

# 教育部工程研究中心年度报告

(2022年1月——2022年12月)

工程中心名称：矿山生产安全检测技术与设备

所属技术领域：能源与矿业

工程中心主任：李玉霞

工程中心联系人/联系电话：周封/13936166158

依托单位名称：山东科技大学

2023年3月26日填报

# 编 制 说 明

一、报告由中心依托单位和主管部门审核并签章；

二、报告中主管部门指的是申报单位所属国务院有关部门相关司局或所在地方省级教育主管部门；

三、请按规范全称填写报告中的依托单位名称；

四、报告中正文须采用宋体小四号字填写，单倍行距；

五、凡不填写内容的栏目，请用“无”标示；

六、封面“所属技术领域”包括“机械与运载工程”“信息与电子工程”“化工、冶金与材料工程”“能源与矿业工程”“土木、水利与建筑工程”“环境与轻纺工程”“农业”“生物医药”；

七、第八部分“年度与运行情况统计表”中所填写内容均为编制周期内情况；

八、报告提交一份 WORD 文档和一份有电子章或盖章后扫描的 PDF 文件至教育部科技司。

# 矿山生产安全检测技术与设备

## 一、技术攻关与创新情况（结合总体定位和研究方向，概述中心本年度技术攻关进展情况和代表性成果，字数不超过 2000 字）

矿山生产安全检测技术与设备教育部工程研究中心围绕矿山装备制造产业发展的主要科学问题和关键性技术问题，针对我国矿山资源特点，瞄准深部资源开采的主要科学问题和关键性技术难题，以回采工作面事故监测预警技术、井巷安全生产设备及检测技术、矿山机电安全自动检测及装置、安全生产系统优化与工程信息化等为主要研究方向，开展矿山生产安全检测基础理论、矿井五害防治、矿山检测及机电设备安全运行、矿井机器人技术、信息技术等多学科交叉技术研究。将研究中心建设成为我国矿山生产安全监测科研开发、工程化验证、成果转化、人才培养及信息交流的高水平研究开发实体，满足智慧矿山建设需求、促进区域经济发展方面的需要。

### 1.1 本年度各研究方向技术攻关进展情况

#### (1) 研究方向一：回采工作面事故监测预警技术

2022 年团队继续在深部开采突水动力灾害预测与防治关键技术方面开展理论与技术研究，建立了基于深部岩体结构形变演化底板突水致灾动力学模型，确定了复杂地质体断裂面滑剪与裂隙扩展突水尖点突变判据，揭示了水-岩-应力相互作用致灾机理。自主研发了深部采动底板突水灾变演化综合试验平台，攻克了采动传递岩梁结构形变与应力场演化及大尺度试件多场耦合渗流组合实验技术难题，填补了深部开采多场耦合试验及突水灾变模拟试验技术的空白。研发了以控制散面裂隙扩展、断层滑剪诱发突水为目标的工作面底板隔水层加固与含水层改造、线状构造局部注浆治理技术及新型注浆材料与装备，提出了基于不同充水水文地质特征的注浆加固方法。

#### (2) 研究方向二：井巷安全生产设备及检测技术

2022 年团队继续开展井下机器人智能化技术的研究与开发。针对传统煤矿喷浆作业环境恶劣、智能化程度不高等问题，采用基于多异构感知信息协同融合技术的方法，研制了集上料-喷浆一体的全自主作业机器人系统、基于三维扫描成型技术的路径规划系统、喷浆机械臂多级协同耦合控制系统，降低了工人劳动强度，提高了井下作业的安全性。

#### (3) 研究方向三：矿山机电安全自动检测及装置

2022 年团队继续在“机电控制技术”、“智能装备研发”、“设备检测与监控技术”等方面开展关键共性技术攻关。研究矿用皮带输送机智能变速调节技术、输送带断带抓捕技术、提升系统安全监控技术。继续攻关长距离越野带式输送机和井下弯曲带式输送机关键技术，提高输送机永磁驱动、断带保护响应速度性能。在矿山机电设备生命周期动态演化分析、故障诊断与预警方面的研究也取得了较好进展。

#### **(4) 研究方向四：安全生产系统优化与工程信息化**

2022 年团队继续深入开展人工智能、深度学习、强化学习等先进技术研究，继续在智慧矿山软件自主核心技术上进行研发，持续升级在智慧矿山全息建模、精细评价与勘查优化、运行调度指挥等软件系统；针对矿山复杂环境下人员安全管理问题，研究多源关联信息协同深度挖掘技术，继续开发矿山机电设备运行工况状态监测与评估等软件系统，有效提高了矿山设备异常运行状态监测、预测和防治能力。

### **1.2 成果综述**

2022 年中心先后承担国家重点研发计划、国家自然科学基金重点项目、面上项目、山东省重点研发计划重大创新工程等课题 56 项、承担横向项目 132 项，项目到账总经费 11869 余万元；技术开发、咨询、服务项目合同 76 项，合同金额 4758 万元；以许可方式转化科技成果 56 项，合同金额 2744 万元，当年到账 1876 万元；提供技术咨询 56 次，提供培训服务超 2268 人次；授权国家发明专利 68 项，实用新型专利和软件著作权登记 86 项；获山东省自然科学二等奖 3 项、中国煤炭工业协会科学技术奖二等等奖 1 项。

