ICS 35.240.50
CCS L 04

T/CS

团 体 标 准

T/CS 498—2026

仓储锂电池用扫描图像数据分析方法

Data analysis method for scanned images of warehouse-stored lithium batteries

2026－07－31 发布 2026－07－31 实施

中国商品学会 发 布

目　　次

前言 II
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　分析原理 1
5　分析流程 2

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由南京常格科技发展有限公司提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：南京常格科技发展有限公司、南京科技职业学院、南京工业大学、中鼎智能（无锡）科技股份有限公司。

本文件主要起草人：王礼正、张巍、蒋军成、丁晟。

仓储锂电池用扫描图像数据分析方法

1 范围

本文件规定了仓储锂电池用扫描图像数据分析的分析原理和分析流程。

本文件适用于仓储锂电池用扫描图像数据分析。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

微热异常 micro-thermal anomaly

锂电池在整体温升未超过设定阈值 T1 时，其表面出现的局部区域温升速率或温度梯度超过设定阈值 T2 的热结构异常现象。

3.2

空间关联权重 spatial correlation weight

用于量化电池间热失控风险传递程度的权重系数。

注：空间关联权重通常随距离增大而衰减。

3.3

热斑 hot spot

锂电池表面温度明显高于周围区域的局部区域。

3.4

温度梯度幅值 magnitude of temperature gradient

锂电池表面温度在空间方向上变化率的大小。

注：温度梯度幅值表征锂电池局部温度差异的剧烈程度。

3.5

温度方差 temperature variance

锂电池目标区域内温度分布离散程度的度量。

注：温度方差表征锂电池温度分布的不均匀性。

3.6

热斑面积比值 hot spot area ratio

锂电池表面热斑区域面积与该电池总表面面积之比。

注：热斑面积比值表征锂电池热斑的相对规模。

3.7

风险评分 risk score

综合反映单体锂电池微热结构异常程度及其演化趋势的量化指标。

3.8

群体异常风险评估结果 group anomaly risk assessment result

基于单体电池风险评分及电池间空间关联权重，综合计算得到的货架群体性风险量化值。

4 分析原理

4.1 总则

基于非接触式红外温度扫描成像技术，通过获取锂电池表面的温度分布图像，提取微热异常特征，并结合时序分析与空间关联分析，识别电池整体温升前的局部、缓变热结构异常，实现锂电池安全状态的超早期预警。

4.2 技术原理

4.2.1 环境热场建模与剥离

通过将仓储环境温度建模为空间连续变化的环境热场，从扫描图像中选取非电池区域作为环境参考，拟合环境热场函数，并对电池目标区域执行环境温度剥离，抑制环境温度波动对单体电池热状态监测的干扰。

4.2.2 微热异常特征提取

针对预处理后的相对温度分布图像，提取表征早期内部异常的物理特征。

4.2.3 时序演化分析

对同一电池的微热异常特征构建时间序列，计算特征变化率；通过加权融合判断特征是否呈现持续增强的演化趋势，构建温度异常演化模型，实现从静态异常检测到动态趋势预警的跨越。

4.2.4 空间关联风险评估

分析热失控风险在物理空间上的传递性与聚集性，引入空间关联分析；基于单体电池的风险评分，结合电池间的空间距离构建空间关联权重，遵循距离衰减规律，综合评估货架的群体性风险水平，并识别风险聚集区。

5 分析流程

5.1 概述

仓储锂电池用扫描图像数据分析流程包括扫描成像、预处理、特征提取、时序分析、空间关联分析、结果输出，流程图见图 1。

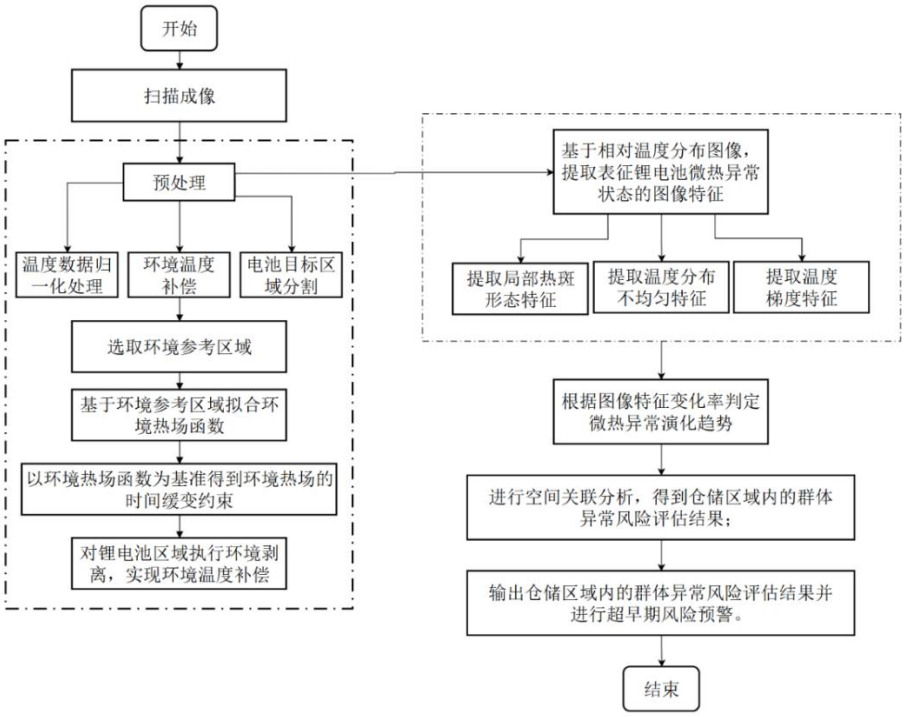


图 1 仓储锂电池用扫描图像数据分析流程图

5.2 扫描成像

存储于仓库内的锂电池扫描应采用非接触式温度扫描成像技术，应获取包含时间戳和空间位置信息的温度扫描图像数据。非接触式温度扫描成像包括通过红外成像设备进行周期性扫描或连续扫描，并将每一帧扫描图像与对应的采集时间及锂电池仓储位置信息绑定。

