聚焦生物质低碳转化 助力厦门市低碳科技创新

商龙梅[1,2] 饶小平[1,2]

摘要：生物质低碳转化福建省高校重点实验室重点布局生物质能源低碳转化、生物质材料绿色制造、生物活性成分高值利用三大研究方向，以可再生碳资源为主要研究对象，创新生物质碳资源高值化利用理论和核心关键技术，构建生物质碳资源先进转化产业技术体系。实验室预期建成国际领先的生物质低碳转化技术研发及技术示范创新平台，形成院士领衔、一流科学家担纲、青年科学家为主、在本领域具有显著国际影响力的创新群体。支撑厦门市新能源、新材料、大健康等生物基产业绿色低碳发展，形成碳中和技术示范与应用，助力厦门市低碳科技创新。

关键词：低碳；生物质转化；生物经济

前言

2020 年第七十五届联合国大会，习近平总书记宣布了中国的碳达峰目标与碳中和愿景[1]。2021 年 10 月，中共中央、国务院印发《2030 年前碳达峰行动方案》[2]。“双碳目标”是我国未来 40 年的基本国策，也是国家“十四五”规划的重点工作。《福建省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》强调，围绕“双碳目标”，福建省扎实推进“新材料”“新能源”“生物与新医药”等战略性新兴产业发展，探索开辟“双碳经济”新模式[3]。

生物经济是厦门市绿色经济发展的重要引擎，科技创新是转变经济发展方式、引领高质量发展的“第一动力”。碳达峰与碳中和目标的确立对科技创新，特别是整体科技布局与技术发展方向提出了全新的要求。农林生物质形成是植物固定太阳能和大气中 CO_2 的结果，作为地球上唯一可大规模再生的有机碳源，在减少碳排放，实现碳中和战略目标中将起到重要作用。生物质低碳转化福建省高校重点实验室应运而生，于 2023 年 7 月 21 日获福建省教育厅批复成立，依托华侨大学建设，以可再生碳资源为主要研究对象，开展生物质资源低碳高值化利用技术研究，力求突破低碳转化利用关键技术，围绕行业产业重大需求开展协同创新，突破生物质碳材料构筑、有机固废低碳资源化高值利用等一批重大关键技术或技术难题，构建先进碳转化技术体系创新平台，引领产业创新驱动发展，为国家“双碳目标”提供厦门模式。

凝练重大科学问题，构建先进碳转化技术体系创新平台

生物质低碳转化福建省高校重点实验室重点布局生物质能源低碳转化、生物质材料绿色制造、生物活性成分高值利用三大研究方向，以可再生碳资源为主要研究对象，创新生物质碳资源高值化利用理论和核心关键技术，构建生物质碳资源先进转化产业技术体系。

1.生物质能源低碳转化

主要开展废弃生物质（主要为农林废弃物）的能源化利用和废弃二氧化碳的高值化利用等基础理论与技术创新，尤其在催化剂材料、反应器设计和反应工艺流程耦合方面获得关键技术创新，建立废弃碳资源的可控定向转化的过程控制理论与方法，从而构建废弃碳资源的多途径全质利用工程化技术体系。在废弃碳资源化利用方面，重点开展催化技术的攻克与研发，研究农林废弃物及二氧化碳综合利用的关键科学问题，研究生物质热解脱氧催化转化及其与 CO_2 耦合热解催化转化机制，设计与构筑高性能催化材料，实现农林废弃物及 CO_2 耦合转化制液体燃料和化学品；研究生物质热裂解、加氢转化的反应器设计和反应工艺流程耦合技术，为工程应用提供理论基础和技术支持。

2.生物质材料绿色制造

主要开展先进生物质碳材料和农林生物质资源定向合成及功能化改性的理论与技术创新研究。尤其是在物理–化学梯级活化反应构筑纳米多孔结构、化学催化构筑反应活性位点、高效储能、高温石墨化等先进碳材料关键技术创新与工程化技术研

