

# 基于矿鸿操作系统的矿用本安型视频监控一体机设计与实现

赵旭

北京天玛智控科技股份有限公司, 北京

收稿日期: 2024年5月14日; 录用日期: 2024年6月26日; 发布日期: 2024年7月29日

## 摘要

为响应煤矿综采工作面设备安全可靠、自主可控的要求, 设计并开发了基于国产矿鸿操作系统的矿用本安型视频监控一体机。本文介绍了一体机的系统组成、硬件设计、摄像机协议的开发、视频跟踪采煤机切换算法, 实现了对工作面采煤机和液压支架的实时视频监测, 并随采煤机移动自动切换视频画面, 促进了煤矿的智能化发展, 为煤矿安全生产提供了有力保障。

## 关键词

矿鸿操作系统, 视频监控, 视频解码, 视频跟踪

## Design and Implementation of Mining Intrinsic Safety Video Monitoring Integrated Machine Based on MineHarmony Operating System

Xu Zhao

Beijing Tianma Intelligent Control Technology Co., Ltd, Beijing

Received: May 14<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jun. 26<sup>th</sup>, 2024; published: Jul. 29<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

In response to the requirements of safe, reliable, and self controllable equipment in coal mine fully mechanized mining face, a mining intrinsic safety video monitoring integrated machine based on the domestic MineHarmony operating system was designed and developed. This article intro-

duces the system composition, hardware design, development and transplantation of camera protocol, video tracking and switching algorithm of the shearer, realizing real-time video monitoring of the working face shearer and hydraulic support, and automatically switching video images with the movement of the shearer, promoting the intelligent development of coal mines and providing strong guarantees for coal mine safety production.

## Keywords

MineHarmony Operating System, Video Monitoring, Video Decoding, Video Tracking

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着煤矿智能化建设的快速发展,基于视频的智能采煤模式已然兴起,综采工作面的视频监控系统在智能化采煤中扮演着至关重要的角色,其视频的清晰度和流畅性,直接影响到采煤机司机、支架操作工观察和操作的准确性,进而对整个综采工作面的生产效率和安全生产产生重大影响。煤矿智能化的发展同时对综采工作面不同设备、不同系统达成接口统一、数据共享、安全可靠等方面提出了更高要求,以确保信息的高效传输与利用。矿鸿操作系统是专门为煤矿行业开发的操作系统,构建了煤矿统一接口、统一数据格式的底座,完全自主可控,摆脱对国外关键技术的依赖[1]。矿鸿操作系统的应用,对煤炭行业构建安全、自主、可控的操作系统具有十分重要的现实意义[2]。

基于此,本文设计了一款基于矿鸿操作系统的矿用本安型视频监控一体机,通过专门开发的综采工作面视频监控软件,可实时、流畅、清晰地呈现综采工作面的视频画面,从而为智能开采提供坚实的保障。

