

附件 1

2025 年度山西省科技重大专项计划 “揭榜挂帅”项目（第一批）信息

2025 年 7 月

目 录

1.井工煤矿超低浓度瓦斯高效利用关键技术及装备研发	1
2.基于三维地质模型精准导向智能坑道钻机及配套测量工具开发与应用研究	7
3.煤矿瓦斯抽放巷道用小转弯半径 TBM 技术与装备研发	11
4.煤矸石大规模低成本高效资源化利用关键技术研发与示范	15
5.全钒液流电池 80kW 级高功率密度电堆关键技术研究及示范应用	23
6.十二轴 16200kW 重载永磁直驱电力机车技术攻关与示范	29
7.轨道交通永磁牵引电机数字化研制关键技术攻关与应用	34
8.AR 光波导用 12 英寸碳化硅单晶材料研发与应用	38
9.芯片堆叠热压键合技术与装备研发	42
10.高性能锚杆钢关键技术研发及产业化	46
11.放射性核素抗体偶联抗癌药物开发	50

12.耐密高产玉米种质创制与新品种选育	55
13.深层煤层气地质工程一体化开发技术研究与应用	59
14.山西高矿化地热田砂岩热储高效回灌技术研究	64

1. 井工煤矿超低浓度瓦斯高效利用 关键技术及装备研发

一、需求单位

山西航天工业研究院集团有限公司

二、研究内容

1. 新型超低浓度瓦斯蓄热氧化成套技术和装备研发

研究系统内气体流场分布特性及其对热传递、氧化反应的影响机制；优化蓄热体结构、气流分布装置及反应室构型；研发具有高热容、高导热/辐射特性、低热膨胀系数及优异抗热震性能的新型梯度复合蓄热材料体系；探究新型蓄热体结构对热传递效率、热损失抑制及温度场均匀性的影响规律；实现系统在超低浓度条件下的热自持运行，突破现有技术运行浓度下限。

2. 低成本催化剂及超低浓度瓦斯蓄热催化氧化技术和装备研发

开发高性能耐硫瓦斯蓄热催化氧化催化剂，研究活性组分（单/双金属）配比、载体性质与结构形貌的协同调控，阐明构效关系及多活性位协同机制；揭示硫形态、载体硫酸盐化与金属特性对耐硫性能的影响规律，通过电子结构调变和特殊结构设计提升抗硫能力，并原位解析硫中毒机理；建立催化性能评价体系，

优化固定床反应器热力学/动力学过程，结合流场模拟设计制造蓄热催化氧化核心设备，实现从小试到工业应用的放大验证。研究新型蓄热催化氧化反应床型，开发新型催化氧化蓄热层及催化层材料及结构，优化完善固定床反应器中超低浓度瓦斯催化氧化过程热力学及动力学性能，研发超低浓度瓦斯蓄热催化氧化技术和装备。

3. 基于“空-天-地”立体监测的煤矿风排瓦斯智能分析与利用关键技术研究

构建煤矿风排瓦斯“空-天-地”三维立体动态监测网络，建立多源异构监测数据的动态采集、高效传输与融合处理机制；研究基于多源数据融合的风排瓦斯总量精准计量方法与模型，克服传统点式监测的局限性；探索立体监测网络所提供的高精度、动态数据在优化风排瓦斯利用的应用价值，为风排瓦斯高效、安全、规模化利用提供数据基础和技术支撑。

4. 超低浓度瓦斯高效利用示范工程建设与验证

在选定典型井工煤矿，集成上述课题研发的核心技术与装备，设计、建设并运行超低浓度瓦斯高效利用示范工程；对示范工程进行长期运行监测、全面性能测试及综合效益评估；基于运行验证数据与实践经验，形成超低浓度瓦斯高效利用技术标准体系。

三、揭榜方任务

1. 新型超低浓度瓦斯蓄热氧化成套技术和装备研发

研究系统内气体流场分布特性及其对热传递、氧化反应的影响机制；研发具有高热容、高导热/辐射特性、低热膨胀系数及优异抗热震性能的新型梯度复合蓄热材料体系；探究新型蓄热体结构对热传递效率、热损失抑制及温度场均匀性的影响规律；实现系统在超低浓度条件下的热自持运行，突破现有技术运行浓度下限。

2.低成本催化剂及超低浓度瓦斯蓄热催化氧化技术和装备研发

开发高性能耐硫瓦斯蓄热催化氧化催化剂，揭示硫形态、载体硫酸盐化与金属特性对耐硫性能的影响规律，通过电子结构调整和特殊结构设计提升抗硫能力，并原位解析硫中毒机理；建立催化性能评价体系，优化固定床反应器热力学/动力学过程，结合流场模拟设计制造蓄热催化氧化核心设备，实现从小试到工业应用的放大验证。研发超低浓度瓦斯蓄热催化氧化技术和装备。

3.基于“空-天-地”立体监测的煤矿风排瓦斯智能分析与利用关键技术研究

构建煤矿风排瓦斯“空-天-地”三维立体动态监测网络，建立多源异构监测数据的动态采集、高效传输与融合处理机制；研究基于多源数据融合的风排瓦斯总量精准计量方法与模型，克服传统点式监测的局限性。

4.超低浓度瓦斯高效利用示范工程建设与验证

在选定典型井工煤矿，集成上述课题研发的核心技术与装

备，设计、建设并运行超低浓度瓦斯高效利用示范工程；对示范工程进行长期运行监测、全面性能测试及综合效益评估；基于运行验证数据与实践经验，形成超低浓度瓦斯高效利用技术标准体系。

四、揭榜技术考核指标

1.超低浓度瓦斯蓄热氧化装备大风量（ $120000\text{m}^3/\text{h}$ 以上）燃烧室核心区域温差小于 50°C ；蓄热体比热容大于 $1000\text{J/kg} \cdot \text{K}$ ，热膨胀系数小于 $6 \times 10^{-6}/\text{K}$ ，耐热冲击大于 350°C ；装备单台（套）处理能力 $\geq 120000\text{m}^3/\text{h}$ ，处理瓦斯浓度 $\leq 0.18\%$ ，氧化率 $\geq 95\%$ 。

2.开发一种具有优异抗硫性能的低贵金属或非贵金属氧化催化剂；在体积空速 15000h^{-1} ，含硫化合物 30ppm 的条件下，甲烷转化温度 T_{90} 不高于 450°C ；在体积空速 15000h^{-1} ，含硫化合物 30ppm ， $\text{H}_2\text{O}=5\text{ vol.\%}$ 工况下，反应 1000 小时，活性衰减 $\leq 10\%$ ；研发超低浓度瓦斯蓄热催化氧化技术和装备的单台（套）处理能力 $\geq 120000\text{m}^3/\text{h}$ ，处理甲烷浓度 $\leq 0.15\%$ ，装备稳定运行 5000 小时以上，甲烷氧化率 $\geq 95\%$ 。

3.建成高精度甲烷立体动态监测网络，监测设备的检测精度达到 1 ppb 。

4.形成甲烷浓度 8% 及以下的超低浓度瓦斯利用技术，抽采瓦斯利用率 $>90\%$ ，形成超低浓度瓦斯高效利用技术标准体系。

五、揭榜方条件要求

1.基本资格要求。揭榜方应有能力完成需求方提出的任务需

求，能提出并保证实施方案的可行性。鼓励高等院校、科研机构、企业等各类创新主体组成联合体共同揭榜。

2. 科研能力和条件要求。揭榜方应具备完成榜单项目所需的科研条件和研发能力，包括相应的技术储备、研发团队和实验设施等。揭榜方应有持续的技术创新能力，能够保证项目的顺利实施和高质量完成。

六、实施目标

产业效益：建成煤矿超低浓度瓦斯高效利用示范工程；开发新型超低浓度瓦斯蓄热氧化成套装备；开发新型低成本催化剂，开发超低浓度瓦斯蓄热催化氧化装备；开发高精度甲烷监测平台，建立综合精准检测核算计量系统，仪器装置国产化；形成煤矿瓦斯全浓度综合利用技术方案。

经济效益：推动低浓度瓦斯资源高效转化为清洁能源，降低煤矿企业用能成本，提升资源附加值；通过开发低成本催化剂及氧化装备促进瓦斯利用技术规模化应用；带动瓦斯抽采装备、环保催化剂、碳监测装置等产业链发展，助力区域经济转型。

社会效益：大幅减少甲烷等强温室气体排放，改善矿区及周边生态环境质量；通过空-天-地动态监测网络助力“双碳”目标落地；构建覆盖“技术研发-装备制造-碳资产管理”的产业生态，推动煤炭行业从传统采掘向“清洁能源供应+数字化服务”模式升级，促进资源型地区可持续发展。

七、联系方式

联系人：曹国庆

联系电话：18636198863

地址：太原市小店区南内环街 200 号

2. 基于三维地质模型精准导向智能坑道钻机及配套测量工具开发与应用研究

一、需求单位

山西长平煤业有限责任公司

二、研究内容

1. 碎软煤层全断面高速电液钻机研发

开展碎软煤层全断面高速电液钻机研发，提高在碎软煤层穿层或软硬煤岩复合钻进过程中的施工效率和中靶精度，实现钻进施工 250m 精度误差在 $\pm 1\text{m}$ 之间；应用阻燃型动力头润滑液，保持钻机持续高速工作动力头表面温度低于 150℃，为全断面高速电液钻机稳定运行提供保障；配套电驱可变流量、可变压力双控变泥浆泵车，实现一套泵车完成高压注浆、冲孔、震击钻进和割缝功能。

2. 基于多参数的随钻地质导向随钻测量系统工具研发

研发基于多参数、高频振动、高钻压和有线高速传输通道条件下的随钻测量系统工具集成，实现煤岩层精确辨识，提升目标地层钻遇率，满足煤层瓦斯抽采、富水层疏放和煤系地层精确探测等定向钻孔施工需要，开展基于井下钻孔测量数据的煤岩力学参数研究。根据数据模型的反馈和地质钻孔的分析可迅速调整当

