



● 用于国家职业技能鉴定

国家职业资格培训教程

中央空调系统操作员

(高级、技师)

中国就业培训技术指导中心 组织编写



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



○用于国家职业技能鉴定

国家职业资格培训教程

中央空调系统操作员

(高级、技师)

中国就业培训技术指导中心 组织编写



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

● 内 容 提 要

本书是依据国家职业标准《中央空调系统操作员》编写的,全书介绍了中央空调系统操作员高级、技师对应的知识,内容主要包括冷热源系统的参数调整、冷热源系统参数异常时的调整、空调系统的维护、空调系统常见故障处理、空气调节控制系统的运行管理、空调系统空气系统参数的调整、空气调节电气系统的调试、空气调节电气控制系统故障分析与调整、空调系统设备的故障分析与调整及空调系统操作员的培训等。

本书适用于高级、技师中央空调系统操作员的业务知识和技能培训,是中央空调系统操作员职业技能鉴定的推荐辅导用书,也可供各级培训中心、职业学校的师生学习工作中参考。

图书在版编目(CIP)数据

中央空调系统操作员:高级、技师/中国就业培训指导中心
组织编写. —北京:中国电力出版社,2007

国家职业资格培训教程

ISBN 978-7-5083-5647-1

I. 中... II. 中... III. 集中空气调节系统—技术培训—教材
IV. TB657.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第069671号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京盛通彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2007年6月第一版 2007年6月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 11.75印张 268千字

印数0001—3000册 定价:20.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

国家职业资格培训教程
中央空调系统操作员
编 审 委 员 会

主 任 刘 康

副主任 宗 健 陈李翔 原淑炜

委 员 （按姓氏笔画为序）

丁 雁 马家斌 王科会 刘晓群 朱良镭

陈 蕾 李援瑛 李建立 李燕京 李兆春

杨元峰 黄晓华 解国珍

本 书 编 审 人 员

主 任 李援瑛 李建立

审 稿 解国珍 李燕京

前 言

为推动中央空调系统操作员职业培训和职业技能鉴定工作的开展，在中央空调系统操作从业人员中推行国家职业资格证书制度，中国就业培训技术指导中心在完成《中央空调系统操作员国家职业标准》制定工作的基础上，组织部分参加《标准》编写和审定的专家及其他有关专家，编写了《中央空调系统操作员 国家职业资格培训教程》。

《教程》紧贴《标准》，内容上力求体现“以职业活动为导向，以职业技能为核心”的指导思想，突出职业培训特色；结构上，《教程》是将中央空调系统操作职业活动的领域，按照模块化的方式，分初级、中级、高级、技师4个级别进行编写的。《教程》的章对应于《标准》的“职业功能”，节对应于《标准》的“工作内容”，节中阐述的内容对应于《标准》的“技能要求”和“相关知识”等内容。针对《标准》中的“基本要求”，还专门编写了《中央空调系统操作员（基础知识）》。

本书由李援瑛主编，王秀琴、李建立、朱杰、贾鲁新等同志参加编写。

限于作者水平和编写时间，不足之处在所难免，欢迎提出宝贵意见和建议。

中国就业培训技术指导中心

目 录

前 言

第一部分 高级中央空调系统操作员的工作要求

第一章 中央空调系统冷热源系统参数调整	1
第一节 冷热源系统的参数调整	1
第二节 冷热源系统参数异常时的调整	12
第二章 中央空调系统维护和故障处理	29
第一节 空调系统的维护	29
第二节 空调系统常见故障处理	43
第三节 空调系统的参数调节	68
第三章 中央空调系统管理与培训	80
第一节 空调系统的管理	80
第二节 空调系统操作员的培训	86

第二部分 技师中央空调系统操作员的工作要求

第四章 中央空调系统运行管理	91
第一节 空气调节控制系统的运行管理	91
第二节 空气调节控制系统参数的调整	109
第三节 空气调节系统的调试	117
第五章 中央空调系统维护和故障处理	123
第一节 中央空调系统常见故障分析与调整	123
第二节 空调系统制冷设备的故障分析与调整	142
第六章 中央空调系统管理与培训	169
第一节 空气调节系统的管理	169
第二节 空调系统操作员的培训	177
参考文献	179

高级中央空调系统操作员 的工作要求

第一章 中央空调系统冷热源系统参数调整

第一节 冷热源系统的参数调整

第一单元

空调系统冷（热）源系统参数的设定和调整

一、学习目标

掌握空调系统冷（热）源系统参数的设定内容。

二、相关知识

（一）空调系统冷源系统参数的设定内容

（1）对用于空调系统使用的中小型压缩机组的排气参数要求：使用 R12 为制冷剂的机组其排气温度 $t \leq 125^{\circ}\text{C}$ ，使用 R22 或 R502 为制冷剂的机组其排气温度 $t \leq 145^{\circ}\text{C}$ 。

