

# 生物质热解油的性质精制与利用

朱锡锋, 郑冀鲁, 郭庆祥, 朱清时

(中国科技大学生物质洁净能源实验室, 合肥 230026)

**[摘要]** 从元素含量、化学成分、稳定性、粘度、热值等方面详细叙述了热解生物油的性质, 介绍了生物油的精制和利用技术, 其中对近年来出现的生物油热蒸气直接催化精制、利用表面活性剂改良生物油使其直接用于柴油机等新技术给予了特别关注, 对催化剂在生物油精制和利用过程中的影响也作了重点叙述。

**[关键词]** 生物质; 生物油; 燃料特性; 精制

**[中图分类号]** TK6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2005)09-0083-06

## 1 前言

近年来随着国民经济和社会的快速发展, 我国对石油资源的需求也在持续增长, 为弥补石油资源不足, 近年来开始大力推进用玉米制燃料乙醇和用煤制液体燃料的工业化生产。但是, 中国作为人口大国, 粮食价格无法大幅度降低, 煤是不可再生的化石资源, 使用它将继续增大温室效应, 因此, 这两个办法都不可能广泛和持久地采用。解决石油资源不足和环境污染问题, 其根本出路还是在于开发利用包括生物质能在内的各种可再生能源。

生物质是指直接或间接来源于各种绿色植物的各类有机物的总称, 包括农作物秸秆、农林产品加工残余废弃物、速生林、薪炭林、藻类、牲畜粪便、城市生活垃圾和有机工业废水等。我国生物质资源非常丰富, 年产量达  $8 \times 10^8$  多 t 石油当量, 能源总量超过 30 EJ。生物质能是与环境友好的一种可再生能源, 它本质上是绿色植物光合作用转化得到的一种太阳能, 特别是其能量载体碳元素来自于大气中的二氧化碳, 燃烧或腐解后又以二氧化碳的形式返回到大气, 从而构成碳的生态循环链; 生物质能又是一种独特的可再生能源, 除可直接燃烧使用外, 还可以通过多种技术途径转化为液体

燃料。

生物质制备液体燃料的技术有多种, 如热解、直接液化和生物法。其中热解转化技术由于具有广阔的工业化前景而备受人们关注, 因此, 研究和掌握生物质热解制取的液体燃料(又称生物油)的性质、用途和深加工技术, 具有重要意义。

## 2 生物油的性质

### 2.1 化学性质

生物油来源于生物质, 但不同生物质在不同热解条件下制取的生物油的元素组成可能差别很大<sup>[1]</sup>。一般木质纤维素中氧的质量分数在 40% 左右, 其热解产生的生物油中氧的质量分数一般也在 40% 左右, 这种生物油的典型元素组成为:  $w(C) = 53\%$ ,  $w(H) = 6\%$ ,  $w(O) = 40\%$  和  $w(N) = 0.2\%$ <sup>[2]</sup>。而藻类生物质含有较多的脂类、可溶性多糖和蛋白质, 所以, 藻类生物质制取的生物油含氧量低,  $w(O)$  约为 17%<sup>[3]</sup>。

在快速热解工艺中, 裂解产物的二次反应被减至最小, 生物质的许多官能团被保留, 因此从生物质转化为生物油的过程中氧元素的含量变化不大。所以, 快速热解虽然获得了较高的生物油产量, 但由此获得的生物油也存在含氧量高的缺点。中速、

慢速热解工艺由于裂解产物的二次裂解,许多含氧官能团断裂,氧元素进入不可凝气体,由此得到的生物油含氧量较快速热解低。如 A. A. Zabaniotou<sup>[4]</sup>等利用木材为原料( $w(O)$ 达 51.1%),在温度为 400~700 °C,加热速率 120~165 °C/s 的条件下,获得  $w(O)=30\%$  的生物油。

