

痕量半挥发性有机物分析： RMX-5Sil MS 色谱柱性能评估

与岛津公司合作发表

By Yoshiro Hiramatsu¹, Ramkumar Dhandapani²
1. Shimadzu Corporation, 2. Restek Corporation

主要亮点：

- 高效的 GC 色谱柱去活工艺构建了高度惰性的样品流路。
- 卓越的惰性可在各种具有挑战性的半挥发性化合物分析中，实现尖锐、对称的色谱峰形，并获得单皮克克级或亚皮克克级的仪器检出限 (IDL)。
- 在校准过程中，所有半挥发性化合物的相对标准误差 (RSE) 均 $\leq 20\%$ ；除苯甲酸（最低校准点为 50 ppb）外，其余化合物的最低校准浓度均为 1–10 ppb，且均顺利满足数据质量目标要求。



相关产品：

RMX-5Sil MS 色谱柱：
30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μm

摘要

本应用说明对 RMX-5Sil MS 色谱柱在痕量水平半挥发性有机化合物 (SVOC) GC-MS/MS 分析中的性能进行了系统评估。除苯甲酸 (14.70 pg) 和 2,4-二硝基苯酚 (11.53 pg) 外，所有化合物均实现了单皮克克级或亚皮克克级的仪器检出限。所有目标化合物的校准曲线 %RSE 均 $\leq 20\%$ ；除苯甲酸的校准范围为 50–1000 ppb 外，其余化合物的校准范围为 1–1000 ppb 或 10–1000 ppb。研究结果表明，该色谱柱在痕量半挥发性化合物分析中具备优异的灵敏度与定量可靠性。

引言

环境检测实验室通常采用 GC-MS 或 GC-MS/MS 方法（如 EPA 方法 8270E）对半挥发性有机化合物 (SVOC) 进行常规分析。近年来，随着检测器选择性显著提升，实验室正日益采用 GC-MS/MS 技术，以满足更高灵敏度的分析需求，例如 EPA 方法 3511 微萃取技术。与传统样品前处理方法（可能需处理高达 1 L 样品）相比，该方法在显著节省时间的同时，大幅降低了溶剂消耗。

为了充分发挥 MS/MS 的高灵敏度优势，分析色谱柱必须具备高度惰性，以最大化峰信噪比。针对不同化学结构化合物与色谱柱表面活性位点之间可能通过多种机制发生相互作用的情况，广谱且高效的柱去活技术对于确保整体方法性能至关重要。

本研究对 RMX-5Sil MS 色谱柱在痕量水平半挥发性化合物分析中的综合分析性能进行了独立评估，涵盖多种已知分析难度较高的化合物。通过对色谱分离性能及校准范围的系统考察，验证该色谱柱在实现皮克克级检出能力方面的适用性。

实验部分

标准品制备

采用市售标准物质，在二氯甲烷中配制多组分校准标准溶液，浓度范围为 1–1000 ppb，共设置 11 个校准点。

仪器条件

样品在 RMX-5Sil MS 色谱柱（30 m × 0.25 mm 内径 × 0.25 μm，货号 17323）上进行分析。GC-MS/MS 系统由岛津 NEXIS GC-2030 气相色谱仪与岛津 GCMS-TQ8050 NX 超高速三重四极杆质谱仪组成，配备 EI 离子源及 UF Sweeper 高效碰撞池。具体分析条件如下所示。

表 I：痕量半挥发性有机物 GC-MS/MS 分析方法条件

气相色谱仪	Shimadzu NEXIS GC-2030
色谱柱	RMX-5Sil MS, 30 m × 0.25 mm 内径 × 0.25 μm (货号 17323)
流速模式	恒定线速度 (39.5 cm/s)
进样方式	分流进样 (5:1)
进样衬管	3.5 mm Topaz 单锥形进样衬管，含石英棉 (货号 23336)
进样体积	1 μL
进样口温度	275 °C
柱温程序	40 °C (保持 1.5 min) → 20 °C/min 升至 280 °C → 5 °C/min 升至 320 °C (保持 1 min)
质谱系统	Shimadzu GCMS-TQ8050 NX 超高速质谱仪 (EI 离子源, UF Sweeper 高效碰撞池)
电离方式	电子轰击 (EI)
电离能量	70 eV
发射电流	60 mA
采集模式	多反应监测 (MRM)
碰撞气体	氩气
离子源温度	230 °C
GC 接口温度	300 °C

