



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111310102 B

(45) 授权公告日 2023.03.21

(21) 申请号 202010090055.1

(22) 申请日 2020.02.13

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111310102 A

(43) 申请公布日 2020.06.19

(73) 专利权人 国家卫星气象中心(国家空间天气监测预警中心)

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街46号国家卫星气象中心

专利权人 易天气(北京)科技有限公司

(72) 发明人 薛炳森 贺晓冬 李禹 刘雨薇 周率

(74) 专利代理机构 北京汉之知识产权代理事务所(普通合伙) 11479

专利代理师 高园园

(51) Int.Cl.

G06F 17/10 (2006.01)

G01W 1/10 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1437732 A, 2003.08.20

US 2005159894 A1, 2005.07.21

CN 109001785 A, 2018.12.14

黄鑫.《基于序列数据的太阳耀斑预报方法研究》.《知网》.2010,全文.

郭策等.太阳X射线耀斑特征参数预报方法研究.《空间科学学报》.2012,(第06期),全文.

于晓霞等.太阳中子事件的观测特征与中子能谱的计算.《科学通报》.2008,(第14期),全文.

审查员 马旗超

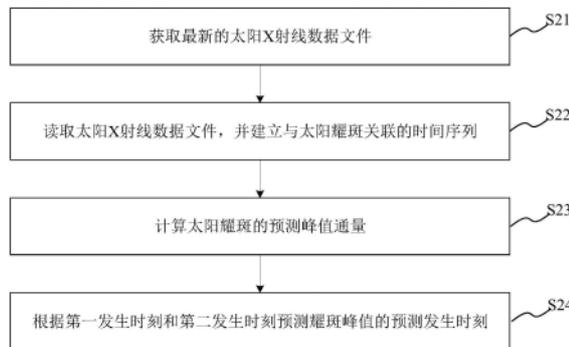
权利要求书2页 说明书10页 附图2页

(54) 发明名称

太阳耀斑的预警方法、系统、计算机可读存储介质及设备

(57) 摘要

本发明提供一种太阳耀斑的预警方法、系统、计算机可读存储介质及设备,所述预警方法包括:获取最新的太阳X射线数据文件;读取所述太阳X射线数据文件,并建立与太阳耀斑关联的时间序列;根据与太阳耀斑关联的时间序列,获取用于计算太阳耀斑的预测峰值通量的计算参数,以计算太阳耀斑的预测峰值通量;其中,所述计算参数包括X射线通量变化的极大值和太阳耀斑的动态背景通量;查找所述动态背景通量的第一发生时刻及太阳耀斑的预测峰值通量的第二发生时刻,以根据所述第一发生时刻和所述第二发生时刻预测耀斑峰值的预测发生时刻。本发明首次实现了由实际X射线探测数据对太阳耀斑的定量化预警,可以更好地为用户提供保障。



1. 一种太阳耀斑的预警方法,其特征在于,包括:

获取最新的太阳X射线数据文件;

读取所述太阳X射线数据文件,并建立与太阳耀斑关联的时间序列;

根据与太阳耀斑关联的时间序列,获取用于计算太阳耀斑的预测峰值通量的计算参数,以计算太阳耀斑的预测峰值通量;其中,所述计算参数包括X射线通量变化的极大值和太阳耀斑的动态背景通量;太阳耀斑的预测峰值通量的计算公式如下:

$$F_{\max} = \frac{10^{2 \times am}}{F_b}$$

查找所述动态背景通量的第一发生时刻及太阳耀斑的预测峰值通量的第二发生时刻,以根据所述第一发生时刻和所述第二发生时刻预测耀斑峰值的预测发生时刻;预测发生时刻的预测公式如下:

$$t_p = t_{i+n} + (t_{i+n} - t_j) \times c$$

$$c = \frac{A_{i+1} - A_i}{A_{i-1} - A_{i-2}}$$

其中, F_{\max} 为太阳耀斑的预测峰值通量; F_b 为太阳耀斑的动态背景通量; am 为X射线通量变化的极大值; t_p 为预测发生时刻; t_j 为第一发生时刻; t_{i+n} 为第二发生时刻; c 为中间变量; A_i 为与太阳耀斑关联的时间序列。

2. 根据权利要求1所述的太阳耀斑的预警方法,其特征在于,

所述读取所述太阳X射线数据文件的步骤包括读取所述太阳X射线数据文件中用于表征太阳耀斑的X射线通量序列;

所述建立与太阳耀斑关联的时间序列的步骤包括对用于表征太阳耀斑的X射线通量序列中每一X射线通量数据取对数,以形成与太阳耀斑关联的时间序列;其中,所述与太阳耀斑关联的时间序列包括每一X射线通量数据的对数。

3. 根据权利要求2所述的太阳耀斑的预警方法,其特征在于,获取X射线通量变化的极大值的步骤包括:

计算第*i*+1个X射线通量数据的对数与第*i*个X射线通量数据的对数之间的第*i*个对数差值;其中,*i*为大于1的正整数;

判断第*i*个对数差值是否满足极大值选取条件,若是,则表示第*i*个对数差值达到极大值,根据第*i*+1个X射线通量数据的对数、第*i*个X射线通量数据的对数、第*i*-1个X射线通量数据的对数及第*i*-2个X射线通量数据的对数,计算X射线通量变化的极大值;若否,则表示第*i*个对数差值非极大值。

4. 根据权利要求3所述的太阳耀斑的预警方法,其特征在于,获取太阳耀斑的动态背景通量的步骤包括:

判断第*j*个X射线通量数据的对数是否满足最小值选取条件,若是,则选取第*j*个X射线通量数据作为动态背景通量;若否,则继续判断第*j*+1个X射线通量数据的对数是否满足最小值选取条件;其中,*j*为大于1的正整数,*i*≠*j*。

