

石油、化工实用防腐蚀技术

第 2 册

电 化 学 保 护 及 缓 蚀 剂

兰州化学工业公司化工机械研究所组织编写

内 容 简 介

“石油、化工实用防腐技术”一书共包括金属腐蚀基本理论；电化学保护及缓蚀剂；耐腐蚀金属材料；金属镀层及衬里；金属与非金属材料试验方法；表面处理技术与涂料；树脂与玻璃钢；塑料；橡胶衬里；不透性石墨；耐酸砖板衬里；陶瓷、玻璃、搪瓷和木材；建筑结构防腐蚀等部分。并分册出版。

本册为“电化学保护及缓蚀剂”部分，由兰化公司化工机械研究所、天津染化五厂编写。主要介绍：阳极保护、阴极保护以及缓蚀剂的一般知识。评选、使用方法和在石油、化学工业中的应用等。

本书可供从事石油、化工防腐蚀工作的工人、技术人员参考，也可供大专院校有关专业师生参考。

石油、化工实用防腐技术

第 2 册

电化学保护及缓蚀剂

(只限国内发行)

兰州化学工业公司化工机械研究所组织编写

燃料化学工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

北 京 印 刷 八 厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

* * *

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印张 $1\frac{1}{16}$

字数 76千字 印数 1—19,350

1973年8月第1版 1973年8月第1次印刷

* * *

书号15063·内509(化-77) 定价 0.39 元

目 录

前言

第一章 电化学保护	2-1
第一节 阳极保护	2-2
一、阳极保护的原理	2-2
二、阳极保护的应用范围	2-4
三、阳极保护的三个主要参数	2-5
四、阳极保护的安装与测定	2-6
五、阳极保护的其它形式	2-22
六、阳极保护的应用	2-24
第二节 阴极保护	2-24
一、阴极保护的原理	2-24
二、阴极保护的应用范围	2-26
三、阴极保护的基本参数	2-28
四、阴极保护基本参数的测定	2-31
五、阴极保护的设计与安装	2-39
六、联合保护	2-48
七、阴极保护的应用	2-50
第二章 缓蚀剂	2-53
第一节 缓蚀剂保护的一般知识	2-54
一、缓蚀剂的分类	2-54
二、缓蚀剂保护的机理	2-54
三、缓蚀作用的影响因素	2-57
第二节 缓蚀剂的评选和使用方法	2-61
一、缓蚀剂的性能与评定	2-61
二、缓蚀剂的筛选	2-64
三、缓蚀剂的现场试验	2-66

四、缓蚀剂的使用方法	2-68
第三节 缓蚀剂的应用	2-71
一、在石油工业中的应用	2-71
二、在化学工业中的应用	2-78

第一章 电化学保护

电化学保护法有两种，一种是阴极保护，另一种是阳极保护。早在1824年就有人提出阴极保护法可以防止腐蚀，但是这一方法一直到本世纪三十年代才在工业上开始应用。目前，阴极保护在一些资本主义国家已经发展成为一种成熟的商品技术，都有专门出售阴极保护的设计、安装及维修技术的公司。阴极保护主要用来保护船舶、地下管道、地下金属结构（如地下贮槽、地下电缆等）、受海水及淡水腐蚀的设备。在四十年代才开始应用阴极保护防止石油、化工设备的腐蚀。

在我国，近年来阴极保护已开始应用到石油、化工生产上。阴极保护在石油、化工厂里用来保护受海水、河水腐蚀的冷却设备，其效果很显著。生产实践证明，卤化物结晶槽、制盐蒸发罐、浓缩硫酸盐、苛性钠等设备如果采用阴极保护，可以大大减轻腐蚀程度。同时采用阴极保护对于防止某些金属的应力腐蚀破裂、腐蚀疲劳、黄铜的脱锌等特殊腐蚀上，也有很好的效果。因此，阴极保护在防腐上占有很重要的地位，应用范围非常广泛，今后有着广泛的发展前途。

