

文章编号: 0253-4339(2012)02-0060-04

doi: 10.3969/j.issn.0253-4339.2012.02.060

特种车用高温空调研究

王 正¹ 王铁军¹ 金从卓² 陈志文² 孙 英² 王施文¹

(1 合肥工业大学 合肥 230009; 2 合肥天鹅制冷科技有限公司 合肥 230051)

摘 要 针对高温和宽温带范围等特殊工作环境空气调节的需要,研发了HLD-45B高温空调。该空调使用R22/R142b混合制冷剂,采用常规空凋制冷循环系统,冷凝器传热面积和风量的设计较常规空调增大15%~20%。进行了焓差法性能实验和宽温区运行实验。实验结果表明:在较宽的环境温度变化范围内HLD-45B具有良好的运行性能:1)标准空调工况至75℃高温工况,蒸发器回风温度与送风温度的差值变化平缓,制冷量最大衰减小于15%,在宽温区空调系统运行稳定、可靠;2)75℃高温工况的排气压力和排气温度分别为2.84MPa和121℃,在理想的安全范围。中高温混合制冷剂的合理使用可改善制冷系统的高温运行性能和可靠性,拓宽其运行温度范围。

关键词 热工学; 高温空调; R22/R142b; 研究

中图分类号: TB657.2; U270.38⁺3

文献标识码: A

Research of High Temperature Air-conditioner for Special Vehicle

Wang Zheng¹ Wang Tiejun¹ Jin Congzhuo² Chen Zhiwen² Sun Ying² Wang Shiwen¹

(1.Hefei University of Technology, Hefei, 230009, China; 2.Hefei Swan Refrigeration Technology Company, Hefei, 230051, China)

Abstract Aiming at meeting the requirements of air conditioning in wide temperature range and high temperature environment, HLD-45B high temperature air-conditioner has been developed. Heat transfer area and air mass flow of condenser is 15%~20% larger than normal. Both enthalpy and wide temperature range method experiments have been done. The results show that the air-conditioner has good operating performance: 1) Temperature difference between inlet and outlet has small variation and refrigerating capacity decreases less than 15% from standard condition to 75℃ high temperature condition. The air-conditioner operates stably and reliably. 2) Under 75℃ high temperature condition, discharge pressure and temperature, both of which are in ideal safety range, are 2.84 MPa and 121℃ respectively. The use of mixture of high and intermediate temperature refrigerants can improve the performance and reliability of the high temperature air-conditioner and widen its operating temperature range.

Keywords Pyrology; High temperature air conditioner; R22/R142b; Research

高温空调主要应用在特种运载装备等高温和宽温度变化范围的环境。要求其在60~75℃的高温环境能够稳定、可靠运行,在较宽的温度变化范围内制冷量变化平稳,尤其是高温区的制冷量不能明显衰减,以满足人机环境工程的需要。高温空调通常应用在外环境恶劣的运载工具和移动设备中,应具有良好的抗振和耐高温高压的结构。高温空调是否具有较高的可靠性和良好的制冷性能,其技术关键在于空调系统的结构设计、制冷剂的选择和压缩机技术。

兰州交通大学何忠韬在高温空调装置中设置涡流管^[1],利用涡流管的冷热分流效应,改善空调

器的冷凝效果;叶鲁伟在高温空调中设置卸荷阀和卸荷毛细管^[2],环境温度升高时卸荷阀打开,卸荷毛细管辅助增强节流作用,降低高温空调的排气温度;文献[3]提出一种在压缩机入口端设置辅助喷液的制冷系统,文献[4]采用旁通和喷液结构,降低压缩机的排气温度,提升压缩机和空调系统在高温环境下运行的可靠性。上述技术以降低空调系统能效并增加系统的复杂性为代价,虽然有助于提高高温工况运行的稳定性和可靠性,但在较宽的温度范围仍难以获得良好的制冷性能,尤其是高温工况的制冷量衰减严重。文献[5]提出了一种高温空调制冷剂的选择方案,采用中高温混合制冷剂,以使

基金项目: 中国航空工业集团科技计划(2009R35109)资助项目。
(The project was supported by Technological Program of Aviation Industry Corporation of China (No.2009R35109).)

