

2026 年度拟提名陕西省科技进步奖项目公示内容

一、项目名称

应急救援与特种作业个体热防护服关键材料与技术的研发及应用

二、提名者及提名意见

提名者：陕西省科学技术厅

提名意见：该项目以我国冶金、电力、石化等关键行业超千万特种作业人员及消防救援队伍的高水平安全防护重大需求为牵引，历经十余年持续攻关，构建了“防护原理—核心材料—关键技术—防护服装”全链条创新体系，在理论模型建立、有色间位芳纶可控制备、阻燃 Lyocell 纤维原创开发与产业化、多组分混纺纱线成型及热响应织物设计制备等核心环节取得系列发明和创新，开发出一套可替代国外高端热防护产品的高等级个体热防护装备生产关键新技术，创制出具有自主知识产权的系列化国产热防护服装与材料。所形成的相关技术先后在江苏、浙江、山东、陕西等纤维制造、纺织印染、个体防护装备生产企业推广应用，为国内重点行业热防护装备国产化替代和自主可控提供了关键技术支撑和物质基础，实现了高端热防护产品的“降本增效”与规模化出口，引领了我国阻燃热防护技术从跟跑到领跑的跨越式发展。

项目获授权发明专利 39 件、实用新型专利 24 件，软件著作权 3 件，制修订国家标准 10 项、行业标准 4 项、团体标准 1 项，发表论文 31 篇；整体技术达到国际领先水平，获中国纺织工业联合会科技进步奖一等奖 1 项、二等奖 1 项；成果已广泛应用于冶金、电力、消防等领域，其中森林消防服近 5 年国家消防救援局配装率超 40%、特种作业服央企市场占有率超 60%；项目成果打破西方国家在高端热防护材料及制品领域的技术封锁，推动我国阻燃热防护技术实现历史性跨越。

提名该项目为 2026 年度陕西省科学技术进步奖一等奖。

三、项目简介

我国作为全球制造业大国，冶金、电力、石化等关键行业的特种作业人员及消防救援队伍逾 1000 万，其防护水平直接关乎国家工业安全与人民生命健康。传统阻燃后整理防护服难以满足熔融金属飞溅、高压电弧、狭小空间焊接、火灾等极端环境对高热防护与高力学性能的双重要求，致使热伤害事故频发，严重威胁国家工业体系安全运行。长期以来，高端热防护用原液着色芳纶纤维被美国杜邦、日本帝人垄断，价格高昂且对华技术封锁，国产芳纶纤维则存在强度不足、色泽偏暗、日晒牢度差等短板，致使高等级热防护服成本居高不下，难以大规模普及。与此同时，国内热防护领域长期缺乏针对不同灾害场景的差异化评价标准与检测装备，进一步制约了产业自主发展。因此，亟需突破核心材料与技术瓶颈，构建“防护原理—核心材料—关键技术—防护服装—检测装备”

全链条创新体系，完成从阻燃纤维分子设计到防护服制造的全面突破，实现高等级热防护服国产化替代，为千万作业人员提供“穿得起、穿得住、穿得安全”的高端热防护装备。

四、客观评价

1.成果鉴定和项目绩效评价

项目成果获孙晋良、陈文兴、徐卫林、程博闻等纺织领域院士专家的高度认可：

（1）2025 年 5 月 25 日，中国纺织工业联合会组织“高性能个体热防护服关键材料与技术的开发及应用”项目科技成果鉴定会，由徐卫林院士担任主任，程博闻院士担任副主任的鉴定委员会认为：“形成了‘防护原理—核心材料—关键技术—评价装备’产业技术创新链，实现了个体热防护服的系统性突破，整体技术达到国际领先水平。”

（2）2025 年 7 月 6 日，中国纺织工业联合会组织“高强耐久阻燃再生纤维素纤维产业化关键技术与应用”项目科技成果鉴定会，由陈文兴院士任主任，王锐教授担任副主任的鉴定委员会认为：“项目设计了含羟基、胺基等活性位点的多元素协效阻燃剂，建成了万吨级阻燃 Lyocell 纤维生产线，制备出高强阻燃 Lyocell 纤维。整体技术达到国际先进水平。”

