

# 土壤盐分对钢—铝电位逆转的影响

王 开 军

(中国科学院南京土壤研究所)

在土壤腐蚀防护工作中我们经常会遇到一些有关两种金属的偶合问题,如不同金属接触形成的电偶、用于阴极保护的牺牲阳极、金属涂层或衬里等<sup>[1,2]</sup>。了解金属间的电位逆转现象,对弄清土壤腐蚀机理及防护工程的设计或选材都有很大帮助。研究证实,铁、铝在水溶液中会发生电位极性逆转,其中盐分和温度是两个重要的影响因素<sup>[3]</sup>。本文通过测量(采用开路测量方法)不同盐分含量条件下钢铝电位随时间的变化关系,初步验证土壤中是否存在钢-铝电位逆转以及盐分对电位逆转的影响。

## 一、材料与方法

### (一) 材 料

选用 16Mn 钢和工业纯铝为金属电极,实验前把这两种金属制成直径 16mm、厚 5mm 的圆试片,用 500<sup>#</sup> 和 1200<sup>#</sup> 金相砂纸打磨试片,用无水酒精清洗,滤纸吸干擦净后贮于干燥器中备用。

实验选用红壤(酸性)、黄棕壤(中性)和滨海盐渍土(碱性)为供试土样,土壤理化性质见表 1。供试土样先用蒸馏水洗掉土壤中的可溶盐,风干后过 1mm 筛。实验均是用洗盐后的土壤布置的。

表 1 供 试 土 壤 的 理 化 性 质

土 壤 类 型	采 集 地 点	有机质(g/Kg)	pH(水提)	Cl <sup>-</sup> (g/Kg)	全盐(g/Kg)
红 壤	江西余江	3.3	5.1	0.040	0.12
黄 棕 壤	南 京	4.5	6.0	0.010	0.50
滨海盐渍土	胜利油田	6.9	8.2	0.838	17.68

### (二)方 法

实验是在淹水情况下进行(土水比是 1:1),分 3 个处理,NaCl 的含量分别为 0、0.5g/Kg 和 1.0g/Kg 在室温条件下,利用多挡波段开关多点连接装置将各试片连接好,配上高输入阻抗转换器(10<sup>11</sup>Ω)和 PZ-8 型直流数字电压表,以饱和氯化钾甘汞电极作参比电极,金属试片为测量电极,采用电位—时间测量方法,从试片插入后的第 1 小时开始每隔一定时间测量一次,直到电位相对稳定。

