

Cálculo del valor calorífico del gas natural con el sistema Micro GC Agilent 990 PRO

Autora

Jie Zhang
Agilent Technologies, Inc.

Resumen

Esta nota de aplicación ofrece una introducción a la funcionalidad del sistema Micro GC Agilent 990 de procesos (PRO) sobre cómo analizar el gas natural y calcular por separado su contenido energético.

Introducción

El gas natural es un recurso energético importante. Es ampliamente utilizado en diferentes industrias para fundir, secar, hornear y barnizar un producto. En los hogares en general se utiliza para cocinar, calentar e iluminar. También se puede utilizar como combustible para vehículos. La reacción del gas natural con el oxígeno provoca la liberación la energía química del gas natural. El comercio de gas natural se determina principalmente por su contenido energético. Normalmente, para estimar el contenido energético del gas natural se utiliza el análisis por cromatografía de gases (GC).

Diversas organizaciones, como la Asociación de Procesadores de Gas (GPA), que colabora con el Instituto Americano del Petróleo, la ASTM internacional (antigua Sociedad Americana de Pruebas y Materiales) y la Organización Internacional de Normalización (ISO; por sus siglas en inglés, respectivamente), han desarrollado diferentes normas para el cálculo energético del gas natural basadas en los valores de energía de los compuestos individuales y en otras constantes físicas.

El sistema Micro GC 990 de procesos (PRO) puede funcionar como un GC de procesos inteligente para analizar rápidamente la composición de una corriente de gas natural y, a continuación, realizar automáticamente cálculos internos de su contenido energético de acuerdo con las normas mencionadas anteriormente.

Con la ayuda del software Agilent PROstation, el usuario puede cargar métodos de cálculo de energía predefinidos (siguiendo las normas de la GPA, ASTM, ISO o GOST) en el

Micro GC 990 (PRO). Con la realización de cada análisis de cromatografía, el sistema Micro GC 990 PRO prepara la concentración molar normalizada para cada componente diana y, a continuación, los incorpora por separado a un proceso de cálculo del contenido energético interno. Finalmente, se puede generar un informe para la corriente de gas analizado con información sobre el contenido energético, que incluye el valor calorífico superior e inferior total (dependiendo del agua existente en estado líquido o gaseoso), la densidad, la densidad relativa y el índice de Wobbe.

En esta nota de aplicación se muestra el análisis de composición y el cálculo del valor calorífico del gas natural que realiza el sistema Micro GC 990 PRO.

Experimento

El gas natural simulado se analizó en un sistema Micro GC Agilent 990 PRO de dos canales. El canal 1 es un canal de retroflujo Agilent J&W CP-PoraPLOT U de 10 m para el análisis de nitrógeno, metano, dióxido de carbono y etano. El canal 2 es un canal recto Agilent J&W CP-Sil 5 CB de 6 m para el análisis de propano, isobutano, butano, 2,2-dimetilpropano, isopentano, pentano y hexano.

El sistema Micro GC 990 utilizado tiene licencias PRO y de medidor de energía. La licencia PRO permite el funcionamiento independiente del instrumento a una hora preestablecida y el procesamiento interno de los datos, entre los que se incluyen la integración, identificación y cuantificación basadas en el método precargado. La licencia de medidor de energía permite el cálculo automático interno del contenido energético del gas combustible basándose en el resultado de la cuantificación PRO GC.

En la Tabla 1 se enumeran los métodos analíticos utilizados para el análisis de la composición del gas natural. La composición de la muestra de gas aparece en la Tabla 2. Los parámetros analíticos se grabaron previamente en la placa base del sistema Micro GC 990 PRO con la ayuda del software Agilent PROstation. La curva de calibración estándar externa para cada componente diana se desarrolló con PROstation.

Tabla 1. Configuración y condiciones analíticas del sistema Micro GC Agilent 990 PRO.

Parámetros del sistema Micro GC Agilent 990 PRO		
Tipo de canal	Canal con retroflujo Agilent J&W CP-PoraPLOT U de 10 m	Canal recto Agilent J&W CP-Sil 5 CB de 6 m
Tiempo de muestreo	30 segundos	30 segundos
Temperatura del inyector	110 °C	110 °C
Presión de la columna	200 kPa	175 kPa
Temperatura de la columna	80 °C	70 °C
Tiempo de retroflujo	11,3 segundos	NA

Tabla 2. Composición del gas natural simulado.

