

煤矿井下人员精确定位系统及无线通信系统设计研究

杨元成 高 杰 程光显

(乌苏市巴音沟丛龙煤矿, 新疆 乌苏 833300)

摘要: 为提升煤矿作业安全性, 降低安全事故发生率, 提升管理人员工作效率和质量。矿井企业应结合底部作业安全管理、作业管理需求, 以规范、安全、科学、可持续为中心, 梳理煤矿井下人员精确定位系统及无线通信系统不足, 并采取有效应对措施。据此, 为达到上述效果, 特以乌苏市巴音沟丛龙煤矿项目为基点, 对煤矿井下人员精确定位系统及无线通信系统设计进行了系统分析, 以供参考。

关键词: 煤矿井下 人员 精确定位 无线通信

中图分类号: TD76 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-9082 (2023) 02-0293-03

当前, 部分煤矿井下人员定位系统、通信联络系统存在一定不足, 如定位效果差、通信质量低, 而且成本高昂、维护复杂、费时费力等^[1]。为避免这一情况, 提升矿井人员定位与通信功能, 应结合矿井下作业人员管理需求, 设计功能丰富、定位可靠、成本较优的系统, 以适应新环境、新标准、新要求。

一、煤矿井下人员精确定位系统及无线通信系统概念价值及原则

1. 精确定位系统及无线通信系统基本概念

精准定位系统主要指基于矿井人员安全管理、作业管理需求, 结合现代通讯基站、通讯系统所编制的人员定位、通讯融合系统, 即能够系统拥有多种功能、多种样式, 能够满足管理人员不同管理需求, 如人员呼叫、任务传递、安全管理等^[2]。因此两者的设计具有现实而积极意义: 第一, 可优化矿井管理系统, 降低管理压力, 提升管理稳定性。由于矿井在作业过程中, 环境较为复杂、人员分布较散, 若缺乏必要的定位、通讯系统, 必然会影响作业人员与上面管理人员的通讯效果。而通过设计更加现代、可靠的定位和通信系统能够有效避免这一要点, 如及时了解底部人员作业状态、及时收集底部作业环境并依据信息数据分析结果, 及时调整任务方向、人员分布等; 第二, 可提升底部人员作业安全性, 通过更加快速的通信系统、精准的定位系统, 能够为底部作业人员提供更加可靠的作业方式与方向, 提升其作业安全性, 防止其不规范作业, 这样便能有效提升作业安全性^[3]。

2. 煤矿井下人员精确定位系统及无线通信系统设计原则

结合煤矿井下人员定位与无线通信系统功能、目标等需求, 在设计时应注意: 一是遵循安全性原则。其主要是指结合矿井管理、矿井生产制度, 保障工作人员、工作设备等的安全, 以避免事故影响作业人员的人身安全。或在安

全事故发生后, 能够快速定位并联系矿井作业人员; 二是功能性原则。功能要符合矿井实际工作需求, 如结合上下人员通讯需求, 设计对讲功能。或结合人员安全管理、作业管理需求, 设计人员动态监测功能。或结合运输设备参数需求, 设计安全管理能力, 对管理人员预警区域超员、作业人员脱离岗位预警等^[4]; 三是要坚持反馈性原则, 即能够及时通过系统构架对管理人员进行信息反馈, 以帮助安全管理人员更好地实施管理措施, 如通过LED显示屏展示各个节点人员工作情况等; 四是要坚持精准性原则。由于矿底作业人员区域限制, 若定位系统不准确, 必然会影响管理或救助效果, 据此为提升安全管理效果, 应提升管理系统的精准性, 如部署一套精度高于1米的定位系统; 五是要坚持联动性原则。联动性主要包含两个方面, 一方面联动企业应急管理部门等, 用以及时反应, 如处理突发安全事故, 另一方面联动医院、消防等单位, 用以快速处理突发特殊事件, 以进一步事故救助效果和质量^[5]。

二、煤矿井下人员精确定位系统及无线通信系统设计路径

为保障设计有效性与可靠性, 特结合乌苏市巴音沟丛龙煤矿项目具体情况设计, 如其系统设备陈旧, 线缆老化, 现系统不能满足国家相关标准及煤矿管理要求, 亦不能满足矿业生产管理需要, 同时也不符合煤矿未来工业发展的需要等^[6]。具体而言:

1. 煤矿井下人员精确定位系统及无线通信系统技术要点

1.1 “一站、一线、一网、一平台”的技术架构

设计井下和地面双融合的模式, 井下设计一个融合基站, 同步实现多种功能, 可就近接入其他系统。同时, 在一个融合调度软件上实现有线、无线、人员、车辆、视频等多系统的“调度”功能。

