

气相色谱-质谱联用法同时测定工作场所空气中 44 种挥发性有机物

钟艳琴, 贺春霞, 伍盼盼, 周亮

郴州市疾病预防控制中心, 湖南 郴州 423000

摘要: **目的** 建立了一种同时测定工作场所空气中 44 种挥发性有机物的溶剂解吸-气相色谱质谱联用法。 **方法** 采用溶剂解吸型活性炭管对工作场所的空气采样, 二硫化碳解吸后经 HP-VOC 石英毛细管色谱柱 (60 m×0.20 mm×1.12 μm) 分离, 质谱检测器检测, 标准曲线法定量。 **结果** 被测组分线性相关系数均大于 0.99, 检出限在 0.10~0.95 μg/ml 之间, 相对标准偏差小于 9.80%, 平均解析率为 61.23%~118.50%。应用该方法对 33 份样品进行分析, 结果分别检出 19 种挥发性有机物, 含量在 0.10~604.43 mg/m³ 之间, 其中超出职业接触限值的有苯乙烯 (62.32~114.54 mg/m³)、甲苯 (50.11~604.43 mg/m³) 和二甲苯 (79.61 mg/m³ 和 91.55 mg/m³) 三种有机物; 并对 5 种原料进行定性识别, 两种结果相符。 **结论** 该方法具有较高的灵敏度和精密性, 各项指标均满足工作场所空气中 44 种挥发性有机物分析的要求。

关键词: 工作场所; 挥发性有机物; 气相色谱-质谱联用法; 物料

中图分类号: R134.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-3110(2023)03-0300-06 DOI: 10.3969/j.issn.1006-3110.2023.03.011

Simultaneous determination of 44 volatile organic compounds in workplace air by gas chromatography-mass spectrometer

ZHONG Yan-qin, HE Chun-xia, WU Pan-pan, ZHOU Liang

Chenzhou Municipal Center for Disease Control and Prevention, Chenzhou, Hunan 423000, China

Corresponding author: ZHOU Liang, E-mail: 453613802@qq.com

Abstract: **Objective** To establish a method for simultaneous determination of 44 volatile organic compounds in the air of workplace by solvent desorption-gas chromatography/mass spectrometer. **Methods** The solvent desorption activated carbon tube was used for sampling the target analyte. After desorption with carbon disulfide, the desorbed solution was injected into the gas chromatography, separated by HP-VOC capillary column, and detected by MS detector. The external standard method was used for quantitation. **Results** The correlative coefficients of the target analyte were greater than 0.99, and the detection limits between 0.10 μg/ml and 0.95 μg/ml. The relative standard deviations were lower than 9.80%, and the average desorption efficiencies ranged from 61.23% to 118.50%. The method established was used to analyze 33 samples, and 19 kinds of volatile organic compounds were detected, with the concentration ranging from 0.10 mg/m³ to 604.43 mg/m³. Styren (62.32~114.54 mg/m³), toluene (50.11~604.43 mg/m³) and xylene (79.61 mg/m³ and 91.55 mg/m³) were above the occupational exposure limits. Five kinds of raw materials were identified qualitatively, and the two results were consistent. **Conclusion** This method is highly sensitive and precise, and the indexes meet the requirements specified in the limits of 44 volatile organic compounds in workplace air.

Keywords: workplace air; volatile organic compound; gas chromatography-mass spectrometer; material

挥发性有机溶剂广泛出现在家装、印刷、电子、化工等行业中, 通常具有一定的毒性, 主要通过呼吸道和皮肤进入人体^[1-3]。在密闭车间内长期接触这些挥发性有机物, 对工人可造成较大程度的职业危害^[4]。近

年来, 由其引起的急性、慢性职业中毒事件时有发生^[5-8]。因此, 对工作场所空气中挥发性有机物的定期监测是十分重要和迫切的。

目前, 关于挥发性有机物的报道多集中在单一类别上^[1,9-10], 职业卫生标准也报道了 37 种挥发性有机物的测定方法^[11], 但同时测定 44 种挥发性有机物的方法报道较少。本研究建立了一种气质联用法测定空气中 44 种挥发性有机物, 并用选定的方法对这些车间中的原料进行定性识别, 结果表明该方法适用于空

基金项目: 湖南省卫生健康委科研计划项目 (20201731)

作者简介: 钟艳琴, 女 (1990-), 硕士, 检验师, 研究方向: 卫生理化检验方法应用研究, 主要从事有机毒物检测工作。

通信作者: 周亮, E-mail: 453613802@qq.com。

气中 44 种挥发性有机物的分析,可为工人健康风险评估提供有力的数据支持。

1 材料与方法

1.1 仪器 7890B-5977A 气相色谱-质谱联用仪(配有 EI 离子源和自动进样器,美国 Agilent 公司); AUW120 分析天平(日本 Shimadzu 公司); Gilian - Airplus 低流量采样泵(5~500 ml/min,美国 Sensidyne 公司); Gilian 皂膜流量计(美国 Sensidyne 公司);活性炭管为溶剂解吸型(100 mg/50 mg,北京华瑞博远科技发展有限公司)。

