

双效并联溴化锂吸收式制冷系统 双热源工作模式的理论研究

韩崇巍, 季杰, 何伟, 裴刚

(中国科学技术大学热科学和能源工程系, 安徽合肥 230026)

摘要:对双效并联溴化锂吸收式制冷系统双热源工作模式的热性能进行了理论研究,分析了低压发生器所消耗的热量及系统运转参数的变化对系统热性能的影响。计算结果显示:在双热源工作模式下,随着低压发生器所消耗热量的变化,为保证系统的正常运行,需要对溶液流量进行调节控制;随着低压发生器所消耗热量的增加,系统的节能效果更好,运行费用更低;溶液分配比的可调节范围随着运转条件的变化而变化。

关键词:双效并联溴化锂吸收式制冷系统;双热源工作模式;流量调节;性能

中图分类号: TB61+6 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.0253-2778.2010.01.005

Theoretical study of dual-heat mode operation of double-effect parallel-flow LiBr-H₂O absorption refrigeration system

HAN Chongwei, JI Jie, HE Wei, PEI Gang

(Department of Thermal Science and Energy Engineering, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract: The thermal performance of a double-effect parallel-flow LiBr-H₂O absorption refrigeration system under dual-heat mode of operation was theoretically studied, and the influence of the external heat capacity variation of the low pressure generator and operation parameters on the performance of the system was analyzed. Results show that under dual-heat mode of operation, the flux of solution should be adjusted with the variation of the external heat capacity of the low pressure generator to ensure the normal operation of the system; an increase in external heat capacity of the low pressure generator leads to a better effect of energy-saving and a lower operating cost; the adjustable range of solution distribution ratio changes with the variation of operating conditions.

Key words: double-effect parallel-flow LiBr-H₂O absorption refrigeration system; dual-heat mode of operation; flux adjustment; performance

符号表

T/K	温度	$h/(J \cdot kg^{-1})$	比焓	R	溶液分配比
P/Pa	压力	Q/W	热负荷	$\Delta T/K$	对数平均温差
x	溶液质量分数	$m/(kg \cdot s^{-1})$	质量流量	η	热交换器换热效率

收稿日期:2008-05-27;修回日期:2008-12-22

基金项目:安徽省自然科学基金(070414161)资助。

作者简介:韩崇巍,男,1982年生,硕士生。研究方向:吸收式制冷。E-mail:cwhan@mail.ustc.edu.cn

通讯作者:季杰,博士/教授。E-mail:jijie@ustc.edu.cn

COP 性能系数

下标

HG	高压发生器	C	冷凝器	ext	外部
LG	低压发生器	E	蒸发器	int	内部
HEX	高温热交换器	A	吸收器	1, 2, ...	状态点
LEX	低温热交换器				

0 引言

溴化锂吸收式制冷系统以水为制冷剂,溴化锂溶液为吸收剂,由蒸汽、热水或燃气/燃油燃烧释放的热量驱动,具有节能、环保、不破坏臭氧层等优点.目前应用较多的溴化锂吸收式制冷机主要有单效型和双效型两种.

单效溴化锂吸收式制冷系统结构简单,COP 可达 0.7,但热源的可利用温差较小,一般不超过 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1].针对单效系统热源可利用温差小的缺点,许多学者提出了改进方案:如中国科学院广州能源研究所李戡洪和马伟斌等[2]主张的双级吸收式制冷循环、华中科技大学陈滢和朱玉群等[3]提出的单效/双级吸收式制冷循环、东南大学陈亚平等[4]提出的 1. x 级制冷循环以及华中科技大学万忠民和舒水明[5]提出的混合吸收式制冷循环等.与单效循环相比,上述循环的热源可利用温差大,但 COP 低,结构复杂.

