

陆芊芊,黄卓,郑凤琴,等. 2022年广西“龙舟水”暴雨灾害风险评估和检验[J]. 气象研究与应用, 2023, 44(1): 39–43.

Lu Qianqian, Huang Zhuo, Zheng Fengqin, et al. Risk assessment and examination of heavy rainfall disasters during the dragon-boat rainy season in Guangxi in 2022[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2023, 44(1): 39–43.

2022年广西“龙舟水”暴雨灾害风险评估和检验

陆芊芊¹, 黄卓^{*1}, 郑凤琴¹, 莫建飞², 李艳兰¹

(1. 广西壮族自治区气候中心, 南宁 530022; 2. 广西壮族自治区气象科学研究所, 南宁 530022)

摘要: 选取2022年广西“龙舟水”期间6月17—21日暴雨过程, 基于91个国家气象观测站和2800个区域自动气象站资料、地理信息、暴雨灾情及其他社会经济资料, 从危险性、暴露度和脆弱性三个维度开展精细化暴雨灾害风险评估。结果表明: (1) 此次过程的风险评估结果与致灾危险性的空间分布基本一致, 桂东北地区高、其他地区低, 暴雨致灾危险性在对风险评估结果的贡献中占主导地位; (2) 桂林、柳州两市大部及河池、贺州、来宾、贵港、梧州、钦州部分县(市、区)的暴雨致灾危险性及人口、GDP、水稻风险等级相对较高; (3) 暴雨灾害风险评估结果反映的高风险和需要重点防御的区域, 与实际受灾区域基本相符。

关键词: “龙舟水”; 暴雨; 致灾危险性; 风险评估

中图分类号: P426.616

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2023.1.07

引言

每年5月下旬至6月中旬为华南前汛期的降水集中期, 因为降雨期正好在端午节前后, 又称为“龙舟水”^[1]。在“龙舟水”期间, 南海夏季风爆发向北推进, 华南的暖湿空气常与南下的冷空气交汇, 进而造成连续几天的暴雨甚至大暴雨降水过程^[2-4], 容易诱发洪涝灾害, 并对早稻等农作物生长产生不利影响^[5]。2022年广西遭遇新中国成立以来最强的一次“龙舟水”, 导致大部分地区出现严重洪涝灾害, 121条河流出现超警洪水, 西江干流出现4次编号洪水, 农业、养殖业和交通运输等受到严重影响^[6]。因此, 开展精细化暴雨灾害风险评估, 对加强区域防灾、抗灾能力, 降低救灾难度具有重大意义^[7]。

我国对暴雨洪涝灾害评估研究起步较晚, 但已有不少成果^[8-11], 在已有研究中, 主要应用决策分析法(AHP)^[12]和地理信息系统(GIS)^[13]等方法进行灾害风险评估, GIS方法关于暴雨灾害风险评估体系主要包括暴雨致灾危险性、承灾体脆弱性和承灾体

暴露度三大方面^[14], 王秀荣等^[11]以京津冀“7·21”暴雨为例, 综合考虑暴雨致灾因子和各类环境脆弱性的影响, 进行灾害综合风险评估, 结果表明该模型的评估结果合理, 可用于制作具有业务应用价值的暴雨灾害风险预警和评估产品。郑雪松等^[15]以2018年7月为典型案例, 综合考虑暴雨致灾因子和孕灾环境因子影响度, 开展黑龙江日、月尺度暴雨灾害危险性评估, 该评估模型可实现逐日尺度的暴雨灾害危险等级评估, 更能满足实际业务的需求。朱晓晨等^[16]对致灾因子危险性、孕灾环境敏感性、承灾体易损性、防灾减灾能力综合加权求和, 进行区县级暴雨洪涝风险评估, 评估结果基本符合实际情况, 能为区县级相关部门暴雨洪涝风险评估业务提供方法指导。

受低涡切变和西南季风共同影响, 2022年6月17—21日广西出现“龙舟水”期间(5月21日—6月21日, 下同)极端性最强的一次大暴雨过程, 具有累积雨量大、大暴雨落区高度集中、局地雨势猛、极端性强、持续时间长、落区高度重叠、灾害影响重等特点。因此, 本文以该过程为例, 充分利用区域自动站

