

基于专家调查问卷法的舟山群岛主体功能岛群生态风险源分析评价与防范对策研究

李睿, 计丽红, 曹雯婷, 胡春琴

(浙江大学地球科学学院 杭州 310027)

摘要:对海岛进行风险评价是海岛开发利用和保护管理的基础和前提。文章以舟山群岛为研究区域,应用专家调查问卷法,对舟山群岛规划建设中的综合利用岛、滨海旅游岛、临港工业岛、港口物流岛、现代渔业岛、海洋生态岛等不同主体功能岛群面临的主要生态风险源及其危害度进行调查评估。结果表明,接受问卷调查的专家普遍认为,舟山群岛名列前十位的生态风险源主要有台风和风暴潮、储运的石油及其制品燃烧爆炸、装卸运输产生的石油泄漏、赤潮暴发、滑坡与泥石流等地质灾害、淡水资源短缺、过度捕捞、沙石及岛礁采挖、生物入侵、工业三废排放;按照各类主体功能岛群面临的各种生态风险源的综合潜在危害度,从大到小排列依次为海洋生态岛、滨海旅游岛、现代渔业岛、综合利用岛、临港工业岛、港口物流岛。在逐一分析各类主体功能岛群面临的主要生态风险源的基础上,提出完善分类风险管控重点以提高防灾减灾的针对性、完善公共防灾基础设施以加强防范共性生态风险等对策建议。

关键词:舟山群岛;生态风险源;主体功能区;专家调查问卷法;防灾减灾

中图分类号:P7

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2016)07-0049-06

Ecological Risk Source Analysis and the Countermeasures on Functional Islands of Zhoushan Archipelago

LI Rui, JI Lihong, CAO Wenting, HU Chunqin

(School of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: The assessment of island ecological risk is an important premise to develop and manage islands. In this paper, the Zhoushan Archipelago were taken as research area, according to the Major Function Zoning of Zhoushan City and Zhejiang Province, the Zhoushan archipelago were divided into six major functional islands; the Comprehensive Developing Islands, Coastal Tourism Islands, Coastal Industrial Islands, Logistics Islands, Contemporary Fishing Islands and Marine Ecological Islands. Based on expert questionnaire investigation, the main ecological risk sources and hazard degree for the six major functional islands were assessed. The results showed that the top 10 ecological risk sources of the Zhoushan Archipelago are: the typhoon and storm surge, the explosion of petroleum and its products, the oil spilling, the red tides, the landslides and debris

收稿日期:2016-01-14;修订日期:2016-06-01

基金项目:海洋行业公益性科研专项“岛屿综合开发风险评估与景观生态保护技术及示范应用”(201305009)。

作者简介:李睿,副教授,博士,研究方向为景观生态,电子信箱:zhedalirui@zju.edu.cn

通信作者:计丽红,硕士研究生,研究方向为景观生态,电子信箱:wsjilihong@zju.edu.cn

flows, the shortage of fresh water resources, the overfishing, the excavation of sand and reef, the biological invasion and the emissions of industrial wastes. According to the extent of potential risk, the six major functional islands are arranged in the following order: the marine ecological island, the coastal tourism islands, the contemporary fishing islands, the comprehensive developing islands, the coastal industrial islands and the logistics islands. Some suggestions were also proposed in the paper, such as perfecting the controls of different risk sources to improve the pertinence of disaster prevention and mitigation, improving the construction of public disaster prevention infrastructure to prevent common ecological risks.

Key words: Zhoushan archipelago, Ecological risk sources, Major functional zone, Expert questionnaire investigation, Disaster prevention and reduction

1 引言

生态风险是指暴露于一种或多种压力源而导致不利生态效应出现的可能性^[1]。海岛因相对封闭、狭小,其生态系统通常具有单一性、脆弱性和易退化性等特点,受自然灾害和人类活动的影响较大,一旦受损则很难恢复,防灾减灾的任务十分艰巨。因此,对海岛进行风险评价是海岛开发利用和保护管理的重要基础和前提。

