

发动机铝合金零部件检漏方法浅析

□ 江门市大长江集团有限公司机加部 / 罗杰

本文主要分析发动机铝合金气孔产生机理以及检漏工艺的方法，相关测漏参数的设定及影响因素。

随着时代的发展，工艺、材料研发水平的提高、日益激烈的成本竞争，导致汽车、摩托车行业越来越追求轻型化、小型化。作为汽车、摩托车的核心技术，发动机多数零部件均采用铝合金，如：缸盖、缸体等。而铝合金压铸工艺又难免存在气孔缺陷，气孔的存在必然使发动机封闭腔内不能保持给定压力，使燃料不能充分燃烧，造成利用率不高，严重影响发动机性能，从而对缸盖、缸体等的渗漏要求极为严格，因此，对铝合金零件进行测漏工艺检测是生产过程必不可少的工序。

铝合金铸造气孔产生机理

某公司加工的摩托车发动机气缸盖为铝合金（AC4B）材质，属于常见的压铸技术。压铸是液态合金在一定压力作用下，通过压射冲头的运动，以极高的速度在极短的时间内使熔体填充到压铸模型腔

中，并在压力下结晶凝固而成型。压铸工艺是将压铸机、压铸模和合金三大要素有机地组合，并加以综合运用过程，金属填充型腔的过程是将压力、速度、温度以及时间等工艺因素得到统一的过程。

然而，由于压铸的高速填充、快速冷却等特性，型腔中气体来不及排出，从而产生气孔和砂眼，这

是压铸存在的一大难题。实际操作过程中受制于天气、参数等客观因素，很难避免产生气孔，技术人员可以提高参数的匹配性来减少气孔的产生。如图1所示，对比性的分析一下气孔产生的机理。

检漏方法的选择

根据发动机原理，燃油与空

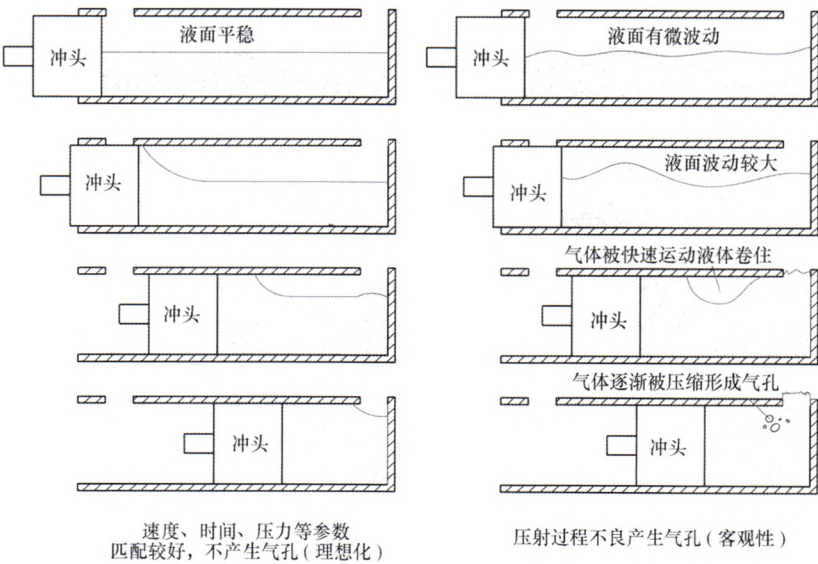


图1 压铸气孔产生机理

气的混合体需要在密闭的环境中压缩、点火、燃爆而作功，而发动机铝合金零部件因压铸工艺的弊端，导致气孔不可避免地存在。因此在发动机零部件制造过程中，气密性检测对保证产品质量、提高发动机性能起到至关重要的作用。密封检漏是工业生产过程中常见的产品质量检测手段，气密性检测一般采用空气检漏、氮气检漏、氦气检漏以及水浸检漏等，如表1所示。

对于发动机零件检漏常用压缩空气为介质，采用差压式气密检

测仪进行检测，该方法简称“差压法”。“差压传感器”测量压力相当于用天平精确测量物体重量（见图2），通过比较测量，提高测量精度，可消除部分环境因素。

差压式检漏法具有受温度影响相对较小、检测灵敏度和精度高等优点，在生产过程稳定性较好，因此广泛应用。差压式检漏法的检测原理如图3所示，检测所得压差的绝对值为标准品和工件间的实际压差，一般标准品压力保持恒定，工件则可能因为泄露导致压力降低，

