

李宏薇, 徐永亮, 许尔琪, 等. 珠江三角洲的城市灾害恢复力评估[J]. 灾害学, 2019, 34(3): 209–215. [LI Hongwei, XU Yongliang, XU Erqi. Urban disaster resilience assessment in the Pearl River Delta[J]. Journal of Catastrophology, 2019, 34(3): 209–215. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2019.03.038.]

珠江三角洲的城市灾害恢复力评估^{*}

李宏薇^{1,2}, 徐永亮³, 许尔琪¹, 张红旗¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所陆地表层格局与模拟重点实验室, 北京 100101;
2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 北京城建勘测设计研究院有限责任公司, 北京 100101)

摘 要: 从经济、社会、管理和技术四个维度构建评价指标体系, 利用主成分分析方法确定指标权重, 进行珠江三角洲的城市灾害恢复力评估与分区。结果表明: ①2016 年, 珠江三角洲城市灾害恢复力的分布具有以中部高值区为轴、向东西方向扩散减小的特点, 与城市灾害经济维度和技术维度的恢复力评估结果的空间分布状况相似。城市灾害恢复力最高值为 0.449, 分布在深圳市南山区; 最低值仅是前者的 33.4%, 位于肇庆市怀集县。②2012–2016 年珠江三角洲的城市灾害恢复力呈现上升趋势, 仅广州市越秀区和惠州市惠城区分别以 0.006 和 0.002 的速率轻微下降。③高恢复力区和较高恢复力区集中分布在珠江三角洲中轴部位, 例如广州市和深圳市; 中等恢复力区和较低恢复力区分布较为分散, 多位于高恢复力区与低恢复力区之间; 低恢复力区主要位于珠江三角洲东部和西部的边缘区域, 包括江门市、肇庆市和惠州市。基于此, 提出珠江三角洲提升城市灾害恢复力的区域优化布局建议, 可以为制定珠江三角洲防灾抗灾政策措施提供思路。

关键词: 城市; 灾害恢复力; 分区; 主成分分析; 珠江三角洲

中图分类号: X43; X915.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2019)03-0209-07
doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2019.03.038

随着城市化进程的加快, 到 2030 年, 超过 60% 的世界人口将生活在城市里^[1]。因此, 城市灾害恢复力的评估与建设尤为重要。国外诸多学者对城市灾害恢复力展开了大量研究, Hobor 通过对卡特里娜前后的新奥尔良基本情况分析, 强调了城市灾害恢复力建设的重要性^[2]; Bozza 等从工程角度总结了城市灾害恢复力的量化方法^[3]; Koren 等在建立城市系统概念模型的基础上, 利用图论计算系统性质, 从而确定了城市灾害恢复力的临界^[4]; Irwin 等提出了一种仅适用于伦敦和多伦多的城市灾害恢复力快速评估的决策支持工具^[5]。综上, 国外关于城市灾害恢复力的研究已经从基于系统研究其意义和评估方法, 逐渐向快速评估与决策的方向发展。

相比较而言, 我国学者对城市灾害恢复力的研究处于起步阶段, 其理论框架尚未形成。ZHANG 等从研究的趋势、规模和集群等方面辨析了城市灾害恢复力与城市可持续性, 认为决策者

应该给予城市灾害恢复力足够的重视^[6]; 唐桂娟^[7]利用构建的城市灾害恢复力指标体系对泉州、哈尔滨和南宁等 7 个市的城市灾害恢复力进行了初步计算; YAN 提出四川都江堰灾后的城市灾害恢复力设计框架^[8]; 可见, 虽然不同学者的研究内容和研究基础有所差异, 但是均提出建设城市灾害恢复力的倡导。然而, 我国目前不同区域的城市灾害恢复力的基本情况尚未明确, 在区域、城市、区(县)层次的城市灾害恢复力特征以及其时空变化规律的分析相对缺乏。

基于此, 本研究以珠江三角洲为研究对象, 基于经济、社会、管理和技术四个维度构建城市灾害恢复力评价指标体系, 利用 2012–2016 年社会经济数据对其城市灾害恢复力进行评估, 分析该区域城市灾害恢复力的时空变化, 并探索其城市灾害恢复力的分区特征, 以期为提高珠江三角洲的城市灾害恢复力和促进城市可持续发展提供参考。

