ICS 29.220.10；73.100.99
CCS K82

KA

中华人民共和国矿山安全行业标准

KA XXXXX—XXXX

矿用一般型锂电池电源安全技术要求

Safety technical requirements for mining lithium-ion battery power supply of non hazardous area

（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。

XXXX－XX－XX 发布　　XXXX－XX－XX 实施

国家矿山安全监察局　　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　符号和缩略语 3
4.1　符号 3
4.2　缩略语 3
5　分类 4
6　使用环境条件 4
7　技术要求 4
7.1　基本要求 4
7.2　结构与材料 4
7.3　实际能量 4
7.4　BMS 5
7.5　电气安全性能 5
7.6　环境适应性 6
7.7　电磁兼容 6
7.8　热扩散 6
8　现场使用与维护管理 6
9　试验条件与方法 7
9.1　试验条件 7
9.2　试验方法 7
10　检验规则 13
10.1　检验项目 13
10.2　判定规则 13
附录 A （规范性）　SOC 估算误差测试方法 14

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。

本文件由国家矿山安全监察局提出。

本文件由矿山安全行业标准化技术委员会防爆与设备分技术委员会归口。

本文件起草单位：安标国家矿用产品安全标志中心有限公司、中国北方车辆研究所、惠州市亿能电子有限公司、河南易成新能源股份有限公司、宁德时代新能源科技股份有限公司、国能神东煤炭集团有限责任公司、青岛睿能智慧矿山装备研究院有限公司、八达电气有限公司、中煤科工（上海）新能源有限公司、上海申传电气股份有限公司、济南华科电气设备有限公司、石家庄煤矿机械有限责任公司、长沙矿山研究院有限责任公司、紫金矿业集团股份有限公司、新疆大明矿业集团股份有限公司、上海煤科检测技术有限公司、新疆喀拉通克矿业有限责任公司。

本文件主要起草人：张勇、胡道中、李子涵、文锋、陈炯明、司发库、孟积渐、刘隽宁、许联航、冯茂林、郑昌陆、周志敏、臧财运、张映雷、李英娜、曾怀灵、周俊武、张龙、钱柄旭、刘宏。

本文件为首次发布。

矿用一般型锂电池电源安全技术要求

1 范围

本文件规定了矿用一般型锂电池电源（以下简称电源）的使用环境条件、技术要求、现场使用与维护管理、检验规则，描述了对应的试验条件与方法。

本文件适用于在无爆炸性气体、粉尘危险的地下矿山或其他类似的地下工业生产部门使用的，额定能量大于2 kW·h的电源的设计、生产、检测检验和使用维护管理。

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 2408 塑料 燃烧性能的测定 水平法和垂直法

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热（12h＋12h循环）

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 10294 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 防护热板法

GB/T 10295 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 热流计法

GB/T 12173 矿用一般型电气设备

GB/T 28046.4—2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第4部分：气候负荷

GB 38031—2025 电动汽车用动力蓄电池安全要求

GB 48006—2026 煤矿井下电磁兼容要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

矿用一般型锂电池电源 mining lithium-ion battery power supply of non hazardous area

无爆炸性气体、粉尘危险的地下矿山或其他类似的地下工业生产部门使用的能量存储、转换装置，由外壳、锂离子蓄电池、电池管理系统、熔断器、断电开关等组成。

3.2

额定能量 rated energy

以制造商规定的条件测得的并由制造商申明的矿用一般型锂电池电源的能量值。

3.3

实际能量 practical energy

以制造商规定的条件，可从完全充电的矿用一般型锂电池电源中释放的能量值。

4 符号和缩略语

4.1 符号

下列符号适用于本文件：

——I_1：1 h 率放电电流（A），其数值等于单体锂离子蓄电池额定容量值与并联支路数量的乘积；

——I_3：3 h 率放电电流（A），其数值等于 I_1 数值的 1/3。

4.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

——BMS：电池管理系统（battery management system）；

——FS：满量程（full scale）；

——SOC：荷电状态（state-of-charge）。

5 分类

电源按照系统架构可分为：

——一体式电源，电源所有部件集成在一个外壳内；

——分体式电源（电源装置），电源部件分配在多个独立外壳内，其中装有锂离子蓄电池的部分为电池箱。

6 使用环境条件

除另有标准规定外，电源应在下列条件下正常工作：

a) 环境温度：-20 ℃～+40 ℃；

注：温度超出范围时补充相关要求。

b) 月平均相对湿度：≤95%（+25 ℃）；

c) 大气压力：80 kPa～110 kPa；

d) 在无破坏绝缘的气体或蒸汽环境中。

7 技术要求

7.1 基本要求

7.1.1 电源应有唯一编码标识。

7.1.2 电源中的锂离子蓄电池应为同一制造商生产的同一规格型号的产品。

7.1.3 电源应具备信息存储和实时上传功能，上传的信息应至少包括所有单体电池的电压、电流和温度，信息上传周期应不大于 5 s。

7.1.4 电源或电池箱内部应配备火焰抑制装置，火焰抑制装置的有效性应与电源或电池箱的内部结构相匹配。

7.1.5 电源或电池箱应设置泄压装置或泄压结构。

7.2 结构与材料

7.2.1 应符合 GB/T 12173 的要求。

7.2.2 电源中的锂离子蓄电池应采用激光焊接方式进行电路连接。单体电池的电压信号采集线束应具有短路保护。

7.2.3 电源电路的总正极、总负极和每个支路应设置断电开关，每个支路还应设置手动断电开关。一体式电源的每个支路应设置熔断器；分体式电源的每个电池箱应设置熔断器。

7.2.4 电源中各锂离子蓄电池之间应使用隔热材料隔离，隔热材料的室温条件下导热系数不应大于 0.03 W/(m·k)，厚度不应小于 0.5 mm。

7.2.5 电源外壳的防护等级不应低于 GB/T 4208 中的 IP67。

7.2.6 电源或电池箱的外壳材料的熔点不应低于 800 ℃ ；采用熔点不明确的材料或复合材料时，按照 9.2.2.5 进行试验，不应出现熔化和变形。

7.2.7 电源或电池箱内，除锂离子蓄电池的非金属零部件材料的燃烧性能不应低于 GB/T 2408 中的水平燃烧 HB75 级和垂直燃烧 V-2 级。若单个非金属零部件的质量大于 50 g，或相同型号非金属零部件的总质量大于 200 g，其燃烧性能不应低于水平燃烧 HB 级和垂直燃烧 V-0 级。制造商应在技术资料中提供非金属零部件清单。

注：非金属零部件包括线束。

7.3 实际能量

电源实际能量不应低于额定能量的95%，并且不应高于额定能量的105%。

7.4 BMS

7.4.1 BMS 应对所有单体电池的电压和温度、每一个支路的电流、绝缘电阻（适用于额定电压大于等于 48V 的电源）、SOC 进行监测。各参数测量误差应满足表 1 的要求，SOC 估算误差不应大于 5%。温度监测位置应位于单体电池顶盖处。

表 1 参数测量误差要求

参数	单体电池电压	单体电池温度	支路电流	绝缘电阻
误差	±0.5%FS，并且不大于 5 mV	≤±2 ℃	I≤30 A 时，±0.3 A；I>30 A时，±1%FS	R≤50000 Ω时，-10k Ω～0 k Ω；R>50000 Ω时，-20%R～0%R
注： T为被测温度，单位为摄氏度（℃）；I为被测电流，单位为安培（A）；R为被测电阻，单位为欧姆（Ω）。				

7.4.2 BMS 应具有单体电池过充电压保护功能。单体电池充电终止电压不应大于 3.6 V，过充保护电压不应大于充电终止电压的 103%。

7.4.3 BMS 应具有单体电池过放电压保护功能，单体电池放电终止电压不应小于 2.6 V，过放保护电压不应小于放电终止电压的 97%。

7.4.4 BMS 应具有充电过流保护功能，最大允许充电倍率不应大于 1；结合持续时间判定时，判定时间不应大于 30 s。按照 9.2.4.4 进行试验，BMS 应在 5 s 内报警或显示，并在 30 s 内中断充电。

7.4.5 BMS 应具有放电过流保护功能。按照 9.2.4.5 进行试验，BMS 应在 5 s 内报警或显示，并在 30 s 内中断放电。

7.4.6 BMS 应具有输出短路保护功能。按照 9.2.4.6 进行试验，电源应在 1 s 内中断放电，BMS 应在 5 s 内报警或显示。

7.4.7 BMS 应具有高温保护功能。当单体电池温度达到高温保护温度时 BMS 应中断充电或放电，并在 5 s 内报警或显示；当单体电池温度恢复到制造商规定的温度时，BMS 应恢复充电或放电，并消除报警或显示。高温保护温度不应大于 60 ℃，动作误差不应大于 2 ℃。

7.4.8 BMS 应具有充电低温保护功能。单体电池温度低于制造商规定的充电低温保护温度时，BMS 应限制充电电流或中断充电，并在 5 s 内报警或显示。充电低温保护功能的动作误差不应大于 2 ℃。

7.4.9 BMS 应具有充电均衡功能。按照 9.2.4.9 进行试验，充电均衡功能应能够自动启动并显示目标电池编号，均衡电流不应小于 50 mA 并且不应大于 1000 mA，电源内所有单体电池电压的极差应在 24 h 内降低至 50 mV 以下。

7.4.10 BMS 应具有信息采集线开路检测功能。单体电池的电压或温度采集线断开时，BMS 应在 5s 内显示故障位置，并在 30 s 内中断充放电。

7.4.11 BMS 应具有严重过放保护功能，单体电池电压不大于 1.0 V 时 BMS 应有报警或显示，并且不应允许充电。

7.4.12 BMS 应具备低功耗休眠功能。低功耗休眠模式的平均功耗不应大于正常工作平均功耗的 5%，并应在检测到信息采集线开路或外部信号时自动唤醒。

7.5 电气安全性能

7.5.1 绝缘电阻

常态和湿热试验后的绝缘电阻应符合表2的要求。

绝缘电阻测量仪表的电压等级参照表3选取。

表 2 绝缘电阻值

条件	绝缘电阻值 MΩ					
	≤60V	127V	220V	380V	660V	1140V
常态：温度 (20±5)℃，相对湿度 50%～70%	≥2	>20	>20	>20	>50	>100
湿热试验后	1	1.5	1.5	1.5	2.0	2.5