阳极保护和阴极保护相比，它是一门较新的防腐蚀技术，直到一九五四年才有人提出阳极保护可以防止腐蚀，一九五八年才第一次用到工业上。此后，在几个资本主义国家，阳极保护陆续用到硫酸、磷酸、有机酸、液体肥料等系统中。迄今为止，阳极保护在世界各国都还没有大量开始采用。在美国，使用的例子也是屈指可数的，而且大部分仍局限于碳钢—浓硫酸系统。我国自一九六一年才开始阳极保护的研究，近几年来，已用在碳铵系统的碳化塔设备上，效果很好。被保护设备的面积和复杂程度都大大超过了国外。由于阳极保护发展较晚，目前还没有得到大量应用，但阳极保护特别适用于强氧化性介质的防腐上，它是一门既

经济、保护效率又高的防腐技术，随着我国石油、化学工业的发展，它也会得到广泛应用的。

第一节 阳极保护

一、阳极保护的原理

阳极保护的基本原理是这样的：能够钝化的金属在某些化学介质中，如果通以一定的阳极电流，则在它的表面上能够生成一层具有很高的耐腐蚀性能的钝化膜。利用这种生成钝化膜的方法来防止腐蚀就叫做阳极保护。下面用恒电位阳极极化曲线来进一步说明。

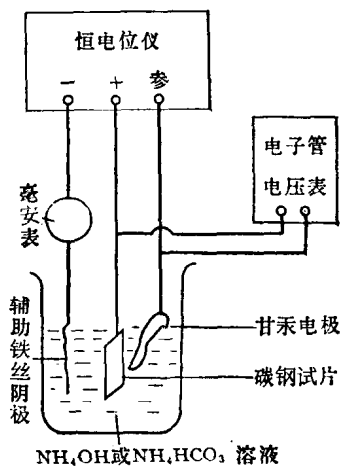


图 2—1 测定恒电位阳极极化曲线的简单装置

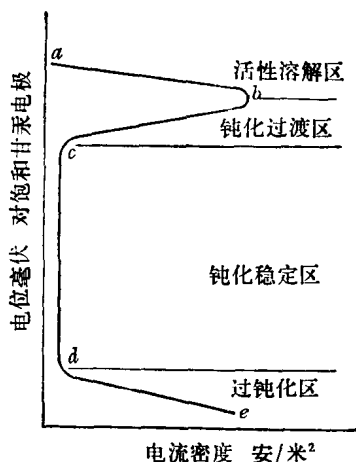


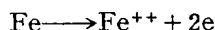
图 2—2 碳钢试片在 NH_4OH 或 NH_4HCO_3 中的恒电位阳极极化曲线示意图

我们可以按照图2—1的装置做一个试验：图中烧杯内是氨水或碳酸氢铵溶液。用一块碳钢试片作阳极，用一根铁丝作辅助的阴极，用一台专门的仪器——恒电位仪作直流电源，用一个甘汞电极作参比电极（在实际测量时，参比电极与电解质之间应通过一个导电的盐桥）。阳极对参比电极的电位（即阳极与甘汞电极之

