

刘辉, 程振超, 王丹. 城市消防韧性评价指标体系研究[J]. 灾害学, 2023, 38(2): 25-30. [LIU Hui, CHENG Zhenchao, WANG Dan. Study on Evaluation Index System of Urban Fire Resilience [J]. Journal of Catastrophology, 2023, 38(2): 25-30. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2023.02.004.]

# 城市消防韧性评价指标体系研究\*

刘辉<sup>1</sup>, 程振超<sup>1</sup>, 王丹<sup>2</sup>

(1. 吉林建筑大学 应急科学与工程学院, 吉林 长春 130118; 2. 吉林省建筑设计集团有限公司, 吉林 长春 130021)

**摘要:** 基于城市韧性评价的国内外研究现状, 分析了城市消防韧性评价的评价对象及指标体系框架, 明确了城市消防韧性的内涵。通过火灾风险评估和城市灾害韧性研究, 从宏观城市尺度围绕抵抗、恢复和适应特征深入分析影响城市消防韧性的因素, 探讨了城市区域特征、火灾防范水平以及医疗、灭火救援能力等因素对抵抗、恢复特征的影响。在适应特征方面, 创新性地引入学习力指标并结合国家消防相关法律法规和创新型城市的建设提出创新力指标, 构建了在抵抗力、恢复力和适应力下 11 个二级指标和 42 个三级指标的城市消防韧性评价指标体系, 以为城市消防韧性的量化评价方法研究和安全韧性城市建设提供参考依据。

**关键词:** 消防韧性; 评价指标; 韧性城市; 消防安全; 城市公共安全

**中图分类号:** X4; X915.5; D035.36 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2023)02-0025-06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2023.02.004

伴随着城市化进程的持续推进, 城市集聚着越来越多的人口和资源, 各种高层建筑、地下空间、劳动密集型等场所不断涌现, 城市系统中致火因子急剧增多, 火灾机理趋于复杂, 火灾风险在时间和空间上潜在的综合性危害相较于其他灾害显得愈加严峻, 城市火灾事故频发不仅直接威胁公众的生命财产安全, 而且挑战着城市功能和秩序的稳定基础。

在当前风险社会背景下, 韧性城市是城市安全发展的崭新范式 and 战略导向<sup>[1]</sup>。2020年10月, 《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》<sup>[2]</sup>中明确提出建设韧性城市, 防范和化解影响我国现代化进程的各种风险, 提高城市治理水平等要求。韧性城市理论指出, 基于韧性的灾害管理是城市安全管理策略的主要体现之一, 由此形成了城市的灾害韧性已经成为灾害学领域和城市公共安全领域研究的热点话题。当前, 国内外学者对韧性城市的研究框架主要表现在韧性的内涵及外延<sup>[3-4]</sup>、韧性评估、应用研究<sup>[5-6]</sup>等方面。城市韧性理念给城市消防工作提供了一个新的角度和研究思路, 韧性评价有助于将韧性理念落实到操作层面, 明确城市韧性评价指标有助于从整体性、系统性角度分化和解构火灾风险, 让火灾风险治理措施真正落细、落小、落实<sup>[7]</sup>。

## 1 研究现状

韧性是指系统保持自身基本状态的前提下, 应对扰动或冲击的能力<sup>[8]</sup>。经历了工程韧性、生态韧性、演进韧性 3 种韧性认知从“平衡性”到“适应性”的演变, 韧性概念先后被应用到了物理学、

心理学、系统生态学等学科领域。城市面临的不确定扰动和冲击类型繁多, 国内外学者基于不同的研究对象, 从城市规划学、灾害管理学等不同的研究视角构建的城市韧性评价指标体系, 均是解决城市安全问题, 强化城市韧性的重要思路。当前城市韧性研究对象包括城市系统及子系统, 如基础设施韧性、生态韧性等。从韧性评价的灾害背景来看, 灾害韧性评价研究主要集中于自然灾害, 包括城市多种灾害韧性的综合评价和常见于洪涝、地震等的单一灾种韧性评价<sup>[9-11]</sup>, 新冠疫情背景下应对突发公共卫生事件的韧性评价也日趋丰富<sup>[12-13]</sup>。从指标体系的构建维度来看, 当前国内外学者构建城市韧性评价指标体系大致分为三类: ①城市自身结构或者要素维度<sup>[14-15]</sup>, 如基础设施、经济、社会等; ②基于韧性城市的内涵、属性和特征维度<sup>[10-11]</sup>, 如恢复力、适应力、稳定性、冗余度等; ③基于时间或空间的维度<sup>[9,16]</sup>, 如规模—密度—形态、压力—状态—响应 (Pressure - State - Response, PSR) 模型等。