李淑娟等^[2]列举崇明岛的主要生态风险源,在此基础上构建崇明岛生态风险评价的指标体系,对崇明岛旅游开发的生态风险进行评价。应用相对风险模型法,贾林^[3]评估城市建设用地、农业用地、港口码头、海水养殖、海岛旅游等压力源对大连长兴岛斑海豹种群数量、潮间带环境质量和水土保持的生态影响,表明海岛旅游是长兴岛的主要风险源,其次是海水养殖和农业用地。李晓敏等^[4]评估城镇用地、农业用地、港口码头、养殖用海、船舶运输和旅游娱乐等风险源对广东省川山群岛珍稀水禽、猕猴、蟒蛇和珍稀猛禽保护的生态风险,认为上川岛属于开发利用的高风险区,主要风险区域是潮间带和近海两个生态子系统,其中以岩滩的开发利用压力最大,旅游娱乐和养殖用海是风险压力的主要来源,珍稀水禽是主要受威胁的物种。王常颖等^[5]应用遥感手段分析海岛景观格局与海岛开发利用风险程度的关系,定义海岛开发利用威胁指数和强度指数,建立基于景观格局的海岛开发利用风险评价模型,对渤海海域庙岛群岛中的大黑山岛、小黑山岛、北长山岛、南长山岛和庙岛进行风险评价。

蒋红等^[6]和蔡丽萍等^[7]分别对舟山岛和六横岛邻近海域沉积物重金属污染及潜在生态风险进行评价,邹伟明等^[8]对舟山群岛潮间带表层沉积物污染状况及其潜在生态风险进行评价,马甲益等^[9]分析舟山港域溢油事故风险与控制,孙秀梅等^[10]分析城市化压力对舟山海岛生态系统健康影响机制。

应用调查问卷法, Halpern 等^[11]对 19 个国家的 135 位专家进行问卷调查,评估 38 种人类活动对 23 类海洋生态系统带来的风险程度;专家普遍认为,最大的生态风险来自于海温增加、破坏性底拖网作业捕捞、点源有机污染以及岩石礁、珊瑚礁、红树林、近海上层生态系统等最受威胁的生态系统。Teck 等^[12]基于对 107 位专家的问卷调查,对加利福尼亚海流区 53 种人类活动对 19 类海洋生态系统的生态风险进行评估,4 个潮间带生态系统(泥滩、沙滩、盐沼和岩石潮间带)被认为最容易受到人类活动的威胁,风险性最高的因素包括生物入侵、海洋酸化、海温变化、海平面上升、海岸工程引起的栖息地变化等,尤其是近海生态系统最容易受到海洋酸化、破坏性底拖网作业捕捞和沉船等风险因素的影响。

总体上,国内对海岛生态风险的研究起步较晚,主要以单个岛屿为研究对象,对风险源的关注主要局限于城市建设用地扩展、农业用地转化、港口码头建设、海水养殖、海岛旅游等几种人类经济活动,对风险受体的考量主要侧重于自然生态系统,缺乏对岛屿主体功能的考量和对专家经验的吸收。国外的研究视野更加开阔,考虑的风险源多达

数十项,且十分重视专家经验的借鉴。

本研究旨在应用问卷调查和专家经验评估法,分析在舟山群岛新区综合开发的大背景下,不同类型主体功能定位的岛群面临的主要生态风险源及其潜在危害性,以期提高生态风险防范的针对性。

2 研究区域

舟山群岛是我国第一大群岛。2011年国务院正式批准设立我国首个以海洋经济为主题的新区——浙江舟山群岛新区,2013年批复《舟山群岛新区发展规划》,使舟山群岛开发进入跨越式发展阶段。根据《浙江省海岛保护规划》《浙江省主体功能区规划》《浙江舟山群岛新区空间发展战略规划》等相关规划^[13-15],主张群岛多功能、一岛一功能,将舟山群岛划分为综合利用岛、滨海旅游岛、临港工业岛、港口物流岛、现代渔业岛、海洋生态岛等主体功能岛群类型(其他尚有少量海洋科教岛、清洁能源岛等有居民海岛和一些面积较小的无人岛)。

综合利用岛指陆域腹地较大、资源禀赋较好、人口分布集中、城镇化程度较大、主导功能较综合、产业门类较多、对周边具有较强辐射带动能力的海岛,如舟山岛、岱山岛、泗礁岛和六横岛等。

滨海旅游岛指具有优美的滨海自然景观、良好的生态环境、深厚的人文底蕴等海洋旅游资源条件,以发展滨海观光、休闲度假、海洋文化、海鲜美食、休闲海钓、滨海体育、海洋生态等特色滨海旅游业为主的海岛,如普陀山、朱家尖、桃花岛、秀山岛和花鸟山岛等。

