

感知分异视角下城市人防工程疏散能力评估与优化策略

——以南京新街口片区为例

冯广源, 张京祥, 马梦沅, 孙 露, 仝泽安

【摘 要】以南京新街口片区为例, 从人防设施的客观条件与不同年龄段群体居民主观感知这两方面评估各个社区的人防工程疏散能力, 构建结构方程模型分析疏散能力的影响因素, 以评估结果中疏散能力最低的社区为例, 模拟规划基于感知分异的人群疏散路径, 并从视觉引导优化、智能技术引进、政策指导、空间设施完善 4 个方面提出全龄友好型人防工程疏散体系提升策略。

【关键词】人防工程; 感知分异; 疏散能力; 疏散路径; 南京新街口

【文章编号】1006-0022(2025)03-0058-08 **【中图分类号】**TU984、TU92、TU998 **【文献标志码】**B

【引文格式】冯广源, 张京祥, 马梦沅, 等. 感知分异视角下城市人防工程疏散能力评估与优化策略: 以南京新街口片区为例 [J]. 规划师, 2025(3): 58-65.

Evacuation Capability Assessment and Optimization Strategies of Urban Civil Defense Projects from the Angle of Perceptual Differentiation: A Case Study of Xinjiekou Area, Nanjing/FENG Guangyuan, ZHANG Jingxiang, MA Mengyuan, SUN Lu, TONG Ze'an

[Abstract] The evacuation capability of civil defense projects in each community within the Xinjiekou Area of Nanjing is evaluated from two perspectives: the objective conditions of civil defense facilities and the subjective perceptions of different age groups. A structural equation model is constructed to analyze the influencing factors of evacuation capability. Taking the community with the lowest evacuation capability as a case study, an evacuation route for residents is simulated based on perceptual differentiation. Furthermore, all-age friendly optimization strategies for civil defense projects are proposed from four dimensions: visual enhancement, intelligent guidance, policy support, and spatial integration.

[Keywords] civil defense projects; perceptual differentiation; evacuation capability; evacuation path; Xinjiekou Area, Nanjing

0 引 言

“居安而念危, 则终不危”, 当前世界正经历百年未有之大变局, 国际国内形势趋于复杂化, 建立一套完备的立体国防体系是必要之举, 而人防工程就是其中的重要一环。对于国内大部分城市而言, 其人防设施虽然建设比较完备, 但是实际疏散效果的评估工作却长期处于缺位状态, 在很大程度上存在安全风险。自改革开放

以来, 我国实现了高速城镇化时期的“增长奇迹”^[1], 城市人口与空间均经历了爆发性增长。当下, 我国城镇化率已超过 65%, 城市发展驱动机制也发生了重大转变。城镇化 2.0 时代的到来, 使过去盲目扩张的建设方式逐渐被理性、渐进的城市更新所取代, 存量资产的盘活与高效利用成为热门话题。因此, 新时代背景下的人防体系建设更应注重各类资源的充分利用, 探索以合理改造、更新来提升疏散能力的路径方法^[2]。

【基金项目】 国家自然科学基金面上项目 (52478059)

【作者简介】 冯广源, 南京大学建筑与城市规划学院硕士研究生。1106641485@qq.com

张京祥, 通信作者, 南京大学建筑与城市规划学院教授、博士生导师, 南京大学空间规划研究中心主任。3593786@163.com

马梦沅, 南京大学建筑与城市规划学院硕士研究生。

孙 露, 南京大学建筑与城市规划学院硕士研究生。

仝泽安, 南京大学建筑与城市规划学院本科生。

在国内外对于城市公共安全方面的研究中,有关应急疏散的占比很大,相关研究涉及自然与人为灾害、战争冲突等多种情况下的应急疏散行为,具体研究主题包括疏散路径、疏散能力等。主要特征为:①研究对象一般为设置在地面以上的应急避难场所^[3-4];②关注点主要集中于对城市建成环境的安全性分析^[5-6];③路径规划模型对人群内部的异质性不加区分^[7-8]。相关研究与实践均表明,个体对于外部环境的存在以及存在关系信息^[9]的感知存在显著差异,即感知分异。例如,由于人防工程自身服务范围并不明晰,不少社区居民对于人防工程的认知存在偏差。因此,在公共安全事件发生时人群疏散往往呈现自发性、盲目性、无序性,可能导致应急条件下的秩序混乱,进而出现更严重的后果。

针对上述现状研究的不足,此次研究提出如下问题:一是硬件设施建设完备的人防工程实际疏散能力如何?二是影响疏散能力的因素有哪些?三是怎样针对不同人群提高人防工程的疏散能力?围绕上述3个关键问题,研究拟从客观设施条件与居民主观感知出发,建立相应的人防工程疏散能力评价体系,并通过模型分析探究其中的影响因子,以期对应急疏散路径进行改进,并提出全龄友好的人防工程优化提升策略。

1 研究设计与实证案例

1.1 研究思路

研究基于疏散过程中的人群感知分异,提出客观建成环境与人群主观感知相结合的人防工程疏散能力评价体系,并按年龄段对疏散人群进行分类,规划相应的疏散路径。在现有的研究模式下,各类人群通常被看作一个整体进行模拟疏散,在模型检验中被证明存在以下问题:一是人群易盲目从众,不能顺利找

到距离最近的人防工程;二是疏散人流集中在主要道路上,紧急情况下易造成较大伤亡;三是人流在建筑物拐角处、交叉路口及人防工程入口处易形成拥堵,影响整体疏散效率。相较于既有的疏散模拟研究,此次研究以感知为内在逻辑,更加侧重疏散过程中基础设施与个人感知的交互作用,能够兼顾到人群内部在应急条件下反应的差异性,更符合实际情境中不同人群的差异化需求。