间的电位差)用电子管电压表测量,用直流毫安表测量通过试片的电流。

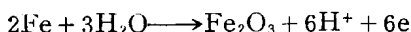
当我们旋转恒电位器的旋扭逐渐升高并测量碳钢试片的电位,同时测量通过它的电流时,就可以得到如图2—2所示的电位——电流密度(单位面积上流过的电流)曲线,即恒电阳极极化曲线。曲线表明,电位从 a 点开始上升(即电位向正方向移动),电流也随之增大。电位超过 b 点后,电流迅速减至很小,这是因为在碳钢表面上生成了一层电阻高,而且耐腐蚀的钝化膜。到达 c 点以后,电位即使再继续上升,电流仍保持在一个基本不变的很小的数值上。当电位升至 d 点时,电流又开始随电位的上升而增大。从 a 点到 b 点的电位范围称为活性溶解区; b 点到 c 点称为钝化过渡区; c 点到 d 点称为钝化稳定区; d 点以上称为过钝化区。对应于 b 点的电流密度称为致钝电流密度;对应于 $c—d$ 段的电流密度称为维持钝化电流密度(简称维钝电流密度)。如果对碳钢通以致钝电流(即致钝电流密度与表面积之乘积),使其表面上生成一层钝化膜(即电位进入钝化区),再用维钝电流(即维钝电流密度与表面积之乘积)保持其表面的钝化膜不消失,碳钢的腐蚀就会大大地降低。这就是阳极保护能防止腐蚀的道理。

在图2—2的恒电阳极极化曲线中,在活性溶解区时,铁按下式



以两价的形式溶解。电位越正,电流密度越大,铁的溶解速度也越大。如果所通电流的电位在活化区,则不但不起保护作用,反而加速了金属的溶解,这就是一般所叫的电解腐蚀。

在钝化稳定区时,由于产生了下式的反应



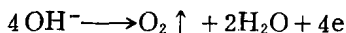
生成了钝化膜。这时的腐蚀速度基本上与电位无关,只决定于钝化膜的溶解速度。维钝电流仅仅用来补充钝化膜的溶解。这时金属的腐蚀速度可以根据法拉第定律按下式近似计算:

$$\text{腐蚀速度} = \frac{N \times D}{26.8 \text{ 安} \cdot \text{时}} \quad (\text{克/米}^2 \cdot \text{小时})$$

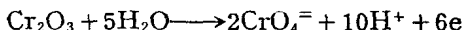
式中 N ——金属生成钝化膜的化学当量 (克);

D ——维钝电流密度 (安/米²)。

在过钝化区时, 电流的增大是因为按下式



反应, 溶液中析出了氧气。或者金属以高价的形式溶解, 例如不锈钢中, 铬按下式



以六价的形式溶解。

二、阳极保护的应用范围

阳极保护是一项很新的防腐技术, 至今国内外在这方面的研究工作作得还不多, 实际应用很少。因此, 目前它的应用范围是很狭窄的。归结起来, 它的应用范围有如下一些特点:

①在某种化学介质中, 通以一定的阳极电流, 能够引起钝化的金属, 原则上都可以采用阳极保护的方法来防止腐蚀。如石油、化工上常常使用的碳钢、不锈钢等结构材料在硫酸、磷酸、有机酸、液体肥料等介质中可以应用阳极保护。它对防止强氧化性介质如浓硫酸的腐蚀特别有效。但是介质中卤素离子 (特别是氯离子) 含量必须很小, 若超过一定的限量时, 就会造成钝化膜的破坏和严重的孔蚀。阳极保护除了能防止一般腐蚀外, 它还能防止晶间腐蚀。

②阳极保护不能保护气相部分。对于液相, 要求介质必须与被保护设备连续接触, 并要求液面尽量稳定。否则, 液面下降而使介质离开金属的时间若超过钝化膜的寿命时, 将会造成活化。对于复杂的结构设备和狭小的缝隙, 必须很好的考虑阴极的布置, 避免因分散能力不好, 在局部地方造成电解腐蚀。

③致钝电流密度不能太大, 否则所需的电源容量很大, 造成投资费用很高。维钝电流密度不能过大, 否则得不到好的防腐效果并使得耗电量增大。钝化区电位范围不能过窄, 否则不仅容易

发生活化的危险，而且对控制设备要求很高。对于电源容量不足以使设备整体钝化的情况，如果被保护设备因某种因素遭到活化时，只能将溶液全部或部份放出，重新进行逐步钝化，这对生产会有一定的影响。

