

# HJ

## 中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 1223—2021

### 环境空气 挥发性有机物的应急测定 便携式气相色谱-质谱法

Ambient air—Emergency determination of volatile organic compounds—  
Portable gas chromatography-mass spectrometry

本电子版为正式标准文本，由生态环境部环境标准研究所审校排版。

2021-12-16 发布

2022-03-01 实施

生态环境部 发布

## 目 次

前 言 .....	ii
1 适用范围 .....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 方法原理 .....	1
4 试剂和材料 .....	1
5 仪器和设备 .....	2
6 监测前准备 .....	2
7 样品 .....	2
8 分析步骤 .....	2
9 结果计算与表示.....	5
10 准确度 .....	6
11 质量保证和质量控制.....	7
12 废物处置 .....	7
13 注意事项 .....	7
附录 A（规范性附录） 目标化合物方法检出限及测定下限 .....	8
附录 B（资料性附录） 静态稀释法配制标准气体 .....	10
附录 C（资料性附录） 目标化合物的总离子色谱图 .....	11
附录 D（资料性附录） 目标化合物的定量离子、辅助离子 .....	13
附录 E（资料性附录） 方法准确度 .....	15

## 前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国大气污染防治法》，防治生态环境污染，改善生态环境质量，规范环境空气中挥发性有机物的应急测定方法，制定本标准。

本标准规定了测定环境空气中挥发性有机物的便携式气相色谱-质谱法。

本标准的附录 A 为规范性附录，附录 B~附录 E 为资料性附录。

本标准首次发布。

本标准由生态环境部生态环境监测司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国环境监测总站、上海市环境监测中心、中国测试技术研究院。

本标准验证单位：北京市生态环境监测中心、山西省生态环境监测中心、四川省生态环境监测总站、四川省成都生态环境监测中心站、上海市浦东新区环境监测站和浙江省金华生态环境监测中心。

本标准生态环境部 2021 年 12 月 16 日批准。

本标准自 2022 年 3 月 1 日起实施。

本标准由生态环境部解释。



# 环境空气 挥发性有机物的应急测定 便携式气相色谱-质谱法

警告：本方法使用时要注意事故现场及周边环境的危险，做好人员防护。

## 1 适用范围

本标准规定了测定环境空气中挥发性有机物的便携式气相色谱-质谱法。

本标准适用于突发环境事件现场周边环境空气中甲苯等 52 种挥发性有机物的现场应急测定，其他挥发性有机物也可采用本方法进行定性分析和浓度估算。

在全扫描模式下，当进样量为 600 ml、分流比为 50:1，或进样量为 100 ml、不分流时，方法检出限为  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，测定下限为  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，详见附录 A。

## 2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 32210	便携式气相色谱-质谱联用仪技术要求及试验方法
HJ 589	突发环境事件应急监测技术规范
HJ 732	固定污染源废气 挥发性有机物的采样 气袋法

## 3 方法原理

样品直接导入或经吸附管吸附、热脱附后，进入气相色谱分离，用质谱检测器检测。对于 52 种目标化合物，通过与标准物质质谱图和保留时间比较定性，内标法定量；对于 52 种目标化合物以外的物质，通过与标准物质质谱图比较定性，根据其响应值与内标的响应值之比，估算其浓度。

## 4 试剂和材料

4.1 标准气：浓度不低于  $1 \mu\text{mol}/\text{mol}$ ，压力不低于 1.0 MPa，贮存于钢瓶中，可保存 1 年，或参见标准气证书的相关说明。可根据实际工作需要，购买更高浓度的有证标准气体或在有资质单位定制合适的混合标准气体。

4.2 现场标准使用气：在实验室使用气体稀释仪(5.7)将标准气(4.1)用氮气(4.4)稀释至  $10 \text{ nmol}/\text{mol}$ 。现场标准使用气在不锈钢罐(5.6)中可保存 20 d，在气袋(5.2)中可保存 8 h。

注：也可采用静态稀释法（参见附录 B），使用液体标准物质配制。

4.3 内标标准气：组分为 1,3,5-三（三氟甲基）苯（ $100 \mu\text{mol}/\text{mol}$ ）、溴五氟苯（ $50 \mu\text{mol}/\text{mol}$ ）或 4-溴氟苯（ $20 \mu\text{mol}/\text{mol}$ ），贮存于钢瓶中，可保存 1 年，或参见标准气证书的相关说明。在满足方法要求且不干扰目标化合物的前提下，也可采用其它物质作为内标物。

4.4 稀释气：氮气，纯度  $\geq 99.999\%$ 。

4.5 载气：氮气或氦气，纯度  $\geq 99.999\%$ 。

## 5 仪器和设备

- 5.1 真空气体采样箱：由进气管、真空箱、阀门和抽气泵等部分组成，样品经过的管路材质应不与被测组分发生反应。
- 5.2 气袋：材质应符合 HJ 732 相关要求。
- 5.3 便携式气相色谱-质谱仪：具有温度控制功能的气体采样模块、吸附热脱附模块、气相色谱模块（具程序升温功能），以及四极杆或离子阱质谱模块。质谱模块具有 70 eV 电子轰击（EI）离子源，有全扫描/选择离子扫描、自动/手动调谐、谱库检索及定量分析等功能，性能指标应符合 GB/T 32210 要求。所有样品经过的管路和接头均应进行惰性化处理。
- 5.4 毛细管色谱柱：15 m×0.25 mm×1.0 μm 或 10 m×0.1 mm×0.4 μm，固定相为 100%二甲基聚硅氧烷，也可使用其它等效毛细管色谱柱。
- 5.5 内置吸附管：装填 Tenax、Carbopack、硅胶等吸附剂，或者其他等效吸附剂。
- 5.6 不锈钢罐：内壁惰性化处理，耐压值大于 241 kPa。
- 5.7 气体稀释仪：最大稀释倍数至少为 1000 倍，管路均应经过惰性化处理。
- 5.8 一般常用仪器和设备。

## 6 监测前准备

检查便携式气相色谱-质谱仪工作状态，确认携带符合工作需求的现场标准使用气（4.2）、内标标准气（4.3）和载气（4.5）；确认携带蓄电池、真空气体采样箱（5.1）、气袋（5.2）、气体采样模块和个人防护用品等必要的备品备件。

## 7 样品

### 7.1 样品采集

- 7.1.1 点位布设及现场监测要求参照 HJ 589 相关规定执行。
- 7.1.2 根据现场情况选择合适的方法，使用便携式气相色谱-质谱仪（5.3）气体采样模块直接采样；现场条件受限或实际工作需要时，也可使用真空气体采样箱（5.1）采集气袋样品。
- 7.1.3 采样结束后，气袋样品应在避光、常温条件下运输和保存，宜尽快分析。

### 7.2 空白样品的制备

将氮气（4.4）注入预先清洗好的气袋（5.2）。

## 8 分析步骤

### 8.1 仪器参考条件

#### 8.1.1 吸附热脱附参考条件

条件 1：采样探头温度：40 °C；加热管线温度：70 °C；进样流量：100 ml/min；吸附管脱附温度：300 °C；吸附管预脱附时间：0.1 min；吸附管脱附时间：0.5 min；不分流；进样量：5 ml~100 ml。

条件 2: 采样探头温度: 40 °C; 加热管线温度: 70 °C; 进样流量: 100 ml/min; 吸附管脱附温度: 300 °C; 吸附管预脱附时间: 0.1 min; 吸附管脱附时间: 0.5 min; 分流比为 50:1; 进样量: 6 ml~600 ml。或按照仪器使用说明书进行设定。

### 8.1.2 气相色谱参考条件

条件 1: 柱压: 80 kPa; 不分流; 程序升温: 60 °C 保持 3 min, 以 18 °C/min 升至 130 °C, 再以 30 °C/min 升温至 200 °C, 保持 1 min。

条件 2: 柱流量: 0.2 ml/min; 分流比 50:1; 程序升温: 60 °C 保持 1 min, 以 10 °C/min 升至 80 °C, 再以 40 °C/min 升至 220 °C, 保持 1 min。

