

气候变化背景下城市灾害韧性结构特征研究

赵圆月

华南农业大学公共管理学院, 广东 广州

收稿日期: 2026年8月13日; 录用日期: 2026年9月21日; 发布日期: 2026年9月29日

摘要

气候变化背景下, 极端天气事件频发使城市面临的灾害风险日趋复杂, 提升城市灾害韧性成为增强城市安全治理能力的重要途径。本文以广东省21个地级市为研究对象, 从一般韧性与灾害调适韧性两个维度构建城市灾害韧性评价体系, 运用探索性因子分析识别城市灾害韧性的内部结构及其差异。研究发现: 一般韧性构成城市灾害韧性的基础支撑, 灾害调适韧性发挥风险防控与调节保障作用; 经济与数字化发展水平是影响城市灾害韧性的主要因素; 不同城市在韧性形成路径上存在明显差异, 经济发展基础较强的城市主要依托经济与数字化能力形成韧性优势, 部分经济基础相对薄弱的城市则更多依赖资源禀赋、基础设施和治理能力形成支撑。研究结果表明, 城市灾害韧性建设应从单一灾害防御转向经济、社会、生态、基础设施与治理能力综合提升, 并结合城市发展基础实施差异化韧性建设策略。

关键词

气候变化, 韧性建设, 城市灾害韧性

Study on the Structural Characteristics of Urban Disaster Resilience in the Context of Climate Change

Yuanyue Zhao

School of Public Administration, South China Agricultural University, Guangzhou Guangdong

Received: August 13, 2026; accepted: September 21, 2026; published: September 29, 2026

Abstract

Against the backdrop of climate change, the increasing frequency of extreme weather events has made urban disaster risks increasingly complex, making urban disaster resilience essential for strengthening urban safety governance. Taking 21 prefecture-level cities in Guangdong Province as

the research objects, this study develops an urban disaster resilience evaluation system based on general resilience and disaster-adaptation resilience, and employs exploratory factor analysis to identify its internal structure and differences. The results show that general resilience provides the foundation for urban disaster resilience, while disaster-adaptation resilience plays a supporting role in risk prevention and adjustment. Economic and digital development is the primary factor influencing urban disaster resilience. Cities also exhibit distinct pathways of resilience formation: economically stronger cities mainly rely on economic and digital capabilities, whereas some cities with weaker economic foundations rely more on resource endowments, infrastructure, and governance capacity. These findings suggest that urban disaster resilience should shift from single-hazard defense toward coordinated improvements in economic, social, ecological, infrastructural, and governance capacities, with differentiated strategies tailored to local conditions.

Keywords

Climate Change, Resilience Building, Urban Disaster Resilience

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 问题的提出

近年来,全球气候变化持续加剧,极端天气事件呈现频率增加、强度增强和影响范围扩大的趋势,城市面临的灾害风险日益复杂化。近年来,相继出台《国家适应气候变化战略 2035》¹《“十四五”国家综合防灾减灾规划》²等政策文件将韧性城市建设列为提升城市安全水平的重要方向。

广东省地处我国东南沿海,是气象灾害高发区域,同时也是我国经济发展水平较高、城市化程度较深的地区之一。近年来,随着城市空间扩张和人口高度集聚,区域发展基础、基础设施水平以及公共服务能力差异,使不同城市在灾害应对能力方面呈现明显空间异质性[1]。因此,在气候变化背景下,系统测度广东城市灾害韧性水平,识别不同城市韧性发展的结构特征与差异,对于推动区域灾害治理能力提升和韧性城市建设具有重要意义。基于此,本文以广东省 21 个地级市为研究对象,构建城市灾害韧性评价体系,利用 2019~2024 年城市面板数据分析广东城市灾害韧性的内部结构特征,并进一步探讨不同能力维度对城市灾害韧性的支撑作用,以期气候变化背景下城市安全治理和韧性建设提供经验参考。

2. 理论框架与指标体系

2.1. 理论框架

城市灾害韧性是韧性理论在城市治理领域的重要应用。不同于传统灾害管理模式强调风险预防、工程防护和灾后恢复,城市灾害治理更加关注城市系统面对不确定冲击时维持功能稳定、调整运行模式以及实现持续发展的综合能力。城市是典型的社会-生态复合系统,城市系统内部的主体、要素构成与功能之间具有复杂的相互作用[2]。城市也并非被动承受风险的空间载体,而是由经济、社会、基础设施和治理体系等多要素共同构成的复杂系统,其灾害韧性来源于各子系统之间的相互作用。因此,城市灾害韧性不仅体现为抵御灾害冲击的能力,也体现为灾害发生后的恢复能力和长期适应能力。

