

Calcolo del potere calorifico del gas naturale con il sistema Micro GC Agilent 990 PRO

Autore

Jie Zhang
Agilent Technologies, Inc.

Abstract

In questa nota applicativa è fornita un'introduzione alle funzionalità del sistema Micro GC Agilent 990 PRO (di processo) riguardo a come analizzare e calcolare in modo autonomo il contenuto energetico del gas naturale.

Introduzione

Il gas naturale rappresenta un'importante risorsa energetica. È ampiamente utilizzato in differenti settori industriali per fondere, essiccare, cuocere e smaltare un prodotto, è utilizzato nelle case per cuocere, riscaldare e illuminare e può anche essere utilizzato come carburante per i veicoli. L'energia chimica del gas naturale è rilasciata dalla reazione tra il gas naturale e l'ossigeno. Il commercio del gas naturale è determinato principalmente dal suo contenuto energetico. Tale contenuto energetico viene generalmente stimato mediante un'analisi in gascromatografia (GC) del gas.

Numerose organizzazioni come la GPA (Gas Processors Association), che collabora con l'American Petroleum Institute, l'ASTM International, precedentemente denominata American Society of Testing and Materials, e l'ISO (International Organization for Standardization) hanno sviluppato differenti standard per il calcolo dell'energia del gas naturale in base ai valori energetici dei singoli composti e ad altre costanti fisiche.

Il sistema Micro GC Agilent 990 PRO (di processo) è in grado di funzionare come un intelligente sistema GC di processo per analizzare rapidamente la composizione di un flusso di gas naturale e quindi calcolarne internamente in modo automatico il contenuto energetico sulla base degli standard citati precedentemente.

Con l'aiuto del software Agilent PROstation, un utilizzatore ha la possibilità di caricare metodi di calcolo energetico predefiniti (sulla base degli standard GPA/ATSM/ISO/GOST) sul

sistema Micro GC Agilent 990. Al termine di ciascuna analisi cromatografica, il sistema Micro GC 990 PRO genera la concentrazione molare normalizzata di ciascun componente target, quindi invia in modo autonomo i valori generati a un processo interno di calcolo del contenuto energetico. Infine, è possibile generare un report per il flusso di gas analizzato che riporta informazioni riguardo al contenuto energetico, tra cui potere calorifico totale superiore/inferiore (a seconda che sia presente acqua allo stato liquido o gassoso), densità, densità relativa e indice di Wobbe.

In questa nota applicativa si illustra l'analisi della composizione e il calcolo del potere calorifico del gas naturale mediante il sistema Micro GC 990 PRO.

Condizioni sperimentali

Gas naturale simulato è stato analizzato mediante un sistema Micro GC 990 PRO a due canali. Il canale 1 è un canale con backflush Agilent J&W CP-PoraPLOT U da 10 m per l'analisi di azoto, metano, anidride carbonica ed etano. Il canale 2 è un canale dritto Agilent J&W CP-Sil 5CB da 6 m per l'analisi di propano, isobutano, butano, 2,2-dimetilpropano, isopentano, pentano ed esano.

Il sistema Micro GC Agilent 990 utilizzato possiede le licenze PRO e di misuratore energetico. La licenza PRO consente il funzionamento autonomo dello strumento a orari pre-programmati e l'elaborazione interna dei dati, incluse integrazione, identificazione e quantificazione in base al metodo pre-caricato. La licenza di misuratore energetico consente il calcolo interno automatico del contenuto energetico di combustibili gassosi in base al risultato di quantificazione del sistema GC PRO.

Nella Tabella 1 sono elencati i metodi analitici utilizzati per l'analisi della composizione del gas naturale.

La composizione del campione di gas è riportata nella Tabella 2. I parametri analitici sono stati pre-immessi nella scheda madre del sistema Micro GC 990 PRO con l'aiuto del software Agilent PROstation. La curva di calibrazione standard esterna per ciascun componente target è stata sviluppata utilizzando PROstation.

Tabella 1. Configurazione e condizioni analitiche del sistema Micro GC Agilent 990 PRO.

