

项目公示信息（科技进步奖）

一、项目名称：环境友好功能性聚氨酯/纤维基复合材料创制关键技术及应用

二、提名者及提名意见

该项目以国家“双碳”目标下传统产业改造升级迫切需求为牵引，历经十余年持续研究，在高固含量、纳米功能化水性聚氨酯生产技术—涂层发泡致孔技术—水性聚氨酯涂布干燥技术—产业化应用全过程取得了系列发明和创新，开发出一套可替代传统溶剂型聚氨酯的高固含量水性聚氨酯、无溶剂聚氨酯及其纤维基复合材料生产关键新技术集成，创制出具有自主知识产权的系列环境友好功能性聚氨酯/纤维基复合材料。所形成的相关技术先后在陕西、江苏、浙江、安徽、山东、福建等聚氨酯、纺织品、合成革生产企业推广应用，为纺织涂层及合成革行业VOCs和DMF源头阻断提供了关键技术支撑和物质基础，实现了生产过程的“降耗增效”，引领了这一传统民生产业的变革与提升。

项目获授权专利51件其中国家发明专利48件，实用新型3件；形成行业与团体标准共计5件；发表论文58篇；培养博硕士35人，获得陕西省高等学校科学技术研究优秀成果**特等奖1项**；陕西省西安市科学技术奖励**一等奖1项**。

提名者：陕西省教育厅

推荐材料齐全、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推荐条件。特提名为陕西省科学技术一等奖。

三、项目简介

该项目属轻工领域，涉及纺织、高分子材料、皮革、合成革等行业生产技术。

聚氨酯/纤维基复合材料是近年来快速发展的多用途复合新材料，我国年产量超50亿米，占全球产量70%。它是以纺织、无纺布为底基，浸渍或涂覆微孔聚氨酯，经一系列复杂工艺加工而成。但其所用聚氨酯大多为溶剂型，制造过程会产生大量VOCs（生产中VOCs排放达120万吨/年）而呈现非生态化。水性聚氨酯和无溶剂聚氨酯是溶剂型聚氨酯的最佳替代产品，但是水性聚氨酯制备中存在“高粘低固”，在涂层生产中存在“高耗低效”，产品存在涂层力学性能不足、产品服用舒适性不佳；功能化材料制备与应用、纳米材料分散与相容、与基布复合成型、涂层增强关键环节存在诸多科学问题与技术瓶颈，制约了功能化水性、无溶剂聚氨酯/纤维基复合材料的发展。项目针对上述关键问题，在国家高技术研究发展计

划（863 计划）、国家自然科学基金，浙江省科技计划项目、陕西省教育厅产业化项目和西安市科技局项目的支持下，经过十多年研究，在织物涂层用高固含量水性聚氨酯工程化制备及力学性能提高、水性聚氨酯/纤维基复合材料高效制备、纳米功能相原位合成、复合增强、功能融合等技术方面取得了系列发明和创新，创制开发出一套可替代传统溶剂型聚氨酯的高固含量水性聚氨酯、无溶剂聚氨酯及其纤维基复合材料生产新技术体系，制备出具有自主知识产权的系列功能性聚氨酯/纤维基复合材料。主要科技创新包括：（1）依据球状物体堆积密度数学模型，通过界面调控，发明原位聚合法纳米增强的高固含量、高耐磨环境友好聚氨酯的制备新方法。解决了高粘低固这一高固含量水性聚氨酯生产中的难题；实现纳米材料和水性聚氨酯优势互补，赋予涂层材料特殊的耐磨耐刮、耐水等高物性和功能性。（2）创新研发水性聚氨酯湿法、无溶剂聚氨酯化学发泡的贝斯制造技术和基于“巯基-烯”点击化学的乙烯基胶原蛋白接枝改性超细纤维合成革基布技术。解决了传统纺织涂层扁薄、丰满性和透湿性差的问题；实现贝斯泡孔结构的可控调节，开发出具有良好的吸、排湿性以及高的干湿擦色牢度，符合环境要求的产品。（3）据热力学第二定律，创新研发出低温、除湿快速干燥技术，打破传统的水性聚氨酯干燥速度慢、生产效率低、能耗高的技术瓶颈；结合智能化精密浸渍、涂布技术，降本增效，打造绿色智能生产线，推进工业低碳发展。（4）采用层层组装、纳米粒子原位聚合等方法，解决纳米粒子在水性聚氨酯中的分散难题；构建系列环境友好、功能融合的聚氨酯复合涂层，解决目前市场涂层产品功能单一、产品雷同、涂层力学耐久性能差等问题。