¹https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-06/14/content_5695555.htm

²https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-07/22/content_5702154.htm

2.2. 指标体系构建

本文将城市灾害韧性理解为城市在气候变化影响下，依托自组织能力保持基本功能、实现快速恢复并持续升级的能力[3]。根据对城市灾害韧性的内涵理解，城市韧性具有明显的系统性和多维性，其形成交互融合了经济、社会、基础设施、生态、制度、组织等自然与人文要素[4]。因此，本文从城市灾害韧性的形成基础与风险调适能力出发构建指标体系。

借鉴前人构建的城市灾害韧性评价指标体系[5]-[7]，本文从一般韧性和灾害调适韧性两个维度构建城市灾害韧性评价体系。一般韧性主要反映城市自身经济社会系统所形成的基础支撑能力，包括经济发展水平和社会承载能力；灾害调适韧性主要反映城市针对灾害风险进行预防、应对和恢复的能力，包括防灾设施条件、应急财力配置和行政响应能力。在此基础上，本文进一步对候选指标进行相关性检验，并结合指标的信息重复程度进行筛选，最终形成包含 5 个一级指标和 12 项具体指标的城市灾害韧性评价体系(见表 1)，以期从城市发展基础、基础设施保障和治理响应能力等多个层面对广东省城市灾害韧性水平进行综合刻画。

Table 1. Indicator system for urban disaster resilience
表 1. 城市灾害韧性的指标体系

维度	一级指标	二级指标
一般韧性	经济发展水平	人均地区生产总值(元)
		全年全社会用电量(亿千瓦时)
		每万人信息软件业从业人数(人)
	社会承载能力	城市面积(平方公里)
		河流径流量(亿立方米)
		无线网络覆盖率(%)
灾害调适韧性	防灾设施条件	每万人医疗卫生机构床位数(张)
		建成区路网密度(公里/平方公里)
		人均公园绿地面积(平方米)
	应急财力配置	建成区绿化覆盖率(%)
		市政府灾害防治及应急财政投入占比(%)
		政务留言办理天数(天)

3. 研究设计

3.1. 数据来源与处理

本文以广东省 21 个地级市为研究对象，选取 2019~2024 年作为研究时段，构建 21 个地级市 6 年连续面板数据，共形成 126 个城市 - 年份观测值。选择该时段主要基于研究指标的数据可获得性和统计口径一致性，同时保证研究所使用的数据均属于已经结束的完整年度，避免不同年份统计口径变化对比较结果造成影响。相关数据主要来源于各市的统计年鉴、国民经济和社会发展统计公报、财政决算报告、政府网站工作年度报表、以及《中国城市统计年鉴》《广东水资源公报》《广东统计年鉴》《广东建设年鉴》等公开资料。具体资料来源见附录。

在数据处理方面，首先对不同来源的数据进行指标口径和计量单位统一，并对原始数据进行完整性

核查。对于个别年份存在缺失的指标，在缺失程度较低且前后年份数据具有连续性的情况下，采用线性插值方法进行估算填补，并对填补结果进行合理性检验，以避免异常值对后续因子分析结果产生较大影响。对于存在方向差异的指标，在标准化处理前根据指标含义确定其正负属性，其中正向指标数值越高表示城市灾害韧性基础越强，负向指标则相反。

3.2. 探索性因子分析

为降低指标间信息重叠并避免主观赋权偏差，本文采用探索性因子分析法进行客观赋权。探索性因子分析是一种通过提取少数公因子来解释多个观测指标之间相关关系，从而识别指标潜在结构并实现降维的多变量统计方法。首先，基于 2019~2024 年广东省 21 个地级市面板数据，对指标进行标准化处理，然后依据公因子方差提取值筛选指标，最终按照方差贡献率确定各因子权重。根据权重、指标体系及相关数据，本文计算出 2019~2024 年广东城市的一般韧性指数和灾害调适韧性指数。

4. 城市灾害韧性的结构特征分析

4.1. 一般韧性构成城市灾害韧性的基础支撑

本文以 2019~2024 年各城市一般韧性和灾害调适韧性指数均值刻画广东城市灾害韧性的整体结构特征。结果显示(见图 1)，广东城市灾害韧性的形成主要依赖一般韧性支撑，而灾害调适韧性发挥重要保障作用，二者共同构成城市应对风险冲击的能力基础。

