

中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T 6106—2014

含合成烃航空喷气燃料技术要求

Technological requirements of aviation turbine fuel
containing synthesized hydrocarbons

2014 – 07 – 23 发布

2014 – 10 – 01 实施

中国民用航空局 发布

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

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。

本标准由中国民用航空局第二研究所起草。

本标准主要起草人：夏祖西、杨智渊、柳华、陈凯、苏正良、马德超。

含合成烃航空喷气燃料技术要求

1 范围

本标准规定了含合成烃航空喷气燃料及其组分的制造和技术要求。
本标准仅适用于含合成烃航空喷气燃料及其组分的初始批次的制造。

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 6537—2006 3号喷气燃料
- ASTM D 56 使用泰格闭口杯测试器测定闪点的试验方法
- ASTM D 86 大气压力下石油产品蒸馏的测试方法
- ASTM D 130 通过铜片腐蚀试验测定石油产品对铜的腐蚀性的试验方法
- ASTM D 381 通过喷射蒸发测定燃料实际胶质含量的试验方法
- ASTM D 445 透明和不透明液体运动粘度的测试方法（和动力粘度的计算）
- ASTM D 1266 石油产品中硫含量的测试方法（燃灯法）
- ASTM D 1298 密度计法测定原油和液体石油产品密度、相对密度（比重）或API比重的试验方法
- ASTM D 1319 荧光指示剂吸附法测定液体石油产品中烃类类型的试验方法
- ASTM D 1322 航空涡轮燃料和煤油烟点的测试方法
- ASTM D 1655 航空涡轮燃料标准
- ASTM D 1840 紫外分光光度计法测定航空涡轮燃料中萘系烃含量的试验方法
- ASTM D 2386 航空燃料冰点测试方法
- ASTM D 2425 质谱法测定中间馏分中烃类的试验方法
- ASTM D 2622 通过波长色散X射线荧光光谱法测定石油产品中硫含量的试验方法
- ASTM D 2624 航空和馏分燃料电导率的测试方法
- ASTM D 2887 用气相色谱法测定石油馏分沸点分布的试验方法
- ASTM D 3227 汽油、煤油、航空涡轮机和馏出燃料中硫醇性硫的测试方法（电位法）
- ASTM D 3241 航空涡轮燃料热氧化稳定性的测试方法
- ASTM D 3242 航空涡轮燃料酸值的测试方法
- ASTM D 3338 航空燃料净热值估计的测试方法
- ASTM D 3828 通过小型闭口杯测定闪点的试验方法
- ASTM D 3948 通过便携式分离仪测定航空涡轮燃料的水分离特性的试验方法
- ASTM D 4052 数字密度计测定液体的密度、相对密度和API度的试验方法
- ASTM D 4294 通过能量分散X射线荧光光谱测定石油产品中硫含量的试验方法
- ASTM D 4529 航空燃料燃烧净热值估计的测试方法
- ASTM D 4629 用氧化燃烧和化学发光检测法测定液态石油烃中痕量氮的试验方法
- ASTM D 4809 用弹式量热计法测定液体烃类燃料净热值的试验方法（精密法）

