



汽车空调应用与维修—— 从入门到精通

夏云铎 主 编
杨敏官 曹泽民 何建清 副主编

第2版



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是广受欢迎的《汽车空调应用与维修-从入门到精通》一书的第2版。新书继承了上一版通俗易懂、注重实用的优点,添加了大量新型电控空调系统诊断、维修的内容,精简了上一版中过时的内容,力争帮助广大修理人员适应技术进步带来的新挑战。全书分为3篇17章,第一篇第1~3章为汽车空调入门,第二篇第4~8章为汽车空调的系统调节与控制,第三篇第9~17章为汽车空调保养、维修。

本书适合用作汽车空调维修工的培训教材,也可当作广大修理工自修、提高时的参考书,还可作为高职高专汽车修理专业学生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车空调应用与维修:从入门到精通/夏云铎主编. —2版. —北京:机械工业出版社,2009.12
ISBN 978-7-111-29238-8

I. 汽… II. 夏… III. 汽车—空气调节设备—车辆修理
IV. U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第227519号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:刘 焯 责任编辑:刘 焯 封面设计:陈 沛
责任校对:樊钟英 责任印制:李 妍

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2010年2月第2版第1次印刷
184mm×260mm·24.25印张·594千字
0001—3000册
标准书号:ISBN 978-7-111-29238-8
定价:49.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社服务中心:(010)88361066 门户网:<http://www.cmpbook.com>
销售一部:(010)68326294
销售二部:(010)88379649 教材网:<http://www.cmpedu.com>
读者服务部:(010)68993821 封面无防伪标均为盗版

前 言

本书自1999年首次出版以来，至今已近十年，先后多次重印，得到了广大读者的欢迎和认可，收到了不少读者来信，对本书内容与编排表示满意，并提出了许多宝贵的意见和建议。在这里对读者表示衷心感谢。

近年来通过技术改进和技术更新，我国汽车产品不断的升级换代。一批具有国际技术水平的新型车涌入市场，尤以小轿车的发展最为迅速，为适应用户对汽车舒适性的需求，除了一般轿车装置了空调系统外，许多中高档轿车还装置了微电脑控制的空调系统。由于汽车空调系统种类的增多，结构的复杂，给汽车的维修带来困难。为了适应这种技术变革带来的困难，编者对本书内容进行了调整，除保持第一版的风格和基本结构外，主要作了两个方面的修改：增加了与技术进步有关的新内容、精简了部分过时的内容。

修订后本书使读者除了对一般汽车空调的应用维修给予了解外，还能了解中高档轿车常见装置的自动空调的应用维修技术。

第2版经调整后共分17章，第一篇第1~3章介绍了汽车空调基础理论；第二篇第4~8章介绍了汽车空调的系统调节与控制；第三篇第9~17章介绍了汽车空调的维修和保养。

本书适合用作汽车空调维修工的培训教材，也可当作广大修理工自修、提高时的参考书，还可作为高职高专汽车修理专业学生的教学参考书。

本书由夏云铨主编，第1~8章由杨敏官、曹泽民、何建清、夏云铨编写，第9~17章由单春贤、华威、周锦生、陈士安、高现文编写。

目 录

前言

第一篇 汽车空调基础理论

第1章 汽车空调入门	1	3 汽车空调制冷压缩机结构原理	24
1 汽车空调的特点	1	4 汽车空调换热装置	38
2 汽车空调的性能评价指标	2	5 汽车空调其他主要辅助设备	40
3 汽车空调制冷原理	2	6 充注 R—134a 的制冷系统	44
4 汽车空调应用的制冷剂和冷冻润滑油	3	第3章 汽车空调的布置	49
5 一般汽车空调系统的结构组成	15	1 汽车空调分类概述	49
6 自动汽车空调系统的结构组成	16	2 小型车辆汽车空调的布置方式	52
第2章 汽车空调本体结构原理	21	3 大中型车辆汽车空调的布置方式	53
1 概述	21	4 豪华型客车空调的布置方式	56
2 汽车空调压缩机应用概况	22		

第二篇 汽车空调的系统调节与控制

第4章 汽车空调制冷系统的温度控制	60	3 手控汽车空调送风量配送及温度调配控制系统	96
1 概述	60	4 半自动调节的汽车空调(电控气动式)送风量配送及温度调配控制系统	111
2 恒温器控制的离合器制冷循环系统	60	5 全自动汽车空调送风量配送及温度调配控制系统	118
3 吸气节流阀控制的蒸发器压力制冷系统	69	6 微电脑控制的汽车空调温度调配系统	121
4 其他方法控制的蒸发器压力制冷系统	77	7 大中型车辆汽车空调的温度调配控制系统	128
5 大型客车的制冷系统控制	79	第7章 汽车空调的运行保护控制和工况的控制	131
第5章 汽车空调加热系统的温度控制	83	1 汽车空调的运行保护装置	131
1 余热式加热系统的温度控制	83	2 汽车空调运行工况的控制装置	139
2 恒温器控制的汽车空调另置热源加热系统	89	第8章 汽车空调系统电路分析	143
第6章 汽车空调车内送风量配送和温度的调配控制	92	1 汽车空调电路分析方法概述	143
1 汽车空调车内送风量的配送方法	92	2 汽车空调电路的分析	146
2 汽车空调车内送风量配送系统的温度调配控制方法	94	3 汽车空调电路中的典型控制回路分析	150

