

地铁乘坐舒适度评价研究

刘静璇, 陆文逸, 刘昊

中国矿业大学(北京)理学院, 北京

收稿日期: 2025年5月27日; 录用日期: 2025年6月20日; 发布日期: 2025年6月30日

摘要

随着城市轨道交通的快速发展, 乘客对地铁乘坐舒适度的要求日益提高, 然而现有舒适度评价研究多侧重于列车运行物理指标的探索, 忽视了乘客在心理和行为方面的需求。本研究旨在构建一个综合物理与心理双维度的地铁乘坐舒适度评价指标。基于文献分析和实地考察, 本文设计了包含乘客基本信息、车厢设施布局及心理因素等方面的有关地铁乘坐舒适度调查问卷, 并在乘坐北京地铁出行的乘客范围内进行了调查; 然后通过因子分析, 提取影响地铁乘坐舒适度的关键因素。研究结果表明, 地铁乘坐舒适度受到车厢环境、智能设施视效、辅助站立设施、位置选择偏好、拥挤时移动倾向、自我感知等因素的共同影响。本研究提出的“物理-心理”双维度舒适度评价指标为地铁车厢设计和运营管理提供了支持和参考, 具有重要的理论和现实意义。

关键词

地铁乘坐舒适度, 因子分析, 综合因子得分函数

Research of Evaluation Model on Riding Comfort of Subway

Jingxuan Liu, Wenyi Lu, Hao Liu

School of Science, China University of Mining and Technology, Beijing

Received: May 27th, 2025; accepted: Jun. 20th, 2025; published: Jun. 30th, 2025

Abstract

With the rapid development of urban rail transit, passengers' demands for riding comfort of subway have been increasing. However, existing comfort evaluation studies have primarily focused on exploring the physical indicators of trains while neglecting passengers' psychological needs. This research aims to construct a comprehensive subway riding comfort evaluation method that integrates both physical and psychological dimensions. We design a questionnaire on the riding comfort of

subway covering carriage facilities, passengers' basic information, and psychological factors, and conduct a survey in Beijing to obtain statistical conclusions. Next, we use factor analysis to extract key factors that affect the riding comfort of subway. The results show that passengers' riding comfort is jointly influenced by factors including carriage environment, facility visibility, auxiliary standing facilities, location preference, movement tendency in crowds, and self-perception. The proposed physical-psychological dual-dimension comfort evaluation system provides support and reference for subway carriage design and management, which has significant theoretical and practical implications.

Keywords

Riding Comfort of Subway, Factor Analysis, Composite Factor Score Function

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着旅客对交通工具乘坐舒适度的需求日渐上升,乘坐舒适度日益成为影响地铁设计和保障客运市场的重要因素。过度拥挤降低了乘客出行的舒适度,可能诱发乘客纠纷,还有可能对乘客的身心健康产生危害,因此开展地铁乘坐舒适度的分析和研究,对地铁车厢设施及运营的改善具有重要的理论和现实意义。

在以往研究中,有关火车、公交车等其他公共交通工具在舒适度上的研究已经基本成熟。陈祥为高速铁路客车的乘坐舒适度建立了完善的综合评价模型[1]。徐利锋等采用主客观相结合的方法建立公共交通综合舒适度评价模型,并以大连市613路公交车为例进行实例分析[2]。目前国内还未有针对地铁的乘坐舒适度的较为完善的调研分析。目前国内对乘坐舒适度研究仍偏重于列车运行物理指标层面的探索,忽视了人的心理和行为的需求。史芮嘉等在研究中将车厢内部站立区域划分为6部分,建立考虑乘客出行距离和车厢内立席密度的乘客站立位置选择基线——类别Logit模型,得到了相关乘客在单个车厢内分布可验证结论与模型[3],但缺乏乘客的心理层面这一分析角度。吴奇兵等在研究中根据“人体空间气泡”的概念建立了乘客空间理论模型,并以此得到基于空间舒适性的立席密度评价标准,建立地铁车厢乘客“拥挤力”量化模型[4],但仅引入了物理上的心理因素,对其他主观上的心理影响因素没有进行探讨。刘珂等研究指出,乘客倾向于选择靠近车门或立柱的位置,不仅出于物理便利性,更与心理安全感(如对紧急逃生的预期)和隐私需求(如避免与他人视线接触)密切相关[5]。