- ASTM D 5001 用球缸润滑性评定仪 (BOCLE) 测定航空涡轮燃料润滑性的试验方法
- ASTM D 5291 用仪器测定石油产品和润滑剂中碳、氢和氮含量的试验方法
- ASTM D 5453 通过紫外荧光确定轻质烃类、电火花点火发动机燃油、柴油发动机燃油和发动机机油中总硫含量的测试方法
- ASTM D 5972 航空燃料冰点的测试方法(自动相变法)
- ASTM D 6304 利用库仑法卡尔-费休滴定法测定石油产品、润滑油、添加剂中水含量的试验方法
- ASTM D 6379 高性能液相色谱折光指数法测定航空燃料和石油馏分中芳烃含量的试验方法
- ASTM D 7153 航空燃料冰点的测试方法 (自动激光法)
- ASTM D 7154 航空燃料冰点的测试方法 (自动光纤法)
- ASTM D 7359 使用离子色谱法检测 (燃烧离子色谱-CIC) 芳香烃类及其氧化高温水解燃烧后混合物中的总氟、氯和硫含量的测试方法
- IP 12 比热值的确定
- IP 16 航空燃料冰点测试 (手动法)
- IP 57 煤油烟点的测定
- IP 71 第一部分 透明和不透明石油产品的动力黏度的测定和计算
- IP 123 大气压下蒸馏性质的测定
- IP 154 石油产品铜片腐蚀测试
- IP 156 石油及相关产品的烃类型测定 - 荧光法
- IP 160 原油和液态石油产品密度的实验室测定 - 比重计法
- IP 170 闪点测定 - 阿贝闭杯法
- IP 274 航煤及馏分燃料电导率测定
- IP 323 航煤涡轮燃料热氧化稳定性测定
- IP 336 石油产品硫含量测定 - 能量色散X荧光光谱法
- IP 342 石油产品轻质和中馏分燃料的硫醇含量测定 - 电位滴定法
- IP 354 航煤酸值的测定 - 燃料颜色指示剂滴定法
- IP 365 原油和石油产品密度测定 - U型管震荡法
- IP 379 恒量氧化氮的测定 - 化学发光法
- IP 406 气相色谱法测定石油产品馏程
- IP 435 航空燃料冰点测定 - 自动相转变法
- IP 436 芳烃及烃类型测定 - 使用示差折光检测的高效液相色谱法
- IP 438 水分测定 - 卡尔费休滴定法
- IP 523 闪点测定 - 快速平衡闭杯法
- IP 528 航空燃料冰点测定 - 自动光学纤维法
- IP 529 航空燃料冰点测定 - 自动激光法
- IP 540 航空涡轮燃料实际胶质含量的测定-喷射蒸发法
- IP 585 生物柴油、航空燃料中脂肪酸甲酯 (FAME) 的测定 - GC-MS选择性离子扫描和监控法
- IP 590 航空燃料中脂肪酸甲酯 (FAME) 的测定 - 高效液相色谱的蒸发光散射检测法
- Def-Stan 91-91 涡轮燃料, 航空煤油型, Jet A-1
- UOP 389 油料中痕量金属的测定方法
- 下列术语和定义适用于本文件。

3 术语和定义

3.1

传统喷气燃料 conventional jet-fuel

来源于原油、液态天然气凝析油、重油、页岩油和油砂的常规烃类衍生物。

3.2

初始批次 batch origination

燃料生产地点的批次。

3.3

加氢处理 hydroprocessed

在催化剂作用下氢与有机化合物反应，以去除氧、硫、氮杂质，使不饱和烃饱和或改变烃的分子结构的常规化学工艺。

3.4

合成烃 synthesized hydrocarbons

通过气化、费托合成工艺和加氢处理工艺，从替代原料来源(如煤、天然气、生物质和氢化脂肪和油酯类)中获得的烃类。

3.5

合成石蜡煤油 synthesized paraffinic kerosene

SPK

主要由异构烷烃、正构烷烃和环烷烃组成的合成调合组分。

3.6

合成调合组分 synthetic blending component

满足附录A或附录B要求的合成烃。

4 总则

本标准是含合成烃航空涡轮机燃料及其合成组分在生产地点的质量标准。

按本标准生产、认证和发出的航空涡轮发动机燃料符合GB 6537/DEF-STAN 91-91/ASTM D1655的要求，一旦发出后应认为是按符合GB 6537/DEF-STAN 91-91/ASTM D1655的3号喷气燃料或Jet A-1进行质量控制。

