

### 论文

#### 嗜热硫酸盐还原菌生长特征及其对碳钢腐蚀的影响

刘宏芳,刘涛

华中科技大学化学与化工学院 材料化学与服役失效湖北省重点实验室 武汉 430074

#### 摘要:

采用API-RP38推荐的培养基,从渤海油田分离出嗜热硫酸盐还原菌(SRB),对其进行了初步鉴定,并研究了该菌种的生长特征。用电化学手段研究了该嗜热菌种在高温条件下对碳钢腐蚀的影响。结果表明,嗜热SRB生长周期短于常温SRB的生长周期。细菌能在40℃~80℃范围内生长,最佳生长温度为60℃。最佳生长pH范围为6.0~7.6,最适宜pH在7.0左右。60℃静态挂片实验表明,该嗜热菌对碳钢腐蚀较严重,是空白培养基中的2.6倍。碳钢表面生成不均匀的生物膜,能谱仪(EDS)分析表明,在生物膜不均匀区域腐蚀产物中FeS<sub>x</sub>化合物结构不同。SRB生长过程中电极自腐蚀电位先正移再负移,电化学阻抗谱(EIS)研究表明生物膜的结构随SRB生长而发生变化,从而导致基体材料发生高温微生物腐蚀。

关键词: 硫酸盐还原菌 电化学 生物膜

#### GROWTH CHARACTERISTICS OF THERMOPHILE SULFATE-REDUCING BACTERIA AND ITS EFFECT ON CARBON STEEL

LIU Hongfang, LIU Tao

Key Laboratory of Materials Chemistry Service Failure, Department of Chemistry, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074

#### Abstract:

The API-RP38 medium was used to culture the thermophile sulfate-reducing bacteria (SRB) isolated from Bohai oilfield, and the bacteria was preliminarily identified according to its growth characteristics. Additionally, electrochemical means were taken to study the effect of the bacteria on carbon steel. The results show that the growth cycle of the bacteria is shorter than that cultured under normal temperature. The optimum growth temperature of the bacteria is at 60°C within the growth temperature range from 40°C to 80°C. The growth pH ranges from 6.0 to 7.6, and the optimum is about 7.0. The mass loss measurement at 60 °C in the culture medium indicates that the corrosion on carbon steel in thermophile SRB solution is 2.6 times more serious than that in the blank medium. As an uneven biofilm occurs on the carbon steel surface, energy dispersive spectrometer (EDS) analysis indicates that the corrosion products have various FeS<sub>x</sub> structures in the uneven biofilm. The free corrosion potential increases in the first few days, and later decreases. The electrochemical impedance spectroscopy (EIS) shows that the structure changes in accordance with the growth of the bacteria. Therefore, high temperature microbial corrosion occurs on the matrix materials.

Keywords: sulfate-reducing bacteria electrochemistry biofilm

收稿日期 2007-07-13 修回日期 2007-11-05 网络版发布日期 2009-04-02

DOI:

基金项目:

教育部留学回国人员科研启动基金资助项目(2006)

通讯作者: 刘宏芳 Email: LiuHF2003@yahoo.com.cn

作者简介:

#### 参考文献:

- [1] Wang M Y, Liang X B, Zheng Y P, et al. Advanced identification of sulfate-reducing bacteria and its detection method [J]. J. Microbio., 2005, 25(6):81-84  
(王明义, 梁小兵, 郑亚萍等. 硫酸盐还原菌鉴定和检测方法的研究进展[J]. 微生物学杂志, 2005, 25(6):81-84)
- [2] Cao J W, Shen P, Li Z Y. Extremophiles [M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2004  
(曹军卫, 沈萍, 李朝阳. 嗜极微生物[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004)
- [3] Zhang D Q, Xu Q J, Lu Z. Study on intramolecular synergistic inhibitive effects of benzotriazoloy moiety and imidazoloy moiety [J]. J. Chin. Soc. Corros. Prot., 1999, 19(5): 280-284  
(张大全, 徐群杰, 陆柱. 苯并三唑和咪唑分子内缓蚀协同作用的研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 1999, 19(5): 280-284)
- [4] Dockins W S, Olson G J, McFeters G A, et al. Dissimilatory bacterial sulfate reduction in Montana ground waters [J]. Geomicrobiol. J., 1980, 2: 83-97
- [5] Liu H F, Xu L M, Zheng J S. Steel corrosion under SRB biofilm: a review [J]. Oilfield Chem., 2000, 17(1):93-96  
(刘宏芳, 许立铭, 郑家荣. 硫酸盐还原菌生物膜下钢铁腐蚀研究概况[J]. 油田化学, 2000, 17(1):93-96)
- [6] Buchanan R E, Gibbons N E. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology (8th ed.) [M]. Beijing: Science Press, 1984  
(R. E. 布坎南, N. E. 吉本斯. 伯杰细菌鉴定手册(第八版)[M]. 北京: 科学出版社, 1984)
- [7] Ma F, Wei L, Shan D, et al. Identification and research of growth factor of one function bacteria of sulfate reducing bacteria-anaerofilum pentosovorans A9 [J]. J. Harbin Inst. Technol., 2007, 39(2): 238-241

#### 扩展功能

##### 本文信息

Supporting info

[PDF\(1493KB\)](#)

[\[HTML全文\]](#)

[参考文献](#)

##### 服务与反馈

[把本文推荐给朋友](#)

[加入我的书架](#)

[加入引用管理器](#)

[引用本文](#)

[Email Alert](#)

[文章反馈](#)

[浏览反馈信息](#)

##### 本文关键词相关文章

[▶ 硫酸盐还原菌](#)

[▶ 电化学](#)

[▶ 生物膜](#)

##### 本文作者相关文章

[▶ 刘宏芳](#)

##### PubMed

Article by Liu, H.F.

(马放,魏利,山丹等.硫酸盐还原菌Anaerobars A9鉴定及其生长因子研究[J].哈尔滨工业大学学报,2007,39(2):238-241)

[8] Zhou D Q. Microbiology [M]. Beijing: Higher Education Press,1993

(周德庆.微生物学教程[Q].北京:高等教育出版社,1993)

[9] Xu C M, Zhang Y S, Cheng G X, et al. Investigation of sulfate-reducing bacteria on pitting of 316L stainless steel in cooling water system for oil refinery [J]. J.Chin. Soc. Corros. Prot., 2007, 27(1): 48-53

(胥聪敏,张耀亨,程光旭等.炼油厂冷却水系统硫酸盐还原菌对316L不锈钢点腐蚀的研究[J].中国腐蚀与防护学报,2007,27(1):48-53)

[10] Li X B, Wang J, Wang W. The electrochemical method of biofilm monitoring in seawater [J]. J.Chin. Soc. Corros. Prot., 2005, 25(2): 84-87

(李相波,王佳,王伟.海洋环境微生物附着的电化学检测技术[J].中国腐蚀与防护学报,2005,25(5):84-87)

[11] Cheng G, Wang J, Li X B, et al. Advance in research on microorganism attachment and ennoblement of open-circuit-potential of passive metals in seawater [J]. Corros. Sci. Prot. Technol., 2006, 18(6):422-425

(成光,王佳,李相波等.海水环境中微生物附着与钝性金属开路电位正移现象的研究进展[J].腐蚀科学与防护技术,2006,18(6):422-425)

[12] Burde L. Microbiologically influenced corrosion [A].NACE International[C]. Houston, Texas, 1997: 4-7

[13] Young L Y, Mitchell R. The role of microorganisms in marine fouling [J]. Int. Bio. Bull., 1973, 9: 105-109

本刊中的类似文章

1. 张涛 .AZ91D 镁合金手汗腐蚀机理研究III 乳酸对AZ91D镁合金的腐蚀机制[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2004,24(6): 339-344

