



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110043317 B

(45)授权公告日 2020.07.21

(21)申请号 201910298257.2

(22)申请日 2019.04.15

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110043317 A

(43)申请公布日 2019.07.23

(73)专利权人 兖州煤业股份有限公司
地址 273500 山东省济宁市邹城市凫山南路298号

专利权人 兖州煤业鄂尔多斯能化有限公司
北京安科兴业科技股份有限公司

(72)发明人 张修峰 王颜亮 韩跃勇 鞠红阳
曲效成 王超 魏全德 谭花文

(74)专利代理机构 北京头头知识产权代理有限公司 11729

代理人 白芳仿

(51)Int.Cl.
E21F 17/18(2006.01)

(56)对比文件

- CN 109555563 A, 2019.04.02, 全文.
- CN 107764323 A, 2018.03.06, 全文.
- CN 106840843 A, 2017.06.13,
- CN 104153814 A, 2014.11.19, 全文.
- CN 103711523 A, 2014.04.09, 全文.
- CN 103104291 A, 2013.05.15, 全文.
- CN 109447837 A, 2019.03.08, 全文.
- CN 202866883 U, 2013.04.10, 全文.
- CN 203296821 U, 2013.11.20, 全文.
- CN 109611143 A, 2019.04.12, 全文.
- US 9739147 B2, 2017.08.22, 全文.
- WO 2010142029 A1, 2010.12.16, 全文.

王永等.《煤矿冲击地压多参量监测预警平台研究》.《煤炭工程》.2018,第50卷(第4期),第19-21页.

姜福兴等.《基于云计算的煤矿冲击地压监控预警技术研究》.《煤炭科学技术》.2018,第46卷(第1期),第199-205页.

审查员 陈建君

权利要求书1页 说明书8页 附图1页

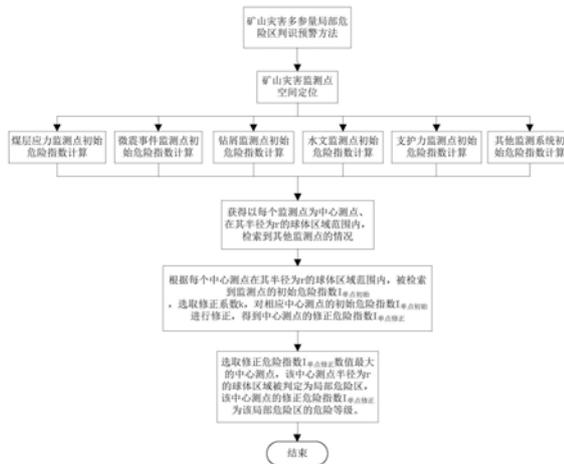
(54)发明名称

一种矿山灾害多参量局部危险区判识预警方法

(57)摘要

本发明涉及矿山动力灾害监测预警领域,目的是提供一种矿山灾害多参量局部危险区判识预警方法,能准确地判识局部危险区的位置和危险等级,能有针对性地指导矿井进行灾害防护,能够满足各矿井现场需求。上述预警方法包括步骤1,矿山灾害监测点空间定位;步骤2,获得各监测点的初始危险指数 $I_{单点初始}$ ($0 \leq I_{单点初始} \leq 1$);步骤3,检索各监测点周边其他监测点的情况;步骤4,监测点初始危险指数修正;步骤5,获得局部危险区位置及危险等级。本发明的解决了现有预警方法无法准确判识局部危险区的位置和危险等级,不能有针对性地指导矿井进行灾害防护的问题。

CN 110043317 B



1. 一种矿山灾害多参量局部危险区判识预警方法,其特征在于,包括:

步骤1,矿山灾害监测点空间定位

在同一坐标系内,对各监测预警系统的各监测点进行空间定位;

步骤2,获得各监测点的初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$ ($0 \leq I_{\text{单点初始}} \leq 1$);

步骤3,检索各监测点周边其他监测点的情况

获得以每个监测点为中心测点、在其半径为 r 的球体区域范围内,检索到其他监测点的情况;

步骤4,监测点初始危险指数修正

根据每个中心测点在其半径为 r 的球体区域范围内,被检索到监测点的初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$ 对每个中心测点的初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$ 进行修正,获得每个中心测点的修正危险指数 $I_{\text{单点修正}}$;

