

# 钢材在潮差区和全浸区的腐蚀行为

侯保荣 张经磊

(中国科学院海洋研究所)

海水是一种含有大量盐类的强电解质溶液，它对海洋环境中的钢铁腐蚀极为严重。人们一般把海洋腐蚀环境划分为五个区带：1. 海洋大气区；2. 浪花飞溅区；3. 潮差区；4. 海水全浸区；5. 海底泥土区等。从而针对不同的腐蚀环境选择具有不同耐蚀性能的材料；根据腐蚀严重性的不同，分别采取适合于各区带的防腐蚀措施以延长海洋钢铁设施的使用寿命。当前国内在筛选耐蚀性海洋用钢材时，有的采用分别挂片的方法，即把试验钢种的小试片分别悬挂于大气区、潮差区和全浸区。实验结果是潮差区的腐蚀最为严重。而实际上，海上所大量使用的纵贯大气区、潮差区、海水全浸区直至海底泥土中的连续构筑物与分别挂片的腐蚀规律是完全不同的<sup>1), [2-4, 6]</sup>，这一点在我们所进行的对比试验中也得到验证<sup>2)</sup>。

本工作的目的是通过腐蚀电流的测定进一步研究产生这种“完全不同”的原因以及当潮差区和全浸区水深比例不同时对这一现象有什么影响。

## 一、试验装置

试验是在一种模拟外海的腐蚀试验装置（腐蚀试验槽）中进行的<sup>[1]</sup>。槽中的海水可以周期性的自动涨落（图1）。从试验槽底至低潮线为海水全浸区，水深为1.0m；从低潮线至高潮线之间为潮差区，水深为0.4m。潮差区海水涨落周期为12小时，即海水从低潮线涨至高潮线时间为6小时；从高潮线退至低潮线时间也是6小时。试验采用本所海水塔所提供的新鲜海水。

## 二、试验方法

将 4×100×100mm 的 A<sub>3</sub> 钢板试片酸洗

除锈后，分别安装在试验架上。为了分别测定潮差区和全浸区的水深比例不同时腐蚀电流的变化，试片分为三组（图1：(6)，(7)，(8)）：

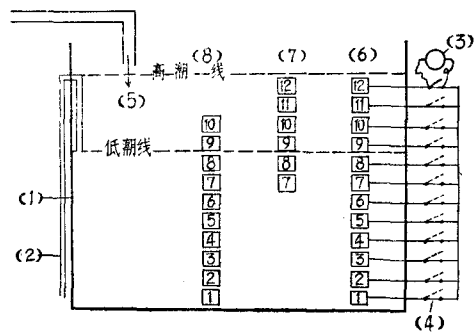


图1 试验装置示意图

注：(1) 腐蚀试验槽；(2) 虹吸玻璃管；  
(3) F<sub>C</sub>-4 电偶腐蚀计(作零电阻电流表用)；  
(4) 双掷单刀开关；(5) 海水管；(6)，  
(7)，(8) 分别为三组试片。

1. 如图1:(6)所示，在全浸区和潮差区分别依次排列8和4块试片，与(7)，(8)相比，(6)模拟中等水深的情况。

2. 如图1:(7)所示，在全浸区和潮差区分别依次排列2和4块试片，与(6)，(8)相比，(7)模拟浅海滩时的情况。

3. 如图1:(8)所示，在全浸区依次排列8块试片，在潮差区只依次排列两块，与(6)，(7)相比，(8)模拟外海深水区的情况。

以图1:(6)为例，〔(7)，(8)与(6)相同〕，在每块试片上都连接一根相同长度的导线，导线与试片接触处用蜂蜡封固，以防止接触腐蚀。然后，在每一根导线上连接一个双掷单刀开关，开关的另一端全部连接在一起。当试验

1) 上海钢铁研究所，1975。耐海水腐蚀低合金钢。  
(未发表)

2) 侯保荣，海洋结构钢腐蚀实验方法的研究。(未发表)

槽内的海水处于低潮线时，放入试验架。使海水通过海水管(5)以一定流量注入试验槽内，槽内的海水便开始“涨潮”。当涨至高潮线时海水从虹吸玻璃管(2)自动排出，即开始“退潮”。在一个涨落潮的周期中，每隔30分钟(每“涨潮”或“退潮”约3公分)用Fc-4电偶腐蚀计分别测一次每一块试片所接受的或所提供的电流值。试验反复进行多次，选其中三组进行绘图、分析并讨论。

