

宝钢设备维护技术资料汇编

上海宝山钢铁总厂工程指挥部设备维护处

一九八一年九月

宝钢设备维护技术资料汇编



上海宝山钢铁总厂工程指挥部设备维护处

一九八一年九月

前 言

为了培养设备维护技术力量，提高设备维护技术水平，宝钢工程指挥部曾于1981年上半年连续举办四次设备维护技术训练班，先后印发一些讲义和技术资料。但就设备维护技术的全貌来看，这些资料尚不够系统、不够全面；另一方面，从宝钢设备维护工作来说，也需将零散资料汇编，进一步补充完善后供工作中查阅学习。为此，在上述讲义、资料的基础上，增添油脂防锈试验、防变形以及电气设备和电子计算机的维护保管等方面的内容。从这一点上来说，这本资料汇编不仅仅是技术讲座资料的汇编，也包括了有关设备维护技术的其他内容，具有技术工作手册的性质。但考虑到这些内容多侧重基本原理，尚缺乏在宝钢设备维护工作中的应用实例，故称之为“资料汇编”。

这本汇编共分十章和三个附录，编辑的主导思想系以“大气腐蚀机理”入手，从五个方面阐述防止大气腐蚀的途径，这就构成第三章至第七章等五章的内容。由于从工序来说，金属预处理在防锈处理之前，故列为第二章。关于防锈油脂性能的评价方法是作为防锈技术必不可少的一个方面而载入的，最后辅之以“防霉”和“防变形”两章。这样，十章的内容就比较完整地包括了设备维护技术的各个方面。基于以上考虑的系统性，故将“电气设备的维护保管”、“电子计算机的维护保管”和“封装技术在设备维护工作中的应用”分别作为附录一、附录二、附录三列入汇编。

宝钢工程指挥部设备维护处共有十一位同志参加这次汇编工作，由陈煦天同志负责主编。在此，向技术训练班任课的郭思

铨、李鹤亭、鲁士雄、刘雪娟、刘永甫、马振瀛等同志致谢。由于设备维护技术涉及面较广，有些技术较新颖，我们这次比较全面、系统地编写这样的汇编资料是初次尝试，加之时间仓促、水平所限，错误之处在所难免，希望同志们指正。

目 录

第一章 大气腐蚀机理及其防止途径	(1)
第一节 金属大气腐蚀机理	(1)
第二节 防止大气腐蚀的途径	(10)
第三节 大气的分类与宝钢地区大气腐蚀特点	(14)
第二章 金属表面预处理	(20)
第一节 除油	(20)
第二节 去锈	(29)
第三节 中和	(32)
第四节 钝化	(34)
第五节 干燥	(36)
第六节 注意事项	(37)
第三章 干燥空气封存	(39)
第一节 封存工艺及要求	(39)
第二节 公式计算	(41)
第四章 充氮封存	(45)
第一节 充氮装置流程	(45)
第二节 充氮封存工艺	(47)
第五章 防锈油脂	(49)
第一节 防锈油脂的组成与防锈机理	(49)
第二节 防锈油脂的分类及品种	(58)
第三节 日本的防锈油脂	(61)
第六章 气相缓蚀剂	(64)
第一节 国外气相缓蚀剂简介	(64)

第二节	气相缓蚀剂的防锈机理	(66)
第三节	常用的几种气相缓蚀剂	(67)
第四节	气相缓蚀剂的使用方法	(76)
第五节	注意事项	(77)
第七章	防锈油漆	(80)
第一节	油漆的基本组成和分类	(80)
第二节	设备维护常用的涂料	(81)
第三节	自配沥青漆	(89)
第四节	日本防锈油漆	(93)
第八章	防锈油脂性能评价方法	(96)
第一节	室外实况暴露试验	(97)
第二节	室内模拟加速腐蚀试验	(98)
第九章	防霉基本知识	(105)
第一节	霉菌的危害	(105)
第二节	防霉措施	(106)
第十章	防变形	(108)
第一节	防止变形的原则	(108)
第二节	场地要求和吊装注意事项	(109)
第三节	放置原则	(110)
附录一	电气设备的维护保管	(112)
第一节	电气设备的保管要求及日方包装特点	(112)
第二节	人工降湿措施	(114)
第三节	电气设备的维护保管要点	(116)
附录二	电子计算机的维护保管	(122)
第一节	影响电子计算机的各种因素	(122)
第二节	电子计算机的维护保管要点	(126)
第三节	电子计算机检验技术要点	(132)

