

刘毅飞, 王欣凯, 蔡廷禄, 等. 福建海坛岛地质灾害特征及风险评价[J]. 灾害学, 2016, 31(4): 122–127. [LIU Yifei, WANG Xinkai, CAI Tinglu, et al. Characteristic and Risk Assessment of Geological Hazard in Haitan Island, Fujian Province[J]. Journal of Catastrophology, 2016, 31(4): 122–127. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2016.04.021.]

福建海坛岛地质灾害特征及风险评价^{*}

刘毅飞¹, 王欣凯^{1,2}, 蔡廷禄¹, 时连强¹, 夏小明¹

(1. 国家海洋局第二海洋研究所 国家海岛开发与管理研究中心, 浙江 杭州 310012;

2. 浙江大学 地球科学系, 浙江 杭州 310027)

摘要: 通过现场调查及历史岸线对比的方法, 摸清了海坛岛主要的地质灾害类型及其分布特征, 发现海坛岛存在三种地质灾害类型: 海岸侵蚀、重力类地质灾害(崩塌与滑坡)与风沙灾害。海岸侵蚀为主要的灾害类型, 分布在海坛岛东部的岬湾海岸; 其中的一些岸段由于人工护岸工程的修建, 延缓了海岸的侵蚀后退, 但同时造成临近沙滩的侵蚀退化。崩塌与滑坡共计16处, 分布于海岛各处, 多半为开山采石等开发活动造成。风沙灾害区位于海坛岛东北部长江澳沿岸, 沙源为长江澳沙滩, 这与该地直面常年主风向(NNE)有关。建立了海坛岛地质灾害风险评价指标体系, 采用专家打分法与层次分析法确定了各评价指标的权值, 通过模糊综合评判模型, 对海坛岛地质灾害风险进行评价。结果显示, 中、高风险区与主要的地质灾害类型的分布区域一致, 而岛陆主体为低风险区。根据海坛岛地质灾害特征及风险评价结果, 给出了灾害防治建议。

关键词: 海岛; 地质灾害; 模糊综合评判模型; 风险评价; 福建; 海坛岛

中图分类号: P694; X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2016)04-0122-06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2016.04.021

海岛是海上陆地国土和人类开发海洋的远涉基地。随着海岛开发强度的加剧, 在人类活动与自然因素共同作用下, 海岛地质灾害发生的区域扩大、频次增多、强度增强。地质灾害加强的趋势, 势必会对海岸及其附属构筑物的安全以及人们的生命财产安全产生重大影响; 对于海岛而言, 由于其位置孤立、面积小、生态环境脆弱等特点, 决定了海岛地质灾害的研究具有重要的现实意义。

地质灾害的研究, 按区域研究成熟度由高到低依次为陆地区域、海岸带和海岛。目前陆域地质灾害研究基本形成了较为完善的理论体系^[1], 研究内容已突破了传统的对灾害分布规律、形成机理、趋势预测等方面研究的模式。当前国际地质灾害研究领域的前沿课题是地质灾害风险评价研究^[2], 地质灾害风险评价模型经历了定性模型、半定量模型到定量模型的发展, 类型主要包括经验半经验模型、数理统计模型及人工神经网络模型、分形理论模型等其他模型^[3-4]。其中, 模糊综合评判模型(半定量、经验半经验模型)在国内应用较广, 特别是基于层次分析法(AHP)权重计算的模糊综合评判模型应用最多, 也最为成功^[5]。海岸带地质灾害的研究与近岸过程的研究密切相

关, 尤其是1980年代以来, 基于高新技术手段的现场观测, 采集高精度的数据已成为发达国家和地区开展海岸侵蚀机制与近岸过程研究的重要组成部分, 开展了多项大型的研究项目^[6]。Bird认为在此之前的100年, 世界各国的海岸普遍存在海岸侵蚀现象^[7]。我国海岸带地质灾害的研究也已取得长足进步^[8-11]。海岛地质灾害日益受到重视, 许多国家加强了研究工作^[12-14]。作为海岛地质灾害的一种主要类型, 海岛的海岸侵蚀亦是普遍现象。但我国对海岛地质灾害的研究, 主要针对单海岛地质灾害总体特征或海岛单灾害类型特征及成因分析^[15-18], 缺乏对海岛地质灾害风险评价的研究。

