

文章编号: 1671-6612 (2020) 04-473-04

# 基于混合动力的节能环保客车空调系统的研究

杜芳莉 沈关炳 翁磊超 廖世宝 贾旗

(西安航空学院能源与建筑学院 西安 710077)

**【摘要】** 在客车中, 营造一个清新、健康、舒适的车内环境是保证旅途者心情愉悦及身体健康的基本任务, 研究的节能环保客车空调系统充分利用客车发动机产生的余热和太阳能辐射热作为混合动力为吸附式制冷提供热源, 克服了传统汽车空调耗能大的问题, 同时还采用全新风系统有效改善客车空间内的空气品质, 使客车内空气更加清新, 从而提高旅客的舒适度。该系统高效节能, 绿色环保。

**【关键词】** 发动机余热; 太阳能辐射热; 吸附式制冷; 热量收集系统; 全新风  
中图分类号 G710 文献标识码 A

## Research on Air Conditioning System of Energy-saving and Environmental-friendly Passenger Cars Based on Hybrid Power

Du Fangli Shen Guanbing Wong Leichao Liao Shibao Jia Qi

(Department of Energy and Architecture, Xi'an Aeronautical University, Xi'an, 710077)

**【Abstract】** In the bus, Creating a fresh, healthy and comfortable interior environment is the basic task to ensure the mood and health of travelers. in this paper, The energy-saving and environmental-friendly bus air conditioning system studied makes full use of the waste heat and solar radiation heat generated by the bus engine as the hybrid power to provide the heat source for adsorption refrigeration. It overcomes the problem of high energy consumption of conventional automobile air conditioning, At the same time, the all-fresh air system is also used to effectively improve the air quality in the bus space. And makes the air in the bus fresher, So as to improve the comfort of passengers. The air conditioning system is efficient, energy-saving and green.

**【Keywords】** Engine waste heat; Solar radiation heat; Adsorption refrigeration; Heat collection system; New wind system

基金项目: 省级大学生创新创业训练计划项目 (S201911736007); 西安航空学院校级科研基金 (2019KY1223)

作者 (通讯作者) 简介: 杜芳莉 (1975.5-), 女, 硕士研究生, 副教授, E-mail: 972339919@qq.com

收稿日期: 2019-09-19

## 0 引言

随着生活水平的提高, 人们的健康意识越来越强。在乘坐长途客车时, 能否拥有一个清新、健康、舒适的车内环境是保证旅途者心情愉悦及身体健康的基本任务。传统汽车空调利用发动机消耗燃料驱动空调压缩机, 造成能源浪费<sup>[1]</sup>, 另外, 为了最大限度地节约能源, 传统汽车空调采用全回风或少量引入新风, 与此同时汽车在运行中还会不断产生

有害气体, 从而使车内空气形成恶性循环, 导致车内空气品质下降, 危害人们身体健康<sup>[2]</sup>。目前, 随着经济的快速发展, 能源资源日益短缺, 环境问题越来越受到人们的关注。为此提出一种节能环保的混合动力客车空调系统, 本装置巧妙利用发动机的低品位热能及绿色环保的太阳能联合为吸附式制冷装置提供热源<sup>[3]</sup>, 并采用环保型制冷剂, 吻合了当前能源、环境协调发展的总趋势, 同时该空调系

统采用全新风极大改善车内空气品质，满足人们旅途健康生活的需求。

### 1 设计原理

基于混合动力的长途客车空调系统是一种能保障人们旅途乘车健康性、舒适性的节能型绿色环保空调系统，它利用吸附式制冷技术取代目前客车空调的蒸汽压缩式制冷技术，并将客车发动机产生的废热和太阳能有机结合作为空调系统的混合动力源，具有环保、安全、卫生、经济的特点。另外，该系统中的全新风系统设计与孔板送风方式可最大限度保证乘客的健康与舒适。

