

# 生物热解油精制改性研究进展

徐俊明, 蒋剑春, 卢言菊

(南京林产化工研究所, 江苏 南京 210042)

**摘要:**综述了近年来生物热解油的精制改性技术(如催化加氢、催化裂解、添加溶剂、乳化及催化酯化等),并对其优缺点进行了分析比较。根据生物油中化学组成的特点,指出将活泼极性基团转化为较稳定的非极性基团(如将羧基转化为酯基,将醛基转化为缩醛),是生物油精制改性十分有效的方法。

**关键词:**生物质;热解;精制;生物油

中图分类号:S216

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2007)07-0013-05

## Progress in research of upgrading of pyrolytic bio-oil

XU Jun-ming, JIANG Jian-chun, LU Yan-ju

(Institute of Chemical Industry of Forest Products, CAF, Nanjing 210042, China)

**Abstract:** In this paper, the recent progress in upgrading process for biomass pyrolytic oil (bio-oil) is reviewed. The advantages and shortcomings of several important upgrading processes such as catalytic hydrogenation, catalytic pyrolysis, solvent adding, emulsification and catalytic esterification are analyzed and compared. According to the original properties of bio-oil, it is pointed out that the conversion of active polar groups to stable non-polar groups (e. g. changing carboxylic acids to ester, and aldehyde to acetal group) is an effective process for modifying bio-oil.

**Key words:** biomass; pyrolysis; upgrading; bio-oil

生物质资源在能量利用过程中具有 CO<sub>2</sub> 净排放量为零, SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> 排放量少的优点<sup>[1]</sup>。随着化石能源的日益短缺,人们越来越重视生物质能源的研究与开发。直接热解液化被认为是最有前途的生物质液化技术<sup>[2]</sup>,其发展十分迅速。由于液体产品具有储存、运输方便和能量密度高等优点,所以以此为基础,可以实现生物质资源的规模化利用,并且有望替代化石能源。

热解反应是通过快速加热的方式使组成生物质的聚合物裂解成低分子有机物蒸气,并将其冷凝成液体的生物油。目前生物质热解制备生物油的文献很多。国内外许多学者都一致认为,中等的裂解温度(500~600℃)、较高加热速率(1 000℃/s)、极短的气体停留时间(<2 s)和生成气体骤冷<sup>[1,3]</sup>,是生物油的较佳生产工艺,因此提高生物油的收率已不是目前人们研究的主要问题。由于热解过程并未达到热力学平衡,所以生物油的物理化学性质不稳定,主要表现为其黏度随储存时间的延长和温度的升高而逐渐增加。另外生物油热值低, pH 低, 固体杂质含量高<sup>[4-5]</sup>,与化石燃油相比,生物油的品质和稳定性都较差,这使得生物油很难在现有设备上进

行直接利用。近年来人们更倾向于通过各种物理、化学方法改善生物油的各方面性能,以期能够代替日益减少的化石能源。本文综述了国内外提高生物油性能的改性精制技术,并讨论了较适宜的改性方法。

## 1 生物油的精制

生物油黏度大、稳定性差、腐蚀性强、化学成分复杂,这给生物油的应用带来很大的不便,因此必须对其进行改性精制,提高生物油的品质。目前,改性精制的方法主要是催化加氢、催化裂解、添加溶剂、乳化及催化酯化。

### 1.1 催化加氢

催化加氢是在高压(10~20 MPa)和存在供氢溶剂的条件下,通过催化剂作用对生物油进行加氢处理,生物油中的氧以 H<sub>2</sub>O 或 CO<sub>2</sub> 的形式除去,是较早期的生物油改性方法。该方法可显著降低含氧量,提高生物油的能量密度<sup>[6]</sup>。例如, Piskorz 等<sup>[7]</sup>采用经硫处理的 CoMo 催化剂对生物油加氢,处理后生物油的含氧质量分数仅为 0.5%,芳香烃质量分数达 38%。Sheu 等<sup>[8]</sup>采用滴流床反应器,以

收稿日期:2007-04-02

作者简介:徐俊明(1981-),男,博士生,主要从事生物质能源转化和催化新材料方面的研究, lang811023@163.com;蒋剑春(1955-),男,博士,研究员,博士生导师,主要从事生物质能源和活性炭的开发与研究。

Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 为催化剂,在压力 5 ~ 10 MPa、温度 350 ~ 400℃ 的反应条件下对生物油进行了加氢处理,结果发现,含氢化合物含量明显增加。Love 等<sup>[9]</sup>采用固定床反应器在 H<sub>2</sub> 压力大于 10 MPa 的条件下,以硫化处理过的钨催化剂进行加氢处理,结果表明可以较高收率地得到二氯甲烷油溶物(质量分数 > 65%),说明通过该方法处理后何帕烷、甾烷和甲基甾烷含量明显增加,脂肪烃的总收率为 30%。

采用上述催化加氢的方法能够显著降低生物油中的含氧量,提高热值,但是高压加氢条件苛刻、设备复杂、成本较高。为了降低成本和操作难度,一些学者将热解得到的生物油蒸气与氢气混合后与催化剂发生作用,这样不仅可以利用热解时的反应热量,减少能耗,而且当生物油蒸气通过催化剂床层时,由于气、固相接触的覆盖度较低,催化剂的使用寿命得到一定的延长。例如 Dilcio 等<sup>[10]</sup>在 2.5 ~ 10.0 MPa 的氢气压力下,采用不同的升温速率对生物油进行加氢处理,可以使生物油中的含氧质量分数降低 20%。实验中还发现,当加入 FeS 作为催化剂时,可以提高生物油的转化率并使含氧质量分数降低 30%,同时芳烃的含量显著增加。Pindoria 等<sup>[11]</sup>采用两段式固定床反应器,以 H-ZSM-5 分子筛为催化剂对生物质加氢裂解所得到的挥发分进行了催化改性。实验发现随着温度和压力(1 ~ 4 MPa)的升高,改性后挥发分的含氧量明显降低,同时焦油含量也有所减少。因此 H-ZSM-5 催化剂除具有一定的加氢和脱氧功能外,还有更多的催化裂化作用。同时热重分析表明,催化剂 H-ZSM-5 吸附了约 40% 的催化热裂解后的挥发分。

虽然许多研究对生物油的催化加氢进行了详细的考察和工艺改进,但由于生物油热稳定性差,当温度超过 80℃ 时,生物油内的聚合反应强烈,而目前所采用的催化剂都是高温催化剂,它与加氢反应相互竞争导致黏度快速增加。另外,反应组分会进入催化剂基体,覆盖催化剂活性中心<sup>[11-12]</sup>,导致了催化剂的失活。因此,催化加氢设备一般都较复杂,成本较高,在操作中还容易发生反应器堵塞和催化剂失活现象。

## 1.2 催化裂解

催化裂解一般是将生物油蒸气(700 ~ 800℃)通过催化剂床层,在催化剂的作用下裂解,生物油中的氧以 H<sub>2</sub>O、CO 和 CO<sub>2</sub> 的形式除去。该操作一般在常压下进行,不需要还原性气体,设备也较催化加氢的简单,所以许多学者采用该方法对生物油进行改性

研究。

早期人们的研究重点主要是催化剂的作用机理以及对生物油组分的分析,由于沸石分子筛自身具有的酸性和规则的孔道结构,使其在生物油催化裂解过程中显示出较好的催化裂解性能和芳构化性能。例如,Williams 等<sup>[13]</sup>采用 Na-ZSM-5、H-ZSM-5 和 Y 沸石进行了生物油的精制改性。结果表明,2 种 ZSM-5 催化剂对生物油改性的作用相似,所得到的改性生物油在收率和组分上没有明显区别。但是 Y 沸石的催化活性以及对烷烃化合物的选择性明显较差,而且催化剂容易结焦。

Adjaye 等<sup>[14]</sup>采用微型固定床反应器,以 H-ZSM-5 和 HY 沸石等作为催化剂进行了生物油的催化裂解改性,得到了 27.9% 的烷烃收率,其中主要成分是 C<sub>6-9</sub> 烃。Williams 等<sup>[15]</sup>将稻壳在 550℃ 下裂解所得蒸气通过 ZSM-5 催化剂,结果发现通过催化剂后的生物油收率有明显降低,并且分子质量分布变小,当提高催化剂温度后分子质量分布会变得更窄,其中单环芳烃和稠环芳烃的含量显著增加。实验中还发现,在较低催化剂温度下,生物油中的氧转化为 H<sub>2</sub>O,而在较高温度下则转化为 CO、CO<sub>2</sub>。

