

# 使用 Agilent 490 微型气相色谱天然气分析仪快速分析天然气

## 应用简报

微型气相色谱，烃加工，  
天然气分析

### 作者

Remko van Loon,  
安捷伦科技公司，  
米德尔堡，荷兰



### 摘要

天然气的组成与热值的测定是天然气生产与配送中最重要的环节，因为天然气的买卖价格与其能含量有关。本文将介绍 Agilent 490 微型气相色谱天然气分析仪在分析天然气和热值计算方面的应用。490 微型气相色谱仪是安捷伦为实验室、在线和现场应用提供的理想解决方案。



Agilent Technologies

## 前言

天然气主要由甲烷和不同含量水平的其他烃类和永久性气体如氧气、氮气和二氧化碳组成。不同来源的天然气通常含有含量不同的相同组分。

天然气是根据其能含量来进行交易的，因此天然气组成与热值的分析对贸易各方来说都至关重要。而 490 微型气相色谱天然气分析仪恰好能够解决这一需求，并且发挥重要作用。

490 微型气相色谱天然气分析仪作为整体解决方案进行销售；分析仪经过工厂调试可实现最优的分离，同时还包括最终测试数据、完整分析方法、用户手册和校检标样。我们提供操作简易的软件用于计算所有必需的物理参数，如热值和沃泊指数，美国试验材料学会 (ASTM)、天然气加工者协会 (GPA) 和国际标准化组织 (ISO) 的官方方法。

## 天然气分析仪的设置

根据天然气的不同组成和目标化合物，可提供四种配置不同的基于 490 微型气相色谱的天然气分析仪。表 1 显示了所有分析仪的配置和分析特性。其他配置信息请查看天然气分析仪数据列表 [1]。

天然气分析仪配有加热进样器和样品管线，在分析仪方法中将温度都设置为 110 °C，有助于消除冷点，防止水汽凝结，确保在整个样品流路中保持样品完整性。

表 1 显示了配有反吹放空选件的多个色谱柱通道。为了保护 CP-Molsieve 5A 固定相并保持分子筛柱的分离效率，需要对二氧化碳、水分和高碳烃类进行反吹。水分和二氧化碳通常会快速吸附在分子筛固定相上，从而改变其色谱性能。这会引起保留时间偏移和分离度降低。高碳数烃类会最后流出，但是会引起更高的检测器噪音，并可能导致灵敏度降低；通过反吹将高碳数烃类放出 Molsieve 5A 色谱柱通道，以避免此现象的发生。高碳数烃类和 C4 或更高碳数的烃类通过反吹放空出 PoraPLOT U 和 HayeSep A 通道。这将有效防止后流出的组分干扰下次分析。

表 1. Agilent 490 微型气相色谱天然气分析仪概况

分析仪特性	天然气分析仪 A	增强版天然气分析仪 A	天然气分析仪 B	增强版天然气分析仪 B
微型气相色谱仪机箱	双通道系统，已安装 2 个通道	四通道系统，已安装 3 个通道	双通道系统，已安装 2 个通道	四通道系统，已安装 3 个通道
安装的色谱柱通道	HayeSep A 40 cm, 不带反吹功能	HayeSep A 40 cm, 带反吹功能	PoraPLOT U 10 m, 带反吹功能	CP-MolSieve 5A 10 m, 带反吹和保留时间稳定选件
	CP-Sil 5 CB 6 m, 不带反吹功能	CP-Sil 5 CB 4 m, 带反吹功能	CP-Sil 5 CB 6 m, 不带反吹功能	PoraPLOT U 10 m, 带反吹功能
		CP-Sil 5 CB 8 m, 不带反吹功能		CP-Sil 5 CB 6 m, 不带反吹功能
分析	C1 至 C9 烃类 二氧化碳，空气	C1 至 C12 烃类 二氧化碳，空气	C1 至 C9 烃类 二氧化碳，空气，硫化氢	C1 至 C9 烃类 二氧化碳，空气，硫化氢 永久性气体 (N <sub>2</sub> 、O <sub>2</sub> 、He 和 H <sub>2</sub> )

CP-Molsieve 5A 色谱柱装配了保留时间稳定 (RTS) 选件。RTS 选件在电子气动控制装置和色谱柱模块之间装有附加的在线过滤器，可确保载气中不含水分和二氧化碳。使用 RTS 选件 可提高二氧化碳反吹的效率。能够延长色谱柱寿命，更重要的是，还能实现更稳定的保留时间。

