柔绳轨道巡检机器人研究

（1）机器人本体结构与智能传感技术研究

研究智能安监机器人及相应机构的本质安全技术，应满足防爆、防水、防尘、

防砸等可靠性要求，防护等级不低于 IP65；设计机械闭锁装置，出现异常情况

可随时锁定；采用隔爆兼本质安全相结合的方式实现对结构的防爆设计。采用整

机壳体密封防爆设计，外露设备，如气体传感器、视频采集单元和 LED 照明灯等，

作本安设计。既满足防爆要求，又可减小体积重量。

对机器人进行防水性能设计，对驱动结构、平台腔体、负载模块进行独立防水设计，以避免出现连锁反应，并重点针对各部分间的过渡连接进行防水处理。针对移动机构和壳体分别进行防冲击设计。采用具有防爆功能的不锈钢壳体内部安装加强筋，并对壳体结构进行有限元分析以提高抗冲击性能，同时对红外、视觉等传感器均进行防护。研究智能传感技术，开发适合智能安监机器人搭载的有害气体传感器、温度异常识别装置、高清图像采集装置等多传感器融合平台，实时监测皮带运输区域环境、设备、人员的状态，并对检测数据融合分析，及时发现事故隐患并提前预警，保障安全生产。

（2）机器人智能控制技术研究

基于变频调速技术，结合矢量控制算法与加减速控制算法，实现对机器人的

精准运动控制（通过控制绳轨电机实现）。机器人主控制器采用 ARM 嵌入式控制系统，利用 RS485、CAN 总线与其他设备连接。通过视觉识别技术、路标检测定位等控制方法，可实现位置信息校正、路径规划、自主导航和机器人工作状态自诊断。机器人通过自主辨识、

故障自诊断，检查和发现异常、诊断故障状态和部位、分析故障类型并及时预警，可依据定期监测数据，建立故障自诊断数据库和模型，判断设备运行是否正常，识别相关设备是否发生故障，并对设备未来状态进行预测。

（3）复杂条件下机器人音/视频采集、智能视频识别技术研究

由于皮带运输区域环境复杂，生产设备集中，噪音大，当环境、设备、人员状态出现异常时，无法及时通知相关人员，容易引起安全事故，智能安监机器人系统语音单元基于 TCP/IP 和 SIP 等协议，采用先进数字信号处理技术，可实现音频数据采集（开发音频采集装置，能够分辨带辊异常故障），与智能广播系统联动，播放安全信息，便于人员疏导和调度指挥。同时，由于煤矿井下光照不均匀，缺乏色彩信息，目标与背景相似，甚至干扰比目标还要突出，视频数据采集极易失真，特别是运动目标的检测带来很大困难，也使得目前的检测方法直接应用于井下视频检测效果不理想。机器人系统采用视频增强算法和智能视频识别技术，能从危险区域的视频图像中检测“人-机-环”的异常状态信息，自动捕捉和跟踪异常点，能够及时发现堆煤（视频识别）、皮带撕裂（视频识别）、异物（视频识别）、带辊工作异常（声音识别）、火灾（红外扫描）等安全隐患，可与井壁监测装置实现数据共享，智能识别井壁结构应力、变形、井壁裂隙（视频识别）、渗水（视频识别）等危险源并及时预警。为技术人员进行井筒安全状态判断、井筒维护作业决策提供现场依据，可有效保障井筒运行安全，提高井筒维护作业效率。能够智能判断异常位置并且自主跟踪，并及时预警。可采集区域内人员位置异常、电缆故障等并报警，及时提供相关图像信息和报警信息给集控中心。

（4）机器人采集技术研究

在胶带机机头、机尾等无法安装轨道或巡检机器人靠自身的设备无法采集数

据的区域设置“数据采集分站”（已有），该装置实时可采集皮带机驱动部运行数据，如

主电机功率、CST 油温、环境状况（甲烷、风速、烟雾、粉尘等）、驱动滚筒轴承温度

等数据，且该装置可临时存储数据，待巡检机器人到达指定位置后，在“数据采

集分站（已有5G模组）”上取走数据后，上传监控后台服务器，运用软件对数据进行分析，确定是否存在异常，如异常需能发出告警，在与皮带机控制系统融合前，只告警，不闭锁胶带机。在指定位置装设“钢丝绳芯输送带探伤装置”（已有设备），该系统能实施监测胶带运行情况，如发生如断丝、接头错位等故障时，可将发生的故障情况及位置信息（在胶带内每隔 500 米埋设定位器，便于故障定位。）通过“数据采集分站”将故障情况反馈至监控后台，发出告警信息。