1.2 研究方法与技术路线

1.2.1 理论模型

此次研究使用的理论模型为环境行为学理论与社会力模型,用以描述人群感知及其行为与环境之间的反馈关系,并完善人群疏散时的最小单元参数,构建城市区域应急疏散模型。

(1) 环境行为学理论模型。环境行为学主要研究城市与建筑中人的活动以及人对环境的感知,关注重点为空间的使用主体,强调环境与人之间的相互作用过程,了解人的诉求从而在城市规划中得以反馈^[10]。该理论的引入,可以很好地解释疏散过程中环境对个人行为的影响。研究拟分析各年龄段群体的空间感知和疏散行为,并探究其分异原因,以规划不同年龄段的群体在应急情况下的疏散路径。

(2) 社会力理论模型。Helbing等^[11]基于对牛顿第二定律普适性的归纳,建立社会力模型(多粒子驱动模型)理论,以表示人与人、人与环境的社会心理和物理作用。社会力模型创造性地将行人运动过程中所受到的作用力描述为行人的自驱动力、行人与周围人之间的相互作用力、行人与障碍物之间的相互作用力。这一模型不仅涵盖了行人的自驱动力,还强调了障碍物与周围人群的影响,考虑到了人群的感知分异。在该模型的框架下,个体的实际行为受个体的主观意识、个体之间以及障碍物这3个方面

因素的共同制约。

1.2.2 具体研究方法

研究基于上述理论模型基础,采用实地调研、问卷调查相结合的方式,考察片区内人防工程的具体位置、容量、通风、灯光、防潮、防爆门等设施条件,同时面向片区内各年龄段居民发放调查问卷,了解他们对人防工程疏散系统的感知情况,以此作为定量研究的数据基础。

通过相关文献调查^[12]、专家建议、半结构化访谈等方法综合确定评价指标(依据相关规范标准补充),并计算各评价指标权重。在具体实现路径上,综合运用 ArcGIS 最小成本路径等方法,计算各人防工程的客观可达性;基于 R 语言建立结构方程模型,探究人防工程信任度影响机制;利用 Anylogic 仿真软件对行人疏散过程进行模拟,用于问题筛查以及路径规划。

1.2.3 总体研究框架

在总体框架上,研究主要可以分为评价、探究、优化3个环节,以研究范围内的各个社区为基本评价单元,从客观与主观两方面构建人防工程疏散能力评价体系。在此基础上,探究产生感知分异的具体影响机制,并选取典型社区为分析案例,模拟疏散过程,进行各年龄段群体路径规划与疏散体系空间优化设计。见图1。

1.3 研究案例的基本情况

南京在历史上曾发生过37次重大战役,遭受各类空袭达161次之多,造成的人员伤亡、财产损失、建筑毁坏对城市建设与发展形成了严重影响。因此,新时代南京的人防工程建设需要更加注重疏散效率。研究选取南京市新街口片区作为研究区域,该区域东起洪武北路,西至慈悲社和螺丝转弯(巷),南始淮海路,北达广州路,总面积约为1.3hm²。新街口片区位于南京市中心区域,高层

