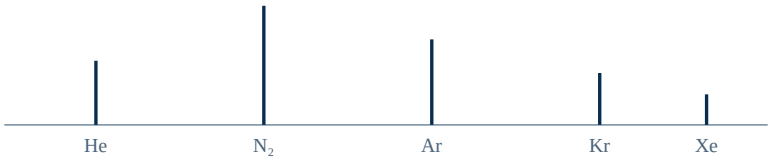
POPULAR SCIENCE · RGA · VACUUM METROLOGY

RGA 定量化白皮书——从指纹分析到可溯源测量

——科普版：让“会认气体”的仪器，学会“报准含量”



残余气体分析仪（RGA）是真空行业里装机量最大的诊断仪器之一。半导体工艺腔、航天器、真空镀膜线、加速器，凡有真空的地方，几乎都有它。它擅长回答一个问题：腔体里有什么气体?

但当人们进一步问“各有多少”时，事情就没有那么理所当然了。这本白皮书研究的正是这件事：**怎样把 RGA 从一台“识别仪器”，变成一台“可溯源的测量仪器”。** 这篇科普版只讲概念、思路和用途，实验数据与文献考证细节不在此展开。

先弄清三个词

- **指纹**：RGA 把气体分子电离、打碎，按质量排序输出一张谱图。谱图的形状像指纹，用来辨认气体种类。
- **可溯源**：一个测量结果不只给出一个数，还能说清这个数通过怎样一条校准链条、回溯到哪个公认标准，并且附带相应的不确定度。
- **标准漏孔**：能以已知、恒定速率放出气体的元件。它的量值可以溯源到漏率计量标准，相当于给真空测量提供了一个“已知输入”。

一、“识别”和“测量”，是两种能力

把 RGA 想成一位认识很多字的读者：它能准确念出每个字，却不一定理解整句话的意思。谱图识别和定量测量之间，也有这样一道坎。

仪器输出的原始信号是离子电流，本身不是分压，更不是 ppm。屏幕上的含量数字，是用一组换算系数算出来的。于是问题变成：**这组系数从哪里来，适不适用于您这台仪器、这套参数、今天这个日期?**

如果系数本身没有明确的测量条件、没有不确定度、也说不出校准链条，那么换算出来的数字就只能当作参考，不能当作测量结果。

二、为什么不能指望一张“通用系数表”

白皮书的分析指向一个物理事实：从气体分子进入离子源，到信号最终被探测到，要接连经过多个环节——电离、碎裂、离子引出、质量筛选、探测放大。

其中只有电离这一环，近似是气体自身的属性；其余环节都写在仪器里：离子源怎么设计、电子能量设多少、四极杆怎么调、探测器状态如何。这意味着换算系数实际上是**“气体种类 × 仪器个体 × 运行参数 × 日期”的函数**，而不是一张表能为所有仪器填好的常数。

所以，通用系数表并非毫无用处——它可以帮助定性判断，比如估计哪个峰大致该多强；但一旦越过定性边界、进入定量声称，就必须让位于本机实测。

三、用“已知输入”给仪器定标

既然系数要在本机上确定，下一个问题自然是：拿什么去确定?

我们的办法是让一瓶配比已知、可溯源的混合气体，通过标准漏孔稳定地进入真空腔，再让 RGA 去测量。**进去多少是已知的，读出多少是仪器给出的**，两者对照，仪器自己的换算系数就能反推出来，气体配比本身也能反过来得到验证。

这条路的意义在于：校准所依据的每一环——气体的量值、漏孔的量值——都有各自的溯源链，唯独 RGA 这一环过去是空的。把标准漏孔接上，链条才闭合。

实测也给出了一个重要提醒：不同气体的换算偏差方向并不一致，不存在“统一乘一个修正系数”的捷径。**逐台仪器、逐种气体、在使用条件下实测，是唯一的正路。**

四、把正确做法固定成五个步骤

方法只有变成流程，才能在日常工作里稳定复现。白皮书把本机校准整理为五步：

差分扣本底：样品谱与本底谱配对采集，先扣除本底，再谈定量；

本机系数自校准：用可溯源的已知输入，在本机、本参数下确定换算系数；

固定积分窗口：峰强怎么积分、窗口怎么取，一经确定就保持一致；

诚实标注检测限：检测限与本底条件绑定说明，不报孤立的数字；

定期复校：灯丝、探测器都在老化，系数要跟着日期维护。

在此之上还有一个前提：**取样几何先固定**。探头接在哪里、气体从哪个口进，决定了“被测的到底是哪个位置的气体”，安装方式不一致的两次测量，结果没有可比性。

五、这对使用者意味着什么

对工艺和设备工程师来说，定量化带来的变化是实实在在的：

- **读数有了用法边界**：没做过本机校准的仪器，用来看趋势；做过校准的，才用来报含量；
- **机台之间可以比较**：同一把尺子量出来的数据，才能用于机台匹配、跨班组、跨厂区的对照；
- **经验可以沉淀为数据**：报警阈值、工艺窗口不再绑死在某台设备、某位老师傅身上，而是可以移植、可以验收的定量指标；
- **计量体系可以衔接**：RGA 长期停留在“研究层面的分压校准”，标准漏孔把工业现场与计量溯源连接了起来。

对半导体工艺而言，方向尤其清楚：真空环境只有从“经验变量”变成“定量变量”，工艺改进才能从试错走向设计。

结语

RGA 不缺精度潜力，缺的是一个锚。这个锚并不新——标准漏孔早已在检漏仪校准中证明了价值。这本白皮书做的事，是论证并验证：**把锚接上，识别仪器就能向测量仪器迈出关键一步；而这每一步，都可以被复核、被复现、被追溯。**

说明：本文为《RGA 定量化白皮书——从指纹分析到可溯源测量》（Part I）的科普版，仅介绍概念、思路与用途，不含实验数据与文献考证内容。

利益声明：作者所在单位上海睿米仪器仪表有限公司（RealMeter Instruments）为标准漏孔及 RGA 定量化相关产品的研制与市场参与方。

REALMETER

CALIBRATED LEAK STANDARDS · RGA QUANTIFICATION