

电动汽车空调的发展现状及解决方案

北京工业大学 司宗根

[摘要]为了保证电动汽车的舒适性,本文通过研究纯电动空调的特点、发展趋势并通过对热电制冷、余热制冷、电动压缩制冷进行比较,来选择适合纯电动空调采用的节能高效的空调系统。

[关键词]电动汽车 空调系统 发展现状

前言

在各种季节、天气及其它行驶条件下,人们总希望车厢内保持舒适的状态。汽车空调的功能就是把车厢内的温度、湿度、空气清洁度及空气流动性保持在使人感觉舒适的状态。对于新一代的纯电动环保型汽车,也应给驾乘人员提供舒适的驾驶和乘坐环境。作为未来主要的潜在车型,在其上匹配空调系统是完全必要的,并且拥有一套节能高效的空调系统对开拓市场也是至关重要的。

1. 电动汽车空调的特点

电动汽车空调特点与室内空调装置相比,电动汽车空调装置主要有以下特点^[1-2] (1)汽车空调系统安装在运动的车辆上,要承受剧烈而频繁的振动与冲击,要求电动汽车空调装置结构中的各个零部件都应具有足够的强度、气密性能。(2)电动汽车内乘员所占空间比大,产生的热量多,热负荷大,要求空调具有快速制冷和低速运行能力。(3)电动汽车车身隔热层薄,而且门窗多,玻璃面积大,隔热性能差,致使空调冷气热漏损严重。(4)车内高低不平且有座椅,气流分配组织困难,难以做到气流分布均匀。(5)电动汽车有足够的电能可以驱动电动空调压缩机工作,但蓄电池提供的直流电是电动汽车唯一的动力源,没有发动机余热可以用于车内采暖。电动汽车无法使用现有的燃油汽车空调系统。(6)电动汽车空调使用的就是直流电气系统,可靠性高,维护方便。结构紧凑无噪声及容易实现能量的连续调节。此外,开门的次数以及在行车中受车速、光照、怠速等因素的影响,空调湿热负荷极大。压缩机乃至整个空调系统都要适应这种多因素的变化以确保车室环境的舒适性要求。从而使空调系统变工况运行变得较为复杂和难以控制。

2. 国内外汽车空调发展现状

汽车空调的发展现状 20 世纪 30 年代美国的公共汽车装上了应用制冷技术的冷气装置。直到 20 世纪 60 年代,应用制冷技术的汽车空调才开始逐步普及起来。以后,人们对汽车空调的兴趣逐年增加,汽车空调技术日趋完善,功能也越来越全面。它的发展大体上可以分为以下几个阶段^[3-4] (1)单一供暖空调装置阶段:始于 1927 年,由于地域性特点,目前在寒冷的北欧、亚洲北部地区,汽车空调仍使用单一供暖系统。(2)单一供冷空调装置阶段:始于 1939 年,美国帕克汽车公司率先在轿车上装用机械制冷降温空调器。目前单一降温的汽车空调仍在热带、亚热带部分地区应用。(3)冷暖型汽车空调器阶段:始于 1954 年,美国汽车公司(AMC)首先在轿车上安装了冷暖型一体空调器,汽车空调才真正具备了调温、除湿、通风、过滤、除霜等对空气的调节功能。该方式目前仍然大量地用在中低挡车上,它也是目前使用量最大的一种方式。(4)自控汽车空调装置阶段:由于冷暖型汽车空调需依靠人工调节,这既增加了驾驶员的工作量,分散了驾驶员注意力,降低了行车安全,同时对车内温度的控制效果也不理想。1964 年通用汽车公司率先在轿车上应用自控汽车空调。自控空调只需预先设定出风口温度,它便能自动地在设定的温度范围内运行。传感器随时检测车内温度,控制系统自动调节各部件工作位置,达到控制车内温度和完成其它功能的目的。目前,大部分中高级轿车、高级大汽车都装配自控空调。(5)微机控制汽车空调阶段:自 1977 年美国通用汽车公司、日本五十铃汽车公司同时将自行研制的微机控制汽车空调系统装在各自生产的轿车上,即预示着汽车空调技术已发展到一个新阶段。微机控制的汽车空调具有数字化显示、冷、暖、通风调控三位一体和车内多点温度控制等特点。通过微机控制可以实现空调运行与汽车运行的协调工作,极大地提高了制冷效果,节约了燃料,从而提高了汽车的整体性能和舒适程度。目前微机控制空调在高档轿车上得到广泛的应用。上世纪 90 年代以前我国的汽车产品主要以载货汽车为主,长期以来汽车空调技术研究一直处于空白状态。从 20 世纪 60 年代开始,我国的汽车空调发展经历了以下三个发展阶段^[5]。第一阶段是从 60 年代初到 70 年代末,主要是利用汽车发动机排出的废气或冷却循环水产生得热量来供给车室内采暖用。第二阶段是 80 年代初至 1990 年。80 年代初期,我国从日本购进制冷降温用的汽车空调系统装配在红旗、上海等小轿车和豪华大汽车上。80 年代中后期,我国第一汽车制造厂以及上海、北京、湖南、广州、佛山等分别从日

