



任务 3.4 活塞式冷水机组的维护维修



知识目标

- (1) 认知常见冷水机组的典型结构与工作原理；
- (2) 认知活塞式冷水机组的运行参数特点；
- (3) 掌握活塞式冷水机组的正确操作方法；
- (4) 掌握活塞式冷水机组维护保养技术；
- (5) 掌握活塞式冷水机组常见故障的分析和维修方法。



能力目标

- (1) 能进行冷水机组的运行参数简单分析和处理；
- (2) 能制订冷水机组的维护计划；
- (3) 能进行冷水机组的维护保养；
- (4) 能进行机组简单故障维修的逻辑分析；
- (5) 能进行机组的简单故障维修处理；
- (6) 能协调厂商对冷水机组进行全面维修。

引入思考

- (1) 活塞式制冷压缩机的技术最为成熟，用在冷水机组上也有很多特性，你能列举一些活塞式冷水机组的特点吗？
- (2) 冷水机组的选用应根据冷负荷及用途来考虑。对于低负荷运转工况时间较长的制冷系统，若采用活塞式压缩机组时，机组形式宜采用什么方式？
- (3) 你知道影响冷水机组冷凝器换热效率的主要因素是什么吗？
- (4) 当你遇到机组简单故障时，你知道该怎样开展维修工作吗？



活塞式冷水机组是问世最早、至今仍广为应用的一种机型。特别是在中小制冷量范围内, 活塞式冷水机组是制冷机中生产批量最大、应用最广的一种机型。标准型水冷活塞式冷水机组的结构, 是冷凝器和蒸发器均为壳管式换热器, 它们或上下叠置或左右并置, 而压缩机或直接置于“两器”上面, 或通过钢架置于“两器”之上。活塞式冷水机组问世之时就是以这种结构型式出现的。至今, 绝大部分的这类型冷水机还都是这种结构型式。对于低负荷运转工况时间较长的制冷系统, 则采用多压缩机头配组的结构形式。

由于活塞式制冷压缩机运转时的往复运动会产生较大的往复惯性力, 从而限制了压缩机的转速不能太高, 机组单机容量也不能过大。普通型活塞式冷水机组的单机容量一般在 580~700 kw 以下。



任务描述

1. 熟悉活塞式冷水机组的特点。
2. 熟悉活塞式冷水机组常见故障及排除方法。
3. 掌握活塞式冷水机组的维修维护保养工作方法。

3.4.1 活塞式冷水机组的基础知识

1. 活塞式冷水机组的组成

活塞式冷水机组就是把实现制冷循环所需的一台或多台活塞式制冷压缩机、蒸发器、冷凝器、热力膨胀阀、干燥过滤器、电控柜、油分离器等部件, 紧凑地用底座组装在一起的专供空调用冷的整体式制冷装置, 如图 3-39 所示。压缩机的台数可以是单台、两台或两台以上。压缩机两台以上的冷水机组称为多机头机组。多机头冷水机组的台数最多为 8 台。





图 3-39 活塞式冷水机组外形图

水冷式冷水机组一般多为卧式框架结构，压缩机可置于框架的上方或下方，冷凝器和蒸发器放在下方或上方，电控柜安装在框架上。

冷水机组具有结构紧凑、外形美观、配件齐全、制冷系统的流程简单等特点。机组运到现场后只需简单安装，接上水、电即可投入运转。不仅选型设计和安装调试大为简捷，节省占地面积，而且操作管理也方便，在很大程度上提高了设备运行的可靠性、安全性和经济性。

2. 活塞式冷水机组的特点

- 1) 机组装置简单。
- 2) 在空调制冷范围内有较高的容积效率。
- 3) 使用普通金属材料，加工容易，造价低。
- 4) 采用多机头、高速多缸、短行程、大缸径后，容量有所增大，性能可得到改善。
- 5) 模块式冷水机组是活塞式冷水机组的改良型，采用了高效板式换热器，机组体积小、质量小、噪声低、占地少；采用标准化生产的模块单元，可组合成多种容量，调节性能好，部分负荷性能系数不变，计算机控制，自动化程度高，安装简便。

活塞式冷水机组的缺点如下：

- 1) 单机容量不宜过大。
- 2) 往复运动的惯性力大，转速不能太高，振动较大。
- 3) 当单机头机组转速不变时，只能通过改变工作气缸数来实现能量调节，部分负荷下的调节特性较差。
- 4) 运转部件多，故障率高于螺杆式冷水机组和离心式冷水机组。
- 5) 模块式冷水机组组合超过八个模块单元时，蒸发器和冷凝器水侧流阻较大。

