾基础研究的资助力度,以自然灾害防控实际需求为牵引,不断优化相关重大科研项目的持续性和系统性,使之成为自然灾害防控产业高质量发展的效率加速器。对国家自然灾害防控科学平台进一步整合,推行多部门、跨领域的产学研合作机制,研发新装备、新技术以及新材料,统筹多灾种耦合灾变机理分析、多因素灾变情景推演、自然灾害防控韧性评估等科研专项研究,通过理论创新和技术迭代,不断外延自然灾害防灾减灾产业领域,完成自然灾害产业升级。

在推进自然灾害防控产业高质量发展过程中,强化和突出企业的技术创新主体地位,确保技术到产业进行高质量转化的同时实现资源共享、优势互补,达成研究院校与企业之间创新实践的战略联盟,综合利用已有产业基础以及前沿科技资源,进一步完善针对性强的人才联合培养模式,突破制约技术突破的关键瓶颈问题,以期打造自然灾害防灾减灾产业端的国际核心竞争力,实现高端防控产业技术“走出去”的战略目标。

5 结 语

在经济社会快速发展、全球气候变化加剧等多重因素叠加影响下,我国自然灾害的复杂性、隐蔽性、突发性愈加凸显,防范区域、重点、难度进一步加大,迫切需要调动多方社会力量、多措并举,共同推动自然灾害风险防控。

作为新兴产业,自然灾害防控产业在国内正蓬勃发展,本文结合自然灾害防控关键环节的发展方向,分析了自然灾害防控产业面临的问题与挑战,开展了自然灾害防控产业技术突破与发展路径的研究,主要政策建议如下:

(1)构建更为完善的标准化体系,量化自然灾害防控产业准入门槛。

(2)集群化发展自然灾害防控产业,贯通自然灾害多产业链条,保障产业上下游高质量联动。

(3)提升产业整体性、系统性和协同性,打造防灾减灾产业端的国际核心竞争力。

参考文献:

- [1] 国家统计局. 中华人民共和国2022年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. (2023-02-28). http://www.gov.cn/xinwen/2023-02/28/content_5743623.htm. National Bureau of Statistics of China. Statistical bulletin of national economic and social development of the People's Republic of China in 2022 [EB/OL]. (2023-02-28) http://www.gov.cn/xinwen/2023-02/28/content_5743623.htm. (in Chinese)
- [2] 徐锡伟,王中根,许冲,等.我国主要城市群自然灾害风险分析与防范对策[J].城市与减灾,2021(6):1-6. Xu X W, Wang Z G, Xu C, et al. Risk analysis and prevention measures for natural disasters in major urban agglomerations in China [J]. City and Disaster Reduction. 2021(6):1-6. (in Chinese)
- [3] 中华人民共和国中央人民政府.河南郑州“7·20”特大暴雨灾害调查报告公布[EB/OL]. (2022-01-21) https://www.gov.cn/xinwen/2022-01/21/content_5669723.htm. The Central People's Government of the China. The investigation report of “July 20” extremely heavy rainstorm disaster in Zhengzhou, Henan Province [EB/OL]. (2022-01-21) https://www.gov.cn/xinwen/2022-01/21/content_5669723.htm. (in Chinese)
- [4] 许强,朱星,李为乐,等.“天-空-地”协同滑坡监测技术进展[J].测绘学报,2022,51(7):1416-1436. Xu Q, Zhu X, Li W L, et al. Technical progress of space-air-ground collaborative monitoring of landslide [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2022, 51 (7): 1416-1436. (in Chinese)
- [5] 张勤,赵超英,陈雪蓉.多源遥感地质灾害早期识别技术进展与发展趋势[J].测绘学报,2022,51(6):885-896. Zhang Q, Zhao C Y, Chen X R. Technical progress and development trend of geological hazards early identification with multi-source remote sensing [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2022, 51 (6): 885-896. (in Chinese)
- [6] 卢耀如.工程建筑安全与地质灾害的机理与防治[J].中国工程科学,2010,12(8):22-29.

