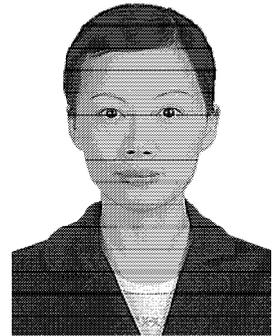


研
究
开
发

350 km/h 高速动车组 换气装置国产化研制

李碧钰, 刘长清, 石东山, 熊煜宇, 辛本雨

(株洲南车时代电气股份有限公司 技术中心, 湖南 株洲 412001)



作者简介: 李碧钰(1982-), 女, 工程师, 主要从事机械设计工作。

摘要: 结合高速动车组的舒适度要求, 介绍了350 km/h高速动车组用换气装置的作用和功能, 并从该装置国产化研制的技术方案和设计制造实现方面, 对装置做了进一步阐述。最后进行了试验验证及对比。结果表明: 350 km/h高速动车组用国产化换气装置满足技术要求, 可与现有该速度级进口换气装置实现对等互换。国产化后的换气装置在重量、检修、价格上有明显优势, 具有很大的市场潜力和社会效益。

关键词: 350 km/h 高速动车组; 换气装置; 逆变电源; 减振降噪; 振动加速度

中图分类号: U292.91⁺4; U266.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2014)01-0037-04

Domestic Development of 350 km/h High-Speed EMUs Wind Ventilator Equipment

LI Bi-yu, LIU Chang-qing, SHI Dong-shan, XIONG Yu-yu, XIN Ben-yu

(Technology Center, Zhuzhou CSR Times Electric Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China)

Abstract: Combined with high-speed EMUs comfort requirements, 350 km/h high-speed EMUs wind ventilator equipment roles and functions were introduced and further elaborated from the device domestically developed technical solutions, design and manufacturing implementation. Experimental verification and comparison results showed that 350 km/h high-speed EMUs domestic ventilation system met the technical requirements, which could be used to replace the imported ventilation device with the same speed grade. The domestic device have the advantages of weight, maintenance and price with great market potential and social benefits.

Keywords: 350 km/h high-speed EMUs; wind ventilator equipment; inverters; vibration and noise reduction; vibration acceleration value

0 引言

当列车以较高的速度通过隧道或两车相会时, 由于空气流动空间受到隧道壁与列车壁的限制及空气的压缩性, 诱发隧道内或两车交会侧空气压力的急剧变化, 在车体、门、窗的气密性得到保证的情况下, 列车进、出隧道或交会时引起的外气压力波动主要通过换气系统传到车内, 会使乘客感觉到耳鸣, 同时新鲜空气流量将有不同程度的降低, 导致车内舒适度下降。

为实现列车内空气交换、维持车内压力, 保证车内舒适性的恒定, 350 km/h高速动车组用换气装置的风量、风压、工作频率等性能要求与200 km/h相比均有大幅度的提升, 因此通过自主研发, 实现350 km/h换气装

置的国产化具有深远意义。

1 装置的构成及原理

350 km/h 高速动车组用换气装置由装置主体和逆变电源构成, 装置构成及关联关系如图1所示。

装置主体采用吸、排气一体型结构, 由电机、风机、吸音材料及内部多重风道组成。装置主体内高速高压离心风机可实现连续换气。

逆变电源为变频装置, 由电抗器、模块、控制板等组成。其先将单相AC 400 V经过脉冲整流后得到直流电, 然后再将整流得到的直流电逆变为三相交流电送给装置主体。根据高速动车组要求, 换气装置控制车内的压力变化小于1 000 Pa, 压力变化率控制在200 Pa/s以下。换气装置设置高低2种转速, 逆变电源控制板可根

