



任务 3.3 螺杆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) 认知螺杆式冷水机组的运行参数特点；
- (3) 掌握螺杆式冷水机组的正确操作方法；
- (4) 掌握螺杆式冷水机组维护保养技术；
- (5) 掌握螺杆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) 螺杆式冷水机组与离心式冷水机组结构上有什么不同的地方？请举例说明。
- (2) 螺杆式冷水机组的节流装置是什么，它是如何工作的？
- (3) 你知道单、双螺杆式冷水机组的能量调节机构是如何工作的吗？
- (4) 你知道螺杆式冷水机组的油路系统是如何工作的？
- (5) 螺杆式冷水机组运行时噪音较大，一般是如何进行降噪处理的？
- (6) 当你遇到机组简单故障时，你知道该怎样开展维修工作吗？



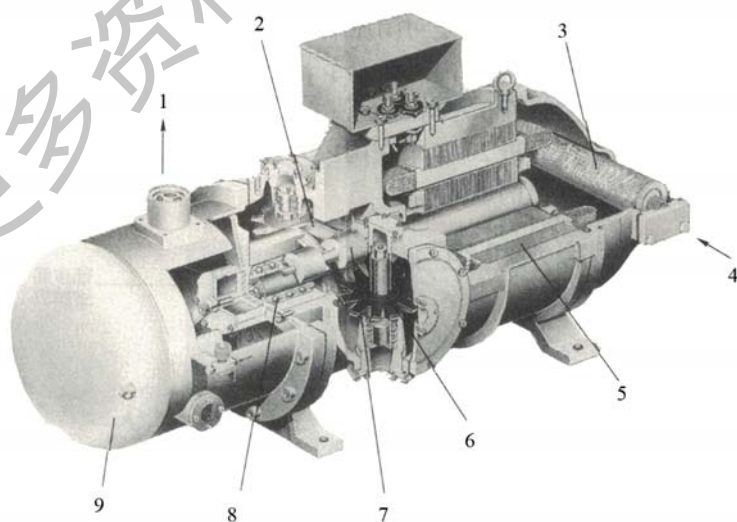
任务描述

1. 熟悉单、双螺杆式压缩机的特点
2. 掌握半封闭双螺杆式压缩机的结构特点。
3. 熟悉半封闭双螺杆式冷水机组的操作程序。
4. 熟悉单螺杆式冷水机组运行检查事项。
5. 熟悉单螺杆式冷水机组常见故障及维修方法。

3.3.1 螺杆式冷水机组的基础知识

目前，螺杆式压缩机已是制冷压缩机中主要机种之一。螺杆式压缩机分为单螺杆式和双螺杆式两大类。

单螺杆式制冷压缩机的结构如图 3-18 所示，利用一个主动转子和两个星轮的啮合产生压缩气体。它的吸气、压缩、排气三个连续过程是靠转子、星轮旋转时产生周期性的容积变化来实现的。单螺杆式制冷压缩机的主要部件包括转子、星轮、机体、主轴承、能量调节装置，容量可以从 10%~100%作无级调节及三或四段式调节。

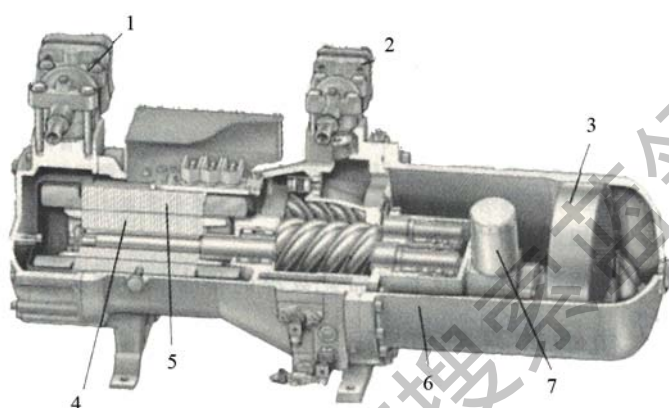


1-排气 2-主转 3-吸气过滤器 4-吸气 5-电动机 6-星轮
7-能量滑阀 8-轴承 9-油分离器

图 3-18 单旋杆式制冷压缩机的结构



双螺杆式制冷压缩机的结构如图 3-19 所示，其吸气、压缩、排气三个连续过程是靠机体内的一对相互啮合的阴、阳转子旋转时产生周期性的容积变化来实现的。一般阳转子为主动转子，阴转子为从动转子。双螺杆式制冷压缩机的主要部件为双转子、机体、主轴承、轴封、平衡活塞及能量调节装置，其容量可以从 15~100% 作无级调节或二、三段式调节，采用油压活塞增、减载方式。



1-吸气截止阀 2-排气截止阀 3-油过滤芯 4-电动机转子
5-电动机定子 6-油分离器 7-油过滤器

图 3-19 双螺旋式制冷压缩机的结构

螺杆式制冷压缩机的特点如下：

- 1) 结构简单，制冷效率高，易损件少，体积小，质量小。
- 2) 单机压缩比大，对湿行程不敏感。
- 3) 振动小，对基础要求低，通常无需采用隔振措施。
- 4) 输气系数高，排气温度低。
- 5) 运动部件少，加工零件的总数只有活塞式制冷压缩机的 1/10，检修周期长，无故障运行时间可达 $2 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4$ h，新型的全封闭压缩机的无故障运行时间可以达到 10×10^4 h。

6) 制冷量可在 10% ~ 100% 的范围内无级调节；由于机器结构上的特点，使它实现了中间进气的经济器系统，具有占地面积小等优点。

由于它的优点较为突出，所以近 20 年来在国内外发展迅速，现已超过活塞式制冷压缩机，并大有赶超离心式制冷压缩机的趋势。



思考

1. 单螺杆与双螺杆机组在结构上有什么差异？
2. 开启式压缩机与半封闭式压缩机一般使用的场所有什么不同？
3. 螺杆式冷水机组的维护维修有什么需要特别注意的操作吗？试举例说明。

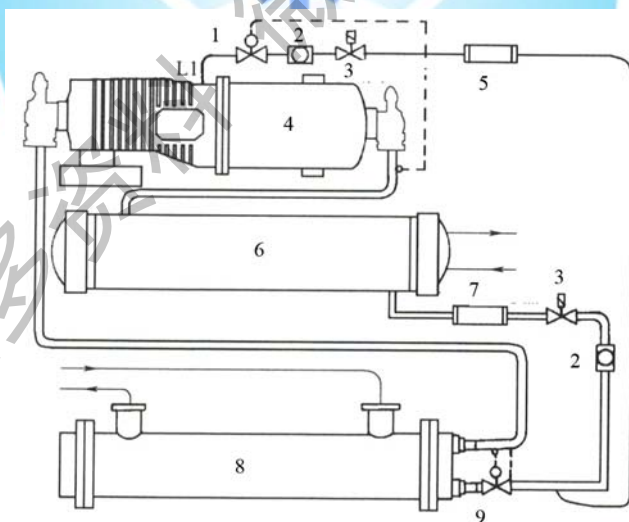
3.3.2 半封闭双螺杆式冷水机组

一、半封闭双螺杆式冷水机组的构成

由于半封闭螺杆式制冷压缩机省去了传统复杂的润滑油系统，其喷油冷却、油分离器、油过滤器等均与制冷压缩机结合成为一体，提高了产品的经济性和使用可靠性。因此，近年来半封闭螺杆式冷（热）水机组系统在我国中央空调用的螺杆式冷（热）水机组产品市场上应用越来越广泛。

1. 半封闭双螺杆干式蒸发器冷水机组

水冷半封闭双螺杆式冷水机组系统（见图 3-20）与传统水冷开启式双螺杆式冷水机组系统的主要区别在于：



1-液体喷射阀 2-视液镜 3-电磁阀 4-压缩机 5-过滤器 6-冷凝器 7-干燥过滤器
8-干式蒸发器 9-热力膨胀阀

图 3-20 水冷半封闭双螺杆式冷水机组系统流程图

1) 不用油泵，利用压差供油。省去复杂的油系统，对压缩机内的喷油、油分离、油过滤等均在压缩机机体内完成自身循环，结构十分紧凑，系统外接管路少。



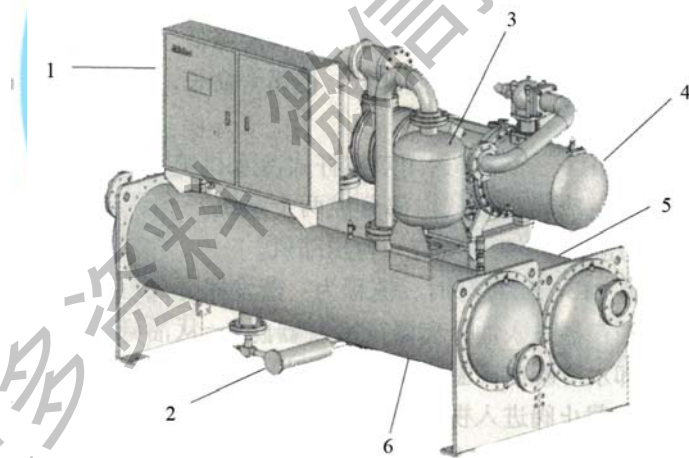
2) 对大制冷量系统, 在现有经济器接管处连接制冷剂喷射系统, 由蒸发器的节流膨胀阀前引出制冷剂液体。通过干燥过滤器、液体电磁阀、视镜、液体喷射阀, 向压缩机机体腔内喷射液态制冷剂, 以便冷却循环润滑油。

