

新冠隔离酒店零接触式寻路系统智创设计 ——以南京“宁归来首站公寓”为例

孟刚^{1,2}, 王勤康², 李凯戎³, 胡斌³

(1.江苏开放大学 设计学院, 南京 211899; 2.南京工业大学 艺术设计学院, 南京 211899; 3.澳门科技大学 人文艺术学院, 澳门 999078)

摘要: **目的** 以南京“宁归来首站公寓”为例, 从防疫政策规范“零接触”的角度进行设计研究, 打造隔离酒店寻路系统, 提高用户对隔离酒店导视系统的寻路效率, 降低因寻路造成交叉感染的风险, 探索更适应疫情时代隔离酒店寻路系统的设计准则。**方法** 在深入研究防疫政策规范的基础上, 结合“零接触”的设计理念对酒店内部寻路系统进行规划设计, 并采用眼动追踪实验量化的方法进行验证, 探究酒店内外部空间结构对隔离人员寻路行为的影响, 进一步提高隔离人员的自主寻路效率。**结果** 对疫情初期隔离酒店寻路系统存在的缺陷进行对比分析, 提出隔离酒店寻路系统的设计准则, 并重新构建紧扣防疫政策规范的寻路系统设计。在对酒店内外部导视设置进行分析总结的基础上, 解决疫情初期隔离酒店用户的寻路效率低、时间成本高以及易造成交叉感染风险等问题。**结论** 论证了隔离酒店新型导视系统的优势, 为未来隔离酒店寻路方式及寻路设施新范式的创建提供了有益的参考。

关键词: 隔离酒店; 零接触; 寻路系统; 导视设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)12-0449-14

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.12.053

Intelligent and Innovative Design of Zero-touch Wayfinding System for COVID-19 Quarantine Hotels: A Case Study of "Ningguilai First Station Apartment" in Nanjing

MENG Gang^{1,2}, WANG Qin-kang², LI Kai-rong³, Hu Bin³

(1.School of Design, Jiangsu Open University, Nanjing 211899, China; 2.College of Art & Design, Nanjing Tech University, Nanjing 211899, China; 3.Faculty of Humanities and Arts, Macau University of Science and Technology, Macau 999078, China)

ABSTRACT: The work aims to design and research from the perspective of "zero contact" on epidemic prevention policies and regulations with the "Ningguilai First Station Apartment" in Nanjing as an example, to create a wayfinding system for quarantine hotels, so as to improve the wayfinding efficiency of users navigating through the quarantine hotel, reduce the risk of cross-infection caused by navigation, and explore the design criteria that are more suitable for quarantine hotel wayfinding systems in the pandemic context. The concept of "zero contact" was combined with epidemic prevention policies and regulations to plan and design the hotel's internal wayfinding system. Eye-tracking experiments were conducted to quantify the impact of the hotel's internal and external spatial structure on the pathfinding behaviors of quarantined individuals to further improve their independent wayfinding efficiency. The shortcomings of the pathfinding system in quarantine hotels during the early stages of the pandemic were analyzed and compared. Design criteria that were

收稿日期: 2023-01-26

基金项目: 江苏省社会科学规划基金“创新扩散视角下的江苏城市形象设计策略研究”(21YSD006); 2022年江苏省教育厅高等教育学会“大学素质教育与数字化课程建设”专项课题: 视觉传达设计专业智慧学习融合性平台的建设与运维(2020JDKT109); 江苏省高校哲学社会科学研究重大项目: 新时代高校推进数字美育的探索与实践(2023SJZD148)

作者简介: 孟刚(1979—), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为视觉/产品创新设计思维及方法。

通信作者: 胡斌(1984—), 男, 博士, 助理教授, 主要研究方向为交互设计与用户体验设计、同理心设计方法论。

in line with the current epidemic situation were proposed. A wayfinding system that adhered closely to epidemic prevention policies and regulations was re-constructed. Based on the analysis of the guidance settings inside and outside the hotel, this work solved the low efficiency, high time cost, and cross-infection risks existed in the pathfinding system of quarantine hotel users during the early stages of the pandemic. This work demonstrates the advantages of the new wayfinding system for quarantine hotels, providing useful references for creating new paradigms for wayfinding methods and facilities in future quarantine hotels.

KEY WORDS: quarantine hotel; zero-touch; wayfinding system; signage design

在2019年冠状病毒(COVID-19)大流行的背景下,政府机构颁布的政策在不断发生改变,各地隔离酒店的指导方针与规定也随着形势在不断发展。形势的发展与客观环境的变化,使各地的隔离酒店在寻路系统设计方面存在差异^[1]。但由于新冠病毒隐蔽性高、传染性强的特点,飞沫传播和接触传播被证实为病毒扩散的主要途径^[2],最有效的杜绝传播的方式便是实现公共空间下的“零接触”^[3]。因此“非接触式寻路设计”的理念逐渐被重视起来,即通过清晰简洁的标志将客人自主引导至目的地,以尽量减少与他人或物品的接触。非接触式寻路设计在新冠疫情期间具有相当程度的必要性,它提供了一种无须接触任何物体表面,便可以在公共空间中判断正确方位的途径,通过最大限度地减少身体接触和接触点来减少病毒的传播途径^[4]。这在机场、医院与购物中心等人流量密集且人与人之间距离较近的场所中尤为重要,其中也特别包括受病毒威胁可能性较大的群体被置于隔离酒店空间内时^[5]。数据显示,截至2021年12月2日,每入境1000例感染者,就有1例会造成隔离酒店感染事故^[6]。因此,隔离酒店虽然是疫情防控的“桥头堡”但也是病毒扩散的薄弱环节,存在交叉感染的风险。在新冠疫情早期,酒店寻路导视设计的改善主要与控制安全的社交距离有关。隔离酒店在新冠疫情发展中后期,以指示标识和地板贴纸为主构建了单向交通模式^[7],设置了强制控制安全社交距离的标识,提供了便利前往公共设施与其他区域的方向标。但目前,鲜有隔离酒店做到非接触式的全流程闭环管理,寻路系统设计策略的改善仍迫在眉睫。

1 “零接触”设计理念

受新冠疫情的影响,各行业中的“零接触”设计需求激增,零接触式设计成为不同领域设计创新的新模式^[8]。“零接触”指人与人之间没有接近或接触的情况,以防止病毒的传播。目前与其相关的研究多聚焦于数字电子技术、智能机器人、无接触式配送、医疗或校内信息系统^[9]以及非接触式电梯操控系统等。如何减少面对面接触,提供有效的阻断病毒传播的指导规范已成为疫情流行期间最为迫切的需求。基于以上背景,由于传统的酒店导引系统在酒店卫生服务、安全环境、便利性等需求方面存在局限性,这

迫使“零接触”式设计向导视系统渗透并发展出了初级阶段的隔离酒店无接触寻路模式。非接触式设计的导视系统不仅可以为酒店客人提供更安全、方便的用户体验,同时也可以降低酒店运营成本,提高其使用效率^[10]。

2 文献综述

寻路指的是在一个环境中导航的全过程,其原理包括使用清晰的标识、地标和视觉线索来引导人们通过适当的空间^[11]。有效寻路的关键原则包括简单性、一致性与可识别性^[12],在非接触式寻路设计中,这些原则常被用于社交距离和安全措施提示,以传达清晰简洁的信息。随着物理距离的增加和对更多非接触式寻路的需求,有效的寻路解决方案变得愈发重要。非接触式寻路设计为人们提供具有实际意义的提示,使他们可以独立、轻松地找到酒店内必要的物品与设施^[13]。

设计直观且易于使用的寻路系统是近年来学者研究的重点。设计者通常使用非接触式寻路系统来改善室内与室外环境的指引方式^[14]。此外,有学者对非接触式寻路系统的可用性进行了评估,认为用户满意度、系统性能和用户偏好需要被重视^[15]。另一方面,如何使用非接触式寻路系统来降低企业的总体成本也成为研究热点之一^[16]。