收稿日期: 2013-09-03

据接收到的速度信号通过逆变电源的频率变换控制装置主体的电机转速,从而达到控制装置主体的风机风量调节目的,实现车内压力控制,提高车内舒适度。

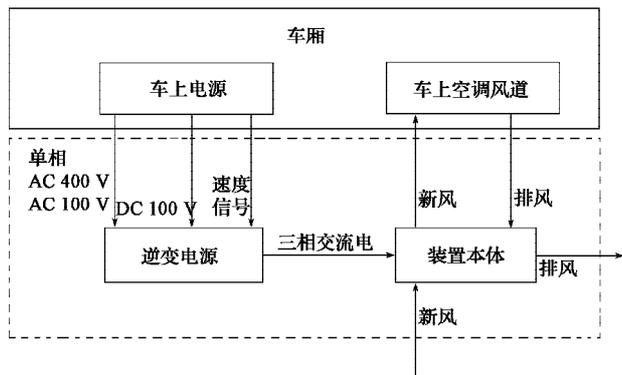


图1 装置构成及关联关系图

换气装置采用双向风机原理,由逆变电源控制的双出轴电机带动2台高压的高速离心风机进行动车组客室的进、排气。车外新风经过装置主体装有风量调节板的给风侧,被高压力送风风机吸入,送到空调机组中,客室内回风被高压排风风机吸入,进入装置主体内部风道,在冷却风机电动机后从调节板的出风口排出车外。正常运行时,它可以保证从室风排出的风量与补充的新风风量相当,从而保证客室内空气压力的恒定。

2 装置设计

350 km/h 高速动车组用换气装置设置高低2种转速,同时对应2种风量要求。装置安装于车体底部,需轻量化设计。装置主体关键部件主要有风机、电机、柜体、减振垫、吸音材料等;逆变电源关键部件主要有柜体、逆变模块、继电器单元、变压器等。

2.1 装置主体关键部件设计

2.1.1 风机

风机设计难点在于转速高、静压高、风量控制要求高。为提升风机性能,风机内、外流道采用流线设计,风机叶轮叶型采用效率较高的后弯形式,既可保证风机流量和压力要求,又具有较高的效率。叶片数量少,并采用整体精铸,减少了机加工及焊接的工作量,批量生产时具有更高的生产效率,同时叶轮的强度及可靠性也大大提高,叶轮长期工作转速更高。风机在设计时,风机罩偏后下方留有方形窗口,以方便对叶轮进行检查、清洗,叶轮积油、积灰后无需拆解叶轮,叶片数量较少,叶片之间距较大,通过方形窗口可有效去除叶轮上堆积的异物。工作时将盖板拧紧后通过橡胶垫及盖板密封。风机结构示意图如图2所示。