项目获授权专利 51 件其中国家发明专利 48 件，实用新型 3 件；形成行业与团体标准共计 5 件；发表论文 58 篇；培养博硕士研究生 35 人，获得陕西省高等学校科学技术研究优秀成果特等奖、陕西省西安市科学技术奖励一等奖。本项目技术先后在陕西、浙江、安徽等地的聚氨酯、纺织、合成革生产企业推广应用，为企业带来了显著的经济和社会效益，对我国聚氨酯、纺织涂层、合成革产业的技术进步、产品升级和可持续发展有重大推动作用。

四、客观评价

（1）查新报告

环境友好功能化聚氨酯织物涂层材料的创制关键技术，该项目研究出了一套可替代传统溶剂型聚氨酯的环境友好功能化聚氨酯/纤维基复合材料生产新技术体系。2025年8月，经教育部科技查新工作站（G15）对该项目涉及的四个创新点进行了国内外查新，结论为：在本次检索范围及时限内，除该项目委托人申请的专利分别涉及查新点的部分内容外，未检索到其他和本委托项目查新点相同的国内外公开文献报道。

（2）课题验收意见

科技部对国家“863”重大计划“发泡型水性聚氨酯制造和应用关键技术”（项目编号：2015AA033903）项目进行验收，主要结论为：通过课题实施，突破了水性聚氨酯树脂分子

设计与合成、连续化生产、机械发泡与控制、水性湿法制备贝斯及生产线设计等关键技术，解决了水性聚氨酯耐水性和机械性能差、泡孔升温坍塌、贝斯剥离负荷与手感不平衡等技术难题。同时，建成了万吨级水性聚氨酯示范生产线1条和水性湿法贝斯示范生产线8条，实现了发泡型水性聚氨酯树脂的量产及其在合成革领域中的规模应用。

国家自然科学基金委对自然基金项目“基于“点击化学”构建胶原蛋白修饰超细纤维合成革基材及其吸湿透湿性研究”（项目编号：21808136）进行结题验收，项目顺利通过结题验收。

陕西省教育厅对服务地方专项项目“基于高固含量水性聚氨酯的功能合成革生产技术研究”（项目编号：16JF003）进行验收，主要结论为：项目研发出高固型水性聚氨酯制备技术；泡孔型水性base制备技术；合成革用功能性水性聚氨酯制备技术。实现了生产过程VOCs、DMF零排放，增加了产品功能、提升产品档次。

浙江省科技厅对“合成革清洁化生产技术与开发”项目（编号：2011C31004）进行验收，主要结论为：项目围绕着提高合成革质量和档次、实现清洁化生产和降低污染物后处理难度等三大目标，对合成革生产中贝斯、面层、表处等关键共性技术进行系统性地研究。开发了全水性聚氨酯合成革生产技术，项目产品经嘉兴市皮毛和制鞋研究所测试中心检测，技术指标达到了合同书的要求。经用户反应效果良好。

西安市科学技术局对技术转移促进工程项目“基于高固型水性聚氨酯的生态合成革生产技术研究”（项目编号：CXY1344（2））进行验收，主要结论为：该项目围绕提高合成革质量、实现清洁化生产和降低后处理难度三大目标，研发了高固含量水性聚氨酯、功能性水性聚氨酯生产技术，用于水性聚氨酯合成革生产，实现了生产过程VOCs、DMF零排放，增强了产品透气性和透水汽性、提升了产品性能。

（3）获得奖励情况

2023年4月获得陕西省高等学校科学技术研究优秀成果特等奖；2018年2月获得陕西省西安市科学技术奖励一等奖。

（4）同行评价

中国工程院石碧院士对本技术成果高度评价，他认为本技术成果“打破了传统的水性聚氨酯干燥速度慢、生产“高耗低效”的技术瓶颈；结合智能化精密浸渍、涂布技术，降本增效，打造绿色智能生产线，推进了合成革工业的低碳发展”。

项目发表核心期刊论文58篇。其中SCI收录28篇，EI收录15篇。

加拿大纽芬兰纪念大学Sohrab Zendeboudi教授在在国际权威综述期刊Materials & Design (2021, 204, 109599 , ESI高被引论文)中评价本项目研究成果 (Journal of colloid and interface science, 2017, 512(2):567-574) 改性聚氨酯和疏水二氧化硅纳米粒子复合涂层，认为所制备的耐高温超疏水涂层具有重要的应用价值。意大利那不勒斯费德里克二世大学de Luna, Martina Salzano教授在在国际期刊 (Adv. Mater. Interfaces 2022, 9, 2101775) 中评价本

