

台风风暴潮灾害影响下的温州平阳县脆弱性评估

马静武¹, 乔观民², 陈甫源³, 周浩¹

(1.温州市土地整治中心 温州 325000; 2.宁波大学建筑工程与环境学院 宁波 315211;
3.浙江省水利河口研究院 杭州 310020)

摘要:浙江是频繁遭遇台风风暴潮袭击的省份,而温州地区受潮灾尤为严重,为给其防御台风风暴潮提供管理支持,文章以平阳县为例,利用气候变化脆弱性分析框架,分析灾害暴露性、脆弱性特征和适应能力,提出平阳县适应风暴潮灾害的对策。在适应能力评估上,从经济与社会发展、城市基础设施、保护性设施、灾害管理机构能力和机制等4个方面构建沿海城市防御风暴潮灾害能力评价指标体系,采用AHP层次分析法评估平阳防御灾害能力。研究结果表明:(1)平阳具有较高的灾害暴露性。(2)增加脆弱性的主要因素包括围填海新区扩张与城市建设、存在的部分低质量房屋、城市排水管网系统和部分海堤标准较低、基层社区灾害应对能力相对不足等。(3)平阳防御风暴潮灾害能力的评估值为0.796。建议将风暴潮灾害因素纳入国土空间规划考虑;健全灾害管理机构和机制;加固重点堤防,改进城市排水系统;提高农房等建筑的防洪抗台能力;提升基层社区的减灾能力。

关键词:台风;风暴潮;灾害;脆弱性;适应;层次分析法;评价指标体系;温州

中图分类号:X43;P76

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2019)09-0043-09

Vulnerability Assessment of Pingyang County in Wenzhou under the Influence of Typhoon Storm Surge Disaster

MA Jingwu¹, QIAO Guanmin², CHEN Fuyuan³, ZHOU Hao¹

(1. Wenzhou Land Consolidation and Rehabilitation Center, Wenzhou 325000, China; 2. Faculty of Architectural, Civil Engineering and Environment, Ningbo University, Ningbo 315211, China; 3. Zhejiang Institute of Hydraulics & Estuary, Hangzhou 310020, China)

Abstract: Zhejiang province is seriously influenced by storm surge, especially in Wenzhou. In order to provide administrative support to storm surge defense, this paper took Pingyang County as an example, using the climate change vulnerability analytical framework to analyze exposure, vulnerability characteristics and adaptability of storm surge, to propose suggestions on the countermeasures for adapting to storm surge in Pingyang County. In the assessment of adaptive capacity, the evaluation index system of coastal cities adapt to storm surge disasters with 13 factors including e-

收稿日期:2019-08-14; 修订日期:2019-08-14

基金项目:温州市科技局公益性软科学研究项目——基于脆弱性分析的温州平阳、苍南两县防御台风风暴潮灾害对策研究(R20150008).

作者简介:马静武,工程师,硕士,研究方向为经济地理、城市地理与区域规划

conomic and social development, urban infrastructure and protective facilities, protective facilities, disaster management institutions' capabilities and mechanisms. Research results showed that (1) Pingyang has high disaster exposure. (2) The main factors that increase the vulnerability include the expansion of the new districts formed by the city's reclamation and urban construction, the existence of low-quality farmhouses, low standard drainage network and relatively weakness in capacity of anti-disaster in part of the shore seawall, basic community disaster response capacity, etc.. (3) The evaluation value of Pingyang's ability to adapt to storm surge disasters was 0.796. It is proposed to consider the typhoon storm surge factor into territorial spatial planning, improve the mechanism of disaster management institutions, promote the renovation and rebuilding of infrastructure such as drainage networks, improve the flood control capacity of buildings such as farm buildings, improving disaster reduction ability of basic communities.

Key words: Typhoon, Storm surges, Disaster, Vulnerability, Adaptation, Proposal, Analytic hierarchy process, Evaluation index system, Wenzhou

0 前言

台风风暴潮是指台风引起剧烈的大气扰动,导致海水异常升降,海区潮位大大超过平均潮位的现象。国内外对风暴潮风险评估开展了大量卓有成效的研究工作,其中风暴潮数值预报研究始于20世纪70年代,经过30多年的发展,已在实时预报中得到广泛应用^[1-3]。国内很多学者采用数值模拟的方法分析了我国沿海地区风暴潮灾害的次数和强度、时空分布、漫滩、溢流等现象和特征^[4-5];另外,还有很多学者开展台风风暴潮的风险评估和防御体系^[6-9]的研究。而源自气候变化学科的“脆弱性”概念被引入了台风、风暴潮、洪涝、干旱、滑坡地质灾害等自然灾害研究,其中又以联合国人居署(UN-Habitat)资助的可持续城市研究项目^[10],亚洲城市气候变化柔性研究网络(Asian Cities Climate Change Resilience Network)资助开展的泰国、越南、印度、印度尼西亚等东南亚国家城市适应洪涝气候灾害和城市柔性的研究最值得关注^[11]。当前,国内关于气候变化脆弱性评价的研究主要集中在农业、森林、水资源等自然系统方面^[12-16],对城市化地区,尤其是单个城市尺度的评估实例研究很少,因此,开展城市化地区气候灾害脆弱性评估,探讨城市化与脆弱性的内在联系具有重要意义。

