

附件：

2022 年度山西省重点研发计划 (智能化领域) 重点支持方向信息

1. 高效低碳三维变空间纯逆流闭式冷却塔研发

研究内容：研究高效换热管加工技术与设备；模拟探索内部流动换热机理，建立散热器整体传热模型；设计加工高效低碳三维变空间纯逆流闭式冷却塔关键设备整机并开发出快速设计、选型软件。

技术指标：相比传统盘管型闭式冷却塔，管内外对流传热系数提升 70%~150%，综合换热能力提高 20%~40%；生产测试样机并在 CTI 性能测试平台上完成相应测试；建立高效低碳三维变空间纯逆流闭式冷却塔生产线。

2. 铝合金螺旋桨 3D 打印砂型铸造短流程制造技术优化及应用

研究内容：通过对螺旋桨结构特征及其工作环境的研究，建立桨叶及浇注系统的三维模型，应用模拟仿真对螺旋桨桨叶浇注过程进行分析，探究桨叶的凝固过程，分析桨叶叶根处的热节大小和冒口补缩情况，提出合理改进措施，结合实际工况确定最佳的工艺参数；优化适用于螺旋桨结构的 3D 打印砂型呋喃树脂自硬工艺，研究树脂加入量、打印层厚、固化剂含量以及型砂目数对砂型成型质量影响，分析不

同打印工艺下铝合金铸造热裂倾向性和流动性；通过改变打印砂型预热温度、浇注初温及打印层厚参数的方式，研究不同参数情况下 3D 打印砂型对铝合金铸件显微组织、相分布及力学性能的影响，并与传统翻砂铸型铸件作对照分析。

技术指标：抗拉强度 $\geq 300\text{MPa}$ ，屈服强度 $\geq 245\text{MPa}$ ，断后延伸率 $\geq 3\%$ ，硬度 $\geq 90\text{HB}$ ；基于理想强度 3D 打印砂型灼烧减量 1.3%~2.0%；发气量： $< 10\text{mL/g}(1000^\circ\text{C})$ ；砂型成型尺寸精度： $\pm 0.3\text{mm}$ ；砂子颗粒度：0.14mm~0.25mm，抗拉强度： $\geq 3.0\text{MPa}$ ；比传统砂型制造工艺生产效率提升 70%；铸造毛坯变形量控制在 CT6 级；试制 ZAlSi7MgY 高强度铸造铝合金螺旋桨，直径 $\geq 360\text{mm}$ 。

3. 重型机械装备低碳锻造工艺及智能化

研究内容：针对重型装备锻件典型材料及其多工步塑性加工过程，建立数值模型并对锻造工艺过程进行数值模拟，研究锻造过程中的应力应变分布及金属流动规律，优化工艺参数。研究锻造工艺参数对碳排放的影响规律，建立锻造过程的碳排放模型，提出低碳化锻造的有效途径与方法，改进及优化锻造工艺。研究模型-数据混合驱动的建模方法，开发锻件加工过程的数字孪生系统，实现工件的在线质量跟踪与控制。基于人工智能算法进行大数据分析建模，融合锻造过程工艺数据，开发锻件全生命周期智能监测管理平台。

技术指标：重型机械装备锻件产品合格率达到 98% 以上；生产效率提高 10% 以上；综合能耗降低 3% 以上；过程

数据覆盖率不低于 96%；实现不低于 5 种工件加工过程的数字孪生建模；研发 1 套全生命周期智能监测管理平台；形成 1 套现代化锻造大数据生产体系及标准。

4.大口径厚壁不锈钢直缝焊管的高效合缝技术及智能装备控制模型研发

研究内容：研究大口径厚壁直缝焊管合缝成形中性层偏移、包辛格效应、回弹的弯曲成形机理，构建设备合缝成形过程金属弯曲变形的工艺参数设计理论；研究不同工况突变引起成形管体出现系列缺陷，提出基于最优工作路径的调整策略，实时动态构建缺陷纠偏的包络辊系，解决现有装备不能精准位置调整以及错边量与合缝间隙调整互相干扰的难题，实现成形管体焊缝开口错边量和间隙的高精度调整；开发合缝过程焊缝形貌动态监测、控制方法与自动焊接装备，实现不同规格产品焊接质量稳定控制；探索典型产品的生产诀窍，建立装备智能生产模型，实现自动合缝、连续焊接、焊缝跟踪的高效连续化生产。

技术指标：（1）开发出适用于大口径厚壁不锈钢直缝焊管的高效合缝最优工艺路线，构建满足不同规格产品高效合缝智能装备控制模型；（2）构建基于熔池图像特征的焊缝跟踪与熔宽质量控制技术，实现形貌误差控制在 10%以内；（3）实现直径 700mm 以上、壁厚 30mm 以上的不锈钢焊管管体焊缝开口度一致性达到 95%，形状纠偏率达到 90%以上；（4）完成 3 种以上高性能不锈钢焊管产品高精度制

备，产品直线度、圆度、冲击性能均优于国际标准，并形成产业化应用。

5.真空热处理和深冷处理一体化设备研发

研究内容：研发真空热处理和深冷处理一体化设备；开发一体化控制和物料自动输送系统；研究多点测温和精确控制算法；研究不同结构对传热效率和温度均匀性的影响规律；研究超低温流体（液氮）的传输分散技术。