（2）使用氟里昂为制冷剂的压缩机组的吸气参数要求 $t_{\text{吸}} \leq 15^{\circ}\text{C}$ 。

（3）制冷系统运行中蒸发压力与吸气压力相近。

（4）使用氟里昂R22 或R502 为制冷剂的机组的排气压力 $p_{\text{表}} \leq 1.8\text{MPa}$ ；使用氟里昂R12 为制冷剂的机组的排气压力 $p_{\text{表}} \leq 1.4\text{MPa}$ 。

（5）制冷剂压缩机组在运行时其冷凝器中冷却水的水压力应在 0.12MPa 以上；立式冷凝器的进出水温差约为 2~4℃；卧式冷凝器的进出水温差约为 4~6℃。

（二）空调系统热源系统参数的设定内容

溴化锂吸收式制冷机组是以热能为动力源的，在我国有关标准中规定如下：

1. 以蒸汽为热源的溴化锂吸收式制冷机组

我国有关标准中规定的水蒸气是指饱和蒸汽。在 JB/T7247—1994《溴化锂吸收式冷水机组》中规定溴化锂吸收式制冷机组使用的蒸汽和热水的参数见表 1-1。

表 1-1 JB/T7247 标准中规定加热源参数

型式	热源类型	加热源参数	代号
XZ	蒸汽（表压）	0.1	—
		0.25	2.5
		0.4	4
RXZ	蒸汽（表压）	0.6	6
		0.8	8
	热水（℃）	t_1 （进口）/ t_2 （出口）	(t_1/t_2)

2. 以热水为热源的溴化锂吸收式制冷机组

JB/T7247 中对于热水的参数要求由企业与企业用户商定, 确定参数值。

3. 轻柴油

在 JB/T8055 中规定以低热值 42.9MJ/kg 为基准。

4. 重油

在 JB/T8055 中所指的重油包含 GB445 重柴油和 SH0356 重油。现行 SH0356—1996 已将重油改称为燃料油。JB/T8055 中规定的重油以低热值 41.9MJ/kg 为基准。

5. 人工煤气

在 JB/T8055 中规定以 101.325kPa、0℃状态为标准状态, 规定人工煤气在标准状态下的高热值 16.5MJ/m³ (标准) 为基准。

6. 天然气

在 JB/T8055 标准中规定以 101.325kPa、0℃状态为标准状态, 规定人工煤气在标准状态下的高热值 39.3MJ/m³ (标准) 为基准。

(三) 空调系统的冷源

空调系统冷源使用的制冷机组主要有水冷式活塞式制冷机组, 其制冷量通常为 60~700kW 左右, 转速可分为高、中、低三挡, 冷凝器多采用水冷却方式, 主机多采用半封闭式或全封闭式小缸径、多机头的组合方式。以适应空调负荷变化对制冷量需求的变化, 提高制冷系统的性能系数, 减少机组运行时的振动。

1. 活塞式制冷压缩机的主要技术参数

(1) 压缩机的输气量。压缩机的理论输气量为

$$q_{th} = iND^2 \quad (1-1)$$

式中: i 为汽缸数; N 为转速, r/min; D 为缸径, m; q_{th} 为理论输气量, m³/h。

由于压缩机存在余隙容积、吸气和排气压力损失, 气体与吸气腔及汽缸壁之间热量交换, 以及泄露等因素的影响, 压缩机的实际输气量总是小于其理论输气量。压缩机的实际输气量 q_{or} 与理论输气量 q_{th} 的比值称为输气系数或容积效率 λ 。

$$\lambda = q_{or} / q_{th} \quad (1-2)$$

输气系数表示压缩机汽缸工作容积的有效利用率, 其系数越大, 就说明汽缸容积损失越小。压缩机的制冷剂流量为

$$q_m = \lambda q_{th} / v_1 \text{ (kg/h)} \quad (1-3)$$

式中: q_m 为制冷剂流量, kg/h; v_1 为吸气状态比体积, m³/kg。

(2) 压缩机的制冷量、功率和效率。压缩机的输气量的大小, 不能直接反映其使用价值。为了反映压缩机的工作能力, 应以压缩机的制冷量表示。通常压缩机铭牌上标出的制冷量是指该压缩机在标准工况下的制冷量。

在标准工况下压缩机制冷量的计算公式为

$$Q_0 = q_m q_0 / 3.6 \times 10^3 = \lambda q_{th} q_0 / 3.6 \times 10^3 \quad (1-4)$$