本、德国引进先进的空调生产线和空调技术,生产国产大中型汽车、轻型车及轿车的空调系统。第三阶段是从 90 年代开始到目前。国内已形成生产规模的汽车空调生产企业,分别从国外引进了国际最先进的平行流式冷凝器和层叠式蒸发器的生产技术和生产线,同时按《蒙特利尔议定书》和《中国消耗臭氧层物质逐步淘汰国家方案》的要求,开始研究开发汽车空调制冷装置工质由氟利昂 R12 向 R134a 的转换。至此,我国汽车空调技术缩小了与世界领先水平的差距。但是比较而言,国内的轿车空调控制比较简单,没能达到车室内舒适性的要求。

3. 解决方案的确定

3.1 热电制冷空调系统

该项技术具有很多适合电动汽车使用的特点,并且与传统机械压缩式空调系统相比,热电空调调节具有以下特点:热电元件工作需要直流电源;改变电流方向即可产生制冷、制热的逆效果;热电制冷片热惰性非常小,制冷时间很短,在热端散热良好冷端空载的情况下,通电不到一分钟,制冷片就能达到最大温差;调节组件工作电流的大小即可调节制冷速度和温度,温度控制精度可达 0.001℃,并且容易实现能量的连续调节;在正确设计和应用条件下,其制冷效率可达 90%以上,而制热效率远大于 1;体积小、重量轻、结构紧凑,有利于减小电动汽车的整备质量;可靠性高、寿命长并且维护方便;没有转动部件,因此无振动、无摩擦、无噪声且耐冲击。

国内马国远等人曾为电动汽车设计了太阳能辅助热电空调系统^[6],该系统采用热电制冷系统进行降温,利用高效 PTC 加热元件进行采暖和对挡风玻璃进行除雾/霜。对于其中的热电制冷系统,冷却器及散热器均由若干组热电堆组成,原理及结构示意图参见图 1。

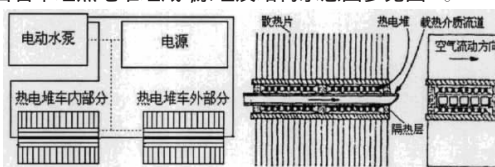


图 1 电动汽车热电式制冷系统示意图

对于采用热电制冷的空调系统来说,热电材料的优值系数越高,热电制冷效果越好。但是,目前热电制冷的效率只有机械压缩式的 50%左右,在热电制冷材料的优值系数没有突破之前,热电制冷只能在小体积和微型化上比传统的机械压缩式制冷优越。

