

# 微地震技术在银行金库监控系统中的应用研究

刘 珺, 刘 亚

(北京航空航天大学, 北京 100191)

**摘 要:** 针对当前银行金库监控系统存在的不足, 提出将微地震技术应用到银行金库监控系统中。介绍了微地震监测技术及定位算法, 重点阐述了微地震定位实验, 将定位结果与实际震源点位置进行比较, 证明了将微地震技术应用到银行金库监控系统中的可行性。

**关键词:** 微地震; 监测; 银行; 定位

中图分类号: TP277

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)01-0077-03

## Application of the microseismic monitoring technology in the monitoring and control system of the bank

Liu Jun, Liu Ya

(Beihang University, Beijing, 100191, China)

**Abstract:** The paper proposed micro-seismic technology to bank vaults monitoring system for the current monitoring system deficiencies. Introduced some micro-seismic monitoring and positioning algorithms, focusing on the micro-seismic and positioning. Proved the feasibility of applying seismic technology to bank vault monitoring system through the comparison of the results and actual focal point.

**Key words:** micro-seismic; monitoring; bank; location

近几年, 采用地下掘进方式进行盗窃的案例越来越多。这类盗窃案件频繁发生, 主要原因是现有监控系统存在不足<sup>[1]</sup>。

目前, 银行在金库中采用摄像机和拾音器进行实时监控, 当摄像机发现不明身份的人或拾音器听到异常的声音时, 将报警信号传送到监控主机, 主机启动声光报警装置可直接接通 110 专线<sup>[2]</sup>。而这种系统存在两种不足: (1) 摄像机观察范围和拾音器的拾音范围相对较小; (2) 拾音器只能采集到异常的声音信号, 确定不了信号源的位置。

### 1 微地震监测技术

微地震监测技术是以声发射学和地震学为基础, 通过观测分析生产活动中所产生的微小地震事件来监测生产活动的影响效果及地下状态的地球物理技术。

#### 1.1 微地震技术的应用

地球物理学研究的不断发展和数字化地震监测技术的广泛应用, 为研究小范围内信号微弱的微地震事件提供了技术支持。国外的一些公司与大学合作, 对微地

震监测技术进行了一些工程应用实验<sup>[3]</sup>。这些实验主要是为了将微地震监测技术应用到地下岩石工程 (如地热、水压致裂<sup>[4]</sup>、水库大坝、石油、核废料处理等) 中。

1997 年, 美国科学家针对德州东部棉花谷 (cotton valley) 水压致裂的情况进行了一次微地震成像现场实验。该实验表明微地震成像技术具有经济、实用、分辨率高、监测范围广和操作方便等优点。

针对德州、肯塔基州、新墨西哥州等地的不同深度 (1 000~3 000 m)、不同岩性的地热和石油诱发微地震的情况, W.Scott Phillips 等人进行了 10 000 多次微地震试验, 结果显示微地震监测技术能够较好地分辨破裂模式<sup>[5]</sup>。

南非的科学家在威特沃特斯兰德地区和 Leeudoom 几个黄金矿区采集了 300 000 个微地震事件。使用累积震矩和体积内敛间的对应关系对其进行了研究。研究发现不同的地质构造产生的微地震事件有所不同。

#### 1.2 微地震定位及算法

微地震监测技术的一个主要任务是确定震源的位

置。微地震监测技术通过震源点的位置分布和震源机制(剪切断裂或张性断裂)等特征来预测是否将发生事故。例如:对澳大利亚 Gordonstone 煤矿进行微地震监测,其导水裂隙带分界线形似马鞍状,推断出该矿区采煤造成的岩石破裂不会延展到煤层顶板上方的含水层<sup>[6]</sup>。微地震监测还被应用到军事地下工事的探测,用于测定军事车辆的类别和数量。

微地震技术通常采用 P 波定位,原因是 P 波在岩体中传播速度最快而且易于识别。采用此法定位时,假设岩层是均匀速度模型,P 波传播速度为已知,同时要在至少四个以上不同地点布设监测台站(如图 1)<sup>[7]</sup>。P1、P2、P3、P4 为四个监测点,q 点为震源的位置,S1、S2、S3、S4 为震源点和监测点之间的距离。

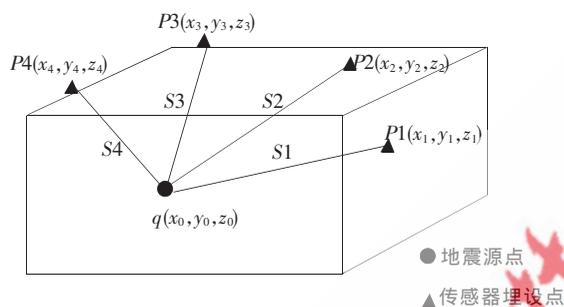


图 1 定位原理图

通过计算列出求解震源的方程组为:

$$\begin{cases} s_i = V(t_i - t_0) \\ s_i = \sqrt{(z_i - z_0)^2 + (y_i - y_0)^2 + (x_i - x_0)^2} \end{cases} \quad (i=1, 2, 3, 4)$$

在方程组中,接收到信号的时刻  $t_i (i=1, 2, 3, 4)$  和传播速度  $V$  都是已知的,通过方程组可以解出震源的起震时刻  $t_0$  和震源坐标  $(x_0, y_0, z_0)$ ,即确定了震源的位置。