表 3 绝缘电阻测量仪表的电压等级

设备额定电压U V	测量仪表的电压等级 V
U＜500	500
500≤U＜1000	1000
U≥1000	2500

7.5.2 介电强度

不同极性的带电部件之间及带电部件对外壳之间，应能承受表 4 规定的工频耐压试验电压值或直流耐压试验电压值，漏电电流不应大于 5 mA，不应有击穿或闪络现象。

表 4 介电强度

额定绝缘电压U_i V	工频耐压试验电压值 kV	直流耐压试验电压值 kV
U_i≤60	1.0	1.41
60＜U_i ≤300	2.0	2.82
300＜U_i＜660	2.5	3.53
660≤U_i≤800	3.0	4.23
800＜U_i≤1200	4.2	5.92

7.6 环境适应性

7.6.1 电源按照 GB/T 2423.2 进行严酷等级为最高工作环境温度与 2 h 持续时间的高温工作试验，主要技术指标和功能应符合 7.4.1～7.4.3、7.4.7、7.4.8、7.5 的要求。

7.6.2 电源按照 GB/T 2423.1 进行严酷等级为最低工作环境温度与 2 h 持续时间的低温工作试验，主要技术指标和功能应符合 7.4.1～7.4.3、7.4.7、7.4.8、7.5 的要求。

7.6.3 电源按照 GB/T 2423.2 进行严酷等级为 +60℃ 与 16 h 持续时间的高温贮存试验，恢复后主要技术指标和功能应符合 7.4.1～7.4.3、7.4.7、7.4.8、7.5 的要求。

7.6.4 电源按照 GB/T 2423.1 进行严酷等级为 -40℃ 与 16 h 持续时间的低温贮存试验，恢复后主要技术指标和功能应符合 7.4.1～7.4.3、7.4.7、7.4.8、7.5 的要求。

7.6.5 电源按照 GB/T 2423.4 进行严酷程度为 40℃与 12 次循环的交变湿热试验，最后一次循环结束前 2 h 应符合 7.5 的要求，试验后主要技术指标和功能应符合 7.4.1～7.4.3、7.4.7、7.4.8 的要求。

7.6.6 电源按照 9.2.6.7 进行冲击试验，试验后主要技术指标和功能应符合 7.4.1～7.4.3、7.4.7、7.4.8、7.5 的要求。

7.6.7 移动装备用电源按照 9.2.6.8 进行振动试验，试验后主要技术指标和功能应符合 7.4.1～7.4.3、7.4.7、7.4.8、7.5 的要求，并且电源内阻变化率不应大于 5%。

7.6.8 移动装备用电源按照 9.2.6.9 进行模拟碰撞试验，应无泄漏、外壳破裂、起火或爆炸现象，试验后直流电路的绝缘电阻不应小于 100 Ω/V，交流电路的绝缘电阻不应小于 500 Ω/V。

7.6.9 在盐雾浓度为中度（0.3 g/L～1.0 g/L）及以上环境下使用的电源，按照 9.2.6.10 进行盐雾试验，应无泄漏、外壳破裂、起火或爆炸现象，试验后直流电路的绝缘电阻不应小于 100 Ω/V，交流电路的绝缘电阻不应小于 500 Ω/V。

7.7 电磁兼容

应符合GB 48006—2026中5.1.2.2、5.1.3的要求和5.2.3、5.2.5中A类设备的要求。

7.8 热扩散

按照9.2.8进行热扩散试验，除触发热失控的单体电池以外的单体电池不应发生热失控，且不应出现破裂或漏液；电源应在停止触发后5 min内报警或显示，不应出现起火或爆炸，并且除泄压装置（或泄压结构）以外的壳体不应出现破裂、泄漏或熔化。

8 现场使用与维护管理

8.1 应至少每周查看电源是否存在数据异常、故障信息和报警信息。

8.2 应每月进行电源外观、结构和线束的完好性检查。
8.3 长期不使用的电源应至少每 6 个月进行一次完整充电。
8.4 不应在高温下贮存或使用，并且应远离火源、热源及长时间淋水环境。
8.5 应由制造商进行维修，维修时不应改变电源内所有锂离子蓄电池的生产厂家、型号和规格。

9 试验条件与方法

9.1 试验条件

9.1.1 环境条件

除另有规定外，试验应在以下环境条件下进行：
a) 环境温度：+15 ℃～+40 ℃；
b) 相对湿度：45%～75%；
c) 大气压力：86 kPa～106 kPa。

9.1.2 测量仪器与设备

测量仪器与设备应符合下列要求：
a) 测量仪器和设备的选用应符合所测指标的特性；
b) 计量仪器的准确度和测量范围应能保证所测指标的精度；
c) 被测电源本身不含显示、报警装置的，生产厂家应提供相关配套设备。

9.1.3 受试电源

9.1.3.1 受试电源应为出厂检验合格的产品。
9.1.3.2 对于使用多个相同的电池箱的分体式电源（电源装置），在不影响对应的安全技术要求的情况下，可减少参与 9.2.6 试验的电池箱数量。
9.1.3.3 正式试验开始前，应对电源进行预处理循环，步骤如下：
a) 按照 9.1.4 进行标准充电；
b) 以制造商规定的且不小于 1 I_3 的电流放电至制造商规定的放电终止条件；
c) 静置 1 h（或制造商提供的不大于 1 h 的静置时间）；
d) 循环步骤 a)～c)，若连续 2 次的放电能量极差小于额定能量的 3%，则预处理完成，循环终止。
9.1.3.4 正式试验开始前，应使电源内的火焰抑制装置不工作。

9.1.4 标准充电

以不小于1 I_3 的电流放电至制造商技术条件中规定的放电终止电压，静置1 h，然后按照制造商提供的充电方法进行充电，之后静置1 h。

若制造商未提供充电方法，则依据以下方法充电：

以不小于1 I_3 的电流恒流充电至制造商技术条件中规定的充电终止电压时转恒压充电，充电电流降至0.05 I_1 时停止充电，之后静置 1 h。

9.2 试验方法

9.2.1 基本要求检查

9.2.1.1 核查电源的标识信息与锂离子蓄电池的制造商、规格型号信息，并记录。
9.2.1.2 根据电源实际情况通过有线或无线方式与连接电源，接收 10 min 电源上传的信息，检查信息种类是否齐全，上传周期是否一致、无缺失。
9.2.1.3 检查火焰抑制装置的有效作用体积、有效浓度等性能指标是否匹配电源或电池箱的结构参数；布置位置是否被其他结构阻挡，难以作用于锂离子蓄电池所在位置。
9.2.1.4 检查是否设置泄压装置或泄压结构。

9.2.2 结构、材料检查与试验

9.2.2.1　按照 GB/T 12173 进行检查和试验。

9.2.2.2　目视检查电源的锂离子蓄电池电路连接方式、短路保护措施、断电开关、手动断电开关和熔断器。

9.2.2.3　按照 GB/T 10294 或 GB/T 10295 测定隔热材料的导热系数。测量隔热材料样件的厚度。

9.2.2.4　按照 GB/T 4208 测定电源外壳的防护等级。

9.2.2.5　由制造商提供壳体材料的板状样件，尺寸不小于 10 cm×10 cm，置于 800 ℃的温箱中 30 min，观察样件状态。

9.2.2.6　核查非金属零部件清单，按照 GB/T 2408 测定燃烧性能。

9.2.3　实际能量试验

电源进行预处理循环时，以最后2次的放电能量的平均值作为实际能量。

9.2.4　BMS 试验

9.2.4.1　充电过程中 BMS 试验

9.2.4.1.1　充电参数测量误差试验

按照制造商规定方式充电，对不少于电池总数量20％ 的单体电池测量不少于三次单体电池电压、单体电池温度、支路电流和绝缘电阻，与BMS值比较，计算误差。

9.2.4.1.2　单体电池过充电压保护功能试验

按照制造商规定方式充电，当单体电池过充电压保护功能动作时，记录电源内最高的单体电池电压为过充保护电压。

9.2.4.2　放电过程中 BMS 试验

9.2.4.2.1　放电参数测量误差试验

按照额定输出电流放电，对不少于电池总数量20 ％的单体电池测量不少于三次单体电池电压、单体电池温度、支路电流和绝缘电阻，与BMS值比较，计算误差。

9.2.4.2.2　单体电池过放电压保护功能试验

按照额定输出电流放电，当单体电池过放电压保护功能动作时，记录电源内最低的单体电池电压为过放保护电压。

9.2.4.3　SOC 估算误差试验

按照附录A进行试验。

9.2.4.4　充电过流保护试验

按照制造商规定方式充电，调整充电设备的输出电流至制造商规定的最大允许充电电流的105％，记录BMS报警与中断充电的用时。BMS结合持续时间判定过充时，从达到制造商规定的判定时间开始记录报警与中断充电的用时。

9.2.4.5　放电过流保护试验

按照制造商规定方式充电至充满，在电源的输出端施加过流检测负载，使放电电流为制造商规定的最大允许放电电流的105％，记录BMS报警与中断放电的用时。

9.2.4.6　输出短路保护试验

按照制造商规定方式充电，在单体电池过充电压保护动作后，在电源的输出端施加短路检测负载（负载等外部电路的总电阻不大于5 mΩ），使电源输出处于短路状态，记录中断放电用时、报警或显示用时。

9.2.4.7　高温保护功能试验

9.2.4.7.1 按照以下步骤进行充电高温保护功能试验：

a) 按照制造商规定方式充电，并将一个电池温度检测元件置于温箱中；
b) 以不大于 3 ℃/min 的速率上调温箱温度至制造商规定的最高充电温度（无规定时采用最高工作温度）减 5 ℃；
c) 以不大于 1 ℃/min 的速率上调温箱温度至 BMS 中断充电，停止升温，记录中断充电的时间和此时的温箱温度，以此时的温箱温度作为高温保护动作温度，计算动作误差；
d) 记录 BMS 报警或显示的时间，计算与中断充电时间的间隔。
e) 以不大于 1 ℃/min 的速率下调温箱温度至恢复充电，观察 BMS 报警或显示是否消除。

9.2.4.7.2 按照以下步骤进行放电高温保护功能试验：

a) 按照额定输出电流放电，并将一个电池温度检测元件置于温箱中；
b) 以不大于 3 ℃/min 的速率上调温箱温度至制造商规定的最高放电温度（无规定时采用最高工作温度）减 5 ℃；
c) 以不大于 1 ℃/min 的速率上调温箱温度至 BMS 中断放电，停止升温，记录中断放电的时间和此时的温箱温度，以此时的温箱温度作为高温保护动作温度，计算动作误差；
d) 记录 BMS 报警或显示的时间，计算与中断放电时间的间隔。
e) 以不大于 1 ℃/min 的速率下调温箱温度至恢复放电，观察 BMS 报警或显示是否消除。

9.2.4.8 充电低温保护功能试验

按照以下步骤进行试验：

a) 按照制造商规定方式充电，并将至少一个电池温度检测元件置于温箱中。
b) 以不大于 3 ℃/min 的速率下调温箱温度至制造商规定的最低充电温度（无规定时采用最低工作温度）加 5 ℃。
c) 以不大于 1 ℃/min 的速率下调温箱温度至 BMS 限制充电电流或中断充电，停止降温。记录动作时间和停止降温的温箱温度，以此时的温箱温度作为充电低温保护动作温度，计算动作误差。
d) 记录 BMS 报警或显示的时间，计算与中断充电时间的间隔。

9.2.4.9 均衡功能试验

按照以下步骤进行试验：

a) 按照制造商规定方式将电源充电至额定能量的 90%。
b) 选取电源内电压最低的单体电池，单独放电至额定能量的 87%。条件允许时断开被放电电池的均衡电路，并在放电结束后恢复。
c) 记录 BMS 均衡功能动作情况、显示的目标电池编号、均衡电流；
d) 重启 BMS，记录 BMS 均衡功能动作情况和显示的目标电池编号；
e) 观察电源内所有单体电池电压的极差，记录极差降低至 50 mV 以下的用时。

9.2.4.10 信息采集线开路检测功能试验

按照以下步骤进行试验：

a) 断开任意一根电压采集线，记录 BMS 显示故障位置的时间和中断充放电的时间，恢复电源状态。
b) 断开任意一根温度采集线，记录 BMS 显示故障位置的时间和中断充放电的时间，恢复电源状态。

9.2.4.11 严重过放保护功能试验

拆下任意一只单体电池的电压采集线，接入1.0 V 稳压电源，观察BMS报警或显示。接通充电设备，观察充电能否启动。

9.2.4.12 低功耗休眠功能试验

9.2.4.12.1 将功率分析仪接入 BMS 供电回路中，进入正常工作状态，记录 2 h 内 BMS 正常工作平均功耗；通过外部开关信号和通过通信接口给 BMS 发送低功耗命令，BMS 均能进入低功耗休眠模式，记录 2 h



内低功耗休眠模式的平均功耗。

9.2.4.12.2　分别测试以下情况，观察 BMS 能否自动恢复到正常工作状态：

a)　断开单体电池的电压采集线；

b)　断开单体电池的温度采集线；

c)　通过通讯接口向 BMS 发送数据。

9.2.5　电气安全性能试验

9.2.5.1　绝缘电阻试验

按照GB 38031—2025中附录B进行试验。

9.2.5.2　介电强度试验

分别在电源的不同极性的带电部件之间、带电部件对外壳之间，按照表4施加工频交流或直流电压，持续1 min，分别记录每次试验后的漏电电流，并观察是否有击穿或闪络现象。

9.2.6　环境适应性试验

9.2.6.1　基本要求

对于在环境适应性各项试验后进行测试的主要技术指标和功能，可在完成多项试验后统一测试。

9.2.6.2　高温工作试验

按照GB/T 2423.2进行试验。

9.2.6.3　低温工作试验

按照GB/T 2423.1进行试验。

9.2.6.4　高温贮存试验

按照GB/T 2423.2进行试验

9.2.6.5　低温贮存试验

按照GB/T 2423.1进行试验。

9.2.6.6　交变湿热试验

按照GB/T 2423.4进行试验。

9.2.6.7　冲击试验

按照以下方法进行试验：

a)　电源按照制造商规定充电方法充满，静置 1 h；

b)　对电源 Z 轴方向施加半正弦冲击波，加速度为 7 g，脉冲实际为 6 ms，冲击次数为 6 次；

c)　半正弦冲击波最大、最小容差允许范围见表 5 和图 1；

d)　完成以上步骤后，在试验环境温度下观察 2 h。

表 5　机械冲击脉冲容差范围

位置	脉宽 ms	加速度 g
A	1.00	0.00
B	2.94	5.95
C	3.06	5.95
D	5.00	0.00
E	0.00	2.68
F	2.00	8.05
G	4.00	8.05

位置	脉宽 ms	加速度 g
H	7.00	0.00

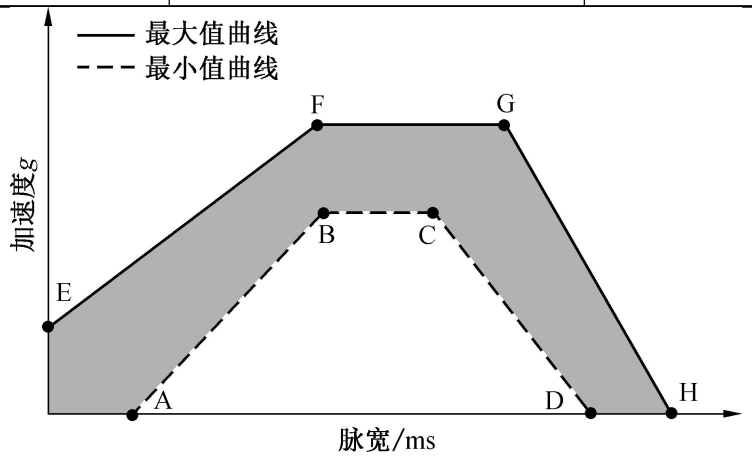

图 1　机械冲击容差范围示意图

9.2.6.8　振动试验

按照以下方法进行试验：

a)　电源按照制造商规定充电方法充满，静置 1 h；

b)　以 I_3 电流放电 1.5 h，静置 1 h；

c)　记录放电前电压 U_0，以 $3I_3$ 电流放电 5 s，记录放电后 10 ms 的电压 U_1，按式（1）计算电源直流内阻 R：

$$R=\frac{U_0-U_1}{3I_3} \quad (1)$$

式中：

R　——电源直流内阻，单位为欧姆（Ω）；

U_0　——放电前电压，单位为伏特（V）；

U_1　——放电后10 ms的电压，单位为伏特（V）；

d)　以 I_3 电流充电 15 s；

e)　将电源安装在振动试验台上开始振动试验；

f)　振动条件为频率 10 Hz～55 Hz,加速度为 3 g，X、Y、Z每个方向扫频循环次数为 10 次，扫频速率为 1 oct/min；

g)　振动结束后步骤 c），计算内阻变化率。

9.2.6.9　模拟碰撞试验

按照以下方法进行试验：

a)　电源按照制造商规定充电方法充满，静置 1 h；

b)　将电源按照工作状态安装在带有支架的台车上，根据电源的使用环境施加脉冲，脉冲容差在表 6 和图 2 的允许范围内；

表 6　模拟碰撞脉冲容差范围

位置	脉冲 ms	X 轴方向加速度 g	Y 轴方向加速度 g
A	20	0	0
B	50	6.6	5
C	65	6.6	5
D	100	0	0
E	0	4	2.5

位置	脉冲 ms	X 轴方向加速度 g	Y 轴方向加速度 g
F	50	12	10
G	80	12	10
H	120	0	0
注：车辆行驶方向为 X 轴方向，垂直于行驶方向的水平方向为 Y 轴方向。			

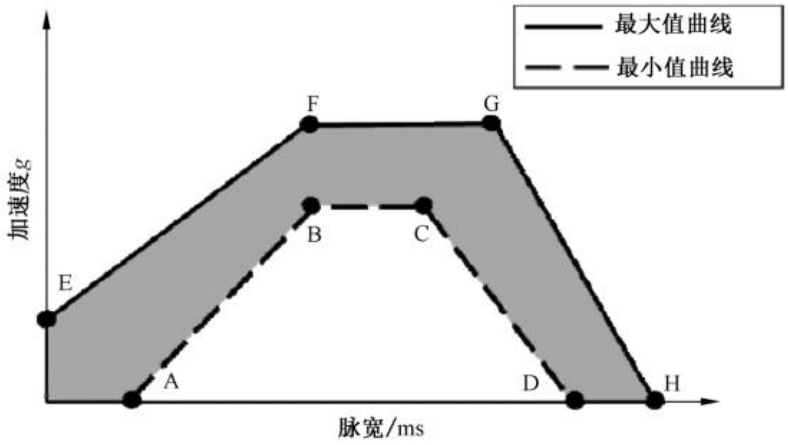

图 2　模拟碰撞脉冲容差范围示意图

c)　完成以上试验步骤后，在试验环境温度下观察 2 h。

9.2.6.10　盐雾试验

按照GB/T 28046.4—2011中5.5.2.2进行试验。

9.2.7　电磁兼容试验

按照GB 48006—2026中6进行试验。

9.2.8　热扩散试验

按照以下方法进行试验：

a)　电源按照制造商规定充电方法充满，静置 1 h；

b)　参考图 3 选择排列在中心位置的单体电池作为触发热失控的对象；

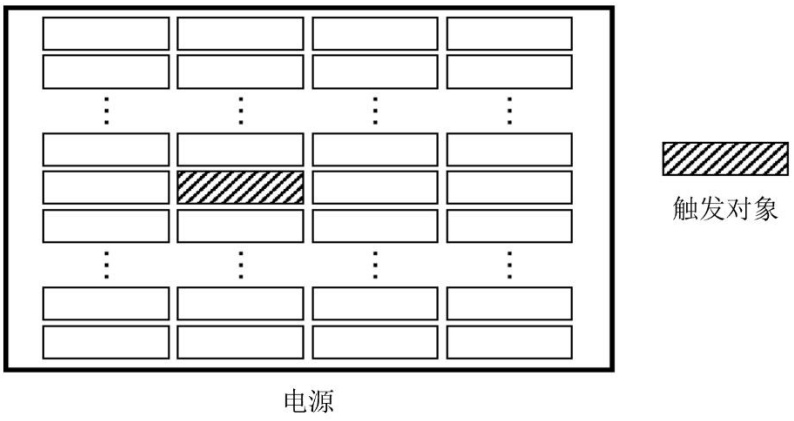

图 3　热失控触发对象示意图

c)　按照 GB 38031—2025 中 C.5.3.4 或 C.5.3.5 的方式触发热失控，并按照 GB 38031—2025 中 C.5.3.6 布置监控点；

注：按照GB 38031-2025中C.5.3.7判定触发对象是否发生热失控。

d)　发生热失控后停止触发，在试验环境温度下观察 6 h，记录 BMS 报警或显示的用时。

对于具备热管理功能的电源，试验中允许热管理功能作用。

10 检验规则

10.1 检验项目

10.1.1 电源检验分为出厂检验和型式检验。
10.1.2 每个电源均应由制造商进行出厂检验。
10.1.3 进行型式检验的电源应从出厂检验合格的产品中选取。
10.1.4 电源出厂检验、型式检验项目见表 7。

表 7 检验项目表

序号	检验项目		技术要求	检验方法	出厂检验	型式检验
1	基本要求		7.1	9.2.1	√	√
2	结构与材料		7.2	9.2.2	—	√
3	实际能量		7.3	9.2.3	√	√
4	BMS	参数测量误差	7.4.1	9.2.4.1.1、9.2.4.2.1	√	√
5		SOC 估算误差	7.4.1	9.2.4.3	√	√
6		单体电池过充电压保护功能	7.4.2	9.2.4.1.2	√	√
7		单体电池过放电压保护功能	7.4.3	9.2.4.2.2	√	√
8		充电过流保护功能	7.4.4	9.2.4.4	√	√
9		放电过流保护功能	7.4.5	9.2.4.5	√	√
10		输出短路保护功能	7.4.6	9.2.4.6	—	√
11		高温保护功能	7.4.7	9.2.4.7	√	√
12		充电低温保护功能	7.4.8	9.2.4.8	√	√
13		充电均衡功能	7.4.9	9.2.4.9	—	√
14		信息采集线开路检测功能	7.4.10	9.2.4.10	√	√
15		严重过放保护功能	7.4.11	9.2.4.11	√	√
16		低功耗休眠功能	7.4.12	9.2.4.12	√	√
17	电气安全性能	绝缘电阻（常态）	7.5.1	9.2.5.1	√	√
18		绝缘电阻（交变湿热试验后）	7.5.1	9.2.5.1	—	√
19		介电强度	7.5.2	9.2.5.2	√	√
20	环境适应性	高温工作	7.6.1	9.2.6.2	—	√
21		低温工作	7.6.2	9.2.6.3	—	√
22		高温贮存	7.6.3	9.2.6.4	—	√
23		低温贮存	7.6.4	9.2.6.5	—	√
24		交变湿热	7.6.5	9.2.6.6	—	√
25		冲击	7.6.6	9.2.6.7	—	√
26		振动（移动装备用电源）	7.6.7	9.2.6.8	—	√
27		模拟碰撞（移动装备用电源）	7.6.8	9.2.6.9	—	√
28		盐雾（盐雾环境用电源）	7.6.9	9.2.6.10	—	√
29	电磁兼容		7.7	9.2.7	—	√
30	热扩散		7.8	9.2.8	—	√
注：“√”表示检验项目，“—”表示不检验项目。						

10.2 判定规则

10.2.1 任意检验项目中任意次试验不合格，应判定该项目不合格。
10.2.2 出厂检验中任意检验项目不合格，应判定该批次产品不合格。型式检验中任意检验项目不合格，应判定该产品不合格。