或按照仪器使用说明书进行设定。

### 8.1.3 质谱参考条件

离子源: EI; 离子化能量: 70 eV; 扫描方式: 全扫描; 扫描范围: 41 u~300 u。或按照仪器使用说明书进行设定。

参考条件下测定目标化合物标准物质得到的总离子色谱图参见附录 C。

注: 当目标化合物检出限不满足标准限值要求时, 可选择离子扫描方式。

## 8.2 校准

### 8.2.1 调谐

开机启动之后, 首先根据仪器说明书对便携式气相色谱-质谱仪 (5.3) 进行仪器性能检查。为保证检测结果的准确性, 开机启动后, 应进行质谱功能调谐, 调谐物质根据仪器说明书选择, 应达到仪器使用要求。每隔 12 h, 应重新进行质谱功能调谐。若调谐物质为 1,3,5-三(三氟甲基)苯与溴五氟苯, 则关键离子丰度应满足表 1 的要求; 若调谐物质为全氟三丁胺, 则关键离子丰度应满足表 2 的要求, 否则应对质谱仪的参数进行调整; 若采用其他物质进行调谐, 应符合仪器说明书的相关要求。

表 1 1,3,5-三(三氟甲基)苯与溴五氟苯同时调谐时关键离子丰度要求

质荷比 ( $m/z$ )	离子丰度范围	质荷比 ( $m/z$ )	离子丰度范围
50	117峰的0.5%~2.5%	167	117峰的50%~70%
55	117峰的2%~5%	213	117峰的10%~20%
69	117峰的8%~16%	246	117峰的15%~40%
93	117峰的15%~25%	263	117峰的5%~15%
117	基峰, 100%相对丰度	282	117峰的5%~15%

表 2 全氟三丁胺的关键离子丰度要求

质荷比 ( $m/z$ )	离子丰度范围	质荷比 ( $m/z$ )	离子丰度范围
69	基峰, 100%相对丰度	100	69峰的5%~50%
131	69峰的20%~70%	264	69峰的5%~50%

## 8.2.2 校准曲线的绘制

### 8.2.2.1 预制校准曲线

在实验室中，通过气体稀释仪（5.7）用氮气（4.4）稀释标准气（4.1），或采用静态稀释法（参见附录 B）配制标准使用气体，配制成低、高 2 种浓度系列。低浓度系列为 2.0 nmol/mol、5.0 nmol/mol、10.0 nmol/mol、25.0 nmol/mol、50.0 nmol/mol（进样量为 100 ml，不分流；或进样量为 600 ml，分流比为 50:1）；高浓度系列为 50.0 nmol/mol、100 nmol/mol、200 nmol/mol、400 nmol/mol、600 nmol/mol（进样量为 5 ml，不分流；或进样量为 25 ml，分流比为 50:1），可根据实际样品情况调整浓度系列。按照仪器参考条件（8.1）依次从低浓度到高浓度进行测定，绘制校准曲线，储存在仪器中。在应急监测现场，若校准符合 11.3 中相关要求，则用预制校准曲线定量。

### 8.2.2.2 现场校准

在应急监测现场，若校准不符合 11.3 中相关要求，应使用现场标准使用气（4.2）进行单点校准，此时应强制过零点。

注：以 1,3,5-三（三氟甲基）苯和溴五氟苯（4.3）作为内标化合物时，内标化合物的添加量为 20  $\mu\text{l}$ ，以 1,3,5-三（三氟甲基）苯和 4-溴氟苯（4.3）作为内标化合物时，内标化合物的添加量为 600  $\mu\text{l}$ 。

### 8.2.3 平均相对响应因子法

标准系列中第  $i$  点某目标化合物的相对响应因子（ $\text{RRF}_i$ ），按照公式（1）计算：

$$\text{RRF}_i = \frac{A_i}{A_{\text{IS}_i}} \times \frac{y_{\text{IS}}}{y_i} \quad (1)$$

式中： $\text{RRF}_i$ ——标准系列中第  $i$  点某目标化合物的相对响应因子；

$A_i$ ——标准系列中第  $i$  点某目标化合物定量离子的响应值；

$A_{\text{IS}_i}$ ——标准系列中第  $i$  点内标化合物定量离子的响应值；

$y_{\text{IS}}$ ——标准系列中内标化合物的摩尔分数，nmol/mol；

$y_i$ ——标准系列中第  $i$  点目标化合物的摩尔分数，nmol/mol。

某目标化合物的平均相对响应因子  $\overline{\text{RRF}}$ ，按照公式（2）进行计算：

$$\overline{\text{RRF}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{RRF}_i}{n} \quad (2)$$

式中： $\overline{\text{RRF}}$ ——某目标化合物的平均相对响应因子；

$\text{RRF}_i$ ——标准系列中第  $i$  点某目标化合物的相对响应因子；

$n$ ——标准系列点数。

### 8.2.4 校准曲线法

以目标化合物的浓度为横坐标，以目标化合物定量离子响应值与内标化合物定量离子响应值的比值和内标化合物浓度的乘积为纵坐标，建立校准曲线。

## 8.3 样品浓度预判

样品测定前，应通过仪器说明书规定的速查方法、样品稀释或其他方法，结合现场调查情况，预判样品浓度。

## 8.4 样品的测定

用气体采样模块直接采集样品或将气袋（5.2）连接至气体采样模块，按照 8.1 的参考条件和 8.3 样品浓度预判的结果选择合适的进样量进行测定。

## 8.5 空白试验

按照与样品测定相同的条件和步骤进行空白样品（7.2）的测定。

## 9 结果计算与表示

### 9.1 目标化合物

#### 9.1.1 定性分析

通过样品中目标物与标准系列中目标物的保留时间、碎片离子质荷比及其丰度比等信息比较，对目标物进行定性。样品中目标化合物的保留时间应控制在  $t \pm 3S$  之内，其中  $t$  为初始校准时各浓度级别目标化合物的保留时间均值， $S$  为初始校准时各浓度级别目标化合物保留时间的标准偏差。目标化合物标准质谱图中相对丰度高于 30% 的所有离子应在样品质谱图中存在，同时结合现场情况进行定性判断。如果实际样品存在明显背景干扰，比较时应扣除背景影响。

#### 9.1.2 定量分析

采用校准曲线法或平均相对响应因子法进行定量计算。当样品中目标化合物的定量离子有干扰时，可使用辅助离子定量。定量离子和辅助离子参见附录 D。

#### 9.1.3 结果计算

##### 9.1.3.1 平均相对响应因子法

采用平均相对响应因子法计算时，样品中目标化合物的质量浓度  $\rho_x$  按照公式（3）计算。

$$\rho_x = \frac{A_x \times y_{IS} \times M \times D}{A_{IS} \times \overline{RRF} \times V_m} \quad (3)$$

式中： $\rho_x$ ——样品中目标化合物的质量浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

$A_x$ ——样品中目标化合物定量离子的响应值；

$y_{IS}$ ——样品中内标化合物的摩尔分数， $\text{nmol}/\text{mol}$ ；

$M$ ——目标化合物的摩尔质量， $\text{g}/\text{mol}$ ；

$D$ ——稀释倍数；

$A_{IS}$ ——样品中内标化合物定量离子的响应值；

$\overline{RRF}$ ——某目标化合物的平均相对响应因子；

$V_m$ ——根据相关质量或排放标准确定相应状态下气体的摩尔体积，参比状态下为  $24.5 \text{ L}/\text{mol}$ ，标准状态下为  $22.4 \text{ L}/\text{mol}$ 。

##### 9.1.3.2 校准曲线法

当目标化合物采用线性校准曲线进行校准时，样品中目标化合物质量浓度  $\rho_x$  按照公式（4）计算。

$$\rho_x = \frac{y_x \times M \times D}{V_m} \quad (4)$$

式中： $\rho_x$ ——样品中目标化合物的质量浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

$y_x$ ——校准曲线得出样品中目标化合物的摩尔分数， $\text{nmol}/\text{mol}$ ；

$M$ ——目标化合物的摩尔质量， $\text{g}/\text{mol}$ ；

$D$ ——稀释倍数；

$V_m$ ——根据相关质量或排放标准确定相应状态下气体的摩尔体积，参比状态下为  $24.5 \text{ L}/\text{mol}$ ，标准状态下为  $22.4 \text{ L}/\text{mol}$ 。

## 9.2 目标外化合物

### 9.2.1 定性分析

以全扫描方式进行测定，比较样品质谱图和谱库标准物质质谱图，谱库标准物质质谱图中相对丰度高于 30% 的所有离子应在样品质谱图中存在，定性离子的信噪比应大于 3:1，主要定性离子和辅助定性离子的离子峰顶点应在同一个扫描段内最大共流出。依据质谱图和谱库匹配度等信息，结合现场实际情况判断得出样品定性结果。

### 9.2.2 浓度估算

对样品中已定性的目标外化合物及内标物的总离子色谱图色谱峰进行积分，目标外化合物质量浓度  $\rho_x$  按照公式 (5) 估算。

$$\rho_x = \frac{A_x \times y_{IS} \times M \times D}{A_{IS} \times V_m} \quad (5)$$

