



中华人民共和国煤炭行业标准

MT/T 1200—2023

矿用防爆锂离子蓄电池电源安全技术要求

Safety technical requirements for explosion-proof lithium-ion battery
power supply in the coal mine

本文件由矿山安全标准服务平台免费向社会提供，更多标准文件请关注矿山安全标准化技术委员会公众号，或通过国家矿山安全监察局-服务互动-矿山安全标准服务平台获取

根据国家矿山安全监察局公告（2026年 第2号），
自2026年4月21日起标准号变更为：KA/T 1200-2023

2023-04-10 发布

2023-07-01 实施

国家矿山安全监察局 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 产品分类 1

5 型号编制 2

6 性能参数 2

7 技术要求 3

8 现场使用与维护管理 6

9 试验方法 6

10 检验规则 12

前 言

本标准按照 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》进行编写。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准由国家矿山安全监察局政策法规和科技装备司提出。

本标准由煤炭行业煤矿安全标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：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、国家能源神东煤炭集团有限责任公司、中煤科工集团上海有限公司、上海煤科检测技术有限公司、石家庄煤矿机械有限责任公司、煤炭科学技术研究院有限公司、芜湖天弋能源科技有限公司、山西焦煤集团有限责任公司、中国中煤能源集团有限公司。

本标准主要起草人：张勇、赵英、胡道中、王军、田崔钧、刘隽宁、钱柄旭、臧财运、孟积渐、李英娜、李起伟、詹新举。

本标准为首次发布。

矿用防爆锂离子蓄电池电源安全技术要求

1 范围

本标准规定了矿用防爆锂离子蓄电池电源的术语和定义、产品分类、型号编制、性能参数、技术要求、现场使用与维护管理、试验方法、检验规则等内容。

本标准适用于在煤矿井下使用的防爆磷酸铁锂蓄电池电源(以下简称电源),其中单体电池额定容量大于 10 A·h。

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标准必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本标准;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本标准。

- GB/T 3836.1—2021 爆炸性环境 第1部分:设备 通用要求
- GB/T 3836.2—2021 爆炸性环境 第2部分:由隔爆外壳“d”保护的设备
- GB/T 3836.3—2021 爆炸性环境 第3部分:由增安型“e”保护的设备
- GB/T 3836.4—2021 爆炸性环境 第4部分:由本质安全型“i”保护的设备
- GB/T 17626.3—2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4—2018 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17799.1—2017 电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的抗扰度
- GB/T 20234.3—2015 电动汽车传导充电用连接装置 第3部分:直流充电接口
- GB/T 27930—2015 电动汽车非车载传导式充电机与电池管理系统之间的通信协议
- MT/T 661—2011 煤矿井下用电器设备通用技术条件
- MT/T 1078—2008 矿用本质安全输出直流电源

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

矿用防爆锂离子蓄电池电源 **mine explosion-proof lithium-ion battery power supply**
煤矿井下使用的防爆能量存储、转换装置,由外壳、锂离子蓄电池、电池管理系统等组成。

4 产品分类

4.1 按用途分为:

- a) 监测通信系统用后备电源;
- b) 运输车辆用电源;

- c) 防爆柴油机起动电源；
- d) 机器人用电源；
- e) 其他。

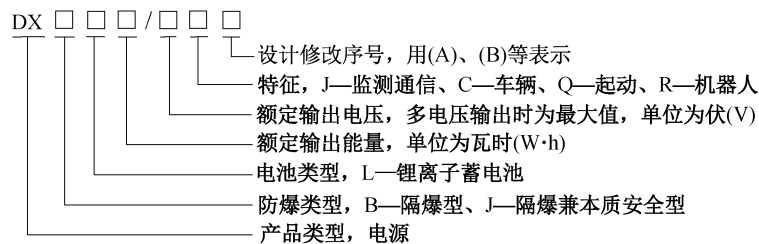
4.2 按使用类型分为：

- a) 后备电源；
- b) 动力电源。

4.3 按防爆型式分为：

- a) 隔爆型；
- b) 隔爆兼本质安全型；
- c) 其他。

5 型号编制



6 性能参数

至少应包括以下技术参数：

- a) 单体电池额定电压,单位为伏(V)；
- b) 单体电池额定容量,单位为安时(A·h)；
- c) 单体电池允许最大充电电压,单位为伏(V)；
- d) 单体电池允许最低放电截止电压,单位为伏(V)；
- e) 单体电池最大允许充电电流,单位为安(A)；
- f) 单体电池最大允许放电电流,单位为安(A)；
- g) 单体电池数量,单位为只；
- h) 单体电池最高允许工作温度,单位为摄氏度(℃)；
- i) 电源额定输出能量,单位为瓦时(W·h)；
- j) 电源最低允许使用能量报警值,单位为瓦时(W·h)；
- k) 电源额定输出电压,单位为伏(V)；
- l) 电源额定输出电流,单位为安(A)；
- m) 电源输出过流保护电流,单位为安(A)；
- n) 电源额定输入电压范围,单位为伏(V)；
- o) 电源额定输入电流范围,单位为安(A)；
- p) 电池管理系统正常工作功耗,单位为瓦(W)；
- q) 电池管理系统低功耗状态或休眠唤醒监控状态标称功耗,单位为瓦(W)；
- r) 电源允许最低充电温度,单位为摄氏度(℃)。

7 技术要求

7.1 环境条件

除有关标准另有规定外,电源应在下列条件下正常工作:

a) 环境温度: $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$;

注:温度超出上述范围时补充相关要求。

b) 平均相对湿度:不大于 $95\%(+25\text{ }^{\circ}\text{C})$;

c) 大气压力: $80\text{ kPa}\sim110\text{ kPa}$;

d) 有甲烷、煤尘爆炸危险,但无破坏绝缘的腐蚀性气体的场所。

7.2 基本要求

7.2.1 在正常充、放电过程中,锂离子蓄电池最高温度不应超过 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

7.2.2 锂离子蓄电池应采用串联方式连接,电源额定电压应不超过 600 V 。

7.2.3 电源中锂离子蓄电池应为同一制造商生产的同一规格的产品。

7.3 防爆与结构要求

7.3.1 电源防爆结构、性能应满足 GB/T 3836.1—2021、GB/T 3836.2—2021、GB/T 3836.3—2021、GB/T 3836.4—2021 的要求。

7.3.2 锂离子蓄电池应放置在独立的隔爆腔内,腔体应能进行不小于 1.5 MPa 的静压试验。电池管理系统数据采集模块、熔断器可放置在电池腔内,其他器件与电池隔爆分腔放置。

7.3.3 电池腔应具有手动隔离开关。

7.3.4 锂离子蓄电池额定容量不大于 $100\text{ A}\cdot\text{h}$ 时,电池腔中预留的自由空间应超过单体电池体积的2倍;锂离子蓄电池额定容量大于 $100\text{ A}\cdot\text{h}$ 时,电池腔中预留的自由空间应超过单体电池体积的7倍。

7.4 电池管理系统基本要求

7.4.1 电池管理系统应对所有单体电池的电压和温度,电池组的电压、电流、绝缘电阻(适用于额定电压超过 48 V 的电源)等参数进行监测,误差应满足表1的要求。监测信息的显示和故障报警功能应满足实际需要。

表1 参数测量误差要求

参数	单体电池电压值	单体电池温度	电池组电流	电池组电压	SOC 估算	绝缘电阻
误差	$\pm 0.5\%\text{FS}$	$\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 2\%\text{FS}$	$\pm 0.5\%\text{FS}$	$\leq 5\%$	$\pm 10\%$
注:电池温度测量宜选择在负极极耳						

7.4.2 电池管理系统应具有单体电池过充电电压保护功能,充电截止电压不超过 3.5 V 。

7.4.3 电池管理系统应具有单体电池过充电电压保护失效检测功能,保护失效电压不超过 3.6 V 。

7.4.4 电池管理系统应具有单体电池过放电压保护功能,放电截止电压不低于 2.75 V 。

7.4.5 电池管理系统应具有单体电池过放电压保护失效检测功能,保护失效电压不低于 2.45 V 。

7.4.6 电池管理系统应具有充电过流保护功能,最大充电倍率不超过 0.5 C 。

7.4.7 电池管理系统应具有放电过流保护功能。

- 7.4.8 电池管理系统应具有输出短路保护功能。
- 7.4.9 电池管理系统应具有温度保护功能。
- 7.4.10 电池管理系统应具有充电均衡功能。
- 7.4.11 电池管理系统应具有电池信息采集线开路保护。
- 7.4.12 电池管理系统应具备低温禁止充电功能。
- 7.4.13 电池管理系统应具备严重过放电后不允许充电功能。
- 7.4.14 电池管理系统应具备低功耗和休眠唤醒监控功能,实际功耗不高于正常工作功耗的 10%。

7.5 电气安全性能

7.5.1 绝缘电阻

绝缘电阻应符合 MT/T 661—2011 中 5.3.3.3 的规定。不同额定电压的绝缘电阻值见表 2,绝缘电阻测量仪表的电压等级可参照表 3 的规定。

表 2 绝缘电阻值

条 件	绝缘电阻值 MΩ					
	≤60 V	127 V	220 V	380 V	660 V	1140 V
常温:(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
注 1: 湿热试验后的数据,应作为合格与否的判断依据						
注 2: 常温下的数据,可作为出厂检验数据,型式试验时不作为合格判别依据						

表 3 绝缘电阻测量仪表

设备额定电压 U V	测量仪表的电压等级 V
$U<500$	500
$500\leq U<1000$	1000
$U\geq 1000$	2500

7.5.2 介电强度

不同极性的带电部件之间及带电部件与外壳之间,应能承受表 4 规定的工频耐压试验电压值。漏电流应不大于 5 mA,且无击穿和闪络现象。

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
本安接口	0.5
$U_i\leq 60$	1.0

表 4 (续)

额定绝缘电压 U_i V	工频耐压试验电压值 kV
$60 < U_i \leq 300$	2.0
$300 < U_i \leq 660$	2.5
$660 \leq U_i \leq 800$	3.0
$800 < U_i \leq 1200$	4.2

7.6 特殊要求

7.6.1 监测通信系统用后备电源的主要技术指标与功能应符合 MT/T 1078—2008 中 4.4 和 4.5 的规定。

7.6.2 起动电源特殊要求

7.6.2.1 电源起动性能应满足：

- 额定输出电压不小于 24 V、起动电流不小于 450 A 时,电源输出 3 s 后停止放电,截止电压应不小于 15 V；
- 额定输出电压不小于 12 V、起动电流不小于 450 A 时,电源输出 3 s 后停止放电,截止电压应不小于 7.5 V。

7.6.2.2 电源应具有起动延时保护功能,当起动电流大于或等于 80 A 时,延时保护时间应不超过 7 s。

7.6.3 运输车辆用电源特殊要求

7.6.3.1 充电协议应满足 GB/T 27930—2015 的规定。

7.6.3.2 电源具有防爆充电插座时,充电插座宜满足 GB/T 20234.3—2015 的规定。

7.6.3.3 电源应进行模拟碰撞试验,试验后的绝缘电阻应不小于 100 Ω /V。

7.6.3.4 电源电池腔应具有泄压结构,满足 GB/T 3836.2—2021 中 10 的规定。

注：泄压结构设计应充分考虑锂离子蓄电池热失控带来的风险,制造商应提供泄压效果的证明材料。

7.7 工作稳定性

电源应进行 3 次充放电循环工作稳定性测试,主要技术指标和功能应满足 7.4.1~7.4.5、7.4.9、7.5.1、7.5.2 的规定。

7.8 环境适应性

7.8.1 电源应能通过高温工作试验,主要技术指标和功能应满足 7.4.1~7.4.5、7.4.9、7.5.1、7.5.2 的规定。

7.8.2 电源应能通过低温工作试验,主要技术指标和功能应满足 7.4.1~7.4.5、7.4.9、7.5.1、7.5.2 的规定。

7.8.3 电源应能通过高温贮存试验,恢复后主要技术指标和功能应满足 7.4.1~7.4.5、7.4.9、7.5.1、7.5.2 的规定。

7.8.4 电源应能通过低温贮存试验,恢复后主要技术指标和功能应满足 7.4.1~7.4.5、7.4.9、7.5.1、7.5.2 的规定。

7.8.5 电源应能通过交变湿热试验,主要技术指标和功能应满足 7.4.1~7.4.5、7.4.9、7.5.1、7.5.2 的规定。

7.8.6 电源应能通过振动试验,试验后主要技术指标和功能应满足 7.4.1~7.4.5、7.4.9、7.5.1、7.5.2 的规定。运输车辆用电源、防爆柴油机起动电源和机器人用电源内部连接应可靠,进行振动试验

后,电源内部整个电池组内阻变化率不超过 5%。

7.8.7 电源应能通过冲击试验,试验后主要技术指标和功能应满足 7.4.1~7.4.5、7.4.9、7.5.1、7.5.2 的规定。

7.9 电磁兼容

7.9.1 射频电磁场辐射抗扰度

电源按 GB/T 17626.3—2016 进行,试验等级为 4 级,满足 GB/T 17799.1—2017 中性能判据 C 的要求。

7.9.2 电快速瞬变脉冲群抗扰度

电源按 GB/T 17626.4—2018 进行,试验等级为 3 级,满足 GB/T 17799.1—2017 中性能判据 C 的要求。

8 现场使用与维护管理

8.1 煤矿应至少每周查看电源是否有数据异常、报警信息和故障信号。

8.2 煤矿应每个月对电源进行外观、防爆结构和线束的完好性检查。

8.3 煤矿应至少 6 个月对电源进行一次完整充放电循环,实现电源容量自校准。

8.4 禁止在高温下贮存或使用,同时还应该远离火源及热源,做好防湿防潮工作。

8.5 电源的维修与锂离子蓄电池的更换应由制造商进行。更换的锂离子蓄电池应保持厂家、型号、规格不变。

8.6 煤矿宜对电源的运行数据进行监测,确保其在良好状态下运行。

9 试验方法

9.1 试验条件

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℃~+35℃;
- b) 相对湿度: 45%~75%;
- c) 大气压力: 86 kPa~106 kPa。

9.2 测量仪器与设备

- a) 计量仪器的准确度和测量范围应能保证所测指标的精度;
- b) 测量仪器和设备的选用应符合所测的特性;
- 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。

9.3 受试电源要求

受试电源应为出厂检验合格的产品。

9.4 检验方法

9.4.1 基本要求与外观

采用目测检查。

9.4.2 防爆性能和结构检验

执行 GB/T 3836.1—2021、GB/T 3836.2—2021、GB/T 3836.3—2021、GB/T 3836.4—2021 的相关规定。

9.4.3 电池管理系统测试

根据电源充电和放电要求,配备相应充电和放电设备,电源自带充电功能时可不配充电设备。各单体电池上连接电压和温度测试设备。

9.4.3.1 充电模式

在充电回路中串联电流测试和容量检测设备,启动充电设备,按制造商技术条件中规定的充电方式充电。充电过程中不允许被测设备放电。

9.4.3.2 放电模式

在放电回路中串联电流测试和容量检测设备,启动放电设备,以电源额定输出电流放电。放电过程中不允许对被测设备充电。

9.4.3.3 充电过程中电池管理系统测试

9.4.3.3.1 充电精度功能检测

试验过程中不少于三次监测各单体电池的电压、各单体电池的温度、电池组的充电电流、电池组的电压和绝缘电阻,与电源显示或模拟接地电阻值相比较,误差应满足 7.2.5.1 的要求。

9.4.3.3.2 电池过充保护功能检测

以 9.4.3.1 方式充电,至电源的单体电池过充,电源起保护动作。

9.4.3.3.3 均衡功能检测

以 9.4.3.1 方式充电至额定容量的 90% 时停止充电,将其中电压最低的单体电池以电源额定输出电流放电,放出额定容量的 3%,停止放电,此时电池管理系统能正确指示需要均衡的电池及其位置并起动作均衡,均衡电流不小于 50 mA,不大于 1000 mA。重启电池管理系统,电池管理系统能正确指示需要均衡的电池及其位置并起动作均衡,均衡电流不小于 50 mA,不大于 1000 mA。充电结束后静置过程中检测各单体电池电压值,记录最高电压与最低电压差值小于 50 mV 的时间应小于 24 h。

9.4.3.4 放电过程中电池管理系统测试

9.4.3.4.1 放电精度功能检测

试验过程中不少于三次监测各单体电池的电压、各单体电池的温度、电池组的放电电流、电池组的电压和绝缘电阻,与电源显示相比较,误差应满足 7.2.5.1 的要求。在放电结束时,检测各单体电池电压值,最低电压值应不低于制造商技术条件中的要求。容量检测值与电源的放电容量显示值比较,误差应满足 7.2.5.1 的要求。

