



中华人民共和国国家标准

GB ××××—××××

电能存储系统用锂蓄电池和电池组 安全要求

Secondary lithium cells and batteries used in electrical energy storage systems
—Safety requirements

(报批稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言..... III

引言..... IV

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 试验条件..... 5

 4.1 试验的适用性..... 5

 4.2 试验的环境条件..... 5

 4.3 参数测量公差..... 6

 4.4 温度测量方法..... 6

 4.5 测试用充放电程序..... 6

 4.6 型式试验..... 6

5 一般安全要求..... 8

 5.1 一般安全性的考虑..... 8

 5.2 安全工作参数..... 9

 5.3 标识和警示说明..... 9

 5.4 安全关键元器件..... 10

6 电池电安全..... 10

 6.1 高温外部短路..... 10

 6.2 过充电..... 11

 6.3 强制放电..... 11

7 环境安全..... 12

 7.1 低气压..... 12

 7.2 温度循环..... 12

 7.3 振动..... 12

 7.4 加速度冲击..... 13

 7.5 重物冲击..... 13

 7.6 挤压..... 13

 7.7 浅刺（模拟内部短路）..... 14

 7.8 热滥用..... 14

 7.9 跌落..... 14

8 电池组系统电安全..... 16

 8.1 电池组管理单元/电池组管理系统要求..... 16

 8.2 试验样品..... 17

 8.3 过压充电控制..... 17

 8.4 过流充电控制..... 17

 8.5 欠压放电控制..... 18

 8.6 过热控制..... 18

9 其他要求..... 18

9.1 耐异常热..... 18

9.2 可运输的用于安装或维护的电池组系统外壳材料..... 18

9.3 运输和安装过程中的电气绝缘检查..... 18

9.4 运输和安装过程中的短路保护..... 19

9.5 反向连接保护..... 19

9.6 电池组系统抗电强度..... 19

9.7 电池热失控与电池组系统热扩散..... 19

附录 A （规范性） 试验顺序..... 21

附录 B （规范性） 电池热失控试验程序..... 22

附录 C （资料性） 激光照射扩散试验程序..... 23

附录 D （资料性） 用激光以外的方法进行扩散试验的程序..... 25

参考文献..... 28

前 言

本文件的全部技术内容为强制性。

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。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

引 言

本文件仅考虑锂蓄电池和电池组的最基本的安全要求以提供对人身和财产的安全保护，而不涉及性能和功能特性。

随着技术和工艺的进一步发展，必然会要求进一步修订本文件。

在本文件范围内锂蓄电池和电池组导致的危险是指：

- 漏液，可能会直接对人体构成化学腐蚀危害，或导致电池供电的电子设备内部绝缘失效间接造成电击、着火等危险；
- 起火，直接烧伤人体，或对电池供电的电子设备造成着火危险；
- 爆炸，直接危害人体，或损毁设备；
- 过热，直接对人体引起灼伤，或导致绝缘等级下降和安全元器件性能降低，或引燃可燃液体；
- 电击，由于电流流过人体而引起的伤害，例如烧伤、肌肉痉挛、心室纤维性颤动等。

对于输出电压超过安全电压限值（直流60 V）的电池组，可能直接会引发电击危险。而对于通过逆变后能够产生超过安全电压限值（直流60 V或者交流峰值42.4 V）的电池组，也同样可能会引发电击危险。

在确定电池或电池组采用何种设计方案时的优先次序：

- 首先，如有可能，优先选择安全性高的材料；
- 其次，如果无法实行以上原则，则需设计保护装置，减少或消除危险发生的可能性，如增加保护装置等；
- 最后，不能彻底避免的残留危险采用标识和说明。

上述原则不能代替本文件的详细要求，仅为让设计者了解这些要求所依据的原则。

锂蓄电池和电池组的安全性与其材料选择、设计、生产工艺、运输及使用条件有关。其中使用条件包含了正常使用条件、可合理预见的误使用、滥用及故障条件，还包括影响其安全的环境条件诸如温度、海拔等因素。

锂蓄电池和电池组的安全要求覆盖上述所有因素对人员引起的危险。人员是指维修人员和使用人员。

维修人员是指电子设备及其电池的维修人员，维修人员在有明显危险时可以运用专业技能避免可能的伤害。但是，需对维修人员就意外危险进行防护，例如用标识或警示说明以提醒维修人员有残留的危险。

使用人员是指除维修人员以外的所有人员。安全保护要求是假定使用人员未经过如何识别危险的培训，但不会故意制造危险状况而提出的。

电能存储系统用锂蓄电池和电池组 安全要求

1 范围

本文件规定了应用于电能存储系统用锂蓄电池和电池组的安全要求以及试验方法。

本文件适用于电能存储系统用锂蓄电池和电池组（以下简称为电池和电池组）。其中电能存储系统应用包括但不限于：

- a) 电信；
- b) 中央应急照明和报警系统；
- c) 固定式发动机启动；
- d) 光伏系统；
- e) 家用（住宅）储能系统（HESS）；
- f) 大容量储能：并网/离网。

上述列举的电能存储系统并未包括所有的设备，因此未列出的设备也可能包含在本文件的范围内。

本文件范围内的锂蓄电池组额定能量通常在 100 kWh 以上，额定能量在 100 kWh 及以下的电池组的安全要求见 GB 40165。

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 2423.5 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea和导则：冲击

GB/T 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）

GB/T 2423.21 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验M：低气压

GB/T 2423.22 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化

GB 4943.1-2022 音视频、信息技术和通信技术设备 第1部分：安全要求

GB/T 5169.16 电工电子产品着火危险试验 第16部分：试验火焰 50W水平与垂直火焰试验方法

GB/T 5169.21 电工电子产品着火危险试验 第21部分：非正常热 球压试验方法

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

锂蓄电池 secondary lithium cell

由正极与负极之间的锂离子嵌入/脱出反应或锂氧化还原反应产生电化学能量的蓄电池。

注：电池一般包含锂盐和有机溶剂混合物组成的液态、溶胶或固态形式的电解质，以及金属或薄膜包装。由于尚未安装外壳、与外部连接的端子及电子控制装置，不能在设备中使用。

[来源：IEC 63056:2020, 3.7]

3.2

大型锂蓄电池 large secondary lithium cell

总质量超过500 g的锂蓄电池。

注：该术语在本文件中简称为大型电池。

3.3

电池并联块 cell block

通过并联组成的一组电池，可能有也可能没有保护装置[如熔断器或正温度系数热敏电阻(PTC)]和监控电路。

注：由于尚未安装外壳、与外部连接的端子及电子控制装置，不能在设备中使用。

[来源：IEC 63056:2020, 3.8]

3.4

模块 module

通过串联、并联或串并联组成的一组电池，可能有也可能没有保护装置[如熔断器或正温度系数热敏电阻(PTC)]和监控电路。

[来源：IEC 63056:2020, 3.9, 有修改]

3.5

电池包 battery pack

由一个或多个电池或模块电气联接的电能存储装置。

注1：它包括给电池组系统提供信息（如电池电压）的监控电路。

注2：它可以包含由终端或其他互联装置提供的保护罩。

[来源：IEC 63056:2020, 3.10, 有修改]

3.6

电池组系统 battery system

电池组 battery

由一个或多个电池，模块或电池包组成的系统。

注1：它有电池组管理系统，如果发生过充、过流、过放和过热等，电池管理系统会动作。

注2：如果电池制造商和用户达成协议，过放切断并不是强制性的。

注3：它可以包含冷却或加热装置，有的甚至包含了充放电模块和逆变模块等。

注4：多个电池组系统可以组成一个大的电池组系统。

[来源：IEC 63056:2020, 3.11, 有修改]

3.7

大型锂蓄电池组 large secondary lithium battery

总质量超过12 kg的锂蓄电池组。

注：该术语在本文件中简称为大型电池组。

3.8

电池组管理系统 battery management system; BMS

与电池组相连的，具有防止电池组过充、过流、过热、过冷以及过放（适用时）保护功能的集合，用来监控和（或）管理电池组的状态，计算二次数据，报告数据和（或）控制环境以影响电池组的安全、性能和（或）使用寿命。

- 注1：如果电池制造商与用户达成协议，过放切断并不是强制性的。
- 注2：BMS的功能可在电池包上，也可在使用电池组的设备上。
- 注3：BMS可以被分开，有可能一部分在电池包内，一部分位于应用电池组的设备上。
- 注4：有时BMS也被称为BMU（电池组管理单元，battery management unit）。
- [来源：IEC 63056:2020，3.12]
- 注5：BMS位置举例和电池组系统的组成见图1。

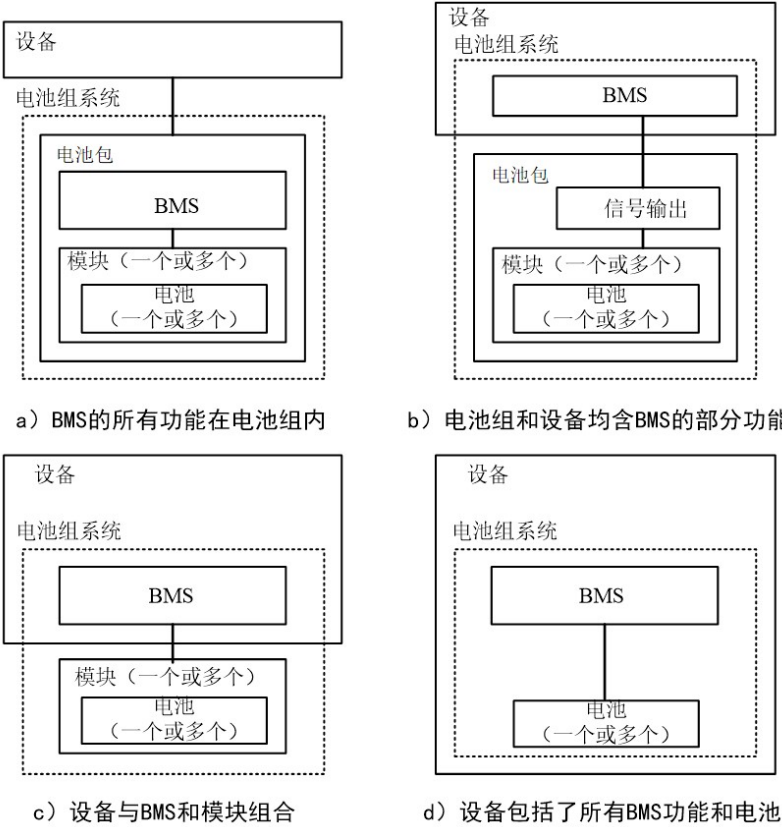


图1 BMS位置举例和电池组系统的组成

- 3.9
- 额定容量 rated capacity
- C
- 制造商标明的电池或电池组容量。
- 注：单位为安时（Ah）。
- 3.10
- 荷电状态 state of charge
- SOC
- 可用电池容量占额定容量的百分比。
- 3.11
- 标称电压 nominal voltage
- 用以标识电池或电池组电压的适宜的近似值。
- 3.12

额定能量 rated energy

由制造商标明的在规定条件下确定的电池或电池组的能量值，通过标称电压乘以额定容量计算得出，可向上取整数。

注：单位为瓦时（Wh）或千瓦时（kWh）。

3.13

参考试验电流 reference test current

I_t

参考试验电流数值与额定容量（C）相同。

注：单位为安（A）。

3.14

充电上限电压 upper limited charging voltage

U_{up}

制造商规定的电池或电池组能承受的最高安全充电电压。

3.15

充电限制电压 limited charging voltage

U_{cl}

制造商规定的电池或电池组的额定最大充电电压。

3.16

放电终止电压 end of discharge voltage

U_{de}

制造商推荐的电池或电池组放电结束时的带载电压。

3.17

放电截止电压 discharge cut-off voltage

U_{do}

制造商规定的电池或电池组安全放电的最低带载电压。

3.18

最大充电电流 maximum charging current

I_{cm}

制造商规定的最大的恒流充电电流。

3.19

最大放电电流 maximum discharging current

I_{dm}

制造商规定的最大持续放电电流。

3.20

上限充电温度 upper limited charging temperature

T_{cm}

制造商规定的电池或电池组充电时的最高温度。

3.21

下限充电温度 lower limited charging temperature

T_{cl}

制造商规定的电池或电池组充电时的最低温度。

3.22

上限放电温度 upper limited discharging temperature

T_{dm}

制造商规定的电池或电池组放电时的最高温度。

3.23

下限放电温度 lower limited discharging temperature

T_{dl}

制造商规定的电池或电池组放电时的最低温度。

3.24

破裂 rupture

由于内部或外部因素引起电池外壳或电池组壳体的机械损伤，导致内部物质暴露或溢出，但没有喷出。

[来源：IEC 63056:2020, 3.15]

3.25

漏液 leakage

非设计的，可见的液体电解质的漏出。

3.26

爆炸 explosion

电池或电池组的外壳剧烈破裂并且固体组件抛射出来产生的失效现象。

注：液体、气体或烟可能喷出。

[来源：IEC 63056:2020, 3.16]

3.27

起火 fire

从电池、模块、电池包或电池组系统发出的持续时间大于1s的火焰。

[来源：IEC 62619:2022, 3.17]

注：火焰是由燃烧产生的，燃烧是一种发光发热的化学反应。火花不能称为火焰。

3.28

热失控 thermal runaway

由放热反应引起的电池发生不可控温升的现象。

[来源：IEC 62619:2022, 3.23]

3.29

型式试验 type test

对有代表性的样品所进行的试验，其目的是确定其设计和制造是否能符合本文件的要求。

[来源：GB 4943.1-2022, 3.3.6.15, 有修改]

4 试验条件

4.1 试验的适用性

只有涉及安全性时才进行本文件规定的试验。

除非另有规定，测试完成后的样品不要求还能正常使用。

4.2 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：25 °C ± 5 °C；
- b) 相对湿度：不大于 75%；

- c) 气压：86 kPa~106 kPa。

4.3 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限定在下述公差范围内：

- a) 电压：±0.5%；
- b) 电流：±1%；
- c) 温度：±2℃；
- d) 时间：±0.1%；
- e) 尺寸：±1%；
- f) 质量：±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。

4.4 温度测量方法

采用热电偶法来测量样品的表面温度。温度测试点选取温度最不利点作为试验判定依据。

注：可使用辅助方式寻找最不利点，如红外设备。

4.5 测试用充放电程序

4.5.1 测试用充电程序

电池或电池组可采用下列方法之一进行充电：

- a) 制造商规定的方法；
- b) 以 $0.2I_A$ 充电，当电池或电池组端电压达到充电限制电压 (U_d) 时，改为恒压充电，直到充电电流小于或等于 $0.02I_A$ ，停止充电。

注1：在充电前电池或电池组先按照 4.5.2 规定的方法进行放电，并静置10 min，大型电池或电池组静置30min；

注2：除另有规定，优先推荐采用方法 a)，当不可获得方法 a) 的信息时，可采用方法 b)。

4.5.2 测试用放电程序

电池或电池组以 $0.2I_A$ 进行恒流放电至放电终止电压 (U_{dc})。

注：不能在 $0.2I_A$ 下恒流放电的电池组，可以在制造商规定电流下进行放电。

4.6 型式试验

4.6.1 样品的要求

除非另有规定，被测试样品应是客户将要接受的产品代表性样品，包括小批量试产样品或是准备向客户交货的产品，且生产后不超过 6 个月。

除非另有规定，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 mΩ。

4.6.2 样品的数量

除特殊说明外，每个试验项目的电池样品为 3 个，电池组样品为 1 个。

4.6.3 电池样品容量测试

电池样品的实际容量应大于或等于其额定容量，否则不能作为型式试验的典型样品。

电池先按照4.5.1规定的充电程序充满电，静置10 min，再按照4.5.2规定的放电程序放电，放电时所提供的容量即为电池的实际容量，大型电池静置30min。

当对容量测试结果有异议时，可依据25℃±2℃的环境温度作为仲裁条件重新测试。

4.6.4 样品的预处理

在进行 4.6.5 规定的试验项目前，需对样品进行如下预处理：

a) 充放电循环

电池或电池组按照 4.5 规定的充放电程序进行两个充放电完整循环，充放电程序之间静置 10 min，大型电池或电池组静置30min。

b) 静电放电

电池组在进行完a)充放电循环预处理后，按照 4.5.1 规定的充电程序充满电，还应按GB/T 17626.2 的规定对电池组每个输出端子进行4 kV接触放电测试（±4 kV各10次）和8 kV空气放电测试（±8 kV各10次）。

注1：在进行a)充放电循环预处理时可同时进行容量测试，取两次充放电完整循环后容量的较小值作为样品容量；

注2：跌落样品不做静电放电预处理。

注3：在预处理过程中如发生起火、爆炸、漏液等现象也认为是不符合本文件要求。

4.6.5 试验项目

表1为电池的型式试验项目。

表1 电池的型式试验

项目	章条号	试验内容	样品编号 ^b
试验条件	4.6.3	电池容量测试	全部
	4.6.4	样品预处理	全部
一般安全要求 ^a	5.2	安全工作参数	—
	5.3.1	标识要求	
电池电安全	6.1	高温外部短路	1~3
	6.2	过充电	4~6
	6.3	强制放电	7~9
环境安全	7.1	低气压	1~3
	7.2	温度循环	1~3
	7.3	振动	1~3
	7.4	加速度冲击	1~3
	7.5	重物冲击	10~12
	7.6	挤压	13~15
	7.7	浅刺（模拟内部短路）	16~18
	7.8	热滥用	19~21
	7.9	跌落	22~24
<p>^a 对厂商提供的标签、说明书、材料等进行检查和试验。</p> <p>^b 如使用并联块代替电池进行试验，当有争议时，以使用电池进行试验的结果为准。</p>			