平阳县位于浙江省沿岸的中段,是台风风暴潮频繁活动的区域,5—10月,每年平均遭受2~3次

台风的侵袭,台风风暴潮对当地社会经济造成重大损失。本研究以平阳县为例,利用气候变化脆弱性分析框架,对台风风暴潮影响下的灾害暴露性、主要脆弱性特征以及适应能力进行分析,在此基础上,提出风暴潮灾害适应性对策,以为东南沿海城市防御台风风暴潮工作提供指导。

1 研究区域和研究方法

1.1 研究区概况

平阳县位于浙江省东南部,属温州市管辖,东濒东海,南与苍南县相连,北与瑞安市接壤。全县陆地面积1 042 km²,海域面积约为3.72万 km²,岛屿陆域面积11.5 km²,海岸线长约75 km。2015年,平阳县共辖10个镇、1个乡,32个社区、6个居民区,600个行政村。全县户籍人口88.24万人,流动人口约14万人,约78.3%人口(户籍人口,不包括流动人口)集中于高程0~7 m的易受台风风暴潮影响的海岸带区域。

1.2 研究方法

1.2.1 气候变化脆弱性分析框架

2001年IPCC第三次评估报告将脆弱性定义为一个自然的或社会的系统容易遭受气候变化破坏的范围或程度,是系统内的气候变率特征、幅度和变化速率及其敏感性和适应能力的函数^[17](图1)。其中,灾害暴露性是指历史上及未来气候灾害发生的频率和损害程度;敏感性是指人、地方、机构和部

门易受气候变化影响的程度,它与当地自然、经济、社会环境因素相关;适应能力是指人、地方、机构和部门应对气候灾害的能力。由于灾害暴露性与自然地理环境和气象气候因素相关,难以通过人为的手段加以改变,因此,该框架指导政策制定者,通过降低城市的敏感性和提高灾害适应能力以达到降低脆弱性的目的。

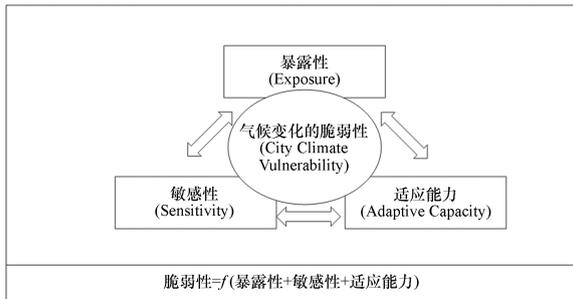


图 1 气候变化脆弱性评估框架

1.2.2 数据获取及分析方法

采用文献调查、实地调研、AHP 层次分析法等方法。首先,搜集和阅读国内外相关文献,了解研究进展,收集政府和部门文件、规划、年鉴等,获得基础数据;其次,通过实地走访,对易灾区的脆弱性人群,自然资源和规划、农业农村、水利、监测预警机构等人员进行访谈,获得第一手资料;再次,采用 AHP 层次分析法,构建沿海城市防御台风风暴潮能力评价指标体系,向专家发放打分表,根据数据模型,确定各影响因子的数值,评估平阳县适应台风风暴潮能力。

2 脆弱性分析结论

2.1 灾害暴露性

平阳频繁受台风风暴潮袭击,社会经济损失大。在 1951—2015 年的 64 年中,平阳共出现有影响的台风 136 次(图 2),以 7—9 月为主,平均每年 2.09 次,其中 7 次台风风暴潮对平阳造成灾害较为严重,造成大量的人员死伤和重大财产损失。如果台风恰逢天文高潮位,风暴潮常常越过堤坝,淹没围堤内的陆地区域,在强降水、风、流域洪水的共同作用下,造成巨大灾难。如 2009 年莫拉克台风给平阳造成 154.5 万的受灾人口和 9.94 亿元的直接经济损失。

