

# HJ

## 中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 1192—2021

### 水质 9 种烷基酚类化合物和双酚 A 的 测定 固相萃取/高效液相色谱法

Water quality—Determination of 9 alkylphenols and Bisphenol A—Solid  
phase extraction/ high performance liquid chromatography

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。

2021-09-17 发布

2022-04-01 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 术语和定义 .....                | 1  |
| 4 方法原理 .....                 | 1  |
| 5 试剂和材料 .....                | 1  |
| 6 仪器和设备 .....                | 2  |
| 7 样品 .....                   | 3  |
| 8 分析步骤 .....                 | 4  |
| 9 结果计算与表示.....               | 4  |
| 10 准确度 .....                 | 5  |
| 11 质量保证和质量控制.....            | 6  |
| 12 废物处置 .....                | 6  |
| 13 注意事项 .....                | 6  |
| 附录 A（规范性附录） 方法的检出限和测定下限..... | 7  |
| 附录 B（资料性附录） 方法的准确度 .....     | 8  |



## 前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》，防治生态环境污染，改善生态环境质量，规范水中烷基酚类化合物和双酚 A 的测定方法，制定本标准。

本标准规定了测定地表水、地下水、生活污水和工业废水中烷基酚类化合物和双酚 A 的高效液相色谱法。

本标准的附录 A 为规范性附录，附录 B 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：北京市生态环境监测中心。

本标准验证单位：天津市生态环境监测中心、新疆维吾尔自治区生态环境监测总站、乌鲁木齐市环境监测中心站、华测检测认证集团北京有限公司、中科谱研（北京）科技有限公司和北京中海京诚检测技术有限公司。

本标准生态环境部 2021 年 9 月 17 日批准。

本标准自 2022 年 4 月 1 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

# 水质 9 种烷基酚类化合物和双酚 A 的测定

## 固相萃取/高效液相色谱法

警告：实验中所使用的有机溶剂、标准物质和标准溶液均有一定的毒性，试剂配制和样品前处理过程应在通风橱中进行，操作时应按规定要求佩戴防护器具，避免吸入呼吸道、接触皮肤和衣物。

### 1 适用范围

本标准规定了测定水中烷基酚类化合物和双酚 A 的高效液相色谱法。

本标准适用于地表水、地下水、生活污水和工业废水中 4-叔丁基苯酚、4-丁基苯酚、4-戊基苯酚、4-己基苯酚、4-庚基苯酚、4-辛基苯酚、4-支链壬基酚、4-叔辛基苯酚和 4-壬基酚等 9 种烷基酚类化合物和双酚 A 的测定。

当取样体积为 200 ml，试样的定容体积为 1.0 ml，进样体积为 30  $\mu\text{l}$  时，方法检出限为 0.04  $\mu\text{g/L}$ ~0.06  $\mu\text{g/L}$ ，测定下限为 0.16  $\mu\text{g/L}$ ~0.24  $\mu\text{g/L}$ 。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。

|         |              |
|---------|--------------|
| HJ/T 91 | 地表水和污水监测技术规范 |
| HJ 91.1 | 污水监测技术规范     |
| HJ 164  | 地下水环境监测技术规范  |

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1

4-支链壬基酚 4-nonyl-branched phenol

商品化的 4-壬基酚的支链异构体混合物，CAS No.为 84852-15-3。

### 4 方法原理

水中的烷基酚类化合物和双酚 A 在酸性条件下，经固相萃取富集、净化，用甲醇和二氯甲烷洗脱，浓缩后使用具有荧光检测器的高效液相色谱仪测定，根据保留时间定性，外标法定量。