生物油的化学成分非常复杂,获知其详细化学组成非常困难。目前采用的方法是将生物油的复杂化学组成进行分类,然后再鉴别各类的主要成分。

Kai Sipila<sup>[5]</sup>等对水萃取木质纤维素生物质如稻草和松木等热解制取的生物油进行了分析,他们将生物油分为溶于水的组分(水相)和不溶于水的组分(油相)两大类,并定量测定了水相主要成分的组成,结果发现水相占据生物油质量的 60%~80%,水相主要由水、小分子有机酸和小分子醇组成。以源于稻草的生物油为例,水相中的水占生物油质量的 19.9%、甲酸占 1.85%,乙酸占 7.41%。张素萍<sup>[6]</sup>等也用此法测定了源于木屑的生物油的组成,水相中含量较多的成分为水  $w(H_2O)=66.1\%$ ,乙酸质量分数为 17.9%,羟基丙酮 11.4%,油相用正庚烷萃取,正庚烷的萃取物进行柱层析分离后分析,发现甲基咪唑占正庚烷的萃取物质量的 14.17%,苯乙醇占 12.38%,检验出的酚类占 51%。对正庚烷不溶物用  $C^{13}$ NMR 进行分析,发现脂肪炭的含量远远大于芳香炭的含量,烷氧基炭的含量较高。戴先文<sup>[7]</sup>等快速热解木粉,发现生物油中酚和有机酸的含量较大,烷烃占生物油质量的 31.04%,芳烃占 13.47%。易维明<sup>[8]</sup>等利用等离子加热的方法快速热解玉米秸粉,发现乙酸占生物油质量的 25.99%,羟基丙酮占生物油质量 19.24% (换算后的数值)。

由此可见,快速热解木质纤维素一类生物质获得的生物油,成分随具体工艺条件和原料而变化,含量较多的成分有水(质量分数在 20%左右)、小分子有机酸、酚类、烷烃、芳烃、含碳氧单键和碳氧双键的化合物如甲基咪唑、羟基丙酮等。

生物油含有较多的小分子有机酸,pH 值较低,一般为 2.5 左右。如 Kai Sipila<sup>[5]</sup>等快速热解稻草、松木和硬质木材,三种生物油的 pH 分别为 3.7, 2.6 和 2.8;戴先文等快速热解木粉,获得的生物油 pH 为 2.1;任铮伟<sup>[9]</sup>等快速热解木屑,获得的生物油 pH 为 2.5。

生物质快速热解过程中还会生成一些碳,这些

碳大部分在旋风分离器被分离,但仍会有微量的碳夹杂在生物油中。戴先文<sup>[7]</sup>等由木粉快速热解获得的生物油, $w(C)$ 为 2%。生物油在生产过程中还可能会混入一些灰分,其含量一般占生物油质量的 0.1%左右,如 Kai Sipila<sup>[5]</sup>等快速热解稻草、松木和硬质木材,三种生物油的  $w_{\text{灰分}}$  分别为 0.14%、0.07% 和 0.09%;戴先文<sup>[7]</sup>等快速热解木粉制取的生物油中  $w_{\text{灰分}}$  为 0.1%;徐宝江<sup>[10]</sup>等快速热解松木屑制得的生物油中  $w_{\text{灰分}}$  为 0.2%。

生物油的热稳定性比较差,加热到一定温度后,生物油的内部组分将会发生聚合反应,这对生物油的精馏分离等过程非常不利。任铮伟等<sup>[9]</sup>发现,快速热解木屑制取的生物油加热到 120 °C 左右就形成海绵状胶体,不能用蒸馏法分离;

M. E. Boucher<sup>[11]</sup>考察了由树皮经过真空热解获得生物油的热稳定性,生物油样品分别在 40 °C、50 °C 和 80 °C 储存 168 h,另外的一个样品在室温下储存 1 年,然后测量生物油的相分离时间(水相和油相)、粘度和平均分子质量。结果表明:被加热到 80 °C 储存的生物油的性质发生了显著改变,而在 40 °C 和 50 °C 储存的生物油的性质变化不大;在 80 °C 的条件下,生物油迅速出现相分离,放置 1 周,其分子质量的改变相当于生物油在室温下放置 1 年的改变。实验还发现,如果将生物油的水相部分加入到另外一个生物油样品,则这个生物油样品的热稳定性显著变差,这充分证明了生物油水相的组分是生物油不稳定的原因;此外,如果在生物油中加入甲醇,生物油的稳定性将会得到增强。

