

第19届全国煤矿自动化与信息化学术会议论文选编

文章编号:1671-251X(2009)07-0110-05

矿井移动通信的现状及关键科学技术问题

孙继平

(中国矿业大学(北京),北京 100083)

摘要:分析了矿井移动通信特点;分析了矿井漏泄、感应、透地、PHS(小灵通)、CDMA等通信系统;提出了“有线/无线转换器+基站”和“基站+交换机”的网络结构;提出并研制成功了 WiFi 矿井移动通信系统;提出了矿井移动通信关键科学技术问题:(1) 矿井无线传输理论;(2) 无线电与天线矿用本质安全防爆理论;(3) 矿井移动通信网络结构、调制方法、信令等。

关键词:矿井;移动通信;无线传输;矿用本质安全防爆;网络结构;调制方法;CDMA;WiFi

中图分类号:TD672 **文献标识码:**B

Present Situation and Key Problems of Science and Technology of Mine Mobile Communication

SUN Ji-ping

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

Abstract: The characteristics of mine mobile communication and communication systems of mine leakage, induction, through-the-earth, PHS, CDMA and so on were analyzed. The network structures named wire/wireless converter plus base station and base station plus switch were proposed. WiFi mine mobile communication system was proposed and developed successfully. The key problems of science and technology of mine mobile communication were proposed, which were theory of mine wireless communication, theory of mine-used intrinsic safety and explosion-proof of radio and antenna, network structure, modulation method, signaling and so on of mine mobile communication.

Key words: mine, mobile communication, wireless transmission, mine-used intrinsic safety and explosion-proof, network structure, modulation method, CDMA, WiFi

0 引言

矿井移动通信系统是矿井生产调度和抢险救灾的重要工具。煤矿井下是一个特殊的工作环境,因此,矿井移动通信系统不同于一般的地面移动通信系统。本文针对矿井移动通信系统的特点及现状,提出并探讨矿井移动通信系统发展过程中需要解决的若干关键科学技术问题。

1 矿井移动通信的特点

矿井移动通信具有如下特点^[1]:

(1) 电气防爆:煤矿井下具有甲烷等可燃性气体和煤尘。因此,移动通信设备必须是防爆型电气设备,并宜采取安全性能好的本质安全型防爆措施。

(2) 传输衰耗大:煤矿井下空间狭小,且有风门、机车等阻挡体、巷道倾斜、有拐弯和分支、巷道表面粗糙等,传输衰耗大。

(3) 设备体积小:煤矿井下空间狭小,因此,移动通信设备的体积、特别是天线体积不能很大,便携式移动台更要注意设备的体积和重量。

(4) 发射功率小:本质安全型防爆电气设备的最大输出功率为 25 W 左右。为将矿井移动通信设

收稿日期:2009-05-18

作者简介:孙继平(1958-),男,博士,教授,博士研究生导师,中国矿业大学(北京)副校长,主要从事煤矿安全生产监控与通信、安全生产信息化及煤矿电气安全方面的研究和实践工作。E-mail: sjp@sumtb.edu.cn

备制成本质安全型防爆电气设备,设备的发射功率一般较小。

(5) 抗干扰能力强:煤矿井下空间窄小,机电设备相对集中且功率大,因此,电磁干扰严重,特别是大型机电设备启停、架线电机车电火花等对通信设备干扰大,故应具有较强的抗干扰能力。

(6) 防护性能好:应具有防尘、防水、防潮、防腐、耐机械冲击等性能。

(7) 电源电压波动适应能力强:井下电网电源电压波动范围为75%~110%,甚至达75%~120%,因此,矿井移动通信设备应具有较强的电源电压波动适应能力,特别是当电网停电时,应由备用电源维持不小于2 h的正常工作。

(8) 抗故障能力强:煤矿井下环境恶劣,设备故障率高,人为破坏事件时有发生。因此,矿井移动通信系统应具有较强的抗故障能力,当系统中某些设备发生故障时,不会造成整个系统瘫痪,其余非故障设备仍能继续工作。

