

ICS 47. 020. 20  
CCS U 48

# T/CANSI

## 中国船舶工业行业协会团体标准

T/CANSI 47—2022

---

### 吊舱式电力推进器

Pod thruster

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 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 分类 .....	2
4.1 型式 .....	2
4.2 结构和基本参数 .....	3
4.3 产品标记 .....	4
5 要求 .....	4
5.1 设计与结构 .....	4
5.2 材料 .....	6
5.3 环境适应性 .....	7
5.4 性能要求 .....	8
6 试验方法 .....	10
6.1 无损检测 .....	10
6.2 环境温度 .....	10
6.3 盐雾和霉菌 .....	10
6.4 倾斜和摇摆 .....	10
6.5 密性试验 .....	10
6.6 接触面积检查 .....	10
6.7 桨叶与导流管间隙 .....	10
6.8 螺旋桨平衡试验 .....	11
6.9 滑环试验 .....	11
6.10 回转试验 .....	11
6.11 报警试验 .....	11
6.12 冷态绝缘试验 .....	11
6.13 空载运转试验 .....	11
6.14 加载运转试验 .....	12
6.15 过载运转试验 .....	12
6.16 温升试验 .....	12
6.17 热态绝缘试验 .....	12
6.18 电磁兼容性试验 .....	12
7 检验规则 .....	12
7.1 检验分类 .....	12
7.2 型式检验 .....	13
7.3 出厂检验 .....	13
8 标志、包装、运输和贮存 .....	14
8.1 标志 .....	14

8.2 包装 .....	14
8.3 运输 .....	14
8.4 贮存 .....	15
附录 A (资料性) 吊舱式电力推进器基本参数 .....	16

## 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》给出的规定起草。

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：南京高精船用设备有限公司、中国船舶重工集团公司第七〇四研究所、中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院、江苏科技大学、中国船级社江苏分社。

本文件主要起草人：舒永东、姚震球、焦依、王强、杜鹏、胡举喜、祁超、谢堂海、陈代明、梁金雄、皮志达、王卉隼。



# 吊舱式电力推进器

## 1 范围

本文件规定了吊舱式电力推进器的分类、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于船舶及海工装备用吊舱式电力推进器的设计、制造与检验。本文件不适用于冰区航行船舶用吊舱式电力推进器。

## 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 191 包装储运图示标志
- GB/T 712—2011 船舶及海洋工程用结构钢
- GB/T 1176—2013 铸造铜及铜合金
- GB/T 1348—2019 球墨铸铁件
- GB/T 2521—2016 全工艺冷轧电工钢
- GB/T 3077—2015 合金结构钢
- GB/T 5584—2020 电工用铜、铝及其合金扁线
- GB/T 9239.1 机械振动 恒态（刚性）转子平衡品质要求 第1部分：规范与平衡允差的检验
- GB/T 9439—2010 灰铸铁件
- GB/T 11021—2014 电气绝缘 耐热性和表示方法
- GB/T 11352—2009 一般工程用铸造碳钢件
- GB/T 12916—2010 船用金属螺旋桨技术条件
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 13560—2017 烧结钕铁硼永磁材料
- GB/T 20878—2007 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分
- CB 1146.2 舰船设备环境试验与工程导则 低温
- CB 1146.3 舰船设备环境试验与工程导则 高温
- CB 1146.8 舰船设备环境试验与工程导则 倾斜和摇摆
- CB 1146.11 舰船设备环境试验与工程导则 霉菌
- CB 1146.12 舰船设备环境试验与工程导则 盐雾
- CB/T 3958—2004 船舶钢焊缝磁粉检测、渗透检测工艺和质量分级
- NB/T 47013.3—2015 承压设备无损检测 第3部分：超声检测

NB/T 47013.4—2015 承压设备无损检测 第4部分：磁粉检测

IEC 60112 固体绝缘材料耐电痕化指数和相比电痕化指数的测定方法 (Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials)

IEC 60068-2-6 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动(正弦) (Environmental testing for electric and electronic products - Part 2: Tests methods - Test Fc: Vibration (sinusoidal))

IEC 60068-2-30 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db 交变湿热(12h+12h循环) (Environmental testing for electric and electronic products - Part 2: Test method - Test Db: Damp heat, cyclic (12h+12h cycle))

中国船级社 《钢质海船入级规范》 2021

中国船级社 《材料与焊接规范》 2021

中国船级社 《钢质内河船舶建造规范》 2016

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### **吊舱式电力推进器 Pod thruster**

