

微隙技术在柴油机上的油耗试验

张宗法, 熊 锐, 周伟文

(广东工业大学 机电工程学院, 广东 广州 510006)

摘要: 分析了微隙技术提高柴油机气缸密封性的机理. 在 2135Ca 型柴油机上进行了 3 种不同的活塞与缸套间隙、不同活塞环开口间隙方案下的油耗试验. 结果表明: 采用活塞与缸套的间隙为 0.17 mm、活塞环开口间隙为 0.50 mm、修正活塞的外形、对活塞及活塞环作微隙技术化学热处理的方案, 能有效地降低油耗, 延长活塞环寿命, 有助于提高发动机的综合性能.

关键词: 柴油机; 活塞组件; 微隙技术; 油耗试验

中图分类号: TK421⁺.71

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2009)01-0055-04

在发动机的缸套与活塞环、曲轴与轴瓦、凸轮轴与挺柱、柱塞与柱塞套等主要配对摩擦副中, 缸套与活塞环配对副的工作条件十分恶劣, 磨损也非常严重. 因此, 活塞组件中的活塞、活塞环与机体缸套的配合状况对发动机的性能有着直接的影响. 发动机工作时, 活塞与活塞环既要承受高温高压燃气的加热、挤压和腐蚀, 又与缸套之间产生高速的相对运动, 为了避免拉缸, 应使活塞、活塞环与气缸之间的摩擦副处于半干(润滑油作用下)摩擦状态^[1]. 在设计时, 活塞裙部的长轴方向与缸套之间应有间隙, 活塞环在工作状态下也应留有 0.25~0.8 mm 的开口间隙, 此数值随着缸径增大而加大, 柴油机大于汽油机. 本文在分析微隙技术密封机理^[2]的基础上, 在 2135Ca 型柴油机上进行了活塞与缸套间不同的配合间隙以及不同的活塞环开口间隙时的油耗试验, 探讨了微隙技术在发动机上的应用和对发动机经济性的影响.

1 微隙技术在活塞组件上的应用机理

微隙技术^[2]的核心是从材料入手, 通过改变材料的配方和热化处理工艺, 从根本上改变材料的表面性能, 降低相对运动部件表面间的摩擦损耗, 再通过减小活塞与缸套的配合间隙以及活塞环的开口间隙, 提高相对运动表面的配合精度, 使燃烧室形成优良的密封, 提高吸气真空度, 减少气缸的“逃压缩”和机油的窜漏, 产生良好的燃油燃烧条件, 使热效率得到提高, 油耗下降, 缸套与活塞环的寿命延长. 从而获得优良的性能.

活塞环在缸内高速运动, 在高温、高压恶劣的环境下工作, 极易磨损, 导致密封性能下降, 在高压下活塞环的开口处气体泄漏量较大, 特别是磨损后开口间隙增大, 漏气变得更加严重.

发动机活塞环的开口型式一般有直切口、斜切口和搭接切口 3 种, 目前多使用斜切口. 2135Ca 型柴油机的原机活塞环装机示意图见图 1. 随着环体的磨损, 环的开口间隙将不断增大, 漏气越来越严重, 导致发动机的各项性能参数不断下降、燃油消耗升高、机油消耗增加、冒黑烟严重、功率指标下降等.

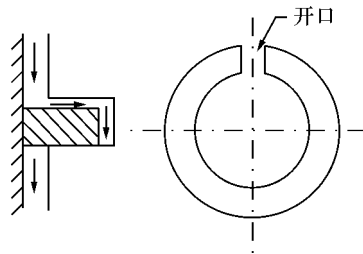


图 1 原机活塞环装机示意图

微隙技术可广泛应用于各种发动机, 防止因现有活塞环引起的窜油、窜气. 现有活塞环直接开口间隙处, 本身就存在窜油、窜气现象, 长期磨损后开口间隙增大^[3], 窜油、窜气随之严重, 而微隙技术在活塞组件的应用目的就是解决这一缺陷.

2 试验装置与试验方法

2.1 试验装置

试验所用的发动机为 2135Ca 型柴油机, 其主要

技术参数如表 1 所示.

表 1 试验用 2135Ca型柴油机主要技术参数

型式	缸径×行程	气缸数量	额定功率/额定转速
直立, 四冲程, 非增压	135 mm×140 mm	2个	26 kW / 1 500($r \cdot m \cdot in^{-1}$)

试验装置简图如图 2 所示. 试验台架采用 GW 160型电涡流测功机, 可实现对发动机定转速、定扭矩等多种控制方式; 由 FC2000 发动机自动测控系统及 GW 160型电涡流测功机一起实现对电涡流测功机励磁电流和 2135Ca型柴油发动机的油门进行控制; 再通过 FC2210型智能油耗仪来测量发动机的燃油消耗. 在 FC2000 发动机自动测控系统中, 通过数据采集模块接入各种形式的传感器, 如温度传感器, 压力传感器, 流量计等; 对 2135Ca型柴油发动机测量采集的数据实时通过数据处理 PC 显示, 通过 PC对发动机的参数进行测量、采集、处理、存储、曲线、打印等. 由于试验时间较长, 试验过程中发动机的冷却液温度, 机油温度, 水温, 燃油温度等会不断升高, 为保证试验的正常进行, 试验中对发动机的水温, 机油温度, 燃油温度等进行了恒温控制.

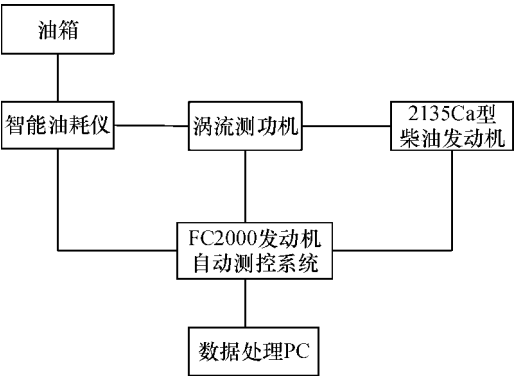


图 2 试验装置简图

2 2 试验方法

根据 2135Ca型柴油机的工况范围, 检测工况设定为额定转速 1 500 r/m in时的负荷特性的 5个点. 检测 2135Ca型柴油机装配原机气缸组件, 以及 3种不同气缸与活塞间隙、活塞环开口间隙方案情况下的燃油消耗情况. 测量参数为柴油机转速、功率、耗油量、排气温度、油水温度压力以及大气环境参数等. 在进行台架性能测试前, 首先对发动机进行了拆检, 特别是对缸套内径、活塞裙部直径、活塞环开口间隙等进行了测量, 以验证试验发动机活塞与缸套间的实际过盈量及活塞环的实际开口间隙.

由于试验是在不同缸套与活塞间隙、活塞环开

口间隙的方案下进行的, 而活塞环和缸套是发动机最主要的摩擦副^[4-5], 所以每次更换活塞环后都进行了磨合试验, 磨合过程中逐步提高发动机转速及负荷. 磨合试验结束后, 进行发动机标定点下的试验. 试验中随时监控燃油消耗率、排气温度、水温、机油温度、机油压力和烟度等. 试验方案如表 2 所示.

表 2 2135Ca型柴油机微隙技术 3种试验方案

方案	缸套与活塞间隙	活塞环开口间隙	方案说明
原机方案	0.19~0.25 mm	> 0.6 mm	柴油机活塞、缸套、活塞环按说明书规定的间隙要求进行装配;
方案 A	0.10 mm	0.45 mm	选用原机活塞, 不进行外形处理, 仅对活塞环作微隙技术化学热处理;
方案 B	0.17 mm	0.50 mm	活塞外形按微隙技术要求进行修正, 活塞及活塞环经微隙技术化学热处理

3 试验结果与分析

2135Ca型柴油机微隙技术 3种试验方案的对比结果数据如表 3 所示, 表中的试验条件为: 大气压力 101.8 kPa, 大气温度 30.8℃, 相对湿度 62.1%, 表中的油耗率值已依大气状况作了修正. 图 3 所示为由表 3 数据整理所得的 3种试验方案的耗油率对比曲线.

表 3 2135Ca型柴油机微隙技术 3种试验方案的对比结果 (转速 $n=1\,500\,r/m\,in$)

负荷 $\beta/\%$	方案	功率 P_e/kW	扭矩 $T_{q1}/(N \cdot m)$	耗油率 $b_e/(g \cdot kW^{-1} \cdot h^{-1})$
100	原机	26.61	170.30	273.02
	A	26.71	171.20	280.17
	B	26.56	170.00	267.98
90	原机	23.50	149.90	275.93
	A	23.56	150.20	279.80
	B	23.77	151.20	269.43
75	原机	19.33	125.50	284.67
	A	19.47	126.30	279.37
	B	19.85	128.70	276.76
50	原机	14.12	91.00	305.00
	A	14.30	92.20	312.27
	B	14.41	92.80	298.73
25	原机	7.16	46.10	425.27
	A	7.28	46.70	423.03
	B	7.32	46.20	413.95

由表 3和图 3可知,应用微隙技术后,柴油机的综合性能有一定的提高.其中微隙技术方案 B的耗油率比原机方案平均降低了 2 35 %,经济性有较大的改善;微隙技术方案 A 的耗油率与原机相比变化不明显,部分工况下虽有所降低,但部分工况又稍微有所上升.

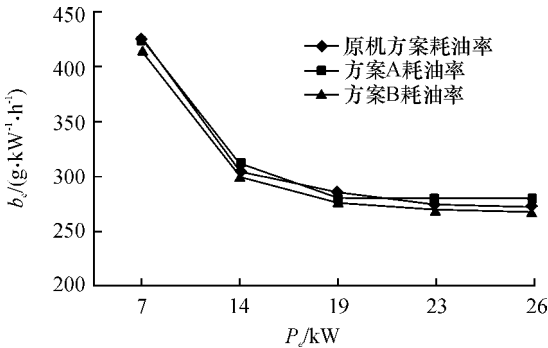


图 3 2135Ca型柴油机“微隙技术”3种方案耗油率试验对比曲线

从活塞表面的损伤来看,采用方案 A 时活塞表面有所损伤,磨损面积较使用原机活塞环间隙时变大,但 A 和 B两种方案都没有出现拉缸现象,这说明“微隙技术”在活塞和气缸配合间隙很小的情况下具有抗拉缸能力.

微隙技术应用于 2135Ca柴油机起到的作用比较明显,分析其原因,应是活塞环与气缸套之间贴合更加紧密,减少了漏气量.尤其是在发动机的压缩行程中,由于减小了新鲜空气通过活塞环开口间隙泄漏的通道,进一步提高了密封性能,使发动机的空燃比增加,燃油的蒸发雾化有所改善,油气混合更加充分,有更多的可燃混合气参与到燃烧过程,燃烧也变得愈充分,不完全燃烧产物的形成量有所下降,从而提高了热效率.通过 3种方案负荷特性耗油率对比试验可见,微隙技术在降低耗油率上有较大的发展前景和实践意义.

图 4所示为本试验经过微隙技术处理过的活塞环的晶像图.在对原机的活塞环进行化学热处理的过程中添加高熔点的铜铝钼等金属元素,使活塞环表面形成一层抗磨的保护膜,形成如图中左侧黑色区域所示的耐磨膜.通过微隙技术处理,活塞环表面的机加工痕迹的凹凸部分和尖锐的缺陷边缘得到平整,使显微孔洞之类的缺陷得到修补而明显减少,粗

糙的表面得以细化,表面粗糙度大大降低,从而降低了活塞的摩擦系数,延长了活塞环工作期限和发动机使用寿命.

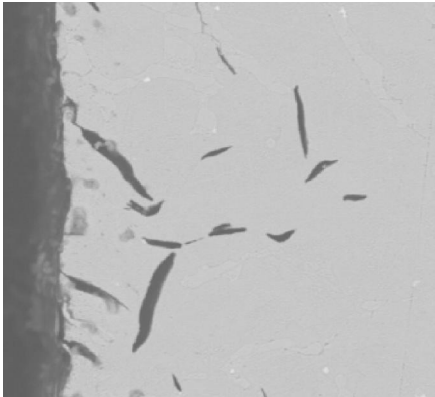


图 4 活塞环晶像图

4 结束语

微隙技术通过对活塞组件改变材料配方和热处理,从根本上改变发动机活塞、活塞环的材料特性,使其装配精度大幅提高,从而在大幅度缩小气缸与活塞的配缸间隙及活塞环的开口间隙的状况下,相应减少发动机的摩擦耗功,获得优良的性能.

从试验情况看,发动机采用微隙技术后可以有效降低燃油消耗量,提高发动机的经济性能,缩短磨合时间,延长发动机使用寿命等,有着明显的经济、社会效益,有广阔的应用前景.

参考文献:

[1] 陈凌珊,陈伯贤,陈定文,等. 内燃机活塞环磨损试验研究 [J]. 摩擦学学报, 1998, 18(4): 365-368

[2] 蔡夏英,李惠强. 微隙动配合技术在内燃机上的应用 [J]. 城市公用事业, 2001, 15(6): 9-11.

[3] Richard Truscott, Tony Reil, Brian Ruddy. Ring Dynamics in a Diesel engine and Its Effect on Oil Consumption and Blow by [C]. SAE Transactions, 1983, 92 (3) : 3768-3780

[4] Yum io T. Tribological issues in reducing piston ring friction losses [J]. Tribology International, 1994, 27(1): 17-23

[5] 谢宗法,刘永田,王伟先. 活塞环 / 气缸套磨损性能的试验研究 [J]. 车用发动机, 2006, 31(6): 46-48

(下转第 61页)

HCCI Combustion Respectively Fueled with Gasoline Ethanol and Methanol through the Trapped Residual Gas Strategy[R]. SAE Paper 2006-01-0635, 2006

[8] 吕胜春, 李晖, Eddy 等. 甲醇 /汽油混合燃料发动机非常规排放成分测量方法研究 [J]. 内燃机学报, 2006, 24 (1): 57-61

Experimental Research on the Effects of High Ratio Methanol-Gasoline Blend on Gasoline Engine Performance and Emissions

Zhou Weiwen, Xiong Rui, Zhang Zong-fa
(Faculty of Electromechanical Engineering Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract The engine performance and emissions are researched. The emissions of methanol and formaldehyde vary with the load alteration. Compared with the pure gasoline, high ratio Methanol-Gasoline shows higher thermal efficiency while giving the same power. Under all operating conditions, High Ratio Methanol-Gasoline engine reduces HC and CO emissions, but has no effect on NO_x emission. M30 shows the lowest fuel consumption, when compared with the other ratio of methanol-gasoline.

Key words methanol-gasoline; automobile engine; fuel consumption; emission

(上接第 57页)

Fuel Consumption of Micro-gap Technology in Diesel Engine

Zhang Zong-fa, Xiong Rui, Zhou Weiwen
(Faculty of Electromechanical Engineering Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract The principle that the Micro-gap Technology improved the cylinder sealing performance is analyzed. The fuel consumption test was conducted with three different piston and cylinder gaps and piston ring opening gaps in 2135Ca diesel engines. The results show that if the piston and cylinder gap is 0.17mm and piston ring opening gap 0.50mm, while the piston shape amended and chemical treatment of the Pistons and piston ring, fuel consumption will be reduced, the life time of piston ring prolonged, and the comprehensive performance of diesel engine improved effectively.

Key words diesel engine; Piston components; Micro-gap Technology; Fuel Consumption test