

指南编号/Guideline No.E-27(202501)



E-27 船用能量型超级电容器

生效日期/Issued date:2025 年 1 月 1 日

©中国船级社 China Classification Society

前言

中国船级社（以下简称“本社”）产品检验指南规定了拟申请本社认可/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。

本指南由本社编写和更新，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	4
4 图纸资料	5
5 技术要求	8
6 原材料及零部件	18
7 型式试验	18
8 单件/单批检验	23

船用能量型超级电容器

1 适用范围

本指南适用于作为船舶安装使用的部分或全部动力源的能量型超级电容器（包括电容器单体、电容器模块、电容器包、电容器系统）及其电容器管理系统的认可及检验。以下分别简称“单体”、“模块”、“包”、“系统”、“管理系统”。

2 规范性引用文件

- 2.1 中国船级社《钢质海船入级规范》
- 2.2 中国船级社《钢质内河船舶建造规范》
- 2.3 中国船级社《船舶应用电池动力规范》
- 2.4 中国船级社《电气电子产品型式认可试验指南》（含 IACS UR E10）（以下简称“认可试验指南”）
- 2.5 SJ/T 11894-2023 《船用超级电容器总规范》
- 2.6 GB 38031-2020 《电动汽车用动力蓄电池安全要求》
- 2.7 GB/T 34014-2017 《汽车动力蓄电池编码规则》
- 2.8 GB/T 34131-2023 《电力储能用电池管理系统》

3 术语及定义

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

3.2 中国船级社《船舶应用电池动力规范》中的定义适用于本章节。

3.3 批次：特指由同一生产者在相同的生产线按相同的生产工艺连续生产的相同规格的产品。

3.4 能量型超级电容器(High Energy Density Supercapacitor)：系指以高比能量为特点，主要用于高能量输入、输出的电容器。

3.5 超级电容器单体(Supercapacitor Cell)：系指电容器里面最小结构单元，直接将化学能转化为电能的基本单元装置，包括电极、隔膜、电解质/液、外壳

和端子（又称极端）。

3.6 超级电容器模块（Supercapacitor Module）：系指将一个以上电容器单体按照串联、并联或串并混联方式组合，且只有一对正负极输出端子，并作为电源使用的组合体。

3.7 超级电容器包（Supercapacitor Pack）：系指由于电压或功率要求由多个电容器单体或电容器模块串、并联而成。电容器包内应含有为电容器系统提供信息（如电压、温度等）的监测电路。

3.8 管理系统（Management System）：系指可以控制电容器输入和输出功率，监视电容器的状态(温度、电压、荷电状态等)，为电容器提供通信接口的系统。

3.9 超级电容器系统（Supercapacitor System）：系指能量存储装置，包括电容器模块或电容器包的集成、管理系统、高压电路、低压电路、热管理设备以及机械总成。

3.10 热失控（Thermal Runaway）：因超级电容器内部的热累积而导致不可控制的温度持续上升从而造成超级电容器损坏的现象。

3.11 热失控扩散（Thermal Runaway Propagation）：电容器模块、电容器包或电容器系统内由一个电容器单体热失控引发的其余电容器单体接连发生热失控的现象。

4 图纸资料

4.1 电容器单体图纸审查时提交的图纸资料：

4.1.1 应将下列图纸资料提交 CCS 批准：

- (1) 总图；
- (2) 主要零部件图，包括：外壳、盖板、正/负极片、隔膜等；
- (3) 产品技术条件或产品技术规格书。

4.1.2 应将下列图纸资料提交 CCS 备查：

- (1) 主要原材料清单；
- (2) 产品使用说明书（如用于国际航行船舶，应至少包括英文）；

- (3) 电容器风险评估报告，应包括对电容器单体安全等级的评估；
- (4) 电容器单体过程关键要素分析报告。

4.2 电容器模块图纸审查时提交的图纸资料：

4.2.1 应将下列图纸资料提交 CCS 批准：

- (1) 总图；
- (2) 电气原理图；
- (3) 监测传感器布置图；
- (4) 对外接口图；
- (5) 产品技术条件或产品技术规格书；
- (6) 铭牌图或标识图（若电容器模块的其他图纸和技术文件已涵盖铭牌或标识内容时可不必提交）。

4.2.2 应将下列图纸资料提交 CCS 备查：

- (1) 主要零部件清单；
- (2) 温度监测分析及试验验证报告（如适用时）；
- (3) 产品使用维护说明书（如用于国际航行船舶，应至少包括英文）；
- (4) 电容器模块过程关键要素分析报告。

