

thermo scientific



ThermoScientific

赛默飞生态环保固废专项解决方案

ThermoFisher
SCIENTIFIC

目录

一 . 概述.....	1
1.1 固体废弃物定义.....	1
1.2 中国现状	1
1.3 政策法规.....	3
1.4 固废检测的必要性及固废检测标准	4
二 . 赛默飞生态环保固废项目方案示例	7
2.1 样品前处理 (ASE&Rocket)	7
2.2 离子色谱 (IC)	7
2.3 气相色谱 & 气质联用 (GC&GCMS)	15
2.4 液相色谱 (HPLC)	30
2.5 液质联用 (LC-MS)	42
2.6 元素分析 (TEA)	45
2.6.1 原子吸收光谱 (AAS)	45
2.6.2 电感耦合等离子体发射光谱 (ICPOES)	52
2.6.3 电感耦合等离子体质谱 (ICPMS)	54
2.7 高分辨双聚焦磁式质谱仪 (DFS)	56
三 . 赛默飞仪器特色及优势	60
3.1 样品前处理 (ASE&Rocket)	60
3.1.1 加速溶剂萃取仪 ASE	60
3.1.2 火箭蒸发器 Rocket	
3.2 离子色谱 (IC)	65
3.3 气相色谱 & 气质联用仪 (GC&GCMS)	71
3.4 液相色谱 (HPLC)	74
3.5 液质联用 (HPLC-MS)	79
3.6 元素分析 (TEA)	84
3.6.1 原子吸收光谱 (AAS)	84
3.6.2 电感耦合等离子体发射光谱 (ICPOES)	87
3.6.3 电感耦合等离子体质谱 (ICPMS)	89
3.7 高分辨双聚焦磁式质谱仪 (DFS)	92
3.8 Chromeleon 色谱数据管理系统.....	93

一. 概述

1.1 固体废物定义

根据《中华人民共和国主席令 第三十一 号令》中对固体废物如下定义：固体废物是指在生产、生活和其他活动中产生的丧失原有利用价值或者虽未丧失利用价值但被抛弃或者放弃的固态、半固态和置于容器中的气态的物品、物质以及法律、行政法规规定纳入固体废物管理的物品、物质。

固体废物（以下简称固废）的分类方法有多种，按其组成可分为有机废物和无机废物；按其形态可分为固态废物、半固态废物和液态（气态）废物；按其污染特性可分为危险废物和一般废物等；按其来源可分为矿业、工业、城市生活、农业及放射性废物。此外，固体废物还可分为有毒和无毒的两大类。有毒有害固体废物是指具有毒性、易燃性、腐蚀性、反应性、放射性和传染性的固体、半固体废物。根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(1995 年公布) 分为城市生活垃圾、工业固体废物和危险废物。

固废对环境造成的严重污染主要表现在以下几个方面：

- 1) 污染大气：如固体废物中有害成分由于其含有挥发性成分会导致大气污染；
- 2) 污染水体：如有害固体废物直接或间接排入江河湖海，会导致鱼类死亡等；
- 3) 污染土壤：固体废物的堆存，不但占用大量土地，而且其有毒有害成分会渗入土壤；
- 4) 传播疾病，威胁人类健康：人体以大气、水、土壤为媒介，将环境中的有害废物直接由呼吸道、消化道或皮肤摄入。

固体废弃物的回收利用是今后的必然趋势，但受限于目前技术及成本，中国国内固废的再生利用率不高，如电子电器类固废回收利用率不足 1%。除资源再回收利用以外，需要对固废进行处置。目前固体废物处置有海洋倾倒、土地填埋、焚烧等方式，但这些方式会造成环境的二次污染，影响环境及人类的健康问题。这些问题引发了社会各界对固废的关注，并促使各国着力问题。

1.2 中国现状

在《2017 年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报发布》中，全国共有 214 个大、中城市向社会公布了 2016 年固体废物污染环境防治信息。经统计，此次发布信息的大、中城市一般工业固体废物产生量为 14.8 亿吨，工业危险废物产生量为 3344.6 万吨，医疗废物产生量为 72.1 万吨，生活垃圾产生量为 18850.5 万吨。根据《2018 年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报》，2018 年全国共有 202 个大、中城市向社会发布了 2017 年固体废物污染环境防治信息。经统计，此次发布信息的大、中城市一般工业固体废物产生量为 13.1 亿吨，工业危险废物产生量为 4010.1 万吨，医疗废物产生量为 78.1 万吨，生活垃圾产生量为 20194.4 万吨。对比 2016-2017 两年的废物产生情况，工业固体废物产生量下降 11.4%；工业危险废物产生量增长 19.9%；医疗废物产生量增长 8.3%；生活垃圾产生量增长 7.1%。随着中国工业及人民生活水平的提高，固体废物产生量将逐年增加。

除了我国自身产生的垃圾以外，除了自身产生的固体废物之外，我国还面临着洋垃圾入侵的严峻现状。根据《2018 年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报》，2017 年进口废物加工利用企业主要分布在东南沿海地区，广东、浙江、江苏、山东、天津五省市合计 1083 家，占全国加工利用企业总数的 79.3%；五省合计进口量占全国的 87.2%。全国限制进口类固体废物实际进口废物数量前五位的品种依次为废纸 2569.2 万吨（占 65.8%）、废塑料 582.1 万吨（占 14.9%）、废五金 489.7 万吨（占 12.5%）、氧化皮 147.4 万吨（占比 3.8%）、废船 84.5 万吨（占 2.2%），合计占总量的 99.2%。与西方发达国家不同，我国对垃圾回收并没有成熟的产业链和管理体系，通常采用的方法是简单分解处理后与生活垃圾一同进行填埋处理，这种处理方法会带来严重的环境隐患。带来严重的环境隐患。

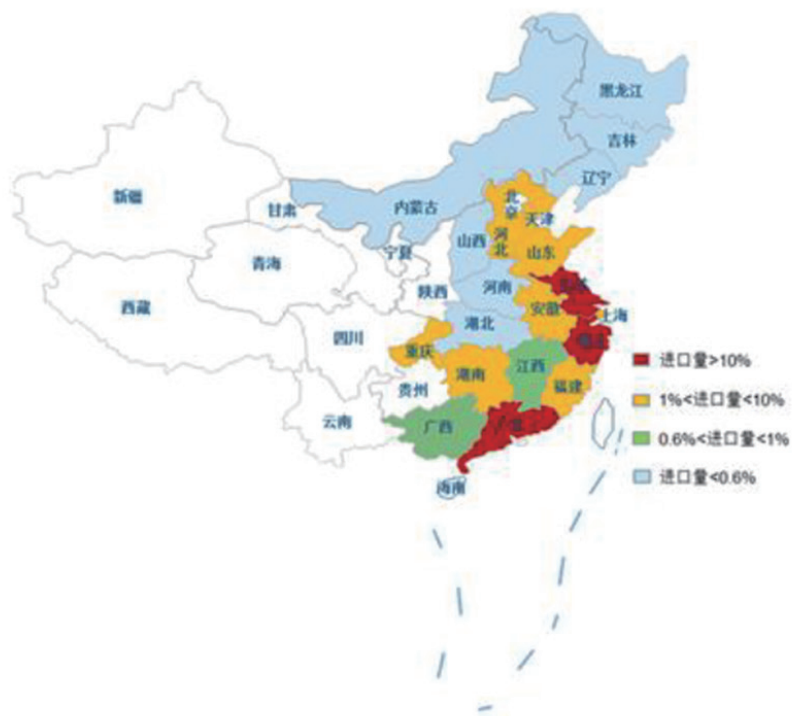


图 1-1 2017 年各省(区、市)限制进口类固体废物实际进口量分布

(来源:2018年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报)

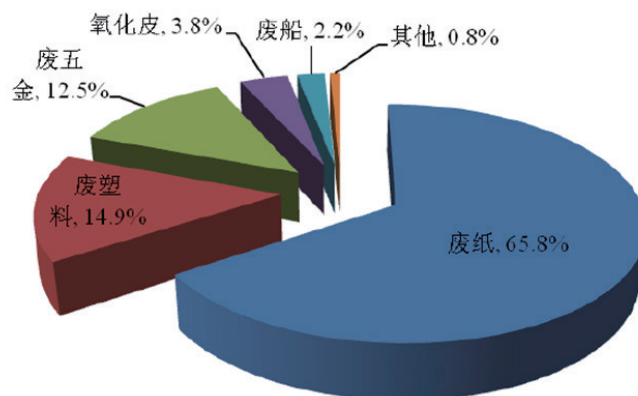


图 1-2 2017 年全国限制进口类固体废物实际进口类别占比

(来源:2018年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报)

加强危险废弃物鉴别能力建设，提高鉴别技术水平，越来越引起环境监测部门的重视。2017年7月27日国务院办公厅近日印发了《禁止洋垃圾入境推进固体废物进口管理制度改革实施方案》，提出全面禁止洋垃圾入境，完善进口固体废物管理制度，切实加强固体废物回收利用管理。这是党中央、国务院在新时期新形势下作出的一项重大决策，是推动形

成绿色发展方式和生活方式、保护生态环境安全和人民群众身体健康的一项重要制度改革。2018 年 7 月，生态环境部又发布《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（修订草案）》，引起广泛关注。特别需要指出的是，本次《固废法》修订草案增加了排污许可制度、环境保护税、环责险等多个方面内容，并重申“洋垃圾”禁止令。政策的频出体现了国家治理环境污染的决心与顺应民众对治理环境污染的强烈愿望。

1.3 政策法规

2019 年 4 月 29 日，生态环境部发布了《“无废城市”建设试点实施方案编制指南》和《“无废城市”建设指标体系（试行）》。生态环境部筛选确定了广东省深圳市、内蒙古自治区包头市、安徽省铜陵市、山东省威海市、重庆市（主城区）、浙江省绍兴市、海南省三亚市、河南省许昌市、江苏省徐州市、辽宁省盘锦市、青海省西宁市等 11 个城市作为“无废城市”建设试点。同时，将河北雄安新区、北京经济技术开发区、中新天津生态城、福建省光泽县、江西省瑞金市作为特例，一并推动。通过“无废城市”建设试点，要统筹经济社会发展中的固体废物管理，大力推进源头减量、资源化利用和无害化处置，坚决遏制非法转移倾倒，探索建立量化指标体系，系统总结试点经验，形成可复制、可推广的建设模式。

2019 年 6 月 6 日，住房和城乡建设部等 9 部门联合发布《关于在全国地级及以上城市全面开展生活垃圾分类工作的通知》（简称《通知》），全面启动生活垃圾分类工作。《通知》要求，加快推进政府推动、全民参与、因地制宜的生活垃圾分类制度，加快建立分类投放、分类收集、分类运输、分类处理的生活垃圾处理系统，努力提高生活垃圾分类覆盖面。按照《通知》制定的工作目标，到 2020 年，全国范围的 46 个重点城市基本建成生活垃圾分类处理系统。其他地级城市实现公共机构生活垃圾分类全覆盖。到 2025 年，全国地级及以上城市基本建成生活垃圾分类处理系统。

除了对国内固废出台了相应的政策法规，生态环境部、商务部、国家发展、改革委员会和海关总署联合公告 2018 年第 6 号（关于调整《进口废物管理目录》的公告），对现行的《限制进口类可用作原料的固体废物目录》《非限制进口类可用作原料的固体废物目录》和《禁止进口固体废物目录》进行以下调整，新增 32 种固体废物调入禁止进口目录。依据我国环保外贸法规政策，列入《禁止进口固体废物目录》的固体废物禁止进口。《限制进口类可用作原料的固体废物目录》的固体废物限制进口即需办理许可证才能进口。国家允许进口的固体废物应当从《限定固体废物进口口岸目录》进口，并办理报关手续。

禁止进口固废种类较多，目前主要有 12 大类，101 小项：

1. 废动物植物产品，如废人发，羽毛废料；
2. 矿渣、矿灰及残渣，比如沥青碎石、含金属的矿渣、矿灰及残渣、石油等矿物油类的残渣；
3. 废药物，是指超过有效期等原因不适于原用途的药品；
4. 杂项化学废品，比如城市垃圾、下水道淤泥、医疗废物、废有机溶剂、废酸洗液等；
5. 废橡胶、皮革，比如说废轮胎及其切块，硫化和未硫化的橡胶废碎料及下脚料及其粉粒，皮革边角料等；
6. 废特种纸，比如废墙（壁）纸、涂蜡纸、进蜡纸、复写纸；
7. 废纺织原料及制品，比如旧衣物，废织物；
8. 废玻璃、废硅碎料，比如废碎玻璃、含硅量 >99.9999999% 的多晶硅废料；
9. 金属和金属化合物的废物，比如铅废碎料、镉碎废料；
10. 废电池，包括电池废碎料和废电池；
11. 废弃机电产品和设备及其未经分拣处理的零部件、拆散件、破碎件、杂碎件、国家另有规定的除外；

12. 其他废物，比如说废涂料、废编织袋、废麻袋、废渔网、废石膏等。

表 1-1 限定固体废物进口口岸目录

序号	直属海关	关区代码	口岸名称	运输方式
1	天津海关	0202	天津港口岸新港港区	海运
2	石家庄海关	0412	唐山港口岸曹妃甸港区	海运
3	大连海关	0908	大连港口岸大窑湾港区	海运
4	上海海关	2225	上海港口岸外高桥港区	海运
5	上海海关	2248	上海港口岸洋山港区	海运
6	南京海关	2327	太仓港口岸	海运
7	杭州海关	2981	嘉兴港口岸	海运
8	宁波海关	3104	宁波港口岸北仑港区	海运
9	福州海关	3508	福州港口岸江阴港区	海运
10	厦门海关	3708	厦门港口岸海沧港区	海运
11	青岛海关	4258	青岛港口岸	海运
12	广州海关	5119	南海港口岸	海运
13	广州海关	5166	南沙港口岸	海运
14	深圳海关	5304/5349	深圳蛇口港口岸	海运
15	黄埔海关	5216	虎门港口岸	海运
16	江门海关	6821	新会港口岸	海运
17	湛江海关	6711	湛江港口岸霞山港区	海运
18	南宁海关	7203	梧州港口岸	河运

1.4 固废检测的必要性及固废检测标准

固废检测的必要性及意义：

A. 对大气的污染：

- 1. 废物的细粒被风吹起，增加了大气中的粉尘含量，加重了大气的尘污染；
- 2. 生产过程中由于除尘效率低，使大量粉尘直接排放到大气环境中，污染大气；
- 3. 堆放的固体废物中的有害成分由于挥发及化学反应等，产生有毒的气体，导致大气的污染。

B. 污染水体：大量固体废物排放到江河湖海会造成淤积，从而阻塞河道、侵蚀农田、危害水利工程

C. 污染土壤：固体废物露天堆存，不但占用大量土地，而且其含有的有毒有害成分也会渗入到土壤之中，使土壤碱化、酸化、毒化、破坏土壤中微生物的生存条件；

固体废弃物对环境（大气、水体、土壤）、同时也会传播疾病，给人类带来直接或间接的危害。我国针对固废的污染，相继发布了众多法规及检测标准，本文集对化学类检测标准汇总如下表 1-2。

表 1-2 固废检测标准及对应检测仪器型号汇总

仪器类型	标准	推荐仪器型号	赛默飞方案页码
ASE	GB 5805.6-2007 附录 G 半挥发性有机物分析的样品前处理 加速溶剂萃取	ASE350/Rocket	P11-P13
	HJ 782-2016 固体废物 有机物的提取 加压流体萃取法	ASE350/Rocket	
IC	GB 5805.3-2007 附录 F 氟离子、溴酸根、氯离子、亚硝酸根、氰酸根、溴离子、硝酸根、磷酸根、硫酸根的测定 离子色谱法	Integrion 或 ICS-6000 带双检测器	P14-P21
	GB 5805.3-2007 附录 G 氰根离子和硫离子的测定 离子色谱法	Integrion 或 ICS-6000	
	GB 5805.3-2007 附录 T 六价铬分析的样品前处理 碱消解法 /IC-ICP MS 测定环境样品六价铬	IC+iCAP RQ	
GC	GB 5805.3-2007 附录 H 有机氯的测定 气相色谱法	AS1310-GC1300-ECD	P21-P43
	GB 5805.3-2007 附录 I 有机磷化合物的测定 气相色谱法	AS1310-GC1300-FPD	
	GB 5805.3-2007 附录 N 多氯联苯的测定 (PCBs) 气相色谱法	AS1310-GC1300-ECD	
	GB 5805.3-2007 附录 P 芳香族及含卤挥发物的测定 气相色谱法	Triplus500-GC1300-FID	
	GB 5805.3-2007 附录 R 含氯烃类化合物的测定 气相色谱法	AS1310-GC1300-2*ECD	
	GB 5805.6-2007 附录 K 苯胺及其选择性衍生物的测定 气相色谱法	AS1310-GC1300-FID	
	GB 5805.6-2007 附录 N 氯代除草剂的测定 甲基化或五氟苄基衍生气相色谱法	AS1310-GC1300-ECD	
	GB 5805.6-2007 附录 R 丙烯酰胺的测定 气相色谱法	AS1310-GC1300-ECD	
	HJ975-2018 固体废物苯系物的测定顶空 - 气相色谱法	Triplus 500-GC1300-FID	
	HJ 711-2014 固体废物 酚类化合物的测定 气相色谱法	AS1310-GC1300-FID	
	HJ 760-2015 固体废物 挥发性有机物的测定 顶空 - 气相色谱法	Triplus 500-GC1300-FID	
	HJ 768-2015 固体废物 有机磷农药的测定 气相色谱法	AS1310-GC1300-FPD	
	HJ 874-2017 固体废物 丙烯醛、丙烯腈和乙腈的测定 顶空 - 气相色谱法	Triplus 500-GC1300-FID	
GC/MS	GB 5805.3-2007 附录 K 半挥发性有机化合物的测定 气相色谱 / 质谱法	AS1310-GC1300-ISQ7000	P21-P43
	GB 5805.3-2007 附录 M 半挥发性有机化合物 (PAHs 和 PCBs) 的测定 热提取气相色谱质谱法	AS1310-GC1300-ISQ7000	
	GB 5805.3-2007 附录 O 挥发性有机化合物的测定 气相色谱 / 质谱法	Triplus 500-GC1300-ISQ7000	
	GB 5805.3-2007 附录 Q 挥发性有机物的测定 平衡顶空法	Triplus 500-GC1300-ISQ7000	
	HJ976-2018 固体废物苯系物的测定顶空 - 气相色谱 - 质谱法	Triplus 500-GC1300-ISQ7000	
	HJ 643-2013 固体废物 挥发性有机物的测定 顶空 气相色谱—质谱法	Triplus 500-GC1300-ISQ7000	
	HJ 713-2014 固体废物 挥发性卤代烃的测定 吹扫捕集 气相色谱 - 质谱法	Atmox XYZ- GC1300-ISQ7000	

仪器类型	标准	推荐仪器型号	赛默飞方案页码
	HJ 714-2014 固体废物 挥发性卤代烃的测定 顶空气相色谱 - 质谱法	Triplus 500-GC1300-ISQ7000	
	HJ 951-2018 固体废物 半挥发性有机物的测定 气相色谱 - 质谱法	AS1310-GC1300-ISQ7000	
	HJ 950-2018 固体废物 多环芳烃的测定 气相色谱 - 质谱法	AS1310-GC1300-ISQ7000	
	HJ 891-2017 固体废物 多氯联苯的测定 气相色谱 - 质谱法	AS1310-GC1300-ISQ7000	
	HJ 963-2018 固体废物 有机磷类和拟除虫菊酯类等 47 种农药的测定 气相色谱 - 质谱法	AS1310-GC1300-ISQ7000	
	HJ 912-2017 固体废物 有机氯农药的测定 气相色谱 - 质谱法	AS1310-GC1300-ISQ7000	
HPLC	GB 5805.6-2007 附录 H N- 甲基氨基甲酸酯的测定 高效液相色谱法	U3000 LPG FLD/pickering 衍生仪	P43-P58
	GB 5805.6-2007 附录 J 百草枯和敌草快的测定 高效液相色谱紫外法	U3000 LPG DAD	
	GB 5805.6-2007 附录 L 草甘膦的测定 高效液相色谱 - 柱后衍生荧光法	U3000 LPG FLD/pickering 衍生仪	
	GB 5805.6-2007 附录 M 苯基脲类化合物的测定 固相提取 - 高效液相色谱紫外分析法	U3000 LPG WWD/SPE 装置	
	GB 5805.6-2007 附录 P 羰基化合物的测定 高效液相色谱法	U3000 LPG WWD	
	GB 5805.6-2007 附录 Q 多环芳烃类的测定 高效液相色谱法	U3000 LPG WWD/FLD	
	GB 5805.3-2007 附录 10 硝基芳烃和硝基胺的测定 高效液相色谱法	U3000 LPGWWD	
	HJ 1025-2019 固体废物 氨基甲酸酯类农药的测定 柱后衍生 - 高效液相色谱法	U3000 LPG FLD/pickering 衍生仪	
LC-MS	GB 5805.6-2007 附录 I 杀草强测定 衍生 - 固相提取 - 液质联用法	Vanquish+TSQ	P58-P63
	GB 5805.3-2007 附录 L 半挥发性化合物的测定 高效液相色谱 / 热喷雾 / 质谱或紫外法	Vanquish+TSQ	
	HJ 1026-2019 固体废物 氨基甲酸酯类农药的测定 高效液相色谱 - 三重四极杆质谱法	Vanquish+TSQ	
TEA	GB 5805.3-2007 附录 B 元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	iCAP RQ	P63-P80
	GB 5805.3-2007 附录 A 元素的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法	iCAP 7000	
	GB 5805.3-2007 附录 C 金属元素的测定 石墨炉原子吸收光谱法	iCE3500, iCE3400	
	GB 5805.3-2007 附录 D 金属元素的测定 火焰原子吸收光谱法	iCE3500, iCE3300	
	GB/T 15555.1-1995 固体废物 总汞的测定 冷原子吸收分光光度法	iCE3500, iCE3300	
	HJ 750-2015 固体废物 总铬的测定 石墨炉原子吸收分光光度法	iCE3500, iCE3400	

仪器类型	标准	推荐仪器型号	赛默飞方案页码
	HJ 749-2015 固体废物 总铬的测定 火焰原子吸收分光光度法	iCE3500, iCE3300	
	HJ 787-2016 固体废物 铅和镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法	iCE3500, iCE3400	
	HJ 786-2016 固体废物 铅、锌和镉的测定 火焰原子吸收分光光度法	iCE3500, iCE3300	
	HJ 752-2015 固体废物 铍 镍 铜和钼的测定 石墨炉原子吸收分光光度法	iCE3500, iCE3400	
	HJ 751-2015 固体废物 镍和铜的测定 火焰原子吸收分光光度法	iCE3500, iCE3300	
	HJ 687-2015 固体废物 六价铬的测定 碱消解 - 火焰原子吸收分光光度法	iCE3500, iCE3300	
	HJ 766-2015 固体废物 金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	iCAP RQ	
	HJ 767-2015 固体废物 钡的测定 石墨炉原子吸收分光光度法	iCE3500, iCE3400	
	HJ 781-2016 固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	iCAP 7000	
DFS	GB 5805.6-2007 附录 S 多氯代二苯并二恶英和多氯代并呋喃的测定 高分辨气相色谱 / 高分辨质谱法	DFS	P80-P84
	HJ 77.3 - 2008 固体废物 二噁英类的测定 同位素稀释高分辨气相色谱 - 高分辨质谱法	DFS	

固体废物的管理和实施单位包括生态环境部、自然资源部、农业农村部、住建部、卫生健康委员会、应急管理部、科技部等管理部门和固体废物产生企业、固体废物处理企业、固体废物处置研究机构、固体废物第三方检测机构等，这些单位，企业均需要参考上述标准进行分析检测。针对这些标准，赛默飞提供完善的解决方案，从样品前处理、仪器分析到数据分析，均有对应的解决方案。

二. 赛默飞生态环保固废项目方案示例

2.1 样品前处理 (ASE&Rocket)

2.1.1 GB 5805.6-2007 附录 G 半挥发性有机物分析的样品前处理 加速溶剂萃取 /HJ 782-2016 固体废物 有机物的提取 加压流体萃取法

赛默飞具有最全的产品线，可以提供固废中有机物分析流程中从样品前处理到仪器分析、数据处理等一系列产品。在固废项目中，赛默飞提供的工作流如下，通过 ASE 进行提取，Rocket 浓缩，后续进行仪器分析。通过简化常规工作流程和提供从样品到结果的快速工作流，帮助分析人员节省时间、劳力和成本。

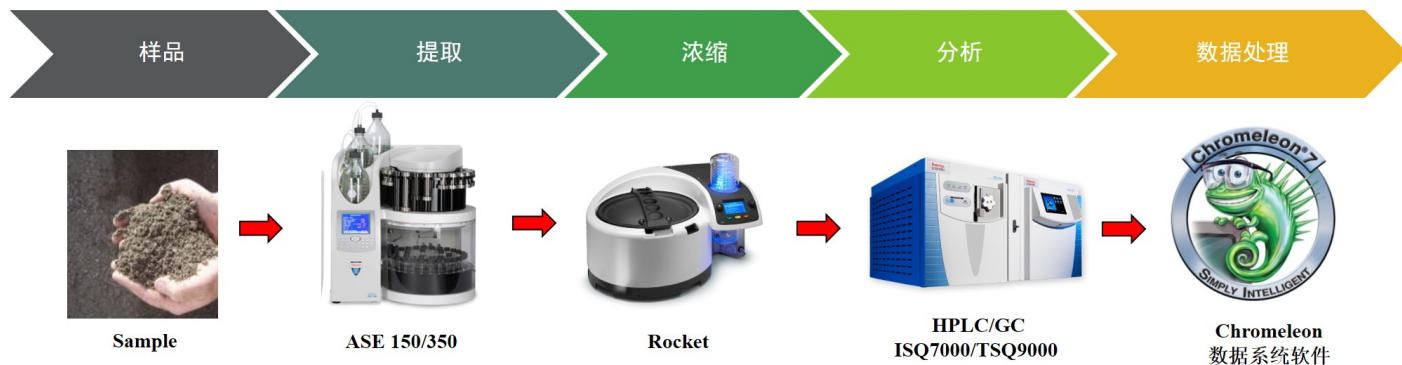


图 2-1 固废有机物分析流程图

方法概述	采用 ASE 对固废样品进行提取，提取液经 Rocket 进行浓缩定容，再后续仪器分析。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方，固废研究单位
样品源	固体废弃物，土壤，等
上机样品	正己烷溶液

配置建议及优势：

仪器配置	ASE350，配置 34mL 萃取池 Rocket，配置 Flip-Flop 蒸发瓶
耗材配置	纤维素滤膜
外围设备	如必要，可采购 SPE 净化仪
方案优势	1. 完全法规遵从，被多个标准推荐使用。 2. ASE 萃取效率高，速度快，20min 即可完成一个样品萃取。 3. Rocket 直接浓缩定容萃取液，无需转移，直接浓缩至 2mL 小瓶。 4. 高通量，ASE 可同时萃取 24 个样品 ;Rocket 可以同时浓缩 18 个样品。 5. 完整的分析流程，最佳的分析结果。

参考谱图（数据）：

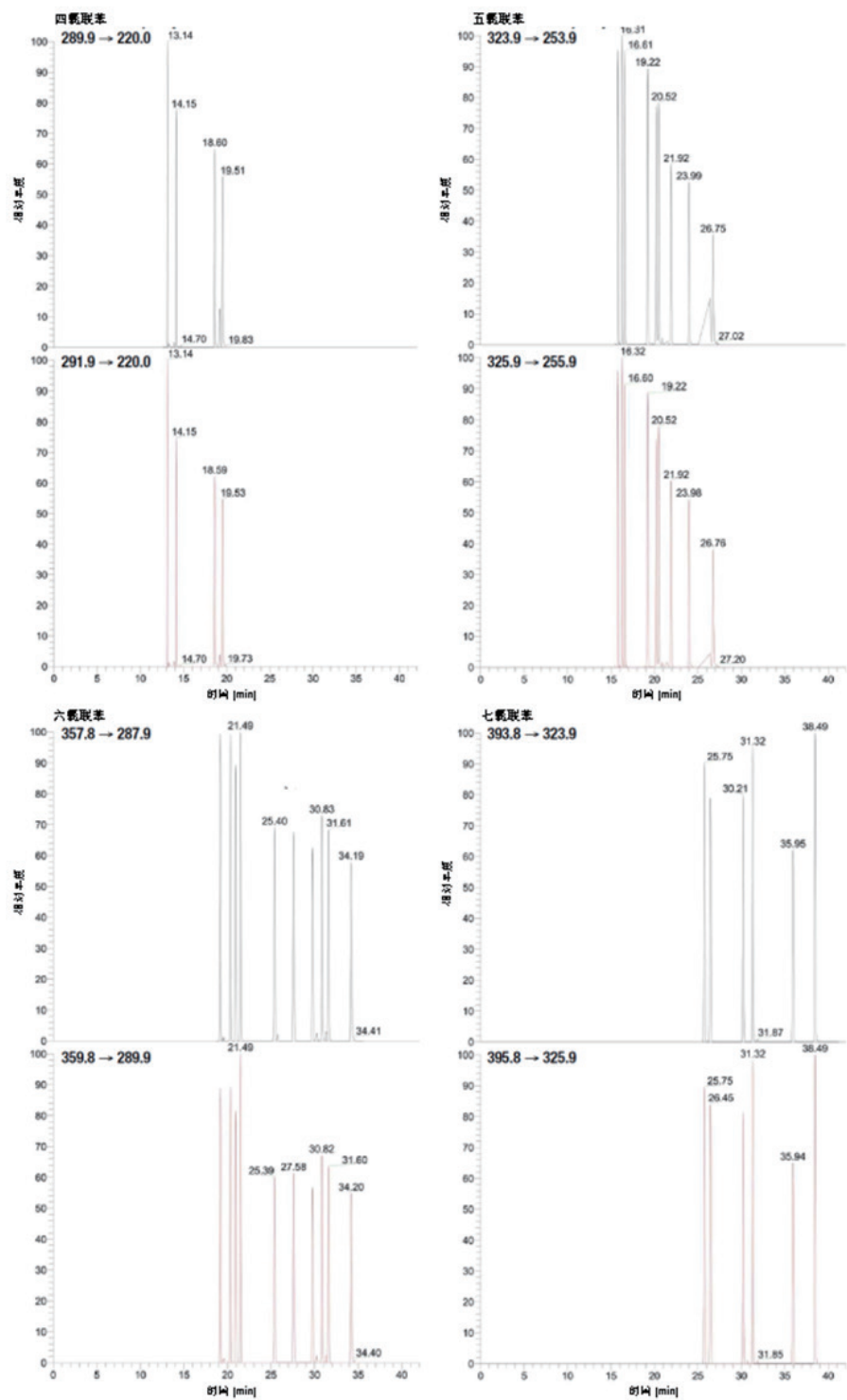


表 2-1 5、50 和 200 $\mu\text{g/kg}$ 加标水平的平均回收率和 RSD。

PCB	平均回收率 %	RSD%	平均回收率 %	RSD%	平均回收率 %	RSD%
	5ug/kg		50ug/kg		200ug/kg	
18	95	14.3	82	13.5	88	18.3
28+31	107	13.6	93	13.5	98	17.9
52	111	14.3	96	13.2	107	18.4
44	118	13.8	100	13.3	108	17.6
95	109	15.3	93	14.5	105	20.4
101	110	12.8	96	13.6	102	19.0
99	105	12.5	94	13.3	99	18.2
81	121	13.0	105	12.8	112	16.2
151	113	11.2	100	12.3	101	17.2
110	106	12.7	91	13.3	99	18.3
77*	124	12.8	105	13.3	107	15.7
123*	119	14.4	106	13.6	112	18.8
149	124	15.0	104	13.0	103	18.0
118*	120	15.2	101	12.5	103	17.7
146	117	13.3	103	12.4	101	16.9
153	129	19.7	105	11.1	102	16.1
114*	115	13.1	101	13.0	100	15.5
105*	114	15.2	97	12.0	100	16.5
138	121	17.1	97	12.1	96	16.4
187	128	17.4	106	11.0	99	14.0
183	128	13.8	107	11.0	101	14.4
126*	117	17.3	102	13.2	104	18.5
167*	108	13.8	96	11.5	96	15.6
128	107	13.0	93	11.4	92	15.6
177	123	13.4	103	10.4	95	13.3
156*	112	13.8	97	11.3	94	15.1
180*	130	18.9	102	10.0	94	13.3
157*	104	13.9	92	11.4	90	15.5
169*	111	14.5	98	11.3	97	16.9
170*	128	16.2	105	10.4	99	13.4
189*	125	13.6	107	10.3	98	12.8

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1] CAN 121：通过加速溶剂萃取和 GC-MS/MS 测定土壤和固体废物中的多氯联苯 (PCB)。

2.2 离子色谱（IC）

2.2.1 GB 5085.3-2007 固体废弃物浸出液中常规阴离子含量

环境固体废弃物浸出液中常规阴离子的测定是离子色谱法最重要的应用之一。我国危险废物鉴别标准 GB 5085.3-2007 中规定了无机氟化物等离子的浓度限值，以减小固体废弃物浸出液对环境的影响，并在 GB 5085.3-2007 附录 F 中推荐以离子色谱法进行分离测定。

部分离子的危害简介：氟是积累性毒物，植物叶子、牧草能吸收氟，人摄入过量的氟，在体内会干扰多种酶的活性，破坏钙、磷的代谢平衡，出现牙齿脆弱、生斑，骨骼、关节变形等症状的氟骨病。国际癌症研究协会认为，溴酸盐可能会增加人类患癌症的几率，将溴酸盐归为 2B 类致癌物质，对人体健康有害。亚硝酸盐是一种致癌物质，据研究，食道癌与患者

摄入的亚硝酸盐量呈正相关性。氰酸盐会引起慢性中毒，具有血红蛋白含量及红细胞数增加的现象。

方法概述	固体废物中的离子用水提取，常规阴离子由抑制电导法进行检测
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方，固废研究单位
样品源	固体废弃物，土壤，废水等
上机样品	水溶液

配置建议及优势：

仪器配置	AQUION，配置如下： AQUION 离子色谱仪主机 电导检测器 AS-DV 自动进样器
耗材配置	Dionex IonPac AS23，4×250mm（PN: 064149）
外围设备	OnGuard RP 柱
方案优势	操作简单，eworkflow 方法包，一键方法建立。 满足 GB 5085.3-2007 标准中对固废中常规阴离子检测的要求。 提供超高的灵敏度、检出限，操作维护简便。

参考色谱图：

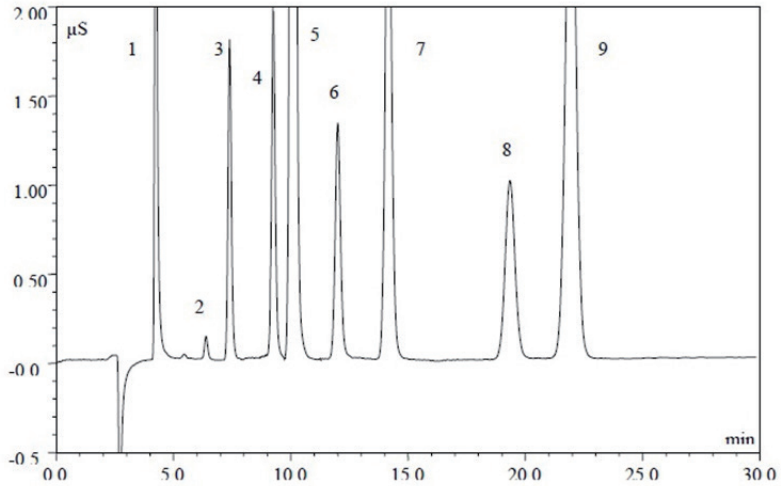


图1 氟离子等九种阴离子的分离色谱图

1：氟离子，2：溴酸根；3：氯离子，4：亚硝酸根，5：氰酸根；6：溴离子，7：硝酸根，8：磷酸根，
9：硫酸根

2.2.2 GB 5085.3-2007 固体废弃物浸出液中氰根和硫离子含量

环境固体废弃物浸出液中氰根和硫离子的测定是离子色谱法最重要的应用之一。我国危险废物鉴别标准 GB 5085.3-2007 中规定了氰化物（以氰根计）等离子的浓度限值，以减小固体废物浸出液对环境的影响，并在 GBT 5085.3-2007 附录 G 中推荐以离子色谱法进行分离测定。

污染环境的氰化物，主要来自工业生产。煤焦化、丙烯腈生产、金属电镀等等工业部门都会产生氰化物。氰化物是剧毒物质。

氰化氢人的口服致死量平均为 50 毫克，氰化钠约 100 毫克，氰化钾约 120 毫克。

方法概述	固体废物中的离子用水提取，加酸蒸馏后碱液吸收，由安培检测器进行检测
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方，固废研究单位
样品源	固体废弃物，土壤，废水等
上机样品	水溶液

配置建议及优势：

仪器配置	INTEGRION，配置如下： INTEGRION 离子色谱仪主机 安培检测器 AS-DV 自动进样器
耗材配置	Dionex IonPac AS7，4×250mm (PN： 035393)
外围设备	蒸馏器
方案优势	操作简单，eworkflow 方法包，一键方法建立。 满足 GB 5085.3-2007 标准中对固废中氰根和硫离子检测的要求。 提供超高的灵敏度、检出限，操作维护简便。

参考色谱图：

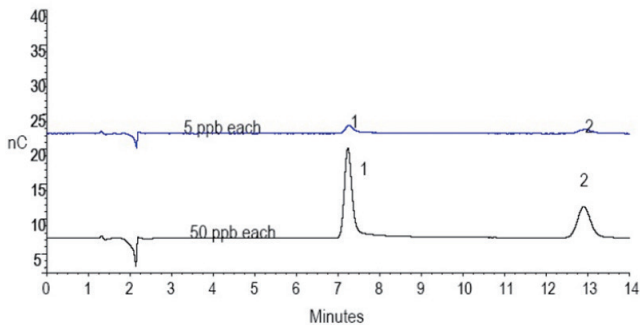


图 1 氰根离子和硫离子分离色谱图
1：氰根离子； 2：硫离子

2.2.3 离子色谱 - 电感耦合等离子体质谱连用测定固废中三价铬和六价铬

六价铬为极毒物，过量的六价铬甚至有致死作用，因此对环境有持久危险性。虽然原子吸收法和紫外可见分光光度法一直用于铬的测定，但是由于原子吸收法只能用于样品中总铬的测定，无法区分铬的价态；而紫外可见分光光度法通常受到样品本底颜色的干扰。IC-ICPMS 联用，方法灵敏度高，重现性好，结果令人满意。

方法概述	固体废物加盐酸提取，由 ICP-MS 外标法进行定量
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方，固废研究单位
样品源	固体废弃物，土壤，废水等
上机样品	水溶液

配置建议及优势：

仪器配置	ICS-6000，配置如下： ICS-6000 离子色谱仪主机 ICP-MS 系统 AS-AP 自动进样器
耗材配置	Dionex IonPac AG17-C，4×50mm（PN: 066295）
外围设备	振荡器
方案优势	分析过程仅 5 分钟，重现性好。 提供超高的灵敏度、检出限，可对可迁移的三价铬和六价铬进行定量。

参考谱图：

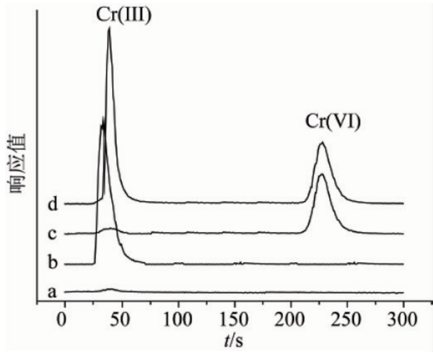


图 1 标准溶液与空白溶液的色谱图
Fig. 1 Chromatogram of standard and blank
a - 0.07 mol/L NH₄Cl 空白溶液；b - 1 µg/L 的 Cr(III) 溶液；c - 1 µg/L 的 Cr(VI) 溶液；d - 1 µg/L 的 Cr(III) 和 Cr(VI) 混合溶液

