

<https://doi.org/10.3799/dqkx.2022.855>



如何科学防控与预警巨灾风险?

崔 鹏^{1,2}, 王 姣^{1,2}, 王 昊³, 葛永刚¹

1. 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所/山地灾害与地表重点实验室, 四川成都 610041

2. 中国—巴基斯坦地球科学研究中心, 中国科学院—巴基斯坦高等教育委员会, 巴基斯坦伊斯兰堡 45320

3. 中国科学院地理科学与资源研究所/陆地表层格局与模拟中科院重点实验室, 北京 100101

1 巨灾概念与特征

巨灾 (Catastrophe) 一词源于法语 (Roopnarine, 2008), 学术界至今仍没有统一其定义和划分标准. 任何自然灾害都可表达为频率与规模的函数, 巨灾为频率—规模曲线末端的低频极端事件, 本文将位于灾害频率—规模曲线 (全球尺度) 中大于 95% 的端元, 并造成 1 000 亿美元以上的经济损失或 1 万以上人口死亡的灾害称为“巨灾”. 巨灾是地球内、外动力驱动下多圈层 (大气圈、水圈、岩石圈、冰冻圈、生物圈、人类圈) 相互作用所引发的地球表层灾变过程, 涉及复杂的巨量地表物质迁移与能量转化, 包含物理、化学、资源、环境、生物、地质、人文、社会等复杂过程及其相互作用与时空关联; 具备典型的超低频率、超大规模、超大范围和巨大强度等特点, 表现出多介质与多过程复合叠加、多灾种衍生链生等特征. 全球范围对人类文明造成重大威胁和影响的巨型灾害主要包括: M_s 8.0 级以上地震、大规模火山喷发、海啸、风暴潮、飓风、大洪水、大范围干旱、极端气象与气候事件、两极冰盖消融以及超大水库/堰塞湖溃决等特大复合链生灾害.

巨灾形成演化时空跨度大, 不仅具有典型的“黑天鹅”事件特点, 还可能具有明显的“灰犀牛”效应, 呈现出高度的系统性、复杂性、非线性特征与放

大效应, 甚至造成整个地球系统的突变. 例如巨型洪水破坏温盐环流, 导致全球性的非轨道降温事件, 1963 年 3 月印度尼西亚阿贡火山和 1980 年 5 月美国圣海伦斯火山大爆发, 造成次年太阳直接辐射减少量都在 15% 以上, 北半球平均温度下降 (Ackerman *et al.*, 1980).

2 巨灾风险及其影响

巨灾风险是巨型灾害对人类生存环境、生产要素和生命安全可能造成的危害程度, 是孕灾环境、致灾因子和承灾体共同组成的地球表层系统相互作用的结果. 历史研究表明巨型灾害是造成政局不稳、社会动荡、政权更迭, 乃至人类文明消亡的重要原因之一, 例如玛雅文明的突然消失极有可能与拉美地区发生干旱有关; 公元 79 年维苏威火山大爆发, 火山灰淹没了整座庞贝古城; 公元前 780 年关中大地震可能是导致强大的西周王朝走向衰亡的重要原因. 近年来, 受全球气候变化影响, 极端事件和巨型灾害多发、频发 (表 1), 巨灾距离现代人类社会越来越近, 其波及区域之广、破坏程度之大、灾害损失之重, 往往超越和颠覆人们的常规认知. 如若不稳定的西南极和格陵兰冰盖完全消融, 全球海平面上升 15 m, 中国京津冀、长三角和珠三角等关键经济带及世界上主要经济重镇将会被淹没, 面临的风

作者简介: 崔鹏 (1957—), 男, 博士, 研究员, 中国科学院院士, 长期从事泥石流、滑坡等山地灾害与水土保持等方面研究. E-mail: pengcui@imde.ac.cn

引用格式: 崔鹏, 王姣, 王昊, 葛永刚, 2022. 如何科学防控与预警巨灾风险? 地球科学, 47(10): 3897—3899.

Citation: Cui Peng, Wang Jiao, Wang Hao, Ge Yonggang, 2022. How to Scientifically Prevent, Manage and Prewarn Catastrophic Risk? *Earth Science*, 47(10): 3897—3899.

表 1 近年来国际巨灾危害

时间	灾害类型	强度(年遇水平)		死亡人数	经济损失 (人民币)
1975 中国河南板桥水库等数十座水库级联溃决		10 000 年	约 2.6 万		约 100 亿 ^a
1995 日本神户地震		7.3 级	6 434 人死亡		约 5 000 亿 ^b
2004 印度洋地震海啸		8.9 级	294 230 人死亡 超过 31 000 人失踪		约 70 亿 ^c
2005 美国卡特里娜飓风		100 年	1 300 人死亡		约 8 700 亿 ^d
2008 缅甸飓风		50~100 年	78 000 人死亡 56 000 人失踪		约 280 亿 ^e
2008 中国南方低温雨雪冰冻灾害		50~100 年	129 人死亡 4 人失踪		约 1 517 亿 ^f
2008 中国汶川地震		8.0 级	69 227 人死亡 17 923 人失踪		8 500~9 000 亿 ^g
2010 智利地震		8.8 级	802 人死亡		约 2 100 亿 ^h
2011 日本地震海啸		9.0 级	约 28 000 人死亡或失踪,核电站放射性物质泄露		13 000~22 000 ⁱ

注:参考文献来源:a.王延荣(2013);b.张松(2008);c. Lay *et al.*(2005);d. <https://georgewbush-whitehouse.archives.gov/reports/katrina-lessons-learned/>; e. Fritz *et al.*(2009); f. Zhou *et al.*(2011); g. Zhang(2011); h. de la Llera *et al.*(2015); i. Nanto *et al.*(2011).

