交旅融合视域下重庆轨道交通公共设施数智化设计方法研究

陈子仟，李丽华，全利
（重庆交通大学，重庆 400074）

摘要：目的 致力于探索在交旅融合背景下，如何适应信息技术的快速发展，应用数智化手段提升重庆轨道交通公共设施的功能性、便捷性和用户体验等，为乘客打造一个高效、舒适且互联互通的出行环境。**方法** 采用定量与定性相结合的研究方法。通过调查问卷收集使用群体的需求与偏好；运用层次分析法（AHP）分析重庆轨道交通公共设施，建立评价指标体系，并基于结果分析确立指标权重。**结果** 将大数据、物联网、人工智能等数智化工具应用于重庆轨道交通公共设施中，可以帮助政府部门、轨道交通运营单位和设计师等利用科学数据全面提升服务功能和水平，精准满足乘客的功能性、文化性、情感性需求。**结论** 探索一套适用于重庆轨道交通的公共设施数智化设计方法。该方法着眼于乘客的真实需求，兼顾科技发展趋势，有效促进重庆轨道交通公共设施的现代化改造，促进交旅融合。相关研究也为未来类似项目提供了重要的理论依据和实践指南。

关键词：交旅融合；轨道交通；公共设施；数智化设计
中图分类号：TB472　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1001-3563(2024)10-0441-09
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2024.10.050

Smart Design Methods for Public Facilities in Chongqing Rail Transit in the Context of Integrated Transportation and Tourism

CHEN Ziqian, LI Lihua, QUAN Li
(Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

ABSTRACT: The work aims to explore how to adapt to the rapid development of information technology in the context of integrated transportation and tourism and focus on applying smart methods to enhance the functionality, convenience and user experience of public facilities in Chongqing rail transit, creating an efficient, comfortable, and interconnected travel environment for passengers. A combined quantitative and qualitative research approach was employed. User group demands and preferences were collected through surveys. The Analytic Hierarchy Process (AHP) was used to analyze public facilities in Chongqing rail transit. An evaluation indicator system was established, and indicator weights were determined based on results analysis. The application of smart tools such as big data, the Internet of Things (IoT), and artificial intelligence (AI) in public facilities of Chongqing rail transit could help government agencies, rail transit operators, and designers to use scientific data to fully enhance service function and level and precisely meet passengers' functional, cultural, and emotional demands. The study proposes a set of smart design methods applicable to public facilities in Chongqing rail transit. These methods focus on the genuine demands of passengers, take into account technological trends, effectively enhance the modernization of public facilities in Chongqing rail transit, and promote the integration of transportation and tourism. The related study also provides important theoretical foundations and practical guidelines for similar projects in the future.

KEY WORDS: integrated transportation and tourism; rail transit; public facilities; smart design

收稿日期：2023-12-17
基金项目：重庆市教育委员会人文社会科学研究项目（22SKGH169）；重庆市社会科学规划项目（2021PY71）；重庆市教育委员会科学技术研究项目：（KJQN202000739）

随着交旅融合背景下人们在出行的便利性、舒适度等方面需求的不断提高，如何将现代技术和数字化手段应用于轨道交通设施的设计和建设中，成为了一个迫切需要解决的问题，其主要涉及以下几个方面的考虑。

1）提升服务质量的需要。数智化设计可以提升轨道交通公共设施的管理效率和服务水平，为市民提供更便捷、安全、愉悦的出行体验。

2）智能交通管理的需要。通过数智化设计，可以有效实施重庆轨道交通体系中的智能管理、故障监控、智能调度等功能，提高运营效率和安全性。

3）旅游产业融合的需要。重庆是一个旅游胜地，将交通与旅游融合可以更好地服务游客、提升旅游体验，同时促进城市旅游产业的发展。

4）信息化时代的需要。面对信息化时代的挑战，数智化设计使得轨道交通系统能更好地适应新技术和信息化趋势，保持竞争力。

本研究旨在交旅融合视域下，通过探索数智化设计方法及交旅融合，提升重庆轨道交通公共设施的功能性、便捷性和用户体验。本研究不仅为重庆轨道交通系统提供了一套适用的数智化设计方法，也为类似项目提供了理论依据和实践指南，促进了交旅融合发展。

1 重庆轨道交通公共设施现状分析

1.1 重庆轨道交通发展现状

在我国大力推进质量强国建设的背景下，城市轨道交通的相关研究步入了新的发展阶段。例如，郑玲芳[1]对城市轨道交通规划环评能耗指标体系展开探讨；张唯[2]对城市轨道交通智能运维指标体系的建设与应用进行探索；陈剑[3]结合国家规范和标准，研究城市轨道交通科学的、客观的设计评价指标体系。这些研究涉及领域广泛，具有较高的学术和应用价值，但聚焦城市轨道交通公共设施的探索还比较薄弱，尚未实现系统化。此外，立足重庆这一特定区域开展城市轨道交通公共设施的研究仅有零星探讨。为了改变这一现状，近年来重庆政府与运营公司结合交旅融合的新趋势、新要求，联合相关研究部门在轨道交通公共设施数智化开发方面积极采用先进技术和创新方法，以期加快轨道交通的发展。这其中采取的举措不仅有引入自动化的安全控制系统和监测设备，还涉及到开发智能调度系统，实现运营数据的实时监测和综合分析，优化线路运行和列车间隔，提高运输效率。而智能调度系统还可应用于紧急情况下的应急管理和响应，提高轨道交通系统的应变能力。此外，还包括引入数智化信息系统和互动性设施，为乘客提供更加丰富和便捷的出行体验，以及探索如何解决数据共享和系统集成等问题。

