

# 碳钢大气腐蚀时表面结露行为的某些影响因素

徐乃欣,赵灵源,丁翠红,张承典,李润身,钟庆东  
(中国科学院上海冶金研究所,上海 200050)

**摘要:**利用作者建立的能直接观察和记录金属表面结露过程的实验室装置,进一步考察了表面划痕、各种尘埃、盐玷污等多种因素对于碳钢表面上结露行为的影响,以加深对金属大气腐蚀初期过程的认识。

**关键词:**大气腐蚀;结露;大气污染

**中图分类号:** TG172.3      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1005-748X(2001)12-0522-05

## SOME FACTORS AFFECTING DEWING BEHAVIOR ON MILD STEEL SURFACE DURING ATMOSPHERIC CORROSION

XU Nai-xin, ZHAO Ling-yuan, DING Cui-hong, ZHANG Cheng-dian,  
LI Run-shen, ZHONG Qing-dong

(Shanghai Institute of Metallurgy, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200050, China)

**Abstract:** By means of a special experimental device, which mainly consisted of a semiconductor cooling unit to cool the plate specimen and could simulate dew formation at early stage of atmospheric corrosion, several influencing factors were examined. Dewing took place preferentially along the scratch on specimen surface. Generally, the presence of dust on metal surface facilitated dew formation and hence accelerated corrosion. However, the solid deposits from various sources behaved quite differently. Dry dirt sucked moisture due to its hygroscopicity, while sand granules did not show significant effect on dewing. On the salt contaminated surface dewing was much easier and corrosion was accelerated.

**Key words:** Atmospheric corrosion; Dew formation; Atmospheric pollution

### 1 引言

绝大多数的金属构件暴置在大气环境中,这使得大气成为最普遍、最常见的腐蚀介质<sup>[1]</sup>。金属的大气腐蚀起始于其表面上的结露,它是金属大气腐蚀早期阶段的一个重要特征。尽管这个过程十分普遍和常见,也早被人们所注意,但过去很少有直接观察研究结露的报道。因此,仔细研究影响结露过程的各种因素对于深入认识大气腐蚀仍然很有意义。为此我们建立了一套在实验室条件下能够直接观察和记录金属表面结露过程的简便装置。它使用半导体制冷器使金属试片快速降温,导致在金属表面上发生结露,当时用金相显微镜观察,必要时还可以照相记录。我们曾用该装置初步考察了温度、相对湿度、尘埃、盐玷污等因素对于结露行为的影响<sup>[2,3]</sup>。本文补充报道最近得到的一些新结果。

除有特别说明的以外,本工作的金属表面结露装置、试样的制备以及其它有关的实验细节基本上与以前一样<sup>[2,3]</sup>。

### 2 实验结果和讨论

#### 2.1 表面划痕容易结露

金属腐蚀发生在表面,因此金属表面的状态与腐蚀有着密切的关系。

图 1 是表面带有划痕的碳钢试样表面上的结露过程。实验开始之前准备试样时,故意在清洁的磨光表面上刻划了一条不太深的划痕。在开启半导体制冷器后,碳钢试样开始降温,于是表面有小球形的晶莹露珠凝结,并且随着时间不断长大。在关断制冷器电源后,试样表面温度回升,由于水分蒸发,露珠缩小直至全部消失。

这里特别值得注意的是:露珠清楚地优先沿着划痕出现,而在试样表面的其他部位,露珠基本上是随机杂乱分布的。这很可能是由于划伤改变了表面的能量状态。

收稿日期:2001-07-06

基金项目:国家自然科学基金项目(59871058)