5. 根据权利要求4所述的太阳耀斑的预警方法,其特征在于,

所述极大值选取条件为第*i*个对数差值大于第*i*-1个对数差值,且第*i*个对数差值大于

等于第*i*+1个对数差值；

所述最小值选取条件为第*j*个X射线通量数据的对数小于等于第*j*+1个X射线通量数据的对数，且第*j*个X射线通量数据的对数小于等于第*j*-1个X射线通量数据的对数。

6. 一种太阳耀斑的预警系统，其特征在于，包括：

获取模块，用于获取最新的太阳X射线数据文件；

读取模块，用于读取所述太阳X射线数据文件；

建立模块，用于建立与太阳耀斑关联的时间序列；

计算模块，用于根据与太阳耀斑关联的时间序列，获取用于计算太阳耀斑的预测峰值通量的计算参数，以计算太阳耀斑的预测峰值通量；其中，所述计算参数包括X射线通量变化的极大值和太阳耀斑的动态背景通量；所述计算模块根据如下公式计算太阳耀斑的预测峰值：

$$F_{\max} = \frac{10^{2 \times am}}{F_b}$$

预测模块，用于查找所述动态背景通量的第一发生时刻及太阳耀斑的预测峰值通量的第二发生时刻，以根据所述第一发生时刻和所述第二发生时刻预测耀斑峰值的预测发生时刻；所述预测模块根据如下公式预测发生时刻：

$$t_p = t_{i+n} + (t_{i+n} - t_j) \times c$$

$$c = \frac{A_{i+1} - A_i}{A_{i-1} - A_{i-2}}$$

其中， F_{\max} 为太阳耀斑的预测峰值通量； F_b 为太阳耀斑的动态背景通量；*am*为X射线通量变化的极大值； t_p 为预测发生时刻； t_j 为第一发生时刻；

t_{i+n} 为第二发生时刻；*c*为中间变量； A_i 为与太阳耀斑关联的时间序列。

7. 根据权利要求6所述的太阳耀斑的预警系统，其特征在于，

所述读取模块读取所述太阳X射线数据文件中用于表征太阳耀斑的X射线通量序列；

所述建立模块建立与太阳耀斑关联的时间序列的步骤包括对用于表征太阳耀斑的X射线通量序列中每一X射线通量数据取对数，以形成与太阳耀斑关联的时间序列；其中，所述与太阳耀斑关联的时间序列包括每一X射线通量数据的对数。

8. 一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，其特征在于，该计算机程序被处理器执行时实现权利要求1至5中任一项所述太阳耀斑的预警方法。

9. 一种设备，其特征在于，包括：处理器及存储器；

所述存储器用于存储计算机程序，所述处理器用于执行所述存储器存储的计算机程序，以使所述设备执行如权利要求1至5中任一项所述太阳耀斑的预警方法。

太阳耀斑的预警方法、系统、计算机可读存储介质及设备

技术领域

[0001] 本发明属于卫星数据监测技术领域,涉及一种预警方法和系统,特别是涉及一种太阳耀斑的预警方法、系统、计算机可读存储介质及设备。

背景技术

[0002] 太阳耀斑是太阳表面发生的爆发事件期间出现的电磁波通量迅速增加的现象,是引起近地空间天气扰动的重要因素。目前,国际上普遍接受的耀斑的强弱表征是地球同步轨道上测量到的0.1-0.8nm的软X射线的通量。

[0003] 太阳耀斑期间,紫外和X射线波段辐射通量的显著增强,使向日面电离层的电离度增加,对通讯会造成不利影响,称为电离层突然骚扰(SID),其中最为明显的效应是短波信号吸收的增强。电离层D层位于90-110公里高度,耀斑发生时,中性气体会吸收X射线,产生的电离度增大,电子密度增加,使得穿过D层的短波无线电波的能量会被自由电子部分吸收,造成短波通信质量的下降,严重时,短波信号会被完全吸收,称为短波中断(Blackout)事件。因此,预报耀斑峰值对于应对太阳耀斑造成的电离层突然骚扰事件非常必要。

[0004] 大量的研究表明,耀斑的发展过程是有规律的,表现在耀斑通量的变化特性。技术人员在长期的耀斑预报业务中也总结出一些耀斑变化的特征,并初步在业务中进行测试。通过分析和总结。但是现有技术无法实现定量化耀斑预警。

[0005] 因此,如何提供一种太阳耀斑的预警方法、系统、计算机可读存储介质及设备,以解决现有技术无法实现定量化耀斑预警等缺陷,实已成为本领域技术人员亟待解决的技术问题。

发明内容

[0006] 鉴于以上所述现有技术的缺点,本发明的目的在于提供一种太阳耀斑的预警方法、系统、计算机可读存储介质及设备,用于解决现有技术无法实现定量化耀斑预警的问题。

[0007] 为实现上述目的及其他相关目的,本发明一方面提供一种太阳耀斑的预警方法,包括:获取最新的太阳X射线数据文件;读取所述太阳X射线数据文件,并建立与太阳耀斑关联的时间序列;根据与太阳耀斑关联的时间序列,获取用于计算太阳耀斑的预测峰值通量的计算参数,以计算太阳耀斑的预测峰值通量;其中,所述计算参数包括X射线通量变化的极大值和太阳耀斑的动态背景通量;查找所述动态背景通量的第一发生时刻及太阳耀斑的预测峰值通量的第二发生时刻,以根据所述第一发生时刻和所述第二发生时刻预测耀斑峰值的预测发生时刻。

[0008] 于本发明的一实施例中,所述读取所述太阳X射线数据文件的步骤包括读取所述太阳X射线数据文件中用于表征太阳耀斑的X射线通量序列;所述建立与太阳耀斑关联的时间序列的步骤包括对用于表征太阳耀斑的X射线通量序列中每一X射线通量数据取对数,以形成与太阳耀斑关联的时间序列;其中,所述与太阳耀斑关联的时间序列包括每一X射线通

