UDC 669.55′71′73：621.35.035.2＋543.06

中华人民共和国国家标准

GB 4950～4951—85

锌－铝－镉合金牺牲阳极及化学分析方法

Sacrificial anode of Zn－Al－Cd 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 669.55′71′73：621.35.035.2
GB 4950—85

锌－铝－镉合金牺牲阳极

Sacrificial anode of Zn－Al－Cd alloy

本标准适用于海水、淡海水介质中的船舶、机械设备（冷凝器、海水泵等）、海洋工程和海港设施（钻井平台、钢质码头、水鼓等）以及海泥、土壤介质中的滑道、管道、电缆等设施阴极保护用的锌－铝－镉合金牺牲阳极（以下简称牺牲阳极），使用温度低于50℃，介质电阻率小于1500Ω·cm。

1 名词术语

1.1 阴极保护（cathodic protection）：通以直流电流，使被保护金属成为电化学电池中的阴极，从而降低金属表面腐蚀速度的技术。

1.2 牺牲阳极（sacrificial anode）：在电解质中，用一种电极电位比较负的金属或合金与电极电位比较正的金属结构连接在一起，依靠前者不断腐蚀所产生的电流来保护该金属结构，称这种不断被腐蚀的金属为牺牲阳极。

1.3 理论电容量（theoretical current capacity）：根据库仑定律计算消耗单位质量的牺牲阳极所产生的电量。单位：A·h/kg。

1.4 实际电容量（practical current capacity）：实际测得消耗单位质量的牺牲阳极所产生的电量。单位：A·h/kg。

1.5 电流效率（current efficiency）：实际电容量和理论电容量的百分比。

1.6 参比电极（reference electrode）：可用来测量其他电极电位且自身电极电位稳定的电极。

1.7 开路电位（open potential or solution potential）：在电解质中，牺牲阳极的自然腐蚀电位。单位：V。

1.8 工作电位（closed circuit potential or working potential）：在电解质中，牺牲阳极与阴极短路连接时，牺牲阳极的电极电位。单位：V。

2 型号规格与主要尺寸

2.1 牺牲阳极的型号规格见表1、表2、和表3。

表1 船用牺牲阳极型号、规格

型号	规格，mm	固定方式	质量，kg
	长(L)×宽(B)×高(H)		
ZAC－C1	400×100×55	焊接	15.4
ZAC－C2	400×100×55		15.0
ZAC－C3	300×150×50	螺钉固定	13.6

国家标准局1985-02-04发布　　1985-10-01实施

续表 1

型　号	规　格，mm 长(L)×宽(B)×高(H)	固　定　方　式	质　量，kg
ZAC-C4	500×100×40	焊　接	12.8
ZAC-C5	400×100×35		9.0
ZAC-C6	300×100×35		6.5
ZAC-C7	250×100×35		5.4
ZAC-C8	180×70×35		2.8
ZAC-C9	180×80×12	螺　钉　固　定	1.1

表 2　机械设备用牺牲阳极型号、规格

型　号	规　格，mm 长(L)×宽(B)×高(H) 直径（D）×高（H）	固　定　方　式	质　量，kg
ZAC-J1	300×150×30	螺　钉　固　定	9.0
ZAC-J2	200×100×30		4.0
ZAC-J3	100×100×30		2.0
ZAC-J4	80×30×12	焊　接	0.2
ZAC-J5	175×30	螺　纹　固　定	5.2
ZAC-J6	40×175		1.4
ZAC-J7	30×95		0.4

表 3　海洋工程、海港设施用牺牲阳极型号、规格

型　号	规　　格，mm 〔上底(a)+下底(b)〕×长(L)×高(H)	形　　状	质　量，kg
ZAC-H1	〔115+135〕×1000×130	梯形截面长条状	122
ZAC-H2	〔115+135〕×750×130		91.5
ZAC-H3	〔115+135〕×500×130		61

