

## 实验技术与方法

## 一起甲醇中毒事件的实验室检验与分析

兰红军,吴雪梅,冯耀基,黎少映,陈振明,李鹏宾

(佛山市南海区疾病预防控制中心,佛山 南海 528200)

**摘要:**目的 建立顶空-气相色谱及气相色谱质谱测定应急事件中尿液、血液及酒中甲醇的检测方法,并使用建立的方法对本次中毒事件的样品进行实验室检测与分析,明确中毒原因,为预防此类中毒事件的实验室检测重点提供方法和借鉴。方法 吸取适量样品加入至 20 mL 顶空瓶中,经 70 °C 平衡 15 min,毛细管柱 DB-FFAP 分离,采用气相色谱法(氢火焰离子检测器)进行定量检测;毛细管柱 DB-5MS 分离,气相色谱-质谱联用法(全扫描模式)进行定性检测。结果 甲醇在 1.58~506.88  $\mu\text{g/mL}$  范围内线性良好,相关系数  $r$  为 0.999 6,以  $S/N$  为 3 计算检出限,以  $S/N$  为 10 计算定量限,尿液和酒中甲醇检出限和定量限分别为 0.53、1.58  $\mu\text{g/mL}$ ,血液中甲醇检出限和定量限分别为 2.64、7.92  $\mu\text{g/mL}$ ,尿液和酒中甲醇相对标准偏差( $RSD$ )分别为 1.6%~2.3% ( $n=7$ )和 3.7%~6.7% ( $n=7$ ),血液中甲醇  $RSD$  为 2.8~3.0% ( $n=7$ )。尿液、酒和血液中三水平加标回收率分别为 98.4%~111.0%、83.1%~86.0% 和 91.9%~98.9% ( $n=7$ )。病例血样中甲醇浓度为 788.0  $\mu\text{g/mL}$ ,尿液中甲醇浓度为 66.4  $\mu\text{g/mL}$ ,住所不明液体中甲醇浓度为 542 000.0  $\mu\text{g/mL}$ ,剩余自制酒中甲醇浓度为 71 225.0  $\mu\text{g/mL}$ ,病例血液中甲醇含量高于尿液,周边商店散装酒中甲醇浓度均低于国标限值。结论 本实验室建立的甲醇检测方法具有快速、高灵敏等特点,能够迅速对甲醇中毒事件各类样品中的甲醇进行定性定量测定,本起中毒事件由甲醇引起。

**关键词:** 甲醇; 中毒事件; 实验室检验分析

中图分类号: R155 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2025)08-0729-06

DOI: 10.13590/j.cjfh.2025.08.006

## Laboratory detection and analysis of a methanol poisoning event

LAN Hongjun, WU Xuemei, FENG Yaoji, LI Shaoying, CHEN Zhenming, LI Pengbin

(Nanhai District Center for Disease Control and Prevention, Foshan Nanhai 528200, China)

**Abstract: Objective** To establish a method for determining methanol in urine, blood and wine during emergency scenarios using headspace gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry. This method was applied to samples obtained from a poisoning incident to identify the source of intoxication; thereby providing a validated analytical approach for laboratory detection to support the prevention of similar incidents. **Methods** The appropriate amount of samples was added into a 20 mL headspace vial, equilibrated at 70 °C for 15 min, separated by capillary column DB-FFAP, quantitatively detected by gas chromatography (hydrogen flame ionization detector; and separated by capillary column DB-5MS, qualitatively detected by gas chromatography-mass spectrometry. **Results** The methanol showed good linearity in the range of 1.58-506.88  $\mu\text{g/mL}$ , the correlation coefficient  $r$  was 0.999 6, the detection limit was calculated with  $S/N$  as 3, and the quantitative limit was calculated with  $S/N$  as 10. The detection limit and quantitative limit of methanol in urine and wine were 0.53 and 1.58  $\mu\text{g/mL}$ , the detection limit and quantitative limit of methanol in the blood were 2.64 and 7.92  $\mu\text{g/mL}$ , and the relative standard deviation ( $RSD$ ) of methanol in urine and wine were 1.6%-2.3% ( $n=7$ ) and 3.7%-6.7% ( $n=7$ ), the  $RSD$  of methanol in the blood is 2.8%-3.0% ( $n=7$ ). The recoveries of three levels of spiking in urine, alcohol and blood were 98.4%-111.0%, 83.1%-86.0% and 91.9%-98.9% ( $n=7$ ). The concentration of methanol in the blood was 788.0  $\mu\text{g/mL}$ , the concentration of methanol in the urine was 66.4  $\mu\text{g/mL}$ , the concentration of methanol in the liquid of unknown residence was 542 000.0  $\mu\text{g/mL}$ , and the concentration of methanol in the remaining self-made wine was 71 225.0  $\mu\text{g/mL}$ . The blood methanol content of the patient was higher than the urine. The concentration of methanol in bulk wine in surrounding shops was lower than the national standard limit. **Conclusion** The methanol

收稿日期: 2025-02-24

基金项目: 佛山市医学类科技攻关项目(2320001007330、2320001007334)

作者简介: 兰红军 男 副主任技师 研究方向为卫生检验 E-mail: 359820312@qq.com

通信作者: 李鹏宾 男 主任医师 研究方向为食品安全与职业卫生监测 E-mail: lpb19@163.com

detection method established in our laboratory has the characteristics of rapid and high sensitivity, and can be used for the qualitatively and quantitatively determination of methanol in various samples of methanol poisoning event, this poisoning event was caused by methanol.

**Key words:** Methanol; poisoning event; laboratory detection and analysis

甲醇为无色易挥发的液体, 气味微甜。工业上, 甲醇广泛用作油墨、树脂、黏合剂和染料的溶剂及医药日用化妆品行业, 因而职业性急性甲醇中毒较为常见<sup>[1-2]</sup>。另一方面, 甲醇气味类似乙醇, 因而被误食导致中毒事件亦时有发生<sup>[3-5]</sup>。人对甲醇中毒特别敏感, 会导致严重视力损害、失明、急性心肌梗死, 甚至导致死亡, 其最小致死量为 0.3~1 g/kg<sup>[6-10]</sup>。近年来, 甲醇中毒事件处理报道中, 更多偏向于流行病学调查方面。关于甲醇中毒的实验室检验方法包括样品的前处理过程等少有详细提及。由于急性甲醇中毒事件中, 实际采集样品种类多样、基质复杂, 实验室检验方法的准确性和检验结果的及时性尤其需要重点关注。2023 年 4 月 18 日 23 时, 南海区疾病预防控制中心接报一起疑似甲醇中毒事件, 病例出现昏迷、瞳孔散大、肢体抽搐、病情危重。检验中心对采集的患者血液、尿液、住所不明液体、剩余自制酒中均检出不同浓度甲醇。本文将重点从实验室检验方法的建立与中毒样品检测结果分析的角度探讨此次中毒事件, 为以后类似甲醇事件提供实验室检验依据及方法, 现报告如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 流行病学资料

男性, 独居, 其家属口述病例有长期饮酒史, 早上和晚上均有饮酒习惯, 每次饮酒约 100~150 mL。病例于 4 月 17 日早上上班后出现身体不适, 后请假回家, 当天下午约 15 时, 由其同事送至卫生院就诊, 出现意识障碍、口吐白沫, 病例昏迷、呼之不应、瞳孔散大、肢体抽搐、出现缺血性脑水肿、右眼视网膜散在出血、黄斑反光模糊、病情危重。通过查阅附近医院接诊记录, 结合电话调查等开展病例搜索, 未发现其他类似病例。调查显示, 病例住所为出租屋, 总体卫生环境差。于病例住所发现一瓶不明液体, 一瓶自制枣杞酒。根据病例家属口述病例日常两处买酒地点, 于店铺中, 发现与病例家中同批次枣杞酒 5 瓶, 但与病例家中自制枣杞酒颜色与气味不一致; 于市场粮油水店中发现在售 10 种散装白酒。采集病例血液 1 份, 尿液 1 份, 病例住所不明液体 1 瓶, 病例家中未喝完的剩余自制酒

1 瓶, 病例家附近商店枣杞酒 2 份, 市场粮油水店散装酒 10 份运送至南海区疾控中心进行检测。

#### 1.1.2 主要仪器与试剂

气相色谱-质谱联用仪(QP-2020NX, 日本岛津公司), 气相色谱仪(7890B, 美国安捷伦公司), 多功能自动进样器(ComBi-PAL, 瑞士思特斯公司), ELGA 超纯水机(英国 ELGA 公司), Multi Reax 旋涡震荡仪(德国 IKA 公司), 甲醇( $\geq 99.9\%$ , BePure 公司), 乙醇( $\geq 99.7\%$ , 广州化学试剂厂)。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 仪器条件

顶空条件: 平衡时间 15 min、平衡温度 70 °C、加热槽震荡速度 300 r/min、气相循环时间 15.0 min、顶空针加热保护套 70 °C;

定量色谱条件: DB-FFAP 色谱柱(30 m $\times$ 0.32 mm, 1.0  $\mu$ m); 检测器: 氢火焰离子化检测器(FID); 进样口温度 200 °C; 进样方式: 分流进样, 分流比 5:1, 进样量 600  $\mu$ L; 载气为高纯氮气( $>99.999\%$ ), 柱流量 2.0 mL/min; 升温程序: 60 °C 保持 4 min, 以 50 °C/min 的速率升温至 150 °C 保持 0.2 min。

定性色谱条件: DB-5MS 色谱柱(60 m $\times$ 0.25 mm, 3.0  $\mu$ m); 进样口温度 200 °C; 进样方式: 分流进样, 分流比 5:1, 进样量 600  $\mu$ L; 载气为高纯氮气( $>99.999\%$ ), 柱流量 1.0 mL/min; 升温程序: 40 °C 保持 2 min, 以 10 °C/min 的速率升温至 120 °C。仪器后运行: 温度 150 °C, 时间 1 min。

定性质谱条件: 电子轰击源(EI 源), 离子源温度 200 °C, 电离能量 70 eV; 传输线温度 280 °C; 溶剂延迟 5.5 min; 检测方式: 全扫描(SCAN)模式。扫描范围(m/z)10~200 amu。

#### 1.2.2 标准系列配制

准确移取甲醇标准溶液 100.0  $\mu$ L, 以水做稀释剂, 定容于 50 mL 容量瓶中, 制得甲醇标准使用液。分别移取标准使用液 5.0、10.0、100.0、400.0、800.0、1 600.0  $\mu$ L 于 20 mL 顶空瓶中, 以超纯水定容至 5.0 mL。旋涡 30 s(2 000 r/min), 置于顶空进样盘待分析。

#### 1.2.3 样品测定

尿液及酒类: 移取 5 mL 样品于 20 mL 顶空瓶中, 旋涡 30 s(2 000 r/min), 置于顶空进样盘待测定。

血液: 旋涡 30 s(2 000 r/min)混匀全血后, 移取

1 mL 样品于 20 mL 顶空瓶中,以超纯水准确定容至 5.0 mL,再次旋涡混匀 30 s(2 000 r/min),置于顶空进样盘待分析。

2 结果

2.1 平衡时间及温度的选择

顶空法的原理是利用目标物在两相中达到气液平衡,准确移取一定量的气体进入分析仪器测定,其关键影响因素是平衡温度和平衡时间。根据甲醇的沸点为 64.7℃,为提高应急事件中样品的检验效率,本试验选择平衡温度 70℃,平衡时间 15 min 作为顶空条件,本条件下甲醇在两相中的分配快速达到平衡,并在仪器上显示出良好的响应峰面积和重复性。

2.2 标准曲线及检出限

按照 1.2 方法测定标准系列,以甲醇质量浓度

为横坐标,甲醇峰面积为纵坐标绘制相应的标准曲线,外标法定量。甲醇在 1.58~506.88 μg/mL 范围内线性良好。标准曲线拟合线性方程为  $y=0.6483x$ ,相关系数  $r=0.9996$ 。以 3 倍信噪比、10 倍信噪比计算方法的检出限和定量限,尿液和酒中甲醇检出限和定量限分别为 0.53、1.58 μg/mL,血液中甲醇检出限和定量限分别为 2.64、7.92 μg/mL。

2.3 精密度及回收率试验

分别向血液、尿液、酒(参照 GB 5009.266—2016《食品安全国家标准 食品中甲醇的测定》配制乙醇浓度为 40%)中各加入低、中、高 3 个浓度水平的标准溶液,每个浓度平行 7 次加标试验,以测试本方法的准确度及精密度。结果见表 1,加标回收率为 83.1%~111.0%,相对标准偏差(Relative standard deviation, RSD)为 1.6%~6.7%,方法的准确度高,精密度良好。

表1 不同样品中回收率和精密度试验结果(n=7)

Table 1 Results of recovery and precision in different samples (n=7)

样品类别	加标组别	本底值/(μg/mL)	加标值/(μg/mL)	测定值/(μg/mL)	回收率/%	RSD/%
血液	低浓度	ND	15.84	14.56	91.9	3.0
	中浓度	ND	158.40	148.54	93.8	2.9
	高浓度	ND	1584.00	1565.40	98.8	2.8
尿液	低浓度	ND	3.17	3.52	111.0	1.6
	中浓度	ND	31.68	31.17	98.4	2.3
	高浓度	ND	316.80	319.01	100.7	2.0
酒	低浓度	ND	3.17	2.64	83.3	3.7
	中浓度	ND	31.68	26.34	83.1	6.7
	高浓度	ND	316.80	272.46	86.0	6.6

注:ND为未检出

2.4 样品气相定量结果

本次事件中病例血液、尿液、住所不明液体、剩余枣杞酒中均检出甲醇,其中住所不明液体中检出甲醇含量最高,浓度为 542 000.0 μg/mL;剩余枣杞酒次之,浓度为 71 225.0 μg/mL。病例血液中检出甲醇质量浓度为 788.0 μg/mL(24.625 mmol/L),显著高于参考正常值(<0.0156 mmol/L)<sup>[11]</sup>,病例尿液中甲醇浓度为 66.4 μg/mL。病例住所周边商店 2 份枣杞酒中未检出甲醇,周边市场粮油水店 10 份散装酒中 3 份检出甲醇,浓度为 8.7~13.2 μg/mL,均未超过 GB 2757—2012 国家标准限值 2.0 g/L(按 100% 酒精度折算)<sup>[12]</sup>。病例血样、病例尿样、自制酒定量气相色谱图见图 1。

2.5 样品质谱定性结果

使用气相色谱质谱联用仪对本次事件中检出甲醇的病例血样、病例尿样、剩余自制酒、住所不明液体做 SCAN 扫描,NIST20s 数据库进行数据定性分析,甲醇特征碎片离子为 32、31、29。结果显示 4 份样品均呈阳性,4 份样品的总离子流图见图 2,其中一份阳性样品的质谱图见图 3。

3 讨论

甲醇易溶于水和有机溶剂,可经皮肤、呼吸道和消化道吸收,在体内有明显的蓄积作用,进入体内先转化为甲醛,再生成甲酸,最终氧化为二氧化碳和水。甲醇及其代谢产物(甲醛、甲酸)主要作用于神经系统,表现出明显的麻醉作用,甲酸结合细胞色素氧化酶中铁元素,从而抑制细胞内氧化过程,使体内乳酸等积累,导致有机酸中毒、体内血液循环紊乱和辅酶系统障碍,进而引起细胞缺氧,出现神经系统损害<sup>[11,13-14]</sup>。

目前,生物样中甲醇的测定主要使用气相色谱和气相色谱-质谱联用仪。赵东玲等<sup>[15]</sup>建立了顶空气相色谱法测定全血中甲醇。黄志刚<sup>[16]</sup>建立了顶空气相色谱-质谱法测定血液检材中甲醇。VAN 等<sup>[17]</sup>建立了便携式呼气检测仪法筛查甲醇中毒。LEE 等<sup>[18]</sup>建立了柱前衍生-固相微萃取-气相色谱质谱法测定生物样品中甲醇。针对中毒事件中采集样品的多样性,基质的复杂性,顶空法是一种简单高效的前处理方法,能够有效应对甲醇中毒事件中各类样品。因此,本实验室选择顶空法作为前处理方法,建立的方法适用于测定血液、尿液、配制

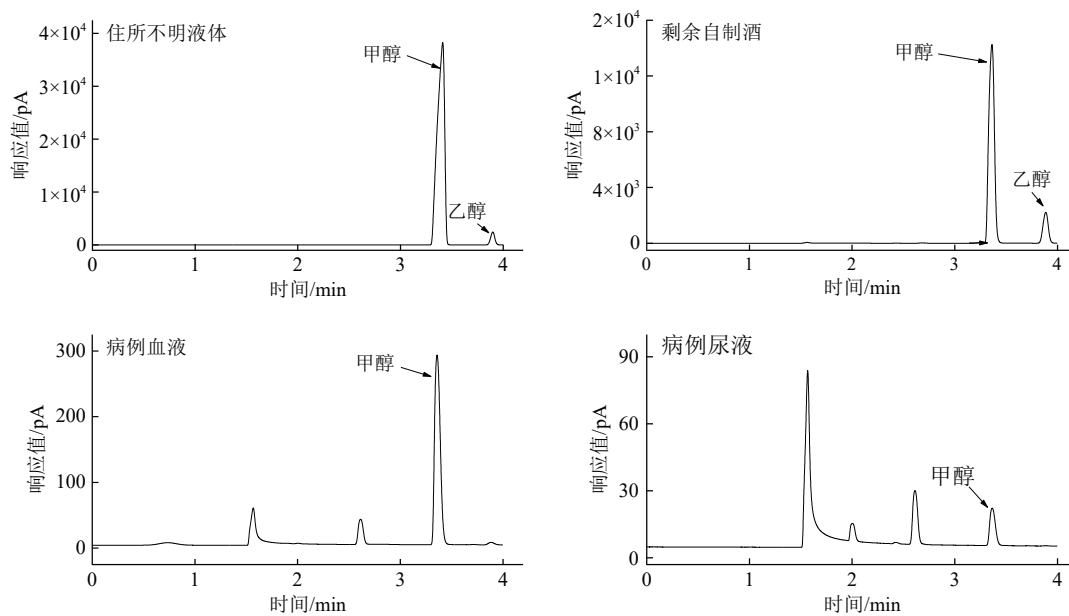


图1 本次中毒事件阳性样品的色谱图

Figure 1 Chromatogram of the positive samples of this poisoning event

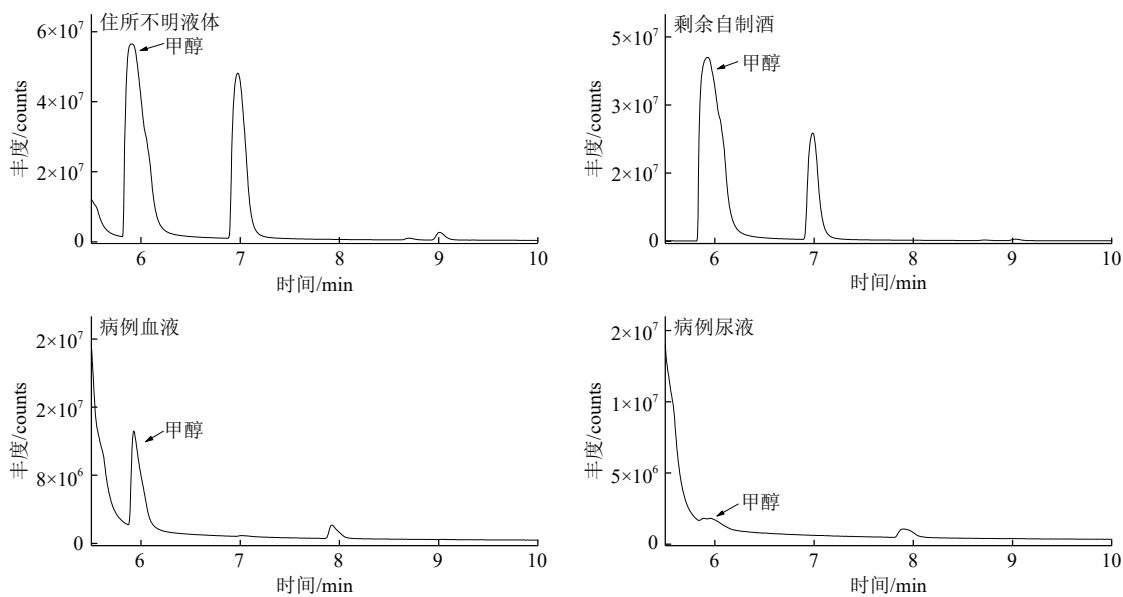


图2 本次中毒事件阳性样品的总离子流图

Figure 2 Total ion chromatogram of the positive samples of this poisoning event

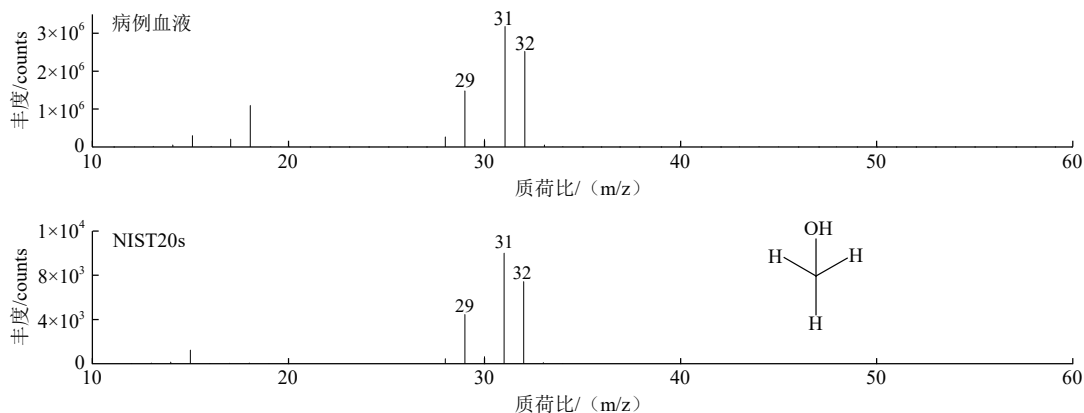


图3 本次中毒事件阳性样品的质谱图及NIST20s中甲醇的质谱图

Figure 3 Mass spectrometry of the positive samples of this poisoning event and mass spectrogram of methanol in NIST20s spectral library



酒等样品中的甲醇和乙醇。平衡温度和平衡时间是顶空法的关键参数,显著影响检测方法的灵敏度和准确性。平衡温度过高会导致顶空瓶中气相部分中水气含量过高;平衡时间太短会导致气相部分中甲醇含量偏低,从而导致方法灵敏度降低。因此,本方法选择平衡温度 70 ℃,平衡时间 15 min。本实验室建立的检测方法尿液和酒中甲醇检出限和定量限分别 0.53、1.58  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ,血液中甲醇检出限和定量限分别为 2.64、7.92  $\mu\text{g}/\text{mL}$  均低于国标 GB/T 42430—2023 方法(血液、尿液中甲醇检出限为 0.05 mg/mL,定量限为 0.10 mg/mL),能够快速准确地实现血液、尿液及配制酒等样品中甲醇测定。

既往甲醇中毒事件研究中,生物检材多为病例血样,病例尿样较少受到关注,健康人群尿中甲醇的参考值亦少有报道。鉴于此,本实验室采集了多份正常人尿,并进行顶空分析。结果表明,健康人群尿中甲醇浓度为<1.0~8.8  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。本病例尿液中甲醇含量检出浓度为 66.4  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ,显著高于参考健康人群尿中甲醇含量。病例血中甲醇浓度达 788.0  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ,显著高于健康人群血中参考值(<0.015 6 mmol/L),剩余自制酒中甲醇含量为 71.2 g/L,显著高于国标限值 2.0 g/L,为国家标准值的 35.6 倍。结合现场调查、病例临床表现与实验室检测结果,确认此次事件是一起由误食甲醇导致的急性中毒事件,给以后类似甲醇中毒事件实验室的检测与分析提供了参考。

误食甲醇导致的急性中毒事件常常涉及假酒,因此在处理此类事件时,建议对病例生物样品中甲醇和乙醇同时进行检测,以便对中毒事件进行后续调查分析提供充分的依据。一般情况下,急性中毒事件的实验室检测应遵循先定性再定量的原则,但是目标物若为甲醇等小分子有机毒物,采用全扫描模式时,因其在质谱上的响应值偏低,所以推荐优先使用气相色谱 FID 检测器先定量检测,再对检出甲醇的样品使用质谱仪进行定性确认。建议实验室分析仪器应时刻处于待机分析状态,以便能够迅速应对各种应急突发事件。本次事件中,尽管相关部门进行了详细调查,然而遗憾的是并未能明确此次导致中毒的病例家中甲醇的来源。因甲醇在工业上的广泛应用,很容易获取甲醇,导致各种假酒、自制酒甲醇中毒事件时有发生。建议相关监管部门应该加强对甲醇的管理,加强宣传教育和对自制药酒的监督检查,避免以后发生类似的甲醇中毒事件。

## 参考文献

[1] 任彦霖,陆春花,毛叶挺,等. 2 例职业性急性甲醇中毒报道

[J]. 职业卫生与病伤, 2023, 38(6): 387-390.

REN Y L, LU C H, MAO Y T, et al. Two cases of occupational acute methanol poisoning [J]. Journal of Occupational Health and Injury, 2023, 38(6): 387-390.

[2] 王淑玉,陈浩,傅绍周,等. 一起职业性急性甲醇和乙酸甲酯混合中毒事故调查[J]. 中国工业医学杂志, 2023, 36(1): 93-94.

WANG S Y, CHEN H, FU S Z, et al. Investigation of a mixed occupational acute methanol and methyl acetate poisoning incident [J]. Chinese Journal of Industrial Medicine, 2023, 36(1): 93-94.

[3] 李亚,赵伟,宋玉倩,等. 自泡中药酒甲醇超标导致中毒性视神经病变 2 例并文献复习[J]. 中国医药科学, 2023, 13(14): 183-186.

LI Y, ZHAO W, SONG Y Q, et al. Toxic optic neuropathy caused by methanol exceeding standard in self-brewed herbal wine: Two case reports and literature review [J]. China Medicine and Pharmacy, 2023, 13(14): 183-186.

[4] 王善雨,尹红,王盛书,等. 一起自泡药酒甲醇超标引发中毒失明事件的现场调查分析[J]. 解放军预防医学杂志, 2016, 34(4): 541-543.

WANG S Y, YIN H, WANG S S, et al. Field investigation and analysis of blindness caused by methanol exceeding standard in self-brewed medicinal wine [J]. Journal of Preventive Medicine of Chinese People's Liberation Army, 2016, 34(4): 541-543.

[5] 李钦艳,刘光敏. 一起自制白酒引起甲醇食物中毒的调查报告[J]. 西藏科技, 2015(6): 47.

LI Q Y, LIU G M. Investigation report on methanol food poisoning caused by homemade liquor [J]. Xizang Science and Technology, 2015(6): 47.

[6] 鲁婷,占梦军,范飞,等. 甲醇中毒后视力损害法医学损伤程度鉴定 2 例[J]. 刑事技术, 2024, 49(5): 537-542.

LU T, ZHAN M J, FAN F, et al. Forensic identification of visual impairment caused by methanol poisoning: Two cases [J]. Forensic Science and Technology, 2024, 49(5): 537-542.

[7] 刘勇,张忠庆,谭力. 急性甲醇中毒死亡法医学鉴定一例[J]. 医学与法学, 2022, 14(6): 92-95.

LIU Y, ZHANG Z Q, TAN L. Forensic identification of a fatal case of acute methanol poisoning [J]. Medicine and Jurisprudence, 2022, 14(6): 92-95.

[8] 田永超,孙睿甜,张学敏,等. 1 例临床表现为急性心肌梗死的甲醇中毒诊断分析[J]. 山东医药, 2022, 62(6): 59-62.

TIAN Y C, SUN R T, ZHANG X M, et al. Diagnostic analysis of methanol poisoning with clinical manifestations mimicking acute myocardial infarction: A case report [J]. Shandong Medical Journal, 2022, 62(6): 59-62.

[9] 严文广,任立品,邹鹰,等. 甲醇中毒死亡医疗损害鉴定 3 例[J]. 中国司法鉴定, 2020(3): 97-100.

YAN W G, REN L P, ZOU Y, et al. Medical malpractice identification in three cases of methanol poisoning deaths [J]. Chinese Journal of Forensic Sciences, 2020(3): 97-100.

[10] JONES A W. Clinical and forensic toxicology of methanol [J]. Forensic Science Review, 2021, 33(2): 117-143.

[11] 任引津,张寿林,倪为民,等. 实用急性中毒全书[M]. 人民卫生出版社, 2003.

- REN Y J, ZHANG S L, NI W M, et al. Practical Manual of Acute Poisoning[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2003.
- [12] 王家祺, 孟镇, 郑森, 等. GB 2757—2012《食品安全国家标准蒸馏酒及其配制酒》跟踪评价及分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2022, 34(3): 586-592.
- WANG J Q, MENG Z, ZHENG M, et al. Tracking evaluation and analysis of GB 2757—2012 "National Food Safety Standard for Distilled Liquor and Blended Liquor"[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2022, 34(3): 586-592.
- [13] 陈捷敏, 王立新, 夏文涛. 甲醇中毒机制的研究进展[J]. 法医学杂志, 2010, 26(4): 294-296.
- CHEN J M, WANG L X, XIA W T. Research progress on the mechanism of methanol poisoning[J]. Journal of Forensic Medicine, 2010, 26(4): 294-296.
- [14] NEKOUKAR Z, ZAKARIAEI Z, TAGHIZADEH F, et al. Methanol poisoning as a new world challenge: A review [J]. Annals of medicine and surgery, 2021, 66: 102445.
- [15] 赵东玲, 王粉安, 郑海波, 等. 顶空气相色谱法快速测定全血中乙醇与甲醇的含量[J]. 中国药业, 2013, 22(20): 53-54.
- ZHAO D L, WANG F A, ZHENG H B, et al. Rapid determination of ethanol and methanol in whole blood by headspace gas chromatography [J]. China Pharmaceuticals, 2013, 22(20): 53-54.
- [16] 黄志刚. 甲醇中毒案件中血液检材的检验[J]. 法制博览, 2017(4): 133, 132.
- HUANG Z G. Detection of blood samples in methanol poisoning cases[J]. Legality Vision, 2017(4): 132-133.
- [17] VAN DEN BROEK J, BISCHOF D, DERRON N, et al. Screening methanol poisoning with a portable breath detector [J]. Analytical Chemistry, 2020, 93(2): 1170-1178.
- [18] LEE J B, JEONG Y A, AHN D J, et al. SPME-GC/MS analysis of methanol in biospecimen by derivatization with pyran compound [J]. Molecules, 2019, 25(1): 41.

(上接第728页)

- 刘弘(上海市疾病预防控制中心)
- 刘长青(河北省疾病预防控制中心)
- 刘成伟(江西省疾病预防控制中心)
- 刘兆平(国家食品安全风险评估中心)
- 刘守钦(济南市疾病预防控制中心)
- 刘烈刚(华中科技大学公共卫生学院)
- 刘爱东(国家食品安全风险评估中心)
- 孙长颢(哈尔滨医科大学)
- 李 宁(国家食品安全风险评估中心)
- 李 黎(中华预防医学会)
- 李凤琴(国家食品安全风险评估中心)
- 李业鹏(国家食品安全风险评估中心)
- 李国梁(陕西科技大学食品与生物工程学院)
- 李静娜(武汉市疾病预防控制中心)
- 杨 方(福州海关技术中心)
- 杨 钧(青海省卫生健康委员会卫生监督所)
- 杨大进(国家食品安全风险评估中心)
- 杨小蓉(四川省疾病预防控制中心)
- 杨杏芬(南方医科大学公共卫生学院)
- 肖 荣(首都医科大学公共卫生学院)
- 吴永宁(国家食品安全风险评估中心)
- 何更生(复旦大学公共卫生学院)
- 何来英(国家食品安全风险评估中心)
- 何洁仪(广州市疾病预防控制中心)
- 姜毓君(东北农业大学食品学院)
- 聂俊雄(常德市疾病预防控制中心)
- 贾旭东(国家食品安全风险评估中心)
- 徐 娇(国家食品安全风险评估中心)
- 徐海滨(国家食品安全风险评估中心)
- 高志贤(军事科学院军事医学研究院)
- 郭云昌(国家食品安全风险评估中心)
- 郭丽霞(国家食品安全风险评估中心)
- 唐振柱(广西壮族自治区疾病预防控制中心)
- 黄 薇(深圳市疾病预防控制中心)
- 黄锁义(右江民族医学院药学院)
- 常凤启(河北省疾病预防控制中心)
- 崔生辉(中国食品药品检定研究院)
- 章 宇(浙江大学生物工程与食品学院)
- 章荣华(浙江省疾病预防控制中心)
- 梁进军(湖南省疾病预防控制中心)
- 程树军(广州海关技术中心)
- 傅武胜(福建省疾病预防控制中心)
- 谢剑炜(军事科学院军事医学研究院)
- 赖卫华(南昌大学食品学院)
- 裴晓方(四川大学华西公共卫生学院)
- 廖兴广(河南省疾病预防控制中心)
- 熊丽蓓(上海市疾病预防控制中心)
- 樊永祥(国家食品安全风险评估中心)