包钢X70管线钢大气腐蚀行为研究

边 军[1,2],任慧平[1],王雪莲[3]

(1. 内蒙古科技大学材料与冶金学院,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司组织人事部,内蒙古 包头 014010;
3. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 包钢生产的X70管线钢在露天环境中暴露放置3年后,钢管表面腐蚀并不严重,具有类似耐候钢的腐蚀形貌特征,而国内某钢厂生产的X70管线钢在相同环境下放置相同时间后,表面腐蚀较为严重,文章通过采用周期腐蚀试验对包钢生产的X70管线钢与国内某钢厂生产的X70管线钢进行对比分析,研究包钢X70管线钢耐大气腐蚀行为规律。

关键词: X70; 管线钢; 耐腐蚀; 周期腐蚀

中图分类号: TG172.3+1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2017)01-0053-05

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.01.017

Study on Atmospheric Corrosion Behavior of X70 Pipeline Steel in Baotou Steel

BIAN Jun[1,2], *REN Hui-ping*[1], *WANG Xue-lian*[3]

(1. *School of Material and Metallurgy, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*;
2. *Personnel Dept. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*;
3. *Technical Center of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*)

Abstract: The X70 pipeline steel of Baotou steel, its corrosion of the steel pipe surface is not serious after three years of exposure in the open environment and has similar corrosion morphology characteristics of the weathering steel. While placed in the same environment, the same time, the X70 pipeline steel of the domestic steel plant, its surface corrosion is more serious. In the paper, behavior rules of resistance to atmospheric corrosion for X70 pipeline steel of Baotou Steel are studied by using the cycle corrosion test for the comparison between the X70 pipeline steel produced by Baotou Steel and the domestic steel plant.

Key words: X70; pipeline steel; resistance to corrosion; cycle corrosion

我国管道输气起步很晚,近年来发展势头很快,目前已建成的输气管道总长度约为10 040 km,输气压力均在6.4 MPa以下,主要采用X65钢级以下的管线钢,目前我国"西气东输"管道的输气压力已达

收稿日期: 2016-12-28

作者简介: 边军(1984-),男,内蒙古包头市人,助理工程师,现从事人力资源管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

到10 MPa，现已选用X70管线钢。X70管线钢长期埋藏于复杂土壤环境中，大量腐蚀发生，引起材料失效等问题的频发，造成巨大的经济损失和安全事故，因此对X70管线钢耐蚀性能的研究成为重要工作，进而为选材、材料安全和高效使用及防腐工作提供重要保障。同时，X70管线钢铺设前在运输、存储、施工等过程中，会受到大气环境腐蚀，这不但影响钢铁产品的外观，而且对后期管线防腐蚀处理和寿命等产生影响。包钢的X70管线钢于河北沧州大气中暴露放置3年后，钢管表面腐蚀并不严重，具有类似耐候钢的腐蚀形貌特征，为分析其耐蚀性，本文通过包钢X70管线钢与我国某钢厂生产的X70管线钢进行对比试验，研究其X70管线钢耐大气腐蚀性特征。

1 周期腐蚀试验

由于实际大气环境暴露实验的长期性和区域性，本文采用室内模拟加速实验周浸腐蚀实验，来评价两种钢的耐大气腐蚀性。周浸腐蚀实验的展开，主要是参考了铁道部TB/T 2375—93标准《铁路用耐候钢周期浸润腐蚀试验方法》[1]和GB/T 19746—2005《金属和合金的腐蚀盐溶液周浸试验》[2]，实验设备为北京科技大学腐蚀与防护中心自主研制的周期浸润加速腐蚀实验箱，温度、时间可控，将试样周期性地浸润于腐蚀液并周期性干燥，从而模拟实际大气环境。