为了更全面地研究乘客心理与行为需求层面对地铁乘坐舒适度的影响,本文在乘坐舒适度研究中引入乘客主观心理影响这一因素,基于乘客心理及车厢物理设施条件进行问卷设计,在乘坐北京地铁的乘客范围内进行抽样调查,然后通过因子分析对舒适度影响因素进行提取,最终形成综合因子评价指标,并给出相关结论与建议。

2. 乘坐舒适度影响因素与相关研究

地铁乘坐舒适度作为乘客体验的核心指标,本文从物理与心理双维度对其进行分析与研究。

(一) 物理舒适度

吴奇兵等人的研究表明,物理舒适度主要涵盖空间密度、设施可达性及环境条件等客观指标,立席密度超过6人/m²时,乘客的肢体活动受限显著加剧,导致疲劳感与烦躁情绪上升[6]。刘珂则指出,车厢

内扶手与座椅的分布直接影响乘客的平衡稳定性,尤其在高峰时段,设施布局的合理性成为物理舒适度的关键制约因素[5]。

(二) 心理舒适度

心理舒适度包含隐私距离、安全感及环境控制感等主观感知。史芮嘉通过行为观察发现,乘客在站立时会通过调整身体朝向或背包位置,主动构建“个人空间边界”,以缓解拥挤环境中的心理压迫感[3]。刘珂的实证研究进一步表明,车厢内照明强度与噪音水平会通过影响乘客的情绪状态间接作用于其位置选择偏好[5]。

(三) 评价方法的理论构建

基于文献分析,本文提出“物理-心理”双维度地铁乘坐舒适度评价指标,以整合多维度因素对地铁乘坐舒适度的整体作用。

1) 物理维度

以立席密度为核心变量,结合设施布局(扶手密度、座椅间距)与环境条件(温湿度、空气质量),构建物理舒适度评价指标。

2) 心理维度

纳入安全感和环境控制感两个重要心理指标。在史芮嘉与刘珂对“心理安全半径”这一概念的研究基础上[3][4],将乘客对个人空间的心理需求纳入评价体系内。

3) 双维度评价方法

同时兼顾物理与心理因素双维度,能够更为全面地进行地铁乘坐舒适度的整体评价,为将来对车厢内乘客的整体行为理论分析提供了数据支持,并为车厢设计与管理策略提供理论支持。

3. 乘坐舒适度问卷调查及基本结论

(一) 问卷设计

1) 问卷采用形式:问卷调查最终需要以数值指标来评价乘坐舒适度,因此本文问题回答选取李克特量表形式。

2) 问卷最终设计:问卷中车厢布局以北京地铁B型车为例,调查内容涵盖乘客基本信息、乘客出行特征、车厢设施布局、车厢内立席密度及乘客的生理心理情况等内容。

调查仅考虑乘客个体出行的情况,不考虑结伴出行;同时忽略季节、上下车门位置改变等因素的影响。

(1) 乘客基本信息及出行特征:问卷涵盖了乘客性别、年龄、出行时间及出行时长等信息,并添加了关于站立区域偏好的相关内容。

(2) 车厢设施布局:问卷涉及车厢内部设施,包括握扶设备、车载电视、线路图等硬件设备的使用,也包含了环境的物理条件,如温度、信号、光线、振动等对乘坐舒适度的影响。

(3) 乘客心理层面影响:问卷还包含关于乘客主观心理因素,包括领域感、安全感等问题,以求乘坐舒适度调查更为详尽全面。

在此基础上,最终得到包含基本信息、出行特征、车厢设施布局、乘客心理因素等方面有关乘坐舒适度的预调查问卷,共38道题目。

(二) 预调查处理与信度检验

预调查通过对乘坐北京地铁的乘客进行实地调查的形式,共得到有效问卷40份。

考虑到问卷的问题设计、版面设计会对调查结果产生较大影响,通过信度检验以判断所设计问卷的可靠性。由于先前使用李克特量表进行调查,故此处通过克隆巴赫系数Alpha的方法进行问卷问题合理性进行检测并基于检测结果对问卷设计进行局部修正调整,相应过程如下:首先将问卷中的问题按照车

