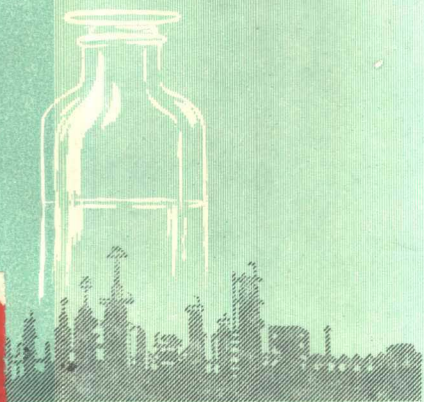


石油产品应用知识丛书

冷冻机油

石油一厂编



石油工业出版社

石油产品应用知识丛书

冷 冻 机 油

石 油 一 厂 编

石 油 工 业 出 版 社

石油产品应用知识丛书

冷冻机油

石油一厂编

石油工业出版社出版
(北京和平里七区十六号楼)
大厂回族自治县印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

开本 $787 \times 1092^{1/2}$ ，印张 $4^{1/2}$ ，插页1 字数95千字 印数1—3800

1980年12月北京第1版 1980年12月北京第1次印刷

书号15037·2261 定价0.38元

前 言

自从十九世纪初人们发明了第一台制冷装置后，随着工业的不断发展，就逐渐日益广泛地应用于国民经济各个领域，同时制冷装置本身也不断得到改善，目前主要的制冷压缩机已有活塞式制冷压缩机、离心式制冷压缩机和螺杆式制冷压缩机等数种。各种制冷压缩机还不断向高速、高负荷和半封闭式及全封闭式发展。由于制冷压缩机不断发展，对冷冻机油的要求也愈来愈高，要求制造出质量更高的冷冻机油。

在保证制冷压缩机正常和安全运行中，冷冻机油起着十分重要的作用。所以在使用制冷设备时，必须对冷冻机油有足够的了解，才能做到合理和节约用油，保证机械正常运行。

通过本书希望读者能对冷冻机油在制冷压缩机中的作用、如何正确合理使用和管理冷冻机油有一比较全面的认识，从而达到能合理应用和管理冷冻机油、节约油料、减少设备磨损、延长机器寿命、降低动力消耗的目的。为在本世纪内把我国建设成为农业、工业、国防和科学技术现代化的伟大的社会主义强国而发挥一定作用。

本书在编写过程中得到有关研究单位、学校、冷冻机制造厂、石油供销部门和使用单位的大力支持，提供了大量资料、图纸和宝贵意见，对此表示深切的感谢。

目 录

前言

第一章 制冷系统	1
一、制冷过程	1
二、几种常用的制冷剂	7
三、制冷压缩机	9
第二章 冷冻机油的性质及质量指标	31
一、冷冻机油的理化性质	32
二、冷冻机油的使用性质	42
三、各种冷冻机油的规格	46
第三章 冷冻机油的生产过程	57
一、基础油的生产	57
二、添加剂和调合	64
第四章 选择冷冻机油的原则	67
一、制冷压缩机对冷冻机油的要求	67
二、制冷剂对冷冻机油的要求	72
三、制冷系统工作条件对冷冻机油的要求	75
四、选择冷冻机油的原则	77
五、各种型号制冷压缩机选用油的参考	80
六、冷冻机油的代用	85
第五章 冷冻机油的使用和管理	89
一、冷冻机油的计划供应	89
二、冷冻机油的质量管理	94
三、冷冻机油的使用管理	97
四、冷冻机油的废油再生	99
附表和附图	
附表一 开启式制冷压缩机基本参数	110

附表二	半封闭式制冷压缩机基本参数	112
附表三	粘度对照表	113
附表六	出光兴产公司冷冻机油分析结果	115
附表七	丸善、大协、富士兴产、共石和日石公司冷冻机油分 析结果	119
附表八	飞马、埃索和壳牌石油公司冷冻机油分析结果	121
附表九	德士古、卡斯特罗和英国石油公司 冷冻机油分析结果	123
附图一	油品混合粘度图	124
附图二	油品粘度与温度的关系图之一	125
附图三	油品粘度与温度关系图之二	126