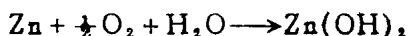
附录三 封装技术在设备维护工作中的应用	(139)
第一节 封装的材料和工器具	(139)
第二节 大体积封存设备的实例	(146)

第一章 大气腐蚀机理及其防止途径

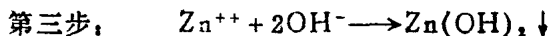
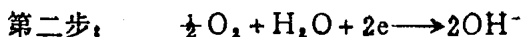
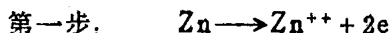
据统计，约有80%金属是在大气条件下工作的。虽然有些构件、设备不在大气条件下工作，但其运输、储存仍在大气条件下进行，依然离不开大气腐蚀。因此，研究大气条件下金属腐蚀过程、腐蚀机理，从而拟订防止大气腐蚀有效、经济、简便的方法，有着重要意义。

第一节 金属大气腐蚀机理

导致金属大气腐蚀的过程，从理论上和实践上已完全证实是属于电化学腐蚀过程。它包括金属的氧化过程和氧化剂的还原过程，此二过程同时产生又独立地进行着。例如：锌在大气条件下的腐蚀反应，可由下列方程来表示：



但上述反应并不是简单地一步就能完成的，而是分成下列几步来完成：



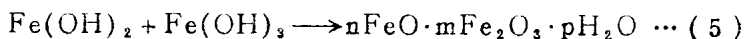
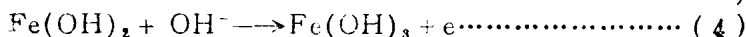
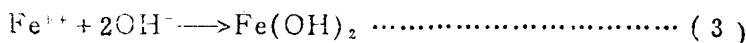
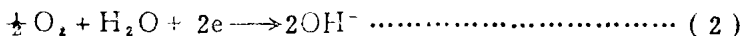
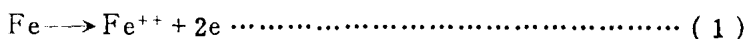
首先，金属Zn並沒有直接同O₂进行电子交换，而是先变成离子态进入溶液，并向自己的锌板交出二个电子，此过程是金属失去电子的过程，称为氧化过程，也称为阳极过程。

其次，溶液中的氧化剂O₂在有水分存在的情况下，来到金属表面夺取二个电子，同水一起反应生成了氢氧根离子，

即 OH^- 。此过程为吸收电子的过程，称为还原过程，也称为阴极过程。上述两步反应中生成的 Zn^{++} 和 OH^- 都称为一次腐蚀产物。

然后，水溶液中的 Zn^{++} 和 OH^- 因为分子运动而在溶液中扩散相遇，生成 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ，称为二次腐蚀产物。 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 的溶解度较小，当离子浓度的乘积超过其溶度积时，便沉淀出来。

假如现在碰到的金属是钢铁，那又是怎样被腐蚀成为铁锈的呢？其反应式分别为：



同理，上述反应中，(1) 式为金属失去电子过程，是氧化反应或阳极过程。(2) 式为吸收电子过程，是还原过程或阴极过程。两步反应中生成的 Fe^{++} 和 OH^- 为一次腐蚀产物，在水中相遇后，发生 (3) 式反应，生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 为二次腐蚀产物。由于 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 不稳定，还能继续失去电子变成三价铁离子，继续同溶液中 OH^- 作用，生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 为三次腐蚀产物。这种铁的二价和三价氢氧化物又能逐渐转变成带有结晶水的氧化物： $n\text{FeO} \cdot m\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot p\text{H}_2\text{O}$ ，这就是铁锈的分子式。由于 n 、 m 、 p 数值不同，表现在锈层的颜色、颗粒度、密度等不同的物理性质。