厢内物理环境因素、车厢设施、站立位置的选择偏好、心理侵犯感，四方面进行分类，分别计算各类问题所对应的 Alpha 值；然后针对每类问题，使用逐个剔除的更新方式，不断剔除其中阻碍 Alpha 值升高的问题，直到 Alpha 值不再升高；最终得到四类问题各自的 Alpha 值。

初始数据不作调整，算出各类 Alpha 值分别为 0.67、0.71、0.79、0.42，基于以上调整过程，共删除 3 道题目，最终得到各类 Alpha 值分别为 0.73、0.71、0.79、0.42。此时调查问卷中问题已经稳定，无法再进行问题删除，最终问卷共 35 道题目，形成正式版问卷。

(三) 数据收集与描述性结论

依照乘坐舒适度研究的目的和要求，本文通过网络问卷的形式展开了问卷调查。受时间与经费等条件的制约，共回收有效问卷 345 份。

(1) 调查对象基本情况

参与本文问卷调查的乘客中出行目的为购物/休闲的乘客占比最高，为 37.8%；乘坐时长大于 60 分钟的乘客占比最高，为 51.3%；相关基本信息如图 1 所示。

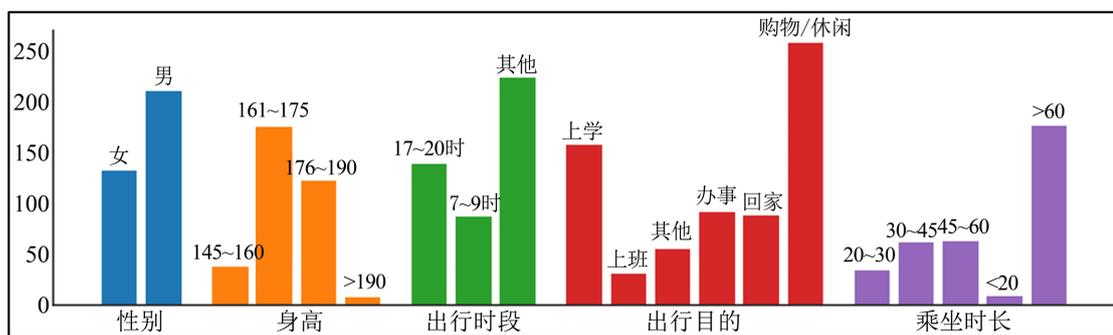


Figure 1. Basic information about the survey subjects

图 1. 调查对象基本情况

(2) 单项调查分析

由立席密度相关问题分析可知：59.4%的乘客认为乘坐地铁时，车厢内的人员密度较高；90.1%的乘客认同乘坐地铁的乘坐舒适度取决于车厢内的拥挤程度。

对车厢内物理环境因素相关问题分析可知：53.3%的乘客认为车厢内温度比较舒适；50.7%的乘客认为车厢内光线情况比较明亮；64.6%的乘客认为车厢内卫生情况还可以；55.1%的乘客认为车厢内使用的色彩比较好。

对车厢内设施相关问题分析可知：59.1%的乘客认为地铁车厢内的吊环高度比较合适；49.3%的乘客认为地铁车厢内横向握扶杆高度比较合适；67.2%的乘客认为地铁车厢内的立式握扶杆位置比较合适；66.4%的乘客认为地铁车厢内的座椅握扶杆位置高度比较合适。

对站立位置的选择偏好相关问题分析可知：31.9%的乘客更愿意选择靠近将要开启的车门对面；21.4%的乘客更有意愿选择靠近将要开启的车门，且与实际情况下在地铁车厢内的站立位置较为接近；42.5%的乘客在车厢较为拥挤时，更愿意等待下一班车；59.1%的乘客在车厢较为拥挤时，更愿意走向列车中部寻找人更少的车厢。

对心理侵犯感相关问题分析可知：65.2%的乘客乘坐地铁出行时，不太会有自我领域被侵犯的感觉；73.4%的乘客乘坐地铁出行时，不太会产生当前所处环境并不安全的感觉。

