

项目公示信息（自然科学奖）

一、项目名称：纤维素纳米化解离及自组装凝胶构筑

二、提名者及提名意见

提名者：陕西省教育厅

提名意见：

储量丰富的纤维素高效利用对资源可持续发展意义重大。项目围绕纤维素纳米化解离及自组装凝胶构筑展开研究，探索纤维素纳米化解离机制及纳米纤维自组装成凝胶的规律，助力纤维素基材料领域开拓新方向，成果显著。创新性体现在：（1）解离机制革新：洞察传统纤维素纳米化解离的复杂与高耗能症结，推出新解离策略。基于解离机制，精细把控反应条件，大幅降低能耗，并能精准调控纳米纤维素聚集态结构，为后续自组装工作筑牢根基。（2）凝胶构筑创新：搭建微观结构动态可调、宏观结构高度稳定的纳米纤维素自组装凝胶。在生物医学领域，因其出色的生物相容性与微观结构可调性，能为蛋白分离、快速检测提供优质载体；稳定的宏观结构在柔性电子范畴确保了传感器件可靠运行。（3）理论技术体系搭建：构建起一套纤维素纳米化解离及自组装凝胶构筑的科学理论与技术体系。从分子层面阐明解离与自组装中的相互作用原理，为该领域深入发展提供关键理论支撑。开发的新技术在实现量产方面前景广阔。项目研究成果刊载于权威期刊，获国内外同行广泛引用与好评。团队积极推动科研成果落地转化，促进我国纤维素基材料领域技术升级，契合提名标准。

经所在高校核查，项目组完成人政治立场坚定、表现良好，师德师风优良，教书育人尽职尽责。提名材料齐全、规范，经完成单位公示，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科学技术奖提名条件。**特提名为陕西省科学技术自然科学奖二等奖。**

三、项目简介

纤维素导电凝胶是构建可穿戴器件、电子皮肤等智能产品的重要基础材料。纤维素纳米化需克服高分子链间强羟基作用，羧化改性精细调控的难题；构筑的纳米纤维素水凝胶力学性能与导电性能掣肘，自愈合、高拉伸等多功能难兼容，因而兼具高力学性能和离子导电的纤维素凝胶是现有材料体系面临的挑战。近来，多功能凝胶研究成果频频发表在《自然》《科学》等顶级期刊，但如何基于原理理性设计并实现纤维素凝胶的高性能和多功能集成仍是柔性传感材料领域的核心技术难点和新课题。

在国家自然科学基金、省重点研发计划等项目的支持下，本项目提出自催化

氧化体系诱导纤维素氢键解离，实现纳米化；聚焦动态共价键-超分子结构协同自组装新策略，构建含苯硼酸的离子液体-纳米纤维素交联平台，一锅法实现多功能组分“搭载”和交联作用。解决了纳米纤维素凝胶高性能与多功能一体难兼顾的关键科学问题，为纳米纤维素凝胶的结构设计开辟新视角，为凝胶材料的结构设计提供普适性策略和参考。

(1) 利用高锰酸钾自催化氧化体系调控纤维素氢键解离过程并实现纤维素伯羟基羧化改性。该策略在大幅简化工艺、缩短解离时间、降低能耗的同时，调控纳米纤维素的结晶度、纳米尺度、表面电荷等聚集态结构，为凝胶网络高性能化奠定坚实基础（代表性论文 2, *Green Chem* **2021**, 23, 8069；代表性论著 1, *造纸化学*, 北京, 中国轻工业出版社, **2016**）。

(2) 引入动态共价键，协同氢键、离子键、多重物质间主客体相互作用等，基于动态共价键-超分子聚合，构建高机械性能、高导电水凝胶网络构筑。该策略成功调谐了网络的动态可调性与整体稳定性，显著提升凝胶的机械强度、自修复性与高电导率，为柔性电子、可穿戴传感器等领域提供了高性能可持续材料基础（代表性论文 1: *Adv Funct Mater* **2022**, 32, 2204565；代表性论文 3: *Carbohydr Polym* **2023**, 300, 120243）。