2.2 牺牲阳极结构、主要尺寸见图1～10。

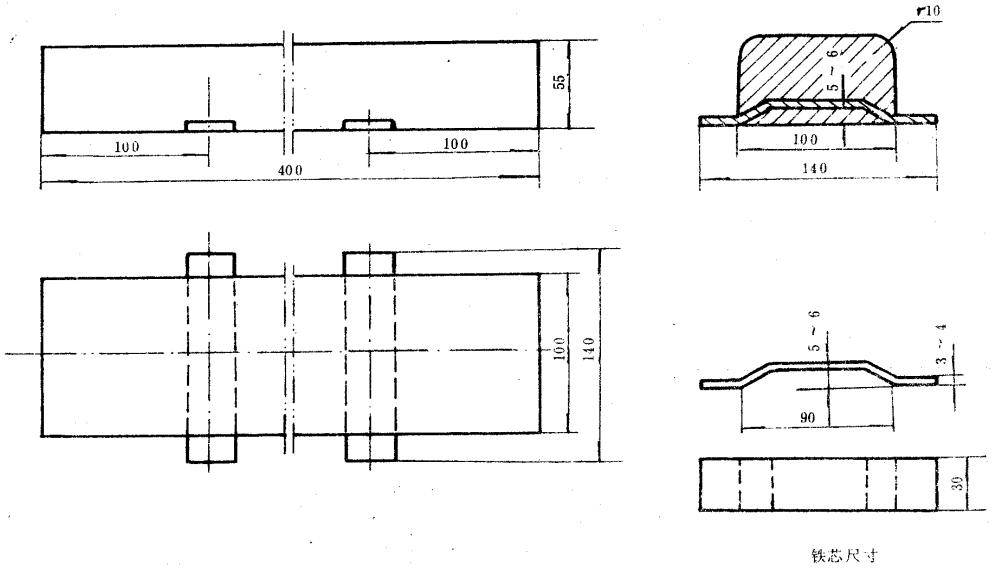


图 1 ZAC－C1型牺牲阳极

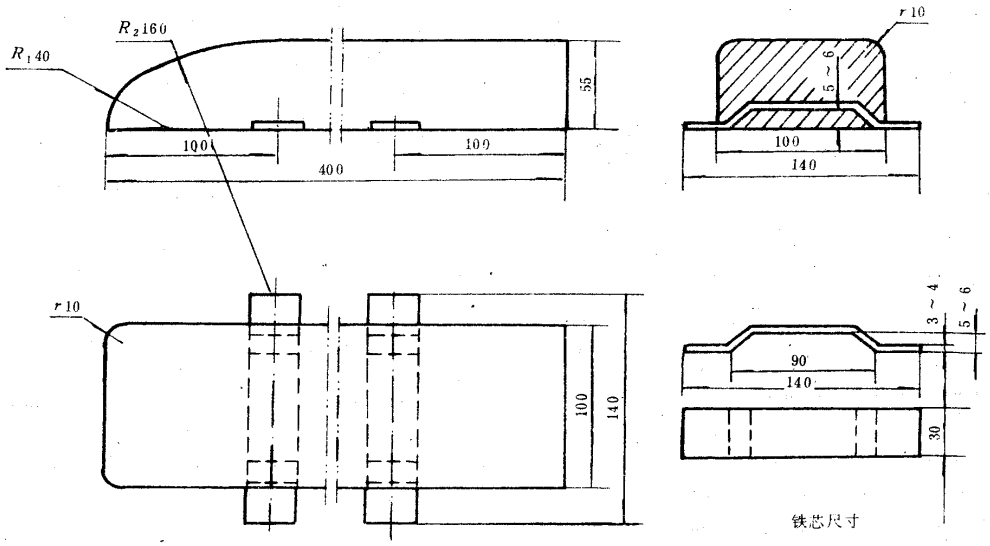
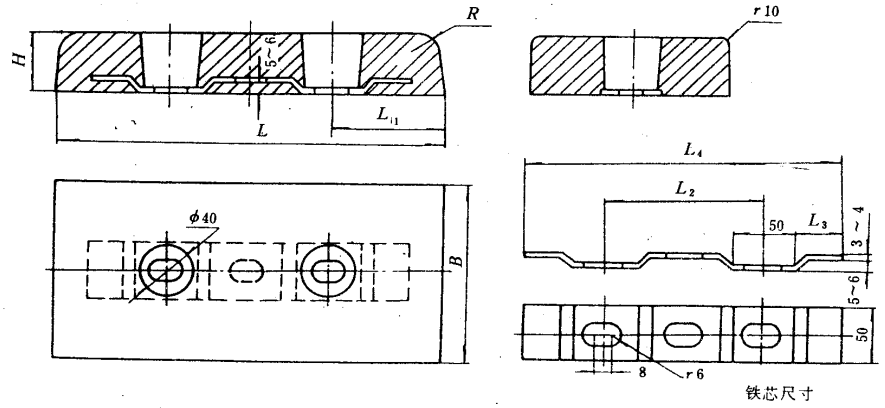
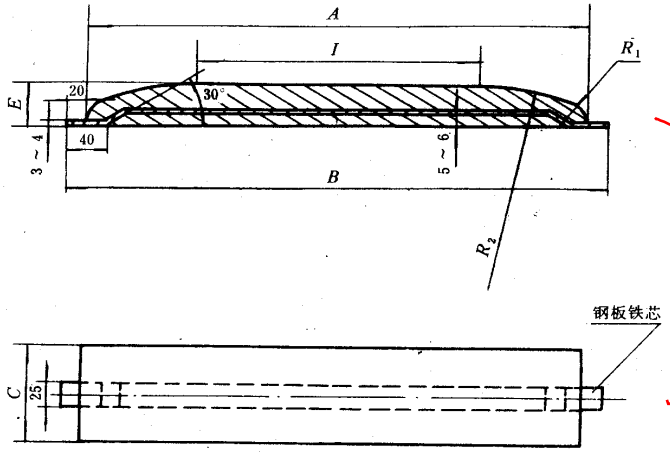


