



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118968736 B

(45) 授权公告日 2025. 01. 24

(21) 申请号 202411434000.2

G08B 17/12 (2006.01)

(22) 申请日 2024.10.15

G08B 17/10 (2006.01)

G08B 25/08 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118968736 A

(56) 对比文件

CN 110136391 A, 2019.08.16

CN 211461850 U, 2020.09.11

CN 217448772 U, 2022.09.20

(43) 申请公布日 2024.11.15

(73) 专利权人 四川千页科技股份有限公司

地址 610000 四川省成都市经济技术开发区(龙泉驿区)车城西三路289号车间
栋1-2层1号

审查员 吕雪霜

(72) 发明人 曾小川 黄振峰 邱仲良

(74) 专利代理机构 成都华焯专利代理事务所

(普通合伙) 51336

专利代理师 严刘英

(51) Int. Cl.

G08B 31/00 (2006.01)

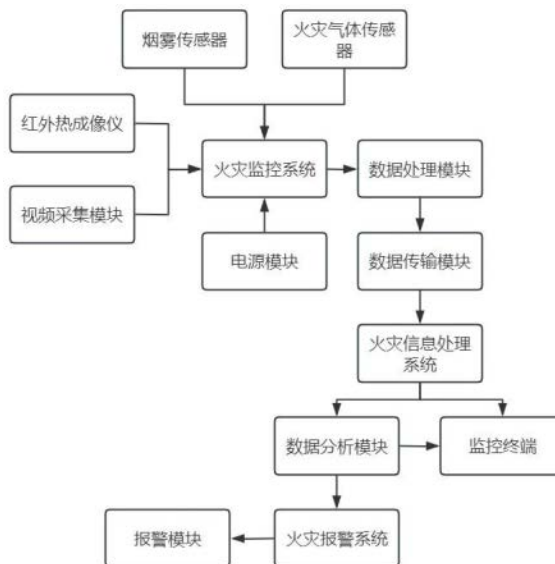
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种用于储能电站的火灾报警控制系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种用于储能电站的火灾报警控制系统及方法,属于储能电站运营领域,火灾报警控制系统包括:火灾监控系统、火灾信息处理系统和火灾报警系统。控制方法包括:以电池舱室为火灾监控单元,构建火灾监控三维模型,获取红外热成像图数据;计算子电池模块的火灾风险系数,并筛选有火灾风险和无火灾风险的子电池模块;根据视频采集模块采集的视频数据,计算具有火灾风险的子电池模块的明火风险系数,并进行标记;计算不存在火焰的子电池模块的预测燃烧系数;根据计算风险等级系数,评估此次火灾的风险等级,生成火灾报警信号。极大的提升了储能电站内火灾警情报警的可靠性,实现了对储能电站火灾风险的早期监测、及时预警和快速响应。



1. 一种用于储能电站的火灾报警控制方法,应用于一种用于储能电站的火灾报警控制系统,所述一种用于储能电站的火灾报警控制系统包括:安装在储能电站的电池舱室内的火灾监控系统、火灾信息处理系统和火灾报警系统;

所述火灾监控系统包括烟雾传感器、火灾气体传感器、红外热成像仪、视频采集模块、数据处理模块、电源模块和数据传输模块;所述烟雾传感器和火灾气体传感器安装在电池舱室的散热窗上;

所述红外热成像仪安装在电池舱室内的四周,用于监测电池舱室内四周子电池模块的温度,形成红外热成像图数据,所述视频采集模块用于采集电池舱室内与红外热成像图数据视角相同的视频数据;

所述烟雾传感器用于检测电池舱室内的烟雾浓度,所述火灾气体传感器用于检测电池舱室内火灾气体标志物浓度;

所述数据处理模块用于对采集的烟雾浓度、火灾气体标志物浓度、红外热成像图数据和视频数据进行处理和汇总,通过数据传输模块传输给火灾信息处理系统;所述电源模块接电池舱室之外的电源,与电池舱室内的子电池模块形成并联,且电源模块为火灾监控系统提供电源;

所述火灾信息处理系统包括数据分析模块和监控终端,通过对烟雾浓度、火灾气体标志物浓度、红外热成像图数据和视频数据进行分析,生成火灾报警信号发送给火灾报警系统;所述监控终端用于显示数据分析模块分析出的火灾报警信号;

所述火灾报警系统根据火灾报警信号生成报警信息发送给储能电站内的报警模块,执行报警动作;

其特征在于,包括:

步骤S1:以电池舱室为火灾监控单元,根据电池舱室的尺寸参数构建火灾监控三维模型,并显示在火灾信息处理系统的监控终端上;红外热成像仪获取电池舱室内子电池模块四个面的红外热成像图数据;

步骤S2:根据红外热成像图数据对红外热成像图进行分析,计算子电池模块的火灾风险系数,并筛选有火灾风险和无火灾风险的子电池模块;

