



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102102533 B

(45) 授权公告日 2013. 07. 03

(21) 申请号 201010617644. 7

CN 101539028 A, 2009. 09. 23, 全文.

(22) 申请日 2010. 12. 31

审查员 王跃庭

(73) 专利权人 中国矿业大学

地址 221116 江苏省徐州市三环南路中国矿业大学科技处

(72) 发明人 刘万里 欧阳健飞 朱华

(74) 专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237

代理人 程化铭

(51) Int. Cl.

E21F 17/00 (2006. 01)

E21F 17/18 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 2510865 Y, 2002. 09. 11, 全文.

CN 1619340 A, 2005. 05. 25, 全文.

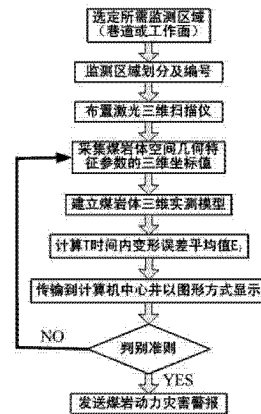
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

煤岩动力灾害空间几何信息实时测量的预测方法

(57) 摘要

一种煤岩动力灾害空间几何信息实时测量的预测方法,以巷道或工作面为预警中心,将监测区域划分为不同预警单元;通过激光三维扫描仪对预警单元进行实时测量,得到预警单元内煤岩体空间几何信息的变形误差;然后把所有预警单元测量值传输到计算机中心并以图形方式显示,当所测变形误差大于预警临界值时,判定为高应力危险单元;当在时间内变形误差增长率大于临界增长率时,判定为高应力增长单元;当相邻两个或两个以上预警单元的呈现急剧增大或降低时,判定为高应力梯度单元。根据不同情况的预警,分析灾害可能发生的地段,提供更多的时间以使操作人员撤离及采取必要措施,为准确预报煤岩动力灾害提供便捷的途径。



1. 一种煤岩动力灾害空间几何信息实时测量的预测方法,其特征在于包括如下步骤:

a、首先确定回采工作面(2)需要进行监测的区域,根据激光三维扫描仪(1)的测量范围,将监测区域划分为多个预警单元(5),并对多个预警单元(5)编号;

b、在每个预警单元的前面布置一台扫描角度不大于 120° 范围内的激光三维扫描仪(1),激光三维扫描仪(1)与预警单元(5)的距离 $L=1\sim 10$ 米;

c、激光三维扫描仪(1)实时精密测量出每个预警单元(5)内煤岩体空间几何信息的三维坐标值,通过井下采集处理分站(3)对扫描的结果进行存储;

d、在井下采集处理分站中建立各个预警单元(5)内煤岩体空间几何信息的三维实测模型;并计算在扫描 T 时间内第 i 个预警单元煤岩体空间几何信息三维实测模型变形误差的平均值 $E_{平均}$ 作为第 i 个预警单元的最终测量结果,以此作为评价该预警单元煤岩动力灾害大小的依据;

f、然后把所有预警单元的测量值 E_i 通过井下采集处理分站(3)传输到地面计算机控制中心(4),并以图形的方式按预警单元编号次序显示出来;

当所测第 i 个预警单元的变形误差 E_i 大于预警临界值 $E_{临}$ 时,判定为高应力危险单元;

当在 (T_i, T_{i+1}) 时刻内变形误差增长率 ΔE 大于临界增长率 ϵ 时,判定为高应力增长单元;

当相邻两个或两个以上预警单元变形误差呈现急剧增大或急剧降低时,判定为高应力梯度单元;

当高应力危险单元、高应力增长单元和高应力梯度单元三种情况中出现一种情况时,通过地面计算机控制中心(4)预警提示和进行灾害的提前预防;当三种情况中出现两种情况时,预警立即采取防范措施;当三种情况同时出现时,预警立即撤人。

