



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109555563 A

(43)申请公布日 2019.04.02

(21)申请号 201910013958.7

(22)申请日 2019.01.07

(66)本国优先权数据

201810162579.X 2018.02.26 CN

(71)申请人 北京科技大学

地址 100083 北京市海淀区学院路30号

申请人 中安安全工程研究院

(72)发明人 李振雷 何学秋 宋大钊 何生全

李东辉

(74)专利代理机构 苏州拓云知识产权代理事务所(普通合伙) 32344

代理人 黄海

代理人 黄海

(51)Int.Cl.

E21F 17/18(2006.01)

权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种煤岩动力灾害危险的电磁辐射和地音监测预警方法

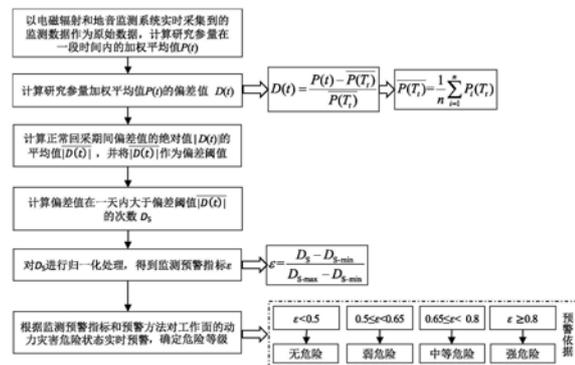
(57)摘要

本发明公开了一种煤岩动力灾害危险的电磁辐射和地音监测预警方法,其包括如下步骤:

1)根据电磁辐射和地音监测系统实时采集到的监测数据计算研究参量在一段时间内的加权平均值P(t);(2)计算研究参量加权平均值P(t)的偏差值D(t);(3)计算工作面正常开采期间研究参量偏差值绝对值|D(t)|的平均值|D(t)|,并将|D(t)|作为偏差阈值;

(4)计算研究参量一天内偏差值D(t)大于偏差阈值|D(t)|的次数Ds;(5)对Ds进行归一化处理,得到监测预警指标ε;

(6)根据监测预警指标和预警方法对工作面的动力灾害危险状态实时预警,确定危险等级。该预警指标和预警方法物理意义明确、易于编程,可实现对动力灾害危险的实时和定量化预警,为矿井安全生产起到积极作用。



CN 109555563 A

1. 一种煤岩动力灾害危险的电磁辐射和地音监测预警方法,其特征在于:该方法是在煤体和岩体上分别布置电磁辐射和地音传感器,实时采集电磁辐射的能量和脉冲数以及地音信号的能量和频次作为原始数据,其具体包括如下步骤:

步骤(1) 根据电磁辐射和地音监测系统实时采集到的监测数据计算研究参量在一段时间内的加权平均值 $P(t)$;

步骤(2) 计算研究参量加权平均值 $P(t)$ 的偏差值 $D(t)$;

步骤(3) 计算工作面正常开采期间研究参量偏差值绝对值 $|D(t)|$ 的平均值 $\overline{|D(t)|}$,并将 $\overline{|D(t)|}$ 作为偏差阈值;

步骤(4) 计算研究参量偏差值 $D(t)$ 一天内大于偏差阈值 $\overline{|D(t)|}$ 的次数 D_s ;

步骤(5) 对 D_s 进行归一化处理得到监测预警指标 ε ;

步骤(6) 根据监测预警指标和预警方法对工作面的动力灾害危险状态实时预警,确定动力灾害的危险等级。

2. 根据权利要求1所述的一种煤岩动力灾害危险的电磁辐射和地音监测预警方法,其特征在于:在所述步骤(1)中,所述的研究参量为电磁辐射能量、电磁辐射脉冲数、地音能量或地音频次中的一种或者几种,研究参量加权平均值 $P(t)$ 为一段时间内研究参量的累积和除以这段时间的时间窗长度。

3. 根据权利要求2所述的一种煤岩动力灾害危险的电磁辐射和地音监测预警方法,其特征在于:所述一段时间取10分钟。

4. 根据权利要求1所述的一种煤岩动力灾害危险的电磁辐射和地音监测预警方法,其特征在于:在所述步骤(2)中所述的研究参量偏差值 $D(t)$ 由下式计算:
$$D(t) = \frac{P(t) - \overline{P(T_t)}}{\overline{P(T_t)}}$$
 其