### 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不含目标化合物的蒸馏水或纯水。

## HJ 1192—2021

5.1 硫代硫酸钠 ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ): 优级纯。

5.2 乙腈 ( $\text{CH}_3\text{CN}$ ): 高效液相色谱纯。

5.3 二氯甲烷 ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ): 农残级。

5.4 正己烷 ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ): 高效液相色谱纯。

5.5 甲醇 ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ): 高效液相色谱纯。

5.6 丙酮 ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ): 农残级。

5.7 盐酸:  $\rho=1.19 \text{ g/ml}$ 。

5.8 盐酸溶液:  $\varphi(\text{HCl})=50\%$ 。

量取 100 ml 盐酸 (5.7), 缓慢加入到 100 ml 实验用水中, 混匀。

5.9 甲醇溶液:  $\varphi(\text{CH}_3\text{OH})=30\%$ 。

分别量取 30 ml 甲醇 (5.5) 和 70 ml 实验用水, 混匀。

5.10 乙腈溶液:  $\varphi(\text{CH}_3\text{CN})=50\%$ 。

分别量取 50 ml 乙腈 (5.2) 和 50 ml 实验用水, 混匀。

5.11 烷基酚类化合物和双酚 A 标准贮备液:  $\rho=1000 \mu\text{g/ml}$ 。

可购买市售有证标准溶液, 组分包括 4-叔丁基苯酚、4-丁基苯酚、4-戊基苯酚、4-己基苯酚、4-庚基苯酚、4-辛基苯酚、4-支链壬基酚、4-叔辛基苯酚、4-壬基酚和双酚 A, 溶剂为乙腈 (5.2), 按标准溶液证书要求保存。也可用市售有证标准物质制备, 制备的标准贮备液于  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  以下冷藏、密封、避光保存, 保存期为 1 a。

5.12 烷基酚类化合物和双酚 A 标准中间液:  $\rho=100 \mu\text{g/ml}$ 。

准确移取 1.00 ml 烷基酚类化合物和双酚 A 标准贮备液 (5.11) 于 10 ml 容量瓶中, 用乙腈 (5.2) 定容至刻度。标准中间液于  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  以下冷藏、密封、避光保存, 保存期为 6 个月。

5.13 烷基酚类化合物和双酚 A 标准使用液:  $\rho=10.0 \mu\text{g/ml}$ 。

准确移取 1.00 ml 烷基酚类化合物和双酚 A 标准中间液 (5.12) 于 10 ml 容量瓶中, 用乙腈 (5.2) 定容至刻度。标准使用液于  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  以下冷藏、密封、避光保存, 保存期为 6 个月。

5.14 石英滤膜: 孔径为  $0.45 \mu\text{m}$ , 使用前在  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  的马弗炉中烘烤 2 h。

5.15 滤膜: 孔径为  $0.45 \mu\text{m}$ , 疏水性聚四氟乙烯或其他等效材质。

5.16 氮气: 纯度  $\geq 99.99\%$ 。

## 6 仪器和设备

6.1 采样瓶: 250 ml, 棕色细口玻璃瓶, 配玻璃塞。使用前可用实验用水、丙酮 (5.6) 依次清洗, 避免使用表面活性剂类洗涤剂。

6.2 高效液相色谱仪: 配备荧光检测器。

6.3 色谱柱: 填料粒径  $5 \mu\text{m}$ , 柱长 25 cm, 内径 4.6 mm 的  $\text{C}_{18}$  反相色谱柱, 或其他等效色谱柱。

6.4 浓缩装置: 氮吹仪或其他性能相当的浓缩装置。

6.5 固相萃取柱: 250 mg/6 ml, 聚丙烯或者玻璃材质, 填料为苯乙烯和二乙烯苯共聚物, 或其他等效固相萃取柱。

6.6 固相萃取装置: 手动或自动, 流速可调节。

6.7 微量注射器: 10  $\mu\text{l}$ 、50  $\mu\text{l}$ 、100  $\mu\text{l}$ 、250  $\mu\text{l}$ 、1 ml。

6.8 量筒: 50 ml、100 ml、200 ml、500 ml。

6.9 一般实验室常用仪器和设备。

## 7 样品

### 7.1 样品采集与保存

按照 HJ/T 91、HJ 91.1、HJ 164 的相关规定进行样品采集和保存。用采样瓶（6.1）采集样品，如样品中含有余氯，需向样品中加入硫代硫酸钠（5.1），使样品中硫代硫酸钠的浓度为 80 mg/L，加盐酸溶液（5.8）调节样品 pH 值为 1~2。样品应充满采样瓶（6.1）并加盖密封，于 4 °C 以下冷藏、避光保存，7 d 内完成分析。

每批次样品应至少采集 1 个全程序空白样品，将 1 份实验用水放入样品瓶中密封，并带到采样现场，与采样样品瓶同时开盖和密封，之后随样品运回实验室。

### 7.2 试样的制备

#### 7.2.1 过滤

样品在进行固相萃取之前需经石英滤膜（5.14）过滤，过滤后的样品需全部转移至量筒（6.8）中，准确记录样品体积，并全部用于固相萃取。过滤后的石英滤膜（5.14）放入 10 ml 玻璃管中，加入 5 ml 乙腈（5.2）超声提取 10 min，将超声提取液经石英滤膜过滤后收集至浓缩瓶中。

