

# 基于超宽带技术的采煤机定位系统设计

刘 清

(北京天地玛珂电液控制系统有限公司 北京 100013)

**摘 要:** 针对目前红外检测方式稳定性差、检测精度有限且成本较高等问题,提出一种基于超宽带测距原理的采煤机定位系统,详细介绍了定位系统的总体设计结构、测距定位原理、硬件组成、软件设计方法。采煤机定位系统样机在巴彦高勒煤矿 311101 工作面进行了井下测试,结果表明:该系统定位基站测量距离测量误差小于 0.5 m,在 80 m(50 架支架)以内时采煤机定位精度高于基于红外线原理的定位系统;该系统能够精确、快速定位采煤机位置和方向,具有成本低、易部署、算法简单、误差小、抗干扰能力强等显著优势。

**关键词:** 超宽带技术;采煤机;定位系统;测距定位;红外线原理

中图分类号:TD67 文献标志码:A 文章编号:0253-2336(2016)11-0132-04

## Design on positioning system of shearer based on ultra wide band technology

Liu Qing

(Beijing Tiandi-Marco Electro-Hydraulic Control System Company Limited Beijing 100013, China)

**Abstract:** According to the poor stability of the present infrared detection method, limited detection accuracy, high cost and other problems, the paper provided the positioning system of the shearer based on the distance measuring principle of a ultra wide band and in detail introduced the general design structure, distance measuring and positioning principle, hardware composition and software design method of the positioning system. The prototype of system was applied to the underground mine test in No.311101 coal mining face of Bayangaole Mine. The results showed that the distance measuring error of the system positioning base station was less than 0.5 m and within the distance of 80 m (50 hydraulic powered supports), the positioning accuracy of the shearer would be higher than the positioning system based on the infrared principle. The system could accurately and quickly position the location and direction of the coal shearer and would have the low cost, easy arrangement, simple calculation, small error, high anti-interference capacity and other obvious advantages.

**Key words:** ultra wide band technology; shearer; positioning system; distance measurement and positioning; infrared principle

## 0 引 言

目前,液压支架电液控制系统已广泛应用于煤矿综采自动化工作面,并且逐步实现自动化、智能化、无人化的变革。工作面电液控制系统需准确、实时地定位采煤机位置,根据采煤机位置变化发出相应的跟机自动化指令(例如跟机自动移架、跟机推溜、跟机喷雾等),因此准确的采煤机位置信息对于综采工作面的设备的运行及配合起着至关重要的作用<sup>[1-2]</sup>。

当前大多数液压电液控制系统支架采用红外线

检测方式来识别采煤机位置及运行方向<sup>[3]</sup>,但由于井下综采工作面的环境较为复杂、恶劣,红外检测方式受限于传感器的安装位置和固定方法,导致系统稳定性有所欠缺。每个支架安装 1 个红外线检测装置,系统检测精度有限且成本较高。超宽带技术是基于具有吉赫兹量级带宽的一种新型无线电技术<sup>[4]</sup>,超宽带技术应用于煤矿的优势在于抗干扰能力极强,视距范围内的误差能够达到厘米级别。因此,笔者提出一种基于超宽带技术的采煤机定位系统,利用超宽带的测距原理定位采煤机在工作面的相对位置,从组成结构、设计原理、硬件、软件设计 4

收稿日期:2016-06-13;责任编辑:赵 瑞 DOI: 10.13199/j.cnki.est.2016.11.025

作者简介:刘 清(1984—),男,河北秦皇岛人,硕士研究生。Tel: 15011392290, E-mail: liuqing@tdmarco.com

引用格式:刘 清.基于超宽带技术的采煤机定位系统设计[J].煤炭科学技术,2016,44(11):132-135.

Liu Qing. Design on positioning system of shearer based on ultra wide band technology[J]. Coal Science and Technology, 2016, 44(11): 132-135.

个方面对系统的实现进行详细介绍。实践证明,该系统解决了复杂工况下采煤机定位装置的成本高、精度低的问题。

## 1 采煤机定位系统总体结构及原理

### 1.1 系统总体结构组成

基于超宽带技术的采煤机定位系统由多个超宽带基站组成,每个基站都具备接收和发送功能,其中采煤机机身上安装 1 个定位基站作为定位点,工作面 2 个端头及每间隔 50 个支架分别布置定位基站组成基站群。如图 1 所示。

