

# T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXXX—XXXX

## 可溶金属材料溶解性能测试方法

Test methods for dissolution performance of dissolvable metallic materials

（征求意见稿）

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国西部开发促进会 发 布



目 次

前言 ..... III

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 原理 ..... 2

5 试剂与介质 ..... 2

    5.1 试剂 ..... 2

    5.2 介质选择与配制 ..... 2

    5.3 pH 与气氛条件 ..... 2

6 仪器设备 ..... 2

    6.1 质量和尺寸测量设备 ..... 2

    6.2 浸泡装置 ..... 2

    6.3 温度和时间测量设备 ..... 3

    6.4 辅助设备 ..... 3

7 试样 ..... 3

    7.1 取样与数量 ..... 3

    7.2 形状与暴露面积 ..... 3

    7.3 表面制备与初始称量 ..... 3

    7.4 带表面层试样 ..... 3

    7.5 非试验表面的密封与遮蔽 ..... 3

8 试验条件 ..... 3

    8.1 条件确定 ..... 4

    8.2 温度与压力 ..... 4

    8.3 介质用量与更新 ..... 4

    8.4 流体状态 ..... 4

    8.5 试验时间 ..... 4

9 试验步骤 ..... 4

    9.1 试验准备 ..... 4

|                       |   |
|-----------------------|---|
| 9.2 浸泡 .....          | 4 |
| 9.3 失重测定 .....        | 5 |
| 9.4 固体残留物测定 .....     | 5 |
| 9.5 液相元素测定 .....      | 5 |
| 10 结果计算 .....         | 5 |
| 10.1 校正质量损失 .....     | 5 |
| 10.2 失重法溶解速率 .....    | 6 |
| 10.3 质量损失率 .....      | 6 |
| 10.4 特征溶解时间 .....     | 6 |
| 10.5 固体残留率 .....      | 6 |
| 10.6 液相元素净释放量 .....   | 7 |
| 10.7 统计与修约 .....      | 7 |
| 11 质量控制 .....         | 7 |
| 11.1 方法确认 .....       | 7 |
| 11.2 结果有效性 .....      | 7 |
| 11.3 精密度与测量不确定度 ..... | 7 |
| 12 试验报告 .....         | 7 |

## 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。

本文件由中国西部开发促进会提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。



# 可溶金属材料溶解性能测试方法

## 1 范围

本文件规定了油气开发领域用可溶金属材料溶解性能的浸泡测试方法,包括试剂与介质、仪器设备、试样、试验条件、试验步骤、结果计算、质量控制和试验报告。

本文件适用于油气开发领域初始暴露面积可确定、未溶金属可回收的可溶金属块体材料,测定其在规定水性介质中的失重法溶解速率、质量损失率和特征溶解时间;可按需测定固体残留率、残留物粒度及液相元素净释放量。

## 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 6682 分析实验室用水规格和试验方法
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 16545—2025 金属和合金的腐蚀 腐蚀试样上腐蚀产物的清除
- HJ 776 水质 32种元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法
- JB/T 7901 金属材料实验室均匀腐蚀全浸试验方法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**可溶金属材料** **dissolvable metallic material**

以在预定介质和环境条件下发生化学或电化学反应、逐步消耗金属基体作为设计功能之一的金属或金属基材料。

### 3.2

**失重法溶解速率** **mass-loss-based dissolution rate**

规定试验时间内,扣除试后清洗造成的基体损失后,单位初始暴露面积、单位时间的试样质量损失。

注:该指标为试验期间的平均值,不等同于液相元素释放速率或瞬时表面反应速率。

### 3.3

**质量损失率** **mass loss fraction**

经清洗损失修正的试样质量损失与初始质量之比,以百分数表示。

### 3.4

**固体残留物** **solid residue**

试验结束后,按规定收集、去除介质盐和干燥程序得到的固体物质。

### 3.5

**特征溶解时间** **characteristic dissolution time**

试样在规定条件下达到指定质量损失率所需的时间。

注:以 $t_5$ 、 $t_{10}$ 、 $t_{50}$ 和 $t_{90}$ 分别表示达到5%、10%、50%和90%质量损失率的时间。

### 3.6

**液相元素净释放量** **net elemental release into the liquid phase**

扣除介质和操作本底后,在规定时刻的滤液及此前取出的滤液中检出的目标元素质量之和。

注：本文件以0.45 μm过滤作为操作性分离界限，滤液可能含有小于该界限的胶体。

4 原理

将已知初始质量和暴露面积的试样浸入规定介质。达到规定时间后，回收全部未溶金属，清除腐蚀产物，干燥、称量并修正清洗损失，计算失重法溶解速率和质量损失率；由不同时间点的质量损失曲线确定特征溶解时间。根据测试目的，可在规定的搅拌或流动条件下试验，并测定固体残留物或液相元素。

