

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 1154-2020

环境空气 醛、酮类化合物的测定 溶液吸收-高效液相色谱法

**Ambient air—Determination of aldehyde and ketone compounds —
Solution absorption-High performance liquid chromatography**

(发布稿)

本电子版为发布稿。请以中国环境出版集团出版的正式标准文本为准。

2020-12-14 发布

2021-03-15 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 干扰和消除.....	1
5 试剂和材料.....	2
6 仪器和设备.....	3
7 样品.....	3
8 分析步骤.....	5
9 结果计算与表示.....	6
10 精密度和准确度.....	7
11 质量保证和质量控制.....	7
12 废物处理.....	8
附录 A（规范性附录） 方法检出限和测定下限.....	9
附录 B（资料性附录） 方法精密度和准确度.....	10
附录 C（资料性附录） 醛、酮类-DNPH 衍生物的乙腈-水体系分离参考色谱图.....	13

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国大气污染防治法》，保护生态环境，保障人体健康，规范环境空气中醛、酮类化合物的测定方法，制定本标准。

本标准规定了测定环境空气和无组织排放监控点空气中醛、酮类化合物的高效液相色谱法。

本标准的附录A为规范性附录，附录B和附录C为资料性附录。

本标准为首次发布。

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。

本标准起草单位：辽宁省沈阳生态环境监测中心。

本标准验证单位：辽宁省生态环境监测中心、天津市生态环境监测中心、辽宁省大连生态环境监测中心、辽宁省鞍山生态环境监测中心、辽宁省抚顺生态环境监测中心、沈阳市生态环境事务服务与行政执法中心。

本标准生态环境部2020年12月14日批准。

本标准自2021年3月15日起实施。

本标准由生态环境部解释。

环境空气 醛、酮类化合物的测定

溶液吸收-高效液相色谱法

警告：实验中使用的酸和有机试剂等具有强烈的腐蚀性、刺激性和毒性，试剂配制过程和样品前处理过程应在通风橱内进行；操作时应按要求佩戴防护器具，避免吸入呼吸道及接触皮肤和衣物。

1 适用范围

本标准规定了测定环境空气和无组织排放监控点空气中醛、酮类化合物的高效液相色谱法。

本标准适用于环境空气和无组织排放监控点空气中甲醛、乙醛、丙烯醛、丙酮、丙醛、丁烯醛、2-丁酮、正丁醛、苯甲醛、异戊醛、正戊醛、正己醛、邻甲基苯甲醛、间甲基苯甲醛、对甲基苯甲醛和 2,5-二甲基苯甲醛共 16 种醛、酮类化合物的测定。

当试样定容体积 2.0 ml，进样量 10 μ l 时，醛、酮类化合物的最低检出量为 0.024 μ g~0.060 μ g，当采样体积为 20 L（标准状态下）时，方法的检出限为 0.002 mg/m^3 ~0.003 mg/m^3 ，测定下限为 0.008 mg/m^3 ~0.012 mg/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。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

HJ/T 55 大气污染物无组织排放监测技术导则

HJ 194 环境空气质量手工监测技术规范

3 方法原理

环境空气和无组织排放监控点空气中的醛、酮类化合物在酸性介质中与吸收液中的 2,4-二硝基苯肼（DNPH）发生衍生化反应，生成 2,4-二硝基苯腙类化合物，用二氯甲烷-正己烷混合溶液或二氯甲烷萃取、浓缩后，更换溶剂为乙腈，经高效液相色谱分离，紫外或二极管阵列检测器检测。根据保留时间定性，外标法定量。

4 干扰和消除

具有相同保留时间且在 360 nm 处有吸收的其他有机化合物会干扰测定，可以通过改变流动相组成等方式改善分离条件，避免干扰。

5 试剂和材料

除非另有说明,分析时均使用符合国家标准和分析纯试剂,实验用水为新制备的超纯水。

- 5.1 乙腈 (CH_3CN): 高效液相色谱纯。
- 5.2 二氯甲烷 (CH_2Cl_2): 高效液相色谱纯。
- 5.3 正己烷 (C_6H_{14}): 高效液相色谱纯。
- 5.4 盐酸 (HCl): $\rho=1.19\text{ g/ml}$, 优级纯。
- 5.5 2,4-二硝基苯肼 (DNPH): $w\geq 98.0\%$ 。
- 5.6 丙烯醛 ($\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$): $w\geq 98.0\%$ 。
- 5.7 丁烯醛 ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}$): $w\geq 98.0\%$ 。
- 5.8 二氯甲烷-正己烷混合溶液: 3+7, 临用现配。
- 5.9 无水硫酸钠 (Na_2SO_4): 在 450°C 下烘烤 4 h, 冷却, 于磨口玻璃瓶中密封保存。
- 5.10 醛、酮类-DNPH 衍生物标准贮备液: $\rho=100\text{ }\mu\text{g/ml}$ (以醛、酮类化合物计)。

