

陈绍河,李艳兰,谢敏,等.广西台风灾害的暴露度和脆弱性特征[J].气象研究与应用,2024,45(3):50-56.

CHEN Shaohe, LI Yanlan, XIE Min, et al. Exposure and vulnerability characteristics of typhoon disaster in Guangxi [J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2024, 45(3): 50-56.

广西台风灾害的暴露度和脆弱性特征

陈绍河¹, 李艳兰^{2*}, 谢敏², 李高卓³, 李祖敏⁴, 王云琳¹

(1.防城港市气象局, 广西 防城港 538000; 2.广西壮族自治区气候中心, 南宁 530022;

3.东兴市气象局, 广西 东兴 538100; 4.贵港市气象局, 广西 贵港 537110)

摘要:利用2001—2020年广西台风灾害灾情和人口、社会经济数据,统计分析广西台风灾害农作物、人口和经济的暴露度和脆弱性特征。结果表明:(1)2011—2020年,广西年均台风灾害受灾人口、农作物受灾面积、直接经济损失分别比上一个10 a平均减少57.3%、6.7%、1.7%,但极端灾害时有发生。(2)2011—2020年,广西台风灾害暴露度地域差异性较大。年均农作物暴露度高值区主要分布在桂中,桂西北最低。年均人口暴露度高值区主要分布在南宁、柳州、桂林和北海等人口密集的城市中心及桂东南地区,桂西北较低。经济暴露度分布特征与人口暴露度相似。(3)2011—2020年广西台风灾害的多年平均农作物、人口和经济脆弱性分别为4.4%、5.19%和0.21%。农作物和经济脆弱性较高的地区分布在沿海地区和崇左市,人口脆弱性较高的区域分布在桂南地区。2016—2020年与2011—2015年相比,整体均在减小。沿海地区和崇左市需重点防范台风灾害,提高防灾减灾能力,降低灾害风险。

关键词:台风灾害;暴露度;脆弱性;特征

中图分类号:P429

文献标识码:A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2024.3.07

台风具有极强的破坏性,我国从沿海到内陆每年都经受过台风造成的巨大损失^[1]。过去广大气象工作者更注重对台风降雨落区、移动路径和强度等方面进行总结分析,近年来则加强对台风灾害影响特征、致灾因子的危险性分析以及灾害风险评估等研究^[2-8],加深人们对台风灾害的认识。徐良炎等^[9]认为台风受灾程度与当年台风影响次数、影响时的风暴潮强度、时间、地区、范围、持续时间以及人们的防台救灾能力等等都有直接的关系。李广桃等^[10]对2007—2019年桂南县域台风灾害特征统计分析表明,受灾人口、倒塌房屋、直接经济损失最严重的是北海市辖区和钦州市辖区,农作物受灾面积最大的是扶绥县。李菁等^[11]分析不同路径进入广西的台风灾害成因。

台风能否构成灾害,除了台风本身的强度外,主

要取决于台风承灾体的暴露度和脆弱性^[12]。陈楷俊等^[13]研究表明粤东西南地区是台风灾害发生的高频区,也是危险性高值区。叶金玉等^[14]研究指出,中国沿海地区台风灾害暴露性空间差异性显著,整体呈现从南部沿海向北部沿海逐步降低的格局;同一个省份或者纬度相近的各研究单元,呈现距离海岸线越近暴露性越大的特点。莫建飞等^[15]研究指出,广西台风灾害承灾体高脆弱区域主要分布在桂南、桂东南,低脆弱区主要分布在桂东、桂东北、桂西北、桂西四个地区。

广西地处华南地区,濒临南海,几乎每年都遭受台风袭击,经济损失非常大。然而,以往在广西台风灾害方面的研究多为个例分析、致灾因子特征和危险性分析、评估模型等,在台风灾害的暴露度和脆弱性方面研究较少。因此,本文利用2001—2020年广西台风灾害灾情和人口、社会经济数据,基

收稿日期: 2023-12-09

基金项目: 广西气象科研计划项目(桂气科2023ZL04)、广西自然科学基金(2020GXNSFAA297122)、广西气象科研计划创新平台专项(BNCO-N202302)、广西台风与海洋预报服务创新团队项目

第一作者: 陈绍河(1986-),高级工程师,主要从事短期天气预报及气候分析。E-mail: csh2005nuist@163.com

*通讯作者: 李艳兰(1972-),正高级工程师,主要从事气候监测评价、评估和气候变化研究。E-mail: gxnnyanlan@163.com

于历史灾情数理统计方法,统计分析广西台风灾害农作物、人口和经济的暴露度和脆弱性特征,探讨广西台风灾害影响较严重的区域和重点防范地区,对抗御台风灾害和减少经济损失具有十分重要的意义。

