

# 三重四极杆液质联用仪测定土壤和沉积物中苯胺类和联苯胺类化合物

LCMSMS-350

**摘要：**本文建立了一种使用岛津超高效液相色谱仪 LC-30A 和三重四极杆质谱仪 LCMS-8050 联用测定土壤和沉积物中 15 种苯胺类与联苯胺类化合物的方法。采用内标法建立校准曲线，线性良好，相关系数均大于 0.999；通过低、中、高三个浓度水平的精密度实验和石英砂基质加标实验验证了方法的可靠性；并得到方法的检出限在 0.10~1.67 g/kg 间，测定下限在 0.58~6.67 g/kg 间；并对 4 种土壤和沉积物类实际样品进行分析。

**关键词：**土壤 沉积物 苯胺类 联苯胺类 超高效液相色谱仪 三重四极杆质谱仪

土壤污染是当前人类面临的一个极为重要的、全球性的环境问题之一。土壤中污染物主要包括重金属、有机污染物、放射性物质等，他们对粮食安全和人类生存环境产生了危害。其中苯胺类和联苯胺类化合物是土壤中常有的有机污染物。苯胺类化合物为芳香胺的代表，被广泛应用于化工、制药和印染等工业生产，也是合成药物、杀虫剂、染料和高分子材料等的重要原料之一；苯胺可引起高铁血红蛋白症和中毒性肝病等。联苯胺类化合物也是常见的染料中间体，已被列为禁用染料；联苯胺可引起接触性皮炎、出血性膀胱炎和膀胱癌等。联苯胺还被国际癌症研究机构 (IARC) 认定为 1 类致癌物质；我国将苯胺和联苯胺列为环境

重点污染物。

2016 年 5 月 31 日，国务院印发《土壤污染防治行动计划》（简称“土十条”），要求 2017 年底前完成土壤环境质量监测点位设置，基本形成土壤环境监测能力。其中《土壤和沉积物苯胺类和联苯胺类的测定液相色谱-质谱法》已列入国家环境保护标准“十三五”发展规划中，由监测司安排相关单位立项制定，2021 年 11 月发布，2022 年 6 月 1 日正式实施。

本文参考《HJ1210-2021 土壤和沉积物 13 种苯胺类和 2 种联苯类化合物的测定 液相色谱-质谱法》标准，建立相关测试方法，可供相关检测人员参考。

## ■ 实验部分

### 1.1 仪器

本实验使用岛津液相色谱仪 LC-30A 与三重四极杆质谱仪 LCMS-8050 联用系统。具体配置为 LC-30AD×2（输液泵），DGU-20A5R（在线脱气机），SIL-30AC（自动进样器），CTO-30A（柱温箱），CBM-20A 系统控制器，LCMS-8050 三重四极杆质谱仪，LabSolutions Ver. 5.91 色谱工作站。

### 1.2 分析条件

液相色谱条件

分析仪器：LC-30A 系统

色谱柱：Shim-pack GIST C18

(2.1 mm I.D.×100 mm L., 2.0 μm)

流动相：A — 0.01% 甲酸水溶液；

B — 0.01% 甲酸甲醇溶液

流速：0.3 mL/min

进样体积：10 μL

柱温：50°C

洗脱方式：梯度洗脱，B 相初始浓度为 15%，时间程序见表 1。

表 1 梯度洗脱时间程序

Time(min)	Module	Command	Value
0.50	泵	B.Conc	15
1.20	泵	B.Conc	25
2.00	泵	B.Conc	25
6.00	泵	B.Conc	95
8.00	泵	B.Conc	95
8.10	泵	B.Conc	15
10.00	控制器	Stop	

## 质谱条件

分析仪器: LCMS-8050	接口温度: 300°C
离子源: ESI(+)	脱溶剂管温度: 270°C
雾化气: 氮气 3.0 L/min	加热模块温度: 400°C
加热气: 氮气 10 L/min	扫描模式: 多反应监测 (MRM)
干燥气: 氮气 10 L/min	喷针位置: +3 mm
碰撞气: 氩气	MRM 参数: 见表 2

