

ICS 49.050

V 31

备案号:

**MH**

中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T 3021—2011

---

## 燃气涡轮发动机燃油喷嘴测试

Gas Turbine Engine Fuel Nozzle Test Procedures

2011 - 03 - 01 发布

2011 - 06 - 01 实施

---

中国民用航空局 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 测试条件 .....	1
3.1 测试用油 .....	1
3.2 过滤 .....	1
3.3 燃油污染测试 .....	1
3.4 温度 .....	2
4 测试设备 .....	2
4.1 压力测量设备 .....	2
4.2 压力测试 .....	2
4.3 压力或流量的设定 .....	6
4.4 燃油流量测量 .....	6
4.5 空气流量测量 .....	6
4.6 喷雾角测量 .....	6
4.7 周向分布 .....	10
4.8 径向分布 .....	11
4.9 喷雾腔 .....	12
5 测试的基本要求 .....	12
5.1 测试程序的一致性要求 .....	12
5.2 检查清单 .....	12
5.3 安装 UUT .....	13
5.4 设定压力 .....	13
5.5 流量读数 .....	13
5.6 数据记录 .....	13
5.7 测试程序 .....	13
5.8 测试台噪音 .....	13
附录 A (规范性附录) 过滤 .....	14
附录 B (规范性附录) 燃油污染测试 .....	16
附录 C (规范性附录) 校准 .....	17

## 前 言

本标准依据GB/T 1.1-2009的规则起草。

本标准由中国民用航空局飞行标准司提出。

本标准由中国民用航空局航空器适航审定司批准立项。

本标准由中国民航科学技术研究院归口。

本标准由中国民航大学航空工程学院和北京飞机维修工程有限公司起草。

本标准主要起草人：杨晓军，闫国华，张银波，樊军，尹程远，王炫，陈智强。

# 燃气涡轮发动机燃油喷嘴测试

## 1 范围

本标准规定了燃气涡轮发动机燃油喷嘴使用性能的基本测试条件、测试设备及测试的基本要求。本标准适用于燃气涡轮发动机燃油喷嘴使用性能的测试。

## 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。

SAE ARP598 用于液体中微粒污染物测定的微粒计数法

SAE ARP785 应用过滤器重量分析过程测定液压流体中微粒污染的程序

## 3 测试条件

### 3.1 测试用油

3.1.1 标准测试用油为 MIL-C-7024/II 型，也被称为干洗溶剂。经验表明从单一供应来源买到的 MIL-C-7024/II 型油可以保持稳定的特性。但如果从多个来源购买，油品的特性可能略有差异。所以当对不同来源的油品特性数据进行比较和分析时，应将这一点考虑进去。在对流量测量仪表进行校准时，应对 MIL-C-7024/II 型油或与 MIL-C-7024/II 型油性质等效的油品的密度和黏度进行修正。

3.1.2 不建议使用除 MIL-C-7024/II 型油以外的测试用油，比如实际的航空煤油。燃油特性差异过大将使得测试数据不便于与其他测试台上的数据进行比较和分析。用航空煤油进行喷嘴测试更加危险，需要考虑更严格的安全措施。

### 3.2 过滤

MIL-C-7024/II 型油过滤系统的最小可接受的过滤比见公式（1），附录A给出该公式的详细说明：

$$\beta_{6/11/15} = 2 / 20 / 75 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\beta$ ——过滤比；

6/11/15——预选的粒子尺寸，单位为微米（ $\mu\text{m}$ ）；

2/20/75——该粒子尺寸对应的过滤比值。

### 3.3 燃油污染测试

可接受的污染等级应与 MIL-C-7024/II 型燃油的要求相一致。推荐的污染测试方法是国际标准化组织固体污染物代码（ISOSCC），ISOSCC 建议所有燃油喷嘴测试台可接受的污染等级为 16/13（见附录B）。建议每隔 60 d（天）检查一次燃油污染等级。

### 3.4 温度

#### 3.4.1 燃油

标准测试用油的温度应保持在 $26.7\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $80\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{F}$ )，实际测量时，温度测量位置应尽量接近流量测量装置，且与静压测量前端的距离不小于管道直径的10倍。如果流量测量系统可对由于温度导致的比重及黏度变化而引起的质量流量误差进行修正，可超出上述距离范围。

#### 3.4.2 空气

空气温度应保持在 $10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $50\text{ }^{\circ}\text{F} \sim 95\text{ }^{\circ}\text{F}$ )，测量位置与静压测量前端距离应不小于管道直径的10倍。气源应清洁和干燥，露点温度不大于 $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $40\text{ }^{\circ}\text{F}$ )。

