

硫酸溶液中[双(4-甲氧基苯基)]二硫代磷酸二乙铵对碳钢的缓蚀性能研究

赖川^{1,2}

(1. 四川文理学院化学化工学院, 四川 达州 635000; 2. 材料腐蚀与防护四川省重点实验室, 四川 自贡 643000)

摘要:合成了[双(4-甲氧基苯基)]二硫代磷酸二乙铵(DEDP),然后采用电化学法与失重法研究了 DEDP 作为新型缓蚀剂于硫酸溶液中对碳钢的缓蚀性能。研究表明:DEDP 是一种抑制阳极反应为主的混合型缓蚀剂,在碳钢表面的吸附符合 Langmuir 吸附等温式,吸附自由能为 $-34.00 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$,其吸附为自发进行的物理和化学吸附;同时,考察缓蚀性能的各影响因素发现,随 DEDP 浓度增加缓蚀率升高,相反随腐蚀体系温度升高、硫酸浓度增大和缓蚀液存储时间延长缓蚀率均下降;300 K 条件下 $1.0 \text{ M H}_2\text{SO}_4$ 溶液中 DEDP 浓度 $160 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时缓蚀率高于 94%。

关键词:二硫代磷酸盐;硫酸;缓蚀剂;碳钢;缓蚀性能

中图分类号:TG17

文献标志码:A

引言

金属材料是现代生活中使用最广泛的工程材料,被广泛地应用于各领域,在它们广泛应用的同时其腐蚀问题也严重影响着国民经济各领域的发展^[1-2]。众所周知,金属材料腐蚀不仅给人类社会带来巨大经济损失,还会造成灾难性事故,也会浪费宝贵资源和能源、造成环境污染,同时还将阻碍国民经济和高科技正常发展和威胁国防安全^[3-4]。使用缓蚀剂进行防腐蚀是目前最有效和最直接的方法之一,该方法因具有操作工艺简便、高效、成本低廉、适用性强、可不改变金属构件性质和无需特殊附加设备等突出优点所以被广泛应用于金属酸洗防腐^[5-6]。

尽管现在所报道的缓蚀剂种类繁多、数量庞大,但不同类型的缓蚀剂仍各自存在如缓蚀效果差、刺激性气味、热稳定性差、有一定毒性、制备成本高和水溶性差

等不同缺点^[7-8]。因此,开发新型缓蚀剂有着重大的理论意义和不可估量的现实意义。近年,已报道过不同二取代烷基二硫代磷酸二乙铵作为新型酸洗缓蚀剂,但所报道的缓蚀剂取代基均为苯基、环己基、苯甲基和苯乙基等烃基^[9-11],而关于含杂原子的基团作为取代基所得缓蚀剂却至今未见报道。基于此,本文将合成含杂原子(O 原子)取代基的[双(4-甲氧基苯基)]二硫代磷酸二乙铵作为新型缓蚀剂,然后通过失重法和电化学法初次评价该化合物在 H_2SO_4 溶液中对碳钢的缓蚀性能。

1 试验部分

1.1 试剂与仪器

试剂:五硫化二磷(P_2S_5)、4-甲氧基苯酚(对甲氧基苯酚, CH_3OPhOH)、二乙胺(NHEt_2)、甲苯(PhCH_3)、丙酮(CH_3COCH_3)、石油醚($90 \sim 120 \text{ }^\circ\text{C}$)、氢氧化钠(NaOH)、

收稿日期:2015-09-29

基金项目:材料腐蚀与防护四川省重点实验室项目(2015CL09);绿色催化四川省高校重点实验室项目(LYJ1503)

作者简介:赖川(1986-),男,四川北川人,讲师,博士,主要从事金属材料腐蚀与防腐、多孔材料等方面的研究,(E-mail)laichuanemail@163.com

浓硫酸(H_2SO_4 , 98%), 所用试剂均为分析纯且未作进一步处理。

仪器: X-4 数字显示显微熔点仪(北京泰克仪器有限公司), Carlo erba 1106 元素分析仪(意大利 CARLO ERBA 公司), Nicolet 6700 傅立叶变换红外光谱仪(美国 THERMO 公司, KBr 压片), CHI440A 电化学工作站(上海辰华仪器有限公司), SHB-IV 双 A 循环水式多用真空泵(郑州长城科工贸有限公司), HJ-8 系列磁力搅拌器(郑州长城科工贸有限公司)。

