

城市消防安全韧性影响因素研究

杨心怡

中国人民警察大学 河北 廊坊 065000

摘要：随着城镇化持续推进，人口由农村向城市转移，产业结构由农业向工业和服务业转移，导致消防基础设施和管理水平提升速度滞后于城市扩张，阻碍了城市的安全发展。从人口、空间、经济、社会四个维度确定城镇化水平特征指标，结合文本挖掘技术辨识抵抗力-适应力-恢复力全周期的城市消防安全韧性指标。基于DEMATEL法计算城市消防安全韧性系统的影响度、中心度和原因度，得到推动城市消防安全韧性提升的根本驱动因素，对探索城市火灾防控能力的提升路径具有重大意义。

关键词：城镇化；消防安全；DEMATEL

引言

未来三十年，全球城镇化将持续推进。《2022年世界城市报告》显示，全球城镇化率预计从2021年的56%增长至2050年的68%，城镇几乎吸收了全部人口的未来增长^[1]。截至2024年末，我国城镇常住人口达到9.43亿，城镇化率为67%，而2000年仅为39.09%，预计到2035年将突破75%^[2]，城镇化进程的深度与广度将远超历史任何时期。

作为城市地标建筑的大型商业综合体、多业态高层建筑、地下空间愈发密集，同时城中村居民生产生活行为不规范，老旧小区设施老旧、历史文化街区功能布局混乱等诸多因素叠，使城市系统的脆弱性在火灾风险中暴露无遗。电动自行车入户充电、新能源汽车自燃、电气线路老化、违规动火作业等新老火灾隐患交织^[3]。

区别于其他城市灾害，火灾发生频率高、突发性较强、发展迅速，如何在经济发展的同时减少火灾的侵袭成为城市防灾建设的关键问题。“十四五”规划中明确提出构建韧性城市的战略要求，着重防范和化解影响我国现代化建设过程中可能出现的各种风险，提高城市治理水平的要求。这一战略导向体现了城市发展模式从被动应急向主动适应的根本性转变，其中灾害韧性治理效能作为关键治理维度，已成为城市公共安全研究的多学科交叉前沿领域。

1 韧性城市理论

“韧性”概念最早来自物理学，指系统遭受外界扰动后恢复至稳定状态的能力^[4,5]。经历了工程性防灾思维到减灾思维，通过不断演变和升华，最终转变为广义的“防灾韧性”，代表承载体在损害中抵御和恢复的能力^[6]。同时，“韧性”概念在个体、企业、社区、城市、国家等不同尺度得到大量实践，丰富了“韧性”的外延和应用场景。

2002年，联合国可持续发展全球峰会首次将“韧

性”引入城市治理与防灾减灾工作，明确要求成员国建立灾害风险评估机制。2013年，洛克菲勒基金会开启“全球100个韧性城市”计划。2016年，《2030年可持续发展议程》正式启动，“包容、安全、有韧性的可持续城市”成为可持续发展的重要议题。2024年7月，国务院提出“实施城市更新和安全韧性提升行动”，包括“实施城市生命线安全工程”等多项重点任务。韧性城市已成为防灾减灾和城市公共安全研究领域的热点话题。

韧性城市发展的目标是通过增强城市对各种灾害和突发事件的抵御能力，降低灾害对城市造成的不利影响。城市安全韧性的关键特征与响应过程可以通过城市系统功能曲线来表征，见图1。

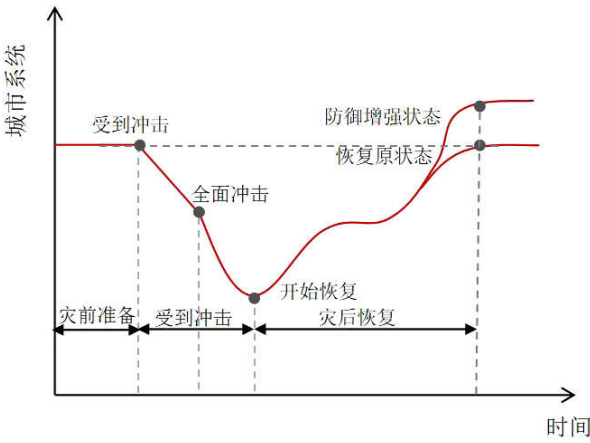


图1 城市安全韧性曲线

2 城镇化与火灾形势典型指标的选取

城镇化作为城市发展的动态表征，是指人口结构由农村向城市转移，产业结构由农业向工业和服务业转移，并且伴随着城市空间扩张，即“城市化悖论”带来的指标测算影响，选择合适的指标是研究城镇化与火灾形势的中心环节。本文综合考虑人口、空间、经济及社

会四个维度，构建城市发展水平指数用以表征城镇化情况，具体指标见表1。

表1 城镇化指标

维度	指标
人口	人口城镇化率、城市人口密度、人口年龄结构、大专及以上学历人口比重
空间	城市数、建成区面积、房屋竣工价值、人均城市道路面积
经济	人均生产总值、城镇居民人均收入、第二产业GDP比重、第三产业GDP比重、煤炭消费比重
社会	教育投资比重、R&D经费支出比重、科学研究与开发机构数

选取2003至2022年全国面板数据，人口城镇化、空间城镇化、经济城镇化和社会城镇化4个维度共计16项指标，以及火灾发生数、直接经济损失、死亡人数、受伤人数数据。其中，城市指标数据源自《中国统计年鉴》，科学研究与开发机构数的2003、2004年缺失值，利用插值法进行填补。火灾有关指标的数据来自《中国消防年鉴》、《中国消防救援年鉴》以及国家消防救援局统计公报。

城市发展涉及多个影响因素，而影响因素之间存在一定的相关性。典型相关分析是研究两组变量之间关系的一种多元统计方法，能够识别模型中的解释变量是否因高度相关而影响模型的稳定性和解释能力。

通过spss数据分析软件，对所有城镇化发展和火灾形势指标进行两两分析，识别出具有独立性的城镇化指标：人口城镇化率、儿童和老年人比重。具有独立性的火灾形

势指标：火灾直接经济损失和火灾死亡人数。选取人口城镇化率、儿童和老年人比重、人均城市道路面积、城镇居民人均收入、教育投资占国内生产总值比重、科学研究与开发机构数作为具有代表性的城镇化因素。

3 城市消防安全影响因素识别

韧性理念强调突发事件应对中的全周期自我恢复，覆盖事前抵抗、事中适应消化与事后恢复发展。这与消防安全管理目标一致，即从侧重“灾后应对”向“灾前预防、灾时应对、灾后恢复”的全过程动态管理转变。在消防安全中：抵抗力是首要能力，指城市承受火灾冲击、减少损失的能力。适应力体现为火灾发生时，受灾体利用自身能力与有限消防资源进行应急响应和自救互救的能力。恢复力指火灾后，城市系统基于事故学习，通过改进结构与组件以提升未来应对能力的潜力。城市消防安全韧性影响因素见表2。

表2 城市消防安全韧性影响因素

维度	指标
抵抗力	城市区域特征A1、历史火灾形势A2、隐患排查整治A3、消防安全重点单位A4、监督执法能力A5、部门联合监管A6、社会团体联防共治A7
适应力	消防站建设B1、消防水系统B2、消防车辆配备B3、医疗保障B4、灭火救援力量B5、应急综合管理平台B6、消防应急预案B7
恢复力	消防安全法规C1、城市消防规划C2、消防宣传教育C3、科技创新能力C4、经济保障C5

4 城市消防安全韧性指标关联性分析

通过专家打分法判别要素间因果关系和重要性，构建直接影响矩阵，得到每个要素对其他要素的影响度与被影响度。由DEMATEL模型计算结果可知，城市消防安全系统各指标间呈现显著的非对称影响特征，可分为7个原因因素和12个结果因素。分别绘制影响度-被影响度散点图与中心度-原因度散点图，展示各指标的影响关系和重要程度，见图2和图3，以便分析城市消防安全韧性系统的核心驱动要素与结果要素。

影响度表示各指标对系统中其他指标的影响程度，影响度越大表明该指标越容易影响其他指标。影响度高的指标主要集中在图3的右下角，排名前5的依次是隐患排查整治A3、部门联合监管A6、消防安全重点单位A4、城市消防规划C2、消防安全法规C1。

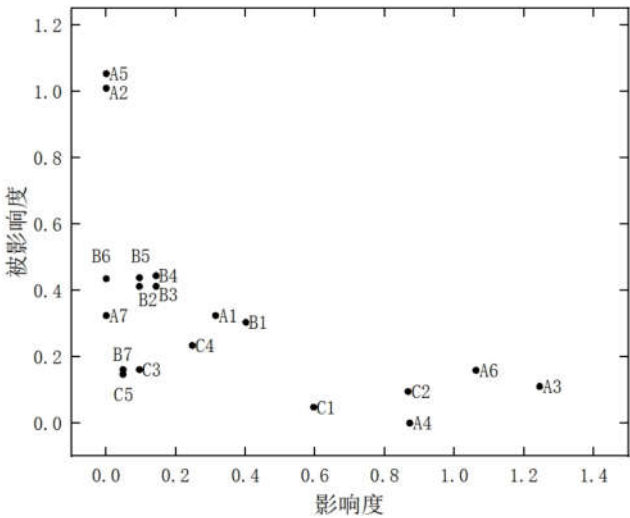


图2 影响度-被影响度散点图

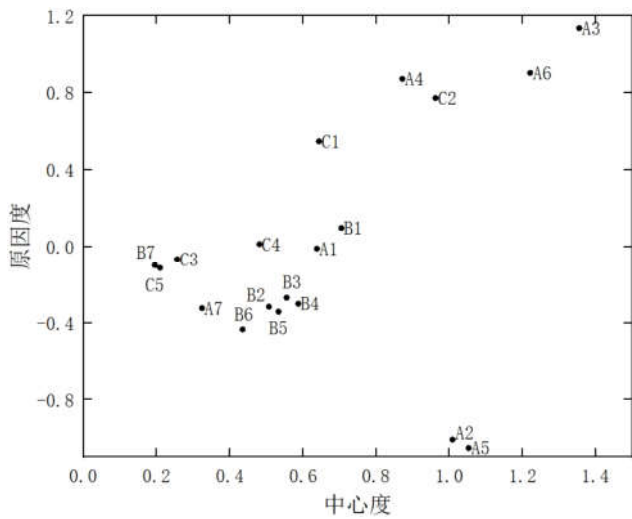


图3 中心度-原因度散点图

被影响度表示系统中其他的指标对某一指标的影响程度，被影响度越大表明该指标越容易受到其他指标的影响。被影响度高的指标主要集中在图3的左上角，排名前5的依次是监督执法能力A5、历史火灾形势A2、医疗保障B4、灭火救援力量B5、应急综合管理平台B6。

由图3可知，隐患排查整治A3、部门联合监管A6、监督执法能力A5、社会团体联防联控共治A7的中心度均大于1，中心度排名靠前，说明这5个指标与其他指标之间的影响关系较强，是提升城市消防安全韧性水平的关键，应该给予更多关注。

原因度是划分指标属性的重要指标，如果原因度为正数则表示该指标为原因因素，反之为结果指标，在整个系统中原因度的绝对值越大越重要。19个指标可划分为7个原因指标和12个结果指标。隐患排查整治A3、部门联合监管A6、消防安全重点单位A4、城市消防规划C2、消防安全法规C1等高正值原因度易影响其他指标而不易

被其他指标影响。社会团体联防联控共治A7、灭火救援力量B5、应急综合管理平台B6等高负值原因度易受到其他指标的影响。

结论

(1) 人口城镇化率、儿童和老年人比重、人均城市道路面积、城镇居民人均收入、教育投资占国内生产总值比重、科学研究与开发机构数作为具有代表性的城镇化因素。

(2) 基于DEMATEL法识别出高度影响度城市消防安全韧性的因素是隐患排查整治、部门联合监管、消防安全重点单位。监督执法能力、历史火灾形势、医疗保障、灭火救援力量容易被其他因素影响。

参考文献

[1]Shi Z Y. The specific historical process of urbanization in China [J]. Voprosy Istorii, 2023, 1(2): 172-9.

[2]Wei Y, Yuan F, Ye Z. Evaluating China's urbanization trajectory: an overextension or still in progress? [J]. Frontiers in Environmental Science, 2024, 12: 1465864.

[3]黄浩然.城市中心城区火灾风险分析及治理对策[J].建筑安全,2024, 39(07): 66-9.

[4]Holling C S. Resilience and stability of ecological systems [J]. 1973.

[5]Holling C S. Engineering resilience versus ecological resilience [J]. Engineering Within Ecological Constraints, 1996, 31(1996): 32.

[6]Berkes F, Folke C, Colding J. Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience [M]. Cambridge University Press, 2000.