

钢材在渤海滩涂区海土中的腐蚀研究*

季明棠 邓天影 顾全英

(中国科学院海洋研究所)

常 炜

(中海石油工程设计公司)

随着我国滩海石油工业的迅速发展和上陆海底管线的兴建,滩涂区海土腐蚀性的调查研究就显得更为紧迫和重要,然而,目前国内仅在个别海区作过有关工作^①,国外虽在海土腐蚀性评价等方面作过一些工作(ВЫХРИСТЮК, 1974; Roger, 1980; Karl, 1981),但直接有关滩涂海土腐蚀性试验研究方面的报道甚少。作者于 1991 年 12 月至 1993 年 11 月在渤海西岸塘沽和南岸羊角沟两处典型滩涂海土中进行了钢材埋片腐蚀试验研究,研究了典型钢材在滩涂海土中腐蚀的主要规律,获取了钢材在渤海典型滩涂海土中的耐蚀性基础资料,为渤海滩涂区海底设施的防腐设计和评价研究渤海滩涂海土的腐蚀性提供了重要依据。

一、材料与方法

试验钢材为 A₃ 钢和 API5LX52 管线钢,其化学成分示于表 1。

表 1 试验钢材的化学成分(%)

钢 种	碳	锰	磷	硫	钴	钒	钛	硅
A ₃	0.10 0.22	0.40 0.65	<0.045	<0.055	—	—	—	0.12 0.30
API5LX52	<0.31	<1.35	0.04	0.05	0.005	0.02	0.03	—

试验钢样是将上述钢材加工成长 100mm,宽 50mm,厚 3mm,表面光洁度为▽₆ 的钢片,钢片钻有 Φ4mm 的孔,用来将其缚于试验架上。试片经用丙酮除油、干燥、称重后以备试验使用。

埋片试验分别在山东省寿光县羊角沟镇寿光造船厂滩涂和天津市塘沽区海河入海口

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2907 号。

本课题为国家自然科学基金资助项目,49070281 号。

① 季明棠、邓天影等,1991,“辽东湾海底土壤腐蚀性调查研究”,鉴定会成果论文集(内部资料)。

收稿日期:1996 年 3 月 6 日。

海河闸附近滩涂海土中进行。首先用绝缘绳将试片牢固地缚于钢制试验架的三层梁上,各层横梁间距 50cm,然后将试架垂直埋入试验滩涂区海土中,埋设深度为最顶层试片距地表面距离 50cm。埋片处地表面退潮时能露出水面,涨潮时被海水淹没,处于高潮线下约半米部位。羊角沟站海土为棕色淤泥,质地较硬、干,试验始于 1991 年 12 月 14 日;塘沽站海土为棕褐色淤泥,质地较软、湿,杂有较多的芦苇等水草腐败体,试验始于 1992 年 9 月 11 日。试片经 1 年和 2 年后分别取出,观察记录试样腐蚀状况,然后进行酸洗、干燥称重,并观察试样表面腐蚀特征,测量局部腐蚀深度。

二、结果与讨论

1. 试样表面腐蚀状况 A_3 钢和 API5LX52 管线钢在羊角沟站经一年腐蚀试验后表面锈蚀状况差异不大,均为较均匀分布的棕色厚锈膜,杂有局部黄锈,锈层和粘附其上的海泥界限不清,不易分离。分别埋置于 -0.5m, -1.0m 和 -1.5m 层的试样表面腐蚀状态也无明显区别。塘沽站一年腐蚀试验后的试样,外观基本与羊角沟站试样相同,只是腐蚀显得更为严重。酸洗除锈后,观察到羊角沟站 A_3 钢一年试样腐蚀类型主要为带有坑蚀和溃疡性腐蚀的全面性腐蚀,其中以 -1.0m 层试样的腐蚀最为严重。管线钢腐蚀类型基本同 A_3 钢,但腐蚀相对较为均匀,各层相比也以 -1.0m 层最为严重。塘沽站一年试样酸洗后呈现的腐蚀特征基本与羊角沟站相同,但腐蚀程度远较羊角沟为重。

