

# 基于层次分析法的城市公共安全风险评估与治理

王循庆<sup>1</sup>, 周航<sup>2</sup>, 刘昆<sup>2</sup>, 孙晓羽<sup>2</sup>, 钟锦林<sup>3</sup>

(1. 山东工商学院管理科学与工程学院, 山东烟台 264005; 2. 山东工商学院公共管理学院, 山东烟台 264005;  
3. 烟台市特种设备检验研究院, 山东烟台 265500)

**摘要:** 由于近年极端自然灾害、重大公共卫生事件频发, 导致既有风险与新兴风险交织叠加, 严重影响城市的公共安全。为弥补现有研究忽视非传统风险的缺陷, 基于总体国家安全观视阈, 构建了以传统风险与非传统风险为核心的城市“风险-抗灾能力”风险评估模型。选取青岛、南京、杭州以及东莞四个特大城市进行风险评估。结果表明: 在城市经济发展能力主成分中, 南京占比最高, 杭州占比最低; 在城市社会保障能力主成分中, 杭州占比最高, 东莞占比最低; 在以生态安全为代表的非传统安全领域, 东莞占比最高, 南京占比最低; 以地区生产总值等为代表的城市经济发展能力和以社会保障和就业支出额等为代表的城市社会保障能力是城市公共安全的主要抗灾因子。

**关键词:** 总体国家安全观; 城市公共安全; 风险评估; 因子分析; 风险治理

**中图分类号:** C931 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)06-0340-10

党的二十大报告中指出, 国家安全是民族复兴的根基, 社会稳定是国家强盛的前提。必须坚定不移贯彻总体国家安全观, 把维护国家安全贯穿党和国家工作各方面全过程, 确保国家安全和社会稳定。城市作为一种复杂的社会生态系统, 自形成以来就遭受外界的各种扰乱。不管是气候引发的自然灾害, 还是监管缺失引发的生产安全事故, 这些突发事件主要涉及公共安全问题。国家安全与公共安全存在一定的联系, 当公共安全问题发展到一定程度时, 不仅影响社会稳定和经济发展, 甚至会上升为国家安全问题。因此, 如何有效地解决各种风险对城市公共安全造成的冲击, 已经引起了国内外社会各界的广泛关注。

关于城市公共安全风险评估的研究主要集中在以下四个方面。首先在评估模型构建方面, 国际上将公共安全评价框架和工具大致为单纯能力评价、单纯脆弱性评价以及能力与脆弱性综合评价三种<sup>[1]</sup>。卢嵩等<sup>[2]</sup>构建基于突发事件的危险性、承灾载体的脆弱性、应急能力三方面的区域公共安全综合评价框架。赵冬月等<sup>[3]</sup>以呼包鄂城市群为研究对象, 构建城市群多灾种综合风险评估模型。

在评估指标体系研究方面, 周苏华等<sup>[4]</sup>结合城市实际情况, 综合选取年均降雨量、坡度、高程及人

口密度等 12 项指标组成的风险评估指标体系。王静静<sup>[5]</sup>以上海市为例, 从社会抗灾能力、人口转移以及城市脆弱性 3 个角度构建评估指标体系。刘继川和杜蕾<sup>[6]</sup>选取影响武汉市公共安全的 4 大关键影响因子为城市发展水平和基础设施、事故灾害、环境影响和地质灾害及其防治进行实证研究。

在风险评估方法研究方面, 姚尚建和梅杰<sup>[7]</sup>提出一种“技术-社会”耦合路径的评价体系, 指出城市风险评估与治理必然要形成从技术到社会的机制跨越。周忠良等<sup>[8]</sup>提出以应急响应和常态化控制为逻辑起点构建风险评估体系。李琼和宋慧娟<sup>[9]</sup>以上海市为例, 基于韧性治理理念提出一种针对高经济发展水平、高人口密度、高社会资源聚集的“三高”特大城市的综合风险评估方法。

在风险治理策略研究方面, 从治理模式、治理体系、治理主体等方面对城市公共安全风险治理策略进行完善与优化。其中, 有学者对全球代表性的城市治理模式进行了对比得出, 城市安全的核心在于政府和社会之间的关系, 城市风险治理要符合我国的基本国情和制度环境, 要构建具有中国特色的城市公共安全风险治理的新模式<sup>[10]</sup>。特大城市呈现易发性、衍生性、扩散性和危害性等典型风险特征, 有学者从宏观、中观、微观三个维度梳理出“总

**收稿日期:** 2024-10-21

**基金项目:** 国家自然科学基金(72274111); 山东省自然科学基金(ZR2021MG025)

**作者简介:** 王循庆(1985—), 男, 山东潍坊人, 博士, 教授, 研究方向为公共安全与应急管理; 周航(2000—), 男, 陕西咸阳人, 硕士研究生, 研究方向为应急管理; 刘昆(1996—), 女, 山东东营人, 硕士研究生, 研究方向为应急管理; 孙晓羽(1984—), 女, 吉林通化人, 博士, 研究方向为社区治理; 钟锦林(1988—), 男, 吉林抚松人, 工程师, 研究方向为风险防控。

体理念把握-系统制度建设-精准技术落地”的风险防控体系<sup>[11]</sup>。除此之外,部分学者特别强调要重视引导和联合社会组织、企业、公民个人等多元主体共同参与,共同应对城市公共安全问题<sup>[12]</sup>。