9.4.3.4.2 电池过放保护功能检测

以 9.4.3.2 方式放电,至电源的单体电池过放,电源起保护动作。

9.4.3.4.3 电池容量及能量检测

电池从满电态以 9.4.3.2 方式放电至过放保护动作,计算电池容量及能量,应不低于标称容量及能量。

9.4.3.5 单体电池过充电电压保护失效检测

将电源按照 9.4.3.1 充电至单体电池过充电电压保护动作,使该保护功能失效。启动充电设备(充电电流不高于电源额定充电电流的 20%,各单体电池的电压不高于最大允许充电电压的 103%),当电源中某只单体电池电压在 100%~103%最高允许电压范围内时,应有报警或显示。

9.4.3.6 单体电池过放电压保护失效检测

将电源按照 9.4.3.2 放电至单体电池过放电压保护动作,使该保护功能失效。启动放电设备(放电电流不高于电源额定输出电流的 20%,各单体电池的电压不低于最低放电截止电压的 97%),当电源中任意一只单体电池电压在 97%~100%最低放电截止电压范围内时,应有报警或显示。

9.4.3.7 充电过流保护测试

以 9.4.3.1 方式充电,增加充电设备的输出电流至电池组充电过流保护值的 103%,电源应实现充电过流保护,在 2 s 内断开与充电设备连接,停止充电,并在 5 s 内报警或显示。

9.4.3.8 放电过流保护测试

以 9.4.3.1 方式充电,至电源单体电池过充电电压保护动作,在电源的输出端施加过流检测负载,使电源输出电流为过流保护值的 103%,电源应实现放电过流保护,在 2 s 内断开与用电设备连接,停止放电,并在 5 s 内报警或显示。

9.4.3.9 输出短路保护测试

以 9.4.3.1 方式充电,至电源单体电池过充电电压保护动作,在电源的输出端施加短路检测负载(外部线路电阻应小于 5 mΩ),使电源输出处于短路状态,电源应实现放电短路保护,在 1 s 内断开与用电设备连接,停止放电,并在 5 s 内报警或显示。

9.4.3.10 温度保护功能测试

将电池温度检测元件置于温箱中,从室温以不大于 3 °C/min 升温速率调整温箱中的温度至低于制造商技术条件中所规定的单体电池最高表面温度 5 °C,电源应处于正常工作状态;以不大于 1 °C/min 升温速率平稳调整温箱中的温度至电源断开与用电设备连接,记录动作时间和动作温度;动作温度应为保护温度值±2 °C。温箱停止升温,至电源报警或显示,记录时间,电源断开与用电设备的连接,电源显示或报警的时间间隔应小于 5 s。

温箱以不大于 1 °C/min 速率降温,至电源与用电设备恢复连接,记录恢复时间和恢复温度,恢复温度应为单体电池最高表面温度值±2 °C;至电源温度保护显示或报警消失,记录时间,电源恢复与用电设备的连接,电源显示或报警消失的时间间隔应小于 5 s。

试验过程中温箱最高温度的设置宜不超过 65 °C。

9.4.3.11 信息采集线开路保护

随机断开电池电压和温度采集线各一根,应显示出相应故障类型及故障点。

9.4.3.12 低温禁止充电功能

将电池温度检测元件置于温箱中,调整温箱中的温度至 5℃,然后接通充电机,以 $0.3I_3$ 电流给电池组充电,同时以不大于 1℃/min 的速率平稳降低温箱中的温度至禁止充电功能动作,记录此时的温度值。动作温度应为企业规定的动作温度 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

9.4.3.13 严重过放电后不允许充电功能

拆掉电池组中任一只电池电压采集线,并在被拆除的电压采集线两端使用高精度稳压电源提供 2.2 V~2.3 V 电压。接通充电机,以额定电流进行充电,充电应无法启动并给出不允许充电的报警信号。

9.4.3.14 低功耗或休眠唤醒监控功能

将功率分析仪接入电池管理系统供电回路中,进入正常工作状态,记录电池管理系统正常工作平均功耗;通过外部开关信号或通过通信接口给电池管理系统发送低功耗命令,触发进入低功耗模式(休眠模式),记录电池管理系统平均功耗值;给电池组充电或通过外部开关信号应能使电池管理系统自动恢复到正常工作状态。实际功耗不高于正常工作功耗的 10%。

9.4.4 电气安全性能

9.4.4.1 绝缘电阻试验

应符合 MT/T 661—2011 中 5.3.3.3 的规定。

9.4.4.2 介电强度试验

应符合 MT/T 661—2011 中 5.3.3 的规定。

9.4.5 特殊电气安全性能

9.4.5.1 监测通信系统用后备电源应按照 MT/T 1078—2008 中 5.2.3 的要求进行。

9.4.5.2 防爆柴油机起动电源特殊要求

9.4.5.2.1 充电至电源单体电池过充电电压保护,在电源的输出端施加模拟负载,使放电电流大于或等于 450 A,放电 3 s,停止放电,测试电源的输出端电压。额定输出电压不小于 24 V 的,截止电压应不小于 15 V;额定输出电压不小于 12 V 的,截止电压应不小于 7.5 V。

9.4.5.2.2 充电至电源单体电池过充电电压保护,在电源的输出端施加模拟负载,使放电电流大于或等于 80 A,电源应实现起动延时保护,测试电源从起动开始至停止放电的时间,并记录。延时保护时间应不超过 7 s。

9.4.5.3 车用电源的特殊要求

9.4.5.3.1 电源充电协议按照 GB/T 27930—2015 的规定进行试验。

9.4.5.3.2 电源充电插座按照 GB/T 20234.3—2015 的规定进行试验。

9.4.5.3.3 电源模拟碰撞试验

电源水平安装在带有支架的台车上。根据电源使用环境给台车施加规定的脉冲,并落在表 5 和图 1 的最小容差允许范围内(行驶方向为 X 方向,垂直于行驶方向为 Y 方向)。

表 5 模拟碰撞脉冲容差范围

位置	脉冲 ms	X 方向加速度 g	Y 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
F	50	12	10
G	80	12	10
H	120	0	0

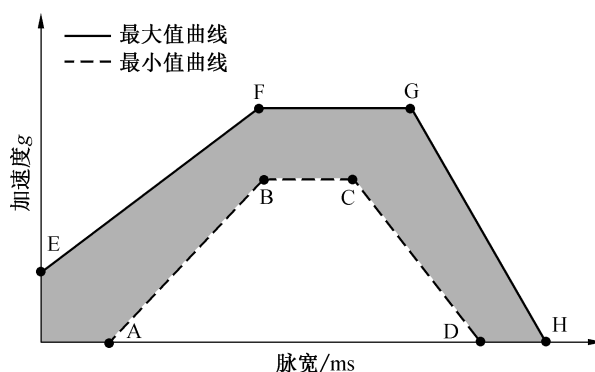


图 1 模拟碰撞脉冲容差范围示意图

完成以上试验步骤后,在试验环境温度下观察 2 h。

9.4.5.3.4 防爆泄压

按照 GB/T 3836.2—2021 中 10.9.3 的规定进行测试。

9.4.6 工作稳定性

进行 3 次充放电循环,按 9.4.3.3.1、9.4.3.3.2、9.4.3.4.1、9.4.3.4.2、9.4.3.4.3、9.4.3.5、9.4.3.6、9.4.3.10、9.4.4.1、9.4.4.2 的规定进行测试。

9.4.7 环境适应性

9.4.7.1 高温工作、低温工作、高温贮存、低温贮存、湿热试验应按照 MT/T 1078—2008 中 5.12、5.13、5.14、5.15、5.16 的要求进行。

9.4.7.2 振动试验

9.4.7.2.1 运输车辆用电源、防爆柴油机起动电源和机器人用电源按照以下方法进行：

- 电源按照制造商规定的放电终止电压规定充电方法充满后,搁置 1 h；
- 以 I_3 电流放电 1.5 h(50%SOC),再搁置 1 h；
- 以 $3I_3$ 电流或最大放电电流放电 5 s 后停止,分别采集阶段电流前电压 U_0 ,以及阶段电流后 10 ms 的电压 U_1 ,按式(1)计算电源直流内阻：

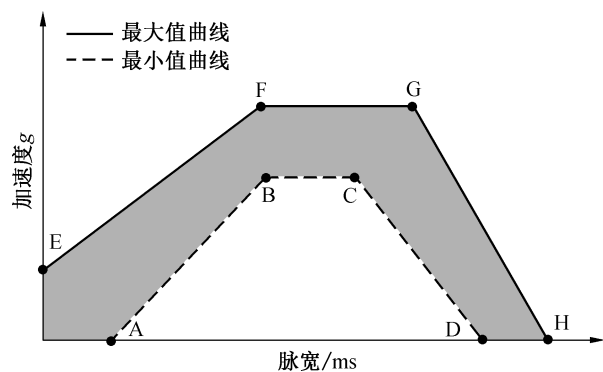
$$R=\frac{U_0-U_1}{3I_3}$$

.....(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)；
 - I_3 ——3 小时放电率电流,单位为安培(A)。
- d) 以 I_3 电流充电 15 s(调整 SOC 状态为 50%)；
 - e) 将电源直接安装或通过夹具安装在振动台面上开始振动试验；
 - 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) 振动结束后重复第 c)步,得出振动后电源直流内阻,内阻变化率应不超过 5%。
- 9.4.7.2.2 其他类电源的振动试验按照以下方法进行：
- a) 将电源直接安装或通过夹具安装在振动台面上开始振动试验；
 - b) 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；
 - c) 完成以上试验步骤后,在试验环境温度下观察 2 h。
- 9.4.7.3 冲击试验应按照以下方法进行：
- a) 电源按照制造商规定充电方法充满后,搁置 1 h；
 - b) 对试验对象施加半正弦冲击波,测试方向为 Z 轴,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 6 和图 2；
 - d) 完成以上试验步骤后,在试验环境温度下观察 2 h。

表 6 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
H	7.00	0.00



9.4.8 电磁兼容试验

9.4.8.1 射频电磁场辐射抗扰度试验

依据 GB/T 17626.3—2016 中射频电磁场辐射抗扰度的试验方法及配置要求进行试验,试验等级为 4 级(试验场强为 30 V/m)。

9.4.8.2 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

依据 GB/T 17626.4—2018 中电快速瞬变脉冲群抗扰度的试验方法及配置要求进行试验,试验等级为 3 级、脉冲重复频率为 5 kHz。

10 检验规则

10.1 检验项目

电源出厂检验、型式检验项目见表 7。

10.2 抽样及抽样数量

从出厂检验合格的产品中选取 2 台设备,分别进行防爆与性能测试。

表 7 检验项目

序号	检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
1	基本要求、外观检查	7.2.2 7.2.3	9.4.1	√	√
2	防爆与结构	7.3	9.4.2	√ ¹	√
3	测量精度测试	7.4.1	9.4.3.3.1 9.4.3.4.1 9.4.3.4.3	√	√
4	单体电池过充电压保护	7.4.2	9.4.3.3.2	√	√
5	过充电压保护失效检测	7.4.3	9.4.3.5	√	√
6	单体电池过放电压保护	7.4.4	9.4.3.4.2	√	√

表 7 (续)

序号	检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
7	过放电压保护失效检测	7.4.5	9.4.3.6	✓	✓
8	充电过流保护	7.4.6	9.4.3.7	✓	✓
9	放电过流保护	7.4.7	9.4.3.8	✓	✓
10	输出短路保护	7.4.8	9.4.3.9	—	✓
11	温度保护	7.2.1 7.4.9	9.4.3.10	✓	✓
12	充电均衡	7.4.10	9.4.3.3.3	—	✓
13	信息采集线开路保护	7.4.11	9.4.3.11	✓	✓
14	低温禁止充电功能	7.4.12	9.4.3.12	✓	✓
15	严重过放电后不允许充电控制功能	7.4.13	9.4.3.13	✓	✓
16	低功耗或休眠唤醒监控	7.4.14	9.4.3.14	✓	✓
17	绝缘电阻	7.5.1	9.4.4.1	✓	✓
18	介电强度	7.5.2	9.4.4.2	✓	✓
19	监测通信系统后备电源功能	7.6.1	9.4.5.1	✓	✓
20	起动电源起动特性	7.6.2.1	9.4.5.2.1	✓	✓
21	起动延时保护	7.6.2.2	9.4.5.2.2	✓	✓
22	通信协议	7.6.3.1	9.4.5.3.1	✓	✓
23	充电插座	7.6.3.2	9.4.5.3.2	—	✓
24	模拟碰撞	7.6.3.3	9.4.5.3.3	—	✓
25	防爆泄压	7.6.3.4	9.4.5.3.4	—	✓
26	工作稳定性	7.7	9.4.6	✓	✓
27	环境适应性	7.8	9.4.7	—	✓
28	电磁兼容	7.9	9.4.8	—	✓
注：“✓”表示应该进行的检验项目，“—”表示可不进行的检验项目，“✓ ¹ ”表示根据防爆标准规定分情况对待					

10.3 合格判定

试验项目按照表 7 的规定进行。被测电源对应检验类别的所有试验项目都符合要求后,才能判定此类别合格,否则判定为不合格。