



中国船级社

# 船舶应用电池动力规范

202X 修改通报

(初稿)

北京

# 简要编写说明

本次修改通报是在《船舶应用电池动力规范》（2023）基础上，收集了半年来咨询函件以及业界对《船舶应用电池动力规范》的反馈意见，结合近一段时间几起电池动力船舶的事故调查中对《船舶应用电池动力规范》及相应水域航行船舶规范的梳理结论进行编制，主要修订内容如下：

## 第 1 章

1. 明确了电池动力船应设置应急电源，规定了应急电源的型式、安装处所、供电范围、供电时间要求。

2. 新增电池动力船动力系统关键设备如船舶管理系统（含 PMS/EMS/AMS）、电池管理系统（BMS）、逆变器（DC/AC）、变频器（DC/AC 或 AC/DC/AC）、斩波器（DC/DC）、固态开关等应在产品认可阶段进行可靠性验证的要求。

## 第 2 章

1. 调整了可燃气体探测系统电源供电的要求。

## 第 4 章

1. 明确了配电系统冷却系统采用液冷方式的具体要求。

2. 增加了交流配电系统供电逆变器的数量要求、交流汇流排分段要求和供电连续性的要求。

## 第 5 章

1. 明确了蓄电池舱的限界面上不应开窗的要求。

2. 新增蓄电池舱供排气通风用的所有开口，应能在该处所失火时在处所外部予以关闭的要求。

3. 调整了船长小于 20m 的内河船舶消防设施的配备要求；

4. 调整了电池舱内手提式灭火器的配备要求；

5. 完善了电池动力船船体、上层建筑、结构舱壁、甲板、甲板室和立柱等的可燃材料或阻燃材料使用的要求。

6. 调整了火灾探测系统、应急排风系统的供电要求。

## 第 6 章

1. 明确了电池包采用液冷方式的具体要求。

2. 调整了 BMS 电源供电的要求。

## 第 7 章

1. 明确了箱式电源船上布置时叠放层数的要求。

2. 明确了箱式电源船上布置区域水消防的要求。

新增：

第 8 章 演习和操作培训要求

第 9 章 动力系统风险评估要求

第 10 章 电池动力船检验和试验要求

# 目 录

第1章 通则.....	4
第1节 一般规定.....	4
第2节 蓄电池及系统可靠性要求.....	5
第3节 检验.....	6
第2章 船舶布置.....	9
第3节 蓄电池箱（柜）.....	9
第4章 电池动力配电系统.....	错误！未定义书签。
第1节 一般规定.....	错误！未定义书签。
第2节 直流配电系统.....	错误！未定义书签。
第3节 交流配电系统.....	12
第5章 消防.....	13
第2节 防火与探火.....	13
第3节 灭火.....	错误！未定义书签。
第5节 纤维增强塑料船的特殊要求.....	14
第6章 蓄电池船用技术要求.....	15
第4节 蓄电池包.....	15
第5节 电池管理系统（BMS）.....	15
第7章 船舶应用箱式电源的补充规定.....	错误！未定义书签。
第2节 箱式电源技术要求.....	16
第3节 箱式电源船上布置.....	16
第5节 消防.....	16
第8章 演习和操作培训.....	18
第1节 一般规定.....	18
8.1.1 目的.....	18
8.1.2 功能要求.....	18
第2节 操作.....	18
8.2.1 一般要求.....	18
8.2.2 操作手册.....	18
第3节 维护保养.....	19
8.3.1 一般要求.....	19
8.3.2 维护保养.....	19
第4节 指导、船上培训和演习.....	19
8.4.1 指导、职责和组织.....	19
8.4.2 船上培训和演习.....	19
8.4.3 培训手册.....	19
第9章 风险评估.....	21
第1节 一般规定.....	21

9.1.1 一般要求.....	21
第2节 评估范围.....	21
9.2.1 一般要求.....	21
第3节 评估流程与方法.....	22
9.3.1 一般要求.....	22
9.3.2 危险识别.....	22
9.3.3 危害性分析.....	22
9.3.4 可能性分析.....	22
9.3.5 风险评价.....	22
9.3.6 决策建议.....	23
附录1 风险评估报告目录示例.....	24
附录2 FMEA 风险评估表.....	25
附录3 FMEA 风险等级评判方法.....	26
第十章 纯电动船舶试验要求.....	27
第1节 一般规定.....	27
10.1.1 一般要求.....	27
第2节 陆上联调.....	27
10.2.1 试验范围.....	27
10.2.2 试验目的.....	27
10.2.3 试验准备.....	27
10.2.4 电池系统试验.....	27
10.2.5 配电系统试验.....	28
10.2.6 推进系统试验.....	30
第3节 系泊试验.....	31
10.3.1 试验范围.....	31
10.3.2 试验目的.....	31
10.3.3 试验准备.....	31
10.3.4 电池系统试验.....	31
10.3.5 配电系统试验.....	31
10.3.6 推进系统试验.....	32
10.3.7 冷却系统.....	32
10.3.8 箱式电源.....	32
第4节 航行试验.....	32
10.4.1 试验目的.....	32
10.4.2 试验准备.....	32
10.4.3 航行性能试验.....	33
10.4.4 推进系统试验.....	33

# 第 1 章 通则

## 第 1 节 一般规定

新增 1.1.1.8

1.1.1.8 纯电池动力船舶的动力系统（含电池系统、配电系统和推进系统）应根据本规范第 9 章的要求进行风险评估。电池混合动力船舶的电池系统的风险评估可参照本规范第 9 章的相关要求进行。

1.1.4.2 适用于 1.1.1.1 的蓄电池 ~~必须提供风险评估报告，该报告需包含~~，其厂商应基于理论分析和试验数据提供 1.1.4.65 安全分级中包含的各要素 ~~并给出判断结果，所有判断需基于理论分析和试验数据。~~

~~1.1.4.4 未通过热失控扩散试验的蓄电池禁止船用。热失控试验方法按 CCS 船用锂电池产品相关检验指南对应要求执行。~~

1.1.4.54 未通过热失控扩散试验的蓄电池禁止船用。热失控扩散试验方法按 CCS 船用锂电池产品相关检验指南对应要求执行，试验结果满足 6.3.4.3 的要求。

1.1.4.65 蓄电池应按照表 1.1.4.65 要求进行分级。安全级别从 1~2 级递增。安全等级为 1 的蓄电池通过严格的防护可船用；安全等级为 2 的蓄电池采用通用安全措施则可船用。

安全分级一览表

表 1.1.4.65

安全等级	热失控		燃烧（爆炸）风险
	释放氧气	释放有毒可燃气体	
1	√	√	较高
2		√	较低

1.1.4.76 在热失控情况下正极材料释放氧气和有毒可燃气体，燃烧（爆炸）风险较高的蓄电池，安全等级为 1。

1.1.4.87 在热失控情况下正极材料仅释放有毒可燃气体，燃烧（爆炸）风险较低的蓄电池，安全等级为 2。

1.1.4.98 船长超过 50 米或载客人数超过 150 人的客船，以及所有载运（含散装和包装）危险货物的船舶、油船、液化气体运输船舶的蓄电池应为安全等级 2 的蓄电池，且蓄电池包防护等级应不低于 IP67，温度调节措施和火灾防控措施应满足 6.4.3.4 和 6.4.3.5 的要求。

1.1.4.109 纤维增强塑料船的蓄电池应为安全等级 2 的蓄电池，且蓄电池包防护等级应不低于 IP67，温度调节措施和火灾防控措施应满足 6.4.3.4 和 6.4.3.5 的要求。

1.1.7.1(10) 蓄电池舱灭火系统原理图、布置图及灭火剂量计算书；

新增 1.1.7.1(13)

1.1.7.1(13) 电池动力船动力系统(含电池系统、配电系统和推进系统)风险评估报告。

~~1.1.7.2 对于电池动力船舶的风险评估，应根据其用途分别由电池生产厂商、电池系统成套商、船舶设计单位完成并提供 CCS 备查。风险评估应包括如下内容：~~