直接购买市售有证的醛、酮类-DNPH 衍生物标准溶液, 溶剂为乙腈, 质量浓度以醛、酮类化合物计。参考标准溶液证书进行保存, 开封后于 4°C 以下密闭、避光冷藏, 可保存 2 个月。

- 5.11 醛、酮类-DNPH 衍生物标准使用液: $\rho=10.0\text{ }\mu\text{g/ml}$ (以醛、酮类化合物计)。

移取 1.00 ml 醛、酮类-DNPH 衍生物标准贮备液 (5.10) 于 10 ml 容量瓶中, 用乙腈 (5.1) 稀释并定容至标线, 混匀。于 4°C 以下密闭、避光冷藏, 可保存 2 个月。

- 5.12 醛、酮类化合物标准贮备液: $\rho=1000\text{ }\mu\text{g/ml}$ 。

直接购买市售有证的醛、酮类化合物标准溶液, 溶剂为乙腈。参考标准溶液证书进行保存, 开封后于 4°C 以下密闭、避光冷藏, 可保存两周。

- 5.13 醛、酮类化合物标准使用液: $\rho=100\text{ }\mu\text{g/ml}$ 。

移取 1.00 ml 醛、酮类化合物标准贮备液 (5.12) 于 10 ml 容量瓶中, 用乙腈 (5.1) 稀释并定容至标线, 混匀。于 4°C 以下密闭、避光冷藏, 可保存两周。

- 5.14 丙烯醛标准贮备液: $\rho\approx 1000\text{ }\mu\text{g/ml}$ 。

称取丙烯醛 (5.6) 0.100 g, 于 100 ml 容量瓶中, 用乙腈 (5.1) 溶解并定容至标线, 混匀。于 4°C 以下密闭、避光冷藏, 可保存 1 个月。

- 5.15 丁烯醛标准贮备液: $\rho\approx 1000\text{ }\mu\text{g/ml}$ 。

称取丁烯醛 (5.7) 0.100 g, 于 100 ml 容量瓶中, 用乙腈 (5.1) 溶解并定容至标线, 混匀。于 4°C 以下密闭、避光冷藏, 可保存 1 个月。

- 5.16 丙烯醛和丁烯醛标准使用液: $\rho\approx 100\text{ }\mu\text{g/ml}$ 。

移取 1.00 ml 丙烯醛标准贮备液 (5.14)、丁烯醛标准贮备液 (5.15) 于 10 ml 容量瓶中, 用乙腈 (5.1) 稀释并定容至标线, 混匀。于 4°C 以下密闭、避光冷藏, 可保存 1 个月。

5.17 DNPH 饱和吸收液

称取 DNPH (5.5) 4.0 g 于棕色试剂瓶中, 加入 180 ml 盐酸 (5.4), 再加入 820 ml 水, 超声 30 min。形成饱和溶液, 过滤。

将过滤后的 DNPH 饱和溶液转移至 2 L 分液漏斗中, 加入 60 ml 的二氯甲烷 (5.2), 萃取 3 min (注意放气), 静置, 待分层后, 弃去下层有机相, 再重复上述操作, 萃取一次。最后用 60 ml 正己烷 (5.3) 萃取, 当有机相与 DNPH 溶液分层后, 将下层的 DNPH 溶液转移至经乙腈冲洗并干燥的棕色试剂瓶中, 密封, 于装有活性炭的干燥器内保存。

注: 每批 DNPH 饱和溶液应在采样前 48 h 内准备和纯化。纯化后空白应满足 11.1 的要求。

5.18 高纯氮气: 纯度 \geq 99.999%。

5.19 滤膜: 0.45 μ m 聚四氟乙烯滤膜。

6 仪器和设备

6.1 高效液相色谱仪: 具有紫外或二极管阵列检测器和梯度洗脱功能。

6.2 色谱柱: C₁₈ 柱, 4.60 mm \times 250 mm \times 5.0 μ m, pH 范围: 2~11, 填料为十八烷基硅烷键合硅胶 (ODS) 的双封端反相色谱柱或其他性能相近的色谱柱。

