

广州市多维度韧性水平测度和空间格局研究

黄育锐, 唐 波*

广州新华学院资源与城乡规划学院, 广东 广州

收稿日期: 2025年9月18日; 录用日期: 2025年12月11日; 发布日期: 2026年1月7日

摘要

韧性城市将城市发展和城市公共安全结合起来, 为城市转型和城市可持续发展研究提供了新的思路。以城市防灾减灾为视角, 从经济韧性、社会韧性、基础设施韧性和生态韧性4个维度构建城市韧性评价体系, 结合熵权法、TOPSIS模型和地理信息系统等方法, 评估广州市城市多维韧性时空水平和格局。研究发现: 1) 广州市各区韧性水平呈现显著空间分异, 天河区综合得分最高, 为高韧性区; 黄埔区、越秀区、南沙区位列较高韧性层级; 增城区、从化区、白云区为中等韧性; 海珠区、花都区、荔湾区、番禺区属较低韧性区。2) 广州市呈现“中心强韧、周边薄弱”和灾害韧性随机分布的特征, 中南部依托经济集聚与政策优势形成韧性高地, 而北部及西部地区受产业结构单一、基础设施老化等因素制约。3) 韧性指标中人口密度、一般工业固体废物综合利用率和建成区绿化覆盖率影响显著。体现“人-资源-环境”是韧性提升的首要任务。

关键词

城市韧性, 防灾减灾, 区域发展, 广州市

Research on Multi-Dimensional Resilience Levels and Spatial Patterns in Guangzhou City

Yurui Huang, Bo Tang*

School of Resources and Urban Planning, Guangzhou Xinhua University, Guangzhou Guangdong

Received: September 18, 2025; accepted: December 11, 2025; published: January 7, 2026

Abstract

Resilient cities integrate urban development with public safety, offering new insights for research

*通讯作者。

on urban transformation and sustainable development. Against the backdrop of accelerating global climate change and urbanization, the risk of compound disasters in cities has become increasingly prominent, posing severe challenges to traditional disaster prevention models. From the perspective of disaster prevention, this study constructs an urban resilience evaluation system encompassing four dimensions: economic resilience, social resilience, infrastructure resilience, and ecological resilience. Utilizing methods such as the Entropy Weight Method, TOPSIS model, and Geographic Information System (GIS), it assesses the spatiotemporal resilience level of Guangzhou City. The research findings are as follows: 1) The resilience levels of Guangzhou's districts exhibit significant spatial variation. Tianhe District has the highest comprehensive score, classified as a high-resilience area; Huangpu District, Yuexiu District, and Nansha District fall into the relatively high-resilience tier; Zengcheng District, Conghua District, and Baiyun District are of medium resilience; Haizhu District, Huadu District, Liwan District, and Panyu District belong to the relatively low-resilience tier. 2) Guangzhou displays a characteristic of "strong resilience in the center, weaker resilience in the periphery", with disaster resilience showing a random distribution pattern. The central-southern region forms a resilience highland, leveraging economic agglomeration and policy advantages, while the northern and western areas are constrained by factors such as a single industrial structure and aging infrastructure. 3) Among the resilience indicators, population density, comprehensive utilization rate of general industrial solid waste, and green coverage rate of built-up areas have significant impacts. This highlights that the "people-resources-environment" nexus is the primary task for enhancing resilience.

Keywords

Urban Resilience, Disaster Prevention and Mitigation, Regional Development, Guangzhou City

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. 引言

当今处在全球化大环境下,城市遭遇的灾害威胁变得极为复杂,全球气候变化引发自然灾害的频率和强度明显增大。在愈加繁杂的灾害形势下,传统的防灾减灾模式难以满足城市可持续发展的需求。在此背景下,韧性城市理念随之产生,并逐渐成为城市防灾减灾领域的研究热点和实践指导思想。韧性城市含义指城市系统在受到外界扰动与破坏的时候,具备持续适应变化与自我调整的能力,能从中有效学习与总结经验,降低损失,维持城市系统的安全运行与良性循环[1]。该理念要求城市在规划、建设和管理过程中充分考虑灾害风险,通过提高城市系统的灵活性、多样性和冗余性,增强城市对灾害的预防力、抵抗力和恢复力[2][3]。

城市韧性源于韧性理念与城市复杂性特征之间的高度契合。不同学科的演进过程里,对城市韧性有着相似的界定[4]。如城市规划学认为城市韧性是由城市经济、社会、制度、生态、基础设施等人文、环境系统组成的高度复杂耦合系统,在应对各种自然和人为灾害等干扰时所展现出的城市系统当前和未来时期的适应、恢复和学习能力,使城市可以在不确定的灾害干扰之下,维持公共安全,社会秩序和经济架构的正常运行[5][6]。灾害学则关注城市系统在社会生态和技术网络层面,应对时空尺度干扰时维持或者快速重建功能,适应变化并且必要时执行系统转型的能力[7],地理学视角重视城市中的个人,社区,机构,企业和系统在应对压力和冲击时务必具备存续和适应能力,而且条件改变时还能灵活转型从而达成可持续发展[8]。各学科对城市韧性的定义存在差别,但也总结出了城市韧性的核心要点[9]。