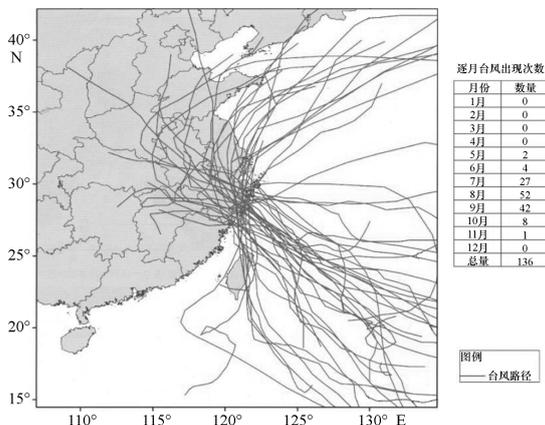


图 2 1951—2015 年影响平阳的台风路径及月份分布

东部沿海地区受淹没影响尤为严重。平阳县濒临东海,地势西高东低,从海洋到内陆,台风灾害的表现形式由于地理环境的差异,呈现出明显的类型多、危害交叉影响的特征。在西部山地和丘陵地区,台风主要引发滑坡、泥石流、崩塌等地质灾害;在东部海域,主要灾害是强风和海浪;在东部平原地区,主要灾害是强降雨、江河洪水、风暴潮。陈甫源等^[6]采用 MIKE21FM 模块,按 915 hPa、925 hPa、935 hPa、945 hPa、955 hPa、965 hPa、980 hPa 共 7 个台风等级和鳌江站和瑞安站最高潮位值,模拟了淹没区情况,分别绘制风暴潮灾害淹没等级图,统计了不同等级台风的淹没区面积(图 3),其研究表明,平阳鳌江和飞云江河口高潮位主要受天文潮和台风风暴潮控制;鳌江和飞云江洪水由台风强降雨引发的概率很大,而且存在洪峰和潮峰相遇的情况。

受海平面上升和东部地区缓慢地面沉降的影响,灾害风险有增大趋势。1972—2015 年,温州沿海主要测站的海平面呈现波动上升趋势(图 4),其中平阳鳌江站海平面平均上升速率为 2.1 mm/a^[18]。平阳东部围填海形成的新兴产业园区现状高程 1~3 m,地势平坦,地质松软,正在发生速率为 0~28 mm/a 的缓慢地面沉降。从长期来看,受全球气候变暖、海平面上升等因素的影响,台风的频数和强度有增加的趋势,极端降水、强气旋活动、洪水等极端天气事件发生概率增大^[19-20],平阳遭遇淹没的风险可能增大。

2.2 城镇化地区的主要脆弱性特征

城市面对气候灾害表现出的脆弱性与城市化

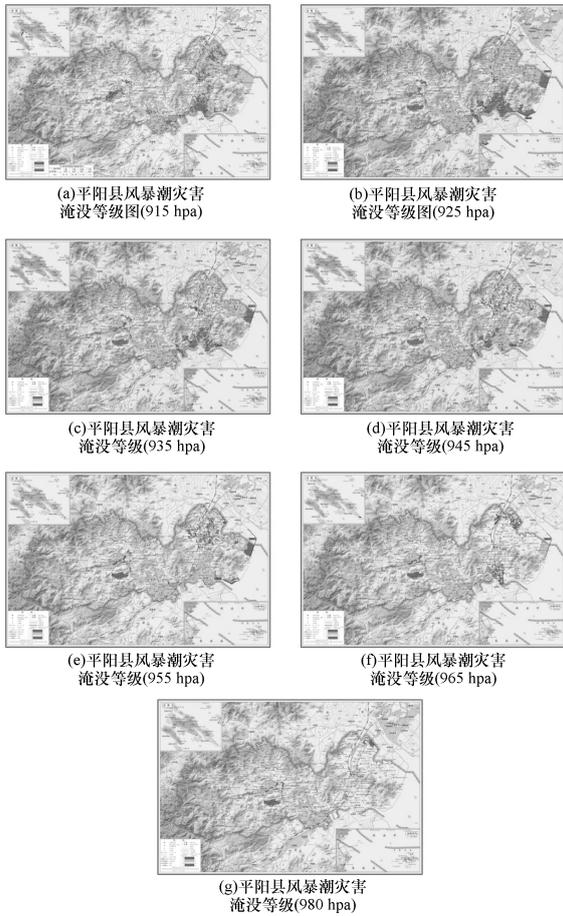


图3 平阳县风暴潮灾害淹没等级

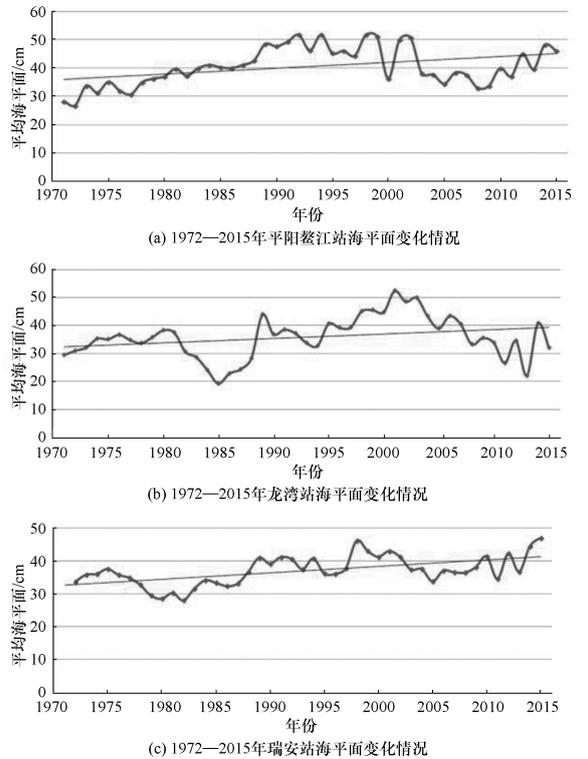


图4 温州主要测站海平面变化情况

口(户籍人口)占比分为78.3%(图5),洪水易灾区域面总占比58.9%,5个镇GDP总值为203.5亿元,占全县GDP的87.71%(图6)。

模式及趋势、经济和人口分布、人口统计学特征(年龄、性别)等因素有关,这些因素共同决定城市面对灾害时的风险和压力。在台风风暴潮的影响下,平阳在经济和社会发展、基础设施、产业经济等方面表现出的脆弱性特征见表1。在灾害防御上应重点关注的事务或问题如下。