MAYUNGA<sup>[14]</sup>通过研究社会、经济、物质、人力及自然五种资本形态来量化社区灾害韧性。美国洛克菲勒基金会提出的韧性城市评估框架包含 4 个维度: 健康与福祉、经济与社会、基础设施与环境、领导与战略。孙阳等<sup>[15]</sup>从经济、社会、生态环境和市政设施等维度选取指标评价长三角地区 16 城的空间状态及韧性度; 修春亮等<sup>[9]</sup>从景观生态观点出发, 从规模、密度与形态等维度构建城市物质结构和环境系统的韧性评价体系, 以大连市各县市区为例进行实证分析; 杨雅婷<sup>[10]</sup>以地震为灾害背景, 基于城市规划的视角, 以效率性、稳定性、适应性和冗余度 4 个方面建立指标体

\* 收稿日期: 2022-08-21 修回日期: 2022-11-17

基金项目: 长春市哲学社会科学项目 (CSKT2021ZX-015)

第一作者简介: 刘辉 (1979-), 男, 汉族, 吉林梨树人, 副教授, 硕士生导师, 主要从事系统安全理论、建筑安全、应急管理研究. E-mail: lhsafety@163.com

系综合评价社区韧性；陈长坤等<sup>[11]</sup>基于韧性城市的抵抗、恢复和适应特征，建立多指标的城市雨洪灾害韧性评估指标体系。在消防安全领域，闫晨等<sup>[17]</sup>为量化评估历史街区防火韧性，采用PSR模型从外部环境、内在风险、组成成分等要素中筛选并构建36个指标项组成的评估体系。李鸣轩<sup>[18]</sup>以大型商业综合体为研究对象，分析影响消防韧性的因素并应用层次分析法最终建立脆弱性、适灾能力和回弹能力为框架的评价指标体系。王梦瑶等<sup>[19]</sup>在总结前人分析构建传统火灾风险评估指标经验的基础上，构建面向城市高层建筑的消防安全韧性评估指标体系并研究其消防安全韧性度。

纵观上述研究，当前将事故灾难作为灾害背景的城市韧性评价研究较少，作为治理城市公共安全风险和建设安全韧性城市的重要环节，针对事故灾难及细化灾种的韧性评价体系亟待丰富。城市消防韧性评估体系的研究集中于社区、各类建筑等中微观尺度，对城市宏观尺度的消防韧性精细化特征及指标构建的分析还相对缺乏。本文通过总结国内外韧性城市理论研究的基本情况，选取城市公共安全为研究领域，消防安全为细化方向，明确城市消防韧性的内涵，识别消防韧性影响因子，构建消防韧性评价指标体系，以期为城市级尺度的消防韧性量化提供依据。由于指标体系由灾害共性指标和针对消防安全的差异性指标构成，亦为韧性理念下城市综合防灾减灾，建设安全韧性城市提供一定参考。

## 2 城市消防韧性的影响因素

### 2.1 城市消防韧性的内涵

城市消防韧性是指城市系统在遭受火灾时，具有吸收和抵御灾害的能力(抵抗力)、调整自身结构和功能并迅速从灾中恢复的能力(恢复力)以及通过学习和创新提升城市系统将来应对不确定性灾害的能力(适应力)。

在时间维度上，城市消防韧性的内涵体现为：“灾前、灾中可抵抗”“灾中、灾后可恢复”和“灾害管理全过程可适应”三方面，如表1所示。

表1 时间维度上的城市消防韧性内涵

时间	消防韧性		
	抵抗力	恢复力	适应性
灾前	√		√
灾中	√	√	√
灾后		√	√

在空间维度上，城市消防韧性的内涵体现在工程韧性、经济韧性、社会韧性、环境韧性和组织和制度韧性5个方面。其中，工程韧性指城市受灾设施所展现出的城市脆弱性的减轻和抵抗火灾的能力，以及消防、医疗等救灾相关设施消除火灾影响，恢复城市基本运行的能力；经济韧性指城市区域经济系统面对火灾扰动的抵抗能力和调整适应力，以及国内生产总值(Gross Domestic Product, GDP)、消防财政投入等经济因素减轻火灾扰动影响的能力。社会韧性与城市人口、社会资本等要素高度相关，指城市居民能够妥善应对火灾带来的外在压力的能力。环境韧性指自然环境和社会环境对火灾致灾因子的吸收能力，以及灾后的修复和自组织能力。组织和制度韧性指灾害应对过程中，政府通过建章立制对公众的管治和引导能力以及城市居民个体、社区和其他社会组织展现出的学习力和自我行动力。

