

# 团 体 标 准

T/CES 137—2022

## 液态金属电池储能模组技术规范

Technical specification for liquid metal battery module

2022-06-22 发布

2022-06-24 实施

中国电工技术学会 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 符号、代号和缩略语.....	3
5 液态金属电池组技术要求.....	3
5.1 环境条件.....	3
5.2 性能要求.....	3
6 温度管理系统技术要求.....	4
6.1 温度管理系统功能.....	4
6.2 温度管理系统元器件要求.....	4
6.3 温度管理系统性能要求.....	4
7 电池管理系统技术要求.....	5
7.1 电池管理系统功能.....	5
7.2 电池管理系统性能要求.....	5
8 出厂试验项目和方法.....	5
8.1 仪器仪表.....	5
8.2 电池一致性试验.....	6
8.3 电池组试验.....	7
8.4 温度管理系统性能试验.....	8
8.5 电池管理系统性能试验.....	8

## 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。

本文件由中国电工技术学会储能技术专业分会提出。

本文件由中国电工技术学会归口。

本文件由中国电工技术学会团体标准技术办公室提出并解释。

本文件起草单位：西安交通大学、华中科技大学、西安耐百特电力储能科技股份有限公司、西安西电电气研究院有限责任公司、西咸新区宁石特储能科技有限公司。

本文件主要起草人：宁晓辉、蒋凯、王康丽、周妍、周敏、李浩秒、何亚玲、宋政湘、单智伟、王玉平、郑磊、沈达勇、牛帅、王晟、张娥。

# 液态金属电池储能模组技术规范

## 1 范围

本文件规定了液态金属电池储能模组中包含的电池组、温度管理系统及电池管理系统试验检测所应遵循的原则、技术要求和规范。

本文件适用于液态金属电池储能模组，其他类型电池储能模组可参照本文件。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 34131—2017 电化学储能电站用锂离子电池管理系统技术规范

GB/T 36276—2018 电力储能用锂离子电池

GB/T 36558—2018 电力系统电化学储能系统通用条件

GJB 4477—2002 锂离子蓄电池组通用规范

QB/T 2502—2000 锂离子蓄电池总规范

QC/T 743—2006 电动汽车用锂离子蓄电池

QC/T 897—2011 电动汽车用电池管理系统技术条件

Q/GDW 1884—2013 储能电池组及管理系统技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 单体电池 **cell**

构成液态金属电池储能电池组的最小单元，一般由正极、负极、电解质、外壳及引线端子组成。

### 3.2 电池组 **battery pack**

多个单体电池以一定方式相连而成的组合体。

### 3.3 储能模组 **energy storage module**

电池组、温度管理系统、电池管理系统的组合，还应包括外壳、端子、接口、标志及保护装置等。

### 3.4 额定电流 **rated current**

电池组在规定的试验条件和方法下，可以稳定工作的电流。

### 3.5 输出功率 **output power**

电池组在规定的试验条件和方法下，以额定电流运行时，单位时间内输出的能量，并由制造商声明的电池功率，单位为 W。

### 3.6 容量 **capacity**

电池组在规定的试验条件和方法下，以恒定电流运行时输出的电量，包括充电容量、放电容量，单位为 A·h。

### 3.7 额定充电容量 **rated charging capacity**

电池组在规定的试验条件和方法下，以额定电流充电至终止电压时测得的充电容量，并由制造商声

明的电池容量，单位为 A·h。

### 3.8 额定放电容量 **rated discharging capacity**

电池组在规定的试验条件和方法下，以额定电流放电至终止电压时的测得的放电容量，并由制造商声明的电池容量，单位为 A·h。

### 3.9 能量 **energy**

电池组在规定的试验条件和方法下，以恒定电流运行时测得的电池能量，包括放电能量、充电能量，单位为 W·h。

### 3.10 额定能量 **rated energy**

电池组在规定的试验条件和方法下运行时，以额定电流充放电至终止电压时的测得的能量，并由制造商声明的电池能量，包括充电额定能量、放电额定能量，单位为 W·h。

### 3.11 能量效率 **energy efficiency**

电池组在规定的试验条件和方法下，以恒定电流运行时，放电能量与充电能量的比值，用百分号表示。

### 3.12 热失控 **thermal runaway**

电池单体内部放热反应引起不可控温升的现象。

### 3.13 热失控扩散 **thermal runaway diffusion**

储能模组的单体电池发生热失控后触发与其相邻或其他位置单体电池发生热失控的现象。

### 3.14 温度管理系统 **thermal management system**

监测电池模组内部及单体电池表面的温度，为电池组运行提供热量的加热保温装置。

### 3.15 保温功率 **insulation power**

电池组在规定的试验条件和方法下，以一定的充放电倍率运行一个完整循环，用功率分析仪测量系统的保温功率。

### 3.16 温度控制偏差 **temperature control deviation**

在电池组的不同区域内分别选取至少 5 个单体电池，在其表面设置测温点，加热至运行温度后，保温一定时间后测量每个测温点的温度，计算与设定运行温度的偏差，即为温度控制偏差。

### 3.17 首次稳定化时间 **stabilization time**

温度管理系统在一定的加热功率下，升温至电池组运行温度时所需要的最少时间。

### 3.18 电池管理系统 **battery management system (BMS)**

监测电池的电压、电流及荷电状态等参数，并为电池状态提供管理和控制的系统。

### 3.19 电池均衡 **battery balancing**

通过电量转移减小电池组中不同电池之间的容量和电压差异。

### 3.20 均衡电压 **balancing voltage**

电池组中单体电池的电压为均衡电路的低压侧电压，电池组的端电压为高压侧电压，单位为 V。

### 3.21 均衡电流 **balancing current**

电池组所配均衡系统用于电池均衡的转移电流，单位为 A。

### 3.22 均衡误差 **balancing error**

电池组内各节单体电池的电压极差，单位为 mV。

### 3.23 电池荷电状态 **state of charge (SOC)**

电池实际可放出的容量 (A·h) 与额定容量 (A·h) 的比值，用百分号表示。

### 3.24 SOC 估算误差 **SOC estimation error**

电池管理系统上报的 SOC 值与根据电池测试仪实时采集数据计算得到的 SOC 真值的差值，用百分号表示。

## 4 符号、代号和缩略语

下列符号、代号和缩略语适用于本文件。

$C_5$ : 5h 率额定容量 (A·h)

$I_5$ : 5h 率放电电流, 其数值等于  $C_5/5h$  (A)

$E_5$ : 5h 额定能量 (W·h)

## 5 液态金属电池组技术要求

### 5.1 环境条件

- a) 运行温度:  $20^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 相对湿度:  $5\%\sim 95\%$ ;
- c) 海拔高度:  $\leq 2\ 000\text{m}$ 。

### 5.2 性能要求

#### 5.2.1 一致性

- a) 按照 8.2.2 进行试验, 电池组中单体电池容量差异应不超出  $5\text{A}\cdot\text{h}$ ;
- b) 按照 8.2.3 进行试验, 电池组中单体电池直流内阻差异应不超出  $2\text{m}\Omega$ ;
- c) 按照 8.2.4 进行试验, 电池组中单体电池的库伦效率应大于  $98\%$ ;
- d) 按照 8.2.5 进行试验, 电池组中单体电池的能量效率应大于  $70\%$ 。

#### 5.2.2 电压

电池组的额定电压宜为  $12\text{V}$ 、 $24\text{V}$ 、 $36\text{V}$ 、 $48\text{V}$ 、 $72\text{V}$  系列。

#### 5.2.3 容量

电池模组中单体电池的额定容量应不小于  $10\text{A}\cdot\text{h}$ 。

按照 8.3.1.2 进行试验, 电池组的容量应不低于额定容量。

#### 5.2.4 功率

按照 8.3.1.3 进行试验, 电池组的输出功率应不低于额定功率。

#### 5.2.5 能量

按照 8.3.1.4 进行试验, 电池组的能量应不低于额定能量, 电池组的额定能量  $E_5$  不宜小于  $2.5\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

#### 5.2.6 循环性能

电池组按照 8.3.1.5 进行试验, 完成  $1\ 000$  次充放电循环测试后, 实际容量 (A·h) 应不小于额定容量的  $80\%$ 。

#### 5.2.7 安全性能

- a) 过充电: 电池组按照 8.3.2.1 进行试验, 不应发生起火、爆炸;
- b) 过放电: 电池组按照 8.3.2.2 进行试验, 不应发生起火、爆炸;
- c) 短路: 电池组按照 8.3.2.3 进行试验, 不应发生起火、爆炸;
- d) 热失控扩散: 电池组按照 8.3.2.4 进行试验, 不应发生起火、爆炸、热失控扩散。

### 5.2.8 电气绝缘性能

电池组的端子、连接件等应进行绝缘处理，符合 GB/T 18384.3 中第 6 章对触电防护方式的各项条款。

### 5.2.9 通信接口

电池组与电池管理系统接口宜采用 CAN，支持 CAN2.0B 通信协议。

### 5.2.10 标识和标志

- a) 电池组应具有铭牌，其内容宜包括：型号、规格、生产批号、额定能量 (kW·h)、额定电压 (V)、生产日期等；
- b) 电池组的第一视面应有清楚可见的标志。电池组外壳应有可回收标志和高压、高温警示标志；
- c) 电池组正负端子应分别标注，用符号“+”、“-”或文字“正极”、“负极”标记；
- d) 电池组对外接口处应有明显标记；
- e) 标识方法应符合 GB 2894 的规定。

## 6 温度管理系统技术要求

### 6.1 温度管理系统功能

液态金属电池在高温下运行，为保证电池模组正常运行，需设立温度管理系统，其应具备以下功能：

- a) 温度管理系统为电池组在一定温度下稳定运行提供热量，应至少包括加热装置、保温材料、控制装置；
- b) 温度管理系统应能检测保温系统内部、电池组内单体电池表面的温度；
- c) 温度管理系统应具备温度失控时实时报警和故障保护功能；

### 6.2 温度管理系统元器件要求

- a) 隔热板保温性能好，因此其导热率应在 0.02~0.03W/mK 的范围内；
- b) 隔热板材质轻便，密度不高于 300kg/m<sup>3</sup>；
- c) 隔热板最高耐受温度不低于 900℃；
- d) 线收缩率 (24h) < 2%；
- e) 隔热板在使用过程中无有毒气体产生，保证人员操作安全和不损害健康；
- f) 温度测量元件在 0~1250℃ 范围内标准误差限为 2.2℃。

### 6.3 温度管理系统性能要求

#### 6.3.1 首次稳定化时间

按照 8.4.1 进行试验，电池组温度管理系统首次稳定化时长不大于 5h。

#### 6.3.2 保温功率

按照 8.4.2 进行试验，电池组正常运行状态下保温功率不大于额定输出功率的 5%。

#### 6.3.3 温度控制偏差

按照 8.4.3 进行试验，温度管理系统温度控制偏差不超过±5℃。

## 7 电池管理系统技术要求

### 7.1 电池管理系统功能

- a) 电池管理系统应能监测电池的电相关的参数信息，至少包括各单体电池及电池组的电压、回路电流等参数；
- b) 电池管理系统应能对电池的荷电状态（SOC）进行实时估算；
- c) 电池管理系统应能对电池组系统进行故障诊断，并可以根据具体故障内容进行相应的故障处理，上报故障码、警示和保护等；
- d) 电池管理系统应具有均衡管理功能，平衡电池组不同单体电池间的差异；
- e) 电池管理系统应能与变流器和就地监控装置进行信息交互。

### 7.2 电池管理系统性能要求

#### 7.2.1 输入电源

交流电源额定电压为 220V 或 380V，直流额定电源为 110V 或 220V。

#### 7.2.2 绝缘电阻

按 8.5.3.1 进行试验，电池管理系统与电池相连的带电部件与壳体之间的绝缘电阻值应不小于  $2M\Omega$ 。

#### 7.2.3 状态参数测量误差

- a) 单体电池电压采样周期为 100ms；
- b) 单体电压测量误差  $\leq 5mV \pm 0.5\%FS$ ；
- c) 电池组电压采样精度  $\pm 0.5\%FS$ ；
- d) 电池组电流测量误差  $\pm 3\%FS$ 。

#### 7.2.4 均衡电压

按照 8.5.3.2 进行试验后，电池管理系统均衡电路低压侧电压不低于单体电池标称电压，高压侧电压不低于电池组标称电压。

#### 7.2.5 均衡电流

按照 8.5.3.3 进行试验后，电池管理系统均衡电路转移电流不大于 10A。

#### 7.2.6 均衡误差

按照 8.5.3.4 进行试验后，电池组内各节单体电池的电压极差不大于 50mV。

#### 7.2.7 SOC 估算误差

按照 8.5.3.5 进行试验后，比较电池管理系统上报的 SOC 值与根据电池测试仪实施采集数据计算得到的 SOC 真值的偏差，当电池组  $SOC < 40\%$  时，其误差  $\leq \pm 4\%$ ；当电池组  $SOC \geq 40\%$  时，其误差  $\leq \pm 5\%$ 。

## 8 出厂试验项目和方法

### 8.1 仪器仪表

- a) 电流测量装置：准确度不低于 0.5 级；

- b) 电压表测量装置：准确度不低于 0.5 级，其内阻值至少为  $1\text{k}\Omega/\text{V}$ ；
- c) 温度测量装置：具有适当的量程，其分度值不大于  $1^\circ\text{C}$ ，标定准确度不低于  $0.5^\circ\text{C}$ ；
- d) 计时器：按时、分、秒分度，准确度为  $\pm 0.1\%$ ；
- e) 尺寸测量工具：分度值不大于  $1\text{mm}$ ；
- f) 质量测量工具：准确度为  $\pm 0.05\%$  以上；
- g) 功率测量工具：精度为  $0.1\%$ 。

## 8.2 电池一致性试验

影响液态金属电池模组中电池一致性的主要因素是电池容量、内阻、充放电特性等因素。

测试方法主要从规定的充放电条件下的容量差异、内阻差异、库伦效率、能量效率技术指标规范液态金属电池的一致性。

### 8.2.1 标准循环

在电池运行温度下，以  $1 I_5 \text{A}$  恒流放电至终止电压时停止放电，静置  $5\text{min}$ ，然后以  $1 I_5 \text{A}$  恒流充电至终止电压时转恒压充电，至电流降低至  $0.1 I_5 \text{A}$  时停止充电，静置  $5\text{min}$ 。

### 8.2.2 容量测试

电池在运行温度下按照 8.2.1 所示标准循环运行，以  $1 I_5 \text{A}$  电流值与放电时间的积分计算得到电池容量，以 3 个稳定循环内电池容量差异在  $5\%$  以内时，即为电池容量，并确定额定容量。随机选取 5 个电池，计算电池放电容量极差，得到容量差异。

### 8.2.3 内阻测试

电池升温至运行温度后，在静置状态时，测量并记录电池的直流内阻。随机选取 5 个电池，求其直流内阻极差，得到直流内阻差异。

### 8.2.4 库伦效率

单体电池以标准循环运行时，在终止电压范围内，计算放电容量与充电容量的比率。

库伦效率计算公式，见公式 (1)：

$$\eta_c = \frac{Q_D}{Q_C} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $\eta_c$  —— 电池的库伦效率 (%)；
- $Q_D$  —— 电池的放电容量，单位为安时 (A·h)；
- $Q_C$  —— 电池的充电容量，单位为安时 (A·h)。

### 8.2.5 能量效率

单体电池以标准循环运行时，在终止电压范围内，计算放电能量与充电能量的比率。

能量效率计算公式，见公式 (2)：

$$\eta_E = \frac{W_D}{W_C} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- $\eta_E$  —— 电池的库伦效率 (%)；

$W_D$ ——电池的放电容量，单位为瓦时（W·h）；

$W_C$ ——电池的充电能量，单位为瓦时（W·h）。

### 8.3 电池组试验

#### 8.3.1 电气性能试验

##### 8.3.1.1 标准循环

在运行温度下，电池组以  $1 I_5$  A 恒电流放电至放电终止电压时停止放电，静置 5min；然后以  $1 I_5$  A 恒电流充电至充电终止电压时停止充电，静置 5min。

##### 8.3.1.2 容量试验

在运行温度下，电池组以 8.3.1.1 所示标准循环运行，记录充放电过程中电池组充放电容量  $C_5$  (A·h)。当连续 3 次循环的充放电容量差异在 5% 以内时，即为电池组的实际充放电容量。

##### 8.3.1.3 功率试验

在运行温度下，电池组以 8.3.1.1 所示标准循环运行，记录放电过程中电池组的放电时间、放电能量等，根据放电能量与时间的比值计算得到输出功率。当连续 3 次循环的输出功率差异在 5% 以内时，即为电池组的实际输出功率。

##### 8.3.1.4 能量试验

###### a) 试验方法

在运行温度下，电池组以 8.3.1.1 所示标准循环运行，记录放电过程中电池组放出的能量  $E_5$  (W·h)。当连续 3 次循环的能量差异在 5% 以内时，即为电池组的实际能量。

###### b) 试验结果记录

- 电池组的实际能量 (kW·h) 值保留 3 位有效数字；
- 当数值  $\leq 10$  kW·h 时，保留 2 位小数，例如 9.95 kW·h；
- 当  $10$  kW·h  $<$  数值  $< 100$  kW·h 时，保留 1 位小数，例如 99.8 kW·h；
- 当数值  $\geq 100$  kW·h 时，用整数表示，例如 150 kW·h。

##### 8.3.1.5 循环寿命测试

电池组在操作温度条件下，以 8.3.1.1 所示标准循环连续运行 1 000 次；记录首次及每循环 50 次的充电容量 (A·h)、放电容量 (A·h)、充电时间、放电时间，计算每 50 次循环结束后充电容量、放电容量相对于首次循环结束时的充电容量、放电容量的容量保持率。

