

文章编号:1671-251X(2020)11-0113-06

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.17588

基于云技术的输送带纵向撕裂远程监测系统设计

宋金水¹, 李现国¹, 凌月¹, 杜俊浩¹, 陈越鹏², 刘志超³

- (1. 天津工业大学 电子与信息工程学院, 天津 300387;
2. 天津工业大学 计算机科学与技术学院, 天津 300387;
3. 天津成科传动机电技术股份有限公司, 天津 300384)



扫码移动阅读

摘要:针对现有输送带纵向撕裂监测系统存在监测点少、扩展性差、仍需人员值守等缺陷,设计了一种适用于多点监测和基于云技术的输送带纵向撕裂远程监测系统,该系统由一字线激光器、嵌入式处理终端、面阵 CMOS 摄像头、云服务器、PC 机监测软件和手机监测软件组成。嵌入式处理终端驱动面阵 CMOS 摄像头采集激光器投射到输送带下表面的激光条纹,并对采集到的每帧图像进行分析,提取激光条纹骨架,计算出畸变值。当畸变值大于预先设置的阈值时,表明输送带出现了纵向撕裂,嵌入式处理终端驱动报警器语音报警;当畸变值小于阈值时,表明输送带工作正常。嵌入式处理终端通过文件传输协议将图像传送给 PC 机并保存至本地。PC 机监测软件使用安全文件传输协议将接收到的图像信息发送至云服务器,手机监测软件利用 Tomcat 提供的 Web 服务器访问云服务器,实时获取图像信息。实验结果表明:该系统实现了现场、PC 端、手机端全方位的输送带纵向撕裂远程实时监测,可随时随地监测任一监测点输送带的运行状况。

关键词:带式输送机;输送带;纵向撕裂;云技术;机器视觉;远程在线监测

中图分类号:TD634 文献标志码:A

Design of remote monitoring system for longitudinal tearing of conveyor belt based on cloud technology

SONG Jinshui¹, LI Xianguo¹, LING Yue¹, DU Junhao¹, CHEN Yuepeng², LIU Zhichao³
(1. School of Electronics & Information Engineering, Tiangong University, Tianjin 300387, China;
2. School of Computer Science & Technology, Tiangong University, Tianjin 300387, China;
3. Tianjin Chengke Transmission Electromechanical Technology Co., Ltd., Tianjin 300384, China)

Abstract:In view of the defects of existing longitudinal tearing monitoring system of conveyor belt, such as few monitoring points, poor expansibility, and still need to be on duty, a remote monitoring system for longitudinal tearing of conveyor belt suitable for multi-point monitoring based on cloud technology was designed. The system consists of a word line laser, embedded processing terminal, area array CMOS camera, cloud server, PC monitoring software and mobile phone monitoring software. The embedded processing terminal drives area array CMOS camera to collect laser fringe projected by the laser onto lower surface of the conveyor belt, and analyzes each frame of collected image, extracts the laser fringe skeleton, and calculates the distortion value. When the distortion value is greater than the preset threshold value, it indicates that the conveyor belt has longitudinal tear and the embedded processing terminal drives the alarm with voice alarm. When the distortion value is less than the threshold value, it indicates that the conveyor belt works normally. The embedded processing terminal transfers image to PC

收稿日期:2020-04-29;修回日期:2020-10-07;责任编辑:张强。

基金项目:天津市重点研发计划科技支撑重点项目(18YFZCGX00930);国家级大学生创新创业训练计划项目(201910058002)。

作者简介:宋金水(1999—),男,河南洛阳人,本科生,主要研究方向为嵌入式系统设计,E-mail:songjinshui757@163.com。通信作者:李现国(1981—),男,山东邹城人,教授,博士,主要研究方向为光电检测技术与系统,E-mail:xgli0910@163.com。

引用格式:宋金水,李现国,凌月,等.基于云技术的输送带纵向撕裂远程监测系统设计[J].工矿自动化,2020,46(11):113-118.

SONG Jinshui,LI Xianguo,LING Yue,et al. Design of remote monitoring system for longitudinal tearing of conveyor belt based on cloud technology[J]. Industry and Mine Automation,2020,46(11):113-118.

via file transfer protocol and saves it locally. PC monitoring software uses secure file transfer protocol to send the received image information to the cloud server. Mobile phone monitoring software uses the Web server provided by Tomcat to access the cloud server and obtain the image information in real time. The experimental results show that the system can realize a full range of remote real-time monitoring of longitudinal tearing of conveyor belts on site, PC terminal and mobile terminal, and can monitor the running condition of the conveyor belt at any monitoring point in anytime and at anywhere.