4.3 电容器包图纸审查时提交的图纸资料：

4.3.1 应将下列图纸资料提交 CCS 批准：

- (1) 总图；
- (2) 电气原理图；
- (3) 监测传感器布置图；
- (4) 对外接口图；
- (5) 产品技术条件或产品技术规格书；
- (6) 铭牌图或标识图（若电容器包的其他图纸和技术文件已涵盖铭牌或

标识内容时可不必提交)。

4.3.2 应将下列图纸资料提交 CCS 备查:

- (1) 主要零部件清单;
- (2) 温度监测分析及试验验证报告(如适用时);
- (3) 产品使用维护说明书(如用于国际航行船舶,应至少包括英文);
- (4) 电容器包过程关键要素分析报告。

4.4 管理系统图纸审查时提交的图纸资料:

4.4.1 应将下列图纸资料提交 CCS 批准:

- (1) 系统总图;
- (2) 原理框图;
- (3) 外壳及装配图;
- (4) 产品技术条件或技术规格书;
- (5) 风险评估报告。

4.4.2 应将下列图纸资料提交 CCS 备查:

- (1) 主要零部件、材料清单;
- (2) 产品使用维护说明书(如用于国际航行船舶,应至少包括英文)。

4.5 电容器系统图纸审查时提交的资料:

4.5.1 应将下列图纸资料提交 CCS 批准:

- (1) 系统原理图;
- (2) 系统连接图;
- (3) 系统各设备外形图及面板布置图;
- (4) 系统各类保护装置及保护装置设定参数;
- (5) 系统接线图;

4.5.2 应将下列图纸资料提交 CCS 备查:

- (1) 主要零部件清单;
- (2) 使用维护说明书 (如用于国际航行船舶, 应至少包括英文)。

4.5.3 应将下列图纸资料提交 CCS:

- (1) 经船舶审图批准的船舶电容器系统部分单线图 and/or 电力系统图;
- (2) 经船舶审图批准的船舶系统部分监测和报警项目表;
- (3) 经船舶审图批准的船舶短路电流计算及选择性分析;
- (4) 经批准的船舶相关图纸及审图意见。

5 技术要求

5.1 工作条件

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应能正常工作。如仅用于内河船舶, 则可仅满足《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应能正常工作。

