

# 轨道交通客车模块化和谱系化综合应用 工业设计方法研究<sup>\*</sup>

王洪宝<sup>1,2</sup> 支锦亦<sup>1</sup> 马胜全<sup>2</sup>

(1. 西南交通大学设计艺术学院, 611756, 成都; 2. 中车长春轨道客车股份有限公司, 130062, 长春)

**摘要** [目的]为解决轨道交通客车工业设计面临的设计难点,需结合工业设计的创新思维和理念,建立轨道交通客车模块化和谱系化综合应用的工业设计方法。[方法]首先对客车设计部件进行模块化分析,将客室部分分为固定模块、可选模块、定制模块,将外观部分分为色彩模块和造型模块;其次对客车设计内容进行谱系化分析,分别从设计需求、演化脉络、产品特征等3个维度建立客车的工业设计谱系;最后根据客车设计特点,构建由以设计需求为依据梳理模块、以演化脉络为导向调整模块及以产品特征为基础组合模块3个步骤组成的模块化和谱系化综合应用的客车工业设计方法。[结果及结论]运用该工业设计方法对中国中车旗下某主机厂客车进行设计,设计实例验证了所构建方法的可行性。采用模块化设计可根据用户需求快速灵活调整设计内容,采用谱系化设计可提高设计的连贯性和系统性,两者相结合可在较短设计周期内完成客车外部和内部设计,有助于提升设计质量并体现品牌特征。

**关键词** 轨道交通; 客车; 工业设计; 模块化; 谱系化

**中图分类号** U270.2

**DOI**:10.16037/j.1007-869x.2024.08.042

## Industrial Design Methods for Modularization and Pedigree Comprehensive Application in Rail Transit Passenger Vehicles

WANG Hongbao<sup>1,2</sup>, ZHI Jinyi<sup>1</sup>, MA Shengquan<sup>2</sup>

(1. School of Design, Southwest Jiaotong University, 611756, Chengdu, China; 2. CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China)

**Abstract** [Objective] To address the difficulties faced in the industrial design of rail transit passenger vehicles, it is necessary to integrate innovative industrial design thinking and concepts to establish a comprehensive method for modular and pedigree applications in rail transit passenger vehicle design. [Method] First, a modularization analysis of passenger vehicle design components is conducted, dividing the compartment into fixed, optional, and custom modules, and categorizing the

exterior into color and shape modules. Then, a pedigree analysis of passenger vehicle design contents is performed, establishing an industrial design pedigree from three dimensions: design requirements, evolutionary context, and product characteristics. Finally, based on passenger vehicle design characteristics, a passenger vehicle industrial design method for modularization and pedigree comprehensive applications is constructed, comprising three steps: sorting out modules based on design requirements, adjusting modules oriented by evolutionary context, and organizing modules based on product characteristics.

[Result & Conclusion] The industrial design method is applied to a passenger vehicle design by a subsidiary manufacturer of CRRC (China Railway Rolling Stock Corporation). The design example verifies the feasibility of the constructed method. The modularization design allows for quick and flexible adjustments of design contents according to user needs, while pedigree design enhances design coherence and systematicity. Combining these approaches enables the completion of both exterior and interior passenger vehicle designs within a shorter design cycle, thereby improving design quality and reflecting brand features.

**Key words** rail transit; passenger vehicle; industrial design; modularization; pedigree

## 0 引言

为深入贯彻国家交通强国战略,2020年8月中国国家铁路集团有限公司提出了“交通强国、铁路先行”的发展规划<sup>[1]</sup>,借此轨道交通客车迎来了高速发展的窗口期。为满足不同运用需求,衍生出了多种多样的客车产品。同时,人们对于出行品质的更高追求,也促进了客车工业设计水平的提升与发展。文献[2]对客车外观和内室环境设计进行了分析,提出加强客车工业设计对提升城市形象有重要

<sup>\*</sup> 国家重点研发计划项目(2022YFB4301202-20)

作用;文献[3]提出客车造型元素、色彩元素及地域文化元素有利于彰显地域文化特色,展现科技美、技术美,并有助于企业建立良好的品牌形象。以上研究表明,完善客车工业设计内容对于提升城市形象、建立中国轨道交通民族特色品牌有重要意义。

目前,客车工业设计存在的主要问题为:客车内部环境设计元素多且复杂,整体设计难度高时会导致设计成本增加,且容易破坏产品环境属性,造成整体环境的不和谐;由于运营商的要求和各地地方标准不同,客车设计和分类上缺乏创新与突破,谱系化特征不够明显,难以形成有自身特色的品牌;传统的客车设计理念是从“单一产品研发”向“平台化产品研发”转变,与工业设计追求的产品创新严重相悖,两者存在相互制约、相互限制的问题<sup>[3-5]</sup>。