1.1 试验条件

周期浸润腐蚀试验条件见表1。

表1 周期浸润腐蚀实验条件

试验温度/℃	45 ±2
试验湿度RH/%	70 ±5
每一循环周期/min	45 ±3，其中浸润时间15 ±1.5
试验时间/d	5、10

1.2 试验方法

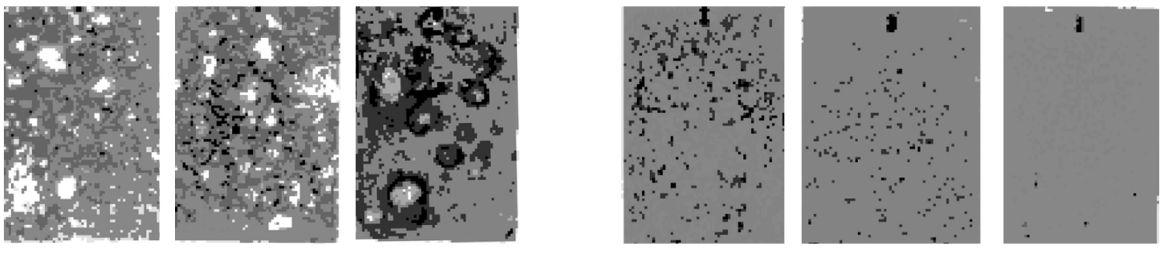
试样尺寸为30 mm ×20 mm ×2 mm，用砂纸打磨到800目，试样经过丙酮去油，去离子水冲洗，酒精擦拭并用冷风吹干，装入干燥皿中备用；试样悬挂采用塑料绝缘导线，试样悬挂高度保持一致，并记录试样位置。试验分为2批进行，第一批为连续10 d周浸实验，试验箱内悬挂8个试样（包钢和某钢厂的X70试样各4个），同种材料试样纵向直线排列。第二批为连续10 d周浸实验，试验箱内悬挂8个试样（包钢和某钢厂的X70试样各4个），试样排列方法与第一批相同。

试验后的试样首先采用塑料刮刀清除表面疏松锈层，然后采用加有缓蚀剂的酸清洗表面锈蚀产物，清除腐蚀产物的化学溶液为：500 mL盐酸（分析纯）、3.5 g六亚甲基四胺加蒸馏水制成溶液。酸洗后用清水冲洗，用无水乙醇浸泡，再用丙酮浸泡，取出后立即用热风吹干，放入干燥器内保存。放入干燥器中24 h后，对试样进行称重。

2 试验结果

2.1 周浸试验宏观形貌

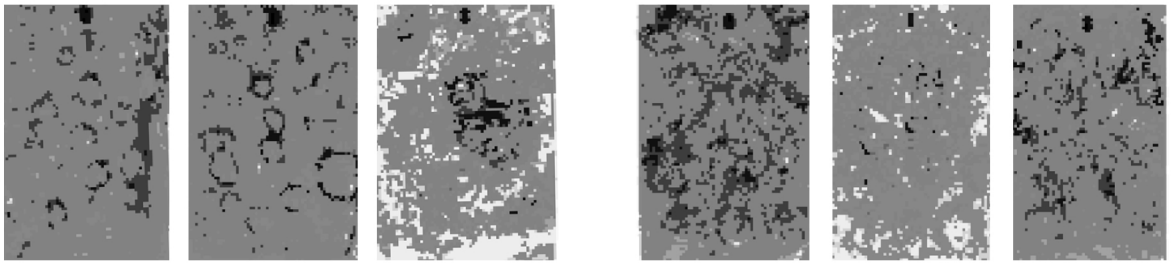
对包钢和某钢厂X70管线钢周浸试验后的宏观形貌进行观察和分析，分别取3个平行试样，宏观形貌见图1、图2。



（a）包钢X70管线钢试样　　（b）国内某钢厂X70管线钢试样

图1 包钢和某钢厂周浸试验5 d后宏观形貌

中国知网 https://www.cnki.net



（a）包钢X70管线钢试样　　（b）国内某钢厂X70管线钢试样

图 2　包钢和某钢厂周浸试验 10 d 后宏观形貌

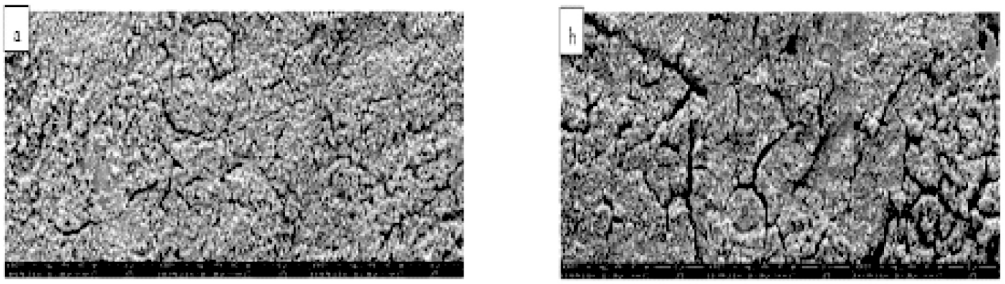
从包钢和某钢厂 X70 管线钢周浸试验后的宏观形貌可以看出，包钢 X70 进行 5 d 周浸试验后，基体表面生成一层黑色锈层，并在此黑色锈层表面、局部出现大块红色锈斑；而某钢厂 X70 进行 5 d 周浸试验后，表面生成一层均匀的红褐色锈层。随着试验的进行，包钢和某钢厂 X70 的外锈层面积逐渐变大，厚度增加，宏观形貌上并无明显差别。