结果与讨论

色谱性能

总体而言，RMX-5Sil MS 色谱柱在 50 ppb 水平下对 86 种半挥发性化合物均表现出优异的峰形与分离效果，覆盖整个色谱分析区间，且最后一个化合物的保留时间不到 21 min（见图 1）。

为评估色谱柱的惰性性能，针对已知分析难度较大的酸性与碱性化合物，在其线性校准范围的低点和高点对峰拖尾情况进行测定。如图 2 所示，高惰性表面在低浓度条件下有效抑制了表面活性效应，显著提升了峰对称性，使积分过程更加简便且准确，即便是在低浓度条件下分析高难度化合物亦表现稳定。

此外，惰性表面并未对聚合物固定相的选择性产生不利影响。在 1 ppb 水平下，仍可实现对保留时间极为接近的多环芳烃 (PAH) 化合物对——苯并[b]荧蒽与苯并[k]荧蒽——的良好分离，进一步验证了其卓越的色谱性能。

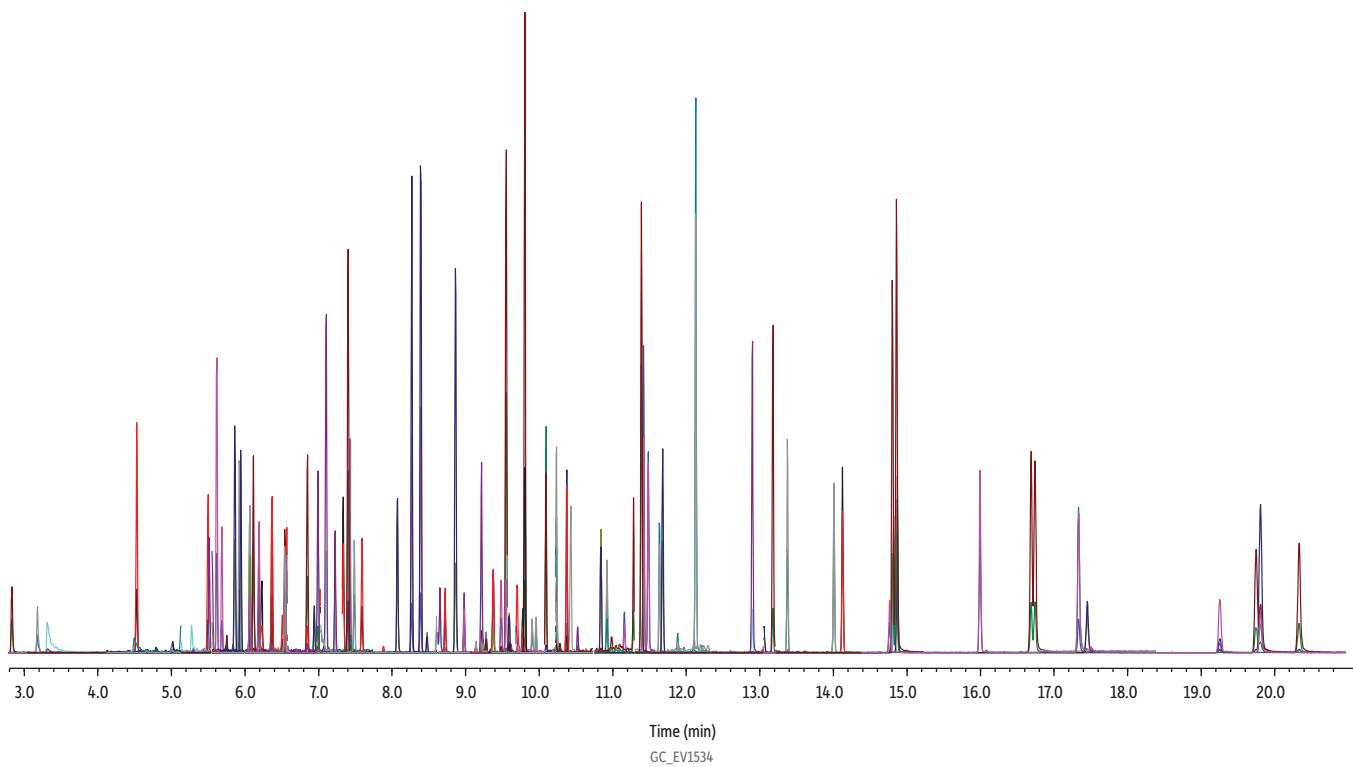
想要定制化的方法开发吗？

使用 Restek 免费的 Pro EZGC 色谱图模拟软件，输入您的目标分析物，可立即为您的特定化合物列表生成优化的方法条件。

立即体验！



图 1：采用 RMX-5Sil MS 色谱柱对 86 种半挥发性物质的 GC-MS/MS 分析 (50 ppb, TIC)



**色谱柱
选择**