前区域钻孔设计，调整孔径、孔深和钻孔层位，实现瓦斯抽采效果显著提升，抽采效率提升。

3. 随钻地质透明数据分析与应用

通过以上数据测量系统实时获取孔底随钻测量参数，研发高抗振有线钻杆，结合井下 5G 数据传输系统传输到地面数据中心进行数据处理分析；开展对围岩强度、地质参数、几何参数和工程参数的协同分析，及时更新钻孔数据三维地质模型，为井下采掘工作面透明地质提供数据支持。

4. 碎软煤层多技术联合应用工程示范

开展碎软煤层全断面高速电液钻机、钻具、多参数测量工具与原有数据模型匹配度验证；开展设备运行可靠性、稳定性、适应性、技术拓展性和可推广性验证，示范项目工程量为 3000m。

三、揭榜方任务

研发适合于长平矿碎软煤层、穿层全断面高速钻机，实现软硬复合煤（岩）层快速有效钻进；配套研发基于多参数的随钻地质导向测量系统工具、钻具集成，实现煤矿井下钻孔地质信息的有效测量，结合已有的钻孔数据三维地质模型综合研判，实现坑道钻进过程闭环控制与优化。

研发全断面高速钻机，可自动浮动钻进，可大幅提高软硬复合层钻孔保直率；研发配套的钻杆、液动潜孔锤、钻头、扶正器等相关钻具；研发电驱可变流量、可变压力双控变泥浆泵车；研制包括方位伽马、自然伽马、电阻率在内的地质测量工具；协助

完成项目示范。

四、揭榜技术考核指标

1.研发全断面高速钻机，钻机为电液遥控控制具有自动浮动钻进功能，提高软硬复合层钻孔保直率，要求施工 250m 孔长保持误差在 $\pm 1\text{m}$ ，适应钻具直径 $\varnothing 65\sim\varnothing 114$ ，钻具长度 1m~3m，单次进给量不少于 1.5m，最高钻速 1400 转/min。电驱泥浆泵压为 8~30MPa，最大流量 200~600L/min.

2.碎软顺煤层及穿层钻孔施工可沿目标层位钻进，钻孔成孔率达到 90% 以上。

3.实现煤岩层精确辨识，自然伽马、方位伽马测孔探测范围达到 $\pm 0.3\text{m}$ 以上，电阻率测孔探测范围达到 $\pm 1.5\text{m}$ 以上。

五、揭榜方条件要求

1.基本资格要求。揭榜方应有能力完成需求方提出的任务需求，能提出并保证实施方案的可行性。愿意在山西省内实现产业和工程转换。鼓励高等院校、科研机构、企业等各类创新主体组成联合体共同揭榜。

2.科研能力和条件要求。揭榜方应具备完成榜单项目所需的科研条件和研发能力，包括相应的技术储备、研发团队和实验设施等。揭榜方应有持续的技术创新能力，能够保证项目的顺利实施和高质量完成。

六、实施目标

研发全断面高速钻机，大幅提高软硬复合层钻孔保直率由偏差 $\pm 5m$ 提高到 $\pm 1m$ ；形成适宜于碎软煤层高效钻进工艺；取得省级以上国家首台套认证。

七、联系方式

联系人：田 鹏

联系电话：18235618710

地 址：山西省晋城市北石店镇装备制造集团

3. 煤矿瓦斯抽放巷道用小转弯半径 TBM 技术与装备研发

一、需求单位

山西天巨重工机械有限公司

二、研究内容

1. 研究较大倾角、涌水等复杂地质条件下滚刀破岩机理，揭示岩石物理性质、刀具配置、掘进速度关系，得出一定地质条件下的最优掘进速度与最佳刀具配置，提高破岩效率，解决复杂地质条件下刀盘高效破岩及出渣难题；研究高功率密度驱动技术，研制小断面 TBM 刀盘驱动装置。
2. 研究超前钻探与智能物探互补的超前探测技术，提高超前探测精度，优化设计适用于小断面狭长空间的超前支护装备，保证 TBM 在断裂破碎带等工况下的高效安全掘进。
3. 研究基于快掘、快支平行作业的成套装备设计方法，优化狭长空间下的驱动、推进、撑紧、反扭矩等机构布局，研发小转弯调向技术与机构。
4. 研究适用于全断面、小空顶距的紧凑型半自动锚杆支护技术，实现狭小空间长锚杆的机械化、半自动化作业。
5. 研究高精度控制技术，采用机、电、液协同设计方法，完

成多设备、多任务的控制集成，构建掘进工作面机-环全过程监测系统，开发自主决策智能掘进控制系统。

6.研究主梁内部狭小空间渣料运输的转载及搭接技术，研制小断面高效运输及转载机构，实现刀具运输、更换及渣料转载；研究底部高效清渣技术与装置，开发适用于小断面 TBM 的连续运输系统。

7.优化狭长空间的探、掘、支、运设备布局，简化系统配置，减少拆装机时间，完成简约化掘进装备集成设计，研发小转弯半径、小空顶距硬岩探掘支运一体化装备。

三、揭榜方任务

1.研究较大倾角、涌水等复杂地质条件滚刀破岩机理，揭示岩石物理性质、刀具配置、掘进速度关系，得出一定地质条件下的最优掘进速度与最佳刀具配置，提高破岩效率，解决复杂地质条件下刀盘高效破岩及出渣难题；研究高功率密度驱动技术，研制小断面 TBM 刀盘驱动装置。

2.研究超前钻探与智能物探互补的超前探测技术，提高超前探测精度，优化设计适用于小断面狭长空间的超前支护装备，保证 TBM 在断裂破碎带等工况下的高效安全掘进。

3.研究基于快掘、快支平行作业的成套装备设计方法，优化狭长空间下的驱动、推进、撑紧、扭矩布局，研发小转弯调向技术与机构。

4.研究高精度控制技术，采用机电液协同设计方法，完成多

设备、多任务的控制集成，构建掘进工作面机-环全过程监测系统，开发自主决策智能掘进控制系统。

四、揭榜技术考核指标

1.开挖直径 $\geq \Phi 3.5m$ ，适用岩石抗压强度范围 $50\sim 180MPa$ ，驱动功率 $\geq 750kW$ ，适应坡度 $\pm 20^\circ$ ，综合月进尺 ≥ 400 米（在岩石平均抗压强度 $100MPa$ 时）。

2.机载超前探查距离 $\geq 200m$ 。

3.主梁敞开式结构，单次纠偏能力 $\geq 0.5^\circ$ ，最小水平转弯半径 $\leq 60m$ 。

4.掘进系统具备自适应截割、掘-支平行作业功能，实现巷道掘进截割参数的动态调整，掘进自主决策成功率 $\geq 85\%$ 。

五、揭榜方条件要求

1.基本资格要求。揭榜方应有能力完成需求方提出的任务需求，能提出并保证实施方案的可行性。鼓励高等院校、科研机构、企业等各类创新主体组成联合体共同揭榜。

2.科研能力和条件要求。揭榜方应具备完成榜单项目所需的科研条件和研发能力，包括相应的技术储备、研发团队和实验设施等。揭榜方应有持续的技术创新能力，能够保证项目的顺利实施和高质量完成。

六、实施目标

1.形成较大倾角、涌水等复杂地质条件下刀盘高效破岩及出渣技术。

- 2.形成超前钻探与智能物探互补的超前探测技术。
- 3.基于快掘、快支平行作业的成套装备设计方法，研制小转弯半径调向机构。
- 4.研制适用于全断面、小空顶距的紧凑型半自动锚杆支护装置。
- 5.研制适用于小断面 TBM 的连续运输系统。
- 6.构建岩巷掘进工作面机-环全过程监测系统，开发自主决策智能掘进控制系统，建立大数据智能管控平台。
- 7.研发集超前探测、滚刀破岩、锚杆支护、渣料/物料运输于一体的小转弯半径、小空顶距硬岩探掘支运一体化装备，技术成熟度不低于 7 级。

七、联系方式

联系人：张 娟

联系电话：13353461827

地 址：山西省晋城市晋城经济技术开发区新兴街南/
茶元路东西两侧

4. 煤矸石大规模低成本高效资源化利用 关键技术研发与示范

一、需求单位

山西大地环境投资控股有限公司

二、研究内容

1. 全固废煤矸石梯级充填材料制备技术

研发煤矸石多级破碎分选与活性激发技术体系，开发低碳胶凝材料工业化制备工艺，建立涵盖粗/细煤矸石骨料的全组分协同利用方法，攻克覆岩离层注浆材料流变稳定性控制关键技术，形成适配不同地质条件的材料配方库。

2. 矿井水制备煤矸石充填材料长期力学性能演化机理

研究矿井水离子对充填材料流动性、凝结时间等工作性能的影响；阐明矿井水拌合充填材料长期力学性能演化机理，揭示矿井水影响下充填材料微观结构与水化产物形成机制，提出矿井水制备充填材料长期性能改善方法。

3.“充填-采煤”时空协同机制与岩层地表多源监测评价

研究全固废充填材料在不同矿井地质结构、煤层特性及采掘进度下的动态响应规律，构建充填开采矿井动态优化设计系统。分析覆岩离层注浆与采空区充填的覆岩形变传递机理，采用多源

数据融合技术，建立充填开采地表沉陷预测模型，提出考虑岩层完整性指数、地表沉降梯度及充填效能系数的多维度评价指标体系。

4. 充填开采数字孪生闭环集控系统模型

研制充填工艺数字孪生平台构建方法，构建多设备协同控制与动态优化模型，开发基于声纹识别的管道工况实时监测技术，形成智能清堵与工艺参数自修正系统性解决方案。

5. 煤矸石土壤化制备与生态复垦关键技术

研究微细粒煤矸石活化机理，优化煤矸石工程土配方，分析力学特性和防渗隔氧性能；开发煤矸石成土成肥技术，探究微细粒煤矸石团聚体形成及稳定化机理，建立煤矸石种植土理化特性与生态适宜性指标体系，评估多尺度抗侵蚀性能，解析硫化物与重金属长期淋滤规律，完善全生命周期生态恢复的监测评估与适应性管理。

