

2026 年度陕西省科学技术奖提名公示材料

一、项目名称：生物基杜仲胶绿色水相提取关键技术

二、提名者及提名意见

提名者：汉中市人民政府

提名意见：该项目紧扣国家天然橡胶资源安全重大战略需求，针对我国天然橡胶自给率不足 20% 的“卡脖子”困境，以我国独有的杜仲战略资源为突破口，在生物基杜仲胶绿色高效提取领域取得重大原创性突破。项目首创“研磨-浮选”两步法水相提取工艺，自主研发国家首台套“杜仲叶片揉搓分离机”等核心装备，构建了以纯水为唯一介质、零化学溶剂添加的全流程绿色生产线，实现生产用水 95% 循环利用和废水近零排放，彻底颠覆了传统有机溶剂法高成本、高污染的技术路径，重新定义了行业清洁生产标杆。

项目核心技术指标达到国内领先水平，杜仲胶纯度稳定达到 93% 以上，提胶率 $\geq 20\%$ ，分子结构破坏率较传统方法降低 40%，能耗减少 25%，建立了涵盖纯度、分子量、力学性能的多维质量评价体系，产品性能满足军工、医疗等高端领域准入要求。技术成果已通过中试验证并连续稳定运行，形成从装备研制、工艺优化到质量管控的完整技术链条，填补了我国生物基杜仲胶绿色物理提取技术与装备的空白。

项目成果对推动我国杜仲胶产业从资源依赖型向技术驱动型转型具有重要示范引领作用，为破解天然橡胶进口依

赖、保障国防战略物资自主可控提供了关键的“中国方案”。同时，项目依托略阳 60 万亩杜仲资源，创新“企业+合作社+农户”联农带农模式，在巩固拓展脱贫攻坚成果、推动乡村全面振兴中成效显著，经济、社会和生态效益突出。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖。

三、项目简介

1. 项目主要技术内容

天然橡胶是关系国计民生与国防安全的战略性基础物资。我国天然橡胶年消费量超 670 万吨，自给率不足 15%，进口依赖度高达 85%以上，在航空轮胎、特种密封、高端减震等关键领域长期面临“卡脖子”风险。杜仲作为我国特有的珍稀孑遗树种，全球 98%以上资源分布于我国，其富含的反式-1,4-聚异戊二烯（杜仲胶）被誉为“第三代橡胶”，兼具橡胶高弹性与塑料热塑性的“橡塑二重性”，是破解天然橡胶资源困局、实现战略物资自主可控的最优替代路径。然而，传统溶剂法、碱浸法、酶解法等提取工艺长期存在“效率—环保—成本”难以调和的三角矛盾，溶剂残留、纯度不足、分子链损伤、环境污染等问题严重制约产业规模化发展，导致我国杜仲资源优势长期未能转化为产业优势。

针对上述瓶颈，本项目以“绿色提取、性能保全、全质利用”为目标，历经多年系统攻关，首创“纯物理研磨浮选法”水相提取技术体系，实现杜仲胶提取从“化学消耗型”向“物理绿色型”的变革，为我国天然橡胶资源自主保障开辟全新路径。核心技术突破包括：

(1) 创新集成“研磨—浮选”两步法水相提取工艺。以纯水为唯一介质，首创“物理破壁—浮选分离—多级提纯”全流程闭环工艺。采用陶瓷珠低温研磨技术（温度 $\leq 40^{\circ}\text{C}$ ），通过机械剪切力与水力冲击协同作用，使植物细胞壁精准破裂，胶质以微米级颗粒释放，从根本上避免了化学试剂对杜仲胶分子链的破坏；利用杜仲胶与杂质密度差异（胶质 0.91 g/cm^3 vs 杂质 $1.2 - 1.5\text{ g/cm}^3$ ），在水流旋流器中形成“轻重分层”，浮选分离效率达 92% 以上；通过离心分离（ $8000 - 10000\text{ r/min}$ ）耦合膜过滤（孔径 $0.22\text{ }\mu\text{m}$ ）多级提纯，去除微量蛋白与纤维素，产品纯度稳定达到 95% 以上，重均分子量保持 30 万以上，格林强度 $\geq 20\text{ MPa}$ ，扯断伸长率 $\geq 400\%$ ，耐温性、耐磨性及阻尼性能等优于传统天然橡胶，综合性能达到军工、医疗等高端领域准入标准。

(2) 自主研发国家首台套专用装备。针对杜仲叶、籽壳纤维坚韧、胶质粘连难分离的行业难题，创制“杜仲叶片揉搓分离机”等国家首台套关键装备，模拟人工揉搓破碎原理，通过特殊齿形设计与转速控制，在物理层面实现胶质与纤维的高效解离，设备耐磨性与生产效率显著提升，填补了我国生物基杜仲胶绿色提取装备领域的空白，为规模化生产提供可靠硬件支撑。

(3) 构建全水相闭环工艺与全产业链质控体系。建立“原料预处理—研磨解离—多级浮选—过滤干燥—造粒”全流程水相生产线，配套空气能及太阳能供热系统，降低能源消耗；开发水循环利用系统，生产用水重复利用率达 95%，

无任何工业废水外排；提胶后剩余胶渣通过微生物分解转化为饲料添加剂、菌棒、重组木等高值化副产品，真正实现“零污染、零排放、全利用”。同时，建立涵盖纯度、分子量、力学性能的完整检测方法与质量标准，形成军工级、医疗级产品分级质控体系，并创制杜仲胶/聚乳酸全生物可降解复合材料，打通从原料提取到高端应用的完整技术链路。

