

文章编号: 1671-6612 (2020) 04-458-05

# 汽车空调压缩机常见故障分析与排除

朱亮亮 吕秋硕 段少勇

(杨凌职业技术学院 杨凌 712100)

**【摘要】** 压缩机是汽车空调制冷系统的核心部件, 其故障分析及排除, 一直是汽车故障维修中的重点和难点。通过压缩机分类及工作原理的介绍, 结合看、听、摸等直观探测方式, 进行故障原因分析, 提出故障排除措施, 并对压缩机的正确安装与维护进行了定性分析, 以此保证压缩机的正确使用, 实现制冷系统高效、安全的运行。

**【关键词】** 汽车空调; 压缩机; 检测; 分析; 故障排除

中图分类号 U463.85+1 文献标识码 A

## Common Fault Analysis and Troubleshooting of Automotive Air Conditioning Compressor

Zhu Liangliang Lv Qiushuo Duan Shaoyong

(Yangling Vocational and Technical College, Yangling, 712100)

**【Abstract】** Compressor is the core component of the automotive air conditioning refrigeration system, its failure analysis and troubleshooting has been the key and difficult point in the automobile repair. Through the introduction of classification and working principle of compressor, combined with visual detection such as watching, listening and touching, the fault causes are analyzed and the troubleshooting measures are put forward, and the correct installation and maintenance of compressor is analyzed qualitatively, in order to ensure the correct use of compressor, achieve efficient and safe operation of the refrigeration system.

**【Keywords】** Automotive air conditioning; Compressor; Detection; Analysis; Troubleshooting

作者(通讯作者)简介: 朱亮亮(1982.1-), 男, 工学硕士, 副教授, E-mail: zll20013406@126.com

收稿日期: 2019-11-02

## 0 引言

汽车空调制冷系统是由压缩机、冷凝器、蒸发器、膨胀阀、冷却风扇、鼓风机、储液干燥器(油液分离器)和高压管路附件等组成。发动机提供动力并通过电磁离合器来控制压缩机的运转, 压缩机是汽车空调制冷系统关键核心部件之一, 被视为汽车空调制冷系统的“心脏”, 在制冷系统中的作用无可替代<sup>[1]</sup>。

汽车运行的颠簸振动, 要求压缩机有良好的抗震性能; 复杂多变的外界环境要求压缩机能够经受各类恶劣运行条件的考验, 这些都对压缩机运行的可靠性和耐久性提出了较高要求<sup>[2]</sup>。

近年来随着汽车生产和销售的快速增长, 汽车空调给人们提供了舒适的驾乘环境, 其重要性得到制造厂家和消费者认可。汽车空调的舒适性、可靠性及安全性的要求, 已成为消费者是否购车的重要选择依据。国际社会对石油危机和全球变暖等问题的日益关注, 制冷剂的环保要求、新能源汽车空调驱动源改变等诸多问题的出现, 使汽车空调压缩机行业正面临着重大的机遇和挑战<sup>[3]</sup>。

## 1 汽车空调压缩机作用及特殊要求<sup>[4]</sup>

### 1.1 制冷压缩机作用

#### (1) 抽吸作用

利用压缩机的抽吸作用,把蒸发器内低温低压的气态制冷剂抽吸到压缩机气缸内,使蒸发器内压力更低,液态的制冷剂更容易转化为气态制冷剂,更有利用制冷剂的汽化,降低蒸发器的温度。

(2) 压缩作用

低温低压气态制冷剂被抽吸入气缸后,通过压缩机的压缩做功,排出高温高压的气态制冷剂。

(3) 循环作用

压缩机压缩做功排出的高温高压的气态制冷剂,被压入冷凝器后,通过冷凝器的散热片向外散发热量,由气态制冷剂转化为低温低压液态制冷剂,压缩机是制冷剂在整个制冷系统中循环的动力源。

1.2 对汽车空调压缩机的特殊要求

汽车空调压缩机必须具备以下特点:体积要小,重量要轻;易损零件少,经久耐用;噪音要小,工作稳定可靠;低速、怠速时具备较强的制冷能力,高速时要求低能耗;制造容易,价格低廉。