海坛岛具有距离我国台湾地区最近、两岸交流交往历史悠久等对台优势。2009年7月平潭正式建立“平潭综合实验区”; 2011年3月“加快平潭综合实验区开放开发”写入国家“十二五”规划纲要和国务院批准的《海峡西岸经济区发展规划》^[19], 平潭开放开发上升为国家战略; 2014年12月28日, 第十二届全国人民代表大会常务委员会第十二次会议通过平潭列入新一轮自由贸易区建设试点, 平潭开放开发进入新阶段。随之而来的是海

^{*} 收稿日期: 2016-04-20 修回日期: 2016-05-30

基金项目: 海洋公益性行业科研专项“我国典型海岛地质灾害监测及预警示范研究”(201005010)

第一作者简介: 刘毅飞(1979-), 男, 硕士, 助理研究员, 主要从事海岛、海岸带地貌及地质灾害研究。E-mail: sd_106108@sio.org.cn

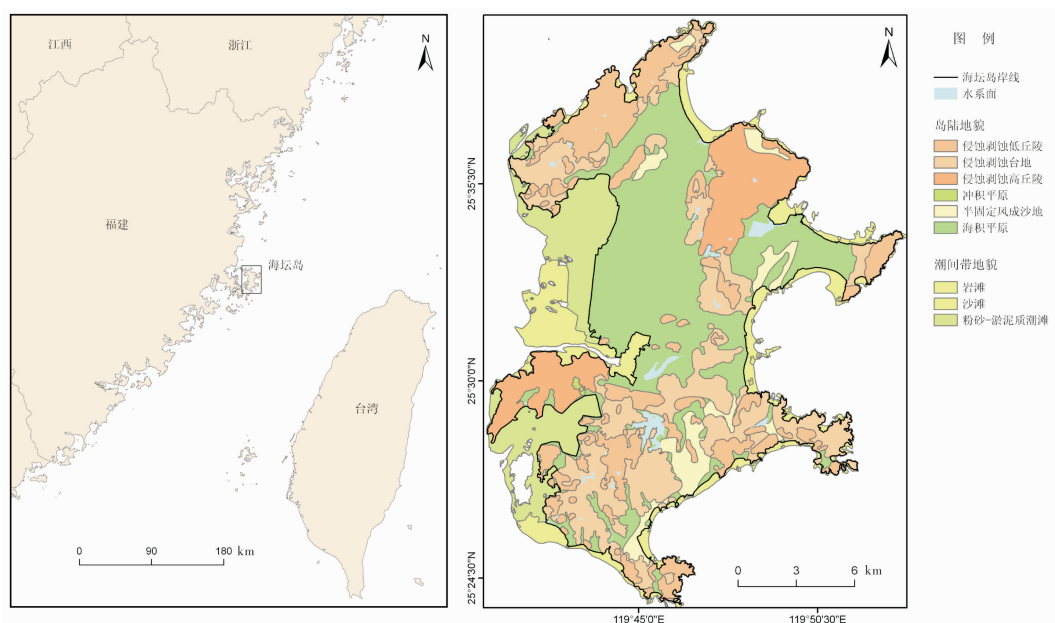


图1 海坛岛位置与地貌图

(数据来源: 福建省 908 专项海岛地貌类型分布图)

坛岛开发建设的加剧, 在人类活动与自然因素的共同作用下, 地质灾害产生的影响也在增强。因此, 加强地质灾害的研究具有重要意义。之前的研究大多集中于单个灾种特征及原因分析^[20-22], 对海坛岛总体地质灾害特征及风险评价研究较少。