以上统计结果如图 2 所示。

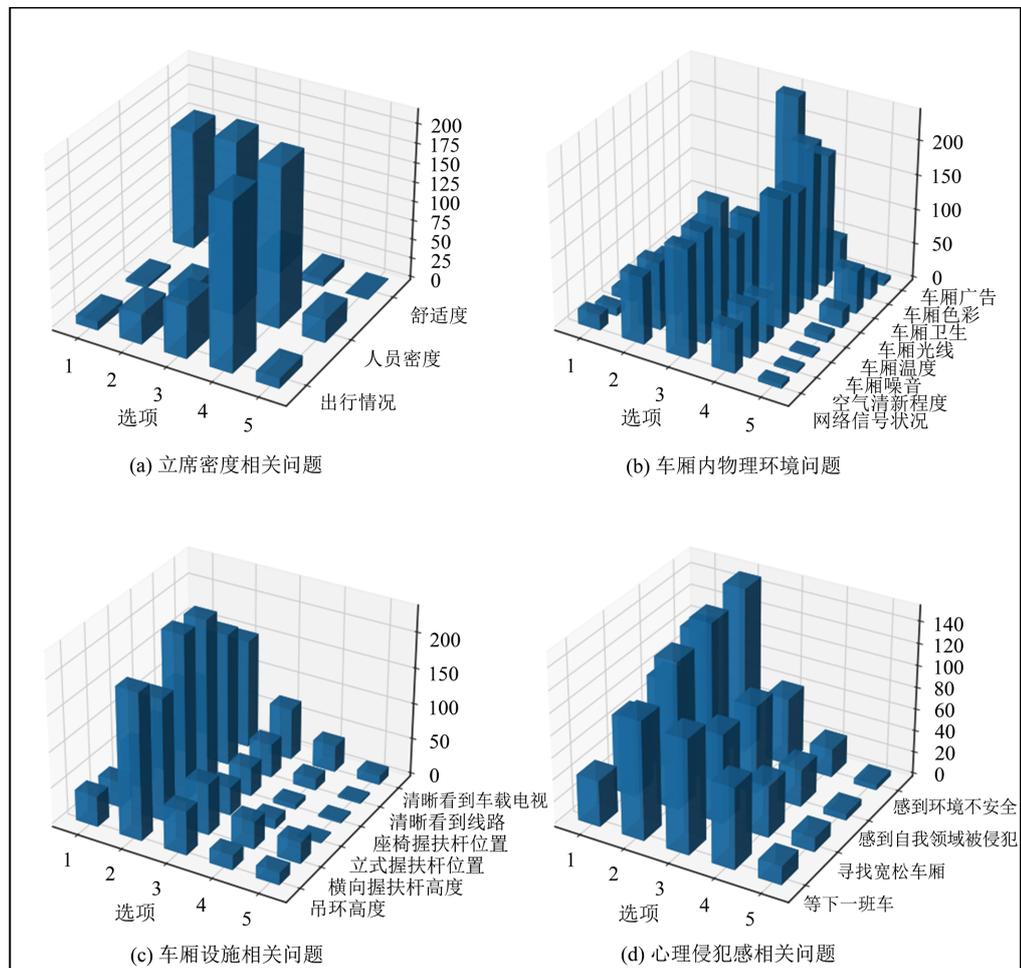


Figure 2. Single item survey analysis
图 2. 单项调查分析

4. 物理 - 心理双维度因子分析

(一) KMO 测度和 Bartlett 检验

为进行接下来的因子分析，本文基于问卷调查数据计算 KMO 测度并进行 Bartlett 检验，相应原假设 H_0 ：待研究问题之间没有相关性。KMO 测度和 Bartlett 检验结果如表 1 所示。

Table 1. Kaiser-Meyer-Olkin and Bartlett test
表 1. KMO 测度和 Bartlett 检验

	物理因素	心理因素
KMO 测度	0.615	0.687
Bartlett 检验	659.803	798.224
p 值	0.000	0.000

物理与心理因素问题对应的 KMO 测度均大于 0.6，说明本次调查结果适合进行因子分析；Bartlett 检验的 p 值均为 0.00，小于给定显著性水平 0.05，显著，拒绝原假设 H_0 ，即所分析的问题之间存在相关性，可以进行接下来的因子分析。