2. 授权专利情况。项目围绕杜仲胶绿色提取工艺、关键装备及高值化应用，系统布局知识产权，形成具有自主知识产权的核心技术专利群。共获授权专利 9 项，其中发明专利 4 项、实用新型专利 5 项。核心发明专利“一种杜仲胶提取用揉搓分离机”（ZL202510353502.0）首创机械揉搓解离技术，为行业首台套装备提供专利保护；“一种天然杜仲胶/纤维素改性聚乳酸复合材料及制备方法”（ZL201810913295.X）开拓了杜仲胶在生物可降解材料领域的新应用。此外，“一种杜仲浸提器”“一种杜仲胶分离机”“一种杜仲胶的连续式提取设备”等实用新型专利，构建了从原料处理到成品制备的装备专利矩阵，形成工艺—装备—材料三位一体的知识产权保护体系，技术壁垒显著，竞争优势突出，为成果产业化与市场独占性奠定坚实基础。

3. 技术经济指标。项目技术指标先进，经济效益显著，环保性能优异，重新定义了杜仲胶提取的行业技术标杆：

（1）产品性能指标：杜仲胶纯度 $\geq 95\%$ ，重均分子量 ≥ 30 万，拉伸强度（格林强度） ≥ 20 MPa，断裂伸长率 $\geq 400\%$ ，耐温性优异（ -60°C 不脆裂），满足军工“高强高延”、医疗

“生物安全”等严苛标准。

(2) 工艺效率指标：每吨干料可产出高纯度杜仲胶 200 kg 以上，生产周期由传统溶剂法的 12 - 16 小时、酶解法的 72 - 96 小时大幅缩短至 6 - 8 小时，提胶效率与纯度实现同步跃升，规模化经济性显著。

(3) 绿色环保指标：以纯水为唯一提取介质，零化学溶剂添加；生产用水闭路循环，重复利用率 95%，基本实现废水零排放；配套空气能+太阳能供热，大幅降低能耗；固废全量化利用，构建绿色低碳生产模式。

(4) 经济效益指标：现有中试线产能 10 吨/年，规划扩产至 30 吨/年，产品单价 25 - 35 万元/吨，达产后年产值可达 750 万 - 1050 万元，投资回收期约 3 年，具备良好盈利能力和抗风险能力。

4. 应用推广及效益情况。项目技术成果已在陕西中胶生态科技股份有限公司完成全流程产业化验证，建成我国首条水相物理法杜仲胶提取中试生产线，连续稳定运行两年，产品批量供应军工、医疗及新材料领域，形成“原生资源—绿色工艺—量产产能—高端应用—技术输出”的完整产业链。

(1) 在军工领域，高纯度杜仲胶通过 GJB9001C-2017 武器装备质量管理体系认证，作为国防科工局对口扶持的军民融合重点项目，产品应用于特种减震、透波材料、固体火箭燃料粘合剂等关键部件，有效解决高寒发射、低频吸声等技术难题，显著降低高端橡胶原材料进口依赖，保障国防供应链安全。在医疗领域，与西安交通大学、北京中医药大学

等合作开发的杜仲胶 3D 打印医疗夹板、生物可降解复合材料等进入临床验证，利用其 60℃ 热塑成型、37℃ 定型硬化的形状记忆特性，实现骨科外固定的个性化定制与透 X 光复查，为组织工程与康复医学提供创新解决方案。在民用新材料领域，产品出口至厦门转速进出口有限公司，并批量供应天津市橡胶工业研究所、北京化工大学、浙江工业大学等科研院所与企业，用于高性能轮胎、高铁减震、电磁屏蔽材料研发，市场认可度持续提升。

（2）经济效益方面，2025 年企业依托本技术实现销售收入 124 万元，30 吨/年扩产线建成后，预计年新增产值 750 万元、净利润 247 万元，年新增税收 50 万元以上。同时，通过高纯度杜仲胶国产替代，大幅降低下游军工、医疗企业原材料采购成本，产品附加值较传统杜仲皮原料提升 30—50 倍。

（3）社会效益方面，项目依托略阳县 60 万亩杜仲林资源，创新“企业+合作社+农户”合作模式，带动当地农户参与杜仲叶、籽壳规范化采收，直接提供就业岗位 10—15 个，间接带动 20—50 人副业增收，为巩固拓展脱贫攻坚成果、推动乡村振兴注入科技动能。更重要的是，项目实现了我国高端杜仲胶的自主化、绿色化生产，对破解天然橡胶“卡脖子”困境、保障国家战略物资安全、推动我国生物基材料产业从资源依赖型向技术驱动型转型具有重要示范引领作用，是践行“绿水青山就是金山银山”理念的生动实践。

四、客观评价

1. 国内外相关技术的比较

杜仲胶（反式-1, 4-聚异戊二烯）是我国特有的天然高分子材料，兼具“橡塑二重性”，在航空轮胎、医疗康复、高端密封等领域具有不可替代的战略价值。然而，长期以来杜仲胶产业化受困于提取技术瓶颈——杜仲胶固态颗粒嵌埋在坚固的木质纤维素细胞壁中，传统溶剂法、碱浸法和酶解法普遍深陷“效率—环保—成本”难以调和的困局。国际方面，美国、日本等国尝试超声辅助水相提取、酶解水相提取等绿色工艺，但存在设备投资高、规模化生产稳定性不足、酶成本高等问题，整体仍处于实验室探索阶段。国内现有水相提取法同样存在工艺稳定性不足、提胶率与纯度难以兼顾的明显短板。

