ICS 27.140
A 29

中华人民共和国国家标准

GB/T 16166—1996

滨海电厂海水冷却水系统牺牲阳极阴极保护

Sacrificial anode cathodic protection for seawater cooling system in coastal power station

1996-01-25发布　　1996-10-01实施

国家技术监督局　发布

中华人民共和国国家标准

滨海电厂海水冷却水系统牺牲阳极阴极保护

GB/T 16166—1996

Sacrificial anode cathodic protection for seawater cooling system in coastal power station

1 主题内容与适用范围

本标准规定了滨海电厂海水冷却水系统牺牲阳极阴极保护的设计准则、计算方法、保护效果检测等。

本标准适用于滨海电厂海水冷却水系统的牺牲阳极阴极保护。对滨海其它工厂企业、河口电厂和高含盐量地下水地区的内陆电厂冷却水系统牺牲阳极阴极保护亦应参照使用。

2 引用标准

GB 4948 铝-锌-铟系合金牺牲阳极

GB 4950 锌-铝-镉合金牺牲阳极

SY J19 镁合金牺牲阳极应用技术标准

3 设计准则

3.1 钢、铸铁、铜合金、不锈钢等组成的设备、部件和管道，保护电位范围应达到－0.85～－1.05 V（相对于铜/饱和硫酸铜参比电极，下同）。

3.2 钛与钢、铸铁、铜合金等组成的设备，钛表面保护电位不得负于－0.80 V。

4 牺牲阳极阴极保护设计

4.1 牺牲阳极材料的选择

4.1.1 阳极应选用符合 GB 4948、GB 4950、SY J19 有关规定的材料，或电化学性能优于上述标准规定，并通过鉴定的材料。

4.1.2 电阻率为小于 100 Ω·cm 的海水和淡海水介质中，应采用铝合金牺牲阳极。

4.1.3 电阻率为 100～200 Ω·cm 的淡海水介质中，应采用锌合金牺牲阳极或适宜的铝合金牺牲阳极。

4.1.4 电阻率大于 200 Ω·cm 的冷却水中，应采用镁合金牺牲阳极或适宜的铝合金牺牲阳极。

4.1.5 季节性间歇使用的冷却器的保护，应采用锌合金牺牲阳极。

4.2 牺牲阳极规格的确定

阳极的规格应根据设备、部件、管道的结构、检修间隔的时间、需要保护的年限来确定。推荐的铝合金、锌合金牺牲阳极尺寸见表 1。

国家技术监督局 1996-01-25 批准　　1996-10-01 实施

表 1　各设备的阳极选型和布置原则

设备名称	阳极尺寸,mm	阳极布置原则	阳极使用寿命 a[1)]
取水头及引水钢管	(200+280)×150×800	栅条支撑梁后架	15～20
	(200+280)×150×1 200		25～30
拦污栅	(115+135)×130×1 000	低潮位以下的导轨两侧各一块，其余布置在拦污栅上	10～12
	80×100×1 000		6～8
清污机	(115+135)×130×1 000 80×100×1 000	导轨和栅板的背面	10～12 6～8
旋转滤网	80×100×1 000	平均低潮位以下的导轨和框架	6～8
二次滤网	400×120×50 500×80×100 ϕ120×100、ϕ180×50 200×100×40	设备复杂、电流屏蔽很大，注意各个屏蔽区都要安装阳极	3～6
凝汽器	ϕ360×40 400×120×50	水室均匀分布，钛合金管的凝汽器底、侧、顶板上的阳极安装在距管板大于 600 mm 处，铜合金管的凝汽器底、侧、顶板上阳极安装在距管板小于 400 mm 处	4～5
收球网	400×120×50	要装在不影响栅网启、闭的筒体上，维修时更换阳极也可装在紧接设备两端母管上	4～5
冷却器	ϕ120×100	下水室	0.5～1.0
	400×100×35	上水室	
管道	(115+135)×130×1 000 (115+135)×130×500	管内均匀布置，阀门处加装一块，人孔处加装一块	10～12
	80×100×1 000 80×100×500		6～7