(二) 基于相关系数矩阵提取公共因子，建立初始因子模型

本文基于特征值大于 1 的标准进行公因子提取。将原始的物理、心理因素对应的变量通过主成分分析提取公因子，如表 2 所示。从表 2 可知分别提取 3 个公因子就可以反应原变量的 71.26% 与 71.20% 的信息量。

Table 2. Variance contribution rate
表 2. 方差贡献率

因子	物理因素						心理因素					
	初始			旋转后			初始			旋转后		
	特征值	方差贡献率	累积贡献率	特征值	方差贡献率	累积贡献率	特征值	方差贡献率	累积贡献率	特征值	方差贡献率	累积贡献率
1	2.133	30.5	30.5	1.8	26.4	26.4	2.857	35.7	35.7	2.3	29.7	29.7
2	1.560	22.3	52.8	1.6	22.6	49.0	1.641	20.5	56.2	1.7	21.2	50.9
3	1.295	18.5	71.3	1.6	22.3	71.3	1.198	14.9	71.2	1.6	20.3	71.2
4	0.622	8.9	80.1				0.694	8.6	79.8			
5	0.520	7.4	87.6				0.512	6.3	86.2			
6	0.468	6.7	94.3				0.416	5.2	91.4			
7	0.402	5.7	100				0.369	4.6	96.0			

Table 3. Factor model commonality
表 3. 因子模型共同度

物理因素	共同度
X1: 您认为车厢内光线情况为?	0.600
X2: 您认为车厢内卫生情况为?	0.657
X3: 您认为车厢内使用的色彩让您感觉?	0.640
X4: 您认为地铁车厢内的吊环/拉手高度是否合适?	0.774
X5: 您认为地铁车厢内的横向握扶杆高度是否合适?	0.779
X6: 您乘坐地铁时, 是否能清晰看到车厢内线路图?	0.765
X7: 您乘坐地铁时, 是否能清晰看到车载电视?	0.778
心理因素	共同度
Y1: 您乘坐地铁时更愿意选择车厢哪个区域的位置?	0.839
Y2: 最近几次乘坐地铁中您选择车厢哪个区域的位置更多?	0.835
Y3: 若您处于将要开启的车门对面位置, 当附近拥挤时, 您是否会选择向其他区域移动?	0.545
Y4: 若您处于靠近将要开启车门位置, 当附近拥挤时, 您是否会选择向其他区域移动?	0.602
Y5: 若您处于车厢坐席区中部的的位置, 当附近拥挤时, 您是否会选择向其他区域移动?	0.642
Y6: 若您处于靠近吊环/坐席的位置, 当附近拥挤时, 您是否会选择向其他区域移动?	0.631
Y7: 您乘坐地铁出行时, 是否会有自我领域被侵犯的感觉?	0.806
Y8: 您乘坐地铁出行时, 是否会产生当前所处环境并不安全的感觉?	0.797

(三) 问题选择

本文将问卷中的问题分为物理因素问题(8~17)与心理因素问题(18~28), 相应问题如表 3 所示。本文基于这些问题对地铁乘坐舒适度进行分析。

(四) 因子旋转与因子模型解释

在因子旋转步骤采取最大方差法, 通过因子旋转计算旋转后因子载荷阵, 将问卷中的问题有效地归为四类, 计算得到的旋转因子载荷阵表结果如表 4 所示。

Table 4. Rotated factor loading matrix**表 4.** 旋转后因子载荷阵

	物理因素			心理因素			
	因子			因子			
	F_1	F_2	F_3	G_1	G_2	G_3	
X1	0.770	0.108	0.030	Y1	0.791	0.067	0.024
X2	0.805	-0.093	-0.084	Y2	0.766	0.229	0.050
X3	0.770	-0.163	-0.067	Y3	0.755	0.155	0.091
X4	-0.061	0.073	0.874	Y4	0.734	0.040	-0.064
X5	-0.032	0.071	0.880	Y5	0.160	0.901	0.029
X6	-0.082	0.868	0.082	Y6	0.162	0.889	0.136
X7	-0.028	0.878	0.064	Y7	-0.003	0.058	0.896
				Y8	0.056	0.094	0.886