~~(1)危险识别(所有可能潜在危险的清单)；~~

~~(2)风险评估(风险因素评估)；~~

~~(3)风险控制选项(设计控制和减少识别风险的措施)；~~

~~(4)必须采取的措施；~~

~~(5)是否符合本规范的相关要求的说明、拟采用电池类型(化学)所代表的所有潜在危险，并至少包括：~~

~~① 蓄电池正常工作及热失控状态下主要原材料的化学反应方程式及可能释放气体成分清单；~~

~~① 气体蔓延风险(有毒、易燃、腐蚀性)；~~

~~② 火灾风险；~~

~~③ 爆炸风险；~~

~~④ 必要的检测和报警系统(气体检测、火灾检测等)和通风；~~

~~⑤ 外部风险(火灾、水侵入等)；~~

~~⑥ 主要或重要服务的推进或辅助动力损失。~~

## 第 2 节 蓄电池及系统可靠性要求

1.2.3.2 如设置公共电站兼做主电源和电力推进电源，应符合下列规定：

(1) 蓄电池组的配备、功能和总电量应满足 1.2.3.1 的规定；

(2) 电站的控制系统应保证在推进和日用负载之间安全地分配电力，若有必要，可以卸掉非重要负载和/或降低推进功率；

(3) 主汇流排至少分成两段，并按下列方式之一设置：

① 分段之间不连接，实行分区供电；

② 分段之间应采用母联保护装置连接，在主汇流排发生短路或类似故障时母联保护装置应首先动作，保证非故障的一侧正常供电。母联保护装置宜采用固态开关，当采用其他类型的保护装置时，应提交证明材料说明在任何工况下，保护装置均能实现同样的选择性。，自动断开母联保护装置，故障影响相邻段母排的持续时间和严重程度应予以限制，不应导致相邻段母排上各支路保护电器动作和设备停止运行。如无法避免相邻段母排上各支路保护电器动作和设备停止运行，应能在母联保护装置断开后立即自动恢复相邻母排上的供电和设备运行；母联保护装置建议采用固态开关（数十或数百  $\mu$ s 动作并隔离故障），若采用其他类型的母联保护装置时，应提交证明资料说明在任何工况下均能达到同样的安全性和可靠性。

- (4) 应尽可能将蓄电池组、推进系统设备及其他设备均分连接到主汇流排分段上；
- (5) 主汇流排每一分段上至少应连接有一蓄电池组，任一分段的蓄电池组不工作时，剩余分段的蓄电池组应能满足推进系统和等效操舵设备对船舶的有效推进和操舵，以及其他设备的用电。同时应维持一定航速至船舶到达最近港口；
- (6) 应采取有效的措施，避免单一故障导致全船失电；
- (7) 应采取有效的措施，避免多个绝缘电阻监测装置同时工作。

1.2.3.7 船舶应设置应急电源。应急电源应采用蓄电池。当主电源失效时，应急电源应能自动投入。应急电源的安装、供电时间满足船舶航行水域的对应的规范、法规对应急电源的要求；对于相关规范法规仅要求设临时应急电源的船舶，应急电源的安装、供电时间应满足临时应急电源的相应要求。但对本条⑥、⑦的供电时间应不小于30分钟。除船舶航行水域对应的规范法规要求外，应急电源的供电范围还应满足下列要求：

- (1) 船长大于等于20米时，还应包括：
  - ① 船舶管理系统(含能量管理系统(EMS)/功率管理系统(PMS)/监测报警系统(AMS))；
  - ② 电池管理系统(BMS)；
  - ③ 可燃气体探测系统；
  - ④ 固定式探火和失火报警系统；
  - ⑤ 应急排风系统；
  - ⑥ 舵机动力装置及其控制系统(适用于采用传统螺旋桨+舵装置的船舶)；
  - ⑦ 1套主推进装置(至少应能维持50%的推进动力)和回转机构的动力及控制系统(适用于采用全回转推进装置、轮缘推进装置、直翼舵桨推进装置、喷水推进装置等的船舶)。
- (2) 船长小于20米时，还应包括本条(1)①~⑤。

### 第3节 检验

1.3.1.3 除另有规定外，船舶电池系统及其零部件应按表1.3.1.3要求持有证书。

船用电池系统持证清单

表1.3.1.3

序号	产品名称	证件类别		认可模式				审图
		C/E	W	DA	TA-B	TA-A	WA	PA
1	电池系统	X	—	—	—	—	—	X
1.1	蓄电池模块/蓄电池包	X	—	—	X	—	—	X
1.1.1	蓄电池单体	X	—	—	X	—	—	X
1.1.2	电池管理系统(从控)	—	X	—	X	—	—	X
1.1.3	传感器	—	X <sup>+</sup>	—	X <sup>+</sup>	—	—	X
1.1.4	电线电缆	—	X	—	—	—	X	X
1.1.5	火灾防控装置(蓄电池包部分,如设有)	X	—	—	X	—	—	X

1.2	高压箱（柜）	X	—	—	—	—	—	X
1.2.1	电池管理系统（主控）	X	—	—	X	—	—	X
1.2.2	断路器	—	X	—	X	—	—	X
1.2.3	直流断路器	—	X	—	X <sup>3</sup>	—	—	X
1.2.4	电工仪表	—	X	—	X	—	—	X
1.2.5	接触器	—	X	—	X	—	—	X
1.2.6	电源变换装置（充电机、功率 50kw 及以上的变频器等）	X	—	—	X	—	—	X
1.2.7	继电器	—	X	—	X <sup>3</sup>	—	—	X
1.2.8	熔断器	—	X	—	X <sup>3</sup>	—	—	X
1.2.9	显示器	—	X <sup>4</sup>	—	X <sup>1</sup>	—	—	X
1.2.10	电线电缆	—	X	—	—	—	X	X
1.3	电线电缆	X <sup>2</sup>	—	—	—	—	X	X
1.4	火灾防控装置	X	—	—	X	—	—	X

备注：

1. 如外购件的持证无法满足要求，应与整体产品进行成套型式试验；
2. 系指用于电池包/电池模块外部连接用的电线电缆；
3. 经 CCS 特别同意可以接受；
4. 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。

~~(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。~~

对于上表中有产品证书要求的电池系统部件，如由电池系统制造厂制造且仅用于该厂产品，则应按照 CCS 要求进行检验，可不单独签发产品证书。

新增 1.3.1.4 条

1.3.1.4 电动动力船动力系统（含电池系统、配电系统和推进系统）的关键设备，如船舶管理系统（含 PMS/EMS/AMS）、电池管理系统（BMS）、逆变器（DC/AC）、变频器（DC/AC 或 AC/DC/AC）、斩波器（DC/DC）、固态开关等应在产品认可阶段进行可靠性验证，并持有本社签发的可靠性符合证明。可靠性验证应依据本社指导性文件《船舶设备与系统可靠性验证指南》（GD28-2023）的要求进行。

1.3.2.1 检验程序、检验方式、检验种类、检验间隔期、检验条件、检验前准备、检

验、试验要求和船舶图纸、资料、证书、记录和报告的保存等要求，应按 CCS 有关规范执行。船上保存的文件资料除满足 CCS 相关规范要求外，尚应包括本规范第 6 章 6.6.4 条和第 8 章所要求文件资料。