2.2.4 离子色谱柱后衍生紫外检测法测定固废中三价铬和六价铬

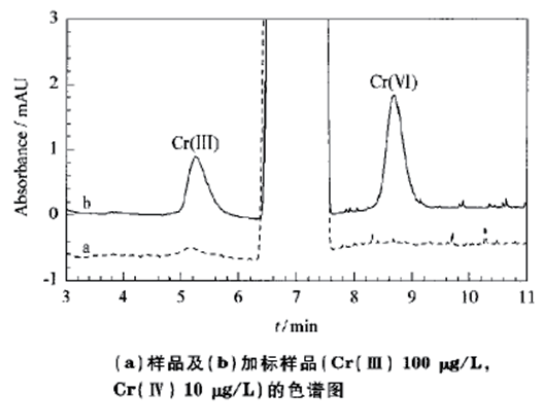
离子色谱柱后衍生紫外检测法，也能同时测定三价铬和六价铬。三价铬和六价铬分别以吡啶-2, 6-二羧酸 (PDCA) 和 1, 5-二苯卡巴肼 (DPC) 作为络合剂在柱前和柱后进行衍生化，分别在紫外和可见波长下采用紫外检测器进行检测，灵敏度高，基体干扰小。

方法概述	固体废物加流动相提取，紫外检测器检测
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方
样品源	固体废弃物，土壤，废水等
上机样品	水溶液

配置建议及优势：

仪器配置	ICS-6000，配置如下： ICS-6000 离子色谱仪主机 紫外检测器 AS-AP 自动进样器
耗材配置	Dionex IonPac CS5A，4×250mm（PN: 046100）
外围设备	振荡器
方案优势	1. 可同时测定三价铬和六价铬，重现性好。 2. 提供超高的灵敏度、检出限。

参考谱图：



2.2.5 燃烧裂解离子色谱（CIC）测定固废中的总卤和总硫

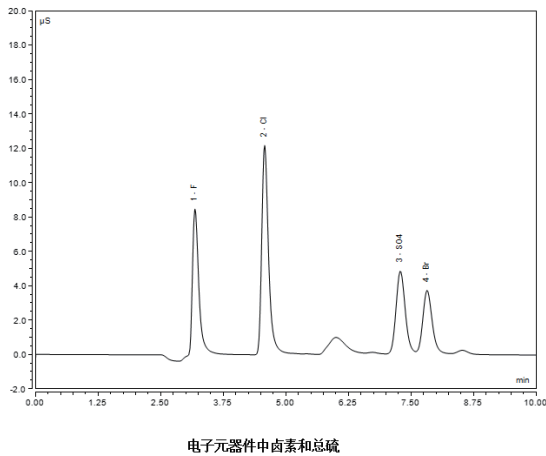
固体废弃物中的卤素和硫，燃烧后会对环境带来较大的污染。全自动燃烧裂解 - 离子色谱联用系统可全自动化实现诸如难解固体、半固体等复杂基质中卤素和硫的定性定量分析。

方法概述	固体废物在燃烧炉中燃烧后，经吸收液吸收，进入离子色谱分析
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方，固废研究单位
样品源	固体废弃物，土壤等
上机样品	固体

配置建议及优势：

仪器配置	AQUION，配置如下： AQUION 离子色谱仪主机 AQF 系统
耗材配置	Dionex IonPac AS23, AS11-HC, 4×250mm (PN: 052960)
外围设备	AQF 全自动燃烧炉
方案优势	完全符合 ASTM D7359-08 及其它类似的材料测试国际方法本方法具有较高的灵敏度，完全自动化操作，减小了结果误差，节省了大量试剂、时间和劳动力成本，同时大大降低了环境的污染。

参考谱图：



2.3 气相色谱 & 气质联用（GC&GCMS）

2.3.1 GB 5805.3-2007 附录 H 有机氯的测定 气相色谱法 /HJ 912-2017 固体废物 有机氯农药的测定 气相色谱 - 质谱法

采用加速溶剂提取为前处理设备，对固体样品进行前处理，经过浓缩定容后采用气质联用法对样品中的有机氯进行分析检测。整个方法前处理简单、快速，仪器灵敏度高，能够检测出大气颗粒物中超痕量的有机氯及多氯联苯。

方法概述	对液体、固体样品进行提取，经过相应的净化技术后，采用 GC-ECD、GC/MS 进行分析检测。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方
样品源	固体废弃物，土壤，废水等
上机样品	正己烷溶液

配置建议及优势：

仪器配置	TRACE 1300 气相色谱，配置如下： TRACE1300 GC，带 SSL 分流 / 不分流进样口，ECD 检测器 /ISQ7000 质谱仪 AS1300 液体自动进样器
耗材配置	TG-1701MS（30 m×0.25 mm×0.25 μm, PN: 26090-1420）
外围设备	快速溶剂提取 / 液液萃取，SPE 净化仪
方案优势	1. 操作简单，eworkflow 方法包，一键方法建立 2. 采用 GC-ECD，对环境中痕量的有机氯进行分析检测。满足 GB 5805.3-2007、GB/T5750.9-2006、GB/T1455-2003、HJ835-2017 等标准中对有机氯检测的要求。 3. 提供超高的灵敏度、检出限，能够满足固废中痕量的有机氯的检测需求。

参考谱图（数据）：

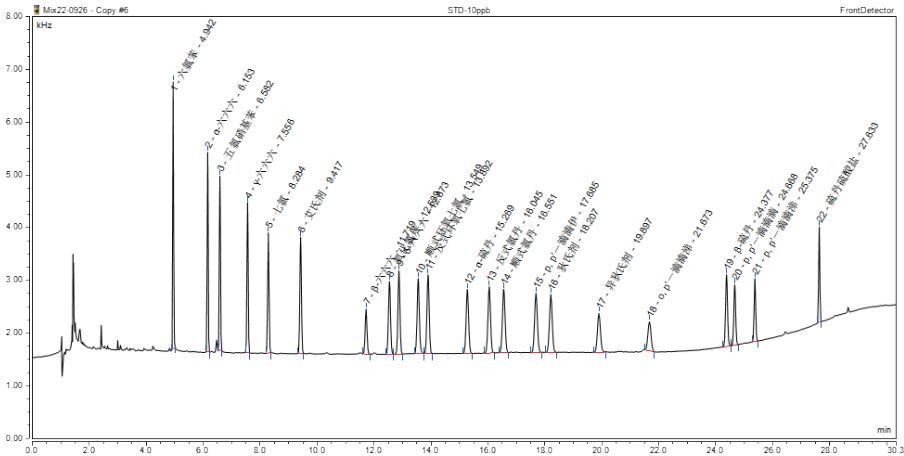


图 2-3 标准溶液谱图

（1-六氯苯;2- α -六六六;3-五氯硝基苯;4- γ -六六六;5- 七氯;6-艾氏剂;7- β -六六六;8-氧化氯丹;9- δ -六六六;10-顺式环氧七氯;11-反式环氧七氯 ;12- α -硫丹 ;13- 反式氯丹;14- 顺式氯丹;15-p, p’ 一滴滴伊 ;16- 狄氏剂;17 - 异狄氏剂;18-o, p’ 一滴滴涕 ;19- β -硫丹 ;20-p, p’ 一滴滴涕 ;21-p, p’ 一滴滴涕 ;22- 硫丹硫酸盐）

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1] Application Note 10401: Detection of Organochlorine Pesticides by GC-ECD Following U.S. EPA Method 8081

2.3.2 GB 5805.3-2007 附录 I 有机磷化合物的测定 气相色谱法

采用加速溶剂提取为前处理设备，对固体样品进行提取，之后采用改进的 QuEC 对固体样品进行提取，之后采用改进的

QuEChERs 净化方法，处理过后的溶液无须浓缩直接大体积进样 hERs 净化方法，处理过后的溶液无须浓缩直接大体积进样分析。采用 GC-FPD 法对样品中的有机磷农残进行分析检测。整个方法前处理简单、快速，仪器灵敏度高，能够检测出超痕量的有机磷。

方法概述	对液体、固体样品进行提取，经过相应的净化技术后，采用 GC-FPD 进行分析检测。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方
样品源	固体废弃物，土壤，废水等
上机样品	正己烷溶液

配置建议及优势：

仪器配置	TRACE 1300 气相色谱，配置如下： TRACE1300 GC，带 SSL 分流 / 不分流进样口，FPD 检测器 AS1300 液体自动进样器
耗材配置	TG-1701MS (30 m×0.25 mm×0.25 μm, PN: 26090-1420)
外围设备	快速溶剂提取；液液萃取，SPE 净化仪
方案优势	1. 操作简单，eworkflow 方法包，一键方法建立 2. 采用 GC-FPD，对环境痕量的有机氯进行分析检测，满足 GB 5805.3-2007 等标准中对有机磷检测的要求。 3. 提供超高的灵敏度、检出限，能够满足固废中痕量的有机磷的检测需求。

参考谱图：

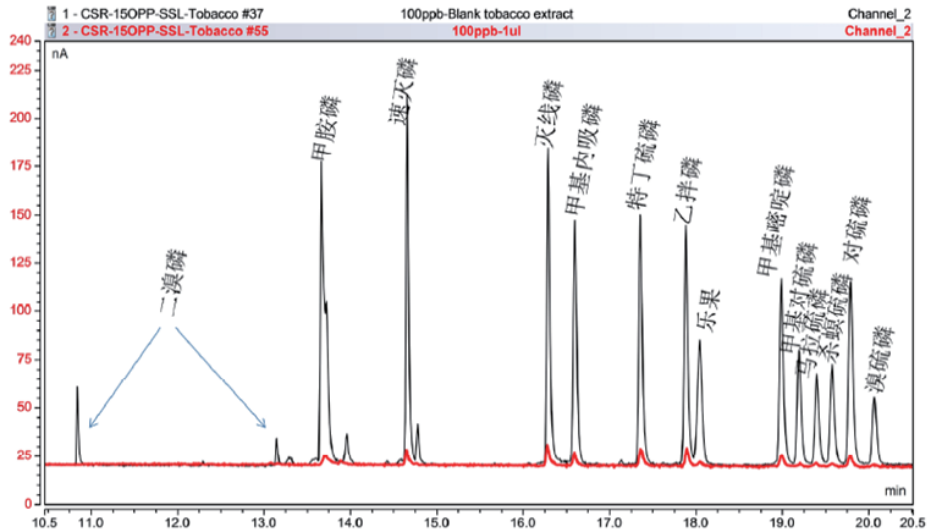


图 2-4 大体积不分流进样和标准不分流进样的 14 种有机磷农残标准溶液色谱图（浓度 100ppb，黑色为进样 30ul、红色为进样 1ul）

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1] Application Note AN_C_GC-31 GC-FPD 结合大体积不分流进样技术测定烟草中的有机磷农残

[2] 碳纳米管用于纺织品多种有机磷农药残留的富集和测定 纺织导报 2012 No.12

[3] 样品报告 -2012-APP-GC-001- 土壤中有机磷 ASE 提取

2.3.3 GB 5805.3-2007 附录 N 多氯联苯的的测定（PCBs） 气相色谱法

本方法采用加速溶剂提取为前处理设备，对样品进行提取，经过浓缩定容后采用气相色谱对样品中的有机氯和多氯联苯进行分析检测。整个方法前处理简单、快速，仪器灵敏度高，能够检测出超痕量的有机氯及多氯联苯。

方法概述	对液体、固体样品进行提取，经过相应的净化技术后，采用 GC-ECD 进行分析检测。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方
样品源	PM2.5 大气颗粒物，固体废弃物，土壤，废水等
上机样品	正己烷溶液

配置建议及优势：

仪器配置	TRACE 1300 气相色谱，配置如下： TRACE1300 GC，带 SSL 分流 / 不分流进样口，ECD 检测器 /ISQ7000 气质 AS1300 液体自动进样器
耗材配置	Thermo Scientific™ TG-5MS(30 m×0.25 mm×0.25 μm，PN：26098-1420)
外围设备	快速溶剂提取；液液萃取，SPE 净化仪
方案优势	1. 操作简单，eworkflow 方法包，一键方法建立 2. 采用 GC-MS，对环境中的痕量的多氯联苯进行分析检测。满足 GB 5805.3-2007、HJ646-2013 等标准中对有机磷检测的要求。 3. 提供超高的灵敏度、检出限，能够满足固废中痕量的多氯联苯的检测需求。

参考谱图：

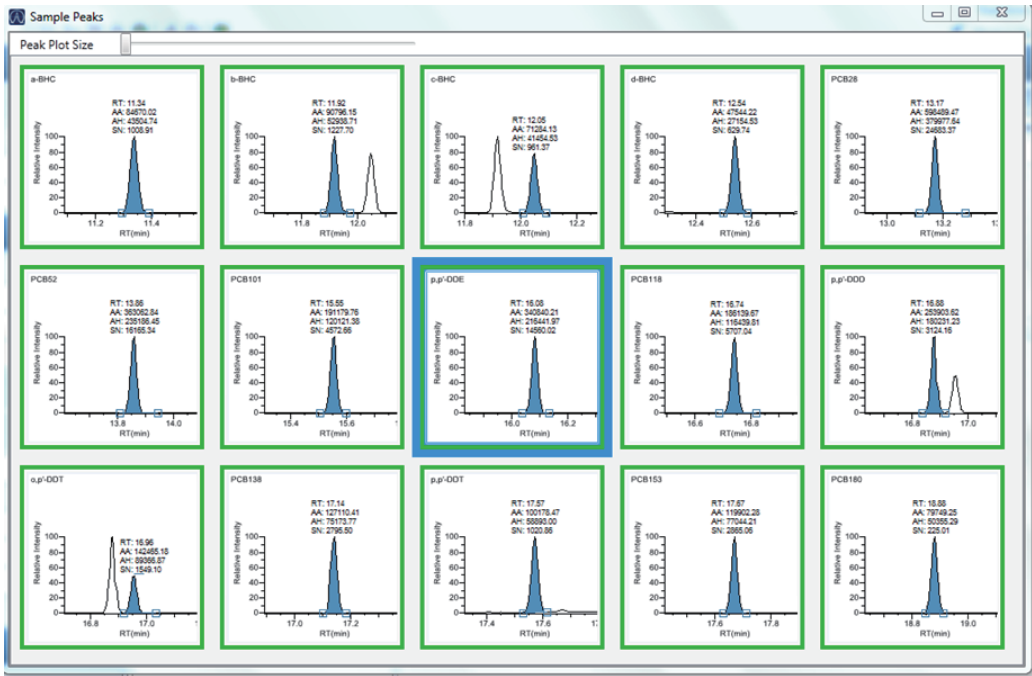


图 2-4 多氯联苯和有机氯标准溶液色谱图

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1] 样品报告 -2013-MR-004-ASE-GC-ECD 法测定土壤中的多氯联苯

[2] AN_C_GCMS-76 通过加速溶剂萃取和 GC-MSMS 测定土壤和固体废弃物中的多氯联苯

[3] AN_C_ASE-11 加速溶剂萃取 - 气质联用法测定 PM2.5 中的有机氯及多氯联苯

2.3.4 GB 5805.3-2007 附录 P 芳香族及含卤挥发物的测定 气相色谱法 / HJ 975-2018 固体废物苯系物的测定顶空 - 气相色谱法

本方法采用顶空 - 气质联用法对样品中的芳香族和含卤化合物进行分析检测。整个方法前处理简单、快速，仪器灵敏度高，能够检测出土壤、固体废弃物中超痕量的芳香族及含卤化合物。

方法概述	采用顶空 - 气相色谱法，对土壤和沉淀物中苯系物等进行分析检测。同时也适用于土壤中 VOCs 的分析检测。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方
样品源	固体废弃物，土壤，废水等
上机样品	顶空瓶 样品直接上样

配置建议及优势：

仪器配置	TRACE 1300 气相色谱，配置如下： TRACE1300 GC，带 SSL 分流 / 不分流进样口，FID 检测器 TriPlus 500 顶空自动进样器
耗材配置	Thermo Scientific™ TG-WaxMS （30 m×0.25 mm×0.25 μm，PN：26098-1420）
方案优势	1. 操作简单，eworkflow 方法包，一键方法建立。 2. 采用顶空 - 气相色谱法，对土壤和沉淀物中苯系物等进行分析检测。同时也适用于土壤中 VOCs 的分析检测。满足 GB 5805.3-2007、HJ 742-2015 土壤和沉积物 挥发性芳香烃的测定 顶空气相色谱法等标准中对芳香族及含卤化合物检测的要求。 3. 提供超高的灵敏度、检出限，能够满足固废中痕量的芳香族和含卤化合物的检测需求。

参考谱图：

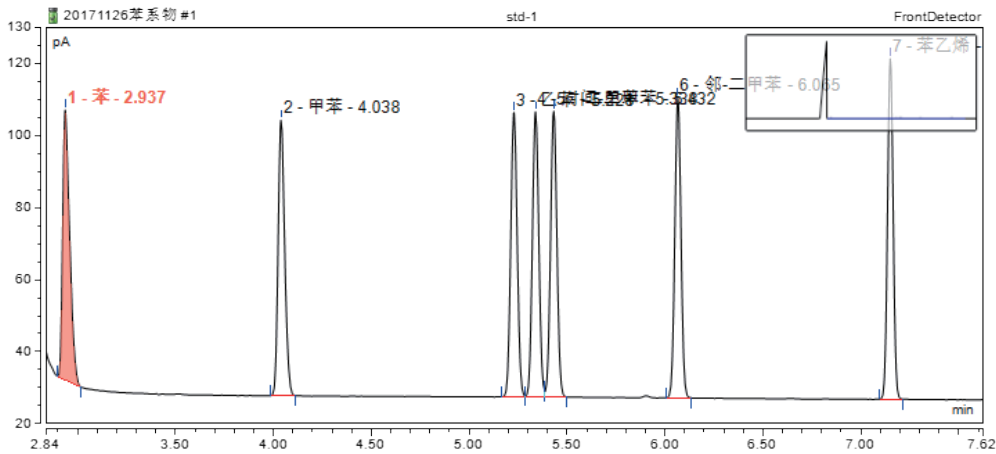


图 2-5 苯系物色谱图

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1] HJ742-2015 土壤固体废物 挥发性芳香烃的测定 顶空气相色谱法

2.3.5 GB 5805.6-2007 附录 K 苯胺及其选择性衍生物的测定 气相色谱法

本方法采用加速溶剂提取为前处理设备，对样品进行前处理，经过液液萃取，浓缩定容后采用气相 / 气质联用法对样品中的苯胺类化合物进行分析检测。整个方法前处理简单、快速，仪器灵敏度高，能够检测出超痕量的有机氯及多氯联苯。

方法概述	对液体、固体样品进行提取，经过相应的净化技术后，采用 GC-FID/MS 进行分析检测。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方
样品源	PM2.5 大气颗粒物，固体废弃物，土壤，废水等
上机样品	正己烷溶液

配置建议及优势：

仪器配置	TRACE 1300 气相色谱，配置如下： TRACE1300 GC，带 SSL 分流 / 不分流进样口，FID 检测器 /ISQ7000 气质 AS1300 液体自动进样器
耗材配置	Thermo Scientific™ TG-5MS AMINE GC 色谱柱（30 m×0.25 mm×0.25 μm，PN：26097-1420）
外围设备	快速溶剂提取；液液萃取，SPE 净化仪
方案优势	1. 操作简单，eworkflow 方法包，一键方法建立 2. 采用 GC-MS，对环境中痕量的苯胺类化合物进行分析检测，满足 GB 5805.3-2007 等标准中对苯胺类化合物检测的要求。 3. 提供超高的灵敏度、检出限，能够满足土壤、固废中痕量的苯胺类化合物的检测需求。

参考谱图：

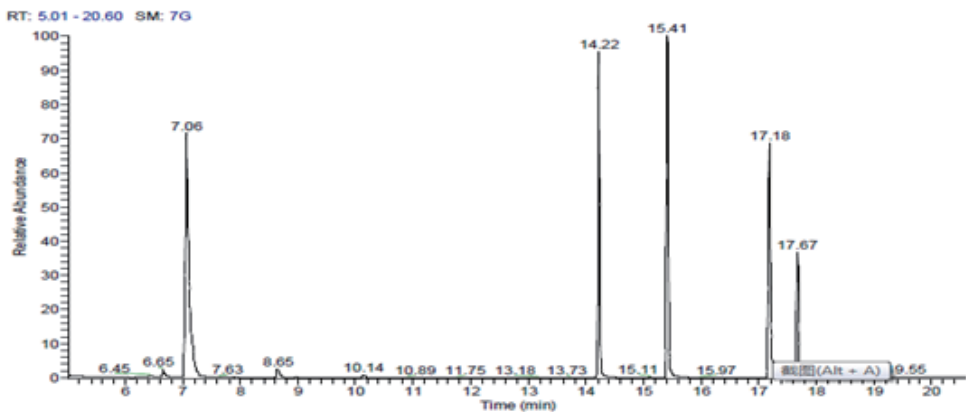


图 2-6 5 种苯胺类化合物标准溶液色谱图

（苯胺、邻 - 硝基苯胺、间 - 硝基苯胺、对 - 硝基苯胺、2,4- 二硝基苯胺）

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1] 方法报告 -2013-MR-001-GCSQ-GCMS 法测定饮用水、环境水样中的苯胺类化合物

[2] AN-C-GC-50 汽油中含氧化合物和苯胺类化合物的测定

2.3.6 GB 5805.6-2007 附录 R 丙烯酰胺的测定 气相色谱法

本方法采用加速溶剂提取为前处理设备，萃取以纯水，10mM 甲酸水溶液以及乙腈为溶剂，对样品进行前处理，浓缩定容后衍生，采用气相 -ECD 法对样品中的丙烯酰胺进行分析检测。整个方法前处理简单、快速，仪器灵敏度高，能够检测出超痕量的丙烯酰胺。

方法概述	对液体、固体样品进行提取，经过相应的净化技术后，采用 GC-ECD 进行分析检测。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方
样品源	PM2.5 大气颗粒物，固体废弃物，土壤，废水等
上机样品	乙腈、乙酸乙酯溶液

配置建议及优势：

仪器配置	TRACE 1300 气相色谱，配置如下： TRACE1300 GC，带 SSL 分流 / 不分流进样口，ECD 检测器 AS1300 液体自动进样器
耗材配置	TG-Wax MS, 30 m, 0.32 mm, 0.25 μm (30 m×0.25 mm×0.25 μm, PN: 26088-1430)
外围设备	快速溶剂提取；液液萃取
方案优势	1. 操作简单，eworkflow 方法包，一键方法建立 2. 采用 GC-ECD，对环境痕量的丙烯酰胺化合物进行分析检测，满足 GB 5805.6-2007 等标准中对丙烯酰胺化合物检测的要求。 3. 提供超高的灵敏度、检出限，能够满足土壤、固废中痕量的丙烯酰胺化合物的检测需求。

参考谱图：

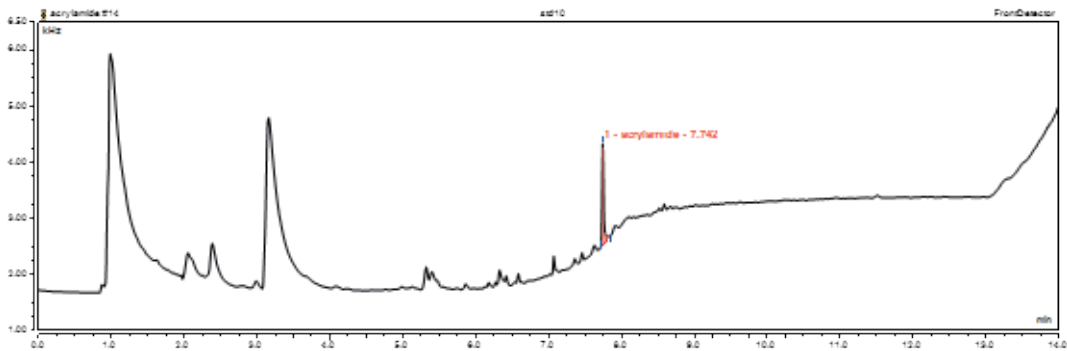


图 2-7 丙烯酰胺衍生标准溶液色谱图

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1] AN358 用加速溶剂萃取 (ASE) 提取并在线净化分析复杂样品基质中的丙烯酰胺

[2] 方法 水质中丙烯酰胺的测定

2.3.7 HJ 711-2014 固体废物 酚类化合物的测定 气相色谱法

本方法采用 ASE-GC-FID 法分析检测土壤固体废弃物中 21 种酚类化合物。整个方法前处理简单、快速，仪器灵敏度高，能够检测出土壤、固体废弃物中超痕量的酚类化合物。

方法概述	采用 ASE 萃取 - 气相色谱 -FID 检测，对土壤和沉淀物中酚类化合物等进行分析检测。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方
样品源	固体废弃物，土壤，废水等
上机样品	ASE 萃取（二氯甲烷、正己烷溶液）

配置建议及优势：

仪器配置	TRACE 1300 气相色谱，配置如下： TRACE1300 GC，带 SSL 分流 / 不分流进样口，FID 检测器 AS1300 液体自动进样器
耗材配置	Thermo Scientific™ TG-1MS （30 m×0.25 mm×0.25 μm，PN：26099-1425）
方案优势	1. 操作简单，eworkflow 方法包，一键方法建立。 2. 采用 ASE 萃取 - 气相色谱 FID 法，对土壤和固体废弃物中酚类化合物等进行分析检测。满足 HJ 711-2014 固体废物 酚类化合物的测定等标准中对酚类化合物检测的要求。 3. 提供超高的灵敏度、检出限，能够满足固废中痕量的酚类化合物检测需求。

参考谱图：

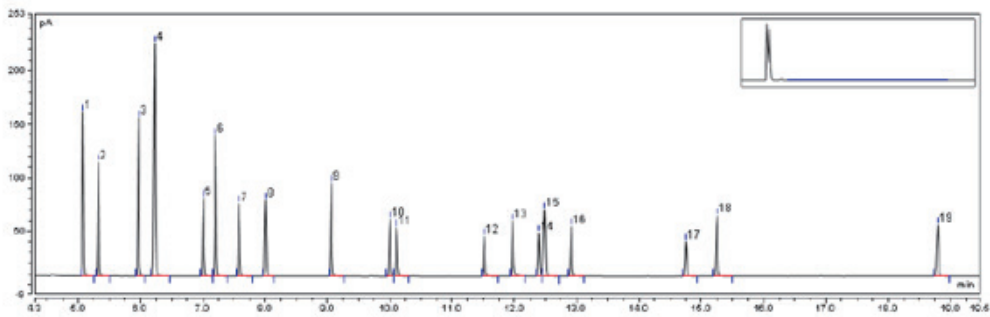


图 1. 标准溶液色谱图

1. 苯酚；2. 2- 氯酚；3. 邻 - 甲酚；4. 对 / 间 - 甲酚；5. 2- 硝基酚；6. 2,4- 二甲酚；7. 2,4- 二氯酚；8. 2,6- 二氯酚；
9. 4- 氯 -3- 甲酚；10. 2,4,6- 三氯酚；11. 2,4,5- 三氯酚；12. 2,4- 二硝基苯；13. 4- 硝基酚；14. 2,3,4,6- 四氯酚；
15. 2,3,4,5- 四氯酚 / 2,3,5,6- 四氯酚；16. 2- 甲基 -4,6- 二硝基酚；17. 五氯酚；18. 2-(1- 甲基 - 正丙基) -4,6- 二硝基酚；
19. 2- 环己基 -4,6- 二硝基酚

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1] AN GC-62 ASE-GC-FID 法分析检测土壤中 21 种酚类化合物

2.3.8 HJ 760-2015 固体废物 挥发性有机物的测定 顶空 - 气相色谱法 / GB 5805.3-2007 附录 O 挥发性有机化合物的测定 气相色谱 / 质谱法

本方法采用顶空 -GC-FID 法分析检测土壤、固体废弃物中挥发性有机物。整个方法前处理简单、快速，仪器灵敏度高，能够检测出土壤、固体废弃物中超痕量的挥发性有机物。

方法概述	采用顶空气相色谱 -FID 检测，对土壤和沉淀物中挥发性有机物等进行分析检测。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方
样品源	固体废弃物，土壤，生活饮用水、废水等
上机样品	顶空直接进样

配置建议及优势：

仪器配置	TRACE 1300 气相色谱，配置如下： TRACE1300 GC，带 SSL 分流 / 不分流进样口，FID 检测器 TirPlus 500 顶空自动进样器
耗材配置	Thermo Scientific™ TG-624MS （30 m×0.32 mm×1.8μm，PN：26069-3330）
外围设备	快速溶剂提取；液液萃取
方案优势	1. 操作简单，eworkflow 方法包，一键方法建立。 2. 采用顶空 - 气相色谱 -FID，对土壤和沉淀物中挥发性化合物等进行分析检测。满足 HJ 760-2015 固体废弃物挥发性有机物的测定等标准中对挥发性有机物检测的要求。 3. 提供超高的灵敏度、检出限，能够满足固废中痕量的挥发性有机物检测需求。

参考谱图：

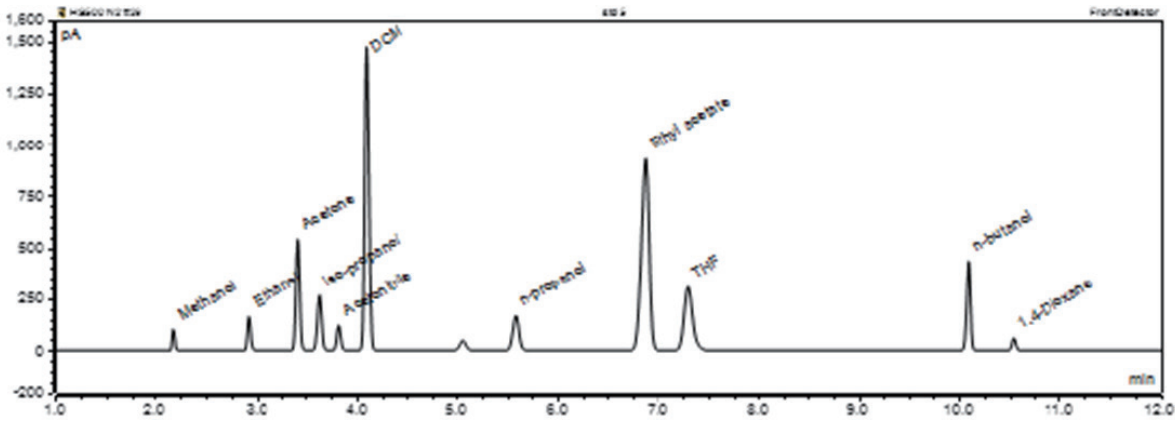


图 2-8 VOC 标准溶液色谱图

2.3.9 HJ 874-2017 固体废物 丙烯醛、丙烯腈和乙腈的测定 顶空 - 气相色谱法

丙烯醛、丙烯腈、乙腈作为合成树脂工业和药物合成工业的重要原料，《危险废物鉴别标准 毒性物质含量鉴别》中明确指出，此三种有毒物质为致癌性物质除对人体健康产生影响外，还可妨碍周围环境的自净作用，影响正常的生态平衡。本方法采用顶空 -GC-FID 法分析检测土壤、固体废弃物中丙烯腈、丙烯醛、乙腈含量的测试。整个方法前处理简单、快速，仪器灵敏度高，能够检测出土壤、固体废弃物中超痕量的丙烯腈、丙烯醛、乙腈。

方法概述	采用顶空气相色谱 -FID 检测，对土壤和沉淀物中挥发性有机物等进行分析检测。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方
样品源	固体废弃物，土壤，生活饮用水、废水等
上机样品	顶空直接进样

配置建议及优势：

仪器配置	TRACE 1300 气相色谱，配置如下： TRACE1300 GC，带 SSL 分流 / 不分流进样口，FID 检测器 TirPlus 500 顶空自动进样器
耗材配置	Thermo Scientific™ TG-Wax （30 m×0.25mm×0.25μm，PN：26098-1420）
方案优势	1. 操作简单，eworkflow 方法包，一键方法建立。 2. 采用顶空 - 气相色谱 -FID，对土壤和废弃物中丙烯腈、丙烯醛、乙腈等进行分析检测。满足 HJ 874-2017 固体废物 丙烯醛、丙烯腈和乙腈的测定 顶空 - 气相色谱法检测的要求。 3. 提供超高的灵敏度、检出限，能够满足固废中痕量的挥发性有机物检测需求。

参考谱图：

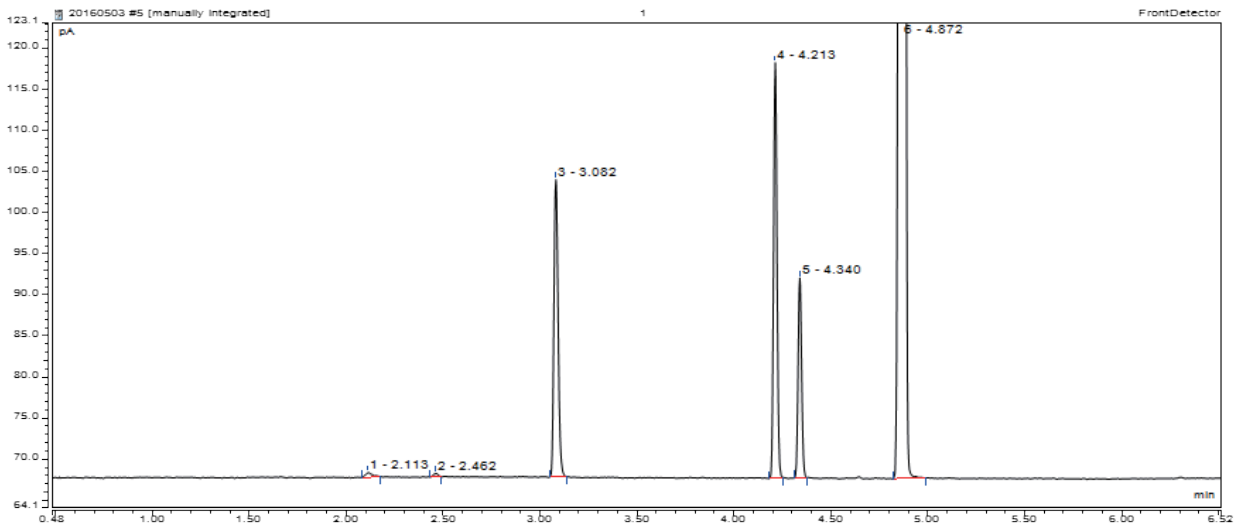


图 2-9 标准溶液色谱图（丙烯醛、丙烯腈、乙腈）

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1] 方法 土壤中的丙烯醛、丙烯腈、乙腈检测方法

2.3.10 GB 5805.3-2007 附录 K 半挥发性有机化合物的测定 气相色谱 / 质谱法 /GB 5805.3-2007 附录 M 半挥发性有机化合物（PAHs 和 PCBs）的测定 热提取气相色谱质谱法 /HJ 951-2018 固体废物 半挥发性有机物的测定 气相色谱 - 质谱法 /HJ 950-2018 固体废物 多环芳烃的测定 气相色谱 - 质谱法

本方法采用 ASE-GCMS 法分析检测土壤固体废弃物中半挥发性有机物，结合 AEI 离子源。整个方法前处理简单、快速，仪器灵敏度高，离子源耐污染，能长时间保持仪器高灵敏度，能够检测出土壤、固体废弃物中超痕量的半挥发性有机物。

方法概述	采用 ASE 萃取 -GC/MS 检测，对土壤和沉淀物中半挥发性有机物进行分析检测。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方
样品源	固体废弃物，土壤，废水等
上机样品	ASE 萃取（二氯甲烷、正己烷溶液）

配置建议及优势：

仪器配置	TRACE 1300-ISQ7000 单四极杆气质，配置如下： TRACE 1300 GC，带 SSL 分流 / 不分流进样口 ISQ 7000 单四极杆气质 AS1310 液体自动进样器
耗材配置	Thermo Scientific™ TG-5MS（30 m×0.25 mm×0.25 μm，PN：26098-1425）
方案优势	1. 操作简单，eworkflow 方法包，一键方法建立。 2. 提供超高的灵敏度、检出限，能够满足固废、土壤、沉积物中半挥发性有机化合物检测需求。

参考谱图：

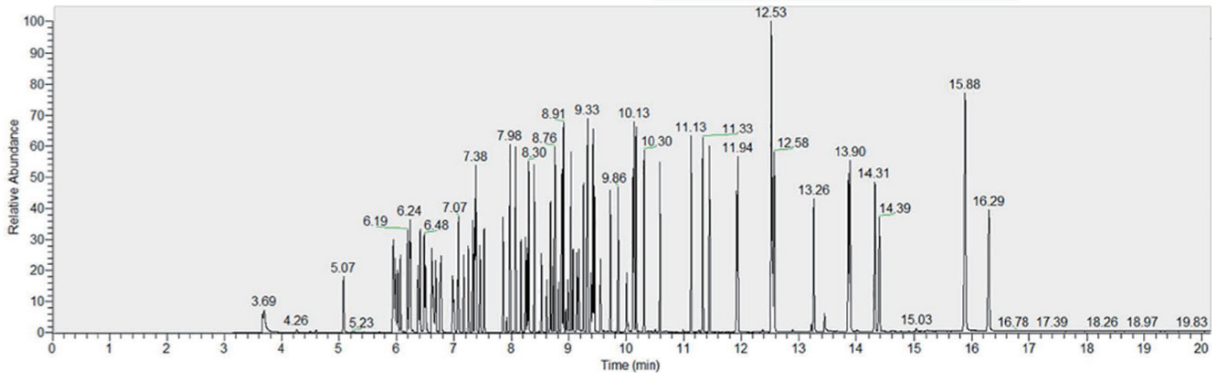


图 2-10 101 种半挥发性有机物标准溶液总离子流图

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1] AN-10522 符合美国 EPA 方法 8270D 的环境样品中半挥发性有机物 (SVOC) 分析 GC-MS 优化解决方案

[2] AN_C_GCMSMS_4_201711B GCMSMS 结合 ASE 测定土壤中 SVOC 含量

2.3.11 GB 5805.3-2007 附录 Q 挥发性有机物的测定 平衡顶空法 /HJ 643-2013 固体废物 挥发性有机物的测定 顶空 气相色谱—质谱法

本方法采用顶空 -GCMS 法分析检测土壤、固体废弃物中挥发性有机物。整个方法前处理简单、快速，仪器灵敏度高，能够检测出土壤、固体废弃物中超痕量的挥发性有机物。

方法概述	采用顶空气相色谱质谱联用法，对土壤和沉淀物中挥发性有机物等进行分析检测。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方
样品源	固体废弃物，土壤，生活饮用水、废水等
上机样品	顶空进样

配置建议及优势：

仪器配置	TRACE 1300-ISQ7000 单四极杆气质，配置如下： TRACE 1300 GC，带 SSL 分流 / 不分流进样口 ISQ 7000 单四极杆气质 Triplus 500 顶空自动进样器
耗材配置	Thermo Scientific™ TG-624MS（60 m×0.25 mm×1.4μm，PN：26069-3330）
方案优势	1. 操作简单，eworkflow 方法包，一键方法建立。 2. 采用顶空 - 气相色谱 -FID，对土壤和沉淀物中挥发性化合物等进行分析检测。满足 GB 5805.3-2007 附录 Q 挥发性有机化合物的测定 气相色谱 / 质谱法等标准中对挥发性有机物检测的要求。 3. 提供超高的灵敏度、检出限，能够满足固废中痕量的挥发性有机物检测需求。

