

文章编号:1671-251X(2018)01-0031-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.17280

基于雷达测距的工作面进尺在线监测系统

张庆华^{1,2}, 宁小亮^{1,2}, 赵旭生^{1,2}, 邓敢博^{1,2}

(1. 中煤科工集团重庆研究院有限公司, 重庆 400039;

2. 瓦斯灾害监控与应急技术国家重点实验室, 重庆 400037)

摘要:传统的静态人工测量技术获取的工作面进尺非连续、时效性差,无法满足在线实时预警的要求,针对该问题,设计了基于雷达测距的工作面进尺在线监测系统。该系统采用应答式和反射式雷达测距传感器组合布置工艺,克服了反射式测距雷达测量距离小的不足,解决了应答式测距雷达安装维护困难、难以实时测距的问题。分析了雷达测距原理,并开发了由反射式和应答式雷达测距传感器构成的矿用本质安全型雷达测距传感器。测试结果表明,该系统能够稳定、可靠地实现工作面进尺在线监测、实时采集与分析,当测量距离小于 200 m 时,最大绝对误差为 0.24 m,测量距离和精度能够满足瓦斯灾害预警的要求。

关键词:瓦斯预警;工作面进尺监测;雷达测距;传感器组合布置;动态定位

中图分类号:TD713 文献标志码:A 网络出版时间:2017-12-14 13:27

网络出版地址:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20171213.1337.002.html>

On-line monitoring system of working face footage based on radar ranging

ZHANG Qinghua^{1,2}, NING Xiaoliang^{1,2}, ZHAO Xusheng^{1,2}, DENG Ganbo^{1,2}

(1. CCTEG Chongqing Research Institute, Chongqing 400039, China; 2. State Key Laboratory for Gas Disaster Monitoring and Emergency Technology, Chongqing 400037, China)

Abstract: The working face footage acquired by traditional artificial static measurement technology has non-continuous and poor time-effectiveness, and can't satisfy requirement of on-line real-time warning. For the above problem, an on-line monitoring system of working face footage based on radar ranging was designed. The system uses combination arrangement process of response radar ranging sensor and reflection radar ranging sensor to overcome shortcomings of short measuring range of the reflection radar and solve problem of difficult installation and maintenance of the response radar. Principle of the radar ranging was analyzed, and mine-used intrinsically safe radar ranging sensor composed of the reflection radar ranging sensor and response radar ranging sensor was developed. The test result shows that the system can stably and reliably realize on-line monitoring, real-time collection and analysis of working face footage. When measuring distance is less than 200 m, the maximum absolute error is 0.24 m, and the measuring distance and accuracy can meet the needs of gas disaster early warning.

Key words: gas early warning; working face footage monitoring; radar ranging; sensor combination arrangement; dynamic positioning

收稿日期:2017-09-18;修回日期:2017-11-15;责任编辑:胡娴。

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2016YFC0801404);重庆市“科技创新领军人才支持计划”资助项目(CSTCKJCXLJRC14);中国煤炭科工集团有限公司科技创新基金资助项目(2013ZD002)。

作者简介:张庆华(1979—),男,山西运城人,副研究员,硕士,研究方向为煤矿安全技术及装备,E-mail:zqhcmky@163.com。

引用格式:张庆华,宁小亮,赵旭生,等.基于雷达测距的工作面进尺在线监测系统[J].工矿自动化,2018,44(1):31-34.

ZHANG Qinghua, NING Xiaoliang, ZHAO Xusheng, et al. On-line monitoring system of working face footage based on radar ranging[J]. Industry and Mine Automation, 2018, 44(1): 31-34.