RMX-5Sil MS, 长度 30 m, 内径 0.25 mm, 膜厚 0.25 μm (货号 17323)

进样体积:

1 μL 分流 (分流比 5:1)

衬管:

3.5 mm Topaz 单锥带石英棉衬管 (货号 23336)

进样温度:

275 °C

柱温程序

初温 40 °C (保持 1.5 分钟), 升温至 280 °C, 升温速率 20 °C/min, 再升至 320 °C, 升温速率 5 °C/min (保持 1 分钟)

载气:

氦气 (He), 恒流

线速度:

39.5 cm/sec @ 40 °C

检测器

SRM/MRM

采集模式:

SRM/MRM

离子源温度:

230 °C

传输线温度:

300 °C

分析器类型:

三重四极杆

电离模式:

电子轰击 (EI)

碰撞气体:

氩气 (Ar)

调谐类型:

PFTBA

调谐发射电流:

60 μA

备注

Shimadzu Nexis GC-2030 配 Shimadzu GCMS-TQ8050 NX 超快质谱仪, 带 EI 离子源及 UFswEEPER 高效碰撞池

需要相关应用或协助产品选型?

欢迎联系 Restek 技术团队:
4000 815 005

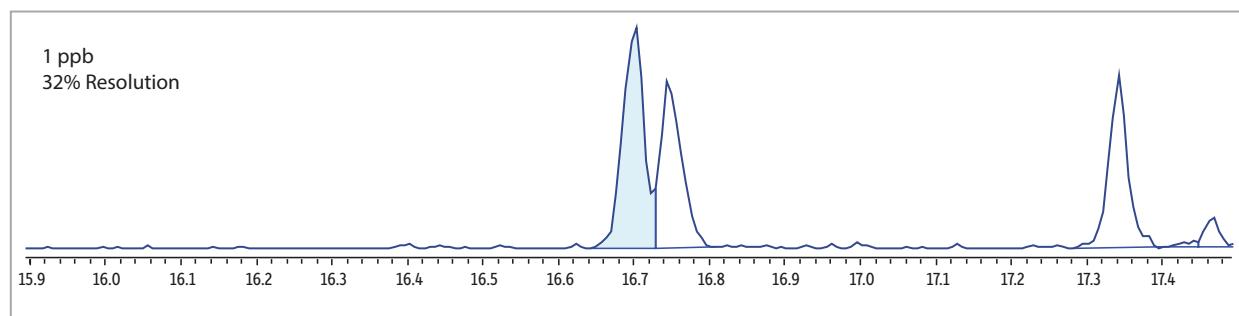


图 I : (接上页)

