

QICHE KONGTIAO JIEGOU YU WEIXIU

汽车空调 结构与维修



现代汽车结构与维修丛书

曾 壮 编著



本书较全面、系统地介绍了现代汽车空调的结构与原理、电气控制系统、空调的布置与安装、新型制冷剂R134a空调系统、汽车空调的使用与维修等方面的内容。



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

曾 壮 编著

汽车空调

现代汽车结构与维修丛书

结构与维修

QICHE KONGTIAO JIEGOU YU WEIXIU

图书在版编目(CIP)数据

汽车空调结构与维修/曾壮编著. —济南:山东科学技术出版社, 2007. 11

(现代汽车结构与维修丛书)

ISBN 978-7-5331-4854-6

I. 汽… II. 曾… III. ①汽车—空气调节设备—结构
②汽车—空气调节设备—车辆修理 IV. U463.85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 158162 号

现代汽车结构与维修丛书

汽车空调结构与维修

曾 壮 编著

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531) 82098088

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkj@sdpress.com.cn

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531) 82098071

印刷者: 山东莱芜正顺印务有限公司

地址: 莱芜市工业园

邮编: 271114 电话: (0634) 6552188

开本: 900mm×1000mm 1/16

印张: 12.5

字数: 200 千字

版次: 2007 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-5331-4854-6

定价: 19.00 元

前 言

随着汽车工业的发展,作为提高汽车乘坐舒适性重要手段之一的汽车空调得到了快速的发展。现在,汽车空调不再是一种奢侈品,而是一种必需的装备。汽车空调从初期的简单制冷发展到今天的全自动恒温控制,不仅给驾乘人员带来了舒适的乘坐环境,同时改善了汽车的驾驶条件,大大地提高了汽车的行驶安全性。目前全球汽车空调年产量已高达8 000多万套,已成为现代轿车的标准配置,在客车和货车上的普及率也日益提高。随着我国轿车工业的飞速发展,空调需求量大幅增加。通过技术引进、合资合作等方式,近几年我国汽车空调技术有了较大的发展。目前我国的汽车空调生产企业有近百家,年产量600多万套。为了适应我国汽车空调迅速普及的需要,给广大汽车驾驶人员、维修人员提供正确的汽车空调使用、保养、维修方面的知识,编者在参考国内外有关资料的基础上,结合自己多年从事汽车空调设计、使用、维修以及技术培训等方面的实践经验,编写了这本书。

本书较全面、系统地介绍了现代汽车空调的结构与原理、电气控制系统、空调的布置与安装、新型制冷剂R134a空调系统、汽车空调的使用与维修等方面的知识。全书文字表述通俗易懂,图文并茂,操作与维修方法具体实用,是一本不可多得的实用型的汽车空调维修图书。

本书在编写过程中,得到了许多朋友的热心支持与帮助,特别是王久生、方贵银、李辉、李良洪、邵恩坡、李明、陈孟湘、吴宝志、金永康、高润生等提供了许多相关资料,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有些错误和不完善之处,恳请读者和专家批评指正。

编 者

目 录

第1章 汽车空调的基础知识	1
1.1 概述	1
1.1.1 汽车空调的发展	1
1.1.2 汽车空调的特点	1
1.2 汽车空调的常用术语	2
1.2.1 温度	2
1.2.2 热量与比热	3
1.2.3 比容与密度	3
1.2.4 显热与潜热	3
1.2.5 压力	4
1.2.6 湿度与露点温度	4
1.2.7 湿球温度	4
1.2.8 汽化与冷凝	5
1.2.9 内能	6
1.2.10 焓	6
1.2.11 熵	6
1.3 制冷剂压焓图	6
1.4 汽车空调制冷循环及其热力计算	7
1.4.1 基本循环	7
1.4.2 阀前液体制冷剂过冷的循环	8
1.4.3 蒸气过热及回热循环	8
1.5 制冷剂	9
1.5.1 对制冷剂的基本要求	9
1.5.2 氟利昂 R12 制冷剂的特性	10



