

钢在不同海底沉积物中的腐蚀研究^{*}

李言涛 侯保荣

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

提 要 1993年9月—1994年9月在中国科学院海洋研究所培育楼流动海水实验室将普通碳钢(A₃钢)和低合金钢(16Mn钢)以分别和电连接两种挂片方式置于海面大气区、海水全浸区和不同的海底沉积物中进行一年的室内模拟实验。结果表明, 两种钢在海洋环境中的腐蚀率在分别挂片时呈下列顺序: 海面大气区>海水全浸区>海底沉积区; 在电连挂片时出现如下顺序: 海面大气区>海底沉积区>海水全浸区。随着海底沉积物颗粒度的减小, 水/泥(砂)界面腐蚀最轻的钢片的腐蚀速度在电连挂片时成正相关关系, 分别挂片时影响不大。处于沉积区最底部的钢片因成为宏电池的阳极, 而遭受最严重的腐蚀。低合金钢的腐蚀率比普通碳钢略大。

关键词 海底沉积物 钢铁 腐蚀

随着海上石油开发和运输事业的不断发展, 海洋中尤其是在浅海将会出现越来越多的钢铁构造物, 如固定式采油平台、人工岛、钢桩码头、各种海底管线等, 其所处的海洋腐蚀环境一般可分为海洋大气区、浪花飞溅区、潮差区、海水全浸区和海底沉积区5个区带, 在不同区带所受腐蚀程度差异很大。长期以来, 人们对于钢在海水中的腐蚀已作了大量的工作¹⁾, 但对于浅海区不同海底沉积物对钢铁的腐蚀影响规律的研究未见报道。本文采取3种不同海底沉积物, 在室内模拟条件下研究碳钢和低合金钢在其中的腐蚀规律。

1 实验装置与材料

1.1 模拟实验槽

其底部用塑料板隔为3个区, 分别填充粗海砂、细海砂和海泥, 中部为全槽贯通的天然海水, 上部为海面大气区(图1)。

1.2 试样

国产的A₃钢(100mm×50mm×4mm)和16Mn钢(100mm×50mm×4mm), 其化学组成列于表1。

1.3 海底沉积物

粗海砂(10—20目)和细海砂(60—120目)取自青岛第一海水浴场, 海泥(粘土质

^{*} 中国科学院“八五”重大课题, Ky 85-11号。李言涛, 男, 出生于1968年5月, 助研。

1) 中国科学院海洋研究所, 1989, 腐蚀与防护论文集, 199—262。

收稿日期: 1995年4月6日, 接受日期: 1996年8月14日。

细粉砂)取自胜利油田埕岛海滩。

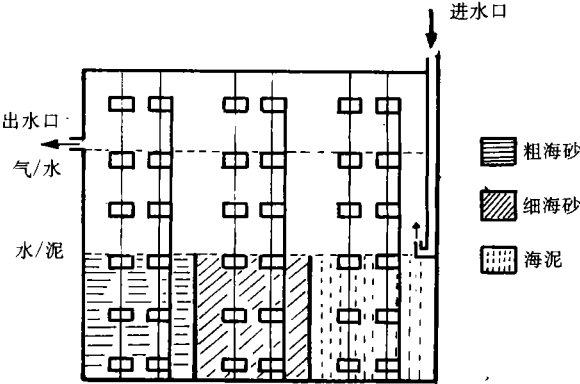


图 1 浅海钢铁腐蚀模拟实验槽

Fig.1 Simulated experimental trough of offshore steel corrosion

表 1 A₃ 钢及 16Mn 钢的元素组成

Tab.1 Elemental composition of A₃ steel and 16 Mn steel

钢种	元素含量(%)						
	C	Si	Mn	Cu	S	P	Fe
A ₃	0.16	0.20	0.46	0.036	0.006		
16Mn	0.16	0.40	1.45	0.348	0.022	0.021	余量