城市韧性评价是沟通理论与实践的桥梁, 需注重不确定性扰动和自身能力有限性对城市的影响, 还要强调城市格局的完整性和功能运行的持续性。在韧性评价方面, 目前主要集中在基于社会-生态系统(SESs)理论[10]和复杂适应系统(CAS)理论[11]等系统演化理论。这种评估强调城市作为一个系统, 需要从综合的角度去考虑城市中自然、社会、经济、文化等多方面因素的相互关系, 以及它们如何共同影响城市系统应对变化和维持自身稳定与发展的能力。诸多学者尝试构建城市韧性评价指标体系, 洛克菲勒基金会将城市视为一个复杂的系统, 基于系统论来对城市韧性从城市健康与福祉(人)、经济与社会(组织)、基础设施与环境(地方)、领导力与战略(知识)四个维度进行韧性评估[11]; Joerin 将城市社区作为研究对象, 从基础设施、社会、经济、机构、自然 5 个维度构建城市社区韧性评价指标体系[12]; 曾冰从气候变化与灾害风险视角切入, 从鲁棒性、风险脆弱性、内在稳定性、等七个层面相应的综合指标体系[13]。林琳等借助 BRIC 测量模型, 从自然环境、建成环境、社会、经济和制度 5 个维度择取 23 个指标对广州市应对公共健康风险的社区进行韧性评价[14]; 郭羽羽等借助正态云模型综合考虑了城市安全韧性内涵及扰动力、吸收/适应力和恢复力等特征建立城市安全韧性评估指标体系[15]。目前主要的城市韧性评价方法有综合指标、遥感模型、韧性网络、韧性成熟度模型等[16]。综合指标评价法主要利用综合加权求和、熵权系数[17]、AHP [18]等确定指标权重, 利用 TOPSIS、正态云模型进而综合评价城市韧性程度。遥感模型评估利用遥感技术获取的栅格数据, 结合物理模型与社会经济模型, 对城市韧性进行量化分析, 重点研究城市韧性的空间差异性及其随时间和空间的演变特征[19]。韧性网络评估侧重于通过城市的网络效率、多样性和连通性来衡量城市的韧性能力[20]。韧性成熟度模型指城市韧性的发展经历了五个递进的阶段, 从城市刚开始构建韧性体系, 逐步发展至达到高水平的韧性能力, 每个阶段都对应着特定的策略[21]。

综上可见, 国内外在概念内涵、理论框架、评价方法等方面对城市韧性做了大量工作积累。在指标体系方面进行多学科交叉与融合, 开始突破“内部的风险”的束缚, 逐渐开始向自然、社会、经济和生态等外延因素拓展。随着多学科融合, 城市韧性理论框架难以达成共识; 且城市的构成要素、功能关联结构、区域内外部环境的快速变化与不确定性, 增加了城市韧性评价过程的复杂性。本文以防灾视角, 选取社会韧性、经济韧性、基础设施韧性、生态环境韧性 4 个层面, 20 个指标构建城市韧性评价体系, 使用 TOPSIS 模型评估广州韧性水平, 分析广州市各区韧性水平差异性并提出相对应策。以期为广州市各级政府部门全面了解广州市在城市韧性方面的现状, 以及提升城市韧性的措施, 为制定更加具体的防灾减灾政策给予决策支撑, 也为其他城市防灾减灾工作提供科学指导。

2. 研究方法与数据来源

(一) 评价体系构建

参考国内外文献研究、专家咨询和案例研究的成果[22]-[26], 通过筛选关键指标、构建多维度框架、确定指标属性, 建立广州市韧性评价指标体系, 如表 1 所示。

1) 经济韧性指的是衡量一个社区的经济多样性, 以及总体就业、企业数量和灾难后的运作能力[27]。选取 5 个指标进行经济韧性评价, 具体如下: A1 单位 GDP 能耗体现城市经济集约化水准和生态可持续性能力, 低能耗利于推进产业结构升级, 减轻资源依赖和环境压力, 提升经济体系的稳定性和阻挡外部冲击的能力; A2 人均 GDP 表现城市的经济发展水平, 较高的人均 GDP 往往伴随着完备的公共服务, 基础设施投资和技术改进能力, 从而为应对灾害给予足够的财政支持和社会资源储备; A3 人均社会消费品零售总额表现城市的商业活力和居民的消费能力, 对于城市来说, 较大的消费规模利于提升第三产业的昌盛, 增多就业机会并提升税收增长, 提升经济内循环的弹性; A4 第三产业在 GDP 中的比重体现出城市产业结构的改良水平和产业防御风险的能力, 较高的第三产业比重促使知识密集型和服务型经济占据

