



## 工 作 文 件

### 航空与代用燃料会议

2017年10月11日至13日，墨西哥，墨西哥城

议程项目1：航空代用燃料研究和合格审定的发展情况

#### 航空代用燃料的估计价格

(由国际民航组织秘书处提交)

#### 摘要

航空代用燃料(AAF)的价格仍然高于常规航空燃料(CAF)价格，前者溢价大大高于后者，但在稳步下降。在短期至中期将需要激励和政策支持，以确保燃料生产设施的发展和扩大。本工作文件介绍了有关已出版文献中报告的几类航空代用燃料估计价格的信息，以及降低与未来可持续航空燃料(SAF)生产相关的成本的可能手段。

会议的行动见第4段。

## 1. 引言

1.1 如第一次航空与代用燃料会议(CAAF/1)12号工作文件(CAAF/09-WP/12号文件)所预测那样，航空代用燃料(AAFs)的研究、开发和部署出现了重大进展。自2009年以来，航空代用燃料生产的五种转化工艺已得到美国试验与材料国际协会(ASTM)这一国际标准制定组织的批准，确认了这些混合燃料的安全性和可行性。ASTM批准的用于生产航空代用燃料的转化工艺有：费托加氢合成链烷烃煤油(FT-SPK)、由加氢酯和脂肪酸生产的合成链烷烃煤油(HEFA-SPK)、由加氢发酵糖生产的合成异链烷烃(SIP-HFS)、含芳烃的非石油质轻质芳烃烷基化合成煤油(SPK/A)、“酒精转喷气”合成链烷烃煤油(ATJ-SPK)。

1.2 关于这些已批准的转化工艺的其他细节，以及正在审批的其他转化工艺的详细信息载于CAAF/02-WP/07号文件。

1.3 目前，位于美国洛杉矶的Altair Fuels燃料公司是唯一定期生产航空代用燃料的商业规模设施。该设施通过HEFA-SPK转化工艺生产燃料。另外三家生产商也供应商业规模批量生产的航空代用燃料：巴西的Amyris公司、美国的Gevo公司以及Neste公司已经分别通过SIP-HFS、ATJ-SPK和HEFA-SPK转化工艺生产了多批航空代用燃料。此外，使用费托(FT)转化工艺的几个新的生产工厂正在建设中(例如，Fulcrum、RedRock、SG Preston等)。

1.4 尽管采取了这些举措，但正如 CAAF/02-WP/11 号文件所述，若干挑战仍然阻碍了航空代用燃料行业的进一步扩张。这些挑战包括航空代用燃料更高的生产成本，这使其难以与常规航空燃料(CAFs)竞争，特别是考虑到目前低迷的原油价格。因此，短期至中期将需要激励和政策支持，以确保航空代用燃料生产设施的发展和扩大。然而，随着生产经验的增加，航空代用燃料的生产成本有望下降。

1.5 本文件通过对提供此类价格的参考文献进行回顾，审查了航空代用燃料的估计最低燃料销售价格(MFSP)，以便让会议了解与当前航空代用燃料生产有关的相关成本。

## 2. 可持续航空燃料的估计最低燃料销售价格

2.1 文献中提供了估计不同类型航空代用燃料最低燃料销售价格的若干技术经济分析(TEAs)。然而，这些研究的适用性仍然存在重大的科学不确定性，因为它们的结果差异巨大，甚至可能相互矛盾。这些技术经济分析面临的具体挑战是它们的全面性和可比性，因为文献提供的广泛研究中，并未一致认为财务和技术上已做好准备。

2.2 产量对经济和可持续性的强烈影响、知识产权保护对了解规模工艺的阻碍以及对最先进技术了解等均有巨大的不确定性。例如，一些研究通过采用“第 n”个工厂的办法来扩大规模和降低风险。这一方法意味着其分析并非描述一个开拓性的工厂，而是若干使用已实施的相同技术的工厂。因此，该方法反映的是成熟的技术，却忽略了对于识别技术的规模化风险和挑战很重要的对近期和早期采用者经济意义的评估。可获得的开拓性工厂的成本估计主要来自化学工业的历史收入效应，其对于航空代用燃料具体情况的适用性尚不清楚。因此，有必要为技术经济分析采用一致的方法，为开拓性工厂开发适当的技术经济分析，并有必要指导和支持这一开发工作。