图 2 ZAC－C2 型牺牲阳极



型号规格	尺寸，mm							
	L	B	H	L_1	L_2	L_3	L_4	R
ZAC－C3	300	150	50	90	120	40	250	25
ZAC－J1	300	150	30	90	120	40	250	20
ZAC－J2	200	100	30	60	80	25	180	20

图 3　ZAC－C3、ZAC－J1、ZAC－J2型牺牲阳极



型　号	尺寸，mm						
	A	B	C	E	I	R_2	R_1
ZAC－C4	500	540	100	40	360	114	28
ZAC－C5	400	440	100	35	300	66	28
ZAC－C6	250	290	100	35	150	66	28
ZAC－C7	200	240	100	35	100	66	28
ZAC－C8	180	220	70	35	80	66	28

图 4　ZAC－C4～ZAC－C8 型牺牲阳极

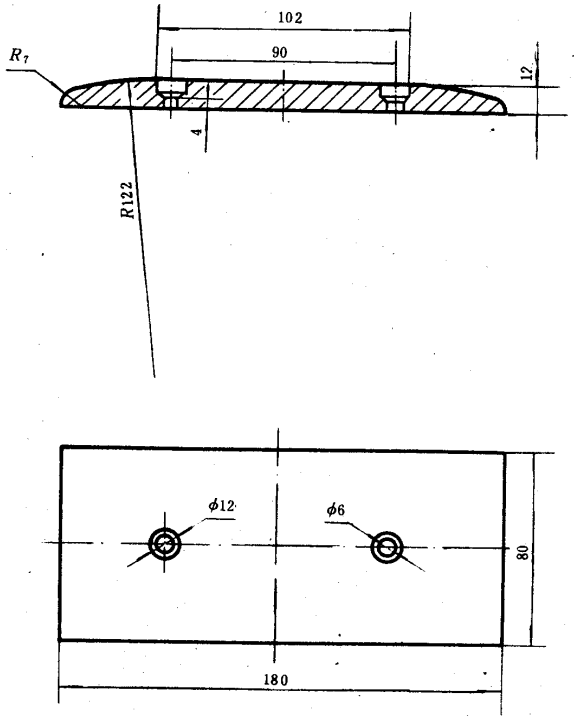


图 5　ZAC－C9型牺牲阳极

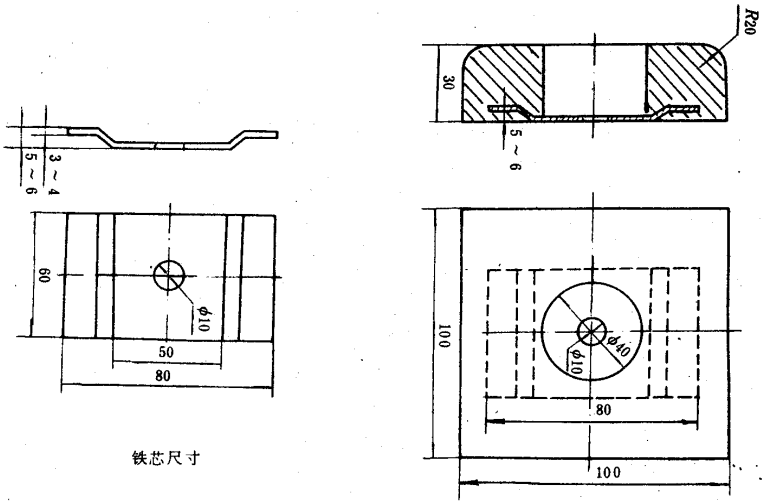


图 6　ZAC－J3型牺牲阳极