人口高度集中于海岸带高程在0~7 m的平原地区,易受淹没影响。人口数量和密度是城市化水平的重要指标。人口数量和密度越大的地区,则住房、工商业、农业基地等和各类经济活动越集中,城市面临的风暴潮灾害风险越高。2015年平阳全县GDP为232亿元,GDP密度为2 691万元/km²,人口87.45万人,平均人口密度为725人/km²。易受洪水淹没影响的区域主要分布在地形较低的飞云江河口平原和鳌江河口平原,涉及鳌江镇、昆阳镇、万全镇、萧江镇和水头镇,共计403个村,现状高程在0~7.0 m,涉及人口69.10万人,洪水易灾区人

表1 台风风暴潮灾害影响下的平阳县的脆弱性概况

方面	脆弱性
经济和社会发展	自改革开放以来,平阳经历了快速城镇化,目前约90%的人口居住易受洪水灾害影响的海岸带地区,地面高程在0~7 m,主要涉及鳌江镇、昆阳镇、万全镇、萧江镇、水头镇5个镇。根据城市战略,城市向东部围填海新区扩张,人口和产业进一步集聚,增加了灾害风险
城市基础设施与保护性设施	台风风暴潮不仅破坏公路、桥梁、港口码头、电力、通信设施等“城市生命线”系统,还会引发次生灾害,加重灾害的程度,因此,基础设施的运营和维护水平体现了城市抗击灾害的能力,平阳县的市政设施维护和管理服务水平总体较高;城市排水系统设计标准较低,自然河网和排水系统不能在短时间内将洪水排出去,在台风期,常常造成部分低洼城区洪涝;鳌江沿岸堤防和海塘防御风暴潮能力弱,下厂塘、下埠塘、镇区塘、垂杨塘、钱仓塘,以及水头镇两岸堤防等有待加高加固;东部新区海岸线外侧的防浪堤防潮设计标准为50年一遇,实际建成标准为20年一遇,存在“设计标准高,实际建设标准低”的情况

续表

方面	脆弱性
产业经济	第一产业:洪水淹没农作物,造成粮食减产;使渔船和渔具、养殖场和设施、渔港等受到损坏,造成渔民和养殖人员伤亡,使水产品生产和贸易活动受到影响。第二产业:损坏建筑;洪水淹没企业设备、生产原材料及产品,造成财物损失;造成工厂临时停工,对“订单型”加工企业产生影响。第三产业:对旅游设施造成损害;使旅游活动停止,对旅游活动造成影响;对旅游相关的企业和商販产生影响

数据来源:笔者利用历年统计年鉴、部门规划等资料整理。

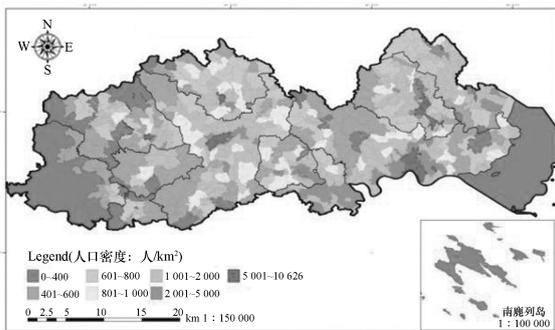


图 5 平阳县村级人口密度分布

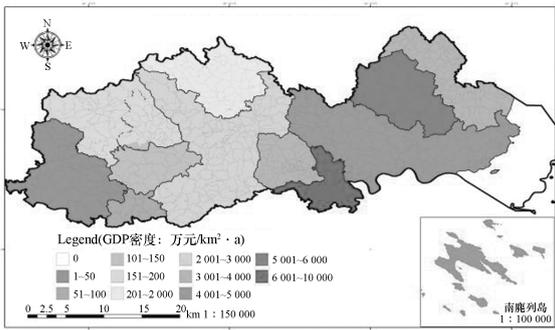


图 6 平阳县乡镇 GDP 密度分布

脆弱性人群主要包括海岸带地势低洼地区的人群、海岸边和海岛上的人群、沿河流水系易受洪水影响的人群。社会脆弱性是社会不平等影响的产物,它塑造了不同群体的脆弱性,并决定他们面对灾害的反应能力^[21]。人群因其阶级和职业、居住地点、住房条件以及性别、年龄等人口统计学特征的不同,受到灾害损害的程度不同。作为浙江典型的河网城市,平阳村镇和人口沿河网布局和发展特征明显。受灾害影响较大的人群主要有:一是海

