

内部资料
注意保存

77.8
HHF

2

4

77.8
HHF
2

HHF
2



化工防腐蚀经验交流会议资料汇编

第二集

电化保护缓蚀剂及其他

七一查

化工部化工防腐蚀技术情报中心站编

1968

毛主席语录

政治工作是一切经济工作的生命线。在社会经济制度发生根本变革的时期，尤其是这样。

《严重的教训》一文的按语

没有正确的政治观点，就等于没有灵魂。

《关于正确处理人民内部矛盾的问题》

每个共产党员都应懂得这个真理：“枪杆子里面出政权”。

《战争和战略问题》

世间一切事物中，人是第一个可宝贵的。在共产党领导下，只要有了人，什么人间奇迹也可以造出来。

《唯心历史观的破产》

什么工作都要搞群众运动，没有群众运动是不行的。

转摘自一九六七年八月

二十四日《人民日报》

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

转摘自一九六六年十月

三十日《光明日报》

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

政治工作是一切经济工作的生命线。

我们必须逐步地建设一批规模大的现代化的企业以为骨干，没有这个骨干就不能使我国在几十年内变为现代化的工业强国。但是多数企业不应当这样做，应当更多地建立中小型企业，……。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

中国应当对于人类有较大的贡献。

目 录

碳化副塔阳极保护生产试验·····	化工部化工机械研究所、北京化工实验厂 (1)
阴极保护总结(经济效果和牺牲阳极部分)·····	上海炼油厂 (8)
“02-钢铁酸蚀缓蚀剂”	
酸洗锅炉水垢的原理与使用方法·····	北京邮电学院彭道儒 (15)
兰 4-A缓蚀剂研究总结·····	化工部化工机械研究所 (25)
加压变换的一些腐蚀试验结果·····	上海化工研究院 (42)
液体垫料的制备、评定与应用·····	石油部兰州炼油厂 (48)
应用电阻法测定金属腐蚀量·····	石油工业部兰州炼油厂 (59)
目前国内生产研制的不锈钢耐酸铸钢新钢种介绍	
·····	化工部第一设计院 (64)
普通低合金钢在氮肥厂挂片试验小结	
·····	普通低合金钢在氮肥厂推广应用小组 (75)
新钢种在化学工业中的应用·····	化工部南京化工机械厂 (87)

毛主席语录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。停止的论点，悲观的论点，无所作为和骄傲自满的论点，都是错误的。

转摘自《周恩来总理在第三届全国人民代表大会第一次会议上的政府工作报告》

碳化副塔阳极保护生产试验

化工部化工机械研究所、北京化工实验厂

一、前言

阳极保护是一项很新的防腐蚀技术，1958年才在世界上第一次得到应用。到目前为止，也仅仅在工业较发达的国家应用在有限的几种结构简单的化工设备上。在国内，这方面的工作目前尚处于研究阶段，近两年来在个别地方曾有过小型设备的生产应用试验。

碳酸氢铵加压碳化塔是我国独有的一种化工设备，体积庞大，塔内布满了冷却水管，结构复杂。北京化工实验厂加压碳化塔自开工以来，腐蚀问题非常严重，塔内冷却水管原来是涂大漆防腐的，但一般使用不到半年就被腐蚀穿孔，常常使生产被迫停工，造成人力物力的极大浪费。

北京化工实验厂和化工机械研究所自1966年3月份开始，对碳化塔的阳极保护技术进行了探索，经过一年零八个月的实验室和现场的多次反复试验，于67年11月正式将这项技术应用于碳化副塔的防腐，迄今已正常运转近四个月。

二、基本原理

碳钢在 NH_4OH 和 NH_4HCO_3 中，如果通以一定的阳极电流，则在碳钢的表面上能够生成一层钝化膜，这层钝化膜具有极高的耐腐蚀性能。现以阳极极化曲线来简单说明阳极保护的原理：如图1所示，碳钢在 NH_4OH 或在 NH_4HCO_3 中当通以阳极电流时（从 a 点开始），电流随电位的上升（即电位往正方向移动）而增大，到达 b 点时，电流突然减小，这是因为在金属的表面已经开始生成了一层电阻高而又耐腐蚀的钝化膜。电流降低至 c 点以后，电位即使再继续上升，电流仍保持在一个

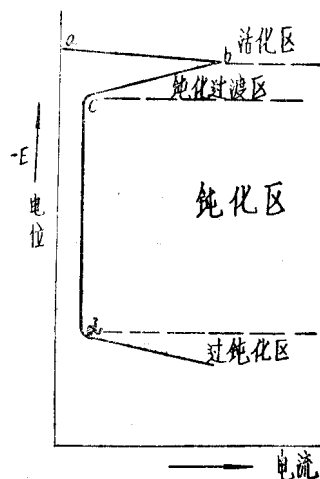


图1 典型的阳极极化曲线

基本不变的很小的数值上。当电位上升至 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化区, c 点到 d 点称为钝化区, b 点的电流称为致钝电流, $c-d$ 段的电流称为维持钝化电流。如果对金属通以对应于 b 点的电流(致钝电流)使其电位进入 $c-d$ 区, 再用维持钝化的电流将电位维持在这个区域内, 金属的腐蚀就会大大地降低。用这种方法防止腐蚀就叫做阳极保护。

三、实验室试验

1. 碳钢在纯 NH_4OH 及纯 NH_4HCO_3 中的阳极极化曲线的测定:

在实验室中测定了碳钢在 25% 的纯 NH_4OH (40°C) 和饱和 NH_4HCO_3 (40°C) 中的阳极极化曲线。结果如图 2 所示, 从曲线可以看出, 碳钢在 NH_4OH 中维持钝化所需的电流密度为 30 毫安/米², 在 NH_4HCO_3 中为 80 毫安/米², 两条曲线之钝化区电位的重叠部分有 700 毫伏的宽度, 因此只要将碳化塔的电位控制在此重叠的 700 毫伏内, 则碳化塔在碳化过程中, 即使在酸碱条件变化的情况下, 也能保证处于钝态。其维持钝化电流密度应在 30 毫安/米² 到 80 毫安/米² 之间变化。

