

# 使用安捷伦微型气相色谱仪在燃料电池开发和测试中进行快速气体成分分析

## 应用简报

微型气相色谱，燃料电池气体

### 作者

Sudath Amarasinghe 和 Khalid Ahmed

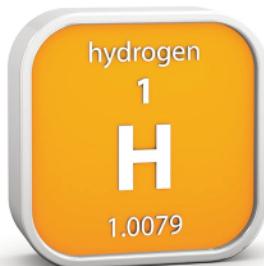
Ceramic Fuel Cells Limited (CFCL)

澳大利亚

Remko van Loon

安捷伦科技公司

荷兰



### 摘要

本应用简报介绍了使用安捷伦微型气相色谱仪在燃料电池研发和  $\beta$  测试中进行气体成分分析。该系统具有三个独立控制的色谱柱通道，测试燃料电池期间可在燃料气体管路的多个位置提供灵活的样品分析设置。由于分析时间较短，可以快速获得丰富的趋势分析数据。这对于快速准确地进行诊断和质量控制测试十分重要。此外，微型气相色谱仪便于携带，可轻松移动至不同测试工作站。



Agilent Technologies

## 前言

全球范围内的电力需求正在迅速增长。这样一来，我们就需要可持续的能源管理，包括高效清洁地使用化石燃料。Ceramic Fuel Cells Limited (CFCL) 是一家澳大利亚公司，致力于开发家用和轻型商用燃料电池，以在现场产生清洁电力。燃料电池通过电化学过程将燃料中储存的能量直接转化为电能。燃料电池可以清洁无噪音地产生电力。

与内燃机和燃煤或燃气动力涡轮机不同，燃料电池不会燃烧燃料，因此不会产生对环境不利的化合物。CFCL 的固体氧化物燃料电池使用天然气作为燃料。因此，它可以连接到常规天然气网络，无需另外建设氢基础设施即可运行。

## 仪器设置和条件

由电解液、阴极和阳极组成的燃料电池通过电化学反应产生热量和电力。在固体氧化物燃料电池 (SOFC) 中，氧离子在高温下离开富氧阴极，通过电解液，与阳极侧的氢结合产生电能 [1]。图 1 为燃料电池反应过程示意图。