6. 煤矸石充填与生态复垦示范工程建设

建设并运营煤矸石资源化利用示范线，涵盖煤矸石从预处理到井下充填和生态复垦的全过程。示范线的设计和运行经验形成详细报告，推动技术在其他煤矿和矿区的推广应用。评估示范工程生产过程中资源消耗、碳排放、生态环境等影响。

三、揭榜方任务

1. 全固废煤矸石梯级充填材料制备技术

分析山西不同矿区煤矸石化学成分与矿物组成，形成山西地

区煤矸石分级分类数据库；研究煤矸石梯级精细化预处理及全组分利用与适配性，建立粒度分布控制标准；开发低碳煤基固废矿井充填胶凝材料，实现固废掺量 $\geq 90\%$ 、28天抗压强度 $\geq 32.5\text{ MPa}$ ；提出煤矸石可控低强度充填材料配合比优化设计及性能调控方法，实现每吨膏体充填材料煤矸石用量 $>70\text{ wt\%}$ ；研发煤矸石覆岩离层注浆稳定浆液级配方法，实现煤矸石粉-细骨料-粗骨料梯级利用。研究全固废煤矸石膏体充填材料污染物迁移转化与浸出行为，提出充填材料二次污染防控措施。

2. 矿井水制备煤矸石充填材料长期力学性能演化机理

研究矿井水离子对充填材料流动性、凝结时间等工作性能的影响；阐明矿井水拌合充填材料长期力学性能演化机理，揭示矿井水影响下充填材料微观结构与水化产物形成机制，提出矿井水制备充填材料性能改善方法，实现凝结时间波动范围 $\leq \pm 30$ 分钟。在示范工程中增设长龄期原位监测点（ ≥ 180 天），动态跟踪废水膏体的强度演化与变形特性。

3.“充填-采煤”时空协同机制与岩层地表多源监测评价

研究全固废充填材料在不同矿井地质结构、煤层特性及采掘进度下的动态响应规律，构建涵盖“充填参数-岩层运动-地表沉陷”的矿井动态优化设计系统。分析覆岩离层注浆与采空区充填的覆岩形变传递机理，采用 InSAR 和微震监测等多源数据融合，建立充填开采地表沉陷预测模型，提出考虑岩层完整性指数、地表沉降梯度及充填效能系数的多维度评价指标体系，制定岩层完

整性指数分级标准（Ⅰ级 ≥ 0.8 ，Ⅱ级 ≥ 0.6 ）。研究煤矸石浆液在压实过程中泌出水渗流规律和扩散特征研究，分析注浆水在地层中的分布特征。

4. 充填开采数字孪生闭环集控系统模型

通过虚实双向映射技术实现充填工艺全要素的动态仿真与实时优化，研发多模态数据融合的充填态势感知与异常预警模型；建立基于多智能体强化学习的设备自主协同控制框架，攻克注浆泵、搅拌站与管道的智能调度难题；开发声纹特征识别的非接触式堵管定位技术，结合靶向脉冲调控形成智能清堵解决方案。通过智能化集控系统提高生产自动化程度，使操作人员减少30%，自动化作业比重提升至80%以上。

5. 煤矸石土壤化制备与生态复垦关键技术

针对煤矸石理化性质差异及区域分布特征，构建“分类—分级—分域”资源化技术体系；研究微细粒煤矸石活化机理，建立全固废材料配比库，优化煤矸石工程土配方，分析力学特性和防渗隔氧性能，实现煤矸石工程土的煤矸石掺量 $\geq 70\text{wt}\%$ ；开发煤矸石成土成肥技术，探究微细粒煤矸石团聚体形成及稳定化机理，实现煤矸石种植土的煤矸石掺量 $\geq 80\text{wt}\%$ ；建立煤矸石种植土理化特性与生态适宜性指标体系，评估多尺度抗侵蚀性能；解析硫铁矿氧化与重金属迁移规律；研发硫化物酸化、重金属迁移、扬尘与径流污染防控技术；建立涵盖浸出毒性及动态淋滤、生物累积及食物链传递的二次污染评价方法；构建包括土壤、地表水、

地下水及大气环境的复垦质量监测体系。

四、揭榜技术考核指标

1. 煤矸石辅助胶凝材料火山灰活性达到 80%以上；
2. 煤基固废矿井充填胶凝材料 28d 强度 $\geq 32.5 \text{ MPa}$, 固废用量 $>90\%$, 碳排放量 $<200 \text{ kg/吨}$, 成本较传统充填材料下降 30% (现有充填材料成本约为 50 元/吨)；
3. 煤矸石膏体充填材料 28d 强度 $> 5 \text{ MPa}$, 凝结时间 $< 10 \text{ h}$, 4h 流动扩展度大于 540 mm, 泌水率小于 1%；
4. 覆岩离层注浆处理矸石综合成本降低 10%以上 (现有成本约为 60 元/吨)；膏体充填处理矸石综合成本降低 20%以上 (现有成本约为 250 元/吨)；土壤化处理矸石综合成本降低 10%以上 (现有改良黄土成本约为 70 元/吨)；
5. 每吨膏体充填材料煤矸石用量 $>70\text{wt\%}$, 每吨覆岩离层注浆材料实现煤矸石用量 100wt%；
6. 对于覆岩离层注浆, 注浆后地表变形 $\leq 4.0 \text{ mm/m}$ 、倾斜变形 $\leq 6.0 \text{ mm/m}$, 曲率 $\leq 0.4 \times 10^{-3} \cdot \text{m}^{-1}$, 对于膏体充填, 充填后地表变形 $\leq 2.0 \text{ mm/m}$ 、倾斜变形 $\leq 3.0 \text{ mm/m}$, 曲率 $\leq 0.2 \times 10^{-3} \cdot \text{m}^{-1}$ ；
7. 对于覆岩离层注浆, 处理煤矸石能力不少于 120 万吨/年, 对于膏体充填, 处理煤矸石能力不少于 60 万吨/年, 对于生态复垦, 处理煤矸石能力不少于 120 万吨/年, 其中用于煤矸石工程土 20 万吨/年, 用于煤矸石种植土 100 万吨/年。
8. 煤矸石工程土的煤矸石掺量 $\geq 70\%$, 28 天抗压强度 ≥ 2

MPa, 冲刷质量损失 $\leq 0.018\%$, 渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-6}$ cm/s;

9. 煤矸石种植土的煤矸石掺量 $\geq 80\text{wt}\%$, 煤矸石种植土各粒级占比达到壤土机械组成, 容重 $1.0\sim 1.2$ g/cm³, pH $6.5\sim 8.5$, 有机质含量 ≥ 20 g/kg;

10. 搭建矿山充填及土料生产物联网智能集控系统, 实现充填施工远程实时监测和成土制备模块化自动运行, 降低事故发生率, 通过智能化集控系统提高生产自动化程度, 使操作人员减少30%, 自动化作业比重提升至80%以上;

11. 建设充填材料生产示范线1条、煤矸石制备工程土/种植土生产示范线1条。

五、揭榜方条件要求

1. 揭榜方应为国内外有研究开发能力的高校、科研机构、科技型企业或新型研发机构等单位。鼓励产学研合作, 组建创新联合体揭榜。鼓励符合条件的民营企业牵头或参与揭榜。

2. 揭榜方能对张榜项目的技术需求, 提出计划合理、目标清晰、路线可行的技术攻关揭榜方案, 项目相关核心技术应有自主知识产权。

3. 揭榜方应具有完善的科技管理、科技合作和保障机制, 能为项目实施提供技术和科技团队保障。

4. 揭榜方财务状况良好且管理规范。

5. 揭榜方以及团队成员应具有良好的科研诚信和社会信用, 无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信

用“黑名单”记录。

六、实施目标

经济效益：项目技术的应用与推广，将释放建筑物、水体和铁路下压覆煤炭资源。覆岩离层注浆处理矸石综合成本降低 10%以上（现有成本约 60 元/吨），膏体充填处理矸石综合成本降低 20%以上（现有成本约 250 元/吨），土壤化处理矸石综合成本降低 10%以上（现有成本约为 70 元/吨）。项目执行期内累计可处理煤矸石量为 440 万吨。

社会效益：通过规模化消纳煤矸石修复矿区土地，攻克污染治理难题，显著改善区域生态与空气质量。同步消除采空区塌陷隐患，释放地下资源潜能，构建“固废利用-生态重建-产业升级”循环模式。其技术体系为资源型城市转型提供可复制方案，通过创造绿色就业、修复耕地等举措，推动生态治理与乡村振兴协同发展，成为绿色低碳转型的示范工程。

环境效益：有效减少固废堆放和填埋带来的环境压力，降低煤矸石对土壤和水源的污染风险。通过将煤矸石转化为充填材料和复垦用土，不仅实现了资源的循环利用，还减少了对天然资源的依赖，有助于降低碳排放。为改善矿区生态环境、修复生态系统提供了有效解决方案。

七、联系方式

联系人：闫江波

联系电话：0351-5628615

地 址：山西省太原市经济技术开发区东大街 8 号 314 室

5.全钒液流电池 80kW 级高功率密度电堆 关键技术研究及示范应用

一、需求单位

山西赛盈储能科技有限公司

二、研究内容

1.高功率密度电堆模拟仿真技术研究

研究电场、流场、浓度场、温度场及电化学反应多物理场协同作用对内部关键参数，如电化学极化、浓差极化以及电流密度分布的影响及其耦合关系，揭示上述参数在某一充、放电状态下的空间分布特性和随充、放电状态变化的时间分布特性。研究全钒液流电池极化分布和电流密度分布的影响规律，为电堆优化设计提供理论基础。

2.高效能电解液流道设计技术研发

研究电极框内电解液分配流道结构对电解液分布均匀性的影响，研究电极的不同结构参数、电极内匹配流道或者双极板流道对极化分布和电流密度分布均匀性的影响。探索多种类、多区域流道耦合传质状态下，流动阻力与电堆性能之间的关系。设计兼具流体分布均匀性、高效传质与低流阻特点的电堆流道结构。开发适用于高功率密度运行的电堆结构，为提高电堆的功率密度