暴雨风险骤增.面对不断增大的巨灾风险,国际组织、各国政府以及科技、产业与社会各界必须协同努力,科学防范化解对国计民生、社会稳定和全球安全造成重大威胁的巨灾风险,保障社会经济持续发展,构建人类命运共同体.

3 巨灾风险防范面临的科学挑战与应对途径

目前,人类对地球系统过程认知水平不足,加之对深空、深海和深地的探测技术手段有限,巨灾信息感知短板突出,圈层间链生机制与“蝴蝶”放大效应仍是系统认知巨灾风险的难题,巨灾社会与经济风险评估模型缺失,风险应对预案编制依据不充分,从而导致巨灾风险防范面临巨大挑战.内外动力耦合作用对巨灾的影响是多圈层、多因素、多尺度、多模态、多载体、准周期与非线性叠加系统的复杂过程.认识内外动力耦合作用下巨灾孕育、形成、演变与致灾过程及其机理,实现巨灾孕灾成灾条件的系统性感知与风险超前识别,揭示巨灾风险复合链生演化规律,进行巨灾风险的精准监测预警和预测评估,科学应对与处置巨灾风险,提高全社会抵御巨灾防范能力等,是目前地球科学系统领域尚未突破的难题,也是限制巨灾风险控制成效的瓶颈.

为此,开展内外动力耦合作用下巨灾形成演化与致灾机理的研究,构建巨灾风险控制理论与技术

体系,能够高效科学防控与预警巨灾风险,减轻巨灾影响和损失.亟需针对巨灾及其风险跨时空孕育、形成、演变、传播的系统性、非线性、复杂性、不确定性等典型特征,聚焦不同类型巨灾孕灾、成灾、演化与致灾过程,充分利用“深空”、“深地”和“深海”探测技术和现代电子传感技术,研发针对不同类型巨灾过程的“天—空—地—海—体”立体协同、多维耦合、智能耦联的巨灾风险感知识别和动态监测关键技术,采用电子传感、现代通信、大数据、人工智能等新技术,研建巨灾全天候、全时域动态监测与智能预警技术体系,推进巨灾超前精准预测预警和定量评估;揭示巨灾跨时空形成演变、物质传输和能量转化规律,深化地球科学、物理学和数学学科融合,突破内外动力耦合条件下跨圈层、多尺度、多介质、多过程、复杂作用的巨灾物理过程认知,构建巨灾风险模拟系统与情景库,实现巨灾孕灾成灾致灾全过程的科学精准描述;研制适宜极端环境条件的专业化、功能化、便携化、智能化应急处置救援技术装备体系,建立自然科学—工程技术—社会科学融合的巨灾风险管理与韧性社会理论技术体系,实现巨灾风险精准防范和高效应对.

参考文献

Ackerman, M., Lippens, C., Lechevallier, M., 1980. Volcanic Material from Mount St Helens in the Stratosphere over Europe. *Nature*, 287(5783): 614—615.

- de la Llera, J. C., Mitrani-Reiser, J., Rivera, F., et al., 2015. The 2010 Chile Earthquake: A Five Year Reflection. Proceedings of 10th Pacific Conference on Earthquake Engineering 10PCEE, Sydney, Australia.
- Fritz, H. M., Blount, C. D., Thwin, S., et al., 2009. Cyclone Nargis Storm Surge in Myanmar. *Nature Geoscience*, 2 (7): 448—449. <https://doi.org/10.1038/ngeo558>
- Lay, T., Kanamori, H., Ammon, C. J., et al., 2005. The Great Sumatra-Andaman Earthquake of 26 December 2004. *Science*, 308(5725): 1127—1133.
- Nanto, D. K., Cooper, W. H., Donnelly, J. M., et al., 2011. Japan's 2011 Earthquake and Tsunami: Economic Effects and Implications for the United States. Congressional Research Service, Library of Congress.
- Roopnarine, P. D., 2008. Catastrophe Theory. *Encyclopedia of Ecology*. Elsevier, Amsterdam, 531—536. <https://doi.org/10.1016/b978-008045405-4.00146-4>
- Zhang, C. H., 2011. The Performance of Dams during the Wenchuan 5—12 Earthquake and Lessons Learned from the Event. *Journal of Earthquake and Tsunami*, 5(4): 309—327. <https://doi.org/10.1142/s179343111100111x>
- Zhou, B. Z., Gu, L. H., Ding, Y. H., et al., 2011. The Great 2008 Chinese Ice Storm: Its Socioeconomic-Ecological Impact and Sustainability Lessons Learned. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92(1): 47—60. <https://doi.org/10.1175/2010bams2857.1>
- 王延荣, 2013. 河南“75·8”特大洪水灾害. 河南水利与南水北调, (21): 35—39.
- 张松, 2008. 日本阪神·淡路震灾复兴规划的特征及启示. 城市规划学刊, (4): 34—39.