1.2 重庆轨道交通公共设施发展现状

近年来重庆轨道交通的发展为城市公共交通系统带来了显著的变化，有效减轻了道路交通的压力。然而，在相关轨道交通公共设施的设计和建设方面，还存在很多不足之处。赵雪瑞[4]在调研中明确指出，重庆轨道交通各站点公共设施的文化意蕴、城市特色、站点地域属性极其匮乏，设计形式也如集体采购般显得千篇一律。重庆轨道交通官方 APP 在全城公开招募意见和改进的举措时，市民也围绕电梯数量、楼梯尺度，以及高峰期老年人出行设施等问题提出了诸多质疑，要求改变公共设施相对简陋、人性化设计缺乏、用户体验不佳的现状。与此同时，在重庆轨道交通数字化建设中如何使公共设施变得智慧化也未能做到与时俱进。例如，智能客服中心在票卡处理、信息查询等方面如何更高效地提高市民轨道出行的便利性；智慧综合显示屏如何更好地指引乘客乘车等还存在很大的不足。这些都需要人们在未来公共设施的规划和设计中，破解重庆轨道交通智慧出行服务如何更“聪明”的问题。

2 基于层次分析法的轨道交通公共设施评价指标体系

2.1 研究框架

鉴于城市轨道交通公共设施的设计应当以乘客为中心，要从提高乘客体验出发，为乘客提供一个安全、舒适、便利、环保的使用环境，只有这样才能确保公共设施整体品质的提升。例如：李丽华等[5]就针对乘客的社交心理与行为模式变化，提出城市轨道交通站点设施设计的基本方法和设计路径，从而满足新时期乘客对美好出行的需求；范晓莉等[6]也从人性化设计角度，通过乘客的行为、认知、反应，分析了城市轨道交通公共空间环境、公共设施等基本要素的设计。因此，首先笔者通过用户采访、专家咨询，以及焦点小组等研究方法，调查了乘客对重庆轨道交通公共设施设计的需求。在此基础上，总结并选取了乘客普遍关注和看重的设计要素，明确了重庆轨道交通公共设施数智化设计的系统化指标。其次，笔者采用层次分析法构建了重庆轨道交通公共设施数智化设计的层次模型，通过对模型的计算和检验，确定了各级指标的权重并进行了深入分析，为后续进行具体的设计活动提供了指导。最后，笔者针对重庆轨道交通公共设施进行了实际的设计实践，有针对性地构思和创作符合乘客需求的公共设施设计方案。具体研究框架见图 1。

2.2 研究方式

李奋强等[7]在研究中明确了层次分析法（AHP）是一种多准则决策方法，由萨蒂（Saaty）于 1970 年

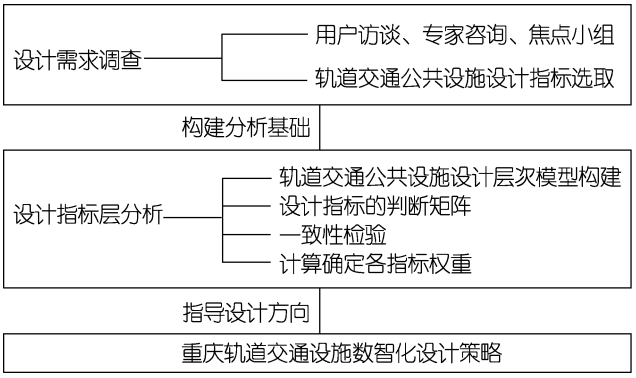

图 1　研究框架
Fig.1 Research framework

提出。AHP 主要用于处理复杂的决策问题，其中涉及多个层次、多个因素和多个决策目标。首先，笔者构建了一个复杂的层次模型，用于系统性地描述决策问题，其中包括目标、标准、子标准和备选解决方案。其次，通过进行两两比较，笔者确认了各标准和子标准的权重，以获得它们相对的重要性系数。这些系数随后被用于对备选方案进行全面评估，并确定它们的优先次序。本研究制定了基于层次分析法的专家评估问卷，然后使用 9 级评价体系，通过对比矩阵，专家对各指标进行两两配对比较，根据专家反馈结果，计算出轨道交通设计评价指标体系各层级指标的权重值，并根据所得数据划分设计重点目标与策略。

2.3　数据来源

通过前期围绕乘客的系统性设计需求调研，笔者发现在关于城市轨道交通诸多公共设施建设中，乘客特别关注其安全性、高效性、便捷性、舒适性、主题性等，而涉及到的具体公共设施设计类别主要有公共座椅设施、应急医疗求助站设施、公共卫生间设施、信息服务等。基于此，研究团队拟定了《轨道交通设施量评价指标体系权重设计专家咨询问卷》表，并且为了保证研究的专业度和科学性，在接下来的深入研究中采用了专家打分的方式收集数据。为此，本研究选择了 10 位来自重庆交通大学、重庆大学等院校的轨道交通领域专家，并就该领域展开了专家讨论，分发了 10 份专家咨询问卷。问卷的回收数量达到了 10 份，专家咨询问卷的回收率达到 100%。表明专家对研究表现出了积极的参与意愿。