临港工业岛指具有较好的建港条件和充裕的后方腹地空间,以重型装备制造、船舶修造产业、大宗物资加工等工业为主导的海岛,如虾峙岛、长白岛、小长涂山岛等。

港口物流岛指具有优越的地理区位条件、深水岸线资源和一定陆域腹地空间,以集装箱或大宗商品储运、中转等港口物流功能为主的海岛,如小洋山岛、岙山岛和册子岛等。

现代渔业岛指具有良好的渔业发展基础,以发展现代海洋捕捞、海水养殖、水产品加工贸易等功能为主,辅以海洋生物资源保护的海岛,如嵎山岛、枸杞岛和大黄龙岛等。

海洋生态岛指以保护海岛及其周边海域的海洋生态环境、海洋生物与非生物资源功能为主,一般为已建或具备建设海洋自然保护区条件和海洋特别保护区等区域内的核心海岛,如庙子湖岛、下山岛、五峙山鸟岛和中街山列岛等。

3 数据和方法

3.1 专家调查问卷设计

专家调查问卷法是设定一些问题以调查问卷形式邀请相关领域的专家完成,然后将专家的意见加以科学统计、处理、分析,从而将定性问题量化的方法。在对舟山群岛进行实地考察的基础上,参考Halpern等关于全球海洋生态系统脆弱性的评估与排名研究中列举的38种人类活动威胁^[11]及Teck等评估加利福利亚湾海洋生态系统脆弱性涉及的53种风险源^[12],结合多位学者关于舟山群岛环境污染、生态破坏、生物多样性保护等方面的研究^[16-22],初步列举舟山群岛可能存在的生态风险源,邀请对舟山群岛在开发利用与环境保护领域较熟悉的专家对问卷进行修改完善,完成专家调查问卷的设计。问卷针对舟山群岛6类主体功能岛群,列举出33个生态风险源,包括:全球变暖和海平面上升,台风和风暴潮,淡水资源短缺,咸水入侵,干旱,洪涝,滑坡和泥石流等地质灾害,生物入侵,赤潮暴发,旅游车船尾气排放,游客过多和交通拥堵,船舶对海水的搅动和海岸冲刷,游客活动产生的污染,海钓等娱乐型捕捞,休渔期偷捕偷捞,过度捕捞,近海养殖,水产品加工,修造船体机舱漏油,修造船舳试航含油污水和分段冷却水排水等,修造船舳残骸丢弃,修造船体除锈和喷涂油漆,装卸运输产生的石油泄漏,储运的石油及其制品燃烧爆炸,港口物流基础设施过度建设,集装箱卡车大气污染排放,沙滩、山石和岛礁采挖,海涂围垦,城市垃圾排放,城市生活污水排放,工业三废排放,农药和化肥污染,渔民和游客上岛干扰生物栖息地;问卷分两部分,第一部分是生态风险源的等级赋值,第二部分是各风险源的相对权重赋值。

3.2 问卷发放和填写

将调查问卷以电子邮件形式发送给国家海洋局第一、二、三海洋研究所,国家海洋局海洋发展战

略研究所,国家海洋技术中心,浙江大学,中国海洋大学,浙江海洋学院等涉海研究机构的专家,职称包括研究员、教授、教授级高工等。共发送 32 份调查问卷,共收回 21 份有效调查问卷。

利用 SPSS 统计软件 Analysis 模块下的 Non-parametric Test 计算 Kendall 和谐系数,对收回的调查问卷进行可信度分析。

3.3 生态风险危害度计算

采用线性加权^[23]求和法对舟山群岛 6 类主体功能区生态风险源的危害度进行计算。先分别计算出各类主体功能岛群 33 项生态风险源的风险等级均值,再分别计算出其相对权重的均值,然后将二者相乘得出每项风险源的潜在危害度,最后将 33 项生态风险源的风险值累加得出各类主体功能岛群所面临的生态风险综合潜在危害度。

4 结果与分析

计算结果显示,Kendall 和谐系数等于 0.585 ($P < 0.01$),说明专家的评分结果具有较好的一致性^[24],专家调查问卷的信度为可信。

4.1 舟山群岛的主要生态风险源及对各类岛群的潜在危害度

总体上,接受问卷调查的专家普遍认为,舟山群岛名列前十位的生态风险源主要有:台风和风暴潮、储运的石油及其制品燃烧爆炸、装卸运输产生的石油泄漏、赤潮暴发、滑坡与泥石流等地质灾害、淡水资源短缺、过度捕捞、沙石及岛礁采挖、生物入侵、工业三废排放。按照各类主体功能岛群面临的各种生态风险源的综合潜在危害度,从大到小排列依次为海洋生态岛、滨海旅游岛、现代渔业岛、综合利用岛、临港工业岛、港口物流岛。