第一章 制冷系统

一、制冷过程

远在三千年前，我国劳动人民已懂得了在冬天把冰贮藏
在冰窖内到夏天取出使用，以及利用低温的地下水作为冷
源，来制造清凉饮料、防暑降温 and 贮藏食物等。

随着生产的发展，冰的用途不断扩大，天然冰便显得不
能满足要求，于是1834年人们制成了第一台小型制冷装置。
以后经过不断发展陆续制造了不同类型的各种制冷机，特别
在近十几年中更取得了迅速发展。目前制冷技术不仅应用于
日常生活，而且已被广泛应用于石油、化工、机械制造、纺
织、冶金、轻工业、食品等各工业部门以及商业、交通运
输、电力、建筑工程、医药、体育、宇宙开发、军工和科学
研究等国民经济各个领域。

(一) 几种常用的制冷方法

根据热力学第二定律热量不能自发地从低温物体传给高
温物体，若要这样传递，必须有一个消耗能量的补偿过程。
这如水不能自动由低处向高处流动一样，如要水从低处向高
处流动，必须使用水泵。制冷机如同水泵一样，利用制冷机
就能将热量由低温介质不断地传给高温介质(如水或空气)，
使被冷却物达到要求的低温。

目前常用的制冷方法除利用天然冷源(天然冰和地下低
温水)外，常用的制冷方法有压缩式制冷、吸收式制冷、蒸

汽喷射式制冷和半导体制冷等几种。

1. 压缩式制冷和吸收式制冷

压缩式制冷、吸收式制冷和蒸汽喷射式制冷都要有制冷剂在制冷系统中循环。利用制冷剂的物理变化而传递热量。

以压缩式制冷为例。如图 1-1 压缩式制冷原理图所示。

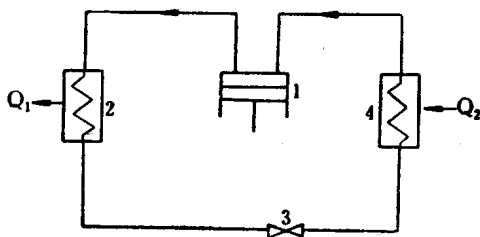


图1-1 压缩式制冷原理图

1—压缩机；2—冷凝器；3—节流阀；4—蒸发器

当低压气态制冷剂进入压缩机1后，被压缩机压缩，压缩时放出热量，使制冷剂加热，变为高温高压的过热蒸汽。此过热蒸汽进入冷凝器2，被水或空气冷却，而凝结成高压常温的液体。此时制冷剂放出热量 Q_1 。这一液体经节流阀3后膨胀成低温低压液体（有一部分已成蒸汽）。此液体再进入蒸发器4，在蒸发器中汽化，吸收周围介质热量 Q_2 ，而使周围介质降温。此时制冷剂蒸发成低压蒸汽。随后又被压缩机吸入，再压缩，如此循环不息地进行下去，使被冷却物降温而达到所需的低温。

在此循环中，制冷剂在蒸发器4中从被冷却物中吸收热量 Q_2 ，使被冷却物降温，在冷凝器中制冷剂又将热量 Q_1 传给水或空气，这样完成了热量由低温传递给高温的过程。在这过程中压缩机消耗了一定能量，完成能量的补偿。

吸收式制冷的循环过程与压缩式制冷过程相似，但在吸收式制冷过程中用吸收器和发生器等设备代替了压缩式制冷过程中的压缩机。

2. 蒸汽喷射式制冷

利用高压水蒸汽以 1000~1400米/秒 的高速进入蒸发器上部的蒸汽喷射泵，不断抽走蒸发器内的水汽和空气，使蒸发器内产生低压，这时蒸发器内的水在低压下不断蒸发，由于水蒸发吸收大量汽化潜热，使所余部分水的温度不断降低。将此低温水去冷却需要冷却的被冷却物，达到降温目的。

3. 半导体制冷

将 N 型半导体元件和 P 型半导体元件组成电偶对，如通以直流电，则在电偶对的接头处便会出现温差，即一个接头出现吸热现象，另一个接头出现放热现象。电偶对接头的吸热和放热取决于电流的方向。当电流由 N 型流向 P 型元件时吸热，反之放热。如将放热端用适当方式使其散热（一般用水），则吸热端便逐渐冷却，得到很低的温度，而达到致冷效果。