收稿日期: 2022-11-25

基金项目: 广西气象科研计划项目(桂气科2021ZL01)、广西重点研发计划项目(桂科AB21075008)、广西气象软科学项目([2022]第M03号)

作者简介: 陆芊芊(1994—), 女, 助理工程师, 主要从事气候研究与应用工作。E-mail: luqianqian_1026@163.com

* 通讯作者: 黄卓(1985—), 女, 高级工程师, 主要从事气候监测与灾害风险评估研究。E-mail: huangzhuo001@163.com

数据,结合灾情信息、地形、水系、人口、GDP、农作物等资料,开展精细化的暴雨灾害风险评估研究,为开展暴雨过程的风险评估业务提供思路,为提升气象防灾减灾保障服务能力提供支撑。

1 资料与方法

1.1 资料来源

文中所用的降水资料为广西壮族自治区气象信息中心提供的经质量控制考核的 2022 年 6 月 17—21 日共 2891 个自动气象观测站 (91 个国家气象观测站和 2800 个区域自动气象站)降雨量;灾情数据为 2014—2022 年由暴雨洪涝灾害引起的受灾人口、直接经济损失及农作物受灾面积,来源于广西壮族自治区应急管理厅;广西人口、GDP、农作物种植面积等资料来自《广西统计年鉴》。

1.2 研究方法

根据“风险=致灾危险性×承灾体暴露度×承灾体脆弱性”的风险理论模型,考虑暴雨孕灾环境的影响,基于单个气象站点开展精细化暴雨灾害风险评估。

暴雨致灾危险性反映了暴雨可能产生的危害大小,主要考虑单站暴雨过程的强度(IR)和孕灾环境的影响(Ic),致灾危险性指数 T 可由式(1)表达。采用自然断点法将致灾危险性划分为高、较高、较低、低共 4 个等级。

$$T=(I+Ic)*IR \quad (1)$$

将单个气象观测站的日降雨量 (20—20 时) $\geq 50\text{mm}$ 的降雨日定义为单站暴雨日;当降水过程中,单站暴雨日持续天数 $\geq 1\text{d}$,或两个暴雨日相隔 1d ,其中断日有中到大雨 ($10\text{mm} \leq \text{日降雨量} < 50\text{mm}$),则定义为一个单站暴雨过程。参考区域性暴雨过程综合强度算法^[17-19],结合广西历年暴雨灾情,选取单站暴雨过程中最大雨强、累积雨量、持续时间等特征指标,构建暴雨过程强度指数 IR ,公式如下:

$$IR=a \times I_{1pre}+b \times I_{3pre}+c \times I_{6pre}+d \times I_{24pre}+e \times I_{pre}+f \times I_{day} \quad (2)$$

式中, I_{1pre} 为过程中 1h 降雨量最大值, I_{3pre} 为过程中 3h 降雨量最大值, I_{6pre} 为过程中 6h 降雨量最大值, I_{24pre} 为过程中日降雨量最大值, I_{pre} 为过程的累积降雨量, I_{day} 为过程的开始日至结束日总天数, a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 为权重系数,分别取 0.03、0.03、0.03、0.13、0.17、0.61。以 1991—2020 年广西所有气象观测站的暴雨过程强度指数为样本,以 50%、75%和 90%对应的百分位数阈值将暴雨过程强度划分为一般、较强、

强和特强 4 个等级。

暴雨孕灾环境指在暴雨影响下对形成洪涝、泥石流、滑坡、城市内涝等次生灾害起作用的自然环境,包括地形、水系、土壤类型、植被分布等要素,以孕灾环境影响系数 Ic 表征^[20-21],并将 Ic 缩放至 $[-0.3, 0.3]$;当 Ic 值越大,表明孕灾环境加重暴雨致灾危险的可能性越大。

选取人口、经济、水稻作为承灾体,分别进行暴露度和脆弱性分析。其中,人口暴露度指常住人口密度,经济暴露度为 GDP 密度,水稻暴露度为水稻种植密度;以灾损率来表征脆弱性,则人口脆弱性为因暴雨灾害造成的死亡人口和受灾人口占区域常住人口比例,经济脆弱性为因暴雨灾害造成的直接经济损失占区域 GDP 的比例,水稻脆弱性为因暴雨灾害造成的农作物受灾面积占种植面积的比例。