究,创制系列生物质基储能炭材料、催化材料及吸附材料等活性炭产业链延伸产品，推进先进生物质碳高端产品产业化、规模化及集聚化。基于生物质关键战略材料、前沿新材料需求，开展功能特性响应机制、微观结构和材料性能的构效关系、活性可控聚合、天然大分子自组装等农林生物质资源定向合成及功能化改性理论与技术研究,创制生物可降解、光电磁等性能生物基高分子材料，推进生物可降解材料、高耐蚀、高强度材料、以竹代钢材料及高端浆系列产品等产业规模化发展，构建基于农林生物质材料的先进制造技术体系。利用福建省生物质资源丰富、种类繁多和差异性大的特点,开发纤维素复合改性材料及其衍生物产品、纤维素功能材料、木质素改性材料、甲壳素高分子材料、植物单宁及其改性栲胶产品,推进高值化利用。加快发展生物可降解性、生物相容性好的塑料和功能高分子材料。

3.生物活性成分高值利用

主要开展重要次生代谢物挖掘与代谢途径解析、重要次生代谢物绿色化学合成与修饰等研究工作,筛选新型具有抗肿瘤、抗病毒、抗菌等林木次生代谢物和分泌物,开展多酚、黄酮、多糖、生物碱、萜类及精油等林木次生代谢产物主要成分的化学和生物化学改性研究工作,开发清洁、高效、绿色分离及加工技术。重点创制抑菌替抗饲料添加剂、抗病毒生物医药中间体等天然活性物产品,构建天然产物工厂化产业新模式,提升福建省林业资源加工利用水平。

汇聚顶尖人才，创建低碳生物质转化人才聚集区

华侨大学在先进碳转化技术领域紧密结合海西地区经济建设,已经逐步形成了各具特色的研究方向:生物化工、生物材料与制药工程、化学工程与化学工艺及环境化工。2021 年,华侨大学成立先进碳转化技术研究院，聚焦低碳转化科学与技术攻关,开展无边界协同创新新机制。2023 年,生物质低碳转化福建省高校重点实验室依托华侨大学获批成立。

科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力。引入一流人才、打造高水平、强引领人才队伍是实验室重点关注的问题之一。为此,在华侨大学的支持下,实验室鼓励采取“双聘双跨”方式灵活聘用,高层次人才一事一议,个性化引进人才。为促进中青年教师的迅速成长,2014 年华侨大学出台了“华侨大学中青年教师科技创新资助计划实施方案(试行)”,致力于培育一批具有国际水平的科技产业拔尖人才。为助力实验室快速引进一流人才,福建省、厦门市和华侨大学在有竞争力的年薪、科研启动经费、安家购房补贴、人才编制以及配偶工作、子女教育、住房资源等生活配套方面给予了实验室强有力的支持和保障,为实验室汇聚顶尖人才、构筑区域人才高地打牢了坚实基础。

实验室汇聚了一批学缘结构合理、科研经验丰富的科研人才。拥有一批具有较高学术声誉的领军人才,其中中国工程院院士 1 人,国家自然科学基金优秀青年基金项目获得者 3 人,国务院政府特殊津贴获得者 1 人,教育部“新世纪优秀人才支持计划”1 人,福建省“百人计划”2 人,福建省“外专百人计划”2 人,福建省闽江学者特聘教授 2 人。实验室充分利用华侨大学国际化平台优势,加强国际合作交流,吸引海外高层次人才,扩大实验室国际知名度与影响力。

同时,实验室依托华侨大学现有学科优势和人才培养体系,开展全日制和非全日制研究生招生及培养工作,打造生物质转化领域人才蓄水池,为厦门市生物质转化产业提供高水平人才。

产学研深度融合，助推厦门生物质产业经济发展

实验室生物质能源低碳转化团队长期致力于生物质碳转化领域的创新研究,在基础研究、应用基础研究以及工程化应用方面取得了一大批前沿科技成果,创新了农林生物质定向转化制备液体燃料多联产关键技术,创制出生物质液体燃料和燃油添加剂、酚醛泡沫以及生物基增塑剂等生物基产品,实现农林生物质资源的能源化和高值化综合利用。成果推广到江苏、浙江、山东、内蒙古、安徽等地区,建成了年处理 8 万吨木质纤维素制备乙酰丙酸酯、10 万吨/年生物柴油等连续化生产线，以及全球最大的 5000 吨/年催化裂解制备富烃燃油和国

内外首条 6 万立方米/年木质素酚醛泡沫示范线。开发了农林剩余物多途径热解气化联产碳材料关键技术,建成农林剩余物热解气化供气、供热、发电及联产炭产品等系统装置 190 台套,开发出水蒸气法梯级活化、热解自活化、定向催化活化等碳材料微纳结构调控关键技术,创制出超级电容炭、碳基催化剂、高吸附活性炭等重大产品,填补了国内空白,奠定了我国在生物基碳材料技术领域的国际领先地位。