步骤5,获得局部危险区位置及危险等级

选取修正危险指数 $I_{\text{单点修正}}$ 数值最大的中心测点,该中心测点半径为 r 的球体区域被判定为局部危险区,该中心测点的修正危险指数 $I_{\text{单点修正}}$ 为该局部危险区的危险等级。

2. 根据权利要求1所述的矿山灾害多参量局部危险区判识预警方法,其特征在于,所述步骤4中,对每个被检索到监测点分配修正系数 k_i ,被检索到监测点的初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$ 越高,其分配到的修正系数 k_i 的数值越大;

每个中心测点的修正危险指数 $I_{\text{单点修正}} = I_{\text{单点初始}} * k_1 * k_2 * \dots * k_i$

其中,上述公式中的 $I_{\text{单点初始}}$ 为中心测点的初始危险指数, i 为被检索到监测点的数量,当计算得到的 $I_{\text{单点修正}}$ 大于1时,取 $I_{\text{单点修正}}$ 等于1。

3. 根据权利要求2所述的矿山灾害多参量局部危险区判识预警方法,其特征在于,所述修正系数 k_i 的取值为:

被检索到监测点的初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$	[0, 0.3)	[0.3, 0.5)	[0.5, 0.8)	[0.8, 1]
对应指数等级	蓝色	黄色	橙色	红色
k_i 取值	0.5	1	1.5	2

4. 根据权利要求3所述的矿山灾害多参量局部危险区判识预警方法,其特征在于,所述步骤2是针对不同监测预警系统的监测数据提出相对应的监测数据危险判断阈值,按照监测数据危险判断阈值对各监测点进行危险等级评估,得到每个监测点归一化的初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$ 。

5. 根据权利要求4所述的矿山灾害多参量局部危险区判识预警方法,其特征在于,所述步骤3中按照各监测点初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$ 由大到小的顺序,获得在以每个监测点为中心测点、半径为 r 的球体区域范围内,检索到其他监测点的情况。

6. 根据权利要求5所述的矿山灾害多参量局部危险区判识预警方法,其特征在于,所述步骤3中半径 r 取值为50米。

7. 根据权利要求1-6任一所述的矿山灾害多参量局部危险区判识预警方法,其特征在于,所述步骤1中的各监测预警系统包括煤层应力监测系统、微震监测系统、钻屑法监测系统、水文监测系统。

一种矿山灾害多参量局部危险区判识预警方法

技术领域

[0001] 本发明涉及矿山动力灾害监测预警技术领域,特别是涉及一种矿山灾害多参量局部危险区判识预警方法。

背景技术

[0002] 矿山动力灾害是影响世界范围内采矿业安全健康发展的主要因素之一,其具有突发性强、影响因素多、偶然性强等特点,具有极强的毁灭性,一旦发生这种灾害将造成矿山人员生命和财产的重大损失。因此,对矿山动力灾害进行提前监测预警是预防重大矿山动力灾害事故发生的重要措施。矿山动力灾害包括矿山开采与地下工程活动诱发的冲击地压(岩爆)、煤与瓦斯突出、顶板垮落、突水等,冲击地压等动力灾害的发生机理复杂,而且应力场受到顶板疏放水、地表沉降等因素影响较大,更增加了动力灾害发生机理的复杂性和治理的难度。

[0003] 其中,冲击地压是深埋地下工程在施工过程中常见的动力灾害破坏现象之一,目前,对于冲击地压灾害的监测预警,国内外已经提出了钻屑监测法、煤体应力监测法、电磁辐射监测法、地音和微震监测法等多种方法。由于矿山动力灾害类型复杂,当前许多矿井的现状都安装了很多类型的监测预警系统,但是各监测系统的预警方法相对独立,联合预警效率低,还经常发生多种类监测系统预警结果不统一的情况,预警准确性差,无法满足现场需要。