收稿日期: 2011年6月22日

其高温工况的冷凝压力和排气温度相对合理, 宽温区运行的制冷量输出特性改善; Ch Trepp等人研究了混合制冷剂R22/R142b的高温制冷特性^[6], 指出R22的质量分数在50%~70%范围内是较为合理的, 并实验验证了该混合制冷剂的节能潜力, 利用相变时的温度滑移和合理的系统设计, 提高制冷系统COP; 马一太等人通过控制R22与R142b的比例来调控制冷量的变化^[7], 取得了预期的效果。显然, 在不增加制冷循环系统复杂性的基础上, 应用中高温混合制冷剂技术^[8-9], 改善高温空调在宽温带及其高温区的运行和输出特性, 是切实可行的技术方案。

1 HLD-45B高温空调

HLD-45B高温空调为分体立式结构, 采用常规空调的制冷循环系统(图1)。制冷压缩机由西安大金庆安压缩机有限公司制造, 为JT90GABY1L基础上开发的高温型, 提高了压缩机的高压气密性能、高温绝缘性能和运行极限温度, 主要技术指标为: 最高排气温度145℃、理论排气量7.97m³/h。基于前期研究^[8-9], 使用质量配比为6.8/3.2的R22/R142b混合制冷剂。空调器的冷凝器和蒸发器均采用平直套片, 为了有效减小传热温差和冷凝压力, 冷凝器的设计面积和风量较常规空调增大15%~20%; 与此同时, 控制蒸发器的设计面积, 以利于限制压缩机的回气温度及排气温度。鉴于高温空调的负荷和运行环境温度变化幅度大的特点, 选用丹佛斯2.5冷吨外平衡热力膨胀阀。

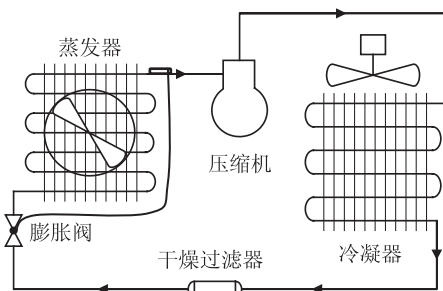


图1 高温空调制冷循环系统

Fig1 High temperature air-conditioner system

2 实验工况与方法

根据高温空调的性能特点和使用需求, 参照国家标准^[10](GB/T21361—2008)和企业标准(Q/SRTCJS1—2010), 拟定5个实验工况, 即: 标准空调工况、T3工况、最大功率工况、60℃和75℃高温工况, 各实验工况参数如表1所示。先后进行了

高温空调焓差法性能实验(工况序号1~4)和宽温区运行实验(工况序号1~5)。高温空调宽温区运行实验的方法: 调试室内外侧空气状态, 测量蒸发器进、出风平均温度、风量和输入总功率, 间接计算空调器制冷性能。

表1 高温空调实验工况(单位: ℃)

Tab.1 Experimental conditions of high temperature air conditioner (Unit: ℃)

序号	室内侧		室外侧	
	干球温度	湿球温度	干球温度	湿球温度
1	27	19.5	35	24
2	29	19.5	46	26
3	32	23	52	—
4	32	23	60	—
5	40	28	75	—

3 实验结果及分析

3.1 焓差法性能实验

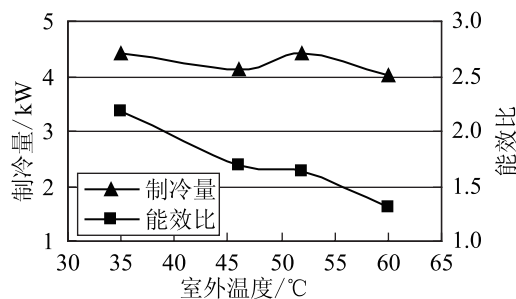


图2 制冷量和能效比随室外温度变化

Fig2 Variation of refrigeration capacity and EER with outdoor temperature

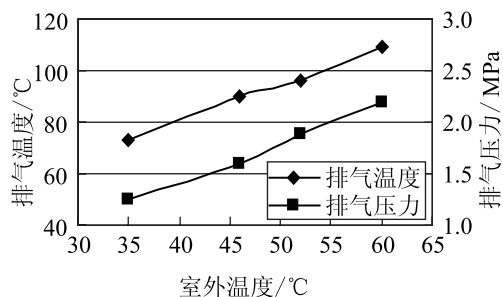


图3 排气温度和排气压力随室外温度变化

Fig.3 Variation of discharge temperature and pressure with outdoor temperature

图2、图3为高温空调焓差法性能实验结果。由图2可知, 从标准空调工况到60℃高温工况, 制冷量变化曲线平坦, 60℃高温工况的制冷量衰减小于10%; 总输入功率随着室外侧环境温度的上升逐渐增大, 能效比亦逐渐降低。图3显示, 排气温度和排气压力基本上呈逐渐升高的趋势, 其中在较高

