



## 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4：界定国际民航组织的航空代用燃料愿景和未来目标

### 代用燃料的趋势和设想情景

（由国际民航组织秘书处提交）

#### 摘要

本文件介绍了国际民航组织大会第39届会议核准的环境趋势，包括关于可持续航空燃料（SAFs）作用的进一步具体内容，以便支持国际民航组织关于航空代用燃料愿景的讨论。

会议的行动在第4段。

#### 1. 引言

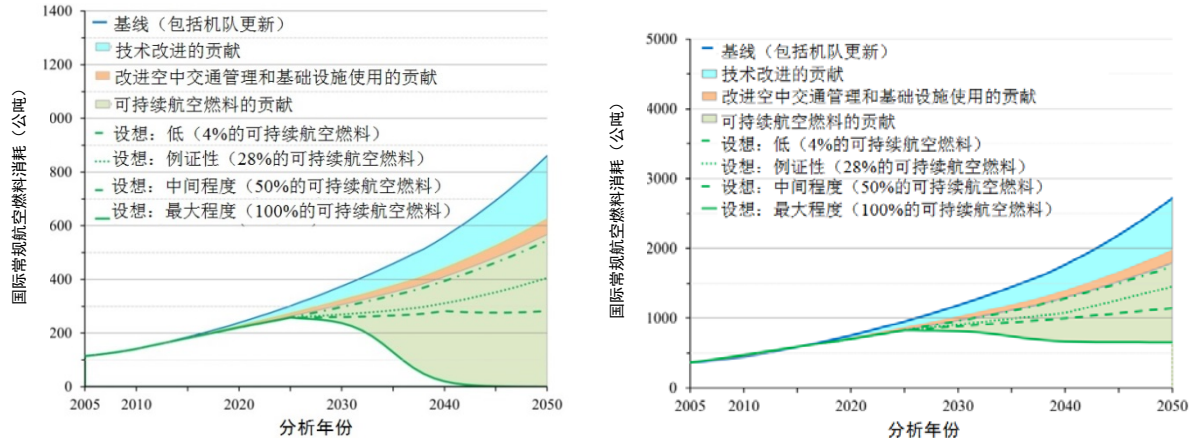
1.1 大会A38-17号决议要求国际民航组织理事会定期评估航空器发动机排放的目前和未来影响。为回应这一决议，向大会第39届会议提交了经更新的环境趋势<sup>1</sup>，得到国际民航组织大会核准，将其作为环境事务决策的依据。

1.2 这些趋势包括处理二氧化碳排放的一揽子措施当中四个要素可能做出的贡献，以实现自2020年国际航空碳中和增长的目标。这四个要素是：技术改进、空中交通管理（ATM）和基础设施使用的改进、可持续航空燃料(SAFs)、以及全球基于市场的措施 — 国际航空碳抵消和减排计划（CORSIA）。国际民航组织航空环保委员会（CAEP）对可持续航空燃料的具体部署情景进行了评估。环境趋势和可持续航空燃料设想情景都在国际民航组织Doc 10069号文件《航空环境保护委员会第十次会议的报告》中得到充分记录。可持续航空燃料的数量及其相关温室气体(GHG)减排量根据各自预测的燃油需求在国际和国内用途之间按比例予以分配。本文件概述了针对全球可持续航空燃料生产能力所评估的可持续航空燃料设想情景，重点放在国际航空领域。

<sup>1</sup> [https://www.icao.int/Meetings/a39/Documents/WP/wp\\_055\\_en.pdf](https://www.icao.int/Meetings/a39/Documents/WP/wp_055_en.pdf)