## 4 测试设备

### 4.1 压力测量设备

用于UUT（被测试装置或喷嘴）的压力测量设备应精确到读数的 $\pm 0.5\%$ （见附录C—校准）。

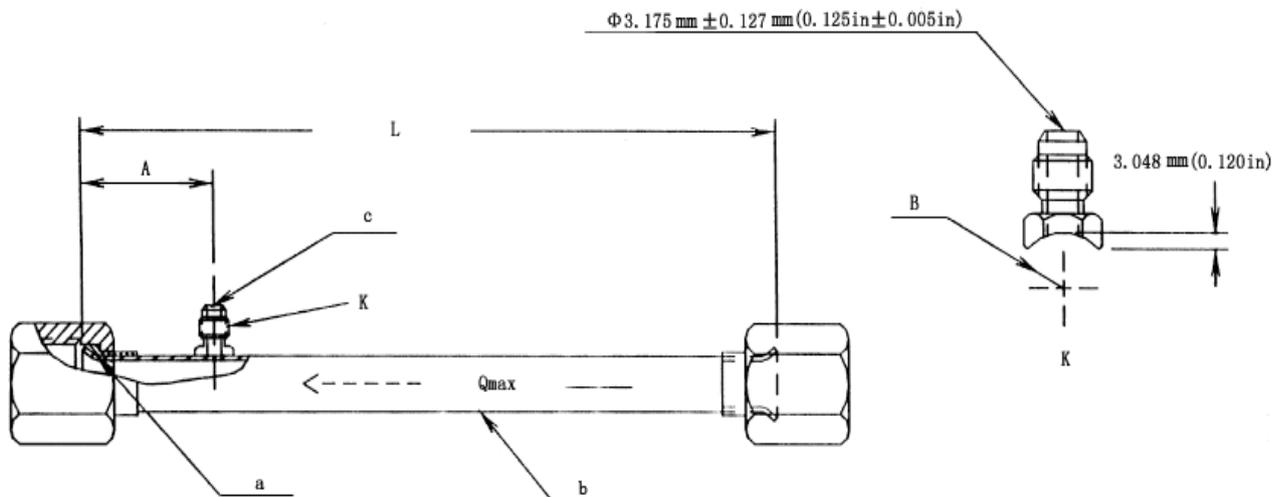
### 4.2 压力测试

#### 4.2.1 测压点

测压点应位于内径大于等于与其连接的配件尺寸的管内，并且应尽可能接近UUT进口能反映真实静压的位置，与压力计基准平面的平行高度在 $153.4\text{ mm}$  ( $6\text{ in}$ ) 以内，将UUT安装于夹具上能确定喷雾室高度。如果不能满足这一要求，应对正压头或负压头进行校准。

#### 4.2.2 测量段

用于静压测量的压力测量段的测量通道的直径应小于流体流动通道的直径，并且正常情况下在流体的边界层内测量压力。压力管内径应足够大，保证在流动条件下燃油最大流速不超过 $6.096\text{ m/s}$  ( $20\text{ ft/s}$ )，空气最大流速不超过 $0.2$ 马赫数，这样可以尽可能减小动压的影响。测压点应位于来流接口下游管道直径的10倍以上且距出口管道直径2倍以上的位置上。燃油测量见图1，空气测量见图2。



零件描述											
管外径		壁厚		L		A		SAE 套筒	SAE 螺母	B	
mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	—	—	mm	in
4.762 5	0.187 5	1.244 6	0.049	114.3	4.5	50.8	2	3-070115	3-070115	2.261-2.515	0.089-0.099
6.35	0.25	1.244 6	0.049	114.3	4.5	50.8	2	4-070115	4-070115	3.048-3.302	0.120-0.130
7.937 5	0.312 5	1.244 6	0.049	114.3	4.5	50.8	2	5-070115	5-070115	3.835-4.089	0.151-0.161
9.525	0.375	1.244 6	0.049	120.65	4.75	50.8	2	6-070115	6-070115	4.648-4.902	0.183-0.193
12.7	0.5	1.244 6	0.049	152.4	6	50.8	2	8-070115	8-070115	6.223-6.477	0.245-0.255
15.875	0.625	1.244 6	0.049	196.85	7.75	63.5	2.5	10-070115	10-070115	7.544-7.798	0.297-0.307

测试和工作压力							
静态测试压力		力矩		P <sub>max</sub>		Q <sub>max</sub>	
MPa	psi	N·m	lb-ft	MPa	psi	kg/h	lb/h
13.78	2 000	10.846	8	13.78	2 000	68.1	150
13.78	2 000	13.557	10	13.78	2 000	197.49	435
13.78	2 000	20.336	15	13.78	2 000	390.44	860
13.78	2 000	27.115	20	13.78	2 000	651.49	1 435
13.78	2 000	33.894	25	13.78	2 000	1 371.988	3 022
13.78	2 000	40.672	30	13.78	2 000	2 360.8	5 200

说明:

L——最小长度;

B——半径;

P<sub>max</sub>——温度在-17.8℃~537.8℃时的最大允许表压;

Q<sub>max</sub>——最大允许流量。

所有的压力测试段均应在表中给定的静态测试压力下进行 1 min 的压力测试, 螺母扭矩应达到指定值, 并不应有明显的渗漏或永久变形。

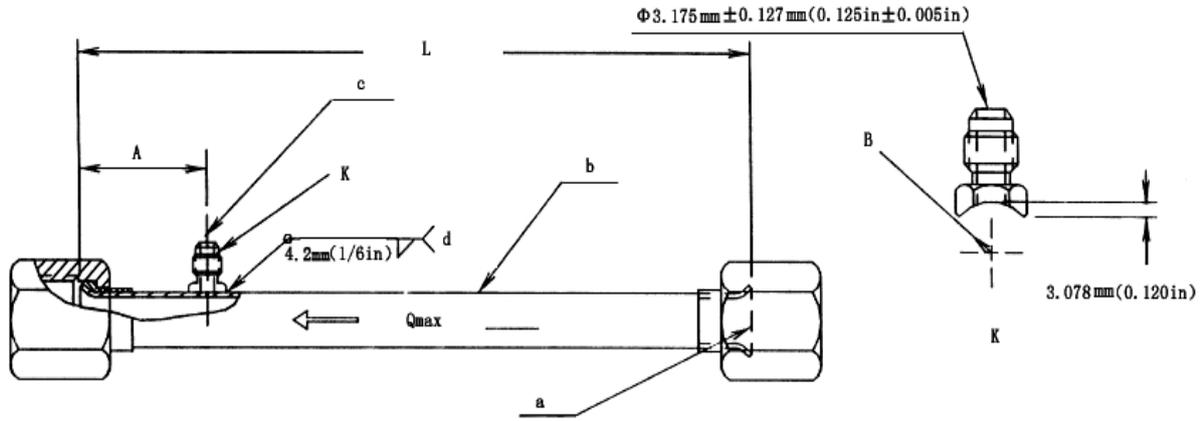
注: 参考流量为最大测试压力高于 0.62 MPa、使用 MIL-C-7024/II 型测试用油时的流量。

<sup>a</sup> 喇叭管两端按 SAEJ514 连接;

<sup>b</sup> 型号 304 或 321 的不锈钢无缝管;

<sup>c</sup> 电加工, 直径 0.508 mm~0.762 mm (0.020 in~0.030 in)。

图1 典型燃油流动测量段



零件描述											
管外径		壁厚		L		A		SAE 套筒	SAE 螺母	B	
mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	—	—	mm	in
25.4	1	2.108 2	0.083	317.5	12.5	63.5	2.5	16-070115	16-070110	12.573-12.827	0.495-0.505
31.75	1.25	2.413	0.095	393.7	15.5	76.2	3	20-070115	20-070110	15.748-16.002	0.620-0.630
38.1	1.5	2.413	0.095	469.9	18.5	88.9	3.5	24-070115	24-070110	18.923-19.177	0.745-0.755
50.8	2	2.413	0.095	622.3	24.5	114.3	4.5	32-070115	32-070110	25.273-25.527	0.995-1.005

