金属材料实验室均匀腐蚀全浸试验测量不确定度评定

戴海黔[1, 2]

（1. 中国石油工程设计有限公司西南分公司, 四川 成都 610017;
2. 四川石油管理局酸性油气田材料腐蚀检测评价中心, 四川 成都 610017）

摘 要: 金属材料实验室均匀腐蚀全浸试验是评定金属腐蚀性能较为重要而又常见的试验, 为了对试验数值的准确性进行了解, 需要对金属材料实验室均匀腐蚀全浸试验测量不确定度进行评定。其中包括测量仪器的不确定度和测量的重复性。经过对各个不确定度的合成, 最后得到金属材料实验室均匀腐蚀全浸试验测量不确定度。

关键词: 金属材料; 均匀腐蚀全浸试验; 不确定度

文章编号: **1006-5093(2006)04-0051-03** 文献标识码: B

0 前言

国际标准化组织(ISO)、国际计量局(BIPM)、国际电工委员会(IEC)等七个国际组织于 1993 年制定、1995 年修订的《测量不确定度表示指南》(Guide to Expression of Uncertainty in Measurement)发布以来, 受到了世界各国和各个组织的采用。我国 1999 年批准颁布了 JJF 1059-1999《测量不确定度评定与表示》的计量技术规范。

长期以来, 对测量的不确定度大都采用误差表示。但是, 误差本身存在着相当的不确定性, 也没有给出置信区间和置信概率的概念。因此, 有必要用不确定度来表示不确定性。

不确定度是表征合理地赋予被测量之值的分散性, 与测量结果相联系的参数。标准不确定度是以标准差表示的测量不确定度。A 类不确定度评定指用对观测列进行统计分析的方法, 来评定标准不确定度。B 类不确定度评定指用不同于观测列进行统计分析的方法, 来评定标准不确定度。合成标准不确定度是指当测量结果是由若干个其他量的值求得时, 按其他各量的方差和协方差算得标准不确定度。

A、B 分类旨在指出评定的方法不同, 只是为了便于理解和讨论, 并不意味着两者之间存在本质的区别。它们都基于概率分布, 并都用方差或标准差定量表示, 为方便起见而称为 A 类标准不确定度和 B 类标准不确定度。表征 A 类标准不确定度分量的估计方差 μ^2, 是一系列重复观测值计算得到的, 即为统计方差估计值 s^2。标准不确定度 μ 为 μ^2 的正平方根值, 故 $\mu = s$。B 类标准不确定度分量方差估计值 μ^2, 则是根据有关信息来评定的, 即通过一个假定的概率密度函数得到的, 此函数基于事件发生的可信程度, 即主观概率或先验概率[1]。

金属材料实验室均匀腐蚀全浸试验是评定金属腐蚀性能较为重要而又常见的试验。影响试验结果的因素较多, 不仅包括试验仪器的精度, 也包括检测人员自身的偏差。如果按照误差的方式来处理数据, 其结果是不能满意的。

在国内已经发表的有关不确定度的文章中, 由计量部门的校准实验室发表的较多, 而检测实验室发表的较少。本文就金属材料实验室均匀腐蚀全浸试验测量不确定度进行评定。

收稿日期: 2005-07-14

作者简介: 戴海黔(1970-), 男, 广东海丰人, 工程师, 硕士, 主要从事材料腐蚀研究工作。电话: (028)86014606。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1 概述

a. 测量方法：依据 JB/T 7901-1999《金属材料实验室均匀腐蚀全浸试验方法》。

b. 环境条件：本试验温度：25±1 ℃，相对湿度≤80%。

c. 测量仪器：

a)游标卡尺(0～125)mm，0.02 mm，不确定 U=0.01 mm(K=2)；

b)电子天平 AEU－210，不确定度 U=1 mg(K=2)；

c)腐蚀试验机 PCRT－S20。

d. 被测对象：油管片状试样，15 mm×30 mm×4 mm，内有 Ø4 mm 的孔洞。

2 建立数学模型[2]

根据 JB/T 7901-1999 标准：

$$R=\frac{8.76\times10^{7}\times(M-M_1)}{STD}=\frac{8.76\times10^{7}(M-M_1)}{[2(lh+lw+hw)-\frac{1}{2}\pi d^{2}+\pi d\cdot h]\cdot T\cdot D}$$

式中 R——腐蚀速率，mm/a；

M——试验前的试样质量，g；

M_1——试验后的试样质量，g；

S——试样的总面积，cm^2；

T——试验时间，h；

D——材料的密度，kg/m^3；

l——长度，cm；

h——宽度，cm；

w——厚度，cm；

d——直径，cm。

3 测量不确定度来源的分析

经分析，主要来源是：试样尺寸测量所引起的不确定度分量 $\mu(l)$，$\mu(h)$，$\mu(w)$，$\mu(D)$，试样质量不确定度 $\mu(M)$，$\mu(M_1)$。其中 $\mu(l)$，$\mu(h)$，$\mu(w)$包括了检测人员测量重复性所带来的不确定度和测量仪器所带来的不确定度，$\mu(M)$，$\mu(M_1)$只包括测量仪器所带来的不确定度。

4 标准不确定度分量的评定

4.1 试样尺寸所引起的不确定度分量的评定(A 类标准不确定度)