步骤S3:根据视频采集模块采集的视频数据,并提取当前与红外热成像图相同视角的帧图片,根据帧图片分析计算具有火灾风险的子电池模块的明火风险系数,并在监控三维模型上对具有火灾风险的子电池模块是否产生燃烧进行标记;

步骤S4:计算不存在火焰的子电池模块的预测燃烧系数;

步骤S5:根据计算出的火灾风险系数、明火风险系数和预测燃烧系数计算此次火灾的风险等级系数,评估此次火灾的风险等级,生成火灾报警信号;

所述步骤S2包括:

步骤S21:根据子电池模块的尺寸将红外热成像图拆分成若干温度评估区域,每个温度评估区域对应一个子电池模块,将红外热成像图进行灰度化处理,得到热成像灰度图;

步骤S22:设置热成像灰度图中表征火灾风险的像素灰度值的阈值 $H_{\text{阈值}}$,获取热成像灰度图中每个温度评估区域内像素的灰度值,计算子电池模块的火灾风险系数 f_1 ;

$$f_1 = \alpha_1 \sum_{i=1}^n \frac{h_i - H_{\text{阈值}}}{H_{\text{阈值}}} + \alpha_2 \cdot \frac{m}{n}$$

$$\begin{cases} (h_i - H_{\text{阈值}}) \geq 0 \Rightarrow (h_i - H_{\text{阈值}}) \\ (h_i - H_{\text{阈值}}) < 0 \Rightarrow 0 \end{cases};$$

$$\begin{cases} (h_i - H_{\text{阈值}}) \geq 0 \Rightarrow m + 1 \\ (h_i - H_{\text{阈值}}) < 0 \Rightarrow m + 0 \end{cases}$$

其中, n 为温度评估区域内像素的数量, h_i 为个温度评估区域内第 i 个像素的灰度值, m 为温度评估区域内灰度值超过阈值 $H_{\text{阈值}}$ 的像素数量, α_1 、 α_2 分别为对应的权重系数, 且 $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$;

步骤S23: 设置火灾报警系数 f' ; 若 $f_1 > f'$, 则判定温度评估区域对应的子电池模块有火灾风险, 执行步骤S24; 否则, 则判定温度评估区域对应的子电池模块无火灾风险;

步骤S24: 重复步骤S22-S23, 以判定有火灾风险的子电池模块所在的温度评估区域为中心, 计算其相邻的温度评估区域对应的火灾风险系数, 筛选出相邻的具有火灾风险的子电池模块;

步骤S25: 直到筛选出所有具有火灾风险的子电池模块后, 根据温度评估区域的面积 s 计算火灾风险的面积 S : $S = M \cdot s$; 其中, M 为红外热成像图中包含的具有火灾风险的子电池模块对应的温度评估区域的数量;

所述步骤S3包括:

步骤S31: 根据视频采集模块采集的视频数据, 并提取当前与红外热成像图相同视角的帧图片, 将帧图片进行灰度化处理, 设置子电池模块燃烧时产生的火焰颜色灰度化后的灰度值范围 (H_1, H_2) ;

步骤S32: 提取灰度化处理后的帧图片中与所有具有火灾风险的子电池模块对应的图片区域, 作为火焰评估区域, 根据火焰评估区域内像素的灰度值计算明火风险系数 f_2 ;

$$f_2 = \frac{u}{n}$$

$$\begin{cases} H_1 < h'_i < H_2 \Rightarrow u + 1; \\ H_1 \geq h'_i \Rightarrow u + 0 \\ h'_i \geq H_2 \Rightarrow u + 0 \end{cases}$$

其中, h'_i 为火焰评估区域中第 i 个像素的灰度值, u 为火焰评估区域中火焰像素的数量;

步骤S33: 设置明火风险系数的阈值 $f_{\text{阈值}}$;

若 $f_2 > f_{\text{阈值}}$, 则火焰评估区域存在火焰; 在火灾监控三维模型上将对应的子电池模块区域标记为红色, 提示产生燃烧的子电池模块位置;

若 $f_2 \leq f_{\text{阈值}}$, 则火焰评估区域不存在火焰, 在火灾监控三维模型上对应的子电池模块区域标记为黄色, 提示火灾风险的子电池模块位置, 执行步骤S4;

所述步骤S4具体为:

获取不存在火焰的火焰评估区域,根据不存在火焰的火焰评估区域在对应的红外热成像图上的温度值,计算不存在火焰的火焰评估区域对应的子电池模块的预测燃烧系数 y ;

$$y = \frac{m' \Delta K \exp\left(-\frac{E}{RT_{\max}}\right) - Q}{Q};$$

其中, Q 为子电池模块正常工作时的产热效率, m' 为子电池模块的质量, ΔK 为子电池模块的反应热, E 为子电池模块反应的活化能, R 为子电池模块的温度波动系数, T_{\max} 为不存在火焰的火焰评估区域上的最大温度值。

2.根据权利要求1所述的用于储能电站的火灾报警控制方法,其特征在于,所述步骤S5包括:

步骤S51:根据计算出的所有具有火灾风险的子电池模块的火灾风险系数、明火风险系数和预测燃烧系数计算此次火灾的风险等级系数 D ;

$$D = \partial_1 \exp\left[\sum_{e=1}^E (f_1^e - f')\right] + \partial_2 \exp\left[\sum_{w=1}^W (f_2^w - f_{\text{阈值}})\right] + \partial_3 \exp\left[\sum_{x=1}^{E-W} y^x\right];$$

其中, e 为具有火灾风险的子电池模块编号, E 为具有火灾风险的子电池模块数量, f_1^e 为第 e 个具有火灾风险的子电池模块的火灾风险系数, w 为存在火焰的子电池模块的编号, f_2^w 为第 w 个存在火焰的子电池模块的明火风险系数, W 为存在火焰的子电池模块数量, x 为不存在火焰的火焰评估区域对应的子电池模块的编号, y^x 为第 x 个不存在火焰的火焰评估区域对应的子电池模块的预测燃烧系数, ∂_1 、 ∂_2 、 ∂_3 分别为对应的权重系数,且 $\partial_1 + \partial_2 + \partial_3 = 1$;

步骤S52:设置评估火灾等级的系数阈值 $D_{\text{阈值}}$;若 $D \geq D_{\text{阈值}}$,则生成高级火灾报警信号发送给火灾报警系统,若 $D < D_{\text{阈值}}$,则生成中级火灾报警信号发送给火灾报警系统。

一种用于储能电站的火灾报警控制系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种储能电站运营领域,具体涉及一种用于储能电站的火灾报警控制系统及方法。

背景技术

[0002] 随着全球能源问题的日益严峻,储能技术作为解决可再生能源消纳和电网调峰调频的重要手段,得到了快速发展。然而,储能电站尤其是电化学储能电站,由于采用锂电池等易燃材料,存在较高的火灾风险。现有技术中,都会在储能电站内安装相应的火灾探测或监控系统,用于实时对储能电站的火灾进行监控,但现有的火灾报警系统多依赖于单一的烟雾、温度或气体探测器采集的数据,存在误报、漏报及响应滞后等问题,无法实现多数据统一协同报警。因此,亟需开发一种新的用于储能电站的火灾报警控制系统及方法。

发明内容

[0003] 针对现有技术中的上述不足,本发明提供了一种用于储能电站的火灾报警控制系统及方法,通过集成多种数据监控功能,实现储能电站的火灾风险预警、火灾等级的报警功能。

[0004] 为了达到上述发明目的,本发明所采用的技术方案为:

[0005] 提供一种用于储能电站的火灾报警控制系统,其包括:安装在储能电站的电池舱室内的火灾监控系统、火灾信息处理系统和火灾报警系统;

[0006] 火灾监控系统包括安装在电池舱室的散热窗上的烟雾传感器、火灾气体传感器、红外热成像仪、视频采集模块、数据处理模块、电源模块和数据传输模块;

[0007] 红外热成像仪安装在电池舱室内的四周,用于监测电池舱室内四周子电池模块的温度,形成红外热成像图数据,视频采集模块用于采集电池舱室内与红外热成像图数据视角相同的视频数据;

[0008] 烟雾传感器用于检测电池舱室内的烟雾浓度,火灾气体传感器用于检测电池舱室内火灾气体标志物浓度;

[0009] 数据处理模块用于对采集的烟雾浓度、火灾气体标志物浓度、红外热成像图数据和视频数据进行处理和汇总,通过数据传输模块传输给火灾信息处理系统;电源模块接电池舱室之外的电源,与电池舱室内的子电池模块形成并联,且电源模块为火灾监控系统提供电源;

[0010] 火灾信息处理系统包括数据分析模块和监控终端,通过对烟雾浓度、火灾气体标志物浓度、红外热成像图数据和视频数据进行分析,生成火灾报警信号发送给火灾报警系统;监控终端用于显示数据分析模块分析出的火灾报警信号;

[0011] 火灾报警系统根据火灾报警信号生成报警信息发送给储能电站内的报警模块,执行报警动作。

[0012] 提供一种用于储能电站的火灾报警控制方法,应用于上述的一种用于储能电站的

火灾报警控制系统,其包括:

[0013] 步骤S1:以电池舱室为火灾监控单元,根据电池舱室的尺寸参数构建火灾监控三维模型,并显示在火灾信息处理系统的监控终端上;红外热成像仪获取电池舱室内子电池模块四个面的红外热成像图数据;

[0014] 步骤S2:根据红外热成像图数据对红外热成像图进行分析,计算子电池模块的火灾风险系数,并筛选有火灾风险和无火灾风险的子电池模块;

[0015] 步骤S3:根据视频采集模块采集的视频数据,并提取当前与红外热成像图相同视角的帧图片,根据帧图片分析计算具有火灾风险的子电池模块的明火风险系数,并在监控三维模型上对具有火灾风险的子电池模块是否产生燃烧进行标记;

[0016] 步骤S4:计算不存在火焰的子电池模块的预测燃烧系数;