表 2 MRM 参数

No.	名称	英文名	CAS No.	前体离子	产物离子	Q1 Pre Bias(V)	CE(V)	Q3 Pre Bias(V)	定量内标
1	苯胺	Aniline	62-53-3	94.05	77.10*	-11.0	-22.0	-14.0	苯胺 -D5
					51.05	-10.0	-32.0	-15.0	
2	对-甲基苯胺**	p-Toluidine	106-49-0	108.05	91.10*	-11.0	-22.0	-28.0	对-甲基苯胺 -D7
					65.10	-10.0	-27.0	-11.0	
3	邻-甲氧基苯胺**	o-Anisidine	90-04-0	124.10	109.10*	-13.0	-20.0	-11.0	邻-甲氧基苯胺 -D3
					80.10	-14.0	-30.0	-14.0	
4	间-甲基苯胺	m-Toluidine	108-44-1	108.05	91.10*	-10.0	-19.0	-16.0	苯胺 -D5
					65.10	-10.0	-27.0	-11.0	
5	邻-甲基苯胺**	o-Toluidine	95-53-4	108.05	91.10*	-11.0	-20.0	-15.0	邻-甲基苯胺 -D7
					65.10	-10.0	-27.0	-11.0	
6	2,4-二甲基苯胺**	2,4-dimethylaniline	95-68-1	122.10	107.15*	-13.0	-22.0	-19.0	2,4-二甲基苯胺 -D6
					79.15	-14.0	-23.0	-14.0	
7	对-硝基苯胺	p-Nitroaniline	100-01-6	139.00	122.15*	-14.0	-18.0	-22.0	苯胺 -D5
					92.15	-14.0	-23.0	-16.0	
8	间-硝基苯胺**	m-Nitroaniline	99-09-2	139.00	76.05*	-11.0	-30.0	-22.0	间-硝基苯胺 -D4
					93.10	-13.0	-17.0	-25.0	
9	4-氯苯胺**	4-Chloroaniline	106-47-8	128.00	93.10*	-14.0	-19.0	-10.0	4-氯苯胺 -D2
					111.05	-14.0	-25.0	-11.0	
10	2-萘胺**	2-Aminonaphthalene	91-59-8	144.05	127.10*	-16.0	-25.0	-23.0	2-萘胺 -D7
					77.10	-10.0	-37.0	-13.0	

11	2,6-二甲苯胺**	2,6-dimethylaniline	87-62-7	122.15	105.15*	-10.0	-22.0	-11.0	2,6-二甲苯胺-D6
					79.10	-10.0	-23.0	-14.0	
12	3-氯苯胺**	3-Chloroaniline	108-42-9	128.05	93.15*	-10.0	-19.0	-16.0	3-氯苯胺-D3
					111.10	-10.0	-25.0	-19.0	
13	N-亚硝基二苯胺	N-Nitrosodiphenylamine	86-30-6	199.15	169.20*	-12.0	-12.0	-17.0	N-亚硝基二苯胺-D6
					66.20	-10.0	-26.0	-12.0	
14	联苯胺	Benzidine	92-87-5	185.15	168.20*	-11.0	-20.0	-17.0	联苯胺-D8
					141.15	-11.0	-26.0	-14.0	
15	3,3'-二氯联苯胺	3,3'-Dichlorobenzidine	91-94-1	253.00	217.00*	-13.0	-20.0	-15.0	3,3'-二氯联苯胺-D6
					182.05	-12.0	-28.0	-18.0	
16	苯胺-D5	Aniline-D5	4165-61-1	99.10	82.15	-15.0	-22.0	-15.0	-
17	联苯胺-D8	Benzidine-D8	92890-63-6	193.15	174.15	-24.0	-23.0	-18.0	-
18	3,3'-二氯联苯胺-D6	3,3'-Dichlorobenzidine-D6	93951-91-8	259.05	160.05	-16.0	-49.0	-10.0	-
19	N-亚硝基二苯胺-D6	N-Nitrosodiphenylamine-D6	93951-95-2	205.10	175.15	-10.0	-12.0	-12.0	-
20	对-甲基苯胺-D7	p-Toluidine-D7	352431-23-3	115.05	97.20	-13.0	-22.0	-17.0	-
21	邻-甲基苯胺-D7	o-Toluidine-D7	194423-47-7	115.10	98.20	-13.0	-22.0	-17.0	-
22	邻-甲氧基苯胺-D3	o-Anisidine-D3	1398066-00-6	127.10	109.10	-13.0	-21.0	-11.0	-
23	2,4-二甲苯胺-D6	2,4-dimethylaniline-D6	1071170-27-8	128.10	110.20	-14.0	-22.0	-11.0	-
24	间-硝基苯胺-D4	m-Nitroaniline-D4	115044-52-5	143.00	97.15	-18.0	-19.0	-10.0	-
25	4-氯苯胺-D2	4-Chloroaniline-D2	35749-94-1	130.05	95.10	-15.0	-19.0	-16.0	-
26	2-萘胺-D7	2-Aminonaphthalene-D7	93951-94-1	151.10	132.15	-10.0	-25.0	-23.0	-
27	2,6-二甲苯胺-D6	2,6-dimethylaniline-D6	919785-81-2	128.15	111.15	-15.0	-22.0	-11.0	-
28	3-氯苯胺-D3	3-Chloroaniline-D3	347840-11-3	131.00	96.20	-15.0	-20.0	-16.0	-

\* 表示定量离子

\*\* 表示这些化合物的内标可以优先选择苯胺-D5, 若有问题再选择各自氘代内标。(参考标准要求)