1.3.2.2 (12) ~~电池系统的功能检验，包括：~~本规范第 10 章规定的试验的项目。

~~a) 蓄电池的充放电装置功能试验；~~

~~b) 电池管理系统安全保护功能试验。~~

~~(13) 直流配电系统的功能试验（详见《船舶直流综合电力系统检验指南》的相关要求）；~~

~~(14) 电力推进系统的功能试验（详见本社相应规范中的要求）；~~

~~(15) 电池系统与 CCS 检验验证平台数据传输功能检验；~~

~~(16) 箱式电源产品送审图（如有时）；~~

~~(17) 箱式电源船上布置图（如有时）；~~

~~(18) 箱式电源应通过换电操作试验（如有时）；~~

~~(19) 箱式电源内对外传输信号的设备检验（如有时）。~~

征求意见稿

## 第2章 船舶布置

### 第3节 蓄电池箱（柜）

#### 2.3.3 蓄电池箱（柜）的冷却

2.3.3.1 蓄电池箱（柜）设有独立的温度调节装置时，均采用机械通风或其他温度调节装置，以避免蓄电池箱（柜）内温度过高。

通风量 不应小于下式计算所得之值：

$$q' = k(nQ + Q_1) / (0.335\Delta t) \quad \text{m}^3/\text{h}$$

式中：  $Q$  —— 单个蓄电池模块工作时自身产生的发热量，W；

$Q_1$  —— 其他热源发热量，W；

$n$  —— 蓄电池模块总数；

$\Delta t$  —— 蓄电池箱（柜）与外面空气的最高温度差， $^{\circ}\text{C}$ ；

$k$  —— 风扇裕量常数，实际选择时取 1.5~2。

2.3.3.2 采用液冷方式时，应满足本规范 6.4.3.4（1）条的相关要求。

2.3.3.23 采用其他温度调节装置（如空调）时，应充分考虑蓄电池和其他热源发热量。

2.3.4.5 可燃气体探测装置应由两路电源供电，其中一路应由其服务的蓄电池箱（柜）以外的电源供电，供电时间满足相应规范对应急电源供电时间的要求应急电源供电，两路电源应能自动转换。

## 第4章 电池动力配电系统

### 第1节 一般规定

4.1.1.6 服务于配电系统的冷却系统~~单一故障不应引起全船失电。~~应满足下列要求：

(1) 采用液冷方式时，应满足：

- ① 设置至少2台足够排量的冷却泵，每台冷却泵的排量应满足配电系统的冷却需要量；
- ② 如为闭式冷却系统，则应至少设置两个冷却循环舱柜，其布置应确保当任一舱柜检修时，不会影响另一个舱柜的正常使用。对于开式冷却系统，则冷却水应能从船舶两舷吸入；
- ③ 冷却液循环舱柜应装设注入管、溢流管、空气管、放泄阀和液位计；
- ④ 开式冷却系统的冷却泵与海水箱之间应设置滤器，闭式冷却系统如设有滤器，则滤器结构或布置应确保清洗滤器时不影响冷却系统正常使用。
- ⑤ 如配电系统与船上其他设施共用冷却系统，则冷却系统的布置应确保服务于配电系统或其他设施冷却系统的故障，不会影响发生故障以外系统或设施的正常使用。

(2) 采用其他冷却方式时，应根据配电系统的换热量进行计算确定其冷却系统的额定值，并考虑适当冗余。

### 第2节 直流配电系统

4.2.1.1 船舶设置直流母排系统时，安全性和可靠性应与传统船舶处于同一水平。

~~4.2.1.2 保护设备应提供过流保护，包括短路保护。所使用的保护设备应具有完全的选择性，满足《船舶直流综合电力系统检验指南》第3章的有关要求，并符合6.6.1.4的要求。~~

~~4.2.1.3 直流配电系统的电磁兼容设计应按不低于CCS接受的标准进行分析和评估，包括外界电磁环境对系统的影响和系统内部自身强弱电设备间的互相影响（自兼容），满足《船舶直流综合电力系统检验指南》第5章的有关要求。~~

~~4.2.1.4 应用直流母排系统的电池动力船舶应在船上备有操作手册，手册应包含下列信息：~~

~~(1) 系统的详情和说明；~~

~~(2) 系统和设备的操作说明；~~

~~(3) 设备安装布置的维护说明，包括但不限于：防止触电及电弧保护等；~~

~~(4) 软件管理，包括系统中安装的所有软件的版本列表，以及系统或设备特定配置的参数列表等。~~

~~4.2.1.5 应对直流母排系统进行安全评估，安全评估应包括以下步骤：~~

~~(1) 列出所有正常以及可能发生的事故（故障）原因和结果，如启动、正常关机、停止~~

~~使用和故障保护等；~~

~~(2)评估各风险因素，应考虑机械、电气和人为故障因素以及设计运行参数以外的误操作等；~~

~~(3)风险控制措施；~~

~~(4)需要采取的安全动作；~~

~~(5)电气保护理念；~~

~~(6)软件设计和安全性评价；~~

~~(7)形成 FMEA 报告。~~

~~4.2.1.6 直流母排系统应提供功能说明，应包括如下资料；~~

~~(1)电力推进系统构成，应包括构成系统的主要动力设备；~~

~~(2)安装及布置说明，应包括系统的主要动力设备安装情况；~~

~~(3)功能描述，应包括在正常情况和可以预见的异常情况下，系统的各项功能和性能符合规范的情况，包括但不限于；~~

~~① 异常情况下，各种降级模式下的操作；~~

~~② 负荷的管理及分配；~~

~~③ 系统接地原理；~~

~~④ 电气保护理念；~~

~~⑤ 系统稳定性；~~

~~⑥ 变流器及开关设备的动作。~~

~~(4)技术规格，应包括系统技术细节，如电压、电流、功率等；~~

~~(5)设备外形图和尺寸；~~

~~(6)设备外部接线图；~~

~~(7)测试报告。~~

~~4.2.1.7 直流母排系统应提供短路试验报告，设备和元件的短路电流承载能力的验证及分析应包含在试验报告中。当无法提供经现场验船师见证的试验报告时，应补充进行相应试验，这些试验可以在工厂完成，也可以在装船后完成。同型直流母排系统应用在后续其他船舶时，无需再次试验，仅提供首制船试验报告即可。~~

4.2.1.2 直流配电系统的设计应满足 CCS《船舶直流综合电力系统检验指南》第 2 章的相关要求。

4.2.1.3 直流配电系统保护设备应提供过流保护，包括短路保护。保护设备应具有完全的选择性，并满足《船舶直流综合电力系统检验指南》第 3 章的相关要求。

4.2.1.4 直流配电系统控制和监测的设计应满足 CCS《船舶直流综合电力系统检验指南》第 4 章的相关要求。

4.2.1.5 直流配电系统的电磁兼容设计应分析和评估外界电磁环境对系统的影响和系统内部自身强弱电设备间的互相影响（自兼容）。并满足《船舶直流综合电力系统检验指南》第 5 章的相关要求。

4.2.1.6 直流配电系统应进行故障模式和影响分析，并满足 CCS《船舶直流综合电力系统检验指南》第 6 章的相关要求。

4.2.1.7 直流配电系统的产品检验、建造中和建造后检验应满足 CCS《船舶直流综合电

力系统检验指南》第1章的相关要求。

### 第3节 交流配电系统

4.3.1.1 船舶设置交流配电系统时，除满足本节要求外，尚应满足本社相应水域航行船舶规范和《船舶直流综合电力系统检验指南》的相关要求。

4.3.1.2 交流配电系统电源应至少由2台逆变器组成。当任意1台逆变器停止工作时，其余逆变器仍能：

(1) 继续对保障船舶正常航行、船舶安全及冷藏货物所必需的设备供电。同时最低舒适居住条件也应得到保证，至少应包括适当的炊事、取暖、食品冷冻、机械通风、卫生和淡水等设备的供电；

(2) 交流配电系统最大电动机起动时所导致的系统电压降低，不会使任何电机失速或使任何其他设备失效。

4.3.1.3 交流配电池的主汇流排应至少分成两个独立的分段，分段应由带保护装置的断路器连接，并尽可能将逆变器和其他双套设备均分地连接于这些分段上；分段连接断路器、电源端及负载端的断路器应满足完全选择性保护的要求。。

4.3.1.4 交流配电系统供电连续性，应符合下列要求：

(1) 在正常由一台以上逆变器并联供电的情况下，应设有包括将非重要设备自动卸去保护措施，以确保当运行中任何一台逆变器停止工作后，其余逆变器能继续运行，并保持对操舵和保证船舶安全所必需设备的供电；

