UDC 669.715′5′872:621.35.035.2+543.06

中华人民共和国国家标准

GB 4948～4949—85

铝－锌－铟系合金牺牲阳极及化学分析方法

Sacrificial anode of Al－Zn－In system alloy and chemical analysis

1985-02-04发布　　1985-10-01实施

国家标准局　批准

中华人民共和国国家标准

UDC 669.715′5′872:621.35.035.2
GB 4948—85

铝－锌－铟系合金牺牲阳极

Sacrificial anode of Al-Zn-In system alloy

本标准适用于海洋工程设施、海水中港工设施和船舶的阴极保护，也适用于淡海水、海泥中金属构筑物的阴极保护。

1 名词术语

见GB 4950—85《锌－铝－镉合金牺牲阳极》。

2 型号规格与主要尺寸

2.1 牺牲阳极型号规格见表1、表2。

表1 海洋工程、港工设施、海水压载舱用牺牲阳极型号规格

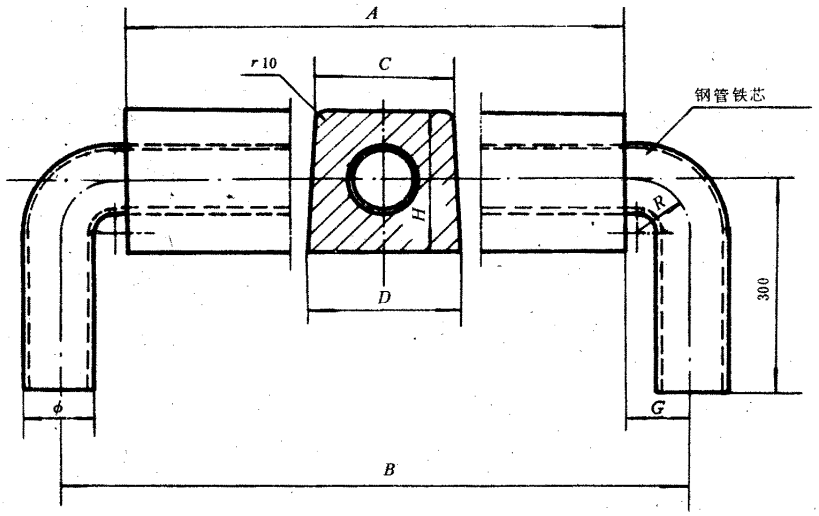
型号	规格 (上底＋下底)×长×高，mm	固定方式	铁芯	质量，kg
AZI－□－H1	(220＋240)×2300×230	焊接	钢管	275
AZI－□－H2	(200＋210)×1600×220			165
AZI－□－H3	(170＋200)×1500×180			144
AZI－□－H4	(200＋280)×800×150		螺纹钢	80
AZI－□－H5	(115＋135)×1250×130			56
AZI－□－H6	(150＋170)×900×160		钢管	53
AZI－□－H7	(115＋135)×1000×130		螺纹管	45
AZI－□－H8	(115＋135)×750×130			34
AZI－□－H9	(160＋180)×420×170		钢板	32
AZI－□－H10	(115＋135)×500×130		螺纹钢	22
AZI－□－H11	(110＋130)×500×120		钢板	20
AZI－□－H12	(52＋58)×1100×56			9