式中: Q_0 为压缩机的制冷量, kJ/s; q_m 为压缩机的质量输气量, kg/h; q_0 为制冷压缩机在

给定工况下单位质量制冷量, kJ/kg ; λ 为压缩机的输气系数; q_{vh} 为压缩机的理论容积输气量, m^3/h ; q_v 为制冷压缩机在给定工况下单位容积制冷量, kJ/m^3 。

压缩机的制冷量由两部分组成, 一是制冷剂通过蒸发器从被冷却的冷媒水中吸收的热量, 为有效制冷量; 二是制冷剂通过制冷压缩机的吸气管道时和为冷却全封闭压缩机电动机所吸收的热量, 为冷量损失, 在压缩机组运行时应尽量避免减少这部分损失。

(3) 排气温度。排气温度是压缩机在运行过程中的一个重要参数, 必须予以严格控制。因为若压缩机在运行过程中排气温度过高, 将使输气系数降低和轴功率增加; 润滑油黏度降低, 造成轴承和汽缸、活塞环产生异常的磨损, 甚至会引起烧毁轴瓦和汽缸拉毛的故障。

压缩机运行过程中排气温度过高, 还会促使因润滑油蒸发而生成积碳。积碳会使活塞环卡死在环槽里, 失去密封作用; 碳渣进入排气管道中, 会堵塞过滤器、输油管、节流阀或毛细管等通道; 沉积在排气阀及其周围, 既破坏气阀的严密性, 又增加了气流的流动阻力。

压缩机运行过程中排气温度过高, 还会促使制冷剂和润滑油在与金属物质的接触时产生酸类物质, 腐蚀制冷系统的各个组成部分, 对全封闭压缩机还会腐蚀其电气绝缘材料, 使绝缘材料迅速老化, 绝缘性能显著降低, 最终造成压缩机电动机烧毁。

压缩机排气温度的计算:

$$T_2 = T_1 [T(1 + \delta_0)]^{n-1/n} \quad (1-5)$$

式中: T_1 为排气温度, K ; T 为压缩机吸气终了温度, K ; δ_0 为吸、排气压力损失相对值, 一般吸气压力损失值取 $0.05 \sim 0.07$, 排气压力损失值取 $0.01 \sim 0.15$ 。

2. 螺杆式制冷压缩机的主要技术参数

螺杆式制冷压缩机是一种容积型回转式压缩机, 它是依靠汽缸内螺杆的回转造成螺旋状齿型空间的容积变化来完成气体的压缩过程, 现在用于中央空调系统上的螺杆式制冷压缩机多为双螺杆式制冷压缩机。

• 螺杆式制冷压缩机与活塞式压缩机相比较, 其优点为: 压缩机结构紧凑, 体积小, 质量轻; 易损坏的零件少, 运行可靠, 操作维护简单; 气体没有脉动, 运行平稳, 对机组基础要求不高, 不需要专门的地基; 排气温度低, 这是由于压缩机在压缩过程中喷入大量的润滑油, 不像活塞式压缩机排气温度受压缩比影响, 螺杆式制冷压缩机的排气温度与吸气温度无关, 而与所喷入的润滑油的温度有关, 螺杆式制冷压缩机的排气温度一般可以控制在 100°C 以下; 螺杆式制冷压缩机对湿行程不敏感, 湿蒸汽或少量液体进入螺杆式制冷压缩机内部, 不会有“液击”危险; 螺杆式制冷压缩机采用滑阀装置, 制冷量可在 $10\% \sim 100\%$ 范围内进行无级调节, 并可以在无负荷条件下启动; 螺杆式制冷压缩机可在较高的压缩比下运行, 单级压缩时蒸发温度可达 -40°C , 适应工作范围广。

螺杆式制冷压缩机与活塞式压缩机比较, 其缺点为单位功率制冷量比活塞式压缩机低; 要求复杂的润滑油处理设备, 要匹配分离效率很高的油分离器, 否则, 会造成因大量润滑油进入制冷系统的辅助设备而造成设备传热效果变差; 适应多用途的性能比多缸活塞式压缩机差, 每台螺杆式制冷压缩机都有固定的容积比, 当实际工作条件不符合给定的容积比时, 将导致效率降低。

目前用在中央空调系统使用的螺杆式制冷压缩机运行条件按我国相关规定最高冷凝温度 t_k : R717 和 R22 为 45°C , R12 为 55°C ; 最低蒸发温度 t_0 为 -40°C ; 最高蒸发温度 t_0 : R717

和 R22 为 5℃，R12 为 10℃；滑阀的内容积比 $\varepsilon=2.6$ ，选取 t_0 为 5℃；吸气温度差 Δt_0 ：R717 为 5℃，R22 和 R12 为 30℃；吸排气压力差 1430kPa；排气温度 R717 和 R22 不超过 105℃，R12 不超过 90℃；油压比排气压力高 10.2~30.6kPa；油温不超过 60℃。

