

零部件制造过程密封性的监控

□ 大连德新辅机技术工程有限公司/孙树海

密封性是一项重要的技术指标，与产品质量关系很大。在制造过程中对零部件、总成的这项指标予以监控，乃是通过在线泄漏检测的方式进行的。本文对泄漏检测技术在现代汽车制造业中的应用及检测方法和一些相关问题，做了有针对性的论述。

密封性作为一项与产品质量密切相关的技术指标，近年来受到众多行业的关注，具体表现为企业对于制造过程中泄漏检测手段的重视。因为在一般情况下，零部件、总成，乃至最终产品的各项“密封性”指标均是以泄漏率的形式表达的缘故，是衡量其产品质量水平的一个重要依据。在家电、燃气、电信电子等诸多行业中，对产品都有明确的密封性要求，但相比之下，泄漏检测应用最集中、最有代表性的领域还是汽车工业，尤其是方兴未艾的乘用车行业。

1. 检测对象和类型

轿车制造过程中涉及的密封性检测难以胜数，在众多的零部件和总成中，若按检测部位特征划分，有如下几种类型。

(1) 测试腔体的密封性。这种情况所占比例最大，很多简单的小零件直至整台发动机总成，实施的泄漏检测都属这种性质。

(2) 测试压入件与母体结合的密封性。零部件中这类情况甚

多，如把管接头、钢球或闷盖压入缸体、缸盖等，此时进行的测试只局限很小区域。但需要指出，很多情况下这一区域就是密封腔体的一部分。

评价两运动零件的配合质量。最典型、用得最多的就是进、排气门与缸盖阀座之间的配合密封性检测。

除此以外，一台整车出厂前还有对空调系统的制冷剂泄漏状况的检测；现代测功房每天抽检发动机时还有一项新添指标，是对活塞（确切讲是活塞环）与缸孔内壁配合状态进行的泄漏检测。

2. 密封性指标——泄漏率的计算方法

评定被测零部件、总成的密封性的指标为泄漏率，是单位时间内在一定测试压力下泄漏到标准大气压中的气体的体积，可以用符号 $\text{std.cm}^3/\text{min}$ 表示。上面提到的两种压力式泄漏检测仪都是利用测试压力的变化间接地求出泄漏率的。通过对测试过程作一些假设，如等温

状态、被测体容积没有变化等，就能基本确定两者之间的关系，其表达式为：

$$Q_1 = \Delta P V_s / (P_{\text{atm}} T_m) \quad (1)$$

式中 Q_1 ——标准大气压下的泄漏率， cm^3/min ；

V_s ——括仪器、管路等部分在内的被测对象系统之容积， cm^3 ；

P_{atm} ——大气压， 10^5Pa ；

T_m ——测量时间， min ；

ΔP ——压差，压力型泄漏检测仪的测得值， Pa 。

在规划密封性测试手段时，被测对象的泄漏率是给定的一项参数，因此并无必要去探讨。值得重视的是有的检测仪器制造厂商，根据式（1）为用户所提供的更实用的反映压差 ΔP 、泄漏率 Q_1 和测量时间 T_m 等参数之间关系的表达式推导出自己的表达式。

$$\Delta P = Q_1 \times 10^5 \times 60 T_m / V_s \quad (2)$$

式中含义与式（1）相同，其中不同的是， T_m 单位为 s 。

$$Q_1 = 60 \Delta P V_s / 1013 T_m \quad (3)$$

式(3) ΔP 的单位以 mbar (1013mbar=10⁵Pa) 计, 其余均同式(2)。

式(2)是德国FROEHLICH公司的, 式(3)是德国EGM公司的。在用户设置泄漏检测仪参数时经常使用, 只要知道 Q_l 、 ΔP 、 V_s 和 T_m 四项参数中的三项, 就能求出另一项。如在知悉 Q_l 、 V_s 和工作节拍后, 就可确定压力降的门槛值 ΔP ; 有些泄漏测量仪只能显示压力降一种参数, 此时也需借助(2)和(3)两式把密封性的评定指标从泄漏率 Q_l 转换成压力降 ΔP 。

还有一项很有用的功能是在规划、选用泄漏检测仪时, 根据式(2)确定仪器的量程是否适宜。由于一些压差式检测仪的量程较小, 在碰到被测对象属泄漏率较大而容积较小的情况就很有必要。

3. 密封性测试方法及其选择

目前, 在有一定批量的制成品生产过程中, 所配置的密封性测试手段的主流是按测量压力变化原理所研制的压力式泄漏检测仪。

(1) 绝对压力式和差压式泄漏检测仪。绝对压力式泄漏检测仪, 因其简单可靠、使用方便、价格低, 故选用较多。

差压式泄漏检测仪的结构稍复杂, 还必须有一全密封参考件配合使用, 故在精度要求较高的场合则宜选用差压式。而德国轿车制造业是遵循这一选择原则的代表, 国内包括上海大众在内的合资企业也借鉴这一做法。但实际上, 用户在规划密封性测试工艺时, 采取了把适用性、经济性结合起来通盘考



