

# 功能碳纤维在循环冷却水 系统中的防腐研究\*

符若文 朱世平 陆耘 卢宏泽 曾汉民

(中山大学材料科学研究所, 广州 510275)

**摘 要** 本文首次研究了功能碳纤维在循环冷却水系统中的防腐效果, 并对防腐机理进行了初步的探讨. 实验结果表明功能碳纤维对循环冷却水系统中的铁管道、热交换器等金属有较好的防腐效果. 其防腐作用主要是由于功能碳纤维降低了水体系的电势以及降低了水中的溶解氧浓度所致. 功能碳纤维对杂质离子的吸附作用在新的管道体系中也有利于防止腐蚀.

**关键词** 功能碳纤维, 循环冷却水, 防腐机理

**分类号** TB304

在循环冷却水系统中存在着系统的长垢和腐蚀问题, 特别是在敞开蒸发的系统中, 循环水水质不断劣化, 系统的腐蚀问题更为突出<sup>[1,2]</sup>.

长期以来, 围绕着循环冷却水系统中金属腐蚀的原理、特点以及影响因素进行了大量的研究, 并常采用在水中加入一些化学缓蚀剂(或腐蚀抑制剂)进行处理<sup>[3,4]</sup>取得一定的防腐效果, 但也存在着污染以及和阻垢剂、杀菌剂等的相互影响的问题.

在大量的有关功能纤维的研究中发现<sup>[5~8]</sup>, 功能纤维具有优异的吸附能力、良好的还原反应特性和离子交换能力. 通过吸附和离子交换作用降低循环冷却水中氧的含量和杂质离子浓度, 同时降低体系的电势, 在抑制系统的腐蚀方面预期会有良好的效果. 基于这样的设想, 本工作研究了功能碳纤维在循环冷却水系统中的防腐作用, 而且对防腐机理进行了初步的探讨.

## 1 实验部分

(1) 功能碳纤维的制备. 采用有机纤维为原料, 经碳化、功能化反应制得. 所有功能碳纤维均为本所自制.

(2) 功能碳纤维防腐实验. 将 3~5g 功能碳纤维放置于盛有 1500ml 水的烧杯中, 然后将已知重量的标准铁挂片浸入水中, 间歇搅拌, 15d 后取出标准挂片, 按标准方法洗去锈

收到日期: 1993-04-19

\* 刘军巨同志参加部分工作, 国家自然科学基金及中山大学科研基金资助项目

层,烘干,称重,按重量损失计算腐蚀速度<sup>[9]</sup>.将材料放置于水—铁管系统中,定时取水样测定水中离子浓度.

(3)水溶液电势的测定.用铂电极为工作电极,甘汞电极为参比,直接插在溶液中,用国产 ZD—2 型电位计测定.

(4)水中溶解氧用 Winkler 法测定<sup>[10]</sup>.

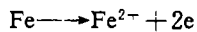
(5)水中钙镁离子用北京第二光学仪器厂 WFX—1C 型原子吸收分光光度计测定.

## 2 结果与讨论

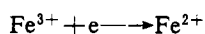
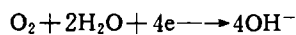
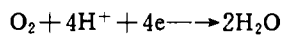
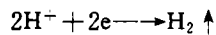
### 2.1 金属腐蚀的原理

纯水对大部分金属(如钢铁)并不引起明显的腐蚀,而工业用水因含有杂质,对大部分金属却会产生腐蚀.影响最大的是来自空气中的溶解氧,此外还有酸、盐等杂质.

金属在水中的腐蚀本质上来说是金属单质被氧化成为高价态化合物的氧化还原过程.从电化学的方面来看,金属的腐蚀可分为阳极反应和阴极反应两个电极过程.阳极反应是金属被氧化为高价态金属离子的过程,释放出自由电子,例如:



阴极反应是吸收电子的还原反应过程,在金属的腐蚀过程中,阴极反应往往不止一种,常见的有:



腐蚀过程实质上是阳极反应和阴极反应中的一个或几个的组合.

从热力学的角度,只要体系中有阳极和阴极反应存在,阳极电位比阴极电位低,就存在着腐蚀的倾向,两者电位差越大,腐蚀的倾向就越大.从动力学的角度,电极反应的速度越快,金属腐蚀就越严重.因此,金属的防腐就是要阻止或减缓阴极和阳极的反应.