4 汽车空调系统电路分析举例	155
----------------------	-----

第三篇 汽车空调保养、维修

第9章 汽车空调维修必备的工具、材料和必须掌握的技能	159	第14章 微电脑控制汽车空调系统的诊断维修技术	268
1 维修必备的工具及专用设备	159	1 概述	268
2 维修必备的材料	159	2 自诊断系统	268
3 操作技能	160	3 自诊断系统应用方法	269
第10章 汽车空调系统的拆卸与安装	169	4 微电脑控制汽车空调故障表	276
1 轿车空调系统的拆卸与安装	169	5 微电脑控制空调电路检修方法	279
2 大中型车辆汽车空调系统的拆卸与安装	183	6 应用 OBD II 自诊断系统诊断汽车空调	284
3 汽车空调系统零部件的拆卸与安装	186	第15章 汽车空调系统的维护保养	296
第11章 汽车空调系统维护修理过程中的检测与调校	197	1 汽车空调的日常定期保养	296
1 汽车空调系统的检测与调校	197	2 保养维护作业表	301
2 汽车空调系统零部件的检测与调校	207	3 汽车驾驶员对汽车空调的保养职责和范围	305
3 汽车空调控制系统钢索的调整	211	4 汽车空调保修工对汽车空调的保养职责和范围	306
4 奔驰系列轿车汽车空调系统的检测与调校	213	第16章 汽车空调系统维修后的性能检测	307
第12章 汽车空调系统的检修方法与技术	218	1 汽车空调系统维修后的外观检查	307
1 汽车空调检修的专用仪器与设备	218	2 汽车空调系统维修后的性能测试	307
2 汽车空调的检修操作技术	224	3 汽车空调制冷性能测试方法	314
第13章 非电控汽车空调系统的诊断维修技术	255	4 典型汽车空调系统维修后的性能检测和调校	315
1 一般汽车空调的故障判断程序及排除方法	255	5 汽车空调系统零部件的调校程序和步骤	317
2 独立式汽车空调的故障判断程序及排除方法	262	第17章 汽车空调维修举例	322
		1 非电控汽车空调故障诊断维修举例	322
		2 电控汽车空调故障诊断维修举例	347

第一篇 汽车空调基础理论

第 1 章

汽车空调入门

1 汽车空调的特点

众所周知汽车空调是以耗用发动机的动力为代价来完成调节车厢内空气环境的。了解汽车空调的特点,有利于进行汽车空调的使用和维修。与室内空调相比,汽车空调主要有如下特点:

1) 汽车空调安装在行驶的车辆上,承受着剧烈频繁的振动和冲击,因此,各个零部件应有足够的强度和抗振能力,接头应牢固并防漏。不然将会造成汽车空调制冷系统制冷剂的泄漏,破坏整个空调系统的工作条件,严重的会损坏制冷系统的压缩机等部件。使用中要经常检查系统内制冷剂的多少,据统计,由于制冷剂泄漏而引起的空调故障约占全部故障的 80%。

2) 汽车空调所需的动力均来自发动机。目前,在轿车、轻型汽车、中小型客车及工程机械上,空调所需的动力和驱动汽车的动力均来自同一发动机。这种空调叫非独立式空调系统。大型客车和豪华型大、中客车,由于所需制冷量和暖气量大,一般采用专用发动机驱动制冷压缩机和设立独立的取暖设备,故称之为独立式空调系统。虽然非独立式空调系统会影响汽车的动力性能,但它相对于独立式空调,在设备成本、运行成本上都较经济。据测试,汽车安装了非独立式空调后,耗油量平均增加 10%~20% (与车速有关)。发动机输出功率减少 10%~12%。

3) 汽车的特定工作环境要求汽车空调的制冷、制热能力尽可能大。其原因如下:

① 夏天车内乘客密度大,产热量大,热负荷高;冬天采暖人体所需吸热量亦大。

② 为了减轻自重,汽车隔热层一般都很薄,加上汽车门窗多、面积大,所以汽车隔热性差,热损大。

③ 汽车的工作环境因在野外,直接接受阳光、霜雪、风雨等的影响,环境变化剧烈。要使汽车空调在最短的时间里使车厢内达到舒适的环境,就要求其制冷量特别大。对非独立式空调系统来说,由于发动机工况频繁变化,所以制冷系统的制冷剂流量变化很大。比如发动机在高速和怠速运动时,转速相差 10 倍。这必然导致压缩机输送的制冷剂量变化极大。制冷剂流量变化大,轻者引起制冷效果不佳,重者会引起压力过高,压缩机出现敲击现象,

发生事故。因此,汽车空调制冷系统较室内空调复杂得多。

④ 由于汽车本身的特点,要求汽车空调结构紧凑、质量轻,能在有限的空间进行安装。目前汽车空调的总重已比 20 世纪 60 年代下降了 50%,而制冷能力却提高了 50%。

⑤ 汽车空调的供暖方式与室内空调完全不同。对于非独立式汽车空调,一般利用发动机的冷却液或废气余热,而室内空调则是利用一个电磁阀,改变制冷剂量,机组很快起动并转入稳定状况。

2 汽车空调的性能评价指标

汽车空调的性能评价指标有如下五个。

1. 温度指标

温度指标是最重要的一个指标。人感到最舒服的温度是 $20 \sim 28^{\circ}\text{C}$,超过 28°C ,人就会觉得燥热。超过 40°C ,即为有害温度,会对人体健康造成损害。低于 14°C ,人就会感到“冷”。当温度下降到 0°C 时,会造成冻伤。因此,空调应控制车内温度夏天在 25°C ,冬天在 18°C ,以保证驾驶员正常操作,防止发生事故,保证乘员在舒适的状况下旅行。

