

泰山学者青年专家计划工作计划书

一、背景概述（主要包括：所属研究领域、国内外发展水平、申报人选在本领域内的研究基础等）

所属研究领域：轻工技术与工程

国内外发展水平：受资源、环境、效益等方面的约束，世界造纸工业产业结构调整 and 转型升级的步伐进一步加快。世界范围内，植物生物质资源的综合开发利用和生物质精炼显得尤为重要，对木质纤维的利用已从单纯的生产纸和纸基材料技术发展成为生产能源燃料、化学品、聚合物、结构材料等高附加值产品的生物质精炼技术，这也是制浆造纸工业向纵深发展和转型升级的重要途径。制浆造纸工业是一个与国民经济发展息息相关的重要产业，它涉及林业、农业、机械制造、化工、电气自动化、交通运输、环保等多个产业领域。目前，我国已成为世界第一纸产品生产大国，但年人均消费量只有 74kg，与发达国家年人均 200kg 相比尚有较大差距，因此造纸行业的发展空间巨大。但我国造纸工业面临着能源紧张、资源短缺、环保压力大等世界性难题，因而造纸工业科技总体发展趋势把高效利用资源、循环发展、清洁生产、污染物有效控制及开发新产品等战略课题作为研发的重点方向。

申报人选在本领域内的研究基础

申报人为齐鲁工业大学泰山学者特聘专家杨桂花教授的团队成员，近五年来，作为主要完成人，获得国家技术发明二等奖 1 项（第

3 位), 山东省专利一等奖 1 项(第 1 位), 山东省技术发明一等奖 1 项(第 2 位), 教育部科技进步一等奖 1 项(第 8 位), 山东省高等学校优秀科研成果一等奖 2 项(第 1 位和第 2 位各 1 项)和二等奖 1 项(第 1 位); 承担国家级研究课题 7 项、省部级研究课题 8 项; 申请国家发明专利 18 项, 已获授权发明专利 10 项, 有 3 项发明专利以独占许可的方式转让给转让世界造纸十强和全国 500 强企业晨鸣集团。2013 至 2015 年, 晨鸣集团利用转让专利技术生产化学浆 142 万吨, 新增销售额 63.9 亿元, 利润 7.8 亿元, 产生了重大的经济效益和社会效益。近五年来, 在国内外学术刊物上公开发表论文 25 篇, 其中被 SCI、EI、ISTP 收录 15 篇, 二区以上 SCI 论文 6 篇。申报人获得过济南市科技明星计划支持, 所在团队在制浆造纸生物技术领域处于国内领先、国际一流水平, 在国内外学术界有较大影响。

二、总体思路 and 计划

1、总体思路: (主要包括: 技术路线和拟突破的关键技术等)

根据国内外造纸工业发展的现状, 将传统产业结构调整 and 升级改造与植物生物质资源的综合开发、生物质精炼等技术结合起来, 实现生物质主流组分的高效分离 and 转化。申请者主要以北方的杨木、部分麦草秸秆、玉米秸秆 and 巨菌草秸秆(以下简称“秸秆”)为原材料, 一方面对其杨木及秸秆中的半纤维素进行提取、制备低聚木糖、木糖和木糖醇的研究, 另一方面, 对经过半纤维素提取后的杨木 and 秸秆进行制浆造纸 or 制备溶解浆的相关研究, 用提取的木素制备木素磺酸钠、黏胶剂等, 实现杨木、秸秆植物生物质的高效分离, 高值化利用,

为传统造纸产业转型升级改造提供技术支持。

对杨木、秸秆等进行高温热水解预处理使原料中的半纤维素降解、溶出低聚木糖、木糖等，用其制备高附加值产品，提高半纤维素的利用价值，同时，杨木、秸秆通过预处理还能降低后续制浆过程化学药剂用量，改善化学浆或溶解浆性能。通过生物、物理和化学等技术手段，借助 FTIR、HPIC、HPLC、NMR、LCMS、UV-Vis、粒度分析仪等现代仪器分析手段，分析和创新生物质各组分的分离技术和制浆技术，实现杨木、秸秆等的全组分高效分离和高值化利用。

主要突破三个关键技术：（1）杨木、秸秆等热水解过程不同阶段的低聚木糖、木糖、酸类物质、糠醛类物质、木质素及其他糖组分的溶出规律、水解工艺条件的优化及水解液中非主流组分的活性炭选择吸附和分级脱除技术；（2）杨木、秸秆等热水解液中水溶性木质素的漆酶和过氧化物酶的调控技术，与等粒径或相近粒径活性炭协同脱除技术，实现杨木、秸秆等热水解液中有机物组分的分离纯化目标；（3）杨木、秸秆热水处理木质纤维中木质素和半纤维素的化学动力学及溶出变化规律，表征分析其物理化学结构特征，获得微爆程与半纤维素溶出及后续制浆中木质素增效溶出之间的规律，探寻微爆与生物酶协同作用对杨木、秸秆化学浆木质素增效溶出机理，进一步降低蒸煮化学试剂和漂白试剂用量，为制浆造纸生产更加节能环保提供现实和理论依据。

2、工作计划：（分年度列出 5 年工作计划）

2015 年度：

选择确定以杨木、秸秆为原料对其进行全组分分离的研究方案:

(1) 确定杨木、秸秆等的半纤维素进行提取制备低聚木糖、木糖和木糖醇的方案和技术路线;(2) 确定以热水提取半纤维素后的杨木、秸秆等为原料进行制浆造纸或制备溶解浆的研究方案。初步建立杨木、秸秆等热水解过程中各组分的热水解动力学模型,研究杨木、秸秆等热水解过程中,不同液比、水解温度、水解时间等因素对半纤维素聚糖溶出的影响,平衡低聚木糖和木糖的提取率、成本、环保等因素,确定杨木、秸秆等热水解的最佳工艺。

2016 年度:根据实验确定的杨木、秸秆等热水解的最佳工艺条件,研究主要糖组分低聚木糖及其他糖类组分的溶出规律及低聚糖在水解液中分解转化情况,对热水解后的杨木、秸秆进行分析表征,深入分析半纤维素聚糖的溶出规律,测定半纤维素未溶出部分的含量,控制半纤维素的降解溶出比例与程度,确定热水处理与木质纤维热水解时微爆程度的关系,为杨木、秸秆等热水解工艺条件的优化及后续蒸煮制备传统化学浆和溶解浆提供技术支持和理论依据。

2017 年度:研究杨木、秸秆等热水解过程中非糖组分如木质素、乙酸、甲酸、糠醛等的溶出和变化规律。对水解后杨木、秸秆等木质素的变化情况进行检测分析和表征,以弄清楚水溶性木质素的特征及化学键的断裂溶出机理;利用分子动力学模拟有机酸和糠醛类物质的产生过程,利用现代检测手段,全程检测其溶出和变化规律,分析杨木、秸秆等热水解过程中非糖类各组分的化学解聚和反应历程,以及对不同的微爆程度下木素溶出成分,分析表征溶出木素的物理化学结

构特点，揭示热水处理时木素的溶出规律及微爆对非溶出木素结构的影响。

2018 年度：研究杨木、秸秆等热水解液中木素的结构特性，选择适合水溶性木素缩合和聚合的木素酶，如漆酶、过氧化物酶等对水解液中的木素进行调控处理，改善水溶性木素的分子尺寸和结构，使其适于被活性炭吸附脱除。选择水溶性木素模型物模拟木素在热水解过程液中的溶出规律，揭示水溶性木素的脱除机理，实现杨木、秸秆等热水解液中溶解有机物的有效分离纯化；同时深入探讨微爆对杨木、秸秆等后续制备化学浆和溶解浆时木素的增效溶出规律，从蒸煮的不同阶段分别提取木素，检测、分析、表征木素的结构变化和数量变化，确定木素增效溶出的原因，实现热水处理水解液与后续制备化学浆或溶解浆的关联机制。

2019 年度：建立杨木、秸秆等热水解过程中各组分的热水解动力学模型；对较优条件下获得的杨木热水解液分离纯化工作进行总结；实现低聚木糖、木糖、有机酸、糠醛等非糖类组分分离纯化的成熟工艺技术。同时利用现代分析手段，确定控制微爆程度的条件，制备化学浆和溶解浆。对微爆后化学浆和溶解浆及第一段漂白浆分别与生物酶作用后木素的溶出情况进行研究，实现微爆与木素增效溶出、微爆与生物酶协同作用下的杨木、秸秆的三大组分高效分离及纯化，为制浆造纸产业的升级转型提供技术支持。

三、目标任务

1、科研攻关目标：（主要包括：拟申请立项的重点项目等）

立项国家自然科学基金 2 项，山东省重点研发计划 1 项，争取国家重大科技专项课题 1 项。

2、科技成果目标：（主要包括：科技奖励、高水平论文和专利等）

获省部级二等奖以上奖励 1 项，发表高水平 SCI 论文 10-12 篇，申请发明专利 10-12 项，其中授权发明专利 8-10 项。

3、经济社会效益目标：

争取科研成果在企业进行转化 3 项，促进传统造纸产业升级和转型，实现清洁生产，力争达到每万元 GDP 能耗较“十三五”末降低 12-18%，水耗降低 15-20%，COD 等主要污染物排放量减少 20-25%。新增产值 50-100 亿元，产生重大经济社会效益。

4、其他目标：（主要包括：人才培养、团队建设等）

争取组建或引进年龄在 40 岁以下，有 5 名高水平博士组成的团队，培养 5-10 名研究生。

四、保障措施

1、实验室及仪器设备保障：

申请者所在制浆造纸科学与技术实验室为教育部重点实验室，制浆造纸学科为山东省强化建设的省级重点学科。现在实验室已经具有完备、先进的纤维物理和化学及制浆造纸特性等方面研究的试验设备和分析检测仪器。在目前现有的中试车间内建设一个新型高得率浆制浆系统、一个造纸废水综合处理系统、一套特种纸抄造系统。在目前已经建成的 ISO 恒温恒湿室的基础上充实新设备，使之更加系统化，争取成为国家和省级的纸张质量检测单位。进一步充实研究仪器设

备，尤其是大型专业设备，使实验室的功能进一步提高、细化。通过 5 年的建设，使本实验室成为具备国际一流设备的制浆造纸科研基地。

2、配套资金保障：

加大资金投入，每年投入不低于 20 万，用于仪器设备购置、学术交流和人才培养等。

3、生活保障：

按照有关规定，确保团队人员的生活待遇。

4、其他保障：

根据需要协调解决。