(2) 在正常由一台逆变器供电的情况下，应提供措施，以能在失电后自动起动备用逆变器，并自动连接至主配电板。该逆变器应具有足够的容量，以保证重要辅助设备的自动起动或自动顺序起动。

## 第5章 消防

### 第2节 防火与探火

5.2.1.3 蓄电池舱与燃油或滑油舱柜之间应进行隔离，两者之间不应具有共同界面。所载燃油闪点~~不大于~~小于60℃的燃油舱，其与蓄电池舱之间应采用至少900mm的隔离空舱进行隔离。

新增5.2.1.5如下：

5.2.1.5 蓄电池舱的限界面上不应设置窗和舷窗。

5.2.2.2 对于设有安全等级为2的蓄电池的每一舱室，应设置独立的应急排气系统，以便及时排出蓄电池热失控情况下产生的可燃气体。当探测到舱室内可燃气体浓度大于其爆炸下限（体积分数）的20%时，应自动启动应急排气系统，从风机排出的气体应引至开敞甲板上的安全地点，并远离有人居住或含有热源的处所，对于船长大于等于20m的船舶，应急排风口应再时远离其他处所的进风口或入口至少3米。应急排气量应按该处所换气次数不小于30次/h进行计算。应急排风机应采用不会产生火花的型式。应急排气管应由钢或其他等效材料制造，管路贯穿的细节应满足通风系统的相关要求。当应急排气系统由5.2.2.1所述的通风系统兼用时，该通风系统应同时符合本条要求。

5.2.2.3 应急排气系统应由两路电源供电，其中一路应由~~其服务的电池箱（柜）以外的电源供电，供电时间满足相应规范对应急电源供电时间的要求~~应急电源供电，两路电源应能自动转换。

新增5.2.2.5如下：

蓄电池舱供排气通风用的所有开口，应能在该处所失火时在处所外部予以关闭。

5.2.3.3 固定式探火和失火报警系统应由两路供电。其中一路应由~~其服务的电池箱（柜）以外的电源供电，供电时间满足相应规范对应急电源供电时间的要求~~应急电源供电，两路电源应能自动转换。

### 第3节 灭火

5.3.1.1 ~~对于设有水灭火系统的船舶，~~应在蓄电池舱或开敞甲板上蓄电池箱（柜）附近

至少配备2只水柱/水雾两用型的水枪。应有措施保证当任一蓄电池舱或蓄电池箱（柜）失火时消防泵仍能正常工作。消火栓应设在船上适当位置，避免蓄电池舱或蓄电池箱（柜）的失火导致船员无法接近。应充分考虑应对蓄电池火灾所产生的大量水的排放，而不至于影响船舶稳性。

~~5.3.1.2对于未设置水灭火系统的船舶，应在蓄电池舱或开敞甲板上蓄电池箱（柜）附近至少备有2只带适当长度绳子的消防水桶，船上已配备消防水桶的除外。~~

船长小于20m的内河船舶（无围蔽上层建筑/甲板室且航行时间不超过30min的除外）应设置水灭火系统，并符合下列规定：

（1）消防泵及消防总管的布置应确保至少有1股水柱能喷射至人员所能到达的任何处所。消防泵的排量应不少于10m<sup>3</sup>/h；

（2）如不设专用消防泵，则动力舱底泵、压载泵均可兼作为消防泵；

（3）至少配备1只水柱/水雾两用型的水枪。”

5.3.4.1 对于甲板面积大于等于4m<sup>2</sup>的蓄电池舱，应至少配备4具手提式七氟丙烷或其他气体灭火器（如七氟丙烷、二氧化碳），其中应有1具设在该处所入口外附近处。甲板面积小于4m<sup>2</sup>的蓄电池舱外易于到达的位置，应至少设置2具手提式七氟丙烷或其他气体灭火器。

5.3.4.2 ~~对于甲板面积小于4m<sup>2</sup>的蓄电池舱，可用足够数量的手提式七氟丙烷灭火器或其他气体灭火器代替5.3.2所要求的固定式灭火系统。在蓄电池舱舱壁上应设有喷放孔，便于人员使用灭火器对内释放灭火剂。布置在开敞甲板上或其他处所内的蓄电池箱（柜），应在其附近至少设置4具手提式七氟丙烷或其他气体灭火器。对于船长小于20m的船舶，可设置2具。在蓄电池箱（柜）上应设有喷放孔，便于人员使用灭火器对内释放灭火剂。~~

## 第5节 纤维增强塑料船的特殊要求

5.5.2.1船体、上层建筑、结构舱壁、甲板、甲板室和立柱应以具有足够结构性能的不燃材料或阻燃材料建造。阻燃材料应按照《国际耐火试验程序规则》附件1第10部分通过试验予以确定。

无失火危险处所内和开敞处所不适用本条。就本节而言，无失火危险处所指无着火源或含有少量可燃材料（可燃船体结构除外）的处所，如空舱、卫生间等；开敞处所不包括开敞货物处所和滚装货物甲板。

5.5.2.2蓄电池舱应采用阻燃分隔进行围闭，其舱壁和甲板限界面应按照《国际耐火试验程序规则》附件1第11部分的要求进行试验，并至少具有60min的结构防火时间，还应具有承载能力，经试验确认能在该时间内不致使船体和上层建筑发生坍塌。隔热材料应在分隔两面敷设，但如果能够确认与无失火危险的处所（如空舱、卫生间或开敞处所等）相邻，舷侧、底板以及与本节5.5.2.1所述的无失火危险处所、开敞处所相邻的舱壁和甲板的隔热材料可只在分隔面向蓄电池舱的一侧敷设。位于轻载水线以下与水接触的结构可不作要求，但应考虑从与水接触的无隔热结构向水面以上有隔热结构的热传递的影响。

## 第 6 章 蓄电池船用技术要求

### 第 4 节 蓄电池包

6.4.3.4 蓄电池包应设有温度调节措施。IP67 的蓄电池包应设有与蓄电池舱、蓄电池箱（柜）独立的温度调节装置。当蓄电池包借助其所在的蓄电池舱或蓄电池箱（柜）的温度调节装置进行温度调节时，蓄电池包的外壳防护等级应能确保温度调节的有效性。电池包的温度调节装置应根据电池包内电池芯的热交换需求来确定。如采用液冷方式，应按下列要求进行设置：

- (1) 每个电池舱设置独立的电池包液冷系统时，液冷系统应满足下列要求：
  - ① 每个独立的液冷系统应至少设置 1 个冷却液循环舱柜、1 台冷却泵和独立的管路与附件；
  - ② 冷却液循环舱柜的容量和冷却泵的排量应满足该电池舱电池包冷却所需；
  - ③ 冷却液循环舱柜应装设注入管、溢流管、空气管、放泄阀和液位计；
  - ④ 冷却泵进出口管路上应设置截止阀；
  - ⑤ 如设有滤器，则滤器结构或布置应确保清洗滤器时不影响冷却系统正常使用。
- (2) 电池包采用共用的液冷系统时，液冷系统应满足下列要求：
  - ① 设置至少 2 台足够排量的冷却泵，每台冷却泵的排量应满足船上所有电池的冷却需要量；
  - ② 如为闭式冷却系统，则应至少设置两个冷却循环舱柜，其布置应确保当任一舱柜检修时，不会影响另一个舱柜的正常使用。如为开式冷却系统，则冷却水应能从船舶两舷吸入；
  - ③ 冷却液循环舱柜应装设注入管、溢流管、空气管、放泄阀和液位计；
  - ④ 开式冷却系统的冷却泵与海水箱之间应设置滤器，闭式冷却系统如设有滤器，则滤器结构或布置应确保清洗滤器时不影响冷却系统正常使用。
  - ⑤ 电池舱冷却系统的布置，应确保任一电池舱冷却系统的故障，不会影响其他电池舱冷却系统的正常使用。