1.2 试剂 丙酮(色谱纯,美国 TEDIA 公司);二氯甲烷(色谱纯,美国 TEDIA 公司);乙酸乙酯(色谱纯,国药沃凯公司);其他 41 种有机毒物标准品均为有证标准物质(北京坛墨质检公司);二硫化碳(色谱纯,国药沃凯公司)。

1.3 标准储备液与标准溶液系列的配制 用分析天平准确称量适量的各标准品于 10.0 ml 容量瓶中,用二硫化碳定容至刻度,配成相应的标准储备液,临用前用二硫化碳倍比稀释成不同浓度的标准溶液系列。

1.4 样品采集 现场采样按照《工作场所空气中有毒物质监测的采样规范》执行^[12]。在两个印刷厂和一个家具厂人员工作位置(印刷、点胶、喷漆、油膜和刷胶)设置采样点,于工作时间在采样点打开活性炭采样管两端,以 100 ml/min 的流量采集空气样品 15 min。空白对照:将活性炭采样管带至现场,除不采集空气外,其余操作与样品相同。每个采样点平行 3 次。采样后立即封闭活性炭管两端,于清洁容器中运输,4 ℃ 冰箱中保存。

1.5 测定方法

1.5.1 色谱-质谱条件 色谱条件—色谱柱: HP-VOC 石英毛细管色谱柱(60 m×0.20 mm×1.12 μm, 美国 Agilent 公司);载气:氦气(纯度大于 99.99%),恒流 1.0 ml/min;进样口温度:270 ℃;升温程序:初始温度 35 ℃,保持 5 min,以 6 ℃/min 升至 150 ℃,保持 4 min,再以 20 ℃/min 升至 235 ℃,保持 6 min;进样模式:分流进样,分流比 10:1;进样体积:1.0 μl;溶剂延迟:2.0 min。质谱条件—四极杆温度 150 ℃;离子源温度 230 ℃;传输线温度 270 ℃。以保留时间和特征离子定性,选择离子监测模式(selected ion monitoring, SIM)定量。

1.5.2 样品处理 将采样后的活性炭管割开,将前、后端活性炭分别倒入 1.5 ml 的溶剂解吸瓶中,加 1.0 ml 二硫化碳,振摇 1 min,解吸 30 min 后测定。

2 结果

2.1 质谱条件的选择 分别配制各标准溶液 81.7~676.5 μg/ml,用全扫描模式下扫描,质量范围为 30~500 amu,确定各待测组分的出峰时间和特征碎片离子,选择保留时间和 2 个以上的特征离子作为定性参数,信号响应较强和特异性较高的离子作为定量参数,各化合物的定性和定量参数见表 1。

表 1 44 种挥发性有机物的保留时间、特征离子和定量离子

序号	化合物	保留时间(min)	特征离子(m/z)	定量离子(m/z)
1	甲酸甲酯	6.48	31,32,60	60
2	异戊烷	7.45	41,42,43,57	43
3	正戊烷	8.28	41,42,43,57	43
4	丙酮	8.40	43,58	43
5	异丙醇	8.40	45,43,41,59	45
6	乙酸甲酯	9.81	43,59,74	43
7	二氯甲烷	10.04	49,84,86,89	84
8	甲基叔丁基醚	11.14	41,43,57,73	73
9	反-1,2-二氯乙烯	11.20	61,96,98	96
10	2-溴丙烷	11.96	41,43,122,124	43
11	正己烷	12.18	41,43,56,57	57
12	2-丁酮	12.60	43,72,57	43
13	顺-1,2-二氯乙烯	13.13	61,96,98	96
14	乙酸乙酯	13.58	43,61,70	43
15	三氯甲烷	13.69	83,85,47	83
16	四氢呋喃	14.02	42,43,71,72	42
17	三氯乙烷	14.72	61,97,99,117	97
18	正丁醇	15.10	41,43,56	56
19	环己烷	15.23	41,56,84,69	84
20	四氯化碳	15.27	82,117,119,121	117
21	苯	15.40	77,78,117	78
22	正庚烷	15.46	43,57,71,100	43
23	丙烯酸乙酯	16.40	55,73,99	55
24	三氯乙烯	16.75	95,97,130,132	130
25	1,2-二氯丙烷	17.00	62,63,76	63
26	甲基环己烷	17.12	55,83,98	83
27	甲基异丁基醚	17.86	43,58,85,100	43
28	甲苯	18.53	91,92,65	91
29	正辛烷	19.80	43,57,85	43
30	2-己酮	20.40	43,58,100	43
31	1,3-二氯丙烷	20.63	41,76,78	76
32	乙酸丁酯	21.10	43,56,73	43
33	四氯乙烯	21.40	129,131,164,166	166
34	氯苯	23.05	77,112,114	112
35	乙苯	23.36	91,106	91
36	对(间)二甲苯	23.6	91,106	91
37	正壬烷	23.93	43,57,71,85	57
38	苯乙烯	24.48	78,103,104	104
39	邻二甲苯	24.57	91,106	91
40	环己酮	24.80	44,55,69,98	55
41	苯甲醚	25.46	65,78,108	108
42	异丙苯	25.61	77,105,120	105
43	1,2,4-三甲苯	28.53	105,120	105
44	1,2,3-三甲苯	29.72	105,120	105