### 2.2 城市消防韧性的影响因素分析

参考传统城市火灾风险评估、消防安全评价相关研究及国内外各类灾害的韧性评估体系，结合我国城市火灾的实际情况，基于火灾情境下城市韧性影响因素分析框架(图1)分析影响城市消防韧性的各种因素。

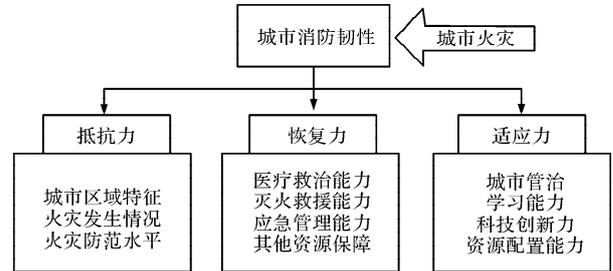


图1 火灾情境下城市韧性影响因素分析框架

#### 2.2.1 抵抗力

抵抗力是指城市系统承受火灾扰动带来的冲击并及时响应以控制火灾扰动对城市系统破坏的能力，从而减少系统损失和其他破坏性后果。具体表现为火灾发生前，城市系统的监测和预警响应能力；火灾发生初期，承灾体结构变化前对火灾的吸收能力和维持能力；受灾群体能够通过自身能力和有限的消防资源下展现出的灾中应急与自救互救能力。

(1)城市区域特征。影响城市火灾抵抗力的城市区域特征包括城市人口、经济、自然环境和建筑特征等因素。孙鹏哲等<sup>[20]</sup>通过收集和分析我国15年间火灾与人口、经济的相关数据，指出火灾发生情况与城市人口密度和人均GDP等指标呈强相关性。城市人员教育水平越高往往消防安全知识储备越丰富，防范火灾和逃生意识越强。人口年龄结构和残疾人口比例是影响人员火灾抵抗能力的重要因素，儿童、老年人、残疾人在火灾疏散过程中自我保护和应急能力较差，一旦发生事故极易造成人员伤亡。杨立中等<sup>[21]</sup>分析城市火灾与降雨量、温度等气象因素之间的关系，表明火灾的发生与气象因素关系密切。城市区域建筑特征中，高层建筑、地下空间等建筑类型往往火灾风险高、蔓延途径多、扑救难度大，其数量、分布等情况是城市区域防范和抵抗火灾的重要影响因素。

(2)火灾发生情况。包括火灾易发性特征和火灾危险性特征。挖掘与分析城市区域内历年火灾的统计数据，尤其是火灾发生场所、数量和规模等整体发生情况及火灾原因的分析能够在宏观层面上反映城市区域火灾特征和消防安全整体形势。火灾易发性特征表现为火灾发生次数、频率等相关参数。火灾危险性特征则通过城市火灾各类危险源数量和分布情况以及百万人口火灾死亡率、亿元GDP火灾损失率等统计数据来体现。

(3)火灾防范水平。城市的火灾预防、灾情传递和灾害应对等组织因素能够体现城市的火灾防范水平。火灾预防方面，建立健全火灾风险评估和火灾风险监测预警机制，加强城市重点区域火灾风险分析研判、早期识别和监测预警，有利于防范化解全局性、系统性消防安全风险，做到早发现、早预警、早防范。灾情传递的速度决定了灾损的严重程度，火灾发生初期，动态的火灾监测预报预警平台保证火灾信息能够及时有效的发布和火灾响应系统的快速运行，提高移动电话和互联网覆盖率则有利于在短时间内将火灾险情传达给受灾群众和救援力量。