## 二、结果与讨论

### (一) 土壤中钢、铝电位变化对比

在标准电位序中,铝的标准电位为-1.66 伏,铁的标准电位为-0.44 伏,两者相差 1.22

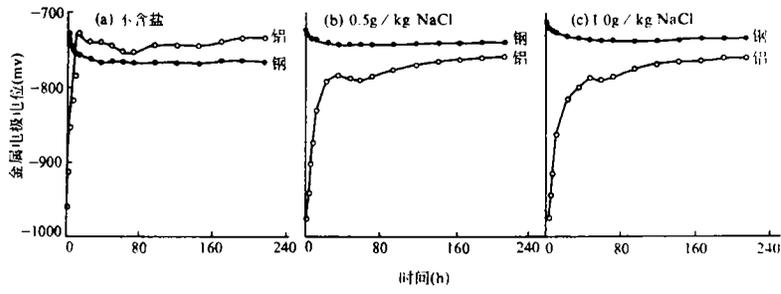


图 1 钢、铝在红壤中的电极电位变化

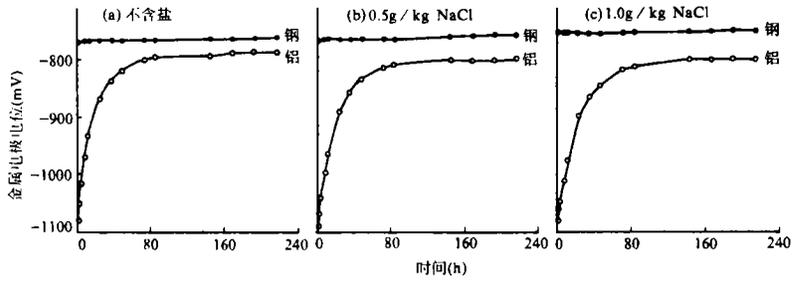


图 2 钢、铝在黄棕壤的电极电位变化

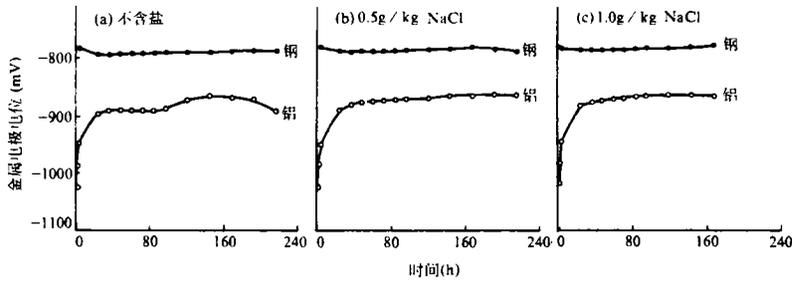


图 3 钢、铝在滨海盐土中的电极电位变化

伏。但在实际情况下,钢、铝在不同介质中表现出的电位与它们的标准电位有很大出入。图 1、2、3 分别是钢、铝在不同土壤盐分含量条件下电极电位随时间的变化曲线。可以看出,实验开始时,铝表现出的电位虽比较接近其标准电位,但还是正偏了 500 毫伏左右;而钢在土壤中的电位则比其标准电位负偏约 300 毫伏。随着实验的进行,铝电位迅速变正,并在一定时间后达到稳定,而钢电位除在红壤中有很小波动外,在整个测量时间(216 小时)内没有明显变化。另外,钢、铝在不同土壤中也具有不同的电极电位。通过考察土壤中钢、铝的稳定电位值可以发现,在实验规定的盐分含量内,钢、铝在红壤中的电位最大,在滨海盐渍土中的最小,电位大小顺序为:红壤>黄棕壤>滨海盐渍土。金属在不同土壤中的这种电位表现,反映了各土壤类型之间的性质差异。

## (二) 土壤中钢-铝电位极性逆转初探

电位-时间变化曲线不仅可以反映土壤中金属电位随时间的变化趋势,还可以用作判断金属间形成电偶腐蚀时的极性特征。分析钢、铝在红壤、黄棕壤和滨海盐渍土中的电位变化曲线,我们发现,在红壤不加盐的处理中,当实验进行 12 小时后,钢-铝间的电位发生极性逆转,这时铝电位比钢偏正约 30 个毫伏,并且这个电位差值一直保持到实验结束。由于随红壤盐分含量的升高,铝电位明显负偏,钢电位却有正偏的趋势,致使钢、铝之间的电位差( $E_{\text{钢}}-E_{\text{铝}}$ )由负变正,故当土壤含盐量升高到 0.5g/Kg 时,极性逆转现象消失。

对黄棕壤和滨海盐渍土来讲,NaCl 对钢、铝电位的影响远没有在红壤中大,在此两土壤中是否存在钢-铝电位极性逆转,只要看两者在不加盐处理中表现出的电位大小即可。图中显示,钢、铝在黄棕壤和滨海盐渍土淹水条件下都不发生电位逆转,也就是说,在这种土壤状况下,一旦钢、铝形成电偶,则铝总为阳极,而钢受到保护。但应看到,钢、铝在土壤中的平衡电位之间的差别并不大,即使在滨海盐渍土中也不过 100 毫伏左右,因此土壤中的钢-铝电偶腐蚀,铝提供给钢的保护是有限的。

电位极性逆转本质上是金属电极电位变化的结果,它一般起因于两种机制:一是活化-钝化转变;二是介质中离子活度的变化,多数的极性逆转与第一种情况有关。活化态的金属钝化后电位升高,而处于钝态的金属一旦钝化膜遭破坏,电位则降低到较负的数值。铝是一种活泼的两性金属,和氧的亲合力很大,极易在表面形成一层致密的氧化膜。从铝的电位-时间变化曲线中可以看出,铝在土壤中表现出的电位随时间迅速正偏,说明铝在土壤中进行腐蚀反应大致属于一个钝化过程。红壤中发生的钢铝电位逆转可能就是由铝的钝化所致。钝化膜在土壤中的稳定性是决定钢铝电位逆转的重要因素。众所周知, $\text{Cl}^-$ 能破坏金属表面的钝化膜, $\text{Cl}^-$ 浓度的增大,不利于钝化膜的形成或稳定<sup>[4]</sup>,特别是在红壤中,少量 NaCl 的加入也会引起土壤性质的明显变化,导致铝电位显著负偏,而另一方面钢电位却逐渐正偏,所以在红壤含盐达到 0.5g/Kg 时,钢铝就不会发生极性逆转。

红壤形成于亚热带生物气候条件下,由于长年的强烈淋洗作用,致使红壤中基本不含可溶性盐。由试验结果可以推知,钢铝电位极性逆转可能会在红壤地区的适宜条件下广泛产生。了解钢、铝在红壤中的这种电位变化特征,为我们正确分析地下钢铝构件的腐蚀原因,弄清土壤中钢-铝电偶腐蚀的极性特征提供了证据。

## 参 考 文 献

- [1] Vicente Gentil, 11th International Corrosion Congress, Proceedings 5:(5)163~166,1990.
- [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] 徐乃欣, 腐蚀与防护, 10(1):19~23, 1989.
- [4] 沈行素等, 中国腐蚀与防护学报, 3(1):16~20, 1983.

~~~~~  
(上接第 63 页)

## 三、讨 论

太湖流域地处长江中下游经济发达带,是我国农村城镇化程度较高的地区之一。该区的农业生产一直处在全国的重要位置,近年来,由于土壤的粗放经营和非农业耕地占有的增加,土壤肥力有退化趋势,农业生产也出现了一定程度的萎缩现象。如何协调农业经营与乡镇企业发展,如何保护基本农田及维持和提高可耕地肥力水平,已日益受到许多有识之士的关注。本项田间试验的结果再次清楚地表明,土壤种植作物显著地降低了土壤肥力水平和消耗土壤有机质,若在实际生产中不注意土地的用养结合,土壤理化性质的恶化和土壤肥力贫瘠化将是在所难免的。

土壤始终是农业生产的基础,土壤肥力的提高和维持是农业持续发展的关键。从土壤—植物系统中养分循环的特点来看,如果把地上部分的收获物全部携出,单纯依靠作物根系以及土壤微生物等的残体,是无法补偿土壤肥力的下降和有机质的消耗的,因为在这一过程中养分的损失是不可避免的。本试验的研究结果表明,稻麦两熟轮作制下,化肥加秸秆粉碎还田(有机—无机肥的配合施用)可以有效地促进土壤养分的积累,维持土壤有机质的平衡,并且增加作物的产量。因此,必须尽可能增施有机肥和提倡秸秆返田,同时也要合理、平衡地施用化肥,两者缺一不可。土壤有机质与作物高产和稳定关系密切,它是生态系统中碳素循环的中间环节,又是植物养分的来源之一。本项研究还表明,使用化肥可以增加根系生物量,从而增加土壤有机质的贮量。有机—无机肥料的配合施用是合理利用资源,更好地保持和提高土壤肥力的施肥制度。此外,有机肥料与化学氮肥的配合施用可协调化学氮肥的供肥过程,减少氮素损失,提高氮肥的利用率。

## 参 考 文 献

- [1] 鲁如坤, 农业化学手册, 科学出版社, 1982.
- [4] 徐 琪, 中国太湖地区水稻土, 上海科技出版社, 1980.
- [2] 熊 毅, 对苏南地区耕作制度的看法与建议, 人民日报, 1月13日, 1979.
- [3] 曹志洪, Rice based Ecological Agriculture Systems in Tai Lake Valley China. Proceeding, International Symposium on Paddy Soil September 15—19, 1990.
- [5] 林心雄, 绿肥和薰秆等在苏南地区土壤中的分解特征, 土壤学报, 17(4):319—327, 1980.
- [6] Oluf Chr. Bockman et al; Agriculture and Fertilizers, Chapter Soil organic matter in pages 98—103. published by: Agro. Group Norsk Hydne as Oslo Norway, 1990.