5.2 电容器单体

5.2.1 外观及结构

(1) 外观

电容器单体外观不得有变形及裂纹, 表面无毛刺、干燥、无外伤、无污物, 且宜有清晰、正确的标志。

(2) 极性

电容器单体端子极性标识应正确、清晰。

(3) 外形尺寸及质量

电容器单体外形尺寸、质量应符合企业提供的产品技术条件。

(4) 防爆措施

具有硬质金属或塑料外壳的电容器单体应设有安全阀或其他防爆措施。

(5) 软包电容器特殊要求

软包电容器安装使用时每一个电容器单体外部应设有固定支架,以满足有效通风、强度等要求。

(6) 编码号

电容器单体上应附有可识别的编码号,便于管理、回收及追溯。编码规则参照 GB/T 34014 实施。

5.2.2 性能要求

(1) 容量

电容器单体以恒定电流 $I_1(A)$ 进行充放电,容量应为额定容量的 90%~110%。

(2) 储存能量和比能量

电容器单体的储存能量应为标称能量的 90%~110%,比能量应不低于 85Wh/kg,且为标称比能量的 90%~110%。

(3) 直流内阻

电容器单体直流内阻应不大于标称内阻。

(4) 比功率

电容器单体的比功率应不低于 10000W/kg。

(5) 电压保持率

电容器单体以额定电压在室温下开路静置 72h 后,两端电压保持率应不低于额定电压的 98%。

(6) 高温特性

电容器单体在 55℃或更高的工作温度下,其容量不低于初始值的 85%,储存能量不低于初始值的 85%。

(7) 低温特性

电容器单体在 -20℃或更低的工作温度下,其容量不低于初始值的 65%,储存能量不低于初始值的 50%。

(8) 循环寿命

电容器单体在室温下进行循环寿命测试时：

① 进行 100%DoD 循环，至电容器单体 80%SOH 时，循环寿命不低于 1 万次；

② 或进行 80%DoD 循环，至电容器单体 80%SOH 时，循环寿命不低于 5 万次。

(9) 绝缘性能

电容器单体绝缘电阻值应不低于 $10M\Omega$ 。

5.2.3 安全性要求

(1) 过放电

电容器单体在进行过放电试验时，应不爆炸、不起火、无漏液现象。

(2) 过充电

电容器单体在进行过充电试验时，应不爆炸、不起火。

(3) 外部短路

电容器单体在进行外部短路试验时，应不爆炸、不起火。

(4) 跌落

电容器单体在进行跌落试验时，应不爆炸、不起火、无漏液现象。

(5) 高温

电容器单体在温度 130°C 进行高温试验时，应不爆炸、不起火。

(6) 挤压

将电容器单体挤压至电压达到 0V 或变形量达到 30%或挤压力达到 100kN 或 1000 倍试验对象重量，应不爆炸、不起火。

(7) 机械冲击

电容器单体进行机械冲击试验时，应不爆炸、不起火、无漏液现象。

(8) 温度循环

电容器单体进行温度循环试验时，应不爆炸、不起火、无漏液现象。

(9) 热失控

电容器单体进行热失控试验时,触发单体达到热失控的判定条件,应不爆炸、不起火。

(10) 滞燃试验(仅塑料外壳)

电容器单体的外壳材料应具有滞燃特性。

5.3 电容器模块

5.3.1 外观及结构

(1) 外观

电容器模块外壳不得有变形及裂纹,表面干燥、无电解液溢痕,且排列整齐、连接可靠、标志清晰等。

(2) 极性

电容器模块端子极性标识应清晰完整、准确无误。

(3) 外形尺寸及质量

电容器模块外形尺寸及质量应符合企业提供的产品技术条件。

(4) 防爆措施

如电容器模块采用封闭外壳,则应设有安全阀或其他防爆措施。

(5) 材料

电容器模块的辅助材料应为阻燃材料。

(7) 监测电路

若以电容器模块组成电容器系统上船使用,则电容器模块内应含有为电容器系统提供信息(如电压、温度等)的监测电路。

(8) 编码号

电容器模块上应附有可识别的编码号,便于管理、回收及追溯。编码规则参照 GB/T 34014 实施。

5.3.2 性能要求

(1) 容量

电容器模块以恒定电流 $I_1(A)$ 进行充放电，容量应为额定容量的 90%~110%。

(2) 储存能量和比能量

电容器模块的储存能量应为标称能量的 90%~110%，比能量应为标称比能量的 90%~110%。

(3) 直流内阻

电容器模块直流内阻应不大于标称内阻。

(4) 比功率

电容器模块的比功率应不小于标称比功率。

(5) 电压保持率

电容器模块以额定电压在室温下开路静置 72h 后，两端电压保持率应不低于额定电压的 98%。

(6) 高温特性

电容器模块在 55℃ 或更高的工作温度下，其容量不低于初始值的 85%，储存能量不低于初始值的 85%。

(7) 低温特性

电容器模块在 -20℃ 或更低的工作温度下，其容量不低于初始值的 65%，储存能量不低于初始值的 50%。

(8) 绝缘电阻

电容器模块绝缘电阻值应不低于 10MΩ。

5.3.3 安全性要求

(1) 过放电

电容器模块在进行过放电试验时，应不爆炸、不起火、无漏液现象。

(2) 过充电

电容器模块在进行过充电试验时，应不爆炸、不起火。

(3) 外部短路

电容器模块在进行外部短路试验时，应不爆炸、不起火。

(4) 跌落

电容器模块在进行跌落试验时，应不爆炸、不起火、无漏液现象。

(5) 高温

电容器模块在温度 130℃ 进行高温试验时，应不爆炸、不起火。

(6) 挤压

电容器模块进行挤压试验时，应不爆炸、不起火。

(7) 机械冲击

电容器模块进行机械冲击试验时，应不爆炸、不起火、无漏液现象。

(8) 温度循环

电容器模块进行温度循环试验时，应不爆炸、不起火。

(9) 热失控扩散

将电容器模块中特定位置的电容器单体触发达到热失控的判定条件，应不起火、不爆炸，应不发生热失控扩散。

5.4 电容器包

5.4.1 外观及结构

(1) 外观

电容器包外壳不应有变形及裂纹，连接可靠、标志清晰等。

(2) 极性

电容器包端子极性标识应正确、清晰。

(3) 外形尺寸及质量

电容器包外形尺寸及质量应符合企业提供的产品技术条件。

(4) 防爆措施

电容器包应设有安全阀或其他防爆措施。

(5) 外壳材料

电容器包的外壳材料（接插件除外）应为不燃材料。若电容器包可能直接安装在托架上，则其外壳应采用厚度不小于 1mm 的钢质材料制成。外部接插件外壳应为滞燃材料。

(6) 外壳防护等级

软包电容器包或安全等级为 1 的电容器包防护等级应不低于 IP67。除软包电容器包以外，安全等级为 2 的电容器包防护等级至少为 IP22。用于船长超过 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、纤维增强塑料船的电容器包应为安全等级 2 的电容器，且电容器包的防护等级应不低于 IP67。