总的来说,以上研究多以城市发生的某种灾害为例展开研究,对城市传统公共安全风险研究较多,而对新兴的非传统风险涉及较少,尤其从“风险-抗灾能力”风险评估框架研究城市公共安全的研究不多,缺乏对传统风险与非传统风险的综合考虑。目前城市可能面临的风险越来越多,破坏性越来越强,只有通过对城市公共安全的风险评估,对风险进行全面的判断和分析,才能为城市规划和建设提供科学的依据,才能减少灾害发生的可能性,促进城市可持续发展。因此,本文构建以传统风险与非传统风险为核心的城市“风险-抗灾能力”风险评估模型,从城市全区域、全类别的角度出发开展风险评估,梳理并重构更为全面系统的城市安全风险评估指标体系,综合运用定性与定量相结合的分析方法确定指标体系及其权重,并选取青岛、南京、杭州以及东莞4个特大城市评估进行实证研究,对其10年间的统计数据进行对比,提出风险治理策略。

## 1 城市公共安全风险评估指标体系的构建

城市公共安全受到多种因素的影响,如自然灾害、事故灾难、生态环境以及经济发展等。借鉴当前学术界的“脆弱性-能力”框架模型,提出本文的“风险-抗灾能力”风险评估框架。其中,风险是指在一定条件下发生特定损失的可能性,不同载体产生的结果不同。抗灾能力是指城市在面对突发事件所表现出的抵抗能力和灾后的恢复能力。结合系统性、实践性以及可操作性等原则。从城市公共安全的风险和抗灾能力2个维度选取风险评估指标,构建城市公共安全的风险评估模型。

### 1.1 城市公共安全风险评估指标的选取

本文构建的城市公共安全风险评估指标体系共有三级评估指标,各级指标评估内容范围逐级递减。根据城市公共安全的影响因素以及国务院发布的公共安全事件的分类,确定了自然灾害、事故灾难、社会安全以及公共卫生事件4个一级指标,同时结合城市自身的抗灾能力,加入了生态安全、城市经济发展能力以及城市社会保障能力3个一级指标,共同组成城市公共安全风险评估指标体系。基于此,初步确定了城市公共安全风险评估指标体系的7个一级指标,14个二级指标,57个三级指标。具体指标如表1~表7所示。

表1 城市公共安全中自然灾害风险评估指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
自然灾害	气象灾害	年平均气温
		年降水量
		全年日照时数

表2 城市公共安全中事故灾难风险评估指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
事故灾难	生产安全事故	生产安全事故发生数
		生产安全事故死亡人数
		亿元GDP生产安全事故死亡率
	火灾安全事故	十万工矿商贸企业就业人员生产安全事故死亡率
		火灾事故发生数
		火灾事故死亡人数
		火灾事故经济损失

表3 城市公共安全中社会安全风险评估指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
社会安全	治安安全	刑事辩护案件
		非诉讼案件
		城镇登记失业率
	交通安全事故	交通事故发生数
		交通事故死亡人数
		交通事故经济损失
		全市私有汽车拥有量
	人口	人口密度
		流动人口占比

表4 城市公共安全中公共卫生事件风险评估指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
公共卫生事件	医疗卫生	医疗卫生占一般公共预算支出的比例
		卫生机构数
		每万人口拥有医生数
		每万人口拥有医疗床位数
		疾病预防控制中心数
		基层卫生服务中心数

表5 城市公共安全中生态安全风险评估指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
生态安全	生态环境	环境保护支出额
		全年环境空气质量(AQI)优良率
		人均公园绿地面积
		森林覆盖率
		工业废水排放总量
		工业废气排放总量
	城市卫生	工业固体废物综合利用量
		公共厕所个数
		生活垃圾无害化处理厂
		生活垃圾无害化处理能力
		道路清扫保洁面积

### 1.2 城市公共安全风险评估指标体系的筛选与权重的确定

首先,运用德尔菲法征询专家关于指标与指标重要程度的意见,将指标体系调整为 7 个一级指标,14 个二级指标,50 个三级指标;其次,对数据进行处理,对指标的重要程度进行排序;最后,运用层次分析法,构建各指标的比较判断矩阵,对其进行层次排序、一致性检验,得到评估指体系的权重。

表 6 城市公共安全中城市经济发展能力风险评估指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
城市经济发展能力	经济安全	地区生产总值
		人均地区生产总值
		居民人均可支配收入
		居民人均消费支出
		固定资产投资额
	城市基础设施	公共安全占一般公共预算支出的比例
		自来水供水管道长度
		排水管道长度
		全年用电量
		天然气供应总量
		公共汽车、电车线路网长度

表 7 城市公共安全中城市社会保障能力风险评估指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
城市社会保障能力	社会保险	社会保障和就业支出额
		城镇职工基本养老保险参保人数
		参加失业保险人数
	社会救济	城镇居民最低生活保障人数
		城镇居民最低生活保障金
		农村居民最低生活保障人数
		农村居民最低生活保障金
	社会福利	社会福利单位数目
		各类服务机构职工人数
		各类福利院床位数

在递阶层次结构模型建立后,根据专家调查的结果,通过两两比较的方式构造判断矩阵。采用特征向量法求权重,即采用 MATLAB 软件计算判断矩阵的一致性。

(1)一致性检验。计算出一致性指标 CI。其中, $n$  为矩阵的阶数, $\lambda_{\max}$  为最大特征值。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

(2)查找对应的平均随机一致性指标 RI,RI 的值如表 8 所示。

(3)计算出随机一致性比率 CR。

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

当  $CR < 0.1$  时,则认为判断矩阵的一致性可以接受;当  $CR \geq 0.1$ ,应该对判断矩阵进行适当的修正;而对于一阶、二阶矩阵总是一致的且  $CR = 0$ 。