式中： $\rho_x$ ——样品中目标外化合物的质量浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

$A_x$ ——样品中目标外化合物定量离子的响应值；

$y_{IS}$ ——内标化合物的摩尔分数， $\text{nmol}/\text{mol}$ ；

$M$ ——目标外化合物的摩尔质量， $\text{g}/\text{mol}$ ；

$D$ ——稀释倍数；

$A_{IS}$ ——样品中内标化合物定量离子的响应值；

$V_m$ ——根据相关质量或排放标准确定相应状态下气体的摩尔体积，参比状态下为  $24.5 \text{ L}/\text{mol}$ ，标准状态下为  $22.4 \text{ L}/\text{mol}$ 。

## 9.3 结果表示

测定结果小数位数与方法检出限一致，最多保留 3 位有效数字。

目标外化合物，定性结果后应附质谱图及检索结果等原始信息。

## 10 准确度

### 10.1 精密度

6 家实验室分别对  $5.0 \text{ nmol}/\text{mol}$ 、 $25.0 \text{ nmol}/\text{mol}$ 、 $45.0 \text{ nmol}/\text{mol}$  和  $200 \text{ nmol}/\text{mol}$  的实际样品加标样品进行了精密度测定，实验室内相对标准偏差范围分别为 2.2%~25%、1.1%~24%、0.6%~14%、1.0%~13%；实验室间相对标准偏差分别为 4.1%~32%、3.5%~20%、2.9%~24%、2.5%~28%；重复性限分

别为  $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $17 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $19 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 1.3 \times 10^2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $34 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 4.3 \times 10^2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；再现性限分别为  $4.7 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $21 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 1.5 \times 10^2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $26 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 1.4 \times 10^2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $1.4 \times 10^2 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 7.8 \times 10^2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。参见附录 E 中表 E.1。

## 10.2 正确度

6 家实验室对加标量为 5.0 nmol/mol、45.0 nmol/mol、200 nmol/mol 的样品重复进行 6 次实际样品加标回收率测定，加标回收率范围分别为：86.5%~107%、92.7%~105%、94.3%~106%；加标回收率最终值分别为  $98.6\% \pm 36.2\%$ 、 $100\% \pm 27.0\%$ 、 $99.0\% \pm 33.0\%$ 。参见附录 E 中表 E.2。

## 11 质量保证和质量控制

11.1 每测定 20 个样品或每批次 ( $\leq 20$  个样品) 应分析 1 个空白样品 (7.2)，空白样品中目标物化合物浓度应小于方法测定下限。

注：若未满足以上条件，则空白样品中目标化合物浓度应小于标准限值的 10%，否则应采取措施排除污染并重新分析同批样品。

11.2 校准曲线核查和样品测试时，内标与校准曲线中间点内标的保留时间变化不超过 10 s，定量离子峰面积变化在 60%~140% 之间。

11.3 定量分析前，用预制校准曲线的中间点浓度样品进行校准核查，目标组分测定结果的相对误差应在  $\pm 30\%$  以内；连续测定时，每 12 h 分析一次校准曲线中间浓度点，其测定结果与标准值间的相对误差应在  $\pm 30\%$  以内。否则应按照 8.2.2.2 进行单点校准。

## 12 废物处置

过期的标准气体，应依法委托有资质的单位回收处理。

## 13 注意事项

13.1 突发环境事件应急监测时，现场人员应采取必要的防护措施，保障人身安全。

13.2 具有爆炸危险的环境内不能使用便携式气相色谱-质谱仪。

13.3 分析 1 个高含量样品后，应至少分析 1 个空白样品检查系统残留。如发生系统残留，应采取烘烤仪器管线等相应措施，确认不存在系统残留后再继续进行测试。

附录 A  
(规范性附录)  
目标化合物方法检出限及测定下限

当进样量为 600 ml、分流比为 50:1，或进样量为 100 ml、不分流，在全扫描模式下，目标化合物检出限及测定下限统计结果见表 A.1。

表 A.1 目标化合物方法检出限及测定下限

序号	中文名称	英文名称	CAS No.	摩尔质量 (g/mol)	检出限 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	测定下限 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1	丙烯腈	Acrylonitrile	107-13-1	53.06	3	12
2	1,1-二氯乙烯	1,1-Dichloroethene	75-35-4	96.94	6	24
3	溴乙烷	Bromoethane	74-96-4	108.96	4	16
4	二氯甲烷	Methylene chloride	75-09-2	84.93	3	12
5	1,1,2-三氯-1,2,2-三氟乙烷	Trichlorotrifluoroethane	76-13-1	187.39	8	32
6	二硫化碳	Carbon Disulfide	75-15-0	76.14	3	12
7	反式-1,2-二氯乙烯	<i>trans</i> -1,2-Dichloroethene	156-60-5	96.94	3	12
8	1,1-二氯乙烷	1,1-Dichloroethane	75-34-3	98.97	6	24
9	甲基叔丁基醚	Methyl <i>tert</i> -butyl Ether	1634-04-4	88.15	3	12
10	2-丁酮	2-Butanone	78-93-3	72.11	3	12
11	顺式-1,2-二氯乙烯	<i>cis</i> -1,2-Dichloroethene	156-59-2	96.94	3	12
12	乙酸乙酯	Ethyl Acetate	141-78-6	88.11	5	20
13	正己烷	<i>n</i> -Hexane	110-54-3	86.18	5	20
14	三氯甲烷	Trichloromethane	67-66-3	119.38	4	16
15	1,2-二氯乙烷	1,2-Dichloroethane	107-06-2	98.96	4	16
16	1,1,1-三氯乙烷	1,1,1-Trichloroethane	71-55-6	133.42	5	20
17	苯	Benzene	71-43-2	78.11	3	12
18	四氯化碳	Carbon tetrachloride	56-23-5	153.84	6	24
19	环己烷	Cyclohexane	110-82-7	84.16	4	16
20	1,2-二氯丙烷	1,2-Dichloropropane	78-87-5	112.99	6	24
21	二氯一溴甲烷	Bromodichloromethane	75-27-4	163.82	8	32
22	1,4-二氧六环	1,4-Dioxane	123-91-1	88.11	5	20
23	三氯乙烯	Trichloroethylene	79-01-6	131.39	6	24
24	甲基丙烯酸甲酯	Methyl Methacrylate	80-62-6	100.12	4	16
25	正庚烷	Heptane	142-82-5	100.21	3	12
26	顺式-1,3-二氯丙烯	<i>cis</i> -1,3-Dichloropropene	10061-01-5	110.97	4	16
27	4-甲基-2-戊酮	Methyl Isobutyl Ketone	108-10-1	100.16	6	24
28	反式-1,3-二氯丙烯	<i>trans</i> -1,3-Dichloropropene	10061-02-6	110.97	4	16
29	1,1,2-三氯乙烷	1,1,2-Trichloroethane	79-00-5	133.42	5	20
30	甲苯	Toluene	108-88-3	92.14	4	16
31	2-己酮	2-Hexanone	591-78-6	100.16	4	16

续表

序号	化合物名称	英文名称	CAS No.	摩尔质量 (g/mol)	检出限 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	测定下限 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
32	二溴一氯甲烷	Dibromochloromethane	124-48-1	208.27	7	28
33	1,2-二溴乙烷	1,2-Dibromoethane	106-93-4	187.86	6	24
34	1,1,1,2-四氯乙烯	1,1,1,2-Tetrachloroethane	127-18-4	165.82	5	20
35	氯苯	Chlorobenzene	108-90-7	112.56	5	20
36	乙苯	Ethylbenzene	100-41-4	106.16	4	16
37	溴仿	Bromoform	75-25-2	252.77	9	36
38	间-二甲苯	<i>m</i> -Xylene	108-38-3/	106.16	6	24
39	对-二甲苯	<i>p</i> -Xylene	106-42-3			
40	苯乙烯	Styrene	100-42-5	104.15	7	28
41	1,1,2,2-四氯乙烯	1,1,2,2-Tetrachloroethane	79-34-5	167.86	4	16
42	邻-二甲苯	<i>o</i> -Xylene	95-47-6	106.16	5	20
43	4-乙基甲苯	4-Ethyltoluene	622-96-8	120.19	5	20
44	1,3,5-三甲基苯	1,3,5-Trimethylbenzene	108-67-8	120.19	4	16
45	1,2,4-三甲基苯	1,2,4-Trimethylbenzene	95-63-6	120.19	5	20
46	氯代甲苯	Benzyl Chloride	100-44-7	126.58	4	16
47	1,3-二氯苯	1,3-Dichlorobenzene	541-73-1	147.00	5	20
48	1,4-二氯苯	1,4-Dichlorobenzene	106-46-7	147.00	6	24
49	1,2-二氯苯	1,2-Dichlorobenzene	95-50-1	147.00	6	24
50	1,2,4-三氯苯	1,2,4-Trichlorobenzene	120-82-1	181.45	8	32
51	萘	Naphthalene	91-20-3	128.17	6	24
52	1,1,2,3,4,4,-六氯-1,3-丁二烯	Hexachlorobutadiene	87-68-3	260.76	8	32

附录 B  
(资料性附录)  
静态稀释法配制标准气体

### B.1 仪器与设备

加热箱：具有避光保温功能，能够将气袋加热到 60 °C 的加热容器。

### B.2 步骤

B.2.1 选择气袋 (5.2) 作为标准气体配制的容器。将气袋连接氮气 (4.4)，通过氮气 (4.4) 冲洗气袋，密封。对气袋进行空白分析，目标化合物含量应低于方法检出限，如果仍有干扰杂质，则需将气袋放置于 60 °C 加热箱中平衡约 30 min，等待杂质溶解后，重新清洗气袋，直至气袋中的目标化合物含量低于方法检出限。

B.2.2 连接流量计（流量精度 ≤ 2%），将氮气 (4.4) 充入气袋 (5.2)，记录充入气体的体积  $V_2$ 。

B.2.3 配制适当浓度的目标化合物标准溶液，使用微量注射器将标准溶液注入气袋中，记录注入体积  $V_1$ ，拔出微量进样器，关闭气袋阀门。将气袋放置于加热箱中，60 °C 恒温 30 min，以保证样品完全挥发。样品分析应尽快进行，以免物质重新吸附于气袋内壁。

### B.3 计算

标准气体浓度按照公式 (B.1) 计算：

$$y_x = \frac{\rho_1 \times V_1 \times 22.4 \times (273.15 + T) \times 101.325}{V_2 \times M \times 273.15 \times P \times 10^3} \quad (\text{B.1})$$

式中： $y_x$ ——目标化合物的摩尔分数，nmol/mol；

$\rho_1$ ——标准样品溶液的浓度， $\mu\text{g/L}$ ；

$V_1$ ——标准溶液的加入体积， $\mu\text{l}$ ；

22.4——标准状态下气态分子的摩尔体积， $\text{L/mol}$ ；

273.15——摄氏温度 (°C) 和热力学温度 (K) 之间的换算常数，K；

101.325——标准大气条件下，kPa；

$T$ ——环境温度，°C；

$V_2$ ——充入气体体积，L；

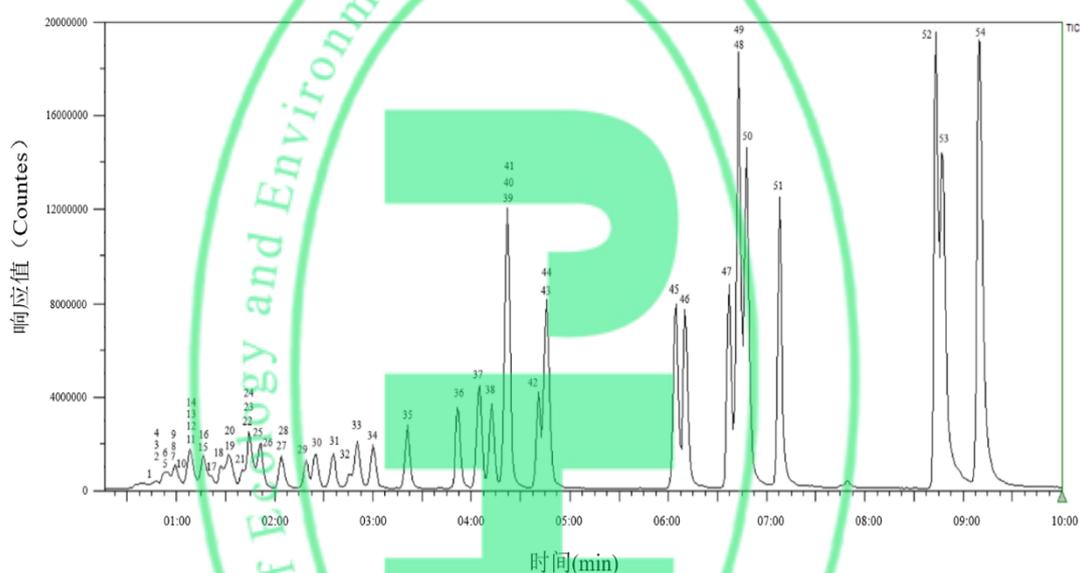
$M$ ——目标化合物的摩尔质量， $\text{g/mol}$ ；

$P$ ——实际大气压力，kPa；

$10^3$ ——体积单位换算系数和物质的量单位换算系数的乘积， $\text{L}/\mu\text{l} \times \text{nmol}/\mu\text{mol}$ 。

附录 C  
(资料性附录)  
目标化合物的总离子色谱图

用 15 m×0.25 mm×1.0 μm, 固定相为 100% 二甲基聚硅氧烷毛细管柱分析, 全扫描模式总离子色谱图见图 C.1。

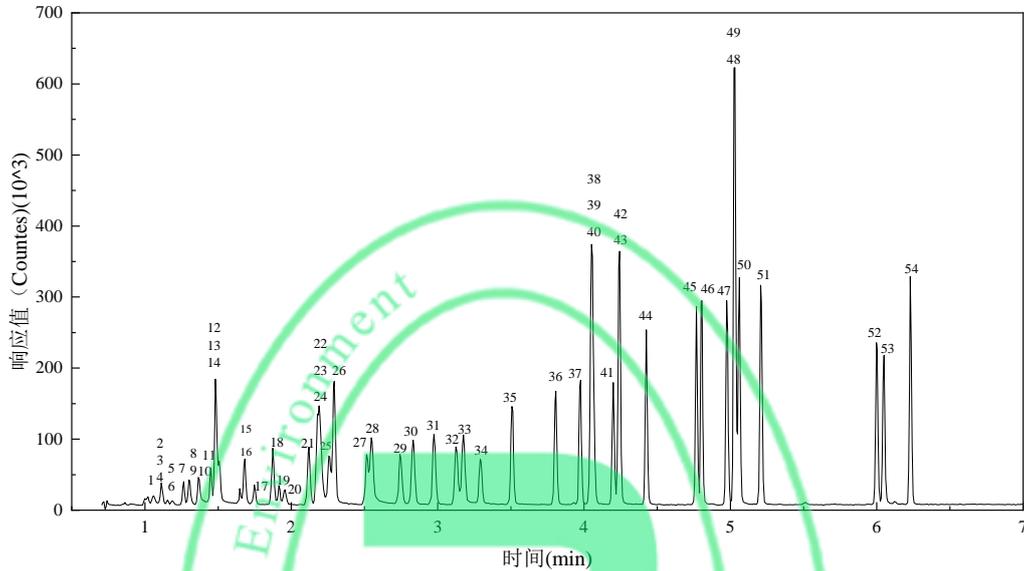


1——丙烯腈；2——1,1-二氯乙烯；3——溴乙烷；4——二氯甲烷；5——1,1,2-三氯-1,2,2-三氟乙烷；6——二硫化碳；7——反式-1,2-二氯乙烯；8——1,1-二氯乙烷；9——甲基叔丁基醚；10——2-丁酮；11——顺式-1,2-二氯乙烯；12——乙酸乙酯；13——正己烷；14——三氯甲烷；15——1,2-二氯乙烷；16——1,3,5-三(三氟甲基)苯(内标 1)；17——1,1,1-三氯乙烷；18——苯；19——四氯化碳；20——环己烷；21——1,2-二氯丙烷；22——二氯一溴甲烷；23——1,4-二氧六环；24——三氯乙烯；25——甲基丙烯酸甲酯；26——正庚烷；27——顺式-1,3-二氯丙烯；28——4-甲基-2-戊酮；29——反式-1,3-二氯丙烯；30——1,1,2-三氯乙烷；31——甲苯；32——2-己酮；33——二溴一氯甲烷；34——1,2-二溴乙烷；35——1,1,1,2-四氯乙烯；36——氯苯；37——溴五氟苯(内标 2)；38——乙苯；39——溴仿；40/41——间-二甲苯/对-二甲苯；42——苯乙烯；43——1,1,2,2-四氯乙烷；44——邻-二甲苯；45——4-乙基甲苯；46——1,3,5-三甲基苯；47——1,2,4-三甲基苯；48——氯代甲苯；49——1,3-二氯苯；50——1,4-二氯苯；51——1,2-二氯苯；52——1,2,4-三氯苯；53——萘；54——1,1,2,3,4,4,-六氯-1,3-丁二烯。