3) 喷油点的压力略高于压缩机吸气压力, 油与制冷剂蒸汽一起沿压缩方向输送, 油除了起润滑作用, 也在阴、阳螺杆转子对之间及转子与壳体间起到动态密封作用。

4) 容量控制方式可采用有极控制 (25%、50%、75%、100%) 或无极容量控制, 由容量控制阀精确的配合负载变化来调节冷媒压缩量。

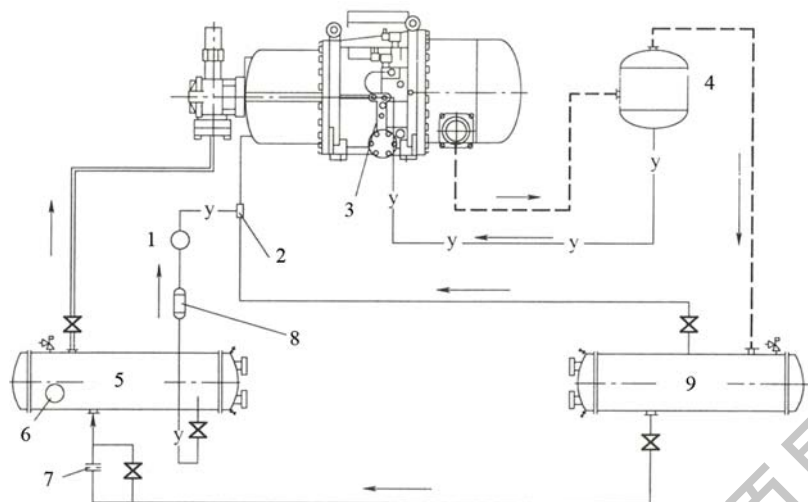
2. 满液式半封闭双螺杆式冷水机组

近年来美的生产的满液式半封闭双螺杆式冷水机组实现了小温差传热, 机组能效比大幅提高, 节省了运行费用。此冷水机组采用回油技术, 蒸发器内浓缩引射回油和文丘里喷管引射回油, 同时采用外挂二次回油分离器, 使油分离更彻底。其机组外形和系统流程如图 3-21 和图 3-22 所示。



1-微电脑控制柜 2-干燥过滤器 3-油分离器 4-压缩机 5-蒸发器 6-冷凝器

图 3-21 满液式半封闭双螺杆式冷水机组的外形



1-视镜 2-引射器 3-进油接头 4-油分离器 5-蒸发器
6-视液镜 7-孔板 8-过滤器 9-冷凝器

图 3-22 满液式半封闭双螺杆式冷水机组系统流程图

3. 开利 30HXC 冷水机组

开利 30HXC 冷水机组有 2 个相互独立的回路，有 1 套 PRO-DIALOG PLUS 电脑控制系统。此冷水机组采用高效满液式蒸发器和开利拥有专利的电子膨胀阀节流降压、调节流量、控制液位，使蒸发温度控制更为精确，其特点如下：

1) 06N 系列半封闭双螺杆式压缩机专为 R134a 设计，符合环保要求。

2) 压缩机与半封闭电动机并列布置，通过齿轮增速，其结构紧凑、体积小；由于转子尺寸的减小，减少了压缩机内高、低压侧的泄漏量，提高了效率；改变增速比，可获得不同排气量规格的压缩机，4 便于组织生产和零配件供应。

3) 采用柱塞式卸载方式，结构简单可靠，无内部损失，且可满足多机头冷水机组的容量调节要求。

4) 采用内置式油过滤器，精度为 $3\mu\text{m}$ ，保证了油的清洁度和压缩机的可靠润滑，延长了工作寿命。

5) 采用内置式消声器，配合外部消声器，可大幅度降低气流脉动的噪声。

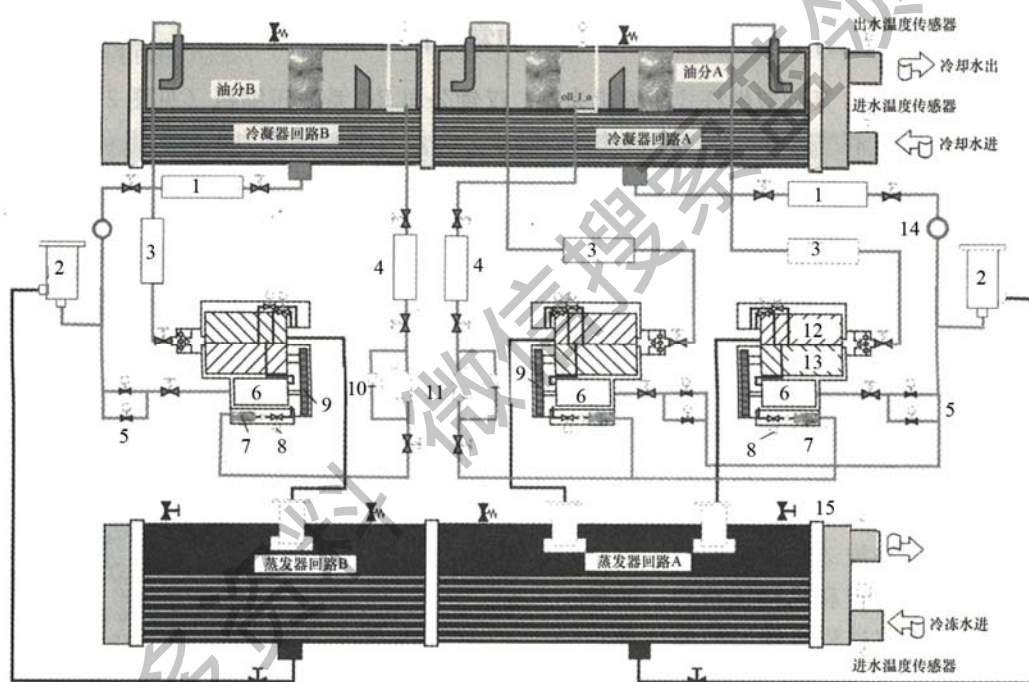
6) 电动机采用喷液方法冷却，工作温度低，使用寿命长。

7) 油分离器为外置。

图 3-23 所示为开利 30HXC 系列半封闭双螺杆式冷水机组系统流程图，机组分 A、B 两个系统，两个系统共用一台冷凝器（从内部分成两个系统）和一台蒸发器（从内部分成两个系统）。A 系统有两台压缩机，B 系统有一台压缩机。



此机组采用制冷剂 (R134a) 循环时, 流程为: 蒸发器分离后的低温低压气体被压缩机吸入压缩后排出, 经过消声器进入油分离器 (冷凝器内); 从油分离器分离出来的高温高压气体进入冷凝器, 被冷却水冷凝成高温高压液体; 从冷凝器出来的高压液体通过截止阀, 经过干燥过滤器再通过另一截止阀进入视镜; 从视镜出来的高压液体制冷剂分成两路: 一路 (小部分) 通过两个电动机冷却电磁阀, 到压缩机的经济器回气口, 向电动机内喷制冷剂液冷却电动机, 另一路 (大部分) 经过电子膨胀阀节流降温后, 流过蒸发器的截止阀进入蒸发器, 吸收冷冻水的热量蒸发成低温低压的气体。



