Advances in Energy and Power Engineering 电力与能源进展, 2015, 3(5), 152-157
Published Online October 2015 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/aepe
http://dx.doi.org/10.12677/aepe.2015.35021

Hans汉斯

Study on the Corrosion Inhibition of an Imidazoline to Carbon Steel in the Desalting Water

Yupei Ning[1], Hao Fu[2], Yue Yang[1], Lin Tian[3], Yanfei Xu[1], Songwei Wang[1], Yu Zhang[1], Yuqing Li[1], Rui Wang[1], Xuejun Xie[1*]

[1]School of Power and Mechanical Engineering, Wuhan University, Wuhan Hubei
[2]Guodian Hanland Power Generation Co., Ltd., Hanchuan Hubei
[3]Cnooc Zhuhai Gas Power Generation Co., Ltd., Zhuhai Guangdong
Email: *xiexuejun@163.com

Received: Oct. 7th, 2015; accepted: Oct. 26th, 2015; published: Oct. 29th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

Abstract

The corrosion inhibition of an imidazoline with different concentration to carbon steel in the desalting water, which was open to atmospheric at 40˚C, was studied by weight-loss method and polarization curve method, and the inhibition mechanism of the imidazoline was preliminary studied. The research results show that the inhibition effect of the imidazoline to carbon steel in the desalting water increases with the increase of its concentration, when its concentration is 60 mg/L, the corrosion of carbon steel in the desalting water can be inhibited, and the imidazoline to carbon steel in the desalting water is an anode type inhibitor, which is adsorbed on the carbon steel surface to form a covering membrane to prevent corrosion.

Keywords

Weight-Loss Method, Polarization Curve Method, Desalting Water, Carbon Steel, Imidazoline, Inhibitor

一种咪唑啉对碳钢在除盐水中的缓蚀作用研究

宁玉佩[1]，符　浩[2]，阳　月[1]，田　林[3]，徐艳飞[1]，王松伟[1]，张　瑜[1]，李雨晴[1]，王　瑞[1]，谢学军[1*]

*通讯作者。

文章引用: 宁玉佩, 符浩, 阳月, 田林, 徐艳飞, 王松伟, 张瑜, 李雨晴, 王瑞, 谢学军 (2015) 一种咪唑啉对碳钢在除盐水中的缓蚀作用研究. *电力与能源进展*, **5**, 152-157. http://dx.doi.org/10.12677/aepe.2015.35021

[1]武汉大学动力与机械学院，湖北 武汉
[2]国电汉川发电有限公司，湖北 汉川
[3]中海油珠海天然气发电有限公司，广东 珠海
Email: *xiexuejun@163.com

收稿日期：2015年10月7日；录用日期：2015年10月26日；发布日期：2015年10月29日

摘 要

本文采用失重法和极化曲线法研究了碳钢在加不同浓度咪唑啉缓蚀剂的40℃除盐水中的的腐蚀、缓蚀情况，并初步探讨了该咪唑啉缓蚀剂的缓蚀机理。研究结果表明，在加入不同浓度咪唑啉的除盐水中，缓蚀剂对碳钢的缓蚀效果随咪唑啉浓度的增加而变好，当咪唑啉浓度达到60 mg/L时，碳钢在除盐水中的腐蚀内能被抑制住；该咪唑啉缓蚀剂在除盐水中对碳钢是阳极型缓蚀剂，通过吸附在碳钢表面形成覆盖膜防腐。

关键词

失重法，极化曲线法，除盐水，碳钢，咪唑啉，缓蚀剂

1. 引言

从原理上讲，防止金属腐蚀的方法，有合理选材、表面处理、环境介质处理和电化学保护。对于一般的碳钢-除盐水体系，密封性难以维持，且要求防腐蚀方法不污染除盐水水质，因此，选材、一般的表面处理、电化学保护不适于防止除盐水中碳钢的腐蚀，主要通过环境介质处理，如调节除盐水 pH 值来防腐，但防腐效果不佳[1]。因此本文开发研究缓蚀剂防腐。

咪唑啉是一类应用非常广泛的缓蚀剂，主要应用于酸洗、油田酸化等酸性介质中，应用于中性介质中对碳钢等材料防腐的很少，尤其是应用于除盐水中对碳钢防腐的几乎没有[2]-[8]。为此，我们研究开发了一种可应用于防止除盐水中碳钢腐蚀的咪唑啉类缓蚀剂。这种咪唑啉缓蚀剂在除盐水中对碳钢的缓蚀效率高，经济实用，对环境也友好。这里报道它在 40℃除盐水中对碳钢腐蚀的缓蚀情况，主要是报道它抑制除盐水中碳钢腐蚀的浓度作用规律和缓蚀作用类型。

2. 试验方法

本文采用失重法、极化曲线法研究碳钢在加不同浓度缓蚀剂的 40℃除盐水中的腐蚀与缓蚀情况。

2.1. 失重法

目前测定金属腐蚀的方法中，失重法是一种经典的方法，适用于实验室和现场试验，它既是测定金属腐蚀速度最可靠的方法之一，也是其他测定金属腐蚀速度方法的基础[9]。

失重法是通过向介质中添加缓蚀剂，比较其腐蚀速度的变化来确定缓蚀剂的缓蚀性能[10]。失重法可分为静态失重法和动态失重法，主要是根据金属在介质中是否移动来划分的，本文采用静态失重法。

试样材料为 20 号碳钢，用 0~6 砂纸逐级打磨，使其光滑平整。在最后一道砂纸打磨之前，用游标卡尺分别测量各试片长、宽、厚、孔径等尺寸，最后一道砂纸打磨完毕后，将试片依次在无水乙醇中擦洗两次后用滤纸吸干表面残留乙醇，再用滤纸包好试片置于干燥器中干燥至恒重后称重。然后将试片悬挂

在加入不同浓度咪唑啉的除盐水中，按照设定的试验时间和水浴温度进行试验。试验过程中观察试片表面腐蚀状况并记录。试验结束后将片取出，用除盐水将表面腐蚀产物清洗干净，依次用无水乙醇擦洗 2 次，用滤纸包好置于干燥器干燥至恒称重。通过腐蚀前后试片的质量差及试片的表面积，计算腐蚀速率、缓蚀效率。

2.2. 极化曲线法

极化曲线法也叫做塔菲尔(Tafel)线外推法，其原理是利用电化学测试技术，以自腐蚀电位为起点测量极化曲线，将测得的极化曲线的塔菲尔区外推相交于自腐蚀电位的水平线，所对应的电流密度即为金属的腐蚀电流，根据加入缓蚀剂前后腐蚀电流的变化计算缓蚀效率。

本文采用稳态动电位扫描技术进行极化曲线测定，仪器为 CS300 电化学工作站，测试软件为 Corrtest4，扫描速度为 2 mV/s。试验采用三电极体系，工作电极为 20 号碳钢，材料密度为 7.8 g/cm^3，材料化学当量为 28 g，辅助电极及参比电极均用光亮铂电极。将 250 ml 加入一定浓度咪唑啉的除盐水置于三电极电解池中，放在恒温水浴锅中升至设定温度，极化范围相对开路电位为−200~+200 mV。开路电位设为稳定后的自腐蚀电位。文中电位均相对于铂电极。测试完毕后用 CView2 软件处理数据。

3. 试验结果与讨论

3.1. 碳钢在加入不同浓度咪唑啉缓蚀剂的除盐水中的腐蚀与耐蚀性

表 1、图 1 是静态挂片法得到的碳钢在加入不同浓度咪唑啉缓蚀剂的 40℃除盐水中的腐蚀与耐蚀情况。

由表 1 和图 1 可知，碳钢在加入不同浓度咪唑啉的除盐水中，随着咪唑啉浓度的增加，其对碳钢的缓蚀效果越来越好，咪唑啉浓度达到 60 mg/L 时，碳钢在除盐水中的腐蚀能被抑制住。原因是咪唑啉通

Table 1. The corrosion status of carbon steel 20# in the desalting water at 40˚C with different imidazoline content
表 1. 碳钢在加入不同浓度咪唑啉的 40℃除盐水中的腐蚀与耐蚀情况

咪唑啉浓度 (mg/L)	表面积(m^2)	失重(g)	腐蚀速率 (g·m^{-2}·h^{-1})	平均腐蚀速率 (g·m^{-2}·h^{-1})	缓蚀效率(%)	试验现象
空白 (24 h)	0.001061	0.0047	0.1846	0.1984	/	全部腐蚀，黄色产物
	0.001040	0.0053	0.2123			全部腐蚀，黄色产物
5(24 h)	0.001229	0.0047	0.1593	0.1475	25.66	全部腐蚀，黄色产物
	0.001228	0.0040	0.1357			全部腐蚀，黄色产物
10(24 h)	0.002267	0.0035	0.1189	0.1203	39.37	大面积腐蚀，黄色产物
	0.001061	0.0031	0.1217			大面积腐蚀，黄色产物
20(24 h)	0.001222	0.0027	0.09207	0.08752	55.89	部分腐蚀，黄色产物
	0.001055	0.0021	0.08297			部分腐蚀，黄色产物
30(24 h)	0.001180	0.0021	0.07412	0.07098	64.23	部分腐蚀，黄色产物
	0.001225	0.0020	0.06783			部分腐蚀，黄色产物
40(24 h)	0.001225	0.0002	0.006804	0.006990	96.48	挂孔有腐蚀，片身两点腐蚀
	0.001161	0.0002	0.007175			挂孔有腐蚀，片身两点腐蚀
50(24 h)	0.001189	0.0001	0.003504	0.001752	99.11	挂孔腐蚀
	0.001194	0.0000	0.0000			片身一点腐蚀
60(96 h)	0.001139	0.0000	0.0000	0	100.00	没腐蚀
	0.001186	0.0000	0.0000			没腐蚀

过吸附在在碳钢表面形成覆盖层防腐蚀，缓蚀剂浓度越高，其覆盖层越好，缓蚀效果当然越好。

3.2. 加合适浓度缓蚀剂咪唑啉防止碳钢在除盐水中腐蚀的较长时间缓蚀效果

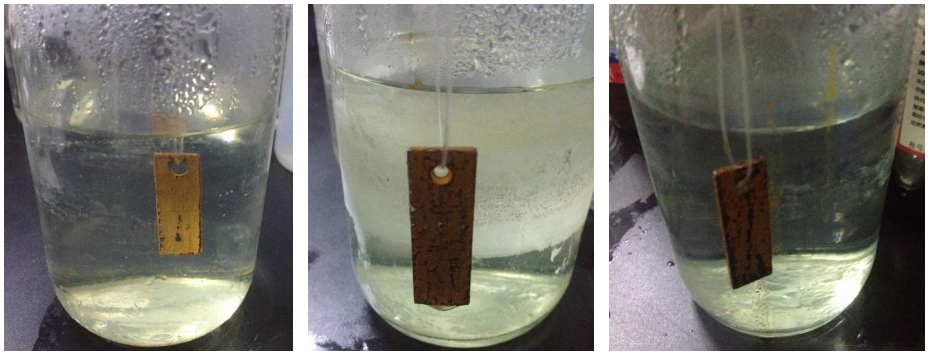
图 1(h)是挂片法得到的碳钢在加合适浓度缓蚀剂咪唑啉的除盐水中的长期耐蚀效果。由图 1(h)可知，碳钢在加入 60 mg/L 咪唑啉的除盐水中，时间长达 96 h 也没有腐蚀，为防止碳钢在除盐水中的腐蚀，加入咪唑啉 60 mg/L 的防腐效果更好。

3.3. 咪唑啉对碳钢在除盐水中腐蚀的缓蚀机理

表 2 是碳钢在加入不同浓度咪唑啉缓蚀剂的除盐水中的稳定自腐蚀电位，图 2(a)、图 2(b)是碳钢在加入不同浓度咪唑啉缓蚀剂的除盐水中的极化曲线。

由表 2、图 2(a)可知，随着咪唑啉浓度的增加，自腐蚀电位升高；由图 2(b)可知，在相同阳极极化电位下，加入缓蚀剂后的阳极极化曲线均在空白极化曲线的左方，即加入缓蚀剂后的阳极极化电流小于空白阳极极化电流.且随着咪唑啉浓度的增加，阳极极化电流越来越小，而阴极电流在加入缓蚀剂咪唑啉前后变化不大，说明该咪唑啉在除盐水中对碳钢是阳极型缓蚀剂。

咪唑啉缓蚀剂从性能上可分为阳极型、阴极型和混合性缓蚀剂，从生成的保护膜可分成钝化膜型、吸附膜型和沉淀膜型缓蚀剂，阳极型缓蚀剂通过吸附作用在碳钢表面形成覆盖层防腐蚀[11] [12]。



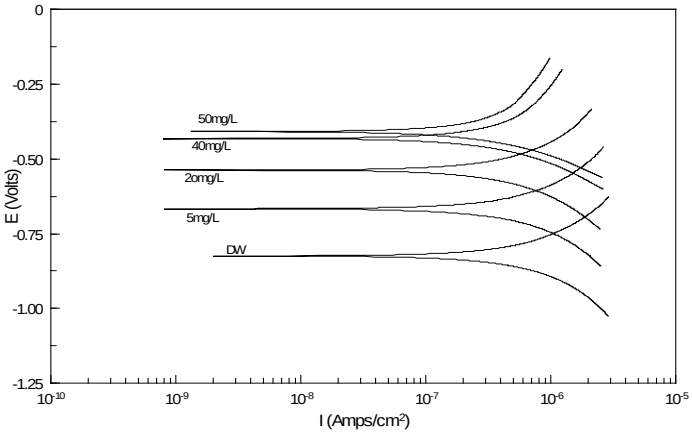
(a) 空白 (24 h) (b) 5 mg/L (24 h) (c) 10 mg/L (24 h)

(d) 20 mg/L (24 h) (e) 30 mg/L (24 h) (f) 40 mg/L (24 h) (g) 50 mg/L (24 h) (h) 60 mg/L (96 h)