2.4　评价指标的权重分类

2.4.1　构建评价指标体系系统

笔者构建了轨道交通设施评价指标体系的层次结构模型，并运用层次分析法进行了建模，见图 2。在模型中，首层为目标层，内容为“轨道交通设施评价体系”；第二层为准则层，主要包括“安全性”“便捷性”“高效性”“舒适性”和“主题性”共 5 个一级指标；第三层为指标层，主要包括“应急医疗求助站”“安保与报警求助”“安检设施”等 25 个二级指标。

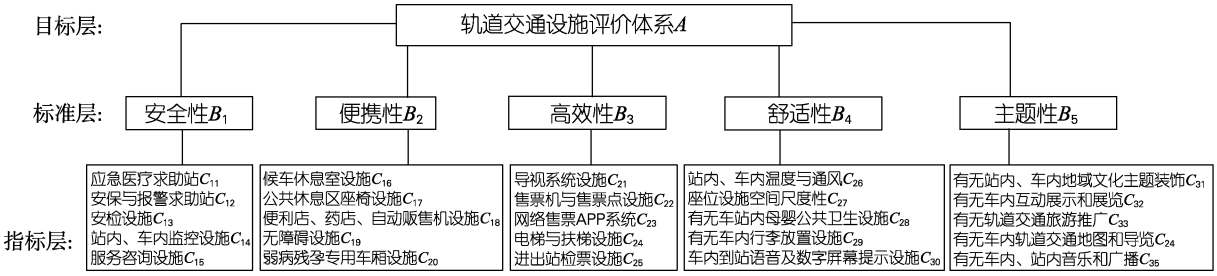

图 2　评价指标体系
Fig.2 Evaluation indicator system

2.4.2　计算指标权重分析

对于层次模型的构建，首先在建立了层次结构模型之后，笔者进行了各层次指标的相对比较，以构建判断矩阵，从而计算各指标的权重值。专家评分采用了 9 级标度法（如表 1 所示），通过此方式确定了各指标的相对重要程度，以进行设计指标的比较。

完成层次模型的构建后，必须对各级指标进行两两比较，以生成判断矩阵，并进一步计算各层级指标的权重值。邀请行业内 10 位轨道交通设计专家成立评分小组，首先运用 9 级标度法（如表 1 所示）对各级指标进行评分；其次，采用德尔菲法（Delphi）进行多轮评分；最后，达成专家小组在各评分意见上的基本一致。通过专家对指标重要性的评分结论，确定了一级指标与二级指标的判断矩阵见式（1）。

表 1　判断矩阵分值含义表
Tab.1 Score meaning of judgment matrix

分值	含义
1	表示两个元素相比，具有同样重要性
3	表示两个元素相比，前者比后者稍重要
5	表示两个元素相比，前者比后者明显重要
7	表示两个元素相比，前者比后者强烈重要
9	表示两个元素相比，前者比后者极端重要
2、4、6、8	表示上述相邻判断的中间值
倒数	若元素 i 与 j 的重要性之比为 a_{ij}，那么元素 j 与元素 i 重要性之比为 $a_{ji}=1/a_{ij}$

$$\boldsymbol{A}'=\begin{bmatrix}1 & 5 & 3 & 3 & 5\\ 1/5 & 1 & 1 & 3 & 3\\ 1/3 & 1 & 1 & 3 & 5\\ 1/3 & 1/3 & 1/3 & 1 & 1\\ 1/5 & 1/3 & 1/5 & 1 & 1\end{bmatrix} \tag{1}$$

基于一级指标层的构建方案层分为 5 个二级指标，分别为：安全性（B_1）、便捷性（B_2）、高效性（B_3）、舒适性（B_4）、主题性指标（B_5），对应的判断矩阵分别见式（2）~（6）。

$$\boldsymbol{B}_1'=\begin{bmatrix}1 & 3 & 5 & 6 & 7\\ 1/3 & 1 & 3 & 5 & 6\\ 1/5 & 1/3 & 1 & 3 & 5\\ 1/6 & 1/5 & 1/3 & 1 & 3\\ 1/7 & 1/6 & 1/5 & 1/3 & 1\end{bmatrix} \tag{2}$$

$$\boldsymbol{B}_2'=\begin{bmatrix}1 & 1/7 & 1/5 & 1/4 & 1/3\\ 7 & 1 & 3 & 5 & 6\\ 5 & 1/3 & 1 & 3 & 5\\ 4 & 1/5 & 1/3 & 1 & 3\\ 3 & 1/6 & 1/5 & 1/3 & 1\end{bmatrix} \tag{3}$$

$$\boldsymbol{B}_3'=\begin{bmatrix}1 & 5 & 3 & 1/7 & 1/3\\ 1/4 & 1 & 1/3 & 1/7 & 1/5\\ 1/3 & 3 & 1 & 1/6 & 1/5\\ 6 & 7 & 6 & 1 & 3\\ 4 & 5 & 5 & 1/3 & 1\end{bmatrix} \tag{4}$$

$$\boldsymbol{B}_4'=\begin{bmatrix}1 & 1/3 & 1/5 & 4 & 3\\ 3 & 1 & 1/3 & 6 & 5\\ 5 & 3 & 1 & 7 & 5\\ 1/4 & 1/6 & 1/7 & 1 & 1/3\\ 1/3 & 1/5 & 1/5 & 3 & 1\end{bmatrix} \tag{5}$$

$$\boldsymbol{B}_5'=\begin{bmatrix}1 & 5 & 3 & 1/3 & 1/5\\ 1/5 & 1 & 1/3 & 1/5 & 1/7\\ 1/3 & 3 & 1 & 1/6 & 1/5\\ 3 & 5 & 6 & 1 & 1/3\\ 5 & 7 & 5 & 3 & 1\end{bmatrix} \tag{6}$$