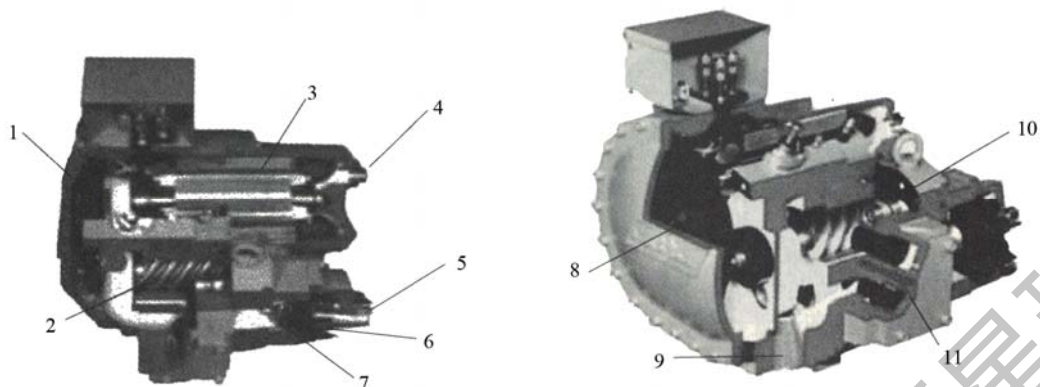
- 1-干燥过滤器 2-电子膨胀阀 3-消声器 4-外置油过滤器 5-喷射电磁阀 6-电动机
7-内置油过滤器 8-油电磁阀 9-齿轮组 10-单向阀 11-油泵 12-阴螺杆 13-阳螺杆
14-视镜 15-出水温度传感器

图 3-23 开利 30HXC 系列半封闭双螺杆式冷水机组系统流程图

油路流程: 油分离器分离出来的润滑油通过外置的 $7\mu\text{m}$ 油过滤器, 到达预润滑油泵和单向阀 (注意: 压缩机起动前预润滑油泵先运转, 当压缩机运转油压建立后, 预润滑油泵停转, 利用压差供油); 再通过内置 $3\mu\text{m}$ 油过滤器和供油电磁阀进入压缩机, 为电动机轴承、螺杆机轴承、齿轮、阴阳转子之间供油润滑, 然后被压缩机吸走, 和气体一起压缩后, 排到油分离器。润滑油同时也供到能量调节柱塞。



开利 06N 半封闭双螺杆式压缩机如图 3-24 所示。



1-齿轮 2-双转子 3-电动机 4-经济气端 5-排气端 6-消声器 7-止回阀
8-主动齿轮 9-吸气过滤 10-释压阀 11-柱塞

图 3-24 开利 06N 半封闭双螺杆式压缩机

二、半封闭螺杆式压缩机的维护保养和常见故障排除

以“汉钟”RC 系列双螺杆式压缩机为例。汉钟公司 RC 系列压缩机（见图 3-25）采用高效率的 5:6 专利非对称齿型，独特的径向轴承分力及 α 型轴向推力平衡鼓组合设计，加之液喷射冷却系统和外接油冷却回路以及齐备的保护装置能确保系统制造商的产品高效节能，稳定可靠；标准工况下设计运行寿命高达 50000h 以上；除 R22 冷媒外，还可运用 R134a、R407C、R404A 等环保冷媒；11 个轴承及 α 型轴向推力平衡鼓组合设计，使轴承的使用寿命延长了 2.5~3.5 倍；采用电动机及压缩室双级液喷保护电源及 PTC 温度保护模块；油冷却外接回路油位及油压差保护的运用，使用安全可靠。

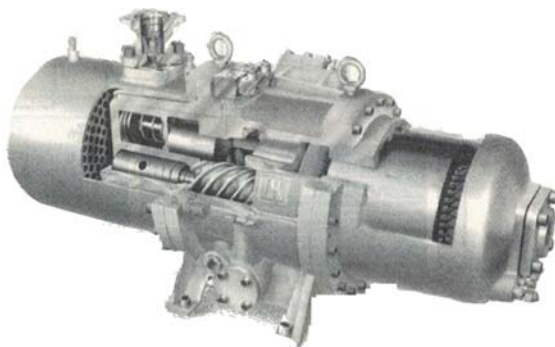


图 3-25 汉钟 RC 系列半封闭双螺式压缩机

润滑系统为独特的内建式油压系统（无需油泵），维持压缩机正常运行时需要润滑油建立油膜进行动态密封和润滑轴承。润滑油的循环是由排气压力及吸气



压力的压力差推动的。润滑油储存在压缩机的油分离器和机壳油槽内，油分装置可以使压缩过程所排出的油气混合物，经过消声、折流、拦截、离心力作用后，将润滑油与制冷剂分离，润滑油回流集中后进入压缩机的油槽内，经过一个高效的精密过滤器过滤出润滑油中的杂质及污染物，再经由特殊设计的内建油路到达所需要的孔口、容量调节系统及轴承。

1. 压缩机的保护装置

(1) 油位开关油位开关（见图 3-26）的主要作用是侦测压缩机油槽中油位的高低（或油量的多少）。当油位高于浮油的中心点以上时，浮油开关不动作，表示油位（油量）足够；当油位低于浮球中心点以下时，浮球开关动作，表示油位（油量）已经不足。

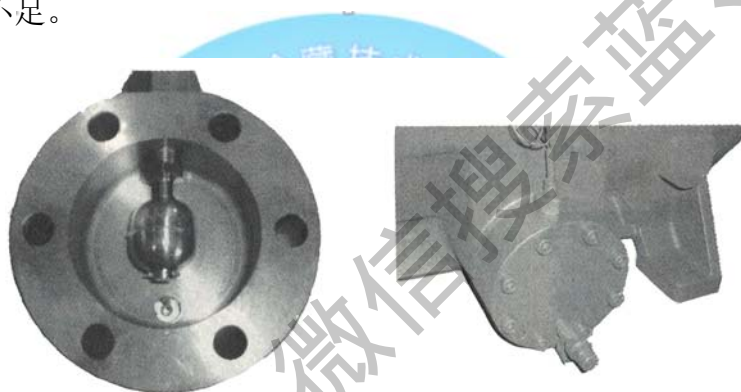


图 3-26 螺杆式压缩机油位开关

(2) 压缩机电子保护模块压缩机电子保护模块（见图 3-27）主要有排气温度保护和电动机温度保护。电子保护模块有 9 个接线端，L1、L2、L3 是压缩机的相序保护，此外还有 L、N、S1、S2、M1、M2。L 与 N 接 220V 电源端子，S1 和 S2 接排气温度感测器和电动机温度保护 PTC。排气温度感测器和电动机温度保护 PTC 是串联接在 S1 和 S2 上的，而 M1 和 M2 接在控制回路上。

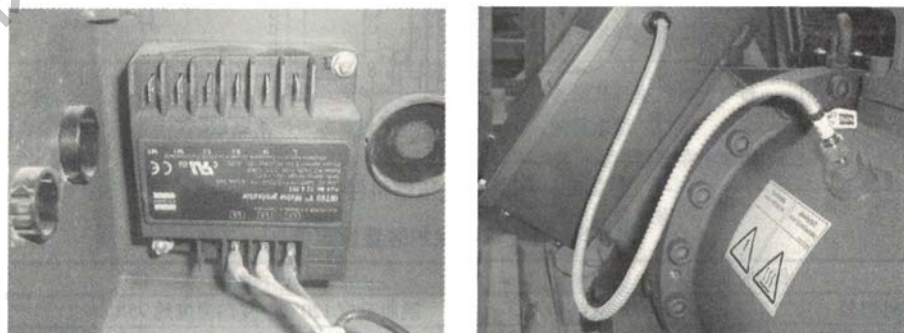


图 3-27 电子保护模块



(3)油过滤器油过滤器（见图 3-28）的作用是过滤系统里的杂质，不让杂质进入系统，以免在机组运行过程中形成脏堵。

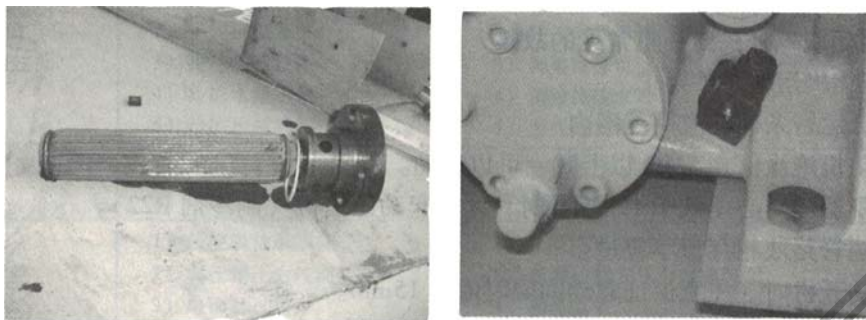


图 3-28 油过滤器

机油过滤器的接头法兰连接过滤滤网，过滤网接头为螺纹联接，可自由拆卸，在过滤网与过滤接头连接处有一个小的白色密封衬垫，拆装过滤器滤网时只需要将衬垫用干净的布擦干净再重新装回原位置即可，不需要更换。机油过滤器的接头法兰与机壳为螺钉联接，两者的连接面有一个密封衬垫，一般拆装过滤器接头时此衬垫都需要更换。注意：安装过滤器接头螺钉时必须按对角次序锁紧。