中 $\overline{P(T_t)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i(T_t)$, 其中 T_t 表示时间间隔,这一时间间隔与 t 时刻相关,是 t 时刻之前一段时

间到 t 时刻之间的时间间隔; n 为 T_t 时间间隔内的研究参量加权平均值 $P(t)$ 的个数。

5. 根据权利要求4所述的一种煤岩动力灾害危险的电磁辐射和地音监测预警方法,其特征在于: t 时刻之前一段时间取为24小时。

6. 根据权利要求1所述的一种煤岩动力灾害危险的电磁辐射和地音监测预警方法,其特征在于:在所述步骤(3)中,所述的正常回采期间是指工作面不受断层、褶曲等地质构造影响且回采期间未出现顶板来压、动力显现等异常情况的一段时间,这段时间可以是一个月或者数月。

7. 根据权利要求1所述的一种煤岩动力灾害危险的电磁辐射和地音监测预警方法,其特征在于:在所述步骤(5)中所述的监测预警指标 ε 的取值由下式计算:
$$\varepsilon = \frac{D_s - D_{s-\min}}{D_{s-\max} - D_{s-\min}}$$
 其

中 $D_{s-\max}$ 为一段时间内 D_s 的最大值, $D_{s-\min}$ 为一段时间内 D_s 的最小值。

8. 根据权利要求7所述的一种煤岩动力灾害危险的电磁辐射和地音监测预警方法,其特征在于:该一段时间取当前时刻至前一次动力显现时刻之间的时间段。

9. 根据权利要求1所述的一种煤岩动力灾害危险的电磁辐射和地音监测预警方法,其特征在于:在所述步骤(6)中,所述的动力灾害的危险等级分为无危险、弱危险、中等危险和

强危险四级,危险等级的确定方法和依据为: $\varepsilon < 0.5$ 时为无危险; $0.5 \leq \varepsilon < 0.65$ 时为弱危险; $0.65 \leq \varepsilon < 0.8$ 时为中等危险; $0.8 \leq \varepsilon$ 时为强危险。

一种煤岩动力灾害危险的电磁辐射和地音监测预警方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种煤岩动力灾害危险的监测预警指标和预警方法,具体是一种基于电磁辐射和地音监测技术的煤岩动力灾害危险性预警指标和预警方法,主要用于煤矿冲击地压和煤与瓦斯突出等动力灾害的实时监测和定量化预警。

背景技术

[0002] 煤岩动力灾害主要包含冲击地压、煤与瓦斯突出等,受采动作用影响常发生在高应力集中区,其破坏性大,常造成井巷破坏、人员伤亡和设备损坏。由于煤炭资源长期开采,浅部资源逐渐枯竭,我国煤矿已逐步进入深部开采,动力灾害的频次、强度及其破坏性均呈上升趋势。准确高效的监测预警是煤矿提前采取解危措施、确保安全生产的前提和保障。

[0003] 目前,煤岩动力灾害的监测预警方法主要包括钻屑量监测、电磁辐射监测、地音监测、煤体应力监测、微震监测等。钻屑量监测工程量大、成本高、监测范围小、获得的信息量有限,现阶段已逐渐成为一种辅助的监测手段;电磁辐射监测可对煤岩应力集中以及微破裂、大破裂进行监测,监测预警指标主要为能量和脉冲,预警效果有限;地音监测主要用于对动力灾害孕育发展初期的高频低能微破裂进行监测,监测预警指标主要为能量和频次,预警效果有待提高;煤体应力监测属于点监测,监测范围较小,钻孔应力计与煤体钻孔耦合不佳时起不到很好的预警作用;微震监测可实现对煤岩破裂的时序监测和对破裂源的空间定位,监测范围广,但微震主要用于对低频高能的大破裂进行监测,难以捕捉到动力灾害孕育初期的微破裂事件。

