

沸石开式循环储能试验装置 动态特性实验研究

林宏佐 王 薇 刘宝莉 陈永昌

(北京工业大学热能系 北京 100022)

关键词 沸石, 储能, 开式循环

符 号 说 明

t_{bed}	沸石床温度	$^{\circ}\text{C}$	τ	时间	min
ϕ_{in}, ϕ_{out}	进出口湿空气相对湿度	%	M	沸石床流量	m^3/h
$t_{dry,out}, t_{wet,out}$	湿空气出口干湿球温度	$^{\circ}\text{C}$	h_{in}, h_{out}	进出口湿空气比焓	kJ/kg
D_{in}, D_{out}	进出口湿空气含湿量	kg/kg	H	总焓	kJ
$t_{dry,in}, t_{wet,in}$	湿空气进口干湿球温度	$^{\circ}\text{C}$			

1 前 言

七十年代, 澳大利亚的 Close^[1-2] 等人首次进行了利用固体材料吸 / 脱附循环实现低温热储存的研究, 这种方法克服了传统储能方法的缺陷, 为热能储存开辟了新天地。近年来国内外也相继对此开展了大量研究。

以沸石 ~ 水为吸附对的吸附 / 脱附循环, 因其无公害性而逐渐受到人们关注。以沸石 ~ 水为吸附对的闭式循环制冷 / 热泵装置, 国内外均有报导, 但开式循环却很少见诸报导。而开式循环可以直接利用湿空气作为水的载体, 环境状态的空气流过系统, 经吸附 (或脱附) 作用后又回到环境, 这一特点是其他吸附对所不具备的。因此, 本文提出一套沸石 ~ 水开式吸 / 脱附循环储能实验装置, 以太阳能为热源, 研究该系统在利用吸 / 脱附循环实现储能的整个过程中的动态特性, 进而探索沸石开式循环储能系统走向实用化的可能性。

2 原理及系统

2.1 实验装置

如图 1 所示, 该装置由集热器 (吸 / 脱附器), 通风加湿系统及测温系统组成。

集热器 (吸 / 脱附器): 本装置以太阳能为热源, 故吸 / 脱附器与太阳能集热器为一整体。它由 12 根 $1400\text{mm} \times 57\text{mm}$ 高效真空集热管组成, 每根管内装入 $4 \sim 8\text{mm}$ 沸石颗粒 750g, 真空管轴心置有导气管, 气流由导气管进入集热器底部, 沿轴向流经圆筒状沸石床, 由集热管口排出。

通风加湿系统: 采用离心式风机, 空气加湿采用电加湿。

本课题获得国家自然科学基金资助。

本文曾于 1997 年 11 月在洛阳召开的中国工程热物理学会工程热力学与能源利用学术会议上宣读。

修改稿于 1998 年 1 月 9 日收到。

测温系统: 温度测量全部采用热电偶, 湿空气进出口干、湿球温度采用两支镍铬~镍硅热电偶串联测量, 湿球温度计是在热电偶外裹湿纱布; 沸石床温度及环境温度采用单支铠装镍铬~镍硅热电偶侧量。采用 PSII 测温系统, 热电偶所测数据由微机自动采集, 连续记录各时刻各点温度, 其分辨率为 $\pm 0.01\text{mv}$, 采样速率为每点 1.5s 。

2.2 储能原理

吸附过程如图 2(a) 所示, 环境湿空气经风机输送, 进入加湿器加湿至接近饱和状态, 高湿气流进入吸/脱附器, 与已脱附的沸石床接触, 水分被沸石床吸附并释放出吸附热。吸附过程使气流温度升高, 湿度降低, 由吸/脱附器出口的热气流可用于供热。

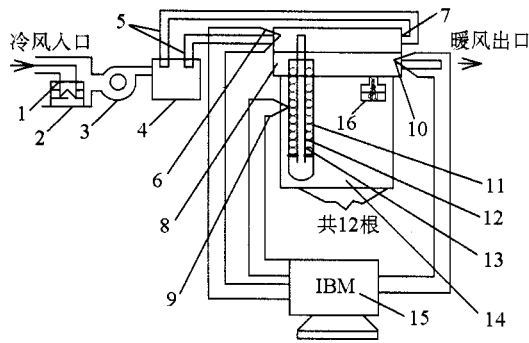


图 1 实验装置

1. 电加热器 2. 水箱 3. 风机 4. 稳压箱
5. 进风管 6. 进口干湿球热电偶
7. 进口集管 8. 出口集管 9. 沸石床内壁热电偶
10. 出口干湿球热电偶 11. 真空集热管
12. 沸石 13. 铜管 14. 抛光铝平板
15. 微机采集系统 16. 湿球补水装置

