

# 山东省技术发明奖提名书

(2023 年度)

## 一、项目基本情况

专业评审组：资源与环境-资源开发利用

编号：733-4004

提名者	中国科学院青岛生物能源与过程研究所					
项目名称	农业废弃物秸秆预处理与综合利用关键技术及应用					
主要完成人	李滨(中国科学院青岛生物能源与过程研究所),王海松(大连工业大学),徐环斐(青岛科技大学),于光(中国科学院青岛生物能源与过程研究所),刘超(中国科学院青岛生物能源与过程研究所),张跃冬(中国科学院青岛生物能源与过程研究所),杜健(大连工业大学),高世军(山东寿光巨能金玉米开发有限公司),吴泽华(山东寿光巨能金玉米开发有限公司)					
主要完成单位	中国科学院青岛生物能源与过程研究所,大连工业大学,青岛科技大学,山东寿光巨能金玉米开发有限公司					
学科分类名称	1	造纸技术	代码	54530		
	2	生物能	代码	4806060		
	3		代码			
所属国民经济行业	C-制造业(22-造纸和纸制品业)					
所属技术产业领域	新能源					
任务来源	<input checked="" type="checkbox"/> 国家计划 <input checked="" type="checkbox"/> 省部计划 <input checked="" type="checkbox"/> 市县计划 <input checked="" type="checkbox"/> 计划外					
具体计划、基金名称和编号:						
计划名称	项目名称	项目负责人	编号	起止年限	经费(万元)	是否验收
国家自然科学基金面上项目	基于碱法预处理的木质纤维原料高效高固含量酶水解方法的建立及其机理研究	李滨	31470609	2015.01~2018.12	94.0	是
国家自然科学基金面上项目	温和条件下物理化学预处理木质纤维超微结构变化及促进酶解的机理研究	王海松	31370582	2013.01~2017.12	81.0	是
国家自然科学基金面上项目	木质纤维原料自水解液中过程杂质物质的形成机制及其消减策略研究	李滨	31870568	2019.01~2022.12	60.0	是
山东省自然科学基金	木质纤维利用基础	李滨	ZR2019JQ10	2019.07~2022.06	100.0	是
中国科学院战略性先导科技专项子课题	秸秆生物丁醇成套关键技术开发	李滨	XDA21060201	2018.04~2023.04	200.0	否
登记成果名称	基于碱法预处理的木质纤维原料高效高固含量酶水解方法的建立及其机理研究					
成果登记号	4912019J0403					

授权发明专利（项）	27	授权的其他知识产权（项）	1
项目起止时间	起始： 2009年01月01日	完成： 2021年04月30日	

山东省科学技术奖励委员会办公室制

2023年度提名书正式版

## 二、提名意见

(适用于单位提名)

提 名 者	中国科学院青岛生物能源与过程研究所		
通讯地址	青岛市崂山区松岭路 189 号	邮政编码	266101
联 系 人	徐小宁	联系电话	15063080082
电子邮箱	xuxn@qibebt.ac.cn	传 真	0532-80662778

提名意见:

该项目针对农业废弃物秸秆生物转化燃料乙醇过程中原料预处理过程不清洁、成本高的产业化共性瓶颈问题,创新性的开发出温和条件下物理化学预处理秸秆木质纤维及全组分利用的关键技术。首先,设计了适合农业废弃物秸秆预处理的双螺杆挤压膨化设备及工艺,实现了木质纤维在物理化学协同作用的温和条件下高效解构,显著促进了生物酶解糖化;其次,创新性地将分离出的木质素黑液在线磺化后直接作为表面活性剂用于下一个循环的预处理过程中,促进了化学试剂的渗透和木质素的溶出,实现了部分黑液在系统内的高效循环利用;此外,基于双螺杆挤压膨化预处理与改良碱法预处理/磺化预处理和水热预处理的耦合,实现了木质素、半纤维素和纤维素的选择性解离,预处理底物与纤维小体全菌糖化匹配,结合木质素肥料化和材料化、木糖/木寡糖饲料化等配套技术,实现了农业废弃物秸秆的全组分高效利用,提升了秸秆燃料乙醇项目的整体经济可行性。新技术已获得授权中国发明专利 27 项,发表论文 185 篇,其中 SCI 收录 164 篇。