### 1.3 样品制备

#### 1.3.1 标准溶液配制:

先用水配制 50 µg/L 13 种混合内标液; 然后以 50 µg/L 混合内标为稀释溶剂, 配制不同浓度的混合标准工作液 (具体浓度范围参考表 3), 贮存在棕色样品瓶中, 待测。

#### 1.3.2 样品前处理方法:

提取: 称取 5 g (精确至 0.01 g) 已冻干样品至离心管中, 依次加入 1 g 五水合硫代硫酸钠, 50 µL 20.0 mg/L 混合内标液, 10 mL 正己烷-丙酮混合溶剂 (1:1,V/V), 100 µL 氨水, 密封漩涡混匀 30 s。冰浴超声 (<25°C) 提取 30 min, 6000 rpm 离心 10 min, 取上清液经 0.22 µm 亲水型滤膜过滤, 滤液待净化。

净化：选取 Cleanert C18-SPE 小柱（1 g/6 mL）作为净化柱，先用 5 mL 二氯甲烷冲洗，再用 5 mL 甲醇平衡净化柱，待柱充满后关闭流速控制阀浸润 5 min。然后打开流速控制阀，弃去流出液；在溶剂流干之前，准确移取 2 mL 上述提取滤液转入柱内，弃去流出液，在溶剂流干之前，用 5 mL 甲醇进行洗脱；待洗脱液浸满净化柱后关闭流速控制阀，浸润 5 min，再打开控制阀，接收洗脱液至完全流出。

浓缩：将净化后的洗脱液氮吹浓缩，浓缩至 1 mL 左右，再用甲醇准确定容至 1.0 mL。然后准确移出 250  $\mu$ L 浓缩液，用水定容至 1 mL，混匀过滤至 1.5 mL 棕色样品瓶，待上机分析。

## ■ 结果讨论

### 2.1 标准溶液的 MRM 色谱图

混合标准溶液的 MRM 色谱如图 16 所示。

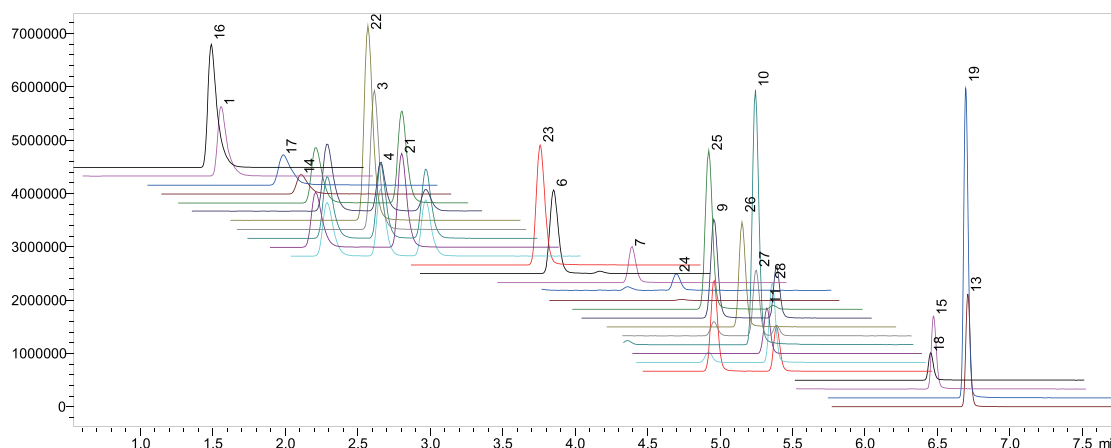


图 16 20  $\mu$ g/L 混合标样的 MRM 图

(1. 苯胺、2. 对 - 甲基苯胺、3. 邻 - 甲氧基苯胺、4. 间 - 甲基苯胺、5. 邻 - 甲基苯胺、6. 2,4- 二甲基苯胺、7. 对 - 硝基苯胺、8. 间硝基苯胺、9. 4- 氯苯胺、10. 2- 萘胺、11. 2,6- 二甲基苯胺、12. 3- 氯苯胺、13. N- 亚硝基二苯胺、14. 联苯胺、15. 3,3- 二氯联苯胺、16. 苯胺-D5、17. 联苯胺-D8、18. 3,3- 二氯联苯胺-D6、19. N- 亚硝基二苯胺-D6、20. 对甲基苯胺-D7、21. 邻甲基苯胺-D7、22. 邻甲氧基苯胺-D3、23. 2,4 二甲基苯胺 D6、24. 间硝基苯胺-D4、25. 4- 氯苯胺-D2、26. 2- 萘胺-D7、27. 2,6- 二甲基苯胺 -D6、28. 3- 氯苯胺 -D3)

