

质损实验的零点修整问题*

王先荣

(兰州物理研究所)

主题词: 材料试验、数据、偏转性能、损耗测量。

内容提要: 综述了空间材料质损实验零点修整问题的概念以及历史方法; 提出了新的数据处理方法, 最后陈述了依据新方法所得到的实验结果和结论。

一、问题的提出

材料质损 W 是材料所处温度 T 、环境真空度 P 以及时间 t 的函数

$$W = W(T, P, t)$$

为了研究质损规律, 通常要求 T 、 P 保持恒定, 即 $t = 0$ 时, 样品从大气、室温环境转到特定真空和特定温度下并保持恒定, 进而测定质损 W 随时间 t 的变化规律 $W(t)$ 。

由于实验设备和条件的限制, T 和 P 不可能在 $t = 0$ 时突然变化并立即恒定, 而只能是在实验零时将样品置入样品室中, 开始特定真空环境和温度的实现并同时进行质损 $W(t)$ 的测定。

显然, 自样品置入样品室开始进行测试到样品温度及环境真空度实现稳定这段时间内所测得的 W 不能反映材料在特定 P 、 T 下所遵循的 $W(t)$ 。即使是在此段时间以后测得的 W 亦相对于材料真实 $W(t)$ 有一偏离。

这种实验偏离需要修整。鉴于偏离是由于真空度和温度未达平衡就开始测试引起的, 称此问题为零点修整问题。

ESA/ESTEC Materials Section采用三种方法进行零点修整。一是样品置入样品室后, 先行实现环境真空度。在真空度完全达要求后再行实现样品温度。二是样品置入样品室, 先行实现样品温度。待温度达平衡后再行实现环境真空度。三是样品置入样品室, 样品室充干燥氮气, 在氮气环境中实现样品温度。待温度平衡后再行实现环境真空度。

据报道, 上述三种中第一种做法导致质损曲线有较大起伏。这是由于质损在样品温度尚未平衡时就已开始。第二种做法优于第一种, 但无具体数据可考。第三种做法在我所业已尝试, 偏差较小, 但不够方便, 也不尽完善。

二、零点修整法

通常测定质损的手段是: 样品悬挂在真空微量天平上, 通过微量天平辅助电路测得的电流值反映并确定样品的质量及其质损量。以 A 代表其校正因子, 以 $W(t)$ 代表样品质损百分数随时期 t 的变化, $I(t)$ 代表所测电流随时间的变化, $I(0)$ 代表测试零时的电流, m_0 代表测试零时样品的质量。有

$$W(t) = A \left[\frac{I(t) - I(0)}{m_0} \right] \times 100\% \quad (1)$$

* 1988年12月26日收到

鉴于测定是在样品温度及环境真空度尚未达平衡就起始的平衡前测得的数据对研究材料真实质损规律无意义且有害。故零点修整法的基本思路是：剔除这段数据，并选择样品温度和环境真空度均达平衡状态实现以后的真实 $W(t)$ 。

由于实验是在原零点起始后连续进行的，截止新零点时，样品已有一定量的质损积累。即使是在新零点下进行测试，所测得的电流数据依旧包含并反映这部分质损积累。这样，新零点下测得的数据依旧不能正确反映 $W(t)$ 。为此，在选择新测试零点的同时，零点修整法要对(1)式进行修整以消除质损积累，修整公式为

$$W'(t) = A \left[\frac{I(t) - I(t_0)}{m'} \right] \times 100\% \quad (2)$$

式中 $I(t)$ 为原测电流值； t_0 为所选新零点在原时间坐标下的值， $I(t_0)$ 为对应新零点时刻的电流值； m' 为新零点时刻样品的质量。

这样，引用原测 $I(t)$ 数据和(2)式即剔除了新零点以前的质损积累，又正确反映了新零点以后的质损过程——即温度和环境真空度均达平衡后的质损过程。

据上述，式(2)中的 m' 应为

$$m' = m_0 - W(t) |_{t=t_0} m_0 \quad (3)$$

其中 $W(t) |_{t=t_0}$ 为由(1)式决定的 t_0 时刻的质损百分数。

三、实验结果及结论

认为离子泵已开启且样品已达设定温度值以后的过程满足平衡P、T状态，规定选择对应时刻为新的测试零点。在此基础上对下述两种材料在EYC-32A质损测控系统上做了质损测试，并按零点修整法对实验数据作了修整。结果是，经零点修整法修整后的实验数据较修整前规整；对修整前后的实验数据分别与理论公式进行拟合，所得结果表明，零点修整提高了实验与理论的拟合精度，实验与理论的均方偏差显著降低。

表 1

样 品 \ 方 差	修整前方差	修整后方差
RTV硅凝胶包封材料	0.04691	0.02026
活性硅微粉填料	5.6379×10^{-3}	4.8036×10^{-3}

据此，有下述结论：

1. 修整方法是可行的。它简单易行，不涉及实验方法的更改，对实验条件没有限制。
2. 实验修整后的实验数据更为规整，对理论的拟合精度显著提高。有益于质损理论的研究。