6.3 空气采样器: 采样流量 0.1 L/min~1.0 L/min。

6.4 棕色多孔玻板吸收瓶: 25 ml。

6.5 棕色气泡吸收瓶: 25 ml。

6.6 浓缩装置: 旋转蒸发装置或氮吹浓缩仪等性能相当的设备。

6.7 分液漏斗: 2 L 和 125 ml, 聚四氟乙烯活塞。

6.8 棕色试剂瓶: 1 L。

6.9 超声波清洗器。

6.10 一般实验室常用仪器和设备。

7 样品

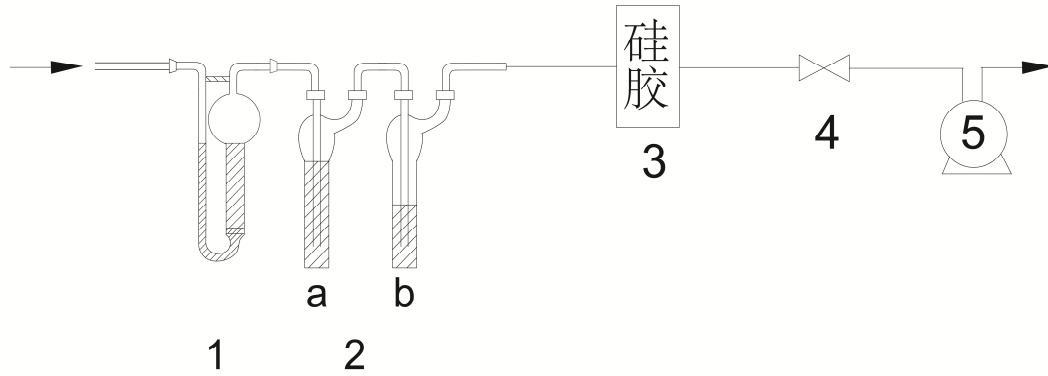
7.1 样品采集

7.1.1 环境空气和无组织排放监控点空气样品

环境空气采样点位的布设及采样符合 HJ 194 的要求, 无组织排放监控点的布设及采样符合 HJ/T 55 中的相关规定。

按照图 1 将装有 20 ml DNPH 饱和吸收液 (5.17) 的棕色多孔玻板吸收瓶 (6.4) 和分别装有 20 ml、10 ml 吸收液 (5.17) 的棕色气泡吸收瓶 (6.5) 串联到空气采样器 (6.3)。以 0.3 L/min~0.5 L/min 的流量, 连续采样 1 h, 如果浓度偏低可适当延长采样时间, 但总采样量不超过 80 L。采样时如果温度低于 4 $^{\circ}$ C, 吸收瓶应放在恒温箱中。

采样后, 立即取下吸收瓶, 用密封帽密封, 避光保存。



1—棕色多孔玻璃板吸收瓶；2—棕色气泡吸收瓶；3—硅胶；4—流量调节装置；5—空气采样器。

图 1 环境空气和无组织排放监控点空气采样系统组成示意图

7.1.2 运输空白样品

将同批采样的三支分别装有 20 ml DNPH 饱和吸收液 (5.17) 的棕色多孔玻璃板吸收瓶 (6.4)、20 ml 和 10 ml 吸收液 (5.17) 的棕色气泡吸收瓶 (6.5) 带到采样现场但不进行样品采集，随样品一同运回实验室，作为运输空白样品。

7.2 样品保存

样品应于 4℃ 以下密封避光冷藏保存，样品采集后 3 日内完成试样的制备，制备好的试样在 3 日内完成分析。

7.3 试样的制备

将吸收瓶中的样品转移至 125 ml 分液漏斗 (6.7) 中，用少量二氯甲烷 (5.2) 清洗吸收瓶 2 次，清洗液一并转移至分液漏斗，加入 10 ml 二氯甲烷 (5.2) 或二氯甲烷-正己烷混合溶液 (5.8)，振摇 3 min，静置分层，收集有机相于 150 ml 三角瓶中。再用 10 ml 二氯甲烷 (5.2) 或二氯甲烷-正己烷混合溶液 (5.8)，重复萃取水相 2 次，合并有机相，加入无水硫酸钠 (5.9) 至硫酸钠颗粒可自由流动。放置 30 min，脱水干燥。

将样品提取液转移至浓缩装置 (6.6) 中，于 45℃ 以下浓缩至近干，更换溶剂为乙腈 (5.1)，并用乙腈定容至 2.0 ml，充分混合后，经滤膜 (5.19) 过滤至样品瓶中待测。如果测定浓度过高，可以适当加以稀释。