1.4 海水

来自本所海水塔的新鲜砂滤天然海水。

2 实验方法

首先将钢样按国家标准 GB5776-86 进行酸洗处理。用于电连接挂片的试样通过导线连接，接点用焊锡焊牢并用环氧树脂封固。实验开始时将试片架按图 1 要求放入实验槽中，然后在槽内底部分别填入高温灭菌的粗海砂、细海砂和海泥，使其恰好埋没三层试片，然后自进水口，由海底沉积物表面缓慢注入天然新鲜海水，海水上涨至出水口溢出，浸没沉积物上方的两层试片。实验过程中始终保持槽内海水的良好循环。

3 结果与讨论

3.1 A₃ 钢和 16Mn 钢在分别挂片和电连挂片时于 3 种海底沉积物(粗海砂、细海砂、海泥)中的腐蚀结果 由图 2 可以看出分别挂片时 A₃ 钢的腐蚀速度呈下列顺序：海面大气区 > 海水全浸区 > 海底沉积区；电连挂片时挂片腐蚀速度出现如下顺序：海面大气区 > 海底沉积区 > 海水全浸区。同样，16Mn 钢采用这两种挂片方式时在上述三区的腐蚀规律，几乎与 A₃ 钢的完全一致。这主要是由于微观腐蚀电池和宏观腐蚀电池协同作用的结果。钢在大气、海水和沉积物三区的腐蚀均属于氧去极化腐蚀，其腐蚀速度受氧扩散作用的控制(善一章, 1968)。在海面潮湿大气区，由于钢铁表面在电解质液膜下进行腐蚀，

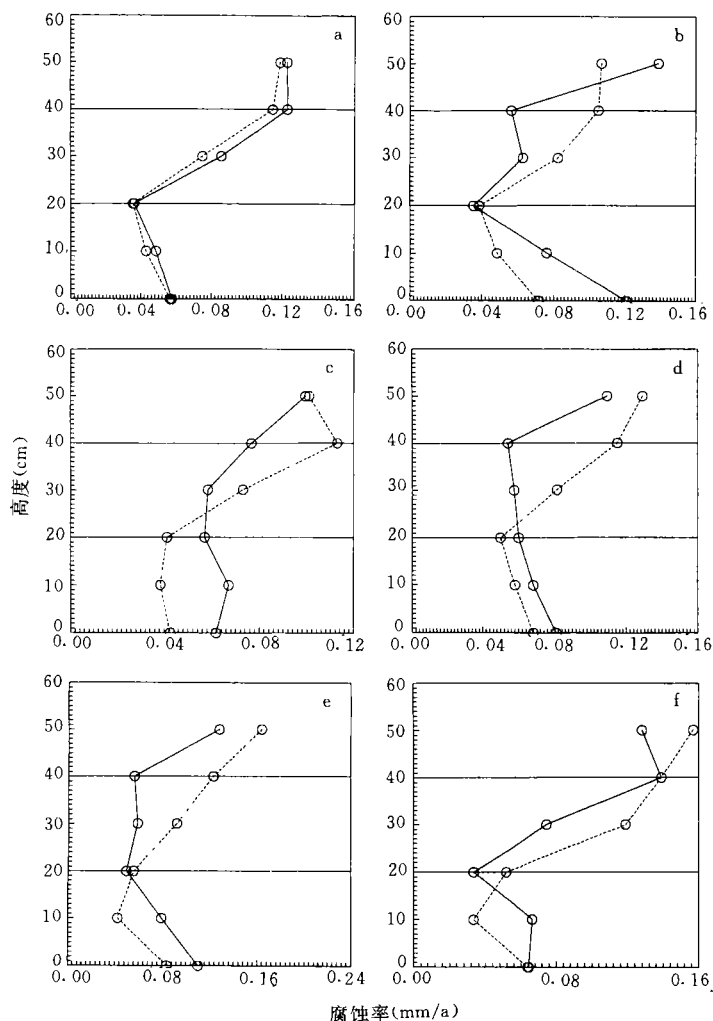


图2 两种挂片方式下钢铁的腐蚀速率

Fig.2 Corrosion rates of steels by two kinds of hanging methods

—○— 电连接挂片; ...○... 分别挂片。

a. 粗海砂, A₃ 钢; b. 细海砂, A₃ 钢; c. 海泥, A₃ 钢; d. 粗海砂, 16Mn 钢;