注：若样品中不存在肉眼可见的悬浮物，无需过滤，准确量取 200 ml 样品进行固相萃取即可。

#### 7.2.2 固相萃取

依次用 10 ml 正己烷（5.4）、10 ml 二氯甲烷（5.3）、10 ml 甲醇（5.5）和 10 ml 实验用水活化固相萃取柱（6.5），在活化过程中，应确保固相萃取柱中填料表面不露出液面。将过滤后的样品（7.2.1），以 3 ml/min~5 ml/min 的流速通过固相萃取柱。上样结束后，用 10 ml 甲醇溶液（5.9）淋洗固相萃取柱，去除固相萃取柱上的杂质，然后用氮气（5.16）吹干固相萃取柱，再以 2 ml/min~4 ml/min 的流速，分别用 2 ml 甲醇（5.5）和 5 ml 二氯甲烷（5.3）洗脱，收集洗脱液至浓缩瓶中。

注 1：当样品中任一目标化合物测定浓度大于 20.0 µg/L 时，应考虑固相萃取柱穿透的风险。

注 2：其他固相萃取的方式，经验证满足要求，也可适用于本方法。

#### 7.2.3 浓缩

将提取液（7.2.1）和洗脱液（7.2.2）合并后，用浓缩装置（6.4）浓缩到 1 ml 以下，加入 3 ml 乙腈（5.2），再浓缩至约 1 ml，将溶剂完全置换为乙腈后，用乙腈（5.2）定容至 1.0 ml，过滤膜（5.15）后待测。

注：置换溶剂时，不要将溶剂吹干，重复置换操作 2~4 次。

### 7.3 空白试样的制备

#### 7.3.1 实验室空白

用实验用水代替样品，按照与试样的制备（7.2）相同的操作步骤，制备实验室空白试样。

#### 7.3.2 全程序空白

全程序空白样品（7.1），按照与试样的制备（7.2）相同的操作步骤，制备全程序空白试样。

## 8 分析步骤

### 8.1 色谱参考条件

流动相 A: 乙腈 (5.2), 流动相 B: 实验用水; 柱温: 40 °C; 进样体积: 30  $\mu$ l; 流速: 1.0 ml/min; 荧光检测器: 激发波长 227 nm, 发射波长 315 nm; 梯度洗脱程序见表 1。

表 1 梯度洗脱程序

| 时间 (min) | 流动相 A (%) | 流动相 B (%) |
|----------|-----------|-----------|
| 0.0      | 50        | 50        |
| 15.0     | 60        | 40        |
| 35.0     | 84        | 16        |
| 40.0     | 90        | 10        |
| 41.0     | 50        | 50        |
| 45.0     | 50        | 50        |

注: 35.0 min~41.0 min 为色谱柱的清洗时间, 清洗时间可根据实际样品的复杂程度进行调整, 41.0 min~45.0 min 为色谱柱的平衡时间。

### 8.2 标准曲线的建立

移取一定量的烷基酚类化合物和双酚 A 标准使用液 (5.13), 用乙腈溶液 (5.10) 逐级稀释, 配制至少 5 个浓度点的标准系列, 各组分质量浓度分别为 0.00  $\mu$ g/L、20.0  $\mu$ g/L、50.0  $\mu$ g/L、100  $\mu$ g/L、500  $\mu$ g/L、1000  $\mu$ g/L (此为参考浓度), 按照色谱参考条件 (8.1), 由低浓度到高浓度依次进样, 以目标化合物浓度为横坐标, 以峰面积 (或峰高) 为纵坐标, 建立荧光检测器的标准曲线。