[0004] 为此,现有技术出现了一种多参量监测预警方法,例如中国专利文献CN105257339A中公开了一种掘进工作面多参量综合监测预警方法,包括:步骤1:将掘进工作面分区监测;步骤2:在掘进巷道内安设煤体应力、地音和微震、锚杆锚索应力监测系统至少两种监测系统;步骤3:获取各监测预警指标;步骤4:将各监测预警指标分别赋予一定的权重并累加,得到综合预警指标。这种方法通过规定掘进工作面分区域冲击地压多参量监测点的布置方案,实现分区域的掘进工作面的多参量联合预警。但是,该方法仅限于掘进工作面,而且只能获得掘进工作面静态分区的多参量预警指数,无法获得具体危险区域的位置及危险等级。在局部危险区位置辨识方面,目前多采用单参量、单测点的判断方法,例如煤层应力监测系统、锚杆索支护力监测系统都是根据测点达到应力值上限而触发预警,预警测点位置即为局部危险区,但当多个测点均达到预警或者煤层应力系统与锚杆索支护力系统指示的危险区位置不一致时,便无法实现矿山灾害的精准防治。

[0005] 综上,现有技术的矿山灾害预警方法无法准确判识局部危险区的位置和危险等级,预警效果较差,不能有针对性地指导矿井进行灾害防护。

发明内容

[0006] 为此,本发明所要解决的技术问题在于现有技术的矿山动力灾害监测预警方法无法准确判识局部危险区的位置和危险等级,预警效果较差,不能有针对性地指导矿井进行灾害防护,而提供一种能准确地判识局部危险区的位置和危险等级,预警效果好,可以有针

对性地指导矿井进行灾害防护,能够满足各矿井现场需求的矿山灾害多参量局部危险区判识预警方法。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案如下:

[0008] 一种矿山灾害多参量局部危险区判识预警方法,包括:

[0009] 步骤1,矿山灾害监测点空间定位

[0010] 在同一坐标系内,对各监测预警系统的各监测点进行空间定位;

[0011] 步骤2,获得各监测点的初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$ ($0 \leq I_{\text{单点初始}} \leq 1$);

[0012] 步骤3,检索各监测点周边其他监测点的情况

[0013] 获得以每个监测点为中心测点、在其半径为 r 的球体区域范围内,检索到其他监测点的情况;

[0014] 步骤4,监测点初始危险指数修正

[0015] 根据每个中心测点在其半径为 r 的球体区域范围内,被检索到监测点的初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$ 对每个中心测点的初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$ 进行修正,获得每个中心测点的修正危险指数 $I_{\text{单点修正}}$;

[0016] 步骤5,获得局部危险区位置及危险等级

[0017] 选取修正危险指数 $I_{\text{单点修正}}$ 数值最大的中心测点,该中心测点半径为 r 的球体区域被判定为局部危险区,该中心测点的修正危险指数 $I_{\text{单点修正}}$ 为该局部危险区的危险等级。

[0018] 优选地,所述步骤4中,对每个被检索到监测点分配修正系数 k_i ,被检索到监测点的初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$ 越高,其分配到的修正系数 k_i 的数值越大;

[0019] 每个中心测点的修正危险指数 $I_{\text{单点修正}} = I_{\text{单点初始}} * k_1 * k_2 * \dots * k_i$

[0020] 其中,上述公式中的 $I_{\text{单点初始}}$ 为中心测点的初始危险指数, i 为被检索到监测点的数量,当计算得到的 $I_{\text{单点修正}}$ 大于1时,取 $I_{\text{单点修正}}$ 等于1。

[0021] 优选地,所述修正系数 k_i 的取值为:

[0022]	被检索到监测点的初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$	[0, 0.3)	[0.3, 0.5)	[0.5, 0.8)	[0.8, 1]
	对应指数等级	蓝色	黄色	橙色	红色
[0023]	k_i 取值	0.5	1	1.5	2

[0024] 优选地,所述步骤2是针对不同监测预警系统的监测数据提出相对应的监测数据危险判断阈值,按照监测数据危险判断阈值对各监测点进行危险等级评估,得到每个监测点归一化的初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$ 。

[0025] 优选地,所述步骤3中按照各监测点初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$ 由大到小的顺序,获得在以每个监测点为中心测点、半径为 r 的球体区域范围内,检索到其他监测点的情况。

[0026] 优选地,所述步骤3中半径 r 取值为50米。

[0027] 优选地,所述步骤1中的各监测预警系统包括煤层应力监测系统、微震监测系统、钻屑法监测系统、水文监测系统。

[0028] 本发明的上述技术方案相比现有技术具有以下优点：

[0029] (1) 本发明提供的矿山灾害多参量局部危险区判识预警方法，以现有的单参量矿山灾害监测方法为基础，利用现有各种监测预警系统获得的监测数据，通过运算分析，能准确地判识局部危险区的位置和危险等级，预警效果好，能有针对性地指导矿井进行灾害防护，能够满足各矿井现场需求。