(3) 基于高比表面积和交联能力的纳米纤维素为骨架结构，通过设计动态共价键自组装网络，形成具有丰富活性位点的共交联基体作为功能平台，提升对壳聚糖、海藻酸钠、可溶性糖、金属有机框架（MOFs）等互容作用和交联强度。该多功能网络系统性解决了纤维素基凝胶的机械强度与多功能性兼容难题，可获得分离过滤、快速检测等多功能集成设计的凝胶聚合物功能材料，在分析检测、生物医学及环境治理等领域展现出广阔应用前景（代表性论文 4, *Carbohydr Polym* **2021**, 268, 118259；代表性论文 5, *Carbohydr Polym* **2022**, 294, 119835）。

本研究先后与特克斯砺剑锋农林科技有限公司、苏州克里斯图材料科技有限公司、江阴金书简新材料科技有限公司、西安普思莱克新材料科技有限公司等多家企业开展了多项项目合作。聚焦生物质纤维资源的高值化利用，实现了绿色、高效纳米纤维素制备；围绕创新凝胶材料结构设计及开发的核心技术问题，通过在纳米纤维素三维网络中引入聚离子液体实现动态共价键协同超分子作用的复合交联，获得兼具机械强度、透明度与水氧阻隔的膜材，应用于高端生鲜/冷链包装的试销与推广，带动产品附加值与品牌竞争力提升；针对凝胶材料在分离过程中水通量、颗粒截留率与抗污染三者难兼顾的问题，通过调控纤维素链间氢键及纤维网络结构，获得新型精细分离过滤材料，并开展了中试生产。技术应用期间，为合作公司提高了生产效率，新增销售额共计 7179 万元，新增利润近 1234 万元，推动了产品附加值与品牌竞争力的提升。

项目完成过程中，成果发表在 *Adv. Funct. Mater.*、*Green Chem.*、*Carbohydr. Polym.* 等国际知名期刊及专业论著上，受到海内外权威学者的广泛认可与正面评

价，并在国际主流学术会议上多次受邀报告。各国著名专家的广泛引用与深入讨论印证了本项目成果的科学性、创新性与应用潜能，为我国生物基智能材料的产业化发展与功能化应用奠定了坚实的理论与技术基础。培养硕士研究生 20 名，博士研究生 8 名。

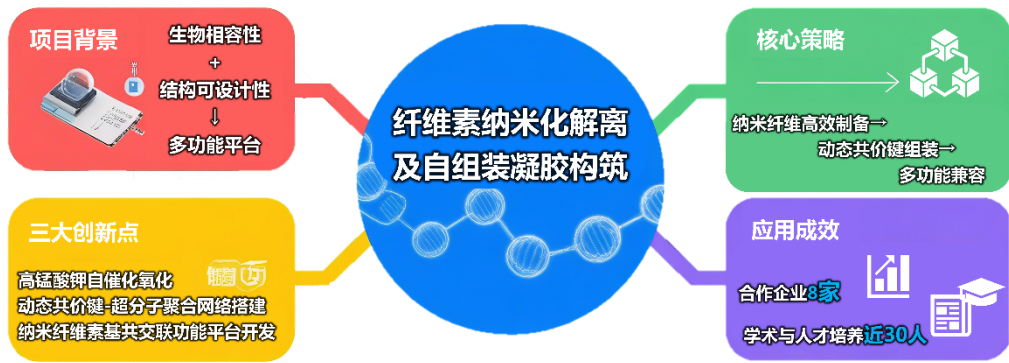


图 1 项目简介

四、客观评价

1. 同行学术评价

本研究的 3 个发现点均获得国内外多名高层次人才及知名专家的高度认可和正面评价。

1.1 对发现点一高锰酸钾自催化体系促进纤维素氢键解离策略的评价

(1) 国家高层次人才，中国科学院化学所张军研究员在发表的论文 (*Cellulose* 2023, 30, 4813) 中认同了自催化氧化驱动的纤维素氢键解离调控表面结构及光学性能的高效性，并引用代表作 2 中的原图，具体见附件 2-1-代表性引文 1。