(7) 温度调节措施

电容器包应设有温度调节措施。由软包电容器包及安全等级为 1 的电容器单体或电容器模块组成的电容器包应设有与电容器舱（室）/电容器箱（柜）独立的温度调节装置。

(8) 监测电路

电容器包内应含有为电容器系统提供信息（如电压、温度等）的监测电路。

(9) 铭牌

电容器包外壳上应安全地附有牢固的铭牌，铭牌标志内容应至少包括产品名称、电容器单体型号、电容器单体电压（V）、电容器单体容量（F）、电容器包标称电压（V）、电容器包标称电量（kWh）、电容器包重量（kg）、电容器包型号、产品编码号、生产日期（年月日）。

(10) 编码号

电容器包上应附有可识别的编码号，便于管理、回收及追溯。编码规则参照 GB/T 34014 实施。

5.4.2 性能要求

(1) 交流内阻

对电容器包进行交流内阻测量,内阻值应符合企业提供的产品技术条件。

(2) 容量和存储能量

电容器包进行容量和存储能量测试,应符合企业提供的产品技术条件。

(3) 电压保持率

电容器包以额定电压在室温下开路静置 72h 后,两端电压保持率应不低于额定电压的 98%。

(4) 绝缘电阻

电容器包绝缘电阻值应不低于 100M Ω 。

(5) 耐压性能

在电容器包正极与外部裸露可导电部分之间、电容器包负极与外部裸露可导电部分之间施加相应电压,不应发生击穿或闪络现象。对于除电容器包正极、负极以外的对外接口端子与外部裸露可导电部分之间施加相应电压,不应发生击穿或闪络现象。试验后的绝缘电阻值应不小于 10M Ω 。

5.4.3 安全性要求

(1) 过放电

电容器包在进行过放电试验时,应不爆炸、不起火、无外壳破裂或漏液现象。试验后的绝缘电阻值应不小于 10M Ω 。

(2) 过充电

电容器包在进行过充电试验时,应不爆炸、不起火、无外壳破裂或漏液现象。试验后的绝缘电阻值应不小于 10M Ω 。

(3) 外部短路

电容器包在进行外部短路试验时,应不爆炸、不起火、无外壳破裂或漏液现象。试验后的绝缘电阻值应不小于 10M Ω 。

(4) 跌落

电容器包在进行跌落试验时,应不爆炸、不起火、无外壳破裂或漏液现象。

(5) 高温

电容器包在温度 130℃ 进行高温试验时，应不爆炸、不起火、无外壳破裂或漏液现象。

(6) 挤压

将电容器包挤压至挤压力达到 100kN 或挤压变形量达到挤压方向的整体尺寸的 30%，应不爆炸、不起火。

(7) 机械冲击

电容器包在进行机械冲击试验时，应不爆炸、不起火、无外壳破裂或漏液现象。试验后的绝缘电阻值应不小于 10MΩ。

(8) 温度循环

电容器包进行温度循环试验时，应不爆炸、不起火、无外壳破裂或漏液现象。试验后的绝缘电阻值应不小于 10MΩ。

(9) 热失控扩散

将电容器包中特定位置的电容器单体触发达到热失控的判定条件，应不起火、不爆炸，应不发生热失控扩散。

5.5 管理系统

5.5.1 功能要求

(1) 供电

管理系统应由两路电源供电，其中一路应应由其监控电容器外的电源供电。

(2) 结构

管理系统需根据电容器层级配备电容控制单元和电容监测电路。电容器控制单元应能够接收电容器模块/电容器包内监测电路含有的信息（如电压、温度等）。

(3) 管理系统的设计及功能应符合中国船级社《船舶应用电池动力规范》第 5 节，电池管理系统（BMS）的要求。

5.5.2 性能要求

(1) 状态参数测量精度

管理系统所监测状态参数的测量精度要求见表 5.5.2（1）

状态参数测量精度要求

表 5.5.2 (1)

参数	精度要求	采样周期要求
电容器单体电压	$\leq \pm 0.2\%FS$, 且最大误差 $\leq \pm 5$ mV	≤ 100 ms
电容器簇总电压	$\leq \pm 1\%FS$ ($< 1000V$), $\leq \pm 0.5\%FS$ ($\geq 1000V$), 且最大误差 $\leq \pm 5$ V	≤ 100 ms
电容器簇电流	$\leq \pm 0.5\%FS$, 且最大误差 $\leq \pm 3$ A	≤ 50 ms
电容器单体温度	分辨率 ≤ 1 °C, 测量误差 $\leq \pm 1$ °C; -40 °C \sim -20 °C 和 $+65$ °C \sim $+125$ °C 范围内不大于 ± 2 °C	≤ 5 s
绝缘电阻	电容器总电压 $\geq 400V$, 相对误差 $\leq 20\%$ 电容器总电压 $< 400V$, 相对误差 $\leq 30\%$ 绝缘电阻 ≤ 50 k Ω 时, 最大误差 ≤ 10 k Ω 绝缘电阻 ≥ 1 M Ω 时, 负向误差 $\leq 20\%$, 正向误差 $\leq 200\%$.	/