(4)油压差开关为检测过滤器网前、后的压力差，防止油过滤器滤网表面吸附过多的异物杂质，对供油系统产生危害。汉钟螺杆式压缩机的油滤器置于高压油槽内部，设定标准跳脱值为 250kPa，压差开关高压接头(HP)与压缩机高压接口相接，低压接头(LP)与压缩机的机油过滤器法兰的接口相接，如图 3-29 所示。当机油过滤器内、外压差大于设定值时，压差开关动作，以切断压缩机控制电路。同时，由压力降来显示清洁状态。正常压力降小于 0.1 MPa；如果压力降大于 0.25 MPa，则说明过滤器太脏，必须进行更换。

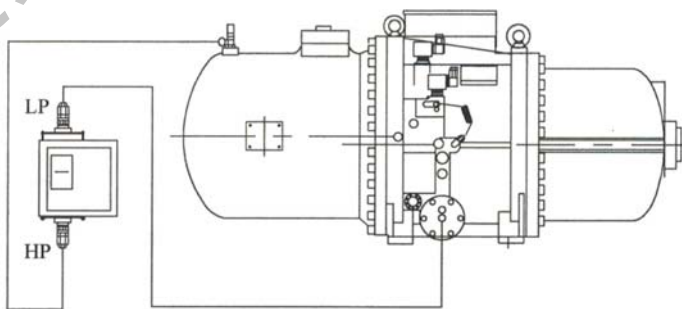


图 3-29 压差开关压缩机接口图

压缩机的保护装置设定值见表 3-6。

表 3-6 压缩机的保护装置设定值



保护装置	设定值
线圈温度感温器	跳脱设定 120℃，复归温度约 75℃
排气温度感温器	跳脱设定 110℃，复归温度约 60℃
逆相保护开关	电源保护继电器或使用高、低压压力开关
电动机过流继电器（电子保护模块）	依使用状态设定，跳脱时间须在 16s 以内
缺相保护继电器	起动或运转中缺相停车
高、低电压保护继电器	设定 ±10% 的额定电压
低油位开关	油位不足，压缩机停车（延迟 60 ~ 90s）
油压差开关	油过滤器高、低压差设定为 2.5kg/cm ² （延迟 60 ~ 90s）

2. 半封闭双螺杆式压缩机常见的故障

(1) 压缩机运转条件要求

- 1) 确认运行条件在应用范围内。
- 2) 电动机绝缘值在 5 MΩ 以上时，可以起动。
- 3) 冷凝器压力必须低于 1.8 MPa 时，才能起动压缩机（制冷剂 R22）。
- 4) 系统管路液相存量不应过多。
- 5) 手动开机时，注意保证起动间隔时间为 15 min。
- 6) 极限条件运行时，应避免高、低压差长时间低于 0.4 MPa。
- 7) 压缩机容调负载在 50% 以上时，允许长时间运转。
- 8) 冷媒状态运行时，低压在 0.05 MPa 以上。
- 9) 电压偏差小于额定电压的 10%，不平衡率小于 5%。

(2) 半封闭螺杆式冷水机组常见故障及处理方法的 [C] 系列和志高半封闭螺杆式冷水机组常见故障及处理方法见表 3-7 和表 3-8。

表 3-7 美的 [C] 系列半封闭螺杆式冷水机组常见故障及处理方法

常见故障	故障原因	处理方法
压缩机不能运转	1) 无电源（电源中断）	1) 检查后送电
	2) 开关动作（电流超载）	2) 检查电流超载原因。如果是开关容量太小，应及时更换，如果是电压过低，应设法改善
	3) 起动开关故障	3) 检修或更换起动故障
	4) 控制回路电源熔丝烧毁	4) 更换熔丝
	5) 连锁控制的部分未运转	5) 查明连锁控制的冷却塔风扇及各水泵是否运转，如果没有，则予以运转
	6) 高、低压开关动作	6) 查明设定压力并调整



常见故障	故障原因	处理方法
启动后不久即停机	高、低压开关动作	1) 冷凝器内通过冷却水量不足, 增加水量 2) 冷凝器内充有不凝性气体, 予以排除 3) 冷却水过滤器堵塞, 予以清理
排气压力过低	1) 冷媒不足 2) 冷却水量过多或水温过低 3) 干燥过滤器阻塞	1) 查漏并补充冷媒 2) 调整水量 3) 换新过滤器并清洁滤网
排气压力过高	1) 冷媒充填过多 2) 不凝性气体混入 3) 冷却塔效果不好 4) 水泵损坏 5) 冷凝器冷却管脏 6) 高压表不精确 7) 冷却水量不足 8) 冷却水过滤器阻塞	1) 抽出适量冷媒 2) 排除气体 3) 查处原因并修理 4) 检修水泵 5) 清洗冷凝器 6) 更换新高压表 7) 调整并补给 8) 清洗过滤器
吸入压力过高	1) 冷冻负荷过大 2) 冷媒充填过多	1) 调整冷冻负荷 2) 抽出适量冷媒
吸入压力过低	1) 冷媒不足 2) 干燥剂阻塞 3) 冷冻负荷过低 4) 冷冻水量不足 5) 冷冻水过滤器阻塞	1) 查漏并补充冷媒 2) 清洁或换新滤网 3) 调整冷冻负荷 4) 调整冷冻水量 5) 清洗过滤器
自动容量调整装置失灵	1) 电磁阀断线 2) 毛细管阻塞	1) 更换新品 2) 清洁毛细管
压缩机过热	1) 压缩机轴承不良 2) 高压侧压力过高 3) 电动机过热	1) 压缩机更换新轴承 2) 参考“排气压力过高”项 3) 参考以下“压缩机用的电动机过载”项
NFB 跳脱	1) 配线间的短路 2) 配线接地 3) 压缩机的电动机故障	1) 测量绝缘抵抗值 2) 同上 3) 测量压缩机用电机的对地绝缘电阻及相间绝缘电阻值
压缩机用的电动机过载, 继电器动作	1) NFB 跳脱而成单相运转 2) 电压太高、太低或电压不平衡 3) 电磁开关不良而造成单相运转 4) 电动机不良 5) 配电箱内温度过高 6) 运转压力过高 7) 压缩机启动频繁 8) 压缩机冷冻机油不足	1) 检查 2) 检查机器本身的配电状况 3) 修理或整个换新 4) 调整不良原因后, 修理或更换; 若烧毁, 冷媒循环回路必须清洗 5) 保持在 40℃ 以下, 调查过热的原因并消除之 6) 参考“排气压力过高”和“吸气压力过高”项 7) 检查各自动调整机构 8) 清洁油过滤网