双效溴化锂吸收式制冷系统 COP 高,可达 1.2[6],但对热源要求高,高压发生器溶液发生温度的设计值一般在 $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右[7].在双效循环中,低压发生器内溶液的发生温度一般在 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下[8],一些相对低品质的热源,如工业余热和太阳能热水(平板型或真空管型太阳能集热器制得)等,可以通过加热低压发生器中的溶液得以利用[6],因此有学者提出了双效溴化锂吸收式制冷系统的双热源工作模式,即高压发生器由燃油/燃气燃烧释放的热量驱动,低压发生器利用工业余热或太阳能热水的工作模式.该模式有效地利用了工业余热和太阳能热水,有较好的节能效果. Arun 等[6,9]分析了双效并联流程和串联流程的溴化锂吸收式制冷循环双热源工作模式的热性能,并把两者进行了比较;Liu 等[8]对燃气/太阳能热水驱动的双效吸收式制冷系统的年性能进行了理论研究,并对其经济性进行了评估;文柏通等[10]对双热源驱动的双效吸收式制冷系统的控制策略进行了研究.

双效并联溴化锂吸收式制冷系统运行时,对于溶液流量的调节控制有一定的要求,本文重点研究

了双效并联溴化锂吸收式制冷系统在双热源工作模式下,溶液流量的调节对系统热性能的影响.

1 双效并联溴化锂吸收式制冷系统的结构

如图 1 所示,双效并联溴化锂吸收式制冷系统的主要部件有高压发生器、低压发生器、高温热交换器、低温热交换器、冷凝器、蒸发器、吸收器、节流装置、溶液泵和冷剂泵等,其最主要的特点是:稀溶液流出吸收器后分流,平行地进入两个发生器.而在串联流程中,稀溶液流出吸收器后,先后进入两个发生器.

在双热源工作模式下,高压发生器由燃油/燃气燃烧释放的热量加热(Q_{HG}),产生的冷剂蒸气进入低压发生器,作为热源加热浓缩低压发生器中的溶液;工业余热或太阳能热水等低温热源直接加热低压发生器($Q_{LG, ext}$);吸收器和冷凝器由水或空气冷却(Q_A 和 Q_C).

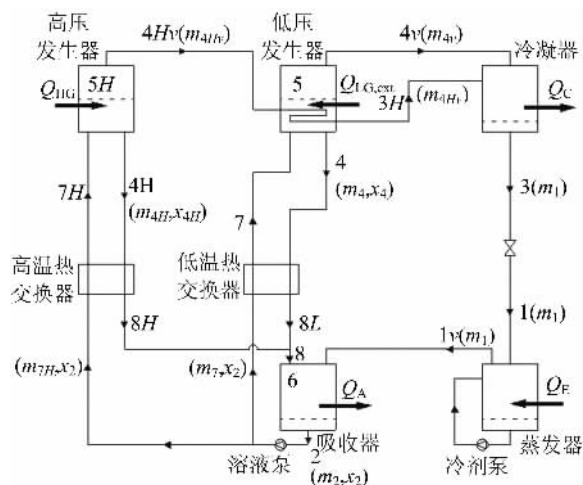


图 1 双效并联 LiBr-H₂O 吸收式制冷系统双热源工作模式示意图

Fig. 1 Scheme of dual-heat mode of double-effect parallel-flow LiBr-H₂O absorption refrigeration system

2 双效并联溴化锂吸收式制冷系统的理论模型

假设:

①系统处于稳定状态.

②工质没有流动损失. 低压发生器的工作压力等于冷凝器的工作压力, 吸收器的工作压力等于蒸发器的工作压力.

③高压发生器、低压发生器及吸收器的出口溶液处于饱和状态.

④冷凝器出口冷剂水与蒸发器出口冷剂蒸气处于饱和状态; 高压发生器产生的冷剂蒸气在低压发生器中冷凝成高压发生器压力下的饱和冷剂水.

⑤忽略各部件与环境之间的热量交换.

⑥忽略各部件的热容.

⑦忽略系统中泵所做的功.