(2) 能量状态估算

电池管理系统应实时估算能量状态。电池管理系统能量状态估算最大允许误差应为 $\pm 5\%$ 。

(3) 耐电源极性反接性能

管理系统应能经受规定的电源极性反接试验, 在试验后应能正常工作, 且满足状态参数测量精度的要求。

(4) 绝缘性能

电池管理系统与电池相连的采集端子和接地端子之间、通信端子与接地

端子之间、采集端子与通信端子之间、供电端子与通信端子之间的绝缘电阻在湿热试验、低温试验、盐雾试验 Kb 和耐电压试验前应不小于 $10M\Omega$ ($U_n \leq 65V$) / $100M\Omega$ ($> 65V$), 试验后应不小于 $1M\Omega$ ($U_n \leq 65V$) / $10M\Omega$ ($> 65V$)。

(5) 耐电压性能

电池管理系统与电池相连的采集端子和接地端子之间、通信端子与接地端子之间、采集端子和供电电阻之间、供电端子与通信端子之间施加相应电压, 应无绝缘击穿和闪络现象, 漏电流应小于 $10mA$ 。

5.6 电容器系统

5.6.1 外壳

电容器系统相关设备一般应用耐久、滞燃和耐潮的材料制成。

5.6.2 功能

电容器系统控制功能应符合中国船级社《船舶应用电池动力规范》表 6.5.2.14 的要求。

5.6.3 应急关断

标称能量超过 50kWh 的电容器系统应设置独立的紧急关断装置，用于断开电容器系统的连接，并满足：紧急关断装置应设在驾驶室和电容器舱外易于到达之处，动作时应同时发出视觉和听觉信号；电容器系统应具备独立于控制、显示和报警系统的硬件电路用于执行紧急关断功能。

6 原材料及零部件

产品原材料及零部件应按照我社现行规范相关要求进行了控制。

7 型式试验

7.1 除另有规定外，试验应在下列标准大气条件范围以内进行：

- (1) 温度范围： $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ；
- (2) 相对湿度：15%~90%；
- (3) 气压： $96\text{kPa} \pm 10\text{kPa}$ 。

7.2 测量仪器、仪表准确度

测量仪器、仪表准确度应满足以下要求：

- (1) 电压测量装置： $\pm 0.5\% \text{ FS}$
- (2) 电流测量装置： $\pm 0.5\% \text{ FS}$
- (3) 温度测量装置： $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- (4) 时间测量装置： $\pm 0.1\% \text{ FS}$
- (5) 尺寸测量装置： $\pm 0.1\% \text{ FS}$
- (6) 质量测量装置： $\pm 0.1\% \text{ FS}$