## 2.2 物理性质

木质纤维素生物质热解制取的生物油,其比重变化不大,约为 1.2 左右。

生物油粘度变化较大,40 °C 时生物油的粘度一般为 20~200 mPa·s。如 Kai Sipila<sup>[5]</sup>等快速热解稻草、松木,硬质木材,在 50 °C 时,三种生物油的粘度分别为 11 mPa·s、46 mPa·s 和 50 mPa·s,且在室温条件下,前 65 天可以观察到生物油粘度显著增加,此后生物油粘度变化不大;徐宝江<sup>[10]</sup>等快速热解松木屑,温度为 40 °C 时,生物油的粘度约为 64 mPa·s;廖艳芬<sup>[6]</sup>等快速热解木材获得的生物油,粘度为 150 mPa·s。含水率对生物油的粘度影响较大,含水率大的生物油,其粘度一般较小。此外,如果生物油含有较多的极性基团(一般是含氧基团)和较大的分子,分子间作用力大,则

粘度增大。

### 2.3 燃料性质

生物油的热值受到普遍关注。Kai Sipila<sup>[5]</sup>等快速热解稻草、松木和硬质木材，三种生物油的低位热值分别为 16.9 MJ/kg、19.2 MJ/kg 和 16.6 MJ/kg。王树荣<sup>[12]</sup>等快速热解各种木材和秸秆，发现由水曲柳制备的生物油热值为 23.4 MJ/kg（干基热值），源自其它原料的生物油的热值约 18 MJ/kg（干基热值）。戴先文<sup>[7]</sup>等快速热解木粉，得到生物油的高位热值为 16~23 MJ/kg。任铮伟等<sup>[9]</sup>快速热解木屑，获得了高位热值为 21.3 MJ/kg 生物油。由此可见，生物油的高位热值一般为 20 MJ/kg，热值较低的原因在于生物油含氧量高，同时含有较多水分。

闪点和流动点是液体燃料的两个较重要的性质。闪点是指液体燃料加热到一定温度后，液体燃料蒸汽与空气的混合气接触火源而闪光的最低温度。流动点也称凝固点，因为许多液体燃料是混合物，所以液体燃料凝固时是渐渐从液体变成固体的，即液体燃料的凝固是在一定温度范围内完成的，通常把液体燃料凝结成固态时的最高温度称为流动点或凝固点。液体燃料闪点越高、流动点越高，表明其中的组分相互作用力大、不易挥发组分多。Kai Sipila<sup>[5]</sup>等快速热解稻草、松木，硬质木材，获得 3 种生物油的闪点分别为 56℃，76℃ 和 106℃ 以上，流动点分别为 -36℃，-18℃ 和 -9℃。由于生物油成分复杂且含有较多极性组分，故这两项数值较高，变化也较大。

## 3 生物油的分精

生物油的高含氧量表明其内部存在许多高极性基团，并导致其粘度较高、化学稳定性较差和热值较低。因此，生物油分精的核心是脱除生物油中的氧，在此主要介绍催化加氢和催化裂解两种分精方法。

催化加氢是在高压（10~20 MPa）和存在供氢溶剂的条件下，在催化剂作用下对生物油进行加氢处理。Piskorz J.<sup>[13]</sup>使用经过硫处理的 CoMo 催化剂对生物油加氢，处理后生物油的  $w(O)$  仅为 0.5%；Churin<sup>[14]</sup>等在固定床反应器用 CoMo 和 NiMo 催化剂，在压力为 5~12 MPa、温度为 270~400℃ 的条件下对生物油催化加氢，处理后生物油的烃类质量分数从 10%~20% 提高到 70%~

75%，而酚类质量分数从原来的 40% 减少到 18%。由此可见，生物油经过催化加氢，其含氧量大大减少。

催化加氢可以显著降低生物油含氧量，但成本较高。生物油粘度大、热稳定性差，操作中容易导致反应器堵塞。生物油还会覆盖催化剂活性中心，导致催化剂失活，降低催化剂的寿命。因此，近年来出现了一种新的催化加氢的思路，即生物油热解获得的油蒸气直接进行催化加氢，然后再冷凝获得低含氧量的生物油产品。J. Dilcio Rocha<sup>[15]</sup>先使用固定床热解纤维素获得生物油蒸气，然后以经过硫化的 NiMo 为催化剂，在 520℃ 的条件下对生物油蒸汽加氢处理，当氢压为 2.5 MPa 时，生物油中氧的质量分数为 31.7%，当氢压为 10 MPa，生物油中氧的质量分数为 9.8%。

