科技成果评价报告

成果名称：智慧电厂输煤系统现场无人化研究与应用

完成单位：晋控电力山西长治发电有限责任公司（盖章）

评价日期：2026 年 03 月 04 日

一、成果简介

概述：

晋控电力山西长治发电有限责任公司建设有2个圆形煤场，圆形煤场原本采用人工圆堆堆取料方式，煤场内监控系统尚未实现智能联动，无圆堆堆取料机监视系统、圆堆堆取料机控制系统、定位系统等智能化设施。并且，输煤系统在运行前、运行中都要定时、定点巡检，导致人工巡检作业劳动强度高、积极性差、安全性低。栈桥内工业电视监控范围有限，栈桥内现场状态监测要素少，难以实现输煤栈桥全线路的状态实时、量化监测与管理。随着技术的发展，输煤系统已完全具备了实现无人值守的技术条件，而其向无人值守方向的发展势在必行。

工业市场人力成本不断升高，采用无人值守大大降低了人工成本。而电厂料场粉尘较多，煤场硫化物挥发自燃，长期在这种工作环境下势必会引起呼吸道炎，重者导致尘肺病，甚至致癌。且部分电厂出现过由于司机操作不当导致堆取料机侧翻，造成安全事故，危及生命安全和财产安全。采用远程自控提高了堆取料机的作业效率，减少了设备空跑时间。输煤皮带栈桥实施轨道机器人巡检，搭建智能巡检管理系统，对输煤栈桥进行全线路、全方位、全自主的智能化巡检管理，实现无人化巡检、可视化管理，提高输煤系统运行的安全性，既能避免因人工巡检不全面、不量化、人员素质地下导致无法发现隐患等问题，还能减少人工投入，节约人力资源，进一步降低运行成本，节省维护与运行费用。

经济社会效益：

1）提高生产效率，24/7不间断作业，堆取料机可以实现全天候连续作业，不受人工换班和休息时间限制，显著提高了设备利用率和生产效率。

2）降低运营成本，人力成本节约：减少对现场操作人员的需求，大幅降低工资、福利、培训等人力成本。平均减少现场斗轮机司机数量2人/年，输煤巡检人员2人，节约人力成本40万元/年。维护成本降低：通过预测性维护和远程监控技术，减少非计划停机时间，延长设备使用寿命，降低维护成本。平均降低堆取料机故障次数6次/年，降低修理费用50万元/年。

3）精确计量与库存管理：智能控制系统能够精确计量物料，优化库存管理，减少物料浪费，提高原料利用率。应用堆取料机全自动控制系统后，取煤流量稳定，平均流量比斗轮机值班员就地手动操作平均流量高12%左右，取煤平均工作效率提高10%以上，取煤工作每班可缩减0.3小时左右，每天0.3*4=1.2小时,输煤系统作业能力和效率显著提升。取料流量的稳定，提高了配煤的精细化程度，充分发挥配煤燃料的效能。经测算，单台堆取料机运行降本每年可节电约40万KWh，按2025年平均厂用电价0.32657元/度（不含税）计，

合计约：40万kWh×0.32657元/kW·h=13.06万元/年。

（4）综合统计节约成本约： 40+50+13.06 =103.06万元/年

二、主要创新点与内涵

1 技术介绍

晋控电力山西长治发电有限责任公司建设有2个圆形煤场，圆形煤场原本采用人工圆堆堆取料方式，煤场内监控系统尚未实现智能联动，无圆堆堆取料机监视系统、圆堆堆取料机控制系统、定位系统等智能化设施。并且，输煤系统在运行前、运行中都要定时、定点巡检，导致人工巡检作业劳动强度高、积极性差、安全性低。栈桥内工业电视监控范围有限，栈桥内现场状态监测要素少，难以实现输煤栈桥全线路的状态实时、量化监测与管理。随着技术的发展，输煤系统已完全具备了实现无人值守的技术条件，而其向无人值守方向的发展势在必行。