^{*} 收稿日期: 2019-02-20 修回日期: 2019-04-16
基金项目: 国家重点研发计划(2017YFC1503003)
第一作者简介: 李宏薇(1994-), 女, 满族, 河北张家口人, 博士研究生, 主要研究方向为土地利用变化及其生态环境效应。
E-mail: hongweilid@163.com
通讯作者: 张红旗(1963-), 男, 黑龙江佳木斯人, 研究员, 主要从事土地评价、土地利用及区域农业发展研究。
E-mail: zhanghq@igsrr.ac.cn

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

珠江三角洲位于广东省南部、珠江入海口处,是由珠江三大支流西江、北江、东江在溺谷湾内合力冲积而形成的复合三角洲,面积达 5.47 万 km²。地处北回归线以南,属亚热带湿润季风气候,每年 4 - 9 月为雨季,降水量约占全年的 80%。珠江三角洲东、北、西三面丘陵台地环抱,中部平原广阔、地势低平,河网发达,主要水道共 105 条,长 1 738 km。地带性植被为亚热带常绿阔叶季雨林,土壤主要有水稻土、堆叠土、赤红壤等。行政区划上包括广州市、深圳市、肇庆市、中山市、珠海市、东莞市、佛山市、江门市和惠州市。珠江三角洲经济发达,人口密集,同时,也是暴雨、洪涝、热带气旋、泥石流、滑坡和赤潮等多种自然灾害的多发区域。

1.2 数据来源

本研究用于评价珠江三角洲的城市灾害恢复力的数据主要来源于国家统计局提供的《中国县域统计年鉴(2013 - 2017)》,珠江三角洲区域的广州市、深圳市、东莞市、江门市、佛山市、肇庆市、惠州市、中山市和珠海市等市统计局提供的市统计年鉴(2013 - 2017)、市年度统计公报(2012 - 2016)、区统计年鉴(2013 - 2017)和区年度统计公报(2012 - 2016)。所有数据都是在区(县)的层面上获取的,时间跨度为 2012 - 2016 年。部分缺失数据通过插值法计算得到。

2 研究方法

2.1 评价指标选取

城市灾害恢复力的组成复杂,不同研究者根据不同研究区域和研究目的对其组成部分进行了阐述^[9]。参考以往研究^[10-12],本研究从经济、社会、管理和技术四个维度出发,根据数据可获取性、主导因素等原则,选取了 8 个评价指标(表 1),构建城市灾害恢复力指数。其中,“+”表示指标具有增强作用,“-”表示指标具有减弱作用。

经济维度用于衡量对于城市运行、基础设施维护和防灾减灾等具有重要作用的经济体系的稳定性以及发展程度。主要由人均 GDP 和人均固定资产投资额两个要素构成。人均 GDP 和人均固定资产投资额是表征区域经济发展状况的主要指标,人均 GDP 是衡量区域经济发展状况的指标之一,反应城市的经济发展水平;人均固定资产投资额体现了城市对于基础设施等的投入情况,有利于增强城市恢复力^[13]。

社会维度是社会不同关系稳定性的表现,

以人口密度对其表征。人口密度会增大城市交通、治安、环境等的压力,增大灾害暴露度,降低城市灾害恢复力^[16]。

管理维度代表组织机构对城市灾害的应变能力,包括对灾害的经济投入和人员统筹,基于指标选取的基本原则,将人均社会保障支出和社会保障工作人员密度作为管理维度中评价城市灾害恢复力的指标。人均社会保障支出体现了政府机构对城市灾害恢复的基本投入,投入越多,恢复力越强^[12, 15];社会保障工作人员密度则反映政府灾害应急部门的组织效率。

技术维度主要表征城市基础设施的基本状况,也是城市灾害恢复过程中的重要组成部分。技术维度由道路密度、人均用电量和每万人医院数量等三个要素组成。道路密度代表着区域的运输能力和交通发展程度,在灾害背景下,较大的公路密度可以促进区域恢复^[13];电力是灾后恢复过程中的重要能源,不仅可以保证人民的基本生活需要,还是灾害恢复的重要支撑^[15]。本研究以人均用电量来衡量城市的供电能力,人均用电量越大,供电能力越强,灾后城市恢复过程中的各个部分可以及时修复运转,帮助城市灾后恢复;每万人医院数量则代表着医疗服务体系的完善程度,及时的医疗救助在灾害中的城市居民的心理和生理具有重要作用^[12]。