I parametri del sistema Micro GC Agilent 990 PRO		
Tipo di canale	Agilent J&W CP-PoraPLOT U da 10 m, backflush	Agilent J&W CP-Sil 5 CB da 6 m, dritto
Tempo di integrazione del campione	30 secondi	30 secondi
Temperatura dell'iniettore	110 °C	110 °C
Pressione in colonna	200 kPa	175 kPa
Temperatura della colonna	80 °C	70 °C
Tempo di backflush	11,3 secondi	NA

Tabella 2. Composizione del gas naturale simulato.

Composto	Concentrazione (% mol)
Azoto	2,04%
Diossido di carbonio	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%
Esano	0,0102%
Metano	Bilancio

Il metodo di normalizzazione è stato definito e immesso nella scheda madre insieme ai metodi di calibrazione e di calcolo dell'energia prima dell'analisi effettiva del campione. Quando l'analisi viene avviata, il sistema GC PRO impiega tali metodi per effettuare internamente la raccolta dei dati e i calcoli necessari per generare informazioni energetiche riguardo al campione. In questa applicazione il metodo di calcolo è stato sviluppato in base allo standard ISO 6976-2016 come mostrato nelle impostazioni del metodo (Figura 1).

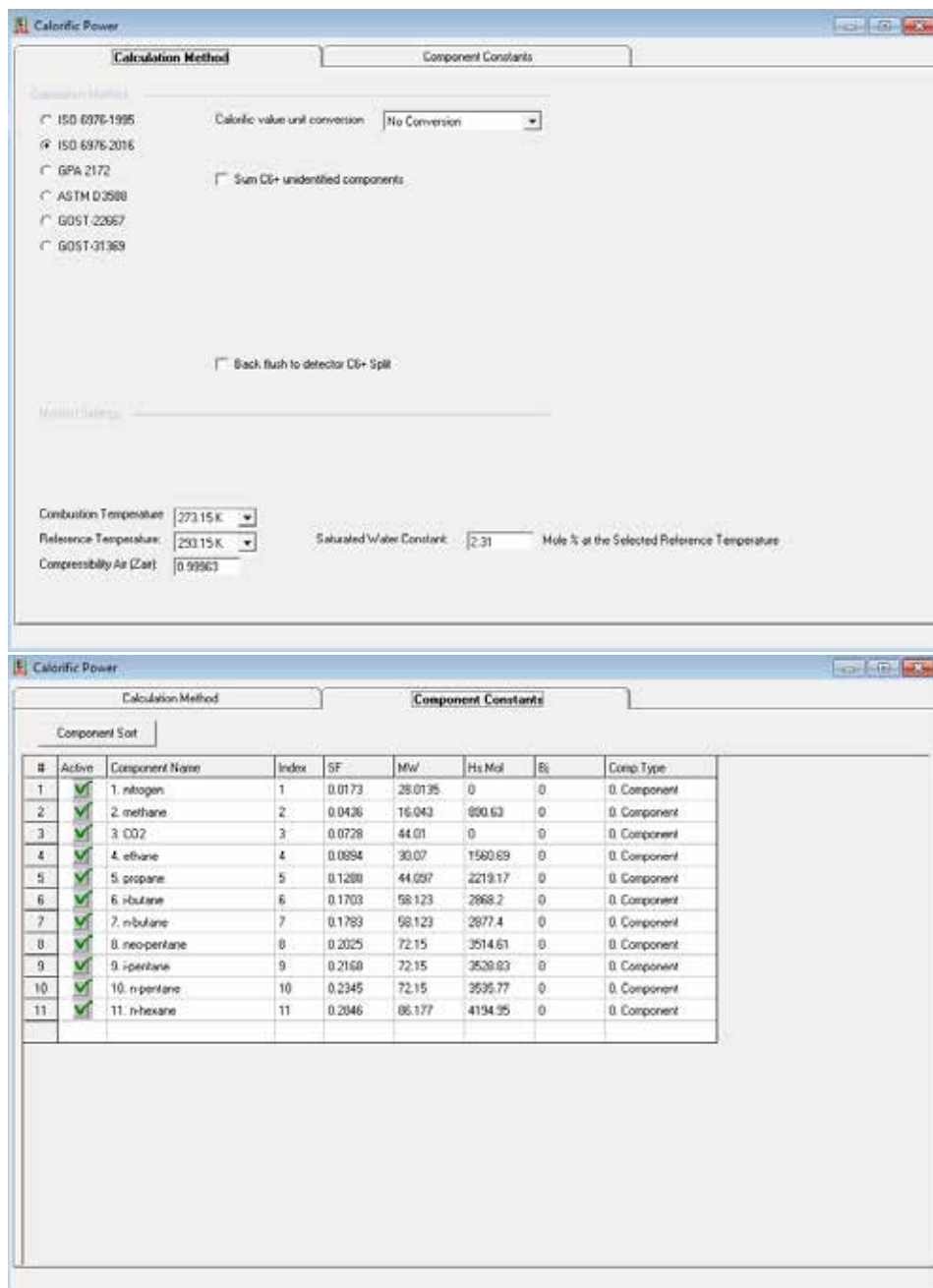


Figura 1. Impostazioni del metodo di calcolo del potere calorifico in base allo standard ISO nel software Agilent PROstation.

Risultati e discussione

Le Figure 2a e 2b mostrano i cromatogrammi generati sul canale 1 e sul canale 2 per un campione simulato di gas naturale. I picchi sono stati integrati internamente secondo i parametri di integrazione ottimizzati per ciascun canale analitico. Il risultato dell'integrazione è stato utilizzato per generare il risultato di quantificazione per ciascun