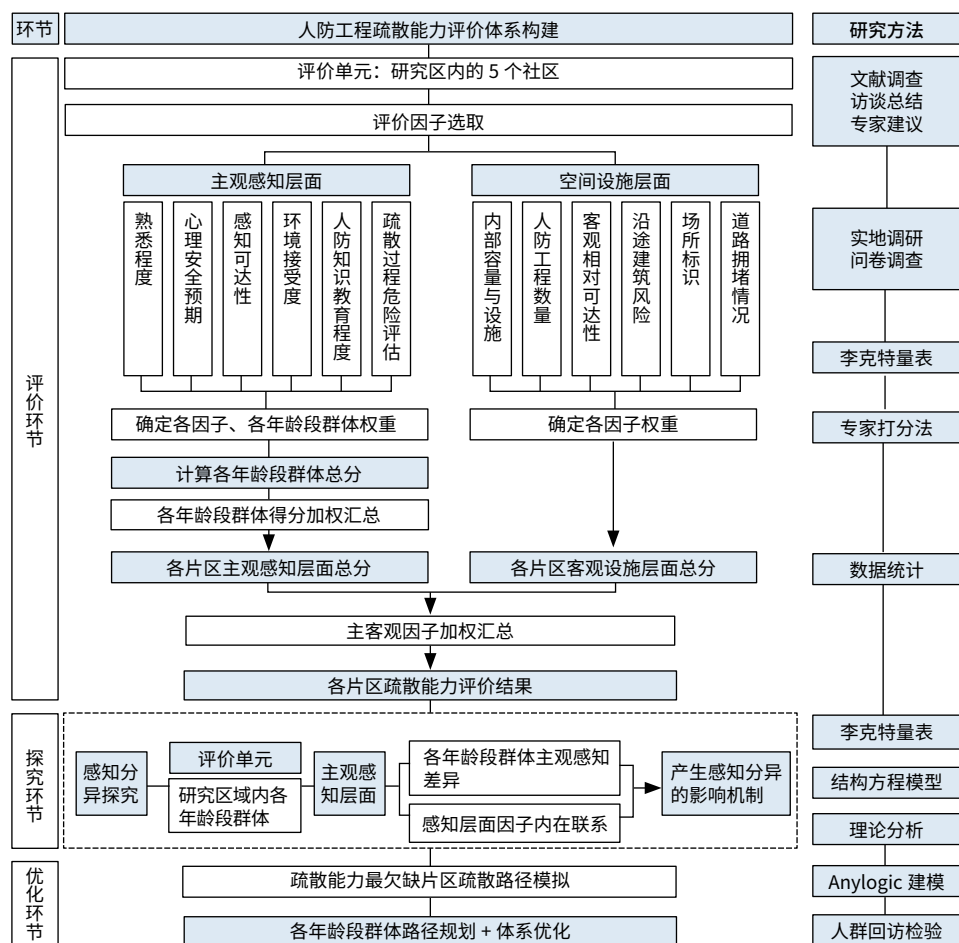


图1 研究技术路线

建筑密集、老旧小区多，空间环境复杂，一旦发生火灾、地震、空袭等大型公共安全事件，易造成严重人员伤亡。因此，选择其作为研究对象，对其人防工程疏散能力进行评价，具有代表意义。

将研究范围按照现有社区边界，进一步划分为5个小尺度片区：北门桥片区、广州路片区、长江路片区、慈悲社片区、商业街片区。基于区划，研究分别调研了各片区人防工程的具体位置、设施条件、道路环境及居民感知情况等因素，在此基础上评价各片区人防工程的疏散能力，并对疏散能力最为欠缺的片区进行具体的路径规划及空间优化设计。

通过实地走访发现，研究区内共有14处人防工程，均为利用高层建筑、老旧小区的地下空间建设兼顾人防要求的停车场。在空间结构上，区域内现有人

防工程往往与商业综合体、公共交通系统之间形成垂直叠加。在调查过程中还发现部分人防工程存在标识不清晰、场地周边环境杂乱、场地内部堆放杂物、照明欠缺等硬件设施问题。以上现状问题的累积，增加了实际疏散中的不确定性与安全隐患，降低了人防工程自身的疏散能力，成为现实中亟待解决的痛点。

2 人防工程疏散能力评价

人防工程及其配套设施展现的疏散能力，直接决定了应急情况下周边片区内居民群体的避险效率与安全保障，而对于社区内人防工程的实际疏散能力的定期评价工作，是对其服务效能的周期性检验^[13]，能够及时排查出潜在安全隐患，有效降低公共安全事故带来的现实

损害。因此，现实生活中的实践需求决定了建立一套科学、合理的人防工程疏散能力评价体系的迫切性。

2.1 评价指标体系构建

考虑到人群内部对疏散环境感知差异的影响，研究将主观感知因素引入评价指标体系，从主观感知和空间设施两方面对人防工程疏散能力进行测度。在具体权重分配上，研究主要采用专家打分法计算指标权重，邀请城市公共安全领域的相关专家对各因子进行权重赋值，并将每位专家的赋值结果按照权威度加权计算，得到各级因子权重（表1）。

2.2 评价因子调研与量化

2.2.1 主观感知层面评价

研究针对居民对人防工程的熟悉程度、人防知识教育程度、感知可达性、心理安全预期、环境接受度、疏散过程危险评估这6个部分内容设计调查问卷，并采用线下与线上相结合的方式，对研究范围内5个片区各年龄段的居民进行调查。最终累计共发放311份问卷，其中有效问卷304份。

研究以李克特量表为打分原则，分别设置1~5分的程度等级，计算各片区各年龄段群体的单因子得分。以北门桥片区内19~30岁人群为例，根据评价体系中单因子对应的问卷问题，取均值得到单因子得分。根据评价因子权重，加权计算各年龄段群体得分。片区中60岁以上和19岁以下这两类群体的得分较低，在疏散过程中需要重点关注。此外，5个片区内各年龄段群体的评价结果差异均较大，也从侧面印证了感知差异对疏散过程的影响。根据各年龄段群体具体权重，加权计算各片区主观感知层面的最终评价得分。

2.2.2 空间设施层面评价

(1) 内部容量与设施。研究区内人防

表 1 评价指标具体内容

层面	评价因子	因子具体内容	权重 /%
主观感知	熟悉程度	对所住 (所在) 社区的熟悉度、对人防工程位置认知的清晰度	25.0
	心理安全预期	对周边人防工程体系抗灾性与减少损失能力的主观感受	18.5
	感知可达性	从物理维度拓展到心理维度, 主观上对疏散路径的认知清晰度	14.0
	环境接受度	对人防工程内部环境的接受度	10.0
	人防知识教育程度	接受相关人防知识教育的情况、疏散演习的参与度	17.5
	疏散过程危险评估	对所住 (所在) 片区内建成环境危险度的主观感受	15.0
空间设施	内部容量与设施	可停车位数量以及通风、照明、防潮、防爆等设施的情况	20.5
	人防工程数量	各社区可提供有效服务的人防工程保有量	19.0
	沿途建筑风险	片区内各道路断面宽度与两侧建筑高度之比 (D-H 比)	20.0
	客观相对可达性	利用 ArcGIS 计算的成本距离可达性	10.5
	场所标识	现实条件下判断场所标识的明显度	15.0
	道路拥堵情况	断面车流量、路边障碍物与停车状况	15.0

工程的建设形式均为地下停车场,通过实地调研获取各停车场的泊位数。用片区平均泊位数表征其内部容量,根据容量的相对大小进行评价。根据人防建设标准与专家建议,选取通风、照明、防潮、防爆门 4 项指标评价人防工程设施条件,通过实地调研得到各片区得分。结果表明,各片区内部容量与设施差异明显,影响居民的空间感知情况和人防疏散能力。