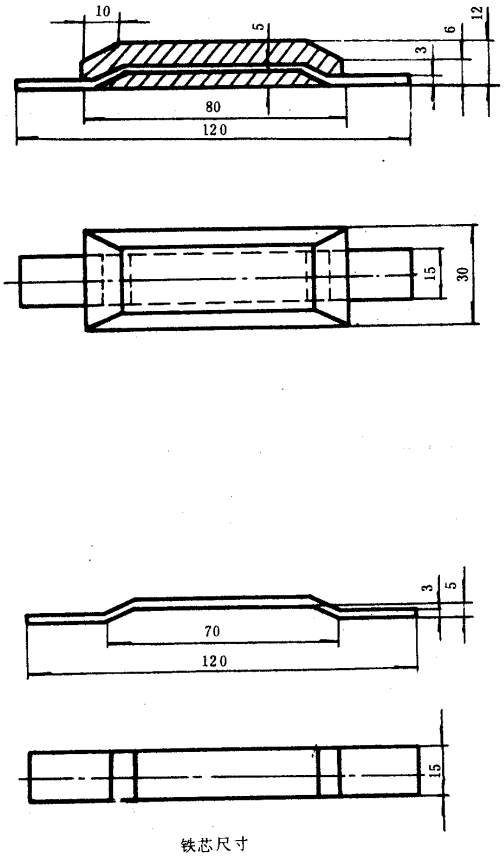


图 7　ZAC－J4 型牺牲阳极

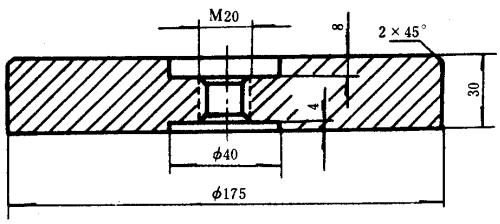
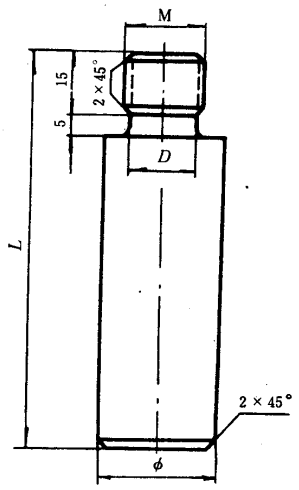
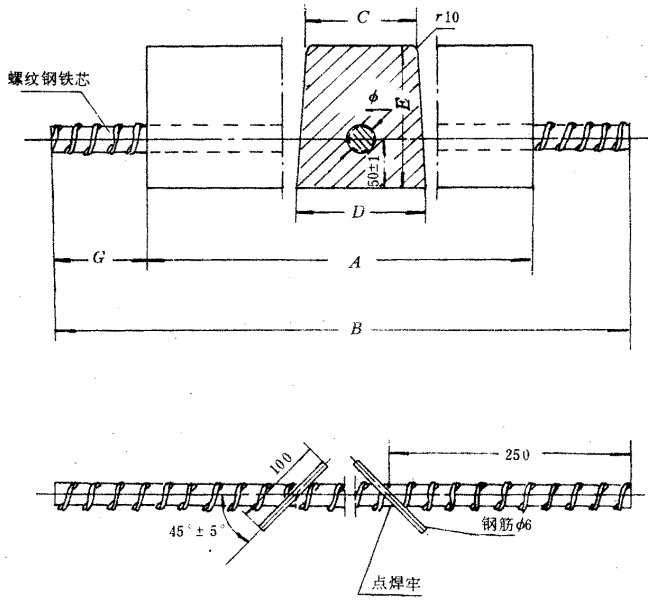


图 8　ZAC－J5 型牺牲阳极



型　　号	尺　寸，mm			
	L	*ϕ*	M	*D*
ZAC－J7	90	30	20	16
ZAC－J6	175	40	25	20

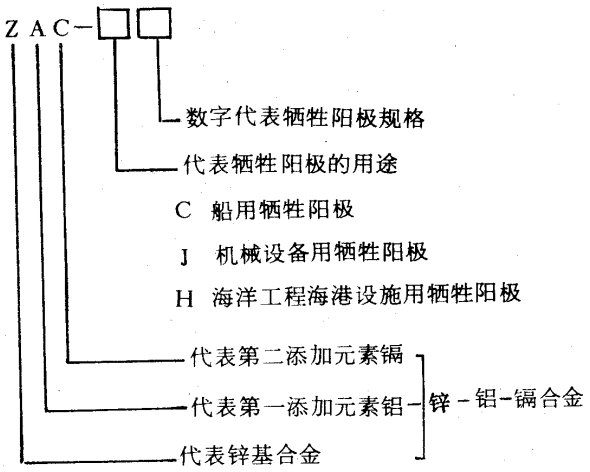
图 9　ZAC－J6、ZAC－J7型牺牲阳极结构图



型 号	尺 寸，mm						
	A	*B*	*C*	*D*	*E*	*φ*	*G*
ZAC-H1	1000	1200	115	135	130	20～22	100
ZAC-H2	750	950	115	135	130	20～22	100
ZAC-H3	500	700	115	135	130	20～22	100

图 10　ZAC-H 型牺牲阳极

2.3 型号、规格说明



3 原材料