量数据的对数。

[0009] 于本发明的一实施例中,获取X射线通量变化的极大值的步骤包括:计算第 $i+1$ 个X射线通量数据的对数与第 i 个X射线通量数据的对数之间的第 i 个对数差值;其中, i 为大于1的正整数;判断第 i 个对数差值是否满足极大值选取条件,若是,则表示第 i 个对数差值达到极大值,根据第 $i+1$ 个X射线通量数据的对数、第 i 个X射线通量数据的对数、第 $i-1$ 个X射线通量数据的对数及第 $i-2$ 个X射线通量数据的对数,计算X射线通量变化的极大值;若否,则表示第 i 个对数差值非极大值。

[0010] 于本发明的一实施例中,获取太阳耀斑的动态背景通量的步骤包括:判断第 j 个X射线通量数据的对数是否满足最小值选取条件,若是,则选取第 j 个X射线通量数据作为动态背景通量;若否,则继续判断第 $j+1$ 个X射线通量数据的对数是否满足最小值选取条件;其中, j 为大于1的正整数, $i \neq j$ 。

[0011] 于本发明的一实施例中,所述极大值选取条件为第 i 个对数差值大于第 $i-1$ 个对数差值,且第 i 个对数差值大于等于第 $i+1$ 个对数差值;所述最小值选取条件为第 j 个X射线通量数据的对数小于等于第 $j+1$ 个X射线通量数据的对数,且第 j 个X射线通量数据的对数小于等于第 $j-1$ 个X射线通量数据的对数。

[0012] 于本发明的一实施例中,耀斑峰值的预测发生时刻=第二发生时刻+(第二发生时刻-第一发生时刻)×中间变量。

[0013] 本发明另一方面提供一种太阳耀斑的预警系统,包括:获取模块,用于获取最新的太阳X射线数据文件;读取模块,用于读取所述太阳X射线数据文件;建立模块,用于建立与太阳耀斑关联的时间序列;计算模块,用于根据与太阳耀斑关联的时间序列,获取用于计算太阳耀斑的预测峰值通量的计算参数,以计算太阳耀斑的预测峰值通量;其中,所述计算参数包括X射线通量变化的极大值和太阳耀斑的动态背景通量;预测模块,用于查找所述动态背景通量的第一发生时刻及太阳耀斑的预测峰值通量的第二发生时刻,以根据所述第一发生时刻和所述第二发生时刻预测耀斑峰值的预测发生时刻。

[0014] 于本发明的一实施例中,所述读取模块读取所述太阳X射线数据文件中用于表征太阳耀斑的X射线通量序列;所述建立模块建立与太阳耀斑关联的时间序列的步骤包括对用于表征太阳耀斑的X射线通量序列中每一X射线通量数据取对数,以形成与太阳耀斑关联的时间序列;其中,所述与太阳耀斑关联的时间序列包括每一X射线通量数据的对数。

[0015] 本发明又一方面提供一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该计算机程序被处理器执行时实现所述太阳耀斑的预警方法。

[0016] 本发明最后一方面提供一种设备,包括:处理器及存储器;所述存储器用于存储计算机程序,所述处理器用于执行所述存储器存储的计算机程序,以使所述设备执行所述太阳耀斑的预警方法。

[0017] 如上所述,本发明所述的太阳耀斑的预警方法、系统、计算机可读存储介质及设备具有以下有益效果:

[0018] 本发明所述太阳耀斑的预警方法、系统、计算机可读存储介质及设备首次实现了由实际X射线探测数据对太阳耀斑的定量化预警,可以更好地为用户提供保障,对于通讯保障等领域有一定的应用前景,且可以满足空间天气业务需求。

附图说明

- [0019] 图1显示为本发明的太阳耀斑的爆发过程的三个相连的位相示意图。
- [0020] 图2显示为本发明的太阳耀斑的预警方法于一实施例中的流程示意图。
- [0021] 图3显示为本发明的太阳耀斑的预警方法中S23的流程示意图。
- [0022] 图4显示为本发明的太阳耀斑的预警系统于一实施例中的原理结构示意图。
- [0023] 元件标号说明

[0024]	1	太阳耀斑的预警系统
	41	获取模块
	42	读取模块
	43	建立模块
	44	计算模块
	45	预测模块
	S21~S24	步骤
	S231~S233	步骤

具体实施方式

[0025] 以下通过特定的具体实例说明本发明的实施方式,本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点与功效。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用,本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用,在没有背离本发明的精神下进行各种修饰或改变。需说明的是,在不冲突的情况下,以下实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0026] 需要说明的是,以下实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本发明的基本构想,遂图式中仅显示与本发明中有关的组件而非按照实际实施时的组件数目、形状及尺寸绘制,其实际实施时各组件的型态、数量及比例可为一种随意的改变,且其组件布局型态也可能更为复杂。

[0027] 本发明所述太阳耀斑的预警方法、系统、计算机可读存储介质及设备的技术原理如下:

[0028] 长期的太阳活动预报业务中发现,在典型的太阳耀斑过程中,X射线通量的上升速度会有一个增加-峰值-下降的过程,直到增长速度降为零,即达到了耀斑的极大值。因此,耀斑的峰值决定于其上升过程中的参数,包括上涨速度,上升速度的极大值和发生时的通量等,我们需要建立耀斑过程中各种通量变化特征之间的量化关系,建立能够提前预测耀斑通量峰值的方法。

[0029] 太阳耀斑的爆发过程可分为预耀斑相、爆发相和渐变相三个相连的位相,如图1所示。图中的A区域,X射线流量开始缓慢增长,对应着预耀斑相;B区域对应的是爆发相,X射线流量加速上升,即将到达峰值时,通量增幅开始下降,大致呈S形。图1中C和D区域对应这耀斑的渐变相,将这一阶段划分为两个区间是因为考虑到C区间X射线流量呈加速下降的趋势,而在D区间,下降速度趋缓,这样划分有利于进行曲线拟合和流量预报。

[0030] 继续参阅图1,图1中的B阶段的细节决定着耀斑的峰值,研究发现:

[0031] 1)一般地耀斑发展过程中仅存在一个对数通量增长的峰值;

[0032] 2) 耀斑有时含有多个通量的增加过程, 可以作为多个标准过程进行处理;

[0033] 3) A阶段的X射线背景、通量增长峰值发生时的通量大小直接决定着耀斑的级别;

[0034] 4) 峰值左右的通量增长率决定耀斑达到峰值的时间。

[0035] 本发明根据统计规律, 通过对多次各种级别的耀斑过程的定量化分析, 根据耀斑前期的演化特征预报耀斑能够达到的峰值大小和时间的预测太阳耀斑的峰值发生时刻。

[0036] 实施例一

[0037] 本实施例提供一种太阳耀斑的预警方法, 包括:

[0038] 获取最新的太阳X射线数据文件;

[0039] 读取所述太阳X射线数据文件, 并建立与太阳耀斑关联的时间序列;

[0040] 根据与太阳耀斑关联的时间序列, 获取用于计算太阳耀斑的预测峰值通量的计算参数, 以计算太阳耀斑的预测峰值通量; 其中, 所述计算参数包括X射线通量变化的极大值和太阳耀斑的动态背景通量;

[0041] 查找所述动态背景通量的第一发生时刻及太阳耀斑的预测峰值通量的第二发生时刻, 以根据所述第一发生时刻和所述第二发生时刻预测耀斑峰值的预测发生时刻。

[0042] 以下将结合图示对本实施所提供的太阳耀斑的预警方法进行详细描述。请参阅图2, 显示为太阳耀斑的预警方法于一实施例中的流程示意图。如图2所示, 所述太阳耀斑的预警方法具体包括以下步骤:

[0043] S21, 获取最新的太阳X射线数据文件。

[0044] 在本实施例中, 最新的太阳X射线数据文件可从天气预报中心网站获取。所述太阳X射线数据文件的样例参见表1。

[0045] 表1: 太阳X射线数据文件的样例

年	月	日	观测时间	儒略日	当前时刻 对应当日 连续秒数	0.05-0.4nm 的 X 射线 通量	0.1-0.8nm 的 X 射线 通量
2020	01	16	0106	58864	3960	3.60e-08	8.27e-08
2020	01	16	0107	58864	4020	3.60e-08	7.96e-08
2020	01	16	0108	58864	4080	3.55e-08	7.92e-08
2020	01	16	0109	58864	4140	3.63e-08	8.16e-08
2020	01	16	0110	58864	4200	3.67e-08	8.34e-08
2020	01	16	0111	58864	4260	3.70e-08	8.01e-08
...

[0047] S22, 读取所述太阳X射线数据文件, 并建立与太阳耀斑关联的时间序列。

[0048] 具体地, 所述S22包括读取所述太阳X射线数据文件中用于表征太阳耀斑的X射线通量序列; 对用于表征太阳耀斑的X射线通量序列中每一X射线通量数据取对数, 以形成与太阳耀斑关联的时间序列。在本实施例中, 由于太阳X射线通量在耀斑期间变化太大, 对用于表征太阳耀斑的X射线通量序列取对数能够较好的表示出X射线通量的变化趋势。

[0049] 在本实施例中, 所述与太阳耀斑关联的时间序列包括每一X射线通量数据的对数 ($A_i = \lg(F_i)$)。在本实施例中, 太阳耀斑的X射线通量序列用 F_i 表示, X射线通量序列中每一X射线通量数据, 与太阳耀斑关联的时间序列用 A_i 表示。

[0050] S23,根据与太阳耀斑关联的时间序列,获取用于计算太阳耀斑的预测峰值通量的计算参数,以计算太阳耀斑的预测峰值通量。在本实施例中,所述计算参数包括X射线通量变化的极大值 am 和太阳耀斑的动态背景通量 F_b 。

[0051] 请参阅图3,显示为S23的流程示意图。如图3所示,所述S23包括:

[0052] S231,获取X射线通量变化的极大值 am 。

[0053] 在本实施例中,所述S231包括以下步骤:

[0054] 首先,计算第 $i+1$ 个X射线通量数据的对数与第 i 个X射线通量数据的对数之间的第 i 个对数差值,即 $dA_i = (A_{i+1} - A_i)$,其中 i 为大于1的正整数。

[0055] 接着,判断第 i 个对数差值是否满足极大值选取条件,若是,则表示第 i 个对数差值 $dA_i =$ 达到极大值,根据第 $i+1$ 个X射线通量数据的对数 A_{i+1} 、第 i 个X射线通量数据的对数 A_i 、第 $i-1$ 个X射线通量数据的对数 A_{i-1} 及第 $i-2$ 个X射线通量数据的对数 A_{i-2} ,计算X射线通量变化的极大值;若否,则表示第 i 个对数差值非极大值。

[0056] 在本实施例中,所述极大值选取条件为第 i 个对数差值 dA_i 大于第 $i-1$ 个对数差值 dA_{i-1} ,且第 i 个对数差值 dA_i 大于等于第 $i+1$ 个对数差值 dA_{i+1} ,即当 $dA_i > dA_{i-1}$,且 $dA_i \geq dA_{i+1}$, $dA_i =$ 达到极大值。

[0057] 在本实施例中,X射线通量变化的极大值的计算公式如下:

$$[0058] \quad am = \frac{A_{i+1} + c \times A_i}{1 + c} \quad \text{公式 (1)}$$

[0059] 其中, c 为中间变量, $c = \frac{A_{i+1} - A_i}{A_{i-1} - A_{i-2}}$ 。

[0060] S232,获取太阳耀斑的动态背景通量 F_b 。

[0061] 在本实施例中,所述S232包括以下步骤:

[0062] 判断第 j 个X射线通量数据的对数 A_j 是否满足最小值选取条件,若是,则选取第 j 个X射线通量数据 F_j 作为动态背景通量 F_b ;若否,则继续判断第 $j+1$ 个X射线通量数据的对数 A_{j+1} 是否满足最小值选取条件。其中, j 为大于1的正整数

[0063] 在本实施例中,所述最小值选取条件为第 j 个X射线通量数据的对数小于等于第 $j+1$ 个X射线通量数据的对数,且第 j 个X射线通量数据的对数小于等于第 $j-1$ 个X射线通量数据的对数,即当 $A_j \leq A_{j+1}$,并且 $A_j \leq A_{j-1}$ 。

[0064] S233,根据X射线通量变化的极大值 am 和太阳耀斑的动态背景通量 F_b ,计算太阳耀斑的预测峰值通量 F_{max} 。

[0065] 在本实施例中,太阳耀斑的预测峰值通量 F_{max} 的计算公式如下:

$$[0066] \quad F_{max} = \frac{10^{2 \times am}}{F_b} \quad \text{公式 (2)}$$

[0067] S24,查找所述动态背景通量 F_b 的第一发生时刻 t_j 及太阳耀斑的预测峰值通量 F_{max} 的第二发生时刻 t_{i+n} ,以根据所述第一发生时刻和所述第二发生时刻预测耀斑峰值的预测发生时刻 t_p 。

[0068] 在本实施例中,预测发生时刻 t_p 的预测公式如下:

[0069] $t_p = t_{i+n} + (t_{i+n} - t_j) \times c$ 公式(3) 其中, c 为中间变量, $c = \frac{A_{i+1} - A_i}{A_{i-1} - A_{i-2}}$ 。

[0070] 本实施例以2019年5月7日一次C1.2级耀斑的预测为例,应用本实施例所述太阳耀斑的预警方法的过程如下:

[0071] 首先,获取2019年5月7日的太阳X射线数据文件。利用步骤S22和S23整理后,形成耀斑过程所产生的太阳耀斑的X射线通量序列 F_i ,与太阳耀斑关联的时间序列 A_i ,对数差值 dA_i 。

[0072] 表2:形成耀斑过程所产生的参数

[0073]

年	月	日	hhmm	F_i	A_i	dA_i
2019	5	7	1024	5.07E-07	-6.30715	0.012161
2019	5	7	1025	5.21E-07	-6.29499	0.01183
2019	5	7	1026	5.21E-07	-6.28316	0
2019	5	7	1027	5.31E-07	-6.28316	0.008257
2019	5	7	1028	5.72E-07	-6.27491	0.032302
2019	5	7	1029	6.46E-07	-6.2426	0.052836
2019	5	7	1030	7.71E-07	-6.18977	0.076822
2019	5	7	1031	9.34E-07	-6.11295	0.083292
2019	5	7	1032	1.05E-06	-6.02965	0.050842
2019	5	7	1033	1.12E-06	-5.97881	0.028029
2019	5	7	1034	1.17E-06	-5.95078	0.018968
2019	5	7	1035	1.21E-06	-5.93181	0.0146
2019	5	7	1036	1.22E-06	-5.91721	0.003574
2019	5	7	1037	1.21E-06	-5.91364	-0.00357
2019	5	7	1038	1.20E-06	-5.91721	-0.0036
2019	5	7	1039	1.18E-06	-5.92082	-0.0073

[0074] 接着,通过分析发现X射线通量变化峰值发生在10:31,因此,根据中间变量公式,得到 $c=0.6523$,动态背景通量 $F_b = -6.28316$,进而计算得到X射线通量变化的极大值 $am = -6.1584$ 。综合计算得到耀斑峰值 $F_{max} = 1.18 \times 10^{-6}$ 。而实测本次耀斑的通量的极大值为 1.22×10^{-6} ,预测值与实测值误差为3.3%。

[0075] 最后,动态背景通量 $F_b = -6.28316$ 的发生时刻为10:25,X射线通量变化峰值发生时刻为10:31,根据公式(3),推算出耀斑峰值的预测发生时刻 $t_p = 10:35$,而实测耀斑达到峰值的实际发生时刻为10:36,结论表示通过本实施例预测的耀斑峰值的发生时刻基本正确。

[0076] 利用本实施例所述太阳耀斑的预警方法对2015年1-6月份39次M级以上耀斑的测试,耀斑峰值相对误差小于12%,峰值时间平均偏移为8分钟,最重要的是,采用我们发明的方法,对M级耀斑的预警时间平均可达9分钟左右,对于通讯保障等领域有一定的应用前景。有效率为91.8%;两次X级耀斑相差均未超过 $1E-4 \text{Watts/m}^2$,有效率100%。39次M级以上耀斑的发生时间的预报平均误差为4.9分钟;预报的提前量平均为8.9分钟,可以满足空间天气业务需求。

[0077] 本实施例所述太阳耀斑的预警方法首次实现了由实际X射线探测数据对太阳耀斑的定量化预警,可以更好地为用户提供保障,对于通讯保障等领域有一定的应用前景,且可以满足空间天气业务需求。

[0078] 本实施例还提供一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该计算机程序被处理器执行时实现上述太阳耀斑的预警方法。

[0079] 本领域普通技术人员可以理解计算机可读存储介质为:实现上述各方法实施例的全部或部分步骤可以通过计算机程序相关的硬件来完成。前述的计算机程序可以存储于一计算机可读存储介质中。该程序在执行时,执行包括上述各方法实施例的步骤;而前述的存储介质包括:ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0080] 实施例二

[0081] 本实施例提供一种太阳耀斑的预警系统,包括:

[0082] 获取模块,用于获取最新的太阳X射线数据文件;

[0083] 读取模块,用于读取所述太阳X射线数据文件;

[0084] 建立模块,用于建立与太阳耀斑关联的时间序列;

[0085] 计算模块,用于根据与太阳耀斑关联的时间序列,获取用于计算太阳耀斑的预测峰值通量的计算参数,以计算太阳耀斑的预测峰值通量;其中,所述计算参数包括X射线通量变化的极大值和太阳耀斑的动态背景通量;

[0086] 预测模块,用于查找所述动态背景通量的第一发生时刻及太阳耀斑的预测峰值通量的第二发生时刻,以根据所述第一发生时刻和所述第二发生时刻预测耀斑峰值的预测发生时刻。

[0087] 以下将结合图示对本实施例所提供的太阳耀斑的预警系统进行详细描述。请参阅图4,显示为太阳耀斑的预警系统于一实施例中的原理结构示意图。如图4所示,所述太阳耀斑的预警系统4包括获取模块41、读取模块42、建立模块43、计算模块44及预测模块45。

[0088] 所述获取模块41用于获取最新的太阳X射线数据文件。

[0089] 与所述获取模块41耦合的读取模块42用于读取所述太阳X射线数据文件

[0090] 具体地,所述读取模块42读取所述太阳X射线数据文件中用于表征太阳耀斑的X射线通量序列。

[0091] 与所述获取模块41和所述读取模块42耦合的建立模块43用于建立与太阳耀斑关联的时间序列。

[0092] 具体地,所述建立模块43对用于表征太阳耀斑的X射线通量序列中每一X射线通量数据取对数,以形成与太阳耀斑关联的时间序列。在本实施例中,由于太阳X射线通量在耀斑期间变化太大,对用于表征太阳耀斑的X射线通量序列取对数能够较好的表示出X射线通量的变化趋势。

[0093] 在本实施例中,所述与太阳耀斑关联的时间序列包括每一X射线通量数据的对数($A_i = \lg(F_i)$)。在本实施例中,太阳耀斑的X射线通量序列用 F_i 表示,X射线通量序列中每一X射线通量数据,与太阳耀斑关联的时间序列用 A_i 表示。

[0094] 与所述读取模块42和所述建立模块43耦合的计算模块44用于根据与太阳耀斑关联的时间序列,获取用于计算太阳耀斑的预测峰值通量的计算参数,以计算太阳耀斑的预测峰值通量。在本实施例中,所述计算参数包括X射线通量变化的极大值 a_m 和太阳耀斑的动

态背景通量 F_b 。

[0095] 具体地,所述计算模块44获取X射线通量变化的极大值 am ,获取太阳耀斑的动态背景通量 F_b ,根据X射线通量变化的极大值 am 和太阳耀斑的动态背景通量 F_b ,计算太阳耀斑的预测峰值通量 F_{max} 。

[0096] 进一步地,所述计算模块44获取X射线通量变化的极大值 am 的过程如下:

[0097] 所述计算模块44计算第 $i+1$ 个X射线通量数据的对数与第 i 个X射线通量数据的对数之间的第 i 个对数差值,即 $dA_i = (A_{i+1} - A_i)$ 。判断第 i 个对数差值是否满足极大值选取条件,若是,则表示第 i 个对数差值 dA_i 达到极大值,根据第 $i+1$ 个X射线通量数据的对数 A_{i+1} 、第 i 个X射线通量数据的对数 A_i 、第 $i-1$ 个X射线通量数据的对数 A_{i-1} 及第 $i-2$ 个X射线通量数据的对数 A_{i-2} ,计算X射线通量变化的极大值;若否,则表示第 i 个对数差值非极大值。其中 i 为大于1的正整数

[0098] 在本实施例中,所述极大值选取条件为第 i 个对数差值 dA_i 大于第 $i-1$ 个对数差值 dA_{i-1} ,且第 i 个对数差值 dA_i 大于等于第 $i+1$ 个对数差值 dA_{i+1} ,即当 $dA_i > dA_{i-1}$,且 $dA_i \geq dA_{i+1}$, dA_i 达到极大值。

[0099] 在本实施例中,所述计算模块44根据公式 $am = \frac{A_{i+1} + c \times A_i}{1 + c}$ 计算X射线通量变化的

极大值。其中, c 为中间变量, $c = \frac{A_{i+1} - A_i}{A_{i-1} - A_{i-2}}$ 。

[0100] 进一步地,所述计算模块44获取太阳耀斑的动态背景通量 F_b 的过程如下:

[0101] 所述计算模块44判断第 j 个X射线通量数据的对数 A_j 是否满足最小值选取条件,若是,则选取第 j 个X射线通量数据 F_j 作为动态背景通量 F_b ;若否,则继续判断第 $j+1$ 个X射线通量数据的对数 A_{j+1} 是否满足最小值选取条件。其中, j 为大于1的正整数

[0102] 在本实施例中,所述最小值选取条件为第 j 个X射线通量数据的对数小于等于第 $j+1$ 个X射线通量数据的对数,且第 j 个X射线通量数据的对数小于等于第 $j-1$ 个X射线通量数据的对数,即当 $A_j \leq A_{j+1}$,并且 $A_j \leq A_{j-1}$ 。

[0103] 在本实施例中,所述计算模块44根据公式 $F_{max} = \frac{10^{2 \times am}}{F_b}$ 计算太阳耀斑的预测峰值

通量 F_{max} 。

[0104] 与所述计算模块44耦合的预测模块45用于查找所述动态背景通量 F_b 的第一发生时刻 t_j 及太阳耀斑的预测峰值通量 F_{max} 的第二发生时刻 t_{i+n} ,以根据所述第一发生时刻和所述第二发生时刻预测耀斑峰值的预测发生时刻 t_p 。

[0105] 在本实施例中,所述预测模块45根据公式 $t_p = t_{i+n} + (t_{i+n} - t_j) \times c$ 预测发生时刻 t_p 的

预测公式。其中, c 为中间变量, $c = \frac{A_{i+1} - A_i}{A_{i-1} - A_{i-2}}$ 。

[0106] 需要说明的是,应理解以上系统的各个模块的划分仅仅是一种逻辑功能的划分,实际实现时可以全部或部分集成到一个物理实体上,也可以物理上分开。且这些模块可以全部以软件通过处理元件调用的形式实现,也可以全部以硬件的形式实现,还可以部分模块通过处理元件调用软件的形式实现,部分模块通过硬件的形式实现。例如: x 模块可以为

