

文章编号: 1671-6612 (2020) 03-357-03

# 基于吸附式制冷技术的长途冷藏车应用探讨

陈领民 叶成彬 吴海欣 李忠海 童俊杰 吴淑桦

(华南理工大学广州学院电气工程学院 广州 510800)

**【摘要】** 为了降低我国长途冷藏车制冷设备的油耗,设计一种基于吸附式制冷技术用于辅助制冷从而降低油耗。利用长途冷藏车高温而稳定的尾气,给采用制冷工质对氯化锶-氨的吸附式制冷系统提供热能。通过实现辅助制冷,从而降低原来制冷机组的油耗。通过理论分析和模型制作,该设计能够应用到长途冷藏车上。

**【关键词】** 吸附式制冷;氯化锶-氨;长途冷藏车;高温尾气  
中图分类号 TB69 文献标识码 A

## Discussion on the Application of Long-distance Refrigerated Truck Based on Adsorption Refrigeration Technology

Chen Lingmin Ye Chengbin Wu Haixin Li Zhonghai Tong Junjie Wu Shuhua

(School of Electrical Engineering, Guangzhou College of South China University of Technology, Guangzhou, 510800)

**【Abstract】** In order to reduce the fuel consumption of refrigeration equipment for long-distance refrigeration trucks in China, an adsorption refrigeration technology is designed for auxiliary refrigeration to reduce fuel consumption. The high temperature and stable exhaust gas of long distance refrigeration truck is used to provide heat energy for the adsorption refrigeration system of strontium chloride-ammonia using refrigerant. By realizing auxiliary refrigeration, the oil consumption of the original refrigeration unit can be reduced. Through theoretical analysis and model making, the design can be applied to long-distance refrigerated vehicles.

**【Keywords】** adsorption refrigeration; strontium chloride-ammonia; long-distance refrigeration truck; high temperature exhaust gas

作者简介: 陈领民 (1997-), 男, 在读本科生, E-mail: 2509022184@qq.com

通讯作者: 叶成彬 (1990-), 男, 本科, 实验师, E-mail: 395895709@qq.com

收稿日期: 2019-08-09

## 0 引言

随着生活品质的提高,各类冷冻生鲜产品的市场迅速发展起来,同时也带动了冷链物流市场,但我国长途冷藏车用于制冷的油耗成本极大,为了节省成本,我国80%~90%的水果、蔬菜、禽肉、水产品都采用常温或保温车辆来代替从事冷链物流,因此每年的蔬菜、瓜果类的食品损失能达到数千亿元。

就我国当前的冷链物流现状,中央和地方都在

大力支持并提倡发展冷链物流,进一步加强了有关冷链规则的执行力,保证冷链物流市场的有序运作,使食物在运输的过程中得到安全保证。但正规的冷链物流为了确保生鲜果蔬等在流通环节中始终处于规定的低温条件下,就必须使用冷藏车。与此同时,冷藏车由于制冷使得油耗巨大,排放大量尾气。面对成本问题以及响应国家的绿色节能减排、绿色环保的倡导,降低长途冷藏车的制冷油耗就尤为关键<sup>[1-7]</sup>。

吸附式制冷是一种绿色环保的技术,包括热解吸及冷却吸附两个工作过程,具有运行费用低、无噪音及节能减排等优点。该设计结构简单、基本不含动力部件并且能有效利用低品味热源、没有结晶和分馏问题,适用于振动、倾颠或者旋转等场地。目前将此应用到冷藏车上的研究较少。

以从事干线运输为主的冷藏车,使用率达90%,这类车产生的尾气是高温且稳定的,尾气温度可达1300℃。我们对吸附式制冷系统进行了改进以应用到长途冷藏车上,选用高效的制冷工质对氯化锶—氨,以长途冷藏车高温且稳定的尾气作为吸附式制冷系统的驱动热源,设计方向定为辅助制冷,以降低长途冷藏车原有制冷机组的油耗<sup>[8-17]</sup>。

