

规范文件  
R016AM01-2024



中国船级社

# 船舶应用电池动力规范

修改通报

**2024**

2024年4月1日生效

北京

# 目 录

第 1 章 通 则 .....	1
第 1 节 一般规定.....	1
第 2 节 蓄电池及系统可靠性要求.....	2
第 3 节 检 验.....	3
第 2 章 船舶布置 .....	6
第 3 节 蓄电池箱（柜）.....	6
第 4 节 蓄电池舱.....	7
第 3 章 电池动力系统监测、报警和控制.....	8
第 1 节 船舶管理系统.....	8
第 3 节 岸基监测平台.....	8
第 4 章 电池动力配电系统 .....	9
第 1 节 一般规定.....	9
第 2 节 直流配电系统.....	9
第 3 节 交流配电系统.....	11
第 5 章 消防 .....	12
第 1 节 一般规定.....	12
第 2 节 防火与探火.....	12
第 3 节 灭 火.....	13
第 4 节 脱险.....	14
第 5 节 纤维增强塑料船的特殊要求.....	15
第 6 章 蓄电池船用技术要求.....	16
第 2 节 蓄电池单体.....	16
第 4 节 蓄电池包.....	16
第 5 节 电池管理系统（BMS）.....	17
第 7 章 船舶应用箱式电源的补充规定.....	18
第 2 节 箱式电源技术要求.....	18
第 3 节 箱式电源船上布置.....	18
第 5 节 消 防.....	19
第 8 章 演习和操作培训 .....	20
第 1 节 一般规定.....	20
第 2 节 操作.....	20
第 3 节 维护保养.....	20
第 4 节 指导、船上培训和演习.....	21
第 9 章 风险评估 .....	23
第 1 节 一般规定.....	23
第 2 节 评估范围.....	23
第 3 节 评估流程与方法.....	24
第 10 章 纯电池动力船舶试验要求.....	30
第 1 节 一般规定.....	30
第 2 节 陆上联调.....	30
第 3 节 系泊试验.....	34
第 4 节 航行试验.....	36

# 第1章 通则

## 第1节 一般规定

1.1.1.6 本规范不适用于高速船、游艇。

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 条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《船用锂离子电池》相应要求执行，试验结果满足本规范 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即可船用。

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 50m 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本规范 6.4.3.4 和 6.4.3.5 的相关要求。

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本规范 6.4.3.4 和 6.4.3.5 的相关要求。

1.1.7.1 (5) 蓄电池舱、蓄电池箱（柜）、箱式电源布置图（适用时）；

1.1.7.1(10) 蓄电池舱、蓄电池箱（柜）、箱式电源布置处所灭火系统原理图、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、电池系统集成商、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，当采用其他型式的保护装置时，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。，自动断开相应的母联保护装置，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)，若采用其他型式的母联保护装置时，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匀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 应急电源/临时应急电源的配置和电量应满足相关规范和法规要求。纯电池动力船舶应设置应急电源。应急电源应采用蓄电池（包括铅酸蓄电池）。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30min。

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包括下列设备或系统：

(1) 船长大于等于 20m 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 应急排气系统；

⑥ 舵机动力装置及其控制系统（适用于采用传统螺旋桨及舵装置，且通过三峡大坝或航行于急流航段的且转舵扭矩大于 16Kn·m 的客船和载运危险货物的船舶）；

⑦ 其中 1 套主推进装置（至少应能维持该推进装置 50%的额定功率）及其回转机构的动力与控制系统（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，且通过三峡大坝或航行于急流航段的客船和载运危险货物的船舶）。

(2) 船长小于 20m 时，还应包括本条（1）①~⑤。

(3) 船舶采用箱式电源时，本条（1）中的②~⑤、（2）中的②~⑤条要求由本规范第 7.2.3.6 条要求替代。

### 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	—	X <sup>1</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	—	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；

