

# T/CASME

中国中小商业企业协会团体标准

T/CASME XXXX—2023

## 锂离子圆柱电池模组焊接质量检测技术规范

Technical specification for welding quality inspection of lithium ion cylindrical  
battery modules

征求意见稿

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2023 – XX – XX 发布

2023 – XX – XX 实施

中国中小商业企业协会 发布

## 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。

本文件由武汉逸飞激光股份有限公司提出。

本文件由中国中小商业企业协会归口。

本文件起草单位：武汉逸飞激光股份有限公司、武汉大雁软件有限公司、武汉逸飞科技有限公司、武汉逸飞激光智能装备有限公司、江苏逸飞激光设备有限公司。

本文件主要起草人：××××

# 锂离子圆柱电池模组焊接质量检测技术规范

## 1 范围

本文件规定了锂离子圆柱电池模组焊接的焊接装备要求、焊接技术要求、焊接质量检测方法、焊接质量检测要求。

本文件适用于锂离子圆柱电池模组生产企业在模组焊接过程中的质量检测。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 226 钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法
- GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划
- GB/T 26955 金属材料焊缝破坏性试验 焊缝宏观和微观检验

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 锂离子圆柱电池

依靠锂离子在正极和负极之间移动实现化学能与电能相互转化的圆柱形装置。通常包括电极、隔膜、电解质、容器和端子等，并被设计成可充电。

### 3.2

#### 焊接

以加热、高温或者高压的方式接合金属或其他热塑性材料如塑料的制造工艺及技术。可分为超声波焊接与激光焊接。

### 3.3

#### 焊接质量

焊接产品符合设计技术要求的程度。焊接质量不仅影响焊接产品的使用性能和寿命，更重要的是影响人身和财产安全。

### 3.4

#### 焊接质量检测

指焊接完成后对焊接效果的分析评价，可分为外观检测和电性能检测。

### 3.5

#### 直流内阻测试

对电池模组进行一组大倍率直流脉冲循环测试，通过计算直流内阻和直流内阻极差判断焊点接触电阻是否异常，从而评估焊接质量的方法。

### 3.6

#### 金相检验

通过采用定量金相学原理，运用二维金相试样磨面或薄膜的金相显微组织的测量和计算来确定合金组织的三维空间形貌，从而建立合金成分、组织和性能间的定量关系。

## 4 焊接设备要求

### 4.1 主要技术参数

焊接线、焊接站应符合下列技术参数：

- 整线效率不小于 25 PPM;
- 单台设备稼动率不小于 80 %;
- 模组焊接合格率不小于 99 % (按电芯计算);
- 连接铝排剪切拉力不小于 600 N;
- 采集片焊接垂直拉力不小于 80 N;
- 焊接过程无虚焊、漏焊、炸点等情况。

## 4.2 主要构成

### 4.2.1 激光运动系统

激光运动机构应采用 6 轴机械手。

### 4.2.2 焊接压紧工装

- 4.2.2.1 模组定位后, 应采用独立压头自动压紧模组汇流排。
- 4.2.2.2 每个极柱上压头应具备独立运动压紧, 满足极柱高度尺寸误差要求。
- 4.2.2.3 压紧运动机构在模组上方, 压头应采用独立气缸压紧, 压力大小可调, 保证 BUSBAR 与模组尽可能平整贴合。
- 4.2.2.4 压头应采用铜合金材料可有效提高压头使用寿命。

### 4.2.3 视觉检测系统

- 4.2.3.1 视觉检测系统主要由相机、镜头、光源、光源控制器、视觉控制卡与软件等组成。
- 4.2.3.2 视觉检测系统应针对模组定义对应的参考点特征进行拍照位置测量, 结合模组理论尺寸数据, 自动进行全部极柱 XY 坐标计算与补偿。
- 4.2.3.3 应具备实现电池组内电池位置偏差的数据采集、数据处理、自动补偿定位的功能。
- 4.2.3.4 应具备快速拍照寻址的功能, 减少激光空闲等待时间。
- 4.2.3.5 压紧工装极柱应可移动, 兼容不同长度模组尺寸。

### 4.2.4 自动激光焦距跟踪系统

自动激光测距系统可完成单个极柱高度测量, 以测量极柱与激光头间距离。测量值超出定义范围应能够报警提示。

### 4.2.5 焊接保护系统

- 4.2.5.1 设备应配置惰性气体保护装置, 以防止焊接氧化, 提高焊接品质与合格率。
- 4.2.5.2 应采用同轴或工装板上吹保护气, 保护吹气部件应满足产品焊接焦距不与产品工装干涉。
- 4.2.5.3 应由电磁阀自动或手动控制开关。