综上,建立风险评估模型对不同承灾体(人口、经济和水稻)进行风险评估,模型如下:

$$R=T^{we} \times E^{wh} \times V^{ws} \quad (3)$$

式中: R 为暴雨灾害风险指数,用于表示暴雨灾害风险程度,其值越大,则暴雨灾害风险程度越大; T 、 E 、 V 分别表示归一化(式 4)后的致灾危险性指数、承灾体暴露度指数、承灾体脆弱性指数; we 、 wh 、 ws 是致灾危险性、承灾体暴露度和脆弱性指数的权重,分别取 0.5、0.4、0.1。采用自然断点法对风险指数 R 由大到小进行分类,将暴雨灾害风险划分为高、较高、中等、较低、低共 5 个等级;将较高以上风险等级区域内的承灾体数量与灾损率相乘,可开展暴雨灾害损失估计。

$$ED_i=0.5+0.5 \times \frac{A_i-\min_i}{\max_i-\min_i} \quad (4)$$

式中 ED_i 是第 i 个指标的归一化值, A_i 是第 i 个指标值, \min_i 和 \max_i 分别是第 i 个指标中的最小值和最大值。

2 结果与分析

2.1 暴雨致灾危险性评估

2022 年 6 月 17—21 日,桂北大部地区出现暴雨到大暴雨,局部出现特大暴雨,大暴雨落区集中在桂林、柳州、河池、贺州等地。从暴雨过程强度等级分布看,暴雨过程强度分布差异大,降水过程主要出现在桂东北地区以及河池、钦州两市,其中较强等级以上的过程集中出现在桂林市大部,柳州市东南部和融水、融安、三江一带,河池市中部,贺州市北部以及

蒙山、平南等地,其他地区为一般强度过程(图 1a)。

综合暴雨过程强度和孕灾环境影响系数,此次暴雨过程的致灾危险性分布与过程强度等级分布相似,特别是较高以上致灾危险性的区域与强等级以上的过程分布一致;而对于暴雨过程强度为特强的

部分区域,如桂林市龙胜、资源、灌阳、灵川、临桂,柳州市融安,河池市金城江及贺州市昭平、富川等地,其孕灾环境削弱了暴雨致灾危险性的作用,致灾危险性等级有所降低(图 1b)。

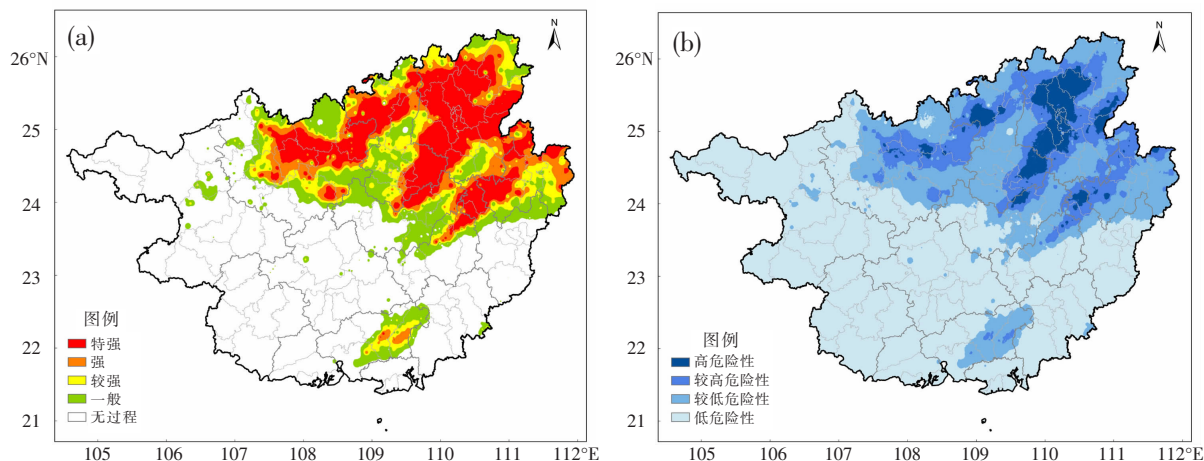


图 1 2022 年 6 月 17—21 日暴雨过程强度等级分布(a)、暴雨致灾危险性分布(b)

