

# MCIC 燃烧炉-离子色谱联用系统



s w i s s m a d e   
瑞 士 制 造

## 快速、稳定的卤素和硫定量检测解决方案

- 灵活的自动进样模块，针对固/液态样品快速切换
- 智能的燃烧炉模块，无需进行样品燃烧程序的人工优化
- 设计精巧的气体吸收模块，吸收液用量全程自动控制，无需引入内标
- 稳定的离子色谱分析模块，兼容各种英蓝技术™

分析化学智库™

 **Metrohm**  
瑞士万通中国

# 燃烧裂解技术与离子色谱技术的结合

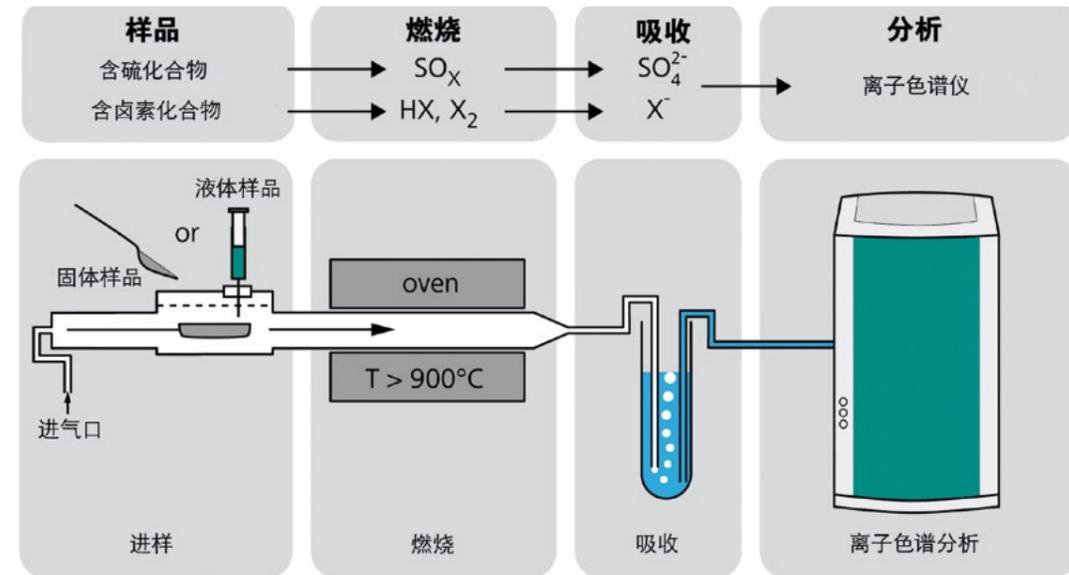
燃烧炉-离子色谱联用系统很好的拓展了离子色谱技术的应用范围，将可燃物质纳入离子色谱仪的分析范围。

燃烧炉-离子色谱联用系统主要用于可燃样品中各种卤素和硫元素的同时分析，相对于其它检测方法，燃烧炉-离子色谱联用系统可在一次分析过程中，对样品中不同类型的卤素分别进行定量分析。

瑞士万通公司全自动燃烧炉-离子色谱联用系统克服了传统离线裂解方法的不足，大大提高了样品的分析通量，也在分析结果的准确性和稳定性上具有明显的提高。

### 燃烧炉-离子色谱联用系统原理

在燃烧炉-离子色谱技术检测过程中，样品首先在燃烧炉内的低氧环境中热分解，随后在高氧环境中燃烧。燃烧生成的各类气体被吸收液吸收后，进入离子色谱仪进行分析。整个过程由电脑控制全自动完成。



燃烧炉-离子色谱联用系统流程图



# 应用优势

- 将可燃物质纳入离子色谱分析的范围
- 可同时针对不同类型的卤素和硫元素进行定量分析
- 符合针对无卤素产品的检测标准要求 (RoHS, WEEE……)
- 高通量, 高准确度, 高精度, 高稳定性
- 灵活的自动进样系统, 可针对固/液样品快速切换
- 特有的火焰传感器设计, 可使各类样品能够在短时间内得到充分燃烧
- 高精度的吸收液控制系统, 无需引入内标
- 兼容瑞士万通公司英蓝技术™, 如单标多点校正和基体消除技术
- MagIC Net™ 魔术师色谱工作站全程控制, 并生成统一的分析报告
- 符合 FDA 和 GLP 标准

