

# 使用 Agilent 990 微型气相色谱仪分析 CO<sub>2</sub> 还原气体产物

## 作者

Fei Jiang  
安捷伦科技有限公司

## 摘要

本应用简报介绍了使用 Agilent 990 微型气相色谱仪对 CO<sub>2</sub> 还原气体产物进行的分析，该分析可用于评估 CO<sub>2</sub> 还原反应的催化剂或过程控制。使用 Agilent CP-Molsieve 5Å 和 PoraPLOT U 两个通道对 CO<sub>2</sub> 的还原产物氢气 (H<sub>2</sub>)、一氧化碳 (CO)、甲烷 (CH<sub>4</sub>)、乙烷 (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) 和乙烯 (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) 进行了分析。

## 前言

一个多世纪以来，煤炭和石油一直是人类活动的主要能量来源。由于这些能源的过度使用，大气中二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 的浓度显著增加。大气中的 CO<sub>2</sub> 浓度从 1750 年的 280 ppm 左右增加到目前的 385 ppm 左右，预计到 2050 年将达到 500 ppm 左右。二氧化碳浓度的增加导致全球平均气温上升，从而威胁到地球上的所有生命。将 CO<sub>2</sub> 转化为其他有用的碳材料，从而形成可持续的循环系统，是降低 CO<sub>2</sub> 浓度增加导致的气候危害的一种可能途径。

理想的解决方案是利用可再生能源，将大气中的 CO<sub>2</sub> 转化为能量密度更高的有机小分子，例如一氧化碳、甲烷、乙烷、乙烯、甲酸和甲醇等。这种策略不仅可以减少大气中 CO<sub>2</sub> 的积累，还可以生产燃料和有用的工业化学品，从而降低我们对常规化石资源的依赖。为此，在过去的几十年中，人们提出了各种 CO<sub>2</sub> 还原方法，包括电化学、光化学、生物化学和热化学方法，并对其进行了深入的研究。

在 CO<sub>2</sub> 的还原过程中，应监测 CO<sub>2</sub> 还原产物的浓度。在 CO<sub>2</sub> 平衡中，常见的 CO<sub>2</sub> 还原气体产物为 H<sub>2</sub>、CO、CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 和 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>。990 微型气相色谱仪可快速、准确地测定 CO<sub>2</sub> 的还原产物，从而提高 CO<sub>2</sub> 还原研究的效率。

## 实验部分

**通道 1:** 10 m Agilent CP-Molsieve 5Å 和 5 m 预柱反吹通道，配备保留时间稳定 (RTS) 选件，用于分析 H<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 和 CO。反吹选件和 RTS 用于保护 Molsieve 5Å 色谱柱免受水分、CO<sub>2</sub> 以及其他污染物的污染。这对 Molsieve 5Å 色谱柱的长期保留时间重现性和色谱柱性能非常有利。

**通道 2:** 10 m Agilent CP-PoraPLOT U 通道，用于分析 CH<sub>4</sub>、CO<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 和 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>。

如图 1 所示，使用 10 m CP-Molsieve 5Å

表 1. 样品分析方法

通道类型	5 m 预柱和 10 m Agilent CP-Molsieve 5Å RTS, 反吹通道	10 m Agilent CP-PoraPLOT U, 通道
载气	He	He
进样器温度	60 °C	50 °C
柱温	60 °C	40 °C
柱压	180 kPa	100 kPa
进样时间	100 ms	20 ms

表 2. 标准气体的组成

参数	浓度 (ppm)
氢气	98.7
甲烷	99.7
一氧化碳	491.9
二氧化碳	平衡气
乙烯	49.6
乙烷	50.0

RTS 反吹通道, H<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 和 CO 在 2.5 分钟内实现完全分离。如图 2 所示, 使用 10 m CP-PoraPLOT U 通道, CH<sub>4</sub>、CO<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 和 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 在 2 分钟内实现完全分离。由于标准气体中作为平衡气体的 CO<sub>2</sub> 浓度较高, 为确保通过预柱实现 CO<sub>2</sub> 和轻质组分的良好分离, 并确保将 CO<sub>2</sub> 完全反吹, 10 m CP-Molsieve 5Å RTS 反吹通道采用 5 m 预柱对 CO<sub>2</sub> 平衡气体进行反吹。选择使用 60 °C 柱温。

表 3 所示为 10 次样品运行的重现性结果。使用 10 m CP-Molsieve 5Å 通道时, 所有组分的 RT RSD% 低于 1%, 峰面积 RSD% 低于 3%。

