

指南编号/Guideline No.E-26(202501)



E-26

磷酸铁锂蓄电池包火灾防控装置

生效日期/Issued date:2025 年 1 月 1 日

©中国船级社 China Classification Society

前言

CCS 产品检验指南规定了拟申请 CCS 认可/检验的船舶入级产品、授权法定产品的适用技术要求及检验试验要求。

本指南并不限制用户采用其它试验方法和要求,但相关试验方法及要求应不低于本指南的要求。

本指南由 CCS 编写和更新,通过网址 <http://www.ccs.org.cn> 发布,使用相关方对于本社指南如有意见可反馈至 mp@ccs.org.cn。

历史发布版本及发布时间: 初次发布

本版本主要修改内容及生效时间:

目 录

1 适用范围.....	4
2 规范性引用文件	4
3 术语及定义.....	5
4 图纸资料.....	5
5 技术要求.....	6
6 原材料及零部件	12
7 典型样品的选取	13
8 型式试验.....	14
9 单件/单批检验	19

磷酸铁锂蓄电池包火灾防控装置

1 适用范围

本指南适用于船舶磷酸铁锂蓄电池包采用的专用火灾防控装置。

2 规范性引用文件

2.1 CCS 《钢质海船入级规范》

2.2 CCS 《钢质内河船舶建造规范》

2.3 CCS 《船舶应用电池动力规范》

2.4 MSA 《内河船舶法定检验技术规则》

2.5 MSA 《纯电池动力船舶技术法规实施指南》

2.6 IMO 《国际消防安全系统规则》（FSS 规则）

2.7 IMO MSC/Circ.848 《经修订的 1974 年 SOLAS 公约规定的适用于机器处所和货泵舱的等效固定式气体灭火系统认可指南》

2.8 IMO MSC.1/Circ.1267 《经修订的 1974 年 SOLAS 公约规定的适用于机器处所和货泵舱的等效固定式气体灭火系统认可指南》修正案

2.9 GB 25972-2010 《气体灭火系统及部件》

2.10 GB 50370-2005 《气体灭火系统设计规范》

2.11 XF 61-2010 《固定灭火系统驱动、控制装置通用技术条件》

2.12 CB/T 4459-2016 《船用七氟丙烷灭火装置》

2.13 ISO 14520-5-2024 《气体灭火系统-物理性能和系统设计-第 5 部分：FK-5-1-12 灭火剂》

2.14 CCCF/XFJJ-01-2019 《电动客车动力锂离子电池箱火灾防控装置通用技术要求》

2.15 JT/T 1461-2023 《客车锂离子动力蓄电池箱火灾防控装置配置要求》

2.16 GB/T 42288-2022 《电化学储能电站安全规程》

2.17 T/CEC 373-2020 《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》

2.15 CCS GD019-2024《电气电子产品型式认可试验指南》(含 IACS UR E10)

3 术语及定义

3.1 关于产品检验、认可、型式试验、单件/单批检验等术语的定义，请参考 CCS《钢质海船入级规范》第 1 篇第 3 章 3.1.2 条。

3.2 蓄电池包：系指由于电压或功率要求由多个蓄电池单体或蓄电池模块串、并联而成。蓄电池包内应含有为电池系统提供信息（如电压、温度等）的监测电路。

3.3 热失控：系指蓄电池单体放热连锁反应引起电池温度不可控上升的现象。

3.4 热失控扩散：系指蓄电池包或系统内由一个蓄电池单体热失控引发的其余蓄电池单体接连发生热失控的现象。

3.5 蓄电池包火灾防控装置：系指蓄电池包设置的专用火灾防控装置，该装置能对电池包内可能引发火灾的危险源征兆进行探测，并且发出报警，自动和/或手动启动喷放灭火介质。由火灾监测及报警装置、火灾抑制装置组成。

3.6 火灾监测及报警装置：用于蓄电池包内热失控及火灾发生的早期监测，并具备报警信号和控制输出功能的装置。一般包括复合型火灾探测器、控制器与声光报警器。

3.7 火灾抑制装置：向蓄电池包内喷放抑制介质，对蓄电池包内火灾进行扑救，同时显著降低蓄电池包内电池温度，并维持一定抑制时间的装置。一般由火灾抑制介质储存装置、驱动装置、容器阀、控制阀、连接管路管件、喷嘴等组成。

3.8 启动时间：火灾防控装置从接收到探测与启动信号，至喷放出抑制介质的时间。

4 图纸资料

4.1 蓄电池包火灾防控装置认可时，应提交以下图纸资料：

4.1.1 应将下列图纸资料提交 CCS 批准：

- (1) 产品技术条件或产品技术规格书；
- (2) 系统总图；
- (3) 系统原理图（包括：管路、电气）；
- (4) 主要部件图（包括：火灾抑制介质储存装置、驱动装置、容器阀、

控制阀、连接管路管件、喷嘴、火灾探测器、控制器、声光报警器等)；

- (5) 火灾抑制介质剂量计算书；
- (6) 型式试验大纲。

4.1.2 应将下列图纸资料提交 CCS 备查：

- (1) 外部接线图；
- (2) 外部管路连接图（如适用）；
- (3) 主要零部件、材料清单；
- (4) 铭牌图；
- (5) 系统软件说明书；
- (6) 产品使用维护说明书；
- (7) 系统风险评估报告；
- (8) 消防产品技术鉴定证书(应急管理部消防产品合格评定中心颁发)。

5 技术要求

5.1 工作条件

5.1.1 蓄电池包火灾防控装置应能在《钢质内河船舶建造规范》第 3 篇第 1 章第 2、3 节规定的工作条件下正常工作。如用于海船，应能在《钢质海船入级规范》第 4 篇第 1 章第 2 节规定的工作条件下正常工作。

5.2 持证要求

5.2.1 蓄电池包火灾防控装置应经 CCS 型式认可并持有船用产品证书，各主要组成部件均应符合国家、行业标准的相关规定，原材料及其零部件的具体持证要求详见第 6 条。

5.2.2 蓄电池包火灾防控装置应为符合国家消防产品市场准入制度要求的产品，主要部件（火灾监测报警装置、火灾抑制装置）原则上应取得应急管理部消防产品合格评定中心颁发的“消防产品技术鉴定证书”或具备同等型号的认证。

5.2.3 蓄电池包火灾防控装置应经典型蓄电池包模型实体火灾试验验证，应由国家授权的机构实施或经 CCS 现场见证并提供检验试验报告。

5.3 系统组成

蓄电池包火灾防控装置一般应由火灾抑制介质储存装置、驱动装置、容器阀、控制阀、管路管件、喷嘴、复合型火灾探测器、声光报警器、控制器、电线电缆等组成。

5.4 一般要求

5.4.1 除本指南特殊规定外，蓄电池包火灾防控装置的配备、安装、持证等要求皆应与《船舶应用电池动力规范》中对火灾防控装置的相关要求保持一致。

5.4.2 蓄电池包火灾防控装置应能对蓄电池包内可能引发火灾的危险源征兆进行探测，并及时发出报警。

5.4.3 蓄电池包火灾防控装置应能实时监测电池包内的典型热失控气体成分/特征参数，应在探测到报警阈值时立即发出火警信号。当探测到火警信号时，应能在相应蓄电池舱室内发出视觉和听觉报警，并在火灾防控装置主控制器上显示火情位置，发出视觉和听觉报警。

5.4.4 蓄电池包火灾防控装置应根据探测火警信号，及时喷放火灾抑制介质，应具备自动和/或手动启动喷放功能。

5.4.5 使用火灾抑制介质应与磷酸铁锂电池的物理化学特性相适应，并应满足公认的国际/国家标准的要求。一般可采用七氟丙烷、全氟己酮等，如采用其它新型抑制介质应经我社评估同意。

5.4.6 火灾抑制介质的理化性能应适用于磷酸铁锂蓄电池包的火灾防控，并不会对被保护对象产生次生危害；火灾抑制介质喷放后，被保护对象应易清理并不会影响其它分区。

5.5 布置与分区

5.5.1 复合型火灾探测器、火灾抑制介质喷嘴应布置于每一蓄电池包内。其设计和安装应有利于及时探测蓄电池包内的危险气体，并确保火灾抑制介质喷放均匀并完全覆盖。

5.5.2 火灾抑制介质储存装置（含容器阀、驱动装置等）、释放主管路、主控制器一般应布置于蓄电池舱外。如布置于蓄电池舱内时电气部件应采用合格防爆型。

5.5.3 控制阀可布置于火灾抑制介质储存装置附近，也可布置在被保护蓄电池包附近。如为电气部件且布置于蓄电池舱内时应采用合格防爆型。

5.5.4 蓄电池舱内应设置声光报警器，布置于蓄电池舱内的声光报警器应采用合格防爆型。

5.5.5 船舶控制处所（如消防控制室、驾驶室）应设有火灾防控装置的显示与报警控制装置。

5.5.6 当火灾防控装置所保护的蓄电池包数量大于 8 个时，应将这些蓄电池包划分为不同的分区进行控制，每一分区所保护的蓄电池包不应超过 8 个。

5.5.7 安装在同一列托架上的蓄电池包，一般可视为一个保护分区；安装在不同列托架上的蓄电池包，原则上不应作为同一个保护分区。如安装在同一列托架上的蓄电池包数量大于 8 个时，应至少划分为 2 个保护分区。

5.5.8 分区设置也可对每一个蓄电池包配置一个控制阀逐一保护。

5.5.9 如采用液体火灾抑制介质，火灾防控装置应设有相关措施（如火灾抑制介质储存装置液位低报警等）可对系统故障及时发出报警，分区部件布置应防止液体泄漏可能造成的蓄电池、电气设备的损害。

5.6 火灾抑制介质、储存装置及控制阀

5.6.1 火灾抑制介质应至少具备绝缘特性。

5.6.2 火灾抑制装置中与火灾抑制介质相接触的容器、阀门、垫圈、密封圈等零部件应与火灾抑制介质相容并且由与温度和压力相适应的材料制成。

5.6.3 如火灾抑制介质为七氟丙烷，其设计浓度应至少为 9%。

5.6.4 火灾抑制介质的设计用量应经理论计算，总设计用量应综合考虑系统分区设计的蓄电池包数量与管路布置，并通过实体火抑制试验进行修正。火灾抑制介质总量应按防控装置单个最大保护分区的需求量计算确定。

对于气体抑制介质，理论设计用量应参照 GB 50370-2005《气体灭火系统设计规范》或经修订的 MSC/Circ.848 相关要求计算。

5.6.5 气体抑制介质喷放时间应满足 5.9.7 条要求。

5.6.6 气体抑制介质储存装置应满足以下要求：

- (1) 储存装置应由储存容器、容器阀和集流管组成；
- (2) 气体抑制介质储存容器、驱动气体储瓶的设计与使用应符合公认的标准；
- (3) 储存容器应装有过压保护装置，以保证气瓶受热时，其内部的火灾

抑制介质能够安全扩散；

(4) 采用内部增压的储存容器应设有压力监测装置，当驱动气体发生非正常损失时，应在经常有人值班处所发出听觉和视觉报警信号。

5.6.7 如采用液体抑制介质，其物理化学特性、电气特性、腐蚀、毒性等应经我社评估同意，是否适用于磷酸铁锂蓄电池包应经火灾防控试验验证。

5.6.8 驱动装置应按 XF 61-2010《固定灭火系统驱动、控制装置通用技术条件》设计，满足工作可靠性要求。

5.6.9 容器阀、控制阀应具备自动与手动控制开启功能。

5.7 释放管路与喷嘴

5.7.1 管路及附件不应采用铝质材料。

5.7.2 输送气体抑制介质的管路应采用无缝钢管，在腐蚀性较大的场所，应采用不锈钢管。

5.7.3 输送控制气体的管道应采用铜管。

5.7.4 管路尺寸应根据释放量和释放时间计算确定。

5.7.5 当管路通径不大于 80mm 时，可采用螺纹连接；当管路通径大于 80mm 时，应采用法兰连接。

5.7.6 蓄电池包喷嘴应选用耐腐蚀金属材料制成，配套安装开孔尺寸推荐为 $\Phi 16$ 圆，喷嘴的安装不应影响电池包的防护等级。

5.8 火灾监测及报警装置

5.8.1 火灾探测器应具备复合型探测功能，应能持续监测磷酸铁锂电池包内的典型热失控气体成分/特征参数，一般可包括温度、CO、H₂、烟雾浓度等。应在探测到报警阈值时立即发出火警信号，数据采集周期不大于 1s。

5.8.2 火灾探测器监测工作电流不应大于 50mA，应采用合格的本质安全型。

5.8.3 当探测到火灾报警信号，应能立即在火灾防控装置主控制器上发出视觉和听觉报警，并在相应蓄电池舱室内声光报警器发出连续报警。

5.8.4 火灾防控装置主控制器上应能区分发生火灾和故障所在的电池包位置，并能显示每个电池包内火灾探测器的工作状态和报警信息。

5.8.5 火灾防控装置主控制器应至少支持 CAN、Modbus、以太网通讯中的

一种，应具备与远程控制器通讯功能。能将报警信号传输至船舶控制处所（消防控制室、驾驶室），且故障信号、报警信号和启动信号应有明显区别。

5.8.6 火灾探测器应具备多级报警功能（至少两级）：

- (1)一级报警信号：至少包括检测 CO 气体浓度，推荐设定值达到 190ppm \pm 50ppm；
- (2)二级报警信号：至少包括检测电池或电池组表面温度（或温度场方式测定的等效温度），推荐设定值达到 80℃ \pm 5℃，并结合 CO、H₂ 或烟雾浓度等信号的任一条件。

5.8.7 自动喷放启动信号应为合理的组合逻辑报警信号，应充分考虑到电池包内温度、CO、H₂、烟雾浓度等参数的至少 2 种条件，并已达到 5.8.6 (2) 的二级报警阈值。

5.8.8 火灾防控装置也可与船舶电池管理系统（BMS）进行通讯，并采用相关数据信息作为喷放启动信号。

5.8.9 火灾防控装置应具备数据存储功能，主控制器能存储不少于 24h 的异常报文，至少应包括报警信息、报警时间、报警设备编号、传感器采集的报警数据值、故障信息等。

5.8.10 火灾防控装置主控制器、火灾探测器应具备自检功能，当处于异常运行状态时应发出与报警信号有明显区别的故障信号。

5.8.11 火灾防控装置启动喷放时应在被保护蓄电池舱内与船舶控制处所（消防控制室、驾驶室）发出连续声光报警。

5.8.12 声光报警器的声压等级不应小于 75dB(A)，闪光频率应为 1Hz~2Hz，并能清晰闪烁。

5.9 控制功能

5.9.1 系统控制器、复合型火灾探测器、声光报警器、释放驱动装置应由两路电源供电，备用电源可采用系统自带的蓄电池或船舶应急电源，供电时间满足相应规范对应急电源供电时间的要求。

5.9.2 火灾防控装置工作电压范围应为 DC9~36V。

5.9.3 火灾防控装置应具备自动和手动启动喷放控制功能，正常工作时应设置为自动模式，如自动启动失效，应发出报警并能切换到手动模式。

5.9.4 自动喷放启动信号应满足 5.8.7 条要求，由系统主控制器自动触发。

5.9.5 手动喷放启动控制应能由系统主控制器、延伸显示控制装置（如船舶消防控制室、驾驶室内）操作触发，并应设有防止误操作的措施。

5.9.6 自动、手动喷放启动信号触发后，应立即启动喷放，打开对应保护区域的控制阀和容器阀。

5.9.7 火灾防控装置启动喷放后，如采用气体火灾抑制介质，应在 10s 内达到设定灭火浓度；如采用液体抑制介质，应能在 3min 内注满蓄电池包并维持。

5.9.8 火灾防控装置也可设计短时间间隔多次定量喷放功能。

5.9.9 火灾防控装置每次启动时应仅能对一个分区进行喷放，喷放对象应与火灾报警信号源对象一致，不发生误动作。

5.9.10 火灾防控装置主控制器可设置手动紧急停止功能，可立即停止火灾抑制介质喷放。

5.9.11 火灾防控装置应设有与 BMS 或船舶管理系统间的通讯，在达到 5.8.6 (2) 的二级报警时，应能切断保护分区蓄电池包的外部电路，停止对其充放电。

5.9.12 火灾防控装置应设有与远程控制器、船舶蓄电池舱消防系统间的通讯功能，一般应优先启动本装置。

5.10 接口要求

5.10.1 火灾防控装置在蓄电池包处除喷嘴与火灾探测器外不应设有其它接口，其安装不应影响电池包的防护等级。

5.10.2 蓄电池包处相关接口表面不应有毛刺、异物、飞边及类似尖锐边缘。

5.10.3 管路与电气接口应便于更换维修。

5.10.4 火灾防控装置火灾抑制介质管路接头应尽量少，避免泄露；如发生泄漏时，不应引发系统故障和其他安全隐患。

5.10.5 火灾防控装置火灾探测器、主控制器、控制阀间应设有通讯接口，至少支持 CAN、Modbus、以太网通讯中的一种。

5.11 火灾防控性能要求

5.11.1 初始热失控抑制要求

按 8.4.1~8.4.2 规定的方法进行试验，火灾防控装置应满足下列要求：

- (1) 火灾抑制介质开始喷放后 30min，除触发发生热失控的电池外，其它电池的安全膜片未动作；
- (2) 火灾抑制介质开始喷放后 30min 内，每隔 3min 在电池包内点火一次，不应出现爆燃或明火现象；
- (3) 火灾抑制介质开始喷放后 30min，除触发发生热失控的电池两侧的测温点外，电池包内其它测温点的温度不大于 90℃。

5.11.2 基础功能要求

按 8.4.2 规定的方法进行试验，火灾防控装置应满足下列要求：

- (1) 显示功能：主控制器可显示报警信号、喷放对象状态等；
- (2) 报警功能：当探测到 5.8.6~5.8.7 条的多级报警信号、自动喷放启动信号时，火灾探测器、声光报警器、主控制器可发出声光报警；
- (3) 自动喷放功能：当探测到 5.8.7 条的自动喷放启动信号时，应立即启动喷放火灾抑制介质；
- (4) 手动喷放功能：手动模式下通过主控制器应能立即启动喷放火灾抑制介质，应有防止误操作功能；
- (5) 控制功能：5.9 条相关要求；
- (6) 数据信息储存、传输、反馈功能：具备与远程控制器、电池管理系统（BMS）的通讯功能。

5.11.3 初期实体火抑制要求

按 8.4.3 规定的方法进行试验，火灾防控装置应满足下列要求：

- (1) 火灾抑制介质开始喷放后 90s 内扑灭明火；
- (2) 明火扑灭后 30min 内不应出现复燃现象；
- (3) 明火扑灭后 30min 内，每隔 3min 在电池包内点火一次，不应发生爆燃或爆炸；
- (4) 明火扑灭后 30min 内，除触发发生热失控的电池外，其它电池的安全膜片未动作；
- (5) 明火扑灭后 30min，除触发发生热失控的电池两侧的测温点外，电池包内其它测温点的温度不大于 90℃。

6 原材料及零部件

蓄电池包火灾防控装置主要部件原则上应取得应急管理部消防产品合格评定中心颁发的“消防产品技术鉴定证书”，整体经 CCS 型式认可。同时应注意在船舶应用中可能发生的部分零部件改型调整等情况，应进行必要的评估，如发生主要原理性变化，应重新审图与认可。

一般情况下，蓄电池包火灾防控装置及各部件的持证要求如下：

序号	产品名称	证件类别		认可模式				审图	备注
		C/E	W	DA	TA-B	TA-A	WA	PA	
1	火灾防控装置	X	—	—	X	—	—	X	参见《船舶应用电池动力规范》表 1.3.1.3
2	火灾防控装置（蓄电池包内）								
2.1	喷嘴	X	—	—	X	O	—	X	
2.2	火灾探测器	X	—	—	X	O	—	X	
3	火灾防控装置（蓄电池包外）								
3.1	抑制介质储存容器	X	—	—	X	O	—	X	
3.2	驱动装置	—	X	—	—	—	—	X	
3.3	容器阀	X	—	—	X	O	—	X	参见《钢质海船入级规范》第 1 篇第 3 章附录 2B（如固定式气体灭火装置等）
3.4	控制阀	X	—	—	X	O	—	X	
3.5	管路管件	—	X	—	—	—	X	—	
3.6	控制器	X	—	—	X	O	—	X	
3.7	声光报警器	—	X	—	X	O	—	X	
3.8	电线电缆	X	—	—	—	—	X	X	

符号说明：

- (1) C—产品证书；E—等效证明文件；W—制造厂证明。
- (2) DA—设计认可；TA—型式认可；WA—工厂认可；PA—审图。
- (3) X—适用；O—可选；—不适用。
- (4) 如无“C/E”要求，制造厂在产品供货时应随制造厂证明（正本）提供相应的认可证书复印件。

7 典型样品的选取

7.1 型式认可时，应对包括火灾抑制介质储存容器、驱动装置、容器阀、控制阀、连接管路管件、喷嘴、火灾报警探测器、控制器等的全套装置进行试验。除此之外，还应选取每种部件，进行 8.2 条的部件功能试验。

7.2 型式认可时，应对每种型号火灾防控装置进行型式试验。如有不同规格的火灾抑制介质容器、管路、分区形式、喷嘴，则每种型号都应进行试验，样品应现场随机抽取。

8 型式试验

8.1 火灾防控装置系统试验项目

序号	试验项目	试验要求	试验方法	备注
1	外观与结构检查	GD019-2024 2.1	GD019-2024 2.1	
2	功能试验	8.9	8.9	
3	火灾防控 试验	初始热失控抑制试验	5.11.1	8.4.1
4		基础功能试验	5.11.2	8.4.2
5		初期实体火抑制试验	5.11.3	8.4.3

8.2 火灾防控装置部件试验项目

序号	试验项目	试验对象	试验要求	试验方法	备注
1	外观检查	①~⑨	GD019-2024 2.1	GD019-2024 2.1	注 1: ①火灾抑制介质容器 ②驱动装置 ③容器阀、控制阀 ④管路管件 ⑤喷嘴 ⑥火灾探测器 ⑦声光报警器 ⑧控制器 ⑨电线电缆 注 2: 第 6~12 试验对象中③仅适用于含电气部件的容器阀、控制阀。
2	绝缘电阻测量	⑥~⑧	GD019-2024 2.3	GD019-2024 2.3	
3	能源波动试验	⑥~⑧	GD019-2024 2.4	GD019-2024 2.4	
4	能源故障试验	⑥~⑧	GD019-2024 2.5	GD019-2024 2.5	
5	振动试验	⑥~⑧	GD019-2024 2.7	GD019-2024 2.7	
6	高温试验	③、⑥~⑧	GD019-2024 2.8	GD019-2024 2.8	
7	低温试验	③、⑥~⑧	GD019-2024 2.9	GD019-2024 2.9	
8	交变湿热试验	③、⑥~⑧	GD019-2024 2.10	GD019-2024 2.10	
9	盐雾试验	③、⑥~⑧	GD019-2024 2.12	GD019-2024 2.12	
10	耐电压试验	③、⑥~⑧	GD019-2024 2.14	GD019-2024 2.14	
11	外壳防护试验	③、⑥~⑧	GD019-2024 2.15	GD019-2024 2.15	
12	电磁兼容性试验	③、⑥~⑧	GD019-2024 3	GD019-2024 3	
13	充装密度试验	①	8.5	8.5	
14	密性试验	①、③、④	8.6	8.6	
15	强度试验	①~⑤	8.7	8.7	

16	流量试验	②、④、⑤	8.8	8.8
17	CO 探测报警试验	⑥	5.8.6	GB 15322.1-2019 5.3, 5.5, 5.7 或 IEC 60079-29-1, 5.4.4.5, 5.4.5, 5.4.15
18	H ₂ 探测报警试验	⑥	5.8.6	GB 15322.1-2019 5.3, 5.5, 5.7 或 IEC 60079-29-1, 5.4.4.5, 5.4.5, 5.4.15
19	感温探测报警试验	⑥	5.8.6	GB 30122-2013 5.7, 5.8
20	感烟探测报警试验	⑥	5.8.6	GB 20517-2006 5.10, 5.11, 5.12

8.3 火灾防控试验一般要求

8.3.1 火灾防控试验的结果应与锂电池类型、电池规格、电池包组成结构等关键条件相对应。当以上关键条件变化时，应重新进行火灾防控试验。

火灾防控试验选择的电池单体模型与蓄电池包模型（第 8.3.4、8.3.5 条）一般应选用较大规格的典型船用电池模型进行试验。经型式认可后的火灾防控装置，实际应用时应经评估是否适配于其它规格的船用磷酸铁锂蓄电池包。一般以单体额定容量（Ah）与电池包总电量（kWh）来评估，船用蓄电池包的上述规格参数如不大于试验模型时可认为适用。

8.3.2 火灾防控试验分为：初始热失控抑制试验、基础功能试验、初期实体火抑制试验。

8.3.3 试验设备

试验设备应满足下列要求：

- (1) 温度测量设备宜选用贴片式 K 型热电偶，电偶直径不大于 1mm；
- (2) 数据采集设备应能连续监测、记录试验过程参数，采样周期不大于 1s；
- (3) 时间测量设备量程不小于 60min，分度值不大于 1s；
- (4) 电池加热装置功率选择见下表。

触发对象能量 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 大于 800	>600

8.3.4 电池单体模型

电池单体模型选用方形磷酸铁锂锂离子电池，由电池单体组成数个模组。将电池单体及替代模型按实际使用情况置于电池包内部，试验电池单体与相邻电池单体为实体电池单体，实体电池单体数量不应少于 7 块。

8.3.5 磷酸铁锂蓄电池包模型

选择标准锂离子电池包，电池包尺寸应符合 GB/T 34013-2017 中的规定，也可采用典型的船用电池包模型。电池包顶部和侧部均设有观察口，观察口采用耐高温、高强度的玻璃封挡。电池包侧部开有穿线孔、火灾抑制介质管路安装口等。

初始热失控抑制、基础功能试验模型为封闭电池包。初期实体火抑制试验电池包顶部开口，开口面积为箱盖面积的 5%，沿电池包长边开口，布置形式参考图 1 和图 3。

8.3.6 试验触发方式

试验采用加热触发方式使锂电池发生热失控。进行初始热失控防控试验、基础功能试验与初期实体火抑制试验时，按如图 1 所示的电池单体进行加热，电池单体的 SOC 均为 100%。

8.4 火灾防控试验方法

8.4.1 初始热失控抑制试验

将电池布置于电池包模型内部，并在图 1 所示的电池单体处安装加热设备，并使加热设备与电池紧密接触。在试验电池周围布置多个测温装置（如图 1、图 2 所示），监测与其相邻位置处电池的温度，电池包设置必要的安全泄压措施。关闭电池包顶盖，启动加热装置对电池单体加热，直至电池发生热失控，关闭加热装置电源，持续 3min 或被加热电池背面温度超过 130℃（以先到者为准），手动启动火灾防控装置。每隔 3min 在电池包内采用电点火装置点火一次，观察电池包是否有爆燃现象。记录启动喷放后 30min 电池包各测温点的温度数据。

8.4.2 基础功能试验

将电池按图 1 所示布置于电池包内部，并在图 1 所示的电池单体处安装加热

装置，并使加热设备与电池紧密接触。按制造商设计设置复合型火灾探测器、声光报警器、喷嘴与火灾防控装置其他部件，并在试验电池周围布置多个测温装置（如图 1、图 2 所示）。关闭电池包顶盖，启动加热装置对电池加热，观察复合型火灾探测器、声光报警器及火灾防控装置在满足火灾抑制介质喷放时的警示情况、自动与手动启动情况、抑制介质喷放情况。同时记录各测温装置的数据。

8.4.3 初期实体火抑制试验

将电池按图 3 所示布置于电池包内部，并在图 3 所示的电池单体处安装加热设备，并使加热装置与电池紧密接触。在试验电池周围布置多个测温装置（如图 2、图 3 所示），监测与其相邻位置处电池的温度。关闭电池包顶盖，启动加热装置对电池单体加热，至电池发生热失控，关闭加热装置电源，采用明火引燃，起火后持续燃烧 3min 或被加热电池背面温度超过 150℃（以先到者为准），手动启动火灾防控装置。每隔 3min 在电池包内点火一次，观察电池包是否有爆燃现象。记录灭火时间，明火扑灭后 30min 电池包各测温点的温度数据。试验进行 3 次，其中 2 次试验成功则判定满足要求。

