

# Study on the Testing Device for the Optimal Condensing Temperature of Energy-Saving Vapor-Compression Refrigerating Machine

Zhaolu Dong, Jianxin Yuan, Mengqi Zhang

Architectural Engineering School of Xinjiang University, Urumqi Xinjiang  
Email: yuanjianxin65@126.com

Received: Nov. 13<sup>th</sup>, 2017; accepted: Nov. 27<sup>th</sup>, 2017; published: Dec. 5<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

The paper brings forward a feasible “testing device for the optimal condensing temperature of energy-saving vapor-compression refrigerating machine”, which can ensure that the parameters of other operation conditions constantly stay at different predetermined values, so that it can accurately adjust the condensing temperature, effectively and timely record and calculate the needed parameter values of the optimal condensing temperature of the vapor-compression refrigerating machine. In addition, the testing device can recycle the heat of condensation, which makes it an energy-saving product.

## Keywords

Testing Device for the Optimal Condensing Temperature, Single Stage Vapor-Compression Refrigerating Machine

---

# 节能型蒸气压缩式制冷机最佳冷凝温度测试装置的研究

董昭禄, 袁建新, 张梦琦

新疆大学建筑工程学院, 新疆 乌鲁木齐  
Email: yuanjianxin65@126.com

收稿日期: 2017年11月13日; 录用日期: 2017年11月27日; 发布日期: 2017年12月5日

## 摘要

本文提出了一种“节能型蒸气压缩式制冷机最佳冷凝温度测试装置”，它可以确保除冷凝温度以外的其它运行工况参数恒定在不同的预定值，能够方便准确地调节冷凝温度，及时有效地记录计算蒸气压缩式制冷机最佳冷凝温度所需的参数值。另外，该测试装置能够回收冷凝热，是一种节能型产品。

## 关键词

最佳冷凝温度测试装置，单级蒸气压缩式制冷机

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

2016年12月《仪器与设备》期刊上发表了《蒸气压缩式制冷循环的最佳冷凝温度》论文，该文章针对冷凝温度变化对蒸气压缩式制冷机性能影响规律进行了理论研究，发现：在其它条件不变时，随着冷凝温度降低，制冷机制冷系数、相应理想制冷机制冷系数都在提高，但制冷机热力完善度先升高后下降，存在最大热力完善度，并首次提出了蒸气压缩式制冷机“最佳冷凝温度”的概念。所谓“最佳冷凝温度”就是在其它条件不变时，制冷机热力完善度达到最大值时的冷凝温度，不同冷用户(蒸发温度不同、或用冷量不同)有着各自的“最佳冷凝温度”[1]。热工原理指出，热力完善度是考量制冷机性能接近相同冷热源间理想制冷机性能程度的指标，是衡量制冷机性能好坏的最终指标；若制冷机工作在热力完善度最大时，则该制冷机最节能[2]。

制冷机运行工况变化直接影响到其性能的好坏，冷凝温度是制冷机的一个重要运行参数，常受气候环境变化而变化，制冷机实际运行工况往往偏离设计运行工况，对制冷机性能影响很大。在其它条件不变时，冷凝温度升高，制冷机性能系数减小；冷凝温度降低，制冷机性能系数增大[3]。实际操作时，大多是通过调节冷却介质参数来控制冷凝温度，但没有统一的量化标准，不知道将冷凝温度调整何值最好。现在有了“最佳冷凝温度”概念，一切就迎刃而解了。

制冷机在中国应用已十分普及，其耗能也十分可观，目前节能减排已成为中国发展的国策。要想使生活、生产中的制冷机都工作在“最佳冷凝温度”状态，运行经济性大幅提高，加快实现国家节能战略，就必须进行大量的测试工作，找出蒸气压缩式制冷机各种实际运行工况的“最佳冷凝温度”。本文提出了一种“节能型蒸气压缩式制冷机最佳冷凝温度测试装置”，愿与大家进行探讨。

## 2. “最佳冷凝温度”的测试条件

“最佳冷凝温度”就是在其它条件不变时，制冷机热力完善度达到最大值时的冷凝温度。图1为蒸气压缩式制冷机循环图，1-2线为定熵线，2-3线为定压线，3-4线铅垂线，4-1线为定压线，决定该循环图的充要条件是点1、点2、点3、点4，这四个点的位置取决于蒸发温度、冷凝温度、吸气温度、过冷温度等四个运行工况参数，只要这四个温度参数恒定，就说明该制冷机处于稳定运行状态。这就是说，“最佳冷凝温度”概念中所提及的“其它条件”就是蒸发温度、吸气温度、过冷温度等。