## 2. 系统组成

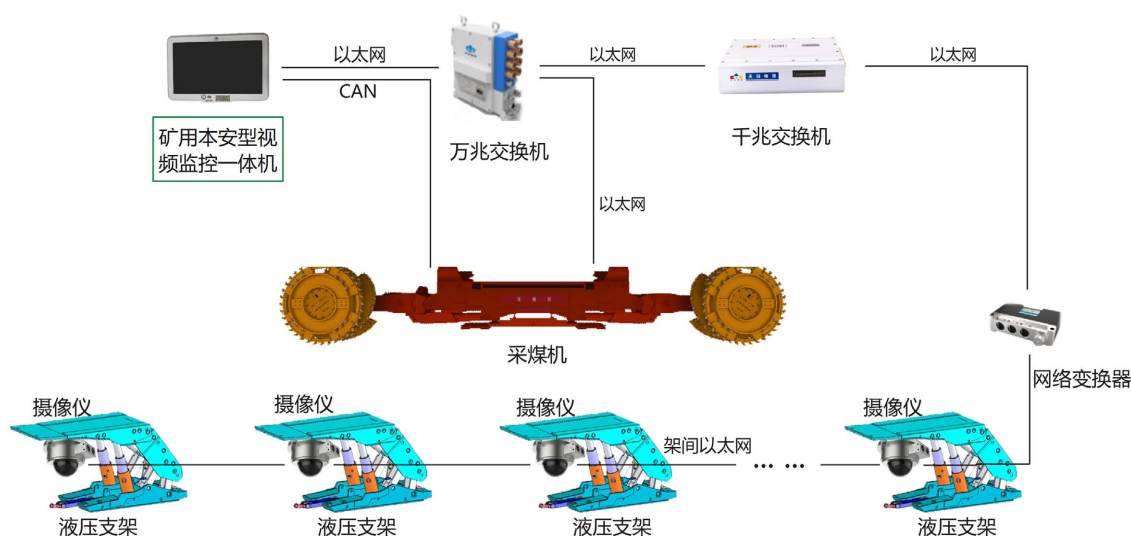


Figure 1. Structure diagram of video monitoring system for fully mechanized mining face

图 1. 综采工作面视频监控系统结构图

综采工作面视频监控系统结构图如图 1 所示。系统包括矿用本安型视频监控一体机、矿用交换机、采煤机控制器、液压支架控制器、摄像机、网络变换器[3] [4]。摄像机安装在液压支架上, 连接至网络型液压支架控制器, 视频监控一体机通过交换机、网络变换器、架间以太网链路, 实现与摄像机和液压支架控制器的以太网通讯, 获取其相关信息。采煤机具有以太网和 CAN 总线两种通讯方式, 能同时满足高带宽和实时性的要求, 一体机通过双链路冗余方式获取采煤机的状态信息。一体机根据采煤机和摄像机的相对位置, 以及采煤机和液压支架的当前状态, 实时显示智能化采煤视频。

### 3. 系统硬件设计

#### 3.1. 硬件设计

一体机的硬件结构图如图 2 所示。处理器采用国产工控级 RK3568 高性能芯片, 该芯片为四核 64 位 Cortex-A55 架构, 具有强大的视频编解码能力, 支持多种视频格式高清硬解码。显示屏采用 21.5 英寸液晶显示屏, 与处理器通过 LVDS 接口连接, 能够为工作面视频提供更宽广的视野和清晰的画质。设计蓝牙、WIFI 无线传输功能, 可实现与手机端的近场连接。1 路隔离 USB 接口, 用于连接本安无线键盘鼠标的接收器, 以便人员通过无线键鼠操作一体机。1 路 CAN 通讯接口和 1 路千兆以太网接口, 用于实现与采煤机控制器、液压支架控制器、摄像机的通讯。

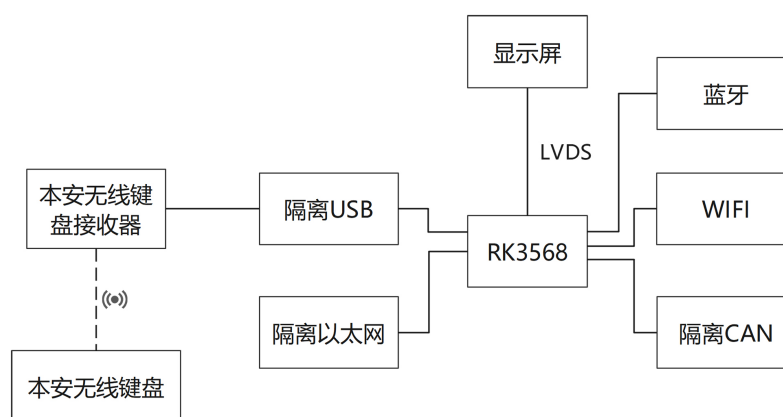


Figure 2. Hardware structure diagram of video monitoring integrated machine  
图 2. 视频监控一体机硬件结构图

为防止煤矿井下变频器、高压电等对视频监控一体机通讯造成干扰, 设计 CAN 通讯模块隔离耐压直流 3500 V, 同时在信号 CANH 和 CANL 之间增加共模电感以抑制共模噪声, 在 CANH、CANL、CGND 之间采用二极管、TVS 管连接防止电压过高对 CAN 通信电路造成损害。选用带网络变压器的 RJ45 接口, 抑制电磁干扰和回路噪音, 提高以太网信号的抗干扰能力[5] [6]。

#### 3.2. 矿鸿操作系统适配

矿鸿操作系统(MineHarmony)是基于开源 OpenHarmony 系统, 专门针对矿山行业所开发的物联网操作系统。矿鸿操作系统为不同设备的智能化、互联与协同提供了统一语言, 针对矿山行业的安全可信进行了专项保障。

矿鸿操作系统适配过程如图 3 所示。一是获取矿鸿操作系统的底座源码, 根据处理器芯片进行内核配置, 编译构建框架, 编译适配处理器内核、类型编译选项等信息。二是开发硬件平台驱动和器件驱动, 连接板载外设。三是适配系统依赖的子系统组件, 如分布式软总线、分布式调度等套件。再对系统进行

编译构建，并完成系统启动。

在适配完成后，需要对系统进行兼容性测试，满足统一的兼容性设计要求，以此确保所有基于 MineHarmony 开发的设备可运行应用的用户体验一致[7]。本文设计的视频监控一体机已经通过了 OS 基础认证测试、矿鸿增强套件认证、矿鸿设备接入认证等矿鸿系统认证。

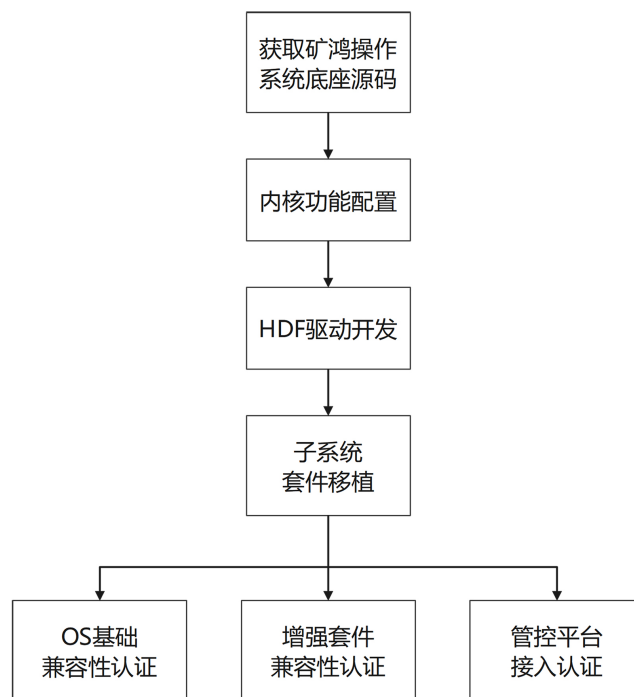


Figure 3. MineHarmony operating system adaptation flowchart  
图 3. 矿鸿操作系统适配流程图

## 4. 软件设计

### 4.1. 总体设计

工作面液压支架通常为 100 多台，为保证视频监控画面可以有效显示工作面实际采煤情况，每 3 台支架安装 1 台摄像仪，工作面的摄像仪数量大约在 40~50 台左右。在采煤机截割过程中，不仅需要观察采煤机左滚筒和右滚筒的截割情况，同时需要留意采煤机前后支架护帮板以及支架支护状态[8] [9]，当有端头支架观察需求时，也会将端头支架的视频固定显示在显示屏上，因此，一体机提供 4 分屏和 6 分屏显示形式可供选择，以满足显示需求。在 4 分屏显示界面中，2 个画面为距离采煤机左、右滚筒最近的摄像仪视频，2 个画面为采煤机附近的摄像仪朝向煤壁的视频。

综采工作面视频监控一体机软件系统包含多个功能模块，如图 4 所示。交互页面包括用户登录页面、参数设置页面、视频显示页面，负责与操作人员的人机交互，个性化参数设置，视频显示。HttpServer 模块通过浏览器为用户提供参数上传与下载接口，实现参数的上位机管理。ModbusTCP 通讯模块负责获取采煤机和液压支架的数据。CAN 通讯模块负责获取采煤机的数据，采煤机同时具有 CAN 通讯和 ModbusTCP 通讯时，CAN 通讯作为冗余通讯。ONVIF 模块负责摄像头的在线管理、云台控制。摄像仪计算模块是视频监控画面调节的依据，计算具有最佳拍摄位置的摄像仪编号以及云台调节角度。视频播放模块负责摄像仪流媒体数据的硬解码以及播放功能。

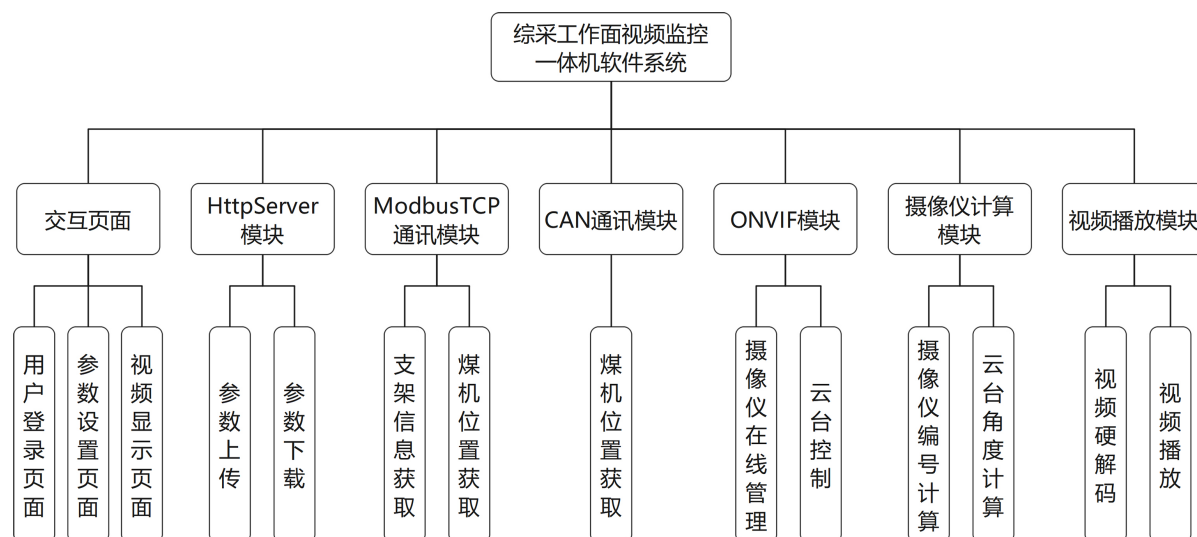


Figure 4. System function module diagram

图 4. 系统功能模块图

## 4.2. 视频画面调节

综采工作面视频监控画面调节包括两部分，一是选择需要显示的摄像机，通过软件计算获取拍摄采煤机的最佳摄像机编号及 IP 地址，二是对摄像机的云台角度进行调节。工作面摄像机采用天玛智控公司矿用本安型云台摄像机，通过实时计算摄像机拍摄角度，控制摄像机云台调节，使摄像机视频画面对工作面采煤机状态具有最佳显示效果。

摄像机安装固定在液压支架上，采煤机在液压支架前刮板机上行走，范围从液压支架首架至尾架，一体机将安装摄像机的支架编号导入软件，同时动态获取采煤机的位置，计算出具有最佳采煤机滚筒拍摄角度的摄像机的编号，并将相应的视频画面显示出来。当采煤机往机头或机尾方向进行采煤作业时，会根据方向信息将采煤机前方朝向煤壁的摄像机视频画面予以显示。采煤机相对液压支架位置的获取方式主要为两种，一种是红外方式，采煤机机身安装有红外发射器，每台支架安装红外接收器，根据接收到的红外信号来计算采煤机当前位置和运行方向，采煤机位置偏差为一台支架的宽度，另一种是编码器方式，采煤机安装有编码器，可测量其行走的里程，由此能精确获得采煤机的中心点与支架的相对位置，且位置精度可达厘米级。本文采用的是基于编码器的方式获取采煤机的位置。

工作面矿用摄像机产品种类较多，对摄像机的云台控制，通常采用厂商提供的摄像机控制与管理 SDK 包，通过调用 API 接口实现摄像机的在线管理、网络配置、云台控制等功能。在更换不同品牌摄像机后，需要加入新的 SDK 包进行接口调用。

为解决使用不同厂商摄像机而频繁更新一体机软件的问题，本文设计的一体机采用 ONVIF 协议实现摄像机的管理。ONVIF 协议是网络视频设备之间的信息交换的通用协议，包括装置搜寻、实时视频、音频、元数据和控制信息等。采用摄像机 ONVIF 标准协议，可以实现摄像机在线管理、断电网后重连、网络配置、摄像机云台控制等 SDK 包所具有的功能。

摄像机云台调节分为水平方向和垂直方向，以朝向煤壁方向为基准点，在水平方向通过左右调节云台，以匹配采煤机行走时相对摄像机位置的变化，在垂直方向通过上下调节云台，匹配采煤机左右滚筒截割时采高的变化。

在水平方向上，确定摄像机的编号后，摄像机与采煤机滚筒形成三角形关系，根据推溜距离、滚筒



中心距、摄像仪安装位置，可以确定  $a_1$ 、 $b_1$ 、 $a_2$ 、 $b_2$  的长度，从而得出  $\alpha$  和  $\beta$  角度，如图 5 所示，通过调节云台角度，实现采煤机滚筒显示在画面水平方向的中心。

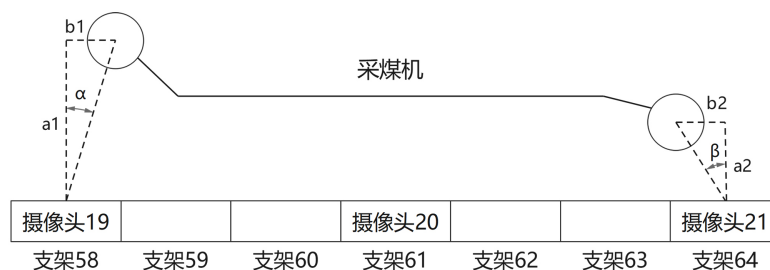


Figure 5. Camera horizontal angle pan tilt adjustment

图 5. 摄像仪水平角度云台调节

同理，在垂直方向上，一体机获取采煤机当前滚筒的高度，根据摄像仪安装高度，确定摄像仪与滚筒的三角形关系，进而得出调节角度，始终将采煤机滚筒显示在画面垂直方向的中心。

当摄像仪不在采煤机滚筒最佳拍摄范围内时，摄像仪则恢复到朝向煤壁状态。

### 4.3. 视频解码

目前主流摄像仪使用的视频编解码技术为 H.264 和 H.265，其压缩率高，并采用 RTSP 实时流传输协议。一体机显示 4 台或 6 台摄像仪视频画面，需要对多个视频同时进行解码，会极大地消耗 CPU 计算资源。RK3568 集成 Mali-G52-2EE GPU，其支持单路 4K@60fps H.265/H.264/VP9 多格式视频解码，或者多路 1080P@30fps 同时解码；同时也支持 1080P@60fps H.265/H.264 视频编码的动态码率、帧率、分辨率调节。通过 GPU 来实现硬解码，不仅能实现视频的流畅播放，降低功耗，还可以大幅减少 CPU 的占用率，从而让 CPU 可以更专注于人机交互、通讯、计算等功能。

在硬解码方面，芯片厂商提供通用媒体处理软件平台(Media Process Platform, MPP)，使用统一的视频媒体处理接口(Media Process Interface, MPI)即可实现媒体处理。MPP 具备视频编解码功能，其类型涵盖了摄像仪广泛使用的 H.264 和 H.265。MPI 提供了一些硬件解码及相关功能的接口，其解码流程如图 6 所示。通过 Mpp\_create 创建 MPP 解码器上下文 ctx，对 MppApi 结构体进行初始化，通过其成员控制解码器的解码类型与格式，运用 mpp\_packet\_init 将 avpacket 的数据赋值到 mpp\_packet，通过 decode\_put\_packet 把压缩视频传输到 MPP 解码器，再由 decode\_get\_frame 获取每一帧 MPP 的解码数据，从而获得每一帧的原始数据。

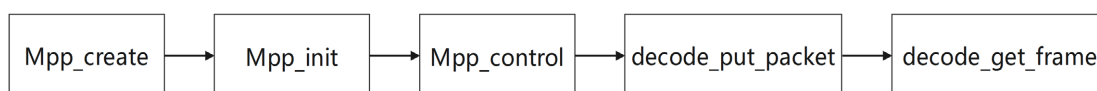


Figure 6. MPP decoding flow

图 6. MPP 解码流程

Rockchipmpp 是 rk 公司开发的一个 gstreamer 插件，其能够将 MPP 和 GStreamer 紧密结合。gstreamer 是一个用于开发流媒体应用的开源框架，采用了基于插件(plugin)和管道(pipeline)的体系结构[10]。在编程时可直接将相关代码放到 gstreamer 源码中进行编译，其中文件 gstmpph264enc.c 和 gstmpph265enc.c 分别对应 H.264 和 H.265 的解码文件，通过直接使用 gst/gst.h 即可实现对库文件中函数的访问。

视频监控一体机主页面通常显示 4 台摄像仪信息，当所需要显示的摄像仪在线时，可实时获取视频

信息并通过 video 组件来实现视频播放。

## 5. 现场应用

矿用本安型综采工作面视频监控一体机在煤矿井下进行了测试, 显示画面如图 7 所示。一体机共连接 39 台摄像仪, 所有摄像仪均为在线状态。在采煤机割煤作业过程中, 一体机能够实时获取采煤机的位置信息, 同时显示了采煤机左滚筒和右滚筒截割作业的画面, 以及采煤机右侧的煤壁视频画面。一体机视频播放过程中, 画面清晰流畅, 解码速度快, 未出现画面卡顿现象, 表现出了良好的性能和稳定性。



Figure 7. Integrated machine display images in coal mine

图 7. 一体机井下画面

## 6. 结论

本文基于矿鸿操作系统设计了矿用本安型一体机, 并开发了综采工作面视频监控系统软件, 实现了一体机和采煤机控制器、液压支架控制器、摄像仪之间的以太网通讯和 CAN 总线通讯, 通过 MPP 框架、gstreamer 插件, 实现了视频的硬解码, 保证了视频的流畅播放, 且 CPU 占用率较低, 同时能够快速处理采煤机位置与摄像仪编号计算的任务。经煤矿井下实际测试, 一体机满足对工作面采煤机和作业区的视频监控需求, 实现了一体机的安全可信、自主可控, 为煤矿的安全生产提供了有力保障。

## 参考文献

- [1] 罗文. 国能神东煤炭集团重大科技创新成果与实践[J]. 煤炭科学技术, 2023, 51(2): 1-43.

- [2] 李新华, 贺海涛. “矿鸿”操作系统在神东矿区智能化建设中的探索[J]. 中国煤炭, 2021, 47(S1): 7-13.
- [3] 王国法, 张良, 李首滨, 等. 煤矿无人化智能开采系统理论与技术研发进展[J]. 煤炭学报, 2023, 48(1): 34-53.
- [4] 李重重. SAM2.0 新一代无人化开采系统[J]. 智能矿山煤炭学报, 2022(7): 142-145.
- [5] 何澳, 王金恒, 乔李阳, 等. 矿井安全监控系统融合网关的设计[J]. 现代信息技术, 2024, 8(5): 190-193.
- [6] 周勇. 基于 RK3568 的采煤机 5G 智能控制器硬件电路设计[J]. 煤矿机电, 2024, 45(1): 20-26.
- [7] 翟红亮, 刘坤. 基于“矿鸿操作系统”的采掘设备网关设计[J]. 煤矿机电, 2022, 43(5): 11-15.
- [8] 张国恩, 严超超, 王毅颖. 矿鸿操作系统在智能化综采工作面的应用研究[J]. 煤炭工程, 2023, 55(3): 84-88.
- [9] 李丹宁. 煤矿智能化综采远程运维共享平台[J]. 智能矿山, 2023(12): 78-85.
- [10] 程雷阳. 基于瑞芯微平台的嵌入式流媒体方案的研究与实现[J]. 电视技术, 2022, 46(8): 205-208.