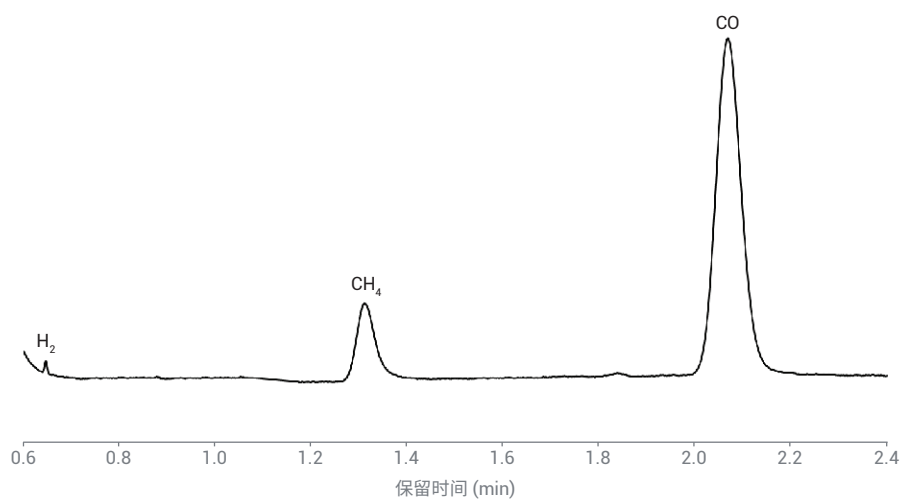


图 1. 10 m Agilent CP-Molsieve 5Å 通道得到的 H<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 和 CO 色谱图

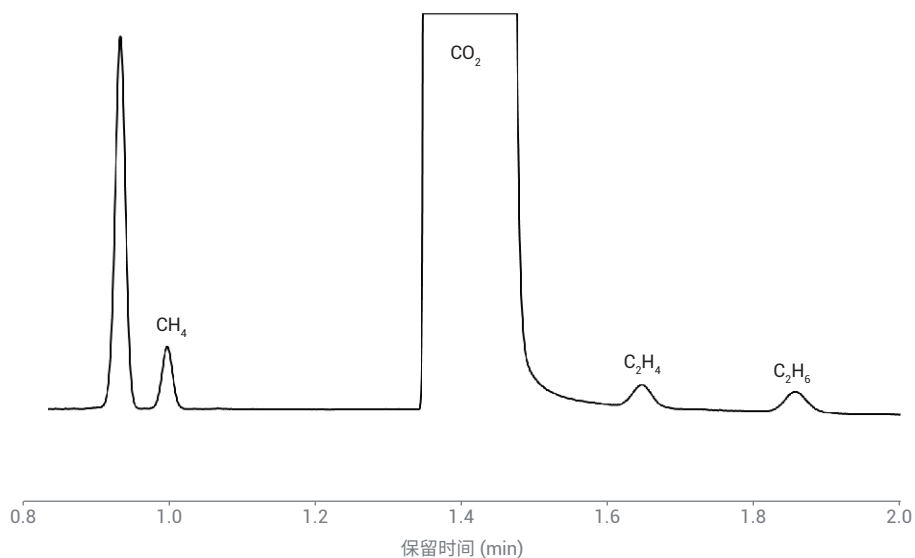


图 2. 10 m Agilent CP-PoraPLOT U 通道得到的 CH<sub>4</sub>、CO<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 和 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 色谱图

表 3. 标准气体 10 次运行的 RT 和峰面积重现性

化合物	RT (min)	RT RSD%	峰面积 (mv × s)	峰面积 RSD%
氢气	0.643	0.07	0.003	2.33
甲烷	0.988	0.00	0.084	2.10
一氧化碳	1.845	0.87	0.970	0.71
二氧化碳	1.342	0.04	1120.3	0.23
乙烯	1.628	0.03	0.053	1.78
乙烷	1.834	0.04	0.062	2.33

## 结论

本研究展示了 990 微型气相色谱仪分析 CO<sub>2</sub> 还原气体产物的适用性，其可用于 CO<sub>2</sub> 还原反应中的催化剂性能评估或过程控制。通过校准气体标样的 10 次连续分析，评估了定量精度，其中保留时间重现性低于 1%，峰面积重现性低于 3%，证明仪器具有出色的性能，能够实现可靠的 CO<sub>2</sub> 还原气体产物定性和定量分析。

## 参考文献

1. van Loon, R. Permanent Gas Analysis – Separation of Helium, Neon and Hydrogen a MolSieve 5A column using the Agilent 490 Micro GC (永久性气体分析 — 使用配备 MolSieve 5A 色谱柱的 Agilent 490 微型气相色谱仪分离氦气、氖气和氢气)，安捷伦科技公司应用简报，出版号 5990-8527EN，**2011**
2. van Loon, R. C1 – C3 Hydrocarbon Analysis Using the Agilent 490 Micro GC – Separation Characteristics for PoraPLOT U and PoraPLOT Q Column Channels (使用 Agilent 490 微型气相色谱分析 C1–C3 烃类 — PoraPLOT U 和 PoraPLOT Q 色谱柱通道的分离特性)，安捷伦科技公司应用简报，出版号 5990-9165EN，**2011**

查找当地的安捷伦客户中心：

[www.agilent.com/chem/contactus-cn](http://www.agilent.com/chem/contactus-cn)

免费专线：

800-820-3278，400-820-3278 (手机用户)

联系我们：

[LSCA-China\\_800@agilent.com](mailto:LSCA-China_800@agilent.com)

在线询价：

[www.agilent.com/chem/erfq-cn](http://www.agilent.com/chem/erfq-cn)

[www.agilent.com](http://www.agilent.com)

DE.6147569444

本文中的信息、说明和指标如有变更，恕不另行通知。

© 安捷伦科技 (中国) 有限公司，2020  
2020 年 8 月 24 日，中国出版  
5994-2320ZHCN