注：1) 介质电阻率在 25～35 Ω·cm 范围内的阳极使用寿命。

4.3　牺牲阳极发生电流量计算

阳极发生电流量按公式(1)计算：

$$I_f = \Delta E / R \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：I_f——单支阳极发生的电流量，A；

ΔE——阳极驱动电位，V；锌合金阳极取 ΔE=0.25V，铝合金阳极取 ΔE=0.30 V，镁合金阳极取 ΔE=0.65 V；

R——阳极接水电阻，Ω。

阳极接水电阻根据阳极安装方式，按公式(2)和公式(3)计算。

平贴阳极：

$$R = \frac{\rho}{L + B + 2H} \qquad \cdots\cdots(2)$$

支架阳极：

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left(\ln\frac{4L}{r} - 1\right) \qquad \cdots\cdots(3)$$

式中：R——阳极接水电阻，Ω；

ρ——海水电阻率，Ω·cm；

L——阳极长度，cm；

B——阳极宽度，cm；

H——阳极厚度，cm；

r——阳极截面当量半径，cm，按公式(4)计算：

$$r = C/2\pi \qquad \cdots\cdots(4)$$

式中：C——阳极截面周长，cm。

4.4 牺牲阳极使用寿命核算

推荐阳极的使用寿命见表1。

阳极使用寿命应能达到设备检修间隔时间的整数倍，按公式(5)计算：

$$t = \frac{G \cdot Q}{8\,760 \times I_m} \cdot \frac{1}{K} \qquad \cdots\cdots(5)$$

式中：t——阳极使用寿命，a；

G——每块阳极重量，kg；

Q——阳极实际电容量，A·h/kg；锌合金阳极取 Q=780 A·h/kg，铝合金阳极取 $Q \geqslant 2\,400$ A·h/kg，镁合金阳极取 Q=1 100 A·h/kg。

$1/K$——阳极利用系数，取值0.85；

I_m——每块阳极平均发生电流，A；按公式(6)计算：

$$I_m = (0.6 \sim 0.8)I_f \qquad \cdots\cdots(6)$$

式中：I_f——每块阳极发生电流，A。

4.5 保护面积计算

4.5.1 根据几何尺寸分别计算不同材质、不同表面状态的被保护设备、部件、管道的浸水面积。

4.5.2 凝汽器等管束式冷却设备的管束保护内表面积按公式(7)计算：

$$S = 12\,n\pi D^2 \qquad \cdots\cdots(7)$$

式中：S——管束保护内表面积，m^2；

n——每个水室中管束的根数；

D——冷凝管的内径，m。

4.6 保护电流密度的选取

保护电流密度按表2选取。

表 2 不同设备、部件、管道的保护电流密度

设备名称	材质表面状态						
	钢、铸铁		铜合金	钛合金	不锈钢		钢筋混凝土
	涂漆	裸露			涂漆	裸露	
	保护电流密度,mA/m²						
取水头部及引水钢管	40～50	80～100					
拦污栅清污机	40～50	80～100					4～6
旋转滤网	70～80	80～100			70～80		4～6
二次滤网	20～30					150～200	
凝汽器	10～30		150～200	50～60			
收球网	10～30					100～150	
冷却器	5～15		120～150				
管道	25～35						

4.7 保护电流的计算

被保护设备、部件、管道所需要的保护电流按公式(8)计算：

$$I = \sum I_i S_i \qquad \cdots\cdots(8)$$

式中：I——保护电流，mA；

I_i——被保护设备、部件、管道内各种材质及不同表面状态下的保护电流密度，mA/m²；

S_i——被保护设备、部件、管道内各种材质及不同表面状态浸水面积，m²。

4.8 牺牲阳极数量计算

被保护设备、部件、管道所需用的阳极数量按公式(9)计算：

$$N = I/I_f \qquad \cdots\cdots(9)$$

式中：N——阳极数量；

I——保护电流，A；

I_f——每块阳极发生电流量，A。

4.9 牺牲阳极布置

4.9.1 阳极采用均匀、对称布置，阳极安装位置应考虑到电流屏蔽作用。

4.9.2 有关设备、部件、管道用阳极布置见表 1。

5 埋地管网外壁牺牲阳极阴极保护设计

埋地管网外壁牺牲阳极阴极保护设计按附录 A(参考件)执行。

6 牺牲阳极验收、存放及安装

6.1 验收

阳极质量应按有关标准、订货合同要求验收。

6.2 存放

阳极应存放在库房内，防潮，防水，禁止接触酸、碱、盐，不得沾有油污、油漆。

6.3 安装

按阳极布置图安装阳极，焊接应牢固，确保电性连接良好。固定方式见图1、图2、图3。

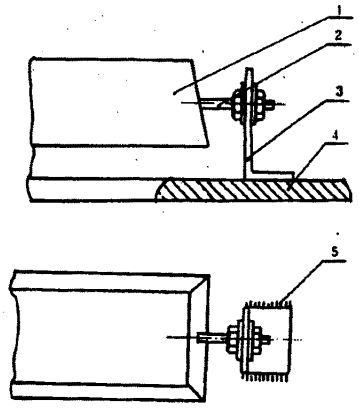


图1 支架阳极安装示意图

1—阳极；2—铁芯；3—支架；4—钢板；5—焊缝

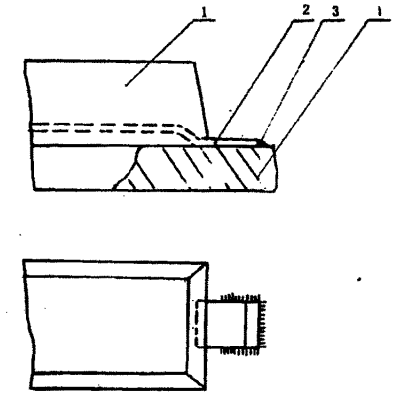


图2 平贴阳极安装示意图

1—阳极；2—铁芯；3—焊缝；4—钢板

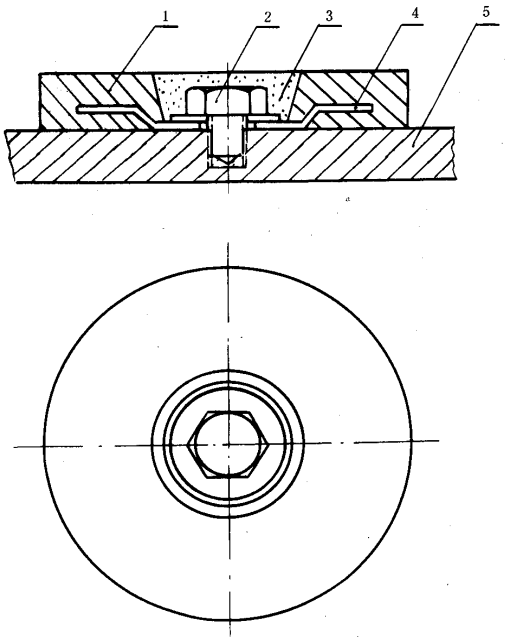


图 3　螺钉固定平贴阳极安装示意图

1—阳极；2—螺钉；3—填料；4—铁芯；5—钢板

7　保护效果检测和牺牲阳极更换

7.1　保护电位测量

7.1.1　拦污栅、旋转滤网、清污机等敞开式结构可使用便携式铜/饱和硫酸铜参比电极定期测量水下结构的保护电位，电位必须符合 3.1 条的规定。

7.1.2　管道、凝汽器等设备使用固定式锌合金参比电极或银/氯化银参比电极，保护电位应符合 3.1 和 3.2 条规定。

7.1.3　钢和钛相对于三种参比电极的保护电位范围见表 3。

表 3　相对于三种参比电极的保护电位范围　　V

参　比　电　极	铜/饱和硫酸铜参比电极	锌合金参比电极	银/氯化银电极/海水
钢保护电位	−0.85～−1.05	0.05～0.25	−0.80～−1.00
钛保护电位	＞−0.80	＞0.30	＞−0.75