7.3 测试过程误差

控制值（实际值）与目标值之间的误差要求如下：

- (1) 电压：±1%
- (2) 电流：±1%
- (3) 温度：±2℃

7.4 数据记录与记录间隔

除在某些具体测试项目中另有说明，否则测试数据（如时间、温度、电流和电压等）的记录间隔应不大于 100s。

7.5 电容器单体型式试验项目、技术要求和试验方法见表 7.5：

电容器单体型式试验项目

表 7.5

序号	试验类别	试验项目	试验技术要求	试验方法（试验标准：SJ/T 11894-2023）	样品及编号	
1.	性能试验	外观及结构	5.2.1 (1), (4), (5)	第 6.2.2 条	1#~28#	
2.		极性	5.2.1 (2)	第 6.2.3 条		
3.		外形尺寸及质量	5.2.1 (3)	第 6.2.4 条		
4.		容量	5.2.2 (1)	第 6.2.5.1 条		
5.		储存能量和比能量	5.2.2 (2)	第 6.2.5.2 条		
6.		直流内阻	5.2.2 (3)	第 6.2.5.3 条		
7.		比功率	5.2.2 (4)	第 6.2.5.4 条		
8.		电压保持率	5.2.2 (5)	第 6.2.5.5 条		
9.		高温特性	5.2.2 (6)	第 6.2.5.6 条		1#、2#
10.		低温特性	5.2.2 (7)	第 6.2.5.7 条		3#、4#
11.		循环寿命	5.2.2 (8)	第 6.2.5.8 条		5#、6#
12.		绝缘电阻	5.2.2 (9)	第 6.2.5.9 条		7#、8#
13.	安全性试验	过放电	5.2.3 (1)	第 6.2.7.1 条	9#、10#	
14.		过充电	5.2.3 (2)	第 6.2.7.2 条	11#、12#	
15.		外部短路	5.2.3 (3)	第 6.2.7.3 条	13#、14#	
16.		跌落	5.2.3 (4)	第 6.2.7.4 条	15#、16#	
17.		高温	5.2.3 (5)	第 6.2.7.5 条	17#、18#	
18.		挤压	5.2.3 (6)	第 6.2.7.6 条	19#、20#	
19.		机械冲击	5.2.3 (7)	第 6.2.7.9 条	21#、22#	
20.		温度循环	5.2.3 (8)	GB 38031 第 8.1.6 条	23#、24#	
21.		热失控	5.2.3 (9)	第 6.2.7.11 条	25#、26#	
22.	环境适应	振动试验	认可试验指南第 2.7 条	认可试验指南第 2.7 条	27#、28#	

23.	性试验	滞燃试验（仅塑料外壳）	认可试验指南第 2.16 条	认可试验指南第 2.16 条	外壳部件
-----	-----	-------------	----------------	----------------	------

7.5.1 电容器单体典型样品选取

(1) 典型样品选取原则

如制造厂同时申请多个型号的电容器单体认可，可根据电容器单体制造工艺、电容器单体容量等差异性，选取每种生产工艺下容量最大的型号作为典型样品，同种生产工艺下其他型号的电容器单体应提供符合相关标准的安全性试验报告进行验证。

(2) 认可变更

如不同型号的电容器单体分多次申请认可，则应按典型样品选取原则在每次申请认可的型号中选取典型样品，并按表 7.5 的要求进行型式试验。

7.6 电容器模块型式试验项目、技术要求及试验方法见表 7.6

电容器模块型式试验项目

表 7.6

序号	试验类别	试验项目	试验技术要求	试验方法（试验标准：SJ/T 11894-2023）	样品及编号	
1.	性能试验	外观及结构	5.3.1	第 6.2.2 条	1#~14#	
2.		极性	5.3.1 (2)	第 6.2.3 条		
3.		外形尺寸及质量	5.3.1 (3)	第 6.2.4 条		
4.		容量	5.3.2 (1)	第 6.2.5.1 条		
5.		储存能量和比能量	5.3.2 (2)	第 6.2.5.2 条		
6.		直流内阻	5.3.2 (3)	第 6.2.5.3 条		
7.		比功率	5.3.2 (4)	第 6.2.5.4 条		
8.		电压保持率	5.3.2 (5)	第 6.2.5.5 条		
9.		高温特性	5.3.2 (6)	第 6.2.5.6 条		1#
10.		低温特性	5.3.2 (7)	第 6.2.5.7 条		2#
11.		绝缘电阻	5.3.2 (8)	第 6.2.5.9 条		3#
12.	安全性试验	过放电	5.3.3 (1)	第 6.2.7.1 条	4#	
13.		过充电	5.3.3 (2)	第 6.2.7.2 条	5#	
14.		外部短路	5.3.3 (3)	第 6.2.7.3 条	6#	
15.		跌落	5.3.3 (4)	第 6.2.7.4 条	7#	
16.		高温	5.3.3 (5)	第 6.2.7.5 条	8#	
17.		挤压	5.3.3 (6)	第 6.2.7.6 条	9#	
18.		机械冲击	5.3.3 (7)	第 6.2.7.9 条	10#	
19.		温度循环	5.3.3 (8)	GB 38031 第 8.1.6 条	11#	

20.		热失控扩散	5.3.3 (9)	第 6.3.6.9 条	12#
21.	环 境 适 应 性 试 验	振动试验	认可试验指南 第 2.7 条	认可试验指南第 2.7 条	13#
22.		交变湿热循环	认可试验指南 第 2.10 条	认可试验指南第 2.10 条	14#
23.		滞燃试验（仅塑料 外壳）	认可试验指南 第 2.16 条	认可试验指南第 2.16 条	外壳部件

7.6.1 电容器模块典型样品选取

(1) 典型样品选取原则

如制造厂同时申请多个型号的电容器模块认可，可根据电容器模块制造工艺、电容器模块容量、串并联方式等差异性，选取每种生产工艺下容量最大的型号作为典型样品，同种生产工艺下其他型号的电容器模块应提供符合相关标准的安全性试验报告进行验证。