[0004] 电磁辐射和地音监测数据量庞大,对微破裂事件十分敏感,能反映出众多细节信息,是较为理想的动力灾害监测预警手段。然而,由于缺乏对电磁辐射和地音前兆参量的深入细致研究,仅简单使用能量、脉冲数、频次等原始统计参数进行监测预警,导致误报、漏报出现的次数较多,已影响到矿井安全生产。可见,有必要通过对电磁辐射和地音前兆参量的深入分析,提出一种新的基于电磁辐射和地音监测的煤岩动力灾害危险性预警指标和预警方法,以达到提高煤岩动力灾害监测预警可靠性的目的。

[0005] 本发明针对以上问题,提供一种煤岩动力灾害危险的电磁辐射和地音监测预警指标和预警方法,以便实现对煤岩动力灾害孕育发展过程的实时监测和动力灾害的可靠预警。

发明内容

[0006] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:一种煤岩动力灾害危险的电磁辐射和地音监测预警方法,其特征在于:该方法是在煤体和岩体上分别布置电磁辐射和地音传感器,实时采集电磁辐射的能量和脉冲数以及地音信号的能量和频次作为原始数据,其具体包括如下步骤:

[0007] 步骤(1)根据电磁辐射和地音监测系统实时采集到的监测数据计算研究参量在一段时间内的加权平均值 $P(t)$;

[0008] 步骤(2) 计算研究参量加权平均值 $P(t)$ 的偏差值 $D(t)$;

[0009] 步骤(3) 计算工作面正常开采期间研究参量偏差值绝对值 $|D(t)|$ 的平均值 $\overline{|D(t)|}$, 并将 $\overline{|D(t)|}$ 作为偏差阈值;

[0010] 步骤(4) 计算研究参量偏差值 $D(t)$ 一天内大于偏差阈值 $\overline{|D(t)|}$ 的次数 D_s ;

[0011] 步骤(5) 对 D_s 进行归一化处理得到监测预警指标 ε ;

[0012] 步骤(6) 根据监测预警指标和预警方法对工作面的动力灾害危险状态实时预警, 确定动力灾害的危险等级。

[0013] 进一步, 作为优选, 在所述步骤(1)中, 所述的研究参量为电磁辐射能量、电磁辐射脉冲数、地音能量或地音频次中的一种或者几种, 研究参量加权平均值 $P(t)$ 为一段时间内研究参量的累积和除以这段时间的时间窗长度。

[0014] 进一步, 作为优选, 所述一段时间取10分钟。

[0015] 进一步, 作为优选, 在所述步骤(2)中所述的研究参量偏差值 $D(t)$ 由下式计算:

$$D(t) = \frac{P(t) - \overline{P(T_t)}}{\overline{P(T_t)}}, \quad \text{其中 } \overline{P(T_t)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i(T_t),$$

其中 T_t 表示时间间隔, 这一时间间隔与 t 时刻相关, 是 t 时刻之前一段时间到 t 时刻之间的时间间隔; n 为 T_t 时间间隔内的研究参量加权平均值 $P(t)$ 的个数。

[0016] 进一步, 作为优选, t 时刻之前一段时间取为24小时。

[0017] 进一步, 作为优选, 在所述步骤(3)中, 所述的正常回采期间是指工作面不受断层、褶曲等地质构造影响且回采期间未出现顶板来压、动力显现等异常情况的一段时间, 这段时间可以是一个月或者数月。

[0018] 进一步, 作为优选, 在所述步骤(5)中所述的监测预警指标 ε 的取值由下式计算:

$$\varepsilon = \frac{D_s - D_{s-\min}}{D_{s-\max} - D_{s-\min}}, \quad \text{其中 } D_{s-\max} \text{ 为一段时间内 } D_s \text{ 的最大值, } D_{s-\min} \text{ 为一段时间内 } D_s \text{ 的最小值。}$$

[0019] 进一步, 作为优选, 该一段时间取当前时刻至前一次动力显现时刻之间的时间段。

[0020] 进一步, 作为优选, 在所述步骤(6)中, 所述的动力灾害的危险等级分为无危险、弱危险、中等危险和强危险四级, 危险等级的确定方法和依据为: $\varepsilon < 0.5$ 时为无危险; $0.5 \leq \varepsilon < 0.65$ 时为弱危险; $0.65 \leq \varepsilon < 0.8$ 时为中等危险; $0.8 \leq \varepsilon$ 时为强危险。

