ICS 27.180
F19

团 体 标 准

T/CIAPS0015-2022

预制舱式锂离子电池储能系统火灾抑制装置测试方法

Test method for fire suppression device of prefabricated compartment lithium-ion battery energy storage system

2022 年 3 月 3 日发布　　2022 年 3 月 15 日实施

中国化学与物理电源行业协会　发布

全国团体标准信息平台

全国团体标准信息平台

目　　次

前　　言 II
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 2
4.1　抑制剂要求 2
4.2　火灾抑制装置要求 2
4.3　环境适应性能要求 3
5　测试方法 4
5.1　试验前检查 4
5.2　绝缘性测试 4
5.3　降温性能测试 5
5.4　材料相容性测试 5
5.5　生物毒性测试 6
5.6　喷放功能测试 6
5.7　存储性能测试 7
5.8　零部件测试 7
5.9　电磁兼容性能测试 8
5.10　环境适应性测试 8
5.11　火灾抑制性能测试 8

全国团体标准信息平台

前　　言

本标准按照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。

本标准由中国化学与物理电源行业协会提出并归口。

本标准牵头起草单位：华中科技大学。

本标准参与起草单位：华为数字能源技术有限公司、浙江蓝盾电工新材料科技有限公司、武汉瑞科美新能源有限责任公司、深圳因特安全技术有限公司、深圳市城市公共安全技术研究院有限公司、广东锐捷安全技术股份有限公司、全球能源互联网研究院有限公司、杭州新纪元消防科技有限公司、深圳库博能源科技有限公司、江苏天合储能有限公司、国网天津市电力公司电力科学研究院、上海同泰火安科技有限公司、天津力神电池股份有限公司、国网新疆电力有限公司电力科学研究院、国网浙江省电力有限公司湖州供电公司、烟台创为新能源科技股份有限公司、浙江诺盾消防科技有限公司、四川千页科技股份有限公司、北京及安盾科技有限公司、浙江华云信息科技有限公司、平高集团储能科技有限公司、福建星云电子股份有限公司、深圳市嘉名科技有限公司、北京慕成防火绝热特种材料有限公司、万真消防技术(广东)有限公司、陕西安益消防科技有限公司、广东振兴消防设备有限公司、科华数据股份有限公司、上海派能能源科技股份有限公司、国家电投集团科学技术研究院有限公司、易事特集团股份有限公司、瑞浦能源有限公司、北京前沿之锤储能技术有限公司、哲弗智能系统（上海）有限公司、东莞市巴能检测技术有限公司、远景能源有限公司、国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司、中节能太阳能科技有限公司、南京空鹰系统工程有限公司、深圳市德兰明海科技有限公司、中国电建集团江西省电力建设有限公司、浙江南都能源互联网有限公司、安徽成威消防科技公司、格力钛新能源股份有限公司、中国质量认证中心、新风光电子科技股份有限公司、国安达股份有限公司、浙江班尼戈智慧管网股份有限公司、青岛中阳消防科技股份有限公司、湖北亿纬动力有限公司、比亚迪汽车工业有限公司、天津瑞能电气有限公司、天津天雾智能科技有限公司、维龙（镇江）机电科学研究院有限公司、广州智光储能科技有限公司、深圳供电局有限公司、中国化学与物理电源行业协会储能应用分会。

本标准主要起草人：曹元成、张炜鑫、楼平、汤舜、朱静、钟允晖、李首顶、白殿涛、刘益民、冯毅、徐丽、王俊扬、钟丽伟、朱翔、刘盛终、邹丽、吴玲玲、焦春雷、管敏渊、相波、王殿奎、曾小川、文宝玉、许君杰、田刚领、刘震、张毅鸿、慕雷、李智、齐亮、欧阳慧安、曾春保、徐继铭、白宁、梁铨、刘思、陈雷、薛彩霞、赖春花、钱振华、张鑫、张会学、尹金锒、尹相柱、涂春雷、项海峰、陈壮农、蒋世用、陈文武、任其广、熊孝新、余张法、许修行、魏泽席、李善鹏、赵家欣、赵彦卿、王洪旗、石本星、杜进桥、江卫良、刘勇。