（3）2024 年 6 月 19 日，中国纺织工业联合会组织“个体热防护纺织品及其检测仪器研制与产业化”项目科技成果鉴定会，由孙晋良院士任主任，徐卫林院士任副主任的鉴定委员会认为：“创新设计了热响应三维立体空腔结构，开发了系列热防护面料和防护服，提升了热防护性能和舒适性。研制了 6 种热防护材料检测仪器。整体技术达到国际先进水平。”

2.应用单位评价

项目成果获政府部门与国内外用户的高度认可与评价

（1）政府权威遴选：“消防员轻质高效防护服面料”入选 2024 年工信部安全应急装备应用推广典型案例（工信厅安全函〔2024〕324 号），成为国家重点推广的安全防护技术成果。“高强耐久阻燃莱赛尔纤维产业化关键技术与应用”荣获“第十二届‘中国十大纺织科技’成果”称号。阻燃生物基（莱赛尔）纤维入选国务院国资委《中央企业科技创新成果推荐目录成果手册（2024 年版）》。

（2）国内龙头企业验证：国家电网公司使用并评价项目组研发的个体热防护服：“各项国标强制防护性能的基础上，重点解决行业普遍存在的“防护服厚重闷热、活动受限、穿戴体验差”痛点”。中国南方电网有限责任公司使用并评价项目组研发的个体热防护服：“兼顾高标准安全防护功能性与高原湿热环境专属穿戴舒适性，是适配南方电网高原区域电力检修、基建焊接作业的优质特种个体防护装备”。福建省南平铝业股份有限公司使用并评价项目组研发的熔融金属飞溅防护服：“阻燃性能优异，对熔融金属具有独特的抵抗能力，熔融金属飞溅面料表面可瞬间滑落，形成良好的疏液、隔热效果”。

（3）国际市场认可：英国等国用户评价项目“熔融金属飞溅防护织物手感

柔软、质量轻、耐磨、防护好”；意大利、巴西等国用户评价“电弧防护服具有优异性能，质量轻和高电弧热保护值”等特点；土耳其、韩国等国用户评价“间位芳纶具有高性能和高可靠性”。

3.学术影响力（国内外同行评价）

项目研发成果获得国内外同行的高度认可：

（1）个体防护理论模型突破：项目成果 *Int. J. Therm. Sci.*, 2023, 108550 受国际纺织学会会士 J Fan 教授（*Int. J. Therm. Sci.*, 2024, 108854）高度评价，认为：“考虑空气层的热湿传递模型对于理解消防服热湿传递和优化设计具有显著贡献。”项目成果 *Therm. Sci.*, 2018, 22(6B):2815-2825 受到东南大学张彪教授等（*Int. J. Heat. Mass. Tran.*, 2024, 219:124865）的肯定，认为：“研究考虑了织物厚度、纱线路径和纱线截面形状等关键结构因素，为理解织物传热行为提供了有价值的认识。”

（2）阻燃 Lyocell 纤维技术创新：项目成果 *Cellulose.*, 2025, 32(5): 3403-3419 受再生纤维素功能改性领域多项后续研究（*Ind. Crop. Prod.*, 2025, 232, 120678; *Polym. Degrad. Stabil.*, 2025, 231, 110325）高度评价，认为：“该研究合成的难溶性磷氮协同阻燃聚合物填料，通过共混纺丝实现了 Lyocell 纤维阻燃性、耐洗性与力学强度的平衡，其揭示的凝聚相成炭阻燃机制为高性能永久阻燃纤维素纤维的开发奠定了重要的实验与理论基础”。

（3）多组分纤维混纺复配方案：通过优化混纺比例制得具有阻燃特性的可调温纱线的论文（*纺织学报*, 2025, 46(6): 38-44）入选 2025 年《*纺织学报*》第 6 期封面论文，并入选中国科协 2026 年度结构化论文。

（4）织物结构设计引领：通过织物结构设计和纤维材料选取精准调控织物力学性能和舒适性的论文（*Small*, 2022, 18(10): 2107150）入选 2022 年度 ESI 高被引论文，被国内外学者（*Adv. Mater.*, 2024, 36: 202308748; *Adv. Funct. Mater.*, 2023, 33: 202210769 等）正面引用 134 次，方法得到同行专家的高度认可。