注：样品采集后放置时间较长或 DNPH 对测定影响较大时，采用二氯甲烷-正己烷混合溶液萃取样品。

7.4 空白试样的制备

7.4.1 运输空白试样

运输空白 (7.1.2) 按照试样的制备 (7.3) 制备运输空白试样。

7.4.2 实验室空白试样

同批采样的吸收液按照试样的制备 (7.3) 制备实验室空白试样。

8 分析步骤

8.1 仪器参考条件

柱温箱温度：35℃；进样体积：10 μl；紫外检测器波长：360 nm。

梯度洗脱程序见表 1，流动相 A：乙腈，流动相 B：水，流动相 C：甲醇。

表 1 梯度洗脱程序

时间 (min)	流动相流速 (ml/min)	乙腈 (%)	水 (%)	甲醇 (%)
0	1.0	20	35	45
6	1.0	0	30	70
20	1.0	0	20	80
30	1.0	35	20	45
33	1.0	20	35	45

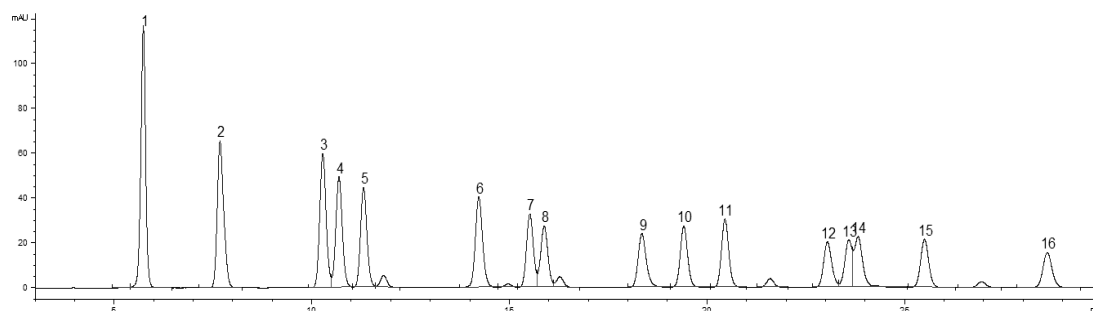
注：使用乙腈-水二元体系参考色谱条件及色谱图参见附录 C。当采用不同流动相体系时，化合物出峰顺序有所不同。详见图 2 和图 C.1。

8.2 校准

取一定量醛、酮类-DNPH 衍生物标准使用液 (5.11) 于乙腈中，用乙腈 (5.1) 稀释，配制浓度 (以醛、酮类化合物计) 分别为 0.10 μg/ml、0.20 μg/ml、0.50 μg/ml、1.00 μg/ml、2.00 μg/ml 和 4.00 μg/ml 的标准系列溶液。由低浓度至高浓度注入高效液相色谱仪，按仪器参考条件 (8.1) 进行测定，得到不同浓度目标化合物的色谱图，记录保留时间和峰面积。以醛、酮类化合物浓度为横坐标，对应化合物的峰面积为纵坐标建立标准曲线。16 种醛、酮类-DNPH 衍生物的标准色谱图见图 2。

8.3 试样测定

按照与标准曲线建立相同的仪器参考条件 (8.1) 进行试样的测定，记录目标化合物的峰面积和保留时间。



1—甲醛-DNPH；2—乙醛-DNPH；3—丙烯醛-DNPH；4—丙酮-DNPH；5—丙醛-DNPH；6—丁烯醛-DNPH；7—正丁醛-DNPH；8—2-丁酮-DNPH；9—苯甲醛-DNPH；10—异戊醛-DNPH；11—正戊醛-DNPH；12—邻甲基苯甲醛-DNPH；13—间甲基苯甲醛-DNPH；14—对甲基苯甲醛-DNPH；15—正己醛-DNPH；16—2,5-二甲基苯甲醛-DNPH。

图 2 16 种醛、酮类-DNPH 衍生物的标准色谱图

8.4 空白试验

按照与试样测定（8.3）相同的仪器条件进行运输空白试样（7.4.1）和实验室空白试样（7.4.2）的测定。

9 结果计算与表示

9.1 定性分析

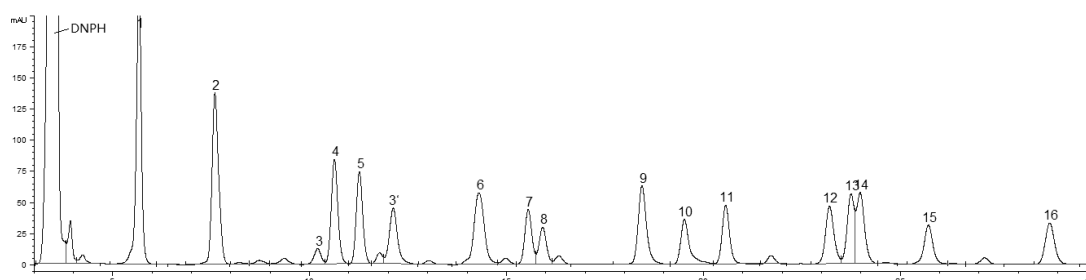
9.1.1 根据保留时间、样品的紫外光谱和标准溶液的紫外谱图比较进行定性。

注：丙烯醛在 DNPH 饱和吸收液（5.17）中衍生化生成丙烯醛腙及其聚合物，在色谱图中出现双峰，需使用丙烯醛标准使用液制备丙烯醛腙及其聚合物进行定性。丁烯醛在 DNPH 饱和吸收液（5.17）中衍生化也会生成丁烯醛腙及其聚合物，在乙腈-水二元体系条件下的色谱图中出现双峰，需使用丁烯醛标准使用液制备丁烯醛腙及其聚合物进行定性。

