

中国船舶工业行业协会团体标准

T/CANSI 26—2022

电动船舶用锂离子动力蓄电池包电性能 试验方法

Electrical ship's lithium-ion traction battery pack electrical performance
test methods

2022-10-01 发布

2022-10-01 实施

中国船舶工业行业协会 发布

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 符号和缩略语	2
5 通用测试要求	2
5.1 一般要求	2
5.2 准确度要求	3
5.3 数据记录和记录间隔	3
5.4 试验准备	3
5.5 通用测试循环	4
6 基本性能试验方法	4
6.1 容量和能量	5
6.2 功率和内阻	6
6.3 无负载容量损失	12
6.4 存储中容量损失	13
6.5 能量效率	14
附录 A (资料性) 蓄电池包的典型结构	16
附录 B (资料性) 蓄电池包测试项目	17

前 言

本文件按照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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国船舶工业行业协会标准化分会归口。

本文件起草单位：宁德时代新能源科技股份有限公司、中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院。

本文件主要起草人：赵江峰、张红波、郑碧、马全林、陈颖、刘伟、李恒、曾红莉、宋梦然、朱佳帅、杨莲、杨倩倩。

电动船舶用锂离子动力蓄电池包电性能试验方法

1 范围

本文件规定了电动船舶用锂离子动力蓄电池包的通用测试条件、基本性能试验方法检验规则。

本文件适用于装载在电动船舶上的锂离子动力蓄电池包（以下简称蓄电池包），其他类型蓄电池包可参照执行。

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/T 2900.41 电工术语 原电池和蓄电池

中国船级社 《纯电池动力船舶检验指南》 2019

3 术语和定义

GB/T 2900.41界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

蓄电池电子部件 battery electronics

采集或者同时监测蓄电池单体（3.4）或蓄电池模块（3.5）的电和热数据的电子装置，必要时可以包括用于蓄电池单体（3.4）均衡的电子部件。

注：蓄电池电子部件可以包括单体控制器。单体电池间的均衡可以由蓄电池电子部件控制，或者通过蓄电池控制单元（3.2）控制。

3.2

蓄电池控制单元 battery control unit

控制、管理、检测或计算蓄电池包（3.6）的电和热相关参数，并提供蓄电池包（3.6）和其他控制器通讯的电子装置。

3.3

额定容量 rated capacity of battery pack

以制造商规定的条件测得的并由制造商声明的容量值。

注：额定容量通常用安时（Ah）或毫安时（mAh）来表示。

3.4

蓄电池单体 battery cell

指蓄电池里面最小结构单元。是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、外壳和端子（又称极端）。

3.5

蓄电池模块 battery module

系指将一个以上蓄电池单体（3.4）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。

3.6

蓄电池包 battery pack

根据电压或功率要求，将多个蓄电池单体（3.4）或蓄电池模块（3.5）串、并联而成的组合体。

注：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。

3.7

高压 high voltage

最大工作电压大于30 V（rms）且小于等于1000 V（rms）的交流电压，或大于60 V小于等于1500 V的直流电压。

3.8

低压 low voltage

最大工作电压不大于30 V(rms)的交流电压，或不大于60 V的直流电压。

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

RT: 室温 (Room Temperature) ;

SOC: 荷电状态 (State of Charge) ;

BCU: 蓄电池控制单元 (Battery Control Unit);

η : 效率;

$I'_{\max}(SOC, T, t)$: 某SOC, 试验环境温度T, 脉冲持续时间t下的最大允许放电电流;

$I_{\max}(T)$: 某试验环境温度下最大允许持续放电电流;