五、应用情况

项目组研发的高强耐久阻燃 Lyocell 纤维制备技术、高耐色牢度有色间位芳纶制备技术、兼具高热防护与舒适性的高性能纱线、织物与服装设计制备等关键技术，以及热环境下人体损伤预测、防护与工效评价系统等，整体应用于中纺院绿色纤维股份公司、泰和新材集团股份有限公司、陕西元丰新材料科技有限公司、优普泰（深圳）科技有限公司、江苏成龙服饰科技有限公司等，为其研发高性能低成本个体热防护材料和服装提供关键技术支撑，为冶金、电力、焊接等特种从业人员和消防救援队伍提供系列化个体热防护服。其中，高性能差别化间位芳纶实现多领域突破性应用，不仅成为电力、焊接与城乡/森林消防等行业防护服的核心材料，更成功拓展至空军飞行服及警用装备等领域，完成国产化替代，显著提升了我国个体热防护服在高温、明火等恶劣条件下的防护性能，为我国个体热防护服的国际竞争力提升奠定了基础；城乡消防灭火防护服已列装全国消防救援队伍，在全国消防救援总队、重点央企专职消防队以及北京、浙江、云南等省（市）

级消防救援队完成应用推广，防护性能获实战检验，为构建现代化消防救援体系提供关键装备支撑；森林消防服实现全国森林消防救援队伍和地方扑火队伍全覆盖，国家消防救援局统筹采购项目研发的森林消防服，列装各省（市）森林消防总队、航空救援森林消防支队、森林消防机动支队等，在 2022 年重庆涪陵山火、2024 年云南临沧山火等多次重大森林火灾救援中展现卓越性能；焊接、熔融金属飞溅、电弧防护服已在能源、军工、航空航天等关键领域实现规模化应用，覆盖了冶金（中冶、中铝）、石油化工（中石油、中石化）、电力（国家电网）、轨道交通（中铁、中车）、军工（中国兵器、中船）、航空航天（中航工业、中国航天）、装备制造（国机集团）等核心工业领域，在守护千万产业工人生命安全的同时，有力保障了国家战略产业安全运行；高性能焊接防护服、熔融金属飞溅防护服、电弧防护服及其配套纱线、织物等产品远销海外，包括英国、西班牙、沙特阿拉伯等全球 50 余个国家。产品以领先的耐高温、阻燃、抗电弧等性能，满足国际严苛标准，展现出我国在个体安全防护技术领域的国际竞争力，推动中国安全防护产业走向世界舞台；热环境人体损伤预测、防护与工效评价系统已在公安部一所、山西新华、上海伊贝纳、上海宝亚、青岛海纳等领军防护装备企事业投入应用，为防护服的织物选型、整体设计、工效评价等提供关键模型支撑；个体热防护服系统性能检测方法与平台，凭借标准化流程和先进检测技术，为上海消防所等科研机构，山东省质检院，西安市纤维检验所，山东广瑞检测技术服务有限公司等权威质检单位，以及探路者等高新企业、北京服装学院等高校，提供专业科研测试与第三方检测服务，有力支撑个体防护装备研发与质量把控。

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	一种单层立体结构防电弧面料及其制备方法	中国	ZL202110540893.9	2022.11.04	第 5556848 号	陕西元丰纺织技术研究有限公司	樊争科、孙凯飞、林娜、侯晓鹏、马建超、穆岩
2	发明专利	高力学性能的单向导湿三向正交机织物及其制备方法	中国	ZL202210144547.3	2023.06.02	第 6023897 号	西安工程大学	樊威、张阁、张小林
3	发明专利	形变状态下热防护织物传热及皮肤烧伤预测方法	中国	ZL202111190887.1	2025.05.06	第 7919752 号	苏州大学	何佳臻、郭静
4	发明专利	一种阻燃 Lyocell 纤维及其制备方法	中国	ZL202110553706.0	2022.09.27	第 5483131 号	中国纺织科学研究院有限公司	高敏、赵庆波、程春祖、徐纪刚、迟克栋、代欣欣、蒋佳星
5	发明专利	一种热气流冲击下纺织品传热性能的测试方法及测试装置	中国	ZL201810377123.5	2020.12.15	第 4152019 号	天津工业大学	郑振荣，韩晨晨，梁华柱，赵晓明
6	发明专利	一种绿色环保的间位芳纶纤维染色方法	中国	ZL202311344328.0	2024.1.24	第 6652317 号	泰和新材集团股份有限公司	宋西全、冷向阳、王益敏、吕继平、宋金苓、奕寿光