三、阳极保护的三个主要参数

图2—2的阳极极化曲线的各参数中，以致钝电流密度，维钝电流密度和钝化区电位范围三个参数最为重要。

1. 致钝电流密度 致钝电流密度要求越小越好，因为致钝电流密度越小，所需的电源设备的容量就越小。影响致钝电流密度的因素，除金属材料 and 腐蚀介质（包括温度、浓度、pH 值）的性质外，还与所需钝化的时间有关。由于钝化膜的生成需要一定的电量，对于一定的电量，时间越长，所需电流就越小，所以延长建立钝化的时间，可以减小致钝电流密度。但是若电流小于一定的极限数值时，即使无限延长通电的时间，也无法建立钝化。另外，虽然钝化膜的生成需要一定的电量，但是并不是说建立钝化的时间与致钝电流密度的乘积就是一个常数（即延长一倍的时间并不能减小一倍的致钝电流密度）。例如在 1 N 的 H_2SO_4 中，对碳钢试片通以不同的致钝电流密度时，得到了不同的建立钝化所需的时间，它们的关系是：

致钝电流密度	建立钝化所需时间
2000毫安/厘米 ²	2秒
500毫安/厘米 ²	15秒
400毫安/厘米 ²	60秒
200毫安/厘米 ²	不能钝化

从上述数据可以很清楚地看出，要把致钝电流密度从2000毫安/厘米²减少到原来的1/4（即500毫安/厘米²）时，建立钝化所需时间需要延长7.5倍。若要把致钝电流密度减少到原来的1/5时，时间需要延长30倍。若要把致钝电流密度减少到原来的1/10倍时，即使无限延长通电时间，也无法建立钝化。这种现象可以用电流效率来解释，即电流用得越大，生成钝化膜的电流效率越高。电

流用得小，电流效率就低，一部份电流消耗在金属的电解腐蚀上。当电流小到一定的数值时，电流效率等于零，电流全部消耗于金属的电解腐蚀。由此可见，在应用阳极保护时，应该合理的选择致钝电流密度：既要考虑减小电源设备的容量，又要考虑在建立钝化时不使金属受到太大的电解腐蚀。

顺便提及，在实际使用阳极保护时，常常采用逐步钝化的方法降低致钝电流。即对被保护设备先接上电源，然后将腐蚀介质徐徐灌入设备，使被溶液逐渐淹没的地方依次建立钝化。已钝化的地方所消耗的电流减小，富裕的电流使新淹没的表面建立钝化。利用这种方法就可以大大地减小致钝电流。

2. 维钝电流密度 维钝电流密度要求越小越好。因为维钝电流密度正好代表金属在阳极保护下的溶解速度，所以维钝电流密度越小，腐蚀速度越小，防腐效果越好，同时耗电量也越小。

影响维钝电流密度的因素，除金属材料 and 腐蚀介质（包括温度、浓度、pH 值）的性质外，也决定于时间。在维持钝化的过程中，维钝电流密度随时间增加而逐渐减小，最后趋于稳定。

必须注意的是，腐蚀介质中的某些组份或杂质若在阳极上产生副反应时，其维钝电流密度将会偏高，使计算出来的腐蚀速度比真实的偏大，这时就必须辅以腐蚀失重法才能算出腐蚀速度。

3. 钝化区电位范围 钝化区电位范围要求越宽越好。因为这个范围宽，电位就允许在较大的数值范围内波动而不致于发生进入活化区的危险，从而对控制电位的电器设备和参考电极的要求就可以不必太高。

