

裴 善 生 编 著

# 市内电话管道电缆防蚀

人 民 邮 电 出 版 社

M916.2

## 内 容 提 要

本书先从引起市话电缆腐蚀的原因和有关的基本知识讲起，然后介绍市话电缆防蚀的测试方法，着重讲解予防电化学腐蚀、漏泄电流腐蚀的具体措施。最后对常用的防腐蚀设备的维护方法及常见障碍的修理作了适当地介绍。本书可供敷设和维护地下电缆的工作人员学习参考。

## 市内电话管道电缆防蚀

裴善生 编 著

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32 1978年12月第 一 版

印张：5 2/32 页数：81 1978年12月河北第一次印刷

字数：115 千字 印数：1— 8,500 册

统一书号：15045·总2270—市327

定价：0.42 元

## 前 言

通信电缆，尤其是敷设在地下的电缆，很容易遭受腐蚀，电缆遭受腐蚀，不但会缩短电缆的寿命，严重时还会中断通信，给国家和人民造成经济上的甚至政治上的损失，因此我们电缆线路工人和技术人员有必要对电缆腐蚀的危害性、电缆腐蚀产生的原因有所了解，切实掌握防止电缆腐蚀的方法和措施。

本人从事市内电话电缆尤其是管道电缆防腐蚀工作多年，深感防蚀工作的重要，自己有一些体会，但还很不够，在编写本书时，还参考了不少兄弟单位的好经验。

本书先从引起市话电缆腐蚀的原因和有关的基本知识讲起，还对市话电缆防蚀的测试方法（包括测试项目、测试目的以及测试时注意事项）进行了叙述，着重讲解预防电化学腐蚀、漏泄电流腐蚀的具体措施，最后对常用的防腐蚀设备的维护方法及常见障碍的修理也作了适当地介绍。

在编写过程中，得到北京市电信局党组织的支持和关怀。同时还得到朱瑞平和白晓亮等同志的大力协助，在编写过程中，王瑞壁同志还提出不少宝贵意见，在此表示感谢。

由于本人的经验和知识有限，对国内其他地区防腐蚀的经验学习、了解也很不够，难免有错误之处，恳切希望读者批评指正。

作者

一九七八·四·

# 目 录

|                          |    |
|--------------------------|----|
| <b>第一章 电缆腐蚀</b> .....    | 1  |
| 一、什么叫电缆腐蚀, 有哪些类型.....    | 1  |
| 二、在电解液中的电化学腐蚀.....       | 3  |
| 三、漏泄电流腐蚀.....            | 11 |
| 四、衡量腐蚀程度的方式方法.....       | 16 |
| 五、影响腐蚀的因素.....           | 18 |
| <b>第二章 电缆防蚀的测试</b> ..... | 23 |
| 一、测试目的.....              | 23 |
| 二、测试项目及意义.....           | 23 |
| 三、测试时须作哪些准备工作.....       | 25 |
| 四、具体测试方法.....            | 33 |
| 五、测试时注意事项.....           | 56 |
| 六、测试资料的整理.....           | 58 |
| <b>第三章 电缆防蚀方法</b> .....  | 63 |
| 一、电化学腐蚀的预防.....          | 63 |
| 1. 阴极保护.....             | 63 |
| 2. 阳电极 ( 牺牲阳极 ) .....    | 82 |
| 3. 防蚀土.....              | 89 |
| 二、漏泄电流腐蚀的预防.....         | 91 |

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| 1. 电气排流方法.....                   | 92         |
| 2. 绝缘管道及管道绝缘包装.....              | 118        |
| 3. 减少电车或地铁漏泄电流的方法.....           | 121        |
| 三、怎样选用预防电缆腐蚀措施、选用预防措施应注意的事项..... | 124        |
| <b>第四章 防腐蚀设备的维修.....</b>         | <b>133</b> |
| 一、防腐蚀设备的定期技术观测.....              | 133        |
| 二、防腐蚀设备的维护和修理.....               | 136        |
| 三、防腐蚀设备的告警装置.....                | 146        |

# 第一章 电 缆 腐 蚀

在前言中已经提到电缆铅皮遭受腐蚀，不仅会影响通信而且会在经济上政治上造成严重损失。因此，我们有必要对电缆遭受腐蚀的原因有所了解，针对产生腐蚀的原因采用有效的防锈措施，以保证通信畅通，延长电缆寿命。