表 3-8 志高半封闭螺杆式冷水机组常见故障及处理方法

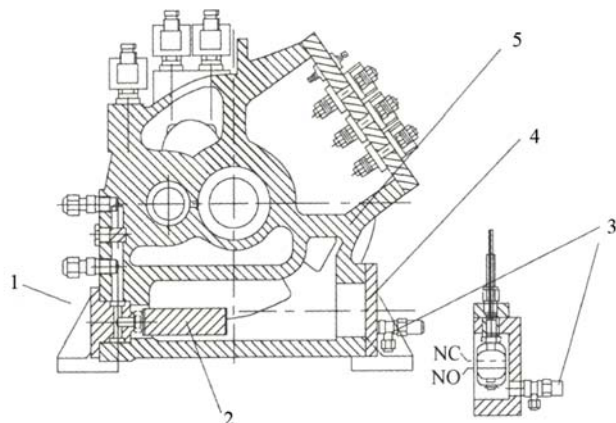


常见故障	故障原因	处理方法
冷冻水流量不足	<ol style="list-style-type: none"> 1) 系统内有空气, 水泵故障、水系统过滤器脏堵、阀门开度不够 2) 蒸发器铜管外表覆盖鳞状物、腐蚀物等 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 排出系统中的空气, 检查水泵 2) 检查管路过滤器, 清洗蒸发器, 调节水阀和控制阀的开度
冷却塔风机过载	<ol style="list-style-type: none"> 1) 电动机绕组短路或开路, 风机卡死 2) 控制元件选型不符或性能不良 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 检查电动机绕组阻值, 风机轴承和风叶有无变形 2) 查看电动机功率及控制元件型号
冷冻水泵过载、冷却水泵过载	<ol style="list-style-type: none"> 1) 电动机绕组短路, 轴承缺油或损坏 2) 电源是否正常, 控制元件选型不符或性能不良 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 检查电动机绕组阻值、轴承 2) 查看电动机功率及控制元件型号, 电源是否正常
高压过高	<ol style="list-style-type: none"> 1) 系统内有空气或不凝性气体 2) 冷却水入水温度过高或通过冷凝器水流不足 3) 冷凝器铜管内覆盖鳞状物、腐蚀物等 4) 水泵故障 5) 制冷剂充注过量, 冷凝器铜管浸没于制冷剂液体中 6) 冷凝器上的气体入口阀未完全打开 7) 吸入压力高于正常值 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 排出系统内的空气或不凝性气体 2) 调节水阀或控制阀; 检查水塔工作情况; 检查管路内的过滤器 3) 清洗冷凝器 4) 检查冷却水泵 5) 排出过量制冷剂 6) 打开阀门 7) 参考“吸气压力过高”项
低压过低	<ol style="list-style-type: none"> 1) 未完全打开冷凝气制冷剂液体出口阀 2) 液体管或吸气管堵塞 3) 膨胀阀调节不当或故障 4) 系统制冷剂不足 5) 系统内有过量润滑油参与循环 6) 冷水入口温度低于标准温度 7) 通过蒸发器的冷水量不足 8) 排气压力过低 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 打开阀门 2) 检查系统干燥过滤器 3) 正确调整过热度, 检查感温包是否泄漏 4) 检查制冷剂是否泄漏 5) 检查润滑油量 6) 调整温度设定值 7) 检查冷水管路压力损失 8) 调节水
压缩机内置保护	<ol style="list-style-type: none"> 1) 电压过高或过低 2) 排气压力过高 3) 冷水回水温度过高 4) 电动机绕组感温器元件故障 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 检查电压与机组额定值是否一致, 必要时更正相位不平衡 2) 检查排气压力和查找压力过高的原因 3) 检查回水温度过高的原因 4) 检查压缩机感温器接线座上的元件触点, 此检查应在已冷却的情况下进行(压缩机已经停止运行10min以上)
压缩机过载保护	<ol style="list-style-type: none"> 1) 电压过高或过低 2) 排气压力过高 3) 回水温度过高 4) 过载元件故障 5) 电动机或接线短路 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 检查电压与机组额定值是否一致, 必要时更正相位不平衡 2) 检查排气压力和查找压力过高的原因 3) 检查回水温度过高的原因 4) 检查压缩机电流, 对比资料表上的全载电流 5) 检查电动机接线座与地线之间的阻抗



常见故障	故障原因	处理方法
油位保护	1) 冷冻油量过低 2) 系统回油不好 3) 油位传感元件故障	1) 检查压缩机油位, 补充同型号冷冻油 2) 检查压缩机排气温度是否过低 3) 更换油位传感器
逆缺相保护	1) 电压过高或过低 2) 相序板故障	1) 检查电压与机组额定值是否一致, 必要时更正相位不平衡 2) 检查或更换相序板
冷却出水温度传感器断路	1) 传感器故障 2) 接线端或连接线短路、脱落	1) 检查热电阻阻值 (常温 24℃ 时为 10K) 2) 检查传感器的连接线是否正常
冷却出水温度传感器短路	1) 传感器故障 2) 接线端或连接线短路、脱落	1) 检查热电阻阻值 (常温 24℃ 时为 10K) 2) 检查传感器的连接线是否正常
冷却回水温度传感器断路	1) 传感器故障 2) 接线端或连接线短路、脱落	1) 检查热电阻阻值 (常温 24℃ 时为 10K) 2) 检查传感器的连接线是否正常
冷却回水温度传感器短路	1) 传感器故障 2) 接线端或连接线短路、脱落	1) 检查热电阻阻值 (常温 24℃ 时为 10K) 2) 检查传感器的连接线是否正常
排气温度传感器断路	1) 传感器故障 2) 接线端或连接线短路、脱落	1) 检查热电阻阻值 (常温 24℃ 时为 10K) 2) 检查传感器的连接线是否正常
排气温度传感器短路	1) 传感器故障 2) 接线端或连接线短路、脱落	1) 检查热电阻阻值 (常温 24℃ 时为 10K) 2) 检查传感器的连接线是否正常
排气温度过高保护	1) 冷却水入水温度过高或通过冷凝器的水流不足, 冷水回水温度过高 2) 制冷剂充注过量, 冷凝器铜管浸没于制冷剂液体中 3) 吸气温度过高	1) 调节水阀或控制阀门; 检查水塔工作情况; 检查管路内的过滤器 2) 检查系统制冷量是否超载 3) 排出过量制冷剂
通信故障	1) 操作屏通信线故障 2) 主板或操作屏故障	1) 检查通信线连接是否正确或检查通信线是否被外界干扰源干扰 2) 检查主板、操作屏或更换
冷却出水温度过高保护	1) 通过冷凝器的水流不足 2) 冷凝器铜管内覆盖鳞状物、腐蚀物等	1) 调节水阀或控制阀门; 检查水塔工作情况; 检查管路内的过滤器 2) 清洗冷凝器
系统出水温度过低保护	1) 通过蒸发器的冷水量不足 2) 传感器的位置不正确 3) 传感器故障	1) 检查系统内介质质量是否正确 2) 检查传感器的安装位置是否正确 3) 检查热电阻阻值 (常温 24℃ 时为 10K)
系统出水温度传感器断路	1) 传感器故障 2) 接线端或连接线短路、脱落	1) 检查热电阻阻值 (常温 24℃ 时为 10K) 2) 检查传感器的连接线是否正常
系统出水温度传感器短路	1) 传感器故障 2) 接线端或连接线短路、脱落	1) 检查热电阻阻值 (常温 24℃ 时为 10K) 2) 检查传感器的连接线是否正常
系统回水温度传感器断路	1) 传感器故障 2) 接线端或连接线短路、脱落	1) 检查热电阻阻值 (常温 24℃ 时为 10K) 2) 检查传感器的连接线是否正常
系统回水温度传感器短路	1) 传感器故障 2) 接线端或连接线短路、脱落	1) 检查热电阻阻值 (常温 24℃ 时为 10K) 2) 检查传感器的连接线是否正常

(3) 更换冷冻机油更换冷冻机油示意图如图 3-30 所示, 操作步骤如下:



1-机油过滤器接头 2-机油过滤器 3-放油角阀 4-清洁孔法兰（盖）5-油位开关法兰盖

图 3-30 更换冷冻油示意图

- 1) 在停机状态下，从冷凝器出口角阀将系统内 R22 冷媒回收。
- 2) 确定压缩机油槽处 1/4" 泄油阀处于关闭状态下，拧下泄油阀出口的铜螺母，用冷媒管一头接泄油阀，另一头用手拿住，放到事先准备好的油桶内，慢慢拧开泄油阀，保持有油出来即可，不必拧至最大，防止冷冻油从冷媒管内喷出。
- 3) 待无气体从冷媒管内喷出后，观察高、低压力表，若压力为 0MPa，则打开油槽另外一端的清洁孔盖接头，把油放完。操作时，清洁孔盖接头下方尽量垫一些布，防止压缩机内部从泄油阀处放油。
- 4) 打开清洁孔盖接头，清洁过滤网。
- 5) 取出油槽内部的吸铁石，处理干净后放回原位。
- 6) 安装清洁孔盖（需更换衬垫）。
- 7) 用真空泵加油，真空泵通过油管与压缩机低压侧的角阀连接，再将一油管接在高压侧角阀上，油管另一端作吸油口。
- 8) 冷冻油充注量：考虑到放油时一部分冷冻油存在管路中，还有少部分放不出来，换油时一台压缩机用一桶（18L）即可（冷冻油充注量，一般放出多少就加入多少）。
- 9) 更换冷冻油后，充注新的制冷剂。



知识链接——单螺杆压缩机的特点

单螺杆压缩机亦称蜗杆压缩机。1960 年由法国人辛麦恩发明，20 世纪 70 年代主要用作喷油空压机，20 世纪 80 年代由于采用了浮动星轮技术，单螺杆压缩机在技术上才真正



成熟，应用范围也日益扩大。具有结构简单，工作可靠，体积小等一系列优点。

在组成上，单螺杆压缩机由一个圆柱螺杆和两个对称布置的平面星轮组成啮合副，装在机壳内。螺杆螺槽、机壳(汽缸)内壁和星轮齿构成封闭容积。动力传到螺杆轴上，由螺杆带动星轮旋转。气体(工质)由吸气腔进入螺槽内，经压缩后通过排气孔口和排气腔排出。星轮的作用相当于往复式压缩机的活塞，当星轮齿在螺槽内相对运动时，封闭容积逐渐减小，气体受到压缩。