### **1.3 代表性成果**

#### **(1) 煤矿智能喷浆机器人系统及辅助一体机关键技术**

针对煤矿井下现有输送系统耗电量严重的问题，联合国内橡胶输送带生产厂家和驱动电机生产产家联合研发了低阻力橡胶输送带和输送系统高效节能运行智能控制系统，编制了输送机多电机功率平衡控制软件系统和节能运行智能控制系统，实现了大型带式输送机节能运行的控制目的。

产品已在山东能源、陕北矿业、青海能源等大型煤矿推广应用，推动了煤矿智能化的发展。

该成果获 2022 中国煤炭工业协会科学技术奖二等奖。

#### **(2) 矿山粉尘浓度实时检测与动态预警技术**

大规模开采生产过程中面临着粉尘浓度难以精准感知及预测、微弱信号去噪与粉尘非均匀流动检测补偿方法延时、工作面尘源网络化智能协作定位困难、多传感器空间信息融合动态预警复杂四大难题，本项目通过自主创新研制的静电感应式粉尘检测装备、粉尘危害源头快速定位系统、非接触式区域粉尘快速检测与预警系统，解决了大规模开采生产过程中粉尘高精度实时检测与网络化协作尘源定位与动态预警的难题，实现了区域空间粉尘网络化协作高精度检测与预警。

产品已在山东能源兖矿能源、鲁西矿业等大型煤矿推广应用，推动了煤矿智能化的发展。

#### **(3) 智能电气设备状态监测及健康诊断预警技术**

中心开展了智能电气设备状态监测及健康诊断预警技术研究。提出了电机振动诊断的多传感器融合优化布局方法，实现了转子偏心等的早期诊断预警；提出了基于模

糊 Petri 网双向推理的电机故障诊断方法，降低了误诊率；提出了基于振动、温度和噪声融合的电机轴承在线健康诊断及智能预警系统、计及负载率影响的电机温升和开关触头的等效温升动态阈值理论、智能电机系统，建立智能工厂体系，有效提高了系统在恶劣环境下的可靠性、稳定性和使用寿命。

## 二、成果转化与行业贡献 总体情况（总体介绍当年工程技术成果转移转化情况及其对行业、区域发展的贡献度和影响力，不超过 1000 字）

中心与尤洛卡公司、中煤科工集团、山东能源集团、青岛新松机器人自动化股份有限公司、北斗天地股份有限公司、力博重工科技股份有限公司、青岛中加特电气股份有限公司、青岛天信有限公司、青岛考玛电子设备有限公司、山东天河智能科技有限公司、山东科大机电科技有限公司、泰安科创矿山设备有限公司、海信（山东）冰箱有限公司、海尔洗涤有限公司、青岛航空技术研究院和中国科学院电工研究所等 20 余家企业和研究所拥有常年良好合作关系，在 20 余家企业和研究所分别建立了中试产业化基地，为中心技术成果转化提供了良好的产业化条件。中心在运行中积极吸收科研群体的科研技术成果，充分利用青岛、泰安、济宁三大矿山工业试验基地的工程化试验能力，进行科研成果的工程化、集成化开发，并通过尤洛卡、中煤科工等 20 余家中试和产业化基地持续地向行业企业或企业群体转移集成、配套的工程化成果，起到科研与产业之间的桥梁和纽带作用。目前中心成果转化主要通过上述 20 余个产业化基地，与产业化基地的合作模式均通过合作研发项目、委托研发项目的方式进行，产业化基地的企业与中心的相关项目负责人签订合作项目的协议，协议中规定了合作项目、委托项目的任务、实验场地、项目资金、报酬、产权等内容。

2022 年，中心通过合作研制、转移关键技术等方式向中煤科工集团、山东能源集团等企业进行成果转化。转化的成果名称包括全自主喷浆作业机器人、大型悬浮式皮带输送机、小型智能移动搬运机器人、区域粉尘高精度检测与预警系统、矿用粉尘浓度传感器、提升机安全监测与预警系统等 132 余项，其中签订技术开发、咨询、服务项目合同数 76 余项，合同金额 4758 万元，以许可方式转化科技成果 56 项，这些转化成果在国内同行具有较高的影响力和市场占有率，成果转化产生的直接经济收入达 2744 余万元，产生直接经济效益达 7.67 余亿元。中心所形成的工程化技术成果转移、转化不仅创造了可观的经济效益、带动了区域经济的发展，而且极大促进了煤矿行业的产业升级，提升了煤矿生产的智能化，推动了智慧矿山的建设步伐，对煤矿行业和区域经济的发展产生了深远的影响。

1. 工程化案例（当年新增典型案例，主要内容包括：技术成果名称、关键技术及水平；技术成果工程化、产业化、技术转移/转化模式和过程；成果转化的经济效益以及对行业技术发展和竞争能力提升作用）