技术指标：加热工作温度范围 $150^{\circ}\text{C} \sim 1250^{\circ}\text{C}$ 、深冷工作温度范围 $-160^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ ；炉内温度均匀性，温差 $\leq \pm 5^{\circ}\text{C}$ ；系统温度控制精度 $\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ 或读数的 0.3%；最大压力 1.9bar（abs）可调节；极限真空度 $5 \times 10^{-3}\text{mbar}$ ；升压率 $\leq 0.5\text{pa/h}$ 。

6.重载电动缸关键零件精密制造技术研究及开发

研究内容：研究滚珠丝杆硬旋铣加工过程中，刀盘安装角、铣削圆直径、螺纹牙型、刀具规格对工件成型精度的影响，确定工艺参数；对丝杠、螺母滚道磨削加工表面质量的影响因素进行理论分析；建立螺旋曲面的数学模型和砂轮磨削加工丝杠及螺母螺旋滚道面数学模型；研究不同热处理、深冷处理工艺滚珠丝杠材料耐磨性、尺寸精度稳定性等关键质量特性的影响规律，建立滚珠丝杠热处理+深冷处理工艺的质量控制模型；研究几何参数及误差的测量方法，提高测量精度。

技术指标：输出（推）拉力：700KN；最大允许行程：2700mm；最大运动速度：0.2m/s；样机长度：2.4m；丝杆精

度：7级；粗糙度：0.8um；螺距误差：0.05/300mm。

7.高速公路团雾智能监测预警技术与装备研发及应用

研究内容：研制团雾激光雷达主机设备、扫描组件、分析方法和软件平台，开展团雾激光雷达监测系统对环境的响应和适应性研究，在高速公路开展长时间组网联网观测，实现对百米尺度团雾的准确监测、定位和动态预警，提供实时测量信息，提供有效数据保障，形成相应的技术标准并开展业务应用示范。

技术指标：探测范围 $\geq 5\text{km}$ （能见度 $\geq 10\text{km}$ ）、时间分辨率优于10s、空间分辨率优于3.75m；测量误差 $\leq 20\%$ （能见度 $\leq 0.6\text{km}$ ）、 $\leq 10\%$ （ $0.6\text{km} < \text{能见度} \leq 1.5\text{km}$ ）、 $\leq 8\%$ （能见度 $> 1.5\text{km}$ ）。光源环境适应性要符合 GJB3947A-2009 一级设备要求。平台具有全路段监测设备的数据集成和展示功能，能够对团雾等视程障碍事件进行报警、定位和趋势预判和实时发布。

8.国产化高亮度硅基 OLED 微显模组研发

研究内容：研发全国产化高清硅基 OLED 视频图像驱动板，可驱动最大分辨率为1920*1080；研发全息光波导双目显示模块；显示模组抗强环境光设计，驱动白光亮度最大可大于2000nit，降低镜片反射率，提高光耦合效率。

技术指标：单目分辨率：最大可支持1920*1080；屏幕刷新率：75Hz；对比度为100000：1；驱动显示屏亮度：大于2000nit；视角：大于40°；屈光度可调，瞳孔可调；可

在户外强光下正常使用；操作温度： $-30^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 、存储温度： $-40^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。

9.适用于危险复杂环境的可重构移动机器人越障能力及其应用

研究内容：研究沿全方向实现零半径灵活转弯能力、机构的可重构构型，可适应复杂地形；研究地形识别能力、自主路径轨迹及步态规划；研究机器人在不规则台阶、狭窄蜿蜒地形、沟壑、斜坡等环境下的越障能力和稳定性；开发孪生移动机器人协同搬运系统，协同步态优化，并研究其载重能力。

技术指标：可实现机器人行走及灵活转弯；能自主选择最佳构型，并规划越障的最优路径；两台相同的机器人以最优步态协同运动，载重平台保持水平，可实现狭窄地形下的长重物搬运；外观尺寸 $\geq 500\text{mm}\times 500\text{mm}\times 500\text{mm}$ 、自重 $\leq 30\text{kg}$ 、单机载重/自重比为 $1\sim 1.5$ 、续航时间 $\geq 4\text{h}$ 、速度 $0\sim 150\text{mm/s}$ 、步幅 $0\sim 150\text{mm}$ 、步高 $0\sim 80\text{mm}$ 。

10.基于轮廓自适应控制的焊管成形机组智能化关键技术与应用

研究内容：研究高频直缝焊管、螺旋焊管弯曲成形机理，构建弯曲工艺参数与弯曲成形质量的数学模型，建立工艺参数初始设定模型，实现各成形方式的基于目标曲率状态的在线调整模型；研究弯曲轮廓检测技术，构建辊弯成形在线智能穿带模型与成形过程辊位参数的智能调整模型，实现设备

的智能穿带与在线调整；研究焊接前双边间隙及对称度检测技术，在线控制焊接错边量，提高焊接质量；研究基于物联网及大数据分析的智能化焊管机组集成开发技术，实现智能化焊管成形成套机组装备。