7	发明专利	五组份交织而成的防静电阻燃面料及其混纺工艺系统	中国	ZL202210808629.3	2023.11.03	第 6456453 号	江苏成龙服饰科技有限公司	黄振龙
8	发明专利	一种熔融金属铝飞溅防护织物及其制备方法	中国	ZL202111432995.5	2023.10.24	第 6429078 号	南通大学	孙启龙、龙啸云、徐利云、叶伟、季涛
9	发明专利	一种环保型多功能消防隔热服及其生产工艺	中国	ZL202210877762.4	2023.03.21	第 5800642 号	优普泰（深圳）科技有限公司	吴银、邹亮、田文霞、陶美、张雪柔、陈磊
10	发明专利	一种熔融金属飞溅防护面料及其制造方法	中国	ZL201910080732.9	2021.01.05	第 4192449 号	陕西元丰纺织技术研究有限公司	蔡普宁、刘琳、李世雄、张生辉、肖秋利、张小民、苏利涛、陈忠涛、孙凯飞、陈永红、白振华、梁红丽

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
樊威	1	院长	二级教授	西安工程大学	西安工程大学	项目总负责人，项目的顶层设计策划，应急救援与特种作业个体热防护服关键材料与技术的研发及应用。
李世雄	2	董事长	教授级高级工程师	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	主导了特种防护服面料的工程化开发与工艺定型，解决了高等级阻燃面料在保持热防护性能的同时兼顾穿着舒适性的技术难题。
卢业虎	3	院长特别助理	教授	苏州大学	苏州大学	作为项目基础研究板块的负责人，在“防护原理—核心材料—关键技术”的前端链条中发挥了关键作用。
宋西全	4	董事长	工程技术研究员	泰和新材集团股份有限公司	泰和新材集团股份有限公司	主导建成了高白度间位芳纶专用生产线，突破了纤维在生产过程中色泽均一性控制、后处理热定型等工程化难题。
樊争科	5	副总经理	教授级高级工程师	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	作为项目电弧防护装备研发方向的核心完成人。
高敏	6	无	高级工程师	中国纺织科学研究院有限公司	中国纺织科学研究院有限公司	负责阻燃莱赛尔纤维的自主研发、产业化建设及市场推广。
郑振荣	7	无	教授	天津工业大学	天津工业大学	负责柔软防护材料系统化分析方案的建立与实施。
孙启龙	8	无	教授	南通大学	南通大学	负责熔融金属飞溅防护服的防护机理解析与飞溅防护面料开发指导。
刘琳	9	研发部部长	教授级高级工程师	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	负责熔融金属飞溅防护服面料的结构设计与工程化制备。

吴银	10	董事长	高级工程师	优普泰（深圳）科技有限公司	优普泰（深圳）科技有限公司	负责系列热防护服的差异化结构设计、工程化制备与产业化推广。
徐炎炎	11	研发部副部长	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	负责焊接防护服面料的结构设计与工程化制备。
黄振龙	12	总经理	高级工程师	江苏成龙服饰科技有限公司	江苏成龙服饰科技有限公司	负责电弧防护服与焊接防护服的差异化结构设计、工程化制备及产业化推广。
张希文	13	无	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	负责消防灭火服面料的结构设计与工程化制备。
何佳臻	14	无	教授	苏州大学	苏州大学	负责热湿舒适性能评价体系的建立，并主导完善了其在复杂工况条件下的工程化应用验证。
张金忠	15	总工	高级工程师	温州市大荣纺织仪器有限公司	温州市大荣纺织仪器有限公司	负责热防护性能专用测试装备的自主研发、产业化生产与市场推广。