在进行各指标两两比较并计算权重之前需完成一致性检验。这是为了避免出现前后矛盾的情况。一致性指标 C_I 的计算，见式（7）。

$$C_I=\frac{\lambda_{max}-n}{n-1} \tag{7}$$

检验系数 C_R 的计算，见式（8）。

$$C_R=\frac{C_I}{R_I} \tag{8}$$

当计算结果 C_R<0.1 时，则认为判断矩阵可以通过一致性；而计算结果 C_R>0.1 时，则需要对判断矩阵进行修正。C_I 为一致性指标，R_I 为随机一致性指标。其中，一致性指标 C_I 越大，意味着矩阵的偏离一致性就越大；而一致性指标 C_I 越小，则意味着矩阵的偏离一致性越小。将本研究目标层（A）的一级准则层指标 B_1、B_2、B_3、B_4、B_5 各自的判断矩阵数据进行检验，结果表明所有一致性比率（C_R 值）均小于 0.1。因此，所有对应的矩阵均通过了一致性检验，见表 2。

表 2 一致性检验结果

Tab.2 Consistency test results

判断矩阵	λ_{max}	C_I	R_I	C_R
$\boldsymbol{A}'$	5.30	0.08	1.12	0.07
$\boldsymbol{B}_1'$	5.32	0.08	1.12	0.07
$\boldsymbol{B}_2'$	5.31	0.07	1.12	0.06
$\boldsymbol{B}_3'$	5.41	0.10	1.12	0.09
$\boldsymbol{B}_4'$	5.32	0.08	1.12	0.07
$\boldsymbol{B}_5'$	5.40	0.10	1.12	0.09

确定指标权重。根据以上结果，综合多位业内专业人士的打分结果，针对轨道交通公共设施评价体系各阶层、各指标权重进行计算，得到轨道交通公共设施计算评价指标体系的权重值，见表 3。

3 基于 AHP 的重庆轨道交通公共设施数智化设计重要性评价结果分析

根据表 3 可知，在重庆轨道交通公共设施设计相关的 5 个一级指标层次中，“安全性”被赋予最高的权重值。这表明，在数智化的环境中，乘客对公共设施的使用和体验仍然最关注安全性；与此同时，“高效性”“便捷性”等的权重值也比较高；而“舒适性”与“主题性”紧跟其后。其中，“主题性”表明乘客也很关心重庆轨道交通公共设施中对地域文化的融入。

而在二级指标层中，乘客对“应急医疗求助站”“电梯与扶梯设施”“公共休息区座椅设施”的需求均靠前，这说明在设计阶段应全面考虑乘客对这些公共设施的需求，通过巧妙的数智化手段进行合理设置，以提升乘客在使用体验时的满意度。从乘客对“站内母婴公共卫生间设施”这一项目所赋予的权重值可知，设计需要充分考虑特殊使用者。另外在二级指标层中的“站内、车内音乐和广播”“站内车内互动展示和展览”等，虽然权重值较低，但也是在设计过程中需要考量的要素。

根据以上基于 AHP 的重庆轨道交通公共设施数智化设计的重要性评价结果，设计团队清晰地发现了影响乘客出行体验和提升公共设施整体服务水平的问题所在，具体如下。

1）在应急医疗求助站方面，部分车站的应急医疗求助站设施不够醒目，乘客在紧急情况下可能不容易找到。

2）在电梯与扶梯设施方面，一些车站的电梯和扶梯设备经常出现故障，导致乘客难以顺利进出站台。部分电梯和扶梯因维护不及时而存在安全隐患，

表 3　各级指标的权重值
Tab.3 Weight values of indicators at all levels

目标层	一级指标层	权重	二级指标层	权重	综合权重
轨道交通公共设施设计（A）	安全性（B_1）	0.46	应急医疗求助站（C_{11}）	0.48	0.221
			安保与报警求助站（C_{12}）	0.26	0.119
			安检设施（C_{13}）	0.14	0.065
			站内、车内监控设施（C_{14}）	0.07	0.034
			服务咨询设施（C_{15}）	0.04	0.018
	便捷性（B_2）	0.18	候车休息室设施（C_{16}）	0.04	0.008
			公共休息区座椅设施（C_{17}）	0.49	0.086
			便利店、药店、自动贩售机设施（C_{18}）	0.26	0.045
			无障碍设施（C_{19}）	0.14	0.024
			弱病残孕专用车厢设施（C_{20}）	0.08	0.013
	高效性（B_3）	0.22	导视系统设施（C_{21}）	0.13	0.350
			售票机与售票点设施（C_{22}）	0.04	0.043
			网络售票 APP 系统（C_{23}）	0.07	0.074
			电梯与扶梯设施（C_{24}）	0.49	0.487
			进出站检票设施（C_{25}）	0.26	0.261
	舒适性（B_4）	0.08	站内、车内温度与通风（C_{26}）	0.14	0.012
			座位设施空间与尺度性（C_{27}）	0.27	0.040
			有无站内母婴公共卫生间设施（C_{28}）	0.48	0.560
			有无车内行李放置设施（C_{29}）	0.04	0.003
			车内到站语音及数字屏幕提示设施（C_{30}）	0.08	0.007
	主题性（B_5）	0.07	有无站内、车内地域文化主题装饰（C_{31}）	0.14	0.010
			有无车内互动展示和展览（C_{32}）	0.04	0.003
			有无轨道交通旅游推广（C_{33}）	0.08	0.005
			有无车内轨道交通地图和导览（C_{34}）	0.27	0.018
			有无站内、车内音乐和广播（C_{35}）	0.47	0.031