附 录 A
（规范性）
SOC 估算误差测试方法

A.1 通则

A.1.1 按正常工作要求装配被测电源。

A.1.2 进行电源环境适应过程：电源在试验环境温度下静置，直到单体电池的表面温度与环境温度的差值小于2 ℃。

A.1.3 在25 ℃±2 ℃ 进行测试。

A.1.4 计算 $SOC_{真值}$ 时，Q_0 由A.2可用容量测试获得。如SOC上报值的计算方式与SOC实际定义不同，测试前厂家应说明映射关系。

A.2 可用容量测试

在25 ℃±2 ℃下按照以下步骤进行测试：

a) 以 $1I_1$ 电流或按照制造商推荐的放电机制放电至制造商规定的放电截止条件；
b) 静置 1 h 或制造商规定的搁置时间；
c) 以 $1I_1$ 电流充电至制造商规定的充电截止条件或按照制造商推荐的充电机制充电；
d) 静置 1 h 或制造商规定的搁置时间；
e) 以与 a)同样的放电规范进行放电，记录放电过程总的放电量 Q_{01}(以 Ah 计)；
f) 静置 1 h 或制造商规定的搁置时间；
g) 重复 c)～f)，放电量分别为 Q_{02} 和 Q_{03}，则三次放电量的算术平均值为 Q_0。如果 Q_{01}、Q_{02} 和 Q_{03} 与 Q_0 的偏差均小于 2%，则 Q_0 为该蓄电池电源的可用容量。如果 Q_{01}、Q_{02} 和 Q_{03} 与 Q_0的偏差有不小于 2% 的情况，则需要重复进行可用容量测试过程，直至连续三次的放电量满足可用容量确认的条件。

A.3 SOC 估算误差测试

A.3.1 测试35%≤SOC≤95%，SOC_{BMS}初始值下偏的情况下，运行测试工况后的SOC估算误差。按以下步骤进行测试：

a) 电源按 A.2 中所采用的充电规范充电；
b) 静置 1 h 或制造商规定的搁置时间；
c) 测试设备开始累积循环充放电容量；
d) 以电源额定输出电流放电至 SOC 真值为 80%；
e) 静置 1 h 或制造商规定的搁置时间；
f) 将 BMS 上报 SOC_{BMS} 值修改为 30%～70% 区间任意值；
g) 采用特定工况（参照 GB 38661—2020 中表 F.1 或由终端用户和制造商协商确定），放电至 $SOC_{真值}$ 为 35%；

注：参照GB 38661—2020中表F.1时以电源的额定输出电流为基准。

h) 静置 1 h 或制造商规定的搁置时间；
i) 以 A.2 所采用的充电规范将电池系统充电至 $SOC_{真值}$ 为 95%；
j) 静置 1 h 或制造商规定的搁置时间；
k) 重复 g)～j)步骤 3 次；
l) 测试过程中实时记录 BMS 上报 SOC_{BMS} 值；
m) 测试过程中实时记录测试设备的累积循环充放电容量 Q_1，实时 $SOC_{真值}$ 按 $\left(\frac{Q_0-Q_1}{Q_0}\times 100\%\right)$ 计；

注：记录 Q_1 时充电为负，放电为正。

n) 计算第三次测试 g)～j)步骤整个过程的 SOC 误差，SOC 误差的计算公式为$\left|SOC_{真值}-SOC_{BMS}\right|$。

A.3.2 测试 10%≤SOC≤70%，SOC_{BMS} 初始值上偏的情况下，运行测试工况后的SOC估算误差。

按以下步骤进行测试：

a） 电池系统按 A.2 中所采用的充电规范充电；

b） 静置 1 h 或制造商规定的搁置时间；

c） 测试设备开始累积循环充放电容量；

d） 以电源额定输出电流放电至 $SOC_{真值}$ 为 20%；

e） 静置 1 h 或制造商规定的搁置时间；

f） 将 BMS 上报 SOC_{BMS} 值修改为 30%～70% 区间任意值；

g） 采用特定工况(参照 GB 38661—2020 中表 F.1 或由终端用户和制造商协商确定)，放电至 $SOC_{真值}$ 为 10%；

注：参照GB 38661—2020中表F.1时以电源的额定输出电流为基准。

h） 静置 1 h 或制造商规定的搁置时间；

i） 以 A.2 所采用的充电规范将电池系统充电至 $SOC_{真值}$为 70%；

j） 静置 1 h 或制造商规定的搁置时间；

k） 重复 g)～j)步骤 3 次；

l） 测试过程中实时记录 BMS 上报 SOC_{BMS}值；

m） 测试过程中实时记录测试设备的累积循环充放电容量 Q_1，实时 $SOC_{真值}$ 按 $\left(\frac{Q_0-Q_1}{Q_0}\times 100\%\right)$ 计；

注：记录 Q_1 时充电为负，放电为正。

n） 计算第三次测试 g)～j)步骤整个过程的 SOC 误差，SOC 误差的计算公式为$\left|SOC_{真值}-SOC_{BMS}\right|$。