1.5.3 使用制冷剂的注意事项	11
1.6 冷冻机油	11
1.7 汽车空调的制冷原理	13
第2章 汽车空调的结构	15
2.1 压缩机	15
2.1.1 概述	15
2.1.2 曲柄连杆往复式压缩机	18
2.1.3 斜板式压缩机	20
2.1.4 摇板式压缩机	21
2.1.5 辐射式压缩机	22
2.1.6 旋叶式压缩机	23
2.1.7 滚动活塞式压缩机	24
2.1.8 涡旋式压缩机	26
2.1.9 螺杆式压缩机	28
2.1.10 三角转子式压缩机	29
2.1.11 变容量压缩机	31
2.2 冷凝器	36
2.2.1 冷凝器的结构	36
2.2.2 冷凝器的布置	38
2.3 蒸发器	39
2.4 节流机构	41
2.4.1 热力膨胀阀	41
2.4.2 H形膨胀阀	44
2.4.3 组合阀	44
2.4.4 孔管(节流管)	46
2.5 其他辅助设备	46
2.5.1 贮液干燥器	46
2.5.2 气液分离器	49
2.5.3 维修阀	49
2.5.4 耐氟橡胶管	51
第3章 汽车空调的电气控制	53
3.1 汽车空调常用电气控制元件	53



3.1.1 电磁离合器	53
3.1.2 电磁阀	54
3.1.3 恒温器	54
3.1.4 压力开关	57
3.1.5 过热开关及热力熔断器	59
3.1.6 环境温度开关	60
3.2 怠速控制	60
3.2.1 怠速继电器	61
3.2.2 怠速提高装置	62
3.3 汽车空调电路	64
3.3.1 单风口冷风机电路	64
3.3.2 有怠速控制电路	65
3.3.3 常用汽车空调电路	66
3.4 手动调节汽车空调控制系统	67
3.4.1 空调控制板	67
3.4.2 真空系统执行元件	68
3.4.3 真空控制系统	70
3.5 半自动汽车空调控制系统	71
3.5.1 空调控制板	71
3.5.2 真空控制系统	72
3.5.3 电控气动汽车空调控制电路	74
3.6 全自动汽车空调控制系统	75
3.6.1 全自动空调控制系统工作原理	75
3.6.2 全自动空调控制系统工作过程	76
3.7 微机控制的汽车空调系统	77
第 4 章 汽车空调系统的布置	82
4.1 空调器的选配	82
4.1.1 空调器的制冷热负荷及其计算	82
4.1.2 减少空调器热负荷的技术措施	84
4.1.3 空调器的选择	85
4.2 压缩机的功率消耗与制冷量	86
4.3 空调系统的布置	87
4.3.1 轿车空调系统的布置	87



4.3.2 货车空调系统的布置	89
4.3.3 特种汽车空调系统的布置	90
4.3.4 轻型客车空调系统的布置	92
4.3.5 大中型客车空调系统的布置	94
4.4 汽车空调系统的安装	101
4.4.1 轿车空调系统的安装	101
4.4.2 大中型客车空调系统的安装	102
第5章 新型制冷剂 R134a 空调系统	105
5.1 新型制冷剂 R134a	105
5.1.1 R12 制冷剂禁用原因	105
5.1.2 新型制冷剂 R134a 的选定	105
5.1.3 R134a 的性质和性能	106
5.2 R134a 与 R12 空调系统的差别	109
5.3 旧车制冷剂替代的改进	115
第6章 汽车暖气	116
6.1 概述	116
6.2 余热式暖气装置	116
6.2.1 水暖式	116
6.2.2 气暖式	119
6.3 独立燃烧式暖气装置	121
第7章 汽车空调系统的维修技术	122
7.1 汽车空调系统的检修工具及设备	122
7.2 汽车空调系统的维修操作技能	127
7.2.1 气密封性试验	127
7.2.2 抽真空	128
7.2.3 充注制冷剂	129
7.2.4 添加冷冻机油	131
7.2.5 排空	134
7.2.6 向制冷系统补充制冷剂	135
7.2.7 在制冷系统高压侧管路贮存制冷剂	135
7.2.8 修理后的简易试验	137
7.3 汽车空调系统的维护	139