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；— 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 船舶动力系统（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）、变流器（逆变器、变频器、斩波器）、固态开关等应在产品认可阶段进行可靠性验证，并持有 CCS 签发的可靠性符合证明。可靠性验证应依据 CCS 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 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）。~~

## 第 2 章 船舶布置

### 第 3 节 蓄电池箱（柜）

2.3.2.1 布置在蓄电池舱内安全等级为 2 的蓄电池，以下情况可不必设蓄电池箱（柜）：

(1) 蓄电池舱水平投影面积不超过  $1\text{m}^2$ ，或

(2) 以蓄电池包的形式安装于托架上，且蓄电池包的外壳同时满足相应安全等级蓄电池箱（柜）的要求。

2.3.2.4 布置在开敞甲板上的蓄电池箱（柜），其侧壁与载客处所舱壁之间至少留有 900mm 的间距（蓄电池箱（柜）或载客处所舱壁满足 A-60 防火分隔要求除外），并与载客处所门、窗、通风口等开口或出口的距离至少为 1.5m；与舷侧、船艏、船艉的间距，对于船长 20m 及以上的船舶应至少为 760mm；对于船长小于 20m 的船舶应至少为 500mm。

#### 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，应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  $q'$  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）内温度与外面空气的最高温度之差， $^{\circ}\text{C}$ ；最高温度取船舶航行水域可能出现的最高环境温度，但不超过  $45^{\circ}\text{C}$ ；

$k$ ——风扇裕量常数，实际选择时可取 1.5~2。

新增 2.3.3.2

2.3.3.2 采用液冷方式时，应满足本规范 6.4.3.4 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。

2.3.4.1 安全等级为 1 的蓄电池的箱（柜），应设置独立的无火花型应急排气系统，将可能产生的有毒/可燃气体直接排出箱（柜）。该排气系统应以蓄电池箱（柜）内环境为

~~保护区域，应急排气系统的排气管道需通向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，同时远离其他处所的进风口至少 3 米。应急排气系统应满足本规范 5.2.2.2、5.2.2.3 条的要求。~~

2.3.4.2 安全等级为 2 的蓄电池的箱（柜），防护等级不低于 IP67 时，应急排气系统应满足 2.3.4.1 的要求；防护等级低于 IP67 时，应急排气系统应满足 2.3.4.1 或 2.4.4.1 的要求。

2.3.4.5 可燃气体探测装置应由主电源和应急电源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，两路电源应能自动转换。

## 第 4 节 蓄电池舱

2.4.4.1 安装有安全等级为 2 的蓄电池的蓄电池舱，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，应急排气系统应满足本规范 5.2.2.2、5.2.2.3 条的要求。的应急排气系统。如蓄电池箱柜已设有满足 2.3.4.1 的要求应急排气系统则可免除本条要求。

## 第3章 电池动力系统监测、报警和控制

### 第1节 船舶管理系统

3.1.1.5 船舶管理系统应具备数据存储功能，监测数据存档期限不低于年度检验周期，且不少于18个月。

### 第3节 岸基监测平台

~~3.3.1.7 对于申请 1.1.5.3 所述附加标志的电池动力船舶应按本规范要求将相关数据接入 CCS 电池动力船舶检验验证平台。~~

## 第 4 章 电池动力配电系统

### 第 1 节 一般规定

4.1.1.6 服务手配电系统应设有温度调节措施。温度调节装置的换热量应根据配电系统的需求计算确定。采用冷却系统单一故障不应引起全船失电。时，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配电系统冷却的需要。两台冷却泵应互为备用，其布置应确保当其中 1 台泵检修时，不会影响另外 1 台泵的正常工作的；

(2) 两台冷却泵应由不同汇流排分段供电；

(3) 冷却泵出口应设压力监测报警装置，当压力低时，应能在就地和经常有人值班的处所发出视觉和听觉报警；

(4) 如采用闭式冷却系统，则应至少设置两个冷却液循环舱柜，每个舱柜的容积应满足冷却系统正常工作的需要，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。循环舱柜应装设注入管、溢流管、空气管、放泄阀和液位计。位于双层底的冷却液循环舱可不设置溢流管和放泄阀。循环舱柜应设液位监测报警装置，当液位低时，能在就地和经常有人值班的处所发出视觉和听觉报警；