Table 5. Factors score matrix**表 5.** 因子得分阵

	物理因素			心理因素			
	因子			因子			
	F_1	F_2	F_3	G_1	G_2	G_3	
X1	-0.222	0.391	0.070	Y1	0.212	-0.216	0.194
X2	-0.308	0.308	0.023	Y2	0.251	-0.120	0.181
X3	-0.310	0.276	-0.025	Y3	0.265	-0.133	0.120
X4	0.234	0.289	-0.437	Y4	0.240	-0.179	0.228
X5	0.225	0.304	-0.440	Y5	0.083	0.484	0.288
X6	0.257	0.255	0.428	Y6	0.106	0.470	0.279
X7	0.238	0.276	0.445	Y7	0.212	-0.216	0.194
				Y8	0.251	-0.120	0.181

由表 4 所示的结果, 本文将这六个因子总结归纳为影响地铁乘坐舒适度的 3 个物理因子指标与 3 个心理因子指标。其中 F_n 、 G_n ($n=1, 2, 3$) 分别为乘客物理、心理层面对应于地铁乘坐舒适度的对应因子, 这些因子互相独立且无相互作用效果, 以物理、心理双重因素构成乘客评价立席舒适度的考量因素。

主因子 F_1 在变量 X1、X2、X3 上的因子载荷系数最大, 说明 F_1 集中反映了车厢的光线、卫生与色彩

对乘坐舒适度的影响情况, 将 F_1 称为车厢环境。主因子 F_2 在变量 X_6 、 X_7 上的因子载荷系数最大, 说明 F_2 集中反映了乘客是否能看清车厢内的广告和线路图对乘坐舒适度的影响, 把 F_2 称为智能设施视效。主因子 F_3 在变量 X_4 、 X_5 上的因子载荷系数最大, 说明 F_3 集中反映了车厢内的吊环/拉手和横向扶握杆的影响, 称为辅助站立设施。

主因子 G_1 在变量 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 上的因子载荷系数最大, 说明 G_1 集中反映了乘客在不同情况下选择移动的倾向对乘客乘坐舒适度的影响, 称 G_1 为拥挤移动倾向。主因子 G_2 在变量 Y_5 、 Y_6 上的因子载荷系数最大, 说明 G_2 集中反映了乘客乘车过程中的位置选择的倾向性, 称 G_2 为位置选择偏好。主因子 G_3 在变量 Y_7 、 Y_8 上的因子载荷系数最大, 说明 G_3 集中反映了乘客在乘车过程中不安全感与被侵犯感的影响, 称 G_3 为自我感知。

(五) 综合因子得分函数

为测度各因素对乘客乘坐舒适度的影响, 本文采用回归方法求出因子得分阵, 结果如表 5 所示。

(六) 形成综合因子评价指标

舒适度的评价指标由多项指标构成, 每一个指标从不同的方面反映车厢内舒适程度的状况。由公共因子的提取, 本文得到影响地铁乘坐舒适度的 3 个物理因子与 3 个心理因子, 据此得到物理、心理因素方面综合评价指标 F 、 G 的计算公式如式(1)(2)所示。

$$F = \frac{\lambda_1}{\sum_{i=1}^3 \lambda_i} F_1 + \frac{\lambda_2}{\sum_{i=1}^3 \lambda_i} F_2 + \frac{\lambda_3}{\sum_{i=1}^3 \lambda_i} F_3 = 0.427F_1 + 0.312F_2 + 0.259F_3 \quad (1)$$

$$G = \frac{\mu_1}{\sum_{i=1}^3 \mu_i} G_1 + \frac{\mu_2}{\sum_{i=1}^3 \mu_i} G_2 + \frac{\mu_3}{\sum_{i=1}^3 \mu_i} G_3 = 0.502G_1 + 0.285G_2 + 0.213G_3 \quad (2)$$

$$W = 0.65F + 0.35G = 0.278F_1 + 0.203F_2 + 0.169F_3 + 0.175G_1 + 0.100G_2 + 0.075G_3 \quad (3)$$