为什么金属在大气中要按电化学历程进行反应，而不是按化学历程进行反应呢？因为按化学历程进行反应（以锌为例），锌原子最外层的二个电子必须脱离自己原有的轨道，跳到氧原子

外层的轨道上去，形成 ZnO 离子键结构，要完成这样的过程所需能量较大，在常温、常压下难以进行。

那么又为什么能按电化学过程来进行腐蚀呢？因为当一块金属浸在电解质溶液中时，金属同介质相接触的界面上要形成双电层，双电层的一侧带正电，另一侧带负电，类似电容器，这是一种必然趋势。我们仍以锌板为例，当金属锌进入溶液时，将电子留在锌板表面呈负电，锌变成带正电的离子进入溶液，与水分子结合成带正电的水化离子，密密地分布在金属表面附近，如图1-1所示，这很像一个电容器。它具有很高的电场

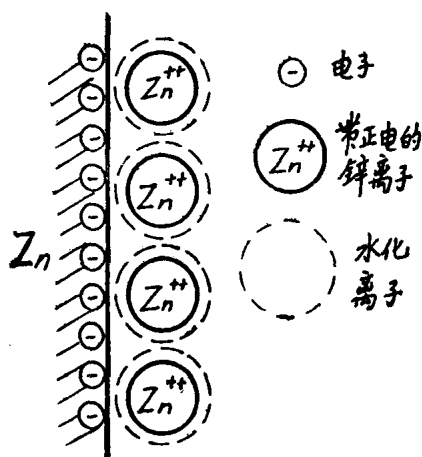


图1-1, 双电层示意图

强度，可达 $10^7 \sim 10^8$ 伏/厘米，而距离又非常小，只有 5×10^{-8} 厘米。

是不是金属会无限制地变成离子态进入溶液呢？不会。因为金属原子虽有失去电子变成离子态的倾向，而溶液中的金属离子又有结合电子变成原子化的倾向，当到达一定程度时，二者便建立起动态平衡。即当 $Zn \rightleftharpoons Zn^{++} + 2e$ 时，进入溶液的金属离子数与溶液中金属离子结合电子回到金属表面的原子数相等，相当于金属不再溶解。

假如这时，在溶液中有一种与电子亲和力很强的物质存在（这种物质通常称为氧化剂），则电子在双电层的高电场强度作用下，能穿过双电层与氧化剂结合，使氧化剂还原。于是双电层上的动态平衡被破坏，锌板上的电子数减少，锌原子只得继续向锌板交出电子变成离子进入溶液。只要溶液中不断有氧供应，则锌的腐蚀就要不断进行下去，直到锌全部耗完为止。正是由于有这种电场强度很高的双电层存在，使锌与氧的反应要比按化学历程反应容易得多，这就解释了金属大气腐蚀是按电化学历程进行的原理。

由此可见，双电层电场强度的变化对于电化学反应速度有重要影响，因为双电层的距离变化不大，主要是双电层两侧之间的电位差变化。人们现在还不能直接测出这个电位差的绝对值，但可以找到一种其双电层两侧电位差不易改变的电极（称为参比电极）作基准，用来测量任一其他电极表面双电层电位差之变化。例如用一镀了铂黑的铂电极，此电极只能进行一个反应： $\frac{1}{2}H_2 \rightleftharpoons H^+ + e$ ，这是一种不极化电极，规定其电极电位为“0”。将被测电极同它比较，测出被测电极与参比电极的相对电位差，其差值称为被测电极的电极电位。