3.1 锌的纯度不得低于GB 470—83《锌锭》第1.1条中Zn－1的规定。

3.2 铝的纯度不得低于GB 1196—75《铝锭》中Al－00的规定。

3.3 镉的纯度不得低于GB 914—66《镉分类及技术条件》中Cd－2的规定。

4 技术条件

4.1 化学成分

牺牲阳极的化学成分应符合表4规定。

表4 锌－铝－镉合金牺牲阳极的化学成分

化学元素	Al	Cd	最大杂质				Zn
			Fe	Cu	Pb	Si	
含量，%	0.3～0.6	0.05～0.12	0.005	0.005	0.006	0.125	余量

4.2 牺牲阳极的电化学性能

牺牲阳极的电化学性能应符合表5规定。

表5 牺牲阳极的电化学性能

项目	开路电位 V	工作电位 V	理论电容量 A·h/kg	实际电容量 A·h/kg	电流效率 %	溶解状况
电化学性能	－1.05～－1.09	－1.00～－1.05	820	≥780	≥95	腐蚀产物容易脱落，表面溶解均匀

注：介质为人造海水；参比电极为饱和甘汞电极。

4.3 铁芯

4.3.1 牺牲阳极的钢板铁芯按图1、2、3、4、6、7中铁芯的形状尺寸加工。钢的材质应符合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。