通过进行离心风机的气动设计和多次的改进及优化,并对优化后的单个风机叶轮进行了三维计算,如图3所示。

得出叶片大部分区域的表面极限流线分布合理,

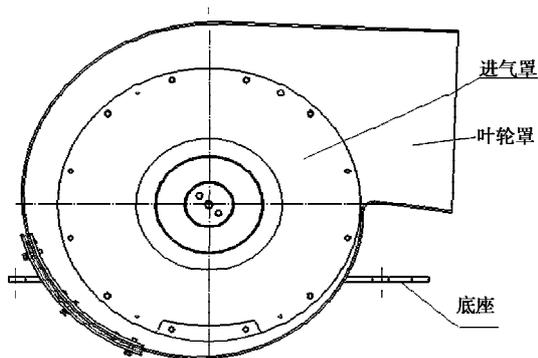


图2 风机结构示意图

二次流的影响也较小,速度矢量及攻角合理,在高频下具有较好的三维流场特性。计算结果表明,设计的风机均能达到350 km/h要求的性能指标,如图4、图5所示。

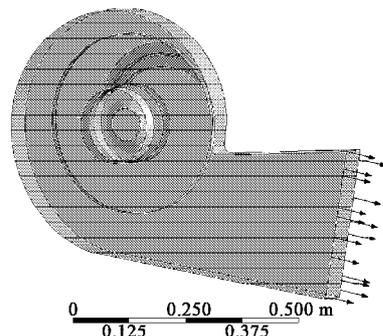


图3 风机实际计算模型

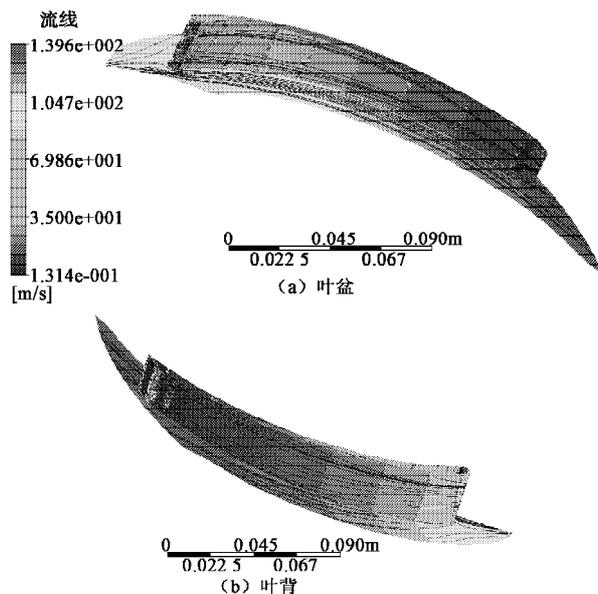


图4 风机叶片表面极限流线图

2.1.2 电机

电机设计对转速(最高转速超过6 000 r/min)、电机振动限值、噪声值、体积重量等要求很高。电机由定子、转子、端盖、轴承、接线盒等组成。定子包括嵌线定子及机座,机座由高强度铸造铝合金铸造加工而成。定子采用外压装结构,转子包括铸铝转子、转轴及去重盘等。铸铝转子热套转轴后,将两端去重盘热套转轴到位,通过在两端去重盘减重作转子动平衡处理,端盖采用铸铁件铸造加工而成,铸有加强筋以增强端盖的刚度。轴承采用密封轴承。接线盒采用铸件铸造,并通过螺钉固定在机座安装台上,定子三相引出线固定在接线盒的接线端子上,逆变电源的控制电缆通过

锁紧螺母后固定在接线端子上。

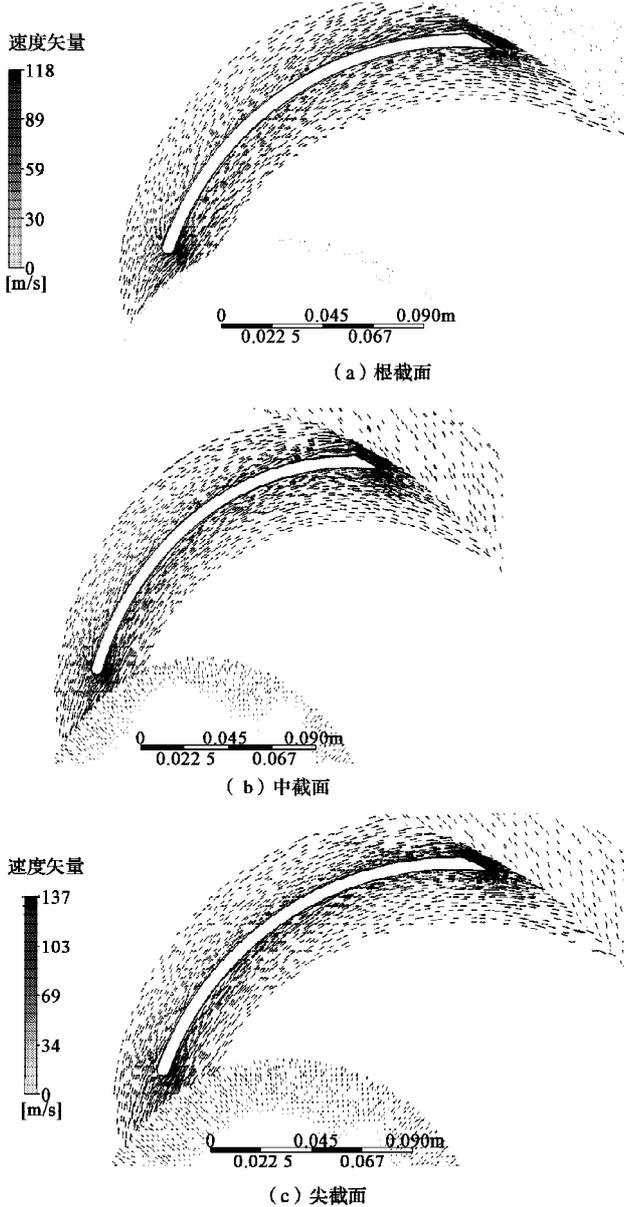
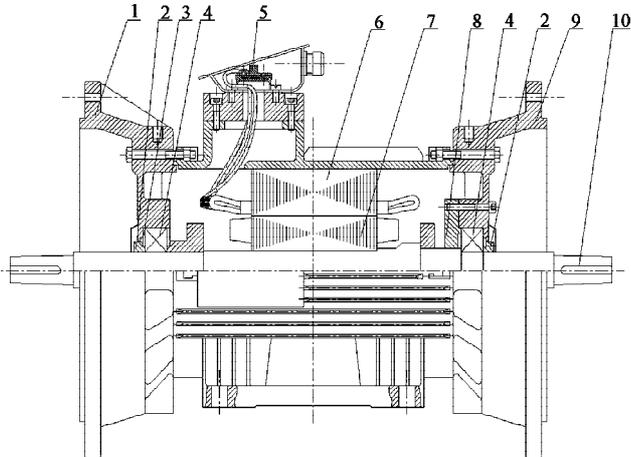