八、主要完成单位情况及创新推广贡献

完成单位	排名	对本项目科技创新和应用推广情况的贡献
陕西元丰新材料科技有限公司	1	研发出用于消防服、焊接防护服、电弧防护服、熔融金属飞溅防护服的纱线和织物。年销售消防服用面料 20 万米，焊接防护服用面料 5 万米，电弧防护服用面料 25 万米，熔融金属飞溅防护面料 10 万米。约占国内市场 40~50%。
西安工程大学	2	通过对个体防护装备进行系统化机理研究，指导了系列个体防护装备的开发，并在此基础上，构建了“机理-材料-结构-效能”多维协同的防护设计范式，实现了从被动防护向主动响应的跨越式创新。
苏州大学	3	基于系统化机理研究，构建了“机理-材料-结构-效能”多维协同设计范式；创建了“生理—心理—行为”三维热湿舒适性评价体系。
泰和新材集团股份有限公司	4	国产阻燃纤维制备和销售中，每年应用于特种作业人员防护 1200 吨，消防救援防护 1000 吨、公安武警特警 100 吨、军队 200 吨。国内市场占有率第一，占 64.4%。
中国纺织科学研究院有限公司	5	制备了用于个体热防护服用阻燃 Lyocell 纤维，年产 8000 吨。
天津工业大学	6	首创非接触式热通量—温度云图同步原位测试法，实现传热过程可视化；为数值模拟提供验证手段，破解验证难痛点；构建低成本、可重复替代方案；打通实验—仿真—开发闭环，指导柔性耐热材料设计与优化。
南通大学	7	针对熔融铝低表面张力易附着痛点，采用有机硅树脂与纳米二氧化硅复合整理含羊毛混纺织物，在保持防护性的同时显著改善面料手感与抗毡缩性，解决了厚重僵硬、服用性差难题，为铝冶炼防护装备提供了兼顾安全与舒适的解决方案。
优普泰（深圳）科技有限公司	8	制备特种防护服装，年销售城乡消防服 5 万套，森林消防服 4.5 万套，阻燃及防电弧服 10 万套，消防抢险救援服 10 万套。
江苏成龙服饰科技有限公司	9	通过多组分阻燃纤维混配，实现阻燃、防静电与舒适性协同；开发可变捻角混纺工艺，攻克碳化无熔滴难题；建立多组分工艺参数库并推广至石化、电力等高危行业，实现从配方到量产的产业化转化。
温州市大荣纺织仪器有限公司	10	成功研发国内首款出汗暖体假人测试系统；建立服装温标体系，为消费者选品与特种职业装热湿舒适性评价提供科学依据；已销售 10 余台至国家电网、中国石油等企业，实现数千万元营收增值，完成产业化转化。

九、完成人合作关系说明

项目完成人之间的合作关系是围绕项目建立的各个单位的合作关系而形成的，通过完成单位之间的项目合作，项目完成人通力配合完成。

项目第一完成人（樊威）与第二完成人（李世雄）、第五完成人（樊争科）、第七完成人（郑振荣）、第九完成人（刘琳）、第十完成人（吴银）、第十一完成人（徐炎炎）合作完成的成果“个体热防护纺织品及其检测仪器研制与产业化”获得 2024 年中国纺织联合会科技进步一等奖。

项目第一完成人（樊威）与第二完成人（李世雄）、第四完成人（宋西全）、第五完成人（樊争科）、第十完成人（吴银）共同完成了中国纺织工业联合会科技指导项目“高性能个体热防护服关键材料与技术的开发及应用（项目编号：2024080）”，该项目经科技成果鉴定“整体技术达到国际领先水平”（纺科鉴字[2025]第 21 号）。

项目第一完成人（樊威）与第二完成人（李世雄）、第三完成人（卢业虎）、第五完成人（樊争科）、第九完成人（刘琳）、第十一完成人（徐炎炎）、第十三完成人（张希文）、第十四完成人（何佳臻）、第十五完成人（张金忠）、同完成项目“多场景差异化个体热防护装备的研发及其动态热湿舒适性评价体系研究（YFGS-KJ008-2023）”。

项目第一完成人（樊威）与第二完成人（李世雄）、第五完成人（樊争科）、第六完成人（高敏）、第九完成人（刘琳）、第十一完成人（徐炎炎）、第十二完成人（黄振龙）、第十三完成人（张希文）同完成项目“国产高性能阻燃纤维个体热防护装备关键技术攻关与产业化应用（项目编号：YFGS-KJ005-2023）”。

项目第二完成人（李世雄）与第九完成人（刘琳）共同参与完成了国家重点研发计划项目课题“应急救援特种防护材料关键技术研究与应用示范：熔融金属飞溅防护新材料的技术研究与开发（项目编号：2018YFC0810305）”。

项目第五完成人（樊争科）与第八完成人（孙启龙）共同参与完成了国家重点研发计划项目课题“应急救援特种防护材料关键技术研究与应用示范：高等级防电弧纺织材料制备、防护机理与间接评价体系研究（项目编号：2018YFC0810302）”。