

Development and Application of Wireless Multimedia Communication System Used in Mine

Xuezhao Zheng¹, Jun Deng¹, Jianbing Wu¹, Zhenming Luo¹

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

Email: zhengxuezhao@yahoo.com.cn

Abstract : Our country mine safety industrial accident and the natural disaster occurs frequently, duty of the mine emergency rescue is very arduous. As a result of the mine shaft disaster area condition and the environment risk, the complexity, caused the mine rescue mechanics of communication equipment development to be slow, cannot reflect effectively the emergency rescue process and disaster area scene the actual situation, and has affected the disaster relief emergency direction decision-making to a certain extent. The article discussed technical program and the technological innovation spot of the mine rescue wireless multimedia communications system, according to the work demand, through the field application, the system equipment could provide the reliable information to the experts and the directors, and experts have the important function to set up the scientific rescue plan. The equipment could be an important part of the mine digital technology.

Keywords: mine rescue, Multimedia, intrinsic safety

矿山救援无线多媒体通信系统研制及应用

郑学召¹, 邓 军¹, 吴建斌¹, 罗振敏¹

¹西安科技大学 能源学院, 陕西 西安 中国 710054

Email: zhengxuezhao@yahoo.Com.cn

摘要: 我国矿山安全生产事故与自然灾害发生频繁, 矿山应急救援的任务十分艰巨。由于井下灾区条件与环境的危险性、复杂性, 导致矿山救援通讯技术装备发展缓慢, 不能有效地反映抢险救援过程灾区现场的实际情况, 在一定程度上影响了救灾抢险指挥决策。文章根据现场需求讨论了矿山救援无线多媒体通信系统的技术方案和技术创新点, 并通过现场应用, 系统装置能将受灾情况进行客观反映, 为专家和指挥人员提供可靠的现场信息资料, 对制定科学的救灾方案起着重要的作用, 同时也是我国数字矿山新技术的重要组成部分。

关键词: 矿山救援, 多媒体, 本安

0 引言

当前, 我国矿井作业安全生产已经摆到了至关重要的位置, 矿井应急通信保障是首要迫切需要解决的问题。但目前矿井的日常生产的通信保障以及快速的通信救援保障技术却极其落后, 这也是矿井事故频频发生而得不到有效控制的重要因素。矿井下无线移动通信由于地形复杂, 其运用技术远不同于地面移动通信技术。当前矿下通信还是主要依赖于有线或部分无线传感器(主要音频、数据参数), 特别是矿井下发生事故后, 井下基站也不同程度的受到破坏, 不能真正意义上实现灾区及井下救援基地, 地面指控中心的实时指挥和通信。但随着国家相关部门对应急救援工作的高度重视, 同时在《煤矿安全规程》第十章煤矿救

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2007BAK29B03)

护中第五百一十条规定^[1], 矿井发生重大事故后, 必须立即成立抢救指挥部并设立地面基地。同时第五百一十二条规定, 矿井发生火、瓦斯、煤尘等重大事故后, 必须首先组织矿山救护队进行侦察, 探明灾区情况。抢救指挥部应根据灾害性质、发生地点、波及范围、人员分布、救灾的人力和物力情况, 制定抢救方案。为保证重大事故井下抢救工作的顺利进行, 应在靠近灾区的安全地点设立井下基地; 井下基地应有矿山救护队指挥员、待机小队和急救员值班, 并设有通往指挥部和灾区的电话, 备有必要的救护装备和器材; 井下救灾过程中应由专人检测风流和有害气体浓度; 灾情突然发生变化时, 井下基地指挥员应采取应急措施, 并及时向指挥部报告。为使辅助救护队员完成以上工作, 许多科研单位、分别研制了不同种类的矿山救援无线多媒体通信系统, 本文主要介绍由西安科技大学西安森兰

科贸有限责任公司研制的矿山救援无线多媒体通信系统, 该系统是针对当前矿井发生事故后通信的特殊需求, 服务与矿山救援工作的一种应急救援通信装备, 在事故状态下, 它能够完成灾区救护队员与井下救护基地、地面指挥中心以及国家救援指挥中心之间的临时抢险救灾通信。由于井下应急救援有一定的特殊性, 需要克服高温、浓烟、瓦斯和 CO 严重超限、井下光线不足、巷道狭窄、通风状况差等困难, 因此矿山救援多媒体通信系统构成了自身的专业特征, 也是通信技术应用领域新的科学分支中的一部分。