3.2 余热制冷空调系统

目前利用余热的空调制冷技术主要有氢化物制冷空调、固体吸附式制冷空调以及吸收式制冷空调,其工作原理、特点、系统组成不尽相同。氢化物空调是指利用金属氢化物作为工质,通过在不同温度下金属氢化物释放或吸收氢气的特点而实现制冷。固体吸附式制冷是利用某些固体物质在一定温度、压力下能吸附于某种气体或水蒸气,在另一种温度、压力下又能把他释放出来的特性,通过吸附与解吸过程导致压力变化,从而起到压缩机的作用。吸收式制冷也是以热能为动力,利用由两种沸点不同的物质组成溶液具有的气液不平衡特性来完成制冷循环。溴化锂和氨水吸收式制冷是最常见的吸收式制冷。对于燃料电池电动汽车来说,用燃料化学能转化成的电能作为动力,但是燃料电池的化学能转化效率只有 50%左右,其余的能量都转化为余热白白排放掉,导致燃料电池汽车能耗非常大。而汽车空调系统需要消耗能源,若能利用燃料电池的余热制冷,一举两得,将大大提高燃料电池的能源利用率,为燃料电池汽车的发展和提供应用提供技术上的支持。同济大学的贺启滨等,对利用燃料电池汽车废热的吸收式制冷空调系统可行性进行了研究。他们设计的系统流程如图 2 所示,燃料电池热管理系统的主换热器直接通入吸收式制冷的发生器中,避免了二次换热的能量损失;同时换热器上部接一个带有变频水泵的旁通支路,当燃料电池的热量多于吸收式制冷所需的热量时,通过旁通支路从辅助换热器排出,从而确保燃料电池在允许温度范围内工作;为简化设备,吸收式制冷的冷凝器、吸收器和燃料电池的辅助换热器共用一套冷却系统通至车外的风冷式吸

热器中。

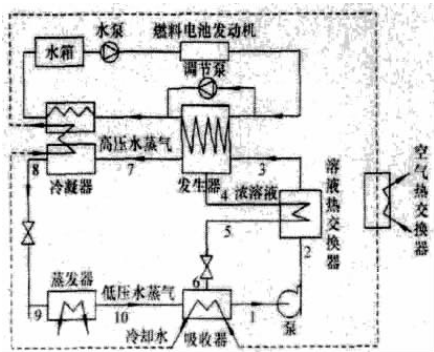


图2 燃料电池电动汽车吸收式制冷空调系统

3.3 电动压缩机制冷空调系统

该系统的基本原理为，电池组的直流电经逆变器为空调压缩机驱动电机供电，空调电机带动压缩机旋转，从而形成制冷循环，产生制冷效果。电动压缩机制冷空调系统相对于传统汽车空调系统的改变量最小，在结构上只是压缩机驱动动力源由发动机变为驱动电机，对于传统汽车空调与电动汽车空调系统结构上的不同参见图3。

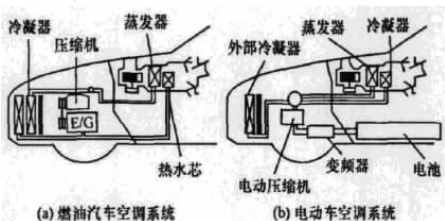


图3 传统汽车与电动汽车空调系统比较

3.4 系统方案的确定

电动汽车空调系统的解决方案的确定，应该是一个系统的工程，主要有以下几个因素决定。

- 1) 空调系统的制冷能力。
- 2) 空调系统的控制模式的节能性能。
- 3) 空调系统的技术成熟度以及复杂性。

(上接第133页) 学过程的设计者，还是学生学习成果的评价参与者。在网络教学中教师的角色转变的过程中，教师注意不仅要调动学生的学习热情，对学习网络环境尽心组织管理和维护，还要为网络交流创建一个友好和积极活跃的群体氛围，这就要求教师不仅要充当教学角色，还要充当管理角色、社会角色、技术指导角色、讨论话题的发起者和积极响应者的角色，这样该实验课程的网络教学才能更好地体现它的优越性。

参考文献

[1] 薛毅. 数值分析与实验[M]. 北京: 北京工业大学出版社, 2005. 3.
 [2] 傅凯新, 黄云清, 舒适. 数值计算方法[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2002. 6.

(上接第134页) 中, E是AB的中点

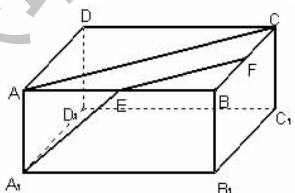


图4

- a. 直线 A_1E 与平面 BB_1C_1C 的位置关系是 _____;
- b. 直线 AC 与平面 $A_1B_1C_1D_1$ 的位置关系是 _____;
- c. 若点 F 是 BC 的中点, 则直线 EF 与平面 $A_1B_1C_1D_1$ 的位置关系是 _____;

(2) 探究: 如图5, 在五面体 $ABCDEF$ 中, 点 O 是矩形 $ABCD$ 的对角线的交点, 面 CDE 是等边三角形, 棱 $EF \parallel BC$ 且 $EF = \frac{1}{2}BC$.