9.1.2 丙烯醛和丁烯醛的定性

在 125 ml 分液漏斗中，加入 50.0 ml DNPH 饱和吸收液（5.17），再加入 40 μ l 丙烯醛和丁烯醛标准使用液（5.16），按照试样的制备（7.3）相同的操作步骤进行试样制备。按仪器参考条件（8.1）进行分析，记录丙烯醛腙聚合物和丁烯醛腙聚合物的保留时间，用于定性。

丙烯醛腙及其聚合物的色谱图见图 3。丁烯醛腙及其聚合物的色谱图见图 C.2。



1—甲醛-DNPH；2—乙醛-DNPH；3—丙烯醛-DNPH；4—丙酮-DNPH；5—丙醛-DNPH；3'—丙烯醛-DNPH 聚合物；6—丁烯醛-DNPH；7—正丁醛-DNPH；8—2-丁酮-DNPH；9—苯甲醛-DNPH；10—异戊醛-DNPH；11—正戊醛-DNPH；12—邻甲基苯甲醛-DNPH；13—间甲基苯甲醛-DNPH；14—对甲基苯甲醛-DNPH；15—正己醛-DNPH；16—2,5-二甲基苯甲醛-DNPH。

图 3 醛、酮类化合物标准溶液成腙反应后的标准色谱图

9.2 定量分析

根据化合物的峰面积，采用外标法定量。样品中丙烯醛和丁烯醛以其腙及腙聚合物的双峰面积之和代入标准曲线进行定量。

9.3 结果计算

按公式（1）计算样品中醛、酮类化合物的质量浓度。

$$\rho = \frac{(\rho_i - \bar{\rho}_0) \times V \times D}{V_1} \quad (1)$$

式中： ρ ——样品中目标化合物的质量浓度， mg/m^3 ；

ρ_i ——从标准曲线得到试样中目标化合物的质量浓度， $\mu\text{g}/\text{ml}$ ；

$\bar{\rho}_0$ ——从标准曲线得到 2 个实验室空白中目标化合物质量浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{ml}$ ；

V ——试样的浓缩定容体积， ml ；

D ——试样的稀释倍数；

V_1 ——采样体积， L 。应按照相应质量标准和排放标准的要求，采用规定状态的采样体积。

9.4 结果表示

测定结果的小数点后保留位数与检出限一致，且最多保留三位有效数字。

注：间甲基苯甲醛-DNPH 和对甲基苯甲醛-DNPH 为难分离物质对，当色谱柱不能将二者分离时，测定结果为难分离物质对之和。

10 精密度和准确度

10.1 精密度

6 家实验室分别对醛、酮类化合物空白加标量为 $0.2 \mu\text{g}$ 、 $1.0 \mu\text{g}$ 和 $4.0 \mu\text{g}$ （相当于空气样品 $0.010 \text{ mg}/\text{m}^3$ 、 $0.050 \text{ mg}/\text{m}^3$ 和 $0.200 \text{ mg}/\text{m}^3$ ）的吸收液进行 6 次重复测定：

实验室内相对标准偏差分别为：4.3%~11%，2.1%~7.9%和 0.9%~4.9%；

实验室间相对标准偏差分别为：2.7%~12%，3.3%~9.3%和 1.3%~6.6%；

重复性限为： $0.001 \text{ mg}/\text{m}^3 \sim 0.003 \text{ mg}/\text{m}^3$ ， $0.005 \text{ mg}/\text{m}^3 \sim 0.007 \text{ mg}/\text{m}^3$ 和 $0.010 \text{ mg}/\text{m}^3 \sim 0.017 \text{ mg}/\text{m}^3$ ；

再现性限为： $0.002 \text{ mg}/\text{m}^3 \sim 0.004 \text{ mg}/\text{m}^3$ ， $0.006 \text{ mg}/\text{m}^3 \sim 0.012 \text{ mg}/\text{m}^3$ 和 $0.016 \text{ mg}/\text{m}^3 \sim 0.036 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。