工业市场人力成本不断升高，采用无人值守大大降低了人工成本。而电厂料场粉尘较多，煤场硫化物挥发自燃，长期在这种工作环境下势必会引起呼吸道炎，重者导致尘肺病，甚至致癌。且部分电厂出现过由于司机操作不当导致堆取料机侧翻，造成安全事故，危及生命安全和财产安全。采用远程自控提高了堆取料机的作业效率，减少了设备空跑时间。输煤皮带栈桥实施轨道机器人巡检，搭建智能巡检管理系统，对输煤栈桥进行全线路、全方位、全自主的智能化巡检管理，实现无人化巡检、可视化管理，提高输煤系统运行的安全性，既能避免因人工巡检不全面、不量化、人员素质地下导致无法发现隐患等问题，还能减少人工投入，节约人力资源，进一步降低运行成本，节省维护与运行费用。

项目利用了成熟的远程自动化无人值守控制系统，结合企业方堆、取作业实际需求，将各单机监控操作界面和远程操作界面进行平台融合，以便于操作和维护，对界面的风格布局进行优化设计，根据操作人员的操作习惯，对画面的功能进行开发，使人机界面友好易用，功能全面。软件应能有效实现在远程手动、半自动及全自动控制，在全自动控制模式下能够完成自动寻址、自动堆料、自动取料功能；能够通过煤场盘点系统实现整个堆场的三维展示，展示内容包括堆场实时三维模型、堆取料机实时三维模型，并能通过三维展示系统实现堆取料任务编辑及下发；提供堆取料机监控上位机，能够实现在各种操作模式下，对堆、取料机所有状态信号、故障信号、报警信号的实时采集、显示、分类、存储、查询、打印等功能，满足了现场实际生产要求；上位机对界面的风格布

局进行人性化设计，使操作界面更加友好易用，功能全面，系统稳定可靠。输煤轨道机器人实现了输煤栈桥工作现场机器人自动化巡检、智能化告警、可视化管理；提升输煤栈桥设备运行的安全性和运维效率，很好的提升了电厂的智能化运营与管理效益。

2 研究内容

2.1 主要研究内容

本项目基于数字孪生的堆取料机无人值守系统的是通过对煤场内现有设备、煤堆情况进行三维建模数据采集，利用数字孪生技术实现虚拟煤场的建立，利用工业 AI 技术、大数据技术、微架构分布式算法实现煤场内煤堆堆放的合理规划、指导堆取料机智能堆取料工作，通过对接燃料输送系统，实现燃料全流程的自动化控制；结合堆取料机自动控制工艺，通过后台大数据智能分析、数据孪生系统以及三维建模分析实现堆取料机整体结构智能感知、合理优化现有动作方式，智能控制设备动作启动及相关工艺，达到自动智能化控制、延长设备使用率、提高设备使用效率、节约能耗的目的。

具体研究内容包括：

建立一套煤场三维建模系统，通过在煤场内安装激光扫描装置，实现煤场实时煤堆轮廓测量，获取煤场空间三维数据，该数据通过数字孪生技术实现虚拟煤场仿真模型的建立，为后续数字孪生功能的开发应用提供基础数据。

建立一套堆取料机智能控制自动堆取料系统，通过料堆三维扫描和堆取料机控制系统工艺升级，实现堆取料机机上无人值守、远程自动寻址、自动堆料、自动取料功能，从而在系统工艺上进行优化提高，降低堆取料机工作过程中的煤场粉尘浓度，提高堆取料机的工作效率。

建立一套输煤皮带栈桥轨道机器人自动巡检系统，智能巡检管理系统集轨道系统、挂轨式机器人本体系统、充电系统、通信系统、监控后台系统为一体，融合了恶劣环境下机器人系统可靠性技术、图像/热像采集与智能分析技术、机器深度学习技术、危险预测告警技术、故障诊断与设备联动控制技术、多传感器信息融合技术等先进技术。

2.2 主要达成目标

通过基于数字孪生技术的煤场智慧管理系统的研究，改善现有煤场内人员、堆取料机、推煤机工作模式，优化其工艺过程，实现改善人员工

作环境、提高设备工作效率、减少设备维护成本的目的。本项目预期实现如下目标：

通过煤场三维建模系统和堆取料机自动控制系统对堆取料机工艺进行优化，减少堆取料机堆放过程中的粉尘量，实现煤场粉尘浓度相比于人工操作下降 10%。

通过优化堆取料机自动控制系统，优化堆取料机工作效率，实现堆取料机自动化投运率 90%以上，工作效率相比人工工作提高 30%。

通过料堆三维扫描和堆取料机控制系统工艺升级，实现堆取料机机上无人值守、远程自动寻址、自动堆料、自动取料、堆取料恒流量控制功能。整个控制过程与数据接入输煤程控系统功能，实现输煤全流程控制展示。

结合工业 AI 技术、大数据技术、数字孪生技术，通过数字化三维仿真模型，建立不同料种、不同堆取料工艺情况过程下的堆取料机工作大数据系统，为后期建立堆取料机工作过程、提高设备使用率、节约堆取料机能耗算法提供基础数据。

智能巡检管理系统最终可以实现设备缺陷智能告警，环境有害气体检测，设备状态智能巡检，图像/热像智能识别，大数据分析、数据远传通信，系统集中远程管理，自主无线充电，自主安全避障，烟雾检测及火焰检测等功能。

3 智能堆取料机技术方案

3.1 研究方案和技术路线网络结构

1）在堆取料设备现有 PLC 控制的基础上，增加相应核心 PLC 控制器、交换机、各种网络接口网关、信号处理计算机等设备。现场各检测、扫描等装置通过工业总线、工业以太网等协议将信号传送至全自动作业系统控制柜内各相应的系统接口，系统完成所有现场信号的处理后，再由核心 PLC 控制器完成全自动逻辑、动作顺序、恒流量取料等控制。堆取料设备全自动作业系统的动作指令均由全自动作业系统控制柜内的 PLC 计算得出，堆取料设备自带 PLC 接受动作指令后完成实际的控制指令执行，从而实现堆取料设备的全自动控制。

2）输煤集控室通过无线+光纤连接方式与现场堆取料设备全自动作业系统 PLC 通信，设置操作员站和工程师站实现堆取料设备的监控功能。

3）在输煤集控室设备间中配置管控交换机和双向隔离器，管控中心

监控平台通过双路光纤连接方式与堆取料设备全自动作业系统进行数据通讯；采集堆取料设备各相关部位安装的检测、扫描、定位、校准、安全保护、高清视频监视等装置数据，并对这些数据进行集中处理、存储，形成最终煤场全套监控数据；通过数字煤场监控大屏，煤场操作员站及后台服务器共同组成，实现堆取料自动作业方案的下达、煤场信息、堆取料设备作业状态的集中监控功能。



图 1 堆取料全自动作业网络结构图

3.2 堆取料设备空间定位系统

堆取料设备在工作过程中相对煤场的行走位置、大臂旋转角度、大臂俯仰角度，这三个动作的数据准确性是堆取料设备全自动作业的关键因素，因此为实现堆取料设备定位的准确性，本工程采取编码器定位方式，同时增加 RFID 定位校准装置。

3.2.1 堆取料设备大臂旋转定位系统

堆取料设备的大臂旋转定位采用绝对值编码器，安装在堆取料设备的大臂上，实时获取堆取料设备大臂的位置，定位位置与煤场规划时建立的煤场坐标系一致。

在堆取料设备大臂旋转位置上安装定位校准用 RFID 电子标签，分别位于 0 度，90 度，180 度和极限限位，在堆取料设备大臂旋转过程中进行绝对位置校准。

3.2.2 堆取料设备大臂俯仰定位系统

堆取料设备大臂俯仰定位采用单轴倾角传感器，安装在悬臂尾部大臂内侧。

首先要在堆取料设备大臂平行与煤场的位置标定倾角传感器的参考零点，堆取料设备大臂俯仰过程中，通过采集终端获取倾角仪的当前数据，通过与参考零点数据比较，从而计算出堆取料设备大臂当前俯仰角度，同时，在堆取料设备机械限位的上限位、下限位、过皮带及零点位置设置限位开关，确保俯仰角度信号的准确性以及过皮带的安全性。

3.3 堆取料设备作业面扫描系统

堆取料设备作业面扫描系统利用安装在堆取料设备大臂头部的两台轮廓扫描仪实现堆取料设备作业面扫描。

在堆取料设备悬臂头部左右侧各安装一套激光扫描装置，扫描装置位于悬臂靠近刮板的头部，左右平行于悬臂水平对称安装，固定于悬臂护栏外侧。

堆取料设备在作业过程中，自动对作业面煤垛外轮廓进行三维激光扫描，扫描数据通过以太网送远程系统服务器，通过建模软件完成三维建模。

同时，通过三维图形处理软件将三维模型中的关键位置数据，包括取料高度、宽度、起始位置、终止位置、俯仰、旋回数值及其他相关数据传送到全自动作业控制程序模块中，为全自动作业提供数据支撑。

另外，三维图像处理与成像软件具有自动纠错、降噪处理功能，对明显的噪声数据、错误数据能够自动过滤，形成直观、平滑、完成的模型数据。

为实现激光扫描装置的准确扫描，系统配置一套激光雷达光斑检测器，激光雷达光斑检测器用于实现对雷达红外激光扫描光斑进行检测和显示。

堆取料设备的激光扫描仪在堆取料设备作业时进行实时建模。

3.4 煤流检测及恒流控制系统

煤流检测及恒流控制系统采用激光扫描仪及控制系统实现，激光扫描仪安装在悬臂靠近刮板侧，通过扫描皮带横切面，获取皮带实时体积流量，作为堆取料控制调节参数。

全自动作业系统根据接收到的体积流量及实测评估的密度数据计算出当前取煤流量，通过与设定的取料流量对比来控制斗论的旋转速度确

保取料流量的均匀稳定。

3.5 堆取料设备安全防护系统

3.5.1 软件安全防护

堆料设备软件防碰撞包括堆料设备坐标位置采集、堆料设备空间距离计算、堆料设备防碰撞预报和紧急措施指令发布等模块。

软件安全防碰撞是利用堆取料设备定位系统，实时掌握分析堆取料设备机身和悬臂在整个煤场的具体位置，同时通过激光扫描数据，计算煤堆的空间位置，结合堆取料设备的作业轨迹，通过软件系统精确判断堆取料设备与煤堆之间是否存在碰撞的风险。系统判断可能存在碰撞风险时，即时进行不同级别的报警提示，当系统判断碰撞即将发生时，系统会无条件停止正在作业的堆取料设备（或者采取反向运动的方式避免碰撞），确保设备的安全。

3.5.2 硬件安全防护

通过在刮板机两侧各安装不少于3套高性能雷达，实时扫描悬臂附近的物料，同时在轨道行走前后端各安装至少两套高性能雷达，检测距离≥6米，用于检测轨道回转过程中是否存在大型障碍物，当检测附近有障碍物时，对设备进行减速及停止操作，发出报警提示，可设定雷达的安全保护区域。从而实现刮板机防碰撞预警。系统接收到防撞预警信息后，对相应的回转进行控制处理。

3.5.3 安全急停

在输煤控制室设置堆取料设备软紧急停止按钮。

在开关柜上或就地设置及司机室操作台上设置硬接线紧急停止按钮。

3.5.4 异常作业设计

通过监测刮板电机的电流大小，即可判断可能发生过力矩，当电流值超过额定取料时候的电流值一段时间，即可判断堆取料设备有可能会出现过力矩现象。此时控制刮板停止回转，避免可能出现的停机现象。

刮板取料发生过载，会使得后续的皮带输送机都会出现过载、洒料等情况。刮板驱动机构过载，也会缩短减速机寿命；刮板经常出现过载，容易出现变形、焊缝开裂等现象。刮板的取料厚度和转速取料流量。通过以下几种方式可以防止堆取料设备取料过载的发生：

1、通过监测刮板驱动电机的电流大小，可以判断刮板是否发生过载，当刮板发生过载时，通过降低刮板的旋转速度，来减少刮板的取料，防止刮板取料的持续过载。

2、利用堆取料设备皮带流量检测扫描仪，连续检测皮带上煤流量，当出现连续取料量大情况时，通过降低刮板的旋转速度，来减少刮板的取料，防止刮板取料的持续过载。

通过数字化煤场系统，将堆取料设备流量检测系统与入厂煤、入炉煤计量设备数据进行对比，发现偏差较大会在系统进行报警，联系相关人员处理核实。

3.6 通信传输系统

本系统中通信部分采用无光纤的方式实现，在堆取料设备上分别安装2套无线发射装置,无线装置采用高容量带宽无线通讯网桥，在煤场一侧分别安装无线接收装置，从输煤控制室敷设一段单模光缆到无线接收装置。无线天线采用全向室外型天线，保证设备满足任何工况情况使用要求。输煤控制室设立模块化交换机，配置多个光口将煤场煤场堆取料设备上的视频信号、PLC通信网络、其他数据信号接入堆取料设备控制系统。

现场网络交换机应采用工业级、金属外壳、机架式网络交换机，具有过载保护、反接保护等保护功能。

系统建立堆取料设备与远程集控平台之间的实时网络通讯检测，检测频率不小于1Hz,当检测到通讯故障时,堆取料设备能够自动停止作业(停止行走、悬臂等各机构运行)，并产生报警信号。

3.7 堆取料设备作业视频监控系统

为了实现堆取料设备的安全控制，在堆取料设备的重要部位安装工业电视监控系统，通过实时的视频显示，使作业人员能直观的观察堆取料设备的当前运动状态。

堆取料设备设置了无死角的视频监视系统，实现了堆取料设备驾驶室内部、堆取料设备重要部位，堆取料设备整体运行情况的监视。监控系统采用高清数字网络摄像头，视频分辨率大于300万像素，具备夜视、防尘、自清扫及转角焦距可调功能。

在每台堆取料设备上安装视频监控点9个,视频信号接入了监控系统,并将堆取料设备设备上所有视频信号传输至输煤程控室操作员站显示。可以通过鼠标远程控制摄像机的变焦及球机云台的转动，通过远程访问网络硬盘录像机，可以进行图像的历史回放。

3.8 堆取料设备原有控制系统改造

本工程在现有的堆取料设备PLC控制系统基础上，增加PLC模块用于全自动作业，本次新增的PLC模块和软件，使用与现有PLC系统同一系

列的模块和编程软件。

新增的PLC系统主机存储器容量、机架槽位数量除满足本项目系统的容量外，还需在此基础上留有20%以上的余量,I/O模块点数在满足本项目应用基础上预留20%以上的余量。存储器具有EPROM存储器和后备电池保护功能。PLC具有远程I/O能力和故障诊断功能。所有的PLC I/O模块、电源模块及其它功能模块均能带电插拔，所有模块插入机架都有锁定装置。

在堆取料设备低压配电室设置堆取料设备CMS柜，其中，CMS柜中放置显示器、工控服务器、串口服务器、相关网络设备等。

3.9 远程操作中心

在输煤程控室内布置1台操作员站，操作员站上放置2套工业控制计算机，（一台用于堆取料设备自动作业控制系统；一台用于视频监控）。主机放置于服务器柜（布置在电子设备间）。在操作台上每组工位配置堆取料设备操作手柄，每台堆取料设备配置一套操作手柄。操作台配有急停按钮。

操作员站上进行堆取料全自动作业、自动盘煤等监控操作。

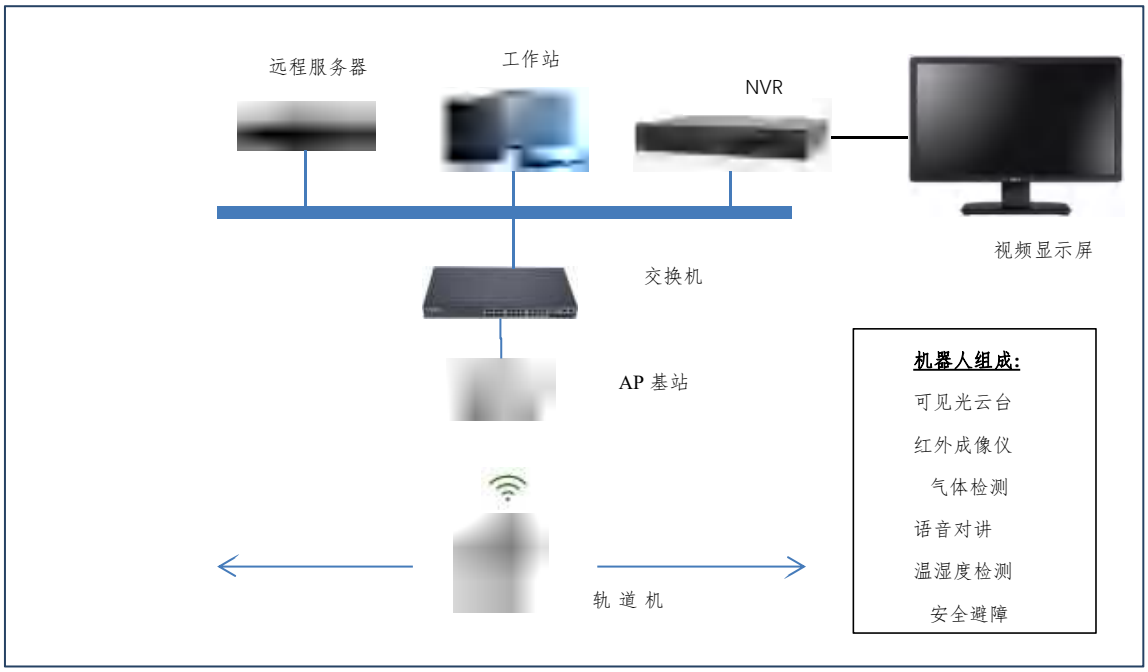
4 轨道机器人技术方案

4.1 研究方案和技术路线

智能巡检管理系统集轨道系统、挂轨式机器人本体系统、充电系统、通信系统、监控后台系统为一体，融合了恶劣环境下机器人系统可靠性技术、图像/热像采集与智能分析技术、机器深度学习技术、危险预测告警技术、故障诊断与设备联动控制技术、多传感器信息融合技术等先进技术。

智能巡检管理系统最终可以实现设备缺陷智能告警，环境有害气体检测，设备状态智能巡检，图像/热像智能识别，大数据分析、数据远传通信，系统集中远程管理，自主无线充电，自主安全避障，烟雾检测及火焰检测等功能。

4.2 巡检系统结构



4.3 输煤栈桥内环境检测

4.3.1 温度、湿度检测

温湿度检测满足栈桥内全年最高温度与最高湿度的要求，温度传感器测温范围应为-40℃～+90℃，湿度测量范围应为 0～99%RH。测量精度：温度：±0.5℃，湿度 ±4.5%RH @25℃智能巡检管理系统能对输煤栈桥局部位置或全线的温湿度进行实时监测，生成温湿度变化趋势图，超限报警，根据局部温湿度变化情况进行按需巡检。机器人本体应有 Ex d II B T4 Gb 及以上防爆认证。

4.3.2 可燃、有毒有害气体检测

对输煤栈桥内有毒有害及可燃气体进行长期、持续监测，监测气体气体浓度超限后，智能巡检管理系统能主动报警。

检测气体	检测范围	准确度	分辨率
CO	0～1000ppm	±2%F.S.	1 ppm
H2S	0～100ppm	±2%F.S	1 ppm
O2	0～25%VOL	±2%F.S.	0.1%VOL
可燃气（CH4）	0～100%	±2%F.S	1%LEL

4.3.3 设备故障及关键巡检要素监测

可实现设备故障及关键巡检要素检测包括皮带机传动温度和振动检测、转动件的轴承温度检测，环境气体监测，着火预警，人员违章统计。

4.3.4 巡检智能化管理

输煤栈桥智能巡检管理系统的智能化管理各项巡检需求数据在客户端智能显示。该系统有智能报表生成，视频、图像智能识别，巡检日志生成，声谱分析，巡检视频回看，实现了大数据人工智能辅助决策。

智能巡检管理根据实际巡检管理需求实现了后台管理人员的登录、权限管理，远程双向语音与双向视频专家服务，远程操控机器人巡检，巡检人员管理，巡检任务制定等远程智能控制。

5 主要创新点

基于数字孪生的堆取料机无人值守系统是在总结了现有堆取料机手动操作模式下，操作人员的各种工作经验，结合先进的智能感知传感器技术、三维激光扫描、精确定位技术，利用后台大数据、数字孪生、三维建模、智能算法等先进的智能化处理技术进行的一项科技创新实验，其中主要技术创新点包括：

1）、采用精细化的料场三维建模技术，通过数字化的方式真实还原料场全貌，为堆取料机自动控制提供准确的数据指导。相对于采用视频监控方式查看的真实料场情况，采用激光扫描和高精度定位技术实现的料场三维建模系统，通过后台 Unity3D 技术，不仅能够使运行人员在远程控制中心看到优于视频观察效果的现场真实的料堆情况，同时还能提供视频技术所不具备的料场全方位、多角度的观察视角，以及精准的坐标数据、堆放数据等。

2）、利用物联网、大数据、人工智能技术，依托现场传感、采集设备结合 CMS 数据，实现堆取料机的分析评估，用于其安全性评估、损伤识别、寿命预测、故障诊断和预测，为合理维修维护提供数据及技术支持。结合工业 AI、数字化三维仿真模型，将物联网平台采集到的数据与模型进行深度融合，基于设备运行原理和设备参数，可实现对堆取料机运行状态进行可视化仿真及监控、设备智能维保等功能。基于数字孪生模型，对设备各项数据进行分析，评估出设备的健康状态及使用寿命，给出合理维护建议，帮助维修人员快速知道问题的原因，减少因设备意外停机带来的损失。

3）、融合了恶劣环境下机器人系统可靠性技术、图像/热像采集与智能分析技术、机器深度学习技术、危险预测告警技术、故障诊断与设备联动控制技术、多传感器信息融合技术等进技术。

4）、本项目申请实用新型专利2个、论文2篇，分别为：论文《基于无线高速数据传输的智能燃料管理分析》、《厂燃料管理系统智能化技术分析》；专利一种电厂输煤用巡检装置、一种堆取料机自动化清料装置。

三、实施应用情况

创新项目成果实施应用情况：

2022 年 02 月份项目在晋控电力长治发电公司启动，2023 年 03 月完成项目实施，2023 年 04 月调试投产。自 2023 年 04 月至 2025 年 12 月止已运行 33 个月，项目实施达到预期效果。对机组设备的安全、经济运行等各方面都有了很大促进，方案也已较成熟。主要体现在：人力成本节约、维护成本降低、控制精细化提升方面。本项目应用的创新点体现在以下几点：

项目利用了成熟的远程自动化无人值守控制系统，结合企业方堆、取作业实际需求，将各单机监控操作界面和远程操作界面进行平台融合，以便于操作和维护，对界面的风格布局进行优化设计，根据操作人员的操作习惯，对画面的功能进行开发，使人机界面友好易用，功能全面。

项目利用输煤轨道机器人实现了输煤栈桥工作现场机器人自动化巡检、智能化告警、可视化管理；提升输煤栈桥设备运行的安全性和运维效率，很好的提升了电厂的智能化运营与管理效益。

智能化技术在电厂燃料管理中发挥关键作用，尤其在实现自动化控制方面。不仅提高了系统的运行稳定性，还有效提高了整体能效，使电厂在燃料管理过程中能够更加灵活、高效地应对变化，实现了智能化管理的突出效果，建议可在其他相似工况智能化控制上推广使用。

四、经济效益

*经济效益	约： 103 万元/年		单位：万元
*成果总投资额	369	*回收期（年）	约 3.58

经济效益的有关说明：

经济效益的有关说明及各栏目的计算依据（以工程投产之日起计）：

（1）人力成本节约：减少堆取料现场司机 2 人，输煤巡检人员 2 人，减少对现场操作人员的需求，大幅降低工资、福利、培训等人力成本。每人每年工资以 10 万元计，

合计约：4*10=40 万元

（2）维护成本降低：通过预测性维护和远程监控技术，减少非计划停机时间，延长设备使用寿命，降低维护成本。平均降低堆取料机和输煤皮带故障次数约 6 次/年，每次修理费用成本约 8.33 万元，

合计约：8.33*6=50 万元/年。

（3）精确计量与库存管理：智能控制系统能够精确计量物料，优化库存管理，减少物料浪费，提高原料利用率。应用堆取料机全自动控制系统后，取煤流量稳定，平均流量比斗轮机值班员就地手动操作平均流量高 12%左右，取煤平均工作效率提高 10%以上，取煤工作每班可缩减 0.3 小时左右，每天 0.3*4=1.2 小时，输煤系统作业能力和效率显著提升。取料流量的稳定，提高了配煤的精细化程度，充分发挥配煤燃料的效能。经测算，单台堆取料机运行降本每年可节电约 40 万 KWh，按 2025 年平均厂用电价 0.32657 元/度（不含税）计，

合计约：40 万 kWh×0.32657 元/kW·h=13.06 万元/年。

（4）综合统计节约成本约： 40+50+13.06 =103.06 万元/年

五、社会效益与间接经济效益

社会效益与间接经济效益：

（1） 增强企业竞争力

现代化管理水平：采用先进的自动化和智能化技术展示了企业的现代化管理水平，增强了市场和合作伙伴对其技术实力的信任。

快速响应市场需求：无人值守系统的灵活性使得企业能够快速响应市场需求变化，调整生产计划，提高市场响应速度。

（2）环境友好性带来的经济效益

减少粉尘排放：精确控制物料处理过程，减少粉尘和噪音污染，降低了环保罚款和治理成本。

节能减排：优化作业流程和设备控制，减少了能源消耗和碳排放，有助于实现企业的绿色制造目标，符合环保法规要求，避免罚款和其他不利影响。

（3）管理效率

运行稳定性，系统运行稳定性提高 70%。煤质数据安全、公正、真实，将电厂燃料管理部门的设备、流程和信息进行集成，保证企业的燃料验收工作自动有序进行。通过先进技术自动控制、智能化的管理系统，减少人工操作设备的项目、频次，提高工作效率。燃料存放管理实现全自动化操作，无人值守，设备状态可知晓，设备操作可监控，减少人员参与带来的数据不一致性，避免人为干涉；防止作弊使假的发生，减少管理漏洞，降低生产成本。

（4）对社会效益，和谐社会：改善干部职工的工作环境，减少员工巡检频次，降低劳动强度。

六、评价意见

该项目采用了先进的自动化技术、智能化技术以及远程监控技术等先进技术手段，实现了对煤炭存储、运输现场的智能管理、自主控制和远程监控，堆取料机在全自动控制模式下能够完成自动寻址、自动堆料、自动取料功能；通过在#10、#11 输煤皮带栈桥实施轨道机器人巡检，对输煤栈桥进行自动化巡检管理，具有一定推广价值。
评价组织部门意见： 项目达到了预期效果。 （盖章） 年　月　日