4.2 海洋生态岛的主要生态风险源

对海洋生态岛生态环境构成潜在威胁的风险源主要有生物入侵、赤潮暴发、沙石及岛礁采挖、过度捕捞、储运的石油及其制品燃烧爆炸。中街山列岛、马鞍列岛、浪岗尖列岛和五峙山鸟岛的重点保护对象主要有渔业水产资源、潮间带湿地资源和珍稀水鸟,相对于陆地,岛屿受外来物种入侵的概率更大、其危害也更大。随着外贸经济和港口物流活动的不断发展,通过船底、外轮压舱水携带和人为

引进等途径,上百种外来生物尤其是海洋病原性微生物(如桃拉病毒、淋巴囊肿病毒、虹彩病毒)、海洋微小型藻类(如球形棕囊藻)、病原线虫(如松材线虫)、潮间带及岛陆植物(如大米草、加拿大一枝黄花)、海洋无脊椎动物(如沙筛贝、地中海贻贝和虾夷马粪海胆)、海洋脊椎动物(如美国红鱼)进入我国海区,从岛陆到潮间带到海域,外来生物入侵的生态压力日益增加^[25]。

4.3 滨海旅游岛的主要生态风险源

滨海旅游岛面临的生态风险源主要有淡水资源短缺、沙石和岛礁采挖、储运的石油及其制品燃烧爆炸、装卸运输产生的石油泄漏、游客过多和交通拥堵等,此外台风和风暴潮、滑坡和泥石流等地质灾害、游客活动产生的污染等风险源的潜在危害也较大。作为闻名遐迩的海天佛国、渔都港城,舟山群岛的旅游休闲业发展迅速,而海岛山低源短、无过境客水,水资源短缺一直是制约发展的“瓶颈”之一,游客的大量涌入必定会使对淡水资源的需求量大幅增长,也会对交通、环保等形成一定压力;沙石和岛礁采挖的潜在威胁主要是对海岛景观资源的破坏,储运的石油及其制品燃烧爆炸、装卸运输产生的石油泄漏等将可能降低旅游环境的安全性和舒适度,同时破坏景观资源。

4.4 现代渔业岛的主要生态风险源

现代渔业岛面临的生态风险源主要有赤潮暴发、过度捕捞、台风和风暴潮、生物入侵、海涂围垦、休渔期偷捕偷捞等。舟山群岛是我国最大的海水产品生产、加工、销售和出口基地,但其发展模式已从过去的“渔、港、景”转变为当前的“港、景、渔”,这在一定程度上可归因于渔业生态压力增加引起的资源环境约束。舟山海域水质环境多年来没有明显改善,70%以上海域面积为四类 and 劣四类水质,富营养化问题突出,每年都会暴发多起赤潮;过度捕捞一直是舟山海洋渔业可持续发展面临的严峻考验,捕捞渔船的大型化、钢质化、增量化,以及底拖网、帆张网和流动张网等高杀伤力工具的滥用,使传统的四大经济鱼类(大黄鱼、小黄鱼、带鱼、墨鱼)产量锐减,一些品种(如鲳鱼)甚至出现种群退化迹象。

4.5 综合利用岛的主要生态风险源

综合利用岛面临的生态风险源较广泛,主要有台风和风暴潮、淡水资源短缺、储运的石油及其制品燃烧爆炸、海涂围垦、城市生活污水排放、城市垃圾排放等。影响舟山的台风年平均为 3.8 个,其中造成较严重灾害损失的台风年平均为 1.3 个;由于综合开发类岛屿的城镇化程度高、人口集中,台风、暴雨和风暴潮对海塘堤坝、船只、房屋和通信电力设施造成破坏,受灾面积与经济损失均较大^[26]。

4.6 临港工业岛的主要生态风险源

临港工业岛面临的主要生态风险源有储运的石油及其制品燃烧爆炸、台风和风暴潮、滑坡和泥石流等地质灾害、淡水资源短缺、装卸运输产生的石油泄漏、工业三废排放等,此外修造船体除锈和喷涂油漆也被认为会带来一定的生态风险。其中淡水资源短缺的影响主要体现在临港工业园区员工生活用水及工艺新增用水带来的淡水供应压力。