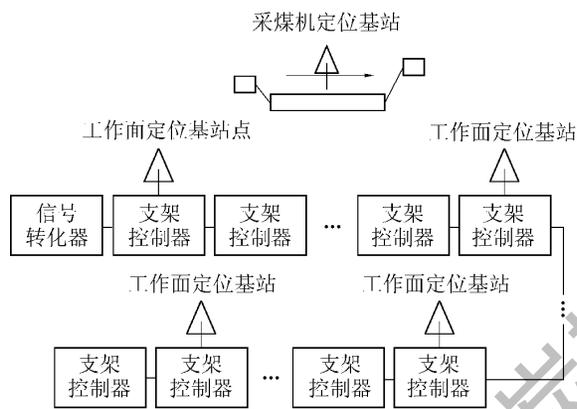


图 1 工作面定位基站分布

Fig. 1 Distribution of working face positioning station

### 1.2 定位原理

超宽带无线定位系统<sup>[5-9]</sup>中根据测量参数的不同,通常将定位方法分为基于接收信号强度法、基于信号到达角度法<sup>[10-14]</sup>和基于接收信号时间法<sup>[15-18]</sup>。针对工作面系统中基站布置情况,提出基于 ToF(Two Way-Time of Flight)的测距方法实现采煤机定位功能。如图 2 所示,工作面基站群某定位基站 A 在  $T_0$  时刻发送数据包给机身定位基站 B,数据包中包含时间标记信息用于同步定位基站 B,定位基站 B 反馈给 A 之后,定位点 A 根据数据包传播时间差计算二者之间距离  $S$ 。

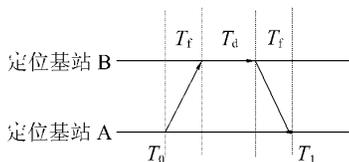


图 2 通信原理

Fig. 2 Communication principle

$$S = C [(T_1 - T_0) - T_{\text{delay}}] / 2$$

其中:  $T_t$  为电磁波信号在定位基站 A 和 B 之间飞行时间;  $T_d$  为 B 接收到数据包后处理延时;  $T_1$  为数

据包返回 A 时刻,  $C$  为光速。在采煤机牵引过程中,工作面基站群定时发送测距信号,获得机身定位点和基站群中多个定位点的相对距离后,经系统计算得出采煤机所在具体支架号位置和运行方向<sup>[19-20]</sup>。

## 2 采煤机定位系统设计

### 2.1 硬件设计

定位基站硬件主要包括 MCU、定位标签、电源转换、串口通信、CAN 通信等模块。MCU 为定位基站设备的核心控制单元,主控模块采用 STM32F10 系列芯片,用于处理标签反馈的信息。STM32F10 集成了 DMA、AD/DA 转换、快速 I/O、电源管理等多种控制电路,可以高效满足测距功能的需求。

标签模块采用 DWM1000 标签模块,如图 3 所示。该模块集成了天线、功耗管理、时钟控制等电路,具有低功耗、高精度等测距优势,能够降低在可视距和非可视距范围内的系统延时。串口通信模块和 CAN 通信模块用于定点基站和工作面电液控制系统通信服务。

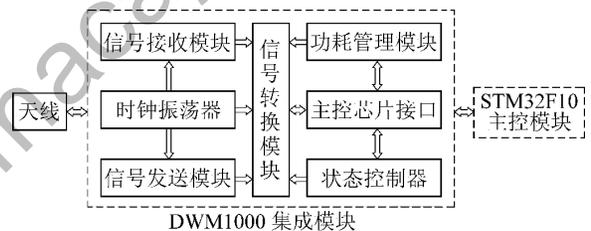


图 3 采煤机定位系统硬件结构

Fig. 3 Hardware structure diagram of shearer positioning system

### 2.2 软件设计

采煤机定位系统主要由定位基站群测距软件、工作面电液控软件、信号转换器软件 3 个部分组成。工作面定位基站群测量到采煤机定点基站的距离信息后,将基站信息报送给工作面电液控系统,工作面电液控系统进行数据滤波后转发给信号转换器,信号转换器经采煤机定位算法分析处理,再向全工作面电液控系统广播采煤机信息,具体数据流如图 4 所示。

