

团 体 标 准

T/GDCKCJH 057—2022

野外作业用宽温度范围锂离子电池技术性能及测试方法

Technical performance and test method of polymer lithium-ion energy storage battery with wide temperature range for field operation

2022-01-20 发布

2022-02-01 实施

目 次

前言.....	II
引言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语、定义、符号和缩略语.....	1
4 要求.....	7
5 测试方法.....	12

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。

本文件由广东省测量控制技术与装备应用促进会提出并归口。

本文件起草单位：东莞市钜大电子有限公司、东莞理工学院、广东斯泰克电子科技有限公司、华南理工大学。

本文件主要起草人：薛家祥、周钢、朱云、马金虎、刘桂雄、于文庆、欧宁、朱亮华、袁伟、晋刚、万珍平、刘旺玉、曾敏。

本文件为首次发布。

引 言

本文件针对科考、勘探、旅游、急救、侦查、测量等野外作业场合应用的储能装置，制定宽温条件下三元锂离子电池单体、电池组的性能要求及试验方法。

全国团体标准信息平台

野外作业用宽温度范围锂离子电池技术性能及测试方法

1 范围

本文件规定了野外作业用宽温度范围锂离子电池的术语、定义、符号和缩略语、要求、测试方法。

本文件适用于科考、勘探、旅游、急救、侦查、测量等野外作业用宽温度范围锂离子电池单体和电池组的技术性能测试，其他宽温度范围锂离子电池可参照执行。

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 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 31467.3-2015 电动汽车用锂离子动力蓄电池包和系统 第3部分：安全性要求与测试方法

GB/T 36276-2018 电力储能用锂离子电池

GA/T 1733-2020 便携式警用装备锂离子电池和电池组通用技术要求

3 术语、定义、符号和缩略语

3.1 术语和定义

GB 31241-2014、GB/T 31467.3-2015、GB/T 36276-2018、GA/T 1733-2020 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

宽温锂离子电池 lithium ion battery with wide temperature range

在-40℃~60℃宽温度范围内，能为野外作业设备提供无差别充放电使用的锂离子电池。

3.1.2

电池单体 battery cell

利用钴酸锂、磷酸亚铁锂或者镍钴锰三元材料及其复合物等作正极活性物质、羧酸酯复合碳酸酯溶剂以及锂盐和添加剂作为液态电解质，碳材料或其与硅氧材料的复合物作为负极制造的宽温度范围锂电池单体，将化学能与电能进行互相转换的电池基本单元装置，通常包括电极、隔膜、电

解质、外壳和端子，并被设计成可充电和放电的装置，也被称作为电芯。

3.1.3

电池模块 battery module

由一个以上电池单体按照串联、并联或串并联方式组合构成，可含有保护装置及监控电路。

3.1.4

电池组 battery pack

由一个以上电池单体按照串联、并联或串并联方式组合构成，且只有一对正负极输出端子，作为电源使用的组合体，可含有为电池提供信息的保护、监控和通讯装置。

3.1.5

电池保护板 protection circuit board

带有对电池起保护作用的集成电路(IC)的印制电路板(PCB)，一般用于防止电池出现过充、过放、过流、短路及超高温充放电等。

3.1.6

电池管理系统 battery management system; BMS

连接电池组和设备的电池管理系统，主要功能包括电池物理参数实时监测、电池状态估计、在线诊断与预警、充放电与预充控制、均衡管理和热管理等。

3.1.7

电池系统 battery system

将一个以上电池单体、电池模块或电池组按照串联、并联或串并联方式组合，且与配套供电设备或者储能变流器连接后实现独立运行的系统。除组合电池单体外，一般还含电池管理系统、监测和保护电路、电气和通讯接口等部件。