测试和工作压力							
静态测试压力		力矩		P <sub>max</sub>		Q <sub>max</sub>	
MPa	psi	N·m	lb-ft	MPa	psi	m <sup>3</sup> /min	ft <sup>3</sup> /min
10.335	1 500	101.681	75	6.89	1 000	1.412	50
10.335	1 500	101.681	75	6.89	1 000	2.401	85
10.335	1 500	101.681	75	6.89	1 000	3.531	125
10.335	1 500	101.681	75	6.89	1 000	7.062	250

说明：

L——最小长度；

B——半径；

P<sub>max</sub>——温度在-17.8℃~537.8℃时的最大允许表压；

Q<sub>max</sub>——最大允许的标准状态下的流量。

大尺寸段的上游长度直径比应为 10:1，下游长度直径比为 2:1，所有的压力测试段均应在表中给定的静态测试压力下 1 min 的压力测试，要求螺母扭矩达到指定值，并不应有明显的渗漏或永久变形。

注：参考流量是工质为清洁干空气时的流量。

<sup>d</sup> 喇叭管两端按 SAEJ514 连接；

<sup>e</sup> 型号 304 或 321 的不锈钢无缝管；

<sup>f</sup> 电加工，直径 0.508 mm~0.762 mm (0.020 in~0.030 in)；

<sup>g</sup> 铜焊。

图2 典型的空气流动测量段

### 4.2.3 快速接头 (QD)

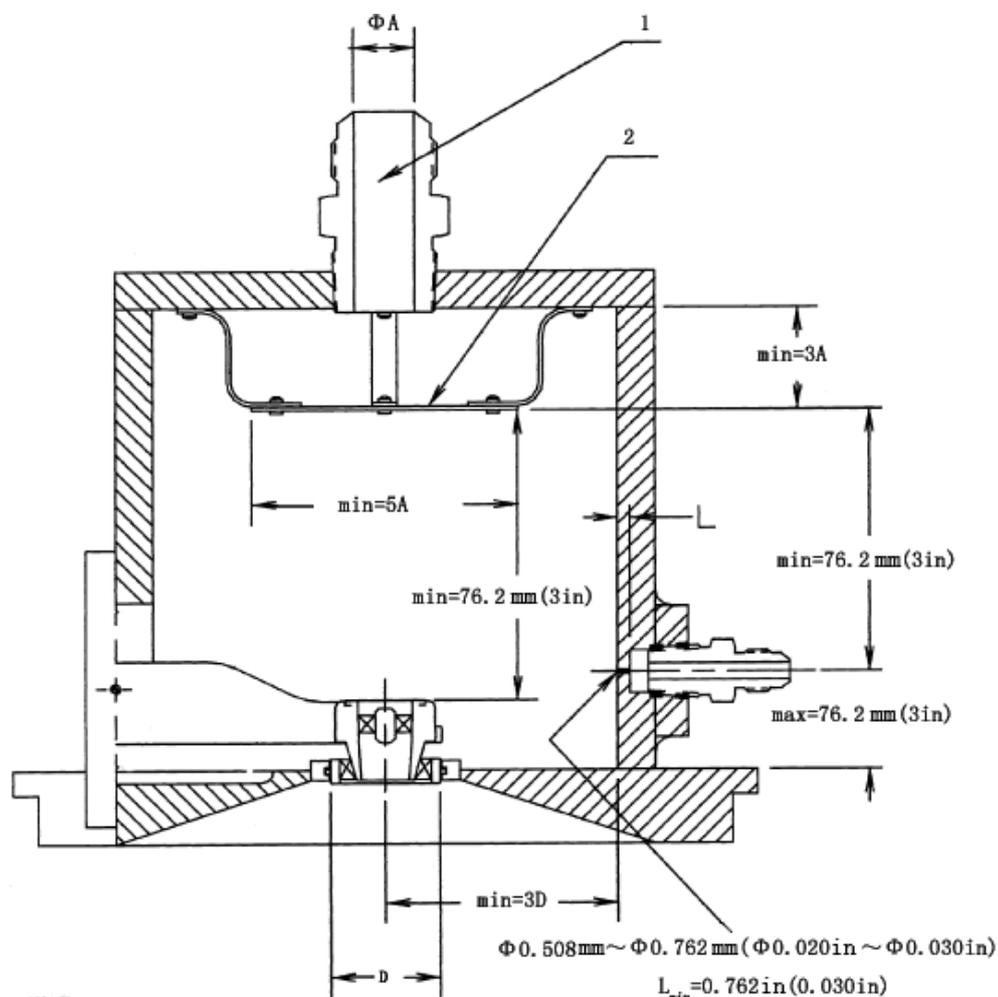
QD以一个动作将UUT与测试台连接或断开。QD的一端为进口适配器，与UUT相连接，用于保护喷嘴的进口段；另一端与测试设备相连。如果在性能测试时使用快速接头，应拆除中央单向活门。进口适配器应与UUT接头相匹配（不小于UUT接头的内径）。对适配器和快速接头应进行定期的渗漏检测。

### 4.2.4 QD 的校准

如果测试要求不允许拆除中央单向活门，应进行校准，得到压降和流量间的关系。

### 4.2.5 稳压腔测量 (空气)

可在为测试段提供工作流体的稳压腔内测量静压。可通过在稳压腔的周边布置一个小的测压孔进行测量。稳压腔的内径应足够大，以保证充足的测试流体流到测试段；在流动状态下稳压腔进口的最大流速最高为0.2马赫数，并且稳压腔任一截面处的面积都不应小于进口面积，见图3。如果这些条件满足，空气箱的外形可不作要求。



说明:

1——空气进口接头;

2——空气隔板组合;