5 试剂与介质

5.1 试剂

- 5.1.1 除另有规定外，试剂应为分析纯，配制介质应使用符合 GB/T 6682 中三级水或更高等级要求的去离子水。液相元素分析用试剂和水应符合 HJ 776 的规定。
- 5.1.2 除油及溶剂置换宜选用无水乙醇或丙酮，并确认其不损伤基体、表面层及遮蔽材料。
- 5.1.3 应按 GB/T 16545 清除腐蚀产物，清除液及清洗条件可按表 1 选择。使用前应通过未腐蚀对照试样确认适用性，优先选用基体损失较小的方法，并按 9.3.2 修正清洗损失。

表 1 常用腐蚀产物清除液及清洗条件示例

| 材料及方法代号                                                                        | 清除液配制<br>(用去离子水配制至1 000 mL)             | 清洗时间         | 清洗温度            |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------|-----------------|
| 镁及镁合金<br>(C.5.1)                                                               | 三氧化铬200 g、硝酸钡20 g、硝酸银10 g               | 1 min        | 20 ℃~25 ℃       |
| 铝及铝合金<br>(C.1.2)                                                               | 磷酸50 mL (密度为1.69 g/mL)、三氧化铬20 g         | 5 min~10 min | 80 ℃至沸腾，沸腾时保持微沸 |
| 锌<br>(C.9.1)                                                                   | 乙酸铵250 g                                | 1 min~10 min | 70 ℃            |
| 铁及低合金钢<br>(C.3.1)                                                              | 盐酸500 mL (密度为1.19 g/mL)、六次甲基四胺<br>3.5 g | 1 min~25 min | 20 ℃~25 ℃       |
| 注1：方法代号对应GB/T 16545—2025表A.1。镁清除液中的硝酸钡和硝酸银分别用于沉淀硫酸盐和氯化物。<br>注2：C.9.1仅适用于锌和镀锌层。 |                                         |              |                 |

5.2 介质选择与配制

应根据应用条件或比较目的选择去离子水、氯化钾溶液、氯化钠溶液或应用模拟液，规定组分、浓度和配制程序。采用氯化钠溶液时，氯离子质量浓度可设为5000 mg/L，按氯化钠8.24 g/L配制，称样量按试剂纯度修正，用去离子水溶解并在室温下定容。采用实际压裂液或返排液时，应记录来源、主要组分、氯离子浓度、pH及保存条件。

5.3 pH与气氛条件

未规定pH时，采用介质自然pH；常压试验未规定气氛时，与空气自然接触。调节pH、除氧或通气时，应记录调节剂、控制范围、气体组成及处理方式。

6 仪器设备

6.1 质量和尺寸测量设备

- 6.1.1 天平的量程、分度值和重复性应满足试样质量及预期质量损失的测量要求。常规块体试样宜采用分度值不大于0.1 mg的天平；质量损失较小时，应提高称量能力或延长试验时间。
- 6.1.2 尺寸测量器具的分辨力宜不大于0.01 mm，也可采用满足初始暴露面积测量要求的等效设备。

6.2 浸泡装置

6.2.1 常压浸泡容器和试样支承应符合 JB/T 7901。容器宜采用硼硅玻璃、聚四氟乙烯等耐介质材料；玻璃器皿应完好并耐受试验温度。接液部件不应发生影响结果的腐蚀、溶出或吸附，不应污染介质或与

试样形成电偶。

6.2.2 试样支承宜采用耐介质的非金属材料，应减少遮挡和缝隙影响，并便于回收脱落金属。搅拌和流动装置应能控制和测量相应参数。

6.2.3 承压浸泡应采用耐试验介质、温度及压力的专用高压釜，配置压力监测、超压泄放、超温保护及安全排气装置。

6.2.4 可能析出氢气等可燃气体时，应按预计最大产气速率核定排气能力，防止积聚。排气应采用经评估的回收、安全排放或专用装置受控燃烧方式，有害组分应按其性质处理；不应在釜口或排气口直接点燃。高压釜应降温、卸压并确认无残余压力后开启。

