

静态升压法在冷媒加注中的检漏分析

□ 徐飞云¹ □ 舒畅²

1. 上汽通用五菱汽车股份有限公司 广西柳州 545007

2. 武汉理工大学 机电工程学院 武汉 430070

摘要:基于真空静态升压检漏方法在制冷剂加注流程中的广泛应用,对汽车空调管路系统检漏保压过程中进行阶段性分析,找到针对这种真空体积小且不规则的细长管路的检漏规范,提出了检漏时间在真空平衡阶段内的不合理性,从而得出更确切的检漏标准,即将真空泄漏阶段作为系统检漏检测对象。

关键词:静态升压法 检漏 真空平衡 泄漏率

中图分类号:TB657

文献标识码:A

文章编号:1000-4998(2012)06-0056-04

静态升压法是真空系统抽真空停止后,通过观察真空室压力上升情况来判断真空系统密封性的一种最基本的检漏方法。基于简单易操作的特点,静态升压法在工业检漏中得以广泛使用。在汽车空调系统的冷媒加注行业,静态升压法作为空调管路系统检漏方法,以真空管路在保压阶段上升的最大真空度不超过设定值作为检漏的标准,常常出现实际不漏但设备检测出泄漏报警的情况。而国内对真空静态升压法的研究仅是用其观察真空系统是否泄漏,而未研究在实际工业生产中在较快的生产节拍下泄漏检查的标准制定。基于此种情况,利用静态升压法进行保压试验,对保压曲线进行阶段性分析,从而提出检漏时间的设定范围,以及更加严谨的检漏标准。通过针对某款微车的空调系统进行保压试验,对最大允许泄漏率的计算与验证,提出完整的检漏参数设定方法。

1 静态升压法分析

1.1 静态升压法曲线特性

在真空系统中,漏孔或漏隙用肉眼一般是看不出来的,通常采用静态升压法判断是否泄漏。即把系统抽到一定压强后,关闭阀门,将被检部分与泵隔开,由于漏气和表面放气,被检部分的压强将随时间而上升,用电离真空计或复合真空计和秒表,测出压强 p 与时间 t 关系曲线,通过曲线形状,可以判断系统是否漏气,如图 1 所示。

1) 直线 A 平行于 t 轴,说明压强是恒量,它不随时间而变化,表明系统既无放气也无漏气。

2) 曲线 B 开始上升较快而后渐渐变成平行于 t 轴的直线。这说明系统只有放气而无漏气,气压较低时放气速率较大,达到某一气压值时,材料的放气速率和吸气速率相等,达到平衡,曲线即趋于水平直线。

3) 直线 C 是一斜率为 $\Delta p/\Delta t$ 的直线,说明系统

只有漏气,系统的泄漏率为:

$$q = V \frac{\Delta p}{\Delta t} \quad (1)$$

式中: V 为被检容器的体积, m^3 ; Δp 为压强变化差值, Pa 。

4) 曲线 D 开始上升较快,而后渐渐减慢,最后变成直线,这说明系统既有放气也有漏气,曲线 D 是 B 和 C 的叠加。

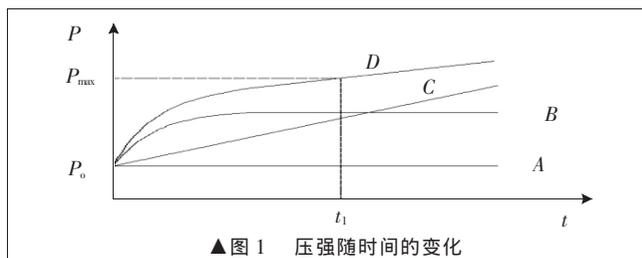
1.2 保压曲线分析

真空系统的泄漏分为实漏与虚漏。其中虚漏包括材料表面的出气、气体通过容器壁向系统内的渗透以及各种材料的蒸汽。相对于虚漏而言,系统的漏气称为实漏。实漏是指大气通过真空系统中的各个密封连接处和焊缝,通过各种漏隙通道泄漏进入真空室的漏气流量。因此真空系统或者真空容器的漏气是绝对的,不漏是相对的,所以真空检漏中对“漏”的定义是建立在最大允许泄漏率的概念之内。因此对于实际真空设备的静态保压曲线,通常符合 D 曲线特性,即放气与漏气同时存在。