该项目建立的农业废弃物秸秆预处理与综合利用关键技术处于国内领先水平,已在山东巨能金玉米开发有限公司应用代替粮食生产燃料乙醇副产低聚木糖和生物基表面活性剂,建成年处理千吨级秸秆原料的预处理和综合利用中试平台,完成了中试验证和优化,具备了产业化应用的条件。该项目有利于促进农业废弃物秸秆燃料乙醇的清洁、低成本、高效制备,在“双碳”背景下具有重要的社会价值和良好的应用前景。

提名该项目为 2023 年度山东省技术发明奖二等奖。

提名该项目为 2023 年度山东省技术发明奖: 二等奖

**声明:** 本单位遵守山东省科学技术奖励委员会办公室对提名工作的具体要求,承诺遵守提名及评审工作纪律,所提供的提名材料真实有效,且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如有材料虚假或违纪行为,愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议,将负责核实查证并出具调查核实意见。

法人代表签名:

提名单位(盖章):

年 月 日

年 月 日

### 三、项目简介

(限 1 页)

我国是农业大国，每年的秸秆产量超过 9 亿吨。利用好农业废弃物秸秆资源，对我国绿色可持续发展、新旧动能转换和“双碳”目标的实现意义重大。要实现秸秆木质纤维资源的高值化利用，减少碳排放，需要高效的预处理技术打破木质纤维的天然抗降解屏障，但现有的预处理技术存在过程不清洁、能耗高，以及秸秆全组分不能实现有效利用的问题，制约了秸秆生物质精炼的资源化、能源化和材料化利用的产业化发展。

该技术在国家 863 计划、国家基金委、中科院、山东省、壳牌、波音、宝洁及金玉米等国内外企业累计 36 个项目的资助，累计科研经费 2700 余万元，历时 12 年，成功解决了农业废弃物秸秆预处理过程清洁性低、能耗高等关键共性技术问题，为山东省乃至全国的农业废弃物秸秆预处理与综合利用产业的科技进步和可持续发展做出了重要贡献。

主要研究内容与核心技术指标：(1) 双螺杆挤压膨化协同碱预处理在原料固含量 35%，温度 $<100^{\circ}\text{C}$ ，用碱量 6%的温和条件下，预处理后秸秆的酶解糖化效率 $\geq 83\%$ ，总糖得率可达 480 kg 混合糖/吨秸秆，预处理电耗降至 240 kWh/吨秸秆，极大地降低了预处理过程成本；(2) 预处理分离木质素直接在线磺化作为表面活性剂回用到预处理药液中，磺化木质素有效促进了化学药品在高固含量原料中的渗透、木质素的溶出和酶水解糖化效率的提高，在用碱量降低 3%的条件下木质素脱除率提高 20%，酶解糖化效率提高 15%以上；

(3) 双螺杆挤压膨化预处理与改良碱法预处理/磺化预处理和水热预处理进行耦合，实现了木质素、半纤维素和纤维素的选择性解离，底物与纤维小体全菌糖化匹配，纤维素糖化转化率 $>90\%$ ，而且结合木质素肥料化和材料化，以及木糖/木寡糖饲料化的配套利用技术，进一步提升了农业废弃物秸秆利用技术整体的经济性，每吨秸秆的预处理过程成本降至 500 元以下；(4) 基于双螺杆挤压膨化预处理进行系统集成，与企业合作建立了年处理千吨级秸秆原料的预处理和综合利用中试平台，完成了中试验证和工艺优化，为秸秆纤维素燃料乙醇和秸秆组分综合利用的生物质精炼产业化奠定了基础。

该技术已申请中国发明专利 36 项，PCT 国际发明专利 2 项，已授权中国发明专利 27 项，实用新型专利 1 项，出版学术专著 4 部，其中《制浆原理与工程》获评“国家级精品教材”。公开发表学术论文 185 篇（其中 SCI 收录论文 164 篇，中科院一区论文 110 篇，高倍引 3 篇）。通过该技术的实施，解决了传统秸秆预处理技术过程不清洁、能耗高，与下游技术不匹配的共性关键技术问题，整体技术达到国内领先水平，促进了生物质化工和绿色制造领域的行业进步，在“双碳”背景下深入开发与推广农业废弃物秸秆的高值综合利用不仅有利于促进碳中和的实现，还利于扩大就业，实现乡村振兴及低碳与可持续发展，具有良好的社会环境效益和经济效益。

## 七、主要知识产权和标准规范等目录（限 10 件）

知识产权 (标准) 类别	知识产权 (标准) 具体名称	国家 (地区)	授权号 (标准编号)	授权 (标准发布) 日期	证书编号 (标准批准发 布部门)	权利人 (标准起 草单位)	发明人 (标准起 草人)	发明专利 (标准) 有效状态	第一完成 人是否为 发明人 (标准起 草人)	第一完成 单位是否 为权利人 (标准起 草单位)
发明专利权	一种预处理分离木质纤维素类生物质的方法	中国	ZL2016101339 59.1	2018-07-27	3014583	中国科学院青岛生物能源与过程研究所	李滨, 龚文博, 牟新东, 刘超, 张跃冬, 于光	有效	是	是
发明专利权	一种改良碱法预处理木质纤维素类生物质的方法	中国	ZL2014108205 71.X	2018-02-23	2824735	中国科学院青岛生物能源与过程研究所	李滨, 王海松, 徐环斐, 于光, 牟新东, 张跃冬	有效	是	是
发明专利权	与纤维小体全菌糖化匹配的木质纤维类生物质的预处理方法	中国	ZL2018109396 20.X	2020-10-20	4039957	中国科学院青岛生物能源与过程研究所	李滨, 于光, 刘亚君, 刘超, 崔球, 张跃冬, 彭辉	有效	是	是
发明专利权	一种碳酸盐过氧化氢预处理木质纤维素类生物质的方法	中国	ZL2015105736 88.7	2019-07-19	3459357	中国科学院青岛生物能源与过程研究所	龚文博, 李滨, 刘超, 牟新东, 杜海顺	有效	是	是

发明专利权	木质纤维素一锅法生物转化方法	中国	ZL2018109392 77.9	2020-10-20	4038027	中国科学院青岛生物能源与过程研究所	崔球, 刘亚君, 李滨, 冯银刚	有效	是	是
发明专利权	采用木质纤维素制备乙醇的方法	中国	ZL2018109391 70.4	2022-04-15	5083505	中国科学院青岛生物能与过程研究所	崔球、刘亚君、李滨、冯银刚	有效	是	是
发明专利权	一种基于反应分子动力学的生物质脱木质素方法	中国	ZL2020107997 73.6	2022-08-27	5620376	青岛科技大学	徐环斐, 孔毅, 彭建军, 车欣鹏	有效	否	是
发明专利权	一种土壤改良用水凝胶及其制备方法及其应用	中国	ZL2017114011 40.X	2021-01-19	4212758	中国科学院青岛生物能源与过程研究所	张跃冬, 李滨, 张涛, 刘超, 于光	有效	是	是
发明专利权	利用酶解残渣干法制备磁性多效吸附剂的方法	中国	ZL2021106572 57.4	2022-07-01	5277834	中国科学院青岛生物能源与过程研究所	李滨, 徐蕊, 刘超, 于光, 吴美燕, 崔球	有效	是	是
发明专利权	采用熔盐水合物体系预处理木质纤维原料的方法	中国	ZL2020108183 71.6	2022-09-13	5451738	中国科学院青岛生物能源与过程研究所	李滨, 黄仲雷, 于光, 刘超, 吴美燕, 崔球	有效	是	是