2. 湿度指标

湿度的指标用相对湿度来表示。因为人觉得最舒适的相对湿度在 50%~70%,所以汽车空调的湿度参数要求控制在此范围内。

3. 空气的清新度

由于车内空间小,乘员密度大,在密闭的空间内极易产生缺氧和二氧化碳浓度过高。汽车废气中的一氧化碳、道路上的粉尘、野外有毒的花粉都容易进入车厢内,造成车内空气混浊,影响驾乘人员身体健康。这样汽车空调必须具有对车内空气进行过滤的功能,以保证车内空气的清新度。

4. 除霜功能

由于有时汽车内外温度相差太大,会在玻璃上出现雾或霜,影响驾驶员的视线,所以汽车空调必须有除霜功能。

5. 操作简单、容易、稳定

汽车空调必须做到不增加驾驶员的劳动强度,不影响驾驶员的正常驾驶。

3 汽车空调制冷原理

汽车空调系统采用的是蒸气压缩式制冷循环,图 1-1 为其工作原理图(单冷式)。

汽车空调压缩机由发动机驱动旋转。由压缩机排出的高温、高压制冷剂蒸气,通过高压液管进入汽车空调的冷凝器。由于高温、高压的制冷剂蒸气温度高于车外的空气温度,因此借助冷凝器风扇使冷凝器中制冷剂蒸气的热量被车外空气带走,使高温、高压的制冷剂蒸气冷凝成为较高温度的高压液体,通过高压液管流入储液干燥器,经干燥和过滤后,流过膨胀阀。在膨胀阀的节流作用下,制冷剂变成低温、低压的液体而进入汽车空调的蒸发器,在定压下汽化并吸收蒸发器管外空气中的热量,使流经蒸发器的车内循环空气的温度降低成为冷

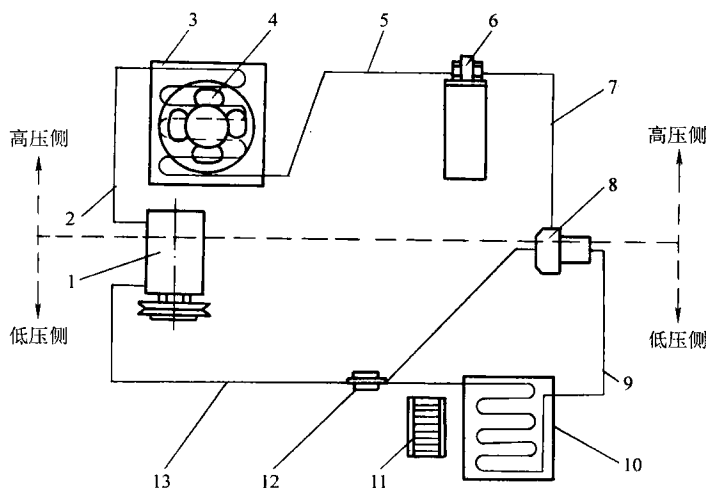


图 1-1 汽车空调系统工作原理

1—压缩机 2—排气管 3—冷凝器 4—风扇 5、7—高压液管 6—储液干燥器
8—膨胀阀 9—低压液管 10—蒸发器 11—鼓风机 12—感温包 13—吸气管

气，通过鼓风机送入车内，降低车内的空气温度。汽化后的制冷剂蒸气，由压缩机吸入进行压缩，又变成高温、高压的制冷剂气体，通过高压软管压入汽车空调的冷凝器，完成了汽车空调的一个制冷循环。此循环周而复始地进行，就可以使车内的温度维持在舒适的状态。

4 汽车空调应用的制冷剂和冷冻润滑油

在汽车空调制冷系统中，由制冷剂流动实现制冷工质的循环。制冷剂在蒸发器内吸收被冷却对象的热量而蒸发，在冷凝器内将热量传递给周围空气而被冷凝成液体，从而利用制冷剂的状态变化来达到制冷的目的。

目前汽车空调制冷均采用蒸气压缩式制冷方式，是利用制冷剂的状态变化来转移热量的，因此对制冷剂提出了一些要求。

4.1 制冷剂

4.1.1 对制冷剂的要求

1. 对制冷剂物理性质的要求

- 1) 制冷剂应有低的凝固点，能在低温下工作。
- 2) 制冷剂应有高的临界温度。
- 3) 制冷剂的密度和粘度要小，以减少在制冷系统中的流动阻力。
- 4) 制冷剂应有一定的吸水性，以防止制冷系统的“冰堵”现象。
- 5) 制冷剂的导热系数和放热系数要大，以提高换热器的换热能力。

2. 对制冷剂化学性质的要求

- 1) 制冷剂应无毒、无刺激性，对人体健康无损害。
- 2) 制冷剂应不易燃烧、不易爆炸。

- 3) 制冷剂对金属的腐蚀作用要小。
- 4) 制冷剂在高温下应不分解, 化学性质稳定。
- 5) 制冷剂与冷冻润滑油应互溶, 不起化学反应, 不改变冷冻润滑油的特性。

3. 对制冷剂热力学性质的要求

1) 制冷剂在蒸发器内蒸发温度要低, 这样相应的蒸发压力也低。但蒸发压力应稍高于大气压力, 以防止因制冷系统产生负压而吸进空气, 使制冷能力下降。

2) 制冷剂的冷凝压力不宜过高, 一般应为 $1.2 \sim 1.5 \text{ MPa}$ 。冷凝压力太高, 对制冷设备的强度要求也相应提高, 而且会引起压缩机功耗增加。