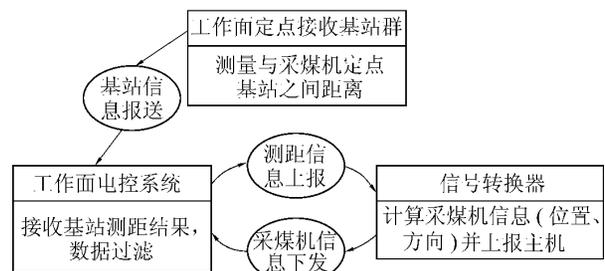


图 4 采煤机定位系统数据流

Fig. 4 Data flow diagram of shearer positioning system

在井下实际生产过程中,采煤机定位基站与工作面定位基站群位置关系如图5所示。

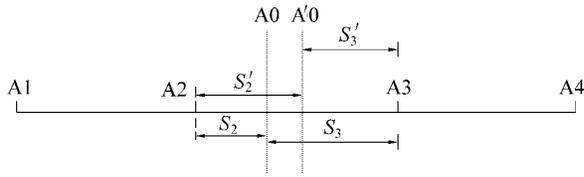
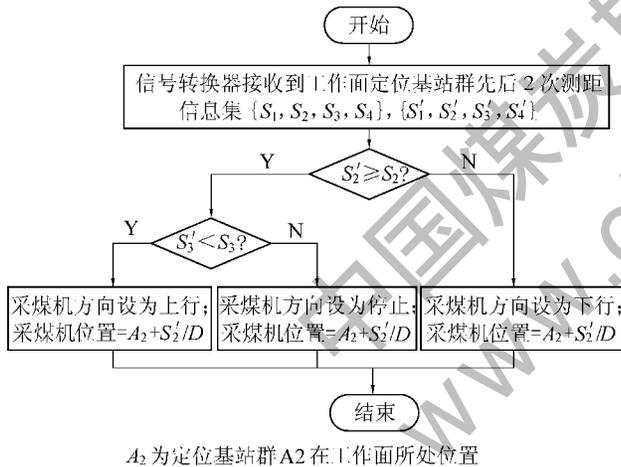


图5 采煤机定位示意

Fig. 5 Schematic diagram of shearer localization

假设采煤机定位基站为A0,定位基站群A1、A2、A3、A4等距分布在工作面, $S_2$ 、 $S_3$ 分别为基站A2、A3与采煤机定位基站之间第1次测量距离值。A'0为采煤机定位基站移动后的位置架号。 $S'_2$ 、 $S'_3$ 表示基站A2、A3与采煤机定位基站之间第2次距离测量值, $D$ 为单个支架的宽度,A1、A2、A3均采用基站所安装的支架号(常量)参与下述计算。采煤机定位算法流程如图6所示。



$A_2$ 为定位基站群A2在工作面所处位置

图6 采煤机定位算法流程

Fig. 6 Flow of shearer localization algorithm

### 3 采煤机定位系统验证

采煤机定位系统样机在巴彦高勒煤矿311101工作面进行了井下测试,分别在采煤机和工作面机头各安装超宽带定位基站1台,通过DC12V电池供电。机头定位基站通过USB接口连接到计算机上,计算机实时监控基站测距距离变化,测试数据见表1。

根据试验数据计算采煤机位置,采煤机距机头基站的位置以及采煤机所在位置对应的支架

编号分别如图7、图8所示。

表1 基站测试距离数据

Table 1 Station test range data

架号	测试距离/m		误差
	架内	架外(靠煤壁)	
2	1.867	1.504	0.363
3	3.502	3.200	0.303
4	6.397	6.300	0.097
5	8.464	8.040	0.424
6	10.190	9.840	0.350
7	12.190	11.820	0.370
8	14.167	13.760	0.407
9	16.125	15.710	0.415
10	18.022	17.740	0.282
11	20.016	19.670	0.346
12	21.985	21.690	0.295
13	23.965	23.720	0.245

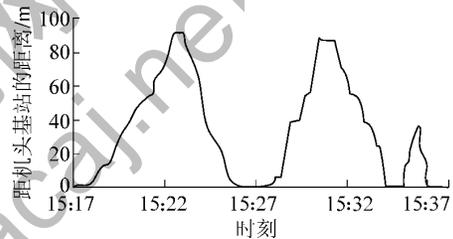


图7 采煤机距机头基站的位置曲线

Fig. 7 Distance curve of shear from first station

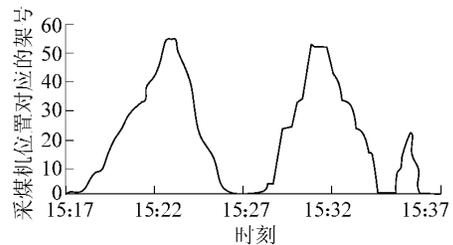


图8 采煤机所在位置对应的支架编号

Fig. 8 Distance curve of shear from first station

### 4 结 语

基于超宽带技术的采煤机定位系统能够精确、快速定位采煤机位置,具有成本低、易部署、算法简单、误差小、抗干扰能力强等优势。在实际应用过程中,该系统的准确采煤机位置信息为煤矿井下自动化系统稳定运行提供了可靠保障。

参考文献(References):

[1] 许春雨,宋渊,宋建成,等.基于单片机的采煤机红外线位置检测装置开发[J].煤炭学报,2011,36(5):167-170.  
Xu Chunyu, Song Yuan, Song Jiancheng et al. Development of the