### 三、试验结果

1. 在连续挂片中，当潮差区和全浸区水深(设潮差区的水深为 $H_{差}$ ，全浸区的水深为 $H_{浸}$ )比例不同时，腐蚀电流的测定结果如下：

(1) 当全浸区有八块试片，潮差区有四块试片时(即 $H_{浸}:H_{差}=2:1$ )，腐蚀电流的测定结果如图2所示。

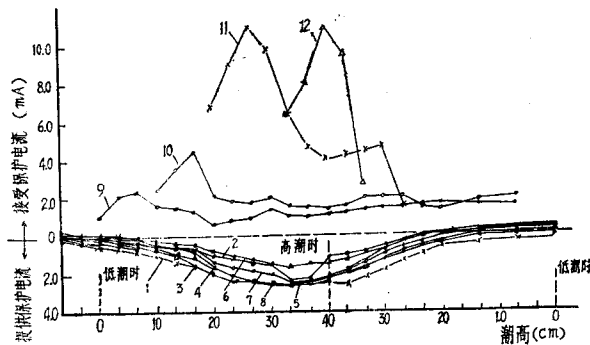


图2 连续挂片时各试片电流值随潮高的变化( $H_{浸}:H_{差}=2:1$ )

注：图中数字代表试片编号〔见图1:(6)〕。

(2) 当全浸区有八块试片，潮差区有两块试片时(即 $H_{浸}:H_{差}=4:1$ )，腐蚀电流的测定结果如图3所示。

(3) 当全浸区有两块试片、潮差区有四块试片时(即 $H_{浸}:H_{差}=1:2$ )，腐蚀电流的测定结果如图4所示。

### 四、讨论

1. 由图2可以看出，潮差区和全浸区试片之间存在着明显的宏观腐蚀电池。

在腐蚀试验装置中，当海水从低潮线渐渐

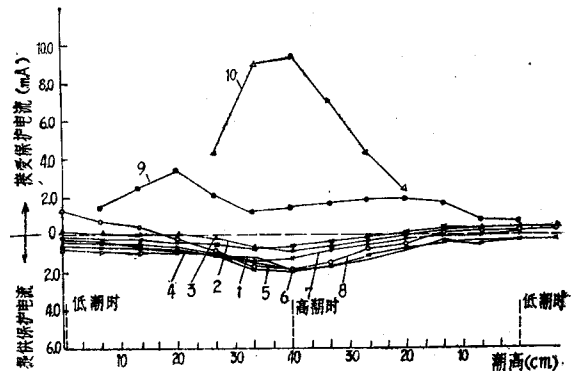


图3 连续挂片时各试片电流值随潮高的变化( $H_{浸}:H_{差}=4:1$ )

注：图中数字代表试片编号〔见图1:(8)〕。

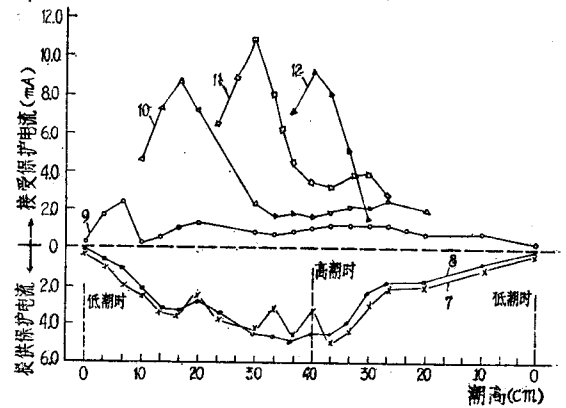


图4 连续挂片时各试片电流值随潮高的变化( $H_{浸}:H_{差}=1:2$ )