奠定理论基础。

3.80kW 级高功率密度电堆设计技术研究

基于模拟仿真结果，开展 80kW 级高功率密度电堆的设计工作。研究流道结构与电池性能之间的匹配关系，研究不同 SOC 下的电堆内部漏电电流分布和漏电损耗的变化规律，探究电池节数、管路电阻、电池内阻等因素的变化对漏电电流分布和漏电损耗的影响规律。研究一体化组件的设计制备技术，减少电堆部件数量，提升电堆集成效率的同时降低电堆成本。形成 80kW 电堆的组装工艺，建立 80kW 级高功率密度电堆的集成方法。

4.高功率电堆储能系统的 BMS 系统研发

针对 80kW 高功率密度电堆及储能系统集成控制需求，研发分布式 BMS 管理系统，电解液价态监测以及 SOC 精确测量技术，构建电堆多物理场耦合的数字孪生体。研究电解液-电堆-系统三级健康管理模型，实现电堆 SOH 预测和储能系统健康状态评价；研究大功率电池储能系统的智能优化调度算法，实现多电堆协同优化控制。

5.500kW/2MWh 全钒液流电池系统集成示范应用

基于 80kW 级电堆开发 500kW 高集成度全钒液流电池模块并开展应用示范。研究全钒液流电池储能系统容量衰减规律及恢复方法。研究影响容量衰减的因素，揭示全钒液流电池储能系统的容量衰减机理和规律。开展容量恢复技术和方法的理论与实验

研究。

三、揭榜方任务

揭榜方主要负责理论研究、设计优化、关键材料研发，协助需求方完成 80kW 级电堆设计集成及系统应用示范工作。

1.高功率密度电堆模拟仿真技术研究。研究电场、流场、温度场等多场协同作用机理。研究全钒液流电池极化分布和电流密度分布的影响规律，并探究其调控策略。

2.高效能电解液流道设计技术研发。研究电极的不同结构参数、电极内匹配流道或者双极板流道对极化分布和电流密度分布均匀性的影响；分析电极框内电解液分配流道的不同结构对电解液分布均匀性的影响。设计兼具流体分布均匀性、高效传质与低流阻特点的电堆流道结构。开发适用于高功率密度运行的电堆结构。

3.80kW 级高功率密度电堆设计技术研究。基于模拟仿真结果，开展 80kW 级高功率密度电堆的设计工作。研究优化一体化组件的设计制备技术，提升电堆集成效率的同时降低电堆成本。形成 80kW 电堆的组装工艺，建立 80kW 级高功率密度电堆的集成方法。

4.高功率电堆储能系统的 BMS 系统研发。研发构建电堆多物理场耦合的数字孪生体，研究电解液-电堆-系统三级健康管理模型，研究大功率电池储能系统的智能优化调度算法，实现多电

堆协同优化控制。

5.研究 500kW/2MWh 全钒液流电池储能系统容量衰减规律及影响因素，揭示全钒液流电池储能系统的容量衰减机理，开展容量恢复技术的理论与实验研究。协助需求方试制电堆样机；与需求方共同完成储能系统设计集成、性能测试与评价。

四、揭榜技术考核指标

- 1.高功率密度电堆研制：单体电堆功率 $\geq 80\text{kW}$ ；
- 2.高功率电堆能量效率：电堆在额定功率 80kW 条件下，能量效率 $\geq 82\%$ ；
- 3.单电堆功率密度： $\geq 120\text{kW/m}^3$ ；
- 4.电堆成本： $\leq 1800 \text{ 元/kW}$ ；
- 5.全钒液流电池 BMS 系统的 SOC 检测精度 5%。

五、揭榜方条件要求

1.基本资格要求。揭榜方应有能力完成需求方提出的任务需求，能提出并保证实施方案的可行性。鼓励高等院校、科研机构、企业等各类创新主体组成联合体共同揭榜。

2.科研能力和条件要求。揭榜方应具备完成榜单项目所需的科研条件和研发能力，包括相应的技术储备、研发团队和实验设施等。揭榜方应有持续的技术创新能力，能够保证项目的顺利实施和高质量完成。

3.揭榜方能对张榜项目的技术需求，提出计划合理、目标清

晰、路线可行的技术攻关揭榜方案，项目相关核心技术应有自主知识产权。

4.揭榜方以及团队成员应具有良好的科研诚信和社会信用，无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

5.揭榜方技术挂帅人应弘扬科学家精神，具有优良作风学风，为揭榜牵头单位在职、在岗人员，能将主要精力用于项目实施。

六、实施目标

1.经济效益

（1）直接经济效益显著

项目预计带动山西省储能产业直接经济效益超 5000 万元，拉动上下游产业链投资超 5 亿元。

（2）能源成本优化

通过提升储能系统效率，降低新能源弃电率，预计每年为能源企业节省成本超 10 亿元，推动能源结构绿色转型。

（3）产业链协同发展

项目实施将带动全钒液流电池产业链上下游企业的协同发展，如钒矿开采、电解液生产、电池组件制造以及储能系统集成等相关产业，创造更多的经济增长动力。

2.社会效益

（1）助力山西省能源转型

支持山西省能源转型战略的实施。通过提供高效的储能解决方案，一方面可以提升新能源消纳能力，另一方面推动绿电就地转化，促进新能源在山西省能源结构中的占比提升，减少对传统化石能源的依赖，降低碳排放，改善区域环境质量，助力山西省实现绿色可持续发展目标。

（2）创造大量就业机会

该技术的不断发展将推动电解液生产、电池关键材料制造、系统集成等多个环节的产业升级，将为社会提供包括科研人员、技术工人、销售人员以及运维工程师等在内的各类就业岗位，从而为社会创造更多的就业机会。

七、联系方式

联系人：崔国栋

联系电话：15600003230

地址：山西省综合改革示范区晋中开发区潇河产业园区

6.十二轴 16200kW 重载永磁直驱电力机车 技术攻关与示范

一、需求单位

中车大同电力机车有限公司

二、研究内容

通过开展机车系统集成技术、大扭矩永磁直驱转向架技术、智能运维技术、机车零部件国产化技术、高效大功率牵引电传动技术、司机室降噪技术、重载动力学技术、运用考核技术等研究，研发十二轴 16200kW 重载永磁直驱电力机车。具体研究内容包括：

1. 系统集成技术研究。基于大功率重载需求，开展模块化、平台化整车系统集成，包括高效大功率牵引电传动系统、大扭矩永磁直驱转向架等研究，开展重载机车安全性及可靠性研究，优化重载机车牵引/制动控制策略，与既有十二轴机车相比，整车功率由 14400kW 提升至 16200kW（提升 12.5%），起动牵引力由 1140kN 提升至 1230kN（提升 7.9%），整车总效率由 0.85 提升至 0.9（提升 5.9%），并开展机车样机试制。

2. 大扭矩永磁直驱转向架技术研究。开展大扭矩轮轨关系黏着优化控制技术研究，从直驱结构与整车参数匹配、车轮材质提

升、轴重转移及黏着控制优化等方面，提升机车转向架性能，并开展转向架样机试制。

3. 智能运维技术研究。开展机车在线状态监测及故障预测技术研究，实现预测潜在故障隐患功能。

4. 机车零部件国产化技术研究。开展机车零部件国产化技术研究，解决制约轨道交通领域可持续发展的难题。

5. 高效大功率牵引电传动技术研究。研究高效电力电子变换技术、永磁电机及其控制技术等，实现机车电传动系统的效率和牵引性能提升，并开展电传动系统（变流器、牵引电机）的样机试制。

6. 司机室降噪技术研究。开展机车司机室降噪技术研究，提升司机室驾乘静谧性，实现机车司机室噪声降低。

7. 重载动力学技术研究。开展十二轴 16200kW 重载永磁直驱电力机车不同重载牵引应用场景下，基于车钩纵向力、车钩自由角等参数的重载适应性技术研究及精准轴重转移仿真技术研究，完成仿真计算并形成报告。

8. 试验与运用考核技术研究。开展十二轴 16200kW 重载永磁直驱电力机车试验验证技术研究，形成机车试验验证方案，完成试验并形成报告；开展机车运用考核技术研究，形成机车运用考核报告。

三、揭榜方任务

基于十二轴 16200kW 重载永磁直驱电力机车的研制要求，

开展高效大功率牵引电传动技术研究、司机室降噪技术研究、重载动力学技术研究、试验与运用考核技术研究。具体研究内容包括：

1. 高效大功率牵引电传动技术研究。研究高效电力电子变换技术、永磁电机及其控制技术等，实现机车电传动系统的效率和牵引性能提升，并开展电传动系统（变流器、牵引电机）的样机试制。
2. 司机室降噪技术研究。开展机车司机室降噪技术研究，提升司机室驾乘静谧性，实现机车司机室噪声降低。
3. 重载动力学技术研究。开展十二轴 16200kW 重载永磁直驱电力机车不同重载牵引应用场景下，基于车钩纵向力、车钩自由角等参数的重载适应性技术研究及精准轴重转移仿真技术研究，完成仿真计算并形成报告。
4. 试验与运用考核技术研究。开展十二轴 16200kW 重载永磁直驱电力机车试验验证技术研究，形成机车试验验证方案，完成试验并形成报告；开展机车运用考核技术研究，形成机车运用考核报告。

四、揭榜技术考核指标

1. 高效大功率永磁直驱变流系统 1 套，含变流器 1 套、牵引电机 1 套：牵引电机额定功率不低于 1350kW，额定效率不低于 95.5%，启动扭矩不低于 62080N·m；牵引变流器功率密度不低于 580kW/m³，额定效率不低于 98%。

- 2.机车司机室噪声由 75dB 降低至 70dB（降低 6.7%）。
- 3.机车重载适应性及轴重转移仿真计算报告 1 份：仿真误差不超过 10%。
- 4.机车试验验证报告、运用考核报告各 1 份：试验项点不低于 TB/T3487-2017《交流传动电力机车》中规定的要求。

