

地下管道的瀝青隔离层

В. И. 茹科夫 編著
Ф. Г. 赫拉米欣

建筑工程出版社

地下管道的沥青隔离层

黃琮玉 傅賢書 譯

建筑工程出版社出版

• 1959 •

內容提要 本書試述了金屬腐蝕的基本原理及土壤對金屬腐蝕的影響；介紹了土壤腐蝕性的測定方法；闡明了地下金屬管道隔離層的塗抹方法及瀝青隔離層所用材料的一般知識。為提高隔離工程的質量及勞動生產率，書中還敘述了隔離工程的施工組織及檢查質量的各種措施。

本書除從理論方面去分析土壤對金屬的腐蝕以外，還總結了作者及其他工程師在實踐中所積累的防腐經驗及有關的技術資料。可供地下管道建築工程師及技術人員參考，亦可供高等學校有關專業的学生閱讀。

原本說明

書 名 БИТУМНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОВОДОВ
著 者 В. И. ЖУКОВ, Ф. Г. ХРАМИХИН
出版者 Государственное Издательство Литературы
по Строительству и Архитектуре
出版地點
及 年 份 МОСКВА—1954

地下管道的瀝青隔離層

黃琮玉 傅賢書 譯

編 輯：陳振武

設 計：徐毓茹

1959年1月第1版

1959年1月第1次印刷

3,860冊

787×1092·¹/₃₂ · 10千字 · 印張4¹/₂ · 定價 (10)0.62元

建築工程出版社印刷廠印刷 · 新華書店發行

書號 1027

建築工程出版社出版（北京市西郊百萬莊）

（北京市書刊出版業營業許可証出字第052號）

目 录

序 言.....	5
緒 論.....	6
第一章 地下金屬管道的腐蝕.....	8
金屬的化学腐蝕.....	8
鋼管的电化腐蝕.....	8
电解液中金屬的腐蝕.....	9
大气中金屬的腐蝕.....	13
土壤中金屬的腐蝕.....	15
不均匀充气情况下金屬的腐蝕.....	19
在土壤中被隔离的管道的腐蝕.....	23
植物根在复盖層中的生长.....	25
土壤中微生物的腐蝕.....	25
第二章 土壤腐蝕性的現代測定法.....	28
土壤腐蝕性現代測定法的分类.....	29
兩極法.....	29
四極法.....	32
管盒法(根据重量損失).....	33
極化曲綫研究法.....	34
磨光样品法.....	41
在土壤中埋置金屬样品法.....	42
土壤腐蝕性的評定.....	43
用化学分析法确定土壤的腐蝕性.....	44
土壤中有水分存在时根据 Cl 和 SO_4 阴离子的含量来 确定土壤的腐蝕性.....	46

根据土壤的物理机械特征的土壤分类.....	50
第三章 保护层	60
石油瀝青的一般知識.....	61
瀝青的試驗方法.....	66
瀝青的主要性質.....	72
隔离瑪瑙脂·隔离瑪瑙脂的成分.....	74
隔离瑪瑙脂的填充料.....	77
增韌的瀝青瑪瑙脂.....	79
隔离層类型.....	86
为改善瀝青复盖層的隔离性質在瀝青复盖層中加入 的掺料.....	90
用稳定土壤隔离管道.....	91
复盖層的使用期限.....	94
第四章 隔离工程	99
隔离工程的組織.....	99
隔离工程的固定施工法.....	112
隔离層質量的检查.....	115
工地实验室的組織.....	121
在管道下放和填土过程中保护隔离層的措施.....	121
在低溫下隔离工程的施工.....	123
地下管道在使用期間內的检查.....	128
管道隔离層的修理.....	130
附 录	133

序 言

鋼管道的建筑逐年在增长，因而对防止管道的土壤腐蝕經驗确有必要仔細地加以研究。由于不良的地形条件，或者是由于在建筑工程施工中忽視了隔离层的缺陷使得隔离层不够牢固，通常就会发生管子的腐蝕破坏。多年来，在地下管道的敷設和使用实践中曾积累了不少防止管道腐蝕的經驗。

作者致力于編写一本用隔离层防止土壤腐蝕的实用手册。本书叙述了腐蝕理論的基本原理和土壤腐蝕性的測定方法，本书还介紹了有关隔离工程所用材料的資料，并叙述了管道隔离层的涂抹方法。

本书也闡述了检查和改进隔离层質量和提高隔离工程生产率的方法，这些方法是由全苏石油工业建筑科学研究所和生产革新者研究出来的。

关于越过川流障碍地方的管道防腐保护問題和现代工程中的电气保护法本书沒有加以研討。

第一、二、三章是工程师 В.И. 茹科夫編写的，第四章是技术科学副博士 Ф.Г. 赫拉米欣和工程师 В.И. 茹科夫合写的。

在編写此书时，工程师 Л.П. 科茲列夫和技术科学副博士 Е.А. 安德列耶娃曾經供給了許多材料，技术科学博士 К.Н. 庫普里亞諾夫 曾提供了寶貴的意見，作者謹表感謝。作者并先向讀者提出的批評意見致以謝意。

緒 論

管道運輸已成為國民經濟的重要部門之一。因此提高防止管道土壤腐蝕的效率問題，對於與管道的建築和使用有關的工作者來講，是一個迫切的問題。實踐證明，隔離層使用不多久，經過10~15年以後就需要更換，有的還要早些，即在管道的折舊期限屆滿以前好久就需要更換了。

管道上隔離層的破壞是不均勻的。隔離層在一些管段上比在另一些管段上要更早的失去保護性質。在這些地方，隔離層的破壞和金屬的裸露使得腐蝕的集聚中心擴大和形成早期穿銹。正如實踐所證明那樣，管道只使用過5~6年，甚至還要早些就可能出现穿銹現象。被隔離的管道在土壤中的腐蝕過程是極其複雜的，腐蝕的原因也是多種多樣的，因此管道的有效保護問題在現代技術中是最困難的問題之一。我們祖國的科學家：Г. Б. 阿基莫夫、Н. Д. 托馬曉夫、В. А. 基斯洽柯夫斯基、Н. А. 伊茲加雷舍夫等發展了金屬腐蝕科學，他們解釋了許多在他們以前未曾研究過的現象。

在應用和進一步發展金屬的腐蝕與保護領域中的理論知識的同時，如對在管道建築和使用過程中所取得的實際經驗加以研究，則有效的解決地下管道的保護問題是可能的。

要探尋更有效的管道保護方法，必須知道現有的復蓋層的缺點，及在各種不同的土壤條件下復蓋層的有效使用期限。

為此，必須挖開一些探井，定期考察在用的管道的隔離

层和金属的状态，必須將考察所得的材料加以总结和系统化，然后根据所得的经验制订延长管道使用期限的必要措施。

及时修理侵蚀性土壤路线上各区段的复盖层并装上电气保护设备，就可以防止腐蚀的继续发展和减少由此而造成的费用。

在战后年代里，电气保护法在苏联获得了广泛的发展。每年在现有的管道上装设阴极保护站和阳电极（Гальванических анодов）站的数目不断在增加。电气保护法在管道上的使用效力在很大程度上要由在实际情况下深入研究和改善保护设备的科学研究所与工程技术人员有效的去解决很多问题后才能确定。

实际经验证明，电气保护只有与隔离层配合起来使用才是适当的，因为有了隔离层就可以大大地减少阴极保护站的数目和降低由于使用阴极保护而造成的费用。

当隔离层随着时间而破坏时，或者当隔离层的质量随着时间而变坏时，阴极保护站所消耗的能量就要增加，阴极保护站的数目就要增多，因而在使用阴极保护站上的费用也就增加了。

因此，在大规模机械化施工的条件下按照技术规程来制备和涂抹管道上的隔离层以提高其质量，是预防管道被土壤腐蚀的基础。

第一章 地下金属管道的腐蚀

金属由外界介质的化学或电化学反应所引起的破坏叫做腐蚀。腐蚀相应地可分为两类：化学腐蚀和电化腐蚀。

金属的化学腐蚀

化学腐蚀是在高温时由于各种气体对金属的作用以及各种液态非电解质对金属的作用而发生的。当氧与金属起作用时，在金属表面上生成腐蚀产物——氧化物。制造钢管时，在钢管上形成深灰色铁锈脆膜。这层薄膜就是氧与金属在高温下起化学作用的结果。

在酸溶液于常温下对金属起作用时，金属表面上即出现一层腐蚀产物薄膜。如果腐蚀产物不溶解，并以一片完整的薄膜留在金属上，则随着薄膜厚度的增加，腐蚀速度就会减慢。如果薄膜十分坚实而有弹性，并与金属牢固的结合着，则腐蚀过程可能完全停止。

留在金属上的腐蚀产物在金属上形成保护膜，例如，有可能把浓硫酸或浓硝酸装入钢槽中运输，这便是保护膜生成的一个原因。在这种情况下，金属表面上生成了一片完整的不溶于酸并能防止金属受破坏的氧化物保护膜。

钢管的电化腐蚀

当钢管长期储存在仓库时，它的表面即被一层浅褐色的、疏松的铁锈复盖着。铁锈的生成是由于大气氧和水分共

同作用于金属的结果。埋在地下的管道与潮湿的土壤相接触，湿土壤里存在着大气氧，它充满土壤的全部孔隙或溶解在水中。在这种情况下，当有能导电的溶液(电解液)时，随着原电池(腐蚀电池)在金属上的形成就发生腐蚀过程。

腐蚀过程的强度决定于金属和电解液的性质，也决定于氧到达管道表面的程度以及许多其他因素。

金属表面上的腐蚀破坏可能有不同的特征。

发生化学腐蚀时，金属在整个表面上均匀地遭受破坏。发生电化腐蚀时，金属的破坏可能因形成一片完整的腐蚀产物薄膜而是均匀的，或者也可能成为一些小点、小斑和相当深的小孔。埋在地下的管道上常常发现有斑状腐蚀和点状腐蚀；对埋在地下的管道来讲，由于有形成穿锈的可能，斑状腐蚀和点状腐蚀是更危险的。

电解液中金属的腐蚀

在电解液中(例如，在 NaCl 的水溶液中)，金属的腐蚀过程是按下列形式进行的(图1)(根据托馬曉夫)。

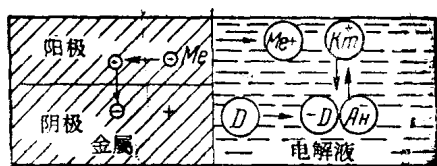
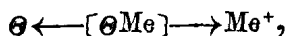


图1 电解液中金属的腐蚀过程

在电化腐蚀过程中，整个金属表面上分成阳极区和阴极区，而且负电位较高的区域是阳极。金属在电解液中的溶解过程是以下面这种方式进行的：

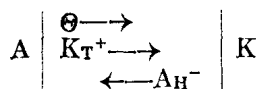
1. 在阳极，金属离子进入溶液中，电子留在金属上。

因此，在电解液中就有过剩的正离子，而金属上则有过剩的电子：



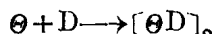
式中 $[\ominus Me]$ 为中性的金属分子；

2. 电子 $\ominus$ 从阳极区流向阴极区，在溶液中则发生离子的移动：带正电的（阳离子—— K_T ）移向阴极，带负电的（阴离子—— A_H ）移向阳极：



电子的移动在金属中进行，离子的移动在电解液中进行；

3. 在阴极，溶液中带正电的离子与向它流动的电子发生放电作用，形成中性原子。



腐蚀过程的这些主要阶段都是很复杂的，其中每一阶段又由一些连续的阶段组成。

我们来研究下面的金属电化腐蚀情况。

如果在酸化水中插入两个不同的金属片（例如，铁片和锌片），并用导线将它们连接起来，则得到原电池。在原电池中，电流沿着导线从铁片向锌片流动（图2）。

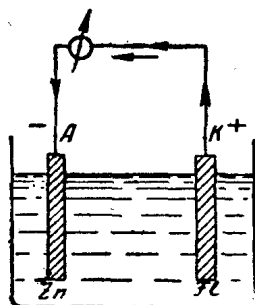
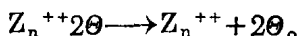


图2 锌铁原电池

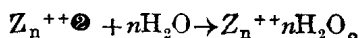
在此原电池中，具有较高负电位的锌是阳极，要被破坏。因为铁比锌具有较高的正电位，在与锌所组成的原电池中，铁成为阴极，所以不会溶解。但是，如果将此原电池拆开，则铁很快的

复盖上一层铁锈，即开始破坏。在这种情况下，锌的表面上即形成一些微电池^①，锌电极表面的一部分就变成阴极区，因而腐蚀过程就不象在锌与铁组成的闭路电池中进行得那样强烈。

在上面所研究的锌铁闭合原电池中，锌的腐蚀过程可以用下列方程式表示：



在锌电极上，锌离子-原子(Z_n^{++})与相当量的电荷(电子 θ)一起存在着。在电解液中，锌离子-原子转移到溶液中成为离子，并变成化合物，把电子留在金属上。带负电的电子流沿着导线向铁电极方向流动而产生电流现象，电流的大小可以用毫安计来测量。锌离子-原子与极性的水分子相互作用形成化合物。这个过程称为水化。结果，在阳极按下式生成了水化锌离子：



在这种情况下，锌与水作用生成氢氧化锌 $Z_n(OH)_2$ ，留在电解液中。

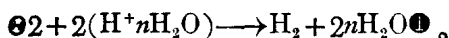
在这个过程中，电子留在金属上使金属带负电，金属正离子移入溶液中使溶液带正电。如果金属上过剩的电子与溶液中过剩的离子彼此都能放电，则在金属与溶液间保持一定的电位差时，金属在电解液中的溶解就会继续不断地进行下去。

阴极上过剩的电子被溶液中的正离子，通常是被氢离子 $H^+ + nH_2O$ 中和。氢离子失去其电荷以后就变成中性的氢原

① 原文系 Микропора，但据文意可能系 Микропара之誤，今改作微电池——譯者。

② 此處原文系 Z_n ，今改譯成 Z_n^{++} ——譯者。

子 H



氢原子形成氢分子 H_2 ，在阴极上呈气泡逸出。

轉移到溶液中的金属离子-原子在金属上放电是不可能的，因为在这种情况下，过程就会恢复到原来的状态，即金属离子从溶液中返回到金属上。

当接通鋅鉄电路时，鋅离子-原子开始轉移到溶液中，因此在金属上形成了过剩电子使金属带負电。过剩的电子吸引溶液中过剩的金属正离子，并将它們吸附于鋅电极的表面上，因此金属与电解液之間电位差减小，金属离子向溶液中的轉移就开始受到阻碍，并且由于阳极的极化作用使腐蝕过程减慢。

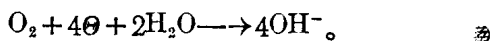
另一方面，在阴极上发生溶液中带正电的离子的还原作用，在这种情况下就是氢离子的还原作用。

放了电的氢离子使阴极的表面与溶液隔离，阻碍新离子的放电。阴极电位在工作过程中降低的现象叫做阴极的极化作用。

为了保持原来的腐蝕速度，經常消除电极的极化作用，即所謂去极化作用是必要的条件。

鋅在酸中溶解时，在鉄阴极表面上发生氢气泡的逸出（氢的去极化作用）。

在盐溶液或硷溶液中有氧的去极化作用时，上述腐蝕过程是可能发生的，氧的去极化作用可用下式表示：



这里，腐蝕过程的速度决定于大气氧經過电解液向阴极

① 此式中原文爲 $2H_2O$ ，今改譯成 $2nH_2O$ ——譯者。

运动的速度和氧在阴极上的游离速度。

④ 氢氧离子与金属的水化离子相互作用，在阴极上就生成不溶解的氢氧化铁。

阴极上氢氧化铁的生成是由于阳极与阴极反应产物相互扩散所发生的二次反应。

大气中金属的腐蚀

当钢管从工厂中运藏在仓库中时，它们的表面上就复盖一层腐蚀产物薄膜，薄膜的厚度随着时间而增加。清除强烈腐蚀的管道时，因为金属破坏的深度在各处不相同，所以金属表面就变得很粗糙。大气腐蚀是由于大气中所含的氧和水对金属作用而发生的。

在某一温度下，大气中所含有的水蒸汽不超过某一定量，即不超过大气被水蒸汽所饱和时的水蒸汽数量，也就是露点时大气中所含有的水蒸汽数量。大气的温度愈高，大气中所含有的水蒸汽就愈多。但是，当温度降低时，大气中的水蒸汽含量就能达到饱和限度，并在冷却的金属表面上开始析出一小点一小点的水滴(图3)。当水蒸汽继续凝结时，一个一个的小水滴可能结合成一片水膜，金属表面就变潮湿了。如果金属表面是粗糙的，并且在它的表面上有一些尘埃或铁锈微粒，则水分首先就要在这些地方凝结起来(图4)。



图3 金属表面上水滴的形成

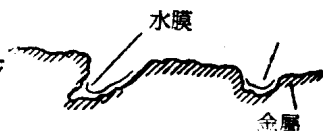


图4 在不平的金属表面上水分的集聚

如果大气中含有气态杂质 (SO_2 、 NO_2 ①) 和 HCl 、 H_2SO_4 的蒸汽, 在这种情况下凝结在金属表面上的水将具有更强烈的腐蚀作用。所以, 在城市大气中金属的腐蚀要比在乡村大气中进行得更加强烈。在水滴下发生电化腐蚀过程, 此时, 水滴起电解液作用。由于水滴或水膜是大气氧向金属表面侵袭的微小障碍物, 在水滴下即形成微电池(图5), 当微电池内有极微量的电流时即能发生电化腐蚀过程。

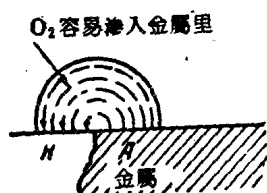


图5 水滴下的原电池

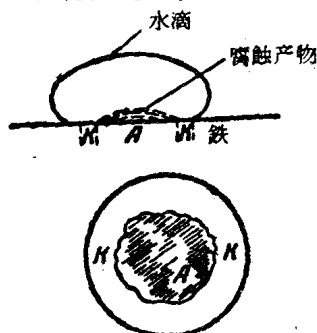


图6 水滴下金属的腐蚀

腐蚀过程在水润湿的金属面上分布得不均匀。在中心部分最初出现一个一个的腐蚀点, 然后这些腐蚀点合并在一起形成锈斑, 此时边缘部分的金属不受腐蚀(图6)。这种现象可以用氧向润湿的金属面不均匀侵袭(不均匀充气电池)来解释。在金属面的边缘部分, 氧通过薄的水膜向里边侵袭是比较容易的, 因此这一部分就成为腐蚀电池的阴极。中心部分成为阳极而被腐蚀所破坏。

清除强烈腐蚀的金属管子是非常麻烦的。此外, 腐蚀产物留在深洼地方会妨碍隔离层粘附在金属上, 并且减弱隔离层的粘附力。在隔离层下面有腐蚀产物的管道上, 腐蚀过程

① 原文系 NO_3 , 今改译成 NO_2 ——译者。

能迅速扩展，所以預防管道免受大气腐蝕乃是延长管道使用期限的必要措施之一。

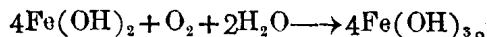
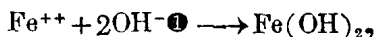
在实践中大家都知道这样一个例子，即管子制成以后，要用一些能够很好地粘附在金属上并在运输时具有充分耐磨性的特种油漆把管子复盖起来。这对于薄壁的、螺旋式焊接的以及具有纵向焊缝的管子来讲，尤其是必要的。因此，用有机油漆和底子（以瀝青为主）把管子预先复盖起来，这种試驗无疑地能够根本解决有关降低清除薄壁焊接管的成本和提高其隔离质量的問題。

土壤中金属的腐蝕

鋼的土壤腐蝕是属于因氧的去极化作用而发生的过程。

土壤中总是或多或少地存在着水分，水中溶解有盐类，也溶解有大气氧。

鉄氧化时生成一些氧化物：氧化亚鉄 FeO ，氧化鉄 Fe_2O_3 ，和磁性氧化鉄 Fe_3O_4 。当水分存在时，腐蝕过程的结果就生成这些氧化物的水化物：氢氧化亚鉄 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 和氢氧化鉄 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。腐蝕过程中的氧化反应是按下列方向进行的：



即亚鉄离子与溶解在水中的氧和氢氧离子化合而生成难溶的氢氧化鉄。

用下述方法能够得到氢氧化鉄：如果在充滿 NaCl 稀溶液的玻璃槽中（图 7）插入两根鋼电极并通以电流，則在与电池正极相联接的电极上（即阳极上）将有大量的氢氧化鉄开始析

① 原文系 $\text{Fe} + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$ ，今改譯成 $\text{Fe}^{++} + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$ ——譯者。

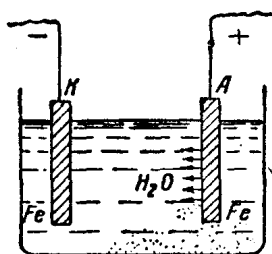


图 7 氢氧化铁的生成图

出，并落到玻璃槽的底部。如果把电极从玻璃槽中取出来，就会发现阳极已经剧烈地腐蚀了，而阴极仅被很薄的一层铁锈复盖着。这个过程是由于阳极上形成的铁离子与阴极上形成的氢氧离子在相互扩散时生成氢氧化铁 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 而发生的。

在土壤腐蚀过程中，由于在金属表面上生成了氢氧化物保护膜，腐蚀过程的速度要减慢，甚至可能完全停止。若土壤中含有大量的可溶性盐类、酸或碱时，则是另一回事。在这种情况下，进入溶液中的亚铁离子就要和 Cl 、 SO_4 、 HCO_3 、 CO_3 ①和其他离子结合。结果生成能溶于水的铁的化合物： FeCl_2 ， FeSO_4 。因为在这种情况下不能形成坚固的保护膜，所以腐蚀过程进行得很强烈。例如，敷设在盐渍土壤中管道的迅速腐蚀，或海水中金属构筑物的腐蚀破坏就是这个缘故。

土壤中可溶性盐类的浓度及其化学组成是极不相同的。在矿化程度很小的土壤中，盐类的含量不超过干燥土壤重量的0.1~0.2%，在盐渍土壤中，盐类的含量能达到3~4%，甚至更多一些。根据盐类的腐蚀作用来看，最危险的盐是氯化物： NaCl ， MgCl_2 ， CaCl_2 。氯离子是容易透过保护膜的最活跃的腐蚀剂。在城市、村镇或工厂地区的土壤中多半能遇到铵盐，铵盐同样也是最活跃的腐蚀剂。 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ②， MgSO_4 ， FeSO_4 等硫酸盐的害处要小一些，但是由于这些盐增加了土壤的导电性，从而也就增加了土壤的腐蚀活性。各

① 原文系 CO_2 离子，今改译成 CO_3 离子——译者。

② 原文系 Al_2SO_4 ，今改译成 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ——译者。