表2为电池组/电池组系统的型式试验项目。

表2 电池组/电池组系统的型式试验

项目	章条号	试验内容	样品编号 ^b
试验条件	4.6.4	样品预处理	全部
一般安全要求 ^a	5.2	安全工作参数	—
	5.3.1	标识要求	
	5.3.2	警示说明	
	5.3.3	耐久性	
环境安全	7.9	跌落	1
电池组系统电安全	8.3	过压充电控制	2
	8.4	过流充电控制	2
	8.5	欠压放电控制	2
	8.6	过热控制	2
其他要求	9.1 ^a	耐异常热	—
	9.2 ^a	可运输的用于安装或维护的电池组系统外壳材料	—
	9.3 ^a	运输和安装过程中的电气绝缘检查	—
	9.4	运输和安装过程中的短路保护	3
	9.5	反向连接保护	4
	9.6	电池组系统抗电强度	5
	9.7	电池热失控与电池组系统热扩散	6
如果电池组系统可拆分为小的单元，单元可代替电池组系统进行试验。制造商可对单元添加最终电池组系统具有的功能。制造商应明确声明每一项测试的测试单元。			
^a 对厂商提供的标签、说明书、材料、零部件等进行检查和试验。 ^b 样品是电池组或电池组系统二者之一。			

4.6.6 试验顺序

电池试验顺序见附录A。

4.6.7 试验判据

某项试验的受试样品全部测试合格，判定该项试验合格。

5 一般安全要求

5.1 一般安全性的考虑

电池和电池组的安全性从以下两种条件加以考虑：

- a) 正常条件；
- b) 可合理预见的误使用、滥用及故障条件。

电池组系统应具备系统锁或系统锁功能。

当电池组系统中的一个或多个电池在工作期间偏离正常工作区域时，电池组系统应具有不可复位功能以停止工作。该功能不可由用户重置或自动重置。

在检查电池组系统的状态是否符合电池组系统制造商手册后，可以恢复电池组系统的功能，即电池组系统维护手册应明确规定该程序。

根据应用，电池组系统可允许最终放电，例如提供紧急功能。在这种情况下，电池极限（例如放电下限电压或上限温度）在电池不会引起危险反应的范围内可能偏离一次。因此，电池制造商应提供第二组限值，在该限值中，电池组系统中的电池可以接受一次放电而不会发生危险反应。电池不应再充电。

5.2 安全工作参数

为确保电池和电池组在不同条件下的使用安全，应规定其安全工作条件，包括温度范围、电压范围和电流范围等参数。由于电池材料体系和结构的差异，其安全工作参数值可能不同。
制造商应在相应规格书中至少标明表3中的信息。

表3 规格书中至少标明的信息

安全工作参数	符号
充电上限电压	U_{up}
充电限制电压	U_{cl}
放电终止电压	U_{de}
放电截止电压	U_{do}
最大充电电流	I_{cm}
最大放电电流	I_{dm}
上限充电温度	T_{cm}
下限充电温度	T_{cl}
上限放电温度	T_{dm}
下限放电温度	T_{dl}

5.3 标识和警示说明

5.3.1 标识要求

- 电池和电池组的标识应清晰可辨，且不应出现混淆。
使用中文标明以下标识：
- a) 产品名称、型号；
 - b) 额定容量、额定能量、标称电压、充电限制电压、放电终止电压；
 - c) 正负极性，如使用“正、负”字样、“+、-”符号或不同颜色（例如红色和黑色）表示；
 - d) 生产厂；
 - e) 生产日期或批号。

额定能量的标识值应满足额定能量的定义。

电池组标识均应在电池组本体上标明，“型号、额定容量、额定能量、标称电压、充电限制电压、生产厂”等中文引导词应该标出并与具体内容对应。生产日期或批号可以不使用引导词。

电池额定容量、生产厂（或生产厂代码）、生产日期或批号、型号和正负极性应在电池本体上标明，其余标识允许在包装或规格书上标明。

对于标识编码的锂蓄电池和电池组，编码规则应符合相关国家或行业标准要求。

- 注1：生产厂代码含义要在最小包装或规格书进行说明。
注2：批号的含义要在最小包装或规格书进行说明，且含有生产日期信息。

5.3.2 警示说明

电池组的本体上应有中文警示说明。
示例 1：禁止拆解、撞击、挤压或投入火中。

示例 2：若出现严重鼓胀，切勿继续使用。

示例 3：切勿置于高温环境中。

5.3.3 耐久性

电池组本体上的标识和警示说明应清晰可辨。

本文件所要求的任何标识和警示说明应是耐久的和醒目的。在考虑其耐久性时，应把正常使用时对其影响考虑进去。

通过检查、擦拭标识和警示说明来检验其是否合格。擦拭标识和警示说明时，应使用一块蘸有水的棉布擦拭 15 s，然后再用一块蘸有 75%（体积比）的医用酒精的棉布用手擦拭 15 s，试验后，标识和警示说明仍应清晰，铭牌不应轻易被揭掉，而且不得出现卷边。

5.4 安全关键元器件

5.4.1 基本要求

在涉及安全的情况下，电池、电池模块及电池组系统中的元器件，如正温度系数热敏电阻器（PTC）、热熔断体等，应符合本文件的要求，或者符合有关元器件的国家标准、行业标准或其他规范中与安全有关的要求。

注：只有当某一元器件明确属于基于预定用途的某一元器件国家标准、行业标准或其他适用范围内时，才能认为该标准是有关的。

5.4.2 元器件的评定和试验

元器件的评定和试验应按下列规定进行：

- a) 当元器件已被证实符合与有关的元器件国家标准、行业标准或其他规范相协调的某一标准时，应检查该元器件是否按其额定值正确应用和使用。该元器件还应作为电池、电池组或管理系统的一个组成部分承受本文件规定的有关试验，但不承受有关的元器件国家、行业标准或其他规范中规定的那部分试验；
- b) 当元器件未如上所述证实其是否符合有关标准时，应检查该元器件是否按规定的额定值正确应用和使用。该元器件还应作为电池、电池组或管理系统的一个组成部分承受本文件规定的有关试验，而且还要按电池、电池组或管理系统中实际存在的条件，承受该元器件标准规定的有关试验；

注：为了检验元器件是否符合某个元器件的标准，通常单独对元器件进行有关试验。

- c) 如果某元器件没有对应的国家标准、行业标准或其他规范，或元器件在电路中不按它们规定的额定值使用，则该元器件应按电池、电池组或管理系统中实际存在的条件进行试验。试验所需要的样品数量通常与等效标准所要求的数量相同。

6 电池电安全

6.1 高温外部短路

将电池按照 4.5.1 规定的试验方法充满电后，放置在 $57\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境中，待电池达到 $57\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后，再放置 30 min。然后用导线连接电池正负极端，并确保全部外部电阻不高于 $5\text{m}\Omega$ 。试验过程中监测电池温度变化，当出现以下两种情形之一时，试验终止：

- a) 电池温度下降值达到峰值温升的 80%；
- b) 短接时间达到 6 h。

试验终止后观察 1h。

电池应不起火、不爆炸。
当有争议时，a) 和b) 选较严者。
由试验装置不合适导致的试验失败，应更换合适的试验装置后再进行本试验。

6.2 过充电

将电池按照 4.5.1 规定的试验方法充满电后，用制造商规定的最大充电电流充电。
试验过程中监测电池温度变化，当出现以下两种情形之一时，试验终止：

- a) 充电至1.5倍的充电上限电压后持续恒压充电1 h；
- b) 总充电时间达到1.5h。

电池应不起火、不爆炸。

注：如果使用电池并联块或模块代替电池进行此试验，试验参数根据电池并联块或模块中电池串并联关系加倍，串联增压，并联增流。

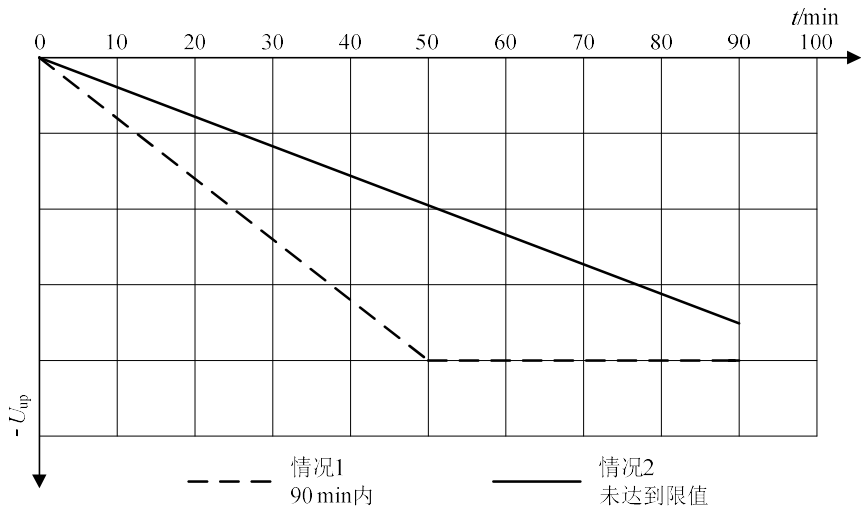
6.3 强制放电

将电池按照 4.5.2 规定的试验方法放完电后，以 $1I_t$ A 的电流进行反向充电至负的充电上限电压 ($-U_{up}$)，反向充电时间共计 90 min。

如果在反向充电 90 min 内，电压达到负的充电上限电压 ($-U_{up}$)，应当通过减小电流保持该电压继续进行反向充电，反向充电共计 90 min 后终止试验，如图 2 情况 1 所示。

如果在反向充电 90 min 内，电压未达到负的充电上限电压 ($-U_{up}$)，则反向充电共计 90 min 后终止试验，如图 2 情况 2 所示。

电池应不起火、不爆炸。



注：图中的线仅作示例，实际不一定是线性或直的（水平部分除外）。

图 2 强制放电示意图

如果电池的最大放电电流小于 $1 I_t$ A，则以最大放电电流进行反向充电，反向充电时间按公式（1）计算：

$$t= (1 I_t/ I_m) \times 90 \cdots \cdots \cdots (1)$$

式中，
 t 试验时间，单位为分钟（min）；
 I_m 电池的最大放电电流，单位为安培（A）。

7 环境安全

7.1 低气压

将电池按照4.5.1规定的试验方法充满电后，将电池放置于20℃±5℃的真空箱中，抽真空将箱内压强降低至11.6 kPa，并保持6 h。

具体试验方法见GB/T 2423.21中的相关条款。

电池应不起火、不爆炸、不漏液。

7.2 温度循环

将电池按照4.5.1规定的试验方法充满电后，将电池放置在温度为20℃±5℃的可控温的箱体中进行如下步骤（见图3）：

a) 将实验箱温度升为72℃±2℃，并保持6 h，温度转换时间不大于30 min；

b) 然后将实验箱温度降为-40℃±2℃，并保持6 h，温度转换时间不大于30 min；

c) 重复步骤a)~步骤b)，共循环10次。

对于大型电池，暴露于极端试验温度的时间至少应为12 h。

具体试验方法见GB/T 2423.22中的相关条款。

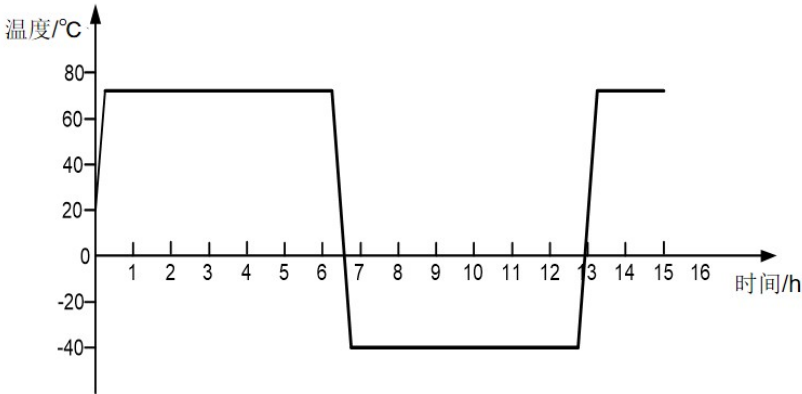


图3 温度循环流程示意图

电池应不起火、不爆炸、不漏液。

7.3 振动

将电池按照4.5.1规定的试验方法充满电后，将样品紧固在振动试验台上，按表4中的参数进行正弦振动测试。

表4 振动波形（正弦曲线）

频率		振动参数 ^a	对数扫频循环时间 (7 Hz~200 Hz~7 Hz)	轴向	振动周期数
起始	至				
$f_1=7\text{ Hz}$	f_2	$a_1=1\text{ g}_n^{\text{b}}$	15 min	X	12
f_2	f_3	$S=0.8\text{ mm}$		Y	12
f_3	$f_4=200\text{ Hz}$	$a_2=8\text{ g}_n$		Z	12
返回至 $f_1=7\text{ Hz}$				总计	36
f_1 、 f_4 ——下限、上限频率； f_2 、 f_3 ——交越点频率（ $f_2\approx 17.62\text{ Hz}$ 、 $f_3\approx 49.84\text{ Hz}$ ）； a_1 、 a_2 ——加速度幅值； S ——位移幅值。					

^a 振动参数是指位移或加速度的最大绝对数值，例如：位移幅值为0.8 mm对应的峰值-峰值的位移幅值为1.6 mm。
^b 在7.3和7.4中，重力加速度 g_n 值圆整为10 m/s²。

每个方向进行12个循环，每个方向循环时间共计3 h的振动。

圆柱型电池按照其轴向和径向两个方向进行振动试验，方型电池和软包装电池按照三个相互垂直的方向进行振动试验。

具体试验方法见GB/T 2423.10中的相关条款。

电池应不起火、不爆炸、不漏液。

7.4 加速度冲击

将电池按照4.5.1规定的试验方法充满电后，固定在冲击台上，进行半正弦脉冲冲击实验，峰值加速度为 $150\ g_n \pm 25\ g_n$ ，脉冲持续时间为 $6\ ms \pm 1\ ms$ 。大型电池应经受峰值加速度 $50\ g_n \pm 8\ g_n$ 、脉冲持续时间 $11\ ms \pm 2\ ms$ 的半正弦波冲击。电池每个方向进行三次加速度冲击试验，接着在反方向进行三次加速度冲击试验。

圆柱型电池按照其轴向和径向两个方向进行冲击试验，总共进行12次冲击；方型电池和软包装电池按照三个相互垂直的方向依次进行冲击试验，总共进行18次冲击。

具体试验方法见GB/T 2423.5中的相关条款。

电池应不起火、不爆炸、不漏液。

7.5 重物冲击

将电池按照 4.5.1 规定的试验方法充满电，静置 10 min，再按照 4.5.2 规定的试验方法放出额定容量的 50%后，将电池置于平台表面，将直径为 $15.8\ mm \pm 0.1\ mm$ 的金属棒横置在电池几何中心上表面，采用重量为 $9.1\ kg \pm 0.1\ kg$ 的重物从 $610\ mm \pm 25\ mm$ 的高处自由落体状态撞击放有金属棒的样品表面，重物冲击试验中圆柱型电池和方型电池电池放置示意图如图 4 所示，软包装电池放置示意图参考方型电池。并观察 6 h。高度 $610\ mm \pm 25\ mm$ 为从样品最高表面到重物底部平面的高度。

要求圆柱型电池冲击试验时使其纵轴向与重物表面平行，金属棒与电池纵轴向垂直且尽量与冲击面平行，方型电池和软包装电池只对宽面进行冲击试验。1个样品只做一次冲击试验。

电池应不起火、不爆炸。

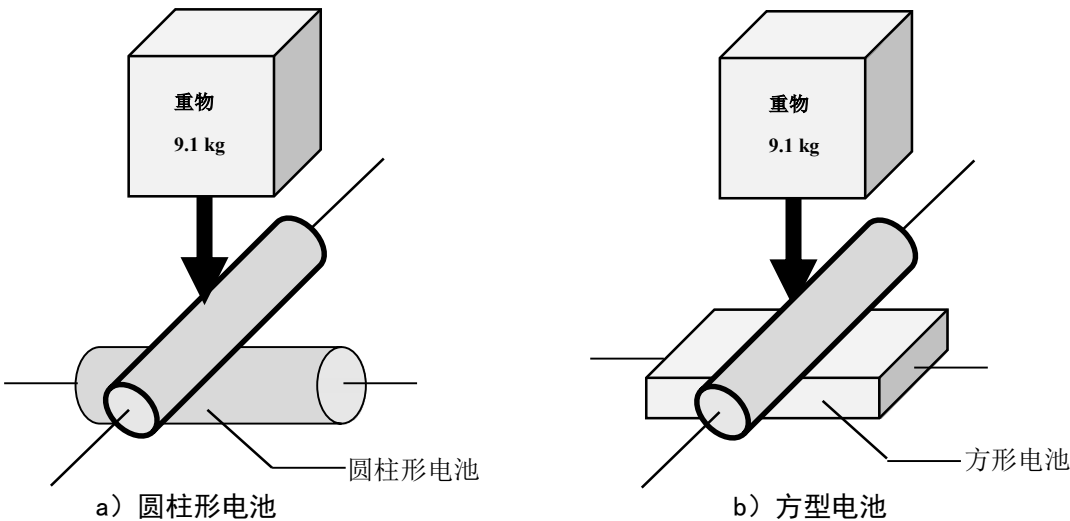


图 4 重物冲击试验中电池放置示意图

7.6 挤压

将电池按照4.5.1 规定的试验方法充满电后，置于平面上，将半径（R）75 mm的钢质半圆柱体置于电池宽面上进行挤压，半圆柱体纵轴经过宽面几何中心且与电池极耳方向垂直，长度（L）需大于被挤压电池尺寸，施加50kN±1kN的挤压力，挤压电池的速度为0.1 mm/s。一旦压力达到最大值或电池的电压下降三分之一，即可停止挤压试验。试验过程中电池应防止发生外部短路。试验后观察1h。

圆柱型电池挤压时使其纵轴向与平面平行，方型电池和软包装电池只对电池的宽面进行挤压试验。试验中半圆柱体参照图 5 所示。1个样品只做一次挤压试验。

注：挤压过程中，挤压达到截止条件和挤压装置停止的时间间隔应不大于 100ms。

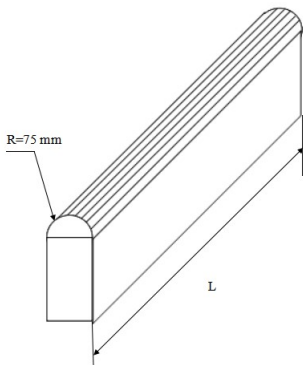


图 5 挤压试验中半圆柱体示意图

电池应不起火、不爆炸。

7.7 浅刺（模拟内部短路）

将电池按照 4.5.1 规定的试验方法充满电后，用Φ 5 mm 的耐高温钢针（如钨钢，针尖的圆锥角为 45°），以 0.1 mm/s 的速度，从垂直于电池极板的方向刺入电池 10 mm 深度或电池厚的 30%，取较大值，刺入位置宜靠近所刺面的几何中心，钢针停留在电池中，观察 1 h。