对于汽车空调管路的泄漏检查,因为受到生产节拍的限制,系统抽真空后的保压检查时间一般很短。对空调系统检漏的唯一标准是在指定的时间段内,系统的真空度始终不超过设定的最大真空度。

2 空调系统的保压阶段性分析

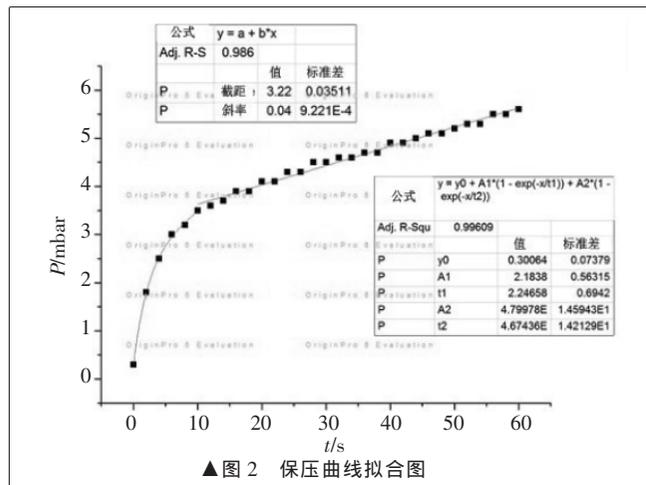
针对某车型的空调系统进行 60 s 的保压试验,将



▲图 1 压强随时间的变化

收稿日期:2012年3月

试验数据进行曲线拟合,结合静态升压理论,分析保压曲线的特性。利用 origin 软件对曲线进行分段拟合,如图 2 所示。保压曲线分为快速非线性增长和均匀线性增长两种不同趋势,即提出汽车空调管路的检漏保压过程可以分为两个阶段进行分析:真空平衡阶段和真空检漏阶段。



▲图 2 保压曲线拟合图

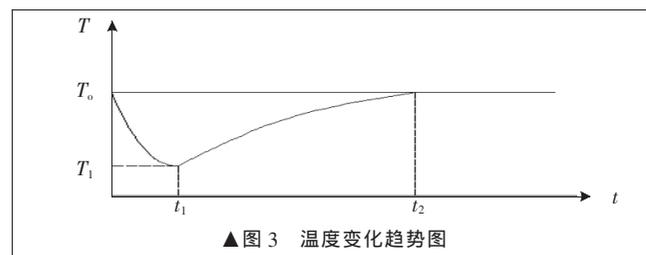
2.1 检漏过程阶段性分析

2.1.1 扩散平衡

汽车空调管路系统作为一个循环管路系统,尤其是商务车的双蒸系统,管路长达 5 m,且属于不规则的细长管路。这种管路在有限的抽真空时间内,并不能达到内部真空度的一致性,即空调管路的远端压力与真空压力传感器之间存在压差。在空调管路和真空泵相隔离后,管路内高压端的气体自动向低压端扩散,造成了真空管路内部整体真空度的快速上升,即扩散平衡过程。

2.1.2 温度平衡

根据抽真空温度变化趋势图(见图 3)可知,在抽真空过程中,真空室内的温度相对室温会有短时间的下降过程,然后经过一定的时间再慢慢回复室温。对于汽车空调管路在抽真空过程中,摩尔体积在增大的情况下随着管内压强的不断降低,会造成管内的温度短时间下降,因此在保压阶段需要考虑温度的恢复时间。另外内外的温差对静态升压法检漏的影响不容忽视,温差越大,泄漏率越大,因此在短期内受温差影响,空调管路的压力有个快速上升的阶段。



▲图 3 温度变化趋势图

2.1.3 放气平衡

材料解析放气所带来的泄漏率,称为伪泄漏率。系统的实际泄漏率应该是检漏出的总泄漏率与伪泄漏率之差。当真空系统停止抽真空而开始静态保压时,使材料的放气速率的降低速度放缓,并随保压时间的延长逐渐遇到拐点,回复放气速率。另外,材料的解析等方面带来的放气速率因受系统温度影响,同样表现出先降低后增高的趋势。直至保压一定时间后,放气速率与吸气速率相等,系统的伪漏率保持稳定状态。在这段过程,受放气平衡的影响,亦会造成空调管路压力的升高。