图 5 风机各截面高度速度矢量图



- 1 — 自由端端盖; 2 — 外油封; 3 — 波形弹垫; 4 — 轴承; 5 — 接线盒; 6 — 定子; 7 — 转子; 8 — 轴承内盖; 9 — 固定端端盖; 10 — 键

图 6 电机结构图

电机由定子、转子、轴承、端盖等几大部件组成。电

机结构图如图 6 所示。

2.1.3 柜体

柜体主要采用轻量化设计, 选用铝合金材料, 内部由风道构成, 风机安装在内部。柜体设计在重量、机械接口上基本保持与现有柜体一致。

柜体外部设有供与车体安装的安装梁; 废气进气口和其排气口经由内部风道连成一体, 和新风的进气和排气风道分别独立布置于柜体内部, 两风道气密性好, 不窜风。

与现有换气装置柜体相比, 此次柜体取消了 L 型盖板设计, 将废排口风道进行一体化设计, 便于安装的同时也提高了柜体的气密性。柜体两侧、顶部和底部均设有可拆卸门板, 方便组装和检修。柜体的所有安装座由原来的焊接方式改为了组焊方式, 减少了焊接变形, 柜体外观美观。

柜体外形如图 7 所示。

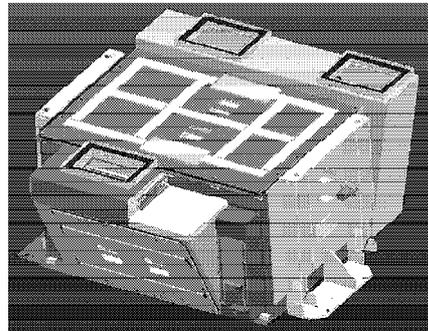


图 7 柜体外形图

2.2 减振垫和吸音材料

此次减振垫采用基于 200 km/h 国产化换气装置上用的减振垫进行了橡胶配方优化并通过了耐久性试验。

采用研发的新型吸音材料, 取消国外采用的多孔隙纤维技术。目前新减振垫和吸音材料通过与柜体结构、风机和电机的优化设计系统结合, 350 km/h 高速动车组换气装置在与 200 km/h 换气装置相比虽风量、风压技术要求增大了, 但振动加速度值和噪声值并没有增大。

2.3 逆变电源设计

逆变电源采用高集成轻量化设计。逆变电源关键部件主要有柜体、逆变模块、继电器单元、变压器、冷却风扇等。在冷却风的进气口处设过滤器, 在现有技术的基础上新增温度传感器, 并设有温度控制功能。可靠性高, 输入电压变化范围广, 输出稳定, 输入侧功率因数接近 1。柜体采用轻量化设计, 选用铝合金材料。

逆变电源设计基于 TGF41 型变流器基础进行研发, 在硬件上新增温度控制器, 在软件上进行控制程序版本升级处理, 将频率调为 350 km/h 换气装置适用频率。

2.4 减振降噪设计

换气装置安装在车体底部, 地板上方即是座位。换气装置内部有高速旋转部件, 而装置的振动噪声值将影响车内舒适度。针对既有线换气装置装车后振动

过大,造成换气装置正上方区域的车体铝合金地板异常振动,从而影响乘客舒适度的问题,目前主要采取以下3个措施来进行改进:

- ①采用新型减振垫;
- ②风机与柜体之间采用软连接方式;
- ③在满足风量风压的技术条件下选择系统合适的控制频率。

既有线换气装置的消声结构复杂,造成柜体生产难度大、劳动强度高、效率低而且降噪效果不明显,装车后噪声大。为此,取消多孔铝纤维板结构,在柜体内部贴装新吸音材料。

3 试制与试验验证

该型换气装置主体结构是目前公司200 km/h换气装置的结构有相似性,生产线及相关工艺相近,工装基本通用。高速动车组换气装置试制难点在于装置主体的柜体气密性要求高,铝合金焊接变形大,内部风道复杂,风机、电机铸造件、组装工艺难点多,高速工况下(最高转速超过6 000 r/min)装置主体柜体与车体接触的吊耳4个安装座位置振动加速度不大于0.15g,最大噪声要求规定范围1.5 m内噪声不得大于90 dB(A)。