各指标的权重均可以通过各层指标的特征向量计算得到。验证一致性过程中,可以得到一级指标(A)、二级指标(B)、三级指标(C)的相对权重。通过各级指标相对特征向量与其权重之间的换算关系,便可确定城市公共安全风险评估指标体系的各级指标权重。具体的换算公式如下所示。

$$B_i = W_A W_{B_i} \quad (3)$$

$$C_i = W_B W_{C_i} \quad (4)$$

式中: $W_A$  为二级指标相对于一级指标的相对特征向量,以此类推,以计算  $C_1$  的指标权重为例。 $C_1 = W_{A_1} W_{B_1} W_{C_1} = 0.14 \times 1 \times 0.1721 = 0.0241$ 。

同理,可以此换算评价指标体系中的二、三级各指标的权重值。最终,确定城市公共安全风险评估指标体系的权重。如表 9~表 15 所示。

表 8 平均随机一致性指标

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.46	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58	1.59

表 9 赋予综合权重的城市公共安全中自然灾害风险评估指标体系

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	权重
自然灾害(A <sub>1</sub> )	0.14	气象灾害(B <sub>1</sub> )	0.1400	年平均气温(C <sub>1</sub> )	0.0241
				年降水量(C <sub>2</sub> )	0.1016
				全年日照时数(C <sub>3</sub> )	0.0143

表 10 赋予综合权重的城市公共安全中事故灾难风险评估指标体系

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	权重
事故灾难(A <sub>2</sub> )	0.15	生产安全事故(B <sub>2</sub> )	0.0375	生产安全事故发生数(C <sub>4</sub> )	0.0052
				生产安全事故死亡人数(C <sub>5</sub> )	0.0198
				亿元 GDP 生产安全事故死亡率(C <sub>6</sub> )	0.0125
		火灾安全事故(B <sub>2</sub> )	0.1125	火灾事故发生数(C <sub>7</sub> )	0.0511
				火灾事故死亡人数(C <sub>8</sub> )	0.0511
				火灾事故经济损失(C <sub>9</sub> )	0.0102

表 11 赋予综合权重的城市公共安全中社会安全风险评估指标体系

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	权重
社会安全 (A <sub>3</sub> )	0.15	治安安全 (B <sub>4</sub> )	0.104 8	刑事辩护案件(C <sub>10</sub> )	0.069 9
				城镇登记失业率(C <sub>11</sub> )	0.034 9
		交通安全事 故(B <sub>5</sub> )	0.035 6	交通事故发生数(C <sub>12</sub> )	0.009 9
				交通事故死亡人数(C <sub>13</sub> )	0.022 3
				交通事故经济损失(C <sub>14</sub> )	0.003 3
		人口(B <sub>6</sub> )	0.009 6	人口密度(C <sub>15</sub> )	0.003 2
流动人口比重(C <sub>16</sub> )	0.006 4				

表 12 赋予综合权重的城市公共安全中公共卫生事件风险评估指标体系

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	权重
公共卫生 事件(A <sub>4</sub> )	0.15	医疗卫生(B <sub>7</sub> )	0.150 0	医疗卫生占一般公共预算支出的比重(C <sub>17</sub> )	0.021 2
				卫生机构数(C <sub>18</sub> )	0.006 8
				每万人口拥有医生数(C <sub>19</sub> )	0.047 1
				每万人口拥有医疗床位数(C <sub>20</sub> )	0.030 0
				疾病预防控制中心数(C <sub>21</sub> )	0.015 0
				基层卫生服务中心数(C <sub>22</sub> )	0.030 0

表 13 赋予综合权重的城市公共安全中生态安全风险评估指标体系

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	权重
生态安全 (A <sub>5</sub> )	0.14	生态环境(B <sub>8</sub> )	0.112 0	环境保护支出额(C <sub>23</sub> )	0.032 7
				全年环境空气质量(AQI)优良率(C <sub>24</sub> )	0.021 6
				人均公园绿地面积(C <sub>25</sub> )	0.013 6
				工业废水排放总量(C <sub>26</sub> )	0.013 6
				工业废气排放总量(C <sub>27</sub> )	0.021 6
				工业固体废弃物综合利用量(C <sub>28</sub> )	0.009 0
		城市卫生(B <sub>9</sub> )	0.028 0	公共厕所个数(C <sub>29</sub> )	0.003 4
				生活垃圾无害化处理厂(C <sub>30</sub> )	0.008 9
				生活垃圾无害化处理能力(C <sub>31</sub> )	0.015 6

表 14 赋予综合权重的城市公共安全中城市经济发展能力风险评估指标体系

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	权重
城市经济发 展能力(A <sub>6</sub> )	0.14	经济状况(B <sub>10</sub> )	0.093 4	地区生产总值(C <sub>32</sub> )	0.007 6
				人均地区生产总值(C <sub>33</sub> )	0.011 5
				居民人均可支配收入(C <sub>34</sub> )	0.021 9
				居民人均消费支出(C <sub>35</sub> )	0.014 4
				固定资产投资额(C <sub>36</sub> )	0.005 0
				公共安全占一般公共预算支出的比重(C <sub>37</sub> )	0.033 1
		城市基础设 施(B <sub>11</sub> )	0.046 6	自来水供水管道长度(C <sub>38</sub> )	0.008 7
				排水管道长度(C <sub>39</sub> )	0.005 0
				天然气供应总量(C <sub>40</sub> )	0.013 6
				公共汽车、电车线路网长度(C <sub>41</sub> )	0.019 3