五、揭榜方条件要求

1.揭榜方应有能力完成需求方提出的任务需求，能提出并保证实施方案的可行性。鼓励高等院校、科研机构、企业等各类创新主体组成联合体共同揭榜。

2.科研能力和条件要求。揭榜方应具备完成榜单项目所需的科研条件和研发能力，包括相应的技术储备、研发团队和实验设施等。揭榜方应有持续的技术创新能力，能够保证项目的顺利实施和高质量完成。

六、实施目标

- 1.十二轴 16200KW 重载永磁直驱电力机车样机：新技术、新装备。
- 2.大扭矩永磁直驱转向架样机：新技术、新装备。
- 3.智能运维技术：新技术。
- 4.高效大功率永磁直驱变流系统技术及样机：新技术、新装备。
- 5.司机室降噪技术：新技术。
- 6.机车重载适应性及轴重转移仿真技术：新技术。

七、联系方式

联系人：梁永刚

联系电话：13994446960

地址：山西省大同市平城区前进街 1 号

7.轨道交通永磁牵引电机数字化研制 关键技术攻关与应用

一、需求单位

中车永济电机有限公司

二、研究内容

1.多物理场耦合复杂工况下的材料性能表征

针对轨道交通永磁牵引电机振动、磁场、温度等实际运行工况，分析各项关键材料和结构服役运行的边界条件，开展多物理场耦合复杂工况下的磁性、合金、软磁等材料性能表征研究，形成3类材料性能数据库。

2.永磁牵引电机全链条数据集构建

通过半实物与多物理场耦合仿真技术，构建多源时序仿真数据集、虚拟测试数据集和车辆-线路协同数据集，基于自研的物理量梯度约束的异常值修复算法，提升数据质量，形成覆盖“电机-车辆-线路”全链条的数据集构建。

3.永磁牵引电机数字化建模技术研究

研究集总参数法、AI深度学习、多时间尺度数据匹配接口和多物理场降阶等技术，构建多维、多对象、多场、高精度的永磁牵引电机数字模型，实现永磁牵引电机关键性能参数的全范围

场域实时监测，多物理场耦合仿真精度 $\geq 93\%$ 。

4. 永磁牵引电机虚拟试验技术研究

构建虚实映射的试验台模型，研究牵引电机电、磁、热、力多域多尺度的全范围场域实时虚拟测试技术，实现电机型式试验、系统联调试验及匝短等故障工况验证，电气特性测试精度 $\geq 98\%$ 、场域耦合测试精度 $\geq 93\%$ ，测试效率提升80%以上。

5. 列车级永磁牵引电机虚拟线路测试技术研究

建立融合车体、转向架的车辆轨道动力学、控制系统、线路环境的列车级牵引电机数字模型，研究电机关键部件温度场、应力场的虚拟测试和分析技术，实现多线路多工况电机运行性能验证，电气特性测试精度 $\geq 98\%$ 、场域耦合测试精度 $\geq 93\%$ ，测试效率提升90%以上。

6. 高功率密度永磁牵引电机设计技术研究

基于验证的新型关键材料，开展高功率密度磁路拓扑设计、高可靠性绝缘结构设计、高效热管理设计、多物理场耦合分析等技术研究，研制高功率密度永磁牵引电机，功率密度 $\geq 1.3 \text{ kW/kg}$ 、效率 $\geq 97.6\%$ 。并通过虚拟试验台完成型式试验、线路运行等考核及示范应用。

三、揭榜方任务

1. 多物理场耦合复杂工况下的材料性能表征

针对轨道交通永磁牵引电机振动、磁场、温度等实际运行工况，分析各项关键材料和结构服役运行的边界条件，开展多物理

场耦合复杂工况下的磁性、合金、软磁等材料性能表征研究，形成 3 类材料性能数据库。

2. 永磁牵引电机虚拟试验技术研究

构建虚实映射的试验台模型，研究牵引电机电、磁、热、力多域多尺度的全范围场域实时虚拟测试技术，实现电机型式试验、系统联调试验及匝短等故障工况验证，电气特性测试精度 $\geq 98\%$ 、场域耦合测试精度 $\geq 93\%$ ，测试效率提升 80% 以上。

3. 列车级永磁牵引电机虚拟线路测试技术研究

建立融合车体、转向架的车辆轨道动力学、控制系统、线路环境的列车级牵引电机数字模型，研究电机关键部件温度场、应力场的虚拟测试和分析技术，实现多线路多工况电机运行性能验证，电气特性测试精度 $\geq 98\%$ 、场域耦合测试精度 $\geq 93\%$ ，测试效率提升 90% 以上。

四、揭榜技术考核指标

1. 多物理场耦合复杂工况下的材料性能表征：搭建 5 种永磁材料、6 种合金材料、5 种软磁材料性能数据库。

2. 永磁牵引电机虚拟试验技术指标：实现电机型式试验、系统联调试验及匝短故障工况验证，电气特性测试精度 $\geq 98\%$ 、场域耦合测试精度 $\geq 93\%$ ，测试效率提升 80% 以上。

3. 列车级牵引电机虚拟线路测试技术指标：实现电机应力和温度实时测试，电气特性测试精度 $\geq 98\%$ 、场域耦合测试精度 $\geq 93\%$ ，测试效率提升 90% 以上。

五、揭榜方条件要求

1.揭榜方应有能力完成需求方提出的任务需求，能提出并保证实施方案的可行性。鼓励高等院校、科研机构、企业等各类创新主体组成联合体共同揭榜。

2.科研能力和条件要求。揭榜方应具备完成榜单项目所需的科研条件和研发能力，包括相应的技术储备、研发团队和实验设施等。揭榜方应有持续的技术创新能力，能够保证项目的顺利实施和高质量完成。

六、实施目标

- 1.搭建3类材料性能数据库。
- 2.数字化建模训练数据集 $\geq 5T$ 。
- 3.永磁牵引电机数字化模型1套。
- 4.永磁牵引电机虚拟试验平台1套。
- 5.列车级牵引电机虚拟线路测试平台1套。
- 6.永磁牵引电机样机4台。
- 7.申请发明专利8件、软件著作权2项等。

七、联系方式

联系人：廉琳

联系电话：15529222729

地址：山西省运城永济市电机大街18号

8.AR 光波导用 12 英寸碳化硅单晶材料 研发与应用示范

一、需求单位

山西烁科晶体有限公司

二、研究内容

1.12 英寸高质量晶体扩径制备技术。

(1) 采用有限元仿真设计获得适合 12 英寸单晶制备的热场结构设计，在此基础上开展高质量籽晶繁殖技术研究，获得低缺陷高质量籽晶；

(2) 开展 12 英寸碳化硅单晶扩径技术研究，通过微区控制技术抑制晶体生长边缘缺陷，掌握 12 英寸低缺陷单晶制备技术；

(3) 开展点缺陷调控、动态掺杂控制等关键技术研究，实现 12 英寸高光学透过率碳化硅单晶制备；

(4) 开发 12 英寸碳化硅单晶激光剥离技术，完成 12 英寸光学材料加工技术开发，搭建 12 英寸光学镜片加工线。

2.AR 光波导光学材料设计与仿真。

(1) 通过表面浮雕光栅+超表面耦合的方式研究光波导协同色散控制机制，明晰环境光泄漏机理找寻抑制方法；

(2) 研究宽视场下光栅衍射效率分布情况，实现规律调控。

3.AR 光学结构开发与设计。

(1) 在现有的纳米压印技术的基础上，进行压印与刻蚀相结合的工艺研究；

(2) 深入研究压印压力、温度、时间等参数与刻蚀气体种类、流量、功率等参数之间的匹配关系，建立工艺参数数据库。

4.AR 光波导应用验证与开发。

(1) 采用 DUV 光刻+低温刻蚀技术，实现超硬光学材料表面光波导制备；

(2) 通过实验设计与仿真模拟相结合的方法，实现全彩衍射光波导应用验证，提出衬底改进方向，实现 12 英寸碳化硅单晶应用。

三、揭榜方任务

1.AR 光波导光学材料设计与仿真，通过表面浮雕光栅光波导+超表面耦合的方式研究光波导协同色散控制机制，明晰环境光泄漏机理找寻抑制方法，研究宽视场下光栅衍射效率分布情况，实现规律调控。

2.AR 光学结构开发与设计，在现有的纳米压印技术的基础上，进行压印与刻蚀相结合的工艺研究。深入研究压印压力、温度、时间等参数与刻蚀气体种类、流量、功率等参数之间的匹配关系，建立工艺参数数据库。

3.AR 光波导应用验证与开发，开展 12 英寸碳化硅光波导镜片全彩衍射光波导的应用验证与反馈，实现材料制备技术与眼镜

制备技术的迭代升级，完成新一代 AR 眼镜制备。

四、揭榜技术考核指标

1. 衬底直径： $300\pm0.5\text{mm}$ ；
2. 表面粗糙度： $\leq 0.2\text{nm}$ ；
3. @ 589nm 处光吸收率： $\leq 0.5\%$ ；
4. 微管密度： $\leq 0.2 \text{ 个}/\text{cm}^2$ ；
5. 光波导模组调制传递函数（MTF）值： $\geq 0.6 @ 30\text{p/mm}$ ；
6. 光波导视场角（FOV）： $\geq 50^\circ$ ；
7. 彩虹纹图像灰度值为零（根据光源入射角度范围、彩虹纹区域的面积占比和彩虹纹区域的总像素灰度值计算获得衡量彩虹纹的值）；
8. 晶圆内多组波导间的光栅结构的宽度尺寸、高度尺寸误差在 $\pm 5\%$ 的范围内。

五、揭榜方条件要求

1. 揭榜方应为有研发实力的高等院校、科研机构、企业等各类创新主体组成的联合体，有能力完成需求方提出的任务需求，并能提出并保证实施方案的可行性。
2. 揭榜方应具备完成榜单项目所需的科研条件和研发能力，包括相应的技术储备、研发团队和实验设施等。揭榜方应有持续的技术创新能力，能够保证项目的顺利实施和高质量完成。