## 2. 国际航空产生的燃油燃烧和二氧化碳排放的趋势与设想情景

2.1 图1提供了关于直至2050年国际航空常规航空燃料（CAF）消耗趋势及其相关二氧化碳排放情况，包括得到一揽子措施各个要素贡献的特定设想情景。



**图1：自2005年至2050年的预期国际航空燃油消耗和航空器二氧化碳排放，反映出航空器技术、空中交通管理和基础设施使用的改进，以及用可持续航空燃料的可能替代。**

2.2 图1显示出国际航空在2010年消耗了大约142公吨（Mt）的常规航空燃料。到2050年，常规航空燃料的消耗估计将达到860公吨，如果仅仅顾及航空旅行和机队自然更新的需求的话。如果纳入技术和空中交通管理以及基础设施使用改进的贡献，这一2050年燃油消耗估算可能会降至570公吨，占全球（即国际和国内）航空预期的燃油燃烧量的71%。以下分析基于这一2050年国际航空燃油需求为570公吨的预期。

2.3 在预测可持续航空燃料的长期贡献方面存在着重大的不确定性。因此航空环保委员会评估了2050年120种可持续航空燃料部署情景。针对每种设想情景计算了全球资源的可获得性、经济状况、财务投资、以及达到所评估的全球可持续航空燃料生产及其相关二氧化碳减排水平所需的决策。

2.4 根据航空环保委评估的各种设想情景，有可能在2050年使用可持续航空燃料满足高达100%的国际航空常规燃料需求。图1当中的“最大程度”设想情景显示出这一可能性。然而，若要用可持续航空燃料完全替代常规航空燃料，则需要从2020年至2050年每年建设大约170个新的生物提炼厂，大约成本为每年150亿至600亿美元（如果增长呈线性的话）。如果投资和增长开始较为缓慢然后随着时间逐步上升的话，在2040年代晚期就需要每年建设500多个新的生物提炼厂，在2050年则需要近1 000个新的生物提炼厂，这就要求在2025年每年的资本投入为10亿至30亿美元，到2050年每年的资本投入为800亿至3 400亿美元。

2.5 与此相比较，拜世界各地出台的生产或消费奖励措施之赐，近年来全球生物燃料生产增长速度约为每年增加70个生物提炼厂。然而，生物提炼厂的发展及其相关成本仅仅涉及到可持续航空燃料供应链的一个方面。还需要在供应链的原料生产和运输后勤工作方面实现类似的重大发展。航空环保委的分析中没有明确阐述这些内容的哪一方面可能会限制到2050年采用可持续航空燃料。

2.6 此外也与之相比较，从2010年到2013年<sup>2</sup>，占非OPEC（石油输出国组织）生产量39%的石油天然气公司的全球上游投资平均为每年超过6000亿美元。虽然这一数字代表全部行业部门对整个石油天然气供应链的投资，而不仅仅涉及航空燃料生产炼油厂的建设，但它显示出建设可持续航空燃料部署情景的生物提炼厂所需的资本估算是目前在能源业投资的范围之内的。

2.7 “低”取代设想情景会满足4%的国际航空常规燃料需求，这就要求在2050年每年生产大约20公吨的可持续航空燃料。除了“最大程度”和“低”水平设想情景之外，图1还显示出航空环保委评估的“例证性”设想情景，其中28%的国际航空常规燃料消耗由可持续航空燃料加以取代。此外，还提供了替代水平为50%的“中间程度”设想情景，以供了解情况。这些设想情景都假设燃油生产效率提高、生物能源原料易于获得、且有利的市场或政策机制对这些原料的生产予以大幅奖励。

2.8 图1显示的关于可持续航空燃料替代情景的二氧化碳排放估算考虑到具体可持续航空燃料类型的生命周期评估（LCA）排放因子，从而影响到航空环保委员会每个设想情景的燃油量。此外还考虑到通过直接的土地用途转变所产生的生命周期排放。

2.9 根据这些假设，如果能在2050年生产足够的可持续航空燃料来完全取代常规航空燃料（最大程度情景），则净二氧化碳排放量可以减少约63%。要达到这种减排水平，就需要实现假定的农业生产率的最大限度提高、可供种植原料的土地的最大可获得性、最高的残余去除率、最高的转换效率改进、公用事业最大程度的温室气体减排，以及强烈突出对整个生物能源（尤其是可持续航空燃料）的市场或政策。这就意味着很大一部分全球可供使用的生物能源资源将专门用于生产航空燃料，而不是用作其他用途。