1 资料与方法

本研究对广西 14 个设区市及 111 个县(市、区)的台风灾害及其承灾体暴露度、脆弱性进行统计分析。台风资料采用中国气象局热带气旋资料中心(tcdata.typhoon.org.cn)最佳路径数据集,资料年限为 2001—2020 年。人口、GDP 和农作物播种面积、行政区面积数据来自历年广西统计年鉴。台风灾情数据来源于广西壮族自治区民政厅和应急管理厅,包括 2001—2020 年历年广西全区台风灾情总数,以及 2011—2020 年县域单元台风灾情资料。由于近 10 a 广西历年台风灾情资料具有较好的空间完整性,且能较好地反映近期情况,对当前防灾减灾有重要参考意义,因此重点分析 2011—2020 年广西台风灾害的暴露度和脆弱性特征。

灾害暴露度是指承灾体受到致灾因子不利影响的范围或数量;脆弱性是承灾体的内在属性,承灾体对致灾因子不利影响的敏感程度越高或应对能力越弱,脆弱性越高^[16]。脆弱性是灾害风险的重要组分,减少脆弱性可有效降低风险,但探寻灾害发生规律、降低人类社会的暴露性,也是减少灾害风险的必要环节^[17]。自然灾害风险系统的评估主要采用三种方法:基于历史灾情、基于指标体系、基于情景模拟。本研究采用全球尺度灾害风险评估的灾害风险指标计划(DRI)的思路^[17-19]和文献^[20]的方法,基于历史灾情数理统计对广西台风灾害的暴露度和脆弱性时空特征进行分析,文中以农作物播种面积、人口密度(常住人口与行政区面积的比值)、地均 GDP(GDP 与行政区面积的比值)分别代表农作物、人口、经济的暴露度,以农作物受灾面积占播种面积比重、受灾人口占常住人口比重和直接经济损失占 GDP 比重代表农作物、人口和经济的脆弱性,分析近 10 a 广西台风灾害的暴露度和脆弱性特征。

2 结果与分析

2.1 广西台风灾害变化特征

受灾人口、死亡人数、农作物受灾面积和直接经济损失是灾害评估中的主要指标,也是衡量防灾减灾工作成效的重要依据,因此本文从这四方面对

广西台风灾害情况进行统计分析。

图 1a 和图 1b 表示 2001—2020 年广西台风灾害受灾人口和死亡人数逐年变化情况。台风平均每年导致广西 411.66 万人受灾,死亡 12 人。受灾人口最多出现在 2001 年(1 649 万人),其次是 2006 年(1 492.5 万人);受灾人口最少年份出现在 2004 年(0 人),其次是 2020 年(15.3 万人)。死亡人数最多出现在 2006 年(72 人),其次是 2013 年(32 人);2004 年、2005 年、2009 年、2010 年和 2019 年无人员死亡。近 20 a 广西台风灾害受灾人口和死亡人数减少趋势显著(受灾人口通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验;死亡人数通过 $\alpha=0.1$ 的显著性检验),2011—2020 年平均每年受灾人口 246.55 万人、死亡 7 人,比 2001—2010 年年平均受灾人口减少 57.3%,年平均死亡人口减少 58.7%。

图 1c 和图 1d 表示 2001—2020 年广西台风灾害中农作物受灾面积和直接经济损失逐年变化情况。台风平均每年导致广西 26.5 万 hm^2 农作物受灾,直接经济损失 32.8 亿元。农作物受灾面积最大出现在 2014 年(99.5 万 hm^2),其次是 2001 年(82.3 万 hm^2);农作物受灾面积最小出现在 2004 年(0 万公顷),其次是 2020 年(0.28 万 hm^2)。直接经济损失最多出现在 2014 年(169.1 亿元),其次是 2001 年(161.6 亿元);直接经济损失最少出现在 2004 年(0 亿元)。近 20 a 农作物受灾面积和直接经济损失变化趋势不明显(均未通过显著性检验)。2011—2020 年平均每年农作物受灾面积 25.6 万 hm^2 ,直接经济损失 30.9 亿元,较 2001—2010 年年平均值分别减少 6.7%、1.7%。需指出的是,近 20 a 台风受灾面积和直接经济损失年际差异明显,一些年份明显偏少,如 2004 年因为没有台风影响广西,广西受灾面积和直接经济损失均为 0;但个别年份异常偏多,极大值的出现与当年的极端事件有关,如 2014 年第 9 号台风“威马逊”是 1949 年有气象记录以来登陆广西最强的台风,同时也是在广西内陆以台风级别滞留时间最长的台风,给广西造成的直接经济损失高达 138.4 亿元^[21]。总体上看,近 20 a 台风灾害总体上是逐渐减弱的,但极端灾害时有发生。