### 第 5 节 电池管理系统（BMS）

6.5.1.1 BMS 应由两路电源供电，其中一路应由其服务的电池箱（柜）以外的电源供电，供电时间满足相应规范对应急电源供电时间的要求应急电源供电，两路电源应能自动转换。

## 第7章 船舶应用箱式电源的补充规定

### 第2节 箱式电源技术要求

7.2.1.1 除本节特殊规定外，箱式电源内蓄电池的技术要求、布置、安装、通风等要求皆应与船用主电源和/或推进电源对蓄电池及其舱的要求保持一致。

7.2.3.2 在箱式电源各种工况下，箱式电源内蓄电池箱（柜）安装支架的结构强度应能承受相应的冲击。

7.2.3.3 布置在箱式电源内的蓄电池箱（柜）或蓄电池包借助箱式电源内公共空间进行通风散热时，箱式电源内蓄电池箱（柜）/蓄电池包距内部舱壁的净距离应不小于150mm。

7.2.3.4 箱式电源内蓄电池箱（柜）/蓄电池包距箱壁及箱顶的间距应不少于150mm，且距箱壁及箱顶加强结构净距离均应不小于100mm，以利于减少在吊装过程中的碰撞风险。

7.2.3.7 箱式电源的固定式探火和失火报警系统、可燃气体探测装置、应急排气系统、BMS应由两路独立电源供电，其中一路电源应由除本箱体主电源以外的其它电源系统供电，且供电时间满足相应规范对应急电源供电时间的要求。其中BMS电源应满足箱式电源可能存在的最长等待时间，两者取大者。当本箱体主电源失电时，应能自动从本箱体主电源以外的电源获得供电。

### 第3节 箱式电源船上布置

7.3.1.17 箱式电源附近应设置一只消火栓，并至少配备2只水柱/水雾两用水枪。箱式电源如在船上叠放，层数不应超过3层。

~~7.3.1.18 箱式电源附近应至少配备4具手提式七氟丙烷或其他气体灭火器。~~

### 第5节 消防

新增 7.5.4.3~7.5.4.5

7.5.4.3 船舶水灭火系统的布置应能为箱式电源提供至少4股所规定压力和流量的水柱。消防泵的总排量应能向所规定尺寸的4具水枪以规定的压力供水，并能射到箱式电源所在空间的任何部分。消火栓的数量和布置还应额外考虑本节8.6.3.5所要求的移动式消防水炮的使用。

7.5.4.4 箱式电源附近应至少配备4具手提式气体灭火器（如七氟丙烷、二氧化碳）。

7.5.4.5 箱式电源叠放超过 2 层时，船舶应至少设置 2 具移动式消防水炮，并满足下列要求：

(1) 移动式消防水炮及其所需的水带、配件和固定装置，应存放在箱式电源发生火灾时不易被切断的位置，便于及时使用；

(2) 如消防泵的排量和消防总管的直径足以同时供应所有的移动式消防水炮并从消防水带产生 4 股达到所要求压力的水柱，则移动式消防水炮可由消防总管供水；

(3) 每具移动式消防水炮可由不同的消火栓供水，其压力应足以达到最高一层箱式电源；

(4) 所有的移动式消防水炮应能在水平相邻的箱式电源之间形成有效的水屏障；

(5) 移动式消防水炮的性能应满足公认的标准<sup>1</sup>。

---

<sup>1</sup>如 GB 19156-2019《消防炮》，或参见 MSC.1/Circ.1472 通函《用于保护拟设计和建造为在露天甲板或其上方装载五层或五层以上集装箱的船舶的甲板上货物区域的移动式消防水炮的设计、性能、试验和认可指南》。

## 第 8 章 演习和操作培训

### 第 1 节 一般规定

#### 8.1.1 目的

8.1.1.1 使从事船舶推进系统、电池系统和配电系统操作的人员认识到安全操作的特殊性和必要的故障处理措施。

#### 8.1.2 功能要求

8.1.2.1 船上应备有安全操作船舶推进系统、电池系统和配电系统必需的资料，以便可供所有有关人员使用。

8.1.2.2 船上应备有电池系统和配电系统的维护程序和资料。

8.1.2.3 船上人员应结合职责进行适当的演练。

8.1.2.4 船上应备有适当的应急响应程序。

### 第 2 节 操作

#### 8.2.1 一般要求

8.2.1.1 驾驶室应永久展示推进系统操作程序及操舵系统动力设备转换程序的简单说明，若船舶设置 2 套或以上推进系统，则应包括各推进系统的组合操作（如有）或分别操作程序的简单说明。这些说明资料应附有方框图。

#### 8.2.2 操作手册

8.2.2.1 操作手册内容应至少包括：

- (1) 电池、电池系统和电池管理系统的类型、规格、参数等详细信息和说明；
- (2) 直流/交流配电系统及各电气设备的类型、规格、参数等详细信息和说明；
- (3) 船舶管理系统的详情和说明；
- (4) 各系统中报警的含义及相应处理程序；
- (5) 船舶动力系统（包括操舵系统）的操作程序；
- (6) 电池系统温度调节装置的操作使用程序（包括故障情况下的操作程序）；
- (7) 充电程序；
- (8) 箱式电源的电气连接程序（如适用）。

## 第3节 维护保养

### 8.3.1 一般要求

8.3.1.1 船上应制定并保存对于电池系统和配电系统的维护保养计划，定期对这些系统设备进行检查和维护保养，以使其处于良好状态。

### 8.3.2 维护保养

8.3.2.1 维护保养计划需结合电池系统及其配电系统的生产厂商或集成商提供的维护保养资料制定。如某些系统与设备必须由生产厂商或集成商直接进行或在其指导下维护保养的，应明确相应的设备部件名称和联系方式。

8.3.2.2 除生产厂商或集成商已有明确规定者外，维护保养计划应至少包括下列系统、设备和数据：

- (1) 各系统电子数据采集和管理；
- (2) 电池系统；
- (3) 电池管理系统；
- (4) 直流配电系统；
- (5) 交流配电系统；
- (6) 船舶管理系统；
- (7) 温度调节装置和冷却系统；
- (8) 电池箱柜及托架；
- (9) 与箱式电源连接各类接插件（如适用）。

8.3.2.3 维护保养计划可为电子文件。

## 第4节 指导、船上培训和演习

### 8.4.1 指导、职责和组织

8.4.1.1 船员应得到船舶安全操作和应急响应的有关指导。

8.4.1.2 船员应得到其所承担职责的有关指导。

8.4.1.3 应组织负责灭火的小组，这些小组应具备完成其职责的能力。

### 8.4.2 船上培训和演习

8.4.2.1 应通过培训，使船员熟悉电池系统和配电系统及其相关操作。

8.4.2.2 应通过开展船上培训和演习，使承担灭火职责的船员具备电池和电气火灾的灭火技能。

8.4.2.3 应结合船舶特点和有关系统风险评估报告内容，对船员开展针对性的演习和船上培训。

### 8.4.3 培训手册

8.4.3.1 应在每一船员餐厅或每一船员居住舱室内配备1本培训手册。

8.4.3.2 培训手册可分为若干分册，文字应简明易懂，如有可能，应配以图解说明。这

些手册的任何部分可以用视听辅助教材形式提供，用以替代手册。

8.4.3.3 培训手册应详细说明至少以下内容：

(1) 有关电池热失控产生易燃有毒气体危害、火灾烟气危害、触电等电气危险的消防安全操作和预防措施；

(2) 关于电池火灾或电气火灾的灭火行动和灭火程序的须知，包括报告火灾及使用手动报警按钮的程序；

(3) 船上包含电池系统、配电系统和火灾探测系统在内的各类报警的含义及相应的处理程序；

(4) 灭火系统、灭火设备和应急排气系统的操作和使用。

征求意见稿

## 第9章 风险评估

### 第1节 一般规定

#### 9.1.1 一般要求

9.1.1.1 为消除或降低使用蓄电池时可能给人员、船舶和环境带来的风险，纯电池动力船舶应进行风险评估。

9.1.1.2 风险评估应使用CCS可接受的、公认的方法<sup>2</sup>，或参照本章节相关内容执行，必要时应提出风险缓解措施，并形成使CCS满意的报告。

9.1.1.3 风险评估应基于单一故障理念，即不考虑两个故障同时发生。

### 第2节 评估范围

#### 9.2.1 一般要求

9.2.1.1 纯电池动力船舶的风险评估工作应至少包含船舶的电池系统、配电系统和推进系统。

9.2.1.2 电池系统的风险评估应至少考虑以下因素：

- (1) 单体电芯故障：如过充电、过放电等；
- (2) 电池包故障：如应急排气故障、电芯一致性差等；
- (3) 电池系统故障：如系统绝缘故障、高压箱故障等；
- (4) 电池管理系统（BMS）故障：如硬件故障、供电故障等；
- (5) 电池热管理系统故障：如冷却失效、加热失效等。