电机放置在推进器水下壳体内,直接驱动螺旋桨旋转实现推进,通过回转机构实现360° 回转功能,主要包括吊舱本体、回转机构、推进电机、螺旋桨及电控系统等。

#### 3.2

##### **BAL 值 BAL value**

井箱法兰安装下底面与螺旋桨中心线的距离。

### 4 分类

#### 4.1 型式

##### 4.1.1 按电机类型分为:

- a) 永磁电机,用PM表示;
- b) 电励磁电机,用EM表示。

##### 4.1.2 按推进方式分为:

- a) 桨叶相对电机方向与航行方向同向时定义为拉式,用Q表示,见图1 a);
- b) 桨叶相对电机方向与航行方向反向时定义为推式,用T表示,见图1 b)。



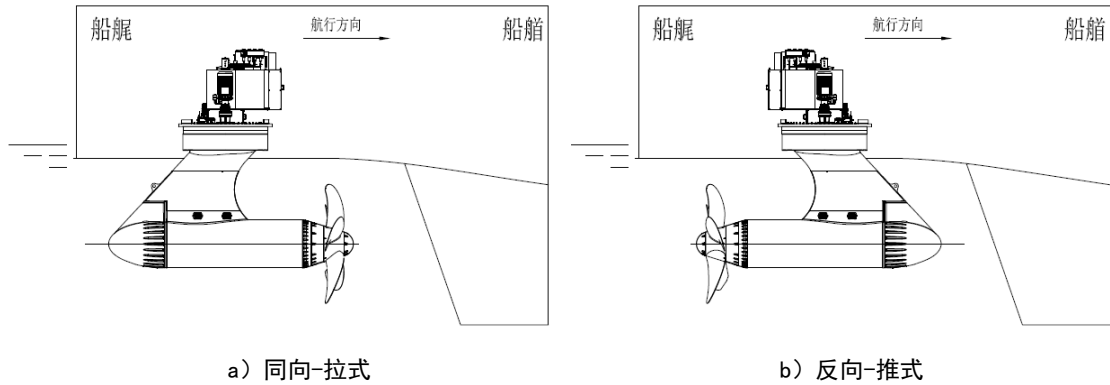


图1 吊舱式电力推进器推进方式

## 4.1.3 按电机冷却方式分为：

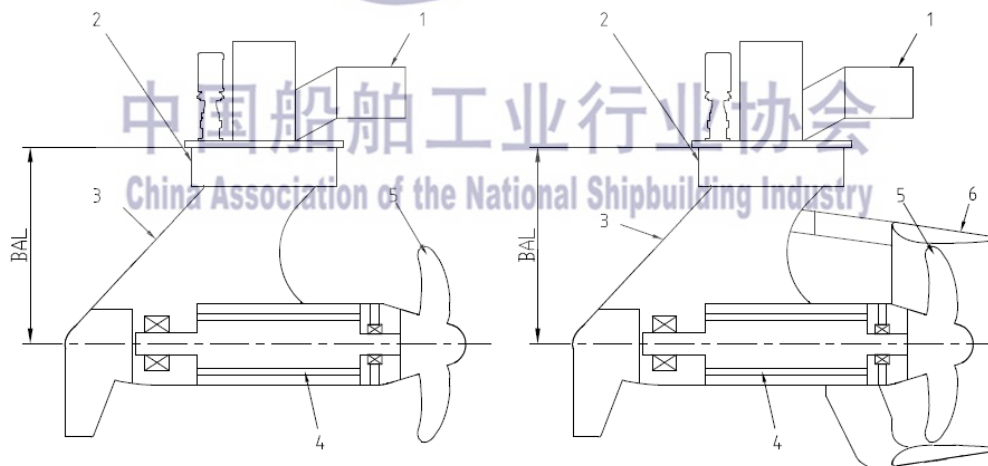
- a) 外部海水冷却，用 SC 表示；
- b) 外部海水冷却加强制风冷却，用 SAC 表示。