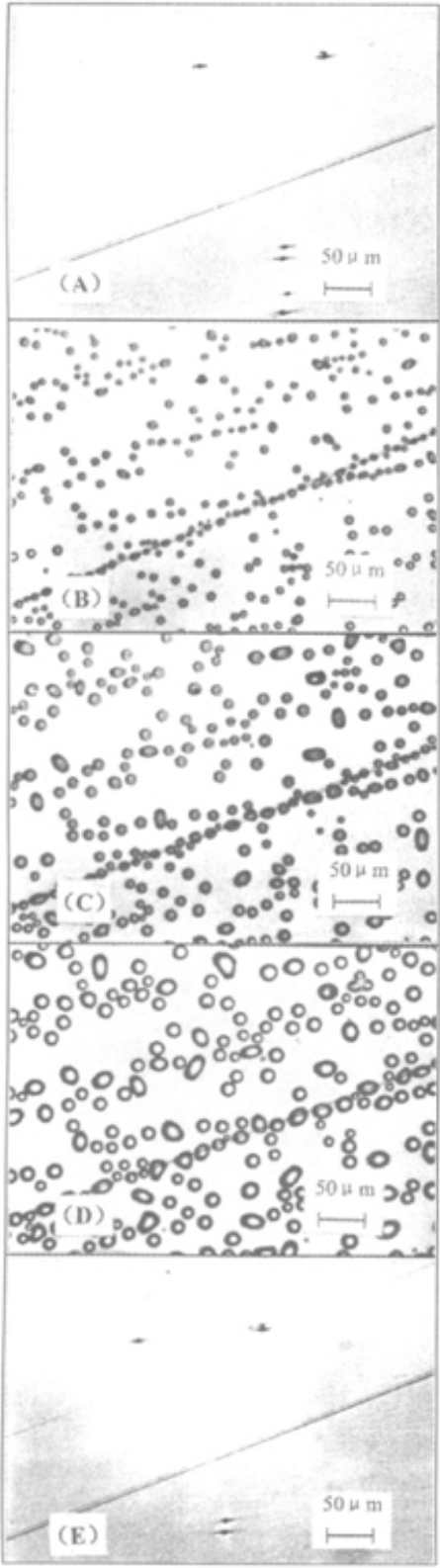


图1 带有划痕的碳钢试样表面上的结露过程  
室温 14℃ 大气相对湿度 68 %  
(A) 致冷降温前 (B) 致冷 2min 后 (C) 致冷 4min 后  
(D) 致冷 8min 后 (E) 温度回升后

这一现象直接证实了金属的表面状态与早期大气腐蚀的密切关系。事实上, 这样的制冷装置曾首先被用来表征固体的表面状态, 例如, 可以根据露珠的形态和分布来检测硅片表面的抛光质量, 这已作为固体表面状态检测装置申请了专利<sup>[1]</sup>。

2.2 积尘表面的结露

人们普遍有这样的经验: 碳钢表面蒙灰后比清洁表面容易发生锈蚀。灰尘是来自大气中的固体沉降物, 它们有不同的来源和性质, 因而对结露行为的影响也有所不同。

图2是撒有室内灰尘细末的试样表面上的结露行为。结露首先发生在无尘处或者在细小尘粒处, 接着露珠逐渐长大, 同时略大的尘粒处也开始结露, 但是最大的尘粒在整个实验期间一直未见有结露现象。这里的原因是起初干燥的灰尘有一定的吸湿能力, 当致冷降温使大气中的水汽刚开始凝结出来时, 水被灰尘所吸收, 大颗粒灰尘的质量大, 具有较大的吸水能力, 因此不容易观察到它的结露现象。

图3进一步说明了这一点。图的左侧有大颗粒灰尘, 试样致冷降温时, 无尘区象通常一样发生结露, 而紧贴灰尘处未见到露珠, 这也是尘粒吸湿的结果。同时, 固体沉降物同金属表面之间形成的缝隙还有毛细作用, 有利于水的凝聚。不过, 即使未见露珠, 吸入灰尘的水对于金属表面的腐蚀仍然具有促进作用。这可以解释为什么碳钢积灰后容易锈蚀。