2. 谢德明 .富锌漆研究进展[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2004,24(5): 314-320

3. 曹发和, 张昭, 施彦彦, 张鉴清, 曹楚南 .电化学噪声频谱的VisonC++实现[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2005,25(1): 7-10

4. 钟庆东 .冷轧低碳钢板表面形貌与其耐大气腐蚀性能的关系[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2004,24(3): 151-154

5. 汪梅芳 .细菌竞争生长在微生物腐蚀防治中的应用研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2004,24(3): 159-162

6. 高志明, 宋诗哲, 徐云海 .涂层失效过程电化学阻抗谱的神经网络分析[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2005,25(2): 106-109

7. 孙成, 韩恩厚 .土壤湿度变化对Q235钢的硫酸盐还原菌腐蚀影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2005,25(5): 307-311

8. 娄延春, 赵芳欣, 于波, 王景成, 熊云龙 .Cr-Ni型水轮机材料电化学腐蚀和抗空蚀行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2005,25(5): 312-316

9. 万小山, 田斌, 宋诗哲 .水下钢铁构筑物腐蚀监测/检测电化学传感系统研制[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2001,21(3): 182-187

10. 李瑛, 王福会, 刘刚 .表面纳米化低碳钢电化行为尺寸效应[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2001,21(4): 215-219

11. 杨怀玉 .H<sub>2</sub>S水溶液中的腐蚀与缓蚀作用机理的研究II .碳钢在碱性H<sub>2</sub>S溶液中的阳极钝化及钝化膜破裂[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2000,20(1): 8-14

12. 刘宏芳, 许立铭, 郑家shen .SRB生物膜与碳钢腐蚀的关系[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2000,20(1): 41-46

13. 曾一民, 乔利杰, 杨迈之, 褚武扬 .氢对纯铁钝化膜电子性质的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2000,20(2): 74-80

14. 杨怀玉, 陈家坚, 曹楚南 .H<sub>2</sub>S水溶液中的腐蚀与缓蚀作用机理的研究 III.不同pH值H<sub>2</sub>S溶液中碳钢的腐蚀电化学行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2000,20(2): 97-104

15. 李谋成, 林海潮, 曹楚南 .碳钢在土壤中的电化学阻抗谱特征[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2000,20(2): 111-117

16. 张鉴清, 张昭, 王建国 .电化学噪声的分析与应用 [J]. 中国腐蚀与防护学报, 2001,21(5): 310-320

17. 孙成, 韩恩厚 .土壤中SRB及Cl对1Cr18Ni9Ti不锈钢腐蚀的相互影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2003,23(1): 46-51

18. 隆小庆, 邵荣宽 .2024铝合金化学转化膜与磷化底漆耐蚀性的研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2003,23(3): 156-159

19. 刘斌, 李瑛, 王福会 .锌粉颜料尺寸对有机富锌涂层电化行为的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2003,23(6): 350-354

20. 齐公台, 屈钧娥, 廖海星 .含RE铝阳极中析出相的电化学行为研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2003,23(6): 355-358

21. 胡艳玲, 李荻, 郭宝兰 .用时段法EIS评估LY12CZ铝合金的膜下腐蚀[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2002,22(1): 8-13

22. 高立新, 张大全, 周国定, 李华刚 .改性环氧涂层吸水性及耐蚀性研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2002,22(1): 41-43

23. 董泽华, 郭兴蓬, 刘宏芳 .用丝束电极研究SRB微生物诱导腐蚀的电化学特征[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2002,22(1): 48-53

24. 宋江江, 沈嘉年, 李凌峰, 姚书典 .电化学氧化生长纳米晶TiO<sub>2</sub>光催化薄膜结构与性能表征[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2002,22(2): 98-100

25. 张鉴清, 张昭, 王建国 .电化学噪声的分析与应用 II. 电化学噪声的应用[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2002,22(4): 241-248

26. 李谋成, 曾潮流, 林海潮 .316不锈钢在F<sup>-</sup>/Cl<sup>-</sup>酸性溶液中的腐蚀行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2002,22(3): 162-166