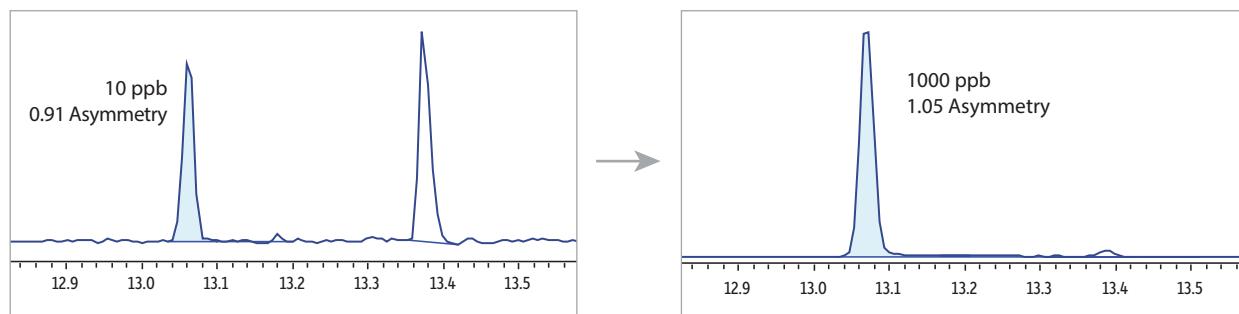
峰号	保留时间tr (min)	转化 1	碰撞能量 CE1	转化 2	碰撞能量 CE1
1. 二甲基亚硝胺	3.173	74.00>44.10	6	74.00>42.10	18
2. 吡啶	3.276	79.10>50.10	21	79.10>52.10	15
3. 2-氟酚	4.532	112.00>64.10	18	112.00>92.10	9
4. 苯酚	5.514	94.00>66.00	9	66.00>40.00	12
5. 苯酚-d5 替代物	5.5	99.00>71.10	12	99.00>69.10	27
6. 苯胺	5.554	93.00>66.10	18	93.00>51.10	30
7. 二氯乙醚	5.619	93.00>63.10	9	95.00>65.00	6
8. 2-氯酚	5.688	128.00>64.00	18	128.00>91.90	15
9. 1,3-二氯苯	5.863	146.00>111.10	21	146.00>75.20	30
10. 1,4-二氯苯	5.944	146.00>111.10	21	146.00>75.20	30
11. 苄醇	6.069	79.00>77.10	12	107.00>79.10	9
12. 1,2-二氯苯	6.116	146.00>111.10	21	146.00>75.20	30
13. 2-甲基酚	6.194	108.00>77.00	27	108.00>79.00	18
14. 二氯异丙醚	6.229	121.05>77.00	9	121.05>45.00	6
15. 3-甲基酚 / 4-甲基酚	6.369	107.10>77.10	15	107.10>79.10	6
16. N-二丙基亚硝胺	6.374	130.10>113.10	4	130.10>88.10	4
17. 六氯乙烷	6.511	117.00>81.90	30	119.00>83.80	33
18. 硝基苯	6.563	77.05>51.00	21	123.05>77.00	15
19. 硝基苯-d5	6.541	82.00>54.10	18	128.00>82.10	18
20. 异佛尔酮	6.846	82.00>54.00	9	138.00>82.00	18
21. 2-硝基酚	6.941	139.00>109.10	9	139.00>81.00	12
22. 2,4-二甲基酚	6.99	107.00>77.10	18	122.00>107.10	18
23. 苯甲酸	7.019	122.10>105.10	9	105.10>77.10	15
24. 双(2-氯乙氧基)甲烷	7.102	93.00>63.10	9	95.00>65.00	6
25. 2,4-二氯酚	7.223	162.00>63.10	33	164.00>63.10	30
26. 1,2,4-三氯苯	7.333	180.00>109.00	30	180.00>145.10	18
27. 萘	7.424	128.10>102.10	20	128.10>78.00	20
28. 2,6-二氯酚	7.223	136.00>108.10	27	136.00>134.10	27
29. 4-氯苯胺	7.484	127.00>65.10	27	127.00>92.10	18
30. 六氯丁二烯	7.59	225.00>189.80	21	225.00>155.00	30
31. 4-氯-3-甲基酚	8.072	107.00>77.10	18	142.00>107.00	18
32. 2-甲基萘	8.268	142.10>115.10	28	115.10>89.00	16
33. 1-甲基萘	8.388	142.10>115.10	28	115.10>89.00	16
34. 六氯环戊二烯	8.474	237.00>141.00	27	237.00>143.00	27
35. 2,4,6-三氯酚	8.613	196.00>97.00	33	198.00>97.00	30
36. 2,4,5-三氯酚	8.651	196.00>97.00	33	198.00>97.00	30
37. 2-氟联苯	8.721	172.00>151.20	27	172.00>146.10	27
38. 2-氯萘	8.862	162.00>127.10	18	162.00>77.10	33
39. 2-硝基苯胺	8.979	138.00>92.00	15	138.00>65.10	33
40. 1,4-二硝基苯	9.143	168.00>75.10	30	168.00>92.00	15
41. 邻苯二甲酸二甲酯	9.216	163.00>77.20	15	163.00>133.10	15
42. 1,3-二硝基苯	9.14	168.00>75.00	30	168.00>122.00	12
43. 2,6-二硝基甲苯	9.281	165.00>90.00	15	165.00>63.10	33