2.3 尽管如此，技术经济分析还是提出了航空代用燃料的预期销售价格。图 1 显示了精选的技术经济分析对若干航空代用燃料途径的估计最低燃料销售价格(正方块)，并与典型的常规航空燃料的三年平均价格(实线)进行比较。对于提供了单个途径一系列最低燃料销售价格的研究，这里显示了平均值。为了估计常规航空燃料价格，选择了美国墨西哥湾沿岸煤油型喷气燃料现货价格，其 2013 年到 2015 年的平均值约为 0.78 美元/千克<sup>1</sup>。

2.4 在 2009 年第一次航空与代用燃料会议上，航空代用燃料的生产成本在某些情况下估计为常规航空燃料成本的 2 到 5 倍(CAAF/09-WP/12 号文件)。图 1 所示的最近技术经济分析表明，现在一些途径与常规航空燃料的价格接近持平。尽管生产成本趋于下降，在可获得更大量的燃料之前，航空代用燃料的成本仍将高度不确定。因此，补贴或激励措施可能有助于最初鼓励生产，并帮助克服从试点规模转向商业化的风险。随着进一步商业规模生产设施的启动，成本预计会下降。随着新市场的确立，将确定新的更具竞争力的原料来源，产量将会增加，联产品的价值将会提高。

2.5 协调一致的研究与开发(R&D)努力是逐渐提高技术经济分析表现的主要动力之一。如图 2 所示，经过九年的研发，美国能源部已经提高了一种可能的生物燃料生产途径 — 快速热解的技术水平(SOT)，使得利用该途径大规模生产的燃料的预计成本下降了 75%<sup>12</sup>。对于 CAAF/2-WP/7 号文件中描述的众多航空代用燃料的燃料生产途径来说，预计也会出现这种成本普遍下降的趋势，尽管具体情况会有差异。