(2) 国家高层次人才，北京大学刘海超教授在发表的论文 (*ACS Sustainable Chem Eng* 2022, 10, 5859) 中研究了纤维素氢键解离程度与结晶性能间的关系，并采用本项目提出的方法验证了纤维素聚合度对力学性能的贡献，具体见附件 2-2-代表性引文 2。

(3) 国家重点学科带头人，南京林业大学周晓燕教授在发表的论文 (*Nano Lett* 2024, 24, 6576) 中通过界面工程促进纤维氢键解离，直接转化为纳米纤维，基于其互锁交缠结构协同增强强度和韧性，具体见附件 2-3-代表性引文 3。

1.2 对发现点二多重相互作用协同交联与互容增强水凝胶网络机制的评价

(1) 国家高层次人才，苏州大学张晓宏教授在论文 (*Prog Mater Sci* 2023, 138, 101156) 中高度认可本项目发展的方法，在动态共价键和超分子结构协同下构筑高性能网络，获得具有优异自修复性、高机械强度、高粘附性和高导电水凝胶，具体见附件 2-4-代表性引文 4。

(2) 日本东京大学伊藤教授在发表的论文 (*Sci Adv* 2023, 9, eadi850) 中, 采用本研究的方法, 以动态共价键的化学作用与超分子物理交联的协同作用构筑了新型聚合物环形滑移的网络结构, 赋予材料具有与传统电解质相当的离子电导率和高杨氏模量和断裂能。

(3) 中国工程院院士, 广西大学王双飞教授在发表的论文 (*Nano Energy* 2023, 106, 108079) 中认可通过动态共价键交联的纤维素水凝胶是可逆的, 并在某些外部刺激下收敛到平衡状态, 赋予材料自修复特性, 具体见附件 2-5-代表性引文 5。

(4) 国家高层次人才, 江苏大学潘国庆教授在发表的论文 (*Mater Today Bio* 2023, 20, 100640) 中大幅正面评述动态亚胺键和明胶超分子结构协同效应下, 一步法有效合成纤纳米纤维素增强的海藻酸盐/明胶半互穿网络水凝胶, 并将代表作 3 中原图独立成图并评述, 具体见附件 2-6-代表性引文 6。

1.3 对发现点三纳米纤维素骨架结构自组装功能平台的评价

(1) 国家高层次人才, 中国农业大学王占辉教授在论文 (*Nano Today* 2024, 57, 102403) 中评价硝酸纤维素与可溶性双糖协同形成屏障的策略在显著提升检测的特异性及灵敏度方面具有独创性, 并在图 1A 中引用本项目代表性论文 4 的原图, 具体见附件 2-7 代表性引文 7。

(2) 国家高层次人才, 中国农业大学韩鲁娟教授在论文 (*Int J Biol Macromol* 2024, 257, 127944) 中认同我们分析纤维素-蛋白质界面相互作用的理论“由于纳米纤维素可以穿透蛋白质基质形成互锁网络, 因此复合膜具有更优越的机械性能”, 具体见附件 2-8-代表性引文 8。

2. 验收专家评价

本项目成果依托的围绕纤维素高效解离及自组装结构构筑方面的研究, 全面完成计划任务书目标, 成果通过国家自然科学基金委员会、陕西省科学技术厅认证。开展了较好的科研合作, 超指标发表学术论文和申请国家发明专利, 在此基础上争取并获批更高水平科研项目或获科技奖项。