9.2.1.3 配电系统的风险评估应至少考虑以下因素：

- (1) 直流配电系统故障：如DC/DC模块异常、保护器件异常等；
- (2) 交流配电系统故障：如日用逆变电源故障、隔离变压器故障等；
- (3) 控制系统故障：如主控制系统故障、控制系统电源故障等；
- (4) 冷却系统故障：如冷却设备、器件、管路故障等。

9.2.1.4 推进系统的风险评估应至少考虑以下因素：

- (1) 主推进系统故障：如主推进逆变器故障、线路故障等；
- (2) 推进控制系统故障：如控制器故障、控制电源故障等；
- (3) 冷却系统故障：如冷却设备、器件、管路故障等；
- (4) 方向控制系统故障：如转向设备故障、控制器故障等。

9.2.1.5 如船舶设计采用其它类型的推进系统，如直翼桨、轮缘推进器、全回转推进器等，应进一步分析推进系统本身存在的风险。

<sup>2</sup>参考《经修订的在IMO规则制定过程中使用综合安全评估（FSA）指南》（MSC-MEPC.2/Circ.12）

## 第3节 评估流程与方法

### 9.3.1 一般要求

9.3.1.1 风险评估是基于已知的信息，对潜在的风险进行识别，以助于确定是否需要采取进一步措施来消除风险或减小风险的影响。

9.3.1.2 风险评估至少应详细说明以下内容：

- (1) 危险识别；
- (2) 危害性分析；
- (3) 可能性分析；
- (4) 风险评价。
- (5) 决策建议

9.3.1.3 风险评估报告应足够详细，能够支持结果、结论、建议和采取的任何措施。至少包含附录1中的相关内容。

### 9.3.2 危险识别

9.3.2.1 危险识别的目的是发现、认可并记录风险，以确定可能对电池动力船舶产生重大影响的事件、产生的原因及产生的后果。

9.3.2.2 危险识别所用的方法一般包括头脑风暴和标准分析技术相结合，以便尽可能识别所有相关危险。

9.3.2.3 如采用故障模式和影响分析（FMEA）方法，可参考本章附录2进行分析。

### 9.3.3 危害性分析

9.3.3.1 危害性分析是对于每个识别出的危险，根据其产生的后果（如人员伤亡、财产损失、环境破坏），评估其严重程度危害性。

9.3.3.2 识别出的危险产生的后果的危害性严重程度等级划分可参考附录3表1。

### 9.3.4 可能性分析

9.3.4.1 可能性分析是根据已识别出的危险及引发危险发生的原因，综合评估危险发生的可能性。

9.3.4.2 识别出的危险产生的可能性等级划分可参考附录3表2。

### 9.3.5 风险评价

9.3.5.1 风险分析可视为危害性分析与可能性分析的组合，用于判断风险是否已得到减轻并达到可接受的标准。

9.3.5.2 风险矩阵（由所有危害发生的可能性和相应的危害性构成的矩阵，用来对危害进行排序）是最为常用和典型的方法。在定义风险矩阵之前，先定义危险事故发生频率和事故后果的运算关系，可以是相加的形式：

风险=频率+后果

9.3.5.3将发生频率和严重程度分为几个等级，随后将频率和相应的后果置于一个矩阵中，该矩阵即为风险矩阵。风险矩阵通常分为三个区域：高风险区域，低风险区域，以及两者之间的临界区域，一般根据相关标准或业主需求进行划分，可参考附录3表3。

9.3.5.4高风险区域被认为是不可接受的风险，低风险区域被认为是可接受的风险。临界区域需要进行风险评估以决定究竟是否应该采取措施减小风险，或是否需要预先做进一步的研究。

### 9.3.6 决策建议

9.3.6.1基于对识别出的风险的评价，提出相应建议，并尽可能保证建议后的识别出的高风险按建议完善后，风险等级被降低至可接受的低风险区域。

征求意见稿

## 附录 1 风险评估报告目录

<b>执行摘要</b>
评估内容、主要结果和结论的概述。
<b>1.引言</b>
简要说明评估目的和有关各方。
<b>2.目标和范围</b>
主要目标可以是证明本船的安全风险可以被接受/容许；范围则可以包括限于设计/布置、特定环境/位置和预期操作模式等。
<b>3.描述</b>
有关预期操作和运营条件的设计和布置的简单解释。
<b>4.方法</b>
风险评估技术/方法的概述。这包括如何将总体设计划分为不同部分进行评估，危险识别如何进行，风险标准如何选取，以及风险评级和记录的机制。此外，需要一个研讨会的实际时间表，表上说明了每个部分花费的时间。
<b>5.团队</b>
协调人和学科领域专家的姓名、职称、相关资质、专业知识和经验。这些信息可以与研讨会的出席记录一同记录在表格中。如果这些信息特别多并且会转移对方法和结果的注意，则可以将这些信息作为附录包括在内。
<b>6.结果</b>
讨论主要结果和问题。
<b>7.结论</b>
简要判断风险是否已达到可接受标准。
<b>8.采取行动</b>
附加/替代保护措施的清単，包括负责人和预计完成的日期。
<b>附录</b>
A. 研讨会（如研讨会上的记录，包括引导词和引导短语等）。
B. 图纸、工艺信息和参考文件（包括报告范围）

附录 2 FMEA 风险评估表

电池动力船舶 FMEA 风险评估表															
1、电池系统															
序号	故障模式层级	故障模式	原因 (事故/事件)	后果	现有防护措施	风险评级			视情是否 附加措施	附加/替代减轻措施	风险评级			建议意见 /措施	采取措施 /日期
						危害性	可能性	风险程度			危害性	可能性	风险程度		
(1)	单体电芯	单体电芯过压 (充电)	过充保护功能失效	电芯热失控											
(2)	.....	.....	.....	.....											
2、配电系统															
序号	故障模式层级	故障模式	原因 (事故/事件)	后果	现有防护措施	风险评级			视情是否 附加措施	附加/替代减轻措施	风险评级			建议意见 /措施	采取措施 /日期
						危害性	可能性	风险程度			危害性	可能性	风险程度		
(1)	.....	.....	.....	.....											
3、推进系统															
序号	故障模式层级	故障模式	原因 (事故/事件)	后果	现有防护措施	风险评级			视情是否 附加措施	附加/替代减轻措施	风险评级			建议意见 /措施	采取措施 /日期
						危害性	可能性	风险程度			危害性	可能性	风险程度		
(1)	.....	.....	.....	.....											

