

金属管路的地下防腐

严大凡 邵钟武等 編譯

中国工业出版社

金属管路的地下防腐

严大凡 邵钟武 姚光镇 等 編譯
赵怀文 喻以正 黄玉坡

中国工业出版社

本书是根据苏联和美国有关地下金属管路防腐蚀的十几本书籍，进行編譯而成。全书共分八章，对地下金属管路的土壤腐蚀机理，防腐措施及量测方法等作了較全面的叙述，尤以对地下金属管路防腐蚀电法保护部分有关設計、計算以及量测和施工方法等，介紹得較为詳細、具体。

本书是在北京石油学院张英同志指导下，由該院教师負責編譯，其分工为：严大凡、邵钟武負責第一章，赵怀文、姚光鎮負責第二、三章，喻以正、邵钟武、严大凡、黄玉坡等負責四至八章。

本书可供从事土壤腐蝕及防护的設計、研究和現場工作人員，以及高等院校师生參考。

金属管路的地下防腐

严大凡 邵钟武 姚光鎮等 編譯
赵怀文 喻以正 黄玉坡

*

石油工业部石油科学技术情报研究所图书編輯室編輯（北京北都六誦成）

中国工业出版社出版（北京阜成門外路丙10号）

北京市书刊出版业營業許可証出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本850×1168¹/₃₂·印张7¹⁵/₁₆·字数202,000

1965年6月北京第一版·1965年6月北京第一次印刷

印数0001—2,630·定价（科五）1.10元

*

統一书号：15165·3833（石油-327）

目 录

第一章 地下管路腐蝕的机理	1
第1节 概述	1
第2节 金属在土壤中腐蝕的电化学机理	3
第3节 土壤的物理化学性质对腐蝕活性的影响	11
第4节 生物腐蝕及杂散电流腐蝕	19
第5节 防止金属构筑物腐蝕的阴极保护原理	22
第二章 管路的防腐絕緣层	30
第1节 瀝青瑪瑙脂	30
第2节 底漆和包扎材料	38
第3节 瑪瑙脂和絕緣层的选择	41
第4节 聚合物的絕緣材料	42
第5节 瀝青—聚合物材料	47
第6节 其他絕緣层	47
第7节 冬季的絕緣材料	51
第三章 防腐层的塗复工艺和质量檢查	54
第1节 管子表面的清銹	54
第2节 絕緣防腐层的塗敷工艺	59
第3节 管路的絕緣施工組織	68
第4节 絕緣防腐层的质量检查	73
第四章 阳极	85
第1节 牺牲阳极	85
第2节 强制电流阴极保护用阳极	97
第3节 阳极电阻的計算	102
第五章 地下鋼构筑物的阴极保护	118
第1节 短管路的阴极保护	118
第2节 长管路的阴极保护	126
第3节 管网的阴极保护	147

IV

第4节	套管和貯罐的阴极保护	153
第六章	杂散电流与干扰腐蚀	162
第1节	杂散电流腐蚀	162
第2节	特殊情况下的阴极保护	171
第七章	电源	182
第1节	概述	182
第2节	整流器	183
第3节	地下导綫及其连接	189
第4节	阴极保护装置的接地和防止过高接触电压的措施	192
第5节	其它型式直流电源的介紹	194
第八章	腐蚀的勘察与測量	200
第1节	概述	200
第2节	土壤腐蚀性的測定	202
第3节	腐蚀状态的野外电測	228

第一章 地下管路腐蝕的机理

第 1 节 概 述

随着我国社会主义建設事业的发展，埋置于地下的輸油、輸水、輸气管道及通訊、动力电纜等日益增多，土壤腐蝕問題逐渐得到了各方面的重視。如何防止地下金属管道的腐蝕損坏已成为生产建設上的重要課題之一。

近 30 年来国外对于地下金属管道的土壤腐蝕問題，进行了很多調查研究工作。苏联 1959 年发表的資料估計，每年約有 2~3% 的地下金属构筑物因腐蝕而損坏。在 1951~1955 年間苏联共大修了輸油管綫 1200 公里，随着生产的发展及管道工作年限的增加，大修費用逐年增加。苏联历年管道大修費用的概略估計如表 1-1 所示：