影响钝化区电位范围的主要因素是金属材料 and 腐蚀介质（包括温度、浓度、pH 值）的性质。

表2—1列出了部分金属材料在某些化学介质中阳极保护的三个主要参数。

四、阳极保护的安装与测定

1. 阳极极化曲线的测定 测定阳极极化曲线的目的在于判断应用阳极保护的可能性和确定阳极保护的三个主要参数。根据

表 2-1 部分金属材料在某些化学介质中阳极保护的
的三个主要参数

介 质	材 料	温 度 ℃	致钝电流 密度 安/米 ²	维钝电流 密度 安/米 ²	钝化区电位范围 毫伏	备 注
105% H ₂ SO ₄	碳钢	27	62	0.31	+1000以上	钝化区电位范围凡未标明是对铂电极电位者,一律是对甘汞电极电位
100.2% H ₂ SO ₄	"	27	4.65	0.155	+800以上	
96~100% H ₂ SO ₄	"	93	6.2	0.46	+600以上	
96~100% H ₂ SO ₄	"	279	930	3.1	+800以上	
97% H ₂ SO ₄	"	49	1.55	0.155	+800以上	
96.0% H ₂ SO ₄	"	49	1.55	0.77	+800以上	
88.9% H ₂ SO ₄	"	27	155	0.155	+400以上	
67% H ₂ SO ₄	"	27	930	1.55	+1000~+1600	
49.8% H ₂ SO ₄	"	27	2325	31	+600~+1400	
44.6% H ₂ SO ₄	"	27	2325	剧烈波动	—	
96% H ₂ SO ₄ 被 Cl ₂ 饱和	"	50	2~3	1.5	+800以上	
90% H ₂ SO ₄ 被 Cl ₂ 饱和	"	50	5	0.5~1	+800以上	
76% H ₂ SO ₄ 被 Cl ₂ 饱和	"	50	20~50	<0.1	+800~+1800	
67% H ₂ SO ₄	不锈钢	24	6	0.001	+30~+800	
67% H ₂ SO ₄	"	66	43	0.003	+30~+800	
67% H ₂ SO ₄	"	93	110	0.009	+100~+600	
115% H ₃ PO ₄	碳钢	27	—	0.02	—	
104% H ₃ PO ₄	碳钢	27	—	0.86	—	
75% H ₃ PO ₄	"	27	232	23	+600~+1400	
115% H ₃ PO ₄	不锈钢	93	1.9	0.0013	+20~+950	
115% H ₃ PO ₄	"	177	2.7	0.38	+20~+900	
85% H ₃ PO ₄	"	135	46.5	3.1	+200~+700	
20% HNO ₃	碳钢	20	10000	0.07	+900~+1300	
30% HNO ₃	"	25	8000	0.2	+1000~+1400	
40% HNO ₃	"	30	3000	0.26	+700~+1300	
50% HNO ₃	"	30	1500	0.03	+900~+1200	
80% HNO ₃	不锈钢	24	0.01	0.001	—	
80% HNO ₃	不锈钢	82	0.48	0.0045	—	
37% 甲酸	不锈钢	沸腾	100	0.1~0.2	+100~+500	
37% 甲酸	铬锰氮钼钢	"	15	0.1~0.2	+100~+500	

续表

介 质	材 料	温 度 ℃	致钝电流 密 度 安/米 ²	维钝电流 密 度 安/米 ²	钝化区电位范围 毫伏	备 注
30% 草酸	不锈钢	沸腾	100	0.1~0.2	+100~+500	对铂电极的 电位
30% 草酸	铬锰氮 钼钢	"	15	0.1~0.2	+100~+500	
70% 醋酸	不锈钢	"	10	0.1~0.2	+100~+500	
30% 乳酸	"	"	15	0.1~0.2	+100~+500	
LiOH pH=9.5	"	24	0.2	0.0002	+20~+250	
"	"	260	1.05	0.12	+20~+180	
20% NaOH	"	24	47	0.1	+50~+350	
25% NH ₄ OH	碳钢	室温	2.65	<0.3	-800~+400	
碳化液 NH ₃ 100滴度 CO ₂ 80毫升/毫升	"	40	200	0.5~1	+300~+900	
60% NH ₄ NO ₃	"	25	40	0.002	+100~+900	
80% NH ₄ NO ₃	"	120 ~130	500	0.004 ~0.02	+200~+800	
H ₂ O ₂	不锈钢	24	0.4	0.0084	—	
NH ₄ NO ₃	"	24	0.9	0.008	+100~+700	
Al ₂ (SO ₄) ₃	"	24	0.9	0.008	+50~+600	
25.6% NH ₃ 68.5% NH ₄ NO ₃ 5.9% H ₂ O	碳钢	27	—	0.01	—	
19% NH ₃ 65.6% NH ₄ NO ₃ 6% 尿素 9.4% H ₂ O	碳钢	27	—	0.0043	—	
83% NH ₄ NO ₃ 0.25% NH ₄ OH	碳钢	93	—	0.0053	—	