componente target in base alle curve ESTD pre-inserite. La normalizzazione della concentrazione è stata effettuata su due canali analitici per tutti i composti target secondo le impostazioni della tabella di normalizzazione (Figura 3). Le concentrazioni normalizzate sono state quindi utilizzate per calcolare internamente il potere calorifico secondo metodi di calcolo energetico predefiniti.

La Figura 4 mostra i risultati della quantificazione e del calcolo del contenuto energetico per il gas naturale simulato. La parte "Energy" (energia) mostra lo standard che viene seguito per il calcolo e le proprietà fisiche fondamentali che lo standard richiede di calcolare, come compressibilità, densità relativa/densità, potere calorifico superiore/inferiore in unità molari/di peso/di volume e indice di Wobbe. I tipi di proprietà mostrati nel report variano a seconda dei requisiti dello standard.

I risultati di quantificazione basati sull'analisi di cromatografia sono mostrati nella parte bassa del report. Sono riportate sia la concentrazione ESTD che la concentrazione normalizzata. Il report è stato generato dal software Agilent PROstation immediatamente al termine di ciascuna separazione cromatografica. Il ciclo di analisi nelle condizioni applicate in questo lavoro ha una durata di circa 90 secondi dal campionamento, alla separazione e alla generazione del report. Se si utilizza la modalità a flusso continuo, la durata del ciclo di analisi può essere ulteriormente ridotta a 60 s.

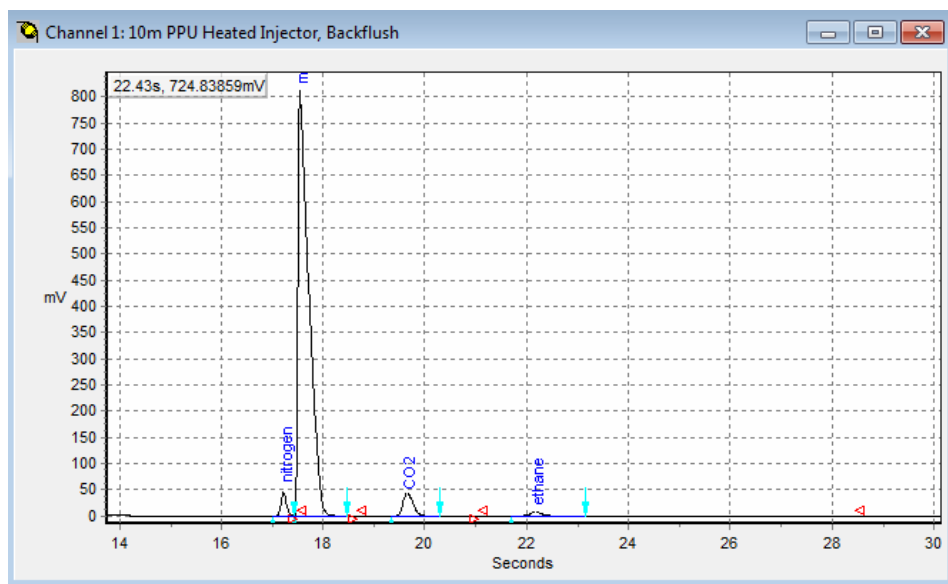


Figura 2a. Cromatogramma di N₂/metano/CO₂/etano nel canale con backflush Agilent J&W CP-PoraPLOT U da 10 m.

