

使用红外碳氢传感器测量 VOC 的 CF 修正值设定

本文描述红外传感器测量浓度时应当如何修正。任何测量原理都只使用 1 种气体作为基准物校准。例如：FID 使用甲烷、PID 使用异丁烯、红外使用甲烷、FTA 用乙烯等。如果测量其它气体浓度时，应当设置一个修正因子（CF），才接近目标气体的真实浓度。

阅读本文前，请悉知下列信息：

1. **LEL 传感器**：是指一种小型红外传感器，和其他厂家的红外滤光片是一样的，只是我们提升了响应速度和抗湿度性能。即使是 LEL 传感器，我们的仪表仍然可以设定输出 ppm 、mg/m³、%LEL、%Vol 等浓度单位。
2. **浓度传感器**：是指我们公司的高精度红外传感器，它的滤光片稍微特殊一点，对非甲烷类的气体响应很强烈，响应比 LEL 传感器强了 3 倍，所以需要将其数据**乘以 0.32**左右才和普通红外传感器对标。
3. 仪表支持对红外传感器【额外设定 CF 值加减值】，在第 34 号菜单。
4. 仪表支持对红外传感器【做线性度补偿】，在第 37 38 号菜单。

红外传感器会因为下列 2 个主要原因影响测量误差：

(一)CF 系数问题：就是将传感器原始测量值乘以一个修正因子，让仪表最终输出体现的浓度值符合目标气体真实浓度。例如 PID 由于对乙醇测量偏小 10 倍，所以 CF 是 10，传感器原始浓度需要乘以 10 才是真实浓度。PID 传感器提供了 800 多种气体修正因子，但是红外传感器提供的并不多。

PID 传感器的 CF：苯系物 0.5，酮类醚类大约 1-2 倍，酯类醇类 4 倍，二氯甲烷 二氯乙烷 甲醇等 60~100 倍，碳超过 16 的基本不响应。所以 PID 原理面对较多的气体种类时，不太好估算系数。

红外传感器的 CF：对不同气体的响应程度差异不大，CF 也就在 0.4~2 之间，极少气体需要 2 倍以上。所以即使不知道具体什么气体，误差不会特别大。红外虽然有这个优点，但是由于一般公司的红外传感器无法测量出低于 200-400ppm 的浓度一直未被用于浓度测量系统。我们日科 2024 年推出 1ppm 的高精度红外和 0.1ppm 分辨率的超高精度的红外，可以应用于浓度测量，避免 PID 原理

面对系数不同带来的巨大误差，也不需要像 PID 一样频繁地清洁紫外灯。

常见气体的红外 CF 值（显示 ppm 浓度= 传感器的测量值（甲烷计） x CF 值）

1. 对 二甲苯、乙烷 丙烷 正己烷 环己烷 庚烷 癸烷响应强烈，CF=0.33
2. 对苯、甲苯、异丙醇等苯系物响应较大，CF=0.55
3. 对乙醇 乙酸乙酯、**异丁烯**等响应偏大，CF=0.66 （呆会要考）。
4. 对甲醇响应刚刚好， CF=1
5. 对丙酮偏小， CF= 1.3
6. 对 DMF 乙烯等偏小， CF= 1.73
7. 对氯甲烷 氯乙烷、二氯甲烷 二氯乙烷等气体响应弱一点，CF=3

案例：

1. 实验数据：一瓶混合标气（甲醇 1030 乙酸乙酯 1020 甲苯 105），共计 2155ppm，LEL 传感器测量出 2500ppm（CF=0.86），高精度红外浓度传感器 8262（CF=0.26）。

注意：前面提到的高精度红外浓度比普通红外响应强烈一些，需要 x0.32 才能对标。那么高精度浓度传感器 CF 应当为 $0.86 \times 0.32 = 0.275$ 。但是实测为 0.26，稍微有点区别。

2. 假设我们要以毫克去测量一个涂装环境，假如主要污染物是甲苯和乙酸乙酯等，考虑综合的 ppm 系数设定 CF=0.6，综合分子量算 90；那么如果要仪表输出 mg/m³ 单位时，CF 应当设定为 $0.6 \times 90 \div 22.4 = 2.4$ 就是毫克浓度了；如果用高精度浓度红外传感器，CF=2.4*0.32= 0.77。

(二)线性度问题：

- a) **PID 传感器：**即使在异丁烯标气下是线性的，但是遇到其它高浓度 VOC 气体时，会呈现严重偏低的情况，例如：用 PID 去测量酒精瓶内的浓度，不太容易达到 LEL 值，但是实际浓度应该会有燃爆风险。因此 PID 不太适合做 RTO RCO 脱附等高浓度 VOC 的测量。
- b) **红外传感器：**和 PID 相反，它在甲烷标气下是线性的，当遇到其它高浓度气体时，测量结果会导致比实际值偏大 1-3 倍。下图用【标准 LEL 红外】和【高精度长红外】去测量不同浓度的异丁烯标气，你可以看出不管是 LEL 红外还是高精度浓度红外，他们趋势一致，但是都是非线性的。



你会想：线性度这么差那还能用吗？别着急：

- 1、如果您使用浓度模式输出，我们仪表设计了【线性度补偿功能】，当测量的不是甲烷，可以开启【线性度修正功能】，让测量浓度更加准确。
- 2、如果您使用甲烷 LEL 单位模式，由于甲烷 LEL 值等于 50000ppm，而其它大部分 VOC 气体的 LEL 值大约在 12000-22000ppm 范围，所以线性度偏差问题，正好因为在高浓度区域大了 1-3 倍，正好弥补了 LEL 下限的不同的问题，属于歪打正着的典范。

例如：上图的异丁烯，爆炸下限 1.8%，18000ppm。当红外传感器面对 10000ppm (55%LEL) 异丁烯时，输出了 42725ppm，约为 85%LEL (42725/50000)，比真实浓度 55%LEL 大了 30%，不过做了 LEL 预警系统大一点也没事。 **重点：**如果你想起我们前面提到的异丁烯 CF 修正值 0.66，将 85%LEL 乘以 0.66，就约为 56%LEL，基本就吻合了。

建议：如果目标环境气体成分不复杂，可以考虑配目标气体种类的标气去做修正。例如：某客户要求测量 0-20 毫克的乙烷和丙烷的混合气体。这个需要使用超高精度的红外，那么我们出厂默认是用甲烷校准的，我们只能根据手册去相对修正一下，比如系数设置为 0.3，但是用户的浓度很低，说明对值准确性要求很高，那么我们就可以让用户配备一瓶 20 毫克的乙烷、丙烷混合标气。将标气给到仪器，测量出甲烷值和标气值的差异，然后在仪表上输入 CF 系数，完成配对。

有时候，如果有便携式 PID 或者 FID，并且这 2 个仪器能准确测量目标气体时，也可以用他们的数据做 CF 修正因子。

2025 年 4 月 18 日