（5）智能安监机器人适用性研究

智能安监机器人及其配套设施研发成功后，拟在万利煤矿西胶运大巷胶带机和主斜井胶带机开展适用性研究应用。西胶运大巷胶带机约长度 6800 米（含主井皮带），带速 4.5 米/秒，垂高（头-尾）-108 米；主斜井胶带机长度 861 米，带速 4.64 米/秒，垂高（头-尾）232 米，坡度较大，为 15.6°。在西郊大巷靠驱动部位置选取 500 米，配置一台巡检机器人及其附属装备，考核机器人的性能指标，进而研究其适用性。制定适合不同区域作业的机器人最优巡检方式，实现对胶带机及运输巷道的智能安监。

（6）主运输系统负载平衡监视应用研究

主运输系统负载平衡监视应用研究，主要针对主运输胶带机运输能力与采区等分支运输的输送煤量之间实现平衡，进而在保证安全正常生产的前提下，实现主运输系统的高效节能合理运转。煤炭生产过程中，采区分支胶带运输机依照生产需求运行，其实时运输量随生产情况发生变化，输送到主运输胶带机的煤量是随机变量，通过对分支胶带机输送煤量的实时监测，采集各分支胶带机输送煤量数据，建立数学模型，经过对数据进行系统智能分析，实现主运输胶带机的智能控制，使煤炭主运输系统负载平衡，达到主运输系统的合理安全高效运输。

（7）主运输系统顺序启动及自动控制技术应用研究

传统的主运输胶带系统为保证安全成功启动，大多数系统采取逆煤流方向启动方式。对于特大型煤矿，主运输系统较长，需要多部胶带机，逆煤流方向启动过程很长，造成启动时胶带机长时间空载运行，消耗大量的电能和造成设备磨损。应用现代控制技术，研究新型主运输系统顺煤流方向顺序启动。自煤流源开始，顺序自动控制主运输系统胶带机，在煤流即将到达本部胶带机时开始启动，即保证不堆煤，安全顺利启动，又能减少主运输设备空运转时间；正常停机时采取顺煤流方向逐部停机，保证下次启动时，设备处于空载状态；故障保护停机后再启动时，采取逆煤流方向调速软启动，保障设备能正常启动到正常生产状态；主运

输系统运行过程中，采用先进的综合技术实时监视系统运行状态，及时发现问题和隐患，向运管人员报警以便及时处理，避免发生事故停机，保证主运输系统安全生产。

（8）机器人柔性轨道行走机构设计研究

根据西胶运大巷、主斜井皮带运输区域及井筒环境的特点，研究适应性更强的柔绳轨道和吊装组件结构，使其能承载安监机器人本体自重，并且能够保障巡检机器

人平稳高效运行。

（9）特殊环境下机器人无线通信技术研究

研究井筒及皮带运输区域内特殊环境下无线网络高可靠覆盖技术，实现井筒及皮带运输区

域大容量网络覆盖，为智能安监机器人信息传输构建可靠平台。组网方式灵活方

便，克服有线系统布线互有交叉，安装、维护困难的问题，实现井筒及皮带运输区域内

无线网络全覆盖，所有监测数据均可无线传输至集控平台，并实现数据交互。

三、技术要求与性能指标

1、机器人工作参数：

（1）工作温度：-40~60°

（2）工作湿度 0~100%RH

（3）环境防水 IP65

2、巡检机器人云台技术参数：

（1）水平方向：0~360°

（2）垂直方向：0~90°

（3）可记忆预置位置

3、巡检机器人可见光摄像头参数：

（1）最小光学变焦倍数：20 倍

（2）图像分辨率：1080p

（3）视频帧数：不小于 25fps

（4）具备夜视功能

4、巡检机器人红外热成像技术参数：

（1）红外检测成像分辨率：大于 320\*240

（2）热灵敏度小于 0.06℃（30℃时）

（3）测温精度 2℃或 2%

（4）实时显示影像中唯独最高位置及温度值

5、巡检机器人有害气体（能够采集即可）、粉尘浓度（能够采集即可）、噪声监测技术：

（1）可探测气体：0 2 、CO 2 、CO、CH 4

（2）粉尘浓度：监测煤粉浓度。

（3）自动归零校准

6、巡检机器人环境温度、湿度检测技术参数（能够采集即可）：

（1）测量范围：温度：-40~+85℃，湿度：0~100%RH

（2）测量精度：温度：±0.5℃，湿度：±2%RH

7、巡检机器人防碰撞功能技术：

（1）采用超声波雷达探测，对障碍物和工作人员进行探测，遇到障碍停止

行动并报警。结构上增加防护，放置碰撞造成人员或设备损伤。

（2）巡检机器人在明显位置安装有闪动警示灯，提醒工作人员注意。同时

通过机器人警示灯的不同状态来表示巡检机器人当前的各种状态，如正常运行，

停止，发生故障，电池电量不足等，并将以上信息上传至上位机。

8、巡检机器人行走轨道技术参数（已有成熟技术）：

（1）轨道采用柔绳及吊装组件制成，并可以根据现场环境设计弯曲度和坡

度。

（2）轨道转弯半径：小于 1m

（3）轨道承载重量：大于 80kg

（4）轨道及配件材质应尽量采用新型复合材料且具有防锈、防腐蚀性。

9、巡检机器人供电平台技术参数：

巡检机器人的供电采用有线供电，电缆施放装置运行速度需要与巡检机器人运行速度同步。

巡检 机器人通信系统技术方案：采用5G通讯方式。

四、完成时间

项目研究时间 10 个月，自技术开发合同签订后。

五、技术方案及说明

（1）设备状态智能巡检功能：巡检机器人支持全自动和遥控巡检模式。全

自动模式包括常规和特殊巡检两种方式。常规下系统根据预先设定的巡检任务内

容、时间、路径等参数信息，自动启动并完成巡检任务；特殊巡检由操作人员设

定巡视点，机器人对巡视点自主完成巡检任务。遥控巡检模式由操作人员手动遥

控机器人，完成巡视工作。可实现对现场设备进行反复巡检，并实现对设备状态

的连续、动态的数据采集及系统存储。

（2）设备状态检测功能：巡检机器人可将现场的视频图像、红外测温图像、

环境温度、电机本体及轴承温度，电机前后端轴承、减速机输出、输入端轴承振

动等设备情况发送回上位机。当设备出现异常情况时巡检机器人需停止巡检并停

留在原地，并在现场及上位机上发出报警，异常情况消除后可以人为控制继续巡

检。

（3）智能不接触充电功能：采用分布式充电站加锂电池供电方式，分布式

充电站采用不接触充电技术，具备充电效率高，安全可靠特性，适合煤矿井下应

用。

（4）巡检机器人监控功能：机器人主机上安装多种现场监控手段，包括：

360°全方位云台的可见光视频监控摄像头和热成像监控设备，可以实现巡检机

器人运动过程中的对设备进行视频巡检和红外测温。

（5）机器人自检功能：巡检机器人具备自检功能，包括对主机电源、电机

驱动器、通信和检测设备等部件的工作状态，发生异常时能立即发出报警，并能

上传故障类型等信息至监控后台。

（6）数据远传通信功能：巡检机器人使用有线和无线结合的网络通信形式，实现数据传输的稳定、可靠，使用光线通信实现巡检后台和机器人数据采集分站之间的通信，并以无线通信形式实现机器人主机和数据采集分站之间的通信，

（7）机器人防碰撞功能：使用多种方式进行障碍物探测，在多个维度防止机器人与障碍物发生碰撞。

（8）系统信息集中管理功能：机器人系统可进行多台巡检机器人联动管理，

巡检机器人能正确接收和监控后台的控制指令，实现云台转动，机体运动、自动

充电和设备检测等功能，并正确反馈状态信息，及时上报机器人主机的各类预警

和报警信息。

六、知识产权归属

本项目形成的专利、技术秘密等知识产权归北京中煤矿山工程有限公司所有，项目研究人

员发表论文、著作必须得到国家能源集团的许可。

七、 成果形式及验收方式

1、机器人样机2台。

2、研究报告、计算机软件、用户使用手册等。（包括电子版）

3、发明专利2项，论文2篇，其中1篇核心，1篇（SCI）。

4、通过现场实施评价和专家评审会进行项目验收 。

八、投标人科研状况和承担项目的能力要求

（1）投标人具有承担本项目的能力

1）投标人须为具备法定的主体资格条件的科研院所或高等院校。

2）具有独立订立合同的能力和权利，具有独立承担民事责任的能力。

3）具有良好的银行资信和商业信誉，没有处于被责令停业，财产被接管、

冻结，破产状态。

4）具备完善的研究设备、研究手段和专业的研究队伍。投标人承担本招标

课题不得涉及第三方知识产权。

（2）项目负责人

投标人指定一专人为本项目负责人。

项目负责人应具有研究生及以上学历和高级技术职称， （附项目负责人相关证

明材料）从事煤矿安全技术等相关研究和工程实践经验丰富，承担过煤矿安全技

术、煤矿重大装备等内容的国家级或省部级研究课题的研究工作和课题负责人，

对课题相关专业领域应有充分的了解。

（3）投标人科研状况和相关业绩

投标人的技术力量、人员结构、科研条件等，具备实施本项目所需要具备的

条件，取得过的与承担本项目相关的技术开发业绩或技术成果。

**大连理工大学研究任务**

（1）机器人本体结构与智能传感技术研究

研究智能安监机器人及相应机构的本质安全技术，应满足防爆、防水、防尘、

防砸等可靠性要求，防护等级不低于 IP65；设计机械闭锁装置，出现异常情况

可随时锁定；采用隔爆兼本质安全相结合的方式实现对结构的防爆设计。采用整

机壳体密封防爆设计，外露设备，如气体传感器、视频采集单元和 LED 照明灯等，

作本安设计。既满足防爆要求，又可减小体积重量。

对机器人进行防水性能设计，对驱动结构、平台腔体、负载模块进行独立防水设计，以避免出现连锁反应，并重点针对各部分间的过渡连接进行防水处理。针对移动机构和壳体分别进行防冲击设计。采用具有防爆功能的不锈钢壳体内部安装加强筋，并对壳体结构进行有限元分析以提高抗冲击性能，同时对红外、视觉等传感器均进行防护。研究智能传感数据采集技术，开发适合智能安监机器人搭载的有害气体传感器、温度异常识别、高清图像采集等多传感器融合硬件平台，在开发的机器人软件平台上能够实时监测皮带运输区域环境、设备、人员的状态，并对检测数据融合分析，及时发现事故隐患并提前预警，保障安全生产。

（2）机器人智能控制技术研究

基于变频调速技术，结合矢量控制算法与加减速控制算法，实现对机器人的精准运动控制（通过控制绳轨电机实现）。机器人主控制器采用 ARM 嵌入式控制系统，利用 RS485、CAN 总线与其他设备连接。通过视觉识别技术、路标检测定位等控制方法，可实现位置信息校正、路径规划、自主导航和机器人工作状态自诊断。机器人通过自主辨识、故障自诊断，检查和发现异常、诊断故障状态和部位、分析故障类型并及时预警，可依据定期监测数据，建立故障自诊断数据库和模型，判断设备运行是否正常，识别相关设备是否发生故障，并对设备未来状态进行预测。