[0021] 与现有技术相比, 本发明的有益效果是:

[0022] 本发明提供了一种煤岩动力灾害危险的电磁辐射和地音监测预警指标和预警方法, 其通过对电磁辐射和地音监测设备监测到的原始数据进行深入分析, 求出特定时间窗内研究参量加权平均值的偏差值以及偏差阈值, 并得到每日研究参量偏差值出现大于偏差阈值的次数 D_s , 并将 D_s 作归一化处理, 得到新的参量 ε 作为监测预警指标, 通过 ε 的实时值来实时确定监测范围的煤岩动力灾害危险状态。该预警指标和预警方法物理意义明确、易于编程, 可实现对动力灾害危险的实时和定量化预警, 为矿井安全生产起到积极作用。

附图说明

[0023] 图1是本发明的实施流程图;

[0024] 图2是实施例的由地音能量计算的一段时间的加权平均值 $P_{dE}(t)$;

[0025] 图3是实施例的由地音能量计算的偏差值 $D_{dE}(t)$;

[0026] 图4是实施例的由地音能量计算的的偏差值在一天内大于偏差阈值的次数 D_{SdE} ;

[0027] 图5是实施例的由地音能量计算的归一化监测预警指标 ε 。

具体实施方式

[0028] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0029] 请参阅图1-5,本发明提供一种技术方案:一种煤岩动力灾害危险的电磁辐射和地音监测预警方法,在煤体和岩体上分别布置电磁辐射和地音传感器,实时采集电磁辐射的能量和脉冲次数以及地音信号的能量和频次作为原始数据。其特征在于:包括如下步骤:

[0030] 步骤(1)根据电磁辐射和地音监测系统实时采集到的监测数据计算研究参量在一段时间内的加权平均值 $P(t)$,所述的研究参量可以为电磁辐射能量、电磁辐射脉冲数、地音能量、地音频次,研究参量加权平均值 $P(t)$ 为一段时间(可以取10分钟)内研究参量的累积和除以这段时间的时间窗长度。

[0031] 步骤(2)计算研究参量加权平均值 $P(t)$ 的偏差值 $D(t)$,所述的偏差值 $D(t)$ 由下式

计算: $D(t) = \frac{P(t) - \overline{P(T_t)}}{\overline{P(T_t)}}$,其中 $\overline{P(T_t)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i(T_t)$,其中 T_t 表示时间间隔,这一时间间隔与 t 时

刻相关,是 t 时刻之前一段时间(可以取24小时)到 t 时刻之间的时间间隔, n 为 T_t 时间间隔内的研究参量加权平均值 $P(t)$ 的个数。

[0032] 步骤(3)计算工作面正常开采期间研究参量偏差值绝对值 $|D(t)|$ 的平均值 $\overline{|D(t)|}$,并将 $\overline{|D(t)|}$ 作为偏差阈值,所述的正常回采期间是指工作面不受断层、褶曲等地质构造影响且回采期间未出现顶板来压、动力显现等异常情况的一段时间,这段时间可以是一个月或者数月。

[0033] 步骤(4)计算研究参量偏差值 $D(t)$ 一天内大于偏差阈值 $\overline{|D(t)|}$ 的次数 D_s 。

[0034] 步骤(5)对 D_s 进行归一化处理得到监测预警指标 ε ,所述的监测预警指标 ε 的取值

由下式计算: $\varepsilon = \frac{D_s - D_{s-\min}}{D_{s-\max} - D_{s-\min}}$,其中 $D_{s-\max}$ 为一段时间(一般取当前时刻至前一次动力显现时

刻之间的时间段)内 D_s 的最大值, $D_{s-\min}$ 为一段时间(一般取当前时刻至前一次动力显现时刻之间的时间段)内 D_s 的最小值。

[0035] 步骤(6)根据监测预警指标和预警方法对工作面的动力灾害危险状态实时预警,确定动力灾害的危险等级,所述的动力灾害的危险等级分为无危险、弱危险、中等危险和强危险四级,危险等级的确定方法和依据为: $\varepsilon < 0.5$ 时为无危险; $0.5 \leq \varepsilon < 0.65$ 时为弱危险; $0.65 \leq \varepsilon < 0.8$ 时为中等危险; $0.8 \leq \varepsilon$ 时为强危险。

[0036] 下面结合附图对本发明的一个实施例作进一步的描述:

[0037] 本实施例以某冲击地压危险工作面的地音监测系统监测到的2016年8月8日至2017年1月25日的地音能量作为原始数据,利用本发明的方法对原始数据处理分析,得到本

发明的监测预警指标,并利用预警方法判定该工作面的冲击危险状态,来说明本发明的实施。

[0038] 选取地音能量作为研究参量,计算每10分钟的地音能量加权平均值 $P_{dE}(t)$,计算结果如图2所示。

[0039] 计算地音能量加权平均值 $P_{dE}(t)$ 的偏差值 $D_{dE}(t)$, $D_{dE}(t)$ 的取值由下式计算:

$$D_{dE}(t) = \frac{P_{dE}(t) - \overline{P_{dE}(T_t)}}{\overline{P_{dE}(T_t)}}, \text{其中 } \overline{P_{dE}(T_t)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{dE-i}(T_t), T_t \text{ 表示时间间隔,是 } t \text{ 时刻之前 } 24 \text{ 小时到}$$

t 时刻之间的时间间隔, n 为 T_t 时间间隔内的地音能量加权平均值的个数,根据图2的结果计算 $D_{dE}(t)$,得到计算结果如图3所示。

[0040] 选取工作面无异常现象的开采期间2016年8月8日至2016年9月8日期间的偏差值的绝对值 $|D_{dE}(t)|$ 来计算其平均值 $\overline{|D_{dE}(t)|}$,结果为: $\overline{|D_{dE}(t)|} = 0.62$,作为偏差阈值。

[0041] 计算一天内偏差值 $D_{dE}(t)$ 大于偏差阈值 $\overline{|D_{dE}(t)|}$ 的次数 D_{SdE} ,计算结果如图4所示。

[0042] 选取图4中2016年11月24日(冲击显现)之后的时间窗来对 D_{SdE} 进行归一化处理,运用公式

$$\varepsilon_{dE} = \frac{D_{SdE} - D_{SdE-\min}}{D_{SdE-\max} - D_{SdE-\min}}$$

来计算 ε_{dE} 并作为监测预警指标, ε_{dE} 的计算结果如图5所示。

[0043] 根据监测预警指标 ε_{dE} 和冲击危险判定依据来确定冲击危险等级,危险等级的确定方法和依据为: $\varepsilon_{dE} < 0.5$ 时为无危险; $0.5 \leq \varepsilon_{dE} < 0.65$ 时为弱危险; $0.65 \leq \varepsilon_{dE} < 0.8$ 时为中等危险; $\varepsilon_{dE} \geq 0.8$ 时为强危险,2016年11月24日至2017年1月25日的工作面冲击危险等级如图5所示。