根据吸收剂、制冷剂的质量平衡方程与状态方程, 及各部件的能量平衡方程, 对系统各部件建立模型如下^[9,11]:

蒸发器:

$$Q_E = m_1(h_{1v} - h_1) \quad (1)$$

吸收器:

$$m_2 = m_8 + m_1 \quad (2)$$

$$m_8 = m_{4H} + m_4 \quad (3)$$

$$m_2 = m_{7H} + m_7 \quad (4)$$

$$m_2 x_2 = m_8 x_8 \quad (5)$$

$$m_8 x_8 = m_{4H} x_{4H} + m_4 x_4 \quad (6)$$

$$m_8 h_8 = m_{4H} h_{8H} + m_4 h_{8L} \quad (7)$$

$$Q_A = m_8 h_8 + h_1 h_{1v} - m_2 h_2 \quad (8)$$

高压发生器:

$$m_{7H} = m_{4Hv} + m_{4H} \quad (9)$$

$$m_{7H} x_2 = m_{4H} x_{4H} \quad (10)$$

$$Q_{HG} = m_{4H} h_{4H} + m_{4Hv} h_{4Hv} - m_{7H} h_{7H} \quad (11)$$

低压发生器:

$$m_7 = m_{4v} + m_4 \quad (12)$$

$$m_7 x_2 = m_4 x_4 \quad (13)$$

$$\Delta T_{LG} = \frac{[(T_{3H} - T_5) - (T_{3H} - T_4)]}{\ln \left[\frac{(T_{3H} - T_5)}{(T_{3H} - T_4)} \right]} \quad (14)$$

$$Q_{LG,int} = m_{4Hv}(h_{4Hv} - h_{3H}) \quad (15)$$

$$Q_{LG} = Q_{LG,int} + Q_{LG,ext} = m_4 h_{4v} + m_{4v} h_{4v} - m_7 h_7 \quad (16)$$

冷凝器:

$$m_1 = m_{4Hv} + m_{4v} \quad (17)$$

$$Q_C = m_{4v} h_{4v} + m_{4Hv} h_{3H} - m_1 h_3 \quad (18)$$

高温热交换器:

$$Q_{HEX} = m_{4H}(h_{4H} - h_{8H}) = m_{7H}(h_{7H} - h_2) \quad (19)$$

低温热交换器:

$$Q_{LEX} = m_4(h_4 - h_{8L}) = m_7(h_7 - h_2) \quad (20)$$

节流装置:

$$h_1 = h_3 \quad (21)$$

LiBr-H₂O 溶液状态方程^[12]:

$$f_1(h, T, x) = 0 \quad (22)$$

$$f_2(P, T, x) = 0 \quad (23)$$

水的比焓值^[13]:

$$f_3(h, T) = 0 \quad (24)$$

过热水蒸气的比焓值^[13]:

$$f_4(h, P, T) = 0 \quad (25)$$

饱和水状态方程^[12]:

$$f_5(P, T) = 0 \quad (26)$$

溶液分配比:

$$R = \frac{m_{7H}}{m_2} \quad (27)$$

高温热交换器换热效率:

$$\eta_{HEX} = \frac{(h_{7H} - h_2)}{(h_{5H} - h_2)} \quad (28)$$

低温热交换器换热效率:

$$\eta_{LEX} = \frac{(h_7 - h_2)}{(h_5 - h_2)} \quad (29)$$

3 结果与分析

假定制冷量为 16 kW, 低压发生器内换热温差为 10 K, 文献^[6]的计算方法对上述模型进行求解, 计算结果如下.

图 2~图 5 给出了双热源工作模式、不同低压发生器所消耗热量 $Q_{LG,ext}$ 情况下, 高压发生器所消耗热量 Q_{HG} 、高压发生器产生的冷剂蒸气在低压发生器内的放热量 $Q_{LG,int}$ 、COP 及 COP_{HG} 随溶液分配比 R 的变化情况, 计算过程中所采用的参数如表 1 所示.