3.4.2 活塞式冷水机组常见故障的排除

活塞式冷水机组常见故障及排除方法见表 3-13。

表 3-13 活塞式冷水机组常见故障及排除方法



故障	产生原因	排除方法
压缩机不能启动或启动后立即停机	<ol style="list-style-type: none"> 1) 电源断电或低于额定值的10%以下 2) 压力控制器或温度控制器调节不当,使触头常开 3) 电动机绕组烧毁或短路 4) 压缩机排气截止阀未打开,引起高压控制器动作 5) 变压器、接触器、中间继电器线圈烧毁或触头接触不良 6) 压缩机内部卡住或咬死造成过载 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 排除电路故障,按要求供电 2) 按要求调整压力控制器和温度控制器 3) 拆检和修复电动机 4) 打开排气截止阀 5) 拆检,修复 6) 检查后,拆开修复
压缩机在运转中突然停机或停开频繁	<ol style="list-style-type: none"> 1) 吸气压力低于低压继电器调定值,使触点跳开切断电源 2) 排气压力过高,使高压继电器动作 3) 温度控制器控制范围调得过小 4) 电动机超载,使热继电器动作或熔丝烧断 5) 阀片泄漏严重,或油分离器自动回油阀泄漏 6) 热力膨胀阀冰堵 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 查明原因后,排除故障 2) 查明原因后,排除故障 3) 调大控制范围 4) 排除超载故障 5) 根据故障原因,拆检修复 6) 把系统中的水分除去
制冷量不足	<ol style="list-style-type: none"> 1) 房间或空调箱体不密闭或隔热性能变差 2) 制冷剂不足 3) 压缩机效率变差 4) 膨胀阀开得过大或过小 5) 系统内有较多的空气 6) 干燥过滤器或输液管路不畅通 7) 蒸发器内有大量润滑油积聚 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 检修或更换隔热材料 2) 补充制冷剂 3) 检查吸、排气阀片,气缸或活塞泄漏是否过大,并修复 4) 按工况要求调整阀门的开启度 5) 排除系统中的空气 6) 查明堵塞原因,拆检后排除 7) 排除润滑油,改进回油措施
无冷量	<ol style="list-style-type: none"> 1) 膨胀阀感温包内充灌剂泄漏,使阀针关闭 2) 膨胀阀被堵塞 3) 过滤器网孔被堵塞 4) 电磁阀被损坏不能开启 5) 冷凝器或储液器的出液阀未开启 6) 阀板上部或气缸套下部的纸垫被击穿或破裂 7) 压缩机吸、排气阀片破碎 8) 制冷剂几乎全部泄漏 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 修复或更换膨胀阀 2) 拆卸后清洗 3) 拆卸后清洗 4) 修复或更换电磁阀 5) 开启出液阀 6) 检查后更换纸垫片 7) 拆开气缸盖,更换阀片 8) 查出漏处,排除后加制冷剂
压缩机结霜严重	<ol style="list-style-type: none"> 1) 膨胀阀开启过大 2) 系统制冷剂充灌量过多 3) 热负荷过小 4) 热力膨胀阀感温包未扎紧或捆扎位置不正确 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 调整阀门开启度 2) 排出多余制冷剂 3) 增加热负荷或减少供给制冷量 4) 按要求重新捆扎