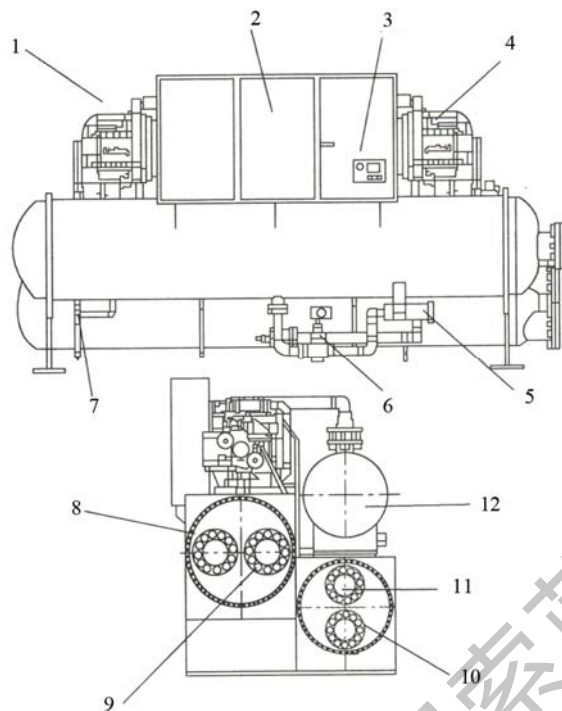
单螺杆压缩机主要由一个六头螺杆和二个十一齿星轮及机体组成。结构简单，体积小，重量不到活塞式 1/6。螺杆转一圈有十二次吸、排气。螺杆高速运转时气流脉动小、排气量大。因星轮对称安装，螺杆受力完全平衡，振动小，噪声比双螺杆式低 10dB 以上。由于单螺杆的受力平衡，一级压缩的最高压力可比双螺杆大；单螺杆比双螺杆节能，轴承尺寸不象双螺杆式那样受限制而寿命更长。压缩机高速运转时被压缩气体会产生大量热能，须喷油或喷其它液体（水、液态制冷剂等）冷却，单螺杆压缩机一般都采用液体润滑，但可分为油润滑、水润滑以及制冷剂液体润滑。与螺杆压缩机有弯曲变形条件下运转工况不同，单螺杆压缩机因螺杆受力完全平衡，能在很小工作间隙下工作，泄漏小、容积效率高。喷油机小间隙下工作时，油液所带来粘性剪切损失会导致比功率上升。

目前，日本、欧美等国在中等气量的压缩机中，双螺杆压缩机占 80%。在同样工作范围内，双螺杆以其加工工艺性好、可靠性高等特点，在整个螺杆机市场上占到 80% 以上的份额，单螺杆压缩机仅占不到 20%。

3.3.3 单螺杆式冷水机组

1. 半封闭单螺杆式冷水机组

麦克维尔半封闭单螺杆式 PFSXE 系列冷水机组（见图 3-31）按压缩机数量分为单机头机组和双机头机组。以双机头机组为例，系统主要包括以下组件：



1-1#压缩机 2-电柜 3-显示屏 4-2#压缩机 5-干燥过滤器 6-膨胀阀 7-液位控制器
8-冷冻水进水管 9-冷冻水出水管 10-冷却水进水管 11-冷却水出水管 12-油分离器

图 3-31 麦克维尔半封闭单螺杆式 PFSXE 系列冷水机组

1) 单螺杆式压缩机。PFS220.1~640.2XE 机组使用 HSS 系列半封闭单螺杆式压缩机。

2) 油过滤器。HSS 半封闭单螺杆式压缩机内有一个内置油过滤器，该油过滤器可在现场更换。

3) 制冷工质。PFSXE 所有机组均采用 HFC 共沸工质 R410A 制冷剂。

4) 润滑油。PFSXE 所有机组均采用 POE 润滑油。

5) 供油电磁阀。每个压缩机的供油管路上都装有一个供油电磁阀，该电磁阀的作用是在压缩机停机时防止润滑油进入压缩机，这个供油电磁阀可在现场更换。

6) 制冷剂滤网。在压缩机的吸气端盖内安装有滤网，用来过滤可能进入的杂质，保护压缩机。

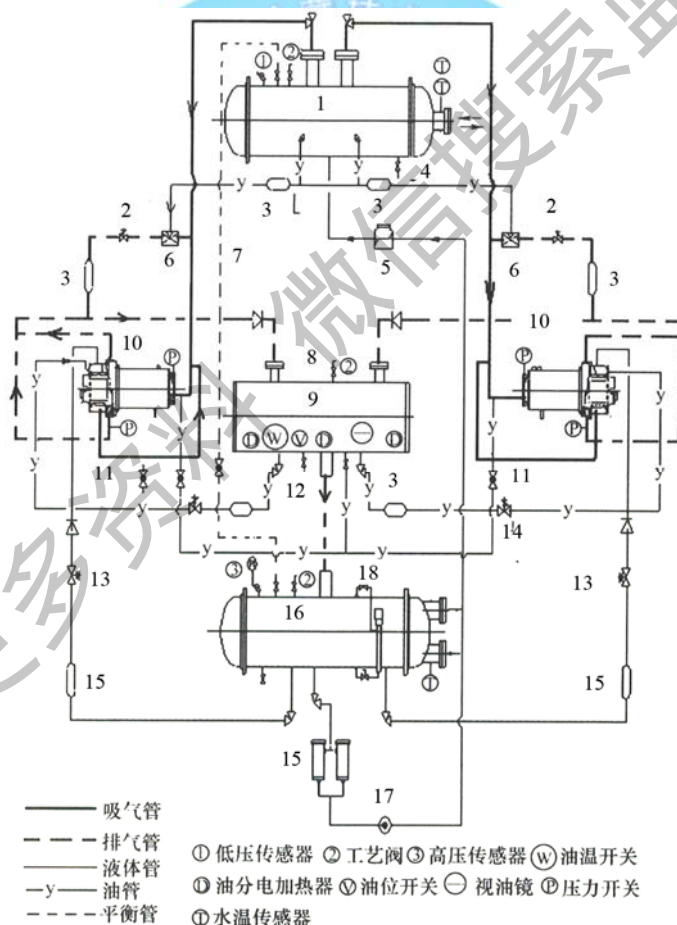
7) 能量调节装置。PFSXE 机组的压缩机通过能量调节滑阀调节压缩机的排气量，能量传感器检测滑阀位移量，位移量以 0~100%显示，分别代表压缩机 25%~100%的排气量。



8) 外置油分离器。从压缩机排出的气体制冷剂与油的混合物，流经压缩机排气管路后进入油分离器。气体制冷剂在油分离器中分离出油，然后进入冷凝器的顶部。

由机组来控制冷却水泵、冷冻水泵以及冷却塔风扇的开启和停止，以期获得最好的节能效果和可靠性。

制冷循环：如图 3-32 所示，从压缩机排出的气体制冷剂与油的混合物流经压缩机排气管路后进入油分离器。气体制冷剂在油分离器中分离出油，然后进入冷凝器的顶部。冷凝后的高压液体，通过干燥过滤器，经过电子膨胀阀节流降温，进入满液式蒸发器，吸收冷冻水的热量蒸发成制冷剂蒸气，被压缩机吸走压缩成高压气体排入油分离器，完成循环。



- 1-蒸发器 2-回油电磁阀 3-过滤器 4-加液阀 5-膨胀阀 6-喷射泵 7-平衡管
8-工艺阀 9-油分离器 10-压缩机 11-吸气喷油 12-加油阀 13-喷液
14-供油 15-干燥过滤器 16-冷凝器 17-视液镜 18-液位传感器

图 3-32 麦克维尔 PFSXE 系列半封闭单螺杆式机组

润滑油循环：油分离器分离的润滑油，依靠压力差经油分离器底部的角阀，



通过过滤器、供油电磁阀(EVR5)进入压缩机,润滑转子主轴承、螺杆转子、转子副轴承,到低压侧和回气一起进入压缩机。进入蒸发器的油,从出油口被喷射泵引射进入压缩机。

压缩机电动机温度通过喷液冷却,即取一部分制冷剂液体,从冷凝器底部的角阀出来通过干燥过滤器、喷液冷却电磁阀和单向阀,进入压缩机内进行冷却,由此实现对电动机温度的优化控制。

