

文章编号:1007-6492(1999)04-0053-03

沸石分子筛-乙醇工质对的研究

王剑峰¹, 吴 锋², 王国庆²

(1. 郑州工业大学化工学院, 河南 郑州 450002; 2. 北京理工大学化工与材料学院, 北京 100081)

摘 要: 寻找一种最佳工质对, 以提高制冷量及制冷效率, 应用吸附平衡基本理论, 测定了沸石-乙醇、沸石-乙二醇及沸石-异丙醇几种可能的吸附式制冷新工质对的性能, 结果表明: 所研制的沸石-乙醇工质对是沸石-水、活性炭-甲醇工质对的良好替代物, 其制冷量可比沸石-水工质对提高 74.93%, 是具有实用前景的工质对。

关键词: 吸附制冷; 沸石; 乙醇; 工质对

中图分类号: TQ 170.12 **文献标识码:** A

0 引言

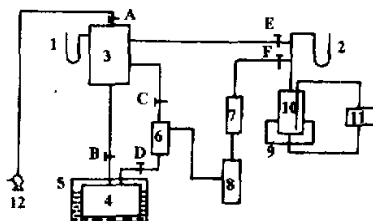
吸附式制冷机的应用可以追溯到 20 世纪初, 后因机械工业的发展而逐渐被功率大得多的蒸汽压缩式机组所取代。近年来, 生产技术的不断发展给人类带来了迫切需要解决的能源和环境问题, 使得太阳能和工业废热等低品位能源的开发利用日益重要, 而吸附式制冷技术因其在该方面的独到优势又重新得到重视, 且氟里昂对大气臭氧层有破坏作用, 限制生产和使用氟里昂的国际蒙特利尔议定书已生效。作为“无氟制冷”的一个重要方面, 吸附式制冷技术的研究越来越受到制冷界的关注。吸附式热泵能否得到工业应用, 很大程度上取决于所选用的工质对。为了寻找合适的工质对, 前人做了大量工作, 目前已开发出许多工质对, 主要有以下几种: 硅胶-二氧化碳; 硅胶-甲醇; 硅胶-丙酮; 沸石分子筛-水; 沸石分子筛-有机制冷剂; 活性炭-氨; 活性炭-甲醇等。但是从目前的研究结果看来, 沸石分子筛-水和活性炭-甲醇这两种工质对于被认为是性能最好的^[1,2]。但是它们都有不可忽视的缺点: 首先, 以水为制冷剂的工质对, 要求工作压力极低, 其设备应用要求有较高的真空度, 这在实际应用上是很难保证的。其次, 甲醇是一种有毒物质, 吸入少量的蒸汽即可导致失明, 不宜推广。因此, 寻找最优的工质对是一项重要的工作, 是提高制冷量及制冷效率的根本

问题。

1 实验部分

1.1 模拟制冷系统

考虑到本实验对系统的真空度要求较高, 常用的阀门难以满足要求, 因而本系统所用阀门、吸附器、冷凝器及蒸发器均用玻璃制成, 实验装置如图 1 所示。



1, 2. U 型压力计; 3. 缓冲瓶; 4. 蒸发器; 5. 外界水;
6. 储液器; 7. 冷凝器; 8. 液封管; 9. 加热器;
10. 吸附(脱附)器; 11. 控温仪; 12. 真空泵;

A, B, C, D, E, F 均为阀门

图 1 模拟制冷示意图

1.1.1 实验步骤

(1) 系统检漏。打开所有阀门, 系统抽真空, 然后关闭阀门, 静置一段时间, 若压力计指数没有下降, 说明系统不漏。否则, 逐段检漏, 达到不漏为止。

(2) 打开控温开关, 加热吸附剂。当压力计 2 指数有所下降, 脱附器 10 上方有水汽生成时, 通

收稿日期: 1999-07-05; 修订日期: 1999-09-07

基金项目: 国家“863”基金资助项目(863-715-08-02-04)

作者简介: 王剑峰(1972-), 女, 河南省淇县人, 郑州工业大学助教, 硕士, 主要从事有机化工材料方面的研究。

入冷却水,打开阀门 F,进入循环中的脱附阶段,脱附出来的水蒸汽经冷凝器 7 液化,U 型液封管 8,进入储液器 6。

(3) 脱附结束后,关闭阀门 F,撤掉加热器,吸附剂自然冷却,待真空度达到要求后,打开阀门 E 和 B,进入循环中的吸附阶段。

(4) 吸附过程中,外界水 5 的温度不断下降,记录数据。

(5) 到达吸附规定的时间后,关闭阀门 B 和 E,整个脱附-吸附循环结束。

(6) 一般吸附-脱附两个循环以后,吸附量与脱附量可持平,脱出来的制冷剂通过阀门 D 重新进入蒸发器,以备下次循环使用。

1.1.2 实验条件

脱附时间:1.5 h;吸附时间:1 h;脱附温度 ≤ 523.15 K;吸附剂(沸石)用量:300 g;制冷剂(水)用量:40 g;外界水用量:400 g。

1.2 沸石-液体对的选择

1.2.1 吸附量的测定

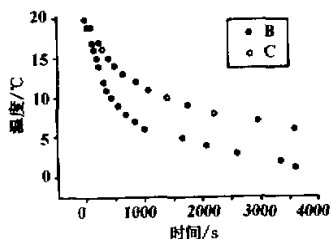
为了提高制冷量及制冷效率,寻找一种最佳工质对,对沸石-水、沸石-乙醇、沸石-异丙醇、沸石-乙二醇等工质对采用静态吸附法测定系统吸附特性。静态吸附法是使沸石与吸附质在吸附系统中达到静态平衡,然后测定并计算相应吸附量的方法。制冷剂的变化可通过计量瓶读数差直接求得,结果见表 1。