表 15 赋予综合权重的城市公共安全中城市社会保障能力风险评估指标体系

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	权重
城市社会保 障能力(A <sub>7</sub> )	0.13	社会保 险(B <sub>12</sub> )	0.086 7	社会保障和就业支出额(C <sub>42</sub> )	0.042 8
				城镇职工基本养老保险参保人数(C <sub>43</sub> )	0.026 9
				参加失业保险人数(C <sub>44</sub> )	0.017 0
		社会救 济(B <sub>13</sub> )	0.021 7	城镇居民最低生活保障人数(C <sub>45</sub> )	0.007 1
				城镇居民最低生活保障金(C <sub>46</sub> )	0.002 7
				农村居民最低生活保障人数(C <sub>47</sub> )	0.007 1
				农村居民最低生活保障金(C <sub>48</sub> )	0.004 7
		社会福 利(B <sub>14</sub> )	0.021 7	各类服务机构职工人数(C <sub>49</sub> )	0.014 5
				各类福利院床位数(C <sub>50</sub> )	0.007 2

## 2 城市公共安全风险评估的实证研究

### 2.1 数据收集

首先,通过浏览相关门户网站,对接四大城市的政务网、市应急管理局、市气象局、市城市管理局以及市统计局等多个政府部门获取数据。其次,历年统计年鉴是获取数据的重要途径。从《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》以及各个城市的统计年鉴等获取数据。采用 SPSS 软件对原始数据进行处理,对于存在缺值的指标数据均采用均值代替。最终,得到这 4 大城市 2011—2020 年 10 年间的数据,共计 2 000 个。

### 2.2 数据处理

由于不同的指标所表示的含义有所不同,存在量纲上的差异。因此,在进行综合评价前,需要借助无量纲化法对数据进行标准化处理。为了计算统一,采用目标值法和功效系数法相结合的方法进行无量纲化处理。在进行无量纲化处理前,首先要判断指标的类型,是正指标、逆指标还是适中指标。其计算公式如下所示。

$$d = 40 \times \frac{m - \min}{\max - \min} + 60 \quad (5)$$

式中: $d$  为标准化处理结果; $m$  为指标的实际测量值; $\min$  为指标的最低目标值; $\max$  为目标的完成值。

### 2.3 数据分析

在对 50 个指标进行无量纲化处理后,运用下公式(6)计算各指标各年份的分值。如表 16 所示。

$$I_{Tt} = \sum_{i=1}^n X_{Tt} W_i \quad (6)$$

式中: $X$  为无量纲化后的各个指标; $W$  为各个指标的权重; $i$  为指标个数; $T$  为年份; $I$  为第  $T$  年第  $i$  个指标的公共安全评估值; $i=1,2,\dots,n$ ;  $T=1,2,\dots$ 。

由表 16 可知,2013 年青岛市公共安全风险评估的总得分最低,2020 年公共安全风险评估总得

分最高。其中,自然灾害类指标变化不明显;事故灾难类指标和生态安全类指标呈现不稳定状态;社会安全类指标呈现波动趋势,表明青岛市政府对社会安全的关注度较低;公共卫生事件类指标呈现上升趋势,根据前文确定的“风险-抗灾能力”评估模型可知,这 5 类指标为城市公共安全的风险类指标。城市经济发展能力和城市社会保障能力作为城市抗灾能力呈上升趋势,表明青岛市抗灾能力不断增强。通过对比发现,城市经济发展能力高于社会保障能力,启发我们在提高经济发展的同时也要注意增强社会保障能力。

如表 17 所示,2011 年南京市公共安全风险评估的总得分最低,2020 年公共安全风险评估总得分最高。其中,自然灾害类指标变化较明显;事故灾难类指标呈现波动下降趋势;社会安全类指标和公共卫生事件类指标呈不稳定趋势,其中 2011—2015 年呈下降趋势,但从 2015 年至今一直呈上升趋势,表明南京市政府越来越重视公共卫生健康;生态安全类指标呈上升趋势,特别是自 2014 年,中央国家安全委员会第一次会议强调构建集各种安全为一体的国家安全体系,对生态安全有了新的认识。城市经济发展能力和城市社会保障能力作为城市抗灾能力呈上升趋势,且经济发展能力略高于社会保障能力,表明南京市政府在面对风险灾难具备充足的人力、物力和财力。

如表 18 所示,2011 年杭州市公共安全风险评估的总得分最低,2020 年公共安全风险评估总得分最高。其中,自然灾害类指标变化起伏较为明显,可能与其发生的不确定性密切相关;事故灾难类指标呈现不稳定状态;社会安全类指标呈下降趋势,表明杭州市政府近几年对社会安全的关注度较低;公共卫生事件类指标和生态安全类指标呈上升趋势,特别是近两年生态安全类指标上升趋势较大,