7.2　保护度测量

安装两组与被保护体材质相同的检测试片，其尺寸和表面状态一致，一组与被保护体电性连接，另一组电性绝缘。定期测量两组试片的腐蚀失重，称量精度为 0.01 g。按公式(10)计算保护度，保护度应大于 90%。

$$\eta = \frac{Q_c - Q_p}{Q_c} \times 100 \qquad \cdots\cdots(10)$$

式中：η——保护度，%；

Q_c——绝缘试片的腐蚀失重，g；

Q_p——电性连接试片的腐蚀失重，g。

7.3 停机检查保护效果

检查设备、部件、管道的腐蚀程度，彻底清除阳极表面的腐蚀产物，观察阳极的溶解情况和剩余量。

7.4 牺牲阳极更换

7.4.1 阳极剩余量已不足保护下次检修间隔期所需用量时，阳极必须更换。

7.4.2 阳极使用期间内，表面不溶解且被保护结构电位达不到最小保护电位时，应及时更换。

附 录 A
滨海电厂埋地管网牺牲阳极阴极保护
（参考件）

A1 范围

电厂埋地金属结构复杂，保护范围包括埋地管道、接地网、铠装动力电缆、钢质桩基和金属储罐罐底等，其中以保护埋地管道为主。

A2 牺牲阳极材料的选择

A2.1 土壤电阻率 $\rho \leqslant 10\ \Omega \cdot m$ 时，或在平均高潮位以下受潮水影响的管道，采用锌合金牺牲阳极。

A2.2 土壤电阻率 $\rho > 10\ \Omega \cdot m$ 时，采用镁合金牺牲阳极。

A3 牺牲阳极填充料

锌合金、镁合金阳极的填充料配方见表 A1。

表 A1 锌合金、镁合金阳极的填充料配方

阳极	填充料成分			
	膨润土	$MgSO_4$	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$
	含量，%			
锌合金阳极	50	—	25	25
镁合金阳极	50	25	25	—

A4 牺牲阳极的组装

组装后的阳极见图 A1。

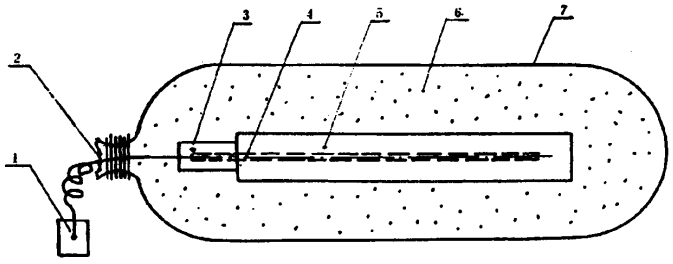


图 A1 埋地阳极组装示意图

1—接线片；2—阳极电缆；3—密封接头；4—铁芯；
5—阳极；6—填充料；7—布袋

A5 牺牲阳极选型

根据土壤电阻率和使用年限选择阳极规格型号。常用阳极规格见表 A2。

表 A2 常用埋地阳极的规格型号

阳 极	型 号	规 格 mm	重 量 kg	填充料重量 kg
锌阳极	ZAC-D1	1 000×(58.5+78.5)×68	33	75
	ZAC-D2	800×(56+74)×65	25	50
镁阳极	MAZ-D1	700×(130+150)×125	22	75
	MAZ-D2	700×(100+120)×105	14	50