该项目创新集成的“研磨—浮选”两步法纯物理水相提取工艺，以水为唯一提取介质，全过程无任何化学添加剂和化学溶剂。中试验证结果表明，提胶率稳定达到 20% 以上、产品纯度 $\geq 93\%$ （经多级浮选可达 95% 以上），显著优于传统工艺水平。项目自主研发的“杜仲叶片揉搓分离机”通过模拟人工揉搓原理，结合特殊齿形设计与转速控制，大幅降低能耗。配套建设的空气能及太阳能供热系统及水循环装置，使生产用水重复利用率达 95%，基本达成废水零排放目标。整体技术水平处于国内领先地位，填补了生物基杜仲胶绿色规模化提取领域的空白。9

2. 国家相关部门正式作出的技术认定与荣誉

（1）国家首台套设备与国家首批次新材料认定。项目

生产线设备经认定为“国家首台套设备”，生产的生物基杜仲胶被列为“国家首批次新材料”。2023年12月，工业和信息化部发布《重点新材料首批次应用示范指导目录（2024年版）》，将“生物基杜仲胶”正式列入“关键战略材料”类别。这标志着自2019年起，杜仲胶已连续被纳入国家级关键战略材料目录，其战略地位持续提升。我国天然橡胶年消耗量近700万吨，自给率不足20%，高度依赖进口；而全球95%以上的杜仲资源集中在中国。本项目的实施为构建国家橡胶战略储备体系、摆脱海外胶源约束提供了切实可行的技术路径。

（2）省级科技创新大赛最高奖。2025年5月，由陕西省科技厅指导、陕西省秦创原创新促进中心等单位联合主办的“首届略阳县科技创新创业大赛总决赛”中，陕西中胶生态科技股份有限公司的“杜仲胶新材料产业项目”荣获总决赛一等奖。评审专家组评价指出：项目紧扣县域杜仲特色资源，绿色提取工艺创新性突出，产业化落地成熟，对乡村振兴、新材料国产替代具有极高的示范价值。

（3）国防科工局重点扶持项目。项目在国防科工局帮扶下落地实施，承担了国防科工项目《杜仲橡胶材料低频耐压消声设计方法研究》（编号：GFKG2024-22），是军民融合发展专项《陕西中胶生态科技股份有限公司杜仲胶新材料产业基地项目》（编号：ZY2025-0060）的核心支撑，彰显了项目成果在国防军工领域的战略价值。

3. 国内外同行学术评价

西北农林科技大学王玉娇助理研究员团队在杜仲胶绿色提取与高值化应用领域取得关键突破,创新提出的“橡胶优先”集成化提取策略成功破解了杜仲胶产业化分离困难的行业瓶颈。创新提出仿生褐腐降解芬顿预处理提取杜仲胶、白腐菌胞外酶靶向降解杜仲籽壳细胞壁促进胶丝解离提取杜仲胶等微生物绿色提胶方法,仅发酵 2~3 天即可将得胶率提高 74%,并保留杜仲胶完整结构。为本项目研磨浮选法水相提取工艺的前处理关键参数优化提供了重要理论基础和技术参考。在高值化应用方面将杜仲胶创新应用于 3D 打印与电磁屏蔽领域,使复合材料在 11.9-18GHz 频段的电磁屏蔽效能高达 49.4dB,研究成果发表在 SCI 期刊《建筑与建筑材料 (Construction and Building Materials)》。上述研究成果为项目研磨浮选法水相提取工艺的关键参数优化提供了坚实的理论支撑,构建了从基础研究到产品验证的全链条研发体系。

4. 应用效益与社会价值

(1) 经济效益显著。项目全面投产后可年产纯度大于 93%杜仲胶 300 吨,形成年产 300 吨高纯度杜仲胶规模。2024 年企业依托本技术实现销售收入 188 万元、净利润 62 万元;30 吨/年扩产线建成后,年新增产值 750 万元、净利润 247 万元。产品供应军工、医疗、新材料等领域,有效降低了相关行业原材料采购成本。

(2) 社会效益突出。一是生态价值——纯物理水相提取杜绝有机溶剂污染,利用农林废弃物(杜仲叶、籽壳、药

渣)为原料,契合“双碳”目标与秦岭生态保护要求。二是乡村振兴——依托略阳60万亩杜仲林资源,通过“企业+合作社+农户”模式带动周边农户增收,项目达产后可直接提供10—15个就业岗位,间接带动20—50人副业增收。三是产业升级——打造秦巴杜仲“种植—提取—高端新材料”完整产业链,填补陕西省杜仲胶规模化绿色提取产业空白。

(3) 战略保障意义深远。杜仲胶在国防隐身涂层、海底电缆、航空航天等领域具有不可替代的价值;在航空轮胎中添加3%—5%的杜仲胶即可显著提升抗扎刺和耐磨性能。本项目的成功实施,实现了高纯度杜仲胶的自主化生产与稳定供应,为国防军工领域提供了关键战略物资保障。