煤岩动力灾害空间几何信息实时测量的预测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及煤矿安全监测与监控技术领域,尤其是一种通过非接触激光三维扫描仪连续不间断精密测量煤岩体空间几何信息的变化来实时预测煤岩动力灾害的方法。

背景技术

[0002] 煤岩动力灾害是煤岩体在外界应力作用下在短时间内发生的一种具有动力效应和灾害后果的现象,主要指煤与瓦斯突出、冲击地压、顶板塌陷和围岩变形等。煤岩动力灾害现象的发生主体是各类不稳定煤岩,是其在外部的物理化学及力学综合作用下快速变形破裂、迅速发展过程。煤岩动力灾害具有突发性、瞬时震动性和巨大破坏性等显著特征,而且随着采掘深度的不断延伸和开采规模的不断扩大这种现象日益严重,将会造成大量的人员伤亡和财产损失,严重威胁着矿山安全生产。对煤岩动力灾害现象进行预测和防治的有效研究既是保障安全生产和提高经济效益的重要技术手段,又是国内外矿山安全生产亟待解决的重大科学难题。

[0003] 针对煤矿安全生产对煤岩动力灾害预防的重大需求,国内外广泛开展了对煤岩动力灾害预测的研究,目前,煤岩动力灾害危险性预测的主要方法有静态(指标)预测法和动态(连续)预测法。指标预测法包括钻屑量、钻屑倍率法、钻孔瓦斯涌出初速度法、R 指标法和钻屑综合指标法。由于指标预测法都是通过钻孔来实现的,因此又称钻孔法。静态法打钻及参数测定需占用作业时间和空间,工程量很大,预测作业时间也较长,对生产有一定的影响,预测所需费用也较高;安全性差,在打钻时易诱发动力灾害;静态预测法的准确性较低,易受人工及煤体分布不均匀的影响。煤层或煤体及其内部所含有的瓦斯并不是均匀分布的,也不是稳定的。在钻孔附近取得的预测结果仅仅是局部的,并不能完全代表整个预测步长范围内的突出危险性,在预测时刻取得的结果也只是静态的,并不能完全代表煤体稳定前整个时期内的突出危险性,因为煤岩体处于动态变化之中,延期突出就是例证。因此区域性动态连续预测的研究正日益引起人们的重视。

[0004] 动态预测法包括声发射(AE)法,微震法,红外辐射法,电磁辐射(EMR)法等。

[0005] 声发射与微震现象是 20 世纪 30 年代末由美国 L. 阿伯特及 W. L. 杜瓦尔发现的。国内外大量研究资料表明,受载煤岩在变形破坏之前能产生声发射和微震信号,每一个声发射与微震信号都包含着煤岩内部状态变化的丰富信息,对接收到的信号进行处理、分析,可作为评价煤岩稳定性的依据。因此,可以利用煤岩声发射与微震的这一特点揭示煤岩体破坏机理,对工程煤岩的稳定性进行监测,从而预报煤岩塌方、冒顶、片帮、滑坡、岩爆和煤与瓦斯突出等煤岩动力灾害现象。中国发明专利“微震监测实时预警矿山动力灾害的方法(CN 101582191A)”公开了一种通过微震检测对矿山动力灾害进行实时预警,保障矿山安全开采的方法。中国专利“基于声发射的矿井动力灾害监测系统(ZL 200720187838.1)”公开了一种基于声发射的矿井动力灾害的监测系统。但在现场预测实施中,由于声发射和微震信号发生事件非常密集,数据处理比较困难,干扰信号较多且不易分离,影响处理效果。一般最快也要 3 至 4 小时的计算量才能对煤岩动力灾害做出危险性报告。这种时间的延滞大