致钝电流密度可以大致估计出直流电源的容量，根据维钝电流密度可以大致估计阳极保护的保护效果和耗电量（维持费用），根据钝化区电位范围可以初步选择控制电位的方式和参考电极。

测定阳极极化曲线的方法有下列几种：

（1）土办法

在没有恒电位仪的情况下，为了大致观察阳极保护的三个主要参数，可用图2—3的土办法测定阳极极化曲线。

按图2—3接好线后，电位器滑动头从左端开始向右端缓慢移动，电位每上升50毫伏或100毫伏迅速记录所对应的电流值以及该电位值。当到达一定数值时，电位突然迅速上升，同时电流也有所减小，记下这一拐点的电位和电流值，即可绘出如图2—4的曲线。不必停电，这时的电位实际上已经跃到了过钝化区。再将滑动头从右到左移动，作相反方向的测定。当电位下降到一定值时，电流会略有所增加，同时电位会突然自动地下降，记下这时

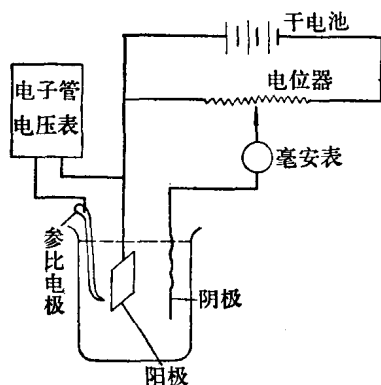


图 2—3 土办法测定阳极极化曲线装置示意图

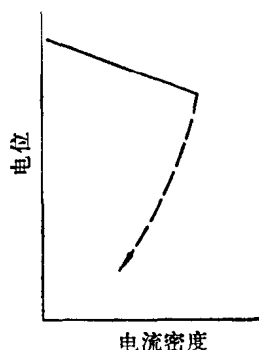


图 2—4 土办法测定阳极极化曲线分图 I

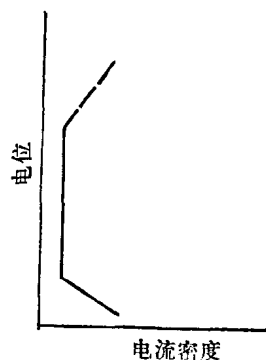


图 2—5 土办法测定阳极极化曲线分图 II

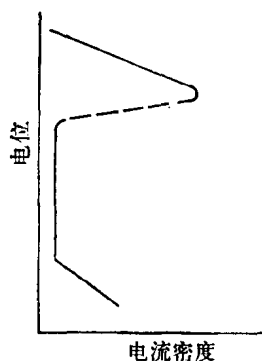


图 2—6 土办法测定阳极极化曲线

的电流电位值，即可绘出图2—5的曲线，如果将图2—4和图2—5绘在同一张坐标纸上，并将实线部份连接起来，就得出了如图2—6的阳极极化曲线。由于没有恒电位仪，在测定上述曲线时，电位始终在变化，无法使它恒定，所以在移动电位器滑动头时速度要慢，而在读数时却要尽量的快。这样测出的阳极极化曲线虽然很粗糙，但是，对于设计阳极保护、粗略估计三个主要参数是完全够用的了。不过，如果要进一步研究阳极保护，例如研究在某一电位下的电极反应或测定恒电位下的腐蚀速度，就不得不借助于恒电位仪了。