本系统主要由吸附式制冷系统、全新风空调系统、发动机余热收集系统和太阳能辐射热收集系统组成，其工作原理如图 1 所示。其具体工作过程为：客车在运行时利用发动机废热收集系统回收发动机在运转时所产生的大量余热，同时辅助利用太阳能辐射热收集系统回收太阳能辐射热，将两者有机结合共同为吸附式制冷系统提供热源以制取冷量，然后将吸附式制冷系统制取的冷量用于全新风空调系统中，将来自客车外的新风进行降温除湿后送入客车内。本系统利用混合动力客车发动机产生的余热和太阳能辐射热为吸附式制冷提供热源，解决了混合动力客车空调耗能大的问题；混合动力客车外的新鲜空气进入全新风空调系统进行降温除湿后，输送到客车空间内可有效改善客车内的空气品质，解决了原有客车空调系统无新风进入的缺点。该系统在实现现有客车空调功能的同时具有绿色环保特性，将客车发动机余热和太阳辐射热再利用使得客车空调系统更加节能，全新风的引入使客车内空气更加清新，从而提高旅行的舒适度。

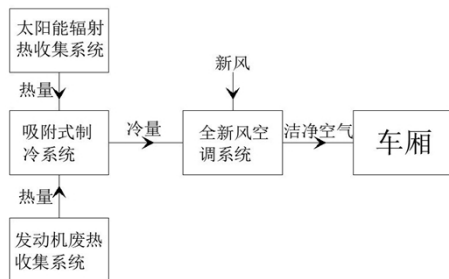


图 1 基于吸附式制冷的客车空调系统设计原理图

Fig.1 Design schematic diagram of bus air conditioning system based on adsorption refrigeration

### 2 吸附式制冷

20 世纪 70 年代中期以来，吸附式制冷受到人们的重视，对其技术的研究也不断深化。与蒸汽压缩式制冷系统相比，吸附式制冷具有显著优点，主要表现为：结构简单、一次性投资少、运行费用低、使用寿命长、无噪音、无环境污染、能有效利用低品位热源等一系列优点。考虑到传统的汽车空调制取冷量需消耗大量的能源，本系统巧妙地对长途客车发动机的余热和太阳能热量进行回收来驱动汽车空调制冷系统，从而达到节能减排的目的。

#### 2.1 吸附式制冷系统的组成

随着世界经济的发展和能耗的增加，能源与环境问题已经成为全世界共同关注的一个热点问题，吸附式制冷作为一种低品位热能驱动的绿色制冷技术，吻合了当前能源和环境协调发展的总趋势<sup>[4]</sup>。吸附式制冷系统主要由两部分组成。第一部分包括两个吸附床：解吸床和吸附床，两床的功能相当于传统制冷中的压缩机。解吸床向冷凝器排放高温高压的制冷剂蒸气，吸附床则吸附蒸发器中低温低压的蒸气，使制冷剂蒸气在解吸床中不断蒸发制冷。因此吸附式制冷系统的核心是吸附床，它的性能好坏直接影响了整个系统的功能。第二部分包括冷凝器，蒸发器及流量调节阀，与普通的制冷系统相类似。从解吸床解吸出来的高温高压的制冷剂蒸气在冷凝器中被冷凝后，经过流量调节阀，变成低温低压的液体，进入蒸发器蒸发制冷，被蒸发的制冷剂蒸气重新被吸附床吸收。两吸附床交替变换角色，使得有源源不断的冷量被制出来。吸附式制冷系统结构图如图 2 所示。

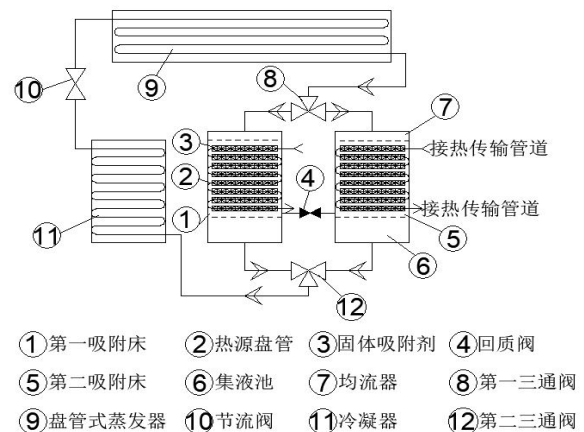


图 2 吸附式制冷系统结构图

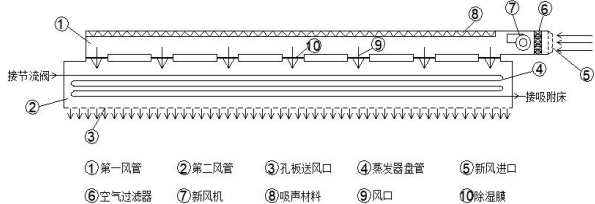
**Fig.2 Structure diagram of adsorption refrigeration system**