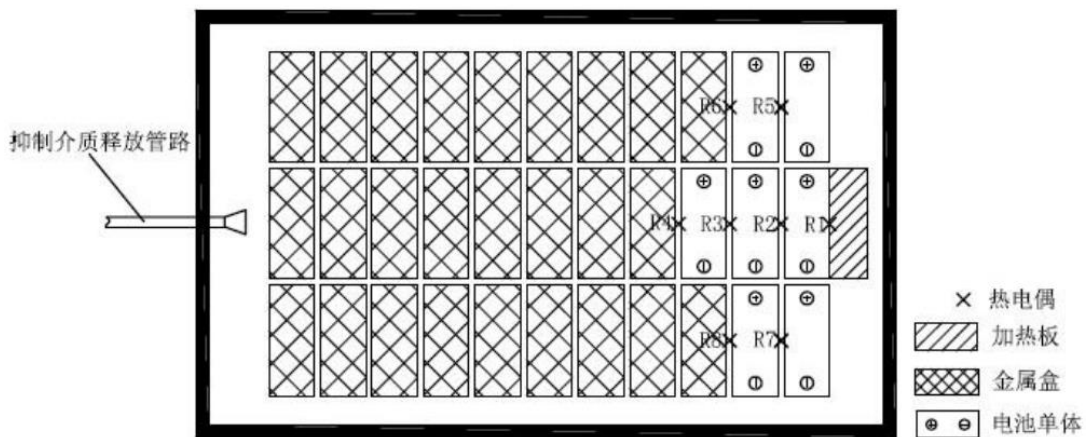


图 1 初始热失控防控试验布置

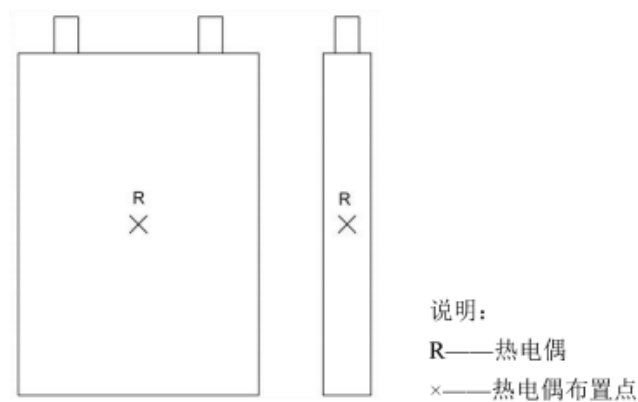


图 2 电池单体测温点位置

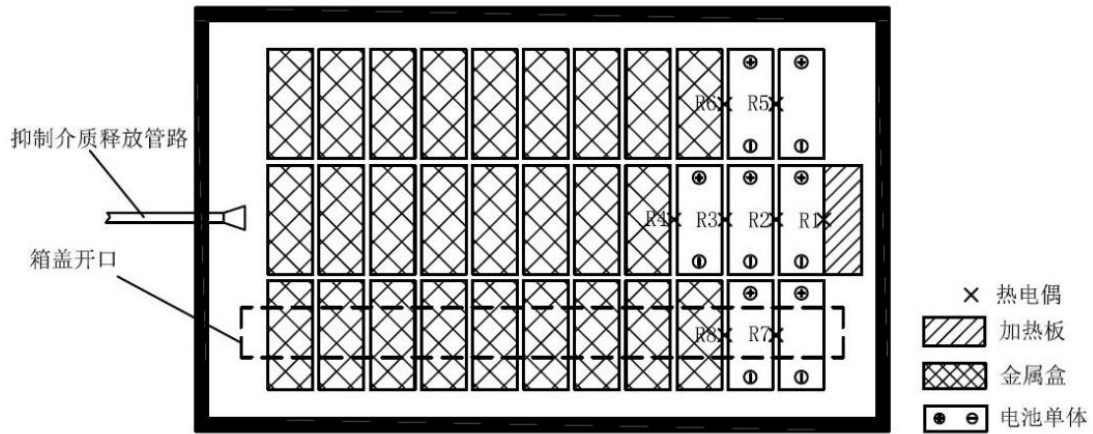


图3 初期实体火抑制试验布置

8.5 充装密度试验

按 GB 25972-2010《气体灭火系统及部件》5.2.3 条、ISO 14520-5-2024 相关要求进行试验，火灾抑制介质储存装置的充装密度不应大于瓶组设计值。

8.6 密性试验

进行密性试验检查渗漏情况时，应逐步缓慢加压至试验压力，试验压力应不低于最大工作压力，持续时间 5min。应无渗漏、变形。

8.7 强度试验

强度试验的试验压力应不低于设计最大工作压力的 1.5 倍，保压时间 5min。应无渗漏、变形或损坏。强度试验也可结合密性试验进行。

8.8 流量试验

驱动装置、管路与喷嘴连接后，按泵的设计条件（标定转速和标定压力）检查泵的流量，应满足设计条件要求。

电池包喷嘴和压力表安装在一供应管路上，以从最低工作压力到额定工作压力的大约 10% 的压力间隔测量喷嘴流量，应在设计值的 $\pm 5\%$ 范围内。

8.9 系统功能试验

火灾防控装置安装完工后，对系统进行外部检视，检查系统各部件的完整性、布置和结构、火灾抑制介质容量等是否符合批准图纸和计算书的要求。检查各部件的制造与安装质量及其固定情况。

进行自动、手动喷放启动效用试验（不释放火灾抑制介质），验证报警装置与动作时间、分区施放、遥控与通讯等功能。

9 单件/单批检验

9.1 火灾防控装置的原材料和零部件应按第 6 条中的要求持证。

9.2 同一规格型式的首套火灾防控装置的试验应按本指南第 8 条要求进行型式试验。在工厂完成自检试验的基础上，后续产品的检验按单件/单批检验试验项目进行。

9.3 单件/单批检验前，制造厂应提交同等型号的“消防产品技术鉴定证书”、典型蓄电池包模型实体火灾试验检验报告、火灾监测及报警装置检验报告、瓶组管路液压试验工厂检验报告供验船师审核。

9.4 单件/单批检验原则上应逐件检验，检验试验项目应至少包括：

- (1) 外观与结构检查；
- (2) 绝缘电阻测量试验；
- (3) 充装密度试验（8.2.13 条）；
- (4) 密性试验（8.2.14 条）；
- (5) 强度试验（8.2.15 条）；
- (6) 流量试验（8.2.16 条）；
- (7) 系统功能试验（8.9 条）。