我国规定的螺杆式制冷压缩机和机组的设计使用工况详见 JB/T6906—1993《喷油螺杆式单级制冷压缩机》中的相关规定。

JB/T5145.2—1991《喷油螺杆式单级制冷压缩冷凝机组》中规定，喷油螺杆式单级制冷压缩冷凝机组应在下列最大负荷运行工况下长期正常工作：①最高环境温度为 43℃；②水冷式冷凝器最高进水温度为 33℃；③最高蒸发温度以 R717 为制冷剂时为 5℃，以 R12、R22 为制冷剂时为 10℃。

美国 AR1520—1997《容积式压缩冷凝机组》中规定，压缩冷凝机组能在下列最大负荷工况下正常运行。

对所有形式的机组，压缩机周围环境温度为 46.1℃干球温度；对风冷式压缩冷凝机组，进入冷凝器的温度为 46.1℃干球温度；对蒸发冷却的压缩冷凝机组则为 26.7℃湿球温度。

对水冷式压缩冷凝机组，进水温度为 32.2℃，出水温度为 40.6℃，对蒸发冷却的压缩冷凝的机组，补充水的温度为 32.2℃。

JB/T4329—1997《容积式冷水（热泵）机组》规定的容积式（包括往复活塞式、单螺杆式、双螺杆式及涡旋式）冷水机组的性能工况见表 1-2。

表 1-2		螺杆式冷水机组名义工况						(℃)	
工况	使用		热源侧（或放热侧）						
	冷、热水		水冷式		风冷式		蒸发冷却式		
	进口水温	出口水温	进口水温	出口水温	干球温度	湿球温度	干球温度	湿球温度	
制冷	12	7	30	35		24 ^①	35 ^②	24	
热泵制热	40	45	15.5	7		6	—		

①适用于湿球温度对冷凝器热交换产生影响的机组。

②干球温度仅作为参考，补充水的温度为 30℃。

在 JB/T4329—1997《容积式冷水（热泵）机组》中规定螺杆式冷水机组设计和使用的温度工况见表 1-3。

表 1-3		螺杆式冷水机组设计和使用的温度工况						(℃)	
项目	使用侧		热源侧						
	冷、热水		水冷式		风冷式		蒸发冷却式		
	进口水温	出口水温	进口水温	出口水温	干球温度	湿球温度	干球温度	湿球温度	
制冷	名义工况	12	7	30	35	35	24	35 ^②	24
	最大负荷工况	由制冷名义工况时的冷媒水量决定	15	33	由制冷名义工况时的冷却水量决定	43	25.5 ^①	38 ^②	27 ^②
	低温工况		5	由制冷名义工况时的冷却水量决定	21	21	15.5 ^①	21 ^②	15.5 ^②

续表

项目		使用侧		热源侧					
		冷、热水		水冷式		风冷式		蒸发冷却式	
		进口水温	出口水温	进口水温	出口水温	干球温度	湿球温度	干球温度	湿球温度
热泵制热	名义工况	40	45	15.5	7	7	6		
	最大负荷工况	由热泵制热名义工况时的热水流量决定	50	21	由热泵制热名义工况时的热源水流量决定	21	15.5		
	融霜工况	40	由热泵制热名义工况时的热水流量决定	—		1.5	0.5		

①适用于湿球温度对冷凝器热交换产生影响的机组。

②干球温度仅作为参考，补充水的温度为 30℃。

③补充水温度为 33℃±2℃。

④补充水温度约为 15℃±2℃。

3. 离心式制冷压缩机的主要技术参数

(1) 离心式制冷压缩机与活塞式压缩机比较，其性能优点为：体积小，质量小，制冷量大。由于制冷剂蒸汽在离心式制冷压缩机内高速流动，流量可以很大，可以具有很大的制冷量，在同样制冷量的情况下，与活塞式压缩机相比，机体的重量和体积都小了很多；机构简单，零部件少，制造工艺简单。离心式制冷压缩机在工作时做旋转运动，制冷剂蒸汽连续压送，没有活塞式压缩机复杂的曲柄连杆机构及其吸排气阀门；离心式制冷压缩机因结构简单，没有如活塞式压缩机的吸排气阀门，机组工作时只有轴承产生摩擦，使其工作的可靠性大为提高；离心式制冷压缩机工作时蒸发温度可调节的范围宽，蒸发温度可以在正负工作温度之间做大范围调节；离心式制冷压缩机工作时，对系统辅助设备的传热效果影响小。离心式制冷压缩机在工作时由于冷冻润滑油与制冷剂基本上不接触，不会影响对系统辅助设备的传热效果；离心式制冷压缩机工作时，运行平稳，不会造成大的震动。