六、实施目标

研发高端 AR 眼镜用 12 英寸碳化硅单晶材料，开发出低成

本、高质量、高透过率的碳化硅单晶材料制备技术，制定 AR 眼镜用 12 英寸碳化硅单晶企业标准 1 项，建立 12 英寸碳化硅单晶生产线 1 条，预计年产能 1 万片，直接经济效益 1 亿元，申请发明专利 5 项。

七、联系方式

联系人：靳霄曦

联系电话：18636169607

地 址：山西省太原市潇河园区汾潇街 9 号

9.芯片堆叠热压键合技术与装备研发

一、需求单位

中国电子科技集团公司第二研究所

二、研究内容

1.热场环境中亚微米级视觉对准技术

研究热场环境中热扰动引起的光学偏差动态补偿方法；研制具备热隔离的双路同轴光学系统；研究亚微米级视觉对准技术，建立多点对准算法模型，开展凸点芯片和晶圆对准精度验证。

2.半球气浮调平技术

研究半球气浮调平结构；研究气浮气路控制技术，建立气体流程控制和浮起高度的模型；研究键合头和键合平台精密调平方法，开展平行度调节和平行度测试验证。

3.键合头快速升降温控制技术

研究陶瓷热传导特性，研究微通道双冷却技术，研制快速升降温的半导体陶瓷键合头，研究脉冲加热控制技术；研制大尺寸高均匀性晶圆键合台，开展键合头快速升降温性能和键合台均匀性指标验证。

4.超薄芯片拾取技术

研制超薄芯片多步顶块机构和控制技术，构建顶起高度、顶

起次数及顶起速度的控制模型；研制微小压力拾取机构；研究多步顶机构、拾取机协同控制技术。

5. 芯片堆叠热压键合工艺验证

研究芯片堆叠热压键合工艺技术，HBM 存储器芯片堆叠层数不少于 4 层；开展热压键合温度、压力工艺参数单因素工艺试验、正交试验等，分析热压键合工艺规律，形成芯片堆叠热压工艺规范。

三、揭榜方任务

1. 热场环境中亚微米级视觉对准技术

研究热场环境中热扰动引起的光学偏差动态补偿方法；研制具备热隔离的双路同轴光学系统；研究亚微米级视觉对准技术，建立多点对准算法模型，开展凸点芯片和晶圆对准精度验证。

2. 键合头快速升降温控制技术

研究陶瓷热传导特性，研究微通道双冷却技术，研制快速升降温的半导体陶瓷键合头，研究脉冲加热控制技术；研制大尺寸高均匀性晶圆键合台，开展键合头快速升降温性能和键合台均匀性指标验证。

3. 芯片堆叠热压键合工艺验证

研究芯片堆叠热压键合工艺技术，HBM 存储器芯片堆叠层数不少于 4 层；开展热压键合温度、压力工艺参数单因素工艺试验、正交试验等，分析热压键合工艺规律，形成芯片堆叠热压工艺规范。

四、揭榜技术考核指标

1. 对准精度: $\pm 1\mu\text{m}$
2. 视场 FOV: $\geq (1.1 \times 1.1) \text{ mm}$
3. 系统光学放大倍率: $\geq 5X$
4. 键合头温度: RT-350°C
5. 键合头升温速率: $\geq 150^\circ\text{C}/\text{s}$
6. 键合头降温速率: $\geq 30^\circ\text{C}/\text{s}$
7. 键合后 XY 精度: $\pm 2\mu\text{m} @ 3\sigma$
8. 键合后 θ 精度: $\pm 0.05^\circ @ 3\sigma$
9. 键合芯片尺寸: (3x3—20x20) mm

五、揭榜方条件要求

1. 有较强的研发实力、科研条件和成果转化支撑队伍，有能力完成揭榜任务；
2. 能对揭榜项目需求提出攻克关键核心技术的可行性方案，掌握自主知识产权；
3. 近三年内无不良信用记录或重大违法行为。

六、实施目标

面向国际前沿的芯片堆叠热压键合技术，研制达到国际先进水平的芯片堆叠热压键合技术与装备，形成热压键合设备 1 台，视觉对准软件 1 套，热压键合工艺规范 1 份，申请发明专利 8 项，预期经济效益 6000 万元以上，推动山西省新一代半导体产业的高速高质量发展，提升我省在国内新一代半导体产业领域的地

位。

七、联系方式

联系人：刘 鹏

联系电话：13994274722

地 址：山西省太原市万柏林区和平南路 115 号

10.高性能锚杆钢关键技术研发及产业化

一、需求单位

山西建邦集团有限公司

二、研究内容

1.高强韧高耐蚀锚杆钢合金成分智能化设计。

开展“AI+钢铁”成分设计。基于千米深井高冲击地压及酸性腐蚀环境，通过建立合金成分高通量相图计算+相场设计相析出+机器学习成分-工艺-组织模型，优化设计V、N、Nb、Cr等合金成分，开发高强韧、高冲击功、高耐蚀性能的高端锚杆钢材料。

2.高洁净高端锚杆钢冶炼及无缺陷连铸坯制备工艺研发。

开发炼钢过程元素含量精确调控技术，包含超低氧控制技术、N含量控制技术，降低尺寸粗大（>50um）外来夹杂物以及内生氧化物（Al₂O₃）、硫化物（MnS）夹杂含量；控制优化一冷、二冷工艺和凝固裂纹、中心偏析缺陷，生产高质量连铸坯。

3.高端锚杆钢数智化控轧-控冷-热处理工艺研发。

建立控轧控冷热处理环节工艺-组织-性能多模态AI模型。高效优化控轧控冷和轧后自然时效多工艺参数，协同调控多阶段控轧控冷热处理工艺，开发超细晶“铁素体/珠光体等复相组织+

“纳米碳氮化物”精准控制工艺，实现强韧性组织的合理匹配。

4. 服役环境复合载荷下高端锚杆钢协同损伤机理研究。

建立服役环境复合载荷下腐蚀-应力协同损伤模型，进行寿命评估预测；研究自内生产物介导的氧化膜层自修复抗损伤技术，评价氧化膜层厚度及组成比例等作用下的腐蚀失效形式及腐蚀环境下材料性能退化机理，提升锚杆钢在湿热、酸性、高冲击深矿井环境下的稳定性。

5. 深采环境高端锚杆钢产业化应用。

开展深矿井支护工程示范应用，完成新型锚杆钢性能测试与服役评估，建成1条高强韧高耐蚀锚杆钢智能生产线，实现高端生产和拓展出口。

三、揭榜方任务

1. 极端工况高端锚杆钢材料研发：面向深部矿井高应力、冲击地压及腐蚀环境，创新材料设计，实现高强度、高韧性、抗冲击与耐腐蚀性能的协同提升。

2. 炼钢过程精细化控制技术开发：通过超低氧、氮含量调控及连铸工艺优化，确保钢坯洁净度（夹杂物 $\leq 50\mu\text{m}$ ），消除凝固缺陷与偏析。

3. 多阶段轧制与热处理工艺开发：高效整合控轧控冷、时效处理等参数，精准调控超细晶复相组织与纳米析出相，稳定优化材料综合性能。

4. 腐蚀-应力耦合损伤模型构建：研究复合载荷下材料失效机

制，建立寿命预测模型，为深井环境耐久性设计提供理论支撑。实现深矿井支护工程示范应用。

四、揭榜技术考核指标

1. 钢冶炼[N] ≤ 30ppm, [S] ≤ 15ppm, [P] ≤ 15ppm。
2. 连铸坯全氧含量 ≤ 20ppm, 铸坯氧化夹杂物、硫化物夹杂最大尺寸 ≤ 50um, 裂纹率 ≤ 1%。
3. 高端锚杆钢屈服强度 ≥ 700MPa, 抗拉强度 ≥ 850MPa, 断后伸长率 ≥ 17.0%, 常温下冲击功 ≥ 40J。
4. 高端锚杆钢热轧组织晶粒度 ≥ 10 级。
5. 高端锚杆钢产品合格率 ≥ 99%。
6. 在模拟矿井腐蚀环境和应力叠加作用下的平均腐蚀速率低于 0.2mm/a。

五、揭榜方条件要求

1. 揭榜方为国内外有研究开发能力的高校、科研机构等单位，具有强有力的科研基础条件，财务状况良好且管理规范。
2. 揭榜方学术带头人和科研团队攻关实力强，具有相关专业知识、研究经验和研发能力。
3. 揭榜方能对张榜项目的技术需求，提出计划合理、目标清晰、路线可行的技术攻关揭榜方案，项目相关核心技术应有自主知识产权。
4. 揭榜方应具有完善的科技管理、科技合作和保障机制，能为项目实施提供技术和科技团队保障。

5. 揭榜方以及团队成员应具有良好的科研诚信和社会信用，无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

六、实施目标

开发出高强韧高冲击功高耐蚀智能化协同优化技术，制定深部矿井用锚杆钢耐腐蚀性测试标准 1 套和控冶-控铸-控轧-控冷一体化新工艺规范 2~3 套，建立年产 180 万吨高端锚杆钢智能生产线 1 条，申请国家发明专利 5 项，申报团体标准 2 项，开发材料工艺调控软件 1 套。项目达产后实现新增年产值 ≥ 2 亿元，投资回收期 ≤ 2 年，助力区域钢铁产业向“高精尖”价值链跃迁。

七、联系方式

联系人：张红旭

联系电话：18834228568

地址：山西省临汾市侯马文明路建邦国际大厦

11. 放射性核素抗体偶联抗癌药物开发

一、需求单位

山西纳安生物科技股份有限公司

二、研究内容

1. 临床前药效学研究

(1) 靶点筛选与验证

整合生物信息学分析与分子生物学实验技术，通过对肿瘤细胞及临床组织样本的系统检测，筛选具有治疗潜力的特异性靶点。

(2) 配体开发优化

通过细胞培养、配体表达、纯化，得到高亲和力与特异性的配体。

(3) 核素标记及稳定性研究

配体-螯合剂偶联：筛选适配螯合剂，优化反应条件，通过 HPLC/MS 等技术检测分析产物纯度与稳定性。

核素标记：选择诊断核素、治疗核素标记，优化标记条件以提升标记率和放射化学纯度，开展核素稳定性研究。

(4) 体内外活性研究

利用细胞模型,检测配体和靶点的亲和力、结合活性、内吞效率、细胞毒活性等;利用动物模型,检测药物抑瘤率和体内分布等。

(5) 研究者发起的临床试验(IIT)