2.2 广西台风灾害的暴露度特征

2.2.1 农作物暴露度特征

以农作物播种面积为农作物暴露度指标,2011—2020 年广西年平均农作物暴露度为 61 040 km^2 。南宁市、桂林市和崇左市等 3 个设区市的农作物暴

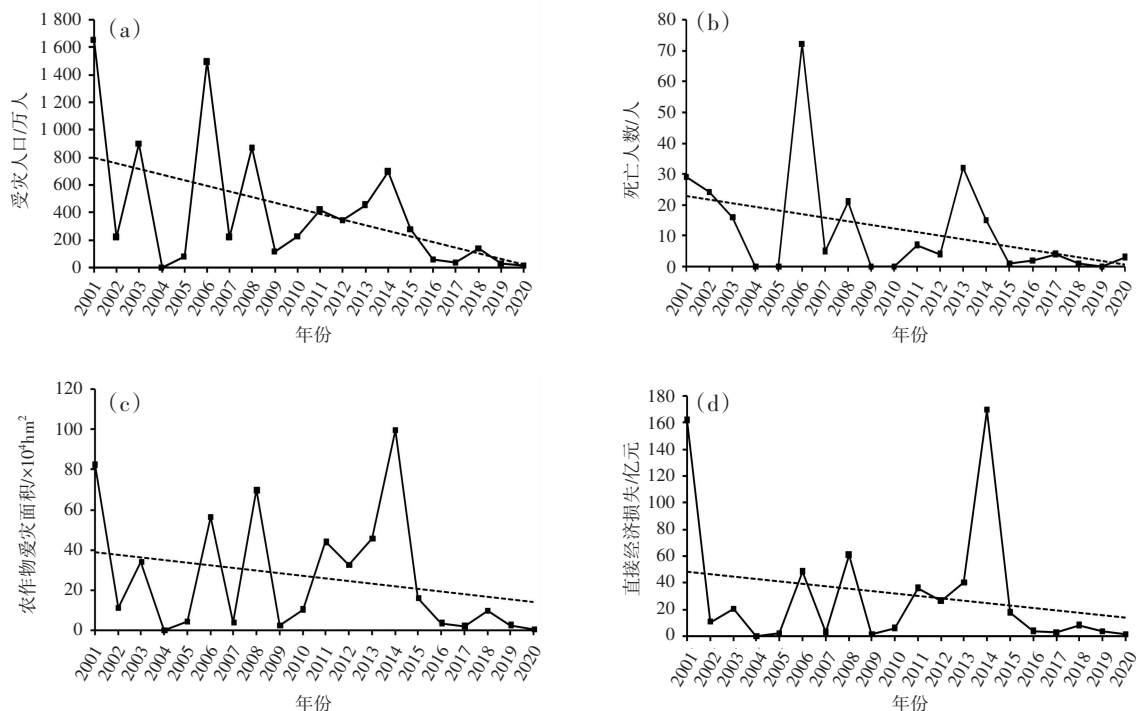


图1 2001—2020年广西台风受灾人口(a)、死亡人数(b)、农作物受灾面积(c)和直接经济损失变化(d)(虚线为变化趋势线)

露度位居前三位,农作物暴露度分别为9 643 km²、6 964 km²和5 158 km²;北海市和防城港市的农作物暴露面积最小,分别仅有1 800 km²和1 217 km²。

从各县(市、区)分布来看(图2a),来宾市兴宾区、南宁市武鸣区和横州市、贵港市桂平市农作物暴露度最高,均超过1 500 km²,主要集中在桂中地区,其中来宾市兴宾区高达1 982.47 km²;玉林市博白县、崇左市扶绥县、南宁市的宾阳县、钦州市灵山县、桂林市全州县、北海市合浦县和贵港市平南县,在1 000~1 500 km²之间;其余县(市、区)农作物暴露面积在1 000 km²以下;农作物暴露面积在200 km²以下有17个县(市、区),主要分布在桂林、柳州和梧州三市的城区,其中柳州市城中区和桂林市秀峰区仅有11.2 km²和7.22 km²。