岸带地势低洼地区的人群,易受台风季节的暴雨、洪水、风暴潮等因素共同作用造成的淹没影响。二是海岸边和海岛上的人群,海岸边与海岛上的社区受到台风期和风暴潮的直接袭击。2015年,全县共有渔村 25 个,渔业户数 4 259 户,渔业人口 14 859 人,主要从事海水养殖、捕捞、鱼产品加工、销售以及与滨海旅游相关的服务业等易受气候灾害影响的工作,渔民是比较脆弱的群体之一。三是沿河流水系易受洪水影响的人群,平阳河网密布,沿河流及江河下游的社区居民易受台风季节洪水的影响,部分房屋建设在地质不稳定的河床上,江河中流淌的、突然增加的水量将河床及周边的社区置于危险之中,造成人员伤亡、房屋损坏、财产损失和基础设施的破坏。

城市向东部新区扩张增加了灾害风险。根据平阳县战略,平阳将在东部围填海形成的新兴产业园区将打造城市新区,总面积 868.23 hm²。目前,产业和人口进一步向新区集聚。新区现状高程在 1~3 m,处海上大风的正面袭击,地势低洼平坦,地质松软,正在发生缓慢地面沉降,容易造成排水不畅。根据风暴潮淹没模拟结果,当遭遇 955 hPa 的风暴潮即鳌江站和瑞安站最高潮位分别为 6.00 m 和 6.09 m 时(略超过百年一遇高潮位),新区大部分区域将淹没约 3 m,面临重大的淹没风险。为降低海洋灾害风险,新区总体规划要求保留 12.06% 的水面率,提升区内排水和滞留雨水的能力。规划区挡海潮标准定为 50 年一遇,现状海堤标准为 20 年一遇,平阳在围区外围修建了一条防浪堤,以期通过“外围堤削减风浪和潮水的力量,内部海堤防潮”的形式,减少台风风暴潮对新区的影响,因此,堤防标准有待提高。同时,在新区规划和建设时,应加强海洋灾害防御问题的考虑。

排水管网和部分岸段海堤防潮标准低。台风风暴潮会破坏公路、桥梁、港口码头、电力、通信设施等,也会引发次生灾害,加重灾害的程度。因此,作为“生命线系统”的基础设施,是灾害时期人们逃生和救援的生命通道,其运营和维护水平体现了城市抗击灾害的能力。平阳道路和桥梁、供水、污水和垃圾处理等市政维护水平总体较高。存在的主

要问题:一是城乡排水系统标准较低,尤其旧城区的排水管网难以改造,不能很好地起到排水的作用。受江河洪水、短时间超高潮位引起的海水及河水的倒灌影响,河网水系和城市排水系统不能在短时间内将水排出去,常造成低洼地区严重的积水和洪涝。二是部分岸段海堤防潮标准偏低,平阳县标准海塘共计 31.018 km,其中 50 年一遇标准海塘 18.588 km,20 年一遇标准海塘 12.43 km。历史上台风曾多次造成海堤工程损毁或缺口,造成保护区范围内大面积淹水。2002 年后鳌江标准海塘建设完成,风暴潮灾害中海塘破坏情况大大减少。但部分沿岸堤防和海塘防御风暴潮能力弱,下厂塘、下埠塘、镇区塘、垂杨塘、钱仓塘以及水头镇两岸堤防等有待加高加固。以 2013 年 10 月 7 日“菲特”台风为例,根据调查,淹没面积 14.56 km²,占鳌江镇总面积的 7.6%(图 7)。分析淹没原因主要是:鳌江镇区段防洪堤标准低,高程为 5.19~5.41 m,难以防御接近百年一遇的高潮位,部分堤段海水漫过防浪墙,倒灌入城;鳌江沿岸码头众多,为方便交通运输,海堤多处开有缺口,在台风期难以完全封堵,造成缺口处海水倒灌。

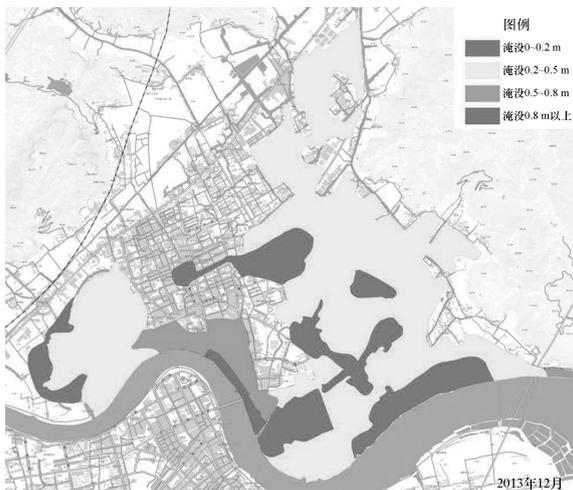


图 7 2013 年“菲特”台风造成的鳌江片洪水淹没区调查

建筑尤其是部分农房质量不佳,增加城市的灾害风险。建筑抵抗灾害的能力与建筑结构、材料等相关。房屋是台风期供人们避灾的重要保护性设施,“在台风期,人们待在房屋等建筑内等待台风和洪水离去”是主要的躲灾方式。作为浙江