### 8.3 试样的测定

将制备好的试样 (7.2), 按照与绘制标准曲线相同的测量条件 (8.2) 进行测定。当试样浓度超出标准曲线浓度范围时, 应适当稀释后测定。

### 8.4 空白试验

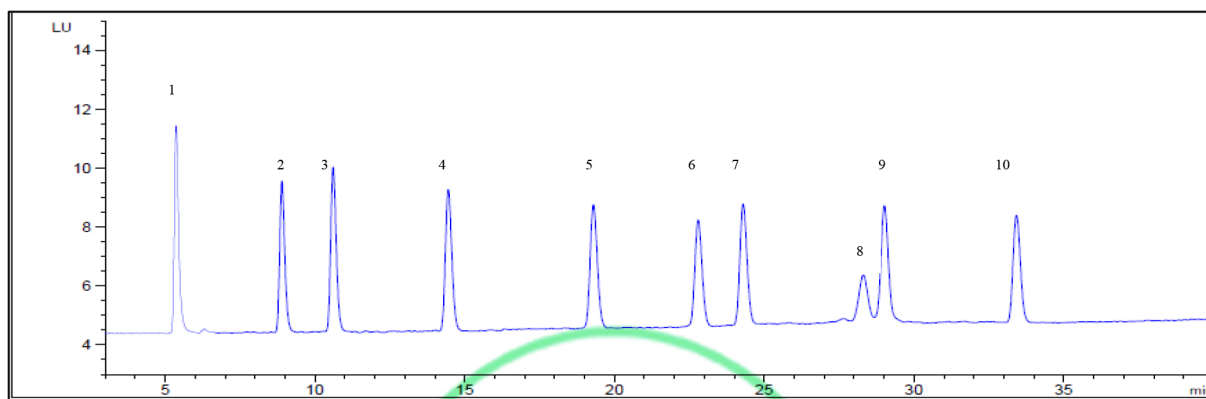
按照与试样的测定 (8.3) 相同的步骤, 进行空白试样 (7.3) 的测定。

## 9 结果计算与表示

### 9.1 定性分析

根据样品中目标化合物与标准系列中目标化合物的保留时间进行定性。必要时可以用高效液相色谱-质谱法作进一步确认。

在本标准规定的色谱参考条件 (8.1) 下, 目标化合物的标准色谱图见图 1。



1——双酚 A；2——4-叔丁基苯酚；3——4-丁基苯酚；4——4-戊基苯酚；5——4-己基苯酚；6——4-叔辛基苯酚；7——4-庚基苯酚；8——4-支链壬基酚；9——4-辛基苯酚；10——4-壬基酚。

图 1 烷基酚类化合物和双酚 A 标准色谱图 ( $\rho=250 \mu\text{g/L}$ )

## 9.2 结果计算

样品中目标化合物的浓度，按照公式 (1) 进行计算。

$$\rho = \frac{\rho_1 \times V_1}{V} \times D \quad (1)$$

式中： $\rho$ ——样品中目标化合物的浓度， $\mu\text{g/L}$ ；

$\rho_1$ ——由标准曲线计算所得的目标化合物浓度， $\mu\text{g/L}$ ；

$V_1$ ——试样的定容体积，ml；

$V$ ——取样体积，ml；

$D$ ——试样的稀释倍数。

注：当试样浓度超出标准曲线的范围，应对试样进行稀释。

## 9.3 结果表示

测定结果小数点后的位数与方法检出限一致，最多保留 3 位有效数字。

## 10 准确度

### 10.1 精密度

6 家实验室分别对空白加标样品进行 6 次重复测定，加标浓度分别为  $0.100 \mu\text{g/L}$ 、 $0.500 \mu\text{g/L}$ 、 $1.25 \mu\text{g/L}$ 。

实验室内相对标准偏差分别为：3.2%~19%、1.0%~17%、1.0%~12%。

实验室间相对标准偏差分别为：6.7%~18%、7.7%~19%、6.6%~15%。

重复性限范围分别为： $0.02 \mu\text{g/L} \sim 0.06 \mu\text{g/L}$ 、 $0.05 \mu\text{g/L} \sim 0.10 \mu\text{g/L}$ 、 $0.15 \mu\text{g/L} \sim 0.21 \mu\text{g/L}$ 。

再现性限范围分别为： $0.03 \mu\text{g/L} \sim 0.06 \mu\text{g/L}$ 、 $0.11 \mu\text{g/L} \sim 0.23 \mu\text{g/L}$ 、 $0.27 \mu\text{g/L} \sim 0.45 \mu\text{g/L}$ 。

精密度结果参见附录 B 中表 B.1。



## 10.2 正确度

6 家实验室分别对实验用水、地表水和生活污水的加标样品进行 6 次重复测定，加标浓度分别为 0.100 μg/L、0.500 μg/L 和 1.25 μg/L。

实验用水加标回收率范围分别为 68.6%~110%、62.1%~110%、64.8%~97.7%；加标回收率最终值为 93.0%±17.0%、86.5%±25.6%、82.6%±13.2%。

地表水的加标回收率范围分别为 61.3%~102%、65.1%~103%、65.3%~103%；加标回收率最终值分别为 88.3%±15.1%、87.2%±22.9%、82.3%±18.0%。