2.2 城市灾害恢复力指数计算

由于评价珠江三角洲城市灾害恢复力的指标单位和影响不一样,有必要将指标进行标准化,将其转换为无量纲纯数值,以便进行城市灾害恢复力指数的计算。利用 min - max 标准化方法对指标进行标准化处理,其中对城市灾害恢复力具有增强作用的指标由公式(1)处理,具有减弱作用的指标用公式(2)处理^[12]。

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_j)}{\max(X_j) - \min(X_j)}, \quad (1)$$

$$X'_{ij} = \frac{\max(X_j) - X_{ij}}{\max(X_j) - \min(X_j)}。 \quad (2)$$

式中: X_{ij} 是第 i 个样本中第 j 个指标, $\min(X_j)$ 是第 j 个指标的最小值, $\max(X_j)$ 是第 j 个指标的最大值, X'_{ij} 是 X_{ij} 标准化后的值。

城市灾害恢复力指数(UDRI)的计算公式为^[17-18]:

$$UDRI_i = \sum_{j=1}^n X'_{ij} \times W_j。 \quad (3)$$

式中: $UDRI_i$ 为第 i 个样本的城市灾害恢复力指数, W_j 是由主成分分析法计算出的各个指标的权重。

2.3 分区方法

为了更为直观的分析珠江三角洲的城市灾害恢复力评价结果,利用加权求和法计算得到经济、社会、管理和技术四个维度的综合评分,然后运用指标判别法,得到城市灾害恢复力分区标准(表 2)。

表 1 珠江三角洲的城市恢复力评价指标

维度	指标	权重	单位	影响	参考
经济维	人均 GDP	0.169	万元	+	Hou(2015) ^{〔13〕} ; Siebeneck(2015) ^{〔14〕}
	人均固定资产投资额	0.133	万元/人	+	Hou(2015) ^{〔13〕}
社会维	人口密度	0.129	人/km ²	-	Hou(2015) ^{〔13〕} ; Chun(2017) ^{〔10〕}
管理维	人均社会保障支出	0.091	元/人	+	Alshehri(2015) ^{〔15〕} ; Qin(2017) ^{〔12〕}
	社会保障工作人员密度	0.128	人/km ²	+	Alshehri(2015) ^{〔15〕} ; Qin(2017) ^{〔12〕}
技术维	道路密度	0.134	km/km ²	+	Hou(2015) ^{〔13〕} ; Qin(2017) ^{〔12〕}
	人均用电量	0.133	10 ⁹ kw·h/人	+	Siebeneck(2015) ^{〔14〕} ; Alshehri(2015) ^{〔15〕}
	每万人医院数量	0.083	家/万人	+	Qin(2017) ^{〔12〕}

表 2 珠江三角洲的城市灾害恢复力分区标准

分区	四个维度组合状态	分区	四个维度组合状态
高恢复力区	高经济维、低社会维、高管理维、高技术维	低恢复力区	低经济维、高社会维、低管理维、低技术维
较高恢复力区	高经济维、低社会维、高管理维、低技术维	较低恢复力区	高经济维、高社会维、低管理维、低技术维
	高经济维、低社会维、低管理维、高技术维		低经济维、高社会维、高管理维、低技术维
	高经济维、高社会维、高管理维、高技术维		低经济维、高社会维、低管理维、高技术维
	低经济维、低社会维、高管理维、高技术维		低经济维、低社会维、低管理维、低技术维
中等恢复力区	低经济维、高社会维、高管理维、高技术维	中等恢复力区	高经济维、高社会维、低管理维、高技术维
	低经济维、低社会维、低管理维、高技术维		高经济维、高社会维、高管理维、低技术维
	低经济维、低社会维、高管理维、低技术维		高经济维、低社会维、低管理维、低技术维

社会维度对城市灾害恢复力具有消极作用,因此高恢复力区在经济、管理和技术维度具有一定的优势,而社会维度的负面影响处于低水平,具有很强的恢复能力;较高恢复力区在经济、社会、管理和技术四个维度中,其中仅有一个维度对城市灾害恢复力具有不利影响,灾后恢复中需要重点关注该维度的情况;中等恢复力区中有两个维度会减弱灾后城市恢复力,另外两个维度有利于提高城市灾害恢复力;较低恢复力区仅有一个维度对提高城市灾害恢复力具有积极作用,而其他三个维度的作用会极大的削弱该维度的有利影响,降低区域城市灾害恢复力;低恢复力区的经济实力弱、基础设施尚待完善、灾害管理不足,而且人口众多,城市灾害恢复力极低,灾后需要大量的时间和资源进行恢复。