的经济强县,自 1978 年改革开放以来,平阳经历了快速城镇化和经济快速发展的过程,形成了一些城中村,大量外来流动人口的涌入,使当地农民利用宅基地和农房发展了一种新的“租房经济”,搭建违章和抢建住房成为普遍行为,而当地政府对违章建筑采取相对宽容的态度,加速了房屋在无序状态下的私建,从而形成城中村高密度的住宅布局^[22-23]。2015 年平阳共有农业户 23.84 万户,约有农房 35.76 万间,以 2~5 层建筑为主,砖混结构农房约占比 70%,许多农房出租给“打工仔”用于居住,或出租给“低、小、散”企业作为作坊或房主自己经营。由于违章房不能取得产权证,且存在被拆除的风险,为节约成本,村民多采用了砖瓦结构、简易棚房等施工方式。从历史数据上看,台风期倒塌房屋以城乡危旧房、木结构房、农渔业和工厂的简易棚房等质量较差的房屋为主。平阳县存在大量的农民违章建筑、危旧房、砖木结构房屋等,其中部分由于结构老化,整体性差,台风期引发的洪水容易造成房屋倒塌,从而造成人员触电、溺水等事故。同时,流动人口以农民工为主,普遍缺乏台风风暴潮的经历和防御技能,作为城中村农房的主要承租者,住房的脆弱性也增加了流动人口遭受灾害的风险。

2.3 适应能力评价结果

通过搜索期刊数据库发现,国内缺乏关于沿海城市防御台风风暴潮灾种能力水平评价的指标体系。结合浙江实际,构建了沿海城市适应台风风暴潮能力评价指标体系(表 2),包括准则层 A 和指标层 C。向国内地理学、城乡规划、海洋灾害、水利工程等方面专家发放 AHP 咨询表 15 份,共收回 15 份,根据数学模型,计算出每层各因子的权重。根据“评估总分值 = \sum (因子层权重 \times 赋值)”,经计算平阳适应风暴潮灾害能力的评估值为 0.796。

表 2 沿海城市防御台风风暴潮灾害能力评价指标体系

准则层 A(权重)	指标层 C(权重)	平阳赋值
A1(0.35)	C1(0.4)	0.98
	C2(0.2)	0.17
	C3(0.2)	0.80

续表

准则层 A(权重)	指标层 C(权重)	平阳赋值
A2(0.25)	C4(0.2)	0.97
	C5(0.2)	1
	C6(0.1)	0.98
	C7(0.25)	0.95
	C8(0.25)	0.90
A3(0.25)	C9(0.5)	0.90
	C10(0.5)	0.90
A4(0.15)	C11(0.2)	0.80
	C12(0.1)	0.90
	C13(0.4)	0.90
	C14(0.3)	0.80

指标体系中:准则层 A 包括:经济与社会发展(A1),城市基础设施(A2),保护性设施(A3),灾害管理机构能力和机制(A4)。指标层 C 包括:高于低保标准的人口比例(C1),是指高于低保户标准的常住人口占比;识字率(C2),是指学历高于高中的人口比例;加入灾害互救互助网络的家庭的的比例(C3),是指人群加入政府机构或民间救助的网络的情况;通信普及率(C4),是指通过有线电视、宽带网络、移动电话、广播等方式获得灾害信息的人口占比;通电率(C5),是指村庄通电率;自来水普及率(C6),是指通自来水村庄的比例;道路硬化率(C7),是指道路硬化率;安全桥梁占比(C8),是指符合建筑标准的安全桥梁占比;海堤和江堤(C9),是指当地海堤和江堤能抵抗风暴潮灾害的水平;安全房屋比例(C10),是指符合建筑质量标准的安全房屋占比;灾害管理机构及相关科研机构能力(C11),指管理机构(人员配备情况和人员能力、环境规划能力、科技应用能力)和相关科研机构能力水平;灾害预警报能力(C12),是指灾害监测与预警报能力水平(如预警报设施、预警报发布渠道);应急预案的有效性(C13)是指各政府机构执行应急预案的能力水平,包括应急撤离与避灾体系、救援队伍能力、执行及时性等;基层社区的防灾减灾能力(C14),是指基层社区或村集体管理机构的防预灾害能力水平,包括社区海洋减灾工作队伍和工作机制,社区海洋灾害预警信息发布手段和及时性、知识和避灾自救技