国家标准局1985－02－04发布　　1985－10－01实施

表 2　船用牺牲阳极型号规格

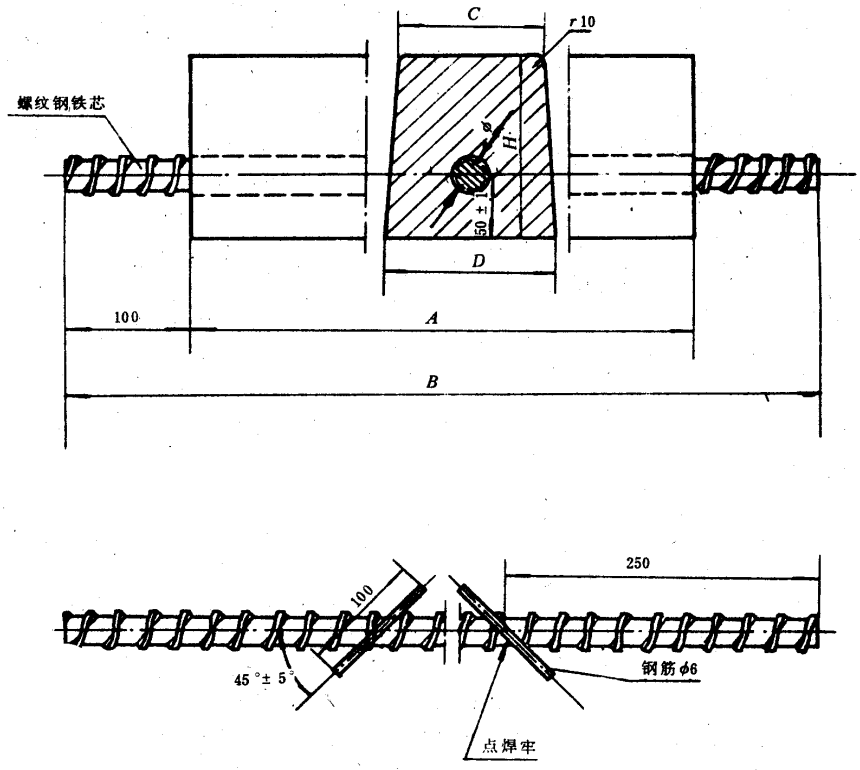
型　号	规　格 长×宽×高，mm	固定方式	铁　芯	质量，kg
AZI-□-C1	800×140×40	焊接	钢板	9.5
AZI-□-C2	500×140×35			5.3
AZI-□-C3	500×100×40			5.0
AZI-□-C4	400×120×35			4.0
AZI-□-C5	400×100×35			3.5
AZI-□-C6	300×100×35			2.1
AZI-□-C7	250×100×35			1.7
AZI-□-C8	180×70×35			1.3
AZI-□-C9	180×80×12	螺钉固定	无铁芯	0.4
AZI-□-C10	280×150×70	焊接		4.8
AZI-□-C11	230×75×40			1.1
AZI-□-C12	180×60×30			0.5

2.2 牺牲阳极结构、主要尺寸见图1～7。



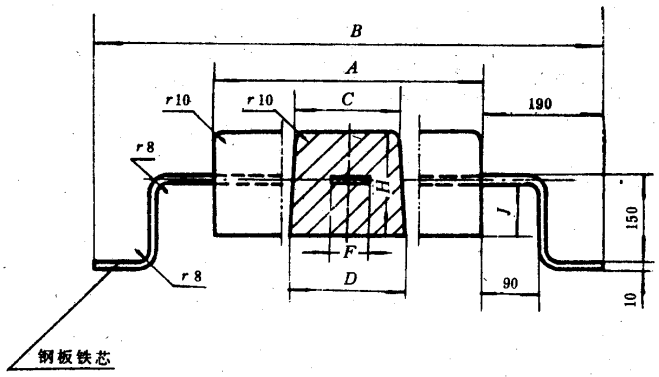
型　号	尺寸，mm							
	A	*B*	*C*	*D*	*H*	*G*	*R*	$\phi \times \delta$
AZI－□－H1	2300	2504	220	240	230	102	87	ϕ114×8
AZI－□－H2	1600	1792	200	210	220	96	81	ϕ102×6
AZI－□－H3	1500	1678	170	200	180	89	75	ϕ89×5
AZI－□－H6	900	1066	150	170	160	83	68	ϕ76×5