表 16 青岛市 2011—2020 年公共安全风险评估综合得分

年份	自然灾害	事故灾难	社会安全	公共卫生事件	生态安全	城市经济发展能力	城市社会保障能力	总分
2011	11.232 8	13.583 6	13.452 7	9.143 9	10.545 7	9.301 3	8.091 0	75.351 0
2012	10.806 8	12.926 2	13.977 8	10.067 2	10.923 8	9.539 4	8.339 3	76.583 7
2013	10.709 0	11.548 3	13.787 0	9.921 3	11.187 6	9.217 8	8.531 4	74.996 0
2014	11.394 2	10.586 1	13.613 3	10.592 5	9.938 7	9.901 0	9.536 1	75.757 4
2015	10.476 0	11.799 4	13.736 9	10.902 7	10.078 1	9.958 5	10.136 7	77.238 3
2016	10.804 2	11.477 2	13.209 6	12.474 5	11.238 2	11.084 5	10.894 5	81.312 5
2017	12.031 0	10.377 0	12.943 1	12.934 6	11.465 9	11.236 1	11.424 3	82.520 2
2018	11.395 6	12.712 8	12.253 9	13.390 1	11.156 7	12.833 4	11.372 2	85.192 5
2019	10.957 8	13.046 0	11.569 8	14.356 7	10.790 7	13.167 9	12.065 6	85.992 7
2020	13.528 6	12.551 4	12.798 4	14.839 9	11.024 6	13.395 2	12.784 5	90.922 6

这主要得益于国家政策的实施。根据前文确定的“风险-抗灾能力”评估模型可知,这5类指标为城市公共安全的风险类指标。城市经济发展能力和城市社会保障能力作为城市的抗灾能力不断提高,表明杭州抗灾能力不断增强。

如表19所示,2011年东莞市公共安全风险评估的总得分最低,2020年公共安全的风险评估总得分最高。其中,前5类指标为城市公共安全风险类

指标,其变化为:自然灾害类指标变化不明显;事故灾难类指标和社会安全类指标呈现不稳定状态;公共卫生类指标和生态安全类指标呈上升趋势。根据前文确定的“风险-抗灾能力”评估模型可知,城市经济发展能力和城市社会保障能力作为城市的抗灾能力呈上升趋势,表明东莞抗灾能力不断增强。综合来说,评估得分的提高,表明城市公共安全能力增强。

表17 南京市2011—2020年公共安全风险评估综合得分

年份	自然灾害	事故灾难	社会安全	公共卫生事件	生态安全	城市经济发展能力	城市社会保障能力	总分
2011	10.424 0	12.704 5	12.154 8	11.177 2	10.527 2	9.123 5	7.883 2	73.994 6
2012	9.782 5	11.985 3	11.770 1	11.179 6	10.937 3	9.745 2	8.872 4	74.272 5
2013	10.053 3	11.577 4	12.236 0	11.161 7	10.225 5	9.849 2	9.409 0	74.512 1
2014	10.478 3	11.157 4	12.344 1	9.998 2	10.449 8	10.554 3	10.225 1	75.207 1
2015	12.961 3	12.041 6	13.466 4	10.125 8	10.829 4	10.768 4	10.360 1	80.553 0
2016	13.205 4	11.088 4	13.296 6	10.747 7	11.153 1	11.491 9	10.416 8	81.399 9
2017	11.352 2	11.375 2	13.393 8	11.716 0	11.488 7	11.979 2	10.991 4	82.296 5
2018	11.371 4	11.468 4	12.800 8	11.850 6	11.557 6	13.261 8	11.692 4	84.003 1
2019	10.264 8	10.593 2	11.576 3	14.114 0	11.951 4	13.562 3	12.354 7	84.416 7
2020	11.278 4	10.748 0	12.437 7	14.805 2	12.311 9	13.668 7	12.967 6	88.217 5

表18 杭州市2011—2020年公共安全风险评估综合得分

年份	自然灾害	事故灾难	社会安全	公共卫生事件	生态安全	城市经济发展能力	城市社会保障能力	总分
2011	9.740 4	11.240 1	13.116 6	9.699 2	9.775 5	9.730 0	8.194 9	71.496 6
2012	11.069 1	10.712 0	13.470 5	10.632 9	10.210 7	10.115 1	8.715 9	74.926 0
2013	10.817 7	10.666 3	13.261 1	11.538 0	9.901 3	9.825 8	9.047 2	75.057 4
2014	9.834 1	12.059 0	13.333 4	12.112 7	10.466 3	10.241 4	9.565 9	77.612 9
2015	12.634 0	12.761 5	13.292 6	11.932 7	11.187 3	10.778 8	9.823 9	82.410 8
2016	10.853 4	13.974 1	13.141 9	12.954 0	11.387 3	11.214 2	10.096 4	83.621 4
2017	11.758 3	12.536 0	13.058 8	13.790 1	11.471 6	11.115 3	10.883 0	84.613 1
2018	12.045 5	13.432 0	11.868 0	13.578 5	11.692 3	11.779 3	11.668 9	86.064 7
2019	11.289 9	13.005 6	11.097 3	13.793 3	13.047 2	12.161 4	12.211 4	86.606 1
2020	11.465 3	13.621 2	11.434 3	13.942 3	13.467 3	12.767 0	12.667 2	89.364 6

表19 东莞市2011—2020年公共安全风险评估综合得分

指标年份	自然灾害	事故灾难	社会安全	公共卫生事件	生态安全	城市经济发展能力	城市社会保障能力	总分
2011	10.186 6	11.912 3	12.378 7	10.353 7	9.901 3	9.118 0	8.192 7	72.043 2
2012	11.444 4	10.619 4	11.967 5	10.496 4	9.872 2	9.189 1	8.535 2	72.124 2
2013	12.024 2	10.475 9	12.130 1	11.020 9	10.226 2	9.669 0	8.877 7	74.423 9
2014	10.915 0	11.160 8	11.947 7	10.488 2	10.601 0	10.065 9	10.218 9	75.397 5
2015	10.581 7	12.469 8	12.247 8	10.820 6	11.698 0	10.274 8	10.830 9	78.923 6
2016	10.881 1	12.400 8	12.016 6	10.854 8	12.229 6	11.419 4	11.031 8	80.834 1
2017	11.575 8	14.176 4	12.029 0	11.238 8	11.820 3	11.678 9	11.374 6	83.893 7
2018	11.791 1	14.556 0	11.398 7	11.920 2	11.927 7	12.062 2	11.482 5	84.138 3
2019	12.450 2	12.445 7	11.624 1	13.186 1	10.997 8	12.768 3	11.732 5	85.204 7
2020	11.056 7	11.808 8	10.961 6	13.716 9	12.738 9	13.838 8	12.095 5	86.217 2

