

附件

2026 年度山东省科学技术奖拟提名项目

一、被动式建筑用新型绿色低碳建材技术及集成应用

(一) 提名者、提名意见及提名等级

提名者：枣庄市

提名意见：项目针对山东及北方大宗固废建材资源化利用率低、建筑能耗高、围护结构保温性能差等突出问题，在 5 个国家、省市级项目支持下，开展了“固废利用—低碳建材—节能构造—工程应用”全链条攻关，突破了基于“粒度调控—化学蚀刻—蒸压养护”的高掺量固废协同活化、气凝胶微观结构调控与规模化制备、建筑围护冷热桥精准识别与断桥改造三大核心技术，形成了新型绿色低碳建材成套关键技术，创新开发了 4 种新型低碳低保温建材，授权发明专利 35 件，其中欧美日国际专利 12 件；制定标准规范 4 项，其中国家标准 1 项；取得软件著作权 2 件。相关产品综合性能优于国内外同类产品，经权威机构国内外查新未见相同成套技术公开报道，第三方专家组鉴定认定项目整体达到国际先进、部分指标国际领先。

项目技术成果在山东、吉林、河北、北京等实现了低能耗建筑规模化应用 15 万平方米，推动相关机构新增产值超 39 亿元，利润超 5.6 亿元，税收超 6.9 亿元，减少建筑综合碳排放量超 3.1 万吨。技术产品推广至全国 1%建筑应用后，

预计可年减少碳排放 1586.6 万吨，经济社会环境效益显著。

提名等级：科学技术进步二等奖

（二）项目简介

项目针对山东及北方地区大宗固废建材资源化利用率低、建筑能耗高、围护结构保温性能差等突出问题，开展了“固废利用—低碳建材—节能构造—工程应用”全链条技术攻关，开发了 4 种新型低碳低保温建材，提出了结构保温一体化外墙设计和热工性能优化以及多维度一体化断桥改造方法，形成了新型绿色低碳建材成套关键技术，实现了低能耗建筑规模化应用。

1. 自主研发了低能耗建筑用大宗固废和高性能气凝胶系列新型低碳建材。基于多元固废物理-化学协同活化与胶凝强化机制，建立了基于颗粒级配优化与活性协同匹配的材料设计方法，攻克了工业固废掺量 50%条件下固废基蒸压加气混凝土砌块（抗压强度 5.2 MPa，导热系数 0.15 W/(m·K)）制备关键技术；阐明了气凝胶网络结构生长-演变调控规律及表面羟基可控改性机理，攻克了气凝胶大尺寸稳定封装技术和气凝胶在涂料基体中的均质分散技术，开发了低传热气凝胶颗粒 25℃导热系数低至 0.018 W/(m·K)，疏水角最高达 143.7°，高透光（透光率>64.29%）、低传热（U 值≤1.47 W/(m²·K)）的保温透光一体化气凝胶玻璃；以及兼具高效空气净化（甲醛去除率>98%）功能的内墙涂料；形成了覆盖墙体、门窗、涂装的低能耗建筑用气凝胶产品体系。

2. 基于自主研发的新型绿色低碳建材，提出了低能耗建

筑围护结构热工优化与断桥改造技术，使建筑综合能耗降低 50%以上。在探明外墙传热-传湿耦合过程规律及热工性能优化机制的基础上，开发出数据驱动的冷桥快速精准识别技术、外墙围护结构热工优化关键技术实现了既有建筑冷桥识别精度达 50%，墙体断桥区域传热系数降低 50%，开发出多维度一体化断桥改造关键技术；在此基础上，集成低碳绿色建材、清洁供暖设备，形成低能耗建筑节能为主的低能耗城乡建筑成套关键技术体系，使建筑综合能耗降低 51.62%。

3. 完成固废基绿色低碳建材关键技术低能耗建筑集成示范与推广应用。项目累计开展产业化示范应用 9 项，建筑面积超过 15 万平方米。经检测和测算，整体外墙保温工程建设固废利用量超过 15000 吨，建筑碳排放降低 5817 吨，推动相关机构新增营业额超 39 亿元，新增利润超 5.6 亿元，新增税收超 6.9 亿元。技术产品推广至全国 1%建筑应用后，预计可年降低全国建筑综合能耗 572.8 万吨标准煤，减少碳排放 1586.6 万吨，经济、社会和环境效益显著。