参考谱图：

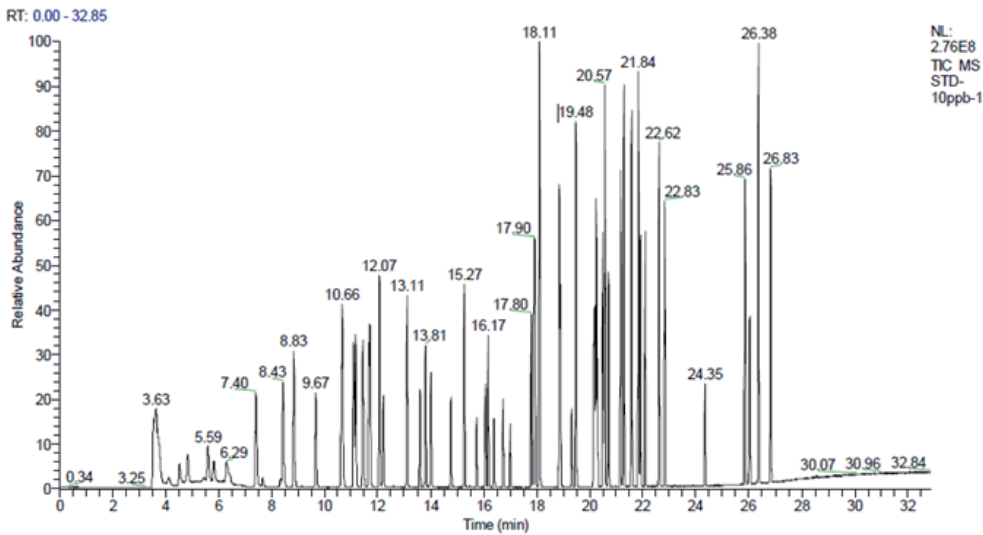


图 2-11 60 种 VOC 标准溶液色谱图

2.3.12 HJ 891-2017 固体废物 多氯联苯的测定 气相色谱 - 质谱法

采用加速溶剂提取为前处理设备，对固体样品进行前处理，经过 Rocket 浓缩定容后采用气质联用法对样品中的多氯联苯进行分析检测。整个方法前处理简单、快速，仪器灵敏度高，能够检测出超痕量的多氯联苯。

方法概述	对液体、固体样品进行提取，经过相应的净化技术后，采用 GC-MS 进行分析检测。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方
样品源	固体废弃物，土壤，废水等
上机样品	正己烷溶液

配置建议及优势：

仪器配置	TRACE 1300-ISQ7000 单四极杆气质，配置如下： TRACE 1300 GC，带 SSL 分流 / 不分流进样口 ISQ 7000 单四极杆气质 AS1310 液体自动进样器
耗材配置	TG-1701MS（30 m×0.25 mm×0.25 μm, PN: 26090-1420）
外围设备	快速溶剂提取；液液萃取，SPE 净化仪
方案优势	1. 操作简单，eworkflow 方法包，一键方法建立 2. 采用 GC-MS，对环境中痕量的多氯联苯进行分析检测。满足 HJ 891-2017 固体废物 多氯联苯的测定 气相色谱 - 质谱法等标准中对多氯联苯检测的要求。 3. 提供超高的灵敏度、检出限，能够满足固废中痕量的多氯联苯的检测需求

参考谱图（数据）：

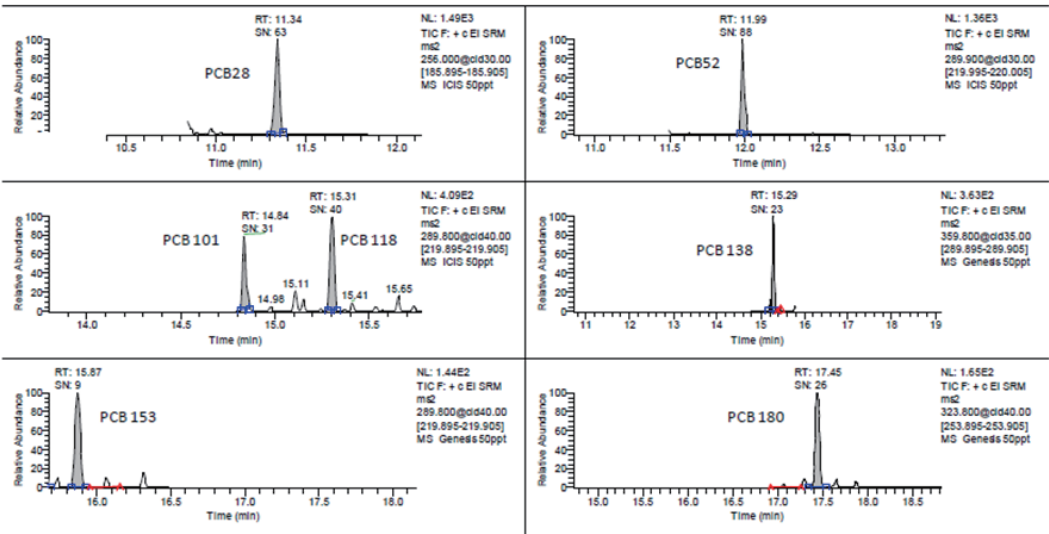


图 2-12 多氯联苯标准溶液谱图

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1] AN_C_ ASE-11 加速溶剂萃取 - 气质联用法测定 PM2.5 中的有机氯及多氯联苯

[2] AN_C_ GCMS-56-ASE-Online GPC-GC-MS 法分析土壤中你那个的多氯联苯

[3] AN_C_-GCMS-76 通过加速溶剂萃取和 GC-MSMS 测定土壤和固体废弃物中的多氯联苯

[4] CM0107 加速溶剂萃取 - 三重四极杆气质联用测定 PM2.5 中的多环芳烃和多氯联苯

2.3.13 HJ 963-2018 固体废物 有机磷类和拟除虫菊酯类等 47 种农药的测定 气相色谱 - 质谱法

采用加速溶剂提取为前处理设备，对固体样品进行前处理，经过浓缩定容后采用气质联用法对样品中的有机氯进行分析检测。整个方法前处理简单、快速，仪器灵敏度高，能够检测出超痕量的有有机磷类和拟除虫菊酯类化合物。

方法概述	对液体、固体样品进行提取，经过相应的净化技术后，采用 GC-MS 进行分析检测。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方
样品源	固体废弃物，土壤，废水等
上机样品	正己烷溶液

配置建议及优势：

仪器配置	TRACE 1300-ISQ7000 单四极杆气质，配置如下： TRACE 1300 GC，带 SSL 分流 / 不分流进样口 ISQ 7000 单四极杆气质 AS1310 液体自动进样器
耗材配置	TG-1701MS (30 m×0.25 mm×0.25 μm, PN: 26090-1420)
外围设备	快速溶剂提取；液液萃取，SPE 净化仪
方案优势	1. 操作简单，eworkflow 方法包，一键方法建立 2. 采用 GCMS，对环境中痕量的有机磷及除虫菊酯类农残进行分析检测。满足 GB 5805.3-2007、GB/T5750.9-2006、GB/T1455-2003、HJ963-2018 等标准中对农残检测的要求。 3. 提供超高的灵敏度、检出限，能够满足固废中痕量的有机磷类和拟除虫菊酯类农残的检测需求。

参考谱图（数据）：

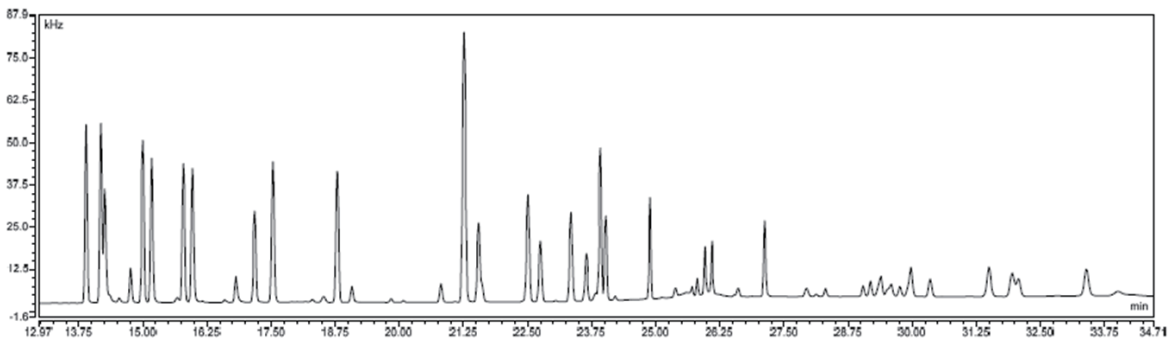


图 2-13 拟除虫菊酯类农残标准溶液谱图

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1] AN_C_ ASE-11 加速溶剂萃取 - 气质联用法测定 PM2.5 中的有机氯及多氯联苯

[2] AN_C_ GCMS-56-ASE-Online GPC-GC-MS 法分析土壤中多氯联苯

[3] AN_C_-GCMS-76 通过加速溶剂萃取和 GC-MSMS 测定土壤和固体废弃物中的多氯联苯

[4] CM0107 加速溶剂萃取 - 三重四极杆气质联用测定 PM2.5 中的多环芳烃和多氯联苯

2.3.14 2002/95/EC 指令 /EU/2015/863 指令 热裂解 -GCMS 分析电子电器、废弃物中的邻苯二甲酸酯、十溴二苯醚、短链氯化石蜡、红磷

世界各国尤其是发达国家，对 RoHS 指令的出台反响强烈，高度关注，有的称其为绿色环保指令，有的称其为技术壁垒指令，还有的称其为牵动全球制造业神经的指令。中国是全球制造业大国，也是产品出口大国，出口总量的 70% 以上涉及到 RoHS 指令，因此中国政府亦十分重视相关问题，并于 2006 年 2 月 28 日出台了 中国版 RoHS 《电子信息产品污染控制管理办法》。同时，电子电器报废后产生了大量的固体废弃物，也会对环境造成较大的污染，需要对其中的有毒有害物质进行分析检测。

目前对这类化合物的检测主要的方法为固液萃取后，萃取液经过液体自动进样器到 GC/MS 中进行分析检测。但固液萃取步骤较多，耗时长。不适合于大量样品的分析检测。目前比较快速的方法为采用热裂解，直接固体样品分析检测，无需复杂的样品前处理过程。

方法概述	固体样品粉碎后，直接取少量固体粉末直接热裂解 -GC-MS 分析
方法适用客户群体	各级海关，电子电器企业，轻工检测类第三方，材料厂
样品源	固体废弃物，电子电器材料，
上机样品	固体样品

配置建议及优势：

仪器配置	TRACE 1300-ISQ7000 单四极杆气质，配置如下： TRACE 1300 GC，带 SSL 分流 / 不分流进样口 ISQ 7000 单四极杆气质 Froniter 热裂解仪
耗材配置	TG-5HT 15m×0.25mm×0.10um，(PN:26095-0350)
外围设备	十万分之一天平
方案优势	1. 赛默飞提供从前处理到实验结果出具的整个流程解决方案，依据此解决方案，您可以快速建立邻苯二甲酸酯和溴化阻燃剂的样品前处理方法以及仪器分析方法，并且操作简单高效。 2. 除 RoHs 管控的增塑剂和溴化阻燃剂外，本解决方案也提供了氯化短链石蜡以及红磷阻燃剂等用户较为关注物质的热裂解 -GCMS 解决方案，以上分析采用完全相同的仪器配置，不同化合物分析无需更换色谱柱。 3. 依托最新发布的 ThermoScienti c™ ISQ™ 7000 系列 气相色谱质谱联用仪高灵敏度，高稳定性，高耐用性的特点，完美解决实验室高通量，高准确性的需求。

参考谱图（数据）：

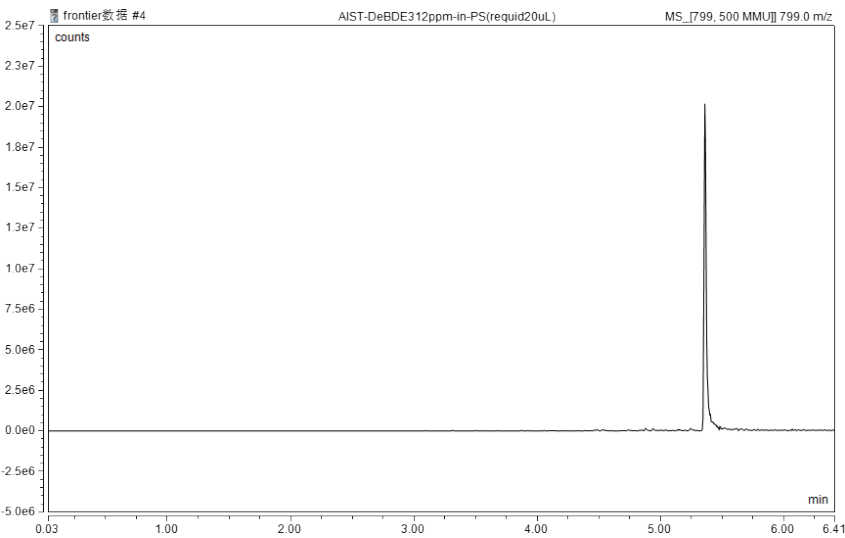


图 2-14 Py-GC-MS 分析十溴二苯醚提取离子流图

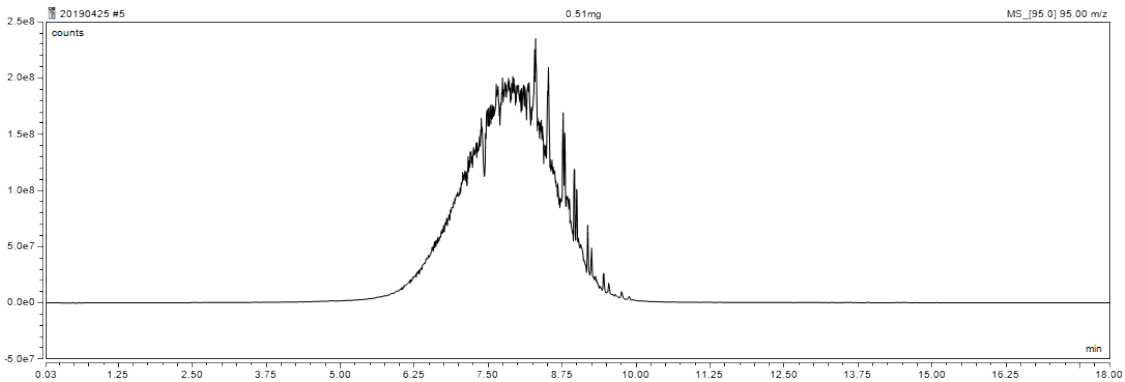


图 2-15 Py-GC-MS 分析氯化短链石蜡提取离子流图

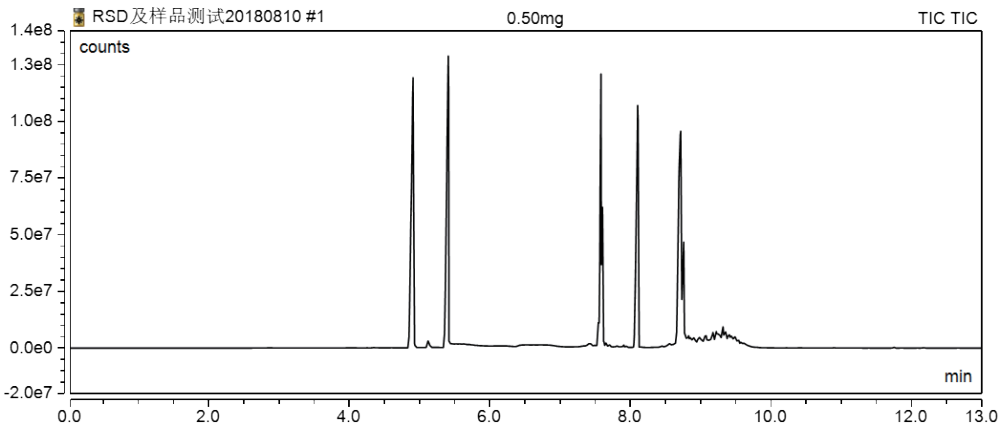


图 2-16 Py-GC-MS 分析 4 种增塑剂谱图

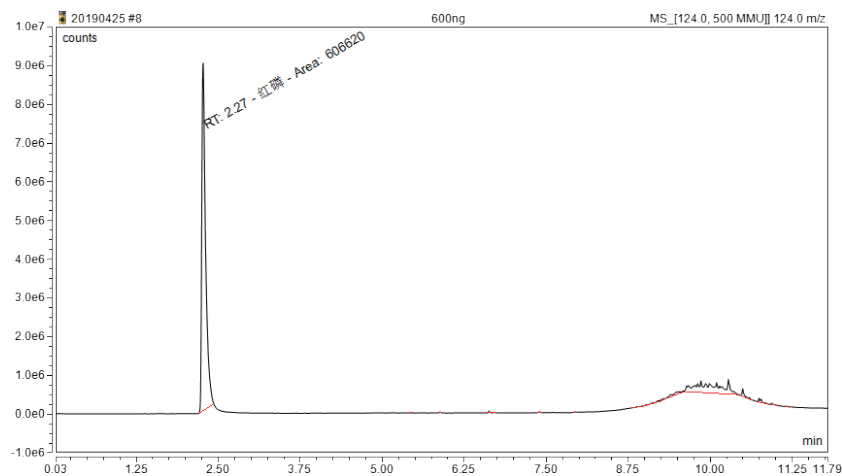


图 2-17 Py-GC-MS 分析红磷阻燃剂

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1] 电子电器 RoHS 指令检测 - 赛默飞热裂解 -GCMS 综合解决方案

2.4 液相色谱（HPLC）

2.4.1 GB 5805.6-2007 附录 J 百草枯和敌草快的测定 高效液相色谱紫外法

百草枯和敌草快为速效触杀型灭生性联吡啶类除草剂，可防除各种一年生杂草；对多年生杂草有强烈的杀伤作用。百草枯对皮肤粘膜有刺激和腐蚀作用，全身中毒可引起多系统损害，尤以肺损害较严重。敌草快的毒性较百草枯弱。

建议配置 1：基础型

仪器配置	LGP-3400 四元分析泵 或 HPG-3400 泵 WPS-3000 自动进样器（配置 100 μ L 定量环） TCC-3000 柱温箱 VWD 或 DAD 检测器
耗材配置	C18 column, 5 μ m, 2.1 x 100 mm，保护柱：5 μ m, 2.1 x 10 mm
外围设备	萃取装置、真空泵等
外围耗材	固相萃取小柱，C8，0.45 μ m 尼龙膜等
方案优势	经典方法，仪器配置简单

建议配置 2：高通量

仪器配置	DGP-3600RS 配 SRD-3600 脱气机 WPS-3000TRS RS TCC-3000RS or TCC-3000SD RS, 2–6p valve DAD-3000RS RS 或 VWD, Semi-Micro Flow Cell , SST, 2.5 µL Volume, 7 mm Path Length
耗材配置	Acclaim Trinity P1, 3 µm, 3.0 × 10 mm Acclaim Trinity Q1, 3 µm, Analytical,3.0 × 50 mm
外围耗材	过滤器，尼龙膜
方案优势	1) 配置简单，高性价比；2) 分析速度快，分离效率高；3) 高通量，4) 使用 Trinity 专用柱时，流动相用乙腈 - 水体系即可达到非常好的分离效果，不需要添加离子对试剂。

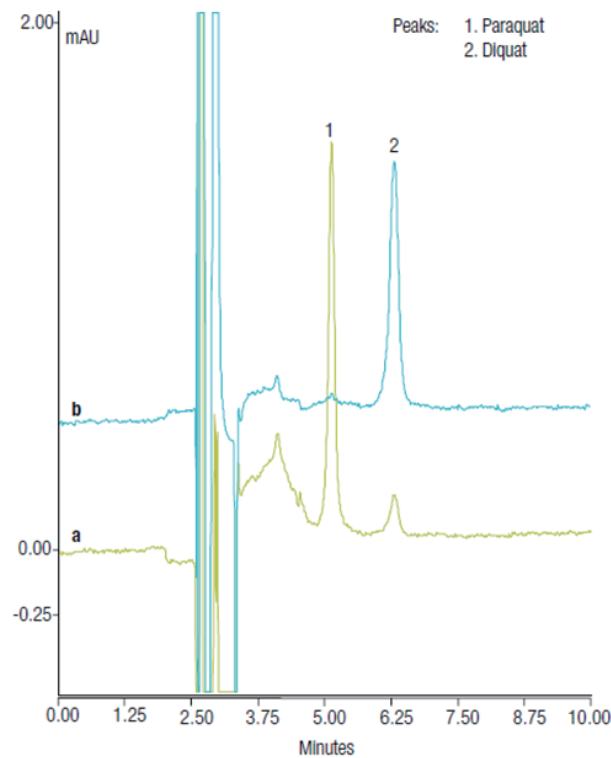


Figure 4. Chromatograms of a paraquat and diquat standard (1.0 µg/L each) following on-line SPE.

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1]. AN-1051-Sensitive and Rapid Determination of Paraquat and Diquat in Tap and Environmental Waters

[2].P-W-069 Simultaneous Determination of Paraquat and Diquat in Water Samples

2.4.2 GB 5805.6-2007 附录 P 羰基化合物的测定 高效液相色谱法

化工和塑料制造业原材料和中间体使用大量的碳基化合物，它们对眼睛、皮肤和呼吸系统产生刺激，对呼吸道和神经系统等产生损害，是城市大气中主要的污染物之一，并且许多也被确定为诱变剂和致癌物质，具有慢性毒性，对人体产生重大危害，存在于空气和废弃物浸出物中的这类物质可能会污染等地下水，醛酮类化合物监测十分重要。

配置建议及优势：

建议配置一：基础型

仪器配置	LPG-3400（含脱气机）； WPS 3000TSL(含 100μL 样品定量环)； TCC-3000； DAD3000（含 13μL 流通池）
耗材配置	(1) Acclaim C18, 4.6*150mm, 3μm, (2) Acclaim Carbonyl C18, 4.6*250 mm, 5 μm
外围设备	水相针式滤器等
外围耗材	
方案优势	1) 配置简单，高性价比；2) 分析速度快，分离效率高；3) 使用 Carbonyl C18 专用柱时，流动相用乙腈 - 水体系即可达到非常好的分离效果。

建议配置二：高通量

仪器配置	Vanquish Flex UHPLC 系统： Quarternary Pump F， Split Sampler FT， Column Compartment H， Diode Array Detector FG
耗材配置	Acclaim LC 120, C18, 3 μm， 2.1×100 mm
外围设备	
外围耗材	
方案优势	1) 配置简单，高性价比；2) 分析速度快，分离效率高；3) 高通量，4) 使用 Carbonyl C18 专用柱时，流动相用乙腈 - 水体系即可达到非常好的分离效果。

参考谱图（数据）：

例图 1：

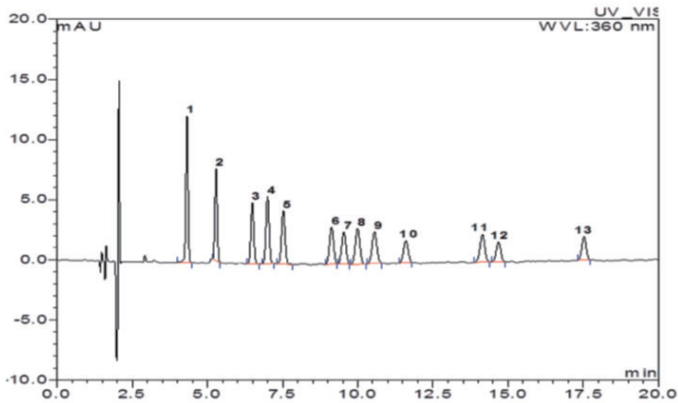


图 2-18 13 种醛酮色谱图

（流动相：A: 水, B: 乙腈 - 四氢呋喃，色谱柱：Acclaim C18）

例图 2:

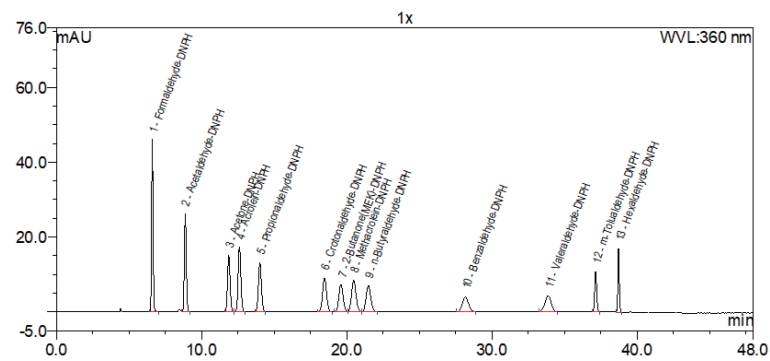


图 2-19 13 种醛酮标准品的色谱图

(色谱柱：Acclaim Carbonyl C18，流动相：A：ACN；B：2 mM 乙酸铵缓冲液)

例图 3:

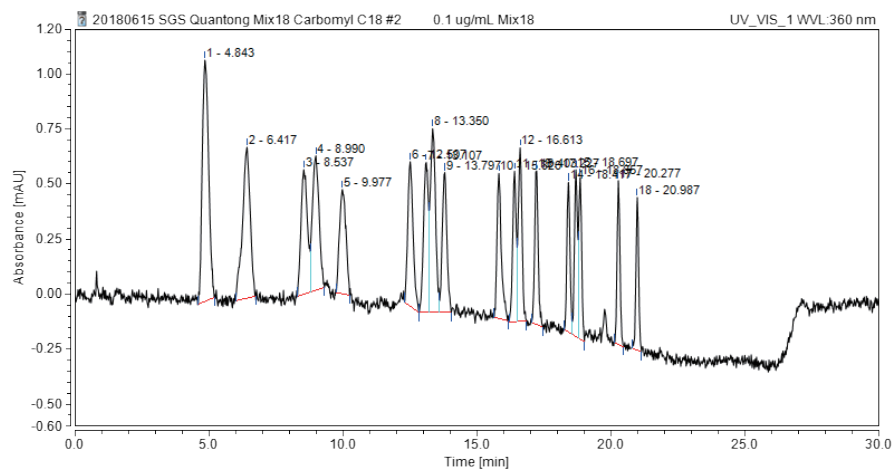


图 2-20 十八种醛酮快速分析谱图

参考资料（AN、AB、文章、标准方法等）：

[1] AN-97-Determination of Carbonyl Compoundsby Reversed-Phase High-PerformanceLiquid Chromatography

2.4.3 GB 5805.6-2007 附录 Q 多环芳烃类的测定 高效液相色谱法

在工业发达城市，人为燃料燃烧是城市土壤多环芳烃的主要来源，煤、石油、煤焦油、烟草和其他一些有机物的热解或不完全燃烧，生成一系列多环芳烃化合物，大多吸附于大气和水中的微小颗粒物上，大气中的多环芳烃又可通过沉降和降水冲洗作用而污染土壤和地面水。煤烟、沥青、焦油类的物质已被国际癌症研究机构 (IARC) 列入对人致癌的化学物质之中。

配置建议及优势：

仪器配置	LGP-3400 四元分析泵 WPS-3000 自动进样器（配置 100 μL 定量环） TCC-3000 柱温箱 VWD 和 FLD3400RS 检测器
耗材配置	Hypersil Green PAH column, 5μm, 4.6 x 250 mm
外围设备	ASE 快速溶剂萃取仪，振荡器和氮吹仪等
外围耗材	石英、纤维素膜等
方案优势	快速溶剂萃取结合 FLD 和 UV 检测器测定 PAHs 的方法，简化了前处理步骤，缩短了前处理和分析时间，提高了检测灵敏度，该方法结果准确可靠，可满足固废 PAHs 的测定要求。

参考谱图（数据）：

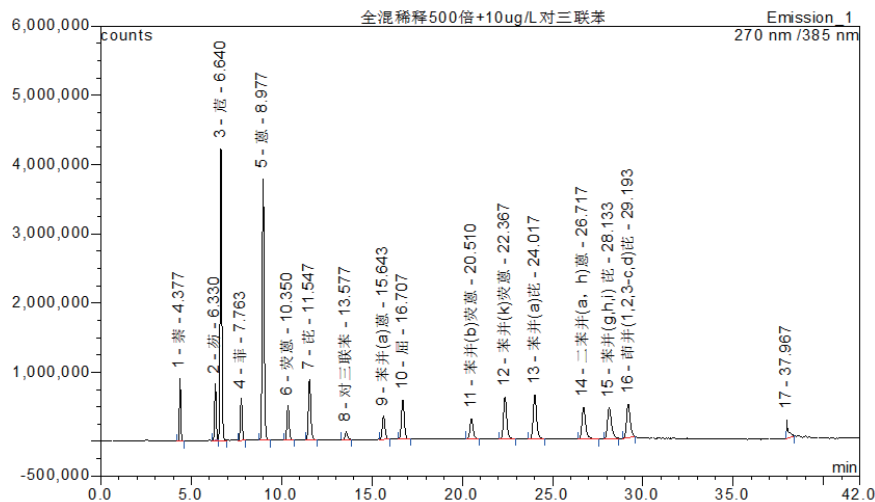


图 2-21 多环芳烃标准品溶液加替代物测定谱图

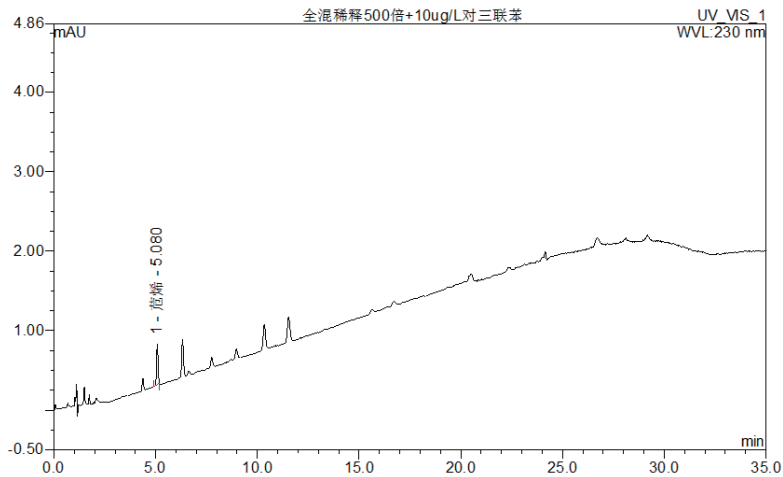


图 2-22 紫外 230nm 进行萘烯测定

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1]AN 高效液相色谱法同时测定雾霾中的 16 种多环芳烃

[2] 刘兴国，张艳海，刘晓达等. 高效液相色谱法同时测定雾霾中的 16 种多环芳烃. 环境化

2.4.4 GB 5805.6-2007 附录 M 苯基脲类化合物的测定 固相提取 - 高效液相色谱紫外分析法

苯基脲类化合物被广泛用作农业杀虫剂，通过不同的途径进入环境，如喷雾漂移、处理过的田地的径流和渗入地下水，再经微生物的作用和降解。它们可以在土壤中迁移并进入食物链。由于其降解缓慢，它们在地表水等中经常检测到。这些除草剂对人类和野生动物具有重大的毒理学风险。

配置建议及优势：

建议配置 1：基础型

仪器配置	LGP-3400 四元分析泵 或 HPG-3400 泵 WPS-3000 自动进样器（配置 100 μL 定量环） TCC-3000 柱温箱 VWD 或 DAD 检测器
耗材配置	C18 column, 3.5μm, 4.6 x 150 mm（首选），CN 柱：5μm, 4.6 x 150 mm(确证)
外围设备	萃取装置、真空泵、氮吹仪等
外围耗材	固相萃取小柱，C18，0.45um 滤膜等
方案优势	经典方法，仪器配置简单

建议配置二：高通量

仪器配置	U3000 x2 Dual RSLC 系统包括： – DGP-3600RS 配 SRD-3600 脱气机 – WPS-3000TRS 自动进样器：1000 µL sample loop (P/N 6820.2429) and a 1000 µL syringe – TCC-3000RS 或 TCC-3000SD，一个 2–6p 切换阀 – DAD-3000RS 或 VWD
耗材配置	Acclaim™ 120 C18,3 µm Analytical, 3.0 × 150 mm, SPE 小柱：SolEx™ HRP,12–14 µm, 2.1 × 20 mm, 等
外围设备	0.45µm 滤膜等
外围耗材	
方案优势	1) 仪器配置高性价比；2) 分析速度快，分离效率高；3) 高通量。实现样品在线富集、浓缩和基质去除。

参考谱图（数据）：

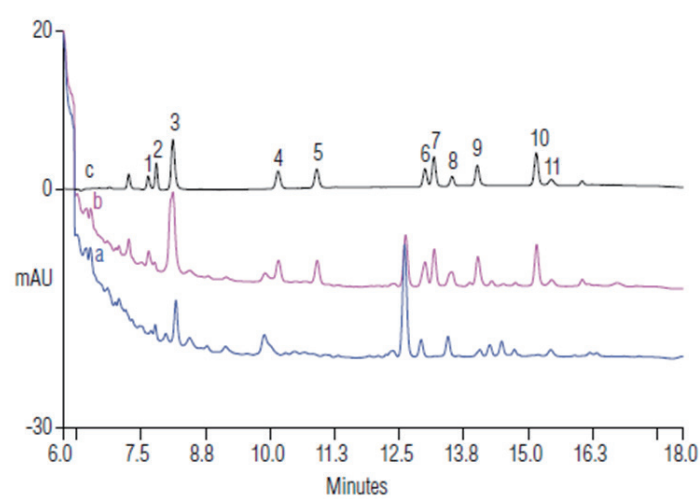


Figure 4. Chromatograms of a green tea sample, the same sample fortified with phenylurea standards, and a mixture of phenylurea standards.

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1]AN-1046-Determination of Phenylurea Compounds in Tap Water and Bottled Green Tea

2.4.5 GB 5805.3-2007 附录 10 硝基芳烃和硝基胺的测定 高效液相色谱法

硝基芳烃类化合物主要用于农药、染料、香料、药品、炸药等制造的原料或中间体，通常由芳香烃经硝化作用而制得。大气中的芳烃，在有高浓度的光化学氧化剂与二氧化氮、硝酸并存时，会发生硝化反应而形成硝基芳烃。作为环境污染物，硝基取代芳烃主要来源于其生产过程和使用过程的不彻底转化和工厂废水（物）的排放。多数硝基取代芳烃对人和动植物具有毒害作用，例如，氯代硝基苯抑制作物生长和引起人类肝脏、肾脏功能的损伤等。

配置建议及优势:

建议配置 1：基础型

仪器配置	LGP-3400 四元分析泵 或 HPG-3400 泵 WPS-3000 自动进样器（配置 100 μ L 定量环） TCC-3000 柱温箱 VWD 或 DAD 检测器
耗材配置	C18 column, 5 μ m, 4.6 x 250 mm（首选），CN 柱: 5 μ m, 4.6 x 250 mm(确证)
外围设备	萃取器、Teflon 过滤器、搅拌器等
外围耗材	0.45 μ m 尼龙膜等
方案优势	经典方法，仪器配置简单

建议配置二：高通量

仪器配置	U3000 x2 Dual RSLC 系统包括： – DGP-3600RS 配 SRD-3600 脱气机 – WPS-3000TRS 自动进样器：1000 μ L sample loop (P/N 6820.2429) and a 1000 μ L syringe – TCC-3000RS 或 TCC-3000SD，一个 2–6p 切换阀 – DAD-3000RS 或 VWD
耗材配置	Acclaim Explosives E2 或 E1, 4.6x250 mm，SPE 小柱: Acclaim PolarAdvantage II (PA2), 3 μ m, 3.0 x 33 mm 等
外围设备	0.45 μ m 尼龙膜等
方案优势	1) 仪器配置高性价比; 2) 分析速度快，分离效率高; 3) 高通量。实现样品在线富集、浓缩和基质去除。

参考谱图（数据）：

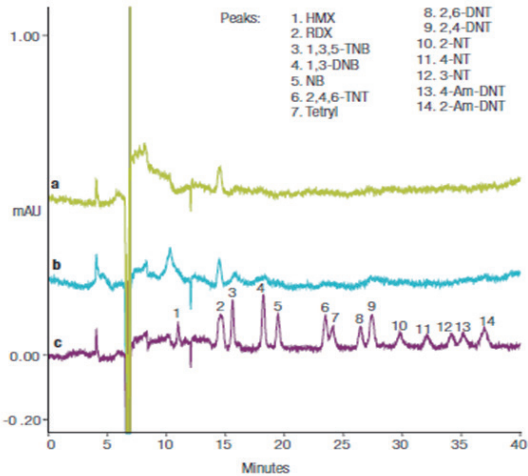


图 2-23 硝基芳烃和硝基胺化合物谱图

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1]DGLC-24 并联液相色谱 - 紫外测定饮用水中的爆炸物

[2]AN1066-Sensitive Determination of Explosive Compounds in Water

[3]40382 LPN 1858 01 A Total Solution for Explosives Analysis by Reversed Phase HPLC with a Parallel HPLC System

2.4.6 GB 5805.6-2007 附录 H N- 甲基氨基甲酸酯的测定 高效液相色谱法 / N- 甲基氨基甲酸酯的测定 /HJ 1025-2019 固体废物 氨基甲酸酯类农药的测定 柱后衍生 - 高效液相色谱法

氨基甲酸酯类化合物可用作农药、医药、合成树脂改性和有机合成的中间体等，在农药上用作杀虫剂、杀螨剂、除草剂和杀菌剂，已形成农药的一大类别，品种多、药效好、低毒。喷洒农药就由气流和水流带到各处，残留土壤中的农药则可通过渗透作用到达地层深处，从而污染地下水。

配置建议及优势：

建议配置 1：基础型

仪器配置	LGP-3400 四元分析泵 或 HPG-3400 泵 WPS-3000 自动进样器（配置 100 μL 定量环） TCC-3000 柱温箱 FLD 检测器 Pickering 衍生仪
耗材配置	C18 column, 5μm, 4.6 x 250 mm（首选），CN 柱：5μm, 4.6 x 250 mm(确证)
外围设备	萃取装置、氮吹仪、振荡器、柱后反应装置（1ml）等
外围耗材	C18 固相萃取小柱，0.45um 尼龙膜等
方案优势	配置专用衍生化仪，达到更低的检测限

建议配置二：双梯度型

仪器配置	DGP-3600RS 色谱泵 WPS-3000TRS 自动进样器（配置 100μL 定量环） TCC-3000RS 柱温箱 TCC-3000SD 柱温箱 FLD-3400RS 荧光检测器 AXP 泵
耗材配置	Acclaim 120 C18, 5μm 4.6×250 mm
外围设备	柱后衍生反应管
外围耗材	0.45um 尼龙膜等
方案优势	1) 仪器配置高性价比 氨基甲酸酯在色谱柱分离后，进入一级衍生，AXP 泵做衍生泵，衍生温度为 100℃，衍生温度由 TCC-3000RS 柱温箱提供；二级衍生为 OPA 衍生，双三元另一个泵（右泵）做衍生泵，衍生温度为室温。衍生后进入荧光检测器分析

参考谱图（数据）：

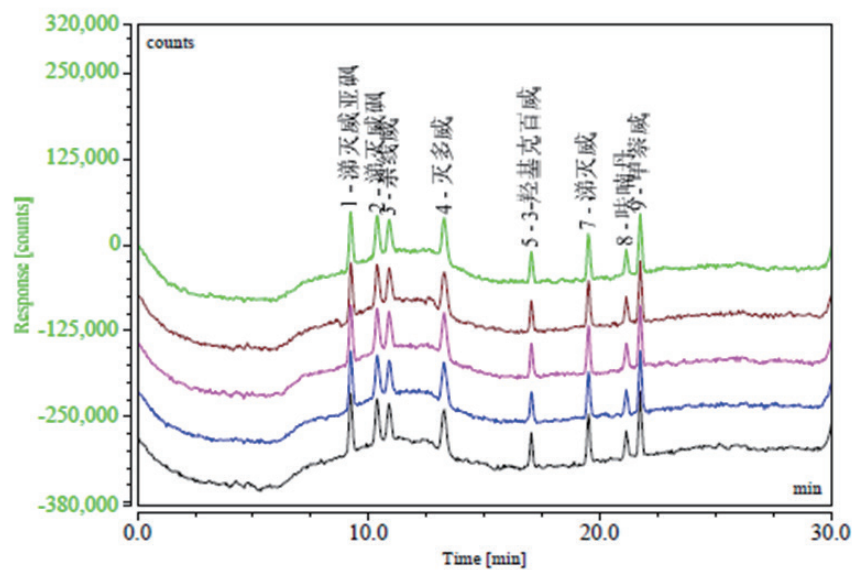


图 2-24 氨基甲酸酯混合标准连续进样重复性谱图（0.05mg/L）

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1]AU 177 Faster and More Sensitive Determination of N-Methylcarbamates in Drinking Water by HPLC