2.2 暴雨灾害风险等级评估

不同承灾体在此次暴雨过程中的灾害风险评估结果与致灾危险性分布基本一致,但由于承灾体的分布及脆弱性程度不同,人口、GDP 和水稻的风险分布有所不同。暴雨灾害人口风险为较高以上等级区域主要出现在桂林市大部,柳州市城区、鹿寨、融水中部、融安西北部、三江部分地区,河池市南丹、金城江、环江和罗城一带以及东兰和都安部分地区,贺州市北部部分地区,梧州市蒙山和藤县北部,来宾市象州、金秀部分地区,贵港市平南和桂平北部,南宁市部分城区以及钦州市钦南和浦北部分地区(图 2a),处于较高风险以上的人口为 959 万人,估计受灾人口约 203.3 万人。

暴雨灾害 GDP 高风险区域集中在桂林市灵川、雁山、阳朔、永福、兴安,柳州市融水、融安,来宾市象州和梧州市蒙山等地,但河池市罗城、东兰、都安,柳州市融安以及桂林市龙胜、平乐等地的较高风险等级以上区域面积较人口有所减小(图 2b),较高以上风险区域内 GDP 为 4407 亿元,估计直接经济损失为 84.6 亿元。

广西水稻种植区主要位于桂东和右江河谷地区,此次暴雨过程对桂东地区的水稻影响较大。暴雨灾害水稻中等风险以上区域分布与人口相似,而

较高以上风险区域主要在桂林市大部,柳州市融水、融安、鹿寨,河池市金城江、环江、罗城,来宾市象州,贺州市富川、昭平以及梧州市蒙山等地(图 2c),涉及水稻种植面积约 $24.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$,估计水稻受灾面积为 $4.6 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

2.3 风险评估效果检验

对此次暴雨过程的风险评估结果标明,桂林、柳州两市大部及河池、贺州、来宾、钦州部分县(市、区)的暴雨致灾危险性及人口、GDP、水稻风险等级相对较高。据广西应急管理厅 2022 年 6 月 28 日灾情核报统计,此次暴雨过程造成南宁、柳州、桂林、梧州、钦州、百色,贺州、河池、来宾等 9 市 61 县(市、区)出现洪涝灾害,全区受灾人口 168.4 万人,农作物受灾面积 $7.71 \times 10^4 \text{ hm}^2$,直接经济损失 77.3 亿元。将此次暴雨灾害风险评估结果与实际灾情相比较,受灾区域与较高以上风险区域基本一致,受灾人口、直接经济损失的预估值略高于实际灾情,而水稻受灾面积的预估值约为实际农作物受灾面积的 60%,考虑到同期农作物还包括玉米、甘蔗等,该预估结果可认为合理。总的来说,上述区域与风险评估得到的中等以上风险区高度重合,本模型对暴雨灾害的风险评估结果比较合理。

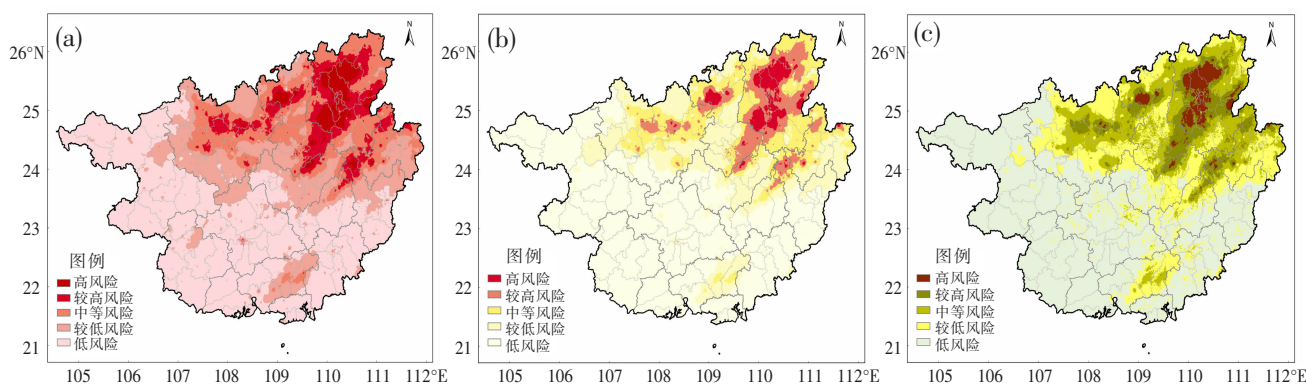


图2 2022年6月17—21日暴雨灾害人口(a)、GDP(b)、水稻(c)风险等级分布

3 结论与讨论

本文选取2022年6月17—21日广西暴雨过程,基于近3000个气象观测站降水资料、地理信息、暴雨灾情及其他社会经济资料,从致灾危险性、承灾体暴露性和脆弱性等三个维度开展精细化暴雨灾害风险评估,并结合实况灾情对模型评估结果进行对比检验,得到以下结论:

(1)此次暴雨过程致灾危险性的空间分布具有桂东北地区高,其他地区低的特点。高危险区主要分布在桂林城区、兴安和灵川北部、永福南部、阳朔西部、恭城东北部、龙胜和灌阳局部,柳州融水中部、融安局部,河池环江、金城江、罗城局部,来宾象州西北部,梧州蒙山中部、藤县局部,贺州昭平和八步局部及贵港平南局部等地。低危险区范围最大,主要分布在桂南及百色市。

(2)人口、GDP、水稻的风险等级空间分布基本一致,具有桂东北地区高,其他地区低的特点,暴雨致灾危险性在对风险评估结果的贡献中占主导地位;暴雨灾害人口风险北部高于南部、城区高于郊区,除了危险性较高区域,在水稻种植高密度区,其风险相对较高;三种承灾体风险等级均较高的地区主要分布在桂林市大部,柳州城区和鹿寨大部、融水中部、融安西北部、三江局部,河池罗城、环江、金城江和宜州四县(区)交界处、东兰、南丹和都安局部,贺州富川、八步、钟山、昭平四县(区)局部,象州北部,蒙山大部,平南和藤县局部。

(3)本文所选的风险评估方法得到的评价结果能将此次暴雨过程的高危险性高风险区有效地体现出来,暴雨灾害风险评估结果反映的潜在高风险和需要重点防御的区域,与实际受灾区域基本相符。

暴雨灾害发生频次高,造成的经济、人口等损失严重,因此,暴雨灾害风险评估尤其是精细化灾害评估是当前防灾减灾工作必不可少的一个环节。目前暴雨灾害风险评估体系较为成熟,主要基于长时间序列,得到研究区域暴雨灾害风险的一个总体特征。但在业务应用时,往往需要模型具备实时评估能力,结合降水实况资料或者预报资料,可以针对任意区域任意时段的暴雨灾害进行灾前预评估、灾中跟踪监测评估及灾后评估,本文尝试采用相同的评估思路,对一次暴雨过程进行风险评估,结果表明评估方法在单次暴雨过程风险评估中适应性较好,能准确提供灾害潜在的风险区,为实现灾前评估,降低灾害可能造成的损失提供科学依据。暴雨灾害风险评估涉及气象、自然环境、社会经济等多方面要素,受限于数据获取的困难,目前承灾体种类较少,社会经济数据时限较短且精度不高,在后期的研究中将进一步增加承灾体数据的种类,提高相应数据的精度,构建更加精细化的暴雨风险评估模型。

参考文献:

- [1] 张凌云,刘蕾.柳州2020年一次“龙舟水”成因及预报偏差分析[J].气象研究与应用,2022,43(3):67-71.
- [2] 伍红雨,李春梅,王迪龙.近55年广东“龙舟水”异常特征及成因分析[J].热带气象学报,2017,33(5):608-616.
- [3] 刘国忠,周云霞,覃月凤,等.2020年广西暴雨灾害天气综述与分析[J].气象研究与应用,2021,42(1):101-106.
- [4] 吴玉霜,黄小燕,林开平,等.广西前汛期大范围持续性暴雨的月际特征及环流差异性分析[J].气象研究与应用,2018,39(4):9-13,106.
- [5] 钱维宏,艾阳,陈绿文,等.一次广东典型龙舟水暴雨过程的扰动形势分析[J].热带气象学报,2020,36(4):433-443.