3. 检索报告

经科学引文索引数据库系统检索, 检出本项目代表性论文 5 篇均发表在中科院 1 区 TOP 期刊, 被引用共计 527 次 (WOS 数据), 他引总次数 498 次。其中, 代表性论文 1 和代表性论文 3 在基本科学指标检索中显示, 核心合集中被引频次分别合计 355 次和 86 次, 均为 ESI 高被引, 且代表性论文 1 还入选 ESI 热点, 具体见附件 3-检索报告。

4. 应用评价

本研究先后与西安佰吉生物工程有限公司、西安普思莱克新材料科技有限公司、苏州克里斯图材料科技有限公司、江阴金书简新材料科技有限公司等 8 家企

业开展了多项项目合作。聚焦农林废弃物资源的高值化利用，实现了绿色、高效纳米纤维素制备；围绕创新凝胶材料结构设计及开发的核心技术问题，通过在纳米纤维素三维网络中引入聚离子液体实现动态共价键协同超分子作用的复合交联，获得兼具机械强度、透明度与水氧阻隔的膜材，应用于高端生鲜/冷链包装的试销与推广，带动产品附加值与品牌竞争力提升；针对凝胶材料在分离过程中水通量、颗粒截留率与抗污染三者难兼顾的问题，通过调控纤维素链间氢键及纤维网络结构，获得新型精细分离过滤材料，并开展了中试生产。技术应用期间，为合作公司新增销售额共计 7179 万元，新增利润近 1234 万元，推动了产品附加值与品牌竞争力的提升，具体见其他附件 11 至 12-应用证明。

五、代表性论文专著目录（限 8 条）（不超过 8 篇，其中代表作论文不超过 5 篇）

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间(某年 某月某日)	通讯作者 (含共同)	第一作者(含 共同)	国内作者	他引 总次 数	检索 数据 库	知识产 权是否 归国内 所有
1	Super stretchable, self-healing, adhesive ionic conductive hydrogels based on tailor-made ionic liquid for high-performance strain sensors	Advanced Functional Materials	Xue Yao, Sufeng Zhang, Liwei Qian, Ning Wei, Valentin Nica, Sergiu Coseri, Fei Han	2022 年 32 卷 2204565 页	2022 年 08 月 15 日	Sufeng Zhang, Liwei Qian	Xue Yao	姚雪, 张素风, 钱立伟, 魏宁, 韩菲	341	WOS	是
2	Potassium permanganate oxidation as a carboxylation and defibrillation method for extracting cellulose nanofibrils to fabricate films with high transmittance and haze	Green Chemistry	Yali Liu, Sufeng Zhang, Rui Lin, Lei Li, Min Li, Min Du, Ruihua Tang	2021 年 23 卷 8069 页	2021 年 10 月 18 日	Sufeng Zhang	Yali Liu	刘亚丽, 张素风, 林瑞, 李磊, 李敏杜, 唐蕊华	37	WOS	是
3	An injectable and self-healing cellulose nanofiber-reinforced alginate hydrogel for bone repair	Carbohydrate Polymers	Shuyuan Cui, Sufeng Zhang, Sergiu Coseri	2023 年 300 卷 120243 页	2023 年 01 月 15 日	Sufeng Zhang	Shuyuan Cui	崔书源, 张素风	80	WOS	是
4	Dissolvable sugar barriers to enhance the sensitivity of nitrocellulose membrane lateral flow assay for COVID-19 nucleic acid	Carbohydrate Polymers	Ruihua Tang, Nur Alam, Min Li, Mingyue Xie, Yonghao Ni	2021 年 268 卷 118259 页	2021 年 09 月 15 日	Ruihua Tang, Yonghao Ni	Ruihua Tang	唐蕊华, 李敏, 谢明月	33	WOS	是
5	Fabrication of efficient protein imprinted materials based on pearl necklace-like MOFs bacterial cellulose composites	Carbohydrate Polymers	Liwei Qian, Yuxuan Yang, Tiantian Xu, Sufeng Zhang, Valentin Nica, Ruihua Tang, Wenqi Song	2022 年 294 卷 119835 页	2022 年 07 月 08 日	Liwei Qian, Sufeng Zhang, Wenqi Song	Liwei Qian	钱立伟, 杨雨璇, 徐甜甜, 张素风, 唐蕊华, 宋文琦	7	WOS	是

