

# 电动汽车自动空调系统分析

余学伟

(江淮汽车集团股份有限公司, 安徽 合肥 230601)

**摘要** 自动空调系统能够依据车内温度、外界环境温度和人工设定要求自动调节压缩机的启停、PTC(Positive Temperature Coefficient, 正的温度系数)功率、风机转速及各个风门开度,对车内温湿度、空气质量实行微调,使车内一直保持舒适环境;从自动空调系统组成、控制策略、标定以及标定后的舒适性几个因素对整车自动空调进行分析。

**关键词** 电动汽车 自动空调系统 电源 压缩机 冷凝器

中图分类号:U469.1

文献标识码:A

文章编号:1007-0745(2022)06-0022-03

空调系统是电动汽车不可或缺的关键零部件,以应用便携、降低续航消耗、提高车内人员舒适性为目的,诸多车型配置自动空调系统。自动空调系统的开发需要综合考虑应用舒适性、整车热管理性能等。诸多驾乘人员对自动空调的功能模糊,一般自定义空调模式,使得整车配置自动空调的意义得不到驾乘人员认可。因此,我们需要结合整车自动空调控制策略,对整车自动空调标定进行阐述,对舒适性主观评价进行验收,说明整车自动空调标定的重要性,旨在提高自动空调控制可靠性,提高车内舒适性,突出电动汽车空调亮点<sup>[1]</sup>。

## 1 整车空调系统

汽车空调能够按功能、驱动形式、结构形式、送风形式等进行分类,依照控制形式可分成手动机械式空调、电动空调(手动电控)和自动空调。手动机械式空调的控制器后置控制机构为机械式,旋转旋钮时机械传动结构将操作力矩传递到控制器摇臂上,拉丝在摇臂的带动下,带动空调主机风门运动;电动空调是空调控制器直接通过信号控制各风门电机驱动各风门结构运动;自动空调依据车内温度传感器、外界温度传感器、阳光传感器、湿度传感器的信息以及车速和设定温度的需求,软件自动计算整车乘员舱内空调实时需求状态,并自动驱动和执行相应动作。手动机械式空调和电动空调都是通过老式旋转按钮或者空调控制面板对风量、温度进行调节,控制形式虽不相同但都不能准确控温;自动空调通过传感器信号及软件算法PID(Proportion、Integral、Differential,比例、积分、微分)控制调节,人工手动参与度减少,自动化程度提高。

## 2 电动汽车自动空调系统的组成要素

### 2.1 电源

电源是电动汽车行走的动力,也是电动汽车空调系统运行的基础,电动汽车应用的是双电源。电动汽车大多都应用锂电池,锂电池组对于所有的汽车来说基本上都是一致的,主要是由诸多的串接电池所形成的电池组,而这样的直流电源能够良好地驱动一部30kW-70kW电动机。我们在这里应用3.7V 100个串联。容量为12000A.H锂电池组。另一个电源就是安装在车顶的太阳能,这主要是由太阳能控制器、太阳能电池组、蓄电池(组)组成。

### 2.2 压缩机

电动汽车的电池组由直流永磁电机驱动。目前,汽车空调压缩机的设计正朝着减轻重量、减小体积、降低噪声、提高振动稳定性的方向发展。电动压缩机因为选择应用电机内置的封闭结构,不需要轴封。这样能够良好地避免轴封与其他部件连接之处,密封所形成的制冷剂外泄,变容量调节性能非常好。现阶段电动汽车空调应用压缩机变容量调节形式。<sup>[2]</sup>

### 2.3 水冷一体化冷凝器

电动汽车自动空调当中的热交换器在结构上与传统汽车空调器相同,而影响电动汽车空调制冷效果的是热交换器。冷凝器的主要效用就是能够把压缩机排出高温,排出高压气体状态下的制冷剂R134a气体,并通过冷凝器向环境散热量,这样能够使高温高压气态凝结成高温高压液体。为了能够良好地提高电动汽车的行驶距离,有必要将电量的消耗降至最低,我们设计的水冷一体化冷凝器就是为了更好地降低电能的消耗。

## 2.4 储液干燥过滤器、蒸发器、膨胀阀

储液干燥过滤器的主要效用就是储存液态制冷剂。干燥制冷系统的水分以及过滤杂质。我们应用的上面装三位开关和观察窗。

膨胀阀的作用就是节流降压,在这里我们用 ECU 来控制膨胀阀的开度,使其更准确地控制流量和压力。

## 2.5 传感器

车内温度传感器、车外温度传感器:检测车厢内、外的温度,一般用负温度系数热敏电阻构成。

日照传感器:检测太阳的强度,主要元件是发光二极管。

冷凝器温度传感器、蒸发器表面温度传感器:检测冷凝器和蒸发器的温度。

制冷剂流量传感器:检测制冷剂的流量大小,把信号传递给 BCU。

## 2.6 控制器

控制器的保护功能是指在电机闭锁的情况下,控制器必须能够阻挡电流。控制器抗过电压能力是指控制器的欠压自保性能,当控制器的电源电压降到负电压值时,电机逐渐减慢直到停止运转为止。控制器过流保护功能是指当电机电流达到限流值时,控制器应能自动限流。帮助功能是指在电动汽车上安装助力发生器,使其在人踩脚踏板时,能够依据人踩脚踏板的力度,从而使控制器能够自动调整电机的转速,让电动汽车更省电,反充电可显示相应状态的指示灯,加速时,ECU 让控制器切断压缩机电源电路<sup>[3]</sup>。