需要加强设备巡检和保养力度。

3）在座椅人性化设计方面，部分车站公共休息区的座椅存在舒适性不足的问题，缺乏符合人体工学设计的座椅，其设计融入的文化元素也相对较少，缺乏创意和个性。同时，一些车站公共休息区的设施相对简陋，缺乏兼具多样性与美感的座椅，使得整体休息环境欠缺吸引力。

4）在智能充电设施方面，随着人们使用电子设备的增加，部分车站的智能充电设施相对不足，导致乘客难以方便地为电子设备充电，影响了出行的便捷性。

5）在公共卫生设施方面，部分车站在卫生间和垃圾处理区域存在清洁度、通风性等问题，需要更加注重维护和改善。

6）在车站导向系统方面，部分轨道交通车站的导向系统存在不足，缺乏清晰的指示标识，导致乘客在车站内难以迅速找到出入口、换乘口等关键位置。

7）在信息服务方面，部分车站的信息发布系统存在延迟或不准确的情况，乘客难以及时获取列车到站信息、换乘信息等，降低了整体的服务效能。

以上这些存在的问题极大地影响了重庆轨道交通系统的整体服务水平和用户体验，亟需人们针对这些问题提出相应的改进建议，从而更好地满足乘客对重庆轨道交通公共设施的多样化需求，增加轨道交通的吸引力，实现智慧城市下可持续发展的轨道交通设施体系。

4　重庆轨道交通公共设施数智化设计策略

4.1　应急医疗救助站

在现代城市的轨道交通系统中，为了提高站台乘客的安全性和应对紧急情况的能力，应急医疗求助站的设计变得至关重要。相关的设计策略如下。

1）设施布局：轨道系统中应急医疗求助站应布局在站台附近，保证乘客在任何站台位置都能快速到达。同时，在站台覆盖范围内选择多个站点来设置求助站，以应对紧急情况的多样性。

2）设备配备：配备基础医疗设备，如血压计、血糖仪、急救箱等，以满足常见的急救和医疗需求。此外，引入可穿戴设备，如自动体外除颤器（Automated External Defibrillato，AED），以提高急救效率。

3）急救人员配置：确保应急医疗求助站配备专

业急救人员，他们应受过专业培训，熟悉常见疾病的应对方法和急救程序。建议与当地医院合作，确保人员具备专业背景和丰富的实践经验。

4）紧急按钮设计：在应急医疗求助站附近设置显眼的紧急按钮。按钮应具备明确的标识和指示灯，以便乘客在紧急情况下可快速找到。按钮应易于操作，保证任何人都能轻松使用。

该设计策略旨在为轨道交通站台提供即时的医疗服务，李青等[8]在研究中明确应急医疗求助站的合理配置对保障人民健康和生命安全有重要的意义。应急医疗卫生体系可有效应对紧急情况，减缓突发状况下的伤病恶化。通过在站台设置应急医疗求助站，将医疗资源推送到乘客身边，提高了急救的响应速度。应急医疗求助站的设施布局和设备配备应考虑到站台的覆盖面积和乘客密集度，以确保在任何位置发生紧急情况时都能迅速得到医疗援助。该设计策略将安全性作为首要考虑，其目的是在紧急情况下最大限度地减少医疗援助的等待时间，提高站台的整体安全水平，见图 3。

图 3 应急医疗救助站
Fig.3 Emergency medical rescue station

4.2 电梯与扶梯设施

在轨道交通系统中，电梯与扶梯设施是乘客出行的重要工具，因此设计需要注重高效运行、舒适体验和多样化服务。相关的设计策略如下。

1）电梯与扶梯设计需高效顺畅：电梯与扶梯的设计应注重高效的运行和顺畅的体验。引入智能调度系统，利用大数据和实时乘客流量信息，动态调整电梯和扶梯的运行模式，以减少高峰时段的拥堵情况，提高整体运行效率。

2）舒适体验提升等待时间：采用先进的电梯调度算法，以缩短乘客等待时间，确保乘客能够迅速、舒适地进出电梯。同时，在电梯和扶梯区域设置合适的座椅和休息区，让乘客在等待过程中能够感受到舒适和便利。

3）多层次服务设计：在电梯和扶梯区域根据乘客需求设计多层次服务，包括普通乘客、老年人和残障人士等。为老年人和残障人士提供更多关怀，如增设扶手、提供语音提示等，以确保所有乘客能够方便快捷地使用这些交通工具。

4）智能化服务质量提高：导入智能 AI 技术，通过对电梯和扶梯的使用数据进行分析，提前预测可能出现的故障，实现设备的远程监控和维护。这样可以大大提高设备的可用性，减少故障对乘客出行的影响。

袁艺钊等[9]在研究中推荐了轨道交通电梯布置方案策略。夏赞鸥等[10]也在研究中表明地方城市轨道交通车站无障碍设计标准的发展反映了城市的文明程度和民众的社会公共服务需求。设计策略应注重提升电梯与扶梯设施的效率、舒适性和智能化服务水平。通过智能调度系统和高效算法，优化电梯和扶梯的运行，减少拥堵，缩短乘客候车时间，设立舒适的休息区域，同时考虑不同乘客群体的需求，实现多层次服务。引入智能化技术，通过数据分析和远程监控，提高设备可用性和服务质量，将无障碍设计融入电梯与扶梯设计中。通过这些措施，致力于为乘客打造一个高效、便捷且智能化的出行环境，这也符合交旅融合的设计理念。