六、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
张素风	1	处长	二级教授	陕西科技大学	陕西科技大学	成果第一完成人，项目总负责，制定项目整体方案和实施计划，对项目进行实验设计、理论推导、技术创新及应用。对 3 个发现点做出了创造性贡献，具体为：（1）发现并提出了高锰酸钾自催化体系促进木质纤维素氢键解离新策略，可实现快速批量制备纳米纤维素；（2）克服了电荷载体与水凝胶聚合物网络分子交联区域不兼容的难题，构建了动态共价键-超分子聚合协同结构，同步提升水凝胶力学性能和导电性能；（3）创建了基于纳米纤维素骨架结构的自组装凝胶开放性平台，为简单一步法构筑高性能和多功能集成凝胶新型材料提供普适路径。第 1、2、3、5 篇代表性论文的作者。
刘亚丽	2	无	助理研究员	中国科学院新疆理化技术研究所	陕西科技大学	成果第二完成人，项目的技术骨干，协助制定项目实施方案和技术路线，负责研究方案的推进，参与实验室试验。对发现点 1 和 3 作出了重要贡献，具体为：（1）提出了纳米纤维素高效解离实施路线，并完成实验过程；（2）揭示了高锰酸钾自催化体系对纤维素纳米化氢键解离机制；（3）制定了纳米纤维素微观尺寸结构精准调控方案。是第 2 篇代表论文的作者。
宋文琦	3	无	副教授	西京学院	西京学院	成果第三完成人，项目技术骨干，协同构筑离子液体与纳米纤维素凝胶网络及应用验证。协助完成离子液体性能研究，积极推动成果工程化。主持完成“功能化纤维素凝胶材料技术开发”等横向课题，通过与企业联合攻关，成功实现离子液体改性策略在纤维素基凝胶体系中的应用验证，为生物质高值化利用、柔性电子与新型过滤材料提供了可行路径。该工作有效衔接了基础理论与产业需求，为项目的科学发现与应用推广提供了重要支撑。是第 5 篇代表

						性论文的作者。
唐蕊华	4	无	副教授	陕西科技大学	陕西科技大学	成果第四完成人，项目技术骨干，协助制定项目实施计划和应用策略，对项目进行实验设计及应用拓展。（1）参与了高锰酸钾自催化体系促进木质纤维素氢键解离新策略的研讨；（2）创建了基于纤维素膜的双糖双糖屏障溶解延迟策略的改性方法，提高了侧流层析试纸的检测灵敏度，为进一步构筑高灵敏的新型纤维素基材料提供普适路径。是第 2、4、5 篇代表性论文的作者。
钱立伟	5	无	副教授	陕西科技大学	陕西科技大学	成果第五完成人，负责纤维成形机理探究，协助技术方案制定，对发现点 2 和 3 有重要贡献，具体为：（1）揭示离子液体对水凝胶网络在动态拉伸下的形态演化及性能调控规律；（2）解析了纳米纤维素自组装网络与蛋白分离、载药控释等功能作用的关联关系。是第 1、4、5 篇代表性论文的作者。
姚雪	6	无	无	陕西科技大学	陕西科技大学	成果第六完成人，项目技术骨干，协助制定项目实施方案和技术路线，负责研究方案实施推进，参与实验室试验。对发现点 2 和 3 有重要贡献，具体为：（1）基于多重动态共价键和超分子结构共交联策略，设计了离子液体合成路线，引入动态共价键，构建自组装凝胶网络；（2）揭示动态共价键交联的三维网络结构形成机制，推动纤维素导电材料的创新发展。是第 1 篇代表性论文的作者。