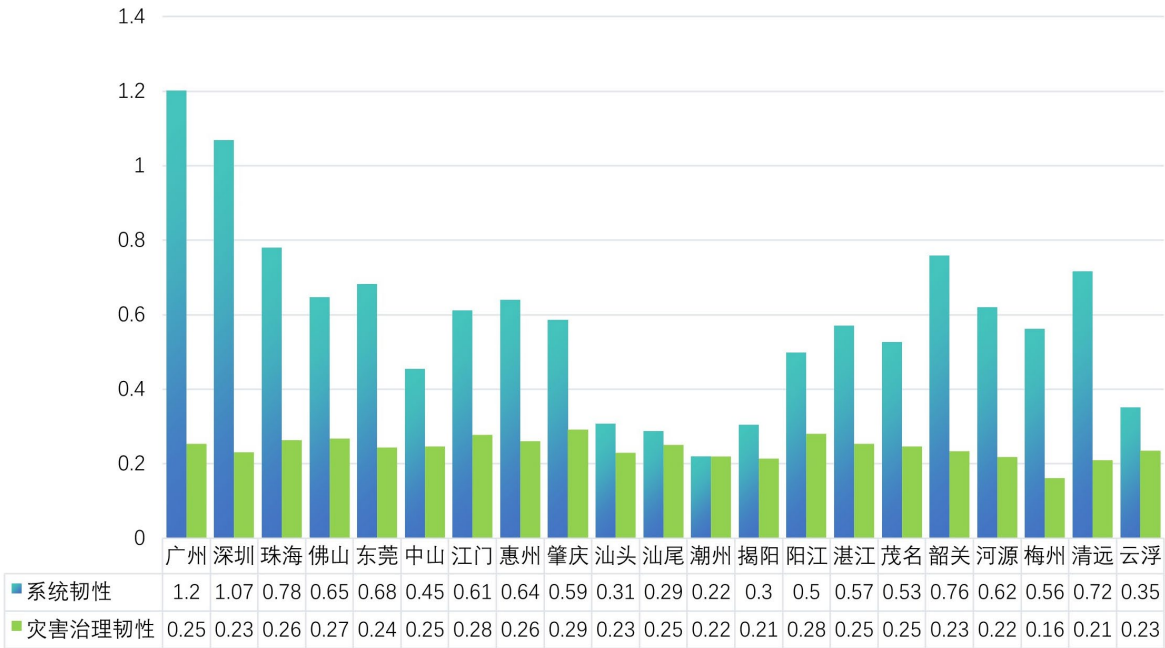


Figure 1. Comparison of general resilience and disaster-adaptive resilience in Guangdong cities
图 1. 广东城市一般韧性与灾害调适韧性比较

从一般韧性来看，不同城市之间存在较为明显的差异。其中，广州和深圳一般韧性分别达到 1.20 和 1.07，明显高于其他城市；珠海、韶关、清远、肇庆等城市也表现出较高水平。这一格局与广东城市经济发展和数字化资源的空间集聚具有较强一致性。广州、深圳等珠三角核心城市具有较强的经济基础、产业集聚和数字基础，其较高的人均经济产出、信息软件业从业规模以及城市综合资源配置能力，使其在

面对外部冲击时拥有更充足的资源调动空间。与之不同，韶关、清远、河源和梅州等城市的一般韧性并非主要来源于经济与数字化发展，而更多体现为社会承载和资源禀赋优势。这些城市在空间资源、生态资源以及社会公共服务等方面具有一定基础，使其能够形成不同于珠三角核心城市的韧性支撑方式。因此，城市灾害韧性并非简单表现为“经济规模越大、韧性越高”，而是表现出经济能力与资源承载能力共同作用的结构差异。

相比之下，灾害调适韧性在不同城市之间的差距相对较小。其中，肇庆(0.29)、阳江(0.28)、江门(0.28)等城市表现相对较高，而梅州(0.16)略低于其他城市。这说明近年来城市防灾设施、生态空间建设、应急财政投入以及行政响应能力在不同城市之间形成了相对均衡的基础条件。换言之，广东城市灾害韧性的差异并不主要表现为治理能力的绝对差距，而更多体现为城市经济社会基础条件的差异。

4.2. 经济与数字化发展成为城市灾害韧性的核心驱动

本文对城市灾害韧性的指标体系进行了因子分析，因子分析结果显示，最终提取 5 个公因子，累计解释 12 项指标 81.14%的信息。其中，一般韧性主要由经济与数字化发展因子、社会承载与资源禀赋因子构成，权重分别为 0.342 和 0.277；灾害调适韧性则主要由防灾设施与应急投入、生态空间调节能力以及政府响应与治理效能三个因子构成，权重分别为 0.140、0.123 和 0.118。

