



2. 项目简介：（项目背景、政策导向、应用领域和服务对象、项目进展情况、成熟程度以及项目预计产业化周期、项目鉴定或产品检测报告的结论性表述。如是生物医药项目，写明是否具有临床批文和药证等文件。）

中国拥有世界上最大的农业产业和最大的生物质生产量。仅农作物秸秆类的木质纤维素生物质一项，全国年产即达 7.2 亿吨。如果把其中一半用来生产纤维素化学品，按 3 吨秸秆生产 1 吨化学品的收率计算，可以生产 1.2 亿吨化学品，超过中国两大能源生产公司中石化和中石油的化工产品年产量总和。目前，国内农作物秸秆除了少量用于饲料和简单材料制作，并无经济可行并符合国家法规的大宗原料加工出路。大部分秸秆都被用来焚烧或还田，而焚烧已经被政府所严令禁止，还田则仅是短期措施，无明显经济效益并对土地造成损害。同时，出于对国家粮食安全的高度关注，国家已经出台明确法规和政令严格限制从粮食原料深加工生产能源和化工产品。因此，从资源丰富的农作物秸秆原料进行深加工生产能源产品和化学品是未来能源产业和化学工业的主要方向，也是改善农村生态、振兴农村经济的重要措施。

最近数年来，纤维素乙醇的产业化步伐在世界范围内出现了严重放缓的迹象，已经完成的纤维素乙醇工业示范结果表明，纤维素乙醇的加工成本不仅远高于拟替代的汽油，而且也明显高于从甘蔗、玉米和谷物等粮食作物生产的燃料乙醇。这一现实迫使农作物秸秆深加工的产业方向开始从纤维素乙醇转向纤维素化学品，以使该产业实现盈利性的运行，从而使产业得以健康成长，尽快从依赖政府资金和补贴投入的模式转变为盈利、绿色、工农业双赢的健康发展模式。

农作物秸秆酶法制糖技术是指通过预处理和酶水解（糖化）等生物过程或化工过程的方式，将木质纤维素中的纤维素或半纤维素水解为葡萄糖、木糖、阿拉伯糖、半乳糖、甘露糖等单糖。从能耗角度分析，木质纤维素预处理蒸汽能耗约占整个过程蒸汽能耗的一半。为了保证木质纤维素原料的糖化效率，预处理过程必须维持足够强度；在保证预处理效率的前提下，减少预处理高温蒸汽的用量是减少过程能耗的主要手段。纤维素制糖过程中蒸汽和水的大量使用所带来的高能耗和高废水排放，将会导致纤维素单糖成本高昂。在保证生物转化过程收率和效率的前提下，最大限度地降低水和蒸汽的用量对过程节能和废水减排有极为重要的作用。为了降低废水排放所带来的高昂成本，在起始预处理步骤就有必要使用极限低量的新鲜水和蒸汽，以降低过程废水排放。

在前期工作中对极限低水策略的木质纤维素能源化加工过程中的预处理技术进行了大量探索和实验，初步实现了大幅度的节能和废水减排目标，并在日产 1kg 纤维素乙醇微型工厂中测试了这一方法的有效性。主要研究结果以学术论文或者评论形式发表于生物工程和生物能源领域重要国际学术期刊 Nature Chemical Biology, Biotechnology and Bioengineering, Biotechnology for Biofuel, Bioresource Technology 等，同时申请了多项国家发明专利。目前，正在进行木质纤维素预处理后的酶解制糖优化和中试放大工作。

3. 技术特点：（项目的技术特征和优势，可与国内或国际现有技术进行比较。）

农作物秸秆酶法制糖技术主要包括三个工序，即高温稀酸预处理、高固体含量底物酶水解和糖液的固液分离。目前，我们对这三个工序都进行了大胆创新。

**（1）对木质纤维素原料的稀酸预处理工艺**，提出一种极低蒸汽和新鲜水用量的高效稀酸预处理方法，并设计了相应的适合于高固体含量的稀酸预处理反应器、工艺技术和评价方法；在达到相近预处理（糖化和发酵）指标下，新的预处理方法是目前报道的所有技术中固体含量最高、耗蒸汽最少、新鲜水消耗最少，而预处理效率又得以有效维持的先进方法。以玉米秸秆作为木质纤维素原料，在实验室进行的极限低水预处理实验，对新方法的指标参数、过程参数、抑制物控制控制、设备参数进行了测试和优化；用新方法对各类不同类型和来源的木质纤维素生物质进行了预处理，测试和改进了本方法对不同木质纤维素的适用性。采用本技术提供的“干法稀酸预处理”工艺处理后的木质纤维素原料含水量不超过 50% (w/w)，整个过程新鲜水用量和蒸汽用量比目前典型的稀酸预处理技术分别降低 80%和 50%，预处理过程不产生废水，实现了预处理过程高温蒸汽的低用量和废水的极限低排放。

#### 本工作发表论文和申请专利:

- ➤ **Jian Zhang**, Xiusheng Wang, Deqiang Chu, Yanqing He, Jie Bao. Dry pretreatment of lignocellulose with extremely low steam and water usage for bioethanol production. *Bioresource Technology* 2011, 102:4480-4488.
- ➤ **张建**, 楚得强, 于占春, 张小希, 邓红波, 王修胜, 朱智楠, 张怀庆, 戴干策, 鲍杰. 低水用量约束下的高固体含量纤维乙醇生物加工技术策略. *生物工程学报*, 2010, 26:950-959.
- ➤ 鲍杰, **张建**, 王修胜, 楚得强, 张怀庆: 一种极限低水用量的木质纤维素原料高温稀酸预处理方法. 公开号: CN102010882A;
- ➤ 鲍杰, **张建**, 楚得强, 毕德玺, 朱培, 芦晨阳, 范超: 一种改进的木质纤维素原料的预处理方法. 公开号: CN101824436A.