试验验证方式采用关键部件先单独完成相关试验验证,再完成换气装置整机试验验证。

3.1 风机试制

风机试制过程中叶轮采用铸造成型工艺,芯轴作为叶轮铸造型芯模具一起铸造在叶轮内部,如图8所示;进气罩与叶轮罩之间采用橡胶垫密封防止气流外泄,加工时采用抽芯铆钉将进气罩与安装板铆接在一起。叶轮罩采用焊接方式将前后安装板与叶轮外罩焊接在一起。

通过风机试制,完成了左右叶轮精密铸造模具、底板冲压模具、进气口冲压模具、蜗壳焊接工装、装配工装、动平衡工装、试验设备的设计。

3.2 电机试制

定子采用外压装结构,机座加热后,采用工装将嵌线定子压入机座。机座采用铝合金铸造、加工而成。两端端盖均采用灰铸铁铸造、加工而成。铸铝转子热套转轴后,按转子加工图进行精加工。转子不平衡量在挡圈、平衡盘处采

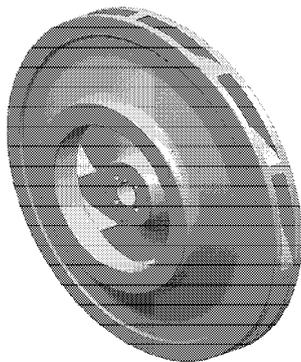


图8 离心叶轮组件

用去重法校正。

3.3 柜体焊缝质量保证与外观

按照EN15085焊接体系要求,选用型材,优化焊接结构、焊接工艺参数,细化作业指导书,提高焊接作业指导书的现场指导性;增加工装,降低产品加工过程中对操作技能和设备的依赖性,柜体采用顶部组装密封方式,降低加工难度。柜体的所有安装座为组装方式,减少了焊接变形,柜体外观美观。

3.4 风机、电机组装部件试验

完成风机和电机装配装入装置主体柜体内,需要对该组装部件进行性能试验及规定的其他型式试验,试验按图9所示进行。结果表明,组装部件风量、最大静压、功率可以达到规定要求。其他型式试验结果表明,风机及其电机设计能够在规定的各种条件下工作,满足要求。按照GB/T 1236—2000进行了风机风量、风压试验。试验表明,新试制的风机在2个电压输入频率下的气动特性曲线符合离心风机气动一般规律。静态试验设备如图10所示。

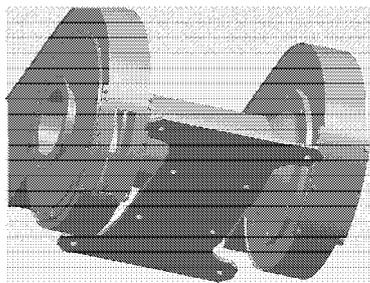


图9 风机装配图

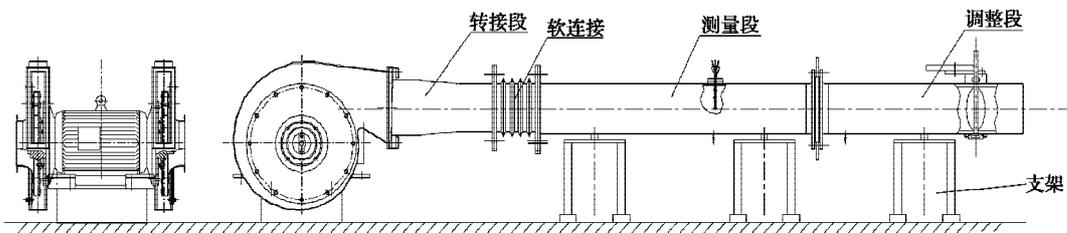


图10 静态试验设备简图

3.5 换气装置整机试验验证

3.5.1 试验项目

为验证换气装置是否满足350 km/h高速动车组技术要求,特委托第三方进行相关型式试验验证及模拟长寿命试验和冲击试验,试验项目有:换气装置性能测定,电压变动试验,气密试验,振动试验,噪音试验,绝缘电阻试验,耐电压试验,风机电机的线圈温度试验,形状和尺寸检查,外观及重量检查,特殊试验,外壳防护等级试验。试验结果表明,该换气装置完全满足设计要求。

3.5.2 试验结果

将型式试验报告主要数据整理对比后如表1所示,所有机械接口和电气接口一致、性能参数基本相同,

(下转第51页)