## 2 人员敲击定位实验

本节使用人员敲击水泥地面模拟盗窃犯挖掘地道产生的振动,通过比较实际敲击点的位置与软件定位的位置验证将微地震监测技术应用到银行监控系统中的可行性。

试验使用环洲 HZ-MS48 型微地震监测系统,经测定 P 波在该介质中的传播速度为 3 400 m/s。敲击点实际位置为(13.5, 20.5, 0),敲击时间间隔为 2~3 s。试验测得的人员敲击的波形如图 2 所示。从图中可以看到,人员敲击产生的波形很清晰。用 Siroseis 软件对接收到的波形进行定位,得到敲击点的位置坐标为(16, 20, 0),如图 3。将软件定位结果与敲击点的实际位置进行比较,见表 1。通过对比可以看出软件定位结果与敲击点的实际位置之差最大为 2.5 m。因为该软件定位结果输出为整数,所以定位结果的实际误差小于 2.5 m。微地震定位的最小误差范围为 5 m,试验得到的结果在误差允许范围内,2.5 m 的范围已经可以满足银行金库监控系统发现地下掘进盗窃分子的需要。以上试验证明了将微地震

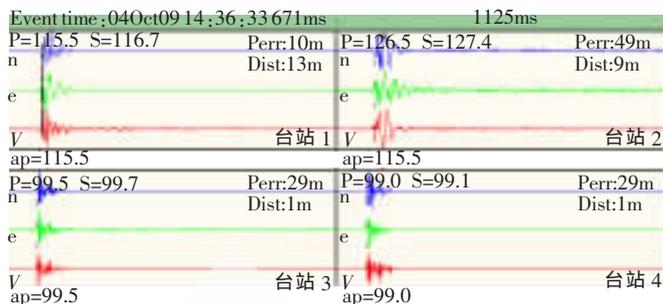


图 2 敲击信号典型波形图

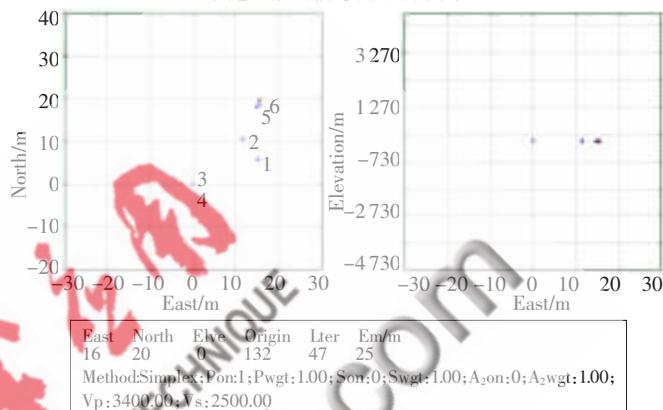


图 3 敲击微地震事件定位结果

表 1 软件定位与实际位置对比

位置坐标	X	Y	Z
敲击点实际坐标/m	13.5	20.5	0
软件定位坐标/m	16.0	20.0	0
坐标差/m	2.5	0.5	0

监测进行应用到银行金库系统的可行性。

## 3 影响微地震定位精度的因素

影响微地震定位精度的因素有很多,归结起来主要有以下几个方面:

(1)速度模型产生的误差。现在的定位方法大多假设地震波是在均匀的、各向同性的介质中传播,而实际情况并非如此,这就导致了波速误差,从而影响定位效果。

(2)走时计算产生的误差。现行的绝大多数定位算法都是在计算走时残差方差的极小值基础上进行的,走时误差直接引起了定位误差。

(3)计算误差。受地震波反演固有的限制,不充分的观测数据及观测数据中存在的误差和噪音使得反演结果具有不唯一性。

(4)与震源有关的误差。微地震定位时常把震源看成是一个点,但有一些震源有一定的破裂长度。这样的震源根据不同的破裂方式产生微震能量有所不同,当能量较小时,离震源点较近距离的监测台站,可以较好地接收到震源点产生的微地震波;而相对较远的监测台站,则不能较好地接收到来自震源点的微地震波,也可能接收到的是非初始破裂点产生的地震波,从而引起定位误差。

本文介绍了微地震监测技术的应用现状及其定位

原理，将微地震监测技术应用到银行金库的监控系统中。微地震监测技术本身的性质和震源定位的算法保证了研究的可行性。微地震定位实验的定位结果进一步印证了这种方法的可行性。

#### 参考文献

- [1] 平健,李仕雄,夏媛媛.微地震技术在银行金库监控系统中的应用[J].微计算机信息,2010(7):101-103.
- [2] 李艳萍.某人民银行金库监控系统设计方案[J].中国公共安全,2004(2):106-108.
- [3] 赵向东,陈波,姜福兴.微地震工程应用研究[J].岩石力学与工程学报,2002,21(增2):2609-2612.
- [4] BLOCK L V, CHENG C H, FEHLER M C, et al. Seismic Imaging Using Micro-earthquakes Induced by Hydraulic Fracturing [J]. Geophysics, 1994, 59(1): 102-112.
- [5] PHILIPS W S, RUTLEDGE J T, HOUSE L S, et al. Induced Microearthquake Patterns in Hydrocarbon and Geothermal Reservoirs: Six Case Studies [J]. Pure Appl. Geophys, 2002(159): 345-369.
- [6] 于克君,骆循,张兴民.煤层顶板“两带”高度的微地震监测技术[J].煤田地质与勘探,2002,30(1):47-51.
- [7] 平健,李仕雄,陈虹燕,等.微震定位原理与实现[J].金属矿山,2010(1):167-169.

(收稿日期:2010-07-14)

#### 作者简介:

刘珺,女,1985年生,硕士研究生,主要研究方向:信息系统项目管理。

刘亚,男,1983年生,硕士研究生,主要研究方向:信息系统项目管理。

电子技术应用  
APPLICATION OF ELECTRONIC TECHNIQUE  
www.chinaAET.com