故障	产生原因	排除方法
机体气缸盖温度很高	<ol style="list-style-type: none"> 1) 排气压力过高 2) 吸气压力过低 3) 吸气温度过高 4) 阀板上部或气缸套下部的纸垫被击穿破裂 5) 吸、排气阀片破裂 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 找出原因排除 2) 找出原因排除 3) 找出原因排除 4) 查明原因后更换纸垫 5) 检拆后更换阀片
排气压力过高	<ol style="list-style-type: none"> 1) 系统进入较多空气 2) 水冷冷凝器的冷却水阀未开足或水量不够 3) 冷却水进口温度过高 4) 冷却水管积垢使传热效果变差 5) 制冷剂加入量太多, 使传热面积减小 6) 冷凝器分水不均匀 7) 排气截止阀未开足或排气管不畅通 8) 储液器进液阀未开足, 使冷凝器存液过多 9) 膨胀阀开启度过小 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 按“放空气”的操作进行排除 2) 开大阀门, 加大水量 3) 采取措施, 降低冷却介质入口温度 4) 清除水垢 5) 排除多余制冷剂 6) 查明原因, 采取措施, 均匀分水 7) 全开截止阀, 疏通管路使其畅通 8) 开足进液阀, 减少存液 9) 适当加大膨胀阀开度
排气压力过低	<ol style="list-style-type: none"> 1) 系统中制冷剂不足 2) 冷却水温过低或进水量过大 3) 排气阀或管路有严重泄漏 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 查明漏处, 修补后补充制冷剂 2) 采取措施, 调节进水量 3) 换排气阀片及检修管路
吸入压力过高	<ol style="list-style-type: none"> 1) 热力膨胀阀开启过大或感温包未扎紧 2) 吸气阀片破裂或严重泄漏 3) 系统制冷剂过多 4) 压缩机高、低压腔垫片破裂而窜通 5) 系统中有空气 6) 活塞与气缸间隙过大或活塞环断裂 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 关小阀门开度或正确捆扎感温包 2) 更换阀片并检查阀板线磨损情况 3) 排除多余制冷剂 4) 更换纸垫, 排除窜通 5) 按“放空气”操作进行排除 6) 停机检查, 修复或更换
吸气压力过低	<ol style="list-style-type: none"> 1) 热力膨胀阀开度过小或过滤网堵塞 2) 吸气截止阀未开足 3) 系统中制冷剂不足 4) 冷凝器或储液器出液阀未开足 5) 热负荷小 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 适当开阀门或排除堵塞 2) 全开吸气截止阀 3) 查明漏处, 修补后补充制冷剂 4) 全开出液阀 5) 减小制冷量, 压缩机卸载运行
排气温度过高	<ol style="list-style-type: none"> 1) 冷凝器的冷却水量不足 2) 压缩机吸排气阀片、活塞环等有泄漏 3) 低温回气管道保温层损坏 4) 压缩机摩擦部位润滑油不足 5) 热负荷过大, 超过设计值 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 全开进水阀, 供足够水量 2) 拆检, 修复 3) 修复保温层 4) 查明原因, 疏通油路或检查油泵 5) 减小热负荷
热力膨胀阀不能关小	<ol style="list-style-type: none"> 1) 膨胀阀损坏 2) 感温包捆扎位置不正确 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 更换或修理 2) 选取合理的位置
膨胀阀进液不稳定(时多时少)	<ol style="list-style-type: none"> 1) 选用了过大的膨胀阀 2) 感温包捆扎位置不正确 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 选用合适的膨胀阀 2) 按要求选取合理的位置

3.4.3 活塞式冷水机组的维护与维修案例

实例：开利 30HK/HR 活塞式冷水机组操作维护

1. 开机前的准备工作

1) 检查、调试所有辅机设备（如冷水循环泵）、空气处理设备或其他由冷水机组提供冷水的末端设备，检查时应参考各生产厂的使用说明书。冷水泵起动器的辅助接点必须连锁到控制电路中。



- 2) 打开压缩机吸气和排气截止阀，关紧一圈，使压力达到测试表上的数值。
- 3) 打开液体截止阀（靠近干燥过滤器处）。
- 4) 整定温度控制器或主温度调节继电器。
- 5) 检查压缩机油位，应在油位视镜高度的 $1/8 \sim 3/8$ 处。
- 6) 检查各电气接头是否已紧固，检查压缩机电动机绝缘。
- 7) 检查制冷剂有无泄漏。
- 8) 检查电源是否与机组铭牌上的额定值相一致。电源电压应在 $340 \sim 440\text{V}$ 范围内。三相电压不平衡值小于 2%（大于 2% 绝对不能开机），三相电流不平衡值小于 10%。
- 9) 检查曲轴箱电加热器是否与压缩机曲轴箱锁紧。
- 10) 压缩机可以在底座上自由浮动。
- 11) 曲轴箱电加热器已通电 24h 以上，压缩机曲轴箱已升温，油温为 $40 \sim 50^\circ\text{C}$ 。
- 12) 起动冷冻水泵和冷却水泵，两个水系统的循环建立起来以后，调节蒸发器和冷凝器进、出口阀门的开度，使两者的进、出口压差在 0.05 MPa 左右。
- 13) 检查冷冻水供水温度的设定值是否合适，不合适可改设。

2. 起动操作

- 1) 先开冷却水泵和冷却水塔，并确保其正常运行。
- 2) 按下水泵按钮，冷冻水泵起动。
- 3) 按下压缩机按钮，压缩机进入起动延时后运行。



特别提示

空调用的冷水机组，其制冷机目前绝大多数采用的是水冷方式，因此不论是活塞式、螺杆式、还是离心式机组，在启动前先要完成冷冻水系统和冷却水系统的启动，其启动顺序一般为空气处理装置→冷冻水泵→冷却塔→冷却水泵。两个水系统启动完成，水循环建立以后经再次检查，设备与管道等无异常情况后即可进入冷水机组（或称主机）的启动阶段，以此来保证冷水机组启动时，其部件不会因缺水或少水而损坏。