nC: 电流倍率, 等于1小时放电容量的n倍 (单位A)。

5 通用测试要求

5.1 一般要求

- 5.1.1 除非在具体测试项目中另有说明，测试工作应在温度为室温（ 22 ± 5 ）℃（RT），湿度为10%~90%环境下进行。
- 5.1.2 测试样品交付时应包括必要的操作文件，以及和测试设备相连所需的接口部件，如连接器和插头（包括冷却接口）。蓄电池包的典型结构参见附录A。制造商应提供蓄电池包的工作限值，以保证整个测试过程的安全。
- 5.1.3 当测试的目标环境温度改变时，在进行测试前测试样品应完成环境适应过程：在低温下静置不少于24 h；在高温下静置不小于16 h；或电池单体温度与目标环境温度差值不超过2℃。测试样品如果包含BCU，则环境适应过程应将其关闭。
- 5.1.4 调整SOC至试验目标值n%的方法为：按制造商提供的充电方式将蓄电池包充满电，静置30 min，以1/3C恒流放电 $(100-n)/100$ h*3。每次SOC调整后，新的测试开始前测试样品需要静置30 min。
- 5.1.5 测试过程中，为了蓄电池包的内部反应及温度的平衡，某些测试步骤之间应静置一定的时间。静置过程中蓄电池包的低压电控单元（如蓄电池电子部件和BCU等）应正常工作；冷却系统应根据制造商的规定或BCU的指令工作。
- 5.1.6 测试过程中的放电倍率应按照本部分的规定执行，充放电机制和充放电截止条件由制造商提供，这些条件应前后统一，如循环性能测试过程的充放电机制和充放电截止条件应和其他试验的规定相同。
- 5.1.7 蓄电池包的额定容量对于测试过程具有重要影响。若蓄电池包实际可用容量与蓄电池包额定容量之差的绝对值超过额定容量的3%，则在测试报告中应明确说明，并用实际可用容量代替额定容量用于充放电电流及SOC计算的依据。
- 5.1.8 蓄电池包的测试项目、测试方法章条号、测试条件等信息见附录B。
- 5.1.9 蓄电池包放电电流符号为正，充电电流符号为负。

5.2 准确度要求

5.2.1 测量仪器、仪表准确度的要求如下：

- a) 电压测量装置：不低于0.5级；
- b) 电流测量装置：不低于0.5级；
- c) 温度测量装置： ± 0.5 ℃；
- d) 时间测量装置： ± 0.1 %；
- e) 尺寸测量装置： ± 0.1 %；
- f) 质量测量装置： ± 0.1 %。

5.2.2 测试过程中，控制值（实际值）和目标值之间的误差要求如下：

- a) 电压： ± 1 %；
- b) 电流： ± 1 %；
- c) 温度： ± 2 ℃。

5.3 数据记录和记录间隔

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

5.4 试验准备

5.4.1 蓄电池包

5.4.1.1 蓄电池包的高压、低压、热管理系统及BCU要和测试平台设备相连，开启蓄电池包的主动和被动保护。

5.4.1.2 根据电池包制造商的要求和试验测试规程，测试平台检测和控制电池包的工作状态和工作参数，并保证主动保护开启，必要时可以通过断开电池包的主接触器来实现。

5.4.1.3 热管理系统装置根据制造商的要求工作。

5.4.1.4 电池包测试过程中，电池包和测试平台之间没有信息交换，电池包的参数限值由测试平台直接控制。

5.4.1.5 测试平台检测电池包的电流、电压、容量或能量等参数，并将这些数据作为检测结果或计算依据。

5.4.2 测试样品的质量和体积

用量具测量测试样品的外形尺寸或其他方法，计算出测试样品的体积，单位为升（L）。用衡器测量测试样品的质量，单位为千克（kg）。

- a) 若测试样品包含有强制冷却系统，则测量或计算其质量和体积时，应将冷却系统包括在内，如冷却管路等；
- b) 若冷却系统使用液冷方式，则冷却液的重量也应计算在内。若测试样品的冷却系统和其他系统冷却集成在一起，则仅考虑和测试样品相关部分的质量和体积；
- c) 难以测量时，可采用制造商提供的数据和数据测试依据。

5.5 通用测试循环

5.5.1 预处理循环

5.5.1.1 正式测试开始前，蓄电池包应先进行预处理循环，以确保测试时电池包的性能处于激活和稳定的状态。预处理循环在室温下进行，其步骤如下：

- a) 以 1/3C 或按照制造商推荐的充电机制充电至制造商规定的充电截止条件；
- b) 静置 30 min；
- c) 使用 1/3C 或按照制造商推荐的放电机制放电至制造商规定的放电截止条件；
- d) 静置 30 min；
- e) 重复 a)~d) 不超过 5 次。

5.5.1.2 若蓄电池包连续两次的放电容量变化不高于额定容量的 3%，则认为蓄电池包完成了预处理，预处理循环可以中止。

5.5.2 标准循环

5.5.2.1 测试过程中按照本标准指定的测试步骤进行。标准循环在室温下进行，按照先后顺序包括一个标准放电过程和标准充电过程，其步骤如下：

- a) 标准放电：使用 1/3C 或按照制造商推荐的放电机制放电至制造商规定的放电截止条件，静置 30 min；
- b) 标准充电：使用 1/3C 充电至制造商规定的充电截止条件或按照制造商推荐的充电机制充电，静置 30 min。