领衔地位, 削减对资源密集型产业的依靠, 提升经济在波动时的稳定性和适应性; A5 对外出口额显示出对出口市场的依赖程度, 高额的出口额有益于产业发展和就业机会的增多。

Table 1. Comprehensive resilience evaluation index system for Guangzhou**表 1. 广州市综合韧性评价指标体系**

目标层	准则层	指标层	指标属性
城市综合 韧性评价	A 经济韧性	A1 单位 GDP 能耗(t/万元)	-
		A2 人均 GDP/(万元/人)	+
	A 经济韧性	A3 人均社会消费零售总额(万元/人)	+
		A4 第三产业占 GDP 比重/(%)	+
		A5 对外出口额(亿元)	+
	B 社会韧性	B1 人口密度/(人/km ²)	-
		B2 城市失业人员就业率(%)	+
		B3 社会保障占财政支出比重/(%)	+
		B4 公共安全占财政支出比重/(%)	+
		B5 每万在校大学生数/人	+
	C 基础设施韧性	C1 人均日生活用水量(L)	-
		C2 建成区排水管道密度/(km/km ²)	+
		C3 人均城市道路面积(m ² /人)	+
		C4 每万人拥有的病床数/(张)	+
		C5 每万人拥有公共汽车量/(台)	+
	D 生态韧性	D1 工业废水排放强度(T/万元)	-
		D2 一般工业固体废物综合利用率/(%)	+
		D3 空气质量达标天数比率/(%)	+
		D4 建成区绿化覆盖率/(%)	+
		D5 人均公园绿地面积/(m ² /人)	+

2) 社会弹性指的是人口统计学上的优势。一个社区的档案, 包括性别、年龄、种族、残疾、社会经济地位和其他关键群体, 以及社区的社会资本。社会资本虽然难以量化, 但它指的是一种社区意识, 一群公民的适应能力, 以及对一个地方的依恋感[28]。选取 5 个指标进行社会韧性评价, 具体如下: B1 人口密度体现城市空间资源承载能力, 人口密度高的地区要应对灾害发生时人员疏散困难, 防灾资源不足, 次生灾害连锁反应风险大等难题; B2 城市失业人员的就业情况体现城市的社会保障水平, 较高的失业再业率有益于维持社会稳定并保障居民生计的可持续性, 从而减轻由失业造成的贫困加剧和社会矛盾; B3 社会保障在财政支出中的比例体现城市的社会保障水平, 完备的社会保障体系能够保障受灾群众的基本生活, 缩减次生社会风险; B4 公共安全在财政支出中的占比表现出风险防控投入情况和应急管理能力, 高占比表明政府侧重于把资源向灾害预防和危机应对上投放; B5 每万人口中的在校大学生数量显示出城市科教资源的集中程度和改进人才的储备状况, 较大的数值会带动科技提升并激发知识经济的活力, 依

靠科研力量来加强灾害提示技术开发, 给予应急管理智囊团以支撑。

3) 基础设施弹性是指包括财产、建筑物和运输系统在内的已建成结构的脆弱性。它还涉及庇护能力、卫生保健设施、建筑物对危险的脆弱性、关键基础设施、道路疏散和灾后补给线的可用性。基础设施复原力也指社区的反应和恢复能力[29]。选取 5 个指标进行基础设施韧性评价, 具体如下: C1 人均日生活用水量体现出城市水资源利用效率情况, 用水量高容易造成供水系统负荷过大, 节水技术发展缓慢等现象, 加重水资源短缺的风险; C2 建成区排水管道密度表现出城市排水基础设施构建水平和内涝防治能力, 密度大有益于雨水迅速排除, 削减内涝出现的次数和经济损失, 并且减轻面源污染对水环境的损害; C3 人均道路面积体现交通基础设施供应水平, 合适的人均道路面积可以保证灾害发生时人员疏散和救援通道顺畅; C4 指标中每万人具备的病床数量体现出城市医疗卫生资源供应情况以及公共卫生基本能力, 病床数量越多, 越有利于日常居民健康保护, 有效应对公共卫生突发事件, 提高灾时救助伤员的效率; C5 指标中每万人具备的公共汽车数量体现城市公共交通运力, 充裕的公共汽车资源, 充当灾时应急疏散和物资运输的机动力量。

4) 生态系统在经历扰动或压力时, 能够吸收变化、重组自身结构, 同时保持核心功能、反馈机制和身份特征的能力[30]。选取 5 个指标进行生态韧性评价, 具体如下: D1 工业废水排放强度表明城市工业绿色转型水平和污染防控效能, 排放强度低可减轻灾害带来的次生环境风险; D2 一般工业固体废弃物综合利用率表现城市资源循环利用水平和污染防控能力, 综合利用率高则彰显工业生态化转型成绩, 减轻灾害产生的次生污染源; D3 空气质量达标天数比例表现城市环境治理能力, 达标率高的地区可减轻灾害发生时空气污染加重造成的次生健康危害。D4 建成区绿化覆盖率体现城市生态空间营造水准与自然调节功能, 完备的绿地体系可作为天然缓冲区域供应灾时应急避难与物资集散场所, 而且可以借助植被固土截水削减滑坡, 减少内涝发生的危险; D5 人均公园绿地面积表现生态空间均匀分布状况, 城市足够的公园绿地可成为灾时应急避难的安全地带, 减轻次生灾害的影响。