本文在现场调查的基础上, 结合历史资料处理, 分析海坛岛主要地质灾害特征; 通过建立模糊综合评判模型, 对海坛岛地质灾害进行风险评价及区划, 给出地质灾害防治建议。

1 海坛岛概况

海坛岛(又名平潭岛)位于福州市东部, 其东侧为台湾海峡(图1)。它为我国第五大海岛, 福建省第一大岛, 岛屿南北长而东西宽, 面积约为 249.68 km²^[23]。岛屿为平潭县主岛, 下辖 13 个乡镇, 人口约 41.8 万。

海坛岛地处北亚热带, 属亚热带季风气候, 多年平均气温 19.5 ℃; 多台风、大风天气, 多年平均风速 6.9 m/s, 主导风向为 NNE; 降雨充沛, 年降雨量 900 ~ 1 200 mm。海区潮汐属于正规半日潮, 平均潮差 4.25 m; 常浪向和强浪向均为 ESE^[24]。受多台风天气影响, 大风及风暴增水对海岸的危害较大。

海坛岛岛陆与海岸带地貌类型多样(图1)。岛陆地貌主要包括台地、丘陵和平原, 台地与丘陵大致分布于岛陆周边; 平原主要为海积平原, 分布于岛陆中部。潮间带地貌类型包括岩滩、沙滩与粉砂淤泥质滩, 以岩滩和沙滩为主。岩滩分布

于基岩海岸; 沙滩分布于基岩岬角间; 粉砂淤泥质滩主要分布于岛西部海岸, 该岸段大部修建有围堤。

2 材料与方法

2.1 数据资料

在 2012 年 9 月与 2014 年 4 月, 对海坛岛全岛地质灾害进行了两次现场调查工作。通过现场调查, 对海坛岛主要地质灾害的类型及其分布进行了分析, 取得了海岸侵蚀、崩塌与滑坡及风沙灾害等主要地质灾害的位置、范围及影像数据。

收集了“福建省 908 专项”海岛调查成果资料, 包括: 福建省海岸侵蚀调查总报告、福建省海岛气候调查研究专题报告以及海岛地貌类型分布图等。收集了海坛岛区域两期遥感数据: 第一期为 KH-9 卫星系统拍摄于 1973 年 12 月, 空间分辨率为 6 m; 第二期为 Landsat-8 卫星系统拍摄于 2015 年 2 月, 空间分辨率为 15 m。

2.2 方法

利用 ArcGIS 软件对遥感数据进行几何校正, 判别并提取岸线。岸线的判别方法为砂砾质海岸滩脊的位置, 如滩脊不发育, 则为沙生植被生长明显变化线; 基岩岸线为陡崖的基部; 人工岸线(海坛岛主要为围堤与海岸护堤)为堤坝向海一侧的外沿。对两期岸线叠加对比, 用以分析海岸侵蚀后退情况。

采用本文资助项目推荐的模糊综合评判模型

对海坛岛地质灾害风险进行评价区划。具体评价过程为：首先，建立海坛岛地质灾害风险评价指标体系；其次，以海坛岛地貌类型图为基础，利用 ArcGIS 软件生成各评价指标不同灾害级别的面数据层，作为输入模型的数据源；再次，采用专家打分法与层次分析法，判别各评价指标的相对重要性，得到评价指标的权值；最后，数据源与权值输入到评价模型里运算，输出海岛地质灾害风险评价区划图。

3 海坛岛主要地质灾害特征

根据调查和统计，发现海坛岛的地质灾害类型包括海岸侵蚀、风沙灾害、崩塌和滑坡(图2)。上述四种地质灾害中，前两种主要分布于海岛岸边，属于岛岸地质灾害^[25]；崩塌与滑坡则分布于岛岸与岛陆。不同类型的地质灾害特征，下文分述。

3.1 海岸侵蚀

海坛岛的海岸类型包括：基岩海岸、粉砂淤泥质海岸、砂质海岸以及红土海岸等。其中，岛屿西部海岸类型主要为基岩海岸与粉砂淤泥质海岸；东部为基岩岬角以及分布其间的沙滩。从海岸侵蚀的角度看，基岩海岸相对稳定；粉砂淤泥质海岸为主要的围垦岸段，岸线外推。因此，海坛岛的海岸侵蚀主要发生于其东部的岬湾型海岸(图2)。