## 4.1.4 按导流型式分为：

- a) 带导管，用 Y 表示；
- b) 不带导管，用 N 表示。

## 4.2 结构和基本参数

## 4.2.1 吊舱式电力推进器结构布置图见图 2。



标引序号说明：

- 1——空冷装置(可选)；
- 2——井箱；
- 3——下箱体；
- 4——推进电机；
- 5——螺旋桨；
- 6——导流管。

图2 吊舱式电力推进器结构布置图

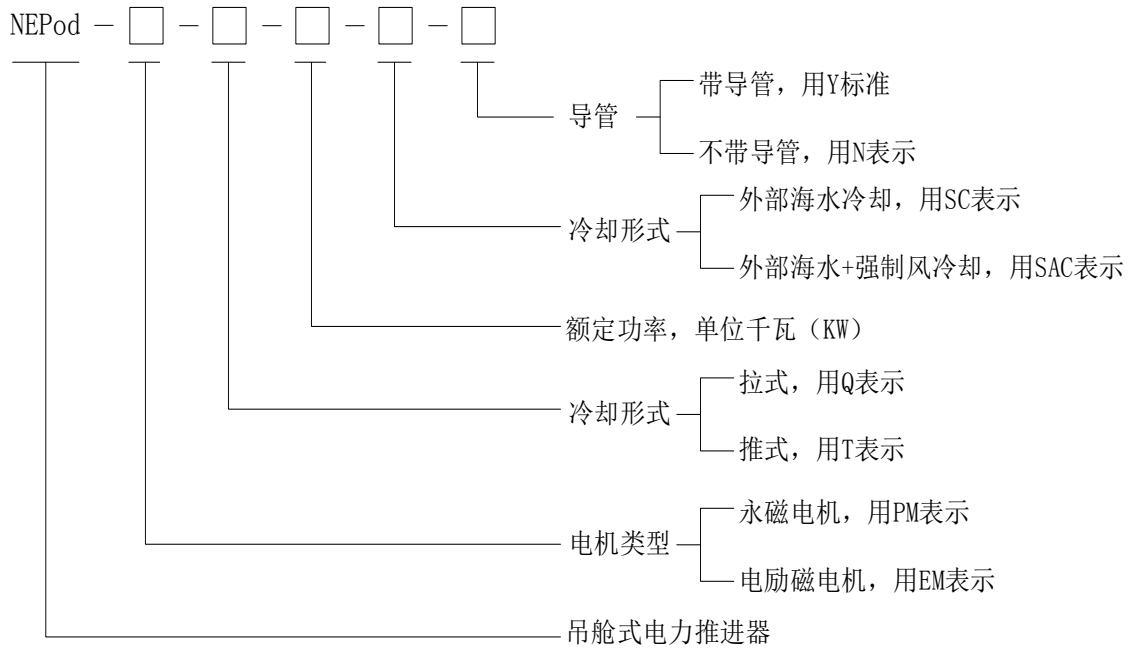
#### 4.2.2 基本参数

吊舱式电力推进器基本参数推荐值见附录 A。

#### 4.3 产品标记

##### 4.3.1 型号表示方法

吊舱式电力推进器的型号表示方法如下：



##### 4.3.2 标记示例

4.3.2.1 电机类型为永磁电机，桨叶相对电机方向与航行方向同向，额定功率为 2000 kW, 冷却方式为外部海水冷却，不带导流管的吊舱式电力推进器标记为：

吊舱式电力推进器 T/CANSI ××××-×××× NEPod-PM-Q-2000-SC-N。

4.3.2.2 电机类型为电励磁电机，桨叶相对电机方向与航行方向反向，额定功率为 5000 kW, 冷却方式为外部海水冷却加强制风冷却，带导流管的吊舱式电力推进器标记为：

吊舱式电力推进器 T/CANSI ××××-×××× NEPod-EM-T-5000-SAC-Y。

### 5 要求

#### 5.1 设计与结构

5.1.1 允许传递扭矩  $T$  应按公式 (1) 计算。

$$T = 9549 \times \frac{P}{n \times S_f} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$T$ ——允许传递扭矩，单位为牛米 (N·m)；

$P$ ——电机额定功率，单位为千瓦 (kW)；

$n$ ——电机额定转速，单位为转每分钟 (r/min)；

$S_f$ ——工况系数，根据实际工况推荐选取范围从 0.8~1.0。

5.1.2 螺旋桨应符合 GB/T 12916—2010、《钢质海船入级规范》第 3 篇第 11 章第 4 节或《钢质内河船舶建造规范》第 2 篇第 8 章第 6 节的适用要求。

5.1.3 用于动力定位系统的吊舱式电力推进器应满足《钢质海船入级规范》第 8 篇第 11 章中的适用要求。

5.1.4 冰区航行的船舶，其配备的吊舱式电力推进器应满足《钢质海船入级规范》第 3 篇第 14 章的适用要求。

5.1.5 对具有螺旋桨状态监控 (SCM) 附加标志船舶的吊舱式电力推进器，螺旋桨轴状态监控应满足《钢质海船入级规范》第 1 篇第 5 章第 12 节和附录 14《螺旋桨轴状态监控系统指南》的适用要求。

5.1.6 对具有水下检验 (In-Water Survey) 附加标志船舶的吊舱式电力推进器，水下检验应满足《钢质海船入级规范》第 8 篇第 12 章的适用要求。

5.1.7 采用电动转舵型式和电液转舵型式的回转系统应符合下列要求：

- a) 电动转舵可采用变频电机驱动或伺服电机驱动，伺服电机驱动仅用于转舵功率不大于 2 kW 的小功率回转系统；
- b) 电液转舵可根据推进装置不同的型号，采用定量液压泵、手动变量液压泵或变量液压泵实现回转。采用定量泵，转舵速度不变；手动变量泵可在一定范围内调节流量以改变推进装置的转舵速度；变量泵可自动调节流量以改变推进装置的转舵速度；
- c) 在额定转速下操纵转舵装置，转舵时间宜不超过  $15 \text{ s}/180^\circ$ ；
- d) 液压管路需进行 1.5 倍设计压力的强度试验，组装后液压系统应进行 1.25 倍设计压力的密性试验，无泄漏。