2.2 色谱条件的选择 比较了 HP-VOC(60 m×0.20 mm×1.12 μm)、HP-VOC(30 m×0.20 mm×1.12 μm)和 HP-5(30 m×0.20 mm×0.25 μm)三种色谱柱对分离的影响,试验了不同的程序升温、进样口温度和分流比等参数对 44 种挥发性有机物分离的影响,

在后两根色谱柱上乙酸甲酯和二氯甲烷,四氯化碳、苯和正庚烷,对二甲苯和间二甲苯,苯乙烯和邻二甲苯完全重合;HP-VOC(60 m×0.20 mm×1.12 μm)色谱柱能使这44种有机物得到很好的分离,且溶剂峰二硫化碳不影响定量,因此选择HP-VOC(60 m×0.20 mm×1.12 μm)为分析柱。44种挥发性有机物总离子流图见图1,出峰顺序见表1。

2.3 方法的检出限和定量限 将各浓度标准溶液按照上述选定条件分别进样分析,以定量离子的峰面积对浓度绘制标准曲线。3倍信噪比为检出限,最低定量浓度都以采集1.5 L空气样品计。结果表明,44种化合物具有良好的线性,相关系数为在0.99以上,检

出限为0.10~0.95 μg/ml,最低定量浓度为0.22~2.11 mg/m³。职业接触限值见《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素》^[13],见表2。