27. 刘斌, 李瑛, 林海潮 .用EIS研究H<sub>2</sub>O在环氧涂层中的传输行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2002,22(3): 172-175

28. 王庆飞, 宋诗哲 .金属材料海洋环境生物污损腐蚀研究进展[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2002,22(3): 184-188

29. 张大全, 高立新, 汪知恩 .NaCl溶液中烷基咪唑对铜的缓蚀作用研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2002,22(4): 237-240

30. 董泽华, 郭兴蓬, 郑家shen .16Mn钢局部腐蚀中的电化学噪声特征[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2002,22(5): 290-294

31. 胡融刚, 林昌健 .电化学改性不锈钢钝化膜的XPS/SERS研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2000,20(3): 149-154

32. 李谋成, 林海潮, 郑立群 .土壤腐蚀性检测器的研制[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2000,20(3): 161-166

33. 张小里, 陈志昕, 刘海洪 .环境因素对硫酸盐还原菌生长的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2000,20(4): 224-229

34. 郭琦龙, 辜志俊, 张志刚 .碳钢在海泥中的电化学行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 1999,19(5): 315-318

35. 孙冬柏, 张秀丽, 俞宏英 .空蚀过程中电化学电位变化规律研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2000,20(5): 308-311

36. 钟庆东 .防锈油膜失效之前的电位变化[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2000,20(5): 312-316

37. 钟庆东, 谢巧敏, 周国定 .模糊聚类分析评价防锈油膜电化不均匀性[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2000,20(6): 368-373

38. 徐海波, 付洪田, 赵广宇 .铜阳极活性区溶解机制的电化学研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 1999,19(1): 27-32

39. 钟庆东 .采用丝束电极研究金属的缝隙腐蚀\* [J]. 中国腐蚀与防护学报, 1999,19(3): 189-192

40. 史志明, 林海潮, 曹楚南 .水下机器人的电化学防护研究\* [J]. 中国腐蚀与防护学报, 1999,19(4): 245-249

41. 李静, 路民旭, 严密林 .模拟油田水介质中P110钢的CO<sub>2</sub>腐蚀机理[J]. 中国腐蚀与防护学报, 1999,19(5): 285-290

42. 刘宏芳, 刘烈伟, 许立铭 .生物膜对碳钢腐蚀的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 1999,19(5): 291-295

43. 王文, 曾潮流, 吴维tao .FeAl金属间合金在熔融(Li, K)2CO<sub>3</sub>中的腐蚀电化学阻抗谱研究\* [J]. 中国腐蚀与防护学报, 1999,19(6): 327-332

44. 严川伟, 林海潮, 曹楚南 .2-巯基苯并恶唑对铜缓蚀作用的电化学研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 1999,19(6): 363-366

