

喷气燃料热氧化安定性的测定

JFTOT 法

警告:本标准涉及到某些有危险的材料、操作及设备,但并未对所有的安全问题提出建议。因此,用户在使用本标准前应建立适当的安全防护措施,并确定相关规章限制的适用性。

1 范围

本标准规定了评定喷气燃料在发动机燃油系统中产生沉积物倾向的方法。
本标准适用于喷气燃料。

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 4756 石油液体手工取样法(GB/T 4756—1998,eqv ISO 3170:1988)

GB/T 6062 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 接触(触针)式仪器的标称特性(GB/T 6062—2009,ISO 3274:1996,IDT)

GB 6537 3号喷气燃料

GB/T 10610 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 评定表面结构的规则和方法(GB/T 10610—2009,ISO 4288:1996,IDT)

GJB 560A 高闪点喷气燃料规范

GJB 2376 宽馏分喷气燃料规范

3 术语、定义和缩略语

下列术语、定义和缩略语适用于本文件。

3.1

沉积物 deposits

在加热器管试验面积上沉积的和/或试验过滤器上捕集的氧化产物。

注:燃料沉积物倾向于富集在加热器管的最热部分,即在 30 mm 和 50 mm 之间。

3.2

加热器管 heater tube

可控高温下的铝制样品管,燃料试样被泵过此管。

注:管耐热,并由内置热电偶来控制温度。管的有效试验面积是位于管的两肩之间,即长 60 mm 的较薄部分。燃料从 0 mm 处进入,从 60 mm 处流出。

3.3

异常 abnormal

加热器管沉积物颜色既不是孔雀蓝色,也不像标准颜色那样。

3.4

孔雀蓝 peacock

多色,加热器管沉积物颜色像彩虹色。

3.5

加热器管评级 tube rating

从 0 至 4 共分 10 个不连续的等级。若处于从 1 开始的任一数的中间水平,则用小于下一个数来表示。

注:在管沉积物评级的颜色标准中评级分为五个颜色级别:0,1,2,3,4。全部评级为:0,<1,1,<2,2,<3,3,<4,4,>4。每一等级并不一定有绝对相等的尺度,但数值越大,沉积物颜色越深。

4 方法概要

本标准是用喷气燃料热氧化试验仪(JFTOT)测定喷气燃料的高温氧化安定性,其设定的试验条件可与喷气涡轮发动机燃料系统的实际工作条件相关联。燃料试样以固定体积流量,经泵送过加热器,经过一个精密的不锈钢筛网过滤器,用以捕集燃料沉积物。

JFTOT 仪在 2.5 h 的试验期间要用 450 mL 试样。所得到的主要数据是加热器管壁上沉积物的数量和位于加热器管下游标称孔径为 17 μm 的精密过滤器的堵塞程度。

5 仪器

5.1 喷气燃料热氧化试验仪(JFTOT):在表 1 中列出了六种可适用的进口型号的仪器。与其等同的国产喷气燃料热氧化试验仪的使用参考表 1 中相应的仪器型号。

表 1 JFTOT 的型号

JFTOT 型号	用户手册	增压方式	泵类型	压差读数
202	202/203	氮气	齿轮	Hg 压力计,无自动记录
203	202/203	氮气	齿轮	压力计+图形记录
215	215	氮气	齿轮	压力传感器+打印记录
230	230/240	液压	柱塞	压力传感器+打印
240	230/240	液压	柱塞	压力传感器+打印
230 Mk III	230 Mk III	液压	双活塞(HPLC 型)	压力传感器+打印

本试验中很多部分可自动操作,对详细步骤的介绍参阅所用 JFTOT 型号相应的用户手册。每台试验仪提供一本用户手册。

警告:在没有通晓 JFTOT 的所有部件和每种功能前,不要试图去操作仪器。

JFTOT 所用的某些操作参数对获得稳定和正确的结果是至关重要的。这些参数列于表 2 中。

5.2 加热器管沉积物评定仪:目视管评器,此管评器见附录 B。

表 2 JFTOT 的主要操作参数

项 目	定 义
试验仪器	内置试样管的热交换器,见图 1
试验样品管 加热管	特制铝管,提供可控加热的试验表面;每次试验用一根新管

表 2 (续)