生活污水的加标回收率范围分别为 60.0%~115%、62.0%~107%、60.7%~99.4%；加标回收率最终值分别为 91.5%±17.2%、85.4%±17.8%、80.1%±11.9%。

正确度结果参见附录 B 中表 B.2。

## 11 质量保证和质量控制

### 11.1 空白试验

每 20 个样品或每批次（≤20 个样品）应至少测定 1 个实验室空白样品和 1 个全程序空白样品，测定结果应小于方法检出限。

### 11.2 标准曲线

每批样品应绘制标准曲线，标准曲线相关系数应 $\geq 0.995$ ，否则应查找原因，重新绘制标准曲线。

每分析 20 个样品或每批次（≤20 个样品）应测定 1 个标准曲线中间浓度点，其测定结果与标准曲线该点浓度的相对误差应在 $\pm 20\%$ 以内，否则应重新绘制标准曲线。

### 11.3 平行样测定

每 20 个样品或每批次（≤20 个样品）应至少分析 1 组空白加标平行，平行样的相对偏差应在 $\pm 20\%$ 以内。

### 11.4 基体加标

每 20 个样品或每批次（≤20 个样品）应做 1 个基体加标样，基体加标回收率应控制在 60%~120% 之间。

## 12 废物处置

实验过程中产生的废液及分析后的高浓度样品应分类收集，集中保管，并做好相应标识，依法委托有资质的单位进行处理。

## 13 注意事项

在样品采集、前处理及分析过程中不得使用含有目标化合物的器皿及耗材。

附 录 A  
(规范性附录)  
方法的检出限和测定下限

采用固相萃取法,取样体积为 200 ml 时,本方法中目标化合物的检出限和测定下限结果见表 A.1。

表 A.1 方法检出限和测定下限

| 序号 | 化合物名称    | 英文简称                      | CAS No.    | 检出限<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | 测定下限<br>( $\mu\text{g/L}$ ) |
|----|----------|---------------------------|------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1  | 双酚 A     | Bisphenol A               | 80-05-7    | 0.04                       | 0.16                        |
| 2  | 4-叔丁基苯酚  | 4- <i>t</i> -Butylphenol  | 98-54-4    | 0.04                       | 0.16                        |
| 3  | 4-丁基苯酚   | 4- <i>n</i> -Butylphenol  | 1638-22-8  | 0.05                       | 0.20                        |
| 4  | 4-戊基苯酚   | 4- <i>n</i> -Pentylphenol | 14938-35-3 | 0.05                       | 0.20                        |
| 5  | 4-己基苯酚   | 4- <i>n</i> -Hexylphenol  | 2446-69-7  | 0.05                       | 0.20                        |
| 6  | 4-叔辛基苯酚  | 4- <i>t</i> -Octylphenol  | 140-66-9   | 0.06                       | 0.24                        |
| 7  | 4-庚基苯酚   | 4- <i>n</i> -Heptylphenol | 1987-50-4  | 0.06                       | 0.24                        |
| 8  | 4-支链壬基苯酚 | 4-nonyl-branched phenol   | 84852-15-3 | 0.06                       | 0.24                        |
| 9  | 4-辛基苯酚   | 4- <i>n</i> -Octylphenol  | 1806-26-4  | 0.06                       | 0.24                        |
| 10 | 4-壬基苯酚   | 4- <i>n</i> -Nonylphenol  | 104-40-5   | 0.05                       | 0.20                        |