5.1.8 操舵要求如下：

- a) 操舵范围为  $0^\circ \sim 360^\circ$ ；
- b) 操舵误差允许  $\pm 1^\circ$ ；
- c) 控制系统采用集中的工作显示和声光报警装置；
- d) 在船舶以最大营运航速前进时，以不小于每秒  $2.3^\circ$  的平均转速，将船舶转向推进装置的方向从一舷的极限转向角转至另一舷的极限转向角，建议回转角范围控制在  $-35^\circ \sim 35^\circ$  之间。

5.1.9 电源要求如下：

- a) 控制系统在规定的电压和频率偏离额定值的波动情况下能正常工作，见表 1；
- b) 控制系统在交流供电电源的谐波成分不大于 5% 的情况下能正常工作。

表 1 电压和频率允许的波动值

设备	参数	稳态 %	瞬态 %	瞬态恢复时间 s
一般交流设备	电压	+6~-10	±20	1.5
	频率	±5	±10	5
由直流发电机供电或经整流器供电的直流设备	电压	±10	-	-
	电压周期性	5	-	-
	纹波电压	10	-	-
由蓄电池供电的设备:				
充电期间接于蓄电池者 <sup>a</sup>	电压	+30~-25	-	-
充电期间不接于蓄电池者	电压	+20~-25	-	-
<sup>a</sup> 应对充/放电特性决定的不同的电压波动予以考虑, 包括充电设备的波纹电压。				

5.1.10 吊舱式电力推进器整机、推进变频器、回转变频电机绝缘电阻(冷态)不小于 5 MΩ。电机绝缘等级不低于 GB/T 11021—2014 的 F 等级要求, 绝缘材料按耐热能力也应按照相应的不低于 F 等级要求进行设计。

5.1.11 与系统故障相关的所有报警应显示于驾驶台。吊舱式推进装置应具有报警功能包括不限于下列情况:

- a) 推进电动机过负荷;
- b) 推进电动机失电;
- c) 推进电机绕组温度高温;
- d) 液压油低压;
- e) 滑油低位;
- f) 滑油高温;
- g) 电动机轴承润滑油柜液位低;
- h) 电动机冷却空气进口高温;
- i) 电动机冷却空气出口高温;
- j) 舱底泵故障;
- k) 吊舱体舱底水高位。

5.1.12 吊舱式电力推进器应具有防止轴电流有害影响的措施。

5.1.13 吊舱式电力推进器应具有刹车装置, 防止船舶在维修或停泊时螺旋桨转动。

5.1.14 吊舱式电力推进器内应具有泄漏回收装置, 应具有可有效监控和回收水下电机舱内泄漏介质的功能。

## 5.2 材料

5.2.1 吊舱式电力推进器主要零件材料宜按表 2 的规定选用, 允许选用性能不低于表 2 规定且能证明同样适用的其他材料。

5.2.2 吊舱式电力推进器主要零件的热处理质量检验报告应核查、整理、归档。

5.2.3 材料经检验合格后方可投产,重要锻件需要提供中国船级社 (CCS) 产品证书。

5.2.4 导流管、井箱、焊接螺旋桨轴、焊接下箱体焊缝应达到CB/T 3958—2004的Ⅱ级要求;纵向焊缝应按NB/T 47013.3—2015进行100%超声波探伤,达到NB/T 47013.3—2015的Ⅱ级要求;水下焊缝处应进行密性检查。

5.2.5 螺旋桨桨叶应按照《材料与焊接规范》第3篇第8章第4节进行无损检测,精加工后的电机轴应进行磁粉探伤,达到NB/T 47013.4—2015的Ⅰ级要求。

表2 吊舱式电力推进器主要零件材料

零件名称	材料牌号	标准号
螺旋桨桨叶	Cu1、Cu2、Cu3、Cu4、 ZCuAl8Mn13Fe3Ni2、ZCuAl8Mn14Fe3Ni2、 ZCuAl9Fe4Ni4Mn2、 ZCuZn40Mn3Fe1, 022Cr23Ni5Mo3N	《材料与焊接规范》第1篇第3章第8节和第9章第1节 GB/T 1176—2013
电机轴	35CrMo、42CrMo	GB/T 3077—2015
导流管、井箱	各等级船用钢板	GB/T 712—2011
导流管内圈	022Cr17Ni12Mo2	GB/T 20878—2007
铸造箱体	QT400-18、QT400-18L	GB/T 1348—2019
	ZG230~ZG450	GB/T 11352—2009
	HT200	GB/T 9439—2010
焊接箱体	各等级船用钢板	GB/T 712—2011
电机绕组	T2 纯铜	GB/T 5584—2020
电机磁钢	40UH/38UH	GB/T 13560—2017
电机硅钢片	50W310/50W470	GB/T 2521—2016
*导流管、井箱的船用钢板等级宜与其连接船体的船用钢板等级保持一致,且应不低于与其连接船体的船用钢板等级。		