本标准首次发布。

预制舱式锂离子电池储能系统火灾抑制装置测试方法

1 范围

本标准规定了预制舱式锂离子电池储能系统中抑制剂及火灾抑制装置的技术要求、测试方法等内容。

本标准适用于预制舱式锂离子电池储能系统中抑制剂和火灾抑制装置的性能要求和测试方法。

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 50370 气体灭火系统设计规范

GB/T 507-2002 绝缘油击穿电压测定法

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 2423.2-2001 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 2423.4-2008 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 2423.17-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾

GB/T 2423.22-2016 电工电子产品环境试验 第2部分： 试验方法 试验N：温度变化

GB/T 17626.2-2018 电磁兼容 试验和测量技术静电放电抗扰度试验

GB/T 21605-2008 化学品急性吸入毒性试验方法

3 术语和定义

3.1 抑制剂 Inhibitor

锂离子电池储能系统专用火灾抑制剂（以下简称“抑制剂”）是一种用来抑制热失控蔓延，扑灭锂离子电池储能系统中由锂离子电池热失控或电气故障引起的明火的的物质。

3.2 火灾抑制装置 Fire suppression device

锂离子电池储能系统火灾抑制装置（以下简称“火灾抑制装置”）由测控模块、采集模块、抑制剂存储装置、喷嘴、连接管路管件和主控单元等组成，用于抑制储能系统中锂离子电池初期由于电池热失控或电气故障等引发的燃烧、爆炸。

3.3 局部应用控火 Local application extinguishing

以设计喷射强度向热失控电池模块直接喷射抑制剂，并持续一定时间的控火方式。

3.4 应急启动 Emergency start

当电子监控失效而无法正常控制联动火灾抑制装置时，采取物理、机械等方式紧急启动火灾抑制装置。

3.5 工作压力 Working pressure

抑制剂瓶组容器阀出口处的压力。

注：抑制剂瓶组上的容器阀若不带减压功能，系统的工作压力即为瓶组的工作压力。
抑制剂瓶组上的容器阀若具有减压功能，系统的工作压力即为经减压后容器阀出口处的压力。

3.6 启动延时 Start delay

启动延时是系统在自动状态或手动状态下，从接收到来自主控单元启动指令，到系统启动部件动作所需要的时间。

3.7 启动响应时间 Start response time

启动响应时间指温度、烟雾等传感器做出响应到火灾抑制装置完全动作所需的时间。

3.8 最不利点电池箱 The most disadvantageous battery box

最不利点电池箱指预制舱式锂离子电池储能系统中距离抑制剂输送管道最远端一个电池架中的电池箱。

4 技术要求

4.1 抑制剂要求

4.1.1 控火方式要求

抑制剂支持局部应用控火。

4.1.2 绝缘性要求

按5.2规定的方法测试，液体类灭火剂浸泡电极间距3mm，击穿电压应大于20kV。

4.1.3 降温性能要求

按5.3规定的方法测试，抑制剂具备持续降温能力，喷下120s内铸铝加热板温度由300℃降到200℃以下。

4.1.4 材料相容性要求

按5.4规定的方法测试，对容器、阀、检漏装置等与抑制剂长期接触的金属部件材料样品腐蚀率应不大于2mg/(d·dm^2)。

4.1.5 生物毒性要求

按5.5规定的方法测试，急性吸入LC50＞2000mg/m^3，依据急性毒性分级标准（GB/T 21605-2008 表C.6）判定抑制剂急性吸入毒性为低毒。

4.2 火灾抑制装置要求

4.2.1 基本要求

a) 布置在预制舱内的装置在温度 15℃～35℃（预制舱全部配备空调系统）、湿度不超过 75%（任何情况下无凝露）、海拔范围-1000m～4500m 的环境中应能正常工作；
b) 装置各组件应无明显加工缺陷或机械损伤，部件外表面应进行防腐处理，防腐涂层、镀层应完整、均匀。

4.2.2 喷放功能要求

按5.6规定的方法进行测试，应满足如下要求：
a) 装置具备局部喷放功能，通过自动、手动方式实现局部喷放，在最不利点电池箱控制喷放抑制剂的启动响应时间不大于 1s；
b) 装置具备应急启动喷放功能，装置通过应急启动方式启动，要求启动响应时间≤5s。

4.2.3 启动延时要求

a) 自动状态时，预警装置设置延时 0s～10s 可调，默认延时 0s；
b) 手动状态时，预警装置设置延时 0s～30s 可调，默认延时 30s。

4.2.4 电源要求

a) 预警控制主机支持 AC 220V 和 DC 24V 两种工况下运行；
b) 当交流供电电压变动幅度在额定电压（220V）的 110%和 85%范围内，频率为 50Hz±1Hz 时，预警控制主机应能正常工作；
c) 火灾抑制装置应具有可充电备用电源，其容量应可使控制器在监视状态下工作 8h，且装置能正常启动；
d) 火灾抑制装置主、备用电源均应有工作状态指示灯、故障指示灯。

4.2.5 存储要求

按5.7规定的方法进行存储性能试验，应满足如下要求：
a) 温度循环泄漏要求，不应大于抑制剂充装量的 0.125%；
b) 抑制剂存储装置压力泄漏至报警临界点时，应能发出报警信号，报警误差为设定值的±5%。

4.2.6 零部件要求

按5.8规定的方法进行零部件性能试验，应满足如下要求：
a) 所有在系统喷放时会发生动作的零部件，均应做动作可靠性测试；
b) 所有零部件均应满足密封性要求、强度要求；
c) 局部喷放用控制阀，应能满足在最大工作压力下，完成打开与关闭。

4.2.7 控火要求

按5.11规定的方法进行，局部控火要求，主要针对锂离子电池火灾，明火出现至扑灭时间不超过5s。

4.2.8 电磁兼容性能要求

按照5.9规定的方法进行，试验点包括控制或连接区域内的任意点，应至少符合GB/T 17626.2-2018中规定的静电放电发生器接触放电的8kV/30A第4级试验。

4.3 环境适应性能要求

4.3.1 高低温性能

按5.10.1规定的方法试验，火灾抑制装置在-10℃～50℃的环境中应能正常工作。

4.3.2 耐温度变化性能

按5.10.2规定的方法试验，火灾抑制装置在试验后应能正常工作。

4.3.3 耐盐雾性能

按5.10.3规定的方法试验，火灾抑制装置在试验后应能正常工作。

4.3.4 耐湿热性能

按5.10.4规定的试验方法，火灾抑制装置在试验后应能正常工作。

5 测试方法

5.1 试验前检查

5.1.1 产品使用手册检查

使用手册应至少包含下列内容：

a) 抑制剂的充装方式；
b) 火灾抑制装置简介；
c) 火灾抑制装置主要性能参数；
d) 火灾抑制装置示意图；
e) 火灾抑制装置操作程序；
f) 装置部件的名称、型号规格、主要性能参数、安装使用及维护说明、注意事项；
g) 制造单位名称、详细地址、邮编和电话；
h) 定期维护说明；
i) 售后服务。

5.1.2 外观检查

采用目测检查管道、存储装置组成及其固定方式；检查装置标签、铭牌等；目测样品有无加工缺陷、表面涂覆缺陷、机械损伤等现象。

5.1.3 试验要求

a) 火灾抑制试验应在 40 尺集装箱（GB 型，内长度 12.032m，内宽度 2.352m，内高度 2.385m；外长度 12.192m，外宽度 2.438m，外高度 2.591m）或其它等同环境内进行，测试前预制舱内环境温度控制在 15℃～35℃；
b) 试验过程温度探测采用 k 型热电偶，量程满足-200℃～800℃，热电偶直径不大于 1mm；
c) 数据记录，采用无纸记录仪自动记录，记录仪采集频率不小于 10Hz；
d) 管道压力监测传感器选用准确度等级不低于 0.5 的压力变送器；
e) 电磁静电点火器输入电压 AC220V，输出电压 50kV，输出方式高压明火电弧，输出频率不小于 1Hz。

5.2 绝缘性测试

抑制剂绝缘性测试方法应参照GB/T 507-2002。

5.3 降温性能测试

5.3.1 试验基本条件

抑制剂降温试验模型如图1所示：

a) 测试环境为室内环境 20℃±5℃，测试环境湿度不做硬性要求，开启空调的情况下试验模型周围 1m 出风速不得超过 0.3m/s；

b) 铸铝加热板尺寸长 100mm×宽 100mm×厚 20mm，加热板正向抑制剂喷嘴面开 3 个深度 1mm 的Φ1mm 圆孔，置于半封闭式不锈钢容器内，加热板与容器间放置隔热垫层（隔热垫层的导热系数小于 0.2mk/w），垫层厚度≥2mm；