45. 田连朋, 左禹, 赵景茂, 熊金平, 张晓丰, 赵旭辉. LD7铝合金阳极氧化膜的不同封闭方法耐蚀性评价[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2005,25(6): 327-331
46. 王燕华, 王佳. 电流密度对AZ91D镁合金微弧氧化膜性能的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2005,25(6): 332-335
47. 张鉴清, 冷文华, 程小芳, 刘东坡. 金属的光电化学方法防腐蚀原理及研究进展[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2006,26(3): 188-192
48. 魏英华, 张立新, 柯伟. 有机防腐涂层在流动条件下的加速失效行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2006,26(1): 43-47
49. 王伟, 王佳, 徐海波, 李相波. 海洋环境中微生物膜吸附动力学过程对钝态金属开路电位变化特征的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2006,26(2): 65-69
50. 余润兰, 邱冠周, 胡岳华, 覃文庆. 酸性溶液中不同电位下脘硫磺铅矿/DDTC界面的电化机制[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2006,26(3): 152-156
51. 侯军才, 关绍康, 任晨星, 徐河, 房中学, 赵彦学. 微量铈对镁牺牲阳极显微组织和电化性能的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2006,26(3): 166-170
52. 王荣, 介燕妮. 陕京管线典型土壤环境的腐蚀性研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2006,26(4): 211-215
53. 王燕华, 王佳, 张际标. 微弧氧化处理对镁合金腐蚀行为的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2006,26(4): 216-220
54. 张际标, 王燕华, 姜应律. 微液滴现象与大气腐蚀——II. 微液滴现象的电化学表征[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2006,26(5): 282-285
55. 李相波, 王佳, 李文军, 郭为民, 王伟. 微生物附着对不锈钢钝化性能的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2006,26(5): 295-298
56. 葛红花, 周国定, 孙月平. 模拟水中硫离子对不锈钢钝化膜破坏作用的光电化学研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2006,26(6): 325-328
57. 郑安升, 宋诗哲. 水环境中焊接件腐蚀电化学传感器的研制[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2006,26(6): 329-331
58. 陈立庄, 高延敏. 1,4-丁二醇缓蚀剂在环氧涂层中的缓蚀机理研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2006,26(6): 332-335
59. 王伟, 王佳, 徐海波, 李相波. 微生物腐蚀研究方法中的表面分析技术[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2007,27(1): 60-64
60. 胥聪敏, 张耀亨, 程光旭, 朱文胜. 炼油厂冷却水系统硫酸盐还原菌对316L不锈钢点蚀的研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2007,27(1): 48-53
61. 林晶, 阎永贵, 陈光章, 马力, 钱建华. 应用原子力显微镜研究硫酸盐还原菌对A3钢的腐蚀[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2007,27(2): 70-
62. 秦丽雁, 宋诗哲, 卢玉琢. 304不锈钢晶间腐蚀过程中的电化学阻抗谱特征[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2007,27(2): 74-79
63. 刘斌, 齐公台, 冉伟, 赵婷婷. 模拟偏析相Al<sub>2</sub>Zn在3%NaCl溶液中的电化行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2007,27(2): 93-96
64. 张正, 宋诗哲, 卢玉琢. 模拟污染潮湿大气环境下LY12CZ、LC4CS铝合金腐蚀行为研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2007,27(3): 129-133
65. 黄金营, 只金芳, 陈振宇. 含菌介质中MDOPD对SRB菌及生物膜腐蚀的抑制作用[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2007,27(3): 167-171
66. 胡会利, 李宁, 程瑾宁. 电化学阻抗谱研究达克罗在海水中的腐蚀行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2007,27(4): 197-201
67. 王梅丰, 杜楠, 胡丽华. 电化学噪声和电化学阻抗谱监测 I C r 1 8 N i 9 T i 不锈钢的初期点蚀行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2007,27(4): 233-237
68. 张秀芝, 王福会, 杜元龙. 浸泡时间对含量不同钛粉的环氧煤焦沥青涂层电阻的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2007,27(4): 238-241
69. 刘涛, 常雪婷, 滕少磊, 杜建波, 李嘉, 尹衍升. Fe<sub>3</sub>Al/ZrO<sub>2</sub>复合材料海水腐蚀的电化行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2007,27(5): 263-268
70. 雒娅楠, 宋诗哲, 金威贤, 尹立辉. 海水腐蚀试验站碳钢低合金钢全浸试片的现场腐蚀检测[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2007,27(6): 321-325