# 应用领域

由于燃烧炉-离子色谱联用系统的优势, 使得该技术在很多领域都能得到广泛应用。它既不需要使用者对样品性质有很多了解, 也不需要使用者进行繁琐的方法开发; 既可用于原材料, 中间体和最终产品的质量, 也可满足环境领域相关法规标准 (如 DIN EN 228, IEC 60502-1, RoHS, WEEE……) 的分析检测要求。

### 应用领域可分析的物质

1. 环保油, 废塑料, 玻璃, 活性炭……
2. 电子元件电路板, 树脂, 电缆, 绝缘材料……
3. 燃料汽油, 煤油, 原油, 燃料油, 煤炭, 催化剂……
4. 塑料聚合物, 如聚乙烯, 聚丙烯……
5. 染料色素, 油漆……
6. 医药原料, 中间产物, 成品……
7. 食品食用油, 香料, 调料……
8. 天然气、液化气……

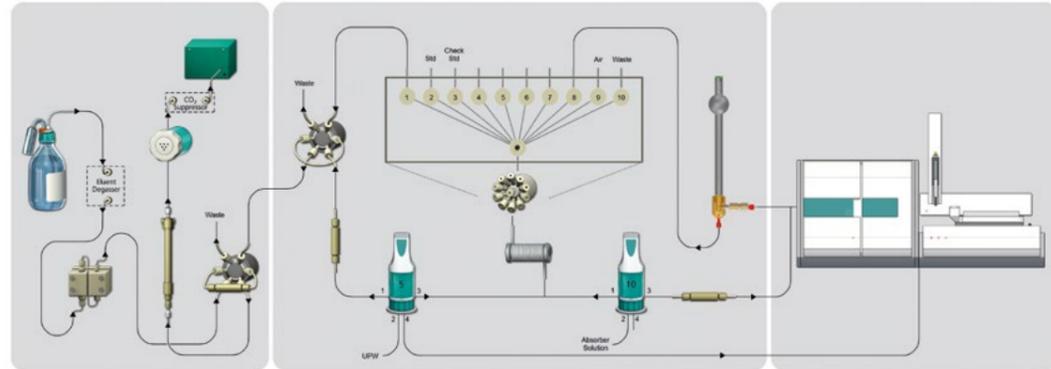


### 瑞士万通燃烧炉-离子色谱联用系统符合下述标准要求

ASTM D7994-17	液化石油气经高温氧化燃烧后, 通过离子色谱检测其中氟、氯以及硫元素的标准方法 (燃烧炉-离子色谱联用系统)
EPA 方法 1621	水体中可吸附有机氟 (AOF) 含量的测定 燃烧离子色谱法
DIN 38409-59:2022-10	燃烧-离子色谱法测定可吸附有机氟、氯、溴和碘 (AOF、AOCl、AOBr、AOI)
GB/T 40111-2021	石油产品中氟、氯和硫含量的测定 燃烧-离子色谱法
GB/T 41067-2021	纳米技术 石墨烯粉体中硫、氟、氯、溴含量的测定 燃烧离子色谱法
SN/T 5576-2023	煤中氟和氯的测定 在线燃烧-离子色谱法
SN/T 5307-2021	石油产品 氟、氯和硫的测定 直接燃烧-离子色谱法
T/CNFIA 189-2024	食品接触用纸、纸板及纸制品中可提取有机氟含量的测定 在线燃烧-离子色谱法
T/CNFIA 191-2024	食品接触用纸、纸板及纸制品中总氟含量的测定 在线燃烧-离子色谱法

# 瑞士万通燃烧炉-离子色谱联用系统

瑞士万通燃烧炉-离子色谱联用系统，通过 MagIC Net™ 魔术师色谱工作站将自动进样模块、燃烧炉模块、气体吸收模块与离子色谱分析模块有机结合在一起。在燃烧炉-离子色谱技术监测过程中，样品首先在燃烧炉内的低氧环境中热分解，随后在高氧环境中燃烧。燃烧生成的各类气体在气体吸收模块中被吸收，所得吸收液通过气体吸收模块的液体分配系统进入离子色谱仪进行分析。整个过程由电脑控制全自动完成。



## 自动进样模块-灵活方便

自动进样模块将一定量的样品(固/液)送入燃烧炉模块进行处理，整个过程由 MagIC Net™ 魔术师色谱工作站控制，全自动完成。

通过更换配件，自动进样模块可实现固态样品自动进样与液态样品自动进样之间的相互转换。配件更换过程非常简单，用户可在几分钟内自行完成。更换完成后，色谱工作站将对自动进样模块进行自动识别和更新，更换过程不会对燃烧系统的运行带来任何影响，从而达到在很短时间内完成各种不同性质样品检测的目的。

气体进样模块使得燃烧炉-离子色谱联用系统可用来测量液化气和天然气等气体样品，而且液化气和天然气流路相互独立，避免任何交叉污染的风险。

气体进样模块由 MagIC Net™ 魔术师色谱工作站控制。由采用半导体降温的流量阀门进行定量，防止样品过早气化。气化过程在加热室中完成，以使不易气化的组分能够充分变成气态，并被氦气带入燃烧炉中，避免样品在进样器中残留。



固体样品自动进样模块



液体样品自动进样模块



气体样品自动进样模块

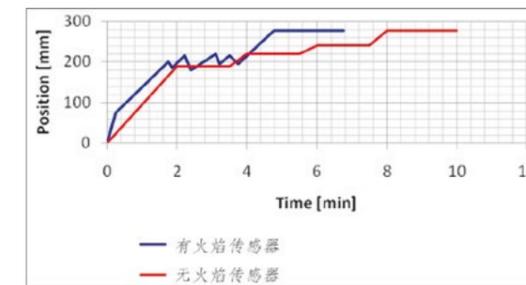
## 智能化的燃烧炉模块 - 大大提高分析效率

样品进入燃烧炉模块后，整个燃烧过程由瑞士万通燃烧炉模块特有的火焰传感器进行控制。

燃烧炉内温度的分布并不是均匀的，为了使样品燃烧充分，需要样品依次进入低、中、高三个温区，并在不同的温区停留一定时间。这也是传统燃烧炉样品前处理方式需要进行的燃烧程序优化过程。

瑞士万通燃烧炉模块特有的火焰传感器，可以感应样品燃烧所产生的光的强度，从而控制样品舟在燃烧炉内的位置。在样品充分燃烧的(没有灰烬产生)的同时，缩短整个燃烧过程所需的时间。

整个燃烧过程全自动完成，无需人为控制。从而省去了传统燃烧程序优化过程，使得不同样品的燃烧分解均可使用同一种方法来进行。



样品舟位置随时间变化图



工作状态中的火焰传感器

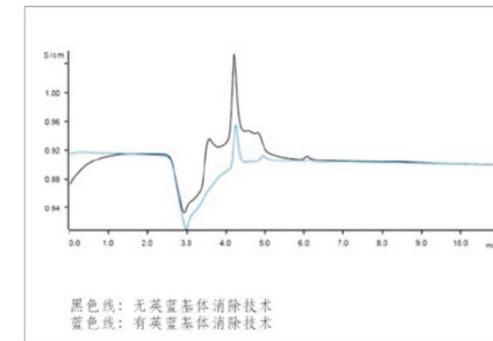
## 气体吸收模块 - 性能优异

样品在燃烧炉中燃烧完成后，所产生的的气体物质在载气的推动下，进入气体吸收模块进行吸收。

气体吸收模块主要由以下部分组成，即吸收管、十通阀、六通阀和两个瑞士万通专利产品——Dosino 加液单元组成。这样的设计使得该模块在进行气体吸收的同时，也肩负着如下功能：

- 为燃烧炉提供水分以延长燃烧管使用寿命，提高回收率
- 准确控制吸收液加入体积，无需引入内标
- 对吸收液中的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 进行基体消除，降低基体对离子色谱分析的干扰
- 进行单标多点校正，自动准确的建立标准曲线
- 清洗系统，避免残留，提高回收率

气体吸收模块也可作为半在线进样器使用，即直接吸收空气中气态化合物(如 NH<sub>3</sub>、HNO<sub>2</sub>、HNO<sub>3</sub>、HCl、SO<sub>2</sub> 等)，然后进行分析，还可用来检测过程废气或者工厂空气中可挥发性酸的含量。



英蓝基体消除技术对 F 检测分析的影响



920 气体吸收模块

## 离子色谱分析模块-准确稳定

被吸收后的样品最终进入离子色谱分析模块进行分析。瑞士万通燃烧炉-离子色谱联用系统采用930型智能离子色谱仪作为离子色谱分析模块。该离子色谱分析模块包含多种智能组件，如：iPump (双柱泵)，iDetector (电导检测器)，iColumn (色谱柱)，并兼容瑞士万通特有的英蓝™技术。

