

Sievers*无机碳去除器 (ICR)

分析仪在测量总有机碳 (Total Organic Carbon, TOC) 时, 都必须处理无机碳 (Inorganic Carbon, IC)。IC 是指 CO_2 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 里的碳。IC 的来源包括溶解的石灰石和从空气中吸收的二氧化碳。几乎所有的样品水中都含有有机碳和无机碳, 它们统称为总碳 (Total Carbon, TC)。

总碳 (TC) = 有机碳 (TOC) + 无机碳 (IC)

当样品中也含有无机碳时, 分析仪就无法单独测量有机碳, 因此大多数 TOC 分析仪就测量样品中的 TC 和 IC, 然后相减, 差值即为 TOC。

总碳 (TC) - 无机碳 (IC) = 有机碳 (TOC)

实测值 *实测值* *计算值*

TOC 分析仪也可以先吹除无机碳, 然后再测量碳含量, 测量结果不含无机碳。此时测得的总碳即为样品的 TOC。该测量值也称为“不可吹除有机碳 (Non-Purgeable Organic Carbon, NPOC)”。

$\text{TC} = \text{TOC} = \text{NPOC}$

有些 TOC 分析仪既可以测量 IC, 又可以去除 IC, 从而给操作员很大的操作灵活性, 可以根据样品中的 IC 含量来选择操作方法。当样品中的 IC 小于 TOC 时, 分析仪无需去除 IC 即可测得准确结果。分析仪可以直接测量 IC, 然后用 TC 减去 IC, 即得到 TOC。

但当 IC 较高且 TOC 较低时 (例如, IC = 10 倍的 TOC), 如果不去除或降低 IC, 则 TOC 测量结果就会变得不稳定。在下面的示例中, 仪器测量 TC 和 IC 以计算 TOC, TC 和 IC 都很高 (IC 是 TC 的组成部分), 测量 TC 和 IC 的仪器误差在最终 TOC 计算值中占有很大

比例。如果在进行分析之前先去除或降低 IC, 就能提高仪器的分析性能。

例如, 样品中含 100 ppb TOC 和 1900 ppb IC。我们假设仪器测量 TC 和 IC 的准确度为 2%。一种情况是不去除 IC, 另一种情况是将 IC 降到 100ppb (见表 1)。

在 IC 较高、TOC 较低的情况下, 去除或降低 IC 能够提高仪器的分析性能。一般来说, 在使用 Sievers* TOC 分析仪时, 如果 IC 高出 TOC 预期值的 10 倍以上, 我们建议降低或去除 IC。

去除和降低 IC 的方法

有些 TOC 分析仪用气体来吹扫样品, 以去除 IC, 而剩下的碳就是需要测量的有机碳。吹扫样品是去除 IC 的有效方法, 但需要考虑以下几个问题:

1. 吹扫气体的纯度 (以免气体中的有机物污染样品)。
2. 挥发性有机物的流失。
3. 如果不能 100% 去除 IC, 则留下的 IC 可能被报告为 TOC, 从而给分析系统带来误差。
4. 吹扫气体会增加成本、提高维护要求、延长样品制备和分析时间。
5. 在 EPA TOC 方法 415.3 (“确定水源和饮用水的总有机碳含量和 254 nm 的特定紫外吸光度”) 中, USEPA 规定 20 分钟的吹扫时间, 气体流量为 100-200 毫升/分钟, 确保将 IC 含量降到最低, 以测量 TOC。在实践中, 吹扫时间通常为 3-10 分钟, 具体时间可以根据仪器生产厂的建议和样品的特性而定。

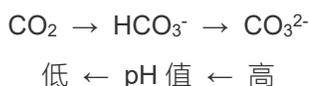
表1. 去除和未去除IC的示例计算显示了对TOC结果的影响

	实际TC	测得TC (有2%误差)	实际IC	测得IC (有2%误差)	可能的算得TOC
未去除IC	2000 ppb	1960-2040 ppb	1900 ppb	1862-1938 ppb	22-178 ppb
去除 IC	200 ppb	196-204 ppb	100 ppb	98-102 ppb	94-106 ppb

Sievers 技术采用无需气体的 ICR（无机碳去除器）来降低 IC 含量。该方法已获得专利，并获 USEPA 批准用于合规监测。

ICR 的工作原理

在去除 IC 时，ICR 首先酸化样品，以将 IC 全都变成 CO₂ 的形式。酸化之前，IC 以离子形式和非离子形式存在。离子形式包括碳酸盐和碳酸氢盐，非离子形式为 CO₂。离子形式和非离子形式的含量比例取决于 pH 值。酸化样品可以将 IC 全都转化为 CO₂，以方便将其吹除。



当分析仪探测到连接无机碳去除器（ICR）时，会自动进行样品酸化，所使用的酸剂同正常 TOC 分析时使用的酸剂相同，因而不需添加其他试剂。样品酸化之后，会流过 ICR 中能渗透 CO₂ 的脱气模块。ICR 还配有真空泵，用于将脱气模块外部抽成真空，以去除样品中的无机碳（CO₂）。内置的化学捕集器先“净化”通过脱气模块的空气，去除空气中的全部有机物，以免污染样品。IC 的去除率可达 95-99%。无需百分之百去除 IC，因为 Sievers TOC 分析仪会测量剩余的 IC，然后用 TC 减去 IC 得到 TOC。

IC 含量被大大降低，从而提高了仪器的分析性能。这种降低或去除 IC 的方法有以下优点。

1. 无需吹扫气体，因而成本较低，去除IC的过程更简单。
2. 样品脱气同样品分析直接连在一起，因而无需花额外时间来降低或去除IC。
3. 此过程使挥发性有机碳（VOC，Volatile Organic Carbon）的流失降低到最少。进水中流失的VOC会降低进水和出水之间的TOC去除率的计算值。
4. 此过程由分析仪自动完成，无需人员手动操作。

如果无需去除 IC，操作员可以用 ICR 的开启和关闭设置来绕过 ICR，方便地转换到正常监测模式。

应用建议

当 IC 含量超过 TOC 的 10 倍时，应考虑使用 ICR。常见的应用包括监测原始地表水和地下水。有时，降低或去除 IC 也有利于监测成品饮用水。

对于在线连续监测的应用，应对所有样品启用 ICR，并保持 ICR 的运行。ICR 安装在 Sievers M 系列实验室型、便携式、在线型 TOC 分析仪的机箱内部，环保效果最佳，使用方便，占据空间小。