2. 麦克维尔 PFSXE 系列半封闭单螺杆式机组的运行操作

(1) 开机前的检查

1) 确认电压处于机组铭牌标明的额定电压值的 $\pm 10\%$ 范围内;确认频率处于机组铭牌标明值的 $\pm 2\%$ 范围内;确认电压三相间不平衡率小于 $\pm 2\%$ 。

2) 为避免启动时产生问题和使压缩机平稳运行,运转前必须通电并使油加热器至少加热 4h。

3) 检查所有的水系统管路,确认蒸发器和冷凝器水路连接无误并且水流方向正确。

4) 检查冷却水进、出水温度传感器和冷冻水进、出水温度传感器安装位置是否正确,接头是否牢固。

5) 打开所有水阀,开启水泵,检查连接水泵法兰是否有泄漏,排出冷凝器和蒸发器中的空气。

6) 检测蒸发器和冷凝器水侧阻力损失。

7) 检查温度显示值是否正确。如果不正确,应在 TP7 控制屏中的“机组设置”项上进行校正。

8) 检查水流开关或水压差控制器动作是否正确。

9) 确认油分中油的温度不低于 40°C 。

10) 检查所有的阀门是否打开,包括供液截止阀、供油截止阀、蒸发器回油截止阀、液位控制截止阀、平衡阀和喷液截止阀。

(2) 机组日常启动和停机机组有三种运行模式供用户选择,三种模式分别对应机组操作页中的“本地有效”、“时间表有效”和“远程有效”,用户可根据实际需要在控制菜单中选取。一旦选取其中一种运行模式,另外两种模式就被禁止。

如果选择“本地有效”,需要在机组操作页中按下启动按钮,只要水温满足



起动温差条件，机组就会自动起动。如果选择“时间表有效”，则需同时满足运行时间和起动温差条件，机组才会自动起动。如果选择“远程有效”，则当接收到远程起动信号并满足起动温差条件时，机组才会起动。

1) 机组运行模式的选择。按下机组设定键，进行时间表 / 本地 / 触摸屏 / 远程 / BMS 四种控制模式之间的切换，默认为本地，如图 3-33 所示。

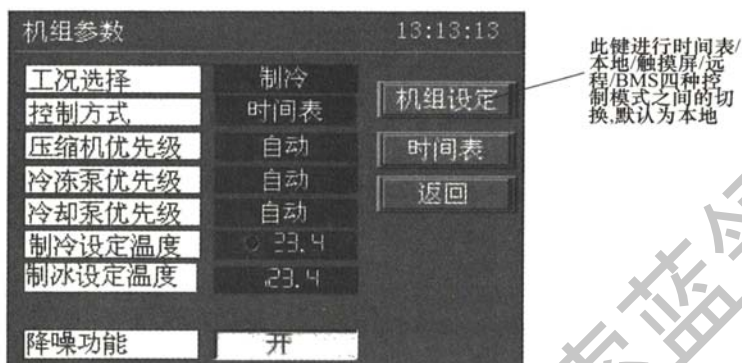


图 3-33 机组模式设定

2) 时间表开机操作。按“时间表”键进入时间表开机设置页面，如图 3-34 所示；分别设置每天的开机、关机时间，如图 3-35 所示。

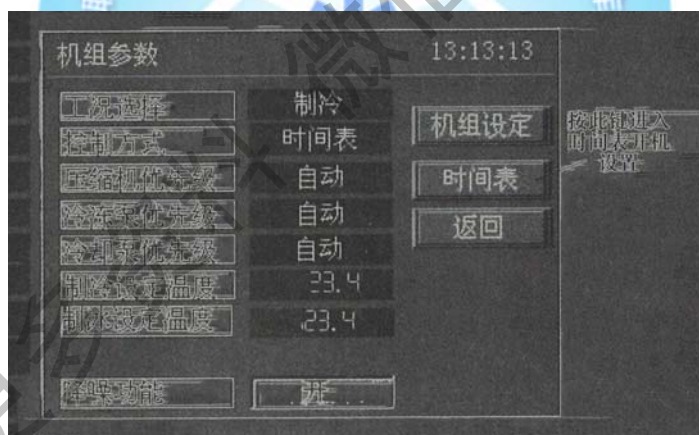
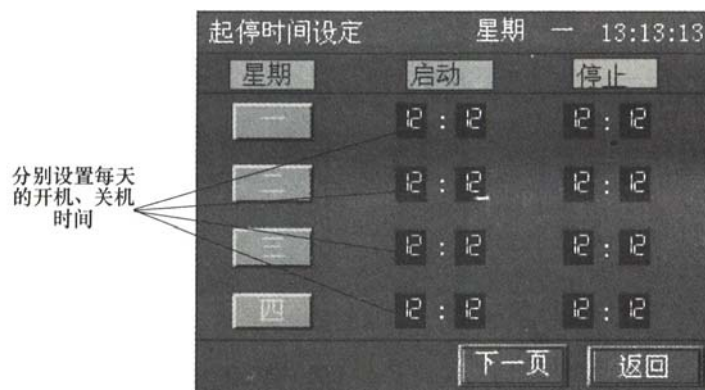


图 3-34 按时间表开机设置



a)

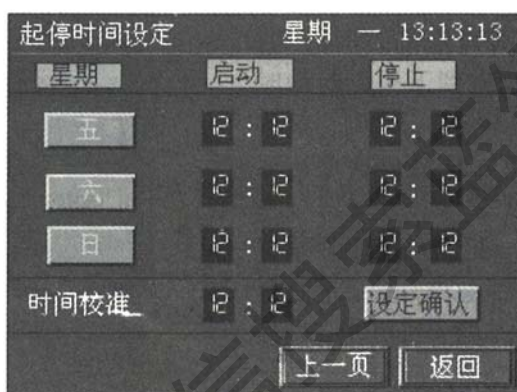


图 3-35 设置每天开、停机时间

3) 机组起动。选择机组运行模式后，设置蒸发器出水温度，如图 3-36 所示；回到主画面按开机键，机组就可以起动了，如图 3-37 所示（开机后，“开机键”会变成绿颜色的关机键）。

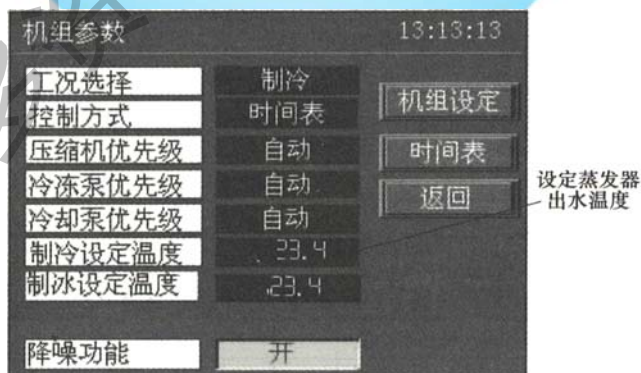


图 3-36 设定蒸发器出水温度



图 3-37 几组起动操作界面

4) 停机。如果选择“本地有效”，需要在机组主画面中按下关机按钮，压缩机就会自动减载停机。如果选择“时间表有效”，则当停机时间一到，机组也会自动停机直到下一个起动时间。如果选择“远程有效”，则当接收到远程停止信号时，机组也会停止运行，如图 3-38 所示。



图 3-38 停机操作界面

5) 紧急停机。机组电柜上显示屏下面的红色的按钮是急停开关，当机组出现故障时按下此按钮，机组将立即停止运转。

6) 长期停机。如果机组需长期停机，应做好以下工作：

① 关闭供液阀，运行机组直到低压报警停机。

② 断开机组电源，断开控制电路上的小空开，按下红色急停开关。防止油分离器的电加热器继续工作或其他人误开机。

③ 将换热器中的水排放干净，防止长期的水流加快机组换热器的腐蚀；同时，防止当环境温度低于水的冰点导致机组换热管的损坏。

当机组长时间停机后再起动前，需进行绝缘电阻测试（用 380V 的电压对机组进行绝缘电阻测试，机组的阻值不得低于 $1\text{M}\ \Omega$ ），且要将机组通电 4h 以上，



确保油温达到 40℃ 以上再开机。

3. 正常运行标志

PFSXE 型半封闭单螺杆式冷水机组正常运行参数见表 3-9。

名称	最小值	标准工况	最大值
水路进水压力/MPa	0	<1.0	1.0
冷冻水进水温度/℃	8	12	20
冷冻水出水温度/℃	3	7	15
冷却水进水温度/℃	20	30	35
冷却水出水温度/℃	25	35	40
吸气压力/kPa	700	800	1200
排气压力/kPa	1800	2300	2600
油温/℃	40		
油压差/kPa	350		
排气温度/℃	50		90
排气过热度/℃	12		
电子膨胀阀开度	0	100	100
冷凝器液位		40%	
能量调节	0		100%