这些技术使得930集成型智能离子色谱的性能非常优异，从而提高了瑞士万通燃烧炉-离子色谱联用系统的分析速度以及分析结果的准确性、稳定性，并且大大降低分析过程中可能存在的风险。

### 930集成型智能离子色谱的特点

- 可定制的专属离子色谱分析系统
- 兼容电导检测器，紫外/可见检测器和安培检测
- STREAM 配置——满足不同分析检测的抑制器需要
- 全自动分析，兼容英蓝™样品前处理技术
- 操作步骤可溯源，符合 GLP、FDA 规范
- 全非金属流路，耐酸碱，洗脱液和样品双通道在线脱气
- 具有监控和控制功能，避免分析过程中的错误对检测结果产生影响



## MagIC Net™ 魔术师色谱工作站

瑞士万通燃烧炉-离子色谱联用系统在 MagIC Net™ 魔术师色谱工作站的控制下进行工作。

该软件能够在多种语言环境下工作，支持各种类型的方法开发，有着优异的系统监控和控制功能，符合 FDA 和 GLP 标准。其功能强大、操作简便的数据管理和报告生成系统，使得 MagIC Net™ 魔术师色谱工作站既可满足专业客户进行复杂分析和计算的要求，也可为普通操作者提供“一键操作”的功能。

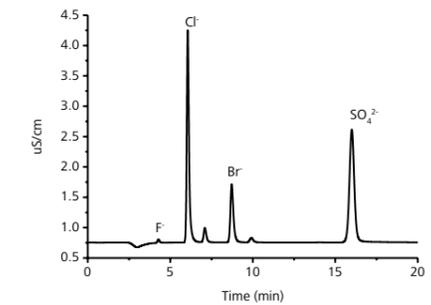
在瑞士万通燃烧炉-离子色谱联用系统中，使用者既不需要引入内标，也不需要其他附加设备，只需通过 MagIC Net™ 魔术师色谱工作站就可以全天候监控进入气体吸收模块的所有液体的量，从而达到准确分析的目的。



## 系统验证报告

### 固体样品

采用 IRMM 欧洲标准物质 ERM-EC680K 对瑞士万通燃烧炉-离子色谱联用系统进行系统可靠性验证：

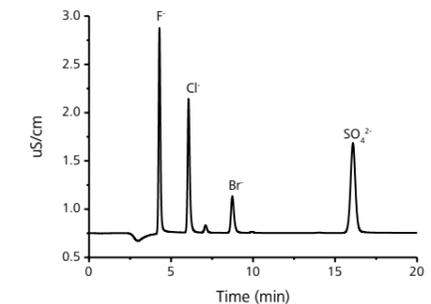


### 固体样品 ERM-EC680K 验证数据

样品量 (mg)	进样体积 (μL)	Cl (mg/kg)	Br (mg/kg)	S (mg/kg)	Cl回收率 (%)	Br回收率 (%)	S回收率 (%)	
27.10	100	106.4	100.4	80.5	104.1	104.5	105.9	
30.10	100	101.4	96.9	77.3	99.2	101.0	101.7	
32.49	100	103.9	100.2	76.3	101.6	104.4	100.5	
30.64	100	101.1	97.5	76.8	98.9	101.5	101.0	
33.90	100	103.3	99.4	78.5	101.1	103.6	103.3	
		<b>平均值</b>	<b>103.2</b>	<b>98.9</b>	<b>77.9</b>	<b>101.0</b>	<b>103.0</b>	<b>102.5</b>
		<b>RSD</b>	<b>2.1%</b>	<b>1.6%</b>	<b>2.2%</b>	<b>2.1%</b>	<b>1.6%</b>	<b>2.2%</b>

### 液态样品

用乙醇将4-氟-苯甲酸、2-氯-苯甲酸、2-溴-苯甲酸和3-环己胺-1-丙烷四种有机物按照不同的比例溶解，并将其定容至 100mL，作为液态模拟样品，对瑞士万通燃烧炉-离子色谱联用系统进行系统可靠性验证。