3) 等熵指数要小, 以便使压缩机功耗减小, 并且在压缩终了时气体的温度不会过高。

4) 液体比热容要小, 以便使节流过程的损失减小。

5) 制冷剂蒸气的比体积要小, 蒸发潜热和单位容积制冷量要大, 以减少制冷剂循环量。

6) 循环的热力完善度尽可能大。

4. 对制冷剂经济性的要求

要求制冷剂价格便宜, 易于得到。

4.1.2 常用制冷剂的种类和汽车空调制冷剂的选择

1. 制冷剂的种类

制冷剂的种类很多, 一般常用的有氨、烃类和氟里昂类, 常用制冷剂的主要性质如表 1-1 所示, 表中 R 为英文“REFRIGERANT(制冷剂)”的首字母。

表 1-1 常用制冷剂的主要性质

项 目	制冷剂代号	R—12	R—22	R—717
制冷剂化学名称		二氟二氯甲烷	二氟一氯甲烷	氨
分子量		120.9	86.5	17
标准大气压下沸点/℃		-29.8	-40.8	-33.4
凝固温度/℃		-157.8	-160	-77.7
临界温度/℃		111.7	96	132.4
临界压力/kPa		4113	4974	11417
临界比容/(dm ³ /kg)		1.792	1.904	4.245
汽化潜热(0℃)/(kJ/kg)		151.5	205.4	1257.3
等熵指数(293K)		1.138	1.19	1.32
比定压热容(290K)				
饱和液体/[kJ/(kg·℃)]		0.96	2.0	4.734
饱和气体/[kJ/(kg·℃)]		0.69	2.6	2.963
饱和液体密度(300K)/(kg/m ³)		1304.2	1183.5	600.19
饱和气体密度(300K)/(kg/m ³)		38.79	46.67	8.25
粘性系数(290K)/(μPa·s)				
饱和液体		231	70	157.7
饱和气体		12.46	21.3	11.07
导热系数(290K)				
饱和液体/mW·(m·k) ⁻¹		72.4	58.4	500
饱和气体/mW·(m·k) ⁻¹		9.23	23.5	25.6

2. 制冷剂 R—12

制冷剂 R—12 具有很好的热力学、物理化学和安全性质，被广泛用于制冷空调。

R—12 无色，气味很弱，只有一点芳香味。R—12 毒性小，不燃烧、不爆炸，是一种很安全的制冷剂。

R—12 在温度达到 400℃ 以上时，与明火接触会分解出有毒气体。

水在 R—12 中的溶解很少，且随温度的降低而减小。所以 R—12 系统内应严格控制含水量，一般 R—12 中的含水量不得超过 0.0025%（质量分数）。制冷系统在充注 R—12 之前，必须经过严格的干燥处理，且需在系统中设置干燥器。

在常温下，R—12 能与冷冻润滑油以任意比例相互溶解，因此，冷冻润滑油可随 R—12 进入制冷系统的各个部分。

R—12 对一般金属不起腐蚀作用，但能腐蚀镁及含镁量超过 2%（质量分数）的铝镁合金。

R—12 对天然橡胶和塑料有膨润作用。R—12 制冷系统中使用的密封材料应为耐腐蚀的丁腈橡胶或氯醇橡胶。

R—12 很容易通过接合面的不严密处，所以对制冷机的密封性要求要好。

R—12 对大气臭氧层有破坏作用，ODP 值为 1（最大），有使全球变暖的温室效应，GWP 值为 3 左右，因此它是蒙特利尔议定书中的第一批禁用工质，发达国家已从 1996 年 1 月 1 日起停止使用，发展中国家到 2006 年也完全禁止使用。

3. 制冷剂 R—22

R—22 也是常用的制冷剂，在相同的蒸发温度和冷凝温度下，R—22 比 R—12 的压力要高 65% 左右，在常温下的冷凝压力和单位容积制冷量与氨差不多，而比 R—12 大。

R—22 无色、无味，不燃烧、不爆炸，毒性比 R—12 略大，但仍是安全的制冷剂。传热性能与 R—12 相近；溶水性比 R—12 稍大，但仍属于不溶水的工质，含水量仍然控制在 0.0025%（质量分数）以内，同时系统内也应装设干燥器。

R—22 能够部分地与冷冻润滑油相互溶解，且其溶解度与冷冻润滑油的种类及温度有关。

R—22 对金属与非金属的作用与 R—12 相似，其泄漏特性也与 R—12 相似。

R—22 对有机物的膨润作用更强，密封材料可采用氯醇橡胶。

R—22 对大气臭氧层的破坏作用比 R—12 弱一些，属于蒙特利尔议定书中规定的第二批禁用工质，发达国家到 2030 年要完全禁止使用 R—22。

4. 制冷剂 R—717（氨）

氨有较好的热力学性质和热物理性质，在常温和普通低温范围内压力较适中。单位容积制冷量大，粘性小、流动阻力小，传热性能好。

氨能以任意比例与水相互溶解，组成氨水溶液，在低温时水也不会从溶液中析出而冻结成冰，所以氨制冷系统内不必设置干燥器。但氨系统中有水分时会加剧对金属的腐蚀，同时使制冷量减少，所以一般限制氨中的含水量不超过 0.2%（质量分数）。