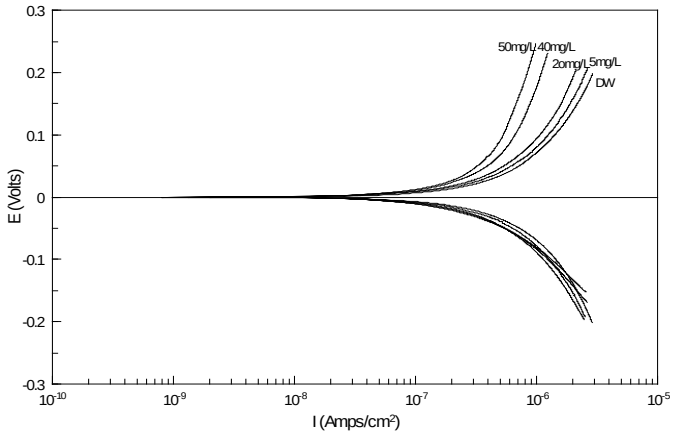
Figure 1. Photos of the corrosion status of carbon steel 20# in the desalting water at 40˚C with different imidazoline content
图 1. 碳钢在加入不同浓度咪唑啉的 40˚C除盐水中腐蚀与耐蚀情况(照片)

Table 2. The sable self corrosion potential of carbon steel 20# in the desalting water with different imidazoline content
表 2. 碳钢在加入不同浓度咪唑啉缓蚀剂的除盐水中的稳定自腐蚀电位

缓蚀剂浓度(mg/L)	空白	5	20	40	50
自腐蚀电位(V)	−0.73544	−0.65843	−0.5289	−0.45196	−0.36048



(a)



(b)

Figure 2. The polarization curves of carbon steel 20# in the desalting water with different imidazoline content (a) The original polarization curves of carbon steel 20# in the desalting water with different imidazoline content; (b) The polarization curves with the initial polarization potential to zero of carbon steel 20# in the desalting water with different imidazoline content after

图 2. 碳钢在加入不同浓度咪唑啉的除盐水中的极化曲线 (a) 碳钢在加入不同浓度咪唑啉除盐水中的原始极化曲线；(b) 碳钢在加入不同浓度咪唑啉的除盐水中的起始极化电位归零极化曲线

4. 结论

1) 碳钢在加入不同浓度咪唑啉的除盐水中，随着咪唑啉浓度的增加，其对碳钢的缓蚀效果越来越好，当咪唑啉浓度达到 60 mg/L 时，碳钢在除盐水中的腐蚀能被抑制住。

2) 该咪唑啉在除盐水中对碳钢是阳极型缓蚀剂，通过吸附在碳钢表面形成覆盖膜防腐。

参考文献 (References)

[1] 谢学军，龚洵洁，许崇武，彭珂如 (2012) 热力设备的腐蚀与防护. 中国电力出版社，北京.

[2] 刘燕，闫红亮 (2015) 油酸咪唑啉季铵盐的复配缓蚀性能研究. *化学与生物工程*, **2**, 60-62.

[3] 王永垒，李海云，方红霞 (2014) 油酸咪唑啉类缓蚀剂对不锈钢的缓蚀性能研究. *应用化工*, **12**, 2174-2176.

[4] 王家祥，王永鹤，胡金玉，田征 (2015) 盐类浓度对松香咪唑啉乙脒盐缓蚀率的影响. *化学工程师*, **7**, 70-73.

[5] 石顺存, 黄康利, 潘蕾, 等 (2015) 酰胺咪唑啉季铵盐合成及其缓蚀性能. *石油学报*(*石油加工*), **4**, 912-919 .

[6] 刘洁, 刘峥, 陈世亮 (2012) 石油生产中腐蚀的原因及缓蚀剂的应用. *腐蚀与防护*, **33**, 657-663.

[7] 马涛, 张贵才, 葛际江, 等 (2008) 不同腐蚀介质中改性咪唑啉的缓蚀性能. *西南石油大学学报*: *自然科学版*, **30**, 137-139.

[8] 张军, 李中谱, 赵卫民, 等 (2008) 咪唑啉缓蚀剂缓蚀性能的理论研究. *石油学报*: *石油加工*, **24**, 598-604.

[9] 魏宝明, 编 (2008) 金属腐蚀理论及应用.化学工业出版社, 北京.

[10] 刘丽娟, 刘继宁, 赵希林, 等 (2015) 缓蚀剂性能评价及机理研究方法进展. *山东化工*, **4**, 33-35.

[11] 王业飞, 由庆, 赵福麟 (2006) 一种新型咪唑啉复配缓蚀剂对 A_3 钢在饱和 CO_2 盐水溶液中的缓蚀性能. *石油学报*: *石油加工*, **22**, 74-78.

[12] 邸静, 马洁, 初一鸣, 等 (1997) 用电化学法研究咪唑啉类缓蚀剂对碳钢的缓蚀性能. *首都师范大学学报*: *自然科学版*, **3**, 59-63.