

ICS XXXXXX
CCS X XXX

团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—20XX

磷酸铁锂电池安全梯次应用技术规范

Technical Specification for the Safety Echelon application of LiFeP04 battery

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国工业节能与清洁生产协会 发布

目 次

前 言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 技术要求	3
5 产品检测	7

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。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件主要起草单位：深圳深汕特别合作区乾泰技术有限公司、池州西恩新材料科技有限公司、骆驼集团资源循环襄阳有限公司、湖南绿色再生资源有限公司、长沙矿冶研究院有限责任公司、珠海中力新能源科技有限公司、浙江天能新材料有限公司、九江天赐资源循环科技有限公司、安徽超越环保科技股份有限公司、河南利威新能源科技有限公司、湖南江冶机电科技股份有限公司、广东迪度新能源有限公司、北京低碳清洁能源研究院、派尔森环保科技有限公司、江苏欧力特能源科技有限公司、蓝谷智慧（北京）能源科技有限公司、重庆标能瑞源储能技术研究院有限公司、广东威玛新材料科技有限公司、湖南宏工智能科技有限公司、巩义市兴茂机械设备有限公司、赣州腾远钴业新材料股份有限公司、郴州金铨环保科技有限公司、金为环保科技（常州）有限公司、武汉东风鸿泰汽车资源循环利用有限公司。

本文件主要起草人：董扬、王燕、谭添、赵志安、杨徐锋、康军、陈琳、邹超、夏吉勇、熊伟、李红、邓向辉、赵明、赵雪玲、甄爱钢、孔繁振、肖爱平、吴宇鹏、高德堃、蒋龙进、梁涛、冯俊飞、吴光辉、王振云、曾庆前、彭果平、杨文强、周一鹏、李虎林、李毅、戴家伟、毛才进、李继明、王晓鹏、赖攀科、杜元富、周遵亮、罗才华、余子毅、蔡保宪、谢福标、许亮、郭波平、阮茗、杨振杰、许林俊、王敬超、冯淼。

磷酸铁锂电池安全梯次应用技术规范

1 范围

本文件规定了低速电动车、小型储能、户外电源、通信基站备用电源等领域内梯次利用锂离子电池的单体及系统技术要求和检验标准。

本文件适用于低速电动车、小型储能、户外电源、通信基站备用电源等领域内梯次利用锂离子电池安全生产。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 20626.1 特殊环境条件 高原电工电子产品 第1部分：通用技术要求

GB/T 34014 汽车动力蓄电池编码规则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

磷酸铁锂电池 LiFePO₄ battery

指用磷酸铁锂作为正极材料的锂离子电池组，由电极、电解质、容器、极柱、通常还有隔离层组成的基本功能单元。

其中，由一个独立容器贮存的电解液系统构成的最小单元称为电芯，标称电压为 3.2V。

3.2

单体电池 battery cell

指内部包含一只电芯或若干只电芯并联的磷酸铁锂电池的最小可维护单元，标称电压为 3.2V。

3.3

电池模块 battery module

将 1 个以上单体电池组按照串联、并联或串并联方式组合，且只有一对正负极输出端子，并作为电源使用的组合体。

3.4

电池组 battery system

由若干个单体电池和电池管理系统组成，单体电池与电池管理系统可放置于一个单独的机械电气单元内。

3.5

电池管理系统 battery management system (BMS)

BMS 是保证锂电池组和单体安全、可靠工作的电路系统的总称。该系统采集锂电池组总电压、单体电压、电量、充放电电流、电池环境温度等参数，对锂电池充电、放电过程和状态进行监控，并具有有效的保护和告警功能，由采集和监控保护电路、电气和通信接口及热管理等装置组成。

3.6

原始容量 rated capacity

指在电动汽车上使用的全新动力锂电池，在其出厂时标识的容量。

3.7

余能 residual capacity

动力电池组从电动汽车上移除后的剩余实际容量。

3.8

额定容量 rated capacity

在环境温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境中，完全充电状态下的电池组以 10h 率放电至终止电压时所应提供的电量，用 C_{10} 表示，数值为 $1.0C_{10}$ ，单位为安时 (Ah)；10h 率放电电流用 I_{10} 表示，数值为 $0.1C_{10}$ ，单位为安培 (A)。梯次利用电池的额定容量即余能。

3.9

实测基准容量 measured capacity of reference

在环境温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境中，完全充电状态下的电池组静置 1h 后，以 I_{10} 的电流放电，电池组终止电压或单体电压低保护，取样品前三次测试容量平均值作为该电池组的 10h 率实测基准容量，用 C_e 表示。

3.10

当前电池容量 current capacity

在环境温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境中，完全充电状态下的电池组以 I_{10} 的电流放电，电池组终止电压或单体电压低保护，所放出来的实际电量称为当前电池容量。

3.11

荷电状态 state of charge (SOC)

电池组当前可用电量 and 当前电池容量的比值，即当前状态下以 10h 率放电至终止电压或单体电压低保护时所能提供的电量与当前电池容量的比值，用 SOC 表示。

3.12

充电限制电压 charge limit voltage

电池/电池组充电时要求的最高充电电压值。

3.13

终止电压 end of discharge voltage

电池/电池组要求停止放电的电压。

3.14

循环寿命 cycle life

在规定条件下，电池/电池组在特定性能失效之前所能完成的充放电循环次数。

3.15

容量保存率 save rate of capacity

完全充电状态下的电池组，存储一定的时间后，在规定的放电条件下，电池组放出可用容量的能力。

3.16

100% 深度放电 100% depth of discharge (100% DOD)

在电池组使用过程中，以终止电压为放电结束条件的容量实验，称为 100%深度放电。

3.17

内阻 internal resistance

电流流过电池/电池组时，电池/电池组输出端的电压变化所反应出来的电阻，用 R_i 表示，单位为欧姆 (Ω) 或毫欧 ($m\Omega$)。

3.18

连接条压降 Connection Strip Pressure Drop

蓄电池按 $10I_{10}$ (A) 电流放电，蓄电池包内在两只电池单体极柱根部测量的电池之间的连接条压降 $\leq 10mV$ 。

注：单条连接条（或连接电缆）应满足 $10I_{10}A$ 电流放电需求；在一个电池极柱上，不允许采用多条连接条（或连接电缆）并联连接。

4 技术要求

4.1 使用环境条件

4.1.1 一般要求

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。

4.1.2 温度范围

放电工作温度范围： $-10^{\circ}C \sim 55^{\circ}C$ ；

充电工作温度范围： $0^{\circ}C \sim 55^{\circ}C$ ；

储运温度范围： $-20^{\circ}C \sim 55^{\circ}C$ 。

注： $-10^{\circ}C$ 以下工作应采取保温措施。

4.1.3 相对湿度范围

工作相对湿度范围： $\leq 95\%$ ($45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)；

储运相对湿度范围： $\leq 95\%$ ($45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)。

4.1.4 大气压力

大气压力范围为：70kPa~106kPa。

注：大气压力为 70kPa 以下时，用户与制造厂协商，制造厂可根据 GB/T 20626.1 的要求进行设计、生产。

4.2 外观、标识及安装

4.2.1 外观

电池模块和电池组包外观应符合以下要求：

- a) 表面应清洁，无明显变形、漏液，无机械损伤，接口触点无锈蚀；
- b) 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，便于连接；
- d) 电池组的电源接口、通讯（或告警）接口应有明确标识；
- e) 组装规定型号、数量螺丝，无松动，无打歪，无滑丝等现象；
- f) 采样线完好，插针完好；
- g) 正负极不得有短路烧伤、断裂、缺失、表面损坏不平整（无法固定引出动力线）等缺陷；
- h) 电池组无裸露电极。

4.2.2 标识

编码和标识可参照 GB/T 34014 的要求。

4.2.3 安装

采用电池架安装或机柜安装方式。

4.3 性能指标

4.3.1 充放电要求

4.3.1.1 充电电压要求

——单体电池充电电压为 3.50V~3.65V，默认值为 3.53V。

4.3.1.2 充放电电流要求

充放电电流范围： $0 \sim 10I_{10}$ ，充电电流默认值： I_{10} ，放电电流默认值： $10I_{10}$ 。

4.3.2 电池组性能一致性

电池组内各电芯应为同一原始生产厂家、同一型号、结构相同、化学成分相同的产品，且符合下列要求：

- a) 静态开路电压差：电池组完全充电后，静置 1h，单体电池之间的静态开路电压最大值与最小值的差值应 $\leq 250\text{mV}$ ；
- b) 单体容量差：电池组内单体电池之间容量的最大值、最小值的差值和平均值的比应不大于 10%；

- c) 单体内阻差：电池组内单体电池之间的内阻最大值、最小值与平均值差值除以平均值应不超过±30%。

4.3.3 充电效率

按 5.7 的检测方法，充电效率应 $\geq 95\%$ 。

4.3.4 容量

电池组按 5.3 要求进行试验后，在不同工作温度条件下容量见表 1。

表 1 各环境温度时容量

环境温度	放电电流	电池容量要求
25℃	1.0I ₁₀	实测基准容量 C _e 应 $\geq 70\%$ ×原始容量，电池组外观无变形、无爆裂。
	3.3I ₁₀	放电容量应不低于实测基准容量 C _e 的 95%，电池组外观无变形、无爆裂。
	10I ₁₀	放电容量应不低于实测基准容量 C _e 的 90%，电池组外观无变形、无爆裂。
0℃	1.0I ₁₀	放电容量应不低于实测基准容量 C _e 的 80%，电池组外观无变形、无爆裂。
-10℃	1.0I ₁₀	放电容量应不低于实测基准容量 C _e 的 70%，电池组外观无变形、无爆裂。
55℃	1.0I ₁₀	放电容量应不低于实测基准容量 C _e 的 90%，电池组外观无变形、无爆裂。

4.3.5 连接条压降

电池组按 10I₁₀ (A) 电流放电，在两只单体电池极柱根部测量的电池之间的连接条压降 $\leq 10\text{mV}$ 。

注：在一个电池极柱上，不允许采用多条连接条（或连接电缆）并联连接。

4.3.6 容量保存率

按 5.6 的检测方法，容量保存率不低于 95%，且电池组内各电池单体之间容量的最大值、最小值的差值和平均值的比应不大于 10%。

4.4 寿命

4.4.1 循环寿命

锂电池组的循环寿命不少于 400 次，平均衰减率应满足表 2 要求。

表 2 循环寿命及平均衰减率

25℃、100%深度放电		40℃、100%深度放电		55℃、100%深度放电	
循环寿命	每 100 次循环平均衰减率	循环寿命	每 100 次循环平均衰减率	循环寿命	每 10 次循环平均衰减率
不少于 400 次	$\leq 5\%$	不少于 300 次	$\leq 7\%$	不少于 50 次	$\leq 4\%$

4.5 安全性能

4.5.1 抗过充电

单体电池按 5.9.1 的规定进行试验，应不起火、不爆炸。

4.5.2 深度放电

单体电池按 5.9.2 的规定进行试验，应不起火、不爆炸，其容量不低于实测基准容量的 98%。

4.5.3 恒定湿热

电池组按 5.9.3 的规定进行试验后，其外观应无明显变形、锈蚀、冒烟或爆炸，其容量应不低于实测基准容量的 90%。

4.5.4 抗振动

电池组按 5.9.4 的规定进行试验，其外观应无明显损伤、漏液、冒烟或爆炸，并能正常工作。

4.5.5 绝缘电阻

电池组按 5.9.5 的规定进行试验，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 20MΩ。

4.5.6 抗电强度

电池组按 5.9.6 的规定进行试验，应无击穿、无飞弧现象。

4.5.7 安全充电电压

单体电池按照 5.9.7 的规定进行测试，应不漏液、冒烟、起火或爆炸，以 $10I_{10}$ (A) 放电电流放电，其容量应不小于实测基准容量的 92%。

4.5.8 抗重物冲击

单体电池按 5.9.8 的规定进行试验，单体电池允许发生变形，但应不起火、不爆炸。

4.5.9 抗热冲击

单体电池按 5.9.9.9 的规定进行试验，应不起火、不爆炸。

4.5.10 高温存储

单体电池按 5.9.10 的规定进行试验，应不漏液、冒烟、起火或爆炸。

4.5.11 抗加热（可选）

单体电池按 5.9.11 的规定进行试验，爆炸电池没有任何部分穿透网屏，没有部分或全部电池突出网屏。

4.5.12 抗短路

单体电池按 5.9.12 的规定进行试验，应不起火、不爆炸。

4.5.13 抗穿刺

单体电池按 5.9.13 的规定进行试验，应不起火、不爆炸。

4.5.14 抗挤压

单体电池按 5.9.14 的规定进行试验，应不起火、不爆炸。

4.5.15 抗低压

单体电池按 5.9.15 的规定进行试验，应不漏液、冒烟、起火或爆炸。

4.5.16 抗碰撞

电池组按 5.9.16 的规定进行试验，其外观应无明显损伤、漏液、冒烟或爆炸，并能正常工作。

4.5.17 温度循环

单体电池按 5.9.17 的规定进行试验，应不漏液、冒烟、起火或爆炸；单体电池外观无破裂，无质量损失，容量不低于实测基准容量 C_e 的 70%。

4.5.18 阻燃性能

对于塑料外壳和保护盖的电池模块或单体电池，按照 5.9.18 规定进行测试，外壳应符合 GB/T 2408 中 8.4.1 条 HB(水平级)和 9.4 条 V-0(垂直级)的要求。

5 产品检测

5.1 外观

检测方法：目视。

判定标准：应符合 4.2.1 相关要求。

5.2 标识

检测方法：目视。

判定标准：应符合 4.2.2 相关要求。

5.3 容量

5.3.1 25℃时 $1.0I_{10}$ 放电容量（有 BMS）

检测方法：在有 BMS 时，电池组充满电后静置 1h，在 $25^\circ\text{C}\pm 2^\circ\text{C}$ 的环境中，以 $1.0I_{10}$ (A) 电流放电至终止电压或单体电压低保护。

判定标准：电池组应按照间歇式充电方式进行充电，其外观无变形、无爆裂。 $C_e \geq \text{额定容量}$ 且 $C_e \geq 70\% \times \text{原始容量}$ 。

5.3.2 25℃时 $3.3I_{10}$ 放电容量（有 BMS）

检测方法：在有 BMS 时，电池组充满电后静置 1h，在 $25^\circ\text{C}\pm 2^\circ\text{C}$ 的环境中，以 $3.3I_{10}$ (A) 电流放电至终止电压或单体电压低保护。

判定标准：电池组外观无变形、无爆裂，其放电容量应满足表 1 的要求。

5.3.3 25℃时 $10I_{10}$ 放电容量（有 BMS）

检测方法：在有 BMS 时，电池组充满电后静置 1h，在 $25^\circ\text{C}\pm 2^\circ\text{C}$ 的环境中，以 $10I_{10}$ (A) 电流放电至终止电压或单体电压低保护。

判定标准：电池组外观无变形、无爆裂，其放电容量应满足表 1 的要求。

5.3.4 0℃时 $1.0I_{10}$ 放电容量（有 BMS）

检测方法：在有 BMS 时，电池组充满电后，将其放入 $0^\circ\text{C}\pm 2^\circ\text{C}$ 的低温箱中静置 6h，然后以 $1.0I_{10}$ (A) 电流放电至终止电压或单体电压低保护。

判定标准：电池组外观无变形、无爆裂，其放电容量应满足表 1 的要求。

5.3.5 -10°C 时 $1.0I_{10}$ 放电容量（有 BMS）

检测方法：在有 BMS 时，电池组充满电后，然后将其放入 $-10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的低温箱中静置 6h，然后以 $1.0I_{10}$ （A）电流放电至终止电压或单体电压低保护。

判定标准：电池组外观无变形、无爆裂，其放电容量应满足表 1 的要求。

5.3.6 55°C 时 $1.0I_{10}$ 放电容量（有 BMS）

检测方法：在有 BMS 时，电池组充满电后，然后将其放入 $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的高温箱中静置 4h，然后以 $1.0I_{10}$ （A）电流放电至终止电压或单体电压低保护。

判定标准：电池组外观无变形、无爆裂，其放电容量应满足表 1 的要求。

5.4 一致性

5.4.1 静态开路电压差（无 BMS）

检测方法：在 BMS 未连接时，电池组充满电后静置 1h，测量电池组内各单体电池的静态开路电压，记录电压偏差。

判定标准：应满足 4.3.2 a)相关要求。

5.4.2 单体容量差（无 BMS）

检测方法：在 BMS 未连接时，电池组充满电后静置 1h，在 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境中，以 $1.0I_{10}$ （A）放电至所有单体电池终止电压 2.7V。

判定标准：应满足 4.3.2b)相关要求。

5.4.3 单体内阻差（无 BMS）

检测方法：在 BMS 未连接时，电池组充满电后静置 1h，测量电池组内各单体电池的内阻，计算内阻偏差。

判定标准：应满足 4.3.2c)相关要求。

5.5 连接条压降

检测方法：电池组按 $10I_{10}$ （A）放电时，测量相邻两只电池组极柱根部之间的连接条压降 ΔU 。

判定标准：应满足 4.3.5 相关要求。

5.6 容量保存率（有 BMS）

检测方法：按 5.3.1 方法检测合格的电池组，在环境温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的条件下将电池组在有 BMS 的条件下，电池组静置 28 天后进行 10h 率放电容量试验，放电至电池终止电压或单体电压低保护，得到电池组静置 28 天后的容量 C_e' 。

判定标准：应满足 4.3.6 相关要求。

5.7 充电效率（有 BMS）

检测方法：完成容量试验后的电池组经完全充电后，在环境温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 且有 BMS 的条件下电池组以 $1.0I_{10}$ （A）电流放电至终止电压或单体电压低保护，记录放电容量，静置 1h 后再按规定的充电电压以 $1.0I_{10}$ （A）限流充电 24h，记录充电容量。

判定标准：应满足 4.3.3 相关要求。

5.8 循环寿命（100%DOD 有 BMS）

检测方法：分别在环境温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、 $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、 $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，在 BMS 运行的条件下，电池组以电流 $5I_{10}$ （A）充满电后静置 0.5h，然后以电流 $5I_{10}$ （A）放电至电池终止电压或单体电压低保护，此为一个循环寿命。重复以上步骤，直至连续 3 次放电容量小于 C_e 的 80%，则认为寿命终止，容量小于 $80\%C_e$ 的放电循环不计入循环次数。

判定标准：循环次数及平均衰减率应满足表 2 要求。

5.9 安全性能

5.9.1 抗过充电（无 BMS）

检测方法：单体电池充满电后，在 BMS 未连接时，将电池放置于通风厨中，将恒流恒压源电压设定为 6V，以 I_{10} （A）电流给电池充电 8h。

判定标准：应满足 4.5.1 的相关要求。

5.9.2 深度放电（无 BMS）

检测方法：单体电池充满电后，在 BMS 未连接时，以 $1.0I_{10}$ 电流放电至 0.1V，用 $40\ \Omega$ 电阻短接 24h，再用 3.6V 充电电压限流 $1.0I_{10}$ （A）充电 48h，构成一个循环，连续进行五次循环后，以 $1.0I_{10}$ （A）电流放电至单体电池终止电压 2.7V。

判定标准：应满足 4.5.2 的相关要求。

5.9.3 恒定湿热（有 BMS）

检测方法：电池组充满电后，在有 BMS 时，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 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的条件下静置 2h，目测其外观，再以 $10I_{10}$ （A）电流放电至终止电压或单体电压低保护。

判定标准：应满足 4.5.3 的相关要求。

5.9.4 抗振动（有 BMS）

检测方法：电池组充满电后，在有 BMS 时，进行 X、Y、Z 三个方向的振动试验。10Hz~55Hz 循环扫频振动 90min~100min，扫频速率为 1oct/min，位移幅值（单振幅）为 0.8mm。

判定标准：应满足 4.5.4 的相关要求。

5.9.5 绝缘电阻（有 BMS）

检测方法：用绝缘电阻测试仪直流 500V 的测试电压，将被测电池正、负极端子分别对电池金属外壳进行测试。

判定标准：应满足 4.5.5 的相关要求。

5.9.6 抗电强度（有 BMS）

检测方法：用耐压测试仪 50Hz、有效值 500V 的交流电压或 710V 的直流电压，将被测电池正、负极端子分别对电池金属外壳进行测试。

判定标准：应满足 4.5.6 的相关要求。

5.9.7 安全充电电压（无 BMS）

检测方法：完成容量试验且达到标称值的单体电池，完全放电后，以 4.0V 恒压、 $1.0I_{10}$ （A）限流进行充电 24h，并以 $10I_{10}$ （A）电流放电至单体电池终止电压 2.5V。

判定标准：应满足 4.5.7 的相关要求。

5.9.8 抗重物冲击（无 BMS）

检测方法：单体电池放置于冲击台上并固定在夹具中（方形或软包电池单体最大的面应与台面垂直且极柱（极耳）方向与台面平行；圆柱电池轴线方向与台面平行），将 10kg 重锤自 1.0m 高度自由落下。

判定标准：应满足 4.5.8 的相关要求。

5.9.9 抗热冲击（无 BMS）

检测方法：单体电池放置于高温箱中，调节高温箱温度以 $(5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}) / \text{min}$ 上升至 $130^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，保持 30min。

判定标准：应满足 4.5.9 的相关要求。

5.9.10 高温存储（无 BMS）

检测方法：无 BMS 时，将充满电的电池单体放入 $85^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的高温箱中保持 48h。

判定标准：应满足 4.5.10 的相关要求。

5.9.11 抗加热（无 BMS）

试验装置：平面桌中间为直径合适的孔，盖板有钢丝直径 0.017 英寸（0.43mm）、每英寸 20 孔的钢丝网构成，周围安置一个每对边长 2 英尺宽（610mm）、1 英尺高（305mm）共 8 面的丝网屏风，盖板之上的金属网由直径 0.010 英寸（0.25mm）金属丝按每英寸 16~18 丝构成。

检测方法：单体电池按规定充满电后，将其放在金属网上，盖住平面桌中间的孔，然后进行加热直至电池组爆炸或被摧毁。

判定标准：应满足 4.5.11 的相关要求。

5.9.12 抗短路（无 BMS）

检测方法：无 BMS 时，将接有热电偶的充满电的电池单体置于通风橱中，将电池的正负极用 0.1Ω 电阻器短路，试验过程中用具有连续记录功能的点温计监测电池温度变化，当温度下降到低于峰值 10°C 时结束试验。

判定标准：应满足 4.5.12 的相关要求。

5.9.13 抗穿刺（无 BMS）

检测方法：单体电池充满电后，在 BMS 未连接时将直径 3mm 的钨钢针、以 20mm/s 的速度，沿径向刺穿电池组中的任一电池。

判定标准：应满足 4.5.13 的相关要求。

5.9.14 抗挤压（无 BMS）

检测方法：在无 BMS 的条件下，单体电池充满电后，方形或软包电池两个最大面积的表面之间进行压缩，圆柱电池沿径向压缩，压缩力通过一个直径为 32mm 的液压活塞施加，压缩持续进行直至压力达到 15.9MPa，施加的压力为 13kN，当达到最大压力后泄压。

判定标准：应满足 4.5.14 的相关要求。

5.9.15 抗低压（无 BMS）

检测方法：在无 BMS 的条件下，充满电的单体电池放置于真空箱室，抽真空至 11.6kPa 或更低，

在 $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下保持 360min。

判定标准：应满足 4.5.15 的相关要求。

5.9.16 抗碰撞（有 BMS）

检测方法：在有 BMS 的条件下，电池组充满电后，在有 BMS 时承受 x、y、z 三个方向的碰撞试验。初始 3ms 内平均加速度应不小于 75g，峰值加速度在 125g~175g 之间，碰撞次数为 1000 次 \pm 10 次。

判定标准：应满足 4.5.16 的相关要求。

5.9.17 温度循环（无 BMS）

检测方法：在无 BMS 的条件下，

- a) 单体电池按规定充满电；
- b) 将其放入 $60^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的高温箱中，保持 12h；
- c) 将其放入 $-40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的低温箱中，保持 12h；
- d) 重复步骤 b) 和 c) 9 次，最后将电池在 $25^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境静置 24h。

判定标准：应满足 4.5.17 的相关要求。

5.9.18 阻燃性能

对于有塑料外壳和保护盖的电池组按下列步骤进行试验：

- a) 按 GB/T 2408 中的第 6 章进行取样制备；
 - b) 被试样品应在温度 $15^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 45%~75%条件下放置 24h 开始试验；
 - c) 水平法按 GB/T 2408 中的第 8 章进行；
 - d) 垂直法按 GB/T 2408 中的第 9 章进行；
 - e) 试验结果应符合 4.5.18 的要求。
-