1.2 支持千兆自组网

在基站内部设计千兆工业以太网模块, 在基站间设计

环形链路,支持VLAN划分,支持链路冗余,地面可查看网络连接状态;同时,基站也可将千兆接口接入现有工业以太网,实现千兆链路传输,确保数据的业务传输需求。

1.3井下本安一体化融合基站

基于井下部分区域对无线信号覆盖需要,设计井下WIFI6融合基站。其中,融合基站运用本安型基站,体积小重量轻,融合基站内含有WIFI6模块、UWB精确定位模块、红绿灯控制模块及千兆工业环网模块,后期支持扩展增加4G无线通信模块无需再重新布站^[7]。

1.4厘米级高精确定位

采用北路UWB定位技术。这种技术具有超低功耗、休眠与自动唤醒和抗干扰技术等优势,采用TDOA算法,最大静态定位误差不大于0.3m,最大动态定位误差不大于1m,能够提升定位精准性。

1.5电源远程智能管理功能

基于系统基站配套的后备电源远程管理需求,赋予电源远程智能管理功能。例如,能够在软件中远程查看当前电池电量,支持远程的充放电管理。

1.6标识卡超低功耗设计

精确定位识别卡采用可更换电池供电,标识卡采用低功耗器件与智能节电设计,电池使用寿命不小于6个月;依据系统软件功能要求和标准,设计针对性的校验和算法处理程序,保证无线数据高度可靠传输,确保定位精度。

1.7区域限员管理

对于高瓦斯矿井、冲击地压严重矿井,在采煤工作面及顺槽,以及掘进工作面,需要进行限员管理。据此,精确定位系统应结合矿用显示屏,实现多区域、对部门联动,达到区域人数精确统计,就地显示和超限语音告警的功能。

1.8超远覆盖距离

精确定位模式下,定位分站的无线覆盖半径应超过300~400米(视巷道情况调整)。

1.9系统唯一性识别

本系统主要由人像识别、人员定位数据库、语音提示及报警装置等部分构成。其原理为:入井人员携带人员定位识别卡通过该装置时,安检门上方的摄像头自动扫描人员脸部特征信息,并把扫描信息上传至检测主机进行判断,如识别出不带卡、多带卡、替代卡、携带坏卡等情况,立即进行声光报警并禁止通行。

1.10分类查询功能

在实时监控及查询统计报表中,系统可按员工工号、卡号、姓名、职务、工种、部门、巷道位置、时间段等进行

分类查询。

2.技术系统总体构成设计

2.1系统总体结果

基于上述分析结果,系统整体的结果应报站精准定位系统和无线通信(如图1所示)。其中,系统结构应保持多样,组网灵活,支持光缆自组网及接入工业环网等多种组网方式,可根据现场实际需求进行选择。

利用融合基站的千兆光接口组成系统的骨干网络。系统能够很轻易地组成较大的定位网络结构模式,满足矿方的较大规模的使用需求。

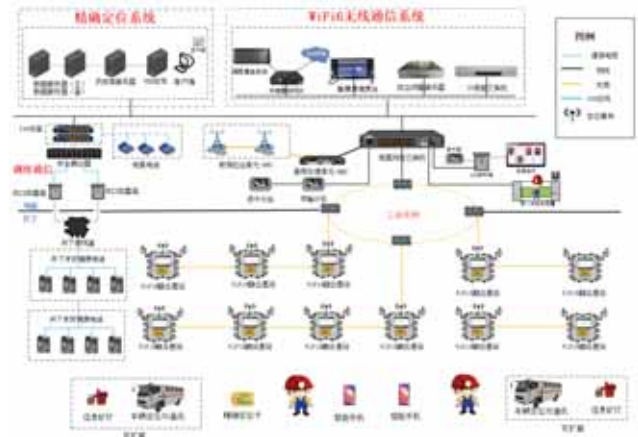


图1 矿井人员精准定位及通信融合系统构架

2.2系统总体功能设计

系统总体功能主要包含工作业务、人员管理等层面。首先,业务功能,主要用于语音和视频通话,其能够支持有线调度通信系统,扩展调度固话直拨,具备井下无线信号数据的高速率传输,支持多路高清视频同时传输,不卡顿延时低等特性;其次,汇接功能。系统提供多种中继接口,E1中继信令齐全,如PRI, SIP, VOIP等信令,可为用户提供多种组网。汇接方式多样,包括实现数字中继和SIP中继的中继汇接、中继分组、中继局向管理等功能;其三,管理功能,其主要包含录音、热线、会议、综合功能、汇接功能、网管功能等;其四,对讲功能,全数字化设计。如抗干扰能力强,通话清晰;不需要主机、基地台等控制中心,只要有Wi-Fi基站,接入后即可实现喊话对讲功能;其五,人员动态监测功能与查询考勤功能,如可查询一定时间段内人员下井信息、可查看具体日期各部门下井人数等;其六,安全管理功能,如生命安全监测预警、生命安全监测预警、生命安全监测预警、生命安全监测预警等。

