



中华人民共和国国家标准

GB/T 47292.4—2026

锂离子电池生产质量管理 第4部分：电池组过程管控与成品测试

Lithium ion battery good manufacturing practice—
Part 4: Battery pack process control and finished product testing

2026-03-31 发布

2027-04-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 通则	2
6 合格率	3
7 设备综合效率	3
8 防呆与追溯	4
8.1 总体要求	4
8.2 防呆	4
8.3 追溯	4
9 技术清洁度	4
10 静电放电防护	5
11 电池单体前加工	5
11.1 印刷	5
11.2 喷码	5
11.3 性能测试	5
11.4 极耳整形和裁切	6
11.5 成组	6
12 激光焊接	6
12.1 总体要求	6
12.2 过程控制	6
12.3 半成品检测	7
13 产品贴附	7
13.1 过程控制	7
13.2 半成品检测	7
14 电池组加工	7
14.1 弯折极耳	7
14.2 注塑	8
14.3 点胶	8
14.4 入壳/合壳	8

14.5	锁螺丝	9
15	电池单体成组	9
15.1	过程控制	9
15.2	半成品检测	9
16	模组入箱	10
17	结构连接	10
17.1	激光焊接	10
17.2	螺栓拧紧	11
17.3	涂贴粘接	12
18	电连接	14
18.1	激光焊接	14
18.2	电气件连接	14
19	成品测试	15
19.1	消费型电池组成品测试	15
19.2	动力及储能型电池组成品测试	16
	参考文献	18

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。

本文件是 GB/T 47292《锂离子电池生产质量管理》的第 4 部分。GB/T 47292 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：总体要求；
- 第 2 部分：电池材料管控；
- 第 3 部分：电池单体过程管控与成品测试；
- 第 4 部分：电池组过程管控与成品测试。

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。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部 and 全国产品缺陷与安全标准化技术委员会 (SAC/TC 463) 共同归口。

本文件起草单位：宁德时代新能源科技股份有限公司、中国电子技术标准化研究院、国家市场监督管理总局缺陷产品召回技术中心、欣旺达电子股份有限公司、东莞新能德科技有限公司、湖南德赛电池有限公司、浙江欣动能源科技有限公司、宁德新能源科技有限公司、中创新航科技集团股份有限公司、厦门海辰储能科技股份有限公司、华为技术有限公司、安克创新科技股份有限公司、合肥国轩高科动力能源有限公司、南京酷科电子科技有限公司、重庆赣锋动力科技有限公司、瑞浦兰钧能源股份有限公司、珠海冠宇电源有限公司金湾分公司、深圳市鑫飞宏电子有限公司、深圳市豪鹏科技股份有限公司、江苏中兴派能电池有限公司、北京海博思创科技股份有限公司、广东能源集团科学技术研究院有限公司、华为终端有限公司、浙江锂威能源科技有限公司、中国质量认证中心有限公司、OPPO 广东移动通信有限公司、北京小米移动软件有限公司、深圳市华宝新能源股份有限公司、深圳市绿联科技股份有限公司、深圳市倍思科技有限公司、四川品胜电子有限公司、深圳市德兰明海新能源股份有限公司、深圳市正浩智造科技有限公司、东莞市奥海科技股份有限公司。

本文件主要起草人：连登伟、李振刚、肖凌云、何鹏林、程聪、刘冉冉、李艳、贺兴、魏敏、胡峰燕、王威、孔祥鹏、郝鹏飞、于晓晴、吕品风、李洋、赵黎明、邹辉、钱昊、杨庆亨、孔令坤、陈春华、师炜、刘建永、吴连峰、陈国锋、吴健飞、王道龙、孙岩、孙文轩、徐丽华、龚永锋、张枫、王权康、钟斌、乔宝库、武行兵、张远杰、杨捷、孙中伟、荣成彧、方浩、赵武、雷健华、杨昂、白中涛、孙思宇。

引 言

锂离子电池是覆盖化学、物理、机械等多学科的产物,其生产制造流程复杂精密,与传统制造业相比,存在生产节奏快、规模化程度高、柔性化需求强等显著差异。随着应用场景的不断拓展,市场对产品质量、一致性及安全性的要求大幅提升。传统制造业“百万级”失效率的六西格玛制造水平已无法满足需求,在动力、储能和消费型电池的大规模工业化生产和应用中,需实现“十亿级”失效率的标准。这对锂离子电池生产质量管理提出了更高要求,为达成上述质量与安全要求,亟需构建完善的锂离子电池生产过程质量管理标准。

GB/T 47292 旨在为锂离子电池生产制造提供管理依据,拟由四个部分构成。

- 第 1 部分:总体要求。目的在于确立锂离子电池生产过程总体框架,并规定质量目标、质量策划、资源要求、关键过程质量控制、防呆及追溯管理、不合格品管理、变更管理要求和产品质量回顾分析。
- 第 2 部分:电池材料管控。目的在于规范锂离子电池生产过程中电池材料质量,并规定电池材料来料接收、检测、仓储等要求。
- 第 3 部分:电池单体过程管控与成品测试。目的在于规范锂离子电池单体质量,并规定防呆与追溯、技术清洁度、极片加工、装配控制及成品测试的要求。
- 第 4 部分:电池组过程管控与成品测试。目的在于规范电池组质量,并规定防呆与追溯、技术清洁度、静电放电防护、电池单体前加工、激光焊接、产品贴附、电池组加工、电池单体成组、模组入箱、结构连接、电连接及成品测试等要求。



锂离子电池生产质量管理

第4部分：电池组过程管控与成品测试

1 范围

本文件规定了锂离子电池组生产过程中的通则、合格率、设备综合效率、防呆与追溯、技术清洁度、静电放电防护、电池单体前加工、激光焊接、产品贴附、电池组加工、电池单体成组、模组入箱、结构连接、电连接、成品测试等要求。