### （1）带式输送系统低阻力高效节能运行技术与应用

我国作为全球输送带第一大生产国与消费国，年产量约 4.2 亿平方米以上，超过

全球总产量的 1/3，输送带作为带式输送机的承载体，其因粘弹性迟滞变形而产生的阻力能耗约占输送机总运行能耗的 70%，造成了巨大的电量浪费。

针对习近平总书记提出的“绿水青山就是金山银山”的发展理念、人类生活对和谐型生态环境的需求，以及我国大型带式输送机的节能环保需求，中心开展了输送带阻尼能耗机理、低阻力橡胶输送带研发和输送机高效节能运行控制等方面的理论、关键技术的研究工作。首次提出并构建了钢丝绳芯橡胶输送带细-宏观本构模型、优化了输送带结构和界面粘结参数，研制了高强度无接头输送带，首次提出了输送带过渡态与稳定态的概念，研究了输送带损耗因子的变化规律，发明研制了输送带变温运行阻力测试系统，指导了输送带骨架结构与参数优化设计，研制了低阻力高耐磨橡胶输送带，发明了大型带式输送多滚筒电机直接转矩控制方法，研制了多电机功率平衡控制系统和节能运行控制系统，实现了带式输送机节能运行的目的。

上述研究成果总体技术达到了国内先进水平，获发明专利 16 项，实用新型专利 6 项，软件著作权 2 项，发表学术论文 31 篇，出版专著 1 部，参与制定行业标准 4 项。项目突破了输送带阻尼能耗机理、运行阻力测试、节能运行控制等方面的理论和关键技术，全面支撑了低阻力橡胶输送带的研发和带式输送机的节能运行控制，通过在青岛华夏橡胶工业有限公司、青海省能源发展（集团）有限责任公司、BMH BUSINESS LTD(U.K.)/CATOCA DIAMOND MINING 等国内外生产单位和现场推广应用，近三年产生直接经济效益 5.327 亿元，节约电费 0.34 亿元，节约维修费用 0.23 亿元。

## **(2) 大型港口重载移动机器人**

团队面向智慧港口建设的发展需求，从 2020 开始，针对港口、物流等典型应用场景，围绕室外无轨导航重载移动机器人关键技术，开展了重载移动机器人拓扑优化设计、高精度复合导航和轨迹控制技术、车载总线型控制器设计、自动换电技术等研究，研制了室外大型重载移动机器人，机器人最大负载 65 吨，定位精度±5 厘米，最高速度 7 米/秒，制动距离 13 米，续航时间 6 小时。机器人通过融合磁钉、陀螺仪、激光等多传感器信息的高精度定位、路径规划与主动避障、自动充电等技术，替代传统集卡，实现大型集装箱的全自主无人化高效接驳和转运。

中心历时 3 年的研发，在山东科技大学成功完成了机器人的各项测试，在中心的成员单位青岛新松机器人自动化有限公司实现了产品化和产业化应用，并于 2021 年中标新加坡港首批 58 套订单，是我国首台出口海外的大型港口重载移动机器人。新松公司已经从 2022 年开始批量供货，并即将签约新加坡港下批 108 套订单。

## **(3) 矿用喷浆机器人安全高效关键技术研究与应用**

随着煤炭浅表资源减少，开采深度越来越大，工人工作环境也越发恶化，给工人生命安全带来巨大隐患。当前矿山装备自动化和智能化水平与国家工业化水平和发展需求不相适应，以喷浆设备为代表的井下装备矛盾突出，急需一种生产效率高、适用性强、安全可靠、绿色环保、自动智能的替代设备。2019 年《国家中长期科学和技术发展规划纲要 2021-2035》中“智能化技术与装备”明确鼓励发展矿山智能装备，2022 年工业和信息化部、应急部等十七部门联合印发《“机器人+”应用行动实施方案》提出研制矿山等极限环境机器人。

针对以上国家重大需求和行业发展需要，中心开展了复杂非结构化作业环境下矿

用喷浆机器人安全高效关键技术研究，包括复杂非结构化作业工况建模、高效喷射基本参数计算与寻优、喷射位姿与轨迹规划理论、智能控制系统设计集成、安全与环保辅助机构设计制造。上述研究成果创新发展了喷浆机器人喷射位姿与轨迹规划理论，将 hybrid A 算法和数值优化策略引入矿用喷浆机器人复杂非结构化作业空间研究，给出了喷浆机器人辅助喷浆机构 D-H 参数，探析了喷射位姿及轨迹在工作空间的点云图和包络图，构建了满足避障和即时曲率要求的轨迹规划控制策略；创新提出了喷浆机器人高效喷射基本参数计算及优化方法，构建了喷浆管路压力损失及补偿寻优算法，解析了单颗粒在变径管中运动的受力、运动方程、料流形态与料流质量的耦合关系，实现了最佳喷浆参数确定；创新开发了集运输、搅拌、上料、喷射为一体的安全环保喷浆技术。充分考虑瓦斯、煤尘复合环境下安全保护和绿色环保措施，设计了上料、搅拌一体化机构，研发出适用于复杂非结构化环境下的大倾角履带式喷浆机器人系统。

