

试漏标准件泄漏率检测方法分析

吴根强¹, 张贺¹, 石刚¹, 陈杰²

- 宁波吉利罗佑发动机零部件有限公司, 浙江 宁波 3153402;
- 浙江吉润汽车有限公司宁波杭州湾分公司, 浙江 宁波 315340

摘要:为准确判断发动机零部件生产线上试漏设备的工作状态,结合直线式、直线分段式、直线分段平移式、根式函数分段式4种泄漏率检测方法确定合格标准件、不合格标准件的泄漏率。结果表明:采用直线式检测方法,允许泄漏率变化较小时,标准件泄漏率偏差过小,导致标准件判断结果不准确;采用直线分段式检测方法,泄漏率偏差区间设置混乱且合理性较差;采用直线分段平移式检测方法,不满足允许泄露率变化较大时,标准件泄漏率偏差变化应较小的要求;根式函数分段式检测方法符合标准件泄漏率偏差要求,当允许泄漏率不大于 $7\text{ cm}^3/\text{min}$ 时,标准泄漏率偏差与允许泄漏率之间为相关因数为0.3的线性关系;当允许泄漏率大于 $7\text{ cm}^3/\text{min}$ 时,标准泄漏率偏差与允许泄漏率之间为相关因数为0.8的根式函数关系。

关键词:标准件;允许泄漏率;标准件泄漏率;试漏设备

中图分类号:U464

文献标志码:A

文章编号:1673-6397(2024)04-0107-04

引用格式:吴根强,张贺,石刚,等.试漏标准件泄漏率检测方法分析[J].内燃机与动力装置,2024,41(4):107-110.

WU Genqiang, ZHANG He, SHI Gang, et al. Analysis of leakage rate detection method for standard parts testing[J]. Internal Combustion Engine & Powerplant, 2024, 41(4): 107-110.

0 引言

发动机工作过程中,缸体、缸盖等部件内部有气道、水套及油路等通道,如果通道内的高温高压气体、冷却水、润滑油等泄漏,或不同通道间泄漏,影响发动机可靠性^[1]。为保证缸体、缸盖等部件的生产质量,同时提高检测效率,降低生产成本,生产线上应配备专门的试漏设备,检测零部件是否有铸造孔洞、裂纹、装配遗漏等缺陷,防止不合格产品流入装配线^[2]。通常采用气密性检测方法,将缸体、缸盖等零部件封堵后,在部件被测腔内充入气体,利用压差法、流量法等检测零部件单位时间泄漏量,即泄漏率^[3-5]。

试漏设备作为一种测量装置,根据待测零部件水套、油路等通道结构外形进行定制化设计,无法通过更高精度测量设备检测试漏设备,不利于验证试漏设备的准确性^[6]。由于待测零部件泄漏率随待测件内腔容积、环境温度、湿度等波动发生变化,同时试漏设备的管路、接头、密封件、试漏仪本身及试漏仪参数等在实际生产过程中需要维修或调整,为保证待测零部件泄漏率符合质量检测标准,通常采用合格和不合格标准件对试漏设备测试验证^[7-8]。若合格标准件、不合格标准件的测试结果正确,判断试漏设备为正常状态,否则应对设备进行检查维修;若标准件泄漏率偏大,会将不合格标准件误判为合格标准件;若标准件泄漏率偏小,会造成试漏设备频繁报警,降低设备使用效率^[9-10]。应结合实际生产过程,制定合理的标准件泄漏率,提高试漏设备准确性,以便准确判断待测零部件泄漏率。

本文中对多种标准件泄漏率检测方法,分析部分标准件泄漏率检测方法的不足,提出更合理的检测方法,提高试漏设备的准确性。

收稿日期:2023-12-13

第一作者简介:吴根强(1985—),男,安徽安庆人,工程师,主要研究方向为发动机机加工工艺,E-mail: genqiang.wu@geely.com。

1 标准件泄漏率检测方法

1.1 现有标准件泄漏率检测方法

假设标准件泄漏率为 $m-\delta\sim m+\delta$,其中: m 为标准件实际泄漏率, cm^3/min ,通常为采用试漏设备对同一个标准件进行多次(建议为 20 次)测试得到的平均泄漏率; δ 为标准件泄漏率偏差, cm^3/min ,可采用多种方法获得,是影响泄漏率的主要因素。

目前主要采用直线式、直线分段式 2 种泄漏率检测方法确定标准件泄漏率,直线式与直线分段式泄漏率检测方法示意图如图 1 所示。

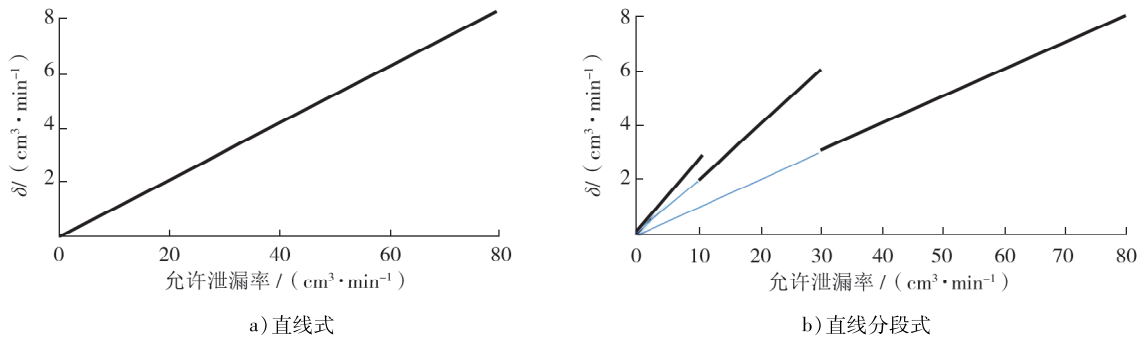


图 1 直线式与直线分段式泄漏率检测方法示意图

由图 1 可知:直线式检测方法的 δ 与允许泄漏率 k 成正比,表达式为 $\delta=0.1k$;直线分段式检测方法 δ 与 k 用不同的计算方法分段表述,表达式为 $\delta=ak$, a 为相关因数,当 $k>30 \text{ cm}^3/\text{min}$ 时, $a=0.1$;当 $10<k\leq 30 \text{ cm}^3/\text{min}$ 时, $a=0.2$;当 $k\leq 10 \text{ cm}^3/\text{min}$ 时, $a=0.3$ 。不同允许泄漏率下,直线式、直线分段式检测方法对应的标准件泄漏率偏差如表 1 所示。

表 1 不同允许泄漏率下,不同检测方法的标准件泄漏率偏差

单位: cm^3/min

k	5	10	15	20	25	30
直线式对应的 δ	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
直线分段式对应的 δ	1.5	3.0	3.0	4.0	5.0	6.0

1.2 现有标准件漏率检测方法的不足

实际生产过程中受环境温度、湿度等影响,标准件泄漏率会超出设定范围,直线式检测方法 $k\leq 10 \text{ cm}^3/\text{min}$ 时, δ 为 $0\sim 1 \text{ cm}^3/\text{min}$,标准件泄漏率偏差过小,造成标准件判断结果不准确,应重复测试并对试漏设备进行排查检测,降低生产线工作效率。直线分段式检测方法 k 分别为 10、11、30、31 cm^3/min 时, δ 分别为 3.0、2.2、6.0、3.1 cm^3/min ,该方法虽然解决了直线式 $k\leq 10 \text{ cm}^3/\text{min}$, δ 范围较小的问题,但泄漏率偏差区间设置混乱且合理性较差。

2 标准件泄漏率检测方法改进

2.1 直线分段平移式

为使标准件泄漏率偏差在合理范围内,要求 k 在较小范围内变化时, δ 的幅值变化应增大; k 在较大范围内变化时, δ 的幅值变化应减小; k 与 δ 应满足单调性原则。通过以上分析,提出直线分段平移式检测方法,表达式为 $\delta=ak+b$,按照 1.1 节的方法确定 a ,当 $k>30 \text{ cm}^3/\text{min}$ 时, $b=4$;当 $10<k\leq 30 \text{ cm}^3/\text{min}$, $b=1$;当 $k\leq 10 \text{ cm}^3/\text{min}$ 时, $b=0$ 。直线分段平移式检测方法示意如图 2 所示。

相对于直线分段式检测方法,直线分段平移式检测方法满足了单调性的要求,但不满足 k 较大范围内变化时, δ 的幅值变化应减小的要求。

2.2 根式函数

假设 k 与 δ 为幂函数关系,但幂函数不满足 k 在较小范围内变化时, δ 的幅值变化应增大的要求;若 $\delta = a\sqrt{k}$, 满足函数单调性要求,且 k 较小时, δ 大于直线式, k 较大时, δ 小于直线式;根据根式函数确定的 δ 与直线式、直线分段式确定的 δ 差异不能太大,且 a 简洁明了的原则规定 a 为 0.5~1.7。对 a 每隔 0.15 计算一次,选取最佳曲线对应的 a 。不同方法及 a 下,允许泄漏率与标准件泄漏率偏差的关系如图 3 所示。

根据图 3 选取最佳曲线为 $a=0.80$, 对应的表达式为 $\delta = 0.8\sqrt{k}$ 。采用根式函数检测方法,不同允许泄漏率下对应的标准件泄漏率偏差如表 2 所示。

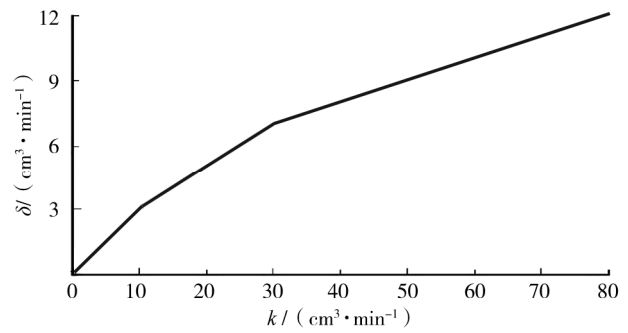


图2 直线分段平移式检测方法

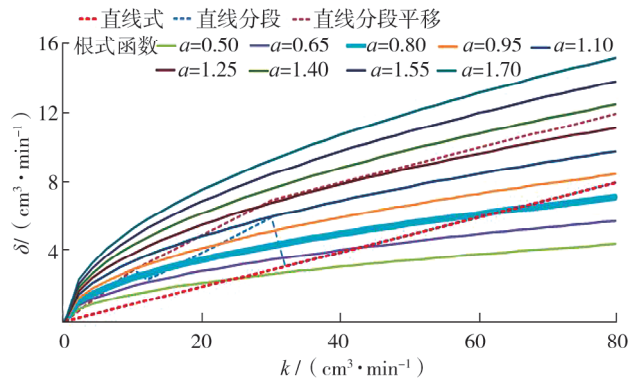


图3 不同方法及 a 下,允许泄漏率与标准件泄漏率偏差的关系

表2 根式函数检测方法下,不同允许泄漏率下对应的标准件泄漏率偏差 单位: cm^3/min

k	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
δ	0.57	0.80	0.98	1.13	1.26	1.39

由表 2 可知: δ 满足规定 2.1 的要求,但当 $k = 0.5 \text{ cm}^3/\text{min}$ 时, $\delta = 0.57 \text{ cm}^3/\text{min}$, 为 k 的 1.13 倍,大于 k ,应对根式函数进行修正,参考直线分段式,假设修正后 $\delta/k < 0.3$, 即 $0.8/\sqrt{k} < 0.3$ 时, $k > 7.11$, 确定直线分段式与根式函数结合的根式函数分段式检测方法,为:

$$\begin{cases} \delta = 0.3k, k \leq 7 \\ \delta = 0.8\sqrt{k}, k > 7 \end{cases}$$

直线式、直线分段式、直线分段平移式、根式函数分段式 4 种泄漏率检测方法下的标准件泄漏率对比如图 4 所示。由图 4 可知: 4 种检测方法中,采用根式函数分段式检测方法的 δ 取值适中;曲线符合单调性,且较为平顺;满足 k 较小范围内变化时, δ 变化增大, k 较大范围内变化时, δ 变化应减小的要求。

2.3 实际应用

将根式函数分段式检测方法广泛应用于生产实际标准件泄漏率检测,更新生产过程中试漏工艺规范,解决试漏标准件泄漏率偏差标准从无到有的问题,可以降低试漏设备的误判风险,提高工艺管理水平。

3 结束语

1) 采用直线式、直线分段式、直线分段平移式、根式函数分段式 4 种泄漏率检测方法方法确定标准件

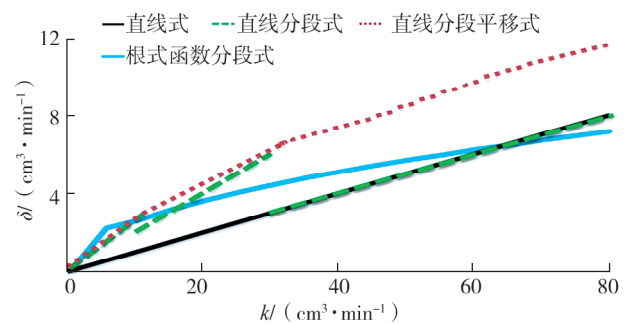


图4 不同方法的标准件泄漏率对比

泄漏率偏差,其中,根式函数分段式检测方法曲线平顺、符合单调性要求,同时在允许泄漏率变化较小时增大了标准件泄漏率偏差,在允许泄漏率变化较大时减小了标准件泄漏率偏差,为最优的设定方法。该方法避免了标准件泄漏率偏差设定过大试漏设备无法准确判断待测零部件是否合格、标准件泄漏率偏差设定过小易导致试漏设备频繁报警的风险。

2)与直线式检测方法相比,根式函数分段式检测方法更符合生产需要,可为确定标准件泄漏率提供参考,在具体应用时需综合考虑试漏方法、试漏设备的具体环境、允许泄漏率大小等多方面因素,根据具体情况进行调整。

参考文献:

- [1] 董晶晶,安源.发动机关键零件泄漏检测工艺分析[J].装备制造技术,2015(6):70.
- [2] 芮健,王峰,段双陆,等.发动机气密性试漏机质量控制研究[C]//中国汽车工程学会.2015中国汽车工程学会年会论文集(1).北京:机械工业出版社,2015.
- [3] 陈承锐.发动机缸体/缸盖加工中试漏设备的技术分析[J].装备制造技术,2020(8):231-235.
- [4] 谭明作.气密性测试技术在发动机生产制程的应用[J].装备制造技术,2018(11):129-131.
- [5] 王勇,马凯.气密性检测技术在发动机生产过程中的应用[J].汽车工艺与材料,2009(7):4-10.
- [6] 金霞,芮健.气密性试漏机校准研究[J].现代车用动力,2013(2):56-60.
- [7] 陈忠海.发动机泄漏检测技术的原理与试漏机应用研究[C]//中国铸造协会.第十二届中国铸造协会年会摘要集.北京:机械工业出版社,2016.
- [8] 陈国友.发动机泄漏检测技术与试漏机检测实践[J].现代零部件,2010(9):58-60.
- [9] 唐士伟,王冠雄,连士勇,等.一种发动机总成试漏机的研制[J].汽车实用技术,2012(5):127-129.
- [10] 杨涛,贺大伟,孙建国,等.发动机试漏检测原理及影响因素分析[J].小型内燃机与车辆技术,2021,50(1):53-57.

Analysis of leakage rate detection method for standard parts testing

WU Genqiang¹, ZHANG He¹, SHI Gang¹, CHEN Jie²

1. Ningbo Geely Royal Engine component Co., Ltd., Ningbo 315340, China;

2. Ningbo Hangzhou Bay Branch, Zhejiang Jirun Automobile Co., Ltd., Ningbo 315340, China

Abstract: To accurately assess the operational status of leak testing equipment on the production line for engine parts, four leakage rate detection methods, linear method, linear segmented method, linear segmented translational method, and root function segmented method are combined to determine the leakage rates of qualified and non-qualified standard parts. The results indicate that when using the linear method, a small allowable variation in leakage rate leads to an excessively small deviation in the leakage rate of standard parts, resulting in inaccurate judgment of standard parts. The linear segmented method suffers from a chaotic setup of the leakage rate deviation range and poor rationality. The linear segmented translational method does not meet the requirement for a small deviation in leakage rate when the allowable leakage rate varies significantly. The root function segmented method meets the deviation requirements for standard part leakage rates. When the allowable leakage rate does not exceed $7 \text{ cm}^3/\text{min}$, the relationship between the standard leakage rate deviation and the allowable leakage rate is linear with a correlation factor of 0.3. When the allowable leakage rate exceeds $7 \text{ cm}^3/\text{min}$, the relationship becomes a root function with a correlation factor of 0.8.

Keywords: standard part; allowable leakage rate; standard part leakage rate; leak testing equipment

(责任编辑:胡晓燕)