

磁悬浮列车乘坐空间的色彩映射关系研究

刘文阳, 戴端, 王汝婷

(中南大学, 长沙 410083)

摘要: **目的** 根据调查研究整合归纳现有磁悬浮列车乘坐空间色彩设计上存在的不足, 探究磁悬浮列车乘坐空间色彩与乘客情感体验之间的映射关系, 提出科学合理的实践设计方法, 提升新时代乘客更加舒适的乘车体验。**方法** 以 600 km/h 磁悬浮列车内饰色彩设计为例进行实验设计验证, 揭示并明确色彩属性与乘客情感属性之间的映射关系。借助空间载体进行系统联接, 构建色彩映射关系的创意矩阵。**结论** 借助色彩映射关系有效总结归纳出乘坐空间人与色彩环境的认知关联与逻辑, 构建满足乘客特殊乘坐体验的色彩映射关系矩阵模型, 为创设更具情感化、人性化、智能化的磁悬浮列车乘坐空间色彩环境, 创新性地提出了基于乘坐空间色彩映射关系的磁悬浮列车内饰色彩设计方法, 为列车内环境色彩的设计与评估提供有效的参考。

关键词: 磁悬浮列车; 乘坐空间; 色彩映射关系; 情感体验

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)10-0200-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.10.028

Color Mapping Relationship of Maglev Train Ride Space

LIU Wen-yang, DAI Duan, WANG Ru-ting

(Central South University, Changsha 410083, China)

ABSTRACT: The purpose of the paper is to summarize the shortcomings in the color design of the existing maglev train based on investigation and research, to explore the mapping relationship between the color of the maglev train's ride space and the passengers' emotional experiences, and to propose scientific and reasonable practical design methods that can make passengers feel more comfortable in ride space in the new era. The color design of the interior design of a maglev train with a speed of 600 km/h is taken as an example to verify the experimental design. The mapping relationship between color and passenger emotional attributes is revealed and clarified. Systematic connection with the help of space carriers to build a creative matrix of color mapping relationships. With the help of the color mapping relationship, the cognitive association and logic of the people and the color environment in the ride space can be effectively summarized, and a color mapping matrix model that satisfies the passengers' special ride experiences can be constructed to create a more emotional, humanized and intelligent maglev train. The environmental color of the ride space, innovatively proposes a color design method for the interior design of the maglev train based on the color mapping of the ride space, which provides an effective reference for the design and evaluation of the environmental color of the train.

KEY WORDS: maglev train; ride space; color mapping relationship; emotional experiences

伴随着日益进步的科学技术, 造物环境中色彩与情感体验之间存在着非常紧密的联系。色彩作为视觉感知最主要视觉语言, 在产品功能属性传达与人机交互

间发挥着重要作用。乘客在感叹磁悬浮技术创新的同时, 对于磁悬浮列车乘坐空间的色彩设计也充满了期待, 乘客对于列车乘坐空间色彩的要求也从视觉层

收稿日期: 2021-02-24

基金项目: 中南大学中央高校基本科研业务费专项资金资助 (1053320182211)

作者简介: 刘文阳 (1994—), 男, 辽宁人, 中南大学硕士生, 主攻轨道交通车辆设计和重型装备结构设计。

通信作者: 戴端 (1958—), 女, 湖南人, 中南大学教授, 主要研究方向为产品设计方法及轨道交通产品创新设计。

面的审美, 提高到精神层面的享受。在轨道交通领域, 支锦亦提出了列车内环境设备材质对其环境认知的影响, 对列车座椅的蒙面颜色及图案进行了试验研究, 并提出了设计建议^[1]; 孙伟等人发现产品色彩意象不明确, 导致色彩模糊输出问题^[2]; 丁满等人提出再多种应用模式产品配色意象的灰色评价方式方法^[3]。列车乘坐空间作为视觉感知与情感交流的主要空间, 其环境色彩的设计研究将成为此阶段发展的关键。针对这一特点, 将映射关系引入到磁悬浮列车内环境色彩设计中, 从映射关系层面对乘坐空间环境色彩进行设计改进, 在完善设计师设计方法及实现最佳乘车体验等方面, 是一个亟待探讨的话题。

