

# 干湿交替对红壤中锌-钢电偶腐蚀的影响\*

王开军

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

关键词 红壤; 锌-钢电偶腐蚀

电偶腐蚀是指两种不同金属在腐蚀介质中相互接触时, 由于各自的腐蚀电位不同, 原腐蚀电位较负的金属将成为阳极, 溶解速率增大, 使其腐蚀加剧; 而作为阴极的金属则受到保护。

电偶腐蚀是埋地金属一种常见腐蚀形式<sup>(1)</sup>, 地下工程的牺牲阳极型阴极保护是电偶腐蚀这种特点的应用<sup>(2)</sup>。锌是地下金属构件阴极保护中常用的牺牲阳极材料, 它为地下金属构件提供了良好的保护。本文初步研究了土壤干湿交替过程中锌-钢电偶腐蚀的一些变化特征, 希望能为土壤中电偶腐蚀的动态研究提供一些有效数据。

## 1 材料与方法

选用电镀零号锌(纯度 > 99.95%)和 45 号碳钢组成电偶对, 两种金属均制成直径 16mm、厚 5mm 的圆试片, 用一根长 125mm、直径 2mm 的相同的金属丝通过螺丝结构连接, 金属丝紧套一根塑料管, 除留下圆面外, 其它部位及接口均用复方环氧树脂涂覆, 以确保电偶对阴阳极的面积比为 1:1。试片表面先后用 600 号和 1200 号金相砂纸磨光, 用无水酒精清洗, 擦干后备用。

试验时, 把锌、钢试片相对插入淹水的红壤中, 并使试片保持在同一水平上。24 小时后连接试片, 使之构成电偶电池, 用 FDO-2 电偶腐蚀计及为本试验研制的电阻仪测量锌-钢电偶腐蚀的几个参数随时间的变化, 待土壤由湿变干、再由干变饱和后结束试验。

## 2 结果与讨论

### 2.1 金属自然腐蚀电位与电偶电位在土壤干湿交替过程中的变化

图 1 是淹水红壤中锌、钢偶接初期金属自然腐蚀电位和电偶电位的变化。可以看出, 在试验初期, 钢的自然腐蚀电位和电偶电位都逐渐变负, 而锌的自然腐蚀电位却只有很小的降低(变负), 这和溶液中电偶电池表现出的特征是一致的。因本试验是由土壤淹水状态开始的, 在试验初期土壤水分含量能维持在较高的水平, 还不能成为影响电偶腐蚀的因子, 所以金属自然腐蚀电位和电偶电位的这种变化是电偶对本身表现出来的。

从整个试验周期中的电位变化看(图 2), 钢电极的自然腐蚀电位在试验开始后逐渐减小, 200 小时后电位明显增大, 待土壤由干变到淹水状态后又迅速降低。电偶电位在开始时

\* 国家自然科学基金资助项目。

也是逐渐下降,但在200小时至38天的土壤干燥过程中变化较缓和,38天后电偶电位明显增大,而后又保持相对稳定;等到土壤又开始湿润时,电偶电位明显下降直至土壤淹水后达到相对稳定。与这两者相比,锌自然腐蚀电位在整个试验过程中都比较稳定,只是到土壤很干时电位才有所增大。

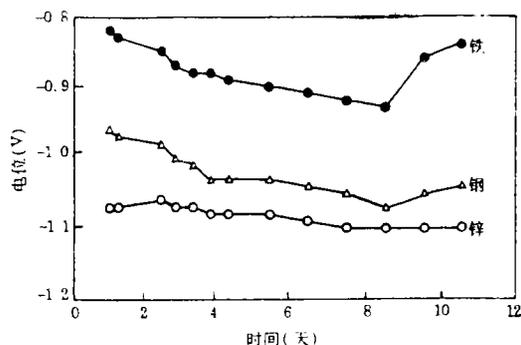


图1 锌、钢偶接初期电位的变化

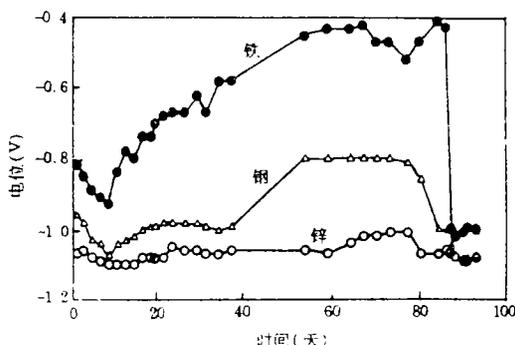


图2 锌、钢自然腐蚀电位和电偶电位的变化

从电位变化幅度上分析,在试验初期,电偶电位由-0.93V降低到-1.07V,钢自然腐蚀电位从-0.82V降低到了-0.93V,电位变化幅度均达到100mV。而锌的自然腐蚀电位在这个时期只从-1.07V减小到-1.10V。随时间的延长,土壤水分不断减少,对电偶电池的影响也逐渐表现出来。钢的自然腐蚀电位从200小时就开始明显增长,而电偶电位和锌自然腐蚀电位在38天后才出现较大变化。在整个土壤干化阶段,钢电位从-0.93V增大到-0.42V,电偶电位从-1.07V上升到-0.80V,但锌的自然腐蚀电位只从-1.10V升高到了-1.01V。干化过程结束后逐步增大土壤的含水量,电偶电位则表现出显著的降低,锌自然腐蚀电位也有一定程度的下降,而钢的自然腐蚀电位只在土壤淹水后才迅速减小到-1.00V。

比较锌、钢自然腐蚀电位和电偶电位随时间、也是随土壤水分的变化趋势,可以发现,钢自然腐蚀电位和电偶电位的起伏比较大,说明受土壤水分含量变化的影响较明显,特别是钢的自然腐蚀电位。而锌的自然腐蚀电位只在土壤水分含量降低到一定程度后才有所增大。分析这3条电位变化曲线可知,在38天前,电偶电位与锌自然腐蚀电位比较靠近,说明这一阶段是以阴极极化为主;38天至土壤干化结束(77天)时,电偶电位曲线距锌、钢自然腐蚀电位曲线都较远,故电偶对在这一阶段存在着明显的阴极极化和阳极极化。随土壤含水量的增加,电偶电位显著减小,这时阴极极化又占优势。

### 2.2 土壤干湿交替过程中电偶电流和极化电阻的变化

根据电偶腐蚀的基本原理,电偶电流应遵循下列公式<sup>(3)</sup>:

$$I = \frac{\Delta E}{R} = \frac{E_c - E_a}{R_{\pm} + R_c + R_a} \quad (1) \quad R_c + R_a = \frac{\Delta E}{I} - R_{\pm} = \frac{E_c - E_a}{I} - R_{\pm} \quad (2)$$

式中  $R_c$  为阴极极化电阻,  $R_a$  为阳极极化电阻,  $I$  是电偶电流,  $R_{\pm}$  是土壤电阻,  $E_c$  为阴极腐蚀电位,  $E_a$  为阳极腐蚀电位,  $\Delta E$  为阴阳极电位差。

在本试验中,极化电阻( $R_c + R_a$ )是通过测量电偶电流和土壤电阻换算出来的。图3就是电偶电流和极化电阻在土壤干湿交替过程中的变化。在整个试验周期内,电偶电流共出现了两个峰值,一个是在试验进行到38天时的干化过程中,另一个则在土壤湿化过程中(86

天), 并且两个峰值极为接近。从电偶电流的变化来看, 在 38 天前, 电偶电流随时间、也是随水分含量的减少显著上升, 在 40—77 天电偶电流又明显下降; 提高土壤含水量使得电偶电流迅速升高并达到第二个峰值, 而后迅速下降; 土壤淹水后电偶电流只有稍许减小, 极化电阻与电偶电流的变化正好相反, 从试验开始, 极化电阻就迅速减小, 38 天时达到最小值; 而后逐渐增大至土壤干化过程结束; 待逐步增加土壤含水量时, 极化电阻又开始下降; 土壤淹水后极化电阻只有稍许增大。

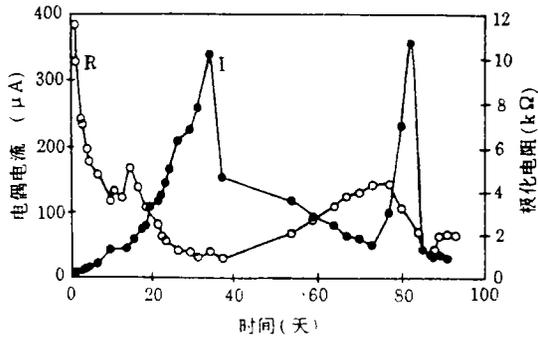


图3 电偶电流和极化电阻的变化

在土壤干湿交替过程中, 锌-钢电偶电池的电偶电流和极化电阻之间存在着较好的对应关系。从公式(1)可知, 电偶电流的大小取决于电偶电池的电动势(即阴阳极的电位差)、极化电阻(包括阳极极化电阻和阴极极化电阻)和土壤电阻 3 个因素。但从试验结果看, 阴阳极电位差和土壤电阻在土壤干湿交替过程中的变化趋势与电偶电流有很大差别, 所以我们认为, 极化电阻是影响电偶电流的主要因素, 从极化电阻的变化可粗略推断电偶电流的变化。

### 3 结 论

1. 钢自然腐蚀电位对土壤水分含量的变化较敏感, 随土壤含水量的减小, 电位明显增大, 而锌的自然腐蚀电位只在土壤含水率降到一定程度后才有所增大。
2. 土壤在干燥过程中, 锌-钢电偶腐蚀电池逐渐由阴极极化占优势转变为阴极极化和阳极极化并重。而在土壤润湿过程中又会转变成以阴极极化为主。
3. 在锌-钢电偶体系中电偶电流和极化电阻之间存在着较好的对应关系, 可用极化电阻的改变推断电偶电流的变化。

### 参 考 文 献

- [1] V. Gentil, Proceedings 11th international Corrosion Congress. 1990, 5: (5)163-170.
- [2] W. V. 贝克曼, w. 施文克著(胡士信等译), 阴极保护手册, 人民邮电出版社, 1990.
- [3] H. 克舍著(吴荫顺等译), 金属腐蚀(第二版), 化学工业出版社, 1984, 第 376 页.