验证药物在目标瘤种的靶向性及体内分布。

2.药学研究

(1) 主细胞库(MCB)和工作细胞库(WCB)的建库和稳定性研究;

(2) 抗体表达、纯化、偶联和制剂工艺的开发;

(3) 抗体中间体、药物原液、药物制剂、细胞学活性等分析方法开发及确认;

(4) 毒理批和临床批试验样品的生产、检验及放行;

(5) 抗体中间体、药物原液和制剂的稳定性研究;

(6) 核素标记工艺开发,验证、检验、放行标准建立及稳定性研究;

3.非临床药代动力学、安全性评价研究及生物药效实验

(1) 药效学研究:皮下移植瘤模型建立和支持NMPA申报的动物实验;

(2) 制剂、生物分析方法建立与验证;

(3) 药代动力学研究:动物单次和多次给药血浆动力学研究试验、药物血浆稳定性试验;

(4) 安全评价：动物安全药理试验和扩展单次、重复给药毒性试验，血管刺激试验，组织交叉反应及 ADA 分析方法等支持 NMPA 临床试验申报的安全性评价研究。

4.申请新药临床试验批件。

三、揭榜方任务

1.临床前药效学研究

- (1) 靶点筛选与验证、配体开发优化；
- (2) 核素标记、稳定性、体内外活性研究；
- (3) 研究者发起的临床试验（IIT）。

2.完成符合 NMPA 申报要求的临床试验用放射性药物的药学研究；

3.完成符合 NMPA 申报要求的非临床毒理学、药代动力学等安全性研究；

4.申请新药临床试验批件。

四、揭榜技术考核指标

1.针对肿瘤特异性靶点，筛选出 1 个高特异性配体，配体纯度>95%，配体稳定性 2 年；依据临床用冻干制剂标准，完成制剂工艺开发，制备出符合质量标准的冻干制剂样品；

2.完成配体与螯合剂偶联工艺，建立完整的工艺规程，抗体/螯合剂比率为 4 左右；

3. 放射化学纯度 90%，稳定性 3 天；
4. 明确药物的安全剂量范围，确定最大耐受剂量；
5. 获得国家 1.1 类抗癌药临床试验批件。

五、揭榜方条件要求

1. 揭榜方可以是高校和科研院所、企业等相关单位联合揭榜；
2. 揭榜挂帅人有相关项目经验，能够按期完成研发任务；
3. 揭榜方有靶点验证、配体筛选、螯合剂与配体偶联、核素标记、细胞实验、动物实验、药学研究、非临床研究、IND 申报等方面显著业绩；
4. 揭榜方拥有相关研究平台，并具有放射性药物临床前安全性评价（GLP）、非临床研究质量管理规范（GLP）等相关资质，可满足项目研究所需的条件。

六、实施目标

1. 研究成果

完成新药临床批件申请，获得国家 1.1 类抗癌药临床试验批件。

2. 经济效益

根据《2024 年全球放射性药物市场报告》及 NMPA 放射性药品审评中心权威数据，国内 RDC 领域市场规模达 180 亿元规模（年增 42%），IND 获批项目 2.9 亿元估

值基准，对标诺华 Pluvicto（其 IND 阶段估值 3.1 亿美元且 24 年销售 13.92 亿美元）转化模型，通过核药特有估值体系测算，本项目获 IND 临床批件后价值超 3 亿元，强力驱动山西能源经济向百亿级生物医药集群转型。

3.社会效益

核药的成功开发有望填补以抗体为配体的国内核药空白，实现国内核药零的突破，通过国产化降低药物成本，显著提升核医疗服务对中低收入患者的可及性，以精准定位、低副作用的治疗优势为肿瘤患者提供新方案，推动高校科研院所协同创新和人才培养，促进山西省转型高质量发展。

七、联系方式

联系人：渠志灿

联系电话：18636894579

地址：山西综改示范区太原唐槐园区康寿街 11 号孵化基地 4 号楼

12.耐密高产玉米种质创制与新品种选育

一、需求单位

山西潞玉种业股份有限公司

二、研究内容

通过常规育种和现代生物技术手段相结合，创制耐密高产新种质和新品种选育，提升种业创新能力，支撑山西种业发展。

1.现代生物育种技术产业化平台的优化与新种质创制。利用现有单倍体、分子标记、基因编辑等现代生物育种技术，优化包含分子标记辅助选择、高效单倍体育种技术等产业化平台，并利用该平台，有针对性的快速创制 DH 新种质 1000 份。

2.耐密玉米新种质鉴定与筛选。结合田间多点鉴定和分子标记辅助选择等，对耐密性状进行鉴定和筛选，筛选出骨干新种质（作为亲本组配 2 个及以上新组合参加区域试验）3~5 份。

3.耐密高产玉米新组合筛选与新品种选育。对所创制种质进行测配，结合配合力测定、多点测产、品质鉴定、抗病型鉴定、耐密测试等进行组合鉴定，完成 5 万个组合的配制与鉴定，筛选 30 个高产、耐密的苗头新组合参加国家或省级区域试验；选育并审定耐密高产玉米新品种 4~5 个，产量比区试对照增产 8% 以上，在山西春播中熟、中晚熟区和南部夏播区种植密度比区域试

验（种植密度 4500 株/亩）平均提高至 5000~6000 株/亩。

4.植物新品种权申请与品种示范推广。针对项目所创制优异种质、品种进行植物新品种权申请，获得植物新品种权 5 个。结合区域优势，根据所培育耐密高产玉米新品种特点，以企业为主导，对新品种进行亲本扩繁，种子生产和规模化示范，研究并制定玉米新品种配套技术 1 项，加速新品种的推广应用，累计推广玉米新品种 200 万亩以上。

三、揭榜方任务

1.优化与集成应用单倍体育种技术与分子标记辅助选择技术，以高效加倍和重点性状标记，利用诱选结合技术、多点鉴定，优化现代生物育种技术体系，并进行耐密新种质创制。

2.对所创制种质进行测配，结合配合力测定、多点测产、品质鉴定、抗病型鉴定、耐密测试等进行组合鉴定和优异新组合筛选。

3.以筛选鉴定的优异新组合为基础，充分挖掘其耐密植特性、高产特性等进行挖掘，参加国家或省级区域实验，并完成审定，培育耐密高产新品种，解决山西省缺乏耐密高产玉米新品种的痛点。

4.结合区域优势，根据所培育耐密高产玉米新品种特点，充分发挥种子企业优势，对新品种进行亲本扩繁，种子生产和规模化示范，研究并制定玉米新品种配套技术，加速新品种的推广应用，实现大面积示范推广。

四、揭榜技术考核指标

- 1.优化现代生物育种技术产业化平台，构建耐密植群体3~5个，并快速创制1000份DH系。
- 2.结合耐密鉴定、配合力测定、适应性鉴定等评价，筛选出骨干新种质（作为亲本组配2个及以上新组合参加区域试验）3~5份。
- 3.完成5万个组合的配制与鉴定，筛选30个高产、耐密的苗头新组合参加国家或省级区域试验。
- 4.选育并审定耐密高产玉米新品种4~5个，产量比区试对照增产8%以上，在山西春播中熟、中晚熟区和南部夏播区种植密度比区域试验（种植密度4500株/亩）平均提高至5000~6000株/亩。
- 5.获得植物新品种权5个，研究并制定玉米新品种配套技术1项，累计推广玉米新品种200万亩以上。

五、揭榜方条件要求

- 1.基本资格要求。揭榜方应有能力完成需求方提出的任务需求，能提出并保证实施方案的可行性。鼓励高等院校、科研机构、企业等各类创新主体组成联合体共同揭榜。
- 2.科研能力和条件要求。揭榜方应具备完成榜单项目所需的科研条件和研发能力，包括相应的技术储备、研发团队和实验设施等。揭榜方应有持续的技术创新能力，能够保证项目的顺利实

施和高质量完成。

六、实施目标

1.新材料、新品种。一是优化现代生物育种技术产业化技术，创制玉米新材料，符合耐密玉米相关指标，并形成科技报告或鉴定报告；二是选育的耐密高产玉米新品种，申报或通过国家、省审定，或申请植物新品种权。

2.经济效益。选育国审或山西省审定的5个玉米品种，累计推广200万亩，以玉米单价2元/公斤计，可增产玉米8000万公斤，为农民增收1.6亿元，经济效益显著。

3.社会效益。通过项目建设提高公司农作物新品种选育水平，探索总结商业化育种和种质资源创新模式，更好地打造商业化玉米育种平台，提升企业竞争能力。提高农户种粮积极性，为拉动农村经济发展注入新的活力和动力，有利于产业优化升级和农业高质量发展，对保障国家粮食安全、稳定粮食产量、提升粮食自给率做出山西贡献。

七、联系方式

联系人：武志兴

联系电话：13903553988

地 址：山西省长治市上党经济技术开发区现代物流园

13. 深层煤层气地质工程一体化开发技术 研究与应用

一、研究内容

1. 深层煤层气优质储层发育机制与开发模式研究

(1) 深层煤层气优质储层发育机理研究

通过煤储层多尺度表征、显微组分构成分析及热模拟实验等，阐明深层煤储层差异发育机理，明确差异富集规律与成藏模式。

(2) 深层煤层气开发甜点评价研究

研究煤储层煤体结构、孔隙结构、气水赋存、“黑金”靶体、顶底板条件、可压性等，优选关键地质-工程参数，建立多尺度立体化的甜点综合表征技术体系，优选评价开发甜点区。

(3) 产能评价及高产主控因素研究

构建“地质-工程一体化”产能差异评价指标体系，评价煤岩类型、煤体结构、孔隙结构、微裂隙、微构造、地应力、压裂液量、施工排量、段簇设计等地质工程参数，对煤层气井产能的差异化影响，为开发优化奠定基础。