## 3 自动空调控制策略

自动空调的核心是 CLM (Climate Module, 自动空调控制模块),通过其实现所有空调请求的功能处理和自动空调算法。自动空调具有电池热管理功能,支持大屏互控,支持远程空调,并带有网络管理、故障诊断、VCU (Vehicle Control Unit, 整车控制器)刷新功能。带有电池冷却器(chiller)双蒸系统的电动汽车自动空调系统。(1) CLM 与蒸发器温度传感器、车内温度传感器、外界温度传感器、阳光传感器、压力开关等通过硬线传输信号,依据输入信号,对各风门电机和鼓风机等执行部件及时调整。CLM 依据 VCU 发送的 chiller 阀开度调节需求,通过硬线信号调节其开度,与电池包实行热交换。(2) BMS (Battery Management System, 电池管理系统)依据进出水口温度和电池包实际温度,以及 CLM 通过 CAN (Controller Area Network, 控制器局域网)发送的进水口阀开度调节需求,由 CLM 对电池包进口水阀开度进行调节,并反馈信息状态。(3)

CLM 和 VCU 通过 CAN 通信,驱动压缩机、PTC (Positive Temperature Coefficient, 正的温度系数)和水泵工作,同时 VCU 需要了解 CLM 的故障状态、电池包进水口阀实际开度及状态、chiller 阀开度调节状态等。

## 4 自动空调标定

### 4.1 标定概述

整车热管理标定主要是为了电池散热和采暖、电机散热、空调采暖和降温;空调标定属于其中一环,主流的自动空调标定算法分成两种:能量守恒算法、差值算法。

自动空调标定是指乘员舱内乘员操作大屏或面板上的 AUTO 模式按键进行设定,CLM 接受命令,这样能够使空调系统自动实行运转,同时还应依据各种传感器输入因素上的信号,对其各个风门电机以及鼓风机等部件进行及时的调整,这样能够让电动汽车内的空气保持在舒适的状态。

标定试验分为环境模拟风洞试验、春秋季节路试、夏季路试和冬季路试 4 种,在环境模拟试验室(环境温度范围 -20℃ 到 40℃)实行基础试验标定,标定参数用于目标出风口温度、鼓风机、压缩机、PTC、冷暖混合风门的标定;路试标定是验证真实环境和路况下空调标定结果。车型开发周期长的车企选择在实际道路上实行四季路试标定;开发周期短的车企选择的环境试验室内标定,不仅增加了试验费用,而且效果较实际路试差<sup>[4]</sup>。

### 4.2 标定准备

(1) 车辆状态确认:在标定之前对车辆状态进行确认,确保整车车况良好,通过了磨合期测试,空调系统部件安装到位且功能达标,整车气密性满足要求。

(2) 整车空调状态:确认整车开发前,供应商实行台架试验时,确保混合风门线性度、吹面吹脚除霜风口风量分配能够符合设计目标值;之后进行空调采暖、降温最大性能验收,确保满足车型目标值,整车空调系统状态完好。(3) 布点确认:在标定试验前确认整车布置热电偶传感器测量点,依照布点方法布置,将温度传感器连接到数据采集设备上,为标定试验做准备。

### 4.3 标定试验

通过数据采集仪对车内各点温度进行实时监控记录,空调系统内部数据应用 CANoe 工具和对应软件进行采集,部分关键数据可通过此工具实时修改,对标整车自带传感器温度,查看车内头部、脚部舒适温度情况,达到标定的目的。

当环境外温为 35℃ 时,空温度/压缩机转速调汽车

预设温度为 25℃, 头部目标预设温度为 25.5℃, 此时 DTI (Difference Temperature In the 外温温度为 23.5℃ car, 车内温差为内温温度减去头部点目标温度) 为 9.5℃, 为尽可能使车内头部点温度舒适稳定, 即 DTI 接近 0, 依据 PID 算法公式连续对风量、压缩机。转速实行调整, 来抑制或增强真实头部温度达到目标头部温度的差值大小。压缩机转速范围一般为 0~6000 r/min, 压缩机转速与蒸发器温度、目标出风温度之间存在函数关系, 同时当外温为 35℃时, 空调 AUTO 模式开启, 压缩机转速会迅速达到最高点, 然后 DTI 在接近稳定时, 输温度 / 风量电压入蒸发器目标温度和蒸发器传感器温度, 动态调整并输出压缩机转速直至稳定。

