



移动扫码阅读

关丙火,张 晋.煤矿井下“一网一站”组网模式关键技术研究[J].煤炭科学技术,2019,47(10):155-160.doi:10.13199/j.cnki.cst.2019.10.020

GUAN Binghuo,ZHANG Jin.Study on key technology for networking mode of “one net and one station” in coal mine [J].Coal Science and Technology,2019,47(10):155-160.doi:10.13199/j.cnki.cst.2019.10.020

煤矿井下“一网一站”组网模式关键技术研究

关丙火,张 晋

(神华神东煤炭集团有限责任公司,陕西 神木 719315)

摘 要:为了提高矿井通信的效率,实现资源共享与优化配置,通过“一网一站”项目的研究,在井下通信系统采用全新的组网模式,将井下交换机采用万兆环网进行连接,并将井下安全监测监控、人员定位、应急广播、视频监控、无线通信等业务统一接入到综合通信分站中,通过现场测试和现场试验网络模式对资源配置提升的效果。研究表明:“一网一站”项目采用的井下交换机连接成万兆环网的结构方式,将带宽提高到万兆,并通过“环套环”模式,有效提升数据传输速率;与此同时,井下各终端业务不再独立传输,而是统一接入综合通信分站中,通过一根光纤连接到环网交换机中,达到优化原系统信息传输结构,有效减少煤矿业务重复性投资,实现资源共享的目的。

关键词:一网一站;组网模式;万兆环网;环套环;综合通信分站

中图分类号:TD67

文献标志码:A

文章编号:0253-2336(2019)10-0155-06

Study on key technology for networking mode of “one net and one station” in coal mine

GUAN Binghuo,ZHANG Jin

(Shenhua Shendong Coal Group Co., Ltd., Shenmu 719315, China)

Abstract:In order to improve the efficiency of mine communication, sharing and optimal allocation of resources, through the research of “one-stop network project, in the underground communication system using new networking mode, the use of underground exchanger by 10 Gigabit ring network unified access connection and underground safety monitoring, personnel location, emergency broadcast, video monitoring, wireless communication business method to comprehensive communication substation in the effect of field test and test network model to enhance the allocation of resources.” A network of a station” project for the first time using a downhole switch connected into a 10 Gigabit ring network structure, the bandwidth increased to 10 Gigabit, and through the “Ring thimble” mode, effectively enhance the data transfer rate; The terminal service is no longer independent transmission, but unified access integrated communications sub-station, through a fiber connected to the ring network switch, to optimize the original system information transmission structure, effectively reduce the mine business repeatability, to achieve the purpose of sharing resources .

Key words:one net and one station; networking mode; 10 Gigabit ring network; ring thimble; integrated communication station

0 引 言

近年来,全球各行各业的自动化、无人化和智能化的程度越来越高,在各个行业间智能技术得到广泛的应用和飞速发展。在此过程中,我国煤炭工业现代化程度的不断提高,煤矿的信息化建设飞速发展^[1-3]。在煤矿的日常调度、监测监控、管理、安全

生产等方面,不断更新的信息技术使得煤矿通信迈入高速率、大容量、综合化时代^[4-5]。然而,煤炭开采工业中自动化和智能化技术的发展和用相比其他行业(例如:军工、航天、生物医学工程等)仍处于落后水平和慢速拓展中。煤矿通信系统是煤矿企业信息化建设的基础,适中的网络规模和优化的网络结构可以使先进的技术手段在矿区实现最佳效

收稿日期:2019-03-29;责任编辑:赵 瑞

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2017YFC0804302)

作者简介:关丙火(1982—),男,河南武陟人,工程师,现任神华神东煤炭集团有限责任公司技术研究院信息技术主管。E-mail:guanbinghuo@

果^[6-8]。由于矿区煤炭资源的自然分布特性较广,井下业务具有多样性,因此根据煤矿自身基础条件选择合适的通信系统组网模式,才能全面、深入地实现井下生产自动化,提高煤矿生产安全水平。