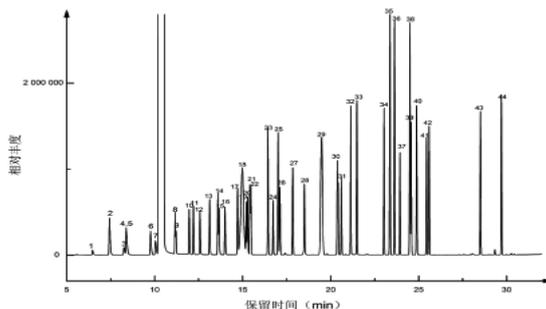


图1 44种挥发性有机物的总离子流图

表2 44种挥发性有机物的相关系数、线性范围、检出限及最低定量浓度

化合物	回归方程	相关系数	线性范围(μg/ml)	检出限(μg/ml)	最低定量浓度(mg/m ³)	职业接触限值(mg/m ³)
甲酸甲酯	y=271.74x	0.9965	0.5~204.3	0.40	0.89	-
异戊烷	y=1 607.67x	0.9973	1.3~521.9	0.34	0.76	PC-TWA 500(全部异构体)
正戊烷	y=583.09x	0.9980	1.3~521.9	0.50	1.11	-
丙酮	y=1 382.18x	0.9985	1.6~657.0	0.75	1.67	PC-TWA 300
异丙醇	y=2 506.74x	0.9991	1.6~654.9	0.75	1.67	PC-TWA 350
乙酸甲酯	y=2 285.08x	0.9986	1.9~767.0	0.10	0.22	PC-TWA 200
二氯甲烷	y=571x	0.9975	2.8~1 104.6	0.42	0.93	PC-TWA 200
甲基叔丁基醚	y=2 708.54x	0.9984	1.5~616.9	0.10	0.22	PC-TWA 180
反-1,2-二氯乙烯	y=381.76x	0.9972	2.6~1 047.5	0.95	2.11	PC-TWA 800(全部异构体)
2-溴丙烷	y=274.35x	0.9974	2.7~1 083.8	0.75	1.67	PC-TWA 21
正己烷	y=1 730.56x	0.9981	1.4~549.4	0.50	1.11	PC-TWA 100
2-丁酮	y=925.90x	0.9984	1.7~671.1	0.80	1.78	PC-TWA 300
顺-1,2-二氯乙烯	y=1 150.88x	0.9976	2.7~1 070.5	0.63	1.39	PC-TWA 800(全部异构体)
乙酸乙酯	y=1 201.60x	0.9992	1.9~752.0	0.60	1.33	PC-TWA 200
三氯甲烷	y=1 812.21x	0.9974	3.1~1 237.2	0.65	1.44	PC-TWA 20
四氢呋喃	y=821.31x	0.9978	1.9~742.0	0.40	0.89	PC-TWA 300
三氯乙烷	y=1 690.37x	0.9967	3.0~1 201.4	0.75	1.67	PC-TWA 900
正丁醇	y=1 556.35x	0.9969	1.7~675.3	0.63	1.39	PC-TWA 100
环己烷	y=1 693.71x	0.9985	1.6~649.4	0.30	0.67	PC-TWA 250
四氯化碳	y=1 628.34x	0.9968	3.3~1 328.9	0.75	1.67	PC-TWA 15
苯	y=3 725.29x	0.9983	1.8~728.7	0.20	0.44	PC-TWA 6
正庚烷	y=2 408.07x	0.9990	1.4~570.2	0.20	0.67	PC-TWA 500
丙烯酸乙酯	y=2 327x	0.9986	1.9~767.8	0.50	1.11	-
三氯乙烯	y=1 643.71x	0.9978	3.0~1 219.7	0.30	0.67	PC-TWA 30
1,2-二氯丙烷	y=1 091.08x	0.9989	2.4~963.8	0.75	1.67	PC-TWA 350
甲基环己烷	y=2 618.50x	0.9983	1.6~641.9	0.40	0.89	-
甲基异丁基酮	y=1 138.64x	0.9988	1.7~667.8	0.50	1.11	-
甲苯	y=3 120.37x	0.9982	1.8~722.0	0.60	1.33	PC-TWA 50
正辛烷	y=1 825.68x	0.9972	1.5~586.1	0.30	0.67	PC-TWA 500
2-己酮	y=1 524.65x	0.9990	1.7~677.0	0.25	0.56	PC-TWA 20
1,3-二氯丙烷	y=2 066.60x	0.9984	2.5~992.1	0.25	0.56	PC-TWA 350
乙酸丁酯	y=4 188.40x	0.9980	1.8~733.7	0.30	0.67	PC-TWA 200
四氯乙烯	y=1 722.48x	0.9977	3.4~1 353.1	0.28	0.62	PC-TWA 20
氯苯	y=4 148.81x	0.9983	2.3~922.1	0.24	0.53	PC-TWA 50
乙苯	y=9 958.54x	0.9958	1.8~722.8	0.10	0.22	PC-TWA 100
对(间)二甲苯	y=7 865.99x	0.9971	1.8~717.8	0.20	0.44	PC-TWA 50(全部异构体)
正壬烷	y=2 120.37x	0.9989	1.5~600.3	0.25	0.56	PC-TWA 500
苯乙烯	y=3 344.22x	0.9982	1.9~755.3	0.32	0.71	PC-TWA 50
邻二甲苯	y=4 643.56x	0.9983	1.8~732.8	0.20	0.44	PC-TWA 50(全部异构体)
环己酮	y=3 033.02x	0.9988	2.0~789.5	0.25	0.56	PC-TWA 50
苯甲醛	y=3 181.34x	0.9983	2.1~829.5	0.20	0.44	-
异丙苯	y=5 910.03x	0.9981	1.8~720.3	0.12	0.27	-
1,2,4-三甲苯	y=6 093.58x	0.9977	1.8~730.3	0.42	0.93	-
1,2,3-三甲苯	y=5 452.10x	0.9975	1.9~745.3	0.40	0.89	-

注:“-”表示时间加权平均容许浓度(permissible concentration-time weighted average,PC-TWA)未公示。

2.4 方法的准确度和精密度 取 12 支空白活性炭管,分别加入(低、中、高)三种不同的混合标准溶液,平行三份,混匀,静置过夜,剩余三管做空白对照,加 1.0 ml 二硫化碳,振摇 1 min,解吸 30 min 后测定,用来评价方法的准确度和精密度。解析率在 61.23%~118.50%之间,相对标准偏差在 1.92%~9.80%范围内,见表 3。

表 3 44 种挥发性有机物的解析率和精密度($n=3$)

化合物	加标量 ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	测得量 ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	解析率 (%)	相对标准偏差 (%)
甲酸甲酯	1.2	0.9	71.01	9.01
	13.1	11.9	90.98	8.01
	375.3	363.3	96.80	1.92
异戊烷	2.1	1.7	81.66	3.17
	22.3	20.4	91.86	5.89
	499.2	328.6	65.81	3.68
正戊烷	2.5	1.9	77.22	4.48
	25.6	20.4	79.64	3.84
	503.4	337.6	67.07	3.49
丙酮	1.2	1.0	80.61	5.38
	26.7	17.8	66.57	9.52
	495.8	336.8	67.93	3.73
异丙醇	1.3	0.8	64.67	2.75
	15.1	13.6	90.30	3.46
	403.2	268.5	66.60	3.44
乙酸甲酯	2.7	2.1	78.54	2.53
	34.0	32.8	96.43	5.87
	757.2	509.7	67.31	4.35
二氯甲烷	10.2	6.9	67.84	3.57
	46.8	53.6	114.47	6.30
	1 071.3	696.6	65.02	4.54
甲基叔丁基醚	3.8	2.4	64.12	4.44
	33.1	38.6	116.92	7.56
	623.5	450.1	72.19	5.44
反-1,2-二氯乙烯	4.9	3.4	69.30	6.39
	49.9	56.3	112.86	7.58
	1 023.1	671.0	65.58	5.68
2-溴丙烷	4.5	3.4	75.56	5.18
	58.2	67.8	116.41	8.25
	1 097.1	743.1	67.73	6.01
正己烷	4.2	2.7	64.69	5.49
	32.8	37.9	115.48	6.81
	556.1	420.5	75.61	5.99
2-丁酮	2.4	1.7	69.84	3.28
	35.0	34.7	99.07	7.78
	668.4	446.7	66.84	5.54
顺-1,2-二氯乙烯	5.7	3.7	64.83	4.84
	51.0	63.2	107.44	8.97
	1 078.2	735.8	68.24	5.86
乙酸乙酯	1.2	1.2	99.22	6.70
	40.1	25.5	63.66	9.07
	578.2	370.4	64.06	5.55
三氯甲烷	7.7	5.0	65.03	5.93
	73.8	82.1	111.13	9.80
	1 230.5	863.8	70.20	5.99
四氢呋喃	3.2	2.3	72.58	5.66
	41.3	43.2	104.56	5.28
	732.7	521.0	71.11	6.38
三氯乙烷	7.4	4.7	63.67	6.06
	73.5	79.7	108.38	8.04
	1 172.0	835.1	71.25	6.21
正丁醇	1.4	0.9	61.98	5.02
	29.8	20.0	67.19	8.98
	438.8	308.3	70.26	5.89
环己烷	5.4	3.6	66.43	7.04
	46.4	54.4	117.08	7.67
	686.4	546.0	79.54	6.46
四氯化碳	7.6	5.4	70.63	6.85
	86.2	98.6	114.41	8.01
	1 317.9	926.6	70.31	6.33
苯	5.9	3.8	64.29	6.34
	46.6	48.8	104.70	5.04
	740.6	564.8	76.26	6.19

续表 3

化合物	加标量 ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	测得量 ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	解析率 (%)	相对标准偏差 (%)
正庚烷	4.4	3.0	68.62	5.67
	41.5	48.4	116.84	6.59
	596.8	490.9	82.26	5.88
丙烯酸乙酯	4.4	2.7	62.17	6.28
	49.7	52.7	106.04	8.43
	770.6	584.8	75.89	6.19
三氯乙烯	8.6	5.5	63.84	6.54
	71.4	81.29	113.90	9.09
	1 252.8	900.3	71.86	6.10
1,2-二氯丙烷	7.6	5.0	65.04	6.67
	66.6	78.9	118.50	7.31
	985.0	785.1	79.71	6.13
甲基环己烷	4.6	3.1	67.22	6.03
	53.1	53.7	101.18	8.40
	642.1	514.4	80.11	6.09
甲基异丁基酮	4.3	2.8	65.68	6.71
	46.6	50.2	107.86	9.06
	664.2	523.0	78.74	6.17
甲苯	7.1	4.56	64.29	5.75
	55.6	58.2	104.70	9.19
	884.2	674.3	76.26	6.97
正辛烷	4.8	3.0	62.45	5.18
	57.4	52.4	91.16	6.31
	652.4	530.4	81.30	6.31
2-己酮	4.3	2.8	64.79	5.62
	51.4	54.8	106.62	2.53
	689.4	541.0	78.47	6.17
1,3-二氯丙烷	8.3	5.1	61.23	6.23
	89.2	73.1	81.99	8.05
	1 009.3	795.3	78.79	6.12
乙酸丁酯	7.3	4.5	61.25	6.12
	69.8	74.9	107.28	7.03
	808.6	681.7	84.32	5.48
四氯乙烯	10.6	6.6	62.56	6.10
	87.6	101.59	115.91	9.34
	1 411.3	1 044.2	73.98	5.95
氯苯	6.2	4.5	73.36	5.51
	66.4	71.67	107.92	8.00
	976.6	733.2	75.08	6.37
乙苯	7.4	4.8	65.24	5.35
	67.3	75.34	111.94	8.99
	813.1	677.8	83.36	5.51
对(间)二甲苯	5.4	4.4	81.45	5.76
	84.2	78.1	92.76	7.44
	807.9	651.7	80.66	6.16
正壬烷	5.5	3.6	64.86	5.52
	50.1	54.74	109.27	7.88
	633.8	553.6	87.35	6.84
苯乙烯	4.6	3.0	65.35	4.49
	60.0	62.8	104.68	8.08
	819.9	608.0	74.15	6.91
邻二甲苯	5.2	3.9	75.47	5.43
	76.3	69.5	91.08	7.66
	782.0	605.0	77.37	7.06
环己酮	4.8	3.3	69.08	5.98
	70.6	59.8	84.65	6.49
	846.2	627.5	74.16	6.69
苯甲醚	4.2	3.9	90.75	5.71
	59.2	67.4	113.85	7.58
	862.3	653.9	75.84	7.56
异丙苯	5.3	3.9	74.00	5.68
	74.1	67.6	91.28	8.54
	775.1	635.7	82.02	7.38
1,2,4-三甲苯	4.6	3.4	72.78	6.24
	51.1	56.1	109.67	9.53
	785.3	605.1	77.05	8.42
1,2,3-三甲苯	4.8	3.4	70.89	6.37
	74.2	65.7	88.56	8.99
	816.7	609.1	74.59	8.57