### 5.3 环境适应性

#### 5.3.1 大气环境

吊舱式电力推进器的控制系统部件在下列大气环境下应能正常工作:

- a) 环境温度-10℃~45℃;
- b) 空气相对湿度不大于95%,有凝露;
- c) 有盐雾、霉菌。

#### 5.3.2 倾斜和摇摆

吊舱式电力推进器在表3规定的倾斜和摇摆条件下,应能正常工作。

表 3 倾斜和摇摆数值

横倾 (°)	纵倾 (°)	横摇		纵摇	
		角度 (°)	周期 s	角度 (°)	周期 s
±15	±5°	±22.5	3~14	±7.5°	4~10

#### 5.4 性能要求

##### 5.4.1 密性

液压系统的高压管路装配完毕后都应进行液压密封试验，试验压力为1.25倍设计压力，持续10min不得有泄漏现象。

##### 5.4.2 接触面积

螺旋桨与桨轴拂配的锥面接触应均匀，接触面积应不小于70%。

##### 5.4.3 桨叶与导流管间隙

桨叶叶梢与导流管之间的间隙宜不大于螺旋桨直径的0.5%。

##### 5.4.4 螺旋桨平衡

###### 5.4.4.1 静平衡要求

静平衡要求应符合 GB/T 12916—2010 的 5.2.1~5.2.2 的要求。

###### 5.4.4.2 动平衡要求

转速500r/min以上的固定螺距螺旋桨应要求进行动平衡试验，允许的不平衡力矩应符合批准图纸的要求。如批准图纸无要求时，则要求螺旋桨的剩余不平衡质量不得超过按公式(2)进行计算得出的平衡值 $U_{per}$ 。

$$U_{per} = \frac{30000G'm}{\pi r n} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$U_{per}$ ——许用不平衡质量，单位为克(g)；

$G'$  ——平衡品质等级(取值见表4)，单位为毫米每秒(mm/s)；

$m$ ——螺旋桨质量，单位为千克(kg)；

$r$ ——平衡半径， $r$ 取0.8R，单位为毫米(mm)；

$n$ ——螺旋桨转速，单位为转每分钟(r/min)。

表 4 平衡品质等级  $G'$  值

螺旋桨精度等级	S 级	1 级
$G'$ (mm/s)	4.3	16

##### 5.4.5 滑环

当吊舱式电力推进器采用滑环向电动机供电时,应满足《钢质海船入级规范》第8篇15.2.12中关于滑环IP防护等级、电气间隙和爬电距离、绝缘材料检查、耐受试验、振动、湿热、绝缘电阻和耐压试验等相关试验要求。

#### 5.4.6 转舵

5.4.6.1 舵角指示器显示位置与吊舱实际位置的误差应不大于 $1^{\circ}$ 。

5.4.6.2 在额定转速下操纵转舵装置,转舵应平稳、响应速度无滞后、无爬行、无异常响声,转舵时间宜不超过 $15\text{s}/180^{\circ}$ 。

5.4.6.3 宜配备应急操舵系统,且该系统应能正常工作。

#### 5.4.7 报警

所有监测报警指示灯应明亮清晰,鸣音器应发出正常声响,消声器应答按钮工作应可靠。

#### 5.4.8 冷态绝缘

吊舱式电力推进器整机、推进变频器、回转变频电机绝缘电阻(冷态)不小于 $5\text{M}\Omega$ 。

#### 5.4.9 空载运转

在额定转速,桨轴不加载负荷的情况下,吊舱式电力推进器连续运转3h后,润滑油工作温度不高于 $85^{\circ}\text{C}$ ,润滑脂润滑的轴承温度不高于 $80^{\circ}\text{C}$ ,滑环温度不高于 $85^{\circ}\text{C}$ ,吊舱电机满足F级温升等级,电机绕组温度满足不高于 $155^{\circ}\text{C}$ 。运转过程应无异常声响、振动和发热,各部件及管路应无漏、冒、渗油现象。

#### 5.4.10 加载运转

在吊舱式电力推进器的螺旋桨端连接负载,分别按照型式试验和出厂试验在吊舱式电力推进器额定功率、额定转速下运行1h以上,保证温升试验在此期间达到稳定值,此外电机绕组温度、润滑油温、轴承温度都应满足设计要求,运转过程应无异常声响、振动和发热,各部件及管路应无漏、冒、渗油现象。

#### 5.4.11 过载运转

电机应能承受下列的过转矩而不发生有害变形:

- a) 多相凸极同步电动机:  $150\%$ 额定转矩 $15\text{ s}$ ;
- b) 多相隐极同步电动机:  $135\%$ 额定转矩 $15\text{ s}$ 。

