

[智能巡检]

110 kV宋南变电所智能巡检系统设计研究

文/中国石油集团电能有限公司电力研究设计院 刘夕梦

随着变电站无人值班、变电运行集中监控等电网运行模式的推进，电网安全运行的要求越来越高，各级供电部门运维压力越来越大，通过对110 kV宋南变电所智能巡检系统的建设及技术应用情况进行设计分析，为今后智能巡检系统在油田电网中的设计与应用，提供有效的参考和借鉴。

随着油田电网变电所无人值守的推广以及运行检修人员的转岗退休等自然减员，电网运行维护人员逐年减少，人员紧张的问题逐渐突出。同时，传统的人工巡检对巡检人员的经验要求非常高，红外测温、表计读数等手段单一，导致质量的检测容易出现误差；且人工巡检中设备状态监控的智能化程度不高，对设备状态检修、异常及事故预防等工作无法提供有力的数据支撑。

因此，为实现提升巡检区域设备运行的安全性和运维效率，建设一套既能对变电站设备自动进行数据采集，又能对所得数据进行全面综合分析和比较的智能巡检系统，是非常必要的。进而能够通过智能巡检系统技术，对变电站进行严格的检查和监督，最大限度地减少设备的事故发生率，保证变电站的长期稳定运行。

智能巡检系统技术介绍

智能巡检系统是实现变电站数据采集、决策判断、信息集成及运维操作的重要平台。巡检系统以机器人技术为核心，整合电力设备非接触检测、多传感器融合、模式识别和导航定位等技术，为变电站无人或少人化值守提供创新型技术手段。

1. 智能巡检系统构架

智能巡检系统分为执行层、通信层和管理层。执行层包括智能巡检机器人本体、自主充电模块等，实现智能机器人的数据采集、自主充电等功能。系统架构如图1所示。

目前，主流智能巡检机器人分为室外轮式巡检、室内地面巡检及室内挂轨巡检三种，因室内挂轨巡检机器人需在室内棚顶新建支架安装轨道，对已有建筑棚顶材质有要求且施工难度大，本文仅考虑在户外开关场、主控室及高压开关室配置室外轮式机器人和室内地面机器人，实现智能联合巡检。

2. 室内智能地面巡检机器人系统

室内智能地面巡检机器人主体由高清摄像机、红外相机、升降机械臂、局放检测仪、底盘模块等核心设备和其他辅助设备构成。巡检机器人按计划路线对开关室、主控室等的室内表计、开关、指示灯和压板等进行数值、状态识别，实现对室内高压室的自主巡检、智能抄表、全方位环境监测和安全报警等功能，同时对巡检数据进行分析、上报和储存。视觉识别功能示意图如图2所示，红外热像仪测温示意图如图3所示。