### 2.3 线性关系

将混合标准工作液，按 1.2 中的分析条件进行测定，内标法制作校准曲线，如图 17~31 所示。

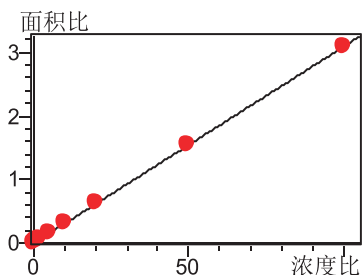


图 17 苯胺的标准曲线

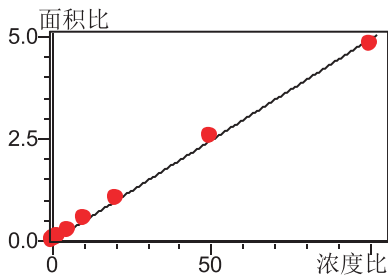


图 18 对 - 甲基苯胺的标准曲线

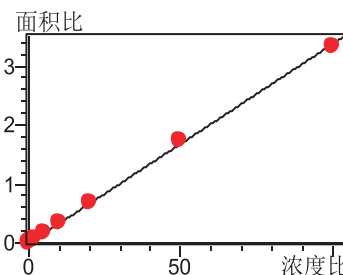


图 19 邻 - 甲氧基苯胺的标准曲线

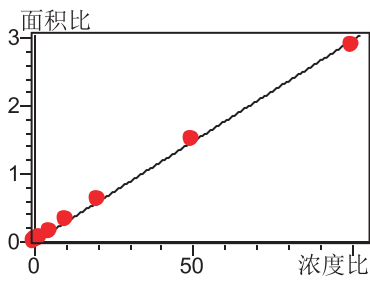


图 20 间-甲基苯胺的标准曲线

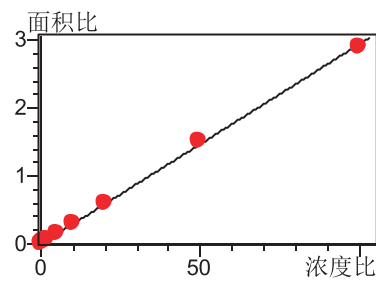


图 21 间-邻-甲基苯胺的标准曲线

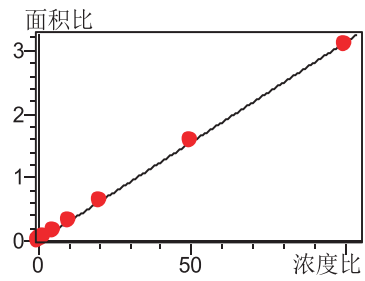


图 22 2,4-二甲基苯胺的标准曲线

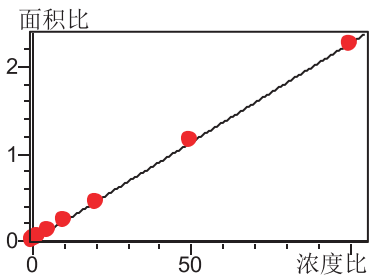


图 23 对-硝基苯胺的标准曲线

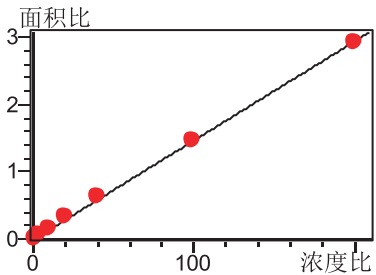


图 24 间硝基苯胺的标准曲线

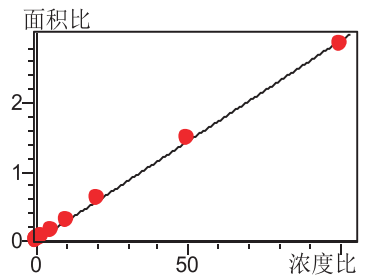


图 25 4-氯苯胺的标准曲线

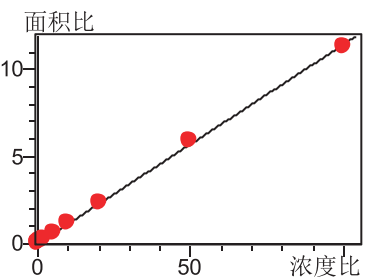


图 26 2-萘胺的标准曲线

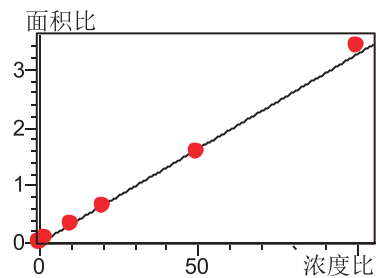


图 27 2,6-二甲基苯胺的标准曲线

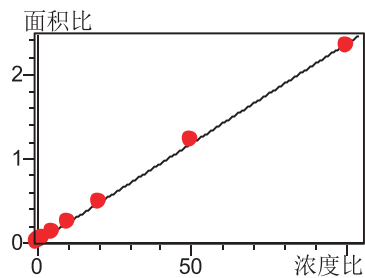


图 28 3-氯苯胺的标准曲线

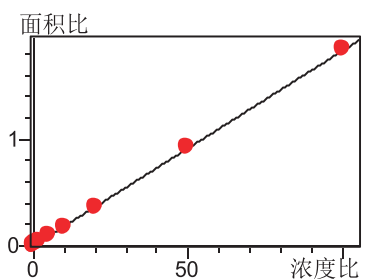


图 29 N-亚硝基二苯胺的标准曲线

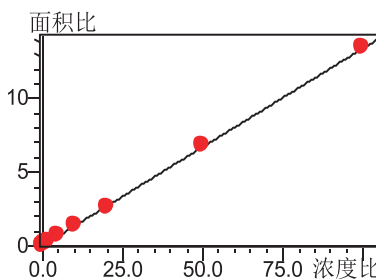


图 30 联苯胺的标准曲线

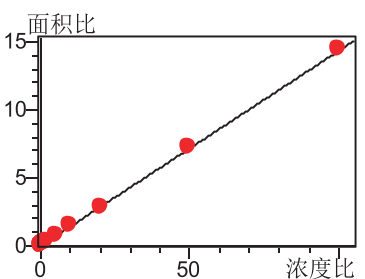


图 31 3,3'-二氯联苯胺的标准曲线

表 3 15 种物质的校准曲线参数 (线性回归, 权重系数为 Y=1/C)

No.	名称	线性范围 (g/L)	校准曲线	相关系数 r	准确度 (%)
1	苯胺	0.2-100	$Y = (0.0309075)X + (0.00305193)$	0.9999	88.3~106.6
2	对-甲基苯胺	0.2-100	$Y = (0.0492975)X + (0.00281536)$	0.9994	88.0~105.6
3	邻-甲氧基苯胺	0.1-100	$Y = (0.0337489)X + (0.000948534)$	0.9998	86.0~104.5
4	间-甲基苯胺	0.2-100	$Y = (0.0295720)X + (0.00217841)$	0.9995	85.0~104.8
5	邻-甲基苯胺	0.2-100	$Y = (0.0293696)X + (0.000599850)$	0.9997	85.9~106.5
6	2,4-二甲基苯胺	0.2-100	$Y = (0.0312849)X + (0.00154035)$	0.9998	85.1~108.9

