

文章编号: 0253-4339(2012)02-0047-03

doi: 10.3969/j.issn.0253-4339.2012.02.047

几种空气源热泵除霜方式的性能比较

张杰 兰菁 杜瑞环 高国奉

(河北省暖通空调工程技术研究中心 河北工程大学城建学院 邯郸 056038)

摘要 针对空气源热泵除霜问题, 分别对逆循环除霜系统、热气旁通除霜系统和相变蓄能除霜系统进行对比实验, 并对三种除霜方式的除霜时间、除霜时压缩机排气压力、室内温度波动等特性进行比较分析。实验结果表明, 相变蓄能系统除霜时的压缩机排气温度比另外两种系统高, 使得冷凝温度升高, 更有利于缩短除霜时间, 且室内温度相对稳定, 系统能耗也随之减少。

关键词 热工学; 除霜性能; 比较; 逆循环除霜; 热气旁通除霜; 相变蓄能除霜; 空气源热泵

中图分类号: TQ051.5; TB61⁺1

文献标识码: A

The Performance Comparison of Several Defrosting Modes for Air-source Heat Pump

Zhang Jie Lan Jing Du Ruihuan Gao Guofeng

(School of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Handan, 056038, China)

Abstract The defrosting time, discharge pressure, indoor temperature fluctuations and other defrosting characteristics of air source heat pump were experimentally investigated at three defrosting modes, i.e., reverse cycle defrosting, hot gas bypass defrosting and phase change material defrosting. The results showed that the performance of phase change material defrosting system is better than the others. The phase change material has increased the discharge temperature and the condensing temperature, which benefits to the decrease of defrost time and energy consumption, and the indoor temperature is relatively stable.

Keywords Pyrology; Defrosting performance; Comparison; Reverse cycle defrosting; Hot-gas bypass defrosting; Phase change material defrosting; Air source heat pump

空气源热泵兼顾供冷供热、占用空间小、节能、环保、方便等优点, 受到越来越多的青睐。但其结霜问题, 是影响热泵机组冬季正常制热的主要因素, 特别是在寒冷的北方地区和高湿寒冷的南方, 冬季机组几乎不能正常运行, 严重制约着空气源热泵的发展。因此, 提高除霜技术是推进空气源热泵发展的必要条件, 也是开拓空气源热泵市场的基石。国内外对空气源热泵除霜已有大量的研究, 常用的除霜方法有逆循环除霜和热气旁通除霜两种。基于前两种除霜方式, 已研发出多种具有蓄热功能的热泵除霜新系统。在这三种除霜模式下, 机组运行产生不同的影响。现通过实验, 分别对其除霜性能进行了分析和比较。

1 实验系统

空气源热泵除霜系统主要由压缩机、室内机、室外机、节流机构、四通换向阀、气液分离

器、蓄能换热器、过滤器、电磁阀等组成。其系统的原理图见图1, 除霜时通过控制电磁阀开关来实现系统不同模式的除霜, 见表1。当逆循环除霜模式运行时, 四通阀换向, 机组逆向运行, 除霜能量来自压缩机耗功和从室内吸收的热量从而达到除霜目的。运行热气旁通除霜模式, 四通阀不需换向, 融霜电磁阀开启, 压缩机排气经旁通管路至室外机(蒸发器)入口进行放热除霜。而蓄能除霜模式除霜过程中, 四通阀换向, 此时, 蓄能换热器作为蒸发器, 为除霜提供热量。

实验空气源热泵除霜系统是由一台分体热泵型房间空调器改装而成, 额定制热功率2.5kW, 蓄能换热器以CaCl₂·6H₂O作为相变蓄热材料。实验在模拟环境中进行, 测试时, 模拟室外环境温度(2±0.5)℃, 相对湿度(80±5)% (通过加湿器提供蒸汽), 除霜启动时, 霜厚约为3mm, 供水温度45℃, 回水温度40℃。

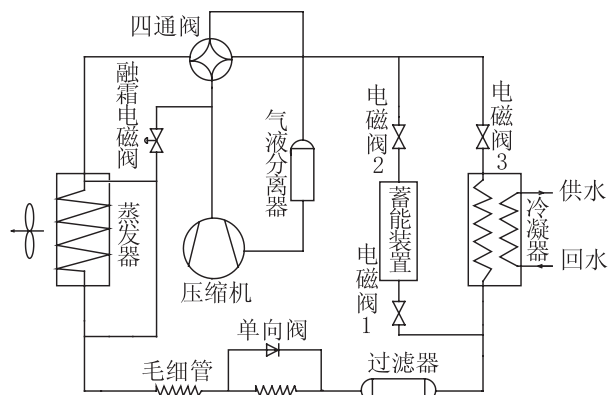


图1 除霜系统原理图

Fig.1 Schematic diagram of defrosting system

表1 除霜系统控制模式

Tab.1 Defrosting system control module

运行模式	逆循环除霜	热气旁通除霜	蓄能除霜
四通换向阀	换向	不换向	换向
电磁阀1	关	关	开
电磁阀2	关	关	开
电磁阀3	开	开	关
融霜电磁阀	关	开	关