M. I. Nokkosmaki<sup>[16]</sup>使用 ZnO 作催化剂直接催化热解得到的生物油蒸气以提高生物油的稳定性。结果表明，经过 ZnO 催化得到的生物油稳定性提高。将经过与没有经过 ZnO 催化的生物油同时在 80℃ 的条件下储存 24 h 进行对比，没有经过催化的生物油粘度增加了 129%，经过催化的生物油粘度增加了 55%。

直接对生物油蒸气进行催化加氢的优点主要在于节省能源，无需对生物油再次加热升温，生物油蒸汽对催化剂活性中心的覆盖程度较低，可以显著延长催化剂的寿命。

催化裂解是在催化剂的作用下将生物油分子裂解成较小的分子，包含在汽油馏程内的烃类组分，生物油中的氧以 H<sub>2</sub>O、CO 和 CO<sub>2</sub> 的形式除去。催化裂解获得的精制油的产率一般比催化加氢低，但催化裂解反应可以在常压下进行，不需要还原性气体，反应条件比催化加氢温和。

郭晓亚等<sup>[17]</sup>采用 HZSM-5 分子筛催化剂，将生物油（由木屑在循环流化床中快速热解得到）与溶剂四氢化萘以 1:1 的质量比混合，在固定床反应器内催化裂解，实验结果表明，精制油中的含氧化合物如有机酸、酯、醇、酮、醛的含量大大降低，而不含氧的芳香烃含量增加。

J. D. Adjaye<sup>[18]</sup>考察了催化生物油生产烃类的过程。他使用 HZSM-5 和硅铝作为催化剂，实验发现使用 HZSM-5 时，烃类产品的质量产率为 27.9%（以未催化的生物油为基准），使用硅铝时，相应产率为 13.2%。令人感兴趣的是，经过

HZSM-5 催化的生物油包含更多的芳香烃, 而经过硅铝催化的生物油包含更多的脂肪烃。芳香烃产品主要有甲苯、二甲苯、三甲苯, 脂肪烃主要含己烷、戊烷、环戊烷、环丙烯。

#### 4 生物油的利用

生物油可以作为液体燃料使用, 也可以作为原料生产其它化学品。

如果直接将裂解生物油作为柴油机燃料, 那么必须对柴油机的机械结构做很大改进, 柴油机的操作也会变得非常复杂。因此, 直接利用裂解生物油作为燃料的局限性很大。除了对生物油进行催化加氢、催化裂解, 进一步精制后再利用外, 科学工作者还提出了其它利用生物油作为液体燃料的思路, 其中之一是将裂解生物油与其它液体燃料混合后作为燃料直接使用。

D. Chiamonti<sup>[19]</sup>详细探讨了在 60~65 °C 的条件下, 使用乳化剂作为表面活性剂, 将生物油和柴油混合成为乳浊液而直接用于柴油机。实验发现, 当生物油在混合体系中质量分数小于 45% 时, 生物油成为液滴分散在柴油中; 当柴油在混合体系中质量分数小于 45% 时, 柴油成为液滴分散在生物油中; 如果两种油的含量接近 50%, 则两种油在混合体系中都成为连续相。他们发现, 乳浊液比纯生物油有更高的稳定性, 在 80 °C 的条件下分别将纯生物油和乳浊液保存 24 h, 纯生物油粘度增加了 44%~156%, 而乳浊液粘度只增加了 3%~24%。提高乳化剂用量, 乳浊液的稳定性将增加。他们用生物油—柴油乳浊液燃料在柴油机上做了试验, 发现只需对柴油机在材料方面做微小改变, 即柴油机的喷嘴和输油泵采用抗腐蚀的不锈钢来制造就可以。Michio Ikura<sup>[20]</sup>考察了生物油—柴油乳浊液的稳定性和腐蚀性, 他们先将生物油置于离心机中离心, 去除生物油的重组分, 然后将去除了重组分的生物油与柴油混合制成乳浊液。实验发现, 表面活性剂浓度对乳浊液的稳定性影响很大, 如果表面活性剂占乳浊液体系的质量的 0.8%~1.5%, 则能形成稳定的乳浊液体系。他们在 60 °C 下分别测试了钢棒浸泡于纯生物油和生物油—柴油乳浊液 24 h 后的腐蚀情况, 浸泡在纯生物油中的钢棒质量损失了 72%, 而浸泡在生物油质量分数为 20% 的乳浊液体系中的钢棒质量只损失了 35%。