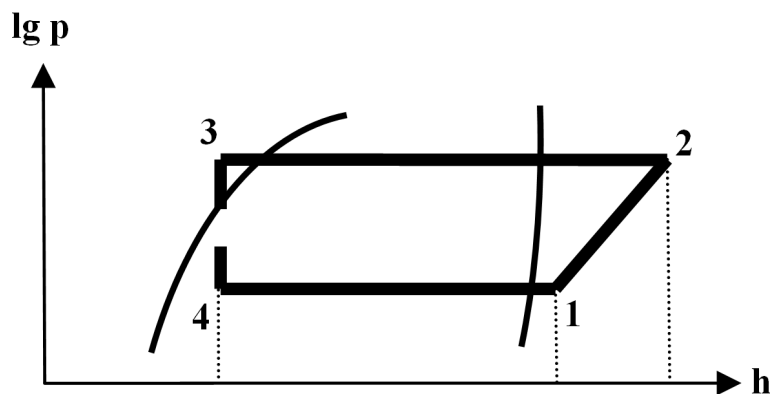


Figure 1. Cyclic graph of the vapor-compression refrigerating machine  
图 1. 蒸气压缩式制冷机循环图

制冷机的四个运行工况参数中,蒸发温度的大小由用户用冷温度和设计传热温差决定,冷凝温度大小由制冷机冷却环境决定,吸气温度主要取决于蒸发温度和吸气过热度,过冷温度主要取决于冷凝温度和过冷度,过热度、过冷度在制冷机设计阶段已基本确定。所以,制冷机的变化参数主要是蒸发温度和冷凝温度。

以上所述告诉我们,“最佳冷凝温度”的测试条件是:

- 1) 蒸发温度、吸气温度、冷凝温度、过冷温度具有恒定措施;
- 2) 蒸发温度、冷凝温度可以自由调整。

### 3. “节能型蒸气压缩式制冷机最佳冷凝温度测试装置”的组成

如图 2 所示,该测试装置包括单级蒸气压缩制冷系统、冷却水系统、冷热耦合装置、辅助制冷系统及电控测试装置等部分。其中:

单级压缩制冷系统部分,由变频式涡旋制冷压缩机、油分离器、壳管式水冷冷凝器、贮液器、电子膨胀阀、蛇管蒸发器、气液分离器及制冷剂管道与阀门等组成。

冷却水系统部分,由冷却水箱、冷却水泵、冷却水管道与阀门等组成。

冷热耦合装置[4],由绝热乙二醇水溶液(体积分数为 56%)箱、加热盘管等组成。

辅助制冷系统,由变频式涡旋制冷压缩机、油分离器、风冷式冷凝器、贮液器、电子膨胀阀、蛇管蒸发器、气液分离器及制冷剂管道与阀门等组成。

本文以 R22 制冷剂为例,计算出各主要设备的设计容量,如表 1 所示。

### 4. “节能型蒸气压缩式制冷机最佳冷凝温度测试装置”的工作原理

制冷系统的工作原理:压缩机在电力驱动下将制冷剂从低压、低温的气体压缩成为高压、高温的气体;氟油分离器将混入制冷剂气体中的冷冻油分离出来,返回到压缩机;冷凝器将来自氟油分离器的高压、高温制冷剂气体冷却、液化成为高压液体,同时向冷却水放出热量;贮液器储存来自冷凝器的制冷剂液体,用以调节向低温部分的供液量;电子膨胀阀使高压制冷剂液体节流降压成为低压、低温的气液混合状态;蒸发器使气液混合状态的制冷剂中的液体蒸发吸热成为低压、低温的气体,同时制取出冷量,被乙二醇水溶液吸收;低压、低温的制冷剂气体再次进入压缩机,周而复始地循环,实现稳定的连续制冷。

冷却水系统工作原理:变速冷却水泵(其目的是保证冷凝压力在设定值)将水送入冷凝器,吸收制冷剂放出的热量,温度升高。来自冷凝器的热水,通过直动式温度控制型比例调节阀控制(其目的是保证乙二