经济与数字化发展因子权重最高，说明城市灾害韧性首先取决于城市自身形成的资源动员和技术支撑能力。深圳、广州和珠海在该因子上的得分分别达到 1.041、0.938 和 0.677，明显高于多数城市。其背后不仅体现经济发展水平差异，也与珠三角地区产业集聚、信息资源集聚和数字基础设施发展程度有关。数字化发展能够通过信息快速传递、风险监测和资源配置等方式提高城市面对突发风险时的响应效率，因此经济基础和数字能力在城市灾害韧性形成中具有明显的基础性作用。因此，数字技术赋能城市治理能够推动风险感知、协同响应和精准治理能力提升，是韧性城市建设的重要方向[8]。

社会承载与资源禀赋因子则呈现出明显不同的空间特征。从结果来看(见表 2)，韶关、清远、河源、梅州和湛江等城市在该因子上的表现相对突出，其中韶关达到 0.572、清远达到 0.517、河源达到 0.478。这说明部分经济发展水平相对有限的城市能够依托较大的空间承载能力、生态资源以及社会公共服务形成另一种韧性支撑结构。由此来看，城市灾害韧性存在明显的“多路径形成”特征：珠三角核心城市更多依靠经济和数字化资源形成优势，而部分非核心城市则更多依托资源禀赋和社会承载能力形成基础支撑。

防灾设施与应急投入、生态空间调节能力、政府响应与治理效能三个因子相较于系统韧性因素，三个治理类因子的权重整体较低，但仍是城市灾害韧性形成的重要保障。其中，防灾设施与应急投入因子在中山、惠州等城市表现较高，反映出基础设施建设和财政投入能够有效提升城市灾害防御能力。生态空间调节能力因子在阳江、广州和珠海等城市表现较好，说明蓝绿空间建设在缓解灾害影响、增强城市环境适应能力方面发挥积极作用。政府响应与治理效能因子的城市差异相对较小，但肇庆、江门等城市表现较为突出，表明政府治理效率和公共服务响应能力是提升城市灾害恢复能力的重要组成部分。

Table 2. Weighted scores of urban disaster resilience factors in 21 prefecture-level cities of Guangdong province
表 2. 广东省 21 个地级市城市灾害韧性各公因子加权得分

城市	经济与数字化发 展(0.342)	社会承载与资源 禀赋(0.277)	防灾设施与应急 投入(0.140)	生态空间调节能 力(0.123)	政府响应与治理 效能(0.118)
广州	0.938	0.264	0.062	0.116	0.076
深圳	1.041	0.027	0.063	0.077	0.091

续表

珠海	0.677	0.103	0.065	0.116	0.084
佛山	0.535	0.112	0.080	0.099	0.089
东莞	0.606	0.076	0.046	0.106	0.091
中山	0.394	0.061	0.126	0.079	0.042
江门	0.300	0.311	0.089	0.094	0.095
惠州	0.376	0.264	0.106	0.089	0.066
肇庆	0.209	0.377	0.085	0.111	0.095
汕头	0.243	0.065	0.063	0.083	0.084
汕尾	0.140	0.148	0.079	0.080	0.091
潮州	0.173	0.046	0.045	0.074	0.101
揭阳	0.153	0.151	0.032	0.086	0.096
阳江	0.186	0.312	0.073	0.132	0.076
湛江	0.199	0.372	0.065	0.090	0.098
茂名	0.172	0.354	0.059	0.097	0.091
韶关	0.187	0.572	0.068	0.090	0.076
河源	0.142	0.478	0.068	0.073	0.076
梅州	0.140	0.422	0.040	0.095	0.028
清远	0.199	0.517	0.065	0.080	0.065
云浮	0.129	0.222	0.045	0.099	0.091
广州	0.938	0.264	0.062	0.116	0.076

5. 结论与对策建议

本文以广东 21 个地级市为研究对象，基于 2019~2024 年面板数据，从一般韧性和灾害治调适韧性双维度构建评价体系，采用探索性因子分析刻画城市灾害韧性的内部结构特征。研究发现，一般韧性构成城市灾害韧性的基础支撑，灾害调适韧性承担风险防控与调节功能。其中，经济与数字化发展因子是影响城市灾害韧性的主要因素。不同城市在韧性形成路径上存在一定差异，经济发展基础较强的城市主要依托经济与数字化能力形成韧性优势，部分经济基础相对有限的城市则更多通过资源禀赋、基础设施和治理能力形成支撑。