注：如船舶设计采用其它类型的推进系统，如轮轴推直翼桨、轮缘推进器、全回转推进等，应进一步分析推进系统本身存在的风险。

### 附录 3 FMEA 风险等级评判方法

危害性严重度等级划分

表1

SI	严重度	定义
4	灾难	事故后果会导致灾难性的人员伤亡、财产损失、环境破坏，影响范围超出可控区域，后果不可接受
3	严重	事故后果会导致严重的人员伤亡、财产损失、环境破坏，影响范围未超出可控区域，但后果不可接受
2	中等	事故后果会导致人员受伤、一定的财产损失或环境破坏，影响范围有限，应综合考虑费效比采取相应控制措施
1	轻微	该类型后果可忽略不计

可能性等级划分

表2

PI	频率	定义
5	$10^{-1}$	经常发生
4	$10^{-2}$	有时发生-在产品周期内可能发生几次
3	$10^{-3}$	偶尔发生-在产品周期的某一时间可能发生
2	$10^{-4}$	很少发生-不太可能发生但有可能性
1	$10^{-5}$	极少发生-完全不太可能发生

风险等级划分

表3

		PI	1	2	3	4	5
SI			极少	很少	偶尔	有时	经常
1	灾难		5	6	7	8	9
2	严重		4	5	6	7	8
3	中等		3	4	5	6	7
4	轻微		2	3	4	5	6

# 第 10 章 纯电池动力船舶试验要求

## 第 1 节 一般规定

### 10.1.1 一般要求

10.1.1.1 本章规定了纯电池动力船舶试验项目与内容的要求。

10.1.1.2 本章适用于以电池作为唯一动力的船舶的动力系统（包含电池系统、配电系统、推进系统）的试验。试验项目包括陆上联调试验、系泊试验和航行试验。本章未提及的适用的船舶常规项目的系泊和航行试验根据船舶航行水域，参照 GB/T 3221-2020《内燃机动力内河船舶系泊和航行试验大纲》和 GB/T 3471-2011《海船系泊及航行试验通则》要求进行。

## 第 2 节 陆上联调

### 10.2.1 试验范围

10.2.1.1 本节所要求陆上联调试验适用于满足下列条件之一的客船：

- (1) 载客人数 $\geq 300$ ；
- (2) 推进总功率 $\geq 500\text{kW}$ ；
- (3) 电池装机容量大于 $\geq 4000\text{kWh}$ ；

10.2.1.2 对于批量船舶，只需首艘船舶做联调试验。

### 10.2.2 试验目的

10.2.2.1 验证船舶动力系统主要设备的成套性、适应性、电磁兼容性、工作协调性。确认系统主要设备参数的匹配性，接口关系的正确性，并确认系统参数以及系统性能指标是否满足要求，检查系统运行的稳定性。

### 10.2.3 试验准备

10.2.3.1 所有参与调试的设备应完成各自的产品检验。

10.2.3.2 检查各设备的安装满足安装技术要求，相关管路清洁度满足设备要求。

10.2.3.3 检查水冷系统的管径、压力、水管耐压等应满足试验要求。

10.2.3.4 对设备、电缆进行绝缘电阻测量及耐电压试验，确认符合相关规范要求。

### 10.2.4 电池系统试验

10.2.4.1 检查和测量电池系统参数，监测值应在正常范围内，监测参数包括但不限于以下内容：

- (1) 电池簇总电压；
- (2) 电池簇 SOC；

- (3) 单体温度;
- (4) 单体电压;
- (5) 电池环境温度;
- (6) 报警状态。

10.2.4.2 核验电池系统的安全保护功能，包括但不限于以下内容：

- (1) 电池单体过压、欠压保护功能试验;
- (2) 电池单体过温保护功能试验;
- (3) 电池簇过压、欠压保护功能试验;
- (4) 电池簇故障保护功能试验;
- (5) BMS 通讯故障保护试验;
- (6) 电池系统过压、欠压保护功能试验;
- (7) 电池系统故障（过充、过放、过流、过高温、外部短路）保护功能试验;
- (8) 电池系统急停试验;
- (9) 操作地点连锁试验。

10.2.4.3 对每个电池簇进行投入和切出试验，记录电池系统和直流母排的状态。

10.2.4.4 进行电池簇运行试验，试验内容包括但不限于以下内容：

- (1) 单电池簇（如适用）运行试验;
- (2) 手动并联试验：依次手动投入每个电池簇，待状态稳定后记录电池系统电流、电压、功率、温度等参数;
- (3) 自动并联试验：通过驾控台上的电源控制面板进行电池簇的自动并联试验，稳定后记录电池系统的电流、电压、功率、温度等参数;
- (4) 并联带载试验：将电池系统投入电网，启动推进变频器和日用逆变器，记录各工况（负荷分别为 25%、50%、75%、100%，负荷根据电力计算书确定）下的电压、电流、功率、温度、电池簇间电流差等。

10.2.4.5 根据船舶实际设计的充电工况进行充电试验，当达到预设的充电容量或充电时间时，停止充电过程，记录相应充电时间、起止 SOC、电压、电流、功率、温度、电池簇间电流差等。

10.2.4.6 检查针对风险评估报告中识别的电池系统的风险所采取的安全措施的落实情况。

## 10.2.5 配电系统试验

10.2.5.1 直流配电系统的试验，包括但不限于以下内容：

- (1) 在直流配电板上完成电池回路、推进回路、充电回路检修开关和母联隔离开关的操作;
- (2) 保护器件整定值校验;
- (3) 开关连锁试验应满足以下要求：
  - ① 母排隔离开关两端同时有电时，不能进行闭合操作（适用时）;
  - ② 检修开关所在回路有电时，不能进行分断操作;

③ 母排隔离开关合闸时，两侧绝缘监测仪表不应同时在线。

(4) 根据选择性保护的分析报告进行相应的验证试验，包括但不限于以下内容：

① 直流配电系统直流母排正负极间短路；

② 电池系统（含变流器）输出端正负极间短路；

③ 直流配电系统负载装置（含变流器）输入端正负极间短路。

若设备厂商可以提供设备出厂时的试验报告，可以免除以上试验要求。

(5) 进行 PMS/EMS 的功能试验，包括但不限于以下内容：

① 电池子系统的并网/解列、负载功率分配、自动卸载非重要负荷、功率/能量储备分析、重载询问；

② 能根据储能系统的荷电状态实时核算其可用功率和可用电量；

③ 控制电池系统充放电；

④ 应具有功率限制功能，当电池组故障解列后，能立即根据情况限制推进功率，不会导致其他在网电源装置过载跳闸而造成全船失电；

⑤ 应能监测电力系统故障，当非故障段线路上的系统和设备供电中断时，应能自动执行相关措施恢复系统和设备供电；

⑥ 验证在发生如下情况时，系统能自动进入到安全状态：

(a) 功率/能量管理系统（PMS/EMS）电源故障；

(b) 功率/能量管理系统（PMS/EMS）可编程控制器故障；

(c) 功率/能量管理系统（PMS/EMS）通讯故障；

(d) FMEA 分析报告中风险等级较高的其他故障。

(6) 进行直流母排系统短路试验，试验前应保证电池系统、推进系统功能正常。短路点保护试验包括：

① 蓄电池组输出短路；

② 直流母排短路，包含了 DC/DC 变换装置熔断器输出侧、直流母排、逆变器单元及主推进单元熔断器输入侧和逆变器输出端短路；

③ 直流配电系统负载装置（含变流器）输入端正负极间短路。

若设备厂商可以提供设备出厂时的试验报告，可以免除以上试验要求。

10.2.5.2 进行日用交流配电系统试验，包括但不限于以下内容：

(1) 在日用交流配电板上完成相关回路开关的操作；

(2) 安保功能试验，包括：

① 保护器件整定试验；

② 逆变器保护功能试验，逆变器输出端制造短路点，应包含交流日用配电系统交流母排三相短路、交流日用配电系统电源装置输出端三相短路、交流日用配电系统负载输入端三相短路，监测和记录逆变器输出电压、电流、频率、隔离变压器和交流配电板各支路的开关状态和电流；

③ 岸电/船电联锁试验（如有时）。

(3) 开关连锁试验，应满足以下要求：

① 隔离变压器副边开关和母联开关不能同时合闸（适用时）；

- ② 隔离变压器副边开关和岸电开关不能同时合闸（适用时）；
- ③ 母联开关合闸时两侧绝缘监测仪表不应同时在线（适用时）。
- (4) 根据选择性保护的分析报告进行相应的验证试验，包括但不限于以下内容：选择性保护试验