能的宣传教育等。

经济与社会发展水平决定适应灾害的能力。人口适应气候灾害的能力与经济收入、住房质量状况、职业、工作和生活环境等因素相关,一般认为,收入水平越高的人群适应台风风暴潮灾害的能力越强。2015年,平阳城镇低保户标准为575元/月,农村标准490元/月,平阳高于低保户标准的人口为86.99万,占总人口的98.6%。大部分40岁以上常住人口受教育水平较低,一般为小学和中学教育,仍然有一小部分人为文盲,赋值0.6。加入灾害互助网的形式主要有:村民听从乡镇和村委会的组织做好灾害防御;邻里、亲朋好友进行互助;全县所有在册渔船加入AIS救援系统,执行GPS定位监控和台风期渔船强制归港避风制度,这些渠道可以提高人群防御风暴潮的能力,赋值0.8。

城市基础设施影响城市适应灾害的能力。通宽带村庄占比为0.97;通有线电视村庄占比为0.96;大部分人口通过移动电话获得台风信息;村庄通电率为100%;除少数乡间道路外,实现95%以上道路硬化;桥梁多钢筋混凝土结构,存在少数危桥和简易桥梁,赋值0.9。

堤防系统和房屋是防御台风风暴潮的重要保护性设施。①海堤江堤等堤防系统是最重要的工程性防范措施,它阻止海水和洪水通过漫堤,破坏堤坝将对堤坝内的保护区造成淹没影响。目前,平阳县现有海堤总长33.9 km,其中沿海和重要城镇海塘设计标准为50年,长19.8 km;其他区域设计标准为20年一遇,长14.1 km,2002年后鳌江标准海塘建设完成,风暴潮灾害中海塘破坏情况大大减少。但是,鳌江沿岸堤防和海塘防御风暴潮能力弱,下厂塘、下埠塘、镇区塘、垂杨塘、钱仓塘以及水头镇两岸堤防等有待加高加固。②房屋是台风期供人们避灾的重要保护性设施,“在台风期,人们待在房屋等建筑内等待台风和洪水离去”是主要的躲灾方式。本研究将房屋分为新建房屋和现存房屋两类,新建房屋多为框架结构,严格执行国家建筑标准建设,具有较强的抗灾能力;城中村和城乡结合部存在大量的违章农房和一定数量的危旧房、低质量农房、农渔业简易棚房,提高了台风期房屋倒

塌事件的发生概率。按照相对脆弱房屋占比小于5%，赋值0.8~1；大于5%相对脆弱性房屋占比且小于15%，赋值0.5~0.8；相对脆弱性房屋占比大于15%，赋值0~0.5，平阳县赋值0.9。

灾害管理机构能力和机制体现了城市防灾抗灾效率。从灾害管理机构看，建立省、市、县三级防汛办和海洋灾害应急指挥部，分别负责组织、协调、指导防汛防台抗旱工作和海洋灾害防御应急处置工作。温州市和平阳县发布了《温州市防汛防台抗旱应急预案》《平阳县防汛防台抗旱应急预案》《平阳县级海洋灾害应急预案》，建立了武警、农业农村、海事等海上救援队伍。同时，完成警戒潮位核定、海洋灾害风险调查和隐患排查调查、海洋灾害风险评估与区划，开展灾害风险隐患整治、风暴潮重点防御区划定和管理办法制定等工作。

3 结论与建议

根据平阳县脆弱性分析的结论，沿海平原地区集中了大量的人口和经济活动，城市向东部围填海形成的新区扩张与城市建设，沿岸地区和城乡结合部存在较多老旧和低质量农房，低标准的排水管网和部分岸段海堤，基层社区灾害应对能力相对不足等是影响平阳脆弱性的重要因素，也是当地政府在海洋防灾减灾工作应加强关注的问题。由于城镇化模式与脆弱性有着密切联系，因此，平阳县在制定城镇化政策时要加强对灾害因素的考虑，并将其纳入城乡规划和建设管理之中。同时，政府在灾害发生时期提供的政策框架，被认为是城市适应气候灾害的最核心因素。结合温州市、平阳县海洋灾害防御现状，建议从以下几个方面完善城市防灾体系。

(1)将风暴潮等灾害因素纳入国土空间规划予以考虑。在编制新一轮空间规划编制中，充分考虑台风风暴潮的影响，调整国土空间布局，提升城市防御自然灾害能力。编制县域海绵城市规划，从防灾减灾的角度加强村镇和人口布局、城市住房、基础设施更新等问题研究，制定实施相应政策。

(2)健全灾害管理机构和机制。国家正在推进防灾、减灾、救灾体制机制改革。目前，浙江省、

市、县三级已完成机构改革，要进一步理顺理清各级应急管理部门、防汛防旱指挥部、海洋灾害应急处置指挥部以及各成员单位的职责、关系，推进由单一灾种向综合减灾转变。提升灾害管理机构人员、技术和基础支撑水平，使灾害研究相关成果、方法和技术更好地支撑管理决策。完善灾害应急预案和有关政策，建立起灾害预防的长效管理机制。

(3)加固重点堤防，改进城市排水系统。加快流域两岸防洪、排涝设施建设，做好破损海堤修复，提高海堤的防潮标准，在重点岸段实施红树林生态减灾修复工程等，增加岸线防风抗浪能力。在受洪涝影响较大的城镇地区，开展排水管网改造和更新，提升排水排涝能力。

