



文章编号:1671-251X(2019)08-0001-05

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.17483

矿井应急通信系统

孙继平, 张高敏

(中国矿业大学(北京), 北京 100083)



扫码移动阅读

摘要:分析了现有矿用通信系统用作应急通信系统的可行性:漏泄通信、感应通信、多基站移动通信、广播通信和救灾通信系统不能用作应急通信系统;矿用有线调度通信系统可用作矿井应急通信系统;透地通信系统可用作应急通信系统,但事故会造成长达百余米的井下发射天线损坏,影响井下向地面通信。提出了无线中继矿井应急通信系统:采用多级无线中继,无线传输距离不小于10 km;井下电网停电或事故后,由备用电源供电;将基站、基站电源、基站电缆设置在机电硐室或加以防护;天线馈线埋入巷道,天线采用弧形或流线型结构紧贴巷帮或顶板;天线、基站及其电源、天线馈线、电缆等采用防水、防高温、防冲击设计;基站采用冗余布置。提出了无线十有线双链路矿井应急通信系统:具有有线和无线路由自动选择功能;有线网络结构宜选用抗故障能力强的星形结构、双树形结构或树形结构;双树形结构的电缆或光缆应设置在不同的巷道,或采用不同的电缆或光缆;基站与地面调度室之间没有需要供电的设备;采用树形或双树形结构的光缆时,应选用无源光网络。

关键词:矿井; 应急通信; 无线中继; 调度通信; 透地通信

中图分类号:TD655

文献标志码:A

Mine emergency communication system

SUN Jiping, ZHANG Gaomin

(China University of Mining and Technology(Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: Feasibility of using existing mine communication system as emergency communication system was analyzed. Leakage communication system, inductive communication system, multi-base station mobile communication system, broadcast communication system and rescue communication system cannot be used as emergency communication system. Mine wired dispatching communication system can be used as mine emergency communication system. Through-the-earth communication system can be used as emergency communication system, but the accidents can cause more than 100 meters of underground transmission antenna damage and affect underground communication to the ground. A wireless relay mine emergency communication system was put forward which adopts multi-stage wireless relay and the wireless transmission distance is not less than 10 km. Backup power supply should be provided after underground

收稿日期:2019-07-25;修回日期:2019-07-29;责任编辑:胡娴。

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2016YFC0801800)。

作者简介:孙继平(1958—),男,山西翼城人,教授,博士,博士研究生导师,中国矿业大学(北京)信息工程研究所所长;获国家科技进步二等奖3项(第1完成人2项);作为第1完成人获省部级科技进步特等奖和一等奖8项;作为第1完成人主持制定中华人民共和国煤炭行业 and 安全生产行业标准28项;主持制定《煤矿安全规程》第十一章“监控与通信”;作为第1作者或独立完成著作12部;被SCI和EI检索的第1作者或独立完成论文90余篇;作为第1发明人获国家授权发明专利60余项;作为国务院煤矿事故调查专家组组长参加了10起煤矿特别重大事故调查工作;E-mail: sjp@cumt.edu.cn。

引用格式:孙继平, 张高敏. 矿井应急通信系统[J]. 工矿自动化, 2019, 45(8): 1-5.

SUN Jiping, ZHANG Gaomin. Mine emergency communication system[J]. Industry and Mine Automation, 2019, 45(8): 1-5.

power cut or an accident. Base stations, base station power, and base station cable should be set in an electromechanical chamber or protected. Antenna feeders are buried in laneway, and use an arc or streamline structure to flattened itself against the laneway wall or roadway roof. Antenna, base station and its power supply, antenna feeder, cable, etc. are designed with waterproof, high temperature and shock resistance. Base stations adopt redundant arrangement. Mine emergency communication system based on wireless and wired dual links was put forward which has the function of automatic routing for wired and wireless lines. The wired network structure is recommended to use a structure with strong anti-fault capability, such as star network structure, double tree network structure or tree network structure. Double-tree cables or optical cables should be installed in different roadways, or different cables or optical cables should be used. Between the base station and the ground dispatching room, there is no equipment that needs to be powered. Passive optical networks should be selected for optical cables with tree or double tree network structures.