项 目	定 义
试管的鉴定	每一根 JFTOT 试管的鉴别可通过其管身上的唯一且连续的数字, 鉴别其生产商和追溯原材料的批次
试管金属材质	6061-T6 铝, 加上下列标准: a) $m_{Mg} : m_{Si}$ 不超过 1.9 : 1 b) Mg_2Si 含量不超过 1.85%
试管尺寸	尺寸 公差
试管长度/mm	161.925 ±0.254
中间部位长度/mm	60.325 ±0.051
外径/mm	
肩部	4.724 ±0.025
中间部位	3.175 ±0.051
内径/mm	1.651 ±0.051
指示器总偏斜/mm 最大	0.013
机械表面光洁度/nm (依据 GB/T 6062 和 GB/T 10610 标准, 是四个 1.25 mm 评定长度测量值的平均值)	50±20
试验过滤器	标称孔径 17 μm 不锈钢筛网过滤器, 用以捕集沉积物; 每次试验用一个新过滤器
仪器参数	
样品体积	对 600 mL 试样进行充气, 将充气后试样加入燃料储罐中, 留出活塞空间; 一次有效的试验需泵送 450 mL±45 mL 试样
充气速率	干空气以 1.5 L/min 的速率从喷洒器中喷出
试验期间流量	3.0 mL/min±0.3 mL/min (最小 2.7 mL/min, 最大 3.3 mL/min)
泵的机械结构	正排量的齿轮或柱塞泵
冷却	汇流条经液体冷却, 以保持试管温度分布一致
热电偶 (TC)	J 型, 纤维编织或 Iconel 铠装热电偶; 或 K 型, Iconel 铠装热电偶
操作压力	
系统	3.45 MPa±0.345 MPa, 用隋性气体 (氮气) 或液压传导力通过对控制阀出口的调节给试样增压
试验过滤器处	试验过滤器两端压差 (ΔP) 的测定, 以 mmHg 表示 (用水银压差计或电子传感器。1 mmHg=0.133 kPa)
操作温度	
对于试验	由燃料规格而定
运行时的均匀性	最大偏离给定温度 ±2 °C
校验	232 °C 时纯锡 (仅 230 型和 240 型高温点用 327 °C 纯铅, 低温点用冰水混合物做为参考)