应该注意的是，需要多台水泵、冷却塔或冷水机组同时运行时，在按上述顺序启动各设



备的过程中，都应先启动一台，待运行平稳后（可通过观察运行电流值来判定），再启动下一台，尽量避免多台同时启动的方式（特别是采用遥控启动时尤其要注意），防止在启动瞬间因启动电流过大，造成很大的线路电压降而使其启动困难，并影响到同一线路其他电气设备的正常运行，甚至发生控制回路或主回路中熔断器烧断的现象。

3. 关机操作

- 1) 关闭压缩机。
- 2) 冷冻水泵停止。
- 3) 关闭冷却水泵。



知识链接——冷水机组及水系统的停机操作

舒适性用途的中央空调系统由于受使用时间和气候的影响，其运行是间歇性的。当不需要继续使用或要定期保养维修或冷冻水供水温度低于设定值而停止冷水机组制冷运行时，为正常停机；因冷水机组某部分出现故障而引起保护装置动作的停机为故障停机。到停机时间（如写字楼下班、商场关门等）需要停机或要进行定期保养维修需要停机或其他非故障性的人为主动停机，通常都是采用手动操作；冷冻水供水温度低于设定值和因故障或其他原因使某些参数超过保护性安全极限而引起的保护停机，则由冷水机组自动操作完成。

一般来说，空调用水冷冷水机组及其水系统的停机操作顺序是其启动操作顺序的逆过程，即冷水机组→冷却水泵→冷却塔→冷冻水泵→空气处理装置。需要引起注意的是，冷水机组压缩机与冷却水泵的停机间隔时间，因能保证进入冷凝器内的高温高压气体制冷剂全部冷凝为液体，且最好全部进入贮液器；而冷水机组压缩机与冷冻水泵的停机间隔时间，应能保证蒸发器内的液态制冷剂全部气化且变成过热气体，以防冻管事故发生。

4. 运行参数

空调用冷水机组，不论其压缩机型式为活塞式、螺杆式、还是离心式，为满足空调工况的要求，均应具有相同的运行参数。弄清这些运行参数的特点及其规律性，对于冷水机组的安全、经济和无故障运行都有重要意义。

不同类型和同类型但不同型式的机组，由于自身的工作原理和使用的制冷剂



不同,在运行参数和运行特征方面都或多或少有些差异,了解和掌握所管理的冷水机组正常运行标志和制冷量的调节方法,是掌握用好该机组的重要基础。

冷水机组的主要运行参数要作为原始数据记录在案,以便与正常运行参数进行比较,借以判断机组的工作状态。当运行参数不在正常范围内时,就要及时进行调整并找出异常的原因予以解决。

开利 30HK/HR 活塞式冷水机组正常运行参数见表 3-14。

表 3-14 开利 30HK/HR 活塞式冷水机组正常运行参数 (制冷剂为 R22)

参 数	正 常 范 围
蒸发压力/MPa	0.4 ~ 0.6
吸气温度/°C	蒸发温度加上 5 ~ 10°C 的过热度
冷凝压力/MPa	1.7 ~ 1.8
排气温度/°C	110 ~ 135
冷却水压差/MPa	0.05 ~ 0.10
冷却水温差/°C	4 ~ 5
油温/°C	低于 74
油压差/MPa	0.05 ~ 0.08
电动机外壳温度/°C	低于 51

