

煤矿井下智能安全监测巡检机器人的应用研究

唐云鹏 李红勇

(山西兰花科技创业股份有限公司唐安煤矿分公司)

摘 要:针对煤矿井下巡检劳动强度大、效率低、精确性差的问题,提出了一种新的智能安全监测巡检机器人系统,通过在机器人上集成红外、视频及各类传感器实现了对井下综采环境的数据采集和自动分析,通过开发换向队列数据缓冲区,解决了数据任务之间相互干扰和资源互斥问题。根据实际应用表明,该系统能够实现井下自动化安全监测,将巡检效率提升 8 倍以上,对井下异常现象的监测准确性达到了 99.3%,极大提升了井下作业的安全性。

关键词:煤矿;安全监测;巡检机器人;自动化;巡检

0 引言

煤矿井下的综采作业安全和设备运行安全是煤矿综采作业的核心,对提升井下作业效率和综采经济性具有十分重要的意义,影响井下作业安全的因素包括了空气质量、粉尘浓度、瓦斯含量、输送机运行状态等,由于涉及因素多、分布范围大,因此目前主要是采用人工监测和巡查的模式。由于井下地质环境复杂,因此巡查效率极低而且安全性差、对各类设备的运行安全性检出率极低,难以满足井下综采作业安全性的需求。

1 机器人巡检系统结构

为了满足在井下复杂环境中灵活巡检的需求,文章所提出的机器人巡检系统采用了固定行走轨道和无线数据通信模式,其整体包括了巡检轨道、巡检机器人本体、数据通信网络和地面控制中心,巡检机器人系统结构如图 1 所示^[1]。

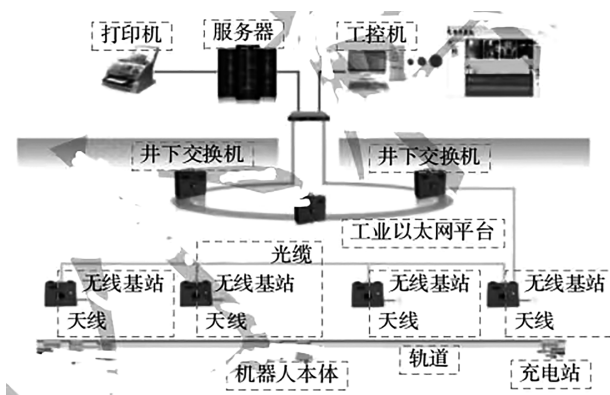


图1 巡检机器人系统结构示意图

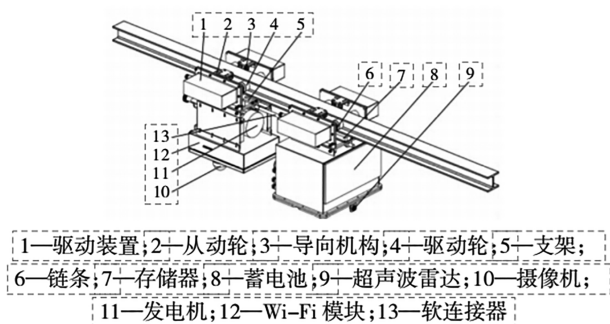


图2 巡检机器人系统结构示意图

巡检机器人的行走轨道采用了“H”型钢轨道,布置在需要进行巡检的巷道的顶部,使巡检机器人的运行能够不受井下地质条件的影响。为了提高巡检机器人运行的灵活性,在机器人本体上设置有蓄电池装置,使巡检机器人能够依靠自身电力在轨道上行走,在巡检路径上设置有充电桩,当巡检机器人电量不足时能够自动到最近的充电桩进行充电,从而保证巡检的连续性。

巡检系统的数据通信模块采用了“有线+无线”的组合模式^[2],在巡检路径上设置了有线数据传输系统,在巡检路径上还设置无线基站,用于实现和巡检机器人之间的数据通信,在巡检机器人工作时,首先将数据传输到巡检路径上的基站内,基站再通过有线传输系统,传递给控制中心,实现了传输效率和抗干扰性的统一。

2 巡检机器人本体结构

为了满足巡检机器人在煤矿井下狭小环境中的使用可靠性需求,将巡检机器人和监测设备采用了一体化设计的方法,提高了巡检机器人的紧凑性和可靠性,其整体结构如图2所示^[3]。该巡检机器人采用了两节设计结构,后侧部分主要装有储存器、蓄电池等,用于满足巡检机器人工作时的能量供应和数据存储需求,在巡检机器人的前侧部分主要设置有驱动装置及摄像机、传感器等,用于控制巡检机器人

的运行和监测需求。

各类传感器获取到巡检路径上的各类信息后将其存储在存储器内,并进行数据分析和转换后通过Wi-Fi 模块将数据传输给巡检轨道上的数据接收装置,实现数据的存储、传输,满足在运行过程中的动态监测需求。

3 巡检机器人数据通信系统结构

根据机器人巡检系统的结构,其数据通信部分可分为上位机-下位机-控制器部分,上位机是巡检机器人智能控制系统的核心,主要用于显示巡检数据并进行分类,确定巡检区域环境和设备的运行情况并及时预警,同时能够向井下巡检机器人发送控制指令,控制巡检机器人的巡检路径,实现常规巡查和重点巡查的统一,机器人巡检系统整体结构如图3所示^[4]。

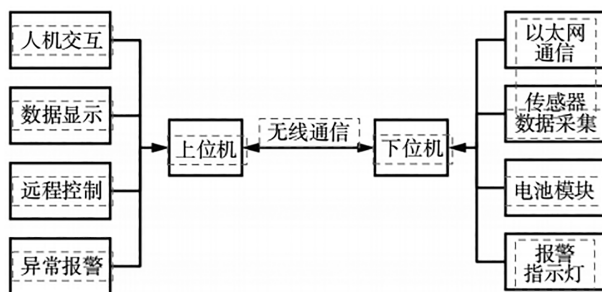


图3 巡检机器人数据通信系统结构

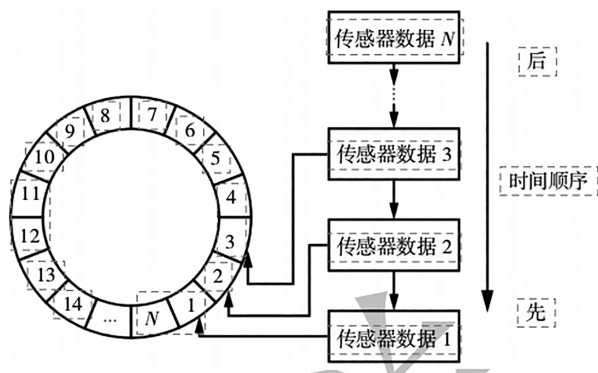


图4 换向队列通信数据原理 (下转第27页)

了调机退机报警装置,警示附近工作人员规避,掘进机司机减少繁琐操作,减少盲区死角,消除掘进机因调机,退机伤人事故这一重大安全隐患。

参考文献:

[1] 李壮云. 液压元件与系统[M]. 机械工业出版社, 2011.

[2] 国家安全生产监督管理局.《煤矿安全规程》[J]. 劳动保护, 2005(1):8.

[3] GB/T 3836.1-2021, 爆炸性环境 第1部分:设备通用要求[S]. 北京:中国标准出版社, 2021.

[4] GB/T 3836.2-2021, 爆炸性环境 第2部分:由隔爆外壳“d”保护的设备[S]. 北京:中国标准出版社, 2021.

[5]《BYp380 矿用液压变送器使用说明书》.

[6]《EBZ200A 悬臂式掘进机使用说明书》.

(上接第21页)

为了提高数据通信系统的可靠性,下位机主要采用了STM32F103VET6单片机^[5],各类传感器和电池控制模块、各类报警指示灯主要通过RS485通信协议连接到单片机上,而数据通信模块均设置有高速通信接口,满足数据安全、快速传输的需求。

4 换向队列数据缓冲通信技术

由于井下地质条件较为复杂而且数据需要在无线和有线间转换,因此极易导致数据在传输过程中出现延迟和丢包现象,影响机器人智能监测的准确性和稳定性,因此文章提出了一种新的换向队列数据缓冲通信技术^[6]。其能够使数据根据时间顺序和优先级,逐一发送到上位机内,换向队列数据通信原理如图4所示^[7]。该系统会自动给数据赋予时间编号,使其形成一个首尾相连接的圆环形数据结构,遵循先进先出的原则^[8],数据采集系统的各个传感器数据信息按照时间顺序放入到换向队列中,形成一个不间断的循环,从而保证了大量数据通信情况下数据通信的稳定性和可靠性。

5 应用情况分析

目前该井下智能安全监测巡查机器人已经在多

个煤矿投入应用,根据自2022年1月10日—8月10日的实际监测数据分析,该系统的投入应用已经完全取消了井下巡查员的岗位,巡查效率提升了8倍以上。在巡查期间共计发现问题427次,其中误报警数量仅3次,424次准确识别了井下输送机运行故障、人员侵入异常等,监测准确率达到了99.3%。系统数据信息在传输过程中的数据传输丢失率小于0.01%,极大地保证了系统运行的稳定性和准确性。

6 结论

为了解决井下巡检劳动强度大、效率低、精确性差的不足,提出了一种新的智能安全监测巡检机器人系统,对该系统的整体结构、通信模式、应用情况进行了分析,结果表明:

1)将巡检机器人和监测设备采用了一体化设计的方法,提高了巡检机器人的紧凑性和可靠性,能够满足在煤矿井下狭小空间的运动需求。

2)换向队列数据缓冲通信技术,能够使数据根据时间顺序和优先级,逐一发送到上位机内,提高数据传输效率和可靠性。

3)新的智能巡检系统可以替代人工巡检,将巡检效率提升8倍以上,对井下异常现象的监测准确率达到了99.3%,数据传输丢失率小于0.01%。