

ICS
CCS

团 体 标 准

T/CAAMTBXXXX—XXXX

氢燃料发动机氢气喷射器 技术条件及试验方法

Test Methods and Performance Requirements for hydrogen ejectors of engines

(征求意见稿)

图1 XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国汽车工业协会发布

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 技术要求.....	2
5 试验方法.....	4
6 检验规则.....	9
7 标志、包装、运输和贮存.....	10

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。

请注意本文件中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。

本文件由中国汽车工业协会提出。

本文件由中国汽车工业协会标准法规工作委员会甲醇汽车专业委员会归口。

本文件起草单位：南岳电控（衡阳）工业技术股份有限公司、氢燃料发动机制造企业和科研单位、三一重工、道依茨（北京）发动机有限公司、北京蓝核清能甲醇技术研究院有限公司、全球甲醇行业协会（新加坡）北京代表处。

本标准主要起草人：邓飞、唐艳辉、李成校、伍新义、杨慧中、闫晓娜、赵凯等

本标准首次发布。

氢燃料发动机氢气喷射器技术条件及试验方法

1 范围

本文件规定了氢燃料发动机氢气喷射器（以下简称喷嘴）的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于氢燃料发动机氢气喷射器（150kPa~400kPa）。

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 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB/T 2829 周期检验技术抽样程序及表（适用于对过程稳定性的检验）

GB/T 3864 工业氮

GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

喷射周期 Period

喷射频率的倒数；即一次喷射开始到下一次喷射开始需要经过的时间，单位：毫秒（ms）。

3.2

脉冲宽度 Pulse Width

喷嘴一次喷射所需要的时间，单位：毫秒（ms）。

3.3

动态流量 Dynamic Flow

在规定脉冲宽度条件下，喷嘴在不同频率时喷射的燃料量，单位：克（g）。

3.4

静态流量 Static Flow Rate

在固定脉冲宽度条件下，喷嘴在完全打开时喷射的燃料量，单位：克（g）。

3.5

额定工作压力 Nominal working pressure

喷嘴工作时所承受的最大压力，单位：帕（Pa）。

3.6

最小开启压力 Minimum opening pressure

喷嘴工作时所承受的最小压力，单位：帕（Pa）。

3.7

工作电压 Operation voltage（简称 V）

加在喷嘴电磁线圈两端的直流电压或直流脉冲电压，单位：伏特（V）。

4 技术要求

4.1 基本要求

喷嘴应按规定程序批准的产品图样和技术文件制造，并应符合本文件要求。

4.1.1 燃料要求

4.1.1.1 使用规定的燃料时，喷嘴应能保证正常工作。

4.1.1.2 喷嘴在测量中试验用气体为 N_2 ，或其他由供需双方协商指定的试验用介质。

4.1.1.3 喷嘴在耐久性能项目试验、耐腐蚀性能试验用气为 N_2 ，符合GB/T 3864的要求。

4.1.2 温度范围

工作温度： $-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 。

储存温度： $-45^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ 。

4.1.3 电压范围

4.1.3.1 喷嘴工作电压

喷嘴的正常工作电压范围为12V~24V。

4.1.3.2 喷嘴额定测试电压

喷嘴的额定测试电压范围为 $24 \text{ V} \pm 0.2\text{V}$ ，或按用户与制造厂的协议规定。

4.1.4 材料要求

用于喷嘴的材料应与使用燃料相容。供给客户的喷嘴产品、供应商制造产品及制造过程应严格遵照保护员工及客户的人身、财产安全，并且符合环保要求。

4.2 绝缘性

在喷嘴非绝缘材料上任意一点和任意一电极之间施加 $750\text{V} \pm 0.05\text{V}$ 直流电压时，在不击穿条件下，绝缘电阻大于 $3\text{M}\Omega$ 。