### 6.3 温度和时间测量设备

温度和时间测量设备的量程、分辨力和准确度应满足试验条件控制与测量要求。

### 6.4 辅助设备

根据测试项目配备pH计、干燥设备、干燥器、过滤装置和固体收集装置。元素分析设备应符合HJ 776的规定。测量设备应经校准、检定或核查，并在有效状态下使用。

## 7 试样

### 7.1 取样与数量

试样应代表材料批次、工艺和状态，并记录取样部位及方向。每一试验条件的各测量时间点应分别设置不少于3个独立试样；结果离散较大或不满足预定精密度的，应增加试样数量。

### 7.2 形状与暴露面积

7.2.1 试样宜为圆柱、圆片或平板，直径或主要边长宜为10 mm~20 mm；厚度或高度按溶解速度和试验时间确定。相互比较的试样，其公称形状、尺寸、取样方向和表面状态应一致。加工不应造成影响结果的过热、变形或污染，边缘应无毛刺。

7.2.2 应按实测尺寸计算初始暴露面积 $A_0$ ，包括暴露的端面、侧面和孔壁，不包括可靠遮蔽区域、显微粗糙度及内部孔隙产生的面积增量。规则试样各尺寸应在不少于3个代表性位置或方向测量，取算术平均值计算面积。尺寸明显不均匀或形状复杂时，应分段计算或采用经核实的三维测量，并报告方法。

### 7.3 表面制备与初始称量

7.3.1 比较试验应采用一致的研磨和清洗程序，并记录最终磨料粒度及制样至浸泡的时间间隔；评价原始表面时应保留其状态。清洗应去除油污和加工残留，不应造成可测的基体损失。

7.3.2 试样应在不改变材料组织和表面状态且不引起显著氧化的条件下干燥，在干燥器内冷却至室温。按9.3.3.2确认质量稳定后重复称量，取稳定读数的算术平均值作为初始质量 $m_0$ 。

### 7.4 带表面层试样

7.4.1 带表面层试样应记录表面层类型、厚度及处理状态。评价表面层对溶解性能的影响时，应保留该表面层，并对不同表面状态的试样分别进行测试。

7.4.2 仅当基材质量损失可独立确定时，方可报告基材的失重法溶解结果；否则应报告试样整体质量损失。

### 7.5 非试验表面的密封与遮蔽

7.5.1 需要限定暴露面积时，应对非试验表面进行可靠遮蔽，明确暴露边界。遮蔽材料应耐受试验介质、温度和压力，且不应影响测试结果。

7.5.2 试验前后应检查遮蔽完整性，遮蔽失效并影响测试结果时，相应结果无效。遮蔽材料及夹具质量不应计入试样质量，去除遮蔽材料造成的基体质量损失应予以修正。

## 8 试验条件

## 8.1 条件确定

试验前应根据测试目的确定测量项目、介质、温度、压力、流体状态、介质用量、更新方式、试验时间及终点。比较试验应采用一致的试验条件。

## 8.2 温度与压力

8.2.1 应规定试验温度及允许偏差。常压试验时，试样附近介质温度宜控制在设定值 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 内。超过当地介质沸点或模拟承压环境时，应采用专用装置，并规定温度、压力和气相条件。试样接触介质后的升温、加压及降温、卸压过程应计入暴露历程。

8.2.2 油气井模拟试验应按目标井况选定温度，如 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或 $240\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，并确认装置适用性。上述数值为选用示例，不要求逐点试验。

8.2.3 承压试验应按目标井况确定压力，可选 $50\text{ MPa}$ 、 $70\text{ MPa}$ 或 $105\text{ MPa}$ 等，注明表压或绝对压力、允许偏差及加压方式。浸泡环境压力不等同于成品承受的压差。

## 8.3 介质用量与更新

8.3.1 介质用量应以初始介质体积 $V$ 与初始暴露面积 $A_0$ 之比表示，单位为毫升每平方厘米( $\text{mL}/\text{cm}^2$ )。该比值及介质更新方式应根据应用条件或预试验确定，并在平行试验中保持一致。取样、补液、换液或蒸发补水时，应记录相应体积。