(二) 熵权法

熵权法根据指标变异性的大小来确定客观权重, 若某个指标的信息熵越小, 表明该指标的变异程度越大, 提供的信息量越多, 在综合评价中所能起到的作用也越大, 其权重也就越大, 反之则越小[31]。

(三) TOPSIS 模型

TOPSIS 法凭借构建多维评价空间中的理想最佳解来完成方案择优。它的技术执行过程涉及 3 个主要部分, 先依照决策目的选出重要的量化指标, 再组建特征向量组, 然后利用正负理想解规定各个维度的标准参照范围, 最后根据欧式距离测量模型算出待评价对象和优良解决方案之间的接近程度, 这显示出系统状况向理想目标靠近的水平[31]。

(四) 全局莫兰指数

全局莫兰指数通过比较邻近区域的观测值与整体均值的协变关系[32]。若指数显著大于期望值(通常为负值), 表明相似值在空间上聚集(正相关); 若显著小于期望值, 则相异值相邻(负相关); 接近期望值则说明分布无显著模式(随机性)。全局莫兰指数基于各区灾害韧性综合得分, 构建邻接空间权重矩阵(若两区地理相邻则赋值为 1, 否则为 0), 并通过行标准化处理消除量纲差异分析广州市各区灾害韧性水平的空间自相关性, 以揭示其空间分布模式。

(五) 数据来源

2023 年广州市各区国民经济和社会发展统计 2023 年广州市各区行政部门统计公报整合《广州市统计年鉴》(2023 年)及各行政区国民经济与社会发展统计公报数据, 利用 Excel 的“数据筛选”与“条件格式”功能识别异常值, 并通过“外延法”或“均值插补”修正缺失值。

3. 结果分析

(一) 韧性指标权重分析

通过熵权-TOPSIS 模型计算, B1 人口密度(0.0523)和 D4 建成区绿化覆盖率(0.0522)这两个指标在城市防灾韧性评价体系中的权重最大, 它们的突出贡献主要源于这样一些因素: 人口密度具有两面性, 它的权重较大体现出人口密度对防灾韧性有着复杂的影响, 一方面, 人口过分集中会加重灾害发生时疏散的困难和资源分配方面的紧张状况, 譬如老旧小区的道路和消防通道被堵住。另一方面, 人口密度大的地区往往设置比较完善的应急设备, 是消防队分布点较多, 社区管理水平较高, 而且居民之间联系密切有帮助于增强应对灾害的速度。绿色空间方面, 绿色植被发挥着缓冲作用, 绿地能够储存雨水, 阻止火势扩散, 成为临时避难所等多重角度优化阻挡灾害的能力。A5 对外出口额(0.0431)和 C4 每万人持有病床数(0.0410), 这两者是城市防灾韧性权重最小的两个指标, 出口依存度地域差别变小, 广州依靠“双循环”策略(刺激国内需求 + 产业供应链备份), 削减了单个对外贸易指标的敏感度; 广州近年来致力于创建“医联体”, 凭借分级诊疗和跨地区合作缩短了不同地区之间医疗资源的距离, 致使“每万人病床数”指标区分度有限。

(二) 广州市韧性水平评价

如图 1 所示: 天河区灾害韧性评价得分最高, 番禺区得分最低。天河区(综合得分 0.524)。在经济韧性中, 天河区人均 GDP、人均社会消费零售总额和第三产业占比均位列全市前三, 体现雄厚的经济实力和强劲的居民消费能力。强大的经济基础筑牢抗灾防线, 支撑灾时经济供应, 快速复苏灾后经济。在社会韧性方面, 城市失业人员就业率相对较低, 社会保障和公共安全投入占财政支出的比重也相对较小, 进而影响了整体的社会韧性排名。基础设施韧性中, 天河区综合评分第一, 其核心竞争力体现在建成区排水管道密度和每万人拥有的病床数。完善的排水系统, 在洪涝和暴雨期间能够高效排水, 显著应对自然灾害。充足的医疗设施则有效避免了医疗资源的紧张, 确保了在紧急情况下能够提供及时的医疗服务。番禺区(综合得分 0.332), 在经济韧性方面, 番禺区经济产业结构单一化与创新动能较为不足。防灾基建投入不足, 老旧管网改造滞后, 叠加应急资源储备缺口, 直接削弱防灾能力。如 2024 年强降雨期间石楼镇等区域内涝频发, 老旧社区疏散效率较城区低 30%。在社会韧性方面, 番禺区医疗资源紧缺对防灾构成系统性威胁, 偏远镇街基层医疗机构救治能力薄弱, 医疗资源分布不均。但在生态韧性方面, 番禺区的一般工业固体废物综合利用率保持在较高水平, 2023 年达到 99.3%, 这表明其在资源循环利用和减少环境压力方面取得了显著成效, 为区域的可持续发展和灾害管理提供了有力支持。