2.5 实际样品分析 用《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》(GBZ 159-2004)^[12]法对两个印刷厂和一个家具厂的不同工种(印刷、点胶、喷漆、油膜和刷胶)设置采样点并平行三份采集空气样,用选定

好的气质方法进行分析,在33份样品中共检出19种有机毒物[1,2,4-三甲苯、苯、苯乙烯、丙酮、对(间)二甲苯、二氯甲烷、环己酮、环己烷、甲苯、甲基叔丁基醚、邻二甲苯、四氯乙烯、四氢呋喃、乙苯、乙酸丁酯、乙酸甲酯、乙酸乙酯、异丙醇和正辛烷],含量在0.10~604.43 mg/m³之间,其中超出职业接触限值的有苯乙烯

(PC-TWA 50)、甲苯(PC-TWA 50)和二甲苯(PC-TWA 50),结合物料分析结果、现场职业卫生调查以及相关工艺流程情况,检测结果与该类工作场所空气中挥发性有机物实际情况相符合,证明本方法能够满足工作场所空气中44种常见挥发性有机物现场监测的要求,见表4。

表4 33种样品中19种挥发性有机物的检测结果(mg/m³)

样品名称	1,2,4-三甲苯	苯	苯乙烯	丙酮	对(间)二甲苯	二氯甲烷	环己酮	环己烷	甲苯	甲基叔丁基醚	邻二甲苯	四氯乙烯	四氢呋喃	乙苯	乙酸丁酯	乙酸甲酯	乙酸乙酯	异丙醇	正辛烷
印刷1	-	-	3.80	53.22	0.64	0.81	-	-	65.49	0.70	0.33	0.17	-	0.28	0.29	9.55	7.06	5.18	-
印刷2	-	0.65	15.89	31.54	3.05	1.33	-	0.97	604.43	4.15	1.52	0.29	0.47	1.31	0.94	27.73	16.77	15.71	0.48
印刷3	-	0.38	29.92	30.34	4.24	1.42	-	0.26	220.49	0.75	1.98	0.31	0.83	1.83	1.44	45.84	23.41	27.03	0.53
印刷4	-	0.31	16.60	27.89	2.68	1.35	-	0.25	209.51	0.75	1.27	0.25	0.62	1.19	1.05	42.07	18.71	24.00	0.37
印刷5	-	0.20	62.43	25.79	6.36	1.17	-	-	96.70	0.18	2.78	-	0.54	2.42	1.61	39.10	17.38	21.32	0.60
印刷6	-	0.19	97.18	20.00	9.34	0.97	-	-	85.17	0.12	4.20	-	0.61	3.50	2.22	37.82	18.26	18.80	0.82
印刷7	-	0.15	46.63	20.82	4.57	0.93	-	-	58.12	0.11	1.98	-	0.43	1.76	1.22	36.82	14.98	19.24	0.44
印刷8	-	0.19	62.65	24.88	6.16	1.11	-	-	62.92	0.11	2.74	-	0.53	2.34	1.57	38.63	16.94	21.18	0.57
点胶1	-	0.26	19.40	31.39	2.56	1.37	-	-	63.69	0.13	1.13	0.28	0.75	1.17	1.25	48.99	23.90	28.81	0.37
点胶2	-	0.18	8.54	29.75	1.26	1.28	-	-	38.05	0.13	0.59	-	0.43	0.57	0.57	38.03	14.80	21.58	0.13
点胶3	-	0.20	13.11	30.53	1.83	1.44	-	-	38.17	0.09	0.84	-	0.70	0.84	0.81	60.76	20.74	36.89	0.26
点胶4	-	0.20	13.91	28.85	1.94	1.33	-	-	40.13	0.08	0.89	0.27	0.53	0.88	0.93	36.99	17.80	21.41	0.30
点胶5	-	0.12	2.39	27.48	0.43	1.03	-	-	14.82	0.06	0.20	0.19	-	0.22	0.30	21.17	10.21	11.86	-
点胶6	-	0.10	0.74	25.50	0.14	0.97	-	-	5.93	0.07	0.15	-	-	0.05	0.11	2.73	5.90	1.36	-
点胶7	-	0.22	77.15	26.67	7.54	1.17	-	-	70.69	0.10	3.41	-	0.57	2.84	1.90	41.83	19.47	22.62	0.69