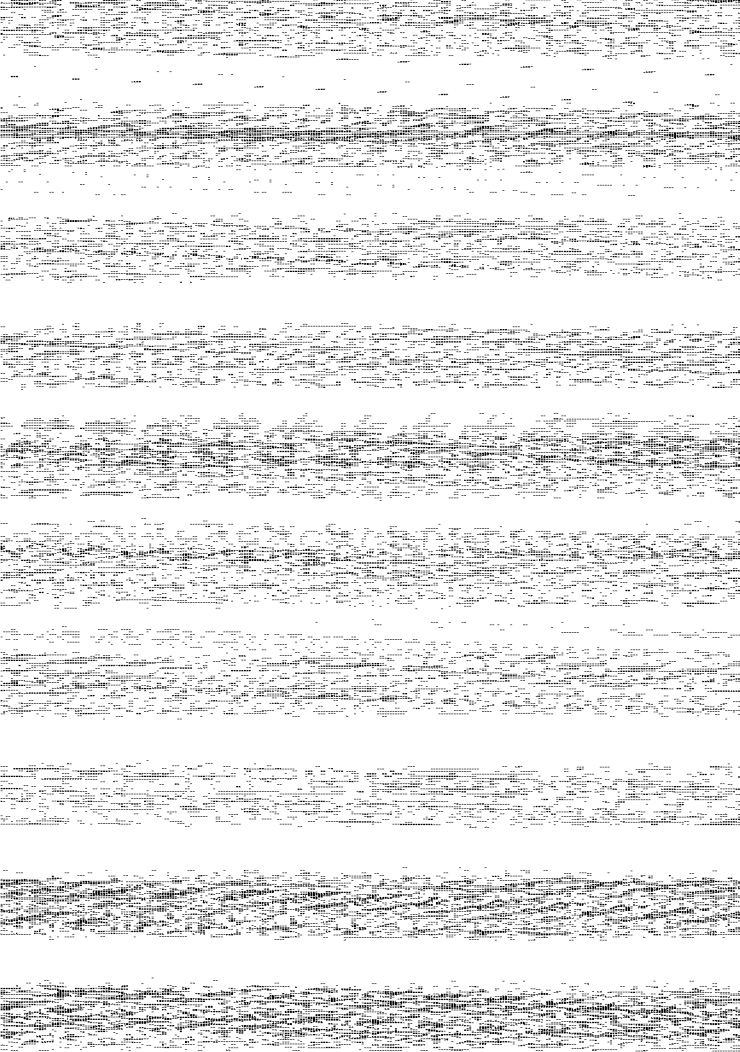
### 2.2 功能碳纤维的防腐效果

根据金属腐蚀的原理,本工作首次提出用功能碳纤维防止水系统的金属腐蚀.

将一定量的功能碳纤维安装于空调循环冷却水系统中,经过 1 年多的运行试验发现,循环水水质清晰,铁锈和污泥量比未安装功能碳纤维前大大减少.经打开冷凝器检查,证实冷凝器的长锈结垢现象也大大减少.

为了进一步探讨功能碳纤维的防腐作用,将一段铁水管放置于含有功能碳纤维的水中,同样长度的另一段则放置在没有功能碳纤维的水中作为对照,对样品严重长锈,而用功能碳纤维处理的样品长锈很少(见图 1).8 个月后,测定两个样品产生的铁锈量,结果为,加功能碳纤维处理的铁管生成铁锈的重量为 93mg,未加处理的铁管生成铁锈的重量为 256mg,为前者的 2.8 倍.

为了便于对比,进一步取几段旧铁水管和新铁水管同时进行实验.检测铁水管表面锈



系统中的实际效果是使阴极电位与阳极电位之差减少, Fe 反应成为  $Fe^{2+}$  的倾向减弱, 这可能是功能碳纤维在水中能减少金属腐蚀的主要原因之一。

2.3.2 溶解氧浓度降低效应 由于功能碳纤维具有良好的吸附能力, 而且还具有还原性, 这种吸附和还原作用会消耗水中的部分溶解氧, 使溶解氧的浓度降低。加入功能碳纤维前后水中溶解氧的变化情况见表 1。