传统的通信网络大多采用通信节点串联的方式,通过首尾节点的开放,接入井下终端和井上交换机,组成结构简单的线形网络^[9-11]。井下各业务终端通过独立的链路连接到井下交换机,将监控数据传到井上各业务系统。这种组网模式容错性较差,生存性较低,当通信网络中的某一节点或链路出现故障,整个通信网络都会受到影响,且会造成系统建设的重复性工作和资源浪费^[12-15]。这种通信模式严重影响着煤矿开采的效率和经济性,与目前各行各业进行智能化和自动化模式仍具有一定的差距^[16-18]。为此,提出全新高效的煤矿通信技术和模式,对于提高矿井智能化建设具有重要的现实意

义^[19-21]。基于此,笔者介绍了具有全新理念的“一网一站”系统,通过采用环网传输、“环套环”、综合通信分站整合井下终端业务传输等技术方案对组网模式进行创新,以期实现煤矿井下网络通信的高效性和经济性。

1 “一网一站”组网模式设计

1.1 “一网一站”系统架构

“一网一站”系统架构(图1)采用分层设计,底层业务包括自动化控制类、有线、无线通信类、有线、无线监测监控类业务,通过统一接入综合通信分站中实现不同的业务功能。综合分站连接到井下交换机,交换机形成万兆环网并将底层业务数据传输到地面核心交换机,地面核心交换机连接到上层业务,包括调度系统、监测监控系统、管理系统,进而对底层业务数据进行全方位展示。