- ① 日用配电系统交流母排三相短路。
- ② 交流日用配电系统电源装置输出端三相短路。
- ③ 交流日用配电系统负载输入端三相短路。
- (5) 日用逆变器试验，包括但不限于以下内容：

① 日用逆变器空载试验：对逆变器进行启动、停机控制，记录隔离变压器副边空载电压和频率；

② 日用逆变器带载试验：启动逆变器，调节负载分别为 25%、50%、75%、100%、110%，运行 1~5min。记录逆变器输出电压、电流、频率、功率、组件温度以及电压谐波，隔离变压器绕组温度、滤波器绕组温度等运行参数；

③ 日用逆变器突加、突卸负荷试验：逆变器启动后逐渐加载到额定负载稳定运行，做 100%突卸试验，记录逆变器输出电压的变化和稳定时间；再按 0-50%-100%突加负载，记录逆变器输出电压的变化和稳定时间；

- ④ 日用逆变器之间的转换试验。
- (6) 检查船电和岸电的相互转换功能（如有时）。

10.2.5.3 检查针对风险评估报告中识别出的配电系统的风险所采取的安全措施的落实情况。

## 10.2.6 推进系统试验

10.2.6.1 单电机/双电机/多电机启动、停机试验。

10.2.6.2 推进系统保护试验，包括但不限于以下内容：

(1) 推进电机应急停机试验：启动推进电动机到额定转速运行。分别按下推进控制面板和推进控制箱上的急停按钮；

(2) 推进电动机超速保护试验：可通过改变推进超速报警与保护阈值低于额定转速进行试验；

(3) 推进电动机启动联锁功能试验：模拟推进系统故障，在故障没有复位时，测试推进系统能否启动；

(4) 推进控制系统电源失效试验：测试控制系统主电源失效后，能切换到备用电源正常运行；

(5) 通信故障保护试验：断开逆变器和推进控制系统的通信，推进系统报通讯故障；

(6) 推进电动机过温保护功能试验（如适用）：电动机温度升到故障值以上，推进控制系统报相应故障并闭锁启动信号；

(7) 锁轴装置与推进系统的联锁试验（如有时）；

(8) 越控功能试验。

10.2.6.3 推进系统功能性试验应包括：

- (1) 每个推进电动机的启动、升速、降速、停机等控制；
- (2) 每个推进电动机的换向试验；
- (3) 进行多操作地点（如有时）、多推进装置联控/分控等控制转换及控制试验。

#### 10.2.6.4 推进系统负载试验，包括：

- (1) 每个电机的空载试验，。
- (2) 每个推进电动机的负荷试验，即按 0-25%-50%-75%-100%-75%-50%-25%-0 加减负载，并记录各试验点的参数。

10.2.6.5 检查针对风险评估报告中识别出的推进系统的风险所采取的安全措施落实情况。

## 第 3 节 系泊试验

### 10.3.1 试验范围

10.3.1.1 本节所要求系泊试验项目适用于以电池为唯一动力的船舶。

### 10.3.2 试验目的

10.3.2.1 验证船舶系泊状态下电池系统、配电系统、推进系统的工作性能和各项保护功能。

10.3.2.2 确认系统参数设置及保护值的有效性,为进一步航行试验提供参考。

### 10.3.3 试验准备

10.3.3.1 所有设备应根据本社规范要求持有相应证书。

10.3.3.2 检查各设备的安装满足安装技术要求，相关管路清洁满足设备要求。

10.3.3.3 检查水冷系统的管径、压力、水管耐压等应满足试验要求。

10.3.3.4 对设备、电缆进行绝缘电阻测量及耐电压试验，符合相关规范要求。

### 10.3.4 电池系统

10.3.4.1 按照本章节 10.2.4.1 完成电池系统的参数的测量和检查。

10.3.4.2 按照本章节 10.2.4.2 完成电池系统安保功能试验。

10.3.4.3 按照本章节 10.2.4.3 要求进行电池簇的就地投切试验。

10.3.4.4 按照本章节 10.2.4.4 要求进行电池簇运行试验。

10.3.4.5 按照本章节 10.2.4.5 要求进行电池充电试验。

10.3.4.6 检查针对风险评估报告中识别的电池系统的风险所采取的安全保护措施落实情况。

### 10.3.5 配电系统

10.3.5.1 按照 10.2.5.1 的内容进行直流配电系统的试验。若可提供工厂短路试验报告，系泊试验阶段不需要再进行的短路试验。

10.3.5.2 按照 10.2.5.2 的内容进行日用交流配电系统的试验。

10.3.5.3 检查针对风险评估报告中识别的配电系统的风险所采取的安全保护措施落实情况。

### 10.3.6 推进系统

10.3.6.1 按照 10.2.6.1 进行推进系统的保护功能试验。

10.3.6.2 按照 10.2.6.2 进行推进系统的空载试验。

10.3.6.3 按照 10.2.6.3 进行推进的负载试验。

10.3.6.4 推进性能测试：在系泊状态下，通过控制推进电机的功率和速度，测试推进系统在不同负载下的性能。观察推进效率、加速度和最大推力等参数。

工况序号		试验转速相对额定值的百分比 (%)	试验时间 (h)
1	正车	25	0.25
2		50	0.25
3		75	0.25
4		85	0.25
		100	0.5
5	倒车	正车额定转速的 70%	0.25

10.3.6.5 测试每个推进电机从静止状态到全速运行所需要的时间。

10.3.6.6 进行转向操作测试，测试船舶在不同推进状态和负载条件下的转向响应以及转向的准确性和平稳性。

10.3.6.7 检查针对风险评估报告中识别的推进系统的风险所采取的安全保护措施落实情况。

### 10.3.7 冷却系统

10.3.7.1 在系泊试验过程中，监电池系统、推进系统、配电系统各设备的温度变化，确保冷却系统能够维持相应系统的适宜工作温度。

10.3.7.2 测试冷却系统单一故障下，系统的安全保护策略。

### 10.3.8 箱式电源（适用时）

10.3.8.1 测试是否可以检测箱式电源的松动和意外解锁。

10.3.8.2 测试换电系统的自动解锁和手动解锁功能。

10.3.8.3 测试箱式电源应急排气口防火风闸的自闭功能（如适用）。

## 第 4 节 航行试验

### 10.4.1 试验目的

10.4.1.1 验证电动船舶在实际航行状态下的性能、操控和安全性。

#### 10.4.2 试验准备

10.4.2.1 检查船舶的整体状态，确保船体、推进系统、电池系统和配电系统正常工作。

#### 10.4.3 航行性能试验

10.4.3.1 进行起航和停船测试，记录加度时间、减速时间和推进电机的响应时间。

10.4.3.2 测试转向性能，采用适当速度航行，左、右满舵各回旋 360°，测量船舶定常回转直径、最大动力横倾角、最大静力横倾角和回转时间。

10.4.3.3 测试船舶在不同负载和航速条件下的航向稳定性，包括以下内容：

- (1) 在无横风横流条件下进行，且顺逆流各进行一次，测定操舵频率和偏航角度；
- (2) 船舶保持航向不变，全速航行 3min，测定船舶与保持直线航向所必需的操舵次数和操舵角度；
- (3) 船舶保持正舵不变，全速直航 3min，测定偏离原航向的角度。

#### 10.4.4 推进系统试验

10.4.4.1 在不同装载情况下（包括满载和空载）进行不同航速航行试验，测试评估船舶在各种工况下的航行性能和稳定性。

工况序号		试验转速相对额定值的百分比 (%)	试验时间 (h)
1	正车	70	0.25
2		80	
3		常用功率转速	
4		100	
5		103	
6	倒车	70	

10.4.4.2 模拟船舶航行过程中的紧急情况，如紧急停船、紧急转向、推进变频器功能失灵、通信失灵、日用逆变器故障、方向控制装置故障等情况，测试船舶的应急响应能力和系统可靠性。

10.4.4.3 测试电动船舶的航行和转向控制性能，包括操控精度、响应时间和操纵性能，并记录试验数据。