(2) 对于预处理后木质纤维素原料的酶水解, 为了平衡木质纤维素原料酶水解过程酶的成本、纤维素转化率与单糖(包括葡萄糖和木糖)浓度、糖液浓缩过程蒸汽成本三者之间的关系, 建立了纤维素酶成本、酶水解过程底物含量和糖液浓缩成本三者之间的动态模型, 并用于指导酶水解的过程优化, 目前已得到生产单位纤维素糖所需最低成本的生产工艺条件, 并在小试和扩试(50L反应器)中实现, 糖化液中单糖浓度可以达到10%以上, 木质纤维素原料中纤维素和半纤维素的单糖转化率不低于80%(即葡萄糖和木糖对纤维素和半纤维素的得率)。同时, 为了在酶解工艺中得到高浓度的糖液, 即需要尽可能高的农作物秸秆底物浓度, 前期工作对高固体含量与高粘度多相体系的糖化过程和生物反应器设计进行了大量研究, 创新性的引入了化工聚合反应器中用到的螺带式搅拌桨, 并对其在生物反应器中的传递模式、流场特性和机械功耗进行了大量实验。基于研究结果申请了高固体含量木质纤维素原料生产乙醇的生物反应器发明专利。这一新型的节能型同步糖化与发酵过程生物反应器适用于极限高固体含量(30%以上)的体系; 适合于高固体、高粘度多相体系的有效混合; 机械搅拌能耗大幅降至普通生物反应器的10-20%。该反应器已经在中石油3000吨/年玉米秸秆生产燃料乙醇产业化示范项目中的7个150 m<sup>3</sup>同步糖化与发酵生物反应器的设计和制造。

#### 本工作发表论文和申请专利:

- ➤ **Jian Zhang**, Deqiang Chu, Juan Huang, Zhanchun Yu, Gance Dai, Jie Bao\*. Simultaneous saccharification and ethanol fermentation at high corn stover solids loading in a helical stirring bioreactor. *Biotechnology and Bioengineering* 2010, 105:718-728.
- ➤ 鲍杰, **张建**, 戴干策, 张家庭, 楚德强, 黄娟. 新型高固体含量木质纤维素原料发酵生产乙醇反应器. 公开号: CN101886038A, 公开日: 2010.11.17。

(3) 对于糖液的固液分离, 针对木质纤维素酶解结束时仍有部分未酶解的纤维素和半纤维素固体颗粒以及大量固体木质素, 而且颗粒粒径很小, 传统的分离方法如离心、板框压滤等方法难以分离的难题, 创造性的提出了加入絮凝剂促进固体颗粒沉降, 然后利于将糖液分离的方法成功实现了酶解后较高浓度糖液的简单分离。

#### 本工作发表论文和申请专利:

- ➤ 鲍杰, 包艳文, **张建**: 一种高效分离木质纤维素发酵醪中固体残渣和产物的方法。申请号: 2011110355486.7

#### 4. 市场前景: (市场规模、市场占有率、市场进入壁垒、市场竞争等状况。)

目前, 大部分化学品和化工产品都是通过石油炼制获得, 同时也有一部分化工产品是在生物转化粮食获得淀粉糖的基础上进行化学转化生成不同的化学品和化工产品。一方面, 石油危机与环境污染问题使石油炼制行业在寻求新的经济增长点; 另一方面, 出于对粮食安全的高度关注, 国家已经出台明确法规和政令严格限制从粮食原料深加工生产能源和化工产品。因此, 从资源丰富的农作物秸秆原料进行深加工生产能源产品和化学品是未来能源产业和化学工业的主要方向。

仅以生物多元醇为例，我国的不饱和树脂生产量达 153 万吨以上，年需求量生物多元醇在 45.9-53.6 万吨以上，而国内生物多元醇产能仅有 21 万吨，市场缺口约在 33 万吨左右。而且生物多元醇的需求量有逐年增长的趋势。目前大部分多元醇是由淀粉糖催化裂解得到，存在着原料糖成本高和行业发展受限的严重制约。因此，基于纤维素糖的多元醇市场将会有广阔的市场前景。

5. 经济和社会性效益：

- (1) 该项目产业化最低投资金额，包括研发投资，生产资料投资，流动资金等；
  - (2) 对环保和能源要求，土地或厂房面积要求，所需职工人数；
  - (3) 根据最低投资，预期投产后三年内能达到的年产值、年销售值、年利润；
  - (4) 投资回收期（年）。
- ➤该项目最低投资金额 5000 万，其中研发投资 500—800 万，生产资料投资 3500—3500 万，流动资金 700—1000 万；
  - ➤会有少量废水产生，可经常规污水处理设备简单处理即可正常排放；固液分离后的木质素废渣可以通过焚烧发电；厂房面积要求至少 5000 m<sup>2</sup>，所需职工人数 100 人左右。
  - ➤根据最低投资，预期投产三年后年产值可达 3000-5000 万，年利润可达 100-500 万；
  - ➤投资回收期 5-10 年。

6. 合作要求：1. 合作方式、对合作方及合作价格的要求。

- ➤合作方式为联合技术研发或技术转让均可；
- ➤合作方及合作价格要求面谈。

**注：上表所填资料必须真实、完整、合法。**

上海市科技创业中心 联系人：闻云斌、倪雪鹏 电话：021-33040716、53080900-107 传真：53085899

邮箱：nxp@shtic.com 网址：<http://www.shtic.com>

地址：上海市北京东路 668 号东楼 212 室 邮编：200001