Williams 等<sup>[16]</sup>以 H-ZSM-5 为催化剂,采用流化床反应器进行生物油的改性研究,提出了催化剂的催化作用机理,并对催化剂的再生性能进行了考察。结果表明,催化作用主要通过 2 种方式进行:①沸石分子筛将生物油催化裂解为烷烃,然后将烷烃芳构化;②将生物油中的含氧化合物直接脱氧形成芳香族化合物。催化剂循环使用实验表明,再生后的催化剂将生物油催化裂解为芳香化合物的能力显著降低,随着催化剂再生次数的增加,改性后产品的含氧量不断增加,平均分子质量也不断增加。

在催化裂解的研究中同时也发现,ZSM-5 催化剂很容易结焦而失活,而且很难通过改变反应条件来延长催化剂的寿命。例如,Adjaye 等<sup>[17]</sup>采用微型固定床反应器,将生物质裂解蒸气通过 H-ZSM-5 催化剂进行生物油的改性研究,建立了与实验数据吻合的数学模型。该模型显示,生物油的催化裂解是一个复杂的过程,包含了多个平行反应和连串反应。催化剂的结炭严重,通过降低催化剂温度和生物油蒸气的浓度,可以减缓催化剂的结炭。但是降低催化剂温度又会使生物油的催化转化效果变差,不能有效地降低氧含量。

Vitoloa 等<sup>[18]</sup>将 H-ZSM-5 和 HY 沸石作为催化剂进行了生物油的改性研究。结果表明,通过

H-ZSM-5 催化后的生物油产品是较容易分离的水相和有机相,通过 HY 沸石的生物油呈均相,有机相稳定地分散在水相中。经性能测定表明,改性后的生物油含氧量降低,热值提高,并改善了燃烧性能。但是实验中发现催化剂的结焦严重,作者试图通过缩短气体停留时间的办法来减缓催化剂的失活,但这又会导致生物油中的氧不能有效地脱除。Horne 等<sup>[19]</sup>重点考察了 ZSM-5 催化剂在催化裂解生物油时的失活情况,得到了与上述文献<sup>[17-18]</sup>相同的结果,即随着裂解反应的进行,催化剂的催化效果显著下降,这主要表现在随着裂解反应时间的延长,烷烃含量逐渐减少,含氧化合物含量逐渐增加,并且通过分子排阻色谱证明,平均分子质量在不断增加。

鉴于以上原因,一些学者采用一些方法对催化裂解工艺进行了改进。例如 Horne 等<sup>[20]</sup>将 ZSM-5 和不锈钢颗粒混合作为固定床反应器的催化剂床层,这样不仅可以增加热解蒸汽在催化剂床层的停留时间,提高生物油的转化率,还可以提供更多的热裂解表面积,结果表明,当 ZSM-5 与不锈钢颗粒体积比为 1:2 时,催化剂将生物油转化为烷烃和芳烃的效果最好。

Nokkosmaki 等<sup>[21]</sup>采用 ZnO 对生物油蒸气进行催化裂解,结果表明 ZnO 是一种较为温和的催化剂,对不溶于水的组分(木质素衍生物)没有影响,液体产量也没有明显的降低,但它分解了不溶于乙醚的组分(水溶性脱水糖和多糖)。在 ZnO 处理后的精制油的稳定性实验中,在 80℃ 下加热 24 h,精制油的黏度增加了 55%,而没有用 ZnO 处理的生物油的黏度增加了 129%,这表明 ZnO 有助于提高生物油的稳定性,不过 ZnO 在使用后仍有失活现象。

Adam 等<sup>[22]</sup>考察了 Al-MCM-41 和 Cu/Al-MCM-41 及其扩大孔径的 2 种 Al-MCM-41 催化剂在生物油精制改性中的效果。当生物油蒸气经过催化剂层后组成发生了明显变化,其中最显著的变化是左旋葡聚糖消失。当采用孔径扩大的 Al-MCM-41 作为催化剂时,快速升温催化过程提高了乙酸和呋喃的收率,并减少了相对分子质量较大的酚类衍生物的含量。

从以上文献来看,目前生物质油催化裂解研究中使用的催化剂大都为 HZSM-5,但催化剂结焦率高、寿命短、再生性能较差<sup>[23-24]</sup>。这主要是因为 ZSM-5 属于小孔分子筛,具有 0.54 ~ 0.56 nm 的椭圆形孔结构,大约适合 C<sub>10</sub> 烃大小的分子进出孔道,而热裂解产生的生物油中含有的未裂解完全的大分

子会在小孔分子筛催化剂的外表面凝结,形成结碳,导致催化剂失活<sup>[15]</sup>。综上所述,虽然催化裂解有很多优点,但是其普遍收率很低<sup>[24]</sup>,而且仍未找到选择性好、转化率高、结焦率低的催化剂,因此并没有被广泛采用。

### 1.3 添加溶剂和乳化

添加溶剂是提高生物油稳定性和降低黏度的有效手段。添加到生物油中的溶剂主要通过以下 3 种机制影响生物油的黏度:①物理稀释;②降低反应物浓度或改变油的微观结构以降低反应速度;③与生物油中活性成分反应生成酯或缩醛而阻止导致生成大分子聚合物的反应进行。Diebold 等<sup>[25]</sup>研究了不同添加剂(如乙酸乙酯、甲基异丁酮和甲醇、丙酮、乙醇及它们的混合物)对降低生物油黏度和提高其稳定性的影响。实验结果表明,甲醇是最好的添加剂,含 10%(质量分数)甲醇的生物油可以在 90℃ 下稳定存放 96 h,而不加甲醇的生物油放置 2.6 h 后黏度就超标了。

Lopez 等<sup>[26]</sup>将生物油与乙醇混合(生物油质量分数 80%,乙醇质量分数 20%),在涡轮机中进行燃烧试验。结果发现,该混合物使用上存在很多不便,由于混合油黏度较高,需要对燃烧室中的喷嘴进行改进,另外,燃烧前还需要用标准燃料对涡轮机进行预热。在燃烧性能方面与标准燃料相比有明显差异。

添加甲醇和乙醇等溶剂不仅可以减小生物油的黏度,还降低了生物油的 pH,增加生物油的挥发分含量和热值,是常用的生物油稳定方法。但是单纯添加溶剂不能有效改善生物油的含氧量、含水量、热值以及燃烧性能,因此采用该方法对生物油改性研究的报道较少。

另一种利用生物油作为液体燃料的方法是将其与柴油等烃类混合,虽然生物油不能直接与烃类混溶,但借助于表面活性剂的乳化作用可使生物油混溶于烃类。美国专利<sup>[27]</sup>采用亲水性的非离子表面活性剂已经成功地将 30% 乳化油应用在低速柴油机中。使用结果表明,该乳化油具有较高的稳定性,各项性能参数与常规柴油相近。

Ikura 等<sup>[28]</sup>采用乳化工艺将生物油与 2 号柴油混合,生产出稳定均相的乳化油,并考察了乳化时间、乳化温度、生物油在混合油中的浓度、表面活性剂用量以及单位体积输入功 5 个因素对乳化油性能的影响。实验发现,后 3 种因素对乳化油的性能影响较大。较适宜的生物油质量分数为 10% ~ 20%,此时乳化油的流动性最佳。较适宜的表面活性剂用

量为总质量的 0.8% ~ 1.5%, 并与生物油在混合油中的浓度以及单位体积输入功有关。采用该工艺生产出的乳化油各项性能有了一定的提高, 热值是 2 号柴油的 1/3, 十六烷值为 5.6, 对金属的腐蚀性降到原生物油的 1/2。

Chiaramontia 等<sup>[29]</sup>报道了生物油与柴油乳化后直接应用于未改装柴油发动机的研究, 结果表明乳化油具有较高的稳定性, 在 70℃ 下可以稳定保存 3 天, 并建议采用新制的生物油进行乳化时效果较好。实验中还发现, 乳化油中生物油用量越多, 黏度就越大。较佳表面活性剂的添加质量分数为 0.5% ~ 2.0%, 此时乳化油的黏度较理想。当表面活性剂添加质量分数达到 4% 时, 就需要加入其他助剂(如辛醇)来降低体系的黏度。他们将该乳化油直接应用于柴油发动机<sup>[30]</sup>, 发现使用乳化油作为燃料时不需要对柴油机进行较大的改动, 但是乳化油有一定的腐蚀作用, 建议采用耐腐蚀的材质(如不锈钢或陶瓷)来制造发动机中的喷嘴和燃料泵。