1 色彩映射关系概念界定

色彩映射关系 (Color mapping relationship) 指色彩借助自身属性, 以最直观的方式影响人们的情感变化, 刺激用户产生不同的行为及心理反应。不同的情感体验会影响用户对于色彩属性的选择, 在用户与色彩之间衍生非定向发展的交互关系, 见图 1, 如应用 BP 神经网络获得高速列车设计模块库和感性意向集之间的映射关系, 对设计模块进行组合与调整, 形成符合不同感性意向需求的设计方案^[4]。在描述产品设计 DNA 的过程中, 提出映射关系的四种发生方式: 一一映射、一对多映射、多对一一映射和多对多映射, 并定义为显性与隐性风格特征之间映射关系的构建^[5]; 应用因子分析建立汽车色彩意象语言坐标空间, 并构建用户色彩偏好和色彩样本在多维空间中的坐标映射关系等^[6], 见图 2。因此, 研究尝试联接用户情感体验与空间色彩属性之间的映射关系, 构建色彩映射关系创意矩阵, 指导磁悬浮列车乘坐空间内饰色彩的设计实践。

2 磁悬浮列车乘坐空间构成要素

乘坐空间 (Ride space) 定义为乘客有效的休息空间, 乘客旅程的大部分时间集中于此, 是整个列车内部空间重要的组成部分, 按功能划分为座椅区、照明区、过道区和内饰布局区四个部分, 见图 3。此空间色彩元素相对集中, 受地域文化、表面材质、设计师情感等因素影响, 传达个性化的色彩美感, 满足不同人群的审美需求和情感体验^[7]。照明区人造光源对乘客情感体验的影响最为直接, 此区域内灯光的照射对空间环境色彩氛围的影响较大, 通过对灯光的明暗、隐现、抑扬、强弱等节奏控制, 制造出温馨、柔和、明快等色彩环境效果^[8]。过道区间与座椅区之间, 受车厢等级、内部环境、和谐程度等因素影响, 色彩属性趋于稳定, 但对于乘坐空间的色彩环境氛围调节更为关键。内饰布局包括车厢内壁、车窗、指示信息等构成要素及乘坐空间的合理布局, 有效协调整个乘

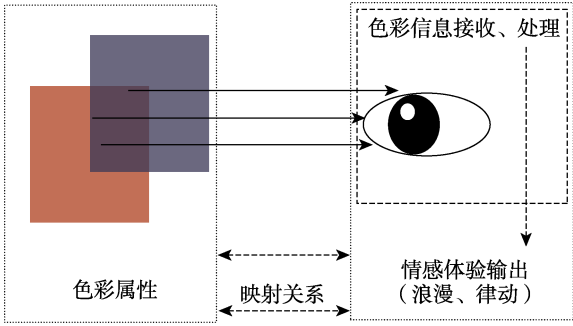


图 1 映射关系的构成
Fig.1 Composition of the mapping relationship

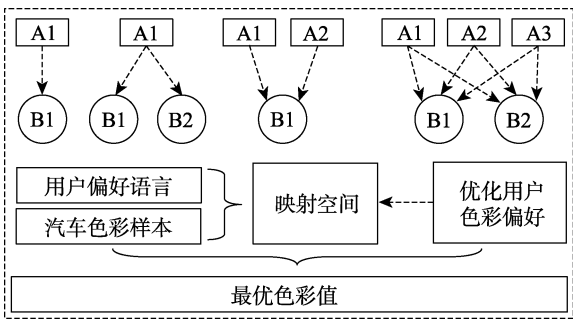


图 2 映射关系的传播方式
Fig.2 Propagation method of the mapping relationship

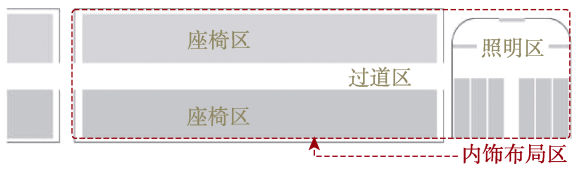


图 3 列车乘坐空间功能区域划分
Fig.3 Functional area division of train ride space

坐空间色彩氛围。

色彩是人们通过视觉感应和生活经验, 对光产生的一种视觉效应。色彩在列车乘坐空间中起着改变或者创造某种格调的作用, 给人带来某种视觉上的差异和精神上的享受, 色彩元素能否合理运用, 同样是乘坐空间色彩设计成功与否的关键^[9]。

3 乘坐空间色彩映射关系实验

3.1 实验目的

磁悬浮列车乘坐空间的色彩认知关系, 即色彩属性与乘客情感体验之间是否存在映射关系; 寻找乘客对于乘坐空间色彩的认知共通性, 提取并联接两者之间的映射关系。

3.2 实验方法

1) 眼动追踪。应用眼动追踪技术, 借助眼动仪设备并结合专家访谈和小组研讨, 进行色彩样本的眼动观察, 尽可能减少客观因素的影响, 获取真实有效的实验数据。包括被试者在认知加工的过程中的情感

反应及对乘坐空间色彩样本主基调配色及其他材料、装饰件配色属性关键特征的关注意度^[10]。

2) 实验过程。乘坐空间色彩映射关系的实验主要分为三个阶段:第一阶段是样本选择:采集典型列车乘坐空间色彩样本 20 份,便于获取更为客观全面的实验素材。通过微信公众平台统计及报名表现场回收,验证并核实报名人员身份信息,根据实验需要经资料筛选、分析、选取 20 名被测试志愿人员:具备一年以上工作经验的设计师或其他行业人员占比 20%,设计专业和其他相关专业高校学生占比 50%,其他占比 30%。第二阶段是乘坐空间色彩样本的眼动观察及用户访谈,主要分为自由性观看和目的性观看两个阶段,验证分析乘坐空间色彩属性与乘客情感体验之间的变化规律,获取乘客色彩认知的共通性和差异性。要求被测试者借助眼动仪设备对色彩样本展开整体和针对性目标区域观察,进行相应的语言性描述并配合测试人员完成用户访谈。第三阶段是收集整理实验数据。实验获取大量情感语汇,使用语意差异法对实验过程中获取的语言进行语意分值处理和因子分析,得到若干个主因子,降低问题的复杂性和计算量(见公式 1)。

$$X_{\infty} = \begin{cases} x_1 = a_{11}f_1 + a_{12}f_2 + \cdots + a_{1n}f_n \\ x_2 = a_{21}f_1 + a_{22}f_2 + \cdots + a_{2n}f_n \\ \vdots \\ x_m = a_{m1}f_1 + a_{m2}f_2 + \cdots + a_{mn}f_n \end{cases} \quad (1)$$
$$R_{\infty} = \begin{cases} x_m = a_{m1}f_1 + a_{m2}f_2 + \cdots + a_{mn}f_n \\ \updownarrow \\ A_{iq}, (A_{i1}, A_{i2}, A_{i3}, \cdots, A_{iq}) \end{cases} \quad (2)$$

在公示(1)中, $X_{\infty} = (1, 2, 3, \cdots, \infty)$ 为乘客情感语汇集, $X_m = (1, 2, 3, \cdots, \infty)$ 为主因子数量集, $a_{mn}f_n = (m = 1, 2, 3, \cdots, \infty; n = 1, 2, 3, \cdots, \infty)$ 为同一主因子下的情感语言总数值, a_{mn} 为情感语言载荷量值, f_n 为情感语言属

性名词。借助因子分析对研究获取的乘客情感语汇进行降维,提取主因子作为降维后的语言主线数量,将在同一个主因子上载荷较大的多个语言视为同一轴上的语言群。多次因子分析后得到相应词语的存在空间坐标 $f_n = (x, y)$, x 为用户数量, y 为语意评价分值,每个点代表一个词语,经过线性拟合后获取拟合直线,即情感主线,见图 4。采集并整理大量列车内环境色彩样本,使用 SD 法对列车内环境样本色彩属性进行线性规划评价, $A_{iq}, (A_{i1}, A_{i2}, A_{i3}, \cdots, A_{iq})$, $l = (1, 2, 3, \cdots, p)$, p 为采集色彩内环境样本数量, $q = (1, 2, 3, \cdots, r)$, r 为各个轴上词语的数量。以公式(2)的形式建立两者间的映射关系,公式中 $R_{\infty} = (1, 2, 3, \cdots, \infty)$ 为色彩映射关系。

根据实验所得数据,收集编码整理被测试者对色彩样本的情感描述,记录被测试者对这些情感语汇的载荷频率进行等级划分,见表 1;同时对色彩样本进行色彩属性提取,基于色彩本能层、行为层、反思层三个层面划分整合用户对色彩属性的认知。用户感知经历对内环境色彩属性信息的直接接收,此基础上形成的对色彩基本属性的整体反应与综合评价,进而诱发高级思维活动,结合先前经验带给乘客深层次的情感和记忆,包括情感联想、个性与群体归属、历史文化与社会意义等,见图 5。