(5) 对于开式冷却系统，冷却水应能从船舶两舷吸入。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。滤器应设置压差监测报警装置，当压差超限时，能在就地和经常有人值班的处所发出视觉和听觉报警；

(6) 如配电系统与船上其他系统共用冷却系统，则冷却系统应满足所有系统同时工作的需要。冷却系统中共用的设备和管路应尽可能少，并确保当用于配电系统或其他系统的冷却系统发生故障时，不会影响发生故障以外其他系统的正常使用；

(7) 应有防护措施，防止冷却液泄漏及凝水可能对电气设备的损害；

(8) 对于双体船，当两套配电系统分别布置在不同片体时，每套配电系统可配备 1 个独立的冷却系统。该系统中冷却泵和冷却液循环舱柜的数量可为 1 个，其他方面应满足上述 (1) ~ (7) 的相关要求。

### 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 直流配电系统应满足 CCS《船舶直流综合电力系统检验指南》的要求,如表

4.2.1.2 所示:

直流配电系统技术要求

表 4.2.1.2

序号	直流配电系统的技术要求	CCS《船舶直流综合电力系统检验指南》的章节
1	设计	第2章
2	系统保护	第3章
3	控制和监测	第4章
4	电磁兼容	第5章
5	故障模式和影响分析	第6章
6	产品检验、建造中和建造后检验	第1章

### 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 CCS 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 交流配电系统应至少设置2台电源逆变器。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 交流配电板的主汇流排应至少分成两个独立的分段，电源逆变器和其他双套设备应尽可能均匀地连接于这些分段上；分段采用以下方式之一：

(1) 分段之间不连接，分别对各自的负载供电。电源端断路器、负载端断路器满足完全选择性保护的要求；

(2) 分段采用带保护装置的断路器连接。电源端断路器、分段连接断路器、负载端断路器满足完全选择性保护的要求。且配电系统供电连续性满足下列要求：

① 在正常工况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等保护措施，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 在正常工况由一台逆变器供电的情况下，应提供措施，以能在失电后自动启动备用逆变器，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启动或自动顺序启动。

## 第5章 消防

### 第1节 一般规定

5.1.1.2 除5.3.2.2所要求的固定式灭火系统外，本章所要求的消防系统和设备应满足《国际消防安全系统规则》（FSS规则）或主管机关的要求。

### 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限界面。所载燃油料闪点不大于小于60℃的燃油料舱，其与蓄电池舱之间应采用至少900mm的隔离空舱进行隔离当与蓄电池舱之间采用隔离空舱进行隔离时，间隔至少为900mm。

新增5.2.1.5:

5.2.1.5 蓄电池舱的限界面上不应设置窗和舷窗。

#### 5.2.2 通风/排气系统

5.2.2.1 (9) 应设有可从蓄电池舱外的安全位置关闭动力通风系统的装置至少应设有两个能切断风机的控制装置，其中之一应位于所服务处所外面易于到达的位置且不被其服务处所的火灾所隔断。

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。应急排气系统应满足下列要求：

(1) 应急排气系统应与可燃气体探测系统联动，当探测到舱室蓄电池舱、蓄电池箱（柜）或箱式电源蓄电池所在处所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；

(2) 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，同时远离其他处所的进风口至少3米。应急排气口与其他处所的开口或进风口的水平距离应至少为3m，对于船长小于20m的船舶，该距离可调整为1.5m；

