



团体标准

T/CES XXX-XXXX

低碳农牧园区用锂离子电池单体环境适应性技术规范

Technical specifications for environmental adaptability of lithium-ion battery cells in agricultural parks with low-carbon energy systems

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电工技术学会 发布

目 次

目 次..... I

前 言..... III

1 范围..... 4

2 规范性引用文件..... 4

3 术语、定义和符号..... 4

4 一般要求..... 6

4.1 试验顺序..... 6

4.2 测量准确度..... 6

4.3 性能要求..... 6

4.3.1 电性能..... 6

4.3.2 耐久性能..... 7

5 环境适应性试验..... 8

5.1 概述..... 8

5.2 低温试验..... 8

5.2.1 试验目的..... 8

5.2.2 试验条件..... 8

5.2.3 试验方法..... 8

5.2.4 性能要求..... 8

5.3 高温试验..... 8

5.3.1 试验目的..... 8

5.3.2 试验条件..... 9

5.3.4 性能要求..... 9

5.4 交变湿热试验..... 9

5.4.1 试验目的..... 9

5.4.2 试验条件..... 9

5.4.3 试验方法..... 9

5.4.4 性能要求..... 10

5.5 恒定湿热试验..... 10

5.5.1 试验目的..... 11

5.5.2 试验条件 11

5.5.3 试验方法 11

5.5.4 性能要求 11

5.6 沙尘试验 11

5.6.1 试验目的 11

5.6.2 试验条件 11

5.6.3 试验方法 11

5.6.3.1 试验分类与选择 11

5.6.3.2 试验程序 12

5.6.4 性能要求 12

5.7 高海拔初始充放电性能试验 12

5.7.1 试验目的 12

5.7.2 试验条件 12

5.7.3 试验方法 12

5.7.4 性能要求 13

附录 A （资料性） 湿热气候环境参数表 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》给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会标准化工作委员会电力能效技术工作组归口。

本文件起草单位：国网甘肃省电力公司电力科学研究院、重庆大学、国网甘肃省电力公司

本文件主要起草人：张海龙、罗颖冰、方斯顿、杨国山、何亚兰、黄江帆、赵麟祥、牛甄、王仕俊、刘怀盛、祁莹、王维洲、梁琛、何欣、吕梅琳、左佑茗、井天军、陈建鹏、蔡峡、张文、涂超、向昱瑾、高喜、王婷婷、李吉侗。

本文件为首次发布。

低碳农牧园区用锂离子电池单体环境适应性技术规范

1 范围

本文件规定了低碳农牧园区用锂离子电池单体的环境适应性测试技术规范，包括出厂测试和使用中测试两类情形下的高温环境试验、低温环境试验、交变湿热环境试验、沙尘环境试验、高海拔环境试验等。

本文件适用于低碳农牧园区用锂离子电池单体的环境适应性测试与评价。

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 19608.1-2022 特殊环境条件分级 第1部分：干热
GB/T 19608.3-2004 特殊环境条件分级 第3部分：高原
GB/T 2421-2020 环境试验 概述和指南
GB/T 2423.1-2008 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 2423.2-2008 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 2423.3-2016 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
GB/T 2423.4-2008 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 2423.22-2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化
GB/T 2423.37-2006 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验L：沙尘试验
GB/T 31484-2015 电动汽车用动力蓄电池循环寿命要求及试验方法
GB/T 36276-2023 电力储能用锂离子电池
GB/T 42313-2023 电力储能系统术语
GB 44240-2024 电能存储系统用锂蓄电池和电池组
JB/T 4159-2013 热带电工产品通用技术要求
IEC 60068-2-1:2007 Environmental testing—Part 2-1: Tests—Test A: Cold

3 术语、定义和符号

下列术语、定义和符号适用于本文件。

3.1 术语和定义

3.1.1

低碳 low carbon

较低（更低）的温室气体（二氧化碳为主）排放。

注：参见[文献3]。

3.1.2

农业园区 agricultural park

以农作物种植、设施农业、果树栽培、草牧业等农业生产活动为主，具有一定空间边界和统一管理主体的综合农业生产区域。

3.1.3

环境条件 **environmental conditions**

电化学储能能够正常运行的物理环境。

3.1.4

高海拔环境条件 **highland environment condition**

由高原地理条件所形成的气候，主要特征为气压低、气温低、昼夜温差大、绝对湿度低、太阳辐射强度尤其是紫外线辐射强度较强。

注：参见 GB/T 19608.3—2004。

3.1.5

干热环境条件 **Dry and hot environment condition**

温度和湿度的日平均值的年极值的平均值为低温-15℃、高温 36℃、最大绝对湿度 15g/m³ 的气候。

注：参见 GB/T 19608.1—2022。

3.1.6

湿热气候 **hot humid climate**

温度和湿度的日平均值的年极值的平均值为低温 9℃、高温 35℃、最大绝对湿度 26g/m³ 的气候。

湿热气候环境条件参数见附录表 A.1。

3.1.7

充放电循环 **charge and discharge**

以规定的电流充电至限制电压，转恒压充电；静置一段时间，以规定的电流放电至终止电压的过程。

3.1.8

标称电压 **nominal voltage**

标志或识别一种电池的电压值。

3.1.9

截止电压 **cut-off voltage**

电池在充电或放电过程中设置的电压极限值。

3.1.10

倍率充放电 **rate charging and discharging**

电池以规定的倍率电流（或功率）进行充放电的过程。

3.1.11

额定容量 **rated capacity**

室温下完全充电的电池以 1I₁ 电流放电，达到终止电压时所放出的容量。

3.1.12

充电能量恢复率 **charging energy recovery rate**

规定条件下，电池在储存后再次充电过程中充电能量与初始充电能量的比值。

3.1.13

放电能量恢复率 **discharging energy recovery rate**

规定条件下，电池在储存后再次放电过程中放电能量与初始放电能量的比值。

3.2 符号

P_{rc} : 额定充电功率，电池单体的单位为W。

P_{rd} : 额定放电功率，电池单体的单位为W。

U_{nom} : 标称电压，单位为V。

I_1 : 1 h倍率放电电流，单位为A，其数值等于额定容量值。

4 一般要求

4.1 试验顺序

同一试验样品应依次进行两种及以上的环境试验项目时，产品技术条件一般按 GB/T 2421-2020 的要求来安排试验顺序。

4.2 测量准确度

相对于规定值或实际值，所有控制值或测量值的准确度应限定在下述公差范围内。

a) 电压: $\pm 0.5\%$ 。

b) 电流: $\pm 1\%$ 。

c) 温度: $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

d) 时间: $\pm 0.1\%$ 。

e) 尺寸: $\pm 1\%$ 。

f) 质量: $\pm 1\%$ 。

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。

此外，本文件中，功率值和电压值保留小数点后 2 位，电流值保留小数点后 3 位。

4.3 性能要求

4.3.1 电性能

4.3.1.1 初始充放电性能

a) 初始充电能量不小于额定充电能量；

b) 初始放电能量不小于额定放电能量；

c) 初始充放电能量效率不小于 94.0%；

d) 初始充电能量极差（所有样本的最大值和最小值之差）不大于初始充电能量平均值的 3.7 %；

- e) 初始放电能量极差不大于初始放电能量平均值的 3.7%;

4.3.1.2 功率性能

- a) 不同充放电功率下充电能量不小于额定充电能量;
- b) 不同充放电功率下放电能量不小于额定放电能量;
- c) 不同充放电功率下能量效率不小于 95.0%;

4.3.1.3 倍率充放电性能

- a) $2P_{rc}$ 充电能量相对于 P_{rc} 充电能量的能量保持率不小于 96.0%;
- b) $2P_{rd}$ 放电能量相对于 P_{rd} 放电能量的能量保持率不小于 96.0%;
- c) $2P_{rc}$ 、 $2P_{rd}$ 恒功率充放电能量效率不小于 92.0%。

4.3.2 耐久性能

4.3.2.1 贮存性能

按照 GB/T 36276-2023 的 6.6.1.1 进行贮存性能测试, 电池单体在 50%能量状态下贮存 25 天后应满足下列要求:

- a) 充电能量恢复率不小于 96.5%;
- b) 放电能量恢复率不小于 96.5%。

4.3.2.2 循环性能

按照 GB/T 31484-2015 的 6.4 进行工况循环测试时, 应满足要求:

- a) 若循环次数达到 450 次, 其放电容量至少应保持为初始容量的 90%;
- b) 若循环次数达到 900 次, 其放电容量至少应保持为初始容量的 80%。

4.3.2.3 安全性能

a) 过充: 电池单体按照 GB/T 36276-2023 的 6.2.4.1 进行充电后, 以 P_{rc}/U_{nom} 恒流充电至电压达到其充电截止电压的 1.5 倍或时间达到 1h, 不应起火、爆炸或在防爆阀或泄压点之外的位置发生破裂。

b) 过放: 电池单体按照 GB/T 36276-2023 的 6.2.4.2 进行放电后, 以 P_{rc}/U_{nom} 恒流充电至电压达到 0 V 或时间达到 1h, 不应漏液、冒烟、起火、爆炸或在防爆阀或泄压点之外的位置发生破裂。

c) 过载: 电池单体在 $4P_{rc}$ 、 $4P_{rd}$ 条件下充放电, 不应漏液、冒烟、起火、爆炸或在防爆阀或泄压点之外的位置发生破裂。

d) 短路: 电池单体按照 GB/T 36276-2023 的 6.2.4.1 进行充电后以 $1m\Omega$ 外部线路短路 10min, 不应起火、爆炸或在防爆阀或泄压点之外的位置发生破裂。

e) 绝缘: 电池模块正极与外部裸露可导电部分之间, 电池模块负极与外部裸露可导电部分之间的绝缘电阻与标称电压的比值均不应小于 $1000\Omega/V$ 。

f) 耐压: 在电池模块正极与外部裸露可导电部分之间, 电池模块负极与外部裸露可导电部分之间施加相应的电压, 不应发生击穿或闪络现象, 漏电流应小于 10mA。

5 环境适应性试验

5.1 概述

锂离子电池单体环境适应性测试项目有：低温环境试验、高温环境试验、交变湿热环境试验、沙尘环境试验、高海拔环境试验等。

5.2 低温试验

5.2.1 试验目的

验证在低温环境下锂离子电池单体的适应性。

5.2.2 试验条件

非散热设备按IEC 60068-2-1:2007中试验Ab的规定进行，散热设备按试验Ad的规定进行。

5.2.3 试验方法

锂离子电池单体低温适应性试验按照下列步骤进行：

- 1) 进行电池单体初始化充电；
- 2) 设置环境模拟装置温度为 -30°C ，在 $(-30\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下静置24h；
- 3) 设置环境模拟装置温度为 25°C ，在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下静置24h；
- 4) 在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下，以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件，静置10min；
- 5) 在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下，以 P_{rc} 恒功率充电至电池单体充电截止条件，静置10min，记录功率、时间、电压、温度、充电能量；
- 6) 在 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下，以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件，记录功率、时间、电压、温度、放电能量；
- 7) 断开试验样品和充放电装置的连接，拆除数据采样线，取出试验样品；
- 8) 重复步骤5)~6)至所有试验样品完成试验；
- 9) 以步骤5)的充电能量和步骤6)的放电能量计算每个试验样品的能量效率。

5.2.4 性能要求

满足4.3的规定。

5.3 高温试验

5.3.1 试验目的

验证锂离子电池单体试验样品在高温条件下的适应性。

5.3.2 试验条件

按 GB/T2423.2-2008 中试验 Bd 的规定进行。

5.3.3 试验方法

试验过程见表 1。

表 1 高温试验

使用场所	严酷等级	试验过程
无气候防护场所	温度：55℃ 持续时间：直至 耐久性试验结束	按试验 Bd 进行，将试验样品放入温度为室温的试验箱中，然后将温度调节到 55℃±2℃。试验样品在此条件下达到温度稳定后，通电，分别依次以 GB/T36276-2023 6.4 中的电性能试验、GB/T36276-2023 6.7 的安全性试验、以及 GB/T36276-2023 6.6 的耐久性试验运行，验证其高温下的综合耐久特性。
有气候防护场所	温度：45℃ 持续时间：直至 耐久性试验结束	按试验 Bd 进行，将试验样品放入温度为室温的试验箱中，然后将温度调节到 45℃±2℃。试验样品在此条件下达到温度稳定后，通电，分别依次以 GB/T36276-2023 6.4 中的电性能试验、GB/T36276-2023 6.7 的安全性试验以及 GB/T36276-2023 6.6 的耐久性试验运行，验证其高温下的综合耐久特性。

5.3.4 性能要求

满足 4.3 的规定。

5.4 交变湿热试验

5.4.1 试验目的

确定锂离子电池单体试验样品在高湿度与温度循环变化组合且通常会在试验样品表面产生凝露条件下的适应性。

5.4.2 试验条件

按 GB/T2423.4-2008 中试验 Db 方法 2 的规定进行。

5.4.3 试验方法

试验过程见表 2。

表 2 交变湿热试验

使用场所	严酷等级	试验过程
无气候防护场所	高温：55℃ 试验周期 1：2 次 （48h） 试验周期 2：直至 耐久性试验结束	按试验 Db 进行： 温度下限为（25±3）℃，温度上限按本表规定分别取（55±2）℃或（45±2）℃。升温时间为（3±0.5）h，降温时间为 3 h～6 h，每个循环为 24 h。
有气候防护场所	高温：45℃ 试验周期 1：2 次 （48h） 试验周期 2：直至 耐久性试验结束	升、降温阶段的平均温度变化率按相应温差与持续时间之比计算，并在试验报告中记录。温度和相对湿度按图 1 所示过程同步控制；采用 45℃工况时，将图 1 的高温平台及其允许偏差调整为（45±2）℃，其余要求相同。

		1) 预处理: 将试验样品放入试验箱的有效空间内, 在温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$、相对湿度为 45 %~75 %的条件下进行预处理, 直至试验样品达到湿度稳定; 2) 试验周期 1: 按图 1 所示的周期循环进行 2 次循环 (共 48 h)。试验期间, 试验样品按 GB/T 36276-2023 中 6.4 的电性能试验运行; 3) 恢复: 试验周期 1 结束后, 从试验箱中取出试验样品, 在正常大气条件下进行恢复。用棉布将试验样品上所有能接触到的表面和部件表面上的水渍抹去; 4) 检查: 恢复后, 测量绝缘电阻。试验样品从试验箱中取出后, 在正常试验环境条件下的 24 h 内完成外观检查, 8 h~24 h 内完成表面油漆附着力的测定; 5) 试验周期 2: 将试验样品再次放入试验箱的有效空间内, 在温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$、相对湿度为 45 %~75 %的条件下进行预处理, 直至试验样品达到湿度稳定。按图 1 所示的周期循环进行循环, 试验期间, 试验样品依次按 GB/T 36276-2023 中 6.7 的安全性试验以及 GB/T 36276-2023 中 6.6 的耐久性试验运行, 验证其交变湿热下的综合耐久特性。
--	--	--

5.4.4 性能要求

在交变湿热试验中的试验周期 1 结束, 恢复 2h 后, 试验样品外观及附着力应满足下列要求:

- 1) 金属电镀件和化学处理件的外观应不低于 JB/T4159-2013 中 2 级水平。
- 2) 表面油漆外观和附着力应不低于 JB/T4159-2013 中 1 级水平。
- 3) 塑料零部件的外观应不低于 JB/T4159-2013 中 2 级水平。
- 4) 满足 4.3 的规定。

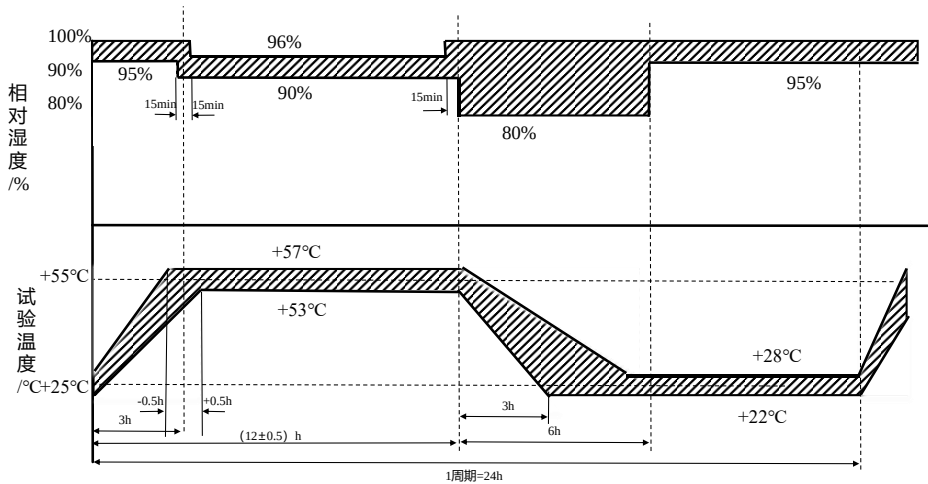


图 1 交变湿热试验一个周期示意图

5.5 恒定湿热试验

5.5.1 试验目的

验证锂离子电池单体试验样品在湿热地区服役时对潮湿环境的适应性。

5.5.2 试验条件

按 GB/T2423.3 中的规定进行。

5.5.3 试验方法

试验过程见表 3。

表 3 恒定湿热试验

严酷等级	试验过程
温度：40℃±2℃； 相对湿度：（93±3）% 试验周期：直至耐久性试验结束	将试验样品放入试验箱的有效空间内，先进行预热，不加湿的条件下将温度上升至 40℃±2℃，当试验样品温度达到稳定后，在 2h 内将箱内相对湿度调整到（93±3）%；在温度为 40℃±2℃、相对湿度为（93±3）%的条件下试验样品依次以 GB/T36276-2023 6.4 中的电性能试验、GB/T36276-2023 6.7 的安全性试验以及 GB/T36276-2023 6.6 的耐久性试验运行；GB/T36276-2023 6.6 的耐久性试验结束后，在 0.5 h 内将相对湿度降低至 73%~77%，然后在 0.5 h 内将温度调节至室温。

5.5.4 性能要求

满足 4.3 的规定。

5.6 沙尘试验

5.6.1 试验目的

评估锂离子电池单体在沙尘环境中运行的可靠性，包括：沙尘侵入对锂离子电池单体的影响；沙尘沉积对锂离子电池单体的影响；沙尘对锂离子电池单体外观、功能及安全性能的潜在危害。

5.6.2 试验条件

按 GB/T 2423.37—2006 的规定进行。

5.6.3 试验方法

5.6.3.1 试验分类与选择

根据锂离子电池的使用环境，沙尘试验分为以下三类，见表 4。

表 4 沙尘试验分类

试验方法	适用场景	沙尘类型	主要目的
La（非磨蚀性细尘）	室内或轻度污染环境	滑石粉、FE 粉	密封性测试

Lb（自由降尘）	静态积尘环境（如仓库、屋顶）	橄榄石、石英	沉积影响评估
Lc（吹沙尘）	风沙、车载、沙漠等动态环境	石英、长石	磨蚀与侵入测试

5.6.3.2 试验程序

沙尘试验按以下步骤进行：

- 1) 预处理：样品在标准大气条件下放置 2h；
- 2) 初始检测：检查外观、密封结构、电气性能（绝缘电阻、电压等）；
- 3) 试验实施：样品按正常使用位置安装于试验箱；沙尘通过气流系统均匀注入，维持设定浓度；样品可通电运行，模拟实际工况；
- 4) 恢复：试验结束后，样品在标准大气条件下恢复 2h；
- 5) 最终检测：进行外观检查（沙尘沉积、磨损、腐蚀）和功能检测（电池管理系统（BMS）通信、绝缘性能、热管理系统运行）；
- 6) 拆检：检查内部沙尘侵入情况，重点检查密封部位、电气接口、风扇/散热器等；

5.6.4 性能要求

沙尘试验后，样品应满足以下要求：

- 1) 无沙尘侵入关键电气腔体（如电池管理系统（BMS）、接线盒）；
- 2) 绝缘电阻下降不超过初始值的 20%；
- 3) 无功能异常、通信中断、过热等现象；
- 4) 外观无严重磨损、裂纹或腐蚀；
- 5) 热管理系统无堵塞，风扇运行正常。

5.7 高海拔初始充放电性能试验

5.7.1 试验目的

评估锂离子电池单体在高海拔环境中的初始运行可靠性。

5.7.2 试验条件

按 GB/T 36276—2023 的规定进行。

5.7.3 试验方法

锂离子电池单体高海拔初始充放电性能试验按照下列步骤进行。

- 1) 将按照 GB/T36276—2023 中 6.2.4.2.1 完成了初始化放电的电池单体放入低气压试验装置并与充放电装置连接。
- 2) 将电化学储能装置的电压和温度数据采集线分别与电池单体正负极和电池单体的温度采样点连

接。

3) 依据试验样品最大应用海拔高度，按照表 5 设置试验气压值，在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下静置 6h。

4) 以 P_{rc} 恒功率充电至电池单体充电截止条件，静置 10min，记录功率、时间、电压、温度、初始充电能量。

5) 以 P_{rd} 恒功率放电至电池单体放电截止条件，静置 10 min，记录功率，时间、电压、温度、初始放电能量。

6) 恢复至正常大气压，断开试验样品和充放电装置的连接，拆除数据采样线，取出试验样品。

7) 重复步骤 1) ~6) 至所有试验样品完成试验。

8) 以步骤 4) 的初始充电能量和步骤 5) 的初始放电能量计算每个试验样品初始充放电能量效率：计算所有试验样品的初始充电能量平均值，初始放电能量平均值，初始充放电能量效率平均值、初始充电能量极差、初始放电能量极差；计算初始充电能量极差与初始充电能量平均值的百分比、初始放电能量极差与初始放电能量平均值的百分比。

表 5 电池最大应用海拔高度对应试验气压值

电池最大应用海拔高度 (h) m	试验气压值 (p) kPa
$2000 < h \leq 4000$	62
$h > 4000$	54

5.7.4 性能要求

满足 4.3 的规定。

附 录 A
(资料性)
湿热气候环境参数表

A.1 湿热气候环境条件参数

表 A.1.1 湿热气候环境条件参数

环境参数		单位	数值
温度	极端最高	℃	50
	年最高	℃	45
	年最低	℃	5
	最热月平均最高	℃	35
相对湿度	年最高	%	100
	年最低	%	30
	年平均	%	90
相对湿度>95%时的最高温度		℃	32
太阳辐射强度		W/m ²	1090
气压		kPa	89
风速		m/s	15
平均降雨量		mm	2000
降水（雨雪雹）			有
凝露			有
雷暴日			超过 60d 及以上

参 考 文 献

- [1] GB/T 19608.1-2022 特殊环境条件分级 第1部分：干热
- [2] GB/T 19608.3-2004 特殊环境条件分级 第3部分：高原
- [3] 中国气象局.低碳的定义及其内涵.[EB/OL].(2014-05-07)[2026-10-17].https://www.cma.gov.cn/2011xzt/2014zt/20140507/2014050709/202111/t20211104_4196466.html.