表 1 水中溶解氧的变化结果

Tab. 1 The change of oxygen content dissolved in water

体 系	测定时间 20min		测定时间 60min	
	溶解氧降低百分率		溶解氧降低百分率	
	/%		/%	
水(空白)	0		0	
水+2号功能碳纤维	16		18	
水+1号功能碳纤维	22		19	

从实验结果看出, 当水溶液中加入功能碳纤维后, 水中溶解氧含量明显下降。根据前述腐蚀原理可知, 阴极反应  $O_2 + 4H^+ + 4e \rightarrow 2H_2O$  或  $O_2 + 2H_2O + 4e \rightarrow 4OH^-$  的电势下降, 其结果是对 Fe 的腐蚀能力减弱。这也是功能碳纤维在水系统中起到防腐蚀作用的另一个主要原因。这一结果与直接用电极测得的水体系的电势下降是紧密联系的。

#### 2.4 杂质离子浓度降低效应

功能碳纤维对水溶液中的离子具有较好的吸附能力, 如表 2 所示, 用功能碳纤维处理后水中钙镁离子的浓度随时间延长而不断下降。杂质离子浓度的降低有利于减轻金属的腐蚀, 这种效应在新的水管系统中可以发挥较好的防腐作用, 但是对于旧的水管系统由于管道原已存在大量的钙、镁等污垢, 使系统中钙、镁的浓度几乎不降, 有时甚至增大。在这种情况下, 离子浓度下降的防腐效应基本不发挥作用。

表 2 功能碳纤维对水中钙、镁的吸附效果

Tab. 2 The absorption of functional carbon fiber to  $Ca^{2+}$  and  $Mg^{2+}$  in water

吸附时间(d)	0	7	16	33	57	101
$Ca^{2+}$ 浓度(mg/L)	20.0	12.0	11.0	9.25	7.50	7.75
$Mg^{2+}$ 浓度(mg/L)	2.35	1.88	1.86	1.80	1.70	1.60

#### 参 考 文 献

- McCoy J W. The Chemical Treatment of Cooling Water (Second Editions) New York: Chemical Publishing Co. 1983
- 李仲先编著, 张希衡校订. 循环冷却水的水质稳定与处理. 北京: 冶金出版社, 1987
- 南京化工学院等合编, 魏宝明主编. 金属腐蚀理论及应用. 北京: 化学工业出版社, 1984

- 4 陈旭俊,黄惠金,蔡亚汉编著.金属腐蚀与保护基本教程.北京:机械工业出版社,1988
- 5 曾汉民,符若文.纤维状活性碳材料的进展.功能材料,1991,6:321~328
- 6 符若文,曾汉民,吴斌.活性碳纤维氧化还原特性的研究.水处理技术,1990,16(1):14~21
- 7 符若文,曾汉民.活性碳纤维氧化还原机理初探.合成纤维工业,1990,13(3):31~37
- 8 符若文,曾汉民.活性碳纤维表面氧化还原机理研究.合成纤维工业,1992,15(2):48~54
- 9 中国石油化工总公司生产部发展部编.冷却水分析和试验方法.中国石油化工总公司生产部发展部印发.1990
- 10 [美]莱蒂南 H A,哈里斯 W E 著.化学分析.南京大学,复旦大学,吉林大学,北京大学,四川大学,兰州大学译,北京:人民教育出版社,1982. 431
- 11 Donnet J B, Voet Andries, Carbon Black—Physies, Chemistry and Elastomer Reinforcement, Marcel Dekker New York and Basel, INC, 1976

## The Rust – proof Action of Functional Carbon Fiber on Circular Cooling Water System

*Fu Ruowen\* Zhu Shiping Lu Yun Lu Hongzhe Zeng Hanmin*

**Abstract** The rust – proof action of functional carbon fiber on circular cooling water system was investigated firstly in this paper. The results showed that the functional carbon fiber has good effect on the rust – proof of pipes, heat exchangers and etc. in circular cooling water system. At the same time, the rust – proof mechanism was propoced that the functional carbon fiber can lower down the electric potential in water and the concentration of oxygen dissolved in water. The adsorption of functional carbon fiber for impure ions is also advantageous to resist the corrosion of new pipes network.

**Keywords** functional carbon fiber, circular cooling water, rust – proof mechanism

---

\* Materials Science Institute, Zhongshan University, Guangzhou 510275