8.3.2 应减少介质蒸发。补偿蒸发时仅补加相应等级的水，不应以含析气反应体系的总质量减少量直接确定蒸发量。

## 8.4 流体状态

静态试验不主动搅拌或使介质定向流动。搅拌试验应规定容器、搅拌器、介质高度、转速和试样位置；流动试验应规定流动方式、流通池、试样位置、体积流量、允许偏差及系统液体总体积。不同流体状态的结果应分别表示。

## 8.5 试验时间

8.5.1 试验时间应使质量损失可可靠测定。建立质量损失曲线时，测量点应覆盖所需反应阶段；测定 $t_5$ 、 $t_{10}$ 、 $t_{50}$ 、 $t_{90}$ 等特征溶解时间时，应在相应目标质量损失率的前后布置测量点。

8.5.2 应预先规定终点为达到指定质量损失率，或未溶金属总质量低于经确认的定量限。试样碎裂、粉化或溶液变清不应单独作为完全溶解的判据。

# 9 试验步骤

## 9.1 试验准备

9.1.1 按第7章制备试样，记录 $m_0$ 、 $A_0$ 和初始形貌。按第8章设置装置，将规定用量的介质调节至试验温度；流动装置应预运行并检查密封性和流量。试验前应检查试样遮蔽及承压装置保护、排气系统的有效性。

9.1.2 每批试验应设置至少一个不放置试样的介质空白。液相分析空白应经历相同的取样、补液和分析程序。清洗对照应采用同批、同状态且表面积相近的未浸泡试样。

## 9.2 浸泡

按下列步骤进行：

- 使试样待测表面完全浸没，避免与容器、其他试样及异种金属直接接触，并从试样首次接触介质时开始计时；
- 维持规定的温度和流体条件，记录实际温度以及适用时的压力、转速或流量，并测定试验开始和结束时的pH，注明pH测量温度；
- 按试验方案进行取样、补液或换液，并记录气泡、沉淀、局部侵蚀、碎裂等现象；
- 达到规定的暴露时间后，按9.3处理试样，并记录实际暴露时间及试验中断情况；

- e) 流动试验中, 应确认冲蚀、空化或机械磨损对试样质量损失的影响; 不能排除其显著影响时, 不应将相应质量损失作为溶解性能评价结果。

### 9.3 失重测定

#### 9.3.1 终止反应与回收

9.3.1.1 应迅速将未溶金属与介质分离, 采用经验证的清洗、溶剂置换或其他程序抑制后续反应, 并记录处理程序及持续时间。

9.3.1.2 应回收全部未溶金属, 包括试样主体、碎片、颗粒及装置内残留。无法可靠区分或回收未溶金属时, 不应出具定量失重法溶解结果。

#### 9.3.2 腐蚀产物清除与修正

9.3.2.1 应按 5.1 清除腐蚀产物, 记录配方、温度、时间和循环次数, 必要时采用低倍显微镜检查清除情况; 不应丢失未溶金属颗粒。

9.3.2.2 应采用清洗对照或连续清洗法确定基体质量损失修正值 $\delta m_c$ , 同一损失不得重复修正。经验证清洗损失可忽略时,  $\delta m_c$ 可取零; 无法可靠确定清洗损失时, 应重新确定清洗方法。

#### 9.3.3 干燥与称量

9.3.3.1 应按 7.3 规定的条件干燥、冷却清洗后的全部未溶金属, 称量其总质量  $m_t$ 。试验前后称量条件应一致。

9.3.3.2 应预先规定重复称量间隔和质量稳定性判据, 并通过重复干燥、冷却和称量确认。 $m_t$  低于方法定量限时, 应报告“小于定量限”及其数值, 不应记为零。

### 9.4 固体残留物测定

9.4.1 测定固体残留物时, 宜采用相同试验条件的独立试样组, 不应预先清除腐蚀产物。应定量收集试样主体、碎片及介质中的固体, 并记录收集装置的截留孔径或粒径。

9.4.2 应使用预先干燥并称量的器具收集残留物, 经验证的方法除盐后, 干燥至质量稳定并称量, 同时进行空白试验。干燥条件不应引起影响结果的物质变化, 同组试验应保持一致并记录。