乳化方法无需过多的化学转化操作, 但乳化成本和乳化需要的能量投入较大。作为汽车用油, 乳化油对发动机的腐蚀比较严重, 故该技术目前未被广泛采用。

#### 1.4 催化酯化

催化酯化是在固体酸或碱的作用下, 将生物油中的羧基与醇类溶剂进行酯化反应, 减少生物油中反应基团的数目, 达到降低生物油的酸性, 提高生物油稳定性的目的。Zhang 等<sup>[31]</sup>报道了 2 种固体催化剂对生物油的酯化改性, 采用乙酸和乙醇的酯化反应作为模型反应, 分别考察了 2 种催化剂的催化效果, 并将催化效果较好的催化剂应用在生物油的酯化改性中。实验结果表明, 该方法显著提高了生物油的储存稳定性, 在 5℃ 下保存 8 个月黏度变化不大。改性后的生物油密度由 1.24 g/cm<sup>3</sup> 降到 0.96 g/cm<sup>3</sup>, 热值提高了 50% 左右。经过 3A 分子筛脱水, 含水质量分数由 30% 降至 11% 左右, 黏度为 5.161 mm<sup>2</sup>/s。通过将羧基转变为酯基, 不仅提高了生物油的 pH, 降低了生物油的腐蚀性; 而且固体酸碱催化剂反应后容易与体系分离, 一般还能够再生使用, 因此是生物油精制改性十分有效的方法。目前采用将反应性基团转化的方法来改性精制生物油的报道较少, 但随着改性精制技术的发展, 该方法会逐渐受到人们的重视。

## 2 结语

综上所述, 目前使用的生物油精制改性技术主

要是催化加氢、催化裂解、添加溶剂及乳化。但是催化加氢设备复杂, 投资较大; 催化裂解的催化剂寿命较短, 容易失活; 而乳化技术能耗较大, 所以这些技术普遍处理成本都较高, 目前都没有被广泛采用。针对生物油中的不稳定基团, 采用化学改性的方法将反应性基团转化为惰性基团是生物油改性的又一新思路。生物油中含有几乎所有的含氧官能团, 使得生物油在存放时稳定性较差, 易发生交联和缩合, 导致黏度上升。所以, 根据生物油中化学组成的特点, 将活泼极性基团转化为较稳定的非极性基团(如将羧基转化为酯, 醛基转化为缩醛), 不仅可以使生物油改性后的稳定性提高, 不易发生交联和缩合反应, 而且生物油改性后的基团极性显著下降, 它们与水分子间的氢键作用降低, 从而能够较容易地除去水分<sup>[31]</sup>。此外, 根据文献报道, 醇类<sup>[32]</sup>、醚类<sup>[33]</sup>和羧酸酯<sup>[34]</sup>都具有较高的辛烷值, 若将生物油中的活泼反应基团转化为羧酸酯和缩醛, 则其燃烧性能就会得到较大的提高, 可望替代汽油、柴油等化石燃料, 以缓解化石能源紧缺的现状。