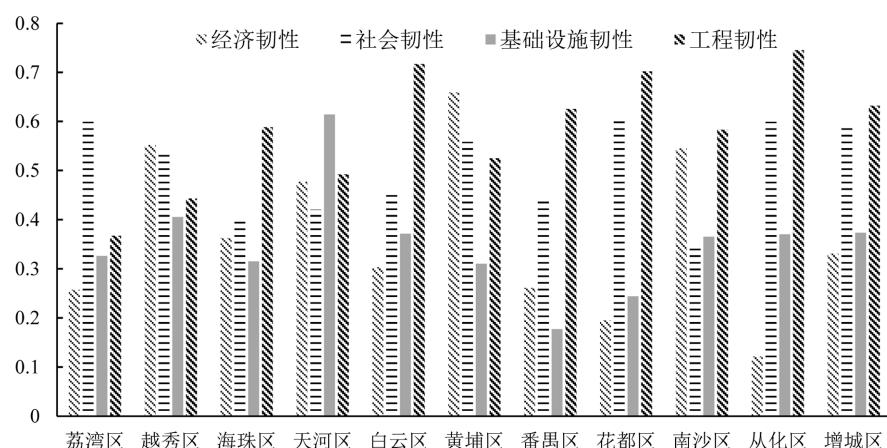


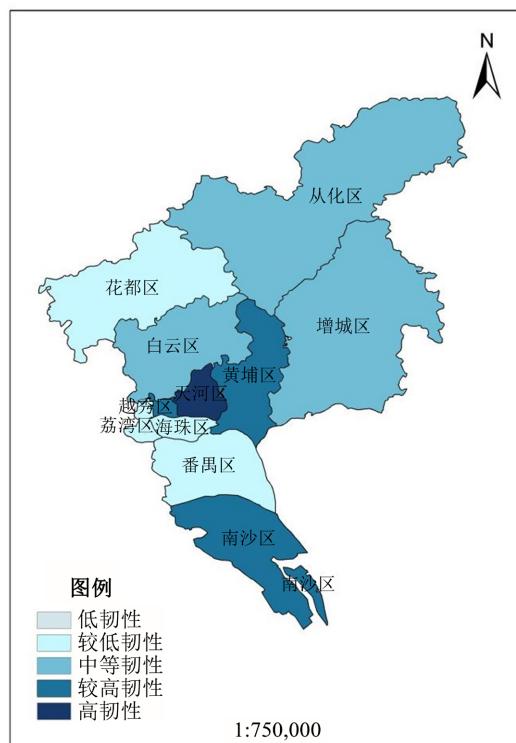
Figure 1. Resilience of various dimensions in Guangzhou City

图 1. 广州市各维度韧性水平图

(三) 广州市城市韧性空间格局

1) 综合韧性

采用标准差分类方法进行分类。对韧性指数进行分级：分别是低韧性、较低韧性、中等韧性、较高韧性和高韧性。如图 2 所示：广州市各区韧性等级空间分异显著：高韧性区(天河区)与较高韧性区(黄埔区、越秀区、南沙区)集中在广州市中部及南部，依托数字经济和高新技术产业集群、政策红利(发展扶持南沙自贸区)及地理优势(港口、生态基底)，形成“经济 - 技术 - 治理”协同高地；中等韧性区(白云区、从化区、增城区)分布于广州市北部，受到单一产业结构的限制，产业转型速度缓慢，城市和乡村之间资源分配不均衡；较低韧性区(花都区、海珠区、荔湾区、番禺区)处于广州市西部及过渡带，因过度依赖传统企业(汽车制造、商业贸易)、基础设施老化及人口密度过高，加剧内涝与增大应急资源短缺风险。这一格局折射出“核心虹吸 - 边缘塌陷”的发展矛盾，中南部通过资源集聚强化防灾能力，而外围区域受制于历史负担、资源分配不均与生态环境约束削弱防灾能力。



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为 GS (2019)4342 号的标准地图制作，底图无修改。