0 引言

中国是世界上瓦斯灾害最严重的国家之一,而且随着开采深度和强度的增大,瓦斯灾害日益严重。防治瓦斯灾害一直是我国煤矿安全生产工作的重中之重^[1-4]。灾害预警作为事故防范的首要环节,能够对安全隐患进行超前、全方位的预测分析。瓦斯灾害预警技术目前在煤矿现场已得到较好应用,对瓦斯隐患的监测与分析、管理水平的提升、瓦斯事故的预防等起到了积极作用^[5-8]。煤矿井下动态变化的地理空间信息作为瓦斯灾害预警过程中至关重要的参数,是判断工作面与危险源空间距离的基础。但基于传统的静态人工测量技术获取的工作面进尺是非连续的,时效性差^[9],无法满足在线实时预警的要求。鉴此,本文基于雷达无线测距方法,设计了煤矿井下工作面进尺在线监测系统,为瓦斯灾害预警过程中动态定位危险源空间位置提供实时的监测数据。

1 系统总体思路

基于雷达测距的工作面进尺监测系统的基本思路是借助井下监控环网和地面办公局域网,利用雷达无线测距传感器,并依托进尺监测服务器、客户端及配套软件系统,实现工作面进尺在线监测、采集与分析,为瓦斯灾害预警过程中判断工作面与危险源距离提供实时、动态基础数据。具体监测步骤:首先在井下工作面布置雷达测距传感器对进尺进行实时监测,同时将传感器接入井下监控环网,将监测数据传输至地面;其次在地面利用进尺监测服务器对监测数据进行动态采集与存储;最后利用进尺在线监测分析与管理系统的进尺数据进行信息化管理与分析。系统总体架构如图1所示。

2 系统实现方法

根据信号接收方式不同,雷达测距传感器可分为反射式和应答式2类。研究测试发现,在煤矿井下复杂环境下,反射式雷达测距传感器的有效监测距离在30 m以内,测量距离过短,难以满足现场实际需求;而应答式雷达测距传感器的监测距离大于200 m,单从测量距离上看应答式雷达测距传感器可较好满足进尺监测要求,但在工作面动态采掘过程中,工作面位置在不断向前推进,应答式雷达测距传感器需要不断地变换位置,安装、维护复杂,不能达到实时监测的目的。鉴于此,系统采用应答式和

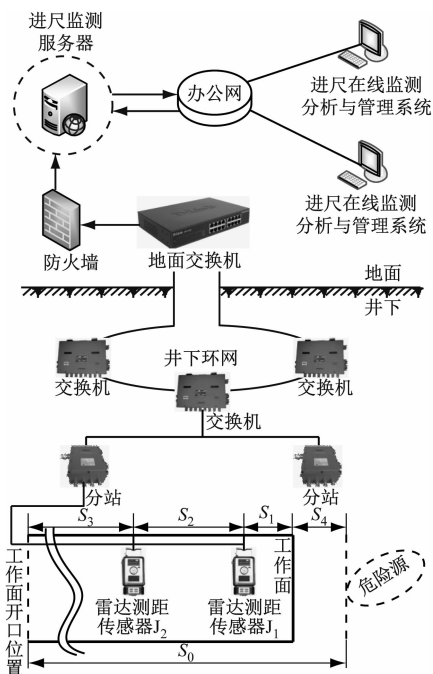


图1 基于雷达测距的工作面进尺监测系统总体架构

Fig. 1 Overall architecture of on-line monitoring system of working face footage based on radar ranging

式雷达测距传感器组合布置的方式实现在线监测。

具体实现方法:在工作面(以掘进工作面为例)后方布置2台雷达测距传感器 J_1, J_2 。其中 J_1 为反射式雷达测距传感器,悬挂于工作面后方30 m以内,随着工作面向前推进而定期前移,用于实时测量 J_1 与工作面之间的距离 S_1 。 J_2 为应答式雷达测距传感器,悬挂于 J_1 后方200 m以内,随着工作面向前掘进而定期前移,用于实时测量 J_1 与 J_2 之间的距离 S_2 。2台雷达测距传感器接入井下监控环网,将监测的进尺数据实时传输至地面,在地面以办公局域网为依托,利用进尺监测服务器实时采集与存储监测数据,同时利用安装在客户端上的进尺在线监测分析与管理系统的进尺数据进行信息化管理与分析。工作面前方的危险源可通过前期的探测与分析得到,设其与工作面开口的距离为 S_0 ,由于传感器 J_2 与工作面开口距离 S_3 已知,所以采掘过程中只要实时监测 S_1 和 S_2 ,便可得到工作面当前位置与危险源的距离 $S_4 = S_0 - S_1 - S_2 - S_3$ 。因此,实现工作面进尺监测技术的关键就是采掘过程中实时监测传感器 J_2 与工作面之间的距离 $S = S_1 + S_2$ 。