本文件适用于动力型、储能型和消费型锂离子电池组生产企业生产过程质量管理。

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 16895.1 低压电气装置 第1部分：基本原则、一般特性评估和定义

GB/T 16895.3 低压电气装置 第5-54部分：电气设备的选择和安装 接地配置和保护导体

GB/T 34014 汽车动力蓄电池编码规则

GB/T 45565 锂离子电池编码规则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

锂离子电池单体 lithium ion cell

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，并被设计成可充电的装置。

注1：包括电极、隔膜、电解质、容器和端子等。

注2：锂离子电池单体一般也称为“电池单体”。

3.2

锂离子电池组 lithium ion battery

一个或多个电气连接的电池单体或模组构成的具备从外部获得电能并可对外输出电能，且配置有电池管理电路的储能装置。

注1：通常电池管理电路具备过充电、过电流、过放电和/或过热的管理或保护功能，以保障电池的安全性、性能和/或使用寿命。

注2：电池组可装配保护外壳，并设有端子或其他互连装置。

注3：电池组一般也称为“电池包”或“电池系统”。

3.3

电池管理系统 battery management system

一种与电池关联的电子系统，具备过充电、过电流、过放电和过热情况下的电流控制功能，同时可监测和/或管理电池状态、计算二次数据、上报该数据和/或调控电池环境，以保障电池的安全性、性能表现

和/或使用寿命。

注 1: 若电池单体制造商与客户另有约定,过放电切断功能并非强制要求。

注 2: 电池管理系统的功能既能集成于电池组,也能分配至使用该电池的装置中。

注 3: 电池管理系统可拆分设置,部分功能模块位于电池组内,其余部分则部署在使用该电池的装置中。

注 4: 电池管理系统(BMS)有时也被称为电池管理单元(BMU battery management unit)。

[来源:GB 38661—2020,3.3,有修改]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BMS: 电池管理系统(Battery Management System)

CMK: 设备能力指数(Machine Capability Index)

CPK: 过程能力指数(Capability Process Index)

DOE: 试验设计(Design of Experiments)

ESD: 静电放电(Electrostatic Discharge)

LWM: 激光焊接过程光电辐射检测系统(Laser Welding Monitor)

MSA: 测量系统分析(Measurement System Analysis)

OCT: 光学相干断层扫描(Optical Coherence Tomography)

OCV: 开路电压(Open Circuit voltage)

WDD: 焊接缺陷检测(Welding Defects Detection)

%P/T: 测量系统的变异占产品规格公差范围的比例(Percentage of Tolerance)

%GRR: 测量系统变异占总变异的百分比(Percentage of Gage Repeatability and Reproducibility)

5 通则

5.1 按照锂离子电池组生产过程的合格率、设备综合效率、结构连接、电连接、成品测试等,基于行业现有水平划分为限定值(C级)、目标值(B级)和先进值(A级),锂离子电池组生产企业应至少满足C级要求。

5.2 企业应持续对锂离子电池组生产水平(包括但不限于5.1所列指标)进行管控,并对全生产过程关键参数和物料进行系统防呆,实现产品全生命周期的追溯。

5.3 关键检测设备投入使用前通过MSA评估。

5.4 合格率、设备综合效率、过程能力应在产品稳定量产期间进行统计(日产能 \geq 日设计最大产能 \times 70%,或投产60d后)。

5.5 锂离子电池组生产过程的关键指标适用范围见表1。

5.6 其他类型电池组根据工艺选择动力型/储能型项目或消费型项目。

表 1 锂离子电池组生产过程关键指标适用范围

标准章节	动力型/储能型	消费型
6 合格率	●/—	—
7 设备综合效率	●/—	—
8 防呆与追溯	●	●
9 技术清洁度	●	—

表 1 锂离子电池组生产过程关键指标适用范围 (续)

标准章节	动力型/储能型	消费型
10 静电放电防护	●	●
11 电池单体前加工	—	●
12 激光焊接	—	●
13 产品贴附	—	●
14 电池组加工	—	●
15 电池单体成组	●	—
16 模组入箱	●	—
17 结构连接	●	—
18 电连接	●	—
19 成品测试	●	●

注：●表示该条款适用，—表示该条款不适用。若条款正文中有注明不适用，以正文内容为准。

6 合格率

6.1 企业应对各工序的合格率进行监控,关键工序合格率应满足表 2 要求:

- 动力型电池组产品关键工序至少应包含:电池单体成组、模组入箱、结构连接(螺栓连接、涂贴粘接、激光焊接)、电连接(激光焊接、电气件连接)、成品测试的气密检测、电性能检测;
- 合格率宜采用自动化系统实时采集数据,减少人为误差。

表 2 关键工序合格率要求

等级	A 级	B 级	C 级
合格率	≥99.5%	≥99%	≥98.5%

注:合格率为合格品数量与投料数量的比例,满足该工序过程质量控制要求的产品(含复判合格品,不含返工品)判定为最终合格品。

注:关键工序由企业根据产品要求在工艺文件中定义。

6.2 影响产品可靠性和安全性的不良类型不能返工,如:电池单体损伤(不包含轻微划痕或印痕等外观问题)、电池单体焊点焊穿等不能返修。

注:本章适用于动力型锂离子电池企业,储能型、消费型锂离子电池企业根据企业实际情况参考执行。

7 设备综合效率

设备综合效率=(设备利用率×性能效率×总合格率)×100%,是衡量设备在生产过程中综合性能的核心指标,主要用于评估设备的实际产出与理论最大产出的比率。设备利用率和性能效率计算方式如下:

- 设备利用率=实际运行时间/计划运行时间,统计需要明确的计划运行时间和实际运行时间,能够准确记录停机原因;

- b) 性能效率 = 实际产量 / 理论最大产量, 理论最大产量需有文件明确要求; 设备综合效率应满足表 3 要求。

表 3 设备综合效率要求

等级	A 级	B 级	C 级
设备综合效率	≥85%	≥75%	≥65%

注 1: 总合格率为合格品数量与总投入量的比例, 总合格率 = 合格品数量 / 总投入量 100% 或各单工序合格率乘积; 总投入量为合格率 100% 时的理论产出数量。