技术指标：高频直缝焊管成材率达到 93%以上，螺旋焊管成材率达到 98%以上；高频焊管机组更换产品规格时，调形时间降低到 1 小时以内，废管长度 6 米以内；生产效率提高 10%；轮廓检测精度达 $\pm 0.2\text{mm}$ ，设备在线调整精度 $\pm 0.2\text{mm}$ 。

11. 高端装备铸件砂型 3D 打印技术开发与应用

研究内容：针对不同合金铸件的差异化需求，开发 3D 打印专用硅砂、特种砂材料理化处理、批量制备性能控制技术；研究砂型强度、发气量、尺寸精度、表面质量等工艺性能控制方法，研究薄壁、多孔、狭长等特殊结构成形工艺设计及质量评估技术；建立复杂精密铸件用砂型 3D 打印工艺并制定检测标准规范。

技术指标：3D 打印用呋喃树脂粘结剂颗粒度 $D_{99} < 0.5 \mu\text{m}$ ，粘度 $6\text{mPa} \cdot \text{s} - 12\text{mPa} \cdot \text{s}$ ，含水量 $\leq 0.5\%$ ，电导率 $\leq 15 \mu\text{s/cm}$ （ 25°C ），表面张力 $35 - 50\text{mN/m}$ ，3D 打印硅砂 SiO_2 含量 $\geq 90.0\%$ ；建立适用于不同材质合金铸件的砂型 3D 打印型砂配方，型砂抗弯强度 $\geq 6.0\text{MPa}$ ，发气量 $\leq 10\text{mL/g}$ （ 850°C ），砂型打印精度 $\leq \pm 0.3\text{mm}$ （ 2000mm 以内）。

12. 粉末冶金产品专用视觉检测及探伤设备研发

研究内容：开发一种针对不同尺度内部缺陷识别的测试装置，进行粉末冶金产品内部缺陷识别验证；研究设备结构及核心配件的材质，调节多臂机器人自动上下料及多台检测模块中的协作流转，防止粉末冶金产品自动化检测过程中二次损伤与工装开发，实现视觉识别检验精度与效率的最佳匹配。

技术指标：缺陷检测误差低于 100PPM (0.01%)，视觉识别检测时间提升到 5s 内，其中高清工业镜头的响应速度在 500ms 以内；内部缺陷识别深度在 5mm 以内，识别精度 0.01mm，识别速度在 100ms 以内；形成相关企业标准或行业标准。

13.煤矿井下智能通风系统应急管控平台研究与应用

研究内容：研究数字孪生三维实景技术，对数据进行融合和展示，实现安全通风类系统的实时监测与智能分析。实时掌握通风机的运行参数和运行状态，达到智能通风系统应急管控一体化。研究矿井通风自动调控系统，达到按需稳定供风，稀释并排出有害气体和粉尘，避免矿井出现风流紊乱、风量不足，过度通风、灾变时风流调节，合理选择避灾路线。

技术指标：完成激光点云与数字孪生技术研发，可视化、透明化再现矿井通风系统的运行状态，形成 1 套煤矿数字孪生智能通风系统；可自动控制风机装置的运行及风门调节，实现风量自动分配，形成 1 套煤矿智能通风监测系统；实现通风灾变预测、防灾、减灾、控灾和救灾等全过程的透明化

与智能化，形成 1 套煤矿智能通风应急管控平台。

14.直角转弯刮板输送一体机智能监测与故障诊断系统关键技术研究

研究内容：开发直角转弯刮板输送一体机智能监测与故障诊断系统，完成对直角转盘机构、电动机、减速器、链条等核心部件的状态监测功能；研究电流、振动、温度等多维数据驱动的多工况故障诊断方法，完成转盘磨损与自动注油、刮板与链条裂纹识别、煤量监测与调速、传动部监测等故障诊断与预警功能；建立刮板输送一体机数字孪生体，结合超写实仿真环境下高保真模型行为仿真结果，完成智能融合动态预测与健康评价功能。

技术指标：开发直角转弯刮板输送一体机智能监测和故障诊断软件系统 1 套；覆盖 60+ 监测数据指标种类，数据平均处理能力为 10M/s，数据处理延迟 $\leq 2s$ ；实现刮板输送一体机状态监测、故障诊断与预警、动态预测与健康评价等功能，诊断时间 $\leq 5s$ ，健康评价准确度 $\geq 92\%$ 。

15.基于物联网的煤矿生产物料智能配送工艺研究与集运装备研制

研究内容：研究物料集运方法、物联网配送策略，形成用时/用人少、车辆利用率高、物料精益管理的智能配送工艺，构建集运新模式；建设 MIB 物料编码体系，研究物料绑定、信息获取、车辆匹配、配送管理等车-物信息互通技术，实现物料运输全流程闭环管理；研制一种可在受限空间内快速换

装的集装箱化运输装备，实现物料安全高效载运；研究行为分析、防人员接近、距离监测、图形图像监控、智能终端等多源信息感知辅助驾驶技术，提升运输管理及防护能力。

技术指标：形成 1 套采掘生产物料智能集运配送工艺，提升物料供需平衡度，运输效率提高 30%以上；开发 1 套基于物联网的车-物管控平台，具备物料识别、车辆匹配、配送管理功能；研制 1 台快换集装箱式运输车，实现采掘生产物料集装化运输，主要技术指标达到，额定载重：8000kg、外形尺寸 $\leq 10000\text{mm} \times 2500\text{mm} \times 2000\text{mm}$ 、集装箱类型：4 种、集装箱尺寸 $\geq 4200\text{mm} \times 1400\text{mm} \times 1100\text{mm}$ 、集装箱快换时间 $\leq 5\text{min}$ 。