4.3 喷嘴流量

4.3.1 动态流量

按照5.3.1进行动态流量试验。

流量公差值应在 $\pm 5\%$ 范围内或按用户与制造厂的协议规定。

4.3.2 动态流量线性误差

按照 5.3.2 进行喷嘴动态流量线性误差试验

动态流量线性误差应在 $\pm 5\%$ 范围内或按用户与制造厂的协议规定。

4.3.3 流量一致性

按照5.3.3进行流量一致性试验。

流量公差值应在 $\pm 8\%$ 范围内或按用户与制造厂的协议规定。

4.4 工作电压

4.4.1 最小工作电压

按照5.4.1进行最小电压试验；喷嘴工作时的最小开启电压12V，或按用户与制造厂的协议规定。

4.4.2 工作电压耐压

按照5.4.2进行耐压试验,其流量波动应在 $\pm 5\%$ 范围内。

4.5 密封性

按照5.5进行密封性试验

喷嘴出口处放入油液面下保持30s不允许有气泡产生；测试气压和泄漏量可按用户与制造厂的协议规定。

4.6 耐温性能

4.6.1 耐低温性能

按照5.6.1进行耐低温性能试验，试验完成后，将喷嘴恢复常态，应符合4.2、4.3.1、4.5的规定。

4.6.2 耐高温性能

按照5.6.2进行耐高温性能试验，试验完成后，将喷嘴恢复常态，应符合4.2、4.3.1、4.5的规定。

4.6.3 冷热冲击性能

按照5.6.3进行冷热冲击性能试验，试验完成后，将喷嘴恢复常态，应符合4.2、4.3.1、4.5的规定。

4.7 耐久性能

按照5.7进行耐久性能试验，试验完成后，将喷嘴恢复常态，应符合4.2、4.3.1、4.5的规定。

4.8 耐腐蚀性能

按照5.8进行耐腐蚀性能试验，试验完成后，将喷嘴恢复常态，应符合4.2、4.3.1、4.5的规定。

4.9 振动性能

按照5.9进行振动性能试验，试验完成后，将喷嘴恢复常态，应符合4.2、4.3.1、4.5的规定。

4.10 耐盐雾性能

按照5.10进行盐雾性能试验，试验完成后，将喷嘴恢复常态，应符合4.2、4.3.1、4.5的规定。

4.11 跌落

按照5.11进行跌落试验，试验完成后，应符合4.2、4.3.1、4.5的规定。

5 试验方法

5.1 试验标准条件

环境温度：25℃±5℃；

空气湿度：25%~65%；

大气压：101.3 kPa±0.2kPa；

试验介质：GB/T 3864工业氮；

试验介质气压：按喷嘴规定要求确定；

工作电压：24V，按喷嘴规定要求确定；

喷嘴安装方式：在试验过程中未特别指定的，喷氢口均端垂直向下安装。

试验中无特殊要求均按标准试验条件进行。

5.2 绝缘性试验

在标准试验条件下，将耐压测试仪的高压端连接到喷嘴的任一端电极上，并将测试仪的低压回路端连接到喷嘴体非绝缘材料的任意一点上，设定耐压测试仪的输出电压为750V±0.05V直流电压并运行3s，在不击穿的情况下记录喷嘴的绝缘电阻数据。

5.3 喷嘴流量试验

5.3.1 动态流量试验

将喷嘴安装在专用流量测试仪上；调整喷嘴工作电压和气压为规定要求值、工作频率为50Hz，喷嘴预喷1000次；分别测量喷嘴在3.0ms、5.0ms、6.0ms、8.0ms、10.0ms、12.0ms、14.0ms、20ms喷射脉冲宽度周期条件下20s的喷气质量，并记录氮气总流量值且换算成氢气流量值，换算公式见公式（1）：

$$Q_0 = Q \times \rho_0 \div \rho \quad (1)$$

式中：

Q—氮气在标准状态下的流量，g/s；

Q₀—氢气在标准状态下的流量，g/s；

ρ₀—氢气在标准状态下的密度，kg/m³；

ρ—氮气在标准状态下的密度，kg/m³；

5.3.2 喷嘴动态流量线性误差试验

取一组喷嘴中若干支喷嘴按5.2.1规定的方式进行测试,并记录氮气总流量值且换算成氢气流量值,将其与实际流量值对比而得到喷嘴流量线性误差,其计算公式见公式(2):

$$\Delta Qi = (Q_i - \sum_{i=1}^n Q_i / n) / (\sum_{i=1}^n Q_i / n) \dots\dots\dots (2)$$