**承诺:** 上述知识产权和标准规范等用于提名 2023 年度山东省技术发明奖的情况, 已征得未列入项目主要完成人的权利人 (发明专利指发

## 九、主要完成单位情况表

单位名称	中国科学院青岛生物能源与过程研究所				
统一社会信用代码	12100000717826133X				
排 名	1	法定代表人	吕雪峰	所 在 地	山东青岛
单位性质	事业单位-科研院所	传 真		邮政编码	266101
通信地址	山东省青岛市崂山区松岭路 189 号				
联系人	吕承东	单位电话	0532-80662756	移动电话	18669423815
电子信箱	lvcd@qibebt.ac.cn				
对本项目技术创造性的贡献：					
<p>中国科学院青岛生物能源与过程研究所（简称“青岛能源所”）是由中国科学院、山东省人民政府、青岛市人民政府于 2006 年 7 月启动筹建，2009 年 11 月 30 日通过共建三方验收并纳入中国科学院“知识创新工程”管理序列的国立科研机构。2017 年 3 月，大连化物所和青岛能源所融合发展全面启动，启动建设中国科学院洁净能源创新研究院，目前正在建设山东能源研究院和青岛新能源山东省实验室。青岛能源所目前建有中科院生物基材料重点实验室、中科院生物燃料重点实验室、山东省合成生物技术创新中心等 16 个省部级平台。本项目“农业废弃物秸秆预处理与综合利用关键技术及应用”是青岛能源所的重要研究方向之一。</p> <p>青岛能源所项目组研究团队一直从事秸秆类木质纤维原料清洁高效预处理和综合利用方面的应用基础研究和成果转化，积累了大量科研理论研究基础和中试放大工程技术经验。本项目的关键技术主要是依托青岛能源所先进的软硬件平台建立和完善的，包括温和条件下的双螺杆挤压膨化协同碱预处理、基于木质素在线磺化与套用的改良碱法预处理、基于物质精炼的预处理组分分离和综合利用的新型集成预处理关键技术，以及年处理千吨级秸秆原料的预处理和综合利用中试平台的建立。</p> <p>因此，中国科学院青岛生物能源与过程研究所为该项目关键技术体系的建立和中试验证做出了最重要的贡献，是第一完成单位。</p>					
<p><b>声明：</b>本单位同意完成单位排名，遵守山东省科学技术奖励委员会办公室对提名工作的具体要求，承诺遵守评审工作纪律，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p>					
法定代表人签名：			单位（盖章）		
年 月 日			年 月 日		

## 九、主要完成单位情况表

单位名称	大连工业大学				
统一社会信用代码	12210000422436437L				
排 名	2	法定代表人	李长吾	所 在 地	辽宁大连
单位性质	事业单位-学校	传 真		邮政编码	116034
通信地址	辽宁省大连市甘井子区轻工苑 1 号				
联系人	杜静	单位电话	0411-86322228	移动电话	18940836690
电子信箱	kjc@dlpu.edu.cn				
对本项目技术创造性的贡献：					
<p>作为项目的第二完成单位，主要负责关键技术问题的分析、可行性研究、技术路线的确定及生产实践问题的解决，是国家自然科学基金“温和条件下物理化学预处理木质纤维超微结构变化及促进酶解的机理研究”（31370582）、“木质纤维氧碱预处理过程中碳水化合物的降解机理及选择性调控”（31770624）及辽宁省兴辽英才计划“农林废弃物的预处理及高效利用”（XLYC2002024）、辽宁省基金“秸秆预处理分离过程的超微结构变化及其对组分应用的影响研究”（20170540069）多个省部级项目的承担单位。创建木质素纯化分级转化的技术路线，提高木质素的反应活性和利用率。有机溶剂分级溶解木质素纯度提升到 98%，反应活性明显改善，制备的磺化木质素用作水泥减水剂可以达到石油基萘系减水剂的水平。发表相关文章 26 篇，对本项目第 1-2 项技术做出了创造性贡献。</p>					
<p><b>声明：</b>本单位同意完成单位排名，遵守山东省科学技术奖励委员会办公室对提名工作的具体要求，承诺遵守评审工作纪律，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p>					
法定代表人签名：			单位（盖章）		
年 月 日			年 月 日		



