



CPECC
中电工程

60-F23341C-K01-06

甘肃能化庆阳 2×660MW 煤电项目

初步设计阶段

全厂智能机器人巡检 专题报告

中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司

Northwest Electric Power Design Institute Co., Ltd. of China Power Engineering Consulting Group

2024 年 07 月 西 安

目 录

1	项目概况	1
1.1	厂址概况	错误！未定义书签。
1.2	建设目标	错误！未定义书签。
2	工业机器人在智能电站中的实施方案	1
2.1	机器人巡检管理系统	1
2.2	轮式巡检机器人	6
2.3	轨道式巡检机器人	11
2.4	机器人无线通讯网络	19
3	项目巡检机器人实施建议	20

1. 项目概况

甘能化庆阳电厂（2×660MW机组）工程为新建工程为甘肃能化九龙川煤矿配套建设煤电一体化项目，本期拟建设2×660MW超超临界间接空冷燃煤机组，厂址位于甘肃省宁县境内。

甘肃省陇东地区是国家规划的14个大型煤炭基地之一，境内煤炭资源丰富，探明资源量359.8亿吨（其中庆阳271.8亿吨），保有资源量184亿吨。九龙川矿井地处西北地区甘肃省宁县，资源储量丰富，煤质好，开采条件较好，适宜建设现代化大型矿井。本工程所在宁县具备建设大规模煤电基地的有利条件，电源建设成本及发电成本相对较低。

宁县地方工业弱小，没有大型工业企业支撑，本项目的建设将有力带动全县财政税收、建筑建材、商贸服务、餐饮、住宿、食品加工、运输、基础建设等众多行业的发展，有效地推动当地经济建设的发展，缓解就业压力，增加居民收入，提高生活水平，对地方经济的发展具有重要意义。

本期工程，供煤煤矿已具备建设条件；供水水源利用城市中水和煤矿疏干水；主机采用高参数大容量空冷机组。高效节能环保型电厂是本工程的建设目标。

本工程计划在2024年12月开工，第一台机组计划于2027年5月建成投产，第二台机组计划于2027年6月建成投产。

2. 工业机器人在智能电站中的实施方案

2.1. 机器人巡检管理系统

2.1.1. 机器人管理

本模块主要用于对巡检机器人本身的管理，包括对轮式机器人与轨道式机器人进行集中管理、机器人状态监测和操作日志查询。包含：

1) 机器人基本配置管理

对机器人通讯方式、通讯地址、日常驱动、行走速度等的配置管理。

2) 机器人健康状态管理

通过无线通讯实时获取机器人各系统的自检情况信息，包括电源系统、硬件驱动系统、通信系统、检测传感器系统等的运行状况，当监测到机器人状态异常或通讯异常时，后台监控系统和机器人都会自动启动报警，提醒相关人员进行维护处理。

3) 机器人各部件的台帐管理

对机器人自身携带的传感器进行管理，包括激光雷达、高清视觉摄像机、红外热成像仪、气体采集传感器和声音采集传感器等设备的检维修记录。

4) 机器人的远程控制

通过远程机器人巡检管理系统后台的控制指令，实现云台转动、车体运动、自动充电和设备检测等功能，并正确反馈状态信息。

5) 支持机器人操作日志及数据查阅、检索、导出等功能。

2.1.2. 巡检管理

2.1.2.1. 巡检路线管理

通过对选定的重要设备制定规划巡检路线，巡检路线管理包含对巡检路线名称、巡检线路包含的站点、巡检周期和巡检机器人的设定等。巡检路线和巡检站点均在巡检系统部署实施时完成。

2.1.2.2. 巡检站点管理

根据实际需要，为待巡检的设备设置对应的巡检内容，包括巡检设备类型、巡检检查方法、巡检值的识别处理、巡检阈值和标准的维护。

2.1.2.3. 巡检任务管理

巡检任务包括自动巡检、特殊巡检与遥控巡检。

自动巡检是巡检机器人按照预先设定的巡检路线及巡检时间等信息，自主启动并实现自动巡检，将机器人的巡检数据自动传输到巡检管理平台存储，生成巡检分析报告。系统提供多种方式的自动巡检计划和方案，实现完全自动化运行，实现每天多次的对设备工作状态的巡检、自动预警、自动输出报表等功能，减少人员到现场的巡视次数，有效降低运行人员的工作强度。