（2）恒电位法

对于同一个电流值具有两个以上对应的电位值的极化曲线，用一般的恒电流的方法是无法测定的，必须用恒电位法才能完成。恒电位法是用一种专门装置——恒电位仪作直流电源，它能够将电极电位恒定在任何一个数值上，所以在测定极化曲线的过程中，就可以按照要求的速度改变电位，同时记录所对应的电流值。恒电位法又包括两种测量形式，一种是动电位法（也叫连续测量法），一种是逐点测量法。动电位法是连续改变电位，依靠自动记录仪把电位和所对应的电流值连续地绘在记录纸上。由于动电位法需要自动记录的装置，所以在大多数情况下都是采用逐点测量法。逐点测量法是逐点改变电位（例如50毫伏、100毫伏），然后在该电位值下停留一定时间（例如1分钟、3分钟或5分钟），使所对应的电流值稳定。这样逐点测量、逐点记录，再将各点连接起来绘成一条曲线。

恒电位法所需的恒电位仪有下面两种：

①古典式恒电位仪

古典式恒电位仪如图2—7所示。图2—7与图2—3相比，蓄电池代替了干电池，不锈钢管（或用能容许大电流流过的变阻箱）代替了电位器，这是为了获得大电流（不锈钢管内可以通水冷却）。流过不锈钢管的电流与流过电解池的电流之比如果很大（例如前者是20安培以上，后者是20毫安以下），则流过电解池的电

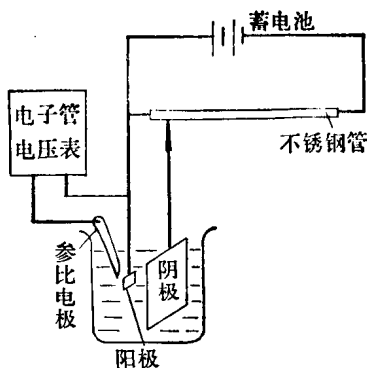


图 2—7 古典式恒电位仪测定极化曲线装置示意图

流变化时，阴阳极两端的电压（即槽压）仍能保持稳定。由于槽压等于阴极电位和阳极电位之和（电流流过溶液的电压降忽略不计）、所以如果能采用一个电位稳定的阴极的话，阳极电位也就必然稳定了。一般采用镀铂黑的铂电极作阴极，在电流变化时其电位就比较稳定。在没有条件，只能采用一般材料作阴极时，可以采用一个很大面积的阴极，很小面积的阳极。采用小面积的阳极是为了使测量电流减小，再加上阴极面积很大，所以阴极电流密度就很小，当电流变化时，阴极极化不大，即阴极的电位变化不大。这样，当我们移动不锈钢管上的滑动头进行极化曲线测量时，槽压的变化量就近似等于阳极电位的变化量。槽压恒定，阳极电位也就恒定了。

② 电子式恒电位仪

电子式恒电位仪是目前被普遍采用着的恒电位仪。它可以是电子管式的，也可以是晶体管式的，或者是两者的混合线路。其工作原理

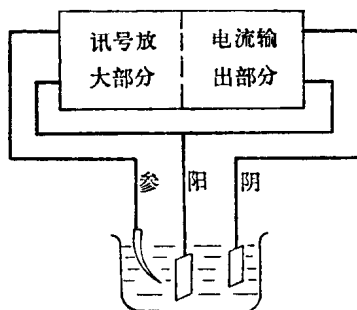


图 2—8 电子式恒电位仪工作原理示意图

如图2—8所示。

当阳极电位因各种因素而波动时，此波动量即作为一个讯号输给恒电位仪的讯号放大部分，放大后的讯号再控制恒电位仪的电流输出部分，使输出的电流变化以调整阳极电位使它恒定不变。