当电极表面的双电层建立起平衡态时，此时的电极电位称为平衡电位，不同金属的平衡电位是不同的，见表1-1所示。平衡电位越负，表示金属离子化倾向越大，越容易腐蚀，

反之，金属平衡电位越正，表示越稳定，越不容易腐蚀。

表1-1 一些电极反应的标准电位 相对于标准氢电极(伏)

电极反应	E°	电极反应	E°
$K \rightleftharpoons K^+ + e$	-2.925	$Sn \rightleftharpoons Sn^{++} + 2e$	-0.136
$Na \rightleftharpoons Na^+ + e$	-2.714	$Pb \rightleftharpoons Pb^{++} + 2e$	-0.126
$Ca \rightleftharpoons Ca^{++} + 2e$	-2.87	$\frac{1}{2}H_2 \rightleftharpoons H^+ + e$	0.000
$Mg \rightleftharpoons Mg^{++} + 2e$	-2.37	$4OH^- \rightleftharpoons 2H_2O + O_2 + 4e$	+1.229
$Al \rightleftharpoons Al^{+++} + 3e$	-1.66	$Cu \rightleftharpoons Cu^{++} + 2e$	+0.337
$Mn \rightleftharpoons Mn^{++} + 2e$	-1.18	$Cu \rightleftharpoons Cu^+ + e$	+0.521
$Zn \rightleftharpoons Zn^{++} + 2e$	-0.762	$2Hg \rightleftharpoons Hg_2^{++} + 2e$	+0.789
$Cr \rightleftharpoons Cr^{+++} + 3e$	-0.74	$Hg \rightleftharpoons Hg^{++} + 2e$	+0.854
$Fe \rightleftharpoons Fe^{++} + 2e$	-0.440	$Ag \rightleftharpoons Ag^+ + e$	+0.799
$Fe \rightleftharpoons Fe^{+++} + 3e$	-0.036	$Au \rightleftharpoons Au^{+++} + 3e$	+1.50
$Co \rightleftharpoons Co^{++} + 2e$	-0.277	$Au \rightleftharpoons Au^+ + e$	+1.68
$Ni \rightleftharpoons Ni^{++} + 2e$	-0.250	$Pt \rightleftharpoons Pt^{++} + 2e$	+1.19

金属的平衡电位与溶液的温度和溶液中金属离子的浓度有关，表1-1中的数据是当溶液温度为25℃、溶液中金属离子浓度为1克离子时测得的。如果这两个条件改变时，可由奈恩斯特方程进行计算：

如金属反应是： $Me \rightleftharpoons Me^{+n} + ne$

则平衡电位： $E_{Me/Me^{+n}} = E^\circ_{Me/Me^{+n}} + \frac{RT}{nF} \ln C_{Me^{+n}}$

上式中： Me ——金属

Me^{+n} ——金属离子

$C_{Me^{+n}}$ ——金属离子的浓度，克离子/1000克 H_2O

R——气体常数，8.314焦耳/度·克分子

T——溶液绝对温度，°K

n——金属离子价数

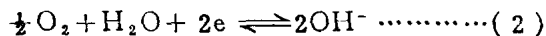
F——法拉第常数，96500库仑/克当量

$E^\circ_{Me/Me^{+n}}$ —— Me^{+n} 的浓度为 1 个重量克离子浓度时的平衡电位，也就是这一电极反应的标准电位。

金属表面要建立起平衡电位，只有在当金属表面仅进行一个电极过程时才能成立。假如在金属表面同时进行两个电极反应，情况又将会怎样呢？这里电极反应是指电极和溶液界面上进行的电化学反应；电极是指浸在电解质溶液里并在界面上进行电化学反应的导体。那么，这两个电极反应都不能处于平衡状态，而是偶合成电偶，一个按氧化方向进行，成为阳极，一个按还原方向进行，成为阴极。例如，将锌浸在含氧的氯化钠溶液中，则在锌板上就有两个电极反应。其反应式分别为：