### 4.2.6 激光单元

激光单元主要由激光器、水冷机、光纤、激光焊接头、烟尘净化系统组成。

## 5 焊接技术要求

### 5.1 焊接流程

- 5.1.1 焊接前, 焊接站定位机构应对模组进行定位。
- 5.1.2 视觉测距系统应具备位置自动补偿功能。
- 5.1.3 激光焊接应满足模组焊接长度最长尺寸 1400×1400 mm。
- 5.1.4 焊接站应能实时监控焊接功率, 并具备报警功能及焊接激光同轴监视功能。
- 5.1.5 焊接关键工艺数据应与产品码绑定存储到数据库中。
- 5.1.6 焊接关键工艺数据包括焊接功率、焊接速率、焊接焦距等。
- 5.1.7 激光焊接时应保持一定的焊接速度, 避免过度加热和变形。
- 5.1.8 应考虑锂电池的使用环境 and 应用需求等因素, 来确定引线的材料和直径。

5.2 质检过程要求

- 5.2.1 质检人员应监督焊接操作人员是否遵守焊接操作规程和工艺纪律。
- 5.2.2 质检人员应根据模组焊接作业的特点，每个作业班次至少抽查两个批次。
- 5.2.3 抽样检验方法应按照 GB/T 2828.1 要求进行。
- 5.2.4 检验环境应在 30 W 日光灯下进行。
- 5.2.5 检验结果应如实记录并存档。
- 5.2.6 质检不合格品应按企业控制程序操作并标识。
- 5.2.7 质检信息应及时传递至制造及相关职能部门，如遇有重大或普遍性质量问题要及时报告上级领导。
- 5.2.8 极片检查过程，检查内容应包括无极片金属外漏、无阳极脱模及破损、无阴极边沿毛刺。

5.3 焊接质量要求

- 5.3.1 一次焊接焊点合格率应大于 98 %；模组合合格率应大于 98 %。
- 5.3.2 激光焊接表面应均匀、致密，不应有焊穿、焊瘤、飞溅、过烧等缺陷产生。
- 5.3.3 阴极粘贴绿胶时，不应使用破损的绿胶，绿胶应覆盖和涂膜区交接处以及宽度方向铝箔。
- 5.3.4 焊接时，若产生缺陷应予以修复。
- 5.3.5 采用超声波金属点焊方法，频率应为 20~35 KHz，时间应为 0.3 S。
- 5.3.6 金属超声波焊机应选择适宜的焊接设备及适当的焊接参数。
- 5.3.7 应防止正极铝带过焊，否则易断；应防止正极铝带焊接不牢，否则电池易断电。
- 5.3.8 在确保焊接质量的前提下，焊接质量应满足锂离子圆柱电池模组的使用要求，以及相关部件工作过程中的物理化学性能。
- 5.3.9 焊缝质量应符合下表要求：

表 1 焊缝表面及金相质量要求

| 技术要求                           | 技术指标                             | 技术值                   | 备注                 |
|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------|
| 焊缝表面质量                         | 激光焊接表面应均匀、致密，不应有焊穿、焊瘤、飞溅、过烧等缺陷产生 | 不允许                   | 配合密封粘胶要求           |
| 焊缝界面金相检验<br>确保焊缝在微观区域的质量满足使用要求 | 熔宽                               | 0.20~0.30 mm          |                    |
|                                | 熔深(加余高)                          | 0.17~0.23(±0.15 t) mm |                    |
|                                | 咬边                               | ≤0.01 (0.05 t) mm     |                    |
|                                | 裂纹                               | 不允许                   | 焊缝截面金相检验中不允许       |
|                                | 间隙                               | 不允许                   | 焊缝截面金相检验中小于0.03 mm |
|                                | 气孔                               | 不允许                   | 焊缝截面金相检验中不允许       |

6 焊接质量检测方法

6.1 表面缺陷检测

6.1.1 检测方式

焊缝表面缺陷包括焊缝宽度、下陷深度、变色、孔洞、余高、飞溅、焊偏、裂纹等。焊缝表面缺陷可用3D视觉进行检测，如结构光三维测量、红外热成像视觉检测等方式。

6.1.2 结构光三维测量方法

- 6.1.2.1 结构光视觉检测基于激光三角测量法，由线激光发生器和摄像机共同构成视觉检测系统。
- 6.1.2.2 结构光视觉检测工作原理为：通过线激光发生器投射一束光（黑白相间），打在焊缝表面并投影到平面，焊缝高度使激光条纹发生形变，摄像机捕捉到焊缝表面的变形条纹，然后通过变形算法计算获得焊缝高度形状尺寸等三维数据。
- 6.1.3 红外热成像视觉检测方法