项目在国家重点研发计划、山东省重点研发计划重大创新工程等 5 个国家、省市项目支持下，形成了“固废高活性再生利用关键技术及应用”“气凝胶材料及制品制备关键技术及应用”“既有建筑多维度一体化断桥改造关键技术”三项核心成果，分别于 2024 年 12 月、2025 年 1 月通过科技成果评价，评价委员会专家一致认定：项目成果整体水平平均达到国际先进水平，部分性能指标达到国际领先水平。

(三) 主要知识产权和标准规范等目录

知识产权 (标准)类别	知识产权 (标准)具体 名称	国家 (地区)	授权号 (标准编 号)	授权 (标准发 布)日期	证书 编号 (标准批 准发布部 门)	权利人 (标准起 草单位)	发明 人 (标准起 草人)	发明 专利 (标准)有 效状态	第一 完成 人是否 为发明 人 (标准 起草 人)	第一 完成 单位是否 为权利人 (标准 起草 单位)
发明专利权	利用工业固废粉煤灰制备二氧化硅气凝胶的方法及由该方法制备的二氧化硅气凝胶	中国	ZL202011177604.5	2022/07/8	第5292684号	中国建筑材料科学研究总院有限公司、中建材科创新技术研究院(山东)有限公司	王明铭、张忠伦	有效	是	是
发明专利权	一种大尺寸透明二氧化硅气凝胶块体的制备方法	中国	ZL202111225653.6	2022/08/30	第5415972号	中建材科创新技术研究院(山东)	王明铭、张忠伦、刘振森	有效	是	是
发明专利权	(一种高温窑炉用气凝胶保温砂浆制备设备及其方法) APPARATUS AND	欧洲	EP4353348	2025/03/26	EP4353348	中建材科创新技术研究院(山东)	张忠伦、王明铭、何坤、刘振	有效	是	是

	METHOD FOR PREPARING AEROGEL THERMAL INSULATION MORTAR FOR HIGH TEMPERATURE KILN)						森			
发明专利权	一种高温气凝胶保温材料、制备设备及其使用方法(高温エアロゲル保温塗料、製造機器及びその使用方法)	日本	7248375	2023/03/20	第7248375号	中建材科创新技术研究院(山东)	王明铭、张忠伦	有效	是	是
发明专利权	一种气凝胶复合保温防火板及其制造工艺 (AEROGEL COMPOSITE HEAT PRESERVATION FIRE-PROOF PLATE AND MANUFACTURING PROCESS THEREOF)	美国	US11772355B2	2023/10/03	US11772355B2	中建材科创新技术研究院(山东)	张忠伦、王明铭	有效	是	是
标准	绝热材料 建筑用气凝胶毯 规范	中国	中国建筑材料科学研究总院有限公司	2025/12/31	国家市场监督管理总局	中国建筑材料科学研究总院有限公司	张忠伦、刘振森	有效	是	否
标准	气凝胶绝热制品用纤维针刺毡	中国	T/CBMF 375-2026	2026/03/30	中国建筑材料	中建材科创新技术研究院	张忠伦、刘振	其他	是	是

					联合会	(山东)有限公司、中建材中岩科技有限公司	森、王明铭、温立玉、侯建业、苏诗戈、单立福、仲从春			
标准	气凝胶芯材真空绝热版	中国	T/CBMF 376-2026	2026/03/30	中国建筑材料联合会	中建材科创新技术研究院(山东)有限公司、中建材中岩科技有限公司、中建材中岩科技(山东)有限公司	张忠伦、温立玉、刘振森、王明铭、侯建业、苏诗戈	其他	是	是
标准	直埋供热管用气凝胶复合材料管壳	中国	T/CECS 10509-2025	2025/10/18	中国工程建设标准化协会	中建材科创新技术研究院(山东)有限公司、中国建筑材料科学研究总院有限公司、中建材中岩科技有限公司、中建材中岩科技(山东)有限公司	张忠伦、刘振森、温立玉、侯建业、王明铭、苏诗戈、单立福	有效	是	是
计	建筑全生命	中	2021SR05	2021/4	软著	中建材科	张忠	有效	是	是

算 机 软 件 著 作 权	周期资源环境 负荷预测 分析系统[简 称:建筑碳排 放分析软 件]V1.0	国	84045	/23	登字 第 73066 71 号	创新技术 研究院 (山东) 有限公司	伦			
---------------------------------	--	---	-------	-----	--------------------------	-----------------------------	---	--	--	--