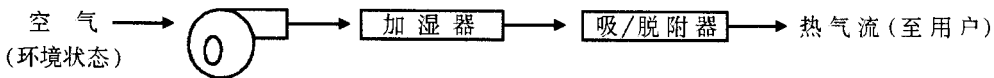


图 2(a) 吸附过程

脱附过程如图 2(b) 所示, 吸/脱附器接收太阳能, 沸石床温度升高, 水分由沸石床脱附到气流中。为加速脱附, 在沸石床温度超过额定脱附温度时, 则开动风机, 让环境空气流过沸石床起对流扫气作用, 扫除吸/脱附器中高湿空气, 扫气出口气流是高湿热气流, 亦可用于供热。

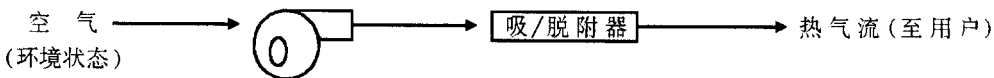


图 2(b) 脱附过程

3 实验内容及结果

晴天时, 沸石床接收太阳能, 床温上升, 沸石床开始脱附, 在保证床温高于 110°C 的情况下启动风机, 通入环境空气加速脱附, 连续通风数小时, 同时测取沸石床脱附过程中床温和空气流温度随时间变化曲线, 确保沸石床完全脱附。在沸石床与水蒸汽绝缘情况下, 待沸石温度降至接近环境温度, 通入湿空气进行吸附实验, 测取吸附过程中床温和空气流温度随时间变化曲线, 如图 3 所示。实验中还测取了沸石床当量比热: $C_e = 1.32\text{kJ/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$; 沸石床湿空气流量: $M = 15.65\text{m}^3/\text{h}$ 。

4 实验数据处理结果及分析

4.1 实验处理结果

根据文献 [3], 由实验记录的脱附、吸附过程空气进出口干湿球温度变化, 计算获得脱附过程及吸附过程空气进出口焓值、相对湿度、含湿量随时间变化曲线, 吸附过程有关曲线分别如图 4、图 5、图 6 所示。

根据 $D = M \int (D_{in} - D_{out}) d\tau$, 分别对吸、脱附过程进出口空气含湿量变化曲线积分, 可得沸石床吸、脱附过程析出水分。