其中 λ_i 、 μ_i 分别代表物理、心理因子对应的特征值。

物理因素相对较为客观且容易量化, 在整体评价中影响直接明显且易于改善, 例如车厢的卫生、光线情况的好坏对乘客的影响直接, 绝大部分乘客都会因上述因素变差而降低乘车舒适度。心理因素相对主观, 难以精确衡量, 且受乘客不同的性格特点和感知方式影响明显, 例如自我领域侵犯感不强的乘客对于车厢较为拥挤的情况感觉不明显, 不会产生明显的舒适度变化, 而抑郁质乘客则会对车厢内乘客的增多产生明显的自我领域侵犯感, 因此乘坐舒适度会有显著变化。而在问卷的预调查中, 我们统计了被调查者在乘坐地铁出行时对物理、心理因素变化时自身舒适度的变化敏感度, 发现认为物理因素对其乘车时舒适度影响大于心理因素的乘客相较于不认同此观点者明显较多, 这也与先前的分析结果相映合。因此本文采用物理因素为主(占 65%)、心理因素为辅(占 35%)比例构建了地铁乘坐舒适度综合因子得分函数, 如式(3)所示。

W 为综合物理、心理因素的因子得分函数, 由得分函数各因子系数得, 车厢环境对于乘客乘车时的舒适度影响最大; 智能设施视效、辅助站立设施、位置选择偏好、拥挤时移动倾向对乘客舒适度的影响程度大小依次递减; 自我感知对乘客舒适度的影响程度最小。

5. 研究结论及改善建议

基于因子分析的结果, 本文将问卷中影响乘客地铁乘坐舒适度因子分为物理因素、心理因素两个维度六个方面进行讨论。

(一) 车厢环境

车厢环境(F_1)主要由车厢内卫生情况、使用色彩、光线情况等因素影响, 这是影响乘坐舒适度的最主

要因素。车厢环境易因车厢内各类因素而变差(卫生等),而此因素对乘坐舒适度的评判产生了具体的影响。从问卷结果上看,这是影响乘客地铁乘坐舒适度的重要原因之一。车厢卫生情况是车厢环境的重要组成部分,车厢卫生情况可能直接影响到乘客的乘车体验,从而直接影响感官体验。卫生、色彩、光线这些车厢环境因素,通过为乘客塑造“第一印象”以提升乘客地铁乘坐舒适度,同时这些因素间也有互相影响的内在因素,这也符合因子分析下的结果。从综合计算公式的权重上,车厢环境这一因素对舒适度的影响显著(0.278),车厢环境的提升或恶化会显著的影响乘客在乘车过程中因物理因素变化导致的舒适度体验变化,因此优化车厢环境在提升乘坐舒适度方面至关重要。

(二) 智能设施视效

智能设施视效(F_2)主要由车厢内线路图可见度、车载电视可见度等因素影响,其为衡量乘坐舒适度的重要指标。可见度的物理因素对乘坐舒适度起到明显的影响效果。若引起乘客观看的不便,则会对乘坐舒适度产生影响。而心理舒适对乘客的影响主要体现在信息设计的认知效率与实时性与信任感两个方面。智能设施视效对地铁乘坐舒适度的影响足够显著(0.203),这一结果代表优化乘坐舒适度体验,确保乘客智能设施视效是一关键举措。

(三) 辅助站立设施

吊环、拉手、横向握扶杆等问卷中的帮助乘客在地铁中站稳位置的设施可统一归纳为辅助站立设施(F_2)。辅助站立设施对乘坐舒适度有显著影响。其在物理、心理上均存在对乘坐舒适度的显著影响作用。辅助站立设施(如吊环、拉手、横向握扶杆等)直接影响乘客的乘坐舒适度、安全性和整体体验。在身体支撑与稳定性、人体工程学与心理舒适度上,辅助站立设施都能对乘坐舒适度起到明显的影响。辅助站立设施对乘坐舒适度产生影响但影响程度较一般(0.169),因此在考虑乘坐舒适度体验时,辅助站立设施应作为考虑的非主要因素,从而确保其他舒适度方面的问题优先被解决。

(四) 位置选择偏好

位置选择偏好(G_1)是直接影响乘客体验的一大因素。车门附近便于上下车但拥挤嘈杂,温度波动大;中部座位最平稳,视野好但可能被空调直吹;车厢连接处振动剧烈、噪音明显,适合放行李但久坐不适;载客密度和运行状态也会加剧影响。这些因素对于乘客个人的权衡造就了乘坐舒适度的差异。从综合计算公式的权重上,位置选择偏好这一因素对乘坐舒适度的影响较为显著(0.175),在乘车过程中的位置选择偏好显著影响乘客因心理因素变化导致的乘坐舒适度体验变化。因此,建议在地铁中及时播放提示音、设置标语。