按上述 80 毫安/米² 计算的腐蚀速度(保护后)大约小于 0.06 毫米/年, 每平方米消耗的电功率为 0.25 瓦, 其维持费用是相当低的。

从碳钢在纯 NH_4OH 及 NH_4HCO_3 中的阳极极化曲线可以估计出采用阳极保护防止碳化塔的腐蚀将具有既经济、保护效果又好的优点。

2. 碳钢在碳化塔生产溶液中的阳极极化曲线的测定:

为了进一步肯定碳化塔应用阳极保护技术防腐的可能性, 测定了碳钢在生产溶液中的阳极极化曲线。测定结果如图 3 所示, 从图中可以看出, 碳钢在碳化塔生产溶液中阳极保护的

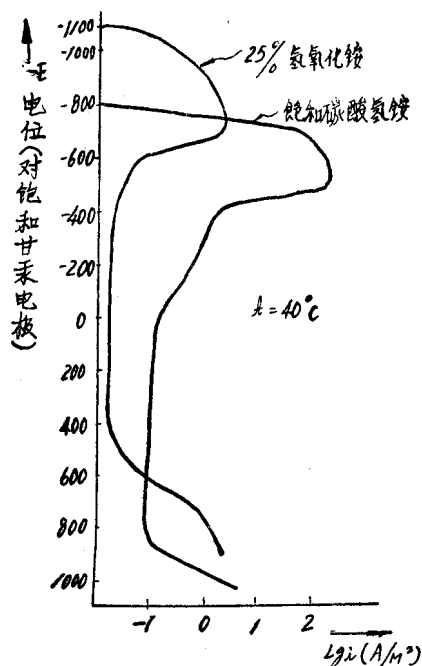


图 2 碳钢在 NH_4OH 及 NH_4HCO_3 中的阳极极化曲线

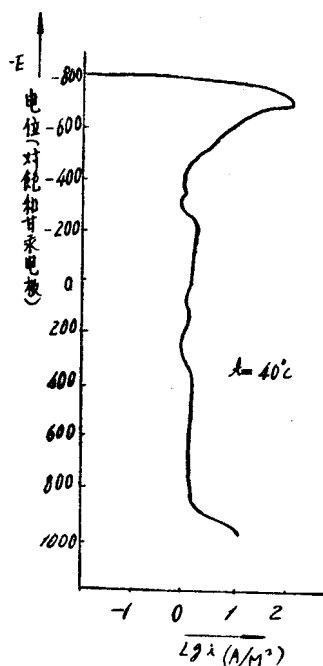


图 3 碳钢在碳化液中的阳极极化曲线

致钝电流密度虽然与纯溶液中所测得的结果相差不大，但是其维持钝化电流密度却比在纯溶液中的数值大十余倍。这样高的电流密度，如果碳化塔的腐蚀速度也随之增大十余倍的话，则将影响碳化塔应用阳极保护技术的可能性。为此对维持钝化电流增大的原因进行了探讨试验。

3. 在生产溶液中测得的维持钝化电流比在纯溶液中测得的数值大的原因探讨试验：

为了寻找在生产溶液中测得的维持钝化电流比在纯溶液中的数值大的原因，测定了碳钢试件在阳极保护下(电位恒定在 +300 毫伏——对饱和甘汞电极)的维持钝化电流时间曲线及腐蚀试验。试验所得的电流时间曲线如图 4 所示，从曲线可以看出：