7.3.1 汽车空调系统的日常检查与维护	139
7.3.2 汽车空调系统的定期检查和维护	140
7.4 汽车空调系统的故障分析及修理	144
7.4.1 汽车空调系统正常运行的标志	144
7.4.2 小型汽车空调系统的故障分析与排除	145
7.4.3 大客车独立式空调系统的故障分析与修理	148
第 8 章 国产轿车空调系统的检修	154
8.1 桑塔纳轿车空调系统的检修	154
8.1.1 空调系统的结构特点	154
8.1.2 空调系统的使用	155
8.1.3 空调系统主要部件的安装	157
8.1.4 空调系统的维护	158
8.1.5 常见故障与检修	162
8.2 捷达轿车空调系统的检修	166
8.2.1 空调系统的维护	166
8.2.2 暖风和空调装置的维修	166
8.2.3 新鲜空气装置、暖风装置及空调装置的综合检测	170
8.3 雅阁轿车空调系统的检修	173
8.3.1 空调系统维修的注意事项	173
8.3.2 电路	175
8.3.3 空调系统的故障分析	176
8.3.4 空调系统的性能检测	179
8.3.5 空调系统各部件的检修	182
参考文献	190

第 1 章 汽车空调的基础知识

1.1 概 述

1.1.1 汽车空调的发展

汽车空调是指对汽车车厢内的空气质量进行调节,不管车外的天气情况如何,都能把车内空气的温度、湿度、流速与清洁度保持在满足舒适要求的一定范围内。

现在,汽车空调不再是一种奢侈品,而是一种必需的装备。汽车空调不仅能产生舒适的车内环境,而且能给驾乘人员带来安全与健康方面的许多好处,如使驾驶员头脑清醒,提高安全驾驶操作技术,减少交通事故,防尘降温,使驾驶员坚持较长的驾驶路程,从而创造较高的运输经济效益。

汽车空调是在汽车问世后约半个世纪左右,于 1940 年美国的 PacKards 汽车上应用了制冷装置,其后到 20 世纪 50 年代,在美国生产的 Nash 牌轿车上安装了冷暖兼容的整体式空调。到 20 世纪 60 年代,空调装置才开始在汽车上普及。到 20 世纪 80 年代末,全世界车用空调年产量已超过 3 500 万套,发达国家的汽车空调的普及率达到 80%~90%。据预测,目前全世界汽车空调市场的年需求量已达到 8 000 余万套。

我国车用空调虽然起步较晚,但发展速度很快。1992 年,我国空调汽车的产量只有 16 万辆,总保有量为 76 万辆。到 2007 年,我国空调汽车的年产量已达 600 万辆,总保有量约 2 000 万辆,10 多年时间内增加了近 30 倍。可以预料,随着我国汽车工业产业政策的实施,汽车工业必将得到飞速发展,我国的汽车空调也一定更加普及。

1.1.2 汽车空调的特点

汽车空调与一般建筑物的冷气设备虽然从制冷原理上来说没什么两样。但是,由于汽车是“移动的房间”,因而存在以下一些特点:

(1) 要求制冷量大,降温迅速。由于车厢内乘员密度大,人体散发热量多,汽车空调的热负荷大;太阳入射热量大,而车厢隔热困难,暴露在太阳下的表面积与



车厢内容积之比以及门窗面积与车厢表面积之比,汽车的要比建筑物的大得多,而且难以采取较好的隔热措施。

(2) 不便于用电力作为动力源,必须用汽车发动机或者辅助发动机来带动压缩机,因而在动力源的处理上比房间空调困难得多。

(3) 空调系统中制冷剂流量变化幅度大,但要求汽车在任何行驶速度时都要确保车内降温舒适,因此设计相当困难。

(4) 车厢内有座椅和操纵装置等许多凸凹部位,所以要使整个车内的风速分布均匀一致相当困难。

(5) 制冷剂容易泄漏。由于汽车经常在不平的道路上快速行驶,振动严重,连接处容易松动,冷凝器易受飞石撞击或泥浆腐蚀,从而容易发生制冷剂渗漏现象。

(6) 由于汽车结构紧凑,制冷装置安装位置的局限性很大,各种车型必须有专门的车厢内冷气设备,蒸发器总成的通用化很困难。

(7) 汽车空调工作时对汽车的主要性能如燃油使用经济性、动力性等有影响。

1.2 汽车空调的常用术语

1.2.1 温度

一种物体触摸时比较热,那是因为它比人体温度高;如果它的温度比人体低,触摸时会有冷感。单凭人的主观感觉是不能准确地判断物体的冷热程度。温度能科学地度量物体的冷热程度。温度是用来衡量物体冷热程度的物理量。温度的标定方法有许多种,其中常见的有3种。

1. 摄氏温标

摄氏温标是把标准大气压下冰的熔点设为 0°C ,把水的沸腾温度设为 100°C ,在两者之间分为100等分,每等分称为 1°C 。摄氏温标用符号 $^{\circ}\text{C}$ 来表示。