(五) 拥挤时移动倾向

乘客在不同位置拥挤时的移动倾向与选择策略(G_2)也是影响乘坐舒适度的一大原因。乘客于拥挤状态下频繁移动会导致乘客间身体接触密度上升,密集人流中频繁移动与空气质量的下降会导致乘坐舒适度明显下降。拥挤时移动倾向对乘坐舒适度的影响相对并不显著(0.100),乘客在乘车过程中遇到拥挤时的移动倾向这一因素对乘坐舒适度体验影响并不显著。

(六) 自我感知

鉴于调查问卷及因子模型结果,本文将安全感和自我领域侵犯感从乘客心理层面对于地铁乘坐舒适度的影响归纳为自我感知(G_3),自我感知对地铁乘坐舒适度的影响相对并不显著(0.075)。

基于上述因素,本文针对北京地铁设施及管理提出以下几点建议:首先,优先保证车厢环境与智能设施视效,加大对相关设施的管理,如改善车厢内部卫生、光线情况,对于车厢内部装饰的色彩使用情况优化,提升智能设施的可见性与交互性,确保线路图、电视屏幕清晰易读等;其次,在设施层面,应根据不同乘客群体的需求改进车厢设计,如为高峰通勤者增设辅助站立设施,优化扶手布局以提升稳

定性, 在地铁中及时播放有关位置信息的提示音、设置标语等, 并考虑探索引入 AR 导航等新型信息服务方式。

6. 总结

本文基于已有研究结果, 进行了综合物理、心理双维度因素的问卷设计。基于问卷调查结果进行因子分析, 通过因子分析结果得到影响地铁乘客乘车过程中舒适度体验的物理、心理因素及其影响程度, 给出乘客乘车过程中的综合评价指标以将舒适度这一抽象因素量化。在史芮嘉、吴奇兵等人的论文中均提及到立席密度这一影响乘坐舒适度的重要因素, 本文也认可这一观点, 并设置了相应的问卷题目进行调研, 但由于该问题的回答设置并不符合李克特量表标准, 故无法在因子分析中加入这一因素, 但本文认可立席密度是乘坐舒适度的重要影响因素这一观点。综上, 本文得到影响乘客乘车时舒适度体验的因素: 立席密度、车厢环境、智能设施视效、辅助站立设施、位置选择偏好、拥挤时移动倾向、自我感知并得到综合评价公式, 基于此公式可以对不同区域、不同情况的地铁车厢内部给出更具有针对性的舒适度优化建议。

本研究仍有诸多亟待完善的部分: 一是问卷设计上关于自我感知方面的问题较少, 降低了最终综合评价指标中自我感知因素权重的说服力。在问卷投放范围上, 本文以北京市的地铁乘坐舒适度为调查目的, 希望以此得到推广性结论, 要使此问卷更具有说服力, 仍需结合其他城市的地铁出行状况进行更深入地调查。

基金项目

大学生创新训练项目“城市轨道交通车厢间乘客舒适度差异性研究”(项目编号: 202407016)。

参考文献

- [1] 陈祥. 高速铁路客车乘坐舒适度综合评价模型研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2010.
- [2] 徐利锋, 刘岩. 公共交通舒适度评价研究[J]. 大连交通大学学报, 2017, 38(4): 31-37.
- [3] 史芮嘉, 毛保华, 丁勇, 等. 地铁车厢内乘客站立位置选择行为研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2017, 17(2): 142-147.
- [4] 吴奇兵, 陈峰, 刘欧阳, 等. 地铁车厢立席乘客的空间舒适度建模与模拟[J]. 交通运输系统工程与信息, 2014, 14(5): 126-132.
- [5] 刘珂, 何灿群. 地铁车厢站立乘客位置选择偏好影响因素的实证研究[J]. 人类工效学, 2023, 29(6): 64-70.
- [6] 吴奇兵. 城市轨道交通车厢合理立席密度的研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2015.