温区, 排气温度上升速率有所减缓, 而排气压力维持线性上升速率。增大高温制冷剂质量配比可抑制高温区排气压力和排气温度的上升速率^[8-9]。

3.2 宽温区运行实验

图4为高温空调在宽温区运行的制冷性能。表征空调制冷能力的蒸发器进出风温差的变化区间为 $11.6^{\circ}\text{C}\sim 13.5^{\circ}\text{C}$ (送风量变化很小), 在高温区该温差呈现小幅上升的趋势; 制冷量在宽温区内变化幅度较小, 对比标准空调工况制冷量 4.43kW 和T3工况的 4.13kW , 75°C 超高温工况制冷量为 3.80kW , 相对下降幅度分别为 14.2% 和 8.0% ; 能效比在宽温区呈现小幅下降趋势, 且下降趋势逐渐收窄; 上述分析结果表明研究对象在较宽的室外环境温度变化范围具有理想的制冷性能。

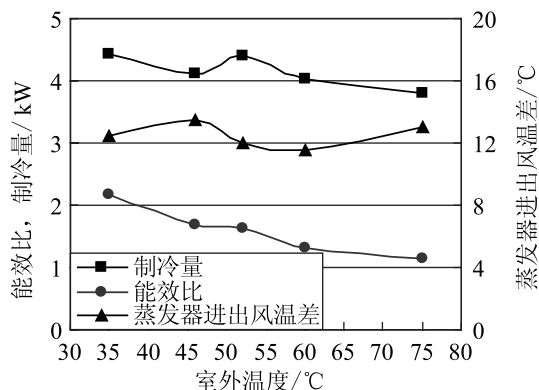


图4 宽温区送回风温差、制冷量和能效比变化
Fig.4 Variation of air temperature difference between inlet and outlet, refrigeration capacity and EER in wide temperature range

图5为排气温度和排气压力在宽温区的变化曲线, 与图3相似排气温度和排气压力呈逐渐升高的趋势, 排气温度的上升速率在高温区明显减缓, 75°C 高温工况制冷压缩机的排气温度和排气压力分别为 121°C 和 2.84MPa , 均处于设计的安全区域, 在宽温区空调系统运行可靠、稳定。

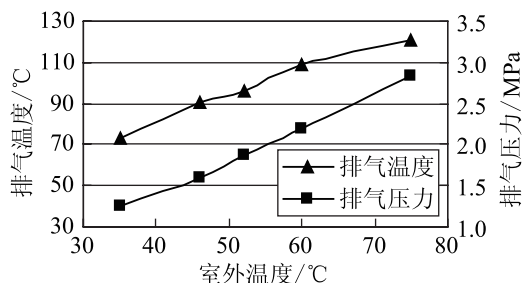


图5 宽温区排气温度和排气压力变化
Fig.5 Variation of discharge temperature and pressure in wide temperature range

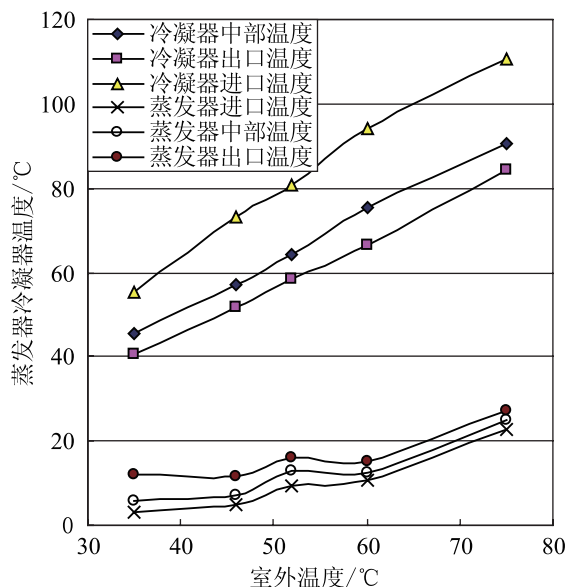


图6 宽温区冷凝器和蒸发器内温度变化
Fig.6 Variation of condenser and evaporator temperature in wide temperature range

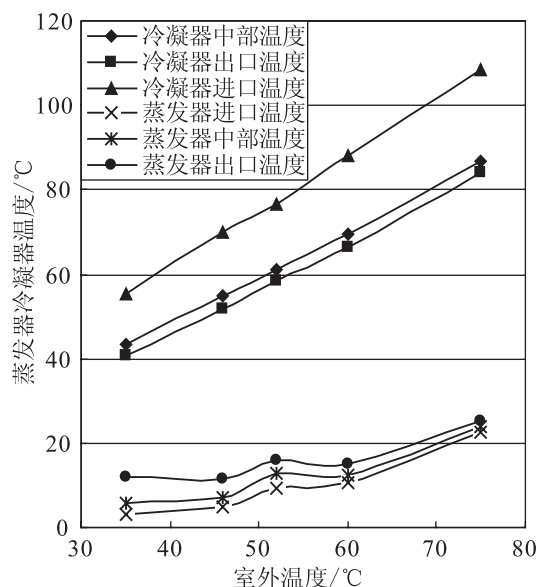


图7 宽温区冷凝器和蒸发器内温度变化
Fig.7 Variation of condenser and evaporator temperature in wide temperature range

高温空调在宽温区运行时冷凝器和蒸发器进口、中部和出口处管壁温度的变化如图6所示, 其间接反映冷凝器和蒸发器中制冷剂的温度和状态变化。由于采用非共沸混合制冷剂, 在相变中明显存在温度滑移, 充裕的冷凝换热面积和冷凝风量的共同作用, 冷凝器出口液体温度较低; 在宽温区运行范围, 蒸发器的进出口温差随着室外温度的升高呈现收窄之势, 这是因为中温制冷剂在高温区制冷能力逐渐衰减所致, 同时控制蒸发器设计面积的作用也有所体现。

4 结论

应用R22/R142b混合制冷剂进行了高温空调的研发和实验研究, 主要结论如下:

1) 研制的高温空调采用常规空调制冷系统, 结构简单; 由于使用R22/R142b混合制冷剂, 在较宽的外界环境温度范围制冷压缩机的排气压力和温度适宜(最高排气压力和温度分别小于3.0MPa、125℃), 制冷量变化平缓, 空调系统制冷特性和系统的可靠性有明显改善。

2) 高温空调系统设计较大的冷凝器换热面积和风量, 有利于减小冷凝传热温差和压缩机的排气压力; 适当控制蒸发器的换热面积有利于降低压缩机的排气温度, 提升系统的制冷性能和可靠性。

3) 研制的HLD-45B高温空调已成功应用于钢厂冶炼车间的行车, 应用该技术研制的HKWD-40环控设备满足了某兵器装备最高外部环境76℃空气调节的技术要求。

参考文献

- [1] 何忠韬. 高温空调制冷机: 中国, CN2656910 [P]. 2004-11-17.
- [2] 叶鲁伟. 新型高温空调: 中国, CN201368624 [P]. 2009-12-23.
- [3] 陈林昌. 高温空调制冷系统中的喷液装置: 中国, CN201093809 [P]. 2008-7-30.
- [4] 李鹤, 矛清希, 杨振刚, 等. 行车空调压缩机的热力保护措施[J]. 建筑热能通风空调, 2005, 24(2): 46-48. (Li He, Mao Qingxi, Yang Zhengang, et al. Discussion about Thermal-Protection Methods on the Compressor of Bridge Crane Air Conditioner[J]. Building Energy & Environment, 2005, 24(2): 46-48.)
- [5] 王铁军, 江斌. 适用于高温环境制冷空调装置的混合制冷剂: 中国, ZL200910116254.9[P]. 2011-05-11.
- [6] Ch Trepp, P Savoie, W E Kraus. Investigation of the performance behaviour of a compression refrigerating unit with halogen refrigerant mixtures R22/R142b, R22/R114 and R22/R12[J]. International Journal of Refrigeration, 1992, 15 (2): 101-111.
- [7] Ying Y, Yitai M, Canren L. Experimental study on the capacity control of heat pump using non-azeotropic mixture R22/R142b[C]//Proceedings of the 28th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference. 1993: 909-912.
- [8] 金从卓, 王正, 王铁军, 等. HLD-40b高温空调混合制冷剂替代研究[J]. 流体机械, 2011, 39(1): 62-64. (Jin Congzhuo, Wang Zheng, Wang Tiejun, et al. Research on New Refrigerant Mixtures as Replacement in HLD-40b High Temperature Air Conditioner[J]. Fluid machinery, 2011, 39(1): 62-64.)
- [9] 王铁军, 赵鹏, 金从卓, 等. 非共沸混合制冷剂在高温空调中的实验研究[J]. 低温与超导, 2009, 37(9): 69-72. (Wang Tiejun, Zhao Peng, Jin Congzhuo, et al. Experimental study on non-azeotropic refrigerant in high temperature air-conditioner[J]. Cryogenics & Superconductivity, 2009, 37(9): 69-72.)
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T21361—2008汽车用空调器[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

作者简介

王正, 男(1986—), 在读博士研究生, 合肥工业大学机械与汽车工程学院, 安徽省合肥市屯溪路193号, 230009, 15955191344, E-mail:wangzh862010@hotmail.com。研究方向: 制冷系统的设计方法与应用。

About the Author

Wang Zheng (1986—), male, PhD Candidate, 193#, Tunxi Road, Hefei, Anhui, China, 230009, 15955191344, E-mail: wangzh862010@hotmail.com. Research fields: design method and application of refrigeration system.