五、应用情况

1. 应用情况

本项目研发的生物基杜仲胶绿色水相提取关键技术,以首创的“纯物理研磨浮选法”为核心,以水为唯一提取介质,实现了杜仲胶提取过程的零化学溶剂添加、零废水排放和高纯度产出,技术成果已形成从专用装备研发、工艺优化到下游应用验证的完整技术链条。项目技术自2024年起在陕西中胶生态科技股份有限公司全面落地转化,建成国内首条水相物理法杜仲胶提取中试生产线(年产10吨),并于2025年实现连续10个月稳定运行,产品纯度稳定达到93%以上,提胶率达到20%以上,各项性能指标满足高端领域应用需求。在此基础上,项目技术成果已向国防军工、高等院校、科研院所、医疗器械及国际贸易等多个领域实现辐射应用,形成

了“核心基地+合作应用+技术输出”的多元化应用格局。

在国防军工与高端橡胶制品领域，本项目技术产品已成功应用于天津市橡胶工业研究所有限公司。该公司作为我国橡胶工业领域重要的科研生产单位，采购本项目生产的杜仲胶 3000 公斤，用于特种橡胶材料研发及高端制品试制。杜仲胶作为唯一兼具橡胶高弹性与塑料热塑性的生物基材料，其反式-1,4-聚异戊二烯分子结构赋予其优异的耐温性、耐磨性和阻尼性能，在军用轮胎、特种密封件、减震吸能部件等领域具有不可替代的应用价值。本项目产品经株洲市橡胶工程技术研究中心等第三方权威机构检测，拉伸强度达 16.13 MPa，拉断伸长率达 637.46%，关键力学性能指标显著优于传统提取工艺产品，为国防装备关键材料的国产自主供应提供了可靠保障。

在高等院校与科研院所合作应用方面，本项目技术已形成良好的产学研协同创新生态。北京化工大学生物基杜仲橡胶采购项目采购本项目产品 950 公斤，用于生物基高分子材料的基础研究与复合改性开发；浙江工业大学采购 80 公斤高纯度杜仲胶，开展 EUG（反式-1,4-聚异戊二烯）在高端聚合物改性及新材料领域的应用研究。上述合作不仅验证了本项目产品在分子量分布（ ≥ 30 万）、纯度（ $\geq 90\%$ ）及批次稳定性方面的技术优势，更推动了杜仲胶在生物可降解复合材料、高性能弹性体等前沿领域的应用探索，为杜仲胶从“样品材料”向“工程材料”跨越提供了关键数据支撑。

在医疗健康领域，本项目技术产品实现了突破性应用。

2026 年 8 月，由北京中医药大学中医骨伤治疗与运动康复智能化教育部工程研究中心陈卫衡教授团队完成的“杜仲胶智能 3D 打印医疗小夹板”项目顺利通过验收，该项目所使用的杜仲胶丝材由本公司独家提供。杜仲胶独特的低温热塑特性（60℃软化、37℃定型）及良好的透 X 光性能，使其成为骨科外固定、康复矫形及战地急救装备的理想材料。这一应用标志着杜仲胶从传统工业原料向高附加值医疗器械领域的成功跨界，为生物基材料在精准医疗和个性化治疗方面的应用开辟了新路径。

在国际贸易与市场拓展方面，本项目产品已通过厦门转轮进出口有限公司实现出口销售（3 公斤高纯度杜仲胶板），标志着我国自主生产的生物基杜仲胶正式进军国际市场，打破了长期以来高端杜仲胶产品依赖进口或无法规模化出口的局面。此外，本项目技术形成的完整工艺包和装备体系，具备向全国杜仲主产区复制推广的条件，可为后续在湖北、四川、云南等产区的技术输出与产能合作提供标准化解决方案。

目前，本项目技术应用已形成年产 10 吨中试产能，规划扩产至 30 吨/年，原料依托略阳县 60 万亩杜仲林资源，通过“企业+合作社+农户”模式保障原料供应。技术应用覆盖橡胶制品、国防军工、医疗器械、3D 打印材料、高校科研及国际贸易等多个领域，累计向各类用户提供杜仲胶产品超过 2.6 吨，签订合同金额超过 80 万元，技术服务及产品销售范围辐射国内多个省市，展现出良好的产业化应用前景和

市场拓展能力。

主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	陕西中胶科技生态股份有限公司	生物基杜仲胶绿色水相提取关键技术	厦门转速进出口有限公司出口 3kg杜仲胶	2024 年 1 月—2026 年 7 月	王小龙 13806058598
2	陕西中胶科技生态股份有限公司	生物基杜仲胶绿色水相提取关键技术	天津市橡胶工业研究所有限公司应用 3000kg杜仲胶	2024 年 1 月—2026 年 7 月	刘颖 13820207585
3	陕西中胶科技生态股份有限公司	生物基杜仲胶绿色水相提取关键技术	浙江工业大学应用 80kg杜仲胶	2024 年 1 月—2026 年 7 月	高翔 0571-88320786
4	陕西中胶科技生态股份有限公司	生物基杜仲胶绿色水相提取关键技术	北京化工大学应用 950kg杜仲胶	2024 年 1 月—2026 年 7 月	刘力 13801218267

2. 经济效益和社会效益

本项目技术近三年应用取得了显著的经济效益，主要体现在完成单位技术成果转化收益、应用单位成本节约及产业链增值等方面。

(1) 经济效益

一是完成单位陕西中胶生态科技股份有限公司，2025 年依托本项目技术实现销售收入 124 万元，2025 年中试生产线建成并稳定运行 10 个月，虽因产线建设初期研发投入及固定资产折旧等因素导致当期净利润为负，但随着产能爬坡和市场开拓，技术产品的附加值持续显现。本项目产品按纯度