4.3.2 ZAC-H型牺牲阳极的铁芯用直径为20～22mm的螺纹钢加工，材质应符合GB 1499—79《热轧钢筋》的规定，铁芯形状尺寸见图10。

4.3.3 铁芯表面应镀锌，锌层质量应达到CB* 744—83《电镀和化学盖层质量检验》的要求。

4.4 表面质量

4.4.1 ZAC－J_1、ZAC－J_2两种规格的牺牲阳极用棒状毛坯加工，其余各规格、型号的牺牲阳极的工作表面是铸造表面。

4.4.2 牺牲阳性的工作表面应无氧化渣、无毛刺、飞边、无裂纹，缩孔深度小于牺牲阳极厚度的百分之十。

4.4.3 牺牲阳极的工作面要保持干净，不得沾有油漆、油污。

4.5 牺牲阳极基体与铁芯之间的接触电阻

牺牲阳极基体与铁芯之间的接触电阻小于0.001Ω。

4.6 牺牲阳极的金相组织

牺牲阳极的金相组织见附录A（参考件）。

5 质量检验

生产单位必须保证产品质量，负责产品质量检验。

5.1 批量

用同一批号原材料、同一工艺生产线、同一班次所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，在每块牺牲阳极上各取20g以上的碎屑作为分析试样。取样用的钻头和刀具应擦洗干净，取样部位避开铁芯。也可分别对不同炉号炉前取样。

5.2.2 按GB 4951—85《锌－铝－镉合金牺牲阳极化学分析方法》进行分析。分析结果应符合本标准3.1条规定。若有一个试样不合格，应任取双倍牺牲阳极复验，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本标准4.4.2、4.4.3款规定。

5.3.2 牺牲阳极外型尺寸和铁芯位置应符合本标准图1～10标出尺寸的规定。

5.4 牺牲阳极基体与铁芯之间的接触电阻检验

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，结果应符合本标准4.5条规定。

5.4.2 牺牲阳极基体与铁芯之间接触电阻的测量方法见附录B。

5.5 电化学性能检验

5.5.1 生产单位必须定期批检验牺牲阳极的电化学性能，检验结果应符合4.2条规定。

5.5.2 使用单位要求提供牺牲阳极电化学性能时，应于订货时提出。

5.5.3 检验方法参见本标准附录C。

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，牺牲阳极的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，严禁沾染油漆、油污和接触酸、碱、盐等化工产品。