[0017] 步骤S5:根据计算出的火灾风险系数、明火风险系数和预测燃烧系数计算此次火灾的风险等级系数,评估此次火灾的风险等级,生成火灾报警信号。

[0018] 进一步地,步骤S2包括:

[0019] 步骤S21:根据子电池模块的尺寸将红外热成像图拆分成若干温度评估区域,每个温度评估区域对应一个子电池模块,将红外热成像图进行灰度化处理,得到热成像灰度图;

[0020] 步骤S22:设置热成像灰度图中表征火灾风险的像素灰度值的阈值 $H_{\text{阈值}}$,获取热成像灰度图中每个温度评估区域内像素的灰度值,计算子电池模块的火灾风险系数 f_1 ;

$$f_1 = \alpha_1 \sum_{i=1}^n \frac{h_i - H_{\text{阈值}}}{H_{\text{阈值}}} + \alpha_2 \cdot \frac{m}{n}$$

$$[0021] \begin{cases} (h_i - H_{\text{阈值}}) \geq 0 \Rightarrow (h_i - H_{\text{阈值}}) \\ (h_i - H_{\text{阈值}}) < 0 \Rightarrow 0 \end{cases};$$

$$\begin{cases} (h_i - H_{\text{阈值}}) \geq 0 \Rightarrow m + 1 \\ (h_i - H_{\text{阈值}}) < 0 \Rightarrow m + 0 \end{cases}$$

[0022] 其中, n 为温度评估区域内像素的数量, h_i 为个温度评估区域内第 i 个像素的灰度值, m 为温度评估区域内灰度值超过阈值 $H_{\text{阈值}}$ 的像素数量, α_1 、 α_2 分别为对应的权重系数,且 $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$;

[0023] 步骤S23:设置火灾报警系数 f' ;若 $f_1 > f'$,则判定温度评估区域对应的子电池模块有火灾风险,执行步骤S24;否则,则判定温度评估区域对应的子电池模块无火灾风险;

[0024] 步骤S24:重复步骤S22-S23,以判定有火灾风险的子电池模块所在的温度评估区域为中心,计算其相邻的温度评估区域对应的火灾风险系数,筛选出相邻的具有火灾风险的子电池模块;

[0025] 步骤S25:直到筛选出所有具有火灾风险的子电池模块后,根据温度评估区域的面积 s 计算火灾风险的面积 S : $S = M \cdot s$;其中, M 为红外热成像图中包含的具有火灾风险的子电池模块对应的温度评估区域的数量。

[0026] 进一步地,步骤S3包括:

[0027] 步骤S31:根据视频采集模块采集的视频数据,并提取当前与红外热成像图相同视角的帧图片,将帧图片进行灰度化处理,设置子电池模块燃烧时产生的火焰颜色灰度化后的灰度值范围(H_1, H_2);

[0028] 步骤S32:提取灰度化处理后的帧图片中与所有具有火灾风险的子电池模块对应的图片区域,作为火焰评估区域,根据火焰评估区域内像素的灰度值计算明火风险系数 f_2 ;

$$f_2 = \frac{u}{n}$$

[0029] $H_1 < h'_i < H_2 \Rightarrow u + 1$;

$$H_1 \geq h'_i \Rightarrow u + 0$$

$$h' \geq H_2 \Rightarrow u + 0$$

[0030] 其中, h'_i 为火焰评估区域中第*i*个像素的灰度值, u 为火焰评估区域中火焰像素的数量;

[0031] 步骤S33:设置明火风险系数的阈值 $f_{\text{阈值}}$;

[0032] 若 $f_2 > f_{\text{阈值}}$,则火焰评估区域存在火焰;在火灾监控三维模型上将对应的子电池模块区域标记为红色,提示产生燃烧的子电池模块位置;

[0033] 若 $f_2 \leq f_{\text{阈值}}$,则火焰评估区域不存在火焰,在火灾监控三维模型上对应的子电池模块区域标记为黄色,提示火灾风险的子电池模块位置,执行步骤S4。

[0034] 进一步地,步骤S4具体为:

[0035] 获取不存在火焰的火焰评估区域,根据不存在火焰的火焰评估区域在对应的红外热成像图上的温度值,计算不存在火焰的火焰评估区域对应的子电池模块的预测燃烧系数 y ;

$$[0036] \quad y = \frac{m' \Delta K \exp\left(-\frac{E}{RT_{\max}}\right) - Q}{Q};$$

[0037] 其中, Q 为子电池模块正常工作时的产热效率, m' 为子电池模块的质量, ΔK 为子电池模块的反应热, E 为子电池模块反应的活化能, R 为子电池模块的温度波动系数, T_{\max} 为不存在火焰的火焰评估区域上的最大温度值。

[0038] 进一步地,步骤S5包括:

[0039] 步骤S51:根据计算出的所有具有火灾风险的子电池模块的火灾风险系数、明火风险系数和预测燃烧系数计算此次火灾的风险等级系数 D ;

$$[0040] \quad D = \partial_1 \exp\left[\sum_{e=1}^E (f_1^e - f')\right] + \partial_2 \exp\left[\sum_{w=1}^W (f_2^w - f_{\text{阈值}})\right] + \partial_3 \exp\left[\sum_{x=1}^{E-W} y^x\right];$$

[0041] 其中, e 为具有火灾风险的子电池模块编号, E 为具有火灾风险的子电池模块数量, f_1^e 为第*e*个具有火灾风险的子电池模块的火灾风险系数, w 为存在火焰的子电池模块的编

号, f_2^w 为第 w 个存在火焰的子电池模块的明火风险系数, w 为存在火焰的子电池模块数量, x 为不存在火焰的火焰评估区域对应的子电池模块的编号, y^x 为第 x 个不存在火焰的火焰评估区域对应的子电池模块的预测燃烧系数, ∂_1 、 ∂_2 、 ∂_3 分别为对应的权重系数, 且 $\partial_1 + \partial_2 + \partial_3 = 1$;

[0042] 步骤S52: 设置评估火灾等级的系数阈值 $D_{\text{阈值}}$; 若 $D \geq D_{\text{阈值}}$, 则生成高级火灾报警信号发送给火灾报警系统, 若 $D < D_{\text{阈值}}$, 则生成中级火灾报警信号发送给火灾报警系统。

[0043] 本发明的有益效果为: 本发明通过集成红外温度监测、气体监测、烟雾监测和视频监测来综合对储能电站内的火灾进行监控, 并能对采集的多种数据进行综合分析, 实现对火灾信息/火灾警情的分类, 以及实现对电池舱室内部火灾发生位置的定位, 方便工作人员及时作出应对。火灾监控以储能电站内每个电池舱室为监控单元, 以电池舱室内每个子电池模块为监测对象, 可实现高精度、灵敏的火灾报警反应, 极大的提升了储能电站内火灾警情报警的可靠性, 实现了对储能电站火灾风险的早期监测、及时预警和快速响应。

附图说明

[0044] 图1为用于储能电站的火灾报警控制系统的原理框图。

[0045] 图2为红外热成像图与热图像内的区域划分示意图。

具体实施方式

[0046] 下面对本发明的具体实施方式进行描述, 以便于本技术领域的技术人员理解本发明, 但应该清楚, 本发明不限于具体实施方式的范围, 对本技术领域的普通技术人员来讲, 只要各种变化在所附的权利要求限定和确定的本发明的精神和范围内, 这些变化是显而易见的, 一切利用本发明构思的发明创造均在保护之列。

[0047] 如图1所示, 一种用于储能电站的火灾报警控制系统, 包括安装在储能电站的电池舱室内的火灾监控系统、火灾信息处理系统和火灾报警系统。

[0048] 火灾监控系统包括安装在电池舱室的散热窗上的烟雾传感器、火灾气体传感器、红外热成像仪、视频采集模块、数据处理模块、电源模块和数据传输模块; 电池舱室的散热窗上会进行内部散热, 空气的流动会带动烟雾、气体经过散热窗, 所以烟雾、气体的检测更加精准, 不会出现检测死角。

[0049] 红外热成像仪安装在电池舱室四周, 用于监测电池舱室内四周子电池模块的温度, 形成红外热成像图数据, 视频采集模块用于采集电池舱室内与红外热成像图数据视角相同的视频数据。

[0050] 烟雾传感器用于检测电池舱室内的烟雾浓度, 火灾气体传感器用于检测电池舱室内火灾气体标志物浓度, 储能电池一般都是电化学电池, 在燃烧过程中会产生特殊的气体, 例如锂电池燃烧会产生一氧化碳、二氧化碳、甲烷以及氟化碳等气体。根据烟雾浓度或火灾气体标志物浓度的监测, 可用于是否发生火灾的评估。

[0051] 数据处理模块用于对采集的烟雾浓度、火灾气体标志物浓度、红外热成像图数据

和视频数据进行处理和汇总,通过数据传输模块传输给火灾信息处理系统;电源模块接电池舱室之外的电源,与电池舱室内的子电池模块形成并联,且电源模块为火灾监控系统提供电源,避免当电池舱室内发生火灾断电时整个系统失效。

[0052] 火灾信息处理系统包括数据分析模块和监控终端,通过对烟雾浓度、火灾气体标志物浓度、红外热成像图数据和视频数据进行分析,生成火灾报警信号发送给火灾报警系统;监控终端用于显示数据分析模块分析出的火灾报警信号,以及包括监测的各类数据;

[0053] 火灾报警系统根据火灾报警信号生成报警信息发送给储能电站内的报警模块,执行报警动作,例如根据高级火灾报警信号执行紧急火灾报警,根据中级火灾报警信号执行一般火灾报警。

[0054] 一种用于储能电站的火灾报警控制方法,应用于上述的一种用于储能电站的火灾报警控制系统,包括:

[0055] 步骤S1:以电池舱室为火灾监控单元,根据电池舱室的尺寸参数构建火灾监控三维模型,并显示在火灾信息处理系统的监控终端上,通过后续对子电池模块的火灾风险标记,方便工作人员直观的获取风险位置,及时进行处理或排查;红外热成像仪获取电池舱室内子电池模块四个面的红外热成像图数据,从四个面均能实现火灾监控,不会出现监控死角。

[0056] 电池舱室内通过若干的子电池模块堆叠而成,子电池模块之间通过串联或并联的形式连接,通过对子电池模块形成的堆叠面进行温度和视频数据分析,实现火灾监测,也可实现对火灾风险位置以及火灾发生位置进行定位,精确到单个子电池模块。

[0057] 步骤S2:根据红外热成像图数据对红外热成像图进行分析,计算子电池模块的火灾风险系数,并筛选有火灾风险和无火灾风险的子电池模块。步骤S2具体包括:

[0058] 步骤S21:根据子电池模块的尺寸将红外热成像图拆分成若干温度评估区域,每个温度评估区域对应一个子电池模块,将红外热成像图进行灰度化处理,得到热成像灰度图;

[0059] 步骤S22:设置热成像灰度图中表征火灾风险的像素灰度值的阈值 $H_{\text{阈值}}$,获取热成像灰度图中每个温度评估区域内像素的灰度值,计算子电池模块的火灾风险系数 f_1 ;

$$f_1 = \alpha_1 \sum_{i=1}^n \frac{h_i - H_{\text{阈值}}}{H_{\text{阈值}}} + \alpha_2 \cdot \frac{m}{n}$$

$$[0060] \quad \begin{cases} (h_i - H_{\text{阈值}}) \geq 0 \Rightarrow (h_i - H_{\text{阈值}}) \\ (h_i - H_{\text{阈值}}) < 0 \Rightarrow 0 \end{cases};$$

$$\begin{cases} (h_i - H_{\text{阈值}}) \geq 0 \Rightarrow m + 1 \\ (h_i - H_{\text{阈值}}) < 0 \Rightarrow m + 0 \end{cases}$$

[0061] 其中, n 为温度评估区域内像素的数量, h_i 为个温度评估区域内第 i 个像素的灰度值, m 为温度评估区域内灰度值超过阈值 $H_{\text{阈值}}$ 的像素数量, m 的初始值为0, α_1 、 α_2 分别为对应的权重系数,且 $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$;火灾风险系数 f_1 表示子电池模块发热的情况,火灾风险系数 f_1 越大子电池模块发热越厉害。

[0062] 步骤S23:设置火灾报警系数 f' ;若 $f_1 > f'$,则判定温度评估区域对应的子电池

模块有火灾风险,执行步骤S24;否则,则判定温度评估区域对应的子电池模块无火灾风险;

[0063] 步骤S24:重复步骤S22-S23,以判定有火灾风险的子电池模块所在的温度评估区域为中心,计算其相邻的温度评估区域对应的火灾风险系数,筛选出相邻的具有火灾风险的子电池模块;

[0064] 步骤S25:直到筛选出所有具有火灾风险的子电池模块后,根据温度评估区域的面积 s 计算火灾风险的面积 S : $S = M \cdot s$;其中, M 为红外热成像图中包含的具有火灾风险的子电池模块对应的温度评估区域的数量。火灾风险的面积 S 表示了子电池模块有着火风险的区域面积,面积越大火灾风险等级越高。

[0065] 步骤S3:根据视频采集模块采集的视频数据,并提取当前与红外热成像图相同视角的帧图片,帧图片与红外热成像图的区域划分相同,如图2所示,根据帧图片分析计算具有火灾风险的子电池模块的明火风险系数,并在监控三维模型上对具有火灾风险的子电池模块是否产生燃烧进行标记;

[0066] 步骤S3具体包括:

[0067] 步骤S31:根据视频采集模块采集的视频数据,并提取当前与红外热成像图相同视角的帧图片,将帧图片进行灰度化处理,设置子电池模块燃烧时产生的火焰颜色灰度化后的灰度值范围(H_1, H_2);

[0068] 步骤S32:提取灰度化处理后的帧图片中与所有具有火灾风险的子电池模块对应的图片区域,作为火焰评估区域,根据火焰评估区域内像素的灰度值计算明火风险系数 f_2 ;

$$f_2 = \frac{u}{n}$$

[0069] $H_1 < h'_i < H_2 \Rightarrow u + 1$;

$$H_1 \geq h'_i \Rightarrow u + 0$$

$$h' \geq H_2 \Rightarrow u + 0$$

[0070] 其中, h'_i 为火焰评估区域中第 i 个像素的灰度值, u 为火焰评估区域中火焰像素的数量, u 的初始值为0;

[0071] 步骤S33:设置明火风险系数的阈值 $f_{\text{阈值}}$;

[0072] 若 $f_2 > f_{\text{阈值}}$,则火焰评估区域存在火焰;在火灾监控三维模型上将对应的子电池模块区域标记为红色,提示产生燃烧的子电池模块在电池舱室内的位置;

