应用说明 **001** | 中文译本

铜样品信号与峰位稳定性

采用 GD90TraceRF 评价 Cu-63 短期响应

30	1.51%	13.04 ppm
29 分钟内的读数数量	峰高相对标准偏差	峰位相对标准偏差

采用 GD90TraceRF 对铜样品的 Cu-63 信号与峰位短期稳定性进行评价。在首末间隔为 29 分钟的连续 30 个读数中，峰高相对标准偏差（RSD）为 1.51%，峰位相对标准偏差为 13.04 ppm。这两项测量从相互补充的两个方面表征了仪器在连续采集过程中的响应。

引言

信号强度与峰位是评价 GDMS 稳定性的两项互补指标。强度重复性表征所测离子束响应的一致性，而峰位重复性描述沿质量轴方向的变化。与仅评价其中一项相比，同时评价这两个量能够更全面地反映测量的一致性。

本应用说明研究了以约一分钟间隔采集的铜样品测量序列，采用代表性的 Cu-63 谱图、统计汇总及按采集顺序绘制的趋势图表征短期响应行为，并列出完整测量序列，以展示整个采集期间的变化。

仪器与实验方法

图 1 展示了在直流（DC）模式下采用法拉第检测器、质量分辨本领约为 4000（~4000）时获得的代表性 Cu-63 峰扫描。采集界面显示峰形、检测器选择、放电控制及真空状态。本研究评价的两个响应量为峰高和质量位置。

表 **1.** 样品与采集条件。

参数	条件
仪器 / 监测同位素	GD90TraceRF / Cu-63
样品	铜
读数数量与间隔	30 个读数，间隔约一分钟
首末时间戳	11:28 和 11:57；首末间隔 29 分钟
代表性峰扫描	直流模式；法拉第检测器
质量分辨本领	~4000（近似值，代表性扫描）