### 2.2.2 恢复力

恢复力是指火灾发生事中及事后, 城市及时从火灾扰动的不平衡状态转变为平衡状态的能力。直观表现为火灾扩大后, 系统在医疗、消防等力量介入后展现出的救援能力; 火灾事故后城市能够及时消除火灾带来的不利影响、重新恢复城市正常秩序的能力。

(1) 医疗救治能力。医疗救治能力即城市区域内可动用的医疗资源对火灾致伤人员的医治能力, 充裕且布局合理的医疗资源是良好医疗救治能力的保障。医疗资源包括卫生技术人员、卫生医疗机构、医疗卫生财政支出等, 相应的指标度量方式为万人卫生技术人员数、医疗卫生机构密度、医疗卫生财政支出比例。

(2) 灭火救援能力。消防人员的数量和工作能力能够体现人员对火灾的控制能力, 根据《城市消防站建设标准》等消防相关标准规范, 可通过考察万人消防队员数、消防队伍数及消防人员专业能力来反映人员因素对灭火救援能力的影响。消防基础设施包括消防装备、消防站、消防供水设施和消防车通道。先进、充足的消防装备配置能够保障消防人员的工作效率。合理的消防站点布设可以在火灾发生前期让消防人员快速到达火灾现场开展灭火救援工作。消防供水管网建设情况关系到消防人员到达火灾现场后是否有充足的供水来源, 以保证火灾施救的顺利。消防车通道依托于城市道路网系统, 故人均道路面积、城市路网密度等情况可从宏观上反映消防车通道的整体建设水平, 优化城市道路网系统能够保证消防救援力量前往火场的可操作性和可达性, 提高灭火救援能力。

(3) 应急管理能力。通过城市应急指挥系统和应急预案体系建设情况能够考察城市应急管理制度的完善性和科学性。城市应急指挥系统是政府与公共机构在公共安全事件的预防、应对和善后过程中建立的保障公众生命财产安全的指挥平台, 能够在火灾发生的第一时间发布灾情精准位置、监测受灾现场情况、协调管理部门制定救援计划、提供最佳救援路径等信息, 最大程度降低伤亡。完善的应急指挥系统有利于实现多部门协调与即时资源调度, 提高应急救援与应急联动效率。

建立切实可行的应急预案体系是韧性城市抵御火灾风险的关键所在, 城市应急预案能够增强应急行动的时效性和预见性, 从源头上管控火灾风险, 使得城市区域出现火情后能够按照预定的行动方案快速、有效地处置, 以大大减轻火灾危害。

(4) 其他资源保障。城市可恢复能力的建设不仅离不开医疗、消防、应急管理的保障, 也应该注重社会软恢复能力的建设, 包括社会捐助、灾后保险理赔、受灾人员的心理援助等。最后, 城市发展经济水平也是城市的恢复速度及程度的重要影响因素。

### 2.2.3 适应力

适应力是指城市系统在火灾扰动之后, 在事故学习的基础上, 通过改善系统的结构、组件以提高系统再次应对火灾扰动的能力。表现为灾害管理全过程的落实整改措施, 学习总结事故经验, 制订各项消防韧性提升策略来增强系统将来应对火灾的能力。

(1) 城市管治。在达到城市消防韧性目标的过程中, 城市管治等社会要素在调整和适应过程中扮演主导性作用<sup>[22]</sup>, 火灾背景下的城市管治包含消防管理和城市规划两方面。

消防管理方面, 需要政府切实担负起领导责任, 各级各部门落实监管责任, 企业履行自身主体责任。城市各级各部门的消防安全责任制、消

防安全管理制度等相关规章制度制定、落实和完善情况能够反映出城市消防管理水平。执法部门的强力监管促使企业全面履行安全生产责任, 创新消防监管模式能够提升监管效能和服务水平。消防安全联合共治需要多元主体参与, 韧性城市的建设依靠民众, 将消防工作融入网格管理、联防联控等机制, 有利于充分发挥基层公众群防群治力量作用, 实现基层消防管理全覆盖, 筑牢社会火灾防控人民防线; 城市中的社会组织利用自身资源多元、机制灵活等优势在政府引导下也能够成为消防韧性城市建设的协作者。

城市火灾依赖具有韧性的空间规划来分散城市风险, 尽可能降低火灾的影响力和破坏力。城市规划是一项精密工程, 可以从两个维度影响城市的韧性。一方面是鉴于“长短相济”的城市发展规划, 短期内城市应急避险基础设施的完善情况以及长期内城市空间结构的调整情况。另一方面则要考虑城市总体规划及防灾减灾等专项规划、韧性城市规划和城市级恢复计划等城市规划体系的制定情况和定期评估情况。