按照城市灾害恢复力分区标准对珠江三角洲以区(县)为单位的城市灾害恢复力进行分区。

3 结果与分析

3.1 城市灾害恢复力现状分析

从城市灾害恢复力的管理维度来看,珠江三角洲 51 个区(县)城市灾害管理维度恢复力平均值为 0.012,处于较低水平,说明研究区域的灾害管理水平普遍较低。广州市越秀区城市灾害管理维度恢复力最高,为 0.106;最低值为 0.002,分布在肇庆市高要区(图 1)。从城市灾害管理维度恢复力空间分布状况可以看出中高城市灾害管理维度恢复力零散分布在中部和南部,其他区域均处于低水平,区域尚未形成有效的灾害管理体系。因此,为提高城市灾害恢复力,在管理维度应该重视和加强灾害管理方面的人力和资金的投入,形成完善综合的灾害管理体系。

在城市灾害技术维度恢复力方面,研究区域城市灾害技术维度恢复力平均值为 0.061,处于中等水平。肇庆市怀集县的城市灾害技术维度恢复力为 0.004,是珠江三角洲区域最低值,其次是江门市的开平市和恩平市,均为 0.012;城市灾害技术维度恢复力最高值为 0.193,分布在广州市天河区。从城市灾害技术维度恢复力的空间分布来看,珠江三角洲中部和西部水平较高,说明道路网络、供电网络等初步形成了体系,区域之间能够相互支撑。通过继续加强区域道路网络、供电能力、医疗服务水平以及区域之间技术维度的联系,可以提高城市灾害恢复力。

从城市灾害经济维度恢复力来看,珠江三角洲 51 个区(县)城市灾害经济维度恢复力平均值为 0.088,处于中等水平。城市灾害经济维度恢复力的最高值和最低值分别为广州市南沙区的 0.209 和肇庆市怀集县的 0.016。珠江三角洲经济水平整体较高,2016 年,珠江三角洲地区 9 个地级市 GDP 为 6.78 万亿元,是全国 GDP 的 9.12%。从空间分布状况来看,除西北和西南部分区(县)经济水平较低外,其他区域城市灾害经济维度恢复力均处于中等及以上水平,对促进城市灾害恢复力具有重要作用。

在城市灾害恢复力的社会维度方面,珠江三角洲的 51 个区(县)城市灾害社会维度恢复力平均值为 0.115,处于较高水平,说明大部分区域人口密度较低。广州市越秀区的人口密度最大,为 34 352 人/km²,约是人口密度最小区域惠州市惠东县的 130 倍。从城市灾害管理维度恢复力空间分布状况可以发现人口主要集中在珠江三角洲的中部区域,尤其是广州市和深圳市。因此,在高人口密度的情况下,为了提高城市灾害恢复力,一方面需要控制人口密度的继续增大,另一方面需要提高经济、管理和技术等维度的水平以减轻社会维度的消极影响。