### 3. 逐步扩大生产直至2050年

3.1 航空环保委员会没有明确规定将2020年和2050年可持续航空燃料的生产估算联系在一起的具体函数。然而，诸如可持续航空燃料等新行业的成长往往遵循一个“S形”轨迹。尚不明确的是，投资及其相应的行业生产能力的增长何时将会逐步上升。预期2050年可持续航空燃料生产的扩大将是在线性和指数增长这两者之间的某一位置，即在S曲线的较低端，而S曲线的上端将在晚些时候（如2100年左右）出现。因此，附录所载的2040年和2050年可持续航空燃料设想情景的值应该仅被看作是例证性的。

3.2 关于2025年短期值，提出了国际航空可持续航空燃料年产量为5公吨的所有设想情景。作为参考，目前的承购协议总计约为每年0.9公吨（参见CAAF/2-WP/10号文件）。此外，航空环保委分析中的政策要求没有考虑到可能颁布的颠覆性政策，类似于挪威、印度、法国<sup>3</sup>和联合王国<sup>4</sup>最近宣布的决定，要在2040年或更早时间内停止销售汽油和柴油车辆。如果获得预期的ASTM认证的话，此类政策可能会将大量用于道路运输的HEFA柴油（“绿色柴油”）投向航空领域。目前全球HEFA柴油设施的生产能力大约为43亿升（每年3.45公吨）<sup>5</sup>。

<sup>2</sup> <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=16011>

<sup>3</sup> <https://www.nytimes.com/2017/07/06/business/energy-environment/france-cars-ban-gas-diesel.html>

<sup>4</sup> <https://www.nytimes.com/2017/07/26/world/europe/uk-diesel-petrol-emissions.html>

<sup>5</sup> IRENA（2017），航空生物燃料：技术简况，国际可再生能源机构，阿布扎比。

3.3 在趋势评估中，计算所需的生物提炼厂和投资数量时，假定将通过建设新的所谓“绿色油田”来实现这一增长。然而，正如CAAF/2-WP/08号文件所述，使用“棕色油田”设施（即未得到使用或使用不足的现有基础设施），可以使资本需求量显著降低。此外，随着地面交通转向电气化，对于石油衍生的地面交通燃料的需求将会降低，现有的石油提炼能力将可用来重新装配，加工生物衍生的原料。将这种今后使用不足的炼油能力实现共同加工或者提炼整合，可以提供快速扩大可持续航空燃料生产的机会，而所需投资需求则会低很多。但是，如果现有的石油炼油设施与可持续航空燃料的原料生产设施相距甚远的话，则可能会产生一些挑战。

3.4 此外还强调指出，这一分析仅仅考虑了在实验室或试点范围内得到证明的技术，这些技术可能接近于商业开发。但是如果推出了一项突破性燃料生产技术，也会显著提高可持续航空燃料减少航空二氧化碳排放的潜力。例如，如果一种崭新的技术（如“电力转液体”（PtL））出现，就可能提高可持续航空燃料削减航空二氧化碳排放的可能性。

3.5 考虑到这些警示内容，附录中列出了促进四个可持续航空燃料部署情景的可能要求，以及所使用的一些假设，以便向会议提供关于实现上述可持续航空燃料部署情景所需的可能投资、技术和政策举措方面的一些信息。

## 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) 在商定国际民航组织代用燃料愿景之时，审议关于实现所阐述的四个可持续航空燃料部署情景所需的可能投资、技术和政策举措的信息；
  - b) 同意国际航空可持续航空燃料年产5公吨是关于2025年可持续航空燃料短期部署的一项合理假设；和
  - c) 在商定国际民航组织关于航空与代用燃料愿景之时，审议四个中期和长期部署情景（2040年和2050年）。
-

**APPENDIX**

**POSSIBLE FACILITATION CONDITIONS FOR FOUR SAF DEPLOYMENT SCENARIOS**

**Assumptions:**

- average production facility size of 5000 barrels per day (bpd) with a 50% SAF output share and 365 production days per year; and
- annual capital investment lower bound of \$175 million U.S. Dollars per facility, corresponding to a petroleum refinery<sup>6</sup>, and an upper bound of \$700 million U.S. Dollars per facility based on techno-economic studies of biorefineries in literature.

