

文章编号:1671-251X(2014)09-0121-04 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2014.09.029

张良,牛剑峰,代刚,等.综放工作面煤矸自动识别系统设计及应用[J].工矿自动化,2014,40(9):121-124.

综放工作面煤矸自动识别系统设计及应用

张良, 牛剑峰, 代刚, 赵文生

(北京天地玛珂电液控制系统有限公司, 北京 100013)

摘要:提出了一种基于振动信号的综放工作面煤矸自动识别系统,介绍了系统结构及工作原理,重点阐述了煤矸识别设备的软、硬件设计方案及煤矸识别算法。该系统由煤矸识别设备依据煤与矸石跌落到液压支架上时的振动信号不同来辨识煤矸,液压支架电液控制器根据辨识结果控制液压支架动作。该系统在某煤矿进行了煤矸的可辨识性和自动放煤过程的可控性测试,并已应用于部分煤矿,效果较好。

关键词:综采放顶煤;工作面;自动放煤;煤矸识别;液压支架;电液控制

中图分类号:TD355.4/67 文献标志码:A 网络出版时间:
网络出版地址:

Design of automatic identification system of coal and gangue for
fully-mechanized coal caving working face and its application

ZHANG Liang, NIU Jianfeng, DAI Gang, ZHAO Wensheng
(Beijing Tiandi-Marco Electro-Hydraulic Control System Co., Ltd, Beijing 100013, China)

Abstract: An automatic identification system of coal and gangue for fully-mechanized coal caving working face based on vibration signal was proposed, structure and working principle of the system were introduced and design schemes of software and hardware of coal and gangue identification device were expounded as well as identification algorithm. The coal and gangue identification device identifies coal and gangue according to different vibration signals of coal and gangue falling on hydraulic support. Electro-hydraulic controller controls hydraulic support act according to identification result. The system has been tested with contents of identifiability of coal and gangue and controllability of automatic coal caving process in a mine and applied in some mines, which gets better effect.

Key words: fully-mechanized top coal caving; working face; automatic coal caving; coal and gangue identification; hydraulic support; electro-hydraulic control

0 引言

综采放顶煤是一种开采缓倾斜特厚煤层和急倾斜特厚煤层的采煤方法。目前综采放顶煤的放顶过程完全由人工操作控制,工人在操作液压支架后部放煤口过程中,需要一直观察液压支架后端的落煤情况,有较大的矸石落下时,通过液压支架电液控制系统关闭后部放煤口,具有很大的随机性,工作效率低。如果放顶不足会造成煤炭回收率低,过量则会

因大量矸石的混入而造成煤炭质量下降^[1-2]。目前主要采用的煤矸识别方法为煤岩放射的自然伽玛射线(Natural Gamma Radiation, NGR)传感器法。该方法易受煤中夹杂物干扰和地质条件限制,只适应于高瓦斯矿区,且要求留有一定的顶煤,因此无法得到大面积应用。基于图像及小波包、神经网络等算法的煤矸识别方法^[3-6]目前大多处于实验室研究阶段,尚未得到实际应用。现场主要采用人工看和听的方法识别煤矸。由于放煤时粉尘很

大,视线较差,且噪声大,人工方法难以实现精确的煤矸识别。本文提出一种基于振动信号的综采放顶煤工作面(综放工作面)煤矸自动识别系统,并将该系统应用于综采放顶煤过程,取得了较好的效果。

1 系统结构及工作原理

综放工作面煤矸自动识别系统结构如图 1 所示。每台液压支架都安装 1 套电液控制器和 1 台煤矸识别设备。煤矸识别设备通过 RS232 串口与电液控制器连接,电液控制器根据煤矸识别结果对是否继续放煤做出决策,并将煤矸检测数据发送给位于工作面巷道的主控计算机或地面监控中心。

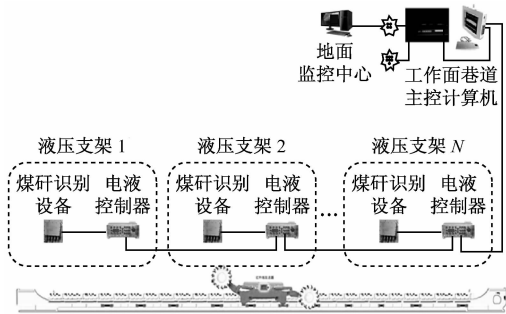


图 1 综放工作面煤矸自动识别系统结构

系统具有全自动放煤方式及人工干预下的自动放煤方式 2 种工作模式。当系统工作在全自动放煤方式时,煤矸识别设备直接将煤矸检测结果发送给电液控制器。电液控制器根据预置的放煤策略控制液压支架的尾梁和插板动作。当系统工作在人工干预下的自动放煤方式时,煤矸识别设备将处理过的煤矸检测数据通过电液控制器通信网络发送给工作面巷道主控计算机。主控计算机收到数据后进行显示,此时工人对处理结果进行确认后,远程发送指令给电液控制器,由其控制尾梁和插板动作。

2 煤矸识别设备设计

煤矸识别设备是系统核心,主要采集放煤过程中煤与矸石撞击尾梁时的振动信号,进行数据存储及滤波、时域与频域内的数据分析及相应的功率谱计算等,同时需具有较高的实时性。

2.1 硬件组成

煤矸识别设备以带有 DSP 协处理器的双核处理芯片 DM3730 为核心进行设计,其硬件组成如图 2 所示。

DM3730 由 ARM Cortex-A8 Core 和 TMS320C64x 组成,具有较高的运算性能和丰富的外部接口。根据实际需要,系统扩展了 512 MB 的

FLASH 和 SDRAM,可以满足煤矸识别设备的性能要求。振动传感器通过 ICP 恒流源供电方式接入煤矸识别设备,经过调理滤波电路处理后进入 DM3730 音频输入端。DM3730 通过外部 ALSA 声卡采集振动信号并进行处理。

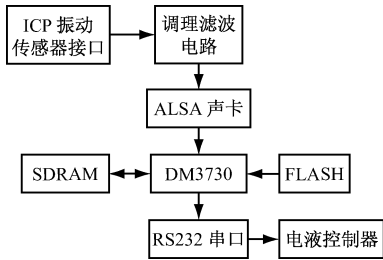


图 2 煤矸识别设备硬件组成

2.2 数据存储及处理架构

煤矸识别设备的数据存储及处理架构如图 3 所示。ARM 平台负责控制外围传感器,采集、存储数据,与电液控制器通信等功能;DSP 平台负责煤矸识别算法的运行与高速数据处理。ARM 平台运行 Linux 操作系统,通过 ALSA 架构获取来自声卡的 2 路信号,对数据进行本地存储并通过存储映射技术发送给 DSP。DSP 通过 DSPLink 获取 ARM 平台传来的数据后,根据参数配置值调用相应算法进行快速处理,并将处理结果通过 DSPLink 返回给 ARM 平台。运行在 ARM 平台上的应用管理程序将数据识别结果发送给电液控制器作为煤矸识别的判据。

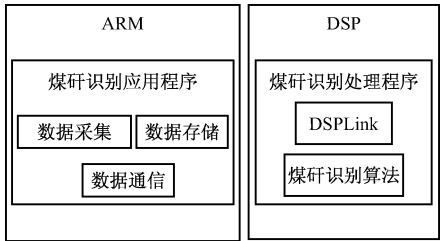


图 3 煤矸识别设备的数据存储及处理架构

2.3 煤矸识别算法

功率谱能准确反映振动能量。图 4 为煤矸垮落前后 1 路振动传感器信号的功率谱分布。可看出煤垮落时的最大振幅为 0.036 dB,而矸石垮落时的最大振幅为 0.068 dB,几乎为煤垮落时最大振幅的 2 倍。

根据图 4 提出了基于 FIR(Finite Impulse Response,有限冲激响应)滤波的煤矸识别算法,即对采集到的振动数据在时域进行数字滤波后,计算其功率谱能量。如果功率谱能量值超过阈值,则认定放煤过程中冲击液压支架的材料发生了变化,由此实现煤矸的自动识别。

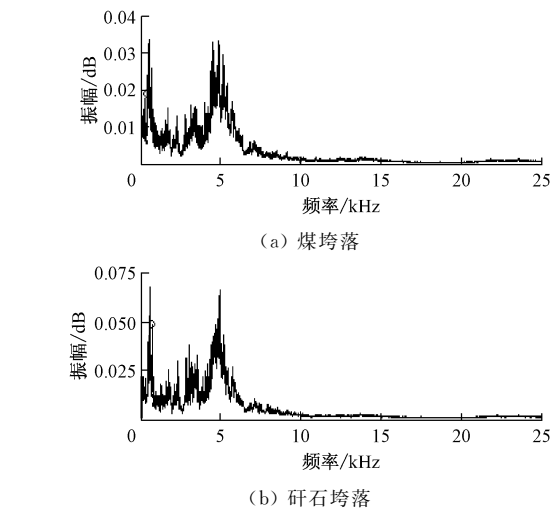


图4 煤矸垮落前后振动传感器信号功率谱分布

2.4 软件设计

煤矸识别设备的软件流程如图5所示。

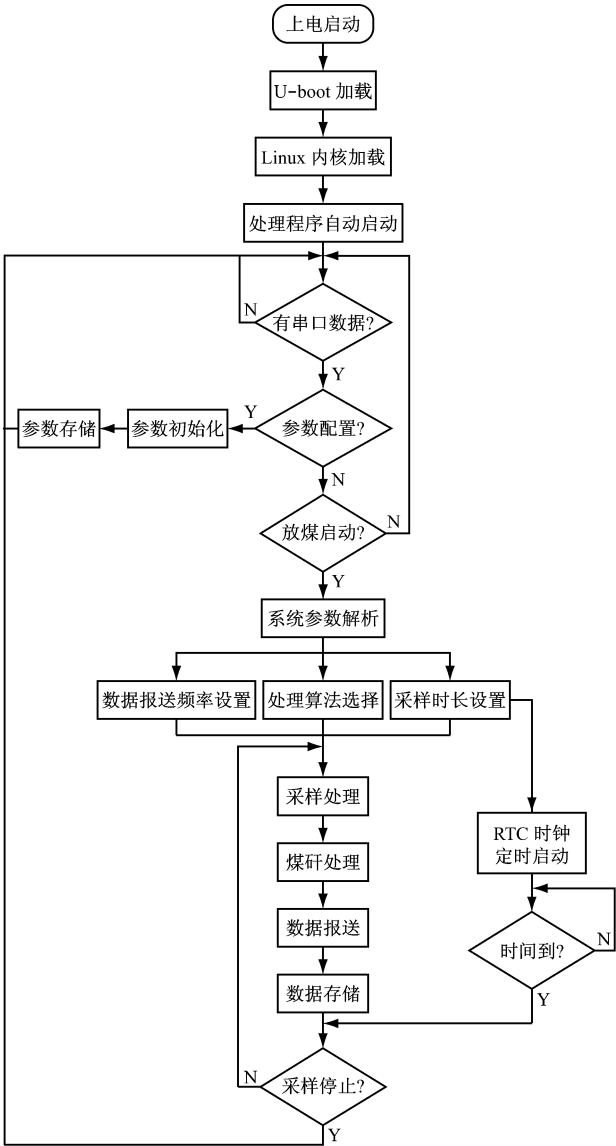


图5 煤矸识别设备的软件流程

煤矸识别设备软件需要实现与电液控制器的数据交互及系统内部各种算法等,兼顾系统的扩展性和平台的开放性,因此通过基于嵌入式Linux平台的软件设计方法实现数据采集及具体算法的调度处理,以及数据处理结果分析等。

3 现场应用

3.1 煤矸的可辨识性

煤矸的可辨识性主要通过煤与矸石撞击液压支架尾梁所产生的不同机械效应判断。系统在大同煤矿集团有限责任公司白洞煤业进行煤矸可辨识性测试,结果表明综放工作面在周期来压过程中,系统能实现煤矸的辨识。

白洞煤业有限责任公司综放工作面的岩石主要以砂岩为主,呈白色,岩石硬度大,与煤块的硬度区别明显,岩石撞击到液压支架后不易破碎,对液压支架的冲击力强;煤块的硬度小,质地较软,煤块跌落到液压支架尾梁上时容易碎化,对液压支架的冲击力相对较小。图6为煤矸垮落点附近振动传感器信号波形。

图6中,280 s为较多砂岩垮落的时间点,可明显看出煤与矸石冲击信号的能量差别,据此判断出矸石下落的时刻。

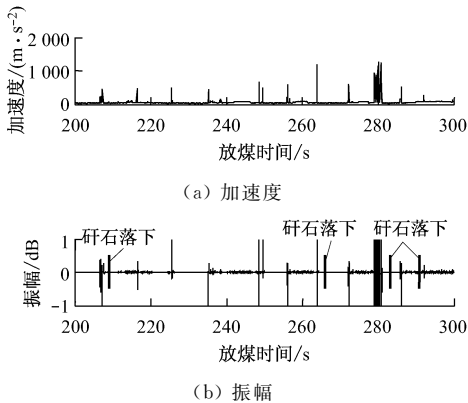


图6 煤矸垮落点附近振动传感器信号波形

3.2 自动放煤过程的可控性

矸石撞击液压支架尾梁时经过多长时间掉落到后部带式输送机上是自动放煤过程可控性的关键参数。根据图6(a)可大概看出煤矸从撞击液压支架尾梁到掉落到带式输送机上的时间差 Δt 分布。图6(b)中“矸石落下”为放煤工人看到矸石落到带式输送机上时所做的时间标签。通过对振动信号的处理及分析得到矸石落下时间,标记为对应的岩石撞击时刻,测量后得 $\Delta t_1=2.4\text{ s}$, $\Delta t_2=2.2\text{ s}$, $\Delta t_3=4.1\text{ s}$ 。可看

出矸石滑落时间基本在 2 s 以上。电液控制器能够控制尾梁和插板在 2 s 内往回收缩,以防止大块矸石落下而损坏带式输送机及破碎机。

4 结语

综放工作面煤矸自动识别系统已在部分矿区应用,效果显著。由于综采放顶煤过程与煤层分布的地质条件密切相关,对于厚煤层夹矸、断层带煤矸呈碎屑分布等情况下的煤矸识别,目前仍难以实现。系统根据振动传感器的信号变化实现煤矸识别,但液压支架在升架、降架和移架过程中,容易产生碰撞,引起振动信号的变化,可能导致误判断。系统通过振动信号的相对变化实现煤矸识别,但无法确定当前开采的是煤层还是岩层,只能检测出煤或岩的状态变化,如果煤和矸石的硬度差别不大,则系统识别效果较差。

参考文献:

- [1] 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,2012:35-43.
- [2] 任芳,熊晓燕,杨兆建. 煤岩界面识别的关键状态参数[J]. 煤矿机电,2006(5):37-39.
- [3] 王增才. 综采放顶煤开采过程煤矸识别研究[J]. 煤矿机械,2002,23(8):13-14.
- [4] 任芳. 基于多传感器数据融合技术的煤岩界面识别的理论与方法研究[D]. 太原:太原理工大学,2003:28-29.
- [5] 何爱香,王平建,魏广芬,等. 基于 Mel 频率倒谱系数和遗传算法的煤矸界面识别研究[J]. 工矿自动化,2013,39(2):66-71.
- [6] 刘伟,华臻,张守祥. 基于小波和独立分量分析的煤矸界面识别[J]. 控制工程,2011,18(2):279-282.