海岛地质灾害风险评价指标体系初建

杜军，李培英
（国家海洋局第一海洋研究所 青岛 266061）

摘 要：地质灾害风险研究是近年来兴起的一个研究领域，并且越来越受到科研界的重视。海岛在我国经济、权益和安全方面占有重要的地位，其地质灾害风险研究亦随之起步。在借鉴国内外有关地质灾害风险的论述的基础上，系统阐述了海岛地质灾害风险的定义及其主要特征，明确了海岛地质灾害风险的构成及其基本要素，并初步建立了海岛地质灾害风险评价指标体系。

关 键 词：海岛；地质灾害；风险；指标体系

海岛对于发展海洋经济、确定海洋权属以及保障国家安全方面具有重要的地位。作为内陆与海洋的岛桥和开发海洋的后勤服务基地，海岛拥有非常有利的军事区位资源优势、港口资源优势、养殖资源优势、景观旅游资源优势、海洋土地资源优势以及矿物、油气资源优势等，其在国民经济中的地位可略见一斑。

2010年3月1日，《中华人民共和国海岛保护法》颁布实施，明确提出“国家实行海岛保护规划制度”。然而，随着沿海经济的快速发展和沿海地区空间资源的日趋紧张，海岛开发的力度与强度也越来越大。如此迅猛的开发引发了一系列的地质环境问题，本来就脆弱的海岛生态环境受到严重威胁，发生地质灾害的几率在提高，例如沙滩退化、崩塌和滑坡等地质灾害，既破坏海岛原来的地质与生态环境，也给海岛人民的生命财产造成损失，直接威胁海岛的可持续发展。因此，为科学制定和实施海岛保护规划，防止和减轻地质灾害对海岛社会、经济、地质与生态环境的影响，满足海岛保护、管理和海岛人民及时获取防灾减灾信息的需求，开展海岛地质灾害风险评估及相应的地质灾害风险区划，具有重要意义和应用价值。

基于此，本研究结合海岛地质环境特点，从界定海岛地质灾害风险区划的角度出发，试图建立一套海岛地质灾害风险评价指标体系，为进行海岛地质灾害评价提供参考，为海岛保护、管理和可持续发展提供依据。

1 海岛地质灾害风险的定义及其主要特征

众所周知，地质灾害是自然灾害的一种，即由各种地质作用对人类造成的损害，具有致灾体（地质作用）和承灾体（人类）的双重属性[1]。然而，海岛是指四面环海水并在高潮时高于水面的自然形成的陆地区域，其环境具有较高的独立性，其承灾体不能仅仅局限于人类，而应扩展至海岛独立的地质与生态环境。因此，海岛地质灾害系指对海岛人民生命财产造成直接损失，或对海岛地质、生态环境和地貌景观造成破坏，并影响海岛经济社会发展和间接造成损失的分布于岛陆、岛岸、环岛近岸海域的地质现象和地质作用。

在国际标准中，风险（Risk）定义为生命、健康、财产或环境所遭受的不利影响的可能性和严重程度的大小。定量地说，风险＝危险性×潜在的价值损失。它还可以表达为“不利事件发生的概率乘以事件发生的结果”[2]。基于此，将海岛地质灾害风险定义为分布于岛陆、岛岸、环岛近岸海域的地质现象和地质作用对海岛人类社会财富或海岛地质、生态环境造成不利影响的严重程度的一种度量。它所反映的是海岛发生地质灾害的可能机会与破坏损失程度。

* 资助项目：海洋公益性行业专项——我国典型海岛地质灾害监测及预警示范研究(20104180104).

海岛地质灾害风险特征是构建地质灾害风险评价指标体系的基础或出发点。其兼具陆地地质灾害风险和海洋地质灾害风险的主要特点，主要表现在下述四个方面。

一是风险的必然性和普遍性。地质灾害是地质动力活动、人类社会活动相互作用的结果。由于地球活动不断进行，人类社会不断发展，所以地质灾害将不断发生。从这一意义上说，地质灾害乃是一种必然现象或普遍现象[3]。

二是风险的不确定性或随机性。地质灾害虽然是一种必然现象，但由于它的形成和发展受多种自然条件和社会因素的影响，所以具体某一时间、某一地点、地质灾害事件的发生仍是随机的，即在什么时候、什么地点发生何种强度（或规模）的灾害活动，将导致多少人死亡或造成多大损失，都具有很大的不确定性[3]。

三是风险的扩大效应。相对内陆而言，海岛面积较小，四面环海，远离陆地，地形地貌和风浪流等条件复杂，工程地质条件差，自我调节与恢复能力低。因此，同等的地质灾害发生在海岛上，其破坏性效应往往显著增大。

四是风险影响因子的多样性。海岛四面环海，波浪、潮汐等陆地没有的动力作用无时无刻影响着海岛，因此相对陆地地质灾害风险而言，海岛地质灾害风险的影响因子更多。

2　海岛地质灾害风险构成

任何地质灾害的发生与发展都是在一定的地质环境中。依据史培军区域灾害系统论的观点，认为灾情（灾害损失）是由孕灾环境、致灾因子、承灾体之间相互作用形成的，其轻重取决于孕灾环境的稳定性、致灾因子的危险性及承灾体的脆弱性三个因素共同决定的[4]。海岛是一个相对封闭的区域，区域灾害系统论的观点应该比较适合于海岛地质灾害。因此，海岛地质灾害风险构成主要取决于下述三个方面条件。