点胶8	-	0.14	73.32	21.46	6.59	0.89	-	-	52.48	0.06	2.87	-	0.46	2.48	1.61	35.78	15.51	18.95	0.60
点胶9	-	0.17	114.54	21.85	9.99	0.96	-	-	78.55	0.09	4.34	-	0.56	3.62	2.12	37.86	17.89	21.33	0.82
点胶10	-	0.16	62.32	22.60	6.04	0.91	-	-	52.02	0.07	2.72	-	0.51	2.30	1.63	35.29	16.88	18.87	0.59
喷漆1	-	0.28	37.77	33.81	42.53	1.65	6.93	-	87.57	0.08	49.02	-	1.18	12.45	22.78	52.90	41.43	34.94	0.59
喷漆2	-	0.25	35.58	24.82	37.49	1.46	5.18	-	79.03	0.07	42.12	-	0.93	11.07	20.11	49.41	33.61	30.24	0.56
喷漆3	5.36	0.28	38.79	26.61	6.72	1.35	0.17	-	74.39	0.07	3.96	-	0.91	2.71	3.30	55.06	25.56	33.74	0.62
喷漆4	0.29	0.25	35.13	24.87	7.86	1.26	0.24	-	70.12	0.08	5.29	-	0.82	2.98	4.07	50.18	24.27	30.60	0.56
油膜1	0.41	0.20	30.79	4.43	8.62	1.07	0.36	-	58.54	0.08	6.73	-	0.70	3.04	4.79	57.47	20.66	29.98	0.45
油膜2	0.54	0.33	49.32	8.07	12.27	1.22	0.50	-	87.27	0.09	9.39	-	0.81	4.36	6.14	58.11	23.15	30.61	0.68
油膜3	-	0.18	9.64	28.17	1.77	1.21	-	-	27.70	0.04	1.09	-	0.36	0.74	0.86	31.99	12.75	19.98	0.19
油膜4	-	0.19	25.24	23.29	3.50	1.18	-	-	47.90	-	1.76	-	0.68	1.47	1.61	49.00	20.31	29.82	0.41
刷胶1	-	0.12	13.93	4.24	1.69	0.11	-	-	27.85	-	0.72	-	0.30	0.73	0.66	32.57	10.65	16.30	0.20
刷胶2	-	0.21	27.03	21.28	4.34	2.85	0.12	-	50.11	0.08	2.52	-	0.61	1.73	1.97	43.92	18.90	27.25	0.40
刷胶3	-	0.18	28.23	18.56	3.62	1.01	-	-	44.32	-	2.01	-	0.55	1.60	1.59	39.63	16.62	23.86	0.40
刷胶4	-	0.15	22.87	19.18	2.89	0.95	-	-	35.38	-	1.43	-	0.50	1.21	1.12	40.09	15.13	23.61	0.30
刷胶5	-	0.19	38.06	19.57	4.36	0.77	-	-	46.98	-	1.96	-	0.55	1.80	1.49	31.94	15.94	21.05	0.49
刷胶6	-	0.12	46.80	18.91	4.02	0.72	-	-	29.47	0.05	1.83	-	0.09	1.42	0.81	23.65	10.42	12.69	0.31
刷胶7	6.37	0.17	113.25	19.04	9.29	0.84	-	-	61.28	0.06	4.08	-	0.47	3.29	1.80	33.42	15.72	17.80	0.69

注:“-”表示未检出。

3 原料分析

选取这三个企业的相应物料(油墨、热熔胶、亮点漆、原子粉和乳白胶)于顶空瓶中,40℃水浴中平衡30 min,抽取顶空瓶上端的气体用气质定性分析,在这

些物料中识别出苯乙烯、苯、1,2,4-三甲苯、丙酮、对(间)二甲苯、甲苯、乙苯、乙酸甲酯、丙酮、四氯乙烯、乙酸丁酯、乙酸乙酯、乙酸甲酯、异丙醇、1,2-二氯乙烷、环己酮、辛烷、二氯甲烷、环己烷、甲基叔丁基醚、邻

