

制冷剂与冷冻机油

制冷剂 (Refrigerant) 是制冷装置完成制冷循环的媒介, 又称为制冷工质, 还有冷媒、雪种等俗称。汽车空调是在制冷循环中通过制冷剂的状态变化, 进行能量转换, 实现制冷的。

制冷循环的性能指标除了与工作温度、压力有关外, 还与制冷剂的性质密切相关。因此, 了解制冷剂的性质对车用空调制冷系统的设计、使用和维修十分重要。

一、对制冷剂的性能要求

1. 热力性能要求

(1) 要求制冷剂的临界温度要高。这样有利于使用一般的冷却液和空气进行冷凝, 同时可以使节流损失小, 制冷系数高。

(2) 要求制冷剂的单位容积制冷量要大。制冷剂单位容积制冷量大可以使相同产冷量时所需的压缩机尺寸较小。但对离心式制冷机或某些小型制冷机, 单位容积制冷量小些会使压缩机制造更容易。

(3) 要求制冷剂的蒸发压力和冷凝压力适中。制冷剂冷凝压力不要太高, 而蒸发压力不要太低, 尤其不应低于大气压力。

(4) 要求制冷剂的绝热指数要小。这样有利于降低压缩机的排气温度, 提高压缩机的效率。

2. 物理化学性能要求

对车用空调制冷剂物理化学性质的要求如下:

(1) 黏度、密度小, 以减少制冷剂在制冷系统中的流动阻力损失。

(2) 热导率高, 以提高热交换设备的传热系数, 减少换热面积, 降低材料消耗。

(3) 使用安全。车用空调制冷剂应无毒、不燃烧、不爆炸。

(4) 具有较好的化学稳定性和热稳定性。车用空调制冷剂与润滑油无亲和作用, 对金属材料不腐蚀, 在高温下不分解, 可与冷冻机油以任意比例相溶。

(5) 易于改变吸热与散热的状态, 有很强的重复改变状态能力。

3. 环保性能要求

以前广泛使用的汽车空调制冷剂氟利昂 (如 R11、R12) 对大气中的臭氧有破坏作用, 因此其生产和使用受到限制, 已被禁止使用。目前, 汽车空调均使用对大气臭氧无破坏、温室效应小的制冷剂。

二、制冷剂的分类和性能特征

1. 制冷剂的命名

制冷剂是用 R 后跟一组编号的方法来命名的, 其中 R 是制冷剂 (Refrigerant) 的第一个字母。如 R12、R134a、R22 等。R 后的数字或字母是根据制冷剂分子的原子构成按一定规则书写的。

也常采用 CFC、HCFC 或 HFC 来代替 R 以表示制冷剂分子的原子组成。CFC 表示制冷剂由氯原子、氟原子和碳原子组成。HCFC 表示制冷剂由氢原子、氯原子、氟原子和碳原子组成。HFC 表示制冷剂由氢原子、氟原子和碳原子组成。

2. 制冷剂的性能特征

汽车空调制冷剂最早广泛使用的是 R12 (CF₂Cl₂)，即二氟二氯甲烷，后来出现了 R12 的替代产品 R134a (HFC134a)，即四氟乙烷。

(1) 汽车空调制冷剂 R12

汽车空调制冷剂 R12 (图 1) 是一种中温制冷剂，无色，具有轻微芳香味，毒性小，只在 400℃ 时才会分解出有毒的光气。R12 不燃烧、不爆炸，是一种安全的制冷剂，只有在体积分数达 80% 时才会使人窒息。另外，R12 还具有制冷能力强、压力适中、化学性质稳定、与冷冻机油相容性好和安全性好等优点。

但是，R12 的组成元素中含有氯，会破坏臭氧层，导致太阳光紫外线大量辐射到地面，使得人患皮肤癌、白内障和呼吸道疾病的概率大大增加，对人类和生物的生存环境带来很大危害。R12 的臭氧破坏能力作用系数 ODP 为 1，温室效应能力系数 GWP 为 3.05。

因此，国际社会于 1987 年 9 月在加拿大缔结了《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》，明确规定禁用 R12 的期限为 2000 年。我国于 1992 年也制定了《中国逐步淘汰消耗臭氧层物质的国家方案》，该方案规定，国内各汽车制造商从 1996 年起在汽车空调中逐步用新制冷剂 R134a 替代 R12，2000 年以后生产的新车不得再使用 R12 作为汽车空调制冷剂。