#### 5.4.12 温升

在加载运转情况基础上对吊舱式电力推进器持续加载,直到电机绕组和内部轴承温度保持稳定为止,稳定值在1h内前后温度之差应在 $1^{\circ}\text{C}$ 以内。

#### 5.4.13 热态绝缘

在温升试验完成基础上,吊舱式电力推进器电机的绝缘值应不低于 $1\text{M}\Omega$ 。

#### 5.4.14 电磁兼容性

应对吊舱式电力推进器的同步电机进行传导发射测量的电磁兼容性试验，频率范围为10kHz~30 MHz，吊舱式电力推进器内置电机交流电源端口射频电压的测量结果应不超过表5按不同频段列出的限值。

表5 传导发射限值

频率范围	限值
10 kHz ~ 150 kHz	120 dB $\mu$ V ~ 69 dB $\mu$ V
150 kHz ~ 500 kHz	79 dB $\mu$ V
500 kHz ~ 30 MHz	73 dB $\mu$ V

## 6 试验方法

### 6.1 无损检测

6.1.1 导流管、井箱、焊接螺旋桨轴、焊接下箱体焊缝应按 CB/T 3958—2004 进行磁粉或渗透探伤；纵向焊缝应按 NB/T 47013.3—2015 进行 100%超声波探伤；水下焊缝处应进行密性检查。

6.1.2 螺旋桨桨叶应按照《材料与焊接规范》第 3 篇第 8 章第 4 节进行无损检测，精加工后的电机轴应进行磁粉探伤，达到 NB/T 47013.4—2015 的 I 级要求。

### 6.2 环境温度

6.2.1 按照 CB 1146.3 规定的方法对吊舱式电力推进器的控制系统部件进行高温试验。

6.2.2 按照 CB 1146.2 规定的方法对吊舱式电力推进器的控制系统部件进行低温试验。

### 6.3 盐雾和霉菌

6.3.1 按照 CB 1146.12 规定的方法对吊舱式电力推进器的控制系统部件进行盐雾试验。

6.3.2 按照 CB 1146.11 规定的方法对吊舱式电力推进器的控制系统部件进行霉菌试验。

### 6.4 倾斜和摇摆

按照 CB 1146.8 规定的方法对吊舱式电力推进器的控制系统部件进行倾斜和摇摆试验。

### 6.5 密性试验

吊舱电机装配完成后进行密性试验，试验压力为设计压力的 1.25 倍且不低于 0.03 MPa，要求持续 10 min 无泄漏。

### 6.6 接触面积检查

采用均匀涂覆薄层颜料的方法，检查拂配后的螺旋桨与桨轴的锥面接触面积。

### 6.7 桨叶与导流管间隙

转动桨叶，每次螺旋桨旋转 90°，在一转内测量 4 次桨叶叶梢（每只桨叶）与导管之间的间隙。



## 6.8 螺旋桨平衡试验

### 6.8.1 静平衡试验

静平衡试验应符合 GB/T 12916—2010 中 5.2.3~5.2.5 的要求。

### 6.8.2 动平衡试验

按照 GB/T 9239.1 规定的方法对额定转速超过 500 r/min 的固定螺距螺旋桨应进行动平衡试验。

## 6.9 滑环试验

当吊舱式电力推进器采用滑环向电动机供电时，对滑环应进行下列检查和试验。

- a) 根据滑环所处位置通过测试仪器检查滑环实际 IP 防护等级；
- b) 根据游标卡尺检查滑环实际电气间隙和爬电距离；
- c) 依照 IEC 60112 的试验程序，检查绝缘材料；
- d) 耐受试验：设定好压力和额定电流后，滑环应进行旋转试验。考虑船舶操作的实际情况和速度旋转控制系统，估算旋转数量。应考虑吊舱推进装置向船尾旋转 180°，以及旋转 360° 回到原始位置的可能性。吊舱推进装置用于操舵装置时，应对滑环的相应旋转周期进行试验。记录电压降和电流值。滑环应能承受至少 150% 额定负载，历时 15 s；
- e) 依照 IEC 60068-2-6 进行振动试验后，检查滑环；
- f) 依照 IEC 60068-2-30 进行湿热试验后，检查滑环；
- g) 湿热试验后，进行绝缘电阻测量；
- h) 耐压试验。

## 6.10 回转试验

6.10.1 操纵操舵手柄，顺时针分别转动 90°、180°、270°、360°，检查舵角指示器显示位置与装置的实际位置的差值；逆时针分别转动 90°、180°、270°、360°，检查舵角指示器显示位置与装置的实际位置的差值。

6.10.2 在额定转速下操纵操舵手柄，按逆时针回转 0°~360° 到顺时针回转 0°~360° 顺序交替随动操舵，且不少于 10 个循环，检查随动操舵情况，同时检查转舵 180° 的转舵时间。