试样的 l，h，w 用游标卡尺进行测量，取得下列数据：

用游标卡尺测量长度引入的分量标准不确定度为 $\mu_1(l)$，进行了三次重复测量，共积累了 10 组数据，见表 1～4。

表 1 长度测量值

组别	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l_{ij}	3.002	3.000	3.000	3.004	3.000	3.002	3.004	3.002	3.002	3.000
	3.002	3.002	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
	3.000	3.000	3.002	3.002	3.000	3.000	3.002	3.000	3.000	3.000
l_j(均值)	3.001	3.001	3.001	3.002	3.000	3.001	3.002	3.001	3.001	3.000

m=3，n=10，自由度=$m(n-1)$=27

$$\mu_1(l)=\sqrt{\frac{1}{m(n-1)}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}(l_{ij}-l_j)^2}=1.122\times10^{-3}\text{cm}$$

表 2 宽度测量值

组别	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h_{ij}	1.502	1.500	1.502	1.500	1.499	1.502	1.498	1.498	1.502	1.500
	1.502	1.502	1.500	1.500	1.498	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.498	1.502	1.500	1.500	1.500
h_j(均值)	1.501	1.501	1.501	1.500	1.498	1.500	1.500	1.500	1.501	1.500

$$\mu_1(h)=\sqrt{\frac{1}{m(n-1)}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}(h_{ij}-h_j)^2}=1.377\times10^{-3}\text{cm}$$

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 3　厚度测量值

组别	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
w_{ij}	0.388	0.394	0.400	0.400	0.398	0.400	0.394	0.398	0.400	0.402
	0.400	0.400	0.400	0.388	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400
	0.390	0.400	0.398	0.400	0.400	0.400	0.398	0.400	0.400	0.402
w_j(均值)	0.393	0.398	0.400	0.396	0.400	0.400	0.397	0.400	0.400	0.401

$$\mu_1(w)=\sqrt{\frac{1}{m(n-1)}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}(w_{ij}-w_j)^2}=2.960\times10^{-3}\text{cm}$$

表 4　孔洞直径测量值

组别	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_{ij}	0.480	0.476	0.480	0.452	0.460	0.458	0.452	0.450	0.452	0.462
	0.442	0.450	0.462	0.480	0.480	0.472	0.472	0.452	0.440	0.450
	0.450	0.480	0.490	0.460	0.470	0.490	0.450	0.470	0.460	0.480
d_j(均值)	0.457	0.469	0.477	0.464	0.470	0.473	0.458	0.457	0.451	0.464

$$\mu_1(d)=\sqrt{\frac{1}{m(n-1)}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}(d_{ij}-d_j)^2}=1.228\times10^{-2}\text{cm}$$

4.2　游标卡尺引入的标准不确定度分量(B 类标准下确定度)

$\mu_2(l)=0.01\ \text{mm}/2=0.005\ \text{mm}=5\times10^{-4}\ \text{cm}$

同理 $\mu_2(h)=5\times10^{-4}\ \text{cm}$

$\mu_2(w)=5\times10^{-4}\ \text{cm}$

$\mu(d)=5\times10^{-4}\ \text{cm}$

$\therefore\mu(l)=\sqrt{\mu_1^2(l)+\mu_2^2(l)}=1.228\times10^{-3}\text{cm}$

$\mu(h)=\sqrt{\mu_1^2(h)+\mu_2^2(h)}=1.465\times10^{-3}\text{cm}$

$\mu(w)=\sqrt{\mu_1^2(w)+\mu_2^2(w)}=3.002\times10^{-3}\text{cm}$

$\mu(d)=\sqrt{\mu_1^2(d)+\mu_2^2(d)}=1.229\times10^{-2}\text{cm}$

4.3　电子天平引入的分量不确定度(B 类标准不确定度)

$\mu(M)=1\ \text{mg}/2=0.5\ \text{mg}=5\times10^{-4}\text{g}$

$\mu(M_1)=1\ \text{mg}/2=0.5\ \text{mg}=5\times10^{-4}\text{g}$

4.4　合成标准不确定度

按公式 $\mu_c^2(Y)=\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{\partial f}{\partial xi}\right]^2\mu^2(xi)$ 计算:

$$\frac{\partial R}{\partial M}=C_M=12.138$$

$$\frac{\partial R}{\partial M_1}=C_{M_1}=-12.138$$

$$\frac{\partial R}{\partial l}=C_l=-0.244$$

$$\frac{\partial R}{\partial h}=C_h=-0.519$$

$$\frac{\partial R}{\partial w}=C_w=-0.579$$

$$\frac{\partial R}{\partial d}=C_d=-0.081$$

$\mu_c^2(R)=[C_M\cdot\mu(M)]^2+[C_{M_1}\mu(M_1)]^2+[C_1\mu(l)]^2+[C_h\mu(h)]^2+[C_w\mu(w)]^2+[C_d\mu(d)]^2=75.323\times10^{-6}$

$\mu_c(R)=8.679\times10^{-3}=0.87\%$

4.5　扩展不确定度

$V=\mu_c k=0.87\%\times2=1.74\%\quad(k=2)$

参考文献:

[1]　JJF 1059-1999, 测量不确定度评定与表示[S].

[2]　宋明顺. 测量不确定度评定与数据处理[M]. 北京: 中国计量出版社, 2000.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net