表 1 计算参数

Tab. 1 Calculation parameters

参数名称	参数值
T_{HG}	160 °C
T_A	35 °C
T_C	35 °C
T_E	5 °C
η_{HEX}	0.8
η_{LEX}	0.8

如图 2 所示, 溶液分配比 R 趋近于 0 时, 高压发生器所消耗的热量 Q_{HG} 较多, Q_{HG} 变化迅速; R 较

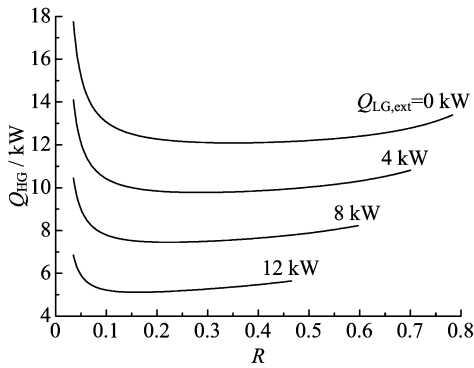


图 2 高压发生器热负荷随溶液分配比变化曲线

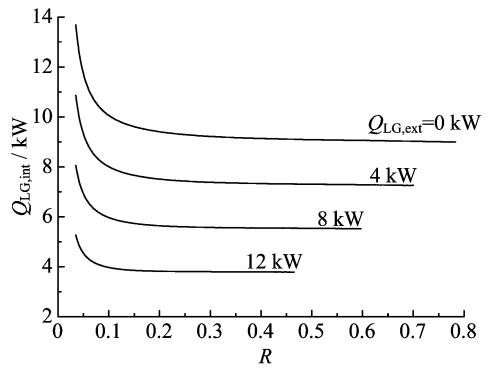
Fig. 2 Variation of Q_{HG} with solution distribution ratio

图 3 低压发生器内部热负荷随溶液分配比变化曲线

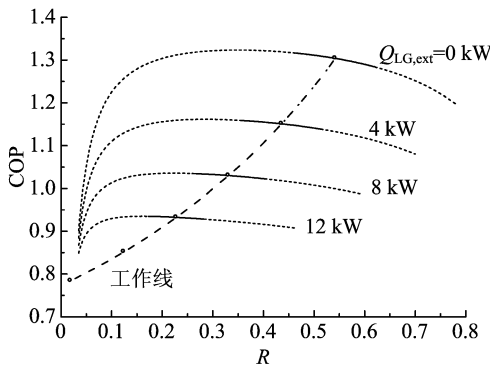
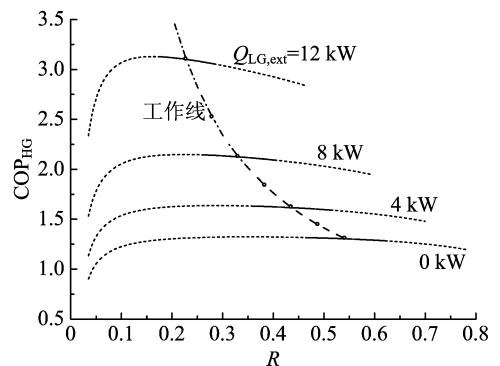
Fig. 3 Variation of $Q_{LG, int}$ with solution distribution ratio

图 4 COP 随溶液分配比变化曲线

Fig. 4 Variation of COP with solution distribution ratio

图 5 COP_{HG} 随溶液分配比变化曲线Fig. 5 Variation of COP_{HG} with solution distribution ratio

大时, Q_{HG} 变化缓慢. 随着 R 的增大, Q_{HG} 呈现出先迅速减少, 达到一个最小值后开始缓慢增加的变化过程.

随着低压发生器所消耗热量 $Q_{LG, ext}$ 的增加, Q_{HG} 减少. 如 $R=0.45$, $Q_{LG, ext}$ 分别为 0 kW、4 kW、8 kW 和 12 kW 时, Q_{HG} 分别为 12.14 kW、9.92 kW、7.75 kW 和 5.59 kW. 这是因为, 随着 $Q_{LG, ext}$ 的增加, 低压发生器内产生的制冷剂水量增加, 而在条件一定的情况下, 循环制冷剂水量一定, 因此高压发生器内产生的制冷剂水量减少, 高压发生器所消耗的热量随之减少, 即 Q_{HG} 减少.