发动机缸盖试漏机

虑的方法, 很少纯粹从测量原理出发。日本的汽车企业, 95%采用COSMO和福田两家公司的产品, 而这些泄漏检测仪全部都是差压型。相反, 被美国汽车行业广泛选用, 包括国内的中美合资企业用的, 全部都是绝对压力型。

事实上, 汽车制造涉及的密封性测试中, 属微泄漏范畴, 即检测精度要求甚高的情况很少, 以发动机生产过程为例, 基本上都在5~10cm³/min或更大。在影响测量精度的因素中, 泄漏检测仪仅是其中一项, 装夹、封堵、校准都有影响。由此, 真正左右用户选型时的取舍, 还是倾向性(选用的传统)、性能价格比和售后服务诸方面的综合考虑。

(2) 正压法和负压法(真空法)。压力型原理的泄漏检测仪, 无论属绝对压力式还是压差式, 都

既可以采用“正压法”或称为“真空法”的负压法。由于两种工作方法各有特点, 且在某些使用场合有其优越性, 故并存的情况延续至今。

总的来说, 采取充入一定压力的压缩空气, 经稳定再在测量时段求出压力下降值的“正压法”, 在实际应用中要比通过抽真空后测定由于被检对象泄漏而引起的腔体内压力升高值的“真空法”多的多。这是由于“正压法”所采用的充气方式不仅涉及的辅助设备简单, 而且检测过程耗时少, 因而效率高, 这一点在工件腔体较大时更明显。相比之下, 负压法必须配备真空泵、真空阀等设施, 管路也得作调整, 使系统复杂, 成本提高, 运行时噪声也较大。加之抽真空耗时较充气为长, 尤其在腔体稍大、真空度有较高要求情况下。故在某些工

业化国家的汽车行业，负压法用得很少，德国大众Salzgitter公司的主管人员就强调了这一点。

但负压法也有不少优点。其一，由于被测对象内腔抽真空，导致了周围大气压对外部表面的正压作用，从而大大改善了密封元件的堵封效果；其二，鉴于抽真空后形成的负压充其量就是一个大气压，因此检测由泄漏引起的压力变化值的测量精度相比正压法为高。更重要的是在某些特殊的泄漏检测场合，采用真空法原理再配以相应的执行装置，能满足“正压法”较难实现的那些测试要求。故在使用压力型泄漏检测仪时，真空法还是有其一席之地，尤其象日本等工业国，负压型检测方式占的比例还较大，约在20%左右。

(3) 流量型泄漏检测方式。如前所述，压力式泄漏检测仪是利用测试压力的变化 ΔP 间接地求出泄漏率 Q_L 的，而流量型泄漏测试方法则是直接求出被检对象的泄漏流量。流量型泄漏检测仪中，以层流管为测量元件的定型产品可用于各种场合，大泄漏量和中小泄漏量的情况都有。但在汽车行业，使用较多的对象是那些内腔容积较小的工件。如有这样一种被测零件，允许泄漏率为 $10\text{cm}^3/\text{min}$ ，但 Q_L 在 $10\sim 50\text{cm}^3/\text{min}$ 时可进行返修（补）。由于其容积 V_0 很小，从式（2）得出的压力降 ΔP 会很大。在压力式（特别是压差式）检测仪量程显得偏小时，就会选择“流量型”。当然，上面只是一个应用例子，有时遇到较大泄漏量的情况，也会考虑采用。

另一种流量型泄漏检测仪的

方式则完全不同，就以通用的浮子流量计作为测试仪器，直接读出被检对象的泄漏率。最主要的、也最有代表性的用途就是对进、排气门与缸盖阀座之间配合密封性的检测——发动机制造过程中必须监控的一个项目。

4. 其他因素对密封性的影响及采取相应的措施

无论采用哪一种测试方法，虽然仪器本身的精度决定了测试精度，但外在的环境及因素对测试结果或多或少也有一定的影响，测试时需要采取一些措施避免，从而保证测试结果的准确性。

(1) 温度的影响。众所周知，温度对压力型泄漏检测仪（“真空法”除外）有较大影响，尤其对那些材料导热性好、内腔容积小、表面积大的工件。像测试铝质缸盖油道密封性时，用手触摸其表面，即可发现对检测结果的影响。故自20世纪90年代前期起，温度补偿系统一度盛行，主要用于降低工件自身与通入的压缩空气两者的温度差对测量结果的影响。在汽车发动机制造业，缸体、缸盖等零部件高温清洗后的水道、油道密封性测试工位就用得很多。

温度补偿不存在技术方面的困难，利用计算机的数据采集和处理功能，将来自两只温度传感器和泄漏检测仪的大量温差、压差信号制成修正曲线，再编入补偿程序即可。但事实是从90年代后期起，这项技术的应用已逐渐减少，各主要汽车工业国都呈这一趋势。上海大众1997年建成的两条缸体、缸盖生产线，都为高温清洗后的泄漏检测配有温度补偿功能，但于2000年

末新建的又一条缸盖线的同一工位就取消了这一功能。德国大众Salzgitter厂近几年新建、改建的生产线上也不再配置这类系统。原因不在这项技术欠完善，而是实践中形成的共识。

鉴于编制温度补偿程序必须到现场运行环境下，以大量检测获得的数据为基础，其过程繁琐。考虑到工作条件的变化，过一段时间就得重新做一次。但为了适应市场的变化，轿车进入了多品种、中小批量的生产模式，这无疑进一步加大了实施温度补偿的工作量。用户经反复权衡，逐渐认识到对高温清洗后的工件采取自然或强制冷却的方式，实际上对生产更方便、更有利。德国大众Salzgitter厂采取在生产线上设置一专用区域，暂存经清洗后的工件，数量是50只，由此产生自然冷却的效果。上海大众则采用强制冷却，在清洗完成之后即实施对工件的冷风降温。无论执行哪种做法，其结果都使进入泄漏检测工位的零部件的温度与环境温度相比不超过 $2\sim 3^\circ\text{C}$ 。当然，温度补偿系统也并未被摒弃，目前在德国大众Salzgitter厂的160多个泄漏检测工位中还保留了两处。

(2) “全密封样件”的应用。采用差压法检漏时，需要一个不泄漏的标准件作为参考，而在绝对压力法检漏时则不需要。此处的标准件，确切地讲只是仪器的一个组（件）成部分，并不涉及泄漏检测设备使用中的调整、校准。一套压力式密封性测试设备中，泄漏检测仪、夹具与驱动机构、气动系统等当然是主要部分，而一个“全密封样件”也是不可缺少的。它的作

序号	应用实例	形式	泄漏检测仪	带水池否
1	缸盖油道水道密封性测试	在线	绝对压力式	带有/不带
2	水泵总成密封性测试	单机	差压式	带有
3	缸体闷盖密封性测试	在线	差压式	不带
4	气门/缸盖座圈密封性测试	单机/在线	流量式	不带

用就是实现对仪器的调整，更确切讲就是“定标”。一般在每天或一个班前，置其于工件测试位置，通过进行一次正常的泄漏检测，获得无泄漏状态下的压力降特性曲线，作为以后评定的依据。事实上，在规划、选用时，或是厂商提供或是用户自己准备，“零泄漏样件”总是不可缺少的，而且必须对它自身的密封性予以确认，即进行有效的测试。

通过附表所列的几个实例，将对密封测试如何用于实际生产有

更为全面的了解。

5. 结语

一个合理的、适用的泄漏检测方案必须根据密封性测试的具体要求，并结合工艺来拟定。需要指出的是，商品化泄漏检测仪（不同测试原理的仪器）的选择仅仅只是系统设计中的一项内容。 **AME**



孙树海

副总经理

大连德新辅机技术工程有限公司

Smalley 波形弹簧

并不是所有弹簧都一样

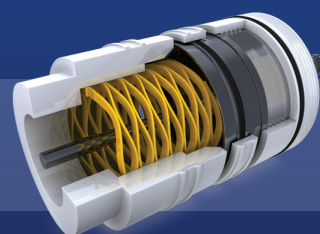


节省空间

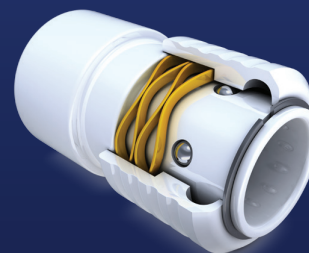
- 相对于螺旋弹簧，波形弹簧将弹簧高度降低 50%
- 与普通螺旋弹簧具有相同的弹力和压缩量
- 适合径向和轴向狭窄的空间

现货供应不锈钢弹簧

- 4000 多种不同型号库存，材质为碳钢和 302 & 316 不锈钢
- 可现货供应弹簧，直径从 6 mm 至 400 mm
- 能够为您量身定制，无模具成本，直径从 5 mm 至 3000 mm



免费提供样品



www.smalley.com/wave-springs +1 847 719 5900

提供本地工程和销售支持。请发送电子邮件到 china@smalley.com 了解更多有关信息