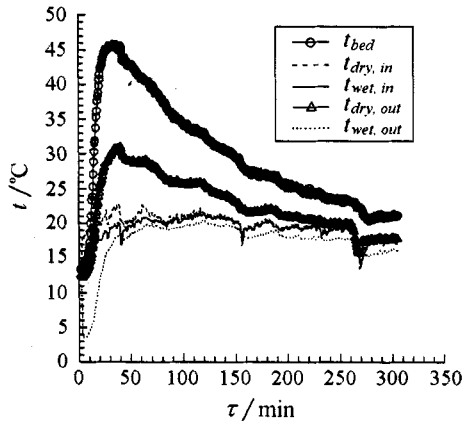


图 3 吸附过程温度变化

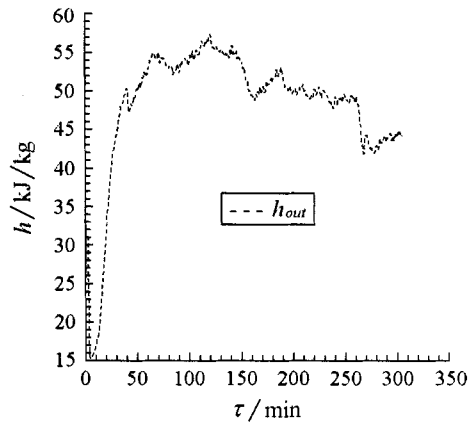


图 4 吸附过程空气出口焓-时间曲线

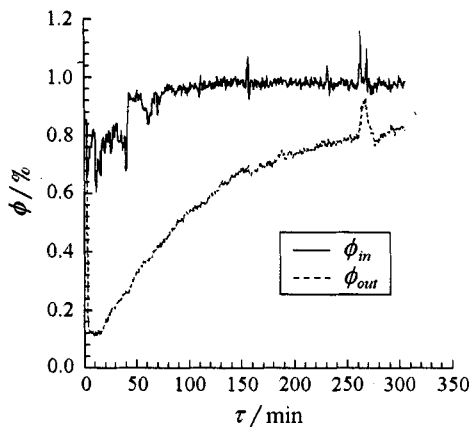


图 5 吸附过程空气进出口相对湿度-时间曲线

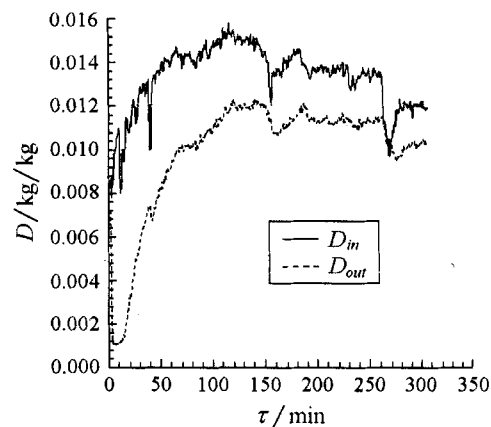


图 6 吸附过程空气进出口含湿量-时间曲线

4.2 分析

因为本实验装置的目的主要是探索利用吸附过程中沸石储能系统出口的热空气进行采暖的可能性, 只有当空气出口温度高于环境温度时方可满足需要, 因此, 作者计算了

整个吸附过程中, 当系统出口热空气温度高于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 干燥热空气所能提供的热量, 即 $H = M \int h_{out} d\tau = 8005.34\text{kJ}$ 。

由于沸石床在吸附过程结束时的温度比吸附过程起始点温度有所升高, 故沸石床获得的这部分显热应作为系统热损失处理。根据文献 [4] 提供的理论吸附热和文献 [5] 提供的沸石最大理想吸附差以及实验测取的沸石床当量比热, 计算得到这部分损失约为 6%。

由此可见, 将该系统用于采暖是有可能的, 但关于如何减少有关热损失以及如何使该装置走向实用化还有待今后进一步研究。

5 结 论

(1) 本文自行设计建立了一套开式沸石-水吸/脱附循环储能实验装置。

(2) 以太阳能为热源, 作者对该装置在利用吸/脱附循环进行储能过程中的动态特性作了测量, 为该系统走向实用提供了相应实验依据; 着重分析了吸附过程有关实验结果, 计算表明该系统能提供的采暖热量为 8005.34kJ , 由于沸石床显热造成的热损失为 6%, 因此将该系统用于采暖是具备一定前景的。

参 考 文 献

- [1] Close D J, Pryor T L. The Behavior of Adsorbent Energy Storage Beds. *Solar Energy*, 1976, 18: 287-292
- [2] Close D J. Prediction of the Behavior of Packed Adsorbent Beds. National Chemical Engineering Conference, Surfers Paradise, Queensland, 1974
- [3] 陈永昌. 沸石太阳能储热系统实验研究及其性能分析: [硕士学位论文]. 北京: 北京工业大学, 1996
- [4] 朱瑞琪, 韩宝琦等. 沸石-水的吸附性能及其制冷/热泵性能分析. *西安交通大学学报*, 1991, 25 (4)
- [5] 贾福伟. 沸石-水太阳能储热系统的数学模拟及实验研究: [硕士学位论文]. 北京: 北京工业大学, 1996

AN EXPERIMENTAL STUDY ON A SOLAR POWERED ZEOLITE OPEN—CYCLE ADSORPTION SYSTEM FOR HEAT STORAGE

LIN Hongzuo WANG Wei LIU Baoli CHEN Yongchang

(Beijing Polytechnic University, Beijing 100022)

Abstract

A solar powered open-cycle system for heat storage is proposed in this paper. The operation of this zeolite-water adsorption system is described and the experimental investigations on adsorption-desorption process in the system have been carried out. The behavior of adsorption-desorption properties as functions of time have been determined. The experimental results is discussed and analysis show that the system presented here has the possibility of being used in some actual heating system.

Keywords zeolite, open-cycle, heat storage