

工控等领域的应用将更加深入广泛。

1.3 卫星通信

卫星通信是地球上无线通信基站间利用人造卫星为中介而进行的通信,是对地面微波通信技术的继承和发展,具有通信范围大、可靠性高、运行成本低等特点。该技术被广泛应用于军事、国际通信等领域,在日常移动通信、广播电视等方面也应用较多。近年,卫星通信正向高通量、低轨化、小型化方向发展。

2 短距离无线通信技术分析

目前,流行的无线通信技术主要有 ZigBee、Bluetooth、Wi-Fi、UWB、NFC,其中 ZigBee 和 Wi-Fi 最具竞争力,应用广泛。

2.1 ZigBee

ZigBee 源于蜜蜂群的通信方式,是一种短距离、低速率、低功耗、短延时的无线通信技术;目前主要应用于家庭和楼宇监控、工业自动化控制、智能标签、公共场所及农业领域信息检测与控制等领域,未来主要发展方向是与智能传感器的融合^[12]。

ZigBee,也称紫蜂,底层采用 IEEE802.15.4 标准规范,是速率、功耗较低的近距离双向无线组网技术,速率可达 300 kbps;具有自组织特征,可嵌入各种设备,构建的无线传感器网络在自动控制和远程控制领域被广泛使用。

2.2 Bluetooth

蓝牙(Bluetooth)是新式的无线传送协议,现阶段广泛应用于移动电话、计算机、打印机等设备之间的数据传输和灵活通信,能在百米范围内实现点对点或点对多点的数据和声音无线传输,在信息家电、汽车工业、无线办公环境、工厂自动化等领域应用较成熟^[13]。

蓝牙工作在 2.4 GHz 频段,使用 IEEE802.11 协议,速率可达几十 Mbps,可将无线蓝牙信号接入各种工业现场总线及工业以太网。网络中蓝牙设备可分为主设备和从设备,主设备是主动发起连接要求的设备,当多个设备连接成 1 个皮网时,只有 1 个主设备;1 个主设备最多可连接 7 个从设备维持活跃的通信连接并进行数据交换,同时可与 200 多个非激活从设备保持同步但不通信。根据 TDMA 原理及蓝牙设备平等性,网络中任一蓝牙设备既可作主设备又可作从设备,还

可兼作主、从设备^[14]。

2.3 Wi-Fi

Wi-Fi 是目前使用最广泛的一种无线局域网接入技术,具有速度快、免布线、易扩展、接入灵活等优点,目前在日常生活、工业、军事等领域被广泛应用。

Wi-Fi 网络覆盖半径一般为 100 m 左右,是在覆盖范围内支持互联网接入的短程无线传输技术,通过 Wi-Fi 可将计算机、手机等终端以无线方式相互连接。Wi-Fi 应用的射频模式主要有 802.11a、802.11b、802.11g、802.11n、802.11ac 和 802.11ax。Wi-Fi 6 采用 MIMO-OFDM 技术,传输速率最高可达 9.6 Gbps,具有成本低、功耗低的特点^[15]。

2.4 UWB

UWB(Ultra Wideband)技术近年来得到了快速发展,因其高带宽、低功耗、高精度的特性,已在多个领域得到应用,包括无线音频、无线测距、智能交通等领域,也被广泛应用于安全监控、无线图传及物联网中的近距离通信。

UWB 是一种通过冲击脉冲的陡峭上升和下降时间对数据进行直接调制的无载波通信技术^[16]。该技术能够实现 WLAN 和 WAPN 无线互联,具有抗干扰能力强、传输速率高、发射功率小等优点,能在 10 m 左右实现百 Mbit/s 至数 Gbit/s 的传输速率。UWB 无需载波,打破了过去任何一项传输技术的功耗和带宽成正比的定律。现阶段 UWB 主要应用于人员、设备的精准定位。

2.5 NFC

NFC(Near Field Communication)技术被广泛应用于各种场合,包括移动支付、门禁卡、智能标签、智能家居控制等,因其便捷性和高效性,还被用于公共交通、医疗健康、零售业等领域。

NFC 是一种主要用于手持设备的短距离数据通信技术,允许电子设备间进行非接触式点对点数据传输^[17]。该技术由非接触式射频识别(RFID)及互连互通技术整合衍生而来,在单一芯片上集成感应式读卡器、感应式卡片、点对点通信功能,NFC 设备在彼此靠近时进行数据交换。

对 5 种常用无线通信技术的安全性、传输速率、通信距离、频段、优缺点以及应用领域进行了对比分析,结果见表 1。

表 1 5 种常用无线通信技术比较

Table 1 Comparison of 5 common wireless communication technologies

通信技术	安全性	传输速率	通信距离	频段	国际标准	优势	缺点	应用领域
ZigBee	中等	10~250 kbps	有效范围 10~75 m (速率 28 kbps)	2.4 GHz、 868 MHz (欧洲) 915 MHz (美国)	IEEE802.15.4	网络容量大,支持自组网,低功耗,低成本,抗干扰力强,保密性好,传输速度快,可扩展性强	传输速率低,不能与 IP 网络互通,衍射能力弱,室内信号质量较差	智能电网、家居、井下人员定位、自动化监控等领域以及电子设备间通信
Bluetooth	高	1 Mbps	0~10 m	2.4 GHz	IEEE802.15.1x	组网灵活,方便接入/离开网络,无需额外网络配置,安全性高	技术协议复杂,功耗高,成本高,传输距离短	不同设备间近距离连接
Wi-Fi	低	53.3~480 Mbps	0~100 m	2.4 GHz	IEEE802.11b	覆盖范围广,传输速度快,组网方式多样,业务集成,可利用有线快速完成网络部署,手持设备等终端接入方便	信号随与节点距离的增加而减弱,网络安全性不足	家庭、企业办公、智能建筑
UWB	高	54 Mbps	0~10 m	3.1~10.6 GHz	标准未定	传输速率高,多径分辨能力强,系统安全性好	脉冲持续时间较短,对检测接收脉冲具有一定影响	信息通信、车载雷达、近距离高精度定位等
NFC	极高	424 kbps	0~20 cm	13.56 MHz	ISO/IEC18092 (ECMA340) ISO/IEC21481 (ECMA352)	距离近,带宽高,能耗低	最远距离仅为 20 cm	门禁、公交、手机等

3 无线通信技术在铀矿山的应用方案

针对铀矿山不同需求,根据通信范围和通信速率要求,采用不同无线技术方案,实现移动式模块化集控室自动控制、洗井车远程监控、井口装置泄露报警和设备巡检等无线通信技术应用。

3.1 铀矿山工业设施分布特点

铀矿资源分布不连续,井场生产面积大,多个采区及抽注单元之间相距较远,因此对应的集控室、洗井车等工业设施也呈现点多、移动等特点。

3.2 铀矿山现有通信系统

铀矿现有通信网络主要包括以有线网络构建的自动化控制网络、视频监控网及办公管理网,部分生活区域具有 Wi-Fi 无线覆盖网络,但生产区没有无线网络。

随着铀矿信息化建设需求,各种智能装备、先

进技术需要应用于现场,如泄露监测装置、移动巡检、移动监控等,原有有线网络无法满足要求;因此迫切需要构建无线网络系统,提升铀矿信息化水平。

3.3 无线网络技术方案

3.3.1 Wi-Fi

主要采用 2 种方式建立覆盖井场采区的无线网络:1)建立覆盖采区和厂区的无线网络,实现 Wi-Fi 全覆盖;2)在井场集控室自动化系统光纤有线以太网基础上增加无线网络,实现有线和无线网络的互通互联。

3.3.2 GPRS 无线网络(4G/5G/CDMA)

现场生产相关设备可通过 4G/5G 接入互联网,实现数据交换。GPRS 支持分散数据采集,可在端到端分组转移模式下进行数据发送和接收,从而节省网络资源;支持 TCP/IP 协议,有较强的

计算机网络兼容性,可实现数据的快速远传;支持个人业务如移动商务、移动办公、定位服务等,可实时向中心汇报自身位置。

3.3.3 ZigBee 技术

根据 ZigBee 自组网、功耗低、成本低、保密性好、可扩展性强等技术优势,结合矿山具体需求实现现有电子设备间短距离无线数据传输和人员定位。

3.4 无线网络技术具体应用

结合铀矿山工业设施分布特点,在移动式模块化集控室自动控制、洗井车远程监控、井口装置泄露报警和设备巡检等子系统,选取 ZigBee/Wi-Fi 与现有光纤网络结合,实现各子系统无线远程监测监控功能。

3.4.1 移动式模块化集控室自动控制

移动式模块化集控室自动控制主要完成集控室内抽注液过程流量、压力等数据的采集,抽注液流量的调节,以及相关执行机构的控制等功能,该自控系统由 PLC 控制系统和通信设备构成。通过 Wi-Fi 和原有有线光纤网络的互联互通,实现调度监控中心对移动式模块化集控室的远程监控。

该方案无需架线挖沟,线路开通速度快,可随时架设、随时增加链路,安装、扩展方便,故障排除快,线路恢复时间短。与传统有线网络相比,无线网络在一些特殊地理环境条件下更具有优越性,网络连接原理见图 1。

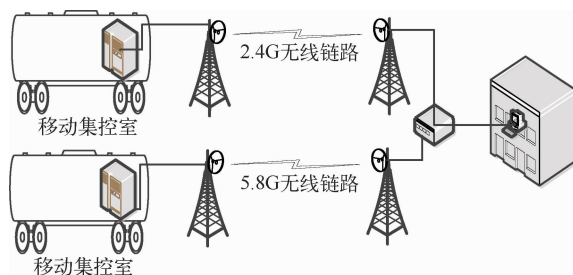


图 1 移动集控室远程监控网络连接方案

Fig. 1 Remote monitoring network connection scheme of mobile integrated control room

3.4.2 洗井车远程监控

洗井车在各采区移动,采用 Wi-Fi 建立覆盖目标采区的无线网络,实现与原有集控室有线光纤网络的互联互通。洗井车移动到相应采区后,自动连接该采区无线网络,并通过该采区的自动

化和视频监控有线网络与监控中心进行实时通信,实现洗井车的阀门、液位、压力、温度、酸度等信号的远程监控和视频监控。网络方案见图 2。

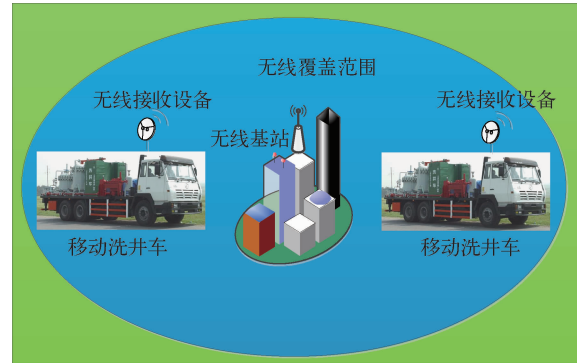


图 2 洗井车远程监控网络方案

Fig. 2 Remote monitoring network scheme of well washing vehicle

3.4.3 井口装置泄露报警

当抽注孔发生泄漏时,井口装置泄露报警信号需自动传送到调度监控中心,以供及时处理,降低损失。由于每个采区有数十甚至数百口井,有线方式需要开挖大量沟槽进行线缆敷设,存在建设周期长、投资成本高等问题,而无线通信技术可弥补有线传输的不足。

在采区通过无线网络和原有集控室的有线网络对接,并在井口安装泄露感应传感器把信号发送到就地无线基站,运用覆盖采区的无线网络将信号传到最近的集控室,最终通过集控室的有线光纤网络把信号传到调度监控中心。

3.4.4 设备巡检

设备巡检要求对设备的运行状态和巡检人员的巡检轨迹及巡检情况进行实时监控,并在生产管理系统进行自动统计、分析。针对上述要求,可采用电子标签,利用手持设备读取当前设备信息,或者直接使用设备现有条码或二维码准确识别当前所处位置和设备名称。建立基于 GPRS 或 Wi-Fi 网络的在线巡检管理系统,工作人员携带手持终端按预先计划进行巡检,手持端采集数据通过网络自动传输到系统管理平台。通过管理平台,系统将设备状态、运行参数、人员位置等信息自动汇总,从而避免了人为因素的影响,保证了采集数据的客观真实。管理部门可对汇总数据进行分析、统计,为设备管理和安全运行提供支持。

4 结语

无线通信技术已广泛应用于企业办公、智能家居、智能制造等领域,但在中国铀矿山室外大范围的工业应用研究还处于起步阶段,对于网络的适应性、稳定性、安全性需开展进一步的现场试验和研究。中国地浸采区分散,为确保通信设备在室外运行的稳定性,在设计和实施中需要采取适宜的防雷措施。

参考文献:

- [1] 陈高锋. 常用无线通信技术简介[J]. 电脑知识与技术, 2012, 8(5): 1062-1064.
- [2] 李宛潮. 无线通信技术在工业领域的应用[J]. 通讯世界, 2020, 27(5): 84+86.
- [3] 韩丹涛, 赵艳领, 郑秋平. 5G 技术在工业领域的研究[J]. 中国仪器仪表, 2023(10): 17-21.
- [4] 孙盈. 局域网无线通信系统的应用[J]. 数字通信世界, 2023, (11): 127-129.
- [5] 郑伟锋. 工业自动化系统中各种通信方式及其应用分析[J]. 电工技术, 2023(22): 8-11.
- [6] 张静. 无线通讯技术在工业自动化领域中的应用[J]. 中国氯碱, 2020(1): 28-31.
- [7] 杜江淮. 通信技术在工业自动化中的应用及发展[J]. 湖南城市学院学报(自然科学版), 2016, 25(1): 107-108.
- [8] 郑建芳. 中国无线通信技术的发展及应用[J]. 现代营销, 2016(5): 24.
- [9] 曹淳淳. 浅析无线通信技术的发展现状与发展趋势[J]. 中国管理信息化, 2011(24): 128-129.
- [10] 康涛. 论无线传输技术系统利用云技术网络平台在新能源开发和利用中的应用[J]. 中国新通信, 2013, 15(18): 85-88.
- [11] 宋锁娜. 浅谈无线通信技术的应用[J]. 消费电子, 2013(12): 140.
- [12] 林永周. 浅谈无线技术在工业自动化中的应用[J]. 中国新通信, 2016, 18(21): 107.
- [13] 关键, 陈刚, 苑海涛, 等. 基于 Android 的 X-γ 剂量率仪无线控制系统的研制[J]. 铀矿冶, 2016, 35(3): 200-204.
- [14] 周玮宁, 施荣, 沈连丰. 基于蓝牙技术的无线医疗监护系统[J]. 现代电子技术, 2004(168): 77-80.
- [15] 唐华. 智能家居四大无线技术浅析[J]. 家电科技, 2014(6): 8-9.
- [16] 盛会, 郭辉, 陈恒峰, 等. 常用无线通讯技术与应用[J]. 农业科技与装备, 2016(7): 60-63.
- [17] 许江成. 具有 NFC 功能的移动通信终端电路设计[D]. 成都: 电子科技大学, 2013: 10-11.

Application of Wireless Communication Technology in Uranium Mine

WU Xianyu, HOU Lu, HOU Jiang, ZHAO Lianxi, QIU Junjun, LIU Yuming,
GAO Zhi, WU Yuna, XIE Li, FAN Yiming

(Beijing Research Institute of Chemical Engineering and Metallurgy, CNNC, Beijing 101149, China)

Abstract: With the continuous development of network technology, wireless communication technology has been widely applied and has attracted the high attention from uranium mines. The current development status of various mainstream wireless communication technologies was analyzed, the integrated performance comparison of several commonly used short-range wireless communication technologies was conducted, the current situation of uranium mine network construction was elaborated. Based on the distribution characteristics and network application requirements of uranium mining industrial facilities in China, three wireless technologies, Wi-Fi, GPRS, and ZigBee, were selected for on-site application research. The network transmission of automatic control in mobile control rooms, remote monitoring of well washing vehicles, leakage alarms of wellhead devices, and equipment inspection signals were achieved.

Key words: wireless communication; uranium mine; Wi-Fi; GPRS; ZigBee