(2) 人防工程数量。片区内人防工程的数量会影响疏散路径多样性,研究根据实际数量进行归一化处理评分。

(3) 客观相对可达性。参考已有研究所采用的方法^[14],此次研究对建筑、地面、道路分别赋阻力值生成综合阻力面,通过成本距离分析生成人防工程交通可达性,提取人防工程周围 300 m 范围内阻力用以进行交通通达程度评级。

(4) 场所标识。通过调查问卷获取场所标识是否明显的的数据,不同年龄段群体加权得到片区评价,将感知分异与空间标识联系起来。片区内既有明显、清

晰的引导标识,也存在标识隐蔽、褪色等情况。从得分来看,新街口片区的人防工程标识相对明显。

(5) 沿途建筑风险。综合考虑城市核心区密集的建成环境与复杂的道路交通布局,研究用 D-H 比来表征疏散过程的沿途建筑风险,根据各片区平均 D-H 比的相对值进行评分。

(6) 道路拥挤情况。研究以车流量表征道路拥挤情况,并根据各片区平均车流量的相对值进行评分。

空间设施层面同样根据各级指标的具体权重进行汇总加权,得到各片区空间设施层面的最终评分。从结果看,北门桥片区、广州路片区和慈悲社片区得分较低,迫切需要优化空间、完善相关配套设施,以提升人防功能。

2.3 评价结果分析

2.3.1 疏散能力具体分析

(1) 主观感知层面。通过感知因子评价结果的分布可知,各类型人群对人防

工程在主观感知层面的判断具有相似性,但在不同的指标下呈现分异趋势。熟悉程度、感知可达性、人防知识教育程度等面向人群认知的指标因子得分较低,而心理安全预期、环境接受度、疏散过程危险评估等面向人防工程内部的因子则得分较高。这表明城市居民普遍缺乏对周边人防工程的认知,但是对于人防工程在应急情况下的避难能力是较为信任的。

(2) 空间设施层面。各片区空间设施层因子的得分差异较大。客观相对可达性、道路拥堵情况直接影响疏散效率,沿途建筑风险、人防工程数量对疏散存在潜在影响,内部容量与设施和场所标识则为疏散提供保障。总体来看,各片区建成条件差异明显,且内部设施匹配度较低。见图 2。

2.3.2 疏散能力综合评价

研究片区的空间设施与主观感知得分情况不尽相同,其中北门桥片区的综合评价排名最低,然而在实地调研中发现北门桥片区拥有人民中学这一建设最佳、条件最优的人防工程,其疏散能力评价结果却最差。为探究其中的深层次原因与作用机制,研究拟以北门桥片区为例进行试点性路径模拟与优化,并详细规划疏散路径。

主观感知反映了居民对客观设施条件的主观判断,因此综合结果来看客观设施层面的建设情况对于人防工程的疏散而言具有重要意义,通达度高的建成环境以及有序的疏散行为有利于安抚人群在疏散过程中可能产生的负面情绪,从而提升整体疏散能力。

3 感知分异形成机制辨析

3.1 机制形成原因：感知可达性的不同构成分异基础

3.1.1 理论模型构建与研究假设

在此次研究中,信任度是反映居民

对生活片区、人防工程了解程度等情况的综合指标，能够较为直观地表现出居民对人防工程及其周边建成环境的感知情况。通过调查问卷结果可知：相同区域的居民对人防工程也会有不同的信任度。同处于新街口片区，为何居民对现有人防工程有大不相同的信任度差异？为深入探究这一问题，研究进一步利用 R 语言算法对问卷数据进行因子分析、建立结构方程模型，试图解析产生信任度差异的原因及其内在的影响机制。

运用验证性因子分析探究原始数据中的公共因子。研究将因子分析中的假想变量归为 6 类：熟悉程度、人防知识教育程度、人防工程条件、感知可达性、需求满足程度、信任程度。

3.1.2 结构方程模型分析

利用 RStudio 对以上 6 类假想变量以及年龄、性别、生活片区建立测量模型与结构模型，通过多次结构方程模型拟合修正后，研究找到了结构符合逻辑推理且拟合指标都在可接受范围内的最优模型（图 3）。

3.1.3 感知可达性是影响信任程度的主要因素

(1) 感知可达性与人防工程条件对人防工程信任程度的影响最大。社区居民通常认为，人防工程越容易到达、人防工程及周边条件越好，该人防工程就越值得信任。

(2) 居民对人防工程的感知可达性判断主要受年龄、生活片区、人防知识教育程度、熟悉程度影响。人群年龄越大，越偏向于认为人防工程可达性越差；由于生活片区不同，人防工程在数量、标识醒目度、教育宣传程度等方面存在较大差距，也会促使感知可达性出现差异。