#### 8.3.2 安全性能试验

##### 8.3.2.1 过充电

在运行温度下，电池组以  $1 I_5$  A 恒流充电至任一单体电池电压达到单体充电终止电压的 1.1 倍（可附有 PTC 或热熔丝保护元器件和电子保护线路）时停止充电，观察 1h，记录是否有漏液、冒烟、起火、爆炸等现象（允许电池组内部安全装置及保护装置动作，此时无电流输出，允许中止试验）。

##### 8.3.2.2 过放电

在运行温度下，电池组以  $1 I_5$  A 恒流放电至任一单体电池电压达到 0V（可附有 PTC 或热熔丝保护元器件和电子保护线路）时停止放电，观察 1h，记录是否有漏液、冒烟、起火、爆炸等现象（允许电

池组内部安全装置及保护装置动作，此时无电流输出，允许中止试验)。

### 8.3.2.3 短路

将电池组正、负极经外部短路 10min，外部线路电阻应小于 5mΩ，观察 1h，记录后是否有漏液、冒烟、起火、爆炸等现象。

### 8.3.2.4 热失控

电池组在运行温度下运行时，设置加热装置以最大功率持续加热某一单体电池触发热失控。当该电池表面温度比运行温度高 300℃时，停止触发。当与触发对象相邻的单体电池发生热失控时，认为电池组发生热失控扩散。热失控触发过程及结束后 1h 内，观察是否有起火、爆炸等现象。

### 8.3.2.5 电气绝缘试验

在测试电压加载 1min 后，使用兆欧表测定电池组各个带电回路之间、各带电回路对地（金属外壳）之间的绝缘电阻。

### 8.3.2.6 通信接口试验

电池组正常运行时，通过监测系统观察电池组通信接口工作的正确性和可靠性。

## 8.4 温度管理系统性能试验

### 8.4.1 首次稳定化试验

在一定的加热功率下，以小于 5℃/min 的升温速率升温至电池组运行温度，待温度管理系统内部及电池表面温度稳定后，记录所需时间。

### 8.4.2 保温功率试验

在一定的加热功率下，以小于 5℃/min 的升温速率升温至电池组运行温度，记录温度管理系统内实际温度。电池组以 8.3.1.1 所示标准循环运行，用功率分析仪测量电池组运行一个完成标准循环温度管理系统的加热功率，即为保温功率。

### 8.4.3 温度控制偏差试验

在一定的加热功率下，以小于 5℃/min 的升温速率升温至电池组运行温度后，保温一段时间，保温时长应不低于 4h，随机选取电池组内至少 5 个单体电池，记录其表面温度，算与设定运行温度的偏差，确定温度控制偏差。

## 8.5 电池管理系统性能试验

### 8.5.1 试验条件

- a) 交流电源电压：220V (±15%) 或 380V (±15%);
- b) 直流电源电压：110V (±15%) 或 220V (±15%)。

### 8.5.2 仪表要求

所有测试仪表、设备应具有足够的精度和稳定度，其精度应高于被测指标精度一个数量级或误差小于被测参数允许误差的三分之一。

### 8.5.3 试验方法

#### 8.5.3.1 绝缘电阻

在电池管理系统与电池组相连的带电部件和壳体之间施加 500V 直流电压进行绝缘电阻测量。

#### 8.5.3.2 均衡电压测试试验

将电池组接入电池管理系统，通过测量并记录各节单体电池电压和电池组电压确定低压侧/高压侧电压。

#### 8.5.3.3 均衡电流测试试验

将电池组中一节单体电池的电压降低到低于电池组平均电压，通过电池管理系统对其单独均衡，即通过均衡电路实现从电池组获取能量并转移到上述电池中。利用电流探头和示波器读取均衡电流的数值。

#### 8.5.3.4 均衡误差测试试验

在电池组中随机选取几只电池进行充放电操作，使其电压差异大于 50mV，并开启电池管理系统的自动均衡功能，在均衡完成后，计算上述单体电池的电压极差。

#### 8.5.3.5 SOC 测试试验

将电池组从 SOC 状态为 0 开始，按照 8.3.1.1 所示标准循环充放电 5 次，记录电池管理系统上报的 SOC 值。SOC 真值由电池测试仪实时采集的充电容量 (A·h) 值与电池组额定容量值 (A·h) 的比值计算得到。对比电池管理系统上报的 SOC 值与 SOC 真值，计算差值，确定 SOC 误差。



团体标准  
液态金属电池储能模组技术规范  
T/CES 137—2022  
2022年7月第一版

\*

北京西城区莲花池东路102号天莲大厦10层  
邮政编码：100055

网址：<http://ces.org.cn/html/category/17060132-1.htm>

电话：010-63256990 63256997

版权专有 侵权必究