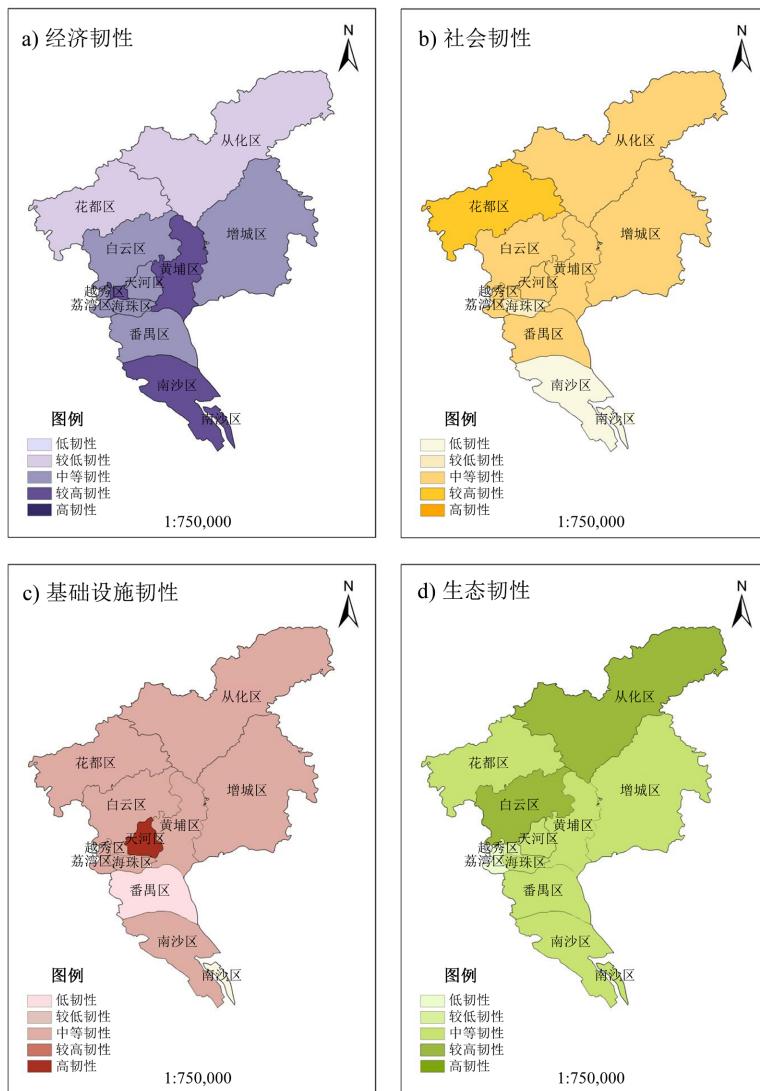
Figure 2. Spatial distribution of comprehensive resilience in Guangzhou
图 2. 广州市综合韧性空间分布图

2) 经济韧性

如图 3 所示：广州市经济韧性空间分布呈现“中心高、外围低”的显著特征。高韧性地带聚集在受政策倾斜的主要发展地区(黄埔区、越秀区和凭借自贸区极速成长的南沙区)；中间韧性区域呈环形散布在市中心及其周边，涉及白云区、天河区、海珠区、荔湾区、番禺区和增城区，其经济构造以服务业和传统制造业为主，防范风险的能力比较平均；处在边缘的从化区、花都区由于地理位置偏远，产业结构单调，导致韧性水准较低。总体格局表明政策资源配置对经济动向的作用，经济实力增强韧性的重要意义。

3) 社会韧性

较高韧性区域仅有花都区，受益于均衡的人口结构、较高失业人群复业率及教育资源优势；中等韧性区域位于中心城区(越秀区, 天河区, 荔湾区, 黄埔区), 近郊区(白云区, 番禺区)和远郊区(增城区, 从化区), 前者凭借完备的医疗保障, 较高的社会保障投入和公共安全支出, 但部分区域由于人口密度超标和社会资源分配不均衡等因素制约社会韧性发展; 海珠区因为人口过度集中带来的压力, 公共资源短缺而成为低韧性区域, 南沙区作为低韧性地区, 在城市化进程中出现公共服务设施发展之后, 社会保障覆盖面不足等现象。整体格局反映社会资源配置与政策执行效果显著影响社会韧性发展格局。



注: 该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为 GS(2019)4342 号的标准地图制作, 底图无修改。

Figure 3. Spatial distribution of resilience in various dimensions of Guangzhou City
图 3. 广州市各维度韧性空间分布图

4) 基础设施韧性

广州市基础设施韧性呈“单极强、外围薄弱”格局。天河区凭借高密度交通网络与高标准市政设施

居高韧性区域; 中等韧性区域覆盖荔湾、越秀等传统城区及南沙等郊区, 前者面临着老旧设施更新滞后问题, 后者面临着新建区域配套不足问题; 番禺区因医疗设施差与城乡建设差异大, 成为唯一低韧性区域。

5) 生态韧性

广州市生态韧性空间分布呈现“外围高、中心低”格局: 东北部白云区依托白云山生态屏障, 从化区凭借山林资源与低开发强度成为较高韧性区域; 天河区、花都区、黄埔区、海珠区、南沙区、番禺区、增城区通过城市绿地、生态修复与建设滨海湿地措施维持中等韧性水平; 中心城区的越秀区因绿地碎片化与热岛效应、荔湾区因历史污染与生态空间匮乏, 使得处在低生态韧性区域。