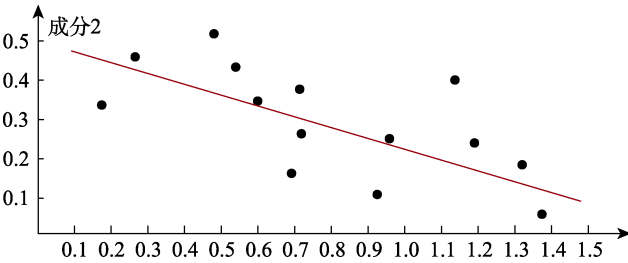


图 4 情感语汇的线性拟合
Fig.4 Linear fitting of emotional vocabulary

表 1 情感主线上语汇的载荷(部分)
Tab.1 The load of vocabulary on the emotional main line (partial)

主线 1		主线 2		主线 3		主线 4		主线 5		主线 6		...	
语汇	载荷值	语汇	载荷值	语汇	载荷值	语汇	载荷值	语汇	载荷值	语汇	载荷值	语汇	载荷值
9	0.315 1	11	0.601 2	15	0.115 6	28	0.464 4	6	0.449 2	7	0.539 8		
8	0.301 2	32	0.567 1	22	0.962 4	14	0.388 7	12	0.387 0	10	0.568 7		
2	0.334 2	1	0.421 3	5	-0.561 3	3	0.363 3	25	0.331 6	23	0.455 4		
13	0.289 1	3	0.375 2	46	0.565 5	18	0.565 5	55	0.414 5	42	0.363 4		
50	-0.561 2	17	-0.225 8	33	-0.885 2	39	-0.745 6	4	-0.004 5	53	0.378 8		
21	-0.879 2	52	-0.981 3	19	-0.664 7	58	0.123 5	41	-0.014 2	60	0.912 3	...	
...		...		20	0.514 2	...		35	-0.336 3	47	-0.335 7		
				34	0.577 1			16	-0.056 7	26	-0.331 3		
				16	-0.654 1			59	-0.335 1	30	-0.874 1		
				...				...		...			

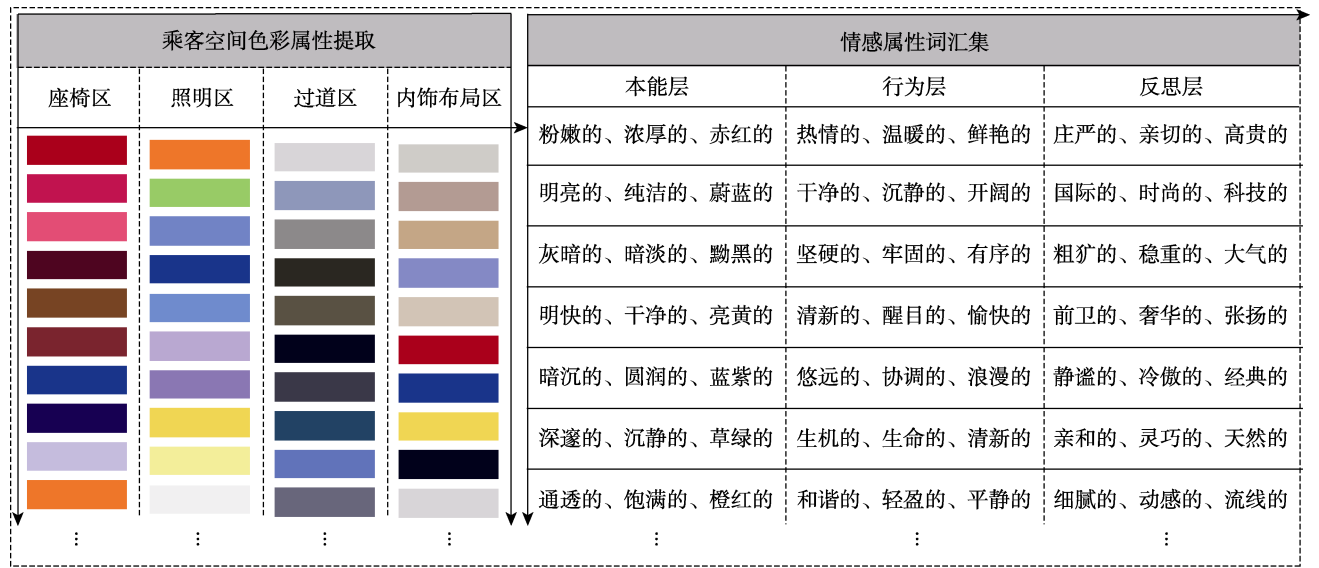


图 5 色彩属性与情感属性数据整合
Fig.5 Integration of color and emotion attribute data

表 2 情感语汇的语意差异分析
Tab.2 Semantic difference analysis of affective vocabulary

编号 语汇					情感语汇	主线 1	主线 2	主线 3	主线 4	主线 5
1 科技的	2 隐约的	3 传统的	4 大气的	5 本土的	5	0.819	0.107	0.205	0.356	-0.567
6 国际的										
7 简洁的	8 柔和的	9 先进的	10 静谧的	11 时尚的	26	0.723	0.051	0.057	-0.133	0.049
12 奢华的										
13 阳刚的	14 含蓄的	15 动感的	16 稳重的	17 灵巧的	17	0.618	0.108	0.065	0.087	-0.321
18 经典的										
19 张扬的	20 亲和的	21 轻快的	22 婉约的	23 现代的	20	0.589	0.122	0.005	0.061	-0.028
24 自然的										
					...	...	...	...	...	...
25 温暖的	26 干净的	27 有序的	28 青春的	29 希望的	15	0.501	0.182	0.025	0.226	0.116
30 未来的										

3.3 实验结果

根据被测试人员对 20 份色彩样本的眼动观察数据及专家小组的研究讨论，提取 30 个情感语汇作为范例，视为乘客在特定空间内的情感语言表达。在实验要求下对获取的情感语汇进行语意差异分析，见表 2，最终提炼五个主要情感主因子并形成拟合直线。对这些情感语汇进行数据编号，依据被测试人员的描述对其进行设计评估，比较各语言在不同主因子上所占的载荷大小，为建立映射关系矩阵提供有力的数据支撑。

色彩属性与情感体验依托乘坐空间这一物质载体，经分析，两者发生一定的映射关系，80%集中在座椅区、70%集中在照明区、50%集中在过道区、65%集中在内饰布局区和其他区域。基于这些物态、直观的空间载体，有助于映射关系研究的具体化、可视化。经统计色彩属性和情感体验大部分集中于列车乘坐空间：座椅区（形面、材质、体量、功能）、照明区

（强度、冷暖、分布、形式）、过道区（构成、表面处理）、内饰布局区（情景、氛围、空间、部件、人性化）和主要以用户为代表的其他不定载体，可见色彩和情感体验与这五个载体密切相关。从整体到局部逐层进行分析和评价，以乘客情感主线为基础联接色彩属性，在交叉与趋近的演变过程中迭代优化，筛选出最佳的映射关系，保证设计创意方案快速生成。如在我国新一代高速列车复兴号的内饰设计中，大量应用中国元素（中国红、圆形灯饰），营造出天圆地方、和谐稳重、辉煌经典、时尚未来的内环境色彩氛围，并唤醒乘客经典、怀念和现代等情感体验反馈。

用户进入列车内环境色彩乘坐空间，色彩借助不同的载体将其属性传递给乘客，乘客在直接与间接的交互感知过程中，对这些色彩属性进行吸收与评估，并进行非定向的、无意识的情感体验表达，基于物质属性的可供性展开自然的交互行为^[11]。如图像数据显

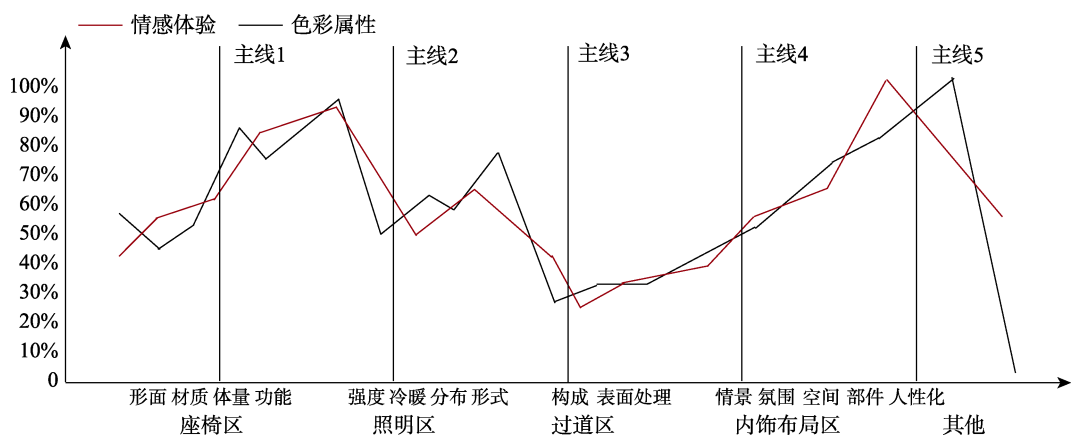


图 6 乘坐空间情感体验与色彩属性的迭代优化
Fig.6 Iterative optimization of emotional experience and color attributes of ride space