图 3 给出了高压发生器产生的制冷剂蒸气在低压发生器内的放热量 $Q_{LG, int}$ 随溶液分配比 R 的变化曲线. R 趋近于 0 时, $Q_{LG, int}$ 变化迅速; 随着 R 的增大, $Q_{LG, int}$ 先迅速减少, 后逐渐趋于平缓. 与 Q_{HG} 随 $Q_{LG, ext}$ 的变化趋势相似, $Q_{LG, int}$ 随 $Q_{LG, ext}$ 的增加而减少. 这是因为, $Q_{LG, int}$ 主要由高压发生器内产生的制冷剂水量决定, 随着 $Q_{LG, ext}$ 的增加, 高压内产生的制冷剂水量减少, $Q_{LG, int}$ 随之减少.

图 4 给出了性能系数 COP 随溶液分配比 R 的

变化曲线. 在此, COP 定义为制冷量 Q_E 与系统所消耗热量 ($Q_{HG} + Q_{LG, ext}$) 的比值^[8]:

$$COP = \frac{Q_E}{(Q_{HG} + Q_{LG, ext})} \quad (30)$$

如图 4 所示, R 趋近于 0 时, COP 变化迅速; 随着 R 的增大, COP 先增大后减小, R 值较高或较低时, COP 并不高. 这是因为, 在条件一定的情况下, R 较高时, 进入高压发生器的稀溶液量增加, 进入低压发生器的稀溶液量减少, 此时高压发生器的放气范围较小, 单位溶液产生的制冷剂水量降低, 循环倍率增大, 高压循环的性能系数降低, 而低压循环的性能系数变化不大, 因此 COP 降低; R 较低时, 进入低压发生器的稀溶液量增加, 进入高压发生器的稀溶液量减少, 此时低压发生器的放气范围较小, 单位溶液产生的制冷剂水量降低, 循环倍率增大, 低压循环的性能系数降低, 而高压循环的性能系数变化不大, 因此 COP 降低^[14].

从图 4 中可以看出, COP 随着 $Q_{LG, ext}$ 的增加而减小. 这是因为, 在双热源工作模式下, 制冷循环可以看成双效循环与单效循环的复合, 随着 $Q_{LG, ext}$ 的

增加,单效循环部分在整个制冷循环中所占的比重越来越大,如前文所提到的,单效循环的性能系数较双效循环的低,所以在双热源工作模式下,随着 $Q_{LG, ext}$ 的增加, COP 减小。

需要注意的是, R 值过高或过低将分别导致高压发生器或低压发生器出口浓溶液质量分数过高,产生结晶,系统不能正常运行。图 4 中,实线表示不产生结晶,虚线表示产生结晶。可见,随着 $Q_{LG, ext}$ 的增加,为保证系统正常运行, R 值不断减小。图中给出了保证系统正常运行的工作线(点划线),当 $Q_{LG, ext}$ 分别为 0 kW 和 8 kW 时,对应的 R 值分别为 0.542 和 0.331,与文献[8]中提到的 0.553 7 和 0.338 8 相差不多。

文献[6]的作者认为低压发生器所消耗的热量 $Q_{LG, ext}$ 是由免费的余热或太阳能提供的,可以不用考虑,因此把性能系数定义为制冷量 Q_E 与高压发生器所消耗热量 Q_{HG} 的比值:

$$COP_{HG} = \frac{Q_E}{Q_{HG}} \quad (31)$$

COP_{HG} 越大,表明获得单位制冷量所消耗的燃油/燃

气越少,系统运行费用越少;反之, COP_{HG} 越小,获得单位制冷量所消耗的燃油/燃气越多,系统运行费用越多。如图 5 所示, COP_{HG} 随着 $Q_{LG, ext}$ 的增加而增大。当 $Q_{LG, ext}$ 分别为 4 kW、8 kW 和 12 kW 时, COP_{HG} 分别为 1.62、2.12 和 3.10,而在单热源工作模式下 ($Q_{LG, ext} = 0$ kW), COP_{HG} 仅为 1.30,可见双热源工作模式具有明显的节能效果,能够有效地降低系统的运行费用, $Q_{LG, ext}$ 越大,效果越明显。