5 组分比例

除非本标准中另有定义，含合成烃航空涡轮燃料组分为：

- a) 传统喷气燃料（3号喷气燃料、Jet A、Jet A-1燃料）以及体积分数不高于50%的满足附录A要求的合成调合组分；

- b) 传统喷气燃料（3号喷气燃料、Jet A、Jet A-1燃料）以及体积分数不高于50%的满足附录B要求的合成调合组分。

6 技术要求

6.1 符合GB 6537的3号喷气燃料与SPK调合使用的添加剂应符合GB 6537—2006附录A的要求，调合后含合成烃的喷气燃料除符合GB 6537—2006表1中对民用航空燃料的要求外，还应符合以下要求：

- a) 芳烃含量体积分数不低于8.0%（按GB/T 11132方法检测）；
b) 馏出温度T50-T10不小于15℃，T90-T10不小于40℃。

6.2 符合ASTM D 1655或DEF STAN 91-91的Jet A或Jet A-1与SPK组分调合，调合后含合成烃的喷气燃料应符合表1的要求，使用的添加剂应符合表2的要求。

表1 含合成烃航空涡轮燃料的技术要求

第一部分 基本要求			
项目	指标	试验方法	
组成			
总酸值	mg KOH/g	≤0.10	ASTM D 3242/IP 354
芳烃含量：应满足下列要求之一：			
1. 芳烃	体积分数%	≤25	GB 11132/ASTM D 1319/IP 156
2. 芳烃	体积分数%	≤26.5	ASTM D 6379/IP 436
硫醇性硫 ^a	质量分数%	≤0.003	ASTM D 3227/IP 342
硫含量	质量分数%	≤0.30	GB/T 11140, GB/T 17040, ASTM D 1266, ASTM D 2622, SH/T 0689, SH/T 0253 ASTM D 4294, ASTM D 5453或 IP 336
挥发性			
蒸馏			GB/T 6536, ASTM D 2887/IP 406 ^b 或ASTM D 86 ^c 或IP 123 ^c
蒸馏温度	℃		
10%馏出, 温度(T10)		≤205	
50%馏出, 温度(T50)		报告	
90%馏出, 温度(T90)		报告	
终馏点, 温度		≤300	
蒸馏残留物	%	≤1.5	
蒸馏损失	%	≤1.5	
闪点	℃	≥38	GB/T 261, ASTM D 56或ASTM D 3828 ^d , IP 170 ^d 或IP 523 ^d
15℃时密度	kg/m ³	775~840	ASTM D 1298/IP 160, 或ASTM D 4052/IP 365

表 1(续)

第一部分 基本要求		
项目	指标	试验方法
流动性		
冰点	℃	≤-40 Jet A ≤-47 Jet A-1
-20 ℃时粘度	mm ² /s	≤8.0
燃烧		
净热值	MJ/kg	≥42.8°
应符合下列条件之一:		
1. 烟点	mm	≥25
2. 烟点	mm	≥18
萘	vol, %	≤3.0
腐蚀		
铜片腐蚀 (2 h, 100 ℃)	级	≤1
热安定性 (在控制温度260 ℃下, 2.5 h)		
过滤器压力降	mm Hg	≤25
管壁评级	级	小于3 ^f ,且无孔雀蓝色或异常沉淀
污染物		
实际胶质	mg/100 ml	≤7
水分离指数 ^g , 速率		
无静电添加剂		≥85
有静电添加剂		≥70
添加剂		
电导率	pS/m	50~600 ^h
第二部分 扩展要求		
性能	性能指标	检测方法
芳烃含量: 应符合下列条件之一:		
1. 芳烃	体积分数%	≥8
2. 芳烃	体积分数%	≥8.4
馏程		
T50-T10	℃	≥15
T90-T10	℃	≥40
润滑性,	mm	≤0.85
^a 如果燃料采用 ASTM D4952 或 IP 30 博士试验方法, 则可以不再进行硫醇性硫试验。 ^b ASTM D 86 or IP 123 测定方法的值应为比较的基准, 在报告 ASTM D 2887 / IP 406 结果时应转换为 ASTM D 86 or IP 123 测定的单位值, 而蒸馏残留物和损失应为“不适用”(N/A)。		