2.2　周浸试验微观形貌及腐蚀产物成分分析

对周浸试验之后包钢和某钢厂的 X70 管线钢进行了扫描电子显微镜（SEM）的微观形貌观察和分析，分别观察除锈前和除锈后的腐蚀形貌。

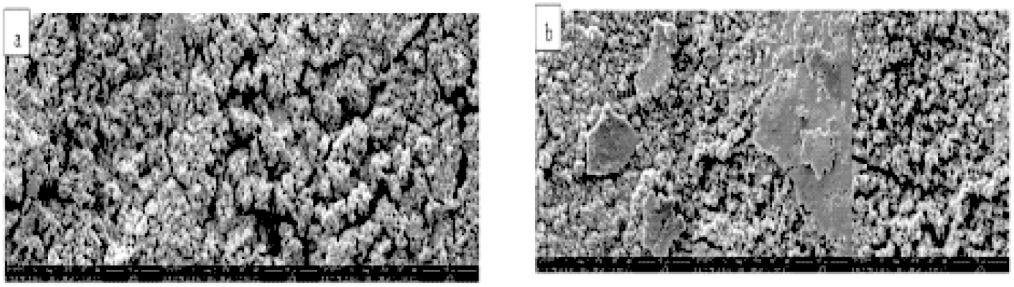
2.2.1　带腐蚀产物微观形貌

图 3 为 5 d 周期浸润试验后的带腐蚀产物的微观形貌，图 4 为 10 d 周期浸润试验后的带腐蚀产物的微观形貌。



（a）包钢X70管线钢试样　　（b）国内某钢厂X70管线钢试样

图 3　包钢和某钢厂周浸试验 5 d 后带锈微观形貌



（a）包钢X70管线钢试样　　（b）国内某钢厂X70管线钢试样

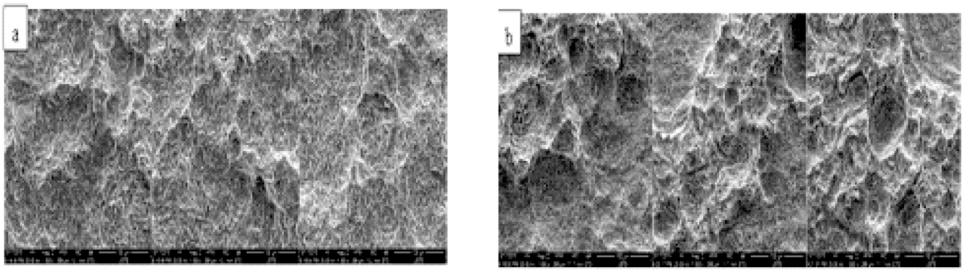
图 4　包钢和某钢厂周浸试验 10 d 后带锈微观形貌

中国知网　https://www.cnki.net

由X70管线钢周浸试验之后的带腐蚀产物的微观形貌可以看出：经过5 d周浸腐蚀试验之后，碳钢表面存在大量的腐蚀产物，腐蚀产物较为疏松，呈不规则形状分布，局部区域出现锈层裂纹，包钢锈层表面的腐蚀产物相对更少；经过10 d周浸腐蚀试验之后，X70管线钢的锈层裂纹减少，锈层厚度增加，包钢X70表面出现大块颗粒状的腐蚀产物，而某钢厂X70表面部分锈层连接成片。