2.2.2 人口暴露度特征

以人口密度为人口暴露度指标,2011—2020年广西年平均人口暴露度为204人·km⁻²,排名前三的设区市分别为北海市、玉林市和贵港市,平均人口暴露度在400人·km⁻²以上,其中北海市平均人口暴露度高达452人·km⁻²,是广西年平均值的2倍以上;而河池市和百色市平均人口暴露度则较低,在100人·km⁻²左右。

从各县(市、区)分布来看(图2b),桂林市秀峰

区、叠彩区、七星区、象山区,柳州市柳南区、城中区和北海市海城区人口暴露度在2 000人·km⁻²以上,其中桂林市秀峰区人口暴露度高达3 759人·km⁻²;其次柳州市柳北区和鱼峰区、玉林市玉州区、南宁市的西乡塘区人口暴露度为1 000~2 000人·km⁻²;其余大部地区在1 000人·km⁻²以下,其中人口暴露度在200人·km⁻²以下的县(市、区)占广西54.1%;百色市西林县和田林县人口暴露度不到50人·km⁻²。空间上看,人口暴露度表现为由桂东南向桂西北减小的特征。

2.2.3 经济暴露度特征

以地均GDP为经济暴露度指标,2011—2020年广西年平均经济暴露度为733万元·km⁻²,排名前四的设区市分别为北海市、南宁市、柳州市和玉林市,平均经济暴露度在1 000万元·km⁻²以上,其中北海市平均经济暴露度高达2 593万元·km⁻²;而百色市和河池市平均经济暴露度则在300万元·km⁻²以下,河池仅为201万元·km⁻²。

从各县(市、区)分布来看(图2c),柳州市城中区和柳州市的柳南区、桂林市七星区和象山区、北海市海城区年平均经济暴露度在20 000万元·km⁻²以上,其中城中区高达36 227万元·km⁻²,是广西唯一一个超过30 000万元·km⁻²的地区;其次是桂林

市秀峰区和柳州市的叠彩区、柳北区为 $10\,000 \sim 20\,000$ 万元· km^2 。全区有 75% 的县(市、区)的年平均经济暴露度在 $1\,000$ 万元· km^2 以下, 百色市乐业县、田林县和西林县不到 100 万元· km^2 。

综合来看, 广西台风灾害暴露度地域差异性较

大。农作物暴露度高值区主要分布在桂中地区, 桂西北地区最低; 人口暴露度高值区主要集中在南宁、柳州、桂林、北海等人口密集的城市中心及桂东南地区, 桂西北地区较低; 经济暴露度分布特征与人口暴露度相似。

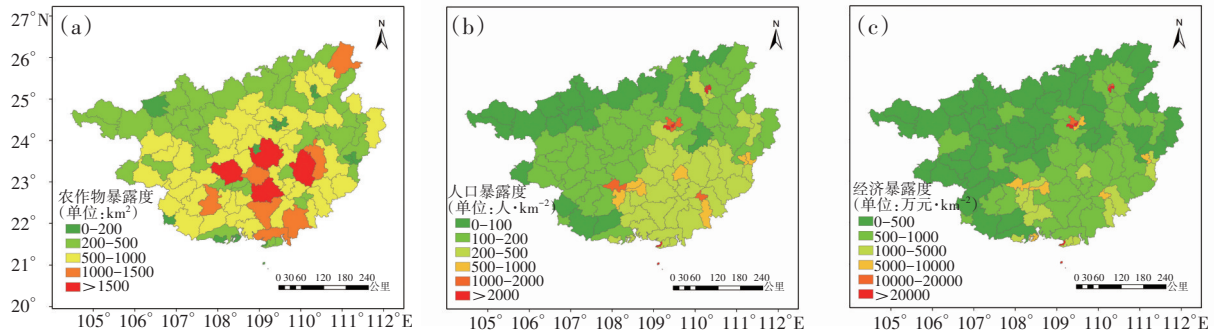


图2 2011—2020年广西各县(市、区)台风灾害年平均农作物暴露度(a)、人口暴露度(b)和经济暴露度(c)空间分布

2.3 广西台风灾害的脆弱性特征

2.3.1 农作物脆弱性特征

2011—2020年, 广西各设区市以崇左市年均农作物受灾面积最大, 高达 819.13 km^2 ; 其次是防城港市和钦州市, 分别为 405.64 km^2 、 367.58 km^2 ; 南宁、北海和玉林在 $120 \sim 350\text{ km}^2$; 其它设区市在 100 km^2 以下, 其中河池市最小, 仅有 1.66 km^2 。具体到县(市、区), 防城港市上思县、崇左市扶绥县和宁明县年均农作物受灾面积在 200 km^2 以上, 其中防城港市上思县高达 336.98 km^2 ; 崇左市江州区、北海市合浦县、钦州市钦北区和钦南区, 年均农作物受灾面积在 $100 \sim 200\text{ km}^2$; 崇左市大新县和龙州县、北海市银海区和铁山港区、钦州市灵山县、南宁市横州市和玉林市博白县, 年均农作物受灾面积在 $50 \sim 100\text{ km}^2$; 其余县(市、区)不到 50 km^2 , 其中桂北大部分县(市、区)在 5 km^2 以下。