## 一、什么叫电缆腐蚀，有哪些类型

一般来说，电缆金属外皮和周围介质接触时由于发生化学或电化学作用而引起的破坏或变质的过程叫电缆腐蚀。

### 1. 从产生的原因可分为两大类

(1) 电化学腐蚀：这种腐蚀是因为金属与潮湿的空气或电解质介质接触时发生作用，产生了电流，在这种情况下金属发生电解，产生腐蚀，叫电化学腐蚀。电化学腐蚀的特点是在同一金属上不同表面上各自进行阳极和阴极化学反应，这些阳极和阴极可能结合在一起，也可能分开。这种腐蚀扩展到金属内部，腐蚀速度随着电化作用的不断发生而加速。电缆铅皮的腐蚀大部分是属于此种腐蚀。

(2) 化学腐蚀：这种腐蚀是在金属与干燥气体（如氧、二氧化碳、硫化氢等）或非电解质（如汽油、酒精等）接触时，发生了化学作用而产生的。它与电化学腐蚀不同的是在腐蚀过程中不产生电流，而且腐蚀产物是在直接参与反应的金属表面部

分形成，而这些腐蚀产物所组成的膜是否继续成长，决定于腐蚀剂（非电解质或气体）对它是否渗透。例如，电缆铅皮常常于其表面形成一层致密的化学腐蚀产物能阻碍铅皮继续进行腐蚀，因而形成一层铅皮的保护膜。因此对电缆铅皮来说，只有在处于有特殊气体（如煤气、氯气酸雾、浸蚀性粉尘或其他侵蚀性气体等）的工业区的架空电缆才遭受腐蚀。所以，一般情况下电缆遭受化学腐蚀的实例是比较少的。

## 2. 从所处环境分有五类腐蚀

（1）在电解质中的电化学腐蚀：这种腐蚀是指地下电缆的铅皮和土壤、地下水或管道污水等接触时（这种介质均可视为电解质），由于电化学作用而产生的电缆铅皮的损坏。发生这种腐蚀的电缆铅皮上将有电流流通，但是这种电流是很微小的。在大地中没有漏泄电流的情况下，管道电缆的腐蚀大部分是属于这种腐蚀。这种腐蚀造成的后果是较为严重的，在严重的地区仅一两年电缆铅皮就被腐蚀穿孔。

（2）漏泄电流的腐蚀：由各种不同的电气设备流到大地中的电流叫漏泄电流。如有轨电车或地下铁道经过的地方，就会产生漏泄电流。当电缆铅皮在电解质中，由于漏泄电流而产生的电解过程，会引起电缆铅皮的损坏，叫做漏泄电流的腐蚀。

这种腐蚀是相当严重的，最严重的地方，几个月就会将电缆铅皮腐蚀穿孔。

以上这两种均属于电化学腐蚀。

（3）内部晶化腐蚀：是指由于振动和周围环境的化学作用所产生的金属内部晶格损坏，叫做内部晶化腐蚀。临近铁路路基、和在桥梁上，在工厂矿山附近或临近工作机器敷设的地下

电缆，以及经过长途运输的电缆，其铅皮因长时间地受到震动而引起晶间重新排列，使铅皮沿结晶边缘裂开，在这些裂缝处由于与空气接触而产生了氧化物，促使裂痕增大，这就加速了铅皮的腐蚀，严重时可使铅皮裂成碎块。

(4)特殊气体腐蚀：电缆铅皮在一般空气中是不会遭受腐蚀的。但在某些特殊环境下，例如在化工厂、铁路、煤井、海湾附近的电缆其铅皮因受煤气或锅炉发出的蒸气等有害气体的侵蚀，都会遭受腐蚀，这种腐蚀叫特殊气体腐蚀。

(5)空气腐蚀：由于一般空气中的潮气，氧气，碳酸气的侵蚀，及高温下所产生的金属破坏，叫做空气腐蚀。这种腐蚀主要发生在钢绞线，交换箱，分线盒(箱)，铁管等电缆附属设备上。由于这些设备是在露天里，因此很快会在表面上生成铁锈，日久铁锈就会继续向金属更深层发展而使金属遭到破坏。由于架空电缆铅皮在大气中很快产生有保护性的氧化薄膜，这种氧化膜可以阻碍腐蚀继续向铅皮更深层发展，因此在一般情况下电缆铅皮不会遭受气体腐蚀。