可使用内部采样泵通过 Tedlar 采样包进行加压（最大压力限为 1 bar），或通过连续流量采样模式将天然气样品引入 490 微型气相色谱仪。如果您需要在单个分析仪上分析多种气体流或连接多个校正样品进行自动校正，则建议使用流路选择阀。

为了扩展液化石油气 (LPG) 和液化天然气 (LNG) 样品的范围，在样品引入气相色谱进样器进行分析前，可使用微型气化器来控制样品的蒸发。此外，无需创建冷凝点就可减少高压气体样品，防止出现样品歧视。

## 使用天然气分析仪 A 快速分析天然气

天然气分析仪 A 的第一个通道配有 HaySep A 色谱柱，用于分离甲烷与混合空气峰（氮气和氧气）。二氧化碳、乙烷和丙烷也在此色谱柱通道中进行分析。图 1 展示了这些化合物的示例色谱图。

使用装有 6 米 CP-Sil 5 CB 色谱柱的第二个色谱柱通道分析从丙烷到正壬烷的烃类。图 2a 所示为 6 米 CP-Sil 5 CB 色谱柱分离碳链至正辛烷的烃类所得的色谱图；正己烷在 60 s 内流出，正辛烷则在 3 min 后流出。丙烷在 HayeSep A 和 CP-Sil 5 CB 色谱柱上均能有效分离，因此可用作桥接化合物。图 2b 示出了使用 6 米 CP-Sil 5 CB 色谱柱分离获得的色谱图的延伸部分，这部分显示了至正壬烷流出的分析结果。

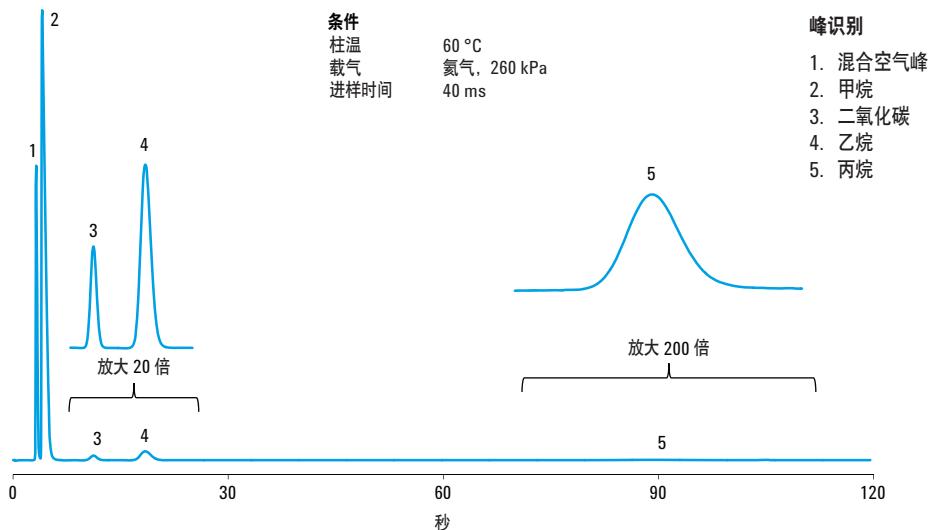


图 1. HayeSep A 色谱柱上分离氮气、二氧化碳、C1 – C3 烃类所得的色谱图

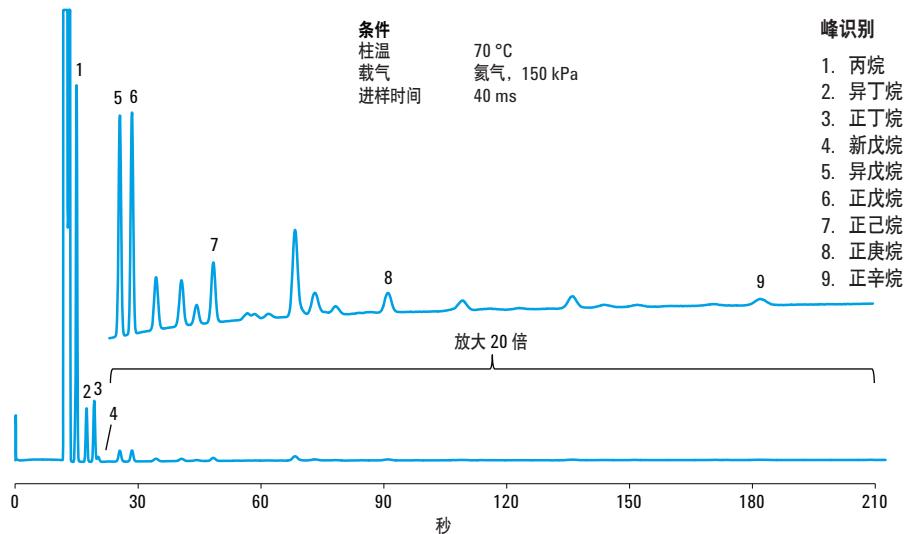


图 2a. 使用 6 米 CP-Sil 5 CB 色谱柱分离 C3 – C8 烃类所得的色谱图

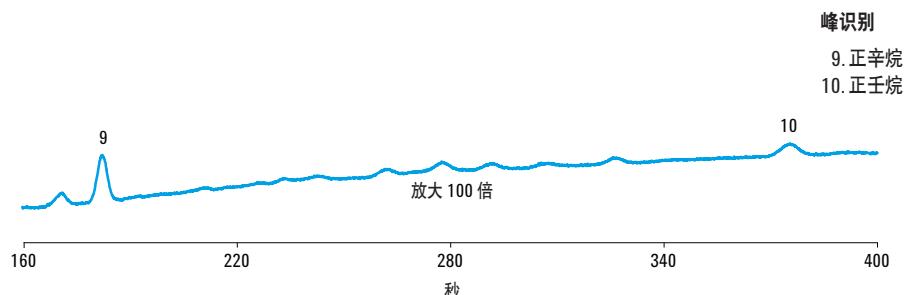


图 2b. 使用 6 米 CP-Sil 5 CB 色谱柱分离 C8 – C9 烃类所得的色谱图

## 采用增强版天然气分析仪 A 可分析碳链最长至正十二烷的烃类

增强版天然气分析仪 A 用于分析碳链最长至正十二烷的天然气。

增强版分析仪配有一个色谱柱通道。第一个是 HayeSep A 色谱柱通道，用于从混合空气峰中分离出甲烷、二氧化碳、乙烷和丙烷。该通道配有一个反吹功能，确保丁烷和后流出的烃类可反吹到排放口。

图 3 显示了 HayeSep A 通道的分离示例，丙烷在 2 min 内流出。

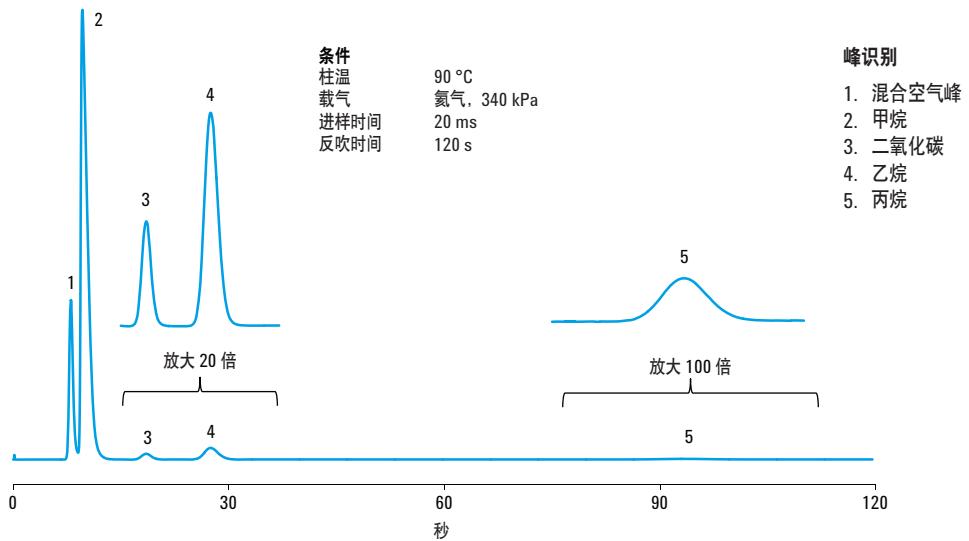


图 3. 带反吹功能的 HayeSep A 色谱柱分析所得的色谱图

第二个色谱柱通道配有 4 米长的 CP-Sil 5 CB 色谱柱，同时具有反吹功能，用于分析 C3 到 C5 的烃类；图 4 为分离色谱图。正己烷和更高碳原子数的烃类则反吹到排放口。

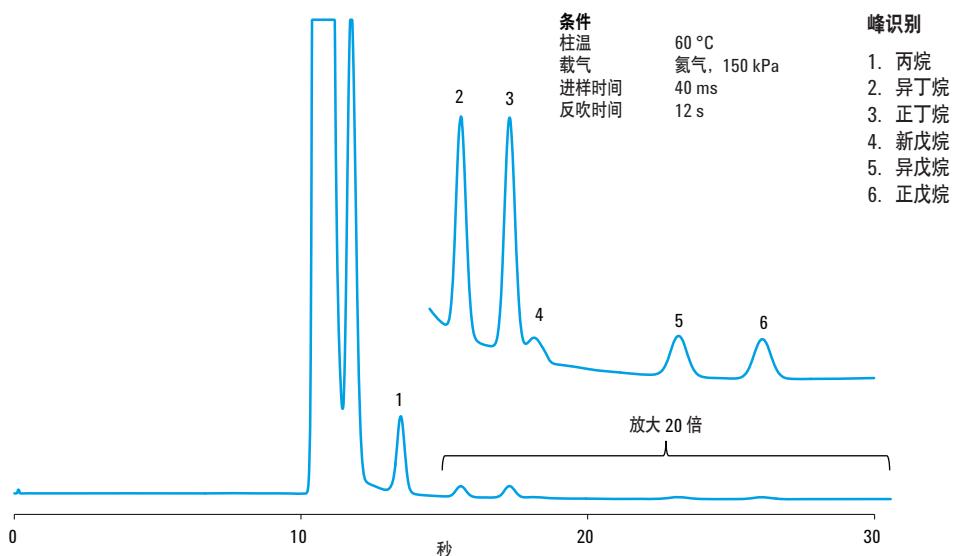


图 4. 使用 4 米 CP-Sil 5 CB 色谱柱分离 C3 – C5 烃类所得的色谱图

第三个色谱柱通道配有 8 米长的 CP-Sil 5 CB 色谱柱，用于分析从正己烷到正十二烷的高碳数烃类；正十二烷大约在 240 s 流出。碳链最长至正癸烷的天然气样品的分离结果见图 5a，分析时间不到 2 min。图 5b 显示了从正己烷到正十二烷的烃类气体混合物的分析结果，典型的分析时间为 240 s。

## 使用天然气分析仪 B 分析含硫化氢天然气

当需要分析天然气中的硫化氢气体时，490 微型气相色谱天然气分析仪 B 将是首选分析仪。该分析仪使用 PoraPLOT U 色谱柱通道分离甲烷和混合空气峰（氮气和氧气）。该色谱柱也用于分析二氧化碳、乙烷和丙烷。图 6 的色谱图显示了天然气在 PoraPLOT U 色谱柱上分离的示例；总分析时间大约为 60 s。对于硫化氢的分

析，由于 PoraPLOT U 通道的不锈钢管线和微型气相色谱仪的进样口采用 UltiMetal 去活涂层，可提供惰性流路和出色的峰形，因此确保即使是 ppm 级的硫化氢气体也能获得正确的分离。

对于丙烷到正壬烷的烃类分析，则可通过天然气分析仪 B 的第二个配有 6 米 CP-Sil 5 CB 色谱柱的通道完成。该色谱柱与天然气分析仪 A 上使用的色谱柱完全相同。该通道的色谱图参见图 2a 和 2b。

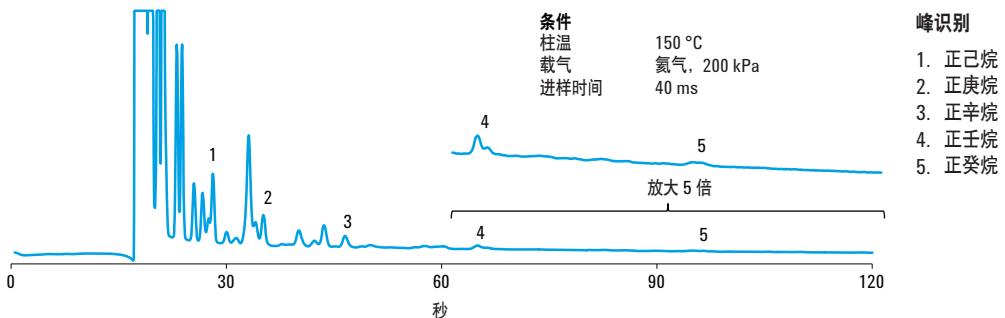


图 5a. 8 米 CP-Sil 5 CB 色谱柱上分离天然气所得的色谱图

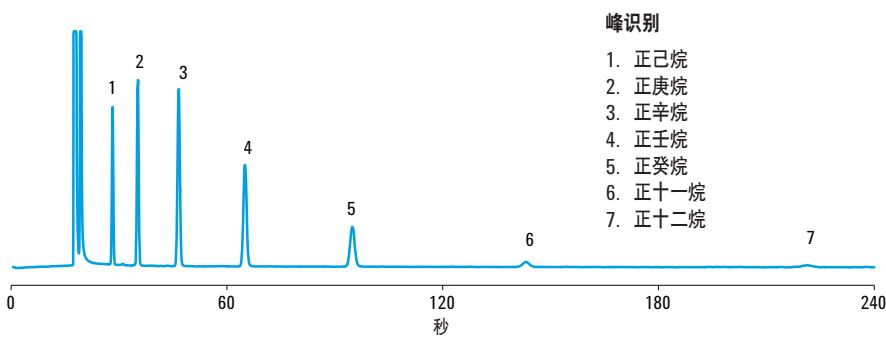


图 5b. 8 米 CP-Sil 5 CB 色谱柱上分离 C7-C12 烃类混合物所得的色谱图

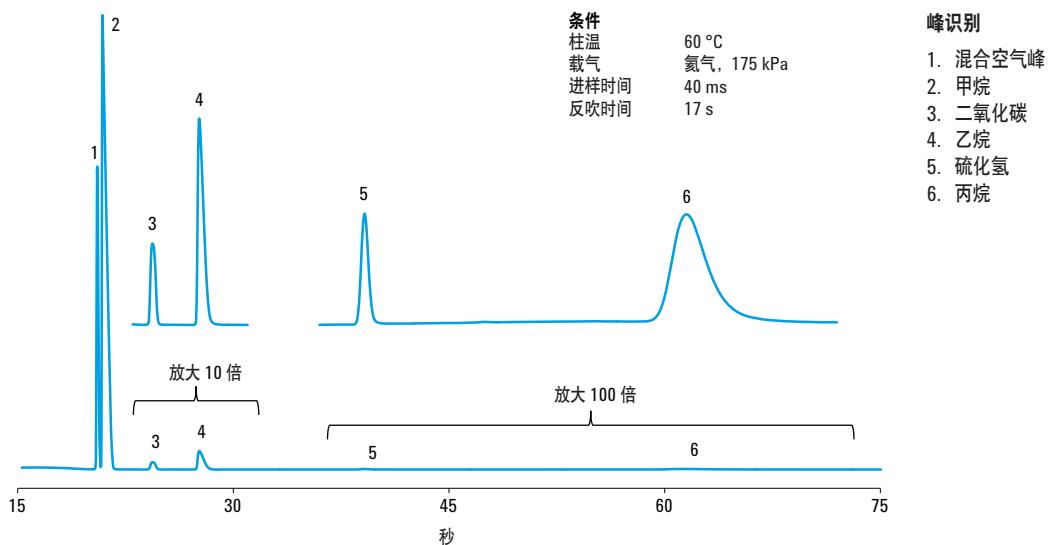


图 6. PoraPLOT U 色谱柱通道上分离天然气所得的色谱图

### 使用增强版天然气分析仪 B 分析永久性气体

增强版的 490 微型气相色谱天然气分析仪配有额外的 CP-MolSieve 5A 色谱柱通道，可用于分析天然气样品中的永久性气体。该通道使用氦气作为载气，可成功对氧气和氮气进行分离和定量，如图 7 (上图) 所示。当分析氦气、氖气或氢气时，则需要使用氩

气代替氦气作为载气。图 7 的下图显示了使用氩气作载气在分子筛柱上分离所得的色谱图。在仅使用分子筛柱时为了能够将载气灵活切换为氩气，可将此通道连接到一个位于微型气相色谱仪背面的独立载气进样口。

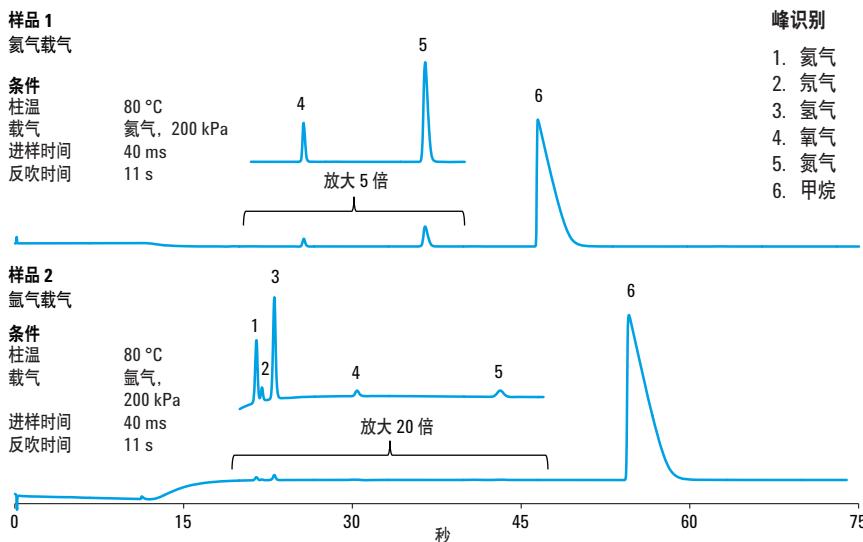


图 7. CP-MolSieve 5A 色谱柱通道上分析永久性气体所得的色谱图

## 天然气物理特性报告工具

通过所选的色谱数据软件 (EZChrom Elite、OpenLAB EZChrom 或 OpenLAB Chemstation) 将所有单个组分的分析结果发送到 EZReporter 软件来计算各种物理特性, 如热值、相对密度、压缩率和沃泊指数, 参见图 8 (左图)。这些关键的参数对于确定天然气的商业价值非常重要。EZReporter 软件支持的报告须遵循官方方法 ASTM D3588、ISO 6976 和 GPA 2172。该报告可以在本地打印, 或者导出到文件中以便在实验室信息管理系统 (LIMS) 中作进一步使用。

利用该软件还能选择原始分析量和关键参数计算值, 用于监控和分析历史趋势。这些监控参数可以设置警示上限和下限, 以便更好地查看天然气流的分析结果。图 8 给出了一些样品的分析结果 (中图和右图)。

## 结论

微型气相色谱天然气分析仪是分析天然气流更胜一筹的解决方案。无论您是在实验室、在线/旁线或是在现场, “随时随地测量”的微型气相色谱仪可在数秒内为您提供天然气分析结果。

天然气分析仪 A 配有 HayeSep A 和 6 米 CP-Sil 5 CB 色谱柱通道, 可用于分析天然气。该分析仪可以从空气中分离甲烷, 并分析碳链最长至正壬烷的烃类。同时还能分析二氧化碳。总分析时间取决于样品中的烃类; 碳链最长至正庚烷的烃类大约可在 90 s 内分离, 正壬烷则可在 400 s 内流出。

当您想要分析天然气中碳链最长至正十二烷的烃类时, 则需要使用增强版天然气分析仪 A。两个不同的 CP-Sil 5 CB 通道替代了 6 米长的 CP-Sil 5 CB 色谱柱通道。短的 CP-Sil 5 CB (4 米) 色谱柱将分离丙烷到戊烷的烃类; 己烷和更高碳数烃类将被反吹到排放口。第二个 CP-Sil 5 CB 通道配有 8 米色谱柱, 可用于分析己烷至正十二烷的烃类。

