

科研成果

文章编号: 1671-251X(2009)07-0001-04

# 矿井救援用本安型计算机的研制\*

郑学召<sup>1,2</sup>, 王伟峰<sup>1,2</sup>, 邓 军<sup>1,2</sup>

(1. 西安科技大学能源学院, 2. 西部矿井开采及灾害防治教育部重点实验室, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 文章介绍了一种矿井救援用本安型计算机的系统结构及分系统设计, 详细介绍了其本安型电路的设计技术, 从安全人机学的观点出发, 阐述了其外观结构的人性化设计及可靠性设计。实际应用结果表明, 该计算机在矿井事故的救援中所摄录的视频图象、语音信号清晰连续, 并具有检测、存储、显示和回放功能, 可在技术成熟的条件下利用该计算机所提供的信息建立专家决策系统。

**关键词:** 矿井; 救援; 计算机; 本安; 人性化

**中图分类号:** TD672 **文献标识码:** B

## Development of Intrinsically Safe Computer Used in Mine Rescue

ZHENG Xue zhao<sup>1,2</sup>, WANG Wei feng<sup>1,2</sup>, DENG Jun<sup>1,2</sup>

(1. School of Energy Engineering of Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China.

2. Key Laboratory of Western Mine Exploitation and Hazard Prevention of Ministry of Education, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** The paper introduced system structure of an intrinsically safe computer used in mine rescue and design of its subsystem as well as its design technology of intrinsically safe circuit in details. From the view of safety ergonomics, the paper expounded humanized design of its apparent structure and its reliability design. The actual application result showed the video images and voice signals photographed and inputted by the computer in rescue of mine accidents are clear and continuous, and it has functions of detection, storage, display and playback, which can be used to establish expert decision system in condition of mature technology.

**Key words:** mine, rescue, computer, intrinsic safety, humanization

## 0 引言

近年来, 我国矿山安全事故与自然灾害频繁发生, 造成了巨大的经济损失。在应对重大事故、突发灾害时, 需要救援通信服务<sup>[1]</sup>。我国煤矿应急救援技术及装备发展起步较晚, 技术的系统配套性还较差, 不能很好地满足救灾需求<sup>[2]</sup>。灾害状况下, 对矿

山救援工作的要求是有序、及时、准确, 而灾害环境的复杂性和救援技术、装备、协调管理的多样性, 都要求救灾指挥和措施作业必需依靠强有力的救援通信服务支持。因此, 笔者设计开发了一种矿井救援用本安型计算机, 以满足矿山应急救援系统快速发展的迫切要求。

## 1 矿用救援用本安型计算机系统结构

矿井救援用本安型计算机由救护人员随身携带, 在井下完成灾区现场图象摄录显示、语音录音以及环境参数检测、显示、报警、存储任务。救护队员回到地面指挥中心后, 通过专用数据线下载数据, 在计算机上利用软件完成多媒体信号的播放、暂停、快

收稿日期: 2009-02-20

\* 基金项目: 国家科技支撑计划项目(2007BAK29B03), 新世纪人才支持计划(NECT050874)

作者简介: 郑学召(1977-), 男, 新疆焉耆人, 讲师, 在职博士研究生, 现主要从事矿山应急救援通信技术的研究工作。E-mail: wangwf03@126.com

进、快退等任务,实现资料的回放功能。矿井救援用本安型计算机系统结构如图 1 所示,主要由传感器(麦克风、红外摄像头和环境参数感知器)、数据采集处理模块、数据压缩模块、中央处理器模块和保护电路、数据存储模块、液晶显示模块和本安电源等组成。

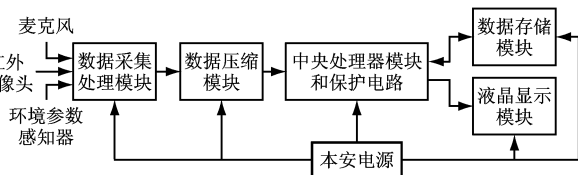


图 1 矿井救援用本安型计算机系统结构框图

系统开机后,环境参数感知器自动检测周围气体和温度参数,红外摄像头自动捕捉井下现场图象,并将捕捉到的视频信号连同麦克风的音频信号、环境参数信号一起送至数据采集处理模块;数据采集处理模块首先将模拟音频、视频、环境参数信号转换为数字信号,采用 TMS320C6211 型 DSP 实现数据采集、图象和声音信号的数字化压缩和同步传输功能,解决了多媒体数据传输和存储的瓶颈问题;采用工业级的嵌入式单板机作为主处理单元,利用软件解压实现多媒体数据的实时解码和播放功能;数据存储模块实时存储经过压缩的多媒体信号;液晶显示模块实时显示红外摄像头拍摄的图象和环境参数感知器检测到的瓦斯浓度、CO 浓度、O<sub>2</sub> 浓度和温度数据。环境参数一旦超标,系统将报警。

