



## 航空与代用燃料会议

2009年11月16日至18日，巴西，里约热内卢

### 议程项目1：环境可持续性与相互依存

#### 估算喷气机代用燃料温室气体排放的寿命周期

（由美国提交）

##### 摘要

以可再生能源生产的喷气机代用燃料，有减少航空对全球气候变化影响的潜力。但是，有必要就其从油井、油田或油矿至航空器尾流的温室气体（GHG）排放寿命周期进行完整的计算，以便判断生物燃料或其他任何代用燃料对气候究竟有利或有害。本工作文件就使用寿命周期分析估算温室气体排放提供了背景信息。

会议的结论载于第7段，建议则载于第8段。

### 1. 引言

1.1 目前可行的从可再生资源产生的现成代用燃料有减少航空温室气体（GHG）排放的潜力。这既非归因于燃料组成的改变、亦非源于发动机效率的改变；之所以能够减少排放，是因为代用燃料的提取、生产和燃烧使得温室气体排放出现变化所致。通过从开采燃料原料的油井、油矿或油田起，一直到航空器尾流进行温室气体排放寿命周期的计算，就可以对使用代用燃料带来的温室气体排放变化加以确定。

1.2 可通过费托合成（F-T）、或将可再生油氢化处理为可再生氢化喷气机燃料（HRJ）而制合成石蜡煤油（SPK）燃料，其分子组成与喷气机传统燃料类似。燃烧合成石蜡煤油燃料所产生的二氧化碳排放比常规的喷气机燃料低了约4%（每单位质量的燃料）（1）。

1.3 视燃料生产所用的原料和提取与生产的详细情况而定，合成石蜡煤油燃料的寿命周期温室气体排放的变化差异为两个数量级不等。如果完全以废品生产燃料，并以其作为燃料生产过程的动力，排放则可低至常规的喷气机燃料的十分之一；但是，如果燃料的提取和生产造成碳固存量高的土地用途改变，其排放则可比喷气机常规的燃料高出八倍（1）。这种变化比上一段所述4%的变化要大很多。

1.4 本工作文件介绍了使用寿命周期分析估算喷气机代用燃料温室气体排放的关键问题（2），同时侧重介绍了美国和欧洲就使用寿命周期分析估算喷气机代用燃料温室气体排放正在开展的研究。

## 2. 估算喷气机代用燃料温室气体排放的寿命周期

2.1 寿命周期评估（LCA）是对一套生产系统整个寿命周期的投入、产出和潜在环境影响进行汇总和评价（3、4）。虽然对喷气机代用燃料的寿命周期评估可能涉及评价提取资源、燃料生产和燃烧燃料对空气与水质以及全球气候变化的环境影响，此处则侧重探讨建立“从油井到尾流”的温室气体排放寿命周期的总量。

2.2 温室气体排放的寿命周期包括从提取原材料直到航空器燃烧加工过的燃料所产生的排放。这可用五个寿命周期阶段来说明：（1）获取原材料，（2）运输原材料，（3）以原材料生产燃料，（4）运输燃料和为航空器加油，以及（5）航空器运行。参考文件2的第2章对多种费托合成或可再生氢化喷气机燃料途径的五个寿命周期阶段，做了详细说明并加以举例。

2.3 排放总量通常是以相对于该燃料提供的生产力某些单位所产生的排放或排放影响来表述的。为了对单位质量的能含量和单位体积的能含量均不同的合成石蜡煤油和常规的喷气机燃料进行公平比较，排放是以向航空器燃料箱提供的每个能量单位为表述基础。为了对二氧化碳和燃料生产可能带来的其他温室气体排放物如氮氧化物和甲烷，进行公平比较，通常采用全球升温潜能值（GWP）将排放汇总为二氧化碳当量单位（CO<sub>2</sub>e）。因此，温室气体排放的寿命周期通常以每兆焦耳的二氧化碳当量公克来表述。

2.4 使用全球升温潜能值的衡量标准，在审视航空的非二氧化碳燃烧排放方面，有重大局限性（5）。因此，一方面虽应在估算温室气体排放的寿命周期总量时，纳入非二氧化碳燃烧排放，另一方面，却尚未明确制定适当的办法，将寿命周期第一至四阶段（从油井到燃料箱）的这些排放与寿命周期第五阶段（从燃料箱到尾流）的二氧化碳排放加以合并。

2.5 在估算温室气体排放的寿命周期总量方面，值得特别考虑的三个领域为：（1）系统界限的定义，（2）副产品之间的排放分配，和（3）数据质量和不确定性，在以下章节中均做了进一步讨论。

## 3 系统界限的定义

3.1 根据国际标准组织（ISO）指南（2、3），温室气体排放的寿命周期总量应是对温室气体排放的完整计算，包括与燃料生产有关的所有材料、能源和活动带来的排放，不仅限于初级生产链流程中的排放，也包括为初级生产链提供必要投入的排放。因此，必须对系统界限进行定义，以便涵盖喷气机燃料生产流程中的所有排放。参考文件2的第3章对界定系统界限的多种方法进行了讨论。

3.2 如果把大量的农产品从粮食生产引向了生物燃料生产，将使得土地用途发生间接改变，这在寿命周期分析中必须纳入考虑。例如，如果将一项现有农产品在国内完全做为燃料原料，这将减少该作物的出口，造成其他地区必须改变土地用途加以弥补。因此造成的土地用途改变，将带来大量的温室气体排放，尤其是改变用途的土地属高碳固存系统，如雨林或泥炭地等。相对而言，使用国内休耕农地或生产过剩的现有作物则不会产生这种温室气体排放。