e. 细海砂, 16Mn 钢; f. 海泥, 16Mn 钢。

因水膜较薄, 氧气极易扩散至钢铁表面, 同时由于局部微电池作用, 使其腐蚀速度最大。另外, 在干湿交替条件下, 带有锈层的钢也能加速腐蚀(伊文思, 1972)。在海水全浸区, 由于本实验中海水的流速缓慢, 钢在其中的腐蚀速度几乎完全决定于阴极阻滞, 一般也是受氧到达腐蚀表面的速度控制, 腐蚀的最大破坏处, 是在结构上充气较多的区域, 腐蚀主要决定于充气良好而引起的微观腐蚀电池的加剧。在海底沉积区, 由于产生不均匀充气的宏观电池起着主导作用, 发生了严重的局部腐蚀(角田知己等, 1987)。本实验中的宏电池为氧浓差电池。钢片在氧气易于渗入的水 / 泥(砂)界面区电位高, 成为阴极而

受到保护,而在氧气到达困难的沉积物底部则成为阳极而腐蚀加速。由于上述三区的腐蚀机制的差异,处于水/泥界面区的钢样腐蚀最轻(电连挂片时更为明显)。这是由于充气均匀形成微观腐蚀电池时,该处的氧扩散速度最慢;在充气不均匀形成宏观电池时,该处又因氧气比底部易渗入而成为阴极,二者的协同作用使其受到保护。在电连挂片时,由于将暴露于海面大气区的钢板与全浸区和海底沉积区的钢板连为一体,成为一个宏电池系统,使全浸区的挂片受到保护。