6.10.3 应急操舵系统应重复 6.10.2 步骤，检查随动操舵情况，同时检查转舵 180° 的转舵时间。

## 6.11 报警试验

监测报警项目宜进行效用试验，效用试验条件不具备的可进行模拟试验。

## 6.12 冷态绝缘试验

吊舱式电力推进器整机、推进变频器、回转变频电机测量冷态下的绝缘电阻，数值不小于 5 MΩ。

## 6.13 空载运转试验

将吊舱式电力推进器安装于台架试验台，按以下步骤进行试验，分别检查运转情况、电机电流、电机功率、电机绕组温度、润滑油温、轴承温度及噪声：

- a) 试验初期，按照 50% 额定转速、75% 额定转速、100% 额定转速分别运行 10 min，观察吊舱式电力推进器运行情况，若发现异常响声、异常振动、油温、轴承温度快速上升等情况，则应停车排除后方可继续试验；

- b) 在额定转速下,连续运转3 h,试验时每30 min记录一次运转情况、电机电流、电机功率、电机壳体温度、润滑油温、轴承温度及噪声。

注:润滑油温度测定及要求:第1个小时内每半小时温升 $<30^{\circ}\text{C}$ ;第2个小时内每半小时温升 $<20^{\circ}\text{C}$ ,连续运转3 h后,润滑油工作温度不高于 $85^{\circ}\text{C}$ 。

#### 6.14 加载运转试验

将吊舱式电力推进器安装于加载试验台,按以下步骤进行试验,别检查运转情况、电机电流、电机功率、电机壳体温度、润滑油温、轴承温度及噪声:

- a) 试验初期,空负载按照25%额定转速、50%额定转速、75%额定转速、100%额定转速分别运行5 min,观察吊舱式电力推进器运行情况,若发现异常响声、异常振动、油温、轴承温度快速上升等情况,则应停车排除后方可继续试验;
- b) 加载试验,按照额定转速,按照20%额定输出功率、40%额定输出功率、60%额定输出功率、80%额定输出功率分别运行5 min。100%额定输出功率运行60 min。每30 min测量一次电机电流、电机功率、电机壳体温度、润滑油温、轴承温度。试验过程中若发现异常响声、异常振动、油温、轴承温度快速上升等情况,则应停车排除后方可继续试验。

#### 6.15 过载运转试验

调节电力式吊舱式电力推进器负载,不同类型电机能承受的过载扭矩如下,试验时间不低于15 s,测量电机绕组温度、电机电流,都应满足设计值和使用值:

- a) 多相凸极同步电动机:150%额定转矩15 s;
- b) 多相隐极同步电动机:135%额定转矩15 s。

#### 6.16 温升试验

吊舱式电力推进器内置电机需通过温升试验验证其功效,进行空载温升和加载温升测试,在每个状态下进行试验,需分别记录环境温度,冷却条件,以及温升记录,试验需温度达到稳定为基准,其中稳定标准为稳定值在1 h内前后温度之差在 $1^{\circ}\text{C}$ 以内为准。

#### 6.17 热态绝缘试验

将吊舱式电力推进器按照额定扭矩加载后待温升试验后,用绝缘表测试热态下电机的绝缘,需满足不低于 $1\text{ M}\Omega$ 的要求。

#### 6.18 电磁兼容性试验

该试验仅针对同步电机做传导性发射试验,试验方法如下:吊舱式电力推进器内置电机交流电源端口与外部人工电源网络之间的电源输入线不超过0.8 m,运用人工电源网络软件,从10 kHz~30 MHz进行频率扫描,此测试可有效监测电机本身频谱,对后续选择电机的谐波方案治理起到有效的作用。

### 7 检验规则

#### 7.1 检验分类

吊舱式电力推进器的检验分为型式检验和出厂检验。

## 7.2 型式检验

### 7.2.1 检验时机

吊舱式电力推进器下列情况下，应进行型式试验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- b) 产品结构、材料、工艺的变化足以影响产品的性能；
- c) 产品定期质量检查或上级产品质量监督部门强制要求检验；
- d) 产品停产 5 年以上，恢复生产；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验结果主要参数误差在 5% 以上。

### 7.2.2 检验项目和顺序

吊舱式电力推进器型式检验的项目和顺序按表 6 进行。

### 7.2.3 合格判据

当吊舱式电力推进器所有检验项目均符合要求时，则判定吊舱式电力推进器型式检验合格。若有任何一检验项目不符合要求，允许加倍取样，对其实施该检验项目的复验。若复验符合要求，仍判定吊舱式电力推进器型式检验合格；若仍不符合要求，则判定吊舱式电力推进器型式检验不合格。