## 2.4 对比分析

为了进一步剖析主成分的相关信息,凸显指标体系的侧重性和简洁性。采用具有 Kaiser 标准化

的正交旋转法,旋转在 13 次迭代后收敛,具体数值如表 20 所示。

第一主成分包括地区生产总值、人均地区生产

表 20 旋转元件矩阵

指标	元件									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
年平均气温	0.494	0.223	0.283	0.299	0.517			0.328	0.135	0.164
年降水量	0.151				0.854			0.141		
全年日照时数	0.292		0.114		0.802		0.231	0.158		
生产安全事故发生数	0.112	0.227	0.301	0.744	0.122			0.327		
生产安全事故死亡人数	0.278		0.276	0.857						
亿元 GDP 生产安全事故死亡率		0.128	0.115	0.925					0.172	
火灾事故发生数	0.127			0.872	0.104	0.115		0.160	0.143	
火灾事故死亡人数		0.119		0.908	0.130					0.125
火灾事故经济损失			0.320	0.778					0.187	
刑事辩护案件	0.307			0.340		0.108				0.118
城镇登记失业率	0.202		0.140	0.823						0.322
交通事故发生数	0.110	0.404	0.213	0.716		0.197	0.113	0.106		0.186
交通事故死亡人数	0.103	0.285	0.425	0.704			0.137	0.120	0.174	
交通事故经济损失			0.320	0.778					0.187	
人口密度	0.316	0.166		0.498	0.158			0.146	0.105	
医疗卫生占一般公共预算支出的比例	0.450	0.673	0.116	0.242	0.168		0.187		0.198	0.148
卫生机构数	0.184	0.866	0.174	0.175		0.208	0.146			
每万人口拥有医生数		0.900	0.168	0.309	0.104		0.108			0.113
每万人口拥有医疗床位数	0.202	0.880	0.142	0.241			0.141			0.105
疾病预防控制中心数	0.257	0.371	0.164		0.230		0.174	0.232	0.153	0.428
基层卫生服务中心数	0.239	0.737	0.391	0.195		0.122	0.179			0.102
环境保护支出额	0.744			0.113	0.367	0.173			0.114	
全年空气质量优良率	0.139	0.146	0.890						0.124	0.112
人均公园绿地面积	0.647	0.267	0.473	0.246	0.140			0.128	0.179	
工业废水排放总量	0.207		0.876	0.113		0.165			0.145	
工业废气排放总量	0.275	0.479	0.736	0.277	0.520	0.194		0.103		
工业固体废弃物综合利用量	0.317	0.276	0.659	0.224		0.167	0.105	0.217	0.128	0.108
公共厕所数	0.336	0.281	0.169			0.121	0.372	0.124	0.199	0.142
生活垃圾无害化处理厂	0.593		0.445			0.415	0.209			0.249
生活垃圾无害化处理能力	0.121		0.892	0.216	0.138					
地区生产总值	0.977	0.141								
人均地区生产总值	0.977	0.141								
居民人均可支配收入	0.972				0.142					
居民人均消费支出	0.977									
固定资产投资额	0.744			0.113	0.367	0.173			0.114	
公共安全占一般公共预算支出的比例	0.624	0.274	0.233	0.358	0.227		0.179		0.358	
自来水供水管道长度	0.825		0.196			0.329			0.103	0.122
排水管道长度	0.942				0.110			0.162		
天然气供应总量	0.144	0.853	0.176		0.239		0.182			0.106
公共汽车、电车线路网长度	0.438		0.374	0.341	0.230					
社会保障和就业支出额		0.951			0.156					
城镇职工基本养老保险参保人数		0.743		0.418				0.157		0.108
参加失业保险人数		0.931	0.172	0.183						
城镇居民最低生活保障人数	0.289	0.235	0.449		0.197		0.277			0.176
城镇居民最低生活保障资金	0.454	0.709	0.250			0.104	0.575		0.207	
农村居民最低生活保障人数		0.902		0.101		0.213				
农村居民最低生活保障金	0.140	0.327	0.416	0.121	0.305	0.185		0.227		
各类服务机构职工人数	0.158	0.875	0.181	0.228		0.150		0.107		0.145
各类福利院床位数	0.152	0.837	0.146			0.257			0.102	0.135