等级分级销售，高纯度杜仲胶（纯度 $\geq 93\%$ ）售价达 25—35 万元/吨，远高于传统杜仲皮原料（约 2 万元/吨）及低纯度胶产品，产品附加值提升达 10 倍以上。按年产 30 吨扩产计划测算，年产值可达 750 万—1050 万元，扣除原料、能耗及人工成本后，年净利润预计超 247 万元，投资回收期约 3 年，经济效益测算方式为：年产值=年产量 $\times$ 产品单价（按 30 万元/吨计），年净利润=年产值-年运营成本（原料、人工、能耗、折旧等）。

二是主要应用单位，经济效益体现在原材料采购成本降低和产品性能提升带来的综合效益。以天津市橡胶工业研究所有限公司为例，采购本项目杜仲胶 3000 公斤用于高端橡胶制品研发，相比进口同类特种橡胶或高纯度合成胶，采购成本降低约 15%—20%。北京化工大学、浙江工业大学等科研单位通过使用本项目高纯度杜仲胶，显著减少了材料预处理纯化环节的时间和试剂消耗，实验效率提升 30%以上。在医疗应用领域，北京中医药大学项目采用本项目杜仲胶开发的 3D 打印医疗夹板，相比传统石膏固定和进口高分子矫形材料，生产成本降低约 40%，且可重复塑形使用，具有极高的性价比优势。

三是成本节约与能耗降低角度，本项目水相提取工艺相比传统溶剂法，彻底省去了有机溶剂采购及回收成本（溶剂回收成本通常占传统方法总成本的 42%以上），生产用水通过闭环循环系统实现 95%重复利用率，基本达成零废水排放，每年可节约水处理费用及环保支出约 15 万元。在能源消耗

方面，本项目采用空气能及太阳能供热系统，替代传统化石能源加热，综合能耗降低约 24%，按当前能源价格测算，每吨产品可节约能源成本约 8000 元。

（2）社会效益

本项目技术的推广应用，在保障国家战略资源安全、推动科学技术进步、保护生态环境、服务国防建设和促进乡村振兴等方面产生了深远的社会效益。

一是保障国家战略资源安全，破解“卡脖子”难题。我国天然橡胶年消费量超 670 万吨，而自给率不足 15%，进口依赖度长期超过 85%，航空轮胎、高铁减震、特种密封等关键领域面临严峻的供应中断风险。杜仲作为我国特有树种，全球 99% 以上资源分布在我国，是破解天然橡胶资源瓶颈的战略举措。本项目技术实现了高纯度生物基杜仲胶的自主化、规模化生产，打破了高端杜仲胶长期依赖进口或无法稳定供应的局面，为国防军工、航空航天、轨道交通等关键领域提供了“自主可控、安全可靠”的战略物资保障，对维护国家资源安全和产业安全具有重大战略意义。

二是推动科学技术进步，引领产业转型升级。本项目首创的“纯物理研磨浮选法”水相提取工艺，突破了传统溶剂法、碱浸法、酶解法存在的“效率 - 环保 - 成本”三角矛盾，重新定义了杜仲胶提取的行业技术标杆。项目形成授权发明专利 4 项、实用新型专利 5 项，构建了涵盖原料预处理、研磨解离、多级浮选、过滤干燥的全流程技术体系，并建立了杜仲胶纯度、分子量、力学性能的多维质量评价标准。相关

技术成果填补了国内生物基杜仲胶绿色提取领域的空白，推动了我国杜仲产业从初级原料加工向高端新材料制造转型，为植物胶及生物活性物质的绿色提取提供了可复制、可推广的技术模式。

三是保护自然资源和生态环境，践行绿色发展理念。本项目以纯物理法为核心，以水为唯一介质，生产过程无任何化学添加剂和化学溶剂，配套建设的空气能及太阳能供热系统及水循环装置，使生产用水重复利用率达 95%，实现“三废”零排放。提胶后的剩余胶渣可用于饲料添加剂、菌棒、重组木等，实现了农林废弃物的全量资源化利用。该技术从根本上避免了传统溶剂法带来的 VOCs 排放（传统方法实测可达 $1200\text{mg}/\text{m}^3$ ）和碱浸法造成的废水污染，对保护秦巴山区生态环境、推动区域绿色循环经济发展具有重要示范价值。

四是服务国防现代化建设，提升装备保障能力。杜仲胶作为《重点新材料首批次应用示范指导目录（2024 年版）》列入的“关键战略材料”，在国防军工领域应用前景广阔。本项目产品已通过 GJB9001C-2017 武器装备质量管理体系认证，可应用于军用轮胎、坦克负重轮、航空减震器、雷达罩、舰船导流罩及固体火箭燃料粘合剂等关键部件。其优异的耐寒性（ -60°C 不脆裂）、高阻尼性和橡塑二重性，能够显著提升武器装备在极端环境下的可靠性和使用寿命，对提升我国国防科技工业自主保障能力、巩固提高一体化国家战略体系和能力具有重要支撑作用。

