

三维热管在实验动物设施除湿中的节能应用

吴强¹, 尤军¹, 吴成², 王志毅³

(1. 苏州苏净安发空调有限公司, 苏州 215122;

2. 南京工业大学, 南京 211816; 3. 浙江理工大学, 杭州 310018)

[摘要] 在实验动物设施以制冷方式除湿的过程中, 冷量和热量相互抵消, 造成了额外的能量损失。在空调机组(AHU)中, 安装除湿三维热管可以回收这些额外消耗能量, 即利用内部介质完成热交换, 提供免费预冷和再热, 明显节约能耗, 全年可节约能耗约20%。

[关键词] 实验动物设施; 热管; 除湿; 回收能量

[中图分类号] Q95-33 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1674-5817(2020)05-0437-03

GB 14925—2010《实验动物 环境及设施》对实验动物环境技术指标做了具体的规定, 实验动物设施的空调通风系统应按要求控制温度与湿度^[1-3]。在环境湿度高于指标要求时, 一般空调系统对新风进行降温除湿后, 再通过电加热的方式, 将送风温度提高以符合标准要求。由于该降温除湿方式存在冷量和热量相互抵消的问题, 导致系统能耗较高。作者采用无功耗的热管, 通过其“三维热管回路”的特殊设计^[4-8], 对冷热量进行自动分配, 一定程度上解决了冷热抵消问题, 从而有效降低设施的运行成本。

1 三维热管的工作原理

热管是一种由管壳、吸液芯和工作介质组成的导热组件, 采用相变传热的原理, 利用管内工作介质吸热汽化、遇冷液化的特性, 介质在蒸汽状态上升至热管的冷凝端, 液体状态时在重力作用下回流至蒸发端, 通过循环往复实现流经热管外壁的空气在两端的热量交换。热管具有造价适中、安装方便、维护费用低、不产生交叉污染的优点^[9]。

三维热管用于实验动物设施除湿节能时安装在空调箱中表冷器两侧, 其工作流程为: 新风进→初效过滤→三维热管预冷降温→表冷器降温除湿→三维热管再热升温→风机→中、高效过滤→送风。

如图1所示, 由于空调机组(air handle unit, AHU)工作时, 表冷器前后的气流存在一定的温差, 利用三维热管热超导的特性, 热量由三维热管的预冷段转移至三维热管的再热段。空气经过热管预冷段后, 起到初步的制冷降温效果, 再经过表冷器过冷除湿。过冷后的空气经过热管的再热段, 温度升高至相应的送风温度。除湿过程中, 三维热管利用内部介质蒸发吸热/冷凝散热原理, 完成表冷器两端的热交换, 降低再热成本。

三维热管的安装形式见图2。除湿节能的三维热管安装在空调箱中表冷器两侧, 三维热管维护保养方便简单, 只需定期清洗表面, 无需更换耗材, 维保费用低; 安装简单, 不需要改变箱体原本结构和增加功能段, 改造施工方便, 不影响正常的生产活动。

2 三维热管的节能应用

某屏障环境设施空调面积为2 009 m², 其中SPF屏障系统面积为1 000 m²。SPF屏障环境包括一次更衣室、二次更衣室、小鼠饲养室、大鼠饲养室、走廊、灭菌后储藏室和行为实验室, 洁