44. 危烯	9.374	152.10>150.10	28	152.10>126.10	28
45. 3-硝基苯胺	9.484	92.05>65.00	12	138.05>65.00	27
46. 危	9.592	152.10>150.10	28	152.10>126.10	28
47. 2,4-二硝基酚	9.617	184.05>107.00	12	154.05>107.00	6
48. 4-硝基酚	9.689	109.05>81.00	12	109.05>53.10	18
49. 2,4-二硝基甲苯	9.778	89.05>63.10	18	165.05>119.00	6
50. 二苯并呋喃	9.805	168.00>139.10	24	139.00>89.10	21
51. 2,3,5,6-四氯酚	9.904	230.00>130.90	36	232.00>132.90	36
52. 2,3,4,6-四氯酚	9.958	230.00>130.90	36	232.00>132.90	36
53. 邻苯二甲酸二乙酯	10.093	149.00>65.00	30	177.00>149.10	12
54. 4-氯苯基苯醚	10.234	141.00>115.20	21	204.00>141.20	21
55. 苓	10.23	165.10>163.10	28	165.10>115.10	28
56. 4-硝基苯胺	10.234	138.00>108.10	12	108.00>80.00	12
57. 4,6-二硝基-2-甲基酚	10.283	198.05>121.00	12	198.05>53.00	27
58. 二苯基亚硝胺	10.376	169.00>167.20	27	168.00>139.00	39
59. 二苯基阱	10.429	77.00>51.20	15	77.00>74.10	33
60. 2,4,6-三溴酚	10.524	329.80>141.00	36	331.80>142.90	36
61. 4-溴苯基苯醚	10.839	250.00>141.10	21	248.00>141.10	18
62. 六氯苯	10.922	283.80>248.80	24	283.80>213.80	28
63. 五氯酚	11.159	265.90>164.90	26	265.90>166.90	26
64. 菲	11.421	178.10>176.10	28	178.10>152.10	20
65. 蔗	11.484	178.10>176.10	28	178.10>152.10	20
66. 吡唑	11.68	167.00>139.20	27	166.00>140.00	18
67. 邻苯二甲酸二正丁酯	12.131	149.00>93.10	18	149.00>65.10	24
68. 芬蒽	12.9	202.10>200.10	30	200.10>198.10	30
69. 联苯胺	13.062	184.00>156.10	24	184.00>167.10	24
70. 比	13.18	202.10>200.10	30	200.10>198.10	30
71. 邻二苯基苯-D14	13.377	244.00>240.10	30	244.00>226.20	18
72. 邻苯二甲酸丁苄酯	14.012	149.00>65.10	24	149.00>93.10	18
73. 己二酸二(2-乙基己)酯	14.129	129.00>55.10	21	129.00>101.10	9
74. 3,3-二氯联苯胺	14.769	212.00>180.10	24	212.00>196.20	21
75. 苯并[a]蒽	14.805	228.10>226.10	32	226.10>224.10	32
76. 邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯	14.875	149.00>65.10	24	167.00>149.10	15
77. 屌	14.861	228.10>226.10	32	226.10>224.10	32
78. 邻苯二甲酸二正辛酯	16	149.00>65.10	24	149.00>93.20	18
79. 苯并[b]荧蒽	16.691	252.10>250.10	36	250.10>248.10	36
80. 苯并[k]荧蒽	16.746	252.10>250.10	36	250.10>248.10	36
81. 苯并[a]比	17.338	252.10>250.10	36	250.10>248.10	36
82. 二苯并[A,J]丫啶	19.26	279.00>277.10	33	279.00>250.00	45
83. 苛并[1,2,3-cd]芘	19.754	276.10>274.10	36	274.10>272.10	36
84. 二苯并[a,h]蒽	19.813	278.10>276.10	36	278.10>274.10	60
85. 苯并[g,h,i]芘	20.339	276.10>274.10	36	274.10>272.10	36