特殊巡检模式为自动巡检、遥控巡检的补充方式，针对需要重点关注的巡检对象、巡检点针对性地设置巡检任务。对区域内需进行非定时、特别关注的设备类型及巡检点类型专门设定巡检任务；或在配电房、开关室内部检修工作或其他作业开始前，设定专门任务对环境、设备运行状态进行确认，为确保设备、人员安全提供保障。

遥控巡检模式下机器人可支持人工遥控巡行，支持人工多种速度遥控模式的巡检工作方式。可根据现场的运行情况，监控中心操作人员可以手动控制机器人到达指定位置完成巡检任务。尤其对于在机器人自主巡检过程中如检测到设备、环境状态异常并向运维人员告警时，运维人员可以在第一时间操控机器人快速到达异常设备位置，及时对异常设备进行查看并核实报警信息，以便迅速制定响应策略。

2.1.3. 告警管理

机器人能够对不同情况下的异常做出自动告警。

巡检机器人支持现场超限报警，通过事先管理设置不同巡检站点告警的不同级别阈值，当机器人自动测量得到的仪表读数或者红外温度检测达

到阈值后，触发相应级别的告警，以供巡检员进行复核。异常数据得到巡检员远程许可后，可进行下一项巡检任务。

当机器人在巡检过程中，后台巡检管理系统通过视频图像和红外热成像检测到其他异常情况时也会引发报警。

告警可触发声音及智慧监控摄像头随动功能，告警时机器人本体发出自动蜂鸣，电脑主机也会产生报警声，同时图标闪烁，实时巡检画面将自动缩放平移至报警位置，屏幕上弹出告警的详细信息，以及与告警位置相关联的监控摄像头的视频。

告警信息包含：告警时间、告警位置、告警原因、告警阈值、告警级别、告警处置情况等。

系统可查看所有告警，默认显示所有未处理完成的告警，通过告警事件的处理状态变化，可跟踪告警事件的整个处理过程。

巡检结束后，巡检系统能自动整理巡检结果中的异常项目或报警项目，并自动提交给管理员处理。系统可实现异常的工作流程处理和结果统计。

2.1.4. 巡检数据管理

2.1.4.1. 巡检历史数据查询

机器人平台能将巡检任务中采集到的可见光图像、红外图像、声音表计读数、设备位置状态等信息存储在数据库中。每台设备巡检结果的多张照片统一归集于每台设备目录下。巡检历史数据包含机器人编号、机器人位置、巡检路线、巡检站点、巡检的时间、巡检的设备信息、巡检过程中实时的巡检结果等信息。

系统支持多种查询方式，检索已有的巡检历史数据。

1) 按路线查询：按照路线和时间范围查询，数据按照路线中的测点排列。

2) 按测点查询：按照设备测点和时间范围进行数据查询。

2.1.4.2. 巡检数据统计分析

通过对巡检数据进行统计及分析管理，发现设备劣化或发生缺陷的内在规律，自动生成设备缺陷报表，逐步建立、完善设备寿命周期数据，以指导设备的检修维护工作，能生成定期的巡检统计分析报表。

基于巡检历史数据可提供五种历史曲线展示供用户分析数据趋势：

折线图：将查询到的数据按照折线的形式显示，用户也可以根据自己的需要调整图线样式。

同类测点图：在显示某一测点数据图线的时候，将所有其它同类测点的资料图线一起对比显示，是否是同类测点在巡检站点管理模块中定义。

同期比较图：将历史同期数据进行对比显示，以便发现不同点和变化趋势。

圆饼图：对检查类型的数据，用户可以使用统计图表的形式显示查询结果。

2.1.5. 巡检管理系统接口

机器人巡检管理系统对集中控制中心大屏开放数据显示接口，机器人巡检过程的可视化能够同步在集中控制中心大屏进行动态的数据呈现。

机器人巡检管理系统预留与全厂三维可视化系统的接口，便于电厂三维可视化系统展示巡检机器人的动态巡检过程。

机器人巡检管理系统预留与智能电站系统的网络信息接口，实现与上层系统的数据集成和共享，采用云计算、云存储和大数据挖掘等信息处理

技术对巡检机器人采集到的电厂监测数据进行深层次挖掘、信息共享和优化利用，例如与智慧设备模块，5G 远程诊断与支持模块等的接口支持。

服务接口宜以 webservice 方式开放，方便与本地监控后台与其它系统交互。支持 RTSP、GB/T28181、RTP、TCP、UDP、UPNP、PPPoE 等通讯协议。

除此之外，考虑到后期巡检机器人数量需求的增加，巡检管理系统预留新增巡检机器人的接口与功能，便于后期电厂智慧化实施。

2.2. 轮式巡检机器人

2.2.1. 轮式巡检机器人部署方案

电厂内的传统的升压站、汽机平台等区域，巡检模式为人工巡检，存巡检工作量大、缺少提前预测、缺乏统一调度以及人员工作安全存在隐患等弊端。鉴于此，采用轮式智能巡检机器人系统代替人工对上述区域的设备进行自动巡检。

电厂环境比较复杂，设备和仪表种类繁多，可通过机器人对需要巡检范围内各类设备和仪表进行自动巡检，并判断报警。根据智能电站的主要应用场景及实际需求，轮式巡检机器人部署方案如下：

序号	机器人类型	应用范围	数量（台）
1	轮式巡检机器人	升压站	1
2	轮式巡检机器人	汽机房 0m	1

2.2.2. 轮式巡检机器人主要功能

轮式智能机器人本体搭载高性能红外和可见光双路视频传感器，无线通讯系统，实现在升压站、汽机平台观察周围环境、监控设备运行状况及

检查热故障、自动识别表及读数和噪音故障检测的相关功能要求、巡检机器人能够实现升压站、汽机平台全天候、全自主巡检，有效降低劳动强度和运维成本，提高巡检作业和管理的自动化智能化水平。

轮式巡检机器人携带的主要传感器包括激光雷达，红外热成像仪，高清摄像头，气体监测传感器，通讯天线，超声波避障传感器等。



2.2.2.1. 建图、定位、导航功能

机器人本体搭载的激光雷达为导航系统的核心部件，通过激光雷达实时扫描周围环境信息，从而建立环境地图。基于环境地图，机器人通过激光雷达持续与已知的高精度地图做即时匹配，实现高精度定位。机器人平台能够按照预先设定巡检任务或巡检路线自动行走和停止，停止的定位精度能够达到 $\pm 1\text{cm}$ 。同时，机器人具备路径规划功能，机器人检测到其中一条工作巡检路径堵塞时，在道路可行驶宽度度允许的情况下，机器人能够重新规划路径，智能绕过障碍物。

2.2.2.2. 自主避障功能

轮式巡检机器人具有障碍物检测功能，在行走过程中如遇到障碍物应及时停止并报警，指定时间内障碍物移除后应能恢复行走，若指定时间障

碍物未移除，应采取合理的避让策略。同时机器人的车体结构上增加防护，防止碰撞造成人员或者设备损伤。

2.2.2.3. 自动充电功能

轮式巡检机器人在低电量需要充电时能够自动返回机器人充电室，通过与机器人专用充电桩配合完成自动充电。机器人平台因自动充电而中断工作任务时，充电完成后应能够根据设置恢复或停止工作任务。

2.2.2.4. 红外热成像测温功能

轮式巡检机器人搭载红外热成像仪，采用世界领先的红外热像系统，实现-20°C-150°C，0°C-550°C的宽范围测温，可以对电厂内设备温度进行精准检测，例如可对电机和轴承温度、保温蒸汽管道温度、变压器等设备的接头温度进行测量。发现异常热源可进行报警，第一时间通知值班运检人员赶往现场进行检修。系统可自动保存测温数据，形成历史分析曲线，和多样化的分析报表，便于运维人员进行诊断分析。



2.2.2.5. 仪表、开关、状态灯识别功能

轮式巡检机器人搭载高清可见光摄像头，针对电厂设备上面的各种设备仪表进行读数检测，电厂设备的仪表通常有翻板水位计、粗指针仪表、细指针仪表、双指针仪表、数字仪表、开关分合、状态指示灯以及吸湿器

等，通过图像处理算法定位出来仪表区域，然后通过图像处理算法以及深度学习算法来检测出来指针仪表所对应的读数、数字仪表所对应的值、开关分合、状态指示灯以及吸湿器所对应的状态，若检测得到的读数超出或低于阈值要求，则可自动告警。



2.2.2.6. 跑冒滴漏检测功能

通过设备区域内预置巡检点，采用可见光摄像头采集对应设备的图像，并且将采集到的图像作为识别的图片库，对图片库中的图片采用图像处理算法进行深度学习来检测得到油管是否滴油、漏油，若检测发现滴油、漏油，则进行告警。

2.2.2.7. 气体泄漏检测功能

轮式巡检机器人搭载气体检测传感器，并结合可见光摄像头与红外热像系统融合，通过特殊处理算法来检测气管是否漏气，若检测发现气管漏气，例如氢气、二氧化碳、氨气等，则进行自动告警。

2.2.2.8. 烟雾检测功能

轮式巡检机器人通过自身携带的烟雾传感器可实时监测巡检区域内的烟雾浓度情况，若某区域内烟雾超过预先设定的浓度阈值可启动报警并通知值班运检人员赶往现场进行处理。

2.2.2.9. 有害气体检测功能

机器人通过自身携带的有害气体传感器可实时监测巡检区域内的有害气体状态，若某区域内有害气体浓度超标，超过预先设定的浓度阈值可启动报警并通知值班运检人员赶往现场进行处理。

2.2.2.10. 门禁系统自动联动功能

巡检机器人需要通过生产车间的门禁系统或自动门时，机器人能够与门禁系统进行联动，控制自动门打开，方便机器人完成巡检任务。

2.2.2.11. 智能噪音检测功能

机器人基于高保真音频传感器对设备运行噪音进行采集，结合机器人日常巡检中大量的音频记录历史数据进行对比分析，通过人工智能与大数据计算技术，能够有效识别设备运行噪声异常现象，机器人上报异常消息至集控平台，便于工作人员及时维修，减少生产损失。

2.2.2.12. 设备振动检测功能

机器人配置振动检测传感器，用以实时监测转动设备轴承的振动情况，检测设备的异常振动及异常摩擦造成的设备高温，数据采集结果包括设备的 X\Y\Z 三个方向的振动幅值最大值、最小值、平均值，以及设备的轴承表面温度。可设定正常值范围，具备数据超限报警功能。

2.2.2.13. 多自由度云台

为适应巡检区域现场复杂环境，实现多维度多角度的巡检，巡检机器人本体搭载多自由度云台，末端搭载可见光高清摄像机及红外热像仪，从

而满足复杂空间位置的数据采集需求。

2.2.2.14. 自动巡检功能

系统提供多种方式的自动巡检计划和方案，轮式巡检机器人能够实现完全自动化运行，实现每天多次的对设备工作状态的巡检、自动预警、自动输出报表等功能，减少人员到现场巡视次数，提高运行人员工作效率，有效降低运行人员的工作强度。

2.2.2.15. 远程遥控功能

巡检机器人本体能正确接收本地监控系统的控制指令，实现云台转动、车体运动、自动充电和设备检测等功能，并正确反馈状态信息；能正确检测机器人本体的异常，产生报警信息，并可靠上报。

2.2.2.16. 远程语音对讲功能

轮式巡检机器人自身配备拾音及音响设备，并且后台也安装麦克风及音响设备，通过无线通讯网络，轮式巡检机器人能够与后台管理系统完成远程语音对讲，帮助控制室运维人员对现场工作人员的远程语音实时对讲指导工作。

2.2.2.17. 人身安全智能识别功能

机器人具备人脸识别功能且机器人通过 AI 人工智能学习算法利用自身携带的可见光摄像机采集到的现场工作人员情况，对不安全动作进行智能识别，可以对运维检修人员或参观考察人员等不戴安全帽、摔倒等动作进行检测和识别，同时并将发生的行为数据回传到综合后台系统进行智能化分析，并及时做出预警处理和通知相关人员。

2.3. 轨道式巡检机器人

2.3.1. 轨道式巡检机器人部署方案

电厂内的配电室、输煤栈桥等区域设备位置基本固定，且轮式机器人在这些区域中会受到一定的局限性，而轨道式巡检机器人就能很好地完成高低压配电室、输煤栈桥等区域的巡检任务。

根据应用场景不同，轨道式机器人包括配电室轨道式机器人与输煤栈桥轨道式机器人，两种场景中的机器人功能具有较大的差异。

轨道式巡检机器人部署方案可根据配电室的数量、输煤栈桥的长度而确定。按照经济性最佳且保证最大实用性的原则，暂时设轨道式巡检机器人部署方案如下：

序号	机器人类型	应用范围	数量（台）
1	轨道式巡检机器人	配电室	1
2	轨道式巡检机器人	输煤栈桥	1

2.3.2. 配电室轨道式巡检机器人

配电室轨道式巡检机器人的主要功能为配电室表计识别与环境检测，主要部件包括：机器人本体、驱动电机、控制单元、定位模块、超声探头、360°全方位云台、可见光高清摄像机、温湿度传感器、气体检测传感器、运载轨道等。



2.3.2.1. 自动定位功能

传统的轨道式机器人是通过大量的预置位设置工作来定位需要被监测的目标，需要大量的运维工作才能保证整个系统的有效运行。本方案中轨道式机器人结合视觉导航技术，采用模糊识别算法对现场典型设备进行学习，在实施过程中内自动识别所有的设备，自动定位需要检测的目标，从而提高系统的运行效率。

2.3.2.2. 防碰撞功能

在轨道式机器人行进的前后方安装有超声避障传感器，传感器能检测固定行走范围内的障碍物。在行走过程中如遇到障碍物能够时停止，在全自主模式下障碍物移除后应能恢复行走。

2.3.2.3. 自动充电功能

轨道式巡检机器人在低电量需要充电时能够自动返回机器人充电处，通过与机器人专用充电桩配合完成自动充电。机器人平台因自动充电而中断工作任务时，充电完成后应能够根据设置恢复或停止工作任务。

2.3.2.4. 移动高清视频监控功能

轨道式巡检机器人搭载 1080P 高清可见光相机，可实现配电房、开关室内实时移动可见光/高清视频监控。。

2.3.2.5. 表计识别功能

轨道式巡检机器人搭载高清可见光摄像头，实现配电房、开关室内电力表计的自动识别与数据统计。系统完成如下表计的识别：

电压表、电流表等表计指示；

SF6 气体压力等表计指示；

开关柄、接地刀闸、贮能状态等机械位置及电气指示检测；

状态指示灯自动识别；

空开状态识别；

旋钮开关位置识别；

保护压板位置判断；

箱门开闭状态的识别。

若检测到异常，则可自动告警。

2.3.2.6. 设备锈蚀、变形检测

系统通过图像识别及图像对比方法，可对配电房、开关室内设备、紧固件进行精确定位、拍照，结合人工确认，实现锈蚀、变形分析。

2.3.2.7. 温湿度检测功能

轨道式巡检机器人搭载环境感知检测传感器，实现对配电室内温度、湿度环境噪音等环境信息的监测。温度传感器测温范围应为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+90^{\circ}\text{C}$ ，湿度测量范围应为 $0\sim99\%\text{RH}$ 。轨道式巡检机器人能对配电室内的温湿度进行实时监测，生成温湿度变化趋势图，超限报警。

2.3.2.8. 烟雾检测功能

轨道式巡检机器人通过自身携带的烟雾传感器可实时监测巡检区域内的烟雾浓度情况，若某区域内烟雾超过预先设定的浓度阈值可启动报警并通知值班运检人员赶往现场进行处理。

2.3.2.9. 多自由度云台

为适应巡检区域现场复杂环境，实现多维度多角度的巡检，巡检机器人本体搭载多自由度云台，末端搭载可见光高清摄像机，从而满足复杂空间位置的数据采集需求。

2.3.2.10. 自动巡检功能

系统提供多种方式的自动巡检计划和方案，轨道式巡检机器人能够实现完全自动化运行，实现每天多次的对设备工作状态的巡检、自动预警、自动输出报表等功能，减少人员到现场巡视次数，提高运行人员工作效率，有效降低运行人员的工作强度。

2.3.2.11. 远程遥控功能

巡检机器人本体能正确接收本地监控系统的控制指令，实现云台转动、车体运动、自动充电和设备检测等功能，并正确反馈状态信息；能正确检测机器人本体的异常，产生报警信息，并可靠上报。

2.3.2.12. 远程语音对讲功能

轨道式巡检机器人自身配备拾音及音响设备，并且后台也安装麦克风及音响设备，通过无线通讯网络，机器人能够与后台管理系统完成远程语音对讲，帮助控制室运维人员对现场工作人员的远程语音实时对讲指导工作。

2.3.2.13. 人身安全智能识别功能

机器人具备人脸识别功能且机器人通过 AI 人工智能学习算法利用自身携带的可见光摄像机采集到的现场工作人员情况，对不安全动作进行智能识别，可以对运维检修人员或参观考察人员等不戴安全帽、摔倒等动作进行检测和识别，同时并将发生的行为数据回传到综合后台系统进行智能化分析，并及时做出预警处理和通知相关人员。

2.3.3. 输煤栈桥轨道式巡检机器人

输煤栈桥轨道式巡检机器人主要功能为输煤皮带工作状态与栈桥环境监测，其机器人传感器在配电室轨道式机器人的基础上增加红外热成像仪、粉尘检测传感器，以适应输煤栈桥的巡检场景需要。



2.3.3.1. 防碰撞功能

在轨道式机器人行进的前后方安装有超声避障传感器，传感器能检测固定行走范围内的障碍物。在行走过程中如遇到障碍物能够时停止，在自主模式下障碍物移除后应能恢复行走。

2.3.3.2. 无线充电功能

输煤栈桥内粉尘含量较高，为了保证安全，机器人采用无线充电方案，无线充电为非接触式，充电设备防护等级高于 IP67。

2.3.3.3. 移动高清视频监控

移动高清视频监控主要为弥补定点工业电视监控的盲区，能全面监视栈桥内的动态，实现远程可视化。在巡检过程进行全栈桥视频监控，实现远程可视化监控和巡检。

2.3.3.4. 温湿度检测功能

温度传感器测温范围应为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+90^{\circ}\text{C}$ ，湿度测量范围应为 $0\sim99\%\text{RH}$ 。轨道式巡检机器人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，还能根据局部温湿度变化情况进行按需巡检。

2.3.3.5. 有害气体检测

轨道式巡检机器人能够对输煤栈桥内有毒有害及可燃气体进行长期、持续监测，监测气体组成可由用户需求定制。气体采集方式应采用主动式

泵吸方式，气体浓度超限后，智能巡检管理系统应能主动报警。

2.3.3.6. 粉尘检测功能

输煤栈桥粉尘主要为煤粉。机器人配置合适量程的粉尘传感器，当粉尘传感器检测到粉尘浓度超过标准限值时，智能巡检管理系统能主动告警，实时监测粉尘浓度变化，收集粉尘变化大数据，辅助输煤栈桥粉尘治理管理决策，也可根据局部粉尘浓度情况进行按需巡检。

2.3.3.7. 烟雾检测功能

轨道式巡检机器人能检测现场烟雾浓度，根据输煤栈桥烟雾要求限值，传感器检测烟雾浓度达到限值后应主动告警，能将现场监控视频红外测温数据发送后台，辅助后台工作人员决策，按需进行局部巡检。

2.3.3.8. 皮带机传动、转动件温度检测

对栈桥内皮带机各传动件、转动件的轴承温度进行检测，并生成趋势分析，辅助设备故障预判，对于超过阈值设置的温度信号能及时告警。传动、转动件温度为定点监测，现场总共需安装若干个温度检测点。

2.3.3.9. 皮带撕边和撕裂实时监测功能

皮带撕边和撕裂检测必须解决撕边或撕裂的提前预判与告警，辅助人工决策。皮带撕边和撕裂实时监测装置定点安装，总共需要两套。

2.3.3.10. 皮带跑偏实时监测功能

皮带跑偏检测要求对皮带跑偏进行量化识别，对皮带跑偏趋势进行提前预判，辅助人工决策。

2.3.3.11. 异物闯入实时监测

皮带机在启动前和运行中，监测皮带机附近或皮带机上是否有不应该出现的人员或其他异物，避免造成人身伤害事故。发现有人出现在皮带机

被检测范围内时及时告警，请求控制室人工干预。

2.3.3.12. 自动巡检功能

系统提供多种方式的自动巡检计划和方案，轨道式巡检机器人能够实现完全自动化运行，实现每天多次的对设备工作状态的巡检、自动预警、自动输出报表等功能，减少人员到现场巡视次数，提高运行人员工作效率，有效降低运行人员的工作强度。

2.3.3.13. 远程遥控功能

巡检机器人本体能正确接收本地监控系统的控制指令，实现云台转动、车体运动、自动充电和设备检测等功能，并正确反馈状态信息；能正确检测机器人本体的异常，产生报警信息，并可靠上报。

2.3.3.14. 远程语音对讲功能

轨道式巡检机器人自身配备拾音及音响设备，并且后台也安装麦克风及音响设备，通过无线通讯网络，机器人能够与后台管理系统完成远程语音对讲，帮助控制室运维人员对现场工作人员的远程语音实时对讲指导工作。

2.3.3.15. 轨道爬坡功能

应确保机器人在轨道上能稳定爬坡行驶并驻坡巡检，必须有防止机器人滑脱的安全保护设备。

2.3.3.16. 人身安全智能识别功能

机器人具备人脸识别功能且机器人通过 AI 人工智能学习算法利用自身携带的可见光摄像机采集到的现场工作人员情况，对不安全动作进行智能识别，可以对运维检修人员或参观考察人员等不戴安全帽、摔倒等动作进

行检测和识别，同时并将发生的行为数据回传到综合后台系统进行智能化分析，并及时做出预警处理和通知相关人员。

2.4. 机器人无线网络

机器人平台各种传感器作为数据采集终端，通过对待巡检设备的图形识别、红外测温、视频记录、图片抓拍、数据上报等实现对主厂房的数据监控。机器人终端采集到的数据传输至部署于后台服务器上块进行存储与处理，并可由客户访问终端对采集到的数据进行访问，并可对视频终端进行控制或配置。

2.4.1. 通讯方式

轮式巡检机器人与轨道式巡检机器人将各项巡检数据发送至巡检管理系统，图像、视频及其他类型的巡检数据均采用 5G 网络进行通信。

通过在巡检区域内布设 5G 通讯基站，巡检机器人在 5G 网络覆盖下与巡检管理系统后台进行无线通讯。

巡检管理系统后台采用 IP 网络向上级监控系统开放数据。

2.4.2. 通讯协议

系统满足电网有关信息安全的标准或文件要求。支持 RTSP、GB/T28181、RTP、TCP、UDP、UPNP、PPPoE 等。

2.4.3. 通讯性能

机器人平台采集的图像、声音、语音等数据信号能实时、可靠地发送给本地监控系统。机器人平台能实时、可靠的接收本地监控系统发出的控制信号。控制和数据信号传输具有良好的抗干扰能力，机器人平台在全部工作区域内均能和本地监控系统间保持可靠、通畅的通讯。

3. 巡检机器人实施建议

巡检机器人作为智能电站的重要组成部分，可以有效降低劳动强度，降低变电站运维成本，提高正常巡检作业和管理的自动化和智能化水平，为智慧电厂提供创新型的技术检测手段和全方位的安全保障，更快速推进智慧电厂建设的进程。

巡检机器人的实施应结合电厂的实际需求，业主可根据生产需求配置巡检机器人的数量并定制巡检方案。轨道式巡检机器人需要提前布设轨道，所以应在前期规划时一次考虑所有应用场景，并在电厂基建期进行轨道安装施工。轮式巡检机器人由于采用了激光导航，为无轨导航方式，具有极强的工作灵活性，不进行新的施工即可后期增设。故业主在实施过程中可在电厂投运初期配置少量的轮式巡检机器人，当使用一段时间后可结合用户体验增设并改进轮式巡检机器人。

巡检机器人部署方案如下：

序号	机器人类型	应用范围	数量（台）
1	智慧 5G 轮式巡检机器人	升压站、汽机房 0m	2
2	智慧 5G 轨道式巡检机器人	配电室、输煤栈桥	2