2 汽车空调压缩机分类及工作原理<sup>[4-6]</sup>

2.1 压缩机分类

汽车空调压缩机经历曲轴连杆式、轴向活塞式、旋转式三代的演化和进步,其分类及特点如表1所示。

表1 压缩机分类及特点

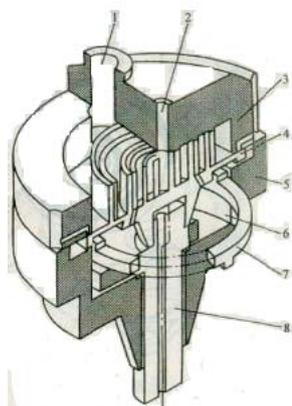
Table 1 Classification and characteristics of compressors

分类	特点	备注
曲轴连杆式	技术成熟、造价较低、对材料及加工工艺要求不高、适应范围广;无法实现较高转速、机器大而重、排气不连续波动大、振动较大。	属于第一代往复式压缩机,在早期得到广泛应用,活塞排列有直列式、V形、W形和S形,在当今一些大、中型客车上仍然使用。
轴向活塞式	容易实现小型化和轻量化、可以实现高转速工作,结构紧凑、效率高、性能可靠。	属于第二代往复式压缩机,常见的有摇板式和斜盘式压缩机两种,在当今汽车空调压缩机中应用比例较高。
旋转式	结构简单、零部件少、体积小、重量轻,运转平稳、噪音低、振动小,冲击小,效率高;加工及装配精度要求高。	属于第三代压缩机,常见的有旋转叶片式、滚动转子式、涡旋式、螺杆式四种,成为压缩机技术发展的主要方向之一。

近年来,第三代压缩机中的涡旋压缩机在汽车空调中逐步推广并得到广泛应用,本文主要介绍其工作原理,并以点带面对常用压缩机的常见故障、检修、安装、维护保养进行详细的说明。

2.2 涡旋式压缩机工作原理<sup>[4,6]</sup>

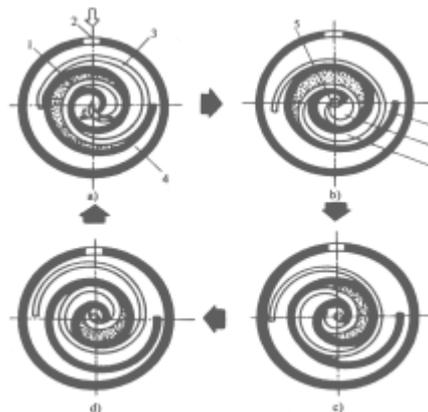
2.2.1 涡旋式压缩机结构



1—吸气口; 2—排气孔; 3—静涡盘; 4—动涡盘; 5—机座; 6—背压腔; 7—十字联接环; 8—曲轴

图1 涡旋式压缩机结构图

Fig.1 Structure chart of Vortex Compressor



1—压缩室; 2—进气口; 3—动盘; 4—静盘; 5—排气口; 6—吸气室; 7—排气室; 8—压缩室

图2 涡旋式压缩机工作原理图

Fig.2 Working principle chart of Vortex Compressor

涡旋式压缩机按照结构的不同,主要有动静式和双公转式两种类型,目前应用最多的是动静式涡旋压缩机。动静式涡旋压缩机主要由动(旋转)涡盘、静(固定)涡盘、防自转机构、主(曲)轴和支架等组成,如图1所示,动涡盘放置于静涡盘和支架之间,可以沿轴向移动,两个涡旋盘相错180°对置而成,动涡旋盘旋转过程中和静涡旋盘在横截面的几个点处接触,从而形成一系列密封的月牙形的容积,随着动涡旋盘的旋转,月牙形的容积发生变化,实现制冷剂的吸气、压缩和排气过程的连续进行。