5.5.2.2 若标准循环和一个新的测试之间时间间隔长于 24 h，则需要重新进行一次标准充电。

5.5.2.3 本文件所提到的“标准循环”的环境温度是室温（RT），而单独提到的“标准放电”和“标准充电”的环境温度按具体条款的规定执行。

6 基本性能试验方法

6.1 容量和能量

6.1.1 一般要求

- 6.1.1.1 试验对象为蓄电池包。
- 6.1.1.2 蓄电池包应测试室温、高温和低温下的容量和能量。
- 6.1.1.3 每次充电前测试样品将静置 30 min，或者达到室温。
- 6.1.1.4 测试过程使用恒流放电，放电过程在达到制造商制定的截止条件时停止。
- 6.1.1.5 放电电流对放电时间的积分为蓄电池包的容量，放电电流和电压的乘积对放电时间的积分为蓄电池包的能量。
- 6.1.1.6 根据 6.1.1.4 计算 $1/3C$ 、 $I_{\max}(T)$ 倍率下的放电容量和能量。

6.1.2 室温下的容量和能量测试

- 6.1.2.1 在室温下按照表 1 的测试步骤进行。
- 6.1.2.2 步骤 3 的放电容量为测试对象的实际可用容量。
- 6.1.2.3 记录步骤 3 和步骤 5 结束时测试样品的最小监控单元的电压。

表1 室温下能量和容量测试步骤

序号	蓄电池包状态	试验方法章条号	环境温度
1	环境适应	5.1.3	RT
2	标准循环	5.5.2	RT
3	1/3C放电	6.1.1.3	RT
4	标准充电	5.5.2.1 b)	RT
5	$I_{\max}(T)$ 放电	6.1.1.3	RT

6.1.3 高温下的能量和容量测试

蓄电池包应测试40℃环境温度下1/3C和 $I_{\max}(T)$ 的能量和容量，具体按表2的测试步骤进行。

表2 高温下能量和容量测试步骤

序号	蓄电池包状态	试验方法章条号	环境温度
1	环境适应	5.1.3	RT
2	标准充电	5.5.2.1 b)	RT
3	标准循环	5.5.2	RT
4	环境适应	5.1.3	40℃
5	1/3C放电	6.1.1.3	40℃
6	环境适应	5.1.3	RT
7	标准充电	5.5.2.1 b)	RT
8	标准循环	5.5.2	RT

表2 高温下能量和容量测试步骤（续）

序号	蓄电池包状态	试验方法章条号	环境温度
9	环境适应	5.1.3	40℃
10	$I_{\max}(T)$ 放电	6.1.1.3	40℃

6.1.4 高温下的能量和容量测试

蓄电池包需要测试0℃和-20℃下的1/3C，和 $I_{\max}(T)$ 能量和容量。按照表3的测试步骤进行试验。

表3 低温下能量和容量测试步骤

序号	蓄电池包状态	试验方法章条号	环境温度
1	环境适应	5.1.3	RT
2	标准充电	5.5.2.1 b)	RT
3	标准循环	5.5.2	RT
4	环境适应	5.1.3	0℃
5	1/3C放电	6.1.1.3	0℃
6	环境适应	5.1.3	RT
7	标准充电	5.5.2.1 b)	RT
8	标准循环	5.5.2	RT
9	环境适应	5.1.3	0℃
10	$I_{\max}(T)$ 放电	6.1.1.3	0℃
11	环境适应	5.1.3	RT
12	标准充电	5.5.2.1 b)	RT
13	标准循环	5.5.2	RT
14	环境适应	5.1.3	-20℃
15	1/3C放电	6.1.1.3	-20℃
16	环境适应	5.1.3	RT
17	标准充电	5.5.2.1 b)	RT
18	标准循环	5.5.2	RT
19	环境适应	5.1.3	-20℃
20	$I_{\max}(T)$ 放电	6.1.1.3	-20℃

6.2 功率和内阻

6.2.1 通用条件

6.2.1.1 测试对象为蓄电池包。

6.2.1.2 蓄电池包应测试室温、高温和低温及不同 SOC 下的功率和内阻，某一具体环境温度和 SOC 下的功率和内阻测试工况见 6.2.2，整个测试过程按照 6.2.4 进行。