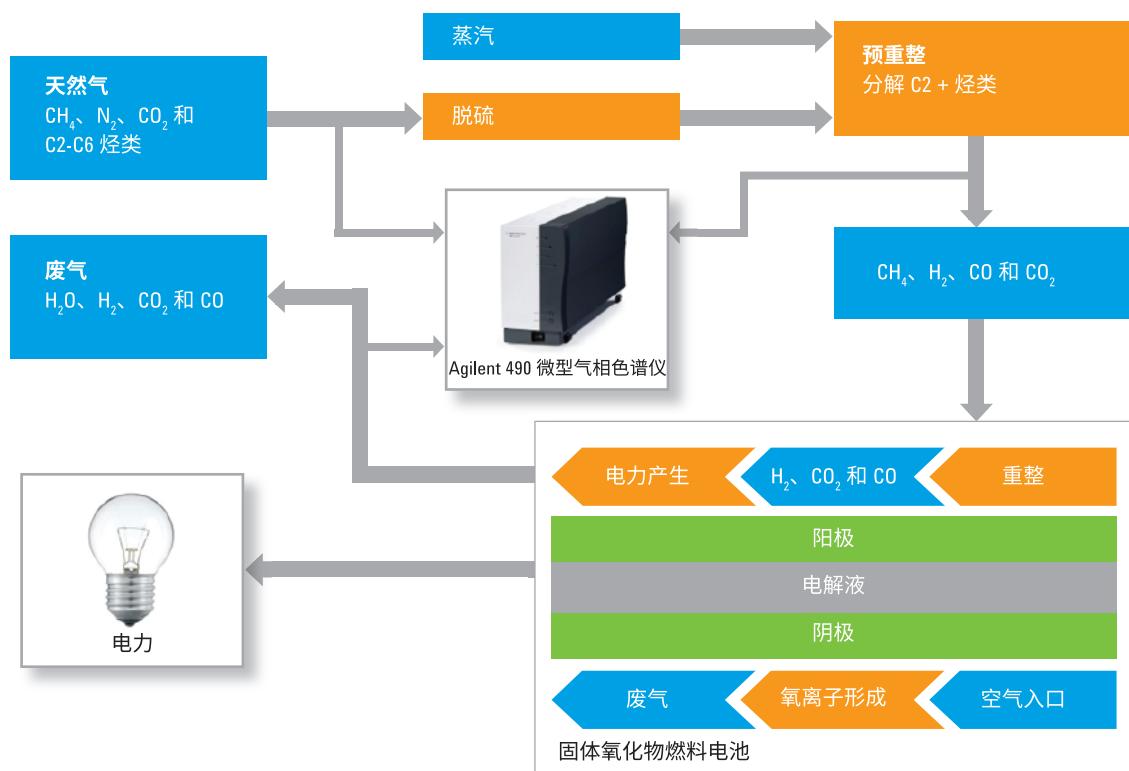


图 1. Agilent 490 微型气相色谱仪的燃料电池设置和采样点

天然气燃料经处理除去含硫化合物，然后与蒸汽混合使 C<sub>2+</sub> 烃类发生预重整，留下富含甲烷的气体。然后，气体混合物通过阳极侧，在高温下使甲烷气体重整为氢气和二氧化碳。高温空气吹过阴极，将氧气还原为氧离子。这些氧离子穿过电解质膜，与阳极侧的氢结合，产生电流、水和热量。多数单燃料电池工作期间产生的电压低于 1V。为了提供实际可用的电压，将多个燃料电池进行层叠，形成电池组。只要有燃料和空气供应，燃料电池组就可以源源不断地产生电能。在阳极和阴极之间连接负载（如灯泡）时，形成完整电路，电子可以从阳极流向阴极，从而产生电力。

CFCL 在研发和  $\beta$  测试流程中使用 Agilent 490 微型气相色谱仪分析燃料电池过程多个阶段的气体。这台仪器只有鞋盒大小，便于根据需要移动。使用 490 微型气相色谱仪内置的采样泵采样。图 1 所示的不同采样点分别代表天然气燃料进料、预重整废气和最终废气。490 微型气相色谱仪配有三个独立控制的分析通道，可根据样品位置和预期气体成分选用。这些分析通道包括分子筛 (MS5A)、多孔聚合物 (PPO) 和 100% 聚二甲基硅氧烷 (CP-Sil 5 CB) 色谱柱。

这些色谱柱和其他系统参数设置见表 1。

表 1. Agilent 490 微型气相色谱仪参数

	<b>CP-MolSieve 5A, 10 m</b>	<b>PoraPLOT Q, 10 m</b>	<b>CP-Sil 5 CB, 4 m</b>
柱温	90 °C	60 °C	50 °C
载气	氩气, 100 kPa	氦气, 70 kPa	氦气, 100 kPa
进样时间	40 ms	40 ms	40 ms
反吹时间	8 s	30 s	无数据
采样时间	60 s (所有通道)		

## 结果与讨论

CFCL 使用 490 微型气相色谱仪，通过三个色谱柱通道不定期检查天然气的成分。所有三根色谱柱的色谱图如图 2 所示。为了防止破坏预重整器催化剂和降低阳极活性，在使用气体作为燃料电池组的燃料之前，要除去天然气中的含硫化合物。

使用一根 MolSieve 5A 分析氧气、氮气和甲烷。反吹排出包括水分和二氧化碳在内的其他所有化合物，可保护分析柱。这些化合物通常会快速吸附在分子筛固定相上，改变其色谱性能。久而久之，这会导致保留时间偏移和分离度降低 [2]。第二个通道配有 PoraPLOT Q 色谱柱，可以分离和分析乙烷、丙烷和二氧化碳。通过反吹排出 C4+ 烃类，以防止这些化合物干扰后续分析。第三个通道配有 CP-Sil 5 CB 色谱柱，用于分析丁烷、戊烷和 C6+ 烃类。

通过预重整流程分解天然气中的乙烷和高碳数烃类。预重整器废气流中主要包括甲烷、氢气、二氧化碳和低浓度的一氧化碳。使用 Molecular Sieve 5A 和 PoraPLOT Q 色谱柱通道分析这些化合物，以检查预重整器催化剂是否正常工作。该样品流的色谱图如图 3 所示。总分析时间为 3 min，分析速度非常快。这样可以快速产生丰富的趋势分析数据，对于快速准确地进行燃料电池组件的诊断和质量控制测试不可或缺。