五是改善人民健康水平，增进民生福祉提升。本项目技术产品已成功应用于智能 3D 打印医疗夹板、骨科外固定材料及生物可降解复合材料等医疗健康领域。杜仲胶基医疗夹板具有低温塑形、透 X 光、可反复调整、佩戴舒适等优势，极大改善了骨折患者的治疗体验，减轻了二次损伤痛苦。同时，项目开发的杜仲胶/聚乳酸全生物可降解复合材料，可用于一次性医疗器械和环保包装，减少了传统塑料带来的白色污染和医疗废弃物处理压力，对提升公共健康水平和推动绿色医疗发展具有积极意义。

六是助力乡村振兴，带动区域经济社会协调发展。本项目依托略阳县 60 万亩杜仲林资源，通过“企业+合作社+农户”的合作模式，带动当地农户参与杜仲叶、籽壳的规范化采收，项目达产后可直接提供 10—15 个就业岗位，间接带动 20—50 人进行副业增收。杜仲从传统的“卖树皮、卖药材”初级模式，升级为高附加值的新材料原料，每亩杜仲林综合收益显著提升，有效巩固拓展脱贫攻坚成果，推动了秦巴山区乡村振兴和县域经济高质量发展。同时，项目联合西北农林科技大学、陕西理工大学等高校培养硕士研究生 1 名，培育企业专业技术团队 5 人，为行业输送了急需的复合型技术人才，提升了区域科技创新能力和人才储备水平。

六、主要知识产权和标准规范等目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种杜仲胶提	中国	ZL202	2025. 6	第 8008245	陕西中	王黎明、陈可

		取用揉搓分离机		510353502.0	. 17	号	胶科技生态股份有限公司	平、刘俊希
2	发明专利	一种天然杜仲胶/纤维素改性聚乳酸复合材料及制备方法	中国	ZL201810913295.X	2020. 11. 13	第 4092763 号	陕西中胶科技生态股份有限公司	贾仕奎、王忠、朱艳、陈立贵、付蕾
3	发明专利	一种苧麻微晶/石墨烯纳米片改性TPU微孔片材的制备方法	中国	ZL201610624145.8	2017. 7. 4	第 2540599 号	陕西理工大学	贾仕奎、王忠、朱艳、陈立贵、付蕾
4	发明专利	一种发泡的TPU复合相变储能材料及其制备方法	中国	ZL201710641725.2	2019. 1. 25	第 3233192 号	陕西理工大学	贾仕奎、于德梅、王忠、朱艳、陈立贵、付蕾
5	实用新型专利	一种杜仲浸提器	中国	Z1202422358309.x	2025. 7. 15	第 23085255 号	陕西中胶科技生态股份有限公司	王黎明、陈可平
6	实用新型专利	一种杜仲胶分离机	中国	Z1202422358280.5	2025. 7. 15	第 23085253 号	陕西中胶科技生态股份有限公司	陈可平、王黎明
7	实用新型专利	一种杜仲胶的连续式提取设备	中国	Z120242317481.7	2025. 11. 25	第 23578216 号	陕西中胶科技生态股份有限公司	陈可平、王黎明
8	实用新型专利	一种用于 3D打印的可调微针结构式喷头	中国	Z1202021822532.0	2024. 6. 29	第 13541854 号	陕西理工大学	朱艳、陈立贵、贾仕奎、张伟、丁镠
9	实用新型专利	一种多层式杜仲种植培育架	中国	ZL202521129122.0	2026. 5. 1	第 24165261 号	汉中尚宏骏逸农业发展有限公司	张红、马丹、柏文科、孙莹、高临棋
10	论文	Enhancing mechanical and anti-aging properties of Eucommia Ulmoides rubber UV shielding	荷兰	312(2025)144237	2025. 5. 14			Jiahao Zhao a, Mengqi Tang a, Qingtong Zhang a, Wenyao Feng a, Qinglei Xu a, Huiqiang Chen b, insheng

		film through lignin incorporation International Journal of Biological Macromolecules						Lu a, Changzhou Chen a,*, Douyong Min a,*
11	论文	A highly efficient, organic solvent-free biorefinery's strategy for high-purity Eucommia ulmoides gum extraction and its retherified lignin-modified composites Industrial Crops & Products	荷兰	242 (2026) 122893	2026. 2. 14			Wenqiang Qi a, Qinglei Xu a, Gaofeng Cheng a, Daquan Li a, Shaochao Sun a, Hui Zhao a, Mingqiang Zhu c, Yongming Fan d, Huiqiang Chen e, Douyong Min a, Lianhua Fu b, Changzhou Chen a,*
12	论文	A low seepage threshold and super-toughness of polybutylene succinate-based composites with double percolation structure: Synergy of multi-wall carbon nanotubes and polyvinyl butyral	Polymers for Advanced Technology	10.1002/pat.5730	11 April 2022 A			Shikui Jial Xiangyang Zhang1 Yan Zhul Zongying Yan1 Guizhen Zhang2 Zhongguo Zhao1 Liu Ding
13	论文	SWCNT与 PVB协同增强聚乳酸的力学、导电及热性能研究	塑料工业	第 50 卷第 期	2022. 4			张飞燕、朱艳、杜兴、贺燕、何天亮、贾仕奎
14	论文	聚乳酸的等温结晶调控方法及应用研究进展	高分子材料科学与工程	第 38 卷第 9 期	2022. 9			贾仕奎, 闫宗莹, 张向阳, 朱艳, 赵中国, 陈立贵, 许磊
15	论文	生物可降解膜的改性制备及其应用进展	化工新材料	第 50 卷第 3 期	2022. 3			贾仕奎、杜兴、张明辉、贺燕、梁文俊、赵中国、陈立贵
16	论文	氙灯老化对立构复合PLA /PBS共混物的结晶与力学性能的影响	塑料工业	第 50 卷第 6 期	2022. 6			闫宗莹、贾仕奎、廖宝宝、张军、李维鸽、朱艳、赵中国
17	论文	汉中市汉台区“秦岭七药”资	陕西农业	2023 年 9	2023. 9			刘越君、常晖、靳鹏博、孙莹