(四) 韧性空间集聚特征

通过对广州市 11 个区的城市灾害韧性指数的空间自相关分析发现: Moran's I 指数计算结果是 -0.02771 , z 值得分 0.36952 处于临界值 $-1.65 \sim 1.65$, 表明广州市各区灾害韧性指数存在微妙负相关空间关系, 且各区灾害韧性指数在空间分布上存在随机分布。广州属于超大型城市, 韧性评价指标多样, 加上区域内经济发展和基础设施差异较大, 使得多维度韧性评价空间集聚不明显; 同时韧性评价体系会被多种主体以非线性的形式相互作用, 政府、企业和民众三个方面的合作配合存在比较明显的不协调。政府着重用统一规划推动大型防灾工程, 缺少考虑民众意见, 企业着重削减成本, 大多只是达到最低防灾标准, 部分甚至绕开政策形成单独应急系统, 变成和政府规划一同的“隐蔽防线”, 居民靠生活经验自行采取防护办法, 不过这些做法常常因为没有规范指引而和官方体系发生矛盾, 三方目的和行动逻辑不协调, 资源反复投入, 信息传递中断, 应急反应效果下降等情况就体现出来。广州各个区的灾害抵抗能力指标在空间分布上规律性不明显, 这样加大了全域防灾减灾规划的实施难度。

4. 结论和建议

(一) 结论

1) 指标权重差异较大, 人口密度、一般工业固体废物综合利用率和建成区绿化覆盖率权重排名前三, 表明广州城市灾害韧性建设受人口压力调控、资源利用效能和生态环境稳定性的显著影响, 揭示综合优化“人 - 资源 - 环境”是韧性提升的首要任务。

2) 天河区韧性得分最高, 表明其在综合防灾方面具有显著优势; 番禺区得分最低, 表明其在多个维度上存在明显短板。综合评价结果显示, 天河区位于高韧性层级; 黄埔区、越秀区和南沙区位于较高韧性层级; 增城区、从化区和白云区位列中等韧性层级; 海珠区、花都区、荔湾区和番禺区位列较低韧性层级。

3) 空间格局差异广州市空间格局差异呈现“核心虹吸 - 边缘塌陷”特征: 高韧性区(天河区)与较高韧性区(黄埔区、越秀区)分布在广州市中南部, 北部中等韧性区(白云区、从化区、增城区)延展, 西部及过渡带较低韧性区(花都区、海珠区、荔湾区、番禺区)分布, 形成“中部强韧、周边薄弱”的分异模式。且各区综合韧性指数在空间分布上存在随机分布, 揭示区域灾害和应急协调治理的难度。

(二) 建议

1) 提高区域综合经济实力, 缩小不同地区的发展差异。在确保天河区、黄埔区和南沙区经济持续增长的同时, 应强化高韧性区对周边区域的资源与技术支持。政府需进一步向周边区域实施政策倾斜, 因地制宜地发挥区域特色优势, 优化产业结构, 推动区域经济协调发展。

2) 完善社会保障体系, 公平便民。区政府针对地区存在问题, 优化社会保障体系, 确保每个市民都能公平享有社会福利保障。如天河区、越秀区、海珠区和天河区多方位提供失业人群再就业的机会, 帮助重新融入劳动力市场; 黄埔区和南沙区加大社会保障财政支出, 提升社会韧性水平。市政府全局进行政策设定, 推动全市社会保障体系的均衡发展。

3) 加强防灾基础设施系统的建设与升级。政府制定区域差异化策略, 推动全市防灾减灾能力的均衡发展。针对广州郊区花都区、增城区、从化区, 全方位完善交通系统、公交运力投入和强化医疗设施建设等措施, 全面提升防灾韧性建设; 加快更新越秀区、海珠区、荔湾区等老市区的基础设施更新改造。

4) 加强生态保护与环境建设。对广州市各处自然保护区、河流湖泊和草原湿地等重要生态资源实施强制性的生态保护策略。荔湾区、越秀区和黄埔区则将河流绿化、道路绿化、公园绿化和防护林建设等与城市绿化建设、城市绿色廊道建设相结合, 提高建成区的绿化覆盖率。

基金项目

广东省哲学社会科学规划项目(GD24XGL035), 广东省普通高校特色创新类项目(2024KTSCX126), 广州新华学院教学改革项目(2023KCJ001)。