注: min代表最小值, max代表最大值。

图3 典型空气箱

### 4.3 压力或流量的设定

对UUT所有的测试点，压力应稳定在读数的±1%之内；流量应稳定在读数的±2%之内。

### 4.4 燃油流量测量

在UUT的所有测量点上，流量测量允许误差应在读数的±0.5%之内。

### 4.5 空气流量测量

在所有测试点上，流量测量设备的允许误差应在读数的±1.0%之内。

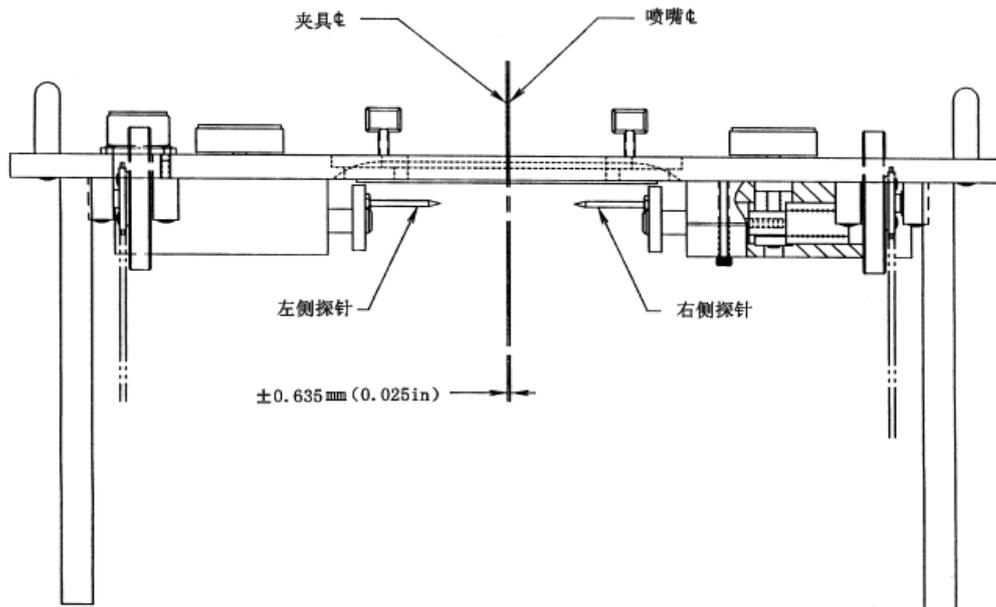
### 4.6 喷雾角测量

#### 4.6.1 测量设备

角度测量设备的允许误差应在所有测量角度读数的±1%之内，或者在线宽读数的±1%之内。从UUT喷孔喷出时，喷雾多呈圆锥状，喷雾角的测量位置由发动机和喷嘴制造商给定，在应用简单的夹具和测量设备后，喷雾锥可视为一个二维平面，因此测量数据既可以是角度和倾斜度，也可以是距离中心线的直线距离。

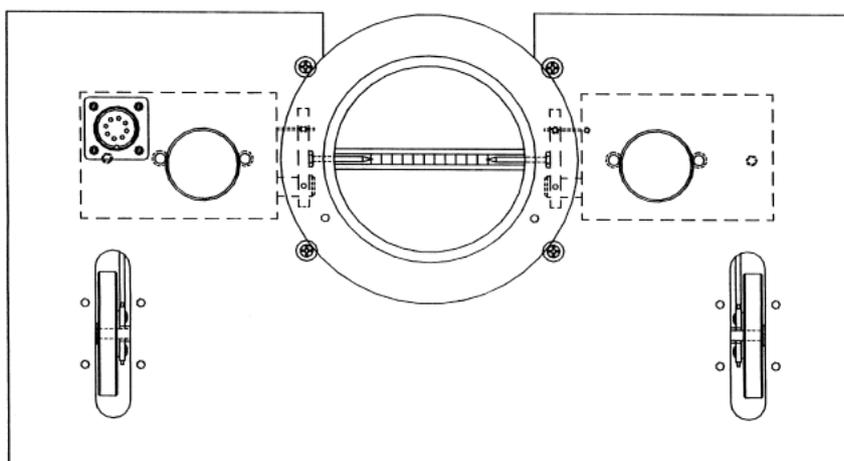
#### 4.6.2 喷雾角测量夹具

测量夹具一般装在喷雾腔上，或者与喷雾腔成为一个整体，主要作用是收集弥散的喷雾，排出油雾，将测试流体返回测试台。喷雾腔和测量夹具可使喷雾在一个垂直平面内向下排出，并可通过一个不会引起变形失真的透明观察窗观测到。如果要求测量喷雾角度或喷雾分布，UUT应安装在一个合适的夹具内，以便当安装在测量装置内时，UUT端部中心线处于角度测量装置或分布器中心线±0.635 mm (0.025 in)之内，见图4和图5。由相关的控制文件所定义的理论上的喷雾锥顶点也应位于测量装置基准平面±0.635 mm (0.025 in)内。这一尺寸由测量装置装配图规定。应建立理论的喷雾锥顶点，并保证安装在喷雾角测量装置内的夹具尺寸是正确的。