附 录 B  
(资料性附录)  
方法的准确度

采用固相萃取法，测定 3 种不同浓度统一样品的精密度和正确度，方法精密度结果见表 B.1，方法正确度结果见表 B.2。

表 B.1 精密度汇总表

| 化合物名称   | 加标浓度<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | 平均值<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | 实验室内<br>相对标准偏差<br>(%) | 实验室间<br>相对标准偏差<br>(%) | 重复性限<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | 再现性限<br>( $\mu\text{g/L}$ ) |
|---------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 双酚 A    | 0.100                       | 0.09                       | 3.5~15                | 17                    | 0.02                        | 0.05                        |
|         | 0.500                       | 0.43                       | 2.4~7.5               | 16                    | 0.06                        | 0.2                         |
|         | 1.25                        | 1.04                       | 2.3~6.8               | 14                    | 0.10                        | 0.40                        |
| 4-叔丁基苯酚 | 0.100                       | 0.09                       | 4.1~15                | 18                    | 0.02                        | 0.05                        |
|         | 0.500                       | 0.41                       | 1.9~10                | 16                    | 0.06                        | 0.20                        |
|         | 1.25                        | 1.06                       | 2.8~8.1               | 12                    | 0.20                        | 0.40                        |
| 4-丁基苯酚  | 0.100                       | 0.08                       | 3.2~13                | 8.4                   | 0.02                        | 0.03                        |
|         | 0.500                       | 0.42                       | 3.2~7.7               | 16                    | 0.05                        | 0.20                        |
|         | 1.25                        | 1.03                       | 1.0~11                | 15                    | 0.20                        | 0.40                        |
| 4-戊基苯酚  | 0.100                       | 0.09                       | 4.6~13                | 7.0                   | 0.02                        | 0.03                        |
|         | 0.500                       | 0.42                       | 1.0~8.8               | 13                    | 0.07                        | 0.20                        |
|         | 1.25                        | 1.00                       | 1.8~11                | 10                    | 0.20                        | 0.30                        |
| 4-己基苯酚  | 0.100                       | 0.09                       | 3.2~12                | 15                    | 0.02                        | 0.04                        |
|         | 0.500                       | 0.43                       | 2.8~4.9               | 15                    | 0.05                        | 0.20                        |
|         | 1.25                        | 1.03                       | 4.3~7.3               | 11                    | 0.20                        | 0.40                        |
| 4-叔辛基苯酚 | 0.100                       | 0.08                       | 4.9~19                | 14                    | 0.03                        | 0.04                        |
|         | 0.500                       | 0.42                       | 1.5~7.9               | 14                    | 0.06                        | 0.2                         |
|         | 1.25                        | 1.01                       | 3.0~10                | 11                    | 0.20                        | 0.30                        |
| 4-庚基苯酚  | 0.100                       | 0.08                       | 6.1~16                | 11                    | 0.03                        | 0.04                        |
|         | 0.500                       | 0.42                       | 2.1~7.1               | 19                    | 0.07                        | 0.20                        |
|         | 1.25                        | 0.98                       | 3.5~10                | 12                    | 0.20                        | 0.40                        |
| 4-支链壬基酚 | 0.100                       | 0.10                       | 8.2~15                | 6.7                   | 0.06                        | 0.06                        |
|         | 0.500                       | 0.40                       | 4.9~8.3               | 7.7                   | 0.07                        | 0.10                        |
|         | 1.25                        | 1.01                       | 4.1~8.8               | 13                    | 0.20                        | 0.40                        |
| 4-辛基苯酚  | 0.100                       | 0.09                       | 4.4~13                | 9.1                   | 0.02                        | 0.03                        |
|         | 0.500                       | 0.42                       | 2.2~17                | 14                    | 0.10                        | 0.20                        |
|         | 1.25                        | 0.99                       | 3.0~12                | 6.6                   | 0.20                        | 0.30                        |
| 4-壬基酚   | 0.100                       | 0.08                       | 4.4~17                | 11                    | 0.03                        | 0.03                        |
|         | 0.500                       | 0.39                       | 4.1~8.0               | 11                    | 0.06                        | 0.10                        |
|         | 1.25                        | 0.97                       | 3.6~9.5               | 9.5                   | 0.20                        | 0.30                        |

表 B.2 正确度汇总表

| 化合物名称   | 样品类型 | 加标浓度<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | 回收率范围<br>(%) | $\bar{P} \pm 2S_{\bar{P}}$<br>(%) |
|---------|------|-----------------------------|--------------|-----------------------------------|
| 双酚 A    | 实验用水 | 0.100                       | 68.6~105     | 87.0 $\pm$ 14.7                   |
|         |      | 0.500                       | 62.1~103     | 86.6 $\pm$ 14.2                   |
|         |      | 1.25                        | 65.4~96.3    | 83.1 $\pm$ 24.2                   |
|         | 地表水  | 0.100                       | 61.3~102     | 79.1 $\pm$ 15.1                   |
|         |      | 0.500                       | 74.0~100     | 86.8 $\pm$ 11.5                   |
|         |      | 1.25                        | 75.5~92.9    | 82.9 $\pm$ 14.9                   |
|         | 生活污水 | 0.100                       | 62.6~109     | 91.5 $\pm$ 17.2                   |
|         |      | 0.500                       | 66.9~103     | 83.0 $\pm$ 15.7                   |
|         |      | 1.25                        | 61.7~99.2    | 79.8 $\pm$ 16.7                   |
| 4-叔丁基苯酚 | 实验用水 | 0.100                       | 69.1~110     | 90.8 $\pm$ 16.4                   |
|         |      | 0.500                       | 68.6~104     | 81.0 $\pm$ 13.1                   |
|         |      | 1.25                        | 73.3~97.7    | 84.3 $\pm$ 10.2                   |
|         | 地表水  | 0.100                       | 72.4~101     | 81.3 $\pm$ 20.2                   |
|         |      | 0.500                       | 75.8~103     | 87.2 $\pm$ 11.5                   |
|         |      | 1.25                        | 72.5~94.9    | 82.3 $\pm$ 18.0                   |
|         | 生活污水 | 0.100                       | 61.4~112     | 76.7 $\pm$ 22.7                   |
|         |      | 0.500                       | 64.9~107     | 85.4 $\pm$ 17.8                   |
|         |      | 1.25                        | 62.9~96.4    | 79.4 $\pm$ 15.5                   |
| 4-丁基苯酚  | 实验用水 | 0.100                       | 73.9~94.8    | 83.9 $\pm$ 14.1                   |
|         |      | 0.500                       | 63.4~101     | 83.8 $\pm$ 13.7                   |
|         |      | 1.25                        | 67.0~97.4    | 82.4 $\pm$ 12.1                   |
|         | 地表水  | 0.100                       | 67.7~98.8    | 81.7 $\pm$ 11.4                   |
|         |      | 0.500                       | 68.2~102     | 82.3 $\pm$ 12.6                   |
|         |      | 1.25                        | 71.6~103     | 81.7 $\pm$ 11.9                   |
|         | 生活污水 | 0.100                       | 62.7~111     | 86.5 $\pm$ 19.2                   |
|         |      | 0.500                       | 66.0~102     | 81.3 $\pm$ 16.7                   |
|         |      | 1.25                        | 63.1~94.2    | 79.1 $\pm$ 14.5                   |
| 4-戊基苯酚  | 实验用水 | 0.100                       | 74.4~91.8    | 84.3 $\pm$ 11.9                   |
|         |      | 0.500                       | 66.5~99.8    | 84.3 $\pm$ 11.2                   |
|         |      | 1.25                        | 68.9~93.9    | 80.0 $\pm$ 16.4                   |
|         | 地表水  | 0.100                       | 67.8~92.8    | 79.5 $\pm$ 19.9                   |
|         |      | 0.500                       | 74.1~97.3    | 80.1 $\pm$ 17.5                   |
|         |      | 1.25                        | 70.3~92.3    | 73.9 $\pm$ 17.1                   |
|         | 生活污水 | 0.100                       | 63.1~91.3    | 79.9 $\pm$ 12.4                   |
|         |      | 0.500                       | 62.0~93.4    | 78.2 $\pm$ 13.0                   |
|         |      | 1.25                        | 60.7~92.1    | 75.3 $\pm$ 13.7                   |
| 4-己基苯酚  | 实验用水 | 0.100                       | 72.0~107     | 88.5 $\pm$ 13.5                   |
|         |      | 0.500                       | 66.0~104     | 86.5 $\pm$ 25.6                   |
|         |      | 1.25                        | 67.9~92.4    | 81.9 $\pm$ 18.3                   |
|         | 地表水  | 0.100                       | 80.3~102     | 88.3 $\pm$ 15.1                   |
|         |      | 0.500                       | 71.5~95.8    | 82.2 $\pm$ 15.6                   |
|         |      | 1.25                        | 72.5~91.8    | 81.5 $\pm$ 16.8                   |