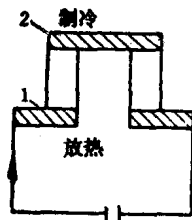


图1-2 半导体致冷原理图

1—P 型半导体元件；
2—N 型半导体元件

以上几种制冷方式除压缩式制冷中的制冷压缩机需用冷冻机油外，其余几种制冷方式与冷冻机油无关，因此以后只对压缩式制冷加以介绍。

(二) 压缩式制冷系统

1. 活塞式制冷压缩机流程

图 1-3 为氨活塞式制冷压缩机盐水制冷装置流程图。低压低温的制冷剂蒸汽经压缩机 1 增压后经氨油分离器 2，分

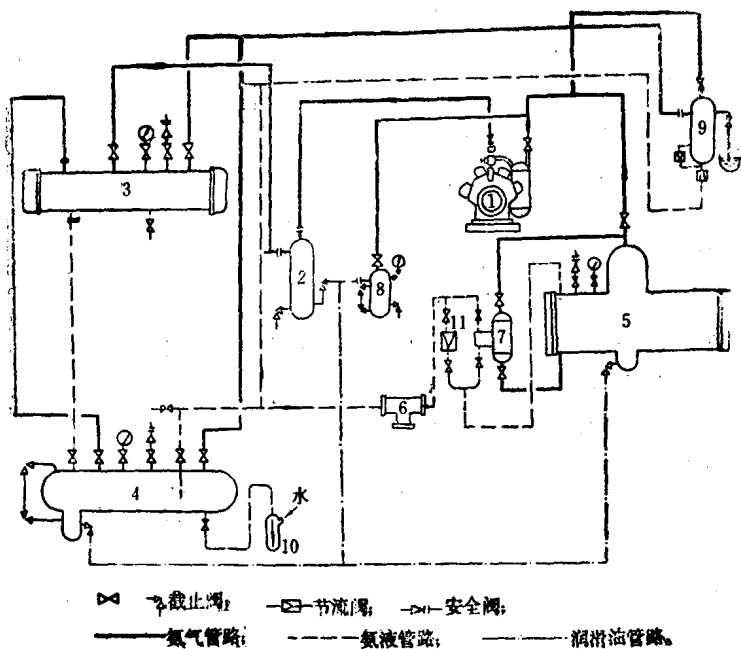


图1-3 氨活塞式制冷压缩机盐水制冷装置流程图

- 1—氨制冷压缩机；2—氨油分离器；3—冷凝器；4—贮液器；5—蒸发器；
 6—氨液过滤器；7—浮球阀；8—集油器；9—空气分离器；10—紧急泄氨器；11—节流阀

出氨蒸汽中携带的雾状冷冻机油后，进入冷凝器3，被水（或空气）冷凝和冷却，凝结成常温液体，进入贮液器4，液氨再经氨液过滤器6，以除去液氨中携带的少量污物（氧化铁屑等），然后经节流阀11，调节流量后膨胀成低温低压的液体，此液体进入蒸发器5，在蒸发器中吸收周围介质的热量而汽化，达到降温目的。此时液氨已成为低压低温的蒸汽又被压缩机1吸入，如此循环不息，使被冷却物达到所需低温。为了保证制冷系统的正常运行，需要经常从冷凝器3

和贮液器 4 中放出不凝气体。此气体经空气分离器 9 放出。为了在空气分离器中分出不凝气体，要用一部分液氨冷却不凝气体。从空气分离器中分出的氨蒸汽再进入压缩机 1。从氨油分离器 2、冷凝器 3、贮液器 4 及蒸发器 5 中分出的冷冻机油进入集油器 8，集油器 8 中回收的冷冻机油可重新回到压缩机油箱，或放出经适当处理后再用。由集油器中分出的氨蒸汽也进入压缩机。

用氟利昂为制冷剂的制冷系统可以不设油分离器及集油器。

从这个制冷系统可以看到，制冷剂借助制冷压缩机的工作而在制冷系统中循环。如果将整个制冷系统比作人体，则制冷剂可以比作“血液”，管道比作“血管”，制冷压缩机是“心脏”，通过它的“大脑”自动控制部分进行正常运行。