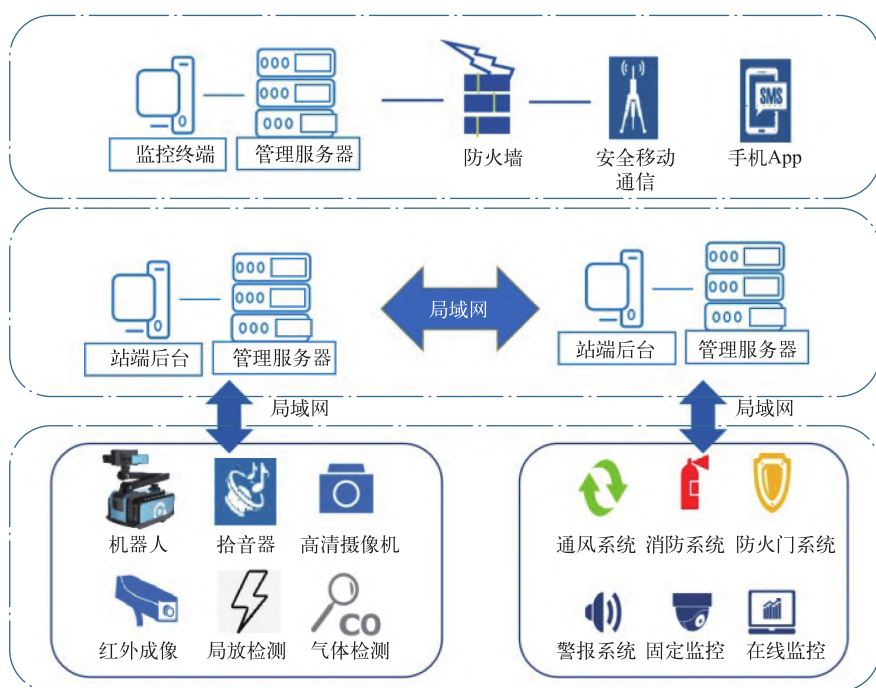


图1 智能巡检系统架构图

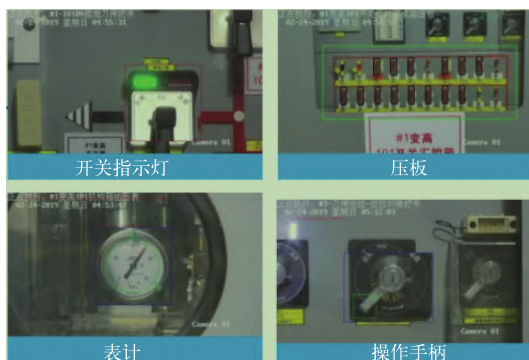


图2 视觉识别功能示意图

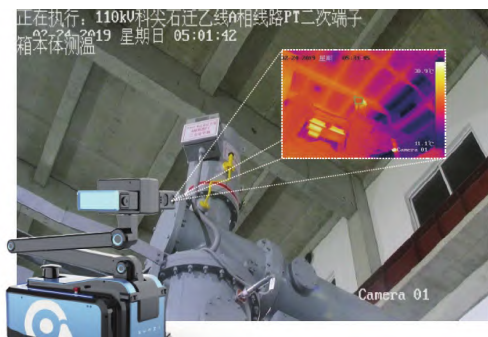


图3 红外热像仪测温示意图

(1) 供电平台

室内智能地面巡检机器人采用分布式接触充电系统和电池相结合的供电方式。机器人本体采用磷

酸铁锂电池，自带电池电量自动检测电路，可人工设置电量报警下限，电池供电一次充电续航能力不小于4 h，一旦检测到电池电量低于设定值，机器人将自动停止当前巡检任务并发出报警，然后独立运行到充电站，完成与充电座对接充电。当多次对接失败时，室内智能巡检机器人会自动报警，等待人工处理，同时保留手动充电功能。在紧急情况下，可使用手动充电器对机器人进行紧急充电，以满足临时任务的需要。

(2) 巡视路径规划

经与运维人员结合，考察室内环境整体情况，通过导航行走在设置路线上，用目测设置好相关点位，规划好机器人的巡视路线，巡视路线规划需合理、简洁。

(3) 通信平台

巡检机器人上的视频装置通过以太网连接到无线AP上，根据房屋空间尺寸在室内布置若干个无线AP组成无线局域网，监控后台通过无线AP连接到无线局域网。确保全部移动监控系统内的设备都可以互相访问，从而实现网络带宽的负载平衡。

3. 室外智能轮式巡检机器人系统

室外智能轮式巡检机器人系统由轮式巡检机器人本体、四驱四转越野底盘、供电单元、传感单

元、控制单元及定位导航单元共同组成。四轮驱动越野底盘驱动能力强，承载能力高，能适应不同路况，爬坡陡坡；电源单元传输智能巡检机器人各功能模块所需的电源电压和电流，保证智能巡检机器人的正常工作；传感单元负责采集现场环境信息，如仪表读数、温度测量和声音采集等；控制单元集中处理和计算传感数据并控制制动器；导航单元采用3D激光雷达定位导航，实现更精确的无轨导航运动模式。机器人本体可抗8~10级大风，满足在东北户外冬季低温运行要求。数据读取及开关位置监测如图4所示，红外实时监测结果如图5所示。

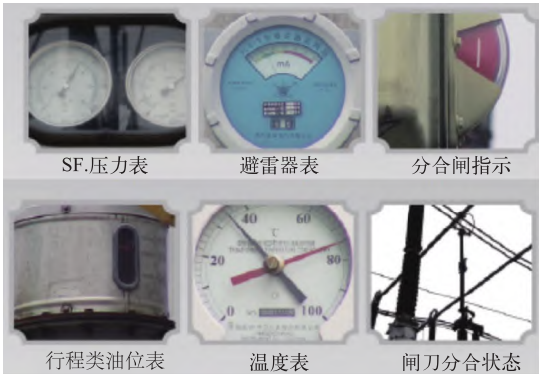


图4 数据读取及开关位置监测

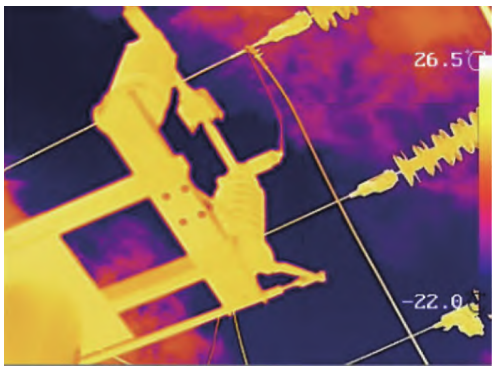


图5 红外实时监控效果

新建室外巡检机器人系统需规划巡视路线，配套新建供电平台、通信平台等。

(1) 供电平台

轮式巡检机器人采用电池供电，电池采用磷酸铁锂电池。电压满足安全电压要求，不超过36 V；轮式巡检机器人的电池容量应满足一次性充电和不少于8 h的正常工作；车身设有电池电量检测电路，可手动设置电量报警下限。一旦检测到电池电量低于设定值，机器人将自动停止当前巡检任务，发出

报警，然后运行到充电点充电。机器人还保留手动充电功能。在紧急情况下，可使用手动充电器对机器人进行紧急充电，以满足临时任务的需要。

(2) 巡视路径规划

巡检机器人在变电站实现了真正的全路径规划能力，能够实现更优化的路径选择。同时，在检测设备或环境变化的情况下，新的路径规划只能通过重新识别地图来完成，而不需要对现有硬件设施进行大规模更改，这大大提高了巡检的灵活性。

考察变电站户外整体情况，综合人工巡检路径、变电站设备安装位置和机器人运动能力三方面因素，规划出巡检路径。

(3) 通信平台

轮式巡检机器人的网络体系结构将应用系统分为车载系统、本地监控系统和远程监控系统三部分。车载子系统覆盖的网络设备包括激光雷达、红外热像仪、视频服务器和高清摄像机，运行于变电站设备工作区域，接受任务指令对设备进行可见光、红外及声音等信息采集；本地监控后台部署于110 kV宋南变电所主控室，通过与车载系统的数据交互，完成实时监控、巡检任务分配、视频存储、图像智能识别、红外分析和数据报表分析、数据检索等功能。需根据变电站实际大小和遮挡物情况进行网络预测试，从而确定无线AP安置点和数量。网络架构如图6所示。



图6 网络架构示意图

110 kV宋南变智能巡检系统设计

1. 室内智能地面巡检系统

在供电公司110 kV宋南变电所主控室新建套巡检

平台系统。在35 kV开关室和主控室分别新建一台室内智能地面巡检机器人进行巡检作业；新建供地面巡检机器人使用的两套自主充电座、两套手充充电器；新建两套室内无线AP。室内巡检机器人如图7所示。

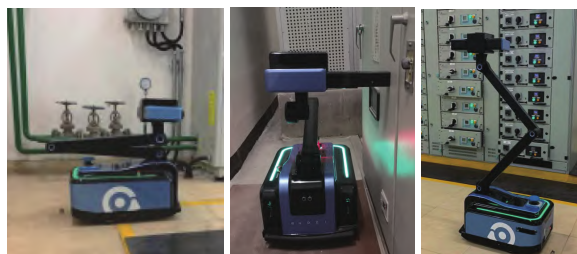


图7 室内巡检机器人

(1) 供电平台

充电座与巡视机器人充电时的占地面积按照 $0.6\text{ m} \times 1\text{ m}$ 来设计。充电座选取安装位置及机器人充电停靠位置必须在坚硬平整地面上。110 kV宋南

变户内充电座分别放置在35 kV开关室西南角及主控室西北角。自主充电座如图8所示。



图8 自主充电座

(2) 巡视路径规划

110 kV宋南变35 kV开关室内为混凝土地面，主控室内为防静电地板地面，地面平整，不存在高差，无须新建巡视道路，机器人可达到100%覆盖率并且不影响其稳定运行。35 kV开关室巡视路线如图9所示，主控室巡视路线如图10所示。

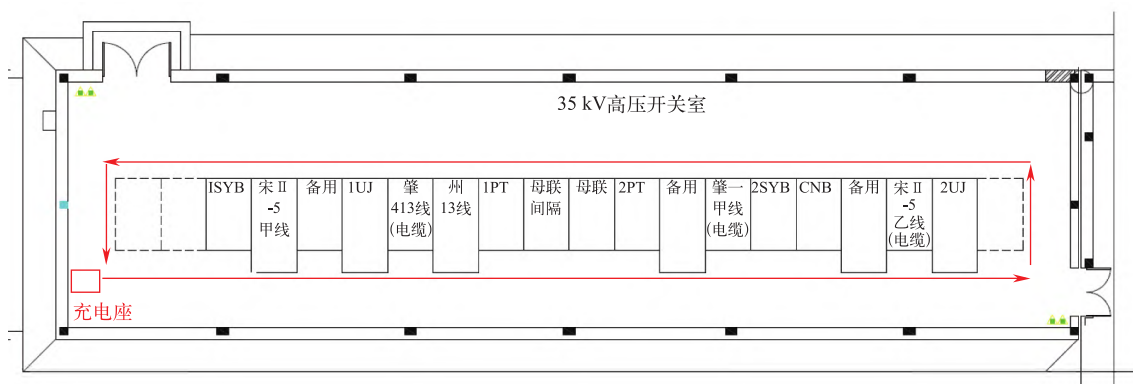


图9 35 kV开关室巡视路线



图10 主控室巡视路线

(3) 通信平台

因35 kV开关室及主控室空间短距离网络通信没有问题，因此35 kV开关室内设置一套无线AP靠东墙安装，主控室内设置无线一套AP安装客户端

旁，方便走线及取电。

2. 室外智能地面巡检系统

在供电公司110 kV宋南变电所户外开关场新建一台室外智能轮式巡检机器人。新建一座供轮式

巡检机器人使用的户外充电站，新建一基充电房基础，尺寸：3 000 mm×2 500 mm（长×宽）；在主控室楼顶新建一套无线AP。室外巡检机器人如图11所示。



图11 室外巡检机器人

(1) 供电平台

根据变电站人员的需要、设备分布、特点以及变电站内检查的方便性，选择充电室的最佳施工位置。户外充电室占地面积约为3 m×2.5 m，选择放置在35 kV高压开关室去往户外开关场门的东侧，

充电室门口为平整的步道板地面，满足充电路径需求。选址离主控室客户端的距离不超过100 m，满足双绞线通信需求。户外充电房如图12所示，户外充电房位置如图13所示。



图12 户外充电房实景图



图13 户外充电房位置示意图

(2) 巡视路径规划

考察变电站户外整体情况，综合人工巡检路径、变电站设备安装位置和机器人运动能力三方面因素，规划出巡检路径。室外场地为混凝土路面及荷兰砖拼接，路面较平整，不存在高差，无须新建巡视道路，机器人可达到100%覆盖率并且不影响其稳定运行。户外开关场巡视路线如图14所示。

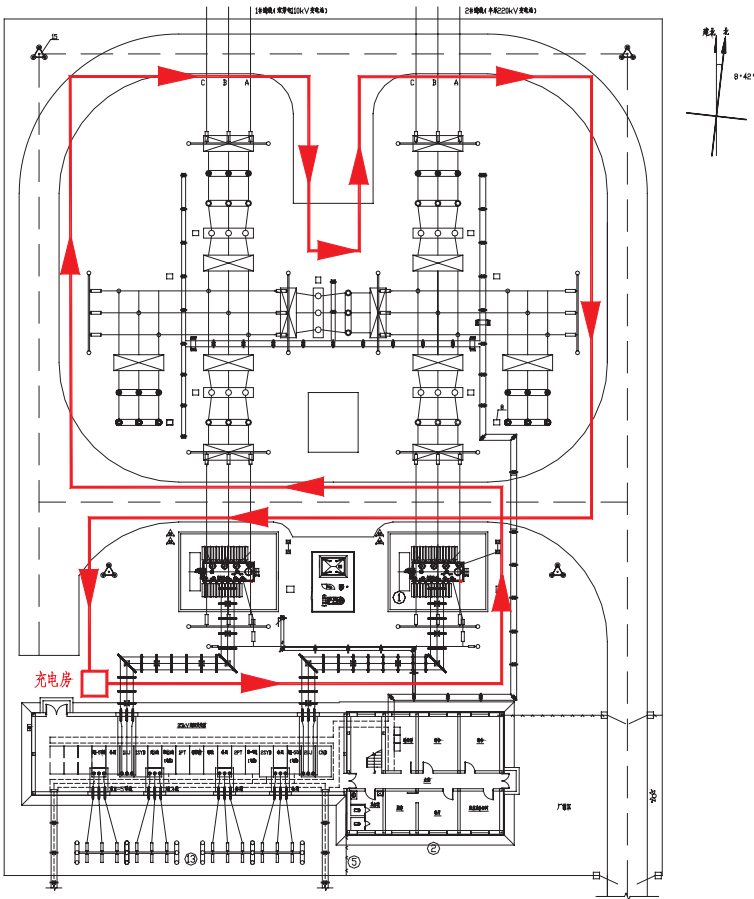


图14 户外开关场巡视路线

(下转第72页)

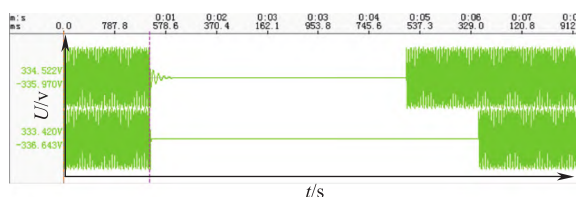


图5 延时再起测试波形

2. 现场运行情况

按本方案实施的低压电动机保护装置,在全国各大电厂、石油和化工企业的低压系统得到广泛使用,抗晃电再起功能多年运行稳定可靠。

结束语

本文论述了一种基于微机保护装置的电动机抗晃电再起设计,与现有的方案相比有以下优点:只需在装置中设置相关定值,无须增加投资和接线,经济高效;晃电允许设置时间范围广,不受限制;再起动作时间精确,误差小于30 ms;动作方式灵活,可立即再起或延时再起,两者可独立投入或同时投入。经试验和多年工程投运现场验证,可靠稳定。随着低压微机保护装置的逐步广泛应用,这种软硬件结合的再起设计具有较好的参考意义和实用价值。**EA**

(收稿日期:2021-10-19)

(上接第63页)

(3) 通信平台

宋南变电站户外开关场占地面积约4 600 m²,安装一个无线AP箱即可,在整个站内巡检区域采用一个无线AP建立完整的无线网络,安装位置选择主控楼楼顶,无遮挡,靠近设备区,能够达到良好的覆盖效果。网络布局如图15所示,AP箱安装位置如图16所示。

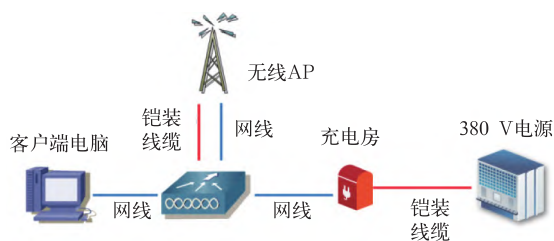


图15 网络布局示意图

结束语

智能巡检系统的应用可改变传统运维方式,实现变电站高效化、智能化管理要求,降低人工巡检的劳动强度及巡检次数,提升目标巡检区域设备运行的安全性和运维效率,对变电所智能化推广具有重要意义。本文以供电公司110 kV宋南变电站智能巡检系统为设计对象,通过对智能巡检系统的设置研究,形成一套典型的变电站智能巡检系统设计方案,为油田变电所无人值守管理模式的大背景下智能巡检系统的设计提供了一定的工程技术经验。**EA**

(收稿日期:2021-11-05)



图16 AP箱安装位置示意图