9.4.3 评价堵塞或返排影响时, 应采用代表性残留物测定粒度分布, 报告测定方法、分布基准及干湿状态, 并避免处理过程改变原有颗粒。

### 9.5 液相元素测定

9.5.1 需要测定液相元素净释放量时, 应根据材料组成选择目标元素。试液经 0.45  $\mu m$  滤膜过滤后, 按 HJ 776 或经验证的适用方法测定。应设置介质空白, 并记录取样体积、补液量、稀释倍数和过滤条件。

9.5.2 高盐介质或存在明显基体干扰时, 应采取经验证的稀释、基体匹配或其他校正措施。应避免取样带出未溶金属; 无法避免时, 液相测定应另设试样组。

## 10 结果计算

### 10.1 校正质量损失

校正质量损失按式 (1) 计算:

$$\Delta m = m_0 - m_t - \delta m_c \quad (1)$$

式中:

$\Delta m$ ——校正质量损失, 单位为毫克 (mg);

$m_0$ ——试样初始质量, 单位为毫克 (mg);

$m_t$ ——试后清除腐蚀产物、干燥后的未溶金属总质量, 单位为毫克 (mg);

$\delta m_c$ ——清洗造成的基体质量损失修正值, 单位为毫克 (mg)。

## 10.2 失重法溶解速率

失重法溶解速率按式（2）计算：

$$V_m = \frac{\Delta m}{A_0 \times t} \quad (2)$$

式中：

$V_m$ ——失重法溶解速率，单位为毫克每平方厘米每小时  $[\text{mg}/(\text{cm}^2 \cdot \text{h})]$ ；

$A_0$ ——初始暴露面积，单位为平方厘米  $(\text{cm}^2)$ ；

$t$ ——实际试验时间，单位为小时  $(\text{h})$ 。

注：试样面积随反应改变时，仍以 $A_0$ 计算，并同时报告质量损失率和形貌变化。

## 10.3 质量损失率

质量损失率按式（3）计算：

$$\eta_m = \frac{\Delta m}{m_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

$\eta_m$ ——质量损失率，以百分数表示。

$\Delta m$ ——校正质量损失，单位为毫克  $(\text{mg})$ ；

$m_0$ ——试样初始质量，单位为毫克  $(\text{mg})$ ；

## 10.4 特征溶解时间

10.4.1 应以各时间点的平均质量损失率对实际试验时间绘制曲线，并给出离散程度。当相邻测量点满足 $\eta_1 \leq X \leq \eta_2$ ，后一点质量损失率大于前一点，且区间内可采用线性近似时，按式（4）估算特征溶解时间：

$$t_x = t_1 + \frac{X - \eta_1}{\eta_2 - \eta_1} (t_2 - t_1) \quad (4)$$

式中：

$t_x$ ——达到指定质量损失率的时间估计值，单位为小时  $(\text{h})$ ；

$t_1$ 、 $t_2$ ——包围指定质量损失率的两个测量时间，单位为小时  $(\text{h})$ ；

$X$ ——指定质量损失率，计算  $t_5$ 、 $t_{10}$ 、 $t_{50}$  和  $t_{90}$  时分别取 5%、10%、50% 和 90%；

$\eta_1$ 、 $\eta_2$ ——对应时间点的平均质量损失率，与  $X$  采用相同表示方式。

10.4.2 特征溶解时间的确定和报告应符合下列要求：

- 采用线性插值计算时，应报告插值区间；
- 试验结束时质量损失率仍未达到指定值时，应报告特征溶解时间大于最长试验时间；
- 首次测量时质量损失率已达到或超过指定值时，应报告特征溶解时间不大于首次测量时间，必要时应缩短测量时间间隔重新试验；
- 指定质量损失率附近的数据不能满足可靠插值条件时，应增加测量点或报告特征溶解时间所在区间，不应采用外推法确定特征溶解时间。

## 10.5 固体残留率

固体残留率按式（5）计算：

$$R_s = \frac{m_r - m_b}{m_0} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

$R_s$ ——固体残留率，以百分数表示；

$m_r$ ——按 9.4 获得、不包括收集器具的固体残留物质量，单位为毫克  $(\text{mg})$ ；

$m_b$ ——对应操作空白残留物质量，单位为毫克  $(\text{mg})$ 。

注：腐蚀产物可能包含来自介质的组分，固体残留率可能超过100%，与质量损失率之和不一定为100%。

## 10.6 液相元素净释放量

10.6.1 对于液体充分混合、无整批换液且每次取样后补加等体积原始介质的体系，按式（6）计算：

$$M_{i,n} = c'_{i,n}V_n + \sum_{k=1}^{n-1} (c'_{i,k}v_k) \quad (6)$$

式中：

$M_{i,n}$ ——第  $n$  次取样时目标元素  $i$  的液相净释放量，单位为毫克（mg）；

$c'_{i,n}$ 、 $c'_{i,k}$ ——经介质空白扣除并折算稀释倍数后的第  $n$  次、第  $k$  次滤液元素质量浓度，单位为毫克每升（mg/L）；

