

doi: 10.3969/j.issn.1005-7854.2020.04.019

煤矿安全监控系统感知层故障诊断装置的设计

邵 严^{1,2}

(1. 中煤科工集团重庆研究院有限公司, 重庆 400039;
2. 瓦斯灾害监控与应急技术国家重点实验室, 重庆 400037)

摘 要: 针对当 KJ90-NX 安全监控系统感知层出现通信中断、不稳定、节点设备功能异常等常见故障时, 维护人员无法快速定位、处理效率低的问题, 设计一种故障诊断装置。该装置通过集成丰富的检测电路, 移植上位机、分站、传感器等节点设备协议, 结合正确的测试方法和判据, 实现故障准确定位。实际应用表明, 该设备具有准确率高、操作简单、携带方便等特点。

关键词: 安全监控系统; 故障; 准确定位; 操作简单; 携带方便

中图分类号: TP393 **文献标志码:** B **文章编号:** 1005-7854(2020)04-0099-04

Design of fault diagnosis device for perception layer of safety monitoring system

SHAO Yan^{1,2}

(1. Chongqing Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group Corporation, Chongqing 400039, China;
2. The State Key Laboratory of The Gas Disaster Monitoring And Response Technical, Chongqing 400037, China)

Abstract: In response to the problem that maintenance personnel cannot quickly locate and deal with low efficiency when communication interruption, instability, and abnormal node device functions occur in the sensing layer of the KJ90-NX security monitoring system, a fault diagnosis device is designed. The device integrates rich detection circuits, transplants node device protocols such as host computers, substations, sensors, etc., and combines accurate test methods and criteria to achieve accurate fault location. The practical application shows that the device has the characteristics of high accuracy, simple operation, and convenient carrying.

Key words: safety monitoring system; fault; accurate positioning; simple operation; easy to carry

煤矿井下安全监控系统涵盖传感器技术、信息传输技术、计算机应用技术、电气防爆技术和控制技术等多项技术, 在保障井下人员生命安全、煤矿安全生产过程中起着重要的作用^[1-3]。系统示意框图如图 1 所示。煤矿安全监控系统具有设备种类多、覆盖范围广的特点^[4-6], 日常维护工作量巨大。

分站、传感器作为监控系统井下感知层的重要组成部分^[7-9], 由于工作环境复杂、恶劣, 再加上需要经常移动等人为因素, 出现设备、通信线路故障占日常维护工作的 60% 以上^[10]。当出现故障时, 维护人员大多只能逐一替换相关设备, 人工检查线路, 直到找到问题原因。不仅消耗大量人力物力, 同时也给煤矿正常开采造成了严重影响, 经济损失巨大。据统计, 全国已有 35% 左右的煤矿都在使用 KJ90-NX 型安全监控系统, 且大都为国有大、中型煤矿。

本文针对 KJ90-NX 安全监控系统, 设计了一种安全监控系统感知层故障诊断装置, 可以对分站、传感器、以及之间通信线路常见故障实现准确

收稿日期: 2020-03-09

基金项目: 重庆市技术创新与应用示范项目 (cstc2018jscx-msybX0192); 中煤科工集团重庆研究院重点研发项目 (201002120)