图4是试样表面上有一颗砂粒存在时的结露情况。砂粒的成分主要是二氧化硅, 不吸湿, 本身也无腐蚀活性。在砂粒四周的碳钢表面上, 从开始结露、露珠长大以致露珠消失, 整个结露过程跟清洁表面上一样。在这种情况下, 砂粒对结露过程没有什么影响。

2.3 表面盐玷污促进结露

在以前的研究中<sup>[2,3]</sup>已经看到, 当碳钢试片表面有氯化钠盐粒存在时, 结露过程要容易得多, 露珠的周边不再那么清晰, 粒径也变大了。这跟盐粒容易吸湿潮解有关, 模拟了海洋大气腐蚀的情况。在工业大气环境中, 金属还可能受到其它盐类的玷污。为了更加直观地说明这一点, 试样的一半被盐类玷污, 而留出另一半无盐区作为对比。

图5是硫化钠玷污的碳钢试样表面的结露过程。受玷污的左边比空白的右边容易结露, 露珠颗粒明显较大, 露珠边缘不清晰, 这是因为硫化钠增大了表面的可润湿性。

图6是硫酸钠玷污的碳钢试样表面的结露情况。玷污区与无盐区的对比尤为显著。

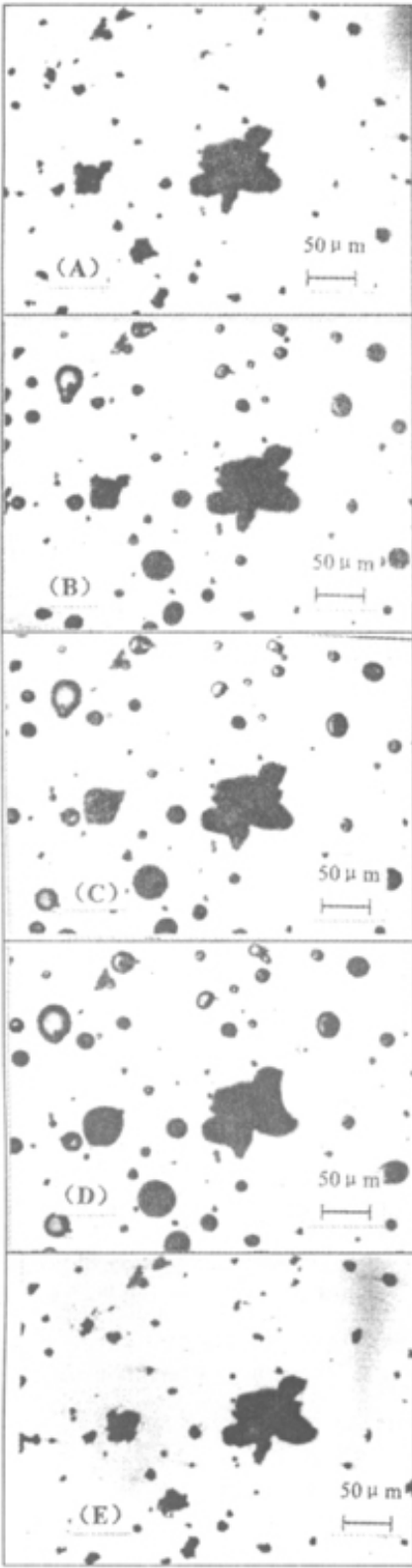


图2 蒙有灰尘细末的碳钢试样表面上的结露过程  
室温 15℃, 大气相对湿度 66%  
(A) 致冷降温前 (B) 致冷 2min 后 (C) 致冷 4min 后  
(D) 致冷 8min 后 (E) 温度回升后