Key words:mine; emergency communication; wireless relay; dispatching communication; through-the-earth communication

0 引言

矿井通信系统是煤矿安全生产和事故应急救援的重要工具,是煤矿井下安全避险“六大系统”之一^[1-2]。矿井通信系统包括矿用调度通信系统、矿井移动通信系统、矿井广播通信系统、矿井救灾通信系统、矿井应急通信系统等^[3-5]。其中,矿井应急通信系统是矿井发生瓦斯、水灾、火灾、冲击地压、顶板冒落等事故后,仍能为遇险人员提供通信的系统。抗灾变^[6]能力强是矿井应急通信的特点和实现的难点。

1 现有矿用通信系统用作应急通信系统的可行性

1.1 漏泄、感应、多基站移动通信系统

漏泄、感应、多基站移动通信系统不能用作应急通信系统。

矿井移动通信系统满足了煤矿井下流动人员的通信需求^[7],提高了井下流动人员通信的及时性与可靠性,为及时通报安全隐患、撤人和救援提供了通信手段^[8],促进了煤矿安全生产。井下带式输送机、机电设备硐室、水泵房等无人值守的煤矿,必须为巡检人员配备移动电话,以便巡检人员及时向调度室报告巡检情况、接收维修任务等。

全矿井移动通信系统主要有 PHS(Personal Handy-phone System,个人手持式电话系统),2G,3G,4G 和 WiFi 等多基站矿井移动通信系统^[5,9-11],采用无线接入、有线远距离传输通信方式。对于无线接入、有线远距离传输的多基站矿井移动通信系统^[8],当井下基站停电或损坏、光缆和电缆断缆时,

均会造成通信中断。因此,无线接入、有线远距离传输的多基站矿井移动通信系统不能用作矿井应急通信系统。

矿井漏泄通信系统一般用于电机车等局部移动通信系统。为满足远距离通信要求,矿井漏泄通信系统每间隔百米或数百米需串入有源中继器,当瓦斯超限停电和事故停电时,将影响系统正常工作。特别是瓦斯、水灾、火灾、冲击地压、顶板冒落等事故会造成漏泄电缆损坏。因此,矿井漏泄通信系统不能用作矿井应急通信系统^[11]。

矿井感应通信系统主要用于工作面移动通信等局部通信和救灾通信。矿井感应通信距离短,特别是瓦斯、水灾、火灾、冲击地压、顶板冒落等事故会造成感应线损坏。因此,矿井感应通信系统不能用作矿井应急通信系统。

1.2 广播和救灾通信系统

广播和救灾通信系统不能用作应急通信系统。

矿井广播通信系统在采掘工作面等有人作业的地点、人员行走的巷道设置广播通信设备。矿井广播通信系统平时可用于生产调度广播,当发生事故时,可用于通知井下作业人员撤离危险区域。《煤矿安全规程》规定,矿井应当设置应急广播系统,保证井下人员能够清晰听见应急指挥指令。矿井广播通信系统通过电缆或光缆与井下广播等设备相连,井下广播等设备需供电。瓦斯超限等引起的停电及断缆、广播设备损坏均会影响系统正常工作。因此,矿井广播通信系统不能用作矿井应急通信系统^[5]。

矿井救灾通信系统由救护队员携带,用于救护队员与井下救援基地和地面救援指挥中心通信,以

及救护队员之间通信。早期的救灾通信主要是感应通信,通过专用感应线或井下已有的电缆、铁轨、金属水管等纵向导体增加通信距离,主要用于语音通信。近年来,研制出 WiFi+Mesh 救灾通信系统,通过无线接力延长通信距离^[3],具有语音、视频、环境参数(甲烷浓度、一氧化碳浓度、二氧化碳浓度、氧气浓度、温度等)监测与传输、救护队员生命体征(心跳、呼吸和体温等)监测与传输功能。在救护队员不能到达的灾后环境中,无法使用矿井救灾通信系统。因此,矿井救灾通信系统不能用作矿井应急通信系统^[5]。