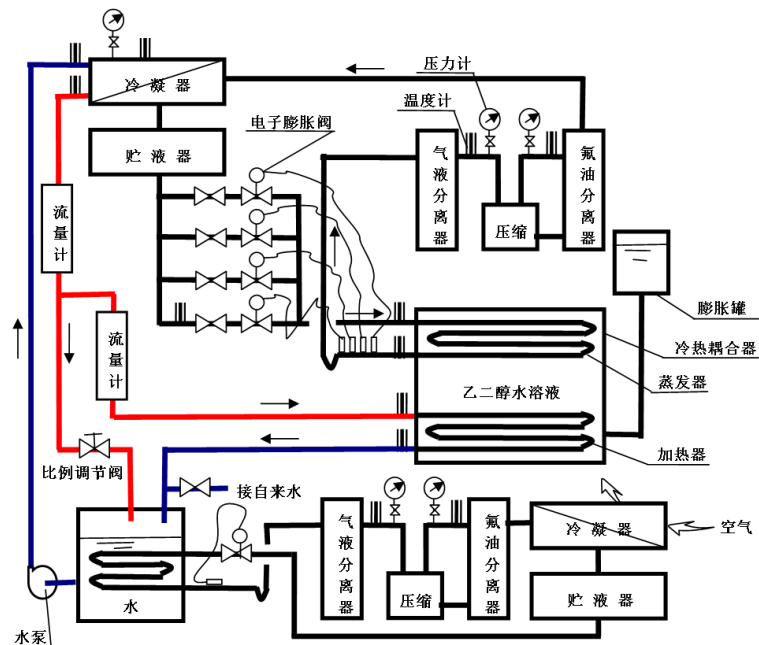


Figure 2. Flow chart of the testing device for the optimal condensing temperature of energy-saving vapor-compression refrigerating machine

图 2. 节能型蒸汽压缩式制冷机最佳冷凝温度测试装置流程图

Table 1. The summary table of the main equipment capacity of the testing device for the optimal condensing temperature of R22 energy-saving vapor-compression refrigerating machine

表 1. R22 节能型蒸汽压缩式制冷机最佳冷凝温度测试装置主要设备设计容量汇总表

序号	设备名称	容量	备注
1	压缩机	空调工况制冷量 1.5 kW	自带油分离器、液分离器。
2	冷凝器	空调工况散热量 3 kW	
3	贮液器	容积 5 L	
4	电子节流阀	通孔直径 1 mm	
5	冷热耦合器	换热量 2 kW	铜蛇形盘管。
6	冷却水泵	流量 160 L/h; 扬程 15 m 水柱	
7	冷却水池	80 L	进行绝热处理。
8	冷却水流量计	160 L/h	转子流量计。
9	辅助制冷机	空调工况制冷量 2 kW	风冷制冷机。

醇溶液温度在设定值), 一部分进入加热器, 将热量传入乙二醇溶液, 用以中和制冷系统制取的冷量, 放热后流入冷却水箱; 另一部分直接流入冷却水箱。冷却水箱可以储存测试装置的全部冷却水量, 冷却水从冷凝器获得热量中的剩余部分, 通过辅助制冷机排出, 以保证冷却水温度恢复到吸热前的状态; 恢复初温的冷却水再次被冷却水泵吸入, 周而复始的循环。

冷热耦合装置工作原理: 即利用所储存的乙二醇水溶液获取制冷系统制取的冷量, 同时吸收加热器传入的热量, 储存的乙二醇水溶液箱体绝热性能良好, 以保证制冷系统制取的冷量等于加热器的加热量, 误差不大于 5%。

辅助制冷系统工作原理: 其工作原理与上述单级压缩制冷系统的工作原理基本相同, 所不同的是,

它制取的冷量是被冷却水吸收，用以调整冷却水温度，创造出本基金项目所需要的环境条件。

## 5. “节能型蒸气压缩式制冷机最佳冷凝温度测试装置”的操作

### 1) 测试内容

压缩机吸、排气温度的、压力，冷凝温度，过冷温度，蒸发温度，压缩机输入功率；冷却剂进、出冷凝器温度，冷却水箱中冷却水温度，冷却剂通过冷凝器的流量；被冷却剂进、出冷热耦合器的温度，冷热耦合器中乙二醇溶液温度，被冷却剂通过冷热耦合器的流量。