5. 常见故障及排除方法

开利 30HK/HR 活塞式冷水机组常见故障及排除方法,见表 3-15。

表 3-15 开利 30HK/HR 活塞式冷水机组常见故障及排除方法



问题和故障	原因分析	排除方法
压缩机不运转	<ol style="list-style-type: none"> 1) 电源开路 2) 控制电路断路器开路 3) 电源断路器跳闸 4) 冷凝器循环泵不运转 5) 终端连接松开 6) 控制器接线不当 7) 线电压低 8) 压缩机热敏开关开路 9) 压缩机电动机故障 10) 压缩机卡住 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 断路器复位 2) 检查控制电路的接地, 是否短路, 使断流器复位 3) 检查控制器, 找出跳闸原因, 使断流器复位 4) 电源断开, 重新启动; 泵卡住, 松开泵; 接线不正确, 重新接线; 水泵电动机烧坏, 调换 5) 检查接头 6) 检查接线并重新接线 7) 检查电压, 确定压降位置并纠正 8) 找出原因, 使之复位 9) 检查电动机绕组是否开路或短路, 必要时可调换压缩机 10) 调换压缩机
低压控制开关接通, 压缩机关机	<ol style="list-style-type: none"> 1) 低压控制器动作不正常 2) 阀位置不当 3) 压缩机吸气截止阀部分闭合 4) 制冷剂不足 5) 压缩机吸气滤网堵塞 6) 供液电磁阀故障 7) 冷冻水出水温度过低 8) 干燥过滤器堵塞 9) 供液截止阀堵塞, 或开得小 10) 热力膨胀阀故障 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 升高压差整定值; 检查毛细管是否有折皱; 调换控制器 2) 换阀板 3) 打开阀 4) 加制冷剂 5) 洗净滤网 6) 检查电磁阀线圈, 清洗电磁阀阀芯。若电磁阀有问题, 更换新阀 7) 提高设定值; 加大水流量 8) 清洗或更换 9) 清洗供液阀, 开打供液阀 10) 检修、清洗滤网或更换
高压控制开关接通, 压缩机关机	<ol style="list-style-type: none"> 1) 高压控制开关动作不正常 2) 压缩机排气阀部分闭合 3) 系统中有不凝性气体 4) 冷凝器结垢 5) 冷却水流量太小 6) 冷却水温度高 7) 系统内制冷剂过多 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 检查毛细管是否有折皱, 根据需要整定控制开关 2) 打开阀; 若排气阀坏了, 换新的 3) 停机, 排放气体 4) 清除干净 5) 冷却水泵有故障, 检修, 加大水流量 6) 冷凝器管道有堵塞, 清洗管道; 冷却塔风机不转或反转, 检修调整; 冷却塔通风不良; 清洗塔内填料 7) 排出制冷剂直到合适量
机组长时间工作或连续工作	<ol style="list-style-type: none"> 1) 制冷剂不足 2) 控制器夹紧接触点熔断 3) 系统中有不凝气体 4) 膨胀阀或滤网堵塞 5) 绝热层失效 6) 冷却负载过大 7) 压缩机效率不足 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 加制冷剂 2) 换控制器 3) 排气 4) 清洗或换新 5) 调换或修补 6) 门、窗关好 7) 检查各阀, 必要时调换压缩机
系统有噪声	<ol style="list-style-type: none"> 1) 管道振动 2) 膨胀阀气流声大 3) 压缩机有噪声 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 正确支撑管道; 检查管接头是否松开 2) 加制冷剂; 检查液体管路滤网是否堵塞 3) 检查阀板是否有噪声; 轴承已磨损, 换压缩机轴承; 压缩机固定螺栓松动, 检查、紧固



问题和故障	原因分析	排除方法
压缩机耗油多	1) 系统漏油 2) 活塞环与气缸间隙过大 3) 油淤积在管路里 4) 关机时曲轴箱加热未通电	1) 补漏加油 2) 检修或换新活塞环 3) 检查管路是否有油淤积 4) 调换加热器, 检查接线和辅助接触器
吸气管路结霜或出汗	膨胀阀校正不当	调节膨胀阀
液体管路发热	1) 由于泄漏而缺少制冷剂 2) 膨胀阀校正不当	1) 修补并重新填充制冷剂 2) 调节膨胀阀
液体管路结霜	1) 接收器截止阀部分闭合或受堵 2) 干燥过滤器受堵	1) 打开阀, 去除堵塞物 2) 去除堵塞物或调换干燥过滤器
压缩机不卸载	1) 电磁阀线圈烧坏 2) 针阀粘住 3) 旁通端(低侧)堵塞 4) 旁通活塞弹簧疲软	1) 换线圈 2) 清洗 3) 清洗 4) 换新
压缩机不上载	1) 针阀粘住 2) 电磁阀接错线 3) 旁通端口滤网堵塞(高侧)	1) 清洗 2) 纠正接线 3) 清洗

拓展专题

冷水机组运行参数分析

空调用冷水机组, 不论其压缩机型式为活塞式、螺杆式、还是离心式, 为满足空调工况的要求, 均应具有相同的运行参数。弄清这些运行参数的特点及其规律性, 对于冷水机组的安全、经济和无故障运行都有重要意义。

(一) 蒸发压力与蒸发温度

蒸发器内制冷剂具有的压力和温度, 是制冷剂的饱和压力和饱和温度, 这两个参数可以通过设置在蒸发器的相应仪器或仪表测量。也可以测量其中一个参数, 通过相应制冷剂的热力性质表查到另外一个。

蒸发压力和蒸发温度与冷冻水带入蒸发器的热量有密切关系。空调冷负荷大时, 蒸发器冷冻水的回水温度升高, 引起蒸发温度升高, 对应的蒸发压力也升高。相反, 当空调冷负荷减少时, 冷冻水回水温度降低, 其蒸发压力和蒸发温度均降低。实际运行中, 空调房间的冷负荷是经常变化的, 为了使冷水机组的工作性能能适应这种变化, 一般采用自动控制装置对冷水机组实行能量调节, 来维持蒸发