2. 华氏温标

华氏温标是把标准大气压下冰的熔点定为 32°F ,水的沸腾温度定为 212°F ,在两者之间划分为180等分,每等分就为 1°F 。华氏温度用 $^{\circ}\text{F}$ 表示。

3. 绝对温标

绝对温标也称热力学温标或开氏温标,单位为K。绝对温度的零度为 -273°C ,绝对温标的分度间隔与摄氏温标相同,即摄氏温差 1°C 就是绝对温差1K。绝对零度(0K)是低温的极限,能无限接近,但不可能达到。

3种温标之间的关系式为

$$\text{摄氏温度}(^{\circ}\text{C}) = \frac{5}{9} \times [\text{华氏温度}(^{\circ}\text{F}) - 32]$$



$$\text{华氏温度}(^{\circ}\text{F}) = \frac{9}{5} \times \text{摄氏温度}(^{\circ}\text{C}) + 32$$

$$\text{绝对温度} = \text{摄氏温度}(^{\circ}\text{C}) + 273$$

1.2.2 热量与比热

1. 热量

物体的温度发生变化就意味着物体存在着热的出与入,而且温度变化的大小是与物体热的出入量大小成比例的,这种热的量就是热量。热量的单位是焦耳(J)。

温度不同的物体接触时,热量就会从温度较高的物体传到温度较低的物体,或者从同一物体内温度较高的部分传到温度较低的部分,直到温度一致为止。热的传递有3种形式:传导、对流和辐射。

(1) 传导。在物体两点之间有温差时,温度将通过物体内部从高温点向低温点移动,这种现象就是热的传导。一般地说,金属都是热的良导体,而一些非金属的导热能力极差,称为绝热材料。

(2) 对流。气体和液体是依靠它自身的流动使能量转移,这种热的传递方式称为热的对流。

(3) 辐射。辐射是指发热物体直接向其周围的空间散发热量,通过辐射波将能量传递给其他物体的方式。辐射是热量由热源表面以光的形式连续发射,可以不依靠其他物质的传递。

2. 比热

单位质量物质的温度升高 1°C 所需要的热量称为比热。比热的单位是 $\text{J}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ 。

1.2.3 比容与密度

单位质量物质所占有的容积称为比容,用符号 ν 表示,比容的单位为 m^3/kg 。单位容积物质所具有的质量称为密度,用符号 ρ 表示,密度的单位为 kg/m^3 。可见,比容与密度互为倒数,即

$$\nu = \frac{1}{\rho} \text{ 或 } \rho = \frac{1}{\nu}$$

1.2.4 显热与潜热

显热是指物质在吸热或放热过程中只发生温度升高或降低,而物质的状态不发生变化的热量。

潜热则是当单位质量的物质在吸热或放热过程中,在只是发生了状态变化(如液态变为气态)而温度不发生变化时所吸收或放出的热量。由液态变为气态的潜热又称蒸发潜热,汽车空调的制冷循环中主要是利用制冷剂的蒸发潜热而实现制冷的。



1.2.5 压力

作用于单位面积上的力称为压力。在国际单位制中,压力的单位为 Pa(帕斯卡),在工程上也采用工程大气压,单位为 kgf/cm^2 。 $1 \text{ kgf}/\text{cm}^2 = 9.81 \times 10^4 \text{ Pa} = 0.1 \text{ MPa}$ 。

在地球的表面包围着一层几百千米厚的空气层,我们称之为大气层,大气对地球表面物体造成的压力称为大气压力,简称大气压。

在实际工作中,我们用压力表所测到的空调系统的压力为相对压力,其真实压力(即绝对压力)应加上一个大气压力。当空调系统制冷剂的压力高于大气压力时,其值称为表压力;当制冷剂的压力低于大气压力时,则称为真空。绝对压力、大气压力、表压力、真空的相互关系如图 1-1 所示。