G. Lopez Juste<sup>[21]</sup>考察了将快速热解生物油与

乙醇混合直接用于涡轮机的可能性。实验发现, 虽然快速热解油由于较大的粘度对油的喷射造成困难, 但将生物油与乙醇混合后, 生物油粘度降低, 可以很好的解决喷射问题。他还进行了生物油—乙醇混合物的燃烧测试, 发现当生物油质量分数为 80%、乙醇质量分数为 20% 时, 该混合物的燃烧性能最佳。

有人提出利用水蒸气催化重整从生物油中制取氢气。C. M. Kinoshita<sup>[22]</sup>提出将生物油雾化后与水蒸气混合, 然后混合气进入装有催化剂和吸附剂 CaO 的反应器中被催化重整, 生成的 CO<sub>2</sub> 与化学吸附剂 CaO 反应生成 CaCO<sub>3</sub>, 促进了化学平衡向催化重整的方向移动。他使用 Aspen 软件模拟这个过程, 发现每 kg 生物油经过带化学吸附的催化重整过程, 可获得 0.07~0.08 kg 氢气。Lucia<sup>[23]</sup>考察了催化剂在水蒸气催化重整过程中对氢气产率的影响, 他首先向快速热解油中加水, 促使生物油分为油水两相, 取水相部分进行水蒸气催化重整。在温度 825 °C 和 875 °C, 质量空速 (反应物质量流率/催化剂质量) 126 000 h<sup>-1</sup>, 停留时间 26 ms 的条件下, 比较了 Ni, Ni-Cr, Ni-Co 催化剂的催化效果, 发现 Ni-Cr, Ni-Co 催化剂作用的催化重整反应获得的氢气产率比 Ni 高 20%。这是因为在 Ni 催化剂中添加了 Cr 或 Co 后, 能够抑制水蒸气重整过程中的结焦, 防止催化剂失活。

生物油的高含氧量对于其用作燃料来说, 是一个非常不利的因素。但如果利用生物油合成含氧有机物, 则其高含氧率将由劣势转化为优势。Martin H. Bender<sup>[24]</sup>提出利用生物质和生物油生产含氧有机化合物的概念, 并建议有机化学工业从以烃类原料为主导转变为以生物质原料为主导, 这就需要重新构建化学工业。

#### 5 结论

生物油含有较多的水分和含氧有机化合物, 如羧酸、酚类等, 所以生物油含氧量高, 热值比石油燃料低, 分子间作用力大, 粘度大, pH 值低, 分子间受热易于聚合, 热稳定性差。

上述性质决定生物油不宜直接作为燃料, 必须经过精制加工, 降低生物油的氧含量, 尽量使生物油的 pH 值接近中性, 提高生物油的热稳定性。

生物油成分非常复杂, 各组分都混合在一起,

分离非常困难, 每种成分的绝对含量都不大, 因此通过分离-合成路线来制造化工产品成本可能比较高, 工业化前景可能不大。如果能开发出将全部生物油转化为某一种与生物油 C、H、O 比例近似的有机化合物的工艺, 将有非常大的工业应用前途。就目前状况来说, 利用生物油生产化工产品处于摸索实验阶段。大部分集中在生产烃类、氢气等不含氧化化工原料。如何充分利用生物油的氧元素, 使生物油的高含氧量的劣势转变为优势, 是一个非常重要的研究课题。