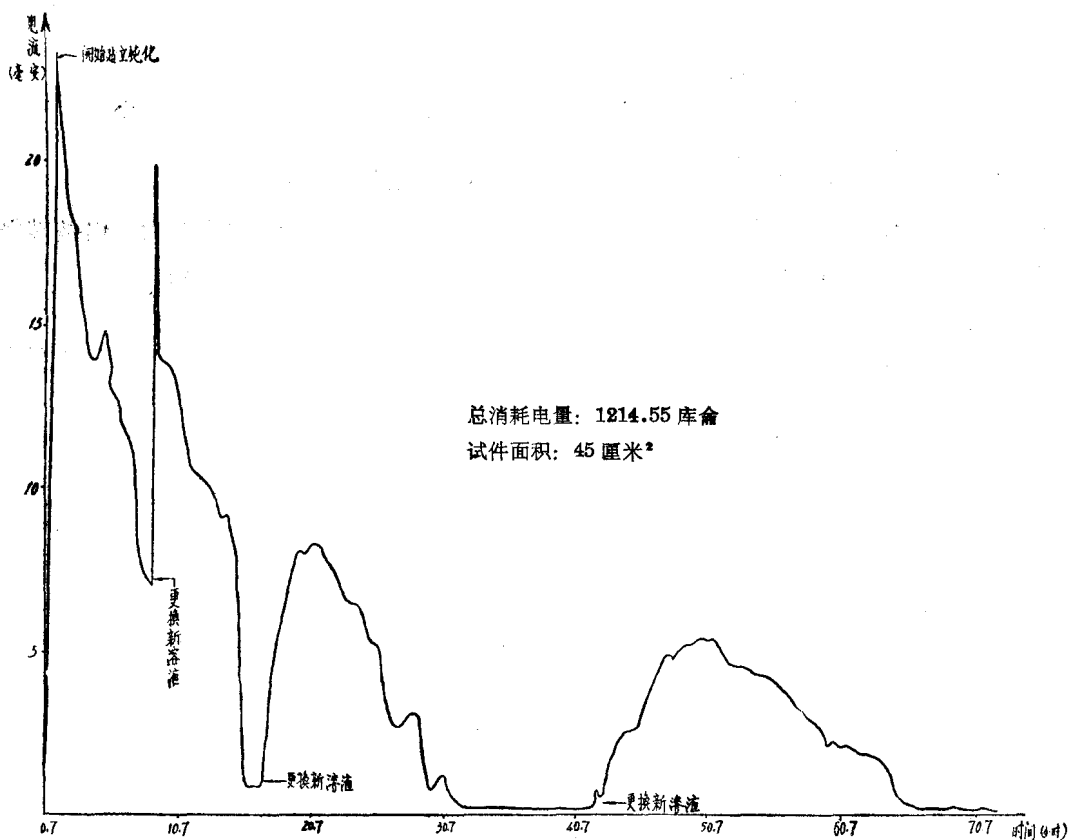


图4 3[#] 碳钢试件在静止饱和碳酸氢氨溶液(加压碳化塔取出液)中恒电位(+300 毫伏——对饱和甘汞电极)阳极极化之维持钝化电流-时间曲线

① 电流随时间的增加逐渐减小，而到一定时间后很快降至极低的数值，更换新溶液后电流又大大地增加。这说明使电流增大的原因在于溶液中某种物质在电极上参加了副反应，到一定时间后，由于参加这种反应的物质的浓度降低至其有效的浓度以下，所以电流也随之减至最小。

② 每次更换新溶液后电流从升高至降低所需的时间一次比一次长，而电流升高的数值一次比一次小，每次电流从增加至减少到最小所消耗的电量都比较接近，说明溶液中参加副反应的物质只有一定的量，因为每次更换的新溶液的浓度和体积都是一样的。

③ 每次更换新溶液前电流降至最低值后基本上保持恒定而不再继续下降，这个电流最低

植非常接近于在纯 NH_4HCO_3 中所测得的维持钝化电流密度, 这也充分说明电流增大的原因是由于溶液中的杂质参加了副反应。另外, 从失重法腐蚀试验可以看出:

① 从试件失重计算的平均腐蚀率为 $0.0185 \text{ 克/米}^2 \cdot \text{时}$ 。

② 从电流时间曲线计算所得的腐蚀率为 $0.725 \text{ 克/米}^2 \cdot \text{时}$ (假设电流 100% 消耗于金属的腐蚀)。

③ 从电流时间曲线中最小电流值计算的腐蚀率为 $0.0223 \text{ 克/米}^2 \cdot \text{时}$ (假定这时副反应已经完全停止, 此最小电流值完全消耗于金属的腐蚀)。

将上面所得的三种腐蚀率加以比较, 则不难看出按失重所得的腐蚀率非常接近于无副反应时按电流所得的腐蚀率, 而大大地小于从电流时间曲线计算所得的腐蚀率, 由此可知, 在碳化塔生产溶液中维持钝化电流的增大几乎完全是由于副反应所引起。从试件表面沉积出大量硫磺可以初步断定这种副反应是生产溶液中的杂质 S^{2-} 或 HS^- 离子在阳极按照下面的反应被氧化为单体硫磺:



综上所述, 碳钢在碳化生产溶液中阳极保护时虽然维持钝化电流密度较大, 但是其保护后的腐蚀速度并不因为电流的增大而增大, 因此不致于影响阳极保护的效果。

4. 阳极极化对致钝电流的影响:

在实验室还进行了同一试件经多次阳极钝化和活化后对致钝电流的影响试验, 以观察被保护设备经活化后再重新建立钝化时, 其致钝电流是增大还是减小, 试验测得了如图 5 和图 6 所示的极化曲线。

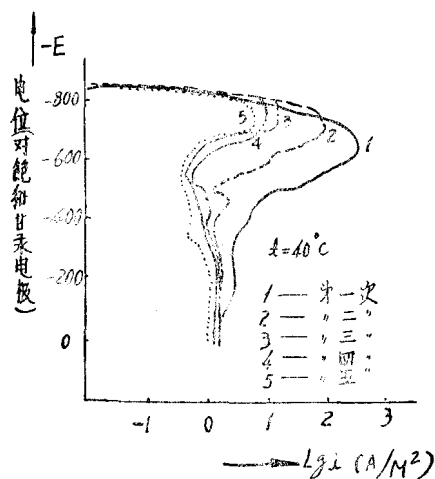


图 5

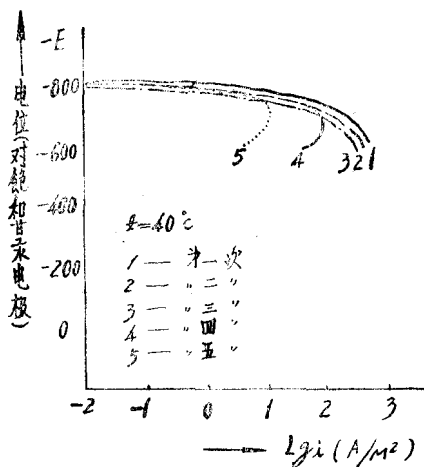


图 6

图 5、图 6 碳钢在碳化液中重复多次测定的阳极极化曲线

从图 5 可以看出一个很特殊的现象, 即试件经过重复 5 次阳极钝化的测定后, 其致钝电流一次比一次减小, 而且所减小的数值有两个数量级之大。从图 6 可以看出, 同样重复 5 次测定, 虽然第 1、2、3 次测定试件并没有钝化, 但是在第 4 第 5 次测定时已经看出有了明显的减小, 其减小的数值与图 5 完全一样。这是由于试件经阳极极化后, 除生成阳极钝化膜外, 还能生成一层棕黑色的盐膜, 当试件表面经阴极活化后, 虽然阳极钝化膜已经完全消失, 但是这层盐膜在一定的时间内仍能继续残留, 由于它的机械复盖作用, 所以能使致钝电流降低。

估计这层棕黑色的膜是一种硫铁化合物，在纯 NH_4HCO_3 溶液中或在硫离子(或硫氢离子)浓度低于一定的数值的生产溶液中这种现象就不存在了。试验指出这层盐膜生成的电位是在 -600 毫伏(对饱和甘汞电极)以上。