大地降低了声发射法、微震法在矿山安全生产上的应用价值(由于煤岩动力灾害往往都是突发性的,任何时间的拖延都可能意味着生命及财产的损失)。

[0006] 煤岩的红外辐射变化主要是巷道环境温度场的变化和应力激发所致。1985年, Luong M. P. 首先利用热成像技术研究了岩石及混凝土在破裂过程中的热红外辐射现象,国内的吴立新、王金庄、刘善军等教授对煤岩受压热红外现象和辐射温度特征进行了实验研究,取得了一些有益的定性定量成果,但在煤岩动力灾害预测中还未得到实践应用。

[0007] 20世纪90年代,何学秋、王恩元等教授深入研究了含瓦斯煤、混凝土等强度较低的煤岩变形破裂过程中的电磁辐射效应,提出了电磁辐射预测煤与瓦斯突出和冲击地压的原理及预报方法,研制出KBD5型和KBD7型煤岩动力灾害电磁辐射监测仪,并应用于煤与瓦斯突出、冲击地压等煤岩动力灾害危险性的监测预报中。中国专利“煤岩动力灾害电磁辐射监测装置(CN 25108651)”公开了一种煤岩动力灾害电磁辐射监测装置。中国专利“煤岩动力灾害实时监测预报装置及预报方法(CN 1619340)”公开了一种通过连续不间断监测煤岩砗变形破裂电磁辐射信息来预测煤岩动力灾害的技术及装置。电磁辐射法是近年来研究的热门方向,但在信息利用(前兆数据的挖掘和利用深度)、去除环境干扰(机电设备产生的电磁噪音)和信号精确定位(预测准确性和可靠性)等方面还有待进一步深入探讨和研究。

[0008] 另外煤岩动力灾害发生原因复杂,影响因素众多。因此,彻底认识和掌握煤岩动力灾害的发生机理和条件,有效地对其进行预测预报和防治仍然有相当大的困难。到目前为止,其发生机理和影响因素及其内在联系至今还没有完全搞清楚,并且随着采掘深度和开采强度的不断增加,导致在基础理论方面取得突破的难度不断加剧。

发明内容

[0009] 技术问题:本发明的目的是克服已有技术中的不足之处,提供一种煤岩动力灾害空间几何信息精密测量的预测方法,通过对扫描的煤岩体空间几何信息的实时分析,快速确定监测区域内煤岩体三维几何特征的变形程度、破坏的趋势,以及这一趋势可能对矿井开采及施工造成的影响。

[0010] 技术方案:本发明的煤岩动力灾害空间几何信息实时测量的预测方法,包括如下步骤:

[0011] a、首先确定回采工作面需要进行监测的区域,根据激光三维扫描仪的测量范围,将监测区域划分为多个预警单元,并对多个预警单元编号;

[0012] b、在每个预警单元的前面布置一台扫描角度不大于 120° 范围内的激光三维扫描仪,激光三维扫描仪与预警单元的距离 $L=1\sim 10$ 米;

[0013] c、激光三维扫描仪实时精密测量出每个预警单元内煤岩体空间几何信息的三维坐标值,通过井下采集处理分站对扫描的结果进行存储;

[0014] d、在井下采集处理分站中建立各个预警单元内煤岩体空间几何信息的三维实测模型;并计算在扫描 T 时间内第 i 个预警单元煤岩体空间几何信息三维实测模型变形误差的平均值 $\bar{\Delta}_{T,i}$ 作为第 i 个预警单元的最终测量结果,以此作为评价该预警单元煤岩动力灾害大小的依据;

[0015] f、然后把所有预警单元的测量值 $\bar{\Delta}_{T,i}$ 通过井下采集处理分站传输到地面计算机控

制中心,并以图形的方式按预警单元编号次序显示出来;

[0016] 当所测第 i 个预警单元的变形误差 E_i 大于预警临界值 $E_{临}$ 时,判定为高应力危险单元;

[0017] 当在 (T_i, T_{i+1}) 时刻内变形误差增长率 ΔE 大于临界增长率 ε 时,判定为高应力增长单元;

[0018] 当相邻两个或两个以上预警单元变形误差呈现急剧增大或急剧降低时,判定为高应力梯度单元;

[0019] 当高应力危险单元、高应力增长单元和高应力梯度单元三种情况中出现一种情况时,通过地面计算机控制中心预警提示和进行灾害的提前预防;当三种情况中出现两种情况时,预警立即采取防范措施;当三种情况同时出现时,预警立即撤人。

[0020] 有益效果:本发明利用激光三维扫描仪可实时、快速的确定预警单元内煤岩体三维实体模型及空间几何特征:如形状、位置、姿态、裂纹的空间分布(变形、扩展与开裂),实现了非接触、实时、连续及快速预测。结合根据判别准则所得到的监测区域范围内围岩应力状态动态分布的整体情况,可综合分析矿山动力灾害发生的实时可能性,即时发出预报或预警。适合于在煤矿井下生产过程中的超前探测和地质构造或应力异常区的超前预测,也和适应于地面上的预测,如:滑坡、大型岩石的稳定性和地震等。在煤岩动力灾害可能发生时,根据其发生的迫切程度发出警报,分析灾害可能发生的地段,提供更多的时间以使操作人员撤离及采取必要措施,为准确预报煤岩动力灾害提供便捷的途径。

[0021] 附图说明:

[0022] 图1是本发明预测预报煤岩动力灾害的流程图。

[0023] 图2是本发明在回采工作面煤岩动力灾害空间几何信息监测装置布置示意图;

[0024] 图3是本发明模拟巷道内预测煤岩动力灾害发生可能性大小的监测结果图。

[0025] 图中:1-激光三维扫描仪,2-回采工作面,3-井下采集处理分站,4-地面计算机控制中心,5-预警单元。

具体实施方式

[0026] 如图1和图2所示,首先选定所需监测区域,即选定巷道或回采工作面2需要进行监测的区域,根据激光三维扫描仪1的测量范围,将监测区域划分为多个预警单元5,并对多个预警单元5编号(如:a、b、c、...、i、...n);在每个预警单元的前面布置一台扫描角度不大于 120° 范围内的激光三维扫描仪1,激光三维扫描仪1与预警单元5的距离 $L=1\sim 10$ 米;由激光三维扫描仪1实时精密测量出每个预警单元5内煤岩体空间几何信息的三维坐标值,通过井下采集处理分站3对扫描的结果进行存储;然后在井下采集处理分站中建立各个预警单元5内煤岩体空间几何信息的三维实测模型;并计算在扫描 T 时间内第 i 个预警单元煤岩体空间几何信息三维实测模型变形误差的平均值 $E_{平均}$ 作为第 i 个预警单元的最终测量结果,用作为评价该预警单元煤岩动力灾害大小的依据;然后把所有预警单元的测量值 E_i 通过井下采集处理分站3传输到地面计算机控制中心4,并以图形的方式按各预警单元5的编号次序显示出来;煤岩动力灾害的判定指标是采集煤岩体空间几何特征参数的

三维坐标值,即煤岩体空间几何信息三维实体模型的变形误差的平均值 $\bar{E}_{\text{平均}}$,基于煤岩体空间几何信息的测试结果能够同比例地反映煤岩动力灾害来进行,某监测单元的变形误差越大,则表明该单元内的煤岩动力灾害发生的危险性越大。煤岩动力灾害的判定准则是煤岩体空间几何信息的变形误差 E_i 和预警临界值 $E_{\text{临}}$ 、相邻监测单元 E_i 、 E_{i+1} 的变形误差增长率 ΔE 和临界值增长率 ε 进行比对以后得出的结论。首先分别在各自的图中标出预警临界值 $E_{\text{临}}$ 和临界值增长率 ε 的横线。从图3中可以看出不同监测单元煤岩动力灾害危险性的分布规律,监测单元的变形误差 E_i 越大,表明该监测单元内煤岩动力灾害发生的危险性越大。图3为模拟某巷道内预测煤岩动力灾害发生可能性大小的监测结果图,其横坐标为监测时间;a、b、c是三个被测预警单元的编号,纵坐标为计算得到的变形误差 E_i ,变形误差 E_i 为0的上下坐标条表示危险警戒线临界值 $E_{\text{临}}$ 。测定值反应的是在该预警单元内煤岩体空间几何信息三维实测模型变形误差的大小,图中在预警单元b在23h、28h时刻和预警单元c在28h时刻时,均发生了 $E_i > E_{\text{临}}$ 的情况,这表明该预警单元在此时刻出现了高应力危险单元,地面计算机控制中心应做出提示和进行灾害的提前预防。监测单元内煤岩动力灾害发生的危险性的判别准则见表1,即当所测变形误差 E_i 大于预警临界值 $E_{\text{临}}$ 时,判定为高应力危险单元;当在 (T_i, T_{i+1}) 时间内变形误差增长率 ΔE 大于临界增长率 ε 时,判定为高应力增长单元;当相邻两个或两个以上预警单元变形误差呈现急剧增大或急剧降低时,判定为高应力梯度单元。以上情况说明了该预警单元或该预警单元附近的煤岩动力灾害危险性较大。

[0027] 预警临界值 $E_{\text{临}}$ 和临界值增长率 ε 确定:

[0028] 首先用激光三维扫描仪精密的测量出巷道后方稳定区域的煤岩体空间几何信息三维实体模型的平均变形误差 $\bar{E}_{\text{平均}}$ 和变形误差的增长率 $\varepsilon_{\text{平均}}$,并作为基准值。假定实测指标值与突出因素之间服从正态分布,根据已知条件求出其均方差 σ 。然后让预警临界值 $E_{\text{临}}$ 分别设定为 $(\bar{E}_{\text{平均}} + \sigma)$ 、 $(\bar{E}_{\text{平均}} + 2\sigma)$ 和 $(\bar{E}_{\text{平均}} + 3\sigma)$ 三个不同的危险临界值。同时临界变形误差的增长率 ε 也设定为 $(\varepsilon_{\text{平均}} + \sigma)$ 、 $(\varepsilon_{\text{平均}} + 2\sigma)$ 和 $(\varepsilon_{\text{平均}} + 3\sigma)$ 三个不同的危险临界值,其详细的判别准则见表1所示:

[0029] 表1 煤岩动力灾害的判别准则

[0030]

名称	煤岩动力灾害		
	无危险	弱危险	强危险
变形误差 E_i 变形误差增长率 ΔE_i	$E_{\text{预警}} \leq E_i < E_{\text{预警}} + \sigma$ 且 $\varepsilon_{\text{预警}} \leq \Delta E_i < \varepsilon_{\text{预警}} + \sigma$	$E_{\text{预警}} + \sigma \leq E_i \leq E_{\text{预警}} + 2\sigma$ 或 $\varepsilon_{\text{预警}} + \sigma \leq \Delta E_i \leq \varepsilon_{\text{预警}} + 2\sigma$	$E_{\text{预警}} + 2\sigma \leq E_i \leq E_{\text{预警}} + 3\sigma$ 且 $\varepsilon_{\text{预警}} + 2\sigma \leq \Delta E_i \leq \varepsilon_{\text{预警}} + 3\sigma$
措施	不需要采取措施	需要采取措施	撤人或立即采取措施

[0031] 当所测第 i 个预警单元的变形误差 E_i 大于预警临界值 $E_{\text{临}}$ 时,判定为高应力危险单元;

[0032] 当在 (T_i, T_{i+1}) 时刻内变形误差增长率 ΔE 大于临界增长率 ε 时,判定为高应力增长单元;

[0033] 当相邻两个或两个以上预警单元变形误差呈现急剧增大或急剧降低时,判定为高应力梯度单元;