以农作物受灾面积占农作物播种面积比重作为台风灾害的农作物脆弱性指标, 2011—2020年广西台风灾害多年平均农作物脆弱性为 4.4%, 空间分布总体表现为沿海和桂西南地区向东北方向递减。各设区市以防城港市最高, 达到 33.3%; 其次是北海市和崇左市, 分布为 16.1% 和 15.9%; 柳州市、桂林市、河池市和贺州市最低, 不到 1%。具体到县(市、区)(图 3a), 防城港市上思县和港口区多年平均农作物脆弱性最高, 分别高达 60.06% 和 38.37%; 其次是北海市银海区和崇左市宁明县, 分别为 28.59% 和

28.06%; 除防城港市、钦州市、北海市、崇左市的县(市、区)外, 其它地区的多年平均农作物脆弱性不到 5%。2016—2020年广西台风灾害的农作物脆弱性(图 3c)与 2011—2015年相比(图 3(b)), 只有来宾市兴宾区和忻城县、贵港市覃塘区略微增加, 其它地区均减小。总体上看, 2011—2020年广西台风灾害的农作物脆弱性整体在减小。

2.3.2 人口脆弱性特征

2011—2020年, 广西各设区市以南宁市年均受灾人口最多, 达到 42.59 万人; 其次钦州市为 41.53 万人; 崇左市和玉林市在 $30 \sim 40$ 万人; 其它设区市在 30 万人以下; 河池市和柳州市受灾人口最少, 平均每年不到 1 万人。具体到县(市、区), 玉林市博白县受灾人口最多, 平均每年达到 18.45 万人; 其次是钦州市灵山县、南宁市横州市和北海市合浦县, 在 13 万人以上。柳州市大部地区、桂林市秀峰区、象山区、七星区、雁山区、灌阳县和叠彩区、河池市宜州区、巴马瑶族自治县、大化瑶族自治县和罗城仫佬族自治县的年均受灾人口最少, 不到 0.01 万人。

以受灾人口占总人口比重为人口脆弱性指标, 2011—2020年广西台风灾害的多年平均人口脆弱性为 5.19%。各设区市以防城港市最高, 达 19.84%; 其次是北海市为 15.60%; 玉林市和钦州市在 10%~15%; 其它设区市在 10% 以下; 河池市和柳州市多年平均人口脆弱性最低, 不到 0.2%。从各县(市、区)分布来看(图 4a), 人口脆弱性总体表现为桂南高于

桂北。2011—2020年,防城港市上思县多年平均人口脆弱性最高,达34.18%;其次是崇左市宁明县30.2%,北海市铁山港区和银海区在20%~30%。2016—2020年广西台风灾害的人口脆弱性(图4c)与2011—2015

年(图4b)相比,只有贵港市港北区、来宾市兴宾区、忻城县和武宣县、河池市东兰县、天峨县和南丹县人口脆弱性略有增加,其它地区均减小。可见2011—2020年广西台风灾害的人口脆弱性整体在减小。

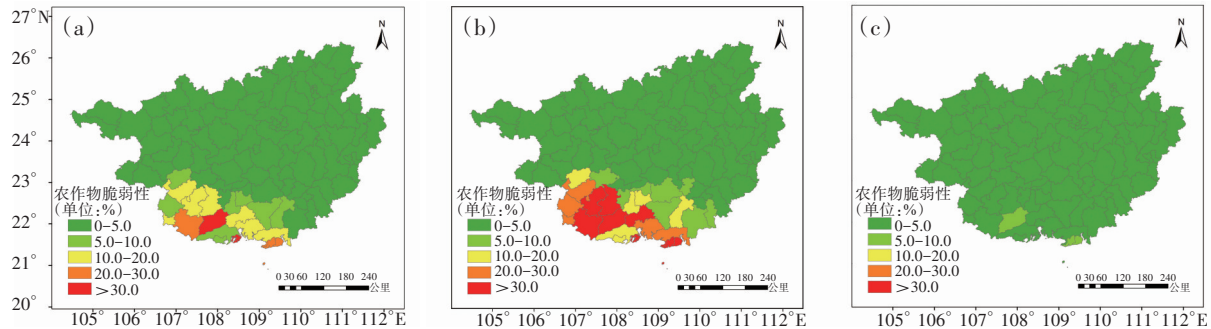


图3 2011—2020年台风灾害年平均农作物脆弱性空间分布

(a)2011—2015年;(b)2016—2020年;(c)广西各县(市、区)