7	对 - 硝基苯胺	0.1-100	$Y = (0.0227121)X + (0.000868885)$	0.9998	89.3~107.7
8	间硝基苯胺	1.0-200	$Y = (0.0147034)X + (0.000666672)$	0.9996	90.8~107.5
9	4- 氯苯胺	0.1-100	$Y = (0.0290029)X + (0.000572209)$	0.9997	93.1~103.3
10	2- 萘胺	0.1-100	$Y = (0.114903)X + (0.00211248)$	0.9998	95.2~103.8
11	2,6- 二甲基苯胺	0.2-100	$Y = (0.0326963)X + (-0.00249891)$	0.9987	89.3~113.0
12	3- 氯苯胺	0.2-100	$Y = (0.0236939)X + (0.000966824)$	0.9998	96.2~104.4
13	N- 亚硝基二苯胺	0.2-100	$Y = (0.0182498)X + (0.000171080)$	0.9999	97.4~104.8
14	联苯胺	0.5-100	$Y = (0.0263942)X + (0.00960555)$	0.9992	85.8~108.8
15	3,3- 二氯联苯胺	0.1-100	$Y = (0.143273)X + (0.00195899)$	0.9999	97.6~102.7

## 2.4 精密度实验

配制如表 4 浓度的混合标液，重复进样 7 次。15 种目标化合物的保留时间和峰面积的相对标准偏差分别在 0.03~0.21% 和 0.54~5.61% 之间，仪器精密度良好。

表 4 保留时间和峰面积重复性结果 (n=7)

No.	名称	RSD% (1 mg/L)		RSD% (10 mg/L)		RSD% (100 mg/L)	
		R.T	Area	R.T	Area	R.T	Area
1	苯胺	0.11	2.00	0.04	1.17	0.05	0.78
2	对 - 甲基苯胺	0.09	1.45	0.07	1.02	0.08	1.43
3	邻 - 甲氧基苯胺	0.05	1.51	0.05	0.78	0.07	0.81
4	间 - 甲基苯胺	0.10	3.26	0.05	1.40	0.07	0.63
5	邻 - 甲基苯胺	0.06	4.16	0.05	1.40	0.07	1.13
6	2,4- 二甲基苯胺	0.04	4.67	0.04	1.26	0.07	1.20
7	对 - 硝基苯胺	0.04	4.35	0.04	3.00	0.07	1.66
8	间硝基苯胺 *	0.21	5.61	0.04	3.93	0.06	3.27
9	4- 氯苯胺	0.04	3.34	0.03	1.85	0.06	0.54
10	2- 萘胺	0.03	1.86	0.04	1.07	0.06	0.51
11	2,6- 二甲基苯胺	0.02	4.03	0.04	1.00	0.06	2.20
12	3- 氯苯胺	0.04	4.33	0.03	1.16	0.06	1.28
13	N- 亚硝基二苯胺	0.03	1.78	0.03	0.83	0.05	0.39
14	联苯胺	0.24	7.02	0.08	0.73	0.12	1.51
15	3,3- 二氯联苯胺	0.03	1.55	0.04	0.93	0.04	0.45

注：\* 间硝基苯胺的浓度为 2 mg/L、20 mg/L、200 mg/L。

## 2.5 方法检出限与定量限

选择石英砂做基质空白进行样品加标，加标浓度如表 5；按照 1.3.2 中样品制备方法，平行制备 7 个样品。将各测定结果换算为样品中的浓度，计算均值、标准偏差、检出限及测定下限，计算方式参照《环境监测分析方法标准值修订技术导则》(HJ168-2010) 的相关规定，方法检出限  $MDL = t_{(n-1,0.99)} S$ ；测定下限为 4 倍检出限。其结果显示：方法检出限在 0.1~1.67 g/kg 间，测定下限在 0.58~6.67 g/kg 间。

表 5 15 种物质的方法检出限和测定下限 (n=7, t=3.14)

No.	名称	石英砂样 (g/kg)	加标浓度 (g/kg)	测试浓度 (g/kg)	回收率 (%)	标准偏差 (S)	方法检出限 (g/kg)	测定下限 (g/kg)
1	苯胺	ND	1.2	0.93	77.4	0.11	0.34	1.34
2	对-甲基苯胺	ND	0.8	0.61	76.5	0.06	0.20	0.79
3	邻-甲氧基苯胺	ND	0.8	0.93	116.5	0.06	0.18	0.72
4	间-甲基苯胺	ND	0.8	0.64	79.9	0.03	0.10	0.39
5	邻-甲基苯胺	ND	0.8	0.65	81.1	0.06	0.19	0.74
6	2,4-二甲基苯胺	ND	1.2	1.12	93.1	0.12	0.38	1.54
7	对-硝基苯胺	ND	0.8	0.72	90.5	0.05	0.15	0.58
8	间硝基苯胺	ND	8.0	5.79	72.3	0.53	1.67	6.67
9	4-氯苯胺	ND	0.8	0.63	78.3	0.06	0.20	0.78
10	2-萘胺	ND	0.8	0.56	70.4	0.01	0.02	0.10
11	2,6-二甲基苯胺	ND	1.2	0.84	70.3	0.08	0.24	0.97
12	3-氯苯胺	ND	1.2	0.94	78.5	0.09	0.28	1.12
13	N-亚硝基二苯胺	ND	0.8	0.73	91.3	0.05	0.16	0.65
14	联苯胺	ND	2.4	2.32	96.5	0.13	0.42	1.68
15	3,3'-二氯联苯胺	ND	0.8	0.70	88.0	0.07	0.21	0.83

注：N.D 表示未检出。

## 2.6 空白基质加标实验

以石英砂做基质空白进行低、中、高三个浓度水平的样品加标，加标浓度如表 6；按照 1.3.2 中样品制备方法，石英砂空白样品平行 3 个；每个浓度加标平行制备 6 个样品。测试结果显示：加标回收率在 74.9~109.7% 之间；6 个平行样的相对标准偏差 RSD% 在 1.16~6.82% 之间。具体结果如表 6。样品与样品加标的色谱图如图 32、图 33 所示。

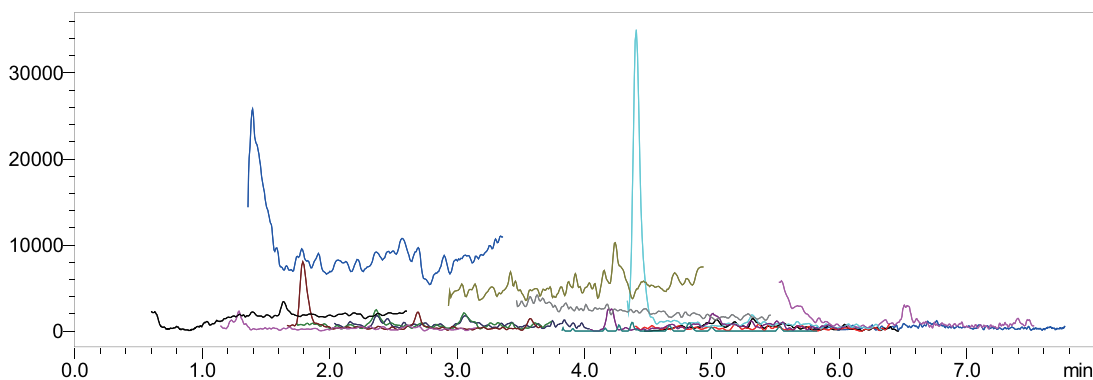


图 32 石英砂样品的 MRM 图 (未显示内标)

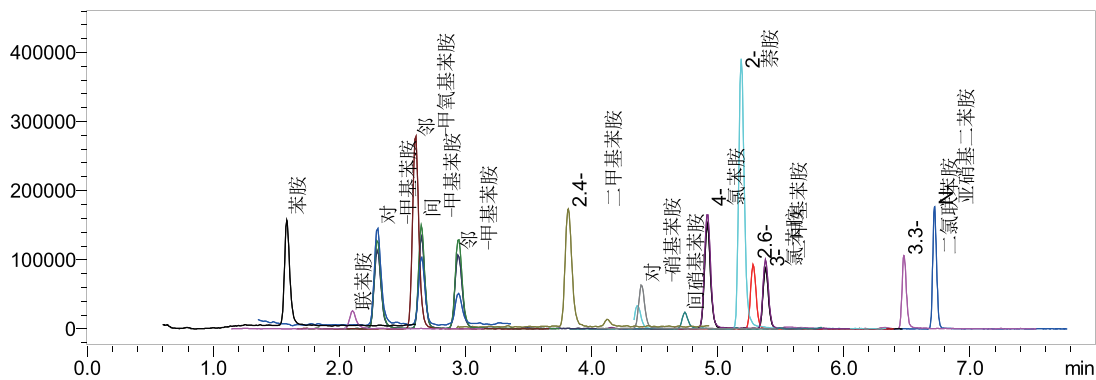


图 33 石英砂加标样品 (20 g/kg) 的 MRM 图 (未显示内标)

表 6 石英砂基质加标样的回收率结果

No.	名称	石英砂样 (g/kg)	加标回收率 (%) (n=6)			相对标准偏差 RSD% (n=6)		
			20 g/kg	200 g/kg	360 g/kg	20 g/kg	200 g/kg	360 g/kg
1	苯胺	ND	80.1	92.6	91.4	3.29	3.61	2.74
2	对-甲基苯胺	ND	94.8	86.7	79.0	4.09	5.77	2.00
3	邻-甲氧基苯胺	ND	102.3	75.8	75.4	3.14	5.05	2.18
4	间-甲基苯胺	ND	96.3	106.1	99.5	2.84	5.16	3.56
5	邻-甲基苯胺	ND	98.5	96.3	87.0	6.06	3.95	4.16
6	2,4-二甲基苯胺	ND	106.8	88.0	82.2	5.66	3.59	2.78
7	对-硝基苯胺	ND	109.7	95.7	88.1	6.82	5.30	2.89
8	间硝基苯胺 *	ND	107.6	103.9	106.7	6.11	4.03	3.19
9	4-氯苯胺	ND	93.2	83.9	80.7	2.40	3.78	2.09
10	2-萘胺	ND	96.0	80.9	74.9	5.78	3.80	1.93
11	2,6-二甲基苯胺	ND	99.2	94.9	82.8	4.50	5.79	3.16
12	3-氯苯胺	ND	102.1	86.8	84.2	3.38	3.43	3.73
13	N-亚硝基二苯胺	ND	75.2	83.5	85.2	3.26	3.99	3.24
14	联苯胺	ND	92.4	88.2	75.5	5.15	2.27	3.21
15	3,3'-二氯联苯胺	ND	75.0	85.3	80.9	2.92	3.45	1.16

注：1. \* 间硝基苯胺的加标浓度分别为 40 mg/kg、400 mg/kg、720 mg/kg。

2. N.D 表示未检出。

## 2.7 土壤和沉积物的实际样品分析

### 2.7.1 4 种土壤和沉积物的样品分析

分别将壤土、砂土、海洋沉积物和河流沉积物 4 种实际样品按照 1.3.2 中样品制备方法，每个样品平行 3 个。结果显示壤土、砂土、海洋沉积物均为检出，河流沉积物检出 7 种物质，（如图 33 所示），具体结果如表 7。