- [6] 中国新闻网. 广西经历六轮强降雨过程直接经济损失 124.84 亿[EB/OL].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1736608009542368476&wfr=spider&for=pc>, (2021-4-29)[2021-4-29].
- [7] 庄瑶, 鲍瑞娟, 张容焱, 等. 福建热带气旋灾害精细化危险性评估[J]. 应用气象学报, 2022, 33(3): 319-328.
- [8] 裴惠娟, 陈晋, 李雯, 等. 甘肃省暴雨洪水时空分布及风险评估[J]. 自然灾害学报, 2017, 26(3): 167-175.
- [9] 周月华, 彭涛, 史瑞琴. 我国暴雨洪涝灾害风险评估研究进展[J]. 暴雨灾害, 2019, 38(5): 494-501.
- [10] 郑德凤, 高敏, 李钰, 等. 基于 GIS 的大连市暴雨洪涝灾害综合风险评估[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2022, 50(3): 1-8, 22.
- [11] 王秀荣, 吕终亮, 王莉萍, 等. 一种简化的暴雨灾害风险及影响评估方法和应用研究——以京津冀“7·21”暴雨事件为例[J]. 气象, 2016, 42(2): 213-220.
- [12] 谢捷, 刘玮, 徐月顺, 等. 基于 AHP-熵权法的西宁地区汛期暴雨灾害风险评估[J]. 自然灾害学报, 2022, 31(3): 60-74.
- [13] 黄冬梅, 黄卓帆, 黄肖寒. 基于 GIS 的河池市暴雨洪涝灾害风险评估与区划[J]. 气象研究与应用, 2016, 37(1): 21-24, 130.
- [14] 徐永清, 陈莉, 刘艳华, 等. 基于不同空间尺度资料的自然灾害风险评估对比分析——以暴雨洪涝灾害为例[J]. 灾害学, 2022, 37(3): 61-68.
- [15] 郑雪松, 孙琪, 张瑶. 黑龙江省暴雨灾害危险性评估——2018 年 7 月典型案例[J]. 黑龙江气象, 2021, 38(2): 20-23.
- [16] 朱晓晨, 高场, 高佳琦, 等. 基于 GIS 的区县级暴雨洪涝风险评估方法[J]. 热带地理, 2014, 34(5): 704-711.
- [17] 周幼婵, 何林宴, 林雪香, 等. 广西贵港市暴雨过程综合强度评估及分析[J]. 气象研究与应用, 2020, 41(3): 27-31.
- [18] 张柳红, 郑璟, 伍红雨, 等. 广东暴雨洪涝灾害损失定量评估[J]. 暴雨灾害, 2021, 40(1): 87-93.
- [19] 伍红雨, 郭尧, 邹燕, 等. 华南区域性暴雨过程的客观评估及异常机理分析[J]. 暴雨灾害, 2021, 40(3): 306-315.
- [20] 莫建飞, 陆甲, 李艳兰, 等. 基于 GIS 的广西农业暴雨洪涝灾害风险评估[J]. 灾害学, 2012, 27(1): 38-43.
- [21] 莫建飞, 陆甲, 李艳兰, 等. 基于 GIS 的广西洪涝灾害孕灾环境敏感性评估[J]. 灾害学, 2010, 25(4): 33-37.

Risk assessment and examination of heavy rainfall disasters during the dragon-boat rainy season in Guangxi in 2022

Lu Qianqian¹, Huang Zhuo^{*1}, Zheng Fengqin¹, Mo Jianfei², Li Yanlan¹

(1. Guangxi Climate Center, Nanning 530022, China;

2. Guangxi Institute of Meteorological Sciences, Nanning 530022, China)

Abstract: Based on the 91 national meteorological observation stations and 2800 regional automatic meteorological stations, geographic information, rainstorm disasters and other socio-economic information, the heavy rainfall process from June 17 to 21 during the dragon-boat rainy season in Guangxi in 2022 was selected to carry out refined rainstorm disaster risk assessment from three dimensions of hazard, exposure and vulnerability. The results show that: (1) the risk assessment results of this process are consistent with the spatial distribution of disaster risk, which are high in northeastern Guangxi and low in other areas in Guangxi, and the rainstorm hazards dominate the contribution to the risk assessment results; (2) the storm disaster-causing hazards and the population, GDP, and rice risk levels in most areas of Guilin and Liuzhou cities and some counties (cities or districts) in Hechi, Hezhou, Laibin, Guigang, Wuzhou and Qinzhou are relatively high; (3) the high-risk areas and areas requiring key defense as reflected in the results of the storm disaster risk assessment are consistent with the actual disaster-affected areas.

Key words: Dragon-boat precipitation; rainstorm; hazard of disaster; risk assessment