

ICS 27.020  
CCS J 091

# 团 体 标 准

T/CICEIA/CAMS XXXX-XXXX

## 氢燃料内燃机 早燃识别及试验方法

Hydrogen internal combustion engines  
Pre-ignition identification and 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 试验设备.....	1
5 试验条件.....	1
6 试验方法.....	2
7 试验数据处理.....	3
8 试验报告.....	3
附 录 A（规范性） 试验发动机状态确认.....	4
表 1 早燃频次测试试验前的准备工况.....	2
表 2 早燃循环的判别方法.....	3
表 A.1 试验发动机状态确认内容.....	4
表 A.2 试验发动机参数记录表.....	4

## 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、上海机动车检测认证技术研究中心有限公司、XXXXXXX。

本文件主要起草人：沈富超、曾笑笑、XXX。

本文件为首次发布。

# 氢燃料内燃机 早燃识别及试验方法

## 1 范围

本文件规定了氢燃料内燃机早燃试验方法的术语和定义、试验设备、试验条件、试验方法、试验数据处理、试验报告等内容。

本文件适用于使用氢气作为燃料的往复式内燃机。

## 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/T 1147.2 中小功率内燃机 第2部分：试验方法

GB 17691-2018 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 44723-2024 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

**氢燃料内燃机** hydrogen internal combustion engines

使用氢气为燃料的内燃机。

[来源：GB/T 44723-2024，3.1]

### 3.2

**早燃** pre-ignition

由自着火诱发，实际燃烧开始时刻提前于指定燃烧开始时刻，随机发生的异常燃烧现象。

## 4 试验设备

试验设备应包括电力测功机、台架数据采集系统、燃烧分析仪、爆压传感器或火花塞一体式爆压传感器，相关设备要求如下：

- a) 电力测功机、台架数据采集系统应符合 GB 17691-2018 中附录 C 的要求；
- b) 燃烧分析仪爆压测量通道应满足发动机各缸同时测量的要求；
- c) 基于曲轴转角的取样频率应不低于 0.1deg.CA；
- d) 爆压传感器或火花塞一体式爆压传感器应实时测量燃烧压力随曲轴转角的变化情况，爆压传感器灵敏度超过出厂预设值 5%时应更换；
- e) 试验中使用的其它仪器设备应满足 GB/T 1147.2 规定。

## 5 试验条件

## 5.1 环境条件

环境条件无特殊要求，可根据试验需求进行设定。整个试验过程中的环境变化应满足以下要求：

- a) 试验过程中环境温度变化不超过 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 试验过程中环境湿度变化不超过 $\pm 5\%$ ；
- c) 实际环境条件应在试验报告中注明。

## 5.2 试验样机要求

5.2.1 试验样机应优先选用新机，按照生产厂规范完成磨合。如样机为旧机，需拆解检查并清除积碳、油泥等沉积物，更换必要配件后重新组装磨合，磨合后性能满足生产厂出厂要求的可以使用。

5.2.2 试验发动机各密封面及管接处，在预热、磨合运行及性能试验期间，不允许出现油、气、水渗漏。

## 5.3 试验用燃料和油液

5.3.1 试验使用的发动机机油以及冷却液的牌号和规格应符合有关标准或内燃机生产厂使用说明书的规定。

5.3.2 燃料氢气应符合GB/T 44723-2024中附录B相关规定。

5.3.3 同一次试验应使用同一批燃料、发动机机油以及冷却液。

5.3.4 试验时进气空气和冷却介质温度（包括中冷器的冷却介质进口温度）等均应符合氢燃料内燃机生产厂使用说明书规定。

## 6 试验方法

### 6.1 试验准备

在试验开始前发动机应先依照附录 A 表 A.1 确认发动机状态。

试验开始前应充分热车，确保出水温度、机油温度满足内燃机生产厂使用说明书需求。

每组试验开始前均应运行试验前的准备工况，以确保早燃频次测试试验开始时发动机的状态一致，试验准备工况见表 1。

表1 早燃频次测试准备工况

序号	准备工况		时长 (min)
	转速 (以额定转速为100%)	扭矩 (以该转速下最大扭矩为100%)	
1	50%	40%	3
2	50%	60%	3
3	60%	60%	3