[0034] 当高应力危险单元、高应力增长单元和高应力梯度单元三种情况中出现一种情况时,通过地面计算机控制中心 4 预警提示和进行灾害的提前预防;当三种情况中出现两种情况时,预警立即采取防范措施;当三种情况同时出现时,预警立即撤人。

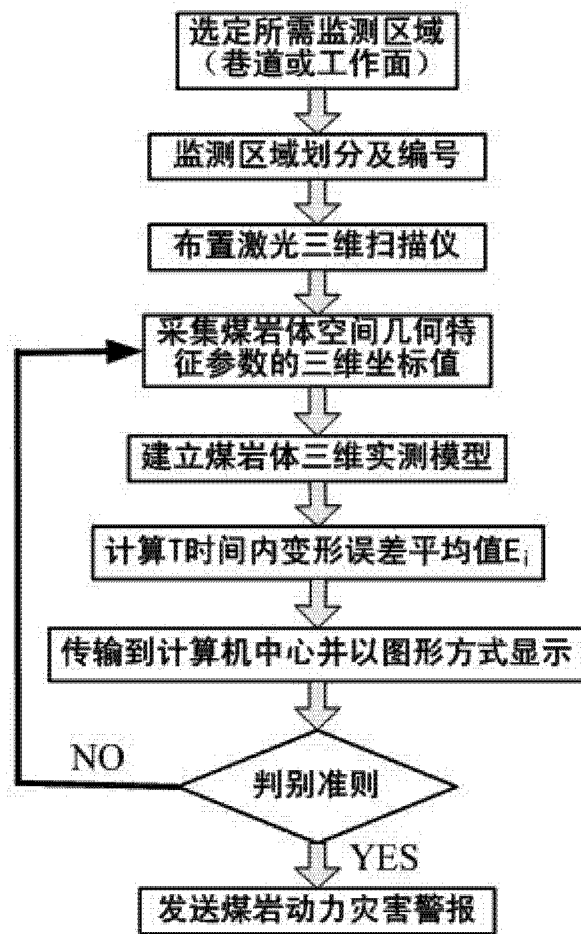


图 1

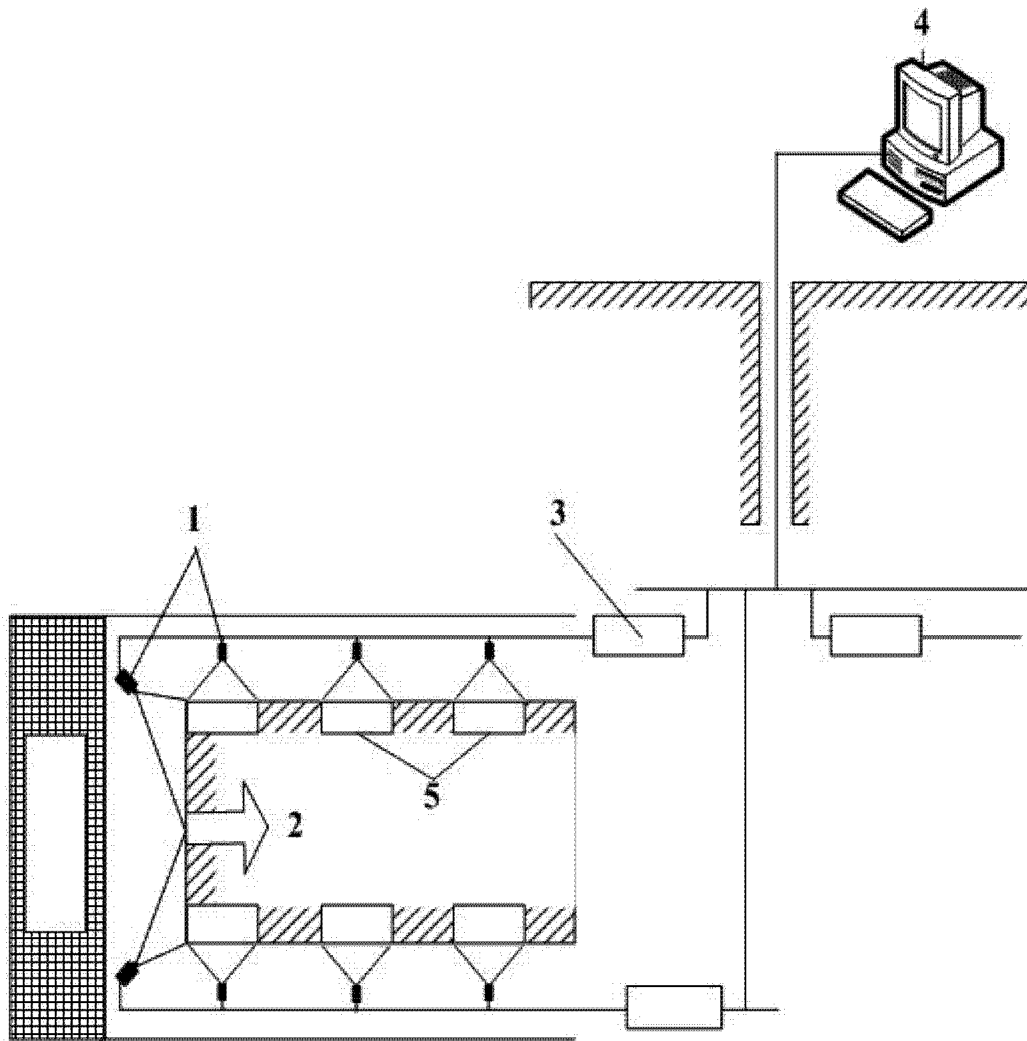


图 2

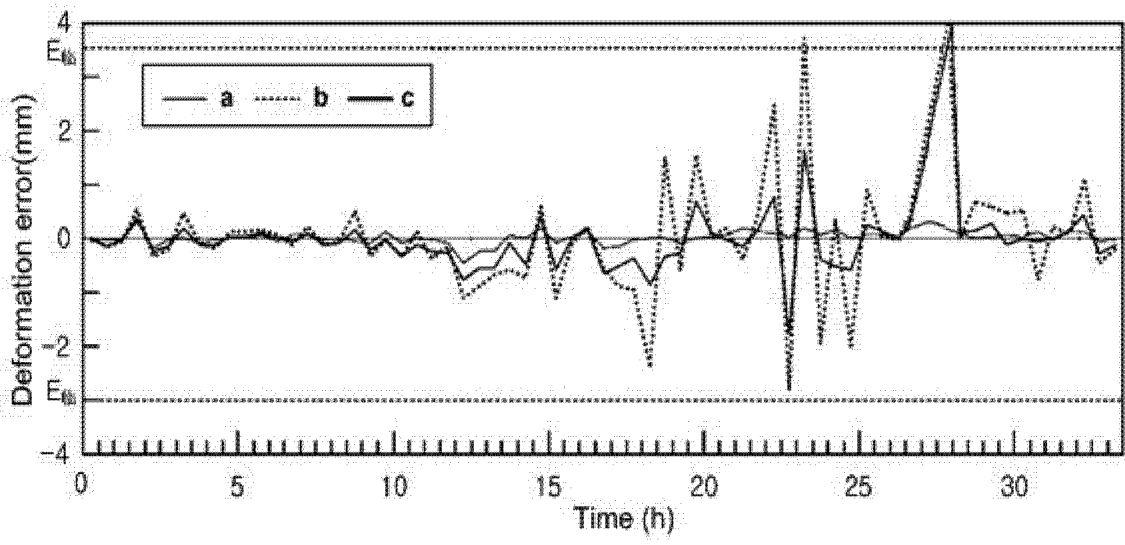


图 3