项目研究成果 (Progress in Organic Coatings, 2021, 157: 106282) 所制备的含氟水性聚氨酯膜静态接触角和拉伸强度达 125.8 ° 和 36.63 Mpa, 认为这种新型水性涂料在防腐领域具有良好的应用前景。

五、应用情况

本项目技术成果基于“绿色环保”、“节能降耗”和提高产品附加值的理念, 针对传统溶剂型聚氨酯会产生大量 VOCs 危害环境和人类健康、水性聚氨酯成膜干燥速度慢、能耗高、生产效率低; 涂层耐水、耐磨性、力学性能差等问题, 契合国家“双碳”目标要求和市场对功能化、差别化、高附加值产品的需求, 紧紧围绕高固耐磨水性聚氨酯制备, 环境友好聚氨酯合成革贝斯生产, 低温、除湿快速干燥技术, 层层组装功能化涂层构建等环保聚氨酯和功能化涂层创制的新技术体系集成。项目获授权专利 51 件, 形成行业标准 5 件, 其中“绿色设计产品评价技术规范 水性和无溶剂人造革合成革”标准的制定是支撑工信部《绿色制造工程实施指南 2016-2020》构建绿色标准体系的一部分, 为建立合成革绿色制造体系提供了标准技术支撑, 也为行业开展相关认证评价提供了依据。

本项目创制的高固含量水性聚氨酯制备技术在项目完成单位合肥科天水性科技有限责任公司实现产业化, 建立 10 万吨级水性聚氨酯树脂生产线, 打破了该类产品的国外技术垄断, 为制造水性聚氨酯合成革奠定了基础。创制的配套水性聚氨酯的干/湿凝固涂层生产技术、无溶剂聚氨酯化学发泡技术已经在项目完成单位苏州瑞高新材料股份有限公司、福鼎利都超纤皮革有限公司、福建极利新材料科技有限公司实现产业化, 环境友好合成革年产能 3500 万米、全水性聚氨酯超纤革 100 万米, 产品应用广泛, 下游客户包括比亚迪、小鹏、上海大众、理想、安踏、乔丹等知名企业。目前, 国内水性、无溶剂聚氨酯合成革生产多以此技术体系为主, 并且此技术也推广到天然皮革二层革的生产和纺织涂层材料的生产。创新开发的水性聚氨酯涂层专用低温快速干燥和配套的智能化浸渍、涂布技术, 解决了水性聚氨酯涂层干燥时间长、生产效率低的技术瓶颈, 生产速度比传统技术提高 3 倍, 能耗降低 3~5 倍, 使企业生产成本降低, 生产效率大幅度提高, 整个生产过程环境污染小, 节能降耗效果显著; 该技术由项目完成单位西安一成机械设备有限公司在浙江、江苏、福建等地多家合成革企业推广, 应用企业评价该技术在提高生产效率、降低能耗, 节约成本方面效果显著, 该技术显著促进了水性聚氨酯的市场化应用进程。创制的系列环境友好、多功能一体的聚氨酯/纤维基复合材料技术, 在项目完成单位陕西元丰新材料科技有限公司产业化, 开发的安全防护用纺织品、高性能复合增强材料及医用、农用纺织品等被成功应用于航空、航天、警用、石化、电力防护、应急救援等领域, 提高了产品附加值, 拓展了产品应用领域, 产品销往欧美、中东、东南亚和非洲等五十多个国家和地区。