(四) 主要完成人

张忠伦、刘振森、何坤、王明铭、侯建业、单立福、杨涛、温立玉、苏诗戈、仲从春

(五) 主要完成单位情况

中建材科创新技术研究院(山东)有限公司、中国建筑材料科学研究总院有限公司、中建材中岩科技(山东)有限公司、枣庄中汇城市建设有限公司

二、商用车双推盘式制动关键技术研发及产业化应用

(一) 提名者、提名意见及提名等级

提名者: 枣庄市

提名意见: 本项目针对我国商用车传统鼓式制动器效能低、寿命短、运维成本高, 高端气压盘式制动器核心技术长期被海外垄断、国产化产品稳定性差、耐久度不足、工况适配性弱等行业共性难题, 由山东越成制动系统股份有限公司联合齐鲁工业大学产学研协同攻关, 自主完成双推盘式气压制动器总成全套核心技术研发与产业化应用, 属于高端装备制造领域汽车关键零部件重大创新成果, 契合国家制造业高端化、国产化、安全化发展战略及山东省装备产业高质量发展规划。该成果技术成熟度高、可复制性与推广性强, 对推动国内商用车制动行业技术革新、工艺升级、国产替代具有

重要的引领示范作用，极大提升了我国汽车关键零部件自主创新能力与国际市场竞争力，为道路交通安全、装备制造业高质量发展提供了核心技术支撑。

提名等级：科学技术进步奖二等奖

（二）项目简介

本项目聚焦双推盘式气压制动器总成研发与产业化，针对传统制动产品短板，开展五大核心技术创新研究，涵盖多齿轮离合器防过载主调整器结构、卡簧结构从动调整器总成、整体式骨架油封、自锁式弹簧片骨架结构、整体铸造推板结构，替代传统防尘结构与工艺，大幅提升产品稳定性与耐用性，整体制造工艺与装备达国内行业先进水平。

主要科技创新如下：

（1）创新设计了多齿轮离合器防过载主调整器结构：该创新结构可有效规避钢球频繁磨损、打滑失效缺陷，大幅提升调整机构的抗过载能力与运行稳定性，从根源上降低制动器故障概率，显著提升了车辆制动安全性与可靠性，有效延长了产品整机使用寿命。

（2）创新设计了卡簧式无弹簧从动调整器总成：该结构设计简洁、装配稳固，彻底解决了弹簧疲劳失效引发的各类故障，杜绝调整机构滑落、脱落隐患，大幅提升了从动调整器的运行稳定性与耐久性能，降低了产品后期维护频次与运维成本。

（3）创新设计了整体式骨架油封密封防护结构：创新采用了专用整体式骨架油封替代传统橡胶防尘罩，搭配专用

密封垫优化密封体系，彻底解决了传统防尘结构易损坏、密封失效的痛点，全方位提升了制动器内部防护能力，保障了复杂工况下制动系统稳定运行。

（4）创新设计了自锁式弹簧片骨架结构：通过优化骨架支撑与自锁限位设计，大幅提升调整螺杆在工作机构中的装配稳定性与定位精度，有效规避制动过程中螺杆松动、位移、调隙偏差等问题，保证制动间隙持续稳定，提升了制动响应精度与一致性。

（5）创新设计了整体铸造推板结构替代传统冲压防尘板：采用整体铸造推板结构替代传统冲压防尘板，通过材料优化与一体化铸造工艺，实现推板与制动钳体稳固贴合、刚性连接，彻底解决了传统防护板变形失效引发的制动故障，大幅提升了制动器整机结构强度与运行安全性。

本项目成功打破了国外技术壁垒，填补了国内技术空白，有效推动特种车辆制动技术国产化进程，助力行业“盘鼓切换”升级。同时带动铸件、锻件、冲压件等上下游产业链协同发展，赋能民族汽车及关键零部件产业提质增效，有力促进行业科技进步。

（三）主要知识产权和标准规范等目录

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态	第一完成人是否为发明人（标准起草人）	第一完成单位是否为权利人（标准起草单位）
------------	--------------	--------	-----------	------------	----------------	-------------	------------	--------------	--------------------	----------------------