(3) 应急排气量应按该处所或箱（柜）换气次数不小于30次/h进行计算。应急排气机应采用不会产生火花的型式；

(4) 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5.2.2.1通风系统的相关要求；

(5) 应设有两个能切断风机的控制装置，其中之一应位于所服务处所外面易于到达的位置，且不被其服务处所的火灾所隔断，另一个应设在驾驶室或有人值班的处所；

(6) 应急排气系统应由主电源和应急电源两路电源供电，其中一路应由其服务区域

~~以外的其他电源系统供电。供电时间满足相应规范对应急电源供电时间的要求。两路电源应能自动转换；~~

(7) 当蓄电池舱应急排气系统由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区域以外的其他电源系统供电。供电时间满足相应规范对应急电源供电时间的要求。供排气通风用的所有开口，应能在所在处所失火时在处所外部予以关闭。~~

~~5.2.2.4 至少应设有两个能切断蓄电池舱风机的控制装置，其中之一必须设置在蓄电池舱出口处外面。~~

5.2.3.3 固定式探火和失火报警系统应由主电源和应急电源两路电源供电，~~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~~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。对需设至少两股消防水柱的船舶，消火栓的数目和布置应确保至少能有两股不是由同一消火栓射出的水柱到达蓄电池舱或开敞甲板上的蓄电池箱（柜）的任何部位，其中一股仅用一根消防水带即可。对仅需设一股消防水柱的船舶，消火栓的数目和布置应确保有一股水柱到达蓄电池舱或开敞甲板上的蓄电池箱（柜）的任何部位。上述保护范围内的水枪应采用水柱/水雾两用型。~~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。

5.3.2.1 除能量型超级电容器处所外，甲板面积大于等于4m<sup>2</sup>的蓄电池舱应设置下列固定式灭火系统之一进行保护：

(1) 七氟丙烷灭火系统，其灭火设计浓度应至少为9%。该系统尚应配备与所需灭火剂同等数量的备用灭火剂、气瓶和相关管路附件（释放阀及之后的管路及附件可共用），以便随时可用。如电池包内设有5.3.3所规定的装置，则可不配备备用灭火剂；

(2) 二氧化碳灭火系统，其灭火剂数量应按该处所总容积的至少40%进行设计。该系统尚应配备与所需灭火剂同等数量的备用灭火剂、气瓶和相关管路附件（释放阀及之后的管路及附件可共用），以便随时可用。如电池包内设有5.3.3所规定的装置，则可不配备备用灭火剂。

新增5.3.2.2:

5.3.2.2 甲板面积小于4m<sup>2</sup>的蓄电池舱应设置固定式灭火系统进行保护。该系统应满足下列要求：

(1) 固定式灭火系统的部件应可靠地紧固于船体结构上，以承受正常运行时的运动、冲击和振动。气瓶、管路和阀件应集中布置在专用的箱柜中。该箱柜应位于干舷甲板以上的开敞位置，箱柜的门应便于及时开启。箱柜内应有足够的照明，除了主照明以外，还应有应急照明；

(2) 释放装置应为可见或其部位应有可见的标记，并应标明受其保护的处所。释放装置应在受其保护的处所失火时易于到达处进行施放。在施放装置附近应设有该系统的操作说明；

(3) 如受保护处所的空间足以容纳人员（工作或其他活动），则在释放灭火介质前，应先关闭所有受保护处所的开口，并确认受保护处所的人员已全部撤离，同时发出视觉和听觉报警信号，确保能在受保护处所内都能听见；

(4) 灭火剂的类型及数量应满足5.3.2.1的要求，但所需灭火剂和备用灭火剂可储存在同一气瓶内。如电池包内设有5.3.3所规定的装置，则可不配备备用灭火剂。

原5.3.2.2条编号调整为5.3.2.3。

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具容量至少5kg的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具容量至少5kg的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具容量至少5kg的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 4 节 脱险

5.4.1.3 对于人员可进入的蓄电池舱，当采用梯道用作脱险通道时，应为钢质材料且倾斜角不应大于65°，出入口及梯道净宽度应至少为600mm。对于净空高2m以下的蓄电池舱可采用直梯<sup>1</sup>。