4.3 公共休息区座椅

公共休息区座椅在轨道交通设计中具有重要的意义，不仅关乎乘客的舒适体验，还直接影响到交通枢纽的形象、文化特色和服务水平。相关的设计策略如下。

1）座椅舒适性符合人体工学设计：融入交旅文化元素，选用符合人体工学的设计，关注座椅的弹性、通风性和支撑性，以确保乘客在休息区能够坐得舒适，避免因久坐而引起的不适。

2）文化元素加入：在座椅设计中融入当地的交旅文化元素，如艺术品或图案，以提升座椅的审美感，使休息区更具文化特色。根据不同形式的座椅提供多样化的座椅设计，包括靠背椅、躺椅、交谈式座椅等，以满足不同文化和乘客的需求，并增加休息区的包容性和灵活性。

3）文化主题座椅：设计一些以特定文化主题为基础的座椅，既可以为乘客提供舒适休息的场所，又能够展现当地交旅文化的独特魅力。

4）交互式智能充电站：在座椅旁设置电源插座和 USB 充电口，考虑使用智能充电站，通过交互式屏幕提供充电服务，使乘客更方便地为电子设备充电。

5）智能充电推荐：根据乘客的电子设备类型和电量情况，智能推荐最优充电方式，提高充电效率，体现智能化服务的便捷性。

该设计策略充分结合了便捷性、舒适性和智能化服务，符合人体工学的设计并加入了交旅文化元素。曹志伟等[11]在公共设施座椅研究中认为通过为在心理上具有不安全感的人群提供等候和休息的座位，不仅提高了座椅的实用性，还为乘客打造了更为人性化和愉悦的公共休息区，为车站增添了独特的交旅文化氛围，见图 4~5。