71. 李进, 许兆义, 杜一立, 牟伟腾, 孙文刚. 硫酸盐还原菌对铜合金生物腐蚀的比较研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2007,27(6): 342-347
72. 闫林娜, 尹衍升, 常雪婷, 程莎, 马永. 304不锈钢在微生物介质中的腐蚀行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(1): 34-37
73. 叶成龙, 武杰, 余坚. HAl77-2黄铜在流动海水中的电化行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(1): 16-19
74. 徐国荣, 周光喜, 易清风, 任凤莲. 铝基体上电沉积聚苯胺膜及其耐蚀性[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(1): 11-15
75. 李国希, 朱日龙, 刘晓阳. 聚吡咯的电化学合成及其对不锈钢的保护作用[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(1): 7-10
76. 贾思洋, 孙成, 王佳. 污染土壤中的微生物对碳钢腐蚀行为的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(2): 95-98
77. 姜德成, 刘福国. 新型三唑衍生物缓蚀剂在HCl中的缓蚀性能[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(4): 231-234
78. 郑强, 李进. 硫酸盐还原菌对Hsn70-1A铜合金电化腐蚀行为的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(1): 38-43
79. 李党国. 温度对N80钢饱和CO<sub>2</sub>地层水中腐蚀电化性能影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(2): 104-107
80. 张际标, 王佳, 王燕华, 姜应律. 微液滴现象与大气腐蚀——III. 干湿交替下微液滴的扩展行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(3): 151-154
81. 鲍玉胜, 王玮, 尹衍升, 赵文元, 张玥, 房晶瑞, 梁亮, 王敏. TiO<sub>2</sub>薄膜在海水中的耐腐蚀性能[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(5): 287-290
82. 张正, 宋诗哲, 陶蕾. NaCl溶液中包覆铝层的LY12CZ铝合金阳极极化过程EIS特征[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(3): 135-140
83. 周萍, 汪小琳, 王庆富, 杨江荣, 王晓红. 铀在三种溶液中的动电位极化和电化学阻抗谱研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(4): 215-218
84. 李进, 许兆义, 杜一立, 苑维双, 牟伟腾. 硫酸盐还原菌生物膜对Hsn70-1AB铜合金电极界面的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(5): 265-270
85. 赵晓栋, 段继周, 武素茹, 侯保荣. 海水中硫酸盐还原菌作用下Q235钢表面腐蚀产物的形成和转化[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(5): 299-302
86. 杜一立, 李进, 葛小鹏, 苑维双. 用原子力显微镜研究铜合金微生物的腐蚀行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(6期): 321-324
87. 金威贤, 雒娅楠, 宋诗哲. 金属材料海冲刷腐蚀检测[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(6期): 337-340
88. 周和荣, 李晓刚, 董超芳, 马坚, 陆启凯, 冯皓. 铝合金在NaHSO<sub>3</sub>溶液中干湿周浸腐蚀行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(6期): 345-350
89. 黄彦良, 朱永艳, 黄恩迪, 张杨杨. 海洋结构用钢在淤泥中的氢渗透行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(6期): 355-358
90. 王石青, 何德良, 丁庆云, 徐以兵, 高娟, 区永康. 模数对水性硅酸钾富锌涂层电化行为的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(6期): 359-362
91. 李党国, 冯耀荣, 白真权, 郑茂盛. 稀土铈对Fe-3Cr钝化膜电化腐蚀行为的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(6期): 363-368
92. 李党国, 冯耀荣, 白真权, 郑茂盛. 温度对N80碳钢CO<sub>2</sub>腐蚀产物膜性能的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(6期): 369-373
93. 黄军波, 吴欣强, 韩恩厚, 柯伟. 材料在高温高压水溶液中的电化行为研究现状与进展[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(6期): 374-380
94. 潘国运, 王佳. 虚拟频率响应分析仪的研制及其在腐蚀研究中的应用[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(4): 210-214
95. 郝小军, 宋诗哲. 铝锌合金在3%NaCl溶液中的电化行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2005,25(4): 213-217
96. 李劲风, 郑子樵, 张昭, 张鉴清. 铝合金剥蚀过程的电化学阻抗谱分析[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2005,25(1): 48-52
97. 颜立成, 张俊喜, 魏增福, 张鉴清. 不锈钢载波钝化膜的光电化学研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2005,25(4): 209-212