器内的压力和温度在一个很小的波动范围内。蒸发器内压力和温度波动范围的大小，取决于空调冷负荷的需要和机组本身的自控调节性能。一般情况下，冷水机组的制冷量必须略大于其负担的空调设计冷负荷量，否则将无法在运行中得到满意的空调效果。

根据我国规定，冷水机组的名义工况为冷冻水出水温度 7°C ，冷却水回水温度 32°C 。其他相应的参数为冷冻水回水温度 12°C ，冷却水回水温度 37°C 。冷水机组在出厂时，若订货方不作特殊要求，冷水机组的自动控制及保护元器件的整定值将使冷水机组保持在名义工况下运行。由于提高冷冻水的出水温度对冷水机组的经济性十分有理。运行中在满足空调使用要求的情况下，应尽可能提高冷冻水的出水温度。

一般情况下，蒸发温度常控制在 $3^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ 的范围内，较冷冻水出水温度低 $2^{\circ}\text{C}\sim 4^{\circ}\text{C}$ 。过高的蒸发温度往往难以达到所要求的空调效果，而过低的蒸发温度，不但增加冷水机组的能量消耗，还容易造成蒸发管道的冻裂。

蒸发温度与冷冻水出水温度之差随蒸发器冷负荷的增减而分别增大或减小。在同样负荷情况下，温差增大则传热系数减小。此外，高温度差大小还与传热面积有关，而且管内的污垢情况，管外润滑油的积聚情况也有一定影响。为了减小温差，增强传热效果，要做到定期清除蒸发器水管内的污垢，积极采取措施将润滑油引回到油箱中去。

（二）冷凝压力与冷凝温度

由于冷凝器内的制冷剂通常也是处于饱和状态的，因此其压力和温度也可以通过相应制冷剂的热力性质表互相查找。

冷凝器所使用的冷却介质，对冷水机组冷凝温度和冷凝压力的高低有重要影响。冷水机组冷凝温度的高低随冷却介质温度的高低而变化。水冷式机组的冷凝温度一般要高于冷却水出水温度 $2^{\circ}\text{C}\sim 4^{\circ}\text{C}$ ，如果高于 4°C ，应检查冷凝器内的铜管是否结垢需要清洗；空冷式机组的冷凝温度一般要高于出风温度 $4^{\circ}\text{C}\sim 8^{\circ}\text{C}$ 。

冷凝温度的高低，在蒸发温度不变的情况下，对于冷水机组功率消耗有决定意义。冷凝温度升高，功率增大。此外，离心式冷水机组冷凝压力升高会引起压缩机喘振；反之，冷凝温度降低，功耗随之降低。当空气存在于冷凝器中时，冷凝温度与冷却水出口温差增大，而冷却水进、出口温差反而减小，这是冷凝器的



传热效果不好,冷凝器外壳有烫手感。除此之外,冷凝器管子水侧结垢和淤泥对传热的影响也起着相当大的作用。因此,在冷水机组运行时,应注意保证冷却水温度、水量、水质等指标在合格范围内。

(三) 冷冻水的压力与温度

空调用冷水机组一般是在名义工况所规定的冷冻水回水温度 12°C ,供水温度 7°C ,温差 5°C 的条件下运行的。对于同一台冷水机组来说,如果其运行条件不变,在外界负荷一定的情况下,冷水机组的制冷量是一定的。此时,由 $Q = W \times \Delta t$ 可知:通过蒸发器的冷冻水流量与供、回水温度差成反比,即冷冻水流量越大,温差越小;反之,流量越小,温差越大。所以,冷水机组名义工况规定冷冻水供、回水温差为 5°C ,这实际上就限定了冷水机组的冷冻水流量,该流量可以通过控制冷冻水经过蒸发器的压力降来实现。一般情况下这个压力降为 0.05MPa ,其控制方法是调节冷冻水泵出口阀门的开度和蒸发器供、回水阀门的开度。

阀门开度调节的原则一是蒸发器出水有足够的压力来克服冷冻水闭路循环管路中的阻力;二是冷水机组在负担设计负荷的情况下运行,蒸发器进、出水温差为 5°C 。按照上述要求,阀门一经调定,冷冻水系统各阀门开度的大小就应相对稳定不变,即使在非调定工况下运行(如卸载运行)时,各阀门也应相对稳定不变。应当注意,全开阀门加大冷冻水流量,减少进、出水温差的做法是不可取的,这样做虽然会使蒸发器的蒸发温度提高,冷水机组的输出冷量有所增加,但水泵功耗也因而提高,两相比较得不偿失。所以,蒸发器冷冻水侧进、出水压力降控制在 0.05MPa 为宜。