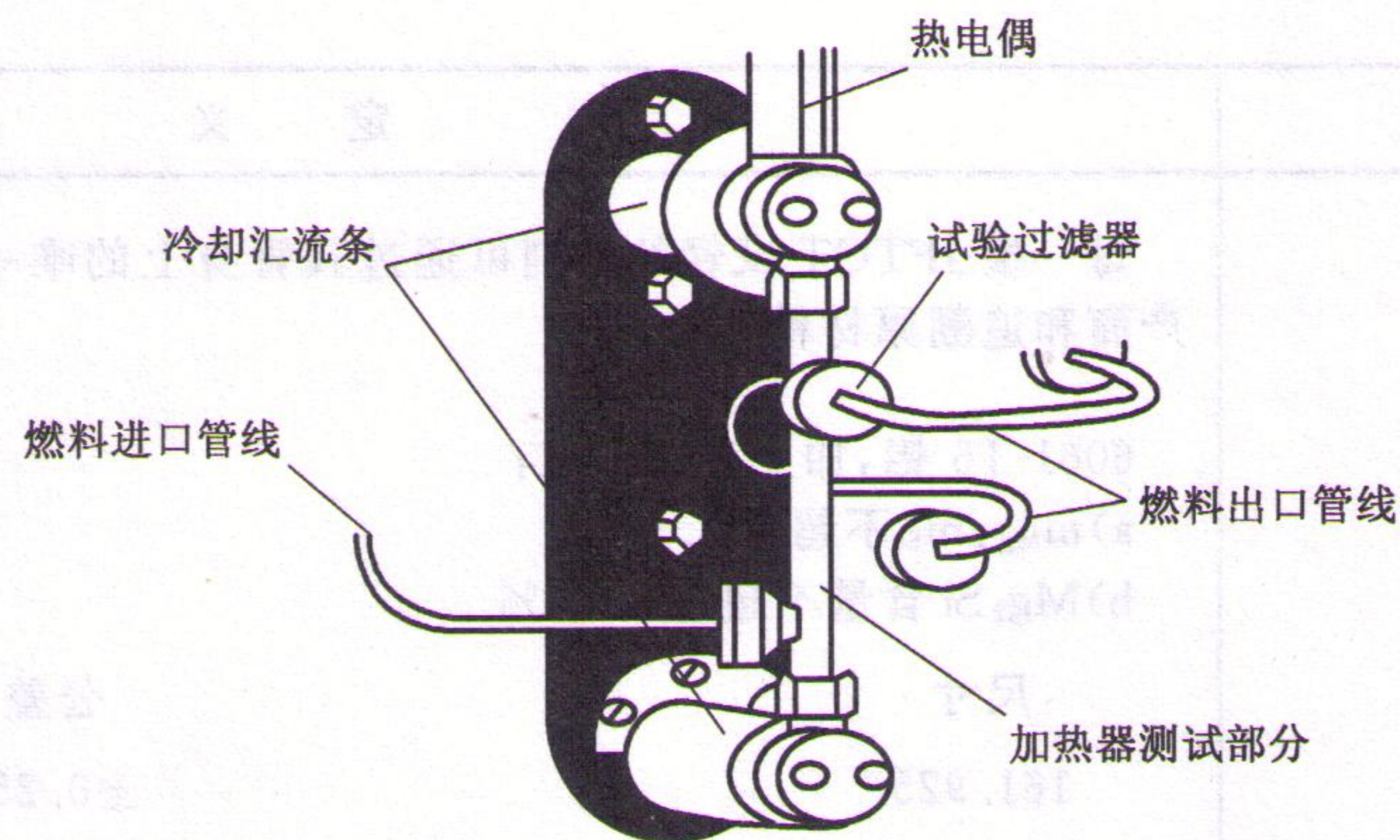


图 1 所有型号 JFTOT 必有的标准加热器部件

5.3 由于喷气燃料热氧化安定性是依据本测定方法定义的,与所用的专用仪器是不可分的,所以操作本测定方法应采用制定本方法所用的仪器或相当的仪器。

6 试剂和材料

6.1 JFTOT 230 型和 240 型的废试样池内要求用蒸馏水(最好)或去离子水。

6.2 用甲基戊烷、2,2,4-三甲基戊烷或正庚烷(化学纯,不低于 95%(摩尔分数))作为一般清洁溶剂。用溶剂有效地将仪器内金属表面在测定前清洗干净,特别是那些与新鲜试样接触的表面(在测定部位以前)。

警告:极易燃,吸入有害(参见附录 C)。

用混合溶剂(丙酮(1)、甲苯(2)和异丙醇(3)等体积混合)作为清洗测定部件内(工作)表面的专用溶剂。

警告:(1)极易燃,蒸气可引起闪火;(2)和(3)易燃。三种蒸气都有害。刺激皮肤、眼睛和黏膜。

6.3 在充气干燥器内加入无水硫酸钙(97份)和氯化钴(3份)颗粒混合物。这些颗粒物会逐渐由蓝变成粉红色,表明吸水

警告:不要吸入混合物粉尘或吞咽。会引起胃功能紊乱。

7 取样

按照 GB/T 4756 进行取样。取样容器为清洁、干燥的玻璃瓶、不锈钢桶或涂有环氧树脂衬里的桶。

8 标准试验条件

8.1 燃料数量:试验最少用 450 mL,再加上系统中约 50 mL。

8.2 燃料预处理:用单层普通吸水定性滤纸过滤最多 1 000 mL 样品,然后通过一个 12 mm 的粗孔硼硅玻璃扩散管以 1.5 L/min 的空气流速给样品充气 6 min。

8.3 燃料系统压力:表压 $3.45 \text{ MPa} \pm 0.345 \text{ MPa}$ 。

8.4 热电偶的位置:位于 39 mm 处。

8.5 燃料系统预过滤元件:孔径为 $0.45 \mu\text{m}$ 的滤纸。

8.6 加热器管的温度控制:按所用仪器的说明预先设定。

- 8.7 燃料流速: $3.0 \text{ mL/min} \pm 0.3 \text{ mL/min}$ 。
- 8.8 试验期间泵送燃料的最小值: 405 mL。
- 8.9 测试时间: $150 \text{ min} \pm 2 \text{ min}$ 。
- 8.10 冷却液流量: 约 39 L/h, 或位于冷却液表指示的绿色区域中间。
- 8.11 功率设定: 非计算机控制型号的仪器设定为 75~100; 用计算机控制型号的仪器内部自定。

