

材料土壤腐蚀试验方法

国家科学技术委员会 全国土壤腐蚀试验网站编
国家自然科学基金委员会

科学出版社

材料土壤腐蚀试验方法

国家科学技术委员会 全国土壤腐蚀试验网站编
国家自然科学基金委员会

科学出版社

• 1990 •

内 容 简 介

本书主要介绍钢铁及其涂层、金属及其合金、非金属材料制品和电缆、光缆试件的土壤腐蚀试验方法。每种方法都详细地、系统地提出了一整套各种试件的制备、埋藏、挖掘、管理以及分析鉴定等。围绕上述工作,又制定了腐蚀试验站的选址条件、土壤勘测和土壤微生物的分析方法。

本书可供全国从事腐蚀与防护工作的科研、教学工作者,石油、邮电、建筑、化工、机械、海洋各部门的工程技术人员、管理干部和技术工人参考。

材料土壤腐蚀试验方法

国家科学技术委员会 全国土壤腐蚀试验网站编
国家自然科学基金委员会

责任编辑 黄贵清

特约编辑 蒯 文

科学出版社出版

(北京东黄城根北街16号)

邮政编码: 100707

沈阳市第二市政建设工程公司印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1990年3月 第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1990年3月 沈阳第一次印刷 印张: 5 3/4

印数: 0001—1 500 字数: 140 000

ISBN 7-03-001615-7/S · 54

定价: 4.50元

前 言

我国材料的土壤腐蚀试验工作，开始于1959年，文革时期中断，已经埋藏的试件遭到严重破坏。十一届三中全会以后，国家科学技术委员会十分重视材料腐蚀数据积累工作，于1982年恢复了网站工作，并成立了全国环境腐蚀网站协调领导小组，拨专款重点资助网站开展工作。

我国材料土壤腐蚀试验工作，早年建立了一些方法，但很不完善，也不统一，不规范。为了使积累数据更加系统，更加科学，更有可比性，在1986年大连第八次网站会议上，就各项试验方法交换了意见，决定在已有基础上，统一进行修改。经过多年探索——实践——反复修订，并参照国外有关标准，编写成此书。书的内容包括黑色金属和有色金属材料，钢筋混凝土、塑料管材和石棉水泥管等非金属材料，以及电缆、光缆及其材料等试件的各种试验方法。为试件制备、试件埋设与挖掘、土壤站址的选择、微生物和挖掘试件的分析鉴定等，提出了一整套比较完整的、科学的、统一的和规范的条例与章程，是目前我国第一本具有中国特色的材料土壤腐蚀方面的书。此书不仅对材料土壤腐蚀网站工作者，而且对其他行业的腐蚀与防护科技工作者，都有一定的参考价值。

参加本书编撰的有：第一篇《钢铁及涂层腐蚀试验方法》，由大庆石油管理局油田建设设计研究院刘继旺编写，

第二篇《金属材料试验方法》，由中国科学院金属腐蚀与防护研究所张淑泉、高英、银耀德等编写，第三篇《非金属材料试验方法》，由中国建筑科学研究院马孝轩编写，第四篇《电缆、光缆及其材料试验方法》，由邮电部第五研究所王永红编写，第五篇《土壤勘测分析方法》，由中国科学院南京土壤研究所张道明、孙惠珍、吴均编写，第六篇《腐蚀微生物分析方法》，由中国科学院微生物研究所吕人豪、白素娥、刘琦编写。

在编写此书过程中，得到了有关专家的帮助，在此表示感谢。由于编写时间紧，经验不足，有不妥和谬误之处，恳请读者批评，指正。

全国土壤腐蚀试验网站技术组

1989年9月

目 录

第一篇 钢铁及涂层腐蚀试验方法

第一章	总则	1
第二章	试件的规定	1
第三章	试件的埋藏	5
第四章	试验站(点)的管理	6
第五章	试件的挖掘	7
第六章	钢铁试件的分析鉴定	8
第七章	有绝缘层的试件鉴定	12
第八章	建立土壤腐蚀数据库	15