(2) 离心式制冷压缩机与活塞式压缩机比较，其缺点为：离心式制冷压缩机的叶轮由于受转速的影响，其尺寸不能做得太小。因此，其排气量一般要大于 2500m³/h，所以离心式制冷压缩机适用于较大制冷量的系统；离心式制冷压缩机工作时，由于气流速度很大，在通道中流动时能量损失较大。因此，离心式制冷压缩机工作时的效率低于活塞式压缩机；由于离心式制冷压缩机工作时转速很高，因此离心式制冷压缩机制造时对材料的要求很高。

(3) 用于中央空调系统的离心式制冷压缩机的技术参数。以 R22 为工质的离心式制冷压缩机和以 R123 为工质的离心式制冷压缩机组的技术参数见相关产品介绍，在此不再赘述。

4. 溴化锂吸收式制冷机组的工况参数

JB/T7247—1994《溴化锂吸收式冷水机组》规定以蒸汽和热水为热源的溴化锂吸收式制冷机组的名义工况参数见表 1-4。

表 1-4

溴化锂吸收式制冷机组的名义工况

名义工况								性能指标
型式	加热源			冷媒水出口 温度（℃）	冷却水出口 温度（℃）	名义制冷 量范围	单位制冷量 冷却水流量	单位制冷量 蒸汽耗量
	蒸汽（表压）	热水温度						
		进口	出口					
XZ	0.10			7				2.35
	0.25			13				
				7				
				10				1.35
				7				
				10				
	7							
	0.80							
RXZ	—	t_1	t_2	—			—	

JB/T8085 规定以直燃型溴化锂吸收式制冷机组的名义工况参数见表 1-5。

表 1-5

直燃型溴化锂吸收式制冷机组的名义工况参数

项目	制冷	供热	项目		制冷	供热
冷(热)水出口温度(℃)	7	60	单位制冷 供热量燃 料耗量	轻柴油[kg/(h·kW)]	0.077	0.093
冷媒水进出口温差(℃)	5			重油[kg/(h·kW)]	0.079	0.095
冷却水进口温度(℃)	32			人工煤气[m³/(h·kW)]	0.211	0.271
单位制冷量冷却水流量 [m³/(h·kW)]	0.260			天然气		
冷(热)水冷却水侧污 垢系数[m²·℃/kW]	0.086					

(四) 空调系统的供暖热源

中央空调系统的热源，又称为中央采暖系统。一般中央空调系统热源的取得有以下几种方式。

(1) 局部采暖热源：每套住房内均设有一个热源。

(2) 集中采暖热源：建筑物内所有房间共用一个热源，其热源设备有锅炉、热风炉、热泵、太阳能等。

(3) 集中供热的热源：由一个供热中心向建筑群区域供热，又可称为热力网供热系统，其供热的热源通常为热电厂或大型锅炉房。

按采暖系统中使用的热媒不同，中央采暖系统又可分为热水采暖系统、蒸汽采暖系统、热风采暖系统、热泵采暖系统、太阳能采暖系统、核能采暖系统等。

目前，我国空调系统的热源主要来自锅炉。锅炉作为空调的热源设备，与制冷机一样是中央空调系统的一个重要支持设备。用于中央空调系统的热源设备的锅炉称为供热锅炉或工业锅炉。按锅炉所制备热媒的不同、供热锅炉可分为蒸汽锅炉、高温锅炉和普通热水锅炉。

1. 锅炉房设备的基本组成

作为中央空调系统的热源设备的锅炉房设备主要由锅炉本体、水泵、风机和污水处理设

备组成。

2. 空调用锅炉的特性参数

(1) 额定蒸发量。它是指蒸汽锅炉每小时所产生的蒸汽量，用以表征蒸汽锅炉容量的大小。蒸发量常用符号 D 来表示，单位是 t/h 。供热锅炉的蒸发量范围一般为 $0.1\sim 65t/h$ 。

(2) 额定供热量。一般用额定供热量来表征其容量的大小，通常用符号 Q 表示，单位是 kW 。

对于蒸汽锅炉，供热量与蒸发量之间的关系可用式 (1-6) 表示，即

$$Q = 0.278D(h_s - h_w) \tag{1-6}$$

式中： D 为锅炉的蒸发量， t/h ； h_s 为蒸汽的比焓， kJ/kg ； h_w 为给水的比焓， kJ/kg 。

对于热水锅炉，其供热量可按式 (1-7) 计算，即

$$Q = 0.278q_m(h_{w2} - h_{w1}) \tag{1-7}$$

式中： q_m 为热水锅炉每小时送出的水量， t/h ； h_{w2} 为锅炉进水的比焓， kJ/kg ； h_{w1} 为锅炉出水的比焓， kJ/kg 。

(3) 蒸汽或热水的参数。锅炉产生的蒸汽的参数是指锅炉出口处的蒸汽的额定压力（表压力）和温度。对于生产饱和蒸汽的供热锅炉，一般只要标明蒸汽压力，只有对生产过热蒸汽（或热水）的供热锅炉，才需要标明压力和蒸汽（热水）的温度。