16.露天边帮煤智能化安全开采关键技术研究

研究内容：研究含采硐群边坡稳定性演化规律，优化边帮开采工艺参数，开发边帮采场滑坡灾害预测预警系统；研究开展边帮连采机智能截割技术，精确保证预留煤柱安全宽度，防止煤柱失稳；研究成套系统智能协同控制技术，实现运输系统多单元自主识别、智能监测和运量自主匹配；研究无支护采硐内设备安全回撤自救技术，开发高可靠性回撤自救系统，实现采硐顶板冒落和行走系统故障时设备可靠回撤；研究采硐内瓦斯粉尘无人化治理技术，建立采硐内瓦斯、粉尘运移模型，开发智能化瓦斯粉尘浓度抑制系统，实现边帮压煤绿色安全开采。

技术指标：构建边帮采硐围岩演化规律及边坡稳定性理

论，开发边坡稳定性监测系统，边坡形变测量误差 $\leq 0.05\text{m}$ ；攻克设备自救、智能截割、导航定位及远程运维等智能化关键技术，设备最大回撤力 $\geq 3000\text{kN}$ ，导航偏移误差 $\leq \pm 0.3\text{m}$ （采深 200m），边帮采煤机边界控制误差 $\leq \pm 0.1\text{m}$ ；建成 1 处露天边帮煤智能安全回收工程示范点，实现日回收边帮煤 2500t，具备年回收 50 万吨能力。

17.智能化数字式水基电液比例方向阀技术及产品开发

研究内容：研究新型比例阀水润滑条件下密封副摩擦特性及其对比例阀动态特性影响规律，优化密封副材料配对、形状、结构及尺寸，提出合适的摩擦补偿控制策略；分析匹配流量和动态响应的电机械转换器、先导级、主级结构参数设计与耦合规律；研究基于阀芯速度/位置复合控制的智能流量调控策略，实现主阀芯阀口大小与阀芯启闭过程速度控制；研究高压大流量高水基电液比例阀试验技术，探索阀口节流特性、阀芯响应特性、关键密封副寿命特性等指标；研究水基比例阀精加工工艺，建成完善的生产加工、装配、检验系统。

技术指标：研制出智能化数字式水基介质电液比例方向阀，具有二位三通机能，公称压力范围 31.5MPa~40MPa，流量 $\geq 400\text{L/min}$ (根据煤炭行业标准 GB 25974.3~2010,压差 $\Delta p \leq 7\text{MPa}$)；在额定压力范围内的关键密封副寿命达到 3 万次；滞环 $< 10\%$ ；全行程响应频率 2Hz；能够实现主阀开口度与流量的连续平滑控制；进行产品取证和工业性试验。

18.智能煤矿回采工作面拆卸带式输送机门架式机器人研究

研究内容：研究适合在煤矿巷道等特殊工况下的四支腿自找平衡门架式行走纯电动机器人，可实现矿道等复杂起伏路面工作状态自找平衡；设计带式输送机专用拆卸机械臂，可实现上托辊、边杆和 H 架拆卸，并将拆卸后零部件抓取转运放置到输送带上或安全位置；研究机械臂智能控制技术，实现视觉跟踪定位零部件空间位置，智能控制精确抓取零件；研究传感器信号采集与采煤机信号交互以及动作决策执行的系统，可实现系统采集煤机信号、传感器信号依据采集数据实现拆解机的行走、调平、定位、零部件的抓取转移与放置。

技术指标：具备自平衡功能，完全展开本体结构约 2500mm×2500mm×3000mm；安装 4 套三自由度的机械臂，移动机械臂最低离地距离 200mm，最高离地距离 1100mm，满足带式输送机高度要求；机械臂运动控制精度为±3mm；皮带输送机 H 架单元结构的拆装时间由原来的 30min 缩短到 15min。

19.掘进面智能干式除尘系统关键技术研究及应用

研究内容：对主要掘进面粉尘进行特性分析，开展过滤、清灰技术研究，实现除尘器除尘效率≥99%；对阻力、风量等参数进行状态监测、故障预警，实现除尘器岗位无人值守与远程监控；研究通风除尘智能协同控制技术，以瓦斯、粉

尘浓度为主参量，对通风、除尘风量进行智能协同控制，使通风和除尘风量保持最优匹配；研究风筒随掘随延技术，使通风出风口和除尘吸风口保持最优的相对位置，实现最佳除尘效果；形成以智能型干式除尘器、通风除尘智能协同控制系统、风筒自动延伸装置为核心的掘进面智能干式除尘系统应用示范工程。