#### 参考文献

- [1] Czernik S, Bridgwater A V. Overview of applications of biomass fast pyrolysis oil[J]. *Energy & Fuels*, 2004, 18: 590 - 598.
- [2] Elliott D C, Beckman D, Bridgwater A V, *et al.* Developments in direct thermochemical liquefaction of biomass: 1983 - 1990[J]. *Energy & Fuels*, 1991, 5: 399 - 410.
- [3] Bridgwater A V, Peacocke G V C. Fast pyrolysis processes for biomass[J]. *Sustainable and Renewable Energy Reviews*, 1999, 4(1): 1 - 73.
- [4] Peacocke G V C, Russel P A, Jenkins J D, *et al.* Physical properties of flash pyrolysis liquids[J]. *Biomass Bioenergy*, 1994, 7: 169 - 178.
- [5] Soltes E J, Lin J C K. Hydroprocessing of biomass tars for liquid engine fuels[J]. *Progress in Biomass Conversion*, 1984, 5: 1 - 69.
- [6] Williams P T, Horne P A. Analysis of aromatic hydrocarbons in pyrolytic oil derived from biomass[J]. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 1995, 31: 15 - 37.
- [7] Piskorz J, Majerski P, Radlein D, *et al.* Conversion of lignins to hydrocarbon fuels[J]. *Energy & Fuels*, 1989, 3: 723 - 726.
- [8] Sheu Y H E, Anthony R G, Sohes E J. Kinetic studies of upgrading pine pyrolytic oil by hydrotreatment[J]. *Fuel Process Technol*, 1988, 19: 31 - 50.
- [9] Love G D, Snape C E, Carr A D, *et al.* Release of covalently-bound alkane biomarkers in high yields from kerogen via catalytic hydroxyprolysis[J]. *Org Geochem*, 1995, 23(10): 981 - 986.
- [10] Dilcio Rocha J, Luengo C A, Snape C E. The scope for generating bio-oils with relatively low oxygen contents via hydroxyprolysis[J]. *Organic Geochemistry*, 1999, 30: 1527 - 1534.
- [11] Pindoria R V, Megaritis A, Herod A A, *et al.* A two-stage fixed-bed reactor for direct hydrotreatment of volatiles from the hydroxyprolysis of

- biomass: Effect of catalyst temperature, pressure and catalyst aging time on product characteristics[J]. *Fuel*, 1998, 77(15): 1715 - 1726.
- [12] Pindoria R V, Lim J Y, Hawkes J E, *et al.* Structural characterization of biomass pyrolysis tars/oils from eucalyptus wood wastes: Effect of H<sub>2</sub> pressure and samples configuration[J]. *Fuel*, 1997, 76(11): 1013 - 1023.
- [13] Williams P T, Horne P A. The influence of catalyst type on the composition of upgraded biomass pyrolysis oils[J]. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 1995, 31: 39 - 61.
- [14] Adjaye J D, Bakhshi N N. Production of hydrocarbons by catalytic upgrading of a fast pyrolysis bio-oil: Part I. Conversion over various catalysts[J]. *Fuel Processing Technology*, 1995, 45: 161 - 183.
- [15] Williams P T, Nugranad N. Comparison of products from the pyrolysis and catalytic pyrolysis of rice husks[J]. *Energy*, 2000, 25: 493 - 513.
- [16] Williams P T, Horne P A. The influence of catalyst regeneration on the composition of zeolite-upgraded biomass pyrolysis oils[J]. *Fuel*, 1995, 74(12): 1839 - 1851.
- [17] Adjaye J D, Bakhshi N N. Catalytic conversion of a biomass-derived oil to fuels and chemicals: II. Chemical kinetics, parameter estimation and model predictions[J]. *Biomass and Bioenergy*, 1995, 8(4): 265 - 277.
- [18] Vitolo S, Seggiana M, Fredianib P, *et al.* Catalytic upgrading of pyrolytic oils to fuel over different zeolites[J]. *Fuel*, 1999, 78: 1147 - 1159.
- [19] Horne P A, Williams P T. The effect of zeolite ZSM-5 catalyst deactivation during the upgrading of biomass-derived pyrolysis vapours[J]. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 1995, 34: 65 - 85.
- [20] Horne P A, Williams P T. Upgrading of biomass-derived pyrolytic vapours over zeolite ZSM-5 catalyst: Effect of catalyst dilution on product yields[J]. *Fuel*, 1996, 75(9): 1043 - 1050.
- [21] Nokkosmaki M I, Kuoppala E T, Leppamaki E A, *et al.* Catalytic conversion of biomass pyrolysis vapours with zinc oxide[J]. *J Anal Appl Pyrolysis*, 2000, 55(1): 119 - 131.
- [22] Adam J, Blazso M, Moszhros E, *et al.* Pyrolysis of biomass in the presence of Al-MCM-41 type catalysts[J]. *Fuel*, 2005, 84(12/13): 1494 - 1502.
- [23] Vitolo S, Bresei B, Seggiani M, *et al.* Catalytic upgrading of pyrolytic oils over HZSM-5 zeolite: Behaviour of the catalyst when used in repeated upgrading-regenerating cycles[J]. *Fuel*, 2001, 80: 17 - 26.
- [24] Srinivas S T, Dalai A K, Bakhshi N N. Thermal and catalytic upgrading of a biomass-derived oil in a dual reaction system[J]. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 2000, 78: 343 - 354.
- [25] Diebold J P, Czernik S. Additives to lower and stabilize the viscosity of pyrolysis oils during storage[J]. *Energy & Fuels*, 1997, 11: 1081 - 1091.
- [26] Lopez Juste G, Salva Monfort J J. Preliminary test on combustion of wood derived fast pyrolysis oils in a gas turbine combustor[J]. *Biomass and Bioenergy*, 2000, 19: 119 - 128.
- [27] Natural Resources Canada (Ottawa, CA). Pyrolysis liquid-in-diesel oil microemulsions: US, 5820640[P]. 1998 - 10 - 13.
- [28] Ikura M, Stanculescu M, Hogan E. Emulsification of pyrolysis derived bio-oil in diesel fuel[J]. *Biomass and Bioenergy*, 2003, 24: 221 - 232.
- [29] Chiaramontia D, Boninia M, Fratinia E, *et al.* Development of emulsions from biomass pyrolysis liquid and diesel and their use in engines: Part 1. Emulsion production[J]. *Biomass and Bioenergy*, 2003, 25: 85 - 99.
- [30] Chiaramontia D, Boninia M, Fratinia E, *et al.* Development of emulsions from biomass pyrolysis liquid and diesel and their use in engines: Part 2. Tests in diesel engines[J]. *Biomass and Bioenergy*, 2003, 25: 101 - 111.
- [31] Zhang Qi, Chang Jie, Wang Tiejun, *et al.* Upgrading bio-oil over different solid catalysts[J]. *Energy & Fuels*, 2006, 20: 2717 - 2720.
- [32] Jarvelin H. New etherification process commercialized in finland[J]. *Oil & Gas Journal*, 1997, 95(7): 44 - 45.
- [33] Piel W J. Ethers will play key role in clean gasoline blends[J]. *Oil & Gas Journal*, 1989, 87(49): 40 - 44.
- [34] Union Oil Company. Gasoline composition containing antiknock malonate ester: US, 4602919[P]. 1986 - 07 - 29. ■