总的来说，感知差异在疏散能力中主要体现为感知可达性的差异，且感知差异与空间设施之间相互关联渗透。

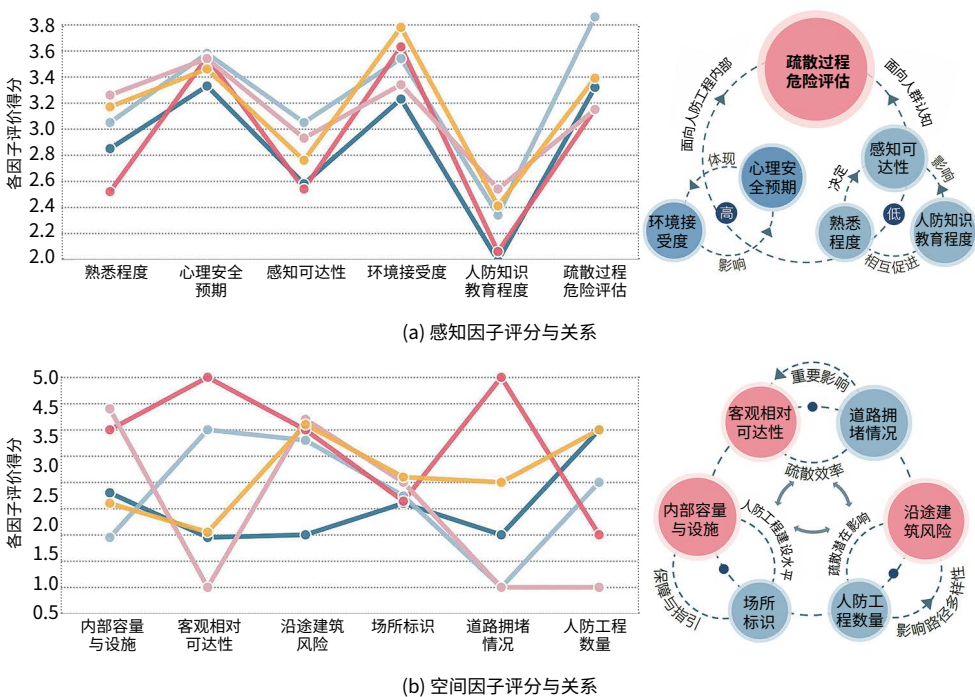


图 2 因子评分与关系分析

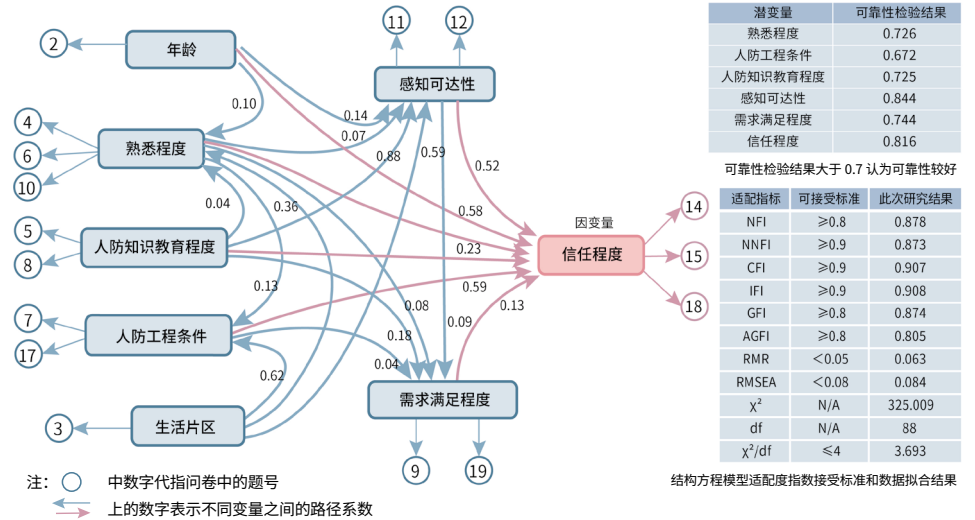


图 3 结构方程模型

3.2 机制发展趋势：感知分异是内外因素交互作用的必然

通过问卷分析及对结构方程模型的构建分析，研究应用环境行为学等相关理论，可以梳理出疏散过程中居民产生感知分异的内在机制，以及疏散感知与其影响因素之间的关系和整体运作体系（图 4）。

引入环境行为学理论，可以将感知分异的机制概括为风险感知—情绪反应—行为反应。居民在疏散过程中对环境信

任程度的分异，是由空间设施与行为活动之间的耦合度导致的。此外，感知分异不仅源自个体的内在机制，还受到政府部门和社会组织作用下形成的客观条件以及空间认同差异的共同影响。

3.3 机制作用结果：个体感知差异造成疏散行为分异

为进一步探究感知分异在各类型人群中的作用异同，从而为后续的城市公

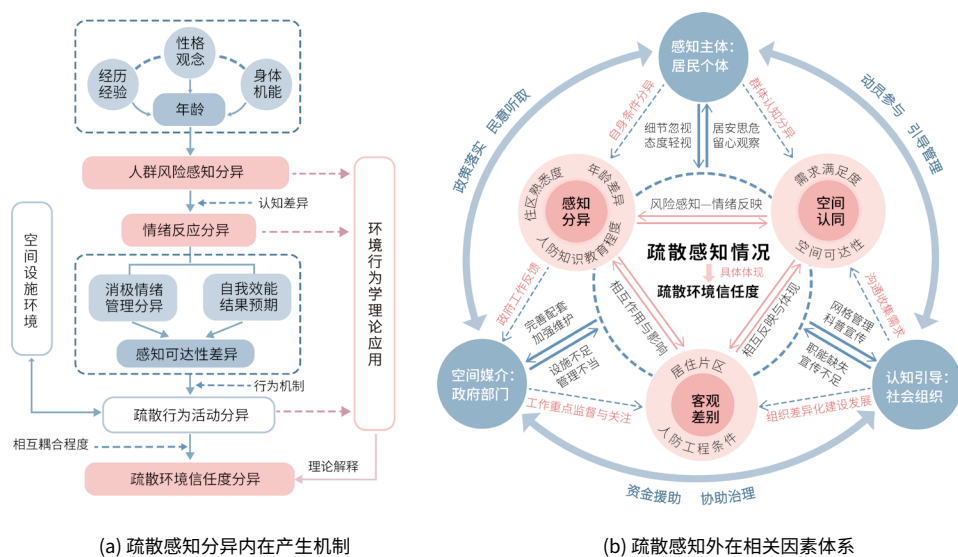


图4 内外因素交互作用机制

共安全规划提供参考, 研究对区域中4个年龄段的群体进行感知层面的评价。不同年龄段的人群由于在心理安全预期、环境接受度、疏散危险评估等方面的差异, 加之社会定位、生理条件等因素的不同, 其行为特征必然会出现分异。因此, 在实际疏散中, 针对不同人群的疏散引导也应各有侧重。各类人群虽然在主观感知层面存在着较为明显的差异, 但是也有着显著的共性认知。例如, 年龄较小的群体倾向于在道路中间行进, 而年龄较大的群体则与之相反, 但各群体基本倾向于在较宽的交通路面上进行疏散。