Compuesto	Concentración (% de moles)
Nitrógeno	2,04%
Dióxido de carbono	3,12%
Etano	0,575%
Propano	0,084%
Isobutano	0,011%
Butano	0,011%
2,2-dimetilpropano	0,0106%
Isopentano	0,0097%
Pentano	0,011%
Hexano	0,0102%
Metano	Equilibrio

El método de normalización se definió y grabó en la placa base junto con los métodos de calibración y cálculo de energía antes del análisis de la muestra real. Cuando se inició el análisis, el sistema GC PRO implementa estos métodos para la adquisición de datos y el cálculo en el sistema, con el fin de generar información energética sobre la muestra. En esta aplicación, el método de cálculo se ha desarrollado a partir de la norma ISO 6976-2016, tal y como se muestra en la configuración del método (Figura 1).

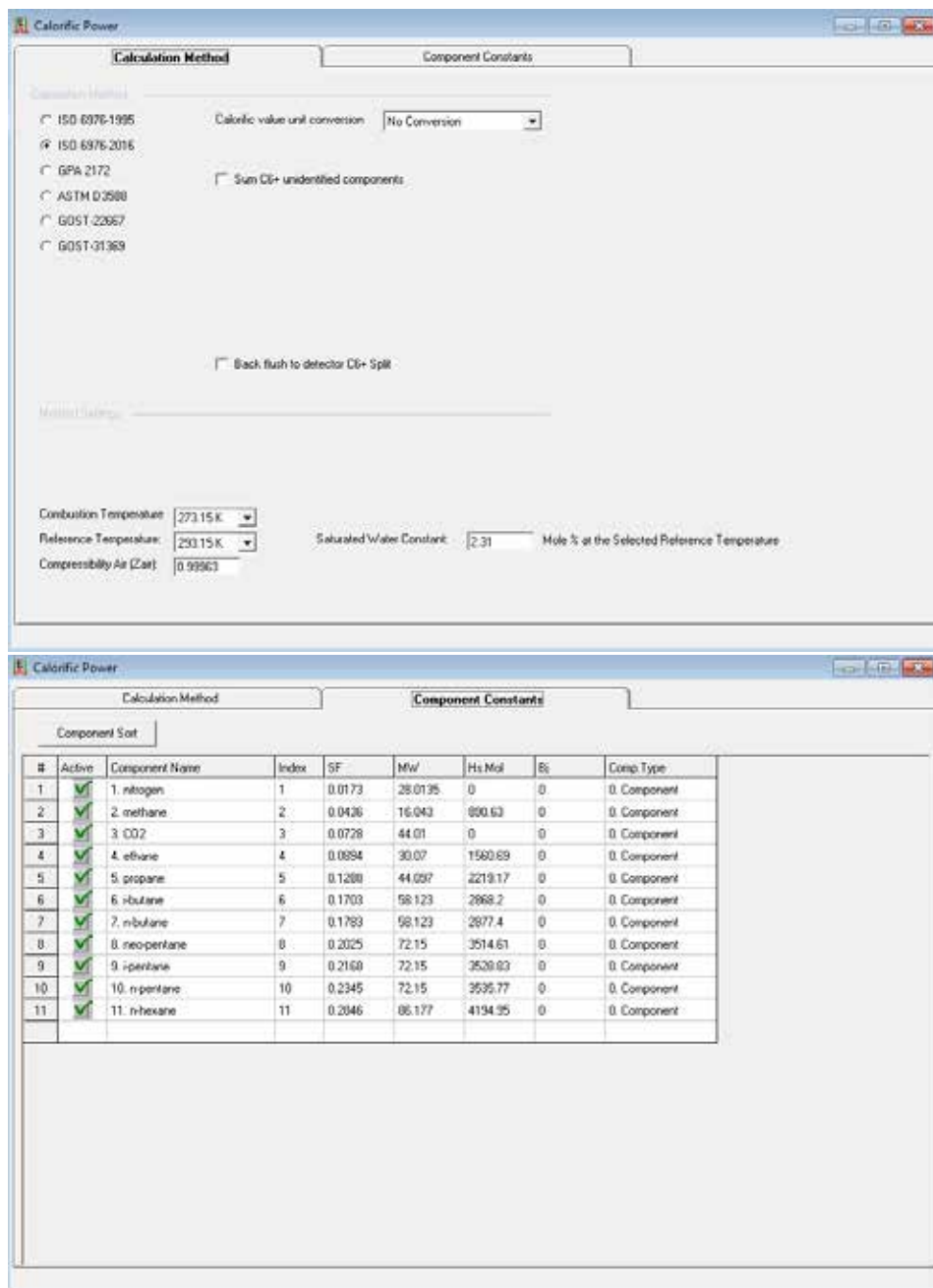


Figura 1. Valores del método de cálculo del valor calorífico a partir de la norma ISO del software PROstation de Agilent.

Resultados y comentarios

Las Figuras 2a y 2b muestran los cromatogramas generados en el canal 1 y en el canal 2 para la muestra simulada de gas natural. Los picos se integraron en el sistema de acuerdo con los parámetros de integración optimizados para cada canal analítico. El resultado de la integración se utilizó para generar el resultado de la cuantificación para cada componente diana a partir de las curvas del patrón externo grabadas previamente. La normalización de la concentración se realizó a través de dos canales analíticos para todos los componentes objetivo de