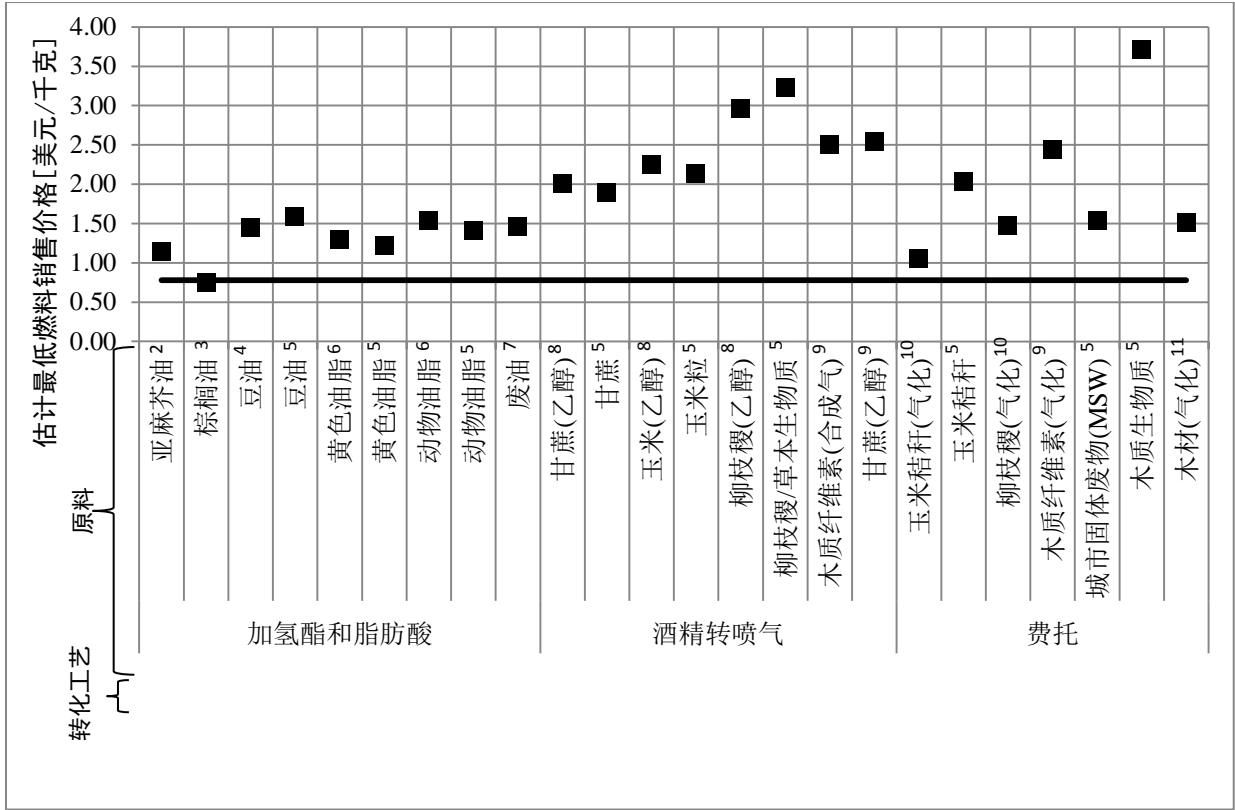


图 1：与美国墨西哥湾沿岸煤油型喷气燃料的三年平均价格(实线)相比，航空代用燃料各种途径的估计最低燃料销售价格(MFSP) (正方块)<sup>1</sup>

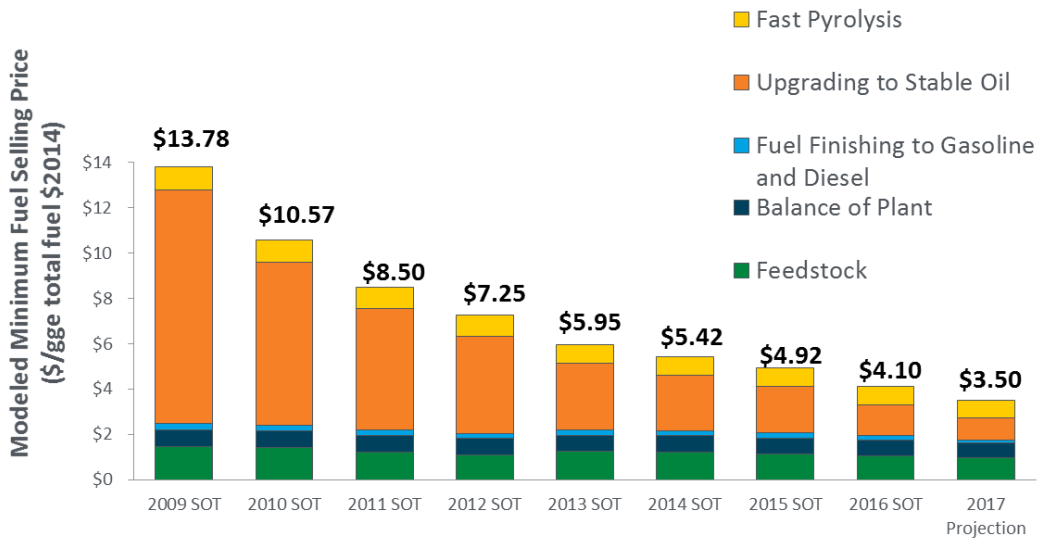


图 2：从 2009 年至 2017 年，在商业应用中，使用当前技术水平 (SOT) 的快速热解燃料每年的最低燃料销售价格 (MFSP) 模型<sup>13</sup>

2.6 尽管技术经济分析存在不确定性，但普遍认识到，航空代用燃料的主要生产成本驱动因素是：原料成本和成分、建议工艺的资本成本、转化的总产量、生产的航空代用燃料的质量和成分、运营费用、财务要求、物流、初始资源以及航空代用燃料途径目前的生产成本<sup>13</sup>。其中一些成本可以通过以下与技术有关的举措直接或间接地降低：

- a) 利用棕色地带设施，即闲置的或未得到充分利用的现有基础设施，如旧的炼油厂或现有的代用燃料生产设施；
- b) 与现有基础设施共存，例如将航空代用燃料生产设于常规燃料生产附近，以利用制氢和混合设施；
- c) 充分探索和发现原料资源，以增加可持续航空燃料(SAFs)的可利用量；
- d) 改善可再生油回收和提取工艺；
- e) 创造更高价值的联产品；
- f) 提高将原料和中间体转化为可持续航空燃料的工艺效率；
- g) 开发可持续航空燃料生产的先进技术；
- h) 减少运输链的距离和数量；
- i) 继续进行性能研究、燃料测试和飞行测试。