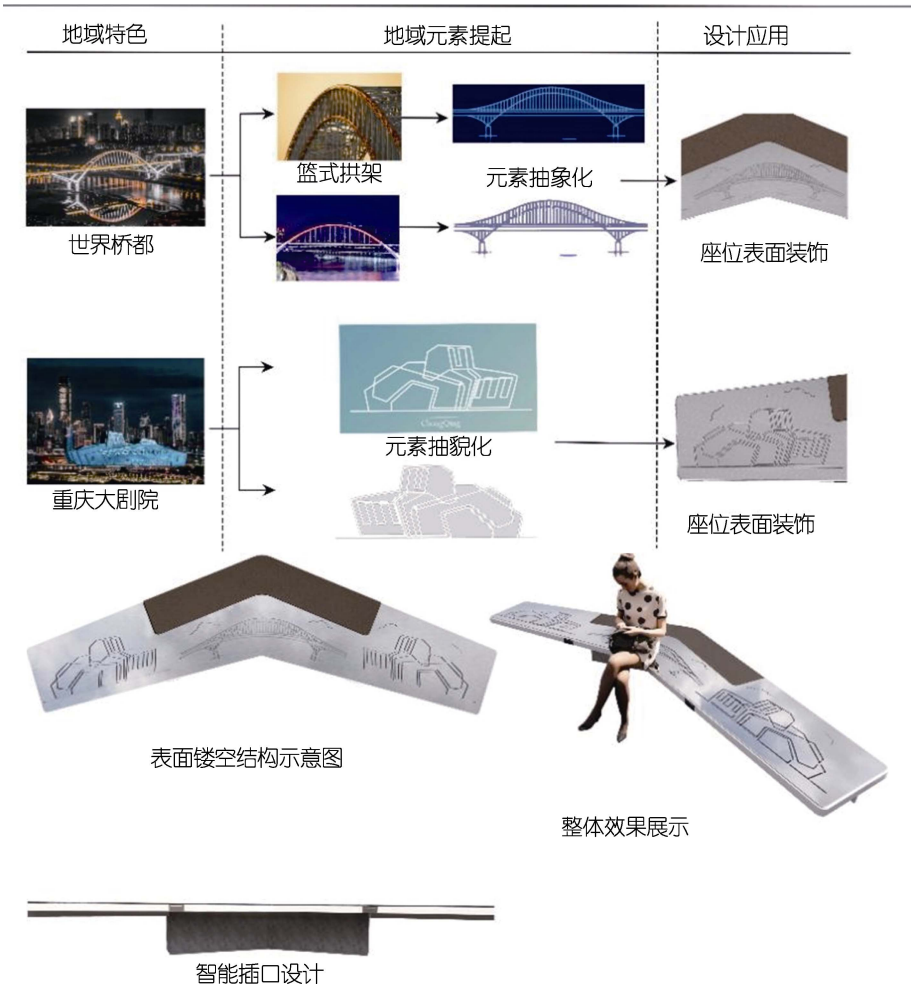

图 4　部分公共休息区座椅设计
Fig.4 Seat design in some public rest areas

图 5　公共休息区座椅
Fig.5 Seats in public rest areas

4.4　母婴公共卫生间

母婴公共卫生间的设计旨在为母亲和婴儿提供舒适、便利的卫生间环境和服务。相关的设计策略如下。

1）婴儿护理台：在卫生间内设置婴儿护理台，配备柔软的垫子和便于清理的表面，为母亲提供更方便的婴儿尿布更换和护理服务。

2）哺乳区设计：划分独立的哺乳区，提供舒适的环境和设备，如柔软座椅、遮挡窗帘等，为母亲提供相对私密的哺乳空间。

3）卫生间整洁和私密性：注重卫生间的整洁和私密性，通过科学的卫生间布局和有效的清洁服务，确保使用环境的卫生和舒适。

该设计策略聚焦母婴需求以提供更好的使用体验。陈蕾[12]在轨道交通车站内公共服务设施优化设计研究中认为面临使用功能不健全、卫生条件不达标等不利条件时，应充分考虑数智化设施设计。刘小梦[13]通过数智化设备管理排风量和送风量、优化气流组织等以改善车站卫生间，从而提高舒适度。在婴儿护理和哺乳的特殊场景下，干净整洁的卫生间和定期清洁，可为母婴乘客提供更加舒适的服务，使其在车站内感受到关怀和温暖，见图 6。

4.5　车内语音及数字显示

在交旅文化推动下，数字化交通设施渐渐普及，与车载语音数字显示屏相关的一些设计策略如下。

1）交旅文化音乐：结合交通与旅游的特点，引入体现当地文化和历史的音乐元素，为乘客创造出旅途中的独特体验。

图 6 母婴公共卫生间
Fig.6 Public maternal and infant restrooms

2）智能推荐：通过分析乘客的历史喜好和当前心情，智能地推荐音乐，提高个性化服务水平。

3）交通资讯智能广播：引入智能语音系统，播报实时交通状况、乘车提示，提供更贴近乘客需求的信息服务。

4）智能推送文化活动：结合智能算法，根据乘客兴趣推送当地文化活动信息，激发乘客参与城市文化的积极性。

5）交互式音乐体验：引入互动式音乐系统，允许乘客参与播放列表的选择，提高智能化服务体验。

6）智能推荐与位置服务：结合定位技术，根据车站不同区域推荐不同风格音乐，使音乐更贴合当地的文化氛围。

该设计策略将交旅文化与智能化服务结合。区继军等[14]在研究设计中通过建立数据库，对人流进行智能化的监测，通过音乐元素、广播频道、数智化屏等增加了乘客对城市的了解，创造了独特的交旅文化体验，提高了服务效率，全面展示了车站的智能化水平，见图 7。

图 7 车内语音及数字显示
Fig.7 Voice and digital display screen in subway car

6 结语

交通与旅游之间有密不可分的关系且能相互促进发展。在交旅融合不断推进的当下，数智化手段必将为重庆城市交通系统注入新的动力，推动智慧城市轨道交通系统的持续性健康发展。从使用者的角度来看，它可反馈乘客的真实需求，提升乘客的使用体验，满足乘客多样化公共设施的期待，增加轨道交通的吸引力；从管理者和运营者的角度来看，它可以帮助重庆轨道交通公共设施建立高效、科学、客观的设计方法，从而不仅提高管理能力和效率，也可以使重庆轨道交通系统更好地应对信息化趋势的挑战，保持竞争力。

参考文献：

[1] 郑玲芳. 上海市轨道交通规划环评能耗指标体系初探[J]. 环境科学与技术, 2013(2): 402-405.
ZHENG L F. The Energy Index System of Shanghai Urban Transit Rail in Strategy Environment Assessment [J]. Environmental Science & Technology, 2013(2): 402-405.

[2] 张唯. 城市轨道交通车辆智能运维指标体系及其应用[J]. 现代城市轨道交通, 2020(8): 109-114.
ZHANG W. Intelligent Operation and Maintenance Index System of Urban Rail Transit Vehicles and Its Application[J]. Modern Urban Transit, 2020(8): 109-114.

[3] 陈剑. 城市轨道交通设计评价指标体系研究[J]. 铁道工程学报, 2023,8(299): 97-102.
CHEN J. Research on Evaluation Index System of Urban Rail Transit Design[J]. Journal of Railway Engineering, 2023, 8(299): 97-102.

[4] 赵雪瑞. 基于本土文脉的重庆地下公共设施设计研究[J]. 美与时代（上）, 2024, 36(1): 14-17.
ZHAO X R. Research on the Design of Underground Public Facilities in Chongqing Based on Local Context [J]. Beauty and Times (Part 1), 2024, 36(1): 14-17.

[5] 李丽华. 后疫情时期轨道交通站点设施设计的应对策略[J]. 包装工程, 2020, 41(18): 313-317.
LI L H. Response Strategies for the Design of Rail Transit Stations Facilities in the Post-Pandemic Period [J]. Packaging Engineering, 2020, 41(18): 313-317.

[6] 范晓莉. 探析城市轻轨公共空间及设施的人性化设计[J]. 包装工程, 2013, 34(4): 32.
FAN X L. Analysis of Humanized Design of Urban Light Rail Public Space and Facilities[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(4): 32.

[7] 李奋强, 何璐君. AHP-TOPSIS 法在文创产品设计方案优选中的应用研究[J]. 设计, 2018(10): 124-127.
LI F Q, HE L J. Research on the Application of AHP-TOPSIS Method in the Optimization of Design Schemes for Cultural and Creative Products[J]. Design, 2018(10): 124-127.