健康素养、授权能力对初诊 2 型糖尿病患者自我管理能力的研究

赵倩, 张锦娟, 高洋院, 王丹

空军军医大学第一附属医院, 陕西 西安 710032

摘要: **目的** 探索健康素养、授权能力对初诊 2 型糖尿病患者自我管理能力的研究, 为开展糖尿病人的自我管理干预提供理论依据。**方法** 采用方便抽样的方法, 运用自拟问卷、慢性病患者健康素养量表、糖尿病授权中文简化量表、中文版糖尿病自我管理量表对 687 名初诊 2 型糖尿病患者进行调查。采用多元线性回归模型分析健康素养、授权能力对初诊 2 型糖尿病患者自我管理能力的研究, 并采用 Bootstrap 法对健康素养、授权能力及自我管理能力的中介效应进行检验。**结果** 初诊 2 型糖尿病患者健康素养得分为 (69.93±23.30) 分, 授权能力得分为 (3.02±0.96) 分, 自我管理得分为 (24.34±12.40) 分。健康素养、授权能力和自我管理得分三个变量, 两两之间呈正相关。多元线性回归结果显示, 健康素养、授权能力与婚姻状况是自我管理能力的研究因素。授权能力在健康素养对自我管理的影响中发挥着部分中介效应的作用, 中介效应占比 10.51%。**结论** 在糖尿病患者的健康管理工作中, 应重视提高初诊 2 型糖尿病患者的健康素养, 授权能力和自我管理能力的研究。

关键词: 糖尿病; 健康素养; 授权能力; 自我管理

中图分类号: R587.1 文献标识码: A 文章编号: 1006-3110(2023)03-0305-05 DOI: 10.3969/j.issn.1006-3110.2023.03.012

Effects of health literacy and empowerment capacity on self-management ability of patients with newly-diagnosed type 2 diabetes mellitus

ZHAO Qian, ZHANG Jin-juan, GE Yang-yuan, WANG Dan

The First Affiliated Hospital of Air Force Military Medical University, Xi'an, Shaanxi 710032, China

作者简介: 赵倩 (1990-), 女, 陕西咸阳人, 本科, 护师, 研究方向: 胰岛素注射并发症脂肪增生的预防。

通信作者: 张锦娟, E-mail: zjj15384541397@126.com。

二甲苯、四氢呋喃, 结果表明印刷厂和家具店工作环境中挥发性有机物来自于这些工厂所用到的物料。

4 结 论

建立了一种气相色谱-质谱联用法快速筛查工作场所中 44 种挥发性有机物的方法。该方法简单、快速、结果可靠, 可用于突发空气污染事件中挥发性有机污染物的快速筛查。

参 考 文 献

[1] 蔡曦, 韩小江, 曾凡夫, 等. 毛细管柱-气相色谱法测定工作场所空气中 11 种挥发性有机污染物 [J]. 中国卫生检验杂志, 2022, 32(1): 32-35.

[2] 香映平, 周伟, 杨光涛, 等. 2017 年深圳市印刷行业有机溶剂组分分析与评价 [J]. 实用预防医学, 2019, 26(7): 815-819.

[3] 陈浩, 林艳发, 钟学情. 2011-2013 年深圳市龙岗区工作场所有机溶剂成分检测分析 [J]. 实用预防医学, 2015, 22(4): 474-476.

[4] 朱海豹, 钱亚玲, 唐红芳, 等. 工作场所空气中 19 种挥发性有机物的溶剂解吸-气相色谱测定法 [J]. 中国卫生检验杂志, 2014, 24(18): 2592-2595.

[5] 李旭东, 瞿红鹰, 胡世杰, 等. 广东省职业性化学中毒流行特征和发病趋势 [J]. 中国职业医学, 2018, 45(4): 436-442.

[6] 周蜜, 刘杰, 孔玉林, 等. 475 例中毒住院患者临床分析 [J]. 中国工业医学杂志, 2017, 30(2): 109-110.

[7] 吴智敏, 黄蕾, 王多多. 一起单纯性窒息性气体中毒致死事件的调查 [J]. 实用预防医学, 2022, 29(10): 1258-1259.

[8] 于玲家, 菅向东, 王文君, 等. 一起职业性三氯乙烯爆炸中毒事故的调查 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2017, 35(11): 863-864.

[9] 王敏, 陈振龙. 气相色谱法同时测定工作场所空气中的 11 种卤代烃类化合物 [J]. 现代预防医学, 2018, 45(18): 3297-3300.

[10] 陈国通, 王爱霞, 曹续, 等. 气相色谱法同时测定工作场所空气中 11 种有毒物质 [J]. 现代预防医学, 2020, 47(18): 3399-3402.

[11] 国家卫生和计划生育委员会. 工作场所空气有毒物质测定第 59 部分: 挥发性有机化合物: GBZ/T 300.59-2017 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2017: 1-8.

[12] 中华人民共和国卫生部. 工作场所空气中有害物质监测的采样规范: GBZ 159-2004 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2004: 6-7.

[13] 国家卫生健康委员会. 工作场所所有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素: GBZ 2.1-2019 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2019: 4-28.

收稿日期: 2022-03-05