[0030] (2) 本发明提供的矿山灾害多参量局部危险区判识预警方法，通过对每个监测点初始危险指数进行修正，大大提高了判识局部危险区位置和危险等级的准确性和可靠性。

附图说明

[0031] 为了使本发明的内容更容易被清楚的理解，下面根据本发明的具体实施例并结合附图，对本发明作进一步详细的说明，其中

[0032] 图1是本发明矿山复合动力灾害综合监测预警方法的总架构图。

具体实施方式

[0033] 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。

[0034] 如图1所示，是本发明一种矿山灾害多参量局部危险区判识预警方法的优选实施例。所述矿山灾害多参量局部危险区判识预警方法包括：

[0035] 步骤1，矿山灾害监测点空间定位

[0036] 在同一坐标系内，对各监测预警系统的各监测点进行空间定位。具体地，由于现有多数矿山灾害监测预警系统并未配置监测点的坐标信息，因此本发明的预警方法首先需要对各监测预警系统的各监测点，按照各监测点安装位置(或微震事件发生位置)，在同一坐标系(例如矿山常用的1980国家大地坐标系)内进行空间定位。

[0037] 对各监测预警系统的各监测点进行如下坐标定位：

[0038]

矿山灾害监测参量 (监测数据类型可扩展)	监测点 (监测点数量可扩展)	坐标信息		
		x	y	z
煤层应力监测	应力测点 1	X 应力 1	Y 应力 1	Z 应力 1
	应力测点 2	X 应力 2	Y 应力 2	Z 应力 2

微地震监测	微震事件 1	X 微震 1	Y 微震 1	Z 微震 1
	微震事件 2	X 微震 2	Y 微震 2	Z 微震 2

钻屑法监测	施工孔 1	X 钻屑 1	Y 钻屑 1	Z 钻屑 1
	施工孔 2	X 钻屑 2	Y 钻屑 2	Z 钻屑 2

矿山水文监测	水文测点 1	X 水文 1	Y 水文 1	Z 水文 1
	水文测点 2	X 水文 2	Y 水文 2	Z 水文 2

锚杆索支护力	锚杆索支护力测点 1	X 支护 1	Y 支护 1	Z 支护 1
	锚杆索支护力测点 2	X 支护 2	Y 支护 2	Z 支护 2

[0039] (参量可扩展)
--------	------------------	-------	-------	-------	-------

[0040] 注：上表中矿山灾害监测数据的类型及监测点数量可扩展，本发明对此不作限定。

[0041] 本发明利用现有各种监测预警系统进行运算分析，常用监测预警系统包括煤层应力监测系统、微地震监测系统、钻屑法监测系统、水文监测系统等。本实施例仅以部分监测数据类型为例。

[0042] 例如，应力监测“应力测点1”、“应力测点2”两测点、微震监测“微震事件1”、“微震事件2”两事件、钻屑法监测“施工孔1”、“施工孔2”两测点坐标如下：

矿山灾害监测预警系统	监测点	坐标信息 (单位: m)		
		x	y	z
煤层应力监测预警系统	应力测点 1	0	0	0
	应力测点 2	30	0	0
微地震监测预警系统	微震事件 1	10	0	0
	微震事件 2	65	0	0
钻屑法监测预警系统	施工孔 1	0	45	0
	施工孔 2	55	0	0

[0044] 步骤2, 获得各监测点的初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$

[0045] 针对不同监测预警系统的监测数据提出相对应的监测数据危险判断阈值，按照监测数据危险判断阈值对各监测点进行危险等级评估，得到每个监测点归一化的初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$ ($0 \leq I_{\text{单点初始}} \leq 1$)。

[0046] 由于监测数据类型较多且类型可扩展，以下仅以煤层应力监测、微震监测、钻屑法监测为例进行说明：

[0047] 1、媒体应力监测点初始危险指数 ($I_{\text{应力单点初始}}$)

[0048] (1) 计算单测点应力值指标 (I_Y)