## 2.2 工质对的选择

吸附剂—制冷剂工质对的选择是吸附式制冷中最重要的因素之一,好的制冷系统不但要有好的循环方式,而且要有在工作温度范围内吸附性能强、吸附速度快、传热效果好的吸附剂和汽化潜热大、沸点满足要求的制冷剂。制冷机是否能适应环境要求,是否能满足工作条件,在很大程度上都取决于吸附工质对的选择<sup>[5]</sup>。本系统选用对环境友好的沸石 FAM Z01—水工质对,它具有良好的环保性能,同时热源温度只需达到 50℃左右即可进行吸附式制冷。

## 3 全新风空调系统

传统汽车空调系统为了最大限度的节能能源,一般均采用大量回风或少量引入新风,同时汽车在运行中会不断产生有害气体,从而使车内空气形成恶性循环,导致人们乘车时缺氧乏力,晕车等症状。针对上述问题,本系统设计的新型客车空调系统采用全新风的空气供给方式,可有效提高空气清洁度,改善车内空气品质,为旅客创造一个清新、健康、舒适的车内环境使旅途更加愉悦与健康。



**图3 全新风空调系统结构图**

**Fig.3 Structure diagram of all fresh air conditioning system**

全新风空调系统包括第一风管、第二风管、孔板送风口、蒸发器盘管、新风进口、空气过滤器、新风机、吸声材料、风口、除湿膜等。其中第一风管设置在混合动力客车顶棚中,且其内壁贴有吸声材料以减少空气流动时的噪音,其端部开口处设置有新风进口,新风口处还设有空气过滤器与新风机;第二风管设置在混合动力客车行李架托板中,其内部设有盘管式蒸发器,将吸附式制冷系统所制出的冷量与空气进行热交换,使空气达到舒适性要求,第二风管靠近混合动力客车行李架托板底部设置

有微型孔板送风口,开孔直径为2mm,开孔率为5%,将处理完成的空气通过微型孔板送风口送入车内。全新风空调系统中第一风管位于第二风管上部且通过风口相连通,连通的风口中设有三层除湿膜用以除湿,除湿膜选用亲水的聚乙烯醇膜、聚丙烯腈和醋酸纤维素膜。全新风空调系统结构如图3所示。该装置利用客车外新风可以最大程度的改善车内空气品质,孔板送风则可以使气流更加均匀,避免人们长时间受强气流的干扰,使乘客的舒适性更高<sup>[6]</sup>。

## 4 热能收集利用系统

传统的汽车空调是利用发动机消耗燃料驱动空调压缩机,或利用发动机发电带动空调压缩机,这样做会在汽车的使用上消耗大量的燃料,同时汽车运行时发动机的废热会全部的浪费掉,不符合节能减排理念,本系统在设计时采用吸附式制冷系统,那么推动吸附床运行的热能如何解决则是问题的关键所在,如果还采用传统的加热方式无疑会消耗大量的能源,同时汽车发动机在运行中产生的大量热能将无法有效的利用,故而在本系统中我们采用发动机废热与太阳能辐射热来作为吸附式制冷的推动热源。

### 4.1 发动机废热收集系统

通过研究发现,在大型汽车的运行过程中,发动机产生的废热非常可观。汽车发动机的实用效率仅为35%~40%左右,这样约占燃料发热量1/2以上的能量被发动机循环冷却水及排气带走<sup>[7]</sup>,回收和利用这部分余热是最佳的节能方案,也是目前世界各国都在研究的课题。本系统采用的吸附式制冷正是利用汽车发动机的余热作为驱动热源从而实现汽车空调制冷的目的。在本系统中我们利用换热盘管将发动机包裹,并利用盘管中的水将热量带回吸附床用以催动吸附式制冷,这样既解决了发动机的散热问题同时又减少了汽车的油耗。

发动机废热收集装置的具体工作过程为:通过位于客车主发动机外围的废热收集盘管将发动机产生的余热进行实时收集,盘管的传热媒介出口连接传输管道后分为两个支路,一个支路连接第一吸附床的热媒介入口,另一个支路与第二吸附床的热媒介入口连接,将吸收余热后的传热媒介带回吸附床放热从而使吸附质脱附,吸附床的传热媒介