### 天津阿克苏诺贝尔过氧化物公司迈步挺进

天津阿克苏诺贝尔过氧化物有限公司在 2007 年 6 月 13 日举行了成立 10 周年庆典,其高层表示,凭借中国经济的急速起飞、客户伙伴的大力支持,以及公司同仁的不懈努力,该公司的业务在过去 10 年有很大的飞跃,目前其产能比最初投产时增加了接近 10 倍。为了回报当地社区对公司的关爱,天津阿克苏诺贝尔过氧化物有限公司在庆典上宣布捐助 10 万元教育助学金。

天津阿克苏诺贝尔过氧化物公司成立 10 周年庆典暨捐资助学仪式在天津天保国际酒店举行,数百名天津市政府代表、公司高层、客户、业务伙伴及全体员工出席了活动。阿克苏诺贝尔全球聚合物化学品业务部门总裁 Bob Margevich 表示:“天津阿克苏诺贝尔过氧化物有限公司在过去 10 年可谓硕果累累,公司的产能由 1997 年的不到 1 000 t,到 2006 年增加至 10 000 t,我们更打造了一支近 300 人的员工队伍,公司取得的成果与他们的努力是密不

可分的”。

天津阿克苏诺贝尔过氧化物有限公司是阿克苏诺贝尔公司在天津的第一家合资企业,由阿克苏诺贝尔公司及日本卡雅库公司及天津有机化学工业总公司合资组建。1997 年 6 月建成投产,经过 10 年的发展,目前已经发展成为国内最大的生产有机过氧化物的合资企业,其中用于 VCM 聚合的引发剂被广泛应用于国内各大 PVC 生产厂,促进了国内 PVC 生产的技术进步。公司采用最新的生产工艺,严格执行阿克苏诺贝尔公司严谨的产品品质控制方法,提供良好的技术服务,为国内用户提供最佳的有机过氧化物的产品。成立以来,秉承“在化学领域精益求精,创造理想的化学品”的理念,经济效益、出口创汇等指标逐年提高,2005 年被评为“天津市最佳外商投资企业”及“中国双优外商投资企业”。(童志勇)