### 2.2.2 涡旋式压缩机工作原理

涡旋式压缩机仅有进气、压缩、排气三个过程,如图2所示,进气口2在固定涡旋盘的外侧面,随着曲柄的顺时针转动,低压的制冷剂气体被吸入吸气室6,随着曲柄的旋转,形成封闭的月牙形压缩

室8,空间容积的缩小形成对制冷剂气体的持续压缩,最终高压制冷剂气体进入排气室7,并通过固定涡旋盘上的轴向排气口5排出。图(a)为吸气结束位置,图(b)涡旋外侧为吸气过程,中间为压缩过程,中心为排气过程,图(c)、图(d)连续而同时进行着吸气和压缩过程。在曲柄轴的每一转动中,依次完成着进气、压缩、排气过程,并不断重复上述过程。

因此,涡旋式压缩机依靠其结构紧凑、稳定可靠、高效节能、振动冲击小、噪音低等优点,在汽车空调等小型制冷领域得到较广泛应用,已经成为压缩机技术发展的主要方向之一。

## 3 压缩机常见故障分析与排除<sup>[7-11]</sup>

### 3.1 压缩机不通电、不能启动

表2 故障分析及故障排除

Table 2 Fault analysis and troubleshooting

序号	故障原因分析	故障排除措施
1	元件接触不良,温度过高保险丝熔断,继电器线圈脱焊断路。	紧固元件,保证接触牢固,并更换损坏元件。
2	电磁离合器无反应,不能正常结合与分离。	检查电磁离合器线圈、线路连接等。
3	低温保护开关设定温度过高,外部环境温度过低,压缩机不能启动。	检查并调低低温保护开关温度设定值,如果有损坏进行更换。
4	由于制冷剂泄漏,系统压力过低,在低压保护开关的作用下,压缩机不能启动。	检测泄漏点,检修后抽真空重新加注制冷剂;若制冷剂正常,检查低压保护开关是否损坏并更换。
5	蒸发器上安装的热敏电阻损坏,压缩机不能启动。	检测热敏电阻工作情况并更换。
6	电器元件连接可靠,制冷剂正常,判断压缩机润滑不良、缺油、轴承损坏。	检修压缩机、更换轴承、加注冷冻机油(润滑油)。

### 3.2 压缩机卡滞,不能转动

(1)故障分析:主要考虑为压缩机润滑系统故障导致,当传动皮带或离合器打滑时,除了离合器和传动带本身的故障外,压缩机卡滞是主要的考虑因素。

(2)故障排除:首先关闭空调A/C开关,重点检查系统有无制冷剂泄漏,若制冷系统不存在泄漏,判断系统堵塞,此时应放空或回收系统中的制冷剂,清洁空调系统管道和每个阀体上的污垢,清理完毕重新组装系统,抽真空后,重新加注冷冻机油和制冷剂。

### 3.3 压缩机泄露

(1)故障分析:压缩机泄漏主要是制冷剂泄漏和冷冻机油泄漏,两种情况在制冷系统中经常是伴随而生的,经常发生在压缩机与高低压管的结合处,并有明显的污迹,该污迹是由于冷冻机油泄漏吸附灰尘所致,冷冻机油的流失造成压缩机内部润滑不良,最终导致压缩机不能正常工作。

(2)故障排除:利用专用检漏设备排查泄漏点,维修完毕后加注少量制冷剂并检漏,确认无泄漏点后加注冷冻机油和适量制冷剂。

### 3.4 异响

#### 3.4.1 异响来源分析

汽车空调压缩机长时间高负荷运转,对电磁离

合器的性能和质量要求极高,其异响主要来源于两个方面。一方面是电磁离合器长期受到外界泥水的污染,内部转动轴承腐蚀损坏产生的异响;另一方面是长期的反复吸合造成接触部件的疲劳破坏而产生的异响。

### 3.4.2 电磁离合器分离时的噪声

按下汽车空调 A/C 开关后,有异响产生,断开开关后,异响仍然存在。

#### (1) 故障分析

检查发动机进、排气阀门有无粘附甚至烧结现象;检查各类转动部件轴承运转情况,如发电机、水泵的部位;检查传动带及带轮运转情况;检查电磁离合器、皮带、皮带轮、轴承等磨损程度及安装情况。

#### (2) 故障排除

查看皮带是否有污迹或磨损,检查更换;检查安装螺丝是否松动,并紧固螺丝;检查电磁离合器是否有问题,更换电磁离合器;若还能听到噪声,则需要更换压缩机离合器的皮带轮;空调怠速时产生噪声,则需要更换空调怠速皮带轮。

### 3.4.3 电磁离合器结合时的噪声

#### (1) 故障分析

制冷系统部件松动引起的噪声,可能来源于压缩机安装螺钉或零部件松动,传动带调整不当或磨损,空调连接管道松动,离合器打滑等。

#### (2) 故障排除

紧固各零部件连接螺栓,调整或更换空调传动带;对制冷系统连接管路、加紧装置进行紧固;检修后噪音依然存在判断压缩机故障,检修压缩机直至更换。

离合器摩擦间隙使用百分表来检验,使用垫片来调整,间隙标准值在 0.3~0.6mm 之间,压板和皮带轮的间隙过小时,由于摩擦干涉产生异响,间隙过大时,由于冲击振动会造成接触件疲劳失效;离合器的线圈温度过高时可能出现离合器烧结甚至卡死现象,离合器电磁线圈电流为零说明有断路,过大说明有短路,都要予以更换。

### 3.5 制冷不足

制冷系统正常压力区间为:高压 1.3MPa ~ 1.6MPa,低压 0.12MPa~0.22MPa。根据车型和工况等变化,其具体数值略有变化。引起制冷不足的原因很多,其故障分析及排除见表 3 所示。

表 3 制冷不足故障分析及故障排除

Table 3 Fault analysis and troubleshooting of refrigeration shortage

故障原因	故障现象	故障排除措施
制冷剂不足	出风不凉,歧管压力计测得高低侧压力都过低。	系统制冷剂泄漏或不足,检修并补充制冷剂。
制冷剂过多	出风不凉,歧管压力计测得高低侧压力都过高,视液窗看不到泡沫,停机 1 分钟后仍有涓涓气泡流动。	从低压侧加注口排出多余制冷剂,直至压力检测为正常值。
冷凝器冷却不良	冷凝器散热不畅,高低压侧压力过高。	检测高压开关是否损坏,检查风机皮带松紧度,并及时排故、更换。
系统中有空气	高压表指针异常抖动,并且高低压压力都过高,视液窗明显有气泡产生。	系统中有空气,抽真空、系统检漏、更换新的储液干燥器,加注新的制冷剂。
系统中有水分	出风口不凉,低压侧成真空,膨胀阀结霜,系统工作正常,不久又出现上述现象。	系统有水分,造成冰堵,更换储液干燥器,抽真空,重新加注冷冻机油和制冷剂。
系统中有脏物	出风口不凉,低压侧压力过低,膨胀阀前后管道有结霜情况,停机一会后再次开机,故障现象依然存在	判断为系统脏堵,对管道及膨胀阀进行清洗,效果不好的话更换新膨胀阀。
膨胀阀开度过大或有泄漏	高低压侧压力都很高,低压侧管路有大量结霜情况。判断结霜是由于过多制冷剂来不及在蒸发器内完全蒸发而形成的。	膨胀阀开度过大导致制冷过度。先检查感温包与蒸发器有无接触不良现象,其次检查感温包是否有泄漏问题,并维修直至更换。
压缩机损坏,内部有泄漏	高压侧压力低,低压侧压力高,并且温差不大,压缩机内有敲击声。	判断是压缩机阀片碎、轴承坏、密封垫坏,修理直至更换新的压缩机。
皮带过松或联轴	出风不凉,压缩机转速低,有噪音。	调整并紧固联轴节,张紧皮带或更换。

## 4 压缩机安装与维护

### 4.1 压缩机正确安装

(1) 压缩机安装在发动机壳体的前端, 通过传动带与发动机曲轴皮带轮相连并传递动力;