表 1-1

年 份	1938	1939	1940	1957
大修費用 (万卢布)	64	100	150	1500

根据 1949 年的估計，美国地下金属管道的腐蝕損失約 6 亿美元/年。

近年来由于絕緣层质量的不断提高，电法防腐措施的应用，国外管綫的腐蝕速度已普遍降低，有絕緣层的鋼管寿命可达 20~25 年。国外早期建設的某些地下金属管道的腐蝕速度比較，見表 1-2。

长距离地下油、气管道的腐蝕，較之一般地下金属結構的腐蝕更具有下述严重性：

表 1-2

管 綫 名 称	管径×壁厚 吋/毫米	絕 緣 层	最大腐蝕 速 度	备 注
美国德克薩斯油管	10"×7.8	无	1.54	1930年修建,5年穿孔
美国洛山磯水管	36"×6.35	絕緣质量差	1.27	5年穿孔
匈牙利多瑙河油管		瀝青絕緣	1.3	
苏联薩拉托夫气管	12"×6.35	瀝青絕緣	1.50	1944年修建,2年穿孔
苏联某油管	12"×9	瀝青絕緣	4.5	30年代建造,2年穿孔

1. 局部穿孔会引起重大損失。地下金属管道的腐蝕往往是在局部管道上形成个别穿孔,虽然就其金属重量損失而言,是非常微小的,但却可能导致輸送物质的大量漏失,并可能引起火灾事故。尤其因管道大都在野外,埋置于地下1~2米深处,不易及时发现漏損。

2. 可能发生腐蝕的影响范围大。长距离管綫可能长达数百以至数千公里,全部埋置地下与土壤接触的管道均在不同程度上受到土壤腐蝕的威胁。故可能发生腐蝕的影响范围很大。

3. 維修困难。地下管道的維修,需要进行大量的土方工程,比新建管綫还要費工。尤其在冬天道路积雪、春季化冻翻浆时,工程車輛不易进入綫路附近,搶修管道的手工劳动很繁重。特别是輸送热原油的管路,不仅在安全防火上要求严格,而且在停輸或降低輸量时,还有原油在管内冻结的危险。

4. 土壤腐蝕的情况复杂。由于管道沿綫的土壤性质往往差别较大,而且变化多端,土壤腐蝕的影响因素又较多,目前尚未完全探明其規律,还难以預測某条管綫腐蝕的可能发展情况。故防护措施的设计,往往是根据不很严密的試驗数据进行的。

正因为上述的原因,近年来随着长距离油、气輸送管綫的迅速增加,各国都在积极展开长距离管綫的各种新的有效防护措施的研究。例如:美国国家标准局从1922年起在全国128个地点埋設三万六千多个試件,进行了土壤腐蝕試驗,取得了資料,探討了土壤腐蝕的各种因素,得出了一些对生产实践有意义的結論,但没有明确各个因素之間的主次关系及其内在联系。在苏

联关于土壤腐蝕的比較系統的理論分析，是土瑪佐夫(Томашов)于1956年初次提出的。他着重研究了影响金属在土壤中的电化腐蝕速度的主要因素，还不能认为是足够完整的土壤腐蝕理論。

第2节 金属在土壤中腐蝕的电化学机理

一、土壤腐蝕特性的鑑別

关于金属在土壤中的腐蝕过程具有电化学特性的問題，已在很多著作中得到公认。路門符(M. Romanoff)曾指出：用作地下构筑物的鋼、鉄和其他很多金属，当暴露在干燥的空气中时，会生成一薄层氧化物，覆盖在金属表面，这一层氧化物在一定程度上会成为抵御进一步氧化或腐蝕的保护层。只有在足够高的溫度下氧才可能穿过这些氧化膜而与下面的金属接触，因而使保护膜的厚度繼續增加，可能形成成片剥落的鱗片。当鱗片剥落后，暴露出新的金属表面而繼續氧化。但在一般的室溫下，膜的厚度增加得非常慢。而且往往是成片剥落，很少形成局部的穿孔。故埋置地下的鉄和其他金属的腐蝕，不是單純的化学反应，而大都是电化学腐蝕的結果。