acuerdo con el ajuste de la tabla de normalización (Figura 3). A continuación, se utilizaron las concentraciones normalizadas para el cálculo interno del valor calorífico de acuerdo con los métodos de cálculo de energía predefinidos.

La Figura 4 muestra los resultados de la cuantificación y el cálculo del contenido energético para el gas natural simulado. La parte de "energía" indica la norma que se sigue para el cálculo, y las propiedades físicas clave que se deben calcular en la norma, como la compresibilidad, la densidad relativa, el valor calorífico superior e inferior en unidades molares, de peso y volumen, así como el índice de Wobbe. Los tipos de propiedades que se muestran en el informe varían según el requisito de la norma.

Los resultados de la cuantificación basados en el análisis cromatográfico se muestran en la parte inferior del informe. Se informa tanto de la concentración como de la concentración normalizada del patrón externo. El informe se generó en el software PROstation de Agilent en cuanto se terminó cada separación cromatográfica. El ciclo de análisis en las condiciones aplicadas en este trabajo es de aproximadamente 90 segundos desde el muestreo hasta la separación y el informe generado. Si se utiliza el modo de flujo continuo, la duración del ciclo de análisis puede reducirse aún más hasta los 60 s.

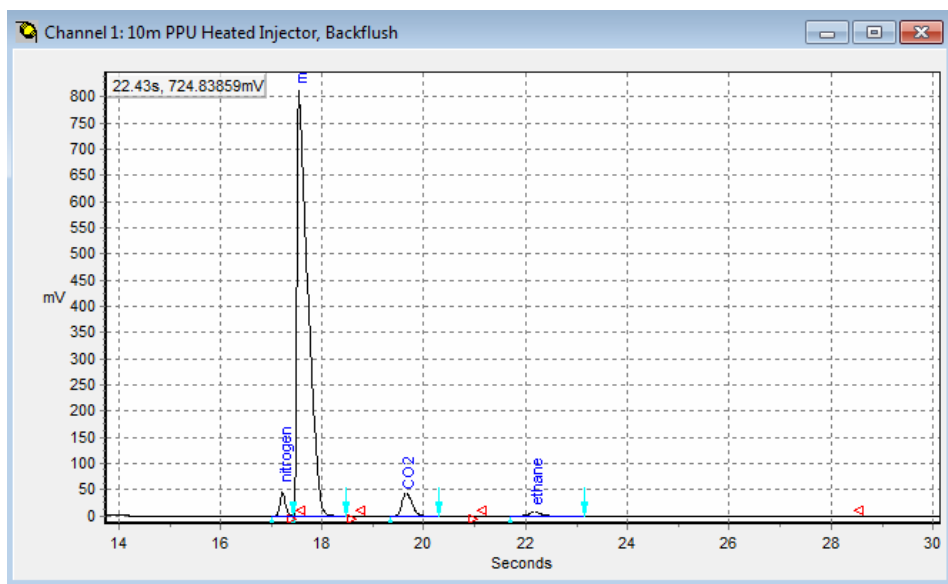


Figura 2a. Cromatograma de N₂/metano/CO₂/etano en el canal de retroflujo Agilent J&W CP-PoraPLOT U de 10 m.