从上面所述可以看出，碳化生产溶液中的杂质硫化物虽然使维持钝化电流有所增大，但是却可以利用它能在阳极被氧化生成盐膜的特点来降低致钝电流。从而可以降低阳极保护的費用。

四、冷却水箱的阳极保护生产试验

根据实验室试验的结果，基本上确定了碳化塔应用阳极保护来防腐的可能性。在此基础上进行了碳化冷却水箱的生产试验。其阳极保护线路如图 7 所示。冷却水箱面积为 1.7 米^2 ，在冷却水管束中插入一根碳钢筋作为阴极，在冷却水管上绑上一个甘汞电极作为测量用的参比电极。

冷却水箱经过近半年的阳极保护试验，得到了下列几点结果：

(1) 通过冷却箱 5 个月的阳极保护生产试验，证明在碳化操作条件下，气量变化($0 \sim 10000 \text{ 米}^3/\text{时}$)，温度变化($25 \sim 40^\circ\text{C}$)，碱度变化($200 \sim 100$ 滴度)对冷却箱的维持钝化电流均无明显的影响，其数值一般都小于 $1 \text{ 安倍}/\text{米}^2$ 。

(2) 经过半年的阳极保护后，冷却水箱的表面看不出明显腐蚀痕迹，测量管壁厚，其腐蚀率小于 $0.2 \text{ 毫米}/\text{年}$ 。

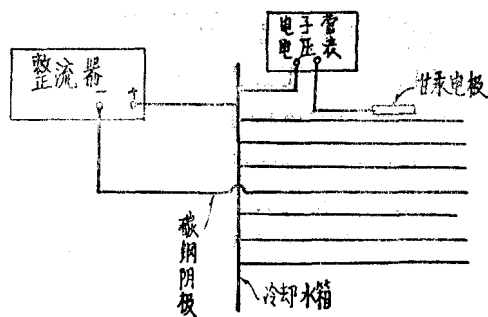


图 7 冷却水箱阳极保护线路图

五、碳化副塔阳极保护生产试验

根据实验室试验和一组冷却水箱的生产试验结果，确定对碳化副塔进行全塔阳极保护生产试验。

1. 副塔结构：

碳化副塔的材料为 20 号钢，直径 2.2 米，高 6 米。200 滴度之氨水由塔顶注入，塔底流出。变换气从塔底进入，塔顶放出。塔内有 20 组插入式冷却水箱，平均每组水箱面积为 5 米^2 ，水箱总面积为 100 米^2 。为了减小电流，能集中保护冷却水箱，塔体及塔内除水箱外的其他部件(约 80 米^2)均采用环氧树脂防腐。

2. 塔内阴极布置：

根据模拟实验结果，塔内阴极的布置如图 8 所示，每个冷却水箱配一根阴极($\phi 18$ 钢筋，与冷却水管平行)；每层四根阴极分别由二根扁钢(50×5 毫米)汇流排连接，各层扁钢汇流排分别由四根角钢($50 \times 50 \times 5$ 毫米)汇流排连接，并从塔顶分两路引出。所有的汇流排也是阴极。阴极总面积为 8 米^2 。

3. 参比电极：

每层装一个甘汞电极作参比电极，固定的方法是将甘汞电极绑在冷却水管上，引线从特制的法兰橡皮垫圈中引出。

4. 电源及自动控制

阳极保护供电线路如图9所示。三相交流电源经感应调压器调节电压，再经整流变压器变为低压大电流的六相交流电，然后再经硅整流元件六相半波整流为直流电流，负极接塔内阴极，正极接塔体，冷却水箱通过法兰螺栓与塔体连为一体。塔体与参比电极之间的电位差值输入给电位自动控制器，自动控制器控制伺服电机，最后由伺服电机带动感应调压器以调节电压。

自动控制器是两点式的，通常将副塔电位控制在 $+400$ 毫伏 $\sim +950$ 毫伏之间（对饱和甘汞电极），这时伺服电机不工作。如果电位降低（向负方移动）至 $+400$ 毫伏，自动控制器低限部分动作，使伺服电机正转，调压器升压，使电流增大，阳极电位即升高至正常。如果电位上升（向正方移动）至 $+950$ 毫伏时，自动控制器之高限部分动作，使伺服电机反转，电流下降，阳极电位也随之下降至正常值。

5. 建立钝化和维持钝化：

塔内未经环氧防腐，完全裸露的表面积至少 100米^2 。按照现场一组冷却水箱的生产试验结果计算，全塔建立钝化将需要 $2\sim 3$ 万安培的电流，如果购置这样大电流的整流器来建立钝化，不但浪费，而且也毫无推广意义。因此我们试验用逐步钝化的办法来使全塔建立钝化。即先将电源与空塔接通，然后以很慢的速度将氨水徐徐打入塔内，被氨水逐渐淹没的地方依次建立钝化，已钝化的地方电流减小，富裕的电流用来使新的表面建立钝化。按这样逐步钝化的方法，电流最大时只用了 2400 安培，共需 100 分钟可使氨水打满全塔，全塔也随之同时钝化完毕。此后即转入维持钝化的正常工作状态，电位由自动控制器控制在 $+400\sim +950$ 毫

