

某 8.7 m 纯电动铛铛车的模块化设计方案

林才展^{1,2}

(1. 厦门金龙联合汽车工业有限公司, 福建 厦门 361023;

2. 福建省客车安全与节能技术企业重点实验室, 福建 厦门 361023)

摘要:介绍一款 8.7 m 纯电动铛铛车的模块化设计方案、性能仿真分析和实车测试结果,验证了设计方案的可行性,为类似车型的开发提供参考。

关键词:纯电动客车; 铛铛车; 模块化设计

中图分类号: U462.2

文献标志码: A

文章编号: 1006-3331(2024)06-0028-03

Modular Design Scheme of an 8.7 m Pure Electric Clang Bus

LIN Caizhan^{1,2}

(1. Xiamen King Long United Automotive Industry Co., Ltd., Xiamen 361023, China;

2. Key Laboratory of Bus Safety and Power-saving Technology Enterprises of Fujian Province, Xiamen 361023, China)

Abstract: This paper introduces the modular design scheme, performance simulation analysis, and real vehicle testing results of an 8.7 m pure electric clang bus. The feasibility of the design scheme is confirmed to provide a reference for developing similar vehicles.

Key words: pure electric bus; clang bus; modular design

“铛铛车”是老北京人对有轨电车的称呼,因为车头下面挂着一只铜铃铛,驾驶员踩脚下的踏板,铃铛便发出“铛铛”的声响,故称为“铛铛车”^[1]。随着纯电动汽车技术的发展,铛铛车已从有轨电车发展为纯电动客车。根据近年来的粗略统计数据,纯电动铛铛车已经在北京、济南、绍兴等多个城市的旅游线路上成功投入使用。由于纯电动铛铛车在这些城市的运行效果良好,加之文化旅游行业的蓬勃发展,其潜在在市场需求正在逐步增长。

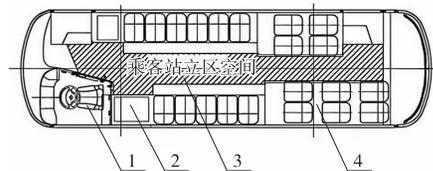
目前国内客车主机厂针对纯电动铛铛车的相关研究并不多。为降低成本并提高效率,本文以模块化设计思路,介绍一款 8.7 m 纯电动铛铛车的设计方案,为类似车型的研发提供参考。

1 8.7 m 纯电动铛铛车模块化设计

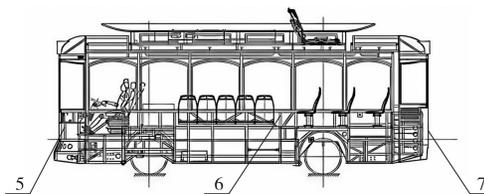
1.1 整车模块化布置方案

目前,国内城市客车的设计开发主要以定制化模式为主,要在定制过程中提高产品性能,模块化设计

必不可少^[2]。该车的外观造型设计参考了铛铛车的经典复古风格,整车模块布置按大类划分为车身模块和底盘模块。其中,车身模块包括前/后围模块、左/右侧围模块、顶盖模块(含空调及顶部造型件)等;底盘模块包括驾驶室模块、前桥区模块、乘客区模块、后桥区模块、车架模块、动力电池模块等。其整车模块化布置方案如图 1 所示。



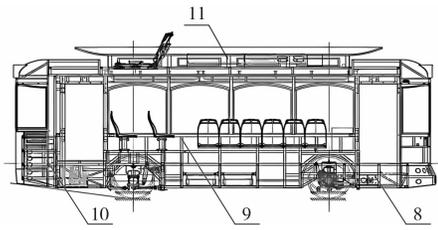
(a) 俯视图



(b) 左侧正视图

收稿日期: 2024-06-11。

第一作者: 林才展(1989—),男,工程师;主要从事城市客车车身布置相关研究工作。E-mail: lincaizhan@sina.com。



(c) 右侧正视图

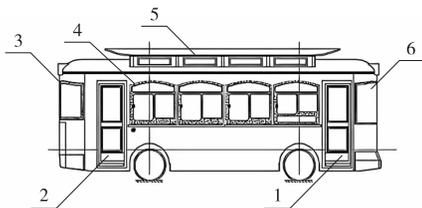
- 1—驾驶区模块; 2—前桥区模块; 3—乘客区模块;
- 4—后桥区模块; 5—前围模块; 6—左侧围模块; 7—后围模块;
- 8—车架模块; 9—右侧围模块; 10—动力电池模块;
- 11—顶盖模块。