二、金属的电化学腐蝕的一般規律

金属的电化学腐蝕，系指金属在电解质溶液中发生的化学变化。其特点是在金属溶解損失的同时，还发生电流的流动，故亦称为腐蝕电池的作用。茲将其形成过程簡述如下：

任何一种金属浸在电解质溶液中时，金属晶格中的阳离子，有进入溶液而使金属上发生負电荷过剩的倾向，它可用金属的溶解压 P 来表示这种趋势；另一方面，溶液中的正离子也有沉积到金属上去，而使金属上正电荷过剩的趋势，它可用渗透压 p 来表示。因此当金属放在电解液中时，在金属与溶液之間就同时发生这二种相反的作用，其結果可能有下述三种情况：1. 当 $P > p$ 时，金属上由于有剩余的負电荷而带負电，在其表面附近的电解液中則有剩余的阳离子，因而在金属和溶液之間建立了一定的負电位差。2. 当 $P < p$ 时，金属上有过剩的正电荷而带正电，在金

属和溶液間建立了正电位差。3 当 $P=p$ 时，金属表面呈中性。

通常将与电解液接触的金属导体称为电极，其与溶液間的电位差称为电极电位。故当某一金属放入电解液时，均会形成一个稳定的电极电位，其极性和大小决定于金属和电解液的特性、溫度和浓度等。因此，同一金属在不同的电解液中，就可能有不同的电极电位，不同的金属在同一电解液中，也有不同的电极电位。

如将二块不同的金属放在同一个盛有电解液的容器內，并用導綫連接这二块金属；則由于电极电位的不同，導綫中将有电子流动。如图 1-1 所示，二块互相連接的金属 A 与 K 放在同一电解液中，如 A 的电极电位比 K 負，則电子将自金属 A 移向金属 K 。

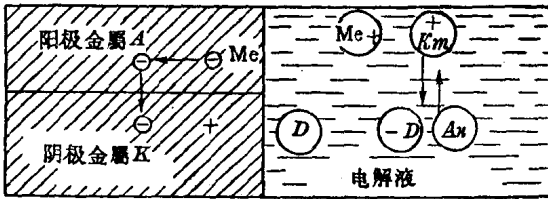


图 1-1 金属在电解液中的腐蚀过程

在金属 A 上由于电子的减少，破坏了原来平衡的电极电位，就将有带正电的金属离子继续进入电解液以恢复平衡的电极电位。而在金属 K 上，则由于负电荷的增加，将会吸引溶液中的正离子与来自金属 A 的电子结合，以保持平衡的电极电位。因此，随着二个平衡电极电位的破坏与恢复，金属 A 将不断的溶解，而在金属 K 上将不断的有反应产物的积聚。在溶液中则正离子 K^+ 由金属 A 附近趋向金属 K ，负离子 A^- 由 K 趋向 A ，这样构成了一个将化学能转变为电能的腐蚀电池。被腐蚀的金属 A 称为阳极，在阳极上发生的金属离子化过程称为阳极反应，可表示为： $e \leftarrow [eMe^+] + nH_2O \rightarrow Me^+ \cdot nH_2O$ 。在其上发生吸收电子的反应的

金属 K ，称为阴极。阴极反应可表示为： $e + K^+ \rightarrow [eK^+]$ 。故电化腐蚀过程是由阳极反应、阴极反应、导线中电子的流动和电解液中离子的移动所组成。

在工作中最值得注意的是，腐蚀电池的反应速度。腐蚀速度应决定于上述四个环节中速度最慢的一步，这一起决定影响的因素，称为腐蚀速度的控制因素。往往阳极反应或阴极反应对腐蚀速度的影响较大。腐蚀速度与二极间流过的电流量成正比，电流量则主要决定于二极的电极电位差，而电极电位差是借助于电极反应而建立的；由于电极反应的受到障碍会使二极间的电极电位差下降，这种作用称为极化作用。根据反应的障碍发生在阳极还是阴极的不同，又可分为阳极极化作用和阴极极化作用。极化作用通常是由下述三种原因而引起的：

1. 浓差极化。例如由于溶液中的正离子不断的趋向阴极表面生成腐蚀产物，而阳极附近的正离子来不及移往阴极处补充，就使得阴极附近的正离子浓度降低，使正离子的渗透压降低，吸收电子的速度减慢，而使阴极的电极电位往负的方向移动，减少了与阳极之间的电位差，即发生阴极的浓差极化。同样，在阳极附近由于正离子浓度的增加，阻碍了金属的进一步离子化，使阳极的电极电位往正的方向移动，即发生阳极的浓差极化。

