

GC-2050 (STCD-U) 搭配 SM 微填充柱用于高炉煤气分析

SYS-GC-039

摘要：本文采用岛津 Brevis GC-2050 气相色谱仪，搭配 STCD-U 高灵敏度单丝热导检测器，建立高炉煤气永久性气体组分分析方法。通过阀切换与微填充柱高效分离系统优化，实现一次进样完成目标组分基线分离。该方法系统分析周期短、重复性优良、适用浓度范围宽，可满足高炉煤气实验室常规检测与工艺监控需求。

关键词：新型气相色谱仪（Brevis GC-2050） 高炉煤气 微填充柱 热导池检测器（STCD-U）

技术特点：

- ❖ GC-2050 搭配多根微填充柱（外径 1/16 inch），一次进样，20 min 完成高炉煤气多组分分析。
- ❖ 多阀柱系统实现稳定准确进样以及重组分的反吹放空。氩气作为载气各组分检出限低（ $\leq 500 \mu\text{mol/mol}$ ）、重复性良好（ $\leq 1.22\%$ ）

高炉煤气是高炉炼铁过程中产生的副产品。在高炉冶炼的化学过程中，焦炭和喷吹物燃烧产生 CO，CO 在上升过程中还原铁矿石，最终形成富含 CO 的混合气体。高炉煤气的主要成分为 CO（约占 25%）、CO₂（约占 15%）、N₂（约占 55%），以及少量的 H₂ 和 CH₄。由于高炉煤气气量大且终端用户多（如热风炉、加热炉、TRT 发电等），其各组分含量的精准测定，为高炉工况判断、热平衡核算与安全生产调控提供关键依据。

传统 TCD 煤气分析系统普遍存在灵敏度不足、平衡耗时久、低浓度组分分析效果有限等问题，Brevis GC-2050 是岛津推出的紧凑型高性能气相色谱仪，搭配全新一代 STCD-U 热导检测器，相比传统热导池具备更快稳定速度与更高检测灵敏度。

与填充柱相比，微填充柱大幅降低载气消耗量，节省运行成本，更符合绿色环保要求，并于多阀系统相结合，可实现高炉煤气多种混合物气体组分同步定量检测。

■ 实验部分

1.1 仪器

气相色谱仪：Brevis GC-2050，STCD-U 新型热导池检测器

1.2 测定原理

该系统由两阀三柱一检测器组成，一个流路。本方法属于气-固吸附色谱，十通阀作用是进样和反吹放空，将混合物组分导入气相色谱中，经过预柱将 C₂⁺ 后的重组分反吹放空。六通阀将 H₂、O₂、N₂、CH₄、CO 经 MS-13X 色谱柱进一步分离后到检测器，而 CO₂、C₂H₄、C₂H₆、C₂H₂ 经阻尼柱再到 STCD-U，各物质因与载气的热导系数不同而被检测。

1.3 分析条件

1.3.1 气相色谱条件

色 谱 柱：SM-Porapak N, 1 m×1/16×1 mm	柱 温 条 件：32℃ (21min)
SM-Porapak Q, 2 m×1/16×1 mm	载 气：氦气
Mole Sieve 13X 80/100, 3 m×1/16×1 mm	S-UTCD 温 度：200℃
定 量 环：1 mL	尾 吹 气：氦气
SPI 进样口	尾 吹 气 流 量：0.5 mL/min
温 度：150℃	参 比 气 流 量：50.0 mL/min
控 制 模 式：线速度	附加流量
线 速：44.3 cm/s	APC1(氦 气)：445 Kpa
	APC2(氦 气)：450 Kpa

■ 结果与讨论

2.1 永久性气体和低碳烃分析

2.1.1 标准气体谱图

待测标准样品钢瓶通过惰性化管线与 GC-2050 气体进样口连接，按 1.2 的原理和 1.3 的分析条件进样标气，完成 9 种组分的同时测定。标准气体典型谱图见图 1，组分信息如表 1 所示。

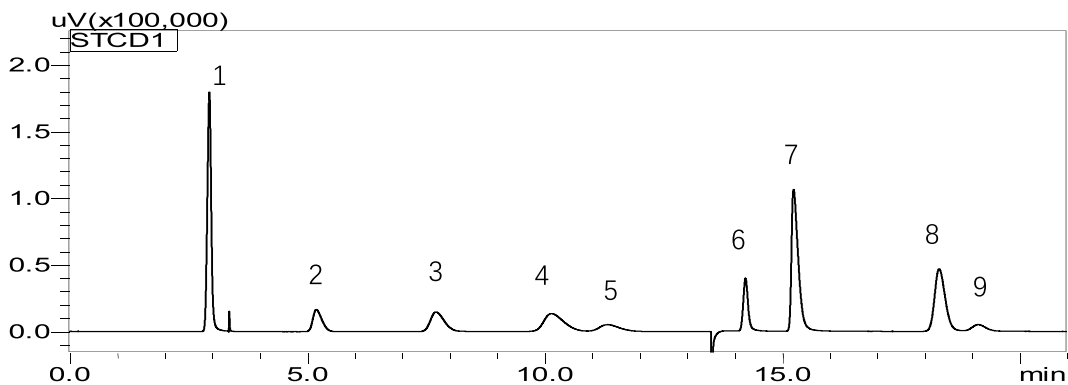


图 1 标准气体典型谱图 (STCD-U 检测器)

