

ICS 27.020
CCS J 091

团 体 标 准

T/CICEIA/CAMS XXXX-XXXX

氢燃料内燃机 漏气量试验方法

Hydrogen fuel internal combustion engine - Gas leakage test methods

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

202X - XX - XX 发布

202X - XX - XX 实施

中国内燃机工业协会
中国机械工业标准化技术协会

发布

目 次

前 言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 试验要求.....	2
5 试验方法.....	2
6 试验数据处理及分析.....	4
附录 A（规范性）动力总成状态确认.....	6
图 1 压力温度传感器位置.....	3
表 1 试验项目及对应试验工况.....	2
表 A.1 测试漏气量核查表.....	6
表 A.2 测试漏气量记录数据评测表.....	6

前 言

本文件按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》的规则起草。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工业协会提出。

本文件由中国内燃机工业协会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：潍柴动力股份有限公司、XXXXXX

本文件主要起草人：xxxxx

本文件为首次发布。

氢燃料内燃机 漏气量试验方法

1 范围

本文件规定了氢燃料内燃机（以下简称“氢内燃机”）漏气量试验的术语和定义、试验要求、试验方法、试验数据处理和分析的要求。

本文件适用于氢内燃机漏气量试验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 17691 重型柴油车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）

GB/T 19055-2024 汽车发动机可靠性试验方法

GB/T 37244 质子交换膜燃料电池汽车用燃料 氢气

GB/T 44723 氢燃料内燃机 通用技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

总漏气量 total blowby

氢内燃机在工作过程中，从曲轴箱通风管中逃逸出的气体总量，包含原机漏气量、氢燃料泄漏量、空压机漏气量。

3.2

原机漏气量 blowby for engine

氢内燃机在不安装空压机或空压机不带载的情况下从曲轴箱通风管中逃逸出的气体量，包括活塞漏气量、增压器漏气量、气门导管漏气量、氢内燃机曲轴箱补气量。

3.3

活塞漏气量 blowby through piston

从活塞组和气缸套之间的间隙进入曲轴箱的漏气量。

3.4

空压机漏气量 blowby through air-compressor

氢内燃机运行过程中，空压机中气体经由空压机机油进入曲轴箱的漏气量。

3.5

曲轴箱补气量 air-additional volume to crankcase

氢内燃机从外界引入新鲜空气补充到曲轴箱中，加速气体流动，用于稀释氢气浓度和降低机油乳化程度。

4 试验要求

4.1 一般要求

- 4.1.1 氢内燃机原机应按经规定程序批准的产品图样和技术文件制造并满足 GB/T 44723 的要求，零部件和附件应符合有关标准或产品图样规定。
- 4.1.2 试验用燃料的氢气质量分数应满足厂家提供的技术文件要求，也可使用 GB/T 37244 中规定的纯度更高的氢气燃料。
- 4.1.3 试验用润滑油应使用氢内燃机专用机油。
- 4.1.4 关键零部件（活塞环、气缸、气缸套）应具有精密测量报告，报告中应包括但不限于以下参数：
- 活塞环的开口间隙；
 - 活塞与气缸之间的间隙；
 - 气缸体缸套底孔内径；
 - 缸套变形量。

4.2 仪器设备要求

- 4.2.1 漏气量和氢浓度测试的所用仪器及仪表在试验前应校验合格，并具有计量主管部门认可的合格证书。
- 4.2.2 漏气量测试时补气装置、曲轴箱油气分离器应保持正常运行。
- 4.2.3 氢内燃机各密封面及管接处，在预热、磨合运行及性能试验期间，经采取措施后，不应出现油、气、水渗漏。
- 4.2.4 曲轴箱压力传感器量程应为-50kPa~50kPa。