式中:

ΔQ_i —在某个脉宽时,某个喷嘴的流量误差;

Q_i —第*i*个喷嘴在某个脉宽的流量;

n —喷嘴组内喷嘴数。

5.3.3 喷嘴流量一致性试验

在标准试验条件下,工作频率50Hz,喷射脉宽20ms,测量20s内流量值10次,按公式(3)计算喷嘴静态流量的流量一致性误差。

$$\Delta Q = \frac{Q_{\max}(\text{或} Q_{\min}) - Q_b}{Q_b} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中:

ΔQ —流量一致性误差;

Q_{\max} —样本中的最大喷射量;

Q_{\min} —样本中的最小喷射量;

Q_b —样本中的平均喷射量。

5.4 工作电压试验

5.4.1 最小工作电压试验

将喷嘴安装在专用的流量测试仪上,在5.0ms的喷射周期条件下,喷嘴喷射1000次;设定起始工作电压 $12V \pm 0.05V$,进行固定喷射脉冲宽度为10s的静态流量试验;按每测试一次减少0.1V电压,当喷嘴无法打开时,记录电压值。

5.4.2 耐压试验

将喷嘴安装在专用的流量测试仪上,设定喷嘴工作电压为 $24V \pm 0.05V$;喷嘴以全开状态喷射60s后,对喷嘴进行5.2绝缘性试验,绝缘电阻大于 $3M\Omega$;对喷嘴试验前后进行喷射脉冲宽度为3ms,喷射周期10ms的动态流量对比测试。

5.5 密封性试验

喷嘴进气口端通入相对大气压为150kPa的 N_2 时,喷嘴出口处放入油液面下保持30s不允许有气泡产生。

5.6 耐温性能试验

5.6.1 耐低温性能试验

将喷嘴安装在低温测试仪上,环境温度设定为 $-45^\circ C \pm 2^\circ C$,放置12h进行试验,试验过程喷嘴不工作;试验前后进行5.3.1试验,相比试验前,试验后流量变化率在 $\pm 5\%$ 范围;试验后再分别进行5.2、5.5试验,试验后应分别满足4.2绝缘性、4.5密封性要求。

5.6.2 耐高温性能试验

将喷嘴安装在高温测试仪上，环境温度设定为 $125^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，放置12h进行试验，试验过程喷嘴不工作；试验前后进行5.3.1试验，相比试验前，试验后动态流量变化率在 $\pm 5\%$ 范围；试验后再分别进行5.2、5.5试验，试验后应分别满足4.2绝缘性、4.5密封性要求。

5.6.3 冷热冲击试验

将喷嘴安装在低温测试仪上，环境温度设定为 $-40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，放置30min；然后在2min内把喷嘴安装在高温测试仪，环境温度设定为 $125^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，放置30min，冲击重复12次，在试验期间喷嘴不工作；试验前后进行5.3.1、5.3.2试验，相比试验前，试验后动、静态流量变化率在 $\pm 5\%$ 范围；试验后再分别进行5.2、5.5试验，试验后应分别满足4.2绝缘性、4.5密封性要求。

5.7 5.7 耐久性能试验

在标准试验条件下，使用 N_2 为介质，将喷嘴安装固定在耐久测试仪上，设定3ms的喷射脉冲宽度和频率为20Hz，进行 1×10^8 次的喷射；试验前后进行5.3.1试验，相比试验前，试验后动流量变化率在 $\pm 5\%$ 范围；试验后再分别进行5.2、5.5试验，试验后应分别满足4.2绝缘性、4.5密封性要求。

5.8 5.8 耐腐蚀试验

以 H_2 气体为试验介质连同喷嘴一起装入固定容器内，容器内 H_2 气体体积应不少于喷嘴的总体积的1/2；在环境温度为 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的条件下喷嘴浸泡240h，试验期间喷嘴不工作；试验前后进行5.3.1试验，相比试验前，试验后动、静态流量变化率在 $\pm 5\%$ 范围；试验后再分别进行5.2、5.5试验，试验后应分别满足4.2绝缘性、4.5密封性要求；试验后喷嘴表面用放大镜检查无腐蚀痕迹。