图1　AZI－□－H1～3、6 牺牲阳极



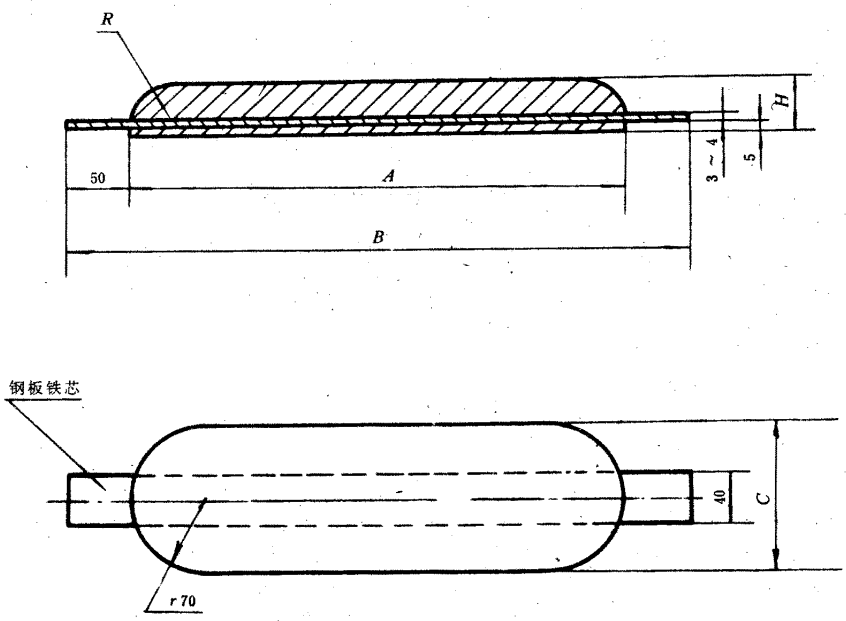
型　号	尺　寸　，　mm					
	A	*B*	*C*	*D*	*H*	*φ*
AZI－□－H4	800	1000	200	280	150	28
AZI－□－H5	1250	1450	115	135	130	28
AZI－□－H7	1000	1200	115	135	130	28
AZI－□－H8	750	950	115	135	130	22
AZI－□－H10	500	700	115	135	130	22

图 2　AZI－□－H4～5、7～8、10牺牲阳极



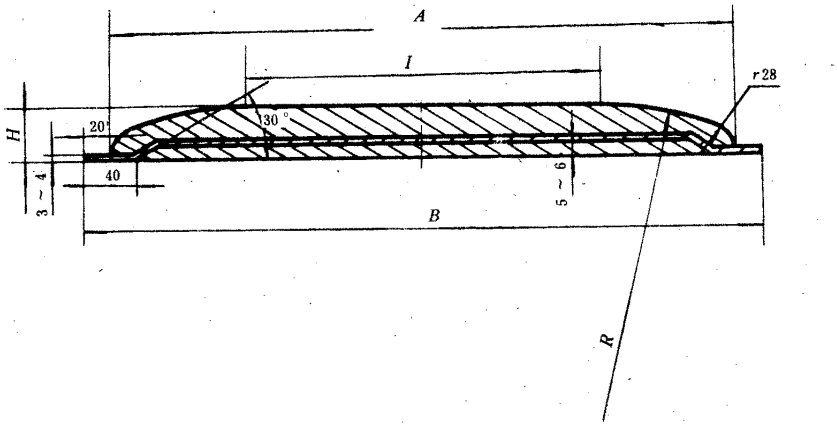
型　号	尺　寸　，　mm						
	A	*B*	*C*	*D*	*H*	*F*	*J*
AZI－□－H9	420	800	160	180	170	60	85±1
AZI－□－H11	500	880	110	130	120	60	60±1
AZI－□－H12	1100	1480	52	58	56	30	28±1

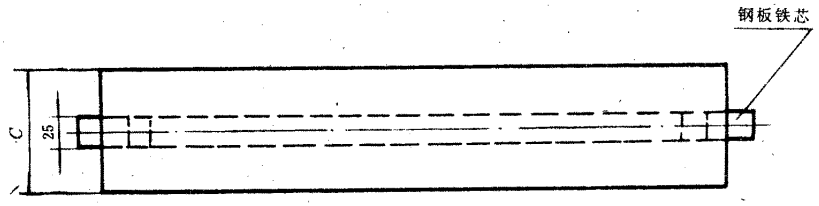
图 3　AZI－□－H9、11～12牺牲阳极



型　号	尺　寸，mm				
	A	*B*	*C*	*H*	*R*
AZI－□－C1	800	900	140	40	35
AZI－□－C2	500	600	140	35	30
AZI－□－C4	400	500	120	35	30