3.1.8

方形电池 prismatic lithium cell

以铝作为电池外壳壳体材质，各面成直角的平行六面体形状的宽温度范围锂离子电池。

3.1.9

圆柱形锂电池 cylindrical lithium cell

总高度等于或大于直径的圆柱形状的宽温度范围锂离子电池。

3.1.10

软包锂电池 soft pack lithium cell

以铝塑膜软包装材料作为电池外包装，可以根据产品需求改变形状结构的宽温度范围锂离子电池。

3.1.11

能量型电池 high energy battery

室温下，根据能量型应用需求设计，以大于1 h率额定功率工作的宽温度范围锂离子电池。

3.1.12

功率型电池 high power battery

室温下，根据功率型应用需求设计，以小于或等于 1 h 率额定功率工作的宽温度范围锂离子电池。

3.1.13

充电上限电压 upper limited charging voltage

制造商规定的电池或者电池组能承受的最高安全充电电压。

3.1.14

放电截止电压 discharge cut-off voltage

制造商规定的电池或者电池组放电终止时的负载电压。

3.1.15

额定容量 rated capacity

以制造商规定的条件测得的并由制造商标明的电池单体或电池组的容量值。

注：容量通常用安时(Ah)或毫安时(mAh)来表示。

3.1.16

额定能量 rated energy

以制造商规定的条件测得的并由制造商标明的电池单体或电池组能量值。

注：能量通常用瓦时(Wh)来表示。

3.1.17

初始容量 initial capacity

电池单体或电池组，出厂时在室温下完全充电后，以恒定电流 0.5I_N(A)放电至制造商规定的放电终止条件时所放出的容量。

3.1.18

初始能量 initial energy

电池单体或电池组，出厂时在室温下完全充电后，以恒定电路 0.5I_N(A)放电至制造商规定的放电终止条件时所放出的能量。

3.1.19

额定充电功率 rated charging power

在规定试验条件和试验方法下，电池可持续工作一定时间的充电功率。

3.1.20

额定放电功率 rated discharging power

在规定试验条件和试验方法下，电池可持续工作一定时间的放电功率。

3.1.21

初始化充电 initial charging

在规定试验条件和试验方法下，使电池的充电状态初始化的过程。

3.1.22

初始化放电 initial discharging

在规定试验条件和试验方法下，使电池的放电状态初始化的过程。

3.1.23

额定充电能量 rated charging energy

在规定试验条件和试验方法下，初始化放电电池以额定充电功率充电至充电终止电压时的充电能量。

3.1.24

额定放电能量 rated discharging energy

在规定试验条件和试验方法下，初始化充电的电池以额定放电功率放电至放电终止电压时的放电能量。

3.1.25

额定充电容量 rated charging capacity

在规定试验条件和试验方法下，初始化放电的电池以额定充电功率充电至充电终止电压时的充电容量。

3.1.26

额定放电容量 rated discharging capacity

在规定试验条件和试验方法下，初始化充电的电池以额定放电功率放电至放电终止电压时的放电容量。

3.1.27

初始充电能量 initial charging energy

在初始化充电规定的试验条件和试验方法下，测得电池的充电能量。

3.1.28

初始放电能量 initial discharging energy

在初始化充电规定的试验条件和试验方法下，测得电池的放电能量。

3.1.29

初始充电容量 initial charging capacity

在初始化充电规定的试验条件和试验方法下，测得电池的充电容量。

3.1.30

初始放电容量 initial discharging capacity

在初始化放电规定的试验条件和试验方法下，测得电池的放电容量。

3.1.31

充放电容量保持率 charging/discharging capacity retention

在规定试验条件和试验方法下，电池的充电容量、放电容量分别与初始充电容量、初始放电容量的比值，用百分数表示。

3.1.32

充放电容量恢复率 recovery rate of charging/discharging capacity

在规定试验条件和试验方法下，电池储存后测得的充电能量、放电能量分别与初始充电能量、初始放电能量的比值，用百分数表示。

3.1.33

倍率充放电 rate charging/discharging

在规定试验条件和试验方法下，以额定功率的倍数对电池进行充放电的方式。

3.1.34

充放电效率 charging and discharging efficiency

在同一电流倍率下，电池完全放电的容量和完全充电容量的比值。

3.1.35

质量能量密度 gravimetric energy density

在规定试验条件和试验方法下，电池的初始充电能量、初始放电能量分别与电池能量的比值。质量一般以千克(kg)为单位，能量一般以瓦时(Wh)为单位。

3.1.36

体积能量密度 volumetric energy density

在规定试验条件和试验方法下，电池的初始充电能量、初始放电能量分别与电池体积的比值。体积一般以升(L)为单位，能量一般以瓦时(Wh)为单位。

3.1.37

1小时率额定容量 1 hour rated capacity; C_1

充满电的电池在1 h完全放电时放电的容量，其数值等于 C_1 (Ah)。

3.1.38

1小时率放电电流 1 hour rated discharge current; I_1

充满电的电池在1 h完全放电时放电的电流，其数值等于 I_1 (A)。

3.1.39

额定充电功率 rated charging power

在规定试验条件和试验方法下，可持续工作一定时间的充电功率。

3.1.40

荷电状态 state of charge; SOC

电池当前可用电荷量与充满状态下可用电荷量的比值。

3.1.41

健康状态 stage of health; SOH

电池使用一段时间后的最大可用容量与其所对应的标称容量的比值，该比值反映电池的寿命状况。

3.1.42

放电深度 depth of discharge; DOD

电池已放出的容量占其额定容量的比值。

3.1.43

循环寿命 cycle life

电池在达到电池寿命终止条件前能够完成的深度放电次数。当电池的容量衰减到电池标称容量的70%时，即可认为达到了电池的寿命终止条件。

3.1.44

荷电保持能力 charge retention

电池的荷电保持能力，是指开路条件下，电池内所储存电能的保持能力。

3.1.45

绝热温升 adiabatic temperature rise

电池处于绝热环境中，由其内部产生或从外部吸收的热量使电池单体温度升高的现象。

3.1.46

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。

3.1.47

热失控扩散 thermal runaway diffusion

电池组内的电池单体发生热失控后，触发与其相邻或其它部位的电池单体发生热失控的现象。

3.1.48

起火 fire

电池出现可见的断续或持续性火焰燃烧，不包括短暂火花、火星和电池受热发红。

3.1.49

爆炸 explosion

电池在周围介质中瞬间形成高压的化学反应或状态变化，电池壳体破裂，伴有物质快速飞溅和强烈的放热、发光及声响。

3.2 符号和缩略语

3.2.1 符号

下列符号适用于本文件。

I_C : 电池1 h完全充放电时的电流强度(单位A)

C_{idn} : nh率初始充电容量，单位为A*h

C_{idn} : n' h 率初始放电容量, 单位为 A*h

C_{rcn} : n h 率额定充电容量, 单位为 A*h

C_{rdn} : n' h 率额定放电容量, 单位为 A*h

C_1 : 1 h 率额定容量 (Ah)

E_{icn} : n h 率初始充电能量, 宽温度范围锂离子电池单体的单位为 W*h, 电池组的单位为 kW*h 或 MW*h

E_{icn}' : n' h 率初始放电能量, 宽温度范围锂离子电池单体的单位为 W*h, 电池组的单位为 kW*h 或 MW*h

E_{rcn} : n h 率额定充电能量, 宽温度范围锂离子电池单体的单位为 W*h, 电池组的单位为 kW*h 或 MW*h

E_{rdn} : n' h 率额定放电能量, 宽温度范围锂离子电池单体的单位为 W*h, 电池组的单位为 kW*h 或 MW*h

I_1 : 1 h 率放电电流, 数值为 C_1 (A)

m : 电池的质量, 单位一般为千克 (kg)

nC : 等于 1 h 完全充放电时的电流强度的 n 倍 (单位 A)

V : 电池的体积, 单位一般为升 (L)

ω_{gc} : 基于初始充电能量的质量能量密度, 单位为 W*h/kg

ω_{gd} : 基于初始放电能量的质量能量密度, 单位为 W*h/kg

ω_{vc} : 基于初始充电能量的体积能量密度, 单位为 W*h/L

ω_{vd} : 基于初始放电能量的体积能量密度, 单位为 W*h/L

3.2.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BCU: 电池控制单元 (battery control unit)

DUT: 试验装置 (device of test)

RMS: 均方根 (root mean square)

SC: 标准循环 (standard cycle)

SCH: 标准充电 (standard charge)

SDCH: 标准放电 (standard discharge)

4 要求

4.1 基本性能

4.1.1 电池单体

4.1.1.1 极性、结构尺寸及质量

电池单体的端子极性标识应正确、清晰；电池单体的结构尺寸及质量应符合制造商规定的产品技术要求。方形单体：长 ≤ 102.5 mm，宽 ≤ 45.8 mm，高 ≤ 5.2 mm，质量 51 g~55 g；软包单体：长、宽和质量没有固定要求，厚度 ≤ 15 mm；圆柱形单体：长 (65.05 ± 0.15) mm，直径 (18.30 ± 0.30) mm，质量 (48 ± 2) g。

4.1.1.2 开路电压

要求如下：

- a) 开路电压范围符合制造商要求，电池单体开路电压为 $(2.5 \sim 4.2)$ V；
- b) 电压单位为 V，小数点后两位四舍五入取整(以下同)。

注：标称电压可根据被检电池内部使用材料进行修正；开路电压范围应在放电终止电压和充电截止电压之间；放电终止电压不小于开路电压指标范围的最低值，充电截止电压不大于开路电压指标范围的最高值。

4.1.2 电池组

4.1.2.1 极性、结构尺寸及质量

电池组的端子极性标识应正确、清晰；电池组的结构尺寸及质量应符合制造商规定的产品技术要求。电池组所用方形单体尺寸：长 ≤ 102.5 mm，宽 ≤ 45.8 mm，高 ≤ 5.2 mm，质量 51 g~55 g；电池组所用软包单体尺寸：长、宽和质量没有固定要求，厚度 ≤ 15 mm；电池组所用圆柱形单体尺寸：长 (65.05 ± 0.15) mm，直径 (18.30 ± 0.30) mm，质量 (48 ± 2) g。

4.1.2.2 开路电压

电池组正负极端子处于开路状态时，测量正负极两端的电压数值，应符合制造商规定的开路电压范围。

4.2 充放电性能

4.2.1 电池单体

4.2.1.1 概述

宽温电池主要用于移动场合，容量较小，主要关注其容量性能。

4.2.1.2 常温容量

常温容量不小于制造商规定的额定容量。

注：放电容量测量值不小于电池标识的额定容量。

4.2.1.3 低温放电性能

低温 -40°C $0.5I_1$ (A) 放电容量不小于常温容量的 60%。

4.2.1.4 高温放电性能

高温 60°C $0.5I_1$ (A) 放电容量不小于常温容量的 95%。

4.2.1.5 低温贮存性能

低温 -55°C 满电贮存后剩余放电容量不小于常温容量的 90%。

4.2.1.6 高温贮存

高温 70°C 满电贮存后剩余放电容量不小于常温容量的 90%。

4.2.1.7 倍率放电

要求如下：

- a) 在室温 (25 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ 下，电池的倍率放电容量不小于常温容量的 85%；
- b) 在低温 (-40 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ 下，电池的倍率放电容量不小于常温容量的 30%。

4.2.1.8 快速充电

电池快速充电后的放电容量不小于常温容量的 90%。

4.2.1.9 短暂负荷电流

放电期间，电池的端电压不低于放电终止电压。

4.2.1.10 荷电保持能力及恢复容量

要求如下：

- a) 电池的荷电保持容量不小于常温容量的 90%；
- b) 电池的恢复容量不小于常温容量的 95%。

4.2.1.11 循环寿命

电池在循环 100 次后，放电容量不小于常温容量的 90%，循环 500 次后，放电容量不小于常温容量的 70%。

4.2.2 电池组

4.2.2.1 常温容量

常温容量应不小于制造商规定的额定容量。

注：放电容量测量值不小于电池标识的额定容量。

4.2.2.2 绝缘电阻

要求如下:

- a) 在标准大气条件下(大气压强 101 kPa), 绝缘电阻应不小于 100 M Ω ;
- b) 在潮湿环境条件(相对湿度 95%)下, 绝缘电阻应不小于 2 M Ω 。

4.2.2.3 低温放电

低温-40℃0.5I(A)放电容量不小于常温容量的 60%。

4.2.2.4 高温放电

高温 60℃0.5I(A)放电容量不小于常温容量的 95%。

4.2.2.5 低温贮存

低温-55℃满电贮存后剩余放电容量不小于常温容量的 90%。

4.2.2.6 高温贮存

高温 70℃满电贮存后剩余放电容量不小于常温容量的 90%。

4.2.2.7 倍率放电

要求如下:

- a) 在室温(25 \pm 2)℃下, 电池组的 1I(A)倍率放电容量不小于常温容量的 85%;
- b) 在低温(-40 \pm 2)℃下, 电池组的 1I(A)倍率放电容量不小于常温容量的 30%。

4.2.2.8 快速充电

快速充电后的放电容量不小于常温容量的 90%。

4.2.2.9 短暂负荷电流

电池组的端电压不低于放电终止电压。

4.2.2.10 荷电保持能力及恢复容量

要求如下:

- a) 电池组的荷电保持容量不小于常温容量的 90%;
- b) 电池组的恢复容量不小于常温容量的 95%。

4.2.2.11 循环寿命

电池组循环 400 次后, 放电容量不小于常温容量的 70%。

4.3 安全性能

4.3.1 电池单体

4.3.1.1 短路、过充电、过放电

进行短路试验或过充电试验，或过放电试验，在测试中以及观察期内，应不起火、不爆炸，允许泄气、漏液。

4.3.1.2 针刺、挤压、重物撞击

进行针刺试验或挤压试验，或重物撞击试验，在测试中以及观察期内，应不起火、不爆炸。

4.3.1.3 热滥用

进行热滥用试验后，应不起火、不爆炸。

4.3.2 电池组

4.3.2.1 短路、过充电、过放电

进行短路试验或过充电试验，或过放电试验，在测试中以及观察期内，应不变形、不漏液、不破裂、不起火、不爆炸，电池组开路电压输出正常。

4.3.2.2 针刺、挤压、重物撞击

进行针刺试验或挤压试验，或重物撞击试验，在测试中以及观察期内，应不起火、不爆炸。

4.4 电池组环境适应性能

4.4.1 机械冲击、跌落、低气压

进行机械冲击试验或跌落试验、或低气压试验后，应外观良好，外壳及结构无变形、开裂、松动或损坏，极性端子接口应无错位、插拔卡死或无法互换，电池开路电压输出正常。

4.4.2 振动

进行振动试验后，应满足放电电流和电压的瞬间变化范围不超过 20%，外观良好，外壳及结构无变形、开裂、松动或损坏，极性端子接口应无错位、插拔卡死或无法互换，电池开路电压输出正常。

4.4.3 高低温冲击、高温高湿

进行高、低温度冲击试验或高温高湿试验后，应外观良好，外壳及结构无变形、开裂、松动或损坏，极性端子接口应无错位、插拔卡死或无法互换，电池开路电压输出正常。电池的放电容量不小于常温容量的 85%。