2.4.7 GB 5805.6-2007 附录 L 草甘膦的测定 高效液相色谱 - 柱后衍生荧光法

草甘膦是广泛使用的许多除草剂中的有效活性化学成分。2019 年 4 月 20 日，美国国家环境保护局（EPA）发布声明称：草甘膦不是致癌物，当前注册的草甘膦产品不会对公众健康产生风险。它被假定在喷洒后由于在土壤中颗粒上快速吸附而迅速灭活，并且被微生物迅速降解，分解成氨基甲基磷酸（AMPA），但在废水排放样品和饮用水样品也会检出。草甘膦主要灭杀植物和一些微生物，包括细菌、藻类和真菌，因此理论上对哺乳动物没有威胁。已有研究表明，草甘膦会通过多种机制，对哺乳动物的生物学产生不利影响。此外它在土壤和水中的持久性的半衰期被认为比先前认为的要长。也有证据表明，这类除草剂会对水生无脊椎动物等生态学产生不利影响。

配置建议及优势：

仪器配置	LGP-3400 四元分析泵 或 HPG-3400 泵 WPS-3000 自动进样器（配置 100 μL 定量环） TCC-3000 柱温箱 FLD 检测器 Pickering 衍生仪
耗材配置	C18 保护柱，钾型阳离子交换柱： 4 x 250 mm
外围设备	柱后 Teflon 反应管线（1ml）等
外围耗材	0.45um 滤膜等
方案优势	配置专用衍生生化仪，达到更低的检测限

参考谱图（数据）：

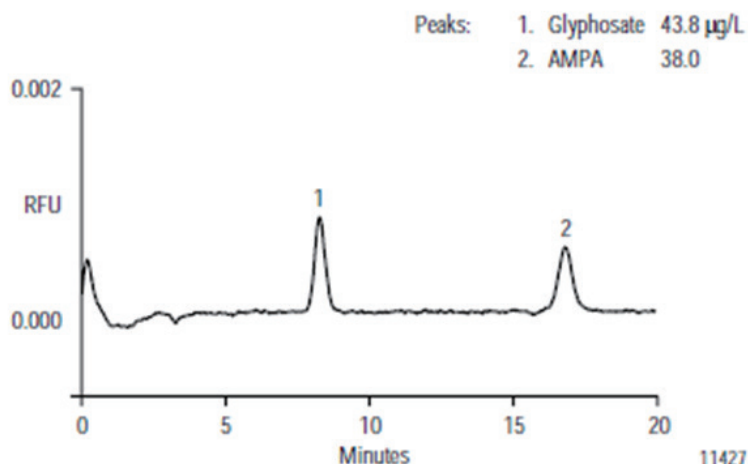


图 2-25 草甘膦分析谱图

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1]AN 109 Determination of Glyphosate by Cation-Exchange chromatography with postcolumn derivatization

[2]AN 20029 LC/MS of Glyphosate and AMPA

2.4.8 GB 5805.3-2007 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别 附录 L 固体废物 非挥发性化合物的测定 高效液相色谱 / 热喷雾 / 质谱或紫外法

标准方法使用范围为非挥发性化合物 75 种，包括偶氮染料、蒽醌染料、荧光增白剂、生物碱，有机磷化合物、氯苯氧基酸和氨基甲酸酯等。偶氮染料种类多，主要用途是对化学纤维中的聚酯纤维、醋酸纤维以及聚酰胺纤维进行染色。对环境生态的危害在于部分分散染料会还原分解产生致癌芳香胺，个别产品是过敏性染料等。蒽醌绝大部分用于染料方面，但用作制纸浆的蒸解助剂的用量已在迅速增加。国际癌症研究机构 将蒽醌划分为“对人类可能致癌”（“2B 组”）一类中。由于传统的煤和柴在燃烧的过程中产生大量蒽醌漂浮在空气中，很容易被茶叶吸附，进而造成蒽醌超标；纸质包装材料及纸箱中一般都含有蒽醌，也会导致茶叶污染。

据统计，农田中施用的农药量仅有 30% 左右附着在农作物上，其余 70% 左右扩散到土壤和大气中，导致土壤中农药残留量及衍生物含量增加，造成农田土壤污染。这不会破坏土壤中的生物多样性，还会通过饮用水或土壤 - 植物系统经食物链进入人体，危害人体健康。有机磷农药一般在自然环境中会迅速降解。在土壤中的降解会随土壤含水量、温度和 pH 值的增高而加快。在水体中的降解会随水的温度、pH 值的增高，以及微生物数量、光照等的增加而加快。残存于植物体内的成分可以通过食物链富集。残留在环境中水体、土壤、生物体的 OPPs 可能经口、皮肤接触、呼吸等暴露途径进入人体对人体健康造成风险。中国地表水体含量最高的 5 种 OPPs 分别是敌敌畏、乐果、对硫磷、马拉硫磷、甲基对硫磷。虽然苯氧酸除草剂与有机磷酸盐和有机氯杀虫剂相比只是中度毒性，它们在通过皮肤吸附时可以不可逆地影响神经系统；此外，他们长期吸入可引起头晕、胸部灼伤和咳嗽，监测其残留物（特别是在水和土壤中）至关重要，其降解现成的酚类化合物比苯氧抗草剂对人体健康危害更大。氨基甲酸酯类农药是人类针对有机氯和有机磷农药的缺点而开发出的一种新型广谱杀虫、杀螨、除草剂，具有高效、残留期短的优点。一般在酸性条件下较稳定，遇碱易分解，暴露在空气和阳光下易分解，在土壤中的半衰期为数天至数周。氨基甲酸酯类农药具有致突变、致畸和致癌作用。

配置建议及优势：

建议配置 1：基础型

仪器配置	LGP-3400 四元分析泵 或 HPG-3400 泵 WPS-3000 自动进样器（配置 100 μL 定量环） TCC-3000 柱温箱 VWD 或 DAD 检测器，FLD 检测器
耗材配置	ODS Hypersil column, 5μm, 2.6 x 100 mm, C18 保护柱：5μm, 2.6 x 10 mm
外围设备	索式提取仪、旋转蒸发仪、振荡器和氮吹仪等
外围耗材	硅胶柱、分液漏斗、纤维素膜等
方案优势	经典方法，仪器配置简单

建议配置二：高通量

仪器配置	SRD-3600 Integrated Solvent and Degasser Rack (P/N 5035.9230) DPG-3600SD 双梯度泵 (P/N 5040.0061) WPS-3000TSL 自动进样器 Semi-Preparative Split-Loop Thermostatted Well Plate Autosampler, equipped with a 2500 μL sample loop TCC-3000RS , 2p-6p 切换阀 DAD-3000 或 VWD, FLD 检测器
耗材配置	ODS Hypersil column,5μm,2.6 x 100 mm, C18 保护柱：5μm,2.6 x 10 mm 等
外围设备	ASE 快速溶剂萃取仪
外围耗材	尼龙膜等
方案优势	1)仪器配置高性价比; 2)分析速度快, 分离效率高; 3)高通量。实现样品在线富集、浓缩和基质去除。

参考谱图（数据）：

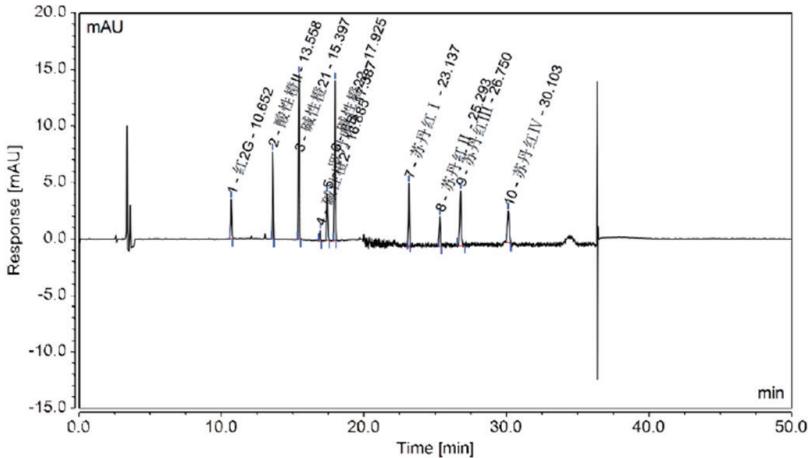


图 2-26 常见非挥发性化合物分析谱图

（分析柱：Acclaim 120 C18（4.6*250 mm，5 μm）；

流动相：A 乙腈，B（20mM 乙酸铵 /0.4% 乙酸水溶液），梯度

柱温：35 ℃；检测波长：500 nm；进样量：10 μL）

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1]AN-21162-SP-Azo-Dyes-HyperSep-SLE-AN21162

[2]AN-319-ASE-Organophosphorus-Pesticides

[3]AN-1023-LC-Sudan-Dyes-Curry-Paste-AN70212-EN

[4]DGLC-29 全自动在线固相萃取 - 二维高效液相与质谱联用法测定辣椒油的苏丹红

[5]AN_C_LC-81 番茄酱中 10 种工业染料的测定

[6]AN-CM0037 HPLC-HESI/MS/MS、正负切换快速分离鉴定纺织品中的 26 种致癌、致敏染料

[7]AN_C_LC-74 柱后衍生法分析 8 种氨基甲酸酯农药

[8]0714-164643-Determination of Chlorophenoxyacetic Acid and Other Acidic Herbicides Using a QuEChERS Sample Preparation Approach and LC-MS_MS Analysis

2.5 液质联用 (LC-MS)

2.5.1 HJ 1026-2019 固体废物 氨基甲酸酯类农药的测定 高效液相色谱 - 三重四级杆质谱法

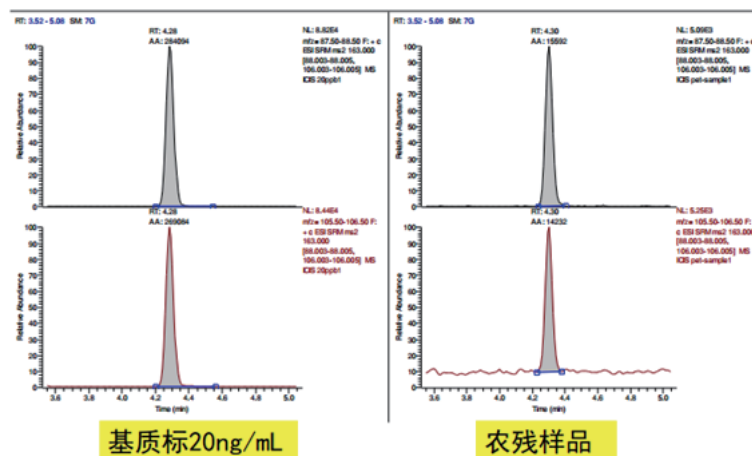
固体废物中的氨基甲酸酯类农药经有机溶剂提取、固相萃取柱净化、浓缩，浸出液样品经固相萃取柱富集、净化、浓缩，用高效液相色谱分离，三重四级杆质谱法检测，根据保留时间、特征离子对及其丰度定性，内标法定量。

方法概述	固体和半固体废物采用加压流体萃取法或者索氏提取法提取，然后进行固相萃取柱净化、浓缩；固体废物浸出液或水性液态废物经固相萃取柱富集、净化、浓缩；油性液态废物进行液萃。然后用高效液相色谱分离，三重四级杆质谱法检测。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方
样品源	固体废弃物，土壤，废水等
上机样品	甲醇溶液（根据样品含水量适当调整）

配置建议及优势：

仪器配置	TSQ Altis/Quantis/Fortis，配置如下： 液相系统 质谱系统 /ESI 离子源
耗材配置	Thermo Science Hypersil GOLD column (150×2.1mm, 5µm particle size)
外围设备	加压流体萃取仪；索氏抽提；液液萃取；SPE 净化仪；氮吹浓缩仪；分析天平
方案优势	1. 操作简单，eworkflow 方法包，一键方法建立 2. 方法实测结果，所有化合物检测均满足 HJ1026-2019 行业标准检测限量需求。 3. 涕灭威线性范围 0.01ppb-100ppb，检出限达到了 0.01ug/L；克百威线性范围 0.01ppb-160ppb，检出限 0.01ug/L；甲萘威线性范围 0.05ppb-200ppb，检出限 0.01ug/L 等等。均低于 HJ1026-2019 的 0.2 ug/L。

参考谱图（数据）：



2.5.2 磺胺类等抗生素分析方法 - 超高效液相色谱串联质谱

固体废物中的磺胺类等抗生素经有机溶剂提取浓缩，用超高效液相色谱分离，三重四级杆质谱法检测，根据保留时间、特征离子对及其丰度定性，内标法或外标法定量。

方法概述	固体废物中的磺胺类等抗生素经有机溶剂提取浓缩，用超高效液相色谱分离，三重四级杆质谱法检测，根据保留时间、特征离子对及其丰度定性，内标法或外标法定量。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方
样品源	固体废弃物，土壤，废水等
上机样品	甲醇溶液（根据样品含水量适当调整）

配置建议及优势：

仪器配置	TSQ Altis/Quantis/Fortis，配置如下： 液相系统 质谱系统 /ESI 离子源
耗材配置	Thermo Science Hypersil GOLD C18 column (2.1*100mm, 1.9μm)
外围设备	索氏抽提；液液萃取；SPE 净化仪；氮吹浓缩仪；分析天平
方案优势	1. 操作简单，成熟方法包，一键方法建立 2. 方法灵敏度高，满足检测要求。

参考谱图（数据）：

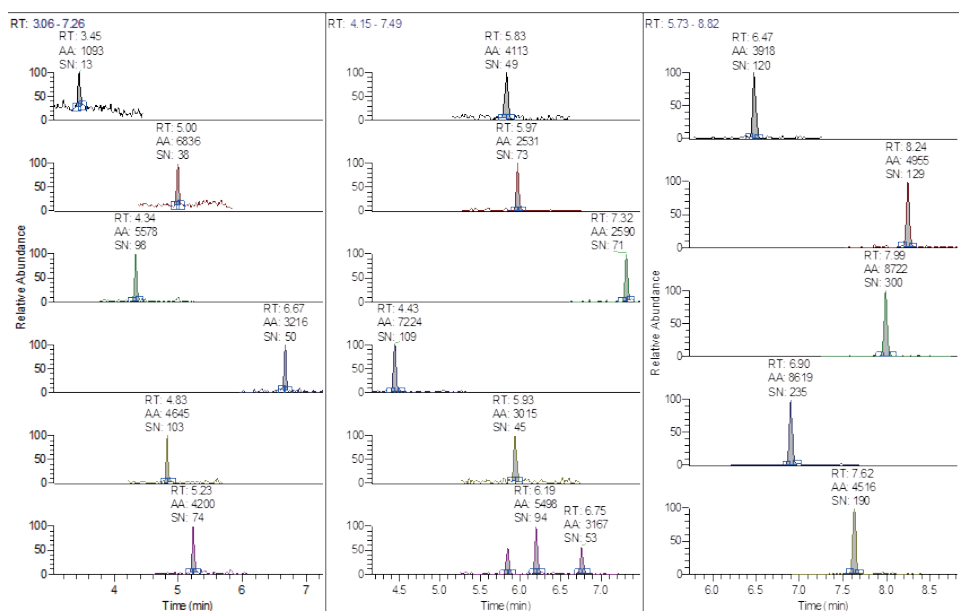


图 2-28 19 个目标物在 LOQ=0.01ppb 时的提取离子峰

2.5.3 农残和抗生素分析方法包 -Orbitrap 高分辨质谱

固体废物中的农残和抗生素经有机溶剂提取，使用固相萃取法净化，最后浓缩，使用超高效液相色谱分离，Orbitrap 高分辨质谱法检测，根据保留时间、精确质量数定性，内标法或外标法定量。

方法概述	固体废物中的农残和抗生素经有机溶剂提取，使用固相萃取法净化，最后浓缩，使用超高效液相色谱分离，Orbitrap 高分辨质谱法检测，根据保留时间、精确质量数定性，内标法或外标法定量。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方
样品源	固体废弃物，土壤，废水等
上机样品	甲醇溶液（根据样品含水量适当调整）

配置建议及优势：

仪器配置	Q Exactive 系列，配置如下： 液相系统 质谱系统 /ESI 离子源
耗材配置	Thermo Science Hypersil GOLD column (2.1*100mm, 1.9μm)
外围设备	索氏抽提；液液萃取； SPE 净化仪；氮吹浓缩仪；分析天平
方案优势	1. 统一方法条件。超高分辨率，质量精度高且稳定。 2.Orbitrap 高分辨质谱灵敏度高，媲美高端三重四级杆，满足检测要求。 3. 使用 Orbitrap 高分辨质谱能够排除假阳性，能够同时筛查、定量和确证。 4.Orbitrap 高分辨质谱平台具有完善的数据库，超过一千二百种化合物的数据库支撑。

参考谱图（数据）：

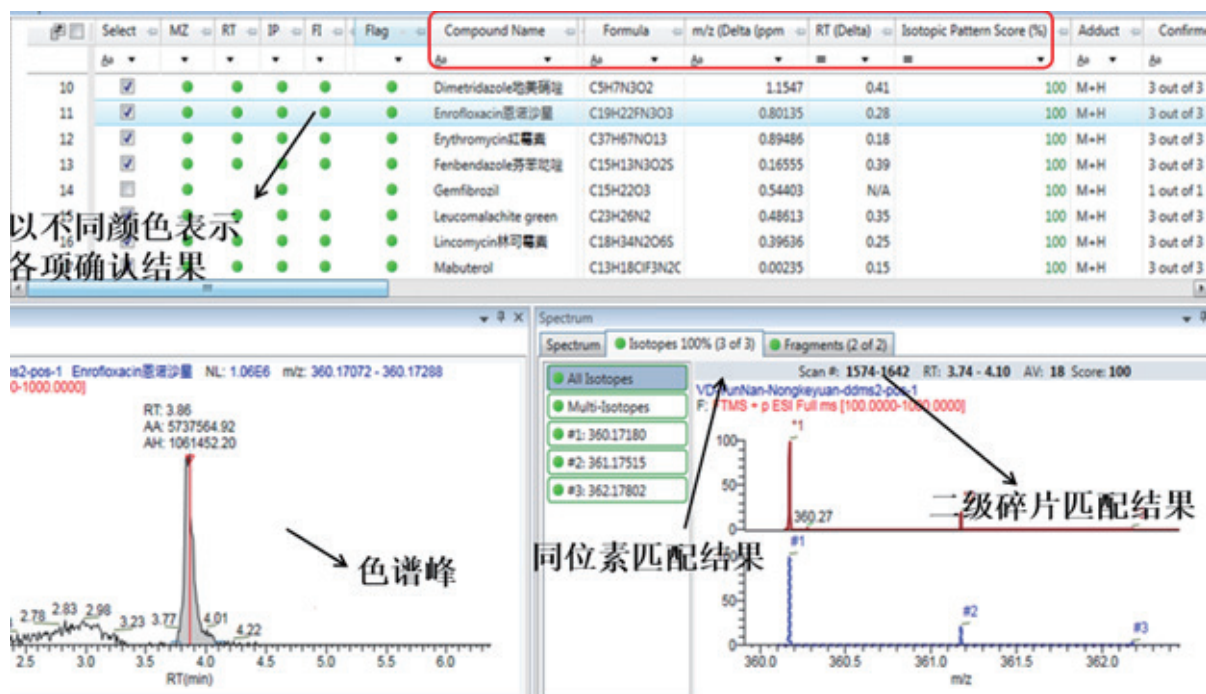


图 2-29 定量筛查结果查看

2.6 元素分析（TEA）

2.6.1 原子吸收光谱（AAS）

2.6.1.1 HJ 752-2015 固体废物 铍 镍 铜和钼的测定 石墨炉原子吸收分光光度法 /HJ 767-2015 固体废物 钡的测定 石墨炉原子吸收分光光度法 /HJ 750-2015 固体废物 总铬的测定 石墨炉原子吸收分光光度法 /HJ 787-2016 固体废物 铅和镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法

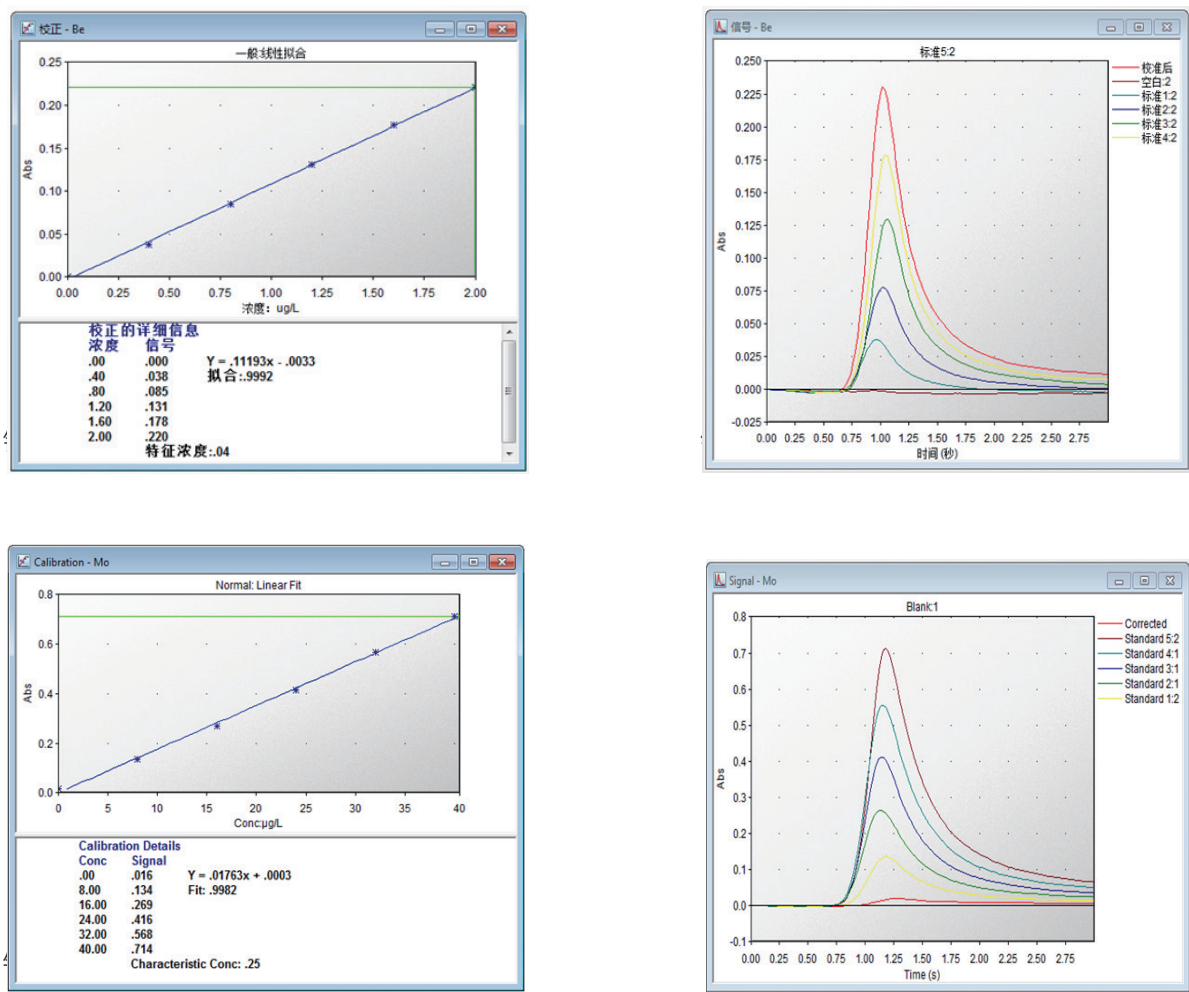
采用微波消解仪或者电热板前处理设备，用混合酸体系，对固体废物或者固体废物浸出液进行前处理，经过稀释定容后采用石墨炉原子吸收分光光度法对样品中的铍、镍、铜、钼、钡、镉、铅进行分析检测。整个方法前处理简单、快速，仪器灵敏度高，能够检测出固体废物中痕量的铍、镍、铜、钼、钡、镉、铅含量。

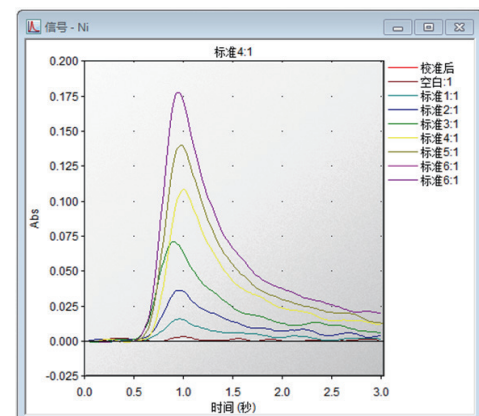
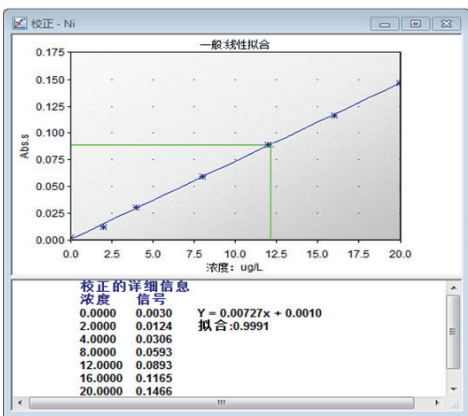
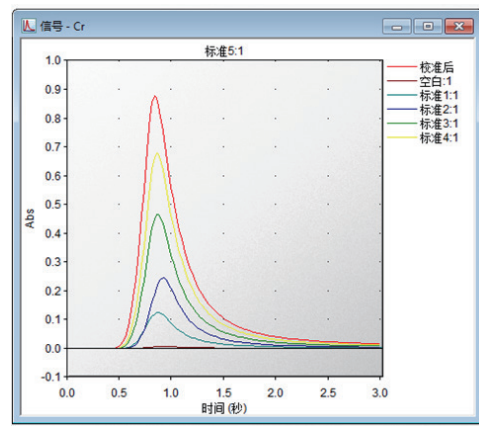
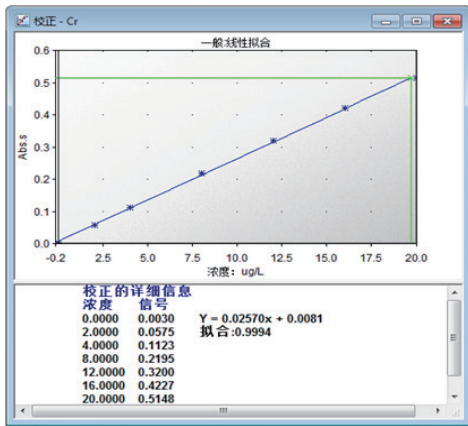
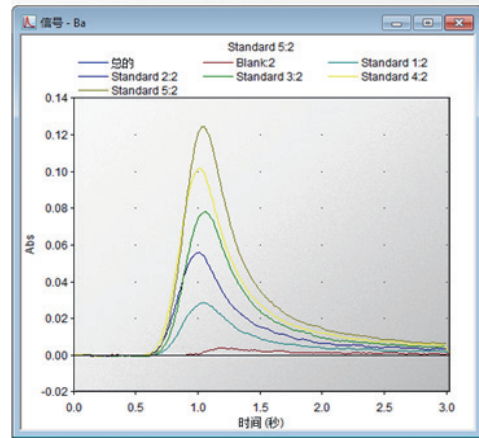
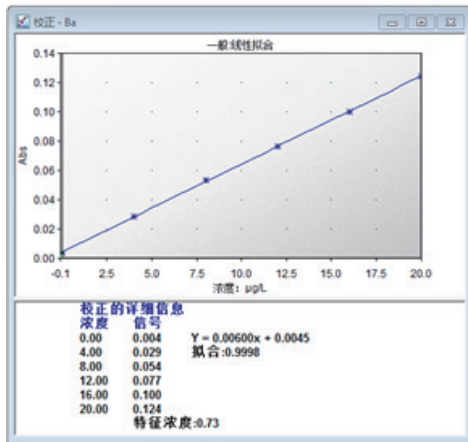
方法概述	固体废物： 1）微波消解法：采用硝酸、盐酸、氢氟酸体系，微波消解后转移至坩埚，以高氯酸在 150-160℃ 下赶酸冒烟且内容物呈不流动状态后，稀硝酸定容，上机测试。 2）电热板消解法：采用盐酸、硝酸、氢氟酸、高氯酸体系对固体废物进行消解，稀硝酸定容，上机测试。 固体废物浸出液： 1）微波消解法：采用硝酸、盐酸、过氧化氢体系，微波消解后赶酸至近干后，稀硝酸定容，上机测试。 2）电热板消解法：采用硝酸体系，电热板消解至澄清后，去离子水定容，上机测试。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方，固废研究单位
样品源	固体废弃物，土壤等
上机样品	酸溶液

配置建议及优势：

仪器配置	iCE 3500 火焰石墨炉一体机或 iCE 3400 单石墨炉原子吸收光谱仪
耗材配置	铍、镍、铜、钼、钡、铅、镉、铬空心阴极灯 专利 ELC 石墨管 普通石墨管
外围设备	微波消解仪、电热板、冷却循环水等
方案优势	1. 纵向加热石墨炉，温度可达 3000℃，升温速率 3500℃ /s，钼、钡、铍、铬等高温元素灵敏度高； 2. 专利 ELC 石墨管，使用次数更多，极大降低后期耗材成本； 3. 自动进样器精准稀释，采用母液自动稀释完成曲线制作； 4. 石墨炉与自动进样器同步运行，极大提高分析效率。

参考谱图（数据）：





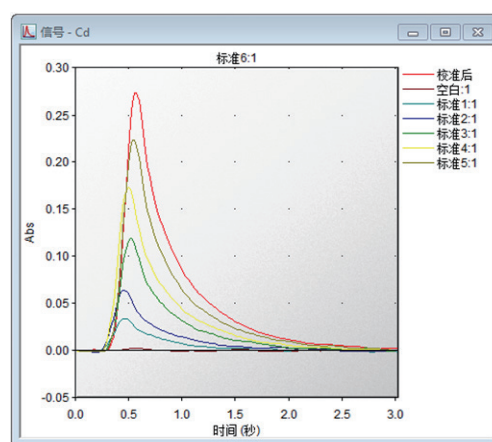
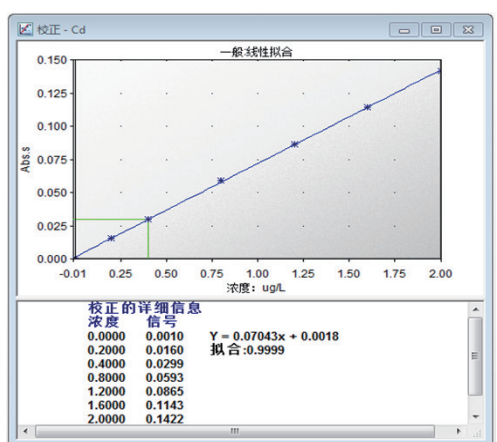
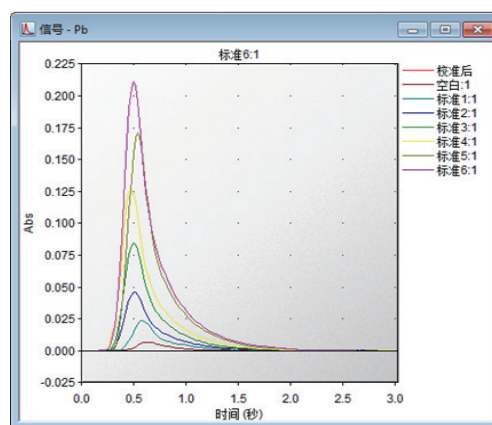
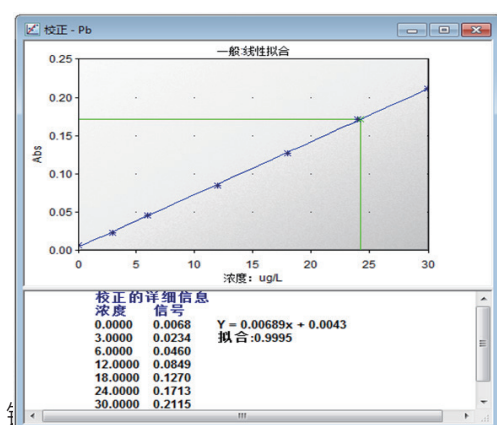
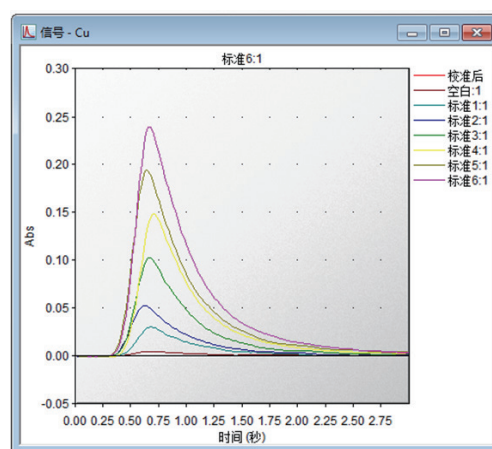
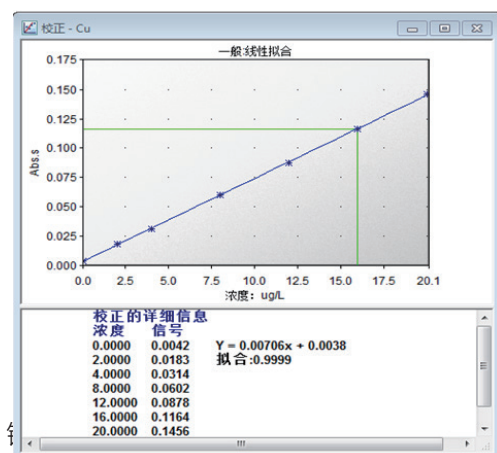


图 2-30 石墨炉多元素线性及信号谱图

参考资料（AN、AB、文章等）：

- [1] Application Note: Thermo Scientific iCE 3500 石墨炉原子吸收测定土壤和沉积物中镉元素的含量
- [2] Application Note: Thermo Scientific iCE 3500 石墨炉原子吸收测定土壤和沉积物中铅元素的含量

2.6.1.2 HJ 751-2015 固体废物 铜和镍的测定 火焰原子吸收分光光度法 /HJ 749-2015 固体废物 总铬的测定 火焰原子吸收分光光度法 /HJ 786-2016 固体废物 铅、锌和镉的测定 火焰原子吸收分光光度法

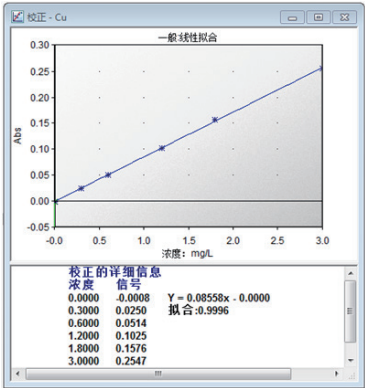
采用微波消解仪或者电热板前处理设备，用混合酸体系，对固体废物或者固体废物浸出液进行前处理，经过稀释定容后采用火焰原子吸收分光光度法对样品中的镍、铜、锌、镉、铅进行分析检测。整个方法前处理简单、快速，仪器高效、易操作，能够检测出固体废物中微量的镍、铜、锌、镉、铅。

方法概述	固体废物： 1）微波消解法：采用硝酸、盐酸、氢氟酸、过氧化氢体系，微波消解后转移至坩埚，以高氯酸在170-180℃下赶酸冒烟且内溶物呈不流动状态后，稀硝酸定容，如有沉淀需进行离心或过滤后，上机测试。 2）电热板消解法：采用盐酸、硝酸、氢氟酸、高氯酸体系对固体废物进行消解，稀硝酸定容，上机测试。 固体废物浸出液： 1）微波消解法：采用硝酸体系，微波消解后赶酸至近干后，去离子水定容，上机测试。 2）电热板消解法：采用硝酸和高氯酸体系，电热板消解至澄清后，去离子水定容，上机测试。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方，固废研究单位
样品源	固体废弃物，土壤等
上机样品	酸溶液

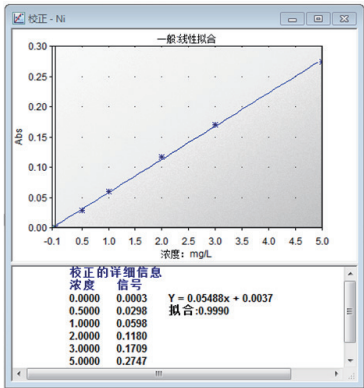
配置建议及优势：

仪器配置	iCE 3500 火焰石墨炉一体机或 iCE 3300 单火焰原子吸收光谱仪
耗材配置	镍、铜、铅、镉、铬空心阴极灯
外围设备	微波消解仪、电热板、空气压缩机等
方案优势	1. 操作简单，向导式建立方法，自动推荐测试条件； 2. 提供超高的灵敏度、超低的检出限，能够满足固废中微量元素的检测需求； 3. 撞击球雾化室均为 PTFE 耐腐蚀进样系统； 4. 100mm 纯钛燃烧头，耐腐蚀，维护简单。

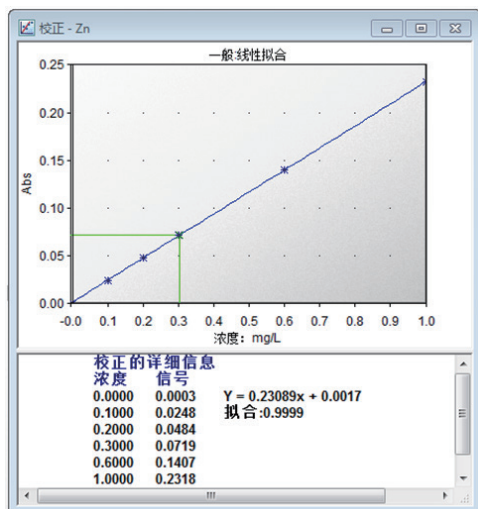
参考谱图（数据）：



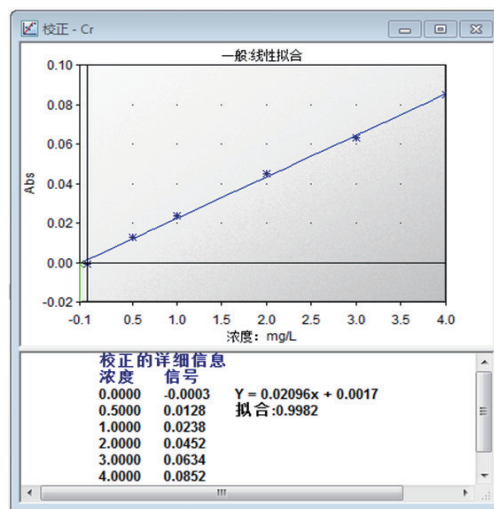
铜（Cu）标准曲线图



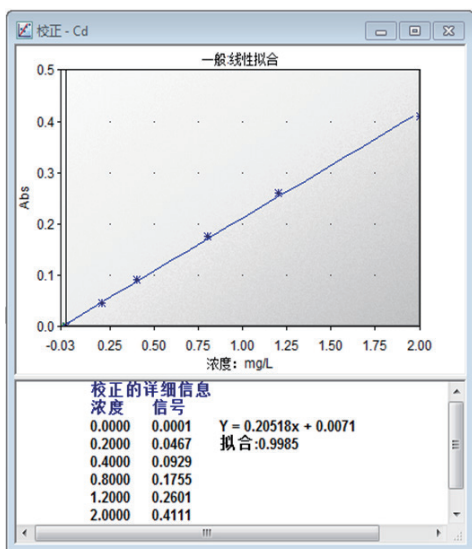
镍（Ni）标准曲线图



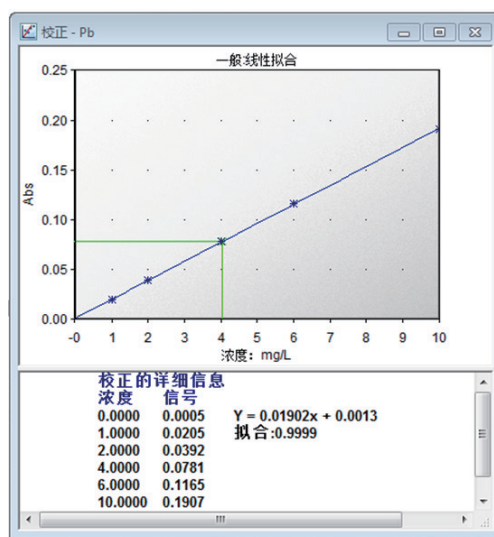
锌 (Zn) 标准曲线图



铬 (Cr) 标准曲线图



镉 (Cd) 标准曲线图



铅 (Pb) 标准曲线图

图 2-31 火焰法多元素标准曲线

2.6.1.3 HJ 687-2014 固体废物 六价格的测定 碱消解 / 火焰原子吸收分光光度法

采用碱性提取体系，对固体废物进行前处理，经过调整 PH 值后，稀释定容，采用火焰原子吸收分光光度法对样品中的六价格进行分析检测。整个方法前处理简单、快速，仪器高效、易操作，能够检测出固体废物中六价格的含量。