Key words: belt conveyor; conveyor belt; longitudinal tearing; cloud technology; machine vision; remote online monitoring

0 引言

输送带是带式输送机牵引和运载的关键部件,广泛应用于矿山、港口、电力、化工等领域。输送带在工作过程中,经常因矸石、托辊等异物划伤产生纵向撕裂故障,若不能被及时发现并处理,会导致设备损坏或长时间停工,给企业带来较大的经济损失,甚至危及工作人员的生命安全,严重影响安全生产^[1-2]。由于纵向撕裂具有突发性和隐蔽性,对其监测必须要实时性好、准确性高^[3-4]。

传统的输送带纵向撕裂检测方法主要通过压力、电磁等传感器检测输送带的物料泄漏、橡胶脱落等状态,判断纵向撕裂故障,存在易损坏、可靠性差、准确性低的缺点^[5-6]。通过在输送带橡胶层内埋入导磁体或线圈,利用电磁感应脉冲判断纵向撕裂故障,对输送带会造成一定的损伤,存在工艺复杂、不易维护、检测准确性低和可靠性差的缺陷^[3]。刘士杰等^[7]采用射频识别法,通过在输送带上加装电子标签,利用阅读器对电子标签进行识别检测,进而判断是否发生纵向撕裂,但由于输送带自身的连续循环运转,电子标签在经过托辊和滚筒时容易受到损坏,所以,存在准确性低和可靠性差的问题。

近几年机器视觉技术日臻成熟,基于机器视觉的输送带纵向撕裂监测成为研究和应用的重点。王建勋^[3]通过对裂纹图像进行处理和特征识别判断输送带是否发生纵向撕裂,故障发生时 PC 机发出报警信号。郭启皇等^[8]设计了一种基于 Otsu 算法的输送带纵向撕裂检测系统,使用 LabVIEW 进行图像处理、撕裂诊断、故障现场报警,并将检测结果传输至上位机。毛清华等^[9]通过边缘检测法识别输送带撕裂边缘,根据撕裂面积判断是否发生故障,并在检测到故障时通过 PC 机报警。上述监测系统均具有准确率高的优点,但一般只能监测一个点,且都是事故现场报警或通过 PC 机提醒,工作人员仍需在现场监测点或 PC 机前值守,给实际应用带来不便。明紫旭^[10]设计了基于 WI-FI 的输送带纵向撕裂监控系统,除了可现场报警和通过 PC 机报警外,

还实现了手机报警,但该系统手机报警功能是通过局域网 WI-FI 接入,扩展性差,且仍需工作人员在监测点附近值守。

为解决上述系统存在的问题,本文基于一字线激光技术,结合机器视觉技术,以云服务器为网络载体、ARM 处理器为嵌入式终端,设计了一种适用于多点监测和基于云技术的输送带纵向撕裂远程监测系统。该系统能够准确地检测出输送带纵向撕裂故障,可通过现场、PC 机、手机 3 种报警途径及时将报警信息传送给工作人员,从而避免了因输送带纵向撕裂故障引起的安全问题,提高了企业的安全水平和生产效率。

1 系统设计

基于云技术的输送带纵向撕裂远程监测系统工作原理如图 1 所示。该系统由一字线激光器、嵌入式处理终端、面阵 CMOS 摄像头、云服务器、PC 机监测软件和手机监测软件组成。

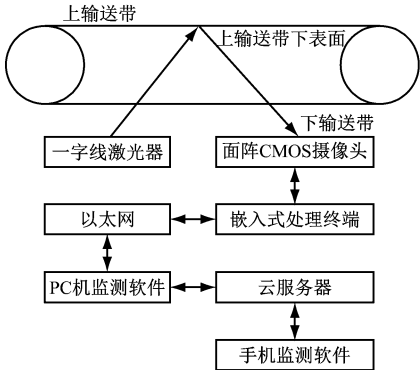


图 1 基于云技术的输送带纵向撕裂远程监测系统工作原理
Fig. 1 Working principle of remote monitoring system for longitudinal tearing of conveyor belt based on cloud technology