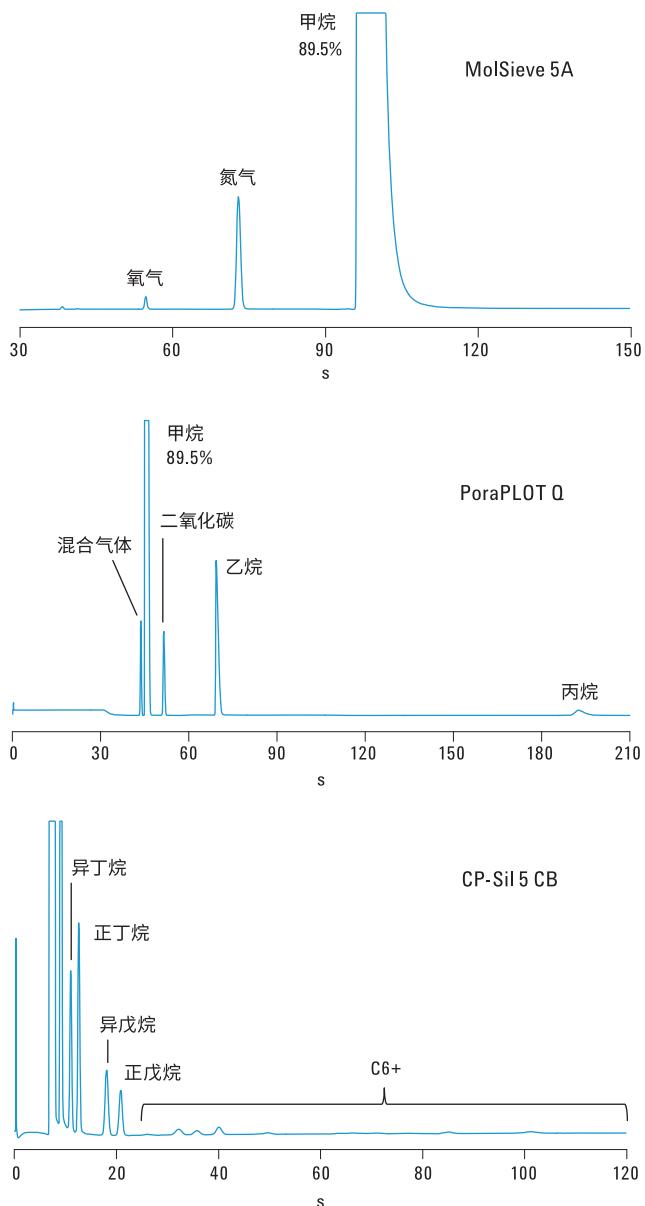
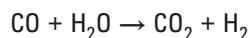
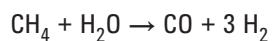
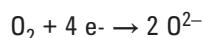


图2. 使用 MS5A、PPQ 和 CP-Sil 5 CB 色谱柱通道对天然气进料流进行的成分分析

为了进一步提高氢气浓度，向气流中加入蒸汽，将甲烷转化为氢气。通过水煤气转换反应（即一氧化碳氧化）形成氢气。这些化学反应在 750 °C 左右的高温下，发生于燃料电池阳极的内部重整过程中。



在阴极侧，高温空气吹过电极。空气中的氧被还原成氧离子。



这些离子经由陶瓷氧化物电解质达到阳极，通过电化学反应产生电力。氢和氧离子转化为水、热量和电子。

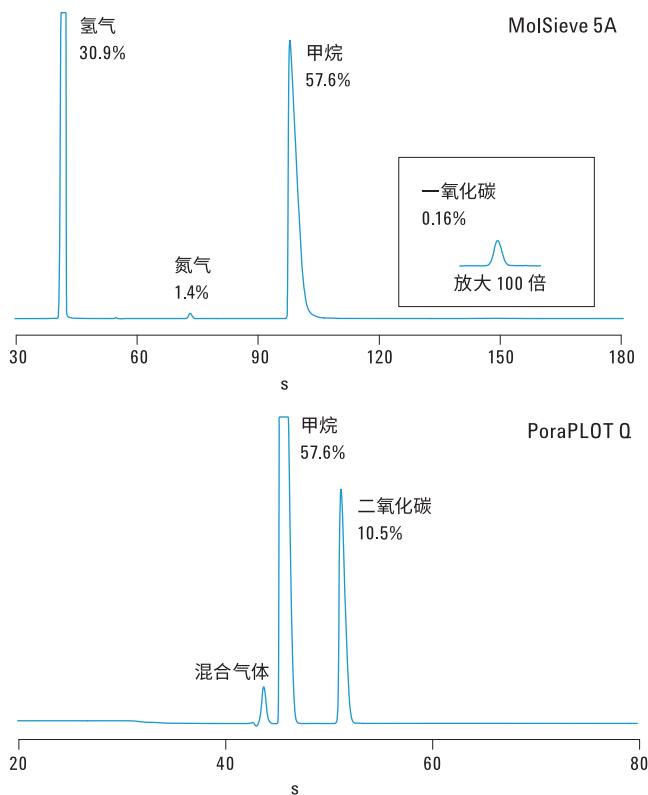
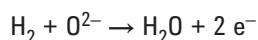


图3. 使用 MolSieve 5A 和 PoraPLOT Q 对预重整器废气的分析

出于多种原因，对阳极废气采样后，使用 490 微型气相色谱仪进行分析；谱图如图 4 所示。首先，对燃料电池的内部重整过程进行验证。如果重整有效，甲烷浓度会非常低。

分析废气成分的第二个原因是获得吸氢量，以计算燃料电池效率。490 微型气相色谱仪可在燃料电池正常工作期间分析氢的浓度，将所得结果与燃料电池未产生电流时的结果进行比较。

第三，测量氮气以确保系统没有泄漏。将废气中的氮气浓度与天然气成分分析的结果进行比较。氮气浓度升高表示燃料电池组件有泄漏。

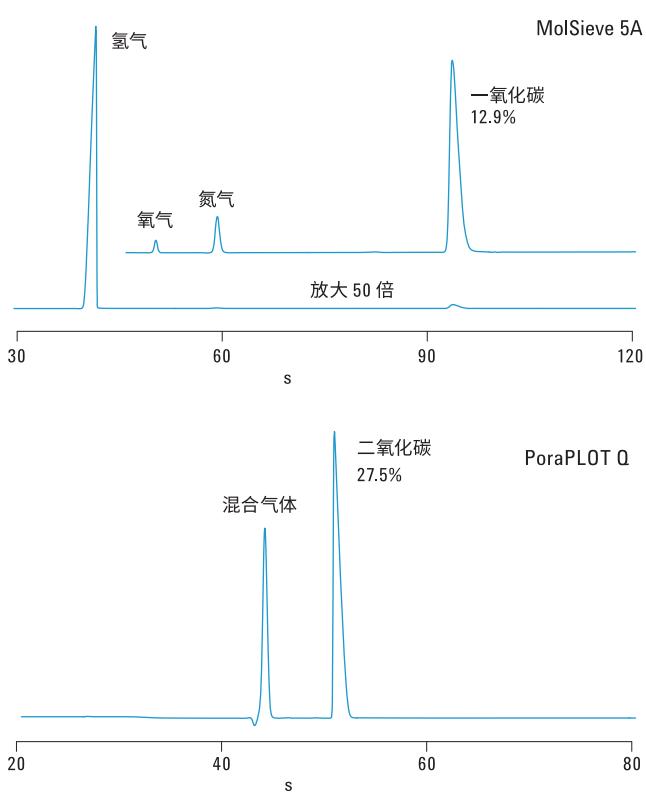


图4. 使用 MolSieve 5A 和 PoraPLOT Q 得到的废气分析色谱图

## 结论

本应用简报清楚地表明了 Agilent 490 微型气相色谱仪对于燃料电池气体分析的适用性。包括分子筛 (MS5A)、多孔聚合物 (PPQ) 和 100% 聚二甲基硅氧烷 (CP-Sil 5 CB) 色谱柱在内的三通道设置可以分析来自多个燃料电池过程的样品。系统可以快速准确地对天然气燃料、预重整废气和最终废气进行气体成分分析。

490 微型气相色谱仪只需几分钟就能得出结果，进而快速准确地生成丰富的趋势分析数据。对于 Ceramic Fuel Cells Limited (CFCL) 而言，提高分析速度对于研发和  $\beta$  测试期间优化燃料电池效率十分重要。

CFCL 选择 490 微型气相色谱仪而非普通台式气相色谱仪的另一个原因是便携性。这款系统体积小巧，功率和载气消耗低，因而可以在不同测试站之间轻松移动。可选的现场机箱中配备载气瓶和充电电池，进一步提高了系统灵活性。

## 参考文献

1. Fuel cell facts – Complete Set; Ceramic Fuel Cell Limited (CFCL); December 2011
2. “使用 Agilent 490 微型气相色谱沼气分析仪分析沼气”，安捷伦科技公司，出版号 5990-9508CHCN，2011 年 11 月

## 更多信息

这些数据仅代表典型的结果。有关我们的产品与服务的详细信息，请访问我们的网站 [www.agilent.com](http://www.agilent.com)。

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/chem/microgc](http://www.agilent.com/chem/microgc)

安捷伦对本资料可能存在的错误或由于提供、展示或使用本资料所造成的间接损失不承担任何责任。

本资料中的信息、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，2014  
2014 年 12 月 1 日，中国出版  
5991-3364CHCN



Agilent Technologies