2 实验结果及比较分析

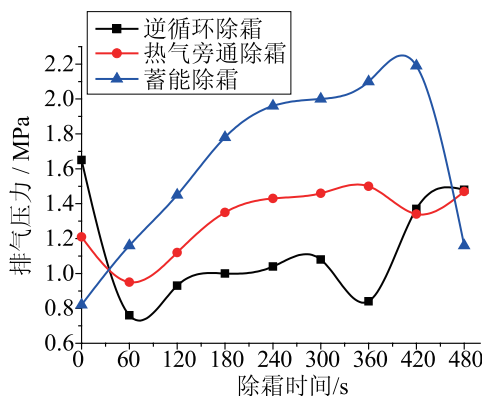


图2 除霜过程中压缩机排气压力变化曲线

Fig.2 Discharge pressure fluctuate during defrost

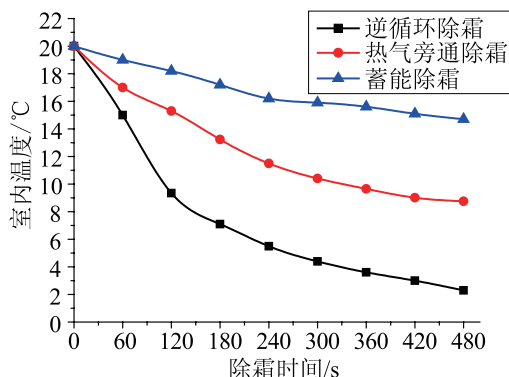


图3 除霜时室内温度变化曲线

Fig.3 Indoor temperature fluctuate during defrost

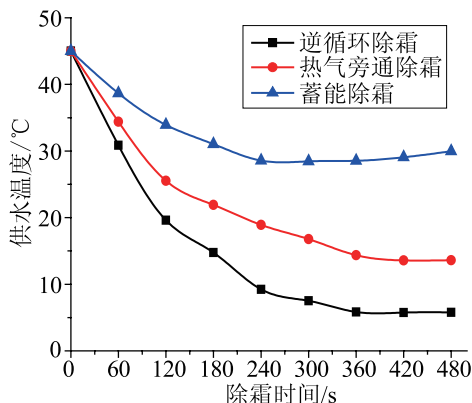


图4 供水温度随除霜时间变化曲线

Fig.4 Supply temperature fluctuate during defrost

表2 三种除霜方式比较

Tab.2 The comparison of three defrosting modules

运行模式	除霜时间/s	除霜时排气压力平均值/Pa	除霜结束时室外侧换热器翅片表面温度/℃	除霜后室内机恢复正常供热时间/s
逆循环除霜	390	1.05	24.0	280
热气旁通除霜	510	1.30	23.5	210
蓄能除霜	270	1.55	30.0	120

对三种除霜系统进行比较和分析，从图、表中可以看出：

1) 逆循环除霜系统除霜时的排气压力较小，经四通阀换向，易给系统带来诸多冲击，引发“奔油”问题。运行热气旁通除霜模式时，压力变化较为平缓，排气压力平均值为1.30MPa，基本能满足机组正常运行需要，不会出现“奔油”现象，提高了系统的可靠性。而蓄能除霜较热气旁通除霜模式，除霜时的排气压力有所增加，且比逆循环除霜高出了50%，使得冷凝温度提高，传热温差加大，更有利于除霜。

2) 传统的除霜方法——逆循环除霜，除霜时停止向室内继续供热，供水温度从45℃急剧下降到7℃左右，且要吸取室内的热量来除霜，以至室内温度骤降，严重影响人体舒适度。热气旁通除霜方式，不需吸取室内热量，还能同时提供少量的热量，避免了除霜时吹冷风现象的出现，供水温度下降较缓，但除霜时间过长以致室内温度仍有10℃的下降。对于蓄能除霜，除霜热量来自蓄能材料的储热，不用向室内取热，供水温度相对稳定，室内温度波动不大，能够满足舒适度要求。

3) 蓄能除霜时间因四通阀不用换向，除霜热

能直接来自蓄能换热器而大大缩短,且除霜后室内恢复正常供热时间较传统的逆循环除霜缩短了约160s。除霜结束时室外侧换热器翅片表面温度达30℃,比逆循环除霜和热气旁通除霜都要高出6℃左右,这就使传统除霜系统的室外换热器残留融霜水问题得到了解决。热气旁通模式除霜系统,由于系统除霜时功耗全来自压缩机的输入功率,所以除霜时间较另外两种除霜时间有所延长。