图 2：RMX-5Sil MS 色谱柱采用的高效钝化处理能够形成极度惰性的柱表面，从而对广泛的半挥发性化合物产生对称峰，包括酸性化合物（如五氯酚）、碱性化合物（如联苯胺）以及紧密洗脱的多环芳烃（PAH）

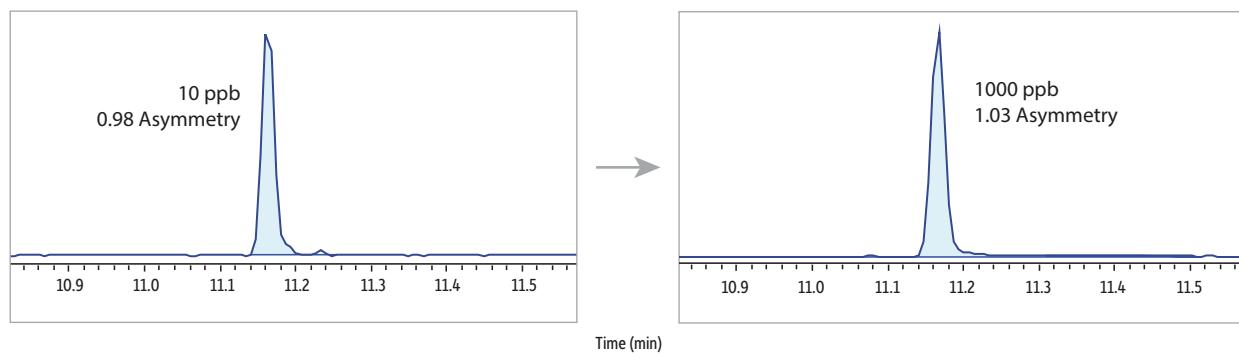
Benzo[b]- and [k]- fluoranthene; 252 → 250.1 m/z



Benzidine; 184 → 156.1 m/z



Pentachlorophenol; 265.9 → 166.9 m/z



色谱柱

RMX-5Sil MS, 长度 30 m, 内径 0.25 mm, 膜厚 0.25 μm (货号 17323)

进样

1 μL 分流 (分流比 5:1)

衬管:

3.5 mm Topaz 单锥带石英棉衬管 (货号 23336)

进样温度:

275 °C

柱温程序

初温 40 °C (保持 1.5 分钟)，升温至 280 °C，升温速率 20 °C/min，再升至 320 °C，升温速率 5 °C/min (保持 1 分钟)
氮气，恒流

载气

39.5 cm/sec @ 40 °C

线速度:

SRM/MRM

检测器

SRM/MRM

采集模式:

230 °C

离子源温度:

300 °C

传输线温度:

三重四极杆

分析器类型:

电子轰击 (EI)

电离模式:

氩气 (Ar)

碰撞气体:

PFTBA

调谐类型:

60 μA

调谐发射电流:

Shimadzu Nexis GC-2030 配 Shimadzu GCMS-TQ8050 NX 超快速质谱仪，配 EI 离子源及 UF-sweeper 高效碰撞池

仪器说明

致谢: Shimadzu

峰号

1. 联苯胺
2. 苯并[b]荧蒽
3. 苯并[k]荧蒽
4. 五氯酚

保留时间 t_r (min)

- | | 13.062 | 184.00>156.10 | 24 | 184.00>167.10 | 24 |
|------------|--------|---------------|----|---------------|----|
| 1. 联苯胺 | 16.691 | 252.10>250.10 | 36 | 250.10>248.10 | 36 |
| 2. 苯并[b]荧蒽 | 16.746 | 252.10>250.10 | 36 | 250.10>248.10 | 36 |
| 3. 苯并[k]荧蒽 | 11.159 | 265.90>164.90 | 26 | 265.90>166.90 | 26 |

转化 1

- 184.00>156.10
252.10>250.10
252.10>250.10
265.90>164.90

碰撞能量 CE1

- 24
36
36
26

转化 2

- 184.00>167.10
250.10>248.10
250.10>248.10
265.90>166.90

碰撞能量 CE2

- 24
36
36
26

校准性能

如表II所示，Shimadzu GC-MS/MS 系统配合高惰性 RMX-5Sil MS 柱，可实现半挥发性化合物痕量检测的优异灵敏度。校准曲线 %RSE $\leq 20\%$ ，符合校准数据质量目标；代表性半挥发性化合物的 R^2 均 ≥ 0.99 。校准范围一般为 1-1000 ppb 至 10-1000 ppb，苯甲酸例外，为 50-1000 ppb。苯甲酸的线性范围稍高并不奇怪，因为它在5型相中相溶性不是太好。仪器检测限 (IDL) 极低，单皮克克或亚皮克克水平，苯甲酸为 14.70 pg，2,4-二硝基酚为 11.53 pg。