标准品压力高于工件压力，但是如下情况可导致被测物压力高于基准物：

- (1) 若基准物或SV3及基管泄露。
- (2) 被测物泄漏量实际为零，但工件温度较环境温度高10~30℃。
- (3) 外置被测物管路长，受管路容积变化较大。

参数设定、公式推导以及影响因素

差压检漏仪的一个检测循环表现为：充气→平衡→检测→排气。各阶段压力走势不同（见图4），其中主要设定参数有：压力（零部件图样要求）、各阶段时间和泄漏量。

参数设定中，各阶段时间的选取比较重要，影响检测的准确度。各阶段时间选取经验为：

(1) 充气时间 t_1 ： t_1 达到设定压力 P_0 后延时3s~5s的时间， t_1 过大浪费， t_1 过小达不到设定压力，实际一般设定时间为 t_1' 。

(2) 平衡时间 t_2 ：该阶段为使被充型腔内压力趋于均匀，为避开压力快速下降阶段，实际一般设定时间为 t_2' 。

(3) 检测时间 t_3 ：该阶段为被测物气体压力均匀下降，该时间段不能进入 t_2 区域，检测时间与被测工件泄露情况以及环境因素有关，为保险起见适当延长检测时间2~3s，实际一般设定时间为 t_3' ，时间过长则浪费。

(4) 排气时间 t_4 ：该阶段为被测物以及基准物气体排出过程，一般时间很短。

表1 常见的检漏方法

序号	检漏方式	优点	缺点
1	泡沫法	①成本低，方便 ②可定点确认	①工件残留肥皂液 ②人为因素大 ③定性而不定量确认
2	充空气浸水法	①可直观判断 ②密封要求不严可区别判断工件泄漏和密封问题	①工件残留水 ②人为因素大 ③定性而不定量确认 ④不能实现自动化
3	传感器法	①直压传感器 ①成本低（早期产品）	①用于一般精度测量，受传感器精度量影响较大 ②受环境影响较大
		②差压传感器 ①可实现微漏测量（空气、氦气）	①密封要求高 ②受管路、温度影响大 ③工件容积变化有影响
		③流量法 ①可直观判断泄漏量 ②不受被测物体体积影响（平衡后充入量即为泄漏量） ③换品种容易	①密封要求高 ②受管路、温度影响较大 ③灵敏度较压差法低

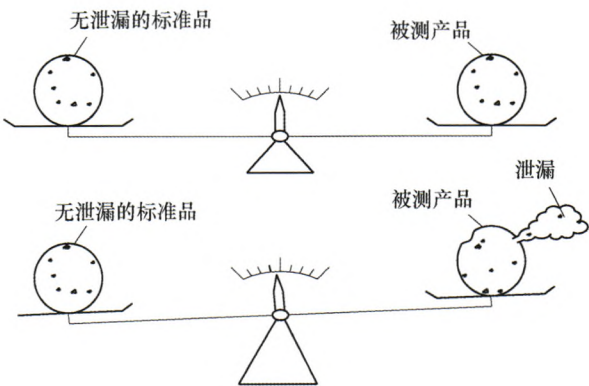


图2 “差压传感器”原理

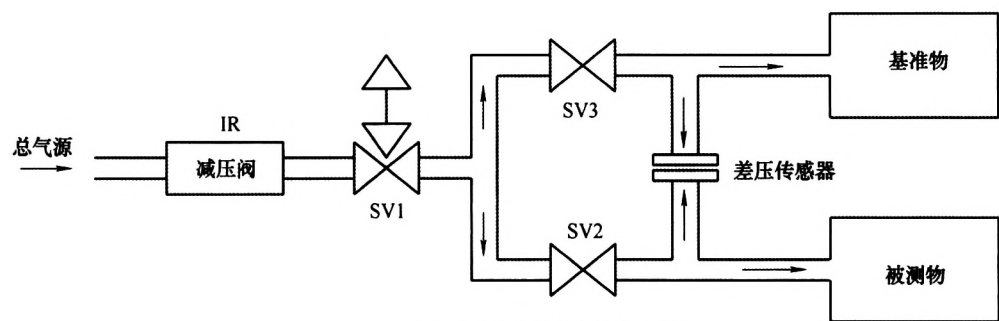


图3 差压式检漏法的检测原理

(5) 泄漏量：顾名思义为单位时间内允许泄露的压力，一般常用的计算公式为：

$$\Delta P/\Delta T=Q/60 \times V_e \times 10^4$$
 (单位：mmH₂O/s)

其中：ΔP为压力差，ΔT为单位时间，Q为泄漏率（经验值）后面将介绍，V_e为被测容积。

首先，对该计算公式进行一个推导，根据能量守恒定律以及差压传感器检测原理，我们则可以得出这样一个方程式：

$$(P+P_0) \cdot V_e=(P+P_0-\Delta P) \cdot V_e+P_0 \Delta V$$

展开：
$$P V_e+P_0 V_e=P V_e+P_0 V_e-\Delta P V_e+P_0 \Delta V$$

即：
$$\Delta P V_e=P_0 \Delta V$$

$$\Delta P=\Delta V \cdot P_0/V_e$$

设泄漏容积ΔV时消耗时间为ΔT，则：

$$\Delta P/\Delta T=\Delta V/\Delta T \cdot P_0/V_e=Q \cdot P_0/V_e$$

Q的单位为ml/m，ΔT单位为

s，则：
$$\Delta P/\Delta T=Q/60 \cdot P_0/V_e$$

P₀（标准大气压）为1kg/cm²，
ΔP为mmH₂O，即：
$$1\text{mmH}_2\text{O}=1 \times 10^{-3}\text{g/mm}^2$$

$$=1 \times 10^{-6}\text{kg}/(10^{-2})\text{cm}^2$$

$$=10^{-4}\text{kg/cm}^2$$
，则：
$$\Delta P/\Delta T=Q/60 \times V_e \times 10^4$$
(单位：mmH₂O/s)

其中泄漏率Q就是单位时间内泄漏的体积，该值为经验值，因铸件及加工、密封总有缺陷，“渗漏是绝对的”。当油的渗漏速度小于或等于其挥发速度，就可定义为“不渗漏”，一般取值为：容积V_e≥1000ml时，Q≥8ml/min；
容积V_e≥300ml时，Q≥4ml/m。
容积V_e≥100ml时，Q≥2ml/m。
通过泄漏量计算公式可以看出，影响泄漏量的因素主要有：
Q（泄漏率）的影响，因为Q

为经验值，泄漏量跟被测物外漏表面积关系较大，最准确的Q值应为正常泄漏量（Q₁）和异常泄漏量（Q₂）的总和。

V_e（被测容积）的影响。V_e应为被测物（V_{e1}）与配管容积（V_{e2}）之和。减少配管容积（长度），使V_e更趋近V_{e1}，有利于提高泄漏量精确度。

检测压力的影响，因检测压力直接影响泄露到大气中的空气ΔV，从而影响Q值。

配管接头的影响，采用专用管接头以及减少接头（泄露），可以使正常泄漏量（Q₁）更接近Q值，提高检测精度。

被测物的温度影响，由于热胀冷缩的原理导致因温度波动大造成被测容积填充的空气体积发生变化，从而影响泄露量。

结语

随着人们对使用产品的要求越来越高，作为引领社会发展的汽车、摩托车行业，被予以极高的期望。发动机作为汽车、摩托车的核心部件，性能、质量标准越来越高，因此提高检测水平以及检测手段具有举足轻重的作用，提高检测设备的稳定性也刻不容缓。

AUTO1950

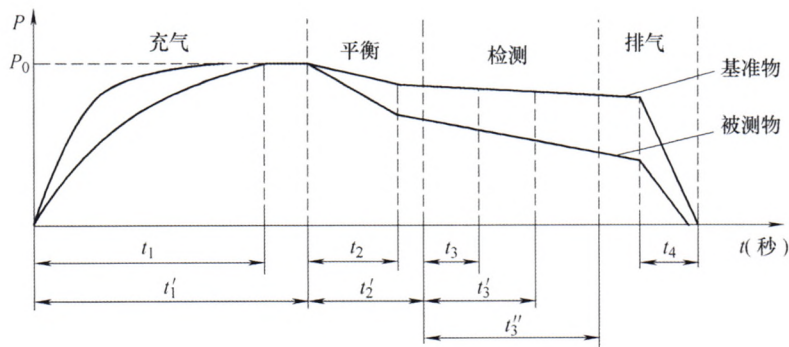


图4 差压检漏仪检测循环阶段压力走势