- Lu Y R. The mechanism and prevention of geohazards and safety of engineering construction [J]. Strategic Study of CAE, 2010, 12(8): 22-29. (in Chinese)
- [7] 殷跃平. 地质灾害风险调查评价方法与应用实践[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2022, 33(4): 5-6.
Yin Y P. Geological disaster risk investigation and evaluation methods and application practice [J]. The Chinese Journal of Geological Journal and Control, 2022, 33(4): 5-6. (in Chinese)
- [8] 彭建兵, 李振洪. 地质大数据可否助力地质灾害预报[J]. 地球科学, 2022, 47(10): 3900-3901.
Peng J B, Li Z H. Can Big data of geology help geological disaster prediction [J]. Earth Science, 2022, 47(10): 3900-3901. (in Chinese)
- [9] Yin Y P, Li B, Gao Y, et al. Geostrutures, dynamics and risk mitigation of high-altitude and long runout rock-slides [J]. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 2023, 15(1): 66-101.
- [10] 兰恒星, 彭建兵, 祝艳波, 等. 黄河流域地质地表过程与重大灾害效应研究与展望[J]. 中国科学: 地球科学, 2022, 52(2): 199-221.
Lan H X, Peng J B, Zhu Y B, et al. Geological and surfacial processes and major disaster effects in the Yellow River Basin [J]. Science China Earth Sciences, 2022, 52(2): 199-221. (in Chinese)
- [11] 徐文杰. 滑坡涌浪流-固耦合分析方法与应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2020, 39(7): 1420-1433.
Xu W J. Fluid-solid coupling method of landslide tsunamis and its application [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2020, 39(7): 1420-1433. (in Chinese)
- [12] 陈迎, 巢清尘. 全球气候风险的演进趋势与应对之策[J]. 人民论坛, 2022(14): 20-23.
Chen Y, Chao Q C. The evolution trends and countermeasures of global climate risk [J]. People's Forum, 2022(14): 20-23. (in Chinese)
- [13] 张培震, 邓起东, 张竹琪, 等. 中国大陆的活动断裂、地震灾害及其动力过程[J]. 中国科学: 地球科学, 2013, 43(10): 1607-1620.
Zhang P Z, Deng Q D, Zhang Z Q, et al. Active faults, earthquake hazards and associated geodynamic processes in continental China [J]. Scientia Sinica Terrae, 2013, 43(10): 1607-1620. (in Chinese)
- [14] 范维澄. 推进国家公共安全治理体系和治理能力现代化[J]. 人民论坛, 2020(33): 23.
Fan W C. Promoting the modernization of the national public safety governance system and capacity [J]. People's Tribune, 2020(33): 23. (in Chinese)
- [15] Huang F M, Yan J, Fan X M, et al. Uncertainty law of landslide susceptibility prediction modelling: effects of different landslide boundaries and spatial shape expressions [J]. Geoscience Frontiers, 2022, 13(2): 101317.
- [16] 靳文波, 杨继星, 刘韶菲, 等. 特大城市暴雨灾害断链推演与应对方法研究[J]. 中国工程科学, 2023, 25(1): 20-29.
Jin W B, Yang J X, Liu S F, et al. Chain breaking simulation and countermeasures of rainstorm disasters in megacities [J]. Strategic Study of CAE, 2023, 25(1): 20-29. (in Chinese)
- [17] 王晓晔. 进一步提高重大自然灾害应急保障能力[N]. 中国应急管理报, 2023-03-14(006).
Wang X Y. Further improve the emergency support capacity for major natural disasters [N]. China Emergency Management Report, 2023-03-14(006). (in Chinese)
- [18] 黄发明, 殷坤龙, 蒋水华, 等. 基于聚类分析和支持向量机的滑坡易发性评价研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2018, 37(1): 156-171.
Huang F M, Yin K L, Jiang S H, et al. Landslide susceptibility assessment based on clustering analysis and support vector machine [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2018, 37(1): 156-171. (in Chinese)

(本文编辑: 苏泽云)