伏之间，电流一般在 $50\sim 80$ 安培之间（电流密度为 $0.5\sim 0.8$ 安/米 2 ）。

6. 小结：

副塔阳极保护自 67 年 11 月 1 日开车以来，未发现冷却管有任何渗漏现象，而过去涂大漆防腐时，有的管子不到三个月就已经开始腐蚀穿孔了。

副塔阳极保护经过近四个月的试验证明：

(1) 阳极保护自动控制系统稳定可靠，由于有了自动控制，所以操作简便，除定期检查外，一般不需要经常有人照管。

(2) 副塔阳极保护的钝化膜稳定性很高，经长期保护后，切断电源有时长达四小时仍未活化。

(3) 为了简单起见，如果整个副塔仅按维持钝化电流计算，所消耗的电功率为 $120\sim 200$ 瓦（相当于 $1.2\sim 2$ 瓦/米 2 ）。

(4) 副塔阳极保护的保护效果尚需经过更长时期的考验，然后再作最后鉴定。

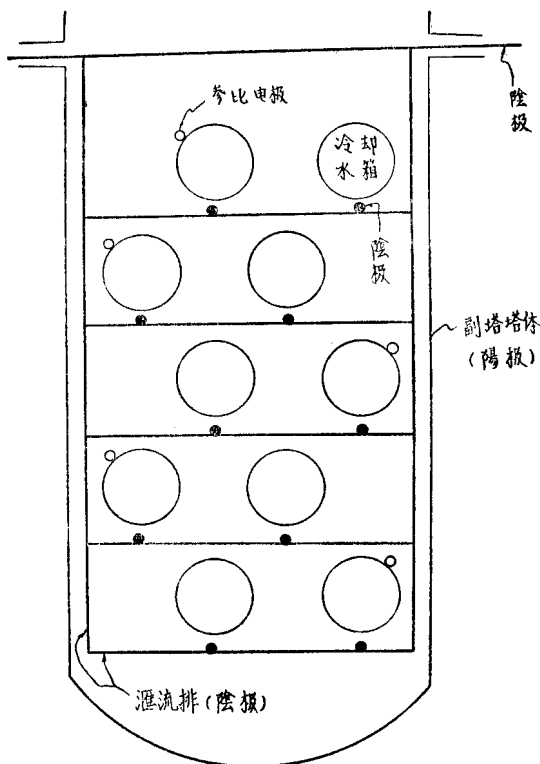


图8 碳化副塔阳极保护阴极布置示意图

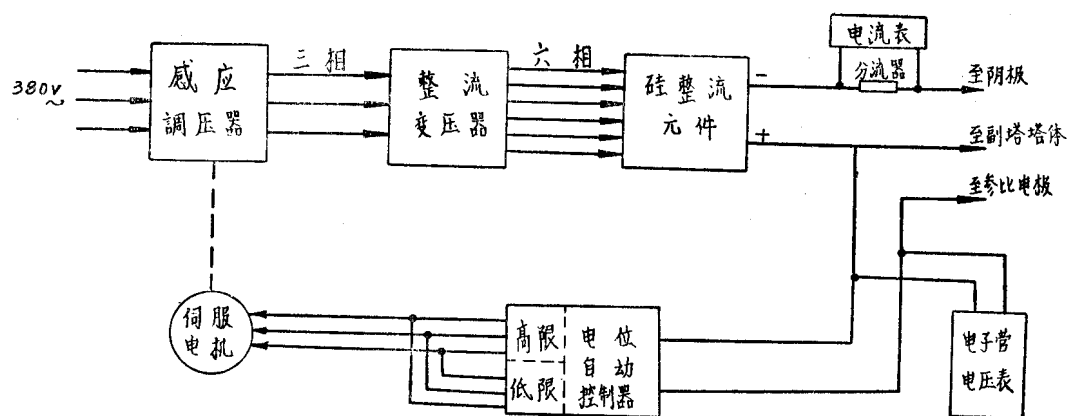


图 9 碳化副塔阳极保护电路示意图

社会的财富是工人、农民和劳动知识分子自己创造的。只要这些人掌握了自己的命运，又有一条马克思列宁主义的路线，不是回避问题，而是用积极的态度去解决问题，任何人间的困难总是可以解决的。

《书记动手，全党办社》一文的按语

阴 极 保 护 总 结

(经济效果和牺牲阳极部分)

上海炼油厂

毛主席教导我们：“人类的历史，就是一个不断地从必然王国向自由王国发展的历史。这个历史永远不会完结。……在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。”任何一件事永远也不会违背这一规律，要逐步认识这一规律，必须不断的总结，不断的提高，不断的完善。我厂的阴极保护已获得大规模的应用，收到了一定的成效，但也可以说，有许多问题还没有被我们所认识，所掌握，也还存在一定的问题，所以还必须进行大量的更艰苦、更细致的工作。我们遵照主席这一教导，狠抓日常操作中的参数摸索，同时结合全厂各装置的检修，对已保护之排管进行了检查和鉴定，并且还进行了保护效果和经济性能的比较。

我厂的阴极保护有外加直流电流的阴极保护和牺牲阳极保护(即牺牲阳极)两种，前者应用于冷却排管，总面积达 5500 米²，遍于各主要装置，占全厂冷却排管总面积的 78%。牺牲阳极保护主要应用于换热器，1966 年 12 月份和 1967 年 1 月初，在蒸馏装置操作条件不同的五只换热器上试验、使用，以探索其参数关系和保护效果。通过一年来的探索和生产实践，更由于我们的同志能够突出政治，所以大大的增强了对防止江水设备腐蚀的信心。

一、外加直流电流的阴极保护

毛主席教导我们：“世界上的事情是复杂的，是由各方面的因素决定的。看问题要从各方面去看，不能只从单方面看。”由于阴极保护参数较多，又因操作条件的不同以及江水水质不断变化，为了避免片面的、形而上学的看问题，目前仍不能对各参数之间的关系作出定量的结论，仅列出我厂目前生产实际中的一些参数。

我厂阴极保护的主要参数如下：

极 电 压: 1.65~3.15 伏
电 流 密 度: 79.4~106 毫安/米²
阳阴面积比: 1:15~1:25
水 温: 32~100℃

(一) 参数与保护度:

由表 1 所知, 采用阴极保护后, 保护度一般在 90% 以上, 钢-水电位大部分在 -0.85 伏左右。由挂片试验和每次检修实测得知, 腐蚀速度由原来的 6~7 毫米/年(蚀坑)降低到 0.52 毫米/年。根据公式 $Z = \frac{n_1 - n_2}{K_1(1 - \phi) + K_2}$ 计算(式中 Z 为所能达到的保护年限, n_1, n_2 为管壁现厚和允许厚度, K_1 和 K_2 为管外内自然腐蚀率, ϕ 为保护度)使用周期可达 3.51 年, 排管的寿命由原来的 200 天延长 6.4 倍以上。从宏观检查看到: 排管表面没有任何蚀坑痕迹, 也无鼓泡的现象, 用水冲洗后的表面光洁无垢, 消除了蚀坑腐蚀。从定点测厚中得知: 如表 2 所示, 从裂化装置原腐蚀最严重的几只冷却槽来看, 保护一年多来, 腐蚀速度是很小的, 只有 0.46 毫米/年, 耐腐蚀等级提高到 7 级, 所以使用 3~5 年不仅理论上是保证的, 生产实际上也是完全可能的。可以这样说, 目前已基本上防止了江水的腐蚀, 根本上消除了排管的蚀穿跑油事故, 确保了设备能安全地、长周期地运转。

表 1 裂化、减粘阴极保护参数与保护度比较

冷 却 槽	最高水温 (℃)	极 电 压 (伏)	阳阴面积比	电流密度 (毫安/米 ²)	最小极间距 (毫 米)	钢-水电位 (伏)	保 护 度 (%)	备 注
裂 冷 1-1	37	2.25	1:14	63.8	80	-0.80	81	竖插阳极
裂 冷 1-2	40	2.00	1:18.6	79.4	80	-0.68	87	横装阳极
裂 冷 1-3	42	2.25	1:18.3	106	70	-0.825	91.2	"
裂 冷 1-4	43	1.65	1:18.2	102	70	-0.925	92	"
裂 冷 1-5	41	2.05	1:17.2	106	70	-0.85	89.7	"
裂 冷 1-6	45	2.10	1:15.1	85	70	-0.8~-0.85	94.5	"
裂 冷 $\left. \begin{matrix} -1 \\ 5-2 \\ -3 \end{matrix} \right\}$	32	5.35	1:23	85	90	-0.8~-0.85	89.1	横豎叉错
减粘冷 1-1	65±3	2.00	1:15	75	70	-0.85~-0.95	90	梅花形分布

表 2 阴极保护排管实测壁厚

时 间	壁厚(毫米)	裂 冷	裂 冷	裂 冷	裂 冷	裂 冷	裂 冷
		1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6
1965.9.25		3.9	6.2	5.0	5.1	5.1	5.0
1966.2.28		3.8	5.8	5.1	5.2	5.0	4.9
1966.7.1		3.7	—	4.8	5.0	—	4.8
1966.10.24		3.5	5.7	4.6	4.6	4.8	4.6

(二) 型式与保护度:

关于阳极的结构与分布, 目前我厂已发展到多种型式: 即横插、豎挂、豎插、横豎交叉

和梅花形分布等六种。从鉴定和日常操作中摸索、测定中看到：采用梅花形分布时，阳极布置均匀，电流分布均匀，遮蔽作用较小，电流密度较均匀，如图 1 所示，钢-水电位数值差甚小，在阳极近处和远处，几乎都是 -0.85 伏左右(减粘装置冷 1-2、1-3)，所成曲线斜度甚小，保护半径较大，一般可达 800 毫米以上。至于其它型式排列法，横装阳极又优于竖插阳极，但即使在电流密度高于梅花形阳极时，钢-水电位一般相差较大，保护半径也太大减小。从表 1 可知，梅花形分布的减粘冷 1-1，电流密度为 75 毫安/米²时，保护度达 90%；横装阳极的裂冷 1-2，电流密度为 79.4 毫安/米²时，保护度为 87%；横竖交叉阳极的裂冷 5-1，电流密度为 85 毫安/米²时，保护度为 89.1%；由此可看出梅花型结构的防腐效果好，结垢又少的优点(但安装较竖插的阳极稍繁)。故我们认为：改进阳极的结构与分布，是提高保护度和防止排管管壁结垢的有效方法。

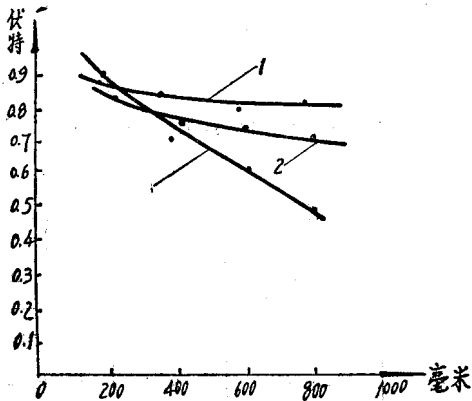


图 1 几种阳极型式的钢-水电位

- 1. 梅花形分布阳极
- 2. 横装阳极
- 3. 竖插阳极

(三) 效果与经济性：

从经济性来看，我厂的阴极保护已给国家节省了大量的钢材和投资，并节约了许多劳动力。据我们统计，仅以裂化、减粘设备每次检修，每组更换一排半，蒸馏、复馏等装置每次检修，每组更换二排的最低限度计算，全厂每年消耗在冷却排管上的钢材达 167 吨，仅裂化装置就有 63 吨，这还不包括换热器、管道、塔、加换炉管、塔盘等腐蚀所消耗的钢材，全厂每年消耗在冷却排管上的投资即为 25.05 万元(包括制造、安装人工费)。今年以来，裂化、减粘装置各进行了三次检修，没有更换过一排排管，许多排管在水清洗后仍然如新。由表 3 可以看出，阴极保护的经济效果是很显著的，可以说，数字是惊人的。