2. 主要设备及其作用

(1) 制冷压缩机 利用制冷压缩机，可将由蒸发器来的低温低压制冷剂蒸汽，压缩为高温高压的过热蒸汽，这样才有可能使热量从低温物体向高温物体传递，达到制冷目的。目前应用的压缩机主要有活塞式制冷压缩机、离心式（透平式）制冷压缩机和螺杆式制冷压缩机等几种。由于应用的制冷压缩机不同，其制冷装置流程也稍有不同。制冷压缩机在以后还要详述。

(2) 冷凝器 是将制冷压缩机排出的高温高压制冷剂的过热蒸汽，用水或空气使其冷凝和冷却成为高压常温液体的设备。冷凝器由于使用的冷却介质不同可分为水冷式、空冷式和水及空气同时作用的蒸发式冷凝器。冷凝器的型式很多，有壳管式立式冷凝器、壳管式卧式冷凝器、淋水式冷凝器、蒸发式冷凝器、套管式冷凝器、自然对流空冷式冷凝器

和强迫对流空冷式冷凝器等。

(3)蒸发器 是利用由节流装置送来的低压低温制冷剂液体,在一定压力下蒸发吸热的特性,使通过蒸发器的载冷体如水、盐水或空气等降温,达到制冷目的。常用的蒸发器有沉浸式蒸发器、壳管卧式蒸发器及冷却空气用的冷排管式冷风机组和空调用蒸发器等。

(4)节流装置 是使高压常温制冷剂液体通过节流装置小孔时,因流动截面突然缩小而产生很大的压降和膨胀。高压常温的液体就成为带有少量蒸汽的低压低温液体。将此液态制冷剂送入蒸发器就可达到制冷目的。其制冷量可通过手动或自动调节进入蒸发器制冷剂的流量而变化。目前常用的节流装置有手动氨节流阀、浮球调节阀、热力膨胀阀和毛细管等四种。

(5)油分离器和集油器 油分离器安装在制冷压缩机和冷凝器之间,用来分离出氨蒸汽中携带的油雾。有重力型、洗涤型、离心型和填料型等四种。

集油器是氨制冷剂系统中收集从油分离器、冷凝器、贮液器及蒸发器中分离出的冷冻机油。在集油器中进行降压,使油和氨分离后放出油。这样可以减少氨的损失及避免污染环境。

油分离器和集油器一般均用于氨制冷剂制冷系统中,因为在氨中冷冻机油的溶解度很小,氨从制冷压缩机排出时携带的冷冻机油主要呈油雾状态存在于氨蒸汽中,所以在氨系统中都装有油分离器,以除去这部分油雾。如果不将这部分冷冻机油从氨蒸汽中分出,则会被带到冷凝器中,甚至进入蒸发器。这样就会使油沉积在冷凝器和蒸发器内,降低了冷凝器和蒸发器的传热效率,也就是降低了制冷能力。如果制

冷剂用的是氟利昂-11、氟利昂-12等，因为它们与油的溶解度很高，所以制冷系统中不会从制冷剂中析出油，冷冻机油也不会沉积在冷凝器和蒸发器内而影响热效率。制冷剂中的冷冻机油会随着制冷剂一起返回制冷压缩机。因此氟利昂制冷系统就不需要装油分离器和集油器。

二、几种常用的制冷剂

制冷剂在制冷系统中不断循环，通过自身的物理变化传递热量。因此没有制冷剂整个制冷系统就不能工作。

常用的制冷剂很多，现将常用的几种介绍如下。

(一)常用制冷剂的分类

现在常用的制冷剂可分成下面四类：

(1)无机化合物 如氨、二氧化碳等；

(2)氟利昂 氟利昂是一种饱和的含氟、氯、溴碳氢化合物的衍生物。根据组成不同有很多品种。常用的有氟利昂-11、氟利昂-12、氟利昂-13、氟利昂-22及氟利昂-142等。氟利昂习惯上可用代号(R)表示。如R-11、R-12、R-13、R-22和R-142等；