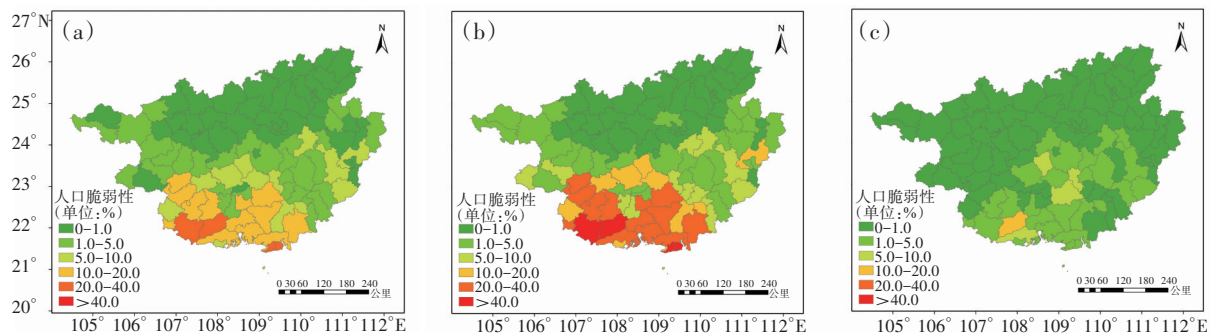


图4 2011—2020年台风灾害年平均人口脆弱性空间分布

(a)2011—2015年;(b)2016—2020年;(c)广西各县(市、区)

2.3.3 经济脆弱性特征

2011—2020年,广西各设区市以防城港市年平均直接经济损失最大,达到6.54亿元;其次为北海市、钦州市和崇左市,分别达到6.41亿元、6.18亿元和4.32亿元;河池市和柳州市直接经济损失最少,损失在200万元以下,其次是桂林市和贺州市,不到2000万元。具体到县(市、区),钦州市的钦南区年平均直接经济损失达到4.23亿元,经济损失最严重;其次是北海市合浦县,达到3.3亿元。柳州市大部地区、桂林市象山区、七星区、灌阳县、叠彩区、河池市巴马瑶族自治县、罗城仫佬族自治县、环江毛南族自治县、凤山县和大化瑶族自治县的年平均直接经济损失最少,不到10万元。

以直接经济损失占GDP比重作为台风灾害的经济脆弱性指标,2011—2020年广西台风灾害多年

平均经济脆弱性为0.21%,空间分布总体表现为沿海和桂西南地区向东北方向递减。各设区市以防城港市最高,达到1.19%;桂林市、河池市和柳州市最低,不到0.01%。具体到县(市、区)(图5a),防城港市上思县经济脆弱性最高,达到2.69%;其次是钦州市钦南区 and 崇左市宁明县,分别为2.25%和2.19%。柳州市、河池市和桂林市大部地区的多年平均经济脆弱性最低,不到0.01%。2016—2020年广西台风灾害的经济脆弱性(图5c)与2011—2015年相比(图5b),只有贵港市港南区增加稍微明显,来宾市兴宾区、武宣县和忻城县、河池市东兰县、天峨县和南丹县的经济脆弱性略微增加,其它地区均减小。总体上看,2011—2020年广西台风灾害的经济脆弱性整体也在减小。

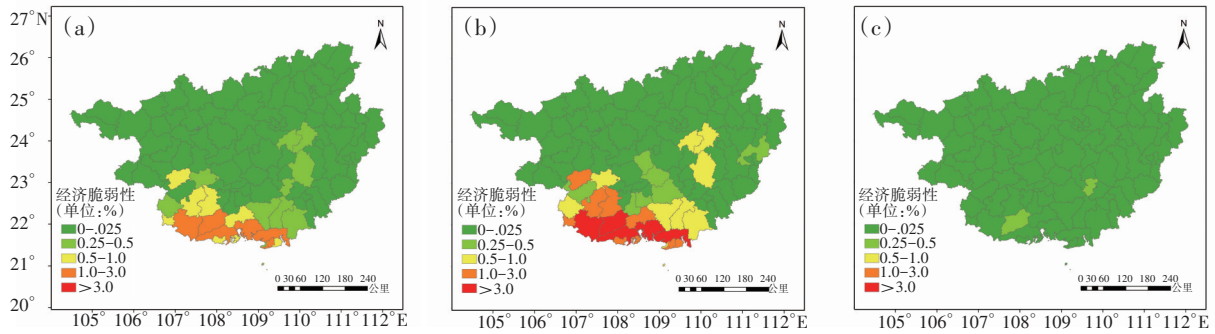


图5 2016—2020年广西各县(市、区)台风灾害年平均经济脆弱性空间分布

(a)2011—2015年;(b)2016—2020年;(c)广西各县(市、区)