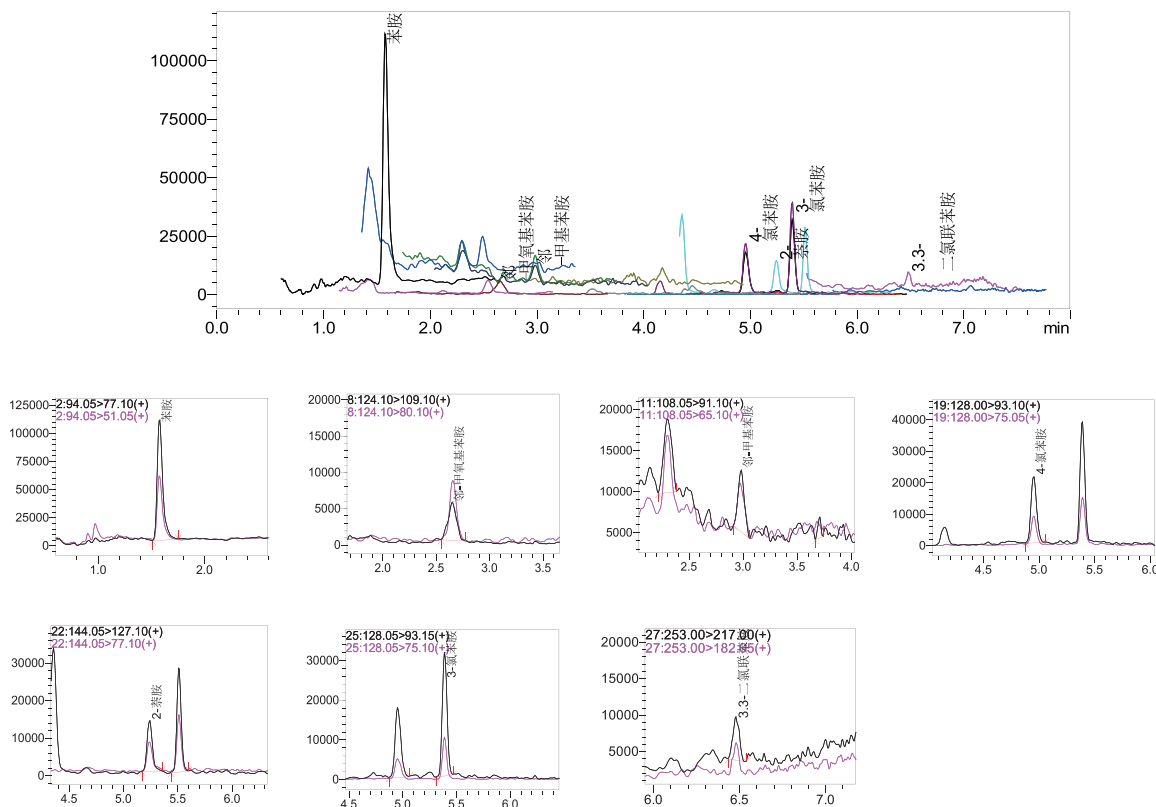


图 33 河流沉积物样品与检出物质的 MRM 图（未显示内标）

表 7 4 种土壤与沉积物的样品测试结果

No.	名称	壤土 (g/kg)	砂土 (g/kg)	海洋沉积物 (g/kg)	河流沉积物 (g/kg)
1	苯胺	ND	ND	ND	17.34
2	对-甲基苯胺	ND	ND	ND	1.93
3	邻-甲氧基苯胺	ND	ND	ND	ND
4	间-甲基苯胺	ND	ND	ND	ND
5	邻-甲基苯胺	ND	ND	ND	1.29
6	2,4-二甲基苯胺	ND	ND	ND	ND
7	对-硝基苯胺	ND	ND	ND	ND
8	间硝基苯胺	ND	ND	ND	ND
9	4-氯苯胺	ND	ND	ND	2.91
10	2-萘胺	ND	ND	ND	0.75
11	2,6-二甲基苯胺	ND	ND	ND	ND
12	3-氯苯胺	ND	ND	ND	9.14
13	N-亚硝基二苯胺	ND	ND	ND	ND
14	联苯胺	ND	ND	ND	ND
15	3,3'-二氯联苯胺	ND	ND	ND	1.29

## ■ 结论

使用岛津超高效液相色谱仪 LC-30A 和三重四极杆质谱仪 LCMS-8050 联用测定土壤和沉积物中 15 种苯胺类与联苯胺类化合物（苯胺、对 - 甲基苯胺、邻 - 甲氧基苯胺、间 - 甲基苯胺、邻 - 甲基苯胺、2,4- 二甲基苯胺、对 - 硝基苯胺、间硝基苯胺、4- 氯苯胺、2- 萘胺、2,6- 二甲基苯胺、3- 氯苯胺、N- 亚硝基二苯胺、联苯胺和 3,3- 二氯联苯胺），线性良好，相关系数均大于 0.999；不同浓度的精密度实验结果表明：其保留时间和峰面积相对标准偏差分别在 0.03~0.21% 和 0.54~5.61% 之间，仪器精密度良好。通过石英砂基质空白加标计算得到方法检出限在 0.10~1.67 g/kg 间，测定下限在 0.58~6.67 g/kg 间；石英砂基质低、中、高三浓度的加标回收率在 74.9~109.7% 之间，从而验证了方法的准确度。然后对 4 种土壤和沉积物样品进行的实际分析。因此，该方法可以应用于快速测定土壤和沉积物中苯胺类与联苯胺类化合物。

岛津应用云