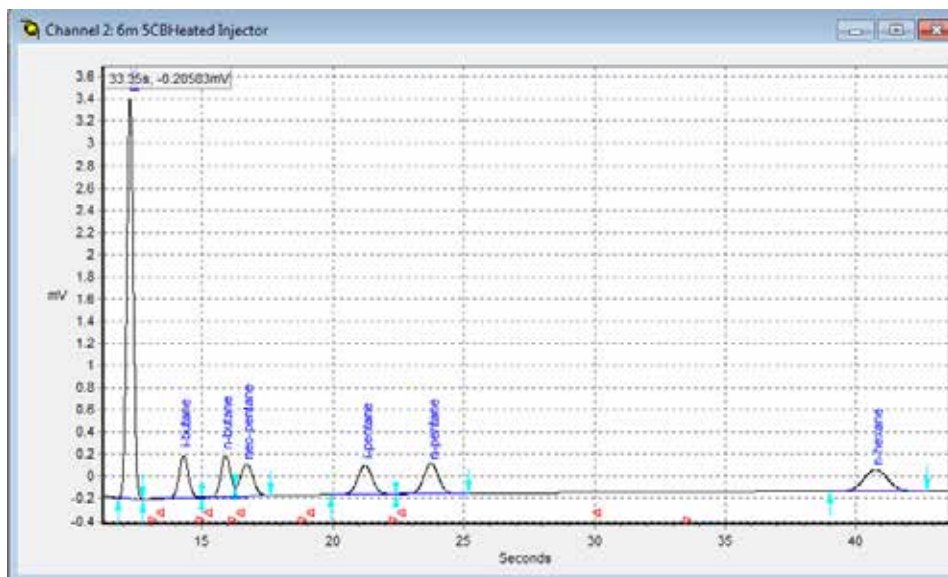


Figura 2b. Cromatograma de hidrocarburos C3-C6 en el canal recto Agilent J&W CP-Sil 5 CB de 6 m.

Normalization Table											
Synchronize											
#	Active	Peak Name	Channel	Ignore	Bridge Comp #	Estimate	Estim.Conc	Test.Conc	RefConcPeak#	RefPeakConc%	Group#
1	✓	nitrogen	1		0. None		0	0	0	0	0
2	✓	methane	1		0. None		0	0	0	0	0
3	✓	CO2	1		0. None		0	0	0	0	0
4	✓	ethane	1		0. None		0	0	0	0	0
5	✓	propane	2		0. None		0	0	0	0	0
6	✓	i-butane	2		0. None		0	0	0	0	0
7	✓	n-butane	2		0. None		0	0	0	0	0
8	✓	neo-pentane	2		0. None		0	0	0	0	0
9	✓	i-pentane	2		0. None		0	0	0	0	0
10	✓	n-pentane	2		0. None		0	0	0	0	0
11	✓	n-hexane	2		0. None		0	0	0	0	0

Figura 3. Valores de la tabla de normalización para el análisis de gas natural en este trabajo.

SAMPLE		ENERGY				CONDITIONS					
Sampling Time	06/10/2019 14:10:50	Calc Method	ISO 6976-2016	Dry	Saturated						
Run Number	3	Water Mole	[%]	-	2.31	ENVIRONMENT					
Run Type	Analysis	Compressibility	[]	0.9981	0.9975	Cabinet Temperature	[°C]	34			
Calibration Level	0	Molar Mass	[g/mol]	17.2666	17.2839	Ambient Pressure	[hPa]	102.1			
Stream #	1 [checked]	Relative Density,Ideal	[]	0.5961	0.5967	SITE INFO					
Sum ESTD	1.0238	Relative Density,Real	[]	0.5971	0.5980	Customer ID					
Sum Estimates	0.0000	Gas Density,Ideal	[kg/m3]	0.7178	0.7185	Instrument Name	990-PRO Micro GC				
Sum Areas	1130262.3775	Gas Density,Real	[kg/m3]	0.7192	0.7203	Serial Number	10001				
Total Peaks	11	Superior Heating Value (Volume Real)	[MJ/m3]	35.60	34.79	Tag Number					
Is Startup Run	False	Inferior Heating Value (Volume Real)	[MJ/m3]	32.01	31.29	Cylinder 1 Tag					
Unknown Peaks	6	Superior Heating Value (Volume Ideal)	[MJ/m3]	35.53	34.71						
Current Stream #	0	Inferior Heating Value (Volume Ideal)	[MJ/m3]	31.95	31.21						
		Superior Heating Value(Mass)	[MJ/kg]	49.50	48.30						
		Inferior Heating Value(Mass)	[MJ/kg]	44.51	43.44						
		Superior Heating Value(Molar)	[kJ/mol]	854.62	834.88						
		Inferior Heating Value(Molar)	[kJ/mol]	768.57	750.82						
		Wobbe Index (Real)	[MJ/m3]	48.07	44.99						
		Wobbe Index inferior	[MJ/m3]	41.43	40.46						
<input type="checkbox"/>	Hide non Appl pks										
<input type="checkbox"/>	Hide Ignored Appl pks										