注 2: 本章适用于动力型锂离子电池企业, 储能型、消费型锂离子电池企业根据企业实际情况参考执行。

8 防呆与追溯

8.1 总体要求

企业应建立防呆、追溯系统, 对所有物料(含电池单体、半成品和成品)及其状态进行标识, 在组成电池组的材料接收到整个生产制造过程中, 防止物料的混淆和误用, 并通过数据存储实现产品全生命周期的可追溯性。为确保防呆、追溯的可靠性, 物料标识码应满足以下要求:

- a) 组成电池组的材料、半成品物料标识码的编码规则按照企业要求明确定义, 所有物料的标识码具有唯一性;
- b) 成品标识码的编码规则满足 GB/T 34014 或 GB/T 45565 等标准编码要求。

8.2 防呆

影响锂离子电池组安全和功能的关键生产工序, 应具备识别和拦截不合格品的功能, 避免不合格品被接收和流出, 防呆系统应满足以下要求:

- a) 各关键工序生产前, 系统通过扫描物料标识码, 自动校验物料状态, 拦截不合格物料, 包括电池单体和半成品物料;
- b) 各关键工序生产过程中, 系统对该工序关键的过程控制参数、过程检验结果进行检测和判定, 对判定不通过的产品标识不合格代码并拦截。

8.3 追溯

锂离子电池组生产过程应具备产品全生命周期的追溯功能, 追溯系统应满足以下要求。

- a) 追溯信息至少包含生产工厂、生产线和关键工序的生产时间、操作者信息、设备编号、物料信息、过程控制参数规格及实际值(含单位)、过程检测结果等。
- b) 从电池单体、半成品和成品各层级物料(至少包含安全关键物料)的信息追溯。
- c) 关键工序外观视觉检测不良图片类数据保存周期应不小于 3 个月, 数字类数据保存周期满足:
 - 1) 消费型锂离子电池组保存周期不小于 3 年;
 - 2) 动力型、储能型锂离子电池组保存周期不小于产品质保年限或客户要求年限。

9 技术清洁度

动力型、储能型锂离子电池企业应通过相应标准体系进行全面识别和控制, 从产品设计、工艺开发、设备开发到量产放行及电池组材料供应中的异物颗粒风险。满足以下要求:

- a) 应根据产品安全和质量的要求制定合理的异物颗粒规格;

- b) 应定期通过落尘粘纸或颗粒物提取仪器监控产品及环境中的异物颗粒,宜使用显微镜、能量色散 X 射线等分析其尺寸和成分;
- c) 对于可能产生异物颗粒的工序(如焊接等)应具备清洁能力管控措施,可通过衰减测试等方法进行验证。

10 静电放电防护

企业应根据静电敏感物的静电敏感电压或等级,结合自身产品的特点和要求,参照 GB/T 37977.51 制定对应的静电放电控制程序,覆盖静电敏感产品的设计、来料、制造、存储等环节,并采用系统性的 ESD 风险识别和管控方案。静电放电防护满足以下要求:

- a) 应规划静电保护区,策划涉及人、机、料、法、环的 ESD 防护方案;
- b) 应使用防静电包装并定义至产品包装设计方案;
- c) 防静电接地系统涉及的电气装置、接地配置和保护导体符合 GB/T 16895.1 及 GB/T 16895.3 的要求;为避免不同接地系统间相互影响,防静电接地系统根据实际情况独立设计、施工和安装,此时应符合相关标准要求;
- d) 所有人员在处理 ESD 敏感产品时,使用可靠的人体接地方式,宜参照 GB/T 37977.45 制定;
- e) 应对 ESD 管控措施进行符合性验证,并明确验证的频率(如每月、每季度、每年),其测试方法和要求参照锂离子电池生产静电防护要求的相应国家标准、行业标准进行防静电材料性能测试和制程设备、设施的 ESD 防护措施检测,测试记录需保存或上传系统。

11 电池单体前加工

11.1 印刷

印刷过程应满足以下要求:

- a) 合理制定油墨成分配比,合理设置印刷设备和油墨固化设备的参数(如:温度、时间、紫外线照射能量等);
- b) 核对首件印刷内容与设计图纸的一致性,记录印刷参数和固化参数(如:温度、时间、紫外线照射能量等),以及首件检验数据;
- c) 印刷内容清晰可辨,内容、符号、字体、位置和外观符合设计图纸和安规要求。

11.2 喷码

电池单体喷码过程应满足以下要求:

- a) 喷码信息正确,与喷码规格一致,明码字符清晰可辨,暗码扫描后与设计图纸规则一致;
- b) 喷码内容、符号、字体、位置、尺寸和外观符合设计图纸要求;
- c) 暗码易于扫描识别,待组装成电池组后,企业能通过识别暗码查询电池组生产过程中关键工序相关的必要信息;
- d) 喷码系统自动生成二维码或一维码,并能有效防止生成重码。

11.3 性能测试

企业应对电池单体的电性能参数进行 100% 检测,检测设备应定期校准和点检,并进行测量系统分析。测试过程应满足以下要求:

- a) 检测电池单体电性能(开路电压、交流内阻、K 值),管控复测次数,自动判定检测结果,并对不合格品进行拦截;

- b) 测试数据完整记录,并自动上传防呆追溯系统;
- c) 工装寿命自动监控,具备报警提示功能;
- d) 测试仪器仪表精度符合企业和客户要求。

注: K 值是指同一电池单位时间内的静置电压降,即静置电压下降速率。

11.4 极耳整形和裁切

11.4.1 过程控制

为保证电池组半成品、成品尺寸及成品功能和可靠性,极耳裁切过程应满足以下要求:

- a) 裁切基准与设计基准一致;
- b) 管控裁切尺寸,满足产品工艺设计尺寸规格;
- c) 裁切后的电池单体应保留必要的焊接区域,并确保焊接区域平整满足焊接要求;
- d) 裁切端面无明显批锋,裁切刀具定期清理并进行寿命管控。

11.4.2 半成品检测

企业应检测裁切后的电池单体的极耳长度尺寸及极耳外观(含端面批锋程度),各检测项应符合客户规格要求,且不可有电池单体破损、漏液等影响产品功能或安全的异常。

注: 本条仅适用于需要对极耳进行整形和裁切的电池单体(如软包电池单体)。

11.5 成组

11.5.1 过程控制

为管控电池组中的电池单体的一致性和可追溯性,电池单体成组过程应满足以下要求:

- a) 成组物料正确,批次通过防呆追溯系统校验;
- b) 检测电池单体成组组别(电池单体生产批次、容量引用电池单体数据,开路电压、交流内阻用电池组生产时的测试数据),自动判定和记录,并拦截不合格品;
- c) 组装后电池单体条码绑定电池管理电路板及电池组条码,自动上传防呆追溯系统。

11.5.2 半成品检测

为保证成组后的电池组各项规格满足设计要求,应对其进行以下检测:

- a) 各电池单体相对位置和极耳极性正确且符合要求;
- b) 检测成组后的电池组外观,确保外观符合客户规格要求,且不出现电池单体破损、漏液等影响产品功能或安全的异常。

注: 11.5 仅适用于由两只或以上电池单体串联或同时有串联和并联结构的电池组的生产工序;若只是由两只或以上电池单体并联且无串联的结构,在满足产品设计要求的情况下,参照本条款。

12 激光焊接

12.1 总体要求

企业应对焊接强度进行测试,并记录检测结果,保证满足项目规范或标准要求。强度规格需经过可靠性验证。

12.2 过程控制

为确保焊接性能满足设计规格和过程质量要求,焊接工艺应满足以下要求:

- a) 合理设计焊接功率、速度、能量等参数,并通过 DOE 验证,焊接工艺参数应定期点检、监控和记录;
- b) 配置 WDD 或视觉检测等自动检测设备或有效的检测手段;
- c) 对于有空间体现追溯码的电池管理电路板,其追溯码应与组装后的电池单体条码或电池组条码绑定,并自动上传防呆追溯系统。

12.3 半成品检测

12.3.1 首件检测

在焊接生产过程中,首件检测是质量控制的重要环节,首件检测应满足以下要求:

- a) 检测焊接位置、焊接外观(外观有无穿孔、炸焊、焊点发黑、虚焊等)、焊点的数量、焊点面积、拉力等,且满足相应的检验标准;
- b) 焊接强度通过拉拔力(垂直拉力或反撕拉力)测试,拉力测试合格且焊点上的焊接材料残留量满足要求,则判定焊接良好,否则判定为不合格。

12.3.2 焊后检测

企业应对焊接后的产品进行 100% 检测,检测应满足以下要求:

- a) 焊后使用在线视觉检测系统或其他有效检测方法,拦截焊接不合格品;
- b) 设备的检测能力(按包体计算)应满足:过检率 $<0.5\%$,漏检率 <10 ppm(1 ppm=1/1 000 000,即百万分之一);
- c) 焊后检测包含焊点数量、焊点位置、焊点外观、焊点大小;
- d) 焊接拉拔力进行定期抽检管控,确保焊接质量可靠。

13 产品贴附

13.1 过程控制

电池组生产过程中,需要有贴附工序时,贴附工序过程满足以下要求:

- a) 不应将尖锐物体接触电池单体表面,避免刺破电池单体铝塑膜;
- b) 应管控对电池单体的作用力,避免压伤电池单体;
- c) 针对辅助电池组拆卸的贴附物料(包裹膜、易撕贴等),应管控拉拔力下限,避免电池组与贴附物料分离而影响电池组可靠性。

13.2 半成品检测

企业应对贴附后的产品进行检测,包括:

- a) 检查贴附效果,贴附材料应无破损,防止电池单体封边裸露切口与主机仓短接;
- b) 检查贴附材料的包裹绝缘效果,防止电池单体极耳、电池管理电路板金属片及元器件与电池单体裸露封边接触。

14 电池组加工

14.1 弯折极耳

14.1.1 过程控制

为避免损伤电池管理电路板或柔性印刷电路板或极耳等,制程管控要求如下:

- a) 应管控弯折次数,避免产品因疲劳断裂;
- b) 应管控弯折作用力或弯折行程;
- c) 弯折过程不应将尖锐物直接接触电池单体,避免损伤电池单体。

14.1.2 半成品检测

弯折极耳半成品检测应满足以下要求:

- a) 电池管理电路板、柔性印刷电路板、连接器、电池单体等无变形、无压伤或损伤;
- b) 柔性印刷电路板、连接器等互连装置位置符合产品的尺寸管控要求。

14.2 注塑

14.2.1 过程控制

为确保注塑性能满足设计规格和质量要求,注塑过程满足以下要求:

- a) 应根据产品的设计要求、电池组材料的特性、设备的性能等因素,制定合理的注塑工艺参数,包括注射速度、注射压力、保压压力、保压时间、冷却时间、模具温度、料筒温度等;
- b) 应检查、监控注塑机运行状态,确认安全装置有效;
- c) 应使用符合规格的原始塑料颗粒,不应使用未经充分验证和认可的回收料。

14.2.2 半成品检测

企业应确保注塑后的产品外观(无缺胶、无溢胶)和产品尺寸符合要求,确保注塑胶包覆区域电池单体无损伤。应满足如下要求:

- a) 实施首件检验、过程监控和注塑后检测,确保符合质量标准;
- b) 必要时应对注塑后产品进行 X 射线检查或计算机层析成像或拆解检查,确保电池单体内部完好。

14.3 点胶

14.3.1 过程控制

为确保点胶性能满足设计规格和质量要求,点胶过程应满足以下要求:

- a) 根据产品的设计要求、胶水的特性、设备的性能等因素,制定合理的点胶工艺参数,包括点胶量、点胶路径、压力、速度等;
- b) 遵循胶水的可用时间、存储和固化条件要求;
- c) 对于弯折电池单体顶封工艺的电池组,点胶固化应管控保压(热保压与冷保压)压力和时间,避免损伤极片。

14.3.2 半成品检测

对于弯折电池单体顶封工艺的电池组,点胶固化后应 100%检测边电压,拦截铝塑膜聚丙烯层拉伸损伤的不合格品。

14.4 入壳/合壳

14.4.1 过程控制

为确保带外壳类产品满足设计规格和质量要求,入壳/合壳装配过程应满足以下要求:

- a) 入壳前确认电池组与壳体的相对位置,符合产品图纸要求;

- b) 制定合理工艺参数(如压合压力、压合行程、螺丝扭矩等);
- c) 半成品入壳后不能干涉到壳体,避免损伤电池组;
- d) 管控装配缝隙、段差,确保产品符合图纸及质量标准。

14.4.2 半成品检测

合壳前,确保前工序加工已完成且组件正确组装,壳内无异物残留,电池单体无损伤;合壳后,检查上下壳间隙和段差符合产品和客户规格要求,并对产品外观进行检查和防护。

- a) 首检及抽检:确认装配缝隙、段差符合图纸及质量标准;
- b) 全检:加工完成后,对产品进行 100%外观检查,确保产品外观符合质量标准。

注: 14.4 仅适用于移动电源或带有外壳/外框的产品。

14.5 锁螺丝

14.5.1 过程控制

锁螺丝工序应满足以下要求:

- a) 企业根据产品的结构、材料特性及设备的性能等因素,制定合理的锁紧工艺参数,包括扭力扭矩、锁紧深度等;
- b) 企业配备必要的自动化锁附设备工具,并按照设备工具校准周期进行校验;
- c) 企业从物料规格、作业顺序、自动报警装置上进行防呆管控;
- d) 加工过程中应有工装防护,避免异物掉入壳体内部,避免损伤电池组。

14.5.2 半成品检测

加工完成后,企业应对产品进行 100%检查,避免螺丝或异物遗落在外壳内部。

注: 14.5 仅适用于移动电源或以螺丝固定装配组件的产品。

15 电池单体成组

15.1 过程控制

电池单体成组过程应满足以下要求:

- a) 成组物料正确,其批次通过防呆追溯系统校验;
- b) 检测电池单体 OCV,并进行不良品拦截;
- c) 组装后,将电池单体条码与模组条码绑定并上传防呆追溯系统。

15.2 半成品检测

15.2.1 模组尺寸

企业在生产过程中应检测模组尺寸并记录,检测结果满足以下要求。

- a) 同一模组或单元内,相邻电池单体极柱高度差应 ≤ 2 mm;同一产品内,电池单体极柱高度极差应 ≤ 5 mm。
- b) 模组尺寸(如模组长度、模组高度)需满足客户和技术要求。

15.2.2 模组外观

企业宜使用自动化外观检测设备,并制定至少包含以下项目的外观检测标准:

- a) 检测电池单体外观是否存在变形、漏液等情况并记录;

- b) 检测电池单体表面是否存在绝缘层破损、划痕等异常；
- c) 检测电池单体极柱、防爆阀、密封钉等是否存在损伤；
- d) 检测端板、绝缘罩、侧板等组件是否存在遗漏、损伤或变形；
- e) 检测模组底部是否有残胶，侧面溢胶现象。

注：本条仅适用于模组出货产品。

16 模组入箱

模组入箱宜采用自动入箱设备，并应满足以下要求：

- a) 对采用间隙入箱方式的工艺，实时监控模组与箱体相对位置；
- b) 对采用模组过压入箱方式的工艺，实时监控压力和行程，超规格应报警；
- c) 对采用吸盘吸取模组方式的工艺，实时监控负压值，超规格应报警；
- d) 入箱过程控制入箱深度，确保模组入箱到位，并避免夹具过压压伤模组。

17 结构连接

17.1 激光焊接

17.1.1 总体要求

为确保焊接性能满足产品需求，企业应满足以下要求：

- a) 强度规格需经过设计仿真、振动试验验证；
- b) 焊接工艺参数(功率、离焦量、速度等)需经过 DOE 验证；
- c) 设备采用自动焊接设备，并配备除尘机构和非焊接区域防护机构，避免杂质残留或飞溅损伤。

17.1.2 过程控制

焊接过程满足下列要求：

- a) 焊接工序应配置自动寻址系统，寻址系统精度满足 ≤ 0.5 mm，自动寻址系统能力应满足表 4 要求；
- b) 焊接工艺参数包含功率、速度、测距值/离焦量、摆动参数(如振幅、频率、线宽、步长等)，功率、测距值/离焦量参数应在线监控和记录；
- c) 宜配置 WDD/LWM/OCT 等焊接过程检测设备，OCT 需检测熔深，且熔深 CPK > 1.33 ；
- d) 焊接工装压力、除尘风速、保护气流量、冷却水温和水量等参数宜实时自动检测并预警。

表 4 自动寻址系统能力要求

等级	A 级	B 级	C 级
系统能力	CMK > 1.67	CMK > 1.33	CMK > 1.0

17.1.3 半成品检测

17.1.3.1 首件检测

针对包边、对接和搭接等结构形式，企业应对端侧板焊接进行剥离力或剪切力的焊接强度测试，焊接强度测试设备精度需 $\leq 5\%$ 示值。首件检测的数据包含熔池深度，熔池宽度和焊接强度。首件过程能

力应满足表 5 要求,内部缺陷管控应满足表 6 要求。

表 5 首件过程能力要求

等级	A 级	B 级	C 级
过程能力	CPK \geq 1.67	CPK \geq 1.33	CPK \geq 1.0

表 6 内部缺陷管控要求

项目	各等级管控要求	
	A 级	B 级
气孔	气孔率 \leq 8%焊缝金相截面积,最大气孔尺寸 $<0.5t$ (t 为材料最小壁厚)	气孔率 \leq 10%焊缝金相截面积
裂纹	裂纹长度 \leq 1 mm	裂纹面积 \leq 1 mm ²

17.1.3.2 焊后检测

焊后宜配置 2D 或 3D 在线视觉检测设备,检测参数应包含焊缝长度、焊缝宽度、孔洞长度及深度、焊缝偏移量、端侧板焊接间隙(适用于含有端侧板产品)、焊缝余高;检测精度应 \leq 产品要求公差 1/10。

17.2 螺栓拧紧

17.2.1 总体要求

企业应根据产品需求设定具体的扭矩标准,并对螺栓拧紧后的静态扭矩及振动冲击试验后的残余扭矩进行测试,以确保满足功能需求。

17.2.2 过程控制

螺栓拧紧过程应满足以下要求:

- 拧紧转速,扭矩,角度等参数合理设计,并进行异常报警和记录;
- 对螺栓拧紧数量进行计数防呆;
- 设备具备拧紧曲线采集功能,扭矩和转角数据需上传系统,拧紧设备满足表 7 要求。

表 7 拧紧设备要求

等级	A 级	B 级	C 级
控制和精度	控制并直接测量扭矩或角度,同时监测另一变量,测量精度 \pm 5%,大于 5 N·m 场景下 CMK $>$ 1.67	控制并直接测量扭矩或角度,测量精度 \pm 8%,且大于 5 N·m 场景下 CMK $>$ 1.67	控制并直接测量扭矩或角度,测量精度 \pm 10%,且大于 5 N·m 场景下 CMK $>$ 1.33

17.2.3 半成品检测

静态扭矩及残余扭矩规格应满足表 8 要求,测试方法如图 1 所示,扭矩设备精度应满足表 9 要求,使用扭矩测试扳手进行测试。

表 8 静态扭矩及残余扭矩规格要求

连接界面	规格要求		
	装配扭矩	静态扭矩	残余扭矩
软连接界面	X	$\geq 50\% X$	$\geq 30\% X$
中性连接界面	X	$\geq 50\% X$	$\geq 40\% X$
硬连接界面	X	$\geq 70\% X$	$\geq 50\% X$

注 1: X 表示扭矩。
 注 2: 硬链接界面紧固件头部与螺栓表面贴合后旋转角度在 30° 之内就可达到目标扭矩;软连接界面紧固件头部与螺栓表面贴合后旋转角度在 720° 之外就可达到目标扭矩;中性连接界面介于两者之间。
 注 3: 静态扭矩为紧固件被拧紧后 30 min 内,继续向拧紧方向或拧松方向旋转,在开始旋转的瞬间(旋转角度 $\leq 10^\circ$) 所需的扭矩。
 注 4: 残余扭矩为紧固件被拧紧并经受一定振动冲击的载荷后,继续向拧紧方向或拧松方向旋转,在开始旋转的瞬间(旋转角度 $\leq 10^\circ$) 所需的扭矩。

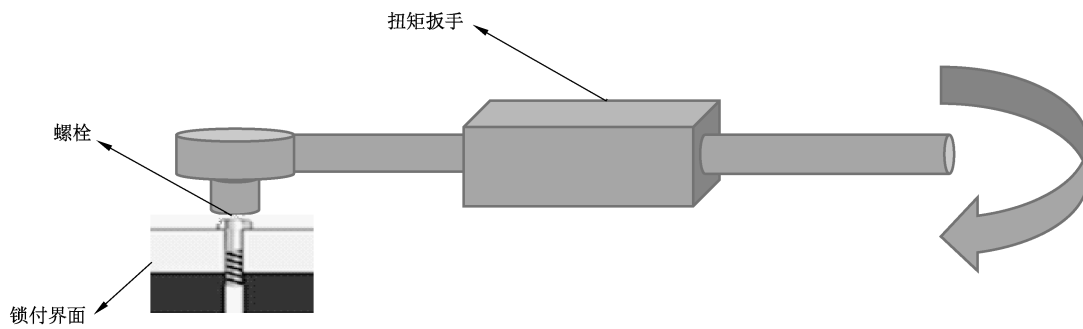


图 1 残余扭矩测量(拧紧法)示意图

表 9 扭矩设备精度要求

等级	A 级	B 级	C 级
精度要求	使用数显扭矩测试扳手测试,扭矩精度 $\leq 1\%$ 示值	使用数显扭矩测试扳手测试,扭矩精度 $\leq 3\%$ 示值	使用数显扭矩测试扳手测试,扭矩精度 $\leq 5\%$ 示值

注:自攻钉拧紧工艺的残余扭矩检测参照本条执行。

17.3 涂贴粘接

17.3.1 表面处理

17.3.1.1 总体要求

针对需表面处理的产品,企业宜配备表面处理系统,如等离子清洗系统、激光清洗系统。

17.3.1.2 等离子清洗

等离子清洗过程应自动记录清洗功率、速度等关键参数,并上传至追溯系统。

17.3.1.3 激光清洗

激光清洗过程应自动记录平均功率参数,并上传至追溯系统。

17.3.1.4 半成品检测

企业应按照一定的频次在组件清洗后检测并记录组件表面能。

17.3.2 贴胶粘接

17.3.2.1 总体要求

企业宜使用自动粘贴和在线视觉检测系统;人工贴胶粘贴方式应使用工装确保精度符合控制计划要求。

17.3.2.2 过程控制

过程控制应满足如下要求。

- 上料时扫描物料信息并上传至防呆追溯系统。
- 贴胶机构与电池单体定位机构需建立坐标体系,并能在软件界面显示调整。
- 实时监控贴胶加压力,设备具备超规报警功能;转运过程配置真空监控,避免滑移或脱落,并异常报警。
- 贴胶参数需自动上传至防呆追溯系统。

17.3.2.3 半成品检测

贴胶后宜使用在线视觉检测设备,检测要求如下:

- 在线视觉检测系统应做 MSA 分析,贴附尺寸/偏移量等计量型 $\%P/T < 10\%$,双面胶有无/褶皱等计数型 $Kappa = 100\%$;
- 胶条粘贴位置精度 $\leq \pm 1.5$ mm(电池单体长度 < 300 mm)、 $\leq \pm 2$ mm($300 \leq$ 电池单体长度 < 500 mm)、 $\leq \pm 3$ mm(电池单体长度 ≥ 500 mm),精度以最大差值进行计算,贴胶位置精度 $CMK \geq 1.33$;
- 双面胶离型纸撕除后,需在线检测是否撕掉、翻边折角、褶皱、缺失,胶条是否搭接或重叠,并记录结果。

注: Kappa,全称为卡帕系数或科恩卡帕系数,是一种用于评估分类数据一致性的统计指标, $Kappa = (P_o - P_e) / (1 - P_e)$, P_o 表示评判者之间实际观察到的一致比例, P_e 表示在统计独立条件下,纯粹由偶然性导致的一致性的期望比例。

17.3.3 涂胶

17.3.3.1 总体要求

为确保粘接质量的可靠性,涂胶应控制单电池单体粘接面积和粘接强度,以满足电池组振动冲击所需粘接力;在成组装配过程中控制电池单体大面溢胶高度。

17.3.3.2 过程控制

企业应配备自动涂胶及检测系统,涂胶过程应满足如下要求:

- 配备涂胶计量系统,出胶体积精度 $\leq \pm 8\%$,满足全量程 20%、50%、80% 的出胶量 $CMK \geq 1.67$;

- b) 配备流量监控系统(流量计/压力监控等),在线监控 A/B 组分比例,测量系统 %P/T<10%, 比例偏差超出规格后设备报警;
- c) 涂胶过程中的胶量、胶比例数据以及胶水批次数据自动上传至防呆追溯系统;
- d) 计量精度范围内可实现不同胶量,不同轨迹,胶量和轨迹分段任意控制功能。

17.3.3.3 半成品检测

企业应对粘接面积、粘接强度进行测试,过程能力应满足表 10 要求。

表 10 首件检测能力要求

项目	各等级检测能力要求		
	A 级	B 级	C 级
粘接面积	CPK \geq 1.67	CPK \geq 1.33	CPK \geq 1.0
粘接强度	CPK \geq 1.67	CPK \geq 1.33	CPK \geq 1.0

18 电连接

18.1 激光焊接

18.1.1 总体要求

应符合 17.1.1 要求。

18.1.2 过程控制

应符合 17.1.2 要求。

18.1.3 半成品检测

18.1.3.1 首件检测

企业应对电连接片焊接进行剥离力或剪切力的焊接强度测试,焊接强度测试设备精度需 \leq 5%示值。首件检测的数据包含焊接工艺参数(焊接轨迹、功率、测距值/离焦量、摆动参数、焊接速度),熔池深度,熔池宽度和焊接强度。首件过程能力应满足表 5 要求,电连接片焊缝内部缺陷管控应满足表 6 要求。



18.1.3.2 焊后检测

应符合 17.1.3.2 要求。

18.2 电气件连接

企业应保证电气件连接工位的操作规范性和连接可靠性,应满足以下要求:

- a) BMS 零部件装配工位应配备防静电地面、离子风机、防静电手环或脚环等,确保静电防护到位;
- b) 电气连接宜通过物理或视觉手段,实现顺序防呆,排除虚插、漏插和错插等问题;
- c) 螺栓拧紧界面应符合 17.2 的要求。

19 成品测试

19.1 消费型电池组成品测试

19.1.1 X射线检测

企业根据产品特性、工艺能力评估高风险工序,如评估属于高风险工序,应使用X射线成像系统,检测电池单体内部,应满足以下要求:

- a) 操作X射线设备时,应遵守安全规程,佩戴专业防护装备,确保操作人员的安全;
- b) 应定期对X射线设备进行维护和校准,确保设备的正常运行;
- c) 宜检查电池单体内部的电极、焊接点等,确保内部没有异常。

19.1.2 漏液检测

企业应对产品进行漏液检查,应满足以下要求。

- a) 企业应根据产品工艺过程,设立合理的漏液检测工序,对软包电池单体组成的产品进行100%漏液检测;由硬壳电池单体组成的电池组,若在电池单体非极柱(或极耳)的本体位置进行了激光焊接的电池组,也应进行100%漏液检测;漏液检测方式:负压测漏、正压测漏、质谱检测、氦气检测、VOC检测(挥发性有机化合物检测)等。
- b) 应记录检测过程中设备关键参数(如压力值、真空值、时间等)及产品检测结果,结果应与电池组标识码绑定,方便追溯。
- c) 检测设备应定期校准和点检,测试设备参数应通过DOE验证。

19.1.3 尺寸检测

尺寸检测过程应满足以下要求:

- a) 设备精度满足企业和客户要求;
- b) 设备定期校准和点检并进行测量系统分析,设备测量系统重复性与再现性满足管控要求;
- c) 按照标准作业文件要求设置平行板式测试仪压合力度或通止规测量手法;
- d) 按照图纸要求设定尺寸测试点位;
- e) 关键尺寸(如:长、宽、厚及影响产品装配、定位的尺寸)进行100%管控,确保尺寸在规格范围内。

19.1.4 电性能检测

企业应对电池组的电性参数(容量除外)进行100%检测,检测方法应符合客户要求,检测设备应定期校准和点检,并进行测量系统分析,结果应符合规格要求。所有测试过程宜采用自动化,检测应满足以下要求:

- a) 完整记录测试数据,并自动上传追溯系统;
- b) 开线前做好测试系统点检确认;
- c) 监控测试端子/测试板等工装寿命,并具备报警提示功能;
- d) 控制关键性能参数复测次数;
- e) 测试仪器仪表精度符合企业和客户要求;
- f) 严格按照电池组规格书要求配置测试项目,与电池组条码绑定,实现系统自动调用。

19.1.5 外观检测

企业应100%检测电池组外观,包括电池单体或外壳外观,贴附材料包覆效果,柔性印刷电路板

(FPC)、连接器等互连装置是否有异常或损伤,印刷的外观效果等,应满足质量标准要求。

19.2 动力及储能型电池组成品测试

19.2.1 产品拆解

针对首次量产的产品进行成品拆解审核(含不同拉线的首次,需拆解到电池单体层级),且应有相关的体系文件规范相关操作流程,并对拆解记录存档管理。

19.2.2 气密检测

19.2.2.1 总体要求

为确保产品长期可靠性,企业应建立气密测试与沉水测试之间的对应关系,并验证测试方法的有效性。产品出厂前,企业应对产品进行气密性测试,宜使用示踪气体检测。

19.2.2.2 气密检测系统要求

对泄露率和测试压力需监控并上传追溯系统,测试系统能力要求见表 11。

表 11 气密测试系统能力要求

等级	A 级	B 级	C 级
测试系统能力	$C_{gk} \geq 1.67$	$C_{gk} \geq 1.33$	$C_{gk} \geq 1$
<p>注 1: C_{gk} 测试方法,测标准罐+漏孔,连续测试≥ 25次,漏孔值大小为产品规格值$\pm 10\%$。</p> <p>注 2: 计算公式:$C_{gk} = \frac{0.1T - \overline{X}_g - X_m }{3S_g}$, T 表示公差带,规格上限-规格下限;S_g 表示所测数据的标准差;\overline{X}_g 表示所有测量值的均值;X_m 表示标准件的标准值。</p>			

19.2.2.3 空气检测

空气检测应满足如下要求:

- 测试过程气源温度与产品温度相近,气源与环境温度温差 $\leq 5\text{ }^\circ\text{C}$,温度范围 $15\text{ }^\circ\text{C} \sim 30\text{ }^\circ\text{C}$;
- 测试示值精度,流量法 $\leq 0.05\text{ mL/min}$ 、压差法 $\leq 0.5\text{ Pa}$;
- 工装寿命应进行监控并有预警功能。

19.2.2.4 示踪气体检测

示踪气体检测应满足如下要求:

- 测试工位应配置排风装置,用于清扫环境中残留的示踪气体(清扫速率 $\geq 1\ 000\text{ m}^3/\text{h}$);
- 测试设备应具备自动的测量系统和传感器自动标定的功能;
- 测试精度要求,单点式、吸枪式 $\leq 10^{-6}\text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$,累积式 $\leq 10^{-4}\text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$;
- 测试设备应具备精确锁定电池组漏点位置的功能。

19.2.3 电性能检测

电性能检测应满足如下要求:

- 企业根据项目需求制定电性能测试项目清单,包含 BMS 功能测试和绝缘测试等测试项;
- 电池组对外所有回路进行通断或功能测试;

- c) 测试过程自动化,并对关键参数进行复测次数管控;
- d) 测试数据记录并自动上传追溯系统;
- e) 工装寿命进行监控并有预警功能;
- f) 测试仪器仪表精度满足表 12 要求。

表 12 测试仪器仪表精度要求

仪器仪表	功能	精度要求
万用表	直流电压	±(0.004 0%读数+0.000 6%量程)
万用表	电阻	±(0.3%读数+0.001%量程)
内阻仪	交流内阻	±(0.5%读数±5 分辨率)
充放电机	电压精度	≤±0.1%满量程
	电流精度	≤±0.05%满量程
绝缘耐压仪	绝缘阻值	≤±5%量程
绝缘耐压仪	耐压漏电流	±(1%读数+2 μA)

19.2.4 尺寸检测

尺寸检测应满足以下要求:

- a) 确保电池组关键尺寸满足规格要求;
- b) 测试数据需记录并自动上传追溯系统;
- c) 全尺寸测量系统精度满足表 13 要求。

表 13 全尺寸测量系统精度要求

类别	接触式测量	非接触式测量
专用部分	无	(非接触测量-CMM)/CMM(三坐标测量仪)≤10%T
通用部分	零件数量:10 个;测量次数:3 次/件 量具分辨率最小刻度:Unit≤min $\left(\frac{USL-LSL}{10}, \frac{6\sigma_p}{10}\right)$ 过程比:%GRR<10%,其中%GRR= $\frac{\sigma_{GRR}}{\sigma_p} \times 100\%$ 容差比:%P/T<10%,其中%P/T= $\frac{6 \times \sigma_{GRR}}{USL-LSL} \times 100\%$ 偏移 Bias& 线性(Linearity):重要特性要求≤5%,一般特性要求≤10%	
注:T 表示公差带,规格上限-规格下限;USL 表示规格上限;LSL 表示规格下限; σ_p 表示所有测量数据的过程标准差; σ_{GRR} 表示测量系统标准差。		

19.2.5 重量检测

电池组重量应满足客户和技术要求。

19.2.6 外观检测

企业应具有电池组外观检测标准文件。

参 考 文 献

- [1] GB 31241—2022 便携式电子产品用锂离子电池和电池组 安全技术规范
 - [2] GB/T 37977.45 静电学 第 4-5 部分:特定应用中的标准试验方法 人/鞋/地系统的静电防护特性表征方法
 - [3] GB/T 37977.51 静电学 第 5-1 部分:电子器件的静电防护 通用要求
 - [4] GB 38031—2025 电动汽车用动力蓄电池安全要求
 - [5] GB 38661—2020 电动汽车用电池管理系统技术条件
 - [6] IEC 62619 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes—Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications
 - [7] IEC 62620 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes—Secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications
-