续表

| 化合物名称   | 样品类型 | 加标浓度<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | 回收率范围<br>(%) | $\bar{P} \pm 2S_{\bar{P}}$<br>(%) |
|---------|------|-----------------------------|--------------|-----------------------------------|
| 4-己基苯酚  | 生活污水 | 0.100                       | 66.3~86.4    | 75.4 $\pm$ 14.7                   |
|         |      | 0.500                       | 67.7~88.7    | 76.4 $\pm$ 9.1                    |
|         |      | 1.25                        | 63.9~86.0    | 74.0 $\pm$ 10.0                   |
| 4-叔辛基苯酚 | 实验用水 | 0.100                       | 71.9~104     | 82.4 $\pm$ 23.7                   |
|         |      | 0.500                       | 74.3~106     | 84.4 $\pm$ 23.0                   |
|         |      | 1.25                        | 71.3~91.9    | 80.4 $\pm$ 17.6                   |
|         | 地表水  | 0.100                       | 68.3~102     | 79.9 $\pm$ 12.1                   |
|         |      | 0.500                       | 65.1~99.1    | 80.2 $\pm$ 11.3                   |
|         |      | 1.25                        | 72.9~95.5    | 79.9 $\pm$ 16.9                   |
|         | 生活污水 | 0.100                       | 61.6~115     | 81.6 $\pm$ 19.3                   |
|         |      | 0.500                       | 68.3~91.4    | 76.4 $\pm$ 10.2                   |
|         |      | 1.25                        | 62.1~92.3    | 74.5 $\pm$ 13.8                   |
| 4-庚基苯酚  | 实验用水 | 0.100                       | 73.4~94.1    | 82.0 $\pm$ 18.2                   |
|         |      | 0.500                       | 67.1~110     | 83.4 $\pm$ 15.5                   |
|         |      | 1.25                        | 64.8~93.3    | 78.4 $\pm$ 19.1                   |
|         | 地表水  | 0.100                       | 62.0~87.4    | 75.1 $\pm$ 9.8                    |
|         |      | 0.500                       | 75.0~89.2    | 80.3 $\pm$ 11.2                   |
|         |      | 1.25                        | 70.4~93.5    | 80.5 $\pm$ 18.0                   |
|         | 生活污水 | 0.100                       | 64.6~112     | 85.6 $\pm$ 15.9                   |
|         |      | 0.500                       | 67.2~89.7    | 75.8 $\pm$ 9.4                    |
|         |      | 1.25                        | 63.5~91.1    | 74.8 $\pm$ 12.6                   |
| 4-支链壬基酚 | 实验用水 | 0.100                       | 72.1~84.6    | 76.8 $\pm$ 9.6                    |
|         |      | 0.500                       | 73.3~90.8    | 79.4 $\pm$ 12.3                   |
|         |      | 1.25                        | 65.0~92.4    | 80.5 $\pm$ 10.7                   |
|         | 地表水  | 0.100                       | 68.7~82.7    | 74.2 $\pm$ 10.1                   |
|         |      | 0.500                       | 74.6~86.8    | 79.3 $\pm$ 8.6                    |
|         |      | 1.25                        | 65.3~88.9    | 78.1 $\pm$ 19.1                   |
|         | 生活污水 | 0.100                       | 66.0~87.3    | 74.7 $\pm$ 15.7                   |
|         |      | 0.500                       | 68.0~106     | 82.2 $\pm$ 18.1                   |
|         |      | 1.25                        | 68.7~99.4    | 81.0 $\pm$ 11.9                   |
| 4-辛基苯酚  | 实验用水 | 0.100                       | 76.9~99.8    | 93.0 $\pm$ 17.0                   |
|         |      | 0.500                       | 68.4~95.2    | 82.9 $\pm$ 23.1                   |
|         |      | 1.25                        | 72.3~84.1    | 78.6 $\pm$ 10.4                   |
|         | 地表水  | 0.100                       | 67.2~100     | 80.4 $\pm$ 11.5                   |
|         |      | 0.500                       | 74.2~84.4    | 79.6 $\pm$ 7.6                    |
|         |      | 1.25                        | 72.5~103     | 81.1 $\pm$ 22.5                   |
|         | 生活污水 | 0.100                       | 63.2~97.0    | 79.6 $\pm$ 12.6                   |
|         |      | 0.500                       | 65.8~86.4    | 72.1 $\pm$ 15.9                   |
|         |      | 1.25                        | 62.3~81.8    | 67.8 $\pm$ 7.2                    |
| 4-壬基酚   | 实验用水 | 0.100                       | 70.5~90.6    | 81.8 $\pm$ 17.8                   |
|         |      | 0.500                       | 63.3~87.1    | 78.3 $\pm$ 16.7                   |
|         |      | 1.25                        | 69.5~90.0    | 77.4 $\pm$ 14.8                   |

续表

|       |      |       |           |           |
|-------|------|-------|-----------|-----------|
| 4-壬基酚 | 地表水  | 0.100 | 62.3~95.0 | 75.8±11.5 |
|       |      | 0.500 | 72.7~79.7 | 76.5±6.0  |
|       |      | 1.25  | 66.7~91.3 | 75.1±16.8 |
|       | 生活污水 | 0.100 | 60.0~84.1 | 72.6±8.7  |
|       |      | 0.500 | 65.2~71.1 | 68.4±4.2  |
|       |      | 1.25  | 63.2~71.3 | 66.6±6.1  |