<sup>1</sup> 直梯应满足相关国家或行业标准，如《船用钢制直梯》（GB 3892）、CB/T73-1999 等。

## 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。

5.5.3.1 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，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 2 节 蓄电池单体

6.2.4.6 同一批次生产的蓄电池单体产品应进行蓄电池单体电压、交流阻抗、容量、外观等全检。同一型号蓄电池至少每年进行电池质量的周期性测试，测试项目包括但不限于：高温、低温、振动、自放电率测试，每个测试项目不少于 2 个蓄电池单体，测试数据应上传至 CCS 电池动力船舶检验验证平台。企业若能实现容量预测，通过过程管控和容量预测可以实现容量不良的产品不流出，且有相关准确率依据的企业，可以实施容量抽检预测。

### 第 4 节 蓄电池包

6.4.1.1 蓄电池包内蓄电池单体容量极差和蓄电池包的容量极差应在给定范围内。极差浮动范围应上传至 CCS 电池动力船舶检验验证平台。

6.4.3.4 当蓄电池包内电芯的发热量可能影响其正常工作时，蓄电池包应设置温度调节装置。温度调节装置的换热量应根据电芯的需求设计。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。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。

对可直接调节电池包内电芯温度的冷却系统，应采用下列方式之一：

(1) 每个蓄电池舱设有 1 个单独的电池包冷却系统时，冷却系统应满足下列要求：

① 每个蓄电池舱的独立冷却系统应能满足该蓄电池舱所有电池包正常工作的需要；

② 每个独立的冷却系统应至少设置 1 个冷却液循环舱柜、1 台冷却泵、1 台冷却器和独立的管路与附件等；

③ 冷却液循环舱柜的容量和冷却泵的排量应满足该蓄电池舱电池包冷却的需要；

④ 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，位于双层底的冷却液循环舱可不设置溢流管和放泄阀。循环舱柜应设液位监测报警装置，当液位低时，能在就地和经常有人值班的处所发出视觉和听觉报警；

⑤ 冷却泵和冷却器的进出口管路上均应设置截止阀和压力监测报警装置，当出口压力低时，能在就地和经常有人值班的处所发出视觉和听觉报警；

⑥ 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，滤器应设置压差监测报警装置，当压差超限时，能在就地和经常有人值班的处所发出视觉和听觉报警；

⑦ 冷却泵应由不同汇流排分段供电。每个汇流排分段供电的冷却泵数量尽可能相

同；

- ⑧ 应有相关措施，防止冷却液泄漏可能对电气设备的损害。
- (2) 多个电池舱共用 1 个电池包液冷系统时，应满足下列要求：
  - ① 冷却系统的设置应能满足船上所有电池包正常工作的需要；
  - ② 冷却泵及其控制系统、热交换器和冷却液循环舱柜应布置在蓄电池舱以外的处所。冷却系统的布置，应确保任一电池舱内的冷却系统的故障，不会影响其他蓄电池舱冷却系统的正常使用；
  - ③ 如为闭式冷却系统，则应至少设置两个冷却循环舱柜，每个舱柜的容积应满足冷却系统正常工作的需要，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；
  - ④ 应设置至少 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；两台冷却泵应由不同汇流排分段供电；
  - ⑤ 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，位于双层的冷却液循环舱可不设置溢流管和放泄阀。循环舱柜应设液位监测报警装置，当液位低时，能在就地和经常有人值班的处所发出视觉和听觉报警；
  - ⑥ 冷却泵和冷却器的进出口管路上均应设置截止阀；
  - ⑦ 每个蓄电池舱的冷却液进口管路上应设置压力监测报警装置，当压力低时，能在就地和经常有人值班的处所发出视觉和听觉报警；
  - ⑧ 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。滤器应设置压差监测报警装置，当压差超限时，能在就地和经常有人值班的处所发出视觉和听觉报警；
  - ⑨ 应有相关措施，防止冷却液泄漏可能对电气设备的损害。

## 第 5 节 电池管理系统 (BMS)

6.5.1.1 电池管理系统 (BMS) 应由主电源和应急电源两路电源供电，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、应急排气等要求皆应与船用主电源和/或推进电源对蓄电池及其舱室的要求保持一致。

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。~~

7.2.3.43 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，以减少箱式电源在吊装过程中因碰撞产生风险。

7.2.3.54 箱式电源的设计应便于电池系统相关设备的维护保养。如设计时未考虑船上维护保养，应在箱式电源蓄电池舱内配置防爆摄像头以便于内部调试和查看，同时，应能在就地、驾驶室和远程岸基监测平台（如设有时）显示。

7.2.3.65 箱式电源内电池系统不应与配电板置于同一处所。

7.2.3.76 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 应至少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他电源系统供电，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

7.3.1.10 箱式电源的应急排气系统的排气管道需通向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、~~其他处所的开口及进风口，距离至少应为3m，同时离其他处所的开口或进风口至少3m。~~

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/水雾两用的水枪。当船上布置多个箱式电源时，应尽可能水平排列布置，如确需叠放时，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 如下：

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 股规定压力和流量的水柱。消防泵的总排量应能向规定尺寸的 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。应有措施保证当任一箱式电源失火时消防泵仍能正常工作。水枪应是水柱/水雾两用型。消火栓应设在船上适当位置，避免箱式电源的失火导致船员无法接近，其数量和布置还应额外考虑 7.5.4.5 所要求的移动式消防水炮的使用。

7.5.4.4 箱式电源区域附近应至少配备 4 具容量至少 5kg 的手提式气体灭火器（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所产生的水柱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>2</sup>。

---

<sup>2</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有关资料。

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（如有时）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 船上应至少备有两本操作手册，其中一本应存放在驾驶室。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（BMS）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) 船舶管理系统的详细信息和说明；
- (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（如适用）；
- (8) 箱式电源的电气、管路等连接程序（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) 与箱式电源连接的各类接插件（如适用）；
- (10) 易损零部件清单。

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。每名船员每月应至少参加一次演习。

### **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。若船上没有这些处所，则船上合适位置应至少配备 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、触电等危险的安全操

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方法。

## 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 风险评估应使用可接受的、公认的方法<sup>3</sup>，或参照本章节相关内容执行，必要时提出风险缓解措施，并形成评估报告。

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。

9.1.1.4 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。

9.1.1.5 风险评估工作应由风险评估报告送审方主持开展。

9.1.1.6 风险评估报告应在船舶开工建造前提交至CCS审批。

### 第2节 评估范围

#### 9.1.2 一般要求

9.2.1.1 纯电池动力船舶的风险评估工作应考虑识别船舶动力系统相关的所有潜在风险，包括但不限于船舶的电池系统、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，包括但不限于过充电、过放电等；
- (2) 电池包故障，包括但不限于应急排气故障、电芯一致性差等；
- (3) 电池系统故障，包括但不限于系统绝缘故障、高压箱故障等；
- (4) 电池管理系统（BMS）故障，包括但不限于硬件故障、供电故障等；
- (5) 电池热管理系统故障，包括但不限于冷却失效、加热失效等；
- (6) 电池系统外部影响，包括但不限于机械碰撞、相邻处所火灾、外部进水等。

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，包括但不限于DC/DC模块异常、保护器件异常等；
- (2) 交流配电系统故障，包括但不限于日用逆变电源故障、隔离变压器故障等；
- (3) 控制系统故障，包括但不限于PMS/EMS故障、控制系统电源故障等；
- (4) 冷却系统故障，包括但不限于冷却设备、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，包括但不限于主推进逆变器故障、线路故障等；

---

<sup>3</sup>如《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）所提及的如假设分析技术（What-If）、故障模式和影响分析（FMEA）和危险和可操作性分析（HAZOP）等。

- (2) 推进控制系统故障，包括但不限于控制器故障、控制电源故障等；
- (3) 冷却系统故障，包括但不限于冷却设备、器件、管路故障等；
- (4) 舵机/方向控制系统故障，包括但不限于操舵变频器故障、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。

## 第3节 评估流程与方法

### 9.1.3 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。

### 9.1.4 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。

### 9.1.5 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。

### 9.1.6 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。

### 9.1.7 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：

$$\text{风险}=\text{频率}+\text{后果}$$

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。

### **9.1.8 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。

### **9.1.9 建议的落实与确认**

9.3.7.1 风险评估形成的建议措施应由风险评估报告送审方予以落实，并形成落实情况说明，作为风险评估报告相关内容送审。

9.3.7.2 风险评估报告中形成的建议措施落实情况应由验船师现场确认。

## 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>
风险评估团队应由学科领域专家组成，学科领域专家须具有合适的资格（拥有相关专业学位的个人和/或特许/专业工程师、具有船舶操作经验的个人和具有风险评估经验的个人）并富有经验，学科领域涵盖但不限于电池、结构、消防、电气、工艺和操作等方面，通常需要至少 8 名学科领域专家。
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/替代保护措施清单，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			措施建议 (专家意见)	落实情况
						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			措施建议 (专家意见)	落实情况
						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			措施建议 (专家意见)	落实情况
						危害性	可能性	风险程度		
(1)	.....	.....	.....	.....						
4、其它										
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			措施建议 (专家意见)	落实情况
						危害性	可能性	风险程度		
(1)	.....	.....	.....	.....						

- 注：1、风险评估会前，应由相关设计方完成表格中包括故障模式层级、故障模式、原因、后果、现有防护措施、风险评级等内容的初步填写。
- 2、风险评估会上，通过召开风险评估研讨会的形式，应由专家对会前形成的内容进行讨论并确认，同时提出“措施建议”，由相关方记录填写并通过专家确认。
- 3、风险评估会后，应由相关设计方根据“措施建议”完成“具体落实情况说明”的填写并送审，最终由由 CCS 确认措施落实情况。
- 4、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
4	灾难	5	6	7	8	9
3	严重	4	5	6	7	8
2	中等	3	4	5	6	7
1	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。混合动力船舶的试验，可参照本章相应要求执行。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《内燃机动力内河船舶系泊和航行试验大纲》或 GB/T 3471《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 适用范围

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 $\geq 4000\text{kWh}$ ；

10.2.1.2 满足 10.2.1.1 条要求系列船舶，如电池系统、配电系统、推进系统的拓扑结构、保护原理和控制逻辑无原则性变化，仅首制船舶需做联调试验。

10.2.1.3 陆上联调试验应由经 CCS 认可的机构完成，并由 CCS 验船师见证。

#### 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技术要求，相关管路清洁度满足要求。

10.2.3.3 检查液冷系统的管径、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。

10.2.3.5 陆上联调试验大纲需经现场验船师批准。

#### 10.2.4 电池系统

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) 电池组总电压；
- (2) 电池组 SOC；
- (3) 单体温度；
- (4) 单体电压；
- (5) 电池舱（处所）环境温度；
- (6) 报警状态。

10.2.4.2 进行电池系统的安全保护功能试验，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) 电池组故障（过充、过放、过流、过高温、外部短路）保护功能试验；
- (4) BMS 通讯故障保护试验（包括内部通讯及与 PMS/EMS/AMS、充电装置等设备之间的通讯）；
- (5) 电池系统急停试验；
- (6) 电池系统最小电量报警试验；
- (7) 操作地点联锁试验。

10.2.4.3 对每个电池组（或箱式电源，下同）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 进行电池组运行试验，试验内容包括但不限于以下内容：

- (1) 单电池组（如适用）运行试验；
- (2) 手动并联试验：依次手动投入每个电池组，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组的自动并联试验，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、电池组间电流差等。

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、电池组间电流差等。

10.2.4.6 检查针对风险评估报告中识别出的电池系统的风险所采取的安全措施的落实情况，并进行验证试验。

## **10.2.5 配电系统**

10.2.5.1 进行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、充电回路隔离开关和母联隔离开关的操作；