## 2 矿井救援用本安型计算机的分系统设计

### 2.1 本安型电路

本安型电路的关键技术在于快速关断过流保护电路,其原理如图 2 所示。该保护电路由纳秒级开通的三极管 Q<sub>1</sub> 和纳秒级关断的场效应管 Q<sub>2</sub> 组成, Q<sub>1</sub> 的型号为 3906, Q<sub>2</sub> 的型号为 SI4435。Q<sub>1</sub> 的基极和 Q<sub>2</sub> 的漏极分别通过电阻 R<sub>1</sub> 和 R<sub>2</sub> 与保护电路的输出端相连; Q<sub>1</sub> 的发射极与 Q<sub>2</sub> 的源极相连; Q<sub>1</sub> 的集电极通过电阻 R<sub>3</sub> 和电阻 R<sub>4</sub> 接地, Q<sub>2</sub> 的栅极连在电阻 R<sub>3</sub> 和电阻 R<sub>4</sub> 之间;电容 C<sub>1</sub> 并联在 Q<sub>1</sub> 的基极与发射极之间,用于去除干扰。当负载正常工作时, Q<sub>1</sub> 处于截止状态, Q<sub>2</sub> 导通,红外摄像头正常工作;当红外摄像头出现故障或某一处短路导致电流过大时, Q<sub>1</sub> 的基极电势小于集电极,则 Q<sub>1</sub> 导通,由于电阻 R<sub>4</sub> 的分压, Q<sub>2</sub> 的栅极电压为高电平, Q<sub>2</sub> 在纳秒级时间内关断,这样就有效地保护了负载。

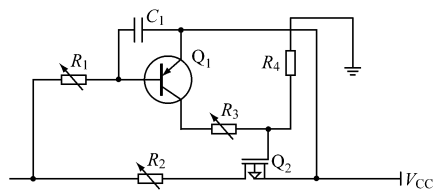


图 2 快速关断过流保护电路原理图

### 2.2 数据采集处理

数据采集处理主要完成井下现场图象、声音和环境参数(瓦斯浓度、CO 浓度、O<sub>2</sub> 浓度、温度)的采集、处理和模数转换任务。矿用本安红外摄像头内置 CCD 影像感应器,提供高达 480 线电视线,有效像素为 752(水平) × 582(垂直),自动对焦,可在 0 Lux 全黑情况下自动捕获井下肉眼看不见的现场图象,画面细致,清晰度高,层次分明。便携式环境参数感知器自动检测并处理环境参数。

### 2.3 数据压缩

数据压缩主要完成对采集图象、语音的压缩任务,由于视、音频数据量庞大,因此,数据压缩模块显得尤为重要。矿井救援用本安型计算机采用 MPEG4 压缩程序和相应的上层界面,节省了工作量,缩短了研发周期。视、音频的压缩处理由 TMS320C6211 完成。通过调用 MPEG4 的压缩子程序,完成对视、音频数据的压缩。红外摄像头输出的是 NTSC 或 PAL 的全电视信号,通过视频解码芯片将模拟信号转换成数字信号,并存储到视频 FIFO 中等待 TMS320C6211 的读取。CPLD 根据视频采集芯片 SAA7114 的状态及 TMS320C6211 相应的输出控制信号生成 FIFO 的控制信号,通过 SAA7114 的同步信号生成 TMS320C6211 的中断。矿井救援用本安型计算机系统的音频模块主要由语音 AD/DA 芯片及其外围电路构成。TI 公司生产的音频处理芯片 TLC32AD535 可直接与 TMS320C6211 的 McBSP 接口无缝连接。网络接口电路采用以太网芯片 CS8900 结合 TMS320C6211 实现压缩码流的网络传输(TMS320C6211 完成网络层和传输层协议,链路层协议由 CS8900 完成),完成数据总线到 RJ-45 接口的转换。