2. 试验钢样腐蚀速率 A_3 钢和 API5LX52 管线钢在羊角沟和塘沽站不同深度的滩涂海土中的平均腐蚀速率列于表 2,最大年平均坑蚀速率列于表 3。

表 2 钢材在试验滩涂海土中的平均腐蚀速率

站 位	埋 置 深度 (m)	腐 蚀 速 率 (mm/a)			
		一 年 试 验 周 期		二 年 试 验 周 期	
		A_3 钢	API5LX52 钢	A_3	API5LX52 管线钢
羊 角 沟	-0.5	0.026	0.034	0.022	0.026
	-1.0	0.065	0.042	0.046	0.030
	-1.5	0.023	0.020	0.014	0.013
塘 沽	-0.5	0.091	0.087		
	-1.0	0.161	0.120		
	-1.5	0.035	0.038		

表 3 钢材在试验滩涂海土中的最大坑蚀速率*

站 位	钢 种	最大坑蚀速率* (mm/a)		
		-0.5m 层	-1.0m 层	-1.5m 层
羊 角 沟	A ₃	0.118	0.222	0.030
	API5LX52	0.074	0.140	0.154
塘 沽	A ₃	0.356	1.560	0.440
	API5LX52	0.596	0.394	0.528

* 所列数值羊角沟站为 2 年试验结果,塘沽站为 1 年试验结果。

表 2,3 显示,钢材在滩涂区海土中的耐蚀性随埋设深度不同而有很大差异。例如,A₃ 钢在羊角沟站一年试验平均腐蚀速率随深度不同在 0.023—0.065mm/a 之间,其中以埋设较深的-1.5m 层平均腐蚀速率最小,中间-1.0m 层最大,而表层(-0.5m)居中,这一现象在管线钢的试验结果以及在塘沽的试验中都得到了重现,原因可从滩涂区海土腐蚀机制和环境条件两方面来分析。滩涂海土腐蚀可能是不同程度的氧去极化腐蚀和厌氧条件下微生物腐蚀的一种交混过程。表层滩涂海土在退潮时暴露于大气中,氧的供应较充分,涨潮时,虽被海水淹没,海水中的氧仍可比较容易到达,这里的腐蚀过程主要为氧去极化反应,加之此处海水含量高,故有较高的腐蚀性。对于-1.0m 左右的中层海土,由于海泥质地一般较密、硬,大气和海水中氧的到达相当困难,已属于缺氧环境,在含有海草、生物腐败体等有机质的环境中,硫酸盐还原菌等厌氧菌和硫化物含量相当高,埋设在此的金属受到了硫酸盐还原菌的强烈腐蚀,表现出最高的腐蚀性。至于-1.5m 层,由于氧的进入更难,并且此处因缺乏有机物,硫酸盐还原菌等微生物的含量也不高,所以氧去极化腐蚀以及硫酸盐还原菌等微生物腐蚀都不严重,因而表现出的腐蚀性最弱。A₃ 钢两年试验平均腐蚀速率为 0.014—0.046mm/a,比一年试验腐蚀速率(0.023—0.065mm/a)明显降低,管线钢也有类似情况。可见,钢材在海土中腐蚀速率和在海水中一样,也有开始腐蚀较快,随着时间延续而后逐渐变慢的趋势。这与随着腐蚀过程的进行,所形成的腐蚀产物膜逐渐变厚,阻碍了腐蚀过程有关。

示于表 1 和表 2 的塘沽站一年腐蚀试验结果表明,试验钢材在该处的腐蚀非常严重,其速率也远大于羊角沟站。例如,-1.0m 处 A₃ 钢的平均腐蚀速率高达 0.161mm/a,管线钢高达 0.120mm/a,分别为这两种钢在羊角沟站-1.0m 处一年腐蚀速率的 2.5 倍和 3 倍。钢材在塘沽站的局部腐蚀倾向也远大于羊角沟站,这些均表明塘沽站海土的腐蚀性远大于羊角沟站。