[0073] 若 $f_2 \leq f_{\text{阈值}}$,则火焰评估区域不存在火焰,在火灾监控三维模型上对应的子电池模块区域标记为黄色,提示火灾风险的子电池模块在电池舱室内的位置,执行步骤S4。

[0074] 步骤S4:计算不存在火焰的子电池模块的预测燃烧系数。步骤S4具体为:

[0075] 获取不存在火焰的火焰评估区域,根据不存在火焰的火焰评估区域在对应的红外热成像图上的温度值,计算不存在火焰的火焰评估区域对应的子电池模块的预测燃烧系数 y ;

$$[0076] \quad y = \frac{m' \Delta K \exp\left(-\frac{E}{RT_{\max}}\right) - Q}{Q};$$

[0077] 其中, Q 为子电池模块正常工作时的产热效率, m' 为子电池模块的质量, ΔK 为子电池模块的反应热, E 为子电池模块反应的活化能, R 为子电池模块的温度波动系数, T_{\max} 为不存在火焰的火焰评估区域上的最大温度值, 预测燃烧系数 y 表示子电池模在发热过程中即将燃烧的能力, 值越大越容易燃烧。

[0078] 步骤S5: 根据计算出的火灾风险系数、明火风险系数和预测燃烧系数计算此次火灾的风险等级系数, 评估此次火灾的风险等级, 生成火灾报警信号。

[0079] 步骤S5具体包括:

[0080] 步骤S51: 根据计算出的所有具有火灾风险的子电池模块的火灾风险系数、明火风险系数和预测燃烧系数计算此次火灾的风险等级系数 D ;

$$[0081] \quad D = \partial_1 \exp\left[\sum_{e=1}^E (f_1^e - f')\right] + \partial_2 \exp\left[\sum_{w=1}^W (f_2^w - f_{\text{阈值}})\right] + \partial_3 \exp\left[\sum_{x=1}^{E-W} y^x\right];$$

[0082] 其中, e 为具有火灾风险的子电池模块编号, E 为具有火灾风险的子电池模块数量, f_1^e 为第 e 个具有火灾风险的子电池模块的火灾风险系数, w 为存在火焰的子电池模块的编号, f_2^w 为第 w 个存在火焰的子电池模块的明火风险系数, W 为存在火焰的子电池模块数量, x 为不存在火焰的火焰评估区域对应的子电池模块的编号, y^x 为第 x 个不存在火焰的火焰评估区域对应的子电池模块的预测燃烧系数, ∂_1 、 ∂_2 、 ∂_3 分别为对应的权重系数, 且 $\partial_1 + \partial_2 + \partial_3 = 1$;

[0083] 步骤S52: 设置评估火灾等级的系数阈值 $D_{\text{阈值}}$; 若 $D \geq D_{\text{阈值}}$, 则生成高级火灾报警信号发送给火灾报警系统, 若 $D < D_{\text{阈值}}$, 则生成中级火灾报警信号发送给火灾报警系统。

[0084] 本发明通过集成红外温度监测、气体监测、烟雾监测和视频监测来综合对储能电站内的火灾进行监控, 并能对采集的多种数据进行综合分析, 实现对火灾信息/火灾警情的分类, 以及实现对电池舱室内部火灾发生位置的定位, 方便工作人员及时作出应对。火灾监控以储能电站内每个电池舱室为监控单元, 以电池舱室内每个子电池模块为监测对象, 可实现高精度、灵敏的火灾报警反应, 极大的提升了储能电站内火灾警情报警的可靠性, 实现了对储能电站火灾风险的早期监测、及时预警和快速响应。

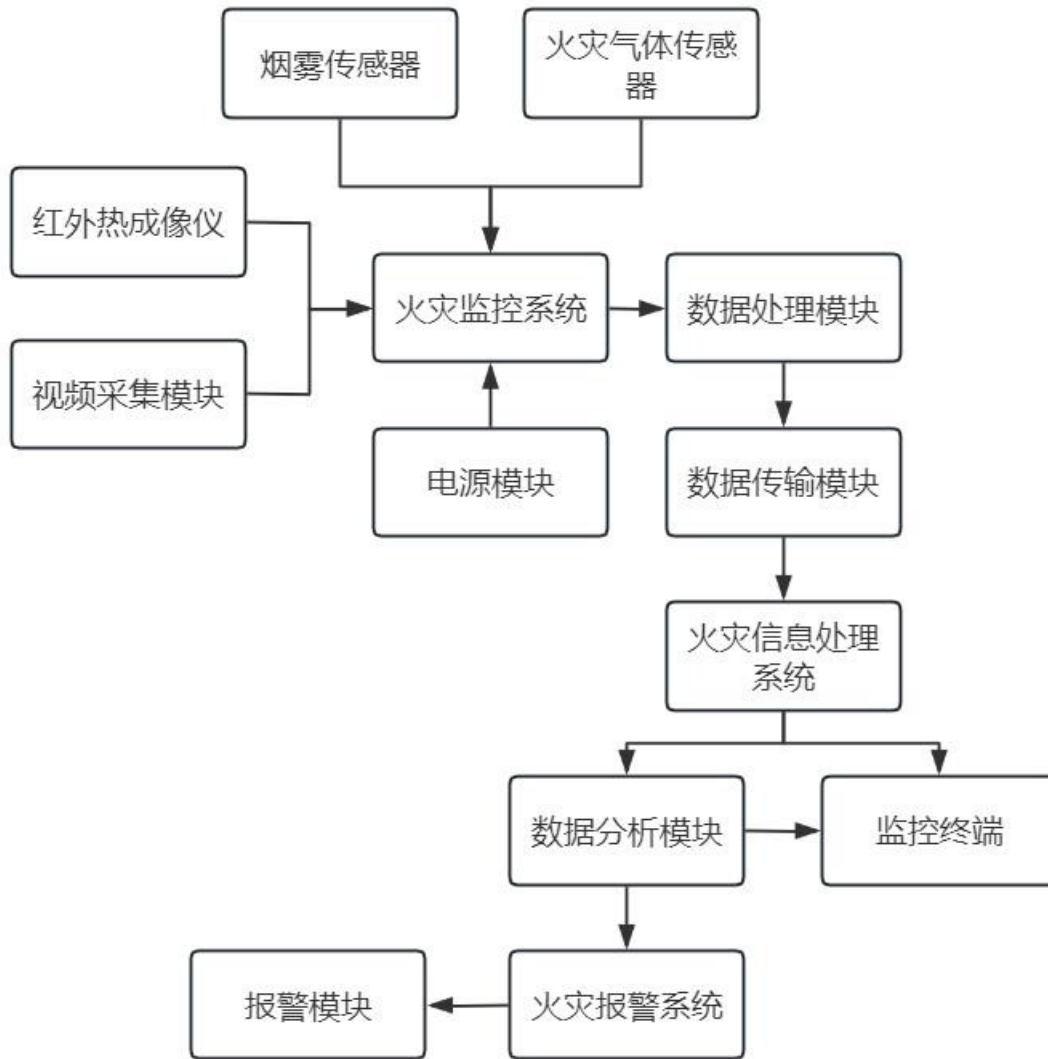


图1

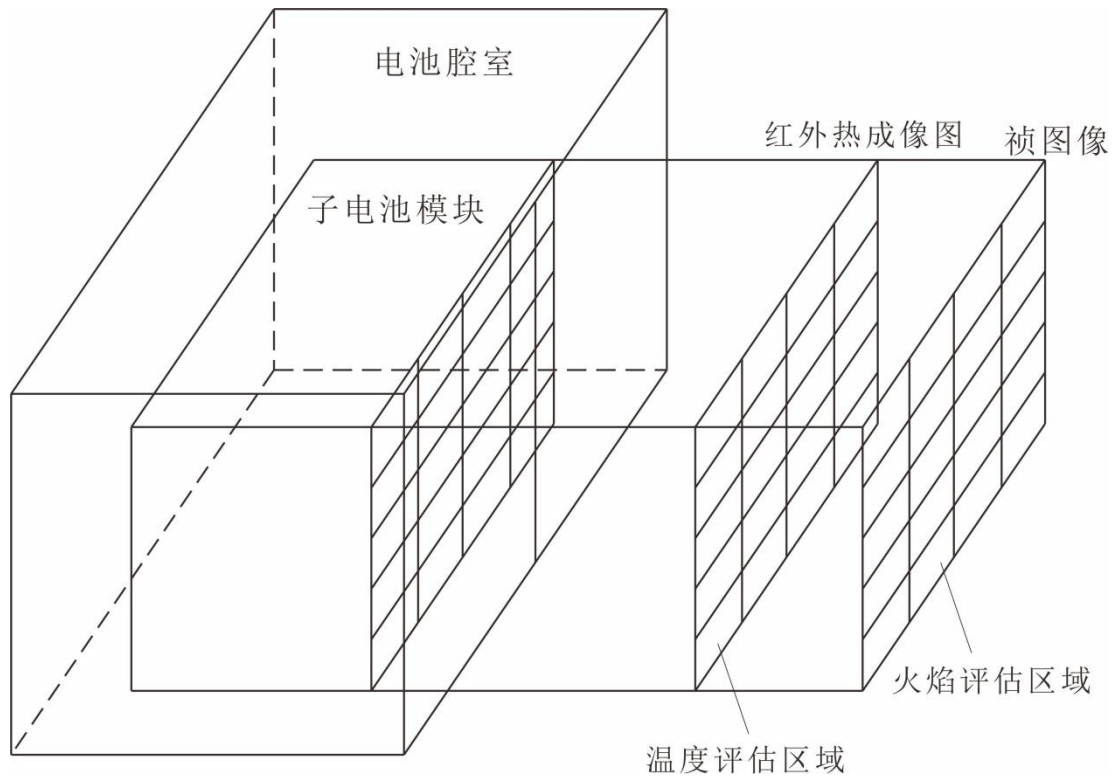


图2