[收稿日期] 2020-05-08

[作者简介] 吴强(1972—), 高级工程师, 主要从事净化空调系统节能技术研究工作。

E-mail: wq@aimfar.com.cn

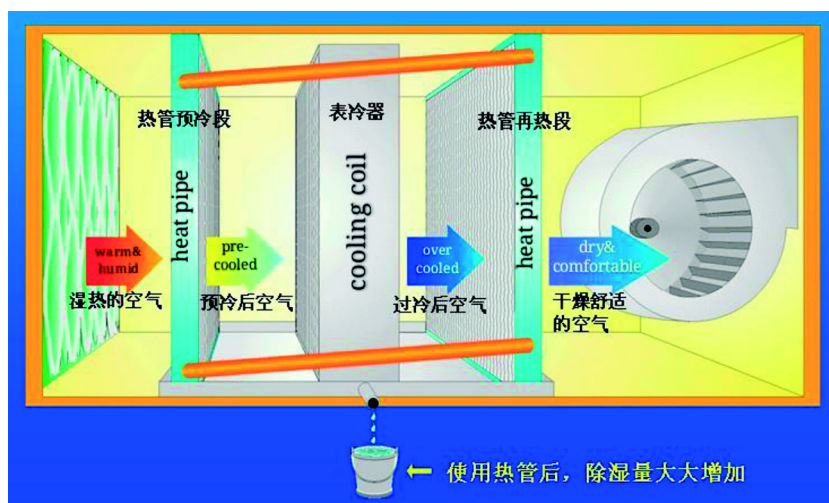


图 1 三维热管工作原理

Figure 1 Operating principle of three dimensional heat pipe

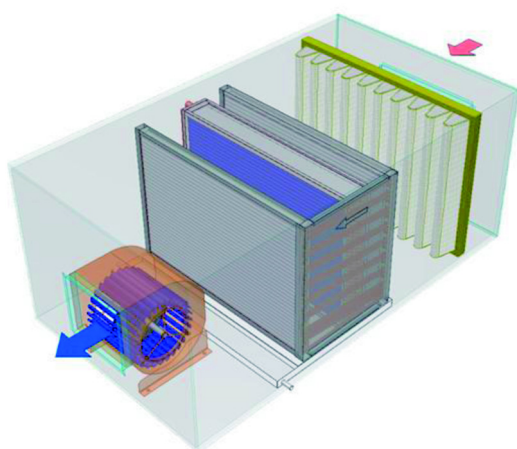


图 2 三维热管安装

Figure 2 Installation of three dimensional heat pipe

净等级为 ISO 7 级, 温度为 20~26 °C, 相对湿度为 40%~70%, 最大日温差不高于 4 °C, 最小换气次数不低于 20 次/h; 其中一次更衣室压力控制为 10 Pa, 二次更衣室压力控制为 20 Pa, 走廊压力控制为 30 Pa, 小鼠饲养室、大鼠饲养室、行为实验室和灭菌后储藏室压力控制为 40 Pa。

系统采用风量为 37 000 m³/h 的全新风净化组合 AHU 一台。根据实测, 原设施 2018 年空调系统耗电总费用 105 万元。2019 年节能改造采用除湿三维热管, 当年夏季使用, 总运行时间为 2 453 h。环境新风温度达 24 °C 开始制冷运

行, 不同环境新风温度的年运行时间见图 3。表冷器出风温度保持在 12 °C。新风温度 ≤ 31 °C, 热管再热后温度达不到要求时, 由机组电加热补充; 新风温度 ≥ 33 °C, 控制热管再热出风温度 ≤ 19 °C (图 4)。

风量为 37 000 m³/h 的全新风净化组合 AHU 按照设计工况: 表冷器处理空气至 12 °C 机器露点, 当夏季干湿球温度为 34.4 °C/28.3 °C 时, 安装除湿三维热管后, 可以免费提供 100.45 kW 的预冷量和 100.45 kW 的再热量 (图 5); 降低机组运行时的制冷和再热的能耗, 全年可节约制冷和加热的费用约 20 万元 (图 6), 节约电费比例可以达到 20%。

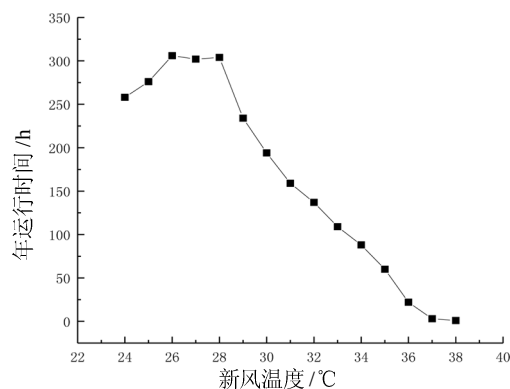


图 3 不同新风温度环境的年运行时间

Figure 3 Annual running time in different fresh air temperature environments

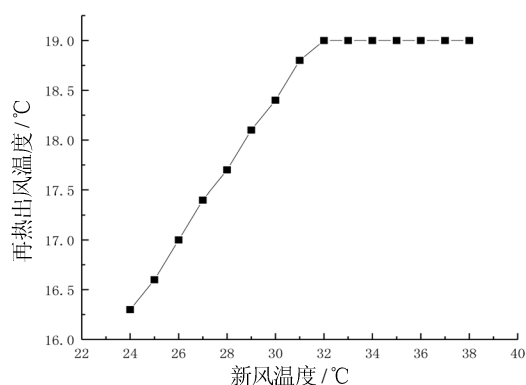


图4 不同新风温度环境的再热出风温度

Figure 4 Reheated air outlet in different fresh air temperature environment

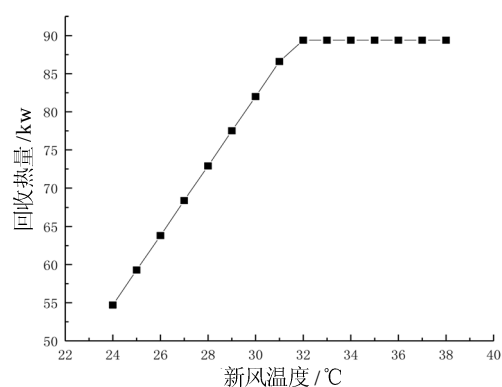


图5 不同新风温度环境的回收热量

Figure 5 Recovery of heat from different fresh air temperature environment

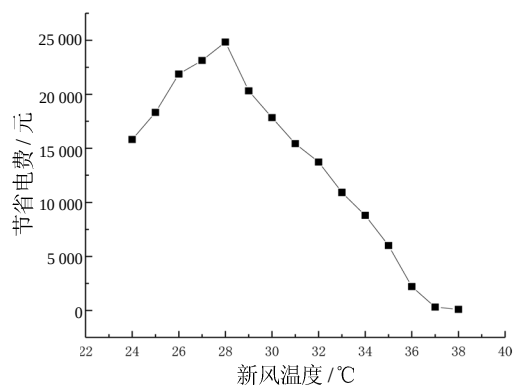


图6 不同环境新风温度的节省电费

Figure 6 Saving of electricity costs in different fresh air temperature environment

3 结论

由于实验动物的屏障设施需要长时间不间断运行, 同时需要对温度和湿度进行严格的控制, 因此能耗较高。以往的实践中, 也有采用热管技术在空调系统的新风和排风端进行热量回收, 取得了不错的节能效果。作者使用三维热管在实验动物屏障设施的降温 - 除湿 - 再热过程中成功地通过回收热量降低运行成本, 适合在湿度较高及持续期较长的地区推广应用。

参考文献:

- [1] Baize S, Pannetier D, Oestereich L, et al. Emergence of Zaire Ebola virus disease in Guinea[J]. N Engl J Med, 2014, 371 (15):1418-1425.
- [2] Zhu N, Zhang D, Wang W, et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019[J]. N Engl J Med, 2020, 382(8):727-733.
- [3] 李可欣, 张凤梅, 杨根岭, 等. 实验动物屏障设施系统自动化控制技术体系应用探索[J]. 中国比较医学杂志, 2018, 28(12):102-107.
- [4] 王贵平, 薛智谋, 周正宇, 等. 排气通风笼具微环境的动态检测[J]. 实验动物与比较医学, 2017, 37(2):150-154.
- [5] 邵奇鸣, 窦木林. 实验动物设施的职业健康管理体系的建立与实施初探[J]. 中国比较医学杂志, 2018, 28(8):1-6.
- [6] GB 50447 — 2008. 实验动物设施建筑技术规范 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [7] 吕阳, 徐立大, 刘光栓, 等. 清洁级实验动物设施环境指标的跟踪监测与分析[J]. 中国实验动物学报, 2002, 10 (1): 27-29.
- [8] 钱晓栋, 李震, 李志信. 数据机房热管空调系统的实验研究[J]. 工程热物理学报, 2012, 33(7):1217-1220.
- [9] 张大维, 徐彩云, 李晓慧, 等. 热管式空气换热器在实验动物设施建设上的应用[J]. 中国比较医学杂志, 2020, 30(1):109-112.