技术指标：干式除尘器：总尘除尘效率 $\geq 99.9\%$ 、呼尘除尘效率 $\geq 99\%$ 、人工日常维护时间 $\leq 10\text{min/D}$ 、干式除尘器噪音 $\leq 82\text{dB}$ ；通风除尘智能协同控制系统：风量调控偏差值 $\leq 50\text{m}^3/\text{min}$ 、延时 $\leq 300\text{ms}$ ；风筒自动延伸装置：总延伸量 $\geq 100\text{m}$ 、一次延伸量 $\geq 5\text{m}$ 、延伸人工作业时间同比减少 70% 以上；净化后巷道多点平均粉尘浓度：总尘 $\leq 20\text{mg}/\text{m}^3$ （PC-TWA）、呼尘 $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ （PC-TWA）。

20. 矿山灾变复杂环境下应急救援通信系统关键技术装备研究

研究内容：针对井下应急救援与井下基地及地面指挥部的音视频数据实时传输，危险环境自动报警需求，研究基于 RTC 实时音视频传输协议解决多节点转发场景下的全链路抖动延时问题；确保传输源准确性、数据包完整性、音视频传输质量；破解发送端至接收端往返传送时间点，提升音视频传输传送流畅度，进行灾区现场环境数据采集与通信协同配合，环境数据可传输至指挥中心，通过数据分析研判，可对产生二次灾害进行提前预警。

技术指标：最高传输速率超过 100Mbps；系统可允许 4-6 路音视频同时接入，传输距离 20km，音视频延时小于 1.5s；可同时监测一氧化碳，硫化氢，甲烷，氧气，温度，湿度，有毒有害气体和环境因素，以及混合状态下的灾变诱因；通信光缆可承受瞬时拉力 300N、抗压 3000N，可弯折。

21.掘进机健康管理和远程运维技术研究

研究内容：针对掘进工况复杂特点，研究掘进机传动、机械、液压等关键环节的典型故障数学描述，构建多自由度动力学模型，揭示典型故障振动响应特征，实现非平稳复杂振动信号故障特征的准确提取，建立整机系统的故障模型；研制掘进机专用传感器，开发掘进机状态参数在线监测系统，实现数据实时监测；研制适用于掘进现场的井上井下远程协作 AR 智能设备，建立基于云边端一体化架构的掘进机健康诊断和远程运维系统。

技术指标：建立基于云边端一体化架构的掘进机健康诊断和远程运维系统 1 套，具有大数据云端访问和移动终端随时随地远程运维功能；井上井下 AR 远程协作延时时间 $\leq 300\text{ms}$ ；掘进机典型故障检出率 $\geq 95\%$ ；掘进机运维人员数量减少 40%以上；形成示范应用。

22.矿用防爆智能电控高压共轨柴油机技术攻关研究

研究内容：研制满足国 IV 排放法规的防爆智能电控高压共轨柴油机；研究矿用柴油机防爆尾气净化装置及智能监测系统；研究对氧化催化转换器、颗粒物捕集装置、选择性

催化还原装置及内部气流场、压力场、温度场；研究尾气净化装置防爆结构、温度、压力、CO、NO_x 监测系统；研究防爆 DOC、DPF 和 SCR 尾气净化装置安全性能、国 IV 防爆电控柴油机的整机安全性能和排放性能。

技术指标：DOC、DPF、SCR 尾气净化装置满足防爆性能，具有排气温度、压力、CO、NO_x 智能监测和报警功能；智能电控高压共轨喷油系统具备实时监测柴油机各参数，自适应控制轨压、喷油时刻和喷油量，防爆 ECU 数据通讯及上传功能；防爆智能电控高压共轨柴油机，尾气中 CO 排放量不超过 3.5g/kWh，HC+NO_x 不超过 3.4g/kWh，颗粒物质量不超 0.025g/kWh，颗粒物数量不超 5×10^{12} 个/kWh，表面温度低于 150℃，排气温度小于 70℃，满足非道路国 IV 排放要求。

23.森林防火智能巡检无人机系统研制及信息平台关键技术研究

研究内容：研究基于 GIS、大数据分析及人工智能等技术的无人机森林防火信息平台一体化解决方案；研制一套中小型垂直起降无人机系统设备，实现长航时、远距离的安全侦察监视，可将灾情态势感知的情报发送回指挥中心；通过对无人机系统实时传输的序列图像进行获取，实现实时建模的功能；利用图像处理技术，实现在电子沙盘上观看现场态势，标定位置，估算面积、长度等；构建火点识别及火情蔓延分析算法，精准识别火情，预测火情蔓延趋势。

技术指标：具备任务规划、视频监控、实时拼接、视频叠加三维地图、电子沙盘、火点识别、标注火情等功能；无人机采用垂直起降模式：机身尺寸为 $2\text{m} \times 3.5\text{m}$ （长、宽， $\pm 0.1\text{m}$ ）；最大载荷 3kg ；最大续航时间 180min ；空速管具有低温自动加热排水功能、定位精度 DGNSS: 3cm 、RTK: $1\text{cm}+1\text{ppm}$ ；具备毫米波雷达避障、前视、下视避障及下视双目视觉系统功能、具备 ADS-B 功能；通信链路传输距离 $\geq 50\text{km}$ ；可见光光学变焦 ≥ 30 倍。