（3）复杂条件下机器人音/视频采集、智能视频识别技术研究

由于皮带运输区域环境复杂，生产设备集中，噪音大，当环境、设备、人员状态出现异常时，无法及时通知相关人员，容易引起安全事故，智能安监机器人系统语音单元基于 TCP/IP 和 SIP 等协议，采用先进数字信号处理技术，可实现音频数据采集（开发音频采集装置，能够分辨带辊异常故障），智能软件平台能与智能广播系统联动，播放安全信息，便于人员疏导和调度指挥。同时，开发视频采集装置，能够克服由于煤矿井下光照不均匀，缺乏色彩信息，目标与背景相似，甚至干扰比目标还要突出，视频数据采集极易失真，特别是运动目标的检测带来很大困难，也使得目前的检测方法直接应用于井下视频检测效果不理想。机器人系统采用视频增强算法和智能视频识别技术，能从危险区域的视频图像中检测“人-机-环”的异常状态信息，自动捕捉和跟踪异常点，能够及时发现堆煤（视频识别）、皮带撕裂（视频识别）、异物（视频识别）、带辊工作异常（声音识别）、火灾（红外扫描）等安全隐患，可与井壁监测装置实现数据共享，智能识别井壁结构应力、变形、井壁裂隙（视频识别）、渗水（视频识别）等危险源并及时预警。为技术人员进行井筒安全状态判断、井筒维护作业决策提供现场依据，可有效保障井筒运行安全，提高井筒维护作业效率。能够智能判断异常位置并且自主跟踪，并及时预警。可采集区域内人员位置异常、电缆故障等并报警，及时提供相关图像信息和报警信息给集控中心。

（4）机器人采集技术研究

机器人能够与数据采集分站无线通讯。在胶带机机头、机尾等无法安装轨道或巡检机器人靠自身的设备无法采集数据的区域设置“数据采集分站”（已开发），该装置实时可采集皮带机驱动部运行数据，如主电机功率、CST 油温、环境状况（甲烷、风速、烟雾、粉尘等）、驱动滚筒轴承温度等数据，且该装置可临时存储数据，待巡检机器人到达指定位置后，在“数据采集分站（已有5G模组）”上取走数据后，上传监控后台服务器，运用开发的机器人平台软件对数据进行分析，确定是否存在异常，如异常需能发出告警，在与皮带机控制系统融合前，只告警，不闭锁胶带机。在指定位置装设“钢丝绳芯输送带探伤装置”（已有设备），该系统能实施监测胶带运行情况，如发生如断丝、接头错位等故障时，可将发生的故障情况及位置信息（在胶带内每隔 500 米埋设定位器，便于故障定位。）通过“数据采集分站”将故障情况反馈至监控后台，发出告警信息。

（5）智能安监机器人适用性研究（配合安装、调试）

智能安监机器人及其配套设施研发成功后，拟在万利煤矿西胶运大巷胶带机和主斜井胶带机开展适用性研究应用。西胶运大巷胶带机约长度 6800 米（含主井皮带），带速 4.5 米/秒，垂高（头-尾）-108 米；主斜井胶带机长度 861 米，带速 4.64 米/秒，垂高（头-尾）232 米，坡度较大，为 15.6°。在西郊大巷靠驱动部位置选取 500 米，配置一台巡检机器人及其附属装备，考核机器人的性能指标，进而研究其适用性。制定适合不同区域作业的机器人最优巡检方式，实现对胶带机及运输巷道的智能安监。

（6）主运输系统负载平衡监视应用研究（平台软件加入此功能）

主运输系统负载平衡监视应用研究，主要针对主运输胶带机运输能力与采区等分支运输的输送煤量之间实现平衡，进而在保证安全正常生产的前提下，实现主运输系统的高效节能合理运转。煤炭生产过程中，采区分支胶带运输机依照生产需求运行，其实时运输量随生产情况发生变化，输送到主运输胶带机的煤量是随机变量，通过对分支胶带机输送煤量的实时监测，采集各分支胶带机输送煤量数据，建立数学模型，经过对数据进行系统智能分析，实现主运输胶带机的智能控制，使煤炭主运输系统负载平衡，达到主运输系统的合理安全高效运输。

（7）主运输系统顺序启动及自动控制技术应用研究（平台软件加入此功能）

传统的主运输胶带系统为保证安全成功启动，大多数系统采取逆煤流方向启动方式。对于特大型煤矿，主运输系统较长，需要多部胶带机，逆煤流方向启动过程很长，造成启动时胶带机长时间空载运行，消耗大量的电能和造成设备磨损。应用现代控制技术，研究新型主运输系统顺煤流方向顺序启动。自煤流源开始，顺序自动控制主运输系统胶带机，在煤流即将到达本部胶带机时开始启动，即保证不堆煤，安全顺利启动，又能减少主运输设备空运转时间；正常停机时采取顺煤流方向逐部停机，保证下次启动时，设备处于空载状态；故障保护停机后再启动时，采取逆煤流方向调速软启动，保障设备能正常启动到正常生产状态；主运