发明专利	一种商用车盘式制动钳体总成	中国	US11365775B2	2022.6.21	US11365775B2	山东越成制动系统股份有限公司	张中国, 彭志军, 许崇海, 杨传亮, 胡大猛	有效	是	是
发明专利	整体式卡钳的商用车五齿联动式制动器及其制动方法	中国	ZL202111290190.1	2023.7.25	6182047	山东越成制动系统股份有限公司	张中国, 石彬, 杨传亮, 胡大猛, 王伟达, 李雪伍, 许崇海, 肖光春, 张炳荣, 张珂, 吕煜坤, 刘金刚, 井振	有效	是	是
发明专利	气制动器主动调整锥形弹簧与调拨套的组装设备	中国	ZL202210716194.X	2023.8.22	6257787	山东越成制动系统股份有限公司	张越, 孔帆, 张培荣, 肖光春, 张中国, 李雪伍, 李全武, 王伟达, 石彬, 张天成, 刘金刚	有效	是	是
发明专利	气压盘式制动器拖滞力模拟测试台	中国	ZL201810574778.1	2024.1.23	6635156	山东越成制动系统股份有限公司	张中国, 李湘生, 许崇海, 彭志军, 杨传亮, 石彬, 胡大猛, 孙艺恒	有效	是	是
发明专利	一种气压盘式制动器滑移力模拟测试试验机	中国	ZL201910679867.7	2024.7.9	7180068	山东越成制动系统股份有限公司、齐鲁工业大学	朱润涛, 许崇海, 张炳荣, 衣明东, 张中国, 杨传亮, 邓文兴, 裴志浩,	有效	是	是

发明专利	置于四轴转台用于气压盘式制动器支架加工的专用装置	中国	ZL202210716196.9	2024.7.9	7176528	山东越成制动系统股份有限公司	张越，曹晓凯，张培荣，肖光春，张中国，李雪伍，李全武，王伟达，石彬，胡大猛，张王	有效	是	是
发明专利	外置增力臂及气压盘式制动器和制动方法	中国	ZL202111301389.X	2025.4.15	7873394	山东越成制动系统股份有限公司、包头市塞北机械设备有限公司	张中国，石彬，杨传亮，胡大猛，王伟达，李雪伍，许崇海，肖光春，张炳荣，张珂，吕煜坤，刘金	有效	是	是
发明专利	商用车盘式制动间隙自动调整机构	中国	ZL201410297295.3	2016.5.11	2062110	山东越成制动系统股份有限公司	张中国，张观会，陈庆侠，杨传亮，胡大猛	有效	是	是
发明专利	四齿轮联动式制动间隙调整装置	中国	ZL201510538130.5	2017.9.1	2606317	山东越成制动系统股份有限公司	张中国，杨传亮，陈庆侠，胡大猛	有效	是	是
标准	汽车气压制动钳总成性能要求及台架试验方法	中国	GB/T 31970—2025	2025.8.29	国家市场监督管理总局	中国汽车工程研究院股份有限公司、越成制动	王应国、曾繁卓、竹利江、陈锋、李熙光、蓝文标、乔冠朋、苏辉、董佛安、陈飞、刘地、陈方犬、左锋、冯希青、张中国、李伟、	有效	否	否

（四）主要完成人

张中国，肖光春，王伟达，石彬，王涛，杨传亮，孔庆水

（五）主要完成单位情况

山东越成制动系统股份有限公司、北京理工大学、齐鲁工业大学

三、工业酶制剂酵母高效表达系统的开发和规模化应用

（一）提名者、提名意见及提名等级

提名者：枣庄市

提名意见：当前我国工业酶制剂产业存在酵母表达核心载体依赖进口、核心技术卡脖子、发酵酶活低、生产批次稳定性差、能耗与制造成本居高不下等突出短板，严重制约高端酶制剂国产化替代进程。枣庄市杰诺生物酶有限公司联合江南大学，立足产业实际痛点组建产学研攻关团队，紧扣国家“双碳”、绿色制造、黄河流域生态保护和山东海洋强省建设战略部署，开展全链条系统性技术创新，成果具备重大行业突破价值。

项目创新构建拥有完整自主知识产权的工业酵母高效表达成套体系，通过启动子文库构建、信号肽筛选、分子伴侣共表达、分泌与糖基化途径改造、酵母孢子表面展示等底层分子技术攻关，打破国外商用酵母表达载体长期垄断，填补国内自主可控工业酵母表达系统技术空白；同步创新多参数耦合智能发酵在线调控技术、低耗生物反应器与数字孪生运维平台，打通 5L 实验室小试、摇瓶筛选、中试放大至万