5.3 预处理

对温度扫描图像数据应预处理，获得对应于单体锂电池的相对温度分布图像。预处理应按下列步骤执行：

a) 环境温度补偿：基于同一扫描图像中非电池区域的温度信息，构建环境温度基准模型，并将该模型从锂电池目标区域的温度数据中消除；
b) 电池目标区域分割：按锂电池在扫描图像中的几何结构特征和预设仓储布局信息，对单体锂电池对应的图像区域自动识别与分割；
c) 温度数据归一化处理：归一化处理应采用 Max-Min 或 Z-score 方法。

5.4 特征提取

特征提取应基于相对温度分布图像，提取表征锂电池微热异常状态的图像特征。下列微热异常特征应表征尚未出现整体温度超限但已发生局部热结构变化的锂电池状态：

a) 温度梯度特征：包括锂电池目标区域内的温度梯度幅值；
b) 温度分布不均匀特征：包括温度方差；
c) 局部热斑形态特征：包括热斑面积比值。

5.5 时序分析

5.5.1 构建时间序列

同一锂电池在不同时刻获取的图像特征应构成时间序列，表征为：$F(t)$=[$G_{mean}(t)$，V_t，$A_{hot}(t)$]。

注：其中，$G_{mean}(t)$表示锂电池在周期扫描点 t 时的平均温度梯度幅值；V_t 表示锂电池在周期扫描点 t 时的温度方差；$A_{hot}(t)$表示锂电池在周期扫描点 t 时的热斑面积比值；t 表示周期性扫描的时间标识。

5.5.2 图像特征变化率

图像特征变化率应基于时间序列 $F(t)$，按公式（1）计算：

$$\Delta F(t) = F(t) - F(t-\Delta t) \cdots\cdots (1)$$

式中：

$\Delta F(t)$——图像特征变化率；

$F(t)$——时间序列；

t——周期性扫描的时间标识；

Δt——扫描周期。

5.5.3 判定

当满足 $\sum_k w_k \Delta F_k(t) > \eta$ 时，应判定为微热异常演化趋势。

注：其中，w_k 表示第 k 个特征的权重，$\sum w_k$=1；$\Delta F_k(t)$ 表示第 k 个特征的图像特征变化率；η 表示预设的演化判定阈值。

5.6 空间关联分析

5.6.1 微热结构异常得分

对判定为微热异常演化趋势的锂电池，微热结构异常得分应以归一化的平均温度梯度幅值 $G_{mean}(t)'$、温度方差 V_t'和热斑面积比值 $A_{hot}(t)'$为基底，按公式（2）计算：

$$S_1 = \frac{1}{Z_1}(a_1 \times G_{mean}(t)' + a_2 * V_t' + a_3 \times A_{hot}(t)') \cdots\cdots (1)$$

式中：

S_1——微热结构异常得分，$S_1 \in [0,1]$；
Z_1——微热结构异常得分的归一化因子；
a_1、a_2、a_3——对应结构特征的得分权重。

5.6.2 异常演化趋势得分

异常演化趋势得分应基于图像特征变化率 $\Delta F(t)$，按公式（3）计算：

$$S_2 = \frac{1}{Z_2}\sum_k w_k \times max\left(0, \frac{\Delta F_k(t)}{\Delta t}\right) \cdots\cdots (1)$$

式中：
S_2——异常演化趋势得分，$S_2 \in [0,1]$；
Z_2——异常演化趋势得分的归一化因子；
w_k——同 5.5.3；
$\Delta F_k(t)$——同 5.5.3；
Δt——同式（1）。

5.6.3 风险评分

单锂电池风险评分应基于锂电池的微热结构异常得分 S_1 和异常演化趋势得分 S_2，按公式（4）计算：

$$S = \alpha * S_1 + \beta \times S_2 \cdots\cdots (1)$$

式中：
S——单锂电池风险评分；
α——微热结构异常得分的权重因子；
β——异常演化趋势得分的权重因子，α+β=1。

5.6.4 构建空间关联权重

仓库内任两个不同锂电池 u 和 v，空间关联权重应按公式（5）计算：

$$w_{uv} = exp\left(-\frac{d_{uv}}{\lambda}\right) \cdots\cdots (1)$$

式中：
w_{uv}——空间关联权重；
d_{uv}——两个锂电池间的空间距离；
λ——空间衰减系数。

5.6.5 群体异常风险评估结果

仓库内任一区域的群体异常风险评估结果应基于单锂电池的风险评分 S 和空间关联权重 w_{uv}，按公式（6）计算：

$$R = \sum_u \sum_v w_{uv} \times S_u \cdots\cdots (1)$$

式中：
R——仓库内任一区域的群体异常风险评估结果；
w_{uv}——同式（5）；
S_u——锂电池 u 的风险评分。

5.7 结果输出

仓储区域内群体异常风险应输出评估结果并进行超早期风险预警。超早期风险预警信息用于触发对目标区域锂电池的复检、隔离、降温或转移等处置措施。