24.北斗卫星导航智能环境感知抗干扰关键技术研究及产业化应用示范

研究内容：开展北斗导航全频段干扰环境智能感知技术、干扰环境评估与工作频点综合决策技术、“躲”“抗”综合优化高抑度抗干扰、民码抗欺骗等研究；研制超高集成度的支持全频点应用的北斗智能抗干扰芯片、小型化全频点低功耗样机；以四旋翼无人机为应用平台，开展专项试验。

技术指标：射频可编程参数：频点、采样率、带宽、增益；工作模式：零中频/低中频正交采样；工作频点：支持北斗 B1、B2、B3、BS；工作带宽：瞬时带宽 32MHz ；环境评估频度： 10Hz ；抗压制干扰：优于 90dBc ；单一方向欺骗干扰抑制：残留小于 -10dBc ；体积： $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 20\text{mm}$ ，阵面依据平台适配，最小功耗 4W ，平均功耗 6W 。

25.车轴复杂结构表面数控冷滚压技术研究及应用

研究内容：针对动车组、机车车轴等产品加工需求，实

施数控滚压设备恒定滚压力控制系统研制和设备改造，并开展数控冷滚压尺寸精准控制技术研究、恒滚压力下车轴表面强化机理、残余应力形成机理研究，分析滚压对车轴表面残余应力、疲劳性能的影响，掌握动车组、机车车轴等产品数控冷滚压工艺技术，解决车轴圆柱与相邻过渡圆弧无法保持恒定滚压力、滚压后表面波纹、复杂结构表面尺寸精度无法精准控制等实际问题，实现批产条件下车轴滚压后尺寸精度、表面残余应力等指标稳定符合产品技术要求的目标。

技术指标：（1）数控滚压机床改造技术指标：滚压力可在 10kN 内调节；滚压力可实现在线标定，实时显示并具备存储功能；满足车轴直径尺寸 0.025mm、长度尺寸 0.3mm 的加工精度；（2）采用优化后滚压工艺加工车轴检测技术指标：恒定滚压力下车轴表面不同测点残余应力为压应力，最大差值应 $\leq 40\text{N/mm}^2$ ；车轴滚压表面粗糙度能达到 MRR Ra0.4；车轴疲劳性能指标： $\text{RFL} \geq 368\text{Mpa}$ ， $\text{RFE} \geq 226\text{Mpa}$ 。

26. 基于深度学习的高铁车轮全表面宏微观缺陷检测技术研究与应用

研究内容：搭建高铁车轮全表面缺陷检测平台，研究大视野目标检测理论和裂纹、划痕、黑皮等宏观缺陷检测理论，构建基于深度学习的精准目标检测算法，实现对车轮宏观缺陷的精准识别；研究深度学习和磁流体裂纹探伤的融合缺陷检测技术，实现车轮微裂纹数据集的采集训练，开发弱光线环境下微裂纹缺陷精准检测的高精度算法，实现对高铁车轮

微观缺陷的特征识别；开发基于深度学习的缺陷智能检测、物料自动转运的高铁车轮一体化自动控制技术，搭建车轮生产车间云端一体化智能检测系统。

技术指标：搭建基于深度学习的高铁车轮宏观缺陷检测平台 1 套，表面缺陷面积识别偏差 $\pm 10\%$ ；搭建磁流体探伤和深度学习融合的微裂纹缺陷检测平台 1 套，突破微小裂纹缺陷检测瓶颈，裂纹缺陷检测平均精确率 mAP 达到 95% 以上；实现高铁车轮全表面宏微观缺陷检测示范应用，对比现阶段人工检测效率提高 40% 以上。

27. 基于环境自适应光学扫描平台的焦炉机车精确定位系统关键技术研究

研究内容：研究光功率自适应控制、系统运行状态实时自检以及机车精确定位控制等相关算法，突破功率自适应驱光发射、锁频激光地址检测、车速自适应感知数据解析、数据实时自检预警、机车运动高精度控制定位等关键技术；研发一套焦炉机车精确定位系统，并通过现场测试验证，实现焦炉机车的精确定位。

技术指标：现场测试稳定运行时间： ≥ 90 天、激光功率调节范围： $\leq 100\text{W}$ 、车速感知范围： $\leq 10\text{m/s}$ 、码牌识别准确率 $\geq 99\%$ 、焦炉机车定位精度： $\leq 2\text{mm}$ 、虚警率： $\leq 0.1\%$ 。

28. 轨道交通高强高延展宽幅镁合金板材近恒温轧制装备及技术

研究内容：研究宽幅板中心到边部的横向温度梯度变化

规律，边裂程度与变形量、温度、倒角形状的关系，改善宽板近恒温轧制理论及板材温度在线检测、补温、控温方法；研究镁合金近恒温连续可逆轧制过程的塑性变形和动/静态再结晶行为，预变形、预时效、侧压等预处理对板材组织和性能的作用机理及规律，改善调控板材组织改善性能的工艺方法；开展轧制设备温度检测、控温、补温和卷曲等装置设计与改造、宽幅板近恒温轧制工业化试验，制定轨道交通用高强宽幅镁合金板材生产工艺规范、企业标准，开展产业化应用示范。