9 仪器准备

9.1 加热器测试部分的清洁和安装

- 9.1.1 用蘸满混合试剂的尼龙刷清洗加热器测试部分内表面, 以除去所有沉积物。
- 9.1.2 按附录 B 中 B.10 的步骤对试验用加热器管的表面缺损及平直情况进行检查。检查时试管肩部也需小心, 以避免划伤, 由于试管肩部的平滑可确保在流动条件下测试的密封性。
- 9.1.3 用新元件装加热器部分: (1) 目测检查加热器管, (2) 试验过滤器和 (3) 三个 O 型圈。检查密封圈以确保无损伤。加热器管不可重复使用。试验指出在正常测试条件下, 镁会转移到加热器管表面。用过的加热器管表面上的镁会减小沉积物的附着力。
- 9.1.4 在安装加热器管部分时, 小心不要碰到试管的中间部分。如果接触到加热器管的中间部位, 应放弃此管。因为管表面被污染后可能会影响沉积物的形成特性。

9.2 其他试验部件的清洗和安装

- 9.2.1 在进行下一次测试前, 按下列步骤顺序进行。
注: 假设测试前仪器是拆卸开的(细节见附录 B 或适当的用户手册中的安装/拆卸章节)。
- 9.2.2 检查和清洗与试样接触的部件, 并更换任何损坏或怀疑有损坏的密封圈, 特别是 (1) 活塞上的唇形密封圈和 (2) 燃料储罐盖、管线和预过滤器盖上的 O 型圈。
- 9.2.3 安装已准备好的加热器部分(见 9.1.1~9.1.4)。
- 9.2.4 用新元件组装预过滤器并安装。
- 9.2.5 检查热电偶位于正确的参考位置, 然后降低至标准操作位置。
- 9.2.6 对于 230 型和 240 型仪器要确保水罐是空的。

10 检查和校准

对关键部件的校准频率如下(详见附录 B 或用户手册):

- 热电偶: 首次安装时热电偶要校正, 而后正常情况下每 30~50 次试验后进行校正, 但至少每 6 个月要校正一次(见 C.2.6);
- 压差传感器: 一年校正一次或安装新传感器时校正(见 C.2.6);
- 充气干燥器: 至少每月检查一次, 如颜色显示大量吸水就需更换(见 6.3);
- 计量泵: 每次试验按第 11 章中所述的方法, 检查两次流速;
- 过滤器旁通阀: 用于 202 型、203 型和 215 型, 至少一年做一次泄漏检查(参见 E.6)。

11 试验步骤

11.1 燃料试样的准备

- 11.1.1 按标准试验条件对样品过滤和充气(见 C.2.9)。

警告:除了 GJB 560A 中的高闪点喷气燃料,其他喷气燃料都看作是易燃的。蒸气有害(参见 D.3、D.6 和 D.7)。

注 1: 操作前见 5.1 中的警告。

注 2: 已知本测定结果对来自样品容器的痕量污染敏感。对所推荐的容器参见 ASTM D4306。

11.1.2 充气时样品温度保持在 15 °C~32 °C 之间。如需要,把盛有试样的燃料储罐放入热水或冷水槽中以改变其温度。

11.1.3 试样充气结束到开始加热之间不能超过 1 h。

11.2 最后安装

11.2.1 安装燃料储罐部分(见用户手册)。

11.2.2 安装燃料储罐并连接与所用 JFTOT 型号相匹配的管线(见用户手册)。

11.2.3 移去保护盖,并把燃料输送管线与加热器部分快速连接,以减少燃料的损失。

11.2.4 检查所有管线以确保连接牢固。

11.2.5 重新核对热电偶位于 39 mm 处。

11.2.6 确认油滴接受器是空的(仅指 230 型和 240 型)。

11.3 打开电源和加压

11.3.1 电源开关置于 ON 位置。

11.3.2 对有些型号的仪器用手动打开 ΔP 报警开关(202 型、203 型和 215 型)。

11.3.3 按 202 型、203 型和 215 型的用户手册的要求给系统慢慢加压到 3.45 MPa(也可见 C.2.5)。

11.3.4 对系统进行泄漏检查。若需要紧固任何泄漏部件,应先对系统泄压。

11.3.5 把控制部分设定为标准操作条件。

11.3.6 按测试燃料的规格设定加热器管温度。热电偶应用最近校验的校正值(见 C.2.8)。

注: JFTOT 的加热器管温度最高可达 350 °C。试验温度以及结果判定的指标通常包含在燃料规格中。

11.4 开始试验

11.4.1 每种型号的仪器所用试验步骤按相应用户手册所述进行操作。

11.4.2 一些型号的 JFTOT 可以自动运行下列步骤,但需验证,即:

- a) 从充气到开始加热的的时间不大于 1 h;
- b) 加热器管一达到测试温度,压力计旁通阀就关闭,以使燃料流过试验过滤器(见 C.2.6);
- c) 压力计设定为零(见 C.2.6)。

11.4.3 在试验前 15 min 内用流量计法或油滴计数法对照标准操作条件检验燃料流速(参见 E.5)。

注: 用油滴计数测速时,将第 1 滴油滴落作为 0 滴,并开始计时,记录至第 20 滴油滴落所用时间。

11.5 试验

11.5.1 在试验期间,最少每 30 min 记录一次过滤器压力降。

11.5.2 如果过滤器压力降开始快速上升,而试验要求运转满 150 min,这时一般所有型号的仪器的旁通阀都可打开以结束试验。旁路系统的详细操作见相应的用户手册(见 C.2.2)。

11.5.3 试验停止前的最后 15 min 内再次检测流量(见 11.4.3 和注)(参见 E.5)。

11.6 加热器管温度分布图

如想要加热器管温度分布图,按照附录 E 中 E.4 所述可以得到。

11.7 关机

11.7.1 仅对 202 型、203 型和 215 型仪器：

- a) 关闭加热器(HEATER),再把泵(PUMP)置于关(OFF)的位置；
- b) 关闭氮气压力阀并打开手动旁通阀；
- c) 如需要的话,慢慢打开氮气放空阀,让系统压力以约 0.15 MPa/s 的速度减小；
- d) 关机。

11.7.2 对可自动关机的 230 型和 240 型：

- a) 试验完毕,将流量选择阀转向放空,以泄压；
- b) 活塞推动杆会自动回落；
- c) 测量油滴接收器中的排出液,然后倒空。

11.8 拆卸

11.8.1 拆卸与加热器相连的燃料输送管线,并立即盖上密封帽,防止燃料从燃料储罐中漏出。

11.8.2 拆卸加热器部分：

- a) 小心从加热器部分拆下加热器管,以避免碰到管中间部位。废弃试验后的过滤器；
- b) 用所推荐的清洗溶剂从上到下冲洗试管(见 6.2)。如拿着试管顶部冲洗时,溶剂不要接触手套或裸露的手指。允许在干后将试管放回原容器,标上记号,待评定。

11.8.3 拆卸燃料储罐：

- a) 测量试验期间泵送过的废液量,如少于 405 mL 此试验作废；
- b) 将燃料倒入废油容器中。

12 加热器管评定

12.1 按附录 B 对加热器管上沉积物目视评级。

12.2 把加热器管放回原容器,记录数据,并保留相应目视记录的管。

13 报告

报告下列内容：

- a) 加热器管控制温度。即燃料的试验温度；
- b) 加热器管沉积物评级；
- c) 试验过程中试验过滤器的最大压差或压差达到 25 mmHg (3.3 kPa)所需时间。对于 202 型和 203 型 JFTOT 报告试验过程中发现并记录的最大压差；
- d) 如果正常 150 min 的试验没有完成,例如,由于压差失常而导致试验停止,则报告与加热器管沉积物评级相对应的试验时间；

注：加热器管的评级或 ΔP ,或两者,都被用来判定一个燃料样品在规定的试验温度下通过或不通过该试验。

- e) 一次正常试验结束所用燃料量。这取决于所用的 JFTOT 仪器的型号,可以是位于移动活塞顶部的燃料量,或水杯中置换出的总液体量；
- f) 要报告加热器管的序列号。

14 精密度和偏差

14.1 本标准精密度的实验室间的协同试验在 11 个实验室中进行,共用了 13 台两种型号的 JFTOT

仪器,对5种燃料共10个样品在两个试验温度下进行。每个实验室对每一种试样得到了两组结果。

14.2 精密度

由于本方法所测定的结果不能用标准统计分类法来分析,故本方法的精密度不能确定。

14.3 偏差

因为喷气燃料热氧化安定性仅是由本方法定义的,因此本方法没有偏差。