## 7.3 出厂检验

### 7.3.1 检验项目和顺序

吊舱式电力推进器出厂检验的项目和顺序按表 6 进行。

### 7.3.2 检验数量

每台吊舱式电力推进器都应进行出厂检验。

### 7.3.3 合格判据

吊舱式电力推进器所有检验项目均符合要求，则判定该吊舱式电力推进器出厂检验合格。若有任何一项不符合要求，允许采取纠正措施后再对该吊舱式电力推进器进行该项目的复验。若复验符合要求，则判定该吊舱式电力推进器出厂检验合格；若仍不符合要求，则判定该吊舱式电力推进器出厂检验不合格。

表 6 检验项目和顺序

序号	检验项目		型式检验	出厂检验	要求章条号	检验方法章条号
1	无损检测	导流管、井箱、下箱体、 焊接螺旋桨轴焊缝	●	●	5.2.4	6.1.1
		螺旋桨、电机轴	●	●	5.2.5	6.1.2
2	环境温度		●	—	5.3.1	6.2

表6 检验项目和顺序（续）

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	要求章条号	检验方法章条号
3	盐雾和霉菌	●	—	5.3.1	6.3
4	倾斜和摇摆	●	—	5.3.2	6.4
5	密性试验	●	●	5.4.1	6.5
6	接触面积	●	●	5.4.2	6.6
7	桨叶与导流管间隙	●	●	5.4.3	6.7
8	螺旋桨平衡试验	●	●	5.4.4	6.8
9	滑环试验	●	—	5.4.5	6.9
10	回转试验	●	●	5.4.6	6.10
11	报警试验	●	●	5.4.7	6.11
12	冷态绝缘试验	●	●	5.4.8	6.12
13	空载运转试验	●	●	5.4.9	6.13
14	加载运转试验	●	●	5.4.10	6.14
15	过载运转试验	●	—	5.4.11	6.15
16	温升试验	●	—	5.4.12	6.16
17	热态绝缘试验	●	—	5.4.13	6.17
18	电磁兼容性试验	○	—	5.4.14	6.18

注：“●”必检项目；“—”不检项目；“○”可选项目。

## 8 标志、包装、运输和贮存

### 8.1 标志

每套吊舱式电力推进器应在外表面显著部位设置符合 GB/T 13306 要求的铭牌。铭牌应包含如下内容：

- a) 制造厂名称；
- b) 产品名称、型号；
- c) 产品主要参数：额定功率、额定转速、电机电制等；
- d) 出厂日期、编号；
- e) 检验标识及产品证书编号。

### 8.2 包装

8.2.1 吊舱式电力推进器的包装应符合 GB/T 13384 和 GB/T 191 的规定。

8.2.2 大型吊舱式电力推进器本体宜采用坚固的运输托架以保证运输途中不发生碰撞和翻转。电气控制箱、液压油箱等部件应使用包装箱包装并在箱体内部相对固定。

8.2.3 对未经油漆或者其他保护的表面应采取相应的临时涂封保护。

### 8.3 运输

运输时应轻装轻放，不应用抛、滑或其他容易引起碰击的方法进行搬运。

#### 8.4 贮存

8.4.1 装置储存的环境应干燥、清洁。

8.4.2 保存过程中应采取必要的措施防止装置的机械损伤和腐蚀。

8.4.3 装置的油封有效期为 6 个月，超过油封有效期的装置需做中间保养。



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

附录 A  
(资料性)

## 吊舱式电力推进器基本参数

吊舱式电力推进器基本参数见表 A. 1。

表 A. 1 吊舱式电力推进器基本参数推荐值

型号 \ 参数	额定功率 kW	螺旋桨直径 mm	螺旋桨转速 rpm	BAL mm
NEPod-PM/EM-Q/T-500-SC-N	500	1400	560	1250
NEPod-PM/EM-Q/T-800-SC-N	800	1600	420	1400
NEPod-PM/EM-Q/T-1000-SC-N	1000	2200	360	1950
NEPod-PM/EM-Q/T-1500-SC-N	1500	2600	320	2445
NEPod-PM/EM-Q/T-2500-SC-N	2500	3200	260	3300
NEPod-PM/EM-Q/T-4000-SC-N	4000	3800	220	3500
NEPod-PM/EM-Q/T-5000-SC-N	5000	4200	200	4000
NEPod-PM/EM-Q/T-6000-SAC-N	6000	4400	190	4200
NEPod-PM/EM-Q/T-7500-SAC-N	7500	4600	180	4800
NEPod-PM/EM-Q/T-9000-SAC-N	9000	4800	175	5000
NEPod-PM/EM-Q/T-10000-SAC-N	10000	5000	160	5200
NEPod-PM/EM-Q/T-12000-SAC-N	12000	5100	150	5500
NEPod-PM/EM-Q/T-14000-SAC-N	14000	5200	130	6500
NEPod-PM/EM-Q/T-16000-SAC-N	16000	5500	125	6800
NEPod-PM/EM-Q/T-18000-SAC-N	18000	6000	110	7000
NEPod-PM/EM-Q/T-20000-SAC-N	20000	6100	100	7300