

文章编号:1671-251X(2015)07-0010-04 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2015.07.003
魏文艳.综采工作面放顶煤自动控制系统[J].工矿自动化,2015,41(7):10-13.

综采工作面放顶煤自动控制系统

魏文艳

(北京天地玛珂电液控制系统有限公司,北京 100013)

摘要:针对现有放顶煤工作面采用人工操作方式放煤存在随机性强、放煤效率低等问题,设计了综采工作面放顶煤自动控制系统。该系统采用煤矸识别传感器采集、分析、处理煤块和矸石撞击支架尾梁产生的振动信号,以判断煤块和矸石的下落状态,并将处理结果通过 ZigBee 无线收发装置发送给支架控制器,支架控制器依据检测结果自动控制放煤支架动作,从而实现放煤过程的自动控制。

关键词:综采工作面;放顶煤自动控制;煤矸识别传感器;支架控制器

中图分类号:TD67 文献标志码:A 网络出版时间:2015-07-01 8:56

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20150701.0856.003.html>

Automatic control system of top coal caving on fully-mechanized coal mining face

WEI Wenyan

(Beijing Tiandi-Marco Electronic-Hydraulic Control System Company Ltd., Beijing 100013, China)

Abstract:In view of problems of large randomness, low efficiency of coal caving of artificial operation for top coal caving mining face, an automatic control system of top coal caving on fully-mechanized coal mining face was designed. The system uses coal gangue recognition sensor to collect, analyze, process vibration signals generated by coal and gangue impacts tail beam, so as to determine the whereabouts condition of coal and gangue, and the processing results were sent to support controller by ZigBee wireless transceiver, then the support controller automatically control coal caving support action according to test results to achieve automatic control of process of coal caving.

Key words:fully-mechanized coal mining face; automatic control of top coal caving; coal and gangue recognition sensor; support controller

0 引言

我国煤炭储量巨大,其中厚煤层储量占 44%,每年地下开采的厚煤层煤炭产量占煤炭总产量的 45%以上。自 20 世纪 80 年代开始,我国对厚煤层机械化采煤方法进行了大量的试验研究,综采放煤方法是其中一种主要的综合机械化采煤方法。综采放煤方法是一种开采缓倾特厚煤层和急倾特厚煤层的采煤方法,广泛应用在我国的煤矿开采过程中^[1-4]。随着对综采放煤方法的深入研究及支架电

液控制系统的广泛应用,煤矿对放顶煤工作面的自动化水平提出了更高要求。目前,我国放顶煤工作面的自动化技术主要停留在人工操作阶段,工人在操作支架后部放煤口的过程中,还需要一直观察支架后端的落煤情况,如果有较大的矸石落下的话,通过电液控制系统关闭后部放煤口。这种放煤操作方式决定了工人不能离开后部放煤口太远,要时刻观察放煤情况,劳动强度大,工作环境恶劣,且放煤工作受人为因素影响大,随机性强,放煤效率低^[5-8]。针对以上问题,本文对综采工作面放顶煤自动控制

收稿日期:2015-01-23;修回日期:2015-03-13;责任编辑:张强。

基金项目:中国煤炭科工集团有限公司科技创新基金青年基金项目(2014QN028)。

作者简介:魏文艳(1980—),女,山西大同人,助理研究员,现主要从事煤矿电液控制系统的自动化控制与系统开发工作,E-mail:weiwy@tdmarco.com。

技术进行了研究,开发了综采工作面放顶煤自动控制系统。

1 系统组成

综采工作面放顶煤自动控制系统包括支架控制器、煤矸识别传感器、ZigBee 无线收发器等主要装置,如图 1 所示。其中支架控制器通过驱动电磁先导阀的开合来控制放煤支架的液压元部件,从而控制支架动作。支架控制器有 4 路驱动分别控制支架的伸/收插板、伸/收尾梁 4 个放煤相关动作。煤矸识别传感器是放煤过程监测传感器,在放顶煤过程中,煤块及矸石下落撞击在支架尾梁产生振动信号,煤矸识别传感器通过采集、分析处理这些振动信号以判断煤块下落量及矸石下落状态,并将处理结果通过 ZigBee 无线收发器发送给支架控制器。支架控制器软件是依据放煤工艺并结合现场放煤要求开发的,该软件能自动执行放煤动作,并依据接收到的相关振动信号判断放煤状态,根据放煤要求自动控制支架的放煤过程。

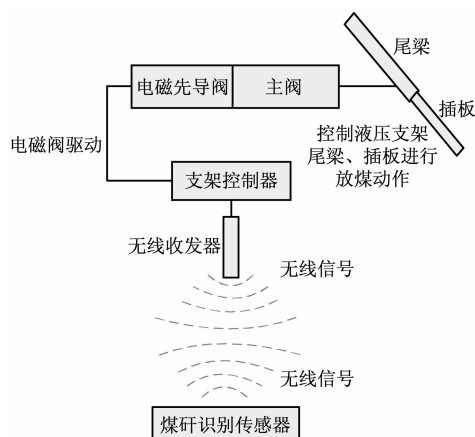


图 1 综采工作面放煤自动控制系统组成

2 煤矸识别传感器设计

煤矸识别传感器用于检测放煤过程中煤块放落量及矸石下落状态。煤矸识别传感器由供电干电池组、振动信号检测芯片、DSP 高速处理器、ZigBee 无线收发装置、强磁固定装置组成。当放煤支架进行放煤动作时,煤块或者矸石落到尾梁上导致尾梁振动,传感器中的振动信号检测芯片检测尾梁上的振动信号,并将这些振动信号实时报送到 DSP 高速处理器进行分析处理。DSP 高速处理器通过分析这些振动信号判断出煤块放落量及矸石下落情况,并通过 ZigBee 无线收发装置将该信息发送给支架控制器。

2.1 煤矸识别传感器原理

煤矸识别传感器采用振动感知方法识别煤块和矸石。在放煤过程中,下落的煤块或矸石砸落在支架的尾梁上产生不同的振动信号,由于煤块和矸石的硬度不同,其产生的振动信号强度也不同。煤矸识别传感器根据识别振动信号的强度来判断下落的是煤块或者矸石。该方法能够较直接地对煤矸信号进行判断,但要求煤块与矸石的硬度比相差较大。经调研,在放煤工作面中煤矸硬度比有显著差异的放顶煤工作面占有很大比例,应用市场比较广泛。

2.2 煤矸识别传感器振动信号采集及处理

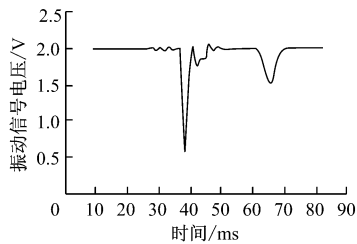
在支架放煤过程中,煤块或矸石撞击放煤支架尾梁产生振动信号,由于下落物的质地及下落量不同,且随机撞击在尾梁的不同位置,导致需要采集的振动信号频率范围宽、动态范围大。本研究中采用 ADXL001 iMEMS[®] 高性能加速计采集信号。该加速度计检测范围为 $\pm 250g$ (g 为重力加速度),具有线性度高(0.2%满量程)、全差分信号处理、抗电磁干扰(EMI)与射频干扰性(RFI)好、功耗低等优点,能够满足井下应用要求。

在实际放煤过程中由于插板、尾梁的动作也会导致尾梁产生振动,这些振动干扰信号夹杂在放煤振动信号中,直接影响煤块及矸石下落的检测结果。为消除这些干扰信号,采用了前端滤波方法,使用基于 Equiripple 的 FIR 滤波器,采用 216 阶系统带通滤波设计,通带频率设计为 9.5~10.5 kHz;阻带截止频率设计为 9, 11 kHz,且阻带衰减设计为 -55 dB,这样设计的滤波器有效衰减了尾梁插板动作时产生的振动信号,使得放煤振动信号可以无损地进入系统。

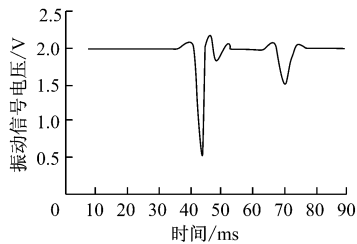
前端滤波器滤波效果如图 2 所示。从图 2 可以看出,噪声信号被较好地滤除掉了,留下的是有效的振动信号。将此信号送入下一个处理环节进行能量计算,根据能量值的相对变化来辨识煤岩特征。

2.3 煤矸识别传感器振动信号分析

煤矸识别传感器采用 DSP 高速处理器对滤波后的振动信号进行运算、处理、分析。振动传感器采集的信号通过语音编解码芯片送入系统外设总线 I²S, I²S 总线挂接到系统 DMA (Direct Memory Access, 直接存储器存取) 控制器的通道上,通过 DMA 控制器将采集到的块数据直接传输给系统内部的 RAM 单元进行暂存。通过 DMA 控制器传输数据能够有效地减小 CPU 的负荷,使得系统采集与计算可以同时进行,保证了系统采集数据的连续



(a) 滤波前



(b) 滤波后

图 2 前端滤波器滤波效果

性与可靠性。

系统采集的信号在时域中的能量表示可以通过计算信号二阶中心矩的方式得出。首先将采集到的振动信号进行前端滤波处理,并将此信号进行一阶矩计算,得出其期望值;然后将后续信号处理结果中心化;最后计算中心化后信号时域的二阶矩能量值,根据该能量值判断是煤块还是矸石下落。放煤过程中通过煤矸识别传感器采集到的振动信号的时域能量算法的三维视图如图 3 所示,在放煤过程中,当矸石落下时产生的振动信号经过该方式得出的能量值明显高于其他振动信号。

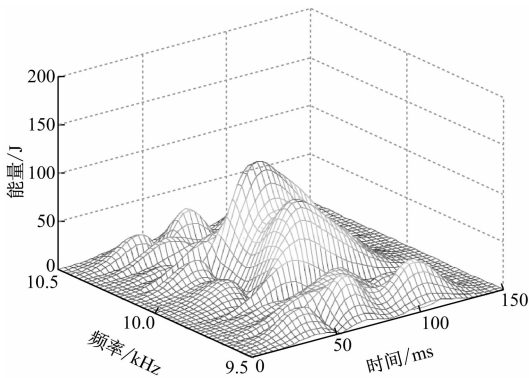


图 3 时域能量算法的三维视图

2.4 煤矸识别传感器使用效果

白洞煤业放顶煤工作面的岩石主要以砂岩为主,呈白色,岩石硬度大,与煤块的颜色硬度区别明显。在白洞煤业放顶煤工作面试验中测试得到的岩石垮落时的典型振动信号波形如图 4 所示,时间 $t=280\text{ ms}$ 处是较多砂岩垮落的时间点,从振动信号波形上能明显判断出岩石冲击信号与煤块冲击信号的

能量差别。 $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3$ 均为大量矸石落下时间区段。

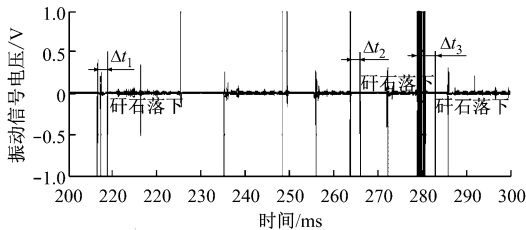


图 4 煤矸识别传感器井下试验效果

3 放煤过程自动控制

依据放煤工艺要求,在支架控制器中编写了相应软件,用于控制放煤支架顺序执行:收插板→收尾梁→放煤等待→伸尾梁→伸插板过程,其中各个动作时间、放煤量阈值均有相应参数控制,能够灵活设置。在放煤等待阶段,即放顶煤过程中,支架控制器依据振动传感器的检测结果判断放煤量大小及矸石下落情况。当放煤量超过设定阈值时,为保护后部输送机,防止放煤量过大导致后部输送机超过额定负载,需要在尾梁及插板伸出部分减少放煤量;当检测到的矸石下落量超过阈值时,应及时将尾梁及插板完全伸出以停止放煤过程。其中放煤时间是保护时间,可避免传感器发生故障时放煤动作一直进行的状况发生。

3.1 放煤参数设定及其意义

在自动放煤过程中,为保证软件的灵活性,特别设定了放煤参数,见表 1。

表 1 放煤参数

参数名称	参数意义	参数名称	参数意义
收插板时间	收插板动作的时间	伸插板时间	伸插板动作的时间
收尾梁时间	收尾梁动作的时间	煤量阈值	放煤量保护设定值
伸尾梁时间	伸尾梁动作的时间	矸石阈值	矸石量设定值

3.2 放顶煤自动化控制软件流程

支架控制器软件自动执行相应的放顶煤动作,当自动放煤功能启动后,支架控制器控制放煤支架按图 5 所示流程执行放煤动作。在放煤过程中通过判断振动信号是否达到矸石阈值、煤量阈值及放煤时间是否到达等条件控制放煤支架作出自动决策动作,从而实现放煤过程的自动化控制。

4 结语

综采工作面放顶煤自动控制系统在放顶煤控制过程中通过煤矸识别传感器进行放煤量及矸石下落

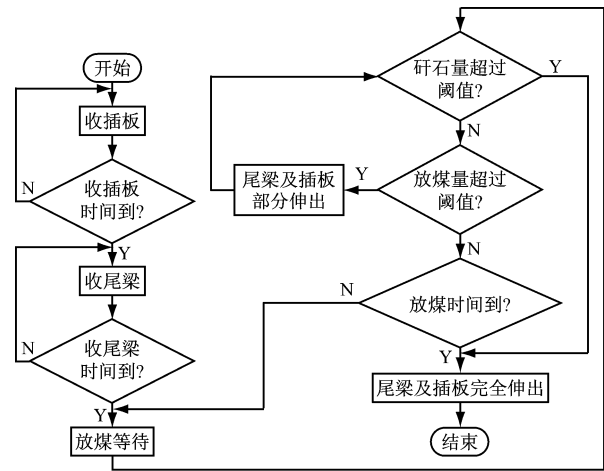


图5 放煤过程自动控制流程

状态的检测,将检测结果作为放煤控制依据,使放煤过程形成闭环控制,从而实现放顶煤自动控制。该系统能够有效地实现对放煤量及落矸情况的精确控制,降低了操作工人劳动强度,改善了工作环境。目前,该系统已在某煤矿放顶煤工作面进行了井下工业性试验,效果良好,为全面推广应用奠定了基础。

参考文献:

[1] 王金华. 特厚煤层大采高综放开采关键技术[J]. 煤炭学报, 2013, 38(12): 2089-2098.

[2] 王家臣. 厚煤层开采理论与技术[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2009: 15-25.

[3] 司荣军, 姜福兴, 王仁法, 等. 放顶煤工作面顶煤分类及应用研究[J]. 煤炭科学技术, 2004, 32(1): 63-66.

[4] 王保平. 放顶煤过程中煤矸界面自动识别研究[D]. 济南: 山东大学, 2012.

[5] 刘伟. 综放工作面煤矸界面识别理论与方法研究[D]. 北京: 中国矿业大学(北京), 2011.

[6] 武建文, 蒋新平, 石平五. 急倾斜顶底板处顶煤放出规律研究[J]. 煤炭工程, 2006(10): 62-64.

[7] 汪玉凤, 夏元涛, 王晓晨. 基于 DSP 的综放煤岩识别系统[J]. 计算机系统应用, 2011, 20(10): 40-43.

[8] 郭卓越, 孟峰, 毕东柱, 等. 放顶煤工作面手动控制系统煤岩识别自动识别方案设计[J]. 煤矿开采, 2014, 19(4): 57-60.