吨级工业化生产线完整工艺链条，形成标准化、可复制的智能化生产体系。

经第三方检测与行业头部企业规模化应用验证，该技术可实现发酵周期缩短 22%、目标酶活提升 37%、批次变异系数控制在 5%以内，单位发酵产率提升 41%，生产能耗、综合生产成本、污染物排放同步降低 25%，核心酶活性能指标国内领先，整体技术达国内先进水平。成果已成功应用于溶菌酶、碱性脂肪酶、碱性果胶酶三类主流工业酶量产，广泛赋能食品、洗涤、饲料、绿色化工下游产业，大幅降低全产业链成本，有力推进高端工业酶进口替代，推动国内酶制剂产业向高附加值、绿色智能制造转型升级，经济效益、节能减排效益与产业带动效益显著。

提名等级：科学技术进步奖二等奖

（二）项目简介

本项目由枣庄市杰诺生物酶有限公司联合江南大学生物工程学院开展产学研协同攻关，针对国内工业酶制剂产业酵母表达系统长期依赖国外商用载体、发酵酶活偏低、生产工艺稳定性不足、能耗成本偏高等行业共性瓶颈，自主研发成套自主可控酵母高效表达技术体系，实现万吨级规模化生产应用，着力突破产业核心技术“卡脖子”难题。

项目按照“核心工具研发-过程精准管控-装备工艺放大”的递进路径开展系统技术创新。通过高活性启动子文库构建、高效分泌信号肽筛选、分子伴侣共表达优化、分泌途径与糖基化途径定向改造、酵母孢子表面展示体系搭建等系

列分子生物学技术创新，构建具备完整自主知识产权的酵母表达核心工具包，摆脱对国外商用表达载体的依赖；研发融合pH、溶氧、底物浓度多参数的在线优化发酵控制系统，优化碳源流加策略，有效解决高密度发酵过程中碳源供给失衡导致的酶蛋白表达不稳定、批次差异大等行业痛点，实现发酵过程稳态化精准调控；配套开发新型智能生物反应器与数字孪生运维平台，打通5L实验室小试、中试到2500L工业化大罐的全流程工艺放大路径，建成运行稳定的万吨级工业酶制剂生产线。

目前项目成果已应用于溶菌酶、碱性脂肪酶、碱性果胶酶三类主流工业酶制剂的工业化生产。经第三方权威机构检测及多家头部生物制造企业实地应用验证，发酵周期缩短22%，目标酶活提升37%，产品批次变异系数低于5%，单位体积发酵产率提升41%，生产能耗、综合生产成本同步下降25%，污染物减排25%。项目填补了国内自主可控新型工业酵母表达体系的技术空白，对提升我国生物制造产业核心竞争力、保障产业链供应链自主安全、推动行业绿色低碳转型具有重要意义，经济、社会与生态效益显著。

(三) 主要知识产权和标准规范等目录

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态	第一完成人是否为发明人（标准起草人）	第一完成单位是否为权利人（标准起草单位）
发明专利	一种壳聚糖结合域氨基	中国	ZL202210519240	2023-10-27	第64349	江南大学、枣庄市杰	李子杰，高晓冬，李婉	有效	是	是

	酸序列的应用及酿酒酵母孢子固定化酶的方法		.7		31 号	诺生物酶有限公司	杰, 许向阳, 宋在伟			
发明专利	一种壳聚糖亲和蛋白、酶的固定化方法及生物材料	中国	ZL202210519254.9	2023-10-24	第 6423610 号	江南大学、枣庄市杰诺生物酶有限公司	李子杰, 高晓冬, 李婉杰, 许向阳, 宋在伟	有效	是	是
发明专利	一株高效生产碱性果胶酶的重组菌及应用	中国	ZL202111170832.4	2023-03-07	第 5766428 号	枣庄市杰诺生物酶有限公司、江南大学	许向阳, 高晓冬, 李子杰, 宋在伟, 陈洲, 王亚森, 王鹏	有效	是	是
发明专利	一种毕赤酵母中提高碱性脂肪酶分泌效率及酶活的方法	中国	ZL202111171921.0	2023-02-03	第 5727635 号	枣庄市杰诺生物酶有限公司、江南大学	许向阳, 高晓冬, 李子杰, 宋在伟, 汪布青, 王亚森, 王鹏	有效	是	是
发明专利	一种 γ -氨基丁酸高产生物制备法	中国	ZL202111335115.2	2023-09-19	第 6340880 号	枣庄市杰诺生物酶有限公司	许向阳, 王鹏, 宋在伟, 宋均营, 黄家超, 殷允超, 王昌斌	有效	是	是
论文	Establishment of a novel cell surface display platform based on natural "chitosan beads" of yeast spores	中国	10.1021/acs.jafc.2c01983	2022-06-09	Journal of Agricultural and Food Chemistry	江南大学、枣庄市杰诺生物酶有限公司	Zijie Li, Wanjie Li, Yasen Wang, Zhou Chen, Hideki Nakanishi, Xiangyang Xu, Xiao-Dong Gao	有效	是	是
论文	Highly efficient expression of Rasamsonia emersonii lipase in Pichia pastoris: characterization and gastrointestinal simulated digestion in	中国	10.1002/jsfa.13390	2024-02-14	Journal of the Science of Food and Agriculture	江南大学	Buqing Wang, Yasen Wang, Xiaoman Zhou, Xiao-Dong Gao, Morihisa Fujita, Zijie Li	有效	是	否

	vitro									
论文	Highly efficient expression and secretion of human lysozyme using multiple strategies in <i>Pichia pastoris</i>	中国	10.1002/biot.202300259	2023-11-10	Biotecnology Journal	江南大学	Yasen Wang, Buqing Wang, Yahui Gao, Hideki Nakanishi, Xiao-Dong Gao, Zijie Li	有效	是	否
论文	基于壳聚糖结合模块构建新型酿酒酵母孢子表面展示系统	中国	10.13343/j.cnki.wsb.20220155	2022-06-13	微生物学报	江南大学、枣庄市杰诺生物酶有限公司	李婉杰, 王亚森, 陈洲, 中西秀树, 许向阳, 高晓冬, 李子杰	有效	是	是
论文	基于组合优化策略在毕赤酵母中高效表达杜邦嗜热菌脂肪酶	中国	10.19902/j.cnki.zgyz.1003-7969.210420	2022-07-20	中国油脂	江南大学、枣庄市杰诺生物酶有限公司	汪步青, 陈洲, 王亚森, 许向阳, 高晓冬, 藤田盛久, 李子杰	有效	是	是

(四) 主要完成人

李子杰、许向阳、宋在伟、王鹏、宋均营、赵培宏、殷允超、王亚森、张琳培、王昌斌

(五) 主要完成单位情况

枣庄市杰诺生物酶有限公司、江南大学

四、多物理场作用下太赫兹波与超构材料的强耦合调控新机理

(一) 提名者、提名意见及提名等级

提名者：枣庄市

提名意见：本项目在国家自然科学基金重点项目、科技部重点研发计划项目等资助下，系统开展了新型功能材料与人工微结构耦合调控研究，形成了从低损耗共振、主动调制、空间模式复用到全光逻辑处理的太赫兹多参数动态调控新

体系，取得了一系列原创性研究成果。（1）首次揭示了基于氮化铌（NbN）超导薄膜的低损耗强耦合太赫兹类电磁诱导透明效应产生机理，实现了慢光延迟和温度可调谐响应；（2）阐明了石墨烯狄拉克点附近载流子输运诱导太赫兹超灵敏动态调制的物理规律，实现了最高 346% 的动态调制；（3）揭示了自旋解耦全介质超表面调控太赫兹轨道角动量及其叠加态的物理机制，实现了多偏振通道中轨道角动量模式的独立产生、复用和灵活调控；（4）提出了基于半导体超构材料的太赫兹全光多逻辑运算新机制，阐明了光致载流子调控锗、硅电导率的物理规律，实现了同一器件中不同布尔逻辑功能的频率选择性切换。

本项目成果在 Carbon、Applied Physics Letters、Photonics Research 等期刊上发表 SCI 论文 426 篇，所选 5 篇代表作总影响因子为 34.2，被 Nature Communications、Advanced Materials、Advanced Functional Materials 等期刊他引总次数 329 次，在国内外产生了重要学术影响。

提名等级：自然科学奖二等奖

（二）项目简介

面向国家“十四五”规划关于加快发展新一代信息技术、推进集成电路和新一代电子信息领域创新、提升核心电子元器件与信息功能器件技术水平的战略需求，针对太赫兹波高效调控与信息处理面临的损耗大、动态调控效率低、空间信息维度利用不足及逻辑功能难以集成等瓶颈，通过构建“低损耗共振 - 超灵敏动态调制 - 空间模式复用 - 全光逻辑

辑运算”一体化调控体系，实现了太赫兹波低损耗传输、超灵敏动态调制、多维空间模式调控及全光逻辑信息处理，促进了新一代信息技术、6G 通信、高端精密检测产业的规模化、高端化发展。项目团队在姚建铨院士的引领下，在国家自然科学基金重点项目等支持下，历时 15 年科研攻关，取得了一系列原创性突破，项目成果在 Carbon、Applied Physics Letters 和 Photonics Research 等期刊上发表 SCI 论文 426 篇，经专家组会议鉴定，项目部分技术达到国内领先水平。所选的 5 篇代表作总影响因子为 34.2，相关成果被 Nature Communications 、 Advanced Materials 和 Advanced Functional Materials 等期刊他引总次数 329 次。在国内/国际上产生了重要的学术影响。

（三）代表性论文专著目录

序号	论文（专著）名称	刊名（出版社）	Doi /ISBN	发表时间
1	Superconducting terahertz metamaterials mimicking electromagnetically induced transparency	Applied Physics Letters	doi.org/10.1063/1.3653242	2011.10.17
2	Frequency-dependent ultrasensitive terahertz dynamic modulation at the Dirac point on graphene-based metal and all-dielectric metamaterials	Carbon	10.1016/j.carbon.2021.08.023	2021.10.30
3	High-sensitivity modulation of electromagnetically induced transparency analog in a THz asymmetric metasurface integrating perovskite and graphene	Photonics Research	10.1364/PRJ.461787	2022.09.26

4	All-dielectric metasurface for manipulating the superpositions of orbital angular momentum via spin-decoupling	Advanced Optical Materials	10.1002/adom.202002007	2021.03.07
5	Design of an all-optical multi-logic operation-integrated metamaterial-based terahertz logic gate	Biocybernetics and Biomedical Engineering	doi.org/10.1016/j.bbe.2021.09.003	2021.10.04

（四）主要完成人

梁兰菊，姚建铨，吴敬波，姚海云，金飏兵，王彤灵，郑程龙，闫昕，曹茂永，王子群

（五）主要完成单位情况

枣庄学院、天津大学、南京大学、齐鲁工业大学（山东省科学院）

五、槽式太阳能热跟踪式集热系统钢结构支撑体系研究及应用

（一）提名者、提名意见及提名等级

提名者：枣庄市

提名意见：山东三维钢结构股份有限公司、枣庄学院、山东三维重工有限公司、滕州市建筑业发展服务中心联合承担的“槽式太阳能热跟踪式集热系统钢结构支撑体系研究及应用”项目，通过创新引入模糊 PID 控制算法，突破了传统 PID 控制的局限，全季节实测跟踪相对误差稳定控制在 $\leq \pm 1.5^\circ$ ，优于国内传统技术，有效保障了聚光集热效率；在集热管换热方面，自主研发的弯曲翼涡发生器强化了管内流体掺混，使传热性能最高提升 160%，综合换热系数达 1.27，成功打破了行业内“高换热、高能耗”的瓶颈；在支撑结构

方面，针对极端工况研发的轻量化钢结构与长效复合防腐工艺，不仅通过了 97km/h 抗风、8 度抗震及 5000 小时耐盐雾测试，其性能达到国内先进水平。形成了槽式太阳能热跟踪式集热系统，耐用、节能、高效的完整技术解决方案，并实现了规模化生产。该项目自 2022 年 9 月已陆续应用到南京凯盛水泥机电设备安装有限公司、联泓新材料科技股份有限公司，项目产业化成效突出，累积实现经济收益 7.1 亿，本技术通过成果评价被评为国内先进，依托本技术，获国家授权专利 41 件，起草标准 4 项，发表高水平论文 2 篇。项目形成了多项具有完全自主知识产权的技术体系，整体技术达到国内领先水平。

提名等级：科学技术进步奖二等奖

（二）项目简介

槽式太阳能光热发电是可再生能源调峰储能的核心技术路线之一，集热场跟踪支撑钢架是保障聚光精度、电站稳定运行的关键基础设施。传统支撑结构普遍存在自重偏大、抗风稳定性差、温度形变影响追光精度、荒漠盐碱环境防腐寿命短、现场安装工序繁琐等短板，进口成套支架造价高昂，制约国内光热电站规模化降本推广。行业亟需兼具轻量化、高精密、长耐候、易装配的国产化钢结构支撑成套解决方案，在此产业需求下，山东三维钢结构股份有限公司牵头开展本项目技术研发与产业化落地。

本项目核心技术及应用情况如下：

1. 核心技术与创新点

(1) 太阳双轴跟踪与智能控制技术：自主研发的太阳双轴跟踪系统，支持云端监控与远程运维，可实现对太阳位置的高精度实时跟踪，解决传统槽式光热发电系统跟踪精度不足的问题，保障集热效率。

(2) 集热管强化换热技术：针对槽式光热发电系统换热效率低的难题，研发集热管强化换热技术，通过优化集热管内部结构与传热介质，显著提升集热管的传热性能，提高光热转换效率。

(3) 高性能钢结构支撑一体化技术：开发轻量化、高耐候、易拼装的高性能钢结构支撑体系，解决传统支撑结构耐候性差、安装效率低的问题，可适配不同装机规模的槽式光热电站建设需求，保障系统在复杂环境下的稳定运行。

2. 主要技术指标

(1) 跟踪精度指标：双轴跟踪系统全季节实测误差 $\leq \pm 1.5^\circ$ 。

(2) 换热性能指标：集热管传热性能最高提升 160%，综合换热系数达 1.27。

(3) 结构性能指标：钢结构支撑体系可耐受 97km/h 风速、8 度地震烈度，通过 5000 小时耐盐雾测试。

(4) 工程应用指标：现场安装效率提高 30% 以上，电站全生命周期建设与运维成本降低 15%-20%。

3. 技术应用与推广

本项目核心技术产品现场安装效率提高 30% 以上，电站全生命周期建设与运维成本降低 15%-20%。相关产品已成功

应用于国内多个光热电站项目。该技术成果获得知识产权 10 项，其中发明专利 6 项，实用新型专利 4 项，项目实施以来累计实现新增销售收入 4 亿元，带动就业 20 余个，该项目产品成功认定 2024 年度山东省首台（套）技术装备，通过山东省企业科技创新协会科技成果鉴定，技术水平达到国内领先。

（三）主要知识产权和标准规范等目录

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态	第一完成人是否为发明人（标准起草人）	第一完成单位是否为权利人（标准起草单位）
发明专利	一种可移动式起重机	中国	ZL2024 1035016 0.2	2024-07-09	7173 921	山东三维钢结构股份有限公司	朱绍猛；张海英；吕刚；张翠；魏丽萍；贾海霞；李辰；田清祥	有效	是	是
发明专利	一种绞车吊钩组件	中国	ZL2024 1033433 0.8	2024-06-07	7081 836	山东三维钢结构股份有限公司	朱绍猛；杨维洪；刘振华；杨维太；郑峰；付清银；张涛；刘嘉威	有效	是	是
发明专利	一种起重机提升绳索防晃动保护装置	中国	ZL2024 1017169 7.2	2024-04-23	6929 424	山东三维钢结构股份有限公司	朱绍猛；刘振华；张厚鹏；张海英；刘洪；张厚祥；张永战；邱贺	有效	是	是

发明专利	一种装配钢结构板材防腐涂层装置	中国	ZL2022 1123739 4.3	2023- 11-14	6481 088	山东三维钢结构股份有限公司	刘振华；侯刚；孙肆文；魏丽萍	有效	是	是
发明专利	一种可延长太阳能光伏板发电站钢支架	中国	ZL2017 1014871 4.0	2018- 11-16	3150 629	山东三维钢结构股份有限公司	杨维生；李磊；冀延军；杨硕；张厚祥；杨维太	有效	是	是
发明专利	一种模块化太阳能风能发电制热环保房	中国	ZL2015 1088654 4.7	2017- 09-22	2633 233	山东三维钢结构股份有限公司	冀延军；张恺；赵正方；刘振华；李磊	有效	是	是
实用新型	一种高效智能箱型梁生产线	中国	ZL2023 2331042 0.3	2024- 08-06	2145 9525	山东三维钢结构股份有限公司	吕刚；胡彩霞；张伟；马洪志	有效	是	是
实用新型	一种高效智能 H 型钢组焊矫一体机	中国	ZL2023 2331042 4.1	2024- 08-06	2147 0806	山东三维钢结构股份有限公司	胡彩霞；张厚祥；吕刚；单海洋	有效	是	是
实用新型	一种高效智能 H 型钢生产线	中国	ZL2023 2331042 7.5	2024- 07-30	2142 7926	山东三维钢结构股份有限公司	刘振华；张翠；魏丽萍；张厚祥	有效	是	是
实用新型	一种钢结构连接装置	中国	ZL2020 2178908 6.8	2021- 09-07	1412 3700	山东三维钢结构股份有限公司	杨维生；刘振华；侯刚；李磊；孙嗣文；张厚祥	有效	是	是

（四）主要完成人

侯刚，刘泳，杨维洪，刘振华，史少杰，张厚鹏，李磊，邱贺，邱玉国，张厚祥

（五）主要完成单位情况

山东三维钢结构股份有限公司，枣庄学院，山东三维重工有限公司，滕州市建筑业发展服务中心