注：移去了径向分布器。

图4 典型喷雾角装置前视图

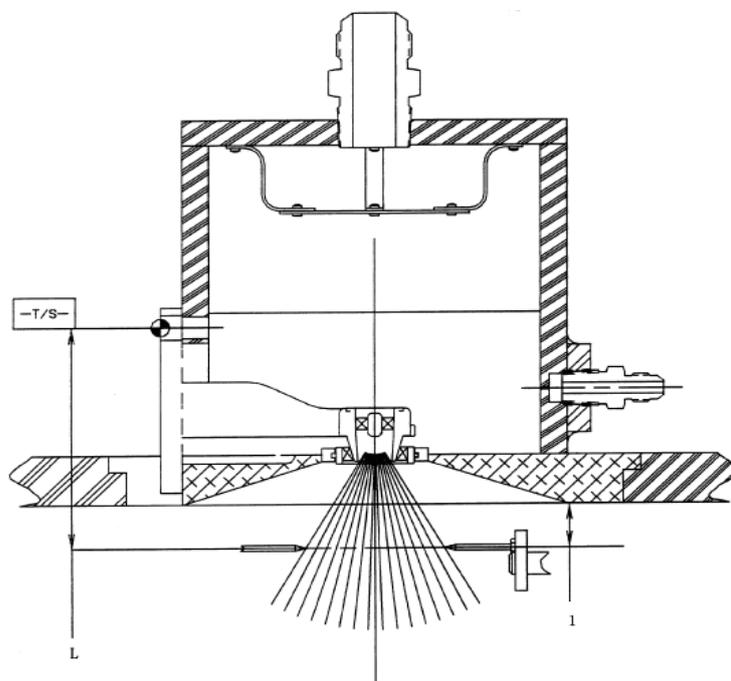


注：包含了径向分布器。

图5 典型喷雾角装置俯视图

#### 4.6.3 用于测试夹具的“-T/S-”平面

宜定义一个基准平面，称为“-T/S-”平面，该平面与UUT的法兰安装孔直接相关联。这样，便可根据每个UUT的法兰位置来确定测量平面。用于评估喷雾效果的测试工具应设计成：当与空气箱或UUT安装夹具连接后，测量平面与实际位置的公差应为 $\pm 0.635\text{ mm}$  ( $0.025\text{ in}$ )。“-T/S-”平面也可作为UUT外壳绘图的基准平面。分布测量装置与“-T/S-”平面间的公差应为 $\pm 1.270\text{ mm}$  ( $0.050\text{ in}$ )，见图6和图7。

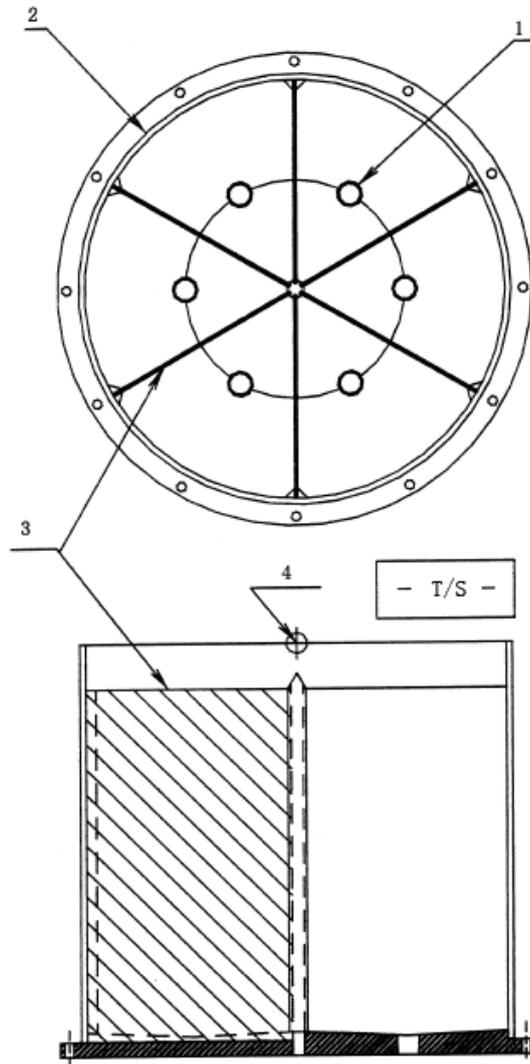


说明：

1——夹具基准；

L——夹具到T/S平面的距离。

图6 典型平面



说明：  
1——排出管；  
2——导流管；  
3——分配器叶片；  
4——点。

图7 典型的周向分布器

#### 4.6.4 目视方法

目视方法通常使用两个呈180°分布的测量指示器，在测试中指示器缓慢移向圆锥雾流，当观察到液滴以恒定速率滴下时，读出指示器的位置。指示器有两种移动方式：第一种是指示器位于一水平面内，已知该平面距喷雾锥顶点的垂直距离，所有的指示器以直线方式移向雾流的中心线，见图8。第二种是指示器以雾流顶点为轴进行旋转，见图9。

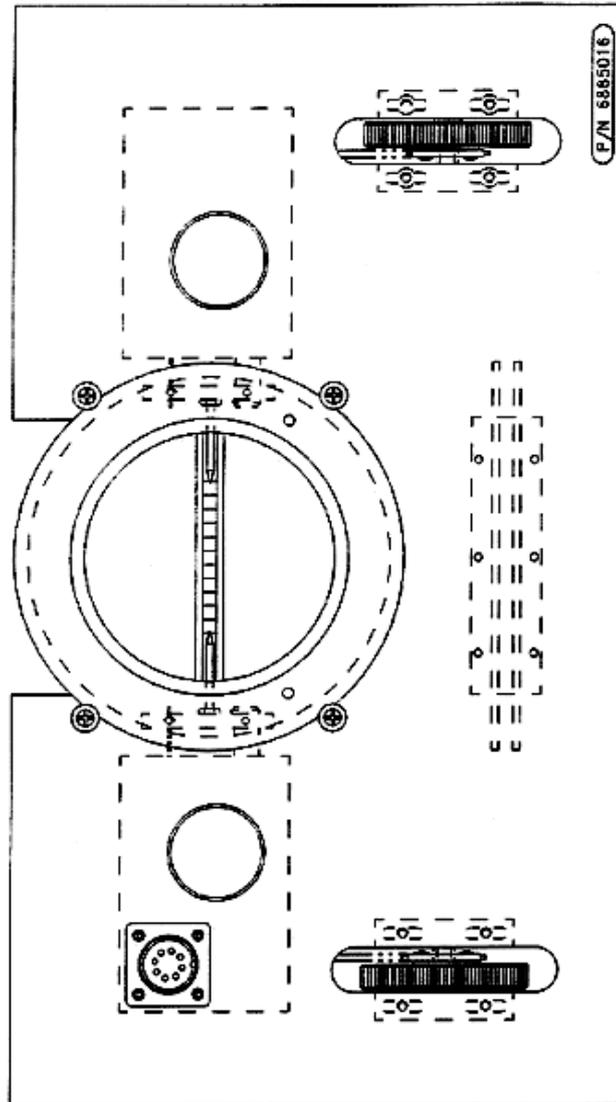
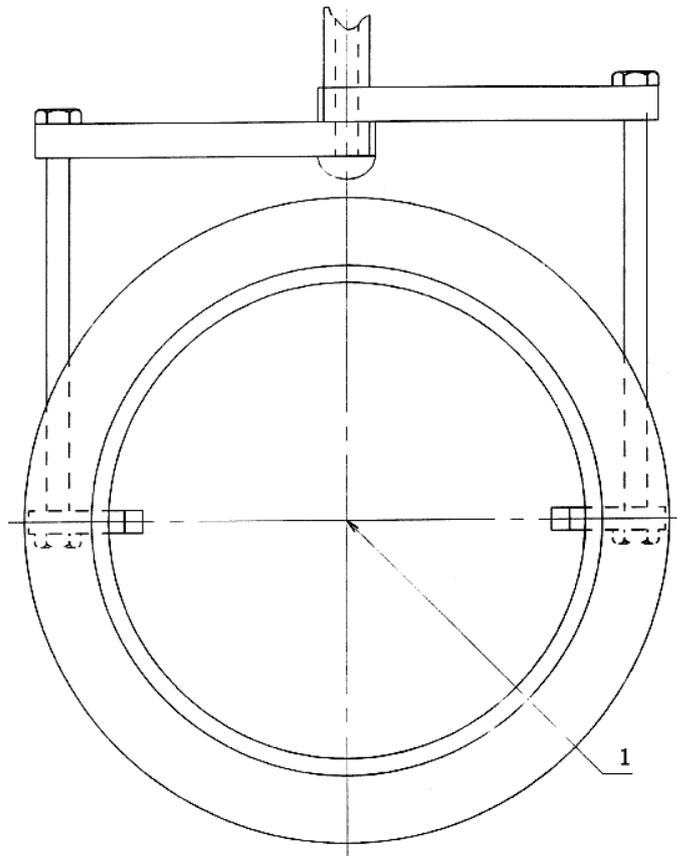