由上述分析可知,应答式和反射式雷达测距传感器组合布置的工艺方法不仅克服了单独使用反射式雷达测距传感器测量距离小的不足,而且解决了单独使用应答式雷达测距传感器存在的安装与维护困难、难以实时测距的问题,工作面采掘过程中只需

定期前移传感器,即可较好地实现工作面进尺在线监测。

3 雷达测距传感器测距原理及性能

反射式雷达测距传感器原理:由雷达主机发出雷达波,同时侦测接收目标的反射信号,自由捕获目标物的距离信息,用于近距离目标的跟踪与监测。

应答式雷达测距传感器原理:由雷达主机发出雷达波,并接收由应答器转发的信号,这种方式转发信号强,雷达作用距离远,抗干扰能力强,用于远距离目标的测量。

雷达测距传感器与目标之间的距离 D 的计算公式^[10]为

$$D = CT \tag{1}$$

式中: C 为光速,m/s; T 为信号在雷达测距传感器与目标之间单边传播的时间,s。

煤矿井下环境恶劣,粉尘多、湿度大、作业场所人员密度大、仪器设备多。因此,雷达测距传感器要能较好地适应井下复杂的环境,且具有精度高、轻便、安装与维护简单、不干扰生产、防爆性能好等特点,为此开发了GJL30矿用本质安全型雷达测距传感器(图2)。每套传感器由1台反射式传感器和1台应答式传感器构成,应答式传感器的应答器集成于反射式传感器内。2台传感器的外形尺寸(长×宽×高)均为300 mm×120 mm×50 mm,质量约为1.5 kg,整套系统的测量距离大于200 m,设计测量绝对误差小于0.3 m,测量频率为5~10 Hz,RS485通信条件下信号最大传输距离为5 km。传感器尺寸、质量、测量频率、测量范围及误差、传输距离等各项参数能较好地满足预警需求,同时也便于现场安装与维护。



图2 雷达测距传感器样机

Fig. 2 Prototype of radar ranging sensor

4 测试分析

在某风洞试验巷道对整套测距系统从进尺监

测、传输、采集到信息化管理进行了联机测试,测试方案如下。

(1) 传感器布置方案如图3所示,在 A_1 处设置一块挡板模拟工作面煤壁,挡板向前移动表示工作面推进。

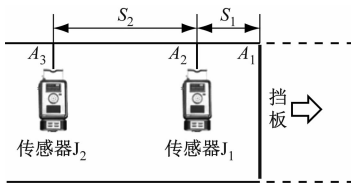


图3 传感器布置方案

Fig. 3 Sensor arrangement

(2) 将传感器 J_1 悬挂在 A_2 处,与挡板距离为 S_1 ,初始距离 $S_{10} = 5$ m,挡板不断向前移动,当 $S_1 = 30$ m 时,再将传感器 J_1 向前移动至距挡板5 m处,如此循环。

(3) 将传感器 J_2 悬挂在 A_3 处,与传感器 J_1 初始距离 $S_{20} = 10$ m,其悬挂保持位置不变。

(4) 根据在模拟巷道中的实际测试条件,每10 m测量1次实际进尺,并与雷达测距数据进行对比。

按照上述方案,实际测试总距离为304.16 m,共测试了27组数据,测试现场如图4所示。



图4 测试现场

Fig. 4 Test site

联机测试实现了工作面进尺的在线监测、可靠传输、实时采集和信息化管理与分析。图5为进尺在线监测分析与管理系统中显示的当前进尺曲线。雷达测距结果与实际距离对比如图6所示。当测试距离小于193.96 m时,最大绝对误差为0.24 m;当