5 测试方法

5.1 测试条件

5.1.1 环境条件

环境条件如下：

- a) 除有特殊规定外，试验应在室温 (25 ± 2) °C，相对湿度为 15%~90%，大气压力为 86 kPa~106 kPa 的环境中进行；
- b) 试验场地应配备完善的灭火、防爆等消防和应急设施；
- c) 试验人员应配备个人防护用具。

5.1.2 测试仪器、仪表准确度

5.1.2.1 基本性能(含充放电)测试仪器、仪表

要求如下：

- a) 电压测量：不低于 0.5 级；
- b) 电流测量：不低于 0.5 级；
- c) 温度测量：分度值不大于 1°C，标定准确度不低于 0.5°C；
- d) 时间测量：准确度 $\pm 0.1\%$ ；
- e) 尺寸测量：准确度 ± 1 mm；
- f) 质量测量：准确度 0.1%FS，样品测量误差 $< 0.5\%$ 。

5.1.2.2 专用性能(安全、环境适应)测试仪器、仪表

要求如下：

- a) 充放电装置测量：电压、电流、功率的准确度 0.1%FS；
- b) 电池管理系统测量：电压、电流准确度 0.5%FS，温度准确度 $\pm 1^\circ\text{C}$ ；
- c) 环境模拟装置测量：温度准确度 $\pm 1^\circ\text{C}$ ，湿度准确度 $\pm 3\%$ ，温度波动度 $\leq 2^\circ\text{C}$ ，湿度波动度 $\leq 5\text{RH}$ ；
- d) 振动测量：振动频率准确度 0.1 Hz；
- e) 高低温试验装置测量：温度准确度 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ；
- f) 温湿度试验装置测量：湿度准确度 $> 75\text{RH} (+2, -3\text{RH})$ ， $< 75\text{RH} (\pm 2\text{RH})$ 。

5.2 测试准备

5.2.1 试验样品准备

步骤如下：

- a) 电池单体和电池组在进行基本性能或循环性能试验时，应将试验装置与电池的高压、低压装置连接，开启电池的被动保护功能，电、热管理装置可根据需要工作；
- b) 电池组在进行安全性能和环境适应性能试验时，附加的主动保护线路或装置应在试验前断开或除去；
- c) 试验装置应检测和控制电池单体和电池组的工作状态和电压、电流等工作参数。

5.2.2 初始化充电

5.2.2.1 电池单体

步骤如下：

- a) 在室温 (25 ± 2) °C 下，静置 5 h；
- b) 以恒定电流 $0.2I_1$ (A) 放电至制造商规定的放电终止电压，静置 30 min；
- c) 以恒定电流 $0.2I_1$ (A) 充电至制造商规定的充电终止电压，转恒压充电至截止电流 $0.05I_1$ (A)，静置 30 min。

5.2.2.2 电池组

步骤如下：

- a) 在室温 (25 ± 2) °C 下，静置 5 h；
- b) 以恒定电流 $0.2I_1$ (A) 放电至电池组中任一单体或电池组达到制造商规定的放电终止电压，静置 30 min；
- c) 以恒定电流 $0.2I_1$ (A) 充电至电池组中任一单体或电池组达到制造商规定的电池组充电终止电压，转恒压充电至截止电流 $0.05I_1$ (A)，静置 30 min。

5.2.3 初始化放电

5.2.3.1 电池单体

步骤如下：

- a) 在室温 (25 ± 2) °C 下，静置 5 h；
- b) 以恒定电流 $0.2I_1$ (A) 充电至制造商规定的充电终止电压，转恒压充电至截止电流 $0.05I_1$ (A)，静置 30 min；
- c) 以恒定电流 $0.2I_1$ (A) 放电至制造商规定的放电终止电压，静置 30 min。

5.2.3.2 电池组

步骤如下：

- a) 在室温 (25 ± 2) °C 下，静置 5 h；
- b) 以恒定电流 $0.2I_1$ (A) 充电至电池组中任一单体或电池组达到制造商规定的充电终止电压，

转恒压充电至截止电流 $0.05I_1$ (A)，静置 30 min；

- c) 以恒定电流 $0.2I_1$ (A) 放电至电池组中任一单体或电池组达到制造商规定的放电终止电压，静置 30 min；

5.2.4 标准化充电

5.2.4.1 电池单体

步骤如下：

- a) 以恒定电流 $0.5I_1$ (A) 将电池单体放电至制造商规定的放电终止电压；
- b) 静置 1h 或制造商规定的不大于 1 h 的静置时间；
- c) 以恒定电流 $0.5I_1$ (A) 充电至制造商规定的充电截止电压时转恒压充电；
- d) 至充电电流降至充电终止电流 $0.05I_1$ (A) 时停止充电；
- e) 充电后静置 1 h 或制造商提供的不高于 1 h 的静置时间。

5.2.4.2 电池组

步骤如下：

- a) 以恒定电流 $0.2I_1$ (A) 将电池组中任一单体或电池组放电至制造商规定的放电终止电压；
- b) 静置 1 h 或制造商规定的不大于 1 h 的静置时间；
- c) 以恒定电流 $0.2I_1$ (A) 充电至制造商规定的充电截止电压时转恒压充电；
- d) 至充电电流降至 $0.05I_1$ (A) 时停止充电；
- e) 充电后静置 1 h 或制造商规定的不高于 1 h 的静置时间。

5.2.5 标准化放电

5.2.5.1 电池单体

步骤如下：

- a) 电池单体标准化充电；
- b) 以恒定电流 $0.5I_1$ (A) 将电池单体放电至 2.5 V 或者制造商规定的放电终止电压；
- c) 静置 1 h 或制造商提供的不大于 1 h 的静置时间。

5.2.5.2 电池组

步骤如下：

- a) 电池组标准化充电；
- b) 以恒定电流 $0.5I_1$ (A) 将电池组中任一电池单体或电池组放电至制造商规定的放电终止电压；
- c) 静置 1 h 或制造商规定的不大于 1 h 的静置时间。

5.2.6 电压和温度限值设定

除另有特殊规定外，试验过程中电池单体和电池组的充电终止电压、放电终止电压、充电报警电压、放电报警电压、充电保护电压、放电保护电压及电池单体的报警温度、保护温度的设定值应唯一，且应与电池正常使用时的设定值一致。

5.2.7 电池单体能量密度测试

步骤如下：

- 按规定的、且不小于 $0.5I_1$ (A) 的电流放电至制造商规定的放电终止条件，静置不小于 30 min；
- 按规定的充电方式充电至制造商规定的充电截止条件(充电时间不大于 8 h)，静置不小于 30 min；
- 重复步骤 a)，计量放电能量 E (以 Wh 计)；
- 重复步骤 b)~c) 2 次，取 3 次放电能量的平均值；
- 用衡器测量电池单体的质量 m (以 kg 计)；
- 用尺寸测量工具测量电池单体的体积 V (以 L 计)。

在测试得到电池单体放电能量、体积和重量后，按照以下的计算方法来计算质量能量密度和体积能量密度：

- 质量能量密度计算：按式(1)、式(2)计算电池单体的质量能量密度：

——初始充电质量能量密度：

$$\omega_{gc} = \frac{E_{icn}}{m} \quad \dots\dots\dots (1)$$

——初始放电质量能量密度：

$$\omega_{gd} = \frac{E_{icn'}}{m} \quad \dots\dots\dots (2)$$

- 体积能量密度计算：按式(3)、式(4)计算电池单体的体积能量密度：

——初始充电体积能量密度：

$$\omega_{vc} = \frac{E_{icn}}{V} \quad \dots\dots\dots (3)$$

——初始放电体积能量密度：

$$\omega_{vd} = \frac{E_{icn'}}{V} \quad \dots\dots\dots (4)$$

5.2.8 电池单体容量测试

步骤如下：

- 以 $0.5I_1$ (A) 放电至电池单体的放电终止电压或制造商规定的放电终止条件；
- 静置不低于 30 min 或制造商规定的静置时间(不高于 60 min)；
- 按 5.2.2 进行初始化充电；
- 静置不低于 30 min 或制造商规定的静置时间(不高于 60 min)；

- e) 以 $0.5I_1$ (A) 放电至电池单体的放电终止电压或制造商规定的放电终止条件;
- f) 计算步骤 e) 放电容量 (以 Ah 计)。

5.2.9 电池单体调整 SOC 至试验目标值 n% 的方法

调整 SOC 至试验目标值 n% (80%、65%、50%、35%、20%) 的步骤:

- a) 按 5.2.2 进行初始化充电;
- b) 静置不低于 30 min 或制造商规定的静置时间 (不高于 60 min);
- c) 以 $1I_1$ (A) 恒流放电至 $((100-n)/100)$ h。

5.2.10 电池单体最大放电功率测试

步骤如下:

- a) 按 5.2.9 方法调整测试样品 SOC 至 50%;
- b) 静置 30 min;
- c) 以制造商规定的最大电流放电 5 s, 然后以 $1I_1$ (A) 放电至制造商规定的放电终止条件;
- d) 计算步骤 c) 最后一个数据点的功率 (W)。

5.2.11 试验数据记录

步骤如下:

- a) 试验开始前, 应记录电池试验样品的技术规格数据信息;
- b) 试验过程中, 除另有特殊规定外, 试验装置设定的电池数据采样周期应不大于预估的每个试验步骤的充电或放电时间的 1%;
- c) 试验结束时, 应记录电池试验的过程数据和结果数据。

5.3 基本性能检测

5.3.1 电池单体

5.3.1.1 极性、结构尺寸及质量

步骤如下:

- a) 用电压表检测电池单体极性;
- b) 用尺寸测量装置和衡器分别测量电池单体的结构尺寸及质量;
- c) 记录检测结果。

5.3.1.2 开路电压

步骤如下:

- a) 进行标准化充电;

- b) 用电压表测量开路电压;
- c) 记录检测结果。

5.3.2 电池组

5.3.2.1 极性、结构尺寸及质量

步骤如下:

- a) 用电压表检测电池组极性;
- b) 用尺寸测量装置和衡器分别测量电池组的结构尺寸及质量;
- c) 记录检测结果。

5.3.2.2 开路电压

步骤如下:

- a) 进行标准化充电;
- b) 用电压表测量开路电压;
- c) 记录检测结果。

5.4 充放电性能试验

5.4.1 电池单体

5.4.1.1 常温容量

步骤如下:

- a) 在 $(25\pm 2)^\circ\text{C}$ 的室温条件下,按标准化充电程序和标准化放电程序进行 10 次充放电循环。除首次常温容量测试进行 10 次循环外,试验过程中再测试该项时,应进行 3 次循环,充放电电流标准为 $0.2I_1(\text{A})$, $I_1(\text{A})$ 为重新计算出电池单体实际的标准充放电电流。在前 7 次循环中,求取前 7 次循环的标准化放电容量平均值,确定 $I_1(\text{A})$,之后测试中不再改动;
- b) 最后 3 次循环时,测量被检电池的实际容量,取 3 次测量的平均值为电池单体的常温容量。

5.4.1.2 低温放电

步骤如下:

- a) 按 5.2.2 初始化充电;
- b) 在 $(-40\pm 2)^\circ\text{C}$ 下,静置 4 h;
- c) 在 $(-40\pm 2)^\circ\text{C}$ 下,以 $0.5I_1(\text{A})$ 恒流放电至其放电终止电压;
- d) 记录步骤 c) 的放电容量,为电池单体的低温放电容量。

5.4.1.3 高温放电

步骤如下：

- a) 按 5.2.2 初始化充电；
- b) 在 $(60\pm 2)^\circ\text{C}$ 下，静置 4 h；
- c) 在 $(60\pm 2)^\circ\text{C}$ 下，以 $0.5I_1$ (A) 恒流放电至其放电终止电压；
- d) 记录步骤 c) 放电容量，为电池的高温放电容量。

5.4.1.4 低温贮存

步骤如下：

- a) 按 5.2.2 初始化充电；
- b) 在 $(-55\pm 2)^\circ\text{C}$ 下，储存 24 h；
- c) 恢复到常温后，保持 8 h，以 $0.5I_1$ (A) 的放电电流放电至终止电压；
- d) 记录步骤 c) 的放电容量，为电池单体的低温贮存容量。

5.4.1.5 高温贮存

步骤如下：

- a) 按 5.2.2 初始化充电；
- b) 在 $(70\pm 2)^\circ\text{C}$ 下，储存 24 h；
- c) 恢复到常温后，保持 8 h，以 $0.5I_1$ (A) 的放电电流放电至终止电压；
- d) 记录步骤 c) 的放电容量，为电池单体的高温贮存容量。

5.4.1.6 倍率放电

步骤如下：

- a) 按 5.2.2 初始化充电，分别进行室温、低温下的倍率放电；
- b) 在室温 $(25\pm 2)^\circ\text{C}$ 下，以 $1I_1$ (A) 的放电电流放电到终止电压；
- c) 在低温 $(-40\pm 2)^\circ\text{C}$ 下，满荷电态电池，保持 8 h 后，以 $1I_1$ (A) 的放电电流放电到终止电压；
- d) 记录步骤 b)、步骤 c) 的放电容量，分别为电池单体在室温、低温下的倍率放电容量。

5.4.1.7 快速充电

步骤如下：

- a) 按 5.2.3 初始化放电；
- b) 在室温 $(25\pm 2)^\circ\text{C}$ 下，以 $1I_1$ (A) 的充电电流充电到制造商规定的截止电压时转为恒压充电，总充电时间 1 h，静置 0.5 h 后，按 $1I_1$ (A) 的放电电流放电至终止电压；
- c) 记录放电容量，为电池单体快速充电后的放电容量。

5.4.1.8 短暂负荷电流

步骤如下：

- a) 按 5.2.2 初始化充电；
- b) 在室温(25±2)℃下，以 2.5 I_1 (A)的放电电流放电，放电时间 5 s，实时记录电池端电压的变化。

5.4.1.9 荷电保持能力及恢复容量

步骤如下：

- a) 按 5.2.2 初始化充电；
- b) 在常温环境条件下，开路保存28 d后，以0.5 I_1 (A)的放电电流放电至终止电压，记录放电容量为荷电保持容量；
- c) 按5.2.4标准化充电后，以0.5 I_1 (A)的放电电流放电至终止电压，记录放电容量为恢复容量。

5.4.1.10 循环寿命

步骤如下：

- a) 在常温环境条件下，按标准化充、放电程序进行充放电循环；
- b) 记录电池单体每个循环的放电容量。测试中，在循环 100 次时，计算电池单体容量保持率，电池单体在出现连续两次放电容量低于规定值时判定为不合格，如 100 次循环合格，继续测试到 500 次，计算电池单体容量保持率，电池单体在出现连续两次放电容量低于规定值时判定为不合格。

5.4.2 电池组

5.4.2.1 常温容量

步骤如下：

- a) 在室温(25±2)℃下，按标准化充电程序和标准化放电程序进行 10 次充放电循环。除首次常温容量测试是进行 10 次循环外，试验过程中再测试该项时，应进行 3 次循环，充放电电流标准为 0.2 I_1 (A)， I_1 (A)为重新计算出电池组实际的标准充放电电流。在前 7 次循环中，求取前 7 次循环的标准化放电容量平均值，确定 I_1 (A)，之后测试中不再改动；
- b) 最后 3 次循环时，测量电池组的实际容量，取 3 次测量的平均值为电池组的常温容量。

5.4.2.2 绝缘电阻

步骤如下：

- a) 分别在标准大气条件下(大气压强为101 kPa)和潮湿环境条件下(相对湿度95%RH)，在电池组极性端子接口各触点(或芯线)同外壳之间，施加直流电压(500±50)V；
- b) 使用绝缘电阻测试仪测量电池组的绝缘电阻值。

5.4.2.3 低温放电

步骤如下：

- a) 按 5.2.2 初始化充电；
- b) 在 $(-40 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下，静置 8 h；
- c) 在 $(-40 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下，以 $0.5I_1$ (A) 恒流放电至制造商规定的放电终止电压；
- d) 记录步骤 c) 放电容量，为电池组的低温放电容量。

5.4.2.4 高温放电

步骤如下：

- a) 按 5.2.2 初始化充电；
- b) 在 $(60 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下，静置 4 h；
- c) 在 $(60 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下，以 $0.5I_1$ (A) 恒流放电至制造商规定的放电终止电压；
- d) 记录步骤 c) 放电容量，为电池组的高温放电容量。

5.4.2.5 低温贮存

步骤如下：

- a) 按 5.2.2 初始化充电；
- b) 在 $(-55 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下，储存 24 h；
- c) 恢复常温后保持 8 h，然后以 $0.5I_1$ (A) 的放电电流放电至终止电压；
- d) 记录步骤 c) 的放电容量，为电池组的低温贮存容量。

5.4.2.6 高温贮存

步骤如下：

- a) 按 5.2.2 初始化充电；
- b) 在 $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下，储存 24 h；
- c) 恢复常温后保持 8 h，然后以 $0.5I_1$ (A) 的放电电流放电至终止电压；
- d) 记录步骤 c) 的放电容量，为电池组的高温贮存容量。

5.4.2.7 倍率放电

步骤如下：

- a) 按 5.2.2 初始化充电，分别进行室温、低温下的倍率放电；
- b) 在室温 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下，以 $1I_1$ (A) 的放电电流放电到终止电压；
- c) 在低温 $(-40 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，满荷电态电池，保持 8 h 后，以 $1I_1$ (A) 的放电电流放电到终止电压；
- d) 记录步骤 b)、步骤 c) 的放电容量，分别为电池组在室温、低温下的倍率放电容量。

5.4.2.8 快速充电

步骤如下：

- a) 按 5.2.3 初始化放电；
- b) 在室温 (25 ± 2) °C 下，以 $1I_1$ (A) 的充电电流充电到制造商规定的截止电压时转为恒压充电，总充电时间 1 h，静置 0.5 h 后，以 $1I_1$ (A) 的放电电流放电至终止电压。放电容量为电池组快速充电后的放电容量。

5.4.2.9 短暂负荷电流

步骤如下：

- a) 按 5.2.2 初始化充电；
- b) 在室温 (25 ± 2) °C 下，以 $2.5I_1$ (A) 的放电电流放电，放电时间 5 s，实时记录电池端电压的变化。

5.4.2.10 荷电保持能力及恢复容量

步骤如下：

- a) 按 5.2.2 初始化充电；
- b) 在常温环境条件下，开路保存 28 d 后，以 $0.5I_1$ (A) 的放电电流放电至终止电压，记录放电容量为荷电保持容量；
- c) 按 5.2.4 标准化充电后，以 $0.5I_1$ (A) 的放电电流放电至终止电压，放电容量为恢复容量。

5.4.2.11 循环寿命

步骤如下：

- a) 在常温环境条件下，按标准化充、放电程序进行充放电循环；
- b) 循环 400 次，记录电池组每个循环的放电容量。测试中，电池组在出现连续两次放电容量低于规定值时判定为不合格。

5.5 安全性能试验

5.5.1 电池单体

5.5.1.1 短路

步骤如下：

- a) 按 5.2.4 标准化充电；
- b) 将电池单体正、负极经外部短路 10 min，外部线路电阻应小于 $50 \text{ m}\Omega$ ；
- c) 观察 24 h 或直至电池温度下降至峰值的 80%；
- d) 记录是否有漏液、起火、爆炸现象。

5.5.1.2 过充电

步骤如下：

- a) 按 5.2.4 标准化充电；
- b) 以恒流方式充电至电压达到充电终止电压的 1.5 倍或时间达到 1 h 时停止充电，充电电流取 $1I_1$ (A) 与产品的最大持续充电电流中的较小值；
- c) 观察 1 h；
- d) 记录是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

5.5.1.3 过放电

步骤如下：

- a) 按 5.2.4 标准化充电；
- b) 以恒流方式放电至时间达到 90 min 或电压达到 0 V 时停止放电，放电电流取 $1I_1$ (A) 与产品的最大持续放电电流中的较小值；
- c) 观察 1 h；
- d) 记录是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

5.5.1.4 针刺

步骤如下：

- a) 按 5.2.4 标准化充电；
- b) 采用直径 3 mm 的耐高温钢针，针尖的圆锥角度为 $45^\circ \sim 60^\circ$ ，针的表面光洁、无锈蚀、无氧化层和油污，以 (25 ± 5) mm/s 的速度进行穿刺。圆柱形电池的穿刺位置取圆柱体中部；矩形电池的穿刺位置取除极端面和底面以外的其余四面中部。穿刺期间夹住钢针的装置不得碰到被检电池，钢针贯穿壳体并停留在被检电池中 90 min，然后以 (25 ± 5) mm/s 的速度退出钢针，继续观察被检电池 6 h；
- c) 观察 1 h；
- d) 记录是否有起火、爆炸现象。

5.5.1.5 挤压

步骤如下：

- a) 按 5.2.4 标准化充电；
- b) 按下列条件试验：
 - 1) 挤压方向：垂直于电池单体极板方向施压，见图 1；
 - 2) 挤压板形式：半径为 75 mm 的半圆柱体，半圆柱体的长度(L) 大于被挤压电池的尺寸；
 - 3) 挤压速度： (5 ± 1) mm/s；

- 4) 挤压程度：电压达到 0 V 或变形量达到 30%或挤压力达到 (13 ± 0.78) kN 时停止挤压；
- 5) 保持 10 min。
- c) 观察 1 h；
- d) 记录电池是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

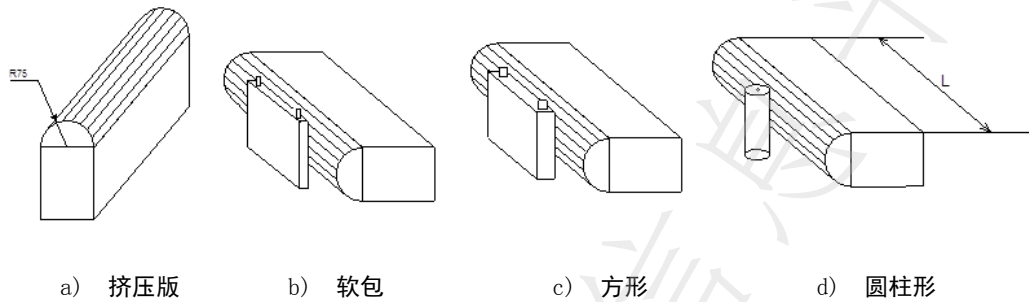


图 1 电池单体挤压板和挤压方向示意图

5.5.1.6 重物撞击

在常温环境条件下，将满荷电态电池放置在一平板上，电池纵轴应平行于平板，同时又垂直于放在样品上中央位置的钢棒纵轴，在电池中央横放一根直径为 (15.8 ± 0.2) mm 的钢棒，平板和钢棒表面进行绝缘处理，钢棒纵轴平行于平面，使一个 (9.1 ± 0.1) kg 的重物从 (610 ± 25) mm 的高度自由落到电池中心上方的钢棒上。圆柱形电池纵轴应平行于平板进行撞击，矩形电池分别在垂直于电池纵轴的两个轴方向进行撞击。

每个电池只能做一次重物撞击试验。重物撞击后继续观察 6 h。

记录是否有起火、爆炸现象。

5.5.1.7 热滥用

步骤如下：

- a) 按 5.2.4 标准化充电；
- b) 将电池单体放入高温箱中，高温箱以 (5 ± 2) °C/min 的升温速率进行升温，当箱内温度达到 (130 ± 2) °C，保持 30 min 后恢复到常温，继续观察被检电池 6 h；
- c) 记录是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

5.5.2 电池组

5.5.2.1 短路

步骤如下：

- a) 按 5.2.4 标准化充电；

- b) 将电池组正、负极经外部短路 10 min, 外部线路电阻应小于 50 m Ω ;
- c) 观察电池组 1 h;
- d) 记录是否有变形、漏液、破裂、起火、爆炸现象, 并测量其开路电压。

5.5.2.2 过充电

步骤如下:

- a) 按 5.2.4 标准化充电;
- b) 以恒流方式充电至电压达到任一电池单体充电终止电压的 1.5 倍或时间达到 1 h 时停止充电, 充电电流取 1C 与产品的最大持续充电电流中的较小值;
- c) 观察 1 h;
- d) 记录是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

5.5.2.3 过放电

步骤如下:

- a) 按 5.2.4 标准化充电;
- b) 以恒流方式放电至时间达到 90 min 或任一电池单体电压达到 0 V 时停止放电, 放电电流取 1C 与产品的最大持续放电电流中的较小值;
- c) 观察 1 h;
- d) 记录是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

5.5.2.4 针刺

步骤如下:

- a) 按 5.2.4 标准化充电;
- b) 用直径 3 mm~8 mm 的耐高温钢针、以 10 mm/s~40 mm/s 的速度, 从垂直于电池单体极板的方向贯穿(钢针停留在电池单体中);
- c) 观察 1 h;
- d) 记录是否有起火、爆炸现象。

5.5.2.5 挤压

步骤如下:

- a) 电池组按 5.2.4 标准化充电;
- b) 按下列条件进行挤压试验:
 - 1) 挤压方向: 垂直于电池单体极板方向施压, 见图 2;
 - 2) 挤压板形式: 半径为 75 mm 的半圆柱体, 半圆柱体的长度(L)大于被挤压电池的尺寸;
 - 3) 挤压速度: (5 \pm 1)mm/s;

- 4) 挤压程度：电压达到 0 V 或变形量达到 30%或挤压力达到 (13 ± 0.78) kN 时停止挤压；
- 5) 保持 10 min。
- c) 观察 1 h；
- d) 记录电池组是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

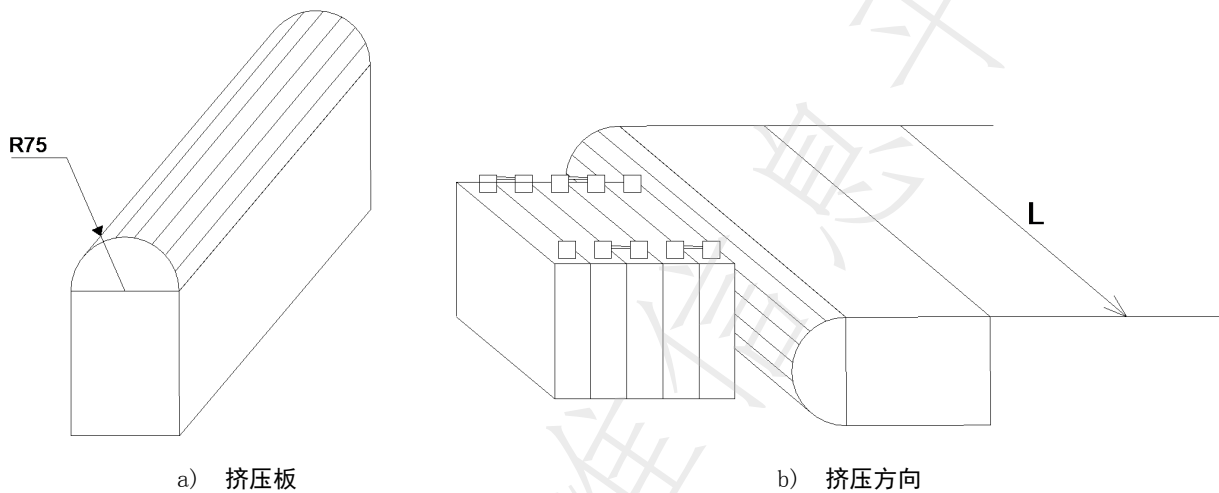


图 2 电池组挤压和挤压方向示意图

5.5.2.6 重物撞击

在常温环境条件下，电池组放置在一平板上，电池纵轴应平行于平板，同时又垂直于放在样品上中央位置的钢棒纵轴，在电池中央横放一根直径为 (15.8 ± 0.2) mm 的钢棒，平板和钢棒表面进行绝缘处理，钢棒纵轴平行于平面，使一个 (9.1 ± 0.1) kg 的重物从 (610 ± 25) mm 的高度自由落到电池中心上方的钢棒上。圆柱形电池纵轴应平行于平板进行撞击，矩形电池分别在垂直于电池纵轴的两个轴方向进行撞击。

每个电池只能做一次重物撞击试验。重物撞击后继续观察 6 h。

记录是否有起火、爆炸现象。

5.6 电池组环境适应性能试验

5.6.1 机械冲击

步骤如下：

- a) 按 5.2.4 标准化充电；
- b) 在常温环境条件下，以半正弦脉冲波形，峰值加速度 300 m/s^2 ，持续时间 11 ms，三轴六向各冲击 3 次；
- c) 测量并记录被检电池开路电压数值；
- d) 记录是否有外壳及结构变形、开裂、松动或损坏，极性端子接口错位、插拔卡死或无法互

换的现象。

5.6.2 跌落

步骤如下：

- a) 按 5.2.4 标准化充电；
- b) 在常温环境条件下，在高度 1 m，被检电池不连接线缆、不带包装(含携行具)，三轴六面自由跌落到水泥地面各 1 次(水泥地面铺 3 mm 厚橡胶垫)；
- c) 测量并记录被检电池开路电压数值；
- d) 记录是否有外壳及结构变形、开裂、松动或损坏，极性端子接口错位、插拔卡死或无法互换的现象。

5.6.3 低气压

步骤如下：

- a) 按 5.2.4 标准化充电；
- b) 快速减压：将电池组放入低气压箱中，在 $(-40\pm 2)^\circ\text{C}$ 下，大气压力 75.2 kPa，保持 30 min 后，在 15 s 内大气压力由 75.2 kPa 降至 11.6 kPa；
- c) 减压保持：在 $(-40\pm 2)^\circ\text{C}$ 下，大气压力 11.6 kPa，保持 6 h；
- d) 工作：在 $(-40\pm 2)^\circ\text{C}$ 下，大气压力 53.5 kPa，保持 8 h 后，按 $0.5I_1(\text{A})$ 的放电电流放电至制造商规定的终止电压；
- e) 记录是否有膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

5.6.4 振动

步骤如下：

- a) 按 5.2.4 标准化充电；
- b) 在常温环境条件下，以正弦扫描，频率范围 5 Hz~500 Hz，加速度 RMS 垂向 2.2 g、横向 1.62 g、纵向 2.05 g，每次扫描时间 12 min，三个轴向各进行 3 个循环。每次扫描过程，电池以 $0.5I_1(\text{A})$ 的放电电流恒流放电。试验使用已通过机械冲击测试的电池进行；
- c) 试验过程中监测并记录电池端电压和电流变化。试验结束后，测量并记录电池开路电压数值；
- d) 记录是否有外壳及结构变形、开裂、松动或损坏，极性端子接口错位、插拔卡死或无法互换的现象。

5.6.5 高低温冲击

步骤如下：

- a) 按 5.2.4 标准化充电；

- b) 以低温(-55 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ 、高温(70 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ 保持时间各4 h, 转换时间20 s~60 s, 循环10次后, 对电池进行常温容量测试;
- c) 记录电池的放电容量和试验结束后的开路电压数值;
- d) 观察结果: 电池组不变形、不开裂、不起火、不爆炸、不漏液, 同时应符合制造商对电池单体、电池组电压的规定, 且能正常工作。

5.6.6 高温高湿

高温高湿试验适用于海洋性气候条件下的应用场合, 比如科考、勘探场合等, 步骤如下:

- a) 按 5.2.4 标准化充电;
 - b) 将电池组放入湿热箱中, 以温度 30°C ~ 60°C , 相对湿度95%, 循环10次, 每次持续24 h, 最后对电池进行常温容量测试;
 - c) 读取并记录被检电池的放电容量和试验结束后的开路电压数值。
-