以上三种均属于化学腐蚀。

从上述情况分析，可以看出，电缆遭受腐蚀主要是在电解液中的电化学腐蚀和漏泄电流腐蚀，因此本书着重介绍这两种腐蚀。

## 二、在电解液中的电化学腐蚀

电化学腐蚀实际上就是在电缆铅皮表面上形成了短路的原电池所造成的。为了说明电缆铅皮是如何产生电化学腐蚀的，首先需要对原电池的组成和工作原理有所了解。



## 1. 原电池的基本工作原理

以两种不同的金属作为两个电极（通常将与电解液接触的金属体称为电极）浸在电解液中，由于金属的不同，其电极电位（其概念见后面解释）也不同，因此两个电极间就存在着电位差，用导线将两块金属连接起来，导线中就有电流流动，就形成一个原电池。例如：将锌片和铜片作为两个电极放入硫酸溶液中，就形成一个原电池。

为了进一步说明原电池的工作原理，需要弄清以下的基本概念。

### （1）电极电位

电极电位概括地说就是金属电极与电解液间的电位差。任何一种金属浸在含有该金属正离子的电解液中，就会出现金属中的正离子溶入溶液而使金属表面呈现负电荷过剩的倾向，金属越活泼这种倾向就越大。同时，溶液中的金属正离子也有一种从溶液中沉积到金属表面上去，使金属表面呈现正电荷过剩的倾向。溶液的浓度越大，这种倾向也越大。由于存在上述两种倾向，因此，在溶液中就出现了离子交换的现象。如果第一个作用的速度比第二个作用速度大时，金属表面附近的溶液中

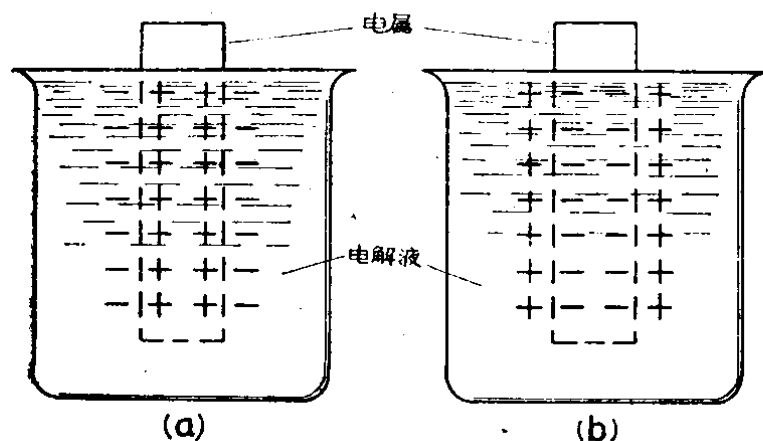


图 1.1 双电层示意图

会因有过剩的正离子而带正电；金属表面因有过剩电子而带负电，这种金属与溶液之间所形成的电位差为负电位差，如图1.1 (b)所示，反之，金属表面带正电而溶液

带负电，则为正电位差，如图1.1( a )。这样，在金属和溶液交界上就形成了所谓的“双电层”，如图 1.1 所示。这时达到了动态平衡，建立了稳定的电位差，称此电位差为电极电位。

将任一种金属放入电解液内，均会形成一个稳定的电极电位，它的极性和电位高低决定于金属的本性和电解液的特性、浓度等。现在还没有足够可靠的方法来测定单个电极的绝对电极电位，在实际运用中，只有取其相对值。其相对值是以氢电极作为标准，并将它定为零。下表就是以氢元素作为零所测出的常用金属的电极电位，叫做金属的电动序表，见表1.1。

( 2 )金属电动序表

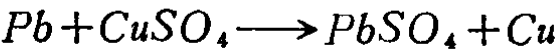
表 1.1

|         |          |           |           |           |           |
|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 金 属 名 称 | 钾        | 镁         | 铝         | 锌         | 铁         |
| 化 学 元 素 | <i>K</i> | <i>Mg</i> | <i>Al</i> | <i>Zn</i> | <i>Fe</i> |
| 电极电位(伏) | - 2.92   | - 2.38    | - 1.68    | - 0.76    | - 0.44    |