[0044] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

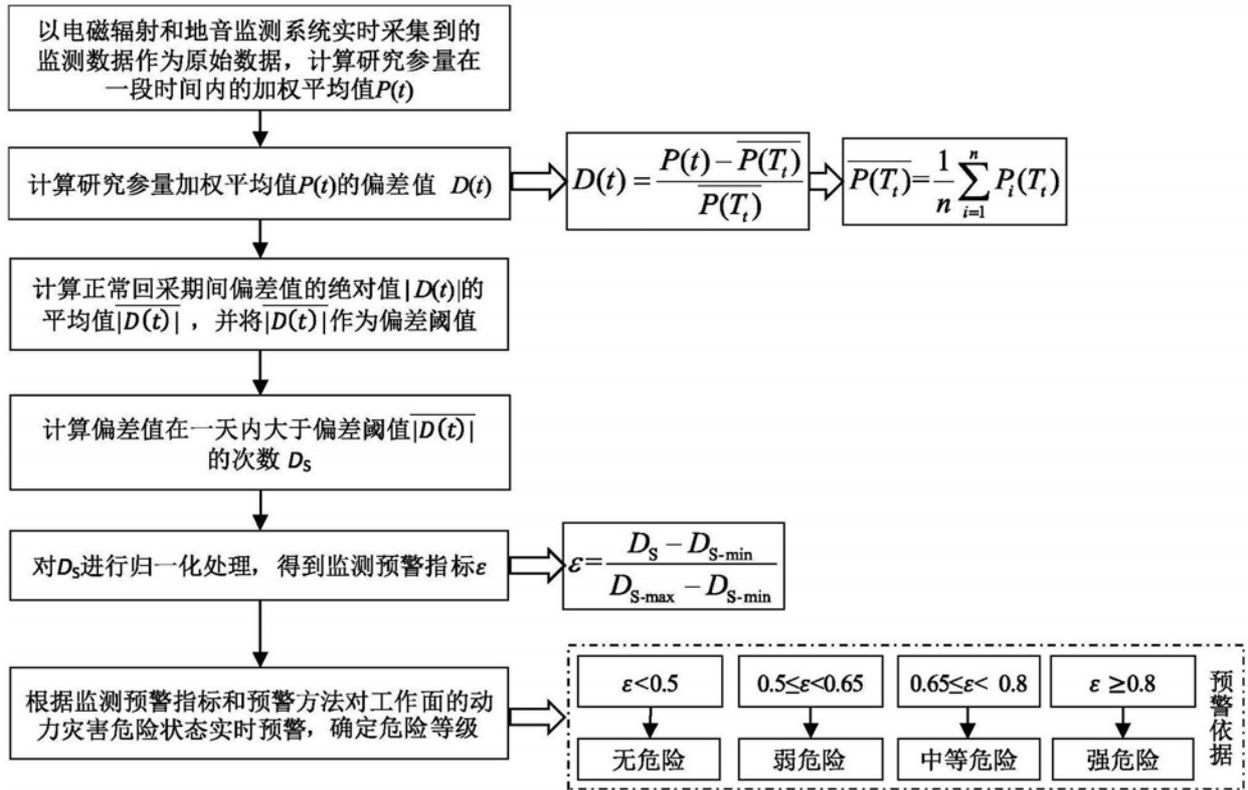


图1

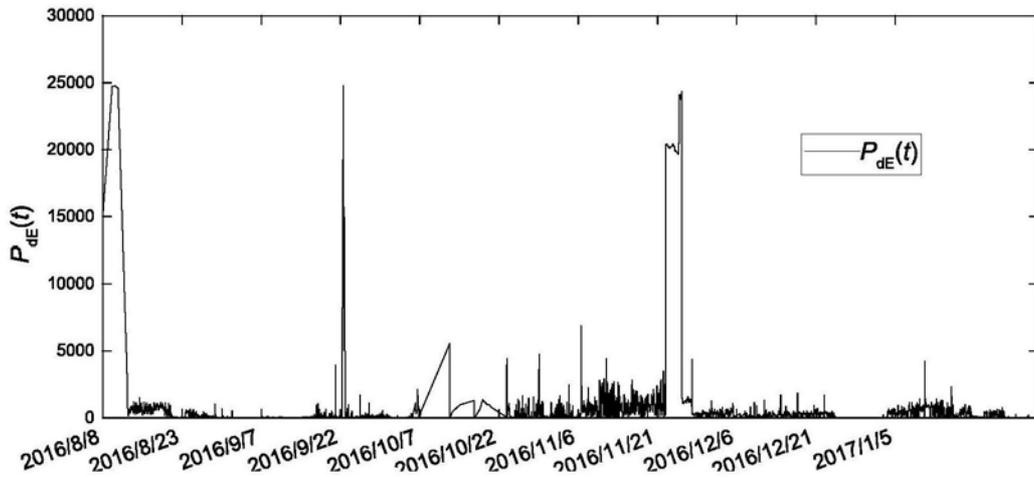