### 2) 测试方法

每隔 10 min 测试一组数据，每组测试数据均在同一时刻获取。

关闭测试制冷机的蒸发器热媒水阀门，开启测试制冷机，降低其蒸发温度；通过辅助制冷机保持测试制冷机的冷凝温度不变，测试冷凝器冷却水流量及进出温度、压缩机电机输入电压及电流。

当测试制冷机的蒸发温度降至预定值时，打开蒸发器热媒水阀门，通过比例调节阀控制热媒水流量，保持测试制冷机的蒸发温度不变；通过辅助制冷机降低测试制冷机的冷凝温度；测试蒸发器热媒水流量及进出温度、冷凝器冷却水流量及进出温度、压缩机电机输入电压及电流。

## 6. “节能型蒸气压缩式制冷机最佳冷凝温度测试装置”的可行性

“最佳冷凝温度”的测试条件是：蒸发温度、吸气温度、冷凝温度、过冷温度必须具有恒定措施；蒸发温度、冷凝温度可以自由调节。“节能型蒸气压缩式制冷机最佳冷凝温度测试装置”是可以提供这一测试条件的，以下是理论上的可行性分析结果。

### 1) 蒸发温度的恒定与调节

“节能型蒸气压缩式制冷机最佳冷凝温度测试装置”中设置了冷热耦合器，通过向冷热耦合器分流冷却水来实现将冷凝器中部分冷凝热返还给蒸发器，作为制冷机的冷负荷。

根据热力学第一定律得知，制冷机中冷凝器的冷凝热等于制冷量与耗功量之和，同一台制冷机的冷凝热必然大于制冷量。所以，以冷凝热向制冷机提供冷负荷是完全可行的，只要有适量稳定的冷负荷，恒定蒸发温度是没有问题的。

另外，通过改变向冷热耦合器分流冷却水流量，就可以改变制冷机冷负荷，调节蒸发温度。

### 2) 吸气温度的恒定

吸气温度稳定与否取决于蒸发温度的稳定性和吸气管路的绝热性能，“节能型蒸气压缩式制冷机最佳冷凝温度测试装置”的吸气管路进行充分的绝热处理，只要能恒定蒸发温度，就能恒定吸气温度。

### 3) 冷凝温度的恒定与调节

“节能型蒸气压缩式制冷机最佳冷凝温度测试装置”的冷凝器进行了充分的绝热处理，冷凝热只传递给冷却水，周围环境对其影响极小，只要能恒定冷却水温度、流量，就能恒定冷凝温度。

另外，改变冷却水流量就能改变制冷机散热量，调节冷凝温度。

### 4) 过冷温度的恒定

过冷温度稳定与否取决于冷凝温度的稳定性和冷凝器至节流阀管路的传热性能，“节能型蒸气压缩式制冷机最佳冷凝温度测试装置”不仅冷凝器进行了充分的绝热处理，而且冷凝器至节流阀管路也进行了充分的绝热处理，过冷温度受周围环境影响极小，因此，只要能恒定冷凝温度，就能恒定过冷温度。

## 7. 结论

本文提出了一种“节能型蒸气压缩式制冷机最佳冷凝温度测试装置”，明确了其组成、原理、操作，并从理论上证实了其可行性。该装置不仅能测出空调制冷机在不同蒸发温度下运行时的“最佳冷凝温度”，

还能据此原理进行改装用以测试冷库制冷机在不同蒸发温度下运行时的“最佳冷凝温度”；另外，该装置还能回收冷凝热，具有节能功效。目前，“节能型蒸气压缩式制冷机最佳冷凝温度测试装置”还停留在理论研究上，不久就会完成实物制作，尽快服务社会。

## 基金项目

新疆大学 2017 年度大学生创新训练计划立项项目(校级，编号：XJU-SRT-17032)。

## 参考文献 (References)

- [1] 柯山, 袁建新, 何佳. 蒸气压缩式制冷循环的最佳冷凝温度[J]. 仪器与设备, 2016, 4(4): 99-105.
- [2] 廉乐明, 谭羽非, 吴家正, 朱彤. 工程热力学[M]. 第 5 版, 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
- [3] 彦启森, 石文星, 田长青. 空气调节用制冷技术[M]. 第 4 版, 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [4] 袁建新, 周斌, 彭维, 吴梅花. 制冷机性能测试装置的节能研究[J]. 暖通空调, 2010, 40(12): 94-97.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2332-6980, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [iae@hanspub.org](mailto:iae@hanspub.org)