非接触式导航是一种有效的寻路工具,但它并不总是直观或明确的。设计者通常需要考虑物理环境、用户体验和安全性,以构建创新的非接触式寻路系统设计。张玉辉等^[17]发现非接触式寻路系统可以显著改善用户体验,它大大减少了用户的寻路时间和对工作人员的依赖。2021年《国际环境研究与公共卫生》杂志中的一篇报告显示,考虑安全性、便利性、体验和成本等设计原则的非接触式设计在降低COVID-19传播风险方面是有效的。在设计原则的标准下,隔离酒店的非接触式寻路系统设计可以通过结合数字标牌、传感器和计算机视觉得以实现,也可以通过传统的物理寻路设计得以实现^[18]。根据调查研究可知,多数受访者表示更喜欢非接触式寻路系统,并指出更高的便利性、准确性以及节省时间的特性是他们选择此方式的主要原因^[19]。

相比使用新型技术的寻路系统,传统的寻路设计使用视觉线索来引导人们进行选择判断,使其更容易

理解和遵循。其本身所需的成本效益更低, 不需要复杂的算法或软件便可以快速实现^[20]。传统的寻路设计依赖于更直观的方法, 可以很容易地适应不同的环境, 在众多酒店或其他公共场所中具有更为有效的推广性^[21]。例如, 在新加坡的隔离酒店中设计师们创造了一个颜色编码的导航系统: 绿色箭头表示移动方向, 黄色箭头表示需谨慎区域, 而红色箭头表示限制区域 (如图 1)。学者 Kumar 等认为彩色编码寻路系统在导航设施方面有显著效果, 尤其是对那些空间能力较差的客人, 还可以提升使用空间的安全性。在我国新冠疫情时期, 使用完善且清晰的非接触式寻路系统设计的隔离酒店相对较少, 研究领域也暂存空白^[22]。传统寻路系统具备可预测性^[23], 其具有的可靠性和可扩展性无法被电子寻路系统所替代, 本研究选择沿用传统模式下的寻路设计原则进行隔离酒店非接触式寻路系统的构建, 其寻路解决方案的创新性与延展性也更强^[24]。在设计非接触式寻路系统时, 传统的寻路设计利用物理线索, 如标志、地图、箭头和其他视觉辅助手段, 可以提供清晰有效的路线, 无须与寻路系统方案进行物理交互。物理线索可以用来提供距离、时间和地标等详细信息^[25], 还可以提供更明确的方向, 在不熟悉的环境中对用户来说是至关重要的。



图 1 医院指示地贴导航
Fig.1 Hospital instruction sticker navigation

3 隔离酒店寻路规划设计原则与方法

3.1 三区两通道的规划设计原则

在新冠疫情期间, 南京“宁归来首站公寓”(如图 2) 是在《关于印发医学隔离观察临时设施设计导则》《江苏省新型冠状病毒感染的肺炎疫情防控控制工作领导小组预防控制组文件》等政府文件的基础上构建的, 并在溧水区卫健委、南京市疾控相关专家的指导下, 利用现有建设条件合理地划分了三区两通道, 提供了一种有效的人员与物资流动的管理方式, 以确保将场所内部的感染风险降到最低, 隔离酒店的寻路设计与三区两通道的规划设计原则相结合, 为客人和工

作人员安全的生活环境提供了一种结构化且系统性的方式。其中, 三区包含清洁区、半污染区和污染区。通过对隔离酒店内部区域的划分, 可以使低风险人员与中高风险人员有效分离, 同时还可以使用所有必要的基础设施。两通道则指清洁通道与污染通道, 这是人员与物资可实际通行的单向路径。两通道的方式能使需要进入隔离酒店的人或物以一种安全、合理、有组织、低污染风险的方式进出酒店, 减少交叉污染和病毒传播的风险。通过合理规范化地划分两通道, 也可以防止病毒从外部进入隔离酒店, 或从内部带出 (如图 3)。



图 2 南京“宁归来首站公寓”
Fig.2 "Ningguilai First Station Apartment" in Nanjing

3.2 人员路线规划设计原则

针对隔离酒店的非接触式寻路设计, 三区两通道的设计原则包含两个路线, 即人员动线与物资动线 (如图 4)。疫情期间, 隔离酒店内部的人员通常由隔离人员与管理层人员构成。管理层人员包含疾控中心分配的医护人员、酒店管理层人员、基层服务人员和酒店后勤人员。由于隔离酒店存在不同程度的感染风险, 所有人员工作期间将被要求入住酒店。其中, 酒店管理层属于隔离酒店领域内的低风险人员, 往往不会进入半污染区或污染区域内, 因此, 入住隔离酒店中仅存在低风险人员的低层楼层, 例如 1~3 层。基层服务人员与酒店后勤工作人员需要满足隔离人员的基本生活需求, 例如更换床单, 提供餐食等, 有进出污染区的必要条件, 属于存在风险人员。检测隔离人员阶段性的身体状况是必要的, 医护人员需多次往返污染区域, 同样属于存在风险人员。为了与其他低风险人员进行一定程度的隔离, 存在风险人员入住隔离酒店的中高楼层。此外, 隔离酒店区域内对住宿与办公进行分区域管理, 清洁区即低风险管理人员长期办公的区域。在道路设计中, 感染风险程度相似的人员将穿越同一条路线或乘坐同一个电梯, 相反, 感染风险程度不同的人员将被引导至不同区域并进入固定通道以抵达目的地, 不同通道路径互不交叉, 没有相交点。

根据三区两通道的设计原则, 隔离酒店被划分为清洁区、半污染区与污染区三个区域, 并构建出了清

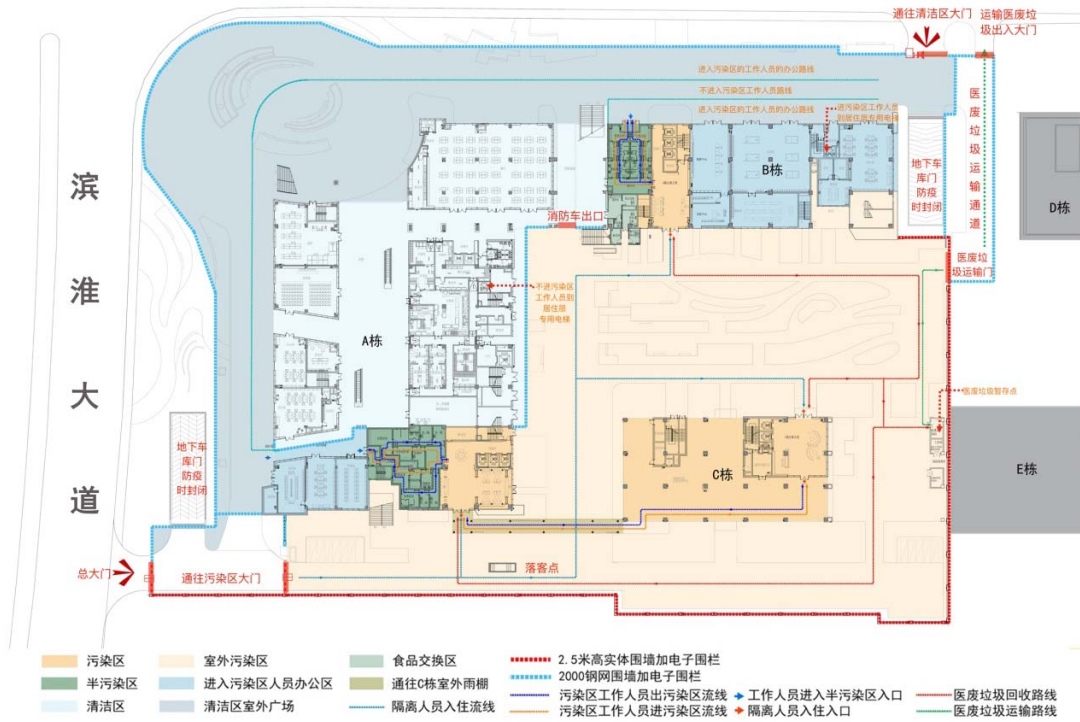


图3 “宁归来首站公寓”三区两通道规划设计图

Fig.3 Planning and design drawing of two passages in the third district of "Ningguilai First Station Apartment"