6.3 ZAC－C、ZAC－J型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。也可按订货时规定的方式包装运输。

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、外观检验结果。

6.5 运输过程中，严禁沾染油污、油漆和接触酸、碱、盐等化工产品。

附 录 A
锌－铝－镉合金牺牲阳极的断口及金相组织
（参考件）

A.1 锌－铝－镉合金牺牲阳极断口应为细小、均匀、发亮的等轴状晶，见图A1。

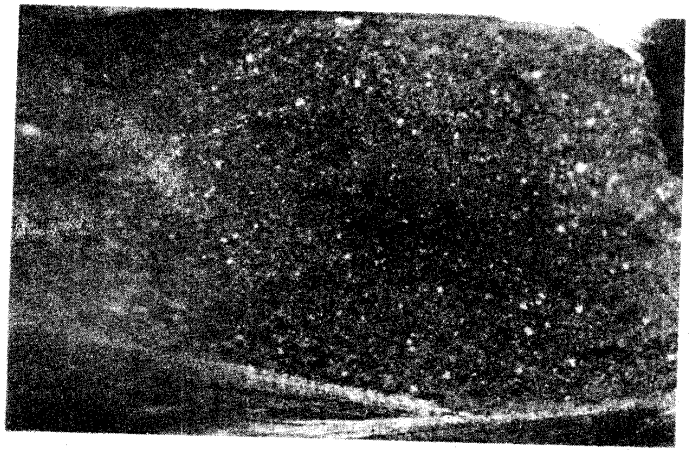


图 A1 锌－铝－镉合金牺牲阳极断口

A.2 锌－铝－镉合金牺牲阳极的金相组织基体为单相α固溶体，晶界为断续状α＋β共晶体，晶界上和晶内有少量黑团点状含铁的金属间化合物，见图A2。

A.3 发现断口、金相组织有异常，应按5.5条规定做电化学性能检验。

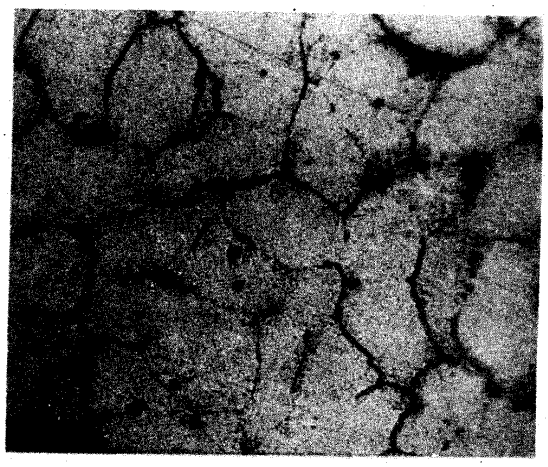


图 A2 锌－铝－镉合金牺牲阳极金相组织（×100）

附 录 B

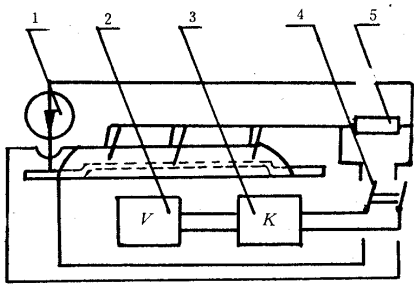
牺牲阳极基体－铁芯间接触电阻测定方法

（参考件）

B.1 本标准规定牺牲阳极基体－铁芯间的接触电阻小于0.001Ω。

B.2 通5 A恒电流，测定牺牲阳极基体－铁芯间的欧姆电压降。

B.2.1 测量装置见下图。



基体－铁芯间接触电阻测量装置图

1—晶体管稳流器；2—精度为0.01级标准电阻；3—直流放大器；4—双刀双掷开关；5—阻抗为10 MΩ以上，精度不低于0.001 V数字电压表

B.2.2 试验步骤

B.2.2.1 在牺牲阳极上表面及两侧面的左、中、右各三点拧上M4铜棒，测点深度应大于10 mm，但不得接触铁芯。

B.2.2.2 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0.5000 V。

B.2.2.3 把双刀双掷开关打向牺牲阳极基体－铁芯之间，逐点测两者间的电压降。

B.2.3 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－铁芯之间的接触电阻R（Ω）。

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

B.3 注意事项

测点要在牺牲阳极表面均匀分布，各测点电接触应良好。

附 录 C
牺牲阳极电化学性能测试方法（恒电流法）
（参考件）

C.1 试样制备

C.1.1 试样尺寸为ϕ16×48mm，表面光洁度不低于▽7。

C.1.2 平行试样数量3只。

C.1.3 试样用丙酮或无水乙醇除油去污，低温干燥(120℃)2h，取出后放入干燥器，24h后称重。再次放入干燥器内24h后第二次称重，两次称重相差不大于0.4mg。取二次称重结果的平均值为试样重量。称重使用精度为万分之一克的分析天平。

C.1.4 试样两端非工作面用50%石蜡、50%电缆油组成的熔融液涂封，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C1。