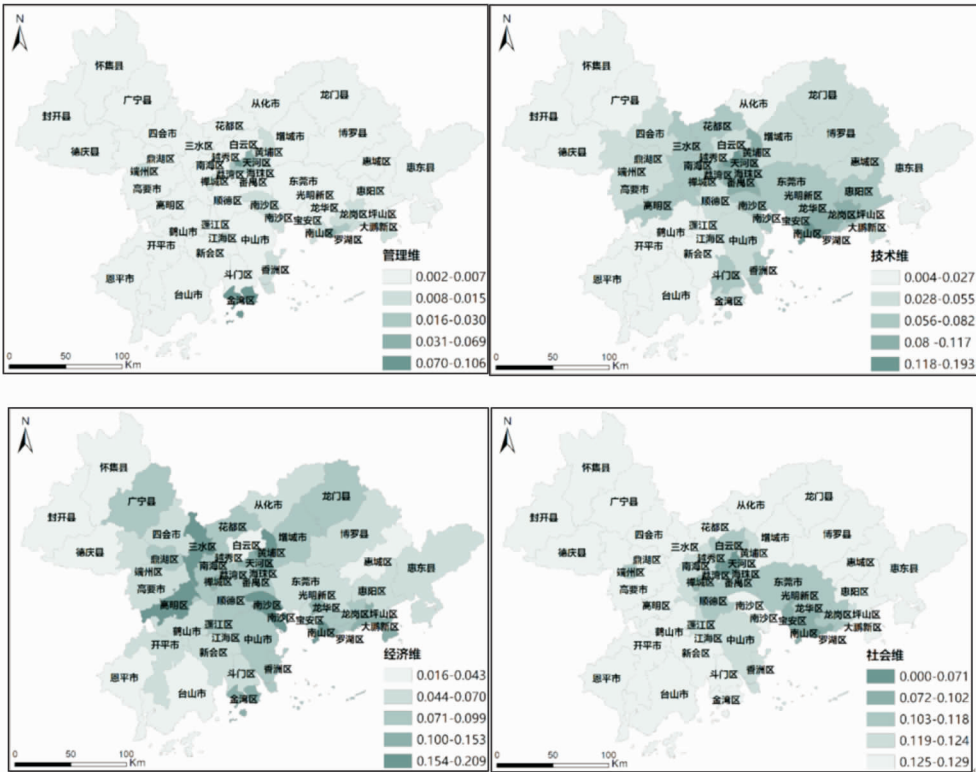


图1 2016年研究区城市灾害不同维度恢复力值及分布

2016年珠江三角洲的城市灾害恢复力的分布具有以中部高值区为轴向东西方向扩散减小的特点，与城市灾害经济维度和技术维度恢复力的空间分布状况相似。珠江三角洲的城市灾害恢复力最高为0.449，分布在深圳市南山区，其次为广州市天河区，为0.436；肇庆市怀集县是研究区城市灾害恢复力最低的区域，城市灾害恢复力为0.150，仅是深圳市南山区的33.4%，是由于其城市灾害经济和技术维度恢复力均为最低。肇庆市怀集县距离海边较远且属于山区，是广东省的重点林业县，经济水平和基础设施完善程度虽然在持续发展，但是与研究区中其他区(县)相比仍然较低。

3.2 城市灾害恢复力变化分析

2012-2016年珠江三角洲的城市灾害恢复力变化趋势基本一致，呈现上升趋势，仅广州市越秀区和惠州市惠城区出现轻微下降，变化速率分别为-0.006和-0.002(图2)。其中越秀区的人口密度是研究区域最高值，同时其经济、医疗和灾害管理等方面得到发展，因此，虽然广州市越秀区的城市灾害恢复力由0.401下降为0.395，但是其城市灾害恢复力仍然处于较高的水平；惠州市惠城区城市灾害恢复力从0.214下降到0.203。城市灾害恢复力增加速率最大的区域是珠海市金湾区，其经济水平增长了35.31%，而人口密度在2012-2016年仅增长了3.52%，使得金湾区城市灾害恢复力水平由0.294提高到0.399。

从市级行政区划来看，东莞市、中山市、惠州市(除惠城区)、江门市和佛山市的城市灾害恢

复力均逐年增加(图3)，其中佛山市三水区城市灾害恢复力增加速率最大为0.020，江门市台山的增长速率最小仅有0.002。广州市各区的城市灾害恢复力差异最大，越秀区、天河区、黄埔区和南沙区相对较高，主要是由于其经济发达，而且灾害管理较其他区域更为全面完善；而且天河区、黄埔区和南沙区的城市灾害恢复力增加速率分别为0.011、0.010和0.017，大于广州市其他区域。