单独设立的处理元件,也可以集成在上述系统的某一个芯片中实现。此外,x模块也可以以程序代码的形式存储于上述系统的存储器中,由上述系统的某一个处理元件调用并执行以上x模块的功能。其它模块的实现与之类似。这些模块全部或部分可以集成在一起,也可以独立实现。这里所述的处理元件可以是一种集成电路,具有信号的处理能力。在实现过程中,上述方法的各步骤或以上各个模块可以通过处理器元件中的硬件的集成逻辑电路或者软件形式的指令完成。以上这些模块可以是被配置成实施以上方法的一个或多个集成电路,例如:一个或多个特定集成电路(Application Specific Integrated Circuit,简称ASIC),一个或多个微处理器(Digital Singnal Processor,简称DSP),一个或者多个现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array,简称FPGA)等。当以上某个模块通过处理元件调度程序代码的形式实现时,该处理元件可以是通用处理器,如中央处理器(Central Processing Unit,简称CPU)或其它可以调用程序代码的处理器。这些模块可以集成在一起,以片上系统(System-on-a-chip,简称SOC)的形式实现。

[0107] 实施例三

[0108] 本实施例提供一种设备,所述设备包括:处理器、存储器、收发器、通信接口或/和系统总线;存储器和通信接口通过系统总线与处理器和收发器连接并完成相互间的通信,存储器用于存储计算机程序,通信接口用于和其他设备进行通信,处理器和收发器用于运行计算机程序,使设备执行如实施例一所述太阳耀斑的预警方法的各个步骤。

[0109] 上述提到的系统总线可以是外设部件互连标准(Peripheral Component Interconnect,简称PCI)总线或扩展工业标准结构(Extended Industry Standard Architecture,简称EISA)总线等。该系统总线可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。为便于表示,图中仅用一条粗线表示,但并不表示仅有一根总线或一种类型的总线。通信接口用于实现数据库访问装置与其他设备(如客户端、读写库和只读库)之间的通信。存储器可能包含随机存取存储器(Random Access Memory,简称RAM),也可能还包括非易失性存储器(non-volatile memory),例如至少一个磁盘存储器。

[0110] 上述的处理器可以是通用处理器,包括中央处理器(Central Processing Unit,简称CPU)、网络处理器(Network Processor,简称NP)等;还可以是数字信号处理器(Digital Signal Processing,简称DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,简称ASIC)、现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array,简称FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。

[0111] 本发明所述的太阳耀斑的预警方法的保护范围不限于本实施例列举的步骤执行顺序,凡是根据本发明的原理所做的现有技术的步骤增减、步骤替换所实现的方案都包括在本发明的保护范围内。

[0112] 本发明还提供一种太阳耀斑的预警系统,所述太阳耀斑的预警系统可以实现本发明所述的太阳耀斑的预警方法,但本发明所述的太阳耀斑的预警方法的实现装置包括但不限于本实施例列举的太阳耀斑的预警系统的结构,凡是根据本发明的原理所做的现有技术的结构变形和替换,都包括在本发明的保护范围内。

[0113] 综上所述,本发明所述太阳耀斑的预警方法、系统、计算机可读存储介质及设备首次实现了由实际X射线探测数据对太阳耀斑的定量化预警,可以更好地为用户提供保障,对于通讯保障等领域有一定的应用前景,且可以满足空间天气业务需求。本发明有效克服了

现有技术中的种种缺点而具高度产业利用价值。

[0114] 上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效,而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下,对上述实施例进行修饰或改变。因此,举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变,仍应由本发明的权利要求所涵盖。