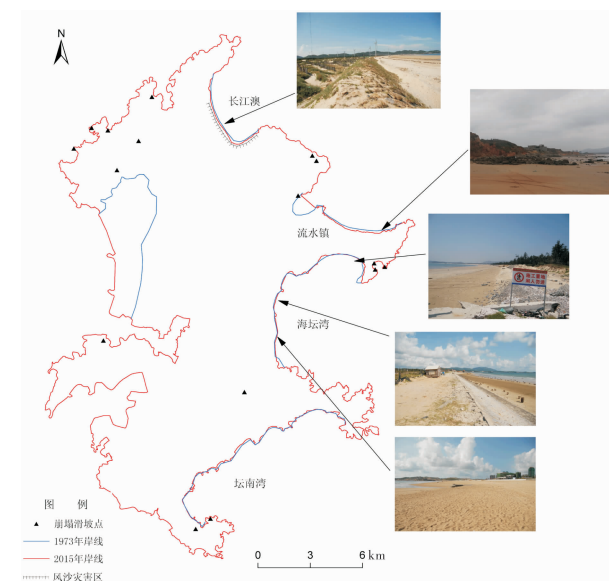


图2 海坛岛主要地质灾害类型与分布(基岩岸线只取2015年)

根据1973–2015年的岸线变迁(图2)，海坛岛东部的岬湾海岸普遍发生海岸侵蚀。根据现场调查，岬角间伴随着沙滩退化，滩面缩窄。由于

不同岸段自然属性及人类活动影响的不同，各岸段体现了不同的海岸侵蚀特征。按岸段自然属性，分为砂质海岸与红土海岸，红土海岸位于流水镇东北岸段，而其余岬湾海岸均为砂质海岸。红土海岸的侵蚀后退明显，在1973–2015年间，蚀退距离达到50~100 m量级。为阻止其进一步的侵蚀后退，在侵蚀较为严重的中段修建有护岸石堤，然而早期修建的石堤大多已侵蚀坍塌，2014年新的护岸石堤正在修建。砂质海岸分为有明显沙生植被分界线的自然海岸和修建有人工护堤的海岸两种，前一种主要分布在坛南湾沿岸，后一种位于长江澳和海坛湾沿岸。在没有护堤防护的情况下，坛南湾中部海岸蚀退明显，1973–2015年间，后退距离超过了50 m；而有护堤保护的岸段，除局部侵蚀明显外，大部分岸段后退距离小于50 m，甚至局部岸线外推(护堤修建在自然岸线向海一侧)。然而，人工护堤的修建导致了相邻沙滩的退化，表现为粒径粗化和滩面缩窄，甚至在某些中低滩出露海滩岩与砾石。为保护旅游海滩，2011年在海坛湾南部龙凤头海滩进行了海滩养护工程，主要措施为人工补沙。

3.2 崩塌与滑坡

崩塌与滑坡均属于重力类地质灾害。现场调查发现海坛岛有12处崩塌与4处滑坡(图3)。



图3 海坛岛典型崩塌与滑坡灾害

海坛岛崩塌灾害从空间分布看(图2)，多发生于岛陆(共10处)，岛岸有2处。其诱发机制主要包括自然因素与人类活动。自然因素在岛陆主要表现为风雨冲刷造成水土流失，在山顶或陡坡处，碎屑岩裸露崩塌；其在岛岸主要表现为海浪与潮汐的侵蚀，尤其是风暴浪(潮)的巨大冲击，导致其上的岩体和覆盖物崩塌(图3a)。人类活动主要为修建采石场与道路，破坏山体形成人为陡坡，道路建成与采石场废弃后，没有相应的加固陡坡措施，从而造成崩塌。从诱发机制来看海坛岛崩塌灾害的分配比例，主导因素为人类活动，共有8处，其中采石场占5处，修路占3处；自然因素导致的崩塌有4处，风雨冲刷与海水侵蚀各占2处。

