

## 纤维素乙醇的发展前景

胡良豪<sup>1</sup>, 甄文娟<sup>1,2</sup>, 单志华<sup>1</sup>

(1.四川大学轻纺与食品学院国家重点实验室, 四川成都610065; 2.成都体育大学医学系, 四川成都610041)

摘要：林业生物质中所储存生物质能的利用与转化对于解决世界性的环境污染和能源危机等问题具有十分重要的意义。针对木质纤维素的特性, 分析了国内外纤维素乙醇的研究现状及发展前景, 指出纤维素乙醇工业目前存在的主要问题。虽然由于受工艺和纤维素自身特点的限制, 纤维素乙醇还没能真正工业化生产, 但生物燃料无异是解决未来能源危机的答案之一。

对人类而言, 捕捉和利用太阳能一直有着浪漫、强烈的吸引力。生物质(包括所有的动植物和微生物)通过光合作用, 能够把太阳能转化成的化学态能量, 即生物质能, 是太阳能的一种表现形式, 是唯一一种可再生的碳源, 包括生物柴油、生物乙醇、生物颗粒燃料、生物基化工产品等。生物质能的原始能量来源于太阳, 生物质能够像化石能源一样生产塑料、液体燃料和化工原料等产品, 这是其他能源无法比拟的。近二十年来, 不论是在实验室, 还是在股票市场, 生物燃料异常炙手可热。

石油资源的有限和温室效应的压力让人们对它寄予厚望。和其他能源原料相比, 植物生长迅速, 消耗大气中的二氧化碳, 把碳和太阳能转化为稳定的碳氢化合物, 有望部分替代化石资源的传统燃料和化学品, 从而实现能源的再生和可持续

发展。但和太

阳能电池相比, 它们储存太

阳能的能力很低, 即使是密集种植的植物, 仅能达到1~

2W/m<sup>2</sup>

(在大气层顶, 太阳光在其垂直方向的功率大约是1500W/m<sup>2</sup>

)。尽管植物不太可能成为全球能源问题的完全答案, 但生物燃料的再生性不会额外排放二氧化碳, 在能源紧缺、原油价格高涨的情况下, 具有着实质性的潜力。燃料乙醇即在这种背景之下成为各国争相研发的焦点领域。

### 1 燃料乙醇的现状

近年来, 世界各国发展生物燃料雄心勃勃, 在生物能源领域发展力度最强的品种是谷物基乙醇, 但是其代价则是全球粮价飙升, 而大豆、玉米和小麦将首当其冲。在吃不饱或吃不好的情况下, 把粮食转化为燃料在伦理上是进退两难的选择。生产燃料乙醇消耗的玉米数量在2006年已占玉米总产量的12%。近年来玉米价格的不断攀升, 使以玉米作为主要饲料的美国畜牧业农户大为不满。高涨的玉米价格也使以玉米为主粮的国家(墨西哥等)出现了社会动荡不安。有反对者认为大量使用乙醇燃料就是以“饿死穷人”的代价去“喂饱汽车”, 将造成世界8亿机动车主与20亿贫困人口大规模地争夺粮食。不过, 现在所有重大的投资都投向谷物基乙醇市场, 以玉米为原材料生产乙醇目前受到政府的政策支持和投资资本支持, 根据统计, 2007年全球燃料乙醇产量已达4500万t, 预计2020年前后将发展到2亿t, 相当于现在世界石油生产量的5%。乙醇产品生产将继续看好。尽管如此, 谷物基乙醇本身存在一些问题: 其一, 发展能源不可能走牺牲粮食的道路, 但谷物基乙醇的原料直接与食品来源相竞争; 其二, 谷物基乙醇的生命循环周期的碳排; 其三, 能源投资的能源偿还(EROEI)比所需求的要少得多, 这意味着产生的净能量很难高于生产它所使用的能量。

不同的生物质资源利用的方法, 决定了其项目是否具有可持续发展前途。在生物质能源利用领域, 其判定的方法是依据生物质转化前后, 其净热值是高、是低、是负; 以及转化前后的货币价值是增值、是保值、是负值; 是否是具备市场价值与科学价值; 转化前后净热值高、货币价值高及环保污染少的可放大项目进入工业化。

否则说明目前的转化技术方向存在误区, 应继续研究。从长远来看, 植物纤维也就是以秸秆等纤维素为原料的燃料乙醇, 才是今后行业的发展方向, 而薯类和甜高粱只是燃料乙醇的过渡原料。因此, 尽管现在技术上还存在障碍, 但大部分人仍相信利用纤维素生产燃料乙醇代表了未来生物燃料发展的方向。林业生物质能源只占用林地和边际性土地, 不与人争粮, 不与粮争地, 对环境友好, 符合我国的基本国情和开发非粮替代能源的要求, 发展林业生物质能源将大有可为。

我国相关政策规定, 目前作为绝对主流的粮食生产燃料乙醇产量, 在2020年之前被限制在150万千L以下, 只占到那时燃料乙醇规划总产量的很少一部分。近年来以农作物秸秆为代表的各类纤维类生物质生产燃料乙醇技术, 被认为是未来解决燃料乙醇原料成本高、原料有限的根本出路。

## 2纤维素乙醇的特点

木质纤维素是地球上最丰富的可再生资源，也是当前利用率最低的资源，是各国新资源战略的重点。每年全球生物质产量约为200亿t，其中90%是木质纤维素。木质生物质指的是由植物通过光合作用合成的有机资源，主要由纤维素(质量分数40%~50%)、半纤维素(质量分数25%~35%)和木质素(质量分数15%~20%)3种高分子物质构成，还含有少量的矿物质、植物油等其他成分。我国可利用的木质纤维素每年在7亿t左右，这些丰富而廉价的自然资源主要来源于农林业废弃物、工业废弃物和城市废弃物。纤维素与半纤维素都能被水解为单糖，单糖再经发酵生成乙醇，而木质素不能被水解，且在纤维素周围形成保护层，影响纤维素水解。在植物体内，木质素与半纤维素经共价键结合，将纤维素分子包裹其中，增加细胞壁强度，保护细胞壁上多糖成分，使之不易被降解。

乙醇每加仑含有的能量不如汽油多，因此它对能源供应的贡献常以能量含量来度量，而不是以体积量来衡量。纤维素乙醇的未来目标是与玉米乙醇相比形成竞争力，目前纤维素乙醇生产成本相对较高，但纤维素乙醇具有自身的优势，例如能量平衡，即生产过程消耗能量与实际产生能量的比例，植物科学家Ken Vogel的研究发现，纤维素乙醇实际上产生正向的净能量，生产纤维素乙醇的全部用能，包括生产拖拉机使用的能量、制取农田植物种子使用的能量、生产除草剂使用的能量、生产化肥使用的能量和收获过程使用的能量。纤维素原料生长使用一个单位的能量，可得到近5.5个单位价值的乙醇，而玉米乙醇为1.5，在同等原料条件下纤维素乙醇产能更多。此外，纤维素乙醇较玉米乙醇燃料后释放二氧化碳量更少，同生产每加仑汽油相比，用玉米生产乙醇可减少18%的温室气体排放，用其他纤维素材料生产乙醇则将减少50%~75%的温室气体排放。所以，用纤维素生产乙醇更符合低碳生物油政策。

并且从森林或农业废料中提炼乙醇并不像玉米那样需要较多的水和劳动力。在不增加耕地面积和不改变人们的膳食结构的条件下，利用纤维素作为主要原料所生产的乙醇是一种极具潜力的新能源。在生物乙醇燃料应用领域，巴西处于绝对领先的地位，它的广泛应用不仅使巴西不再需要进口石油，甚至改变了巴西的经济结构，尽管巴西模式取得了迄今最大的成功，但却不是未来世界生物燃料业发展的方向，更不适合地处温带、缺少耕地的中国。

## 3纤维素乙醇的生产工艺

将植物纤维素转化为乙醇实际是一个炼制过程，基本步骤包括分离纤维素、再转化成糖以及糖转化为乙醇3步；基本生产工艺可以分为预处理、水解、发酵和纯化4部分。近年来，国内外对利用木质纤维转化乙醇进行了大量研究，工艺路线已经打通，但当前要想实现工业化生产，在原料收集、预处理、糖化、发酵和精馏各工艺过程中还存在制约纤维素乙醇生产的问题：一是可利用的生物质原料不足，木质纤维素原料分散，季节性强，尤其是农作物秸秆，生物质原料质量不均匀，收割运输费用高；二是预处理过程是生物质制备乙醇商业化的关键步骤，是整个制备过程中最昂贵的步骤之一，木质纤维素预处理技术有待进一步优化和提高，缺乏高效的纤维酶菌株、缺乏能够同时高效利用戊糖和己糖的发酵菌株；三是生产成本高，没有竞争性，尽管木质纤维素原料本身非常廉价，但是将其转化成乙醇的工艺过程非常复杂，需要大量的能耗。

这是由木质纤维素自身的结构特性决定的，而得到的目标产物是经济附加值并不很高的乙醇，致使单位乙醇的经济效益并不具备较强的市场优势。总之，最大的技术障碍是预处理环节的费用过于昂贵。要想用纤维素生产乙醇，预处理环节无法回避。尽管在酶的预处理技术方面有很大进展，纤维素乙醇的关键技术还没有突破，也没有一套大家公认的可行技术。纤维素乙醇必须解决生产过程中遗留的固体残渣，有30%~40%的植物生物质最终会残留下来，认为可以用来发电。纤维素技术上的不确定性，迫使制造乙醇的大部分投资仍集中在传统的工艺——通过玉米、蔗糖生产乙醇，但这些办法无法从根本上解决当前各国面临的能源危机。

## 4纤维素乙醇的发展前景

突破纤维素水解技术难题，通过水解林木纤维素、木质素来生产燃料乙醇，是个世界性的难题，世界各国都在寻求突破。如果哪一个国家突破这一技术难题，就可以占领林业生物质能源产业的制高点。目前，研究人员应用基因工程的方法创造了戊糖、己糖利用的菌株，在发酵混合糖产乙醇的重组细菌研究中，使用最多的是Z.mobilis和E.coli。对于预处理部分则主要通过减少酶的用量以降低纤维素乙醇成本。而尝试将生物炼制与热化学过程结合也可充分利用全部能量，使整个过程更节能，实现原料充分利用和产品价值最大化。正如目前的粮食生产乙醇一样，同时生产玉米油、蛋白粉、高果糖浆、蛋白饲料和其他系列产品，这样提升了整个工艺产品的经济附加值，同时取得良好的经济效益和社会效益。同样利用木质纤维素的三大类组分也可以衍生出多种产品。虽然由于工艺和纤维素自身特点的限制，纤维素乙醇离工业化生产还有一定距离，但生物燃料无异是解决未来能源危机的答案之一。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/98444.html>