

ICS 29.220.99
CCS K82

团体标准

T/CIAPS0021—2023

服务机器人用锂离子电池和电池组技术规范

Technical Specification for lithium-ion cell and battery pack for service robots

2023年3月10日发布

2023年4月1日实施

中国化学与物理电源行业协会 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	2
4 缩略语和符号	3
5 试验条件	3
6 一般电性能要求	6
7 电池（组）安全要求	8
8 电池接口要求	9
9 通信协议规范要求	16
10 一般电性能实验	17
11 电池（组）安全实验	21
12 电池接口性能实验	24
附 录 A（资料性）本标准范围内的楼宇间服务机器人产品示例	31
附 录 B（资料性）热失控管理	32
附 录 C（资料性）设计与封装工艺	33
附 录 D（资料性）相关硬件、通信协议设置	35

前 言

本标准依据GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》给出的规则编写。

本标准的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国化学与物理电源行业协会提出并归口。

本标准主要起草单位：天时力（天津）新能源科技有限责任公司、华富（江苏）锂电新技术有限公司。

本标准参与起草单位：合肥学院、深圳市普渡科技有限公司、惠州亿纬锂能股份有限公司、深圳市比亚迪锂电池有限公司坑梓分公司、武汉中原长江科技发展有限公司、鹤壁市诺信电子有限公司、湖南格瑞普新能源有限公司。

本文件主要起草人：王之言、苟彦琦、宋岩斌、代云飞、朱明海、孟云、杨续来、王多勇、徐丝鹿、李跃飞、刘玉、姜新军、蒲祥松、李彦灼、吴际良、周舟、王蕊如、高巧娟、郭峰、张明、殷振国、邓毛清。

本文件为首次制定。

服务机器人用锂离子电池和电池组技术规范

1 范围

本标准规定了楼宇间服务机器人用锂离子电池和电池组技术要求、电池接口安全实验要求、通信协议规范要求、电池（组）安全实验方法、试验规范、一般电性能实验方法。

本标准适用于楼宇间服务机器人用锂离子电池和电池组(以下简称为电池和电池组)模组，模组容量范围（24V/48V, 30Ah/50Ah/100Ah）。

本标准中楼宇间服务机器人包括但不限于以下几类：医疗服务机器人、公共服务机器人、送餐机器人、大厅引导机器人、商业清扫机器人等。

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 4208-2008 外壳防护等级（IP代码）

GB 4943.1-2011 信息技术设备.安全.第1部分:通用要求标准

GB 13140.2 家用和类似用途低压电路用的连接器件 第二部分

GB 31241-2014 便携式电子产品用锂离子电池和电池组安全要求

GB/T 2423.7-2018 环境试验 第2部分：试验方法试验Ec：粗率操作造成的冲击

GB/T 2423.55-2006 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法：试验eh：锤击试验

GB/T 3956-2008 电缆的导体

GB/T 4207-2012 固体绝缘材料耐电痕化指数和相比电痕化指数的测定方法

GB/T 5169.5-2020 电工电子产品着火危险试验第5部分：试验火焰 针焰试验方法装置、确认试验方法和导则

GB/T 5169.10-2017 电工电子产品着火危险试验 第10部分：灼热丝/热丝基本试验方法 灼热丝装置和通用试验方法

GB/T 7676 直接作用模拟指示电表及其附件

GB/T 9799-2011 金属及其他无机覆盖层 钢铁上经过处理的锌电镀层

GB/T 16842-2008 外壳对人和设备的防护 检验用试具

GB/T 18213-2000 低频电缆和电线无镀层和有镀层铜导体电阻计算导则

IEC 60485 数字电子直流电压表和直流电子模数转换器（Digital electronic d.c. voltmeters and d.c. electronic analogue-to-digital converters）

IEC 60695-10-2:2003 球压试验（The Ball Pressure Test）

ANSI/TIA/EIA-485A-1998 用于平衡数字多点系统的发生器和接收器的电气特性(Electrical Characteristics of Generators and Receivers for Use in Balanced Digital Multipoint Systems)

TI SLLA036D March 2007 - Revised August 2008

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 连接 connection

两根或多根导线之间的电气连接或者一导电部件与一根或多根导线之间的电气连接。

3.2 端接 junction

两个或多个导线端点之间的连接。

3.3 分接 tapping

一根导线（分接导线）的端点与另一根导线（主导线）上的任何点的连接。

3.4 连接器件 connecting device

由一个或多个端子及绝缘和/或附件（必要时）组成的能连接两根或多根导线的器件。

3.5 端子 terminal

由一个或多个夹紧件及绝缘（必要时）组成的一个极的导电部件。

3.6 夹紧件 clamping unit

在端子中对导线进行机械夹紧和电气连接所必须的部件，包括保证正常接触压力所必须的部件。

3.7 辅件 ancillary part

在连接器件中提供电气和机械保护和/或安装的部件，如底座、外壳、安装条等。

3.8 额定连接容量 rated connecting capacity

由连接器件制造商规定的可连接的硬线最大横截面积。对于仅使用软线的连接器件，其额定连接容量就是可连接的软线最大横截面积。

3.9 额定绝缘电压 rated insulation voltage

参考电介质电压试验和爬电距离而定的元件、器件或设备部件的电压。

3.10 额定电流 rated current

制造商给器件规定的电流。

3.11 电气间隙 clearance

两个导电部件之间在空气中的最短距离。

3.12 爬电距离 creepage distance

两个导电部件之间沿绝缘材料表面测得的最短距离。

3.13 环境温度 ambient temperature

连接器件及其外壳（如果有的话）四周的空气温度。

3.14 温升 temperature rise

在试验规范规定的负载下测得的受试部件及其外壳（如果有的话）的温度与环境温度之差值。

3.15 多路端子器件 multiway terminal device

装在同一绝缘材料基座上的由互相绝缘的多个端子组成的连接器件。这种器件可由使用者分成一个或多个端子组成。

3.16 未经特别处理的导线 unprepared conductor

为插入端子而剪断并剥去一定长度绝缘层的导线。

注：插入端子前对导线进行的整形或对多股导线端头的绞股，都可认为是未经特别处理的导线。

3.17 帧 frame

组成一条完整信息的数据字节集合。

4 缩略语和符号

下列符号和缩略语适用于本文件。

4.1 缩略语

PCP：全称IP Payload Compression Protocol（IP载荷压缩协议，简称PCP），是一个减少IP数据报长度的协议。

Modbus：一种串行通信协议，现在是工业电子设备之间常用的连接方式。

MQTT：基于客户端-服务器的消息发布/订阅传输协议。

4.2 符号

I_{cr} ：推荐充电电流（标准充电电流）；

I_{dr} ：推荐放电电流（标准放电电流）；

I_{cm} ：最大连续充电电流；

I_{dm} ：最大连续放电电流；

U_{dp} ：欠压放电保护电压（总电压欠压保护电压）；

I_{dp} ：放电保护电流（放电过电流保护）；

1C：电池组额定容量。

5 试验条件

5.1 试验的适用性

只有涉及安全性时才进行本标准规定的试验。

在标准内容约定某一类电池或电池组因为产品的设计、结构、功能上的制约而明确对该产品的试验不适用时，可不进行该试验。如因受产品设计、构造或功能上的制约而无法对电池或电池组进行试验，而这种试验又必须实施时，可连同使用该电池或电池组的电子产品、该电子产品附属的充电器或构成该电子产品一部分的零部件，与电池或电池组一起进行相关试验。

注：若便携式电子产品及其附带的充电器或者构成其一部分的零部件来自该电池或电池组的制造商或者电子产品

的制造商，则由该制造商提供操作说明。

除非另有规定，测试完成后的样品不要求还能正常使用。

5.2 试验的环境条件

除非另有规定，试验一般在下列条件下进行：

- a) 温度：20±5℃；
- b) 相对湿度：不大于 75%；
- c) 气压：86 kPa~106 kPa。

5.3 参数测量公差

相对于规定值或实际值，所有控制值或测量值的准确度应在下述公差范围内：

- a) 电压：±1%；
- b) 电流：±1%；
- c) 温度：±2℃；
- d) 时间：±0.1%；
- e) 容量：±1%。

上述公差包含了所用测量仪器的准确度、所采用的测试方法以及测试过程中引入的所有其他误差。选择模拟仪器可按照GB/T 7676，选择数字仪器可按照IEC 60485。在任何一份记录结果的报告都应提供所使用的测试设备的详细资料。

5.4 温度测量方法

采用热电偶法来测量电池或电池组的表面温度。温度测试点应位于电池或电池组的几何中心表面或侧边接触点及其他位置，选取温度最高点作为试验判定依据。

5.5 测试用充放电程序

5.5.1 测试用充电程序

室温下，电池或电池组先按照制造商规定的方法放电至放电截止电压，搁置1h（或制造商提供的不大于1h的搁置时间），电池或电池组按制造商规定的方法进行充电。

若制造商未提供充电方法，则依据以下方法充电：以1C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，至充电电流降至0.05C时停止充电，充电后搁置1h（或制造商提供的不大于1h的搁置时间）。

5.5.2 测试用放电程序

室温下，电池或电池组按制造商规定的方法进行恒流放电至放电截止电压。

5.6 模拟故障或异常工作条件

当要求施加模拟故障或异常工作条件，应依次施加，一次模拟一个故障。对由模拟故障或异常工作条件直接导致的故障被认为是模拟故障或异常工作条件的一部分。

当设置某单一故障时，这个单一故障包括任何元器件的失效。

应通过电路板检查、电路图分析和元器件规范来合理预测可能会发生的故障条件，例如：

- 半导体器件的短路和开路；
- 电容器的短路和开路；
- 限流器件的短路和开路；

- 限压器件的短路和开路；
- 使集成电路形成功耗过大的内部故障。

5.7 型式试验

除非另有说明，本标准规定的试验均为型式试验。

5.7.1 样品的要求

除非另有规定，被测试样品应当是客户将要接受的产品的代表性样品，包括小批量试产样品或是准备向客户交货的产品。

若试验需要引入导线测试或连接时，引入导线测试或连接产生的总电阻应小于 $20\text{m}\Omega$ 。

5.7.2 样品的数量

除特殊说明外，每个试验项目的样品为3个。

5.7.3 电池样品容量测试

按照如下步骤测试室温下电池样品放电容量：

- a) 电池按5.5.1方法充电；
- b) 室温下，电池或电池组按1C电流放电至任一单体电池电压达到放电截止电压；
- c) 计量放电容量（以Ah计）和放电比能量（以Wh/kg计）；
- d) 重复a)~c)5次，当连续3次试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；

当对容量测试结果有异议时，可依据 $23^{\circ}\text{C}+2^{\circ}\text{C}$ 的环境温度作为仲裁条件重新测试。

5.7.4 样品的预处理

电池或电池组按照5.5规定的充放电程序进行两个充放电循环，充放电程序之间搁置10 min。

注：对于电池样品可同时进行容量测试。

5.7.5 试验项目

表1为电池（组）的型式试验项目，“样品”栏中阿拉伯数字为测试样品编号。

表1 电池（组）型式试验

项目	本标准章条号	试验内容	样品
试验条件	5.7.3	电池容量测试	全部
	5.7.4	样品预处理	全部
一般电性能试验	10.1	预充、预放	1~3
	10.2	SOC与SOH	4~6
	10.3	主机通信	7~9
	10.4	充电最长保持时间	10~12
	10.5	总电压欠压保护	13~15
	10.6	放电过流保护等级	16~18
	10.7	高低温容量保持率	19~21

	10.8	充电器与电池组通信	22~24
电池组安全试验	11.1	壳体应力	25~27
	11.2	壳体承受压力	28~30
	11.3	壳体 IP 等级防水	31~33
	11.4	电池组挤压	34~36
	11.5	电池组机械冲击	37~39
	11.6	电池组振动	40~42
	11.7	电池组自由跌落	43~45
	11.8	电池组 IP 等级防水	46~48
对厂商提供的标签、说明书、材料等进行检查和试验。			

5.7.6 试验判据

只有当某项试验的受试样品全部测试合格，才可判定该项试验合格。

6 一般电性能要求

6.1 预充、预放

6.1.1 预充

避免当电芯电压较低时，初始大电流充电影响电芯寿命。

电池组充电开始时需通过电芯电压判断是先预充，还是直接进入正常标准充电过程。具体的门限电压由企业可在电池安全充电范围内自行设定。

6.1.2 预放

避免容性负载导致瞬间电流过大，多次使用造成连接器老化、影响使用寿命。

电池组开始放电时需要有一段时间的小电流放电，然后再开始正常标准电流放电过程。具体的预放电流大小、预放时间由企业基于实际使用情况自行设定。

6.2 SOC 和 SOH

6.2.1 充放电电流精度

电池组电流精度要求在 $\pm 2\%$ @FS以内。电池组SOC的动态变化一般基于实际容量即电流计算。

6.2.2 SOC 精度

SOC的精度需在 $\pm 5\%$ 以内。就机器人对于电量的判断而言，电量的准确性依赖于SOC的精度。

6.2.3 SOC 自学习

电池组在客户后期使用过程中能够自行完成SOC自学习。一般电池组出厂前需完成一次自学习，且后续客户使用过程中，在 $23\sim 25^{\circ}\text{C}$ 温度、一个完整充电循环条件下，能够自行完成SOC自学习。

6.2.4 SOC 变化连续

由于机器人很大程度上依赖于现有电量以实现对电量的判断，故电池组SOC的变化范围为0%~100%，且中间必须连续，不能出现SOC跳变的情况。

6.2.5 SOC 温度变化特性

电池组SOC需随温度有适时调整，使SOC与电芯实际容量相接近。温度变化会导致电池组可放电容量变小，有些依赖于现有容量的SOC计算存在导致机器人对可用电量误判的风险。

6.2.6 SOH 精度

SOH的精度需在 $\pm 8\%$ 以内。SOH精度会影响机器人针对电池组性能判断的准确性。

6.2.7 SOH 性能要求

一般磷酸铁锂电池要求1500次充放电之后，电池组的可放电（放电方法参照5.5.2规定的方法放电）容量在60%以上。

SOH表征当前电池相对于新电池存储电能的能力，以百分比的形式表示电池从寿命开始到寿命结束期间所处的状态，用来定量描述当前电池的性能状态。

注：以下充放电循环次数要求均默认磷酸铁锂电池，如若为三元锂电池，则按600次充放电循环进行要求；

6.3 主机通信

电池组需能与机器人通信，实时获取到电池组相关的电量信息、保护状态等，在机器人实际使用过程中，基于机器人智能化，可自行基于电池组状态，做出合理行动预估。

6.4 充电最长保持时间

电池组需设定充电最大时长保护，避免保护无效情况下，长时间充电造成电池损坏等安全隐患。一般该时间设定为标准充电电流时长的2倍。

6.5 总电压欠压保护

电池组需有总电压过放欠压保护，且优先级高于单电池欠压保护，主要避免因电池组内部接触不良导致总压异常。

6.6 放电过流保护等级

电池组需设定3级电流保护，基于可能在使用过程中含有特殊异常大电流情况下（如含有电机等），机器人能够继续工作。

- a) 放电过电流保护 1：一般平滑电流，保护时间默认（默认设定 1s 保护）；
- b) 放电过电流保护 2：特殊脉冲大电流，电流大于放电过电流保护 1，保护时间稍短于放电过电流保护 1；
- c) 放电过电流保护 3：特殊脉冲大电流，电流大于放电过电流保护 2，保护时间稍短于放电过电流保护 2；

6.7 高低温容量保持率

电池及电池组需有一定的高低温容量保持能力，在可能需要的非室温场景条件下能够保持正常工作。

- a) 在室温下，电池及电池组放电容量应不低于额定容量，并且不超过额定容量的110%，同时所有测试对象初始容量极差不大于初始容量极差平均值的10%；
- b) 在 $-20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 下的1C放电容量不低于初始容量的60%；
- c) 在 $55\pm 2^{\circ}\text{C}$ 下的1C放电容量不低于初始容量的75%；
- d) 在 $55\pm 2^{\circ}\text{C}$ 下100%SOC存储7天后，其荷电保持率不低于初始容量的75%，容量恢复应不低于初始容量的80%；

6.8 充电器与电池组通信

充电器与电池组之间有握手通信控制，充电器通过对电池组的状态获取，以确认充电的模式、电流大小等信息，达到快速充电以及安全充电的目的。

充电过程需经过如下：

- a) 充电器与待充电电池组握手（确认型号匹配）；
- b) 充电器获取电池组状态信息并判断（基于温度、电压、状态等进行判断是否可以充电）；
- c) 充电器充电模式判定（或使用何种模式进行充电）。

7 电池（组）安全要求

7.1 壳体应力

按照11.1规定的方法进行壳体应力测试时，电池组应不爆炸、不起火、内部不发生明显形变；

7.2 壳体承受压力

按照11.2规定的方法进行壳体承受压力测试时，电池组应不破裂、不起火、不爆炸；

7.3 壳体 IP 防水等级

按照11.3规定的方法进行电池组壳体IP等级防水测试时，电池组不起火、不爆炸。

7.4 电池组挤压

按照11.4规定的方法进行电池组挤压测试时，电池组不起火、不爆炸。

7.5 电池组机械冲击

按照11.5规定的方法进行机械冲击测试时，电池组不爆炸、不起火、内部不发生明显形变；

7.6 电池组振动

按照11.6规定的方法进行电池组测试时，电池组不泄露、不起火、不爆炸，放电容量不低于初始容量的95%。

7.7 电池组自由跌落

按照11.7规定的方法进行电池组自由跌落测试时，电池组不爆炸、不起火；

7.8 电池组 IP 等级防水

按照11.8规定的方法进行电池组IP等级防水测试时，电池组不爆炸、不起火；

对于本标准中其它未提及安全要求项目，给出表2作为参考。在本表中，“√”表示在标准中涉及的安全要求项目，“○”表示在标准中未涉及的安全要求项目。本标准中的“○”均参考GB31241-2014中的要求和试验方法。

表 2 电池（组）型式试验

安全要求项目	GB31241-2014	本标准
低气压	√	○
温度循环	√	○
振动	√	√
壳体应力	○	√
壳体承受压力	○	√
挤压	○	√
机械冲击	○	√
加速度冲击	√	○
跌落	√	√
应力消除	√	○
高温	√	○
洗涤	√	√
阻燃要求	√	○
过压充电	√	○
过流充电	√	○
过流放电	○	√
欠压放电	√	√
过载	√	○
短路	√	○
反向充电	√	○
静态放电	√	○

8 电池接口要求

充电口、放电口或充放电口应选择2芯连接器作为输入输出接口，其性能应满足以下要求：

8.1 接口类型

8.1.1 接口硬件定义

接口硬件定义如表3：

表 3 硬件接口定义

接口序号	接口标识	描述	试验电流/A	额定连接容量/mm ²
1	RS485-A	RS485 通信 A		

2	RS485-B	RS485 通信 B	4	0.2
3	EN	使能		
4	ID	ID 识别		
5	C+	充电+	25/50/100	2.5/10/25
6	C-	充电-		
7	P+	放电+		
8	P-	放电-		

8.1.2 接口拓扑结构定义

接口拓扑分类如表4:

表 4 接口拓扑分类

拓扑编号	描述说明	拓扑图示
1	共正&充放同端	图 1
2	共正&充放不同端	图 2
3	共负&充放同端	图 3
4	共负&充放不同端	图 4

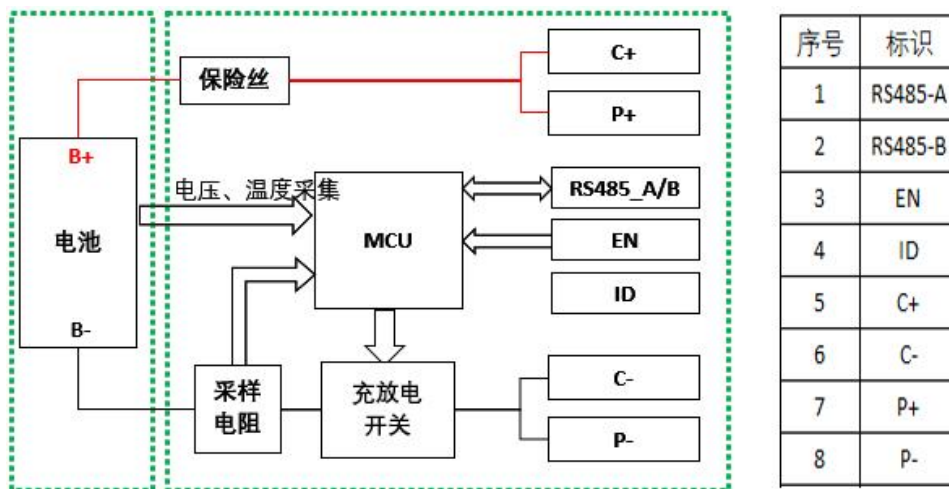


图 1 共正&充放同端

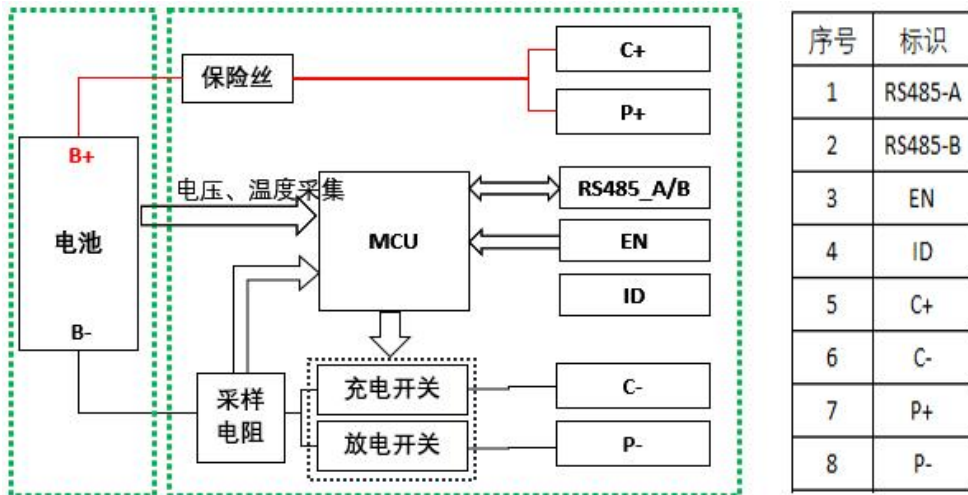


图 2 共正&充放不同端

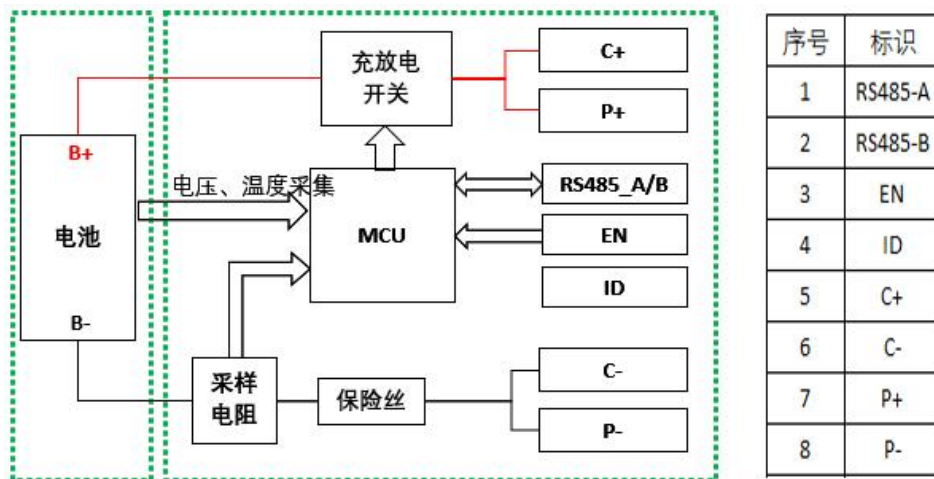


图 3 共负&充放同端

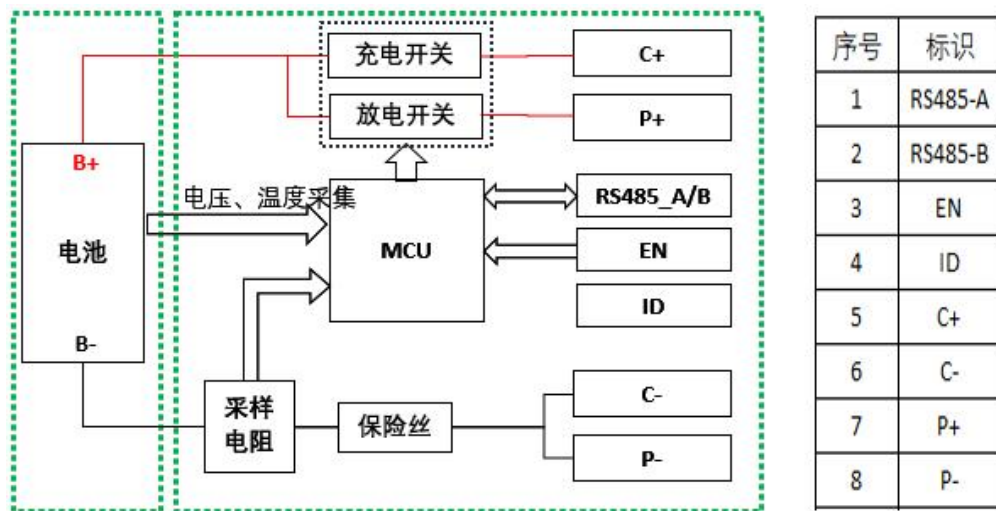


图4 共负&充放不同端

8.2 接口通信协议

8.2.1 通信设置

- a) 硬件设置：隔离式 RS485；
- b) 适用电平：
 - 1) 兼容 TTL 电平（3.3V, 5.0V）；
 - 2) 逻辑 1：2 线之间压差 2~6V；
逻辑 0：2 线之间压差 -2~ -6V；
 - 3) 波特率：默认 9600bps（可自动识别），8, N, 1；
 - 4) 其他：无特殊说明的，则参照标准：TI 发布《SLLA036D March 2007 - Revised August 2008》；《ANSI/TIA/EIA-485A-1998》。

8.2.2 通信协议：

参照本文件通信协议部分：参照本文件服务机器人通信协议附件D；

8.3 接口适用说明

- a) 充电、放电同端口（通信可选，推荐使用）；
- b) 充电、放电不同端口（通信可选，推荐使用）。

8.4 一般要求

连接器件的设计和制造应使其在正常使用中性能可靠，对使用者和周围环境没有危险。是否合格，可通过全部规定的试验来检验。

8.5 主要特性

表5 接口主要特性

主要特性	推荐要求	备注
耐压等级	≥500VDC	

额定电流	$\geq 1.2I_n$	I_n 为其所适配的机器人的额定电流
接触电阻	$\leq 1m\Omega$	
允许瞬时电流	$\geq 5I_n$	
绝缘电阻	$\geq 1G\Omega$	
温升	$\leq 60^\circ\text{C}/4\text{h}$	在额定电流条件下工作时每 4 小时温升小于 60°C
爬电距离	$\geq 6.14\text{mm}$	
使用温度	$-20\sim 120^\circ\text{C}$	
金属件	铜 H59 或以上表面镀金 厚度 $\geq 0.03\mu\text{M}$	或其它具有同等导电接触性能的材料
外壳	塑料 PA66	
外壳阻燃等级	UL94-V0	
防护等级	IP40	IP40 为最低要求，具体情况根据机器人防护要求 确定
插拔力	1.5~10Kg	

8.5.1 防触电保护

防触电保护的连接器件的结构应符合 GB 13140.2 中的规定。在正确安装并接上最小或最大横截面积的绝缘导线后，带电部件应不可触及。

连接器件的每个夹紧件，应接上规定的最小和最大横截面积导线或夹紧件所能容纳的最小和最大组合导线。

8.5.2 导线的连接

连接器件应能使导线正确接入，具体要求参照 GB 13140.2 中的要求。

8.5.3 结构

8.5.3.1 接口结构应满足 GB 13140.2 中的规定。

8.5.3.2 除符合 GB 13140.2 要求的特定情况外，夹紧件在设计和结构上应能做到将导线牢牢地夹在金属表面之间。

8.5.3.3 连接器件在设计和结构上应能做到：连接导线时任何导线的绝缘部分都不会与连接到不同极性的另一导线的带电部件相接触。

8.5.3.4 绝缘衬垫、挡板及类似部件应有足够的机械强度，并应以可靠的方式固定。

8.5.3.5 载流部件，包括所有端子，均应用金属制成，该金属在设备中出现的各种状态下，应具有满足预期用途的机械强度、导电率和耐腐蚀性能。

在允许的温度范围内和在正常的化学污染条件下适用的金属有：

- a) 铜；
- b) 对经过冷加工的部件，含铜量至少为 58% 的合金；对其他部件，含铜量至少为 50% 的合金；
- c) 铬含量至少为 13%、碳含量不大于 0.09% 的不锈钢；
- d) 具有符合 GB/T 9799-2011 规定的镀锌层的钢，其镀层厚度至少为：
 - $5\ \mu\text{m}$ (ISO 使用条件 1)，对普通设备；

- 8 μm (ISO 使用条件 2), 对防滴型和防溅型设备;
 - 12 μm (ISO 使用条件 3), 对防喷型设备。
- e) 具有符合 GB/T 9797-2005 规定的镍铬镀层的钢, 其镀层厚度至少为:
- 10 μm (ISO 使用条件 1), 对普通设备;
 - 20 μm (ISO 使用条件 2), 对防滴型和防溅型设备;
 - 30 μm (ISO 使用条件 3), 对防喷型设备。
- f) 具有符合 GB/T 12599-2002 规定的镀锡层的钢, 其镀层厚度至少为:
- 12 μm (ISO 使用条件 1), 对普通设备;
 - 20 μm (ISO 使用条件 2), 对防滴型和防溅型设备;
 - 30 μm (ISO 使用条件 3), 对防喷型设备。

对于有可能受到机械磨损的载流部件, 不得使用带镀层的钢来制造。在潮湿环境下, 不得使用彼此间化学电势差大的金属来制造相互接触的零部件。

注1: 弹簧、弹性零件、夹紧件、夹紧螺钉及类似物, 均不视为主要用作载流的部件。

注2: 用铝合金制成的载流部件要进行 IEC 61545 [IEC 61545:1996 连接器件用于连接任何材料夹紧件中的铝导线和铝本体夹紧件中的铜导线的连接器件。] 的附加试验。

8.5.3.6 端子应能根据其额定连接容量, 连接由制造厂规定根数和横截面积的、符合 GB/T 3956--2008 中第 5 类或 GB/T 18213—2000 要求的硬 (实心或绞合) 和软导线或者相应的 AWG 导线。

8.5.3.7 底座的固定装置不得用作其他用途。

8.5.4 耐老化、防潮、防固体异物进入及防水的有害进入应符合以下要求:

- a) 连接器件应具有耐老化性能;
- b) 连接器件应经受在正常使用中可能出现的潮湿条件;
- c) 连接器件应具备与其分类相应的防水有害进入的 IP 防护等级。

8.5.5 绝缘电阻和电气强度应符合以下要求:

- a) 连接器件应有足够的绝缘电阻和良好的电气强度;
- b) 对于连接器件按设计要求连接的所有导线的组合, 所连接的导线与连接器件外表面之间绝缘应是足够的。

8.5.6 机械强度

连接器件应有足够的机械强度, 尤其是防护外壳, 应能经受得住安装和使用过程中出现的应力。除非另有规定, 否则, 对于质量不足 50 g 的连接器件应通过 11.6.1 的试验或对于质量等于或大于 50 g 的连接器件应通过 11.6.2 的试验来确定是否合格。试验时, 除非另有规定, 否则连接器件不接导线。

8.5.7 温升

8.5.7.1 连接器件在结构上应能做到: 在正常使用时, 其温升不会超过 11.7.2 规定的值。

8.5.7.2 带有一个或多个夹紧件的单路端子连接器件应以预定的方式和最不利的条件去连接导线。横截面积在 10 mm^2 (含 10 mm^2) 以内的导线长度应为 1m, 横截面积在 10 mm^2 以上的导线长度应为 2m。导线长度可缩短至与制造厂的规定一致。

8.5.7.3 在多路端子连接器件中, 将最多三个相邻的端子串接起来。如果单极连接器件是设计用以并排安装, 则将三个单极连接器件按预定方式放置并连接在一起。横截面积在 10 mm^2 (含 10 mm^2) 以内

的导线长度应为 1m,横截面积在 10 mm² 以上的导线长度应为 2m。导线长度可缩短至与制造厂的规定一致。

8.5.8 耐热

带有绝缘材料零（部）件的连接器件应能耐热。

8.5.9 电气间隙和爬电距离

除非另有规定，否则爬电距离、电气间隙和穿通密封胶的距离应符合表6所示的值。

表 6 电气间隙和爬电距离

额定绝缘电压/ V	电气间隙和爬电距离 a/ mm
< 100	2.5

8.5.10 绝缘材料的耐非正常热和耐燃

除非另有规定，否则绝缘材料应具有良好的耐非正常热和耐燃性能。

8.5.11 绝缘材料的耐电痕化

除非另有规定，否则保持带电部件在位的绝缘材料部件应是由耐电痕化的材料制成。

8.5.12 电磁兼容(EMC)要求

除非另有规定，否则下述抗扰度和辐射要求适用。

8.2.12.1 抗扰度

本部分范围内的连接器件在正常使用中应不受电磁干扰的影响。

8.5.12.2 辐射

本部分范围内打算连续使用的连接器件在正常使用中不应产生电磁辐射。

8.6 分类

- a) 充放电口；
- b) 充电口；
- c) 放电口；
- d) 通讯口

注：电池组可以做成充放电同口和分口两种模式，同口模式下有充放电口和通讯口两个接口，分口模式下有充电口、放电口、通讯口共三个接口。

8.7 标志

8.7.1 在连接器件的主要部件上，应有下列标志：

- a) 额定连接容量，mm²；
- b) 额定绝缘电压，V（可选）；

- c) 如果最高使用环境温度高于 40℃，则用 T 标志；
- d) 型号（例如：产品目录的编号）；
- e) 制造商名或代理商名、商标或识别标志；
- f) IP 代码，如果大于 IP20 时。

如器件很小，其表面不足以容纳标志者，则仅要求标出d)和e)项的内容，但必须在最小的包装单元上标出全部规定的标志。

8.7.2 对于多路端子器件，则至少应在相邻的两个器件上，标出全部规定的标志。

8.7.3 使用符号时，应采用下列符号：

- a) V：伏；
- b) mm^2 ：以平方毫米表示的额定连接容量；
- c) T ：最高环境温度，例如：T55。

注：如没有额定连接容量的符号（即 mm^2 ）者，则表示使用的是AWG导线。

8.7.4 产品上的标志应经久耐用，清晰明了。

9 通信协议规范要求

9.1 范围

本部分规定了服务机器人用锂离子电池和电池组与主机及物联网平台通信协议的术语和定义、通信协议、数据格式。

9.2 通信方式

采用主从方式通信，用于电池BMS级联通信。地址 0 为广播地址，地址 1~247 为从 BMS，主机可自动轮询获取从 BMS的数据。

主机下发通讯命令，若在 500ms 内收不到从机的响应信息或接收响应信息错误，则认为本次通信过程失败。

9.3 通信协议

基本数据帧格式遵循Modbus协议帧格式定义，使用统一的编解码协议，避免不同功能模块多种帧格式定义，导致重复开发编解码代码。如表7所示：

表 7 Modbus 协议帧结构

字段	address	function	reg_add_h	reg_add_l	length_h	length_l	data	crc16_h	crc16_l
长度	1	1	1	1	1	1	1	1
实例	E3	02	41	00	03	11	18	3C

沿用主从通信模式，主/从机使用相同的数据帧格式。

改进Modbus协议帧格式定义，使用原寄存器地址（reg_add_h, reg_add_l）字段扩充消息类型，使用寄存器数量（length_h, length_l）字段存储data字段长度，扩充增加data字段，支持主机向从机发送数据，兼容原有Modbus协议帧格式。

9.3.1 主/从机通信

直接使用改进版本的Modbus实现通信。

9.3.2 物联网平台通信

9.3.2.1 设备接入使用 MQTT 协议

- a) 设备接入物联网平台使用唯一的 deviceId 区分不同设备；
- b) 使用不同的主题实现不同类型消息的收发和处理；
- c) 同一种产品类型设备使用包含设备 deviceId 的固定格式的主题。

9.3.2.2 40TA 升级使用 PCP 协议

- a) 通过 MQTT 通信方式收发 Modbus 帧数据，通知设备进入 OTA 升级模式，接收响应消息；
- b) 使用 PCP 协议实现固件数据的发送；
- c) 相关硬件、通信协议设置等同附件 D。

注：本文件通信协议仅代表现有控制命令字，如需其他控制，请扩展使用；

10 一般电性能实验方法

10.1 预充、预放

10.1.1 预充

将电池组按照5.5.2规定的方法放完电后，进行预充实验。

电池组满放状态下，使用充放电柜进行充电，并使用上位机监控充电状态，完成预充过程到正常充电过程。

实验测试需要满足如下两点：

- a) 电池组应在预充电电压范围之内进入预充状态；
- b) 电池组应在预充电电压范围之外退出预充状态。

10.1.2 预放

将电池组按照5.5.1规定的方法充满电后，进行预放实验。

电池组满充状态下，使用充放电柜（设定CR模式）进行放电，并使用上位机监控放电状态，完成预放过程到正常放电过程。

实验测试需要满足如下两点：

- a) 电池组应在开始放电后首先进入预放状态；
- b) 电池组应在预放结束后（预放时间之后），退出预放状态。

10.2 SOC 和 SOH

10.2.1 充放电电流精度

如下两点（充电、放电）需分别进行、同时满足，以确认电流精度：

- a) 放电电流精度：将电池按照 5.5.1 规定的方法充满电后，进行放电电流精度实验。电池组充满电后，使用充放电柜放电，依次确认电池组自耗电大小，标准放电电流大小 I_{dr} ，标准放电电流的 50% 大小 I_{dr} ，最大连续放电电流大小 I_{dm} ；对比计算实测电流大小与电池组上位机电流大小，计算精度；

- b) 充电电流精度: 将电池按照 5.5.2 规定的方法放完后, 进行充电电流精度实验。电池组放完后, 使用充放电柜充电, 依次确认电池组标准充电电流大小 I_{cr} , 标准充电电流的 50% 大小 $0.5I_{cr}$, 最大连续充电电流大小 I_{cm} ; 对比计算实测电流大小与电池组上位机电流大小, 计算精度。

注1: 电流精度应在 $\pm 2\%FS$ 内;

注2: 电流精度: $(\text{上位机电流读数} - \text{实测电流读数}) / \text{实测电流读数} * 100\%$ 。

10.2.2 SOC 精度

对电池组分别进行如下4点测试:

- a) 标准充电电流: 将电池按照 5.5.2 规定的方法放完后, 进行充电电流精度实验。电池组放完后, 使用充放电柜充电 (标准充电电流大小 I_{cr}), 当充放电柜充电容量达到额定容量 1C 时停止充电, 并记录该阶段上位机记录充电容量, 计算 SOC 精度;
- b) 最大连续充电电流: 将电池按照 5.5.2 规定的方法放完后, 进行充电电流精度实验。电池组放完后, 使用充放电柜充电 (最大充电电流大小 I_{cm}), 当充放电柜充电容量达到额定容量 1C 时停止充电, 并记录该阶段上位机记录充电容量, 计算 SOC 精度;
- c) 标准放电电流: 将电池按照 5.5.1 规定的方法充满电后, 进行放电电流精度实验。电池组充满电后, 使用充放电柜放电 (标准放电电流大小 I_{dr}), 当充放电柜充电容量达到额定容量 1C 时停止放电, 并记录该阶段上位机记录放电容量, 计算 SOC 精度;
- d) 最大连续放电电流: 将电池按照 5.5.1 规定的方法充满电后, 进行放电电流精度实验。电池组充满电后, 使用充放电柜放电 (最大连续放电电流大小 I_{dm}), 当充放电柜充电容量达到额定容量 1C 时停止放电, 并记录该阶段上位机记录放电容量, 计算 SOC 精度。

注1: SOC 精度应在 $\pm 5\%$ 以内;

注2: SOC 精度: $(\text{充放电柜记录容量} - \text{上位机记录变化容量}) / \text{充放电柜记录容量} * 100\%$ 。

10.2.3 SOC 自学习

将SOC学习通过的电池组, 按照5.5.2 规定的方法放完后, 进行如下SOC自学习实验:

- a) 将电池组按照 5.5.1 规定的方法充电至 30% 电量 (注意 SOC 需显示为 30%);
- b) 手动将 SOC 修改为 70% (此时实际可放电容量为 30%);
- c) 通过该电池组的 SOC 自学习方法完成一次 SOC 自学习;
- d) 最后再使用标准放电电流 I_{dr} 完成放电至过放的过程, 同时记录 SOC 值随时间变化的情况。SOC 自学习后变化应平缓, 不会出现突然升高或突然降低的情况。

10.2.4 SOC 变化连续

针对电池组进行如下两点确认, 测试结果应一致:

- a) 放电末端确认: 将 SOC 学习通过的电池组, 按照 5.5.2 规定的方法放完后, 进行放电末端 SOC 跳变实验。将电池组按照 5.5.1 规定的方法充电至 30% 电量 (注意 SOC 需显示为 30%), 然后再手动将 SOC 修改为 70% (此时实际可放电容量为 30%), 再用标准放电电流 I_{dr} 放电直至过放, 同时记录 SOC 值随时间变化的情况;
- b) 充电末端确认: 将 SOC 学习通过的电池组, 按照 5.5.1 规定的方法充满电后, 进行充电末端 SOC 跳变实验。将电池组按照 5.5.2 规定的方法放电至 70% 电量 (注意 SOC 需显示为 70%), 然后再手动将 SOC 修改为 30% (此时实际可放电容量为 70%), 再用标准充电电流 I_{cr} 充电直至过充, 同时记录 SOC 值随时间变化的情况。

SOC 变化应连续, 不能有跳变出现。

注: SOC 跳变主要针对接近过放、过充等阶段, 当前 SOC 自学习一般均完成于满放、满充的过程中, 故可通过修改

SOC与实际容量不符合的方式进行再确认，以判断电池组能否自动修正SOC状态。

10.2.5 SOC 温度变化特性

将电池组按照5.5.1规定的方法充满电后，进行SOC随温度变化实验。

电池组充满电后，将恒温箱温度设置为 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ ，将电池组放置在恒温箱内，然后按照 $5^\circ\text{C}/1\text{h}$ 的速率逐渐降低恒温箱温度，直到温度达到低温保护点结束实验，同时记录下SOC随时间的变化情况。继续将恒温箱温度逐渐按照 $5^\circ\text{C}/1\text{h}$ 的速率升高，直到温度达到 25°C 结束实验，同时记录下SOC随时间的变化情况：

- a) 温度降低时，SOC 应随温度逐渐降低；
- b) 温度升高时，SOC 应随温度逐渐升高。

注：具体的SOC变化幅度符合电池可放电容量随温度衰减幅度即可。

10.2.6 SOH 精度

将电池组完成SOC自学习，基于SOH的100%、80%、60%下，参照5.5.1规定的方法充满电后，然后参照5.5.2规定的方法放完电，再对比上位机的SOH读数与实际放电容量与额定容量的比值差异，该差异即为SOH精度。SOH的精度应在 $\pm 8\%$ 以内。

具体参照如下三点，确认SOH精度大小（最大值即SOH精度）：

- a) SOH 容量衰减 0%：
 - 1) 将电池组充满电（5.5.1 规定的充电方法）；
 - 2) 使用充放电柜完成一次 1C（5.5.2 规定的放电方法），并记录上位机记录的放电容量，计算亏电 0%下的 SOH 精度。
- b) SOH 容量衰减 20%：
 - 1) 将电池组充满电（5.5.1 规定的充电方法）；
 - 2) 使用充放电柜完成一次 0.8C（5.5.2 规定的放电方法），并记录上位机记录的放电容量，计算亏电 20%下的 SOH 精度；
- c) SOH 容量衰减 40%：
 - 1) 将电池组充满电（5.5.1 规定的充电方法）；
 - 2) 使用充放电柜完成一次 0.6C（5.5.2 规定的放电方法），并记录下上位机记录的放电容量，计算亏电 40%下的 SOH 精度；

注1：SOH精度计算： $\text{SOH精度} = (\text{充放电柜放电容量} - \text{上位机记录的放电容量}) / \text{额定容量}$ ；

注2：该精度计算方法按照SOH的可放电容量列出（ $\text{可放电容量} / \text{额定容量} * 100\%$ ），如有其他SOH计算，可自行评估精度计算方法。

10.2.7 SOH 性能要求

将电池组完成SOC自学习后，记录当前可放电容量（参照按照5.5.2规定的方法放完电的记录容量），然后在 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 下连续循环“充电→静置40mins→放电”的过程1500次，最后记录该电池组的可放电容量，并计算最终SOH值。

SOH应在60%以上@1500次充放电循环后。

注：SOH性能计算： $\text{SOH性能} = (\text{1500次充放电循环后的放电容量大小} - \text{初始额定容量大小}) / \text{初始额定容量大小} * 100\%$ 。

10.3 主机通信

分别进行充电、放电过程，同时通过上位机确认电池组各个过程下的状态信息。

状态信息如下：SOC电量信息、电压保护、过载保护、温度保护等报警信息。

上位机应能实时监测到所有报警信息。

注：由于该项基于所有报警信息，故在其他一般测试验证过程中注意上位机可实时获取相关状态信息则合格，详细测试参照“GB 31241-2014中4.7.5试验项目”

10.4 充电最长保持时间

将电池按照5.5.2规定的方法放完电后，进行充电最长保持时间实验。

电池组放完电的情况下，使用充放电柜进行一次充满电（按照0.4C充电，CC+CV充电）动作，确认最长充电保持时间内的充电状态。

实验结果需要满足如下两点：

- a) 在充电最长保持时间以内，电池组应保持充电状态；
- b) 在充电最长保持时间之后，电池组应停止充电。

10.5 总电压欠压保护

将电池组按照5.5.1规定的方法充满电后，进行放电总电压欠压保护实验。

参照如下三点确认过程：

- a) 首先确认电池组可以正常放电，且无任何报警；
 - b) 将总压电压采集点用DC恒压源接入（具体电压设置为正常电池范围内电压），然后继续放电；
 - c) 将DC恒流源电压调到欠压保护电压 U_{dp} ，确认放电保护情况；
- 总电压达到欠压保护点，电池组应停止放电，上位机显示总压欠压保护。

10.6 放电过流保护等级

10.6.1 放电过电流保护 1

将电池组按照5.5.1规定的方法充满电后，进行放电过电流保护实验。

电池组满充状态下，使用充放电柜（设定CC模式）进行放电，放电电流为放电过电流保护1的电流大小 I_{dp1} ，同时使用示波器监控该放电电流下的放电保护时间。

实验测试需要满足如下三点：

- a) 电池组应能放电过电流保护；
- b) 保护时间在设计值误差范围以内；
- c) 电池组应不起火、不爆炸、不漏液。

10.6.2 放电过电流保护 2

将电池组按照5.5.1规定的方法充满电后，进行放电过电流保护实验。

电池组满充状态下，使用充放电柜（设定CC模式）进行放电，放电电流为放电过电流保护2的电流大小 I_{dp2} ，同时使用示波器监控该放电电流下的放电保护时间。

实验测试需要满足如下3点：

- a) 电池组应能放电过电流保护；
- b) 保护时间在设计值误差范围以内；
- c) 电池组应不起火、不爆炸、不漏液。

10.6.3 放电过电流保护 3

将电池组按照5.5.1规定的方法充满电后，进行放电过电流保护实验。

电池组满充状态下，使用充放电柜（设定CC模式）进行放电，放电电流为 放电过电流保护3的电流大小 I_{dp3} ，同时使用示波器监控该放电电流下的放电保护时间。

实验测试需要满足如下3点：

- a) 电池组应能 放电过电流保护；
- b) 保护时间在设计值误差范围以内；
- c) 电池组应不起火、不爆炸、不漏液。

10.7 高低温容量保持率

10.7.1 低温放电容量

按照如下步骤测试低温放电容量：

- a) 电池或电池组按5.5.1方法充电；
- b) 电池或电池组在 $-20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下搁置24h；
- c) 电池或电池组在 $-20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下，按1C放电至任一单体电池电压达到制造商提供的放电截止电压（该电压值不低于室温放电截止电压的80%）；
- d) 计量放电容量（以Ah计）；

10.7.2 高温放电容量

按照如下步骤测试高温放电容量：

- a) 电池或电池组按5.5.1方法充电；
- b) 电池或电池组在 $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下搁置5h；
- c) 电池或电池组在 $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下，按1C电流放电至任一单体电池电压达到室温放电截止电压；
- d) 计量放电容量（以Ah计）；

10.8 充电器与电池组通信（主要响应充电器）

充电过程中，充电器与电池组之间有握手通信，充电器通过对电池组的状态读取，根据电池组电压、温度等信息判断充电模式。

a) 充电器、电池组握手：

开始充电器与电池组连接后首先进行通信（或通过 ID 号识别电池组类型），确认充电器是否与待充电电池组匹配（编号类型匹配则可以充电）。

充电器与电池组匹配，则进入下一步判断；若充电器与电池组不匹配，则报警匹配 NG，停止后续判定动作。

b) 充电器获取电池组状态信息并判断：

充电器获取电池组信息，基于报警状态、电压、温度判断是否可以充电。

如无任何报警，且电压、温度均在正常范围，则可进入下一步判断；若有报警、电压、温度任意一项异常，则报警状态 NG，停止后续判定动作。

c) 充电器充电模式判定：

充电器基于电压等信息判断进入何种充电模式并充电使能。如电池组电压低于预充要求电压，则使用 CC 小电流充电；若电池组电压高于预充要求电压，则使用 CC 标准充电电流充电（或连续最大充电电流充电）；若电池组电压近等于充电器开路电压，则使用 CV 小电流充电。

注：该充电过程目的在于快速充电以及安全充电，详细判定规格参照电池特性设置。

11 电池（组）安全实验方法

11.1 壳体应力

按充电前，电池组以额定容量1C恒流放电至终止电压，在温度为 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境中，电池组以0.4C恒流充电，当电池组的端电压达到充电限制电压时，改为恒压充电，直至充电电流 $\leq 0.04\text{C}$ ，最长时间不大于8h，停止充电的方法进行充电后，将其放置在 $70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的恒温箱中7h，之后取出电池组并将其恢复至室温，目视电池组外观，要求无发生内部组成暴露的物理形变。

11.2 壳体承受压力

按充电前，电池组以额定容量1C恒流放电至终止电压，在温度为 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境中，电池组以0.4C恒流充电，当电池组的端电压达到充电限制电压时，改为恒压充电，直至充电电流 $\leq 0.04\text{C}$ ，最长时间不大于8h，停止充电的方法进行充电后，将直径为30mm的圆柱体的一个端面分别放置在电池组外壳的顶部、底部、侧面上，在圆柱体的另一端面上施加一个250N的力，保持60s，目检电池组外观，要求电池组应不破裂、不起火、不爆炸。

11.3 壳体 IP 等级防水

用GB 4208-2008中相应的试验来判定是否合格。将壳体锁紧放置平面上，使用手持式淋水溅水试验装置进行测试：试验结束后，电池组应不起火、不爆炸。

11.4 电池组挤压

按安全测试应在有强制排风及防爆措施的环境下进行，在测试前所有电池组以按充电前，电池组以额定容量1C恒流放电至终止电压，在温度为 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境中，电池组以0.4C恒流充电，当电池组的端电压达到充电限制电压时，改为恒压充电，直至充电电流 $\leq 0.04\text{C}$ ，最长时间不大于8h，停止充电的方法进行充电，充电后搁置0.5h~1h，在24h内进行测试的方法准备后，将电池组放置在一侧是平板，一侧是异形板的中间，异形板的压头垂直于电池组中间单体排列的方向，如图5所示。异形板的半圆柱形挤压头的半径为75mm，半圆柱体的长度大于被挤压电池组的尺寸，但不超过1m。

挤压速度为 $5 \pm 1\text{mm/s}$ ，当挤压至电池组原尺寸的70%，或挤压力达到30KN时保持5min之后释放压力，观察其外观1h，电池组应不起火、不爆炸。

每个电池组只能做一次挤压。

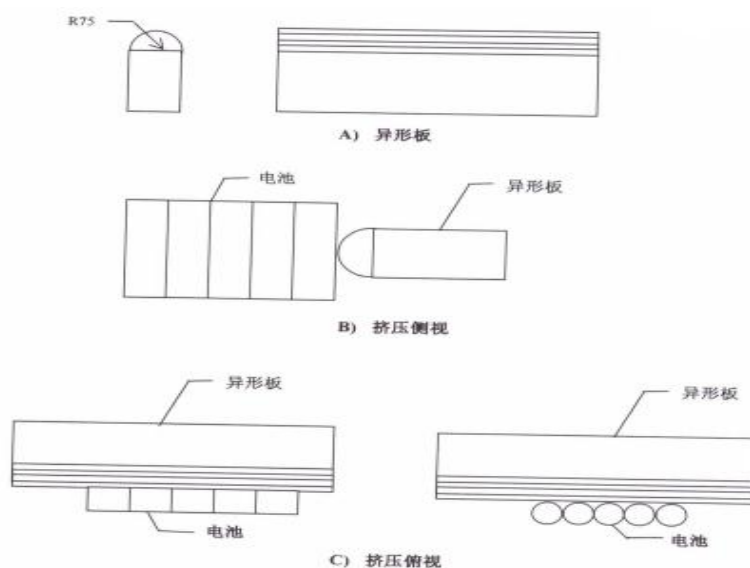


图5 异形板和挤压示意图

11.5 电池组机械冲击

按安全测试应在有强制排风及防爆措施的环境下进行，在测试前所有电池组以按充电前，电池组以额定容量1C恒流放电至终止电压，在温度为 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境中，电池组以0.4C恒流充电，当电池组的端电压达到充电限制电压时，改为恒压充电，直至充电电流 $\leq 0.04\text{C}$ ，最长时不不大于8h，停止充电的方法进行充电，充电后搁置0.5h~1h，在24h内进行测试的方法准备后，用刚性固定的方法（该方法能固定电池组的所有表面），将电池组固定在测试设备上，在电池组的三个相互垂直的方向上均承受三次等值的冲击。至少要保持一个方向与水平面垂直。

每次冲击在最初的3ms内，最小平均加速度为75g，峰值加速度在125g和175g之间。

目视电池组外观，电池组应不起火、不爆炸。

11.6 电池组振动

按安全测试应在有强制排风及防爆措施的环境下进行，在测试前所有电池组以按充电前，电池组以额定容量1C恒流放电至终止电压，在温度为 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境中，电池组以0.4C恒流充电，当电池组的端电压达到充电限制电压时，改为恒压充电，直至充电电流 $\leq 0.04\text{C}$ ，最长时不不大于8h，停止充电的方法进行充电，充电后搁置0.5h~1h，在24h内进行测试的方法准备后，电池组直接安装或通过夹具安装在振动测试仪的台面上，按下表规定的步骤进行简谐振动测试。

电池组振动测试的振幅为0.76mm，最大行程为1.52mm，振动频率在10Hz~55Hz范围内，以1Hz/min的速率变化，振动测试分别在电池组的X、Y、Z轴上进行，每个方向在频率10Hz~55Hz之间扫频循环的测试时间为 $90\text{min} \pm 5\text{min}$ 。

测试结束后搁置1h，目检电池组外观，并以I(A)恒流放电至终止电压，记录放电时间，计算放电容量。

振动试验步骤如表8所示：

表8 振动试验步骤

步骤	搁置时间 (h)	振动时间 (min)
目视外观		
Z 轴方向振动		90±5
X 轴方向振动		90±5
Y 轴方向振动		90±5
目视外观、放电	1	

测试完成后，电池组应不泄露、不起火、不爆炸，放电容量不低于初始容量的95%。

11.7 电池组自由跌落

按安全测试应在有强制排风及防爆措施的环境下进行，在测试前所有电池组以按充电前，电池组以额定容量1C恒流放电至终止电压，在温度为 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境中，电池组以0.4C恒流充电，当电池组的端电压达到充电限制电压时，改为恒压充电，直至充电电流 $\leq 0.04\text{C}$ ，最长时不不大于8h，停止充电的方法进行充电，充电后搁置0.5h~1h，在24h内进行测试的方法准备后，将电池组放置在高度（最低点高度）为1000mm的位置，以X、Y、Z三个方向自由跌落到水泥板面上各一次，测试结束后目检电池组外观，电池组应不起火、不爆炸。

11.8 电池组 IP 等级防水

用GB 4208-2008中相应的试验来判定是否合格。试验结束后目检电池组外观，电池组应不起火、不爆炸。

12 电池接口性能实验

12.1 标志试验

产品上的标志是否经久耐用，清晰明了，可通过视检和在器件上进行下述试验来确定：手持浸过水的棉纱擦拭标志15S，随后再用浸过汽油的棉纱擦拭标志15S。经过两次擦拭后，标志仍应清晰明了。

注1：用模压、冲压或雕刻等方法制成的标志不进行此项试验。

注2：试验使用的汽油是溶剂正己烷，其最大芳香含量为0.1%（体积），贝壳松脂丁醇（溶液溶解）值为29，初馏点约为65℃，干点约为69℃，密度约为0.68 g/cm³。

12.2 防触电保护试验

除非另有规定，否则对带有防触电保护附件的连接器件应通过进行下述试验来确定是否合格：

如连接器件是T标志的器件，则应使该器件的温度升到T值±2℃。

用10N的力将符合GB/T 16842-2008要求的标准试具向连接器件的任何开口推插，如果标准试具能部分或全部进入，则应将标准试具放置在每一个可能的位置上。应在加热室（箱）里取出后立即用标准试具对连接器件进行推插。

在标准试具和带电部件之间串接一个适当的指示灯，并供以大于40V而小于50V的特低电压。对于仅涂有清漆或油漆的导电部件、或者通过氧化层或类似的工艺保护的导电部件，应用金属箔包覆，并与在正常使用时带电的那些部件作电气连接。

如果灯不亮，则认为防触电保护合格。

12.3 结构试验

12.3.1 除特定情况外，夹紧件在设计和结构上是否能做到将导线牢牢地夹在金属表面之间，可通过视检和GB13140中的有关试验来确定。

12.3.2 连接器件在设计和结构上是否能做到：连接导线时任何导线的绝缘都不会与连接到不同极性的另一导线的带电部件相接触，可通过视检来确定。必要时，还可通过给连接器件接上最不利的导线或组合导线来检查确定。

12.3.3 绝缘衬垫、挡板及类似部件是否有足够的机械强度，并以可靠的方式固定，可在12.6的试验之后，通过视检来确定。

12.3.4 载流部件，包括所有端子，是否均用金属制成，该金属在设备中出现的各种状态下，是否具有满足预期用途的机械强度、导电率和耐腐蚀性能，可通过视检来确定。必要时，还可通过化学分析来检查确定。

12.3.5 端子是否能根据其额定连接容量，连接由制造厂规定的根数和横截面积的、符合GB/T 3956-2008中第5类或GB/T 18213-2000要求的硬（实心或绞合）和软导线或者相应的AWG导线，可通过接上相应的导线和视检来确定。

12.3.6 底座的固定装置是否未用作其他用途，可通过视检来确定。

12.4 耐老化、防潮、防固体异物进入及防水的有害进入试验

12.4.1 连接器件是否具有耐老化性能，除非另有规定，否则应进行下述试验：

凡绝缘材料不是陶瓷或热固性材料的连接器件应在具有环境空气的成分和压力的大气并通风的加热室（箱）内进行试验。

注1：可以通过加热室（箱）壁上的孔进行自然循环来实现通风。

试样要在加热室（箱）内存放7d（168 h），对无T标志的连接器件，加热室（箱）的温度应为 $70^{\circ}\text{C} + 2^{\circ}\text{C}$ ；对T标志的连接器件，加热室（箱）的温度应为 $(T+30^{\circ}\text{C}) + 2^{\circ}\text{C}$ ，例如：T= 85°C ，则加热室（箱）的温度应为 $115^{\circ}\text{C}+2^{\circ}\text{C}$ 。

注2：：推荐使用电热加热室（箱）。

经过上述处理后，将试样从加热室（箱）中取出，并在室温下存放至少4h。

在无附加放大的情况下，试样不得有正常或校正视力能看见的裂痕，其材料也不得发粘变腻。判断方法如下：

把试样放在天平的一个盘里，在另一个盘里加上砝码，砝码质量等于试样的质量加上500g，然后用干的粗布包着手指按试样，使天平恢复平衡。

试验后，试样不得出现会导致不符合本部分要求的损坏。

12.4.2 连接器件是否能够经受在正常使用中可能出现的潮湿条件，除非另有规定，否则应进行下述的试验：

用下述的潮湿处理方法进行试验后，立即按12.5的规定测量绝缘电阻并进行电气强度试验。潮湿处理应在潮湿室（箱）内进行，潮湿室（箱）内空气的相对湿度要维持在91%~95%之间，在室（箱）内所有能放置试样的地方，其空气温度应维持在 $20^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 之间的任一方便值T上，其波动范围在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内。试样在放入潮湿室（箱）之前，其温度应在T与 $T+4^{\circ}\text{C}$ 之间。

试样在潮湿室（箱）内的存放时间为：

——对按GB 13140的规定，防水进入等级高于IPX2的连接器件为168 h；

——对其他连接器件为48 h。

注：要获得91%~95%之间的相对湿度，可在潮湿室（箱）里放置硫酸钠（ Na_2SO_4 ）或硝酸钾（ KNO_3 ）的饱和水溶液，并且使溶液与空气有足够大的接触面。为了达到潮湿室（箱）的规定条件，需要保证室（箱）内空气恒定循环，一般使用绝热箱体。经过上述试验后，试样不应出现不符合本部分要求的损坏。

12.4.3 连接器件是否具备与其分类相应的防水有害进入的IP防护等级，可通过在接有设计要求的电缆的连接器件上，进行GB 4208中相应的试验来确定。在此项试验后，试样应立即经受12.5的电气强度试验。试验后观察的结果应表明：水没有明显地进入试样，没有浸到带电部件。

12.5 绝缘电阻和电气强度实验

12.5.1 连接器件是否具有足够的绝缘电阻和良好的电气强度，除非另有规定，否则应通过进行12.5.3和12.5.4的试验来确定是否合格。上述试验是在完成12.5.2试验后立即在潮湿室（箱）或者在使试样维持在规定温度的房间里进行。

12.5.2 对于连接器件按设计要求连接的所有导线的组合，所连接的导线与连接器件外表面之间的绝缘是否足够，可通过12.5.3的试验来确定。

12.5.3 连接器件的每个夹紧件均应先后连接最小和最大横截面积的导线。然后，在施加约500 V的直流电压1min后测量绝缘电阻。

测量应在下述部位依次进行：

- a) 所有连接在一起的夹紧件与无固定装置的连接器件本体，或所有连接在一起的夹紧件与有固定装置的连接器件的安装底座上的夹紧件之间；
- b) 每一个夹紧件与所有连接到无固定装置的连接器件上的夹紧件之间，或每一个夹紧件与所有连接到有固定装置的连接器件安装底座上的夹紧件之间；
- c) 如果金属外壳的内绝缘衬垫是确保带电部件与下述部件之间符合电气间隙要求所必须的话，则在与该衬垫的内表面相接触的金属箔和本体之间：
 - 1) 无绝缘衬垫的金属盖和外壳；
 - 2) 安装底座的表面。

注：“本体”一词包括所有易触及的金属部件，与绝缘材料外部部件的外表面相接触的金属箔、底座或盖的固定螺钉和外部装配螺钉。

进行a)和b)项测量时，要使用金属箔，以使能对密封材料（如果有的话）有效地进行试验。绝缘电阻不得小于 $5M\Omega$ 。

12.5.4 将频率为 50 Hz，其值如表 9 所示的基本正弦波电压施加在 12.5.3 所指的部件之间，进行电气强度试验，为时 1 min。

表 9 额定绝缘电压与试验电压之间的关系(单位/V)

额定绝缘电压	试验电压
≤ 130	1250
$>130\sim 250$	2000
$>250\sim 450$	2500
$>450\sim 750$	3000
>750	3500

试验开始时，施加的电压应不大于规定值的一半，然后迅速升至规定值。试验期间，不得出现闪络或击穿。

注：试验用的高压变压器应这样设计：当在输出电压已经调至相应的试验电压之后发生输出端子短路时，输出电流至少应为 200 mA。

输出电流小于 100 mA 时，过流继电器不应跳闸。测量试验电压有效值(r. m. s. 值)的误差应在 $\pm 3\%$ 之内。不会产生电压降的辉光可忽略不计。

12.6 机械强度实验

12.6.1 试样在 GB/T 2423.7-2018 规定的滚筒中进行试验。如有螺钉，则要用 GB13140.2 “表 102 力矩与螺钉的标称直径”规定的力矩拧紧。使滚筒翻转，试样跌落 50 次。试验后，试样不应出现导致不符合本部分要求的损坏，尤其是该器件不应出现任何导致带电部件不能继续保持在位或不能确保有效防触电的破碎、开裂或变形。

注：不影响防触电能力的小块脱落现象可以忽略。

12.6.2 对带绝缘的试样用 GB/T 2423.55-2006 的摆动锤进行冲击试验。冲击元件的质量为 $150\text{ g} \pm 1\text{ g}$ 。进行冲击前，底座和盖的固定螺钉要用 GB13140.2 “表 102 力矩与螺钉的标称直径”规定的力矩拧紧。

把试样按正常使用状态安装在胶合板上,使得冲击点处在穿过枢轴线的垂直面内。冲击元件的跌落高度为:

- a) 7.5 cm,对盖子中凹进尺寸至少为凹陷部分最大尺寸的 1/6 深的部位;
- b) 10 cm,对暗装式连接器件的盖板的平坦表面;
- c) 20 cm,对暗装式连接器件的盖板中突出安装表面的部位(例如,突出墙壁 20 mm 的边缘)和对明装式连接器件的外壳;
- d) 25 cm,对任何其他类型器件的外壳。

注1:对于某些器件,如预定装进具有机械保护性能的外壳内的多路端子连接器件,应采用跌落高度为7.5 cm来进行冲击试验。

跌落高度是指摆动锤被释放时检测点的位置与在冲击瞬间该冲击点的位置之间的垂直距离。检测点应标在冲击元件的表面上,即标在穿过摆动锤钢管的轴线与冲击元件的轴线相交点并垂直于通过上述两轴线的平面的线与冲击元件表面相交处。

注2:从理论上讲,冲击元件的重心就是检测点,但实际上,重心是很难确定的,所以选用上述办法来确定。

对试样进行10次冲击,这些冲击点要均匀分布在试样上。通常,按下述办法进行其中五次的冲击:

- a) 对于暗装式连接器件,在中心处冲击一次,在盖板深孔的上部表面的每一靠边侧各冲击一次,余下的两次就在前述冲击点之间的近似中心处(最好在隆起部位,如果有的话)冲击,试样应水平移动;
- b) 对于其他连接器件,在中心处冲击一次,接着把试样绕垂直轴尽量旋转但旋转角度不应超过 60° ,然后在试样的两侧各冲击一次,余下的两次就在前述冲击点之间的近似中心处(最好在隆起部位,如果有的话)冲击。
- c) 其余的5次冲击应在试样绕垂直于胶合板的轴线旋转 90° 后,用上述同样办法进行。

盖板按相应数目的单个盖子来处理,但对任何一点只冲击一次。

试验后,试样不应出现不符合本部分要求的损坏,尤其是带电部件不应成为易触及的部件。

如有怀疑,可通过拆卸和更换外部部件,如接线盒、外壳、盖子和盖板,检查这些部件或它们的绝缘衬垫是否破裂来确定。

如果由内盖支撑的盖板破裂,则应在内盖上重复进行试验,试验后,内盖应仍然不破裂。

对浅表面护层的损伤、不致使爬电距离或电气间隙减少到12.9电气间隙和爬电距离规定值以下的小凹痕和不会影响防触电保护的小片屑均可忽略不计。

在无附加放大的情况下,正常或校正视力看不见的裂缝和在增强纤维模压部件上的表面裂缝等可忽略不计。

如果即使忽略试样的某一部分,这个试样也能符合本部分要求,那么这个试样任何部分外表面的裂缝或孔可忽略不计。如果装饰性盖子是由内盖支撑,当装饰性盖子移走后内盖仍能经受得起试验,则装饰性盖子的破裂可忽略不计。

12.7 温升实验

12.7.1 连接器件在结构上是否能做到:在正常使用时,其温升不会超过12.7.2规定的值。是否合格,可通过按第2部分要求进行试验来确定。

12.7.2 用与夹紧件相应的最大横截面积的新的软线或硬线进行连接,夹紧件则根据GB 13140的规定连接。对于有T标志的连接器件,应在温度等于 $T+2^\circ\text{C}$ 的情况下进行试验。

温升的试验应在受试连接器件已经达到热平衡状态的情况下进行。通常,当受试部件的温度在1h内增加不超过1K时,则认为温度达到稳定。在整个试验期间,应给连接器件施加表10所示的交流负载。

表 10 额定连接容量与试验电流之间的关系

额定连接容量/mm ²	试验电流/A
0.2	4
0.34	5
0.5	6
0.75	9
1	13.5
1.5	17.5
2.5	24
4	32
6	41
10	57
16	76
25	101
35	125

通过变色指示器或热电偶来测量温度，变色指示器或热电偶的选择和放置应使得它们对需测量的温度（例如，对与导线接触的金属部件上的温度）的影响可忽略不计。

夹紧件的载流部件温升不应超过45K。如果连接器件是被完全绝缘的，则应尽可能靠近夹紧件测量导线的温升。

对于额定温度不大于40℃的连接器件，应在温度为20℃+5℃的条件下进行温升的试验，对于额定温度高于40℃的有T标志的连接器件，应在温度为T+2℃的条件下进行温升的试验。

12.8 耐热实验

12.8.1 带有绝缘材料零（部）件的连接器件是否能耐热，除非另有规定，否则应通过12.8.2和12.8.3的试验来确定是否合格。

12.8.2 将按GB 13140规定的试样或试样的部件放置在温度为85℃或T+45K（取其较大者）的加热室（箱）内1h，温度允许偏差为±5℃。

试验期间，试样不应有任何影响其继续使用的变化：如有密封胶，则密封胶不应流失到使带电部件外露的程度。

试验后，让试样冷却至接近环境温度。此时，即使将标准试具向试样施加一个不大于5N的力，标准试具也不应触及到试样在正常使用状态安装时就不易触及的带电部件。

试验后，标志仍应清晰明了。

12.8.3 保持载流部件和接地电路部件在位所必须的绝缘材料部件要在IEC 60695-10-2:2003所示的设备上经受球压试验。

当无法在受试试样上进行试验时,则应在试样上切割一块最小厚度为2 mm、平滑的塑料部件进行试验。如果不可能,则在试样上切块叠起,最多四层,最小总厚度为2.5 mm,或可用厚度至少为2 mm 的原材料试样。

将受试试样的表面水平放置在厚度至少为3 mm的钢板座上。

试验应在温度为 $125\text{ }^{\circ}\text{C}+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或 $T+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ (取其较大者)的加热室(箱)内进行,1 h之后,将钢球从试样上取走,然后把试样浸入冷水中,使之在10 s内冷却至接近环境温度。

测量钢球压痕直径,此值不应大于2 mm。

虽然与载流部件和接地电路部件相接触,但不用作保持载流部件和接地电路部件在位的绝缘材料部件,应按上述方法进行球压试验,但试验温度要在 $70\text{ }^{\circ}\text{C}+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或 $40\text{ }^{\circ}\text{C}+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 加上在第12.7节试验期间测得的有关部件的最高温升值两者中选较大者进行。

12.9 电气间隙和爬电距离实验

电气间隙和爬电距离是否合格,可通过测量下述部件之间的距离来确定:

a) 对于爬电距离和电气间隙:

——不同极性的带电部件之间;

——带电部件与无绝缘衬垫的金属盖和外壳之间,及带电部件与安装底座的表面之间。

b) 对于穿通密封胶的距离:

——用密封胶覆盖的带电部件与安装底座的表面之间。

对于多路端子连接器件和无固定装置但有保护的端子,其距离应在带电部件与任何孔口之间测量,此处,孔口代表当端子接上最大横截面积导线时易于碰触到任何其他部件的最近点。

12.10 绝缘材料的耐非正常热和耐燃实验

除非另有规定,否则应通过进行灼热丝试验来确定是否合格。

灼热丝试验应在下述条件下,根据GB/T 5169.10-2017中第4章~第10章的要求进行。

——保持载流部件和接地电路部件在位的绝缘材料部件,其试验温度为 $850\text{ }^{\circ}\text{C}$;

——不保持载流部件和接地电路部件在位的绝缘材料部件(即使这些绝缘材料与它们相接触)以及仅保持接地夹紧装置在位的外壳,其试验温度为 $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

如果在同一试样上有多于一个位置需做灼热丝试验,则应小心确保前次试验所引起的损坏不影响本次试验的结果。

注1: 部件(如垫圈)不必经受本试验;

注2: 陶瓷材料部件不做本试验。

进行灼热丝试验以确保在规定的试验条件下,电热灼热丝不会引起绝缘材料部件着火;或者应确保绝缘材料部件在规定条件下被灼热丝点着火后,在一个限定的燃烧时间,没有因火焰或从受试部件上落到绢纸盖的松木板的燃烧物或颗粒而引起火势蔓延。

试验试样应尽可能是完整的连接器件。

如果试验不能在完整的连接器件上进行,则应根据试验的目的,从试样上割下适当的部分进行试验。

试验在一个试样上进行。

如有怀疑,可在另外两个试样上重复试验,并均应符合本试验的要求。

灼热丝加在试样上的持续时间应不大于10s。

试验期间,试样应以其预期使用的最不利位置放置,且被试表面与灼热丝应垂直。

考虑到发热或灼热元件可能与试样接触的使用条件,灼热丝的顶部应施加到试样规定的表面上。

如果符合下列两种情况之一,则认为该试样经受得住灼热丝试验。

——无火焰和无持续灼热；

——如果在移去灼热丝后30s内，试样上的火焰或灼热熄灭。

绢纸不应起火，松木板不应烧焦。

如有怀疑，可在另外两个试样上重复试验，并应符合本试验的要求。

12.11 绝缘材料的耐电痕化实验

对于非陶瓷材料和在爬电距离小于8.14规定值两倍的场合下使用的材料，应通过在三个试样上进行下述试验来确定是否符合耐电痕化要求。

试验根据GB/T 4207—2012的要求进行。

将试样水平放置在装置的支板上，试样至少有尺寸为15 mm*15 mm的平整表面，厚度至少应为 3 mm。

受试材料应通过耐电痕化试验，其中耐电痕化指数为175 V,使用溶液A,液滴滴落的时间间隔为30s ± 5s。

注：如果需试验的部件不符合尺寸要求，允许堆叠试样，使其厚度达到3 mm；或者使用厚度为3 mm的相同材料的板。

如有疑问，可在一组新的试样上重复这项试验，并应符合本试验要求。

附录 A（资料性）

本标准范围内的楼宇间服务机器人产品示例

属于本标准范围内的楼宇间服务机器人产品示例如下：

- a) 医疗服务机器人：如适用于门诊楼、急诊部、住院处、健康社区、养老中心等不同场景，既可以帮助患者解答问题，还可以协助科室及手术室医生递送医疗器械及物资；
- b) 公共服务机器人：如智慧政务机器人，适用于政务大厅办事窗口指引、自助设备引流等；
- c) 送餐机器人：如酒店、餐饮送餐机器人等；
- d) 大厅引导机器人：如酒店迎宾机器人、展馆讲解机器人等；
- e) 商业清扫机器人等

上述列举的楼宇间服务型机器人产品并未包括所有的产品，因此未列出的产品并不一定不在本标准的范围内。

附录 B（资料性）

热失控管理

B.1 电池组要求包含切实有效的热失效管理措施，但不热失控的管理方式做出具体要求。以下为推荐方案：

热失控造成危害历经3个主要阶段：

- a) 热失控触发；
- b) 热失控发生；
- c) 热失控扩散或蔓延朝着电芯的前后左右方向扩散。

B.2 热失控的触发因素分内因和外因两种：

- a) 内因有：
 - 1) 过热触发热失控；
 - 2) 过充触发热失控；
 - 3) 锂枝晶造成的内短路触发热失控
- b) 外部因素有：针刺、挤压、机械碰撞、火烧等。

B.3 热失控的发生当电芯温度超过 140℃以后，正负极材料都加入了电化学反应的行列，反应物质量的增加，使得温度的提升速度更快了。外部可以观测到的参数变化，是电压的急剧下跌，其过程被描述为：达到这个温度区间后，隔膜开始大量融化，正负极直接连通，造成大规模短路的发生。至此，热失控已经开始，不会再停下来。

B.4 防止热失控扩散蔓延的方法：

- a) 物理阻断，如在电芯与电芯之间、模组与模组之间加入高性能的阻燃隔热材料等；
- b) 实时检测，最短时间内切断回路电流。可以在主回路继电器的控制线圈回路串联多个温控开关，当热失控发生后温控开关断开，使主回路继电器及时切断。

附录 C (资料性)

设计与封装工艺

C.1 电池组设计过程

C.1.1 材料阻燃要求

对于充电限制电压和最大充电电流或最大放电电流的乘积超过15VA的电池组，其封装所使用的材料，应当能限制火焰的蔓延。

就可燃性特性而言，认为VTM-0级材料、VTM-1级材料、VTM-2级材料分别与V-0级材料、V-1级材料和V-2级材料相当，但它们的电气和机械特性没有必要等同。

材料的可燃性分级定义参见GB 4943.1-2011中1.2.12。

就可燃性特性而言，认为VTM-0级材料、VTM-1级材料、VTM-2级材料分别与V-0级材料、V-1级材料和V-2级材料相当，但它们的电气和机械特性没有必要等同。其中，对于材料阻燃性的具体要求如下：

- a) 电池组的外壳应使用防火防护外壳，对于用户可更换型电池组的外壳应是不低于V-1级的材料；对于非用户更换型电池组的外壳应是不低于V-2级的材料；
- b) PCB板应是不低于V-1级的材料；
- c) 导线应按照GB/T 5169.5-2020规定的测试方法去检验是否合格；
- d) 绝缘材料应是不低于V-1级的材料。

注：对没有外壳、导线等材料的样品，相应材料的阻燃要求不适用。

C.1.2 绝缘材料要求

电池组所用的起绝缘作用的材料（如绝缘胶带、绝缘片等）应具有足够的绝缘性能，并在-40℃~130℃范围内应具有较好的化学、电化学、机械和热稳定性。

C.1.3 过热断路装置要求

电池组所选用的过热断路装置（如熔断断体、正温度系数热敏电阻器等）应满足自身的标准，且与电池组的额定参数相匹配。如熔断断体应满足的要求。

C.1.4 内部配线

具有内部配线的电池组其内部配线及其绝缘特性应足以承受最高的预期电流、电压和温度。内部配线的位置应有足够的空间，电流通路应保持在两极之间。内部连接的机械完整性应足以适应可合理预见的误使用条件。内部导线或导体规格应满足下表A.1的要求。

表 A.1 内部导线或导体规格

预期最大电流 I_n A	导线或导体的最小横截面积 mm^2
$I_n \leq 0.2$	箔线
$0.2 \leq I_n \leq 3$	0.5
$3 \leq I_n \leq 10$	0.75
$10 \leq I_n \leq 16$	1.0
$16 \leq I_n \leq 25$	2.5
$25 \leq I_n \leq 32$	4

$32 \leq I_n \leq 40$	6
$40 \leq I_n \leq 63$	10

C.1.5 电池的匹配要求

对于由多节电池或电池并联块组成的电池组，其电池应来自同一供应商的同一批次产品。

C.2 电池组封装过程

C.2.1 电池的筛选

对于由多节电池通过串联或并联组成的电池组，在封装前应先按照开路电压、交流内阻和容量对电池进行筛选、分级和配对。

- 各电池的开路电压应具有较好的一致性；
- 各电池的交流内阻应具有较好的一致性：在 $23\text{℃} \pm 2\text{℃}$ 的环境温度下，对电池施加频率为 $1.0\text{kHz} \pm 0.1\text{kHz}$ 的交流电，交流电压峰值应低于 20mV 。测量 $1\text{s} \sim 5\text{s}$ 内的电压有效值 U 和电流有效值 I ，交流内阻阻值 R 为： $R=U/I$ ；
- 通过检查电池供应商的数据来保证电池容量的一致性：必要时需对每一个电池按照先以制造商规定的方法放电至截止电压，再以制造商的方法进行充电，再依照制造商规定的电流进行恒流放电至截止电压的测试方法进行容量测试。各电池容量的最大值和最小值之差（ ΔC ）应满足相应的要求；
- 各电池应具有较好的老化一致性：必要时进行抽样并按照电池制造商规定的充放电方法进行 500 次老化循环，老化后各电池的交流内阻、容量仍具有较好的一致性。

C.2.2 焊接

每个电池的极端的焊点应具有足够的可靠性。

厂商应制定相应的控制管理方法和程序。

C.2.3 锡焊

导线的焊接不应出现断丝，焊点足够大以保证大电流的通过。

对于受热易损坏的器件（如热熔断体等）的焊接在焊接时应采取防护措施。

C.2.4 绝缘保护

对需要进行绝缘的部位进行绝缘保护，如粘贴绝缘胶带、绝缘片、点绝缘胶等，并保证绝缘措施可靠有效。

C.2.5 保护板功能的确认

如使用保护板，每块保护板需进行安全保护功能（包括过压充电、欠压放电、过流充电、过流放电等）的确认测试。

C.2.6 热电偶的固定

如电池组中使用热电偶进行温度检测，则热电偶的固定需紧贴电池表面能测量到最高温度的位置，并保证足够的强度。

附录 D (资料性)

相关硬件、通信协议设置

表D.1为Modbus功能码定义:

表 D.1 Modbus 功能码定义

编码	功能
0x01	升级消息
0x02	配置消息
0x03	数据查询消息
.....	其他按序扩展

表 D.2 为 0x01 升级消息:

表 D.2 0x01 升级消息

节点	功能	消息类型	数据长度	数据
主	进入 boot 模式	01 00	1	01-本地升级 02-OTA 升级
从	回复	01 00	4	Byte0 (00-成功 01-异常)+异常码 (0-3)
主	发送固件大小版本	02 00	6	固件大小 (byte0-4)+版本 (byte-5-6)
从	回复	02 00	4	Byte0 (00-成功 01-异常)+异常码 (0-3)
主	发送固件数据	03 00	固件数据, 分多个包发送
从	回复	03 00	4	Byte0 (00-成功 01-异常)+异常码 (0-3)
主	发送固件校验码 (MD5)	04 00	16	根据固件大小和数据算出来的 MD5
从	回复	04 00	4	Byte0 (00-成功 01-异常)+异常码 (0-3)
主	退出 boot 模式	05 00	0	无
从	回复	05 00	4	Byte0 (00-成功 01-异常)+异常码 (0-3)

表 D.3 为 0x02 配置消息：

表 D.3 0x02 配置消息

节点	功能	消息类型	数据长度	数据
主	系统参数设置	01 00	……	配置参数，按字节及长度顺数存放
从	回复	01 00	4	Byte0 (00-成功 01-异常)+异常码 (0-3)

表 D.4 为 0x03 数据查询：

表 D.4 0x03 数据查询

节点	功能	消息类型	数据长度	数据
主	系统信息查询	01 00	0	无
从	回复	01 00	4	Byte0 (00-成功 01-异常)+异常码 (0-3)
主	系统状态查询	02 00	0	无
从	回复	02 00	4	Byte0 (00-成功 01-异常)+异常码 (0-3)
主	CVT 查询	03 00	0	无
从	回复	03 00	4	Byte0 (00-成功 01-异常)+异常码 (0-3)