图4 隔离人员入住动线

Fig.4 Check-in line for quarantined personnel

洁通道与污染通道供不同条件下的使用。隔离人员在抵达隔离酒店后，需要通过污染通道进入房间；所有非隔离人员则通过清洁通道中的两条不同路径来区分低风险人员与存在风险人员，三条路线均不存在相交点。由于酒店内部结构相连，半污染区成为连接清

洁区与污染区的交换通道，并根据性别划分为两块区域，同性别区域设置了进、出两种不交路径，即半污染区存在四条不同情况的通道。存在风险的人员需要在有一定空间的半污染区内，通过相关视频、纸质规范指导并正确穿戴防护服后，方可进入污染区工

作。在完成作业后,将通过另一个固定返回通道门进入,首先,经过一脱区褪去防护服,并在此处设置洗手消毒点;随后,进入二脱区褪下口罩,并对手部进行消毒清理;最后进入淋浴区冲洗(如图 5),换回个人衣物后即可返回清洁区办公。综上所述,隔离酒店的人员动向在三区两通道的设计原则下,可以实现非接触式寻路导航的基本需求。

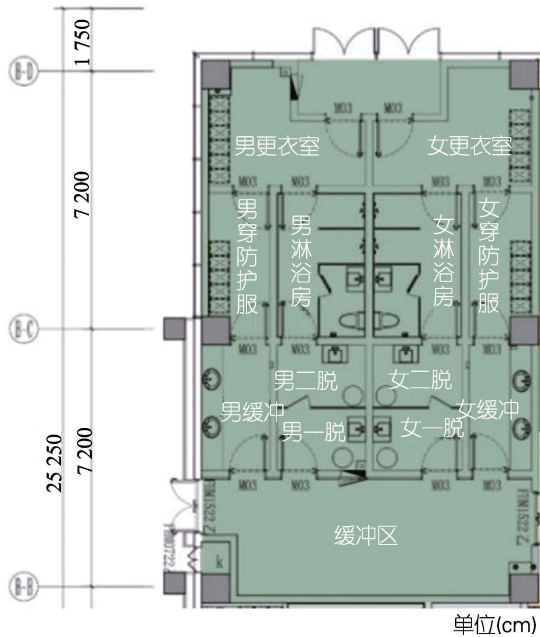


图 5 B 栋一层冲淋淋浴区
Fig.5 F1 washing shower area of building B

3.3 物资路线规划设计原则

隔离酒店的非接触式寻路系统在物资输入与废料输出方面的路线设计,同样遵循三区两通道的设计原则。物资通常包含医用防疫物资,如口罩、核酸试剂等;食物类物资,如餐食、饮品等;办公的相关用品以及酒店基础的服务设施,如床单、被褥等。废料指酒店内隔离人员、工作人员与医护人员共同产生的食物废料、医用废料和其他废弃物品,属于污染类垃圾(如图 6)。

物资类的输入首先需要通过清洁区的大门进入清洁通道,在清洁区或污染区卸下物资。需要注意的是,为抵达污染区,物资势必会经过半污染区。废料的输出则将通过污物通道送至隔离酒店外部区域。例如,存放医疗废料垃圾的场所会放置 2~3 个塑料垃圾箱,分别位于其空间内的前门、后门区域;酒店内的工作人员可以在非处理废料时间即后门(卷帘门)关闭时,将垃圾抛入前门垃圾箱内(如图 7);在每日固定时间段内,持有专门资质的企业人员将通过污染通道进入场地后门(卷帘门),处理有病毒传播风险的垃圾,并将其统一装车通过污染区大门(非后门的卷帘门)带出,即污染区存在三个门,前门(工作人员放置废料垃圾)、后门(卷帘门)以及输出废料门(废料车离开的特定门)。在此期间,隔离酒店内部所有人员将不得进入此场所,以避免增加病毒扩散的风险。此外,隔离酒店的送餐路线也属于物资输送道路设计的一部分。例如,多数隔离酒店采用订购盒饭

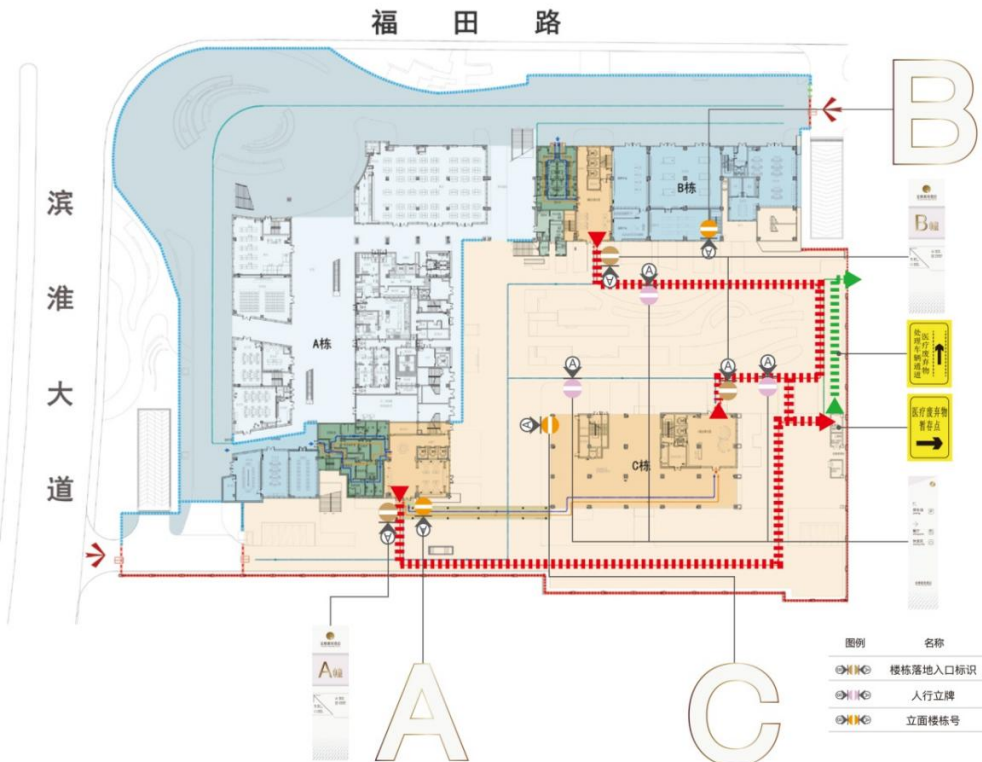


图 6 医废垃圾回收运输路线
Fig.6 Medical waste recycling and transportation routes

的方式解决内部人员的饮食问题,由外界餐车进行运输。餐车将通过清洁通道进入酒店内食物交换区(如图8),再通过操作台将食物送至特定位置,这一从清洁区至污染区的传送过程由酒店服务员完成,使用小餐车送至各个房间。



图7 医疗废物暂存点

Fig.7 Medical waste temporary storage point

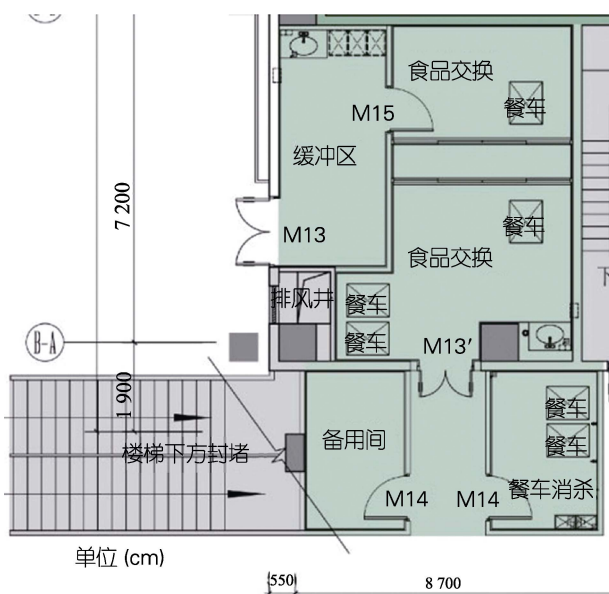


图8 B栋一层食品交换区

Fig.8 F1 food exchange area of building B

3.4 其他设计原则、可访问性需求与用户体验

本研究综合前人的研究结果,根据特殊场地环境的不同情况进行了因地制宜的具体分析,并采用多种寻路系统基本设计原则(简单性、一致性、可见性、安全性、便利性和体验性)对南京“宁归来首站公寓”进行了非接触式寻路系统的再设计。在考虑实际设计成本的基础上,用户体验方面的舒适性、便利性和使用效率等因素也不容忽视。因此,设计将 Whitney Quesenbery 的 5E 原则融入寻路设计,使导视系统真