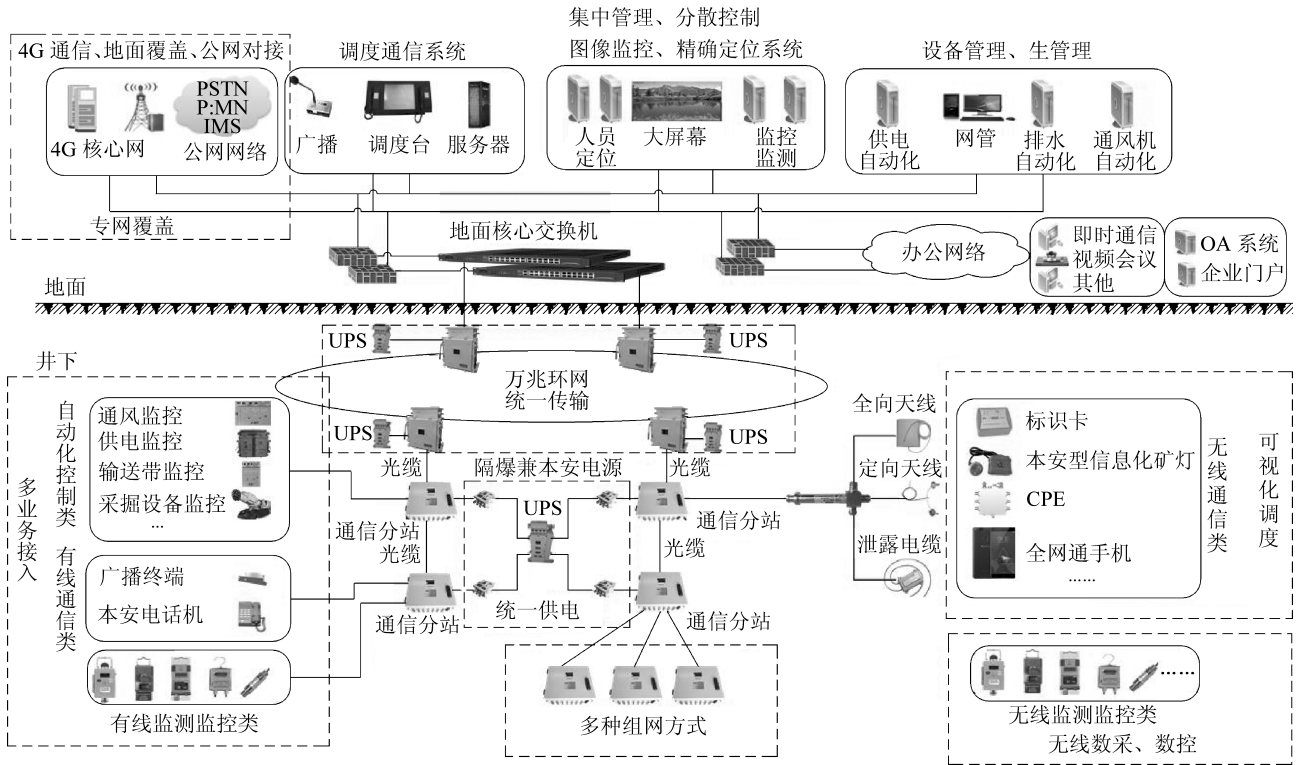


图1 “一网一站”系统架构

Fig.1 “One net and one station” system structure

1.2 组网模式设计功能

1.2.1 万兆环网传输功能

“一网一站”设计方案中,井下交换机通过配备万兆光口、千兆电口,集成多业务的适配接口、VPN、同步时钟电信级 OAM 和保护等,有效融合分组与传送技术的优势,从而实现以太网、ATM 和 TDM 业务的处理和双链路传输,保证了设备的冗余性、数据

均衡性、上层业务的完整性,同时也提高了电信网络故障自愈能力和网络传输能力。具体功能包括:

1)设备冗余性。环网具有冗余性,通过线路备份保证通信的可靠性。每台交换机上有2个用于组环的端口,交换机之间通过“手拉手”形式构成了环形的网络拓扑。当环网上的某一路链路发生故障断开时,交换机启用环路上的另一个端口,因此单点主

干线路故障对于网络将不会产生任何的影响。

从通信协议的角度来看,当环网上的设备发生故障时,其自身检测到连接环网的主端口停止工作,于是启用另一个端口并发送断路器告警帧到主设备。主设备接收到信息之后,将故障设备从端口解阻塞,并更新L2转发表,同时发送通告帧到环网上的其他设备,更新其各自的L2转发表。即完成了环网中网络端口的切换,保证了正常通信。

2)数据均衡性。在环网结构中,通过“环套环”结构,线路中的数据流均衡地分配在正常工作的各交换机中,不存在局部交换机负载过重导致交换机的工作寿命受到影响的现象。当网络中某主干线路发生故障时,整体环网重新分配数据流量,快速进行收敛,保证网络正常运行。

3)电信级网络故障自愈能力。电信级以太网采用的保护主要包括线性保护、网保护、双环双节点、双归属保护、FRR、STP、LAG、LAG、STM-N技术,网络保护能力是网络的自愈特性,当环网中节点设备或链路发生故障时,能有效降低对网络正常通信和业务承载的影响。

环网设备正常工作时,主设备从主端口周期发送诊断帧。当环网线路及设备正常工作时,主设备的从端口收到周期性诊断帧,并在从端口重设它的超时定时器继续正常工作。若超时定时器计时超时,并未收到主端口发出的诊断帧,则主设备认为环路触发故障报警,随即从端口解阻塞以保证环网的正常通信,同时主设备刷新其L2转发表并发送一个通告帧到环上的其他设备,通知它们刷新L2转发表。当环网主设备端口刚恢复连接时,从设备立即将该端口置于临时阻塞的状态,此后当从设备收到主设备发出的L2转发表通告帧刷新消息时,从设备刷新L2转发表,更新临时阻塞的端口状态,对其进行解阻塞,并且按照L2表对原端口进行阻塞,从而环网恢复正常的工作状态,临时阻塞机制有效抑制环网中广播风暴的产生。

4)上层业务的完整性。以太环网的应用继续采用IP分组交换应用,包括带宽控制、链路复用、Qos能力等,保证网络平滑升级。

1.2.2 “环套环”向上传输功能

“环套环”:环网交换机配备4个万兆光口,1台交换机可以同时位于2个环网中,每个环网传输的数据可以通过共有交换机传输到另一个环网,以此类推,多个环网同时向上层原有工业环网传输数据,有效增加数据传输速率。

1.2.3 综合分站传输功能

综合通信分站整合井下终端业务传输:综合通信分站系统支持以太网及光缆专网组网方式,可自组环网或接入矿方原有交换机工业环网,同时支持综合通信分站之间的级联。设备之间级联统一采用光纤方式进行组网,这样的有线传输方式减少了电路噪声对信号的干扰,同时增加了传输距离。综合通信分站将无线通信系统、人员定位系统、监测监控系统、视频监控系统、广播通信系统等信息调制为数字信息借助光纤网络传输至环网系统至井上调度室核心机房设备进行解析,动态展示各系统运行参数、图像、语音等信息,有效改善原有各系统数据独立传输而造成资源浪费的局面。

2 组网模式实现的关键技术

2.1 万兆环网

万兆环网所采用的核心交换机ZXCTN6000是定位于网络接入层的多业务承载交换机,其单向容量为90 GB/s,接入容量为60~90 GB/s,包转发率可达89.32~133.92 MP/s。ZXCTN6000采用以分组交换为内核的体系架构,集成了多业务的适配接口、VPN、同步时钟、电信级OAM和保护等功能,融合了分组与传送技术的优势,从而实现以太网、ATM和TDM业务的处理和传送,满足了具有复杂性和不确定性的业务承载需求。ZXCTN6000采用模块化的结构设计,其主控单元、交换单元、时钟单元、电源单元均采用“1+1”热备份,提供了6个10芯光纤穿墙端子,1个9芯网线穿墙端子,5个信号线穿墙端子(每个9芯);配置了万兆光口4个,千兆光口24个,千兆电口8个,RS485接口8个。ZXCTN6000在2层和3层分别支持全双工工作模式,端口(电口)1000 MB,及10/100 MB自动协商功能,端口速率、双工模式、流控、MTU用户可配,L2 Switch功能,基于全双工方式下IEEE 802.3x Pause帧机制的端口流控功能,入向和出向端口镜像功能,广播/组播/未知单播包的风暴抑制功能,Jumbo帧功能,802.1ab定义的LLDP链路层发现功能;VLAN、Qx、VCG接口,动态ARP请求、动态支持ARP应答、动态ARP老化,老化时间可设置、静态ARP配置,基于LCMP/UDP/TCP/VRRP/IP FRR和OSPF/ISIS/BGP协议的路由转发功能。因此在此次通信网络万兆环网的构建中选取ZXCTN6000核心交换机。

2.2 “环套环”结构

如图2所示,根据井下业务所需,在业务终端集中的区域铺设交换机,交换机之间连接形成环网。

每台交换机配有4个万兆光口,可以同时连接2条双链路,2个环网通过共有交换机可实现数据的共享。因此,当某一个环网的业务终端产生数据时,通过共有交换机的数据传输,将数据传输到井下的其他环网。在向上级地面原有工业环网传输数据的过程中,可实现多个环网同步上传,因此,大幅降低了单一环网的数据传输压力,有效提升了环网数据传输速率。

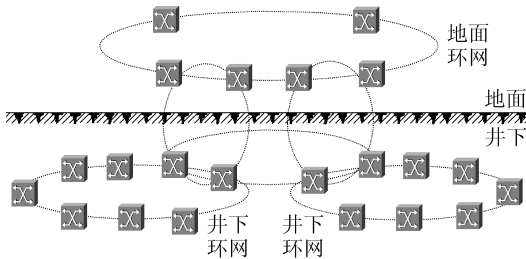


图2 井下交换机“环套环”结构模式

Fig.2 “Ring thimble” structure of underground switch

2.3 综合通信分站

矿用本安多功能接入综合通信分站是“一网一站”项目组网模式中的关键技术创新,其立足于构筑新一代光接入网,针对接入层持续增长的带宽需求, Triple-play 业务开展以及核心网络向 IP 化的 NGN 网络演进的大趋势, 兼顾 4G 系统、WiFi、ZigBee、以太网、广播、VoIP、视频、RS485 和传感器等不同发展成熟程度的技术, 提供各种容量的局端设备, 适用矿用智能信息传送及各种专用接入系统的一个全面光接入解决方案, 可以充分满足专用网络业务发展变化, 在网络不断发展演进的大环境中, 快捷方便开展业务、提供廉价大带宽和多业务支持能力的要求。

综合通信分站背板模块如图3所示。综合通信分站支持的功能包括: 支持每个槽位独立供电; 提供4G无线通信模块; 提供基于 ZigBee 技术人员定位模块; 提供模拟/数字视频信号接口模块; 提供基于 IEEE 802.11 b/g/n 协议的 WiFi 无线宽带模块; 提供应急广播模块(具备拨号对讲功能)提供 10 MB / 100 MB 以太网电口接入模块; 提供 100 MB / 1 000 MB 以太网光口模块; 提供 RS485 数据接入模块; 提供 POTS 话机模拟信号接口模块; 提供各类传感器



图3 综合通信分站背板模块

Fig.3 Backplane module of integrated communication sub-station

的业务接口模块(选配); 提供千兆 PON 网络接口模块。10个业务槽位可自由选配业务功能, 客户可根据实时情况自由调整和扩展业务功能。

综合通信分站的硬件系统采用基于高速信号背板的模块化设计, 其模块单板参数见表1。

表1 综合分站模块单板参数

Table 1 Board parameters of integrated substation module

单板	模块类型	对外接口说明	模块功能描述
SWKA	交换模块	1 * GE(SFP)	核心交换板
PCKA	主控模块	2 * RJ45	系统控制、管理板
FEKA	FE 电口接入模块	4 * FE	百兆以太网电口板
FOKA	FE 光口接入模块	4 * FE	百兆以太网光口板
POKA	POTS 语音接入模块	4 * POTS	POTS 语音接口板
CVKA	CVBS 编码模块	4 * VIDEO(BNC)	视频编码板
RSKA	RS485 数据接入模块	2 * RS485	RS485 总线接口板
MTKA	监测 监控模块	1 * RS485	4 路模拟量或开关量输入, 2 路开关量输出, 1 路 RS485
GPKA	千兆光口模块	1 * GP	1 路 1 000 MB 光传输
LTE	LTE 模块	1 * LTE	支持 64 个用户同时通话
RFKA	人员定位板	2 * ZigBee+2 * WiFi	最大并行 200 个, 2 路 ZigBee 和 2 路 WiFi
GBKA	应急广播模块	1 * GB	1 路广播信号输出
PWKA	电源模块	6 * 18 V DC	直流电源板

3 “一网一站”模式特点

“一网一站”组网模式与传统的煤矿通信网络组网模式相比, 具有如下特点:

1) 交换机连接环网化: 井下交换机采用万兆环网进行连接, 并运用“环套环”的结构, 有效降低设备故障对网络传输的影响, 并提升数据传输速率。

2) 组网简单化: 除有线电话外, 所有业务接入到分站中进行统一传输, 1 根光纤即满足矿山业务传输需求, 降低成本、维护简单、更安全。

3) 业务综合接入化: 分站具备多业务接入能力, 涵盖了井下视频、应急广播、有线电话、以太网光/电数据传输、RS485 业务、ZigBee 精确定位、4G/WiFi 信号覆盖和各类传感器或 PLC 等设备的业务

接入功能。

4) 自定义式设计:综合通信分站采用模块化设计,10个业务槽位可自由选配业务功能,客户可根据实时情况自由调整和扩展业务功能。

5) 电源统一化:采用统一供电方式,区域化电源管理方案。集中管理,降低成本、维护简单、更安全。

6) 调控管理可视化:系统通过有线、无线一体化调度功能、精确定位功能和视频监控功能,可实现人员、车辆和设备的可视化管理,提高生产效率。

4 “一网一站”模式应用效果

“一网一站”项目已经成功实施,其采用的组网模式是煤矿井下通信网络构造的重要创新,将传统的井下业务终端直连交换机的方式转变为各业务终端统一接入综合通信分站中,分站连接到井下交换机组成的万兆环网中。其目的和意义主要表现在以下3个方面。

1) 实现井下传输资源高效利用。随着计算机网络时代的到来,信息的交流、互通和共享具备了基础条件。在企业内部,将原有的数据通信类、传感器类、自动化控制类终端系统通过综合通信分站的接入进行整合,实现井下传输资源的有效重复利用。