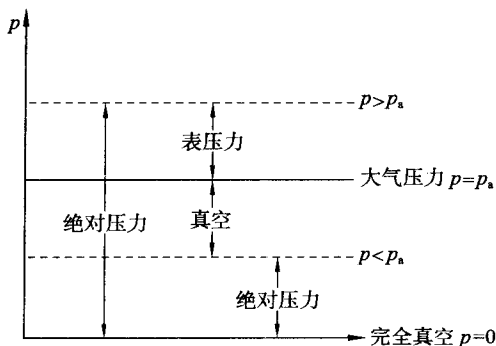


图 1-1 绝对压力、大气压力、表压力、真空的相互关系

1.2.6 湿度与露点温度

1. 湿度

空气的湿度是指空气所含水蒸气量的多少。一定体积和温度的空气中含有水蒸气越多,空气越潮湿;相反,含有的水蒸气越少,空气就越干燥。空气湿度的表达方法有绝对湿度、含湿量以及相对湿度。

2. 露点温度

在空气含水蒸气量不变的情况下,将未饱和的空气冷却,当它的温度下降到相对湿度为 100% 时,空气中的水蒸气变为饱和状态,再进一步冷却,空气中的水蒸气便冷凝出来(即结露)。我们把使空气开始结露的临界温度称为露点温度。

1.2.7 湿球温度

空调技术中,经常使用干、湿球温度来测量空气的温、湿度。干湿球温度计是由两支完全相同的水银温度计组成,其中一支水银球上包扎着湿润的纱布,称为湿球温度计。此温度计上所测得的读数称为湿球温度;另一支未包扎纱布的为干球温度计,其读数为干球温度(即我们通常所说的温度)。两支温度计的数值相差



愈大,空气就会愈干燥;相差越少,空气就愈潮湿,如图 1-2 所示。

1.2.8 汽化与冷凝

1. 汽化

对液体加热,使其从液态变为气态的过程称为汽化。汽化有两种方式:蒸发与沸腾。

(1) 蒸发。蒸发是指在任何温度下液体表面上所发生的汽化现象。衣服晾干的过程就是典型的蒸发过程。蒸发过程的快慢与蒸发的条件有很大的关系。液体温度愈高,蒸发愈快;液体蒸发面积愈大或者液面气体流速愈大,蒸发愈快;液体表面的气体分压力与周围气体分压力差愈大,蒸发也愈快。

蒸发过程是一种吸热过程。

(2) 沸腾。将液体加热到某一温度时,例如将水在常压下加热到 100°C ,其内部会产生许多气泡,这些气泡不断地到达液体表面后便破裂,放出蒸气,这种在液体内部以气泡形式出现的汽化现象叫做沸腾。

蒸发和沸腾同属于汽化现象。但在一定的压力下,蒸发可以在任何温度下进行,而沸腾只能在到达与液体表面压力相对应的一定温度时才能进行。液体沸腾时的温度称为沸点,又称该压力下的饱和温度,该压力称为饱和压力。汽车空调技术中常称的冷凝温度就是冷凝压力下的饱和温度,而蒸发温度就是蒸发压力下的饱和温度。

在汽车制冷技术中,主要是利用制冷剂在蒸发器内的较低蒸发压力下,不断吸收车厢内空气的热量进行汽化的过程来制冷的。这种过程通常是在蒸发器内以沸腾的方式进行,但习惯上称它为蒸发过程。

2. 冷凝、过冷度

蒸气受到冷却时放出热量,并由气体变为液体的过程称为冷凝。蒸气冷凝包括冷却和凝结两个过程。首先是将过热蒸气在定压下冷却为饱和蒸气,然后由饱和蒸气凝结为饱和液体。凝结时的温度就是该压力下的饱和温度(即冷凝温度)。如果将冷凝后的液体再度冷却,使其温度低于饱和温度,这称为过冷,两者的温度差称为过冷度。汽车空调技术中通常采用过冷的方式增加单位质量制冷剂的制冷量。

气体冷凝时放出热量。单位质量(1 kg)的饱和蒸气凝结时放出的热量等于同温度下的汽化热。

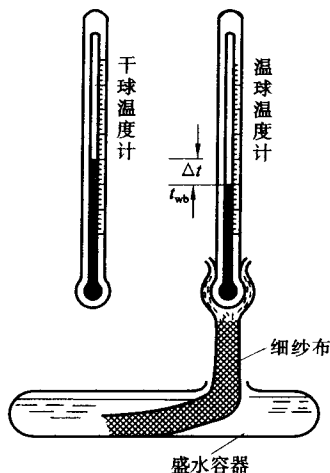


图 1-2 干湿球温度



1.2.9 内能

制冷剂内部分子的动能与位能的总和叫做内能,常用符号 u 表示,单位为 kJ/kg 。通常只计算热力学能的相对变化,并定义 0°C 状态时气体的内能为零。

1.2.10 焓

在空调制冷技术中,许多热工设备如蒸发器、冷凝器等都是在制冷剂不断流进流出的同时发生能量的转移或交换。制冷剂流动过程中表现出具有一定的推动功。所谓焓,就等于单位质量制冷剂具有的内能及推动功之和,用 h 表示,单位为 kJ/kg 。所以焓可以用下式表示