表 1 永久性气体和低碳烃化合物表

No.	化合物名称	英文名称	CAS 号	保留时间 (min)	检测器
1	氢气	Hydrogen	1333-74-0	2.947	STCD-U
2	二氧化碳	Carbon dioxide	124-38-9	5.197	STCD-U
3	乙烯	Ethene	74-85-1	7.712	STCD-U
4	乙烷	Ethane	74-84-0	10.140	STCD-U
5	乙炔	Ethyne	74-86-2	11.832	STCD-U
6	氧气	Oxygen	7782-44-7	14.232	STCD-U
7	氮气	Nitrogen	7727-37-9	15.246	STCD-U
8	甲烷	Methane	74-82-8	18.310	STCD-U
9	一氧化碳	Carbon monoxide	630-08-0	19.030	STCD-U

2.1.2 各组分重复性及检出限

将以下浓度的标气连续进样 6 次进行重复性测试，考察方法和仪器的稳定性，测定数据结果见表 2。9 种组分连续 6 次分析峰面积重复性数值在 0.40%-1.22% 之间，并且各物质检出限均低于 500 $\mu\text{mol/mol}$ 。

表 2 9 种组分峰面积重复性结果 (n=6, RSD%)

No.	化合物名称	浓度 (%)	峰面积 RSD (%)	检出限 ($\mu\text{mol/mol}$)
1	氢气	0.985	0.40	14.21
2	二氧化碳	1.960	0.56	306.60
3	乙烯	0.972	0.48	171.58
4	乙烷	1.070	0.65	206.95
5	乙炔	0.506	1.22	258.91
6	氧气	1.980	1.05	129.36
7	氮气	9.900	0.89	240.30
8	甲烷	1.940	0.52	107.05
9	一氧化碳	0.987	0.87	500.03

2.1.3 典型样品谱图和结果

将已知浓度的典型样品，使用上述 1.3 方法进行分析，完成 9 种组分的测定。谱图见图 2，测试浓度结果以及反标回收率如表 3 所示。

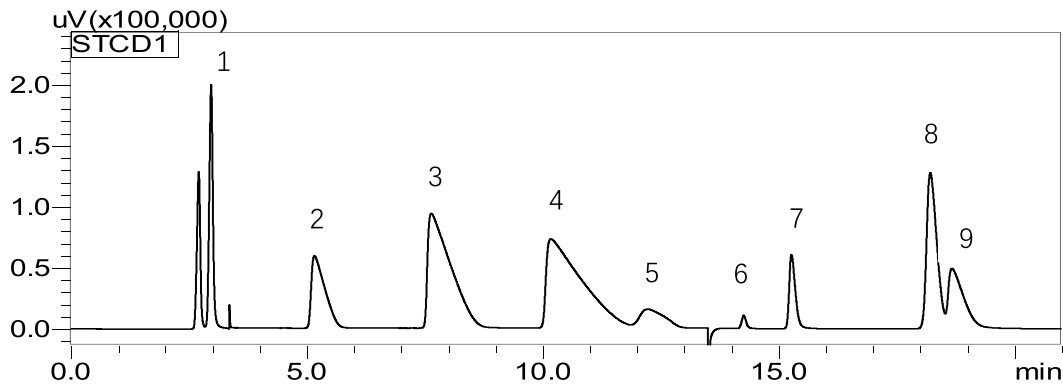


图 2 典型样品谱图 (STCD-U 检测器)

表 3 典型样品数据结果

No.	化合物名称	保留时间 (%)	测试浓度 (%)	反标回收率 (%)
1	氢气	2.976	1.02	103.87
2	二氧化碳	5.170	10.61	106.63
3	乙烯	7.647	10.49	105.53
4	乙烷	10.185	10.39	103.28
5	乙炔	12.237	1.91	95.98
6	氧气	14.265	0.51	102.41
7	氮气	15.277	5.21	103.17
8	甲烷	18.218	5.14	103.01
9	一氧化碳	18.678	10.67	105.64

■ 结论

岛津 Brevis GC-2050 搭配 SM 微填充柱、STCD-U 热导检测器可实现高炉煤气组分精准定量分析。该方法反标回收率稳定、重复性好且检出限低等优势，适用于钢铁企业实验室高炉煤气常态化检测，为冶金工艺调控、能效核算及安全管理提供可靠数据支撑。此外，Brevis GC-2050 紧凑小巧的体积设计大幅提升了实验室的空间利用率，其 ECO Idling 节能管家功能及平板终端操控体验，进一步契合了现代实验室绿色、智能的发展趋势。

岛津应用云