图1 8.7 m纯电动铛铛车整车模块化布置方案示意图

1.2 车身模块

1) 前/后围模块。前/后围模块涉及铛铛车主体造型,一般需要新开发生产模具,且模具造型复杂、尺寸较大、成本较高。因此,通常采取固化前/后围模块的方式,后期通过调整轴距、车长尺寸来开发系列化产品,从而节约研发成本并缩短研发周期,提高同系列产品的通用化率。

2) 左/右侧围模块。左/右侧围模块与前/后围骨架的接口一般为固化状态,车门数量、车门位置、骨架上车门洞的大小等根据配置需求进行布置调整。此外,铛铛车的侧窗一般为上部带弧度的特殊造型,如图2中序号4所示。为确保侧窗造型装饰件的通用性及整体侧窗外观的协调性,左/右侧窗分块尺寸应尽量保持一致。



- 1—前乘客门; 2—后乘客门; 3—后挡玻璃; 4—侧窗玻璃;
- 5—顶部造型件; 6—前挡风玻璃。

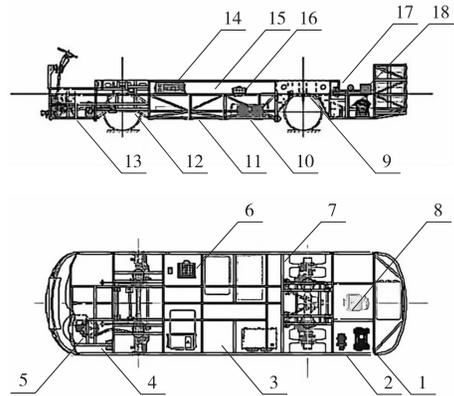
图2 8.7 m纯电动铛铛车外观造型效果图

3) 顶盖模块(含空调及顶部造型件)。铛铛车的顶盖一般为特殊造型,如图2中序号5所示。顶盖模块布置应考虑顶盖造型件、空调、天窗、顶置独立水冷机组等零部件的安装。目前动力电池的冷却方案一般有2种:设置独立水冷机组、利用空调集成水冷。相比于独立水冷机组,顶置空调集成水冷功能可降低

整车质量、节省整车安装空间、降低采购成本等^[3]。因此,通常情况下,应首选空调集成水冷的方案。

1.3 底盘模块

铛铛车底盘主要布置如图3所示。



- 1—电动打气泵; 2—电动转向泵; 3—电子冷却风扇;
- 4—储气筒; 5—转向系统; 6—低压蓄电池;
- 7—制动阀类; 8—驱动电机; 9—车架后桥段;
- 10—底置水冷机组; 11—车架中段; 12—车架前桥段;
- 13—车架前端; 14—多合一控制器; 15—冷却膨胀水箱;
- 16—电池水冷膨胀水箱; 17—转向油壶; 18—充电口。

图3 8.7 m纯电动铛铛车底盘主要布置示意图

1) 驾驶区模块。驾驶区模块应首先满足驾驶员的操作空间及人机工程的相关要求。同时,根据标准^[4]要求,应设置驾驶区防护隔离设施,将驾驶区和乘客区分隔开。在余下的空间中布置转向系统、制动系统等零部件,如图3所示。

2) 前桥区模块。根据使用空间及成本需求,前桥区采用高地板状态,并定为固化模块。可根据需求在车内前轮罩上方布置低电压控制模块(电气设备箱)、乘客座椅、展示柜、报刊柜、复古前隔断等。