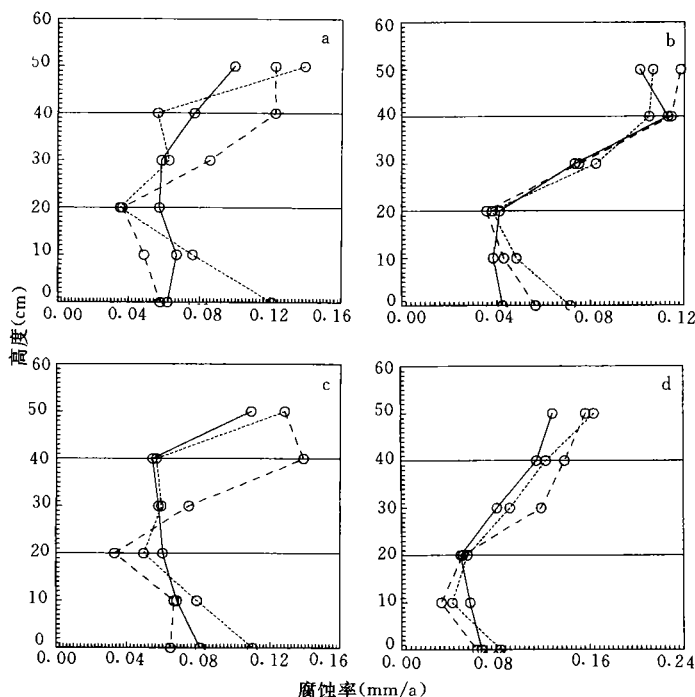


图3 不同海底沉积物中钢铁的腐蚀速率

Fig.3 Corrosion rates of steels in different seabed sediment

---○--- 粗海砂; ...○... 细海砂; —○— 海泥。

a. A₃ 分别挂片; b. A₃ 电连挂片; c. 16Mn 分别挂片; d. 16Mn 电连挂片。

3.2 不同海底沉积物对 A₃ 钢及 16Mn 钢在两种挂片形式下腐蚀的影响 由图 3 可以发现,不论是分别挂片还是电连挂片,在埕岛海泥中的三片钢板的腐蚀速度几乎相同,与深度关系不大,而海砂中最底层的钢板的腐蚀则远远大于上部的两块钢板。这是由于埕岛海泥为粘土质细粉砂,颗粒度小,结构紧密,氧气的透过性极差,到达不同深度的钢板表面的氧量差别不大,氧浓差电池不明显的缘故;而在海砂中,颗粒结构松,氧气较易透过,在最底层的钢板由于深度大,氧气渗入量相对更小而成为阳极,因而加速其腐蚀。

在 60—120 目间的细海砂中,由于颗粒度适中,砂层结构较为紧密,氧气渗透量随深度变化较大,使到达最底层钢板的氧量极小,电位极低,而大大加速了其腐蚀,其腐蚀速度甚至达 0.12mm/a,接近于海面潮湿大气区腐蚀速度,这是一个需要认真对待的

腐蚀现象。

另外, 处于水 / 泥(砂)界面区保护良好的钢板的腐蚀速度, 在分别挂片时几乎一致, 而在电接挂片时则随着海底沉积物的颗粒度减小而减少, 这也是由于形成整体宏电池的缘故。

4 结论

4.1 在海底沉积区的腐蚀主要决定于充气不均引起的宏观腐蚀电池(氧浓差电池)的作用, 处于沉积区最底部的钢板, 成为宏观的阳极, 致使其腐蚀速度在 3 种沉积物的最底部最大。当沉积物为 60—120 目海砂时, 形成了小阳极大阴极宏电池则其腐蚀率几乎接近于海面大气区。

4.2 分别挂片时三区的腐蚀速度顺序为: 海面大气区 > 海水全浸区 > 海底沉积区, 电连挂片时三区的腐蚀速度出现如下顺序: 海面大气区 > 海底沉积区 > 海水全浸区。

4.3 随着海底沉积物的颗粒度减小, 水 / 泥(砂)界面的保护最好的钢板腐蚀速度在分别挂片时几乎相同, 而在电连挂片时则成正相关关系。

4.4 低合金钢的腐蚀速度与普碳钢相比略大。

参 考 文 献

伊文思, U. R., 1972, 华保定译, 1976, “金属腐蚀与氧化”, 机械工业出版社(北京), 270。

角田知己等, 1987, 防蚀技术, 36: 168—177。

善一章, 1968, 防蚀技术, 17: 102—108。

STUDY ON STEEL CORROSION IN DIFFERENT SEABED SEDIMENT

Li Yantao, Hou Baorong

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071)

Abstract From Sept., 1993 to Sept., 1994 at seawater lab in Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, a series of simulated experiments of carbon steel(A₃ steel) and low-alloy steel(16Mn steel) in sea surface atmosphere(SSA), seawater(SW) and seabed sediment(SBS) including coarse sand, fine sand and seamud were carried indoor for a year or so by means of individually hanging plates (IHP) and electrically connectedly hanging plates(ECHP). The corrosion of steels in SBS is mainly due to the effect of macrogalvanic cell(oxygen concentration cell). The steel plates at the bottom of SBS, as the anode of the macrogalvanic cell, showed the heaviest corrosion, at corrosion rate of up to 0.12mm /a, approximately equal to that of steel plates in sea surface atmosphere.

The test results showed that the corrosion rates of two kinds of steel in marine en-

vironment were in the order: SSA>SW>SBS by the IHP method, SSA>SBS>SW by the ECHP method. The corrosion rates of steels in the water /sediment interface were directly proportional to the grain-size of the SBS by the ECHP, but those of steels in the water /sediment interface did not vary with the grain-size of SBS by the IHP method. The corrosion rate of low-alloy steel was a little higher, instead of lower than that of carbon steel. The results of this study have important applications for design of offshore steel structures, such as oil platform, pier and port.

Key words Seabed sediment Steel Corrosion