$V_n$ ——第  $n$  次取样前的体系实际液体体积，单位为升（L）；

$v_k$ ——第  $k$  次取出的液体体积，单位为升（L）；

$n$ 、 $k$ ——取样次数，求和项包括第 1 次至第  $n-1$  次取样。

10.6.2 单次终点取样时，求和项为零。换液或连续流动条件下，应根据实际进出液浓度和体积建立相应物料衡算。

10.6.3 液相元素净释放量不计固相元素，不能替代失重法结果；存在沉淀或吸附时，不代表基体累计释放的全部元素。多元合金不应未经验证按单一元素比例反推总失重。

## 10.7 统计与修约

10.7.1 应先计算各试样结果，再报告各组有效试样数、单值、算术平均值和样本标准偏差；需要时报告相对标准偏差。平均值接近零或低于定量限时，不宜采用相对标准偏差。同一试样的重复测量不计为独立平行试样，原始测量值应留存。

10.7.2 计算过程中不应连续修约，最终测定结果应按 GB/T 8170 进行修约，保留位数应与测量能力相适应。标准偏差宜保留 1 位或 2 位有效数字，平均值修约至与标准偏差相同的小数位。未溶金属总质量  $m_t$  低于经确认的方法定量限时，应报告相应的质量损失率下限，不应将  $m_t$  按零计算。

## 11 质量控制

### 11.1 方法确认

11.1.1 正式试验前或变更关键条件后，应确认方法对待测材料的适用性，至少包括介质用量、时间选择、未溶金属回收、清洗损失、称量稳定性和重复性；液相分析还应确认空白、回收率、稀释和基体干扰。

11.1.2 首次采用或变更清洗程序时，宜以不少于 3 件清洗对照试样评价基体损失及离散程度。快速反应材料应评价取出至稳定称量期间的附加反应影响。

### 11.2 结果有效性

11.2.1 介质或操作空白异常、未溶金属回收不完整、清洗修正不可靠或关键条件超出规定范围时，应查明原因并判断试验有效性。结果为负值或质量损失超过初始质量时，不应直接改记为零或初始质量。

11.2.2 剔除结果应有技术依据并保留记录；有效独立试样数不足 3 个时，应补充试验。不同试验条件的结果不应合并统计。

### 11.3 精密度与测量不确定度

实验室应以独立平行试样评价适用条件下的重复性，并预先规定判据。需要评定测量不确定度时，应考虑称量、面积、时间、温度、清洗修正和回收损失等主要来源。

## 12 试验报告

试验报告应至少包括下列内容：

- a) 本文件编号、实验室名称、试验日期和报告标识;
  - b) 材料名称、牌号或成分、批次、工艺状态、取样部位和方向;
  - c) 试样编号、数量、形状、尺寸、表面制备, 原材料或成品表面处理态、遮蔽情况,  $m_0$  和  $A_0$ ;
  - d) 介质组成、浓度、用量、 $V/A_0$ 、pH 和气体条件;
  - e) 试验装置、实际温度和时间, 适用时的压力、流体参数、升降温和加卸压历程, 以及取样、补液和换液记录;
  - f) 反应终止、未溶金属回收、清洗修正、干燥条件及质量稳定性判据,  $m_t$  及清洗修正值;
  - g) 各条件和时间点的溶解速率、质量损失率的平行试样单值、有效试样数、算术平均值、样本标准偏差及需要时的相对标准偏差, 形貌变化; 作厚度损失速率换算时, 注明密度来源;
  - h) 按需测定的  $t_5$ 、 $t_{10}$ 、 $t_{50}$ 、 $t_{90}$  及插值区间、固体残留率、残留物粒度、液相元素净释放量和腐蚀产物表征结果, 并说明相应方法;
  - i) 定量限、异常、偏离本文件的情况、结果有效性说明、剔除试样的编号及依据, 以及需要时的测量不确定度。
-