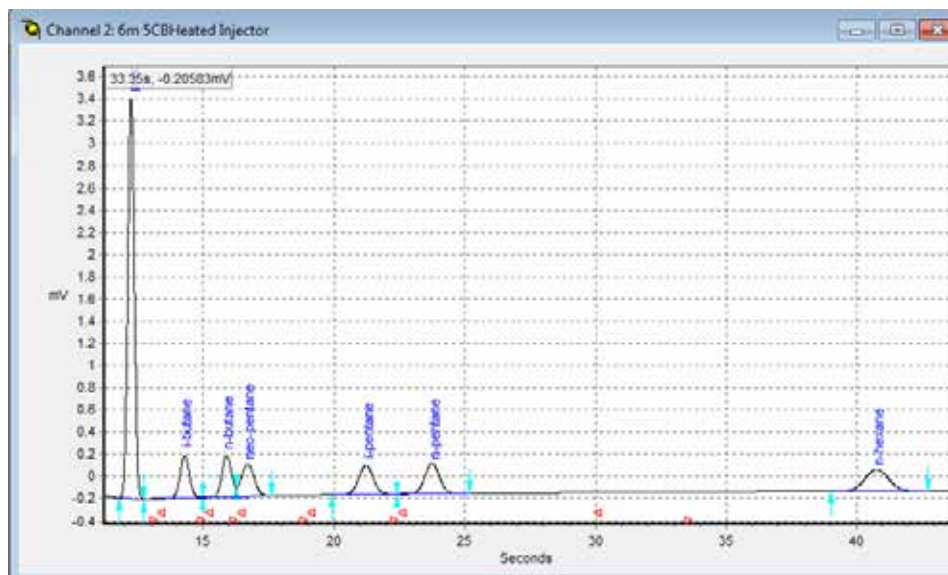


Figura 2b. Cromatogramma di idrocarburi C3-C6 nel canale Agilent J&W CP-Sil 5 CB da 6 m.

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. Impostazioni della tabella di normalizzazione per l'analisi di gas naturale utilizzate in questo lavoro.

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]	48.50	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. Report del calcolo del contenuto energetico generato dal sistema Micro GC Agilent 990 PRO.

Il sistema Micro GC 990 PRO funziona come un "rivelatore" o un "sensore" per l'analisi del flusso di gas naturale. Il software Agilent PROstation viene utilizzato per:

- sviluppare metodi, inclusi un metodo analitico, qualitativo e quantitativo e un metodo di calcolo del contenuto energetico;
- configurare la modalità di automazione;
- definire come devono essere presentati i risultati.

Tutti questi "comandi" sono scritti nella scheda madre da PROstation. Nell'analisi effettiva, il sistema Micro GC PRO può funzionare autonomamente senza alcuna connessione al software PROstation. Se il software PROstation non è collegato, il risultato della quantificazione e il contenuto energetico non vengono visualizzati nel formato mostrato qui. I risultati possono essere invece visualizzati in formato scorrevole sul touch screen del sistema Micro GC 990 PRO, come mostrato nella Figura 5. Inoltre, i risultati possono essere inviati ad altri terminali, tramite FTP in formato

.txt o utilizzando il protocollo Modbus, per scopi di monitoraggio e registrazione. L'output analogico è un altro approccio per generare risultati di analisi sotto forma di segnale di tensione o di corrente mediante connessione alla scheda di espansione analogica (Figura 6). La conversione tra il segnale analogico e il risultato della quantificazione o il contenuto energetico può essere predefinita e caricata nella scheda madre del sistema GC PRO.