1.1 系统工作原理

嵌入式处理终端驱动面阵 CMOS 摄像头采集激光器投射到上输送带下表面的激光条纹,并对采集到的每帧图像进行分析,提取激光条纹骨架,计算出畸变值^[4,10]。当获得的畸变值大于预先设置的阈值时,表明输送带出现了纵向撕裂,嵌入式处理终端驱动报警器语音报警,并将图像命名为“设备号+

时间+撕裂”;当畸变值小于阈值时,表明输送带工作正常,嵌入式处理终端将图像命名为“设备号+时间+正常”。嵌入式处理终端通过文件传输(File Transfer Protocol,FTP)协议将图像传送给PC机并保存至本地。

PC机监测软件使用安全文件传输协议(Secure File Transfer Protocol,SFTP)将接收到的图像信息发送至云服务器,手机监测软件利用Tomcat提供的Web服务器访问云服务器,实时获取图像信息。

PC机监测软件和手机监测软件依据图像文件命名中的时间显示最新的图像,当图像文件命名后2位为“撕裂”时,发出报警信息。

手机监测软件设有一键拨打相关人员电话、自动发送紧急报警短信到相关人员手机等功能。

1.2 云技术应用

系统云服务器采用阿里云的轻量级服务器,整合了云计算的三大核心技术:数据处理、虚拟化与数据存储^[11-12]。该系统使用云服务器进行图像和监测信息的存储、管理和网络访问,系统镜像为Ubuntu(16.04)。

本地PC机与云服务器之间的文件传输使用SFTP协议。SFTP协议是一种用于数据流连接的可提供文件访问、传输和管理功能的网络传输协议。在Linux系统中,SFTP传输默认端口为22端口,这种传输方式更为安全,传输双方需要进行密码和密钥的双重安全验证,可有效保护监测系统图像信息的安全。

为实现将图像传送到手机监测软件的功能,在云服务器上部署了Tomcat服务器。在B/S架构中,浏览器发出的http请求经过Tomcat服务器转发到最终的目的服务器上,响应消息再通过Tomcat返回给浏览器^[13-14]。本系统中目的服务器为云服务器,浏览器为手机监测软件。

使用云技术使输送带纵向撕裂远程监测系统真正接入到了互联网,将输送带监测的工作方式从“一人一地一设备”转变成“一人多地多设备”,实现了随时随地监测任一监测点输送带状况的目标。

1.3 图像文件和报警信息传输

图像文件传输主要依靠VSFTPD软件、FTP协议、SFTP协议和Tomcat服务器。报警信息通过解析图像文件名获取。

VSFTPD软件是一个在Unix类操作系统上运行的免费、开源的FTP服务器软件^[15]。嵌入式处理终端使用VSFTPD搭建FTP服务器。

嵌入式处理终端作为FTP服务器,PC机监测

软件作为FTP客户端。PC机监测软件通过执行FTP协议的Python脚本将嵌入式处理终端处理完的图像经以太网传输到指定文件夹存储。

PC机监测软件通过执行SFTP协议的Python脚本,将存储图像的文件夹实时更新至云服务器中Tomcat的Webapps文件夹下,生成链接,使用手机监测软件时可直接通过该链接获取图像文件并在APP上显示。图像文件传输如图2所示。

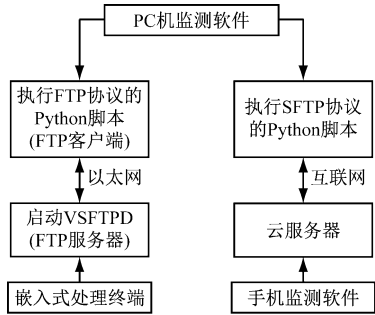


图2 图像文件传输

Fig.2 Image file transmission

2 嵌入式处理终端设计

2.1 嵌入式处理终端硬件设计

嵌入式处理终端硬件以I.MX6ULL处理器为核心。I.MX6ULL处理器基于ARM Cortex-A7内核,使用处理器内部的100MB以太网MAC配合外部PHY芯片LAN8720A实现以太网通信功能;外部集成有1个8GB的EMMC Flash,用以存储图像信息;通过USB接口连接音频解码器和面阵CMOS摄像头。

嵌入式处理终端采集和分析图像,并通过以太网接口把包含撕裂特征的图像和报警信息传输至PC机。当检测到输送带发生纵向撕裂时,音频编解码器驱动报警器进行语音报警。

2.2 嵌入式处理终端软件设计

嵌入式处理终端软件包括图像采集处理与以太网传输程序、输送带纵向撕裂图像处理与故障检测算法程序2个部分。图像采集处理与以太网传输程序包含摄像头配置、图像采集和处理、FTP服务器配置。配置I.MX6ULL以太网的IP和子网掩码,在I.MX6ULL移植VSFTPD搭建FTP服务器;使用I²C设备驱动框架配置摄像头驱动程序。I.MX6ULL控制摄像头采集图像,并转换为RGB24的图像数据,采用输送带纵向撕裂图像处理与故障检测算法^[4]对图像进行处理,处理后的图像采用邻域差分检测断点和求二阶导数检测波动的方法判断是否发生纵向撕裂。

图像采集处理与以太网传输程序流程如图3

所示。

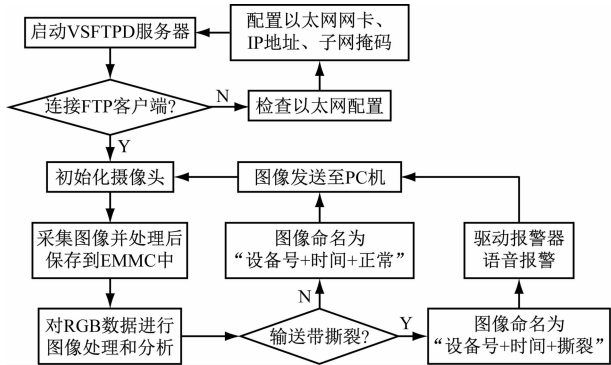


图 3 图像采集处理与以太网传输程序流程
Fig. 3 Flow of image acquisition processing and Ethernet transmission program

3 PC 机监测软件和手机监测软件设计

3.1 PC 机监测软件设计

利用 C# 语言设计 PC 机监测软件,基于 SFTP 协议编写 Python 脚本实现与云服务器的连接,基于 FTP 协议编写 Python 脚本实现与嵌入式处理终端的连接。该软件共有 4 个界面,分别为登录界面、功能主界面、离线分析界面、警告界面,实现了图像的接收、显示、离线分析,以及监测信息存储和弹窗报警功能。PC 机监测软件的功能主界面如图 4 所示。

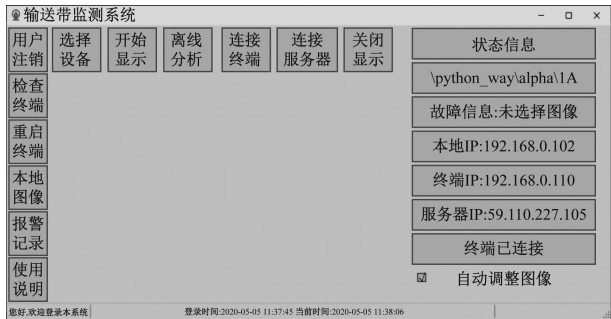


图 4 PC 机监测软件的功能主界面
Fig. 4 Function main interface of PC monitoring software

PC 机监测软件直接读取执行 FTP 协议的 Python 脚本同步文件夹获得图像信息,通过图像信息的命名判断对应的摄像头、拍摄时间、输送带状态等信息。PC 机监测软件获取图像信息和报警信息流程如图 5 所示。

3.2 手机监测软件设计

基于 Android 系统,在 Flutter 框架下使用 Dart 语言设计手机监测软件。

APP 主界面分为“首页”、“记录”、“通信录”3 个部分。在“首页”中点击摄像头编号可以进入“摄像头详情”界面查看每个摄像头的实时情况。在“摄像头详情”界面点击“短信通知”可发送信息给相关工作人员;点击“关闭设备”可以停止设备运行;点击

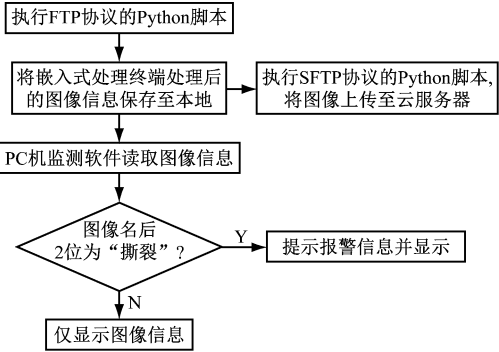
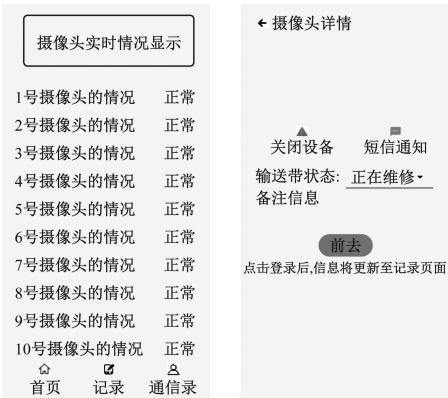


图 5 PC 机监测软件流程
Fig. 5 Flow of PC monitoring software

“输送带状态”在弹框中选择正在前去、正常或正在维修并点击“前去”按钮,用户个人信息及所选状态将更新至“记录”界面,方便其他工作人员确定是否有人前去维修。“通信录”中记录所有负责部门和工作人员的信息,点击后显示该联系人的所有信息,可点击“一键拨打”电话通知对方。手机监测软件的首页和摄像头详情界面如图 6 所示。



(a) 首页 (b) 摄像头详情界面
图 6 手机监测软件的首页和摄像头详情界面

Fig. 6 Home page and camera details interface of mobile phone monitoring software

手机监测软件访问云服务器中 Tomcat 下的 Webapps 文件,实时获取图像信息。手机监测软件获取图像信息和报警信息的流程如图 7 所示。

4 实验结果及分析

在实验室搭建平台对系统进行验证,实验平台实物如图 8 所示。

纵向撕裂的输送带图像如图 9 所示。嵌入式处理终端采集到的输送带纵向撕裂图像如图 10 所示,当检测到纵向撕裂时,现场语音报警。

PC 机监测软件可实时显示输送带监测图像并将图像传输至云服务器。通过 PyCharm 软件编写了传输实时性测试程序,当图像成功传输到云服务器时,显示出当前时间。传输实时性测试结果如图 11 所示。从图 11 可看出,测试中 PC 机监测软

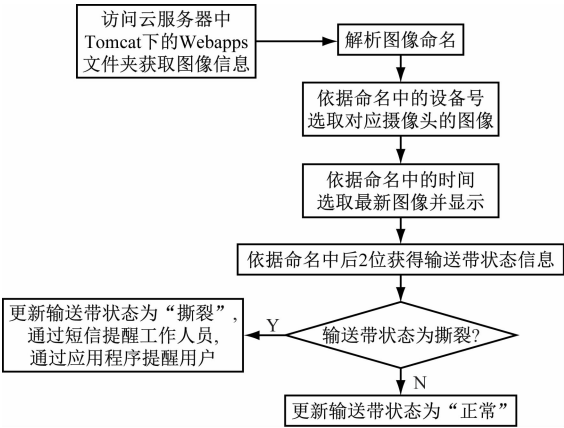


图 7 手机监测软件获取图像信息和报警信息流程
Fig. 7 Flow of obtaining image information and alarm information by mobile phone monitoring software

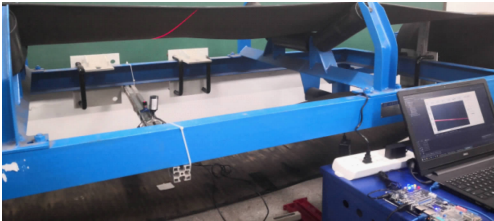


图 8 实验平台实物

Fig. 8 Physical experimental platform



图 9 输送带纵向撕裂图像

Fig. 9 Longitudinal tearing image of conveyor belt

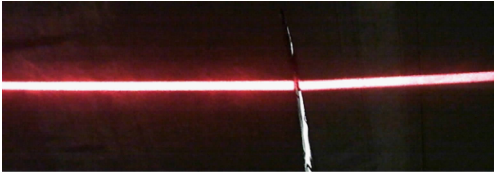


图 10 嵌入式处理终端采集到的输送带纵向撕裂图像
Fig. 10 Longitudinal tearing image of conveyor belt collected by embedded processing terminal

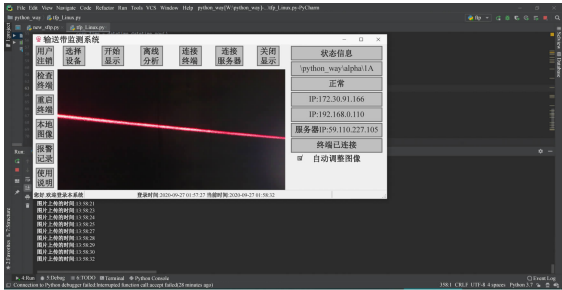


图 11 传输实时性测试结果

Fig. 11 Test results of real-time transmission

件更新图像的时间与 PyCharm 程序显示的图像上传至云服务器的时间相同,说明图像信息是实时、同步更新的。

当输送带发生纵向撕裂时,PC 机监测软件通

过弹窗提醒报警,PC 机监测软件报警界面如图 12 所示。

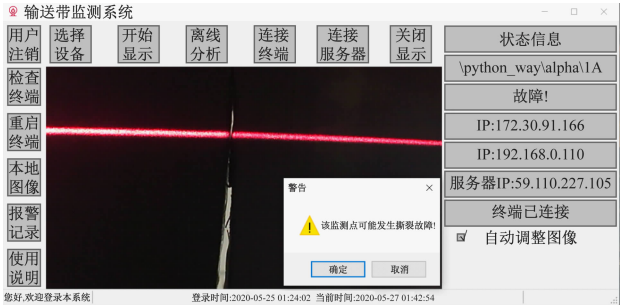
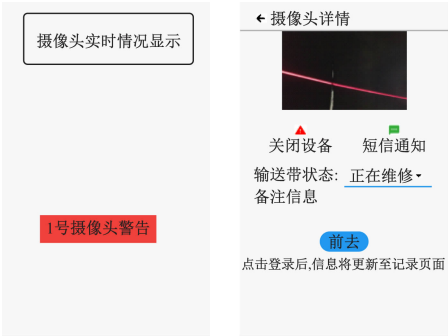


图 12 PC 机监测软件报警界面

Fig. 12 Alarm interface of PC monitoring software

在 PC 机报警的同时,手机监测软件立即发出报警短信至工作人员。用户可使用手机监测软件随时随地查看输送带的状态信息,还可以在维修或者实地检查后标注输送带的状况,供其他工作人员参考。手机监测软件监测到故障时的报警和摄像头详情界面如图 13 所示。



(a) 报警

(b) 摄像头详情界面

图 13 手机监测软件的报警和摄像头详情界面

Fig. 13 Alarm and camera details interfaces of mobile phone monitoring software

手机监测软件能够实时更新输送带的维护信息,为工作人员提供了一个通信交流平台;可同时对 10 个监测点进行远程实时监控,无需在每个监测点都安排工作人员 24 h 值班,极大地减少了人员工作量。

5 结语

基于云技术,结合线激光、机器视觉和 ARM 技术提出了一种输送带纵向撕裂远程监测系统设计方案,设计了嵌入式处理终端硬件和软件、PC 机监测软件和手机监测软件。该系统利用 SFTP、FTP 文件传输协议和云服务器,实现了现场、PC 端、手机端全方位的输送带纵向撕裂远程实时监测,可远程随时随地监测任一监测点输送带的运行状况,使用便捷、扩展性好、实时性强,解决了现有系统监测点少、扩展性差,只有事故现场报警或 PC 机报警,仍需人员值守等问题。

参考文献(References):

[1] 付朕. 矿用带式输送机托辊远程故障诊断系统[D]. 徐州:中国矿业大学,2020.
FU Zhen. Remote fault diagnosis system of mine belt conveyor idler [D]. Xuzhou: China University of Mining and Technology,2020.

[2] 甘福宝,黄友锐,韩涛,等. 基于狮群优化二维 Otsu 算法的输送带撕裂检测方法[J]. 工矿自动化,2019,45(10):55-60.
GAN Fubao, HUANG Yourui, HAN Tao, et al. Conveyor belt tear detection method based on lion group optimization two-dimensional Otsu algorithm [J]. Industry and Mine Automation, 2019, 45(10): 55-60.

[3] 王建勋. 煤矿输送带传输故障实时监测技术[J]. 工矿自动化,2015,41(1):45-48.
WANG Jianxun. Real-time fault monitoring technology for coal mine conveying belt[J]. Industry and Mine Automation,2015,41(1):45-48.

[4] 李现国,明紫旭,苗笛,等. 基于线激光和 ARM 的输送带纵向撕裂监控系统设计[J]. 煤炭科学技术,2017,45(2):146-150.
LI Xianguo, MING Zixu, MIAO Di, et al. Design on monitoring and control system of conveyor belt longitudinal tearing based on line laser and ARM [J]. Coal Science and Technology,2017,45(2):146-150.

[5] 杨祥,田慕琴,李璐,等. 带式输送机输送带故障检测技术研究[J]. 煤矿机械,2019,40(2):133-136.
YANG Xiang, TIAN Muqin, LI Lu, et al. Research on belt failure detection technology for belt conveyor [J]. Coal Mine Machinery,2019,40(2):133-136.

[6] 庞佳. 刮板输送机故障诊断方法研究[J]. 能源与环保,2019,41(9):138-140.
PANG Jia. Research on fault diagnosis method of scraper conveyor [J]. China Energy and Environmental Protection,2019,41(9):138-140.

[7] 刘士杰,刘广胜,朱永刚. 基于射频识别技术的强力带式输送机纵向撕裂保护应用研究[J]. 煤矿机械,2019,40(1):40-41.
LIU Shijie, LIU Guangsheng, ZHU Yonggang. Research on application of strong belt transporter vertical tear protection based on radio frequency identification technology [J]. Coal Mine Machinery, 2019,40(1):40-41.

[8] 郭启皇,乔铁柱. 基于 Otsu 算法的输送带撕裂视觉检测系统研究[J]. 煤炭技术,2017,36(4):279-282.
GUO Qihuang, QIAO Tiezhu. Research of conveyor belt tear vision detection system based on Otsu algorithm [J]. Coal Technology, 2017, 36(4): 279-282.

[9] 毛清华,毛金根,马宏伟,等. 矿用带式输送机智能监测系统研究[J]. 工矿自动化,2020,46(6):48-52.
MAO Qinghua, MAO Jingen, MA Hongwei, et al. Research on intelligent monitoring system of mine-used belt conveyor[J]. Industry and Mine Automation, 2020,46(6):48-52.

[10] 明紫旭. 基于 WI-FI 的矿用输送带纵向撕裂监控系统的设计与研究[D]. 天津:天津工业大学,2017.
MING Zixu. Research and design of longitudinal tearing monitoring system for mining conveyor belt based on WI-FI [D]. Tianjin: Tiangong University, 2017.

[11] 黄家明,李冠广,乔英良,等. 融合架构云服务器体系结构和关键技术[J]. 计算机工程与应用,2018,54(14):65-70.
HUANG Jiaming, LI Guanguang, QIAO Yingliang, et al. Architecture and key technologies of converged infrastructure cloud server[J]. Computer Engineering and Applications,2018,54(14):65-70.

[12] 张元刚,刘坤,杨林,等. 煤炭工业监控大数据平台建设 with 数据处理应用技术[J]. 煤炭科学技术,2019,47(3):75-80.
ZHANG Yuangang, LIU Kun, YANG Lin, et al. Platform construction and data processing application technology in coal industry monitoring big data[J]. Coal Science and Technology,2019,47(3):75-80.

[13] 李作康,王禹林,刘璐,等. 基于 B/S 架构的数控加工设备远程监测系统[J]. 组合机床与自动化加工技术,2019(8):91-94.
LI Zuokang, WANG Yulin, LIU Lu, et al. Remote monitoring system of CNC machining equipment based on B/S architecture [J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2019(8):91-94.

[14] 刘欢. 基于 PLC 的带式输送机节能控制系统研究[J]. 能源与环保,2019,41(3):154-156.
LIU Huan. Research on energy saving control system of belt conveyor based on PLC[J]. China Energy and Environmental Protection,2019,41(3):154-156.

[15] 邓彬,成卫青. 基于改进慢启动算法的大文件快速传输[J]. 计算机应用研究,2020,37(3):860-863.
DENG Bin, CHENG Weiqing. Large file transfer based on improved slow start algorithm [J]. Application Research of Computers, 2020, 37(3): 860-863.