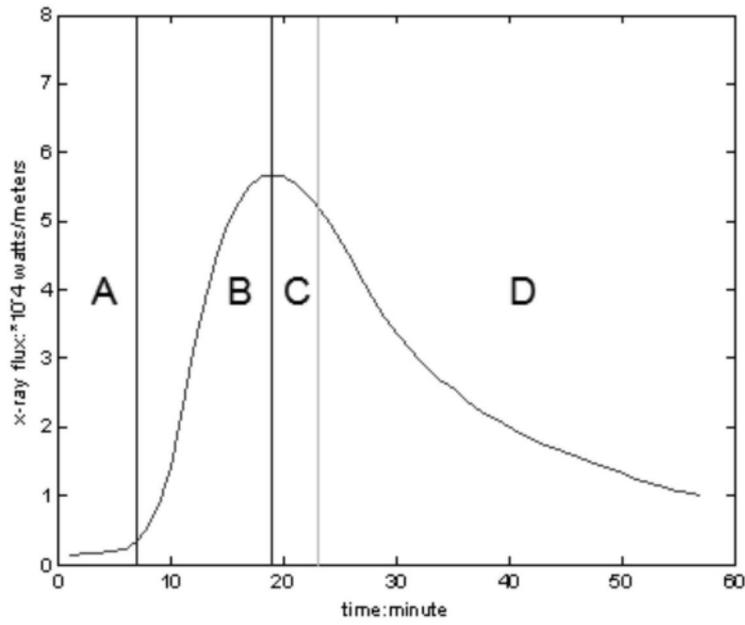


图1

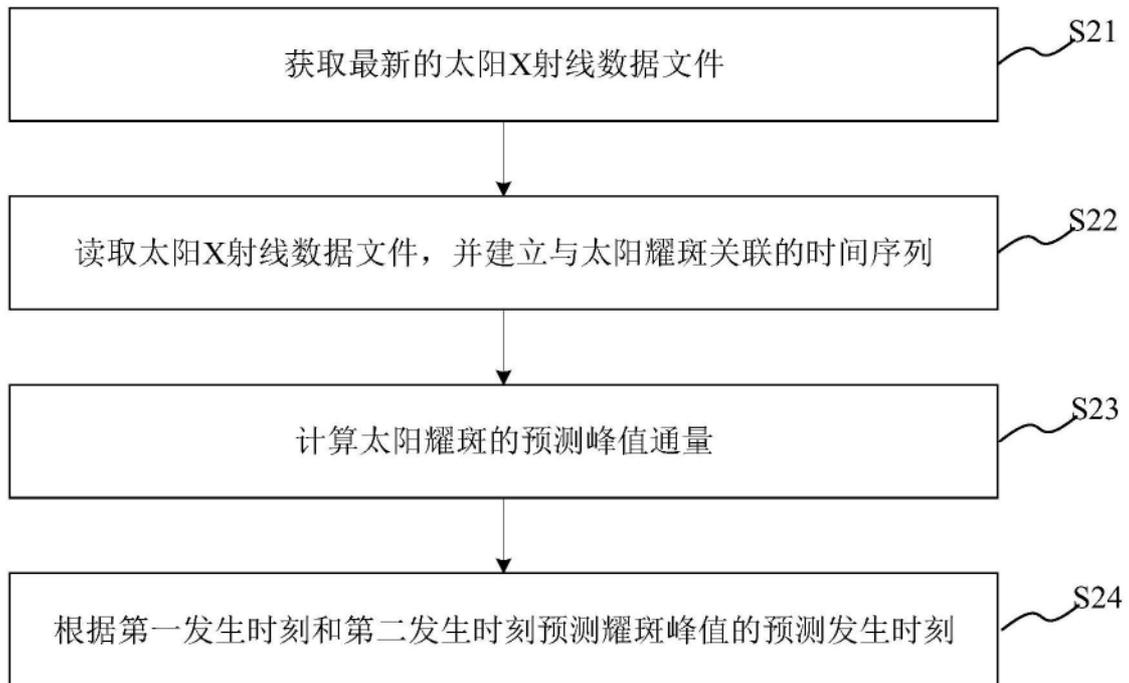


图2

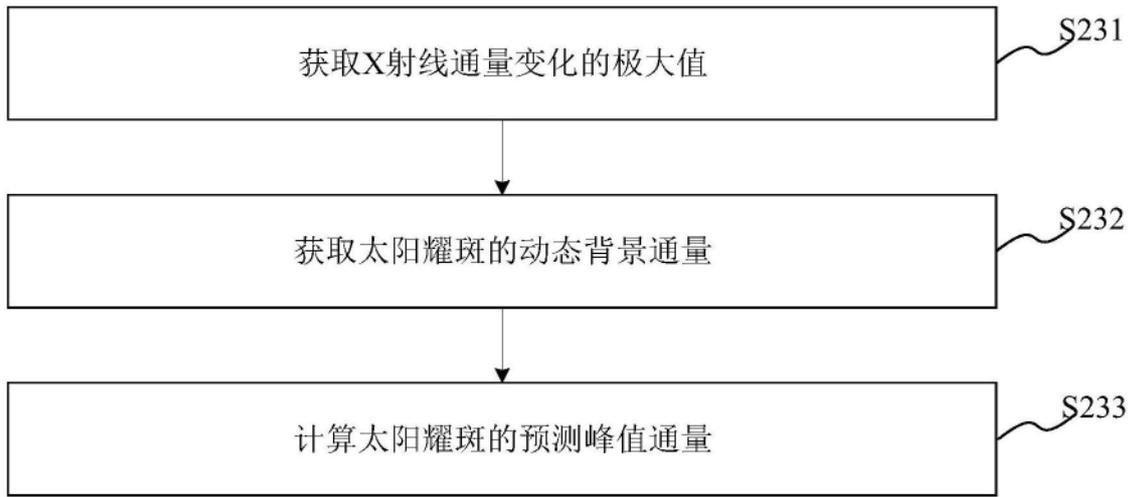


图3

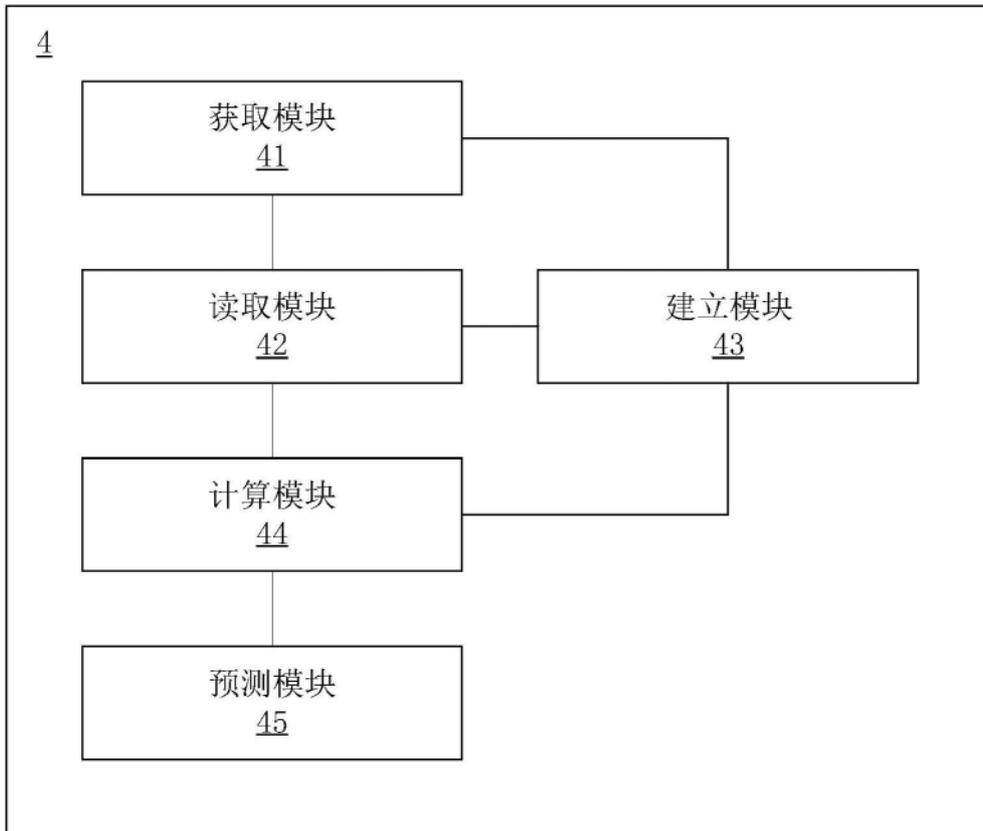


图4