海坛岛滑坡灾害有4处，主要分布于岛陆土层较厚的地方，由于人为采挖土石而导致土体不稳，

表 1 海坛岛地质灾害评价指标体系及分级

| 灾害分级 | 年大风数/d | 年降水量/mm | 风暴增水/次 | 地貌类型 | 致灾因子 |
|----------|---------|--------------|--------|-----------------|----------------|
| 1 级(低风险) | >50 | >1 000 | < 3 | 台地 | 陡崖、砾石滩 |
| 2 级(中风险) | 50 ~100 | 1 000 ~2 000 | 3 ~10 | 平原 | 海水入侵 |
| 3 级(高风险) | >100 | >2 000 | >10 | 潮滩、沙滩、 沙堤、丘陵 | 海岸侵蚀、 崩塌、滑坡 |

产生滑坡(图 3b)。

3.3 风沙灾害

海坛岛地处东亚季风区, 气候季节性特征明显。根据平潭气象站 1953–2010 年间的气象资料, 海坛岛常年主导风向为 NNE, 年内除了 6–8 月以偏南风为主外, 其余均为北东向为主, 且秋、冬季节平均风速最大^[26]。受其影响, 海坛岛的东北部势必为风沙灾害的易发地。本次调查发现的风沙灾害区位于海坛岛东北部的长江澳沿岸(图 2、图 4)。风沙灾害的主要沙源来自长江澳沙滩。



(a) 长江澳南部磳水村沿岸

(b) 长江澳沙滩西部人工防护林

图 4 风沙灾害分布区

4 海坛岛地质灾害风险评价

4.1 评价指标体系与分级

本文的资助项目建立了海岛地质灾害评价指标体系, 包括 9 种评价指标: 构造、风况、降雨强度、风暴潮强度、岩性、地貌类型、致灾因子、人口分布、土地利用。每种指标灾害分级包括 3 个级别: 1 级(低风险)、2 级(中风险)和 3 级(高风险)。以此为基础, 根据海坛岛自身的自然环境与地质灾害特征, 建立了适合于海坛岛的地质灾害评价指标体系, 包括 5 种评价指标: 年大风天数、年降水量、风暴增水次数、地貌类型、致灾因子(表 1)。

4.2 评价指标数据源

海坛岛地质灾害评价区域为岛陆与潮间带。以评价区域的地貌类型分布图为基础, 根据海坛岛自然环境特征与地质灾害的评价指标体系, 生成地质灾害风险评价的平面状源数据图层。每类评价指标中的每一分级为一个单独的数据图层。

年大风天数(≥ 8 级)与年降雨量两个评价指标对海坛岛而言为整体性因子, 就评价区域而言, 分不出不同等级风险的区域, 但它们是重要的孕

灾指标。海坛岛的年均大风天数约为 62 d^[23], 年降雨量为 900 ~1 200 mm 之间, 累年平均降水量为 1 151.5 mm, 风险等级均为 2 级。风暴增水主要由台风引起, 海坛岛的年台风影响次数约为 6 ~7 次^①, 风险等级 2 级, 主要影响区域为海岛潮间带。因此对评价区域而言, 风暴增水指标的数据源有 2 个数据图层: 岛陆为 1 级, 潮间带为 2 级。据海坛岛地貌类型分布图(图 1), 地貌类型指标有 3 个数据图层: 台地为 1 级, 平原为 2 级, 潮间带为 3 级。根据地质灾害现场调查结果, 海坛岛主要的地质灾害(海岸侵蚀、崩塌与滑坡)的发生区域灾害等级为 3 级, 基岩海岸为 1 级, 潮滩与冲积平原相接, 可能发生海水入侵, 该区域的风险等级为 2 级。