特别提示

喷油螺杆式压缩机采用冷却润滑油封闭循环,长时间处于较高温度下运行,可能出现不同程度的油品积炭、积垢、酸化等变质现象。由于积炭等原因,就可能导导致油路元件(如电磁阀、温控阀等)损坏,油路阻塞,换热效果不佳等故障。因此,机组中会设置相应的油分离、冷却、过滤等装置,来保证机组的正常运行,故相对与其他机组而言,螺杆式冷水机组的油路系统复杂得多。

4. 半封闭单螺杆式冷水机组维护保养和常见故障排除

1) 日常机组运行记录表。机组的维护保养最基础性的工作是每天以适当的时间间隔,真实地记录机组的运行参数,填写机组运行参数,见表 3-10。

表 3-10 麦克维尔 PFSXE 型半封闭单螺旋杆式冷水机组每天运行记录表



项 目	时 间						
	8: 00	10: 00	12: 00	14: 00	16: 00	18: 00	20: 00
冷凝器							
冷凝压力/kPa							
进水温度/℃							
出水温度/℃							
进、出水压降/kPa							
蒸发器							
蒸发压力/kPa							
进水温度/℃							
出水温度/℃							
进、出水压降/kPa							
其他							
排气温度/℃							
供油压力/kPa							
油分离器油位是否可见							
1#压缩机能量							
2#压缩机能量							
3#压缩机能量							
机组功率							
机组电流							
供液管路视镜是否有气泡							

3) 日常检查。为了更好地了解机器运行情况，分析可能出现的问题，应作好日常检查，检查项目见表 3-11。

表 3-11 麦克维尔 PFSXE 型半封闭单螺旋杆式冷水机组日常检查项目

检查项目	内 容	检查方法	控制指标
高压	检查排气压力传感器	用压力表检查	1800 ~ 2650kPa
低压	检查吸气压力传感器	用压力表检查	400 ~ 1000kPa
油压	检查油压	用压力表检查	1700 ~ 1550kPa
出水温度变送器	检查出水温度是否正确	用温度计检查	控制在 0.5℃ 范围内
进水温度变送器	检查进水温度是否正确	用温度计检查	控制在 1℃ 范围内
排气温度变送器	检查排气温度传感器是否正确	用大约 50℃ 的水检查，同温度计相比较	控制在 0.5℃ 范围内
润滑油量	检查油分油位	目视，检查油分油位	高于视镜下限
制冷剂	检查制冷剂	目视，检查蒸发器液位	冷凝器液位正常时，不低于最高一排换热管

3) 主油过滤器在机组最初运行的 1000h 以及随后每隔 4000h 的运行后，应进行检查，一旦压缩机因低油压报警而停机，应该检查油过滤器压降是否过大。一旦该油过滤器前、后的压力差超过 0.21MPa，就应该立即予以更换。

4) 每年至少拆开一次安全阀出口的放气接管，仔细检查阀体，看其内部是否有腐蚀、生鏽、积灰、结垢、泄漏等现象。如果发现有腐蚀和异物，须考虑更换，不可进行修理。



5) 在机组运行一个季度以后, 应检查、清洗换热器的传热管, 如果水受到污染, 清洗应更频繁。由于这些管有内螺旋槽, 所以有必要使用旋转式清洗设备清洗这些传热管。清洗时, 使用专门的刷子, 避免划伤和刮破管壁, 不可用线刷。

6) 为保证机组正常运行, 电气控制柜每半年至少通电 1h。

7) PFSXE 型半封闭单螺杆式冷水机组常见故障分析见表 3-12。

表 3-12 PFSXE 型半封闭单螺杆式冷水机组常见故障分析

常见故障	故障分析	控制系统动作
机组高压报警	1) 冷却水流量不足 2) 冷却水阀堵塞 3) 冷却水进水温度过高 4) 冷凝器换热管结垢 5) 系统内有不凝性气体, 如空气	压缩机停车
机组高压开关报警	高压传感器失效	同上
机组低压报警	1) 蒸发器出水温度过低 2) 制冷剂的充注量过少 3) 冷冻水未循环 4) 供液阀未打开 5) 机组出水温度变送器失效 6) 电子膨胀阀故障	同上
压缩机不能增载到 100%	1) 压缩机能量显示错误 2) 冷凝器进水温度过低 3) 高低压差限载 4) 压缩机能量传感器故障 5) 传感器未标定	
电动机高温报警	1) 喷液冷却电磁阀损坏 2) 制冷剂充注量不足 3) 电动机温度传感器或电路板损坏	停车
排气过热度低报警	1) 排气温度传感器, 排气压力变送器或经济器故障 2) 润滑油温度过低 3) 冷却水温度升高过快 4) 低压过低	同上
相序保护	1) 电源接线错误 2) 电压超出范围	同上
压缩机减载失败报警	1) 压缩机能量指示错误 2) 压缩机减载电磁阀失效 3) 油过滤器堵塞	
三角形转换失败报警	接触器损坏	压缩机停车
压缩机油压差低报警	1) 冷却水温度过低 2) 油过滤器堵塞 3) 供油电磁阀故障 4) 油压变送器故障	同上
冷冻水无水流报警	1) 水流量低 2) 冷冻水泵控制故障 3) 冷冻水流量开关故障	停车, 停泵
冷却水无水流报警	1) 水流量低 2) 冷却水泵故障 3) 冷却水流量开关故障	停车



拓展专题

单、双螺杆压缩机的对比分析

结构：单蝶、杆压缩机的蝶、杆与星轮属于一对球面蜗杆副，蝶、杆轴和星轮轴必须保持空间垂直；双螺杆压缩机的阴、阳转子相当于一对齿轮副，阴、阳转子轴保持平行位置。从结构上而言，单螺杆压缩机螺杆与星轮之间的配合精度难以保证，故整机运行可靠性较双螺杆为低。

驱动方式：两种压缩机均可与电机直联或通过皮带轮传动，当双螺杆压缩机转速较高时，需要加增速齿轮。

转速：由于螺杆轴和星轮轴必须保持空间垂直，位置精度要求很高，故单螺杆压缩机转速不能过高，一般小于 3500r/min；而双螺杆压缩机的转速可以很高，目前一冷开利的螺杆压缩机转速已达 9000r/min。随着压缩机转速的提高，势必减小了制冷工质的泄漏，提高了压缩机的容积效率和制冷系统的冷量。另一方面，在制冷量不变的情况下，减小了压缩机的体积，特别是再配以高效热交换器时，整个冷水机组的体积亦可以减小。

效率：单螺杆压缩机在转速 1500~3500r/min 时效率高，双螺杆压缩机在 3000~9000r/min 时效率高。

冷量调节方法：两种压缩机的气量调节方法基本相同，均可以采用滑阀连续调节或柱塞有级调节。当采用滑阀调节时，双螺杆压缩机需要一个滑阀，而单螺杆压缩机则同时需要两个滑阀，故结构上变得复杂，可靠性亦下降。

装配及维修：由于单螺杆压缩机螺杆轴和星轮轴必须保持空间垂直，其轴向和径向位置精度要求很高，故相对双螺杆压缩机其装配和维修方便性降低。

寿命和可靠性：螺杆、星轮啮合副是单螺杆压缩机的心脏，其形线设计及加工工艺性的好坏直接关系到整机的性能和可靠性。与双螺杆压缩机转子形线相比，单螺杆、星轮形线较复杂，而且加工工艺性较差，生产效率低。这样单螺杆与星轮之间的配合精度难以保证，压缩机的寿命和可靠性下降。

泄漏：单螺杆压缩机采用间隙密封，由于螺杆、星轮啮合副的几何形状复杂，



其形成的配合间隙较多，因而气体泄漏通道多。根据文献介绍，单螺杆压缩机共有 9 条泄漏通道，故有可能造成运行中制冷工质的外泄漏增加，容积效率降低，制冷系统的制冷量不足等现象的出现。

磨损：星轮的快速磨损是单螺杆压缩机失效的最主要形式。压缩机运行中，由于咱合副机加工精度、装配精度及转子的热弹性变形等造成的传动误差，使星轮在螺槽内发生颤振，星轮齿频繁与螺、槽发生碰撞，破坏了啮合副间的润滑油膜，严重时造成星轮齿的过度磨损，甚至轮齿折断，从而引起制冷剂的泄漏，降低了制冷系统的效率和可靠性。