### 1 本吸附式制冷系统的原理

本吸附式制冷系统是一个循环工作的系统,对存放制冷工质对的受热管加热,使制冷工质对中的制冷剂从制冷质解吸气化,经过冷凝管液化,流入制冷器中,然后停止对受热管的加热,受热管温度下降,气压降低,制冷器中的液态制冷剂因压强减小而气化吸热,气化后的制冷剂进入受热管被制冷质吸附,直至吸附量达到饱和,实现制冷。

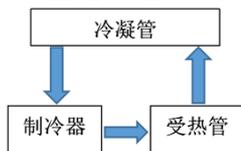


图1 原理图

Fig.1 Schematic Diagram

### 2 制冷工质对选用氯化锶—氨

制冷量  $Q$  是体现系统性能的直接指标,图2是氯化锶—氨工质对在不同热源温度下的制冷量。从图中可以看出,当热源温度  $T_s$  在85℃以下时,制冷量几乎为零。在  $T_s$  为85℃处出现一个明显的拐点,之后,随着  $T_s$  的增大,制冷量迅速增加。由图2可知,热源温度是启动系统运行和提高制冷量的重要因素。

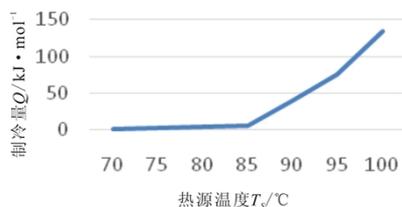


图2 不同热源温度的制冷量

Fig.2 Cooling Capacity of Different Heat Source Temperature

实验表明,氯化锶—氨工质对优良,数据如表1。工质对的性能对系统性能系数、温升幅度、设备材料及系统一次性投资应用场合等影响很大,从根本上决定系统的性能和结构,选用合适的工质对不仅能大大提高制冷效率,还能节约成本,增强机制的安全性和可靠性,通过比较,我们选用氯化锶—氨为制冷工质对<sup>[15]</sup>。

表1 各类工质对制冷量比较 (kJ/kg 吸附剂)

Table 1 Comparison of Refrigeration Capacity of Various Working Fluids (kJ / kg adsorbent)

热源温度 $T_s$ / °C	100	95	90
氯化锶—氨	889	485	233
活性炭 (AC-358) — 甲醇	275	270	268
活性炭 (江西 809) — 甲醇	205	200	191
活性炭 (上海 18#) — 甲醇	150	143	138

### 3 辅助制冷系统的设计方案

我们自主设计了吸附式制冷系统,如图3,该吸附式制冷系统包含5个阀门,其中阀门5用于吸附式制冷系统的抽空和补给液氨,处于关闭状态。本吸附式制冷系统的阀门初始状态为关闭,工作过程分为受热解吸和液化制冷两个过程。

受热解吸过程: 阀门6关闭,阀门2、阀门11、阀门7打开,内燃机1的部分尾气进入受热器3,加热里面存放了氯化锶—氨工质对的受热管4,氨从氯化锶里解吸气化,氨气进入冷凝管10冷凝,液化后经过储液箱8流入制冷器9,待制冷器9装满液氨后,多余的液氨留在储液箱8,此时关闭阀门7。当受热管4内的气压达到一定高压值时,氨的解吸量达到最大值,阀门11关闭,然后阀门2关闭,受热器3停止通入尾气,受热器3展开,使受热管风冷,快速冷却,受热管内的气压快速降低。

液化制冷过程: 阀门6打开,制冷器9内的液氨液化制冷,氨气进入受热管4被氯化锶吸附,当受热管4内的气压达到一定低压值时,氯化锶的吸附量达到饱和,制冷器9不再制冷,然后受热器3闭合,吸附式制冷系统的阀门全部回到初始状态。

继续制冷则重复上述两个过程。

当内燃机还没发动时,可使用储液箱中的液氨

制冷。阀门 7 打开, 使液氨流进制冷器 9, 阀门 7 关闭, 阀门 6 打开, 制冷器 9 内的液氨气化制冷。内燃机发动后进行上述两个过程即可。模型设计图如图 4, 3D 效果图如图 5, 模型实物图如图 6。