4.3 评价指标权值确定

海岛灾害地质风险评价涉及多因子的综合性评价, 由于各评价指标对风险的贡献大小不同, 对各评价指标具有权衡轻重作用程度的数值就是权值。权值反映了不同评价因子间的相对重要性。本文采用专家打分法与层次分析法确定各评价指标权值。

采用专家打分法确定各评价因子的相对重要性(表 2); 依此建立权值判断矩阵, 求出矩阵的最大特征根所对应的特征向量, 亦即权值, 可知各评价指标的重要性由高到低依次为: 致灾因子、地貌类型、年大风数、风暴增水和年降雨量(表 3)。

表 2 各评价因子相对重要性评定表

| | 年大风数 | 年降雨量 | 风暴增水 | 地貌类型 | 致灾因子 |
|------|------|------|------|------|------|
| 年大风数 | 1 | 2 | 1 | 1/2 | 1/4 |
| 年降雨量 | 1/2 | 1 | 1 | 1/4 | 1/6 |
| 风暴增水 | 1 | 1 | 1 | 1/2 | 1/5 |
| 地貌类型 | 2 | 4 | 2 | 1 | 1/2 |
| 致灾因子 | 4 | 6 | 5 | 2 | 1 |

表 3 评价指标权值

| 评价指标 | 权重值 |
|------|--------|
| 年大风数 | 0.1194 |
| 年降雨量 | 0.0735 |
| 风暴增水 | 0.1002 |
| 地貌类型 | 0.2387 |
| 致灾因子 | 0.4682 |

① 数据来源: 福建海洋研究所, 等. 福建省海岛气候调查研究专题报告, 2011。

4.4 评价结果与风险区划

将评价指标数据源以及权值输入模糊综合评判模型,输出海坛岛地质灾害风险评价区划图(图5)。

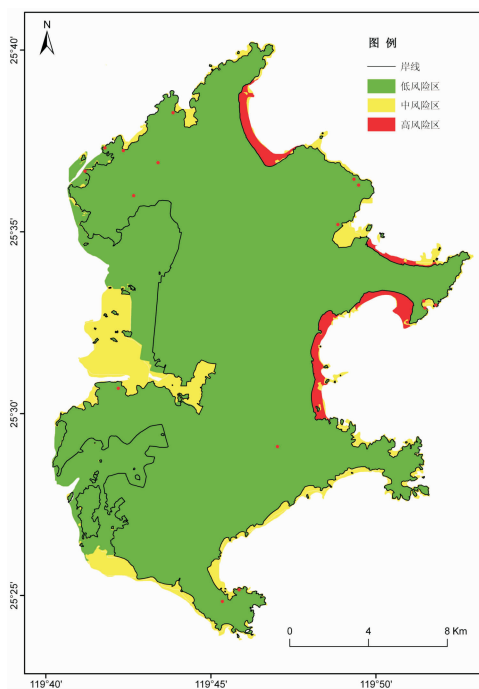


图5 海坛岛地质灾害风险评价区划图

海坛岛地质灾害中、高风险区主要位于潮间带。其中,高风险区主要分布于东中与东北部的沙滩,主要的灾害类型为海岸侵蚀、沙滩后退;而南、西部的沙滩侵蚀程度低,为中风险区。岛陆整体以低风险为主,其上分布的高风险区主要为崩塌、滑坡及风沙灾害点。

5 结论及建议

海坛岛的地质灾害类型有海岸侵蚀、海岸风沙灾害、崩塌与滑坡等。其中,海岸侵蚀是最主要的灾害类型,主要分布于海坛岛东部的岬湾海岸,具体包括砂质海岸侵蚀与红土海岸侵蚀。人类活动(主要为修建护堤)可以遏制海岸侵蚀后退的速度,但在砂质海岸往往会带来副作用,即相邻沙滩的退化。在常年盛行风的作用下,东北部海岸往往存在的风沙灾害,沙源为邻近的岬湾沙滩。崩塌与滑坡分布于岛陆与岛岸,主要的诱发机制为人类开发活动,包括开山采石与修路等。