(9) 服务半径大:矿井移动通信与一般地面移动通信相比,服务半径很小,仅为十几千米,但同一般建筑物内、公路、铁路隧道等限定空间的移动通信相比,其服务半径较大。

(10) 信道容量大:煤矿井下是一个移动的工作环境,随着煤炭的开采、巷道的开拓与掘进,工作场所一直在移动,现有有线调度电话均受到局限。且随着移动通信系统可靠性与通信质量的提高、功能的完善、成本的降低,它将承担着大量的生产调度与救灾通信的任务,需要系统具有较大的信道容量。另外,井下电机车等移动设备的监控和便携式仪器入网也需要信道容量较大的移动通信网。

(11) 移动速度慢:矿井移动通信系统移动台的移动速度较慢,这主要是由于矿井运输工具主要为胶带输送机、电机车、单轨吊车、斜井绞车、罐笼等,其运行速度远远低于火车、汽车等陆地运输工具。

2 矿井移动通信现状

迄今为止,我国煤矿井下主要以有线通信方式为主。国内外矿井无线通信方式主要有透地、感应、漏泄、PHS(小灵通)、CDMA和WiFi通信等。

2.1 矿井透地、感应、漏泄通信系统

透地通信是以大地为电磁波传播媒质、电磁波穿透大地的无线通信方式^[1]。透地通信系统由地面发射装置和井下的便携接收装置组成,如图1所示。

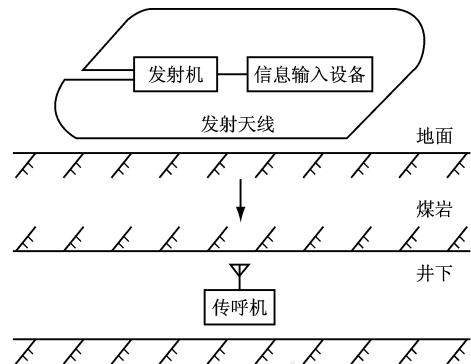


图1 透地通信系统组成示意图

为了加强电磁波穿透岩层的能力,透地通信系统的工作频段一般选择波长较长的特低频频段(300~3 000 Hz)。其发射天线一般长达数十千米,发射机的功率也较大,达数千瓦。由于系统的信息输入装置、发射机和发射天线均置于地面,当井下发生灾变时,不会影响系统的正常工作,因此,系统可靠性较高。但是,这种通信系统存在着一些问题:

(1) 信道容量小。为避免较大的传输衰减,透地通信系统的工作频率一般选择为特低频,因此,不能用于语音等需要较大信道容量的通信,只能用于传呼、简单遥控等不需要较大信道容量的通信,限制了系统的使用。

(2) 单向通信。由于透地通信系统工作频率较低,因此,要求天线发射尺寸较大,不宜架设在井下。特别是较大的发射功率使发射机和发射天线难以制成本质安全型防爆电气设备,这就进一步限制了系统在井下的使用。因此,透地通信系统只适用于地面发送、井下接收的单向通信。

(3) 电磁干扰大。煤矿井下空间狭小,机电设备相对集中,而且采掘运输设备的功率较大、负载不稳定、启/停频繁、架线电机车火花等因素,造成井下电磁干扰严重,特别是50 Hz工频及其谐波对透地通信系统的干扰更为严重。

(4) 应用范围受限制。透地通信系统需要在地面架设长达数千米的天线,其架设方法有两种:一种是架设在电杆上,另一种是埋设在地下。这两种方法均需要向不属于矿区管辖的农村征地,并且架设后容易遭受不法分子的盗窃,这些都限制了该方法的应用。同时,天线在井下敷设,由于发射功率较大,难以将天线制成本质安全型防爆电气设备,只能采用铠装天线、天线故障检测和保护措施来提高天线的电气安全性,但不能从根本上解决天线的电气安全问题。

(5) 施工难度大。大地构造、介质参数、巷道布

置、支护方式、机电设备、电缆、金属管线等对透地通信系统的传输质量影响较大。而不同的矿井,上述因素差异很大。

因此,透地通信系统不宜用作全矿井移动通信系统,只适宜用于调度和救灾辅助通信系统。

2.1.2 感应通信系统

感应通信是通过架设专用感应线,或者利用巷道内已有的导体(如电机车架空线、照明线等)进行导波的通信方式^[1]。

感应通信系统工作在中频段(300~3 000 kHz),其优点是中频信号可以在一定程度上穿透煤层和岩层传播。利用巷道内已有的纵向导体,可以省去架设专用感应线。

由于感应通信系统的工作频率仍然较低,所以该通信系统仍然有信道容量小、电磁干扰大的缺点,而且天线的体积较大,携带不便,通常为背心型或跨肩带型。因此,感应通信系统不宜用作全矿井移动通信系统。

2.1.3 漏泄通信系统

漏泄通信是利用特制的表面连续开孔或疏编的同轴电缆(又称漏泄电缆)沿巷道传输无线信号的通信方式。漏泄电缆在通信系统中具有传输线和天线两方面的特性,是一种连续型天线,电磁波的传播以电缆内导体作为“去线”,以外导体作为“回线”。如图2所示,当基地站电磁波沿电缆导线传输时,在漏泄电缆内传输的电磁波从开孔或疏编孔辐射到周围空间产生漏泄场,各个移动台可从中获取能量,从而实现与基地台通话;同样,移动台发出的电磁波也会耦合到漏泄电缆内,与基地站通信^[1]。

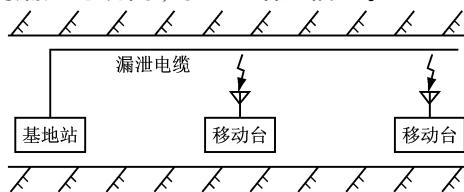


图2 漏泄通信系统组成示意图

漏泄通信系统利用漏泄馈线边传输边辐射的特点传输无线信号,因此,系统受巷道形状、截面、分支、拐弯、倾斜和巷道围岩介质等外界环境影响小,信道较稳定,系统各项性能均优于透地通信系统和感应通信系统。漏泄通信系统一般工作在甚高频频段(30~300 MHz),与中频感应通信相比,其具有信道容量大、性能稳定的优点。

但是,由于电磁波在沿漏泄电缆传输时不断向周围空间辐射电磁能量,电缆中的电磁信号变得越

来越弱,因此,在漏泄通信系统中通常采用大量的双向中继器延长通信距离。中继器的加入增加了系统成本,而且任何一个中继器的故障都会造成中继器以外的部分系统瘫痪,这便形成了漏泄通信系统的固有缺点,即可靠性低;井下的恶劣环境造成漏泄电缆的性能大幅度下降,系统设备多,馈线长,给系统维护造成很大不便。因此,漏泄通信系统不宜用作全矿井移动通信系统。

2.2 “有线/无线转换器+基站”和“基站+交换机”的网络结构

为解决矿井透地、感应、漏泄通信系统存在的问题,笔者提出了“有线/无线转换器+基站”和“基站+交换机”矿井移动通信系统网络结构^[2]。

2.2.1 “有线/无线转换器+基站”的网络结构

采用该网络结构的矿井移动通信系统由基站、有线/无线转接器、移动台和电缆等组成,如图3所示。

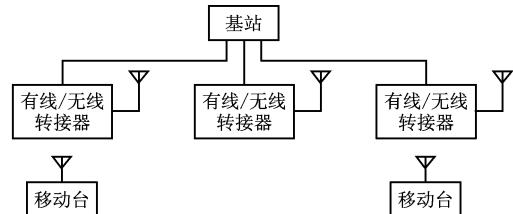


图3 采用“有线/无线转接器+基站”网络结构的矿井移动通信系统组成示意图

基站具有调度电话、有线电话网接入、系统工作状态监测等功能。有线/无线转接器具有有线信号/无线信号转接功能。有线/无线转接器沿巷道每隔一定距离 $2R$ (R 为无线传输距离)设置1个,且设置在巷道急拐弯处,如图4所示。因此,在有线/无线转接器的覆盖范围内,任一移动台均可与其它移动台和基站通信,即无线实现移动,有线远距离传输。在该系统中,有线/无线转接器将移动台发射的无线信号转换为基带或载频频率较低的频带信号,然后经电缆远距离地传送给基站和其它有线/无线转接器。其它有线/无线转接器将基带或载频频率较低的频带信号转换为无线信号,供其它移动台接收。对于多信道通信,可采用多芯电缆或频分多路复用。该系统中,由于有线/无线转接器和基站均是并接在电缆上的,因此,任一有线/无线转接器和基站出现故障只会影响局部区域的通信,系统抗故障能力强。

2.2.2 “基站+交换机”的网络结构

采用该网络结构的矿井移动通信系统由移动台、基站、程控交换机和电缆等组成,如图5所示。基站每隔一定距离 $2R$ (R 为无线传输距离)和在巷

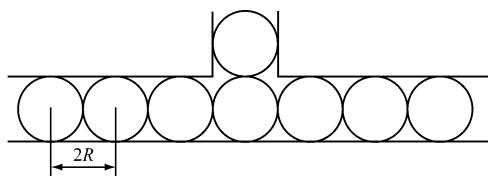


图4 有线/无线转接器的设置示意图

道急拐弯处设置(类似图4所示的有线/无线转接器的设置),基站具有本小区移动台管理和有线/无线转接功能,基站与程控交换机之间用电缆或光缆连接。程控交换机具有系统管理、越区切换、调度电话、有线电话网接入等功能。在本小区内,移动台与移动台之间可实现无线直通,或经基站转接通信。若要实现移动台A与移动台B远距离通信,移动台A所在区域的基站X将移动台A发出的无线信号转换为有线信号,经电缆或光缆远距离传输,再经程控交换机和电缆或光缆与移动台B所在区域的基站Y接通,基站Y将有线信号转换为无线信号供移动台B接收,移动台B发送,移动台A接收与上述过程相反,从而实现跨区远距离移动通信。在该通信系统中,任一基站发生故障只会影响局部通信,不会影响整个系统。因此,系统的抗故障能力强。由于跨区通信均通过程控交换机控制,因此,没有通信的基站的有线线路和无线信道并未被占用,可供其他用户使用,线路的利用率高。

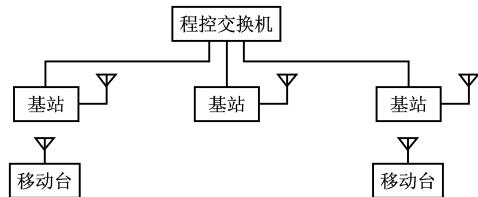


图5 采用“基站+交换机”网络结构的矿井移动通信系统组成示意图

2.2.3 “有线/无线转接器+基站”和“基站+交换机”矿井移动通信系统

PHS(小灵通)、CDMA、WiFi矿井移动通信系统是近年来研制的基于“有线/无线转接器+基站”和“基站+交换机”的矿井移动通信系统。

(1) PHS(小灵通)矿井移动通信系统

PHS(小灵通)矿井移动通信系统采用“基站+交换机”网络结构和PHS(小灵通)技术。

PHS(小灵通)矿井移动通信系统具有基站和手机发射功率低等优点,但存在基站控制器和基站非本质安全型防爆、抗灾变能力差、传输距离短(井下分站至地面最大通信距离不满足井下通信10 km的要求)等问题。

我国引进小灵通技术是在中国电信没有移动牌照以及移动双向收费、话费比较贵时采取的一种临时过度通信手段。目前,随着移动和电信业的重组,电信运营商都得到了移动的牌照,手机单向收费和移动通信话费越来越便宜,小灵通的市场越来越小。近日,信工部又宣布2012年前小灵通将退出市场。小灵通的主要生产厂商UT-斯达康已经明确不生产小灵通,小灵通系统以后的维护和配件都将变得十分困难。因此,PHS(小灵通)也不宜用作全矿井移动通信系统。

(2) CDMA矿井移动通信系统

CDMA矿井移动通信系统采用“有线/无线转接器+基站”的网络结构和CDMA技术,工作频率为450 MHz。

CDMA矿井移动通信系统具有通话清晰、抗干扰能力强等优点。CDMA矿井移动通信系统的地面主机和井下远端模块通过光缆直接连接,由于远端模块没有交换功能,一旦接入的光缆发生断缆,远端模块将不能脱网工作,因此,CDMA矿井移动通信系统的抗灾变能力差,不宜用作全矿井移动通信系统。

(3) WiFi矿井移动通信系统

笔者提出并研制成了具有应急通信、手机图象和双模功能的WiFi矿井移动通信系统^[3]。

WiFi矿井移动通信系统采用“基站+交换机”的网络结构和WiFi主流短距离无线通信技术,工作频率为2.4 GHz,带宽达到54 Mbps、抗干扰能力强、设备体积小、成本低。

该系统具有应急功能,当井下基站与地面交换机断缆时,基站服务区内的移动电话仍可相互通话,系统抗故障能力强。该基站脱网功能也可用于事故应急救援和临时施工通信。

3 矿井移动通信关键科学技术问题

矿井移动通信关键科学技术问题主要包括^[5]:

(1) 矿井无线传输理论;(2) 无线电与天线矿用本质安全防爆理论;(3) 矿井移动通信系统网络结构与调制方法等。

矿井无线传输理论就是要揭示电磁波在煤矿井下传播规律,主要研究以下内容:(1)巷道截面、形状、弯曲、分支、倾斜、表面粗糙度、围岩介质、支护、通风设施、巷道内设备、纵向导体、横向导体、矿尘等对无线传输的影响;(2)天线在巷道内的激励等。

无线电与天线矿用本质安全防爆理论主要研究

文章编号:1671-251X(2009)07-0114-04

利用国产装备实现综采自动化的研究与实践

于励民

(中国平煤神马能源化工集团,河南 平顶山 467000)

摘要:文章分析了自动化综采设备的发展现状,提出了成套自动化综采设备的适应性研究、国产成套自动化综采设备选型及配套技术研究及实施方案。文章重点研究了自动化综采工作面控制系统集成中的工作面集中控制系统和通信、控制一体化系统。该系统已在平煤集团六矿成功投入运行,运行状况良好,有效提高了综采工作面的机械化、自动化和安全管理水平,降低了职工劳动强度,提高了生产效率,实现了综采工作面无人跟机作业。

关键词:国产装备;综采自动化;设备;研究;实施

中图分类号:ID823.97 **文献标识码:**B

0 引言

随着煤炭工业信息化与工业化融合的加快,机电一体化技术、计算机和网络技术与煤矿装备的结合使得煤矿生产过程实现自动化具备了可行条件,电牵引采煤机和电液控制系统在液压支架的应用为综采自动化提供了基础。近年来,国内一些局矿已经引进了成套自动化刨煤机开采薄煤层,但利用滚筒采煤机作为落煤、装煤工具的成套综采设备尚没有完全自动化工作面的成熟案例。因此,利用国产滚筒采煤机、液压支架等组成成套装备,实现综采自动化具有重要意义。

收稿日期:2009-06-01

作者简介:于励民(1953-),男,辽宁沈阳人,教授级高工,现为中国平煤神马能源化工集团副总经理,长期从事矿井机电管理与科研工作。E-mail:pml_ylm@pmjt.com.cn

在煤矿井下无线电发射天线、功率、频率等与点燃瓦斯能量的关系。

矿井移动通信关键科学技术问题还包括网络结构、信令、调制方法等。

4 结语

本文分析了基于“有线/无线转换器+基站”和“基站+交换机”网络结构的PHS(小灵通)、CDMA和WiFi矿井移动通信系统;提出并探讨了有待解决的若干矿井移动通信关键科学技术问题。笔者相信,矿井移动通信的发展有赖于矿井移动通信技术

目前,平煤集团矿井开采范围不断扩大,生产年限和采深不断增加,工作面条件恶化,七大自然灾害加剧。现用综采设备以人工操作为主,工作面人员多、环境恶劣、工作劳动强度高、安全保障低,限制了设备效能和煤炭产能,因此,需要提高综采设备自动化装备水平,实现工作面无人或少人,解决高瓦斯煤层安全开采和薄煤层高效开采的难题。

1 自动化综采设备发展现状

1.1 国外自动化综采设备发展现状

国外利用滑行刨煤机及电液控制系统控制液压支架组成的薄煤层全自动化综采设备解决了薄煤层安全高效开采问题。但因其对煤层赋存条件要求苛刻以及进口设备价格昂贵而未能得到大量推广。二十世纪末期以来,美、德、英等先进采煤国家研制开发了新型电牵引采煤机,实现了机械-电气一体化和工作面的液压支架采煤机的联动,为滚筒采煤

的进步和关键科学技术问题的解决。

参考文献:

- [1] 孙继平. 矿井移动通信的特点及现有系统分析[J]. 煤矿自动化, 1997(4):21~24.
- [2] 孙继平. 矿井移动通信需求分析及网络结构的研究[J]. 煤矿设计, 1999(1):17~19.
- [3] 孙继平. 多功能煤矿井下无线通信系统[R]. 北京:中国矿业大学(北京), 2006.
- [4] 孙继平. 矿井通信与监控关键科学技术问题[R]. 北京:中国矿业大学(北京), 2009.