1. 系统技术方案

救护队员在救灾过程中便于携带的矿山救援无线多媒体通信系统; 采用第四代移动通信技术 (4G); 在救灾过程中救护队员携带的设备体积小, 性能可靠, 自成体系, 信息多样化, 能同时支持音频、视频和环境参数数据实时传输, 并且有足够的可靠带宽; 能够同步监测 CH₄(可燃气体)、O₂(维生气体)、CO、T(温度)等多种环境参数, 并采集、传输及存储; 系统具有动态的拓扑结构, 每个节点可以采集四路以上的气体成分, 节点独立工作, 并且节点可随意变更或增加, 通过增加节点可以无限制的增加采集点; 具有良好的传输性能, 抗干扰能力强; 具有多种采集数据显示方法, 能在地面和井下同步显示, 并能提供数据输出接口; 在环境参数异常的情况下, 提供救援环境警报功能。

2. 主要技术指标

1) 井下救援基地装置且四路视频输入, 四路音频双向接口, 能和地面实时双向通话及传输环境参数和视频数据;

2) 无线通讯网络传输数据带宽 $\geq 2\text{Mbps}$, 无线设备最远传输距离 2000m;

3) 可通过体积小巧的无线中继设备增加无线传输距离, 每增加一个无线中继可增加 300m 至 2000m 传输距离;

4) 井下救护基地同时具有环境异常警报;

5) 地面四路音频双向接口, 四路画面显示, 四路环境参数显示及环境异常警报;

6) 系统传输距离 $\geq 12\text{km}$; 连续工作时间 ≥ 8 小时。

3. 关键技术及创新点

3.1 首次将第四代移动通信技术应用于矿山救援

通讯

系统采用 4G 系统中的关键技术正交频分复用 (OFDM) 技术, 将矿山救援过程中的多媒体信息以数字方式传输到井下指挥中心的井下计算机和地面笔记本电脑。实现了多媒体数据的实时传输、显示和存储; 同时, 极大程度地提高救护队员的救灾灵活性, 减少救护队员的携带设备重量, 并提高救灾的响应速度, 降低设备操作的复杂性。

3.2 解决矿山救援通讯过程中无线通讯信号大幅度衰减和干扰问题

系统采用正交频分复用 (OFDM) 设备, 将信道分成若干正交子信道, 将高速数据信号转换成并行的低速子数据流, 调制在每个子信道上进行传输, 大幅度减少了矿山巷道内的无线信号衰减和干扰, 极大地提高了设备的通讯距离及通讯可靠性。同时, 由于减少了无线信号的衰减和干扰, 大大提高了无线设备的可靠性, 提供更好的多媒体质量。

3.3 车载快速响应地面数据接收技术

装置中使用了车载技术, 能在地面没有电源的情况下独立使用并可同时提供给地面计算机交流电源, 以保证救灾的快速与独立, 提高了救灾的响应速度, 做到车开到哪里就可以在哪里救灾。

3.4 大功率本质安全型电源研制技术

电压输出为 12V 和 5V, 容量 10Ah 和 16Ah。电路中设有稳压、过流保护、过压保护和短路保护等功能, 所有保护功能环节均为双重化设计, 满足“本安”要求。

3.4.1 本安型电路设计

本安电路其关键技术在于快速关断保护电路。该快速关断过流保护电路由纳秒级开通的三极管和纳秒级关断的场效应管构成, 其中纳秒级开通的三极管的基极通过电阻与纳秒级关断的场效应管的漏极相连, 纳秒级开通的三极管的发射极与纳秒级关断的场效应管的源极相连, 纳秒级关断的场效应管的栅极接在纳秒级开通的三极管集电极回路的分压电阻上。上述三极管起着监视电源放电电流的作用, 一旦该电流在该三极管及与其相连的电阻上的压降超过该三极管的阈值电压, 该三极管会在纳秒级开通, 集电极电位变高, 使得场效应管在纳秒级时间内关断, 从而降低瞬间短

路打火能量,实现了消除爆炸隐患及保护负载的目的。

新型过流保护电路的一个实例的电路原理^[2],见图1。此保护电路由纳秒级开通的三极管 Q1 和场效应管 Q2 组成,三极管 Q1 的型号为 3906,场效应管 Q2 的型号为 SI4435。三极管 Q1 的基极和场效应管 Q2 的漏极分别通过电阻 R1 和电阻 R2 与保护电路的输出端相接,三极管 Q1 的发射极与场效应管 Q2 的源极相连;三极管 Q1 的集电极通过电阻 R3 和电阻 R4 接地,场效应管 Q2 的栅极连接在电阻 R3 和电阻 R4 之间;电容 C1 并联在三极管 Q1 基极与发射极之间,以便去除干扰。当负载正常工作时,三极管 Q1 处于截止状态,场效应管 Q2 导通,摄像头正常工作;当摄像头出现故障或某一处短路导致电流过大时,三极管 Q1 的基极电势小于集电极,则三极管 Q1 导通,由于电阻 R4 的分压,场效应管 Q2 的栅极电压为高电平,场效应管 Q2 纳秒级关断,这样就有效地保护了负载。