(4)完善灾害监测预警制度体系。加强风暴潮的观测与预警，优化验潮站布局，提高风暴潮的预报准确率。推进预报数据共享，逐步建立气象、自然资源和规划、水利、生态环境、农业监测和预警预报信息共享制度，统一信息发布平台。

(5)提高农房等建筑的防洪抗台能力。结合“三改一拆”(指旧住宅区、旧厂区、城中村改造和拆除违法建筑)“大建大美”等城乡建设事务，推进城乡面貌更新，提高建筑质量。制定实施地方性城乡房屋建设管理相关文件，加强建筑的规划、设计、施工、验收等全过程的质量监督和技术指导。开展农房普查，理清危旧房分布情况，重点加强农房和流动人口的管理。加强有关建筑规范的宣传，使农村房主积极主动地进行农房改造和加固。

(6)提升基层社区的减灾能力。提升基层社区、每个家庭的主动积极地防御灾害的能力。从社区综合减灾工作队伍和工作机制，社区灾害预警信息发布手段和及时性、减灾知识和避灾自救技能的宣传教育等三方面提升基层社区减灾能力。

参考文献

- [1] BENAVENTE J, RIO L D, GRACIA F J, et al. Coastal flooding hazard related to storms and coastal evolution in Valdelagrana spit (Cadiz Bay Natural Park, SW Spain)[J]. Continental Shelf Research, 2006, 26(9): 1061-1076.
- [2] 朱军政, 于普兵, 钱塘江河口杭州湾风暴潮溢流计算方法研究

- [J].水科学进展,2009,20(2):269-274.
- [3] 吴巍,孙文心.渤海局部海域风暴潮漫滩计算模式:ADI干湿网格模式在渤海局部海域风暴潮漫滩计算中的应用[J].青岛海洋大学学报,1995,25(2):146-152.
- [4] 谢丽,张振克.近20年中国沿海风暴潮强度、时空分布与灾害损失[J].海洋通报,2010,29(6):690-696.
- [5] 卢美.浙江海岸台风风暴潮漫堤风险评估研究[D].杭州:浙江大学,2013.
- [6] 陈甫源,程文龙,于普兵,等.平阳县海洋灾害风险评估与区划[R].2014:114-143.
- [7] 朱军政,徐有成.浙江沿海超强台风风暴潮灾害的影响及其对策[J].海洋学研究,2009,27(2):104-110.
- [8] 方伟华,王静爱,史培军,等.综合风险防范一数据库、风险地图与网络平台[M].北京:科学出版社,2010.
- [9] 陆建新.浙江省主要海洋灾害及应对[M].杭州:浙江科学技术出版社,2012.
- [10] DODMAN D. Developing local climate change plans, a guide for cities in developing countries[M]. Nairobi: UNON Publishing Services Section, 2010.
- [11] MOENCH M, TYLER S, LAGE J. Catalyzing urban climate resilience: applying resilience concepts to planning practice in the ACCCRN Program(2009-2011)[M]. Boulder: The Institute for Social and Environmental Transition-International, 2011.
- [12] 蔡运龙, BARRY S. 全球气候变化下中国农业的脆弱性与适应对策[J].地理学报,1996,51(3):202-212.
- [13] 孙芳,杨修,林而达,等.我国水稻对气候变化的敏感性和脆弱性[J].自然灾害学报,2004,13(5):85-89.
- [14] 周利光.基于脆弱性和适应对策评估的草原畜牧业适应气候变化研究[D].呼和浩特:内蒙古大学,2013.
- [15] 王阿如娜.气候变化下的城市脆弱性评价及影响因素分析:以丝绸之路沿线城市为例[D].西安:陕西师范大学,2016.
- [16] 王静静,刘敏,权瑞松,等.上海市各区县自然灾害脆弱性评价[J].人民长江,2011,42(17):12-15.
- [17] AHMAD Q K, ANISIMOV O, ARNELL N, et al. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Working Group II. Climate change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Summary for Policymakers[R]. IPCC WG2 Third Assessment Report, 2001: 89-91.
- [18] 温州市海洋与渔业局.2015年温州市海洋灾害公报[R].2016.
- [19] 雷小途,徐明,任福民.全球变暖对台风活动影响的研究进展[J].气候学报,2009,67(5):679-688.
- [20] 李阔,李国胜.广东沿海地区风暴潮易损性评估[J].热带地理,2011,31(2):153-158,177.
- [21] CUTTER S L, BORUFF B J, SHIRLEY W L. Social Vulnerability to Environmental Hazards[J]. Social Science Quarterly, 2003, 84(2): 242-261.
- [22] 赵静,阎小培.发展中国家的城市非正规住房供给研究述评与启示[J].世界地理研究,2011,20(1):88-95.
- [23] 叶丹,冯革群.非正规聚落的弹性机制分析:以城中村为例[J].宁波大学学报 2012,25(4):120-126.