为了冷水机组的运行安全,蒸发器出水温度一般都不低于 3°C 。此外,冷冻水系统虽然是封闭的,蒸发器水管内的结垢和腐蚀不会像冷凝器那样严重,但从设备检查维修的要求出发,应每三年对蒸发器的管道和冷冻水系统的其他管道清洗一次。

(四) 冷却水的压力与温度

冷水机组在名义工况下运行,其冷凝器进水温度为 32°C ,出水温度为 37°C ,温差 5°C 。对于一台已经在运行的冷水机组,环境条件、负荷和制冷量都为定值时,冷凝器热负荷无疑也为定值,冷却水流量必然也为一定值,而且该流量与进



出水温差成反比。这个流量通常用进出冷凝器的冷却水的压力降来控制。在名义工况下，冷凝器进出水压力降一般为 0.07MPa 左右。压力降调节方法是采取调节冷却水泵出口阀门开度和冷凝器进、出水管阀门开度的方法。所遵循的原则也是两个：一是冷凝器的出水应有足够的压力来克服冷却水管路中的阻力；二是冷水机组在设计负荷下运行时，进、出冷凝器的冷却水温差为 5°C 。同样应该注意的是，随意过量开大冷却水阀门，增大冷却水量借以降低冷凝压力，试图降低能耗的作法，只能事与愿违，适得其反。

为了降低冷水机组的规律消耗，应当尽可能降低其冷凝温度。可采取的措施有两个：一是降低冷凝器的进水温度；二是加大冷却水量。但是，冷凝器的进水温度取决于大气温度和相对湿度，受自然条件变化的影响和限制；加大冷却水流量虽然简单易行，但流量不是可以无限制加大的，要受到冷却水泵容量的限制。此外，过分加大冷却水流量，往往会引起冷却水泵功率消耗急剧上升，也得不到理想的结果。所以冷水机组冷却水量的选择，以名义工况下，冷却水进、出冷凝器压降为 0.07MPa 为宜。

对于离心式冷水机组来说，冷凝压力过高或过低都会引起喘振。所以，当离心式冷水机组在气温较低的春、秋季节运行时，应适当减少投入运行的冷却塔台数或其风机台数，以便提高冷凝器的进水温度。也可以采用将一部分从冷凝器出来的冷却水经旁通引入其进水中的方法，同样可以达到提高冷凝器进水温度的效果。采用减小冷却水量，加大进、出水温差的方法也可以有同样的作用，但进、出水压降应适当调小。当 R11 离心式冷水机组遇到此种情况时，应满足冷凝压力和蒸发压力之差大于 0.06MPa 的要求，否则要发生喘振。

在气温较高的季节，运行活塞式冷水机组比较有利，因为这时冷凝压力较低，所以功率消耗大大降低。

（五）压缩机的吸气温度

对活塞式压缩机来说，吸气温度是指压缩机吸气腔中制冷剂气体的温度；对离心式压缩机来说，应为吸气导叶片上制冷剂气体的温度。吸气温度的高低，不仅影响排气温度的高低，而且对压缩机的容积制冷量有重要影响。压缩机吸气温度高时，排气温度也高，制冷剂被吸入时的比容大，此时压缩机的单位容积制冷量小。相反，压缩机吸气温度低时，其单位容积制冷量则大。但是，压缩机吸气



温度过低，可能造成制冷剂液体被压缩机吸入，使活塞式压缩机发生“液击”。对于离心式压缩机来说，过低的吸气温度会使压缩机的吸气压力过低，从而可能产生喘振。

为了保证压缩机的正常运行，其吸气温度需要比蒸发温度高一些，亦即应具有一定的过热度。对于活塞式冷水机组，其吸气过热度一般为 $5^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，如果采用干式蒸发器，则通过调节热力膨胀阀的调节螺杆，就可以调节过热度的大小。此外，要注意压缩机吸气管道的长短和包扎的保温材料性能的好坏对过热度会有一定影响。过热度给离心式压缩机带来的影响，没有活塞式压缩机那样敏感。所以，在离心式冷水机组中，其吸气过热度一般为 $2^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$ 。离心式冷水机组一般采用满液式蒸发器，除了吸气管道的长短和保温性能的好坏对过热度大小有影响外，蒸发器中制冷剂液位的高低对过热度的大小也可以产生较大的影响。当制冷剂充灌量较少，蒸发器中液位较低时，吸气过热度就会增加。因此，在冷水机组的运行中，必须注意压缩机吸气温度的控制。