总结而言, 各年龄段群体对人防工程疏散能力的认知存在明显差异化特征, 且呈现出紧急情况下个体感知差异与行为模式差异, 而这些客观差异会带来疏散中的秩序混乱等安全问题, 亟待解决。

4 疏散路径模拟优化: 以南京北门桥片区为例

根据疏散能力评价结果, 各片区中北门桥片区的综合得分最低。因此, 研究选择北门桥片区作为疏散路径规划的样本对象, 进行试点路径模拟与优化。

4.1 人群属性界定

根据调研结果与普查数据, 截至2022年, 北门桥片区内常住人口为10103人, 另有日常务工人员3409人; 按职能可以分为居住人口与办公人口两类, 居住人口为4131人, 办公人口为9381人。

在此次研究中, 根据年龄与疏散速度, 将人群主要划分为以下4类: 第一类是少年, 年龄在19岁以下, 步伐多变, 疏散速度约为1 m/s; 第二类是青年, 年龄在19~30岁, 步伐矫健, 疏散速度约为1.5 m/s; 第三类是中年, 年龄在31~60岁, 步伐稳重, 疏散速度约为1.2 m/s; 第四类是老年, 年龄在60岁以上, 步伐迟缓, 疏散速度约为0.8 m/s。

4.2 疏散路径规划

4.2.1 Anylogic 仿真模拟

研究运用Anylogic建模仿真软件与Java语句构建应急疏散模拟模型。在具体的模拟方法层面, 研究基于社会力模型与行人库功能, 对疏散过程进行人流热力模拟。

在片区范围内确定疏散出发点、疏散人员分布等基础参数。出发点的选取与人口密度分布的情况直接相关, 人口密度

大的区域, 出发点也应更加密集, 以满足疏散需要。结合片区内人口分布及建成空间情况, 研究确定了15处疏散出发点, 并根据现状人口数量估测得出1万人左右的疏散规模, 分配到各出发点。同理, 将片区内及周边的人防工程入口作为疏散目标点, 并根据各人防工程的实际容纳量确定接受疏散人员数量的阈值。

在实际疏散过程中, 由于各类既定社会关系的存在, 居民往往不会以单独的个体形式撤离, 更多情况下是以家庭为单位进行紧急疏散。研究在模型中引入智能体组合, 将多种仿真智能体的行动关联起来, 在行人库中建立有别于单智能体的疏散逻辑。除了原有人群划分, 研究还在疏散过程中引入了“中年+少年”“中年+老年”等智能体组合, 以更加真实地模拟应急疏散的实际情况。

综合以上模型参数与疏散逻辑, 可以得到整个片区模拟疏散的人群结构与对应人防工程分配策略。

从应急疏散模拟的具体结果来看, 由于人流汇集、建筑阻隔、路径交汇等因素的影响, 疏散过程中不可避免地出现了多处推理可能拥挤区域。在实际疏散中, 这些潜在的拥堵点极有可能引起连续性踩踏与人群内部的恐慌情绪, 进而造成严重的安全事故。

通过对疏散模拟可视化结果及重要节点人流量的分析, 可以将造成疏散拥堵的具体原因归纳为以下3点: ①建筑拐角, 大量的建筑拐角, 使得人群本就曲折的疏散路径更加复杂化, 个体由于选择近路的本能, 往往会不自觉地向特定的路径地域集中, 从而形成局部拥挤; ②人流交织, 在一些重要的、关键性的交通节点区域, 人流因为不同的疏散路径而发生交织, 降低了疏散速度和效率; ③楼体林立, 城市中心区高楼林立, 大量的建筑物构成密集排列, 人群在应急疏散时由于担心沿途建筑物倒塌、高空

坠物等潜在危险的威胁,会降低移动速度。

4.2.2 各疏散群体路径规划

在 Anylogic 仿真模拟的基础上,对各群体的疏散轨迹进行抽象化提取,并分析其中的拓扑关系,以避免出现过多路径交织点进而引起拥堵。基于此,研究统筹规划得出最合理的疏散路径(图5)。

5 空间规划视角下疏散体系优化策略

5.1 疏散体系空间优化设计经验总结

将视角从单个代表性案例扩展到普遍情况,研究针对多个社区共同组成的大范围城市中心区应急疏散工作,对空间进行优化设计并提出疏散体系空间优化设计策略(图6)。例如,按国家现行标准,片区内现有人防工程内部容量不足以容纳全部的疏散人员,可以对部分地下停车场、闲置地下空间进行改造升级,增设新的人防工程;强化相关配套设施建设,充分利用城市核心区大型公共建筑,完善区级应急室内避难场所^[15],构建起以人防工程为主、以其他应急避难场所为辅的综合疏散系统^[16];强化标识引导系统,全面落实疏散路线规划。当然,在实际的紧急疏散过程中,人群所面对的真实情况往往比理想化的模型更加复杂,因此必须要在场所情景的视角下,综合考虑各类要素的相互作用影响,设计出行人友好的疏散环境与条件设施。