- device to detect the position of coal mining machine by infrared ray based on MCU[J]. Journal of China Coal Society ,2011 ,36( 5) : 167-170.
- [2] 田成金,魏文艳,朱小林.基于 SAC 型液压支架电液控制系统的跟机自动化技术研究[J].煤矿开采,2012,17(2):47-51.  
Tian Chengjin, Wei Wenyan, Zhu Xiaolin. Automatic following coal-cutter technology of based on SAC electrohydraulic control system in powered support[J]. Coal Mining Technology, 2012, 17(2): 47-51.
- [3] 刘 清,魏文艳.基于红外检测装置的采煤机定位算法研究[J].机械工程与自动化,2013(6):157-159.  
Liu Qing, Wei Wenyan. Research on shearer localization algorithm base on position detection of shearer by infrared [J]. Mechanical Engineering & Automation, 2013(6):157-159.
- [4] 符世琛,李一鸣,杨健健,等.基于超宽带技术的掘进机自动定位定向方法研究[J].煤炭学报,2015,40(11):2603-2610.  
Fu Shichen, Li Yiming, Yang Jianjian, et al. Research on autonomous positioning and orientation method of roadheader based on Ultra Wide-Band technology [J]. Journal of China Coal Society, 2015, 40(11): 2603-2610.
- [5] 熊海良.超宽带无线通信技术与定位关键技术研究[D].西安:西安电子科技大学,2011.
- [6] 祖 军,郝润科,杨 光.UWB 技术在消防队员位置定位系统研究应用[J].计算机系统应用,2012,21(8):156-159.  
Zu Jun, Hao Runke, Yang Guang. System research and application based on UWB technology in fire location [J]. Computer System Applications, 2012, 21(8): 156-159.
- [7] 张麦玲,吴延昌.基于超宽带的矿井机车定位系统设计[J].煤矿机械,2015,36(8):21-23.  
Zhang Mailing, Wu Yanchang. Design of mine locomotive positioning system based on ultra-wideband technology [J]. Coal Mine Machinery, 2015, 36(8): 21-23.
- [8] 张忠娟.基于 UWB 的室内定位技术研究[D].天津:天津大学,2012.
- [9] 吴 迪.特殊环境下超宽带传感器网络测距与定位算法研究[D].长沙:湖南大学,2009.
- [10] 梁久祯.无线定位系统[M].北京:电子工业出版社,2013:145-146.
- [11] 张科帆,朱海霞,包建军.基于 CSS 技术的井下精确定位系统设计[J].工矿自动化,2014(1):5-8.  
Zhang Kefan, Zhu Haixia, Bao Jianjun. Design of underground precise positioning system based on CSS technology [J]. Industry and Mine Automation, 2014(1): 5-8.
- [12] 王泰华,张艳明.煤矿井下超宽带脉冲电路的设计和仿真[J].煤矿机电,2013(6):5-7.  
Wang Taihua, Zhang Yanming. Design and simulation of UWB pulse circuit at underground mine [J]. Colliery Mechanical Electrical Technology, 2013(6): 5-7.
- [13] 张文杰,王艳芬.Chirp-UWB 无线通信技术在煤矿井下的应用研究[J].工矿自动化,2007(4):7-9.  
Zhang Wenjie, Wang Yanfen. Chirp-UWB Application Research of wireless communication technology in coal mine [J]. Industry and Mine Automation, 2007(4): 7-9.
- [14] 刘世森,汤朝明,吴 畏.无线传感网络中的 TOA 测距方法研究[J].工矿自动化,2012(3):31-34.  
Liu Shisen, Tang Chaoming, Wu Wei. Research of TOA ranging method in wireless sensor network [J]. Industry and Mine Automation, 2012(3): 31-34.
- [15] 唐丽均,吴 畏.煤矿井下精确定位系统中的节点设计[J].煤炭工程,2015(6):18-20.  
Tang Lijun, Wu Wei. Node design in accurate positioning system for underground coal mine [J]. Coal Engineering, 2015(6): 18-20.
- [16] 吴 畏,刘世森.基于 TOA 技术的煤矿井下精确人员定位系统研究[J].中国煤炭,2012(4):65-67.  
Wu Wei, Liu Shisen. Accurate person positioning system for coal mine based on TOA technique [J]. China Coal, 2012(4): 65-67.
- [17] Johnson J, Dewberry B. Ultra wide-band aiding of GPS for quick deployment of anchors in a GPS-denied Ad-hoc sensor tracking and communications system [C]//Proceedings of ION GNSS 2011, Portland, 2011.
- [18] Huseth, Dewberry, McCrosky. Pulsed-RF ultra wide-band ranging for the GLANSER GPS-denied emergency responder navigation system [C]//Proceedings of ION ITM 2011, San Diego, 2011.
- [19] Petroff A. A practical, high performance Ultra-Wideband radar platform [C]//IEEE Radar Conference, Atlanta, 2012: 880-884.
- [20] 刘 清,黄曾华.一种基于超窄脉冲技术的采煤机位置监测装置:中国,CN105259549A [P].2016-01-20.