参考文献

- [1] 方东平, 李在上, 李楠, 等. 城市韧性——基于“三度空间下系统的系统”的思考[J]. 土木工程学报, 2017, 50(7): 1-7.
- [2] 张明斗, 冯晓青. 中国城市韧性度综合评价[J]. 城市问题, 2018(10): 27-36.
- [3] 廖茂林, 苏杨, 李菲菲. 韧性系统框架下的城市社区建设[J]. 中国行政管理, 2018(4): 57-62.
- [4] 邵亦文, 徐江. 城市韧性: 基于国际文献综述的概念解析[J]. 国际城市规划, 2015, 30(2): 48-54.
- [5] 李彤玥. 韧性城市研究新进展[J]. 国际城市规划, 2017, 32(5): 15-25.
- [6] UN-Habitat (1996) An Urbanizing World: Global Report on Human Settlements. Oxford University Press.
- [7] Jha, A.K., Miner, T.W. and Stanton-Geddes, Z. (2013) Building Urban Resilience: Principles, Tools, and Practice. The World Bank.
- [8] Meerow, S., Newell, J.P. and Stults, M. (2016) Defining Urban Resilience: A Review. *Landscape and Urban Planning*, **147**, 38-49. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>
- [9] 孙阳, 张落成, 姚士谋. 基于社会生态系统视角的长三角地级城市韧性度评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(8): 151-158.
- [10] Folke, C. (2006) Resilience: The Emergence of a Perspective for Social-Ecological Systems Analyses. *Global Environmental Change*, **16**, 253-267. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002>
- [11] Holland, J.H. (2006) Studying Complex Adaptive Systems. *Journal of Systems Science and Complexity*, **19**, 1-8. <https://doi.org/10.1007/s11424-006-0001-z>
- [12] Joerin, J., Shaw, R., Takeuchi, Y. and Krishnamurthy, R. (2012) Action-Oriented Resilience Assessment of Communities in Chennai, India. *Environmental Hazards*, **11**, 226-241. <https://doi.org/10.1080/17477891.2012.689248>
- [13] 曾冰. 区域经济韧性内涵辨析与指标体系构建[J]. 区域金融研究, 2020(7): 74-78.
- [14] 杨莹, 林琳, 钟志平, 等. 基于应对公共健康危害的广州社区恢复力评价及空间分异[J]. 地理学报, 2019, 74(2): 266-284.
- [15] 郭羽羽, 罗福周, 钟兴润. 基于熵权-正态云模型的城市安全韧性评估研究[J]. 灾害学, 2021, 36(4): 168-174.
- [16] 方创琳, 王岩. 中国城市脆弱性的综合测度与空间分异特征[J]. 地理学报, 2015, 70(2): 234-247.
- [17] 张振, 张以晨, 张继权, 等. 基于熵权法和 TOPSIS 模型的城市韧性评估——以长春市为例[J]. 灾害学, 2023, 38(1): 213-219.
- [18] 郭元鹏. 基于 AHP-熵值法的城市雨洪灾害韧性综合评价[J]. 城市建筑, 2023, 20(10): 157-161.
- [19] 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.
- [20] 彭翀, 林樱子, 顾朝林. 长江中游城市网络结构韧性评估及其优化策略[J]. 地理研究, 2018, 37(6): 1193-1207.
- [21] Sherrieb, K., Norris, F.H. and Galea, S. (2010) Measuring Capacities for Community Resilience. *Social Indicators Research*, **99**, 227-247. <https://doi.org/10.1007/s11205-010-9576-9>
- [22] Tang, B. and Tan, Z. (2022) The Research on Spatial-Temporal Evolution and Influence Factors of Urban Resilience: A Case Study in the Guangzhou Metropolitan Area. *Frontiers in Environmental Science*, **10**, Article ID: 1052930. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1052930>

- [23] 朱金鹤, 孙红雪. 中国三大城市群城市韧性时空演进与影响因素研究[J]. 软科学, 2020, 34(2): 72-79.
- [24] 白立敏, 修春亮, 冯兴华, 等. 中国城市韧性综合评估及其时空分异特征[J]. 世界地理研究, 2019, 28(6): 77-87.
- [25] 付凌晖. 我国产业结构高级化与经济增长关系的实证研究[J]. 统计研究, 2010, 27(8): 79-81.
- [26] 赵瑞东, 方创琳, 刘海猛. 城市韧性研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 2020, 39(10): 1717-1731.
- [27] Spaans, M. and Waterhout, B. (2017) Building up Resilience in Cities Worldwide—Rotterdam as Participant in the 100 Resilient Cities Programme. *Cities*, **61**, 109-116. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.05.011>
- [28] Colclough, G., González-Gómez, A., Velasco, M., Stevens, J., Goodey, P., Henderson, R., et al. (2021) Governance of City Resilience. *International Journal of Urban Planning and Smart Cities*, **2**, 70-93. <https://doi.org/10.4018/ijupsc.2021070105>
- [29] 胡梦珠. 基础设施韧性: 理解城市空间风险治理的新视角[J]. 地方治理研究, 2024(2): 40-52+79.
- [30] 陶洁怡, 董平, 陆玉麒. 长三角地区生态韧性时空变化及影响因素分析[J]. 长江流域资源与环境, 2022, 31(9): 1975-1987.
- [31] 雷勋平, 邱广华. 基于熵权 TOPSIS 模型的区域资源环境承载力评价实证研究[J]. 环境科学学报, 2016, 36(1): 314-323.
- [32] 陈彦光. 基于 Moran 统计量的空间自相关理论发展和方法改进[J]. 地理研究, 2009, 28(6): 1449-1463.