3) 乘客区模块。可在前桥后的乘客区下方空间布置低压蓄电池、制动系统(储气筒及阀类等)、多合一控制器、冷却系统、底置独立水冷机组等零部件,如图3所示。

4) 后桥区模块。后桥区也采用高地板状态,并定为固化模块。该状态可实现后桥上方的乘客座椅朝前或者朝过道布置,同时有足够的空间安装复古后隔断,可满足不同的布置需求。乘客区及后桥区的地板布置应重点考虑通道的无障碍化,即尽量减少通道台阶,尤其是后悬部位的台阶^[5]。

5) 车架模块。车架模块按前后位置一般划分为前段、前桥段、中段和后桥段4个子模块。如为提升整车性能或满足电池安装需求等,需调整轴距进行换代开发^[6]。在此情况下,一般保持车架前段和前桥段不变,根据需求调整轴距尺寸,即拉长或缩短车架中段尺寸,车身侧围模块、顶盖模块接口处进行相应的匹配调整,即可满足产品换代开发的需求。

6) 动力电池模块。动力电池作为电动汽车的关键零部件,直接影响着车辆行驶里程和使用安全^[7]。可根据不同的行驶里程需求,选配不同电量的电池,不同的电量对应不同的电池箱数量。动力电池安装位置一般首选底置,底置又分为中区底置和后区底置,可通过开设侧舱门或后舱门的方式安装和检修中区、后区底置的电池。该8.7 m纯电动铛铛车在中区和后区各底置3箱电池,总电量超过180 kW·h,6个电池箱安装位置如图4中序号1~6所示。

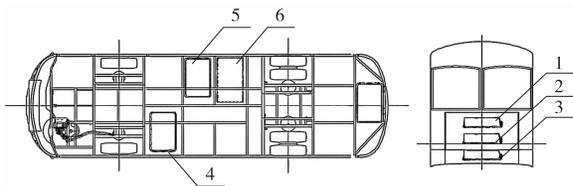


图4 8.7 m纯电动铛铛车动力电池布置方案示意图

2 性能仿真分析及实测结果

纯电动铛铛车的主要性能包括动力性和经济性,主要关注最大爬坡度、最高车速、百公里电耗和续航里程(等速法)等。根据研发目标,要求最大爬坡度不低于16%,最高车速不低于90 km/h,百公里电耗不高于40 kW·h,续航里程(等速法40 km/h)不低于420 km。利用AVL-Cruise软件搭建仿真模型并代入相关参数进行计算^[8-9],可得到仿真数据。

在我司实验室内进行实车试验,设备主要为从英国进口的Froude Hofmann大鼓径转鼓,其可降低曲率影响,更加接近实际路面条件,并能很好地模拟车辆在道路上的真实行驶情况。滑行系数按照GB/T 18386—2017《电动汽车 能量消耗率和续航里程试验方法》附录A表A.5城市客车行驶阻力系数推荐值进行换算,分别得出常数项(A)、一次项系数(B)、二次项系数(C)的数值^[10]。

车辆试验质量首先按照65%最大设计装载质量状态进行加载^[11],加载质量的方式为在乘客区均匀放置沙袋,然后进行40 km/h的等速工况能量消耗率及续航里程测试,试验全程关闭空调。然后继续加载至100%最大装载质量状态,进行最大爬坡度和最高车速试验。

仿真数据与实测数据见表1,两值基本一致,且都满足研发目标要求。

表1 仿真数据与实测数据

性能指标	仿真数据	实测数据
最大爬坡度/%	16.63	16.54
最高车速/(km·h ⁻¹)	96.1	95.3
百公里电耗/(kW·h)	38.04	37.82
续航里程(等速法40 km/h)/km	432.9	430.2

3 结束语

纯电动铛铛车在城市交通和文旅融合方面有一定的市场需求。这些需求不仅源自对传统文化的尊重和传承,还源自对现代化环保出行方式的追求。作为一种结合了传统美学与现代科技的交通工具,纯电动铛铛车有望在未来的公交市场中发挥更大的作用。本文介绍了以模块化理念研发的某8.7 m纯电动铛铛车布置方案,为类似车型的开发提供了参考。