5.2 全龄友好型人防疏散体系提升建议

5.2.1 因地制宜优化视觉引导,加强空间识别系统——侧重老年与青少年群体

一是在拥堵点,在实际规划中适当应用仿真模拟技术,借助多元化技术手

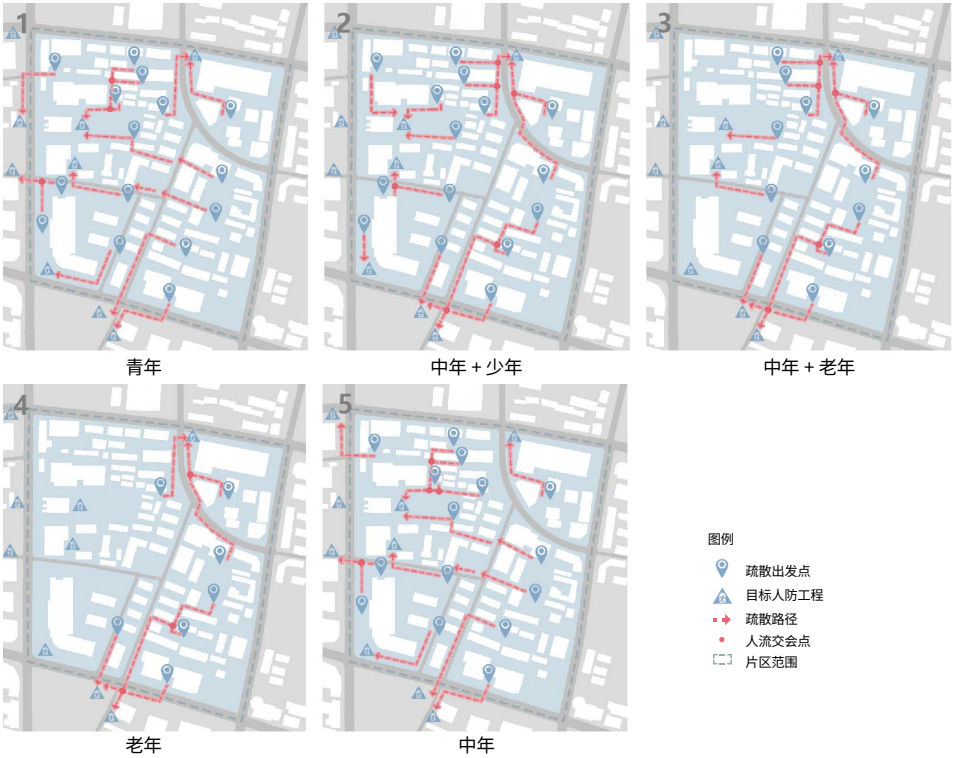


图5 最优疏散路径提取

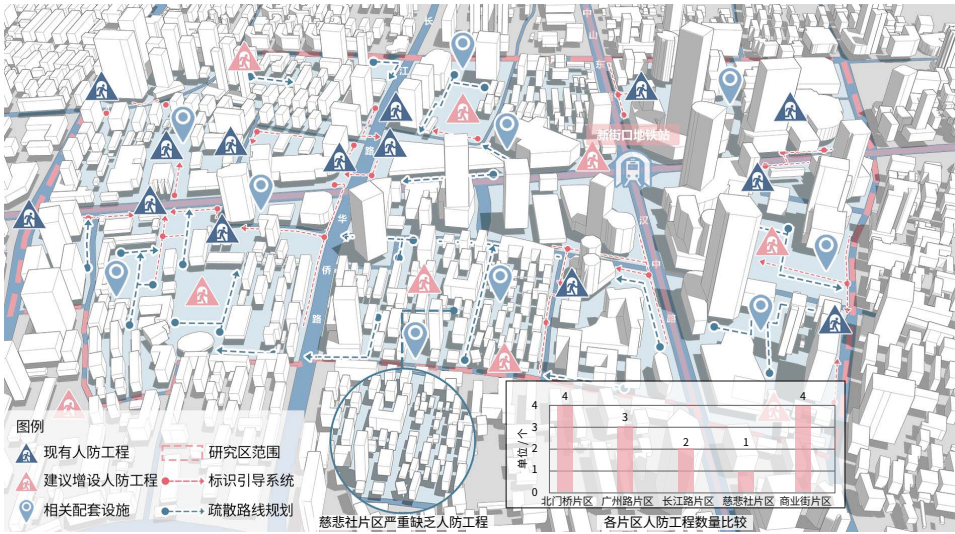


图6 疏散体系空间优化设计总览

段模拟城市片区居民的应急疏散行为,并根据模拟结果增设“容易拥堵,有序疏散”等墙壁式标志,以空间引导标识的形式告知居民存在潜在危险。二是在入口处,以新型材料引导牌取缔视觉效果不明显的人防工程入口标识,增强居民对人防工程空间位置的识别能力。三是在人防工程内部,布置必要的规范化平面图和各类导向标识,便于在大型公共安全事

件等突发情况下周边人员与应急物资的掩蔽行动,同时也应在内部过道拐角处设置黄黑条纹反光警示带,保障疏散过程的安全性。

5.2.2 锚定需求引入适配智能技术,优化信息系统框架——侧重青年与中年群体

在具有相关经济技术条件的城市中心区,构建完善的疏散智能信息系统框

架,推动开发基于感知分异的智慧查询手机程序,建立逃生疏散资讯共享云平台。一是设计开发智慧小程序,结合人工智能等前沿科技,实时监控人防工程内部的实际容量与设施情况,并按照已规划的感知分异群体组合进行专项路径导航;二是设置人防宣传活动中心,利用VR虚拟等技术模拟空袭预警等场景,以便紧急情况发生时居民能够心理镇定、有序疏散。

5.2.3 刚弹结合出台政策指导,兼顾社会多方诉求——侧重老年群体

通过出台相关政策法规,着眼于硬实力建设与软实力提升,相关部门应从多方面入手,建立协同疏散机制与韧性人防体系。一是规划设计,将交通、市政、商业等多种功能融入人防工程,实现战备效益、社会效益和经济效益的统一;二是责任划分,根据人口与人防工程分布合理划定人防工程服务区域,跨过行政区壁垒;三是宣传教育,政府、社区、企事业单位等多方组织定期举办人防教育科普活动和逃生疏散演练活动;四是网格服务,建立网格化监管服务机制,针对不同家庭提供适配的人防宣传和疏散建议,关注独居老人等弱势群体。

5.2.4 增存并举完善空间设施,匹配人口分布格局——面向全龄友好

一是加强人防工程内部设施保养维护。定期修缮及维护通风换气、防潮防漏、灯光照明、防震防塌陷、防爆门等方面的必要安全设施,同时也应完善基础生活功能配套设施。二是改善人防工程周边环境与配套服务。对人防工程出入口进行维护,确保空间宽敞有利于快速疏散。三是以整体调控提升人防工程供需匹配度。将现有人防工程具体布局与城市人口分布进行精准匹配分析,淘汰不合格、不安全、冗余的人防工程设施,加强低匹配度地区的人防工程建设,确保人防工程与服务人口相匹配。

6 结束语

人防工程已被列为城市规划工作的重要关注对象,是城市规划中的强制性内容。在新时代总体国家安全观的背景下,提升片区人防工程疏散能力,不仅要有规范化设施等硬件建设^[17],还要有基于群体感知差异、精准高效的路径规划,以及居民人防知识教育等软实力建设,从而综合提升居民人防认知水平与区域紧急疏散能力。未来的全民防空项目建设,也必须结合网络信息平台、智慧规划理念、虚拟仿真技术等新时代高科技^[18-20],使紧急疏散更加高效、人性、智能。此次研究尝试从感知分异的角度提供了一种分析与解决问题的方法,期望对人防工程疏散能力的提升工作能有所启发。

[参考文献]

- [1] 肖婧,刘化高,张舒婷.新型城镇化背景下“县城崛起”的规划逻辑与实施路径[J].规划师,2024(增刊1):122-127.
- [2] 任茜.人防工程建设与城市建设融合发展研究[D].济南:山东建筑大学,2022.
- [3] AKAMATSU T,YAMAMOYO K. Suitability analysis for the emergency shelters allocation after an earthquake in Japan[J]. Geosciences(Basel),2019(8):336-359.
- [4] 魏本勇,董翔,谭庆全,等.基于避难场所容量限制的地震应急疏散路径分析[J].地震研究,2022(1):141-149.
- [5] AUSTIN C M. The evaluation of urban public facility location: an alternative to benefit-cost analysis[J]. Geographical Analysis,1974(2):135-145.
- [6] 张昊,尹力.建成环境对行人安全性和步行性的影响:文献综述和案例分析[J].上海城市规划,2020(2):44-48.
- [7] 吕伟,汪京辉,赵相成,等.城市应急避难场所覆盖选择模型[J].中国安全科学学报,2020(12):157-164.
- [8] 卢子琳,李洋洋.考虑流线干扰的轨道交通车站应急疏散仿真[J].交通科技与经济,2023(1):18-25.
- [9] 张文正.基于游客感知视角的商丘古城旅游影响研究[D].兰州:西北师范大学,2022.
- [10] 李道增.环境行为学概论[M].北京:清华大学出版社,1999.
- [11] HELBING D,FARKAS I,VICSEK T. Simulating dynamical features of escape panic[J]. Nature,2000(6803):487-490.
- [12] 余肖禹,谢科范,梁本部.应急避难场所感知与疏散行为的关系研究[J].管理学报,2020(6):931-936.
- [13] 张树君,朱耿青,郑超,等.基于GIS福州市应急避难场所空间分布的指标评价分析[J].测绘与空间地理信息,2021(10):104-107.
- [14] 周爱华,谌丽,朱海勇,等.社区尺度的北京中心城区应急避难场所布局合理性研究[J].安全与环境学报,2021(4):1662-1669.
- [15] 陈舒逸,刘晓.重大突发性公共卫生事件的应急避难场所规划建设思考与应对:以武汉市为例[C]//面向高质量发展的空间治理:2020中国城市规划年会论文集,2021.
- [16] 杭州市城市规划设计研究院,杭州市地下工程设计研究院有限公司.杭州市应急疏散避难场所布局规划[Z].2015.
- [17] 王威,朱峻佚,夏陈红,等.“平急两用”公共基础设施建设规划的思路与路径[J].规划师,2024(11):104-111.
- [18] 徐硕含,琚瑞,刘鹏,等.全龄友好型城市社区公共服务设施规划策略:以衢州智慧新城为例[J].规划师,2024(8):121-127.
- [19] CHEN Y,CHEN J. Analysis on the status quo and construction problems of domestic urban civil air defense engineering system in China[J]. Journal of Mechanical, Civil and Industrial Engineering,2021(2):49-59.
- [20] PIETKIEWICZ T,KAWALEC A,WAJSZCZYK B. An optimization problem of air defense planning for an area object[C]// Intelligent Decision Technologies 2017: Proceedings of the 9th KES International Conference on Intelligent Decision Technologies,2018.

[收稿日期]2025-01-07