生物质快速热解装置主反应器的研究现状

摘要：阐述了现有的生物质热解液化技术中主反应器的研究现状，分析了相应的优势与不足。介绍了在以转锥式快速热解液化设备所做的实验中所总结的问题及经验，提出了未来需要研究的问题，并预测了今后的研究方向，为生物质新能源的研究开发及生产探索了新的途径。

生物质能作为一种可再生能源，在能源结构系统中的地位越来越重要。由于化石燃料的不可再生性和使用过程对环境的影响，生物质能将成为本世纪的主要能源之一。生物质快速热解液化是生物质能源化利用的一条有效途径。生物质快速热解液化产物——生物油不仅可以作为燃料使用，还可通过进一步改性加工使液体燃料的品质接近柴油或汽油等常规动力燃料的品质，同时也是一些重要化工产品的原料，可以从中提取具有商业价值的化工产品。

1生物质热裂解反应器的研究概况

20世纪70年代末80年代初，生物质快速热解液化技术在欧美的一些国家得到高度重视，到20世纪90年代，将固体生物质热解液化转化成可供锅炉和燃气透平等使用的燃料—生物燃油(Bio-oil或Bio-fuel-oil)的研究在欧洲及北美有了突破性进展，研究比较先进的主要有加拿大、荷兰、英国、美国、瑞士、意大利等国家，而且研究开发出了很多种快速热解装置及相应的技术。

目前世界上生物质热裂解反应器主要有固定床反应器、旋风反应器、流化床反应器、辐射炉、携带流动式反应器、循环流化床反应器、旋转叶片反应器、旋转锥反应器、多炉膛反应器等多种形式，但每种设备都有它的优缺点，现简述如下。

①流化床：其特点是设备小巧，气相停留时间很短，可以防止热解蒸汽的二次裂解，效率很高，并容易工业放大，但原料颗粒尺寸要求较小，这就大大增加了原料的加工成本，而且规模大时热效率较低。

②真空移动床：其优点是热解蒸汽停留时间很短，减少了二次裂解，但反应器要有非常好的真空度，这就对真空泵和密封材料提高了要求，因此增大了制造成本和运行难度。

③旋转锥反应器：其有可以压实物料、隔绝流动气体的优势，而且升温速度快，固相滞留期短，气相滞留期小，反应过程不需要载气体，不需要很大的装置体积和高成本，但设备的某些结构还不够完善，还处在研究探索阶段。

④烧蚀反应器：该设备相对于其他系统可以用粒径为2~6.35mm的大颗粒生物质作为原料，但生产的油中氧的含量比较高。

⑤引流床：该设备的缺点是需要大量高温燃烧气，并产生大量低热值的不凝气，这个缺点造成此技术的发展前景不大。

⑥循环流化床和输运床：此两种设备虽然可以解决热量转化问题，但不易于大型化使用，而且还有焦渣磨损设备的问题。

在生物质快速热裂解的各种工艺中，反应器的类型及其加热方式的选择在很大程度上决定了产物的最终分布，所以反应器类型和加热方式的选择是各种技术路线的关键环节。常用的制取生物质液体燃料的反应器都具有加热速率快和很高的热量转化率、反应温度中等、气相停留时间短等共同特征。

笔者所在团队即由东北林业大学王述洋教授领导的生物质能工程中心，现正在从事旋转锥式生物质闪速热裂解液化装置的研究，目前已经取得了非常可喜的研究成果，正在进行工业示范设备研究。通过对各反应器优缺点的比较，笔者认为旋转锥式生物质闪速热裂解液化装置工艺技术先进、反应速度快、处理量大、得率高、造价低、生产过程无污染，适宜于工业化生产。

其工艺简要流程见图1。

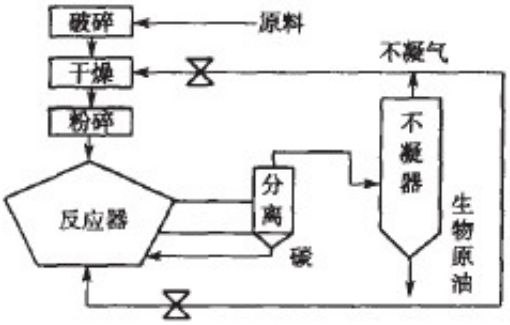

图 1　生物质快速液化转换新工艺流程图

2转锥式生物质闪速热裂解液化反应器设计

2.1设计原理

转锥式生物质闪速热裂解液化装置是一种可将各种农林废弃物快速热解、转化成新型洁净液体能源(生物燃油Bio-oil)的全新装置。它巧妙地利用了离心力的原理成功地将反应的热裂解气和固体产物分离开来。该装置主要由旋转的外锥、静止的内锥和绝热密闭的外壳组成。该装置的核心部件是旋转锥。

工艺流程如下：主轴带动转锥旋转，具有一定工艺尺度的生物质颗粒与过量的惰性载热体颗粒一起进给到外锥的底部，在离心力的作用下，生物质颗粒一边沿着外锥内壁面作螺旋上升运动，一边被惰性热载体颗粒以很高的加热速率加热升到发生热解气化的温度，热解气化成生物燃油蒸气，将这种生物燃油蒸气导出，并在一定的条件下进行冷凝处理即可得到生物燃油。整个过程中不需要载气体，从而减小了随后的油收集系统的体积和成本，反应器非常紧凑且有很高的固体传输能力，见图2。

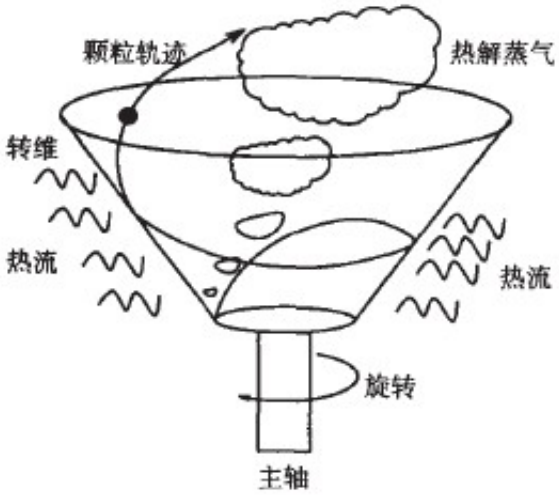

图 2　旋转锥反应器原理

热载体可以和焦炭一起被移出反应器，之后焦炭燃烧掉，热载体通过循环系统被加热再次返回到反应器中。该反应器使用沙子作载热体的另一个优点是可避免生物质颗粒和炭在锥壁上积累，另外通过改变转锥上面静锥的锥角，可以相应调节反应器内部空间的大小，改变旋转锥内的气体容积，可减少反应器的气相滞留期并可抑制气相中生物油的裂化反应。

2.2设计改进

研制的实验装置已加工完成，并取得了可喜的成果，但在实验过程中我们发现有些地方还需要改进。今后应继续围绕生物质闪速热解液化过程的设计思想来研究设备，根据生物质闪速热解液化机理及闪速热解液化技术的特点，同时考虑现有的条件，以提高转化率为前提，并重点考虑以下几方面问题。

①应选用更好的耐热、隔热材料，改善反应器内的隔热情况，以简化制造工艺。在反应器的外壁上增加燃烧器，增加反应器内温度的提升速度。②研究主轴外置的可行性，改善主轴冷却问题，以降低加工制造成本，并可减小反应器的空间，减少能量浪费。③采用固定间歇式挡沙罩，使热载体回流再次参与热解反应。④利用仿真生物质闪速热解装置模型，进行改进内部回流、分流、温度测试布置等大量实验，通过实验掌握相关数据，确定改进的具体细节，制定改进方案，便于以后进行图纸设计，制造出能应用于大中型规模生产实践的新型设备，预计改进后的反应器结构见图3。

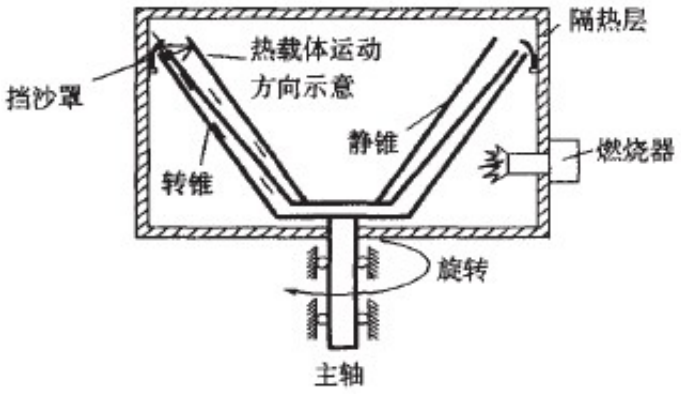

图 3　新型转锥式快速热解反应器构造简图

3小结

由于我国在生物质热裂解技术领域的基础研究刚刚起步，尚没有成熟的理论和技术，本设备的研制，在国内转锥式生物质热裂解液化领域具有先进性。在国家高技术研究发展计划(863计划)的大力支持下我们一直在做生产生物燃油新技术的研究，现在第一代及第二代样机已经先后制造出来并且实验成功，因此已经具备了相关的技术基础。本文提出的固体生物质快速液化生产生物质液化燃油工艺及其设备，是一种关于新型液体能源开发与生产的全新技术和生产力，其技术本身市场广阔，产业化容易，用户建厂组线投资少、见效快，适合广大农林乡镇市县推广应用，兴办企业进行商业化开发。基于目前的研究现状，生物质热解液化技术未来的研究目标应是在理论研究的基础上，将现有设备改进放大，降低生物油生产成本，逐渐向大规模生产过渡。姜年勇，王述洋，刘世锋(东北林业大学，黑龙江哈尔滨150040)

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/44757.html