### 3. 结论

3.1 为了实现可持续航空燃料更大的商业化生产，必须实现与常规航空燃料的价格持平，因为燃料是商业航空公司运营人的主要运营成本。然而，目前低迷的原油价格使得可持续航空燃料难以与常规航空燃料竞争。因此，可能将需要制定财务机制以实现可持续航空燃料的价格持平目标，因为它们可以降低与油价波动相关的风险。为开发可持续航空燃料项目可能制定的财务机制载于 CAAF/2-WP/10 号文件。

3.2 为了推动实现可持续航空燃料价格持平的目标，重要的是进行分析，以评估促进可持续航空燃料生产的不同政策方案。各种政策方案的成本和有效性可能会有很大差异，因此重要的是确定哪些政策方案可以以最具成本效益的方式为各国促进可持续航空燃料的生产。在 CAAF/2-WP/11 号文件中提出的一套定性指标可以作为评估具体国家背景和条件下政策的可行性、有效性和实用性的基础。

#### 4. 第二次航空与代用燃料会议的行动

##### 4.1 请第二次航空与代用燃料会议：

- a) 认识到自 2009 年第一次航空与代用燃料会议以来航空代用燃料生产成本的下降；
- b) 同意有必要在可持续航空燃料和常规航空燃料之间寻求价格持平；
- c) 建议各国在国家之间推动协作举措，并与业界一起推动这些举措，以支持全球降低可持续航空燃料价格的努力，包括第 2.6 段中确定的与技术有关的倡议；和
- d) 商定制定财务机制和政策的必要性，以确保可持续航空燃料的竞争力，特别是在油价低迷时期。

— 完 —



参考文献  
(仅有英文)

1. U.S. gulf coast kerosene-type jet fuel spot price FOB, available at [https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=eer\\_epjk\\_pf4\\_rgc\\_dpg&f=a](https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=eer_epjk_pf4_rgc_dpg&f=a)
2. Natelson, R.H. et al., Technoeconomic analysis of jet fuel production from hydrolysis, decarboxylation, and reforming of camelina oil, *Biomass and Bioenergy*, 75:23-34 (2015).
3. Hilbers, T.J., et al., Green Diesel from Hydrotreated Vegetable Oil Process Design Study, *Chemical Engineering & Technology*, 38(4): 651-657 (2015).
4. Pearlson, M. et al., A techno-economic review of hydroprocessed renewable esters and fatty acids for jet fuel production, *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 7(1): 89-96 (2013).
5. Bann, S.J. et al., The costs of production of alternative jet fuel: A harmonized stochastic assessment, *Biosource Technology*, 227:179-187 (2017).
6. Seber G. et al., Environmental and economic assessment of producing hydroprocessed jet and diesel fuel from waste oils and tallow, *Biomass and Bioenergy*, 67: 108-118 (2014).
7. de Jong, S. et al., The feasibility of short-term production strategies for renewable jet fuels – a comprehensive techno-economic comparison, *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 9(6):778-800 (2015).
8. [Staples](#), M.D. et al., Lifecycle greenhouse gas footprint and minimum selling price of renewable diesel and jet fuel from fermentation and advanced fermentation production technologies, *Energy & Environmental Science*, 7: 1545-1554 (2014).
9. Diederichs, G.W. et al., Techno-economic comparison of biojet fuel production from lignocellulose, vegetable oil and sugar cane juice, *Bioresource Technology*, 216: 331-339 (2016).
10. Agusdinata, D.B. et al., Life Cycle Assessment of Potential Biojet Fuel Production in the United States, *Environmental Science & Technology*, 45(21): 9133-9143 (2011).
11. Zhu, Y. et al., Techno-economic Analysis for the Thermochemical Conversion of Biomass to Liquid Fuels, 2011, Prepared for the U.S. Department of Energy under Contract DE-AC05-76RL01830, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington, USA.
12. [https://energy.gov/sites/prod/files/2016/07/f33/mypp\\_march2016.pdf](https://energy.gov/sites/prod/files/2016/07/f33/mypp_march2016.pdf)
13. Public workshop sponsored by EERE's Bioenergy Technologies Office in Macon, G. f.-1. (2016). *Alternative Aviation Fuels: Overview of Challenges, Opportunities, and Next Steps*. Macon, Georgia, USA: U.S. Department of Energy Energy Efficiency and Renewable Energy.