4.7 港口物流岛的主要生态风险源

港口物流岛生态保护的主要目标是打造安全舒适的港口物流运输环境。舟山口岸是以海港为主体的对外开放口岸,2014 年舟山港完成货物吞吐量 3.47 亿 t、集装箱吞吐量 75 万标箱、旅客吞吐量 170.7 万人。港口物流岛面临的生态风险源主要有台风和风暴潮、储运的石油及其制品燃烧爆炸、滑坡和泥石流等地质灾害、淡水资源短缺、装卸运输产生的石油泄漏、集装箱卡车运行引起的大气污染排放等。目前舟山已建成全国最大的商用石油中转基地、全国重要的化工品中转基地和国家石油战略储备基地,多个主要港区石油储存量大、油罐多、布点密集,油品储运过程中各类安全风险也逐渐升高;由于油品运输及储存过程较为复杂,存在溢油、泄漏、火灾爆炸的危险性,亟须加强防范^[27]。

5 对策与建议

5.1 完善分类风险管控重点,提高防灾减灾的针对性

在《浙江省重要海岛开发利用与保护规划》和《舟山市海岛保护规划》等文件中对每类海岛提出发展方向和管制要求,但总体上对生态风险的管控偏于简单、笼统,针对性不够强、重点不够突出。

如,对临港工业岛的管制要求主要为严格控制项目准入条件以禁止不符合国家和地方各项规范要求的产业项目进入,对重点排污企业的各个生产环节进行实时监控,保育必要的生态空间,加大环境综合整治等;而对石油及其制品燃烧爆炸或泄漏、三废排放、修造除锈和喷涂油漆等来源于生产环节的生态压力,以及对台风和风暴潮、滑坡和泥石流等地质灾害、淡水资源短缺等缺乏重点防范。本研究提供的专家意见总结,为完善每类海岛群的生态风险管控提供指引。

5.2 完善公共防灾基础设施,加强防范共性生态风险

问卷调查结果表明,淡水资源短缺、储运的石油及其制品燃烧爆炸、装卸运输产生的石油泄漏、水体富营养化(赤潮暴发)、台风和风暴潮、滑坡和泥石流等地质灾害等生态压力源,至少对 3 类主体功能岛群可能产生较大影响,为共性生态风险问题。因此,亟须完善公共防灾基础设施,提高防范共性生态风险的能力。

在严格实施《舟山市气象灾害防御规划》《舟山市地质灾害防治规划》等自然灾害防治规划和《舟山市环境保护规划》的基础上,应把水资源承载能力作为舟山群岛新区建设的基础,以此引导各类主要功能定位海岛的规划布局、人口集聚和产业结构优化。在提高水资源保障能力的具体工作中,体现节约为先、统筹规划、多管齐下原则,着力推进本地水源工程的优化配置,加快实施大陆引水工程,积极推进雨水收集示范工程,加大海水淡化力度,全面推进节约用水;增强针对油库火灾、车船石油泄漏等事故的消防建设力度。

此外,进一步完善舟山市公共避灾场馆体系的建设也至关重要。

5.3 加快产业转型升级步伐,降低岛群综合开发风险

全面推行资源节约型和环境友好型的制造模式,促进工业文明与生态文明和谐发展。着力从资源消耗为主的粗放式发展向提高资源利用效率为主的集约式发展转变,着力推动低层次产业向高技术、高附加值、高成长性产业转变。重点企业全面

实施清洁生产,不断提高资源节约与综合利用水平和节能减排水平,不断降低内生生态风险。

5.4 完善生态监测网络建设,提高风险识别判断能力

在进一步完善大气、水环境质量常规监测及气象、地质灾害常规监测的基础上,加强对石油类污染情况的监测,加强对海洋生物多样性的监测,尤其是加强对舟山海域代表性水生生物、海岛珍稀动植物、湿地重要鸟类种群动态的监测,以及加强对外来生物入侵情况的监测。此外,加强对各项生态规划执行情况的跟踪监测,对促进生态文明建设也有重要作用。

5.5 加强区域风险管控合作,促进区域生态环境修复

对于舟山至杭州湾毗连海域临港产业集中区域、与上海海域相连的重要航道以及国际重要港区,建议由省有关部门协调建立与沪、甬、杭、绍、嘉等周边城市的海洋环境管理区域合作机制,采取多种形式的联合行动,建立港口海洋生态环境补偿修复制度,以及对突发环境灾害事故的区域快速协同应对制度。

参考文献

[1] WANG P M C F. Issues in ecological risk assessment of inorganic metals and metalloids[J]. Human and Ecological Risk Assessment, 2000, 6(6): 965—988.

[2] 李淑娟,曾曦. 崇明岛旅游开发生态风险研究[J]. 生态经济, 2010(7): 112—114.

[3] 贾林. 海岛生态风险评价方法及在长兴岛的应用研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2013.

[4] 李晓敏, 张杰, 曹金芳, 等. 广东省川山群岛开发利用生态风险评价[J]. 生态学报, 2015, 35(7): 2265—2276.

[5] 王常颖, 张杰, 辛红梅, 等. 基于景观格局的海岛开发潜在生态风险评价[J]. 生态学报, 2008, 28(6): 2811—2817.

[6] 蒋红, 胡益峰, 徐灵燕, 等. 舟山排污口邻近海域沉积物污染及潜在生态风险评价[J]. 海洋环境科学, 2009, 28(S1): 50—52.

[7] 蔡丽萍, 金敬林, 水柏年. 舟山六横岛附近海域沉积物重金属污染及潜在生态风险评价[J]. 海洋环境科学, 2012, 31(4): 496—499.

[8] 邹伟明, 母清林, 余运勇, 等. 舟山群岛潮间带表层沉积物污染状况及其潜在生态风险评价[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学

版, 2014, 33(3): 262—266.

[9] 马甲益. 舟山港船舶溢油事故风险评估研究[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2012, 31(2): 262—266.

[10] 孙秀梅, 陈朋, 郭远明. 城市化压力对舟山海岛生态系统健康影响机制分析[Z]. 2010.

[11] HALPERN B S, SELKOE K A, MICHELI F, et al. Evaluating and ranking the vulnerability of global marine ecosystems to anthropogenic threats[J]. Conservation Biology, 2007, 21(5): 1301—1315.

[12] TECK S J, HALPERN B S, KAPPEL C V, et al. Using expert judgment to estimate marine ecosystem vulnerability in the California Current[J]. Ecological Applications, 2010, 20(5): 1402—1416.

[13] 浙江省住房和城乡建设厅. 浙江舟山群岛新区空间发展战略规划[Z]. 2012.

[14] 浙江省人民政府. 浙江省主体功能区规划[Z]. 2013.

[15] 舟山市人民政府. 舟山市土地利用总体规划(2011—2020 年)修编方案(征求意见稿第三稿)[Z]. 2012.

[16] 伍鹏. 我国海岛旅游开发模式创新研究: 以舟山群岛为例[J]. 渔业经济研究, 2007(2): 10—17.

[17] 方维. 舟山生态旅游资源可持续利用研究[D]. 舟山: 浙江海洋学院, 2012.

[18] 罗浩. 舟山港口物流发展战略研究[D]. 舟山: 浙江海洋学院, 2013.

[19] 徐嘉楠. 舟山国际物流岛建设研究[D]. 舟山: 浙江海洋学院, 2013.

[20] 刘景龙. 浙江舟山群岛新区海洋产业发展现状与问题分析[J]. 农村经济与科技, 2014, 25(1): 161—162.

[21] 董佳晨. 舟山群岛新区休闲渔业旅游的现状与对策研究[D]. 舟山: 浙江海洋学院, 2014.

[22] 王凤英, 田旗, 彭红玲, 等. 舟山群岛 2 种濒危植物生境特征与迁地保护研究[J]. 浙江农林大学学报, 2014, 31(3): 417—423.

[23] 杨娟. 岛屿生态风险评价的理论与方法[D]. 上海: 华东师范大学, 2007.

[24] 王兆军. 专家问卷调查的非参数统计分析[J]. 数理统计与管理, 1998, 17(3): 27—31.

[25] 毕玉科, 田旗, 卢钟玲, 等. 舟山岛外来植物及其入侵性分析[J]. 福建林业科技, 2015, 42(1): 151—159, 172.

[26] 曹美兰, 俞燎霓. 舟山台风灾害及东部海岛台风降雨量分布特征[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2010, 29(6): 579—582.

[27] 胡昱昊. 舟山市石油储运行业政府应急管理研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2014.