1.3 矿用有线调度通信系统

矿用有线调度通信系统可用作应急通信系统。

矿用调度通信系统主要用于生产和安全调度指挥,是煤矿采、掘、机、运、通等生产环节协调有序运转的关键。为保障系统可靠运行,矿用调度通信系统应采用有线调度通信系统。《煤矿安全规程》^[12]规定,所有煤矿必须装备有线调度通信系统,有线调度通信系统通信电缆必须专用。矿用有线调度通信系统井下不需要电源,瓦斯超限等引起的停电不影响系统正常工作。因此,矿用有线调度通信系统可用于矿井应急通信。2007 年 7 月 29 日河南省陕县支建煤矿发生透水事故,共有 69 人遇险。被困人员通过有线调度电话及时将被困人数、位置和状况向地面调度室汇报,为救援提供了准确信息,缩短了救援时间^[4]。

矿用调度通信系统只要电话不坏,电缆不断,就可为遇险人员提供通信^[5]。为减小瓦斯、水灾、火灾、冲击地压、顶板冒落等事故对系统的影响,系统电缆应埋入巷帮与底板的夹角处,电话应设置在有防护的机电硐室内。

1.4 透地通信系统

透地通信系统可用作应急通信系统。

透地通信可以穿透煤岩,实现井下与地面、井下巷道间通信。透地通信频率很低,传输带宽很窄,只能用于短信通信或经过压缩的语音通信。为穿透数百米的煤岩,透地通信的环形发射天线周长达百余米,瓦斯、水灾、火灾、冲击地压、顶板冒落等事故会造成井下天线损坏。地面向井下单向透地通信,井下不需要设置发射机和发射天线,受瓦斯、水灾、火灾、冲击地压、顶板冒落等事故影响小。井下与地面向双向或井下向地面单向透地通信,井下需设置发射机和发射天线,受瓦斯、水灾、火灾、冲击地压、顶板

冒落等事故影响大。发生事故后,不但需要地面向井下被困人员下达自救指令等,更需要通过遇险人员了解被困人员位置、数量和状态^[5-6]、所处环境等。这不但需要地面向井下单向通信,更需要井下与地面双向通信,特别是井下向地面的通信。因此,透地通信系统可用作应急通信系统^[11],但事故会造成长达百余米的井下发射天线损坏,影响井下向地面通信。

2 无线中继矿井应急通信系统

为满足事故后被困人员与地面双向通信需求,笔者提出了无线中继矿井应急通信系统,如图 1 所示。系统采用多级无线中继,解决了矿井无线衰减严重、发射功率受限和传输距离远等问题。正常工作时,基站采用井下电网供电,并给备用电源充电。井下电网停电或事故后,由备用电源供电。为减小瓦斯、水灾、火灾、冲击地压、顶板冒落等事故对基站和供电电缆的冲击,将基站、基站电源、基站电缆设置在机电硐室或加以防护^[5]。为减小瓦斯、水灾、火灾、冲击地压、顶板冒落等事故对天线的影响,将天线馈线埋入巷道,天线采用弧形或流线型结构紧贴巷帮或顶板,以减小爆炸等冲击的影响。天线、基站及其电源、天线馈线、电缆等采用防水、防高温、防冲击设计。为防止个别基站损坏后影响系统工作,基站采用冗余布置,即任意基站至少可与左右任一方向的 2 个基站通信。

煤矿井下无线衰减严重,无线发射功率受本安防爆限制,无线传输距离短。为满足煤矿井下 10 km 无线通信距离要求,无线中继矿井应急通信系统的中继级数多达 20 余级,这是一般 Mesh 通信难以做到的。因此,解决中继时延、带宽损失和系统稳定性难题是无线中继矿井应急通信系统关键技术之一。

无线中继矿井应急通信系统不但能为遇险人员与地面调度室之间提供双向语音通信,还具有人员定位、环境监控、监视等功能。无线通信基站如图 2 所示(不含有线链路模块)。

3 无线+有线双链路矿井应急通信系统

为进一步提高系统抗故障能力和可靠性,笔者在无线中继矿井应急通信系统的基础上,提出了无线+有线双链路矿井应急通信系统,如图 3 所示。为减小瓦斯、水灾、火灾、冲击地压、顶板冒落等事故