第二篇 金属材料试验方法

第一章	总则	28
第二章	试件	28
第三章	试件的埋藏	32
第四章	试验站的管理	33
第五章	试件的挖掘	34
第六章	金属试件腐蚀分析	34

第三篇 非金属材料试验方法

第一章	总则	40
第二章	试件的制备	40
第三章	试件的埋设	43
第四章	试验站的管理	44
第五章	试件的开挖	44
第六章	普通混凝土及钢筋混凝土试件检验	45

第七章	石棉水泥管试件的检验·····	55
第八章	塑料管试件的检验·····	59
第四篇 电缆、光缆及其材料试验方法		
第一章	总则·····	75
第二章	试件·····	76
第三章	试件的埋藏·····	80
第四章	试验站(点)的管理·····	81
第五章	试件的挖掘·····	82
第六章	电缆、光缆外护层试件的分析鉴定·····	83
第七章	电缆、光缆金属护套试件的分析鉴定 ·····	97
第八章	电缆、光缆试件的分析鉴定·····	103
第五篇 土壤勘测分析方法		
第一章	总则·····	121
第二章	土壤物理分析·····	121
第三章	土壤电化学测定·····	128
第四章	土壤化学性质分析·····	140
第五章	野外土壤剖面描述、样品采集和室 内处理·····	157
第六章	土壤腐蚀试验站站址的选择与勘测·····	159
第六篇 腐蚀微生物分析方法		
第一章	总则·····	164
第二章	腐蚀微生物分析样品的采集·····	164
第三章	挖掘时现场观察及测试·····	166
第四章	采样及样品运输的注意事项·····	167
第五章	腐蚀微生物分析·····	167
第六章	埋件周围含水量、pH、电导率测定·····	170

第一篇 钢铁及涂层腐蚀试验方法

第一章 总 则

1.1 为统一全国土壤腐蚀试验的试件埋藏、试件制备及挖掘等标准,确保试验成果既科学又可靠,特制定本试验方法。

1.2 本方法仅适用于各种金属、非金属管材、板材及其构件,金属及非金属防护涂层的土壤自然埋藏试验,而不包括地下杂散电流引起的电蚀。

1.3 了解各种试验材料在不同土壤条件中的腐蚀速度和腐蚀过程的特征,为地下构筑物的防护设计、合理选材和制定防护措施提供依据。

第二章 试件的规定

第一节 试件的材料

2.1.1 以地下构筑物常用材料为主,如钢管(有缝或无缝)、钢板、铸铁管等黑色冶金钢材。

2.1.2 为了取得较全面的数据,并为地下构筑物选材探索方向,应当试验一部分虽然目前并不应用或尚未广泛应用,但在技术上及经济上有发展前途的材料,如有色金属、非金属及工程塑料等。

2.1.3 试件应用新材料制成。其规格、化学成分及制

造工艺,应尽量与实际相同。

2.1.4 试件材料种类开始不宜过多,以后可根据埋藏试验结果及各地区具体情况逐步增加。

2.1.5 除了特别规定外,用于同一目的同一批试件,其材料规格成分、制造工艺及表面状况应相同,最好由同一批生产的材料制成。

第二节 试件的形状及大小

2.2.1 试件形状应力求与实际地下构筑物相同。

2.2.2 为了节约材料及便于运输,试件一般不宜过大、过重,对于要求失重的试件尤应如此。因试件定量称重,试件愈重就愈不准,为此管材直径 $<50\text{mm}$ 为宜,厚度不小于 5mm ,长度不大于 200mm 。钢板规定长 $\times$ 宽 $\times$ 厚 $=100\times 60\times 5\text{mm}$,其它加速试验的试件尺寸大小另定。