表 1 沸石-制冷剂的吸附量

制冷剂	乙醇	乙二醇	异丙醇	水
吸附量/ml	25	11.6	8	4

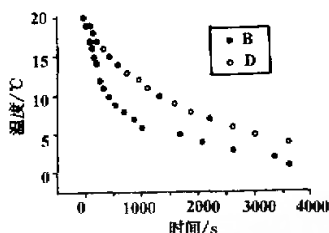
1.2.2 4 种工质对的制冷性能

对以上 4 种工质对进行模拟制冷实验,测量其制冷性能,得制冷曲线如图 2~图 4 所示。



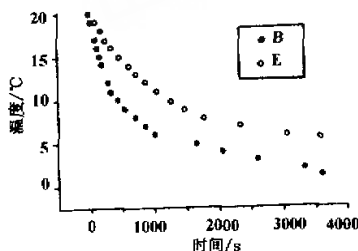
B. 沸石-乙醇; C. 沸石-乙二醇

图 2 B, C 工质对模拟制冷曲线



B. 沸石-乙醇; D. 沸石-异丙醇

图 3 B, D 工质对模拟制冷曲线



B. 沸石-乙醇; E. 沸石-水

图 4 B, E 工质对模拟制冷曲线

2 结果与讨论

如以高温工业余热、废热为能源, COP(吸附剂所产生的制冷量/吸附剂所需热量,即制冷效率)并不是主要的指标,制冷量则成为一个重要的参数,制冷量是指制冷机(或制冷系统)单位时间内从被冷却物体空间中提取的热量,而制冷机中蒸发器所吸取的热量——制冷量用来度量制冷机(或制冷系统)的制冷能力(制冷容量)的大小。制冷量可用 Q_e 表示。在计算本模拟系统的制冷量时,做了如下假设:蒸发器的传热效率 80%。则

$$Q_e = 1.25 Q / t = 1.25 cm \Delta T / t,$$

其中: c 为 H_2O 的热容; m 为 H_2O 的质量; t 为时间; c, m 均为定值。

分别计算 15 min 内沸石-水、乙醇、乙二醇、异丙醇的制冷量,结果见表 2。

表 2 沸石-制冷剂的制冷量

制冷剂	水	乙醇	异丙醇	乙二醇
平均温差/°C	8	14	8.5	8
制冷量/W	18.67	32.66	19.83	18.67

由表 1、表 2 及图 2~4 可见,沸石-乙醇工质对制冷量最大,且制冷速率最快。沸石-乙醇工质对在 15 min 内的制冷量比沸石-水工质对的制冷量提高了 74.93%。

一切固体,不论是天然的还是人工合成的,都

具有表面。沸石-乙醇和沸石-水体系中,乙醇、水物理吸附于沸石的表面,由于乙醇和水的分子摩尔体积不同,极化率不同,沸石-乙醇和沸石-水体系的特征吸附功也不同。

由 Dubinin 公式^[3,4]可确定:沸石-乙醇体系的特征吸附功在 53 kJ/mol 左右,而沸石分子筛-水体系的特征吸附功值为 21 kJ/mol。特征吸附功为正值,且值较大,说明吸附能力强;特征吸附功为正值,但较小,说明解吸再生容易。沸石-乙醇体系的特征吸附功远大于沸石分子筛-水体系的特征吸附功,因此为提高制冷量及制冷速率,应选择沸石-乙醇体系。这和实验结果恰恰相符。

3 结论

沸石-乙醇工质对不仅在性能上优于沸石-

水,而且体系压力高,对系统无特殊要求,在实验中较易维持真空度。因而,沸石-乙醇是沸石-水、活性炭-甲醇工质对的适宜替代物,适用于 150~250 ℃的高温工业余热及废热,是具有实用前景的工质对。

参考文献:

- [1] TCHERNEV D I. Use of natural zeolites in solar refrigeration[J]. ASSET, 1984, 6(5): 21-24.
- [2] CRITOPH R E. Performance limitation of absorption cycle for solar cooling[J]. Solar Energy, 1988, 41(1): 21-31.
- [3] 北川浩,铃木谦一郎. 吸附的基础与设计[M]. 鹿政理,译. 北京:化学工业出版社,1983.
- [4] 严爱珍,鲍书林. 沸石分子筛吸附式制冷[J]. 制冷学报,1982(4): 28-29.

Study on Zeolite-ethanol Work Substance Pair

WANG Jian-feng¹, WU Feng², WANG Guo-qing²

(1. College of Chemical Engineering, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China; 2. College of Chemical Engineering & Materials, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: Finding the optimum work pair is necessary to improve refrigeration capacities and refrigeration efficiency. Based on the absorption equilibrium theory, the performance of refrigeration cycles of several new absorbent-refrigerant pairs is measured, such as zeolite-ethanol, zeolite-glycol and zeolite-isopropanol pairs. The results show that zeolite-ethanol is a favourable substitute for zeolite-water and active charcoal-methanol work pairs. The refrigeration capacity of zeolite-ethanol is increased by 74.93% as against that of zeolite-water.

Key words: absorption refrigeration; zeolite; ethanol; work substance pair