

ICS 47.020.05
U 05



中华人民共和国国家标准

GB/T 3108—1999

船体外加电流阴极保护系统

Impressed current cathodic protection system for ship hull

1999-08-31 发布

2000-06-01 实施

国家质量技术监督局 发布

前 言

本标准是对 GB/T 3108—1982《船体外加电流阴极保护系统》的修订。

本标准与 GB/T 3108—1982 的主要技术差异如下：

对船体钢板保护电位范围和保护电流密度两个重要参数进行了修改；增加了螺旋桨、舵板和声呐导流罩的保护电流密度；补充了三种新型辅助阳极材料：铂钛复合材料、铂铌复合材料和钛基金属氧化物；增加了辅助阳极和参比电极的绝缘性能和水密性能的技术指标；增加了第 4 章“外加电流阴极保护系统的设计”。

本标准删去了 GB/T 3108—1982 中辅助阳极和参比电极的具体规格、型号和结构图；删去了船用恒电位仪的系列规格；删去了附录 A“设计及系列”、附录 B“辅助阳极和参比电极的型号说明”。

本标准自实施之日起，同时代替 GB/T 3108—1982。

本标准的附录 A 和附录 B 是标准的附录。

本标准的附录 C 和附录 D 是提示的附录。

本标准由全国海洋船标准化技术委员会船用材料应用工艺分技术委员会提出。

本标准由中国船舶工业总公司洛阳船舶材料研究所归口。

本标准由中国船舶工业总公司洛阳船舶材料研究所和交通部上海船舶运输科学研究所负责起草。

本标准主要起草人：王朝臣、王在忠、许立坤、李桂华、高玉柱、许建华、董飒英、常宁惠、董克贤。

本标准于 1982 年 5 月首次发布。

中华人民共和国国家标准

GB/T 3108—1999

船体外加电流阴极保护系统

代替 GB/T 3108—1982

Impressed current cathodic protection system for ship hull

1 范围

本标准规定了船体外加电流阴极保护系统的要求、系统设计、试验方法和检验规则等。

本标准适用于钢质海船船体浸水部分防腐蚀所采用的外加电流阴极保护系统的设计和检验。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 7387—1999 船用参比电极技术条件

GB/T 7388—1999 船用辅助阳极技术条件

GB/T 7788—1987 船舶及海洋工程阳极屏涂料通用技术条件

CB 3220—1984 船用恒电位仪技术条件

CB/T 3455—1992 船用阳极屏蔽层的设计与涂装

3 要求

3.1 保护电位范围

船体钢板的保护电位范围通常应达到 $-0.80 \sim -1.00$ V(相对于银/氯化银参比电极/海水,下同)。特殊情况下,当阳极布置位置受到限制时,保护电位范围可为 $-0.75 \sim -1.00$ V。用不同参比电极测得船体保护电位的数值从附录 A(标准的附录)图 A1 中可查得。

3.2 跟踪性能

在船舶航速变化时及给定电位变化时,恒电位仪的输出电压和输出电流也应随之相应变化,并使船体达到保护电位范围。

3.3 恒电位仪

3.3.1 恒电位仪在下列环境条件下应能可靠工作:

- a) 环境温度为 $-10 \sim 55$ °C;
- b) 空气相对湿度不大于 95%;
- c) 有凝露、盐雾、油雾和霉菌等;
- d) 电源变化范围为稳态 $\pm 10\%$,瞬态 $\pm 20\%$ (恢复时间 3 s);
- e) 振动:2~13.2 Hz,位移 1 mm
13.2~80 Hz,加速度 ± 6.86 m/s²;
- f) 横倾、横摇 22.5°,纵倾、纵摇 10°。

3.3.2 恒电位仪应具有下列性能:

- a) 输入阻抗不小于 1 M Ω ;
- b) 电位控制误差不大于 0.02 V;

国家质量技术监督局 1999-08-31 批准

2000-06-01 实施

- c) 在给定电位范围内连续可调;
- d) 手动和自动控制调节;
- e) 半载纹波系数不大于 10%;
- f) 限流或过流保护。

3.3.3 恒电位仪应具有下列检测功能:

- a) 输出总电流;
- b) 输出电压;
- c) 给定电位;
- d) 船体电位。

3.3.4 恒电位仪应具有防滴式、防干扰的金属结构外壳,外壳防护型式为 IP22。

3.4 辅助阳极

辅助阳极应导电性好,输出电流大,寿命长。

3.4.1 材料的类型及主要性能

常用辅助阳极材料的类型有铅银合金、铅银微铂、镀铂钛、铂钛、铂铌和钛基金属氧化物,其主要性能应符合 GB/T 7388 的要求。

3.4.2 形状

辅助阳极宜采用长条形,也可采用圆盘形。

3.4.3 绝缘性能

阳极体或导电杆与阳极填料函或水密罩之间的绝缘电阻,在干燥状态下(即阳极结构安装完毕后没有试水压前)应大于 1 M Ω 。

3.4.4 水密性能

阳极结构的水密性,在 196 kPa 的水压下,历时 15 min 应不渗水。

3.5 阳极屏蔽层

3.5.1 涂料

阳极屏蔽层涂料的技术指标应符合 GB/T 7788 的要求。

3.5.2 形状

阳极屏蔽层的形状应与辅助阳极的形状相对应。

3.5.3 尺寸的计算

阳极屏蔽层尺寸的计算方法见附录 B(标准的附录)。

3.5.4 耐阴极电位值

确保阳极屏蔽层边缘处的船体电位不高于船体涂层的耐阴极电位(指绝对值)。各种船体涂层的耐阴极电位值见附录 C(提示的附录)。

3.5.5 厚度

阳极屏蔽层的厚度应根据屏蔽层寿命要求和阳极屏涂料的性能来确定,通常辅助阳极绝缘座附近应厚一些,向屏蔽层边缘方向逐渐减薄,边缘处应薄到 0.5 mm。其涂装应符合 GB/T 3455 的有关要求。

3.5.6 寿命

阳极屏蔽层的设计使用寿命为 6~10a。

3.6 参比电极

参比电极应极化小,性能稳定,寿命长。

3.6.1 类型及主要性能

常用参比电极的类型有银/氯化银电极/海水、锌及锌合金电极/海水,其主要性能应符合 GB/T 7387 的要求。

3.6.2 绝缘性能

参比电极在干燥状态下,电极体或导电杆与电极水密罩或填料函间的绝缘电阻应大于 1 MΩ。

3.6.3 水密性能

参比电极结构的水密性,在 196 kPa 的水压下,历时 15 min 应不渗水。

3.7 舵和螺旋桨轴的接地装置

3.7.1 舵的接地装置

为防止舵叶的电化学腐蚀,在舵机舱内用截面积不小于 25 mm² 单芯船用软电缆使舵柱与船体短路,接地电阻应小于 0.02 Ω。

3.7.2 螺旋桨轴的接地装置

3.7.2.1 螺旋桨轴接地装置,应使螺旋桨与船体的电位差降到 0.1 V 以下,以避免电化学腐蚀。

3.7.2.2 螺旋桨轴接地装置主要由导电环、电刷、刷握和刷握支承架组成,其结构见附录 D(提示的附录)中图 D1。

3.7.2.3 导电环一般采用黄铜制成两个半圆滑环,然后采用螺栓固紧,也可用银-铜合金带制成圆环,两边箍紧。

3.7.2.4 电刷通常为铜-石墨,一般一套螺旋桨轴接地装置安装三副电刷,其中一副用作测量螺旋桨对船体的电位差,该电刷应与船体绝缘。

3.7.2.5 螺旋桨轴接地装置的安装位置应选择在干燥、无油污、便于观察和维护的部位。

4 外加电流阴极保护系统的设计

4.1 计算保护面积

4.1.1 船体浸水面积可按线型图精确计算。

4.1.2 船体浸水面积也可按公式(1)近似计算。

$$S_1 = 1.7TL_{WJ} + \nabla/T \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中: S_1 ——船体浸水面积, m²;