为解决客车工业设计中存在的问题,本文在分析设计背景及需求的基础上,结合工业设计的创新思维与理念,构建了模块化和谱系化综合应用的设计方法。该方法旨在满足提升客车产品局部和整体设计需求,提升设计品质,降低设计成本,为我国轨道交通客车工业设计提供理论及案例参考。

## 1 客车工业设计模块化分析

在工业设计领域,模块化设计可以实现个性化设计,满足不同的市场需求,同时可以有效降低开发成本,缩短研发设计周期,推动产品的进一步设计开发<sup>[6]</sup>。参考大型设备的模块化设计经验,基于客车结构特点,对客车的外观和内装分别进行模块化分析。

### 1.1 客车内装模块化分析

根据客车各系统零部件的改变对于工业设计效果的影响程度,将客车室内的零部件分为固定模块、可选模块及定制模块3大类别。固定模块指对内装效果影响较小、可同时满足不同设计需求的部件,如顶板、侧墙、客室门等;可选模块指由于项目需求不同,至少需要2种形式产品造型的部件,如座椅、LCD(液晶显示器)等;定制模块指对客车室内效果影响较大,需要根据客户需求做定制化设计的部件,如立罩板及扶手、挡风板及扶手等。

### 1.2 客车外观模块化分析

根据给乘客直观的视觉感受程度,将客车外观模块分为色彩模块和造型模型。色彩模块指在客车外部进行色彩设计的部分,主要包括车身整体涂装、环绕车头的司机前窗和侧窗色带和车身的腰

带。通过客车外观色彩模块调整可以增强列车可识别性及视觉美感,塑造品牌文化和传播地域文化。造型模块主要针对客车的车头造型设计。对于部分运行速度较高的客车系列产品,在进行造型模块设计时需要考虑空气动力学的约束,而其余客车造型设计的自由度较大。另外,车灯是造型模块的主要设计元素。

## 2 客车工业设计谱系化分析

谱系设计是基于生物遗传理论、仿生家族特征遗传方式,对产品进行系统设计的工业设计方法。合理、有效的产品谱系有助于构筑品牌形象,使其更易于识别;同时有助于减少设计错误,降低设计成本。借鉴一般设计思路<sup>[7]</sup>,本文从设计需求、演化脉络及产品特征3个层面构建客车设计谱系,为客车工业设计提供理论基础。

### 2.1 客车工业设计需求

对于客车的工业设计需求,应从技术、功能、经济性、美学和文化等5个方面进行综合分析,使工业设计方案符合技术标准,满足多功能应用,实现较高经济性;同时具备美观的外形,有助于塑造文化形象。根据实际情况将各设计要素进行进一步细化,建立如图1所示的客车工业设计需求谱系。

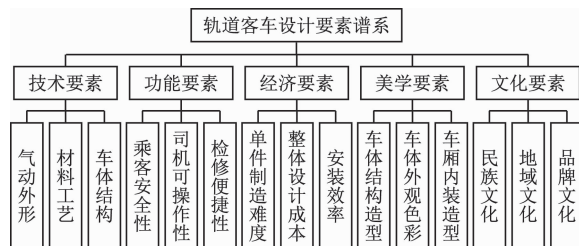


图1 轨道交通客车工业设计需求谱系

Fig. 1 Pedigree of rail transit passenger vehicle industrial design requirements

技术要素需符合技术标准,保证客车运行安全,具体需要考虑气动外形、材料工艺和车体结构;功能要素根据人群进行分类,包括乘客安全性、司机可操作性及检修人员便捷性;经济要素尽量在不增加整体设计成本、不增加单间制造难度和不影响安装效率的基础上进行分类;美学要素能够加深乘客对产品的直观感受,重点考虑车头结构造型、车身色彩涂装和车厢内装环境;文化要素需体现制造商自身品牌文化,同时符合地域文化,有助于加快轨道交通与城市的融合,从而体现民族文化。

## 2.2 客车演化脉络

1953年,国家开始实施第一个五年规划,在该五年规划中提出建设北京地铁,并于1969年完工通车,至此我国轨道交通客车产品演化全面展开。对产品的演化脉络进行研究,可以了解产品的历史、现状和未来,从而有效获取产品之间内在关系,把握产品持久发展的适应性技术,并确定未来设计趋势。我国某轨道交通客车厂商的主要产品演化脉络如图2所示。

由图2可知,客车产品演化有以下特点:产品数量和种类不断扩充,但是定制程度高,外观造型迥

异,品牌特征不显著;伴随经济文化水平的提高,逐步重视文化设计元素,例如“复兴号”外观上进行自我设计创新,增添了代表中国文化的金色腰带等设计元素;客车产品设计依托科技水平发展,朝着多功能化、智能化的方向发展,例如最新的深圳地铁14号线列车的客室内配备了智慧装备系统和全自动无人驾驶模式。