2) 提高系统传输速率,提升安全生产管理水平。进入21世纪的信息时代,企业必须结合自身的实际,高起点高定位开发适合企业的信息系统。此次综合信息化改造是在原有多系统的基础之上,采用综合通信分站进行集成,并引入井下万兆环网提高传送速率,达到各级管理人员实时监测安全、生产经营等各个方面的信息数据变化,及时掌握生产环节的实际情况,并采取相应的措施。

3) 提升矿井综合形象,建设示范带头项目。“一网一站”综合信息化集成方案的设计和 implement,提高了煤矿通信系统的整体水平,将对国家能源投资集团其他企业的信息化建设起到示范作用,项目整体建设过程为其他煤矿企业综合信息化提供经验。

5 结 论

建立了煤矿井下“一网一站”综合通信模式理论体系,分析其系统架构、网络拓扑结构、总体设计、功能及关键技术。研究结果表明:

1) “一网一站”模式在系统构架上简化了系统的繁琐性,使得通信更直接、更便捷。

2) “一网一站”采用井下万兆环网的结构方式,将带宽提高到万兆,并通过“环套环”模式,有效提

升了数据传输速率。

3) “一网一站”模式使得井下各终端业务统一接入综合通信分站中,通过一根光纤连接到环网交换机中,达到统一承载和管理,有效减少煤矿业务重复性投资,实现资源共享的目的。

4) “一网一站”技术在多家煤矿试点应用,应用效果显著,简化了井下网络布局,有效降低了网络和系统的维护成本。

参考文献 (References):

- [1] 康德明.基于WiFi技术在井下无线通讯的应用[J].无线互联科技,2013(5):58-64.
KANG Deming.The application in underground wireless communications based on WiFi technology [J]. Wireless Internet Technology,2013(5):58-64.
- [2] 李明,王波.KTC101井下通讯、控制、保护系统在白庄煤矿的应用[J].科技信息,2013(22):250.
LI Ming,WANG Bo.The application of KTC101 in underground communication,control and protection system in Baizhuang Mine Field[J].Science & Technology Information,2013(22):250.
- [3] 康筱彬.井下环境无线通讯技术应用现状分析[J].软件导刊:教育技术,2014,13(1):63-64.
KANG Xiaobin.Analysis of application status of wireless communication technology in underground environment [J]. Software Guide: Educational Technology,2014,13(1):63-64.
- [4] 朱政江,原毅玲,贾志奇.基于SOPC架构的煤矿井下SIP通讯设计与实现[J].矿业安全与环保,2014,41(5):37-39.
ZHU Zhengjiang,YUAN Yiling,JIA Zhiqi.Design and implementation of coal mine SIP communication based on SOPC[J].Mining Safety & Environmental Protection,2014,41(5):37-39.
- [5] 付文俊.基于CDMA2000的煤矿井下无线通讯系统[J].煤矿安全,2012,43(11):101-103.
FU Wenjun.Coal mine underground wireless communication system based on CDMA2000 [J]. Safety in Coal Mines,2012,43(11):101-103.
- [6] 李正峰.井下IP网络扩播电话通讯系统[J].内蒙古煤炭经济,2012,43(11):92-93.
LI Zhengfeng.Underground IP network expansion of telephone communication system [J]. Inner Mongolia Coal Economy,2012,43(11):92-93.
- [7] 赵仁渔,朱波,丁厚顺.PLC互联通讯技术在井下排水系统中的应用[J].山东煤炭科技,2014(9):162-165.
ZHAO Renyu,ZHU Bo,DING Houshun.Application of PLC network communication technology in the underground drainage system [J].Shandong Coal Science and Technology,2014(9):162-165.
- [8] 于雷,陈佳林.基于无线移动通讯的矿山应急通讯与监测系统研究[J].中国安全生产科学技术,2014,10(S1):300-303.
YU Lei,CHEN Jialin.Study on mine emergency communication and monitoring system based on wireless mobile [J].Journal of Safety Science and Technology,2014,10(S1):300-303.

- [9] 熊俊华, 缪国新. 建新矿用多信道无线应急调度通讯系统及其应用[J]. 采矿技术, 2010, 10(S1): 157-159.
XIONG Junhua, MIAO Guoxin. A new ore mine multi-channel wireless emergency dispatch communication system and its application [J]. Mining Technology, 2010, 10(S1): 157-159.
- [10] 李海波, 吴文君, 王雪莉. WiFi 通讯技术及其在金鼎矿业中的应用[J]. 金属矿山, 2010, 39(8): 120-122.
LI Haibo, WU Wenjun, WANG Xueli. The application of WiFi communication technology in Jinding Mining Corporation [J]. Metal Mine, 2010, 39(8): 120-122.
- [11] 陈威. KT130 型矿井无线通讯系统的应用[J]. 煤矿安全, 2015, 46(12): 98-100.
CHEN Wei. Application of KT130 type mine wireless communication system [J]. Safety in Coal Mines, 2015, 46(12): 98-100.
- [12] 刘增宝, 边红星, 吴相闯. 基于 WiFi 技术的井下无线通讯系统在工业以太网上的应用[J]. 煤炭技术, 2011, 30(9): 32-33.
LIU Zengbao, BIAN Hongxing, WU Xiangchuang. Based on WiFi technology mine shaft wireless communication system's on industry ethernet application [J]. Coal Technology, 2011, 30(9): 32-33.
- [13] 李晓绅, 蒋承林, 邓九洲. 基于单片机技术的煤矿安全监测无线通讯节点设计[J]. 煤炭技术, 2011, 30(9): 90-92.
LI Xiaoshen, JIANG Chenglin, DENG Jiuzhou. Design of micro controller-wireless communication node for monitoring mine safety based on SCM technology [J]. Coal Technology, 2011, 30(9): 90-92.
- [14] 赵青梅, 陈湘源. 上湾煤矿井下无线通讯系统 PAS 研究[J]. 煤炭工程, 2005(2): 44-46.
ZHAO Qinmei, CHEN Xiangyuan. The research of wireless communication system underground coal mine well [J]. Coal Engineering, 2005(2): 44-46.
- [15] 王鹏. 浅析煤矿无线通讯新技术[J]. 煤炭工程, 2010(9): 110-112.
WANG Peng. Brief analysis on new technology of mine wireless communication [J]. Coal Engineering, 2010(9): 110-112.
- [16] 赵跟党. 煤矿井下小灵通无线通讯系统优化[J]. 电子设计工程, 2009, 17(5): 47-48, 51.
ZHAO Gendang. Coal mine PHS wireless communication system optimization program [J]. Electronic Design Engineering, 2009, 17(5): 47-48, 51.
- [17] 付文俊. 基于 CDMA2000 的煤矿井下无线通讯系统[J]. 煤矿安全, 2012, 43(11): 101-103.
FU Wenjun. Coal mine underground wireless communication system based on CDMA2000 [J]. Safety in Coal Mines, 2012, 43(11): 101-103.
- [18] 刘宝静. 煤矿井下无线通讯系统[J]. 煤炭技术, 2013, 32(4): 96-97.
LIU Baojing. Underground wireless communication system in coal mines [J]. Coal Technology, 2013, 32(4): 96-97.
- [19] 勇辉, 涂兴子, 向阳, 等. 煤矿五网融合通讯平台技术的研究与实施[J]. 煤矿机电, 2016(2): 61-64.
YONG Hui, TU Xingzi, XIANG Yang, et al. Research and implementation of coal mine five network convergence communication platform [J]. Colliery Mechanical & Electrical Technology, 2016(2): 61-64.
- [20] 蒋晶, 郝继飞, 于平. 基于 PLC 的煤矿地面供水系统的改进[J]. 煤矿机械, 2011, 32(7): 173-175.
JIANG Jing, HAO Jifei, YU Ping. Improvement of coal ground water supply system based on PLC [J]. Coal Mine Machinery, 2011, 32(7): 173-175.
- [21] 于长波. 煤矿企业中无线通讯技术的探讨[J]. 煤炭技术, 2012, 31(5): 241-242.
YU Changbo. Research on wireless communication technology of coal mine enterprise [J]. Coal Technology, 2012, 31(5): 241-242.