本成果助力行业实现绿色转型与“双碳”目标, 引领新型涂层材料和成型技术向多功能系统化、高效节能环保化方向发展。

六、主要知识产权和标准规范等目录（限 10 条）

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	高固自修复型水性聚氨酯丙烯酸酯及其制备方法	中国	ZL202010945523.9	2022.03.01	4966846	陕西科技大学	王学川，王园园，冯见艳
2	发明专利	磺化改性氧化石墨烯/高固含量水性聚氨酯的制备方法	中国	ZL201710570823.1	2020.05.05	3781770	陕西科技大学	冯见艳，王学川，罗晓民，王宇杰，白鹏霞
3	发明专利	一种高吸湿透湿性海岛型超细纤维合成革基布的制备方法	中国	ZL201610393907.8	2019.04.11	3324776	陕西科技大学	徐娜，王学川，任龙芳，马向东，石叶叶，强涛涛
4	发明专利	一种光可逆的自愈合无溶剂聚氨酯组合物、合成革贝斯及制备方法	中国	ZL201910021943.5	2021.06.11	4482041	陕西科技大学	罗晓民，胡文杰，冯见艳
5	发明专利	高疏水型防静电复合涂料及其制备方法	中国	ZL 201410396314.8	2017.12.26	2755569	陕西科技大学	冯见艳，张鹏，罗晓民，刘蕊
6	发明专利	一种工业明胶-封闭型水性聚氨酯胶黏剂组合物及其施工方法	中国	ZL201810600620.7	2020.07.21	3896351	陕西科技大学	王学川，张思肖，刘新华
7	发明专利	一种焊接防护面料的原位聚合水凝胶整理方法及其防护服	中国	ZL202211128080.X	2023.09.12	6319618	陕西元丰纺织技术研究有限公司	李世雄，徐炎炎，权国明，蔡普宁，樊争科，刘琳，孙凯飞，杨佗，侯琳
8	发明专利	一种水性无溶剂汽车内饰材料及其加工工艺	中国	ZL202111605897.7	2023.08.01	6195711	马鞍山瑞高科技有限公司	张哲，任仲伟，李玉坤，高金岗

9	行业标准	织物涂层用水性聚氨酯树脂	中国	HG/T5879-2021	2021.03.05	82296-2021	合肥科天水性科技有限责任公司	戴家兵，朱有奎，孙家宽，李维虎，张初银，祝彬等
10	行业标准	防熔融金属飞溅织物	中国	FZ/T64083-2021	2021.08.21	84730-2022	陕西元丰纺织技术研究有限公司	刘琳，白振华，李文辉，曹丽霞，班艳，孙兰收，李齐红等

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
王学川	1	原副校长	教授	陕西科技大学	陕西科技大学	项目总负责人，项目的顶层设计策划，环境友好功能化聚氨酯/纤维基复合材料关键技术的研究，对创新点 1, 2, 3, 4 有贡献。
罗晓民	2	无	教授	陕西科技大学	陕西科技大学	项目主要完成人，总体方案制定，组织并参与产品研发、试验研究和技术推广。对创新点 1, 2, 3, 4 有贡献。
冯见艳	3	无	副教授	陕西科技大学	陕西科技大学	负责功能化聚氨酯/纤维基复合材料研发，参与项目申报、试验方案设计与具体实施。对创新点 1, 2, 4 有贡献。
张鹏	4	无	讲师	陕西科技大学	陕西科技大学	开发导电等功能性聚氨酯与涂层干燥成型技术，对创新点 3, 4 有贡献。
李世雄	5	董事长	高级工程师	陕西元丰新材料科技有限公司	陕西元丰新材料科技有限公司	负责功能化纺织品技术研究方案设计与实施，组织开展中试生产并进行产业化应用推广。对创新点 1, 4 有贡献。
李维虎	6	总经理	研究员	合肥科天水性科技有限责任公司	合肥科天水性科技有限责任公司	负责环境友好功能化聚氨酯关键技术研发、中试生产与产业化应用。对创新点 1, 2 有贡献。
张哲	7	技术副总	高级工程师	苏州瑞高新材料股份有限公司	苏州瑞高新材料股份有限公司	负责环境友好聚氨酯汽车内饰革方案设计与实施，组织开展中试生产与产业化应用推广。对创新点 2, 4 有贡献。
樊建军	8	董事长	工程师	西安一成机械设备有限公司	西安一成机械设备有限公司	负责低温干燥关键技术的方案设计与精密涂布系统设备改造和生产方案实施。对创新点 2、3 有贡献。
刘新华	9	无	副教授	陕西科技大学	陕西科技大学	开发原位合成纳米增强树脂技术，对创新点 1、2 有贡献。
蒋坤	10	副总经理	工程师	福建极利新材料科技有限公司	福建极利新材料科技有限公司	负责水性聚氨酯超细纤维绒面革的开发及产业化应用，对创新点 2 有贡献。
李建孝	11	总经理	工程师	福鼎利都超纤皮革有限公司	福鼎利都超纤皮革有限公司	负责仿生真皮、功能性聚氨酯合成革生产技术的中试和产业化应用，对创新点 2、4 有贡献。
樊鹏	12	总经理	工程师	西安一成机械设备有限公司	西安一成机械设备有限公司	负责低温干燥关键设备的中试生产与产业化推广，对创新点 3 有贡献。
刘琳	13	研发部部长	高级工程师	陕西元丰新材料科技有限公司	陕西元丰新材料科技有限公司	开发阻燃等功能性安全防护用纺织品，对创新点 4 有贡献。