图 1 罐装汽车空调制冷剂 R12



图 2 罐装汽车空调制冷剂 R134a

(2) 汽车空调制冷剂 R134a

为了适应环境保护的需要，特别是为了适应保护臭氧层的需要，有必要采用不破坏臭氧层的制冷剂来替代 R12。目前，被广泛认可和使用的 R12 替代制冷剂是 R134a (图 2)。

R134a 具有与 R12 相近的热力性质，所以制冷系统的改型比较容易。R134a 具有较好的制冷性能，与金属和非金属相容，化学和热稳定性好，具有良好的安全性能（不易燃、不爆炸、无毒、无刺激性和无腐蚀性）。同时，R134a 中不含氯原子，对大气层中臭氧破坏能力作用系数 (ODP) 低，同时温室效应能力系数 (GWP) 也较低。但在蒸发温度低于 -21℃ 时，由于将产生高的压缩比，制冷量受到限制，其使用将受到影响。此外，R134a 制冷系统的能效、工作可靠性等与 R12 相比还有一定的差距。

三、制冷剂的使用

1. 使用 R12 时的注意事项

- (1) 制冷剂容器避免阳光直接照射或炉火烘烤，以防意外。
- (2) 避免与人的皮肤直接接触，以防冻伤。尤其要避免误入眼睛，以防造成失明。
- (3) 对制冷系统进行拆卸、充注作业时，最好戴胶皮手套，不要戴线纺手套。
- (4) 尽管 R12 是无毒或低毒制冷剂，但在与火焰接触时会产生毒气。
- (5) 操作现场应通风良好。

2. 使用 R134a 时的注意事项

尽管制冷剂种类繁多，但从目前我国汽车空调制冷剂领域来看，常用的制冷剂只有 R134a 一种，因此这里重点对 R134a 的使用注意事项加以说明。

一定要防止制冷剂的混用。R12 和 R134a 这两种制冷剂是不能混用的，原因在于它们对空调系统结构的要求不同。首先，对压缩机要求不同；其次，对润滑油要求也不同；再次，对储液干燥器和连接软管的要求也不同。

因此，R134a 只能在专门与其配套的系统工作中，凡是车用的 R134a 空调系统，制造商都会在压缩机、冷凝器、蒸发器、橡胶软管和充注设备上注明“只适用于 R134a”标志，以防误用。

四、冷冻机油

1. 冷冻机油的作用

冷冻机油 (refrigerant oil) 是制冷压缩机的专用润滑油，俗称冷冻油。冷冻机油用于保证压缩机正常运转、可靠工作和延长使用寿命。在空调制冷系统中，冷冻机油的具体作用如下：

(1) 润滑作用。压缩机是高速运转的机器，轴承、活塞、活塞环、曲轴、连杆等零件表面需要润滑，以减少阻力和磨损，延长使用寿命，降低功耗，提高制冷系数。

(2) 密封作用。汽车使用的压缩机传动轴需要油封来密封，防止制冷剂泄漏。有润滑油，油封才能起密封作用。同时，活塞环上的润滑油，不仅起减摩作用，而且超密封压缩机蒸气的作用。

(3) 冷却作用。运动的摩擦表面会产生高温，需要用冷冻机油来冷却。冷冻机油冷却不足，会引起压缩机过热，排气压力过高导致，制冷系数降低，甚至烧坏压缩机。

(4) 降低压缩机工作噪声。

2. 对冷冻机油的性能要求

在选择冷冻机油时，必须注意空调压缩机内部冷冻机油所处的状态，如排气温度、排气压力、吸气温度等。

(1) 不同的制冷剂要求使用不同黏度的润滑油。例如 R12 与润滑油能互溶，使油变稀，所以应选用黏度较大的润滑油。压缩机中润滑油的黏度应适当，黏度过大会使压缩机的摩擦损失功率增大，起动阻力矩增大；黏度过小会使摩擦表面不能建立起所需要的油膜。由于冷冻机油长期在高温和低温的环境中工作，因此要求其性能稳定，并能保持一定的黏度。

(2) 应与制冷剂、有机材料和金属等在高温和低温条件下接触时不起反应，要求其热力学性能及化学性能十分稳定。

(3) 在制冷循环的最低温度部位也不应有结晶状的石蜡分离、析出或凝固，从而保持优良的低温流动性能。

(4) 含水量极少。冷冻机油中的含水量与制冷装置的制冷效果及使用寿命有十分密切的关系。水在制冷系统中会引起“冰堵”现象和“镀铜”现象。为避免上述情况发生，对润滑油的含水量必须按要求严格控制。