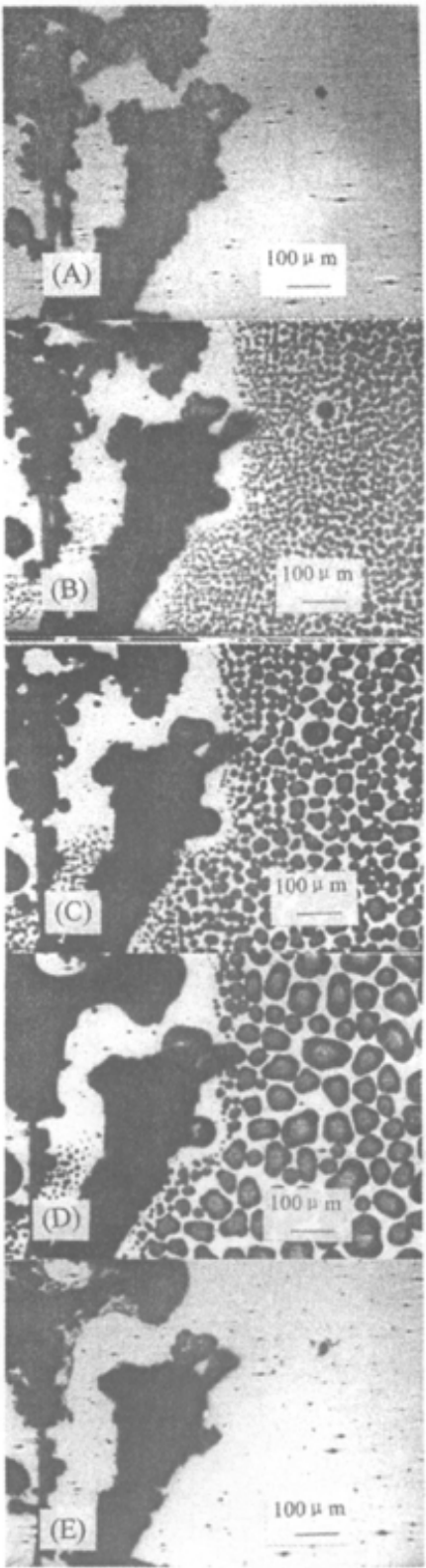


图3 蒙有大颗粒灰尘的碳钢试样表面上的结露过程  
室温 18℃, 大气相对湿度 70%  
(A) 致冷降温前 (B) 致冷 2min 后 (C) 致冷 4min 后  
(D) 致冷 8min 后 (E) 温度回升后