c) 抑制剂喷嘴与加热板间距 100 mm±10mm，喷嘴不宜使用 360 度喷嘴；

d) 抑制剂使用量为 500g，抑制剂喷放剩余率不大于 5%，抑制剂喷射到加热板表面的投影面积不得超过加热板表面积的 50%；

e) 插入热电偶采集实时温度值。

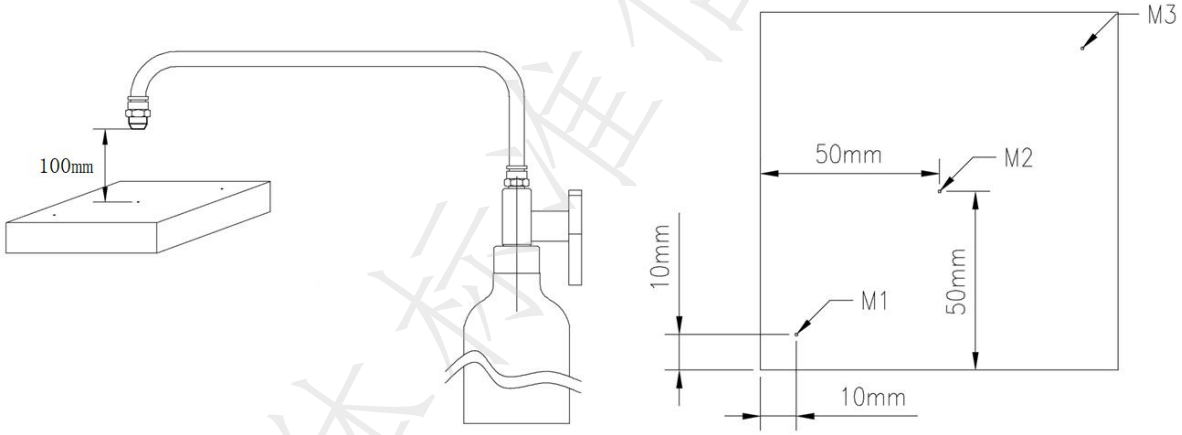

图 1 降温模型布置示意图，M1～M3 为热电偶

5.3.2 降温试验

a) 开启加热，观察温度值达到 300℃±10℃，关闭加热；

b) 喷放抑制剂，持续时间不超过 60s，采集降温数据；

c) 绘制抑制剂喷放后降温曲线。

5.3.3 降温性能评价

抑制剂喷放后加热板应在120s内降至200℃以下，应符合4.3.1要求。

5.4 材料相容性测试

抑制剂材料相容性测试方法参照GB 25972-2010第5.4条，试验样品材质需更换为和抑制剂存储装置的材质相同。测试方法如下：

仪器、材料：a.外形尺寸75mm×15mm×1.5mm；b. 200号及400号水砂纸；c. 无水乙醇；d. 电热鼓风干燥箱；e. PE样品瓶或PET样品瓶；f. 分析天平；g. 游标卡尺；f. 10%柠檬酸二氢钠水溶液。

操作步骤：

a) 取样品 4 片，用 200 号水砂纸打磨，去掉氧化膜，再用 400 号水砂纸磨光，用硬毛刷在自来水中冲刷、洗净，最后用无水乙醇洗涤擦干。将处理好的钢片放入 60±2℃的电热鼓风干燥箱中干燥 30min，冷却至室温称量样品重量，并编号；
b) 用游标卡尺测量每个样品的长、宽、厚，计算钢片的表面积；
c) 将处理好的样品分别放入 2 个样品瓶中，倒入抑制剂。将样品完全浸入抑制剂中，并钢片间不接触，然后密封瓶口；
d) 将样品瓶放入 38℃±2℃的电热鼓风干燥箱中，连续保持 14d；
e) 从样品瓶中取出样品，分别用硬毛刷在自来水中冲刷腐蚀生成物（若洗不掉，用 10%柠檬酸二氢钠水溶液浸泡至洗净），用无水乙醇洗涤、擦干。然后放入 60℃±2℃的电热鼓风干燥箱中干燥 30min，取出冷却至室温称量样品重量，计算平均值。

腐蚀率按下列公式（1）计算：

$$C=1000\times(m1-m2)/(14\times A) \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：

C-腐蚀率，单位为毫克每天每平方米[mg/(d·dm^2)]；

m1-每个样品浸泡前的质量，单位为克（g）；

m2-每个样品浸泡后的质量，单位为克（g）；

A-每个样品的表面积，单位为平方分米（dm^2）；

取四个样品的平均值作为试验结果。

5.5 生物毒性测试

生物毒性测试方法参照GB/T 21605-2008中5.3.1的静式染毒法，将实验动物放在一定体积的密闭容器（染毒柜）内，加入一定量的受试样品，并使其挥发，造成试验需要的受试样品浓度的空气。

5.6 喷放功能测试

5.6.1 试验模型与布置

抑制剂存储装置内充装抑制剂等体积水，并充压至存储压力，搭建40尺集装箱模型，集装箱内两侧根据应用场景布满电池架，最远端一个电池架根据图纸安装电池箱模型，内部设置应急启动、温度传感器、局部释放管和喷嘴等。集装箱围护结构（含门窗）承受内压的允许压强（内外压强差）不宜低于1200Pa，并参照GB 50370开设泄压口。如图2所示，在抑制剂存储装置出口处、局部释放管道的最不利点喷嘴处分别安装压力变送器，采用记录仪同时监测驱动装置电压信号和压力变送器信号。

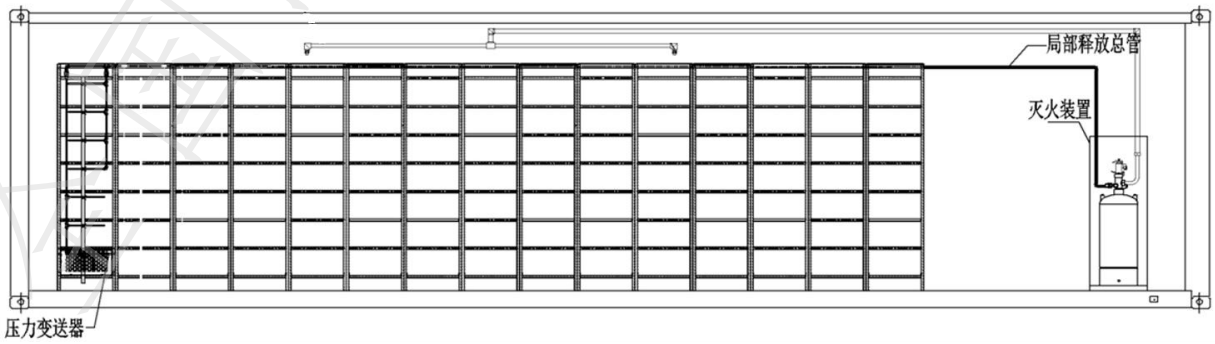

图 2 集装箱内布置示意图

5.6.2 局部喷放试验

a) 自动模式下启动局部喷放，火灾抑制装置控制系统设置到自动状态，触发最不利点的电池箱传感器，抑制剂存储装置能根据设定程序启动容器阀和控制阀，其抑制剂（水替代）喷放到对应电池箱内；驱动装置从监测到启动电压信号（抑制剂瓶组启动，抑制剂开始从瓶组进入管道）至最不利点处的压力信号不小于 0.5MPa（管道内抑制剂到达末端喷嘴处开始释放）的时间应满足 4.2.2 的要求。

测试动作流程如图3所示：

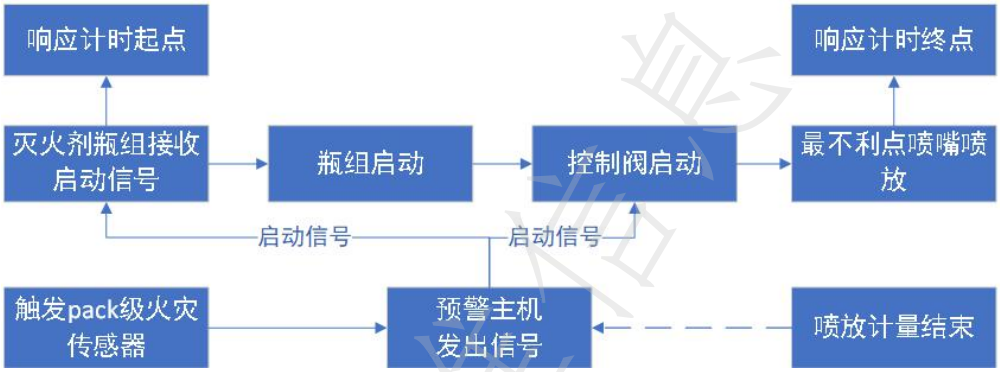

图 3 自动启动动作流程

b) 手动启动局部喷放，控制系统上手动随机启动控制阀，观察对应的电池箱释放抑制剂（水替代）。

5.6.3 应急启动

屏蔽电子监控设备，触发应急启动装置，抑制剂存储装置应能将抑制剂（水替代）从全淹没管道喷放，记录应急启动触发时间与抑制剂存储装置开始喷放的时间节点，其时间差应满足4.2.2的要求。

5.7 存储性能测试

5.7.1 低压报警测试

低压报警开关安装在压力容器上，缓慢泄压，测试其动作响应时的压力，反复测试三次，取其平均值，也可采用模拟量实时采集存储装置压力代替低压报警装置。

5.7.2 温度循环泄漏测试

抑制剂存储装置年泄漏率的测试方法参照GB 25972-2010第 5.2.7 条，测试结果应满足4.2.5 要求。

5.8 零部件测试

5.8.1 零部件动作可靠性测试

容器阀、控制阀、单向阀、驱动装置、信号反馈装置等零部件的动作可靠性测试方法参照GB 25972-2010第6.6的规定进行。

5.8.2 零部件密封性、强度要求

容器阀、控制阀、单向阀、驱动装置、信号反馈装置等零部件的动作可靠性测试方法参照GB 25972-2010第6.3、6.4章节的规定进行。

5.9 电磁兼容性能测试

火灾抑制装置按GB/T 17626.2-2018规定的方法进行电磁兼容测试，结果应符合4.2.8的要求。

5.10 环境适应性测试

5.10.1 高低温试验

火灾抑制装置按 GB/T 2423.1 规定的方法进行低温试验，按GB/T 2423.2 规定的方法进行高温试验，结果应符合4.3.1的要求。

5.10.2 耐温度变化性能

按GB/T 2423. 22中试验规定的方法进行试验。试验时的高温和低温分别设置为工作温度的上下限；在每一种温度中的放置时间为2 h；温度转换时间为20min～30min；循环次数为5次。恢复到室温后，使火灾抑制装置处于工作状态，观察火灾抑制装置动作过程。

5.10.3 耐盐雾试验

按GB/T 2423. 17中的规定进行耐盐雾试验； 火灾抑制装置在试验箱内按储能系统实际安装状态或其基本等同条件安装， 接插件处于正常插接状态；试验持续时间为16h；恢复到室温后，使火灾抑制装置处于工作状态，观察火灾抑制装置动作过程。

5.10.4 耐湿热性能

按GB/T 2423.4的规定对火灾抑制装置进行耐湿热性能试验（高温温度为50℃）；试验时间为2个循环（48h）；恢复到室温后，使火灾抑制装置处于工作状态，观察火灾抑制装置动作过程。

5.11 火灾抑制性能测试

根据应用场景，火灾抑制装置火灾抑制试验空间容积为40尺标准集装箱，将选取1个100%荷电状态（SOC）的电池模组，安装电池箱内，电池单体电池单体不小于100Ah，电池PACK容量不小于10 kWh，电池单体及模组之间根据实际工况串并联，在集装箱内布置方式见图4，共设置15个电池架排成1排，每个电池架7层，电池架长550mm，宽600mm，高2200mm，每一层高275mm；采用加热板安装在电池模组中间，同时加热两个电池单体，加热装置宜选用平面状，长宽尺寸与电池单体接近，且与电池直接接触，功率：500W～1200W， 电池箱内设置电磁点火装置，加热布置示意图如图5所示，温度数据采集频率10Hz。

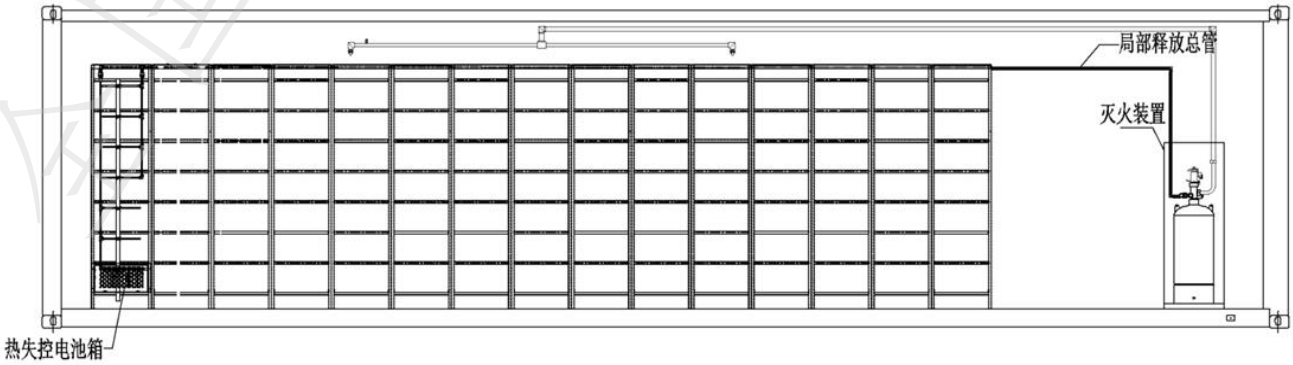

图 4 集装箱内布置示意图

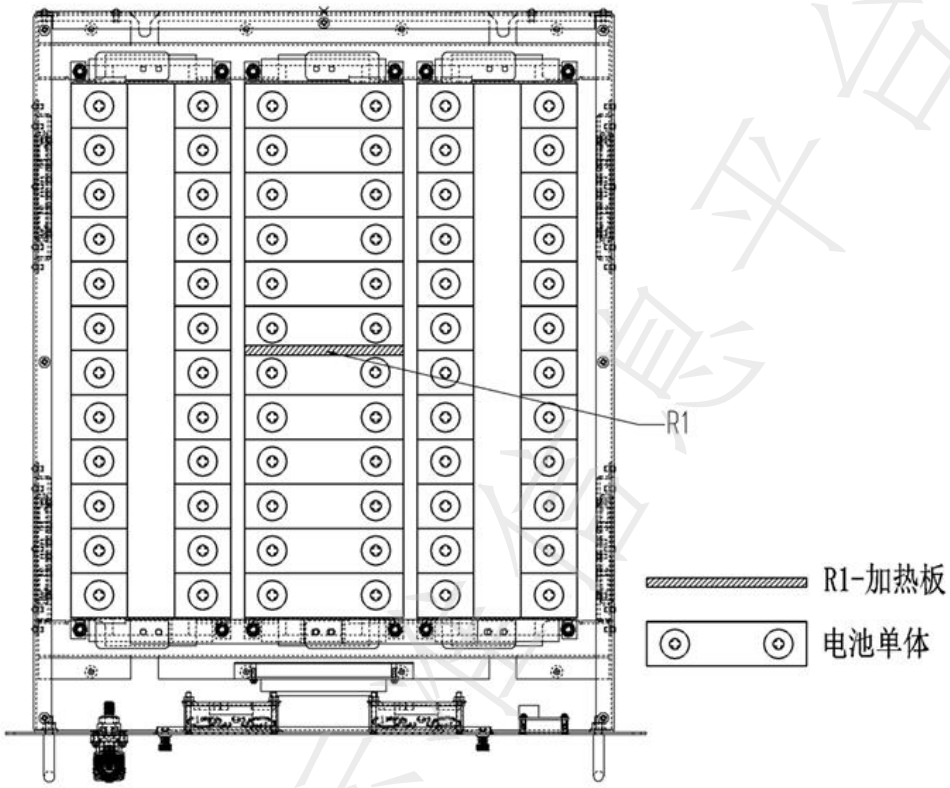

图 5　热失控加热示意图

测试步骤：

预警系统开启，打开加热装置对电池模组进行加热，同时打开静电点火器进行持续点火，直至电池热失控引燃明火，断开加热装置，预警控制装置自动介入探测与灭火程序，抑制剂分三阶段释放，首次探测触发进行第一次释放，时间120s，中途停止30s，继而第二次释放10s，继续停止30s，第三次继续释放10s，过程循环探测，可重复触发。通过24h静电点火器持续点火，连续视频监控、温度数据采集验证其复燃状况。试验应记录以下数据：

1）　明火起始时间:T0；
2）　预警装置发出启动指令时间：T1；
3）　装置启动喷放时间:T2（参考对应喷嘴管道探测到压力变化）；
4）　明火扑灭时间:T3；
5）　24h 内复燃情况；
6）　火灾抑制装置响应时间为 T2-T1。