#### 参考文献

- [1] 刘荣厚, 张春梅. 我国生物质热解液化技术的现状[J]. 可再生能源, 2004, (2): 9~12
- [2] 廖艳芬, 王树荣, 洪军, 等. 生物质热裂解制取液体燃料的实验研究[J]. 能源工程, 2003, 3: 1~3
- [3] 缪晓玲, 吴庆余. 微藻生物质可再生能源的开发利用[J]. 可再生能源, 2003, 3: 13~16
- [4] Zabaniotou A A, Karabelas A J. The Evritania (Greece) demonstration plant of biomass pyrolysis [J]. Biomass and Bioenergy, 1999, 16: 431~445
- [5] Sipila K, Kbooppala E, Fagernas L. Characterization of biomass-based flash pyrolysis oils [J]. Biomass and Bioenergy, 1998, 14(2): 103~113
- [6] 张素萍, 颜涌捷, 任铮伟, 等. 生物质快速裂解液体产物分析[J]. 华东理工大学学报, 2001, 27(6): 666~668
- [7] 戴先文, 吴剑之, 周肇秋, 等. 循环流化床反应器固体生物质的热解液化[J]. 太阳能学报, 2001, 22(2): 124~130
- [8] 易维明, 柏雪源, 何芳, 等. 利用等离子体进行生物质液化技术的研究[J]. 山东工程学院学报, 2000, 14(1)
- [9] 任铮伟, 徐清, 陈明强, 等. 流化床生物质快速裂解制液体燃料[J]. 太阳能学报, 2002, 23, (4): 462~466
- [10] 徐保江, 李美玲, 曾忠. 旋转锥闪速热解生物质实验研究[J]. 环境工程, 1999, 17(5): 71~74
- [11] Boucher M E, Chaala A, Roy C. Bio-oils obtained by vacuum pyrolysis of soft wood bark as a liquid fuel for gas turbines. Part II: Stability and ageing of bio-oil and its blends with methanol and a pyrolytic aqueous phase [J]. Biomass and Bioenergy, 2000, 19: 351~361
- [12] 王树荣, 骆仲浚, 董良杰, 等. 生物质闪速热裂解制取生物油的实验研究[J]. 太阳能学报, 2002, 23(1): 4~10
- [13] Piskorz J, Majerski P, Radlein D, et al. Conversion of lignin to hydrocarbon fuels [J]. Energy & Fuel, 1989, 3: 723~726
- [14] Churin E, Grange P, Delmn B. Catalysis Oils Biomass for Energy and Industry [M]. London: Elsevier Appl Sci Pub, 1990, 120~125
- [15] Rocha J, Carlos D, Luengo A, Snape C E. The scope for generating bio-oils with relatively low oxygen contents via hydropyrolysis [J]. Organic Geochemistry, 1999, 30: 1527~1534
- [16] Nokkosmaki M I, Kuoppala E T, E. Leppamaki A. Catalytic conversion of biomass vapours with zinc oxide [J]. Journal of analytical and applied pyrolysis, 2000, 55: 119~131
- [17] 郭晓亚, 颜涌捷, 李庭琛, 等. 生物质裂解油催化裂解精制[J]. 过程工程学报, 2003, 3(1): 91~95
- [18] Adjaye J D, Bakhshi N N. Production of hydrocarbons by catalytic upgrading of a fast pyrolysis bio-oil. Part I: conversion over various catalyst [J]. Fuel Processing Technology, 1995, 45: 161~183
- [19] Chiamonti D, Bonini M, Fratini E. Development of emulsions from biomass pyrolysis liquid and diesel and their use in engines-Part 1: emulsions production [J]. Biomass and Bioenergy, 2003, 25: 85~99
- [20] Ikura M, Stanculescu M, Hogan E. Emulsification of pyrolysis derived bio-oil in diesel fuel [J]. Biomass and Bioenergy, 2003, 24: 221~232
- [21] Juste G L, J. Monfort J S. Preliminary test on combustion of wood derived fast pyrolysis oils in a gas turbine combustor [J]. Biomass and Bioenergy, 2000, 19: 119~123
- [22] Kinoshita C M, Turn S Q. Production of hydrogen from bio-oil using CaO as CO<sub>2</sub> sorbent [J]. International Journal Hydrogen Energy, 2003, 28: 1065~1071
- [23] Garcia L, French R, Czernik S. Catalytic steam reforming of bio-oils for the production of hydrogen: effects of catalyst composition [J]. Applied catalysis A: General, 2000, 201: 225~239
- [24] Bender M H. Potential conservation of biomass in the production of synthetic organics [J]. Resource, conversion and Recycling, 2000, 30: 49~58