3.系统细节设计

为实现矿井人员精准定位、人员通讯需求,应结合现场

实际情况，细化设计相关管理系统。而汇总井下定位与通讯共性和个性需求，在系统设计上应把控制度室、井口显示、唯一性检测、基站四个层面。具体而言：

3.1 设计调度室

定位设备可安装在调度室机柜，数据服务器配置2台，通过交换机相连，数据服务器采用双机热备方式，满足1min钟内自动切换的要求。为满足WEB发布的需求，配备1台服务器，实现定位信息的WEB发布。WIFI6无线系统配置一台支持500门用户的IP语音交换机、一台综合网管服务器，实现分部门调度、监控、管理等功能；同时配置一台数字中继媒体网关，提供数字E1口，实现互联互通。具体如图2所示



图2 调度室构成细节图

3.2 井口显示设计

将LED屏安装在井口附近，经过软件处理与人员定位系统中的人事库和卡表关联，将调出的识别卡对应的人员信息显示在与电脑相连的LED电子屏幕上。可显示下井总人数、人员的所属部门与部门人数、姓名、上井标志和卡的电量等。用于携卡人员通过该覆盖区域时，系统自动检测识别卡信息。

3.3 唯一性检测设计

唯一性检测装置由：不锈钢通道门、摄像机、显示屏、主机、屏蔽门等组成。携卡人员入井前先经过屏蔽门，被井口读卡器读取到标识卡后，再经过人脸识别，如入井人员出现不带卡、多带卡、替代卡、携带坏卡等情况，立即进行声光报警并禁止通行。如核对标识卡和人脸信息一致且符合唯一性原则，则闸机打开放行。

3.4 基站分布

本系统设计KT162-F8融合基站27台（含备用4台），配套电源27台（含备用4台）；配备1个KJ1626J-S1井下手持搜

索仪，用于井下人员的搜索识别；配备矿用本安型显示屏2台，用于限员区域告警；配备灯绳皮带一体识别卡240张。如表1所示。

表1 分站在各区域的分布表

序号	区域名称	融合基站数量
1	主、副斜井井口井底	2
2	1580水平车场	2
3	水泵房	1
4	中央变电所	1
5	B4煤层回风上山	1
6	1500水平井底车场	2
7	1500水平措施巷	2
8	回风联络斜巷	1
9	瓦斯泵站通风上山	2
10	1500水平运输皮带石门	2
11	1507水平皮带转载巷	2
12	运输上山联络巷	2
13	B402运输巷	1
14	B402回风巷	1
15	B402工作面	1
	小计	23
	备用(20%备用量)	4
	合计	27

综上所述，相关单位应在井下无线通信及人员精确定位在相关原则基础上，明确井下工作人员通讯与定位功能需求，优化系统构架，提升管理效果，以在实现管理需求的同时，大幅度削减了经济与人工成本。据此，本文以相关案例为基点，设计了安全监控系统、考勤系统、井下应急广播等系统的联动系统，具有较好的应用效果。

参考文献

[1]崔佳佳,崔中和.基于超宽带的人员精确定位在煤矿中的应用研究[J].当代化工研究,2021(16):43-44.

[2]张岩松.基于UWB技术的煤矿井下人员精确定位系统研究[D].徐州:中国矿业大学,2021.

[3]王华东.基于UWB+LoRa协议的精确定位在煤矿的安装使用[J].电气防爆,2020(05):33-38.

[4]洪玉玲.基于三维GIS的煤矿井下人员精确位置地图管理系统[J].煤矿安全,2020,51(08):144-146.

[5]王传林.新型人员精确定位系统及其在唐阳煤矿的应用[J].山东煤炭科技,2020(02):185-187+192.

[6]王云平.左权阜生煤矿人员定位系统的研究应用[J].煤矿现代化,2020(01):154-156.

[7]陈伟.煤矿井下精确定位系统研究[J].工矿自动化,2019,45(12):86-90.

[8]沈奇翔.基于可见光的煤矿井下人员定位系统研究[D].重庆:重庆邮电大学,2019.