#	Channel	Peakname	ESTD Conc.	Nom. Conc.	Retention [s]	Area	Height	MethIndex	Group#	R.F.	Weight%
1	1	nitrogen	0.019951	1.948797	17.38	24782.7169	13635198.2679	1	0	8.0504E-07	3.1617
2	1	methane	0.965245	94.283973	17.60	746196.9431	132956588.1529	2	0	1.293553E-06	87.5998
3	1	CO2	0.031328	3.060127	19.75	38813.4314	6589405.0954	3	0	8.071595E-07	7.7997
4	1	ethane	0.009773	0.963867	22.33	7797.2239	1375294.4939	4	0	7.441685E-07	0.9620
5	2	propane	0.000837	0.081791	12.24	1714.7951	952927.5260	5	0	4.883076E-07	0.2089
6	2	i-butane	0.000107	0.010478	14.29	290.7882	39425.5766	6	0	3.688964E-07	0.0353
7	2	n-butane	0.000106	0.010367	15.89	283.3521	38176.9311	7	0	3.748673E-07	0.0349
8	2	neo-pentane	0.000106	0.010374	16.69	282.8061	29531.1083	8	0	3.755438E-07	0.0433
9	2	i-pentane	0.000097	0.009514	21.22	290.1013	26104.6298	9	0	3.357591E-07	0.0398
10	2	n-pentane	0.000110	0.010771	23.74	300.9403	27215.5715	10	0	3.664064E-07	0.0450
11	2	n-hexane	0.000102	0.009941	40.74	332.8352	19101.1810	11	0	3.057677E-07	0.0496

Figura 4. Informe de cálculo del contenido energético generado por el sistema Micro GC Agilent 990 PRO.

El sistema Micro GC 990 PRO funciona como un "detector" o "sensor" para el análisis de una corriente de gas natural. El software PROstation se utiliza para:

- elaborar métodos, incluidos métodos analíticos, cualitativos y cuantitativos, y métodos de cálculo del contenido energético,
- ajustar el modo de automatización,
- definir cómo dar salida a los resultados.

Todos estos "comandos" los graba PROstation en la placa base. En el análisis real, el sistema Micro GC Pro puede funcionar por sí solo sin necesidad de conectarse al software PROstation. El resultado de la cuantificación y el contenido energético no se mostrarán en el formato aquí mostrado si el software PROstation no está conectado. En lugar de ello, los resultados se pueden mostrar en la pantalla táctil del sistema Micro GC 990 PRO con desplazamiento vertical, como se muestra en la Figura 5. Además, el resultado se puede exportar a través

de FTP como archivo.txt o utilizando el protocolo Modbus a otros terminales para su monitorización y grabación. La salida analógica es otro método para producir resultados de análisis en señal de tensión o corriente a través de una conexión a la tarjeta analógica de extensión (Figura 6). La conversión de la señal analógica y el resultado de la cuantificación o el contenido energético se pueden predefinir y cargar en la placa base del Micro GC PRO.