A6 牺牲阳极发生电流计算

每支阳极的发生电流按公式(A1)计算：

$$I_f = \Delta E/R \qquad \cdots\cdots(A1)$$

式中：I_f——每支阳极的发生电流，mA；

ΔE——阳极的驱动电位，mV；锌阳极取 ΔE=250 mV，镁阳极取 ΔE=650 mV；

R——阳极接地电阻，Ω；按公式(A2)计算：

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left[\ln\frac{2L}{D_1}\left(1+\frac{\frac{L_1}{4t}}{\ln^2\frac{L_1}{D_1}}\right)+\frac{\rho_1}{\rho}\ln\frac{D_1}{D}\right] \qquad \cdots\cdots(A2)$$

式中：L——阳极长度，m；

L_1——填料包长度，m；

D——阳极当量直径，m；

D_1——填料包直径，m；

ρ——土壤电阻率，Ω·m；

ρ_1——填充料的电阻率，Ω·m；

t——从地面至阳极中心的埋深，m。

A7 牺牲阳极使用寿命计算

阳极使用寿命按公式(A3)计算：

$$Y = \frac{1\,000\,Q\cdot G}{8\,760\,I_m}\cdot\frac{1}{K} \qquad \cdots\cdots(A3)$$

式中：Y——阳极使用寿命，a；

Q——阳极实际电容量，A·h/kg；

G——每支阳极重量，kg；

$1/K$——阳极利用系数，取 0.85；

I_m——每支阳极平均发生电流，mA；按公式(A4)计算：

$$I_m = 0.7I_f \quad \cdots\cdots (A4)$$

式中：I_f——每支阳极发生电流，mA。

A8 牺牲阳极数量计算

A8.1 加强级涂层保护的新建钢质管道保护电流密度取 2～3 mA/m²。

A8.2 管道保护面积、保护电流、阳极数量的计算方法同 4.5.1、4.7、4.8 条。

A8.3 钢质桩基、远离钢管的接地网应增设与保护管道同型号的阳极，每根钢桩加一支阳极，每 150 m 接地扁钢加一支阳极。

A9 牺牲阳极的布置、安装

A9.1 阳极一般成对均匀布置，也可在土壤电阻率低的部位相对集中 4 支阳极装在一起。

A9.2 阳极安装方法见图 A2。

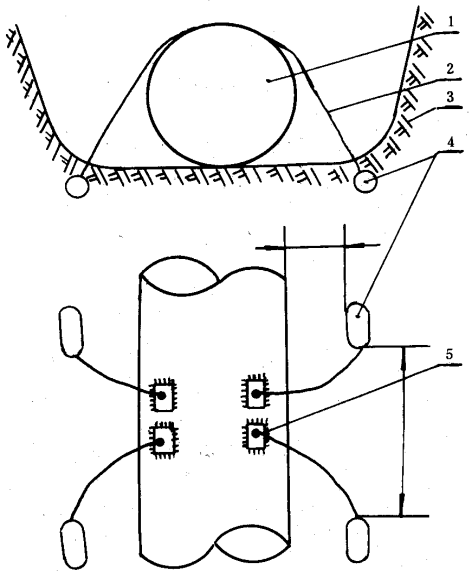


图 A2 阳极布置安装示意图

1—管道；2—阳极电缆；3—管沟；4—阳极；5—接线片

A9.3 阳极安装注意事项：

a. 阳极搬动和埋设时，不准提拉阳极电缆，以免密封接头断裂；

b. 阳极焊接片应焊接牢固，焊接处应补做防腐层；

c. 阳极填充料应浇水浸透；

d. 阳极填料包周围应回填粘土，不能混有砖、砂石和杂物。

附加说明：

本标准由中国船舶工业总公司提出。

本标准由中国船舶工业总公司第七研究院七二五研究所归口。

本标准由中国船舶工业总公司第七研究院七二五研究所、山东省黄岛发电厂、华东电力设计院、西北电力设计院负责起草。

本标准主要起草人陈仁兴、朱云龙、李贵年、吴建华、刘珂、王明韧、朱邦家。