$E_{Zn/Zn^{++}} = -0.762$ 伏………成为阳极



$E_{OH^-/O_2} = +1.229$ 伏………成为阴极

由于方程(1)与反应(2)的平衡电位不等，因此它们便偶合成电偶，双方都不能处于平衡态：反应(1)的平衡电位数值负，按氧化方向进行，即锌不断溶解；反应(2)的平衡电位数值正，按还原方向进行，氧不断还原。对于锌来讲，因为有阴极过程存在，使其破坏了动态平衡，假如人为地、有步骤地改变其电极电位，来测定其相应的阳极电流，那么就可以得到象图 1—2 中的阳极极化曲线，也称为阳极过电位曲线(电极电位

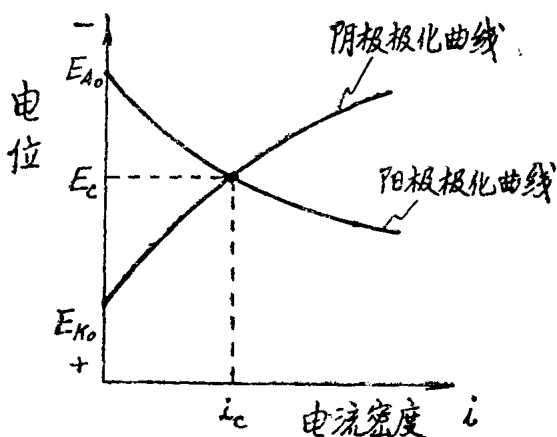


图 1-2, 极化曲线

E_{A_0} — 平衡状态阳极电位

E_{K_0} — 平衡状态阴极电位

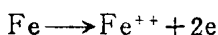
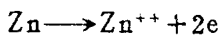
i_c — 稳定态腐蚀电流

E_c — 稳定态腐蚀电位

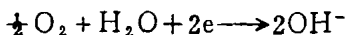
与平衡电位之差值又称过电位), 过电位越大, 阳极电流也越大, 在锌金属表面又存在着另一电极过程是上述反应(2)即阴极过程, 同样人为地控制阴极反应的电位, 测其阴极过程的电流, 可以得到阴极极化曲线, 也称阴极过电位曲线, 即图1-2中的阴极极化曲线。该两条曲线交点处的电位为腐蚀电位 E_c , 交点处的电流为腐蚀电流 i_c , 在系统达到稳定状态, 阳极所放出的电子, 恰好为阴极所吸收。当溶液中不断有氧供应时, 锌

板就按照 i_c 的腐蚀电流值一直进行下去，直到锌板耗尽为止。由此可以得到结论：一块金属同电解质溶液接触时，之所以被腐蚀，是由于腐蚀电偶的存在，因为它们的平衡电位不同，故电极反应都不能处于平衡，总是一个偏正些，另一个偏负些。电位偏正者，成为阴极，吸收电子；电位偏负者，成为阳极，失去电子，从而建立起整个系统的腐蚀电流，腐蚀电流越大，腐蚀速度愈快。

以上讨论的是一块金属表面上发生二个反应。如果有两块不同的金属同时浸泡在电解质溶液里，又会形成怎样的变化呢？如将一块锌和一块铁同时浸在含氧的氯化钠溶液中时，锌板和铁板上均会各自形成自己的腐蚀电偶，其阳极反应分别为：