上述研究成果总体技术达到了国内先进水平，获发明专利 11 项，实用新型专利 12 项，软件著作权 5 项，发表学术论文 10 余篇。项目推动了喷浆作业智能化技术装备水平提升，填补了智能喷浆领域的空白，提升了井下恶劣工况喷浆作业的安全性，实现了井下喷浆作业的绿色环保，推动了智慧化矿山的建设，对提高国产煤矿备的技术水平和市场竞争能力具有重大意义。通过在杨河煤业公司、邱集煤矿、郭屯煤矿、阳泉矿业、发恩德矿业等地投入使用，近三年新增销售额 2.6 亿元，新增利润 2.1 亿元，新增税收 0.34 亿元，每年为煤矿减少成本 0.2 亿元，生产效率提高 20%。

#### (4) 井下斜巷运输安全检测预警系统

国家《煤炭工业发展“十三五”规划》、《国家能源技术革命创新行动计划（2016 - 2030 年）》以及“互联网+智能”等相关政策出台，明确提出了“十三五”期间要大力推进矿业领域科技创新，加快自动化、信息化、智能化矿山建设。近年来随着煤矿企业对于井下人员定位系统的要求越来越高，传统的区域型定位系统已无法满足需求。由于矿井环境复杂，需求多种多样，建设井下稳定的精确定位平台是一项复杂而艰巨的系统工程。智慧矿山建设要求对井下人员、车辆、设备等目标实现厘米级精确定位，在精确定位的基础上，通过实时位置信息将这些目标以及安监信息，供电信息，网络信息等进行时空关联，从而支持复杂业务场景的需要。

针对以上国家和行业发展重大需求，中心开展了基于人-车多源定位的井下斜巷运输安全检测预警系统研发。依据井下作业工人与绞车运行空间相对位置特性，分别设计了行人-行人、行人-绞车多目标下 UWB 协同定位网络，构建随动行人-绞车井下 UWB 定位系统模型，探明随动状态下多目标精准定位数据优化方法；在定位模型中引入鲸鱼算法优化长短期记忆网络，结合卡尔曼滤波及自适应加权算法，实现 UWB 定位过程中的各维度多目标位置参量动态融合；基于人一车空间坐标信息各维度相对关系，通过绞车不同空间位置有效制动距离判断，制定了人一车空间相对位置超限报警机制，通过空间位置的实时反馈和融合，实现基于人一车空间位置信息的智能行车控制，达到行人、绞车多目标联动安全高效作业需求。

上述研究成果获发明专利 10 余项，实用新型专利 20 余项，研制的 KJ133(A)精确定位系统覆盖半径与同类型相比提高了 90%，可实现厘米级定位，同时电池供电也提高了 50%，所提出的单分站定位技术与国内外同类方法相比定位半径提高了 120%。

通过在崇信县百贯沟煤业有限公司等煤矿企业投入井下应用，实现了对井下人员和车辆的动态管理，切实提高了煤矿生产的自动化水平，减轻了现场监管人员劳动负担，单个工作面可减少作业人员近 3 人/班，仅人工支出成本即可节省约 50 万元/年，有效减少了生产事故的发生，节约了设备维修维护成本，带来生产效率的提高，由此产生的直接和间接经济效益约 110 万元/年。

**2. 行业服务情况**（本年度与企业的合作技术开发、提供技术咨询，为企业开展技术培训，以及参加行业协会、联盟活动情况）

2022 年，中心充分发挥在矿山安全检测技术及应用方面的科研与人才优势，在煤炭开采、智能制造等相关行业或领域积极开展人员培训、科技咨询、新技术推广等工作，为矿山安全高效运转保障、智能化融智升级和综合管理能力提升等方面做出了突出贡献。先后为山东能源集团、山东天河科技股份有限公司、青岛中加特电气股份有限公司等企业开展了技术研讨、咨询和人员培训，其中人员培训达 2268 余人次、咨询 56 次，提高了企业技术和管理水平，为企业的发展起到了促进作用。

中心积极与企业开展合作技术研发工作，与山东能源集团、中煤科工集团沈阳研究院有限公司联合研发了全自主化智能喷浆机器人、小型移动智能搬运机器人并开展了相关产品的产业化。中心与北斗天地股份有限公司联合开发了井下智能交通管理系统、井下掘进系统高精度实时导航系统等。