（六）压缩机的排气温度

压缩机的排气温度是制冷剂经过压缩后的过热蒸汽到达压缩机排气腔时的温度。由于压缩机所排出的制冷剂为过热蒸汽，其压力和温度之间不存在对应关系，通常是靠设置在压缩机排气腔的温度计来测量的。排气温度要比冷凝温度高得多。排气温度的直接影响因素是压缩机的吸气温度，两者是正比关系。此外，排气温度还与制冷剂的种类和压缩比的高低有关，在空调工况下，由于压缩比不大，所以排气温度并不很高。当活塞式压缩机吸、排气阀片不严密或破碎引起泄漏（内泄漏）时，排气温度会明显上升。在离心式冷水机组中，如果制冷系统混入空气，则吸气温度和排气温度都会升高。

（七）油压差、油温与油位高度

润滑油系统是冷水机组正常工作运行不可缺少的部分，它为机组的运动部件提供润滑和冷却条件，离心式、螺杆式和部分活塞式冷水机组还需要利用润滑油来控制能量调节装置或抽气回收装置。从各种冷水机组润滑系统的组成特点看，除活塞式机组将润滑油储存在压缩机曲轴箱内依附于制冷系统外，离心式和螺杆式机组都有独立的润滑油系统，有自己的油储存箱，还有专门用于降低油温的油冷却器。



1. 油压差

油压差是润滑油在油泵的驱动下,在油系统管道中流到各工作部位所需克服流动阻力的保障。没有足够的油压差,就不能保证系统有足够的润滑和冷却油量以及驱动能量调节装置时所需要的动力。所以,机组油系统的油压差必须保证在合理的范围,以便于机组运动部件得到充分润滑和冷却,灵活地操作能量调节装置。

2. 油温

油温即机组工作时润滑油的温度。油温的高低对润滑油粘度会产生重要影响。油温太低则油粘度增大,流动性降低,不易形成均匀的油膜,难以达到预期的润滑效果,而且还会引起油的流动速度降低,使润滑量减少,油泵的功耗增大;如油温太高,油粘度就会下降,油膜不易达到一定的厚度,使运动部件难以承受必须的工作压力,造成润滑状况恶化,易造成运动部件磨损。因此,合理的润滑油温度对各种型式的冷水机组来说都十分必要。

此外,油温对润滑油中制冷剂溶入量的影响也是不可忽视的。在压力一定的情况下,润滑油对制冷剂的溶解度随油温的上升而减少,保持一定的油温可以减少润滑油中制冷剂的含量,对压缩机安全、顺利地启动有良好的作用。因此,冷水机组启动操作规程通常规定,在机组启动前必须对机组中的润滑油进行不少于 24h 的加热,有的冷水机组(特别是 R11 离心式冷水机组)甚至在停机不使用的的时间里,对润滑油的加热也不能停止。

3. 油位高度

油位高度是指润滑油在油贮存容器中的液面高度。各种冷水机组的贮油容器均设置油位显示装置,一般规定贮油容器内的油位高度应位于视镜中央水平线上下 5mm。规定油位高度的目的是为了保证油泵在工作时,形成油循环所需要的油量足够。油位过低易造成油泵失油,从而引起运行故障或损坏事故。因此,必须在油位过低时及时向润滑系统内补充相同牌号的润滑油,使油箱内的油位高度达到规定的高度。

(八) 主电机运行电流与电压

主电机在运行中,依靠输给一定的电流和规定的电压,来保证压缩机运行所需要的功率。一般主电机要求的额定供电电压为 400V、三相、50Hz,供电的平均



相电压不稳定率小于 2%。

实际运行中,主电机的运行电流在冷水机组冷冻水和冷却水进、出水温度不变的情况下,随能量调节中的制冷量大小而增加或减少。活塞式冷水机组投入运行的压缩机台数或气缸数多少、离心式冷水机组导叶片开度的大小,都会影响到运行电流的大小。但当冷冻水或冷却水进、出水温度变化时,就很难做出正确的判断。如某离心式冷水机组冷冻水回水温度为 12℃、供水温度为 7℃、导叶片开度为 45%与冷冻水回水温度为 14℃、供水温度为 9℃、导叶片开度仅为 35%的两种工况,由于运行参数完全不同,不具备可比条件,很难直接得出哪种工况下主电机负荷较重的结论。不过,通过安装在机组开关柜上的电流表读数可以反映出上述两种工况下的差别:凡运行电流值大的,主电机负荷较重,反之负荷就轻。通过对冷水机组运行电流和电压参数的记录,可以得出主电机在各种情况下消耗的功率大小。

电流值是一个随电机负荷变化而变化的重要参数。冷水机组运行时应注意经常与总配电室的电流表作比较。同时应注意指针的摆动(因平常难免有些小的摆动)。正常情况下因三相电源的相不平衡或电压变化,会使电流表指针作周期性或不规则的大幅度摆动。在压缩机负荷变化时,也会引起这种现象发生,运行中必须注意加强监视,保持电流、电压值的正常状态。

2014