电池应不起火、不爆炸。

刺入电池深度为实际刺入深度减去电池外壳厚度后的深度，对于电池外壳厚度小于或等于 10 mm 的，按 10 mm 计入。

7.8 热滥用

将电池按照4.5.1规定的试验方法充满电后，将电池放入试验箱中。试验箱试验环境温度以（5±2）℃ /min的温升速率进行升温，当箱内温度达到（130±2）℃后恒温，并持续1 h。

电池应不起火、不爆炸。

7.9 跌落

7.9.1 一般要求

将电池或电池组按照4.5.1的试验方法充满电后，按表5和图6的跌落高度及方式自由落体跌落于混凝土板或金属板上，如果是金属板，通过合适的措施避免电池或电池组系统的外部短路。

如果使用电池并联块或模块代替电池进行此试验，跌落高度以最小组成单体电池质量对应的高度进行试验。

非悬挂式大型电池组可选用有监控电路的电池模块和其机械固定框架进行本项试验，按样品最不利的跌落高度，最大平面向下跌落于混凝土板上或金属板上。

试验后需观察1h。

样品应不起火、不爆炸。

表5 跌落测试方式和条件

样品质量 ^a (m) kg	测试方式	方向	跌落高度 ^b (h) cm
$m < 7$	整体	自由	100
$7 \leq m < 20$	整体	底面向下 ^c	100
$20 \leq m < 50$	整体	底面向下 ^c	$100 - 5 \times (m - 20) / 3$
$50 \leq m < 100$	边和角	—	5
$m \geq 100$	边和角	—	2.5

^a 质量为三个样品的实测值的平均值。

^b 试验的跌落高度以样品的实测质量，根据线性内插法计算得到，如图6。

^c 样品的底面由制造商规定。

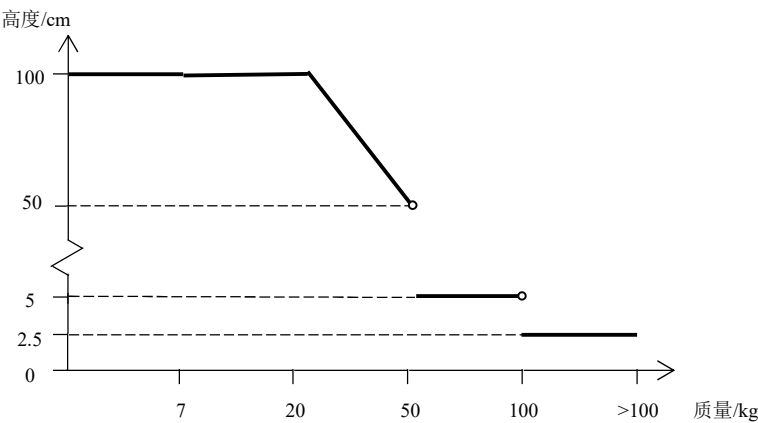


图6 跌落高度与样品质量关系图

7.9.2 整体跌落试验

质量小于50 kg的样品，采用整体跌落试验。

充满电的样品以0.2 I_A恒流放电至制造商规定的安装或维护的荷电状态。若制造商未规定，充电后样品不进行放电。

样品按照表5中规定的高度1次跌落在混凝土板或金属地板上，如果是金属板，通过合适的措施避免电池或电池组系统的外部短路。

小于7kg的样品进行自由跌落，7kg及以上，50kg以下的样品进行底面向下方向跌落，由制造商规定测试单元的底面。

测试完成后样品至少静置1小时并目测检查。

7.9.3 边和角跌落测试

质量在50 kg及以上的样品，采用边和角跌落试验。

充满电的样品，按照表5中规定的高度2次跌落在混凝土板上。跌落测试条件根据图7、图8和图9所示，选择最短边缘以及对应的角为跌落点。

充满电的样品以0.2 I_A恒流放电至制造商规定的安装或维护的荷电状态。若制造商未规定，与7.2一致，充电后样品不进行放电。

样品按照表5中规定的高度2次跌落在混凝土板或金属地板上，跌落测试应保证如图7、图8和图9所示的最短边跌落和角跌落可重复的撞击点。每种撞击类型的两次撞击应位于同一角落和同一最短边。对于角和边跌落，样品的放置方向应确保穿过待撞击角/边的直线，且试验装置几何中心大致垂直于撞击表面。测试完成后样品静置至少1 h并目测检查。

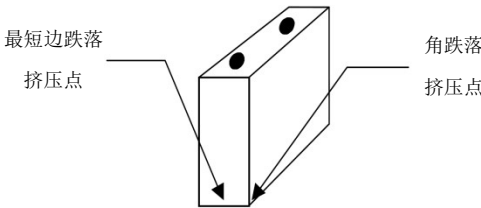


图 7 跌落位置

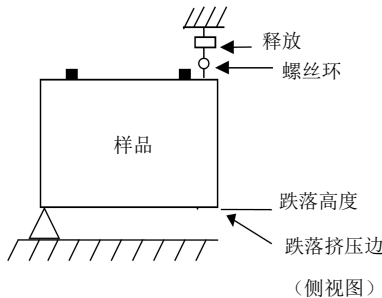
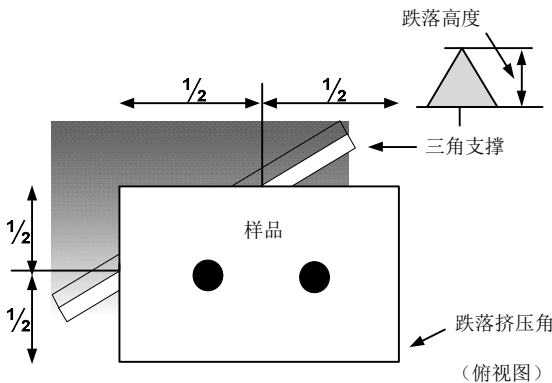


图 8 最短边跌落试验



注：样品通过手持位置跌落，如果使用起重释放装置，则释放时，不应向装置施加旋转或侧向力。

图9 角跌落试验

8 电池组系统电安全

8.1 电池组管理单元/电池组管理系统要求

电能存储系统用锂蓄电池组系统应设计有电池组管理单元（BMU）或电池组管理系统（BMS），确保电池和电池组在指定的工作范围内工作。BMU/BMS应能够发现电池和电池组的电压、温度和电流的异常状态并做出控制。

8.2 试验样品

试验样品为电池组系统，或者小的单元，详见表2。
样品以正常工作状态进行试验（仅由BMU/BMS进行控制的试验样品，闭合终端接触器），除8.8外，如果试验样品有散热系统，应根据实际应用策略将其开启或关闭。

8.3 过压充电控制

将样品按照4.5.2规定的试验方法放完电后，用推荐最大充电电流充电，充电电压设置为超过充电上限电压的1.1倍。如果难以使用整个样品进行试验，可选择样品的一部分进行试验。
充电至BMU/BMS终止充电。将样品进行3次测试。数据采集/监视设备应在充电结束后保持1 h。试验样品的各项功能在测试过程中应能完全按照设计正常工作。充电示例见图10。
如果BMU/BMS没有终止充电，试验应在出于安全考虑的合适时机停止，比如，当电池电压超过103%的电池充电上限电压时，或者超过电池充电上限电压的时间达到1min时。

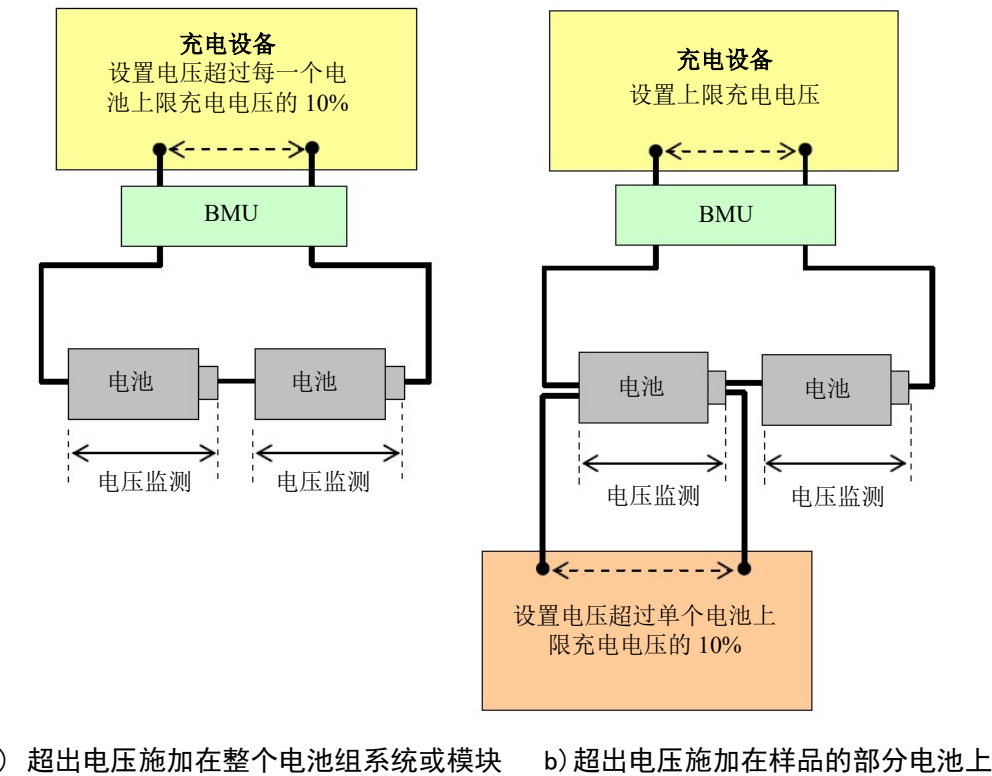


图10 过压充电电路结构示例

BMU/BMS在电池超过充电上限电压前终止充电，不起火，不爆炸。
试验过程中保护系统符合保护策略发生不可恢复性的断路也可判定为合格，但发生不可恢复的短路不可判定为合格。

8.4 过流充电控制

将样品按照4.5.2规定的试验方法放完电后，用超过最大充电电流20%的电流进行充电。将样品进行3次测试。数据采集/监视设备应在充电结束后保持1 h。试验样品的各项功能在测试过程中应能完全按照设计正常工作。

BMU/BMS应发现过流充电并将充电电流控制在最大充电电流以下（包括切断充放电回路）。不起火，不爆炸。

试验过程中保护系统符合保护策略发生不可恢复性的断路也可判定为合格，但发生不可恢复的短路不可判定为合格。

8.5 欠压放电控制

将样品按照4.5.1规定的试验方法充满电后，以 $0.2 I_t$ A放电至额定容量的30%。然后以规定的最大放电电流进行放电。

BMU/BMS在电池放电至放电截止电压前终止放电。

如果难以对整个电池组系统进行欠压放电，可选择样品的一部分（如电池组系统中的电池）进行试验。

将样品进行3次测试。

数据采集/监视设备应在放电结束后保持1 h。试验样品的各项功能在测试过程中应能完全按照设计正常工作。

BMU/BMS应采取动作切断放电电流。不起火，不爆炸。

试验过程中保护系统符合保护策略发生不可恢复性的断路也可判定为合格，但发生不可恢复的短路不可判定为合格。

8.6 过热控制

将样品按照4.5.2规定的试验方法放完电后，然后将样品按照推荐的电流充电至额定容量的50%。使样品的温度上升至比最大工作温度高5℃，在此高温下继续充电至BMS终止充电。数据采集/监视设备应在试验结束后保持1 h（如BMS终止充电）。

注：最大工作温度指电池或电池组的上限充电温度值，取较小者。

BMU/BMS应发现过高温度并终止充电。试验样品的各项功能在测试过程中应能完全按照设计正常工作。

试验过程中保护系统符合保护策略发生不可恢复性的断路也可判定为合格，但发生不可恢复的短路不可判定为合格。

9 其他要求

9.1 耐异常热

直接安装在带危险电压的部件上的非金属材料应能抵抗异常加热。根据GB/T 5169.21，通过对零件进行球压试验来检查合规性。如果通过对材料物理特性的检查可以清楚地看出其将满足本试验的要求，则不进行试验。试验在温度为 $(\Delta T + T_{\max} + 15^\circ\text{C}) \pm 2^\circ\text{C}$ 的加热箱中进行。

注1： ΔT 是指在 $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 条件下，制造商规定的最不利运行条件下热塑性部件的最大温升。

注2： T_{\max} 指电池组系统制造商规定的上限环境温度。

9.2 可运输的用于安装或维护的电池组系统外壳材料

用做外壳的热塑性材料应使用V-1或V-0级材料。

材料在最薄使用厚度下根据GB/T 5169.16进行试验。

9.3 运输和安装过程中的电气绝缘检查

在运输和安装过程中，电池包或电池组模块或电池并联块的危险带电部件应覆盖或绝缘，以防人员接触。通过绝缘电阻测试或其他等效测试方法来检查是否符合电气绝缘。

正极端与电池组除带电可触及表面以外的外部暴露金属表面间的绝缘电阻在施加直流500V电压60s下应不小于5M Ω 。

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。布线方向应确保导线之间保持足够的电气间隙和爬电距离。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（例如：单靠锡焊不被认为是可靠的安全防护连接方式）。相关检验方法参考GB 4943.1-2022。

9.4 运输和安装过程中的短路保护

将样品按照4.5.1规定的试验方法充满电。样品放置在室温下，直至样品温度稳定在25℃ \pm 5℃。短路样品的正负极端子，外部短路电阻为（30 m Ω \pm 10 m Ω ） \times 模块结构系数（电池串联数/电池并联数），或不大于5m Ω ，取较高值。并确保全部外部电阻不高于100 m Ω 。试验过程中监测电池温度变化，当出现以下两种情形之一时，试验终止：

a) 外壳温度下降值达到峰值温升的80%；

b) 短接时间达到6 h。

不破裂、不起火、不爆炸。

当有争议时，a) 和b) 选较严者。

注：样品为电池组系统，如果为运输方便，电池包被分为了多个部分，每个部分也需要通过该测试。

9.5 反向连接保护

将电池组（或模块）按照4.5.1规定的试验方法充满电后，以0.2 I_L A放电至由电池组系统制造商规定的运输或维护的荷电状态。如有可能，切断BMS和电池组系统的主电源。反接电池组系统的一个样品，电池组系统中的其他样品保持正确的极性。打开BMS和电池组系统的主电源。以制造商规定的条件对电池组系统进行充电，直至充满或保护功能停止充电。电池组系统应放置1h。如果电池组系统可以进行放电，以制造商规定的最大放电电流进行放电，直至电池组系统终止放电。电池组系统应放置1h。如果电池组系统无法进行放电，则放置1h，而不进行放电。

不破裂，不起火，不爆炸。

如果样品具备防止反向连接的特点，或在工厂模块或电池包已与带有BMS的电池组系统连接好了。可不进行该测试。

建议运输过程中断开模块之间的电连接。

9.6 电池组系统抗电强度

电池组系统按照GB 4943.1-2022中5.4.8进行湿热处理后，应符合 GB 4943.1-2022中5.4.9规定抗电强度试验要求。

9.7 电池热失控与电池组系统热扩散

9.7.1 电池热失控

电池按照附录B进行热失控试验后，应不起火、不爆炸。

9.7.2 电池组系统热扩散

要求和试验方法如下：

a) 要求

本试验评估电池组系统承受单电池热失控事件的能力，以确保热失控事件不会导致电池组系统着火。

b) 试验

将样品按照 4.5.1 规定的试验方法充满电后，激光加热电池组系统内的一个电池（下文称为目标电池），直到该电池发生热失控。电池热失控开始后，关闭热源，观察电池组系统 24 h。激光测试程序示例见附录 C。

允许使用激光以外的其他方法引发目标电池的热失控。见附件 D。

可对电池组系统进行改装，以促进电池的热失控。改装应尽量减少，且不应影响电池组系统的热性能。

可采用模块代替电池组系统进行试验。

造成电池热失控所使用的方法应该在测试报告中说明。

c) 合格判据

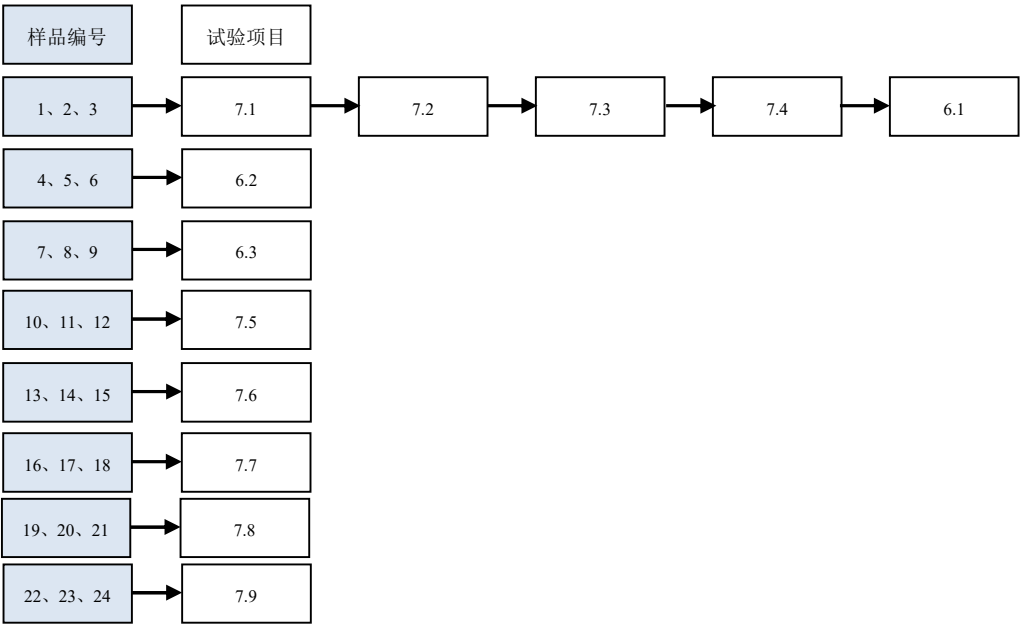
电池间应不发生热扩散，电池组系统应无外部火焰、电池组系统外壳应不发生破裂。

如果电池组系统没有外壳，制造商应指定防火区域。

注：由目标电池引起的起火或者电池组系统外壳破裂是允许的，因为故意造成目标电池热失控是作为测试目的的触发。

附录 A
(规范性)
试验顺序

对电池进行第6章、第7章型式试验顺序见图A.1。



图A. 1 电池安全型式试验顺序

附录 B
(规范性)
电池热失控试验程序

B.1 试验对象

试验对象为电池。

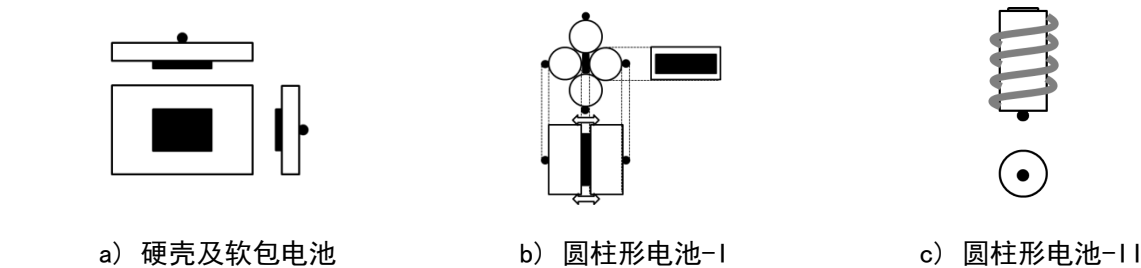
B.2 试验方法

B.2.1 试验环境温度为 $22^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为15%~90%，大气压力为86 kPa~106 kPa。

B.2.2 使用平面状或者棒状加热装置，并且其表面应覆盖陶瓷、金属或绝缘层，加热装置的功率要求见表B.1。完成试验对象与加热装置的装配，加热装置与电池应直接接触，加热装置的尺寸规格应不大于试验对象的被加热面；安装温度监测器，监测点温度传感器布置在远离热传导的一侧，即安装在加热装置的对侧(如图B.1)。温度数据的采样间隔应小于1 s，准确度要求为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，温度传感器尖端的直径应小于1 mm。

表 B.1 加热装置功率选择

试验对象电能 E Wh	加热装置最大功率 W
$E < 100$	30~300
$100 \leq E < 400$	300~1000
$400 \leq E < 800$	300~2000
$E \geq 800$	>600



说明:

- 加热装置
- 加热装置 (电阻丝)
- —— 温度监测装置

图 B.1 加热触发时温度传感器的布置位置示意图

B.2.3 将试验对象充满电后，立刻启动加热装置，并以其最大功率对试验对象进行持续加热，当发生热失控或者B.2.2定义的监测点温度达到 300°C 时，停止触发，关闭加热装置。

B.2.4 热失控试验判定条件如下：

- a) 试验对象产生电压降，且下降值超过初始电压的 25%；
 - b) 监测点温度达到电池厂商规定的最高工作温度；
 - c) 监测点的温升速率 $dT/dt \geq 1^{\circ}\text{C/s}$ ，且持续3 s以上；
- 当a)和c)或者b)和c)发生时，判定发生热失控。

B.2.5 加热过程中及加热结束1 h内，如果发生起火、爆炸现象，则试验终止。

附录 C
(资料性)
激光照射扩散试验程序 (见 9.7)

C.1 概述

本附录给出了9.7激光照射试验的示例方法。测试方应联系电池或电池组系统制造商，以获取电池热失控的详细程序。

注：本试验的目的不是评估单个电池，而是评估电池组系统的扩散行为。因此，以下产生热失控的方法不模拟电池内部短路，而是扩散的诱发。

C.2 试验条件

C.2.1 电池试验（初步试验）步骤如下：

- a) 根据制造商规定的条件，电池充满电。
- b) 在电池上放置热电偶以测量表面温度。最好使用多个热电偶进行冗余数据采集。
- c) 将电池固定在试验台上（见图C.1）。电池上的照射点应通过考虑主测试中提供的电池组系统的结构来确定。
- d) 应设定并确认激光照射计划及其工作。最好准备盖子，以防电池进入热失控和排气时损坏激光系统。
- e) 准备并设置电池温度测量等测量设备。
- f) 将环境温度设置为 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。空调系统等温度控制器应能够保持环境温度，直到电池温度达到最高温度。
- g) 在确定的点用激光照射电池。从照射开始到观察结束，连续测量电池温度。
- h) 当观察到由于电池热失控导致温度快速升高时，激光器关闭（见图C.2）。
- i) 观察电池温度和外观，直到电池温度降低到足以安全操作为止。
- j) 查看温度曲线以确认热失控事件。
- k) 电池试验应重复3次。如果在相同条件下的每次测试都确认产生热失控，则在相同照射条件下进行电池组系统测试。

注1：激光类型可从材料加工激光中选择，如切割、焊接或硬化。有CO₂激光器、YAG激光器、半导体激光器、圆盘激光器、光纤激光器等。

注2：激光参数的设置应确保电池在10分钟内进入热失控状态，因为较长时间的辐照可能会导致周围电池和/或电池组系统不必要的发热。

试验应在通风良好的环境中进行，以避免电池的排气影响。

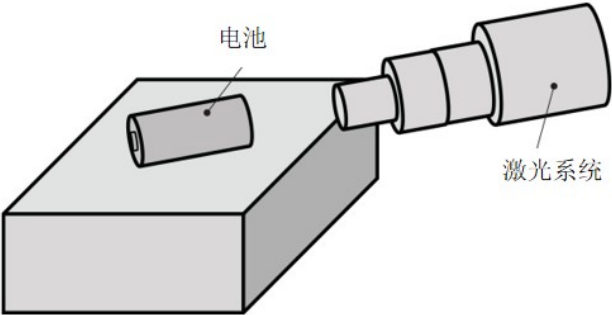


图 C.1 测试布局示例

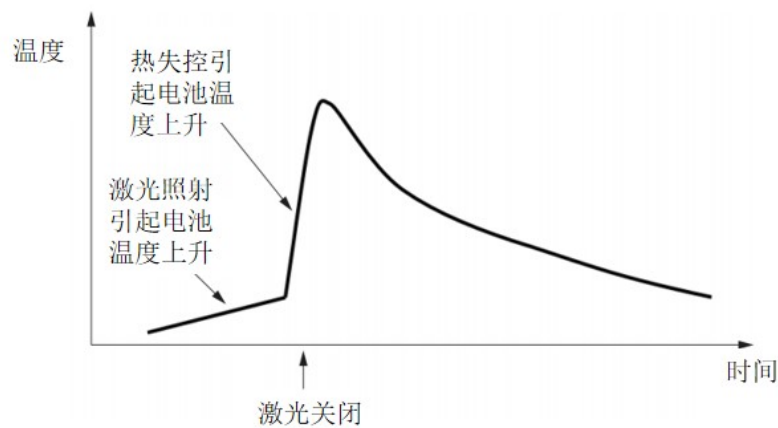


图 C.2 电池典型温度趋势示例

C.2.2 电池组系统测试（主测试）步骤如下：

- a) 电池组系统根据制造商规定的条件充满电。
- b) 将热电偶放在电池上，以测量表面温度。宜使用多个热电偶进行冗余数据采集。
- c) 将电池组系统固定到测试台上。测试前应考虑激光路径，目标电池上的辐照点应与电池测试上的相同或相似。
- d) 应设定并确认激光照射计划及其工作。宜准备盖子，以防目标电池进入热失控和通风口时损坏激光系统。
- e) 准备并设置电池温度测量等测量设备。
- f) 将环境温度设置为 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。温度控制器（如空调系统）应能够保持环境温度，直到目标电池温度达到最高温度。
- g) 在确定的点用激光照射目标目标电池。从辐照开始到观察结束，连续测量电池温度。
- h) 当观察到由于电池热失控而导致温度迅速升高时，激光器关闭。
- i) 观察电池的温度和电池组系统的外观至少1小时。最好观察它们，直到电池的温度降低到足以安全操作为止。试验应在通风良好的环境中进行，以避免目标电池和/或其他电池的排气影响。

附录 D (资料性)

用激光以外的方法进行扩散试验的程序

D.1 总则

9.7和附录C描述了激光引发电池热失控的方法。但也可以从下文第D.3条中确定的候选方法中选择其他方法。测试方应联系电池或电池组系统制造商，以获取电池热失控的详细程序。

注：本试验的目的不是评估单个电池，而是评估电池组系统内的扩散行为。因此，以下产生热失控的方法不是模拟电池的內部短路，而是产生扩散的触发。

D.2 试验条件

试验条件如下：

- a) 根据制造商建议的条件，电池组系统充满电。
- b) 电池组系统中的一个电池（以下称为目标电池）进入热失控状态来作为扩散测试的触发。当电池组系统包含三个或更多电池时，电池组系统中的边缘电池不可被选为目标电池，即目标电池附近至少有两个其他电池。
- c) 该试验可使用特殊制备的样品进行，以便于试验该样品可有加热器或用于钉子穿透的孔。然而，为便于测试而提供的特殊功能不应影响电池组系统的热扩散。

D.3 启动热失控的方法

引发热失控的方法可包括以下方法：

a) 加热

通过以下方法加热目标电池。每种方法都应该只加热目标电池。当目标电池进入热失控状态时，应关闭热源。

- 通过加热器加热
- 通过燃烧器加热
- 感应加热

b) 过充

在目标电池进入热失控状态之前，按照制造商建议的条件对目标电池进行过充电。电池组系统中的任何其他电池不应过充电。如果电池设计有电流中断装置（CID），则需要移除该功能。

c) 针刺电池

用钢针刺穿目标电池制造正负间的短路。测试前可对钢针进行加热。

d) 结合上述a)至c)中的方法。

e) 根据理论和支持数据确定为合适方法的其他方法。

D.4 内部加热扩散试验程序示例

D.4.1 内加热电池制备

内加热电池制备如下：

- a) 内加热触发电池由电池制造商生产制备。
- b) 内加热电池的制备方法参考如下：
 - 1) 电池按照正常工序制作至极片卷绕或叠片工序；
 - 2) 将薄膜加热片布置在极片间或极片与壳体之间（见图 D.1）；

- 3) 电池顶盖提前开出线孔,让加热装置的连接导线从电池内部引出到电池外部(见图 D.2);
- 4) 顶盖开设的出线孔在电池注液前进行密封处理,防止电解液从出现孔溢出;
- 5) 上述 2) -4) 步骤操作完成后,电池按照正常工序生产即可。

注 1: 加热装置选择薄片状或薄膜状,具体布置位置结合各自电池结构特性确定;

注 2: 加热装置表面要绝缘,建议选用聚酰亚胺等绝缘胶带;

注 3: 出线孔做好密封处理,可以在出线孔位置采用机械结构结构、焊接或涂胶等密封方案。

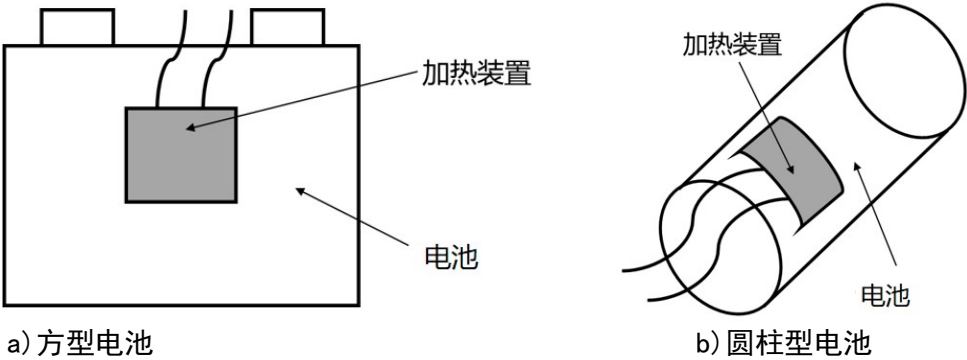


图 D.1 加热膜布置示例

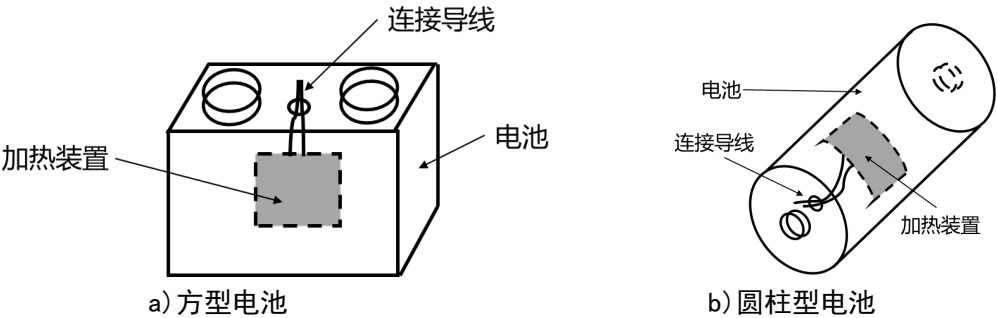


图 D.2 加热装置出线方式示例

D.4.1 试验条件

D.4.1.1 电池试验（电池制造商建议加热功率）

内加热电池的加热功率,建议由电池制造商给出。电池制造商开展的内加热电池热失控实验方法如下:

- a) 根据制造商规定的条件,将内加热电池充满电。
- b) 在内加热电池表面布置热电偶用以测量电池表面温度;同时布置电压采样线用以监测电池电压。
- c) 将内加热电池连接导线与供电装置连接(见图 C.3)。
- d) 调整供电装置的供电电压。
- e) 准备好相关温度、电压采样设备。将热电偶及电压采样线与设备相连,监测内加热电池温度及电压。
- f) 将环境温度设置为 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。启动供电装置给内加热电池加热。
- g) 当热电偶监测温度有明显上升,电压数值有显著下降时,关闭供电装置。
- h) 观察电池温度及电压,直到电池温度降低到足以安全操作为止。
- i) 查看温度及电压曲线,确认热失控事件。温度曲线见图 C.4。
- j) 制造商根据实验数据推荐加热功率。

注 1: 电池制造商对内加热触发电热失控会开展大量的实验验证,因此让电池制造商建议加热功率是合理的;

注 2: 内加热触发电热失控,当电池表面温度符合热失控判定条件时,可以判定电池已经发生热失控,此时应及时关闭供电装置;

注 3: 内加热触发电热失控的时间很短,通常 <1 分钟,测试前,测量加热装置电阻,保证加热装置的电阻在要

求的范围内；

注 4：供电装置供电建议采用直流电供电，如直流源等设备，便于调整供电电压。

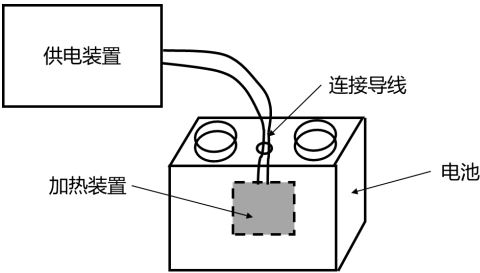


图 D. 3 内加热实验示例

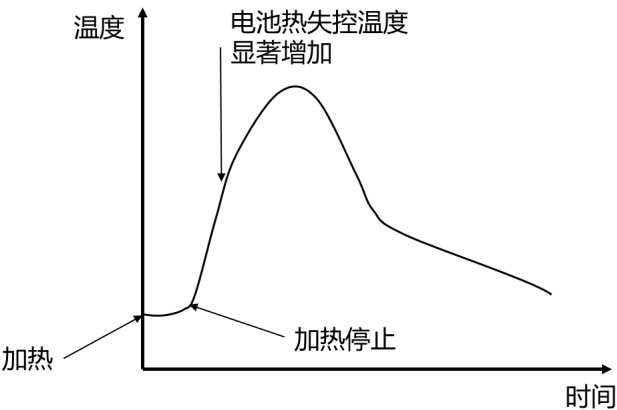


图 D. 4 内加热触发时电池表面典型的温度变化

D. 4. 1. 2 电池组系统测试

电池组系统测试如下：

- a) 内加热电池与正常电池一起组成电池系统。
- b) 电池系统成组前，在内加热电池及其他目标电池表面布置热电偶用以测量电池表面温度；同时布置电压采样线用以监测电池电压。
- c) 根据制造商规定的条件，将电池系统充满电。
- d) 将电池系统中的内加热电池连接导线与供电装置连接。连接前测量加热装置电阻，确保加热装置电阻在要求范围内。
- e) 根据制造商建议的加热功率调整供电装置的供电电压。
- f) 准备好相关温度、电压采样设备。将热电偶及电压采样线与设备相连，监测内加热电池温度及电压。
- g) 将环境温度设置为 25℃±5℃。启动供电装置给内加热电池加热。
- h) 当内加热电池表面热电偶温度有明显上升，电压数值有显著下降时，关闭供电装置。
- i) 观察电池系统温度及电压，直到电池系统温度降低到足以安全操作为止。

参考文献

- [1] GB 40165-2021 固定式电子设备用锂离子电池和电池组 安全技术规范
 - [2] IEC 61959:2004 含碱性或其他非酸性电解质的蓄电池及电池组-密封便携式电池和电池组机械测试 (Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes—Mechanical tests for sealed portable secondary cells and batteries)
 - [3] IEC 62619:2022 含碱性或其他非酸性电解质的蓄电池及电池组-工业设备用锂蓄电池和电池组安全要求 (Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes—Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications)
 - [4] IEC 62620:2014 含碱性或其他非酸性电解质的蓄电池及电池组-工业设备用锂蓄电池和电池组的性能要求 (Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes- Secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications)
 - [5] IEC 63056:2020 含碱性或其他非酸性电解质的蓄电池及电池组-电能存储系统用锂蓄电池和电池组的安全要求 (Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes- Safety requirements for secondary lithium cells and batteries used in electrical energy storage systems)
 - [6] UL 1973:2022 轻型轨道设施和固定设施用电池 (Batteries for use in light electric rail (LER) applications and stationary applications)
 - [7] UL 2580:2020 电动汽车用锂电池 (Batteries for use in electric vehicles)
 - [8] UN 38.3 (第7版) 关于危险货物运输的建议书 试验和标准手册 第38.3节 金属锂电池和锂离子电池组 (Recommendations on the transport of dangerous goods—Manual of tests and criteria—38.3 lithium metal and lithium batteries)
-