表 1 (续)

第二部分 扩展要求		
项目	指标	试验方法
<p>^c ASTM D 86 或 IP 123 喷气燃料馏程是在第 4 组条件下进行测定, 不使用第 3 组冷凝温度。</p> <p>^d 其他测试方法得到的结果比首选方法 ASTM D 56 的结果低 2°C, 如果出现争议, 则以 ASTM D 56 方法为准。</p> <p>^e 对于所有规格, 使用用测试方法 ASTM D 4529 中表 1 或 Eq1, 或者试验方法 ASTM D 3338 或 IP 12 中的 Eq2 来验证。ASTM D 4809 作为一种替代方法。如有争议, 应使用 ASTM D 4809 测试方法。</p> <p>^f 管壁评级通常应按目视法来报告。</p> <p>^g 在出厂时进行测定。</p> <p>^h 如果使用抗静电添加剂, 在使用地点, 电导率不得超过 600 pS/m。当买方指定添加抗静电添加剂时, 在飞机加注点, 电导率应控制在 50 pS/m~600 pS/m。</p>		

表2 添加剂名称及加入量

添加剂	加入量
燃料性能增强添加剂 抗氧化剂 应符合下列条件之一: 2,6-叔丁基苯酚 2,6-叔丁基-4-甲基苯酚 2,4-二甲基-6-叔丁基苯酚 不少于 75% 的 2,6-叔丁基苯酚加上不大于 25% 的叔和三叔丁基苯酚 不少于 55% 的 2,4-二甲基-6-叔丁基苯酚加上 不少于 15% 的 4-甲基-2,6-叔丁基-4-甲基苯酚 剩余的不大于 30% 的单甲基和二甲基叔丁基苯酚 不少于 72% 的 2,4-二甲基-6-叔丁基苯酚加上不大于 28% 的叔丁基甲苯酚和叔丁基二甲基苯酚的混合物 金属钝化剂 N,N'-二水杨基-1,2-丙烷二胺 燃油系统防冰剂 二乙二醇单甲基醚	最大 24.0 mg/L 首次加入量不超过 2.0 mg/L, 累积加入量不超过 5.7 mg/L 0.10%~0.15% (体积分数)
燃料操作和维护添加剂 抗静电剂^a Stadis450 检漏剂 示踪剂 A (LDTA-A) 杀菌剂 Biobor JF/Kathon FP1.5 抗磨剂 (润滑改良剂) HiTEC 580/ Octel DCI-4A / Nalco 5403	初次加入量不超过 3.0 mg/L, 累积加入量不超过 5.0 mg/L。如果加剂时添加剂浓度未知, 则加入量不超过 2.0 mg/L 最大 1 mg/kg 最大 23 mg/L
^a 如果使用抗静电添加剂, 电导率不得超过 600 pS/m。当买方指定添加抗静电添加剂时, 在运送条件下电导率应控制在 50 pS/m~600 pS/m。	

附 录 A
(资料性附录)
费托合成加氢石蜡煤油馏分

A.1 范围

本附录规定了一种费托合成加氢石蜡煤油 (SPK) 调合组分的制造和性能要求, 该组分除非与传统燃料按照第5章规定进行调合, 否则不能用于航空发动机上。

A.2 材料与制造

费托加氢合成石蜡煤油馏分 (FT-SPK) 是通过费托合成以及后续加氢等工艺制备的合成石蜡煤油。FT-SPK 合成调合组分应包含加氢合成的石蜡煤油馏分, 全部由合成气通过铁或钴催化剂催化的费托合成工艺 (FT) 制得而来。产品的进一步加工应包括加氢精制、加氢裂化和加氢异构化, 同时可能包括但不限于其他常规的炼油工艺组合, 如聚合、异构化和分馏。