### 液体样品验证数据

序号	F (mg/kg)	Cl (mg/kg)	Br (mg/kg)	S (mg/kg)	F回收率 (%)	Cl回收率 (%)	Br回收率 (%)	S回收率 (%)
1	41.3	50.4	51.1	46	96.9	102.5	98.5	100.2
2	41.9	50.4	51.1	46.6	98.3	102.7	98.6	101.6
3	41.1	50.2	50.9	45.4	96.5	102.2	98.2	99
4	40.5	49.4	50.2	45.3	95.1	100.6	96.8	98.8
5	40.9	49.6	50.5	45.8	96.1	101.1	97.4	99.9
6	40.5	49.3	50.1	45.1	95.2	100.3	96.6	98.4
7	40.5	49.8	50.7	46.2	95.2	101.5	97.7	100.8
8	41	50.1	50.6	45.8	96.3	102	97.7	99.9
9	40.9	49.9	50.7	46.1	96	101.5	97.8	100.6
10	40.8	49.6	50.4	45.3	95.8	100.9	97.1	98.8
11	40.9	49.6	50.2	45.7	96.1	101	96.9	99.7
12	40.4	49.3	50.1	45.2	94.8	100.4	96.7	98.6
13	40.7	49.7	50.5	45.9	95.5	101.3	97.4	100.1
14	41.2	50.1	50.7	45.6	96.7	102	97.8	99.4
15	41	50.1	51.1	46.3	96.3	102	98.5	101.1
<b>均值</b>	<b>40.9</b>	<b>49.8</b>	<b>50.6</b>	<b>45.8</b>	<b>96.1</b>	<b>101.5</b>	<b>97.6</b>	<b>99.8</b>
<b>RSD</b>	<b>0.9%</b>	<b>0.7%</b>	<b>0.7%</b>	<b>1.0%</b>	<b>0.9%</b>	<b>0.7%</b>	<b>0.7%</b>	<b>1.0%</b>

# 典型应用

燃烧炉-离子色谱联用技术测定高浓度RoHS指令标准分析参考物质 (ERM-EC680k)

燃烧炉-离子色谱联用技术测定高浓度RoHS指令标准分析参考物质 (ERM-EC681k)

燃烧炉-离子色谱联用技术分析各种燃料中的卤素和硫

微波燃烧样品结合单标多点校正技术分析卤素

燃烧炉-离子色谱联用技术测定高粘性油样

燃烧炉-离子色谱联用技术分析残留溶剂

燃烧炉-离子色谱联用技术分析电缆绝缘材料

燃烧炉-离子色谱联用技术分析脱盐原油

燃烧炉-离子色谱联用技术分析营养油中的氯

浸出实验燃烧炉-离子色谱联用技术分析乳胶和 PVC 手套

燃烧炉-离子色谱联用技术分析表面活性剂中的氟化物

燃烧炉-离子色谱联用技术分析药物中的碘

燃烧炉-离子色谱联用技术分析纤维素和矿物油

燃烧炉-离子色谱联用技术分析对苯二甲酸

燃烧炉-离子色谱联用技术分析钛金属粉末

燃烧炉-离子色谱联用技术分析地质样品中的氟和氯

燃烧炉-离子色谱联用技术分析有证书的聚乙烯标准物质

燃烧炉-离子色谱联用技术分析植物性样品

燃烧炉-离子色谱联用技术分析天然气和液化石油气

燃烧炉-离子色谱联用技术分析液体裂解催化剂中的氯

燃烧炉-离子色谱联用技术根据 UOP 991 分析液体有机物中的痕量氯

燃烧炉-离子色谱联用技术分析矿业污泥中的氟

燃烧炉-离子色谱联用技术分析氯化钛中的氟和氯

燃烧炉-离子色谱联用技术分析液晶材料中的氟、氯和溴

燃烧炉-离子色谱联用技术分析光引发剂中的氯

燃烧炉-离子色谱联用技术分析PCB和集成电路

燃烧炉-离子色谱联用技术分析药物依泽替米贝中的氟

燃烧炉-离子色谱联用技术根据 UOP 991/ASTM D7359 分析液体有机物中的痕量氟

燃烧炉-离子色谱联用技术分析长效水去除剂中的氯

燃烧炉-离子色谱联用技术分析金红石中的氟

燃烧炉-离子色谱联用技术分析不同矿石中的卤素

燃烧炉-离子色谱联用技术分析石墨烯中的氟、氯、溴、硫

燃烧炉-离子色谱联用技术分析食品接触用纸中的总氟和可提取有机氟

燃烧炉-离子色谱联用技术分析水体中可吸附有机氟、氯、溴、碘