建立了海坛岛地质灾害风险评价指标体系,采用专家打分法与层次分析法,得到海坛岛地质灾害风险评价区划图。海坛岛地质灾害中、高风险区对应于主要地质灾害的分布区域,海岛东部

岬湾海岸是高风险的主要区域;岛陆主体为低风险区,其上点缀着高风险的重力类地质灾害点。

根据海坛岛总体地质灾害特征,结合地质灾害风险评价结果,给出地质灾害防治建议:①杜绝不合理的资源开发,做到开发与保护协调发展。对已产生的地质灾害,采取相应的治理措施:在废弃的采石场和开山修路区域,进行陡坡的加固处理;在红土海岸侵蚀后退区域,加固海岸防护设施;在沙滩后退的岬湾海岸,采取修复的方式保护沙滩(比如人工补沙等);在海岸风沙灾害区域推广种植防风固沙植被。②建立和完善海岸侵蚀动态监测网络系统,加强海岸侵蚀、沙滩退化的机制以及海滩整治修复技术及应用研究,为海坛岛岸侵蚀与沙滩退化的防治提供基础数据及理论科学依据。

致谢: 贾建军、沈刚、陆莎莎、姜呈浩、童宵岭、杨阳、赵旭锋、杨志宏、程林等人参与了现场调查工作,姜呈浩和廖甜在遥感数据处理方面给出建议,谨致谢忱!

参考文献:

- [1] 高伟,李萍,傅命佐,等. 海南省典型海岛地质灾害特征及发展趋势[J]. 海洋开发与管理, 2014(2): 59-65.
- [2] 张春山,吴满路,张业成. 地质灾害风险评价方法及展望[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(1): 96-102.
- [3] 巫丽芸,何东进,洪伟,等. 自然灾害风险评估与灾害易损性研究进展[J]. 灾害学, 2014, 29(4): 129-135.
- [4] 徐继维,张茂省,范文. 地质灾害风险评估综述[J]. 灾害学, 2015, 30(4): 130-134.
- [5] 陈玉,蔺启忠,王钦军. 区域地质灾害评价模型综述[J]. 防灾科技学院学报, 2010, 12(4): 42-45.
- [6] 陈子桑,于吉涛,罗智丰. 近岸过程与海岸侵蚀机制研究进展[J]. 海洋科学进展, 2010, 28(2): 250-256.
- [7] Bird E C F. Coastline changes: A Global Review [M]. Chichester: Wiley, 1985: 45-126.
- [8] 李从先,庄武艺. 我国沿岸某些人为地质灾害的预测[J]. 海洋科学, 1992(1): 54-56.
- [9] 詹文欢,钟建强,刘以宣. 华南沿海地质灾害[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 18-95.
- [10] 李培英,李萍,刘乐军. 我国海洋灾害地质评价的基本概念、方法及进展[J]. 海洋学报, 2003, 25(1): 122-134.
- [11] 李培英,杜军,刘乐军等. 中国海岸带灾害地质特征及评价[M]. 北京: 海洋出版社, 2007: 53-160.
- [12] Furuya G, Sassa K, Hiura H, et al. Mechanism of creep movement caused by landslide activity and underground erosion in crystalline schist, Shikoku Island, southwestern Japan [J]. Engineering Geology, 1999, 53(3): 311-325.
- [13] Manakou M V, Tsapanos T M. Seismicity and seismic hazard parameters evaluation in the island of Crete and the surrounding area inferred from mixed data files [J]. Tectonophysics, 2000, 321(1): 157-178.