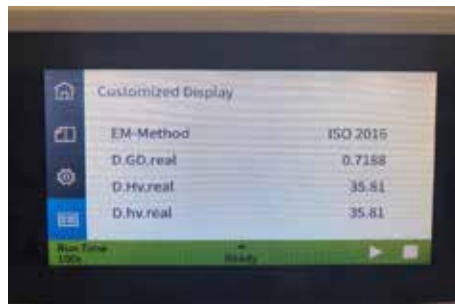


Figura 5. Los resultados del cálculo del valor calorífico se muestran en la pantalla táctil del sistema Micro GC Agilent 990 PRO.

Conclusión

En esta nota de aplicación se muestra el análisis de la composición del gas natural y el cálculo del contenido energético con el sistema Micro GC Agilent 990 PRO. La licencia PRO y la licencia de contenido energético están activadas en el sistema Micro GC 990 PRO para permitir el análisis automatizado de la composición del gas combustible y el cálculo del contenido energético. El proceso de análisis, desde el muestreo, la separación y la cuantificación hasta el cálculo del valor calorífico y la exportación de resultados se ejecuta de forma autónoma según el método pregrabado y el modo de automatización existente en la placa base del sistema Micro GC PRO. Los métodos de cálculo de energía se desarrollan de conformidad con diferentes normas internacionales, entre las que se incluyen las normas ASTM, ISO, GPA y GOST. Todos los métodos se desarrollan en PROstation y luego se descargan al sistema Micro GC 990 PRO para su funcionamiento independiente y automatizado. Los resultados del cálculo del contenido de energía se pueden mostrar en una pantalla táctil local o se pueden exportar a través de FTP, Modbus y señales analógicas para su monitorización y grabación.

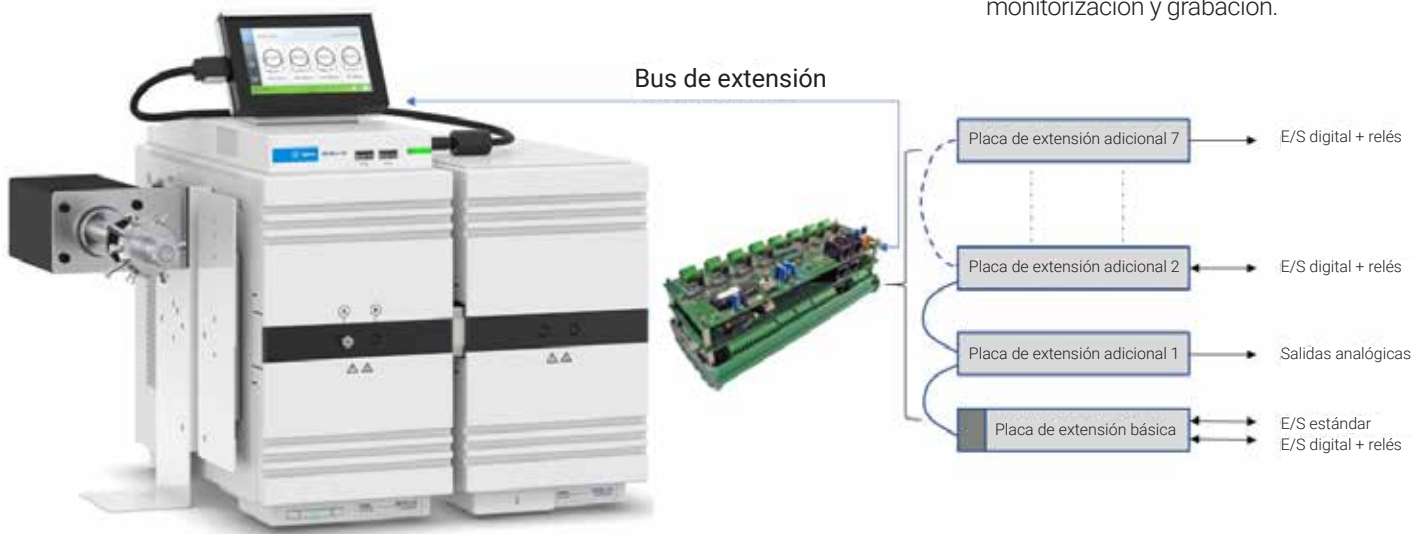


Figura 6. Conexión del sistema Micro GC Agilent 990 PRO con la tarjeta de extensión para la salida analógica de los resultados de análisis.

www.agilent.com/chem

Esta información está sujeta a cambios sin previo aviso.