98. 高志明, 宋诗哲. 小波噪声电阻与 E I S 结合评价涂覆层性能[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(4): 193-196
99. 何爱花, 王佳, 孟洁, 齐慧滨, 徐海波. 表面氧化膜对B510L热轧钢板腐蚀行为的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2008,28(4): 197-200
100. 刘宏芳, 汪梅芳, 许立铭, 郭兴蓬. Ca<sup>2+</sup>离子对碳钢微生物腐蚀的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2004,24(1): 45-51
101. 尹立辉, 宋诗哲. 黄铜管腐蚀监测传感器的研制[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2004,24(1): 52-54
102. 余润兰. 铁闪锌矿的腐蚀电化学研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2004,24(4): 226-229
103. 葛红花, 周国定, 吴文权. 316不锈钢在模拟冷却水中的钝化模型[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2004,24(2): 65-70
104. 蒋秀. 流动条件下缺氧基甲季胺盐的缓蚀性能研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2004,24(4): 234-239
105. 林翠. 大气腐蚀研究方法进展[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2004,24(4): 249-256
106. 王佳, 李相波, 王伟. 海水环境微生物附着对钝性金属开路电位的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2004,24(5): 262-266
107. 冯哲圣, 陈金菊, 卢云. 高纯铝在含Cl<sup>-</sup>溶液中电化学噪声的小波包子带能量特征[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2003,23(4): 221-226
108. 赵颖. X70管线钢电化学充氢后的力学行为研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2004,24(5): 293-296
109. 李志林. 电脉冲对不锈钢形变马氏体及其耐蚀性的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2004,24(6): 372-375
110. 武朋飞, 李谋成, 沈嘉年, 肖美群, 刘东. 阳极二氧化钛薄膜的光电化学防腐特性[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2005,25(1): 53-56
111. 闫茂成, 翁永基. 环境溶液对管道钢应力腐蚀过程电化学行为的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2005,25(1): 34-38
112. 齐公台, 温敏. 45#钢表面TiO<sub>2</sub>晶膜的制备、结构及性能研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2005,25(1): 57-60
113. 李相波, 王佳, 王伟. 海洋环境微生物膜附着的电化学检测技术[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2005,25(2): 84-87
114. 宋义全, 杜翠薇, 李晓刚, 武俊伟, 阎永贵. 大块涂层缺陷对碳钢腐蚀特性及阴极保护效果的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2005,25(2): 74-78
115. 余国骏, 汤兵. 缓蚀剂研究中的电化学方法[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2009,29(1): 76-80
116. 黄家桢, 邱于兵, 郭兴蓬. 电化学噪声直流漂移的分段多项式拟合消除[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2009,29(1): 9-14
117. 张雷, 国大鹏, 路民旭. Cl<sup>-</sup>含量对J55钢CO<sub>2</sub>腐蚀行为的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2009,29(1): 64-68
118. 周德璧, 崔莉莉, 李琳, 曲军林, 胡剑文, 赖渊. 环氧树脂涂覆碳钢在垃圾渗滤液中的腐蚀行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2009,29(1): 50-54
119. 李宁, 许立坤, 王洪仁, 姜丽娜. 热烧结铝涂层中Al粉的作用[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2009,29(2): 88-92
120. 张振飞, 刘烈伟, 李明智, 黄雪松, 徐东林. 抗硫碳钢在CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>S溶液中的腐蚀电化学行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2009,29(2): 123-126
121. 王帅波, 尹衍升, 刘涛, 滕少磊. 超疏水膜改性Fe<sub>3</sub>Al在海水中的腐蚀行为[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2009,29(2): 137-140
122. 刘宏芳, 黄玲, 刘涛, 胡裕龙. 硫酸盐还原菌杀菌剂应用现状及研究进展[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2009,29(2): 154-160

#### 文章评论

序号	时间	反馈人	邮箱	标题	内容
					nike shox nike dunk nike airmax supra shoes prada shoes bape shoes lacoste shoes nike nba shoes shox nz shoes nike dunk sb shoes ato shoes bose headphones nike high dunk sb shox nike shoes shox shoes men's shox womens shox shox shoes online