基于上述研究发现，未来广东城市灾害韧性建设应进一步从以下三个方面展开。第一，强化城市发展的内生支撑能力，夯实经济与数字化基础。研究结果表明，经济发展水平、信息技术基础以及资源调配能力能够有效提升城市面对灾害冲击时的适应和恢复能力。因此，应推动数字技术与城市风险治理深度融合，利用大数据、人工智能和物联网等技术提升灾害监测预警、风险识别和应急决策能力，实现由被动应对向主动防控转变。数字政府建设不仅改变了传统公共治理的信息传递方式，也通过数据整合和智能分析提升政府风险识别与资源配置能力[9]，为城市灾害治理提供新的技术支撑。第二，完善灾害治理体系，提高风险防控与应急响应能力。虽然灾害调适韧性在不同城市之间的差异相对较小，但防灾设施、应急投入以及政府响应能力仍是城市灾害韧性的重要组成部分。未来应进一步完善城市基础设施体系，加强防洪排涝、交通保障、生态空间建设等领域的综合治理，充分发挥蓝绿基础设施在缓解极端天

气影响中的生态调节作用。同时，面对极端气候等复合型灾害，应急治理需要强化跨部门合作和全过程风险管理，提高城市系统面对复杂风险的适应能力[10]。第三，实施差异化韧性提升策略，推动区域分类发展。广东不同城市在经济发展水平、资源禀赋和治理能力方面存在明显差异，高韧性城市应进一步发挥示范带动作用，通过技术输出、资源共享和区域合作促进周边城市能力提升；而韧性水平相对较低的城市则应结合自身发展基础，重点补齐基础设施建设、公共服务保障和数字治理能力方面的短板。区域发展差异客观存在，推动区域协调发展需要充分考虑不同地区的发展基础和比较优势，通过分类施策促进不同城市发挥比较优势，逐步弥补发展短板。

参考文献

[1] 胡雨晨, 张梦琳, 毛义华, 等. 基于多灾害的城市韧性评估及应用研究[J]. 城市发展研究, 2024, 31(2): 35-43.

[2] 林陈贞, 郑艳, 孙劭. 气候变化背景下城市韧性测度——以长三角城市应对雨洪风险为例[J]. 上海城市规划, 2023(1): 18-24.

[3] 李纯. 整合减灾与适应的城市气候韧性: 理论演进、分析框架与规划比较[J]. 城市规划学刊, 2026(2): 97-104.

[4] 石龙宇, 郑巧雅, 杨萌, 等. 城市韧性概念、影响因素及其评估研究进展[J]. 生态学报, 2022, 42(14): 6016-6029.

[5] 张明斗, 冯晓青. 长三角城市群内各城市的城市韧性与经济发展水平的协调性对比研究[J]. 城市发展研究, 2019, 26(1): 82-91.

[6] 李亚, 翟国方. 我国城市灾害韧性评估及其提升策略研究[J]. 规划师, 2017, 33(8): 5-11.

[7] 夏方舟, 李宇萌. 京津冀城市群城市韧性水平评估及障碍因子分析[J]. 北京联合大学学报(人文社会科学版), 2024, 22(3): 85-95.

[8] 陈水生. 城市治理数字化转型: 动因、内涵与路径[J]. 理论与改革, 2022(1): 33-46+156.

[9] 黄璜. 中国“数字政府”的政策演变——兼论“数字政府”与“电子政务”的关系[J]. 行政论坛, 2020, 27(3): 47-55.

[10] 钟开斌. 以复合型体制应对城市极端暴雨洪涝灾害[J]. 探索与争鸣, 2022(12): 12-14.

附 录

文件名称	数据来源
各地级市统计年鉴	https://gdzd.stats.gov.cn/dcsj/gdsnsj/201902/t20190201_154503.html
各地级市国民经济和社会发展统计公报	http://www.tjcn.org/tjgb/19gd/index_2.html
各地级市财政决算报告	https://czt.gd.gov.cn/zdlyxxgk/index.html
政府网站工作年度报表	https://www.gd.gov.cn/gdywdt/zwzt/2025ndbb/
中国城市统计年鉴	https://www.tongjinnianjian.com/china-city-statistical-yearbook.html
广东水资源公报	http://www.gdhf.gov.cn/swhfswj/gkmlpt/content/0/927/post_927669.html#1619
广东统计年鉴	https://stats.gd.gov.cn/gdtjn/index.html
广东建设年鉴	https://www.tongjinnianjian.com/guangdong-construction-yearbook.html