任龙芳	14	无	教授	陕西科技大学	陕西科技大学	开发高性能和功能性聚氨酯制备，对创新点 1 有贡献。
徐娜	15	无	高级工程师	陕西科技大学	陕西科技大学	开发高吸透湿性超细纤维无纺布制备技术，对创新点 2 有贡献。

八、主要完成单位及创新推广贡献

陕西科技大学，项目第一完成单位，负责项目管理与组织协调，制定研究方案和实施计划。在项目实施过程中授权发明专利 36 件，发表论文 58 篇，获得陕西省教育厅科学技术研究优秀成果特等奖 1 项，陕西省西安市科技进步一等奖 1 项。负责高固含量水性聚氨酯、功能性纳米材料、环境友好功能化聚氨酯/纤维基复合材料应用关键技术的研发。

陕西元丰新材料科技有限公司，项目第二完成单位，在项目实施过程中，授权中国发明专利 5 件，获批准标准 1 件。负责功能化纺织品技术研发、中试生产与产业化应用，产品广泛应用于航空航天、应急、石油化工等领域。

合肥科天水性科技有限责任公司，项目第三完成单位，在项目实施过程中，授权中国发明专利 2 件，获批准标准 3 件。负责环境友好功能化聚氨酯关键技术研发、中试生产与产业化应用。

西安一成机械设备有限公司，项目第四完成单位，授权中国实用新型专利 2 件，研发了低温、除湿快速脱水干燥技术和配套生产工艺，打破传统的水性聚氨酯干燥速度慢、生产效率低、能耗高的技术瓶颈。

苏州瑞高新材料股份有限公司，项目第五完成单位。在项目实施过程中，授权中国发明专利 3 件，实用新型专利 1 件，获批准标准 1 件。负责无溶剂聚氨酯合成革关键技术研发、中试生产与产业化应用，产品主要应用于汽车内饰领域。

福鼎利都超纤皮革有限公司，项目第六完成单位，在项目实施过程中，负责仿生真皮、功能性聚氨酯合成革生产技术的中试和产业化应用。

福建极利新材料科技有限公司，项目第七完成单位，在项目实施过程中，授权中国发明专利 2 件，负责水性聚氨酯/超细纤维绒面革生产技术的中试和产业化应用。

九、完成人合作关系说明

第 1 完成人王学川教授与第 2 完成人罗晓民、第 3 完成人冯见艳、第 9 完成人刘新华是陕西省“三秦学者”创新团队的核心成员；上述完成人与第 4 完成人张鹏、第 14 完成人任龙芳、第 15 完成人徐娜是多项发明专利的共同发明人、论文的共同作者、项目的共同完成人、陕西省教育厅科学技术研究优秀成果特等奖的共同获得者。

第 5 完成人李世雄是陕西元丰新材料科技有限公司总经理，与第 13 完成人刘琳是多项发明专利

的共同发明人，与第 1、2、3 完成人共同项目合作。第 6 完成人李维虎为合肥科天水性科技有限责任公司总经理，参与制定了“织物涂层用水性聚氨酯树脂”的行业标准，与第 2、3 完成人是项目的共同完成人，陕西省教育厅科学技术研究优秀成果特等奖的共同获得者。第 7 完成人张哲是苏州瑞高新材料股份有限公司技术副总，与第 1、2、3 完成人是多项发明专利的共同发明人、论文的共同作者、陕西省西安市科技进步一等奖的共同获得者。第 8 完成人樊建军是西安一成机械设备有限公司董事长，与第 12 完成人樊鹏、第 2、3、4 完成人是项目的共同完成人、陕西省教育厅科学技术研究优秀成果特等奖的共同获得者。第 10 完成人蒋坤是福建极利新材料科技有限公司副总经理，是第 1、2 完成人的学生，与第 2 完成人是项目的共同完成人。第 11 完成人李建孝是福鼎利都超纤皮革有限公司总经理，与第 1、2、3、4 完成人是项目的共同完成人、陕西省教育厅科学技术研究优秀成果特等奖的共同获得者。