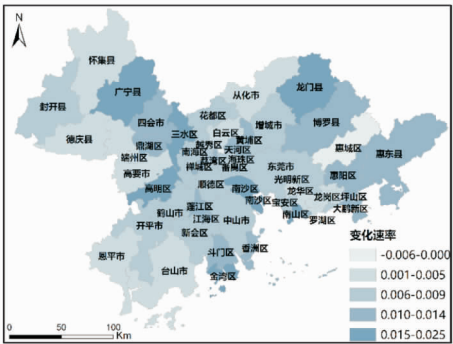


图2 2012-2016 珠江三角洲的城市灾害恢复力变化速率

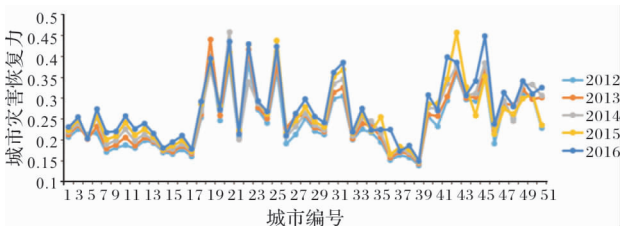


图3 2012-2016年珠江三角洲的城市灾害恢复力变化

表3 研究区域中区(县)及其编号

区(县)	编号	区(县)	编号	区(县)	编号	区(县)	编号	区(县)	编号
东莞市	1	江海区	9	天河区	18	南海区	27	德庆县	36
中山市	2	新会区	10	白云区	19	顺德区	28	封开县	37
惠州市		台山市	11	黄埔区	20	高明区	29	怀集县	38
惠城区	3	开平市	12	番禺区	21	三水区	30	珠海市	
惠阳区	4	鹤山市	13	花都区	22	肇庆市		香洲区	39
惠东县	5	恩平市	14	南沙区	23	端州区	31	斗门区	40
博罗县	6	广州市		从化区	24	鼎湖区	32	金湾区	41
龙门县	7	荔湾区	15	增城区	25	高要区	33	深圳市	
江门市		越秀区	16	佛山市		四会市	34	福田区	42
蓬江区	8	海珠区	17	禅城区	26	广宁县	35	罗湖区	43
								盐田区	44
								南山区	45
								宝安区	46
								龙岗区	47
								龙华区	48
								坪山区	49
								光明新区	50
								大鹏新区	51

3.3 城市灾害恢复力分区

高恢复力区主要分布在广州市和深圳市(图4,图5),还包含佛山市禅城区和珠海市香洲区,主要由于其经济发达,基础设施完善;另外在灾害管理方面,这些区域出台了一系列提高区域防灾减灾能力的政策文件,例如,《广州市公众应对主要气象灾害指引》、《深圳市地质灾害防治管理办法》等。在今后发展过程中,还需将灾害管理的政策措施进一步落实,及时提升弱化城市灾害恢复力的因素,充分发挥经济维度和技术维度对城市灾害恢复力的带动作用。

中,将城市灾害恢复力的消极因素转化为积极因素。

中等恢复力区和较低恢复力区分布较为分散,在惠州市、佛山市、肇庆市等均有分布,多位于高恢复力区与低恢复力区之间,同时受到高恢复力区和低恢复力区以及自身发展的综合影响。因此,中等恢复力区和较低恢复力区的区(县)既要依托高恢复力区已有的经济资源、道路网络和医疗服务资源等,促进城市灾害经济和技术维度恢复力的提高;也要借鉴高恢复力区灾害管理经验,结合区域特点,制定防灾减灾政策措施和规划。

低恢复力区主要位于珠江三角洲东部和西部的边缘区域,包括江门市、肇庆市和惠州市。该区域经济水平较低,而且灾害管理的经济和人力投入不足。江门市、肇庆市和惠州市是珠江三角洲区域面积最大的三个市,而且农业用地面积比例较大,分别为81.14%、78.4%、77.11%,灾害管理难以全面覆盖,极大的削弱了其灾后恢复能力。2018年9月16日登陆广东的台风山竹造成229.5万人受灾,其中惠州市和江门市分别占10.30%和7.76%;另外,江门市农作物受灾面积是全省的10.16%,直接经济损失达到20.44亿元,占2016年全市GDP的8.52%。同时江门市、肇庆市和惠州市的城市灾害经济、技术和管理维度恢复力均低,恢复时间长且恢复程度低,而灾害具有不确定性和频繁性,使得低恢复力区形成恶性循环。导致低恢复力区虽然各区(县)经济、基础设施和灾害管理等有所发展,但是城市灾害恢复力增长缓慢。基于此,低恢复力区的各区(县)需从整体发展出发,将城市灾害恢复力四个维度分解融合到土地利用、基础设施、经济发展、防灾减灾、生态环境等各类城市规划中,增强城市灾害恢复力;另外,构建多部门灾后恢复协作模式,实现跨学科和多种资源的有效合作、约束和监督,提高城市灾害恢复效率。