图 C.1 10.0 nmol/mol 目标化合物总离子色谱图

## HJ 1223—2021

用 10 m×0.1 mm×0.4 μm，固定相为 100% 二甲基聚硅氧烷毛细管柱分析，全扫描模式总离子色谱图见图 C.2。



1——丙烯腈；2——1,1-二氯乙烯；3——溴乙烷；4——二氯甲烷；5——1,1,2-三氯-1,2,2-三氟乙烷；6——二硫化碳；7——反式-1,2-二氯乙烯；8——1,1-二氯乙烷；9——甲基叔丁基醚；10——2-丁酮；11——顺式-1,2-二氯乙烯；12——乙酸乙酯；13——正己烷；14——三氯甲烷；15——1,3,5-三(三氟甲基)苯(内标 1)；16——1,2-二氯乙烷；17——1,1,1-三氯乙烷；18——苯；19——四氯化碳；20——环己烷；21——1,2-二氯丙烷；22——二氯一溴甲烷；23——1,4-二氧六环；24——三氯乙烯；25——甲基丙烯酸甲酯；26——正庚烷；27——顺式-1,3-二氯丙烯；28——4-甲基-2-戊酮；29——反式-1,3-二氯丙烯；30——1,1,2-三氯乙烷；31——甲苯；32——2-己酮；33——二溴一氯甲烷；34——1,2-二溴乙烷；35——1,1,1,2-四氯乙烯；36——氯苯；37——乙苯；38——溴仿；39/40——间-二甲苯/对-二甲苯；41——苯乙烯；42——1,1,2,2-四氯乙烯；43——邻-二甲苯；44——4-溴氟苯(内标 2)；45——4-乙基甲苯；46——1,3,5-三甲基苯；47——1,2,4-三甲基苯；48——氯代甲苯；49——1,3-二氯苯；50——1,4-二氯苯；51——1,2-二氯苯；52——1,2,4-三氯苯；53——萘；54——1,1,2,3,4,4,-六氯-1,3-丁二烯。

图 C.2 10.0 nmol/mol 目标化合物总离子色谱图

附 录 D  
(资料性附录)  
目标化合物的定量离子、辅助离子

表 D.1 给出了目标化合物的出峰顺序、定量离子、辅助离子和定量计算对应的内标物名称等。

表 D.1 目标化合物的定量离子、辅助离子

序号	化合物名称	定量离子 ( $m/z$ )	辅助离子 ( $m/z$ )	对应的内标物名称
1	丙烯腈	53	52	内标 1
2	1,1-二氯乙烯	61	96	内标 1
3	溴乙烷	108	110	内标 1
4	二氯甲烷	49	84	内标 1
5	1,1,2-三氯-1,2,2-三氟乙烷	101	151	内标 1
6	二硫化碳	76	78	内标 1
7	反式-1,2-二氯乙烯	61	96	内标 1
8	1,1-二氯乙烷	63	65	内标 1
9	甲基叔丁基醚	73	57	内标 1
10	2-丁酮	43	72	内标 1
11	顺式-1,2-二氯乙烯	61	96	内标 1
12	乙酸乙酯	43	61	内标 1
13	正己烷	57	43	内标 1
14	三氯甲烷	83	85	内标 1
15	1,2-二氯乙烷	62	64	内标 1
16	1,1,1-三氯乙烷	97	99	内标 1
17	苯	78	77	内标 1
18	四氯化碳	117	119	内标 1
19	环己烷	56	84	内标 1
20	1,2-二氯丙烷	63	62	内标 1
21	二氯一溴甲烷	83	85	内标 1
22	1,4-二氧六环	88	58	内标 1
23	三氯乙烯	130	132	内标 1
24	甲基丙烯酸甲酯	69	100	内标 1
25	正庚烷	57	71	内标 1
26	顺式-1,3-二氯丙烯	75	77	内标 1
27	4-甲基-2-戊酮	43	58	内标 1
28	反式-1,3-二氯丙烯	75	77	内标 1
29	1,1,2-三氯乙烷	97	83	内标 1
30	甲苯	91	92	内标 1
31	2-己酮	43	58	内标 2
32	二溴一氯甲烷	129	127	内标 2
33	1,2-二溴乙烷	107	109	内标 2
34	1,1,1,2-四氯乙烯	166	164	内标 2

续表

序号	化合物名称	定量离子 ( $m/z$ )	辅助离子 ( $m/z$ )	对应的内标物名称
35	氯苯	112	77	内标 2
36	乙苯	91	106	内标 2
37	溴仿	173	171	内标 2
38	间-二甲苯	91	106	内标 2
39	对-二甲苯			
40	苯乙烯	104	103	内标 2
41	1,1,2,2-四氯乙烷	83	85	内标 2
42	邻-二甲苯	91	106	内标 2
43	4-乙基甲苯	105	120	内标 2
44	1,3,5-三甲基苯	105	120	内标 2
45	1,2,4-三甲基苯	105	120	内标 2
46	氯代甲苯	91	126	内标 2
47	1,3-二氯苯	146	148	内标 2
48	1,4-二氯苯	146	148	内标 2
49	1,2-二氯苯	146	148	内标 2
50	1,2,4-三氯苯	180	182	内标 2
51	萘	128	—	内标 2
52	1,1,2,3,4,4,-六氯-1,3-丁二烯	225	227	内标 2

注：内标 1 为 1,3,5-三(三氟甲基)苯；内标 2 为溴五氟苯或 4-溴氟苯

附录 E  
(资料性附录)  
方法准确度

方法精密度、重复性和再现性指标见表 E.1，方法的正确度指标见表 E.2。

表 E.1 方法的精密度、重复性和再现性

序号	化合物名称	总平均值 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	实验室内相对标准偏差 (%)	实验室间相对标准偏差 (%)	重复性限 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	再现性限 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1	丙烯腈	11	8.4~17	8.2	4.0	4.7
		58	5.0~21	14	17	27
		105	4.9~8.7	6.8	19	26
		454	2.6~9.7	9.0	95	$1.4 \times 10^2$
2	1,1-二氯乙烯	22	6.1~13	16	6.1	11
		109	1.6~13	8.3	27	35
		195	2.1~10	7.1	39	52
		865	3.6~8.3	3.3	$1.3 \times 10^2$	$1.4 \times 10^2$
3	溴乙烷	22	3.3~14	22	5.4	15
		123	2.6~12	5.9	27	33
		226	2.3~10	8.2	49	68
		$1.03 \times 10^3$	2.4~7.6	16	$1.4 \times 10^2$	$4.7 \times 10^2$
4	二氯甲烷	22	3.4~10	25	4.2	16
		99	1.4~14	14	28	45
		169	5.5~10	5.2	40	45
		815	2.0~8.9	12	$1.5 \times 10^2$	$3.0 \times 10^2$
5	1,1,2-三氯- 1,2,2-三氟乙烷	40	6.9~12	15	12	18
		212	1.5~12	3.5	49	49
		380	1.8~12	5.7	73	91
		$1.62 \times 10^3$	2.9~9.9	11	$3.2 \times 10^2$	$5.8 \times 10^2$
6	二硫化碳	16	5.2~15	21	4.8	10
		88	2.2~14	5.0	19	21
		155	2.5~9.6	4.2	29	32
		650	2.4~10	25	$1.1 \times 10^2$	$4.6 \times 10^2$
7	反式-1,2-二 氯乙烯	21	4.4~12	17	4.8	11
		109	2.9~13	6.0	27	30
		191	2.4~11	4.8	36	41
		877	1.9~11	3.8	$1.7 \times 10^2$	$1.8 \times 10^2$
8	1,1-二氯乙烷	22	4.8~14	14	6.2	11
		115	2.1~11	6.2	28	32
		196	1.9~11	4.7	41	46
		820	3.7~9.8	20	$1.6 \times 10^2$	$4.8 \times 10^2$

续表

序号	化合物名称	总平均值 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	实验室内相对标准偏差 (%)	实验室间相对标准偏差 (%)	重复性限 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	再现性限 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
9	甲基叔丁基醚	20	5.2~14	16	5.5	9.8
		98	1.3~12	4.8	24	25
		176	1.8~12	5.1	37	42
		827	2.4~12	12	$1.6 \times 10^2$	$3.0 \times 10^2$
10	2-丁酮	15	7.8~18	19	5.5	6.2
		80	6.4~12	1.6	21	22
		142	3.4~12	7.7	34	43
		679	2.8~13	11	34	$1.4 \times 10^2$
11	顺式-1,2-二氯乙烯	23	5.7~10	23	4.8	16
		107	3.1~14	4.5	28	28
		197	2.1~11	4.0	40	42
		899	1.4~12	7.6	$1.9 \times 10^2$	$2.6 \times 10^2$
12	乙酸乙酯	16	7.2~13	19	5.4	9.6
		95	2.2~13	6.9	24	28
		173	2.4~11	8.2	38	53
		731	3.5~9.8	28	$1.5 \times 10^2$	$5.9 \times 10^2$
13	正己烷	16	2.2~10	29	4.2	14
		87	6.0~18	9.3	26	32
		177	4.8~8.2	4.8	31	36
		679	2.3~11	24	$1.7 \times 10^2$	$4.8 \times 10^2$
14	三氯甲烷	26	4.3~12	19	5.9	15
		133	1.9~12	4.0	33	33
		239	0.6~11	8.9	43	71
		950	1.5~8.9	19	$1.6 \times 10^2$	$5.3 \times 10^2$
15	1,2-二氯乙烷	21	4.0~11	15	4.9	9.7
		111	1.8~11	5.2	26	28
		196	3.2~8.1	4.3	34	38
		888	1.7~12	3.0	$1.8 \times 10^2$	$1.8 \times 10^2$
16	1,1,1-三氯乙烷	29	3.2~12	12	6.5	10
		150	2.4~11	6.0	33	38
		269	3.5~11	2.9	54	54
		$1.20 \times 10^3$	1.2~8.3	12	$1.9 \times 10^2$	$4.5 \times 10^2$
17	苯	18	4.4~9.0	17	3.8	8.7
		86	1.2~11	4.0	20	21
		154	2.0~9.2	2.9	29	29
		675	2.0~13	26	$1.4 \times 10^2$	$5.1 \times 10^2$
18	四氯化碳	33	2.1~8.5	8.3	5.5	7.6
		172	4.7~11	5.6	38	44
		308	2.9~8.8	3.3	58	60
		$1.41 \times 10^3$	1.7~9.0	7.1	$2.1 \times 10^2$	$3.4 \times 10^2$

续表

序号	化合物名称	总平均值 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	实验室内相对标准偏差 (%)	实验室间相对标准偏差 (%)	重复性限 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	再现性限 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
19	环己烷	15	4.7~10	24	4.1	10
		88	3.8~11	9.4	23	32
		168	2.5~9.0	4.3	36	38
		676	2.0~8.4	22	$1.2 \times 10^2$	$4.2 \times 10^2$
20	1,2-二氯丙烷	23	2.7~10	17	5.5	13
		124	2.1~13	5.7	30	34
		226	4.7~10	5.4	52	60
		931	1.4~7.7	23	$1.4 \times 10^2$	$6.2 \times 10^2$
21	二氯一溴甲烷	33	4.0~12	18	8.0	18
		180	1.5~14	6.5	45	53
		332	2.6~10	4.6	78	82
		$1.43 \times 10^3$	1.4~9.0	19	$2.2 \times 10^2$	$7.8 \times 10^2$
22	1,4-二氧六环	17	2.6~14	23	5.5	11
		89	2.0~14	8.8	23	31
		172	4.7~12	4.1	43	44
		795	1.6~6.6	10	$1.1 \times 10^2$	$2.5 \times 10^2$
23	三氯乙烯	26	3.3~10	20	6.5	15
		146	3.9~12	5.2	29	35
		259	2.5~11	4.1	61	62
		$1.11 \times 10^3$	1.4~7.9	18	$1.7 \times 10^2$	$5.7 \times 10^2$
24	甲基丙烯酸甲酯	19	4.2~11	26	4.9	15
		108	2.3~8.7	6.6	19	26
		199	1.7~9.6	4.3	40	44
		837	2.6~9.4	28	$1.6 \times 10^2$	$6.8 \times 10^2$
25	正庚烷	19	4.7~8.3	29	3.6	15
		107	3.8~9.9	7.9	20	30
		199	2.4~10	3.8	45	46
		805	1.4~11	24	$1.6 \times 10^2$	$5.5 \times 10^2$
26	顺式-1,3-二氯丙烯	21	5.6~14	26	5.4	17
		121	3.8~9.5	7.3	25	33
		222	2.5~11	6.0	45	54
		986	1.1~8.4	24	$1.5 \times 10^2$	$6.6 \times 10^2$
27	4-甲基-2-戊酮	20	5.8~12	27	4.9	16
		102	4.7~21	14	29	49
		201	4.3~9.5	3.6	44	45
		830	2.8~7.3	20	$1.3 \times 10^2$	$4.7 \times 10^2$
28	反式-1,3-二氯丙烯	22	6.2~11	32	5.4	21
		120	3.4~13	8.2	29	39
		228	2.1~13	3.7	52	54
		$1.00 \times 10^3$	2.1~7.4	24	$1.4 \times 10^2$	$7.0 \times 10^2$

续表

序号	化合物名称	总平均值 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	实验室内相对标准 偏差 (%)	实验室间相对标准 偏差 (%)	重复性限 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	再现性限 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
29	1,1,2-三氯乙 烷	27	2.4~13	13	6.5	10
		143	3.0~11	8.8	33	46
		269	4.6~11	6.0	60	70
		$1.18 \times 10^3$	2.4~9.1	12	$2.2 \times 10^2$	$4.6 \times 10^2$
30	甲苯	18	4.2~9.0	23	3.3	12
		95	1.9~15	11	24	38
		184	4.7~11	3.3	42	42
		815	2.3~7.2	17	$1.2 \times 10^2$	$4.1 \times 10^2$
31	2-己酮	19	4.0~17	26	4.9	15
		101	4.0~20	15	28	50
		205	3.7~9.6	5.0	41	47
		825	4.4~11	18	$1.6 \times 10^2$	$4.3 \times 10^2$
32	二溴一氯甲 烷	45	4.6~21	8.3	13	16
		225	4.2~10	9.1	46	71
		424	2.1~11	4.4	88	97
		$1.95 \times 10^3$	1.7~9.6	4.2	$3.4 \times 10^2$	$3.9 \times 10^2$
33	1,2-二溴乙烷	39	4.7~11	13	9.2	17
		207	4.9~11	10	50	76
		385	1.6~11	6.3	80	$1.0 \times 10^2$
		$1.72 \times 10^3$	1.9~7.2	7.1	$2.6 \times 10^2$	$4.2 \times 10^2$
34	1,1,1,2-四氯 乙烯	30	3.4~11	4.1	8.1	8.1
		188	4.9~12	4.7	44	46
		326	1.6~11	7.5	77	98
		$1.33 \times 10^3$	1.2~8.6	2.5	$2.5 \times 10^2$	$2.5 \times 10^2$
35	氯苯	23	2.2~9.6	13	4.0	10
		125	3.8~11	5.2	30	32
		231	1.6~10	6.3	39	55
		$1.02 \times 10^3$	1.7~6.5	6.1	$1.4 \times 10^2$	$2.1 \times 10^2$
36	乙苯	21	3.6~8.0	18	3.8	12
		117	3.7~16	7.3	33	38
		222	1.9~11	10	50	77
		902	1.5~9.2	14	$1.5 \times 10^2$	$3.8 \times 10^2$
37	溴仿	55	3.7~14	18	12	32
		293	4.9~12	7.7	70	88
		521	1.8~9.0	3.9	82	95
		$2.36 \times 10^3$	1.0~6.5	6.8	$3.3 \times 10^2$	$5.4 \times 10^2$
38 39	间-二甲苯 对-二甲苯	42	2.7~8.3	29	8.1	36
		217	5.7~14	20	63	$1.3 \times 10^2$
		408	1.4~9.5	24	66	$2.8 \times 10^2$
		$1.75 \times 10^3$	1.3~6.4	27	$2.1 \times 10^2$	$1.4 \times 10^3$

续表

序号	化合物名称	总平均值 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	实验室内相对标准 偏差 (%)	实验室间相对标准 偏差 (%)	重复性限 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	再现性限 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
40	苯乙烯	21	4.4~12	27	5.1	16
		115	5.2~14	6.5	32	36
		216	2.9~10	3.2	38	39
		914	2.2~9.1	7.7	$1.5 \times 10^2$	$2.4 \times 10^2$
41	1,1,2,2-四氯乙烷	36	4.2~16	19	10	19
		193	5.8~13	8.9	50	67
		344	2.8~9.9	3.9	61	67
		$1.47 \times 10^3$	2.2~6.7	13	$2.1 \times 10^2$	$5.7 \times 10^2$
42	邻-二甲苯	21	4.4~30	16	8.1	10
		120	5.5~15	8.7	33	43
		216	1.1~9.8	3.7	44	45
		950	2.1~9.0	6.8	$1.5 \times 10^2$	$2.2 \times 10^2$
43	4-乙基甲苯	24	3.0~12	23	5.9	15
		138	5.9~11	12	38	57
		246	4.6~11	4.6	66	68
		$1.06 \times 10^3$	4.1~9.8	4.4	$2.0 \times 10^2$	$2.3 \times 10^2$
44	1,3,5-三甲基苯	24	3.1~11	16	5.9	12
		136	3.6~12	9.5	34	48
		244	3.4~13	4.6	63	64
		$1.07 \times 10^3$	2.8~9.5	3.9	$1.8 \times 10^2$	$2.0 \times 10^2$
45	1,2,4-三甲基苯	25	4.1~12	22	5.9	17
		137	5.4~10	9.0	30	44
		250	2.5~8.7	3.6	47	49
		$1.05 \times 10^3$	2.9~7.0	3.9	$1.4 \times 10^2$	$1.7 \times 10^2$
46	氯代甲苯	27	5.2~17	15	7.9	14
		137	5.0~13	11	38	54
		263	3.3~8.1	6.0	44	60
		$1.09 \times 10^3$	1.9~5.6	8.7	$1.3 \times 10^2$	$2.9 \times 10^2$
47	1,3-二氯苯	31	6.2~14	8.5	9.2	11
		167	5.4~10	13	37	68
		299	2.9~9.4	5.1	62	70
		$1.30 \times 10^3$	2.9~9.2	5.3	$2.3 \times 10^2$	$2.8 \times 10^2$
48	1,4-二氯苯	27	4.1~15	32	7.2	26
		164	6.3~24	14	59	85
		299	3.4~13	5.3	76	81
		$1.29 \times 10^3$	3.8~10	7.3	$2.5 \times 10^2$	$3.5 \times 10^2$
49	1,2-二氯苯	32	4.2~19	14	9.2	16
		167	4.6~9.6	11	35	60
		303	1.6~9.9	4.3	60	66
		$1.30 \times 10^3$	2.8~9.3	5.4	$2.2 \times 10^2$	$2.8 \times 10^2$

续表

序号	化合物名称	总平均值 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	实验室内相对标准偏差 (%)	实验室间相对标准偏差 (%)	重复性限 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	再现性限 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
50	1,2,4-三氯苯	39	2.2~19	15	14	18
		207	3.8~11	12	45	82
		360	1.6~13	4.0	88	91
		$1.64 \times 10^3$	2.3~9.0	5.6	$2.8 \times 10^2$	$3.6 \times 10^2$
51	萘	26	2.7~13	15	6.3	13
		145	3.7~11	12	34	58
		256	3.3~12	3.4	58	58
		$1.16 \times 10^3$	2.4~8.8	5.0	$2.0 \times 10^2$	$2.4 \times 10^2$
52	1,1,2,3,4,4,- 六氯-1,3-丁 二烯	58	3.9~25	14	20	26
		306	1.8~10	16	69	$1.5 \times 10^2$
		516	1.4~13	4.5	$1.3 \times 10^2$	$1.4 \times 10^2$
		$2.34 \times 10^3$	2.8~9.6	8.2	$4.3 \times 10^2$	$6.6 \times 10^2$

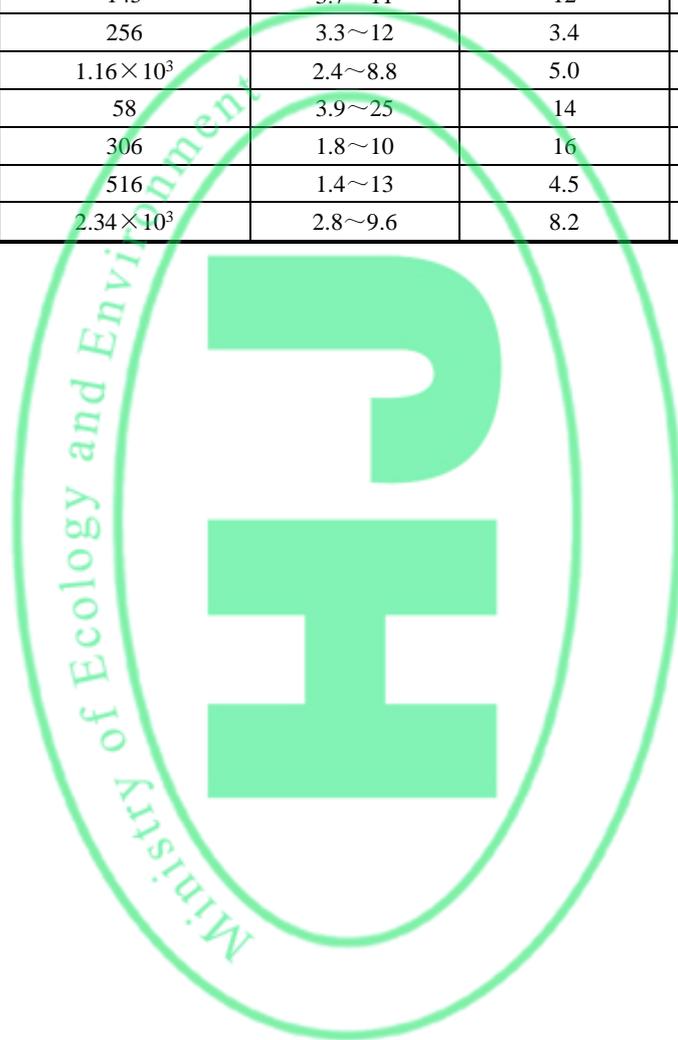


表 E.2 方法的正确度

序号	化合物名称	加标浓度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$\bar{P}$ (%)	$S_{\bar{p}}$ (%)	$\bar{P} \pm 2S_{\bar{p}}$ (%)
1	丙烯腈	11	93.9	5.1	93.9 $\pm$ 10
		105	98.3	3.9	98.3 $\pm$ 7.8
		454	98.5	7.1	98.5 $\pm$ 14
2	1,1-二氯乙烯	22	95.3	8.0	95.3 $\pm$ 16
		195	97.7	4.4	97.7 $\pm$ 8.8
		865	98.6	8.5	98.6 $\pm$ 17
3	溴乙烷	22	91.5	6.1	91.5 $\pm$ 12
		226	97.1	6.7	97.1 $\pm$ 13
		$1.03 \times 10^3$	98.3	6.8	98.3 $\pm$ 14
4	二氯甲烷	22	101	14	101 $\pm$ 28
		169	93.0	10	93.0 $\pm$ 20
		815	103	3.9	103 $\pm$ 7.8
5	1,1,2-三氯-1,2,2-三氟乙烷	40	96.4	7.1	96.4 $\pm$ 14
		380	98.4	5.3	98.4 $\pm$ 11
		$1.62 \times 10^3$	99.6	12	99.6 $\pm$ 24
6	二硫化碳	16	107	7.1	107 $\pm$ 14
		155	99.7	6.2	99.7 $\pm$ 12
		650	103	9.8	103 $\pm$ 20
7	反式-1,2-二氯乙烯	21	90.8	7.2	90.8 $\pm$ 14
		191	92.7	6.6	92.7 $\pm$ 13
		877	101	5.0	101 $\pm$ 10
8	1,1-二氯乙烷	22	96.7	5.0	96.7 $\pm$ 10
		196	97.8	4.8	97.8 $\pm$ 9.6
		820	104	2.2	104 $\pm$ 4.4
9	甲基叔丁基醚	20	86.5	8.7	86.5 $\pm$ 17
		176	98.4	2.7	98.4 $\pm$ 5.4
		827	104	13	104 $\pm$ 26
10	2-丁酮	15	99.1	9.5	99.1 $\pm$ 19
		142	94.5	6.0	94.5 $\pm$ 12
		679	102	13	102 $\pm$ 26
11	顺式-1,2-二氯乙烯	23	90.1	8.3	90.1 $\pm$ 17
		197	96.7	5.0	96.7 $\pm$ 10
		899	103	11	103 $\pm$ 22
12	乙酸乙酯	16	96.8	12	96.8 $\pm$ 24
		173	98.2	5.6	98.2 $\pm$ 11
		731	103	12	103 $\pm$ 24
13	正己烷	16	101	8.8	101 $\pm$ 18
		177	101	6.2	101 $\pm$ 12
		679	99.1	10	99.1 $\pm$ 20
14	三氯甲烷	26	95.5	9.7	95.5 $\pm$ 19
		239	98.6	4.4	98.6 $\pm$ 8.8
		950	103	6.7	103 $\pm$ 13