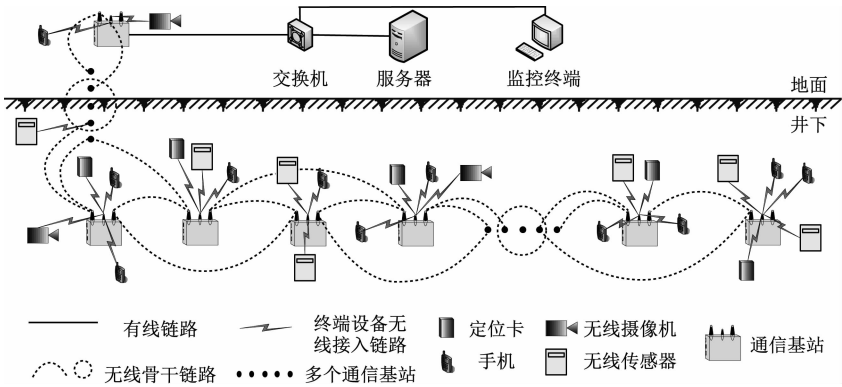


图 1 无线中继矿井应急通信系统

Fig. 1 Wireless relay mine emergency communication system

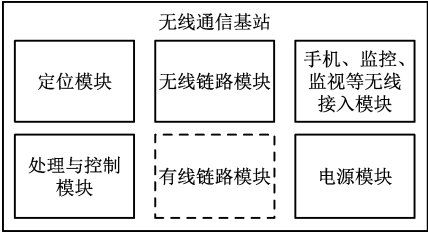


图 2 无线通信基站

Fig. 2 Wireless communication base station

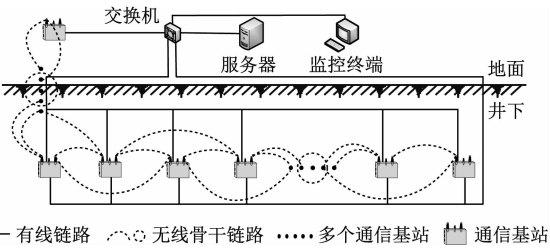


图 3 无线+有线双链路矿井应急通信系统

Fig. 3 Mine emergency communication system based on wireless and wired dual links

对系统的影响,系统电缆应埋入巷帮与底板的夹角处。无线+有线双链路矿井应急通信系统具有路由自动选择功能,当有线传输正常时,选择有线传输;当发生断缆等故障时,选择无线传输。

有线传输介质可选用电缆或光缆。有线网络结构宜选用抗故障能力强的星形结构(图 4)、双树形结构(图 5)或树形结构^[13](图 6)。双树形结构的电缆或光缆应设置在不同的巷道,或采用不同的电缆或光缆。无论采用何种网络结构,都必须保证基站与地面调度室之间没有需要供电的设备,避免瓦斯超限停电等对系统的影响。