参考文献:

- [1] 艾琦. 北京铛铛车重现前门大街[J]. 北京档案, 2010(7): 41.
- [2] 王善科. 模块化设计在客车产品开发中的应用研究[J]. 客车技术与研究, 2016, 38(6): 14-17.
- [3] 辛伟, 管庆禹, 赵金刚. 集成电池冷却功能的纯电动客车空调结构设计探讨[J]. 汽车电器, 2022(8): 15-17.
- [4] 全国城市客运标准化技术委员会. 城市公共汽电车车辆专用安全设施技术要求: JT/T 1240—2019[S]. 北京: 人民交通出版社, 2019: 5.
- [5] 刘开春. 客车车身设计: 第2版[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015: 304.
- [6] 田新利, 甘冠文, 孙星露. 分步法轴荷计算在客车开发中的应用[J]. 汽车实用技术, 2020(12): 151-153.

(下转第40页)

大的桥并更换推力杆方案(上下推力杆衬套径向刚度由 60 kN/mm 更改为 130 kN/mm),按照 GB 12676—2014《商用车辆和挂车制动系统技术要求及试验方法》^[4]进行试验。试验得出,向左跑偏 0.3 m,车辆未偏离国家标准要求的 3.7 m 宽跑道。故改进方案切实有效。

3 结束语

本文先使用鱼骨图排除法确定实车发生制动跑偏现象不是由制动系统、四轮定位、车架制造精度等造成的,然后针对低入口城市客车转向系统与悬架系统运动干涉对整车制动跑偏的影响展开理论分析,再利用动力学仿真软件建立与实车一致的虚拟样车进行仿真计算,找出低入口城市客车制动跑偏的内在原因,并采取相应措施解决了实车发生的制动跑偏问题。为改善低入口客车的制动跑偏问题提供了有效的解决方法。

参考文献:

- [1] 李松芙,纪绪北,李振,等. 客车制动跑偏问题改进[J]. 客车技术与研究,2016,38(4):20-22.
- [2] 黄志威,秦成. 客车制动跑偏问题研究[J]. 客车技术与研究,2015,37(5):37-39.
- [3] 韩艳辉,师占雨,陈龙,等. 基于转向系统布置优化的整车制动跑偏方法研究[J]. 重型汽车,2021(6):8-10.
- [4] 中华人民共和国工业和信息化部. 商用车辆和挂车制动系统技术要求及试验方法:GB 12676—2014[S]. 北京:中国标准出版社,2015:20-21.
- [5] 余志生. 汽车理论[M]. 北京:机械工业出版社,2010:82-83.
- [6] 中华人民共和国工业和信息化部. 低地板及低入口城市客车结构要求:GB 19260—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016:1-4.
- [7] 陈军. MSC ADAMS 技术与工程分析实例[M]. 北京:中国水利水电出版社,2008:206-269.
- [8] 陈志伟. MSC Adams 多体动力学仿真基础与实例解析[M]. 北京:中国水利水电出版社,2012:205-260.
- [7] 刘俊峰,康元春. 动力电池电池箱轻量化设计[J]. 农业装备与车辆工程,2024,62(3):45-49.
- [8] 高奇,李学博,刘峰云,等. 纯电动城市客车动力系统匹配设计[J]. 汽车实用技术,2018(15):5-8.
- [9] 郑泽平. 纯电动公交客车动力系统参数匹配与优化仿真分析[D]. 西安:长安大学,2020.
- [10] 中华人民共和国工业和信息化部. 电动汽车 能量消耗率和续驶里程试验方法:GB/T 18386—2017[S]. 北京:中国标准出版社,2017:10-11.
- [11] 中华人民共和国工业和信息化部. 电动汽车能量消耗率和续驶里程试验方法 第 2 部分:重型商用车辆:GB/T 18386. 2—2022[S]. 北京:中国标准出版社,2022:2.

(上接第 30 页)