A.3 技术要求

FT-SPK 组分应满足表A.1和表A.2的要求。

表A.1 FT-SPK 批次技术要求

项目	指标	试验方法
组成		
总酸值, mg KOH/g	≤0.015	ASTM D 3242/IP 354
挥发性		
1. 蒸馏 °C		GB/T 6536, ASTM D 86 ^a 或 IP 123 ^a
10%馏出, 温度 (T10)	≤205	
50%馏出, 温度 (T50)	报告	
90%馏出, 温度 (T90)	报告	
终馏点, 温度	≤300	
T90-T10 °C	≥22	
蒸馏残留物 %	≤1.5	
蒸馏损失 %	≤1.5	
2. 模拟蒸馏 °C		ASTM D 2887/IP 406
10%馏出, 温度 (T10)	报告	
50%馏出, 温度 (T50)	报告	
90%馏出, 温度 (T90)	报告	
终馏点, 温度	报告	

表 A. 2 (续)

项目	指标	试验方法
闪点 ℃	≥38	GB/T 261, ASTM D 56 ^b , ASTM D 3828 ^b , IP 170 ^b 或 IP 523 ^b
15 °C时密度 kg/m ³	730~770	ASTM D 1298/IP 160, ASTM D 4052 或 IP 365
冰点 ℃	≤-40	GB/T 2340, ASTM D 5972/IP 435, ASTM D 7153/IP 529, ASTM D 7154/IP 528 或 ASTM D 2386/IP 16
热稳定性(在控制温度下 2.5 h) 温度 ℃ 过滤器压力降 mmHg 管壁评级	≥325 ^c ≤25 小于 3 ^d , 且无孔雀蓝和正常沉积物	ASTM D 3241/IP 323
添加剂 抗氧化剂 ^e mg/L	17~24	
<p>^a ASTM D 86 或 IP 123 喷气燃料馏程是在第 4 组条件下进行测定, 不使用第 3 组冷凝温度。</p> <p>^b 其他测试方法得到的结果比首选方法 ASTM D 56 的结果低 2 °C, 如果出现争议, 则以 ASTM D 56 方法为准。</p> <p>^c 将温度维持在指定的 325 °C, 循环逐批检查工艺稳定性和成分的一致性。</p> <p>^d 管壁评级通常应按目视法来报告。</p> <p>^e 由于操作会暴露在空气中, 所以在操作前应加入抗氧化剂来确保足够的混合, 应在分馏或加氢后尽快加入抗氧化剂, 以预防生产过程中的过氧化反应和胶质的形成。</p>		

表A. 2 FT-SPK 其他技术要求

项目	指标	试验方法
碳氢化合物组成		
环烷烃 质量分数%	≤15	ASTM D 2425
芳烃 质量分数%	≤0.5	ASTM D 2425
烷烃 质量分数%	报告	ASTM D 2425
碳和氢 质量分数%	≥99.5	ASTM D 5291
非碳氢化合物组成		
氮 mg/kg	≤2	ASTM D 4629/IP 379
水 mg/kg	≤75	ASTM D 6304 或 IP 438
硫 mg/kg	≤15	ASTM D 6304 或 IP 438
金属 mg/kg (Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Sn, Sr, Ti, V, Zn)	≤0.1 (每种金属)	UOP 389
卤素 mg/kg	≤1	ASTM D 7359