### 6.2 试验内容

早燃频次的试验工况采用GB 17691-2018中的稳态循环（WHSC）。

### 6.3 试验步骤

发动机按照步骤a)到步骤e)进行3组试验，试验步骤如下：

- 充分热车后，依照表 1 运行早燃频次测试试验前的准备工况；
- 按照 GB 17691-2018 中表 C.1 所示 WHSC 试验循环顺序进行早燃频次试验，3min 内设定发动机运行早燃频次测试试验目标工况；
- 稳定运行 3min 后开始计时并测取数据；
- 该工况下的试验完成后，切换到下一个工况，重复步骤 b) -d)；
- 单组试验完成后发动机回怠速冷却 10min 停车，结束此组试验；
- 确定试验数据有效性。同工况下的试验结果偏差在 10% 以内，则试验数据有效，若试验结果不满足有效性要求，则需要增加试验组。

单组试验过程中不应中断，如若试验中断，应重新运行准备工况后再从中断的工况开始试验，中断前此工况的运行时间不计入运行总时长。

## 7 试验数据处理

试验数据应满足 GB/T 1147.2 要求。

对燃烧分析仪记录的燃烧压力数据进行处理及数据分析，具体流程及方法如下：

- 梳理试验过程中各工况各循环点火时刻时的缸内压力 ( $P_{IGT}$ )，统计各工况下点火时刻时的缸内压力平均值 ( $P_{IGT\_AVE}$ )，多缸发动机应分别统计各缸数据；
- 依据表 2 规定，通过该工况下各循环点火时刻时的缸内压力 ( $P_{IGT}$ ) 与同工况下点火时刻时缸内压力平均值 ( $P_{IGT\_AVE}$ ) 的相对关系判断是否是早燃循环；

表2 早燃循环的判别方法

判别方法	判别结果
$P_{IGT} - P_{IGT\_AVE} < P_{IGT\_AVE} \times 2\%$	非早燃循环
$P_{IGT} - P_{IGT\_AVE} \geq P_{IGT\_AVE} \times 2\%$	早燃循环

- 统计各工况下各缸早燃发生循环数和总循环数，算出早燃发生频次，计算方法见公式 (1)。

$$X = \frac{n}{m} \times 100\% \quad (1)$$

其中：

- X——试验工况下的早燃发生频率；  
n——试验工况下所有工作缸发生早燃的总次数；  
m——所有工作缸的燃烧循环总数。

## 8 试验报告

试验完成后由试验单位根据试验结果编写试验报告，试验报告应包含但不限于以下内容：

- 试验基本信息，包括试验日期、试验场所、试验负责人等；
- 试验样机参数，包括试验机型、性能参数；
- 试验数据，包括各工况各缸各循环点火时刻时的缸内压力 ( $P_{IGT}$ )、各工况各缸点火时刻时的缸内压力平均值 ( $P_{IGT\_AVE}$ )；
- 试验结果，各工况各缸的早燃判定结果。

附 录 A  
(规范性)  
试验发动机状态确认

A.1 试验发动机状态确认

试验发动机状态确认内容见表A.1。

表A.1 试验发动机状态确认内容

名称	确认内容
发动机	机油是否按要求添加
	冷却液是否按要求添加
	发动机各处是否有漏油现象
	发动机各处是否有漏水现象
	发动机最大扭矩及额定功率是否符合厂家标准

A.2 试验发动机参数记录

试验发动机参数记录信息见表A.2。

表A.2 试验发动机参数记录表

主要配置		结构型式和技术参数
发动机	型号	
	排量 (L)	
	额定功率 (kW/(r/min))	
	最大扭矩 (N m/(r/min))	
	氢气燃料等级	
	冷却液型号	
	机油型号	