$$h = u + A p v (\text{kJ/kg})$$

式中: u 为内能 (kJ/kg); p 为压力 (N/m^2); v 为比容 (m^3/kg); A 为热功当量。

由此可见,焓是由 3 个状态参数 u 、 p 和 v 组合而成的,也是一个状态参数。在空调制冷的热力计算中,焓具有极其广泛的用途。

1.2.11 熵

熵是表征制冷剂温度状态变化时其热量传递的程度,用 s 表示,单位是 $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$,其中 K 是绝对温度。

1.3 制冷剂压焓图

压焓图是表示制冷循环中制冷系统的制冷剂状态变化的曲线。如图 1-3 所示。图中横坐标表示焓值,纵坐标表示绝对压力。为了使图形清晰、紧凑,纵坐标常以对数标尺 $\text{Lg} p$ 表示,因此制冷剂压焓图又称为 $\text{Lg} p-h$ 图。

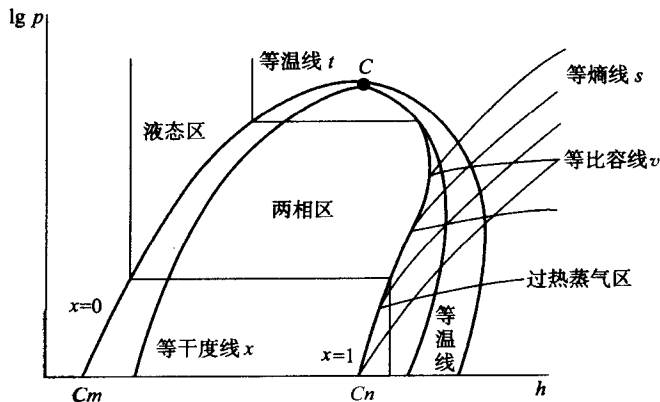


图 1-3 制冷剂压焓图

在图 1-3 中, C 点为临界点, C_m 为饱和液体线, 其干度 $x=0$; C_n 为干蒸气



线,其干度 $x=1$ 。饱和液体线与干蒸气线之间为湿蒸气区,其中绘出 x 值,即等于度线。 Cm 线左面是液态区,即未饱和液体区或称过冷液体区。 Cn 线右边为过热蒸气区。图中绘出了等比容线、等温线、等熵线。其中等温线在液态区是一条几乎与纵坐标平行的直线,在湿蒸气区则为水平线(因等压汽化过程中温度不变),而在过热蒸气区则为急剧向下弯曲的曲线。

制冷剂的一些热力过程如等压、等容、等温、等熵过程,在压焓图中可直接表示。由于制冷循环中几个热力过程在压焓图上图形简单,而且能方便地查出热力过程中焓值的变化,故 $Lg p-h$ 图在制冷工程计算中得到了广泛应用。在湿蒸气区,若已知干度 x ,则只要知道其他任意一个参数即可确定制冷剂的状态。

在汽车空调中,若要求比较精确的数据,也可以查取制冷剂热力性质表。它分两种:一种是饱和热力性质表,可以查取饱和液体和饱和蒸气的热力性质;另一种是过热蒸气表,可根据温度和压力来查取制冷剂过热蒸气的比容、焓和熵。

1.4 汽车空调制冷循环及其热力计算

汽车空调中,不论是用一只压缩机工作,还是用两只压缩机并联工作,都属于单级压缩式制冷系统。

为了分析方便,先介绍其基本循环,然后介绍具有过冷和过热的理论循环。所谓理论循环就是假定几条理想化的条件,它们是:① 压缩是绝热等熵过程;② 在节流阀内是绝热等焓膨胀;③ 在冷凝时保持冷凝压力 p_k 不变,蒸发时保持蒸发压力 p_0 不变;④ 忽略制冷剂流动阻力。

1.4.1 基本循环

如果在冷凝器出口时制冷剂的 $x=0$,在蒸发器出口时制冷剂的 $x=1$,那么这种循环称为基本循环。它在 $Lg p-h$ 图上(图 1-4)的表示为 1-2-3-4-5-1。

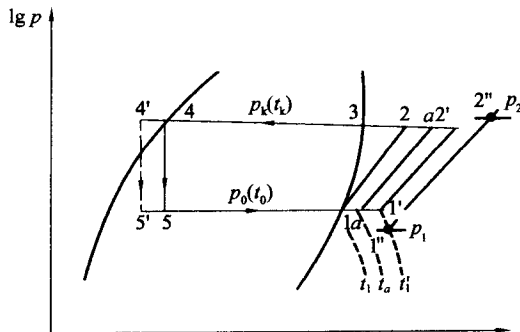


图 1-4 汽车空调系统的制冷循环



(1) 等熵压缩。图中 1-2 是等熵压缩过程。制冷剂流经压缩机时,消耗外力功而使气体升压升温,如果忽略对外散热,不计摩擦功,可以近似看作绝热压缩,其压缩功 A_0 等于制冷剂进出压缩机时的焓差,即 $A_0 = h_2 - h_1$ 。

(2) 等压冷凝。图中 2-3-4 是在冷凝器里等压冷凝放热过程。制冷剂由过热状态 2,在冷凝器里先冷却成干饱和状态 3,然后再凝结为饱和液体 4。每千克制冷剂在冷凝器中放出的热量,称为单位冷凝热量,符号为 q_k , q_k 等于冷凝器进出口处制冷剂的焓差,所以 $q_k = h_2 - h_4$ 。

(3) 绝热节流。图中 4-5 是制冷剂流经节流阀门时的节流过程。绝热节流前后焓值相等,所以 $h_4 = h_5$ 。

应当指出,节流后的状态 5 属于湿蒸气状态。实际上,如果节流后的压力低于液体温度所对应的饱和压力,会出现闪发性蒸发吸热,而热量只能来自尚未蒸发的剩余的液体本身,因而会造成液体温度大幅度下降。

(4) 等压蒸发。图中 5-1 是制冷剂在蒸发器内定压汽化吸热过程。每千克制冷剂在蒸发器中的吸热量,称为单位制冷量 q_0 。 q_0 值可以用蒸发器前后制冷剂的焓差表示,即 $q_0 = h_1 - h_4$ 。

整个循环过程中, $q_k = h_2 - h_4 = (h_2 - h_1) + (h_1 - h_4) = A_0 + q_0$ 。由此可见,制冷剂在冷凝器中的放热量等于蒸发器的吸热量加上绝热压缩功。

(5) 制冷系数 ϵ_0 。整个制冷循环消耗压缩功 A_0 ,而达到从冷端吸取热量 q_0 的目的。二者之比称为制冷系数 ϵ_0 。

$$\epsilon_0 = q_0 / A_0 = (h_1 - h_4) / (h_2 - h_1)$$

1.4.2 阀前液体制冷剂过冷的循环

节流阀前制冷剂的温度通常希望低于饱和液体,处于过冷状态(图 1-4 中 4')。这种过冷循环如图 1-4 中 1-2-3-4'-4'-5'-1 所示。它同基本循环比较:

(1) 增加了每千克制冷剂的制冷量 q_{0U} 。

$$q_{0U} = h_1 - h_{5'} = h_1 - h_{4'} = h_1 - h_4 + h_1 - h_{4'} - q_0 + c_R \Delta t_u$$

式中: c_R 为液体制冷剂比热, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$; Δt_u 为过冷度, $\Delta t_u = t_k - t_{4'}$ 。

(2) 循环压缩功没有变化,所以提高了制冷系数。

$$\epsilon_{0u} = (h_1 - h_{5'}) / (h_2 - h_1) = (q_0 + c_R \Delta t_u) / (h_2 - h_1) = \epsilon_0 + c_R \Delta t_u / A_0$$

(3) 保证节流阀有效而安全地工作。因为节流阀的阀孔很小,如果阀前制冷剂液体不处于过冷状态,而万一处于 $x \neq 0$ 的状态时,液体就会含气泡,它会大大降低阀孔的流量特性,造成蒸发器制冷效率下降。所以节流阀前必须保证制冷剂的干度 $x=0$ 。

1.4.3 蒸气过热及回热循环

压缩机进口时的制冷剂一般是过热蒸气,这是因为: