ICS 27.020
CCS J 92

团　　体　　标　　准

T/CSICE 028-2024

活塞环-气缸套抗拉缸性能的评价方法

Evaluation method of piston ring-cylinder liner anti-scuffing performance

2024-06-05 发布　　2024-06-05 实施

中国内燃机学会　发 布

目　次

前　言 III
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　方法概要 2
5　试验设备 2
6　试剂与材料 3
6.1　活塞环试样 3
6.2　气缸套试样 3
6.3　润滑油 4
6.4　试样清理及保存 4
7　试验步骤 4
8　试验结果评价 4
8.1　拉缸发生时刻的确定 4
8.2　抗拉缸时间计算方法 5
9　试验结果稳定性说明 5
10　试验报告 5
附录 A(资料性)　安全和防护措施 6
附录 B(资料性)　活塞环-气缸套抗拉缸性能评价的试验报告 7

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国内燃机学会标准管理部提出。

本文件由中国内燃机学会归口。

本文件起草单位：大连海事大学、中国北方发动机研究所、中国船舶集团有限公司第七一一研究所、中船动力研究院有限公司、常州中车柴油机零部件有限公司等。

本文件主要起草人：徐久军、朱峰、巫立民、沈岩、黄若轩、袁晓帅、王静思、张利敏、董晶瑾、王传娟、韩毅。

本文件于2024年首次发布。

活塞环-气缸套抗拉缸性能的评价方法

警告：本标准的应用可能涉及到某些有危险性的材料、操作和设备，但未对与此有关的所有安全问题都提出建议。因此，用户在使用本标准之前有责任制定相应的安全和防护措施（参考附录A），并确定相关规章限制的适用性。

1 范围

本文件规定了活塞环-气缸套抗拉缸性能试样级平台试验的评价方法。

本文件适用于道路车辆、农用拖拉机、林业机械、工程机械、机车、船舶等内燃机动力装置的活塞环-气缸套在滑动摩擦条件下的抗拉缸性能对比评价。当采用同一种活塞环-气缸套摩擦副时，也可用于不同润滑油的抗拉缸性能对比评价。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1149.1-2008 内燃机 活塞环 第1部分:通用规则

GB/T 17754-2012 摩擦学术语

JB/T 13501.1-2018 内燃机 大缸径活塞环 第1部分：通用规则

JB/T 5082.7-2011 内燃机 气缸套 第7部分：平台珩磨网纹 技术规范及检测方法

NB/SH/T 6062-2022 柴油机油综合性能的评定 CA6DM3法

ISO 16232 道路车辆-部件和系统的清洁度（Road vehicles-cleanliness of components and systems）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

摩擦 friction

两个相互接触的物体，在外力作用下发生相对运动或有相对运动趋势时，接触面之间就会产生一种阻碍相对运动的现象。

[来源：GB/T 17754-2012，2.2]

3.2

滑动摩擦 sliding friction

当一物体沿着另一物体表面滑动时，接触表面之间的摩擦。

[来源：GB/T 17754-2012，4.5]

3.3

摩擦力 friction force

两个相互接触的物体，在外力作用下发生相对运动时，接触面之间发生的阻碍相对运动的力。

[来源：GB/T 17754-2012，4.16]

3.4

粘着磨损 adhesive wear

当摩擦副表面相对滑动时，由于粘着效应所形成的粘着结点发生剪切断裂，被剪切的材料或脱落成磨屑，或由一个表面迁移到另一个表面。

[来源：GB/T 17754-2012，5.30]

3.5

拉缸 scuffing

在滑动方向上以粘着磨损形式在气缸套和活塞环表面上出现沟槽样划痕的现象。

[来源：GB/T 17754-2012，5.28]

3.6

抗拉缸时间 anti-scuffing time

从停止供油到发生拉缸所持续的时间。

4 方法概要

采用基于油膜耗散机制的贫油试验方法评价活塞环-气缸套摩擦副的抗拉缸性能。

贫油试验分为两个连续的阶段，即磨合阶段和断油摩擦阶段。其中磨合阶段通过适当改变部分模拟条件来获得更严苛的试验工况来强化磨损，同时又不对模拟条件过度强化，保持活塞环-气缸套试样处于边界润滑状态，使其磨损形式不发生转变，进而保证试验的模拟性；磨合阶段结束后停止供油，进入断油摩擦阶段，在转速、温度、比压等试验参数不变的条件下，持续运行至活塞环-气缸套摩擦副发生拉缸，停机结束试验。

以贫油试验中断油摩擦阶段摩擦力为参量，找出突增前摩擦力与突增后摩擦力切线相交的时刻，确定停油到拉缸所持续的时间为抗拉缸时间，从而评价活塞环-气缸套的抗拉缸性能。

5 试验设备

贫油试验应采用往复式摩擦磨损试验设备，如图 1 所示。设备具体参数要求如下：

(1) 往复运动转速覆盖 10 r/min～600 r/min;

(2) 具有加热到 300 ℃或者冷却到-40 ℃的能力，温度波动范围±1 ℃；

(3) 具有在活塞环-气缸套接触区域施加 2 MPa～80 MPa 比压的能力；

(4) 实时连续记录摩擦力，采样频率应大于 3 kHz；

(5) 润滑油供给流量不大于 5 mL/min，稳定可控，流量精度±1%；

(6) 满足活塞环试样和气缸套试样均匀接触的要求。

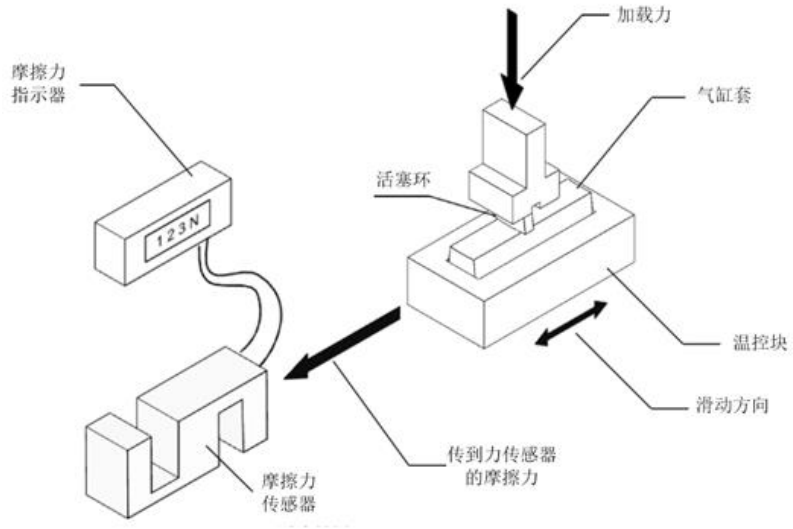


图 1　往复式摩擦磨损试验设备原理示意图

6　试剂与材料

6.1　活塞环试样

活塞环试样需从活塞环零件上切取，舍弃从开口处分别向两侧移动 60 度范围的试样，活塞环试样的圆周方向长度 PW 应大于气缸套试样宽度 CW 的 1.5 倍，活塞环试样尺寸示意如图 2 所示。

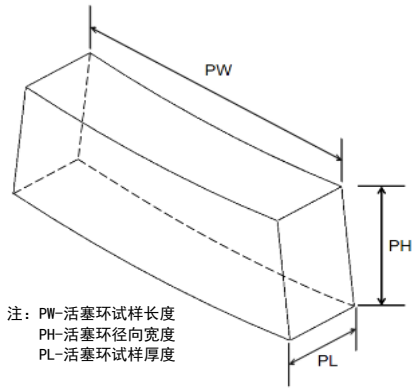


图 2 活塞环试样尺寸示意图

6.2　气缸套试样

气缸套试样需从气缸套零件的活塞环上止点附近切取，气缸套内表面形貌特征需完好保留，气缸套试样厚度 CH 可根据试验设备要求进行调整，长度 CL 为活塞环试样厚度 PL 的 2～5 倍，宽度 CW 为活塞环试样厚度 PL 的 1～3 倍。气缸套试样尺寸示意如图 所示。

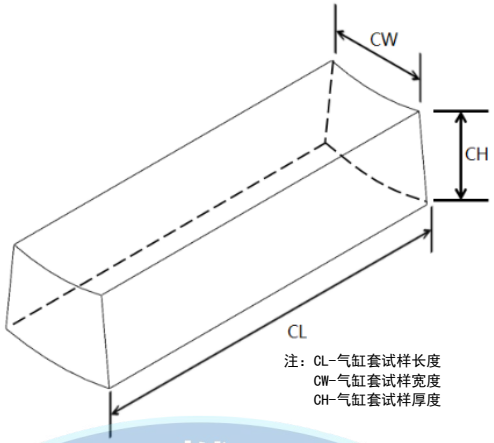


图 3 气缸套试样尺寸示意图

6.3 润滑油

在同一批次的活塞环-气缸套抗拉缸性能对比评价中，应选择同一种润滑油，并与内燃机动力装置活塞环-气缸套摩擦副使用的润滑油相同。

6.4 试样清理及保存

活塞环和气缸套试样应满足 ISO 16232 清洁度要求（B00）。一般推荐试验前后，所有试样分别在丙酮中用超声波清洗机清洗两次，每次 10 min。

所有试样应保存在密封干燥的环境中。

7 试验步骤

7.1 试验应在无振动、无粉尘（ISO 9 级及以上）的环境中进行。

7.2 将活塞环试样和气缸套试样分别安装在往复摩擦磨损试验设备的夹具中，活塞环试样圆周方向与气缸套试样宽度方向的中心对正，调整活塞环或者气缸套夹具，使其接触。

7.3 在气缸套试样表面均匀涂覆润滑油，启动试验机低速运转。

7.4 启动润滑油泵，向活塞环-气缸套摩擦副供油。

7.5 启动试验机的加热或者制冷功能，恒定在试验设定温度。

7.6 调整试验机至目标转速后，逐渐加载至磨合阶段的目标比压。

7.7 当磨合阶段的摩擦力趋于稳定后，停止供油，试验机连续运行，至活塞环和气缸套试样表面出现拉缸，自动或者手动停机。

7.8 分析摩擦力曲线，获得该摩擦副在对应试验条件下的抗拉缸时间。

8 试验结果评价

8.1 拉缸发生时刻的确定

在贫油试验中，以断油阶段摩擦力突增前与突增后的摩擦力曲线的切线交点，作为活塞环-气缸套摩擦副开始出现拉缸的时刻，如图 4 所示的 T_q。

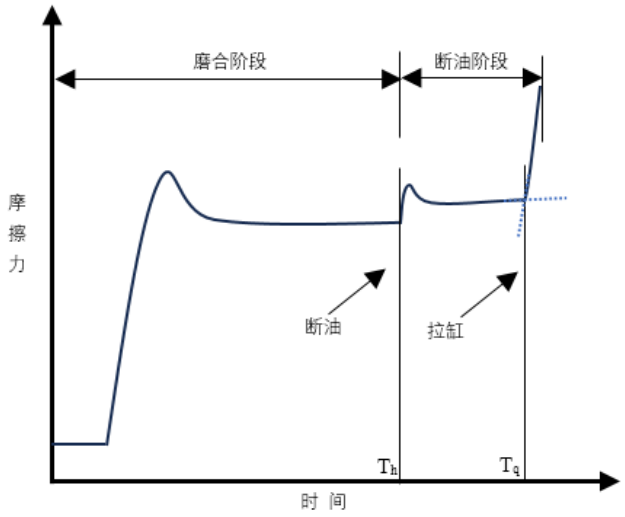


图 4　贫油试验的摩擦力变化示意图

8.2　抗拉缸时间计算方法

$$T = T_q - T_h \cdots\cdots (1)$$

式中：

T——抗拉缸时间；

T_h——停止向活塞环-气缸套试样供油的时刻；

T_q——活塞环-气缸套试样发生拉缸的时刻。

9　试验结果稳定性说明

本标准可用从同一零件切取的试样进行多次试验，以试验结果与其算术平均值的差值来表达稳定性。一般要开展5次重复试验，保证至少3个有效试验结果与这3次试验算术平均值相比小于10%。

10　试验报告

试验报告格式参考附录B。

附 录 A
（资料性）
安全和防护措施

A.1 活塞环-气缸套抗拉缸性能的评价试验具有一定的危险性，实验室应制定有关的安全操作规程，采取有效的安全措施，避免造成人体伤害和设备损坏。

A.2 试验操作人员要经过专门培训。要掌握有关工具的使用方法，具备及时发现和处理试验过程中突发事件的能力。

A.3 试验设备的所有传动和发热部件应加防护罩。

A.4 润滑油管线和电源线的布置要井然有序，并经常进行检查和维修。

A.5 试验设备周围禁放障碍物、润滑油等物品。

A.6 在试验过程中，操作人员应注意润滑油有无泄漏。发生泄漏时，应立即暂停试验进行处理，处理完成后再进行试验。

A.7 试验润滑油应在指定地点进行保管。现场巡检中应注意不能有污染和泄漏。

A.8 以清洗为目的使用易燃溶剂时，应严格遵守预防措施。

A.9 试验设备配备保护装置，当出现试验设备摩擦力过高、润滑油供油压力过低、试验设备超速等问题时，试验设备能够自动停机。

A.10 实验室润滑油应进行统一回收保管，不得随意排放或倾倒。

A.11 实验室应配备干式灭火设备。

A.12 根据法规采取其他的安全预防措施。

附 录 B
（资料性）
活塞环-气缸套抗拉缸性能评价的试验报告

表B.1 试验材料

实验单位：	委托单位：	试验日期：
试验设备：	试验编号：	样品编号：
活塞环：	气缸套：	润滑油：

表B.2 试验参数

贫油试验	参数名称	数值
磨合阶段	转速/(r/min)	
	温度/℃	
	比压/MPa	
	润滑油量/(mL/min)	
	磨合时间/min	
断油摩擦阶段	停止供油时刻	
	发生拉缸时刻	

表B.3 试验结果

组数	抗拉缸时间	
	参比试样	试验试样
第1组		
第2组		
第3组		
第4组		
第5组		
平均值		

本试验报告根据《活塞环-气缸套抗拉缸性能的评价方法》制定，试验结果仅对委托单位的来样负责。