

# 团 体 标 准

T/CCTAS XXXX—XXXX

## 铁路通信信号磷酸铁锂电池技术条件

General specification for lithium iron phosphate batteries for railway  
signalling & communication

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2025 年 1 月）

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。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国交通运输协会 发布

## 目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 缩略语	5
5 一般要求	6
5.1 环境要求	6
5.2 外观要求	6
5.3 电池单体技术要求	6
5.4 电池模块技术要求	6
5.5 电池组系统技术要求	7
5.6 电池管理系统(BMS)	8
5.7 电池柜技术要求	9
6 整机安全要求	9
6.1 机柜安全	9
6.2 电池模块安全要求	10
6.3 电磁兼容性	11
6.4 热安全要求	11
6.5 环境可靠性要求	11
7 检测规则	12
8 标志、标识、包装、运输及存储	13
8.1 标志	13
8.2 标识	13
8.3 包装	13
8.4 运输要求	13
附录A (规范性)	14
A.1 一般条件	14
A.2 测量仪器要求	14
A.3 实验准备	14
A.4 试验方法	16
附录B (资料性)	22
B.1 一般规定	22
B.2 电池模块安装	22
B.3 电池管理系统的安装	22
B.4 电池组系统安装	22
B.5 电池组系统调试	23

## 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。

本文件由中国交通运输协会轨道交通安全技术专业委员会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 铁路通信信号磷酸铁锂电池技术条件

## 1 范围

本文件规定了铁路通信信号磷酸铁锂电池定义、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输、储存等内容。

本文件适用于铁路通信信号磷酸铁锂电池的设计、研制、检测、标志、标识、包装、运输及存储

## 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 191—2008 包装储运图示标志

GB/T 2408-2008 塑料 燃烧性能的测定 水平法和垂直法

GB/T 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.5-2019 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 31484—2015 电动汽车用动力蓄电池循环寿命要求及试验方法

GB/T 36276-2018 电力储能用锂离子电池

GB 38031—2020 电动汽车用动力蓄电池安全要求

TB/T 1528.6-2018 铁路信号电源系统设备 第6部分：不间断电源（UPS）及蓄电池组

YD/T 2344.1-2011 通信用磷酸铁锂电池组 第1部分：集成式电池组

IEC 62619:2017 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial application

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

电池单体 cell

化学能与电能间转化及储存能量的基本单元，由正极、负极、隔膜、电解质、壳体和端子等组成。

### 3.2

电池模块 battery module

由磷酸铁锂电池单体通过串联、并联或串并联连接，且只有一对正负极输出端子并且有外壳的电池组合体。宜包含管理与保护装置等部件。

### 3.3

#### 电池组系统 battery system

由电池模块采用串联、并联或串并联连接方式，且与附属设施连接后实现独立运行的电池组合体，还应包括电池管理系统、监测和保护电路、电气和通信接口等部件。

### 3.4

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

监测电池的电压、电流、温度等参数信息，并对电池的状态进行管理、控制和保护的装置。由采集和监控、保护、均衡电路、电气和通信接口等装置组成。

### 3.5

#### 额定容量 Rated Capacity

在环境温度为  $25^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  条件下，完全充电的电池以  $1I_3$  (A) 电流放电，达到终止电压时所放出的容量 (Ah)。

### 3.6

#### 容量保持率 Save Rated Of Capacity

在环境温度为  $25^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  条件下，完全充电的电池存储一定时间后，以  $1I_3$  (A) 电流恒流放电，达到终止电压时所放出的容量的能力。

### 3.7

#### 充电终止电压 end-of-charge voltage

电池单体、电池组正常充电时允许达到的最高电压。

### 3.8

#### 放电终止电压 end-of-discharge voltage

电池单体、电池组正常放电时允许达到的最低电压。

### 3.9

#### 荷电状态 state-of-charge (SOC)

当前电池单体、电池模块、电池组中按照制造商规定的放电条件可以释放的容量占实际容量的百分比。

### 3.10

#### 健康状态 state-of-health (SOH)

电池组在完全充电状态下，电池组实际容量与额定容量的比值，表征了电池组性能的衰减程度。

### 3.11

#### 爆炸 explosion

磷酸铁锂电池外壳猛烈破裂，伴随剧烈响声，且有主要成分（固体物质）抛射出来。

### 3.12

#### 起火 fire

电池单体、电池组任何部位发生持续燃烧（单次火焰持续时间大于 1s），火花及拉弧不属于燃烧。

## 3.13

## 外壳破裂 housing crack

由于内部或外部因素引起电池单体、电池组外壳的机械损伤，导致内部物质暴露或溢出。

## 3.14

## 泄露 leakage

有可见物质从电池单体、电池组中漏出至外部的现象。

## 3.15

## 热失控 thermal runaway

电池单体放热连锁反应引起电池温度不可控上升的现象。

## 3.16

## 热扩散 thermal propagation

电池组内由一个电池单体热失控引发的其余电池单体接连发生热失控的现象。

## 3.17

## 灭火装置 Fire extinguishing assembly

电池组内，在发生热失控后可以灭火的功能模块，一般由引发装置和灭火药剂两部分组成。

## 3.18

## 均衡功能 Balancing Function

蓄电池管理系统能够对蓄电池组中荷电态高的电池单体单独进行放电，对蓄电池组中荷电态低的电池单体单独进行充电，实现对蓄电池组中各电池单体荷电状态的调节，减少电池单体间的荷电状态差异。

## 3.19

## 充电保护 Charge Protection

在环境温度  $25\pm 5^{\circ}\text{C}$  的条件下对蓄电池组进行充电，在无蓄电池管理系统的情况下，当充电电流小于  $1I_{10}$  (A) 时，单体电池本身能够将电压稳定在规定值以下，防止电池电压超过规定值。

## 3.20

## 核容 Check Capacity

核定正常运行中的电池系统的实际容量，在环境温度  $25^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$  条件下，将充满电的蓄电池组以  $1I_3$  (A) 的电流恒流放电至放电终止电压，检验放电容量。

## 3.21

## 循环寿命 Cycle Life

在规定条件下，电池在特定性能失效之前所能进行的充放电循环次数。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

$C_1$ —1h 率额定容量(Ah)；

- C<sub>3</sub>—3h 率额定容量(Ah)；
- C<sub>10</sub>—10h 率额定容量(Ah)；
- I<sub>1</sub>—1h 率放电电流，其数值等于 1C<sub>1</sub>(A)；
- I<sub>3</sub>—3h 率放电电流，其数值等于 1/3C<sub>3</sub>(A)；
- I<sub>10</sub>—10h 率放电电流，其数值等于 1/10C<sub>10</sub>(A)

## 5 一般要求

### 5.1 环境要求

- 5.1.1 电池的工作环境应无腐蚀性、爆炸性和破坏绝缘的气体及导电尘埃，并远离高热源。
- 5.1.2 环境温度应符合以下要求：
  - a) 工作温度范围：-10℃~55℃；
  - b) 贮存温度：0℃~40℃；
- 5.1.3 环境湿度应符合以下要求：
  - a) 工作相对湿度范围：≤95%；
  - b) 储运相对湿度范围：≤95%。
- 5.1.4 大气压力：61kPa~106kPa（相当于海拔不超过 4000 米）。

### 5.2 外观要求

电池组外观应符合以下要求：

- a) 电池组表面应清洁，无明显变形，无机械损伤，接口触点无锈蚀；
- b) 电池组表面应有必需的产品标识，且标识清楚；
- c) 电池组的正、负极端子及极性应有明显标记，接线方式应为前接线方式，便于连接；
- d) 电池组的电源接口、通讯（或告警）接口应有清晰标识。

### 5.3 电池单体技术要求

- 5.3.1 电池单体采用以磷酸铁锂为正极材料，以石墨等为负极材料的锂离子蓄电池。
- 5.3.2 电池单体应采用金属硬壳，外壳无变形、裂纹及污渍。
- 5.3.3 电池单体工作电压范围应在 2.5V~3.65V 之间。
- 5.3.4 电池单体重量比能量应大于 100Wh/kg，体积比能量应大于190Wh/L。
- 5.3.5 电池单体采用防爆阀结构。
- 5.3.6 电池单体应具有充电保护功能，宜按 IEC 62619 要求通过过充、过放、短路测试要求。
- 5.3.7 电池单体应能够实现高倍率充放电，最大允许充电脉冲电流应能达到1.5I<sub>1</sub> A,最大允许放电脉冲电流应能达到4I<sub>1</sub> A。
- 5.3.8 在环境温度 25℃±5℃条件下，电池单体按 1I<sub>3</sub> A、100%DOD 时循环寿命应不少于 2000 次不少于容量 80%，循环寿命测试方法符合 GB/T 31484-2015 6.4 要求。浮充使用寿命应不少于 15 年。

### 5.4 电池模块技术要求

5.4.1 电池模块采用磷酸铁锂锂离子电池单体，内部若涉及塑胶件，塑胶件需满足 GB/T 2408-2008 阻燃等级要求。

5.4.2 电池单体串并联连接应采用自动激光焊接工艺，焊接可靠防止松动脱落，汇流排与电池单体极柱焊接面积满足通流要求。

5.4.3 电池单体与外箱间、电池单体四周应有绝缘和缓冲设计。

5.4.4 电池模块应满足能安装在标准 19 英寸机柜内，或通过转接件满足安装要求。不应在开放式电池架上安装。

5.4.5 模块内采样线应采用阻燃电缆，阻燃等级需不低于 GB/T 19666-2005 中 ZB 的要求。采样线走线需配有走线通道，走线通道与周围带电部件有效隔离。

5.4.6 在环境温度 25℃±5℃条件下，电池模块按 1I<sub>3</sub> A、100%DOD 时循环寿命应不少于 2000 次不少于容量 80%，循环寿命测试方法符合 GB/T 31484-2015 6.4 要求。浮充使用寿命应不少于 15 年。

## 5.5 电池组系统技术要求

5.5.1 电池组的储能供电时间规格应能满足 0.5h、1h、2h、3h、6h、9h 等的不同时间需求。

5.5.2 电池组在正常工作环境条件下使用时，浮充使用寿命应不少于 15 年。

5.5.3 电池组机柜内应安装独立的灭火装置，实现自动灭火功能，灭火材质宜使用全氟己酮或七氟丙烷。

### 5.5.4 电池组监控要求

电池组应配置本地柜体屏幕查询系统，具备与上层管理系统连接的能力。本地柜体屏幕查询及上报上层管理系统的监控功能包含如下：

- a) 状态信息：工作状态、温度、电流、电压、SOC、SOH；
- b) 告警：支持过压、欠压、过流、高低温等异常告警；
- c) 保护：支持过压、欠压、过流、高低温、电池单体故障、硬件故障等异常保护；
- d) 充放电控制：控制电池组的接入、断开，充/放电限流；
- e) 信息上报：支持北向通讯，能够上传告警和状态数据；
- f) 应具备信息存储功能，要求如下：
  - 1) 电池组运行日志、保护与告警、保护与告警恢复时应能记录，能区分告警类别并以时间（年/月/日/时/分）为基础记录单体电压、总电压、SOC、充/放电电流、温度等参数；
  - 2) 除能正常记录保护与告警、保护与告警恢复信息外，需能记录不少于 30 天内的磷酸铁锂电池参数：单体电压、总电压、充/放电容量、充/放电电流、温度等；
  - 3) 应具有一定的存储容量，存储容量不小于 10000 条运行记录。存储时间段、时间间隔可设，存储内容采取先进先出原则，存储内容可通过监控接口读取。

### 5.5.5 电池组功能要求

#### 5.5.5.1 电池荷电状态（SOC）

电池组应具备动态荷电量计算功能，环境温度 20℃-30℃下，计算值与电池实际电量的误差应不大于 10%。

#### 5.5.5.2 均衡功能

当电池单体最低电压 $\geq 3.0V$ 且电压极差 $\geq 20mV$ ，电池组均衡功能应自动启动。

#### 5.5.5.3 多柜均流要求

同批次同 SOC/SOH 电池组,可通过 BMS 控制,控制多柜并联时的不均流度不超过 3%。

#### 5.5.5.4 容错工作要求

单柜/多柜并联下通过 BMS 管理,一个电池模组故障,剩余电池模组重新组合后能继续工作。满足备件等待期间继续工作的要求。

#### 5.5.5.6 分组核容要求

多柜并联时,通过 BMS 管理,宜具备单柜核容测试功能,避免核对容量结束后备电时间丢失风险。

### 5.6 电池管理系统 (BMS)

5.6.1 BMS 应具有开关机及维护功能,具体要求如下:

- a) 具有手动开机、关机功能;
- b) 自动保护关机;
- c) 与 BMS 有关的通讯接口、告警指示、状态指示应有明确标识。

5.6.2 BMS 前端采集设备应具有电池单体的电压、系统总电压、充/放电电流、电池温度检测、本地显示的功能。

5.6.3 BMS 应能测量电池组的充/放电状况、电池单体电压、系统电压、电流、温度等各种参数值,且与电池组实际的参数值之间的误差应符合表 1 的要求。

表1 BMS测量精度

参数名称	技术要求
电压	电池单体电压误差 $\leq \pm 10mV$ , 电池组电压精度 $\leq \pm 1\%$
电流	充放电电流误差 $\leq \pm 2\%$
温度	温度误差 $\leq \pm 2^{\circ}C$

#### 5.6.4 BMS 管理功能

##### 5.6.4.1 充电保护管理

BMS 应具备充电过流保护功能,当充电电流大于电池组的充电限流设置值时,BMS 能采取限流或关断机制保护电池避免过流。

##### 5.6.4.2 电池过压保护

BMS 应具有电池单体过压保护功能,当充电到电池单体电压告警点时可实时发出告警信号,到保护点时启动过压保护,当单体电压下降到恢复点时恢复充电。

##### 5.6.4.3 电池欠压保护

BMS 应具有电池单体电压低保护功能,到单体电压告警点时可实时发出告警信号,到保护点时启动欠压保护,一段时间后电池组应进入休眠模式。

##### 5.6.4.4 放电过流管理

BMS 应具有输出过流保护功能。若负载电流超出限流能力,切断电路并告警。保护后应能通过人工手动重启方式恢复工作。

#### 5.6.4.5 电池高温保护

BMS 应具有电池高温保护功能，当电池温度达到告警点时告警；到保护点时保护并断开回路，温度回落到一定值后，应能通过自动方式恢复或人工手动重启方式恢复工作。

#### 5.6.4.6 电池低温保护

BMS 应具有电池低温保护功能，当电池温度达到告警点时告警；到保护点时保护并断开回路，温度回升到一定值后恢复。应能通过自动方式恢复或人工手动重启方式恢复工作。

#### 5.6.4.7 BMS 高温保护

BMS 自身应具有 BMS 高温保护功能，当 BMS 温度达到保护点时保护并断开回路；温度回落到一定值后恢复。应能通过自动方式恢复或人工手动重启方式恢复工作。

#### 5.6.4.8 短路保护

BMS 应具有短路保护功能，配合柜内断路器实现切断电路并告警。应能通过人工手动方式恢复工作。电池组内保护装置应包含断路器和熔断器，当电池组短路时实现双重保护，BMS 和电池单体应不损坏（包括不打火、变形、漏液、冒烟、起火或爆炸）。

#### 5.6.4.9 本地显示

BMS 应具有本地显示功能，包括电池组总电压、电流、SOC/SOH、当前电量、累计充放电量、绝缘阻值、断路器和接触器状态、运行状态、告警状态，电池模块的温度信息，每个电芯的 SOC/SOH、电压信息及其极值和实时图表曲线。

### 5.7 电池柜技术要求

a) 电池柜宜选用标准的19英寸标准机柜，采用可拆装式全开放结构，前后旁门可快速拆卸，具有高灵活性，安装检修方便，并适应各类机房布置要求，电池柜内应具有合理的通风散热设计，以延长电池的使用寿命。电池柜的安装应平稳，安装间距应均匀，排列整齐，标识应清晰、正确；

b) 电池柜柜体应满足蓄电池的承重载荷要求；

c) 电池模块应安装于电池柜中，且电池模块正负极接线端子应正对电池柜前后门方向，以便安装和检查，同时应具有能够防止电池模块端子短路的防护措施；

d) 直流母线与电池柜之间的绝缘电阻应不低于 10 MΩ；

e) 电池柜应进行表面处理，以保证耐磨防蚀；

f) 电池柜应可靠接地。

## 6 整机安全要求

### 6.1 机柜安全

#### 6.1.1 电气安全

电池组按照本文件规定进行绝缘强度试验，应无击穿、无飞弧；电池组按照本文件规定进行绝缘电阻试验，电池正、负极接口分别对电池金属外壳的绝缘电阻不小于 2MΩ。

#### 6.1.2 安全接地

机柜应形成一个良好的等电势体，外露可导电部分与电平台之间的连接阻抗不大于 0.1Ω，电位均衡通路中，任意两个可以同时被人碰触到的外露可导电部分，即距离不大于 2.5m 的两个可导电部分间电阻应不大于 0.2Ω。

#### 6.1.3 IP 防护

机柜防护等级应满足 IP20 。

## 6.2 电池模块安全要求

安全试验均在有充分安全保护的环境条件下进行，如果测试对象有附加主动保护线路或装置，应除去。试验结果符合附录A的要求。

### 6.2.1 抗跌落

电池模块按A.4.3.1进行试验，应不起火、不爆炸、不泄漏。

### 6.2.2 抗重物冲击

电池模块按 A.4.3.2 进行试验，允许发生变形，应不起火、不爆炸。

### 6.2.3 抗加热

电池模块按 A.4.3.3 进行试验，应不起火、不爆炸。

### 6.2.4 抗过充电

电池模块按 A.4.3.4 进行试验，应不起火、不爆炸。

### 6.2.5 抗过放电

电池模块按 A.4.3.5 进行试验，应不起火、不爆炸、不泄漏。

### 6.2.6 抗短路

电池模块按 A.4.3.6 进行试验，应不起火、不爆炸。

### 6.2.7 高温储存

电池模块按 A.4.3.7 进行试验，应不起火、不爆炸、不泄漏。

### 6.2.8 抗针刺

电池模块按 A.4.3.8 进行试验，应不起火、不爆炸。

### 6.2.9 抗挤压

电池模块按 A.4.3.9 进行试验，应不起火、不爆炸。

### 6.2.10 抗低气压

电池模块按 A.4.3.10 进行试验，应不起火、不爆炸、不泄漏。

### 6.2.11 恒定湿热

电池模块按 A.4.3.11 进行试验后，其外观应无明显变形、锈蚀或爆炸，容量应不低于额定值的 90%。

### 6.2.12 抗振动

电池模块按 A.4.3.12 进行试验,其外观应无明显损伤、泄漏或爆炸，并能正常工作。

### 6.2.13 抗冲击

电池模块按 A.4.3.13 进行试验,其外观应无明显损伤、泄漏或爆炸，并能正常工作。

### 6.2.14 温度循环

电池模块按 A.4.3.14 进行试验，应不起火、不爆炸。

### 6.2.15 耐浮充性能

电池模块按 A.4.3.15 进行试验，电池模块内各个单体电池电压应不超过 3.4V。

### 6.3 电磁兼容性

电池组的电磁兼容性能应符合 GB/T 24338.5 的规定。

#### 6.3.1 静电放电抗扰性

满足 GB/T 17626.2-2018 等级 3 或 IEC 61000-4-2:2008 Level3 的要求。

#### 6.3.2 传导骚扰限值

符合表 2 的要求（满足 GB 9254-2008 中第 5.1 条要求，或 IEC 62040-2-2018 C3）。

表2 A级ITE 电源端子传导骚扰限值

频率范围/MHz	限值 /dB( $\mu$ V)	
	准峰 值	平均 值
0.15~ 0.50	79	66
0.50~ 30	73	60

注：在过渡频率（0.5MHz）处应采用较低的限值。

#### 6.3.3 辐射骚扰限值

符合表 3 的要求（满足 GB 9254-2008 中第 6.1 条中表 5 要求，或 IEC62040-2-2018 C3）。

表3 A级ITE在测量距离R处（10m）的辐射骚扰限值

频率范围 /MHz	准峰值限值 /dB( $\mu$ V/m)
30~230	40
230~1000	47

注1：在过渡频率（230MHz）处应采用较低的限值  
注2：在发生干扰时，允许补充其他的规定。

#### 6.3.4 浪涌（冲击）抗扰性

通信端口和电源端口应采用相应的隔离措施，通信端口线对线应满足 GB/T 17626.5-2019 等级 2（开路试验电压 0.5kV）的要求，线对地应满足 GB/T 17626.5-2019 等级 2（开路试验电压 1kV）的要求或 IEC 62040-2-2018 2nd Ed。

### 6.4 热安全要求

电池组进行热安全试验时，满足本标准中的安全要求；电池组按照本标准对应章节进行电池组热扩散试验，电池组在由于电池单体热失控时不会导致电池组热失控，在柜级测试时在引发电池模块热失控后不会扩散导致相邻的模块热失控。

### 6.5 环境可靠性要求

电池组进行环境可靠性试验时，满足本标准中的安全要求。

## 7 检测规则

安全检验测试主要为型式试验，检验项目与样品数量应符合表 4 规定，检验方法见本文件 A.4。

表4 安全测试检验规则

序号	检验类型	检验样品	检验项目	型式试验	样品数量
1	电气安全	电池单体	过充	√	3
2		电池单体	过放	√	3
3		电池单体	外部短路	√	3
4		电池组	过充	√	2
5		电池组	过放	√	2
6		电池组	短路	√	2
7		电池组	绝缘电阻	√	2
8		电池组	绝缘强度	√	2
9	机械安全	电池组	振动	√	2
10		电池组	地震	√	2
11		电池组	冲击	√	2
12	热安全	电池单体	加热	√	3
13		电池组	过热保护	√	2
14		电池组	热扩散	√	2
15	环境可靠性	电池组	低气压	√	2
16		电池组	恒定湿热	√	2
17		电池组	交变湿热	√	2
18		电池组	盐雾	√	2
19	BMS 保护及告警	BMS（一级）	过压告警及保护	√	2
20		BMS（一级）	欠压告警及保护	√	2
21		BMS（二级）	过流告警及保护	√	2
22		BMS（一级）	高温告警及保护	√	2
23		BMS（一级）	低温保护及恢复	√	2
24		BMS（二级）	BMS 高温保护	√	2
25		BMS（二级）	充电限流保护	√	2

26	BMS（二级）	系统短路测试	√	2
27	BMS（三级）	多柜均流	√	2
28	BMS（三级）	容错	√	2
29	BMS（三级）	分组核容	√	2

## 8 标志、标识、包装、运输及存储

### 8.1 标志

每个电池组上应有下列中文标志：产品名称、型号、所采用电池的化学类型、标称电压、标称容量、制造日期或批号、制造厂名、商标和警示说明，其中允许将执行标准编号、厂址、邮编和联系电话标识印刷在包装或使用说明书中。

说明书内容包括但不限于：执行标准编号、产品规格参数、安装与配置说明、使用、维护及常见故障处理方法、注意事项、厂址、邮编和联系电话等。

### 8.2 标识

应在电池组机械电气单元外壳设备上显著位置用文字和二维码标识产品名称、产品型号、额定电压、额定容量、出厂时间、制造厂名等相关信息；其中允许将厂址、邮编和联系电话标识印刷在包装或使用说明书中。

### 8.3 包装

每个电池组都应有外包装，电池组包装后放置在干燥、防尘、防潮、防震的包装箱内；外包装箱上标志包括：“小心轻放”“向上”“防雨”“防晒”“重心”“层数极限”“禁止翻滚”“第九类危险品标识”；且应附有产品使用说明书、合格证、装箱单等。

包装箱外应标明产品名称、型号、数量、毛重、制造厂商、出厂日期，其包装储运图示标志应符合 GB/T 191 要求。

### 8.4 运输要求

产品运输时应符合以下要求：

a) 运输温度-40℃~60℃；

b) 产品包装成箱后再运输，运输过程中电池的荷电态为 20~50%或符合制定要求；在运输过程中应防止剧烈振动、冲击或挤压，防止日晒雨淋，不得倒置。

### 8.5 储存

蓄电池组系统宜以40%~50%SOC状态储存在环境温度5℃~35℃、相对湿度不大于75%的清洁、干燥及通风良好的仓库内，应避免与腐蚀性物质接触，蓄电池组系统不应受到阳光直射，应远离火源及热源，不得倒置及卧放，并避免承受机械冲击或重压。

**附录A**  
**(规范性)**  
**测试通用条件及方法**

**A.1 一般条件**

除另有规定外，试验环境温度为  $25^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 5%~95%，大气压力为  $86\text{kPa}\sim 106\text{kPa}$ 。电池组在所有测试前或部分测试后需包括必要的操作文件，以及和测试设备相连所需的接口部件，如匹配线缆等，制造商需提供电池组的安全工作值。安全测试项目，除有特殊规定，试验对象均以 A.3.1 规定的充电方法充至完全充电状态进行测试。

**A.2 测量仪器要求**

**A.2.1 测量仪器、仪表准确度**

准确度应不低于以下要求：

- a) 电压测量装置： $\pm 0.5\% \text{FS}$ ；
- b) 电流测量装置： $\pm 0.5\% \text{FS}$ ；
- c) 温度测量装置： $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；
- d) 时间测量装置： $\pm 0.1\% \text{FS}$ ；
- e) 尺寸测量装置： $\pm 0.1\% \text{FS}$ ；
- f) 质量测量装置： $\pm 0.1\% \text{FS}$ 。

**A.2.2 测量过程误差**

控制值（实际值）与目标值之间的误差要求如下：

- a) 电压： $\pm 1\%$ ；
- b) 电流： $\pm 1\%$ ；
- c) 温度： $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

**A.2.3 数据记录与记录间隔**

除在某些具体测试项目中另有说明外，测试数据（如时间、温度、电流和电压等）的时间间隔应不大于 100s。

**A.3 实验准备**

**A.3.1 充电方法**

**A.3.1.1 电池单体/电池模块标准充电方法：**

- a) 在  $25^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$  的环境条件下，电池模块先以  $1I_3(\text{A})$  电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压后，搁置 1h；
- b) 再以  $1I_3(\text{A})$  电流恒流充电至规定的充电终止电压时转恒压充电，至充电电流降至  $0.05I_1(\text{A})$  时停止充电；
- c) 若充电过程中有电池单体电压超过充电截止电压 0.1V 时则停止充电，充电后搁置 1h。

**A.3.1.2 电池组标准充电方法：**

- a) 在  $25^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$  的环境条件下，电池组先以  $1I_3(\text{A})$  电流放电至任一电池电压达到放电终止电压后，搁置 1h；

- b) 以恒流电流或恒定功率放电至任一电池或模块（组）的放电终止电压或 BMS 停止放电，搁置 1h；
- c) 以恒流充电至制造商规定的终止电压或跳转电压，转恒压充电至电流降至  $0.05I_1(A)$  或直至电池组达到 BMS 停止充电。

### A.3.2 放电方法

#### A.3.2.1 电池单体/电池模块标准放电方法：

- a) 电池模块按 A.3.1.1 的规定充满电；
- b) 在  $25^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$  的环境条件下，电池模块以  $1I_3(A)$  电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压。
- c) 计量放电容量（以 Ah 计）和放电比能量（以 Wh/kg 计）。
- d) 重复步骤 a) ~ c) 5 次，当连续 3 次实验结果的极差小于额定容量的 3%，可提前结束试验，取最后 3 次试验结果平均值。

#### A.3.2.2 电池组标准放电方法：

- a) 在  $(25^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C})$  下搁置 1h 或被测样品表面温度在 30min 内变化  $\leq 2^{\circ}\text{C}$ ，被测样件温度达到稳定。
- b) 以制造商规定的放电电流或恒定功率放电至任一电池或模块（组）的放电终止电压或 BMS 停止放电。

#### A.3.2.3 低温放电容量

- a) 电池模块按 A.3.1.1 的规定充满电；
- b) 电池模块在  $-20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  下搁置 24h；
- c) 电池模块在  $-20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  下，以  $1I_3(A)$  电流放电至任一电池单体电压达到 2.0V；
- d) 计量放电容量(以 Ah 计)。

#### A.3.2.4 高温放电容量

- a) 电池模块按 A.3.1.1 的规定充满电；
- b) 电池模块在  $55^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  下搁置 5h；
- c) 电池模块在  $55^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  下，以  $1I_3(A)$  电流放电至任一电池单体电压达到 2.5V；
- d) 计量放电容量(以 Ah 计)。

#### A.3.2.5 荷电保持及容量恢复能力

室温荷电保持与容量恢复能力试验按照如下步骤进行：

电池模块按 A.3.1.1 的规定充满电；

- a) 电池模块在  $25^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$  的环境条件下储存 28 天；
- c) 在  $25^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$  的环境条件下，电池模块以  $1I_3(A)$  电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压；
- d) 计量荷电保持容量(以 Ah 计)；
- e) 电池模块再按 A.3.1.1 方法充电；
- f) 在  $25^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$  的环境条件下，电池模块以  $1I_3(A)$  电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压；
- g) 计量恢复容量(以 Ah 计)。

高温荷电保持与容量恢复能力试验按照如下步骤进行：

电池模块按 A.3.1.1 的规定充满电；

- b) 电池模块在  $55^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  的环境条件下储存 7 天；
- c) 电池模块在  $25^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$  下搁置 5h 后，以  $1\text{I}3(\text{A})$  电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压；
- d) 计量荷电保持容量(以 Ah 计)；
- e) 电池模块再按 6.2.1.1 方法充电；
- f) 在  $25^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$  的环境条件下，电池模块以  $1\text{I}3(\text{A})$  电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压；
- g) 计量恢复容量(以 Ah 计)。

#### A.3.2.6 储存能力

- a) 电池模块按 A.3.1.1 方法充电；
- b) 电池模块室温下，以  $1\text{I}3(\text{A})$  电流放电 90min；
- c) 电池模块在  $45^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  下储存 28d；
- d) 电池模块室温下搁置 5h；
- e) 电池模块按 A.3.1.1 方法充电；
- f) 电池模块室温下，以  $1\text{I}3(\text{A})$  电流放电至任一电池单体电压达到放电终止电压；
- g) 计量放电容量(以 Ah 计)。

### A.4 试验方法

#### A.4.1 BMS 保护功能

##### A.4.1.1 充电限流保护

电源的电流设定值大于测试设备的限流值，以该限流值参考 A.3.1 标准充电方法为测试设备充电至满电状态，检测充电过程中的电流值。结果应符合 5.6.4.1 要求。

##### A.4.1.2 过压告警及保护

电池组按 A.3.1 充满电后，逐步增大充电电压，记录高告警电压和保护动作电压，当总电压下降到恢复点时恢复充电，记录恢复充电电压。结果应符合 5.6.4.2 要求。

##### A.4.1.3 欠压告警及保护

电池组按 A.3.1 充满电后，以最大持续放电电流放电，记录低告警电压和保护动作电压。结果应符合 5.6.4.3 要求。

##### A.4.1.4 放电过流保护

电池组按 A.3.1 充满电后，以 1.1 倍最大持续放电电流放电，记录电池组反应。结果应符合 5.6.4.4 要求。

##### A.4.1.5 高温告警及保护

将具有连续记忆功能的点温计探头贴于电池表面，再将电池组放入高温箱中，进行测试，对电池组充电，调节高温箱的温度以  $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$  上升至高温保护点，保持 10min，下调温度至高温恢复点。记录电池组

反应。结果应符合 5.6.4.5 要求。

#### A. 4. 1. 6 低温保护及恢复

将具有连续记忆功能的点温计探头贴于电池表面，再将电池组放入低温箱中，进行测试；对电池组充/放电，调节低温箱的温度以 3°C/min 至低温保护点，保持 10min，上调温度至低温恢复点。记录电池组反应。结果应符合 5.6.4.6 要求。

#### A. 4. 1. 7 BMS 高温保护

单独对 BMS 加热至高温保护点，记录电池组反应。结果应符合 5.6.4.7 要求。

#### A. 4. 1. 8 电池组短路测试

将试验对象的正极端子和负极端子相互连接，使回路中短路电阻不超过  $10\pm 5\text{m}\Omega$ 。保持短路状态，直至符合下列任一条件，结束试验：

- a) 试验对象保护功能起作用；
- b) 达到安全分级 4 级以上。

完成以上试验步骤后，在试验环境温度下观察 1h。结果应符合 5.6.4.8 要求。

### A.4.2 电池组功能

#### A. 4. 2. 1 并柜扩容

两柜并联，SOH 分别为 80%和 100%，电池组充满电后，以额定电流放电，记录各柜电流，以及放电结束时各柜 SOC 值，电池组工作应符合 5.5.5.3 要求。

#### A. 4. 2. 2 多柜均流

两柜并联，电池组充满电后，以额定电流放电，记录各柜电流，电池组工作应符合 5.5.5.4 要求。

#### A. 4. 2. 3 容错工作

两柜并联，取掉其中一柜中一个电池模块，重新串联组合后开机，电池组工作应符合 5.5.5.5 要求。

#### A. 4. 2. 4 分组核容

两柜并联，电池组充满电后，选择其中一柜进行核对性容量测试，另外一柜不参与。电池组工作应符合 5.5.5.6 要求。

### A.4.3 电池模块安全测试

所有安全试验均在有充分安全保护的环境条件下进行。如果测试对象有附加主动保护线路或装置，应除去。

#### A. 4. 3. 1 抗跌落

抗跌落试验按照如下步骤进行：

- a) 电池模块按A. 3. 1方法充电；
- b) 电池模块正负端子向下从1. 2m高度处自由跌落到水泥地面上；
- c) 观察1h。结果应符合 6.2.1 要求。

#### A. 4. 3. 2 抗重物冲击

电池模块放置于冲击台上并固定在夹具中，将10kg重锤自1. 0m高度自由落下，电池模块允许发生变形，结果应符合6. 2. 2的要求。

#### A. 4. 3. 3 抗加热

抗加热试验按照如下步骤进行：

- a) 蓄电池按A.3.1方法充电；
- b) 温度箱按照5℃/min的速率由室温升至130℃±2℃，并保持此温度30min后停止加热；
- c) 观察1h。结果应符合 6.2.3 的要求。

#### A.4.3.4 抗过充电

抗过充电试验按照如下步骤进行：

- a) 电池模块按A.3.1方法充电；
- b) 以1I<sub>1</sub>(A) 电流恒流充电至任一电池单体电压达到充电终止电压的1.5倍或充电时间达1h后停止充电；
- c) 观察1h。结果应符合 6.2.4 的要求。

#### A.4.3.5 抗过放电

抗过放电试验按照如下步骤进行：

- a) 电池模块按A.3.1方法充电；
- b) 电池模块以1I<sub>1</sub>(A) 电流恒流放电至某一电池单体电压达到0V；
- c) 观察1h。结果应符合 6.2.5 的要求。

#### A.4.3.6 抗短路

抗短路试验按照如下步骤进行：

- a) 电池模块按A.3.1方法充电；
- b) 将电池模块经外部短路10min，外部线路电阻应小于100mΩ；
- c) 观察1h。结果应符合 6.2.6 的要求。

#### A.4.3.7 高温储存

将电池模块放入85℃±2℃的高温箱中保持48h，结果应符合 6.2.7 的要求。

#### A.4.3.8 抗针刺

抗针刺试验按照如下步骤进行：

- a) 电池模块按A.3.1方法充电；
- b) 用φ3mm的钢针沿径向刺穿电池模块中任一电池单体；
- c) 观察1h。结果应符合 6.2.8 的要求。

#### A.4.3.9 抗挤压

抗挤压试验按照如下步骤进行：

- a) 电池模块按A.3.1方法充电；
- b) 按下列条件进行试验：
  - 挤压板形式：半径75mm的半圆柱体，半圆柱体的长度大于被挤压电池的尺寸，但不超过1m；
  - 挤压方向：与电池模块在整车布局上最容易受到挤压的方向相同。如果最容易受到挤压的方向不可获得，则垂直于电池单体排列方向施压；
  - 挤压速度：(5±1) mm/s；
  - 挤压程度：电池模块变形量达到30%或挤压力达到电池模块重量的1000倍和表5所列数值较大值；
  - 保持10min。
- c) 观察1h。结果应符合 6.2.9 的要求

表5 挤压力选取表格

挤压面接触单体数n	挤压力kN
1	200

2~5	100×n
>5	500

#### A. 4. 3. 10 抗低气压

抗低气压试验按照如下步骤进行：

- 电池模块按A. 3. 1方法充电；
- 电池模块放入低气压箱中，调节试验箱中气压为11. 6kPa，温度为室温，静置6h；
- 观察1h。结果应符合 6.2.10 的要求

#### A. 4. 3. 11 恒定湿热

将电池模块放入60℃±2℃、相对湿度为90%~95%的恒温恒湿箱中静置12h后，再将其取出，在25℃±5℃的环境条件下静置12h，再以1I<sub>3</sub>(A) 恒流放电至放电终止电压，结果应符合 6.2.11 的要求。

#### A. 4. 3. 12 抗振动

将电池模块紧固在振动试验台上，按IEC 61373—2010中1类B级的规定进行振动，试验应在三个相互垂直方向上进行，每个方向总振动时间不得少于5h。结果应符合 6.2.12 的要求。

#### A. 4. 3. 13 抗冲击

将电池模块紧固在冲击试验台上，按IEC 61373—2010中1类B级的规定进行半正弦脉冲试验。试验应在三个相互垂直轴的正反两个方向上进行，每个方向3次，共施加18次冲击。结果应符合 6.2.13 的要求。

#### A. 4. 3. 14 温度循环

温度循环试验按照如下步骤进行：

- 电池模块按A. 3. 1方法充电；
- 电池模块放入温度箱中，温度箱温度按照表6，循环次数5次；
- 观察1h。结果应符合 6.2.14 的要求

表6 温度循环试验一个循环的温度和时间

温度℃	时间增量min	累计时间min	温度变化率℃/min
25	0	0	0
-40	60	60	13/12
-40	90	150	0
25	60	210	13/12
85	90	300	2/3
85	110	410	0
25	70	480	6/7

#### A. 4. 3. 15 耐浮充性能

耐浮充性能试验按照如下步骤进行：

- 电池模块按A. 3. 1方法充电；
- 电池模块继续以1I<sub>10</sub>(A) 电流恒流充电至模块内各个单体电池电压达到稳定；
- 测量模块内各个单体电池电压。结果应符合 6.2.15 的要求

#### A. 4. 4 电池组灭火测试

针对机柜内单个模块内单颗电池单体，通过过充、加热等方法进行热失控触发测试。

a) 电池组按 A.3.1 充满电后，使用标称功率 300W 加热片对被测电池模块其中一个电池单体进行加热；

b) 通电持续加热使电池单体升温，模拟电池单体热失控，至冒出可燃气体，后断开加热片电源。采用电子点火的方式对可燃气体点火，直到电池单体起火出现明火。

c) 结果判定：柜内灭火装置启动，明火扑灭不应超过 30 s，之后 24h 内不应复燃。临近机柜表面温度温升 $\leq 97^{\circ}\text{C}$ ，整个过程无火焰扩散到机柜外。

#### A.4.5 电池组电气安全测试

##### A.4.5.1 电池组绝缘电阻测试

电池组按 A.3.1 充满电后，用绝缘电阻测试仪以直流 500V 的测试电压，对被测电池正、负极端子对电池金属外壳进行测试，允许拆除电池组浪涌保护器件，电池组正、负极接口分别对电池组金属外壳的绝缘电阻不小于  $2\text{M}\Omega$ 。结果应符合 6.1 要求。

##### A.4.5.2 电池组绝缘强度测试

电池组按 A.3.1 充满电后，用耐压测试仪以 50Hz、有效值 500V 的交流电压或 710V 的直流电压，对被测的电池正、负极端子与电池组金属外壳进行测试，允许拆除电池组浪涌保护器件。结果应符合 6.1 要求。

#### A.4.6 电磁兼容测试

##### A.4.6.1 静电放电抗干扰

按 GB/T 17626.2-2018 等级 4 规定的试验方法进行测试，结果应符合 6.3.1 要求。

##### A.4.6.2 传导骚扰阻值

按 GB 9254-2008 等级 A 规定的试验方法进行测试，结果应符合 6.3.2 要求。

##### A.4.6.3 辐射骚扰阻值

按 GB 9254-2008 等级 A 规定的试验方法进行测试，结果应符合 6.3.3 要求。

##### A.4.6.4 浪涌冲击

按 GB/T 17626.5-2019 规定试验方法进行测试，结果应符合 6.3.4 要求。

#### A.4.7 电池组热安全测试

##### A.4.7.1 电池组过热保护测试

将具有连续记忆功能的点温计探头贴于电池组表面，再将电池组放入高温箱中，进行测试，对电池组充电，调节高温箱的温度以  $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$  上升至高温保护点，保持 10min，下调温度至高温恢复点。

当符合以下任一条件时，结束试验：

- a) 试验对象自动终止或限制充电或放电；
- b) 试验对象发出终止或限制充电或放电的信号；
- c) 试验对象的温度稳定，温度变化在 2h 内小于  $6^{\circ}\text{C}$ 。

完成以上试验步骤后，在试验环境温度下观察 1h。

#### A.4.7.2 电池组热扩散测试

将试验对象的 SOC 状态调至不低于制造商规定正常 SOC 工作范围的 50%。对模组中外侧电池单体以 300W 进行加热通电持续加热使电池单体达到热失控条件(判定方法执行 GB 38031)后断开加热片电源,静置观察 24h,测试电池不应出现起火、爆炸及电池外壳破裂现象,结果应符合 6.4 要求。

#### A.4.8 电池组环境可靠性测试

##### A.4.8.1 低气压测试

电池组在  $25^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ , 大气压力不大于 11.6kPa 的环境下储存不少于 6h。试验后,测试样品的外观、功能和技术指标应符合本文件中的安全要求。

##### A.4.8.2 电池组恒定湿热

电池组按 A.3.1 充满电后,将其放入  $60^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 90%~95%的恒温恒湿箱中静置 12h 后,再将其取出在环境温度  $25^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ 的条件下静置 2h,目测其外观,再以最大持续放电电流放电至终止电压。试验后,测试样品的外观、功能和技术指标应符合本文件中的安全要求。

##### A.4.8.3 电池组交变湿热

电池组按 A.3.1 充满电后,按照 GB/T 2423.4 执行试验 Db: 交变湿热(12h+12h 循环),其中最高温度  $60^{\circ}\text{C}$ ,循环 5 次。试验后,测试样品的外观、功能和技术指标应符合本文件中的安全要求。

##### A.4.8.4 盐雾

电池组按 A.3.1 充满电后,按照 GB/T 28046.4-2011 中 5.5.2 的测试方法和 GB/T 2423.17 的测试条件进行试验。盐溶液采用氯化钠(化学纯、分析纯)和蒸馏水或去离子水配置,其浓度为  $5\%\pm 1\%$ (质量分数), $35^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 下测量 PH 值在 6.5-7.2 之间。将试验对象放入盐雾箱循环进行试验,一个循环持续 24h,在  $35^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 下对试验对象喷雾 8h,然后静置 16h,在一个循环的第 4h 和第 5h 之间进行低压上电监控。共进行 1 个循环。试验后,测试样品的外观、功能和技术指标应符合本文件中的安全要求。

## 附录B (资料性) 安装与调试

### B.1 一般规定

B.1.1 电池机房宜结合磷酸铁锂电池组系统布局和承重要求提前进行规划设计，改造站点机房承重不满足磷酸铁锂电池组系统承重要求时，应考虑对磷酸铁锂电池柜安装底座散力架。

B.1.2 电池组系统安装前，应由生产厂商编制安装与调试方案或调试手册，内容应包含磷酸铁锂电池组系统安装、使用、调试和维护等。

B.1.3 电池组系统的安装调试人员应经过生产厂商系统培训并通过考核。

### B.2 电池模块安装

#### B.2.1 电池模块的极性标识

- a) 电池模块的正负极极性应标识在接线端子附近，清晰可见；
- b) 极性标识所用颜色应符合GB 2893—2008的要求。

#### B.2.2 电池模块组装及绝缘

- a) 应采用稳固的定位和夹紧装置，防止振动和碰擦；
- b) 对于绝缘间隙小于15mm的部位应采取绝缘和防护措施。

#### B.2.3 电池模块接口

每个电池模块应具有通讯接口，并能够通过该接口将采集的数据上传至蓄电池管理系统。

### B.3 电池管理系统的安装

#### B.3.1 电池模块控制管理单元

每个电池模块的控制管理单元应与电池模块集中安装在一起，且便于更换。

#### B.3.2 总体控制管理单元

电池系统总体控制管理单元应独立安装，便于维修更换，并能对电池模块控制管理单元进行控制管理。

#### B.3.3 传感元件安装及连接

电流、电压、温度等传感元件的安装，应布置合理、固定可靠，严禁虚接、碰擦和损坏。

#### B.3.4 采集线路

- a) 电池系统内的采集线路及辅助原材料应满足UL94 V0阻燃等级要求；
- b) 线束应固定可靠，走线平顺合理，应与其它线路可靠隔离；
- c) 所有线束应采取防护措施，过线孔应加防护胶圈。

### B.4 电池组系统安装

#### B.4.1 电池组系统安装环境应符合下列规定：

- a) 电池机房应有可靠的接地，且具有抗震、防洪等防灾设计；
- b) 电池机房应避免腐蚀性物质和气体的侵入；
- c) 电池机房宜保持良好的通风和照明，为延长磷酸铁锂电池组系统寿命，可加装自启动空气调节装置，以保证磷酸铁锂电池组系统在最佳温度范围内工作；

d) 除机房的消防系统外，电池机房应配置额外的二氧化碳或沙子等灭火物资。

#### B.4.2 电池组系统安装前的检查应符合下列规定：

- a) 电池组系统到达用户端后，应检查外包装是否破损；
- b) 根据订货合同及装箱清单，应开箱检查设备、零部件、配件及随机资料是否齐全、完好。

#### B.4.3 电池组系统安装应符合下列规定：

- a) 应远离易撞击、污染、暴晒、水浸泡的环境及发热、制冷器件，如无法避开时，应采取可靠的隔离措施；
- b) 电池柜应采用 M12及以上规格的螺栓固定在安装底座 或槽钢支架上，两个相邻的磷酸铁锂电池柜可通过机柜侧面M8及以上规格的螺栓进行组合并柜；
- c) 机柜安装应牢固，间距均匀，排列整齐，机柜前后门宜预留1000mm以上操作空间；
- d) 应采用稳固的定位和夹紧装置，防止振动和碰擦，定位装置应符合互换性要求，空气绝缘间隙小于 15mm的部位应加强绝缘和防护措施。机械安全测试应参考A4.5 机械安全；
- e) 电池管理系统应方便安装，便于维修更换，并可对蓄电池模块本地控制管理单元进行控制管理；
- f) 各电气连接点应具有保证安全连接的预紧力，且采取防松措施；
- g) 电力电缆应独立绑扎，走线平顺合理，松紧合适，线路交叉、拐角圆滑，不损伤导线，绑扎、转角部位加装绝缘保护；
- h) 各过线孔应采取必要的防护措施，且具有防止磨损的功能；
- i) 电力电缆应具有明显的标志，标记方法符合现行国家标准《安全标志及其使用导则》GB2894-2008的要求；
- j) 电池模块连接件表面应作防腐处理，表面平整光滑，导电性能良好；电池组绝缘电阻和绝缘强度测试测试应参考A.4.4.电气安全。

### B.5 电池组系统调试

#### B.5.1 电池组系统上电调试前应符合下列规定：

- a) 应按设计要求设置充电设备的充电电压、充电电流、放电截止电压等参数；
- b) 电池组系统磷酸铁锂电池开关上电前，应检查磷酸铁锂电池组系统回路连接，确保正确无误，且电池柜已接地；
- c) 测量电池组系统输出电压应大于或等于系统额定输出电压。

#### B.5.2 电池系统与充放电设备之间的调试应符合下列规定：

- a) 电池管理系统正常上电后，系统应无任何故障报出；
- b) 闭合市电输入，UPS设备应对磷酸铁锂电池组系统充电，且充电电流应小于或等于设定值，充电电压应小于或等于均充电压设置值；
- c) 断开市电，UPS设备应通过磷酸铁锂电池组系统对现有负载放电，且负载在切换过程中应不间断工作。