(2) 压缩机皮带轮与发动机曲轴皮带轮的旋转平面保证重合(即同一平面), 避免产生传动噪声、缩短使用寿命, 通常采用目视为准即可;

(3) 压缩机的进口与出口均朝上与管道相连, 最大偏转角不能超过 $45^{\circ}$ , 避免管路接头处松动、冷冻机油泄漏而造成润滑不良;

(4) 传动带张紧度调整, 使用约 $98\text{N}$ 的力按压时, 新带下降 $8\sim 10\text{mm}$ , 旧带下降 $11\sim 12\text{mm}$ 为合适。

### 4.2 压缩机日常维护与保养

(1) 汽车空调制冷系统要保证每两周启动一次, 至少工作 $5$ 分钟, 其目的主要有:

① 通过制冷剂循环, 带动冷冻机油润滑相关轴封密封件, 防止密封件干枯;

② 通过压缩机的运转, 避免各个旋转部件出现“冷焊”现象;

③ 压缩机长期不运转, 旋转部件配合表面易形成蚀点, 影响旋转件的精度和表面质量。

(2) 定期检查压缩机皮带的张紧力

① 汽车空调压缩机皮带张紧力的额定值是 $376\text{N}\pm 50\text{N}$ (约 $38\text{kg}\pm 5\text{kg}$ );

② 张紧力过大, 容易造成皮带及带轮轴承长时间大负荷运转而过早失效;

③ 张紧力过小, 容易造成皮带打滑, 压缩机转速下降, 制冷变差;

④ 常规简单检查为: 用手能够翻转皮带 $90^{\circ}$ , 判断张紧力基本正常。

(3) 定期检查压缩机的轴封处, 进出管接头处是否有油污, 以此判断压缩机有无泄漏, 按照规范操作加注冷冻机油, 保证制冷系统、压缩机各个旋转部件的润滑。

## 5 结束语

压缩机作为空调系统的核心部件, 由于长时间复杂工况下的运转, 故障发生在所难免, 针对性的故障分析及检测排故方案的提出势在必行; 另外汽车空调压缩机也离不开日常的保养, 从小问题抓起, 防患于未然, 只有加强定期维护和日常保养, 才能保证汽车空调系统的制冷效果, 延长制冷系统的使用寿命, 降低车辆使用成本, 并为司乘人员提供舒适的驾乘环境。

### 参考文献:

- [1] 刘汉森. 北汽 EV160 电动汽车空调压缩机电控原理及故障分析[J]. 汽车维修与保养, 2017, (8): 72-74.
- [2] 戴琳. 基于 PLC 的汽车空调压缩机耐久性试验装置控制系统设计[J]. 自动化技术与应用, 2017, 36(3): 52-54.
- [3] 高文华. 以科学发展观引导汽车空调压缩机行业的发展[J]. 制冷技术, 2008, 28(1): 42-45.
- [4] 杨贵田, 张华. 汽车空调[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2010.
- [5] 王满, 潘树林, 周盛杰. 摆动转子压缩机导轨处优化设计与泄漏分析[J]. 制冷与空调, 2017, 31(3): 229-234.
- [6] 黄晓鹏. 汽车空调涡旋式压缩机技术及其发展[J]. 价值工程, 2010, (8): 221.
- [7] 费俊. 论汽车空调压缩机常见故障及对策分析[J]. 科技展望, 2015, (2): 50.
- [8] 程兆峰. 汽车空调压缩机常见故障及解决措施[J]. 黑龙江科学, 2014, 5(7): 232.
- [9] 罗礼培. 汽车空调压缩机及控制系统常见故障检修[J]. 汽车维修, 2012, (12): 8-10.
- [10] 明红辉, 武永勤, 薛风. 浅谈汽车空调压缩机常见故障及排除方法[J]. 科技信息, 2013, (17): 304.
- [11] 杨春泽. 浅谈汽车空调压缩机常见故障及排除方法[J]. 科技展望, 2015, (11): 72.