电子式恒电位仪线路很多。为了节省篇幅，这里不一一介绍，可参考本套书材料腐蚀试验方法分册有关部分。

2. 分散能力 分散能力是实际应用阳极保护时的一个非常重要的问题。分散能力就是电流的分布。例如对一个圆筒形的容器实行阳极保护时，在容器的当中插一根阴极，如图2—9所示，这时阳极（容器）表面上的电流分布是很均匀的，我们就说，其分散能力很好。而图2—10的情况，对一根管子实行阳极保护时，若只在管子的一端安置一个阴极，则在这根管子上离阴极近的地方电流密度大，离阴极远的地方电流密度小，这样一来，离阴极

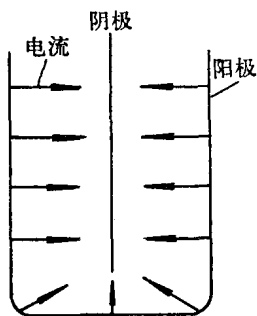


图 2—9 圆筒形容器的电流分布示意图（阴极在中央）

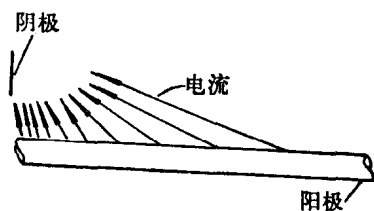


图 2—10 管子的电流分布示意图（阴极在管子的一端）

近的部位就可能因电流密度超过致钝电流密度而进入钝化稳定区，受到很好的保护。而离阴极远的部位因电流密度小不足以钝化而处于活性溶解区，遭到电解腐蚀。再远一点的地方，电流一点都达不到，金属受到的是自然腐蚀。对于这种情况，我们就说它的分散能力不好。如果我们在这根管子的另一端再布置一

个阴极（必要时在管子的中部再增加一个），或是采用一根与管子平行的长条形的阴极，那末，就有可能使得整个管子全部处于钝化稳定区而得到很好的保护。由此可见，分散能力对于阳极保护来说，确实是一个非常重要的问题。如果阴极布置不当，就会造成局部地方严重的电解腐蚀。

阳极保护的分散能力与电镀，电解加工，阴极保护等并不完全一样，因为它包括两个阶段，一个是建立钝化阶段的分散能力，一个是维持钝化阶段的分散能力。在维持钝化阶段，阳极保护的分散能力一般都很好，这是因为在阳极表面上有一层电阻高的钝化膜，金属的表面电阻与溶液电阻的比值较大，电流就容易穿过溶液到离阴极较远的部位。但是在建立钝化时，由于表面处于活化状态，表面电阻与溶液电阻的比值比维持钝化时低得多，电流就容易被距阴极近的地方吸收，流不到远的地方去，所以分散能力差。而在应用阳极保护时，应该考虑的正好是建立钝化时的分散能力，因为如果不建立钝化，也就谈不上维持钝化。所以在考虑阳极保护的分散能力，即设计阴极时，只需考虑阴极如何布置才能使整个设备都能建立钝化就行了。只要能建立钝化，其分散能力就足够维持钝化。

对于复杂设备的阳极保护，一般都需要先做模拟试验以确定分散能力（即确定阴极的布置）。模拟试验必须选择设备中最复杂的部位作为试验条件。现举一例简单说明：

结构复杂的碳化塔，其最复杂的部位是冷却水箱，所以选择其中一组水箱作模拟试验。冷却水箱有11根U型管，其花板如图2—11所示，另外由于水管很长（2米），可将水管锯去3/4，剩下靠花板一端的1/4（0.5米）进行试验就够了。在一个敞口容器中装着碳化氨水，在上述1/4个水箱上配置不同数量的阴极，对水箱进行建立钝化试验（可用逐步钝化法）。最后确定在水箱的上、下、左、右配置四根与水管平行的阴极就足够使任何一根冷却水管建立钝化。同时也粗略估计出了采用逐步钝化法需要多大的致钝电流。上述的阴极布置就是碳化塔阳极保护设计的主要依据，