### 2.4 数据存储

对于清晰度为 752 × 582 的彩色画面,其每帧占用空间为 5.6 KB 时,选 25 帧/s,则 1 h 的数据需 400 MB 的存储空间,连续工作 8 h,至少需要 3 GB 的内存。数据存储模块如果采用 IDE 普通硬盘,例如 WD 的 4.3 GB 硬盘,5 V/660 mA,2 V/240 mA,

合并功率为6.18 W, 典型功耗为3.5 W左右, 难以达到本安要求。因此, 笔者采用16 GB的CF (Compact Flash) 卡。Compact Flash 技术是由 Compact Flash 协会(CFA)提出的一种与PC机ATA接口标准兼容的技术。CF卡是目前应用广泛的存储卡, 它不带驱动器, 也没有其它的移动部件, 使用寿命非常长。CF卡耗电量小, 只有普通硬盘的5%, 具有读写速度快、体积小、重量轻等优点, 而且CF卡还具有防摔抗震的特性, 适用于井下环境。

## 2.5 数据显示

液晶显示屏(LCD)功耗低、体积小, 是矿井救援用本安型计算机显示模块的首选方案。采用LCD背光和1个74.0 mm×45.5 mm的液晶屏幕显示, 分辨率为640×480。LCD背光降低了电压, 可实现本质安全电路。

## 2.6 中央处理器

经过方案论证, 笔者最终采用台湾研华(ADVANTECH)超低功耗的SOM2355作为核心中央处理器, 并开发扩展底板, 制定外围接口, 标配声卡、以太网卡、串口、键盘鼠标、标准IDE接口、USB接口、CF接口(采用IDE转接卡), 搭建了功能完整的中央处理器模块, 不仅为压缩软件提供了Windows平台, 也大幅降低了功耗。

## 3 矿井救援用本安型计算机的人性化设计

矿井救援用本安型计算机由救护队员随身携带, 而救护队员在进行抢险救援过程中, 常备的设备有氧气呼吸器、自动苏醒器、冰冷防热服、铜镐、担架等救护器材, 因此, 每个救护队员负重在20 kg以上, 加之发生灾害后井下高低不平, 行走更为艰难, 如果设计的本安型计算机大、重、笨, 无疑给救护队员造成很大的负担。因此, 要对本安型计算机进行人性化设计, 主要从以下几个方面入手。

### 3.1 人性化设计

所谓人性化设计, 主要是指新产品的的设计处处为人着想, 注重安全、耐用、方便、舒适、美观和经济等功能, 注重人的自然属性, 使新产品在物质技术上符合使用要求, 同时, 按照人的心理特点, 使产品在外观上、结构上满足人的求美享受要求。因此, 本安型设备首先要做到重量轻。本安型设备不同于隔爆型设备, 它不需要将电子器件全部封装在一个很厚的防爆钢板机壳中, 而是从电路上达到本质安全。因此, 要从外壳上入手, 选择使用轻金属或塑料。若

是塑料外壳而无动物皮套, 需给出表面防静电措施, 使其表面绝缘电阻不大于1 GΩ, 否则必须佩带动物皮套使用。

其次, 以人体的人机学参数为基础, 充分考虑人的生理、心理及人体生物力学特性设计产品外形和携带方式, 利用百分位数确定适应度, 同时也要考虑到矿山救护队员都是男性, 且经过专业培训等因素。百分位数可由式(1)取得:

$$x_a = \bar{x} + k \cdot s \quad (1)$$

式中:  $x_a$  为对应于救护队员需求百分位  $a$  的百分位数;  $\bar{x}$  为救护队员样本均值;  $k$  为与  $a$  有关的变换系数;  $s$  为救护队员样本标准差。

### 3.2 可靠性设计

由于煤矿的工作环境、工作条件的复杂性和多变性, 特别是矿井发生事故后环境更加恶劣, 矿山救护的任务艰巨, 需要克服高温、浓烟、瓦斯浓度和CO浓度严重超限、井下光线不足、巷道狭窄、通风状况差等困难。因此, 要求矿井救援用本安型计算机安全可靠, 使操作失误率降到最低, 提高救援效率。因此, 有必要对该本安型计算机进行冗余设计组成并联系统, 以提高其可靠度。可靠度可由式(2)计算:

$$R_{Hn} = \sum_{i=0}^{r-1} C_n^i (1-R)^i R^{(n-i)} \quad (2)$$

式中:  $R_{Hn}$  为设备正常工作的可靠度;  $C_n^i$  为  $n$  个安全设计中有  $i$  个设计正常工作的事件数;  $R$  为每个安全设计的可靠度(假定每个设计的可靠度相同)。

如在保护电路的设计过程中采取三重保护, 具体参数: 过放关断延迟  $\leq 0.10$  s; 第一级过流关断电流  $< 2.60$  A; 第二级过流关断电流  $< 1.30$  A; 过流关断延迟  $\leq 105$  ns; 短路电流  $< 15$  mA; 短路关断延迟  $\leq 125$  ns。

## 4 矿井救援用本安型计算机的应用实例

2007年7月某矿综采面发生瓦斯爆炸事故, 井下有工作人员数名, 经过积极救助和灾区工作人员的努力互助, 灾区13名受伤职工被救升井, 4名事故中死亡职工已有3名的遗体被运出, 次日井下人员全部撤离。为了进一步了解井下情况, 安全可靠地开展工作, 应用矿井救援用本安型计算机进行了井下灾情侦察。图3为1组矿井救援用本安型计算机拍摄到的发生矿难后的井下救援视频图象。

文章编号: 1671-251X(2009)07-0004-03

# 一种新型矿井通风参数综合检测仪的研制\*

曹现刚

(西安科技大学机械工程学院, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 针对矿井通风安全技术管理中风阻测定方法繁杂、误差大、分析困难等问题, 文章提出了一种新型便携式矿井通风参数综合检测仪的设计方案。该检测仪采用 STM32F103VB 芯片作为主控制器、采用电池供电方式, 具有液晶屏、大容量存储器、键盘和通信接口, 可采集矿井巷道压力、温度、湿度、风速、瓦斯浓度等参数, 并可记录巷道编号、支护形式等巷道信息。试运行结果表明, 该检测仪性能稳定、动作可靠、测量准确。

**关键词:** 矿井; 通风参数; 检测仪;  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ ; STM32F103VB

**中图分类号:** TD723 **文献标识码:** B

## Development of a New Type of Multifunctional Detector for Mine Ventilation Parameters

CAO Xianguang

(School of Mechanical Engineering of Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** Aiming at the problems of complex method, big errors and difficult analysis of measuring

收稿日期: 2009-03-06

\* 基金项目: 陕西省教委专项基金(03jk166)

作者简介: 曹现刚(1970-), 男, 山东莒南人, 博士, 副教授, 现主要从事网络化制造、设备维护、监控等方面的教学与科研工作。

E-mail: taibaishan@tom.com



(a) 救护队员在集合



(b) 后续工人准备材料打密闭



(c) 救援人员准备进入灾区



(d) 爆炸冲垮的密闭墙

图3 井下救援用本安型计算机拍摄的井下救援视频图像

困难等问题, 非常不利于煤矿事故的救援指挥工作。而笔者研制的矿井救援用本安型计算机具有图像、语音、环境参数等多媒体信号摄入以及检测、存储、显示和回放功能, 适用于煤矿井下救灾抢险工作。救护队员深入井下灾区时, 可以将其替代落后的记录本、圆珠笔和救灾电话等装备, 是我国数字矿山新技术的重要组成部分, 在技术条件成熟的情况下可利用该计算机所提供的信息建立专家决策系统。总之, 矿井救援用本安型计算机今后的发展与完善主要是在具有一定深度与水平的基础上朝实用性方向发展, 使之既能为煤矿的安全管理、事故防治、矿井救援提供帮助, 又能为煤炭行业井下通信设备的产业化升级提供技术支持。

参考文献:

- [1] 李文峰, 徐精彩, 郑学召. 一种矿山救援多媒体通信装置[J]. 煤矿安全, 2005, 36(6): 23~24.
- [2] 周兴龙. 煤矿应急救援技术研究现状综述[J]. 科技资讯, 2007(27).

## 5 结语

当煤矿发生事故时, 由于传统矿井救援设备的诸多弊端, 容易造成时间延迟、信息沟通不畅、决策