综上所述,随着目前客车产品种类不断扩充,未来的工业设计方向是:体现民族文化及地域文化,符合更高美学要求,同时实现内室环境的智能化和多功能化。



图2 国内某厂商轨道交通客车设计演化脉络

Fig. 2 Evolution threads of rail transit passenger vehicle design of a Chinese manufacturer

## 2.3 客车产品特征

根据上述客车演化脉络分析可知,客车产品包含多种车型,并且由于运行环境和时速不同,各产品之间存在较大差异。此外,客车为复杂大型机械产品,产品特征较复杂。本文根据文献[2],按照端车头型、车体基本尺寸、车辆编组及单节车车厢门数量和尺寸等设计参数区分客车产品特征。

## 3 模块化和谱系化综合应用

通过客车工业设计模块化分析可以细化设计内容,通过谱系化分析可以把握整体设计方向,两者综合应用能够实现客车的全面系统化工业设计。本文构建了一种模块化和谱系化综合运用的工业设计方法,如图3所示。



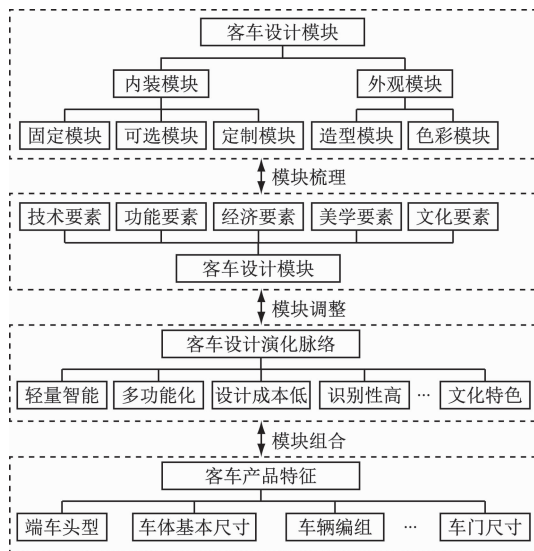


图3 模块化和谱系化综合应用的设计步骤

Fig. 3 Design steps for modular and pedigree integrated application

1) 以设计需求为依据梳理模块。随着产品多样化、产品个性化需求提高。根据设计需求梳理模块,不同模块映射不同设计需求。通过对重点模块进行设计来体现产品特征,同时保留部分原始模块以减少设计成本,并不破坏整体环境协调性。例如,在进行景区有轨电车设计时,应该基于文化和美学设计要求,对相关的色彩和造型模块进行着重设计,体现地方文化。

2) 以演化脉络为导向调整模块。根据演化脉络可以确定产品的设计趋势。以客车的演化脉络为导向,对客车内装和外观模块进行调整,使其满足市场需求,符合技术发展方向,符合更高技术工艺,以及功能齐全、设计成本低、体现民族文化和审美需求。

3) 以产品特征为基础构建模块。在进行产品设计过程中,应该以产品特征为基础构建模块。即针对客车的工业设计,各模块组合构建应基于客车基础结构和共性技术,符合设计标准,保证运行安全稳定,满足司机和乘客的基本功能,并不破坏整体环境属性。

## 4 设计实例

应用本文设计方法对中国中车旗下某主机厂客车产品进行工业设计。具体步骤包括:基于体现客车品牌文化的设计需求进行模块梳理,为进一步提高识别性和降低设计成本进行模块调整,根据客

车基本结构特征进行模块组合,形成客车系列产品设计方案。

### 4.1 客车模块梳理

为了对“中车长客造,连通世界道”的品牌文化进行拓展,建立“中国品牌,引领世界红色速度;长客制造,区域发展金色引擎”自上而下的品牌定位,对于客车外观模块部分,确定采用以琉璃金及中国红为主的色彩模块。对于造型模块,结合已有的品牌设计元素,选取中国传统文化意象“凤凰”进行设计。

内装模块设计,应在不增加设计成本和单间设计制造难度前提下,能够提高安装效率,并实现提升美感和舒适性。优先选择各平台车型间都有的模块。车门中的塞拉门、内藏门和外挂门都采用同一种门板形式,并作为通用件使用。另外,车门设计元素较多,可以给乘客留下深刻印象,因此选择将车门作为内装的重点设计模块。

### 4.2 客车模块调整

根据外观模块梳理结果,为体现品牌特征,选择以琉璃金、中国红为主的色彩模块和金凤凰造型模块为基础进行客车外观设计。针对城际轨道交通、市域轨道交通等地域性市场项目体现地域文化的需求,对色彩模块进行调整,在使用体现品牌特征的琉璃金色时,增加了体现地域特色的色彩模块,既展示了品牌特征,又符合地域偏好。

