

智能机器人巡检系统在煤矿井下应用分析

周俊鹏

重庆安标检测研究院有限公司, 重庆 401325

[摘要]为保证井下带式输送机稳定、连续运行,促进矿井生产作业安全开展,文中依据煤矿井下作业实际需求设计出一套智能机器人巡检系统。并融合智能化技术,打造托辊磨损监测、电动机故障报警、机器人沿线巡检三个基础子系统,实现对带式输送机运行状态参数的全过程采集。与此同时,又对机器人本体功能进行优化,在各系统、智能化生产设备、机器人本体的协同作业下,获得理想中的巡检系统运行效果。

[关键词]智能机器人;智能巡检;带式输送机;煤矿生产

DOI: 10.33142/hst.v5i4.6566

中图分类号: TP242

文献标识码: A

Application Analysis of Intelligent Robot Inspection System in Coal Mine

ZHOU Junpeng

Chongqing Safety Standard Testing Institute Co., Ltd., Chongqing, 4011325, China

Abstract: In order to ensure the stable and continuous operation of underground belt conveyor and promote the safe development of mine production, an intelligent robot inspection system is designed according to the actual needs of mine underground operation. The intelligent technology is integrated to create three basic subsystems, namely, idler wear monitoring, motor fault alarm and robot inspection along the line, so as to realize the whole process collection of belt conveyor operation status parameters. At the same time, the functions of the robot body are optimized, and the ideal operation effect of the inspection system is obtained under the cooperative operation of various systems, intelligent production equipment and the robot body.

Keywords: intelligent robot; intelligent patrol inspection; belt conveyor; coal mine production

引言

现如今,煤矿井下开采面积的不断扩大,带来一系列作业风险的同时使得矿井带式输送机巡检工作得到广泛关注。但传统以人工为主的巡检方式表现出运输系统巡检管理效率低、故障排查难度大、多个系统独立运作无法实现采集数据共享等不足。因此,需注重智能化技术的应用,打造智能机器人巡检系统,并将其应用于井下煤炭运输系统巡检工作中,以保证系统长时间维持良好运行状态,推动煤矿安全生产。

1 智能机器人巡检系统结构与功能

1.1 机器人系统结构

智能矿用井下机器人巡检系统属于井下矿用带式输送机综合智能化巡检系统,系统中共涉及到三个子系统模块即托辊磨损监测系统、电动机故障报警系统、机器人沿线巡检系统。为实现井下带式输送机长时间保持稳定运行状态,需借助智能化技术,打造异构数据采集网关,以此及时发现影响输煤系统运行的数据,同时,还可整合并分析得到的各类数据信息,再对有价值的特征信息进行处理后上传于规则库。机器人系统的构成主要有基站、轨道、机器人本体、地面工作站,为机器人配备大量传感器,赋予其多元化信息采集功能,包括红外热像、声音、图像、温度、气体浓度等。此系统可以对带式输送机综合运行情

况进行实时监测,以此了解主煤流系统运行效益,再依据掌握信息制定可行的运行优化措施,从而达到规避系统故障发生的目的,并消除各类安全隐患,推动煤矿井下作业持续、安全进行。

1.2 机器人本体功能

机器人本体是智能机器人巡检系统的基本组成,亦是系统功能全面发挥的重要保障。机器人本体组合有导航传感器、避障传感器、云台升降机模块、智能双视云台模块、轮式运动底盘、高增益通信天线等。不同模块的功能不同:

轮式运动底盘设置有四轮驱动,并为各驱动安装辅助性电机,赋予机器人极强的爬坡越障能力。与此同时,该装置配备有大容量电池,可实现轮式运动平台的长时间移动。而其他辅助性设备以及各类传感器的设置是机器人在恶劣环境下稳定作业的关键。

防爆避障模块。将激光位移传感器安装于该模块终端上,以此赋予机器人精准定位能力,并在传感器的支撑下,实现便捷操作、远距离探测、规避可见光影响。防爆避障模块集信号接收与发射于一体,监测距离可实时调节,最远可检测机器人 3m 范围内的井下情况。再将避障传感器设置在机器人前、后端,为机器人安全作业提供保障^[1]。

防爆双视云台模块。配备红外热成像仪和高清摄像仪,以此巡检井下所有设备的运行情况,在此基础上,为摄像

设备安装镜头雨刷,可实现对镜头上附着的煤渣、水渍进行及时清理,再加以灯光补偿,从而获得极具清晰性的视频与图片信息。而红外热成像仪则选用高空间分辨率,并设置有 Vox 微测热辐射计,促使智能巡检机器人运行优势全面彰显。

防爆导航模块。依托于防爆处理技术与磁导航技术完善机器人导航功能,将导航传感器分别设置于机器人前、后端底部,可以获得多元的应用效果:(1)提高响应速度。可始终维持信号传输速率在 10ms 左右,最快可达 2ms;(2)功耗低。机器人配置的开关均具备极强的精密性,转换效率约 83%,并控制功耗在 0.7W 以下;(3)灵敏度高且监测点布设密集,各点位的距离确定为 1m,机器人作业时,若需转弯也可保证导航信号良好;(4)使用线圈元件取代传统的霍尔元件,可规避温漂问题的发生,也不需再另设温度补偿。

2 智能机器人巡检系统在煤矿井下的具体应用

2.1 托辊磨损智能监测

监测系统可跟踪、全过程检测托辊支架的振动频率,并通过智能化分析判断托辊磨损情况,若发现运行问题便会自动发出告警信息。智能监测系统的构成包括上位机电脑、信号网络传输设备、数据采集器、振动传感器等,托辊运行期间若突发故障或存在严重磨损现象,则可在第一时间向系统操作人员传达指示信号。将振动传感器设置于托辊侧方,保持二者之间的距离始终大于 30m,相邻两个传感器之间安装 1 台数据采集器,距传感器约 300m,紧接着借助网络将获取到的振动数据信息实时上传于上位机电脑系统中,依托于上位机自带的数据处理程序智能分析、判定托辊当前的磨损状态,再将分析数据呈现于上位机显示屏上,并精准定位严重磨损位置,为工作人员运维检修提供充足时间,防范托辊故障而引发的停机或火灾等事故。

2.2 电动机故障实时报警

矿用带式输送机的重要动力来源为电动机,而长时间、不间断的运行极易引发电动机轴承故障,其故障表现出逐渐发展的特征,即从最初的轻微运行故障到故障加剧再到轴承使用寿命终止。这一过程中,电动机轴承的振动频率也会随之改变,如果工作人员可以了解并掌握特征值变化趋势及规律,便可实现对电动机轴承整体运行状态的精准评估^[2]。

因此,需为智能机器人巡检系统配备电动机轴承振动监测子系统,并设置振动传感器,以此实时、跟踪采集煤矿井下处于运行状态的电动机轴承振动信息,再经过传感器智能转化功能,实现振动信号的电信号转变,并自动传输于上位机中。通过对获取到的监测数据进行分析,了解设备故障频率与幅值响应,从而精准判定轴承运行情况。此外,智能监测系统还可智慧化分析通信运行数据的频域

与时域,以此为依据,对轴承运行期间所响应的表现出异常的频率特征加以深入解析,也可起到判断轴承运行工况的作用。根据采集到的大量数据以及电动机实际运行需要,采取科学且可行的故障排查与处理措施,为电动机长时间保持良好运行状态提供基本保障。与此同时,监测系统的使用能够实现带式输送机的智能化运作,规避传统输送机电动机轴承因长时间保持关停状态再立即启动而损伤内圈与滚动体的接触部位,并在振动的影响下,扩大磨损范围,导致轴承使用年限大幅缩短。报警系统的运行原理如下:智能巡检机器人本体在电动机机头、机尾处循环运作,系统操作人员则向机器人本体中下达巡检信号,再借助机器人专门搭建的通信网络将采集到的数据信号反馈于地面监控中心,帮助工作人员了解、实时掌握电动机机头、机尾实际运行状况。在此期间,若存在较为严重的故障隐患,机器人巡检系统可根据数据的不正常波动自动发出告警信号,并由控制中心接收。

2.3 机器人沿线巡检系统

2.3.1 系统构成

沿线巡检机器人系统的基本组成包括多类别传感器、振动感应光缆、防区处理单元、报警主机、报警控制服务器等设施。

2.3.2 采集分析

井下矿用带式输送机的运行环境较为恶劣,空间狭窄,光线弱,再加之井下情况复杂,因此井下开采时,为实现各项作业的安全进行,要求开采人员做好防护工作,并避免重物撞击导致井下石子掉落。对巡检机器人系统进行设计时,将防爆轨道安装于带式输送机金属外框上,在防爆轨道式机器人的帮助下实现智能巡检,极大程度地提高巡检效率,扩大巡检范围,还可采集到人工沿线巡检无法获取到的信息,如图像、环境参数等,依托于大量可视化数据能够精准检测、分析井下气体浓度以及存在的各类安全隐患。此外,全过程监控承载物传输至传感光缆的振动信号,能够及时发现外部事故隐患,并在第一时间进行预警提醒。机器人沿线巡检系统的采集分析功能主要体现在三个方面:

其一,视频采集分析。将辅助视频监控系统设置于井下矿用带式输送机的中驱与拉紧部位,并安装 4 台可见光摄像机,以此实时、跟踪监测各关键部位整体运行情况。在此基础上,增设 4 台红外热成像仪自动获取滚筒轴承运行期间的温度数值,若温度过高,需立即停机,为设备稳定、安全运作提供保障。在行人、非行人两侧分别设置防爆轨道,再配备 2 台智能巡检机器人,其中一台设置于行人侧,其目的是全过程监测该区域管路、沿线电缆以及托辊实际运行情况,若所采集的数据与正常数值有较大偏差,机器人便会自动报警,并存储有问题的数据信息,为工作人员数据分析与日后查询提供完整数据支

持；而另一台机器人则设置于非行人侧一端，主要检查内容包括束管气体泄露情况、外部环境监测系统运行状态、托辊磨损状况等^[3]。

其二，环境参数采集分析。机器人巡检作业期间可实现对现场声音的实时采集与监测，特别是托辊运行时所发出的声响，若有刺耳声音便会自动发出预警信号，还具备声音信息的实时、完整存储功能。监控中心可对机器人反馈回的音频信息进行细致研究，再对比托辊正常运行时的数据，以此判断托辊磨损程度。由此可见，机器人沿线巡检系统的声音采集功能既可以减轻巡检人员工作负担，提高巡检效率，还可实现对带式输送机整体运行安全性的有效保护。此外，由于矿井中的环境较为复杂，设置有大量气体管道，若在气体输送时发生泄露，在封闭空间中极易造成安全事故。基于这一考虑，为巡检机器人配备气体探测传感器，实际监测、采集井下气体浓度，当数值接近所设定的安全值时，机器人会立即发出语音提醒，将气体浓度过高的区域告知给控制中心，由专业人员进行安全性分析并确定气体泄露点，再安排巡检人员做好安全防护后下至作业现场加以处理，解决管道泄露问题的同时充分发挥智能机器人系统运行价值，增强煤矿井下作业安全性。此外，也需为机器人设置红外热成像仪，并在井下重要作业区域内安装该仪器，实现对井下温度的实时监测，若温度趋近于规范值，机器人也可自动发出告警信息。

其三，区域振动感应分析。机器人沿线巡检系统设置有振动感应光缆以及防区处理单元，在协同作业下能够自动采集井下作业时产生的各类数据信息。比如，当外界有振动发生或受到应力作用的影响时，其反射波长也会发生较为明显的变化，而这一改变可被巡检系统及时接收，通过分析了解、明确外界振动的动态变化过程，对各类可能存在的安全隐患进行判断。与此同时，搭设光纤实现光信号的实时传输，而报警主机接收到信号后，其后台会借助自带的光纤信号处理器感知光信号的变化，再由系统软件加以识别。紧接着细致比对人入侵和环境因素引起的光纤光栅振动与各类特征参数，并智能化筛除由环境因素导致的系统误报数据，完成数据处理后立即发出预警^[4]。

3 智能机器人巡检系统应用效果研究

分别为矿井东翼大巷带输送机（功率 710kW、长度 1550m）、中央大巷带式输送机（710kW、长度 600m）、回采工作面运输顺槽带式输送机（功率 1500kW、长度 2700m）配置智能巡检机器人系统，以此取代人工巡检模式，沿线巡检各输送机运行状态。系统的使用可从根本上减少人力

的投入，大约 6 人左右，同时也可节省人力成本，预计每年减少约 50 万元。此外，机器人系统在巡检密度方面表现出极为显著的优势，每班可自动且全范围巡检 2 次。机器人运行期间如果察觉到带式输送机有隐藏运行故障的存在，可在井下立即发出告警信号，而地面管控中心则可依托无线传输网络获取到一系列数据信息，帮助工作人员快速、准确判断故障类型，还可实现设备故障精准定位，防范输送机作业故障的发生^[5]。

机器人巡检系统投入使用前，无法保证巡检工作的全方位性开展，且在故障排查方面不具备全面性、深入性，导致带式输送机运行故障时有发生。据统计，设备每年平均出现 2 次纵向撕裂问题，且损坏的托辊数量高达 180 套，煤仓封堵现象 10 余次，受不同故障类型的影响，输送机中断运行问题频率逐年提高，且中断、检修时长呈明显增加趋势，最长达 120h。但应用智能机器人巡检系统后，可从真正意义上弥补传统人工巡检形式的不足，实现对带式输送机运行状态的全过程监控，并做到各类故障隐患的预处理，规避托辊损坏、输送带纵向撕裂、煤仓封堵问题的发生。

4 结束语

智能机器人巡检系统在矿井智能化技术的支撑下，全面融合智能化、机器人巡检系统、传统带式输送机监测系统，实现联动式作业，促使传统人工巡检监测模式得以转变，既减少人力、财力的总投入，还可在远程、跟踪、全方位巡检下，获取到大量有分析价值的信息，以此规避托辊损坏、电动机轴承故障等问题的发生，提升巡检效率与质量的同时推动矿井开采工作安全、连续进行。

[参考文献]

- [1]王军,刘孝军,乔海源,等.大柳塔煤矿智能化迭代升级成果及经验分享[J].智能矿山,2021,2(3):18-27.
 - [2]刘建荣,伊玉祥,徐杜民,等.钢丝绳牵引式巡检机器人研究与应用[J].煤矿机械,2021,42(1):37-39.
 - [3]白怡明.智能矿用井下机器人巡检系统在曹家滩煤矿中的应用[J].煤矿机电,2020,41(6):85-88.
 - [4]郭建军.矿井变电所机器人巡检平台的研究与应用[J].煤矿机电,2020,41(5):1-6.
 - [5]张海波,茹瑞鹏,张静.煤矿井下瓦斯智能巡检机器人系统的研究与设计[J].中国煤炭,2019,45(4):77-81.
- 作者简介:周俊鹏(1990-)男,汉族,重庆人,本科学历,现供职于重庆安标检测研究院有限公司,工程师,研究方向为电气防爆类产品技术审查和检验。