出口通过传输管道与余热收集盘管的传热媒介入口连接,将放热后的传热介质带回废热收集盘管进行吸热,往复循环,不断实现发动机余热回收与利用。

#### 4.2 太阳能辐射热收集系统

太阳能作为一种取之不竭,用之不尽的天然能源,受到人们普遍关注<sup>[8]</sup>。在本系统中,为了确保空调系统具有充足的热源,在使用发动机废热之余,将太阳能辐射热作为辅助热源,共同驱动吸附式制冷,从而达到高效制冷的目的。

太阳能辐射热收集主要利用集热板和承载于集热板上的换热盘管,利用集热板收集热量将盘管内的传热媒介加热后利用传输管道将热量带到吸附床放热,帮助吸附质完成脱附后再经由传输管道带回换热盘管进行吸热。热能回收利用系统原理如图4所示。

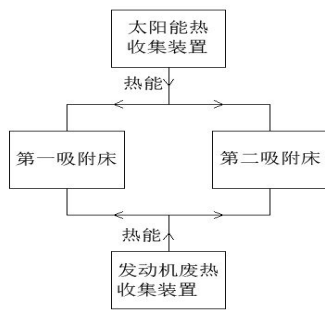


图4 热能收集利用系统原理图

Fig.4 Schematic diagram of thermal energy collection and utilization system

## 5 结论

本系统利用客车发动机产生的废热和太阳能辐射热为吸附式制冷提供热源,解决了混合动力客车空调耗能大的问题,客车外的新鲜空气进入全新风空调系统进行降温除湿后,输入到客车空间内调节客车内空气品质,解决了原有客车空调系统无新风进入的缺点,操作方便,维修简单,具有绿色环保的优点,便于推广使用。

### 参考文献:

- [1] 韩树,蔡锋,骆清国,等.车用柴油机全工况热平衡实验研究[J].柴油机,2009,(4):35-38.
- [2] 杜芳莉,吴晗,张富康,等.基于吸附式制冷果品保鲜装置的研究[J].制冷与空调,2018,(6):586-589.
- [3] 杨洋,王松,方徐君.浅析太阳能驱动的吸附式制冷系统[J].科学中国人,2016,(9):74-75.
- [4] 杨培志,陈焕新.吸附式制冷循环热力学及性能[J].中南大学学报,2007,38(3):461-467.
- [5] 王南南,刘再冲,邓立生等.低温驱动沸石-水吸附式制冷机的性能研究[J].制冷学报,2016,37(1):65-69.
- [6] 张文胜,安大伟,娄承芝.孔板送风方式下密闭小室内气流分布的研究[J].暖通空调,2006,36(S):43-45.
- [7] 肖尤明,徐烈,李志伟,等.汽车空调余热溴化锂吸收式制冷装置的研究[J].制冷学报,2004,(1):22-26.
- [8] 催辉然,满虹,刘洋.复合冷凝热回收太阳能热水系统的经济性和节能分析[J].河南科技,2015,(3):126-128.

(上接第 452 页)

- [3] 勾昱君,刘中良,黄玲艳,等.自然对流条件下新型亲水涂料的抑霜实验研究[J].流体机械,2007,(12):47-52, 75.
- [4] E U Okoroafor, William R Cotton. Thermodynamics and microphysics of clouds[M]. Colorado State University, 2000.
- [5] Christian J L H, Valter S N, Felipe R L, et al. A study of frost build-up on hydrophilic and hydrophobic surfaces under forced convection conditions[J]. Experimental Thermal and Fluid Science, 2018.
- [6] 杨剑.抑制结霜的实验研究和霜层生长的模拟与预测[D].江苏:东南大学,2006.
- [7] 刘中良.一种亲水性一双涂料[P].中国专利:200410101254.
- [8] 黄玲艳,刘中良,勾昱君,等.一种新型抑霜涂料在翅片管式换热器上的应用研究[J].制冷学报,2008,29(6): 1-4,14.
- [9] 付德刚,徐晶晶,戎非.超亲水性纳米二氧化钛光催化复合膜及其制备方法和应用[P].中国专利:CN101757900A. 2010-06-30.
- [10] 罗超,黄兴华,陈江平.不同环境参数对间冷式冰箱蒸发器结霜换热性能的影响[J].制冷学报,2008,(1): 17-22.