3 结论与讨论

本文利用广西台风灾害灾情、人口和社会经济数据,分析广西台风灾害的暴露度和脆弱性特征,结果表明:

(1)近20 a广西台风灾害受灾人口和死亡人数减少趋势显著。2011—2020年平均每年受灾人口246.55万人、死亡7人,比2001—2010年减少57.3%、58.7%。2011—2020年平均每年农作物受灾面积25.6万公顷,直接经济损失30.9亿元,较2001—2010年分别减少6.7%、1.7%。广西过去20 a台风灾害水平总体是逐渐减弱的,但极端灾害时有发生,需注意防范。

(2)2011—2020年广西台风灾害农作物暴露度为61 040 km²,平均人口暴露度为204人·km⁻²,平均经济暴露度为733万元·km²。台风灾害暴露度地域差异性较大。农作物暴露度高值区主要分布在桂中,桂西北最低;人口暴露度高值区主要集中在南宁、柳州、桂林、北海等人口密集的城市中心及桂东南,桂西北较低;经济暴露度分布特征与人口暴露度相似。

(3)2011—2020年广西台风灾害的多年平均农作物脆弱性、人口脆弱性和经济脆弱性分别为4.4%、5.19%和0.21%;农作物和经济脆弱性较高的地区分布在沿海地区和崇左市,人口脆弱性较高的地区分布在桂南。尽管桂林市、柳州市城区人口和经济暴露度水平较高,但由于桂北受台风影响较小,导致受灾人口少,直接经济损失少,因此人口和经济脆弱性较低。2016—2020年广西台风灾害的农作物、人口和经济脆弱性与2011—2015年相比,整体均在减小。主要原因一是2011—2015年影响广西的台风强度较2016—2020年强,造成经济损失

严重和受灾人口较多;二是广西经济快速发展,GDP增长速率远高于台风灾害直接经济损失的变化速率;三是随着社会经济发展,防灾设施投资力度加大,防灾减灾体制不断完善,从而增强抵御灾害的综合能力。

总体上看,沿海地区和崇左市是农作物、人口及经济脆弱性最高的区域,是台风灾害较严重的区域,桂北地区农作物、人口及经济脆弱性较低,台风灾害较轻。因此,沿海地区和崇左市是广西台风灾害重点防范地区。引起台风极端灾害灾情的主要致灾因子有大风、暴雨、风暴潮等^[4],除此之外,人口、农业、经济和建筑、交通等承灾体的暴露度和脆弱性,防灾减灾措施等都对台风灾害的灾情有显著影响,需要重点研究如何提高防灾减灾能力,降低台风灾害风险。

参考文献:

- [1] 王慧民. 福建省近500a台风灾害多尺度时空数据库构建及动态分析[D]. 福州:福建师范大学,2013.
- [2] 廖梦祺,李广桃. 2008—2019年影响南宁市台风灾害特征分析[J]. 气象研究与应用, 2021, 42(4):62-67.
- [3] 牛海燕,刘敏,陆敏,等. 中国沿海地区近20年台风灾害风险评价[J]. 地理科学, 2011, 31(6):764-768.
- [4] 徐庆娟,潘金兰,刘合香. 基于二维云信息扩散和三维信息扩散的台风灾害风险估计[J]. 气象研究与应用, 2021, 42(3):23-30.
- [5] 岳心阳,管长龙. 基于1985—2010年历史资料的山东省台风灾害风险评估[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2014, 44(8):1-10.
- [6] 陈燕璇,刘合香,倪增华. 基于Copula熵因子选取的PSO-ELM台风灾情预测模型[J]. 气象研究与应用, 2019, 40(2):7-11, 55.
- [7] 李艳兰,金龙,史旭明,等. 基于遗传—神经网络方法的