3.3 准确估算间接土地用途改变产生的温室气体排放，需要使用精密的经济模型，以便涵盖全球经济的农业和能源部门。对以大豆为基础的合成石蜡煤油燃料温室气体排放寿命周期进行的估算（1），是这种经济分析结果的延伸，表明了源于大规模地将豆油改用于生物燃料生产而造成的间接土地用途改变，导致其温室气体排放比常规的喷气机燃料高一倍。这个结果相当于费托合成如不使用碳固存，从煤炭到液态油的过程所产生的排放。

## 4. 副产品之间的排放分配

4.1 一些燃料生产途径中的流程带来了多种产出。例如，除了喷气机燃料外，炼油厂的产出还有汽油和柴油等燃料。另一个例子是，正如许多生物燃料的生产所示，除了制成用于加工为可再生氢化喷气机燃料的可再生油外，还有油粕粉。在这种流程上游所产生的排放，必须在各种产品之间加以区别分配。

4.2 国际标准组织建议用下列方法按以下顺序在副产品之间分配排放：（1）流程分解，将一单位流程分解为两个或多个次流程，（2）系统扩展，扩展系统界限以便涵盖与副产品有关的额外机能，（3）按物理特性分配（如质量、体积、能量）或市场价值<sup>4</sup>。参考文件2的第4章对这些方法进行了详细讨论。

4.3 就生物燃料的生产而言，寿命周期估算者在对生产生物量带来的排放进行分配时，可能必须对油以及榨油之后剩余的渣，按其相对质量、能量或市场价值进行分配。这是因为不能对该系统流程进一步分解，而系统扩展则可能需要对整个农业建立模型。分配策略的选择可对一种燃料的温室气体排放有重大影响，包括对排放的估算有可能不符实际，这正表明了该参数的重要性（见参考文件2第4章和参考文件1）。

## 5 数据质量和不确定性

5.1 数据质量和不确定性取决于时间框架和规模。例如，就现有产品（如以原油生产的常规喷气机燃料）取得高质量数据，比从新兴或不存在的行业（如以海藻为基础的可再生氢化喷气机燃料）取得数据要容易。必须有高质量的数据才能建立温室气体寿命周期总量，从而就航空代用燃料作出知情决定。参考文件2的第5章对数据质量和不确定性进行了讨论。

5.2 也采用了以设想情况为主进行的分析来界定燃料途径的排放，这提供了评估不确定性的办法（1）。使用了不同的前提数据和假设，以便提供给出平均数和数值预计值范围的三种设想情况。

## 6. 正在进行的寿命周期分析工作

6.1 美国和欧洲正在开展多项研究工作，以估算常规的和航空代用燃料的温室气体排放寿命周期。除此之外，还进行了大量的类似工作来估算地面交通工具燃料的温室气体排放寿命周期。

6.2 美国的国家能源技术实验室审视了美国交通工具燃料的温室气体排放，包括以常规的石油为基础的喷气机燃料（7），同时，航空运输噪声和排放研究伙伴（PARTNER）也审视了范围广泛的喷气机代用燃料途径（1）。波音公司正在赞助耶鲁大学对以麻风树生产的喷气机燃料进行的研究，以及华盛顿大学和华盛顿州立大学就以海藻生产的可再生氢化喷气机燃料进行的研究。

6.3 欧洲的英国剑桥大学做为OMEGA联合会的一部分，审视了海藻喷气机燃料，而法国的ONERA做为SWAFEA（航空代用燃料和能源的可持续做法）的一部分，目前则牵头对各种燃料备选方案进行评价。

## 7. 结论

### 7.1 请会议：

- a) 做出结论，对航空代用燃料的温室气体排放寿命周期进行比较的能力，是全球评估国际航空温室气体排放不可或缺的要素；
- b) 确认到可能因生产喷气机代用燃料而造成直接和间接土地用途改变的相关温室气体排放；
- c) 确认到美国、欧洲和其他国家目前正在进行多项研究工作，以便对常规的和航空代用燃料以及地面交通工具燃料的温室气体排放寿命周期进行估算；
- d) 确识到需要以经过同行审查的、一致的做法，对涵盖所有部门的温室气体排放寿命周期进行估算。

## 8. 建议

### 8.1 请会议：

- a) 建议采用寿命周期分析做为适当办法，对喷气机代用燃料和喷气机常规燃料的相对温室气体排放进行比较。

-----

## APPENDIX

### REFERENCES

1. Stratton, R.W., Wong, H.M., and Hileman, J.I., "Life Cycle GHG Emissions from Alternative Jet Fuels," PARTNER-COE Report, in preparation, to be posted at <http://web.mit.edu/aeroastro/partner/projects/project28.html>.
2. Additional information on estimating life cycle GHG emissions from alternative jet fuels can be found in the report, "Framework and Guidance for Estimating Greenhouse Gas Footprints of Aviation Fuels," from the Aviation Fuel Life Cycle Assessment Working Group, a group convened by the U.S. Air Force. The report is to be published in Autumn 2009.
3. ISO 14040:2006. Environmental management — Life cycle assessment — Principals and framework. 2006.
4. ISO 14044:2006. Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines. 2006.
5. Wuebbles, D.J., Huiguang Y., and Redina H., "Climate Metrics and Aviation: Analysis of Current Understanding and Uncertainties." U.S. Federal Aviation Administration, 2008.
6. Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R.A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D., and Yu, T.-H., "Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change," *Science*, Vol. 319. no. 5867, 2008, pp. 1238-1240. DOI:10.1126/science.1151861.
7. Skone, T.J., and Gerdes. K., "Development of Baseline Data and Analysis of Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Petroleum-Based Fuels." U.S. Dept. of Energy, National Energy Technology Laboratory. 2008.

— END —