		源调查分析	科学	期				
18	论文	略阳县杜仲低产林改造方法探讨	现代农业科技	2019年第8期	2019.8			李孟生、柏文科、陈胜明、孙莹、马丹
19	论文	Three-dimensional-printable polylactic acid/Eucommia ulmoides gum composites with silver nanoparticle-coated carbon fiber fillers and gradient triply periodic minimal surface structures for electromagnetic shielding and thermal management	Construction and Building Materials	534 (2026) 14691-1	2026.5.28			王一帆、赵国凯、程焕进、刘志德、宋明洋、王玉娇、谷芳、朱铭强
20	论文	Weathering-driven fungal adaptations in boreal forest biomass degradation and biomineralization	Current Biology	35:1-12	2025.6.9			王玉娇、孔令凤、崔敦睿、孔静、王璇、车皓莹、彭尧、曹金珍
21	论文	How weathering affects lignocellulose microstructure and drives brown-rot decay: Mechanistic insights	ACS Sustainable Chemistry & Engineering	13(15): 5725-5736	2025.3.31			王玉娇、孔令凤、车皓莹、彭尧、曹金珍
22	论文	Bamboo durability:	Industrial	222, p. 119	2024.9.6			王玉娇、张润华、孔令凤、

		Understanding the combined effect of weathering and mildew infection	Crops and Products	612				车皓莹、彭尧、曹金珍
23	论文	Effects of heat treatment temperatures on the photostability of Moso bamboo during accelerated UV weathering	Wood Material Science & Engineering	17(6):823-833	2021.8.8			王玉娇、黄宇翔、薛静、彭尧、曹金珍
24	论文	Improvement on dimensional stability and mold resistance of wood modified by tannin acid and tung oil	Holzforschung	76(10):929-940	2022.8.17			王玉娇、张润华、杨梦琪、彭尧、曹金珍
25	论文	Effect of photodegradation on fungal colonization on wood during initial stage of brown-rot decay	Holzforschung	76(4):356-367	2022.1.28			王玉娇、薛静、彭尧、曹金珍
28	论文	From Waste to Wealth: Elucidating the Depolymerization Pathways of Lignocellulose in Coniferous Forest Residues during Weathering and Brown-Rot	ACS Sustainable Chemistry & Engineering	13(41):17483-17495	2025.10.20			王玉娇、孔令凤、王璇、孔静、崔敦睿、车皓莹、彭尧、曹金珍

		Decay Processes						
29	论文	Influence of photodegradation on brown-rot fungi decay in Southern pine wood: a cyclical study	Wood Science and Technology	(2026) 60:1	2025.10.22			王玉娇、孔令凤、彭尧、曹金珍
30	著作	略阳药用植物名录	西安交通大学出版社	ISBN978-7-5693-1238-6	2020.4			马永升、马存德、王二欢、王月茹、白吉庆、任振丽、刘峰、孙莹、李晓东、李晔
31	著作	秦巴山区中药材种植技术——略阳篇	西北农林科技大学出版社	ISBN978-7-81092-575-4	2010.6			钟玉贵、章春燕、毋建民、柯健、马永升、曹克俭、赵强、江翠兰、孙莹、杜诚
<u>注意：所列专利证书颁发日期、标准规范发布日期、论文发表日期应在 2025 年 12 月 31 日之前</u>								

七、主要完成人情况

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
王黎明	1	CEO	高级工程师	陕西中胶生态科技股份有限公司	陕西中胶生态科技股份有限公司	本项目总负责人，创新提出研磨—浮选水相提取总体技术方案，牵头杜仲叶片揉搓分离机等系列核心装备研发，突破杜仲胶高效解离工程化难题。

陈昌洲	2		副教授	广西大学轻工与食品工程学院	广西大学轻工与食品工程学院	主导水系高得率高纯杜仲胶分离关键技术攻关。优化杜仲种皮盘磨破碎工艺，实现杜仲胶组分高效解离。
贾仕奎	3	系主任	教授	陕西理工大学材料科学与工程学院	陕西理工大学材料科学与工程学院	主要负责杜仲胶改性复合材料研发。开展杜仲胶/聚乳酸复合体系配方设计与制备工艺研究，改善聚乳酸脆性、耐低温性能不足的缺陷，开发全生物可降解新材料。
王玉娇	4		助理研究员	西北农林科技大学	西北农林科技大学	作为本项目核心研究人员，参与项目总体研究方案设计，针对杜仲细胞壁降解、胶丝解离机理开展基础理论研究，揭示杜仲胶与细胞壁组分结合规律，为研磨—浮选水相提取工艺参数优化提供理论依据。
蒲文卓	5			陕西中胶生态科技股份有限公司	陕西中胶生态科技股份有限公司	负责项目全过程样品制备、样品供给及相关检测工作，独立完成样品前处理、试验测试分析与实验数据整理汇总。
孙莹	6	综合股负责人	高级农艺师	略阳县科技创新服务中心	略阳县科技创新服务中心	主要参与本项目构建杜仲胶质控体系与生物改性新材料技术相关工作，承担资源统筹与种植技术支持。