第二单元

空调系统冷（热）源系统的主要性能指标

一、学习目标

掌握活塞式、螺杆式和溴化锂吸收式制冷机组工作指标。

二、相关知识

(一) 活塞式制冷压缩机组工作指标

活塞式制冷压缩机组工作时主要部位及其正常工作指标见表 1-6。

表 1-6 活塞式制冷压缩机组工作时主要部位及其正常工作指标

设备名称	检测部位	检测内容	正常运行状态
制冷压缩机组	制冷压缩机的吸气管	吸气压力	吸气压力=蒸发温度对应的饱和压力-吸气管压力降
		吸气温度	吸气温度=蒸发温度+过热度（一般取 $5\sim 15^{\circ}C$ ）
	制冷压缩机的排气管	排气压力	排气压力=冷凝温度对应的饱和压力+排气管压力降
		排气温度	与制冷剂种类及其运转工况有关，一般小于 $145^{\circ}C$
	制冷压缩机的油泵	油压	油压 $\approx$ 吸气压力+ $(0.1\sim 0.3)$ MPa
		油温	$t\leq 70^{\circ}C$
	制冷压缩机的视油孔镜	油位	保持在视油孔镜的中心线左右
		清洁度	透明不浑浊
	制冷压缩机的汽缸盖	温度	与制冷剂种类及其运转工况有关，一般不超过 $120^{\circ}C$
		声音	清晰而有节奏的跳动声，无撞击声
	制冷压缩机轴承	温度	在外部用手摸稍热，应低于 $55^{\circ}C$

续表

设备名称	检测部位	检测内容	正常运行状态
轴 封	端口	现象	不得出现漏油现象
电动机	电 源	电压	在额定电压±10%范围内
		电流	小于额定电流
	轴 承	温度	$t \leq 70^{\circ}\text{C}$
	线 圈	温升	绝缘等级为 A 级时温升为 55°C ，E 级时为 65°C

氟里昂活塞式制冷压缩机组工作正常时的标志：

(1) 排气温度：采用 R12 为制冷剂时 t 应不超过 130°C ，采用 R22 为制冷剂时 t 应不超过 150°C 。

(2) 制冷压缩机组工作正常时的润滑油油压应比曲轴箱内的压力高 $0.15 \sim 0.3\text{MPa}$ 。

(3) 制冷压缩机曲轴箱内润滑油的液面应在其视油镜中线附近，曲轴箱内润滑油的温度 $t < 70^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 温度控制器应能在设定的温度范围内控制压缩机自动开停。

(5) 制冷系统的膨胀阀的下部应结有露水。

(6) 制冷系统的自动回油装置应能自动回油。

(7) 制冷系统的贮液器中的液面不得低于其径向高度的 30%，不得高于 80%。

(二) 螺杆式制冷压缩机组工作指标

螺杆式制冷压缩机组工作时主要部位及其正常工作指标见表 1-7。

表 1-7 螺杆式制冷压缩机组工作时主要部位及其正常工作指标

主要参数	氟里昂 22 机组		
	单级	双级	
		高 压 级	低 压 级
排气压力 (MPa)		0.9~1.5	0.05~0.6
吸气压力 (MPa)		0~0.6	0~0.45
油压 (MPa)		$p_k + (0.1 \sim 0.4)$	
油压标准 (MPa)		$p_k + (0.2 \sim 0.3)$	
过滤器油压 (MPa)		油压+0.15 之内	
排气温度 ($^{\circ}\text{C}$)		45~90	35~70
吸气温度 ($^{\circ}\text{C}$)		-50~20	-60~20
供油温度 ($^{\circ}\text{C}$)		30~55	30~55
供油温度标准 ($^{\circ}\text{C}$)		35~45	35~45
压缩机油泵轴封泄漏量 (ml/h)		3 (6 滴/min)	

氟里昂螺杆式制冷压缩机组工作正常时的标志：

(1) 压缩机排气压力为 $10.8 \times 10^5 \sim 14.7 \times 10^5\text{Pa}$ (表压)；

(2) 压缩机排气温度为 $45 \sim 90^{\circ}\text{C}$ ，最高不得超过 105°C ；

(3) 压缩机的油温为 $40 \sim 55^{\circ}\text{C}$ ；

(4) 压缩机的油压为 $1.96 \times 10^5 \sim 2.94 \times 10^5\text{Pa}$ (表压)；

(5) 压缩机的运行电流在额定值范围内，以免因运行电流过大而造成压缩机电机的烧毁；

(6) 压缩机运行过程中声音应均匀、平稳，无异常声音；

(7) 机组的冷凝温度应比冷却水温度高 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ ，冷凝温度一般应控制在 40°C 左右，冷凝器进水温度应在 32°C 以下；