**三、学科发展与人才培养** 支撑学科发展情况（本年度中心对学科建设的支撑作用以及推动学科交叉与新兴学科建设的情况，不超过 1000 字）

**（1）为学科和专业建设提供平台支撑**

中心已经建设成为相对独立的工程技术创新与系统集成科研实体，下设 15 个研究室、5 个部和 2 个矿山工业试验基地。目前，拥有实验用房面积 17620m<sup>2</sup> 余平方米，各类研发检测设备 1178 台，设备原值超过 23036 万元。拥有电子式压力试验机、光纤光谱分析仪、粉尘模拟实验平台、实时仿真控制系统、主动悬架平台、轴承预测模拟器、风力涡轮机动力传动故障综合实验台、场发探测系统、基于视觉的智能装配测试平台等一批世界先进水平的仪器设备，进一步建设了矿山机器人、运输提升技术及设备、矿压检测仪表、矿用高压开关等矿山生产安全检测技术与设备工程化试验环境，为控制科学与工程（省一流学科、省泰山学者优势特色学科、省高峰学科）、矿业工程（省一流学科、省泰山学者优势特色学科、省高水平建设学科）、安全科学与工程、机械电子工程（省一流学科、省高水平建设学科、省优势特色学科）、计算机科学与工程学科（省一流学科培育学科）、自动化（省高水平应用型立项建设专业群、省教育服务新旧动能转换专业对接产业项目）、采矿工程（省高水平应用型立项建设专业群）、计算机科学与技术（省教育服务新旧动能转换专业对接产业项目）、机械设计制造及其自动化（省教育服务新旧动能转换专业对接产业项目）、机器人工程（新工

科专业)等学科和专业的发展提供了平台支撑。

## (2) 为学科建设提供人才支撑

中心制定了科学合理的人才引进、培养和激励政策,通过高层次人才引进、优秀青年科技人才重点跟踪培养、人员动态调整,截至2022年12月,中心人员达到170余人,其中,省部级以上高层次创新人才30余人,包括:中国科学院院士1人,美国科学院院士1人,教育部长江学者4人,国家杰青4人,国家“千人计划”2人,国家“万人计划”领军人才2人,山东省泰山学者优势特色学科人才团队领军人才1人,山东省“一事一议”顶尖人才1人,泰山学者攀登计划专家2人,山东省泰山学者7人,泰山学者青年专家2人,山东省有突出贡献专家9人。另外,从天津大学、山东大学等重点高校引进博士9余人,为中心建设发展提供了强有力的人才支撑。

## 2. 人才培养情况(本年度中心人才培养总体情况、研究生代表性成果、与国内外的科研机构和企业开展联合培养情况,不超过1000字)

中心依托控制科学与工程、矿业工程、机械工程、电气工程、计算机科学与技术、安全科学与工程等相关学科和专业培养高层次人才。2022年在读博士162人,在读硕士1751人,当年毕业博士22人,毕业硕士598人;邀请国内外知名专家来校、远程视频作学术报告20余场,听报告达5000余人次,其中国外专家8场,港澳台专家2场,国内知名专家10余场,在拓展研究生视野、跟踪学术前沿方面取得了良好的效果。

基于高水平科研平台,构建了高层次大学生科技创新活动基地,为同学们利用国家级高水平科研平台开展科学探索提供条件,组织学生参加省级以上科技创新竞赛活动,获省级以上奖励60余项,进一步培养了学生的创新精神、探索意识和实践能力。

### (1) 研究生代表性成果

研究生在2022年度共发表学术论文176篇,其中SCI/EI收录52篇,中文核心44篇;获授权发明专利12项,实用新型专利和软件著作权48项;获山东省优秀博士论文2篇、山东省优秀硕士论文4篇,山东省优秀科技创新成果奖6项;获山东科技大学优秀博士论文3篇、优秀硕士学位论文7篇、优秀科技创新成果奖7项。

### (2) 与国内外的科研机构和企业开展联合培养情况

中心共建有实践教学基地20余个,其中山东蓝光软件、泰安众诚和青岛中加特等4个基地入选为省级研究生教育联合培养基地。通过国内的基地培养研究生和本科生200余名。同时,中心与新松教育集团、遨博(北京)智能科技有限公司、青岛冠中生态股份有限公司、青岛海亿特机电科技发展有限公司、青岛文达通泽机电有限公司、青岛伊唯特智能科有限公司、青岛高测科技股份有限公司、山东圣阳电源股份有限公司、泰安众诚自动化设备股份有限公司、济南市电子技术研究所有限公司等公司签订校企合作协议20余项,共建山东科技大学教科研实习实践基地,利用企业人员、设备为研究生的应用实践提供了较好的保障和支撑。

### 3. 研究队伍建设情况（本年度中心人才引进情况，40岁以下中青年教师培养、成长情况，不超过1000字）

中青年教师是中心教师队伍的一个重要组成部分，是中心事业发展的后备力量。根据中心现状，结合各研究方向的具体实际，以着力培养学科带头人和学术带头人，保证中心的正常运转与不断发展为目标，中心2022年全职引进新教师9人，分别为朱延正、卢开红、杜明超、孟祥剑、杨子江、李继明、孙巧巧、刘琪、冯琛，其中，朱延正、卢开红获批国家自然科学基金资助，以下为部分引进人员情况：

**朱延正，博士，教授，博士生导师。**国家优秀青年科学基金获得者，山东省泰山学者青年专家。先后主持国家优秀青年科学基金、福建省杰出青年科学基金、山东省自然科学基金以及国家与省市博士后基金等科研项目10余项，参与国家自然科学基金重点项目1项。至今已发表SCI期刊论文70余篇，包括自动控制领域国际顶级期刊Automatica与IEEE-TAC论文8篇，IEEE-TSTE等其他IEEE系列汇刊论文21篇，出版英文专著2部(Springer出版社)，所发表论文至今Google学术引用3000余次，SCI他引2200余次。部分成果获中国自动化学会自然科学奖二等奖与山东省自然科学奖二等奖各1项。目前是山东省泰山学者青年专家，曾入选福建省高层次人才(B类)、厦门市“双百计划”高层次创新人才，获福建省向上向善好青年、哈尔滨工业大学优秀博士学位论文、哈尔滨工业大学研究生“十佳英才”，IEEE-TAC与IEEE-Tcyb等4个SCI期刊的杰出审稿人等奖励及荣誉。近年来，指导/协助指导的研究生获故障诊断领域顶级国际会议IFAC SAFEPROCESS2022最佳学生论文提名奖、SCI期刊Int J Robust Nonlin封面论文、研究生国家奖学金、国际会议最佳报告奖(2次)，校研究生“十大科技精英”等多个奖项与荣誉。

**卢开红，男，博士，教授，博士生导师。**入选山东科技大学“山海英才”特聘教授、山东省泰山学者青年专家。主要从事分布式协同控制与优化、在线分布式学习算法、博弈理论等方面的研究。近五年，以第一作者身份在控制领域国际公认的两大顶级期刊IEEE TAC和Automatica上发表论文7篇，主持国家自然科学基金项目和中国博士后项目各1项。担任美国《数学评论》评论员；IEEE TAC, Automatica, IEEE TCYB, IEEE TSMC, IEEE TNLS, PlosOne等诸多著名学术期刊审稿人；第三届中国智能网联系统建模与仿真专业委员会委员；第一届预测控制与智能决策专业委员会委员。

## 四、开放与运行管理

1. 主管部门、依托单位支持情况（主管部门和依托单位本年度为中心提供建设和运行经费、科研场所和仪器设备等条件保障情况，在学科建设、人才引进、研究生招生名额等方面给予优先支持的情况，不超过1000字）

中心依托单位山东科技大学2022年为中心配套经费1100余万元，经费支出主要用于仪器设备购置及维护、实验室装修、人才引进与培养、国内外学术交流等。配套经费主要来源为山东省一流学科、青岛市重点学科、山东省泰山学者优势特色学科与人才团队、各类科研项目等。

学校帮助完善中心内部组织机构，优化资源，为中心创造良好的发展环境，坚持人才战略，把队伍的能力建设作为学校人才工作的重中之重。以能力建设和素质提升

为核心，协助中心建立了优秀青年科技人才重点跟踪培养制度，开展了专家与优秀青年人才结对培养活动。学校为提高中心急需紧缺人才引进力度，积极制定在工资待遇、平台搭建、住房办理、子女入园入学等多个方面的合理有效政策，极大促进了中心科研队伍的整体结构的优化。

学校协助建设完善了中心的矿用检测技术研究室、电网安全与监控研究室、粉尘检测研究室、光纤检测研究室、设备安全检测研究室、井下人员定位研究室、矿用高压开关研究室、矿山安全信息化研究室、声光电检测研究室、煤矿顶板安全检测研究室、地下工程机器人研究室、带电作业机器人研究室、安全控制技术研究中心、复杂系统控制与诊断技术研究中心等创新研发平台；建设了电气实验室、电磁屏蔽实验室、声学实验室、电磁兼容（EMC）实验室、环境实验室、力学实验室、理化实验室和网络实验室等创新研发平台和试制车间。

目前，中心总建筑面积达到 17620 平方米、各类研发检测设备 1178 台，设备原值超过 23036 万元，中心已经具备了从理论研究、实验研究到现场模拟试验和生产的成套设备和基础设施。

**2. 仪器设备开放共享情况**（本年度中心 30 万以上大型仪器设备的使用、开放共享情况，研制新设备和升级改造旧设备等方面的情况）

中心所有的 15 个研究室（矿用检测与支护技术研究室、电网安全与监控研究室、粉尘与瓦斯检测研究室、光纤检测研究室、设备安全检测研究室、井下人员定位研究室、矿用高压开关研究室、矿山安全信息化研究室、声光电检测研究室、煤矿顶板安全检测研究室、地下工程机器人研究室、带电作业机器人研究室、安全控制技术研究中心、铝离子储能研究中心、复杂系统控制与诊断技术研究中心）和 2 个矿山工业试验基地均提供开放服务。中心 30 万元以上的大型仪器均处于正常使用状态，且 80% 的设备 2022 年开机时间超过 800 小时。本中心 30 万元以上的大型仪器均加入了山东省大型科学仪器设备协作共用平台，实现大型仪器设备的资源共享，研制的新设备和升级改造后的旧设备得到充分利用。中心最大限度发挥了教育部工程研究中心的平台作用，为行业和地方相关企业的研发与技术攻关提供咨询、培训、合作研发等技术服务。