[8] 李青, 项振海, 白辉, 等. 突发公共卫生事件下应急医疗设施空间布局与人口耦合关系研究——以昆明市核酸检测点为例[J]. 住区, 2023(5): 161-169.
LI Q, XIANG Z H, BAI H, et al. Research on the Spatial Layout of Emergency Medical Facilities and Population Coupling in Public Health Emergencies: A Case Study of Nucleic Acid Testing Points in Kunming City[J].

Residential Area, 2023(5): 161-169.
[9] 袁艺钊, 朱中意, 范卿. 轨道交通深埋车站垂直电梯的选型与布置[J]. 隧道与轨道交通, 2023(2): 40-43.
YUAN Y Z, ZHU Z Y, FAN Q. Selection and Layout of Vertical Elevators in Deeply Buried Rail Transit Stations[J]. Tunnels and Rail Transit, 2023(2): 40-43.
[10] 夏赞鸥, 张晶玫. 北京市地铁车站无障碍设计标准发展研究[J]. 建设科技, 2022(13): 57-60.
XIA Z O, ZHANG J M. Research on the Development of Barrier-free Design Standards for Beijing Subway Stations[J]. Construction Science and Technology, 2022(13): 57-60.
[11] 曹志伟, 李娟. 轨道车辆座椅舒适度评价方法及研究展望[J]. 包装工程, 2017, 38(2): 8.
CAO Z W, LI J. Evaluation Method and Research Prospect of Rail Vehicle Seat Comfort[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(2): 8.
[12] 陈蕾. 轨道交通车站内公共服务设施优化设计研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2017.
CHEN L. Research on Optimal Design of Public Service Facilities in Rail Transit Stations[D]. Suzhou: Soochow University, 2017.
[13] 刘小梦. 重庆地铁 6 号线车站公共卫生间智慧化改造方案设计[J]. 铁路节能环保与安全卫, 2022, 12(3): 40-44.
LIU X M. Design of Smart Renovation Plan for Public Restrooms at Chongqing Metro Line 6 Station[J]. Railway Energy Saving, Environmental Protection, Safety and Health, 2022, 12(3): 40-44.
[14] 区继军, 廖德政, 麦伟鹏. 某市地下轨道交通室内空气质量检测分析[J]. 中国社区医师, 2017(5): 10.
QU J J, LIAO D Z, MAI W P. Analysis of Indoor Air Quality in Underground Rail Transit in a City[J]. China Community Physicians, 2017(5): 10.

（上接第 419 页）

[16] GAVER B, MARTIN H. Alternatives: Exploring Information Appliances through Conceptual Design Proposals[C]// Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. The Hague: ACM, 2000: 209-216.
[17] HASSENZAHL M, DIEFENBACH S, GÖRITZ A. Needs, Affect, and Interactive Products – Facets of User Experience[J]. Interacting with Computers, 2010, 22(5): 353-362.
[18] HE L N, SONG W Y, WU Z Y, et al. Quantification and Integration of an Improved Kano Model into QFD Based on Multi-Population Adaptive Genetic Algorithm[J]. Computers and Industrial Engineering, 2017, 114: 183-194.
[19] 田正清, 车建明, 李巨韬, 等. 基于感性工学与 Kano 模型的自行车造型需求研究[J]. 机械设计, 2017, 34(5): 113-118.
TIAN Z Q, CHE J M, LI J T, et al. Study of Bicycle Modeling Requirement Based on Kansei Engineering and Kano Model[J]. Journal of Machine Design, 2017, 34(5): 113-118.
[20] 杨德清, 张静, 郭伟, 等. 基于在线产品社区的动态用户需求 Kano 模型构建研究[J]. 机械设计, 2018, 35(3): 12-19.
YANG D Q, ZHANG J, GUO W, et al. Research on Dynamic Kano Model Construction of Customer Requirements Based on Online Product Community[J]. Journal of Machine Design, 2018, 35(3): 12-19.
[21] FORLIZZI J, BATTARBEE K, Understanding experience in interactive systems [C]// Proceedings of the 5th Conference on Designing Interactive Systems: Processes, Practices, Methods, and Techniques. New York: ACM, 2004: 261-268.

（上接第 440 页）

[15] 邵怡蕾. 在爱(AI)中: 重思 AI 世的创作[J]. 电影艺术, 2023(3): 28-36.
SHAO Y L. In the Midst of Al: Rethinking Creation in Alcene[J]. Film Art, 2023(3):28-36.
[16] 卢兆麟, 宋新衡, 金昱成. AIGC 技术趋势下智能设计的现状与发展[J]. 包装工程, 2023, 44(24): 18-33.
LU Z L, SONG X H, JIN Y C. State of Arts and Development of lntelligent Design Methods under the AIGC Trend[J]. Packaging Engineering, 2023, 44(24): 18-33.
[17] 何文涛, 路璐, 周跃良, 等. 智能时代人机协同学习的本质特征与一般过程[J]. 中国远程教育, 2023, 43(3): 12-20.
HE W T, LU L, ZHOU Y L, et al. The Essential Characteristics and General Process of Human-Machine Collaborative Learning in the Age of Artificial Intelligence[J]. Chinese Journal of Distance Education, 2023, 43(3): 12-20.
[18] 段俊吉. 如何认识新一代学习者：“α 世代”学生身份的数字图景[J]. 现代远程教育研究, 2023, 35(6): 66-73.
DUAN J J. How to Recognize the New Generation of Learners: A Digital Picture of Student Identity in the "Alpha Generation"[J]. Modern Distance Education Research, 2023, 35(6): 66-73.