图2

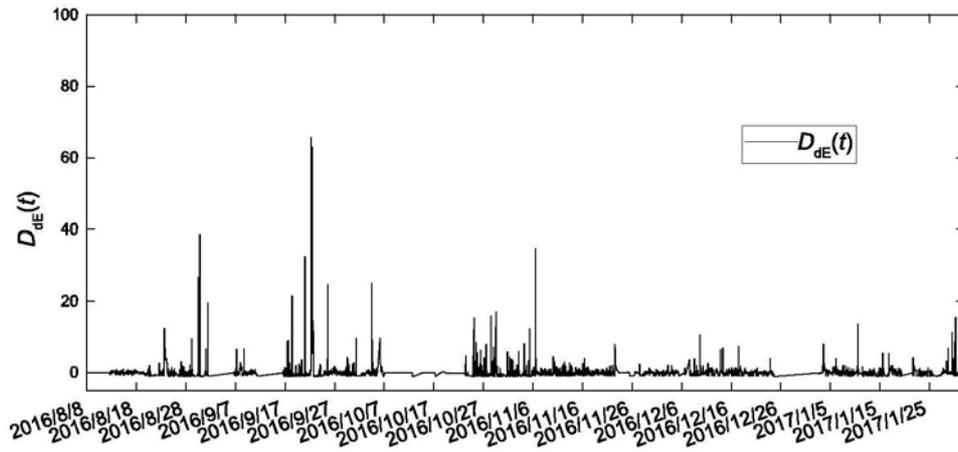


图3

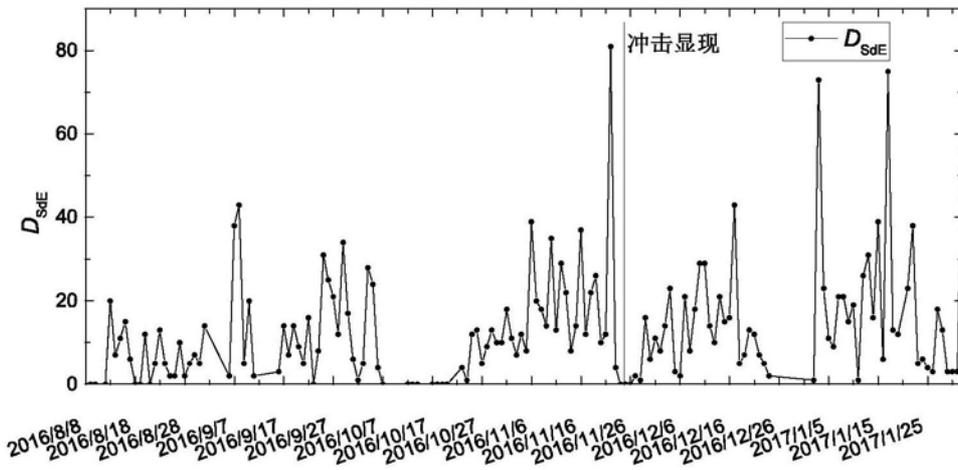


图4

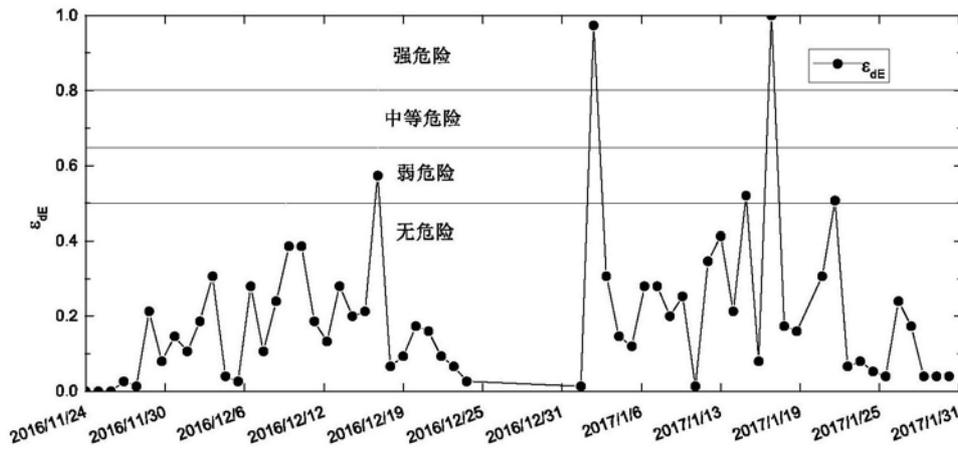


图5