2. 扩散极化。当电化反应的结果，在阳极或阴极上可能生成氢或氧时，由于氢或氧成为分子逸出时，需要较高的活化能，也会使电极反应的进展发生困难。

3. 电极的屏蔽及钝化。由于周围介质中氧化剂的作用，而在电极表面生成保护膜，或由于腐蚀产物的沉积，而减少了金属与电解液直接接触的表面，也会阻碍阳极上金属离子的溶解或阴极上正离子的吸收电子。

极化作用阻碍了电极反应的进行，有利于降低腐蚀速度，但在某些情况下也会发生去极化反应而消除极化作用的影响。如：

1) 电解液的机械搅拌，可使溶液中的离子浓度均匀而消除浓差极化；2) 如溶液中有其他物质，会与氢原子或氧原子作用而生

成可溶的产物，使不必成为氢分子或氧分子逸出，可减弱扩散极化；3）如溶液中有其他物质，可使电极反应生成可溶的产物，就可消除屏蔽的影响。这种发生去极化反应的物质，称为去极化剂。显然，去极化剂的存在，会加速腐蚀。在很多腐蚀电池中，阴极去极化作用，往往是腐蚀速度的控制因素，是防腐工作中必须特别注意抑制的过程。

极化及去极化作用的强弱，在实验测定过程中，可用电极电位随电流的变化曲线来表示，这种曲线就称为极化曲线。极化作用愈强去极化作用愈弱时，极化曲线愈陡。

在了解金属电化腐蚀过程的一般规律的基础上，下面进一步讨论土壤的电化腐蚀机理。

三、土壤电化腐蚀的特点

由于土壤中常含有水分及电解质，而且其各处的组分常常差异较大，故可将湿土壤看成是不均匀的电解液。埋置于土壤中的金属构件常可能含有杂质，或由不同的组分组成，故同一构件的各个部分在土壤中常可能具有不同的电极电位。因此，在金属与湿土壤之间可能构成各种类型的腐蚀电池。根据一般的金属电化腐蚀理论研究金属在湿土壤中的腐蚀过程，看到土壤作为腐蚀介质时，具有下述不同于一般电解液的特点：

1. 由于土壤是具有离子传导性的多相多孔的胶体系统，故土壤的变化多端的湿度和孔隙度等物理性质，对土壤腐蚀过程的影响很大。

2. 由于土壤结构的多相性和性质的多样性，在埋置于土壤中的金属构件上，可能在很小的范围内形成微腐蚀电池，也可能在很远的距离内形成宏腐蚀电池。

3. 由于电解质离子在土壤中移动时的阻碍，较在一般电解液中，故参加电化反应的各种物质，在土壤中的运移速度对电化反应的进行速度影响很大。

关于土壤中电极反应的特点：

1. 土壤电化腐蚀的阴极反应。在强酸性土壤中常发生氢的

去极化反应，可表示为：



在弱酸性、中性和碱性土壤中则发生氧的去极化反应的情况较多，为 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow 4\text{OH}^-$ 。

土壤中氧的去极化反应的影响因素与在一般电解液中不同，因为在作为电解液的土壤中，氧的运送至阴极金属，不仅要经过金属附近的电解液层，还要经过金属上一定厚度的土壤层。如金属构件上的土壤层很厚，对氧的输送阻碍较大，则阴极反应的速度往往决定于氧经过土壤层输往阴极表面的速度。故随着土壤特性的差异，由于氧输送速度不同，影响阴极反应速度的因素也不同。如在颗粒松散、湿度小、渗透能力强的土壤中发生腐蚀时，由于氧的输送速度快，故阴极反应的速度将主要决定于氧的电离反应的速度；而在渗水和通风能力较差、粘重潮湿的土壤中，阴极反应的速度将受氧经过土壤层的扩散速度的限制。

2. 土壤电化腐蚀的阳极反应。在湿土壤中，金属腐蚀的阳极反应，也就是金属在电解液中的溶解过程。可表示为：



影响土壤中阳极反应速度的因素具有下述特点：1) 由于金属离子在土壤中的运移速度很慢，故因浓度极化而使阳极反应速度减慢的影响比一般电解液中显著；2) 由于电极附近电解液的离子过饱和，使电极反应生成的盐类屏蔽了电极表面，因而可能使电极表面钝化而降低反应速度。但也可能因阳极表面的缩小而使阳极电流密度急剧增长，因而虽然腐蚀的范围减小，但穿透金属的速度则加快；3) 由于土壤中金属的电离过程往往同时发生金属离子的水合反应，当水分不足时会使电离过程减慢，故土壤的湿度将显著影响阳极反应的速度；4) 在湿度小而氧渗透能力强的土壤中，可能形成连续的氧化膜，而使金属表面钝化，钝化的程度决定于土壤的湿度和溶解在土壤电解液中的离子的特性。故一般可认为：土壤湿度愈小，阴极反应愈慢。

以上简述了金属在土壤内形成的腐蚀电池中，互相耦合进行

的阳极反应和阴极反应的工作过程及其影响因素。下面进一步介绍埋置在土壤内的金属管路上，腐蚀电池的形成及其工作特点。

四、埋置在土壤中的金属管路上，腐蚀电池的形成及其特点
很多研究者认为。埋置在土壤中的金属管路上，可能形成下述二种腐蚀电池：

1. 微腐蚀电池。即在管路上很邻近的二部分金属之间所形成的小腐蚀电池。通常在很小的范围内，土壤性质的差异是不大的，但管路金属的组成却可能有显著的不同，如金属内夹杂有杂质、熔渣，又如焊缝及其热影响区与本体金属之间、氧化膜或反

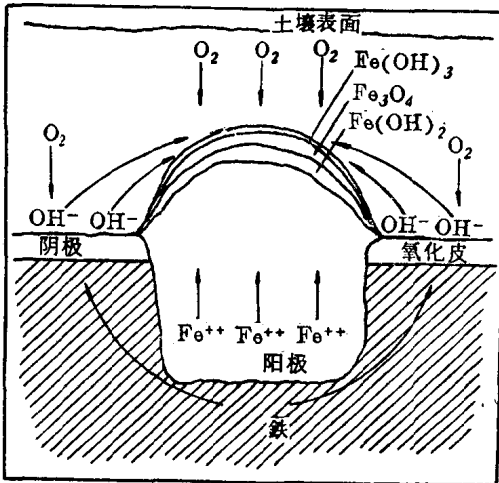


图 1-2 微腐蚀电池示意图

应产物与本体金属之间性质差异均较大，故当这些金属组成不均匀的管路与土壤接触时，就好像二块互相能导电的不同金属放在电解液中一样，在这二部分组成有差异的管路金属间形成电位差，构成腐蚀电池，其结构示意图 1-2。如钢管的焊缝熔渣和本体金属之间

电位差可能高达 0.275 伏。此外当二部分金属所受的应力不同时，也可能发生电位差，如遭受局部冷弯的管段与直管之间。

2. 宏腐蚀电池。由于长距离管路沿线各处的土壤特性可能显著不同，故沿线土壤中电解液的浓度及组成均可能有较大的差异；因此在这二部分组成差异的土壤与管路金属间就形成了一个类似二块互相导电的同种金属放在能互相流通的不同电解液中，发生电位差而构成的腐蚀电池。当土壤湿度不同时，二部分管路金属间的电位差甚至可达 0.3 伏。特别是由于各土壤段落氧渗透

能力的差异，可能形成不同程度的氧化膜而发生电位差。由于在这种情况下所构成的腐蚀电池，其两极之间的距离比较远，甚至可能达几公里，故称为宏腐蚀电池。某些研究者如土玛佐夫认为宏腐蚀电池的形成，是地下金属管路发生激烈的腐蚀破坏的主要原因。因透气性不同而形成的宏腐蚀电池的示意图见图 1-3。

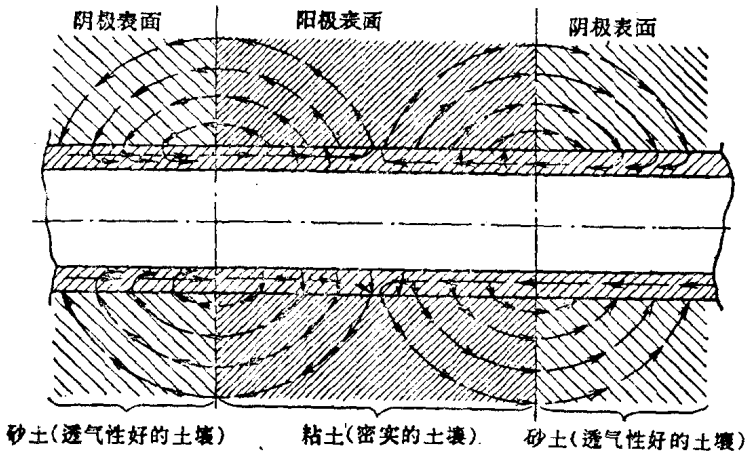


图 1-3 宏腐蚀电池示意图

长距离管路因土壤透气性不同而形成的较典型的宏腐蚀电池，一般可分为下述三种：

1) 当管路经过氧渗透能力不同的土壤段落而形成的宏腐蚀电池。当管路沿线土壤的氧渗透能力变化较大时，由于氧化膜的生成情况或去极化反应的程度不同，会在二段管路上形成不同的电极电位，而构成宏腐蚀电池。尤其当土壤电阻率较小时，宏电池的腐蚀电流可能达到较大的数值，使处于氧渗透能力较小的土壤中的金属结构，遭受严重的腐蚀破坏。

2) 因土壤的局部不均匀性，而在金属表面上形成的宏腐蚀电池。这种类型的宏腐蚀电池的几何尺寸可能变化较大，决定于土壤中个别大夹杂物（如石块及其他较坚硬的土团等）的大小。当夹杂有氧渗透能力比主要土壤小的夹杂物时，可能在夹杂物附近形成最危险的阳极段落。显然，由于夹杂物的大小有限，这种

宏電池與第一種類型的宏電池相比，範圍較小，因而受土壤電阻的影響較小，而在較大程度上決定於金屬在土壤中的極化特性。

3) 由於氧擴散入土壤的邊緣效應而形成的宏腐蝕電池。埋置在地下的油罐或大直徑管路等，面積較大的金屬構件上，氧向結構最外側邊緣的擴散速度，要比向內部大得多，因為在外側邊緣氧不僅可以由上而下的擴散至金屬表面，還可能經過構件二側的土壤擴散。根據埋置在土壤中的鐵板的腐蝕試驗證明，在氧擴散速度不同的結構的外側邊緣和內部之間會形成宏腐蝕電池。顯然，氧擴散速度較大的外側邊緣是陰極，而其內側則是被腐蝕的陽極。在實際工作中也發現在地下鋼結構（如儲罐、管道等）的邊緣部分發生強烈的局部腐蝕。

五、土壤腐蝕過程中，二種腐蝕電池的鑑別

在一般情況下，土壤腐蝕是上述宏腐蝕電池和微腐蝕電池的作用的綜合。但迄今還沒有能從量的計算上來劃分二種電池的作用程度的方法。只能從下述各方面來判斷二種腐蝕電池的作用特征：

1. 由腐蝕的型式判斷。當透氣差異的宏電池在腐蝕過程中起主要作用時，腐蝕穿孔具有較明顯的局部的特征，往往集中在土壤透氣性較差的結構段落上。當微電池起主要作用時，則具有較均勻破壞的特征，並且在透氣性較強的土壤段落中腐蝕較顯著。

2. 由金屬結構的工作條件分析。當較小的金屬構件埋置于較均勻的土壤中時，將主要受微電池的腐蝕。而長距離的金屬結構的腐蝕，則首先決定於因各土壤段落氧滲透能力不同，而引起的長距離的宏腐蝕電池的作用。

3. 腐蝕速度的控制因素不同。在微腐蝕電池的作用過程中，腐蝕速度主要決定於土壤特性改變的電極反應的速度，尤其受二個電極反應中速度較慢的那個電極反應過程的控制。對於絕大多數的土壤，陰極的反應速度是起決定作用的因素，因而在氧滲透能力強的土壤中腐蝕速度就快。只有在很松散和乾燥的土壤

中，可能是阳极反应的速度起主要作用。但在长距离宏腐蚀电池的作用过程中，土壤的电阻率往往是决定腐蚀电流大小的主要因素。

六、土壤腐蚀的电化学机理对实际工作的指导作用

某些作者根据对土壤腐蚀的电化学机理的研究，对实际的防腐工作提出了下列建议：

1. 在评价土壤的腐蚀性时，必须注意区分宏腐蚀电池和微腐蚀电池的作用。

2. 根据土壤中个别试样的腐蚀试验结果，不能正确断定在同样土壤中长距离管路的腐蚀情况，因为小试件的腐蚀大多是微电池的作用，对于长距离管路，必须就全线的土壤情况进行综合分析。

3. 应该特别注意保持地下管路上绝缘隔离层的完好无损。因为当隔离层局部损坏时，腐蚀可能集中在某些地点，由于阳极电流密度的增大，可能反而比裸管腐蚀严重。

4. 由于土壤的局部不均匀性可能引起腐蚀，在回填管沟时应特别注意直接和管路接触的土层的均匀性。粘土团掉到埋在砂土中的金属管路上是特别危险的。

5. 当管路经过土壤的氧渗透能力不同的区域时，应该考虑在二种不同性质土壤的分界处，在长距离管路上，应设置专门的绝缘装置，以减少形成宏电池的可能性。

6. 由于地下金属结构的腐蚀大都属于电化腐蚀的结果，故采取绝缘隔离层与电法防腐的综合措施，是比较有效而经济的。

第3节 土壤的物理化学性质对腐蚀活性的影响

由上节所介绍的土壤腐蚀的电化反应过程看出，土壤腐蚀的速度及类型，首先决定于土壤的各种物理化学特性。本节即简略介绍影响腐蚀活性的土壤的各种物理化学性质。

一、土壤的结构

土壤是由固态、液态、气态三相物质所组成的复杂的混合

物。土壤的結構（即其顆粒組成），對腐蝕過程的影響，在於土壤顆粒所構成的固體骨架是充滿了空氣、水和不同鹽類的空間網絡，故顆粒組成關係到土壤的水分及空氣含量。

土壤的固體部分，主要是由岩石碎片、砂、細泥、塵埃和腐植土等組成。腐植土是土壤中的有機物腐爛後的產物，含有較多的有機酸及鹽類，是土壤中最不穩定的組成，它的含量和組成的情況，決定於土壤中腐爛的動植物的殘骸和微生物作用的特性。根據土壤的顏色可以粗略地判斷其中的腐植土含量：當含有8~15%以上的腐植土時，土壤幾乎為黑色，5~8%時為深灰色，3~5%時為灰色，1~3%時為淺灰色。腐植土和石灰對土壤結構有較大的影響，它們會像水泥那樣將土壤顆粒粘結成塊而影響透氣性。但鹼土中的蘇打又會使腐植土從固態轉入液態，而破壞了土壤的結構增大濕度，並可能加劇其腐蝕性。

二、土壤的濕度

1. 土壤中水的存在型式。地下腐蝕中土壤濕度的主要作用，是形成運送電流的電解液，而促成電化腐蝕過程。根據水和土壤顆粒的結合型式，土壤中所含的水可以區分為化學結合的水、物理結合的水和自由水三種狀態。化學結合的水存在於土壤顆粒內部，一般不參與腐蝕過程。物理結合的水則借土壤顆粒的表面能而吸附在顆粒表面，土壤中小直徑的膠體顆粒越多，這種水的含量越高，而直徑大於2毫米的顆粒則保持這種水分的能力很差。腐植土的存在，會增加土壤保持物理結合水的能力。土壤的物理結合水的含量一般用土壤的吸濕性表示。自由水則充滿了土壤中的毛細孔及粗孔，是影響腐蝕過程的主要因素。

2. 影響土壤濕度的因素。地下深處的自由水具有沿土壤的毛細孔上升的能力，毛細管的橫截面越小，水的舉升高度越大。另一方面，依靠毛細管的縮緊力也可能抑制住從大氣進入土壤的水往下滲透，因而使土壤內保持較多的水。但自由水也可以沿着非毛細管的孔隙，在重力作用下迅速的往下滲透而潛入土壤深處。這種土壤被水通過的能力，稱為土壤中水的滲透能力。粗顆