图8 典型喷雾角装置俯视图



说明:

1——喷嘴顶点。

图9 典型量角器装置俯视图

#### 4.6.5 角度的计算

直线运动情况下角度的计算是通过三角形关系来完成。夹具确定了雾流的中心轴以及锥顶点到测量平面的要求的高度。当知道每个指示器距离中心线的距离后，便可求出雾流的两个半角，将两个半角相加便可求出整个喷雾角，有时也称之为组合角。将两个半角相减并除以2，便可求出衡量偏离喷雾锥中心线误差的倾斜角。

#### 4.7 周向分布

##### 4.7.1 周向分布器

周向分布器用于测量一系列定义好的喷雾段上的流动差异，它并不是一个流量装置，而仅仅用来测量不同区域的差异。典型装置参见图7。

##### 4.7.2 油液的收集

UUT直接安装在收集装置的上方中心位置，当UUT喷雾时，该装置收集油液并将其引到各自独立的测量段。

##### 4.7.3 分布的计算

有两种方法可用来确定和显示分布数据：标称偏差百分比和每个区域燃油百分比。为获得标称偏差百分比，首先累加所有收集上来的体积，再除以收集区域的个数，便可求出对所有收集区域都适用的值。用该值减去每个区域收集的体积，再除以该值便可求出每个区域的标称偏差，乘以100便可求出标称偏差百分比。最大最小偏差的差值就是整个扩散百分比；每个区域燃油百分比就是每个收集段收集的体积百分比。

#### 4.7.4 雾流消散

应用在周向区域分布器上的典型的雾流消散方法是在每个区域上随机放置保险丝。喷射雾流接触到保险丝时，弥散在气流中的雾滴会凝聚在保险丝上，排到或滴到底部。支撑保险丝的大孔滤网会继续凝聚排出流体。每个收集段均应在分布器外径上靠近网状过滤器处进行通风。如果通风孔足够大，正常的通风就足够了；如果出现了非层流的空气流动或者测量结果稳定性不好的情况，则需使用一个强制排气系统，测量腔室相对大气的压力并控制排出的空气体积。

#### 4.8 径向分布

4.8.1 径向分布器用来测量从 UUT 喷雾锥顶点开始沿径向分布的区域上所收集流量的差异。收集的数据可用来确定喷雾角和喷雾的分布。典型收集装置见图 10。该装置通常直接安装在 UUT 喷雾中心线下方。位置关系可以从图 5 所示的装置俯视图中看出。类似的径向分布器可能会有收集区域多少和标志的不同，但基本的功能是相同的。