方法概述	固体废物样品加碳酸钠 / 氢氧化钠混合溶液，加入氯化镁和磷酸氢二钾 - 磷酸二氢钾缓冲溶液后，常温搅拌 5min 后，于 90-95℃ 消解 60min，冷却抽滤后，用浓硝酸调节 PH 值至 9.0±0.2，用去离子水定容后摇匀，上机测试
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方，固废研究单位
样品源	固体废弃物，土壤等
上机样品	碱性溶液

配置建议及优势：

仪器配置	iCE 3500 火焰石墨炉一体机或 iCE 3300 单火焰原子吸收光谱仪
耗材配置	铬空心阴极灯
外围设备	带加热功能的磁力搅拌器、空气压缩机等
方案优势	1. 撞击球雾化室均为 PTFE 耐腐蚀进样系统； 2. 100mm 纯钛燃烧头，耐腐蚀，维护简单； 3. 操作简单，向导式方法建立，自动推荐测试条件。

参考谱图（数据）：

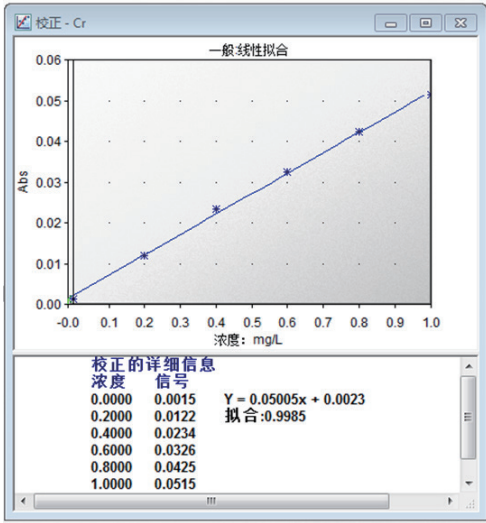


图 2-32 六价 Cr 标准曲线图

2.6.1.4 GB/T 15555.1-1995 固体废物 总汞的测定 冷原子吸收分光光度法

采用硫酸 - 硝酸介质及加热条件下，将固体废物中的所有形态的汞全部转化成二价汞之后，再以氯化亚锡将二价汞还原成金属汞，稀释定容，采用冷原子吸收分光光度法对样品中的汞进行分析检测。整个方法前处理简单、快速，仪器高效、易操作，能够检测出固体废物中痕量的汞含量。

方法概述	将已制备的固体废物浸出液依次加入硫酸、高锰酸钾溶液、过硫酸钾，保持微沸状态 1 小时。临测试前用盐酸羟胺还原过量的高锰酸钾及产生的二氧化锰，转移定容。测试时，用氯化亚锡还原二价汞生成金属汞，以载气导入吸收池中进行测试。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方，固废研究单位
样品源	固体废弃物，土壤等
上机样品	水溶液

配置建议及优势：

仪器配置	iCE 3500 火焰石墨炉一体机或 iCE 3300 单火焰原子吸收光谱仪
耗材配置	汞空心阴极灯
外围设备	电热板
方案优势	1. 操作简单，向导式方法建立，自动推荐测试条件 2. 提供超高的灵敏度、超低的检出限，能够满足固废中超痕量汞的检测需求

参考谱图（数据）：

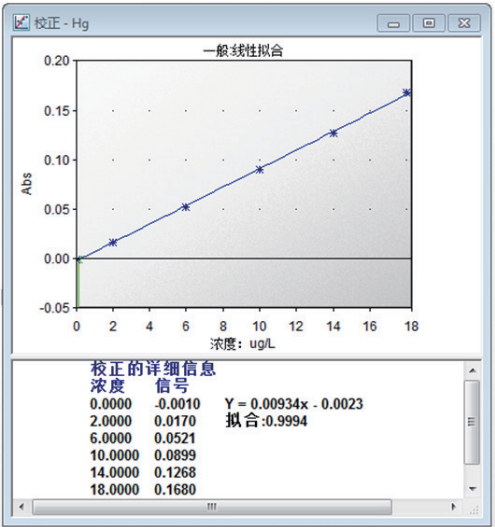


图 2-33 氢化物发生法汞（Hg）标准曲线图

2.6.2 电感耦合等离子体发射光谱（ICPOES）

HJ 781-2015 《固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》

采用微波消解仪或者电热板前处理设备，用混合酸体系，对固体废物或者固体废物浸出液进行前处理，经过稀释定容后采用采用电感耦合等离子体光谱法分析检测银、铝、钡、铍、钙、镉、钴、铬、铜、铁、钾、镁、锰、钠、镍、铅、锶、钛、钒、锌、铈、锑 22 种元素。整个方法前处理简单、快速，仪器灵敏度高，测试效率高，稳定性好。

方法概述	固体废物： 1）微波消解法 采用硝酸、盐酸、氢氟酸、双氧水体系，微波消解后转移至坩埚，以高氯酸赶酸冒烟后，稀硝酸定容，如有沉淀需进行离心或过滤后，上机测试。 2）电热板消解法 采用硝酸、盐酸、氢氟酸、高氯酸体系对固体废物进行消解，稀硝酸定容，上机测试。（对于有机质含量高的样品，需要加入浓硝酸浸泡过夜） 固体废物浸出液： 1）微波消解法 采用硝酸体系，微波消解后转移至坩埚，180℃赶酸 1 小时后，稀硝酸定容，上机测试。 2）电热板消解法：采用硝酸体系，电热板消解至澄清后，稀硝酸定容，上机测试。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方，固废研究单位
样品源	固体废弃物，土壤等
上机样品	酸溶液

配置建议及优势：

仪器配置	iCAP 7000 Duo 电感耦合等离子体发射光谱仪
耗材配置	可拆卸双向观测矩管 2.0mm 中心管 石英旋流雾室 同心雾化器
外围设备	微波消解仪、电热板、冷却循环水等
方案优势	1. 配置简单，高性价比； 2. 水平矩管双向观测，轴向观测灵敏度高，检测限更低，适用于固体废物中含量较低的元素检测；径向观测最大限度扩展线性范围，对于高含量的元素无需稀释即可满足测试； 3. 抗干扰能力强，轻松应对复杂基体中元素检测

参考谱图（数据）：

Element	Wavelength (nm)	View	MDL (µg·L ⁻¹)
Al	396.152	Radial	6.91
As	189.042	Axial	1.74
Ba	493.409	Axial	0.13
Be	234.861	Axial	0.12
Ca	422.673	Radial	14.0
Cd	214.438	Axial	0.17
Co	238.892	Axial	0.93
Cr	357.869	Axial	0.68
Cu	224.700	Axial	0.85
Fe	259.940	Radial	3.92
K	766.490	Radial	31.8
Mg	202.582	Radial	28.0
Mn	257.610	Axial	0.15
Na	589.592	Radial	6.87
Ni	341.476	Axial	0.56
P	177.495	Radial	0.32
Pb	261.418	Axial	0.61
Sb	206.833	Axial	2.7
Se	196.090	Axial	0.82
Tl	377.572	Axial	0.30
V	292.402	Axial	0.79
Zn	213.856	Axial	0.23

图 2-34 固废样品中元素谱线、观测方式、检出限

Element	Soil sample			Soil CRM #SQC001		
	Unspiked sample (mg·kg ⁻¹)	Spiked sample (mg·kg ⁻¹)	Recovery (%)	Measured (mg·kg ⁻¹)	Certified value (mg·kg ⁻¹)	Recovery (%)
Al	9948	10965	101.8	11346	11100	102.2
As	2.20	107.9	105.7	219.4	202.0	108.6
Ba	62.56	169.0	106.4	669.0	662.0	101.0
Be	0.613	108.4	107.7	326.8	328.0	99.6
Ca	1964	2943	97.9	3239	3090	104.8
Cd	0.084	104.1	104.0	241.8	265.0	91.2
Co	6.16	105.5	99.3	286.1	314.0	91.1
Cr	17.76	127.5	109.7	244.3	232.0	105.3
Cu	8.369	105.4	97.0	80.30	88.40	90.8
Fe	16005	17040	103.5	8718	8850	98.5
K	1854	2881	102.8	9745	8890	109.6
Mg	1945	2913	96.8	2043	1890	108.1
Mn	214.3	307.6	93.2	1355	1370	98.9
Na	63.61	1008	94.4	4953	4890	101.3
Ni	12.51	118.6	106.0	81.29	76.50	106.3
P	320.6	426.6	106.0	340.0	371.0	91.6
Pb	86.16	194.3	108.1	57.26	55.90	102.4
Sb	0.914	104.8	103.9	133.4	125.0	106.7
Se	<DL	107.8	107.8	155.4	144.0	107.9
Tl	<DL	97.54	97.5	115.1	118.0	97.5
V	15.13	117.2	102.0	239.8	220.0	109.0
Zn	33.70	127.0	93.3	254.3	258.0	98.6

图 2-35 固废样品标准物质测试数据汇总

参考资料（AN、AB、文章等）：

- [1] Application Note 43152: U.S. EPA Method SW-846 Method 6010D using the Thermo Scientific iCAP 7400 ICP-OES Duo
- [2] Method: iCAP 7000 ICP-OES 测定土壤中多种元素含量

2.6.3 电感耦合等离子体质谱（ICPMS）

HJ 766-2015 《固体废物 金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》

采用微波消解仪前处理设备，用混合酸体系，对固体废物或者固体废物浸出液进行前处理，经过稀释定容后采用采用电感耦合等离子体质谱法分析检测银、砷、钡、铍、镉、钴、铬、铜、锰、钼、镍、铅、锑、硒、铊、钒、锌 17 种元素。整个方法前处理简单、快速，仪器灵敏度高，测试效率高，稳定性好。

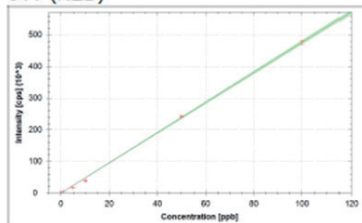
方法概述	固体废物：采用硝酸、盐酸、氢氟酸、双氧水体系，微波消解后转移至坩埚，150℃赶酸至近干，去离子水定容，滤膜过滤后或者取上清液上机测试。 固体废物浸出液：采用硝酸、盐酸体系，以微波消解法，消解后转移至坩埚，150℃赶酸至近干，去离子水定容，滤膜过滤后或者取上清液上机测试。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方，固废研究单位
样品源	固体废弃物，土壤等
上机样品	酸溶液

配置建议及优势:

仪器配置	iCAP RQ 电感耦合等离子体质谱仪
耗材配置	镍采样锥和镍截取锥 可拆卸石英矩管 2.5mm 石英中心管 石英旋流雾室 同心雾化器 在线内标加入系统
外围设备	微波消解仪、电热板、冷却循环水等
方案优势	1. Cr、As 和 Se 等元素均受多原子离子干扰，Q Cell 碰撞反应池技术可以提供独特的质量筛选功能，有效去除低质量数待测元素的干扰物，实现几乎无干扰的测试，获得极低检出限。 2. 专利嵌片技术对固体废物样品中含有的高浓度盐分具有无与伦比的耐受性，提高了仪器进样的稳定性及测试的准确性。 3. 一种模式实现所有元素准确测定，极大提高分析效率，降低时间成本和耗材成本。

参考谱图（数据）：

51V (KED)



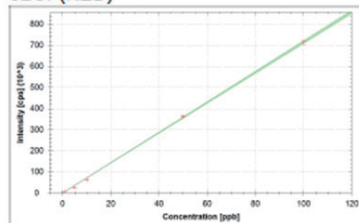
$$f(x) = 4766.3540 \cdot x + 29.5242$$

$$R^2 = 0.9994$$

$$BEC = 0.006 \text{ ppb}$$

$$LoD = 0.0057 \text{ ppb}$$

52Cr (KED)



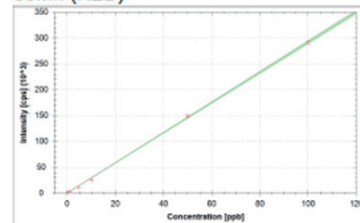
$$f(x) = 7153.4156 \cdot x + 126.9106$$

$$R^2 = 0.9994$$

$$BEC = 0.018 \text{ ppb}$$

$$LoD = 0.0079 \text{ ppb}$$

55Mn (KED)



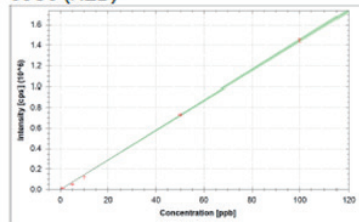
$$f(x) = 2920.9757 \cdot x + 59.5753$$

$$R^2 = 0.9994$$

$$BEC = 0.020 \text{ ppb}$$

$$LoD = 0.0238 \text{ ppb}$$

59Co (KED)



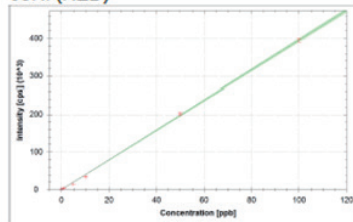
$$f(x) = 14489.3393 \cdot x + 86.7114$$

$$R^2 = 0.9995$$

$$BEC = 0.006 \text{ ppb}$$

$$LoD = 0.0180 \text{ ppb}$$

60Ni (KED)



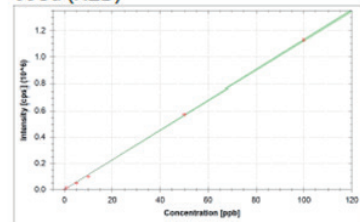
$$f(x) = 3955.7651 \cdot x + 131.4379$$

$$R^2 = 0.9995$$

$$BEC = 0.033 \text{ ppb}$$

$$LoD = 0.0815 \text{ ppb}$$

63Cu (KED)



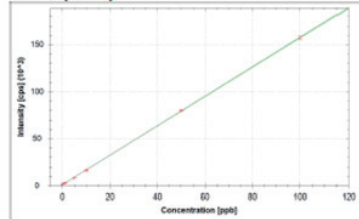
$$f(x) = 11279.3759 \cdot x + 1144.7912$$

$$R^2 = 0.9997$$

$$BEC = 0.101 \text{ ppb}$$

$$LoD = 0.0418 \text{ ppb}$$

66Zn (KED)



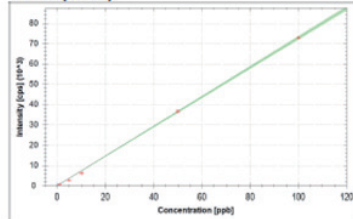
$$f(x) = 1564.4833 \cdot x + 1153.6455$$

$$R^2 = 0.9999$$

$$BEC = 0.737 \text{ ppb}$$

$$LoD = 0.1302 \text{ ppb}$$

75As (KED)



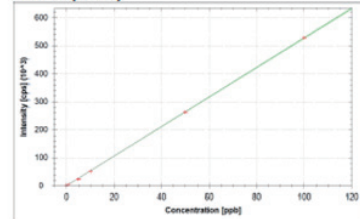
$$f(x) = 728.4371 \cdot x + 10.1384$$

$$R^2 = 0.9995$$

$$BEC = 0.014 \text{ ppb}$$

$$LoD = 0.0185 \text{ ppb}$$

95Mo (KED)



$$f(x) = 5278.8308 \cdot x + 270.2358$$

$$R^2 = 0.9999$$

$$BEC = 0.051 \text{ ppb}$$

$$LoD = 0.0131 \text{ ppb}$$

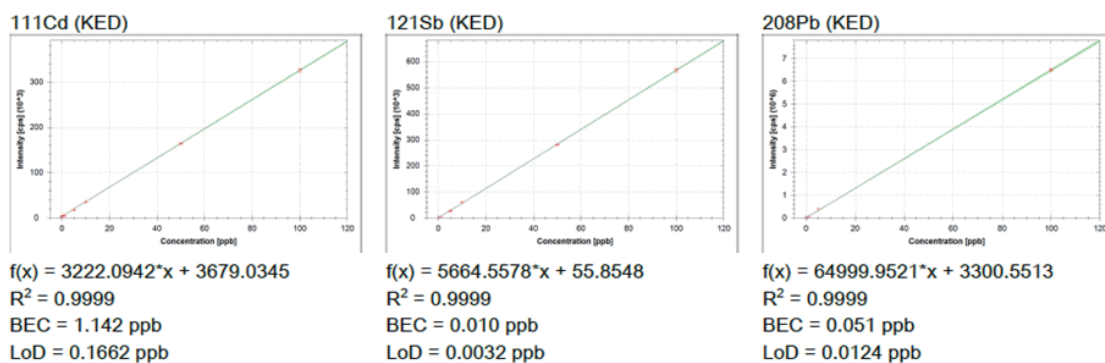


图 2-36 多元素线性

表 2-2 多元素测试标准物质数据比较

样品 / 元素	GBW07403 (GSS3)		GBW07404 (GSS4)		GBW07405 (GSS5)		GBW07308a(GSD8a)	
	标准值 μg/kg	测定值 μg/kg	标准值 μg/kg	测定值 μg/kg	标准值 μg/kg	测定值 μg/kg	标准值 μg/kg	测定值 μg/kg
51V	36±3	33.3	247±14	237.1	166±9	171.6	31±3	31.2
52Cr	32±4	28.3	370±16	379.5	118±7	123.9	11.6±1.6	11.5
55Mn	304±14	313.8	1420±75	1450.5	1360±71	1415.7	645±22	664.7
59Co	5.5±0.7	5.1	22±2	21.7	12±2	12.2	6.8±0.6	6.5
60Ni	12±2	11.9	64±5	62.9	40±4	41.4	3.0±0.6	2.5
63Cu	11.4±1.1	10.5	40±3	41.9	144±6	140.0	5.8±1.4	5.0
66Zn	31±3	27.6	210±13	198.8	494±25	471.5	80±2	78.6
75As	4.4±0.6	4.7	58±6	54.1	412±16	413	7.3±0.5	7.1
95Mo	0.31±0.06	0.28	2.6±0.3	2.8	4.6±0.4	5.0	1.3±0.1	1.3
111Cd	0.060±0.009	0.057	0.35±0.06	0.33	0.45±0.06	0.39	0.16±0.01	0.18
121Sb	0.44±0.08	0.39	6.3±1.1	6.5	35±5	36.3	0.38±0.05	0.42
208Pb	26±3	24.4	58±5	54.5	552±29	547.0	37±2	36.2

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1] Application Note 44358: U.S. EPA Method SW-846 Method 6020B using the iCAP RQ ICP-MS

[2] AN-C-ICPMS iCAP RQ ICP-MS 根据 HJ 803 测定土壤和水系沉积物中 12 种元素

[3] 荆淼, 王其枫, 王艳萍等, 电感耦合等离子体质谱法测定土壤中常规元素及稀土元素, 环境化学, 2016, 35 (11) : 2445-2446

2.7 高分辨双聚焦磁式质谱仪（DFS）

2.7.1 GB 5805.6-2007 附录 S 多氯代二苯并二恶英和多氯代并呋喃的测定 高分辨气相色谱 / 高分辨质谱法；HJ 77.3 — 2008 固体废物 二噁英类的测定 同位素稀释高分辨气相色谱 - 高分辨质谱法

A: 三重四级杆气质联用方案：

全“新”二噁英全流程方法包 --Dioxin Analyzer：赛默飞具备完整的气质产品线，可以对包括二噁英在内的 POPs 进行

定性和定量分析。Dioxin Analyzer 方法包是基于带有 AEI 离子源技术的三重四极杆气质联用系统 TSQ 9000 所开发的二噁英检测全流程解决方案。包括仪器、耗材软件及使用说明。更有 E-workflow 最大程度降低方法开发的难度，为客户提供一站式解决方案。

GC-Orbitrap 高分辨质谱可以对非目标 POPs 进行快速筛查，对未知污染物进行鉴定分析，而筛查不合规的样品，通过 DFS 做进一步标准化确证。POPs 分析全方位解决方案兼具高效的筛选和可靠的确认，可帮助客户提升特定目标 POPs 的分析效能，高效联合创新，达到检测分析新高度。

全“新”二噁英全流程方法包 --Dioxin Analyzer：采用 ASE 为前处理设备，SPE 对固体样品进行前处理，经过浓缩定容后采用气相色谱 - 串联三重四极杆质谱法对样品中的二噁英进行分析检测。整个方法前处理简单、快速，仪器灵敏度高，能够检测出土壤、固体废弃物、废水、PM2.5 中痕量二噁英组分。

方法概述	采用 ASE 为前处理设备，ASE 萃取池中填充 SPE 净化填料，萃取过程中同时完成样品净化步骤。再经过浓缩定容后采用气相色谱 - 三重四极杆质谱法对样品中的二噁英进行分析检测。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方
样品源	固体废弃物，土壤，废水，PM2.5 等
上机样品	甲苯溶液

配置建议及优势：

仪器配置	TRACE 1300+TSQ9000 AEI 源，配置如下： Trace1300 气相色谱 TSQ9000 三重四极杆质谱 AEI 离子源
耗材配置	TraceGOLD TG-Dioxin 60m × 0.25mm × 0.25um PN： 26096-1540
外围设备	ASE 快速溶剂萃取、Rocket 火箭蒸发仪
方案优势	1. 操作简单，含二噁英分析全部耗材，一次配齐您实验所需。 2. 提供二噁英方法包，最大程度降低方法开发的难度，为客户提供一站式解决方案。 3. AEI 离子源提供超高的灵敏度、检出限，能够满足固废中二噁英的检测需求。在处理大通量高基质样品同时始终保持良好的仪器稳定性。

参考谱图（数据）：

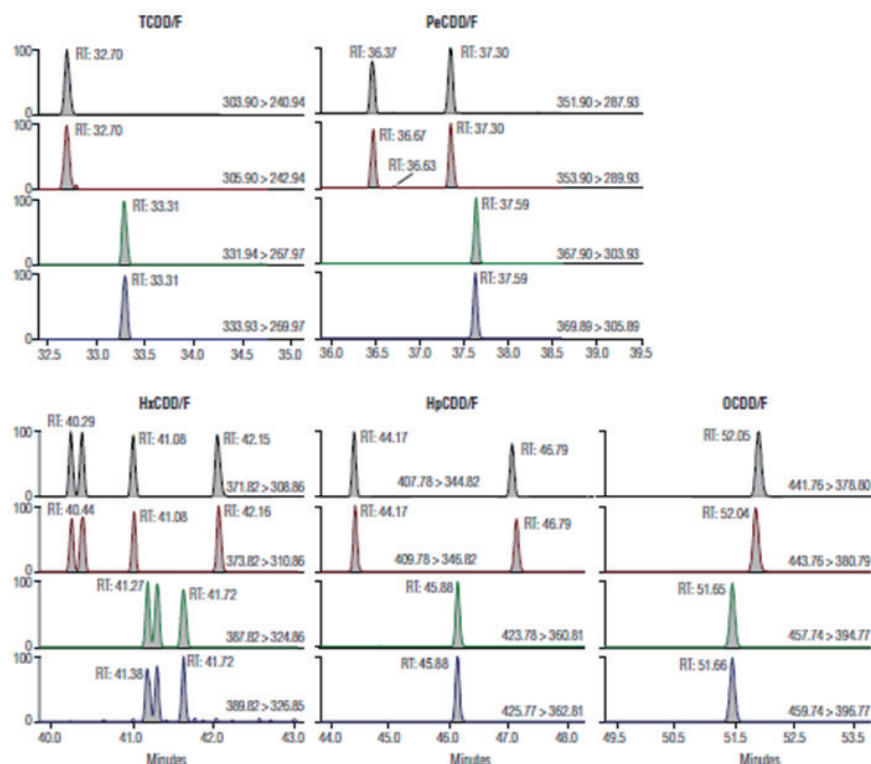


图 2-37 PCDD/Fs 标准溶液 TMS9000 SRM 谱图

参考资料（AN、AB、文章等）：

- [1] Application Note 10336-ASE-GCMSMS-Determination of PCDD/Fs in Environmental Samples using Accelerated Solvent Extraction (ASE) and GC-MS/MS
- [2] Application Note 30112-GC-DFS- Confirmation of Low Level Dioxins and Furans in Dirty Matrix Samples using High Resolution GC/MS

B：磁质谱解决方案：

赛默飞™ DFS™ 高分辨双聚焦磁式质谱仪 GC-HRMS 系统是进行二噁英和持久性有机污染物 (POPs) 分析的黄金标准。它完全符合世界上任何官方二噁英、多氯联苯 (PCBs) 或多溴联苯醚 (PBDEs) 分析方法的要求。凭借其成熟的技术，DFS 高分辨双聚焦磁式质谱仪具有一流的数据可靠性与稳定度，检测限低至飞克级。高通量实验室需要应对各种样品负荷和应用需求，DFS 高分辨双聚焦磁式质谱仪系统最多可配备两台赛默飞™ TRACE GC 气相色谱仪和四根 GC 色谱柱。配备 DualData XL 模块可最大限度地提高样品通量，每单位时间注射量最多可达单 GC 系统配置的两倍，多种电离模式和进样方式可供选择，为您提供无与伦比的分析灵活性。DFS 高分辨双聚焦磁式质谱仪 GC-HRMS 系统还是唯一符合美国国家环保局 (US EPA) 方法、欧盟 (EU) 方法和日本工业标准 (JIS) 方法等所有现行官方方法和法规要求的 GC-MS 系统。DFS 磁质谱二噁英分析完整解决方案：采用 ASE 为前处理设备，SPE 对固体样品进行前处理，经过浓缩定容后采用气相色谱-高分辨磁质谱法 DFS 对样品中的二噁英进行分析检测。整个方法前处理简单、快速，仪器灵敏度高，能够检测出土壤、固体废弃物、废水、PM2.5 中超痕量二噁英组分。

方法概述	采用 ASE 为前处理设备，ASE 萃取池中填充 SPE 净化填料，萃取过程中同时完成样品净化步骤。再经过浓缩定容后采用气相色谱 -DFS 磁质谱法对样品中的二噁英进行分析检测。
方法适用客户群体	各级海关，各级环监站、化工园区，环境第三方
样品源	固体废弃物，土壤，废水，PM2.5 等
上机样品	甲苯溶液

配置建议及优势：

仪器配置	TRACE 1300+TSQ9000 AEI 源，配置如下： Trace1300 气相色谱 DFS 磁质谱
耗材配置	TraceGOLD TG-Dioxin 60m × 0.25mm × 0.25um PN： 26066-1540
外围设备	ASE 快速溶剂萃取、Rocket 火箭蒸发仪
方案优势	1. 高性能、大通量、高灵活性。 2. 操作简单，无需手动调谐，手动校准，仪器自动调谐，采用 Target Quan 软件，内含二噁英方法包，最大程度降低方法开发的难度，为客户提供一站式解决方案。 3. 符合所有标准要求，磁质谱提供超高的灵敏度、检出限，能够满足固废中二噁英的检测需求。在处理大通量高基质样品同时始终保持良好的仪器稳定性。

参考谱图（数据）：

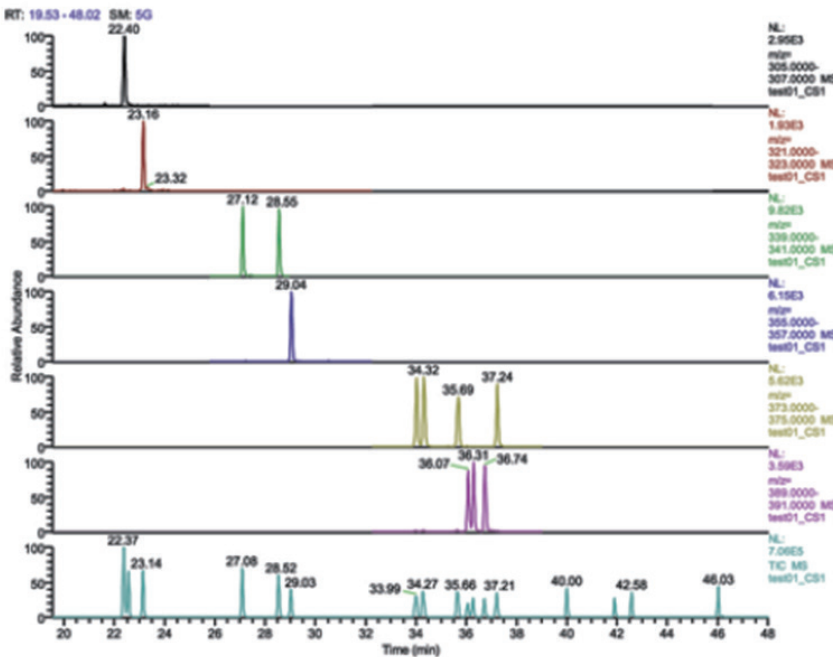


图 2-38 PCDD/Fs 标准溶液 DFS 谱图

参考资料（AN、AB、文章等）：

[1] Application Note 10336-ASE-GCMSMS-Determination of PCDD/Fs in Environmental Samples using Accelerated Solvent Extraction (ASE) and GC-MS/MS

[2] Application Note 30112-GC-DFS- Confirmation of Low Level Dioxins and Furans in Dirty Matrix Samples using High Resolution GC/MS

三 . 赛默飞仪器特色及优势

3.1 样品前处理（ASE&Rocket）

3.1.1 加速溶剂萃取仪 ASE

3.1.1.1 大容量，高灵活性以及高效率

ASE 150 以及 ASE 350 萃取仪（参见图 5-2）给需要自动萃取固体和半固体样品的实验室带来很多好处，均可处理 1-100 g 样品。ASE 150 和 350 都配置快速泵（70 mL / min），可提高工作效率（表 3-1）。此外，ASE 350 完全集合了 ASE 200 和 ASE 300 的功能，与溶剂控制器集成在一起，减小了工作台的体积。



图 3-1 ASE 150 和 ASE 350 产品照片

表 3-1 ASE 150 和 ASE 350 产品特点比较表

产品特点	优点	ASE 150	ASE 350
可用 250 mL 或 60 mL 收集瓶	增加灵活性	√	√
Dionium™ — 化学惰性萃取池（选项）	可直接提取经强酸或强碱前处理过的样品，扩大使用范围	√	√
新的快速泵（70 mL/min）	萃取速度更快	√	√
可选用各种体积的萃取池（1，5，10，22，34，66 和 100 mL）	提高灵活性以满足许多应用样品的要求	√	√
大的前面板以及新的控制键	操作更方便	×	√
集成的溶剂控制器	仪器占用体积更小	×	√
USB 接口以支持 Firmware 更新和电脑连接	可下载样品信息	×	√

3.1.1.2 以分钟计算的萃取时间

传统的萃取技术经常以小时计算萃取时间，一次萃取甚至超过 48 小时，而 ASE 技术通常所用时间仅为 12-20 分钟（表 3-2）。

3.1.1.3 极大地节省溶剂

与现有其它技术相比，ASE 可省 50-90% 的溶剂消耗（表 3-2）。

表 3-2 ASE 与各萃取技术特点比较

萃取技术	样品大小 (克)	溶剂体积 (毫升)	溶剂 / 样品	平均提取时间
索氏提取	1 ~ 100	300 ~ 500	16 ~ 30	4 ~ 48 小时
超声提取	30	300 ~ 400	10 ~ 13	0.5 ~ 1 小时
微波提取	5	30	6	0.5 ~ 1 小时
自动索氏	10	50	5	1 ~ 4 小时
ASE	1 ~ 100	15 ~ 45	1.5	12 ~ 20 分钟

3.1.1.4 选择性提取

(1) 选择性萃取

ASE350 拥有三位的溶剂控制器，可以根据样品的极性选择不同极性的溶剂萃取目标化合物，有利于萃取条件的摸索。



图 3-2 不同极性溶剂对同一种烟草样品进行选择性萃取的结果

(从左至右：正己烷、二氯甲烷、丙酮、甲醇、水)

(2) 分步提取

对基质复杂样品进行萃取时，杂质干扰往往是分析工作者最头痛的问题，例如在对动物组织进行萃取时，脂肪就是常见的干扰物，而溶剂的极性往往会影响干扰物的保留。实验证明增加萃取的温度或增加萃取溶剂的极性都会降低脂肪保留剂保留脂肪的能力。对含脂肪样品中的极性物质萃取时可以选择两步法萃取：第一步用非极性溶剂将脂肪萃取后弃去，第二步用极性溶剂对极性物质进行萃取。ASE 350 能够自动实现分步提取的功能，能够达到除去干扰杂质的目的。

(3) 在线净化

在萃取池中事先加入相应的吸附剂等净化材料（如固相萃取颗粒、GPC 凝胶颗粒、C18、铝粉等），将样品放置到吸附剂上方进行萃取，萃取的同时完成净化。在线净化示意图见图 3-3。

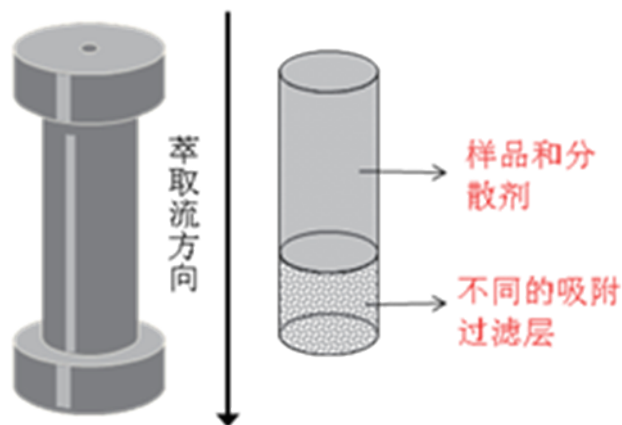


图 3-3 在线净化示意图

3.1.1.5 标准方法

目前 ASE 已被多项国际国内标准采用，且这些标准方法还在不断的增加中。

表 3-3 采用 ASE 的部分官方标准方法

标准号	标准名称
EPA 方法 3545A	OCP, OPP, BNA, TPH, PCDD, 除草剂和半挥发性物质
EPA 方法 6860	离子色谱 / 电喷射离子化 / 质谱检测水、泥土和固体废弃物中的高氯酸盐
EPA 方法 8290A	高分辨气相色谱和高分辨质谱检测 PCDDs 和 PCDFs
HJ 783-2016	土壤和沉积物 有机物的提取 加压流体萃取法
HJ 782-2016	固体废物 有机物的提取 加压流体萃取法
SL 391-2007	有机分析样品前处理方法
GB/T 19649-2006	粮谷中 475 种农药及相关化学品残留量的测定 气相色谱 - 质谱法
GB/T 22996-2008	人参中多种人参皂甙含量的测定液相色谱 - 紫外检测法
GB/T 23376-2009	茶叶中农药多残留测定气相色谱 - 质谱法
ASTM D7210	萃取聚烯烃塑料添加剂的标准实施规程
ASTM D7567	使用快速溶剂萃取检测交联乙烯塑料中凝胶含量的试验方法
L00.00-34	食品中农残检测（德国）
SN/T 2593.1-2010	电子电气产品中多环芳烃的测定第 部分
GB 31604.35-2016	食品接触材料及制品 全氟辛酸磺酸（PFOS）和全氟辛酸（PFOA）的测定

3.1.2 火箭蒸发器 Rocket



图 3-4 Rocket 火箭蒸发器

和ASE组成黄金搭档的Rocket火箭蒸发器,用于代替旋转蒸发,且ASE收集瓶无需转移液体即可一次同时处理18个样品,避免暴沸和交叉污染,浓缩终点自动停止,15分钟及可直接进入进样瓶上机检测。

1. Rocket 样品处理通量高,速度快: Rocket 可以30min平行处理18个ASE样品,且直接浓缩至2mL GC小瓶,无需对萃取液进行转移。1台Rocket的效率能够抵20套旋蒸的效率。

表 3-4 Rocket 浓缩速度

	100 mL	250 mL	450 mL
二氯甲烷	10 min	20 min	35 min
甲醇	20 min	45 min	1.5 h
二甲基甲酰胺	30 min	1 h	2 h
水	35 min	1.5 h	2 h
水/乙腈 (1: 1)	1 h	1.5 h	3 h

*时间为6个样品同时蒸发所需的时间

2. Rocket 稳定性很好: 18个60ml的ASE收集瓶批量转入Rocket蒸发器后,将程序设定为半小时,会自动批量得到1-2ml的浓缩液,批次间十分稳定,后续只需简单定容后直接上仪器分析,无人看护十分便利。而传统的旋转蒸发方式且不说效率低下,还需要专人在旁边守着直到浓缩完成,否则溶液蒸干会导致回收率偏低。



图 3-5 Rocket 浓缩瓶

3. 专利 Flip-Flop 浓缩技术, 可以将浓缩液直接浓缩至2mL GC小瓶, 直接用于色谱分析, 无需样品转移过程。仪器最大一次兼容18个Flip-Flop浓缩瓶, 具有高通量特点。



图 3-6 Flip-Flop 浓缩瓶

4. Rocket 的回收率很好：比如土壤中多环芳烃的检测项目，高沸点成份回收率在 90-100%，低沸点成份也在 75-80% 完全在标准范围内。
5. 专利 Dri-Pure 技术，仪器采用低温蒸汽作为加热源，辅以离心作用力，保证仪器在任何情况下不会出现爆沸情况，消除仪器交叉污染可能。

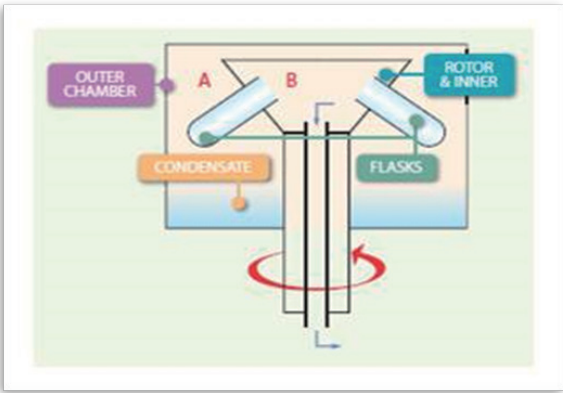


图 3-7 Rocket Dri-Pure 技术原理图

6. 环境友好: 具备高效溶剂回收系统,能够有效回收挥发溶剂,降低化学试剂对实验人员影响。Rocket无需放置在通风橱中,节省实验室费用。

表 3-5 Rocket 溶剂回收率

溶剂	回收率
DCM二氯甲烷	80%
二甲基甲酰胺	99%
乙醇	99%
甲醇	98%
水	99%
水/乙腈	98%

7. 简洁操作界面，易于使用：5 键式操作界面，清晰操作流程，容易上手，同时兼容 U 盘数据导入导出。



图 3-8 Rocket 操作界面

3.2 离子色谱 (IC)



图 3-9 离子色谱全家福

3.2.1 强大的色谱柱库——选择性强、耐受度高、容量高、灵敏度高、通量高、寿命长

离子色谱柱是离子色谱分离方法的核心和基础，赛默飞是唯一匹配和切合市场需求而进行离子色谱柱研发的离子色谱仪器厂商，提供市面最全的离子色谱分析柱选项：在售二十余款无机阴离子和有机酸分析柱、十余款无机阳离子和有机胺分析柱、八款糖类和氨基酸分析柱、数款特殊性能色谱柱用于过渡金属等特殊应用。赛默飞离子色谱分析柱具有以下特色：

a) 选择性强。赛默飞离子色谱分析柱独特的功能基附聚和接枝方式，赋予色谱柱多样化的选择性和专属性。无需复杂的方法学考察，IonPac AS15 即可完成氟离子和葡萄糖酸的分离分析，协助啤酒等发酵行业解决有重大健康风险的氟离子超标问题；无需多种色谱柱或分析方法配合，IonPac AS18 可以简单地在 35min 之内完成亚硫酸盐、硫酸盐、硫氰酸盐和硫代硫酸盐等硫形态、硝酸盐和亚硝酸等氮氧化物形态分析，既可帮助石化等行业快速完成脱硫脱硝工艺效果监测，又能帮助完成废液回收利用分级；一次进样，40 分钟内，IonPac AS11-HC 可完成四十余种无机阴离子、含氧酸、一元羧酸、二元羧酸、三元羧酸等化合物的同时分离分析。

b) 耐受度高。采用苯乙烯、二乙烯基苯等聚合物为基质的赛默飞离子分析柱，具有宽泛的 pH 耐受度，不仅兼容 pH 0-14 范围内的样品溶液直接上样，亦允许 pH 0-14 范围内的淋洗液组成条件优化。同时，赛默飞离子分析柱对反相有机溶剂，如甲醇、乙腈、异丙醇等，100% 兼容，允许此类样品直接上样和在淋洗液中添加有机溶剂进行色谱条件改善。

c) 容量高。在相同色谱条件下，色谱柱柱容量越高，兼容高浓度样品基体能力越强、化合物之间的分离度越高、色谱柱使用寿命越长。赛默飞离子色谱分析柱具有市面相似色谱柱柱容量的两倍以上柱容量，其中 IonPac CS16 是已知最高柱容量的阳离子分析柱，柱容量高达 8400 μ eq；CarboPac MA1 是已知最高柱容量的阴离子交换分离柱，柱容量高达 1450 μ eq，让其他离子色谱仪器公司望尘莫及。下图是常见阴阳离子分析柱柱容量对比。

表 3-6 色谱柱比较

厂家	赛默飞世尔科技				其它公司		
常用色谱柱型号	AS11-HC	AS19	AS23	CS12A	A** 4	A** 5	C5
柱容量 (μeq)	290	240	320	2800	71	107	14

d) 独特、领先的 4μm 粒径色谱柱——获得更高的分离能力、更快的分析速度和更高的灵敏度。

由经典踏板理论和下图的 van deemter 曲线可知，色谱柱填料粒径越小，踏板高度越小，即理论塔板数越高。表现在色谱峰上，更小粒径的色谱柱提供更窄的峰宽和更高的峰高。峰宽的降低，将带来分离度的大幅改善。苯乙烯、二乙烯基苯等聚合物基质具有相对差的刚性，对小粒径色谱柱的研发形成了壁垒性挑战，赛默飞离子色谱柱研发团队世界首次将聚合物基质的离子交换色谱柱填料粒径降低至 4μm，大幅提高了离子色谱的分离能力、灵敏度和样品通量。

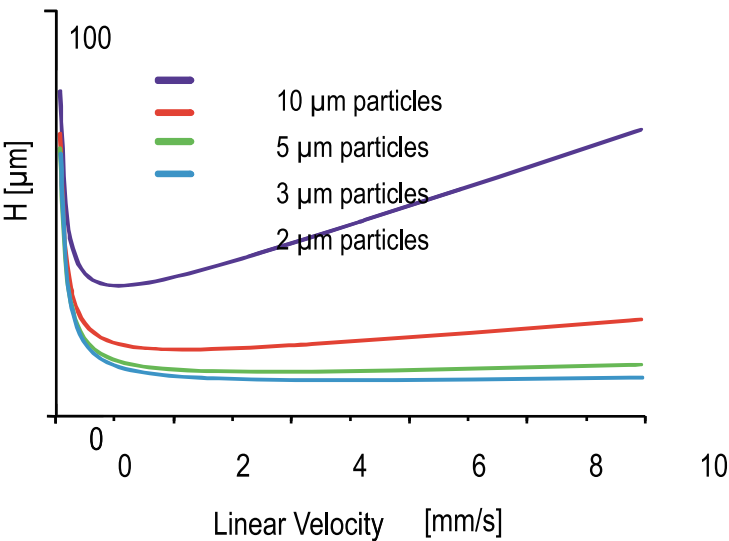


图 3-10 Van Deemter 曲线

市面离子色谱分析柱，通常采用 7.5μm 或 10μm，甚至更大尺寸粒径的填料。在相同色谱条件下，实验比较了 4μm 填料粒径 7.5μm 填料粒径色谱柱对相同溶液的分离分析效果，从下图中可轻易发现，4μm 粒径色谱柱获得了数倍峰高响应值的提高和更低的检出限。

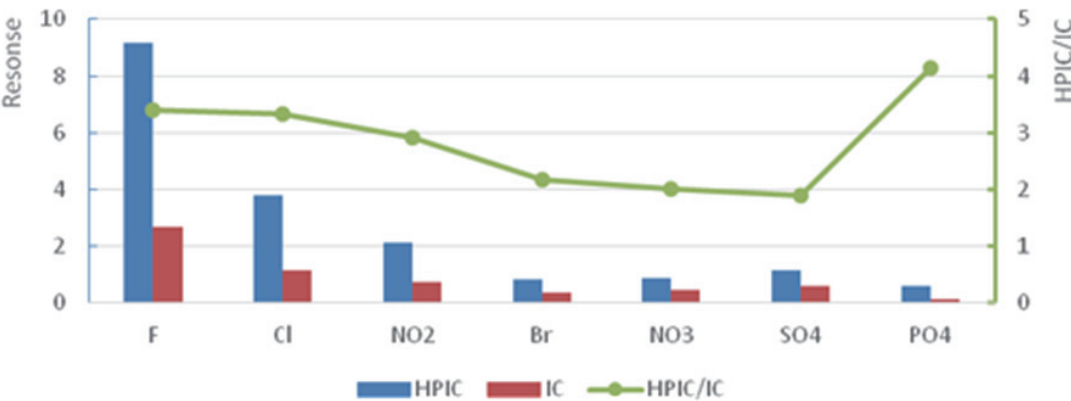


图 3-11 HPIC 与 IC 方法峰高响应对比（同以 25ul 进样量计）

注：“HPIC”为4μm 填料粒径色谱柱测定结果；“IC”为常见7.5μm 填料粒径色谱柱测定结果；“HPIC”的测定结果至少两倍于“IC”的测定结果

更高的色谱峰分离度和色谱峰容量（单位分析时间内，容纳色谱峰数目），允许4μm 粒径色谱柱体系可以简单地提高淋洗液流速，在不牺牲分离度和灵敏度的同时，大幅缩短样品的分析时间，提高实验室样品通量。如下图，在优化的色谱条件下，常见的F⁻、Cl⁻、NO₂⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻、PO₄³⁻、Br⁻等常见阴离子和Na⁺、K⁺、NH₄⁺、Mg²⁺、Ca²⁺等常见阳离子可在3 min之内完成准确分离测定。与常见的15min/次样品分析频率相比，采用4μm 粒径色谱柱，分析速度至少提高5倍，使得实验室样品分析通量高达480个/天。

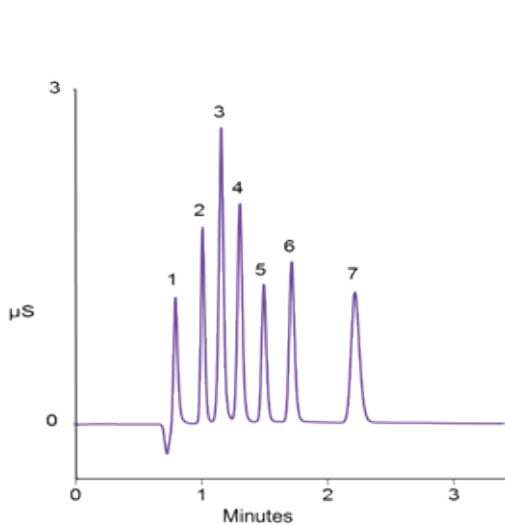


图 3-12 常见阴离子快速分离谱图

峰(mg/L): 1. F⁻ (0.2)、2. Cl⁻ (0.5)、3. NO₂⁻ (1.0)、4. SO₄²⁻ (1.0)、5. Br⁻ (1.0)、6. NO₃⁻ (1.0)、7. PO₄³⁻ (2.0)

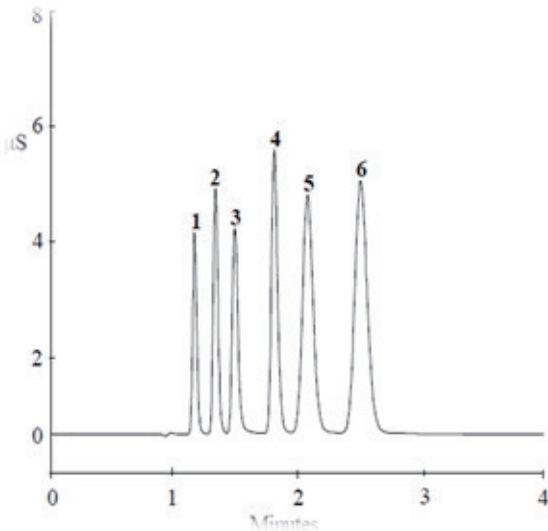


图 3-13 常见阳离子快速分离谱图

峰 (mg/L): 1. Li⁺ (0.12)、2. Na⁺ (0.5)、3. NH₄⁺ (0.62)、4. K⁺ (1.25)、5. Mg²⁺ (0.62)、6. Ca²⁺ (1.25)

3.2.2 卓越的电解抑制器——连续自再生、无限容量、无化学试剂、操作简单

抑制器提供抑制淋洗液背景电导和提高目标化合物响应值的场所。由于技术限制，早期的抑制器主要由酸、碱性树脂构成，提供OH⁻、HCO₃⁻、H⁺等抑制离子。受限于固定的填充体积，此类柱填料抑制器具有死体积大，导致色谱峰柱后扩展严重；需要定期离线再生恢复抑制能力，导致操作繁琐和监测方法的不连续等诸多问题。虽然现在有离子色谱仪器公司将此类抑制柱进行了技术升级，或以三根抑制柱进行抑制、再生和清洗的自动切换，或采用一次性的抑制凝胶，解决了离线再生的问题，但其最根本的抑制容量局限性和抑制性能稳定性始终得不到有效解决。赛默飞电解抑制器，有效利用了离子交换和电解水的原理，实现了淋洗液持续、无化学试剂需求、无限容量、操作简单的抑制效果。

赛默飞电解抑制器工作原理：阴离子电解抑制器，如下图，淋洗液通道和两侧的再生液通道，被阳离子交换膜完全隔绝，在施加电位和电流作用下，再生液通道内发生电解作用，电解水产生OH⁻离子和H⁺离子。在电场力作用、酸碱中和作用下，H⁺离子由再生液通道定向穿过阳离子交换膜进入淋洗液通道，将高背景电导的氢氧化物淋洗液中中和为低背景电导的纯水，与目标阴离子化合物形成高电导响应的共轭酸；与此同时，在电场力作用下，淋洗液通道的阳离子定向穿过阳离子交换膜进入废液通道。在持续的电压和电流供给作用下，此过程稳定、无限连续。

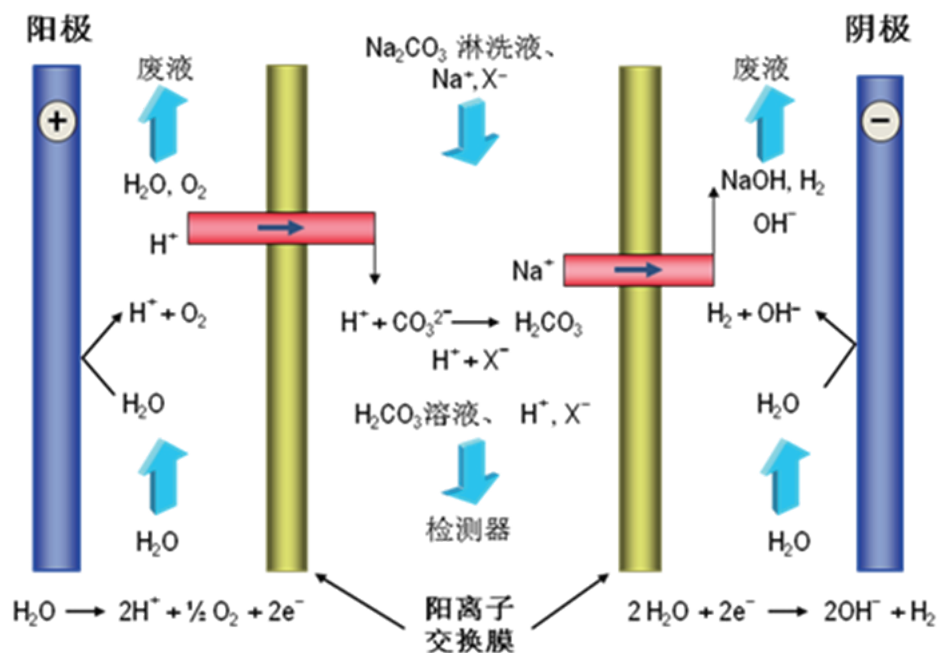


图 3-14 赛默飞阴离子抑制器工作原理

阳离子抑制器的工作原理，与阴离子抑制器作用机理相似，但作用相反，如下图，淋洗液通道和两侧的再生液通道，被阴离子交换膜完全隔绝，在施加电位和电流作用下，再生液通道内发生电解作用，电解水产生 OH^- 离子和 H^+ 离子。在电场力作用、酸碱中和作用下， OH^- 离子由再生液通道定向穿过阴离子交换膜进入淋洗液通道，将高背景电导的酸性淋洗液中和为低背景电导的纯水，与目标阴离子化合物形成高电导响应的共轭碱；与此同时，在电场力作用下，淋洗液通道的阳离子定向穿过阴离子交换膜进入废液通道。在持续的电压和电流供给作用下，此过程同样稳定、无限连续。

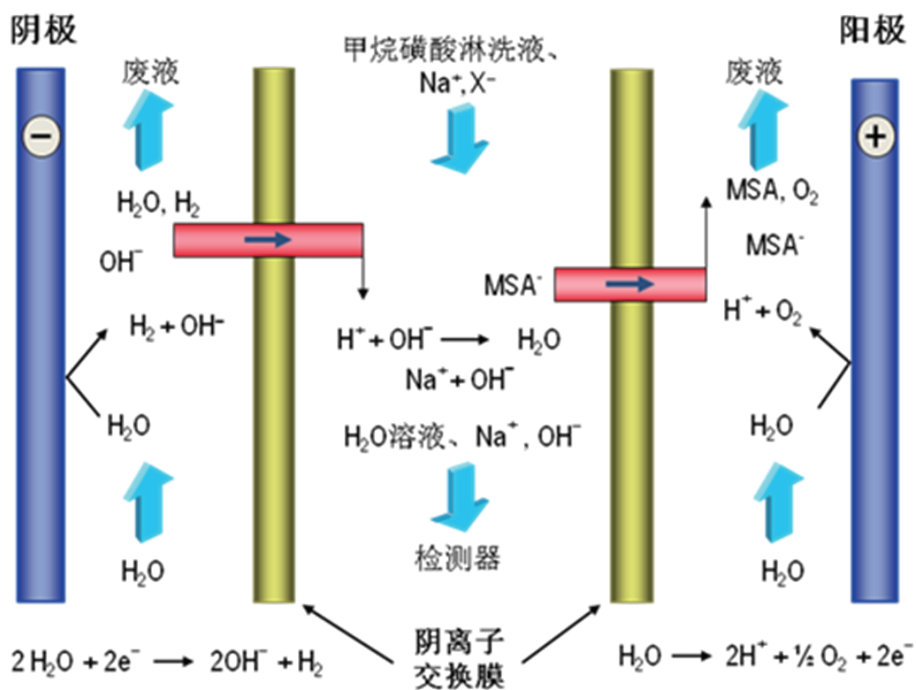


图 3-15 赛默飞阳离子抑制器工作原理

由上述工作原理可以概括出赛默飞电解抑制器具有如下绝对优势：1）通道独立。离子交换膜完全将淋洗液通道和再生液通道隔绝，通道相互独立，待测目标离子不受任何干扰，不存在任何交叉污染现象，确保测定结果的准确性。2）无试剂需求。电压和电流的恒定供给，确保淋洗液抑制过程的无限持续进行，消除了外接无需任何化学试剂的引入，确保了离子色谱仪器长时间处于同一稳定的平衡状态，且无交叉污染问题，确保测定结果的高重复性。3）兼容任意等度、梯度。电解所需电压和电流的控制，由仪器方法直接控制，可根据仪器方法浓度进行自动实时调整，完美兼容仪器方法中的任意淋洗液浓度变化。4）无辅助部件需求。赛默飞电解抑制器接入仪器电源即可开始工作，无需蠕动泵、切换阀等配套组件，大大简化了离子色谱流路。5）操作简单。赛默飞电解抑制器的电流供给由仪器方法直接控制，活化和日常维护操作简单。接入系统即无人工干预需求。

3.2.3 卓越的淋洗液自动电解产生体系——最精准的浓度供给、无空白污染的供给、最简单的操作和维护需求，最完美的长期持续运行方案

离子色谱交换分离过程中，主要采用酸、碱、盐等试剂为淋洗液交换剂。作为离子色谱主流监测方案的抑制电导法，要求淋洗液经过抑制后，需得到低电导响应背景和低背景基线噪音。因此，通常采用氢氧化钠、氢氧化钾、氢氧化锂、碳酸钠、碳酸氢钠等碱性溶液为阴离子交换淋洗剂；采用甲基磺酸或硫酸溶液为阳离子交换淋洗剂。纵观离子色谱的发展史，始终存在一个困扰广大痕量分析工作者的难题——淋洗液空白问题，即在所有试剂的生产工艺中，始终存在氯离子、硫酸根、钠离子等痕量离子空白，导致分析方法的实际检出限止步于低 $\mu\text{g/L}$ 级。赛默飞世界首创“RFIC 免试剂离子色谱”，只需超纯水即可在线产生高纯度、高精度、无空白污染的淋洗液，且兼容等度淋洗和梯度淋洗的自由切换，完美解决此难题。

赛默飞淋洗液自动电解发生器工作原理：对于阴离子淋洗液自动发生器，以氢氧化钾淋洗液自动发生为例，充分利用电解水和离子交换原理，如下图所示，淋洗液通道中置有铂电极阴极，氢氧化钾淋洗液储备液罐中置有铂电极阳极，两者之间以耐高压阳离子交换膜完全隔离。当施加适当电压和电流时，阴阳极发生电解作用，淋洗液通道电解水产生氢氧根离子和氢气，淋洗液储备罐中电解水产生等量氢离子和氧气，同时氢离子被碱液消耗。在电场力作用下，淋洗液储备液罐中的等物质的量的钾离子，通过阳离子交换膜进入淋洗液通道，与阴极电解产生的氢氧根等量结合形成氢氧化钾溶液，此氢氧化钾浓度与淋洗液流速成反比，与施加电流成正比。阳离子淋洗液自动发生器的工作原理与阴离子相对。

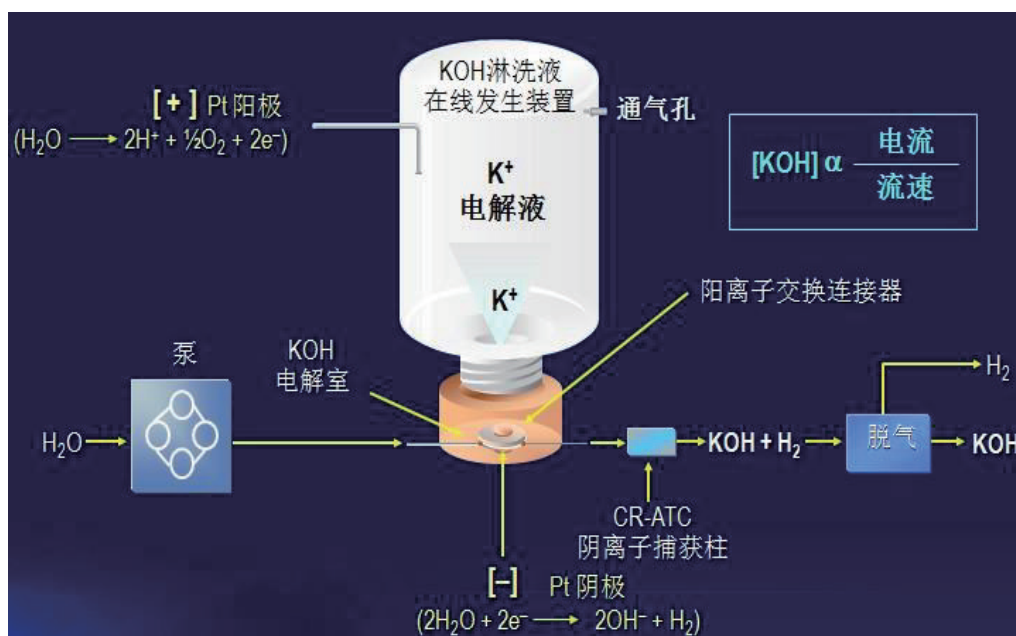


图 3-16 阴离子淋洗液在线发生装置工作原理图

由上述原理可概括出赛默飞淋洗液自动电解产生体系具有如下优势：1) 只需超纯水。无需化学试剂的配制过程，消除高浓度化学试剂对操作人员的潜在伤害，消除人员之间、实验室之间存在的配制误差，大幅度降低盐类试剂使用造成的色谱泵密封圈磨损。2) 高精度、高准确度。淋洗液浓度由精密、稳定供给的电流控制产生，而不是通用的比例稀释，具有极高的精密度和准确度，完全消除了人员之间的配制误差。3) 无污染。耐压离子交换膜的引入，隔绝了杂质离子的引入渠道；仅需超纯水，确保了淋洗液源的超纯供给，使得痕量 (ppb 级) 乃至超痕量 (ppt 级) 分析成为可能。4) 兼容等度、梯度任意切换。仪器方法自动设置淋洗液浓度与分析时间之间的对应关系，实现淋洗液浓度的任意变换需求。5) 高压梯度，体积延迟小。淋洗液自动发生装置置于色谱泵后，淋洗液浓度的变化，可快速传导至色谱柱，延迟体积小，是高重复性、高效、快速分析的有力保障。

3.2.4 丰富的检测器平台——高选择性、高灵敏度、高准确度

抑制电导是离子色谱的通用分析方法，用于监测电离能力较强的离子化合物，以电导率为测定基础，常用于测定 $pK_a < 5$ 的酸性离子化合物和 $pK_b < 5$ 的碱性离子化合物，对其他性质的离子化合物的分析受限。赛默飞具有航母级的科学分析仪器平台，提供了紫外检测器、安培检测器、库伦检测器、无机质谱、有机质谱等高定量和定性能力的检测器选择，且这些检测器均可使用离子色谱数据库软件——变色龙进行统一控制，易于上手，操作简单。

3.2.5 完整的解决方案——高灵敏度、全自动化、多功能化

a) 唯一的毛细管离子色谱、2mm 微孔离子色谱、4mm 常规离子色谱供应商。

分析体系的选择也是影响灵敏度和操作便利程度的重要因素。常见色谱体系有毛细管离子色谱体系、2mm 离子色谱体系和 4mm 离子色谱体系等三类，其中毛细管离子色谱体系为赛默飞世尔科技独有。

在灵敏度方面，在相同进样体积条件下，毛细管离子色谱的灵敏度是 2mm 微孔离子色谱体系的 25 倍，是 4mm 常规离子色谱体系的 100 倍；在消耗与排污方面，毛细管离子色谱的消耗和排污量是 2mm 微孔离子色谱体系的 1/25，是 4mm 常规离子色谱体系的 1/100，每年大约有 5.2L。因此，可以根据样品数量、灵敏度、操作便利度的不同要求，进行多样化的选择。如选择 4mm- 毛细管离子色谱体系的组合，实现二维离子色谱切换提高分析方法的选择性和灵敏度；选择毛细管离子色谱体系，满足体积较小的珍贵样品分析；选择 2mm 微孔离子色谱体系或毛细管离子色谱体系，实现 7×24 小时不间断连续分析。

b) 唯一的全自动离子色谱供应商。

将赛默飞优异性能的 IC pure 在线纯水机系统与免试剂离子色谱有机结合，只需提供水源，即可确保整个分析系统连续不间断地运行，克服了实验空间和工作环境的限制，为车载、船载等移动源，郊外、偏远区域等监测需求提供了完美解决方案。

c) 多功能离子色谱

赛默飞离子色谱集成了电导率、pH 等参数的监测功能，实现了一次进样，同时输出样品的基本信息以及其中的离子组分信息，减少了不同分析方法操作需求。

3.3 气相色谱 & 气质联用仪 (GC&GCMS)



图 3-17 TRACE 1300 系列 GC



图 3-18 ISQ7000 系列单四极杆气质和 TSQ9000 三重四极杆气质

3.3.1 模块化“即时链接”进样口和检测器

TRACE 1300 系列气相色谱仪围绕受客户需求推动的关键创新而开发，其中包括用户可自行更换安装的 Thermo Scientific “即时链接”进样口和检测器，运行分析时节约氦载气的独特专利解决方案，经优化和微型化的电子元件。TRACE 1300 系列气相色谱仪集快速、易操作、紧凑型设计于一身，为用户提供不可思议的高实验室生产率，同时大大降低了拥有成本！同时首创的“即时链接”模块，省却了复杂的气路和电路的连接，即插即用，彻底突破了仪器配置对应用的束缚。



图 3-19 模块化气相进样口及检测器

3.3.2 NeverVent 技术 - 真空锁

Thermo Scientific™ ISQ7000 系列单四极杆气相色谱 - 质谱联用仪与 Thermo Scientific™ TSQ9000 系列三重四极杆气相色谱 - 质谱联用仪均采用了此项技术。该系列气相色谱 - 质谱联用仪拥有业界领先的技术，NeverVent 技术可实现无需卸真空更换离子源、无需卸真空更换色谱柱、真正实现仪器的永不停歇。另外 ExtractaBrite 无线离子源的拆卸组装无需任何线路联接。这些技术大大简化了质谱的维护操作，极大的改善了用户的使用体验，并提高用户的工作效率。



图 3-20 真空锁技术及 V-Lock

		更换色谱柱	更换离子源
标准 GC-MS	需要停泵和卸真空	4.5h	4h
NeverVent	无需停泵和卸真空	5min	2min
NeverVent 帮您节省的时间		98%	99%

NeverVent 技术可实现无需卸真空更换离子源和色谱柱大大节省停机时间

3.3.3 ExtractaBrite 无线离子源：

ISQ 7000 单四极杆气质和 TSQ9000 三重四极杆气质均采用 ExtractaBrite 无线离子源。ExtractaBrite 无线离子源的拆卸组装无需任何接线，简化了质谱的维护操作，及极大的改善了用户的使用体验，并提高用户的工作效率。同时 ExtractaBrite 离子源由高惰性材料组成，因此可获得最好的样品完整性和谱库匹配度，提高仪器的灵敏度和稳定性。离子源配备了独一无二的专利 RF 透镜设计，离子源维护的同时将预四极杆也同时维护，保护预四极杆免受污染，真正实现预四极杆无需清洗打磨，从而增加耐用性和样品通量，实现日复一日的连续高效运转。



图 3-21 ExtractaBrite 无线离子源设计

3.3.4 S 型预四极杆

S 型设计的预四极杆，极大地提高了仪器的灵敏度及抗污染能力，使得仪器具有久经考验的可靠性和永不停歇的生产力。同样该 S 型预四级杆在 ISQ7000 系列单四极杆气相色谱 - 质谱联用仪与 TSQ9000 系列三重四极杆气相色谱 - 质谱联用仪均为标准配置。

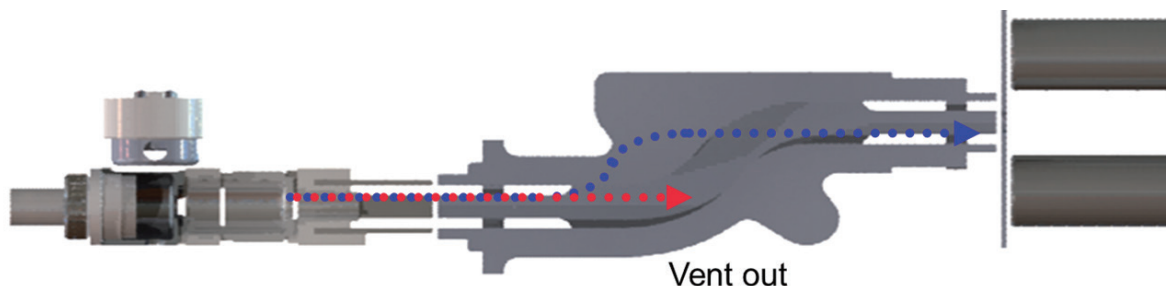


图 3-22 S 型预四极杆设计有效去除中性干扰提高仪器抗干扰能力

3.3.5 EvoCell 碰撞池技术：

TSQ9000 系列三重四极杆气质联用仪采用快速 EvoCell 碰撞池技术可提供高达 800SRMs/s 的扫描速度，即使是最复杂的方法也具有更高的稳定性和灵敏度。这种高性能技术为高通量实验室中的高效工作流程提供了更多机会。

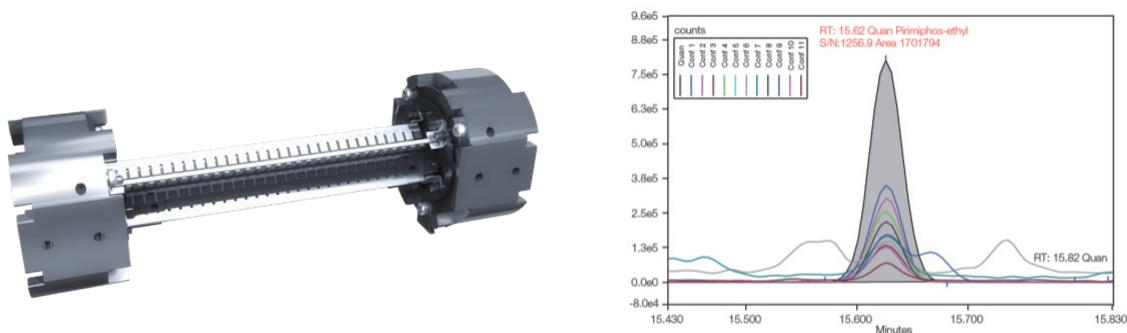


图 3-23 Evo 碰撞池示意图及多离子扫描谱图

3.3.6 方法开发和日常使用的易用性：

软件包含全套 Ease to use 工具：Smart Tune、Auto SIM/Auto SRM、Timed SIM/Timed SRM、保留时间校准功能，方便用户进行方法开发和日常使用，极大地节省客户时间，提高效率。AutoSRM 是您专属的系统集成质谱方法开发专家。该软件以非常简单高效的工作流程指引您开发出最优化的 SIM 目标离子或 SRM 离子对。如果您希望从当前的 SIM 方法进行开发，SIM Bridge 可通过导入方法详细信息来简化工作流程。总之，系统具备完整的 MS 和 MS/MS 方法开发独立性，即使对于经验较少的用户也是如此。随着更多化合物被添加到单次运行方法中，管理采集窗口变得越来越复杂。TSQ 9000 系统通过自动优化特定化合物的目标离子显著降低这种复杂性。只需简单输入保留时间和采集窗口，t-SRM 就会负责其余工作。确保达到化合物检测的最佳条件以获得最大灵敏度，并且可以将更多的化合物添加到该方法中，而不会损失每种分析物的优异灵敏度。而在单四极杆系统 ISQ7000 上我们也同样开发了类似的功能 AutoSIM 和 Timed-SIM 功能，同样可大大简化用户样品开发的时间，提高效率。

3.3.7. 完善的方法包，快速建立整套分析方法：

变色龙拥有创新的 eWorkflows 技术，一个完整的 eWorkflow 包含了已经建立好的仪器方法，处理方法，报告模板，色谱图，

色谱柱信息，样品处理方法，及测试报告等，可以使任何人只需点击几下鼠标就可以调用现成的方法开始色谱质谱分析，并获得良好的结果。强大的数据分析工具确保所需要的任何数据操作都能高效、准确地完成。

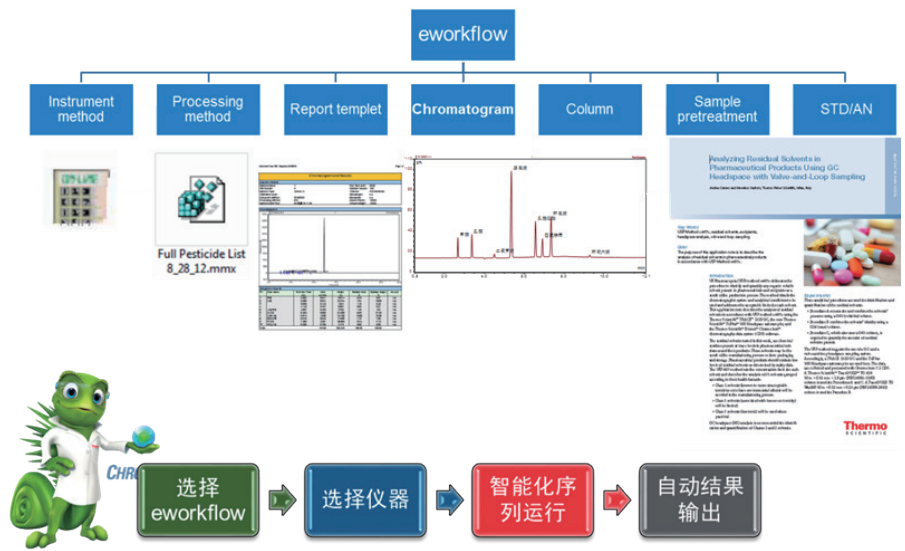


图 3-24 变色龙的 eWorkflows 功能分析流程

我们开发了环境领域的多个 eWorkFlow，并持续进行更新，可官网下载或向相关应用工程师索取。

3.4 液相色谱（HPLC）

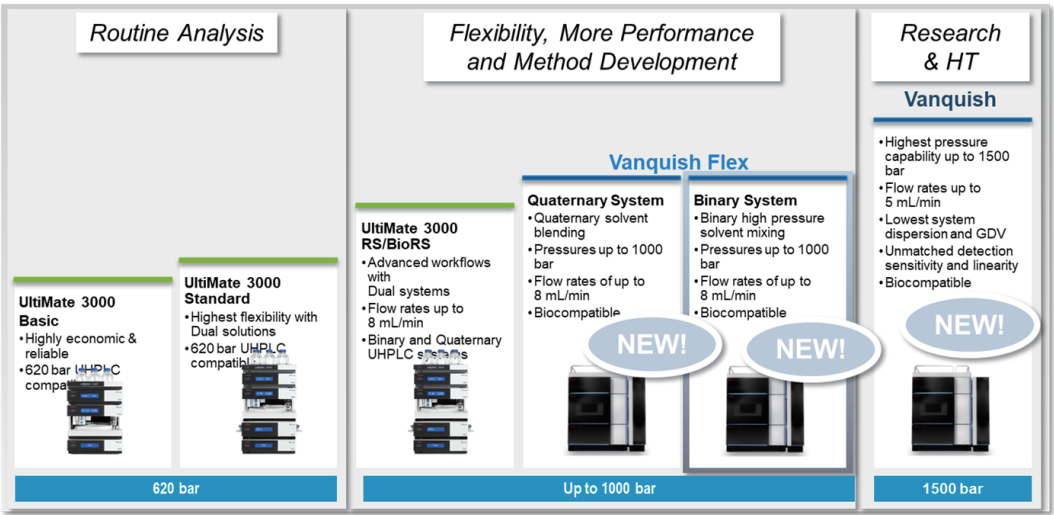


图 3-25 HPLC 家族全家福

3.4.1 U3000 系列液相提供关键的流量和压力性能，实现高通量分析

赛默飞 Ultimate3000 液相色谱系统是 2006 年匹兹堡金奖产品，Ultimate3000 常规液相色谱的泵耐受压力在全流速范围内（0.001-10.0mL/min）为 620bar，使得小粒径 UHPLC 色谱柱的使用成为可能。专利的 smartflow 技术，保证不使用压力阻尼器即可满足日常分析的系统脉冲要求，从而避免了使用压力阻尼器带来的系统延迟体积随反压变化而引起的保留时间不稳，同时该技术可以完成对流动相的连续、自动智能型压缩补偿，无需用户输入溶剂种类，即可根据流动相种类、

脱气情况和环境温度完成压缩补偿，色谱流量准度可达 0.1%，远高于世面同类产品。智能型自动进样器自动防沉淀振摇、在线稀释、在线衍生。自动位移功能，保证进样准确。专利的 Splitloop 进样技术，减少交叉污染。Ultimate3000 RSLC 系统提供关键的流量和压力性能，耐压高达 103.4 MPa (15,000 psi，流速高达 8 mL/min)，数据采集频率高达 200 Hz 以上，以满足所有 LC 分析挑战。凭借其宽广的流量压力适用范围、短进样器循环时间、高柱温度、超快速数据收集和处理和高分辨色谱柱，系统最大限度地提高 LC 灵活性。这种功能组合可在超高速分析的同时保持良好的分辨率。UHPLC Viper 手紧接头毛细管革新了 UHPLC 连接方式，提供无死体积色谱连接。

DGLC 双梯度液相解决了传统 LC 分析过程中大部分模块效率低下的问题，在线固相萃取、串并联模式和二维在线与离线分离等多种高级应用拓展了传统 LC 色谱分析能力。双三元液相具有常规液相、超快速液相系统 (RSLC) 和生物兼容液相系统以满足不同的分析需求。U3000 双三元梯度泵采用独特的双泵设计，每一个泵都是一个单独的体系，都有各自独立的流动相比例阀和流动相进出系统，可以同时单独控制三种不同的流动相来进行复杂的样品分析。双三元梯度系统具有独特的阀切换系统，柱温箱部分放置的两个切换阀可以通过变色龙软件的控制设定的时间进行阀切换，从而实现流动相流路和色谱柱连接的不同组合切换。在线样品净化 SPE-LC 可用于全自动样品制备和分析；串联和并联使用，可获得工作效率的提高；2D-LC 可用于复杂样品的分离。目前双三元液相已经在越来越多的领域得到广泛的应用，如多环芳烃的测定，化工领域一些复杂基质的样品的测定等，双三元液相均体现出了其独有的特点，提高了常规方法的灵敏度、稳定性和分析效率。

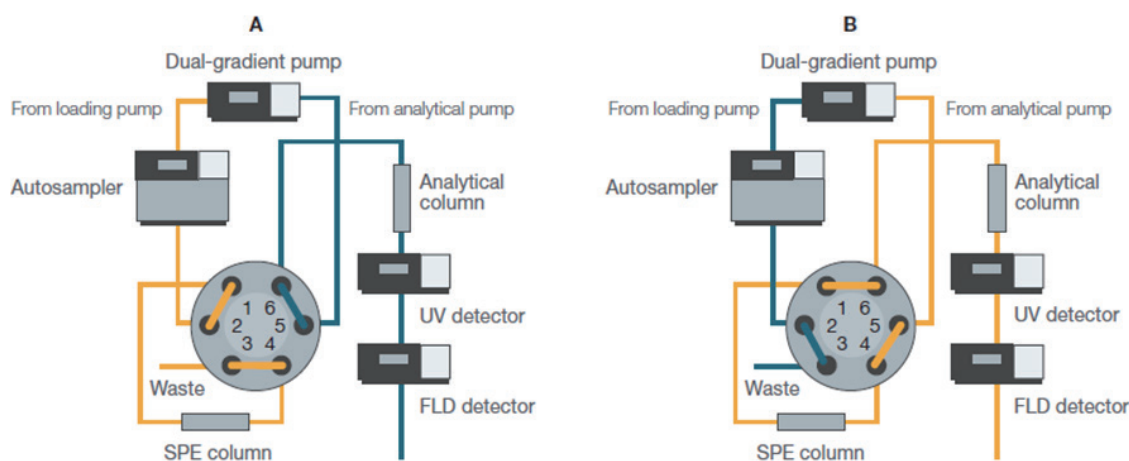


图 3-26 上图为在线 SPE HPLC 测定饮用水中的农药等残留的配置连接图。UltiMate 3000 双梯度泵和紫外与荧光检测器按照上图与二位六通切换阀连接，完成固相萃取柱的上样、样品净化与浓缩 (A)，然后洗脱转移，再经分析柱分离 (B)，在分析柱分离期间，固相萃取柱完成平衡再生。

3.4.2 Vanquish 超高效液相色谱改变色谱分析，提高生产率

Vanquish UHPLC 系统是赛默飞世尔科技集 30 多年的经验、技巧和一系列创新来设计研发的一款全新的 UHPLC 旗舰产品，将高端 UHPLC 提升到了一个新水平，带来技术指标上的全面提升，使之在分离性能、样品通量、方便使用、重现性和方法转换效率方面更有优势，为用户提供更好的分离、更多的结果和更容易的人机交互。Vanquish 系统采用行业领先的第四代 SmartFlow 泵技术，通过 ATEC 适应性热效应补偿、主动温度控制、样品预压缩、手紧式单向阀设计和自动化的泵加注、气流冷却技术、LightPipe™ 技术、先进的色谱柱技术和软件方面的一系列创新，带来技术指标上的全面提升。在 Vanquish 系统的研发中，计有三十余项新发明。使用专利免维护陶瓷切换阀，陶瓷定子和转子都有类金刚石涂层，具备高硬度和低摩擦系数的优良特性。HPG 平行的线性驱动泵的设计和类金刚石涂层的柱塞杆都使密封圈的寿命大大延长，保证系统更长的工作时间。类金刚石涂层陶瓷进样阀和泵柱塞杆设计能提供 200,000 次进样的一致性和重复性，从而通