技术指标：建立 1 条镁合金宽幅板材示范生产线，轧制成材率： $\geq 85\%$ ；高强高塑宽幅镁合金板材宽度 800mm~1200mm、厚度 1.0mm~3mm；抗拉强度达 240MPa，延伸率达到 10%以上；密度小于 1.9g/cm^3 ；建立 1 条镁合金薄板示范生产线，轧制成材率 $\geq 90\%$ ；镁合金板材宽度 200mm~400mm，厚度 0.1mm~1.5 mm；抗拉强度达 210MPa，延伸率达到 25%以上；密度小于 1.83g/cm^3 。

29.铁路货车车体钢结构智能化焊接技术研究

研究内容：研究铁路货车车体构件定位变位装置、焊接执行机构的可靠性、精确性及抗干扰能力；研究铁路货车车体构件智能化焊接控制系统的协调性和适宜性，优化程序控制及逻辑运算，消除控制过程漏洞；研究视觉跟踪及反馈纠偏技术，嵌入焊接执行系统，辅助焊接执行系统实时动态纠正路径偏差。

技术指标：铁路货车车体构件初始焊位重复定位偏差（精度） $\leq 20\text{mm}$ ；焊接执行系统初始导引导位、定位识别范围 $\geq 50\text{mm}$ ；焊缝跟踪偏差 $\leq 2\text{mm}$ ；焊接参数与焊接过程达到实时控制、动态显示。

30.板式无砟轨道智能精调技术研究

研究内容：研发板式无砟轨道板智能精调系统，解决全站仪与精调控制系统衔接问题，智能分析计算轨道板四角三维调整值，反馈至智能精调设备，实现轨道板的高程、横向及纵向的智能调整；研制新型精调爪，优化精调爪的传动方式，降低精调爪所需扭矩，提高精调电机与精调爪的连接效率。

技术指标：精确控制精调电机智能调整精调爪，实现精调爪 X、Y、Z 轴调整参数自动补偿；轨道板高程偏差 0.4mm 以内，横向偏差 0.4mm 以内，纵向偏差 3mm 以内；每块轨道板精调时间控制在 10min 以内，精调作业人员减少 40% 以上。

31.城市轨道交通列车运行控制系统故障预测和健康管理关键技术研究

研究内容：研究列控车载关键设备故障模式和影响，揭示列控车载设备故障机理，建立竞争失效寿命估计模型，揭示多种退化模式共同作用下列控车载设备性能规律；研究基于现场数据动态更新的车载控制系统寿命预测理论、高精度车载控制系统寿命预测理论；建立基于排队理论的轨道交通

通信系统可靠性模型，为车地通信系统的高可靠调度和安全运行提供支撑。

技术指标：轨道交通车载设备退化规律研究的关键研究部件不少于 3 个；列车极端工况分析不少于 2 种，关键部件竞争失效模型不少 3 个，拟合精度达 85%；可实现至少 3 个关键车载设备部件的寿命预测，寿命预测结果可在变载荷极端工况下实现精准估计，估计精度达 93%。

32.基于大数据平台步态分析在运动系统损伤疾病中的智能化研究及应用

研究内容：建立步态分析大数据库；研究步态分析在运动系统损伤疾病中的智能化诊断，建立从原始步态信息到个体病情关系的函数模型；研究步态分析在运动系统损伤疾病中的治疗、康复决策智能化，建立以步态参数和不同治疗、康复方案为基础病情结果分析函数模型；研究步态分析在运动系统损伤高危人群中的预防保健智能化，开发便携式运动系统损伤筛查预防设备。

技术指标：步态分析大数据库，包括健康人步态数据 1000 例，患者 5000 例，包含足迹图、足底压力图等相关影像数据 10000 张；实现基于步态分析的运动系统损伤疾病的筛查、初诊、治疗全生命周期的服务，实现初诊数据标准化采集、大数据分析，自动生成推荐治疗方案；支持高并发、低延时，形成标准的开放 API 接口，可为全省的医疗机构提供步态分析智能化服务。

33.煤矿带式输送机智能协同控制关键技术研究与应用

研究内容：利用物联感知设备，接入主煤流系统视频监控数据、环境监测数据、设备工况数据等，基于机器视觉、人工智能算法模型对数据进行分析、应用，将采掘运各系统生产状态、各系统设备运行状态、设备控制系统、井下作业人员进行有效结合，实现煤流系统运行过程中异常状态智能监控、人员与设备的智能保护、维检修作业的智能排程排班等。同时对主煤流系统多级皮带集中协同控制，实现各部带式输送机的煤流分布监测，实现煤流平衡，降低皮带非计划停机时间，达到连续生产、节能降耗的目的。

技术指标：（1）转载点堆煤、输送机异物、大块煤、跑偏、水煤、危险区域人员进入、人员违章行为等异常状态图像算法识别准确率 $>90\%$ ，识别延时 $<1s$ ；（2）根据大数据实时流计算、数据智能分析实现系统的整体协同优化，数字量采集周期 $<1s$ ，实时数据库更新时间 $<1.5s$ ，控制命令响应时间 $<2s$ ；（3）减少设备空载运转，通过变频调速功能减少 $20\%\sim 50\%$ 的皮带空载时间，降低 $10\%\sim 30\%$ 的总体能耗，提升 $10\%\sim 30\%$ 的皮带利用率。