10.2 准确度

6 个实验室分别对环境空气样品进行了加标分析测定，醛、酮类化合物加标量为 $1.0 \mu\text{g}$ （相当于空气样品 $0.050 \text{ mg}/\text{m}^3$ ），加标回收率在 62.8%~110%之间，加标回收率最终值为 $65.5\% \pm 6.8\% \sim 105\% \pm 9.4\%$ 。

精密度和准确度详见附录 B。

11 质量保证和质量控制

11.1 空白

50 ml 吸收液中醛、酮类化合物含量限值：甲醛为 $0.15 \mu\text{g}$ ；乙醛为 $0.10 \mu\text{g}$ ；丙酮为 $0.30 \mu\text{g}$ ；其他物质均为 $0.10 \mu\text{g}$ 。

每批样品至少分析 2 个实验室空白和 1 个运输空白。空白中醛、酮类化合物含量限值：甲醛为 0.15 μg ；乙醛为 0.10 μg ；丙酮为 0.30 μg ；其他物质均为 0.10 μg 。

11.2 校准

11.2.1 初始校准

标准曲线的相关系数 ≥ 0.995 ，否则，重新建立标准曲线。

11.2.2 连续校准

样品测定期间每日至少测定 1 次曲线中间点浓度的标准溶液，目标化合物的测定值和标准值的相对误差应在 $\pm 20\%$ 以内。

11.3 平行样

用两台仪器同时采集相同的气体，得到平行样品。每批样品至少采集一个平行样，当测定结果大于测定下限时相对偏差不超过 30%。

12 废物处理

实验中产生的废液应集中收集，并做好相应标识，依法委托有资质的单位进行处理。

附录 A
(规范性附录)
方法检出限和测定下限

当采样体积为20 L (标准状态下) 时, 方法检出限和测定下限见附表A.1。

表 A. 1 方法检出限和测定下限

序号	化合物名称	CAS 号	最低检出量/ (μg)	检出限/ (mg/m^3)	测定下限/ (mg/m^3)
1	甲醛	50-00-0	0.036	0.002	0.008
2	乙醛	75-07-0	0.034	0.002	0.008
3	丙烯醛	107-02-8	0.032	0.002	0.008
4	丙酮	67-64-1	0.040	0.002	0.008
5	丙醛	123-38-6	0.032	0.002	0.008
6	丁烯醛	123-73-9	0.030	0.002	0.008
7	正丁醛	123-72-8	0.024	0.002	0.008
8	2-丁酮	78-93-3	0.030	0.002	0.008
9	苯甲醛	100-52-7	0.032	0.002	0.008
10	异戊醛	590-86-3	0.028	0.002	0.008
11	正戊醛	100-62-3	0.030	0.002	0.008
12	邻甲基苯甲醛	529-20-4	0.052	0.003	0.012
13	间甲基苯甲醛	620-23-5	0.046	0.003	0.012
14	对甲基苯甲醛	104-87-0	0.060	0.003	0.012
15	正己醛	66-25-1	0.040	0.002	0.008
16	2,5-二甲基苯甲醛	5779-94-2	0.034	0.002	0.008

附录 B
(资料性附录)
方法精密度和准确度

附表B.1为方法精密度指标；附表B.2中为方法准确度指标。

表 B.1 方法的精密度

化合物名称	总平均值/ (μg)	实验室内相对标准 偏差/ (%)	实验室间相对标准 偏差/ (%)	重复性限/ (mg/m^3)	再现性限/ (mg/m^3)
甲醛	0.190	5.6~11	6.6	0.002	0.003
	0.933	2.7~6.9	5.8	0.006	0.009
	3.62	1.6~4.9	4.6	0.015	0.027
乙醛	0.199	4.8~10	4.3	0.002	0.002
	0.941	2.9~4.7	3.9	0.006	0.007
	3.74	0.9~3.3	4.5	0.012	0.026
丙烯醛	0.151	5.9~7.5	5.3	0.002	0.002
	0.750	3.2~4.9	4.6	0.005	0.006
	3.06	2.6~4.0	3.6	0.014	0.020
丙酮	0.161	7.3~11	8.8	0.002	0.003
	0.738	4.3~5.9	8.0	0.005	0.010
	3.16	1.8~3.3	4.4	0.011	0.022
丙醛	0.192	4.9~8.0	9.6	0.002	0.003
	0.954	3.1~5.6	7.3	0.006	0.011
	3.64	1.5~4.0	3.1	0.015	0.021
丁烯醛	0.197	4.8~8.9	4.6	0.002	0.002
	0.962	2.7~5.8	3.3	0.006	0.007
	3.92	1.3~3.9	1.3	0.015	0.016
正丁醛	0.179	5.5~8.2	12	0.002	0.003
	0.860	2.3~5.9	8.0	0.005	0.011
	3.35	2.5~3.9	4.8	0.014	0.026
2-丁酮	0.147	5.7~9.7	7.9	0.001	0.002
	0.655	4.3~6.8	5.2	0.005	0.007
	2.41	2.2~3.4	4.6	0.010	0.018
苯甲醛	0.205	5.4~8.8	6.5	0.002	0.003
	1.01	2.7~6.5	6.1	0.006	0.011
	3.94	1.4~4.8	4.2	0.016	0.027
异戊醛	0.191	5.2~8.2	7.1	0.002	0.003
	0.936	3.5~6.9	6.3	0.006	0.010
	3.63	2.3~4.0	6.4	0.016	0.036

续表

化合物名称	总平均值/ (μg)	实验室内相对标准 偏差/ (%)	实验室间相对标准 偏差/ (%)	重复性限/ (mg/m^3)	再现性限/ (mg/m^3)
正戊醛	0.179	4.3~6.1	8.1	0.001	0.002
	0.932	2.6~5.8	5.9	0.005	0.009
	3.65	2.1~4.9	4.7	0.017	0.029
邻甲基苯甲醛	0.205	4.6~11	4.8	0.002	0.002
	0.977	3.1~7.9	6.9	0.007	0.011
	3.82	1.3~4.4	4.6	0.016	0.029
间甲基苯甲醛	0.193	4.9~9.0	4.2	0.002	0.002
	1.00	2.1~5.6	4.5	0.006	0.008
	3.93	1.7~4.0	2.5	0.017	0.020
对甲基苯甲醛	0.202	4.6~9.3	7.0	0.002	0.003
	0.946	3.1~5.0	6.6	0.005	0.010
	3.66	1.5~4.9	1.7	0.015	0.016
正己醛	0.184	4.8~9.9	12	0.002	0.004
	0.842	3.2~5.2	9.3	0.005	0.012
	3.29	2.3~4.2	6.6	0.016	0.034
2,5-二甲基苯 甲醛	0.199	4.4~9.8	5.6	0.002	0.003
	0.985	3.5~5.3	5.8	0.006	0.010
	3.80	1.6~4.7	4.2	0.017	0.027

表 B.2 方法的准确度

序号	化合物名称	实际样品浓度/ (mg/m^3)	加标量相当于空气样 品浓度/ (mg/m^3)	加标回收率范围/ (%)	加标回收率最终值 $\bar{P} \pm 2S_{\bar{P}}/\%$
1	甲醛	0.096~0.136	0.050	90.6~104	99.6 \pm 10.2
2	乙醛	0.035~0.053	0.050	96.2~110	104 \pm 10.8
3	丙烯醛	0~0.002	0.050	70.4~86.0	75.5 \pm 11.0
4	丙酮	0.014~0.032	0.050	62.8~74.4	67.4 \pm 8.6
5	丙醛	0.041~0.061	0.050	99.0~110	105 \pm 9.4
6	丁烯醛	0~0.040	0.050	86.6~98.0	94.0 \pm 9.2
7	正丁醛	0.035~0.047	0.050	76.3~89.6	85.0 \pm 10.4
8	2-丁酮	未检出	0.050	62.9~71.8	65.5 \pm 6.8
9	苯甲醛	未检出	0.050	88.2~101	94.4 \pm 9.0
10	异戊醛	未检出	0.050	89.6~103	97.4 \pm 9.6
11	正戊醛	未检出	0.050	89.0~103	96.9 \pm 9.6
12	邻甲基苯甲醛	未检出	0.050	98.8~110	105 \pm 8.4
13	间甲基苯甲醛	未检出	0.050	95.6~106	102 \pm 7.6

续表

序号	化合物名称	实际样品浓度/ (mg/m ³)	加标量相当于空气样 品浓度/ (mg/m ³)	加标回收率范围/ (%)	加标回收率最终值 $\bar{P} \pm 2S_{\bar{P}}/\%$
14	对甲基苯甲醛	未检出	0.050	98.0~107	101±6.6
15	正己醛	未检出	0.050	75.8~85.8	82.0±8.0
16	2,5-二甲基苯甲醛	未检出	0.050	87.5~102	95.1±9.2

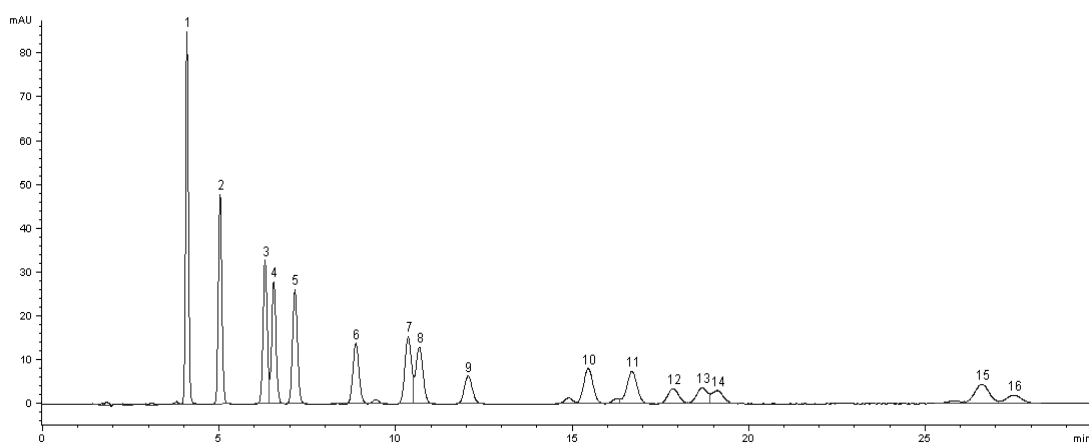
附录C
(资料性附录)

醛、酮类-DNPH衍生物的乙腈-水体系分离参考色谱图

图 C.1 是按照表 C.1 在相应的乙腈-水体系色谱分离条件下的参考色谱图。

表 C.1 梯度洗脱程序

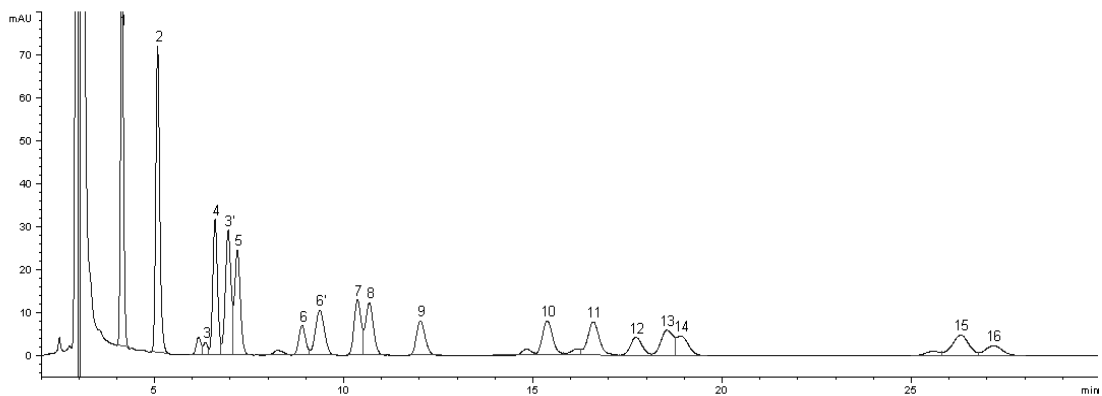
时间 (min)	流动相流速 (ml/min)	乙腈 (%)	水 (%)
0	1.0	65	35
6	1.0	60	40
24	1.0	60	40
30	1.0	65	35



1—甲醛-DNPH; 2—乙醛-DNPH; 3—丙烯醛-DNPH; 4—丙酮-DNPH; 5—丙醛-DNPH; 6—丁烯醛-DNPH;
7—2-丁酮-DNPH; 8—正丁醛-DNPH; 9—苯甲醛-DNPH; 10—异戊醛-DNPH; 11—正戊醛-DNPH; 12—邻
甲基苯甲醛-DNPH; 13—间甲基苯甲醛-DNPH; 14—对甲基苯甲醛-DNPH; 15—正己醛-DNPH; 16—2,5-
二甲基苯甲醛-DNPH。

图 C.1 醛、酮类-DNPH 衍生物的乙腈-水体系分离参考色谱图

在上述条件下，丙烯醛腙及其聚合物和丁烯醛腙及其聚合物的色谱图见图 C.2。



1—甲醛-DNPH；2—乙醛-DNPH；3—丙烯醛-DNPH；4—丙酮-DNPH；3'—丙烯醛-DNPH 聚合物；5—丙醛-DNPH；6—丁烯醛-DNPH；6'—丁烯醛-DNPH 聚合物；7—2-丁酮-DNPH；8—正丁醛-DNPH；9—苯甲醛-DNPH；10—异戊醛-DNPH；11—正戊醛-DNPH；12—邻甲基苯甲醛-DNPH；13—间甲基苯甲醛-DNPH；14—对甲基苯甲醛-DNPH；15—正己醛-DNPH；16—2,5-二甲基苯甲醛-DNPH。

图 C.2 醛、酮类化合物标准溶液成脎反应后的标准色谱图