氨在冷冻润滑油中的溶解度很小，因此氨制冷剂管道及换热器的传热表面上会积有油膜，影响传热效果。在氨制冷系统中，一般都设有油分离器，定期分离出沉积在下部的冷冻润滑油。

氨对钢铁不起腐蚀作用,但当含有水分时要腐蚀锌、铜、青铜及其他铜合金,只有磷青铜不被腐蚀,因此在氨制冷机中不使用铜及铜合金材料。

氨蒸气无色,具有强烈的刺激性臭味,对人体有较大的毒性。它刺激人的眼睛及呼吸器官,溅到皮肤上容易导致冻伤。

氨可以引起燃烧和爆炸,当空气中氨的含量达到 16%~25% (体积分数)时可引起爆炸,因此在工作区内氨蒸气的浓度不得超过 0.02mg/L。

5. 汽车空调制冷剂选择

在实际应用中,使用哪一种制冷剂比较好,应根据如下原则来选用:

- 1) 压缩机的类型。
- 2) 蒸发温度和蒸发压力。
- 3) 冷凝温度和冷凝压力。
- 4) 制冷装置的使用条件。

根据上述选用原则,汽车空调一直选用 R—12 作为它的制冷剂。R—12 的优点是等熵指数小,压缩终点温度低,对金属的润滑性好;其缺点是单位容积制冷量小,放热系数低,易泄漏。

完全满足所有特性要求的制冷剂是不存在的,因此选用时,应根据实际情况,只要大部分条件满足,或主要条件满足即可选为制冷剂。

在汽车空调制冷系统中,若选 R—22 作为制冷剂,虽然能提高制冷量,但由于它的压力、温度比 R—12 高,特别是汽车怠速行驶时,制冷压缩机的排出压力甚至高达 4~5MPa,因此引起较大的振动,同时高温下压缩机的轴封也难以密封。而 R—12 的最高压力为 2.8MPa,比 R—22 小得多,振动也小,所以汽车空调制冷系统宜选用 R—12 作制冷剂。

6. 汽车空调制冷剂使用时的注意事项

汽车空调制冷剂 R—12 是一种无色无味的气体,少许泄漏时不易被发觉,因此在具体操作时应注意以下事项。

1) 在搬运 R—12 时,应戴护目镜。因为 R—12 能低温蒸发,若溅入眼睛,眼球会被冻伤,甚至可能造成失明。万一遇到这种情况,不能用手揉眼,应按下列步骤进行:

- ① 立即用凉水冲洗眼睛,以升高温度。
- ② 用消毒纱布盖上眼睛,以防灰砂进入。
- ③ 送医院急救。

2) 应防止 R—12 溅到皮肤上,以免造成冻伤。万一遇到上述情况时,可立即用清水冲洗,使温度升高。

3) 防止 R—12 在密闭的室内泄漏,因为 R—12 浓度过高会令人晕眩。

4) 防止 R—12 被火烧或遇到高温热金属。因为 R—12 会分解为有毒气体,即使少量吸入也会使人中毒。

5) 不能用明火直接烤 R—12 钢瓶,也不要使 R—12 钢瓶放置在太阳直接照射的地方,否则钢瓶过热,引起瓶内 R—12 压力升高,导致钢瓶爆炸。R—12 钢瓶应放在低于 40℃ 的阴凉地方。

6) 不能使用不合适的扳手来开启或关闭钢瓶阀门, 以免损坏其开关, 制冷剂钢瓶应保持直立状态。

7) 不能在封闭的、有火焰的房间内排放制冷剂。

8) 系统内除纯净的 R—12 与冷冻润滑油外, 不能混入其他物质, 如水等。当系统内水的含量大于 0.0025% (质量分数) 时, 除容易发生冰堵现象外, 还会发生化学腐蚀, 因此在制冷系统充灌 R—12 之前必须充分干燥, 反复抽真空, 排除系统中的空气和水分。

9) 空调制冷系统打开后, 要及时对管口进行密封, 防止空气中的湿气和杂质进入。

10) 不要随便触动空调系统的零部件, 若有故障, 应由专业维修人员用专用维修设备修理。

11) 排放制冷剂时, 应由低压端进行, 排放要缓慢, 以免带出冷冻润滑油。

12) 不能从制冷系统低压端加注液态制冷剂, 以免引起压缩机液击; 从高压端加注制冷剂时不能开动压缩机。

13) 已加注制冷剂的空调制冷系统, 不得进行任何零件的焊接, 以免由于焊接造成温度升高, 使制冷系统发生事故。

4.1.3 汽车空调用环保型 R—134a 制冷剂

目前汽车空调中使用的制冷剂 R—12, 由于其分子中含有氯原子, 当其排放到大气中并升入大气同温层后, 在太阳光的强烈照射下会分离出氯离子, 氯离子与臭氧层发生化学反应, 从而导致大气臭氧层的破坏。大气臭氧层可以吸收太阳紫外线, 若大量的紫外线直接照射到地球表面, 将会使人类患皮肤癌的几率大大增加, 同时对地球上其他生物的生长也会造成严重的危害。

自 1987 年保护臭氧层的蒙特利尔议定书签定以来, 世界各国, 特别是工业发达国家对制冷剂替代做了大量工作。近几年来, 经过科研人员的不断探索和实验, 一致公认制冷剂 R—134a 是汽车空调的首选替代工质。这主要是由于 R—134a 不含氯原子, 对臭氧层无破坏作用, 温室效应影响小, 其热力学性质稳定并与 R—12 相近。表 1-2 为制冷剂 R—134a 与 R—12 的特性比较。

表 1-2 制冷剂 R—134a 与 R—12 特性比较

项 目 \ 制 冷 剂	R—134a	R—12
化学式	$\text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3$	CCl_2F_2
分子量	102.03	120.91
沸点/℃	-26.19	-29.79
临界温度/℃	101.14	111.80
临界压力/MPa	4.065	4.125
临界密度/(kg/m^3)	511	558
饱和液体密度(25℃)/(kg/m^3)	1206	1311
饱和蒸气比体积(25℃)/(m^3/kg)	0.0310	0.0271
汽化潜热(0℃)/(kJ/kg)	197.5	151.4

(续)

项 目 \ 制 冷 剂	R—134a	R—12
燃烧性	不燃	不燃
ODP 值(臭氧破坏潜能值)	0	1.0
GWP 值(全球变暖潜能值)	0.11	1.0
与矿物油相溶性	不溶	相溶
在大气中存在时间/年	8 ~ 11	95 ~ 150

1. R—134a 基本特性

1) R—134a 无色、无臭、不燃烧、不爆炸,基本无毒性(长期影响还在试验之中),化学性质稳定。

2) 不破坏大气臭氧层,在大气层停留寿命短,温室效应影响也很小。

3) 粘度较低,流动阻力较小。

4) 分子直径比 R—12 略小,易通过橡胶向外泄漏,也较易被分子筛吸收。

5) 与矿物油不相溶,与氟橡胶不相容。

6) 吸水性和水溶解性比 R—12 高。

7) 汽化潜热高,比定压热容大,具有较好的制冷能力,但质量流量小,所以 R—134a 的制冷系数与 R—12 相当或较之略小。

8) 饱和蒸气压与 R—12 接近,在 18℃ 左右两者具有相同的饱和压力值。在低于 18℃ 的温度范围内, R—134a 的饱和压力略低于 R—12; 在高于 18℃ 的温度范围内, R—134a 的饱和压力高于 R—12。

2. R—134a 的传热性能及循环特性

试验表明, R—134a 的传热性能优于 R—12。在蒸发温度为 5 ~ 15℃, 冷凝温度为 30 ~ 45℃, 质量流量为 125 ~ 400kg/s 的范围内, 水平圆管中 R—134a 的蒸发放热系数比 R—12 高 25% ~ 30%, 冷凝时则高出 30% ~ 40%。

若将 R—134a 用于 R—12 换热器进行测试,则在相同冷量下,蒸发器传热系数比 R—12 高 5% ~ 15%, 而对于相同热量情况下,冷凝器的传热系数比 R—12 高 10% ~ 20%。

根据制冷剂 R—134a 的特性值,我们比较了在理想循环时工质的性能,如表 1-3 所示,上述循环是假设压缩为等熵过程,膨胀节流为等焓过程,表中压缩功为压缩机进、出口之间的焓差,制冷量为蒸发器进、出口之间的焓差。

表 1-3 R—134a 与 R—12 制冷循环性能比较

项 目 \ 制 冷 剂	R—12	R—134a		
制冷系数	3.8	3.2	3.6	3.8
蒸发温度/℃	0	0	0	0
冷凝温度/℃	60.0	60.0	55.9	53.4
过热度/℃	5.0	5.0	5.0	5.0
过冷度/℃	2.0	2.0	2.0	2.0

(续)

项 目	制 冷 剂			
	R—12	R—134a		
蒸发压力/MPa	0.31	0.29	0.29	0.29
冷凝压力/MPa	1.52	1.68	1.52	1.43
压缩机排气温度/℃	72.3	69.5	65.2	62.6
压缩功/(kJ/kg)	26.3	37.1	35.0	33.7
单位制冷量/(kJ/kg)	100.1	117.7	124.3	128.3
吸入气体比容/(m ³ /kg)	0.0568	0.0707	0.0707	0.0707
压缩机单位容积制冷量/(kJ/m ³)	1762.3	1664.8	1758.1	1814.7
压缩机容量比	1.0	1.058	1.002	0.97

由表 1-3 可知, R—134a 在与 R—12 相同工况下制冷系数小于 R—12, 而在二者制冷系数相同时, R—134a 的冷凝温度要降低约 7℃。也就是说, 要使冷凝温度降低约 7℃, 就要使冷凝器传热性能或传热面积增加 36%, 而增大冷凝器传热面积受到汽车安装空间的限制, 因此只能从冷凝器的结构上进行改进, 如采用新型平行流冷凝器。

3. R—134a 与冷冻润滑油相溶性

由于 R—134a 与现有的冷冻润滑油不相溶, 因此必须开发出与之相溶的新型冷冻润滑油。在 R—134a 分子中不含氯原子而含有两个氢原子, 它与矿物油几乎不相溶, 因而从制冷压缩机排出的冷冻润滑油将滞留在热交换器和配管中而不能回到压缩机中, 压缩机润滑不良会造成压缩机轴承和其他摩擦副烧损。根据现有研究, 可在 R—134a 汽车空调系统中使用的冷冻润滑油最有希望的是聚烷基乙二醇合成油(PAG)和聚酯油(ESTER)。

4. R—134a 与金属及橡胶相容性

实验表明, R—134a 与钢和铝是相容的, 而对铜则会产生镀铜现象。目前的汽车空调系统中, 许多部位应用铜做原材料, 铜的导热性能比钢和铝好, 但镀铜现象限制了这种材料的使用, 因此 R—134a 汽车空调系统各部件应以钢、铝材料为主, 如全铝蒸发器、全铝冷凝器等。