2.2.3 对于需求强度变化的试件,不宜太厚,以保证数据准确。

2.2.4 考虑到试件在几何形状及大小上与实际地下构筑物的差异所引起的影响,应加进几何形状及表面状况不同的试件,便于对比。

2.2.5 应考虑试件曝露面积不同对腐蚀速度的影响,在同一土壤条件下,增加几种面积不同的试件,便于比较。

第三节 试件的数量

2.3.1 每种试验材料,每种形状大小用于同一目的同批取出的试件,不得少于3个。

2.3.2 为了求得腐蚀速度与埋藏时间的关系,可以分6次取完(1、3、5、8、12、16年)。即为3(个) $\times$ 6(次) $=18$ 个。

如考虑到其它目的时，试件的数量可以相应地增加。

第四节 试件的制备

2.4.1 试件应统一集中制备。

2.4.2 试件在制备过程中，应尽可能避免对试件造成机械应力及试件表面的损伤。

2.4.3 制备好的试件（裸金属），应按下列方法和顺序进行表面处理：

（1）用机械方法（喷砂、金属刷或砂轮）或化学方法（10%盐酸加缓蚀剂）以及电化学方法除去表面锈层及氧化皮，呈现金属光泽。

（2）边缘锋锐棱角或毛刺必须用锉锉平。

（3）打钢印、编号（打在试件一端），并用沥青或环氧树脂封边保护，以免编号被腐蚀掉。

（4）用干净的棉纱沾乙醇擦去试件上所有的尘土污垢，用水冲洗，擦干后放入 105℃ 烘箱内恒温 4 小时，取出晾凉，待称重。

（5）晾凉后的试件用百分之一天平称重，并作好原始记录。

（6）用沥青或环氧树脂封堵试件各个切边，宽度 5—20mm，或视试件大小而定，但对大小及形状都相同的试件封边宽度应相等。封边应力求整齐，以便准确地计算试件的曝露面积。

（7）用油漆写编号（号码与钢印号相同），写在试件的封边上，避免埋藏时搞混。

2.4.4 有涂层和镀层的试件，应按一定的工艺要求制

备，同时要用探伤仪器检查，以保证质量。

2.4.5 管状试件内壁应用油脂涂封，两端用木塞(或橡皮塞)塞住，管间缝隙再用沥青或环氧树脂涂封，防止水分渗入管内。

2.4.6 制备好的试件，应在短时间内进行埋藏，并要在贮放及运输过程中注意保护，以防各种人为的、偶然的因素造成破损。对裸金属试件在表面处理，如就近使用，应放在干燥处，如需运往远处去埋藏，尤其是运往湿、热地区，应防止氧化生锈，可用挥发性缓蚀剂或干燥剂等适当方法保护。

第五节 试件编号及标记

2.5.1 编号内容：每一种试件必须作统一的编号，并在试件上作永久性标记。如试验站名称编号、试件种类、哪年制备及数量顺序等。

2.5.2 编号表示方法：试验站名称编号用当地地名的汉字拼音字母名称，取第一个字母表示，如在同一地区埋设两个点，可在地名左下方注以“1”和“2”，表示第一和第二埋藏点。比如1987年在大庆埋藏两个试验点的无缝钢管试件上的编号，即为DQ1-WG-87-1-21，以此类推。

上述编号，用钢印打在试件一端，并用绝缘涂层封上。

第六节 试件登记卡片

2.6.1 每一个试件应有一张登记卡片，上面包括试件在埋藏前的全部原始资料(详见本篇附表1-1)。

2.6.2 所有上述资料均应在埋藏前全部填写清楚，一式两份，一份存放在总负责单位，另一份随试件交往具体负责埋藏试验单位保存。

第七节 空白试件

2.7.1 各种材料试件，均应留下适当数量的空白试件，以备在分析鉴定时作比较之用。

第三章 试件的埋藏

3.1 试件准备好后，尽快组织专门人员进行埋藏工作。

3.2 埋藏深度不作统一规定，应同当地实际地下构筑物埋藏深度相适应。

3.3 为了求得不同深度土壤腐蚀速度与埋藏深度的关系，需在不同深度埋藏时，不得在同一垂直面上互相重叠，如埋藏1m及2m两个不同深度的试件时，不得在2m深的试件上部的土壤内进行1m深度的埋藏试验。

3.4 试件应按编号顺序排列，在一般情况下，同一批取出的试件应尽量放在一起，便于取出。

(1) 除特殊规定外，管状试件一般水平放，板状试件垂直立放（长边着地）。

(2) 除特殊规定外，所有试件应埋在同一个土层上，以保持腐蚀条件的一致性。

(3) 电位序相差很大的金属试件，埋在土壤中不宜距离太近，以防产生电位差而引起的腐蚀。

(4) 埋藏时，坑底先回填10cm厚细软土，再在其上放置试件，回填时也是先放细软土，然后按挖出的土层顺序回填。

(5) 每个试件用尼龙绳结住（串在一起），以便日后取出方便。

3.5 试坑一般为长方形，坑的大小，随试件大小、数量

及排列情况而定。试件与试件的间距不得小于试件直径（或宽度）的二倍，最少不得小于15cm，及试件距坑边的距离。

3.6 试坑数量，若分7次取完则挖8个坑。若分5次取完则挖6个坑。其中一个空白坑（不放试件）为日后经常取土样进行分析用。

3.7 挖坑时，挖出的土应按土壤层次分层放置，回填时按原土层顺序回填。回填时应分层夯实（每层30cm），并力求回填土的厚度与密实度和原土相同。

3.8 在挖坑埋藏过程中，应对每个试坑的土壤作详细勘测与描述，其内容见附表1-1至1-12。

（1）土壤剖面层次描述见附表1-6。

（2）分层取土样作物理化学分析。如试坑内有地下水，应取水样分析。分析项目见附表1-12。

（3）对土壤作微生物分析。

3.9 在试验站（点）上设立永久性标志：试坑回填完后，在其四周量好相对间距，立水泥桩或石碑，作永久性地面标志，在桩（碑）上刻写“全国土壤腐蚀试验网站某某站”字样，并用红色油漆书写。另外在埋藏点中心，立一木牌，用黑色油漆写上试验站名称、埋藏点面积、埋藏日期、注意事项及负责单位。

3.10 埋藏工作必须做好记录卡（见附表1-1，1-2），按表中规定内容逐条认真填写。上述记录卡填写一式两份，一份留负责埋藏单位，一份交总负责单位。

第四章 试验站（点）的管理

4.1 为了避免试验站（点）被破坏，在选定站址以后，

应与当地建设局或科委以及埋藏点所在地的有关主管单位（乡镇、农牧场）取得联系，可委托代管。

4.2 在试验站或埋藏点范围内禁止建设其它建筑物等。如遇必需在埋藏点范围内进行某项建设时，需事先与负责埋藏单位协商，同意后方可进行。

4.3 在试验过程中，负责埋藏单位应经常测取下列资料，最少每年4次。

（1）气象资料：地温、气温、降雨量、积雪深度及雪覆盖地面日数。

（2）地下水位变化情况。

（3）采土样进行理化分析（包括土壤电阻率的测定）。

第五章 试件的挖掘

5.1 确定挖掘试坑方位之后，再进行开挖，当挖到（接近）试件时，应当特别小心，此时由一人仔细地将试件上部及周围的土壤轻轻地剥离，切勿损坏试件或试件涂层。记录试件出土前的方位（试件的上、下、左、右），切勿搞乱。

5.2 取土样的分析部位及数量，应遵照土壤理化分析及土壤微生物分析规程进行。

5.3 试件全部取出后，用牛皮纸或塑料薄膜将试件包裹好，装入箱内运回试验室。在装箱之同时，必须在试件之间放入足够数量的刨花或碎纸，以防碰伤试件。

5.4 试件取出后，将试坑填平，力求与原来坑相同。

5.5 试件取出过程，应由专人负责，边取边描述，作好记录和照相记录。

5.6 在取分析土样之同时，应测定土壤电阻率、氧化

还原电位及金属试件的腐蚀电位。

第六章 钢铁试件的分析鉴定

第一节 试件外观及腐蚀产物描述

6.1.1 试件外观描述：试件是部分还是全部被腐蚀产物覆盖，未覆盖部分的表面状况、颜色、光泽等。

6.1.2 腐蚀产物描述，内容要求见本篇附表1-7。

（1）腐蚀产物的分布：按均匀或非均匀分别加以描述。其中非均匀部分又按挖掘时的方位注明上、下、左、右各方位的腐蚀产物分布情况。

（2）腐蚀产物的颜色：若是单一颜色，就用一个字表示。例如“黑”、“棕”、“褐”色等。若是中介色，则用两个字表示，主色放在后面。例如“棕黑”，以黑为主。随色泽深浅程度，可以加入适当的形容词。例如“淡”、“灰”、“深”等。

（3）腐蚀产物的结构：分层状（片状）、粉状或多孔。

（4）腐蚀产物的紧实度：松散、紧实、坚硬。

（5）腐蚀产物层次的厚度：如有多层，应注明其顺序及每层的厚度、紧实度、颜色结构的特性等。腐蚀产物的厚度应与土层加以区别，说明腐蚀产物对周围土壤的污染情况。

（6）腐蚀产物的成分：

①现场鉴定：挖掘时根据腐蚀产物的颜色等特征作初步的判断，腐蚀产物大部分为铁的不溶盐 FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , FeS , FeCO_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 等成分。注意，由于与土

壤相混其实际结构和颜色都会有很大出入（表1-1），特别是FeS，FeO及FeCO₃容易相混，可用下法分辨：加数滴稀盐酸（约1%）于腐蚀产物上，FeO没反应，FeCO₃产生强烈气泡而放出CO₂↑，FeS反应缓慢，出现气泡产生H₂S↑，可闻其臭味察知，把一块浸透醋酸铅的滤纸放置其上会使之变黑（生成硫化铅）。低价铁腐蚀产物都不稳定，容易氧化成高价铁盐，因此，应在挖掘后尽快进行分析鉴定。FeS的存在，是硫酸盐还原菌引起腐蚀的一个重要标志，一般细菌腐蚀产物的特征是松软多孔，与试件粘结不牢固。

表1-1

成 分	颜 色	结 构
FeO	黑	
Fe ₂ O ₃	红棕至黑	六角形结晶
Fe ₃ O ₄	红 棕	无定形粉末或糊状
FeS	黑 棕	六角形结晶
Fe(OH) ₂	绿 或 白	六角形或无定形结晶
FeCO ₃	灰	三角形

②腐蚀产物的室内分析：根据具体情况选择有代表性的样品进行定性及定量分析。若腐蚀产物分层有区别，则应分层取样分析。取样时注意有些腐蚀产物，如Fe(OH)₂及FeS不稳定，容易氧化，采样时应注意密封（或用水浸泡），并及时分析，如果未能及时分析，应加以说明。

第二节 试件表面清净处理

6.2.1 取回试件开箱后，将试件按编号顺序放好，用

锤将试件两端封头轻轻打掉，再用小刀除去试件表面腐蚀产物，然后用刷子刷洗表面（锤及刀都不能比试件硬，否则试件上易造成刻痕和损伤，影响试验结果）。

6.2.2 用汽油清洗剩余沥青及试件内部的油脂。

6.2.3 将除过油脂的试件放入盛有 10% 柠檬酸铵溶液的器皿中，在 80℃ 左右温度下处理 2—8 小时（视腐蚀轻重程度而定），除去腐蚀产物，若腐蚀产物仍未除净，可适当延长时间，直到所有腐蚀产物除净为止。

6.2.4 试件除锈，可在自来水下冲洗，或放入清水中用刷子刷净，而后用布擦干，放入烘箱内约 105℃ 下烘干，待称重。

第三节 试件鉴定（宏观）

6.3.1 腐蚀类型：

（1）“完好”：基本没有腐蚀损坏迹象（应注意区别管子未试验前原有的腐蚀坑点），简称“完好”。

（2）“均匀腐蚀”：整个试件表面遇到相同深度的均匀腐蚀，表面可能平坦，也可能不平坦，简称“均匀”。

（3）局部腐蚀：

①坑点腐蚀：成坑点状的腐蚀，简称“坑点”。

②大面积腐蚀：腐蚀坑之间连成片，其中可能有深浅不一的坑点成麻点，简称“面蚀”。

③小孔腐蚀：腐蚀局限在很少范围内，其腐蚀孔的深度大于孔的直径，简称“孔蚀”。

在实际腐蚀中可能有两种以上类型同时存在，应说明哪一种类型是主要的，可按其分布的部位及百分比（%）进行估计。