图 4　AZI－□－C 1～2、4 牺牲阳极





型　号	尺　寸　，　mm					
	A	*B*	*C*	*H*	*I*	*R*
AZI－□－C3	500	540	100	40	360	114
AZI－□－C5	400	440	100	35	300	66
AZI－□－C6	250	290	100	35	150	66
AZI－□－C7	200	240	100	35	100	66
AZI－□－C8	180	220	70	35	80	66

图 5　AZI－□－C3、5～8 牺牲阳极

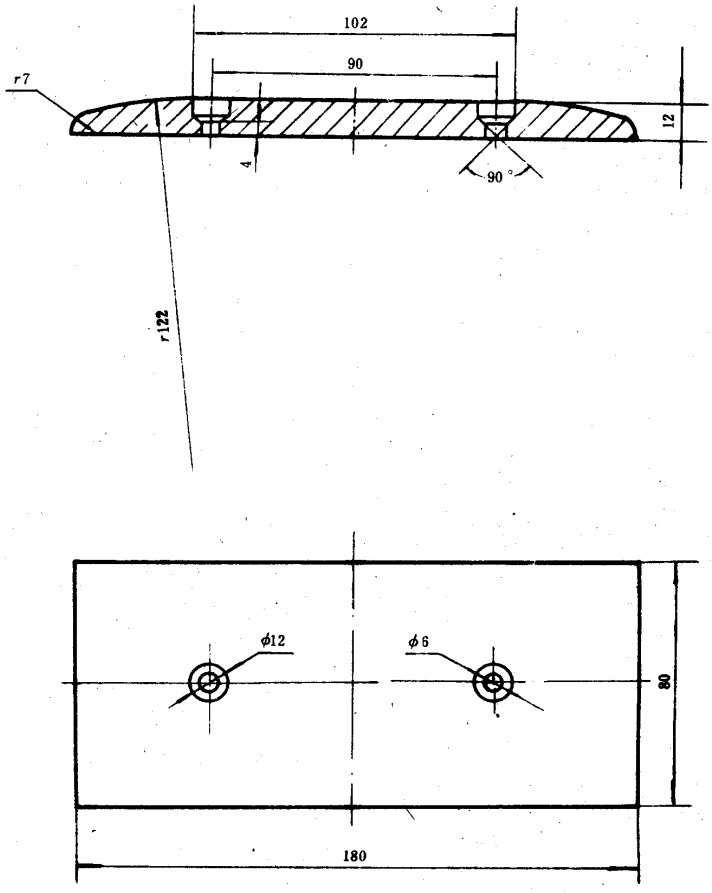
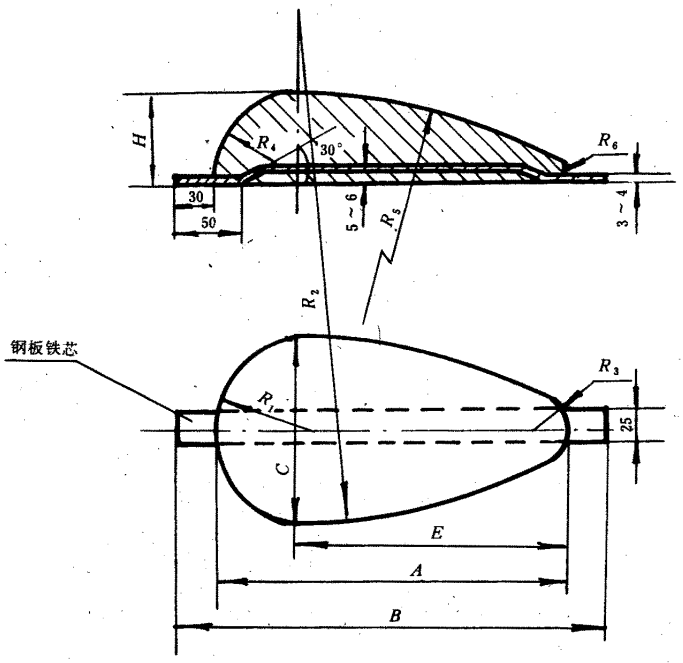


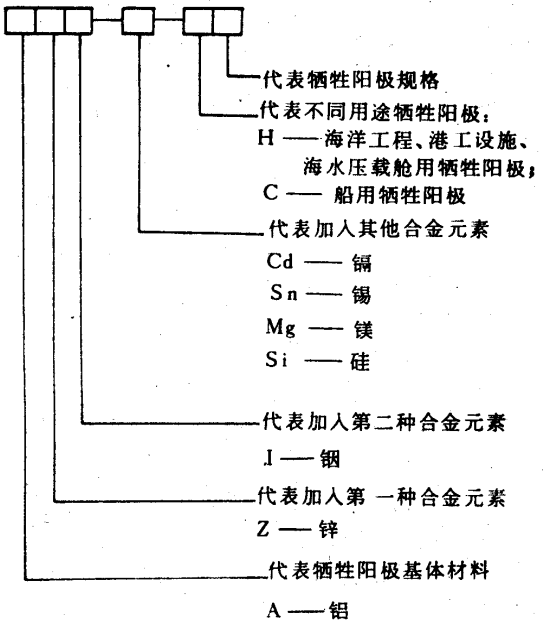
图 6　AZI－□－C 9 牺牲阳极



型　号	尺　寸　，　mm										
	A	*B*	*C*	*H*	*E*	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
AZI－□－C10	280	340	150	70	215	76	410	30	65	410	15
AZI－□－C11	230	290	75	40	143	35	410	20	35	410	17
AZI－□－C12	180	240	60	30	112	30	410	20	26	410	17

图 7　AZI－□－C10～12牺牲阳极

2.3 牺牲阳极型号规格说明



例1　AZI－Cd－H1 表示铝－锌－铟－镉合金牺牲阳极，用于海洋工程、港工设施、海水压载舱中，第一种规格。

例2　AZI－Sn－C1 表示铝－锌－铟－锡合金牺牲阳极，用于船舶保护中；第一种规格。

例3　AZI－Si－H2 表示铝－锌－铟－硅合金牺牲阳极，用于海洋工程、港工设施、海水压载舱中，第二种规格。

例4　AZI－SnMg－C2 表示铝－锌－铟－锡－镁合金牺牲阳极，用于船舶保护中，第二种规格。

3 原材料

3.1 铝纯度不低于GB 1196—75《铝锭》中Al－00的规定。

3.2 锌纯度不低于GB 470—83《锌锭》第1.1条中Zn－1的规定。

3.3 铟纯度不低于99.9%。

3.4 镉纯度不低于GB 914－66《镉分类及技术条件》中Cd－2的规定。

3.5 锡纯度不低于GB 728—65《锡分类和技术条件》中Sn－1的规定。

3.6 镁纯度不低于YB 86—60《镁分类及技术条件》中Mg－1的规定。

4 技术要求

4.1 化学成分

牺牲阳极化学成分应符合表3规定。

表 3　铝－锌－铟系合金牺牲阳极化学成分

种类 \ 化学元素	化学成分，%								
	Zn	In	Cd	Sn	Mg	Si	Fe	Cu	Al
铝－锌－铟－镉（AZI－Cd）	2.5～4.5	0.018～0.050	0.005～0.020	—	—	≤0.13	≤0.16	≤0.02	余量
铝－锌－铟－锡（AZI－Sn）	2.2～5.2	0.020～0.045	—	0.018～0.035	—	≤0.13	≤0.16	≤0.02	余量
铝－锌－铟－硅（AZI－Si）	5.5～7.0	0.025～0.035	—	—	—	0.10～0.15	≤0.16	≤0.02	余量
铝－锌－铟－锡－镁（AZI－SnMg）	2.5～4.0	0.020～0.050	—	0.025～0.075	0.50～1.00	≤0.13	≤0.16	≤0.02	余量

4.2　电化学性能

铝－锌－铟系合金牺牲阳极电化学性能应符合表4 规定。

表 4　铝－锌－铟系合金牺牲阳极电化学性能

项　目	开路电位 V	工作电位 V	实际电容量 A·h/kg	电流效率 %	溶解状况
电化学性能	－1.18～－1.10	－1.12～－1.05	≥2400	≥85	腐蚀产物容易脱落，表面溶解均匀

注：① 参比电极：饱和甘汞电极。

② 介质：人造海水。

4.3　铁芯

4.3.1　钢管铁芯：材质应符合YB 231—70《无缝钢管》的规定。

4.3.2　螺纹钢铁芯：材质应符合GB 1499—79《热轧钢筋》的规定。

4.3.3　钢板铁芯：材质应符合GB 912—82《普通碳素结构钢和低合金结构钢薄钢板技术条件》的规定。

4.3.4　铁芯表面清洁无锈，可采用镀锌或喷砂处理。

4.4　表面质量

4.4.1　所有型号牺牲阳极外表为铸造表面，牺牲阳极正面无氧化渣、无毛刺飞边、无裂纹。牺牲阳极其余表面允许有长不超过50mm、深不超过5 mm横向细裂纹存在，但不允许裂纹团存在，表面凹陷最大尺度不超过牺牲阳极最大厚度的10％。

4.4.2　牺牲阳极工作面要保持干净，不得沾有油漆、油污。

4.5　牺牲阳极基体与铁芯之间接触电阻

牺牲阳极基体与铁芯之间接触电阻应小于0.001Ω。

4.6　铝－锌－铟系合金牺牲阳极金相组织参见附录A（参考件）。

5 质量检验

生产单位必须保证产品质量，负责产品检验。

5.1 批量

同一批号原材料、同一工艺生产线、同一班次生产的牺牲阳极为一批。

5.2 化学成分分析

5.2.1 每批牺牲阳极中任取三块阳极，在每块阳极上各取20g以上碎屑为分析试样。取样用的钻头或刀具应清理干净，取样部位应避开铁芯，也可分别对不同炉号取样。

5.2.2 按GB 4949—85《铝-锌-铟系合金牺牲阳极化学分析方法》进行分析。分析结果应符合4.1条规定。若有一个试样不合格，应任取双倍牺牲阳极进行复验，若仍有不合格，则该批牺牲阳极不得出厂。