(5) 在压缩机排气门附近高温部位不应产生积炭、氧化现象，应具有较高的热稳定性。

3. 冷冻机油的分类

R12 与 R134a 制冷系统的冷冻机油不能混用。

R12 制冷系统用的冷冻机油属矿物油，矿物油能与 R12 互溶。R12 制冷系统一般用国产的 18 号、25 号冷冻机油或日本产的 SUNISO 3GS、SUNISO 4GS、SUNISO 5GS 冷冻机油。

采用 R134a 为制冷工质后，原系统使用的矿物油与新的 R134a 制冷工质不相容，所以需要同时更换冷冻机油。欧美各国绝大多数采用醇类润滑油，而日本等国则主张采用酯类润滑油。

醇类润滑油 (polyalkylene glycol, PAG 油) 吸水性很强，与 R12 系统中的矿物油不兼容，系统残余的矿物油中的氯化物与醇类润滑油 (PAG 油) 起反应后，会导致其润滑性能下降。

酯类润滑油 (polyol ester, POE 油) 与醇类润滑油 (PAG 油) 相比，吸水性要低一些，对 R12 系统中的矿物油也较不敏感。但酯类润滑油 (POE 油) 低温下黏度变化较大，低温润滑性能不好，回油也不太好。而醇类润滑油 (PAG 油) 黏度随温度变化不大，低温下润滑性能良好。因此，近年来 R134a 制冷系统使用的润滑油逐渐转向了醇类润滑油 (PAG 油)。对于已使用过 R12 的空调制冷系统改用 R134a 后，换用酯类润滑油 (POE 油) 比较合适，而新的 R134a 空调制冷系统则采用醇类润滑油 (PAG 油) 为宜。

4. 冷冻机油的使用及性能检查

(1) 必须严格使用原车空调压缩机所规定的冷冻机油牌号，或换用具有同等性能的冷冻机油，不得使用其他油品来代替。否则，会损坏压缩机。

(2) 冷冻机油吸收潮气的能力极强。因此，在加注或更换冷冻机油时，操作必须迅速，如准备工作尚未做好，不能立刻加油时，则不得打开油罐。在加注完毕后应立即将油罐的盖子封紧储存，不得有渗透现象。

(3) 不能使用变质的冷冻机油。冷冻机油变质的原因是多方面的，归纳起来有如下几点。

混入水分后，冷冻机油在氧的作用下会生成一种絮状的酸性物质，腐蚀金属零部件；高温氧化，当压缩温度过高时，冷冻机油被氧化分解而炭化变黑；不同牌号的冷冻机油混合使用时，由于冷冻机油所加的氧化剂不同而产生化学反应，引起变质，破坏了各自的性能，从而引起冷冻机油变质。

(4) 冷冻机油只是起润滑油的作用，本身没有制冷能力。同时，冷冻机油还会降低热交换器的换热效率。因此，只允许加到规定的用量，绝不允许过量使用，以免降低制冷能力。

冷冻机油的加注量随车型不同而异，可参看汽车使用维修手册。冷冻机油在制冷系统各部件中的大致分布情况如图 3 所示。

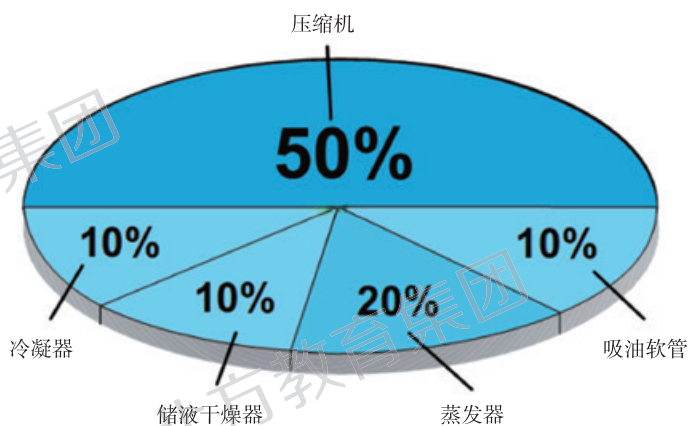


图 3 冷冻机油在制冷系统各部件中的分布