参数	条件
记录量	峰高读数与软件质量位置坐标

质量分辨本领按一位有效数字取整；原始读数见图 1。峰高数值沿用记录时的数值标度。

数据采集与统计评价

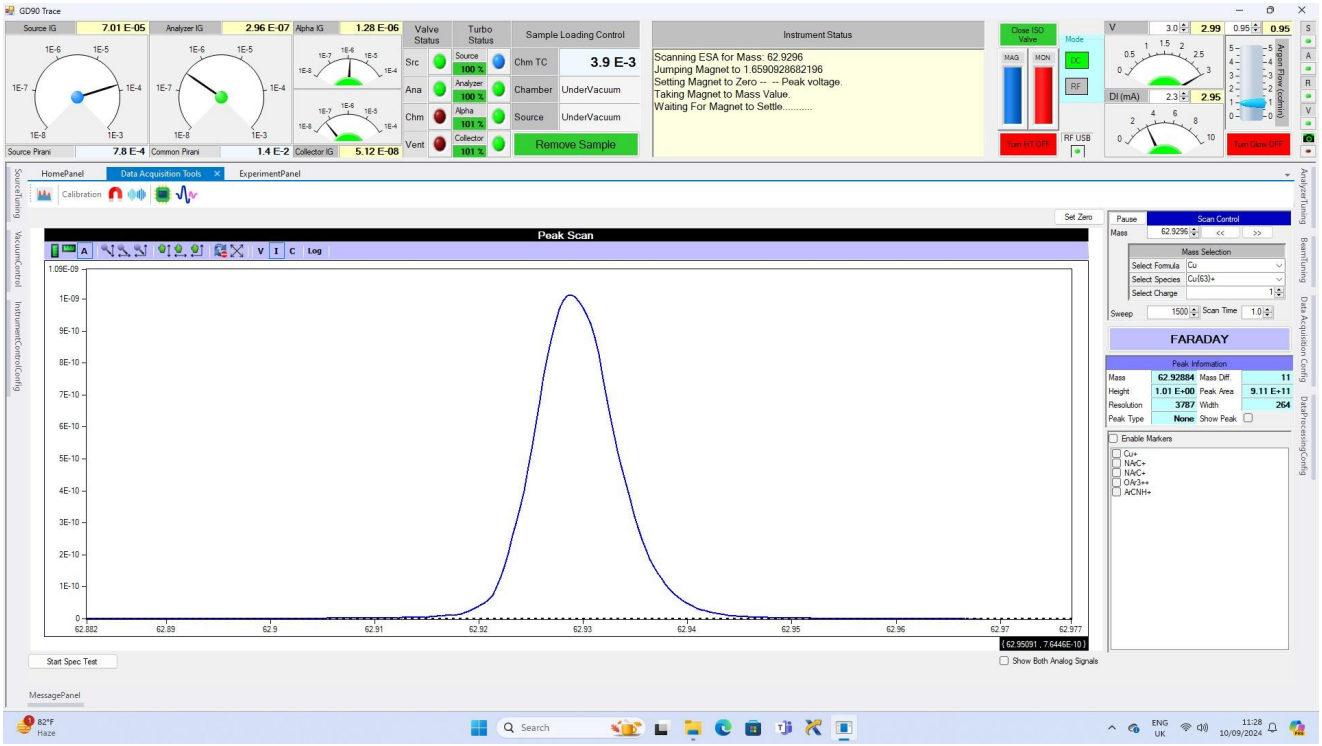


图 **1.** 直流模式下采用法拉第检测器获得的代表性 **Cu-63** 峰扫描，保留原始采集界面及仪器读数。

界面主要术语：**Peak Scan**＝峰扫描；**Faraday**＝法拉第检测器；**Mass**＝质量位置；**Height**＝峰高；**Resolution**＝分辨率；**Peak Area**＝峰面积；**Scan Time**＝扫描时间；**Source IG**＝离子源真空规；**Analyzer IG**＝分析器真空规。

统计方法

全部 30 个读数均纳入统计评价，未进行平滑处理或异常值剔除。采用表列数值计算算术平均值及样本标准偏差，标准偏差的分母为 n − 1。峰高变化以平均响应的百分比表示，峰位变化以平均质量坐标的百万分之一（ppm）表示。

均值，$\bar{x} = \Sigma x_i / n$；　样本标准偏差，$s = \sqrt{[\Sigma (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)]}$

峰高 RSD（%）$= 100 \times s / \bar{x}$

峰位相对标准偏差（ppm）$= 10^6 \times s / \bar{x}$

表 **2.** 铜样品 **30** 个读数的统计汇总。

指标	峰高	峰位
纳入读数	30	30
均值	1.043000	62.92955933
样本标准偏差	0.01578956	0.0008207773
相对标准偏差	1.5139%	13.0428 ppm
最小值至最大值	1.01 至 1.07	62.92809 至 62.93111

峰位统计量表示所测质量坐标的相对变化。表中保留的数值精度反映基于所记录读数的计算结果。

结果与讨论

信号强度稳定性

Cu-63 峰高介于 1.01 至 1.07 之间，平均值为 1.043。以整个序列的均值归一化后，响应范围为 96.84–102.59%。峰高 RSD 为 1.51%，表征了 29 分钟采集期间所观察到的信号变化。

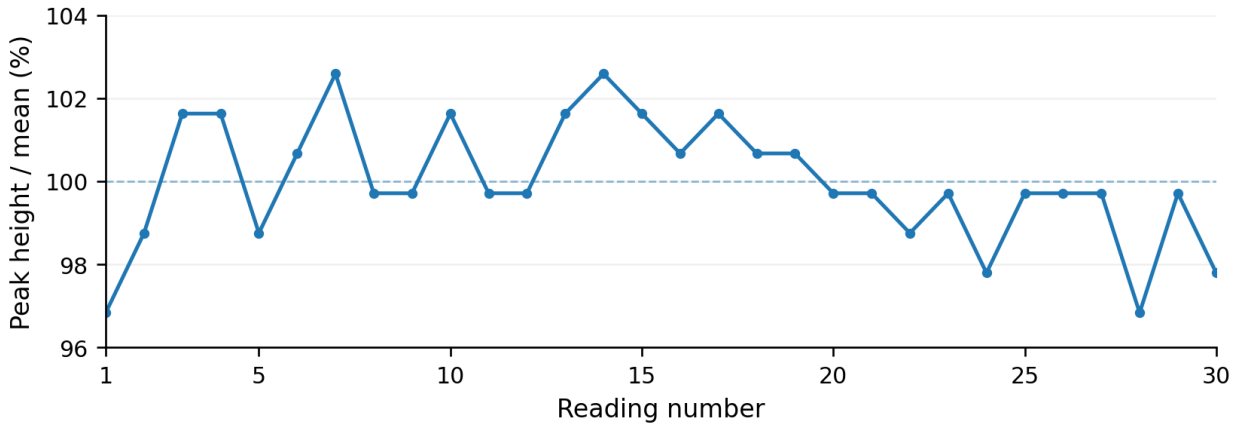


图 **2. Cu-63** 峰高按全部 **30** 个读数的均值归一化。虚线表示序列均值，连线表示采集顺序。
图中坐标：**Reading number**＝读数序号；**Peak height / mean (%)**＝峰高／均值（%）。

趋势图显示，序列前段和中段出现了若干较高响应，随后在末段转为较低数值。将按采集顺序绘制的曲线与 RSD 结合阅读，可以区分信号随采集推进的变化过程与其整体离散程度。