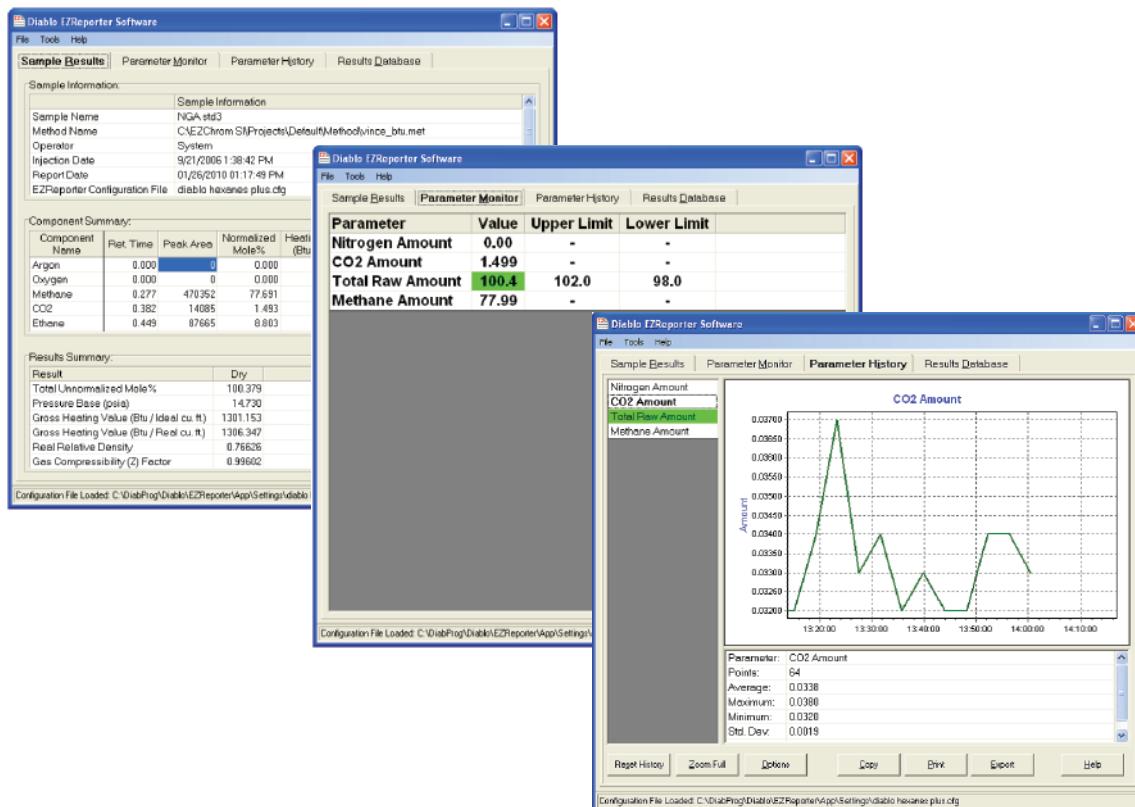


图 8. 采用 EZReporter 软件生成的样品分析结果, 包括物理特性计算值 (左图)、参数监测 (中图) 和趋势分析 (右图)

天然气分析仪 B 配有 PoraPLOT U 和 6 米长的 CP-Si 5 CB 色谱柱通道，可快速对天然气进行分析，即从空气中分离甲烷、二氧化碳和碳链最长至正壬烷的烃类气体。此外，该分析仪也可用于分析硫化氢。系统的不锈钢进样口经过 UltiMetal 脱活处理，使硫化氢获得出色的峰形。

如果需要了解天然气样品中永久性气体的详细分析结果，增强版天然气分析仪 B 将是您最佳的选择。该分析仪另外还配有一根 CP-MolSieve 5A 色谱柱，在其使用氦气作为载气时能够分离氧气和氮气。当该分析仪使用氩气作载气时，也可以检测氦气和氢气。

490 微型气相色谱天然气分析仪已经过工厂调试，并对反吹次数进行适当设置。安捷伦天然气分析仪发货时附带最终测试数据、最优的分析方法、天然气分析仪用户手册和校检标样试剂盒等安装所需的所有资料。

分析仪硬件和精选的色谱数据系统 (CDS) 相结合，提供了简单易用、功能强大的系统。EZReporter 软件与安捷伦 CDS 系统相连接，可提供符合美国试验材料学会 (ASTM D3588)、天然气加工者协会 (GPA 2172) 和国际标准化组织 (ISO 6976) 要求的自动热值/BTU 计算结果和报告。

如需了解 490 微型气相色谱天然气分析仪或其他微型气相色谱解决方案的更多信息，请访问我们的网站  
[www.agilent.com/chem/microgc](http://www.agilent.com/chem/microgc)

## 参考文献

1. 5991-0301EN; Agilent 490 微型气相色谱天然气分析仪；  
安捷伦数据表，2012 年 4 月

## 更多信息

这些数据仅代表典型结果。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/chem/cn](http://www.agilent.com/chem/cn)

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

安捷伦不对本文可能存在的错误或由于提供、展示或使用本文所造成的间接损失承担任何责任

本文中的信息、说明和技术指标如有变更，恕不另行通知。

© 安捷伦科技（中国）有限公司, 2012  
2012 年 4 月 16 日, 中国印刷  
5991-0275CHCN



**Agilent Technologies**