

大连工业大学提名 2023 年大连市自然科学奖项目公示

项目名称：木质纤维碱预处理过程中碳水化合物的降解机理及选择性调控

提名者：大连工业大学

一、提名意见：

该项目在木质纤维碱预处理碳水化合物的降解过程和机理的阐明，木质素碱降解机理和溶出规律的揭示，木质素氧化磺化回用促进木质素溶出和提高木质纤维酶水解糖化的作用机制的解析等方面取得的重要科学发现，对深入理解高效打破木质纤维抗降解屏障，改善碳水化合物降解和木质素溶出选择性，实现全组分高值综合利用的产业化，促进碳中和及乡村振兴可持续发展具有重要意义。

对照大连市科学技术奖励条件，建议提名该项目为 2023 年度大连市自然科学奖一等奖。

二、项目简介：

随着化石燃料的日益枯竭和全世界对能源需求的不断提高，将可再生的木质纤维转化为能源、材料和化学品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。木质纤维原料生物转化需要高效的预处理技术打破其天然抗降解屏障，其中碱法预处理具有过程简单、设备成熟、可依托现有制浆生产线而易于工业化的优点，但还存在处理温度高、碳水化合物损失严重及难以全组分高效利用等问题制约了产业化发展。

本项目在国家 863 计划、国家自然科学基金、中科院、辽宁省、大连市、壳牌、波音、宝洁、唐山三友等 48 个项目的资助下，累计科研经费 3400 余万元，历时 10 余年，成功攻克了木质纤维抗降解屏障难题，解决了木质纤维预处理过程能耗高、碳水化合物降解严重、木质素反应活性低难以实现全组分利用的共性卡脖子问题。

主要科学发现包括：（1）阐明了木质纤维碱预处理碳水化合物的降解过程和机理，提出了醛末端基氧化抑制纤维素和半纤维素降解的理论和新方法；（2）揭示了木质素碱降解机理和溶出规律，确定了影响木质素脱除的关键影响因素，建立了水热-氧碱联合预处理提高酶水解糖化得率的新策略；（3）解析了木质素氧化磺化回用促进木质素溶出和提高木质纤维酶水解糖化的作用机制，创建了基于木质素在线磺化与回用的改良碱法预处理技术，在相对温和的条件下木质素去除率高达 84.7%，在 3FPU/g/底物的超低酶用量下水解 48h，木质纤维酶水解糖化效率达到了 95.6%，实现了化学品系统内循环的绿色预处理；（4）设计了适合木质纤维预处理用的双螺杆挤压膨化设备，耦合半纤维素无酸水热拆分及定向转化方法，对分离木质素进行纯化分级及结构解译并转化为高附加值产品；（5）建立了年处理千吨级木质纤维原料预处理和综合利用中试平台，完成了理论验证和工艺优化，为木质纤维高效转化为生物基产品的产业化奠定了基础。

该研究已公开发表学术论文 226 篇（其中 SCI 收录论文 205 篇，JCR 一区论文 160 篇，高倍引 5 篇）。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 31 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”。取得的重要科学发现，对深入理解高效打破木质纤维抗降解屏障，改善碳水化合物降解和木质素溶出选择性，实现全组分高值综合利用的产业化，促进碳中和及乡村振兴可持续发展具有重要意义。

三、代表性论文专著目录(不超过 5 篇)

| 序号 | 论文专著名称/刊名/作者 | 年卷页 码 | 发表时 间 | 通讯 作者 | 第一 作者 | 国内作者 | 他引 总次 数 | 检索 数据 库 | 是否包 含国外 单位 |
|-----|---|--------------------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------------|---------------|----------------|------------------|
| 1 | Combined liquid hot water with sodium carbonate-oxygen pretreatment to improve enzymatic saccharification of reed/ Bioresource Technology/夏菲、巩婧伟、鲁杰、程意、翟尚儒、安庆大、王海松 | 2020,29 7:12249 8 | 2020 年 4月6日 | 王海 松 | 夏菲 | 夏菲、巩婧伟、鲁杰、程意、翟尚儒、安庆大、王海松 | 28 | Web of Science | 否 |
| 2 | Comparative study of two different alkali-mechanical pretreatments of corn stover for bioethanol production/Fuel/刘欢、庞博、赵亚东、鲁杰、韩颖、王海松 | 2018,22 1:21-27 | 2018 年 6月1日 | 韩颖、 王海 松 | 刘欢 | 刘欢、赵亚东、鲁杰、韩颖、王海松 | 48 | Web of Science | 是 |
| 3 | Effect and characterization of sodium lignosulfonate on alkali pretreatment for enhancing enzymatic saccharification of corn stover/Industrial Crops and Products/徐环斐、于光、牟新东、张春燕、Paul DerRoussel、刘超、李滨、王海松 | 2015,76 :638-64 6 | 2015 年 12月1 日 | 李滨、 王海 松 | 徐环 斐、于 光 | 徐环斐、于光、牟新东、刘超、李滨、王海松 | 46 | Web of Science | 是 |
| 4 | Liquefaction of fermentation residue of reed- and corn stover-pretreated with liquid hot water in the presence of ethanol with aluminum chloride as the catalyst/ Chemical Engineering Journal /鲁杰、李雪芝、杨瑞丰、赵建、刘彦君、曲音波 | 2014,24 7:142-1 51 | 2014 年 3月12 日 | 赵建 | 鲁杰、 李雪 芝 | 鲁杰、李雪芝、杨瑞丰、赵建、刘彦君、曲音波 | 28 | Web of Science | 否 |
| 5 | Comparison of different alkali-based pretreatments of corn stover for improving enzymatic saccharification/ Bioresource Technology/李强、高扬、王海松、李滨、刘超、于光、牟新东 | 2012,12 5:193-1 99 | 2012 年 10月3 日 | 王海 松、牟 新东 | 李强 | 李强、高扬、王海松、李滨、刘超、于光、牟新东 | 64 | Web of Science | 否 |
| 合 计 | | | | | | | 214 | Web of Science | |

四、主要完成人(完成单位)

| 序号 | 完成人姓名 | 完成单位 | 工作单位 |
|----|-------|-----------------|-----------------|
| 1 | 王海松 | 大连工业大学 | 大连工业大学 |
| 2 | 鲁杰 | 大连工业大学 | 大连工业大学 |
| 3 | 李滨 | 中科院青岛生物能源与过程研究所 | 中科院青岛生物能源与过程研究所 |
| 4 | 徐环斐 | 中科院青岛生物能源与过程研究所 | 青岛科技大学 |
| 5 | 安庆大 | 大连工业大学 | 大连工业大学 |
| 6 | 韩颖 | 大连工业大学 | 大连工业大学 |
| 7 | 翟尚儒 | 大连工业大学 | 大连工业大学 |
| 8 | 程意 | 大连工业大学 | 大连工业大学 |
| 9 | 于光 | 中科院青岛生物能源与过程研究所 | 中科院青岛生物能源与过程研究所 |
| 10 | 刘超 | 中科院青岛生物能源与过程研究所 | 中科院青岛生物能源与过程研究所 |