Analysis year	Key indicators on 4% SAF replacement (Scenario: Low)				Potential facilitation conditions			
	International aviation CAF consumption (Mt/year)	International aviation SAF availability (Mt/year)	Substitution of CAF	CO <sub>2</sub> reduction from SAF use	Total number of biorefineries	Cumulative CapEx investment in biorefineries (in billion 2015 USD)	Technology requirements	Policy requirements
2025	270	5	2.0%	0.9%	45	\$5 to \$15		
2040	400	11	2.8%	1.3%	100	\$10 to \$35		
2050	570	20	4.0%	2.0%	200	\$20 to \$70		

Analysis year	Key indicators on 28% SAF replacement (Scenario: Illustrative)				Potential facilitation conditions			
	International aviation CAF consumption (Mt/year)	International aviation SAF availability (Mt/year)	Substitution of CAF	CO <sub>2</sub> reduction from SAF use	Total number of biorefineries	Cumulative CapEx investment in biorefineries (in billion 2015 USD)	Technology requirements	Policy requirements
2025	270	5	2.0%	0.9%	45	\$5 to \$15	- Improvements in fuel production efficiencies	- Bioenergy production incentivized by policies
2040	400	89	22%	15%	800	\$70 to \$280		- Bioenergy resource allocation to all end-usages in proportion to share in final energy demands
2050	570	160	28%	19%	1400	\$100 to \$500		

<sup>6</sup> Gary, J.H., Handwerk, G.E. & Kaiser, M.J. 2007. *Petroleum Refining: Technology and Economics*, 5th edn. (Taylor & Francis, Basel, Switzerland).

## Appendix

Analysis year	Key indicators on 50% SAF replacement (Scenario: Intermediate)				Potential facilitation conditions			
	International aviation CAF consumption (Mt/year)	International aviation SAF availability (Mt/year)	Substitution of CAF	CO <sub>2</sub> reduction from SAF use	Total number of biorefineries	Cumulative CapEx investment in biorefineries (in billion 2015 USD)	Technology requirements	Policy requirements
2025	270	5	2.0%	0.9%	45	\$5 to \$15	- Improvements in fuel production efficiencies	- Bioenergy production strongly incentivized by policies
2040	400	128	32%	12%	1100	\$100 to \$400	- Increased agricultural yields and arable land availability	- Bioenergy resource allocation to all end-uses in proportion to share of final energy demands
2050	570	285	50%	33%	2400	\$200 to \$850	- Significant agricultural and forestry residue removal	

Analysis year	Key indicators on 100% SAF replacement (Scenario: Maximum)				Potential facilitation conditions			
	International aviation CAF consumption (Mt/year)	International aviation SAF availability (Mt/year)	Substitution of CAF	CO <sub>2</sub> reduction from SAF use	Total number of biorefineries	Cumulative CapEx investment in biorefineries (in billion 2015 USD)	Technology requirements	Policy requirements
2025	270	5	2.0%	0.9%	45	\$5 to \$15	- Highest agricultural yield growth rates and highest land availability	- Bioenergy production strongly incentivized by policies
2040	400	342	86%	49%	2900	\$250 to \$1000	- Highest agricultural and forestry residue removal rates	- Alternative jet fuel production prioritized over all other uses of bioenergy
2050	570	>570	100%	63%	5200	\$450 to \$1800	- Improvements in fuel production efficiencies	