它们的阴极反应却只有一个，即 O_2 的还原，方程如下：



因此，不管是锌板，还是铁板，都以各自形成的腐蚀电偶进行腐蚀反应，如图 1-3 (a) 所示。但如将锌板与铁板进行

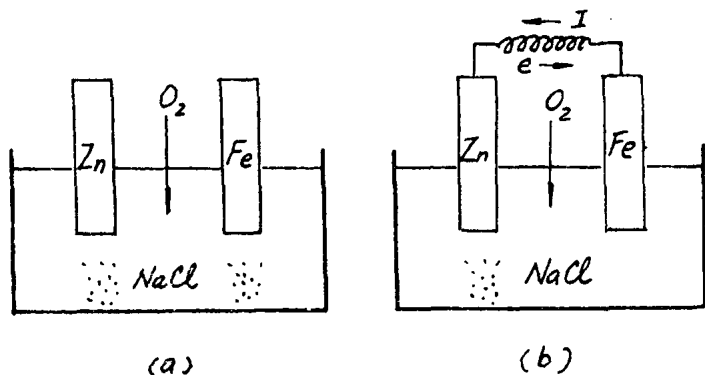


图 1-3

短路后，情况就发生变化，因为锌板与铁板溶解成为金属离子的阳极反应的平衡电位不一样，阳极极化曲线也不一样，这两块金属就组成为一个电池，Fe与Zn分别是电池的两个电极，电子将从电位数负的Zn流向电位数正的Fe，这样就使得Zn的电位比原来的腐蚀电位正些，也就是Zn变成 Zn^{++} 而放出电子的这一阳极过程的过电位增大，Zn的溶解也就加速，Fe则相反，它的阳极溶解电位向负偏移，过电位减小，阳极溶解也就减慢，如图1-3(b)所示。由此可知，当两块不同金属相接触组成电池时，在一般情况下电位较负的金属将加速溶解，电位较正的金属将减慢溶解，当能使后者减慢到其平衡电位时，则就停止溶解，即不腐蚀。这就是广泛地应用于造船工业中的牺牲阳极(Zn)来保护阴极(Fe)船体不被腐蚀的原理。如果要使Fe达到平衡电位的电流不是由加速锌板溶解来供应，而是由外加直流电源来供应的话，同样也可使阴极Fe达到平衡电位，而停止溶解，此种方法称为外加电流阴极保护法，是比牺牲阳极更为先进的技术。目前美国和许多国家广泛采用外加电流阴极保护来代替牺牲阳极阴极保护，宝钢的原料码头也是采用外加电流阴极保护法来保护码头钢桩免受腐蚀的。

实际上，人们使用的金属材料都是不均匀的，存在着偏析、夹杂、组织等差异，有时甚至晶粒与晶界之间的电位也存有差异，它们与基体金属都能形成许多腐蚀电池，这些现象习惯上称为微电池腐蚀。金属的大气腐蚀也属于许许多多的微电池腐蚀，也就是说人们所使用的金属材料，已具备组成腐蚀电池的必要条件，只是条件还不够充分。如果没有电解液存在，则金属不能进行电化学反应；一旦金属表面形成了水滴、水膜层后，则就具备产生电化学反应的必要而又充分的条件，金属就开始了电化学腐蚀历程。在大气条件下，金属表面水份来自

于空气中的水份凝露和雨滴。

第二节 防止大气腐蚀的途径

既然大气腐蚀是按电化学历程来进行的，因此要防止大气腐蚀，必须从反应机理着手，在若干关键步骤上进行控制，就能找到科学的、正确的防止途径。

一、控制水份——干燥封存

如前所述，金属表面有水份存在是金属进行电化学反应的充分条件，金属表面水膜层厚度，直接影响着金属的腐蚀速度。水膜厚度与金属腐蚀速度的关系，如图1—4所示。根据

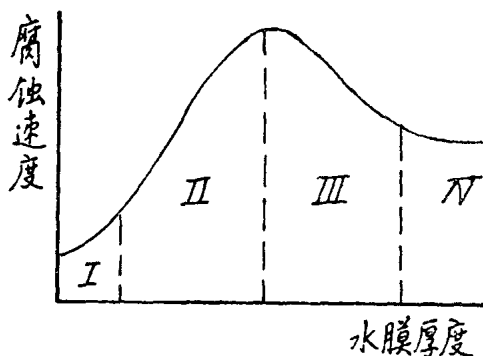


图1-4. 金属表面水膜厚度与
腐蚀速度的关系

这种关系，人为地将该图分为四个区域：

I区——相当于吸附水膜的起始阶段。这时，薄薄的吸附膜只有几个分子层厚，还不能看作是完整的、具有电解液的性能，这点水份对金属影响很小，可以忽略不计。