实验室生物质材料绿色制造团队长期致力于松香的结构改造及功能化创新研究,创制出功能性松香表面活性剂,实现技术转让 8 项,建立了年产 1000 吨松香非离子乳化剂生产线, 乳化剂代替化石乳化剂烷基酚聚氧乙烯醚用于新型农药乳油的配置及作为松香树脂乳液用乳化剂,制备的乳液具有良好的稳定性及增黏性;团队以天然产物松香衍生物脱氢枞胺为原料,开发了松香基六官能度光固化 3D 打印树脂;开发了无溶剂一锅法制备工艺技术, 有效解决了制备松香基 UV 树脂反应的复杂度,及反应后产物官能度低带来的性能缺陷,提高松香的附加值及我国松香的综合利用水平。通过使用松香改性 UV 树脂作为光固化 3D 打印的材料,实现了对传统树脂材料的替代。

实验室生物活性成分高值利用团队通过菌酶协同发酵饲料原料技术, 开发棕榈粕、花生粕、酒糟、菌糠等非常规饲料原料,再开发玉豆麸等常规饲料原料,提升营养价值,降低抗营养因子含量,降低饲料配方成本。同时通过益生菌及其信息产物进行肠道菌群的调控,从而提供优质营养方案。该技术在相关农业产业化重点龙头企业进行产业化,生产相关产品共计形成销售额 56.19 亿元,产生利税共计 3.23 亿元; 该团队以我国林特资源五倍子等没食子单宁资源为原料,开发了混合型单宁酸饲料添加剂和包被型单宁酸饲料添加剂制备工艺技术,有效解决了单宁酸适口性差及在胃中易被胃酸破坏等问题, 实现了五倍子单宁加工行业的提质增效,提高了植物单宁附加值及我国植物单宁资源的综合利用水平,并为畜禽养殖行业提供了新的“替抗”产品。该技术已进行推广应用,建成了年产千吨级混合型单宁酸饲料添加剂示范生产线,产品市场占有率达 5%以上, 使得植物单宁加工行业新增产值 2 亿元。制定与修订了林业行业标准 5 项:《单宁酸》《单宁酸分析试验方法》《栲胶原料》《栲胶》和《栲胶原料与产品试验方法》。基本构建了我国植物单宁加工产品标准化体系,完善了林化产品标准体系建设,促进了植物单宁加工产业的发展。

结语

生物质低碳转化福建省高校重点实验室将围绕《厦门市加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系工作方案》[4],以源头创新为驱动,布局生物质能源低碳转化、生物质材料绿色制造、生物活性成分高值利用等研究方向,突破机制壁垒,集聚国际一流人才,建成定位准确、布局合理、制度完善、运行高效、特色鲜明的重要创新平台。实验室将立足厦门,辐射海西,面向世界,服务于国家和厦门重大需求,布局创新方向,引领新兴产业,提升厦门市和福建省在生物基材料、生物质能源、生物医药等领域自主创新能力与产业竞争力。

（作者单位:1 生物质低碳转化福建省高校重点实验室 2 华侨大学先进碳转化技术研究院）

参考文献

[1] 求是网. 习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话(全文)[EB/OL].(2020-09-22)[2023-10-09]. http://www.qstheory.cn/yaowen/2020-09/22/c_1126527766.htm.

[2] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院关于印发 2030 年前碳达峰行动方案的通知 [EB/OL].(2021-10-26)[2023-10-09]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-10/26/content_5644984.htm?e-qid=f712a994000263210000000564639 7d.

[3] 福建省人民政府.福建省人民政府办公厅关于印发福建省“十四五”战略性新兴产业发展专项规划的通知[EB/OL].(2021-10-29)[2023-10-09]. http://www.fujian.gov.cn/zwgk/ztzl/gjcjgxgg/zc/202110/t20211-029_5752253.htm.

[4] 厦门市人民政府. 厦门市人民政府关于印发加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系工作方案的通知[EB/OL]. (2022-04-11) [2023-10-09]. https://www.xm.gov.cn/zwgk/flfg/sfwj/202204/t20220419_2655-765.htm.