(8) 机组的蒸发温度应比冷媒水的出水温度低 $3\sim 4^{\circ}\text{C}$ ，冷媒水出水温度一般为 $5\sim 7^{\circ}\text{C}$ 左右。

(三) 溴化锂吸收式制冷机组基本参数

1. 冷媒水的出口温度

冷媒水的出口温度直接影响着机组的运行特性和运行合理性，一般规定为 7°C 。即使在特殊情况下，冷媒水的出口温度也不要低于 5°C ，因为随着冷媒水出口温度的降低，机组的效率将会下降，并对设备的运行安全造成影响，所以在能够满足温度需要的情况下，应尽量使冷媒水出口温度提高一些。

2. 冷却水温度

溴化锂吸收式制冷机对冷却水温的要求比蒸汽压缩式制冷机要低，一般规定冷却水进口温度为 32°C 。但不能过低，一般应在 20°C 以上，以防止溶液产生结晶现象。

3. 热源参数

一般规定单效溴化锂吸收式制冷机以蒸汽为热源时，其蒸汽压力为 0.1MPa （表压）；双效溴化锂吸收式制冷机以蒸汽为热源时，其蒸汽压力为 $0.25\sim 0.80\text{MPa}$ （表压）。蒸汽压力过高或过低都会对溴化锂吸收式制冷机的运行产生不利影响。若蒸汽压力过高就容易使溶液在发生器中产生结晶现象，同时又会减弱缓蚀添加剂的作用；若蒸汽压力过低则不利于发生器的传热，也不利于蒸汽能量的充分利用及运行调节。

4. 冷却水出口温度

冷却水在机组中通常是串联使用的，先经过吸收器吸收过程的热量后，再流经冷凝器带走冷凝热。冷却水的总温升为 $8\sim 9^{\circ}\text{C}$ ，其中间温度由吸收器和冷凝器的负荷比（约为 $1.4:1.1$ ）来确定。当冷却水的初温为 32°C 时，若冷却水的总温升为 8°C ，中间温度就约为 36.5°C 。若总温升为 9°C ，则中间温度就约为 37°C 。

现在采用总温升为 9°C 的较多，较之 8°C 温升可以减少冷却水的流量，冷却水系统的流动阻力也可降低，水泵功率消耗也会相应地减少。

5. 冷凝温度

溴化锂吸收式制冷机组运行时，其冷凝温度一般比冷却水出口温度高 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。通常冷却水初温取 32°C ，温升取 $8\sim 9^{\circ}\text{C}$ ，冷却水出口温度为 $40\sim 41^{\circ}\text{C}$ ，冷凝温度一般取 $45\sim 46^{\circ}\text{C}$ 。

6. 蒸发温度

溴化锂吸收式制冷机组运行时，其蒸发温度通常取比冷媒水出口温度低 $2\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。

7. 吸收器内溶液最低温度

溴化锂吸收式制冷机组运行时，其吸收器内溶液的最低温度应比吸收器的冷却水温度（即冷却水的中间温度）高 $3\sim 8^{\circ}\text{C}$ 。

8. 发生器内溶液最高温度

溴化锂吸收式制冷机组运行时，其发生器内溶液的最高温度应比热媒（蒸汽）温度低 10~40℃。

9. 放气范围

放气范围是指溴化锂浓溶液和稀溶液的浓度差。放气范围参数是溴化锂吸收式制冷机组一个重要的运行经济指标，通常浓度差取 4%~5%，即一般稀溶液浓度取 56%~60%，浓溶液浓度取 60%~64%。