附录 B
(资料性附录)
酯和脂肪酸加氢石蜡煤油馏分

B.1 范围

本附录规定了一种酯类和脂肪酸类加氢合成石蜡煤油 (SPK) 调合组分的制造和性能要求, 该组分除非与传统燃料按照第5章规定进行调合, 否则不能用于航空发动机上。

B.2 材料与制造

酯和脂肪酸加氢 (HEFAs) 是指经过加氢工艺脱出所有单、二、三甘油酯、游离脂肪酸和脂肪酸酯 (如脂肪酸甲酯) 中的氧。含合成烃生物航煤调合组分应包含加氢合成石蜡煤油馏分, 全部由脂肪酸酯类和游离脂肪酸加氢和脱氧而来。产品的进一步加工应包括加氢精制、加氢裂化和加氢异构化, 同时可能包括但不限于其他常规的炼油工艺组合, 如聚合、异构化和分馏。

B.3 技术要求

HEFA-SPK组分应满足表B.1和表B.2的要求。

表B.1 HEFA-SPK 批次技术要求

项目	指标	试验方法
组成		
总酸值 mg KOH/g	≤0.015	ASTM D 3242/IP 354
挥发性		
1. 蒸馏 ℃		GB/T 6536, ASTM D 86 ^a 或 IP 123 ^a
10%馏出, 温度 (T10)	≤205	
50%馏出, 温度 (T50)	报告	
90%馏出, 温度 (T90)	报告	
终馏点, 温度	≤300	
T90-T10 ℃	≥22	
蒸馏残留物 %	≤1.5	
蒸馏损失 %	≤1.5	
2. 模拟蒸馏 ℃		ASTM D 2887
10%馏出, 温度 (T10)	报告	
50%馏出, 温度 (T50)	报告	
90%馏出, 温度 (T90)	报告	
终馏点, 温度	报告	

表 B.1 (续)

项目	指标	试验方法	
闪点	℃	≥38	GB/T 261, ASTM D 56 ^b , ASTM D 3828 ^a , IP 170 ^b 或 IP 523 ^b
15℃时密度	kg/m ³	730~770	ASTM D 1298/IP 160, ASTM D 4052 或 IP 365
冰点	℃	≤-40	GB/T 2340, ASTM D 5972/IP 435, ASTM D 7153/IP 529, ASTM D 7154/IP 528
实际胶质	mg/100mL	≤7	GB/T 8019, ASTM D 381/IP 540
FAME	mg/kg	≤5	IP 585 或 IP590
热稳定性(在控制温度下 2.5 h)			
温度	℃	≥325 ^a	ASTM D 3241/IP 323
过滤器压力降	mmHg	≤25	
管壁评级		小于 3 ^d , 且无孔雀蓝和正常沉积物	
添加剂			
抗氧化剂 ^e	mg/L	17~24	
^a ASTM D 86 或 IP 123 喷气燃料馏程是在第 4 组条件下进行测定, 不使用第 3 组冷凝温度。 ^b 其他测试方法得到的结果比首选方法 ASTM D 56 的结果低 2℃, 如果出现争议, 则以 ASTM D 56 方法为准。 ^c 将温度维持在指定的 325℃, 循环逐批检查工艺稳定性和成分的一致性。 ^d 管壁评级通常应按目视法来报告。 ^e 由于操作会暴露在空气中, 所以在操作前应加入抗氧化剂来确保足够的混合, 应在分馏或加氢后尽快加入抗氧化剂, 以预防生产过程中的过氧化反应和胶质的形成。			

表B.2 HEFA-SPK 批次技术要求

项目	指标	试验方法	
碳氢化合物组成			
环烷烃	质量分数%	≤15	ASTM D 2425
芳烃	质量分数%	≤0.5	ASTM D 2425
烷烃	质量分数%	报告	ASTM D 2425
碳和氢	质量分数%	≥99.5	ASTM D 5291
非碳氢化合物组成			
氮	mg/kg	≤2	ASTM D 4629/IP 379
水	mg/kg	≤75	ASTM D 6304 或 IP 438
硫	mg/kg	≤15	ASTM D 6304 或 IP 438
金属 (Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Sn, Sr, Ti, V, Zn)	mg/kg	≤0.1(每种金属)	UOP 389
卤素	mg/kg	≤1	ASTM D 7359