**3. 学风建设情况**（本年度中心加强学风建设的举措和成果，含讲座等情况）

**（1）加强学风管理制度建设，建立学风建设责任制，进一步强化组织领导。**

中心主任为第一责任人，成立学风建设领导小组，分级负责；从新生入学教育入手，贯穿学生的整个教育培养阶段。中心推荐宣传学风建设优秀团体和先进个人，引导学生形成良好的学风意识。通过辅导员、班级、导师的育人合力，开展学风道德建设教育活动；深入学生宿舍、实验室，了解学生的思想动态，发现掌握学风相关问题，并及时反馈、及时引导、及时解决，形成了全员参与、齐抓共管的良好局面。

**（2）立足于中心的科研平台，通过科研兴趣引导，促进学风建设。**

中心充分认识到科学研究的兴趣可以激发学生强烈的求知欲望，从而形成良好的学习风气和习惯，利用中心的科研平台、科研项目等优势，引导鼓励学生积极参与到

中心的科研活动中来。积极组织学生参与各类科技创新竞赛，获省级以上奖励 60 余项，其中国家级 6 项。2022 年度共发表学术论文 176 篇，其中 SCI/EI 收录 52 篇；获授权发明专利 12 项；获山东省优秀博士论文 2 篇、山东省优秀硕士论文 4 篇、山东省优秀科技创新成果奖 6 项。吸引了大批学生参与，并在学生中形成了刻苦钻研、努力上进的学风示范带动作用。

### **(3) 强化师德榜样引领，教育学生深入认识学术道德规范的细则与要求。**

加强本中心教师师德考核，积极培育和推广师德师风典型，潜移默化，通过导师的优良品格影响学生，促进学风建设。2022 年度，本中心共举办线上线下 22 余期名家讲坛，邀请陈关荣院士、王国法院士等众多知名学者线上言传身教学术诚信，积极推动优良学风建设。邀请王国法院士、周东华副校长、张焕水院长等专家进行讲座，以家国情怀、奉献新时代为背景，从多个角度引导学生认识努力学习专业知识和潜心科学研究，提高对知识、对科学、对领域专家的崇尚。

### **4. 技术委员会工作情况（本年度召开技术委员会情况）**

2022 年 12 月 20 日，矿山生产安全检测技术与设备教育部工程中心召开了 2022 年技术委员会年度工作会议。煤炭科工集团的王国法院士、中心主任李玉霞教授、技术委员会成员齐鲁工业大学曹茂永教授、山东大学李贻斌教授、山东科技大学周东华教授、张焕水教授、周封教授、山东能源集团原副总经理张希诚等与会。中心主任主持学术委员会会议，并代表中心作了 2022 年度工作报告，围绕中心的基本情况，2022 年主要科研工作进展、人才队伍建设、开放交流与运行管理等工作进行了总结，同时对中心的未来发展进行了思考与规划。

听取汇报后，技术委员会对中心建设情况进行了点评，高度评价了中心 2022 年取得的成绩，认为中心在满足国家煤炭行业的重大需求、服务地方区域经济方面做出了突出的工作，对于中心在人才引进等方面取得的进展给予充分肯定，并对中心下一阶段的发展规划进行了深入讨论，对今后的工作提出了宝贵的意见和建议：进一步凝练方向，突出行业特色及优势，进一步加强人才队伍建设。

## **五、下一年度工作计划（技术研发、成果转化、人才培养、团队建设和制度优化的总体计划，不超过 1500 字）**

中心明年将紧密围绕“十四五”国家和地方战略需求，大力推进矿业领域科技创新，推广应用机器人技术和智能装备，减少危险岗位的人员数量和人员操作；推动矿山企业建设安全生产智能装备、在线监测监控等安全管理信息系统；推进煤矿安全技术改造和智能化融合。各研究方向的任务和目标如下：

### **(1) 回采工作面事故监测预警**

任务：研究深部煤体结构形变演化、顶板突水致灾动力变化规律，分析岩体结构形变影响因素，揭示顶板突水致灾动力机理及规律，进一步完善大尺度试件多场耦合渗流组合实验方法。深入研究无煤柱充填开采新理论与提出新技术与新方法，为高效安全开发地质能源提供支撑。

目标：结合井下常规矿压测量系统，开展煤体与岩体结构形变演化影响因素深入分析研究；研发矿井煤岩识别新技术与岩体监测协同监测预警系统，提高地质资源开发的高效性和安全性。

### **(2) 井巷安全生产设备及检测**

任务：研究矿山井下复杂环境下基于 UWB 和载波技术的区域粉尘传感网络可靠性传输技术，开展多因素干扰影响下粉尘浓度动态融合估计方法；基于人工智能、大数据、强化学习等技术，研究割煤机、钻孔孔壁视觉信息的处理、分析与特征提取技术；进一步研究基于天气信息的高扬程排水系统的智能联调联控技术与节能降碳策略。