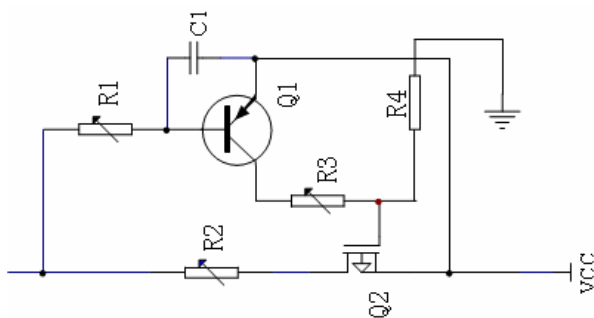


Figure 1. principle diagram of intrinsic safety electric circuit
图1 本安电路原理图

3.5 多设备同步电源供应本质安全控制技术

本项目设计过程中,存在多个传感器、多路放大电路、视音频服务器、XDSL 传输电路、控制电路等等电源需求设备。根据《国家防爆电气标准》GB 3836.4-2000 爆炸性气体环境用电气设备^[3]第4部分本质安全型“i”的要求。本项目将采用智能电流匹配技术,实现负载平衡控制。同时采用西安森兰科贸有限责任公司的200420042295.0 电池专利技术实施电池关断控制,保证设备的全面本质安全。

3.6 系统装置可靠性设计

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、瓦斯和 CO 严重

超限、井下光线不足、巷道狭窄、通风状况差等困难。因此要求设备要绝对安全可靠,操作失误率将到最低,提高救援效率和安全性。因此有必要对设备进行冗余设计组成并联系统,以提高设备可靠度。设备可靠度可由公式1来进行计算。

$$R_{Hn} = \sum_{i=0}^{r-1} C_n^i (1-R)^i R^{(n-i)} \quad (1) \quad [4]$$

式中 R_{Hn} —设备正常工作的可靠度

C_n^i — n 个安全设计中有 i 个设计正常工作的的事件数

R —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进行三重保护^[5],具体参数为:

| | |
|------------|--------------|
| 过放关断延迟: | $\leq 0.10s$ |
| 第一级过流关断电流: | $< 2.60A$ |
| 第二级过流关断电流: | $< 1.30A$ |
| 过流关断延迟: | $\leq 105ns$ |
| 短路电流: | $< 15mA$ |
| 短路关断延迟: | $\leq 125ns$ |

4. 系统装置的应用

4.1 在火灾灾区的应用

2006年10月某矿3106采面发生瓦斯燃爆,井下有工作人员共68人^[6],经过积极救助和灾区工作人员努力互助,灾区13名受伤职工被救,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,进行安全可靠的开展工作,应用矿山救援可视化指挥装置进行了井下灾情侦查,侦查路线为:

侦查路线:1#密闭—308轨道巷—300胶带大巷西头—306辅巷—306排瓦斯巷—300轨道大巷—307轨道巷—300胶带大巷—307机巷—307辅巷—1#密闭,同时,侦查此条路线上相关的联络巷、挡风墙和闭墙,线路总长度约1500m。

经过有效的灾情侦查,为进一步灾区的救援工作起到了很好的作用。并得到了清晰的井下视频图像,见图2。



Figure 2. video image of disaster situation detection
图 2 灾情侦查视频图像

4.2 由于瓦斯爆炸引发的灾区

2009年3月某矿发生瓦斯爆炸，由于矿方组织得当未引起人员伤亡，但1#和3#瓦斯抽放立孔遭到了破坏，但无论从地面还井下都无法准确判断立孔的破坏位置，给矿井恢复生产带来了很大不便，后经事故专家组研究采用系统装置进行立孔勘察。现场人员将装置用矿用本安红外摄像机及矿灯粘绑在一起由矿工作人员用钢丝绳吊着分别缓慢放入1#和3#瓦斯抽放立孔内，在放下设备过程中，设备实时的记录了下探立孔的状况，在放入1#352米处和3#立孔353米处时探测到了堵塞点，为科学有效的制定瓦斯抽放立孔修复方案提供了可贵的第一手资料；摄像机实时记录了探测过程，见视频截图3。