由于汽车空调振动性较大, 其软管和接头都用橡胶材料, 而现有的一些橡胶材料与 R—134a 不相容。经实验筛选, 有三种橡胶与 R—134a 相容, 它们是 H—丁腈橡胶(HBR)、三聚乙丙橡胶(EPDM)和氯丁橡胶(GR)。

5. R—134a 与干燥剂相容性

R—134a 具有很强的吸水性, 含水量大大超过空调制冷系统的承受能力, 因此需要高效新型的干燥剂。目前可供选择的干燥剂主要是一些铝的硅酸盐, 如 4A—XH—5、4A—XH—6 及 XH—7 型, 其中 4A—XH—5 型与 R—134a 不相容, 因为 R—134a 的分子直径比 R—12 小, 若使用 4A 型分子筛, R—134a 分子比较容易被分子筛吸收, 被吸收的 R—134a 分子会被 4A 型分子筛的化学组成成分催化分解, 且由于 R—134a 与水的亲合力较大, 吸水性强, 脱水比 R—12 困难。分子筛吸水多了, 机械强度就要变差, 因此 4A—XH—5 型分子筛不宜作为 R—134a 的干燥剂, 而两种新型分子筛 XH—7 和 XH—9 比较适合于 R—134a。

6. R—134a 对现存汽车空调系统影响

尽管 R—134a 的热力学性质与 R—12 相似, 但由于两者之间存在一些差别, 使之在用

于专门为 R—12 设计的汽车空调系统时需做相应的改动,以达到或超过原 R—12 制冷系统的运行效果,并确定空调制冷系统的可靠性。根据 R—134a 的热力学性质可知,R—134a 制冷系统运行压力高、制冷系数小,制冷性能不如 R—12 系统好,改进的措施如下:

- 1) 增加压缩机容量,或提高压缩机转速。另外,还需要加大压缩机主轴、主轴承,加强缸壁刚性,改善内部润滑。进、排气阀应为不锈钢材料。
- 2) 换热器采用新型高效的平流式冷凝器和层叠式蒸发器。实验表明,在相同制冷剂的情况下,平流式冷凝器制冷剂侧压降只有管带式的 20%,而换热性能提高 75%。
- 3) 膨胀阀等部件也应随所用工质的不同而做相应的调整。

4.2 冷冻润滑油

4.2.1 冷冻润滑油的作用和对冷冻润滑油的要求

1. 冷冻润滑油的作用

空调压缩机使用的润滑油被称为冷冻润滑油或冷冻机油。它是一种在高、低温工况下均能正常工作的特殊润滑油,其作用为:

- 1) 润滑作用。它可以润滑压缩机轴承、活塞、活塞环、连杆曲轴等零部件表面,减少阻力和磨损,降低功耗,延长使用寿命。
- 2) 冷却作用。它能及时带走运动表面摩擦产生的热量,防止压缩机温升过高或压缩机被烧坏。
- 3) 密封作用。润滑油渗入各摩擦件密封面而形成油封,起到阻止制冷剂泄漏的作用。
- 4) 降低压缩机噪声。润滑油不断冲洗摩擦表面,带走磨屑,可减少摩擦件的磨损。

2. 对冷冻润滑油的要求

冷冻润滑油在空调制冷系统中完全溶解于制冷剂中,并随制冷剂一起在制冷系统中循环,因此,冷冻润滑油的油温有时会超过 120℃,而制冷剂的蒸发温度范围为 -30 ~ +10℃,所以它的工作环境是在高温与低温交替的条件下进行的。为保证其正常工作,对冷冻润滑油提出了以下性能要求。

1) 冷冻润滑油的凝固点要低,在低温下具有良好的流动性。若低温流动性差,则冷冻润滑油会沉积在蒸发器内影响制冷能力,或凝结在压缩机底部,失去润滑作用而损坏运动部件。

2) 冷冻润滑油应具有一定的粘度,且受温度的影响要小。温度升高或降低时,其粘度值随之变小或增大。与冷冻润滑油完全互溶的制冷剂会使冷冻润滑油变稀,如 R—12 与冷冻润滑油相互溶解,使冷冻润滑油变稀,因此 R—12 应选用粘度较高的冷冻润滑油,但粘度也不宜过高,否则,压缩机起动时会产生更多的泡沫。另外,冷冻润滑油的粘度愈大,压缩机克服阻力而消耗的功增多,需要的起动力矩增大,压缩机起动困难;粘度过小,则使压缩机轴承不能建立起所需要的油膜。所以,冷冻润滑油的粘度要选得适当。

3) 冷冻润滑油与制冷剂的溶解性能要好。在汽车空调制冷系统中,制冷剂与冷冻润滑油是混合在一起的。当制冷剂流动时,润滑油也随之流动,这就要求制冷剂与润滑油能够互溶;若二者不互溶,润滑油就会聚集在冷凝器和蒸发器的底部,阻碍制冷剂流动,降低换热能力。由于润滑油不能随制冷剂返回压缩机,压缩机将会因缺油而加剧磨损。

4) 冷冻润滑油的闪点温度要高,具有较高的热稳定性,即在高温下不氧化、不分解、

不结胶、不积炭。

5) 冷冻润滑油的挥发性要差。在制冷系统中不应有结晶状的石蜡析出, 以保持良好的低温流动性。

6) 冷冻润滑油的化学性质要稳定。与制冷剂和其他材料不起化学反应。

7) 冷冻润滑油应无水分。若润滑油中的水分过多, 则会在膨胀阀节流口处结冰, 造成冰堵, 影响系统制冷剂的流动; 同时, 油中的水分会造成镀铜现象及某些材料的腐蚀、变质。