七、主要完成单位情况

单位名称	陕西科技大学				
排 名	1	法定代表人	黄剑锋	所在地	陕西西安
单位性质	高等院校	传 真	86168071	邮政编码	710021
通讯地址	陕西省西安市未央区陕西科技大学				
联 系 人	李薇	单位电话	029-86168071	移动电话	
电子邮箱	liwei@sust.edu.cn				
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>陕西科技大学作为本项目的完成单位，是本项目科学研究主要来源基金和计划项目的依托单位。在这些项目实施过程中，负责项目的管理和监督工作。本项目组成员所在的轻工科学与工程学院(柔性电子学院)也在科研工作安排、研究条件、实验检测设备、技术支持和人员配备、项目验收等方面给予了大力的支持，确保了项目的顺利完成。</p> <p>为创新成果的主要贡献者，制定了整个项目的研究方案和实施计划，持续开展有关理论、科学技术攻关，并参与指导了项目成果的推广应用等，在理论上和技术应用等方面均取得了显著成绩。其主要贡献：（1）提出了高锰酸钾自催化体系促进木质纤维素氢键解离机制，（2）发展了动态共价键和超分子结构协同构成高性能网络体系；（3）基于分子间相互作用的自组装网络的构筑，探究了纳米纤维素基凝胶网络体系的构建及应用性能。</p> <p>本项目聚焦纤维素多羟基结构，创新发展了纤维素纳米化解离路径，开展动态共价键-超分子聚合，创制了兼具高力学性能、高导电性能、自修复、高粘附的凝胶网络体系，推动了纤维素化学与凝胶功能材料的理论体系构建。相关成果在Adv. Funct. Mater.、Green Chem.等期刊发表论文200余篇，他引2000余次，获授权美国发明专利1件，中国发明专利40余件，出版著作/教材5部。</p>					
<p>声明：本单位同意完成单位排名，遵守《陕西省科学技术奖励办法》及其实施细则的有关规定，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。如产生争议，保证积极配合调查处理。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。</p>					
法定代表人签名：			单位（盖章）		
年 月 日			年 月 日		

单位名称	西京学院				
排 名	2	法定代 表 人	任万钧	所在地	陕西西安
单位性质	高等院校	传 真	029-85628222	邮政编码	710123
通讯地址	陕西省西安市长安区西京路1号				
联 系 人	赵玉真	单位电话	029-85628024	移动电话	
电子邮箱	zhaoyuzhen@xijing.edu.cn				
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>项目第二完成单位，西京学院在项目实施过程中依托西安市重点实验室科研平台，为研究提供了系统性的条件保障与技术支撑。在实验场地、仪器设备共享、检测分析及科研管理等方面，均给予了有力支持；同时组织科研团队积极参与研究方案设计与实施，推动了项目的顺利开展。</p> <p>在研究工作中，西京学院承担了部分聚离子液体与纤维素协同构筑功能材料的实验研究与理论分析，撰写并发表多篇研究论文，有效提升了成果的学术影响力与国际认可度；在应用推广环节，西京学院充分发挥与企业合作的优势，围绕横向课题开展成果验证与示范应用，推动了功能化纤维素凝胶与聚离子液体改性材料在实际场景中的落地。</p> <p>西京学院作为本项目的重要完成单位，在研究条件保障、论文成果产出及应用推广转化等方面发挥了关键作用，确保了项目的理论创新与应用价值的同步实现。其主要贡献如下：（1）负责项目部分管理与研究方案设计；（2）开放实验场地和分析测试设备，提供实验条件支持；（3）承担离子液体-纤维素材料相关研究任务，并完成论文发表；（4）协助开展成果验证与产业化应用示范，推动产学研结合。</p>					
<p>声明：本单位同意完成单位排名，遵守《陕西省科学技术奖励办法》及其实施细则的有关规定，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。如产生争议，保证积极配合调查处理。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。</p>					
法定代表人签名：			单位（盖章）		
年 月 日			年 月 日		

八、完成人合作关系说明

纳米纤维素是新一代高性能、可持续的生物基纳米材料之一，凭借其独特的物理化学特性，正在以材料性能突破和产业生态重构推动造纸及关联产业的发展格局，推动造纸业向绿色智能转型，其应用潜力已从传统造纸延伸至能源、电子、医疗等战略领域。纤维素纳米化解离及自组装凝胶构筑领域的突破是推动纳米纤维素制备技术进步与功能化应用的重要发展方向。当前，面向国家智能传感器件、凝胶生物医用材料的开发如火如荼。

本项目完成人均为我国从事纤维素化学及功能材料开发领域的代表性研究人员，2015年经项目负责人张素风教授的交流合作，形成了上述单位和人员的研究团队，并共同申报建设了陕西省生物质化学与材料国际联合研究中心。研究内容的主要完成人中，第一完成人张素风为团队和课题负责人，第三完成人宋文琦、第四完成人唐蕊华及第五完成人钱立伟分别承担课题机制研究和复合材料结构设计研发前沿探索，共同研究了纳米纤维素氢键解离和功能材料结构设计，在 *Adv Funct Mater* 等期刊上合作发表了多篇论文（见附件代表性论文2、4和代表作论文5）。

第二完成人刘亚丽和第六完成人姚雪分别为课题主要研究骨干（见附件代表性论文1和代表作论文2）。其中刘亚丽与课题组合作发表了 *Green Chem*、*Adv Fiber Mater* 等高水平期刊论文，并共同获优秀论文奖2项及2025年陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖一等奖。刘亚丽于2023年从陕西科技大学毕业，就职于中国科学院新疆理化技术研究所，目前已获批国家自然科学基金、国家博士后科学基金博新计划、特别资助、面上项目等项目。姚雪目前通过硕博连续就读于陕西科技大学，计划今年底毕业，通过国家留学基金委（CSC）创新项目的公派在加拿大不列颠哥伦比亚大学（UBC）进行1年的联合培养；迄今姚雪同学已经在张素风教授和钱立伟副教授的共同指导下，在 *SusMat*、*Adv Fiber Mater*、*Carbohydr Polym*、精细化工等高水平学术期刊发表论文5篇，并在陕西省第七届研究生创新成果展、大学生互联网+学科竞赛中斩获国家级和省级5项奖项。

承诺：本人作为第一完成人，对本成果完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。

第一完成人签名：

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者 (本项目排名)	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	论文合著	姚雪 (6) 张素风 (1) 钱立伟 (5)	2022.03-2022.06	代表性论文 2	附件 1	
2	论文合著	刘亚丽 (2) 张素风 (1) 唐蕊华 (4)	2021.07-2021.09	代表性论文 1	附件 2	
3	论文合著	张素风 (1)	2022.06-2022.10	代表性论文 3	附件 3	
4	论文合著	唐蕊华 (4)	2021.01-2021.08	代表性论文 4	附件 4	
5	论文合著	钱立伟 (5) 张素风 (1) 宋文琦 (3) 唐蕊华 (4)	2022.05-2022.07	代表性论文 5	附件 5	
6	共同获陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖	张素风 (1) 刘亚丽 (2) 钱立伟 (5)	2024.12-2025.03	2025 年陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖一等奖	其他附件 13	
7	共同参与省级国合基地建设	张素风 (1) 钱立伟 (5) 唐蕊华 (4)	2018.06-2022.12	陕西省生物质化学与材料国际联合研究中心	其他附件 6	
8	共同获优秀论文奖	张素风 (1) 刘亚丽 (2)	2022.03-2024.05	期刊优秀论文	其他附件 14	
9	共同获优秀论文奖	张素风 (1) 刘亚丽 (2)	2021.12-2024.06	期刊优秀论文	其他附件 15	
10	共同获陕西省研究生创新成果奖	姚雪 (6) 张素风 (1) 钱立伟 (5)	2023.05-2023.10	陕西省第七届研究生创新成果展高质量成果 B 档	其他附件 16	