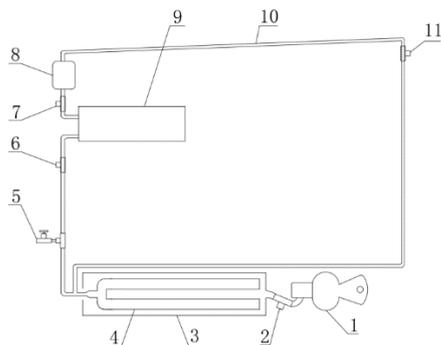


图 3 氯化锶-氨吸附式制冷系统设计图

Fig.3 Design Diagram of Strontium Chloride Ammonia Adsorption Refrigeration System

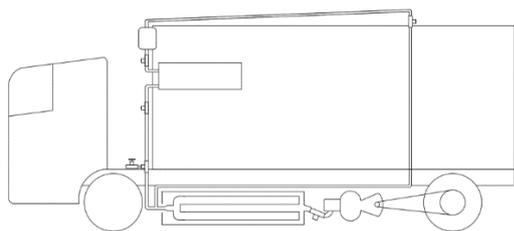


图 4 模型设计图

Fig.4 Model Design



图 5 3D 效果图

Fig.5 3D Rendering

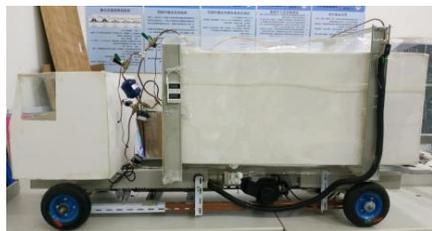


图 6 模型实物图

Fig.6 Physical Model

## 4 应用效果

(1) 降低燃油消耗。本制冷系统采用吸附式制冷原理, 利用的热源是发动机的高温废气, 应用在长途冷藏车上辅助制冷, 分担制冷量, 降低原有制冷机组的运行功率, 从而减少油耗。

(2) 制冷效果明显。制冷工质对是高效制冷的氯化锶-氨, 热源温度越高, 制冷量则越大, 长途冷藏车发动机具有平稳的输出功率, 废气温度可达 1300℃, 另外受热器能够打开散热, 因而吸附式制冷系统工作周期较短。

(3) 系统故障率低。在本设计中, 运动的部件只有阀门和受热器, 发生故障的概率较低。

## 5 结束语

本文提出了将基于氯化锶-氨工质对的吸附式制冷技术应用到长途冷藏车上, 并对该应用进行了理论分析、设计和模型制作, 设计方向定为辅助制冷, 以降低长途冷藏车原有制冷机组的油耗。

本吸附式制冷属化学吸附, 是一个相当复杂的过程, 涉及气相吸附质在固体吸附剂颗粒间的流动、微孔内扩散、物理及化学吸附等动量、热量、质量传递和化学反应过程, 影响因素多且难确定。到目前为止, 尚无完整的理论可供指导吸附式制冷工质对的筛选、制冷过程模拟和装置的设计, 甚至经验方程亦极为鲜见。吸附式制冷研究工作处于以实验研究为主、利用现有理论对实验现象进行解释和在此基础上总结提高的状况<sup>[15]</sup>。

## 参考文献:

- [1] 胡炳江, 吴健烈. 冷链物流成本控制对策研究[R]. 百度百科, 2016:1-11.
- [2] 百度百科. 冷链物流[Z]. 2018:1.
- [3] 百度文库. 中国冷藏车行业现状分析[Z]. 2016:1-30.
- [4] 文档投稿赚钱. 冷藏车项目可行性研究报告(年产 1000 辆) [Z]. 2018:1-7.
- [5] 百度百科. 冷链运输[Z]. 2018:1.
- [6] 商用车网. 国内冷链发展慢 政策、成本因素是最主要的 [Z]. 2017:1.
- [7] 程力专用汽车股份有限公司. 2016 年我国冷藏车运营成本分析[Z]. 2016:1.
- [8] 姚昌晟. 汽车内燃机废气的能量可否回收用来做功? [Z]. 知乎, 2016:1.

---

[9] 百度文库.汽车废气能量回收技术[Z].2015:1

(下转第 368 页)