

系统装备了卢尔锁 (Luer Lock) 以方便操作。TOGA 柱塞输液泵用于引入油样到 TOGA 分析仪。表 1 列出了 TOGA 分析仪的详细分析参数。

表 1. TOGA 分析仪的分析条件

条件	
洗脱柱柱箱	90°C (9 mins), 20°C/min to 120°C (9 mins)
柱 1	SCION PoraPlot 25m x 0.53mm
柱 2	SCION Molsieve 15m x 0.53mm
柱箱	25°C (0.1 min), 2°C/min to 30°C (0,5min) 20°C/min to 150°C (8.4 mins), 20°C/min to 25°C (1 min)
载气	氦气 35.5 psi, 氩气 10.4psi
甲烷化炉	400°C
检测器	TCD 120°C, FID 200°C

一个低浓度的混合标准气体用于校正系统。表 2 详细列出了 H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> 和氮气的最低检测限 (LDL)。

表 2. 计算 LDL

分析物	LDL (ppm)
H <sub>2</sub>	4.1
O <sub>2</sub>	32
N <sub>2</sub>	65

LDL 数值符合 ASTM 指标。通过使用柱塞输液泵，油样通过 2 个连接到洗脱柱的 10 通阀上的定量管来完成进样。每个洗脱柱提取溶解在油中的气体然后输送到 2 个独立的通道进行分析。一个通道安装了 2 根 5A 分子筛柱用氩气作为载气。柱子经过了优化可以分离较轻的气体分子例如 H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, 和氮气。另一个通道安装了一根 PoraBond Q 和一根 PoraPlot Q 用氦气作为载气。这个通道用来分离含碳的气体分子例如 CO 和 CO<sub>2</sub>。图 2 是 TOGA 分析仪的 TCD 通道然后图 3 是 FID 通道。

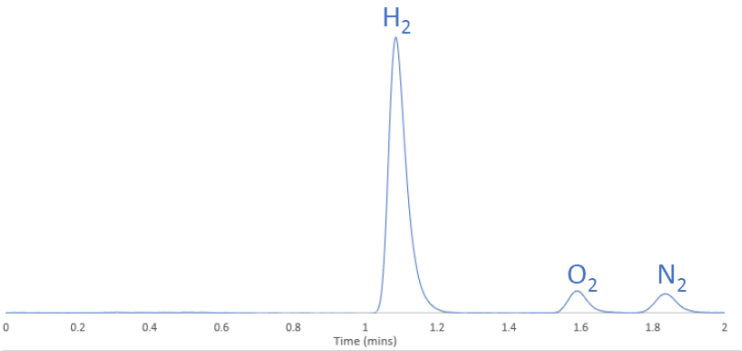


图 3. 油样，TCD 通道

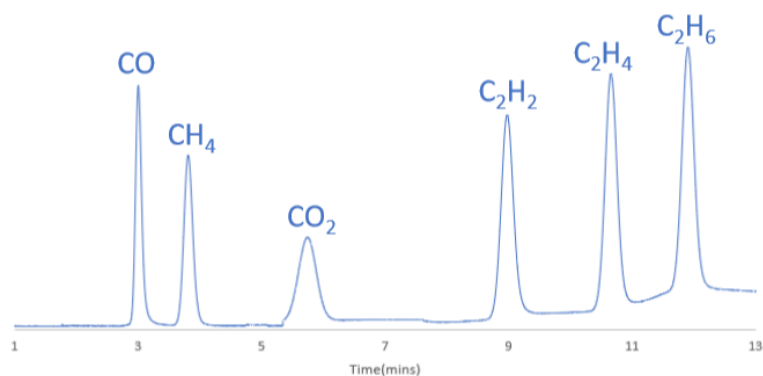


图 4. 油样，FID 通道

甲烷化炉和 FID 结合使得含碳气体分子转换成烃类化合物从而实现 ppm 级别的检测。氩气为载气确保了 H<sub>2</sub> 最好检测水平同时仍然提供了 O<sub>2</sub> 和 N<sub>2</sub> 的满意检测。

一旦油的提取完成，所有的剩余组分（无需检测的）被反吹放空。提取气中需要检测的组分是 H<sub>2</sub>，O<sub>2</sub>，N<sub>2</sub>，CO，CO<sub>2</sub>，甲烷，乙烷，乙烯，乙炔，丙烷，和丙烯。

重复性测试是通过同一个样品进 3 次来完成的。分析中获得的峰面积列在表 3 中。对应的浓度也在其中。重复性很好的都在 ASTM 规定的线内。请注意直接用 GC 分析的组分峰型显著好于使用洗脱柱。这是由于溶解的气体和洗脱柱的相互作用及气体挥发和运动到分析柱所用的时间长度。

表 3. 油样分析的重复性数值

Run	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO
1	36623	133420	327291	8731
2	36369	131356	328797	8387
3	36581	131691	328028	7431
Mean	36524	132156	328039	8183
RSD %	0.37	0.84	0.23	8.23
CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
161590	278065	140199	1590958	19245
158631	279063	140594	1590602	19643
155235	278398	140141	1597659	19829
158485	278509	140311	1589740	19572
2.01	0.18	0.18	0.11	1.52

## 结论

SCION 变压器油中气分析仪提供了所用感兴趣组分的完全分离和容易可靠高重复性的定量结果。根据 ASTM D3612 方法 C，变压器油中溶解的气体的分析可以通过带洗脱柱的 SCION TOGA 分析仪完美的实现。