图 6~图 11 给出了双热源工作模式、不同运转参数情况下, COP 随 R 的变化曲线。如图所示,随着 R 的增大, COP 一般先增大,达到一个最大值后开始减小。图中,虚线表示产生结晶。可见,为避免产生结晶,保证系统正常运行, R 值的可调节范围随着运转参数的变化而变化。下列情况将导致 R 的可调节范围过小:

- ① 过高的低压发生器发生温度(图 6);
- ② 过低的吸收温度(图 7);
- ③ 过低的冷凝温度(图 8);
- ④ 过高的蒸发温度(图 9);
- ⑤ 过高的中温热交换器换热效率(图 10);

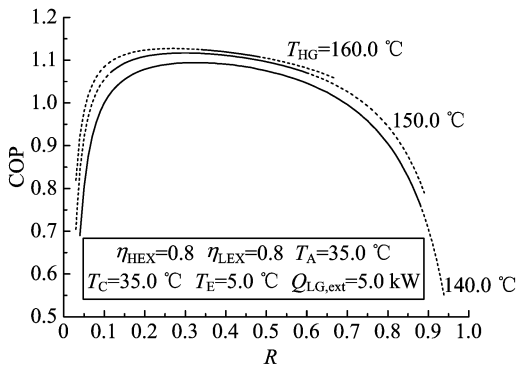


图 6 高压发生器发生温度对 COP 的影响

Fig. 6 Influence of T_{HG} on COP

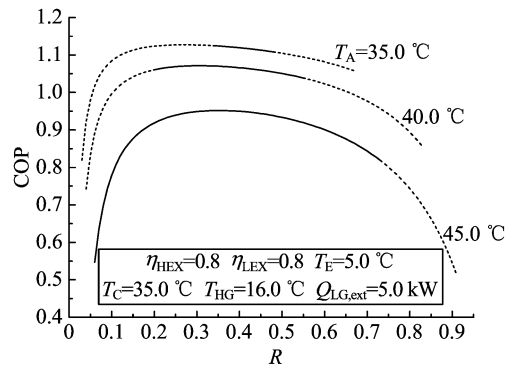


图 7 吸收温度对 COP 的影响

Fig. 7 Influence of T_A on COP

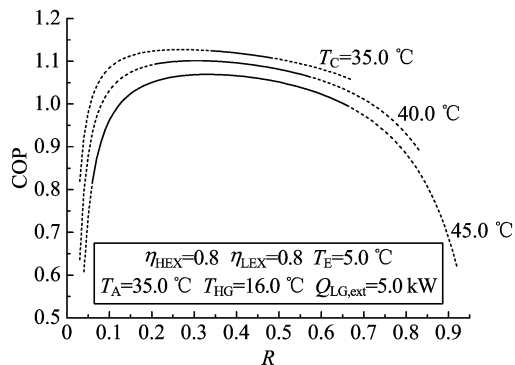


图 8 冷凝温度对 COP 的影响

Fig. 8 Influence of T_C on COP

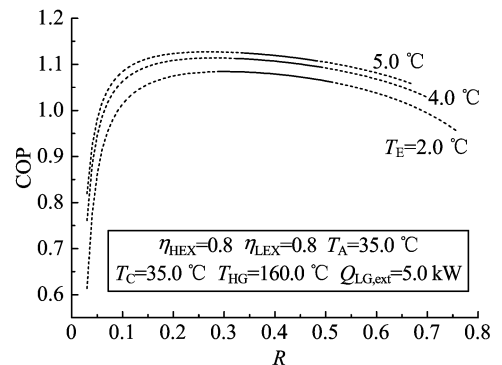


图 9 蒸发温度对 COP 的影响

Fig. 9 Influence of T_E on COP

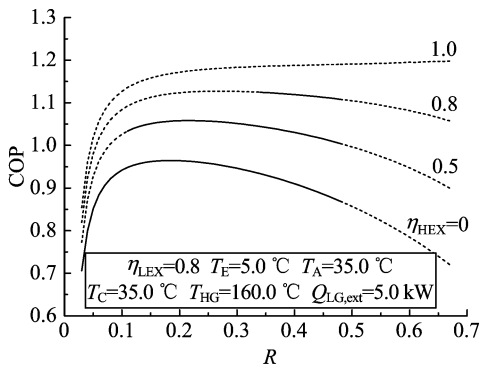


图10 高温热交换器换热效率对 COP 的影响

Fig. 10 Influence of η_{HEX} on COP

⑥过高的低温热交换器换热效率(图11).