八、主要完成单位及创新推广贡献

完成主要单位	排序	对本项目主要学术贡献
陕西中胶科技生态股份有限	1	作为项目第一完成单位和产业化实施主体，本公司是国家高新技术企业、国防科工重点扶持企业，依托略阳县60万亩连片杜仲资源基地，全面负责项目技术的工程化验证与产业化落地。公司建成了全国首台套生物基杜仲

公司		胶水相物理提取生产线，自主研发了“杜仲叶片揉搓分离机”等国家首台套关键装备，创新集成“研磨-浮选”两步法水相提取工艺，实现以纯水为唯一介质、零化学溶剂添加的绿色生产。配套建设的空气能及太阳能供热系统及水循环装置，使生产用水重复利用率达 95%，基本达成废水零排放。
广西大学轻工与食品工程学院	2	作为项目基础研究与合作单位，主要围绕杜仲胶绿色高效提取及高值化利用开展前沿理论研究。项目完成人陈昌洲教授团队针对传统杜仲胶提取依赖有机溶剂、成本高且存在安全隐患等问题，开展了“有机溶剂-游离”的生物炼制策略研究，整合碱预处理、盘磨和浮选净化技术，为项目水相提取工艺的优化提供了重要的理论依据和方法借鉴。
陕西理工大学材料科学与工程学院	3	作为项目核心研发合作单位，主要负责杜仲胶改性复合材料及质量评价体系的研发工作。项目完成人贾仕奎教授团队依托材料科学与工程学院，系统开展了杜仲胶/聚乳酸全生物可降解复合材料的研究，利用杜仲胶改善聚乳酸脆性大、耐低温性能差的缺陷，成功开发出可完全生物降解的新材料，拓展了杜仲胶在一次性医疗器械、环保包装等高端领域的应用
西北农林科技大学	4	西北农林科技大学作为项目重要的技术支撑单位，长期致力于杜仲资源高值化利用研究。项目完成人王玉娇助理研究员团队创新提出仿生褐腐降解芬顿预处理提取杜仲胶、白腐菌胞外酶靶向降解杜仲籽壳细胞壁促进胶丝解离提取杜仲胶等微生物绿色提胶方法，仅发酵 2-3 天即可将得胶率提高 74%，并保留杜仲胶完整结构。为本项目研磨浮选法水相提取工艺的前处理关键参数优化提供了重要理论基础和技术参考。团队在高值化应用方面将杜仲胶创新应用于 3D 打印与电磁屏蔽领域，构建了从基础研究到产品验证的全链条研发体系。西北农林科技大学凭借在杜仲领域的长期科研积淀，为项目原料处理与胶丝解离机制提供了核心理论支撑。
略阳县科技创新服务中心	5	作为项目地方推广与资源协调单位，充分发挥扎根基层的优势，为项目提供了坚实的原料保障和本地化推广服务。项目完成人孙莹高级农艺师长期深耕略阳杜仲产业一线，熟悉当地 60 万亩杜仲资源分布与产业痛点，具体负责杜仲种植技术改良、资源统筹与规范化采收体系建设。

九、完成人合作关系说明

本项目由陕西中胶科技生态股份有限公司牵头，联合广西大学、陕西理工大学、西北农林科技大学、略阳县科技创新服务中心共同完成。项目第一完成人王黎明作为项目总负责人，创新提出“研磨-浮选”水相提取总体技术方案，牵头核心装备研发与产业化落地；第二完成人陈昌洲（广西大

学)主导水相提取分离关键技术攻关与机理研究;第三完成人贾仕奎(陕西理工大学)负责杜仲胶改性复合材料研发与质量评价体系建立;第四完成人王玉娇(西北农林科技大学)负责杜仲细胞壁降解、胶丝解离机理等基础理论研究;第五完成人蒲文卓(陕西中胶科技生态股份有限公司)负责样品制备、检测与实验数据整理;第六完成人孙莹(略阳县科技创新服务中心)负责资源统筹、种植技术改良与“企业+合作社+农户”模式推广。

项目完成人之间通过共同知识产权、共同论文、产业合作等方式形成紧密合作关系。第一完成人王黎明与第二完成人陈昌洲通过产业合作方式(技术成果转让与产业化指导)开展合作;第三完成人贾仕奎作为核心发明专利《一种天然杜仲胶/纤维素改性聚乳酸复合材料及制备方法》(ZL201810913295.X)的发明人,与第一完成人王黎明所在单位陕西中胶科技生态股份有限公司通过共同知识产权方式开展合作;第四完成人王玉娇作为项目技术助理,在第一完成人王黎明指导下完成工艺优化与产品检测工作,通过校企合作方式参与项目;第五完成人蒲文卓作为项目技术助理,在第一完成人王黎明指导下完成样品制备与检测工作,通过产业合作方式参与项目;第六完成人孙莹作为实用新型专利《一种多层式杜仲种植培育架》(ZL202521129122.0)的发明人,与第一完成人王黎明所在单位通过产业合作方式开展合作。

上述合作关系真实有效,相关证明材料存档备查。