[0049] 应力值指标 (I_Y) 按照测点实时应力值给出四级取值，其中，深浅孔取值区间有所区别，取值标准为可调参量，取值如下表：

等级	蓝色	黄色	橙色	红色
默认值 (MPa) 浅孔	[0, 8)	[8, 10)	[10, 13)	[13, +∞)
默认值 (MPa) 深孔	[0, 9)	[9, 12)	[12, 15)	[15, +∞)
应力值指标 (I_Y)	0	0.33	0.66	1

[0051] 注：上表中各参数值和参数区间可依据实际应用场合重新设定，本发明对此不作限定。

[0052] 例如，两个浅孔应力测点“应力测点1”、“应力测点2”，当前应力值分别是10Mpa、11Mpa，则“应力测点1”应力值指标为0.66，“应力测点2”应力值指标为0.33。

[0053] (2) 计算单测点应力增幅值指标 (I_I)

[0054] 增幅值指标 (I_I) 是表征当前应力值与初装值之间的增长幅度的标准，增长幅度越大，表征的危险等级越高，取值如下表：

[0055] 增长系数 = [(当前应力值 - 初装应力值) / 初装应力值] * 100%

[0056]	等级	蓝色	黄色	橙色	红色
	增长系数	$[-\infty, 50\%)$	$[50\%, 80\%)$	$[80\%, 100\%)$	$[100, +\infty)$
	应力增幅值指标 (I_I)	0	0.33	0.66	1

[0057] 注：上表中各参数值和参数区间可依据实际应用场合重新设定，本发明对此不作限定。

[0058] 例如，两个浅孔应力测点“应力测点1”、“应力测点2”初装应力值均为7Mpa，那么两测点的应力增长系数分别为42.9%、57.1%，则“应力测点1”增幅值指标为0，“应力测点2”增幅值指标为0.33。

[0059] (3) 计算单测点应力增速值指标 (I_G)

[0060] 单测点应力增速值指标 (I_G) 是表征应力值在短时间内快速增长程度的标准，增长速度越快，表征的危险等级越高，其计算过程如下：

[0061] ①首先，为了规避地应力测点的补油操作等带来的影响，首先判别当前应力是否大于临界值 $Y_{增临界}$ （可默认为6MPa，可调参数），当小于 $Y_{增临界}$ 时，该测点不进行增速指标计算。

[0062] ②计算增长速率

[0063] 假设当前时刻为 t_2 ，应力值为 Y_{t_2} ，之前某时刻为 t_1 ，应力值为 Y_{t_1} ，增速速率：

[0064] 增长速率 = $100\% (Y_{t_2} - Y_{t_1}) / (Y_{t_1} (t_2 - t_1))$

[0065] 式中：默认时间间隔为1小时（即 $t_2 - t_1 = 1$ 小时），可调整

[0066] ③增速值指标 (I_G) 默认取值及计算方法如下表：

[0067]	等级	蓝色	黄色	橙色	红色
	增长速率	$[-\infty, 10\%)$	$[10\%, 15\%)$	$[15\%, 30\%)$	$[30\%, +\infty)$
	增速值指标 (I_G)	0	0.33	0.66	1

[0068] 注：上表中各参数值和参数区间可依据实际应用场合重新设定，本发明对此不作限定。

[0069] 例如， $t_2 - t_1$ 取默认值1小时，两个浅孔应力测点“应力测点1”、“应力测点2”1小时以前的应力值分别为9.5Mpa、9Mpa，那么两测点的增长速度分别为5.3%、22.2%，则“应力测点1”增速值指标为0，“应力测点2”增幅值指标为0.66。

[0070] (4) 计算煤体应力监测点初始危险指数 ($I_{应力单点初始}$)

[0071] 计算煤体应力监测点初始危险指数 ($I_{应力单点初始}$)，实时计算应力单测点的应力值、增幅、增速三个指标，并根据区域显现特点定义分别三个指标的权重系数 $K_{应力1} \sim K_{应力3}$ ($\sum K_{应力i} = 1$ ，可调参量)，计算过程如下：

[0072] $I_{应力单点初始} = K_{应力1} * I_Y + K_{应力2} * I_I + K_{应力3} * I_G$

[0073] 式中： I_Y -单测点应力值指标， $K_{应力1}$ 默认值0.5； I_I -单测点应力增幅值指标，

[0074] $K_{应力2}$ 默认值0.2； I_G -单测点应力增速值指标， $K_{应力3}$ 默认值0.3

[0075] 例如， $K_{应力1} \sim K_{应力3}$ 取默认值，两个浅孔应力测点“应力测点1”、“应力测点2”的初始危险指数 ($I_{应力单点初始}$)：

[0076] $I_{应力单点初始1} = 0.5 * 0.66 + 0.2 * 0 + 0.3 * 0 = 0.33$

[0077] $I_{应力单点初始2} = 0.5 * 0.33 + 0.2 * 0.33 + 0.3 * 0.66 = 0.43$

[0078] 2、微震事件监测点初始危险指数 ($I_{微震单点初始}$)

[0079] 局部危险区的预警对微震监测数据时效性有一定要求，取当前时刻滚动24小时

(可调参数)内的微震事件作为参与局部预警的基础数据,依据本时间段内各微震事件能量大小,确定每个微震事件监测点危险指数($I_{\text{微震单点初始}}$)取值方法如下表:(能量小于 10^3J 的微震事件不参与计算)

[0080]	指标/等级	蓝色	黄色	橙色	红色
	能量区间/J	$[10^3, 10^4)$	$[10^4, 10^5)$	$[10^5, 10^6)$	$[10^6, +\infty)$
	微震事件监测点危险指数($I_{\text{微震单点初始}}$)	0	0.33	0.66	1

[0081] 注:上表中各参数值和参数区间可依据实际应用场合重新设定,本发明对此不作限定。

[0082] 例如,24小时内出现“微震事件1”能量为 $1.2 \times 10^4\text{J}$,则其初始危险指数 $I_{\text{微震单点初始1}}$ 对照上表取0.33(黄色)。24小时内出现“微震事件2”能量为 $1.2 \times 10^3\text{J}$,则其危险指数 $I_{\text{微震单点初始2}}$ 对照上表取0(蓝色)。

[0083] 3、钻屑监测点初始危险指数($I_{\text{钻屑单点初始}}$)

[0084] 取当前时刻滚动24小时(可调参数)内的钻检结果作为参与局部预警的基础数据,根据钻检数据是否有动力显现和是否超标,判别每个钻屑监测点初始危险指数($I_{\text{钻屑单点初始}}$)的取值如下表:

[0085]	指标/等级	蓝色	橙色	红色
	钻屑状态	无动力显现、煤粉无超标	有动力显现、煤粉无超标	煤粉超标
[0086]	钻屑监测点初始危险指数 ($I_{\text{钻屑单点初始}}$)	0	0.66	1

[0087] 注:上表中各参数值和参数区间可依据实际应用场合重新设定,本发明对此不作限定。

[0088] 例如,24小时内,某一屑法监测点“施工孔1”出现“有动力显现、煤粉无超标”的情况,判定该监测点初始危险指数 $I_{\text{钻屑单点初始1}}$ 为0.66。另一屑法监测点“施工孔2”出现“无动力显现、煤粉无超标”的情况,判定该监测点初始危险指数 $I_{\text{钻屑单点初始2}}$ 为0。

[0089] 步骤3,检索各监测点周边其他监测点的情况

[0090] 获得以每个监测点为中心测点、在其半径为 r 的球体区域范围内,检索到其他监测点的情况。

[0091] 在具体检索过程中,可以按照各监测点初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$ 由大到小的顺序进行检索,以防漏检,或者排序后优选部分初始危险指数比较大的监测点进行检索。半径为 r 为经验值,在本实施例中,半径 r 取值为50米。

[0092] 例如,各监测点初始危险指数的排序为:

[0093] “应力测点2”、钻屑“施工孔1”、“应力测点1”、“微震测点1”、“微震测点2”、钻屑“施工孔2”。

[0094] 按照排序结果,依次以每个监测点作为中心测点,检索到其它监测点的情况结果如下表:

	中心监测点	应力测点 2	施工孔 1	应力测点 1	微震事件 1	微震事件 2	施工孔 2
[0095]	被检索到监测点情况	应力测点 1; 微震事件 1; 微震事件 2; 施工孔 2	应力测点 1; 微震事件 1	应力测点 2; 微震事件 1; 施工孔 1	应力测点 1; 应力测点 2; 施工孔 1; 施工孔 2	应力测点 2; 施工孔 2	应力测点 2; 微震事件 1; 微震事件 2
[0096]	被检索到监测点的数量 i	4	2	3	4	2	3

[0097] 步骤4, 监测点初始危险指数修正

[0098] 根据每个中心测点在其半径为r的球体区域范围内, 被检索到监测点的初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$ 对每个中心测点的初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$ 进行修正, 获得每个中心测点的修正危险指数 $I_{\text{单点修正}}$ 。

[0099] 具体地, 对每个被检索到监测点分配修正系数 k_i , 被检索到监测点的初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$ 越高, 其分配到的修正系数 k_i 的数值越大; 所述修正系数 k_i 的取值为:

[0100]	被检索到监测点的初始危险指数 $I_{\text{单点初始}}$	[0, 0.3)	[0.3, 0.5)	[0.5, 0.8)	[0.8, 1]
	对应指数等级	蓝色	黄色	橙色	红色
	k_i 取值	0.5	1	1.5	2

[0101] 注: 上表中各参数值和参数区间可依据实际应用场合重新设定, 本发明对此不作限定。

[0102] 每个中心测点的修正危险指数 $I_{\text{单点修正}} = I_{\text{单点初始}} * k_1 * k_2 * \dots * k_i$

[0103] 其中, 上述公式中的 $I_{\text{单点初始}}$ 为中心测点的初始危险指数, i 为被检索到监测点的数量, 当计算得到的 $I_{\text{单点修正}}$ 大于1时, 取 $I_{\text{单点修正}}$ 等于1。

[0104] 例如, 各中心测点修正后的修正危险指数 $I_{\text{单点修正}}$ 结果为:

	中心测点	应力测点 2	施工孔 1	应力测点 1	微震事件 1	微震事件 2	施工孔 2
[0105]	被检索到监测点情况	应力测点 1; 微震事件 1; 微震事件 2; 施工孔 2	应力测点 1; 微震事件 1	应力测点 2; 微震事件 1; 施工孔 1	应力测点 1; 应力测点 2; 施工孔 1; 施工孔 2	应力测点 2; 施工孔 2	应力测点 2; 微震事件 1; 微震事件 2
	被检索到监测点的数量 i	4	2	3	4	2	3
	$k_1 \sim k_i$ 取值	$k_1=1; k_2=1; k_3=0.5; k_4=0.5$	$k_1=1; k_2=1$	$k_1=1.5; k_2=1; k_3=1.5$	$k_1=1; k_2=1.5; k_3=1.5; k_4=0.5$	$k_1=1.5; k_2=0.5$	$k_1=1.5; k_2=1; k_3=0.5$
	中心测点初始	0.66	0.66	0.33	0.33	0	0

[0106]	危险指数 $I_{\text{单点初始}}$						
	修正危险指数 $I_{\text{单点修正}}$	$0.66 * 1 * 1 * 0.5 * 0.5 = 0.17$	$0.66 * 1 * 1 = 0.66$	$0.33 * 1.5 * 1 * 1.5 = 0.74$	$0.33 * 1 * 1.5 * 1.5 * 0.5 = 0.375$	$0 * 1.5 * 0.5 = 0$	$0 * 1.5 * 1 * 0.5 = 0$

[0107] 步骤5, 获得局部危险区位置及危险等级

[0108] 根据每个中心测点的修正危险指数 $I_{\text{单点修正}}$, 判定局部危险区及危险等级。

[0109] 具体地,选取修正危险指数 $I_{\text{单点修正}}$ 数值最大的中心测点,该中心测点半径为 r 的球体区域被判定为局部危险区,该中心测点的修正危险指数 $I_{\text{单点修正}}$ 为该局部危险区的危险等级。为了更清晰、直观的判定,可以首先将所有中心测点的修正危险指数 $I_{\text{单点修正}}$ 由大到小排序,判定局部危险区域的危险等级如下表。

[0110]	危险等级	蓝色	黄色	橙色	红色
	修正危险指数 $I_{\text{单点修正}}$	[0,0.3)	[0.3,0.5)	[0.5,0.8)	[0.8,1]

[0111] 注:上表中各参数值和参数区间可依据实际应用场合重新设定,本发明对此不作限定。

[0112] 例如,对各监测点的修正危险指数 $I_{\text{单点修正}}$ 结果进行排序如下:

中心测点	应力测点 1	施工孔 1	微震事件 1	应力测点 2	微震事件 2	施工孔 2
[0113] 修正危险指数 $I_{\text{单点修正}}$	0.74	0.66	0.37	0.17	0	0

[0114] 由上表判定具有最大修正危险指数的中心测点“应力测点1”的50m半径范围内的球体区域为局部危险区,局部危险区的危险指数为0.74,具有橙色危险等级。

[0115] 在本发明中,“可调参量”是指本发明实施例中示意的各参数和参数范围均可以依据实际应用场合重新设定,本发明对这些具体数值和范围此不作限定。

[0116] 在其他实施例中,本发明预警方法依据的监测数据类型可根据实际应用场合增减或重新拟定。

[0117] 显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例,而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明创造的保护范围之内。

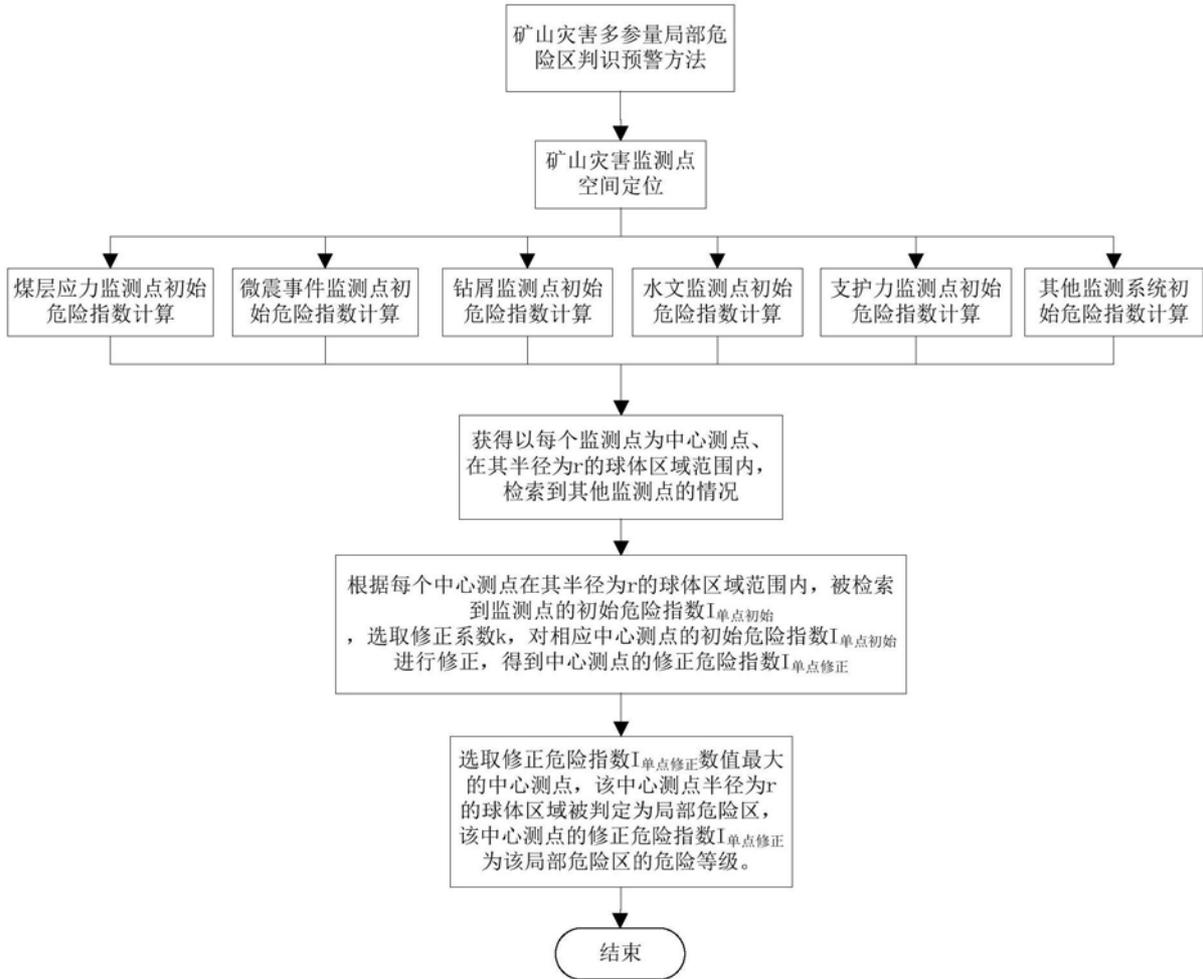


图1