

## 四 生物燃料的合成工艺途径

尽管现有很多工艺转化制备生物航空燃料的路径，但到目前为止，经美国材料实验协会（ASTM）认证的方法现有 5 种，分别是费托合成工艺（FT）、酯类和脂肪酸类加氢工艺（HEFA）、糖发酵加氢合成异构烷烃（SIP）、醇喷合成工艺（ATJ）和催化水热解（CHJ）。上述工艺除糖发酵加氢合成异构烷烃（SIP）与传统航空燃料的最大混合比为 10%，其余 4 种方法为 50%<sup>[31]</sup>。下面将分别对上述几种方法进行分析。

### 4.1 费托合成工艺（FT）

费托合成工艺（FT）是生物航空燃料制备方法中最早得到 ASTM 认证的工艺方法，于 2009 年得到认证。尽管在 2012 年天然气通过费托合成制备生物燃料的路径已具备商业化生产能力，但是因成本问题，其商业化的进程发展缓慢。据相关报道，美国联邦快递、英国航空、国泰航空以及西南航空等，利用费托合成制备得到生物航空燃料已完成商业试飞<sup>[10]</sup>。

费托合成工艺属于气制油的工艺转变。通过煤炭和天然气等化石燃料为原料生产液体燃料的技术已经相当成熟。此外，通过生物质、城市垃圾等原料制备合成气，因其环保性也越来越受关注。费托合成制备生物航空燃料需经过 6 步，原料预处理、生物质气化、气体调节、酸性气体去除、FT 合成，以及合成原油精炼<sup>[32]</sup>。由于生物质和城市垃圾产生的合成气通常含氧量较高，并含有多种污染物，因此净化合成气必不可少。FT 合成有高温 FT 和低温 FT 之分。高温 FT 在 310℃ ~ 340℃ 左右，产品以汽油、溶剂油以及烯烃为主；低温 FT 在 210℃ ~ 260℃ 左右，产品以煤油、柴油、润滑油、石脑油等为主<sup>[32,33]</sup>。可以将较轻的碳氢化合物进行齐聚或将较重的碳氢化合物进行裂解，分别增加或减少碳氢化合物的含量，从而获得所需碳氢长度的生物航空燃料。

FT 制备的生物航煤可控制芳烃含量在允许范围之内，并且产品一般无硫，这增加了其能在不掺混传统喷气燃料，独立作为航空燃料认证的可能性<sup>[34]</sup>。但是，现在 FT 的大部分进展仍然是以煤和天然气为原料，经济成本上仍无法与传统喷气燃料的制备形成竞争，短期内通过 FT 实施大批量生产的可能性不大。



中国航油生物航油收储发工艺模拟试验装置