- [14] Aydan Q. Seismic and tsunami hazard potentials in Indonesia with a special emphasis on Sumatra Island [J]. Journal of the School of Marine Science and Technology in Tokai University (Japan), 2008, 6(3): 19–38.
- [15] 黄巧华, 吴小根. 海南岛的海岸侵蚀[J]. 海洋科学, 1997(6): 50–52.
- [16] 杜国云. 基岩海岸海水入侵特征及对策—以长岛县南北长山岛为例[J]. 海洋科学, 2002, 26(5): 55–59.
- [17] 韩志南, 高伟, 李栓虎, 等. 福建北部四岛主要灾害地质特征分析[J]. 海岸工程, 2012, 31(2): 39–46.
- [18] 刘乐军, 高珊, 李培英, 等. 福建东山岛地质灾害特征与成因初探[J]. 海洋学报, 2015, 37(1): 137–146.
- [19] 国家发展和改革委员会. 海峡西岸经济区发展规划[Z]. 北京: 国家发展和改革委员会, 2011.
- [20] 林心仁. 平潭岛东北部海岸侵蚀及其影响[J]. 福建地质, 2006, 25(3): 154–158.
- [21] 蔚广鑫, 蔡锋, 戚洪帅, 等. 以 3 个典型个例探讨海滩侵蚀热点的特征及其成因类型[J]. 应用海洋学学报, 2013, 32(1): 52–60.
- [22] 刘建辉, 蔡锋, 雷刚, 等. 福建软质海崖蚀退机理及过程分析——以平潭岛东北海岸为例[J]. 海洋环境科学, 2010, 29(4): 1–6.
- [23] 夏小明, 贾建军, 陈勇, 等. 中国海岛(礁)名录[M]. 北京: 海洋出版社, 2012: 308.
- [24] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志(第七分册), 福建省南部海湾[M]. 北京: 海洋出版社, 1993: 158–166.
- [25] 徐元芹, 刘乐军, 李培英, 等. 我国典型海岛地质灾害类型特征及成因分析[J]. 海洋学报, 2015, 37(9): 71–83.
- [26] 蔡晓禾, 廖廓. 福建平潭大风气候特征分析[J]. 闽江学院学报, 2011, 32(5): 130–133.

Characteristic and Risk Assessment of Geological Hazard in Haitan Island, Fujian Province

LIU Yifei¹, WANG Xinkai^{1,2}, CAI Tinglu¹, SHI Lianqiang¹ and XIA Xiaoming¹

(1. State Research Center for Island Exploitation and Management, Second Institute of Oceanography, SOA, Hangzhou 310012, China; 2. Department of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: On the basis of field investigation and historical coastline comparison, type and distribution of geological hazard in Haitan Island are analyzed. The results show that there are three types of geological hazard: coastal erosion, gravitational geological hazard (collapse and landslide) and wind-sand disaster. As the major type coastal erosion happens at the headland-bay coasts situated in the east part of Haitan Island. Due to building of re-ventment dike, beach degradation happens at some coasts. There are 16 collapses and landslides at the steep slopes mostly induced by quarrying activity, which distribute in the coast and land of island. Under the control of annual predominant wind direction (NNE), the area of wind-sand disaster is situated in the northeast part of the island and the sand comes from neighboring beach. Risk assessment of geological hazard is made by fuzzy comprehensive evaluation model. Before that the evaluation index system is confirmed and the weight of each index is calculated by expert scoring method and analytic hierarchy process (AHP). The assessment results show that medium and high risk areas are consistent with the distribution areas of geological hazard. At last the advice on prevention and treatment of geological hazard is given.

Key words: Island; geological hazard; fuzzy comprehensive evaluation model; risk assessment; Fujian; Haitan Island

《灾害学》2016 年的期刊影响因子及期刊主要评价指标

据《2016 年版中国科技期刊引证报告(扩刊版)》(万方数据股份有限公司),《灾害学》杂志最新的影响因子为 1.548。

| 总被引 频次 | 影响 因子 | 即年 指标 | 他引率 | 被引半 衰期 | H 指标 | 来源 文献量 | 文献 选出率 | 平均 引文数 | 平均 作者数 | 地区 分布数 | 机构 分布数 | 基金 论文比 | 引用 半衰期 |
|-----------|----------|----------|------|-----------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2086 | 1.548 | 0.43 | 0.84 | 5.79 | 9 | 166 | 0.99 | 20.49 | 3.65 | 25 | 92 | 0.97 | 6.65 |