## 九、主要完成单位情况表

单位名称	青岛科技大学				
统一社会信用代码	12370000427600064Q				
排 名	3	法定代表人	陈克正	所 在 地	山东青岛
单位性质	事业单位-学校	传 真		邮政编码	266042
通信地址	山东青岛市北区郑州路 53 号				
联系人	王曼	单位电话	0532-88959322	移动电话	13616395863
电子信箱	03076@qust.edu.cn				
对本项目技术创造性的贡献：					
<p>作为项目的第 3 完成单位，主要负责原料的筛分、绿色助剂的选择、预处理实验条件的优化、预处理相关产品的迭代升级问题的解决，是国家自然科学基金“木质纤维原料低共熔溶剂 DES 预处理反应机理研究及智能反演”（22008133）、山东省博士后创新项目、山东省青年导师访学项目等多个科研项目的承担单位。本单位在木质纤维素类生物质绿色转化、流程模拟、结合传统分析方法和功能材料制备领域，进行了基于机器学习的木质纤维素生物质高值化利用的研究分析。基于分子动力学模拟探索绿色溶剂体系溶解半纤维素的机制方面进行了研究工作，揭示了所选绿色溶剂和半纤维素模型之间的相互作用机制。对农林废弃物秸秆预处理制备生物燃料的工艺过程进行了全流程模拟和生命周期分析。研究了基于不同预处理过程的能源消耗、温室气体排放量等指标；比较了传统预处理方法和新型绿色溶剂预处理方法制备生物燃料造成的环境影响。授权多项专利；发表十余篇 SCI 一区 Top 期刊论文，其中 2 篇被评为 ESI 全球高被引论文。对本项目第 1 和第 3 项技术做出了创造性贡献。</p>					
<p><b>声明：</b>本单位同意完成单位排名，遵守山东省科学技术奖励委员会办公室对提名工作的具体要求，承诺遵守评审工作纪律，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p>					
法定代表人签名：			单位（盖章）		
年 月 日			年 月 日		

## 九、主要完成单位情况表

单位名称	山东寿光巨能金玉米开发有限公司				
统一社会信用代码	913707001656976271				
排 名	4	法定代表人	高世军	所 在 地	山东寿光
单位性质	企业-外资企业	传 真	0536-5185035	邮政编码	262718
通信地址	山东省寿光市古城街道安顺街中段				
联系人	伦学宁	单位电话	0536-5185376	移动电话	18765765347
电子信箱	707234133@qq.com				
对本项目技术创造性的贡献：					
<p>山东寿光巨能金玉米开发有限公司成立于 1998 年 7 月，现已形成年产玉米淀粉 250 万吨、赖氨酸 30 万吨、淀粉糖 10 万吨、肥料 1 万吨、D-乳酸 1 万吨、生物质热塑复合材料 3 万吨的生产规模。公司是山东省农业产业化重点龙头企业、省级重合同守信用企业、山东省 AAA 级标准化良好行为企业，公司生产的“圣玉”牌玉米淀粉被评为“中国名牌产品”，赖氨酸产品连续多年被评为“山东省名牌产品”。公司于 2007 年 9 月 27 日在香港联交所挂牌上市，是山东省农业产业化重点龙头企业、省级重合同守信用企业、省级企业技术中心、食品卫生 A 级企业、山东省 AAA 级标准化良好行为企业，先后通过了 ISO9001 质量管理体系认证、ISO22000 食品安全管理体系认证、ISO14001 环境管理体系认证、FAMI-QS 欧洲饲料添加剂与预混合饲料质量安全体系认证等，同时还是全省获得食品级淀粉生产许可证的企业。现拥有博士后科研工作站、山东省企业技术中心、山东省工业设计中心、山东省重点实验室等省级以上科研创新平台。</p> <p>2018 年与中国科学院青岛生物能源与过程研究所、寿光市人民政府签订了共建“中科金玉米生物质高值化利用研发中心”协议，与中国科学院青岛生物能源与过程研究所联合建立了年处理千吨级秸秆原料的预处理和综合利用中试平台，为本项目的中试建设和中试实验验证做出了重要贡献，是本项目的第 4 完成单位。</p>					
<p><b>声明：</b>本单位同意完成单位排名，遵守山东省科学技术奖励委员会办公室对提名工作的具体要求，承诺遵守评审工作纪律，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p>					
法定代表人签名：			单位（盖章）		
年 月 日			年 月 日		