由以上分析可知,在保压检漏的真空平衡阶段中,空调管路的真空度快速上升,是由于系统受到自身结构、温度、材料属性等不定性的物理因素的影响,是一种不可避免的压力自恢复的平衡过程。经过扩散平衡、温度平衡以及放气平衡之后,管路系统的真空度开始进入平缓的增加过程。在这个过程中,由于空调系统自身存在多处 O 形密封圈和焊缝,可能存在的潜在漏孔才是排除伪漏率等多方面因素的影响后泄漏检查的确切对象,因此将此阶段成为真空检漏阶段。

2.2 检测对象及标准

泄漏率和升压率是用于检测真空设备密封性的两个重要参数。泄漏率是在规定条件下处于高压(或高浓度)下的气体在单位时间内通过漏孔流向低压(或低浓度端)的气体量,分为动态泄漏率和静态泄漏率。升压率是通过被抽容器与真空泵隔离后测定随时间的增加而升高的压力值来确定的,是一个静态的概念。实际测量过程中,往往用升压率来检测,并把升压率与被测容积相乘作为泄漏率。

对于动态真空系统来说,只要真空系统的平衡压力能够达到所要求的真空度,这时即使存在漏孔,也可以认为真空设备是不漏的。该情况下系统的泄漏率称为最大允许泄漏率。动态真空系统的最大允许泄漏率 q_{Lmax} 应满足:

$$q_{Lmax} \leq \frac{1}{10} P_w S \quad (2)$$

式中: P_w 为系统工作压力, Pa; S 为系统的有效抽速, L/s。

对于静态系统来说,则要求在一定的时间间隔内,系统内的压力能够维持在所允许的真空度以下,才可以认为是不漏的。该情况下系统的泄漏率称为最大允许泄漏率。静态真空系统的最大允许泄漏率 q_{Lmax} 应满足:

$$q_{Lmax} \leq (P_i - P_0) \frac{V}{t} \quad (3)$$

最大允许升压率 r_{max} :

$$r_{max} \leq \frac{P_i - P_0}{\Delta t} \quad (4)$$

式中: P_0 为初始真空值, Pa; P_i 为保压真空值, Pa; V 为真空体积, L; t 为保压时间, s。

汽车空调冷媒加注工艺中的泄漏检查属于静态系统,因此其最大允许的泄漏率的设定应满足上述不等式关系。通过压升率与泄漏率的转换,其最大压升率同理满足上式,再根据具体的情况确定 r_{max} 的参数值。在冷媒加注的泄漏检查中,对真空检漏阶段管路压升率 r 进行实时监测,保证 $r_1 \leq r_{max}$ 且 $P_1 \leq P_{max}$ 即可,说明空调管路无泄漏。在此,加注设备的检测对象不仅是空调系统内的真空度,还必须对升压率进行计算和监测。

3 试验验证

通过对某型号冷媒加注时泄漏报警而实际不漏的空调车 5 辆进行保压试验,观察其保压曲线,并分析利用静态升压法进行检漏的保压参数值的设定。

3.1 保压试验

原检漏检查的标准为:保压时间 3 s,最大真空度为 10 mbar(1 mbar=100 Pa)。对泄漏车进行保压试验,即延长保压时间到 20 s,观察其真空平衡阶段的时间以及真空检漏阶段的漏率,对其原检漏标准做出修改。试验所得的真空值是以 2 s 为间隔,作出其真空保压曲线,如图 4 所示。

3.2 试验分析

1) 检漏时间的确定:检漏时间为真空平衡阶段时间与流水线节拍剩余允许时间之和。

从 5 组保压曲线可以明显观察到真空平衡阶段和真空检漏阶段,而原检漏标准中 3 s 的检漏时间过短,3 s 还处于系统的真空平衡阶段,系统的压力升高只能说明系统压力处于自恢复状态,而并不能说明系统本身存在漏点,因此不能排除伪漏率对系统的实际泄漏的影响。通过对 5 组曲线进行分段拟合,可以得到真空平衡时间大约在 4 s 左右,加上实际生产线工位节拍的允许时间大约为 2 s,确定新的检漏时间为 6 s。

2) 系统压升率的确定:设备压升率的设定值大于整个检漏阶段的压升率。

对 5 组保压曲线进行分段拟合,可以分别得到每辆车在保压曲线中真空检漏阶段的斜率,即压升率 r 见表 1,而整个 6 s 的保压阶段最大允许压升率 r 见表 2。

