

轨道交通车辆空调系统智能控制技术研究

曾凯传

中车广东轨道交通车辆有限公司 广东 江门 529100

摘要: 轨道交通车辆空调智能运维系统自动对空调系统的故障进行诊断和预测,从而,可提高整个售后服务团队的高效效率,降低公司的维保人力成本。分析结果可为轨道交通车辆空调系统的智能化研究与应用提供技术参考。

关键词: 轨道交通车辆;智能变频空调;大数据应用

Research on Intelligent Control Technology of Air Conditioning System of Rail Transit Vehicles

Zeng Kaichuan

CRRC Guangdong Rail Transit Vehicle Co., Ltd. Jiangmen, Guangdong Province, 529100

Abstract: The air-conditioning intelligent operation and maintenance system of rail transit vehicles automatically diagnoses and predicts the faults of the air-conditioning system, thereby improving the efficiency of the entire after-sales service team and reducing the company's maintenance labor costs. The analysis results can provide technical reference for the intelligent research and application of the air conditioning system of rail transit vehicles.

Key words: Rail transit vehicle; Intelligent inverter air conditioner; Big data application

引言

安全、快速、舒适、可靠是轨道交通车辆的基本要求。为了保障车辆安全可靠运营,地铁公司、车辆制造商及其子系统供应商在日常维保过程中投入了大量人力物力。空调作为轨道交通车辆旅客舒适性要求界面最重要的子系统,向来是地铁运营公司和乘客的普遍关注重点。如果空调系统失效将会严重影响旅客的乘车舒适性,特别是在地下隧道里运行的车辆,还有可能影响旅客生命安全。

1 空调系统结构及原理

动车组的每节车厢配置独立的空调系统。空调系统具备如下功能:供应新风与排放废气、采暖和制冷、气流的输送和分配、新风过滤或与回风混合后过滤、应急通风、调节和控制等。客室内设废排风道,废气通过废排单元排出车外。卫生间内的废气不得参与回风。采暖方式采用电加热装置。强制对流电加热装置设有可恢复和不可恢复两级超温保护。动车组每节车厢均设置应急通风功能。应急通风设备由车载蓄电池供电。应急通风量不得少于 $10\text{m}^3/(\text{P}\cdot\text{h})$,时间不小于45min。新风口应设在无污染气体区,新风或混合过滤网便于清洁。客室内回风口和废排风口的设置保证车内气流和温度分布的均匀性,不受客室门打开或关闭的影响。空调系统每车设置2台车顶单元式空调机组、一套风道系统,车下设置一台废排装置,车内设置一台空调控制柜,头车设置一台分体式司机室空调。空调系统制冷、制热时,由回风道吸

入车厢内空气,与新风混合,通过空调过滤器,与热交换器或电加热器进行热交换,形成冷、热风送入客室,用于调节客室内的空气温度、湿度、气流速度、空气清洁度,保证客室内舒适度^[1]。

2 轨道交通车辆空调系统智能控制技术

2.1 改善城市轨道交通系统内部空气质量

在以往,人们设计和使用空调系统的目的就是温度和湿度,对于空气质量问题只是在最近几年才逐渐引起人们的重视。随着人们对空气质量要求的提高,在城市轨道交通(地下环境)中的空气质量情况也逐渐被人们重视起来。我们需要一些先进的技术为旅客创造清洁、舒适的乘车环境,例如静电除尘、活性炭和HEPA过滤网技术等都是比较先进的空气净化技术,所以就需要工作人员和技术人员进行努力研究真正做到空调系统的完善。

2.2 变频控制空调机组设计

变频技术通过控制压缩机工作频率控制制冷量的输出,在提升车辆乘坐舒适性及增大定员等要求的同时,避免压缩机频繁启动,节约能耗。空调机组通过变频压缩机、机组内增加2台变频器,每台变频器各控制1台压缩机、电子膨胀阀实现客室内温度的精细化控制。空调变频部件布置如图1所示。在结构布局方面,将变频器等电子部件放于回风口,利用回风降温,保证电子部件散热良好,同时避免受雨水等外界因素影响。对空调机组内主要部件

压缩机等进行冗余设计。机组设有2个压缩机变频器,若1个变频器或1台压缩机发生故障,另一台压缩机将进入超频工作模式,以最大限度保持制冷能力(约70%);如空调控制器发生故障,机组可通过硬线控制实现手动全冷/半冷、全暖/半暖。变频压缩机设7级制冷,可实现制冷量的精确输出,能耗降低,实现节能^[2]。