总值、居民人均可支配收入、居民人均消费支出、固定资产投资额、公共安全占一般公共预算支出的比例、自来水供水管道长度、排水管道长度、天然气供应量、环境保护支出额、人均公园绿地面积、生活垃圾无害化处理厂。它属于城市抗灾能力中的基础设施建设方面,主要是反映城市经济发展能力的指标。第二主成分包括社会保障和就业支出额、城镇职工基本养老保险参保人数、参加失业保险人数、城镇居民最低生活保障金、农村居民最低生活保障人数、各类服务机构职工人数、各类福利院床位数、医疗卫生占一般公共预算支出的比例、卫生机构数、每万人口拥有医生数、每万人口拥有医疗床位数以及基层卫生服务中心数等。从所提取的第二主成分中,它属于城市抗灾能力中的社会保障方面,主要是反映城市社会保障能力的指标。第三主成分是全年环境空气质量(AQI)优良率、工业废水排放总量、工业废气排放总量、工业固体废弃物综合利用量、生活垃圾无害化处理能力等。它属于城市遭受风险中的生态环境,主要是反映城市生态安全的指标。第四主成分是生产安全事故发生数、生产安全事故死亡人数、亿元GDP生产安全事故死亡率、火灾事故发生数、火灾事故死亡人数、火灾事故经济损失、城镇登记失业率、交通事故发生数、交通事故死亡人数,交通事故经济损失以及流动人口比例等。它属于城市遭受风险中的事故灾难,主要是反映城市社会安全的指标。第五主成分是年平均气温,年降水量以及全年日照时数等自然因子。从所提取的第五主成分可以看出,该主成分主要受到自然因素的影响。第六、七、八、九、十主成分包括的指标指示不明显,且方差贡献率之和比较小,本文并不提取。

综上,影响城市公共安全的主要因子包括城市经济发展能力、城市社会保障能力、城市生态安全城市社会安全以及自然灾害等因素,也与前文各类指标的分析相吻合。因此,可以通过加强城市基础设施建设,提高城市经济发展水平和社会保障能力,为城市公共安全水平奠定基础。由此再对青岛、南京、杭州、东莞4个城市进行主成分分析,具体数值如表21~表24所示。

通过4个城市对比发现,在第一主成分中,南京的实际占比最高,其次是东莞、青岛、杭州,但是与其标准线相比,南京的经济发展能力高于标准线,表明南京的经济发展能力有利于提升城市公共安全水平,而青岛、杭州以及东莞的公共安全水平还需

表 21 青岛市公共安全主成分分析

年份	主成分				
	一	二	三	四	五
2011	11.65	15.59	6.83	19.73	11.23
2012	12.04	16.72	6.94	19.89	10.81
2013	12.75	16.79	6.18	18.34	10.71
2014	12.25	18.45	6.09	17.59	11.39
2015	12.16	19.20	6.35	18.74	10.48
2016	14.08	21.44	6.69	17.50	10.80
2017	14.03	22.46	7.09	16.41	12.03
2018	15.55	22.80	6.75	19.92	11.40
2019	15.40	23.79	6.32	20.22	10.96
2020	15.78	25.15	6.37	19.38	13.53
平均得分	13.57	20.24	6.56	18.77	11.33
实际占比/%	19.26	28.72	9.30	26.64	16.08
标准线	20.45	28.41	9.09	26.14	15.91

表 22 南京市公共安全主成分分析

年份	主成分				
	一	二	三	四	五
2011	11.49	16.85	6.74	18.62	10.42
2012	11.87	17.82	7.06	17.93	9.78
2013	12.60	18.45	5.62	16.09	10.05
2014	13.39	18.10	5.67	16.37	10.48
2015	13.67	18.38	5.94	18.34	12.96
2016	14.89	18.96	6.21	18.25	13.21
2017	14.86	20.48	6.45	16.87	11.35
2018	16.42	22.29	6.27	17.99	11.37
2019	16.97	24.16	6.42	17.77	9.26
2020	17.14	24.41	6.71	18.24	11.28
平均得分	14.33	19.99	6.31	17.65	11.02
实际占比/%	20.68	28.85	9.11	25.47	15.90
标准线	20.45	28.41	9.09	26.14	15.91

表 23 杭州市公共安全主成分分析

年份	主成分				
	一	二	三	四	五
2011	12.35	15.80	5.73	17.05	9.74
2012	12.81	17.23	6.08	17.06	11.07
2013	12.58	18.44	5.65	16.77	10.82
2014	13.37	19.51	5.82	18.40	9.83
2015	13.30	19.61	6.11	19.34	12.63
2016	14.52	21.02	6.47	20.72	11.85
2017	14.01	22.30	6.78	19.47	10.76
2018	14.44	22.90	7.10	20.21	12.05
2019	15.81	23.95	7.63	19.68	11.29
2020	16.28	24.03	7.82	19.43	11.47
平均得分	13.95	20.48	6.52	18.81	11.15
实际占比/%	18.83	28.89	9.19	26.53	16.23
标准线	20.45	28.41	9.09	26.14	15.91

表 24 东莞市公共安全主成分分析

年份	主成分				
	一	二	三	四	五
2012	11.34	17.17	6.03	15.51	11.44
2013	11.69	18.00	6.50	15.57	12.02
2014	12.33	18.79	6.38	16.13	10.91
2015	13.05	20.47	6.96	17.69	10.58
2016	14.37	19.52	7.14	17.49	10.88
2017	14.76	20.51	6.61	19.46	11.58
2018	15.36	20.99	6.51	20.91	10.79
2019	15.53	22.53	5.97	19.68	13.45
2020	16.47	23.22	6.95	18.06	11.06
平均得分	13.75	19.81	6.51	17.75	11.39
实际占比/%	19.87	28.62	9.41	25.65	16.46
标准线	20.45	28.41	9.09	26.14	15.91