一是海岛地质灾害孕灾环境。主要包括海岛地质灾害活动的动力条件和本底条件。动力条件主要包括海岛活动性构造、气象条件（飓风、降水量、暴雨强度等）、人为地质动力活动（工程建设、采矿、养植等）和水文条件（风暴潮、波浪强度、沿岸流等）等；本底条件主要是指海岛地质条件（岩土性质与结构、工程地质条件等）、地貌条件（地貌类型、地形坡度、切割程度等）。通常情况下，地质灾害活动的动力条件越充分，本底条件越复杂，地质灾害活动越强烈，所造成的破坏损失越严重，灾害风险越高。

二是海岛致灾因子的危险性。致灾因子是灾害事件中的作用者。在上述内外动力条件的触发作用下，致灾因子灾变产生地质灾害。海岛地质环境中的致灾因子主要指发育于海岛上的各种类型的地质灾害。如果内陆相同，陆地上发育的各类地质灾害在海岛上亦可发育，如崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降、沙土液化等等。另外，海岛地理位置特殊，海岸带发育的各种地质灾害类型如海岸侵蚀、海水入侵、海岸沙丘、沙滩退化等，海岛近海海底发育的浅断层、古河道、浅层气等灾害地质类型亦对海岛地质环境产生较大的影响。

三是海岛承灾体的脆弱性。承灾体是地质灾害事件的直接承担者。与其他地质灾害承灾体一样，海岛承灾体的脆弱性首先包括人类社会经济易损性，即承灾区生命财产和各项经济活动对地质灾害的抵御能力与可恢复能力；另外，海岛是一个相对独立的地质环境，其承灾体脆弱性还应该包括海岛整体地质、生态环境的脆弱性。前者主要包括人口密度及人居环境、财产价值密度与财产类型；后者主要包括地质灾害类型丰度、资源丰度及地质、生态环境脆弱性等。通常情况下，承灾区（地质灾害影响区）的人口密度与工程、财产密度越高，人居环境和工程、财产对地质灾害的抗御能力以及灾后重建的可恢复性越差；海岛地质、生态环境越脆弱，遭受地质灾害的破坏越严重，所造成的损失越大，地质灾害的风险越高。

上述三方面条件共同决定了海岛地质灾害的风险程度。基于此，海岛地质灾害的风险要素亦由孕灾体、致灾体和承灾体这三个系列组成。孕灾体要素主要包括海岛活动性构造、海岛气象条件、海岛人类地质作用、海岛水文动力作用、海岛地质条件与地貌条件等；致灾体要素主要指发育于海岛上的各种类型的地质灾害，包括崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降、沙土液化等陆地常见

地质灾害类型以及海岸侵蚀、海水入侵、沙滩退化、浅断层、古河道、浅层气等海洋地质灾害类型。承灾体要素主要包括人口、工程设施与社会财产易损性要素、经济活动与社会易损性要素、资源与环境脆弱性要素等。

3 海岛地质灾害风险评价指标体系

海岛地质灾害风险评价属于多灾种区域性综合评价。区域评价的目标是对大面积区域性地质灾害的破坏损失或风险程度进行评价，它的意义是为宏观减灾决策和区域经济规划提供依据[3]。评价基本方法是区域性调查和相应的统计分析，所使用的指标和各层次的评价结果一般达到相对的量化程度，所取得的评价结果主要体现在风险区划上。因此，海岛地质灾害风险评价的内容以孕灾环境稳定性评价、致灾因子危险性评价和承灾体脆弱性评价构成。

基于海岛地质灾害风险构成和风险评价内容，初步构建了不同层次的海岛地质灾害风险评价指标体系（表 1）。

表 1 海岛地质灾害风险评价指标体系

指标类型	指标构成	指标要素类型	具体指标
危险性指标	孕灾体指标	动力要素指标	构造强度、地震烈度、飓风频率、降雨强度、人类地质作用强度、风暴潮强度等
		本底要素指标	岩土类型及承载力、地形坡度、地貌类型、切割强度等
	致灾体指标	地质灾害类型	崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降、沙土液化等陆地常见地质灾害类型、海岸侵蚀、海水入侵、沙滩退化、浅断层、古河道、浅层气等
脆弱性指标	承灾体指标	海岛人类社会经济	人口密度、易灾人口比率、房屋、铁路、公路、生命线工程等构筑物数量、设备、工具、仪器、材料、物资用品等数量、矿产资源、水资源、生物资源数量等
		海岛地质、生态环境	地质环境易损程度、生态环境健康度等

4 结语

海岛地质灾害风险评价指标体系的构建是进行海岛地质灾害风险评价和区划的基础工作之一。在前人研究成果的基础上，本研究给出了海岛地质灾害风险的定义，并将海岛地质环境和生态环境纳入到了海岛地质灾害风险的定义中。

海岛地质灾害风险评价内容包括危险性评价和脆弱性评价两大部分。其中危险性评价分为孕灾环境稳定性评价和致灾因子危险性评价两部分内容。

在海岛地质灾害风险构成和风险评价内容研究的基础上，初步构建了以孕灾体类、致灾体类和承灾体类这三类评价指标为主体的海岛地质灾害风险评价指标体系，但未给出评价指标分级与量化方法，有待于在下一步的工作中完成。

参考文献

[1] 柳源．论地质灾害的基本属性[J]．中国地质灾害与防治学报，1999，10(3)：15－18.

[2] FELL R，HO K K S，LACASSE S，et al. A Framework for Landslide Risk Assessment and anagement [C]//HUNGR O，FELLR，COUTURE R，et al. Landslide Risk Management. The International Conference on Landslide Risk Management. Vancouver：Canada，2005.

[3] 马寅生，张业成，张春山，等．地质灾害风险评价的理论与方法[J]．地质力学学报，2004，10(1)：7－18.

[4] 史培军．再论灾害研究的理论与实践[J]．自然灾害学报，1996，5(4)：6－171.