根据内装模块梳理结果,选择将车门作为内装的重点设计模块。为满足文化设计需求,对车门设计进行调整,具体方案为在门板扶手设计中加入“中”字造型,并加以六边形科技感线条处理。

### 4.3 客车模块构建

基于不同客车产品的基本特征进行模块构建,同时保留谱系特征,形成最终的客车系列产品方案,如图4所示。图4中的客车产品均基于各自的基础结构特征,外观部分使用体现品牌特征的琉璃金色的色彩模块以及金凤凰造型模块,内装部分构建中式拱门设计的通过台和“中”字车门造型的固定模块,在保证结构稳定的基础上,提高了品牌识别性,体现了民族文化。

## 5 结语

近年来,轨道交通客车不仅承担着运输的作用,更作为中国制造的“国之重器”在世界舞台上展示中国形象,因此客车的工业设计具有重要意义。



图4 轨道交通客车系列产品构建方案

Fig. 4 Product construction solutions for rail transit passenger vehicle series

本文对客车工业设计进行研究,力求构建一种基于发展趋势、从外到内、从局部到整体的工业设计方法,该方法能够减少设计和制造周期、节约设计成本及提升产品品质,有助于打造主机厂的品牌形象,助推中国高端制造业走向全球。

客车产品的谱系构建是一项长期工作,需要不断根据市场需求进行调整。本文提出的模块化和谱系化综合应用的工业设计方法,虽然从概念层面将客车工业设计内容进行了划分和调整,但仍然存在局限性。未来应建立完整的设计流程方法,以便准确选取重点设计内容,进行快速调整,完成工业设计模块构建,并实现设计评价验证。

## 参考文献

- [1] 新华社. 中共中央国务院印发《交通强国建设纲要》[EB/OL]. (2019-09-19) [2022-06-15]. [https://www.gov.cn/xinwen/2019-09/19/content\\_5431432.htm](https://www.gov.cn/xinwen/2019-09/19/content_5431432.htm).  
Xinhua News Agency. The CPC Central Committee and the State

Council Issue the Program of Building National Strength in Transportation [EB/OL]. (2019-09-19) [2022-06-15]. [https://www.gov.cn/xinwen/2019-09/19/content\\_5431432.htm](https://www.gov.cn/xinwen/2019-09/19/content_5431432.htm).

- [2] 向泽锐, 支锦亦, 李然, 等. 我国城市轨道交通列车工业设计研究综述[J]. 西南交通大学学报, 2021, 56(6): 1319.  
XIANG Zerui, ZHI Jinyi, LI Ran, et al. Review on industrial design of urban rail vehicles in China[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2021, 56(6): 1319.
- [3] 张建平, 吕祥. 我国高速列车外观设计进展与趋势研究[J]. 机械设计, 2019, 36(6): 127.  
ZHANG Jianping, LYU Xiang. Research on development and trend of high-speed train exterior design of China[J]. Journal of Machine Design, 2019, 36(6): 127.
- [4] 唐林涛, 邱利伟, 章国平, 等. 城市轨道交通的人性化设计[J]. 城市轨道交通研究, 2016, 19(7): 4.  
TANG Lintao, QIU Liwei, ZHANG Guoping, et al. Humanized design of urban mass transit system[J]. Urban Mass Transit, 2016, 19(7): 4.
- [5] 马玄, 王大伟. 轨道客车绿色设计创新和质量提升的探索[J]. 标准科学, 2016(增刊1): 107.  
MA Xuan, WANG Dawei. Exploration on green design innovation and quality improvement of railway passenger cars[J]. Standard Science, 2016(S1): 107.
- [6] 黄志强, 喻洪梅, 马亚超, 等. 山地物探电动钻机模块化设计及安全性分析[J]. 工程设计学报, 2022, 29(2): 153.  
HUANG Zhiqiang, YU Hongmei, MA Yachao, et al. Modular design and safety analysis of mountain geophysical electric drilling rig[J]. Chinese Journal of Engineering Design, 2022, 29(2): 153.
- [7] 张海柱. 面向产品谱系的高速列车转向架定制设计方法研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2017.  
ZHANG Haizhu. Research on product-pedigree-oriented customization design method of high-speed train bogie[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2017.

- 收稿日期:2022-07-07 修回日期:2022-09-12 出版日期:2024-08-10  
Received:2022-07-07 Revised:2022-09-12 Published:2024-08-10
- 第一作者:王洪宝,正高级工程师, wanghongbao.ck@ccrrgc.cc  
通信作者:支锦亦,教授, 7601662@qq.com
- ©《城市轨道交通研究》杂志社, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议  
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

欢迎投稿《城市轨道交通研究》

投稿网址: [tougao.umt1998.com](http://tougao.umt1998.com)