1.2 缓蚀剂合成

依据文献[8, 10-11]报道的合成原理, 经多步优化与改进后合成[双(4-甲氧基苯基)]二硫代磷酸二乙胺(DEDP)。具体合成过程: 准确称取 11.2 g 五硫化二磷(约 0.05 mol) 和 24.8 g 对甲氧基苯酚(约 0.2 mol, 4-甲氧基苯酚) 后分批加入 250 mL 三口烧瓶, 同时以 120 mL 甲苯作溶剂。搅拌, 加热升温, 用恒温水浴锅控制整个反应体系温度不超过 80 °C, 直至整个反应体系中固体原料完全消失至澄清, 保持此温度继续反应 3 h 即可停止, 反应过程所产生 H_2S 尾气用浓氢氧化钠溶液吸收。第一步反应结束后, 将反应体系自然冷却至室温, 然后活性炭脱色, 减压抽滤。将抽滤后滤液转移至 500 mL 烧杯中并再加 50 mL 甲苯作溶剂, 然后在冰水浴条件下搅拌并缓慢滴加 11 mL 二乙胺(约 0.1 mol), 立即可见大量白色沉淀生成, 静置过夜。将第二步反应所得白色沉淀减压抽滤, 用甲苯 3 次抽洗, 然后将固体产物用 1:1 的丙酮:石油醚(90~120 °C) 重结晶, 最终得白色晶体 DEDP 37.6 g, 产率 90.6%, 熔点 164~165 °C。

1.3 试片与电极

实验试片: 选择市售 Q235 钢加工成规格为 40.0 mm × 25.0 mm × 2.0 mm 的规则小片作为实验碳钢试片, 试片一端开孔。实验前准确测量试片尺寸并计算表面积, 然后将分别用 100[#]、360[#]、600[#]、800[#]、1000[#] 和 1200[#] 金相砂纸逐级打磨, 使其表面光洁度一致, 最后用蒸馏水冲洗, 丙酮除油, 再用无水乙醇洗后冷风吹干, 滤纸包好置于干燥器中备用。每次失重法测试前用电子天平准确称量试片质量。

工作电极: 选择市售圆柱状 Q235 钢, 用环氧树脂封装作为碳钢工作电极, 其工作面积为 0.785 cm², 电化学

测试前将其用金相砂纸逐级(360[#], 600[#], 800[#], 1000[#], 1200[#], 1500[#]) 打磨, 去离子水冲洗, 丙酮清洗, 吹干待用; 参比电极为饱和甘汞电极(SCE); 辅助电极为石墨电极。

1.4 缓蚀性能评价

采用电化学法对 DEDP 的缓蚀剂类型和缓蚀性能进行评价时, 选用 CHI440A 电化学工作站进行测试, 动电位极化曲线(Tafel) 测试过程中扫描速度设置为 0.5 mV · s⁻¹, 极化范围选择 $E \pm 250$ mV。测试所得 DEDP 缓蚀率(IE%):

$$IE\% = (I - I_0)/I \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中, I 为空白 H_2SO_4 腐蚀溶液中碳钢的腐蚀电流密度, $\mu\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}$; I_0 为添加有 DEDP 后的 H_2SO_4 腐蚀液中碳钢的腐蚀电流密度, $\mu\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。

用失重法对缓蚀剂 DEDP 在 H_2SO_4 溶液中对碳钢的缓蚀性能和表面吸附规律进行研究, 同时考察腐蚀体系温度、 H_2SO_4 浓度和缓蚀液存储时间对缓蚀效率的影响。

$$v = (w_0 - w_1)/(St) \quad (2)$$

$$IE\% = (v_0 - v_1)/v_0 \times 100\% \quad (3)$$

式(2)和式(3)中, v 为碳钢试片的腐蚀速率, $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$; w_0 为失重前碳钢试片的质量, mg; w_1 为失重后碳钢试片的质量, mg; S 为碳钢试片的面积, cm²; t 为碳钢试片的腐蚀时间, h; v_0 为 H_2SO_4 空白腐蚀溶液中碳钢试片的腐蚀速率, $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$; v_1 为添加有 DEDP 后的 H_2SO_4 腐蚀溶液中碳钢试片的腐蚀速率, $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

2 试验结果与讨论

2.1 缓蚀剂表征

DEDP($\text{C}_{18}\text{H}_{26}\text{NO}_4\text{PS}_2$, $M_{\text{DEDP}} = 415$) 元素分析: Calcd. (%) C 52.05, H 6.27, N 3.37; Found (%) C 52.02, H 6.30, N 3.38。从元素分析结果可知, DEDP 分子中 C、H 和 N 三元素的理论计算值含量(Calcd.) 与实验值(Found) 相差较小。此结果说明所合成的缓蚀剂与 DEDP 具有基本相同的化学组份。

DEDP 红外吸收光谱分析(KBr 压片) 如图 1 所示。图 1 中 3436.4 cm⁻¹ 处中强峰为 N-H 伸缩振动吸收峰, 相应 1590.8 cm⁻¹ 处弱吸收峰归属于 N-H 弯曲振动弱

吸收峰, 1606.7 cm^{-1} 和 1503.4 cm^{-1} 处吸收峰归属于苯环的骨架振动, 而 834.2 cm^{-1} 处出现的吸收峰为对位取代苯环的特征吸收峰, 2977.7 cm^{-1} 处出现的吸收峰为 $-\text{CH}_3$ 不对称伸缩振动, 2834.4 cm^{-1} 为 $-\text{CH}_3$ 对称伸缩振动吸收峰, 1464.9 cm^{-1} 归属于 $-\text{CH}_2-$ 的变形振动和 $-\text{CH}_3$ 的反对称变形振动, 1389.0 cm^{-1} 归属于 $-\text{CH}_3$ 的对称变形振动, 1210.2 cm^{-1} 和 1191.7 cm^{-1} 处强吸收双峰归属于与 N 原子相连的两个 $-\text{CH}_2-$ 在振动偶合效应下裂分所形成的双峰; 724.0 cm^{-1} 和 888.9 cm^{-1} 处分别为 $\text{P}-(\text{O})_2$ 对称和不对称伸缩振动特征吸收峰; 563.7 cm^{-1} 处出现的吸收峰为 $\text{P}-\text{S}$ 键伸缩振动吸收峰。红外光谱测试结果解析显示所得缓蚀剂与理论上 DEDP 分子结构中各基团的吸收吻合。由红外光谱和元素分析结果共同推断所合成的缓蚀剂即为目标缓蚀剂 DEDP。

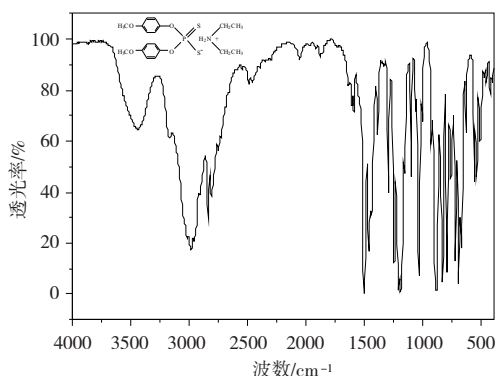


图 1 缓蚀剂 DEDP 的红外吸收光谱图

2.2 缓蚀剂浓度对缓蚀性影响

2.2.1 电化学法

300 K 条件下 $1.0\text{ M H}_2\text{SO}_4$ 溶液中 DEDP 浓度不同时, 采用电化学法研究其缓蚀性所得的电化学参数和缓蚀率见表 1, 动电位极化曲线如图 2 所示。由表 1 可知, 300 K 条件下, 与 $1.0\text{ M H}_2\text{SO}_4$ 空白溶液 (未添加 DEDP) 相比, 碳钢电极在添加有 DEDP 的 $1.0\text{ M H}_2\text{SO}_4$ 溶液中发生腐蚀反应腐蚀电流密度 (I_{corr}) 显著减小。同时基于式 (1) 计算所得缓蚀率随 DEDP 浓度升高而增大, 这是由于 DEDP 分子在碳钢表面吸附成膜阻碍 H_2SO_4 溶液中 H^+ 进攻 Fe, 而对碳钢与酸的腐蚀反应起到有效抑制作用。300 K 条件下 $1.0\text{ M H}_2\text{SO}_4$ 溶液中 DEDP 浓度为 $160\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时缓蚀率高达 96.29%, 这说明 DEDP 是一种缓蚀性能优异的新型酸洗缓蚀剂。

表 1 不同浓度缓蚀剂时相应电化学参数和缓蚀率

$C / (\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$E_{\text{corr}} / \text{V}$	$I_{\text{corr}} / (\mu\text{A}\cdot\text{cm}^{-2})$	$IE / \%$
0	-0.474	750.83	-
80	-0.469	73.48	90.21
120	-0.465	45.30	93.97
160	-0.456	27.82	96.29

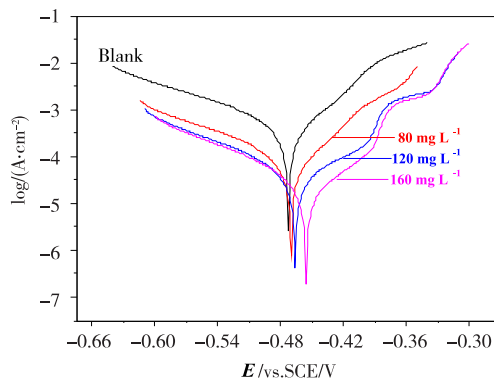


图 2 不同浓度缓蚀剂时碳钢的极化曲线

另外, 由表 1 可知随 DEDP 在 H_2SO_4 溶液中浓度增加相应腐蚀电位 (E_{corr}) 呈正移趋势 (图 2), 说明碳钢在添加有缓蚀剂的 H_2SO_4 溶液中发生腐蚀反应其腐蚀趋势较空白 H_2SO_4 溶液中减弱, 同时也表明所合成的缓蚀剂 DEDP 在 H_2SO_4 溶液中为抑制阳极反应为主的混合型缓蚀剂^[2,6,12]。

2.2.2 失重法

300 K 条件下 $1.0\text{ M H}_2\text{SO}_4$ 溶液中 DEDP 浓度不同时失重法研究腐蚀速率, 结果如图 3 所示。由图 3 可知, 碳钢在 $1.0\text{ M H}_2\text{SO}_4$ 溶液中发生腐蚀反应腐蚀速率随 DEDP 浓度增加逐渐降低, 相应缓蚀率相应升高。300 K 条件下 $1.0\text{ M H}_2\text{SO}_4$ 溶液中 DEDP 浓度 $160\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, 腐蚀速率和缓蚀率分别为 $0.1116\text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ 和 94.27%。此结论印证了电化学测试结果, 同时更进一步确证了 DEDP 对碳钢在 H_2SO_4 溶液中的腐蚀行为表现为较强抑制作用和优良的缓蚀性能。

同时, 为了研究缓蚀剂 DEDP 在碳钢表面的吸附行为, 分别以 Langmuir、Temkin、Freundlich 吸附等温式对失重法所得实验数据 (图 3) 进行拟合, 其中 Langmuir 吸附等温式:

$$C/\theta = 1/K + C \quad (4)$$

式 (4) 中, C 为缓蚀剂 DEDP 浓度, $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; θ 为表面覆盖率 (数值上与缓蚀率近似相等); K 为以质量浓度表示

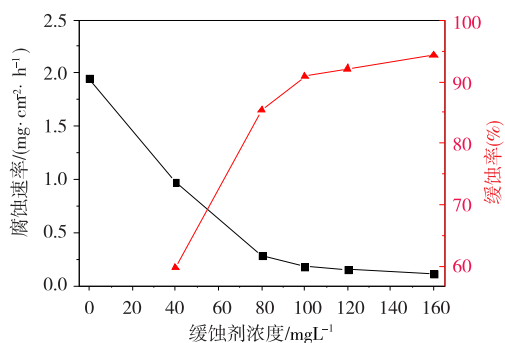


图3 不同浓度缓蚀剂时碳钢腐蚀速率与相应缓蚀率的吸附与脱附之间平衡常数, $(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})^{-1}$ 。

依据 Langmuir 吸附等温式,用 $C/\theta - C$ 作图并进行线性拟合,拟合结果如图 4 所示。由图 4 可知, $C/\theta - C$ 表现出良好线性关系 ($R = 0.99488$),说明该缓蚀剂在碳钢表面的吸附符合 Langmuir 等温式模型^[1,9,11]。

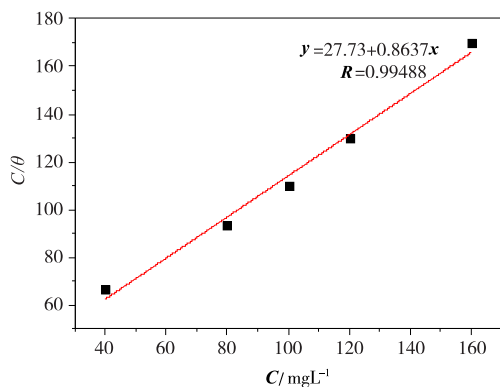


图4 缓蚀剂的 C/θ 与 C 关系图

另外,DEDP 在碳钢表面的吸附自由能 (ΔG_a^0):

$$\Delta G_a^0 = -RT(55.5K) \quad (5)$$

式中, R 为气体常数, $8.314 \text{ J} \cdot (\text{K} \cdot \text{mol})^{-1}$; T 热力学温度, K ; K 为以摩尔浓度表示的吸附与脱附之间平衡常数, $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^{-1}$ 。

基于式(4)和式(5)并结合图4拟合结果可知, $K' = M_{\text{DEDP}} \times K \times 10^3 = 415/27.73 \times 10^3 = 1.497 \times 10^4 (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^{-1}$ 。通常情况下 ΔG_a^0 为 $-20 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 时,其吸附为带电荷的分子和带电荷的金属之间的静电作用,通常归属于物理吸附;而当 ΔG_a^0 为 $-40 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 或者更负时,吸附为带电荷的分子通过与金属共用电子成键,即化学吸附。将计算所得 K 值代入式(5)得到 $\Delta G_a^0 = 34.00 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 即 $-40 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} < \Delta G_a^0 < -20 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 此结果表明 DEDP 在碳钢表面上的吸附属于自发进行的物理和化学

吸附^[1,3,7,13-14]。

2.3 腐蚀体系温度对缓蚀性影响

1.0 M H_2SO_4 溶液中 DEDP 浓度为 $160 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,失重法研究腐蚀体系温度与缓蚀率关系,结果如图 5 所示。由图 5 可知,腐蚀体系温度对缓蚀率影响非常大,随腐蚀体系温度升高,DEDP 对碳钢的缓蚀率明显降低,温度从 300 K 上升至 343 K,缓蚀率将从 94.27% 下降至 50.07%。这说明 DEDP 并不适合在较高温度下使用,较高温度下 DEDP 对碳钢缓蚀效果明显减弱是由于温度升高将导致 H_2SO_4 对碳钢腐蚀加剧,同时缓蚀剂 DEDP 在碳钢表面吸附作用减弱而脱附作用明显。

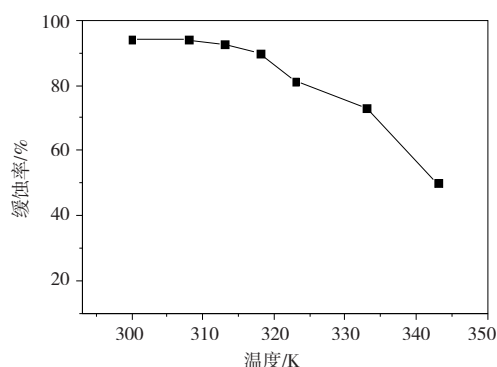


图5 腐蚀体系温度与缓蚀率关系

2.4 硫酸浓度对缓蚀性影响

300 K 条件下缓蚀剂浓度为 $160 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,失重法研究 H_2SO_4 浓度与缓蚀率关系,结果如图 6 所示。由图 6 可知,缓蚀率随 H_2SO_4 浓度增大而降低,当 H_2SO_4 浓度为 0.5 M、1.0 M 和 2.0 M 时,缓蚀率分别为 96.45%、94.27% 和 92.78%。由此可知,缓蚀率随 H_2SO_4 浓度增大而降低,这主要是由于随酸浓度增加溶液中 H^+ 浓度增大,从而加剧与 Fe 原子反应,并伴随大量 H_2 气泡产生,这些气泡也将直接阻碍 DEDP 分子在碳钢表面吸附成膜,从而导致缓蚀效果有所减弱。

2.5 缓蚀剂时效应

图 7 为失重法研究 300 K 条件下 1.0 M H_2SO_4 溶液中 DEDP 浓度为 $160 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时缓蚀剂的时效应关系图。由图 7 可知,随时间推移, H_2SO_4 溶液中 DEDP 对碳钢的缓蚀效果呈现减弱趋势,即随存储时间延长,缓蚀剂有逐渐失效的趋势。120 h 后,DEDP 对碳钢的缓蚀率仍高达 91.32%,说明该缓蚀剂在较长时间范围内同样具有较好缓蚀性能。

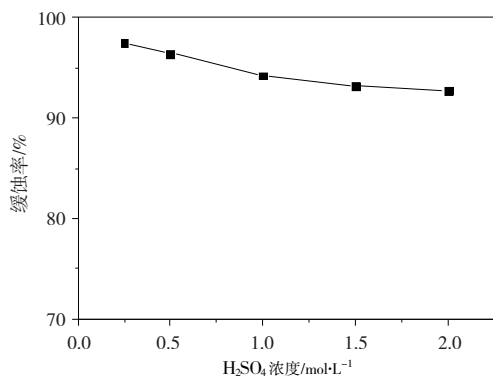
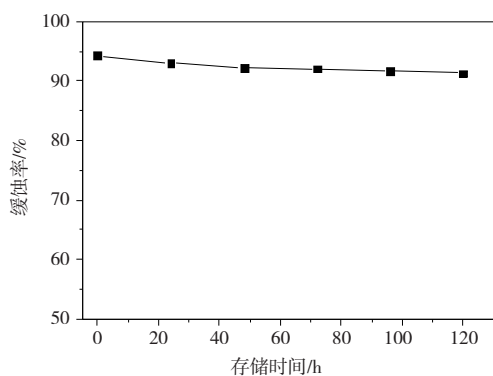
图6 H₂SO₄ 浓度与缓蚀率关系

图7 缓蚀剂的时效关系图

3 结论

(1) [双(4-甲氧基苯基)]二硫代磷酸二乙铵在H₂SO₄溶液中对碳钢表现出优异的缓蚀性能,其缓蚀率随缓蚀剂浓度增加而升高,随腐蚀体系温度升高、H₂SO₄浓度增大和缓蚀液存储时间延长而分别呈下降趋势。

(2) [双(4-甲氧基苯基)]二硫代磷酸二乙铵在H₂SO₄溶液中于碳钢表的吸附符合Langmuir吸附等温式,属自发进行的物理和化学吸附。

(3) [双(4-甲氧基苯基)]二硫代磷酸二乙铵在H₂SO₄溶液中表现为一种抑制阳极反应为主的混合型缓蚀剂。

参考文献:

[1] Mourya P, Singh P, Tewari A K, et al. Relationship between structure and inhibition behavior of quinolinium salts for mild steel corrosion: Experimental and theoretical approach[J]. Corros. Sci., 2015, 95: 71-87.

- [2] Chauhan L R, Gunasekaran G. Corrosion inhibition of mild steel by plant extract in dilute HCl medium[J]. Corros. Sci., 2007, 49: 1143-1161.
- [3] Zheng X. W, Zhang S T, Li W P, et al. Investigation of 1-butyl-3-methyl-1H-benzimidazolium iodide as inhibitor for mild steel in sulfuric acid solution[J]. Corros. Sci., 2014, 80: 383-392.
- [4] Shymala M, Kasthuri P K. The inhibitory action of the extracts of *Adathoda vasica*, *Eclipta alba*, and *Centella asiatica* on the corrosion of mild steel in hydrochloric acid medium: A comparative study[J]. Int. J. Corros., 2012(10): 1-13.
- [5] Daoud D, Douadi T, Issaadi S, et al. Adsorption and corrosion inhibition of new synthesized thiophene Schiff base on mild steel X52 in HCl and H₂SO₄ solutions[J]. Corros. Sci., 2014, 79: 50-58.
- [6] Mallaiya K, Subramaniam R, Srikanth S S, et al. Electrochemical characterization of the protective film formed by the unsymmetrical Schiff's base on the mild steel surface in acid media[J]. Electrochim. Acta, 2011, 56: 3857-3863.
- [7] Ansari K R, Quraishi M A, Singh A. Isatin derivatives as a non-toxic corrosion inhibitor for mild steel in 20% H₂SO₄[J]. Corros. Sci., 2015, 95: 62-70.
- [8] 谢斌, 赖川, 邹立科, 等. 一种新型酸洗缓蚀剂及其在制备金属酸洗剂中的应用: 201010166782.8, 2010[P]. 2014-04-25.
- [9] 谢斌, 赖川, 邹立科, 等. O,O'-二(苯基)二硫代磷酸-N,N-二乙铵的合成及缓蚀性能评价[J]. 材料保护, 2011, 44(12): 63-66.
- [10] 谢斌, 赖川, 邹立科, 等. 硫酸介质中EDBDP对Q235钢的缓蚀性能研究[J]. 腐蚀与防护, 2011, 32(3): 166-169.
- [11] 谢斌, 赖川, 邹立科, 等. O,O'-二(环己基)二硫代磷酸-N,N-二乙铵对Q235钢在硫酸溶液中的缓蚀性能研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2011, 31(3): 225-230.
- [12] Solmaz R. Investigation of corrosion inhibition mecha-

- nism and stability of Vitamin B1 on mild steel in 0.5 M HCl solution[J].Corros.Sci.,2014,81:75-84.
- [13] Shivakumar S S,Mohana K N.Ziziphusmauritiana leaves extracts as corrosion inhibitor for mild steel in H₂SO₄ and HCl solutions[J].Eur.J.Chem.,2012(3):426-432.
- [14] Hegazy M A,Abdallah M,Awad M K,et al.Three novel di-quaternary ammonium salts as corrosion inhibitors for API X65 steel pipeline in acidic solution,Part I: Experimental results[J].Corros.Sci.,2014,81:54-64.

Study on Corrosion Inhibition of Diethylammonium Di(4-methoxyphenyl) Dithiophosphate for Carbon Steel in Sulfuric Acid Solution

LAI Chuan^{1,2}

- (1. School of Chemistry and Chemical Engineering, Sichuan University of Arts and Science, Dazhou 635000, China;
2. Material Corrosion and Protection Key Laboratory of Sichuan Province, Zigong 643000, China)

Abstract: Diethylammonium di(4-methoxyphenyl) dithiophosphate (DEDP) was synthesized as a new corrosion inhibitor. The corrosion inhibition of DEDP for carbon steel in sulfuric acid solution was evaluated by using weight loss method and electrochemistry method. The result shows that DEDP is a mixed type inhibitor which mainly suppressed the anodic reaction. Meanwhile, the adsorption of the inhibitor on carbon steel surface obeys Langmuir adsorption isotherm, which belongs to spontaneous chemical and physical adsorption. The adsorption free energy is -34.00 kJ·mol. In addition, by investigating of various influencing factors of corrosion inhibition it is discovered that the inhibition efficiency increased with the increasing of DEDP concentration, and on the contrary decreased respectively with the increasing of sulfuric acid concentration, corrosion system temperature and inhibited solution storage time. The inhibition efficiency of DEDP (160 mg·L⁻¹) for carbon steel in 1.0 M H₂SO₄ at 300 K exceeded 94%.

Key words: dithiophosphate; sulfuric acid; corrosion inhibitor; carbon steel; corrosion inhibition