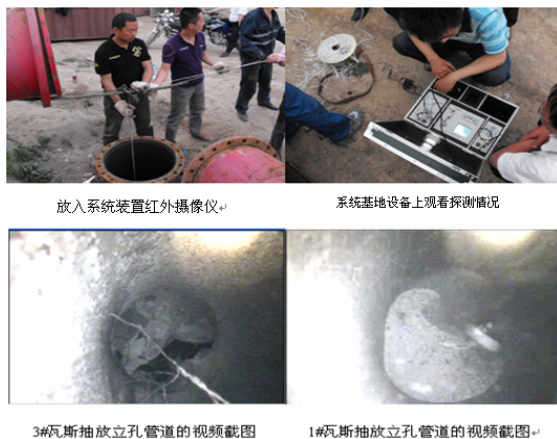


Figure 3. video image of drill hole investigation
图 3 钻孔探查视频图像

5.应用总结

该系统装置是国内首次实现煤矿井下可移动式实时图像单向传输、语音双向传输的应急救援装置，同时具有：

5. 1 救灾通讯可视化

本装置是新一代高端矿山救援系统，可同时实现救灾现场图像、声音环境参数的获取、记录并实时传送到各级指挥中心，使井下救护基地及地面各级指挥助中心能够及时、准确掌握井下灾区信息，指挥决策有的放矢。同时本安红外摄像机具有夜视功能，即使在全黑(0lux)的环境中(救护队员靠肉眼无法看见)也可以采集到10m内的图像资料。

5. 2 救灾指挥专家化

本装置一改过去那种，只能简单的靠救护队员汇报给地面指挥中心及基地工作人员救灾情况，同时救护队员不能全面的说清井下的情况(受特殊情况限制，如灾区光线很暗，无法看清)而本系统具有把灾区情况实时连续的、多角度较真实的将灾区情况直接传到地面指挥中心和国家救援指挥中心，而这些地方有许多专家同进分析情况并可立即把方案传到救灾现场。

5. 3 事故分析科学化

以往的事故分析是通过救护队员回忆和基地人员的了解作一汇报，这种方法不全面，同时也不能真实的反映现场情况，此设备具有现场资料存储和回放功能，可以把现场救灾情况真实的进行多次回放，供救灾专家研究讨论提高事故分析的科学性。

5. 4 信息传递网络化

此装置采集的灾区现场救灾情况的图像和声音以及环境参数不但可以实时传递给井下救灾基地和地面指挥中心，而且还可以通过互联网实时传递给国家救援指挥中心和其它需要的地方，及时得到国家救援指挥中心更科学更全面的救灾指令和其它地方救灾专家的合理化建议。

6. 结束语

矿山救援无线可视化指挥系统采用第四代移动通信技术(4G)和对称数字用户线宽带连接技术,利用无线设备和一对双绞电话线进行双向对称数字信号传输,

提供了一种可实时监视、监测和直接联络井下工作现场的技术手段,实现了矿山通信的多媒体化。

致 谢

本论文在撰写过程中得到了西安森兰科贸有限责任公司的大量技术支持,在此表示感谢。

References (参考文献)

- [1] State Administration of Work Safety. Coal Mine Safety Procedures [M]. Beijing: Coal Industry Press,2006
国家安全生产监察管理总局.煤矿安全规程[M]. 北京:煤炭工业出版社, 2006
- [2] ZHENG Xuezhao,WU Jianbing, WEN Hu. Portable Infrared Camera In Mine:China, ZL20062007969015 [P]. 2007-09-12
郑学召, 吴建斌, 文 虎.便携式矿用红外摄像机:中国, ZL20062007969015 [P]. 2007-09-12.
- [3] WANG Haifu,FENG Shunshan. Explosion-proof Learning Theory [M]. Beijing Institute of Technology Press,2004(1)
王海福,冯顺山. 防爆学原理[M].北京理工大学出版社,2004(1)
- [4] OUYANG Wenzhao, LIAO Kebing.Safety Ergonomics [M]. Beijing: Coal Industry Press,2002
欧阳文昭,廖可兵.安全人机工程学[M].北京:煤炭工业出版社, 2002
- [5] ZHENG Xuezhao,WANG Weifeng.Development of Intrinsic Safe Computer Used in Mine Rescue[J]. Industry and Mine Automation,2009(7)
郑学召,王伟峰.矿井救援用本安型计算机的研制[J].工矿自动化, 2009 (7)
- [6] ZHENG Xuezhao , LUO Zhengmin. Application of Intrinsic Safe Infrared Camera to Mine Rescue [J]. Coal Science and Technology,2009(7)
郑学召,罗振敏. 本安型红外摄像仪在矿井救援中的应用[J].煤炭科学技术, 2009 (7)