6.2.1.3 按照表 5 给定的时间测量蓄电池包的端电压，按 6.2.3 计算充放电功率和内阻。

6.2.2 功率和内阻测试工况

6.2.2.1 功率和内阻测试工况按照表 4 和图 1 进行，测试过程中需要记录的数据如表 5 和图 2 所示。

6.2.2.2 放电过程的放电电流保持为恒流，电流大小为蓄电池包的最大允许脉冲放电电流 $I'_{\max}(SOC, T, t)$ 。不同环境温度和 SOC 下 $I'_{\max}(SOC, T, t)$ 可以不同， $I'_{\max}(SOC, T, t)$ 由制造商提供。如果放电过程蓄电池包端电压或单体电压达到制造商指定的放电电压限值，停止放电，适当降低 $I'_{\max}(SOC, T, t)$ 后重新进行试验。

6.2.2.3 充电过程充电电流保持为恒流，电流大小为 $0.75I'_{\max}(SOC, T, t)$ 。如果蓄电池包的最大允许脉冲充电电流小于 $0.75I'_{\max}(SOC, T, t)$ ，则充电过程按照制造商规定的最大允许脉冲充电电流进行。如果充电过程中蓄电池包端电压或单体电压达到制造商指定的充电电压限值，停止充电，适当降低 $I'_{\max}(SOC, T, t)$ 后重新进行试验。

6.2.2.4 功率和内阻测试在 4 个不同温度下进行，分别为 40 °C、室温、0 °C 和 -20 °C。

6.2.2.5 功率和内阻测试工况在 3 个不同 SOC 下进行，分别为 90 % (或制造商规定的最高允许状态)、50 % 和 20 % (或制造商规定的最低允许状态)。

表4 功率和内阻测试工况步骤时间

时间增加量 s	累计时间 s	电流 A
0	0	0
18	18	$I'_{\max}(SOC, T, t)$
102	120	$0.75 I'_{\max}(SOC, T, t)$
40	160	0
20	180	$-0.75 I'_{\max}(SOC, T, t)$
40	220	0

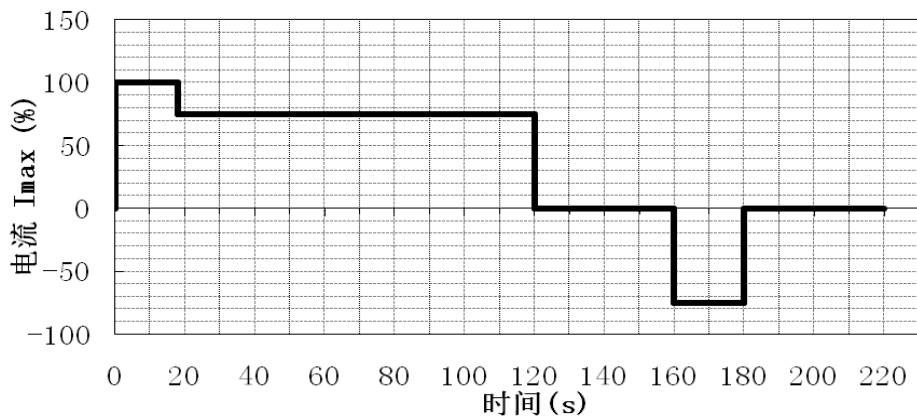


图1 脉冲功率特性曲线-电流示例

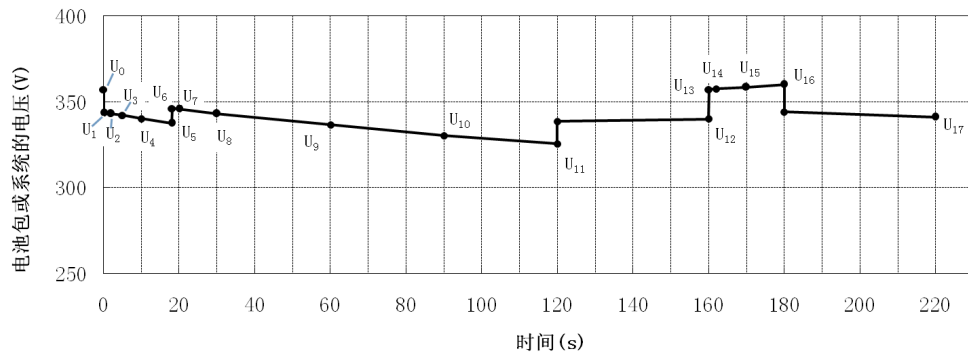


图2 脉冲功率特性曲线-电压示例

表5 电压和电流测试

序号	时间 s	电压 V	电流 A	对应电流值 A
1	0	U_0	I_0	0
2	0.1	U_1	I_1	$I'_{\max}(SOC, T, t)$
3	2	U_2	I_2	$I'_{\max}(SOC, T, t)$
4	5	U_3	I_3	$I'_{\max}(SOC, T, t)$
5	10	U_4	I_4	$I'_{\max}(SOC, T, t)$
6	18	U_5	I_5	$I'_{\max}(SOC, T, t)$
7	18.1	U_6	I_6	$0.75 I'_{\max}(SOC, T, t)$
8	20	U_7	I_7	$0.75 I'_{\max}(SOC, T, t)$
9	30	U_8	I_8	$0.75 I'_{\max}(SOC, T, t)$
10	60	U_9	I_9	$0.75 I'_{\max}(SOC, T, t)$
11	90	U_{10}	I_{10}	$0.75 I'_{\max}(SOC, T, t)$
12	120	U_{11}	I_{11}	$0.75 I'_{\max}(SOC, T, t)$
13	160	U_{12}	I_{12}	0
14	160.1	U_{13}	I_{13}	$-0.75 I'_{\max}(SOC, T, t)$
15	162	U_{14}	I_{14}	$-0.75 I'_{\max}(SOC, T, t)$
16	170	U_{15}	I_{15}	$-0.75 I'_{\max}(SOC, T, t)$
17	180	U_{16}	I_{16}	$-0.75 I'_{\max}(SOC, T, t)$
18	220	U_{17}	I_{17}	0

6.2.3 功率和内阻计算

6.2.3.1 放电内阻计算

放电内阻计算按式(1)~(12)计算:

——0.1 s放电内阻按式(1)计算:

$$Ri_{0.1,dch} = \frac{U_0 - U_1}{I_1} \dots\dots\dots (1)$$

——2 s放电内阻按式 (2) 计算:

$$Ri_{2,dch} = \frac{U_0 - U_2}{I_2} \dots\dots\dots (2)$$

——5 s放电内阻按式 (3) 计算:

$$Ri_{5,dch} = \frac{U_0 - U_3}{I_3} \dots\dots\dots (3)$$

——10 s放电内阻按式 (4) 计算:

$$Ri_{10,dch} = \frac{U_0 - U_4}{I_4} \dots\dots\dots (4)$$

——18 s放电内阻按式 (5) 计算:

$$Ri_{18,dch} = \frac{U_0 - U_5}{I_5} \dots\dots\dots (5)$$

——18.1 s放电内阻按式 (6) 计算:

$$Ri_{18.1,dch} = \frac{U_0 - U_6}{I_6} \dots\dots\dots (6)$$

——20 s放电内阻按式 (7) 计算:

$$Ri_{20,dch} = \frac{U_0 - U_7}{I_7} \dots\dots\dots (7)$$

——30 s放电内阻按式 (8) 计算:

$$Ri_{30,dch} = \frac{U_0 - U_8}{I_8} \dots\dots\dots (8)$$

——60 s放电内阻按式 (9) 计算:

$$Ri_{60,dch} = \frac{U_0 - U_9}{I_9} \dots\dots\dots (9)$$

——90 s放电内阻按式 (10) 计算:

$$Ri_{90,dch} = \frac{U_0 - U_{10}}{I_{10}} \dots\dots\dots (10)$$

——120 s放电内阻按式 (11) 计算:

$$Ri_{120,dch} = \frac{U_0 - U_{11}}{I_{11}} \dots\dots\dots (11)$$

——全过程放电内阻按式 (12) 计算:

$$Ri_{dch} = \frac{U_{12}-U_{11}}{I_{11}} \dots\dots\dots (12)$$

6.2.3.2 充电内阻计算

充电内阻计算按式 (13) ~ (16) 计算:

——0.1 s 充电内阻按式 (13) 计算:

$$Ri_{0.1s,cha} = \frac{U_{12}-U_{13}}{I_{13}} \dots\dots\dots (13)$$

——2 s 充电内阻按式 (14) 计算:

$$Ri_{2s,cha} = \frac{U_{12}-U_{14}}{I_{14}} \dots\dots\dots (14)$$

——10 s 充电内阻按式 (15) 计算:

$$Ri_{10s,cha} = \frac{U_{12}-U_{15}}{I_{15}} \dots\dots\dots (15)$$

——全过程充电内阻按式 (16) 计算:

$$Ri_{cha} = \frac{U_{16}-U_{17}}{I_{16}} \dots\dots\dots (16)$$

6.2.3.3 放电功率计算

放电功率计算按式 (17) ~ (27) 计算:

——0.1 s 放电功率按式 (17) 计算:

$$P_{0.1s,dch} = U_1 \times I_1 \dots\dots\dots (17)$$

——2 s 放电功率按式 (18) 计算:

$$P_{2s,dch} = U_2 \times I_2 \dots\dots\dots (18)$$

——5 s 放电功率按式 (19) 计算:

$$P_{5s,dch} = U_3 \times I_3 \dots\dots\dots (19)$$

——10 s 放电功率按式 (20) 计算:

$$P_{10s,dch} = U_4 \times I_4 \dots\dots\dots (20)$$

——18 s 放电功率按式 (21) 计算:

$$P_{18s,dch} = U_5 \times I_5 \dots\dots\dots (21)$$

——18.1 s 放电功率按式 (22) 计算:

$$P_{18.1s,dch} = U_6 \times I_6 \dots\dots\dots (22)$$

——20 s 放电功率按式 (23) 计算:

$$P_{20s,dch} = U_7 \times I_7 \dots\dots\dots (23)$$

——30 s放电功率按式 (24) 计算:

$$P_{30s,dch} = U_8 \times I_8 \dots\dots\dots (24)$$

——60 s放电功率按式 (25) 计算:

$$P_{60s,dch} = U_9 \times I_9 \dots\dots\dots (25)$$

——90 s放电功率按式 (26) 计算:

$$P_{90s,dch} = U_{10} \times I_{10} \dots\dots\dots (26)$$

——120 s放电功率按式 (27) 计算:

$$P_{120s,dch} = U_{11} \times I_{11} \dots\dots\dots (27)$$

6.2.3.4 充电功率计算

充电功率计算按式 (28) ~ (32) 计算:

——0.1 s充电功率按式 (28) 计算:

$$P_{0.1s,cha} = U_{13} \times I_{13} \dots\dots\dots (28)$$

——2 s充电功率按式 (29) 计算:

$$P_{2s,cha} = U_{14} \times I_{14} \dots\dots\dots (29)$$

——10 s充电功率按式 (30) 计算:

$$P_{10s,cha} = U_{15} \times I_{15} \dots\dots\dots (30)$$

——20 s充电功率按式 (31) 计算:

$$P_{20s,cha} = U_{16} \times I_{16} \dots\dots\dots (31)$$

——开路电压按式 (32) 计算:

$$U_{OCV} = U_{17} \dots\dots\dots (32)$$

6.2.4 测试步骤

室温、高温及低温下的功率和内阻测试分别按照表6~表8进行,其中高温和低温下的测试在环境箱内进行。

表6 室温下蓄电池包功率和内阻测试的测试步骤

序号	蓄电池包状态	试验方法章条号	环境温度
1	环境适应	5.1.3	RT
2	标准充电	5.5.2.1 b)	RT
3	标准循环	5.5.2	RT

表6 室温下蓄电池包功率和内阻测试的测试步骤（续）

序号	蓄电池包状态	试验方法章条号	环境温度
4	调整SOC至目标值	5.1.5	RT
5	环境适应	5.1.3	RT
6	功率和内阻测试工况	6.2.2	RT

表7 高温下蓄电池包功率和内阻测试的测试步骤

序号	蓄电池包状态	试验方法章条号	环境温度
1	环境适应	5.1.3	RT
2	标准充电	5.5.2.1 b)	RT
3	标准循环	5.5.2	RT
4	调整SOC至目标值	5.1.5	RT
5	环境适应	5.1.3	40℃
6	功率和内阻测试工况	6.2.2	40℃

表8 低温下蓄电池包功率和内阻测试的测试步骤

序号	蓄电池包状态	试验方法章条号	环境温度
1	环境适应	5.1.3	RT
2	标准充电	5.5.2.1 b)	RT
3	标准循环	5.5.2	RT
4	调整SOC至目标值	5.1.5	RT
5	环境适应	5.1.3	0℃
6	功率和内阻测试工况	6.2.2	0℃
7	环境适应	5.1.3	RT
8	标准充电	5.5.2.1 b)	RT
9	标准循环	5.5.2	RT
10	调整SOC至目标值	5.1.5	RT
11	环境适应	5.1.3	-20℃
12	功率和内阻测试工况	6.2.2	-20℃

6.3 无负载容量损失

6.3.1 测试对象为蓄电池包的高压、低压、热管理系统装置及BCU。

6.3.2 无负载容量损失是指蓄电池系统装载在船体的状态下，长期搁置时的容量损失，包括可恢复容量损失和不可恢复容量损失两部分。测试按照表9和表10进行。

6.3.3 搁置过程中蓄电池管理系统由辅助电源供电，工作状态由制造商规定。

- 6.3.4 无负载容量损失测试中被测电池包处于制造商规定的满电态。
- 6.3.5 无负载容量损失在两个不同温度下测得，分别为室温和 40 °C。
- 6.3.6 测试周期为 168 h (7 d)，720 h (30 d)。
- 6.3.7 搁置结束后，测试无负载容量损失率。

表9 动力蓄电池包室温下无负载容量损失测试步骤

序号	蓄电池包状态	试验方法章条号	环境温度
1	环境适应	5.1.3	RT
2	标准充电	5.5.2.1 b)	RT
3	标准循环	5.5.2	RT
4	搁置168 h (7 d)	6.3.6	RT
5	标准循环2次	5.5.2	RT
6	搁置720 h (30 d)	6.3.6	RT
7	标准循环2次	5.5.2	RT

表10 动力蓄电池包 40°C下无负载容量损失测试步骤

序号	蓄电池包状态	试验方法章条号	环境温度
1	环境适应	5.1.3	RT
2	标准充电	5.5.2.1 b)	RT
3	标准循环	5.5.2	RT
4	搁置168 h (7 d)	6.3.6	40°C
5	环境适应	5.1.3	RT
6	标准循环2次	5.5.2	RT
7	搁置720 h (30 d)	6.3.6	40°C
8	环境适应	5.1.3	RT
9	标准循环2次	5.5.2	RT

6.4 存储中容量损失

- 6.4.1 存储中容量损失是指蓄电池包长期存储状态下的容量损失。测试在室温下按照表 11 进行。
- 6.4.2 存储过程中断开蓄电池包的高压连接、低压连接，关闭冷却系统及其他必要的连接装置。
- 6.4.3 存储过程中，电池包的 SOC 为 50 % (或由制造商和客户商定)。
- 6.4.4 存储温度为 45 °C。
- 6.4.5 存储周期为 720 h。
- 6.4.6 存储结束，测试电池包的剩余容量。确定电池包的容量损失率。

表11 动力蓄电池包存储中容量损失测试步骤

序号	蓄电池包状态	试验方法章条号	环境温度
1	环境适应	5.1.3	RT
2	标准充电	5.5.2.1 b)	RT
3	标准循环	5.5.2	RT
4	调整SOC至50 % (或由制造商和客户商定)	5.1.5	RT
5	存储720 h (30 d)	6.4.6	45℃
6	环境适应	5.1.3	RT
7	标准循环2次	5.5.2	RT

6.5 能量效率

6.5.1 能量效率测试旨在测试蓄电池包在不同温度不同倍率充电时的性能以及能量循环效率。

6.5.2 该测试仅适用于蓄电池包。

6.5.3 能量效率测试在3种不同温度下进行，分别为室温，0℃，和T_{min}（由制造商和客户商定）。

6.5.4 能量效率测试以2种不同倍率进行，分别为1/3C， $I_{\max}(T)$ 。

6.5.5 具体测试步骤如表12所示。

6.5.6 根据公式 $\eta = \frac{\text{放电能量}}{\text{充电能量}} \times 100\%$ 计算不同温度不同倍率下的能量效率。

表12 蓄电池包能量效率测试步骤

序号	蓄电池包状态	试验方法章条号	环境温度
1	环境适应	5.1.3	RT
2	标准充电	5.5.2.1 b)	RT
3	标准循环	5.5.2	RT
4	标准放电	5.5.2.1 a)	RT
5	1/3C充电	6.5.4	RT
6	搁置30 min		RT
7	标准循环	5.5.2	RT
8	标准放电	5.5.2.1 a)	RT
9	$I_{\max}(T)$ 充电	6.5.4	RT
10	搁置30min		RT
11	标准循环	5.5.2	RT
12	环境适应	5.1.3	0℃
13	标准放电	5.5.2.1 a)	0℃
14	1/3C充电	6.5.4	0℃
15	环境适应	5.1.3	RT
16	标准循环	5.5.2	RT

表12 蓄电池包能量效率测试步骤（续）

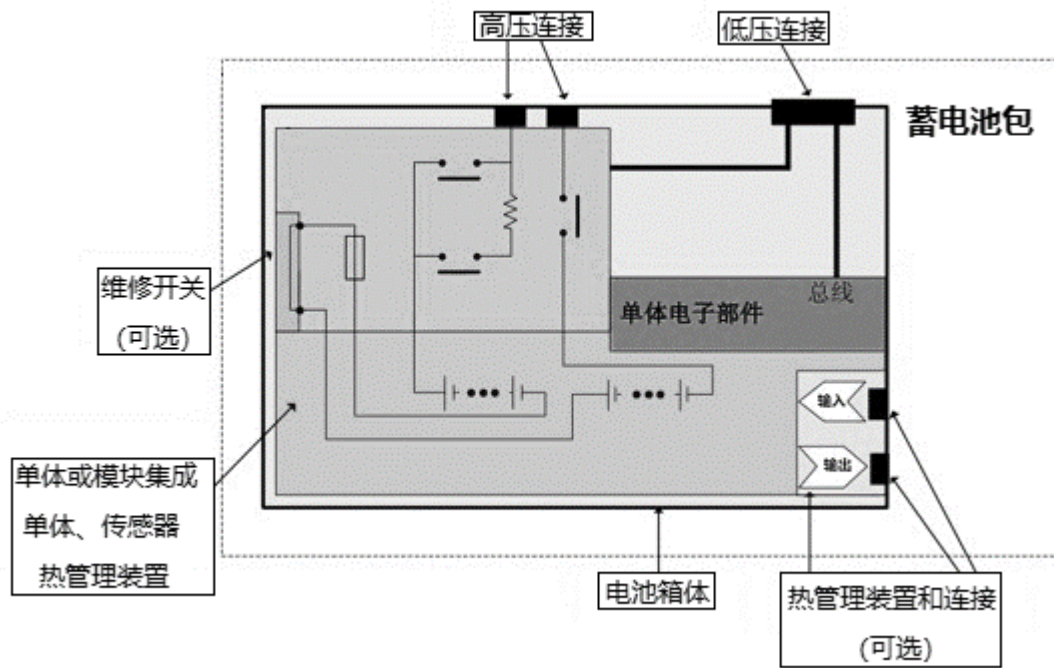
序号	蓄电池包状态	试验方法章条号	环境温度
17	环境适应	5.1.3	0℃
18	标准放电	5.5.2.1 a)	0℃
19	$I_{\max}(T)$ 充电	6.5.4	0℃
20	环境适应	5.1.3	RT
21	标准循环	5.5.2	RT
22	环境适应	5.1.3	Tmin
23	标准放电	5.5.2.1 a)	Tmin
24	1/3C充电	6.5.4	Tmin
25	环境适应	5.1.3	RT
26	标准循环	5.5.2	RT
27	环境适应	5.1.3	Tmin
28	标准放电	5.5.2.1 a)	Tmin
29	$I_{\max}(T)$ 充电	6.5.4	Tmin

中国船舶工业行业协会
China Association of the National Shipbuilding Industry

附录 A
(资料性)

蓄电池包的典型结构

蓄电池包包括单体或模块，通常还包括蓄电池电子部件、高压电路、过流保护装置与其他外部系统的接口。对于高于60 V直流的蓄电池包，应包括手动切断功能。所有部件应安装在常用防撞蓄电池箱内。图 A为一个蓄电池包的典型结构。



图A.1 蓄电池包典型结构

附录 B
(资料性)
蓄电池包测试项目

蓄电池包测试项目见表B.1。

表B.1 蓄电池包测试项目

序号	试验项目		试验方法章条号	试验条件
1	容量和能量测试	室温	6.1.2	RT, 1/3C, $I_{\max}(T)$
2		高温	6.1.3	40℃, 1/3C, $I_{\max}(T)$
3		低温	6.1.4	0℃, -20℃, 1/3C, $I_{\max}(T)$
4	功率和内阻测试		6.2	40℃、RT、0℃、-20℃, SOC, 90% (或由制造商和客户商定)、50%、20% (或由制造商和客户商定)
5	无负载容量损失		6.3	SOC, 满电态, 40℃, RT, 168 h (7 d), 720 小时 (30 d)
6	储存中容量损失		6.4	SOC 50% (或由制造商和客户商定), 45℃, 720 h, BCU 不工作
7	能量效率测试		6.5	RT, 0℃, Tmin (由制造商和客户商定); 1/3C, $I_{\max}(T)$