从各站 A₃ 钢和管线钢的表面腐蚀状态、平均腐蚀速率和最大坑蚀速率的比较中可见,在大部分情况下管线钢的耐蚀性要优于 A₃ 钢。这特别表现于钢在腐蚀性最强的-1.0m 层的坑蚀深度上,例如,A₃ 钢在塘沽站和羊角沟站-1.0m 层的最大坑蚀速率分别为 1.560mm/a 和 0.222mm/a,而管线钢相应值为 0.394mm/a 和 0.140mm/a,管线钢坑蚀速率明显低于 A₃ 钢。但我们也观察到,在-0.5m 和-1.5m 层,两种钢材腐蚀速率差异就不太明显,甚至有管线钢腐蚀速率大于 A₃ 钢的现象(如塘沽站-1.5m 层)。出现这一逆转现象可能与不同材料对某些环境因子变更的敏感性不同有关,即当埋设深度改

变后,海土腐蚀环境因子虽同样改变,但对不同钢材腐蚀所造成的影响却不尽相同,导致钢材耐蚀性变化方面的差异。由此可见,钢材耐蚀性差异随钢片埋土深度而异,断然和笼统地比较某些钢材在海土中耐蚀性好与坏是不科学的,钢材在海土中的耐蚀性随海土类型、环境因子状况以及埋置深度而变。因此,要切实了解某种钢材在某区海土中的耐蚀性,最可靠的方法是在现场进行实地腐蚀试验。

三、结 论

1. A₃ 钢和 API5LX52 管线钢在羊角沟和塘沽滩涂区海土中遭受着相当严重的腐蚀。两种材料均呈现以坑蚀为特征的全面性腐蚀,其平均腐蚀速率最高达 0.161mm/a,最大坑蚀速率达 1.56mm/a,表明试验区滩涂海土腐蚀性相当大,在有关防腐设计中,应当引起足够的重视。

2. 与 A₃ 钢相比,管线钢在所试验的大部分海土环境中,呈现出更好的耐蚀性,特别是在腐蚀性最强的一1.0m 层,但在其它埋设深度也发现有相反情况,表明钢材的耐蚀性受环境等多种因素的影响,因此笼统地比较钢材在海土中耐蚀性好与坏是不恰当的。

3. A₃ 钢和管线钢在塘沽区海土中的腐蚀速率为羊角沟海土中的数倍,表明不同区域滩涂海土腐蚀性差异很大,塘沽区海土比羊角沟海土有更大的侵蚀性。

4. 滩涂区海土的侵蚀性随深度而异,羊角沟和塘沽滩涂海土一1.0m 层附近的腐蚀性最大,一0.5m 层附近居中,一1.5m 层附近最弱。

5. 钢材在滩涂海土中的腐蚀速率随时间延长有所减低,在一年时间内尚未达到稳定值。可见,为了获得有关钢材在滩涂区海土中较长期的稳定腐蚀速率方面的数据,有必要进行更长周期的埋片腐蚀试验。

参 考 文 献

- Karl, P. Fischer, 1981, Cathodic protection in saline mud containing sulfate reducing bacteria, *Materials Performance*, **20**(10):41—46.
- Roger, A. King, 1980, Prediction of corrosiveness of sea bed sediments, *Materials Performance*, **19**(1):39—43.
- Выхристюк, П. Н., 1974, Исследование особенности коррозии стали ст. 3 в морском грунте и зоне переменного затопления, *Защита Металлов*, **10**:161—162.

CORROSION TESTING OF STEEL IN THE BEACH SOIL OF BOHAI SEA *

Ji Mingtang, Deng Tianying and Gu Quanying

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences)

Chang Wei

(China Offshore Oil Development and Engineering Corporation)

ABSTRACT

A corrosion testing of steel (A_3 and API5LX52) was conducted in the beach soil of Tanggu and Yangjiaogou situated in Bohai Sea coast for two years. The average corrosion rates of A_3 steel and API5LX52 steel are 0.035—0.161mm/a and the pit corrosion rates are 0.356—1.56mm/a. The corrosivenesses of beach soil are different according to the positions and depth of beach soils. The corrosiveness of Tanggu beach soil is stranger than the Yangjiaogou, and the —1.0m layer soil of Tanggu and Yangjiaogou have stronger corrosiveness than the —1.5m layer and the surface layer.

* Contribution No. 2907 from the Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences.