ICS 77.060
CCS H 25

中华人民共和国国家标准

GB/T 46170—2025

金属和合金的腐蚀　土壤加速试验

Corrosion of metals and alloys—Accelerated test method for soil corrosion

2025-08-29 发布　　2026-03-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

目　　次

前言 …… Ⅲ
引言 …… Ⅳ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　总则 …… 1
5　试剂 …… 2
6　试验装置 …… 2
6.1　放置土壤的容器 …… 2
6.2　恒温恒湿箱 …… 2
6.3　烘箱 …… 2
7　试验土壤的制备 …… 2
7.1　实际土壤 …… 2
7.2　模拟土壤 …… 3
8　试样 …… 4
9　试验步骤 …… 4
9.1　试样的放置 …… 4
9.2　试验条件 …… 5
9.3　试验时间 …… 5
9.4　试验完成后试样的处理 …… 5
9.5　腐蚀速率的计算 …… 5
10　试验结果 …… 6
11　试验报告 …… 6
附录 A（规范性）　实际土壤质地测试方法 …… 7
附录 B（规范性）　土壤含水率测试方法 …… 9
附录 C（资料性）　典型土壤中主要盐组分 …… 10
附录 D（规范性）　土壤 pH 测试方法 …… 11
附录 E（资料性）　镀锌钢的实际土壤加速试验实例 …… 12
附录 F（资料性）　模拟土壤加速试验实例 …… 14
参考文献 …… 16

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本文件起草单位：中国电力科学研究院有限公司、冶金工业信息标准研究院、北京科技大学、国能浙江宁海发电有限责任公司、国家石油天然气管网集团有限公司科学技术研究总院分公司、国网电力工程研究院有限公司。

本文件主要起草人：韩钰、李倩、陈云、李晓刚、卢勇振、陈振华、陈新、王晓芳、侯捷、杜翠薇、王天伟、郝文魁、张强、田子健。

引　言

有很多金属结构以全埋或半埋的方式在土壤中服役，如管道、储罐、基础设施和接地装置等。材料涉及碳钢、不锈钢、铜、铝和金属涂覆涂层等。金属及其合金埋设在土壤中会遭遇到腐蚀，这种腐蚀由于在土壤中，不能直接看到，具有很强的隐蔽性，腐蚀严重的情况会威胁运行安全。因此，掌握材料在土壤中耐蚀性能将对地下工程建设的合理选材、防腐设计，提升工程质量具有重要意义。

土壤是一种由固、液、气态物质构成的复杂多相介质。构成土壤的电解质具有多相性、多孔性和不均匀性，因而土壤腐蚀是一个复杂的反应过程。影响土壤腐蚀性的因素主要有土壤的孔隙率、含水量、含氧量、盐含量、pH 值、土壤质地、土壤电阻率和氧化还原电位等。在众多影响因素中，各种因素的影响大小不一，不同土壤的腐蚀性相差很大。

本文件中使用实际环境土壤或非金属矿物质与溶液介质，设计了接近土壤气、液、固三相共存的腐蚀环境，该环境下既能不改变土壤腐蚀机理，加速腐蚀过程，又能很好地保持或模拟真实土壤理化性质。由于金属材料在土壤中的腐蚀比较复杂，影响金属腐蚀的因素很多，所以本文件获得的试验结果不能作为被测试材料在服役中耐蚀性的直接指南，但提供了一种比较金属材料在土壤中抵抗腐蚀能力的手段。

金属和合金的腐蚀　土壤加速试验

1　范围

本文件描述了金属和合金土壤加速腐蚀试验方法，包括试剂、试验装置、试验土壤的制备、试样、试验步骤、试验结果评定、试验报告。

本文件适用于金属及其合金、金属覆盖层在土壤中的加速腐蚀试验，不适用于土壤中杂散电流腐蚀和微生物腐蚀试验。金属构件的土壤腐蚀加速试验参照本文件执行。

2　规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 10123　金属和合金的腐蚀　术语

GB/T 16545　金属和合金的腐蚀　腐蚀试样上腐蚀产物的清除

GB/T 18590　金属和合金的腐蚀　点蚀评定方法

3　术语和定义

GB/T 10123 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

土壤质地　soil texture

土壤中各粒级占土壤质量的百分比组合。

注：也称为土壤机械组成。

3.2

土壤含水率　soil water content

土壤中所含水分的数量，一般是指土壤绝对含水量，即 100 g 烘干土中含有水分质量。

注：也称为土壤含水量。土壤含水率有重量含水率和体积含水率两种表示方法。本文件中的土壤含水率指重量含水率。

4　总则

4.1　本方法通过将金属材料埋入试验土壤，在设定的试验条件下，评估金属材料在土壤中的腐蚀性能。

4.2　试验土壤分为实际土壤和模拟土壤。实际土壤为现场采集的土壤。模拟土壤为在实验室用非金属矿物质土或砂、酸性或碱性盐溶液配制的土壤。

4.3　考察金属材料在特定土壤环境中的耐蚀性能时，宜采集该地点的实际土壤进行试验。

4.4　模拟土壤试验一般用于材料耐蚀性测试或对比。

5 试剂

5.1 氯化钠(NaCl)、硫酸钠(Na_2SO_4)、碳酸氢钠($NaHCO_3$)应使用化学纯或以上等级。

5.2 高岭土中 SiO_2 含量宜在 45%～55%,水分含量应不大于 2.0%,Fe_2O_3 含量应不大于 1.5 %,pH 值 7.5～8.0。

5.3 蒸馏水或去离子水在 25 ℃±2 ℃下的电导率应不高于 20 μS/cm。

6 试验装置

6.1 放置土壤的容器

6.1.1 放置土壤的容器应由耐土壤腐蚀的材料制成,可使用玻璃、塑料或耐腐蚀金属或合金等材料。当使用耐腐蚀金属或合金材料时,试样应与容器进行绝缘隔离。

6.1.2 容器尺寸应至少满足装入的土壤体积与试样表面积之比不小于 40 cm^3/cm^2。

6.2 恒温恒湿箱

恒温恒湿箱在整个试验期间应具备可连续操作的能力,温度偏差应控制在±2 ℃,温度均匀度不应超过±2 ℃,相对湿度偏差应控制在±5%。

6.3 烘箱

烘箱温度偏差应控制在±2 ℃,温度均匀度不应超过±2 ℃。

7 试验土壤的制备

7.1 实际土壤

7.1.1 采集、处理和贮存

7.1.1.1 宜在试验材料拟应用的环境采集实际土壤,通常取样深度为距离地表 1 m～2 m 或冻土层以下。宜在春秋季节采集实际土壤。推荐在非雨季和非冻季采集实际土壤。

7.1.1.2 采集的实际土壤应测试土壤质地和含水率,土壤质地测试方法按附录 A 执行,土壤含水率测试方法按附录 B 执行。

7.1.1.3 采集的实际土壤经干燥、研磨后通过孔径约为 0.85 mm(20 目)筛,将过筛后的实际土壤装入洁净的器皿中,备用。

7.1.1.4 将实际土壤置于烘箱中,在 105 ℃±2 ℃温度下烘干至恒重,两次称重质量差不大于 0.1%。

7.1.2 试验土壤的配制

7.1.2.1 将烘干的实际土壤转移到容器(如烧杯、塑料桶)中。

7.1.2.2 在室温下,用蒸馏水或去离子水与烘干后的土壤混合均匀,配制成含水率符合表 1 要求的试验土壤。推荐的砂土含水率为 5%、壤土含水率为 20%、黏土含水率为 25%。

表 1　不同土壤质地的含水率

土壤类型	砂土	壤土	黏土
土壤含水率 %	1～15	10～25	20～30

7.1.2.3　若实际土壤含水率未达到试验条件下限已处于饱和状态，宜以按照 7.1.1.2 测试的含水率值为试验含水率。

7.1.2.4　配制完成后，容器口用保鲜膜或盖子密封备用。

7.2　模拟土壤

7.2.1　盐溶液的配制

根据需要测试土壤的酸碱环境，配制相应的盐溶液。

a）　在室温下，使用蒸馏水或去离子水按照表 2 的含量要求配制成模拟盐溶液 A 或模拟盐溶液 B 或模拟盐溶液 C。

表 2　模拟盐溶液的成分及含量

溶液成分	模拟盐溶液含量 g/L		
	A	B	C
NaCl	2.48	1.22	6.98
Na_2SO_4	1.11	0.35	5.05
$NaHCO_3$	0.93	1.21	0.29
注：模拟盐溶液 A、模拟盐溶液 B、模拟盐溶液 C 分别参考国内典型酸性土壤、中性土壤和碱性土壤成分配制。			

b）　试验土壤若为酸性环境则使用稀硫酸溶液调节模拟盐溶液 A 的 pH 值为 1.5～2.0 配制成酸性盐溶液。试验土壤若为中性环境使用模拟盐溶液 B 的 pH 值为 6.5～7.0 配制成中性盐溶液，试验土壤若为碱性环境则使用氢氧化钠溶液调节模拟盐溶液 C 的 pH 值为 11.5～12.0 配制成碱性盐溶液。

我国典型环境土壤成分见附录 C。

7.2.2　模拟土壤的配制

7.2.2.1　在室温下取粒径约为 0.075 mm(200 目)高岭土与盐溶液混合均匀配制成含水率为 25%±0.5%的模拟土壤。

7.2.2.2　酸性土壤 pH 值应在 4.3～4.7，pH 测试方法按附录 D。pH 值小于 4.3 时，使用 7.2.1a)中配制的盐溶液与高岭土配成的 25%±0.5 %含水率的土壤调节 pH。pH 值大于 4.7 时，蒸发部分水分，再使用 7.2.1b)中配制的盐溶液补充到含水率为 25%±0.5%土壤来调节 pH。调节后应充分搅拌土壤，使其均匀混合。

7.2.2.3　中性土壤 pH 值应在 6.8～7.2。

7.2.2.4　碱性土壤 pH 值应在 9.0～9.4，当 pH 值大于 9.4 时，使用 7.2.1a)中配制的盐溶液与高岭土配成的 25%±0.5%含水率的土壤调节 pH。当 pH 值小于 9.0 时，蒸发部分水分，再使用 7.2.1b)中配制

的盐溶液补充到含水率为25%±0.5 %土壤来调节 pH。调节后应充分搅拌土壤,使其均匀混合。

8 试样

8.1 试样的种类、数量、形状和尺寸可依据被试验材料或产品有关规定选择,宜在容器尺寸允许的范围内使用较大的试样。若无规定,试样推荐尺寸为100 mm× 30 mm×(2～5) mm 或Φ14 mm×50 mm。

8.2 平行试样应不少于3个,并保留空白试样。

8.3 若无其他规定,试验前试样表面应进行试样应除去边缘及表面的锈层和氧化皮,用乙醇、水清洗后,吹风机吹干之后将试样置于干燥皿中备用,试样表面粗糙度应小于1.6 μm。若试样不需要除锈等表面处理,应进行脱油脱脂处理。

8.4 金属覆盖层样品的切割面应进行保护。

8.5 在制备过程中,试样应避免造成机械应力及表面损伤。

8.6 试验前应对每个试样进行称重,精确至±1 mg,测量试样的尺寸,计算试样试验面的总面积。

8.7 试样应标识,标识应不影响试验结果。

8.8 当试验过程中需要取样时,不同周期的试样宜放置在不同容器中。

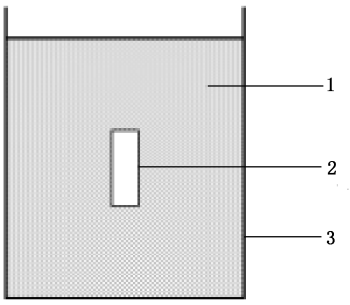
9 试验步骤

9.1 试样的放置

9.1.1 将配制的土壤均匀装入容器中。

9.1.2 将试样埋入试验土壤中。试样应被试验土壤完全覆盖,试样与容器内壁及土壤上表面距离应不小于50 mm。

9.1.3 试样宜垂直放置(见图1)。试样之间不能相互接触,试样间距应大于25 mm。



标引序号说明:

1——土壤介质;

2——试样;

3——容器。

图1 试样垂直放置示意图

9.1.4 同一容器中宜放置同种材料的试样,若放置不同材料的试样时,不同种类试样间应进行绝缘隔离。

9.1.5 压实试验土壤以确保试样的所有表面与土壤完全接触。

9.1.6 若通过称重方式确定试验土壤含水率,应称量土壤的质量及容器、试验土壤和试样的总重。

9.1.7 将试验容器放入恒温恒湿箱。

9.2 试验条件

9.2.1 实际土壤

实际土壤试验条件应符合表3的规定，试验过程中应保持恒温恒湿箱的温度恒定。试验过程中，土壤含水率降到初始值的80%±5%时应及时进行补水，补水时蒸馏水或去离子水应均匀喷洒在试验土壤表面，使其达到试验最初土壤含水率设定值，宜8 h～12 h补水一次。

表3 实际土壤试验条件

试验参数	试验条件
温度 ℃	60±2
相对湿度 %	80±5

实际土壤加速试验实例参见附录E。

9.2.2 模拟土壤

模拟土壤加速试验的试验条件应符合表4的规定。试验过程中应保持温度恒定。试验过程中每12 h宜补水一次，补水时蒸馏水或去离子水应均匀喷洒在试验土壤表面，使其达到试验最初土壤含水率设定值。

表4 模拟土壤试验条件

试验参数	试验条件
温度 ℃	40±2
相对湿度 %	90±5

模拟土壤加速试验实例参见附录F。

9.3 试验时间

9.3.1 推荐的试验周期为48 h、96 h、168 h、240 h、360 h、720 h。

9.3.2 试验期间，应避免长时间或频繁中断试验。需要取出或检查试样时，可中断试验进程，并记录详细信息。

9.4 试验完成后试样的处理

试验结束后，将试样从土壤箱中取出，试样表面的残留土壤应用软毛刷或用蒸馏水清洗后，立即吹干。腐蚀产物的清除方法按照GB/T 16545的规定进行。

9.5 腐蚀速率的计算

质量损失测定按试验周期取样后进行。称取清除腐蚀产物后试样的重量，按式(1)或式(2)计算腐

蚀速率：

$$r=\frac{\Delta m}{A\cdot t} \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：

r ——腐蚀速率，单位为克每平方米年[g/(m^2 · a)]；

Δm——失重，单位为克(g)；

A ——表面面积，单位为平方米(m^2)；

t ——时间，单位为年(a)。

$$r=\frac{\Delta m}{A\cdot\rho\cdot t} \qquad \cdots\cdots(2)$$

式中：

r ——腐蚀速率，单位为微米每年(μm/a)；

Δm——失重，单位为克(g)；

A ——表面面积，单位为平方米(m^2)；

ρ ——密度，单位为克每立方厘米(g/cm^3)；

t ——时间，单位为年(a)。

10 试验结果

试验结果的评价取决于被测材料或产品的不同评价标准，例如：

a) 试验后的外观；

b) 去除表面腐蚀产物后的外观；

c) 局部腐蚀，如点蚀(按照 GB/T 18590 评定)；

d) 腐蚀速率。

11 试验报告

试验报告应提供试验过程的相关数据。一般包括以下内容：

a) 本文件号；

b) 试样名称；

c) 试样化学成分；

d) 金属覆盖层信息；

e) 试样加工条件；

f) 试样的尺寸、形状、表面状态及试验面积；

g) 试验土壤的类型(实际土壤或模拟土壤)；

h) 实际土壤的质地和含水率；

i) 试验土壤的 pH 值(仅适用于用模拟土壤配制时)；

j) 试验土壤的含水率；

k) 试验温度和相对湿度；

l) 试验时间；

m) 腐蚀速率；

n) 腐蚀形貌；

o) 最大点蚀深度和平均腐蚀深度；

p) 试验日期、试验人员。

附 录 A
（规范性）
实际土壤质地测试方法

A.1 手测法

取实际土壤 5 g～10 g，加适量水搓揉来破坏原结构，按以下方法来判别实际土壤质地。

a） 砂土：无论加多少水和施加多大压力，都不能将其搓成土球，土壤呈分散状态。

b） 轻壤土：可团成表面不平的小土球，搓成条状时易碎成块。

c） 中壤土：可搓成条，弯曲时有裂纹折断。

d） 重壤土：可搓成 1.5 mm～2 mm 的细土条，在弯曲成环时，弯曲处发生裂纹。

e） 轻黏土：容易揉成细条，弯曲时没有裂纹，压扁时边缘没有裂纹。

f） 黏土：可揉搓成任何形状，弯曲处均无裂纹。

A.2 比重计法

A.2.1 称取通过 2 mm 筛孔的风干土样品 50 g（精确到 0.01 g，计算时需通过土壤含水率换算为烘干土重 d_0），置于 500 mL 三角瓶中，加蒸馏水浸湿土样。

A.2.2 根据土壤样品的 pH 值，分别加入不同的分散剂，以破坏土壤样品的自然团聚结构。

中性土壤中加 0.5 mol 草酸钠 20 mL；

碱性土壤中加 0.5 mol 六偏磷酸钠 60 mL；

酸性土壤中加 0.5 mol 氢氧化钠 40 mL。

加入分散剂后，再加入蒸馏水约 250 mL，并不停地振荡，以使土壤结构破坏。

A.2.3 将三角瓶中的土壤及液体转入 1 000 mL 量筒中。其间需要多次用蒸馏水清洗角瓶，并将清洗液倒入量筒中，最后用蒸馏水定容为 1 000 mL。

A.2.4 用搅拌棒搅拌量筒中的悬液上下 30 次，以使其充分混合均匀，然后开始计时。此时若液面有气泡，可滴加异戊醇消泡。分别在 1 min 和 8 h 时，用甲种比重计读取悬液中小于 0.05 mm 粒径的土粒含量 d_1 和小于 0.005 mm 粒径土粒的含量 d_2。比重计要在每次规定测定时间前 15 s 左右轻轻地放入悬液中，并使其稳定，到预定时间，立即进行读数。每次读数后，需要立即测量液温，以根据温度校正表对比重计的读数进行校正（参见表 A.1）。

表 A.1　甲种比重计温度校正表

温度/℃	校正值	温度/℃	校正值	温度/℃	校正值
6.0～8.5	−2.2	18.5	−0.4	26.5	+2.2
9.0～9.5	−2.1	19.0	−0.3	27.0	+2.5
10.0～10.5	−1.9	19.5	−0.1	27.5	+2.6
11.0	−1.8	20.0	0	28.0	+2.9
11.5～12.0	−1.7	20.5	+0.15	28.5	+3.1
12.5	−1.6	21.0	+0.3	29.0	+3.3
13.0	−1.5	21.5	+0.45	29.5	+3.5
13.5	−1.4	22.0	+0.6	30.0	+3.7
14.0～14.5	−1.3	22.5	+0.8	30.5	+3.8
15.0	−1.2	23.0	+0.9	31.0	+4.0
15.5	−1.1	23.5	+1.1	31.5	+4.2
16.0	−1.0	24.0	+1.3	32.0	+4.6
16.5	−0.9	24.5	+1.5	32.5	+4.9
17.0	−0.8	25.0	+1.7	33.0	+5.2
17.5	−0.7	25.5	+1.9	33.5	+5.6
18.0	−0.5	26.0	+2.1	34.0	+5.8

A.2.5　获得校正的读数后，按式(A.1)、式(A.2)和式(A.3)进行计算：

$$\text{矿粒所占比例}=\frac{d_0-d_1}{d_0}\times 100\% \quad \cdots\cdots(\text{A.1})$$

$$\text{粉粒所占比例}=\frac{d_1-d_2}{d_0}\times 100\% \quad \cdots\cdots(\text{A.2})$$

$$\text{黏粒所占比例}=\frac{d_2}{d_0}\times 100\% \quad \cdots\cdots(\text{A.3})$$

根据矿粒、粉粒和黏粒所占比例，通过土壤质地三角坐标图(图 A.1)确定土壤质地。

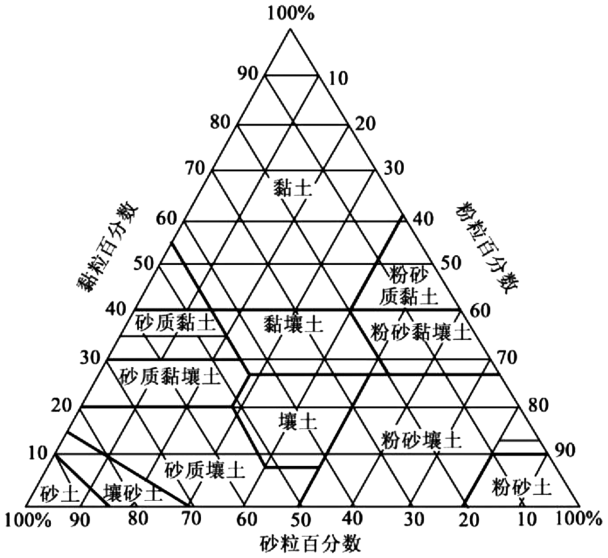


图 A.1　美国制土壤质地分类三角坐标图

附 录 B
（规范性）
土壤含水率测试方法

B.1 仪器

土壤筛，铝盒，天平（感量 0.001 g），玻璃干燥器（内有干燥用的变色硅胶），烘箱。

B.2 试样的选取和制备

选取有代表性的风干土壤样品，压碎，通过 1 mm 筛，混合均匀后备用。

B.3 测定方法

取小型铝盒在 105 ℃的恒温箱中烘烤约 2 h，移入干燥器冷却至室温，称重，准确至 0.001 g。取约 5 g 土样，均匀地平铺在铝盒中，盖好，称重，准确至 0.001 g。将铝盒盖揭开放在盒底，置于已预热至 105 ℃±2 ℃的烘箱中烘烤 6 h。取出，盖好。移入干燥器内冷却至室温（约 20 min），立即称重，含水率的测定应做 2 个平行测定。

B.4 结果计算

以土壤含水率按照式（B.1）计算：

$$W=\frac{m_1-m_2}{m_2-m_0}\times 100 \qquad \cdots\cdots(B.1)$$

式中：

W ——含水率，%；

m_0——铝盒质量，单位为克（g）；

m_1——烘干前铝盒加土样质量，单位为克（g）；

m_2——烘干后铝盒加土样质量，单位为克（g）。

附 录 C
（资料性）
典型土壤中主要盐组分

国内典型土壤成分见表 C.1。

表 C.1 国内典型土壤成分

成分	成分含量/(g/L)		
	酸性土壤	中性土壤	碱性土壤
$CaCl_2$	0.011 1	0.137 0	0.244 2
NaCl	0.046 8	—	3.170 7
Na_2SO_4	0.014 2	—	2.527 6
$MgSO_4$	0.019 7	—	—
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	—	—	0.669 9
KNO_3	0.029 3	—	0.215 6
$NaHCO_3$	0.015 2	0.483 0	0.146 2
KCl	—	0.122 0	—
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	—	0.131 0	—

注 1：典型土壤中的酸性土壤、中性土壤、碱性土壤分别为鹰潭土壤、北京土壤、库尔勒土壤。

注 2：土壤成分含量是 1 L 土壤浸出液中各成分的质量含量。土壤浸出液是通过将干土与去离子水按重量比 1∶1 混合，充分搅拌、沉淀过滤获得。

附 录 D
（规范性）
土壤 pH 测试方法

D.1 称取通过孔径 0.85 mm 筛网（20 目）的干燥土壤 10.0 g，放在 100 mL 烧杯中，加入 50 mL 蒸馏水，在磁力搅拌器上搅动 1 min，或用人工断续搅拌 20 min～30 min，使土壤充分散开，放置 30 min 使其平衡，此时避免与氨或挥发性酸接触。

D.2 使用 pH 计（精度不低于 0.02）进行测量，测量前用 pH 标准缓冲溶液进行校准。

D.3 将电极插入上部清液中进行 pH 测定，待读数稳定后记录结果。

D.4 重复试验，2 次测试结果绝对误差不大于 0.1。

D.5 土壤 pH 值为 2 次测量的平均值。

附 录 E
（资料性）
镀锌钢的实际土壤加速试验实例

E.1 试验土壤的制备

取四川成都土壤(热镀锌年平均腐蚀速率为 28.65 μm/a)，取土壤 5 g～10 g，加适量水搓揉来破坏原结构，可搓成条，弯曲时有裂纹折断，判断其土质为中壤土。

称重空铝盒 21.834 g，取土样放入型铝盒中，均匀地平铺后在铝盒中，盖好，称重 26.771 g，准确至 0.001 g。铝合置于已预热至 105 ℃±2 ℃的烘箱中烘烤 6 h，取出，盖好，放入干燥箱内冷却 20 min 后称重为 26.115 g，计算土壤含水率为 15.32%。

将自然风干的土壤研磨后过孔径 0.85 mm(20 目)筛网，过筛后的土样装入搪瓷托盘中，在烘箱 105 ℃ 条件下烘干 5 h 至恒重。在塑料桶中，将烘干的 10.0 kg 土壤和 2.0 kg 去离子水土壤均匀混合，配成含水率为 20%的试验土壤。

E.2 试样

试样为 100 mm×30 mm×2 mm 的 Q235 热镀锌钢。镀锌层厚度为 45 μm。镀锌分别试样经无水乙醇超声清洗后，吹风机吹干，称重，测量试样尺寸，将试样置于干燥皿中备用。

E.3 试验

配制的试验土壤 9.49 kg 均匀装入尺寸为 300 mm×250 mm×200 mm 的有机玻璃容器中。将热镀锌试样 3 个埋入试验土壤中，试样垂直放置。试验土壤完全覆盖试样，并压实试验土壤。将装有试样土壤和试样的容器称重并记录 10.71 kg，将试验容器放置于已稳定的恒温恒湿试验箱中，试验温度 60 ℃，相对湿度 80%，8 h 补水一次，用喷雾方式进行均匀补水，通过补水将容器质量增加至 10.71 kg。试验时间 15 d。

试验结束后，用软毛刷去除试样表面浮土，然后拍照，热镀锌试样用 250 g/L 乙酸铵(NH_3CH_2COOH)溶液清除腐蚀产物，并称重，拍照。

E.4 试验结果

试验后热镀锌试样外观见图 E.1。



a) 除锈前　　b) 除锈后

图 E.1 镀锌钢试样除锈前后外观

经失重计算，锌和镀锌试样腐蚀速率见表 E.1。

表 E.1　镀锌试样单位腐蚀速率

测量	镀锌钢试样编号		
	1	2	3
暴露前质量/g	167.885 8	170.772 8	171.532 8
暴露后质量/g	167.162 3	169.999 7	170.784 0
质量损失/g	0.723 5	0.773 1	0.748 8
面积/cm^2	107.938 6	109.921 4	110.125 6
腐蚀速率/(μm/a)	228.45	239.69	231.73
腐蚀速率平均值/(μm/a)	233.29		

附 录 F
（资料性）
模拟土壤加速试验实例

F.1 土壤的制备

使用蒸馏水 6.0 kg、NaCl 41.88 g、Na_2SO_4 30.31 g 和 $NaHCO_3$ 1.74 g 配制混合盐溶液 6 L。配制好后，使用 0.5%的氢氧化钠溶液调节混合溶液的 pH 至 11.9。在室温下使用粒径约为 0.075 mm（200 目）高岭土 25.04 kg，与混合盐溶液 6.25 kg 混合均匀配制成含水率为 25%的模拟土壤，配制的模拟土壤 pH 为 9.12。

F.2 试样

试样为 70 mm×50 mm×1 mm 的 Q235 和 100 mm×30 mm×2 mm 的 Q235 热镀锌钢各 3 个。Q235 的化学成分为：C 0.15%（质量分数，下同），Si 0.21%，S 0.03%，P 0.01%，Mn 0.40%，Fe 余量。镀锌层厚度为 45 μm。Q235 表面使用 0 号砂纸除锈和氧化皮，然后用 800 号砂纸打磨。Q235 和镀锌分别试样经无水乙醇超声清洗后，吹风机吹干，称重，测量试样尺寸，将试样置于干燥皿中备用。

F.3 试验

分别取模拟土壤 9.52 kg 和 12.11 kg 均匀装入尺寸为 300 mm×250 mm×150 mm 和 300 mm×250 mm×200 mm 的有机玻璃容器。将已处理好并称重的 Q235、镀锌钢试样各 3 片埋入试验土壤中，试样垂直放置。试验土壤完全覆盖试样，并压实试验土壤。将装有试样土壤和试样的容器称重，记录数值。将试验容器放置于已稳定的恒温恒湿试验箱中，试验温度 40 ℃，湿度 90%，12 h 均匀补水一次，每次通过称重使其达到最初的质量，试验时间 15 d。

试验结束后，取出试样，用软毛刷去除试样表面浮土，然后拍照，Q235 试样使用 500 mL 盐酸＋3.5 g 六次甲基四胺＋去离子水至 1 000 mL 的溶液清除腐蚀产物，热镀锌试样使用 250 g/L 乙酸铵（NH_3CH_2COOH）溶液清除腐蚀产物，清除腐蚀产物后，称重，并拍照。

F.4 试验结果

试验后碳钢试样外观见图 F.1，热镀锌试样外观见图 F.2。



a） 除锈前　　b） 除锈后

图 F.1 碳钢试样除锈前后外观



a） 除锈前　　b） 除锈后

图 F.2　热镀锌试样除锈前后外观

经失重计算，碳钢和镀锌钢试样腐蚀速率见表 F.1。

表 F.1　碳钢和镀锌钢试样腐蚀速率

测量	Q235 试样编号			镀锌钢试样编号		
	1	2	3	1	2	3
暴露前质量/g	116.856 8	116.669 7	116.332 7	171.066 0	170.799 5	171.501 3
暴露后质量/g	116.183 4	116.079 9	115.752 8	169.794 3	169.474 9	170.254 2
质量损失/g	0.673 4	0.589 8	0.579 9	1.271 7	1.324 6	1.247 1
面积/cm^2	80.568 7	80.478 9	80.327 6	110.140 9	110.296 6	109.997 8
腐蚀速率/(μm/a)	258.43	226.59	223.22	393.49	409.28	386.37
腐蚀速率平均值/(μm/a)	236.08			396.38		

参 考 文 献

[1] 李晓刚,刘智勇,杜翠薇. 材料土壤腐蚀[M].北京:科学出版社,2021.