正发挥有效的作用,提高效率、吸引力等关键特性^[26]。同时,寻路系统设计将“以人为本设计”的理念贯穿始终,将隔离人员与工作人员的可访问性需求融入设计内容,构建了满足不同个体需求和偏好的非接触式寻路系统。在设计标识、布局和导航系统时,充分考虑年龄、语言、移动性和感官能力等因素,在保持有效安全距离的前提下,须确保这些措施不会妨碍残障人士的无障碍通行,使系统具有相当程度的包容性。另外,设计内容实时结合卫健委的指导准则,按照其报告中的相关规定,对隔离酒店内部进行合理分区与寻路动线的决策部署。因此,本设计具有高度可操作性与可实践性。在新冠疫情时代下,隔离酒店非接触式寻路系统的设计是复杂的,需要设计者仔细考虑各种设计原则、可访问性需求以及客人的用户体验。本研究采用全面的寻路设计方法,创建了安全有效的寻路系统,以帮助预防或阻止病毒的传播与扩散,同时满足用户的生理与心理需求。

4 以南京“宁归来首站公寓”为例展示隔离酒店新型寻路系统的设计

为收集隔离酒店寻路设计的相关数据资料,本研究将质性研究方法与量化研究方法相结合,通过焦点小组访谈与问卷调查,将多种方法整合到研究过程中。选择在新冠疫情期间曾出入过隔离酒店的人群作为研究对象。在特殊时期,他们作为这一特定空间与场所的经历者,将从其独特的视角为无接触式的用户体验提供合理的思路与想法,通过与酒店现存寻路系统的互动与感知,发现其内部寻路设计方面的不足,同时准确地描述酒店寻路状态下面临的困难与挑战。为了合理规划寻路位置、信息层级、标识图像等设计要点,选取新冠疫情期间需要重点考虑的关键影响因素作为分析要点,对南京“宁归来首站公寓”的空间布局、寻路动线以及导视标识等内容展开分析。

4.1 酒店寻路系统规划设计的关键考虑因素

在隔离酒店内,清晰有效的寻路设计可以减少被隔离人员与工作人员寻路过程中的困惑与焦虑。在本研究的设计中关键的考虑因素包括:清晰的地图路线、有效的标识、灯光信号、一致的配色方案、可访问性以及用户测试。

“宁归来首站公寓”的非接触式寻路系统主要基于其 A、B、C 三栋建筑进行设计。公寓共设有三处大门,左下侧为通往污染区的总大门,右上侧为通往清洁区的分大门,第三个门则为医废垃圾运输门,位于 C 栋右上侧。隔离人员在抵达公寓时,首先通过总大门进入室外污染区,可以选择进入公寓大堂、A 栋下方污染区的客房或 C 栋污染区的客房,总大门处放置室外停车立牌。在 C 栋与 B 栋之间按照正向三角形的摆位设置三处人形立牌,以随时引导客人在复杂

的路线中寻找正确方向。此外, 在公寓内部产生的医废垃圾可以由 A 栋下方的污染区客房处、C 栋污染区客房处以及公寓大堂经过室外污染区直接运输至 C 栋与 E 栋之间的医废垃圾存放点, 最终由特定资质的企业派车将医废垃圾从存放点通过医废垃圾运输门带出。值得注意的是, 公寓大堂与 C 栋污染区客房处的医废垃圾回收路线相通, 可顺路回收。

4.1.1 标识符和引导符

清晰一致的标识符, 如防疫标识、房间号、平面图和标牌, 对有效寻路、增强用户体验等方面来说至关重要。标识符的设计应易于阅读, 位于可见区域, 并为重要区域(如房间号、电梯、楼梯和出口)提供清晰的方向指南。视觉可识别性是导视系统设计的必要条件, 使用者短时间内通过视觉信息可以领会所处环境空间的地理位置、区域类别和出行方向(如图 9)。

结合上述分析结果, 通过焦点小组与问卷调查, 对“宁归来首站公寓”展开多次实地调研, 发现隔离酒店内现有的导视设计存在两个问题, 即导引逻辑不清晰和导视牌设计缺乏明确性。通过数据分析可知, 访谈对象认为在多数酒店, 针对电梯等有重要功能性

的设施, 需要进行标识符的视觉引导。酒店入口处通常没有平面布局、酒店路线等导览牌, 使用户难以找到准确的定位与方向。酒店大堂的咨询台通常会将路线平面布局图放置在与入口有一定距离的次清晰区域, 客人需要被引导至此区域才能获得隔离酒店的布局信息。主次通道也大多没有任何指示标识, 增加了客人的茫然感, 影响了他们的入住体验。此外, 根据实地调研, 发现“宁归来首站公寓”的导引设计对视觉注意力的吸引较差, 特别是对首次进入酒店的客人来讲, 门厅导视牌的色彩搭配设计缺少视觉特色。在新冠疫情期间, 常见配色的标识符可能不是引导隔离人员最有效的方法, 不熟悉酒店标识的人员无法通过色彩准确、高效地识别重要标识。为了确保准确有效地识别关键标志, 应设计更生动、更有活力的寻路标识符。不仅可以让用户更容易阅读, 还可以为寻路设计提供视觉强化, 突出关键信息。鲜明的标识符可以创建视觉线索, 使隔离人员从较远的位置也能够识别其重要性。即使在强制保持社交距离的情况下, 也可以相对容易地在酒店范围内独自寻路。同时, 色彩鲜亮的标识符可以通过突出高流量区域或关键区域来规范社交距离、指明准确方向, 如图 10 所示。



图 9 防疫标识
Fig.9 Anti-epidemic logo

综合访谈、问卷调查和现场调研的结果, 对公寓的导视系统进行设计, 为了清晰识别信息, 标识符与引导符采用思源黑体进行设计。另外, 标识符与引导符是不锈钢、亚克力以及各类电子元器件的组合, 在实践操作过程中采用电镀的方法对材料进行脱水、钝化和防变色处理。

4.1.2 室外环境标牌

在“宁归来首站公寓”外部环境中, 将设置 25

个环境标牌以引导客人或工作人员在复杂的环境中高效、便捷、清晰地找到合适路径(如图 11)。

规划道路与滨淮大道相交处的东南面, 为公寓非接触式寻路设计规划的起点, 项目形象墙将面向交叉路口, 从而向外界人员展示规划区内路径的相关信息。隔离酒店的入口标识(如图 13)会固定在规划区西侧中部与西北角的两个出入口处(面向外部道路)。规划区内三栋建筑的楼栋落地入口标识(如图



图 10 防疫标识应用
Fig.10 Anti-epidemic logo application

12) 将依次放置于规划区的西北角出入口、A 栋东侧与南侧出入口、B 栋西侧与北侧出入口以及 C 栋北侧大门处, 并选取与酒店入口标识相同的底牌、字体、材质; 充足的照明是有效寻路的必要条件, 不仅可以便于用户看到标志和其他寻路提示, 还可以突出隔离酒店内的重要区域, 因此在标识牌背部内衬 LED 光源。

室外环境共设置 8 个人行立牌, 为人员指明建筑或设施的方位。标识牌底牌采用不锈钢板一体弯折设计并附以白色金属烤漆; 在字体方面, 为 5 mm 厚不锈钢拉丝面广告字体; 此外, 文字部分使用不锈钢板雕刻, 且内置 LED 发光光源, 夜间效果如图 15 所示。

其余标识符与引导牌也会相应地安置在规划区的室外环境中, 例如: 室外停车立牌 (如图 14)、移动警示牌、洗手间吊牌、电梯间吊牌、入口形象墙、环境标识、立面楼栋号与户外果壳箱等。

室外导视布点图



图 11 室外导视布点图
Fig.11 Outdoor guide map

4.1.3 室内标识

因 A、B、C 三栋建筑的功能结构不同, 配置的室内标识也有所差异。A 栋的 1~2 层为配套商业以及门厅, 因此在 A 栋一层配有电子互动屏 (如图 16)、大堂指示、电梯厅指示、楼梯指示、楼层指示、接待牌、水吧牌、果壳箱、公共卫生间指示与公共标识。二层配有楼层客房指示 (如图 17)、果壳箱、公共卫生间指示以及公共标识。3~4 层为工作人员客房, 5~15 层为隔离人员客房, 皆放置了楼层指示、果壳

箱、消防通道指示牌、公共标识、消防疏散图与方向指示标识。

B 栋的 1~2 层为配套商业以及公寓门厅, 除了没有公共卫生间指示, 其余楼层标识的设置与 A 栋一层相同。另外, B 栋的二层仅放置楼层指示与公共标识。而三层为工作人员客房, 4~11 层位隔离人员客房。因此 3~11 层均固定了楼层指示、果壳箱、公共标识、消防疏散图与方向指示标识。由于 C 栋无工作人员客房, 一层为架空层以及公寓门厅, 因此一层配有楼层指示、接待牌、果壳箱与公共标识。C 栋的 2~9



图 12 酒店入口标识
Fig.12 Hotel entrance sign



图 13 楼栋入口标识
Fig.13 Building entrance sign



图 14 出租车落客区立牌
Fig.14 Taxi drop-off stand



图 15 室外人行立牌夜间效果
Fig.15 Night effect of outdoor pedestrian standing sign



图 16 电子互动屏
Fig.16 Electronic interactive screen



图 17 楼层客房指示
Fig.17 Floor room indication

层为隔离人员客房, 配有楼层指示、果壳箱、公共标识、消防疏散图与方向指示标识。

在 3 栋建筑中, 相同功能的标识采用一致的设计模式。此外, 对室内果壳箱、室内楼层指示引导牌、室内接待牌、室内卫生间牌、消防通道指引牌等均进行了再设计。

隔离酒店非接触式寻路系统设计的完成, 需要根据科学的色彩搭配理念, 合理地部署各类元素。设计者考虑主楼色彩的状态, 选择了符合整体色调的标识符与引导符配色。例如, 由于主楼整体色彩相对较重, 楼内标识设计选择时倾向于金属色系, 颜色也相对简洁, 以免导致人员出现视觉混乱的情况, 满足了设计的美感和实用性需求。

4.2 对酒店内外部导视设置的分析总结

综上所述, 隔离酒店的非接触式寻路系统设计可划分为以下四个级别:

第一级别导视设计为各通道、出入口的路线指引, 包含方向箭头、分区名称(清洁区、半污染区、污染区)、通道示意(清洁通道、污染通道)、附近设

施或楼栋名称等标志。此类标识符可以引导隔离人员或工作人员准确地选择路线与楼栋出入口, 避免无须进入污染区工作的人员误入污染区; 同时根据指引, 需要进出污染区的人员可以根据引导符准确高效地通过半污染区的通道进入污染区或清洁区。在各个楼栋门口皆配有位置定位、方向指引等标识符, 防止人员或车辆误入。

第二级别导视设计为酒店室外环境、楼栋牌号以及相关标识, 即户外和楼牌设计。标识的具体类型包含酒店入口标识、项目形象墙、人行立牌、室外停车立牌、车库出入口龙门牌、非机动车停车牌、出租车临停指示牌、电子互动屏; 另外还有楼栋落地入口标识、立面楼栋号、果壳箱、移动警示牌、温馨提示牌等。

第三级别导视设计为楼层总索引, 即楼层、楼道牌。包含楼层索引和平面分布图, 大厅与走廊的标识, 步梯分流或通道指引。其中具体包含了电梯厅指示、楼梯指示、楼层指示、室内果壳箱、公共卫生间指示、消防通道指示牌、公共标识、消防疏散图等, 以及 A 栋与 B 栋在一层特有的大堂指示、接待牌与水吧牌。

第四级别导视设计为各个房间或功能室的门牌。以上导视系统设计均具备实用性, 可以准确导向且层次清晰。

4.3 采用眼动追踪实验量化的方法进行验证

寻路特征的研究涉及寻路空间环境^[27]、凝视点^[28]、决策时间^[29]、视觉捕捉区域^[30]。在寻路过程中, 用户与寻路标志的交互行为主要依赖于视觉感官。许多研究采用了眼球追踪的方法, 探究了用户与寻路系统交互的特点, 减少了研究中用户的主观性, 提高了研究结果的可信度与客观性。为确保隔离酒店的非接触式寻路系统是有效且易于遵循的, 在寻路设计正式投入使用前, 本研究将进行眼动追踪实验测试以便验证导视系统设计的有效性。同时根据参与者的反馈, 确定寻路系统设计需要改进的方面, 确保设计最大限度地满足每位使用人员的需求。

实验假设在隔离酒店寻路系统中加入非接触式设计元素的导引标识,相比旧版本导视系统,可以降低用户对标识牌的理解成本与思考时间,同时提高使用者自主寻路的效率。实验采用了瑞典 Tobii Technology 公司生产的一款适用于真实环境下的可穿戴式 Tobii Glasses2 眼动仪。实验共招募到 40 位自愿参与眼动实验的被试者,其中包括儿童、青年人、中年人与老年人。随后,从被试者池中随机选择对照组与实验组,即同时进行不使用非接触式寻路设计和使用非接触式寻路设计的测试。

4.3.1 实验 1

假设新设计的导引系统能降低使用者的理解成

本和思考时间,提高寻路指引的理解度与指向性。将再设计的标识牌与导引符与传统导引系统进行对比验证,通过无接触的方式让使用者自主抵达目的地。

研究人员实地前往隔离酒店规划区域的室外环境中,对办理入住手续必经路线的楼栋落地入口标识、人形立牌、指示吊牌、停车场指示牌等室外区域单元进行拍摄,作为寻路场景图,设置酒店 C 栋客房为目的地,模拟从规划区入口至目的地的连贯室外寻路场景。将制作好的寻路指引与场景图相结合,设置为实验组。在同样的场景中将旧版寻路标识放置在与新版标识相同的位置,设置为对照组(如图 18)。

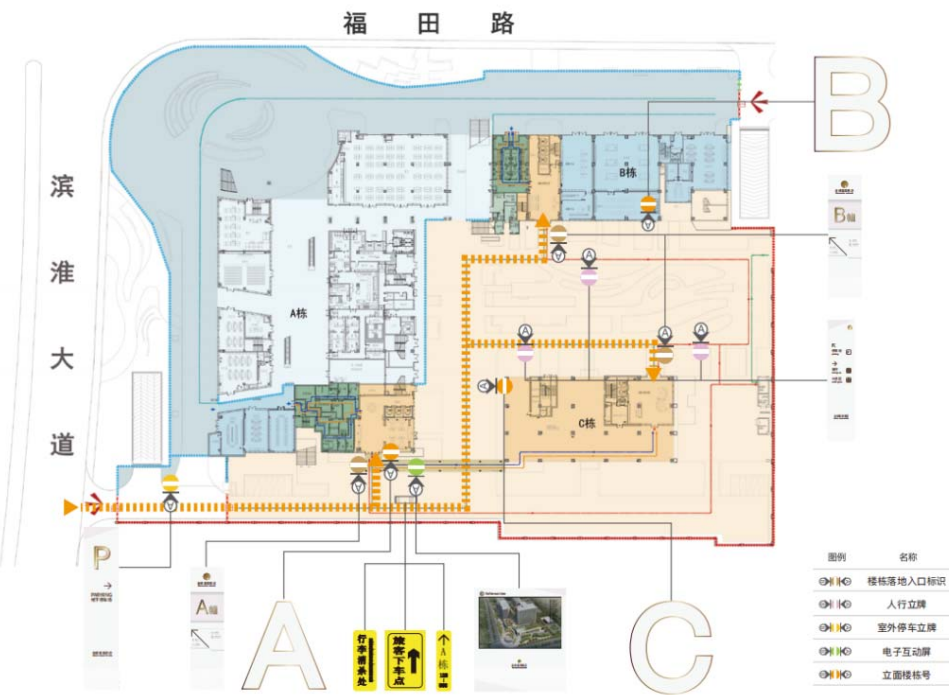


图 18 实验组与对照组分布
Fig.18 Distribution of experimental group and control group

让 40 名被试者通过模拟入住酒店流程的寻路方式,寻找目标地点,收集被试者首次注视时间的指标数据。采用两因素重复测量方差分析方法,判断再设计的新型寻路标识牌对被试者首次注视时间(First Fixation Duration)的影响。如图 19 所示,首次注视时间差值经 Shapiro-Wilk 检验可知,楼栋落地入口标识、人形立牌、指示吊牌、停车场指示牌 4 组数据均服从正态分布。指标数据经过统计学分析后,显著性 p 值均小于 0.05,证实实验组与对照组指标数据差异具有显著性。

在实验 1 中,要求被试者在相同的时间内,找到实验图片中的标识牌,并看向标识牌所指向的目的地。在此过程中采集目的地路口兴趣区(AOI)的首次进入时间(Time to Fixation Duration),测试被试者在指引下发现并看向路口的时间,进一步分析新型寻

路标识牌与旧版标识牌的指向性差异。

采用配对样本 T 检验,判断寻路系统设计(新型、旧版)对被试者首次进入时间的影响。经 Shapiro-Wilk

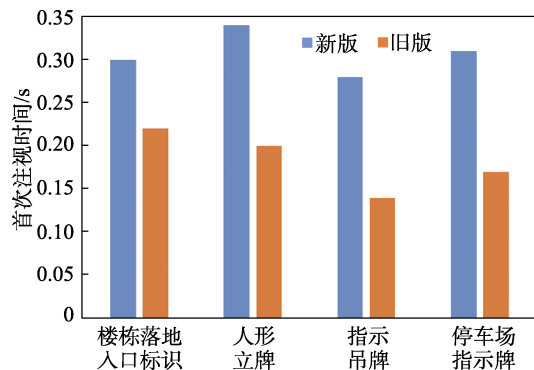


图 19 首次注视时间差值
Fig.19 Difference of first fixation duration

检验, 4 组指引数据均服从正态分布。指标数据经过统计学分析后, 显著性 p 值均小于 0.05, 证实实验组与对照组用户寻路认知具有显著差异。被试者观看改良后的四组新寻路导视与旧版的四组寻路导视相比首次进入时间如图 20 所示。

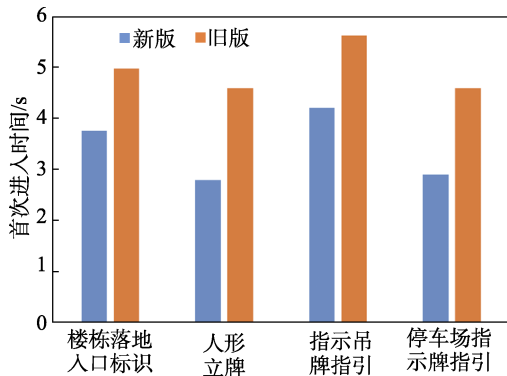


图 20 首次进入时间
Fig.20 Time to fixation duration

通过对眼动实验一收集的视觉指标数据进行分析后发现, 导引方式的变化会影响被试者对标识牌的首次进入时间。在整个实验过程中, 要求被试者先在场景图片中寻找找到标识牌, 再看向所引导的路口, 因此导引的首次进入时间与标识牌的吸引度相关: 首次进入时间越长, 说明被试者需要经过多次视觉搜索才能找到标识牌, 获取引导信息的速度较慢, 标识牌的吸引度低; 首次进入时间越短, 被试者能够快速定位导引标识牌的位置, 不需要多次进行视觉搜索。说明标识牌对被试者的吸引程度更高。通过实验一发现改

进后的楼栋落地入口标识、人形立牌、指示吊牌、停车场指示牌 4 组数据对被试者的吸引程度更高, 被试者获取的信息更加明确, 能够高效传达寻路信息。

4.3.2 实验 2

在实验 2 中, 要求被试者在场景图中找到标识牌, 并看向所指的路口。在场景图的对比下, 4 张新型寻路场景图的目标路口兴趣区首次进入时间均少于旧版寻路场景图的目标路口。说明在新型寻路场景图中, 被试者在新型寻路指引下, 可以更快地找到所指向的目标路口。以此证明新型寻路的指向性强于旧版。

实验过程中收集被试者人员首次进入时间 (Time to Fixation Duration) 指标数据。采用配对样本 T 检验, 判断寻路系统设计 (新型、旧版) 对被试者观看所引导路口首次进入时间的影响。经 Shapiro-Wilk 检验, 4 个路口的首次注视时间数据均符合正态分布。经 SPSS 数据分析后, 首次进入时间差值的显著性 p 值均小于 0.05, 说明实验组与对照组指标具有统计学意义。被试者观看新型与旧版的 4 组路口首次进入时间如图 22 所示。

实验过程中被试者依次到达隔离酒店的各个任务点, 根据寻路系统的引导完成了相应任务。眼动追踪设备的电脑全程跟踪了被试者在使用或不使用非接触式寻路设计时的眼球运动, 以及两组被试者的用户行为。最后, 通过分析眼动追踪实验和用户行为追踪的数据, 比较了被试者的兴趣度、理解度、速度和准确性等, 发现使用非接触式寻路系统设计的实验组首次注视时间更长、注视点个数更少、寻路时间更短、

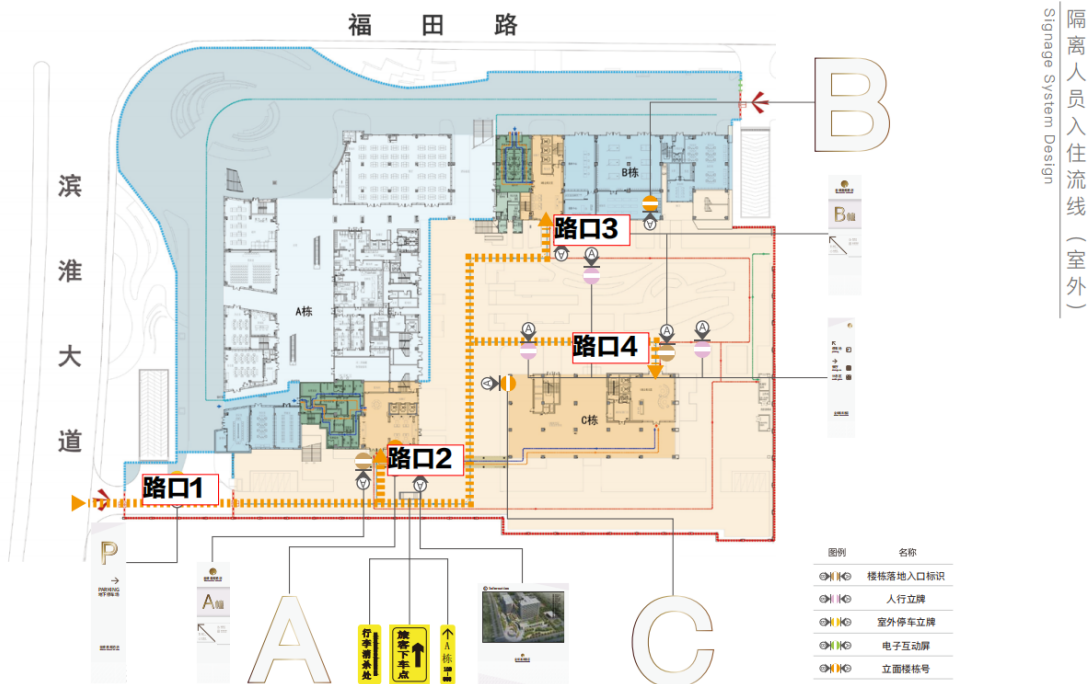


图 21 场景图
Fig.21 Scene graph

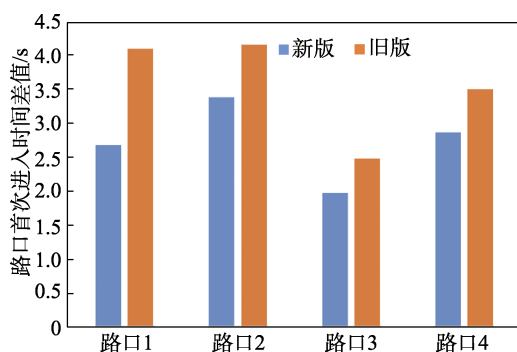


图 22 路口首次进入时间差值

Fig.22 Difference of time to fixation duration at intersection

寻路效率更高, 组间差异显著 ($p < 0.001$), 说明重新设计的非接触式寻路系统对兴趣度、理解度、寻路效率、准确度存在正向影响。

4.4 探究酒店内外部空间结构对隔离人员寻路行为的影响

隔离酒店的内外空间结构会对隔离人员的寻路行为产生重大影响。建筑外部环境的导视系统, 室内标识符的放置与设计, 都会影响使用者寻路时的难易程度, 以及他们进出隔离酒店的方式。不清晰的标识符或视觉线索会使使用者难以有效地在环境中导航, 甚至会产生负面心理或迷失方向。相反, 标识清晰、布局合理、地理位置易于识别的隔离酒店, 使用者可以快速了解酒店的空间组成, 并找到正确的路径。例如, 在酒店外部环境中使用字号较大且粗体的标志, 可以清楚地体现隔离酒店的名称, 以及指向入口的方向箭头, 以确保客人或工作人员即使暂时看不到建筑也能找到正确路径; 同样, 使用配有 LED 灯源的标识符或引导符来突出入口或建筑物内外结构的关键特征, 可以使使用者更容易在夜间寻找到正确的路径。良好的隔离酒店内外空间结构设计, 在帮助使用者高效寻路方面起着重要作用, 因此设计师在创建新型寻路导视系统或改造现有寻路系统时, 应将以上因素纳入考量范围。

5 结果与讨论

非接触式寻路系统设计是疫情环境下的产物, 反映了新环境中的共同创新。新型寻路系统设计可以解决旧有寻路系统的关键问题。包括改进其设计的可用性、清晰明确的导引、更高的安全性、减少员工干预以及提升用户体验等, 以解决用户寻路时由于隔离酒店占地面偏大、楼栋较多, 标识分布散乱、布局不科学、缺乏逻辑性等而无法快速获取必要信息的问题。

相比旧版的寻路系统, 改进后的新型寻路系统能够为使用者提供详细的目的地指引, 使他们更容易到达目的地, 特别是那些不熟悉酒店布局的人员。同时可以最大限度地减少接触点的数量, 从而达到降低病

毒传播的目的^[31]。由于设计可以全程闭环管理, 最大程度地减少了交叉污染的可能性, 这在机场、医院、商场和存在感染风险人群的隔离酒店等公共场所中显得尤为重要。此外, 隔离酒店的非接触式寻路系统可以通过易于理解、使用的便捷方式来改善客人或员工的体验, 以提高他们的满意度。同时, 也减少了工作人员人为干预的需要, 为隔离酒店节省了更多的时间与劳动成本。为适应来自不同文化背景的客人, 新型寻路系统同时提供了双语(中文、英文)的标识和说明。

本研究在寻路系统设计方面主要遵循了三区两通道的设计原则, 此设计标准通常用于各类建筑设计, 以提高效率与用户体验。通过眼动仪实验, 验证了三区两通道原则在隔离酒店非接触式寻路系统中的适用性与有效性。在实验过程中, 研究者对比了在使用或不使用新型寻路系统两种情况下, 眼动数据与实验后问卷数据的结果, 数据分析发现, 使用三区两通道设计原则的隔离酒店在寻路效率、准确度、用户体验方面是有效的。

目前, 寻路设施的新范式更强调为使用者提供更直观、高效的寻路体验, 以满足不同使用者的需求、偏好。寻路设施的新范式侧重于以用户为中心的设计原则和清晰一致的视觉提示, 具有普遍性和一致性的概念。另外, 对区域内外结构中各类服务的内在完善与提高, 也是对其品牌独特人文内涵的展现。因此, 在对酒店内寻路系统进行设计、改造与布局规划时, 需要切合实际并分析酒店自身的类型属性, 深入研究场地探究各区域中不同种类标识的设计、设置等实际问题, 以构建最佳的改造方案, 从根本上完善隔离酒店的服务体系。

目前, 寻路系统设计方面的研究大多着重关注其与新型技术的融合, 重视用户体验。但针对身体或认知存在障碍的使用者的寻路设计, 是一项艰难的任务, 目前还不存在能为所有类型使用者提供可用性和可访问性的寻路系统; 个性化寻路系统经常被研究者或设计者提及, 它具有更好地满足个人用户需求的无限潜力, 但对于设计有效且易于使用的个性化系统的研究仍然有限。未来可以关注开发环境感知寻路系统, 以根据使用者当前位置、期望目的地与其他环境信息提供定制的寻路体验。在本研究中, “以人为本的设计”理念贯穿始终, 未来也可以继续探索寻路系统对用户安全、健康和福祉的影响, 并分析不同的寻路系统对使用者寻路行为的影响。

6 结语

本研究以南京“宁归来首站公寓”的寻路系统为例, 通过焦点小组访谈、问卷调查, 与卫健委人员、隔离酒店工作人员、曾入住过隔离酒店的相关人员进行沟通交流, 基于三区两通道的设计原则, 构建具有

可适用性的路线即人员路线、物资路线,以降低病毒传播的风险。同时寻路系统的设计遵循了国家卫健委的相关规定,保证了高度的可操作性和实用性。针对系统开发带来的各项挑战,本研究设计时综合了多种设计原则、可访问性需求及用户体验。在新型寻路系统设计完成后,为了验证其在隔离酒店中的有效性和可用性,采用了眼动追踪实验进行验证。结果表明,新设计的非接触式寻路系统显著减少了寻路时间,提高了整体寻路效率和用户体验,因此再设计的新型寻路系统对整个寻路过程产生了积极的影响。通过传统方式对隔离酒店无接触式寻路系统进行改造和升级具有必要性,且可以作为预备方案预防公共卫生突发事件,不仅可行性高、环保低碳,而且符合可持续发展理念。无接触式寻路系统已经成为了一种寻路趋势,其不同领域的应用大大减少了人力的消耗。因此,建议未来隔离酒店导视设计可以参考以“三区两通道”为核心的设计原则,并结合当地政府颁布的相关条例,因地制宜地对酒店的结构分布进行规划,通过科学的规划动线和通道布局,提升整个系统的安全性和可靠性。

参考文献:

- [1] BUI H, HO V H, MARZANO A M. Wayfinding and Orientation in Isolation Hotels: An Exploratory Study of Design and Technology[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(11): 3965.
- [2] Kampf G, Todt D, Pfaenter S. Persistence of coronaviruses on Inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents[J]. *Journal of Hospital Infection*, 2020, 104(3): 246-251.
- [3] MACKENZIE M J, LEUNG P T H, EDMUNDS W J. Achieving “Zero Contact” in public areas to reduce the spread of infectious diseases[J]. *PLoS ONE*, 2017, 12(5): e0177395.
- [4] AROCENA K L, HERNÁNDEZ B O, GÓMEZ V H. Interactive Wayfinding Design in Nondirective Spaces: A Pilot Study[J]. *Sustainability*, 2020, 12(6): 2189.
- [5] GERBINO P V, WOOTEN L L. Contactless Human Navigation: A Case Study in the Airports of the USA[J]. *International Journal of Applied Technology*, 2020, 14(1): 59-67.
- [6] HOU L, WU X, ZHAO M. Risk of infection in quarantine hotels for travelers returning from Wuhan, China, during the COVID-19 outbreak[J]. *American Journal of Epidemiology*, 2020, 191(9): 951-958.
- [7] TAN H, YANG M, HUANG Y. Effect of one-way Traffic Patterns in Middle and Late Stages of COVID-19 Pandemic in Quarantined Hotels in China[J]. *American Journal of Infection Control*, 2020, 48(9): 1082-1086.
- [8] SEIDO G, KAZAMA K. Zero Contact Design: A Study in the Age of Coronavirus[J]. *International Journal of Design*, 2020, 14(3): 47-59.
- [9] YOON Y, PARK S, CHOI K. Exploring the impact of zero touch design on medical care delivery[J]. *International Journal of Medical Informatics*, 2015, 84(7): 566-572.
- [10] 金翀, 王军, 袁超. 酒店中的非接触服务设计: 一项定性研究[J]. *国际酒店管理学报*, 2019, 83: 101209. JIN Chong, WANG Jun, YUAN Chao. Design of Contactless Services in Hotels: A Qualitative Study[J]. *International Journal of Hospitality Management*, 2019, 83: 101209.
- [11] HEIJNEN J A P, MARIJNISSEN A A J. Pathfinding: A cognitive map based approach[J]. *Cognitive Systems Research*, 2007, 8(2): 249-262.
- [12] KURNIAWAN A, WIDODO A, ISKANDAR T. Application of pathfinding principles in the development of educational websites[J]. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2016, 13(6): 15-21.
- [13] 白旻, 王杰. 增强酒店环境中的寻路功能:非接触式设计的影响[J]. *环境与行为*, 2020, 52(10): 1462-1482. BAI Yang, WANG Jie. Enhancing Wayfinding in Hotel Environments: The Impact of Non-contact Design[J]. *Environment and Behavior*, 2020, 52(10): 1462-1482.
- [14] PAUL C, CHEN S. Designing Intuitive and Easy-to-use Wayfinding Systems: A Literature Review[J]. *International Journal of Architectural Computing*, 2020, 18(3): 439-453.
- [15] 陈玉春, 王玉文. 评估非接触式寻路系统的可用性[J]. *人机交互学报*, 2020, 36(3): 196-213. CHEN Yu-chun, WANG Yu-wen. Assessing the Usability of Non-contact Wayfinding Systems[J]. *Journal of Human-Computer Interaction*, 2020, 36(3): 196-213.
- [16] 王敏, 王军, 陈生. 使用非接触式寻路系统降低企业运营成本[J]. *管理学报*, 2020, 2015(2): 1-7. WANG Min, WANG Jun, CHEN Sheng. Reducing Business Operating Costs with non-Contact Wayfinding Systems[J]. *Journal of Management*, 2020, 2015(2): 1-7.
- [17] 张玉辉, 陈世坤. 一种用于改善商场顾客体验的非接触式寻路系统[J]. *人机交互学报*, 2011, 27(3): 162-176. ZHANG Yu-hui, CHEN Shi-kun. A Non-contact Wayfinding System for Improving the Shopping Experience of Customers[J]. *Journal of Human-Computer Interaction*, 2011, 27(3): 162-176.
- [18] 杨丽, 刘华. 使用基于智能手机的系统进行室内寻路的导航设计原则[J]. *人机交互学报*, 2017, 33(11): 990-1002. YANG Li, LIU Hua. Navigation Design Principles of Indoor Wayfinding Using Smartphone-Based Systems[J]. *Journal of Human-Computer Interaction*. 2017, 33(11): 990-1002.
- [19] 欧阳忠, 谭坤华. 非接触式寻路系统对用户满意度和

- 便利性的影响[J]. 人机交互学报, 2018, 34(9): 836-850.
- OU Yang-zhong, TAN Kun-hua. The Impact of Non-contact Wayfinding Systems on User Satisfaction and Convenience[J]. Journal of Human-Computer Interaction, 2018, 34(9): 836-850
- [20] MALDONADO J C, FUCHS M. Cost-effective Wayfinding Design for Pedestrian Navigation: A Case Study[J]. Journal of Urban Design, 2020, 25(2): 207-230.
- [21] SCHNEIDER T, KERN M. Wayfinding Design for Hotels and Other Public Places: A Review of the Literature[J]. International Journal of Contemporary Hospitality Management, 2014, 26(3): 391-408.
- [22] KUMAR S, TAN S C. The Effects of Color-coded Signage on Wayfinding: An Investigation of the Singapore Isolation Hotel[J]. Journal of Environmental Psychology, 2020, 72: 102072.
- [23] LIENARD S, PRIGOGINE D, BERNARD S. The Effects of Wayfinding Design on Wayfinding Performance: A Systematic Review[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018, 15(8): 1568.
- [24] KHAN M, ANISUZZAMAN M, SIDDIQUEE M A H. Pathfinding Algorithms: A Survey[J]. International Journal of Computer Science and Information Security, 2020, 18(9): 13-19.
- [25] TOWELL G, ASHBROOK P. Finding Your Way through Landscapes: Cognitive Mapping and Navigation[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2001, 28(1): 35-48.
- [26] AKHLAGHI M, NASEHI F, ASADI P. Evaluating the Effectiveness of a Wayfinding System Using the 5Es Framework[J]. Sustainability, 2020, 12(21): 8867.
- [27] VEERASWAMY A, GALEA E, LAWRENCE P. Wayfinding behavior within buildings - an international survey[J]. Fire Safety Science, 2011, 10: 735-748.
- [28] BLANCONI F, FILIPPUCCI M, FELICINI N. Immersive Wayfinding: virtual Reconstruction and eye-tracking for Orientation Studies Inside Complex architecture[J]. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2019, XLII-2/W9: 143-150.
- [29] FU L, CAO S, SONG W. The influence of emergency signage on building evacuation behavior: An experimental study[J]. Fire and Materials, 2019, 43(1): 22-33.
- [30] XIE H, FILIPPIDIS L, GALEA E R. Experimental Analysis of the Effectiveness of Emergency Signage and its Implementation in Evacuation Simulation[J]. Fire and Materials, 2012, 36(5-6): 367-382.
- [31] FANG Y, CHEN J, LI X. Contactless pathfinding: Reducing the Spread of Viruses in Public Spaces[J]. IEEE Access, 2020, 8: 19401-19414.

责任编辑: 马梦遥

(上接第 437 页)

- [10] 黄铭明, 苏其瑜, 曾维, 等. 下颌骨骨折虚拟手术培训系统研究[J]. 计算机工程与应用, 2018, 54(23): 223-229.
- HUANG Ming-ming, SU Qi-yu, ZENG Wei, et al. Research of Virtual Surgery Training System of Mandibular Fracture[J]. Computer Engineering and Applications, 2018, 54(23): 223-229.
- [11] ZHANG Yan-xiang, WANG Ruo-yi. A Study on the Effects of Head Mounted Displays Movement and Image Movement on Virtual Reality Sickness[C]//2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW). Atlanta, GA, USA. IEEE, 2020: 630-631.
- [12] DE SÁ M, CHURCHILL E. Mobile Augmented Reality: Exploring Design and Prototyping Techniques[C]// Proceedings of the 14th international conference on Human-computer interaction with mobile devices and services. San Francisco, California, USA. New York: ACM, 2012: 221-230.
- [13] 吴东, 孔祥朋, 杨敏之, 等. 深度学习卷积神经网络在髋关节翻修术前CT分割领域的研发与初步应用[J]. 中华骨科杂志, 2023(1): 62-71.
- WU Dong, KONG Xiang-peng, YANG Min-zhi, et al. The Development and Primary Application of a Deep Learning Convolutional Neural Network in the Field of Revision Total Hip Arthroplasty CT Segmentation[J]. Chinese Journal of Orthopaedics, 2023(1): 62-71.
- [14] OTSU N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1979, 9(1): 62-66.
- [15] MCCORMACK J, O'DONNELL G, MCHUGH P. CT image segmentation methods for bone used in medical additive manufacturing[J]. Journal of Manufacturing Processes, 2017, 27: 25-34.
- [16] TASSANI S, KORFIATIS V, MATSOPOULOS G K. Influence of Segmentation on Micro-CT Images of Trabecular Bone[J]. Journal of Microscopy, 2014, 256(2): 75-81.
- [17] LI Jian-wei, ZHAN Jia-wang, ZHOU Ting, et al. Point Cloud Registration and Localization Based on Voxel Plane Features[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2022, 188: 363-379.

责任编辑: 马梦遥