注：图中数字代表试片编号〔见图1:(7)〕。

上涨而浸没潮差区第一块试片〔即图1:(6)—9〕时，这一块试片(表面积约为 $200\text{cm}^2$ )接受了约为 $2\text{mA}$ 的保护电流。随着潮水的上涨，当海水浸没潮差区的第二块试片〔即图1:(6)—10〕时，该试片同样接受保护电流，并且电流值约为 $4\text{mA}$ ，比9号要大些。这时9号所得到的保护电流有所降低。同样，潮差区的11、12号试片先后浸入水中时都接受保护电流，并且电流值要更大些，约 $11\text{mA}$ 。由试验可看出，潮差区接受保护电流，全浸区输出保护电流。这说明潮差区所接受的保护电流完全是由全浸区所提供的。只有当海水处于低潮线时，即潮差区的四块试片全部暴露于空气中时，全浸区最上部的试片才得到很少的保护电流。

2. 由试片上所形成的钙镁膜进一步证

明, 潮差区是宏观电池的阴极区, 且该膜具有一定保护作用。

从实验中观察到, 有一层白色的钙镁沉积物覆盖在试片表面上。试验越长, 表面的这种沉积物越明显。并且在潮差区的上部(如12号试片)更为显著。钙镁覆盖层的沉积是由于界面 pH 的升高所引起的。这也进一步证明, 对于连续挂片来说, 潮差区是宏观电池的阴极区。这种钙镁膜对退潮后暴露在空气中的试片仍有部分保护作用。

3. 本实验结果可以用来解释海水中连续挂片(相当于钢桩)的腐蚀规律。

图5表示国产 A<sub>3</sub> 钢试片 195 天的腐蚀试验结果。图中 A 为连续挂片(各试片之间用导线连结起来); B 为分别挂片(各试片之间不用导线连接)。腐蚀速度是用重量法求得的。由图可看出, 对于连续挂片来说潮差区的腐蚀比较轻, 而分别挂片腐蚀则严重的多; 连续挂片的全浸区腐蚀速度比分别挂片时略为大一些。

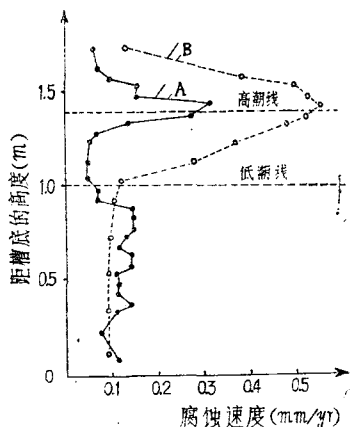


图5 A<sub>3</sub> 钢试片的腐蚀速度(195天)  
A 为连续挂片; B 为分别挂片。

上述腐蚀规律完全是由于宏观腐蚀电池作用的结果。连续挂片的潮差区在宏观腐蚀电池中是阴极, 接受来自全浸区的保护电流而受到一定程度的保护, 而该区的分别挂片不能形成宏观腐蚀电池, 所以受不到保护, 因此连续挂片的腐蚀速度要比分别挂片时小的多。反之, 连续挂片的全浸区作为阳极向潮差区提供保护电流, 与分别挂片相比, 腐蚀速度稍为大一

些。由于总面积大, 所以腐蚀速度增加的并不太多。

由上述可知, 连续挂片和分别挂片所得的腐蚀结果是完全不同的。某些海洋工程如钢桩码头, 钻采平台等都是纵贯大气区、潮差区和全浸区的连续构筑物。所以, 在解决这种构筑物的腐蚀问题时, 无论是新钢种的研制、钢材腐蚀性能的评定, 或是采取外加防腐蚀措施等, 都必须从连续挂片的腐蚀特点来考虑。也就是应该把防腐蚀的重点放在浪花飞溅区, 而不应该放在潮差区。

4. 由图2可以看出, 在潮差区, 位置越靠上的试片所得到的保护电流值越大。但从图5可以看出, 对连续挂片来说, 潮差区上部的试片比中下部试片腐蚀严重。这是因为在潮差区, 试片作为阴极得到的保护效果还与它浸泡在海水中的时间长短有关。当第12号试片浸于水中时, 所得到的保护电流值比9号相对大一些, 但它的浸水时间只有全浸部分的1/4, 其大部分时间暴露在空气中。大家知道, 当暴露在空气中时, 宏观腐蚀电池不再存在, 因而保护作用也就随之消失。此时, 金属的腐蚀主要以微观腐蚀电池的形式进行。因浪花飞溅, 供氧充分, 所以在高潮线上下产生严重的腐蚀。