鼓风机电压范围一般是 0~14 V, 在空调自动控制状态下, 风量依据阳光、外温补偿之后的电压值自动调节, 呈线性变化, 不允许出现忽大忽小的突变, 当计算出的电压超出范围值, 则默认为最大值或最小值。同时, 当外温为 35℃时, 空调 AUTO 模式开启, 风量电压会迅速达到最高点, 然后 DTI 在接近稳定时, 风量会线性降低直至稳定。

以上在标定软件中连续对风量、压缩机转速实行调整, 系统稳定后, 车内测试人员会感觉舒适, 无偏热或者偏冷的感觉, 也无忽冷忽热的感觉, 且能够长时间保持舒适, 标定完成。

#### 4.4 标定验收

自动空调标定结束之后直接在环境模拟试验室进行标定验收, 应用室内高、低温舒适性主观评价形式。

(1) 主观评价规则: 在高温舒适性主观评价试验中, 当评分为 -0.5~0.5 时, 属于舒适性区间; 当评分为 0.5~1 时, 舒适性可接受; 当评分为 1~3 时, 不可接受。在低温舒适性主观评价试验中, 当评分为 -0.5~0.5 时, 属于舒适性区间; 当评分为 -1~-0.5 时, 低温舒适性可接受, 稍冷; 当评分为 -3~-1 时, 低温舒适性不可接受, 很冷。(2) 高温舒适性主观评价试验分析: 高温舒适性主观评价试验曲线中能够看出, 在 40℃环境下, 试验开始前 15 min 属于快速降温阶段, 评价人员打分从 3 分较快下降到 1 分; 当试验实行至第 25 min 时, 前排主副驾、后排人员打分在 -0.5~0.5 舒适区内; 第 25~85 min 一直维持这一舒适性; 从第 85 min 关闭空调, 并保温 5 min, 评价人员打分升至 3 分, 说明车内温度明显上升, 舒适性不能维持, 试验结束。(3) 低温舒适性主观评价试验分析: 从低温舒适性主观评价试验曲线中能够看出, 在零下 18℃环境下, 试验开始前 15 min 属于快速升温阶段, 评价人员打分从 3 分较快升

至 1 分; 当试验实行至第 15 min 时, 前排主、副驾打分均在舒适区内, 后排人员整体感觉微冷; 第 15~35 min 整体评价舒适; 从第 35 min 关闭空调, 并保温 10 min, 评价人员打分降至 1 分, 说明车内温度有所降低, 舒适性不能维持, 试验结束。

在整个高、低温舒适性主观评价试验中, 正驾、副驾和后排整体感受的一致性较高, 自动空调在应用中能够快速降温、升温且维持性较好, 使车内评价人员获得舒适环境。但当空调关闭后, 整车环境舒适性变差, 无法满足需求, 后续能够考虑增加空调关闭后环境调节功能<sup>[5]</sup>。

#### 4.5 改进方向

自动空调的标定策略、标定时和标定验收仍存在不足, 可从以下方面改进。室内与室外相结合, 提高标定可靠度; 整车在实际行驶时, 环境、温度、湿度复杂多变, 车型研发时, 为缩短周期, 常在空调标定时应用风洞模拟实际道路环境, 大大降低了标定的可靠度。可将环境舱内的极限环境与冬夏季道路试验相结合, 采集每年 7~9 月在海南和新疆吐鲁番的夏季空调路试数据, 以及每年 12 月至次年 1 月在黑龙江省黑河的冬季空调路试数据, 以便在较长的测试周期内发现问题、解决问题, 提高自动空调运行可靠性和应用舒适性。

#### 5 总结

综上所述, 随着我国电动汽车行业以及在技术因素上的不断进步, 在电动汽车其匹配上自动空调系统是现阶段发展的主要方向, 对其进行综合而系统式的良好分析也就成为必要。本文主要对电动汽车自动空调系统在电动汽车上的相关运用进行了有效的分析, 旨在为相关专业人士提供参考。

#### 参考文献:

- [1] 孙浩. 纯电动汽车太阳能辅助空调自动控制系统的研究 [D]. 江西: 南昌大学, 2012.
- [2] 刘洪美. 电动汽车太阳能空调系统的设计与研究 [D]. 河北: 河北工业大学, 2014.
- [3] 汪琳琳, 焦鹏飞, 王伟, 等. R1234yf 在新能源电动车热泵空调系统的安全应用研究 [J]. 汽车实用技术, 2021, 46(14):1-3,19.
- [4] 孙浩, 黄菊花. 纯电动汽车太阳能辅助空调控制系统的硬件设计 [J]. 微计算机信息, 2012(06):18,37-38.
- [5] 韩少剑. 基于 ADVISOR 混合动力电动汽车自动空调控制算法优化 [D]. 山西: 中北大学, 2014.