仅以去年 9~12 月份计算，由于采用阴极保护已为国家节约了钢材 33 吨，节省资金 4.95 万元。

表 3 裂化、减粘装置阴极保护经济比较

项 目	防 腐 前	防 腐 后	效 果 (节 约 或 提 高 量)
腐 蚀 速 度 (毫米/年)	6~7 (蚀坑)	0.52	由 9 级提 高到 7 级
使 用 周 期	200 天	3.51 年	6.4 倍
消 耗 钢 材 (吨/年)	99	2 (不包括阳极换热器废管)	97
资 金 (万元, 包括人工)	14.85	0.0655+1.368+0.205 (操作费+设备电缆+装置人工)	13.2105

(四) 阴极保护有防止结垢的作用：

我们认为：认识和实践是一个反复的过程，要掌握事物的本质，了解其内部规律性，就必须经过思考作用，就必须经过不断的实践。我们结合装置检修，对已采用保护的排管进行

了检查、鉴定和反复的观察，发现在水温为 100°C 左右的冷却排管中，过去每次检修，管壁泥垢厚而结实，有的厚达3~4毫米，不仅影响了传热效果，而且在泥垢脱落处，加速了腐蚀。采用阴极保护后，排管结垢普遍减少，垢层厚度只有0.7~1毫米。在阳极上的腐蚀产物呈针状，有的长达5~7毫米，在靠近阳极的排管上，结垢呈白色豆瓣状，断续的分布于排管上，从成份分析来看，钙质占50%左右。实践和观察表明，阴极保护不仅起保护排管不被腐蚀的作用，而且还具有防垢作用。

上述情况，我们曾提出过两点不太成熟的看法，但为了进一步探索机理，寻找原因，还必须作进一步的试验。

主席告诉我们：“马克思主义的哲学认为十分重要的问题，不在于懂得了客观世界的规律性，因而能够解释世界，而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界。”我们根据自己的认识，针对阴极保护存在的问题，采取了一些措施。

1. 在水温较低的冷却排管中，在与阳极较接近(60毫米左右或更小)的阴极排管表面，结垢多而较坚硬，往往有3~4毫米厚，这主要是由于在阴阳极附近电流强度较大，加上电流分布不太均匀，故造成大量的较活泼的正离子(镁、钠、钙)迅速趋于阴极而形成的。1967年4月份，在减粘装置的检修当中，我们对冷1-1近100米²的阴极保护排管阳极附近附设了遮蔽作用的防垢屏，这种防垢屏是由塑料布制成的，固定于阳阴极最近处，如图2所示，虽然保护效果有些下降，但从7月份检修鉴定看到，排管的结垢确是减少了。

2. 根据我厂的生产实践表明：废换热器管束的阳极一般只能使用两个周期，所以延长与提高阳极的使用寿命是摆在我们面前的一个很重要的问题。5月份，我们对复馏装置的420米²的冷却槽阴极保护采用了石墨阳极进行试验。我们考虑到石墨的电阻大大超过钢铁，故如图3所示，在钢与石墨联接处，采用垫铅以减少钢和石墨的过渡电阻。试验证明：这种过渡电阻确实很大，比我们所掌握的数值要大的多，在电流为12安培时，电压亦达10伏之多。近7个月的试验和使用表明，采用石墨阳极是提高阳极使用寿命的一个有效方法。

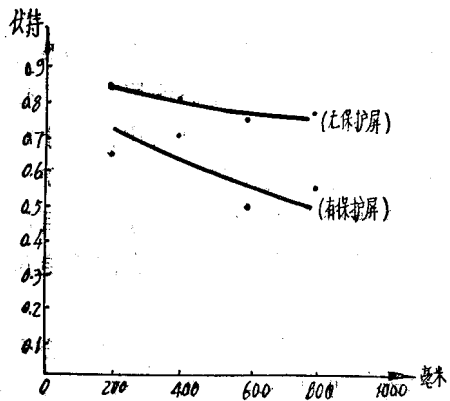


图2 钢-水电位与阴极距离曲线

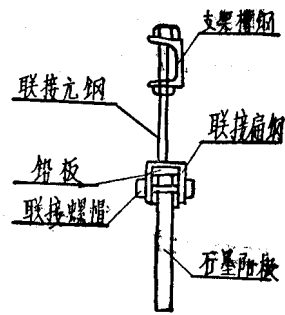


图3 石墨阳极安装图

二、牺牲阳极(护屏保护)试验

根据我厂生产上的实际情况，我们在一无资料、二无经验的情况下进行了牺牲阳极的试验。主席教导我们：“要把一个落后的农业的中国改变成为一个先进的工业化的中国，我们面

前的工作是很艰苦的，我们的经验是很不够的。因此，必须善于学习。”为了争取时间，我们在简单的小型试验的基础上，就直接在装置的换热器上进行投产试验。一年来的使用情况表明：从相对效果来看，是有一定成效的。

(一) 牺牲阳极保护的原理：

牺牲阳极是采用电极电位比被保护金属更低的金属材料(如锌、镁、钙等合金)与被保护金属相连接，以防止被保护金属发生腐蚀。根据两种金属之间的电位差，在系统中产生极化电流，如图4所示，阳极失去电子遭到腐蚀，因而使阴极得到了保护。

(二) 牺牲阳极的结构与型式：

牺牲阳极有带导线和不带导线的两种。不带导线的阳极实际上是以螺柱代替导线的作用。带有导线的一种在螺栓和合金阳极之间用塑料管绝缘，前后之胶木板主要是防止电流的遮蔽作用，因为电流有选择电阻最小的电路而通过的特性，因此，在被保护物体距离阳极最近的部位，电流最易于被吸收。

实际装置如图5所示，图中箭头表示电流方向。

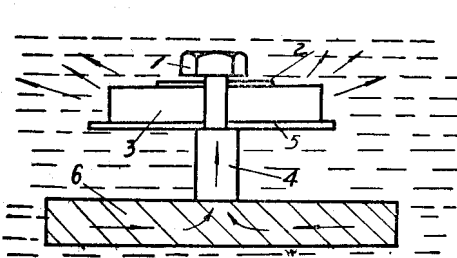


图4 牺牲阳极原理图

- 1. 螺帽 2. 胶木板 3. 镁铝锌合金
- 4. 螺柱 5. 胶木板 6. 被保护金属

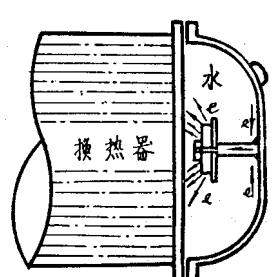
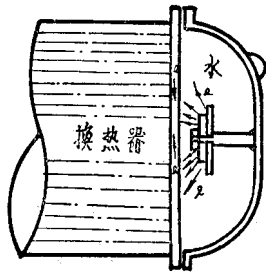


图5 牺牲阳极的安装

- 有导线之牺牲阳极安装示意图
- 无导线之牺牲阳极安装示意图

(三) 牺牲阳极的试验：

牺牲阳极的材料目前大致有镁合金、钙铝锌合金、铝锌镁合金和锌合金等四种。从保护效果考虑，阳极材料的电极电位比被保护金属的电极电位越低，保护作用越好。但是也不能只考虑它的起始电位，因为在实际情况下，它要发生极化。阳极的可极化性越小越好，因为

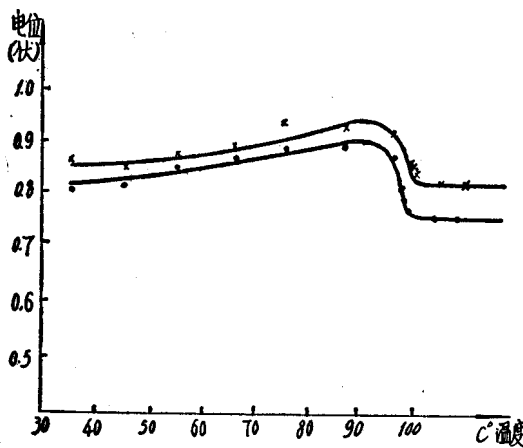


图6 镁铝锌合金-江水电位曲线

这样，阳极的实际电位才能更负，总电位才能向更负趋向发展。为了这个目的，我们选用镁铝锌合金和锌作了变温水电位测定的试验。

由试验得知，这种镁铝锌合金的电位值是在-0.80~-0.95伏范围内，当温度在0~100℃的范围内，电位值随着温度的升高而增加，如图6所示。与钢之间的电位差，如图7所示，则是随温度升高而减少，在80~90℃时，电位值仍为-0.65伏。我们认为，一般是不会产生极化现象的。

其次，锌阳极材料的电极电位是校正

些。据我们测定，其电位一般在 $-0.50 \sim -0.65$ 伏范围内。在 $30 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 的江水中，锌的电位向正向变动的速度大于碳钢。锌-钢电位差随着温度的升高而减少，在 60°C 时为 -0.30 伏，在 80°C 时则为 -0.25 伏。我们认为，由于江水不断的循环，江水中有一部分硅酸盐类会浮积于阳极表面，同时随着时间的增长，锌表面会被生成的腐蚀产物所复盖，使其保护效果大为降低，极化现象是可能产生的。但考虑到江水有一定的流速，在短期内生成的少量而疏松的腐蚀产物也有被冲刷的可能，所以最初我们在镁铝锌合金材料缺乏的情况下，选用了锌阳极。

（四）牺牲阳极的使用与效果：

以前我厂换热器的腐蚀情况是比较严重的，经我们多次鉴定和测定，腐蚀主要发生于胀口处，特别是在管板的上半部。据1964年统计，在蒸馏装置中，平均250天左右，就需要更换一只换热器芯子。1967年1月，我们在蒸馏装置操作条件不同的四只换热器的两端，都进行了牺牲阳极的保护。为了找出有效半径、作用距离和保护效果的关系，探索其参数关系，对于有导线的阳极与管板胀口的距离采用70毫米左右，无导线的阳极距离采用30~60毫米，并且在安装部位与角度上也各有所异，温度一般为 $5 \sim 15^{\circ}\text{C}$ ，厚度为15毫米左右，以保证周期为标准。从使用一年的情况来看是有一定效果的，如表4所示。重油换热器水出口温度为 65°C 左右，1月份检修后经过61天的生产，发现最上面八根管束胀口因严重腐蚀(胀口已蚀进管板内)而渗漏，采用锌阳极后，使用周期延长到105天。7月5日我们又采用了镁铝锌阳极，一直运转到现在(11月)还没有发现裂漏情况。由此可见，相对效果是比较显著的。

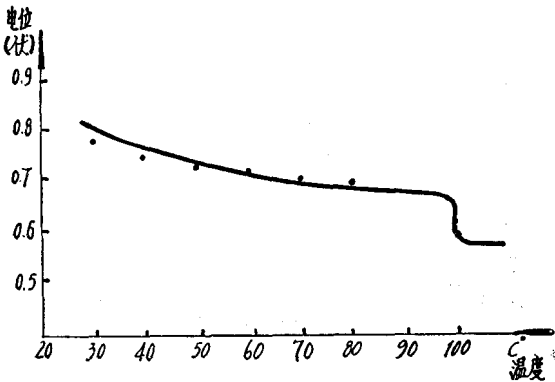


图7 镁铝锌合金与钢在江水中的电位

表4 牺牲阳极效果比较

	换 热 器	保 护 前 后		
		未 保 护	锌 阳 极	镁 铝 锌 阳 极
使 用 时 间 (天)	常 换 37	61	105	从 1967 年 7 月 5 日至 11 月
	常 换 16	平 均 250 多 天	从 一 九 六 七 年 一 月 至 十 一 月 未 停 工 检 修	—
	常 换 18			—
	常 换 19			—
	常 换 20			—

三、结 束 语

通过一年多的试验和生产实践证明，电保护和牺牲阳极保护是防止江水腐蚀的一个较好的、较有效的方法，在石油化工等装置的水冷却设备中，是值得进一步推广的。据悉，目前上海正在推广这一工作。