- 广西台风灾害评估模型研究[J]. 气象与环境学报, 2021, 37(3):139-144.
- [8] 李明华, 王书欣, 徐婷, 等. 深圳台风灾害综合风险预报预警服务探索与实践[J]. 气象研究与应用, 2024, 45(2):68-72.
- [9] 徐良炎, 高歌. 近 50 年台风变化特征及灾害年景评估[J]. 气象, 2005, 31(3):42-45.
- [10] 李广桃, 廖梦祺, 卢耀健, 等. 2007-2019 年桂南县域台风灾害特征统计分析[J]. 南宁师范大学学报(自然科学版), 2021, 38(3):44-53.
- [11] 李菁, 陈建伟, 祁丽燕. 基于灰色关联分析的不同路径台风灾害研究[J]. 灾害学, 2017, 32(2):48-53.
- [12] 郑菲, 孙诚, 李建平. 从气候变化的新视角理解灾害风险、暴露度、脆弱性和恢复力[J]. 气候变化研究进展, 2012, 8(2):79-83.
- [13] 陈楷俊, 陈艺仪, 陈菁. 近 30 年粤东地区台风灾害风险评估与分析[J]. 水土保持研究, 2019, 26(3):362-366, 372.
- [14] 叶金玉, 王舒凡, 丁凤. 基于空间参数的中国沿海地区台风灾害暴露性分析[J]. 防灾科技学院学报, 2019, 21(1):82-88.
- [15] 莫建飞, 黄思琦, 钟仕全, 等. 基于 GIS 的精细化广西台风灾害承灾体脆弱性评价[J]. 暴雨灾害, 2017, 36(2):177-181.
- [16] 史培军. 气候变化风险及其综合防范[J]. 保险理论与实践, 2016(1):69-85.
- [17] 石勇, 许世远, 石纯, 等. 沿海区域水灾脆弱性及风险的初步分析[J]. 地理科学, 2009, 29(6):853-857.
- [18] 顾流碗, 王春, 李伟涛. 安徽省淮河流域水灾脆弱性特征及影响因素[J]. 水土保持通报, 2012, 32(5):71-74.
- [19] 葛全胜, 邹铭, 郑景云, 等. 中国自然灾害风险综合评估初步研究[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [20] 王艳君, 高超, 王安乾, 等. 中国暴雨洪涝灾害的暴露度与脆弱性时空变化特征[J]. 气候变化研究进展, 2014, 10(6):391-398.
- [21] 陈见, 孙红梅, 高安宁, 等. 超强台风“威马逊”与“达维”进入北部湾强度变化的对比分析[J]. 暴雨灾害, 2014, 33(4):392-400.

Exposure and vulnerability characteristics of typhoon disaster in Guangxi

CHEN Shaohe¹, LI Yanlan^{2*}, XIE Min², Li Gaozhao³, Li Zhumin⁴, WANG Yunlin¹

(1. Fangchenggang Meteorological Bureau, Guangxi Fangchenggang 538000, China;

2. Guangxi Climate Center, Nanning 530022, China; 3. Dongxing Meteorological Bureau, Guangxi Dongxing

538100, China; 4. Guigang Meteorological Bureau, Guangxi Guigang 537110, China)

Abstract: Based on the data of typhoon disaster, population and social economy in Guangxi from 2001 to 2020, the exposure and vulnerability characteristics of crops, population and economy in typhoon disaster in Guangxi were statistically analyzed. The results showed that: (1) from 2011 to 2020, the annual average typhoon disaster-affected population, crop-affected area and direct economic loss in Guangxi decreased by 57.3%, 6.7% and 1.7%, respectively, compared with the previous 10 years, but extreme disasters occurred from time to time. (2) The geographical variability of typhoon disaster exposure were large in Guangxi from 2011 to 2020. The areas of high annual average crop exposure were mainly distributed in central Guangxi, and the lowest in northwest Guangxi. The areas of high average annual population exposure were mainly distributed in densely populated urban centers such as Nanning, Liuzhou, Guilin and Beihai and southeastern Guangxi, and the lower in Northwest Guangxi. The distribution characteristics of economic exposure were similar to that of population exposure. (3) The multi-year average crop, population and economic vulnerability to typhoon disasters in Guangxi from 2011 to 2020 were 4.4%, 5.19% and 0.21%, respectively. The areas with the high vulnerability of crops and economy were distributed in coastal areas and Chongzuo City, and the areas with high population vulnerability were distributed in southern Guangxi. All of them were decreasing in 2016—2020 compared with 2011—2015. Therefore, coastal areas and Chongzuo need to focus on preventing typhoon disasters, improve disaster prevention and mitigation capabilities, and reduce disaster risks.

Key words: typhoon disaster; exposure; vulnerability; characteristics