上述六种情况容易导致过高的溶液质量分数或过低的溶液温度,增大了产生结晶的可能性,限制了R值的调节范围.

4 结论

双效并联溴化锂吸收式制冷系统在双热源工作模式下,随着低压发生器所消耗的热量的增加,为避免产生结晶,保证系统正常运行,需将溶液分配比不断调小.

随着运转参数的变化,溶液分配比的可调节范围随之变化.过高的低压发生器发生温度、蒸发温度和热交换器换热效率、过低的吸收温度和冷凝温度都将导致溶液分配比的可调节范围过小.

在双热源工作模式下,高压发生器所消耗的热量随着低压发生器所消耗热量的增加而减少,制冷循环趋于单效制冷,COP降低,但考虑到低压发生器所消耗的热量是免费的余热或太阳能,因此在双热源工作模式下,随着低压发生器所消耗热量的增加,系统的节能效果更好,运行费用更低.

参考文献(References)

[1] He Zinian, Zhu Ning, Liu Fang, et al. Design and performance of a solar absorption air-conditioning and heat-supply system [J]. Taiyangneng Xuebao/Acta Energetica Solaris Sinica, 2001, 22(1):6-11.
何梓年,朱宁,刘芳,等. 太阳能吸收式空调及供热系统的设计和性能[J]. 太阳能学报,2001,22(1):6-11.

[2] Li Jianhong, Ma Weibin, Jiang Qing, et al. A 100kW solar air-conditioning system [J]. Taiyangneng Xuebao/Acta Energetica Solaris Sinica, 1999, 20(3): 239-243.

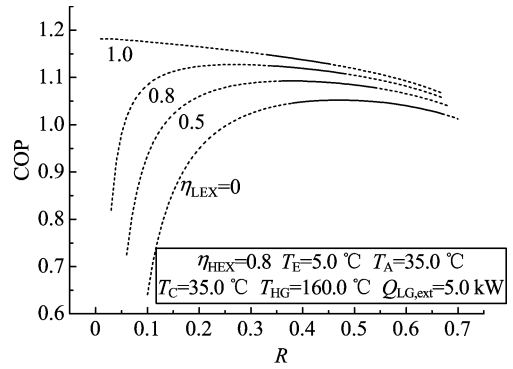


图11 低温热交换器换热效率对 COP 的影响

Fig. 11 Influence of η_{LEX} on COP

李戳洪,马伟斌,江晴,等. 100kW 太阳能制冷空调系统[J]. 太阳能学报,1999,20(3): 239-243.

- [3] Chen Ying, Zhu Yuqun, Geng Wei, et al. SE/DL absorption refrigeration cycle driven by low temperature heat resources [J]. Taiyangneng Xuebao/Acta Energetica Solaris Sinica, 2002, 23(1):1-6.
陈滢,朱玉群,耿玮,等. 低温热源驱动的单效/双级(SE/DL)吸收式制冷循环[J]. 太阳能学报,2002, 23(1): 1-6.
- [4] Chen Yaping, Wang Keyong, Shi Mingheng. Analysis on performance of 1. x-lift LiBr absorption refrigeration cycle [J]. Journal of Engineering Thermophysics, 2005, 26(2):193-195.
陈亚平,王克勇,施明恒. 1. x 级溴化锂吸收式制冷循环性能分析[J]. 工程热物理学报,2005, 26(2): 193-195.
- [5] Wan Zhongmin, Shu Shuiming. Refrigeration cycle of solar mixed absorption [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2003, 31(1):100-102.
万忠民,舒水明. 一种高效太阳能混合吸收式制冷循环系统[J]. 华中科技大学学报(自然科学版),2003, 31(1):100-102.
- [6] Arun M B, Maiya M P, Srinivasa M S. Equilibrium low pressure generator temperatures for double-effect series flow absorption refrigeration systems [J]. Applied Thermal Engineering,2000, 20(3):227-242.
- [7] 戴永庆. 溴化锂吸收式制冷空调技术使用手册[M]. 北京:机械工业出版社,2000.
- [8] Liu Y L, Wang R Z. Performance prediction of a solar/gas driving double effect LiBr-H₂O absorption system[J]. Renewable Energy,2004, 29(10):1 677-1 695.
- [9] Arun M B, Maiya M P, Srinivasa M S. Performance comparison of double-effect parallel-flow and series flow water lithium bromide absorption systems[J].