6.1.3.1 红外热成像视觉检测是基于欧姆定律和焦耳定律，不良焊点接触电阻增大导致过流时温升变大的原理进行检测。

6.1.3.2 红外热成像视觉检测采用对电池模组进行大倍率的充电或放电，使用红外热成像工业相机得到电池模组中热量的分布，当某个电池模组的热量分布高于阈值即其余电芯焊点平均温度值，则判定该焊点焊接质量不合格为虚焊。

## 6.2 焊缝缺陷检测

### 6.2.1 充放电电压关系曲线

6.2.1.1 虚焊、间隙、熔宽不足等问题可用充放电电压关系曲线进行检测。

6.2.1.2 可根据电芯充放电过程中的压差和温差表现，采用充放电电压关系曲线法对焊点质量进行判定。

6.2.1.3 充放电电压关系曲线检测方法包括以下步骤：

- 使用充放电设备对电池模组进行充放电测试，得到多串单体电芯的充放电电压时间关系曲线；
- 判断多串单体电芯的电压一致性和压差是否符合标准要求；若符合则证明焊接质量良好，若不符合且某串电芯电压表现出充高放低现象，即某串电芯在充电时电压最高，放电时电压最低。

6.2.1.4 宜将多个模组串联同时进行测试，以提高检测效率。

### 6.2.2 直流内阻测试

6.2.2.1 电芯并联数量较少的模组宜采用直流内阻测试进行检测。

6.2.2.2 直流内阻可反映电池的各电阻和电容的叠加值，当某颗电芯焊点出现虚焊时，可从直流内阻的绝对值和极差判断焊点接触阻值是否异常，从而判定焊接质量是否存在缺陷。

6.2.2.3 直流内阻测试法，并联数量与连接排设计可能对测试结果产生干扰，使检测结果出现误判。

## 6.3 截面显微金相试验

### 6.3.1 金相制备标准

6.3.2 焊缝金相制备及腐蚀方法应按 GB/T 226 进行。

6.3.2.1 焊缝金相观察标准应符合：

- 宏观金相检验应按照 GB/T 26955 进行，用肉眼或低倍放大镜 50 倍以下观察检验宏观检验可能会包括未受影响的母材部分；
- 微观金相检验应按照 GB/T 26955 进行。

6.3.2.2 金属双极板取样，取样位置应均布在模组位置，共计取样 9 个。

## 7 焊接质量检测要求

### 7.1 焊接检测质量分级

根据缺陷性质和数量将焊缝质量分为4级：

- 1 级应无裂纹、未熔合、未焊透和条状夹渣；
- 2 级应无裂纹、未熔合和未焊透；
- 3 级应无裂纹、未熔合及双面焊或加垫板的单面焊缝中的未焊透，不加垫板的单面焊中的未焊透允许长度按条状夹渣长度 3 级评定；
- 4 级焊缝缺陷超过 3 级者。

### 7.2 检验信息要求

检验中应给出下列信息：

- 母材和焊接材料；
- 检验对象；
- 侵蚀剂的名称和组成；

- 表面粗糙度；
- 安全措施；
- 其他附加要求。

7.3 质量检验结果判定

7.3.1 单体焊接检验

- 存在以下情况时，应判定为不合格：
- 焊带沿主栅不平直，表面不光滑、亮泽，如出现虚焊、脱焊、结瘤凸起、焊刺及焊珠飞溅等现象；
  - 正面焊接使用助焊剂时，出现助焊剂印迹；
  - 如出现裂片、崩边、崩角，超出检验规定；
  - 检查发现隐裂；
  - 焊接作业可能造成的电池表面(含栅线)的划伤、划痕超限。

7.3.2 焊串检验

- 7.3.2.1 每组串数和每串片数应符合产品要求。
- 7.3.2.2 存在以下情况时，应判定为不合格：
- 电池串直线度超出母线 0.5 mm；
  - 在同一串长度方向上，片与片间距不均度超过 0.3 mm；
  - 互联焊接，焊带歪斜，超出背极范围；
  - 背极焊接出现脱焊、虚焊、焊瘤、焊刺、焊珠飞溅等现象；
  - 因返工造成焊带局部弯曲，硬化凸起，高度超过 0.3 mm；
  - 作业中造成的裂片、崩边、崩角；
  - 每串正、背两面出现超出要求的沾污、污点，且无法清除。

7.4 检测报告要求

- 焊接检验报告宜包括下列内容：
- 参考检测标准号；
  - 试样的取样位置, 取样方向以及试面；
  - 焊接工艺评定报告，不做工艺评定时，至少应提供母材型号、焊接材料型号及所采用的焊后热处理方法及/或腐蚀方法；
  - 检验面的描述(必要时)；
  - 照片和/或示意图及放大倍数(有要求时)；
  - 焊接质量检测结果及处理建议。
-