

广东省职业卫生技术质量控制中心技术指南

GDOHTQC 017-2023

工作场所空气中环氧乙烷、环氧丙烷和环氧氯丙烷的溶剂解吸-气相色谱法

Determination of ethylene oxide, propylene oxide and epichlorohydrin in workplace
air by solvent desorption-gas chromatography

2023-08-22 发布

2023-08-22 实施

广东省职业卫生技术质量控制中心 发布

前 言

本技术指南按照GB/T 1.1—2020给出的规则起草。

本技术指南由广东省职业卫生技术质量控制中心提出并归口。

本技术指南负责制定单位为广东省职业病防治院，参与制定单位有广州市职业病防治院、东莞市职业病防治中心、佛山市职业病防治所、深圳市职业病防治院和惠州市职业病防治院。

本技术指南主要起草人：吴川、何嘉恒、胡嘉雯、丘静静、凌伟洁、王瑞萍、李思燕、蔡小璇、陈冠林、谢玉璇、蔡智威、刘云富、吴邦华、戎伟丰。

工作场所空气中环氧乙烷、环氧丙烷和环氧氯丙烷的 溶剂解吸-气相色谱法

1 范围

本技术指南规定了工作场所空气中环氧乙烷、环氧丙烷和环氧氯丙烷的溶剂解吸-气相色谱法。

本技术指南适用于工作场所空气中蒸气态环氧乙烷、环氧丙烷和环氧氯丙烷浓度的测定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本技术指南的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本技术指南。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本技术指南。

GBZ 159 工作场所空气中有害物质监测的采样规范

3 原理

空气中蒸气态的环氧乙烷、环氧丙烷和环氧氯丙烷用浸渍活性炭管采集，在采集过程中与氢溴酸发生开环反应，生成相应的反应产物2-溴乙醇、1-溴-2-丙醇和1-溴-3-氯-2-丙醇，用二甲基甲酰胺解吸后进样，经气相色谱柱分离，电子捕获检测器检测，以保留时间定性，测定峰面积，由外标标准曲线法进行定量。

4 仪器设备与材料

- 4.1 浸渍活性炭管（椰子壳），溶剂解吸型，内装 100 mg/50 mg 浸渍活性炭。
- 4.2 空气采样器，满足 0.05 L/min~0.2 L/min 的流量。
- 4.3 样品瓶，2 mL，瓶盖垫片内衬为聚四氟乙烯材质。
- 4.4 精密微量注射器，10 μ L~500 μ L。
- 4.5 分析天平，感量 0.01 mg。
- 4.6 气相色谱仪，具电子捕获检测器。

5 试剂

- 5.1 2-溴乙醇(C_2H_5BrO)，色谱纯。
- 5.2 1-溴-2-丙醇(C_3H_7BrO)，色谱纯。
- 5.3 1-溴-3-氯-2-丙醇(C_3H_6BrClO)，色谱纯。
- 5.4 二甲基甲酰胺 (C_3H_7NO)，色谱纯。
- 5.5 标准贮备溶液：容量瓶中加入少量二甲基甲酰胺，准确称量后，分别加入一定量的 2-溴乙醇、1-溴-2-丙醇和 1-溴-3-氯-2-丙醇，再准确称量，用二甲基甲酰胺定容至刻度，由

称量之差计算溶液的浓度。或用精密微量注射器吸取一定量的 2-溴乙醇、1-溴-2-丙醇和 1-溴-3-氯-2-丙醇（25℃时，1 mL 2-溴乙醇、1-溴-2-丙醇和 1-溴-3-氯-2-丙醇的质量分别为 1.763 g、1.53g 和 1.785g），用二甲基甲酰胺定容至刻度。或用国家认可的标准溶液配制。

5.6 标准应用溶液：容量瓶中加入少量二甲基甲酰胺，再准确吸取一定量的 2-溴乙醇、1-溴-2-丙醇和 1-溴-3-氯-2-丙醇标准贮备溶液至容量瓶，用二甲基甲酰胺定容至刻度，配制成浓度分别为 550.00 µg/mL、690.00 µg/mL、265.00 µg/mL 的 2-溴乙醇、1-溴-2-丙醇和 1-溴-3-氯-2-丙醇标准应用溶液。

6 样品的采集、运输和保存

6.1 现场采样按照 GBZ 159 执行。

6.2 样品采集

短时间采样时，用浸渍活性炭管，以 0.2 L/min 流量，采集 15 min 空气样品。长时间采样时，用浸渍活性炭管，以 0.05 L/min 流量，采集 2 h~8 h 空气样品。

6.3 样品空白

打开浸渍活性炭管两端，并立即封闭，然后同样品一起运输、保存和测定。每批次样品不少于 2 个样品空白。

6.4 样品运输和保存

样品采集完毕后，立即封闭浸渍活性炭管两端，与样品空白一起置清洁容器中运输和保存。样品在室温下至少可稳定保存 14d。

7 分析步骤

7.1 仪器操作参考条件

- h) 色谱柱：30 m×0.32 mm×1.0 µm，硝基对苯二甲酸改性的聚乙二醇毛细管色谱柱（FFAP）；
- i) 柱温：60 °C，以 20 °C/min 升温至 200 °C，保持 3.00 min；
- j) 进样口温度：250 °C；
- k) 进样模式：分流模式，分流比 30:1；
- l) 检测器温度：350 °C；
- m) 载气（氮气）流量：2.0 mL/min；
- n) 进样体积：1.0 µL。

7.2 标准系列溶液的配制与测定

取不少于 6 只容量瓶，分别加入少量二甲基甲酰胺，再分别准确吸取一定体积的 2-溴乙醇、1-溴-2-丙醇和 1-溴-3-氯-2-丙醇标准应用溶液至容量瓶，用二甲基甲酰胺定容配制成浓度分别为 0 µg/mL~550.00 µg/mL 的 2-溴乙醇标准系列溶液（相当于环氧乙烷标准系列浓度为 0 µg/mL~194.00 µg/mL）、0 µg/mL~690.00 µg/mL 的 1-溴-2-丙醇标准系列溶液（相当于环氧丙烷标准系列浓度为 0 µg/mL~288.00 µg/mL）、0 µg/mL~265.00 µg/mL 的 1-溴-3-氯-2-丙醇标准系列溶液（相当于环氧氯丙烷标准系列浓度为 0 µg/mL~141.00 µg/mL），标准系列溶液测定范围根据样品溶液中 2-溴乙醇、1-溴-2-丙醇和 1-溴-3-氯-2-丙醇的含量确定。

参照仪器操作条件，将气相色谱仪调节至最佳测定状态，由低浓度到高浓度依次测定标准系列溶液，以测得的峰面积值对相应的 2-溴乙醇、1-溴-2-丙醇和 1-溴-3-氯-2-丙醇浓度（µg/mL）计算回归方程。

7.3 样品处理与测定

将样品的前、后段浸渍活性炭分别倒入样品瓶中，各加入1.00 mL二甲基甲酰胺，封闭后不时振摇，解吸30 min。样品溶液供测定。用测定标准系列的操作条件测定样品和样品空白溶液，以保留时间定性，测得样品峰面积值由回归方程计算出2-溴乙醇、1-溴-2-丙醇和1-溴-3-氯-2-丙醇的浓度（ $\mu\text{g/mL}$ ）。

若样品溶液中2-溴乙醇、1-溴-2-丙醇和1-溴-3-氯-2-丙醇浓度超过标准系列溶液测定范围，可用二甲基甲酰胺稀释后测定，计算时乘以稀释倍数。

8 计算

8.1 按式（1）将样品的采样体积换算成样品的标准采样体积（ V_{20} ）：

$$V_{20} = V \times \frac{293}{273+t} \times \frac{P}{101.3} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

V_{20} ——样品的标准采样体积，单位为升（L）；

V ——样品的采样体积，单位为升（L）；

t ——样品采集时的空气温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

P ——样品采集时的空气大气压，单位为千帕（kPa）。

8.2 按式（2）计算空气中环氧乙烷、环氧丙烷和环氧氯丙烷的浓度：

$$\rho = \frac{\rho_1 v m_1}{D_1 V_{20} m_2} + \frac{\rho_2 v m_1}{D_2 V_{20} m_2} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

ρ ——空气中环氧乙烷、环氧丙烷和环氧氯丙烷的浓度，单位为毫克每立方米（ mg/m^3 ）；

ρ_1, ρ_2 ——测得样品前、后段浸渍活性炭解吸液中2-溴乙醇、1-溴-2-丙醇和1-溴-3-氯-2-丙醇的浓度（减去样品空白），单位为微克每毫升（ $\mu\text{g/mL}$ ）；

v ——样品解吸液的体积，单位为毫升（mL）；

m_1 ——环氧乙烷、环氧丙烷和环氧氯丙烷的摩尔质量（分别为44.05、58.08和92.53），单位为克每摩尔（g/mol）；

m_2 ——2-溴乙醇、1-溴-2-丙醇和1-溴-3-氯-2-丙醇的摩尔质量（分别为124.97、138.99和173.44），单位为克每摩尔（g/mol）；

V_{20} ——标准采样体积，单位为升（L）；

D_1, D_2 ——与样品前、后段浸渍活性炭中2-溴乙醇、1-溴-2-丙醇和1-溴-3-氯-2-丙醇剂量相当的解吸效率。

8.3 空气中的时间加权平均接触浓度（ ρ_{TWA} ）按 GBZ 159 规定计算。

9 说明

9.1 本法的检出限、定量下限、定量测定范围、最低检出浓度和最低定量浓度（均以采集 3.0L 空气样品计）、相对标准偏差、吸附容量（100 mg 浸渍活性炭）、解吸效率和采样效率等方法性能指标见表 1。应测定每批浸渍活性炭管的空白和解吸效率。

表 1 方法性能指标

性能指标	化学物质		
	环氧乙烷	环氧丙烷	环氧氯丙烷
检出限 (µg/mL)	0.04	0.04	0.08
定量下限 (µg/mL)	0.12	0.15	0.27
定量测定范围 (µg/mL)	0.12~194.00	0.15~288.00	0.27~141.00
最低检出浓度 (mg/m ³)	0.02	0.02	0.03
最低定量浓度 (mg/m ³)	0.04	0.05	0.09
相对标准偏差 (%)	1.6~5.5	2.3~4.5	3.7~5.7
吸附容量 (mg)	>0.19	>0.24	>0.12
解吸效率 (%)	93.0~95.8	85.4~90.1	93.8~95.3
采样效率 (%)	98.9~100.0	99.9~100.0	100.0

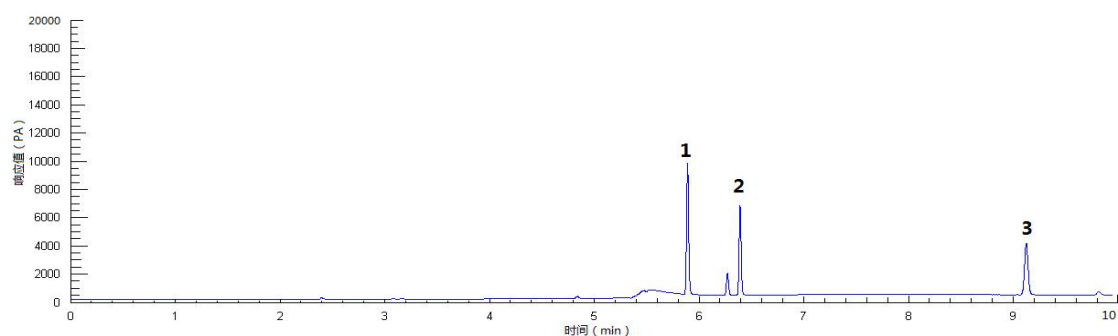
9.2 当测定前段浸渍活性炭中环氧乙烷、环氧丙烷和和环氧氯丙烷含量小于吸附容量时，可不用测定后段浸渍活性炭。

9.3 浸渍活性炭的制备：称取10 g活性炭，置于50 mL烧杯中，用5% (V/V) 氢溴酸-甲醇溶液（临用前配制）浸泡活性炭2 h后，倒去剩余的浸渍溶液，自然干燥后，于350 °C用氮气吹1 h，制备后的浸渍活性炭置于避光干燥处保存，有效期至少5个月。亦可购买符合要求的市售成品浸渍活性炭管。

9.4 实验中使用的试剂和标准物质为易挥发或具有强烈的腐蚀性和刺激性的有毒化学物质，操作过程应在通风柜中进行，并按要求佩戴防护用品，避免吸入呼吸道及接触皮肤和衣物。

9.5 本技术指南也可使用等效的其他气相色谱柱测定，并根据实际情况调整仪器操作参考条件。

9.6 在本技术指南的仪器操作参考条件下，现场空气中可能共存的甲醇、乙醇、丙酮、二氯丙烷、乙烯、丙烯、氯丙烯、苯、甲苯、二甲苯、异丁醇、正丁醇、氯乙醇、氯丙醇、丙烯醇等化学物质均不干扰测定（在本技术指南的仪器操作参考条件下均不出峰）。环氧乙烷、环氧丙烷和和环氧氯丙烷的衍生产物与共存物的色谱分离图见图 1。



说明：

1—1-溴-2-丙醇，5.900 min；

2—2-溴乙醇，6.404 min；

3—1-溴-3-氯-2-丙醇，9.151 min。

图 1 环氧乙烷、环氧丙烷和和环氧氯丙烷的衍生产物与共存物的色谱分离图