输系统运行过程中，采用先进的综合技术实时监视系统运行状态，及时发现问题和隐患，向运管人员报警以便及时处理，避免发生事故停机，保证主运输系统安全生产。

8、机器人智能软件平台开发

机器人全部功能支持软件平台开发。

三、技术要求与性能指标

1、机器人工作参数：

（1）工作温度：-40~60°

（2）工作湿度 0~100%RH

（3）环境防水 IP65

2、巡检机器人可见光摄像头参数：

（1）最小光学变焦倍数：20 倍

（2）图像分辨率：1080p

（3）视频帧数：不小于 25fps

（4）具备夜视功能

（5）移动物体拍摄8米/秒

3、巡检机器人防碰撞功能技术：

（1）采用超声波雷达探测，对障碍物和工作人员进行探测，遇到障碍停止

行动并报警。结构上增加防护，放置碰撞造成人员或设备损伤。

（2）巡检机器人在明显位置安装有闪动警示灯，提醒工作人员注意。同时

通过机器人警示灯的不同状态来表示巡检机器人当前的各种状态，如正常运行，

停止，发生故障，电池电量不足等，并将以上信息上传至上位机。

4、巡检机器人供电平台技术参数：

巡检机器人的供电采用有线供电，电缆施放装置运行速度需要与巡检机器人运行速度同步。

巡检 机器人通信系统技术方案：采用5G通讯方式。

四、完成时间

项目研究时间 8 个月，自技术开发合同签订后。

五、技术方案及说明

（1）设备状态智能巡检功能：巡检机器人支持全自动和遥控巡检模式。全

自动模式包括常规和特殊巡检两种方式。常规下系统根据预先设定的巡检任务内

容、时间、路径等参数信息，自动启动并完成巡检任务；特殊巡检由操作人员设

定巡视点，机器人对巡视点自主完成巡检任务。遥控巡检模式由操作人员手动遥

控机器人，完成巡视工作。可实现对现场设备进行反复巡检，并实现对设备状态

的连续、动态的数据采集及系统存储。

（2）设备状态检测功能：巡检机器人可将现场的视频图像、红外测温图像、

环境温度、电机本体及轴承温度，电机前后端轴承、减速机输出、输入端轴承振

动等设备情况发送回上位机。当设备出现异常情况时巡检机器人需停止巡检并停

留在原地，并在现场及上位机上发出报警，异常情况消除后可以人为控制继续巡

检。

（3）巡检机器人监控功能：机器人主机上安装多种现场监控手段，包括：

360°全方位云台的可见光视频监控摄像头和热成像监控设备，可以实现巡检机

器人运动过程中的对设备进行视频巡检和红外测温。

（4）机器人自检功能：巡检机器人具备自检功能，包括对主机电源、电机

驱动器、通信和检测设备等部件的工作状态，发生异常时能立即发出报警，并能

上传故障类型等信息至监控后台。

（5）数据远传通信功能：巡检机器人使用有线和无线结合的网络通信形式，实现数据传输的稳定、可靠，使用光线通信实现巡检后台和机器人数据采集分站之间的通信，并以无线通信形式实现机器人主机和数据采集分站之间的通信，