4.3 关键部件测量要求

曲轴箱压力的测点布置如下：

- 应在机油尺与机油加注盖位置增加压力传感器测点进行压力测量；
- 若油气分离器取气位置在机体，且机油加注盖未安装在摇臂罩，则应在摇臂罩上额外增加测点进行测量；

5 试验方法

5.1 试验项目

试验项目及对应试验工况见表1。

表 1 试验项目及对应试验工况

序号	试验项目	试验工况	适用情况
1	氢内燃机原机漏气量	全负荷、额定点	型式试验、开发试验
2	氢内燃机总漏气量	全负荷、额定点	安装全部部件发动机漏气量核查时

表 2 (续)

序号	试验项目	试验工况	适用情况
3	氢内燃机活塞漏气量	全负荷、额定点	单独对活塞漏气量情况核查时

5.2 试验准备

氢内燃机漏气量试验前应进行以下准备工作：

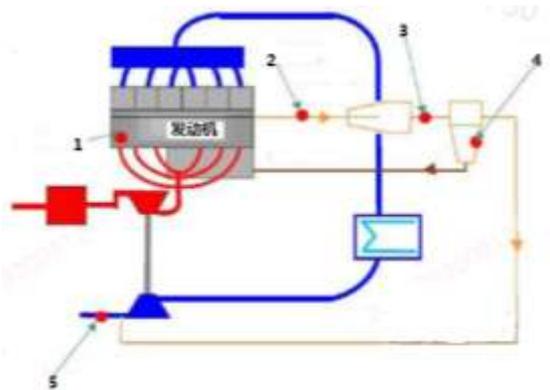
- 氢内燃机活塞与气缸套接触面的相关零部件（如活塞、活塞环和气缸套）应至少使用 10h，且无损坏的零件，或按照 GB 17691 进行磨合试验后，再进行漏气量试验。
- 检查关键零部件的测量报告，检查压力传感器、温度传感器，氢浓度传感器量程与安装位置。
- 稳态测量时，测试设备的采样频率不低于 10Hz，持续时间不少于 30s，计算平均值作为测量结果。
- 油气分离器的过滤元件应该至少使用 5h。

5.3 试验步骤

5.3.1 氢内燃机原机漏气量

5.3.1.1 额定点曲轴箱压力试验步骤如下：

- 按照图 1 布置压力、温度传感器，发动机不连接漏气量测试仪器；
- 在试验前、后发动机不运转的情况下，采集图 1 中各测量点的参数值，测量值用来对测量仪器进行修正；
- 发动机在怠速运转 5min 后停车，检查发动机性能并确认发动机无三漏情况；
- 发动机热车至节温器全开温度后，控制发动机逐步运行到额定点工况，期间应保证曲轴箱氢浓度低于 4%，调整发动机进气负压、涡轮后排气压力到厂家技术文件要求值，确认发动机状态无问题后开始进行试验；
- 按照附录表 A.1 和表 A.2 参数要求记录试验数据。



标引序号说明：

- 1——曲轴箱压力测量点；
- 2——预分离器前压力测量点；
- 3——主分离器前温度测量点；
- 4——主分离器压力测量点；
- 5——进气温度压力测量点。

图 1 压力温度传感器位置

5.3.1.2 全负荷开环原机漏气量试验步骤如下：

- a) 按照开式循环,在油气分离器出气口安装漏气量测试仪器,同时测量曲轴箱补气量;
- b) 发动机热车至节温器全开温度后,控制发动机运行额定点工况,检查曲轴箱内氢浓度指标,稳定后记录漏气量数据;
- c) 油气分离器满负荷工作时,曲轴箱压力应不高于 5.3.1.1 测得的压力数据,按照表 A.2 要求记录试验数据并根据表 A.1 进行查核;
- d) 测量外特性工况点,按照表 A.2 要求记录试验数据。

5.3.1.3 测试全负荷闭环原机漏气量,试验步骤如下：

- a) 按照闭式循环在油气分离器出口与发动机进气口之间安装漏气量测试仪器(在出口处连接),同时测量曲轴箱补气量。
- b) 发动机热车至节温器全开温度后,控制发动机运行额定点工况,补气量按 5.3.1.2 执行,检查曲轴箱内氢浓度指标稳定,按照表 A.2 要求记录试验数据,并根据表 A.1 进行查核。
- c) 测量外特性工况点,按照表 A.2 所列参数记录数据。

5.3.2 氢内燃机总漏气量

氢内燃机总漏气量包括原机漏气量、带载时空压机漏气量和氢燃料泄漏量。安装有空压机的氢内燃机总漏气量检测试验步骤按照5.3.1执行,另外还应检查确认发动机状态时,确保空压机能正常运转。

5.3.3 氢内燃机活塞漏气量

5.3.3.1 全负荷曲轴箱压力测试按照 5.3.1.1 执行。开环全负荷活塞漏气量测试试验步骤如下：

- a) 按照开式循环在油气分离器出气口安装漏气量测试仪器,测量曲轴箱补气量,将增压器回油外接到空桶,增压器回油与曲轴箱连接处的接口应使用螺塞堵上;
- b) 发动机热车至节温器全开温度后,控制发动机运行额定点工况,补气量按 5.3.1.2 执行,检查曲轴箱内氢浓度指标稳定记录漏气量数据。
- c) 氢浓度高于 4%时,增加曲轴箱补气量,曲轴箱压力控制在不高于 5.3.1.1 测得的压力数据范围内;
- d) 测量外特性工况点,按照表 A.2 要求记录试验数据。

5.3.3.2 为排除补气对活塞漏气量的影响,可在全负荷曲轴箱压力测试结束后,只做部分负荷活塞漏气量,试验步骤如下：

- a) 按照开式循环在油气分离器出气口安装漏气量测试仪器,将增压器回油外接到空桶,增压器回油与曲轴箱连接处的接口用螺塞堵上;
- b) 发动机热车至节温器全开温度后,测量工况点转换到部分负荷工况,稳定运行 5min,检查确认氢浓度指标稳定后,按照表 A.2 要求记录试验数据。

注：部分负荷工况点为氢浓度明确低于3%的点。

6 试验数据处理及分析

试验完毕后应对试验数据的完整性和合理性进行检查。

原机漏气量是氢内燃机开发监控的重要指标,由于曲轴箱补气量受氢浓度、曲轴箱压力、的影响较大,应对原机漏气量减去曲轴箱补气量后的数值进行控制:

- a) 该数值在额定点应小于理论进气量的0.6%;

- b) 进气道歧管喷射的氢内燃机限值可增大到0.6%的1.2倍；
- c) 全负荷的最大值与额定点数值的偏差应小于额定点数值的10%。

理论进气量计算公式参考GB/T 19055-2024附录A中A1.5条的规定。

附 录 A
(规范性)
动力总成状态确认

表 A.1~表 A.2 为动力总成状态确认信息表。

表 A.1 测试漏气量核查表

序号	核查项目	是否检查	补气前实测值	补气后实测值	备注
1	曲轴箱压力				
2	氢浓度				
3	曲轴箱补气量				
4	漏气量				

表 A.2 测试漏气量记录数据评测表

序号	测量参数	评价指标	实测值	是否满足要求	备注
1	中冷器后温度				
2	主油道机油温度				
3	发动机出水温度				
4	涡轮后排气温度				
5	环境压力				
6	中冷前气压				
7	中冷后气压				
8	主油道机油压力				
9	涡轮后排气压力				
10	曲轴箱压力				
11	发动机转速				
12	发动机扭矩				
13	环境空气湿度				
14	燃气消耗量				
15	预油气分离器前压力				
16	主油气分离器前压力				
17	增压器进气口处压力				
18	主油气分离器前温度				
19	增压器进气口处温度				
20	主油气分离器内压力				
21	氢浓度				
22	曲轴箱补气量				
23	原机漏气量				
24	总漏气量				
25	活塞漏气量				