(2) 学习能力。学习能力指政府管理部门及公众对事故经验、新知识等的领悟能力及创造性地将其应用在适合条件下的应用能力。良好的学习能力不仅有助于管理部门总结以往事故经验, 发掘新的消防技术和健全消防管理体系, 也有利于公众掌握防灾、救灾、灾后恢复的知识技能, 增强应对火灾的能力。虽然已有学者在相关城市韧性评价研究中提出学习力指标, 但鲜有灾害韧性背景下灾害学习力及其细化的考量。学习力是适应力的核心, 也是传统消防安全评价与城市消防韧性评价的主要区别所在, 其影响因素包含学习环境, 学习主体, 学习内容三个方面。

消防宣传教育是管理部门普及消防安全知识、公众获取学习内容, 增强学习能力主要平台和主要途径, 能够增长公众的消防知识, 增强公众面对火灾时的自救能力, 建立积极的自我防灾意识, 进而提升全社会的整体防灾意识。用公共消防安全感以描述学习环境, 良好的用公共消防安全感有助于提高公众学习消防知识的积极性。公众受教育程度能够衡量学习主体的知识水平和学习能力, 公众接受高等教育人员比例越高, 城市总体知识水平越高, 学习能力就越强。

(3) 科技创新力。《“十四五”国家消防工作规划》指出, 要强化科技引领和人才支撑, 驱动消防事业创新发展。韧性城市建设作为城市实现可持续发展的新兴战略离不开科技创新能力的驱动, 提高城市科技创新能力有助于消防科技的原始创新与产出, 突破火灾事故处置技术瓶颈, 提高消防工作的精细化、科学化、智能化和专业化水平。当前在城市经济韧性研究中, 程广斌等<sup>[23]</sup>指出创新能力通过增强人才储备、推动产业结构升级和优化资源配置效率等作用路径能够显著提升城市经济韧性。本文结合国内创新型城市评价指标体系与韧性城市理论, 筛选出科学研究与试验发展 (Research and Development, R&D) 经费支出占 GDP 比重、万人高等学校在校学生数、专利授权数等科技创新力影响因素并引入城市消防韧性评价指标体系。

(4) 资源配置能力。资源配置能力是指火灾发生后城市通过配置和使用各种资源促进系统重构新的平衡状态的能力, 表现为城市管治、学习、创新等方面人力资源、财政的相关投入。人员投入可考察应急人员专业能力及配比数据的落实, 财政投入则通过消防安全财政支出预算等情况来反映资源配置能力。

### 3 城市消防韧性评价指标体系构建

#### 3.1 城市消防韧性评价指标体系

通过分析城市灾害韧性及消防安全相关文

表2 城市消防韧性评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	指标说明
抵抗力	城市区域特征	人口密度	建成区常住人口数与建成区面积比值
		人口年龄结构指数	城市常住人口 65 岁及以上、14 岁及以下人口总数占城市常住人口总数比例
		残疾人口比例	城市常住人口中残疾人口数占城市常住人口总数比例
		接受高等教育人员比例	就业人口中接受大专及以上学历教育人口数占城市就业人口比例
		人均 GDP	人均国内生产总值
		建筑密度	城市建成区建筑密度
		城市绿化率	城市建成区绿化覆盖率
	火灾发生情况	相对湿度	影响城市火灾的重要气象参数
		城市平均风速	影响城市火灾的重要气象参数
		重大危险源密度	建成区重大危险源个数与建成区面积比值
火灾防范水平	火灾发生频率	城市一年内火灾发生的次数	
	百万人口火灾死亡率	年因火灾死亡人数与城市常住人口总数(百万)比值	
	亿元 GDP 火灾损失率	年因火灾直接经济损失占地区生产总值百分比	
	人均避难场所面积	城市应急避难场所面积与城市常住人口总数(万人)比值	
恢复力	火灾风险普查频率	火灾风险普查频率	管理部门每年度进行火灾风险普查的次数
		火灾监测预警预报信息公众覆盖率	火灾监测预报预警信息系统覆盖人口占城市常住人口比例
	医疗救治能力	移动电话普及率	每百人持有的移动电话部数
		互联网覆盖率	接入固定宽带的家庭数占城市常住人口家庭总数比例
		消防安全财政支出比例	消防安全财政支出占财政总支出比例
		万人卫生技术人员数	城市每万常住人口中卫生技术人员数量
适应力	应急管理	医疗卫生机构密度	各类医疗卫生机构与城市建成区面积的比值
		医疗卫生财政支出比例	医疗卫生财政支出占城市市级财政支出百分比
	其他资源保障	万人消防员数	城市每万常住人口中消防员的数量
		消防站建设情况	各级消防站与城市建成区面积的比值
		建成区供水管道密度	城市供水管道长度与建成区面积的比值
	城市管治	人均城市道路面积	市辖区道路面积与市辖区常住人口总数比值
		消防救援人员从接警到达现场的平均时间	消防救援人员出警效率
学习力	城市应急预案体系	城市应急预案体系	定性, 考察应急救援预案制定和完善, 各级预案衔接情况
		应急指挥系统建设	定性, 考察城市应急指挥系统建设和完善情况
	创新能力	社会保障补助支出比例	社会保障补助支出占城市市级财政支出比例
		基本医疗保险覆盖率	有基本医疗保险者人口数占城市常住人口总数比例
		消防安全隐患整改率	隐患整改完成率反映政府部门消防管理水平和监管效能
资源配置能力	城市社区网格化覆盖率	城市社区网格化管理覆盖率	城市社区安全网格化管理占城市社区比例
		城市规划体系建设情况	定性, 考察城市总体规划、专项规划及韧性城市规划制定和实施情况
	学习力	消防宣传教育	综合考察消防宣传教育次数和覆盖率
		公共消防安全感和安全文化	定性, 参考《国家安全发展示范城市评价细则》
资源分配能力	接受高等教育人员比例	就业人口中接受大专及以上学历教育人口数占城市就业人口比例	
	R&D 经费支出占 GDP 比重	全社会实际用于基础研究、应用研究和试验发展的经费支出占城市 GDP 的比重	
	万人高等学校在校学生数	城市每万常住人口中大专及以上学历在校生的数量	
资源分配能力	专利授权数	包含发明专利、实用新型专利、外观设计专利授权量	
	应急人员配比	城市每万常住人口中应急人员的数量	
资源分配能力	消防安全财政支出比例	消防安全财政支出比例	消防安全财政支出占城市市级财政总支出比例

献, 咨询消防、城市防灾减灾等领域专家, 以抵抗力、恢复力和适应力作为准则层, 提取并筛选城市消防韧性的影响因素, 构建了包含 11 个二级指标和 42 个三级指标的城市消防韧性评价指标体系(表 2)。

表 3 城市消防韧性与传统“工程学思维”评估指标对比

传统“工程学思维”评价指标	消防韧性										
	抵抗力			恢复力				适应力			
	城市 区域 特征	火灾 发生 情况	火灾 防范 水平	医疗 救治 能力	消防 救援 能力	应急 管理	其他 资源 保障	城市 管治	学习 力	创新 能力	资源 配置 能力
《城市消防评价体系研究》	√	√	√		√	√					
《城市消防系统综合评价》			√		√						
《城市火灾风险评估指标体系及应用》	√	√	√		√			√			
《基于城市消防安全评价理论的实践探讨》			√		√			√			
《城市定量火灾安全评估方法——以苏州古城区为例》	√	√			√	√		√			
《基于火灾风险评估的城市区域消防安全治理研究》	√	√	√		√	√		√			√
《城市区域化消防安全评价》	√	√	√		√			√			
《基于 GIS 空间分析的城市火灾风险评估——以驻马店市中心城区为例》	√		√		√			√			

### 3.2 评价指标体系对比

在“安全保障型城市”发展过程中, 消防安全评价和火灾风险评估视角多集中于受灾体自身特性、孕灾环境和消防救援能力等方面(表 3), 其相应的防灾减灾工作遵循传统的“工程学思维”。只关注火灾对物质系统的影响会产生过度依赖技术手段、强调工程防御的片面观点, 评价效果难以达到预期, 城市在面临火灾时往往会发生预期之外的损失。在当今全球“安全韧性城市”的建设背景下, 增强城市应对火灾的能力已经不仅限于追求物质系统建设, 更加强调在建设标准、规划技术等物质层面与城市管治、多元主体参与等社会层面相结合的系统构建过程中, 增强集城市工程、经济、社会、环境和组织制度为一体的抵抗力、恢复力和适应力。基于韧性思维的评价指标有助于颠覆人们以往侧重于工程设施等物质环境重建的单一目标, 重视将抵御性措施与经济、环境、社会和组织制度的有机结合, 从而不断增强未来城市应对不确定性火灾的调整适应能力。

## 4 结论

(1) 明确了城市消防韧性内涵, 以抵抗力、恢复力和适应力为框架, 结合国内外灾害韧性研究及国内消防工作相关法规、政策、规划及创新型城市的建设, 分析城市消防韧性的影响因素。

(2) 研究对比了国内典型的火灾风险评估指标和消防安全评价指标, 在总结相关评价指标研究成果、消防理论知识及其他灾害韧性研究的基础上构建得到城市消防韧性评价指标体系, 为城市面临不确定性火灾风险背景下的消防安全建设提供了新的思路, 为量化评估韧性城市消防安全韧性打下了基础, 亦可为城市安全韧性的量化测度提供一定的参考依据。

(3) 在进一步的城市消防韧性评价工作中, 可定性方法与定量方法相结合确定各项指标权重, 并构建城市消防韧性的计算模型定量分析城市消防韧性度, 根据评价结果提出城市消防韧性优化策略。鉴于部分指标仅考虑了国家的相关政策法规选取

代表性指标, 可能无法为所有城市消防韧性评估提供一个基础化指标模板, 因此具体城市的消防韧性指标体系构建要结合实际条件等因素展开研究, 从而有效提高消防韧性度评价结果。

## 参考文献:

- [1] 肖文涛, 王鹭. 韧性城市: 现代城市安全发展的战略选择[J]. 东南学术, 2019(2): 89-99, 246.
- [2] 高恩新. 防御性、脆弱性与韧性: 城市安全管理的三重变奏[J]. 中国行政管理, 2016(11): 105-110.
- [3] MEEROW S, NEWELL J P, STULTS M. 城市韧性的定义评述[J]. 城市规划学刊, 2016(3): 125-126.
- [4] 戴维·R·戈德沙尔克, 许婵. 城市减灾: 创建韧性城市[J]. 国际城市规划, 2015, 30(2): 22-29.
- [5] 朱正威, 刘莹莹, 杨洋. 韧性治理: 中国韧性城市建设的实践与探索[J]. 公共管理与政策评论, 2021, 10(3): 22-31.
- [6] 杨敏行, 黄波, 崔翀, 等. 基于韧性城市理论的危害防治研究回顾与展望[J]. 城市规划学刊, 2016(1): 48-55.
- [7] 肖文涛, 王鹭. 韧性视角下现代城市整体性风险防控问题研究[J]. 中国行政管理, 2020(2): 123-128.
- [8] International Strategy for Disaster Reduction (ISDR). 2009 UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction [EB/OL]. (2009-01-21) [2022-08-12]. <http://www.unisdr.org/publications>.
- [9] 修春亮, 魏冶, 王琦. 基于“规模—密度—形态”的大连市城市韧性评估[J]. 地理学报, 2018, 73(12): 2315-2328.
- [10] 杨雅婷. 抗震防灾视角下城市韧性社区评价体系及优化策略研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2016: 7-8.
- [11] 陈长坤, 陈以琴, 施波, 等. 雨洪灾害情境下城市韧性评估模型[J]. 中国安全科学学报, 2018, 28(4): 1-6.
- [12] 林钰涵, 姜洪庆. 基于韧性城市理论的公共卫生系统韧性评价研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2021(8): 8-10.
- [13] 张宇峰, 雷晓凌, 刘雅雯. 基于智能化水平的城市公共卫生安全韧性评价: 以中国 31 个省会城市为例[J]. 未来与发展, 2020, 44(8): 13-17, 6.
- [14] Mayungaj S. Measuring the Measure: A Multi-dimensional Scale Model to Measure Community Disaster Resilience in the US Gulf Coast Region[M]. Texas A & M University, 2009.
- [15] 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.
- [16] 陈丹羽. 基于压力-状态-响应模型的城市韧性评估: 以湖北省黄石市为例[D]. 武汉: 华中科技大学, 2019: 50-61.
- [17] 闫晨, 陈锦涛, 段芮, 等. 韧性城市视角下的历史街区防火韧性评估体系构建[J]. 中国安全生产科学技术, 2020, 16(10): 133-138.
- [18] 李鸣轩. 基于 AHP-TOPSIS 法的大型商业综合体消防韧性

- 评估[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2019: 12-20.
- [19] 王梦瑶, 张靖岩, 杨玲, 等. 面向韧性城市的高层建筑消防安全韧性评估[J]. 建筑科学, 2020, 36(5): 115-119.
- [20] 孙鹏哲, 曾钰鑫, 孙鹏杰, 等. 火灾与经济人口指标关系研究[J]. 消防科学与技术, 2018, 37(10): 1415-1419.
- [21] 杨立中, 江大白. 中国火灾与社会经济因素的关系[J]. 中国工程科学, 2003, 5(2): 62-67.
- [22] 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.
- [23] 程广斌, 靳瑶. 创新能力提升是否能够增强城市经济韧性? [J]. 现代经济探讨, 2022(2): 1-11, 32.

## Study on Evaluation Index System of Urban Fire Resilience

LIU Hui<sup>1</sup>, CHENG Zhenchao<sup>1</sup>, WANG Dan<sup>2</sup>

(1. School of Emergency Science and Engineering, Jilin Jianzhu University, Changchun 130118, China;

2. Jilin Province Jianyuan Design Group Co., Ltd., Changchun 130021, China)

**Abstract:** Based on the research status of urban resilience evaluation at home and abroad, the evaluation object and index system framework of urban fire resilience evaluation are analyzed, and the connotation of urban fire resilience is clarified. By means of fire risk assessment and urban disaster resilience research, the factors affecting urban fire resilience are deeply analyzed from the perspective of resistance, recovery and adaptation characteristics at macro urban scale, and the influences of urban regional characteristics, fire prevention level, medical treatment and fire rescue capabilities on resistance and recovery characteristics are discussed. In terms of adaptation characteristics, the learning ability index is innovatively introduced, and the innovation ability index is proposed in combination with the relevant national laws and regulations on fire protection and the construction of innovative cities. An urban fire resilience evaluation index system with 11 second-level indexes and 42 third-level indexes is constructed under the conditions of resistance, resilience and adaptability, hoping to provide reference for the quantitative evaluation method of urban fire resilience and the construction of safe resilient city.

**Keywords:** fire resilience; evaluation index; resilient city; fire safety; urban public safety

(上接第 24 页)

## Research on the Catalogue of Earthquake Emergency Rescue Materials and Medicine Support

LI Yiwen<sup>1</sup>, LIU Shui<sup>1</sup>, WU Di<sup>2</sup>, ZHANG Lili<sup>1</sup>, LIU Yang, YANG Yueqiao<sup>3</sup>

(1. Department of Pharmacy, Emergency General Hospital, Beijing 100028, China;

2. Department of Cardiovascular Medicine, Emergency General Hospital, Beijing 100028, China;

3. Emergency Unagement School, China Institute of Disaster Prevention, Sanhe 065201, China)

**Abstract:** Medical rescue supplies support is the cornerstone of earthquake rescue operations. Therefore, in order to improve the guarantee efficiency of Chinese rescue teams (medical treatment) in rescue tasks, the medicine guarantee catalogue and material catalogue for earthquake rescue are established according to the modular management of medicines. Based on 1, 053 documents related to earthquake disaster medical rescue, the types and incidence of diseases related to earthquake are statistically analyzed. Establish a professional medical team in the earthquake characteristics according to the incidence of different periods of the earthquake, with surgeons as the main force and physicians as the auxiliary surgeons. Among them, orthopedic surgeons, gastroenterology department, respiratory department, dermatology as main technical team mode. In line with the 100 injured personnel system; Referring to the catalogue compiled by the National Development and Reform Commission. Using the decision-making analysis method to establish a list of medical supplies and a list of medicines that meet earthquake characteristics. Supplementary earthquake disaster specialty medicines based on the general medicine module. The amount of medicine is calculated in 10d units of 100 wounded. Establishment of earthquake disaster emergency relief materials and medicines to improve the rescue rate and ability of Chinese rescue teams to deal with earthquake disasters in order to provide a reference basis and theoretical basis for medical institutions to deal with the earthquake disaster guarantee tasks.

**Keywords:** earthquake disaster; emergency rescue; medicine list; earthquake medical team; medical supplies