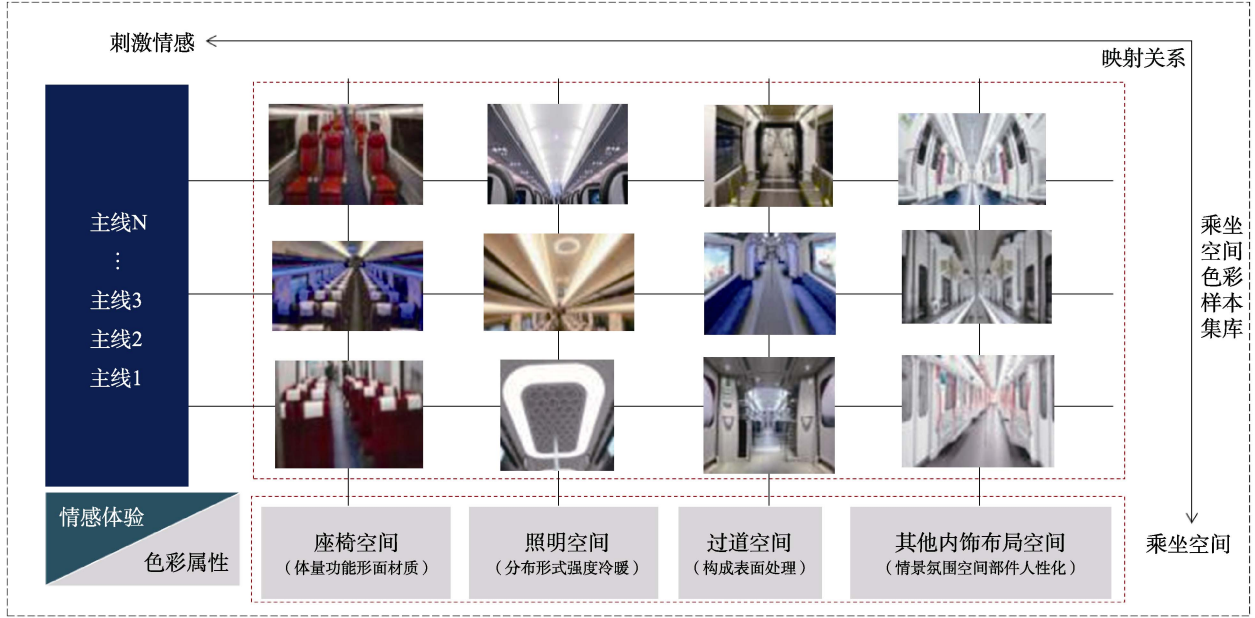


图 7 乘坐空间色彩映射关系创意矩阵
Fig.7 Creative matrix ride space color mapping relationship

示，必然存在不定的映射关系，致使数据折线同情感主线的趋近与交叉，可见列车内环境乘客的情感体验和色彩属性存在明确的联通性，见图 6，可作为设计沟通与实施的重要信息。列车乘坐空间的色彩属性和情感体验存在必然的关联，相互作用辅助内环境色彩的创意设计过程，同时帮助设计师快速解读设计创意及进行设计评价，优化设计流程，从而推理形成明确的色彩映射关系创意激发矩阵，见图 7。对设计过程和创意思维进行追踪与推理，进行列车内环境色彩与情感体验映射关联分解，实现更为清晰的“设计编码与解码”。

4 列车乘坐空间案例设计

4.1 列车内饰色彩设计策略

本研究基于以人为本、引领未来的设计理念，创

设磁悬浮列车内饰色彩设计的新理念，全面了解磁悬浮列车发展历程和市场现状；掌握先进技术和优质设计水平，有效融合时代文化理念和人文关怀，打造国家标杆和国际领先形象；颠覆传统样式和同质化现状，大胆尝试原创性、未来感等创新概念，进行 600 km/h 磁悬浮列车乘坐空间内饰色彩设计。磁悬浮列车乘坐车厢通常包括商务车厢、一等车厢和二等车厢三种类型。本研究以商务车厢内饰色彩设计为例并提出初步构想，见图 8：磁悬浮列车的商务车厢定位为高档、豪华、超舒适，车厢整体色彩设计以科技感、未来感、舒适为主，彰显其沉稳、大气并实现亲切温暖、和谐有序的设计目标。

4.2 商务车厢的方案设计

商务车厢内环境色彩设计过程主要包括三个阶段：第一阶段为设计调研阶段，采集需求信息并进行



图 8 商务舱设计目标及概念要素
Fig.8 Business class design goals and conceptual elements

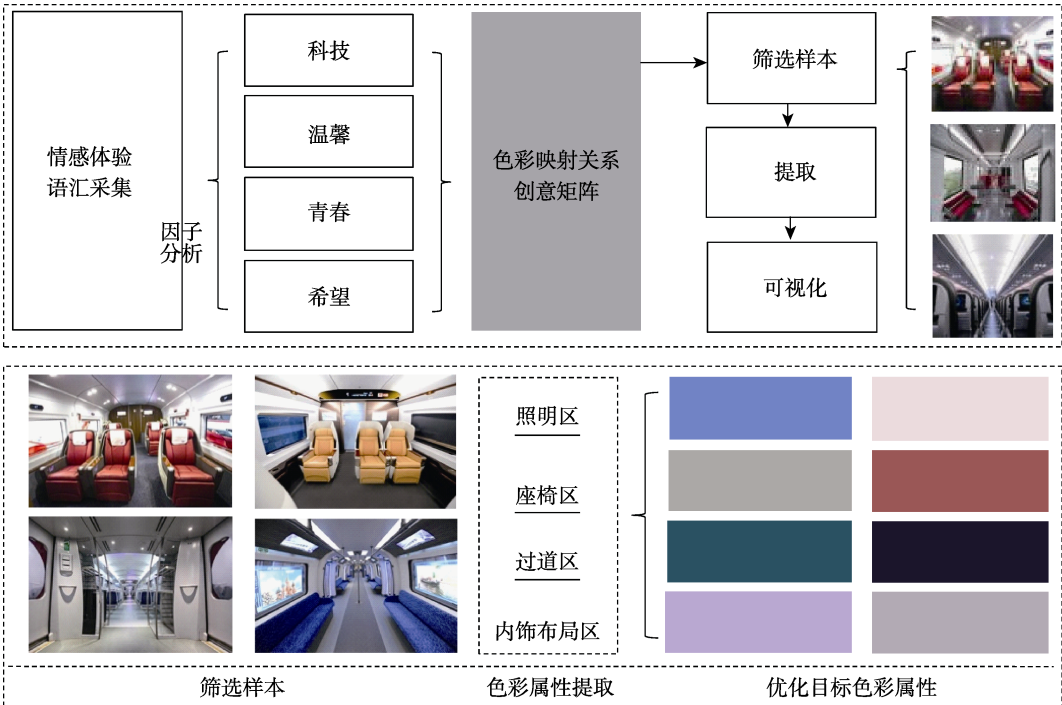


图 9 乘坐空间样本提取（上）与色彩属性生成（下）
Fig.9 Riding space sample extraction (top) and color attribute generation (bottom)

因子分析，确定情感主线；第二阶段基于色彩映射关系矩阵寻找色彩样本，提出设计目标；第三阶段为设计目标的概念可视化过程。设计的关键阶段为借助色彩映射关系矩阵，推演编码色彩属性与情感属性，借助其潜在的色彩映射关系在情感体验的基础上提出基本内环境空间的色彩设计要素，优化色彩样本进行创新设计。

经过设计调研采集 100 个乘客情感语汇，利用语意差异法进行因子分析，确定科技、温馨、青春、和谐四个主线属性。经过色彩映射关系矩阵的推演编码，筛选出多个商务车厢色彩样本，并进行色彩目标属性的提取，逐步确定乘坐空间主题色彩，见图 9。在筛选样本的基础上确定列车内饰设计要素的造型

特征，最终基于映射关系实现设计目标的概念可视化，见图 10。

方案一律动之生机，见图 11，概念源于细胞增殖原理，寓意在充满生机和引领智创的前沿品质里高速发展。进入车厢犹如身处一个奇妙科幻而又生机盎然的境界，其形变衍发的生命特质，凸显豪华型磁悬浮列车内部空间内敛而丰厚的交互体验，车厢内饰色彩整体设计以科技感、未来感为主，冷色光与暖色光交相呼应，地面铺设高纯度、低明度色彩的地毯，营造安静舒适的色彩氛围和内敛丰富的交互体验空间，传达温暖而又神秘的生态、未来、科技之感。

方案二希望之程，见图 12，概念源于希望的彼岸，寓示着人们对未来的希望和引领美好生活的诉

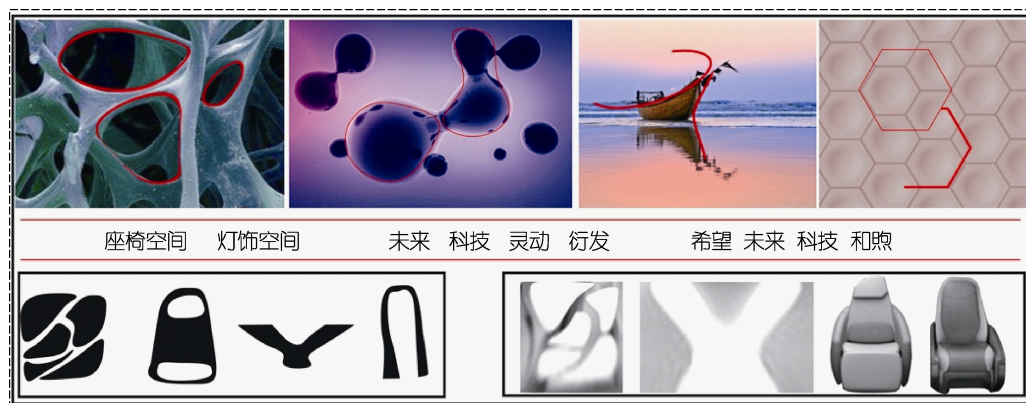


图 10 乘坐空间造型元素提取
Fig.10 Extraction of ride space modeling elements



图 11 方案一
Fig.11 Programme I



图 12 方案二
Fig.12 Programme II

求。列车内部流动的曲线贯穿于列车空间,犹如开辟出一条赋有希望和梦想的道路,引领人们通向希望与未来,为实现中华民族伟大复兴的征程提供强大的动力。直与曲的有机结合,在秩序中尽显灵动,更富生命力。热烈的红黄色彩搭配,表达着新时代国人的文化自信,传达希望、温暖、自豪之感。车厢内饰色彩设计更具生命力、生机活力、自然放松,营造温婉柔和的感觉,宛如置身生命体内部,近距离感受其灵动与韵律。经典中国红烘托色彩氛围,营造更加舒适自然的乘车环境。

设计过程中对乘坐空间色彩本能属性分析,研究乘坐空间色彩客观属性与乘客本能行为之间的关联因子,激发乘客集体无意识行为产生的因素。明确个体无意识行为产生的原因,即乘客在已有认知的基础上,对乘坐色彩客观属性进行主观经验的判断。两套方案设计验证以映射关系为核心的研究方法的可行性、创新性,展现了映射关系可供性转化的可能性。

5 结语

现有磁悬浮列车乘坐空间色彩环境的实际情况与乘客的期望存在差距,不同类型的车厢环境色彩,无论是色彩属性搭配还是乘客情感体验设计都存在一定的差异。本研究通过实验的方式,从新的视角对磁悬浮列车乘坐空间的色彩进行映射关系层面的深

入研究,有效提取其存在的映射因子,并构建指导实践设计的色彩映射关系矩阵模型。此矩阵:(1)让设计师快速了解磁悬浮列车乘坐空间的用户色彩情感体验,并以情感化设计为准则展开相应的色彩设计;(2)帮助设计师掌握磁悬浮列车乘客空间色彩的映射关系变化规律,为设计师提供了精准快捷的色彩设计方法;(3)其模型具有普适性,在规范化、可行性方面有进一步探讨的空间,期待磁悬浮列车内环境色彩设计能更好地满足乘客情感及审美需求。

参考文献:

- [1] 支锦亦,刘峰.列车座椅织物视觉质感对车内环境认知的影响[J].装饰,2016(2):124-125.
ZI Jin-yi, LIU Feng. Influence of the Visual Texture of Train Seat Fabric on the Perception of Interior Environment[J]. Zhuangshi, 2016(2): 124-125.
- [2] 丁满,孙伟,徐江,等.考虑色彩意象不明确的产品色彩模糊优化设计[J].机械工程学报,2011,47(12):185-190.
DING Man, SUN Wei, XU Jiang, Fuzzy Optimization Design of Product Color Considering Unclear Color Image[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2011, 47(12): 185-190.

(下转第 250 页)