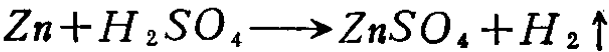
|           |           |           |          |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 镉         | 镍         | 铅         | 氢        | 铜         | 银         | 汞         | 金         |
| <i>Cd</i> | <i>Ni</i> | <i>Pb</i> | <i>H</i> | <i>Cu</i> | <i>Ag</i> | <i>Hg</i> | <i>Au</i> |
| - 0.40    | - 0.23    | - 0.13    | 0        | + 0.34    | + 0.8     | + 0.9     | + 1.24    |

在金属电动序表中，位于前面的金属可以将位于它后面的金属从其盐溶液中置换出来。

例如：铅可以将硫酸铜溶液中的铜置换出来。



只有在氢前面的金属（即电极电位为负值的金属）才有可能从酸中置换出氢气。例如锌可以从硫酸中置换出氢气。



金属的电极电位，表示金属原子还原性的强弱，也表示离

子氧化性的强弱。电极电位代表值越小，越容易失去电子，其化学性能越活泼。

原电池的工作是以金属的电动序为基础的。原电池的两极(金属的正极和负极),按金属的电动序来决定,在表1.1中靠前面的金属为负电位(阳极),靠后面的金属为正电位(阴极)。一般情况,负极(阳极)由于金属容易失去电子易被氧化而遭受腐蚀。

(3) 锌、铜组成的原电池的反应过程

现在以锌片和铜片浸在硫酸溶液中为例来进一步说明原电池的工作原理,如图1.2所示。

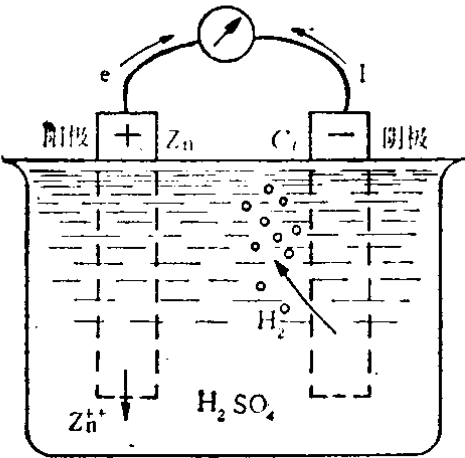
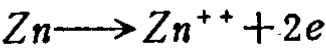


图 1.2 腐蚀原电池图解

由于锌、铜具有不同的电位,放进硫酸溶液之后,两极之间便产生电位差,用一根导线将铜片与锌片连接起来时,导线上便有电流流动。因为锌的电位较负,称为负极,铜的电位较正,称为正极,故电子由锌片向铜片移动,而电流则是由铜片(正极)流向锌片(负极)。这样便构成了一个将化学能转化为电能的原电池。我们利用原电池的工作原理来解释金属腐蚀的道理,因此又称腐蚀原电池。

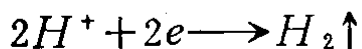
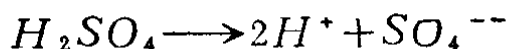
腐蚀原电池的工作是由下列三个环节组成:

在锌片(阳极)上:



金属锌(阳极)失去电子成为锌离子进入溶液中,即发生氧化反应。进行氧化反应的电极称为阳极,在腐蚀原电池中是遭受腐蚀的一个电极。

在铜片(阴极)上:



由阳极流来的电子与溶液中的氢离子在铜片上相结合生成氢分子逸出，即发生还原反应。进行还原反应的电极叫阴极。

电流的流动：在连接阴极与阳极间的导线中电子由阳极向阴极移动，即电流由阴极向阳极流动。在溶液中是依靠离子的移动，故电流由阳极流向阴极。

腐蚀原电池的这三个环节是互相联系的，只要其中的一个环节停止进行，整个腐蚀过程也就停止了。

如果我们把铜、锌两块金属直接接触在一起，并浸入电解质中(如稀硫酸)也将发生与上述原电池同样的变化。锌不断氧化而遭受腐蚀。如图1.3所示。

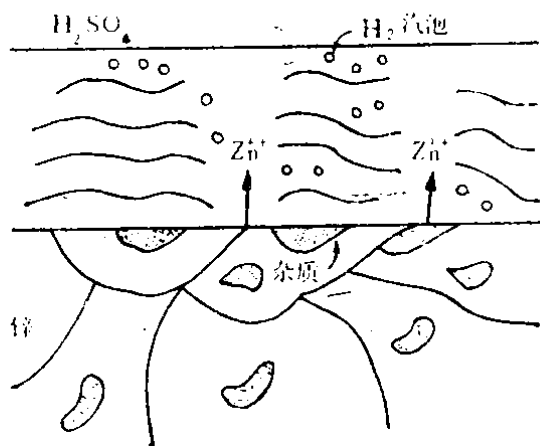
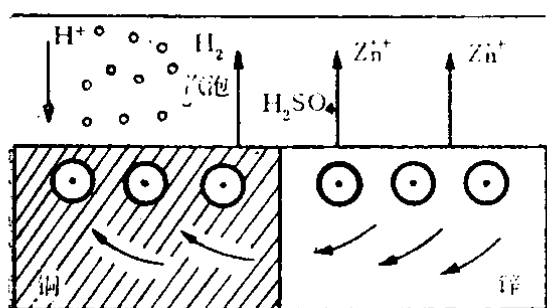
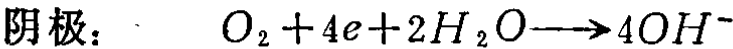
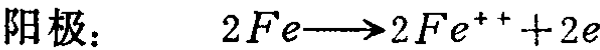


图 1.3 锌与铜接触在  $H_2SO_4$  中的腐蚀 图 1.4 工业锌在稀硫酸中的腐蚀

即使是一块金属不与其他金属接触放在电解质中，也会产生与上述相类似的腐蚀电池，例如工业锌中含有小量的杂质，如杂质铁等，杂质铁的电位比锌的电位正，因此锌为阳极，杂质铁为阴极，而形成腐蚀原电池。结果锌不断溶解而遭受腐蚀，氢则成为气泡在杂质表面上逸出如图1.4，故工业锌比纯锌腐蚀快。

又如普通碳钢浸入水中也会构成原电池，碳钢中有铁素体

和渗碳体，其中铁素体的电位较低，故铁素体为阳极，渗碳体为阴极。阳极 $Fe$ 溶解，电子由阳极向阴极渗碳体（ $Fe_3C$ ）移动；到达阴极后与水中溶解的 $O_2$ 和水相遇生成氢氧离子，在溶液中 $Fe^{++}$ 与 $OH^-$ 相遇生成 $Fe(OH)_2$ ，电极反应如下：



整个电池反应：

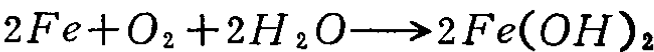


图1.5是钢在水中的腐蚀过程

2. 电缆铅皮在电解质中的电化学腐蚀

电缆埋设在土壤中或敷设在管道里，如果整个电缆金属外

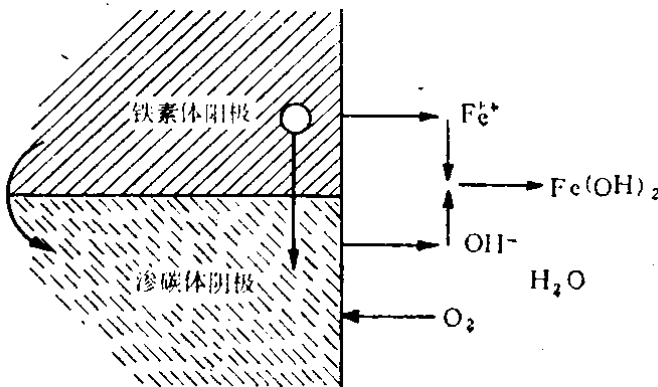


图 1.5 钢在水中腐蚀

皮表面的物理、化学性质很均匀一致，同时土壤或管道内的湿度，氧的浓度和其他物理、化学性质也都一样，从原电池的工作原理中可知，金属表面上各点的电位都是相等的，

不会构成原电池，电缆铅

皮就不会发生电化学腐蚀。但事实上这种情况是不可能的，电缆铅皮通常都含有杂质，同时土壤或管道内的物理和化学特性也不可能一样。因此电缆铅皮上各点的电位就不会一样，于是在电缆铅皮表面上就形成了原电池，电位较高的部分为阴极，电位较低的部分为阳极，处于阳极部分的电缆铅皮将遭受腐蚀。

根据构成腐蚀电池的电极大小，可分为两大类，即宏观电池和微观电池。

(1)宏观电池腐蚀：一般是用眼睛可以看到的电极所组成的腐蚀电池叫宏观电池。在实际中见到的主要有两种。

a. 电偶电池：是由两种不同的金属接触在一起，在电解质溶液中的腐蚀。如前面所介绍的铜锌电池就属于这种腐蚀。如管道电缆布放在人孔铁支架上，若人孔常年积水，则由于铅的电位比较高，铅为阴极，铁为阳极，结果铁支架遭受腐蚀。

b. 浓差电池腐蚀：当一种金属与电解质溶液接触时，若不同部位接触的介质浓度不同，因而造成金属不同部位的电位不等，浓度大的部位电极电位高，浓度小的部位电极电位低，故形成腐蚀原电池，浓度小的部位为阳极，遭受腐蚀。在实际中最常见的是氧的浓差电池。例如：直埋电缆通过沙土和粘土相接的地段时，由于沙土疏松，空气容易渗入，氧易到达电缆铅皮表面（富氧区），有利于氧吸收电子，通过还原过程，成为阴极，而粘土密实，空气不易渗入氧不易到达电缆铅皮表面（缺氧区），铅容易失去电子成为铅离子而溶解，通过氧化过程成为阳极，所以粘土部分的电缆比砂土部分的电缆腐蚀严重。

又如管道电缆，有的也是属于氧的浓差电池腐蚀，靠近人孔部分，氧供应充足为阴极，而距人孔远些地方则因缺氧而成为阳极，因此远离人孔的电缆铅皮常遭受腐蚀。

(2)微电池腐蚀：微电池是指电极非常小，不能用眼睛分辨出来的腐蚀电池。前面所介绍的工业锌和碳钢在电解质溶液中的腐蚀都是由于它们有杂质，在其表面上形成了许多微电池。由于铅皮本身含有小量杂质，如铜杂质等，杂质铜的电位比铅电位高，因此铅为阳极，杂质铜为阴极，当铅皮电缆埋入地下或放置管道中，地下的土壤或管道中的积水就好像干电池

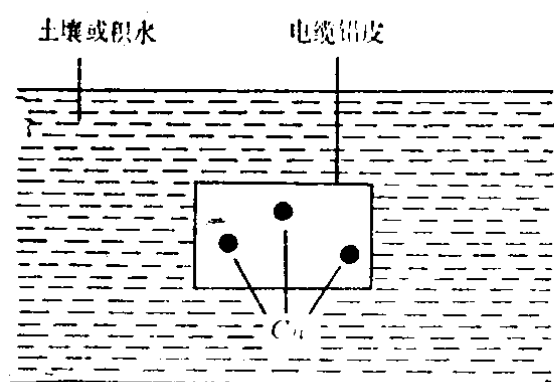
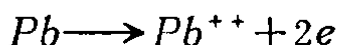


图 1.6 铅皮在土壤或积水中的腐蚀

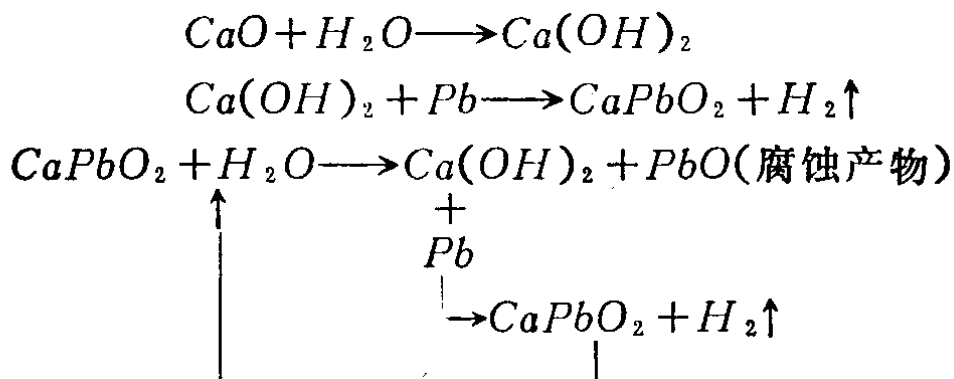
中的氯化氨溶液，起电解质的作用，这样在铅皮上就形成了许多微小电池，如图1.6所示。这种许多小电池称为微电池。这些微电池有局部电流产生，这种电流就是腐蚀电流。由于铜是正极所以在铜杂质上产生还原反应，铅上则产生氧化反应：



微电池作用的结果，铅皮被腐蚀，其腐蚀的程度与腐蚀原电池的电流（即腐蚀电流）强度成正比。

### 3. 水泥管道养护不充分造成的电缆腐蚀

水泥管道由于泡水养护不充分，游离的氧化钙(CaO)不能充分游离出来，也是加速管道电缆腐蚀的主要原因。因为水泥中氧化钙占比例最大，在潮湿的情况下它会生成强碱性的氢氧化钙(Ca(OH)<sub>2</sub>)，当氢氧化钙与铅化合生成铅酸钙(CaPbO<sub>2</sub>)，它遇水又生成氢氧化钙和氧化铅，这样循环不断的反应则使电缆铅皮很快腐蚀穿孔。其化学反应式如下：



由于氧化铅（腐蚀产物）的形成，在铅皮上相当于有了杂

质，在电缆铅皮上构成微电池，这种微电池在强碱性电解质中，更加快了腐蚀速度，因此，这种情况既属于化学腐蚀，同时又属于电化学腐蚀。这种腐蚀是相当严重的。

### 三、漏泄电流腐蚀

#### 1. 漏泄电流的主要来源

大地中漏泄电流的主要来源有以下几方面。

(1)有轨电车轨道。

(2)无轨电车供电线路其中有一条电线接地或与有轨电车轨道连接。

(3)电气铁道和地下电车轨道。

(4)长途地下电缆增音站或其他以大地作回路的远距离供电设备。

(5)多局制电话局当出入中继话务量不平衡时工作地线也产生漏泄电流。

(6)其他利用大地做回路的直流电气设备。

什么是漏泄电流腐蚀呢？漏泄电流的腐蚀，是一种因外界因素引起的电化学腐蚀的特殊情况，它的作用类似电解过程。它与原电池不同的是被腐蚀部分不是由金属本身的电极电位来决定，而是由外部电流的极性决定的。下面以有轨电车为例来说明漏泄电流对电缆铅皮腐蚀的影响。

#### 2. 分析漏泄电流对电缆腐蚀的影响

(1)有轨电车的漏泄电流对电缆腐蚀的影响

凡类似这种供电方式（如大型工厂矿山采用直流电气运输



工具，无轨电车供电线路其中一条电线接地等），其情况和有轨电车产生漏泄电流相同的，都会对电缆产生腐蚀作用。

#### a. 有轨电车产生漏泄电流的原因

有轨电车产生漏泄电流是由下列原因造成。

**轨道接续不良** 在单线电车系统内是由供电所发出3000伏交流，经变压和整流变成660伏的直流电，送到架空正馈线上，经电车的弓子到电车的电动机后，再经车轮到轨道上流回供电站。如果电车轨道接触不良则增加轨道的电阻，这样使电流不能顺利地完全从轨道流回供电站，因此，将有一部分电流经大地流回供电站。铁轨接头接触越差则漏泄电流越大。

**铁轨轨床与大地绝缘不良** 电车轨床的构造大体上可分为两类：一种是轨床基础上打混凝土，轨道敷设在马路上，这种轨道叫并用轨道。另一种是专用轨道，铁轨敷设在枕木上；底基下铺设碎石，上面再铺精选的砂砾，以上两种方式如能做到完全与大地绝缘都有很大困难。而且将铁轨完全与大地绝缘则须要大量的附加投资及复杂的技术条件。

轨床与大地间的绝缘电阻越大则漏泄电流越小，反之则漏泄电流越大。上述两种轨道比较，专用轨道较并用轨道绝缘电阻要大些。

**馈电区过大及回归线过短** 有轨电车的每一供电站所供电的范围叫该供电站的馈电区，如馈电区越大其供电线路越长，相应利用铁轨的阴极回路亦长，铁轨越长则电阻越大，这样就使一部分电流不能从铁轨顺利地全部回到供电站，而有一部分电流经大地流回供电站，因此馈电区越大则漏泄电流越大。

连接铁轨至负汇流排间的输电线，叫回归线，回归线是辅助轨道做阴极回路用的。因此回归线越长则阴极回路的电阻越小漏泄电流越小，回归线越短则阴极回路电阻越大，漏泄电流