34.基于机器视觉的碳纤维喷丝头微纳加工关键技术与核心装备研发

研究内容：研究黄铂铍合金、钽等稀有金属材质的成分配比及冶炼、锻压、轧制、冲压等工艺窗口，探索稀土元素在喷丝头材质中的应用；基于 AI 深度学习开发精密微孔加

工机器视觉核心算法，研究 Hough 变换的圆形坐标提取方法，实现图像中心点提取，将核心算法集成应用于 CCD 自动冲孔机，提高喷丝头的加工精度，减少人为因素；利用表面镀 DLC 膜、渗氮、渗碳等强化手段对喷丝头进行后处理。以液氮为介质，探索深冷强化工艺，以期减少变形残余应力及增加变形抗力；开发喷丝头产品深冷处理装备，研究不同材质喷丝头深冷强化工艺及深冷作用机理。

技术指标：形成稳定的喷丝头生产能力，生产效率提升 35% 以上。产品喷丝孔径为 0.038mm~0.5mm，长径比为 0.8~2；微孔内表面粗糙度控制在 $Ra \leq 0.1 \mu m$ ，出丝表面粗糙度控制在 $Ra \leq 0.05 \mu m$ ，表面硬度 $\geq 1800Hv$ 。在 5%NaCl 盐雾中经过 80h 后，放大 1000 倍的试样表面平整，无明显腐蚀痕迹；微孔加工精度 $\pm 0.001mm$ ；表面及深冷强化后喷丝头使用寿命提高 20%。

35.综合管廊智能监管关键技术与示范应用

研究内容：针对传统数据库存储容量受限、高并发查询事务处理机制不强、扩展性较差等问题，研究综合管廊特征多源异构数据高速采集存储、实时计算技术；基于综合管廊地上地下、历史现状未来等多维多尺度信息模型数据和传感器感知数据，构建三维数字空间的数字孪生智慧管廊信息有机综合体，实时呈现管廊内部环境参数、设备状态等信息；基于综合管廊数字化模型开展智能化运维和运营，将工程项目信息表示成以产生式规则为表现形式的专家知识和以神

经网络、机器学习为代表的事件概率，实现智慧管廊整体的实时动态可视和运营安全状态的实时风险辨识与预警。

技术指标：支持 5 种以上传输协议的设备接入与数据采集，包括但不限于 MODBUS、RS232、RS485、OPC DA、OPC UA、TCP、UDP、MQTT、HTTP；数据存储的写入与查询效率：（1）单节点插入速度：2 万条/s；（2）单节点查询速度：2000 万条/s；三维建模引擎对模型的加载、渲染时间<3s；综合管廊数字化模型与物理设备状态同步更新、近实时联动，时间延迟<2s；管廊智能化运维风险辨识与预警时间<2s，误报率<1%。

36.复杂产品装配的智能检测技术

研究内容：针对封装型复杂产品内部零部件错装、漏装、错位等装配错误的快速、可视化自动检测需求，研究基于数据驱动反演的零部件装配状态 X 射线立体成像技术，实现零部件空间结构的快速立体可视化；研究耦合空间先验信息的 CT 图像三维分割和装配结构多尺度智能识别算法，以及断层面零部件空间分布检测技术，解决小样本条件下，不同尺寸零部件装配正确性的快速精准识别问题；围绕具体检测对象，设计自动化检测系统，研制复杂产品装配正确性智能检测样机，实现复杂产品装配正确性的快速检测。

技术指标：针对壁厚 0.8mm~3mm、外形直径 $\Phi 5\text{mm} \sim \Phi 30\text{mm}$ 、高度 $\leq 150\text{mm}$ 的封装型复杂产品，识别异常装配缺陷不少于 5 类，一次性检测不同尺寸零部件数量大于 20

个，单视角三维重构速率 $<0.5s$ ，重构的部件位置正确性不低于 99%，自动识别速率 $\leq 2s/件$ ，错判率（不合格品判为合格品）为 0，误判率（合格品判为不合格品）不高于 5%。

37. 基于多模态影像及分子特征关联的食管鳞癌早期辅助诊断的技术研究与应用

研究内容：利用人工智能分析方法，基于已建立的山西省食管鳞癌多组学研究队列，针对食管鳞癌高度异质性和分子多样性的生物学特点，结合患者影像、病理图像及分子特征信息等多模态数据，筛选与肿瘤发生发展密切相关的影像标志物，开发食管鳞癌早期无创识别系统；挖掘与淋巴结转移及放化疗敏感性相关的影像标志物，构建早期高风险患者预警关联模型；整合基因组及转录组大规模测序数据，建立食管鳞癌分子分型融合模型，为剖析肿瘤异质性提供新的思路和方法，也为食管鳞癌患者临床分型及个体化治疗方案的制定提供技术支撑。

技术指标：基于千人身上的影像组学和病理组学数据，以及 500 人以上基因组、转录组测序的原始数据，找到食管鳞癌最佳分型标志物或标志物组合 4~5 个；完成开发食管鳞癌精准早期诊断和风险预警辅助决策系统，结合临床专家建议，优化模型性能，诊断准确率达到 85%以上，具备对录入数据进行自动化分析，可视化显示诊断结果等功能。