5.9 5.9 振动性能试验

喷嘴固定在专用工作台上进行振动性能试验；以1min为周期，随时间线性渐变50Hz~400Hz~50Hz为振动频率，以30g加速度，分别在喷嘴X/Y/Z三个方向各进行24h振动，一共进行72h振动；试验过程中喷嘴不工作；试验前后进行5.3.1试验，相比试验前，试验后动态流量变化率在 $\pm 5\%$ 范围；试验后再分别进行5.2、5.5试验，试验后应分别满足4.2绝缘性、4.5密封性要求。

5.10 5.10 耐盐雾性能试验

在标准试验条件下，按照GB/T 10125 中盐雾试验方法的规定进行试验；试验期间喷嘴不工作，并将喷嘴进油口与出油口密封好，垂直方向以 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 悬挂在盐雾测试仪的盐雾箱中央，样本之间至少相距30mm，和盐雾箱壁至少相距35mm；以5%浓度的氯化钠对喷嘴连续喷射96h；试验前后进行5.3.1试验，相比试验前，试验后动态流量变化率在 $\pm 5\%$ 范围；试验后再分别进行5.2、5.5试验，试验后应分别满足4.2绝缘性、4.5密封性要求；试验后喷嘴表面用放大镜检查无腐蚀痕迹。

5.11 5.11 跌落试验

将喷嘴从1m空中自由垂直跌落到水泥地面上，试验前后进行5.3.1试验，相比试验前，试验后动态流量变化率在 $\pm 5\%$ 范围；试验后再分别进行5.2、5.5试验，满足4.5密封性要求。

6 检验规则

6.1 产品检验的类别

产品的检验分为出厂检验、验收检验和型式检验。

6.2 出厂检验

4.3.2 喷嘴出厂检验项目为 4.2、4.3、4.4、4.5 项，检验合格后方可出厂。喷嘴出厂检验抽样方案和合格质量水平 AQL 值应经过制造厂质量检验部门按 GB/T2828.1 的有关规定进行。

6.3 验收检验

4.3.2 喷嘴验收检验项目为 4.2、4.3、4.4、4.5 项，检验合格后验收。喷嘴验收检验抽样方案和合格质量水平 AQL 值应按 GB/T2828.1 的有关规定或由供需双方商定。

6.4 型式检验

有下列情况之一者，制造厂应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品易地生产的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变而可能影响产品性能时；
- c) 正式生产时，成批或大量生产的产品，应周期性进行检验；
- d) 产品停产一年以上，恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
- f) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

型式检验项目为第 4 章、第 5 章规定的所有项目。

型式检验抽样规则及合格与否的判断，按 GB/T2829 的规定进行。

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 标志

每只喷嘴应在显著部位有明显标志，由供需双方协商确定，其基本内容包括：

- a) 制造厂名或商标；
- b) 产品型号或代号；
- c) 生产批次或代码。

在使用期限内标志应保持清晰可认。

7.2 包装

喷嘴上应装有各种防护零件（护罩、护帽等），以防内腔被污染。

用纸盒包装的喷嘴发货时，应装入衬有防水、防尘、防潮材料的固定包装箱内。包装要求按 GB/T 13384 相关规定。每个包装箱内都应附有经检验员签章的合格证、产品说明书及有关出厂文件。

在包装箱外表面应标明：

- d) 产品名称；
- e) 产品型号；
- f) 标准号；
- g) 数量；
- h) 总质量；
- i) 装箱日期（年、月）；

- j) 制造厂名和商标；
- k) 运输保护标志。

固定配套的喷嘴的包装，可按供货协议进行。

7.3 运输

包装应充分保证喷嘴在运输途中不受到损伤和受潮。

7.4 贮存

喷嘴应放在干燥的仓库内，不得与酸、碱及其他能引起腐蚀的化学品存放在一起；不得与带磁性的物品存堆放在一起；在正常保管情况下，自出厂之日起1年内，制造厂应保证产品不锈蚀。