4.2.2 冷冻润滑油性能指标

冷冻润滑油的性能指标主要有粘度、凝固点、闪点、燃点、浊点、水分、酸碱性、机械杂质等。

1. 粘度

制冷压缩机用的冷冻润滑油的粘度用来衡量润滑油的粘性大小。温度上升时, 其粘度减小; 温度下降时, 其粘度增大, 因此表示润滑油的粘度时, 应同时指出其温度值。

粘度的大小, 可用各种粘度单位来表示。如动力粘度、运动粘度、相对粘度、雷氏和塞氏粘度。冷冻润滑油常用运动粘度来表示, 它表示润滑油在重力作用下流动时内摩擦力的度量。

2. 凝固点

冷冻润滑油在温度降低时, 随着粘度的增大, 流动性会变差, 当冷却到一定温度时便停止流动, 此时的温度称为冷冻润滑油的凝固点。凝固点比浊点要低。

制冷系统内的润滑油, 凝固点应该低一些为好。如 R—12 制冷系统内的润滑油凝固点应在 $-30 \sim -40^{\circ}\text{C}$ 之间; R—22 制冷系统内其凝固点应低于 -50°C 。

冷冻润滑油与制冷剂混合溶解时, 凝固点会降低, 如 R—22 与冷冻润滑油溶解后, 其凝固点比纯冷冻润滑油低 $15 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 。

3. 闪点

将润滑油加热, 直至所产生的油蒸气与火焰接触时能发生闪火, 此时的温度称为润滑油的闪点。

润滑油的闪点必须比排气温度高 $15 \sim 30^{\circ}\text{C}$, 以免引起润滑油的燃烧和结炭, 通常要求 R—12、R—22 的冷冻润滑油闪点在 160°C 以上。

4. 燃点

润滑油的燃点比闪点高, 当测得润滑油的闪点后, 若还需测定其燃点, 则应对油继续加热, 直至所产生的蒸气能被接触的火焰点着, 并燃烧不少于 5s 时的最低温度, 称为该冷冻润滑油的燃点。

5. 浊点

当润滑油温度降到一定值时, 油中开始析出小块石蜡, 并出现絮状物, 这时的温度称为润滑油的浊点。

由于油中析出固体石蜡, 使冷冻润滑油变得浑浊, 并堵塞过滤器, 引起制冷机不正常工作。冷冻润滑油的浊点, 应低于制冷剂的蒸发温度, 否则有石蜡析出时, 会出现石蜡积存在膨胀阀节流孔处造成堵塞现象, 或积存在蒸发器表面而影响传热。

6. 酸值

它是指中和 1g 油中的酸性物质所需的氢氧化钾的毫克数, 用 (mg KOH/g 油) 来表示。

7. 抗氧化性

表示润滑油有良好的抗氧化性和化学稳定性, 它的酸性和碱性也很小。

8. 水分

润滑油中不允许含有水分。可用测定微量水分方法来测定。

9. 机械杂质

润滑油中不允许含有机机械杂质。新油中是无机械杂质的。来自系统内的脏物在油内形成的机械杂质, 将会引起油路堵塞, 加速运动部件的磨损。

10. 灰分

它是指在规定条件下, 油品被炭化后的残留物经燃烧所得的无机物, 用质量百分数表示。

4.2.3 冷冻润滑油的种类和汽车空调用冷冻润滑油的选择

1. 冷冻润滑油的种类

我国冷冻润滑油的牌号有四个, 即 13 号、18 号、25 号和 30 号。牌号越大, 其粘度也越大。它们的性能如表 1-4 所示。

表 1-4 国产冷冻润滑油性能指标

牌 号	13	18	25	30
性能指标				
运动粘度(50℃)/(×10 ⁻⁶ m ² /s)	11.5 ~ 14.5	> 18	> 25.4	< 30
凝固点/℃	< -40	< -40	< -40	< -40
闪点/℃	< 160	< 160	< 170	< 180
酸值/(mgKOH/g)	< 0.14	< 0.03	< 0.02	< 0.01
灰分质量分数(%)	< 0.012		< 0.007	
机械杂质质量分数(%)	无	无	< 0.007	无
水分质量分数(%)	无	无	无	无

进口的润滑油一般有 SUNISO 3GS ~ SUNISO 5GS 牌号的润滑油, 其性能如表 1-5 所示。

2. 汽车空调用冷冻润滑油的选择

冷冻润滑油的选择原则是, 要充分考虑空调压缩机内部润滑油的工作状态, 如吸气、排气温度等。根据冷冻润滑油的特性, 在实际选用时, 应以低温性能为主来选择, 但也要适当考虑对热稳定性能的影响。

汽车空调制冷系统一般选择国产的 18 号、25 号冷冻润滑油, 或进口的 SUNISO 5GS 润滑油。

表 1-5 进口 SUNISO 冷冻润滑油性能指标

牌 号	SUNISO 3GS	SUNISO 4GS	SUNISO 5GS
性能指标			
粘度(SUN/37.8℃)	150 ~ 160	280 ~ 300	510 ~ 520
粘度(SUN/98.9℃)	40 ~ 42	44 ~ 47	51 ~ 54
引火点/℃	172	181	196
发火点/℃	188	200	