Figura 5. Risultati del calcolo del potere calorifico visualizzati sul touch screen del sistema Micro GC Agilent 990 PRO.

Conclusioni

In questa nota applicativa viene illustrata l'analisi della composizione e il calcolo del potere calorifico del gas naturale mediante il sistema Micro GC Agilent 990 PRO. La licenza PRO e la licenza per il contenuto energetico sono attivate sul sistema Micro GC Agilent 990 PRO per consentire di effettuare in modo automatico l'analisi della composizione e il calcolo del contenuto energetico per il combustibile gassoso. Il processo di analisi, dal campionamento, alla separazione, alla quantificazione, al calcolo del potere calorifico e alla generazione dei risultati, viene eseguito in modo autonomo secondo il metodo e la modalità di automazione pre-inseriti nella scheda madre del sistema Micro GC PRO. I metodi di calcolo dell'energia sono sviluppati in conformità a differenti standard internazionali, tra cui gli standard ASTM, ISO, GPA e GOST. Tutti i metodi sono sviluppati in PROstation e quindi scaricati nel sistema Micro GC Agilent 990 PRO per consentirne il funzionamento indipendente e automatizzato. I risultati del calcolo del contenuto energetico possono essere mostrati su un touch screen locale oppure forniti come uscita tramite FTP, Modbus e segnale analogico per scopi di monitoraggio e registrazione.

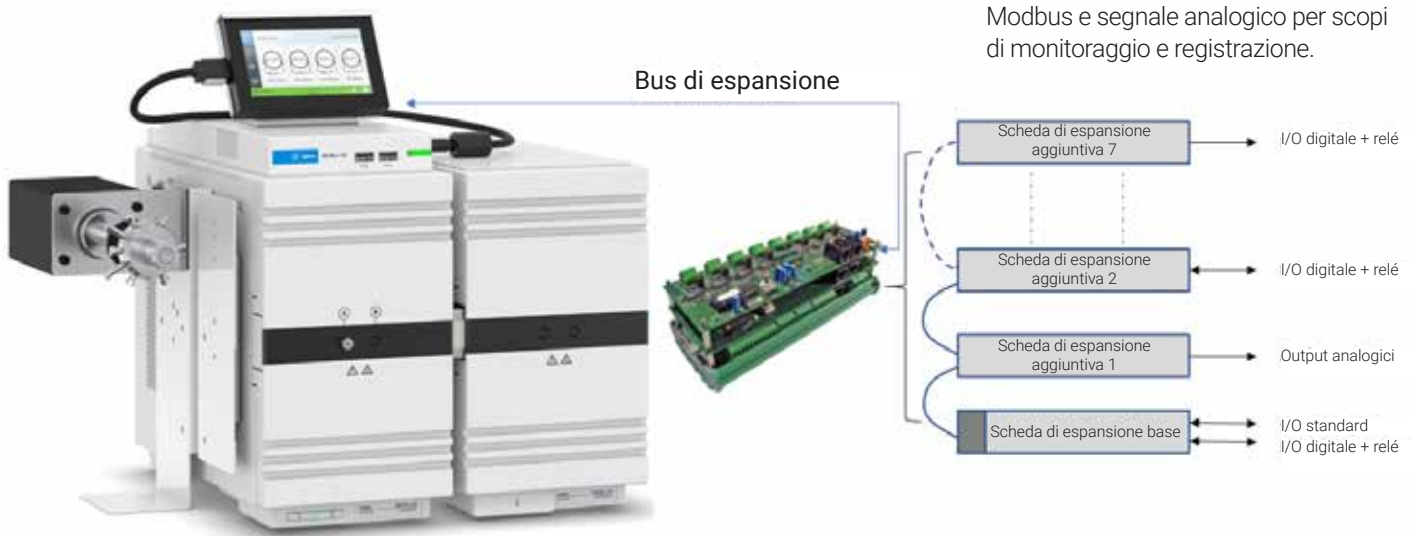


Figura 6. Connessione tra il sistema Micro GC Agilent 990 PRO e la scheda di espansione analogica per l'output analogico dei risultati dell'analisi.

www.agilent.com/chem

Le informazioni fornite possono variare senza preavviso.