表 1 保压曲线中真空检漏阶段的压升率 $r/(mbar \cdot s^{-1})$

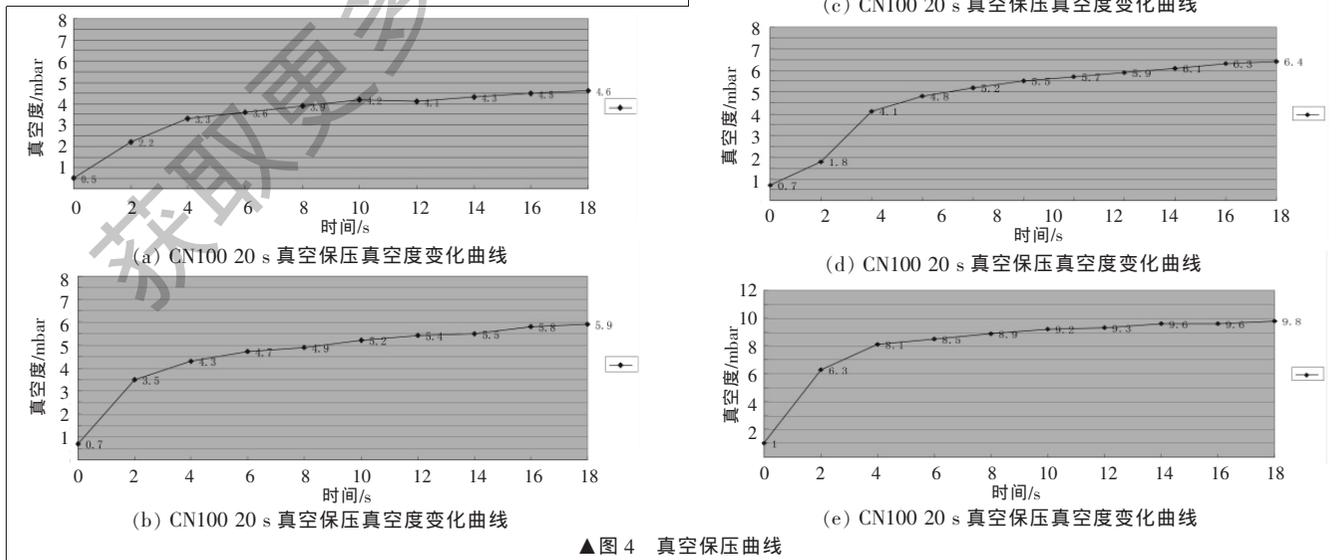
第 1 组	第 2 组	第 3 组	第 4 组	第 5 组
0.081 25	0.1	0.056 25	0.143 75	0.106 25

表 2 整个保压阶段最大允许压升率 $r/(mbar \cdot s^{-1})$

第 1 组	第 2 组	第 3 组	第 4 组	第 5 组
0.516	0.667	0.55	0.683	1.25

根据表格中压升率的数值,参考其它的企业标准,给出空调系统真空检漏阶段中的最大升压率的允许范围,设定最大升压率 $r_{max}=1 \text{ mmHg/s}=1.33 \text{ mbar/s}$ 。而 r_{max} 值基本已经大于整个泄漏检测的压升率,因此可以将其作为计算最大真空度允许值的设定标准。在原来 10 mbar 的基础上增加允许压升 $3 \times 1.33 \text{ mbar/s}$,即设定最大真空参数值为 14 mbar。当汽车空调系统真空检漏阶段的压升率时刻低于 r_{max} ,且系统总压力不超过最大真空参数设定值时,判断该汽车空调系统无泄漏。

经长期观测,该车型保压参数由 3 s/10mbar 修改至 6 s/14 mbar 后,小泄漏的误报警率明显下降,有效提升了冷媒加注的质量。



▲图 4 真空保压曲线



旋转电机输出轴转矩测试研究*

□ 刘学风 □ 谢富春

北方工业大学 机电工程学院 北京 100144

摘要:以优化全自动涂胶机控制电机选择为目标,给出了一种旋转电机输出轴转矩测试方法。建立了旋转电机输出轴转矩测试系统及转矩标定方法,采集了转矩数据,并通过伺服控制系统对测试结果进行检验。实验结果表明,采集数据结果与检测数据在误差允许范围内,测试方法可行。