T ——满载吃水, m;

L_{WJ} ——满载水线长, m;

∇ ——满载排水体积, m³。

4.1.3 螺旋桨表面积按公式(2)计算。

$$S_2 = \frac{\pi \cdot n}{2} d_1^2 \eta + n \pi d_2 L \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中: S_2 ——螺旋桨表面积, m²;

n ——螺旋桨数量;

d_1 ——螺旋桨的直径, m;

η ——螺旋桨展开盘面比;

d_2 ——轴毂直径, m;

L ——轴毂长度, m。

4.1.4 舵或其他附体按实际尺寸分别计算面积 S_3 、 S_4 。

4.2 选取保护电流密度

保护电流密度与船体的材质、表面涂装状况、船舶在航率、航速、坞修间隔以及水质状况等因素有关。设计时,通常按表 1 选取保护电流密度。对于特殊船舶,可视其工作条件和允许进坞间隔期的长短,适当提高保护电流密度。

表 1 保护电流密度

部 位	材 料	表面状态	保护电流密度, mA/m ²
船外壳板	钢板	涂装	30~50
螺旋桨	青铜、黄铜	裸露	500
声呐导流罩	不锈钢	裸露	350
舵	钢板	涂装	150

4.3 全船所需的总保护电流

全船所需的总保护电流按公式(3)计算。

$$I = i_1 \cdot S_1 + i_2 \cdot S_2 + i_3 \cdot S_3 + i_4 \cdot S_4 \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中: I ——全船所需总的保护电流, A;

i_1 ——船体的保护电流密度, A/m²;

i_2 ——螺旋桨的保护电流密度, A/m²;

i_3 ——舵的保护电流密度, A/m²;

i_4 ——其他附体的保护电流密度, A/m²。

4.4 恒电位仪、辅助阳极、参比电极的选择

4.4.1 根据全船所需的总保护电流, 参照 CB 3220 选择恒电位仪的规格。当选用钛基辅助阳极时, 恒电位仪的额定输出直流电压应不超过 12 V。

4.4.2 根据全船所需的总保护电流、船舶吨位、船舶总体设计的要求和辅助阳极的使用寿命, 参照 GB/T 7388 选择辅助阳极规格型号和数量(一般为偶数)。

4.4.3 根据船舶总体的设计要求、船舶吨位和恒电位仪的安装数量, 参照 GB/T 7387 选择参比电极的型号和数量。原则上, 一条船安装的参比电极不应少于两个。

4.4.4 根据船舶总体要求和辅助阳极的型号选择阳极屏涂料, 并参照附录 B(标准的附录)计算阳极屏蔽层的尺寸。

4.5 电缆的选用

4.5.1 外加电流阴极保护系统所用的电缆应是船用电缆。

4.5.2 辅助阳极电缆的导体截面应足够大, 使其从恒电位仪到阳极接线端的线路电压降小于 2 V, 并使各阳极的线路电压降尽量接近。

4.5.3 阴极接地电缆的电压降应小于 0.1 V。

4.5.4 参比电极的电缆应采用屏蔽电缆。

4.6 辅助阳极和参比电极的布置原则

4.6.1 辅助阳极总的布置原则应使船体电位均能达到 3.1 规定的保护电位范围。

4.6.2 辅助阳极的纵向布置: 原则上艏部、舯部、艉部都布置, 舯部偏多为宜; 如遇安装较困难的船舶也可艏艉布置或仅舯部布置, 但左右舷应对称布置。

4.6.3 辅助阳极的垂向布置: 从重载水线到船底中心线的弧长约三分之一处, 但必须在轻载水线下方 0.5 m 以下。

4.6.4 参比电极的纵向布置: 如果全船安装两个参比电极, 原则上舯部一个, 舯部或舯部一个, 最好左右舷分开配置。如果安装四个参比电极, 原则上船的前后部各配置两个, 左右舷分开。具体位置最好布置在两辅助阳极中间, 也可布置在离阳极较近的屏蔽层附近。