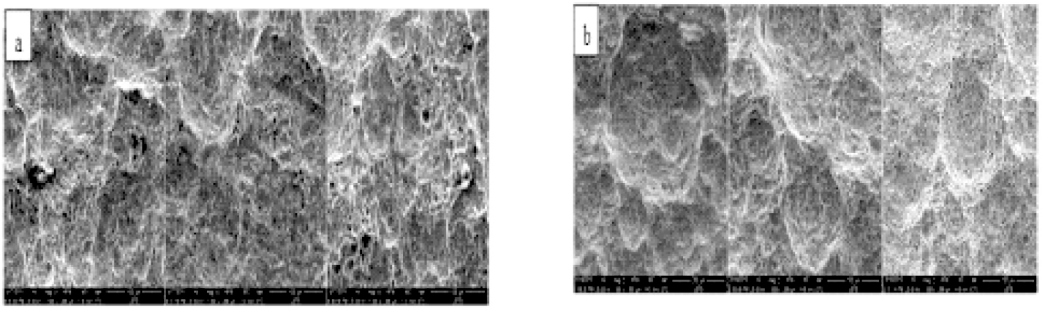
2.2.2 去腐蚀产物微观形貌

在对包钢和某钢厂X70管线钢进行周浸腐蚀试验后的带腐蚀产物微观形貌观察之后，进行了除锈后的扫描电子显微镜(SEM)的微观形貌观察和分析。微观形貌见图5、图6。



(a)包钢X70管线钢试样 (b)国内某钢厂X70管线钢试样

图5 包钢和某钢厂周浸试验5 d后去锈后微观形貌



(a)包钢X70管线钢试样 (b)国内某钢厂X70管线钢试样

图6 包钢和某钢厂周浸试验10 d后去锈后微观形貌

由去除腐蚀产物微观形貌可以看出，包钢和某钢厂X70管线钢表面均为全面腐蚀的特征，并呈现了局部的不均匀性。随着试验周期的延长，不均匀局部腐蚀在深度和宽度方向均有增大，但包钢相对于某钢厂的X70管线钢局部不均匀现象更为轻微。

2.2.3 周浸试验腐蚀速率

根据GB/T 16545—1996《金属和合金的腐蚀腐蚀试样上腐蚀产物的清除》[5]进行周浸试验后，带有腐蚀产物的X70管线钢样品进行除锈，然后吹干称重。再根据加速之前的称重以及样品表面积计算腐蚀速率并比较分析。

除锈后对X70管线钢腐蚀速率进行分析，由表2、3可以看出，包钢X70周浸试验5 d、10 d的腐蚀速率分别为2.537 698 g/(m^2·h)、1.716 567 g/(m^2·h)；某钢厂X70周浸试验5 d、10 d的腐蚀速率分别为2.649 008 g/(m^2·h)、1.974 901 g/(m^2·h)。包钢X70管线钢的腐蚀速率比同周期的某钢厂X70管线钢腐蚀速率小，更耐蚀，这与宏观和微观腐蚀形貌相一致。

中国知网 https://www.cnki.net

表 2　包钢 X70 周浸试验失重分析

时间/d	试验编号	原始重量 /g	除锈后重量 /g	失重 /g	腐蚀速率 /(g·m^{-2}·h^{-1})	平均腐蚀速率 /(g·m^{-2}·h^{-1})
5	12	8.782 167	8.359 867	0.422 3	2.513 69	2.537 698
	11	8.864 867	8.442 267	0.422 6	2.515 476	
	10	8.860 167	8.426 067	0.434 1	2.583 929	
10	9	8.820 500	8.247 700	0.572 8	1.704 762	1.716 567
	8	8.882 800	8.313 600	0.569 2	1.694 048	
	7	8.803 067	8.214 767	0.588 3	1.750 893	

表 3　某钢厂 X70 周浸试验失重分析

时间/d	试验编号	原始重量 /g	除锈后重量 /g	失重 /g	腐蚀速率 /(g·m^{-2}·h^{-1})	平均腐蚀速率 /(g·m^{-2}·h^{-1})
5	12	8.843 867	8.409 767	0.434 1	2.583 929	2.649 008
	11	8.882 067	8.428 667	0.453 4	2.698 810	
	10	8.784 700	8.337 100	0.447 6	2.664 286	
	9	8.818 300	8.168 300	0.650 0	1.934 524	1.974 901
10	8	8.712 633	8.040 533	0.672 1	2.000 298	
	7	8.801 933	8.133 333	0.668 6	1.989 881	
	2	8.860 733	7.672 533	1.188 2	1.768 155	
	1	8.844 433	7.654 833	1.189 6	1.770 238	

4　结论

(1) 实际大气环境暴露后，包钢 X70 管线钢表面相对比较致密平整，截面锈层较薄，局部腐蚀现象不明显，耐蚀性较好。

(2) 从周浸试验后 X70 的宏观形貌和微观形貌可以看出，包钢 X70 管线钢表面腐蚀产物较为致密，包钢 X70 周浸试验 5 d、10 d 的腐蚀速率分别为 2.537 698 g/(m^2·h)、1.716 567 g/(m^2·h)，包钢 X70 管线钢的腐蚀速率比同周期的某钢厂 X70 管线钢对比材料的腐蚀速率小。

参　考　文　献

[1] TB/T 2375—93，铁路用耐候钢周期浸润腐蚀试验方法[S].

[2] GB/T 19746—2005，金属和合金的腐蚀盐溶液周浸试验[S].

[3] GBT 16545—1996，金属和合金的腐蚀腐蚀试样上腐蚀产物的清除[S].

中国知网　https://www.cnki.net