作者简介: 邵严, 硕士, 助理研究员, 主要从事煤矿安全监控系统仪器设备的研发、可靠性设计等方面研究。
E-mail: shaoyannb1@sina.com

定位,并通过友好的人机界面直观地显示检测结果,指导维护人员快速、有效地发现故障原因,并予以处理。

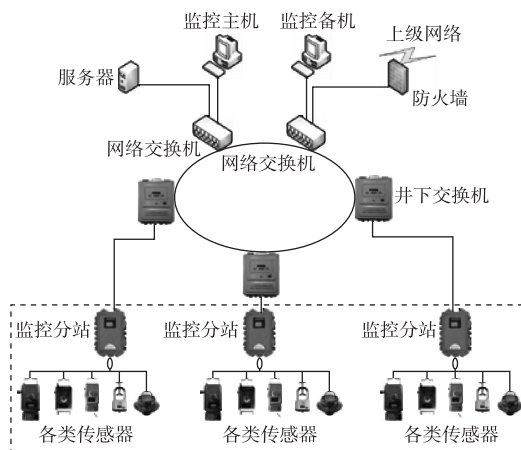


图1 安全监控系统组成框图

Fig.1 Block diagram of coal mine safety supervision

1 总体设计思路

故障诊断装置硬件上应具有感知层设备具有的所有接口及功能,多组信号检测端子通过航空插头与相关电路模块连接。装置具有总线数据分析能力,通过监听通信线路设备节点间业务数据,按照制定的相关协议及传输机制,对数据格式、发送逻辑进行分析,并向通信线路上发送检测信号数据帧等方式,结合线路非正常数据特点,实现故障快速定位。5.0寸的显示窗口与按键设计,方便维护人员进行功能选择与信息查看。

2 设备硬件设计

故障诊断装置硬件结构如图2所示。核心控制单元基于TI公司AM3352 A8处理器设计,外围扩展512MB DDR3 SDRAM,1GB Flash电路。为防止由于RS485驱动芯片规格、厂家不同影响到通信质量与通信距离,装置选用和分站、传感器相同型号的LBC184总线驱动芯片实现2路RS485总线。诊断装置具备一路电流信号采集电路,通过电阻分压,将传感器电流信号通过分压电阻转换成电压信号,再通过AM3352芯片自带的12位高精度AD采样值换算出电流值,从而可以测量出电流型传感器发出信号经过线路传输后的真实值。控制信号输出模块由MCU引脚3.3V电平信号通过光耦隔离转换为5V电平信号输出,可模拟分站控制口控制信号输出。AM3352芯片支持两路网络控制

器接口,网络通信模块实现了一路百兆电口和一路光通信接口。装置配有一块5AH充电电池,电源管理模块通过检测电池电压、充电电压、充电电流、放电电流等参数,实现电池充放电管理。设计的LCD显示屏接口电路和按键电路,实现参数设置、数据显示等人机交互界面。

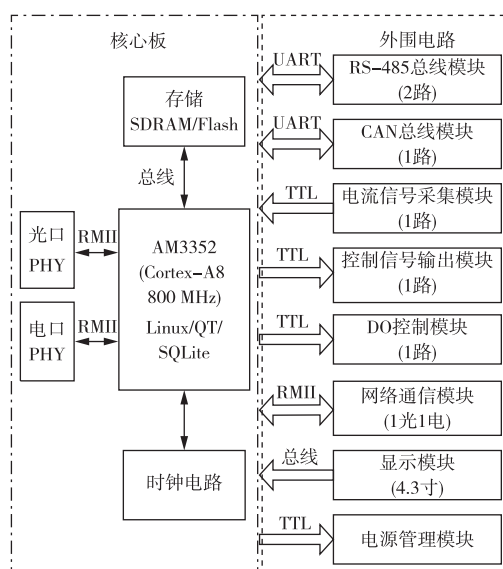


图2 故障诊断装置硬件设计框图

Fig.2 Block diagram of hardware design of fault diagnosis device

3 软件设计

监控系统故障诊断装置软件设计框图如图3所示。软件功能基于Linux操作系统开发,有以下几个原因:1)Linux操作系统是免费的、开源的,可以从很多渠道获取到适合的版本,降低了装置的开发成本;2)Linux操作系统内核是可裁剪的,可以根据装置外设接口种类、数量,系统资源配置等方面对系统内核进行优化,缩小体积,更适合嵌入式产品开发使用;3)Linux操作系统支持多个任务同时独立工作,可以满足诊断装置同时支持三个种类测试任务进行。4)Linux操作系统支持NFS/ext2等多种操作系统,诊断装置具有对实时采集数据存储、历史数据查询等功能,需要有文件系统的支撑。显示界面基于Qt Creator 5.0开发,凭借Qt丰富的API可快速设计出各种显示效果。开机后经过一系列初始化操作后,将不同软件功能定义为不同的线程,用户根据现场需要选择对应的功能,显示界面显示对应的操作界面,其他线程则在后台继续运行。

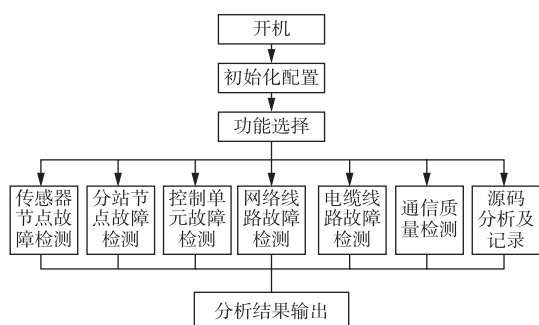


图3 故障诊断装置软件设计流程框图

Fig. 3 Block diagram of software design of fault diagnosis device

3.1 传感器通信线路故障检测

煤矿井下安全监控系统分站至传感器 RS485 总线布线拓扑图如图 4 所示。所有总线型传感器通信协议帧格式均相同。当 CH₄ 传感器与分站通信中断时，维护人员找到距离故障传感器最近的一个分支接线盒 B 处，将总线测试表笔 A、B 端与接线盒内 CH₄ 传感器 A、B 总线接触，输入待测传感器通信地址与传感器类型即可。装置通过监听该条总线上通信数据，若未接收到分站呼叫传感器数据帧，装置主动向总线上发出获取该传感器数据指令，若传感器回发数据正常，则说明分站设备故障或分站至接线盒 B 处线路故障。接收到分站呼叫传感器命令正常，未接收到传感器回复，则说明传感器设备故障或接线盒 B 至传感器线路故障，此时只需将装置拿至传感器处对传感器通信功能进行测试，便可得出故障原因。

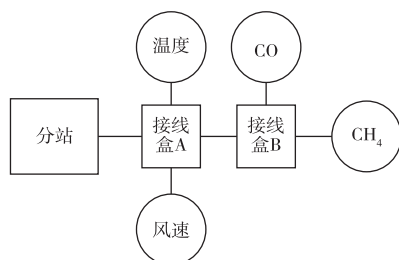


图4 分站-传感器接线结构示意图

Fig. 4 Schematic diagram of substation-sensor wiring structure

3.2 总线通信质量评估

测试仪能够实现 RS485 总线数据按照通信协议分帧记录的功能，并且可以对每帧数据进行校验，对于校验错误、断帧、无帧头数据帧都可以进去分辨、提取、记录，并在每隔单位统计周期内打上时间标签。在没有干扰或线路破损、终端设备故

障的情况下，RS485 总线通信成功率可接近于 100%。若发现某条线路传感器频繁出现闪断现象，便可对该条总线进行评估。评估一般会在生产过程中进行，因为生产时变频器、绞车等设备会对总线有一定的干扰。每个评估周期为 20 min，测试仪可将 20 min 内通信失败次数进行分类统计，对比分析，对总线进行评估。根据评估结果推断闪断出现原因，如信号线与电源线距离太近、交叉，线存在变频设备等干扰源、线路存在破损、终端设备故障等。

3.3 分站故障检测

诊断装置能够模拟安全监控系统上位机软件以客户端的模式与分站进行连接，通过向分站发送获取版本信息命令帧的方式实现分站主通信的测试。诊断装置具有 RS485 总线接口、基于 NCP1117 芯片实现 1 mA/5 mA，带载能力超过 20 Ω 的电流信号，通过按键对传感器地址、类型、数值、状态进行设置，可模拟监控系统所有类型总线型传感器以及电流型开关量传感器，配合上位机软件下发的配置信息，能够实现分站 RS485 总线采集口、电流采样接口硬件功能测试。同时，测试仪基于 AM3352 处理器 12 位高精度 AD 采样接口、利用千分之一精度的电阻对采样信号进行分压，可实现电压采集功能。通过按键调节模拟传感器数值超过 1.5，触发分站控制口动作，同时采集控制口输出电压变化，并记录时间，从而可实现分站控制电平输出硬件检测以及断电时间检测。

3.4 传感器故障检测

传感器常见故障主要为以下几点：1) 甲烷等传感器敏感元件过期失效或气室漏气，引起测量值与实际值偏差较大；2) RS485 总线驱动芯片或光耦的损坏造成通信故障；3) 电流型开关量传感器电流产生电路故障造成给电流信号电流值产生偏差。总线型甲烷传感器本身具有敏感元器件寿命管理、气室检测等功能，诊断装置在功能检测时首先会读取传感器状态信息表，并将结果予以显示，当多次向传感器发送数据表读取失败后，得出传感器总线接口故障。诊断装置电压采集电路同时也支持电流信号采样，通过检流电阻将电流信号转换为电压信号进行采集，然后再换算出电流值，实现开关量传感器电流值的测量，并根据测量值得出结果。

4 现场测试验证

该产品所有功能均在实验室得到了验证，并已

取得相关认证。目前,已在松藻矿务局松藻、石壕煤矿,乌海能源公司黄白茨、老石担等数十座煤矿作为安全监控系统维护人员工具使用,对于80%的常见故障都能起到快速定位、给出故障原因。据统计,在石壕煤矿处理的通信中断、闪断等故障中,80%的故障都可以借助测试仪进行判断,并且准确率在90%以上。黄白茨将诊断装置用作对准备下井安装或经过维修的分站、传感器等设备进行功能测试,对产品硬件故障判断的准确率可以达到100%。

5 结论

煤矿安全监控系统感知层故障诊断装置作为一款便携式辅助设备,具有功耗低、体积小、重量轻、便于携带的特点。针对重庆煤科院KJ90-NX安全监控系统常见设备故障、线路通信故障能够实现快速诊断,为维护人员快速、准确地实现问题定位、处置方法选择提供了依据,减少了因为故障给生产人员人身带来的安全隐患和导致安全生产受到影响而带来的经济损失,为煤矿节约了大量的人力物力。目前该产品已经在松藻矿务局松藻、石壕等十多座煤矿使用,提高了维护人员的效率,得到了矿方的认可。

参考文献

- [1] 汪丛笑. 煤矿安全监控系统升级改造及关键技术研究 [J]. 工矿自动化, 2017, 43(2): 1-6.
WANG C X. Research on upgrading of coal mine safety monitoring and control system and its key technologies [J]. Industry and Mine Automation, 2017, 43(2): 1-6.
- [2] 张涛. 煤矿井下安全监控分站的设计及其仿真实现 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(1): 86-89.
ZHANG T. Design and simulation of coal mine underground safety monitoring substation [J]. Computer Measurement & Control, 2015, 23(1): 86-89.
- [3] 孙继平. 煤矿信息化与智能化要求与关键技术 [J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(9): 22-25.
SUN J P. Requirement and key technology on mine informationalization and intelligent technology [J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(9): 22-25.
- [4] 孙继平. 煤矿监控新技术与新装备 [J]. 工矿自动化, 2015, 41(1): 1-5.
SUN J P. New technology and equipment for coal mine monitoring [J]. Industry and Mine Automation, 2015, 41(1): 1-5.
- [5] 汝彦冬. 新型井下监控分站的设计 [J]. 自动化仪表, 2010, 31(6): 64-66.
RU Y D. Design of new underground monitoring substation [J]. Automation Instrumentation, 2010, 31(6): 64-66.
- [6] 何青松, 孙中光. 基于RS485串口通信的控制执行时间测试方法 [J]. 煤矿安全, 2018, 49(8): 114-116.
HE Q S, SUN Z G. Control execution time test method based on RS485 serial communication [J]. Safety in Coal Mines, 2018, 49(8): 114-116.
- [7] 王亚巍. 煤矿安全监控系统研究现状及发展趋势分析 [J]. 化工管理, 2020(4): 90-91.
WANG Y W. Analysis of research status and development trend of coal mine safety monitoring system [J]. Chemical Management, 2020(4): 90-91.
- [8] 郭曦浩. 煤矿安全监测监控系统数据采集方式研究 [J]. 机电工程技术, 2019, 48(12): 169-171.
GUO X H. Research on data acquisition method of coal mine safety monitoring and control system [J]. Mechatronic Engineering Technology, 2019, 48(12): 169-171.
- [9] 陈佩佩. 煤矿安全监控系统升级改造实施要点探讨 [J]. 能源技术与管理, 2019, 44(6): 11-12, 77.
CHEN P P. Discussion on the key points of the upgrade and reform of coal mine safety monitoring system [J]. Energy Technology Management, 2019, 44(6): 11-12, 77.
- [10] 郭晓霞, 张少华, 王紫民. 煤矿监测监控系统存在的问题及改造研究 [J]. 现代制造技术与装备, 2019(12): 154-155.
GUO X X, ZHANG S H, WANG Z M. Research on problems and reformation of coal mine monitoring and control system [J]. Modern Manufacturing Technology Equipment, 2019(12): 154-155.