C.2.2 介质温度：室温。

C.2.3 牺牲阳极电流密度：1 mA/cm^2。

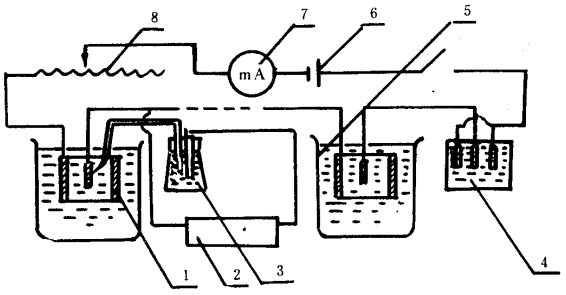
C.2.4 试验时间：10～30昼夜。

表 C1 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.3 试验装置

试验装置见下图。



试验装置图

1—辅助阴极；2—数字电压表；3—参比电极；4—铜电量计；
5—电容；6—电源；7—电流表；8—电阻

C.3.1 辅助阴极：普通碳素钢围成的圆环，双面工作，总面积为840cm^2，阴、阳极面积比为60:1。

C.3.2 数字电压表：阻抗大于10MΩ，精度不低于0.001V。

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：铜电量计的电极用电解纯铜(纯度99.9%以上)，阴极用丙酮或无水酒精除油，干燥称重，方法同B.1.3规定。阴阳两极之间的距离为1～1.5cm，阴极的起始电流密度取2～20mA/cm²。铜电量计溶液配方见表C2，容器加盖密封。

表 C2 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的烧杯。

C.3.6 电源：化学电源或波纹系数小于百分之二的恒电流源。

C.3.7 电流表：0.5级毫安表，量程0～50mA。

C.3.8 电阻：可变电阻。

C.4 试验步骤

C.4.1 试样下水后4 h测开路电位。

C.4.2 通电，迅速调节回路中的电阻，使试样电流密度为1 mA/cm²，初期要经常调电阻，使整个试验期间电流密度恒定。24h后测牺牲阳极的工作电位，以后每天测一次工作电位。

C.4.3 试验结束，断开回路，半小时后测牺牲阳极的开路电位。

C.4.4 取出试样，观察试样表面溶解状况。

C.4.5 用二甲苯等化学溶剂除去涂封物。

C.4.6 在室温下，将试样浸在饱和乙酸胺溶液中，并轻轻地用毛刷清除腐蚀产物，直至腐蚀产物完全清除为止，用蒸馏水清洗干净。干燥称重，方法同C.1.3规定。

C.4.7 将铜电量计的阴极取出，用蒸馏水清洗，干燥称重，方法同C.1.3规定。

C.5 数据处理

C.5.1 计算效率η (%)：

$$\eta = \frac{\Delta\overline{W}_{Cu}/N_{Cu} \times 96500}{\Delta\overline{W}_{Zn}/N_{Zn} \times 96500} \times 100$$

式中：$\Delta\overline{W}_{Cu}$——铜电量计阴极增重；

N_{Cu}——铜离子的克当量；

$\Delta\overline{W}_{Zn}$——三只试样的平均失重；

N_{Zn}——锌离子的克当量。

C.5.2 作牺牲阳极电位－时间曲线。

附 录 D
锌－铝－镉合金牺牲阳极铸造主要工艺要求
（参考件）

D.1 原材料

见本标准3.1、3.2、3.3条规定。

D.2 铸造工具

D.2.1 加热炉可采用电阻炉、感应炉、油炉或焦碳炉。

D.2.2 坩埚应采用专用石墨坩埚。

D.2.3 模具用石墨模、砂模、铸钢模。用铸钢模时，内表面应无锈，并喷刷氧化锌。

D.2.4 其他工具用石墨搅拌棒、石墨漏勺、搪耐火泥的分包。

D.3 工艺要求

D.3.1 按表4成分配料。铝用工业天平称量，镉用感量为0.1g的天平称量。

D.3.2 把大部分（90%）的锌锭和铝加在石墨坩埚中加热，熔液温度不超过720℃。

D.3.3 铝熔化完后，停止加热，加入剩余的锌，降低熔液温度。

D.3.4 加镉充分搅拌，除渣、分包、浇铸，浇铸温度不超过500℃。

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。

本标准由洛阳船舶材料研究所、交通部上海船舶运输科学研究所负责起草。

本标准主要起草人朱云龙、陈仁兴、王明新、陈敬贤。

自本标准实施之日起，原第六机械工业部部标准CB 890—78《锌－铝－镉合金牺牲阳极》第一章（技术条件）作废。