(3)碳氢化合物 如甲烷、乙烷、丙烷、乙烯和丙烯等；

(4)共沸溶液 如R-500 (氟利昂-500，以下相同) R-501、R-502和R-503等。

(二)常用制冷剂的性质

1. 氨

分子式是 NH_3 ，正常气压时的沸点为 -33.5°C ，临界压力116公斤/厘米²，临界温度 133°C ，是一种具有特殊刺激臭味的气体。泄漏易于发现，单位容积制冷量最大，不溶解

于润滑油，吸水性强，故不易在制冷系统中形成冰塞现象（制冷剂或冷冻机油中所含的少量水在低温时凝结成冰后，从制冷剂或冷冻机油中析出沉积在节流装置或其它管道上堵塞制冷剂流通的现象），而且价格便宜，易于获得。缺点是有毒，对人有危害，空气中按容积计算，含有1%以上的氨时，就可能发生中毒事故。氨还可燃烧和爆炸。是目前应用最广的中温制冷剂，用于蒸发温度在 -65°C 以上的制冷装置。

2. 氟利昂-11（一氟三氯甲烷， CFCl_3 ）

是一种无色液体，在正常气压下的沸点为 23.77°C ，临界压力 44.6 公斤/厘米²，临界温度 198°C ，有芳香味，不溶解于水，与润滑油有高互溶性，能溶解橡胶，不燃烧，不爆炸，化学安定性良好，对金属无腐蚀作用，但当有水存在时能使金属腐蚀（主要对黑色金属）。是常用的高温制冷剂，常用于空调用离心式制冷机中。

3. 氟利昂-12（二氟二氯甲烷 CF_2Cl_2 ）

为无色透明液体，在正常压力下的沸点为 -29.8°C ，临界压力 41.4 公斤/厘米²，临界温度 112°C ，无毒，不燃烧，不爆炸，与润滑油有互溶性，与水溶解度很小，温度和压力适中，渗透性强，能透过接合处最小不严密的地方及金属细孔。干燥的R-12对铜、钢、铁、锌、铝和锡等金属没有腐蚀作用，但只要含有少量水也会引起金属强烈腐蚀。R-12当与水或氧气混合再加热时，就会分解，产生出剧毒的光气。主要用于蒸发温度 -70°C 以上的中温和低温的小型制冷机。

4. 氟利昂-13（三氟一氯甲烷， CF_3Cl ）

在正常压力下的沸点为 -81.5°C ，临界压力 39.4 公斤/

厘米²，临界温度 28.8°C，与润滑油的互溶能力稍差。广泛应用于 -70~-100°C 复叠制冷系统的低温部分。在低温时蒸汽比容小为其优点，但临界温度低，在常温时的压力高，不能单独作为单级和双级压缩机使用。

5. 氟利昂-22 (二氟一氯甲烷, CHF₂Cl)

在正常压力下的沸点为 -40.8°C。临界压力 50.2 公斤/厘米²，临界温度 96°C，无毒，不燃烧，不爆炸，与润滑油有中等互溶性，对油的溶解度随温度增加而降低，R-22 对金属的作用及泄漏特性与 R-12 相同，对水的溶解度较 R-12 大，R-22 是中压制冷剂，它的压力比 R-12 高，与氨差不多。单位容积制冷量较 R-12 大，故在同一容量的制冷压缩机，在相同蒸发温度条件下，使用 R-22 可比使用 R-12 提高制冷能力 40~60%，目前用于 -80°C 以上的低温活塞式制冷压缩机和螺杆式制冷压缩机中。

因为各种不同制冷剂对润滑油的溶解度不同，在制冷压缩机中对冷冻机油的粘度、凝点等影响也不相同。同时由于应用的制冷剂不同，制冷压缩机的工作条件（如排气温度、压力等）都不相同，这些都是在选择冷冻机油时要考虑的因素。

三、制冷压缩机

(一) 制冷压缩机的分类

制冷压缩机的种类繁多，从工作原理上可分为压缩式制冷机、吸收式制冷机、蒸汽喷射式制冷机和半导体制冷机等。由于除压缩机制冷机外其余几种制冷机与冷冻机油无关，故在下面仅介绍压缩式制冷机。

压缩式制冷压缩机从结构上可分为活塞式(即往复式)、

离心式（即透平式）和螺杆式等三种；从密封程度上又可分为开启式、半封闭式和全封闭式三类；从应用的制冷剂上还可分为氨制冷机和氟利昂制冷机等。除此还有其它各种分类法。

（二）活塞式制冷压缩机

活塞式制冷压缩机是目前各种制冷机中应用最广泛的一种设备。尤其在中小制冷量范围内具有许多优点：（1）使用制冷量范围宽，能适应较宽范围制冷量的需要，它适合于3000~500000千卡/时、最大的制冷量已达220万千卡/时；（2）使用温度范围广；（3）制冷效率高，单位耗电量较少；（4）装置系统比较简单，不需特殊钢配件，加工容易，造价低；（5）可以采用氨、氟利昂等各种制冷剂。

活塞式制冷压缩机从密封程度上可分为开启式、半封闭式和全封闭式三种。开启式压缩机——压缩机的曲轴通过轴封装置伸出机体外面与电动机联接，多用于较大制冷量的制冷压缩机；半封闭式压缩机——压缩机的电机外壳和机体铸成一体，密封机壳用螺钉固紧，压缩机和电动机的主轴也被制成一体，不需要轴封装置，多用于中小制冷量的氟利昂压缩机；全封闭式压缩机——压缩机和电动机的主轴制成一体，并放置在一个焊死的密封机壳内，用于各种冰箱、空调等较小制冷量的压缩制冷机。全封闭式和半封闭式制冷压缩机因为压缩机与电动机一起封闭在一个机壳内，冷冻机油必然经常和电动机相接触，因此，对冷冻机油还提出了电气性能上的要求。

1. 活塞式制冷压缩机的主要结构及其润滑系统

活塞式制冷压缩机型式很多，现以12.5系列活塞式制冷压缩机为例说明。

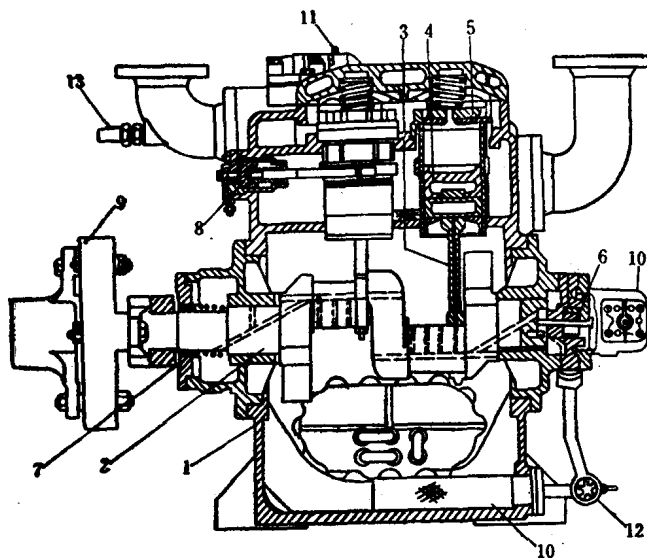


图1-4 12.5系列活塞式制冷压缩机剖面图

1—机体；2—曲轴；3—连杆；4—活塞；5—阀门；6—油泵；7—轴封；8—卸载装置；9—联轴器；10—滤油器；11—安全阀；12—三通阀；13—放空阀

压缩机的气缸与曲轴箱铸成一体，在机体上部有吸气腔和排气腔，吸气腔装有吸气过滤器（图上未表示），吸、排气腔之间装有安全旁通阀，当排气压力过高时，安全阀就开启，高压气回流到吸气腔，在气缸盖或机体上部近排气腔的部位设有冷却水套，当使用氨或 R-22 时可以接通水源进行冷却，使用 R-12 时可不接水源。曲轴箱两侧装有指示油面玻璃，有的在曲轴箱内装有冷却器，根据需要可接通水源，以降低油温，保证油温不超过 70°C 。在氟利昂制冷压缩机的曲轴箱中常装有电加热器，以保持润滑油的一定温度，不使过低，以保证润滑油的一定粘度。