续表

序号	化合物名称	加标浓度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$\bar{P}$ (%)	$S_p$ (%)	$\bar{P} \pm 2S_p$ (%)
15	1,2-二氯乙烷	21	99.9	5.3	99.9 $\pm$ 11
		196	99.6	3.3	99.6 $\pm$ 6.6
		888	103	2.6	103 $\pm$ 5.2
16	1,1,1-三氯乙烷	29	96.7	5.5	96.7 $\pm$ 11
		269	98.9	2.9	98.9 $\pm$ 5.8
		1.20 $\times 10^3$	101	11	101 $\pm$ 22
17	苯	18	99.7	11	99.7 $\pm$ 22
		154	98.6	4.4	98.6 $\pm$ 8.8
		675	106	11	106 $\pm$ 22
18	四氯化碳	33	101	4.9	101 $\pm$ 9.8
		308	99.8	2.2	99.8 $\pm$ 4.4
		1.41 $\times 10^3$	102	6.7	102 $\pm$ 13
19	环己烷	15	94.8	11	94.8 $\pm$ 22
		168	99.8	4.4	99.8 $\pm$ 8.8
		676	98.9	8.3	98.9 $\pm$ 17
20	1,2-二氯丙烷	23	97.6	8.6	97.6 $\pm$ 17
		226	97.0	3.8	97.0 $\pm$ 7.6
		931	103	3.5	103 $\pm$ 7.0
21	二氯一溴甲烷	33	92.9	7.7	92.9 $\pm$ 15
		332	99	4.9	99.0 $\pm$ 9.8
		1.43 $\times 10^3$	104	8.2	104 $\pm$ 16
22	1,4-二氧六环	17	101	8.2	101 $\pm$ 16
		172	97.6	5.5	97.6 $\pm$ 11
		795	101	11	101 $\pm$ 22
23	三氯乙烯	26	92.0	11	92.0 $\pm$ 22
		259	98.7	5.6	98.7 $\pm$ 11
		1.11 $\times 10^3$	102	2.8	102 $\pm$ 5.6
24	甲基丙烯酸甲酯	19	90.0	15	90.0 $\pm$ 30
		199	96.9	5.7	96.9 $\pm$ 11
		837	102	8.8	102 $\pm$ 18
25	正庚烷	19	90.3	14	90.3 $\pm$ 28
		199	101	5.4	101 $\pm$ 11
		805	96.9	9.1	96.9 $\pm$ 18
26	顺式-1,3-二氯丙烯	21	98.6	18	98.6 $\pm$ 36
		222	97.9	6.0	97.9 $\pm$ 12
		986	106	14	106 $\pm$ 28
27	4-甲基-2-戊酮	20	105	15	105 $\pm$ 30
		201	97.2	8.6	97.2 $\pm$ 17
		830	101	4.1	101 $\pm$ 8.2
28	反式-1,3-二氯丙烯	22	105	15	105 $\pm$ 30
		228	93.9	7.3	93.9 $\pm$ 15
		1.00 $\times 10^3$	94.7	13	94.7 $\pm$ 26

续表

序号	化合物名称	加标浓度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$\bar{P}$ (%)	$S_p$ (%)	$\bar{P} \pm 2S_p$ (%)
29	1,1,2-三氯乙烷	27	96.0	8.8	$96.0 \pm 18$
		269	98.5	5.7	$98.5 \pm 11$
		$1.18 \times 10^3$	96.8	9.4	$96.8 \pm 19$
30	甲苯	18	104	8.3	$104 \pm 17$
		184	101	4.3	$101 \pm 8.6$
		815	99.0	16	$99.0 \pm 32$
31	2-己酮	19	97.3	8.8	$97.3 \pm 18$
		205	100	14	$100 \pm 28$
		825	97.5	9.4	$97.5 \pm 19$
32	二溴一氯甲烷	45	96.2	7.1	$96.2 \pm 14$
		424	100	4.3	$100 \pm 8.6$
		$1.95 \times 10^3$	103	4.6	$103 \pm 9.2$
33	1,2-二溴乙烷	39	94.4	8.1	$94.4 \pm 16$
		385	99.6	3.9	$99.6 \pm 7.8$
		$1.72 \times 10^3$	102	8.4	$102 \pm 17$
34	1,1,1,2-四氯乙烯	30	99.0	10	$99.0 \pm 20$
		326	102	4.7	$102 \pm 9.4$
		$1.33 \times 10^3$	99.3	5.4	$99.3 \pm 11$
35	氯苯	23	92.5	13	$92.5 \pm 26$
		231	101	5.1	$101 \pm 10$
		$1.02 \times 10^3$	100	8.2	$100 \pm 16$
36	乙苯	21	94.7	9.8	$94.7 \pm 20$
		222	102	4.2	$102 \pm 8.4$
		902	98.8	13	$98.8 \pm 26$
37	溴仿	55	106	7.4	$106 \pm 15$
		521	99.0	9.1	$99.0 \pm 18$
		$2.36 \times 10^3$	104	4.8	$104 \pm 9.6$
38 39	间-二甲苯 对-二甲苯	42	104	12	$104 \pm 24$
		408	102	8.7	$102 \pm 17$
		$1.75 \times 10^3$	101	13	$101 \pm 26$
40	苯乙烯	21	99.1	4.6	$99.1 \pm 9.2$
		216	97.1	10	$97.1 \pm 20$
		914	99.1	7.8	$99.1 \pm 16$
41	1,1,2,2-四氯乙烷	36	102	5.9	$102 \pm 12$
		344	101	9.2	$101 \pm 18$
		$1.47 \times 10^3$	97.7	14	$97.7 \pm 28$
42	邻-二甲苯	21	101	13	$101 \pm 26$
		216	102	6.0	$102 \pm 12$
		950	98.8	8.2	$98.8 \pm 16$
43	4-乙基甲苯	24	93.9	15	$93.9 \pm 30$
		246	102	12	$102 \pm 24$
		$1.06 \times 10^3$	98.0	5.2	$98.0 \pm 10$

续表

序号	化合物名称	加标浓度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$\bar{P}$ (%)	$S_p$ (%)	$\bar{P} \pm 2S_p$ (%)
44	1,3,5-三甲基苯	24	93.5	13	$93.5 \pm 26$
		244	104	6.2	$104 \pm 12$
		$1.07 \times 10^3$	98.9	6.5	$98.9 \pm 13$
45	1,2,4-三甲基苯	25	103	12	$103 \pm 24$
		250	105	8.2	$105 \pm 16$
		$1.05 \times 10^3$	96.3	6.9	$96.3 \pm 14$
46	氯代甲苯	27	97.2	13	$97.2 \pm 26$
		263	101	3.7	$101 \pm 7.4$
		$1.09 \times 10^3$	96.5	8.2	$96.5 \pm 16$
47	1,3-二氯苯	31	95.9	8.6	$95.9 \pm 17$
		299	102	5.5	$102 \pm 11$
		$1.30 \times 10^3$	96.4	7.0	$96.4 \pm 14$
48	1,4-二氯苯	27	94.5	11	$94.5 \pm 22$
		299	104	7.0	$104 \pm 14$
		$1.29 \times 10^3$	95.6	6.3	$95.6 \pm 13$
49	1,2-二氯苯	32	96.2	9.5	$96.2 \pm 19$
		303	103	4.6	$103 \pm 9.2$
		$1.30 \times 10^3$	96.4	8.4	$96.4 \pm 17$
50	1,2,4-三氯苯	39	97.2	15	$97.2 \pm 30$
		360	103	4.2	$103 \pm 8.4$
		$1.64 \times 10^3$	97.2	6.5	$97.2 \pm 13$
51	萘	26	104	9.2	$104 \pm 18$
		256	101	3.0	$101 \pm 6.0$
		$1.16 \times 10^3$	96.0	6.6	$96.0 \pm 13$
52	1,1,2,3,4,4,-六氯-1,3-丁二烯	58	102	5.3	$102 \pm 11$
		516	102	6.5	$102 \pm 13$
		$2.34 \times 10^3$	94.3	5.9	$94.3 \pm 12$