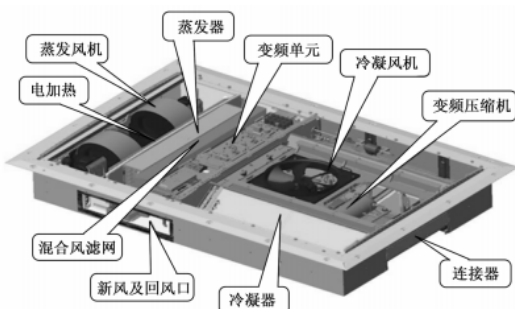


图1 空调变频部件布置

2.3 轨道交通车辆空调系统智能运维网络拓扑结构

轨道交通车辆空调系统智能运维网络拓扑结构,空调控制器采集车辆空调系统的实时状态数据和故障信息,通过公共移动通信网传入互联网,然后经防火墙进入空调生产厂家内部的局域网,并存入数据中心。数据中心服务器根据预定算法,对实时状态数据和故障信息进行分析判断,可将分析结果在PC客户端或监控屏上进行显示。同时也可将分析的结果通过互联网和公共移动通信网传到售后人员的手机或平板电脑,售后人员根据这些信息可及时掌握自己服务的车辆的状态信息和故障信息,并根据分析结果进行故障判断和处理。

2.4 客室内温湿度控制设计

为提高车内环境舒适度,本研究增加客室湿度传感器,控制客室内温湿度在适宜范围内。在压缩机启动时开启电加热,从而将客室内湿度控制在65%以下。空调制冷工作时,车厢内的温度和湿度超过设定值时,开启压缩机进行除湿;当客室内温度达到设定目标温度后,压缩机会停机,当车外湿度较大,将导致车厢内湿度超标。空调增加除湿功能后,空调控制器可根据客室内湿度传感器采集的湿度值自动与目标湿度值进行比较,当车厢内的湿度超过设定值(温度达到或低于设定值),则开启压缩机和电加热进行除湿模式运行,蒸发风机低速运转,使用电加热补偿客室内的热量,直至湿度达到设定值后退出除湿模式。进入除湿模式时,电加热器和压缩机同时工作,蒸发风机以低速运转。电加热器的投入工作是为了提升制冷运行档位,以便提高机组的除湿能力。蒸发风机低速运行是为了使循环风能降到更低温度,以便能析出更多的水分,提高机组的除湿能力。此时机组的部分制冷量用于平衡潜热,即使空气中水蒸气凝结成水后排出;部分用于平衡显热,显热包括车内降温需求和电热的制热量。在除湿模式下,为了保证整机能耗不超出车辆供给侧的允许范围,电加热器最高仅允许其中一组工作,此时每台

机组的2台压缩机最高将仅允许单台压缩机满载工作,或2台压缩机均运行在较低的频率下。空调机组除湿模式工作原理如图2所示。

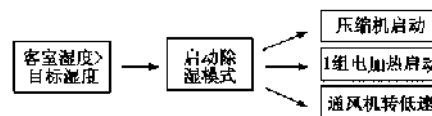


图2 空调机组除湿模式工作原理

2.5 顺序启动与压缩机的均衡工作

为避免启动电流对车载辅助电源的影响,全列车的空调系统将按照一定的时间间隔顺序启动每节车的空调机组。制冷模式时,单台机组启动顺序为:先启动机组内的通风机;延时后启动冷凝风机;再延时,工作时间较短的压缩机启动;然后其他压缩机依次启动。除湿模式时,先启动通风机,然后是冷凝风机,之后启动压缩机,最后启动加热器。各机组压缩机启动时,将按每车ACU的要求工况开始工作,ACU将对每台机组的4台压缩机的工作时间进行比较,每次先启动工作时间较短的压缩机,每次先卸载工作时间较长压缩机,以保证压缩机均衡工作。制冷模式停机时,先停工作时间较长压缩机,再停工作时间较短的压缩机,再停冷凝风机,最后通风机停止工作。除湿模式停机时,先停止加热器,之后压缩机停止工作,然后冷凝风机停机,最后停止通风机^[3]。

2.6 智能系统控制,以实现节能降耗

空调系统高能耗一方面是由于设备本身正常运行就要消耗较多的能量,另一方面也是由于不合理的设备控制导致能量的非正常消耗。为改善这一现象,一方面可通过节能降耗设备的研发,另一方面可以在设备控制方面下工夫,比如说根据载客量和当时的环境温度进行轨道车辆车厢内的温度和风量调节,从乘客感受出发而不是以单一的温度和湿度为目标。这种人性化、智能化的控制方案不仅能让车厢内乘客获得更好的乘坐体验,还能起到较好的节能降耗作用。

结束语

智能控制与诊断、大数据技术已成为未来轨道交通车辆变频空调应用的发展方向。这不仅将会把轨道交通车辆运行舒适性与稳定性带向新的高度,而且对轨道交通车辆设备的智能化发展推动也具有重要的意义。

参考文献

- [1] 刘长青. 京张高铁智能动车组关键技术研究与应用[J]. 中国铁路, 2019(9): 9-13.
- [2] 康伟, 崔军胜, 王绅宇. 轨道交通车辆空调系统智能控制与大数据应用[J]. 城市轨道交通研究, 2020(4): 134-136.
- [3] 吴永深, 李玉奎, 马英华. P H M技术在轨道车辆空调中的应用研究[J]. 技术与市场, 2020(10) 30-32.