(2) 保护器件整定值校验；

(3) 开关联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 电池组的并网/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、重载问询；

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，当电池组因故障解列后，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 电池组输出短路；

② 直流母排短路，包含 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，逆变器输出端短路，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) 开关联锁试验，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：

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（如适用），记录自动转换和手动转换的时间；

⑤ 日用变压器之间的转换试验，记录自动转换和手动转换的时间。

(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落实情况，并进行试验验证。

## 10.2.6 推进系统

10.2.6.1 单电机/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。分别测试推进控制面板和推进控制箱上的急停按钮功能；

(2) 推进电动机超速保护试验（如适用）：可通过改变推进超速报警与保护阈值进行试验；

(3) 推进电动机启动联锁功能试验：可通过模拟推进系统故障，测试故障没有复位时，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) 通信故障报警功能试验：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）：电动机温度达到报警设定值及以上时，推进控制系统报相应故障并闭锁启动信号；

(7) 推进电机空间加热器与运转的互锁试验；

(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、停机等控制功能；

(2) 每个推进电动机的换向试验；

(3) 进行多操作地点、多推进装置联控/分控等控制转换及控制试验（如有时）。

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，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，并进行试验验证。

### **10.2.7 冷却系统**

10.2.7.1 监测电池系统、推进系统、配电系统各设备的温度变化，校验冷却系统的温度调节能力。

10.2.7.2 测试冷却系统单一故障下，系统的安全保护策略。

## **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 CCS 规范要求持有相应证书。

10.3.3.2 检查各设备的安装、相关管路清洁满足要求。

10.3.3.3 检查液冷系统的管径、压力、水管耐压等满足试验要求。

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 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 10.2.4.2 完成电池系统安保功能试验。

10.3.4.3 按照 10.2.4.3 要求进行电池组的就地投切试验。

10.3.4.4 按照 10.2.4.4 要求进行电池组运行试验。

10.3.4.5 按照 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，并进行试验验证。

#### **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。若可提供经验船师认可的短路试验报告，系泊试验阶段不需要再进行短路试验。

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，并进行试验验证。

#### **10.3.6 推进系统**

10.3.6.1 按照 10.2.6.2 进行推进系统的保护功能试验，并进行锁轴装置与推进系统的联锁试验（如有时）。

10.3.6.2 按照 10.2.6.3 进行推进系统的功能性试验。

10.3.6.3 按照 10.2.6.4 进行推进系统的负载试验，其中 100%的负荷试验可根据码头系泊设备的具体情况适当调整。

10.3.6.4 推进系统运转试验：通过控制推进电机的功率和转速，测试推进系统在不同工况下的运转性能。

10.3.6.5 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，并进行试验验证。

#### **10.3.7 冷却系统**

10.3.7.1 按照 10.2.7.1 进行冷却系统的性能试验。

10.3.7.2 按照 10.2.7.2 进行冷却系统安全保护策略试验。

#### **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）。

10.3.8.4 测试箱式电源内部通风系统、消防系统、可燃气体探测装置以及监测报警系统的有效性。

## 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、电池系统、配电系统和推进系统正常工作。

### 10.4.3 航行性能试验

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

10.4.3.2 在确保船舶安全的前提下，测试转向性能，采用不同航速和推进角回旋 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，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，按照表 10.4.4.1 进行不同航速的航行试验，测试船舶在各种工况下的航行性能和稳定性。

推进系统航行试验项目 表 10.4.4.1

工况序号		功率或对应转速的百分比 (%)	试验时间 (h)
1	正车	25	0.25
2		50	0.25
3		常用功率转速	0.25
4		100	0.5
5	倒车	试验最大倒车工况	0.25

10.4.4.2 测试每个推进电机从静止状态到全速运行所需要的时间。

10.4.4.3 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。

10.4.4.4 测试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。

10.4.4.5 测试直流母排和交流母排的供电安全和直流母排的能量回收措施的有效性。