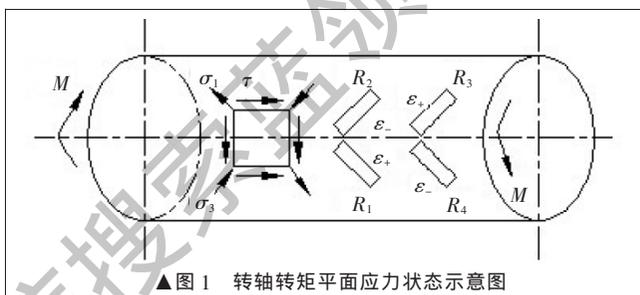
关键词:旋转电机 转矩测试 全自动涂胶机

中图分类号: TH823+.4

文献标识码: B

文章编号: 1000-4998(2012)06-0059-03

在机械设备的测定中,很多情况需要转矩的测量。旋转机械设备的传动机构如连接轴、齿轮座、减速器等零件的强度设计和校准,某些振动情况的检测以及电机容量的选择等均以其所传递的转矩大小和工况为依据。另外,通过测量转矩还可以推算电机功率以及其它力学性能参数。可见准确测定特定条件下的转矩具有重要意义。本文以优化全自动涂胶机控制电机选择为目标,给出了一种旋转电机输出轴转矩测试方法,为电机选择的优化提供了理论和实测依据。



▲图1 转轴转矩平面应力状态示意图

转矩值,如图1所示^[1]。

根据虎克定律:

$$\sigma_1 = \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_1 + \mu\varepsilon_2) = \frac{E\varepsilon_1}{1+\mu} \quad (1)$$

$$\sigma_2 = \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_2 + \mu\varepsilon_1) = \frac{-E\varepsilon_1}{1+\mu} \quad (2)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{(1-\mu)\sigma_1}{E} = -\frac{(1-\mu)\sigma_3}{E} \quad (3)$$

$$T = W_n \tau_{\max} = W_n |\sigma_1| = \frac{W_n E \varepsilon_1}{1+\mu} \quad (4)$$

式中: T 为转轴扭矩; W_n 为抗扭断面模量,对于圆轴, $W_n = \pi D^3/16 \approx 0.2D^3$; τ_{\max} 为最大剪切应力, $\tau_{\max} = |\sigma_1|$; μ 为

1 测试原理和方案

采用了电阻应变转矩测试法,被测对象的结构参数不改变(或者较小改变),这对于研究传动系统在实际工作条件下的稳态与动态特性很重要。在转矩作用下,转轴表面任一单位面积处于纯剪切应力 τ 状态,它等效于与轴线成 $\pm 45^\circ$ 角的主应力 σ_1 和 σ_2 ,因此,沿与轴线成 $\pm 45^\circ$ 方向粘贴应变片,可测出与应变呈线性的

* 北京市属市管高等学校人才强教计划资助项目(编号: PHR201007119)
收稿日期: 2012年2月

4 结论

本文针对汽车空调系统在冷媒加注流程中采用静态升压检漏方法,对静态升压曲线进行了阶段性分析,提出了检漏参数的设定方法与标准。

1) 通过保压曲线的阶段性分析可以看出,设备检漏时间的设定必须尽可能的长,且大于系统内部真空平衡所需要的时间;

2) 汽车空调系统检漏过程的检测对象不仅只有系统内部的真空度,而且还包括整个检漏过程的最大升压率以及真空检漏阶段的升压率。

参考文献

[1] 王晓冬.真空技术[M].北京:冶金工业出版社,2006.

[2] 谢炜,黄菊梅.泄漏检测技术研究[J].中外企业家,2011(12).
[3] 张伟,陈华锋,段成君.真空设备的检漏[J].运行与应用,2006,10(2):52-54.
[4] 高洪亮,侯晶.制冷装置制冷剂检漏技术的研究[J].工业安全与环保,2007,33(4):27-28.
[5] 王虎侠.制冷系统的检漏与调试准备[J].山西建筑,2004,30(5):79.
[6] 陆兴彪,王钦凤,高建军.检测与加注技术在生产上对保证汽车空调性能的探讨[J].轻型汽车技术,2005,41(5):188-189.

△
(编辑 小 前)