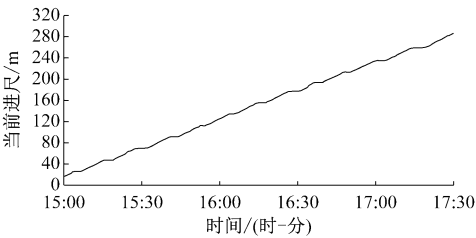


图5 当前进尺曲线

Fig. 5 The curve of current footage

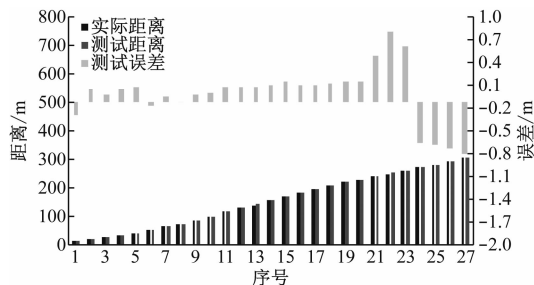


图 6 测试结果

Fig. 6 Test results

测试距离小于 228.71 m 时,最大绝对误差为 0.29 m;当测试测距大于 239.1 m 时,最大绝对误差为 0.99 m。由此可以看出,随着测量距离的增大,误差呈增大趋势。因此,在实际使用过程中,建议测量距离小于 200 m。

5 结论

(1) 基于雷达无线测距原理,设计了集井下雷达实时测距、地面动态采集及信息化管理与分析等功能为一体的工作面进尺在线监测系统;提出了应答式和反射式雷达测距传感器组合布置工艺;开发了防尘、防潮、便于安装和维护的 GJL30 矿用本质安全型雷达测距传感器和工作面进尺在线监测分析与管理系统。

(2) 测试结果表明,该系统可实现工作面进尺在线监测、实时采集与分析,测量距离在 200 m 以内时,最大绝对误差为 0.24 m,测量距离和误差能够满足瓦斯灾害预警的需求,可为预警过程中判断工作面与危险源距离提供实时的基础数据,对提高预警及时性和准确性具有重要支撑作用。

参考文献 (References):

[1] 于不凡. 煤矿瓦斯灾害防治及利用技术手册[M]. 北京:煤炭工业出版社,2005.

[2] 胡千庭. 预防煤矿瓦斯灾害新技术的研究[J]. 矿业安全与环保,2006,33(5):1-7.

HU Qianting. Study on new techniques for preventing gas disaster in coal mines[J]. Mining Safety & Environmental Protection, 2006, 33(5):

1-7.

[3] 俞启香. 矿井瓦斯防治[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1992.

[4] 李学来,刘见中. 瓦斯灾害治理新技术[J]. 中国安全科学学报,2004,14(7):101-104.

LI Xuelai, LIU Jianzhong. New achievements of gas control technology[J]. China Safety Science Journal, 2004,14(7):101-104.

[5] 文光才,宁小亮,赵旭生. 矿井煤与瓦斯突出预警技术及其应用[J]. 煤炭科学技术,2011,39(2):55-58.

WEN Guangcai, NING Xiaoliang, ZHAO Xusheng. Coal and gas outburst early warning technology and application in coal mine [J]. Coal Science and Technology, 2011,39(2):55-58.

[6] ZHAO Xusheng, HU Qiannting, NING Xiaoliang. Research on comprehensive early-warning technology of coal and gas outburst[J]. Procedia Engineering, 2011,26:2376-2382.

[7] 宁小亮. 煤与瓦斯突出灾害监控预警技术[J]. 中国安全生产,2016(9):50-51.

[8] 宁小亮,蒲阳. 基于矿压监测动态特征的瓦斯突出预警系统设计[J]. 工矿自动化,2015,41(3):10-13.

NING Xiaoliang, PU Yang. Design of early-warning system of gas outburst based on dynamic characteristics of pressure monitoring [J]. Industry and Mine Automation, 2015,41(3):10-13.

[9] 饶家龙,刘胜,邱飞. 基于 nanoPAN5375 的矿用无线测距系统研究[J]. 自动化与仪器仪表,2016(7):171-172.

RAO Jialong, LIU Sheng, QIU Fei. The research on design and application of wireless ranging system based on nanoPAN5375 applied in mine [J]. Automation & Instrumentation, 2016(7):171-172.

[10] 徐驰,刘纪元,焦学峰,等. 雷达测距系统中一种改进的测距算法[J]. 电子设计工程,2013,21(1):103-106.

XU Chi, LIU Jiyuan, JIAO Xuefeng, et al. An improved ranging algorithm in radar ranging system [J]. Electronic Design Engineering, 2013, 21(1): 103-106.