表 II：RMX-5Sil MS 色谱柱上痕量水平半挥发性化合物分析的校准性能

化合物名称	保留时间 (min)	校准曲线 %RSE	R^2	曲线低点(ppb)	曲线高点(ppb)	IDL (pg)
二甲基亚硝胺	3.173	16.82		5	1000	2.14
吡啶	3.276	8.69	0.994	10	1000	3.23
2-氟酚	4.532	15.24		5	1000	0.28
苯酚	5.514	19.25		1	1000	0.70
苯酚-d5 替代物	5.5	17.86		1	1000	0.29
苯胺	5.554	9.52	0.993	10	1000	1.43
二氯乙醚	5.619	14.33		1	1000	0.42
2-氯酚	5.688	19.78		1	1000	1.28
1,3-二氯苯	5.863	16.96		1	1000	0.36
1,4-二氯苯	5.944	17.90		1	1000	0.77
苄醇	6.069	17.06		1	1000	0.98
1,2-二氯苯	6.116	17.32		1	1000	1.13
2-甲基酚	6.194	19.48		10	1000	1.95
二氯异丙醚	6.229	19.32		10	1000	4.04
3-甲基酚 / 4-甲基酚	6.369	19.71		1	1000	1.01
N-二丙基亚硝胺	6.374	5.38	0.997	10	1000	3.10
六氯乙烷	6.511	15.67		5	1000	1.36
硝基苯	6.563	12.10	0.996	5	1000	0.81
硝基苯-d5	6.541	17.81		1	1000	0.96
异佛尔酮	6.846	18.92		1	1000	0.56
2-硝基酚	6.941	13.56	0.996	10	1000	1.26
2,4-二甲基酚	6.99	19.63		1	1000	0.36
苯甲酸	7.019	3.84	0.998	50	1000	14.70
双(2-氯乙氧基)甲烷	7.102	14.01		1	1000	0.26
2,4-二氯酚	7.223	18.99		1	1000	0.83
1,2,4-三氯苯	7.333	10.67		1	1000	0.46
萘	7.424	8.68		1	1000	0.73
2,6-二氯酚	7.223	18.18		1	1000	0.62
4-氯苯胺	7.484	13.85	0.998	5	1000	1.34
六氯丁二烯	7.59	13.96		1	1000	0.65
4-氯-3-甲基酚	8.072	16.99		1	1000	0.30
2-甲基萘	8.268	10.57		1	1000	0.63
1-甲基萘	8.388	18.50		1	1000	0.64
六氯环戊二烯	8.474	16.59	0.998	5	1000	2.72
2,4,6-三氯酚	8.613	16.69		5	1000	1.55
2,4,5-三氯酚	8.651	16.98		5	1000	0.76

表 2: (接上页)