(4) 深层煤层气开发模式及气藏工程优化设计

建立差异化储层条件下对应的开发模式，论证不同开发模式

下开发井型、井网井距、水平段长度、单井配产等开发指标，为深层煤层气高效开发动用提供方案支撑。

2. 地质工程一体化优快钻井及高效压裂技术研究

（1）地质工程一体化导向技术研究

开展煤岩储层纵向结构、微构造发育特征精细研究，靶前精细地质建模，实现精准着陆；靶后深化方位伽马及伽马成像资料应用，结合地层倾角变化，制定兼顾“煤层钻遇率”与“轨迹平滑”水平段导向策略。

（2）长水平段水平井优快钻井技术研究

解决长水平段水平井摩阻扭矩大，定向困难问题，实现长水平段优快钻进；优化封堵材料的粒径与级配，延长泥岩和煤岩水化坍塌周期；通过保障钻头、螺杆、仪器“三同时”，实现水平段“一趟钻”；建立井眼清洁评价标准，确定套管下入条件、下入方式，优选套管下入辅助工具，实现长水平段井顺利完井。

（3）压裂缝网扩展机理及高效低成本压裂技术研究

优化压裂施工参数，辅助以微地震检测、高频压力检测等手段，开展不同压裂液体系下的裂缝扩展机理研究。通过产出测试对比，优选适应用深煤体积改造，符合缝网扩展需求的压裂液体系，实现低成本高效益改造目标。

3. 深层煤层气排采工艺关键技术研究

（1）深部煤层气防腐防垢技术研究

针对研究区的地气质藏特征，开展腐蚀结垢机理研究，揭示

深部煤层气从储层-井筒的不同生产阶段腐蚀结垢规律，明确深部煤层储层结垢和井筒腐蚀结垢原因；开展储层防垢、井筒防腐防垢技术研究，制定防腐防垢对策，开展现场试验。

（2）防垢防煤粉防砂防气窜新型抽油泵的研制

通过对抽油泵结构的剖析和卡泵机理分析，设计新型防卡工艺，试制新型防卡抽油泵，通过室内对比实验和现场试验，验证新型防卡抽油泵的防卡性能。揭示井下管柱气窜原因，开展井下气液分离工具研制，开展地面密封装置和流程工艺优化，实现产气间歇性突出时的正常排采。

（3）深井、小环空、高压液位监测技术优化

对比中浅煤层和深煤层存在的差异，在现有液位监测技术的基础上，研究信号采集、波形降噪处理技术，优化音速计算方法，研发小环空、多流态、多数据去干扰技术，实现液面深度的精准解析，形成适用于深井、小环空、高压液位监测技术。

（4）复合举升工艺及智能协同调控技术研究

针对不同地质气藏条件，不同产气和产水的生产井，开展不同类型井不同生产阶段工艺适用性研究，开展不同举升排采工艺参数的最优化智能控制技术研究，建立增压气举、精细泡排以及多种举升泵相互衔接的复合排采工艺技术，显著提升气井生产时率。

（5）深部煤层气水平井水平段低伤害高效解堵工艺研究

针对深部煤层气开发特点，集合井身结构的埋深大、井筒小

的特点，明确水平段井筒解堵工艺技术方向（捞、冲）；开展水平段井筒解堵技术优化，研制配套工具；开展工艺技术现场试验，形成深部煤层气水平井水平段低伤害高效解堵工艺。

二、考核指标

1. 明确优质煤岩储层发育机理，构建差异化储层条件下的主体开发模式，优选有利开发目标区 5 个以上；

2. 构建地质工程一体化优快钻井及高压裂技术，水平井黑金靶体钻遇率 90% 以上，实现 2000m 水平段“一趟钻”，钻井提速 10% 以上，单段 SRV 提升 20%；

3. 生产时率提高 10%，井台排采费用降低 10%。中阶煤水平井峰值日产气量超过 15000m³；水平井水平段解堵无漏失，处理段达到 80% 以上。

三、揭榜方条件要求

1. 揭榜方为国内外有研究开发能力的企业、高校、科研机构等单位，财务状况良好且管理规范。

2. 揭榜方具有强有力的科研基础条件，技术带头人和科研团队攻关实力强，具有研究煤层气勘查开采经验。

3. 揭榜方能对张榜项目的技术需求，提出计划合理、目标清晰、路线可行的技术攻关揭榜方案。

4. 揭榜方应具有完善的科技管理、科技合作和保障机制，能为项目实施提供技术和科技团队保障。

5. 揭榜方以及团队成员应具有良好的科研诚信和社会信用，无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

四、实施目标

形成一套适合于深层煤层气的地质工程一体化开发技术系列及工作流程，为在晋深层煤层气规模高效开发做好示范引领。

1. 明确优质煤岩储层发育机理，构建差异化储层条件下的主体开发模式，实现深层煤层气高效开发动用；

2. 构建地质工程一体化优快钻井及高效压裂技术，实现低成本高效益开发目标；

3. 形成一套适合于深部煤层气的高效排采关键技术，解决生产过程中影响排采效率和生产效果的关键问题，保障排采连续性和排采控制。

五、联系方式

联系人：索 静

联系电话：0351-2029629

地 址：太原市万柏林区滨河西路南段 129 号山西焦煤
双创基地 A 座 1211 房间

14. 山西高矿化地热田砂岩热储高效回灌 技术研究

一、研究内容

针对山西高矿化度砂岩热储回灌难题，深入研究砂岩热储物性、分布机理，阐明地热流体回灌过程中的堵塞与储层伤害机理，攻克现有开发回灌技术瓶颈。通过研发高效、经济、可持续的回灌关键技术体系，建立科学的回灌潜力评估方法与优化运行策略，并开展现场试验验证。主要研究内容包括以下五个方面：

1. 山西高矿化地热田砂岩储层及流体特征精细表征

以山西运城典型砂岩地热田为研究对象，针对在回灌过程中由于粘土矿物膨胀、微粒迁移堵塞孔隙、结垢沉淀物堵塞孔隙的问题，分别开展以下研究：①对热储砂岩进行岩石学、矿物学分析，了解粘土矿物的赋存状态、含量及晶体结构，明确储层发育规律；②对地热流体，原水与尾水进行分析，明确流体化学特征，进行结垢倾向预测。

2. 高矿化流体回灌堵塞与储层伤害机理研究

针对山西运城高矿化流体回灌面临的温度、压力、流体化学、微生物等多因素的影响。开展高矿化流体回灌堵塞与储层伤害机理研究，包括：①构建多尺度实验研究体系，探究回灌堵塞与储

层伤害机理；②开展系列水岩反应实验，明确元素迁移与矿物转化，定量表征渗透率伤害程度，研究不同因素条件下成垢动力学，解析垢物形成形态与生长机制；③构建考虑温度、压力、流体化学、微生物等多因素耦合的堵塞与伤害机理模型。

3. 高效回灌关键技术的研发与优化

基于堵塞与伤害机理研究成果，开展全链条技术研发与工艺优化。在防垢/缓蚀技术方面，开展磁化、超声等物理防垢技术的适用性试验，开展不同管材现场腐蚀及结垢挂片试验，分析不同技术在实际工况下的效果，优选有效的工艺、技术与方案，进行现场试验方案准备。

4. 回灌潜力评估、数值模拟与现场试验

基于模块1的精细储层表征成果，利用GMS、TOUGHREACT等专业软件，构建目标区热储地质模型与THMC耦合数值模型，刻画储层结构、流体运移与物理化学过程。通过设置不同回灌方案（包括井位布局、回灌流量、水源类型等），模拟回灌过程中储层压力、温度场变化，预测回灌效率与长期可持续性，筛选出高潜力回灌区域与优化方案。

在山西省典型砂岩热储地热田选取代表性场地，开展小规模或中试规模现场回灌试验。搭建实时监测系统，对回灌量、压力、水质等关键参数进行高频次监测，同步观测周边监测井响应变化。通过对比室内实验、数值模拟与现场试验数据，验证技术可行性，优化工艺参数，为技术推广提供实践依据。

5. 技术集成与经济环境效益分析

整合前四个模块研究成果，结合山西地热田实际开发需求，编制“山西高矿化砂岩热储高效回灌技术指南”，明确技术适用条件、操作流程与质量控制标准。开展技术经济性分析，从设备投资、药剂成本、运行维护等方面建立成本-效益模型，评估不同规模应用下的经济可行性。

基于生命周期评价方法，量化技术应用对减少尾水排放、维持热储压力、延长地热资源开采周期等方面的环境效益，为政策制定与产业推广提供数据支撑，推动山西地热产业实现经济效益与环境效益的双赢。

二、考核指标

1. 高矿化度砂岩热储无压回灌示范工程(集中回灌井 ≥ 5 口)回灌率达到100%；
2. 高矿化度(矿化度 $\geq 10000\text{mg/L}$)地热田单井每小时回灌量同比提高20%；
3. 单井无压无故障高效($\geq 120\text{方/小时}$)回灌运行时长大于一个生产季(≥ 4 个月)；
4. 开展2个以上省内地热项目试点应用。

三、揭榜方条件要求

1. 揭榜方应有能力完成需求方提出的任务需求。鼓励高等院校、科研机构、企业等各类创新主体组成联合体共同揭榜。
2. 揭榜方应具备完成榜单项目所需的科研团队、技术储备和

实验设施，具有研究地热能开发领域的经验以及规模性试验基地。有能力完成需求方提出的任务需求。

3.揭榜方应有持续的技术创新能力^④和长期的评价周期能力，能够保证科研项目的研究期内的顺利实施和后期的长时间评价。

四、实施目标

建立一个高矿化度砂岩热储地热田高效回灌示范工程(集中式回灌井 ≥ 5 口)；研发一套针对高矿化度砂岩高效回灌综合技术方案；形成技术指南/规范草案2份。

五、联系方式

联系人：索 静

联系电话：0351-2029629

地址：太原市万柏林区滨河西路南段129号山西焦煤
双创基地A座1211房间