过尽量减少系统维护进一步提高运行时间。与 Ultimate3000 RS 系统相比, Vanquish UHPLC 系统具有更低的压力脉动、更高的灵敏度。Vanquish 系统可在更短的时间内完成类似的分离, 或使用串联柱在更高的系统压力下达到高分辨分离, 或完成几十秒梯度时间的超快速分离。最多可以加载 23 块多孔板, 高达 8832 份样品。可选择独特的静态空气加热技术或强制空气循环加热技术获得最佳分离结果。系统支持色谱柱技术创新产品 Accucore Vanquish UHPLC 色谱柱, 色谱填料为 1.5 微米表面多孔实心核增强键合相颗粒, 可以完全利用 Vanquish 系统 1500bar(22000psi) 的最大泵压力和 5mL/min 的最高流速, 以实现超短的扩散路径和高效快速分离。

Vanquish Duo UHPLC 系统整合串联 LC 及 LC-MS、双 LC 系统、反梯度提高灵敏度三个工作流程, 及两套独立的流路于一套液相系统中。串联 LC 及 LC-MS 节省柱平衡时间, 提高仪器利用率和通量。同时运行两套分析系统, 提高分析效率 100%。并结合 39 项全新专利技术, 继承 Vanquish 平台在仪器性能、耐用性和易用性上的所有优势, 更为您提高分析效率、增大运行时间、扩展样品信息以及加快投资回报。

3.4.3 变色龙 CDS 通过操作简易性和智能运行控制提高实验室效率

赛默飞液相色谱系统使用 Chromeleon CDS 软件控制, 操作简单, 分离系统与 Chromeleon CDS 软件深度整合, 可扩展分离系统的效率和性能, 智能启动和关机功能可给系统带来更长的运行时间, 且系统具备序列和方法兼容性的检查功能, 避免典型的分析错误, 同样, 还可以在审计模式下追踪每项仪器参数, 确保前所未有的审计安全性。CDS 变色龙色谱数据系统以简约、智能、法规依从为主要特点, 提供简便而全面的系统化管理方式, 通过访问控制、审计追踪、记录保护、电子签名四个关键环节充分确保客户实验室数据的合规性。

3.4.4 专用色谱柱

A: 醛酮化合物分析专用柱

Acclaim RSLC Carbonyl C18 用于 California CARB 1004 管制标准的醛酮分析和 U.S. EPA Methods 1667, 554 与 OT-11, 具有理想的选择性, 使用方便。

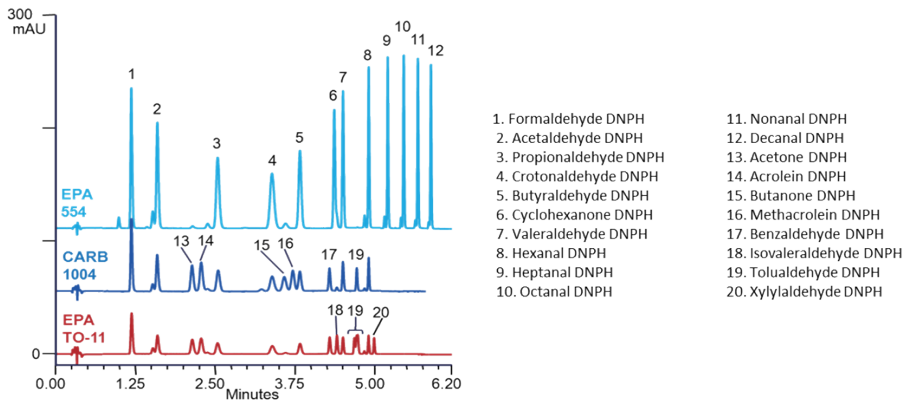


图 3-27 20 种醛酮分析谱图

B: 多环芳烃分析专用柱

Hypersil green PAH 色谱柱为 EPA Method 610 设计, 带有高碳载量的特殊定制烷基键合硅胶。

50ppb 混合标准品 + 替代物对三联苯 -d14 分离谱图

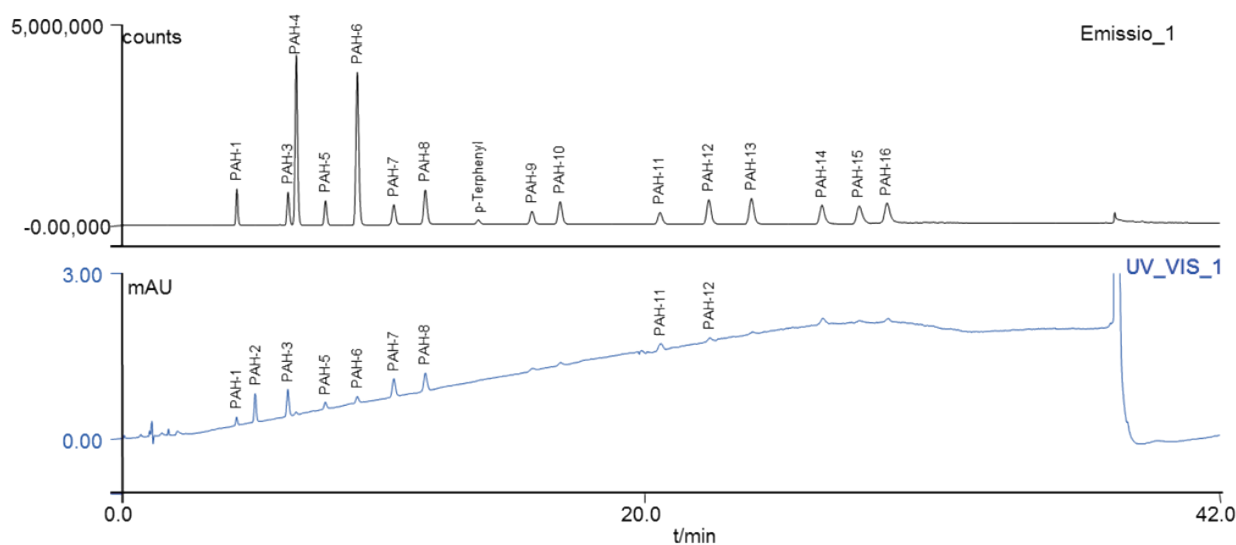


图 3-28 多环芳烃谱图

(PAH-1- 萘; PAH-2- 萘烯; PAH-3- 萘; PAH-4- 芴; PAH-5- 菲; PAH-6- 蒽; PAH-7- 荧蒽; PAH-8- 芘; PAH-9- 苯并 (a) 蒽; PAH-10- 屈; PAH-11- 苯并 (b) 荧蒽; PAH-12- 苯并 (k) 荧蒽; PAH-13- 苯并 (a) 芘; PAH-14- 二苯并 (a,h) 蒽; PAH-15- 苯并 (g,h,i) 花; PAH-16- 茚并 (1,2,3-cd) 芘)

C: 百草枯和敌草快分析专用柱

Acclaim Trinity Q1 色谱柱是基于 NSH 纳米聚合物硅胶杂化技术技术的独特、高效的硅胶基质三模式 (WCX, WAX, RP) 色谱柱，专为敌草快和百草枯的分离而设计。流动相不需要添加离子对试剂，可以使用 LC-MS/MS 和 LC-UV 方法对敌草快和百草枯实现高通量的痕量分析。

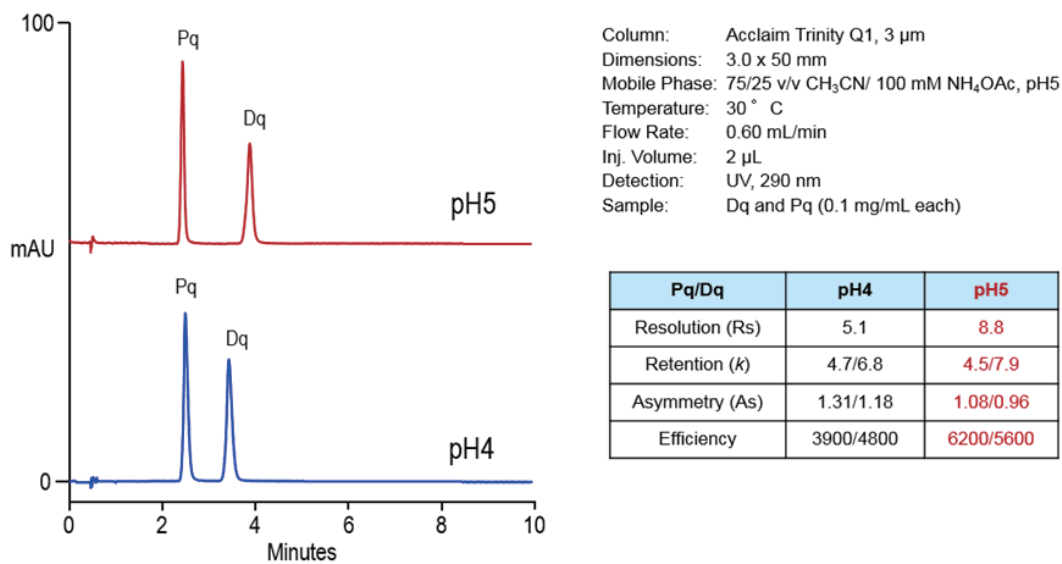


图 3-29 百草枯和敌草快分析

D: 硝基芳烃和硝基胺测定专用柱

Acclaim Explosives E1 和 E2 色谱柱专门设计用于爆炸物分析。这些色谱柱采用的新式、独特化学键合相提供优异分离度，并具有互补选择性。Acclaim Explosives E1 推荐用于在初级分析中直接替代 ODS 色谱柱。Acclaim Explosives E2 可用作初级或确认色谱柱。Acclaim Explosives E2 色谱柱独特的选择性和多功能性提供较广的应用范围，包括对美国 EPA 方法 8330 (ISO22478) 中规定之外的爆炸物的分析。

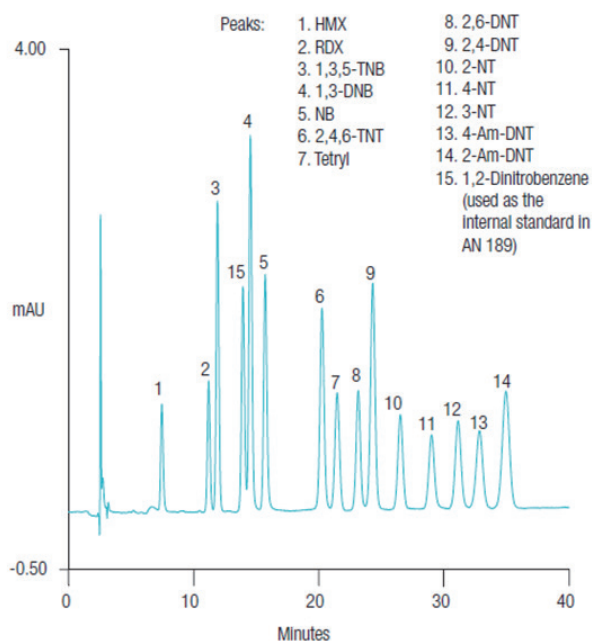


图 3-30 硝基芳烃和硝基胺分析谱图

E: 氨基甲酸酯分析专用柱

Acclaim Carbamate 色谱柱设计用于基线分离氨基甲酸酯类农药，符合 EPA 531.2 的要求。低流失率使其可以用于 LC-MS 方法。氨基甲酸酯类农药在世界各地广泛使用。

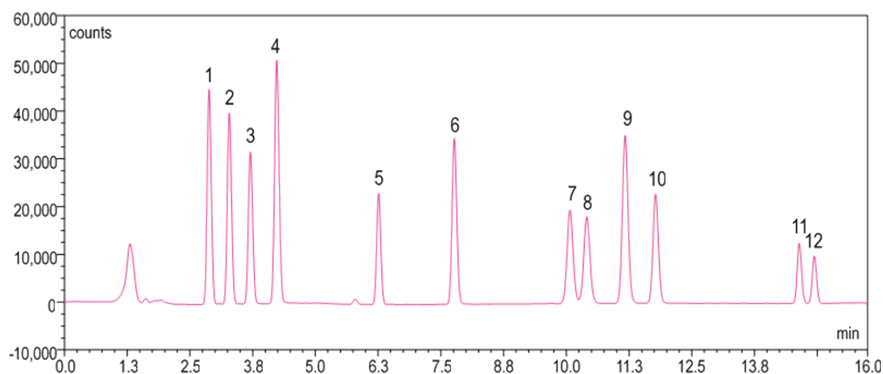


图 3-31 氨基甲酸酯分析谱图

(1- Aldicarb sulfoxide, 2- Aldicarb sulfone, 3- Oxamyl, 4- Methomyl, 5- 3-Hydroxy carbofuran, 6- Aldicarb, 7- Propoxur, 8- Carbofuran, 9- Carbaryl, 10- 1-Naphthol, 11- Methiocarb, 12- BDMC (I.S.))

3.5 液质联用 (HPLC-MS)



图 3-32 TSQ 系列全家福

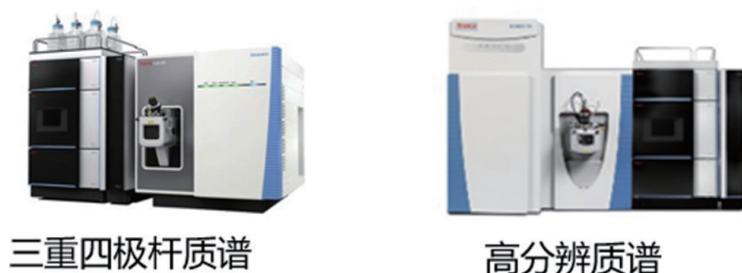


图 3-33 三重四极杆质谱和高分辨质谱

3.5.1 三重四极杆质谱：主动离子管控技术 (AIM+)

精密的设计从 Thermo Science QpitaMax™ 离子源到增强型电子倍增器的离子管控，结合分段式双曲面杆以及增强型 RF 电子元件，以进一步优化离子管控技术、可靠性、速度和重现性。

RF 透镜：RF 透镜采用 18 片环形射频电极，捕获并聚焦从毛细管喷出的离子云，并有效地将其传输到预四极杆。RF-Lens 高效的离子传输与提高灵敏度的效率，也已在 Q Exactive、Orbitrap Elite、Orbitrap Fusion 等高端质谱上得到了广泛证实。

中性离子档杆：起到了降噪与保护的作用，独创的弯曲离子束预四极杆利用中性粒子挡杆阻止了中性和高速簇粒子，使离子光学通道更清洁，减少噪声，提高信噪比，保证系统长期稳健性。

分段式双曲面四级杆：入射透镜和四级杆之间仅使用 RF 预滤镜（分段），尽可能降低了边缘场的影响，从而改善了单位分辨率和更高分辨率下的传输（因而提高了灵敏度）；仅使用 RF 预滤器，几个透镜的调谐在整个质量数范围内是平坦的，允许设置电压而不调谐。这有助于降低调谐的复杂性，使系统性能更加一致。

主动碰撞池：采用轴向直流梯度电场加速离子传输，以零串扰实现业内领先的 600SRM/s 超快速扫描，获得高准确度的定量结果。

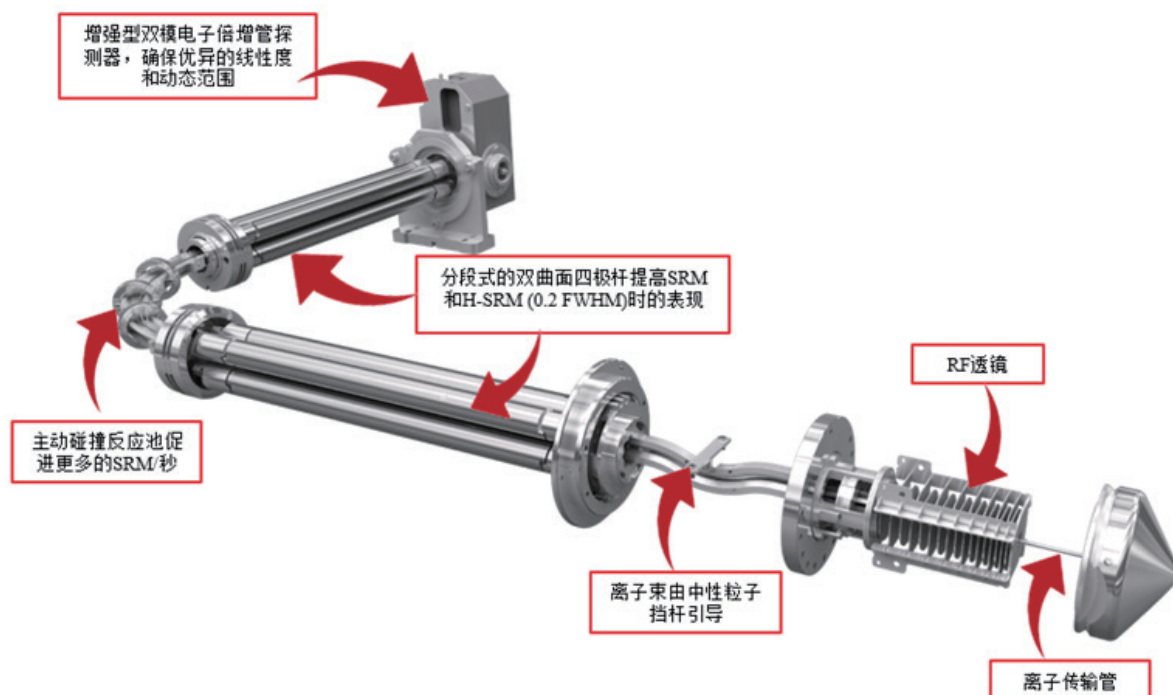


图 3-34 主动离子管控技术

3.5.2 离子源设计

重新设计 APCI 放电组件，提高可用性；重新设计 HESI 喷雾器，采集期间不再可能调整喷针位置。

自动气路 / 电路连接，可容纳 HESI, APCI 和 HESI/APCI 组合式探针，无需工具即可换针；固定的离子探针位置：60° 喷雾，即插即用，确保离子传输孔不被堵塞；离子吹扫挡锥的不对称切面，使多余的溶剂喷雾直接快速排除到传输通道下方的不对称面，减少离子源中的维护周期，也减少了传输孔下方的基质的堆积，有效抗污染，保护光学通路，延长了仪器的长期稳健性；改进了排放端口，去除更多溶剂蒸汽，降低基线噪声并增加运行时间。



图 3-35 离子源

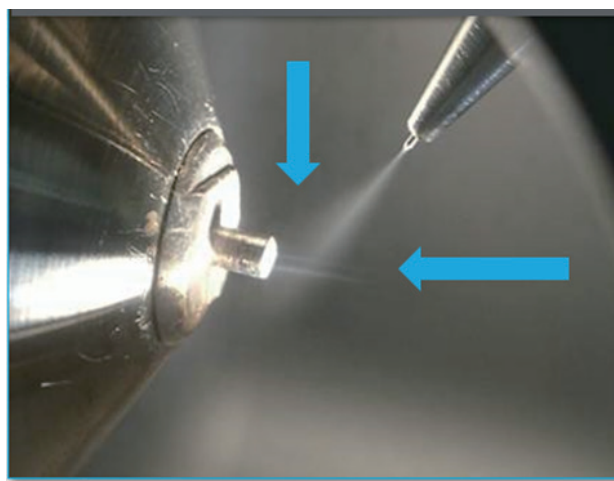


图 3-36 离子喷射角度

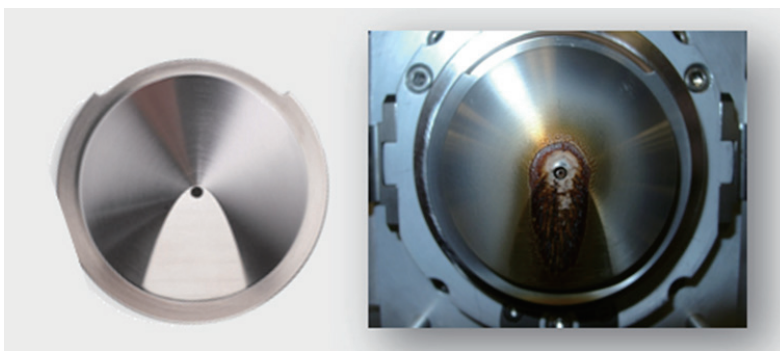


图 3-37 吹扫挡锥设计

3.5.3 离子传输毛细管及真空锁定装置

采用的改进型加热离子传输毛细管，具有良好的离子传输与高效稳定的脱溶剂作用。

真空锁定设计使日常的离子传输毛细管清洗与维护不用泄真空，大大提高仪器使用效率。

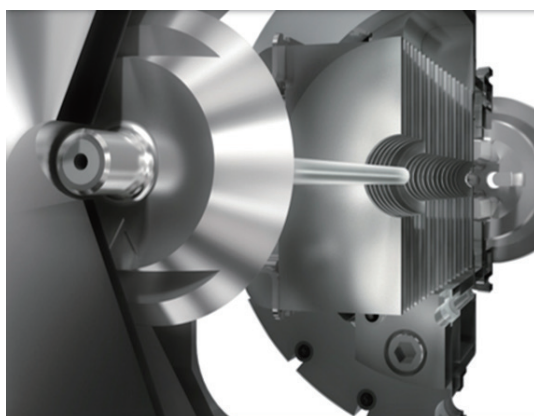


图 3-38 离子传输管

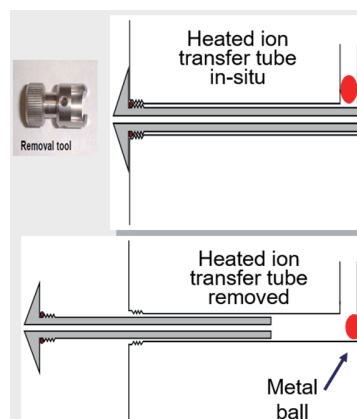


图 3-39 真空锁定装置

3.5.4 软件 TraceFinder：符合法规的智能化定量分析平台

从 SRM 数据库创建方法，选择目标化合物确定检测项目，到仪器采集方法与数据处理方法的采集，都是由 TraceFinder 自动批处理，并生成结果和报告进行浏览。

TraceFinder Software

- 流程化操作
- 智能结果查看
- 常规定量分析 (SRM)
- 高通量筛查、定性和确证分析 (HRAM)
- 数据稽查功能(Audit Trail)





**所有软件设计都围绕着快速便捷地
开发方法而展开**

图 3-40 TraceFinder 软件

3.5.5 定量方法包——快速建立分析方法

根据已经建立好的仪器方法，处理方法，报告模板，色谱柱信息，样品处理方法，及测试报告等，可以使任何人只需点击几下鼠标就可以调用现成的方法开始色谱质谱分析，并获得非常好的结果。强大的数据分析工具确保所需要的任何数据操作都能高效、准确。

我们开发了食品、环境、制药、临床等领域的多个方法包，并持续进行更新，可官网下载或向相关应用工程师索取。

3.5.6 液质联用仪系统的功能

集成式四极杆质量过滤器实现前体离子选择性。在 Orbitrap HR/AM 检测之前，MS/MS 碎裂过程发生在能量更高的碰撞诱导解离池中。

新型 C-Trap 离子光学系统和 HCD 碰撞池提供了快速 HCD MS/MS 扫描并改善了低质量数离子的传递，从而提高灵敏度和定量性能，尤其适用于使用同位素标签的实验。

多重检测提高了整体系统工作周期的效率，能够更好的与 UHPLC 兼容，并在 Orbitrap 进行同时检测之前收集并保存多种母离子。

3.5.7 液质联用仪主要特点

增强定量数据关联二级扫描系统：同时进行定量分析和定性分析。高选择性反应监测所提供的特异性与 QED-MS/MS 相辅相承，为您提供的低浓度定量表现，并佐以快速，高特异性的全二级谱图扫描进行确认。

多组分筛选：定时 SRMs 以及触发数据依赖全扫描质谱 / 质谱的能力给多组分筛选试验带来多维的专化性。使用 H-SRM 引发的子离子扫描，最大限度地减少假阳性结果的可能，尤其是在复杂的样品分析当中。的专化性为分析结果更增信心。

可搜索谱库：内置的可搜索化合物谱库为确认存在目标组分提供帮助。此功能使 TSQ Access MAX 在环境和食品安全实验室能够获得即时产出。

快速极性转换：快速转换电源使得正 / 负离子模式转换快，从而使仪器能够同时在正、负离子模式下捕捉高质量的数据。这对于含有多种类别的化合物并需要在两种极性模式下分析的样本分析来说具有重要价值。

3.5.8 Q Exactive 的应用

Q Exactive 相对于其它常见的液相高分辨质谱联用仪而言，具有分辨率更高，质量稳定性更好，复杂基质中分析的灵敏度更高，速度快、能减少前处理等优势，适合污染物食品安全，环境监测，药物研发，各种组学等诸多领域的应用。



图 3-41 Q Exactive 的应用

3.5.9 发现未知物和代谢物

Mass Frontier 7.0，一款最新的用于小分子结构鉴定的质谱软件。该软件简化了质谱数据的管理、评估和解析过程，适用于代谢作用、代谢组学、法医学、天然产品、杂质和降解产物的研究。Mass Frontier 7.0 软件集成了增强式 Fragment Ion Search (FISh) 碎片离子查询筛选工具，通过将色彩编码应用到母体化合物及其相关组分共同的碎片来实现生物转化位置的自动定位。FISh 是一个基于通过由理论碎裂预测或由实验 MSn 质谱图树获得的母体化合物的裂解方式对结构相似的化合物进行快速筛选的新兴工具。它采用化合物结构来筛选出绝大部分与基体相关的背景离子。具有综合性用户分析界面，允许在单一窗口中灵活进入设置参数。

Compound Discoverer™3.0 (CD3.0)，致力于攻克代谢组学数据处理的瓶颈问题。该软件结合静电场轨道阱质谱的高质量原始数据，通过整合更全面的统计学算法、直接关联代谢物 MS 及 MSMS 数据库与谱库鉴定、提供多种灵活的工作流程便于不同层次的分析需求，进而真正实现从数据到结构到通路的高效分析。



图 3-42 发现未知物和代谢物分析流程及软件

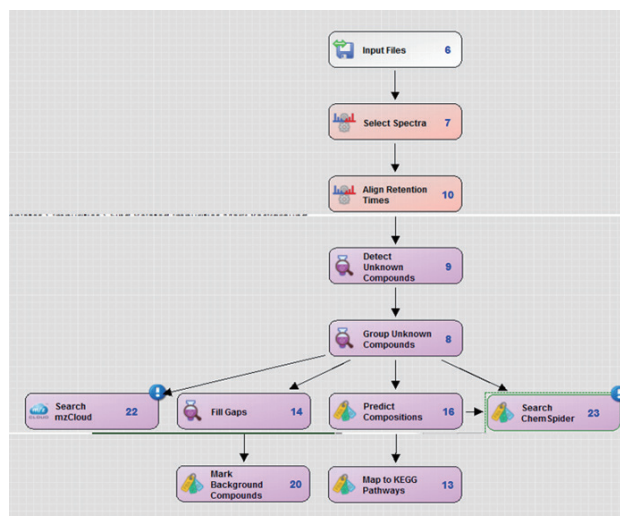


图 3-43 Compound Discoverer 的 Workflow

3.5.10 强大的数据库支撑

mzCloud、Search Chem Spider、mzVault、Mass Lists 四个库汇聚了大量的标准品数据，而且还在持续更新中，以便更好支持仪器的应用。



图 3-44 LC-MS 数据库

3.6 元素分析（TEA）

3.6.1 原子吸收光谱（AAS）



图 3-45 iCE3500 火焰石墨炉原子吸收一体机

3.6.1.1 iCE 3500 光路系统布局

iCE3000 是赛默飞推出的智能化原子吸收分光光谱仪，其火焰和石墨炉分别采用 2 套独立的光路系统（请见下图），由软件全自动控制切换，不仅原子化器位置固定，更无需手动拆卸石墨炉自动进样器、无需重复调整自动进样器进样针的位置。火焰和石墨炉方法切换时无需任何机械部件移动，保证系统稳定性及切换的便捷性。

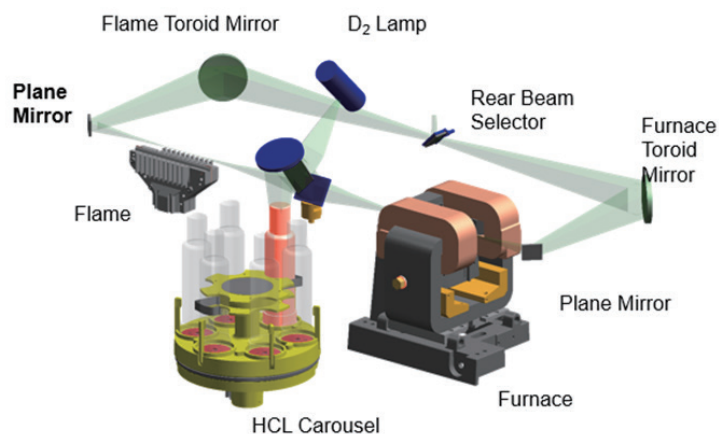


图 3-46 iCE 3500 的光路设计示意图

3.6.1.2 无以伦比的光学系统

采用全新改进设计的中阶梯光栅（全谱 ICPOES 中采用的分光系统），全波长闪耀，分辨率优于 1800 刻线 / 毫米的平面大面积光栅，线色散率倒数 0.5nm/mm（分辨率指标，越小越好，类同于 ICP 中的分辨率指标），具有业内最好的分辨率。

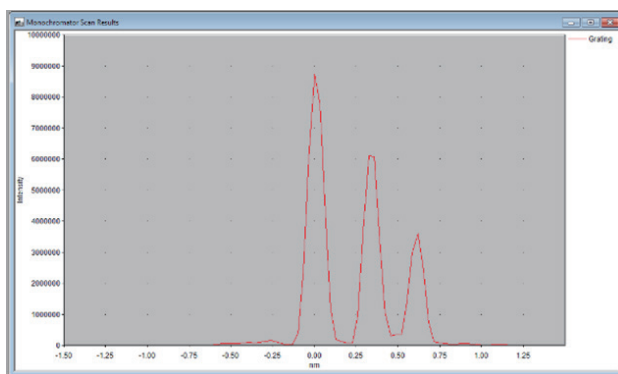


图 3-47 iCE3500 分辨率

上图表明，iCE3500 原子吸收可以完全分开 Mn 279.5nm 和 279.8nm 两条谱线，这是使用平面光栅分光系统做不到的。

3.6.1.3 全惰性火焰耐腐蚀进样系统，可直接使用氢氟酸体系

火焰系统燃烧头采用纯钛材质，雾化室、撞击球和扰流器采用了耐 HF 酸材质的聚四氟乙烯，耐腐蚀性最强。



图 3-48 纯钛燃烧头、聚四氟乙烯的撞击球、雾化室

3.6.1.4 专利长寿命石墨管 -ELC 石墨管

赛默飞专利长寿命石墨管具有高致密度、高分析灵敏度等特点，确保 2800℃使用 2000 次，寿命是其它公司产品的 4-5 倍。下图是 2800 度原子化条件下测 V 的实验结果，在整个 2000 多次的寿命内，其 RSD 保持在 3% 以下。

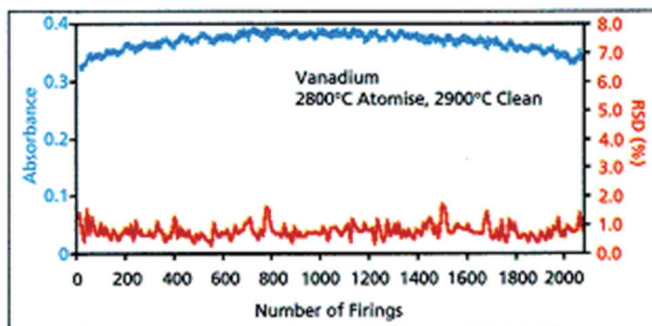


图 3-49 赛默飞专利长寿命石墨管稳定性测试

3.6.1.5 最快的升温速率，轻松应对高温元素测试

采用经典成熟的纵向加热方式，最快升温速率 3500℃ /s，最高温度可达 3000℃，高温元素灵敏度高。

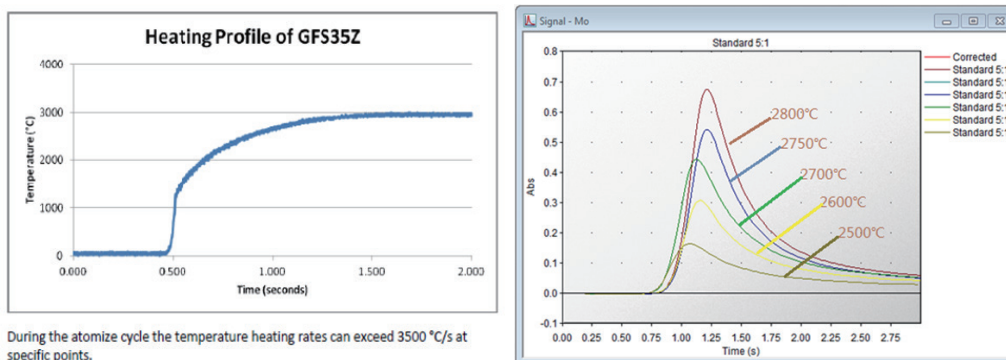


图 3-50 同浓度的钼元素在不同原子化温度下灵敏

3.6.1.6. iCE3500 是业内唯一具有氘灯和塞曼联合背景校正的原子吸收光谱仪

iCE3500 的石墨炉是一台具有双重背景校正功能的仪器，既可用氘灯、又可用塞曼效应校正背景。众所周知塞曼效应是精度更高的背景校正方式，但这种方式是几乎所有元素都会造成灵敏度的损失。在 iCE3000 上，对基体不复杂的样品如各类饮用水可采用氘灯扣背景，提高分析灵敏度；对高背景样品如食品、化妆品、血液尿样及土壤等改用塞曼效应背景校正以保证准确度。两种校正方式全自动切换，且可在一个样品分析中采用联合背景校正组合使用，所以购买一台 iCE3500 相当于购买了两台不同功效的石墨炉，大大提高了分析工作的灵活性。

3.6.2 电感耦合等离子体发射光谱（ICPOES）



图 3-51 iCAP 7000 电感耦合等离子体发射光谱仪

3.6.2.1 精密控温的高分辨光学系统

对于光谱仪器来说光学系统的稳定性和性能表现直接决定了其对不同待测元素检测能力，光学稳定性取决于温度的稳定和机械结构的稳定。iCAP 7000 系列 ICP-OES 先进的光学系统来自于 Thermo Scientific 对光路结构的深入设计研究。中阶梯光栅配合棱镜的二维分光系统，球面镀膜（ MgF_2 ）反射镜，383 mm 短焦距光学结构，内光路没有可移动的光学元件，使光强损失及杂散光噪音最小化，光通量及光学分辨率最优化，7 pm@200 nm 的光学分辨率为您提供更加优异的灵敏度和检出限。

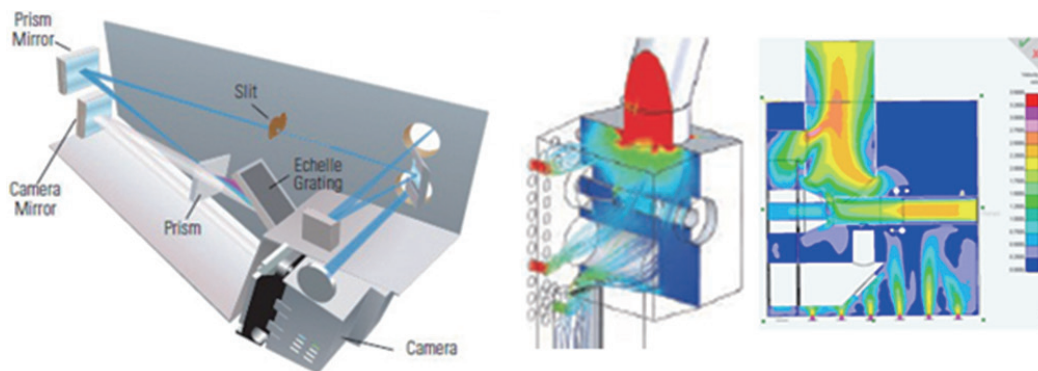


图 3-52 iCAP 7000 ICPOES 光学系统及 CFD 辅助导流技术

随着温度的变化光学元件会发生不同程度的变形导致波长的漂移，因而精密的光室控温系统在 ICP-OES 中是非常必要的。iCAP 7000 系列光谱仪可以对光室进行异常精密的控温，达到 $38^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，配合 CFD 辅助导流技术快速排出由等离子体产生的热量（如图 3-52），降低炬室对光室温度的影响。从而极大程度的提高了波长稳定性，对于长时间的样品分析工作也无需担心波长的变化，无需多次重复校正波长。

3.6.2.2 专利防溢出电荷注入式检测器（CID）

Thermo Scientific 专利独有的 RACID 86 检测器是当今最新一代的 CID 检测器，具有更高的灵敏度，更低的读出噪音和更宽的动态范围，使之成为 ICP-OES 检测器的最佳选择。

与其他类型的固态检测器相比，CID 检测器具有非破坏性读取功能，每个像素都配有防溢出隔离沟它可以自动对地注入并反复多次读取强信号以防止电荷溢出；而对于弱信号可以进行长时间的电荷积累以获得最佳信噪比。

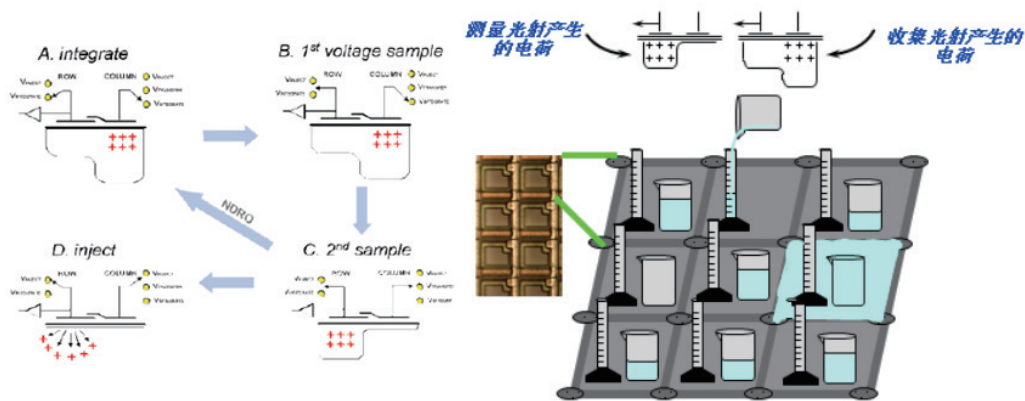


图 3-53 CID 检测器的非破坏性读取和防溢出结构

3.6.2.3 稳定强健的等离子体技术

Thermo Scientific 始终把 RF 发生器的性能放在第一位，自 iCAP 6000 系列 ICP-OES 首次使用 27.12MHz 固态发生器以来本公司不断的对该技术进行优化改进，致力于制造更加稳定、转换效率更高的 RF 发生器。

在 iCAP 7000 系列产品中的自激式射频发生器使用直接耦合，变频阻抗控制结合平衡驱动电路，等离子体转换效率可达 80% 以上，令等离子体更容易点燃，可以分析更多的样品类型，甚至包括较为复杂的有机溶剂，即使环境条件有所改变也能保持最佳的等离子体稳定性。仪器搭载的模块式气路控制系统即使在大气压或温度变化时也能绝对保证气体控制的稳定性。