质量位置稳定性

峰位平均值为 62.92955933，样本标准偏差为 0.0008207773。最小和最大读数相对于序列均值的偏差分别为 −23.35 ppm 和 +24.64 ppm。峰位相对标准偏差为 13.04 ppm。

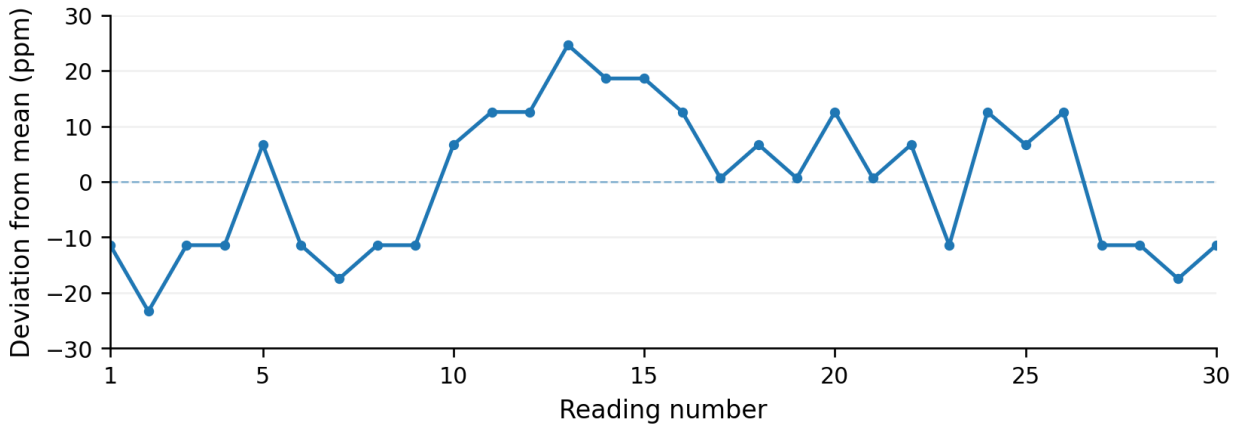


图 **3. Cu-63** 峰位相对于序列均值的偏差，按 10^6 ×（峰位 − 平均峰位）／平均峰位计算。虚线表示零偏差。
图中坐标：**Reading number**＝读数序号；**Deviation from mean (ppm)**＝相对均值的偏差（ppm）。

峰位重复性以实测均值为中心进行评价。绝对质量准确度和质量分辨本领属于不同的分析特性。

测量序列

表 3 列出了 11:28 至 11:57 期间的 Cu-63 峰高与质量位置读数。左侧为第 1–15 个读数，右侧为第 16–30 个读数。这些数值构成用于统计汇总及趋势图绘制的完整测量序列。

表 3. Cu-63 峰高与质量位置测量结果。

时间	峰高	峰位	时间	峰高	峰位
11:28	1.01	62.92884	11:43	1.05	62.93035
11:29	1.03	62.92809	11:44	1.06	62.92960
11:30	1.06	62.92884	11:45	1.05	62.92998
11:31	1.06	62.92884	11:46	1.05	62.92960
11:32	1.03	62.92998	11:47	1.04	62.93035
11:33	1.05	62.92884	11:48	1.04	62.92960
11:34	1.07	62.92846	11:49	1.03	62.92998
11:35	1.04	62.92884	11:50	1.04	62.92884
11:36	1.04	62.92884	11:51	1.02	62.93035
11:37	1.06	62.92998	11:52	1.04	62.92998
11:38	1.04	62.93035	11:53	1.04	62.93035
11:39	1.04	62.93035	11:54	1.04	62.92884
11:40	1.06	62.93111	11:55	1.01	62.92884
11:41	1.07	62.93073	11:56	1.04	62.92846
11:42	1.06	62.93073	11:57	1.02	62.92884

在日常稳定性评价中的应用

同时跟踪峰高和峰位，是检查仪器响应的一种实用方法。对可比的采集序列采用相同的统计量和归一化图进行评价，可以分别评估信号大小与峰位置的变化。保持采集条件一致，是比较历次检查结果的基础。

本铜样品研究表征了单个采集序列内的短期行为。在评价更长期的运行一致性时，可将同一评价框架扩展至更长的观察时段或独立采集的测量序列。

结论

GD90TraceRF 在连续 30 个读数中获得的 Cu-63 峰高 RSD 为 1.51%，峰位相对标准偏差为 13.04 ppm，表征了 29 分钟期间的信号与峰位一致性。将采集谱图、统计评价和响应趋势相结合，为评估 GDMS 短期稳定性提供了一种实用方法。