4.6.5 参比电极垂向布置: 应与辅助阳极在同一水平面上。

5 试验方法

5.1 系泊试验

5.1.1 在船舶下水(海水或淡海水)后,外加电流阴极保护系统通电前,用安装在船体上的参比电极测量船体的自然电极电位。

5.1.2 在外加电流阴极保护系统通电后,选定一个安装在船体上的参比电极作为控制电极,并在保护电位范围内选择3个不同的给定电位数值,记录不同给定电位时,恒电位仪输出电压、输出电流和船体电位的变化。

5.1.3 在外加电流阴极保护系统通电后,用便携式参比电极在船两舷选择10个点测量船体的保护电位。

5.2 航行试验

在外加电流阴极保护系统运行后,用装在船上的参比电极测量不同航速时船体电位和恒电位仪输出电压、输出电流的变化。

6 检验规则

6.1 在船舶系泊和航行试验时,应检验船体电位和恒电位仪的运行情况,检验项目见表2。

表2 检验项目

序号	检验项目	要 求	试验方法
1	保护电位	3.1	5.1.2、5.1.3、5.2
2	跟踪性能	3.2	5.1.2、5.2

6.2 在船舶系泊和航行试验时,无论外界条件如何变化,船体保护电位和恒电位仪跟踪性能均符合要求,则说明外加电流阴极保护系统设计合理、工作正常。

附录 A

(标准的附录)

船体对不同参比电极的电位对应关系

A1 船体对不同参比电极的电位对应关系见图 A1。

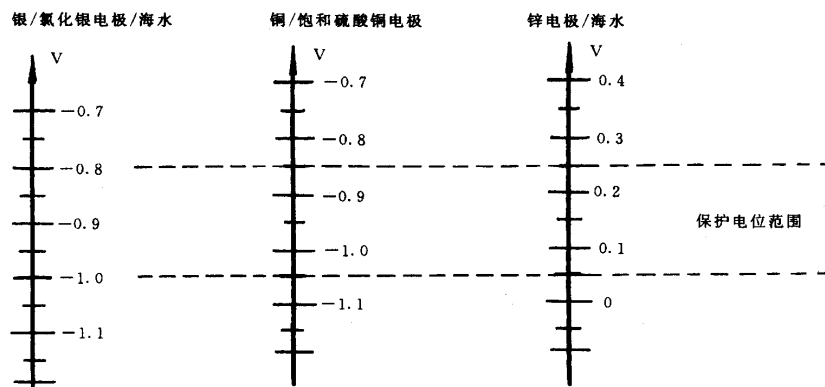


图 A1 船体对不同参比电极的电位对应关系图

附录 B

(标准的附录)

阳极屏蔽层尺寸的设计计算方法

B1 圆形阳极屏蔽层示意图见图 B1,其半径按公式(B1)计算。

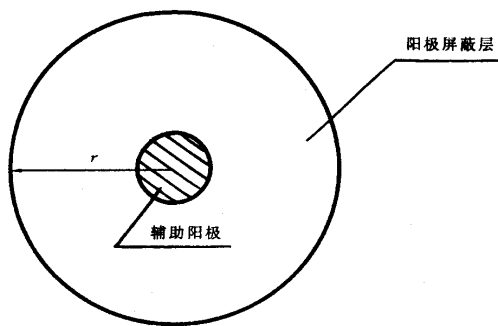


图 B1 圆形阳极屏蔽层示意图

$$r = \frac{I_a \rho}{2\pi(E_{\min} - E)} \quad \dots\dots\dots (B1)$$

式中: r ——圆形阳极屏蔽层的半径, m; I_a ——辅助阳极的额定输出电流, A;

ρ ——海水电阻率, $\Omega \cdot \text{m}$;
 E_{\min} ——船体在海水中的最小保护电位(绝对值), V;
 E ——离辅助阳极中心为 r 处的船体电位, V; 它取决于船体水下部位涂层的耐阴极电位值。
B2 长条形阳极屏蔽层示意图见图 B2, 其尺寸按公式(B2)计算。