大力发展经济建设。在第二和第三主成分中,青岛,南京,杭州以及东莞的实际占比均高于标准线,表明社会保障能力和生态安全在一定程度上优化了城市公共安全环境。在第四主成分中,青岛和杭州的实际占比均高于标准线,则南京和东莞低于标准线,通过增强城市社会安全以提高公共安全。在第五主成分中,青岛、杭州以及东莞的实际占比均高于标准线,只有南京略低,因此,南京应增加对气象灾害和极端天气事件的关注度,完善灾害防御应急联动体系以科学应对自然灾害的发生,提高城市公共安全水平。

### 3 结论

(1)青岛、南京、杭州以及东莞 4 大城市的时间演变特征表明:2011—2020 年 10 年间公共安全评估的得分逐年增加,城市公共安全水平提升,城市保障能力显著增强。

(2)从宏观指标上看,4 大城市的生态安全、城市经济发展能力以及城市社会保障能力类指标的评估得分呈上升趋势,而自然灾害、事故灾难、社会安全以及公共卫生类指标的评估得分呈现波动趋势。

(3)从微观指标上看,以地区生产总值、固定资产投资额等为代表的城市经济发展能力和以社会保障和就业支出额、参加失业保险人数等为代表的城市社会保障能力是城市公共安全的主要抗灾因子,对城市公共安全影响较大。事故灾难、公共卫生事件、社会安全事件、城市经济发展能力和城市社会保障能力等指标类型对城市公共安全水平的

影响较大。城市经济发展能力和城市社会保障能力作为城市的主要抗灾因子,对城市公共安全起着重要作用。

(4)基于因子分析结果表明,在城市经济发展能力主成分中,南京占比最高,杭州占比最低;在城市社会保障主成分中,杭州占比最高,东莞占比最低,但是四个城市的实际占比均高于标准线;在生态安全主成分中,东莞占比最高,南京占比最低,但四个城市的实际占比均高于标准线;在社会安全主成分中,青岛占比最高,南京占比最低且低于标准线。

(5)以生态安全为代表的非传统安全领域对城市公共安全的影响较大,4 大城市 10 年间公共安全所占的比重逐渐上升。

### 参考文献

- [1] QIU Z. Establishment and countermeasures of smart city security risk assessment model[J]. *Advances in Computer and Communication*, 2023, 3(2): 70-73.
- [2] 卢嵩, 栗健, 黄梦瑶, 等. 大型商圈安全评价体系及案例研究[J]. *中国安全生产科学技术*, 2021, 17(12): 149-155.
- [3] 赵冬月, 陈长坤, 易亮. 地区性城市群公共安全多灾种综合风险评估研究[J]. *中国安全生产科学技术*, 2020, 16(12): 30-36.
- [4] 周苏华, 张清山, 张久长, 等. 模糊 AHP-TOPSIS 模型在城市暴雨内涝风险评估中的应用[J/OL]. *安全与环境学报*, 1-11 [2024-10-21]. <https://doi.org/10.13637/j.issn.1009-6094.2024.0725>.
- [5] 王静静. 上海市公共安全风险评估研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2020.
- [6] 刘继川, 桂蕾. 城市公共安全风险评估与控制对策研究: 以武汉市为例[J]. *中国安全科学学报*, 2022, 32(1): 164-171.
- [7] 姚尚建, 梅杰. 城市风险治理的机制跨越——基于“技术-社会”的耦合路径[J]. *浙江学刊*, 2024(4): 120-127.
- [8] 周忠良, 赵雅欣, 沈迟, 等. 城市重大公共卫生风险全过程防控体系构建[J]. *西安交通大学学报(社会科学版)*, 2024, 44(2): 117-131.
- [9] 李琼, 宋慧娟. 韧性治理视阈下上海城市风险评估及防控研究[J]. *贵州社会科学*, 2023(6): 100-106.
- [10] 梁媛媛. 规划视角的城市安全韧性思考[J]. *城市建设理论(电子版)*, 2024(10): 22-24.
- [11] 柴华. 特大城市风险防控体系的分析框架、实践困境与优化策略[J]. *中国应急管理科学*, 2022(5): 55-66.
- [12] 龚轶, 丛晓男. 北京城市公共安全治理的进展与经验启示[J]. *城市观察*, 2021(5): 127-138.

## Urban Public Safety Risk Assessment and Governance Based on AHP

WANG Xunqing<sup>1</sup>, ZHOU Hang<sup>2</sup>, LIU Kun<sup>2</sup>, SUN Xiaoyu<sup>2</sup>, ZHONG Jinlin<sup>3</sup>

(1. School of Management Science and Engineering, Shandong Technology and Business University, Yantai 264005, Shandong, China;

2. School of Public Administration, Shandong Technology and Business University, Yantai 264005, Shandong, China;

3. Yantai Special Equipment Inspection Institute, Yantai 265500, Shandong, China)

**Abstract:** Recent frequent extreme natural disasters and major public health crises have intensified the convergence of traditional and emerging risks, significantly threatening urban public safety. To address the knowledge gap regarding non-traditional risks, a city-level “risk-resilience capacity” assessment framework under the holistic national security paradigm was developed. Four Chinese megacities were evaluated, such as Qingdao, Nanjing, Hangzhou and Dongguan. The results are as follows. Nanjing demonstrates superior economic development capacity, whereas Hangzhou underperforms. Hangzhou leads in social security capacity, contrasting with Dongguan’s deficiencies. Dongguan exhibits the strongest ecological resilience, while Nanjing ranks lowest. The analysis identifies GDP-driven economic capacity and social security expenditure as critical resilience determinants.

**Keywords:** all national security; urban public protection; risk assessment; factor analysis; risk management