(2) 认可变更

如不同型号的电容器模块分多次申请认可，则应按典型样品选取原则在每次申请认可的型号中选取典型样品，并按表 7.6 的要求进行型式试验。

(3) 其他

如工厂同时申请电容器单体和电容器模块认可，则表 7.5 与 7.6 中相同的试验项目及相同的试验方法可以选择电容器模块作为样品进行试验而不必在电容器单体上重复进行。样品数量可视试验情况进行减少。

7.7 电容器包型式试验项目、技术要求和试验方法见表 7.7

电容器包型式试验项目

表 7.7

序号	试 验 类 别	试验项目	试验技术要求	试验方法（试验标准： SJ/T 11894-2023）	样品及编号
1.	性 能 试 验	外观及结构	5.4.1	第 6.3.1 条	1#~3#
2.		极性与标识	5.4.1 (2)	第 6.3.2 条	
3.		外形尺寸及质量	5.4.1 (3)	第 6.3.3 条	
4.		交流内阻	5.4.2 (1)	第 6.3.4.1 条	
5.		容量和储存能量	5.4.2 (2)	第 6.3.4.2 条	
6.		电压保持率	5.4.2 (3)	第 6.3.4.3 条	
7.		绝缘电阻	5.4.2 (4)	第 6.3.4.4 条	
8.		耐压性能	5.4.2 (5)	第 6.3.5.1 条	
9.	安 全	过放电	5.4.3 (1)	第 6.3.6.1 条	1#

10.	性试验	过充电	5.4.3 (2)	第 6.3.6.2 条	2#
11.		外部短路	5.4.3 (3)	第 6.3.6.5 条	3#
12.		跌落	5.4.3 (4)	第 6.2.7.4 条	4#
13.		高温	5.4.3 (5)	第 6.2.7.5 条	5#
14.		挤压	5.4.3 (6)	第 6.3.6.7 条	6#
15.		机械冲击	5.4.3 (7)	第 6.3.6.8 条	7#
16.		温度循环	5.4.3 (8)	第 6.3.6.6 条	8#
17.		热失控扩散	5.4.3 (9)	第 6.3.6.9 条	9#
18.	环境适应性试验	振动试验	认可试验指南第 2.7 条	认可试验指南第 2.7 条	10#
19.		交变湿热循环	认可试验指南第 2.10 条	认可试验指南第 2.10 条	11#
20.		滞燃试验（仅塑料外壳）	认可试验指南第 2.16 条	认可试验指南第 2.16 条	外壳部件
21.		外壳防护试验	认可试验指南第 2.15 条	认可试验指南第 2.15 条	12#
22.		盐雾试验 Kb ⁹	认可试验指南第 2.12 条	认可试验指南第 2.12 条	13#

注：① 盐雾试验 Kb 仅适用于安装在海船开敞甲板的电容器包。

7.7.1 电容器包典型样品选取

(1) 典型样品选取原则

对于同时申请系列型号的电容器包认可时，如果基于相同的电容器单体，连接方式（串并联）、间距、包装材料等相同，选取最大能量电容器包。样品数量可视试验情况进行减少。

(2) 认可变更

系列型号不是同时申请认可时，根据电容器包能量及结构的区别，原则上应进行全部型式试验。但如电容器包的能量一致、结构一致，仅电容器单体或模块的串并联方式不一致，可仅按照表 7.7 要求进行性能试验部分项目。同时可根据电容器包变化的实际情况对试验项目的必要性进行评估，并减免相关试验项目。

(3) 其他

如工厂同时申请电容器模组和电容器包认可，则表 7.6 与 7.7 中相同的试验项目及相同的试验方法可以选择电容器包作为样品进行试验而不必在电容器模块上重复进行。

7.8 管理系统型式试验项目、技术要求和试验方法见表 7.8:

管理系统型式试验项目

表 7.8

序号	试验项目	技术要求	试验方法
1	外观及结构检查	5.5.1	目视检查
2	功能试验	5.5.1 (3)	GB/T 34131 7.5~7.7、7.9
3	状态参数测量精度	5.5.2 (1)	GB/T 34131 7.4
4	SOC 估算精度	5.5.2 (2)	GB/T 34131 7.8
5	耐电源极性反接性能	5.5.2 (3)	GB/T 34131 7.13.3
6	绝缘电阻测量	5.5.2 (4)	认可试验指南 2.3
7	耐电压试验	5.5.2 (5)	认可试验指南 2.14
8	能源波动试验	认可试验指南 2.4	认可试验指南 2.4
9	能源故障试验	认可试验指南 2.5	认可试验指南 2.5
10	振动试验	认可试验指南 2.7	认可试验指南 2.7
11	高温试验	认可试验指南 2.8	认可试验指南 2.8
12	低温试验	认可试验指南 2.9	认可试验指南 2.9
13	交变湿热试验	认可试验指南 2.10	认可试验指南 2.10
14	外壳防护试验	认可试验指南 2.15	认可试验指南 2.15
15	盐雾试验 Kb①	认可试验指南 2.12	认可试验指南 2.12
16	滞燃试验(仅塑料壳)	认可试验指南 2.16	认可试验指南 2.16
17	电磁兼容性试验	认可试验指南 第 3 章	认可试验指南 第 3 章

注：① 盐雾试验 Kb 仅适用于安装在海船开敞甲板的管理系统。

8 单件/单批检验

8.1 电容器单体

8.1.1 获得型式认可 B 后，单件/单批检验工作应在生产企业完成出厂试验后进行，并提交相关过程数据供 CCS 审核。

8.1.2 单件/单批检验时，电容器单体每规格应按批次进行至少 1% 抽检检验，但不少于 10 只；检验项目至少应包括：

- (1) 外观及结构检查
- (2) 极性
- (3) 外形尺寸及质量
- (4) 容量（抽检比例和测试方法可按照企业规定的要求进行）
- (5) 存储能量和比能量
- (6) 直流内阻
- (7) 电压保持率（抽检比例和测试方法可按照企业规定的要求进行）

(8) 绝缘电阻测量

8.2 电容器模块

8.2.1 获得型式认可 B 后，单件/单批检验工作应在生产企业完成出厂试验后进行，并提交相关过程数据供 CCS 审核。

8.2.2 单件/单批检验时，电容器模块应按批次进行至少 5%抽检验，但不少于 5 只。检验项目至少应包括：

- (1) 外观及结构检查
- (2) 极性
- (3) 外形尺寸及质量
- (4) 容量（抽检比例和测试方法可按照企业规定的要求进行）
- (5) 存储能量和比能量
- (6) 直流内阻
- (7) 电压保持率（抽检比例和测试方法可按照企业规定的要求进行）
- (8) 绝缘电阻测量

8.3 电容器包

8.3.1 获得型式认可 B 后，单件/单批检验工作应在生产企业完成出厂试验后进行，并提交相关过程数据供 CCS 审核。

8.3.2 单件/单批检验时，电容器包应按批次进行至少 5%抽检验，但不少于 2 只的方式进行。检验项目至少应包括：

- (1) 外观及结构检查
- (2) 极性与标识
- (3) 外形尺寸及质量
- (4) 交流内阻
- (5) 容量和存储能量（抽检比例和测试方法可按照企业规定的要求进行）

- (6) 电压保持率（抽检比例和测试方法可按照企业规定的要求进行）
- (7) 绝缘电阻测量
- (8) 耐电压试验

8.3.3 若电容器包的制造企业与电容器系统的最终集成商为同一家企业时，电容器包的容量测试可结合电容器系统的单件/单批检验进行。

8.4 管理系统

8.4.1 获得型式认可 B 后，单件/单批检验工作应在生产企业完成出厂试验后进行。

8.4.2 单件/单批检验时，管理系统应按批次进行抽检。主控 20%，不少于 2 只，检验项目至少应包括：

- (1) 外观及结构检查
- (2) 功能试验
- (3) 状态参数测量精度
- (4) 绝缘电阻测量
- (5) 耐电压试验

8.4.3 若管理系统制造商与电容器系统的最终集成商为同一家企业时，管理系统的功能试验可结合电容器系统的单件/单批检验进行。

8.5 电容器系统

8.5.1 单件/单批检验应在生产企业完成出厂试验后进行，企业的出厂试验报告应随产品检验通知单同时提交 CCS。

8.5.2 电容器系统中使用的配电电器和/或控制电器应符合《钢质海船入级规范》或《钢质内河船舶建造规范》的相关要求。配电电器和/或控制电器应进行温升试验、效用试验、耐压试验和绝缘电阻测量，其中温升试验应在额定工作状态下进行，但对同型号同规格产品，可只要求对首台产品进行温升试验。

8.5.3 单件/单批检验时，电容器系统应逐套进行检验。检验项目应至少包括：

- (1) 外观及结构检查
- (2) 管理系统功能试验

- (3) 过高温保护
- (4) 过流保护
- (5) 外部短路保护模拟
- (6) 过充电保护
- (7) 过放电保护
- (8) 绝缘电阻测量
- (9) 紧急关断功能试验（超过 50kWh）
- (10) 容量测试（至少选取一簇进行，以电容器包额定充放电电流进行
1 次）