证明 $FO \parallel$ 平面 CDE .

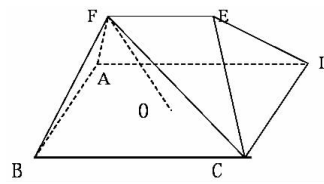


图5

4) 空调系统的通用性。

对于以上四点, 在以上三种解决方案中:

对于热电制冷空调系统, 目前存在着热电材料的优值系数较低, 制冷性能不够理想, 并且热电堆产量受到构成热电元件的蹄元素产量的限制。对于余热制冷空调系统来说, 体积大, 系统复杂, 对燃料电池汽车整车以及电池管理系统要求较高, 需定期除垢。并且其仅仅匹配在余热热源比较稳定的燃料电池电动汽车上才具有可行性, 不具有解决电动汽车空调系统问题的通用性。总之, 热电制冷空调系统该方案以及余热制冷空调系统的制冷性能、节能性以及技术成熟度均不如电动压缩机制冷空调系统。

这使得电动汽车空调系统更倾向于选用由电动压缩机制冷空调系统进行制冷的解决方案。该方案对于不同类型电动汽车通用性较好, 并且对整车结构改变较小, 制冷工况的实现通过采用电动压缩机取代机械式压缩机即可。故最终确定电动汽车制冷空调系统解决方案采用电动压缩机制冷空调系统。

结论

经过以上介绍和探讨, 可以总结出电动空调系统相对于其他空调系统具有很多优点, 但是在纯电动汽车上匹配时需要注意对整车性能的影响, 特别是续航里程和最高车速, 不能厚此薄彼, 要综合考虑, 系统各部件的选用要以节能为中心。电动汽车上的空调系统目前主要采用的是电动压缩机制冷空调系统, 但是其它形式的空调系统也有很大的发展空间。

参考文献

[1] 罗南春. 汽车空调的特点及新动向[J]. 重型汽车, 1998年第01期.
 [2] 刘代富. 汽车空调的设计特点——兼论汽车空调使用[J]. 低温与超导, 1996年第02期.
 [3] 夏云锋, 袁银男等. 汽车空调[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2002年9月.
 [4] 刘秀秀. 国外汽车空调技术发展现状[J]. 汽车与配件, 2005年第27期.
 [5] 马国远, 史保新, 吴立志, 陈观生. 太阳能辅助电动汽车热泵空调系统的研究. 太阳能学报, 2001, 22(2), 176-180.
 [6] 曹中义. 电动汽车电动空调系统分析研究[学位论文]. 武汉: 武汉理工大学, 2008.
 [7] 李庆扬, 王能超, 易大义. 数值分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003. 6.
 [8] 白峰杉. 数值计算引论. 高等教育出版社, 北京, 2004.
 [9] 郑成义. 计算方法. 华南理工大学出版社, 广州, 2002.
 [10] 张韵华, 陈效群. 数值计算方法课程改革初步[J]. 大学数学, 2003, (3).
 [11] 谢治州. “数值分析”实验教学的实践与探索[J]. 实验室研究与探索, 2010, 29(5): 133-136.
 [12] 靳绍礼, 宋玉成. 关于数值分析教学中上机实验环节的探讨[J]. 科技信息, 2010(30): 536-537.
 [13] 郭石磊, 董新安. 数值计算方法课程网络教学改革探讨[J]. 科技信息, 2010(26): 139.

【设计意图】巩固深化定理的运用。

(四) 总结

1. 直线和平面平行的判定定理: 平面外的一条直线与平面内的一条直线平行, 则该直线与此平面平行。

简单概述 (内外) 线线平行 \Rightarrow 线面平行。

符号表示: 若 $a \not\subset \alpha, b \subset \alpha$ 且 $a \parallel b$, 则 $a \parallel \alpha$ 。

2. 定理运用的关键是找或作面内的线与面外的线平行。途径有取中点, 利用平行四边形或三角形中位线性质。

(五) 布置作业

见课本 62 页, 3 题。