- Applied Thermal Engineering, 2001, 21(12):1 273-1 279.
- [10] Wen Botong, Gu Jianming, Lu Zhen. Research for the control strategies of the absorption chiller driven by hybrid heat source [J]. Fluid Machinery, 2006, 34(2):68-71.
文柏通, 顾建明, 陆震. 复合热源驱动的吸收式制冷系统的控制策略研究[J]. 流体机械, 2006, 34(2):68-71.
- [11] Xu G P, Dai Y Q. Theoretical analysis and optimization of a double-effect parallel-flow-type absorption chiller[J]. Applied Thermal Engineering, 1997, 17(2):157-170.
- [12] Su Shuqiang. Study on the triple effect Lithium Bromide absorption refrigeration cycle [D]. Tianjin: Tianjin University of Commerce, 2001:6-12.
苏树强. 三效溴化锂吸收式制冷循环性能的研究[D]. 天津:天津商学院, 2001:6-12.
- [13] Jia Mingsheng. Several main calculating equations of properties parameter of LiBr-H₂O [J]. Journal of Zhanjiang Ocean University. 2002, 22(3):52-58.
贾明生. 溴化锂水溶液的几个主要物性参数计算方程[J]. 湛江海洋大学学报, 2002, 22(3):52-58.
- [14] 张星. 溴化锂吸收式制冷系统计算机模拟及分析[D]. 南京:东南大学, 2000, 47-52.
- [15] Yang Jichun, Ji Jie, Pei Gang, et al. Experimental investigation of an indirect expansion solar assisted multifunctional domestic heat pump [J]. Journal of University of Science and Technology of China. 2007, 37(1):46-52.
阳季春, 季杰, 裴刚, 等. 间接膨胀式太阳能多功能热泵供暖实验[J]. 中国科学技术大学学报, 2007, 37(1):46-52.

(上接第 19 页)

- 刘长盛, 刘文保. 大气辐射学[M]. 南京:南京大学出版社, 1990, 239-246.
- [9] Holben B N, Eck T F, et al. A federated instrument network and data archive for aerosol characterization [J]. Remote Sens Environ, 1998, 66: 1-16.
- [10] Zhang Yuping, Yang Shizhi, Zhao Qiang, et al. Observation and analyse of aerosol optical properties in Bositeng Lake area[J]. Journal of Atmospheric and Environmental Optics, 2007, 2(1):38-43.
张玉平, 杨世植, 赵强, 等. 新疆博斯腾湖地区气溶胶光学特性的观测分析[J]. 大气与环境光学学报, 2007, 2(1):38-43.
- [11] Ma Guangming, Wei Qingnong, Wang Shimei. Measurements of aerosol optical depth from solar radiation over Hefei region[J]. Journal of Atmospheric and Environmental Optics, 2006, 1(1):41-46.
马光明, 魏庆农, 汪世美. 利用太阳辐射测量合肥地区气溶胶光学厚度[J]. 大气与环境光学学报. 2006, 1(1):41-46.
- [12] Zhou Jun, Yue Guming, Qi Fudi, et al. Optical properties of aerosol derived from lidar measurements [J]. Chinese Journal of Quantum Electronics, 1998, 15(2):140-148.
周军, 岳古明, 戚福第, 等. 大气气溶胶光学特性激光雷达探测[J]. 量子电子学报, 1998, 15(2):140-148.