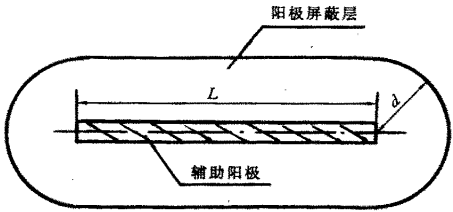


图 B2 长条形阳极屏蔽层示意图

$$\ln \frac{2L}{d} = \frac{\pi L(E_{\min} - E)}{I_a \rho} + 1 \quad \dots\dots\dots (\text{B2})$$

式中: L ——长条形辅助阳极的长度, m;
 d ——阳极屏蔽层边缘至辅助阳极轴线的最近距离, m;
 I_a ——辅助阳极的额定输出电流, A;
 ρ ——海水电阻率, $\Omega \cdot \text{m}$;
 E_{\min} ——船体在海水中的最小保护电位(绝对值), V;
 E ——离辅助阳极轴线为 d 处的船体电位, V; 它取决于船体水下部位涂层的耐阴极电位值。

附 录 C
(提示的附录)
船体涂层耐阴极剥离电位值

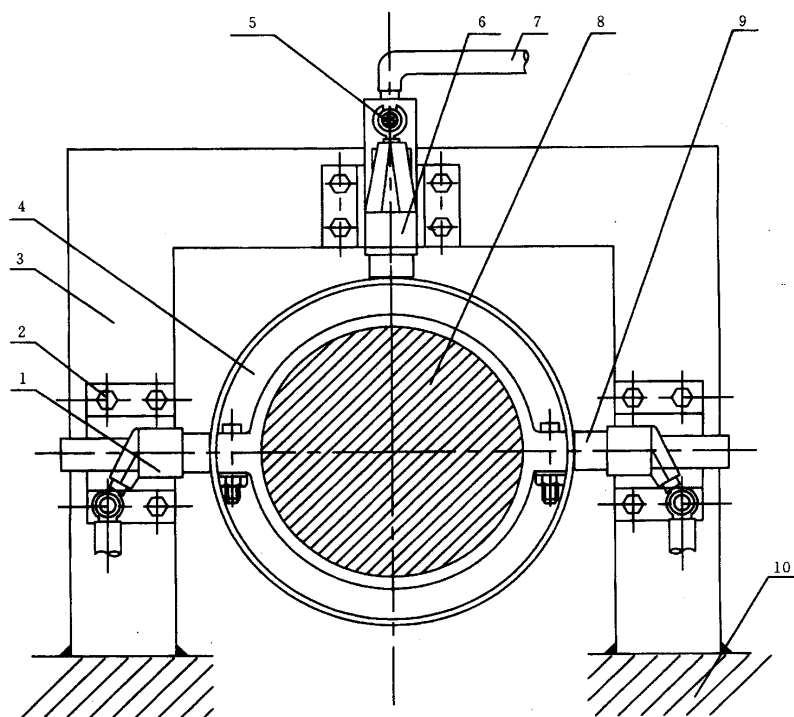
C1 各种船体涂层耐阴极剥离电位值见表 C1。

表 C1 各种涂层耐阴极剥离电位值

涂层种类	耐阴极剥离电位值, V
沥青系涂层	-0.95
乙烯系涂层	-1.00
氯化橡胶系涂层	-1.20
环氧沥青系涂层	-1.25
有机富锌涂层	-1.30
无机富锌涂层	-1.30
环氧系涂层	-1.50

附录 D
(提示的附录)
螺旋桨轴接地装置结构图

D1 螺旋桨轴接地装置结构形式见图 D1。



1—刷握；2—固定螺栓；3—刷握支承架；4—滑环；5—绝缘圈；6—测量刷握；
7—测量电缆；8—螺旋桨轴；9—碳刷；10—船体

图 D1 螺旋桨轴接地装置结构图