## Property, Up-grading and Utilization of Bio-oil from Biomass

Zhu Xifeng, Zheng Jilu, Guo Qingxiang, Zhu Qingshi

(Laboratory of biomass clean energy, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

[Abstract] Element content, chemical composition, stability, viscosity and heat value of bio-oil are analyzed based on many literatures in this paper. Some new technologies to refine and to utilize bio-oil are introduced such as directly catalyzing bio-oil vapor, and adding surfactants into bio-oil, so that it can be used directly in diesel engine. The catalysts and their effects on the refining and utilization of bio-oil are discussed.

[Key words] biomass; bio-oil; fuel property; up-grading

## 中国与巴西合资生产 ERJ145 涡扇支线飞机

2000年2月15日,国务院做出了发展30—70座级涡扇支线飞机的重大决策,作为发展我国航空工业的重要战略举措。2002年9月,中航第二集团公司与巴西航空工业公司签署了合作框架协议,确定了在民用飞机领域建立长期的战略合作伙伴关系。2002年12月2日,中航第二集团公司与巴西航空工业公司正式签订合资生产涡扇支线飞机合同。

2003年12月16日,中航第二集团公司与巴西航空工业公司合资总装的ERJ145涡扇支线飞机在哈尔滨首飞成功(见本期封面)。这是我国生产的第一架具有世界先进水平的涡扇支线飞机,是我国“十五”规划发展涡扇支线飞机高技术工程取得的重大成果,也是我国航空工业顺应经济全球化潮流,主动参与国际合作,与世界民机制造业同步发展的良好开端。2005年2月,中巴合资公司向南方航空公司交付了合资生产的第6架ERJ145飞机,飞机质量、可靠性等得到用户认可。2005年3月,中巴合资公司又和中国东方航空集团公司签订了ERJ145飞机购销合同。

ERJ145系列飞机是专门为支线航空市场设计的,速度快、航程长、性能良好;座舱内噪声小,乘坐舒适性好;价格低于同类飞机;采用玻璃座舱等先进的航电设备及辅助动力系统(APU),提高了飞机的安全性能。全系列37座、44座、50座3个级别飞机的部件和系统通用性高达98%,签派可靠性高。飞机客舱采用三联座布局,设计合理,尾吊2台罗尔斯·罗伊斯AE3007A系列高涵道比涡扇发动机,升限11 278 m,航速833~852 km/h,50座级ERJ145飞机基本型航程约2 000 km,延程型航程接近4 000 km,可基本覆盖我国国内所有航线。

从1995年开始,支线飞机需求发生了迅速变化,发展至今,涡扇支线飞机的需求量已达整个支线飞机的80%,远远超过涡桨支线飞机。合资生产的ERJ145系列飞机是1995年以后投入市场的新产品,是当今世界最先进的涡扇支线飞机之一。ERJ145系列飞机已形成ERJ135(37座)、ERJ140(44座)、ERJ145(50座)3个座级10个型号的系列化、家族化产品,是世界唯一形成系列的50座级涡扇支线飞机,深受用户欢迎,已交付830多架,并取得中国CAAC、美国FAA、欧洲JAA等适航证。

当前,国际合作发展民机已成为普遍模式。ERJ145涡扇支线飞机项目起点高、投资少、速度快、风险小,通过国际合作可掌握关键技术工艺和先进管理方法,逐步实现掌握设计技术、拥有自主知识产权的目标,还可满足我国航空运输发展的需要,在拉动内需中形成新的经济增长点,为西部大开发和客流量少或至今尚未开通航线的城市提供更适宜的交通工具。这一合作项目被视为南南合作的典范,具有重要的政治意义和经济意义,将为双方带来双赢的结果,开辟了我国民用飞机发展的新篇章。

(中国航空工业第二集团公司科技委供稿)