5. 由图2—4可以看出, 虽然在潮差区试片所获得的保护电流值没有多大差别, 但是, 全浸区试片向潮差区所提供的保护电流却随全浸区和潮差区水深比例不同而差别很大。如图3所示, 在  $H_{浸}:H_{差}=4:1$  [即图1:(8)] 时, 全浸区的7、8号试片所提供的保护电流不到2mA。而当  $H_{浸}:H_{差}=1:2$  [即图1:(7)] 时, 全浸区的7、8号试片提供的保护电流为5mA左右(图4)。这说明当海洋构筑物全浸部分较浅(相当于浅海滩)时, 由于作为宏观腐蚀电池的阳极面积较小, 所以这部分腐蚀较为严重些。因而, 在实际工程中必须特别注意浅海中的水下腐蚀。

## 五、结 语

1. 连续挂片(相当于钢桩)和分别挂片所



# 铝基牺牲阳极清洗除锈方法

张经磊 郭公玉

(中国科学院海洋研究所)

铝基牺牲阳极(以下简称铝阳极)日益广泛地用于海洋钢铁构筑物的保护中。阳极的电流效率是评定其性能好坏的重要指标。在铝阳极的研制过程中,选择适当的清洗液,将试验过的阳极清洗除锈,是必不可少的步骤。这里,选择一种好的清洗液是比较关键的。清洗液必须干净、彻底、迅速地除去腐蚀产物,同时又对基体金属不产生任何浸蚀溶解作用,或者所产生的浸蚀溶解小到可以忽略不计,否则会给实验结果带来误差。目前,所用的清洗液有很多种<sup>[2,4,5]</sup>,一般都是使用者根据各自的条件任意选取。尚无统一的规定和标准。本工作的目的就是对这些方法进行系统的研究比较,以期从中选出更为适用的方法。

根据对清洗液的实际要求,本工作从两个

方面进行:(1)清洗液对基体金属浸蚀度(即空白失重)的比较;(2)清洗液对腐蚀产物溶解速度的比较。实验选出了三种比较好的方法。

## 一、试验方法和结果

### (一)清洗液对基体金属浸蚀度(空白失重)的测定

1. 清洗液:试验选取了七种清洗液配方,其化学成分和实验温度见表1第2、3栏。所用试剂均为AR级。用普通蒸馏水配制。

2. 试验用阳极:铝阳极样品是我们自己研制的<sup>[1]</sup>,其化学成分列于表2。形状为 $\phi 2 \times 6\text{cm}$ 的圆棒。表面经车床加工,光洁度为V6。

得到的腐蚀规律不同,连续挂片时潮差区腐蚀轻,全浸区腐蚀稍重,分别挂片则正相反。这主要是在连续挂片时形成了宏观电池所引起的。

2. 在浅海区时,由于所形成的宏观电池的阳极面积,即全浸部分的面积较小,与深海区相比较它的腐蚀速度要快一些。有关工程设计人员应予以注意。

3. 在潮差区,钢材虽受到一定程度的保护,但是仍有腐蚀,特别是在潮差区的上部,由于浸水时间较短,腐蚀仍然很严重。又由于浪花飞溅区与潮差区没有一个明显的界限,所以对腐蚀最严重的浪花飞溅区采取特殊防腐措施时,应当延伸至潮差区更为合适。

4. 关于宏观腐蚀电池形成的原因,一般认为是由于氧的浓度不同所造成的<sup>[1,5]</sup>。对此,有待于进一步研究。

## 参 考 文 献

- [1] 大西正次, 1976. 海洋構造物の腐食と防食. 防錆管理 20(2):24-34.
- [2] 友野理平, 1976. 腐食防食用語事典. オーム社. p39.
- [3] 岡本 剛, 1977(新版). 腐食と防食. 大日本図書. p105.
- [4] 門智, 1976. 低合金鋼の海水腐食. 防食技術 25(3):173-190.
- [5] 事務局, 1974. 海洋構造物の腐食と防食. 防錆管理 18(1):8-14.
- [6] Laque, F. L., 1975. Marine Corrosion, John-wiley Sons, Inc. p52.
- [7] Humble, H. A., 1949. Corrosion 5:(292).