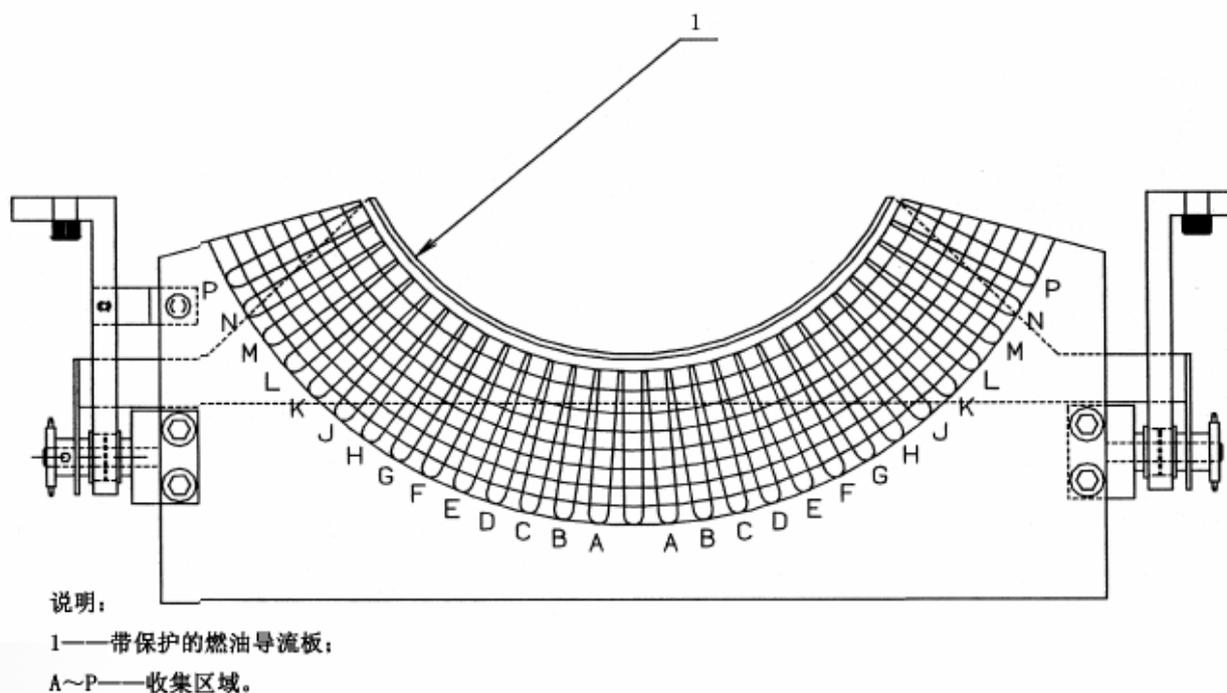


图10 典型的径向分布器

4.8.2 UUT 直接安装在径向分布器收集器中心线的上方中心位置。中心线两边各有 14 个收集区域，以 A~P (I 和 O 不用) 标示。位于中心的收集装置没有标识，每个收集腔或收集段高 50.8 mm、宽 6.35 mm、深 6.35 mm (高 2 in、宽 0.25 in、深 0.25 in)。收集器的上缘应位于距离 UUT 顶点 101.6 mm (4 in) 的半径上，相邻收集段间隔为 4.5°，从而使喷雾角的最大测量值为 126°。收集器的透明壁面上刻有分度线，将每个收集腔分为 8 个单元。当流体液面漫过分度线时，就可以读出数据。在正式测量前，应

用一个挡板盖住收集器的收集段，这样可在填充每个收集段前设定合适的流量和压力，之后移去挡板，开始填充收集器。测试程序应规定移开挡板的时间，或是以收集段中液面填充速度最快的收集段到达最后一个分度线的时间为准；之后将挡板放回到遮盖位置。

#### 4.9 喷雾腔

##### 4.9.1 基本要求

应保证测试腔有充足的照明和通风，以便操作者能清晰看到雾流，并且在测量平面内不应存在可能会造成UUT雾流变形的障碍物。

##### 4.9.2 通风

测试腔应向UUT雾流提供安全的通风，通气的流量应充足，保证测试腔没有可能模糊操作者观察UUT喷雾锥的蒸汽。测试腔压力应保持在环境大气压力 $\pm 25$  Pa之内。通风系统的布置不应造成UUT喷雾倾斜，导致读数误差。

##### 4.9.3 照明

应使用一个不小于75 w的平行底光和（或）300 w的外部间接照明光源。为满足相关安全要求宜使用光纤传导光，底光灯具不应引起雾流的变形。

##### 4.9.4 传热

应采取充足的安全预防措施使光源尽可能少地向测试流体传热。所有与测试流体接触的表面温度最大值为35℃。

##### 4.9.5 尺寸

从UUT中心线到包容腔壁面的最小距离为228.6 mm（9 in），腔形状可以是圆柱形的或立方体形的。UUT下方的最小深度为381 mm（15 in）。如果腔尺寸小于这个尺寸可能造成雾流的变形，则应与制造商联系确定可接受的方式。

##### 4.9.6 雾流消散

典型的消散雾流的方法是使用燃料电池泡沫（橘黄色的斯科特泡沫）。在喷雾腔底部放置厚度为76 mm（3 in）的泡沫，就能消除测试流体的回溅，可提供良好的能见度。可在这层泡沫下放置排气或抽吸系统，以保证空气流以固定的下行方向层流运动，同时也可稳定地读取喷雾角数值。可使用弯曲的保险丝消散高速流动的雾流。

### 5 测试的基本要求

#### 5.1 测试程序的一致性要求

在进行UUT测试时，应保证采用的方法与制造商采用的方法一致。测试最主要的作用是保证任务的一致和可重复。尽管不同的测试系统可能会产生一些差异，但一致的测试程序更易于评估和修正测试设备间的差异。

#### 5.2 检查清单

测试开始前,应根据操作手册制定检查清单,检查清单应考虑安全和操作的内容,列出重要的操作要求和设备,并包括对计量器具校准的确认。

### 5.3 安装 UUT

在将UUT安装到夹具上,特别是在进行喷雾角和分布测量时,应保证UUT位置正确。夹具的设计应充分考虑安装操作的简便,不需要靠操作者的经验才使得夹具与UUT匹配良好。为防止UUT接头损坏,UUT测试系统一般使用UUT进口适配器保护UUT接头。为便于快速更换UUT,应选择特殊设计的UUT进口适配器。

### 5.4 设定压力

测试时应尽可能地在设定的压力下进行,应逐渐增压到测试点压力值,但是不应超过测试点压力值。如果是人工操作的测试台,加压到测试点压力值的90%时,应小心调节压力,避免超过测试点压力值。对积分活门应尽可能减小超调量以便获得正确的滞后值。自动测试设备应能提供精确的和可重复的稳定控制压力的功能以限制超调量,满足设定压力的误差要求。

### 5.5 流量读数

应考虑流量设备的稳定时间,以获得精确的稳定读数。由于各测试系统有差异,所以稳定时间应通过重复测试确定。

### 5.6 数据记录

记录的数据至少应包含以下内容:

- a) 使用的测试设备信息;
- b) 日期;
- c) 测试液体;
- d) 压力;
- e) 流量;
- f) UUT 件号;
- g) UUT 序号;
- h) 测试人员信息。

### 5.7 测试程序

应将测试程序记录存档,并应遵循原始设备制造商(OEM)的测试程序或大修程序。

### 5.8 测试台噪音

应考虑测试台噪音对活门流量的滞后影响。研究表明喷嘴附近过大的机械振动可减少滞后,保持一定振动量可将滞后值维持在最小可重复值上。与测试台一体的整体喷雾腔可吸收测试台的振动,并将其传到UUT的夹具上。由于发动机制造商可能会要求一定量的振动值模拟发动机振动,因此供应商会确定可接受的机械振动等级。

附 录 A  
(规范性附录)  
过 滤

### A.1 过滤

过滤是将粒子从其载流体中分离。过滤可以是一种机械分离,这种机械分离分为表面过滤,或深度过滤。表面过滤是通过一个有孔的障碍物实现,障碍物上孔的尺寸比粒子尺寸小,从而阻止这些粒子通过,同时又允许载流体通过。深度过滤通常是微米级别的,通过在过滤器内部的回旋通道上捕获粒子实现粒子的分离。

### A.2 过滤等级

过滤等级可表示为:

- a)  $\beta_6=2$ ——尺寸大于等于  $6\ \mu\text{m}$  的粒子过滤效率为 50.0%;
- b)  $\beta_{11}=20$ ——尺寸大于等于  $11\ \mu\text{m}$  的粒子过滤效率为 95.0%;
- c)  $\beta_{15}=75$ ——尺寸大于等于  $15\ \mu\text{m}$  的粒子过滤效率为 98.66%。

在航空航天行业有三种常用的等级分类:

- a) 绝对等级: 定义为在实验室条件下能通过的最大球形玻璃粒子的尺寸。这种等级的划分常常会被过滤器行业及客户误解,并被错误地使用。这里的等级是指在非常低的压差和无脉动的流动条件下,能流到下游的玻璃珠粒子最大尺寸。这一术语不能用于测试规范;
- b) 名义等级: 名义等级确定的值并没有确切的含义,也不代表过滤器中可依据现行标准决定或测量的任何特性。名义等级有局限性: 首先,不代表能通过一个过滤器的最大粒子尺寸;其次,是缺乏一致性的非标准系统,通常为厂家给过滤器赋予的随意值。因此,在流体测试技术要求中,不鼓励采用该等级。在较复杂的  $\beta$  过滤等级分类中已不使用该术语了;
- c) 动态效率: 在测试过程中,同时在过滤器的上游和下游对一系列预设好尺寸范围的粒子进行计数,据此确定过滤器的性能。

### A.3 动态效率

用于过滤器等级划分的参数是动态效率,动态效率是指进入过滤器的粒子个数与通过过滤器的粒子个数的比值。通常使用电子自动粒子计数技术来完成计数工作。在这一等级划分中应符合过滤器的实际工作环境。动态效率即为过滤比,见公式(A.1):

$$\beta_x = \frac{Nu_x}{Nd_x} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- $\beta_x$ ——过滤比;  
 $x$ ——预选的粒子尺寸,单位为微米( $\mu\text{m}$ );  
 $Nu$ ——过滤前尺寸等于和大于预选粒子尺寸的粒子数;

$Nd$ ——过滤后尺寸等于和大于预选粒子尺寸的粒子数。

#### A.4 过滤比和过滤器效率间的关系

过滤比和过滤器效率间的关系见公式A.2:

$$\eta = 100 - \frac{100}{\beta} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

$\eta$ ——效率。

示例:  $\beta_{10}$  为 50 时, 则效率 ( $\eta$ ) 为:

$$\eta = 100 - 100/50 = 98$$

表示尺寸大于等于 10  $\mu\text{m}$  的粒子中 98% 被滤除。

#### A.5 2/20/75 方法

过滤比大于 75 时, 相互比较是不实际的, 因为要比较的是最后 1% 的效率。可采用 2/20/75 方法, 见公式 (A.3):

$$\beta_{6/11/15} = 2/20/75 \dots\dots\dots (A.3)$$

过滤器元件的性能如下:

- a)  $\beta_6=2$  (尺寸大于等于 6  $\mu\text{m}$  的粒子过滤效率为 50.0%);
- b)  $\beta_{11}=20$  (尺寸大于等于 11  $\mu\text{m}$  的粒子过滤效率为 95%);
- c)  $\beta_{15}=75$  (尺寸大于等于 15  $\mu\text{m}$  的粒子过滤效率为 98.66%)。

注: 过滤器行业通常定义  $\beta_x=2$  时的粒子尺寸作为名义等级; 将  $\beta_x=75$  时的粒子尺寸作为绝对等级。

**附 录 B**  
**(规范性附录)**  
**燃油污染测试**

**B.1 污染等级测试方法**

第一种方法是手工对给定流体样本里的粒子进行计数，并按给定范围内的计数值进行分类，流体样本为100 ml，详见ARP598。第二种方法是对给定流体样本中收集的粒子称重，详见ARP785。这种方法（重量分析）被MIL-C-7024/ II型校准燃油的生产商使用。因此可接受的水平应与MIL-C-7024/ II型燃油的要求相一致。

**B.2 国际标准化组织固体污染物代码（ISOSCC）**

国际标准化组织固体污染物代码（ISOSCC）是最新的测试方法。该代码是以单位体积内的粒子数量定义的，该代码采用斜杠分隔的两个数，第一个数为尺寸大于5  $\mu\text{m}$ 的粒子数量，第二个数为尺寸大于15  $\mu\text{m}$ 的粒子数量。

## 附录 C (规范性附录) 校准

### C.1 设备误差

C.1.1 有两种方法表示设备的误差：

- a) %FS (满量程误差)；
- b) %R (读数百分比)。

C.1.2 对于按照%FS定义误差的测量设备，%FS和%R的交叉点就是设备使用时的下限。交叉点方法可确定%FS设备满足%R要求的点。对于压力计，建议%FS不大于0.11%、%R为0.5%，最简单得到交叉点的方法是用%FS除以%R得到的比值，再乘以量程上限。

示例：

一个压力计，其测量量程为 1000 kPa，满量程误差%FS 为 0.11%，除以建议的读数百分比%R(0.5)可以得到比值 0.22。

$$0.11\%FS/0.50\%R=0.22$$

将比值结果乘以满量程可以得到交叉点和建议的压力计下限值：

$$0.22 \times 1000 \text{ kPa} = 220 \text{ kPa}$$

另一个压力计测量量程为 250 kPa，全程精度%FS 为 0.11%，压力计下限值扩展到 55 kPa 以便保持建议的%R 值 0.5。

$$0.22 \times 250 \text{ kPa} = 55 \text{ kPa}$$

这个压力计可以在维持%R 不变的情况下，可测的压力值可低到 55 kPa。

### C.2 日常检查

应对测试设备进行日常的检查。最常见的方法是使用校准孔，这个方法检查压力和流量波动。这时可使用主喷嘴，但不建议使用带有分流活门的UUT。

### C.3 循环校准

C.3.1 循环校准是一种发动机公司与大修和（或）测试喷嘴的机构采用的校准方法。由制造厂商提供一个标准件，对用户的测试台进行校准。校准数据记录单至少包括：

- a) 校准项目；
- b) 原始设备生产商校准规范或技术手册；
- c) 校准数据记录；
- d) 使用的测试设备，应溯源至国家基准；
- e) 喷嘴的件号和序列号；
- f) 校准人和审核人的签名；
- g) 校准日期。

C.3.2 应按照校准要求进行三次校准。报告中描述校验差异信息。