（四）溴化锂吸收式制冷机组制冷量与制热量的测量方法

我国标准规定溴化锂吸收式制冷机组制冷量与制热量可通过测量蒸发器冷（热）水的流量和进出口温度来求得。溴化锂吸收式制冷机组制冷量与制热量测量装置如图 1-1 所示。

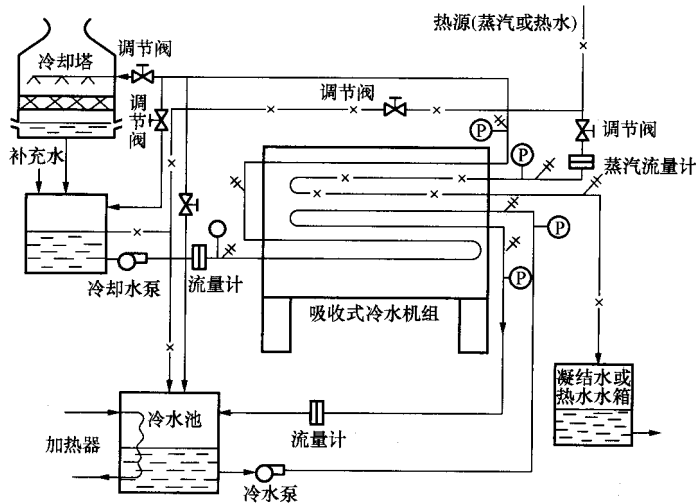


图 1-1 试验装置系统图

试验的准备工作有：

- （1）排除试验系统中的不凝性气体，确认机组无泄漏。
- （2）溴化锂溶液量、浓度和辛醇含量应按设计规定。
- （3）机组中各控制阀门、仪表、安全保护装置应调整妥当。
- （4）采用适当措施，使进口工作蒸汽处于过热状态，过热度为 10~20℃。
- （5）为减少热量或冷量的损耗，应在机组关键部位加装隔热层。

试验数据应在工况稳定后进行，每隔 15min 测一次，连续记录不少于三次的平均值为计算依据，各数据应同时测量和读取，测试条件按表 1-8 规定进行。

表 1-8 测试要求与偏差范围

参数		每次测量值与规定值的偏差	三次测量平均值与规定值的偏差
冷媒水、冷却水温度	℃	±0.5	±0.3
热水温度		±3	±1
蒸汽过热度		10~20	±5

续表

参数		每次测量值与规定值的偏差	三次测量平均值与规定值的偏差
蒸汽压力	%	±5	±3
冷媒水、冷却水流量		±5	±3
电压		±10	±5
频率		±2	±1

注 测量数据的偏差应为:适用于 BJ/T7247 的蒸汽型和热水型机组为 7.5%, 适用于 BJ/T8055 的直燃式机组为 5%。

溴化锂吸收式制冷机组制冷量与制热量的计算公式:

1. 制冷量的计算公式

$$Q_0 = \frac{1}{3600} V_c c_{pc} \rho_w (t_{c1} - t_{c2}) \quad (1-8)$$

式中: Q_0 为制冷量, kW; V_c 为冷媒水流量, m^3/h ; c_{pc} 为冷媒水质量定压热容, $kJ/(kg \cdot ^\circ C)$; ρ_w 为冷媒水密度, kg/m^3 ; t_{c1} 为冷媒水进口温度, $^\circ C$; t_{c2} 为冷媒水出口温度, $^\circ C$ 。

2. 制热量的计算公式

$$Q_h = \frac{1}{3600} V_h c_{ph} \rho_h (t_{h1} - t_{h2}) \quad (1-9)$$

式中: Q_h 为制热量, kW; V_h 为热水流量, m^3/h ; c_{ph} 为热水质量定压热容, $kJ/(kg \cdot ^\circ C)$; ρ_h 为热水密度, kg/m^3 ; t_{h1} 为热水进口温度, $^\circ C$; t_{h2} 为热水出口温度, $^\circ C$ 。

3. 溴化锂吸收式制冷机组冷却水排出的热量

$$Q_w = \frac{1}{3600} V_w c_{pw} \rho_w (t_{w1} - t_{w2}) \quad (1-10)$$

式中: Q_w 为制热量, kW; V_w 为热水流量, m^3/h ; c_{pw} 为热水质量定压热容, $kJ/(kg \cdot ^\circ C)$; ρ_w 为热水密度, kg/m^3 ; t_{w1} 为热水进口温度, $^\circ C$; t_{w2} 为热水出口温度, $^\circ C$ 。

4. 溴化锂吸收式制冷机组的热源消耗

(1) 热源为蒸汽时:

$$Q_g = \frac{1}{3600} C_h (h_{s1} - h_{s2}) (1 - \lambda_s) \quad (1-11)$$

式中: Q_g 为热源耗量, kW; C_h 为蒸汽流量, kJ/h ; h_{s1} 为进口蒸汽比焓值, kJ/kg ; h_{s2} 为进口蒸汽比焓值, kJ/kg ; λ_s 为热损失系数。

(2) 热源为热水时:

$$Q_g = \frac{1}{3600} V_h C_{ph} \rho_h (t_{h1} - t_{h2}) (1 - \lambda_s) \quad (1-12)$$

式中: V_h 为热水流量, m^3/h ; C_{ph} 为热水的质量定压热容, $kJ/(kg \cdot ^\circ C)$; ρ_h 为热水的密度, kg/m^3 ; t_{h1} 为热水进口温度, $^\circ C$; t_{h2} 为热水出口温度, $^\circ C$; λ_s 为热损失系数。

(3) 热源为燃油时:

燃油耗量的计算