4)在除霜能耗方面,虽然热气旁通除霜系统除霜时间与逆循环除霜系统相比较长,但在除霜结束后,恢复制热模式,达到设定室内温度逆循环除霜系统所需要的时间长,因此两种模式消耗的能量相差不大,分别为4600kJ、4374 kJ,热气旁通除霜系统除霜能耗减少约5%。而蓄能除霜系统相比前两种除霜模式,节能效果要好,由于蓄能除霜时,除霜能量直接来自蓄能换热器,而且除霜时间内室内温度波动不大,所以除霜时间和短恢复室内温度时间大大缩短,消耗的能量减少,节能效果达到31.3%。

3 结语

解决空气源热泵运行可靠性和稳定性的关键在于除霜时具有低位热源。我国现在普遍使用的逆循环除霜,易受到环境温湿度影响而导致除霜时系统稳定性差,使得空气源热泵未得到推广。热气旁通除霜,在除霜性能上有所改进,对室内舒适度的影响较小,但除霜时间较长,除霜过程所需要的能耗损失增大,节能效果不佳,从而也并未取得良好的销售市场。而蓄能除霜成功解决了除霜时低位热源的问题,虽然初投资较其他两种大,在长远看来,总体费用还是比传统除霜系统低,且节能效果好,能有效减少温室气体的排放。兼顾诸多优点,并随着对蓄能除霜技术的深入研究和积极实践,空气源热泵的巨大市场潜力必将被发挥出来。

参考文献

- [1] 胡文举,姜益强,姚杨,等.基于除霜的相变蓄热器对空气源热泵性能的影响[J].天津大学学报,2009,42(10): 908-912. (Hu Wenju, Jiang Yiqiang, Yao Yang, et al. Effect of PCM Based Heat Exchanger for Defrosting on Performance of Air Source Heat Pump[J]. Journal of

Tianjin University, 2009, 42(10): 908-912.)

- [2] 黄挺,姜益强.空气源热泵除霜用相变蓄热器蓄放热特性影响因素的模拟研究[J].制冷与空调,2009,23(5): 11-15. (Huang Ting, Jiang Yiqiang. Simulation of Thermal Energy Storage Heat Exchanger used for Defrosting in Air Source Heat Pump[J]. Refrigeration and Air Conditioning, 2009, 23(5): 11-15.)
- [3] 顾泽波,黄东,袁秀玲.空气源热泵冷(热)水机组的逆循环除霜性能研究[J].制冷与空调,2008,8(3): 40-43. (Gu Zebo, Huang Dong, Yuan Xiuling. Dynamic Characteristics of Air-Source Heat Pump under Reverse-Cycle Defrosting Cycle[J]. Refrigeration and Air Conditioning, 2008, 8(3): 40-43.)
- [4] 梁彩华,张小松.显热除霜方式的理论分析与实验研究[J].工程热物理学报,2006,27(4): 559-561. (Liang Caihua, Zhang Xiaosong. Theoretical Analysis and Experiment Study on The Sensible Heat Defrost[J]. Journal of Engineering Thermophysics, 2006, 27(4): 559-561.)
- [5] 黄东,袁秀玲.风冷热泵冷热水机组热气旁通除霜与逆循环除霜性能对比[J].西安交通大学学报,2006,40(5): 539-543. (Huang Dong, Yuan Xiuling. Comparison of Dynamic Characteristic Between the Hot-Gas Bypass Defrosting Method and Reverse-Cycle Defrosting Method on an Air-to-Water Heat Pump[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2006, 40(5): 539-543.)
- [6] 刘学来,李永安,李继志,等.基于储水蓄能除霜的不间断供热理论及实验研究[J].湖南大学学报,2009,36(12): 124-128. (Liu Xuelai, Li Yong'an, Li Jizhi, et al. Theoretical and Experimental Study on the Defrosting System and Incessant Heating by Storing Energy of Water Storage[J]. Journal of Hunan University, 2009, 36(12): 124-128.)

作者简介

张杰,男(1962-),教授,博士,河北省邯郸市光明南大街199号,河北工程大学城建学院,056038,13333007826, E-mail: jzhangvip@yahoo.com.cn.研究方向:空调、供热系统动态特性分析与模拟研究,煤的清洁燃烧。

About the author

Zhang Jie (1962-), male, Ph.D./professor, Hebei university of Engineering, 199#, Guangmingnan Street, Handan, China, 056038, 13333007826, E-mail: jzhangvip@yahoo.com.cn. Research fields: research for the dynamics analysis and simulation of Air-conditioning, heating system. the coal of cleaner-burning.