

4.2 酯类和脂肪酸类加氢工艺 (HEFA)

美国材料实验协会于 2011 年批准酯类和脂肪酸加氢工艺 (HEFA) 生产生物航空燃料^[10,32]。HEFA 的原料包括动物油脂、植物油和藻油, 城市废弃油脂是 HEFA 工艺不错的环保性可持续来源^[35]。HEFA 分为 3 步: 经催化加氢, 不饱和脂肪酸和甘油三酯转变为饱和脂肪酸; 饱和脂肪酸经加氢脱氧反应, 转化为 15-18 碳的直链烷烃; 直链烷烃通过选择性加氢裂化、深度异构化等方式, 使烷烃高度支化, 混合液体燃料通过分馏分离得到所需的生物航煤^[32]。

通过 HEFA 工艺制备得到的生物航空燃料比传统喷气燃料具有更高的热值 (44MJ/kg) 和高热稳定性、良好的冷流性、高十六烷值和尾气排放低等优点^[36]。此外, 燃料的质量与所使用的原料无关, 这使它成为一种生物航空燃料转化的有效途径。但是, 因甘油三酯的链长更接近未精炼状态柴油的链长 (C14~C20), 如果要增加生物航空燃料的产率, 则需进一步裂化处理, 增加氢气消耗量, 所需费用也相应有所增加。尽管 HEFA 在技术上是可行的, 但在很大程度上受到废油可获得性、运输、提纯的限制。此外, 用 HEFA 工艺制备的生物航煤, 芳烃含量低, 容易造成燃油润滑性低, 发生燃油泄漏等问题^[32]。

4.3 糖发酵加氢合成异构烷烃 (SIP)^[37]

SIP 技术是由美国 Amyris 公司发明并推广的工艺技术, 荣获 2014 年美国绿色化学挑战奖的小型商务奖项。该工艺是以甘蔗等制糖为原料, 经过基因工程酵母菌发酵生产法呢烯 (C15H₂₄) , 法呢烯进一步加氢、分馏制得法呢烷 (C15H₃₂) 。但是, 法呢烯是一种支链烯烃的平台化合物, 除了可用于生产生物航空燃料外, 还可用于制造多种产品, 包括化妆品、洗涤剂等精细化学品, 以及基础油、润滑油、可再生柴油等运输燃料及添加剂。例如, 法呢烯经催化加氢转化为可再生柴油, 并通过美国环境保护署 (EPA) 的认证, 不含硫或颗粒物, 与化石柴油相比, 拥有更高比例的十六烷值, 且低温流动性也明显更优异。使用调合比可高达 35%。

由于该技术涉及食用性作物制备燃料, 与我们的理念是背道而驰的。此外, 中间产物法呢烯因用途广泛, 致使其成本也相对较高, 通过该途径制备生物航空的成本远高于传统喷气燃料的制备。

4.4 醇喷合成工艺 (ATJ)

醇喷合成工艺 (ATJ) 可用于富含糖或木质纤维素的生物质原料。这些生物质原料首先通过水解释放出糖类物质, 后经发酵转化为醇类。接着醇类脱水产生烯烃, 同时除去杂质, 烯烃单体分子发生齐聚反应合成长链分子, 后提纯出喷气燃料所需的碳链烷烃。低碳型烯烃可以分离, 然后回收或送到二次二聚装置, 增加碳链长度, 使每单位原料产生更多的喷气燃料产量。根据现有技术研究, 可利用钢铁工业产生的含 CO、CO₂ 和 H₂ 的工业废气 (例如, 烟气), 通过微生物菌种发酵生产醇, 再经 ATJ 工艺制备生物航空燃料^[38]。LanzaTech 公司在维珍航空支持下, 利用工业和城市来源的废物流作为原料, 正计划开发一种能够通过 ATJ 制备生物燃料与传统喷气燃料混合生产超 1350 万升生物航空燃料的设施。

乙醇生产具有悠久历史, 已处于全球商业化生产水平。通过 ATJ 将醇类转化为生物航空燃料, 能够利用现有的基础设施, 在乙醇工厂附近建设“升级”设施, 以降低运输成本。此外, 与 FT 类似, ATJ 生产的生物航空燃料具有一定的芳烃含量, 适用于现有飞机发动机, 不涉及燃料的密封问题。但是, 国际上生物乙醇广泛用于汽车燃料组分,