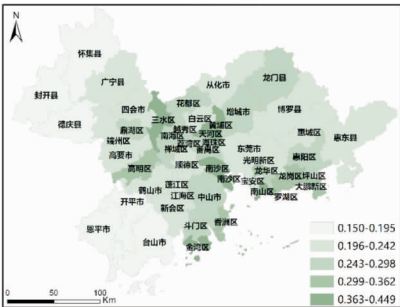


图4 2016年珠江三角洲城市灾害恢复力值及分布

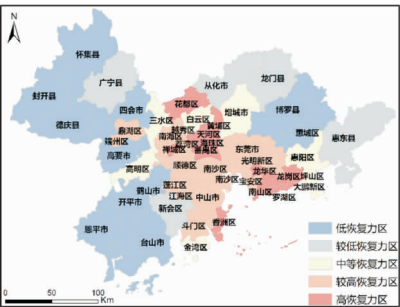


图5 2016年珠江三角洲的城市灾害恢复力分区

较高恢复力区集中分布在珠江三角洲中轴部位,包含佛山市、东莞市、中山市等,主要得益于其低密度的人口和较为发达的经济。随着经济的发展,这些区域持续吸引人口聚集,需要加强基础设施和灾害管理建设,同时采取措施鼓励区域内的人口参与到城市灾害的适应、学习和防御

4 结论与讨论

我国城镇化进程日益加快,经济和人口在城市中大量聚集,而自然灾害具有不确定性和危害严重性,为了减少经济和生命损失,城市灾害恢复力的建设逐渐得到重视。因此,有必要明确重点区域的灾害恢复力的基本情况,识别城市灾害恢复力建设中的脆弱环节。本文分析了珠江三角洲的城市灾害恢复力的空间分布,并识别了不同区域加强城市灾害恢复力的关键维度。具体评价结果如下:

(1)2016 年珠江三角洲的城市灾害恢复力的分布具有以中部高值区为轴向东西方向扩散减小的特点,与城市灾害经济维度和技术维度恢复力的空间分布状况相似。珠江三角洲的 51 个区(县)城市灾害管理、技术、社会和经济维度恢复力平均值分别为 0.012、0.061、0.115 和 0.088。

(2)城市灾害恢复力最高值为 0.449,分布在深圳市南山区;肇庆市怀集县是研究区城市灾害恢复力最低的区域,其值为 0.150,仅是深圳市南山区的 33.4%。

(3)2012-2016 年珠江三角洲的城市灾害恢复力呈现上升趋势,仅广州市越秀区和惠州市惠城区分别以 0.006 和 0.002 的速率轻微下降;城市灾害恢复力增加速率最大的区域是珠海市金湾区,为 0.025。

(4)珠江三角洲的高恢复力区和较高恢复力区集中分布在珠江三角洲中轴部位,例如广州市和深圳市;中等恢复力区和较低恢复力区分布较为分散,多位于高恢复力区与低恢复力区之间,可根据自身特点利用高恢复力区的资源与经验来提高城市灾害恢复力;低恢复力区主要位于珠江三角洲东部和西部的边缘区域,包括江门市、肇庆市和惠州市,需要将社会、技术和经济等维度融合到各类城市规划中以实现综合发展,以期具有较高的城市灾害恢复力。

本研究由于数据可获取性的限制,仅选择了 8 个影响城市灾害恢复力的指标,虽然有一定的局限性,但是其结果可以反映研究区域城市灾害恢复力基本状况以及短期变化特征。在灾害管理方面,我国暂时缺少区(县)的关于灾后区域、家庭和个人的经济、人力、资源等方面的具体统计与描述,对指标的选取造成一定的阻碍。另外,灾害相关知识普及情况尚未明确,也缺少正式的统计资料,难以评估公众个体对城市灾害恢复力的影响方式及程度。因此,我国在灾害基础工作方面仍然需要大量的统计工作,以满足对城市灾

害恢复力评价工作的需要。

参考文献:

- [1] David E Bloom, Tarun Khanna. The urban revolution [J]. Finance&Development, 2007, 44(3): 9-14.
- [2] Hobor G. New Orleans' remarkably (Un)predictable recovery[J]. American Behavioral Scientist, 2015, 59(10): 1214-1230.
- [3] Bozza A, D Asprone, F Fabbrocino. Urban resilience: A civil engineering perspective[J]. Sustainability, 2017, 9(1): 103-119.
- [4] Koren D, V Kilar, K Rus. Proposal for holistic assessment of urban system resilience to natural disasters[J]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, 245: 62-73.
- [5] Irwin S, A Schardong, S Simonovic, et al. ResilSIM—A decision support tool for estimating resilience of urban systems[J]. Water, 2016, 8(9): 377-401.
- [6] ZHANG X, LI H. Urban resilience and urban sustainability: What we know and what do not know? [J]. Cities, 2018, 72: 141-148.
- [7] 唐桂娟. 城市灾害恢复力指标体系的构建与综合评价[J]. 广州大学学报(社会科学版), 2017, 16(2): 31-37.
- [8] GUO Y. Urban resilience in post-disaster reconstruction: Towards a resilient development in Sichuan, China[J]. International Journal of Disaster Risk Science, 2012, 3(1): 45-55.
- [9] Cutter S L, L Barnes, M Berry, et al. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters [J]. Global Environmental Change, 2008, 18(4): 598-606.
- [10] CHUN H, CHI S, HWANG B. A spatial disaster assessment model of social resilience based on geographically weighted regression[J]. Sustainability, 2017, 9(12): 2222-2237.
- [11] Norris F H, S P Stevens, B Pfefferbaum, et al. Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness[J]. Am J Community Psychol, 2008, 41(1/2): 127-177.
- [12] QIN W, LIN A, FANG J, et al. Spatial and temporal evolution of community resilience to natural hazards in the coastal areas of China[J]. Natural Hazards, 2017, 89(1): 331-349.
- [13] HOU J, LV J, CHEN X, et al. China's regional social vulnerability to geological disasters: evaluation and spatial characteristics analysis[J]. Natural Hazards, 2015, 84(S1): 97-111.
- [14] Siebeneck L, S Arlikatti, S A Andrew. Using provincial baseline indicators to model geographic variations of disaster resilience in Thailand[J]. Natural Hazards, 2015, 79(2): 955-975.
- [15] Alshehri S A, Y Rezgui, LI H. Disaster community resilience assessment method: a consensus-based Delphi and AHP approach [J]. Natural Hazards, 2015, 78(1): 395-416.
- [16] Cutter S L, J T Mitchell, M S Scott. Revealing the vulnerability of people and places: A case study of Georgetown County, South Carolina[J]. Annals of the Association of American Geographers, 2000, 90(4): 713-737.
- [17] 张正涛, 李宁, 冯介玲, 等. 从重建资金与效率角度定量评估灾后经济恢复力的变化——以武汉市“2016. 07. 06”暴雨洪涝灾害为例[J]. 灾害学, 2018, 33(4): 211-216.
- [18] 何树红, 邹丽华. 巨灾风险经济损失研究方法综述[J]. 灾害学, 2017, 32(3): 120-124.

Urban Disaster Resilience Assessment in the Pearl River Delta

LI Hongwei^{1,2}, XU Yongliang³, XU Erqi¹ and ZHANG Hongqi¹

(1. *Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China*; 2. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*; 3. *Beijing Urban Construction Exploration&Surveying Design research Institute CO. , LTD. , Beijing 100101, China*)

Abstract: This paper constructed an evaluation index system from the four dimensions of economy, society, management and technology, and used principal component analysis to calculate the index weight, and then evaluated and zoned urban disaster resilience in the Pearl River Delta. The results show that: (1) In 2016, the distribution of urban disaster resilience in the Pearl River Delta has the characteristics of taking the high value area in the central region as the axis and spreading to the East and west, which is similar to the spatial distribution of resilience assessment results in the economic and technological dimensions of urban disasters. The highest value of urban disaster resilience is 0.449, which is distributed in Nanshan of Shenzhen, and the lowest value is only 33.4% of the former, which is located in Huaiji of Zhaoqing. (2) From 2012 to 2016, the urban disaster resilience of the Pearl River Delta showed an upward trend. Only Yuxiu of Guangzhou and Huicheng of Huizhou decreased slightly at the rates of 0.006 and 0.002, respectively. (3) High resilience zones and second high resilience zones are concentrated in the central axis of the Pearl River Delta, such as Guangzhou and Shenzhen; medium resilience zones and second low resilience zones are scattered, mostly between high resilience zones and low resilience zones; low resilience zones are mainly located in the eastern and western edge areas of the Pearl River Delta, including Jiangmen, Zhaoqing and Huizhou. Based on this, the paper puts forward the suggestions of optimizing the regional layout of the Pearl River Delta to enhance urban disaster resilience, which can provide ideas for formulating disaster prevention and disaster relief policies and measures in the Pearl River Delta.

Key words: urban; disaster resilience; partitions; principal component analysis; Pearl River Delta region