目标：探索矿山井下复杂环境下粉尘传感器网络传输的影响因素，建立可靠的信息传输机制，以实现粉尘浓度的准确估计；深入挖掘分析割煤机、钻孔孔壁视觉信息变化特征，以利于其可靠控制；研发基于天气信息的高扬程排水系统与智能联调联控技术及节能降碳策略，实现排水系统的高效节能及智能化。

### **(3) 矿山机电安全自动检测及装置**

任务：研究复杂非结构化环境下的大倾角履带式喷浆机器人系统，构建满足避障和即时曲率要求的轨迹规划控制策略，创新喷浆机器人高效喷射基本参数计算及优化方法，构建喷浆管路压力损失及补偿寻优算法，开发集运输、搅拌、上料、喷射为一体的安全环保喷浆技术。

目标：研制出复杂非结构化环境下的大倾角履带式喷浆机器人系统。

机器人可靠灵活控制策略的设计与开发，提高矿山机电设备的安全监控和高效运行能力。

### **(4) 安全生产系统优化与工程信息化**

任务：研究智能矿山物联网下的数据采集、存储、分析及传输技术；基于大数据、区块链、云平台及矿山环境、人员与设备的状态的分析技术研究，提高矿山生产系统信息监控的准确性，进一步提升智慧矿山安全生产信息管控能力。

目标：面向智慧矿山生产管理应用需求，针对智慧矿山物联网的网络异构、数据多源、海量、实时性等特征，研发面向矿山安全生产监控的智能信息管理与服务平台，提高矿山生产设备、环境及人员状态的管控能力。

## **六、问题与建议（工程中心建设运行、管理和发展的的问题与建议，可向依托单位、主管单位和教育部提出整体性建议）**

(1)由于本中心依托山东科技大学，山东科技大学的用人情况完全由山东省人力资源和社会保障厅配置，中心没有单独的人员编制，其中的固定人员全部是山东科技大学的教师，教学任务比较繁重，在一定程度上影响着中心承担的科研任务以及日常管理工作，中心的管理体制、运行模式、成果转化等多个方面还需要进一步的探讨和改革。

(2)中心自 2009 年 3 月授牌以来，一直未得到教育部的财政支持，目前中心的建设经费是学校通过申请学校学科建设专项建设经费和学校教师的科研经费在维持运行，中心的资金比较困难，希望能够得到教育部一定的资金支持。

七、审核意见（工程中心负责人、依托单位、主管单位审核并签章）

负责人意见	负责人签名：
依托单位审核意见	依托单位盖章
主管单位审核意见	主管单位盖章

## 八、年度运行情况统计表

研究方向	研究方向 1	回采工作面事故监测预警技术	学术带头人	宋振骐	
	研究方向 2	井巷安全生产设备及检测技术	学术带头人	李玉霞	
	研究方向 3	矿山机电安全自动检测及装置	学术带头人	周满山	
	研究方向 4	安全生产系统优化与工程信息化	学术带头人	卢新明	
工程中心面积	17620m <sup>2</sup>		当年新增面积	120m <sup>2</sup>	
固定人员	116 人		流动人员	42 人	
获奖情况	国家级科技奖励	一等奖	0 项	二等奖	0 项
	省、部级科技奖励	一等奖	0 项	二等奖	4 项
当年项目到账总经费	11869 万元	纵向经费	4367 万元	横向经费	7502 万元
当年知识产权与成果转化	专利等知识产权持有情况	有效专利	68 项	其他知识产权	86 项
	参与标准与规范制定情况	国际/国家标准	1 项	行业/地方标准	4 项
	以转让方式转化科技成果	合同项数	0 项	其中专利转让	0 项
		合同金额	0 万元	其中专利转让	0 万元
		当年到账金额	0 万元	其中专利转让	0 万元
	以许可方式转化科技成果	合同项数	56 项	其中专利许可	56 项
		合同金额	2744 万元	其中专利许可	2744 万元
		当年到账金额	1865 万元	其中专利许可	1865 万元
	以作价投资方式转化科技成果	合同项数	0 项	其中专利作价	0 项
		作价金额	0 万元	其中专利作价	0 万元
产学研合作情况	技术开发、咨询、服务项目	76 项	技术开发、咨询、服务项目合	4758 万元	

		合同数			同金额			
当年服务情况		技术咨询		56 次		培训服务		2268 人次
学科发 展与人 才培养	依托学科 (据实增删)	学科 1	控制科学 与工程	学科 2	电气工程	学科 3	矿业工程	
		学科 4	安全科学 与工程	学科 5	机械电子工程	学科 6	计算机科学 与工程	
	研究生 培养	在读博士		162 人		在读硕士		1751 人
		当年毕业 博士		22 人		当年毕业硕士		598 人
	学科建设 (当年情况)	承担本科 课程	40536 学 时	承担研究生 课程	15992 学时	大专院校 教材	4 部	
研究队 伍建设	科技人才	教授	45 人	副教授	47 人	讲师	51 人	
	访问学者	国内		4 人	国外	2 人		
	博士后	本年度进站博士后		12 人	本年度出站博士后		12 人	