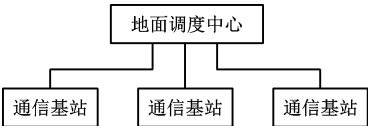


图 4 有线星形网络结构

Fig. 4 Wired star network structure

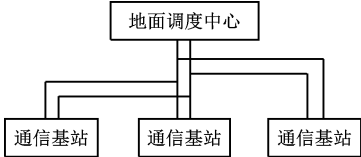


图 5 有线双树形网络结构

Fig. 5 Wired double tree network structure

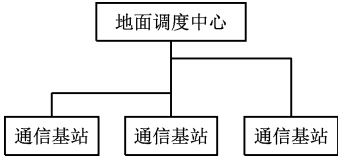


图 6 有线树形网络结构

Fig. 6 Wired tree network structure

采用树形或双树形结构的光缆应选用无源光网络,光纤采用无源分光器分接,确保基站与地面调度室之间没有需要供电的设备。

4 结论

- (1) 漏泄通信、感应通信、多基站移动通信、广播通信和救灾通信系统不能用作应急通信系统。
- (2) 矿用有线调度通信系统可用作矿井应急通信系统,系统电缆应埋入巷帮与底板的夹角处,电话应设置在有防护的机电硐室内。
- (3) 透地通信系统可用作应急通信系统,但事故会造成长达百余米的井下发射天线损坏,影响井下向地面通信。
- (4) 提出的无线中继矿井应急通信系统不但能为遇险人员与地面调度室之间提供双向语音通信,还具有人员定位、环境监控、监视等功能。
- (5) 提出的无线+有线双链路矿井应急通信系统在无线中继矿井应急通信系统基础上增加了有线链路,基站与地面调度室之间没有需要供电的设备,具有有线和无线路由自动选择功能,进一步提高了系统抗故障能力和可靠性。

参考文献(References):

[1] 孙继平. 煤矿井下安全避险“六大系统”的作用和配置方案[J]. 工矿自动化, 2010, 36(11): 1-4.
SUN Jiping. Effect and configuration of "six systems" for safe act of rescue of coal mine underground[J]. Industry and Mine Automation, 2010, 36(11): 1-4.

[2] 孙继平. 煤矿安全生产理念研究[J]. 煤炭学报, 2011, 36(2): 313-316.
SUN Jiping. Research on coal-mine safe production conception[J]. Journal of China Coal Society, 2011, 36(2): 313-316.

[3] 孙继平. 现代化矿井通信技术与系统[J]. 工矿自动化, 2013, 39(3): 1-5.
SUN Jiping. Modern mine communication technology and system[J]. Industry and Mine Automation, 2013, 39(3): 1-5.

[4] 孙继平. 矿井通信技术与系统[J]. 煤炭科学技术, 2010, 38(12): 1-3.
SUN Jiping. Mine communication technology and system [J]. Coal Science and Technology, 2010, 38(12): 1-3.

[5] 孙继平. 煤矿事故特点与煤矿通信、人员定位及监视新技术[J]. 工矿自动化, 2015, 41(2): 1-5.
SUN Jiping. Characteristics of coal mine accidents and new technologies of coal mine communication, personnel positioning and monitoring[J]. Industry and Mine Automation, 2015, 41(2): 1-5.

[6] 孙继平, 钱晓红. 煤矿重特大事故应急救援技术及装备[J]. 煤炭科学技术, 2017, 45(1): 112-116.
SUN Jiping, QIAN Xiaohong. Emergency rescue technology and equipment of mine extraordinary accidents [J]. Coal Science and Technology, 2017, 45(1): 112-116.

[7] 孙继平. 煤矿自动化与信息化技术回顾与展望[J]. 工矿自动化, 2010, 36(6): 26-30.
SUN Jiping. Review and prospect of technologies of automation and informatization of coal mine [J]. Industry and Mine Automation, 2010, 36(6): 26-30.

[8] 孙继平. 煤矿安全生产监控与通信技术[J]. 煤炭学报, 2010, 35(11): 1925-1929.
SUN Jiping. Technologies of monitoring and communication in the coal mine[J]. Journal of China Coal Society, 2010, 35(11): 1925-1929.

[9] 孙继平. 煤矿信息化自动化新技术与发展[J]. 煤炭科学技术, 2016, 44(1): 19-23.
SUN Jiping. New technology and development of mine informatization and automation[J]. Coal Science and Technology, 2016, 44(1): 19-23.

[10] 孙继平. 煤矿信息化与自动化发展趋势[J]. 工矿自动化, 2015, 41(4): 1-5.
SUN Jiping. Development trend of coal mine informatization and automation[J]. Industry and Mine Automation, 2015, 41(4): 1-5.

[11] 孙继平. 矿井宽带无线传输技术研究[J]. 工矿自动化, 2013, 39(2): 1-5.
SUN Jiping. Research of mine wireless broadband transmission technology [J]. Industry and Mine Automation, 2013, 39(2): 1-5.

[12] 国家安全生产监督管理总局. 煤矿安全规程[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2016.

[13] 孙继平. 煤矿井下有线宽带信息传输研究[J]. 工矿自动化, 2013, 39(1): 1-5.
SUN Jiping. Research of wired broadband information transmission of coal mine underground[J]. Industry and Mine Automation, 2013, 39(1): 1-5.