（6）机器人防碰撞功能：使用多种方式进行障碍物探测，在多个维度防止机器人与障碍物发生碰撞。

（7）系统信息集中管理功能：机器人系统可进行多台巡检机器人联动管理，

巡检机器人能正确接收和监控后台的控制指令，实现云台转动，机体运动、自动

充电和设备检测等功能，并正确反馈状态信息，及时上报机器人主机的各类预警

和报警信息。

六、知识产权归属

本项目形成的专利、技术秘密等知识产权归北京中煤矿山工程有限公司所有，项目研究人

员发表论文、著作必须得到国家能源集团的许可。

七、 成果形式及验收方式

1、机器人样机2台。

2、研究报告、计算机软件、用户使用手册等。（包括电子版）

3、发明专利2项，论文2篇，1篇核心，1篇（SCI）。

4、通过现场实施评价和专家评审会进行项目验收 。

八、投标人科研状况和承担项目的能力要求

（1）投标人具有承担本项目的能力

1）投标人须为具备法定的主体资格条件的科研院所或高等院校。

2）具有独立订立合同的能力和权利，具有独立承担民事责任的能力。

3）具有良好的银行资信和商业信誉，没有处于被责令停业，财产被接管、

冻结，破产状态。

4）具备完善的研究设备、研究手段和专业的研究队伍。投标人承担本招标

课题不得涉及第三方知识产权。

（2）项目负责人

投标人指定一专人为本项目负责人。

项目负责人应具有研究生及以上学历和高级技术职称， （附项目负责人相关证

明材料）从事煤矿安全技术等相关研究和工程实践经验丰富，承担过煤矿安全技

术、煤矿重大装备等内容的国家级或省部级研究课题的研究工作和课题负责人，

对课题相关专业领域应有充分的了解。

（3）投标人科研状况和相关业绩

投标人的技术力量、人员结构、科研条件等，具备实施本项目所需要具备的

条件，取得过的与承担本项目相关的技术开发业绩或技术成果。

**罐道巡检机器人**

一、研究内容：

2.2.1 主要工作内容

1）罐道智能安监机器人研究

（1）研究罐道智能安监机器人本体结构及运行轨道；

（2）研究机器人控制驱动装置；

（3）研究机器人外挂仪器接入及供电技术。井筒环境多参数气体接入（温度、甲烷等），智能识别检查井筒环境参数。视频接入技术（云台控制）。红外扫描接入技术（云台控制）。

（4）研究机器人高清图像采集装置，监测罐道平直度、检查罐道固定情况、检查接头状态和罐道变形等，及时有效识别罐道危险源并预警；

（5）研究井筒罐道巡检机器人电源供给装置；

（6）井筒罐道巡检机器人智能化软件平台开发；

（7）井筒罐道巡检机器人本安、防爆技术研究；

（8）机器人智能软件平台研究。

二、技术指标：

（1）移动速度：可与罐笼同步移动；

（2）控制方式：自主巡检、远程控制；

（3）危险源识别率：95%；

（4）图像分辨率：1080p，视频帧数不小于25fps，具备夜视功能；

三、成果提交：

（1）井筒罐道智能安监机器人1套；

（2）发明专利1项；

（3）发表论文2篇，核心期刊1篇，SCI1篇。

（4）研究报告2份；

（5）每周提交周报，对相应研究进展进行汇报。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | 开始时间 | 结束时间 |
| 需求分析，现场实地考察调研机器人功能需求，运行环境需求，系统架构等内容，完成安监机器人初步设计方案，确定设计说明书，充分征求客户意见，提交安监机器人初步设计方案。 | 2020/6/1 | 2020/8/31 |
| 需求分析，从科研课题目标出发梳理巴拉素智慧矿山的业务系统，包括矿井生产、安全、运输、综合服务等范畴，基于业务系统的特性分析机器人控制软件平台需求；完成巴拉素井筒巡检机器人软件平台初步设计，并充分考虑客户意见，完成初步设计方案，提交软件平台设计方案 | 2020/6/1 | 2020/8/31 |
| 完成巡检机器人绳轨与传动技术研究，完成机器人整体结构和执行机构本安特性研究，完成井机器人智能感知技术研究，完成井机器人智能软件平台开发。 | 2020/6/1 | 2020/8/31 |
| 完成智能巡检机器人整体结构和本安特性研究，完成机器人危险源智能识别技术研究，完成智能巡检机器人无线通信井筒位置无线覆盖技术研究，完成研究机器人与井筒应力及形变监测装置数据融合技术研究，完成软件平台的开发。 | 2020/9/1 | 2021/4/30 |
| 完成安监机器人样机制作； | 2020/9/1 | 2021/4/30 |
| 完成智能安监机器人软件平台开发。 | 2020/9/1 | 2021/4/30 |
| 完成巴拉素煤矿智能安监机器人研究报告编写、样机及成果交付。 | 2021/5/1 | 2021/5/30 |