化合物	保留时间(min)	校准曲线 %RSE	R ²	曲线低点 (ppb)	曲线高点 (ppb)	IDL (pg)
2-氟联苯	8.721	16.31		1	1000	1.05
2-氯萘	8.862	14.23		1	1000	0.43
2-硝基苯胺	8.979	17.82	0.996	10	1000	1.33
1,4-二硝基苯	9.143	12.76	0.996	10	1000	8.63
邻苯二甲酸二甲酯	9.216	18.60		1	1000	0.60
1,3-二硝基苯	9.14	18.88	0.991	10	1000	6.97
2,6-二硝基甲苯	9.281	19.86	0.997	5	1000	2.06
苊烯	9.374	11.73		1	1000	0.37
3-硝基苯胺	9.484	18.30	0.995	10	1000	2.89
苊	9.592	9.44	0.991	1	1000	2.61
2,4-二硝基酚	9.617	7.79	0.995	10	1000	11.53
4-硝基酚	9.689	14.01	0.998	10	1000	4.39
2,4-二硝基甲苯	9.778	14.84	0.999	10	1000	4.30
二苯并呋喃	9.805	9.94		1	1000	0.38
2,3,5,6-四氯酚	9.904	16.86		5	1000	2.37
2,3,4,6-四氯酚	9.958	17.72	0.997	5	1000	1.74
邻苯二甲酸二乙酯	10.093	15.97		1	1000	0.67
4-氯苯基苯醚	10.234	7.21		1	1000	0.57
芴	10.23	14.54		1	1000	0.37
4-硝基苯胺	10.234	18.81	0.993	10	1000	2.33
4,6-二硝基-2-甲基酚	10.283	19.99	0.996	10	1000	7.99
N-亚硝基二苯胺	10.376	18.03		1	1000	0.53
二苯胺	10.376	18.03		1	1000	0.53
二苯胼	10.429	14.83		10	1000	3.39
2,4,6-三溴酚	10.524	18.55	0.997	5	1000	4.15
4-溴苯基苯醚	10.839	15.84		1	1000	0.74
六氯苯	10.922	12.99		1	1000	0.96
五氯酚	11.159	16.75	0.997	5	1000	1.14
菲	11.421	13.06		1	1000	0.18
蒽	11.484	15.30		1	1000	0.92
咔唑	11.68	14.68		1	1000	0.52
邻苯二甲酸二正丁酯	12.131	15.80		5	1000	0.25
荧蒽	12.9	10.80		1	1000	0.26
联苯胺	13.062	19.24	0.998	10	1000	1.43
芘	13.18	10.13		1	1000	0.54
邻二苯基苯-D14	13.377	13.45		1	1000	0.62
邻苯二甲酸丁苄酯	14.012	15.67		5	1000	0.76
己二酸二(2-乙基己)酯	14.129	18.95	0.994	10	1000	1.15
3,3-二氯联苯胺	14.769	17.70	0.996	10	1000	1.76
苯并[a]蒽	14.805	11.61		1	1000	0.38
邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯	14.875	19.67		5	1000	0.58
屈	14.861	8.91		1	1000	0.34
邻苯二甲酸二正辛酯	16	18.78	0.998	5	1000	0.49
苯并[b]荧蒽	16.691	11.15		1	1000	0.41

表 II：(接上页)

化合物	保留时间 (min)	校准曲线 %RSE	R ²	低点(ppb)	高点 (ppb)	IDL (pg)
苯并[k]荧蒽	16.746	13.09		1	1000	0.50
苯并[a]芘	17.338	12.32		1	1000	0.24
二苯并[A,J]丫啶	19.26	19.92		1	1000	0.60
印苯并[1,2,3-cd]芘	19.754	15.17		1	1000	0.71
二苯并[a,h]蒽	19.813	13.06		1	1000	0.56
苯并[g,h,i]芘	20.339	10.79		1	1000	0.50

结论

本研究证实，RMX-5Sil MS 色谱柱非常适用于采用 GC-MS/MS 进行痕量水平（个位数 ppb）半挥发性化合物的分析。总体而言，该色谱柱对多种不同化学性质的化合物（包括酸性、碱性及中性化合物）均表现出优异的惰性特征，并获得了极佳的线性校准性能。即使在低浓度条件下——此时活性化合物通常极难分析——其色谱峰形与对称性仍能保持良好。近乎所有化合物（98%）的仪器检测限（IDL）均达到或低于单皮克级；校准范围覆盖 1、5 或 10 ppb 至 1000 ppb；且所有校准曲线的相对标准误差（%RSE）均不超过 20%。

参考文献

- 美国环境保护署 (U.S. Environmental Protection Agency)，方法 8270E：《采用气相色谱/质谱法测定半挥发性有机化合物》，2018 年 6 月。
- 美国环境保护署 (U.S. Environmental Protection Agency)，方法 3511 (SW-846)：《采用微萃取法测定水中有机化合物》，2014 年 7 月。

相关产品

RMX-5Sil MS GC 毛细柱

货号	产品名	规格
17323	RMX-5Sil MS GC 毛细柱, 30 m, 0.25 mm ID, 0.25 μm	1个



Topaz 单锥形衬管

货号	产品名	规格
23336	Topaz, 单锥形衬管, 3.5 mm x 5.0 x 95, 适用于岛津 Shimadzu 17A, 2010, 2014, 及 2030 GC气相色谱仪, 底部填装石英棉, 超惰	1个



需要协助选型报价，或了解更多信息？

欢迎联系我们！