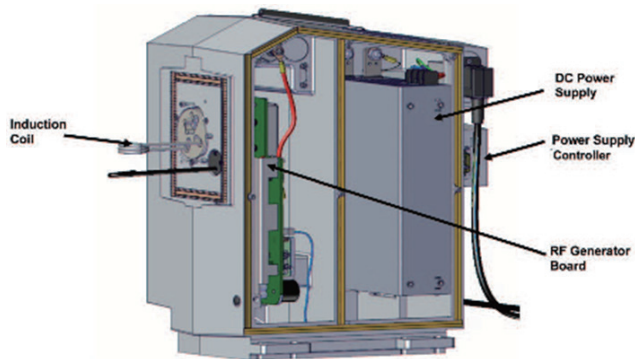


图 3-54 具有实时反馈功能的射频发生器

3.6.2.4 全新智能数据处理软件平台

Thermo Scientific 最新开发的智能数据处理软件平台（Qtegra™ ISDS）是多种不同分析仪器的核心控制软件。除了 ICP-OES，Qtegra™ 软件可以控制 Thermo Scientific 的一系列分析仪器，并可灵活连接外围设备。跨平台和新仪器的使用都变得更快更容易，使现代综合科学实验室更具灵活性。与此同时，直观的操作界面，简洁的设置流程以及全面清晰的结果呈现使仪器操作者获得更好的操作体验。

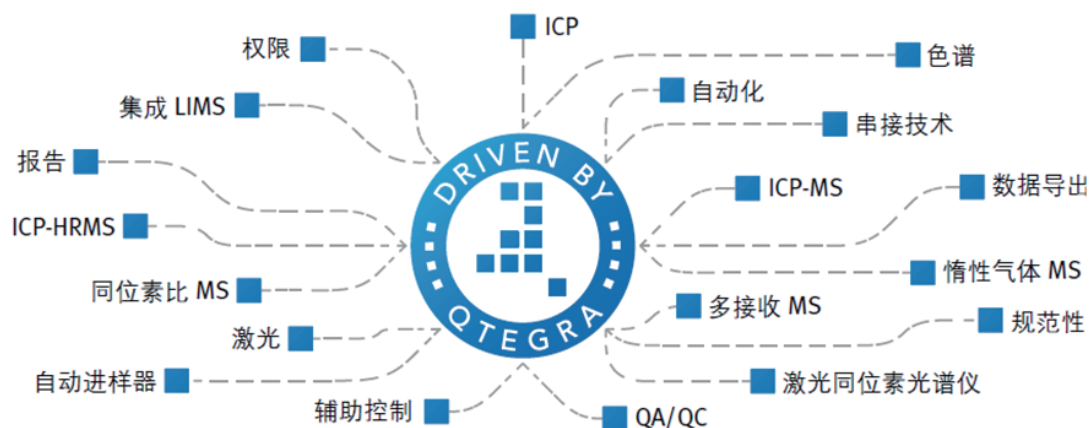


图 3-55 Qtegra™ 多平台智能数据处理软件

全新的 Qtegra™ 软件首次将自动调谐功能引入到 ICP-OES 仪器中，只需点击软件中的“Get Ready”键即可实现仪器的自动调谐、自动校正以及性能检查功能，确保您每次测得结果的准确性。全新的波长校正技术无需使用特定校正溶液，仅采用等离子体中自带的 C、N、Ar 元素的特征波长对全谱范围内的波长进行自动校准。

3.6.3 电感耦合等离子体质谱（ICPMS）



图 3-56 iCAP RQ 电感耦合等离子体质谱仪

3.6.3.1 Flatapole™ 技术助力 iCAP RQ ICP-MS 获得最优的干扰消除效果

iCAP RQ ICPMS 采用全新的平面四极杆（Flatapole™）结构的碰撞反应池体系，借助平面四极杆在质量筛选方面的特性及其在离子传递方面的优异性能，将传统的碰撞模式以及反应模式重新定义，对来自基体的干扰物实现更加充分的去除；凭借平面四极杆电场的优秀性能甚至实现了碰撞和反应同时存在的新型干扰消除能力，对复杂样品基体的干扰消除过程中依然保持样品分析的高灵敏度水平，为获得极低的检出限奠定了基础。

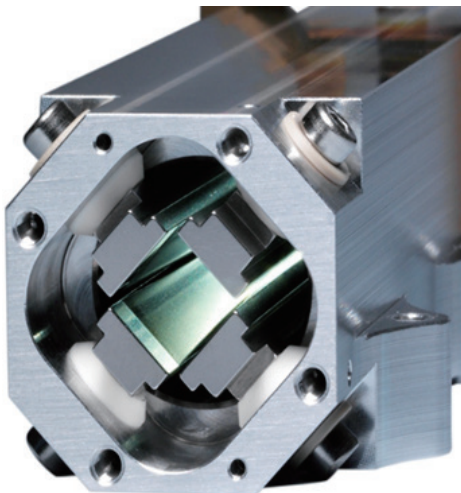


图 3-58 平面四极杆（Flatapole™）碰撞反应池

iCAP RQ ICPMS 借助四极杆结构池体，能够在池入口处根据被测元素的不同自动产生质量筛选功能，形成对二次干扰物母体离子的提前消除。利用平面结构四极杆池体的 iCAP RQ ICPMS 在碰撞模式中运用了两种不同干扰物消除技术：动能歧视效应和质量歧视效应（后者仅能在四极杆结构的池体中使用），相比八极杆碰撞反应池仅采用动能歧视进行干扰消除，平面四极杆的碰撞干扰消除模式能更加有效的将原有干扰物和二次多原子离子去除。

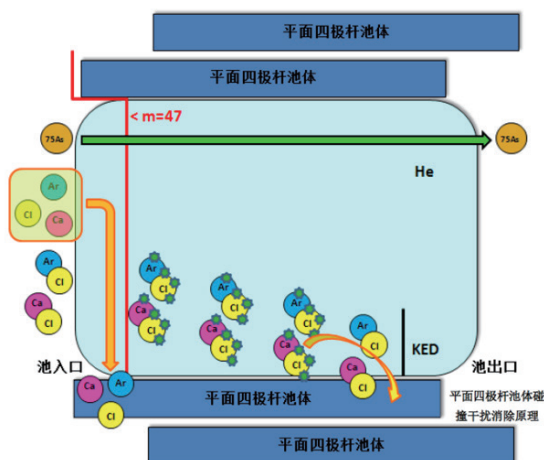


图 3-59 平面四级杆碰撞模式及低质量数剔除示意图

3.6.3.2 采用专利嵌片技术，性能稳健

ICP-MS 的接口是从 ICP 等离子中提取有效离子的关键结构。接口的两端，一端是高温，常压的等离子体，另一端是具有一定真空度的透镜系统。通常的接口设计为采样锥 - 截取锥的双锥设计，既可以耐高温，顺利采集高温等离子体产生的有效离子，又可以适当的去除温度急剧下降的环境变化导致的固溶物析出。经过几十年的更新摸索，iCAP RQ 接口采用了专利的嵌片设计，安装在截取锥尖的后方，具有径向抽气功能，可实现耐高盐和降低记忆效应的作用，提高抗样品沉积能力。有了这样的设计，客户测样的稳定性有了很大的保障，并可以降低接口清洁频率，节省了维护时间。

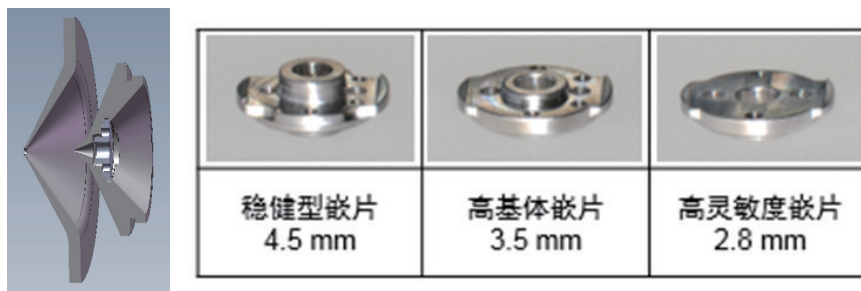


图 3-60 ICP-MS 嵌片

3.6.3.3 RAPID™ 和 DA 偏转透镜设计，保证获得最低的背景噪声，最优的检出限

iCAP RQ 的专利 RAPID 透镜，即 Right Angle Positive Ion Deflection（直角阳离子偏转）的缩写，采用 90° 直角正离子拐弯设计，所有正离子在单一固定的负电压作用下呈 90° 偏转，同时被 XYZ 三维偏转、聚焦，几乎无损失地被导入到 Qcell。而等离子体中的不带电性粒子和光子由于不发生偏转，被百分百地去除。RAPID 透镜具有无可比拟的离子传输、聚焦效果，具有业界最佳的背景噪声。

二次中性粒子的形成同样会影响到系统整体的背景情况，从而对检出限带来极大的影响。为此，ThermoFisher 公司的 iCAP RQ ICPMS 特意在 Flatapole Qcell™ 池体出口处与四极杆质量分析器入口处设置了可进行离轴偏转的 DA 透镜组。利用 DA 透镜内形成的离轴偏转电场对样品离子再次聚焦，以此压缩离子展宽；同时去除池内二次形成的中性粒子干扰，保证仪器获得更低的背景噪音水平。

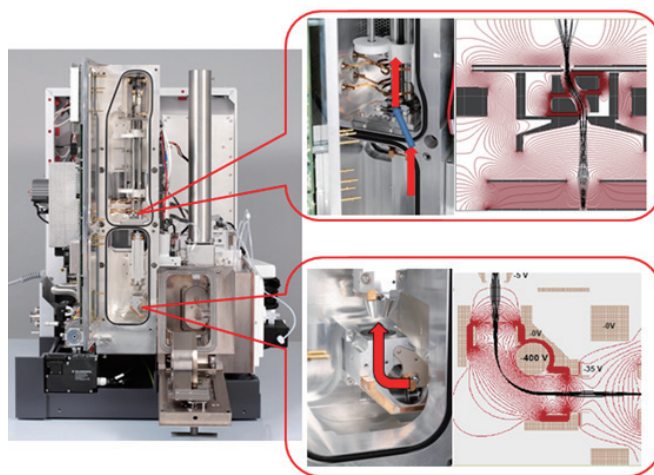


图 3-61 RAPID 透镜 90 度偏转和二次偏转背景抑制技术

3.6.3.4 简单易拆卸的进样系统，独一无二的锥口打开方式

独一无二的锥口打开方式，采样锥、截取锥和提取透镜均安装在一个稳固的接口开门上，简单的一个步骤 -- 单手旋转即可打开该门，可同时操作锥、提取镜头和工作线圈，操作和维护非常方便。完全可拆卸的矩管设计，维护方便，极大降低后期耗材成本。

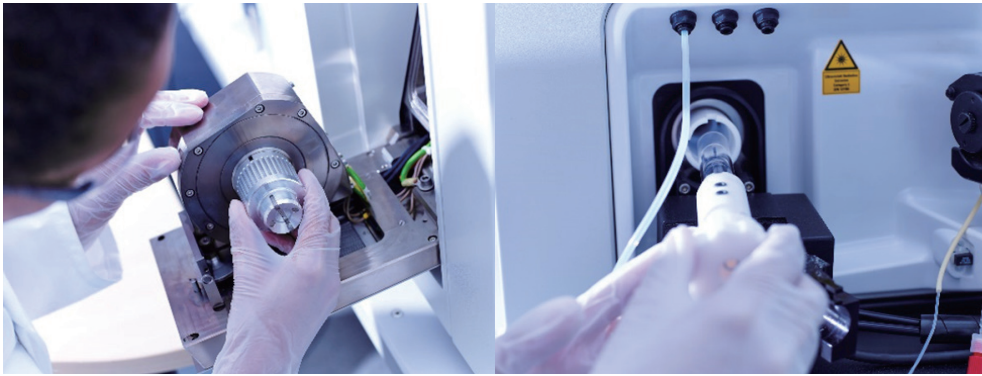


图 3-62 ICP-MS 维护

3.6.3.5 Qtegra 智能数据处理系统

全新设计的 Qtegra 软件采用最新的 Microsoft® .NET 技术开发，是一个模块化的软件，提供了灵活的框架，将仪器和附件“插件”整合成单一的工作流程。除了 iCAP RQ 控制插件之外，Qtegra 还为自动进样器、自动稀释器，HPLC、GC 和 IC 等色谱仪器，以及激光烧蚀系统提供了集成插件。通过采用统一平台来控制不同分析设备上的软件，不同设备培训变得更简单，用户能够更快适应新仪器，从而提高了现代多技术实验室的灵活性。

Qtegra 软件一键即可实现开机、预热、运行性能报告、自动调谐、校正以及资质、日志测试等功能，可在必要的情况下，进行智能化的自动调谐或校准，以满足协议或用户自定义的性能标准。智能型的软件操作可满足客户日益关注的仪器自动化需求。

3.7 高分辨双聚焦磁式质谱仪（DFS）



图 3-63 DFS™ 高分辨率 GC-HRMS

作为世界上最灵敏和最先进的磁式质谱仪，DFS 高分辨双聚焦磁式质谱仪是赛默飞世尔公司最新研制生产的目前全世界最新一代磁式质谱仪。以 2008-2012 为时间段进行统计，DFS 占双聚焦磁式质谱仪全球销售量的一半以上。该机器于 2006 年推出，秉承在此仪器的研制方面有五十余年的研发和生产经验，在灵敏度、精度、扫描速度等重要性能方面有突出的优势。有单气相进样系统、双气相进样系统等多种配置，满足不同客户需求，提高大型仪器的使用效率。

3.7.1 简约设计 功能强大

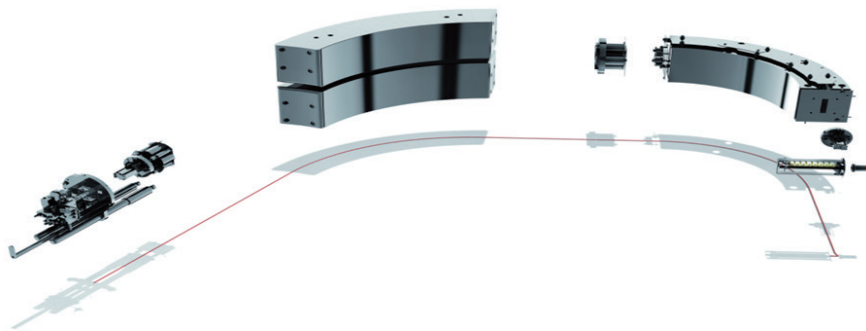


图 3-64 磁质谱原理图

新一代 DFS 磁质谱分析仪，其设计简洁明了，包括离子源、磁铁、电气部分、转换极和检测器。离子源和检测器之间无透镜设计。DFS 提供最大可能的离子传输效率和更为聚焦的离子束。离子束将不再被透镜组阻隔。离子源后方和电子区前方两个组件用于使离子束方向发生偏转以通过磁铁，然后再垂直通过 ESA，称为波束形成四元体。这两部分使离子束更加聚焦，形成最佳的束形。DFS 可通过自动调谐或手动调谐调整 DFS 离子源透镜，使得 DFS 在整个质量范围内提供独特的聚焦条件。包括磁铁在内的所有分析仪部件都已安装并调整到出厂时的最佳位置。这是独一无二的：DFS 在交付时安装了所有分析仪组件，即使磁铁仍留在仪器上。整个安装期间无需进一步调整。

3.7.2 二噁英分析金标准



图 3-65 二噁英全流程方法包

赛默飞™ DFS™ 高分辨双聚焦磁式质谱仪 GC-HRMS 系统是进行二噁英和持久性有机污染物 (POPs) 分析的黄金标准。它完全符合世界上任何官方二噁英、多氯联苯 (PCBs) 或多溴联苯醚 (PBDEs) 分析方法的要求。全方位灵活应用，满足食品安全和环境保护分析的不同需求。

POPs 分析全方位解决方案涵盖从样品前处理到数据采集再到数据分析的全流程：

高效样品前处理 - 打破分析效率瓶颈，显著提升实验室生产力；色谱与质谱的结合创新，为特定分析目标带来更多可能，如三重四极杆气质 / 液质联用系统对目标 POPs 进行快速的定量分析，高分辨率气质 / 液质联用系统对非目标 POPs 进行快速筛查，对未知污染物进行鉴定分析，而筛查不合规的样品，金标准 DFS 做进一步确证。POPs 分析全方位解决方案兼具高效的筛选和可靠的确认，可帮助客户提升特定目标 POPs 的分析效能，高效联合创新，达到检测分析新高度。

3.8 Chromeleon 色谱数据管理系统

3.8.1 数据储存

所有与原始数据相关的文件，包括原始数据、仪器方法、处理方法和审计追踪等都存储在服务器中，实现了中心化的存储，确保了数据的物理安全性，与此同时 Chromeleon 的数据库架构结合了数据库软件的特性，也使得 Chromeleon 数据存储管理更安全、更可靠。

3.8.2 安全性

Chromeleon 使用用户管理以保证数据的安全性。对于色谱数据的操作以及仪器的参数设置都可以进行权限设定。



图 3-66 用户登录界面

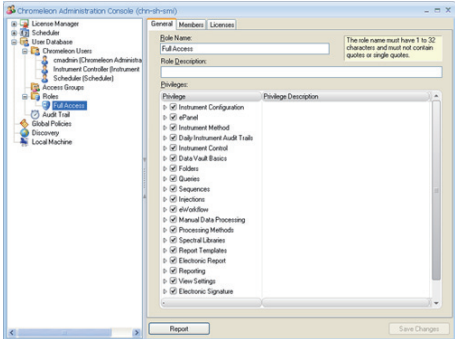


图 3-67 权限设置

3.8.3 中心化的管理功能

通过管理控制台可实现 Chromeleon 中心化的管理设置，包括用户管理、许可管理、全局性策略、计划程序、数据仓管理等。

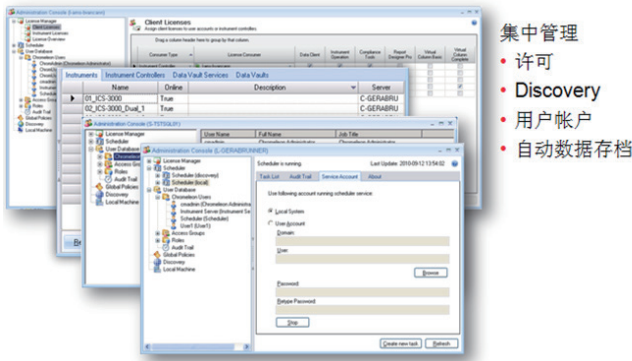


图 3-68 管理控制台界面

3.8.4 多厂商仪器控制

Chromeleon 提供了一种通用的色谱数据解决方案，可以控制数十个仪器厂商、超过 400 种仪器模块，实现完全的双向控制、广泛的命令选项和详细的事件追踪，是适用于企业级的网络化色谱数据系统。

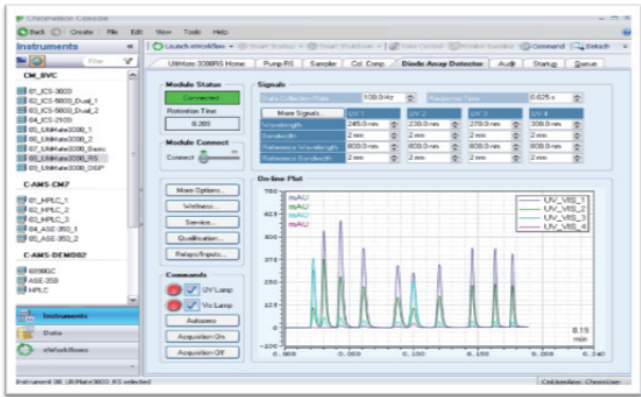


图 3-69 仪器控制面板

3.8.5 可扩展性

在拥有或购买了 Chromeleon 许可后，后续购置的仪器可以方便地并入到现有的色谱数据系统中（如有空余许可），只需将色谱仪器联接到网络中，并且进行适当设置即可。

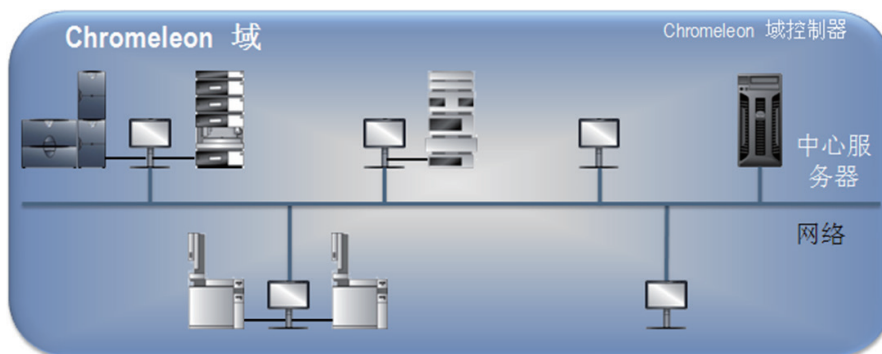


图 3-70 Chromeleon 域

3.8.6 网络失败保护

如果局域网发生故障，导致网络中断，那么 Chromeleon 程序将激活网络故障保护功能，有效期为 7 天，这段时间内用户仍可登录 Chromeleon，并进行序列创建、运行和数据处理等操作。

采集到的数据存储于仪器控制器的 Xvault 中，网络恢复后，数据自动同步到服务器中，所有的事件将自动记录到审计追踪。

如果不需要此功能，也可将其关闭。

3.8.7 积分工具

Chromeleon 提供两个重要的积分工具：Cobra 峰检测算法 / 向导、SmartPeaks 积分助手。两个创新的工具可快速、轻易地实现一个复杂色谱图的积分。

Cobra 向导将帮助用户定义色谱图的初始色谱峰检测设置。

通过 SmartPeaks 可对未分离峰的峰检测进行简单修改。SmartPeaks 将满足此积分所需的检测参数插入检测参数表。这可以确保将参数应用于序列中的所有进样。

3.8.8 动态数据处理

在 Chromeleon 中，可查看序列中任意的色谱图、光谱图、校正曲线、方法设置和结果。用户在处理数据时，所有相关的图会即时更新。

动态数据处理用于快速且有效地优化积分、校准和报告。

3.8.9 备份和存档

Chromeleon 提供备份和还原操作，用户可在客户端中通过简单的操作将进样、仪器方法文件、处理方法和报告另存到指定位置，用于数据的紧急恢复。利用导入功能，用户可以轻松地恢复所备份的数据。

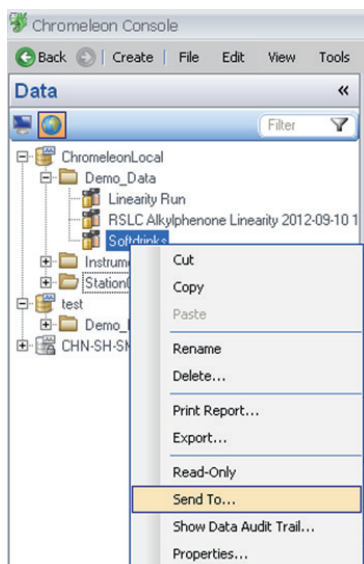


图 3-71 数据备份

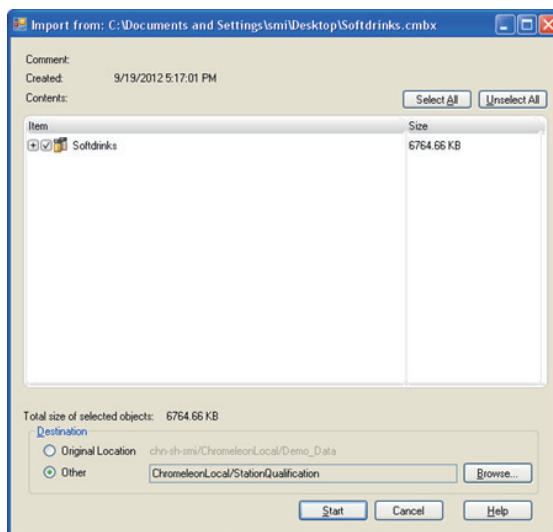


图 3-72 数据导入

与数据备份强调恢复速度不同，数据存档更强调数据的可搜索性。Chromeleon 使用计划程序用于自动数据存档。

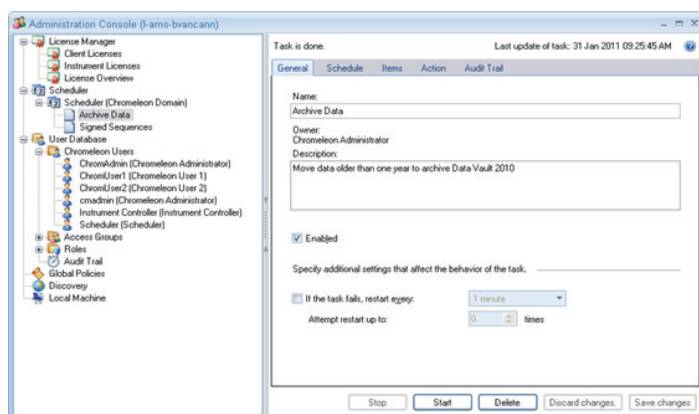


图 3-73 数据存档

3.8.10 审计追踪

Chromeleon 追踪并记录所有与 Chromeleon 相关的更改、操作和事件。记录的更改将会记载在下列审计追踪中：

- 仪器审计追踪 — 独立于每台仪器的事件日志。通过记录与仪器操作相关的所有事件，例如系统事件、运行前设备设置、执行的命令和错误信息，有助于遵循 GLP。
- 数据审计追踪 — 数据的更改日志。对每个数据仓和数据对象（文件夹、序列和进样等）所执行操作的日志。
- 用户数据库审计追踪 — 用户数据库的更改日志。

所有的审计追踪可快速地搜索、分组和筛选。

Date	Time	Retention Time	Device	Message
11/11/2010	08:16:00 AM		PumpM...	Trying to connect ...
11/11/2010	08:16:01 AM		PumpM...	Connected to HPG-3200RS @ (Simulation) - Serial # 0001 - Firmware Version 2.40.S1
11/11/2010	08:16:01 AM		PumpM...	Connection established successfully.
11/11/2010	09:12:18 AM	0.000	UV_VIS_1	UV_VIS_1.Wavelength = 245.0
11/11/2010	09:12:18 AM	0.000	UV_VIS_1	UV_VIS_1.Bandwidth = 2
11/11/2010	09:12:18 AM	0.000	UV_VIS_1	UV_VIS_1.RefWavelength = 600.0
11/11/2010	09:12:18 AM	0.000	UV_VIS_1	UV_VIS_1.RefBandwidth = 100
11/11/2010	09:13:22 AM	0.000	UV_VIS_1	UV_VIS_1.AcqOn
11/11/2010	09:13:36 AM	0.240	UV_VIS_1	UV_VIS_1.AcqOff
11/11/2010	09:13:37 AM	0.000	UV_VIS_1	UV_VIS_1.Wavelength = 245.0
11/11/2010	09:13:37 AM	0.000	UV_VIS_1	UV_VIS_1.Bandwidth = 2
11/11/2010	09:13:37 AM	0.000	UV_VIS_1	UV_VIS_1.RefWavelength = 600.0
11/11/2010	09:13:37 AM	0.000	UV_VIS_1	UV_VIS_1.RefBandwidth = 100
11/11/2010	09:13:52 AM	0.000	UV_VIS_1	UV_VIS_1.AcqOn
11/11/2010	09:14:06 AM	0.240	UV_VIS_1	UV_VIS_1.AcqOff
11/11/2010	09:14:07 AM	0.000	UV_VIS_1	UV_VIS_1.Wavelength = 245.0
11/11/2010	09:14:07 AM	0.000	UV_VIS_1	UV_VIS_1.Bandwidth = 2
11/11/2010	09:14:07 AM	0.000	UV_VIS_1	UV_VIS_1.RefWavelength = 600.0

图 3-74 仪器审计追踪

Name	Type	Version	Date / Time	Operator	Operation	Comment
Sequence Diagnostics Method Scouting	Sequence	163	25/11/2010 01:31:01 PM +01:00	OnLineUser	Changed Injection (3)	
SCOUTING	Processing Method	168	25/11/2010 11:46:12 AM +01:00	OnLineUser	Copied	From 'chrom/From_line/Chrom/line'
SCOUTING	Processing Method	167	25/11/2010 11:46:12 AM +01:00	OnLineUser	Deleted	
Sequence Diagnostics Method Scouting	Sequence	166	23/11/2010 05:08:51 PM +01:00	OnLineUser	Copied	From 'chrom/From_line/Chrom/line'
Sequence Diagnostics Method Scouting	Sequence	166	23/11/2010 04:57:16 PM +01:00	OnLineUser	Deleted Signal (302)	
Sequence Diagnostics Method Scouting	Sequence	166	23/11/2010 04:47:45 PM +01:00	OnLineUser	Exported	Send to 'C:\Documents and Settings'
Sequence Diagnostics Method Scouting	Sequence	166	23/11/2010 04:07:42 PM +01:00	OnLineUser	Changed	
Sequence Diagnostics Method Scouting	Sequence	165	23/11/2010 03:52:31 PM +01:00	OnLineUser	Changed	
SCOUTING	Processing Method	164	23/11/2010 03:35:26 PM +01:00	OnLineUser	Changed	
Sequence Diagnostics Method Scouting	Sequence	163	23/11/2010 03:10:00 PM +01:00	OnLineUser	Renamed Injection (28)	From 'Injection' to 'Method 1'
Sequence Diagnostics Method Scouting	Sequence	162	23/11/2010 02:15:51 PM +01:00	OnLineUser	Changed Injection (28)	
Default	View Settings	161	23/11/2010 01:59:57 PM +01:00	OnLineUser	Changed	
Sequence Diagnostics Method Scouting	Sequence	160	23/11/2010 01:49:51 PM +01:00	OnLineUser	Changed	
Default DAD	Report Template	160	23/11/2010 01:49:51 PM +01:00	OnLineUser	Created	
SCOUTING	Processing Method	159	23/11/2010 01:07:07 PM +01:00	OnLineUser	Changed	
6390 imp/UV_VIS_3_channel/UV_VIS_3	Chromatogram	158	23/11/2010 01:04:03 PM +01:00	OnLineUser	Changed	
6390 imp/UV_VIS_3_channel/UV_VIS_3	Chromatogram	157	23/11/2010 12:18:56 PM +01:00	OnLineUser	Changed	
20693 imp/UV_VIS_3_channel/UV_VIS_3	Chromatogram	156	23/11/2010 12:18:16 PM +01:00	OnLineUser	Changed	
6462 imp/UV_VIS_3_channel/UV_VIS_3	Chromatogram	155	23/11/2010 12:17:40 PM +01:00	OnLineUser	Changed	
11505 imp/UV_VIS_3_channel/UV_VIS_3	Chromatogram	154	23/11/2010 12:17:25 PM +01:00	OnLineUser	Changed	
26797 imp/UV_VIS_3_channel/UV_VIS_3	Chromatogram	153	23/11/2010 12:16:52 PM +01:00	OnLineUser	Changed	
9998 imp/UV_VIS_3_channel/UV_VIS_3	Chromatogram	152	23/11/2010 12:16:24 PM +01:00	OnLineUser	Changed	
22363 imp/UV_VIS_3_channel/UV_VIS_3	Chromatogram	151	23/11/2010 12:15:13 PM +01:00	OnLineUser	Changed	
21095 imp/UV_VIS_3_channel/UV_VIS_3	Chromatogram	150	23/11/2010 12:14:52 PM +01:00	OnLineUser	Changed	
26723 imp/UV_VIS_3_channel/UV_VIS_3	Chromatogram	149	23/11/2010 12:13:08 PM +01:00	OnLineUser	Changed	
1634 imp/UV_VIS_3_channel/UV_VIS_3	Chromatogram	148	23/11/2010 12:12:18 PM +01:00	OnLineUser	Changed	
26723 imp/UV_VIS_3_channel/UV_VIS_3	Chromatogram	147	23/11/2010 12:11:46 PM +01:00	OnLineUser	Changed	

图 3-75 数据审计追踪

3.8.11 报告工具

Chromeleon 集成了电子表格的功能，用户可轻松地自定义报告模板。报告模板可包含多个工作表，例如积分、校准、峰分析、审计追踪等。

可自定义报告的输出内容，支持多种格式的输出格式。

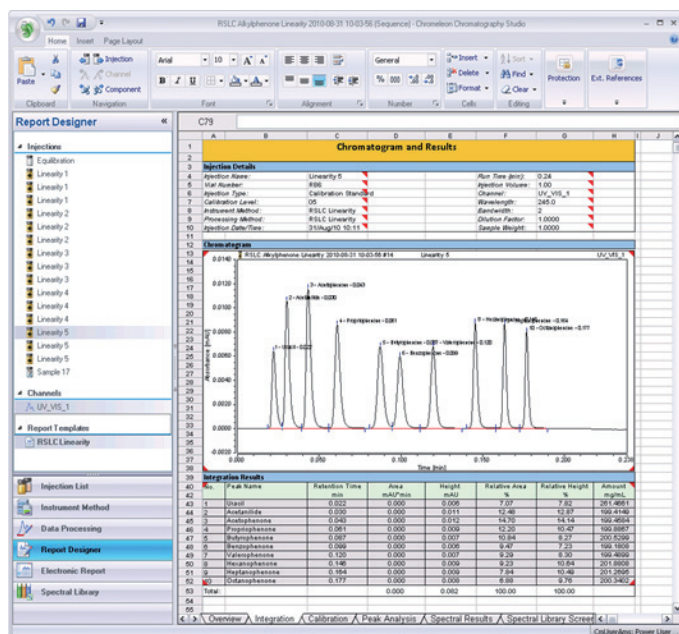


图 3-76 报告设计器

3.8.12 电子签名

Chromeleon 的电子签名功能符合 21CFR Part 11 的要求。可使用三种级别的电子签名：提交、复核和批准。

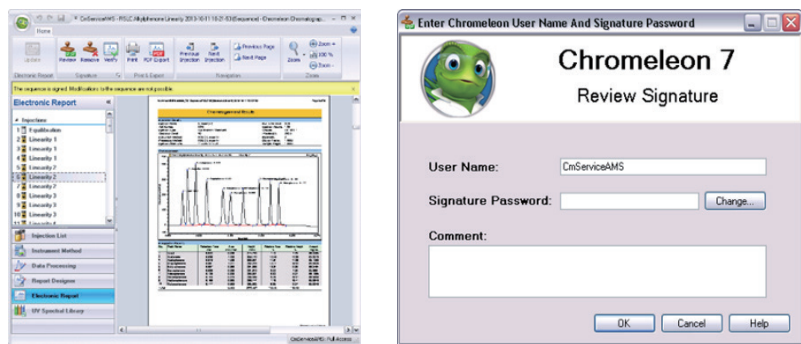


图 3-77 电子签名

3.8.13 eWorkflow

eWorkflow 是自动处理与色谱分析有关的实验室流程的电子程序。它可以帮助用户创建具有相关预定义文件和明确结构的序列，可以帮助用户能够在尽可能短的时间内得到样品分析结果，无需任何特殊培训且避免错误的产生。

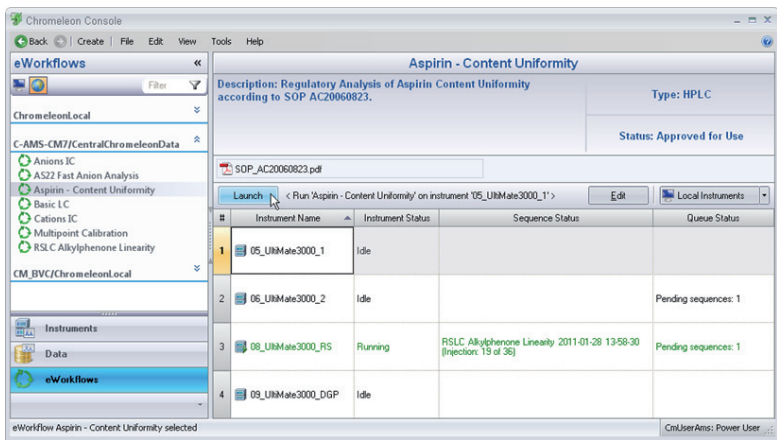


图 3-78 eWorkflow

3.8.14 数据查询

基于数据库的架构使得 Chromelon 具备了强大的数据查询功能。Chromeleon 的查询功能可用于搜索数据仓中符合一个或多个条件的进样，用户只需选择或输入样品的特定参数， Chromeleon 就可以快速列出符合条件的所有样品。

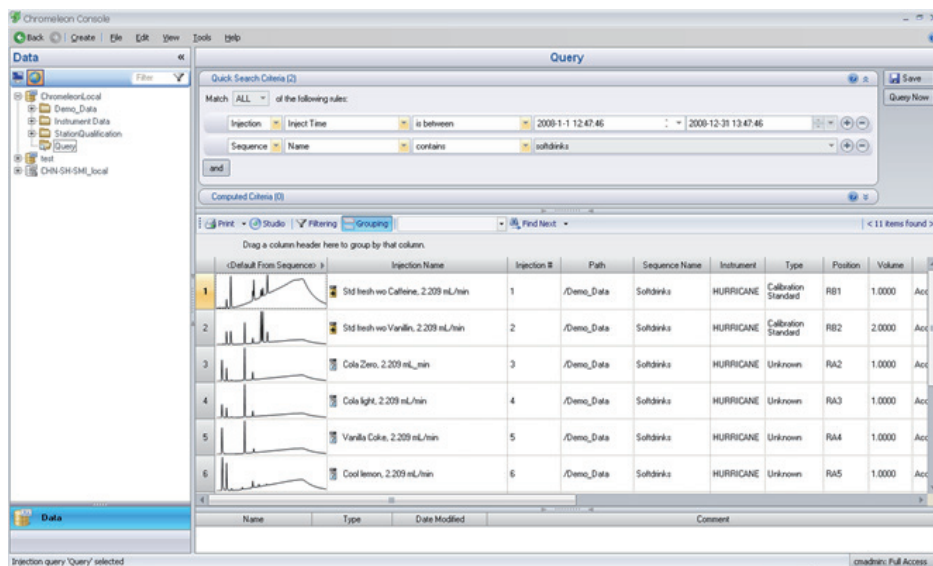


图 3-79 数据查询

3.8.15 系统适应性测试（SST）

系统适应性测试可用于确保仪器系统的性能的可靠性。Chromeleon 的 SST 支持各国药典的系统适用性参数计算，并可以用于进行在线的或离线的判断。使用者可以在查看数据结果的窗口或在报告中得到详细的 SST 信息。Chromeleon 的系统适应性是软件内置的功能，无需额外的许可费用。

3.8.15 智能运行控制（IRC）

Chromeleon 7.2 内置了独一无二的智能运行控制（IRC）功能，可以基于预定的参数、计算结果等进行判断，得到通过或者失败的结论后进行指定的相应操作，例如插入进样，重新运行整个样品队列或者选择部分样品进行重新进样等；也可以无条件地执行特定操作。可以与 SST 一同用于样品运行的智能判断，从而实现无人值守的自动进样，消除试验过程中的 OOS，以减少繁重的偏差调查活动。

赛默飞世尔科技

上 海

上海市浦东新区新金桥路27号3,6,7号楼
邮编 201206
电话 021-68654588*2570

北 京

北京市东城区北三环东路36号环球贸易中心C座7层/8层
邮编 100000
电话 010-87946888

广 州

广州国际生物岛寰宇三路36、38号合景星辉广场北塔204-206 单元
邮编 510000
电话 020-82401600

成 都

成都市临江西路1号锦江国际大厦1406 室
邮编 610041
电话 028-65545388*5300

沈 阳

沈阳市沈河区惠工街10号卓越大厦3109 室
邮编 110013
电话 024-31096388*3901

西 安

西安市高新区科技路38号林凯国际大厦
1006-08单元
邮编 710075
电话 029-84500588*3801

南 京

南京市中央路201号南京国际广场南楼1103室
邮编 210000
电话 021-68654588*2901

武 汉

武汉市东湖高新技术开发区高新大道生物园路
生物医药园C8栋5楼
邮编 430075
电话 027-59744988*5401

昆 明

云南省昆明市五华区三市街6号柏联广场写字
楼908单元
邮编 650021
电话 0871-63118338*7001

欲了解更多信息，请扫描二维码关注我们的微信公众账号

赛默飞世尔科技在全国有共21个办事处。本资料中的信息，说明和技术指标如有变更，恕不另行通知。



赛默飞
官方微信



赛默飞
中国技术培训中心
China Service Training Center

热线 800 810 5118
电话 400 650 5118
www.thermofisher.com

ThermoFisher
S C I E N T I F I C