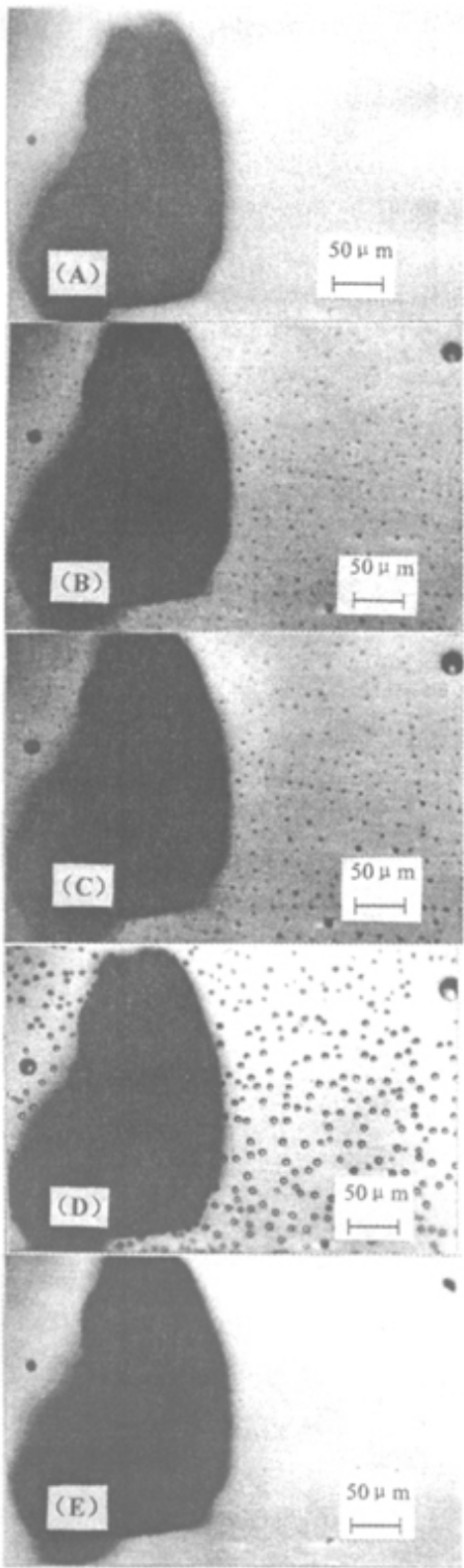


图4 表面有砂粒的碳钢试样表面上的结露过程  
室温 21℃, 大气相对湿度 60%  
(A) 致冷降温前 (B) 致冷 2min 后 (C) 致冷 4min 后  
(D) 致冷 8min 后 (E) 温度回升后

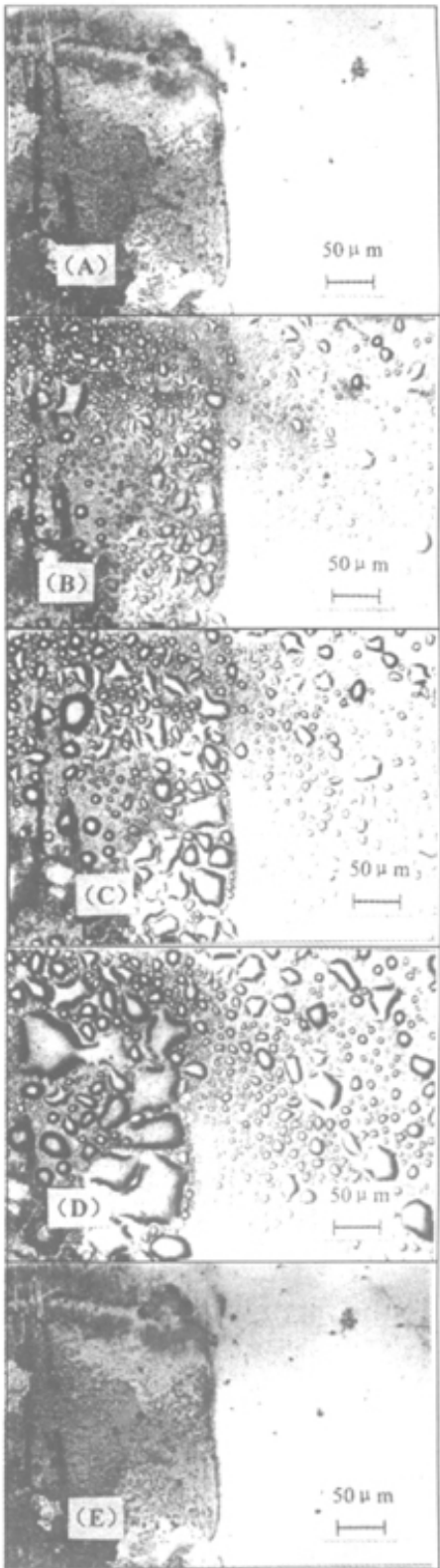


图5 硫化钠玷污的碳钢试样表面上的结露过程  
室温 15℃, 大气相对湿度 66%  
(A) 降温前 (B) 致冷 2min 后 (C) 致冷 4min 后  
(D) 致冷 8min 后 (E) 温度回升后

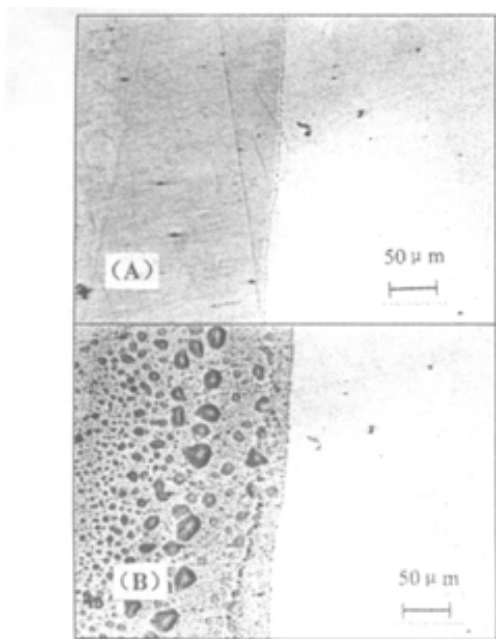


图6 硫酸钠沾污的碳钢试样表面上的结露过程  
室温 15℃ 大气相对湿度 66 %  
(A)降温前 (B)致冷 8min 后

盐类是电解质,受盐沾污的表面容易结露,最终生成的水膜是导电性良好的电解质溶液,强化了腐

蚀电池的作用,为然后的电化学腐蚀创造了有利的环境条件。

### 3 结 论

(1) 金属表面划伤处容易结露。

(2) 不同来源的尘埃对结露过程有不同的影响。砂粒不吸湿,基本上不影响结露;灰尘具有吸湿能力,颗粒越大,吸湿容量越大,周边不出现露珠。

(3) 金属表面受盐类沾污后有利于结露,加速腐蚀。

参考文献:

- [1] 曹楚南.悄悄进行的破坏——金属腐蚀(院士科普书系)[M].北京:清华大学出版社,暨南大学出版社,2000.
- [2] 徐乃欣,赵灵源,丁翠红,等.研究大气腐蚀时金属表面结露行为的新技术[J].中国腐蚀与防护学报,2001,21(5):301~305.
- [3] Xu Naixin, Zhao Lingyuan, Ding Cuihong, et al. Laboratory observation of dew formation at an early stage of atmospheric corrosion of metals[J]. Corrosion Science, 2002, 44(1):163~170.
- [4] 李润身,曹卫武.表面和亚表面状态检测装置[P].中国实用新型专利 ZL93225725.9.

## 武进市漕桥氟塑防腐设备厂

### 防腐有困难、氟塑来帮忙!

特别推出新产品:

● 四氟乙烯/乙烯共聚物 ETFE (F-40) 滚塑一次成型,具有耐负压、耐腐蚀、耐高温等优点。

该材料具有聚四氟乙烯的耐腐蚀特性,同时又具有对金属特有的较强粘着特性,加之其平均线膨胀系数接近碳钢的线膨胀系数,使其成为和金属的理想复合材料。这种优化的复合技术应用在防腐蚀设备上,制备的设备具有极优良的耐负压特性。目前,该技术制备的设备在我国的应用尚属起步阶段,仅上海高化三厂、上海化工厂、上海德国巴斯夫染料有限公司、上海宝钢集团公司、山东海化集团公司等企业,已连续完好地运行四年之久,证明该种设备具有良好的经济效益性,将被广泛采用。

该技术是美国杜邦公司直接研究应用 ETFE (F-40) 的成果,工艺技术为一种旋转烧结成型的新工艺,实施的设备也是先进的自动化控制的工艺设备。

● 钢衬四氟塔节、反应釜及容器设备,钢衬四氟管道、管配件

● 四氟通氯管、投料管、测温管及搅拌桨,四氟包石棉、橡胶垫片及衬氟阀门系列

● 各种钢塑复合管 (PP、PVC、PE、FRP) 玻璃钢净化塔、冷却塔、通风机、通风柜等系列

● P<sub>0</sub> (采用先进的滚塑工艺一次成型) 塔釜、管道及管配件、非标管件 [长度在 8 米以内可任意定尺寸]

联系人:章传德

电话 传真:0519-6214060

手机:013906118357