5.2.3 化学分析取样后的牺牲阳极不影响使用，可作为产品一起交货。

5.3 外观检验

5.3.1 牺牲阳极表面质量应符合4.4.1，4.4.2款规定。

5.3.2 牺牲阳极外型尺寸和铁芯位置应符合图1～7规定。

5.4 牺牲阳极基体与铁芯之间接触电阻检验

5.4.1 每五批牺牲阳极任取三块作为试样，测量牺牲阳极基体与铁芯之间的接触电阻，结果应符合4.5条规定。

5.4.2 牺牲阳极基体与铁芯之间电阻的测量方法见附录B（参考件）。

5.4.3 进行电阻检验后的牺牲阳极不影响使用，可作为产品一起交货。

5.5 电化学性能检验

5.5.1 生产厂应定期或定批对电化学性能进行检验，检查结果应符合4.2条规定。

5.5.2 使用单位要求提供电化学性能数据时，应于订货时提出。

5.5.3 电化学性能检验方法见附录C（参考件）。

6 标志、贮存、包装、运输

6.1 牺牲阳极的工作表面应有型号规格标记；牺牲阳极底面应有生产厂代号和生产批号。

6.2 牺牲阳极应贮存在室内库房，严禁沾染油污、油漆和接触酸、碱、盐等化工产品。

6.3 船用牺牲阳极应放置在有铁箍加固的木箱内，箱上印有生产单位名称和牺牲阳极型号规格。每箱毛重一般不超过60kg。也可按订货时要求的方式包装、运输。

6.4 箱内应附有质量保证书，质量保证书的内容应包括该批牺牲阳极的批号、批量、化学分析结果和外观检验结果。

6.5 运输过程中严禁沾染油漆、油污和接触酸、碱、盐等化工产品。

附 录 A
铝-锌-铟系合金牺牲阳极金相组织
（参考件）

A.1 铝-锌-铟-镉合金牺牲阳极金相组织为单相α固溶体，局部晶界上有少量共晶体，见图A.1。

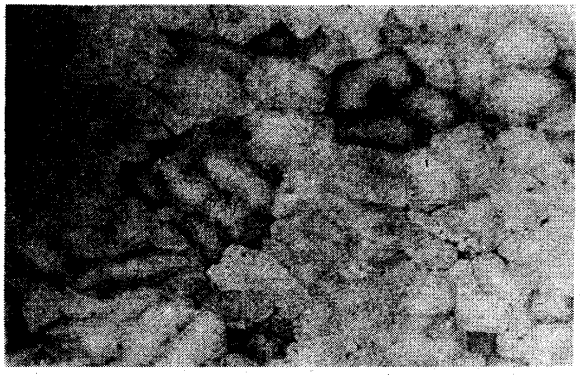


图 A.1 铝-锌-铟-镉合金牺牲阳极金相组织

浸蚀剂：HNO_3 + HF；放大：100×

A.2 铝-锌-铟-锡合金牺牲阳极金相组织为α固溶体，局部晶界上有少量共晶体，晶内有少量涨散相，见图A.2。



图 A.2 铝-锌-铟-锡合金牺牲阳极金相组织

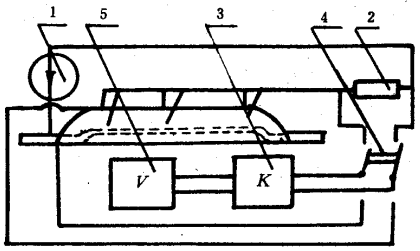
浸蚀剂：HNO_3 + HF；放大：100×

附 录 B
牺牲阳极基体－铁芯间接触电阻测定方法
（参考件）

B.1 本标准规定牺牲阳极基体－铁芯间接触电阻小于0.001Ω。

B.2 通5 A恒电流，测定牺牲阳极基体－铁芯间的电压降。

B.3 测量装置见下图。



牺牲阳极基体－铁芯间接触电阻测量装置图

1－晶体管稳流器；2－标准电阻，精度为0.01级，阻值为0.001Ω；3－直流放大器；4－双刀双掷开关；5－输入阻抗大于10MΩ，精度为千分之一伏以上的数字电压表或高精度电位差计

B.4 试验步骤

B.4.1 分别在牺牲阳极的正面及两侧面的左、中、右三处共九个测点拧上M 4铜棒，测点深度应大于10mm，但不得接触铁芯。

B.4.2 校验数字电压表，断路时指示值为零。

B.4.3 把双刀双掷开关打向标准电阻两端，直流放大器放大倍数取100，调稳流器，使数字电压表读数为0.5000V。

B.4.4 把双刀双掷开关打向牺牲阳极基体与铁芯之间，测两者间的电压降。

B.5 数据处理

取各测点和铁芯间电压降V的算术平均值，用下式求牺牲阳极基体-铁芯间接触电阻R（Ω）：

$$R=\frac{V}{100\times 5}$$

B.6 注意事项

牺牲阳极测点要均匀分布；保证各测点电性接触良好。

附 录 C
牺牲阳极恒电流电化学性能测试方法
（参考件）

C.1 试样制备

C.1.1 试样尺寸为ϕ16×48mm或ϕ16×28mm，表面光洁度不低于▽7。

C.1.2 平行试样3只。

C.1.3 试样用丙酮或无水乙醇去除油污，放入干燥器内24h后第一次称重，再放入干燥器内24h后进行第二次称重，两次称重相差不大于0.0004g。取两次称重结果的平均值为试样重量。称重用精度为万分之一的分析天平。

C.1.4 尺寸为ϕ16×48mm的试样两端涂封，工作面积为14cm^2。

C.2 试验条件

C.2.1 介质：人造海水，成分见表C.1。

表 C.1 人造海水的化学组成

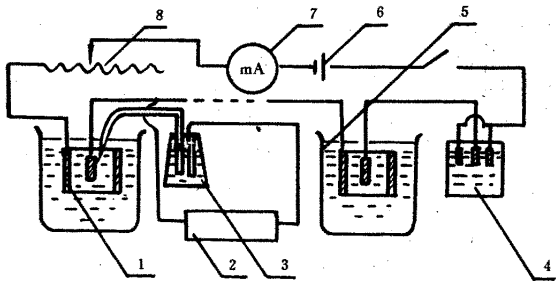
化合物	NaCl	$MgCl_2$	Na_2SO_4	$CaCl_2$	KCl	$NaHCO_3$	KBr	H_3BO_3	$SrCl_2$	NaF
浓 度 g/l	24.53	5.20	4.09	1.16	0.695	0.201	0.101	0.027	0.025	0.003

C.2.2 介质温度：室温。

C.2.3 牺牲阳极工作电流密度：1 mA/cm^2。

C.2.4 试验时间：10～30昼夜。

C.3 试验装置见下图。



试验装置图

1—辅助阴极；2—电位测量仪表；3—参比电极；
4—铜电量计；5—容器；6—电源；7—电流表；
8—可调电阻

C.3.1 辅助阴极：材料为普通碳素钢，工作面积840cm^2，阴、阳极面积比为60：1。

C.3.2 电位测量仪表：用输入阻抗大于10MΩ，精度为千分之一伏以上数字电压表或高精度电位差计。

C.3.3 参比电极：饱和甘汞电极或银-氯化银电极，使用前必须校验。

C.3.4 铜电量计：铜电量计的电极用纯度不低于99.95%的电解纯铜，阴极处理与称重见C.1.3，阴、阳极之间距离为1～1.5cm。阴极电流密度取2～20mA/cm²。铜电量计溶液配方见表C.2，容器须加盖密封。

表 C.2 铜电量计溶液配方

化合物	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	H_2SO_4 ($d=1.84$)	C_2H_5OH
浓度 g/l	125	50 (27.2ml)	50 (63ml)

C.3.5 容器：大于4000ml的容器。

C.3.6 电源：化学电源或波纹系数小于2%的恒电流源。

C.3.7 电流表：精度大于0.5级的毫安表，量程0～50mA。

C.4 试验步骤

C.4.1 试样浸入介质中4 h后测开路电位。

C.4.2 通电，调节回路中电阻使牺牲阳极工作电流密度恒定在1 mA/cm²。

C.4.3 每天测一次牺牲阳极工作电位。

C.4.4 试验结束后，断开电路0.5h后测牺牲阳极的开路电位。

C.4.5 取出试样，观察表面溶解状况。

C.4.6 去除涂封物后，浸入68%浓硝酸($d=1.42$)中5～10min或浸入5%HNO_3+1%$K_2Cr_2O_7$溶液中100min，除净表面腐蚀产物，之后用蒸馏水清洗干净，冷风吹干。

C.4.7 用蒸馏水清洗铜电量计阴极，冷风吹干。

C.4.8 将试验后的牺牲阳极和铜电量计阴极称重，方法见C.1.3。

C.5 数据处理

C.5.1 计算电流效率η：

$$\eta(\%) = \frac{\text{实际电容量}}{\text{理论电容量}} \times 100$$

C.5.2 绘制牺牲阳极工作电位-时间曲线。

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、上海交通大学、上海船舶修造厂、中国海洋石油总公司渤海石油公司设计研究院负责起草。

本标准主要起草人陈光章、温秀忭、蔡钦友、王荣水、张尔茹。