

团 体 标 准

T/GAIA XXX—2026

水质 4 种紫外吸收剂的测定 高效液相色谱-三重四极杆质谱法

Water quality—Determination of 4 ultraviolet absorbents—High performance liquid chromatography-triple quadrupole mass spectrometry

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

广东省分析测试协会 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 试剂与材料	1
6. 仪器和设备	3
7 样品	4
8. 分析步骤	4
9 结果计算与表示	6
10 精密度和正确度	7
11 质量保证和质量控制	8
12 废物处理	9
附录 A（规范性附录）4 种目标物及其内标相关信息	10
附录 B（资料性附录）质谱多反应监测参考条件	11
附录 C（规范性附录）方法检出限和测定下限	12
附录 D（资料性附录）方法精密度和正确度	13

前言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由广东省分析测试协会提出并归口。

本文件为首次发布。

水质 4 种紫外吸收剂的测定 高效液相色谱-三重四极杆质谱法

1 适用范围

本文件规定了测定水中 4 种紫外吸收剂的高效液相色谱-三重四极杆质谱法。

本文件适用于地表水、地下水和污水处理厂出水中 2,4'-二羟基二苯甲酮（BP-1）、2-羟基-4 甲氧基二苯甲酮（BP-3）、2-羟基-4 甲氧基-5-磺酸二苯甲酮（BP-4）和 4-羟基二苯甲酮（4-OH-BP）4 种紫外吸收剂的测定。

当地表水、地下水、生活污水和工业废水取样量为 1 L，定容体积为 1 mL，进样量为 2 μ L 时，4 种紫外吸收剂的方法检出限为 0.5 ng/L~0.9 ng/L，测定下限范围为 2.2 ng/L~3.7 ng/L。详见附录 A。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

HJ 91.1 污水监测技术规范

HJ 91.2 地表水环境质量监测技术规范

HJ 164 地下水环境监测技术规范

3 方法原理

水样经过滤和固相萃取柱富集净化，用高效液相色谱-三重四极杆质谱分离检测。根据保留时间和特征离子定性，采用内标法和外标法定量。

4. 干扰和消除

当样品中存在基质干扰时，可通过优化色谱条件、稀释样品、减少进样体积以及优化样品预处理条件等方式降低或消除。对于基质较复杂的样品在满足方法检出限的前提下可适当减少样品体积或增加试样稀释倍数以降低基质干扰。

5 试剂与材料

除非另有说明，分析时均使用符合国家标准的优级纯试剂，实验用水为新制备的不含目标化合物的纯水。

5.1 甲醇

色谱级。

5.2 丙酮

色谱级。

5.3 二氯甲烷

色谱级。

5.4 甲酸

色谱级。

5.5 乙酸铵

色谱级。

5.6 实验用水

应符合GB/T 6682 中二级水要求。

5.7 浓盐酸

优级纯，质量浓度36%~38%。

5.8 20%盐酸溶液

量取80 mL实验用水稀释16.8 mL浓盐酸，混匀。

5.9 氨水

色谱级，质量浓度>25%。

5.10 5%氨水

量取80 mL实验用水稀释20 mL氨水，混匀。

5.11 谷胱甘肽

市售，纯度98%。

5.12 谷胱甘肽溶液： $\rho=0.5\text{ mol/L}$

使用实验用水溶解谷胱甘肽标准品，超声溶解后保存于4℃保存，临用时配置。

5.13 甲醇-水溶液

用甲醇（5.1）和实验用水（5.6）按1:9的体积比混合，临用现配。

5.14 甲酸/乙酸铵缓冲液： $\phi(\text{HCOOH})=0.5\%$ ， $c(\text{CH}_3\text{COONH}_4)=5\text{ mmol/L}$

称取 0.385 g 乙酸铵（5.5），用水溶解，加入 5 mL 甲酸（5.4），定容至 1000 mL，混匀，临用现配。

5.15 标准品

4 种紫外吸收剂与 1 种内标标准品的中英文名称、CAS 登录号、分子式、相对分子质量见附件 A，纯度均 $\geq 95\%$ 。

5.16 目标物标准储备液配制： $\rho=100\text{ mg/L}$

可购买市售有证标准物质，用甲醇（5.1）溶解，于-20℃条件下冷冻、密封、避光保存。也可直接购买有证标准溶液，并参照产品说明书保存。

5.17 目标物标准使用液： $\rho = 1.0 \text{ mg/L}$

取适量标准储备液（5.16）用甲醇（5.1）稀释，配置成浓度为 1.0 mg/L 的混合标准使用液，于-20℃条件下冷冻、密封、避光保存。

5.18 内标储备液： $\rho = 100 \text{ mg/L}$

可购买市售有证标准物质，推荐内标物为 2-羟基-4 甲氧基二苯甲酮- D_5 （BP-3- D_5 ），也可使用其它同位素物质。标准物质用甲醇（5.1）溶解，于-20℃条件下冷冻、密封、避光保存。也可直接购买有证标准溶液，参照产品说明书保存。

5.19 内标使用液： $\rho = 1.0 \text{ mg/L}$

取适量内标储备液（5.18）用甲醇（5.1）稀释，于-20℃条件下冷冻、密封、避光保存。

5.13 氮气

纯度大于99.999%（体积分数）。

6. 仪器和设备

6.1 高效液相色谱仪-三重四极杆质谱仪：配有电喷雾离子源（ESI），具备流动相梯度洗脱和质谱多反应监测（MRM）功能。

6.2 色谱柱：柱长为100 mm，内径为2.1 mm，填料粒径为 $2.5 \mu\text{m}$ 的反相C18相色谱柱，或其他性能相近的色谱柱。

6.3 固相萃取柱：建议填料为聚苯乙烯二乙烯基苯吡咯烷酮的固相萃取柱柱，规格为200 mg/6 mL，或其他等效固相萃取柱。

6.4 固相萃取装置：包括萃取缸、聚四氟乙烯管线、真空泵，配有真空系统、缓冲瓶，流速可调节。

6.5 浓缩装置：氮气浓缩仪或其他性能相当的设备。

6.6 混合装置：涡旋混匀器（转动频次0~2800 r/min）或其他可混合样品仪器。

6.7 超声波清洗器。

6.8 校准pH计。

6.9 样品瓶：磨口棕色玻璃具玻璃塞瓶500 mL。

6.10 进样瓶：棕色玻璃瓶2.0 mL，具有预开口聚四氟乙烯/橡胶隔垫螺旋盖。

6.11 微量移液器：10 μL 、100 μL 、200 μL 、1000 μL 。

6.12 滤膜：0.45 μm 玻璃纤维滤膜或其它材质等效滤膜，且证明无背景污染。

6.13 滤膜：0.22 μm 聚四氟乙烯（PTFE）滤膜或其它材质等效滤膜，且证明无背景污染。

7 样品

7.1 样品采集和保存

按照HJ/T 91和HJ/T 164的相关规定进行水样的采集与保存。

用预清洗并干燥的棕色玻璃瓶采集水样，密封并标明标记，避光保存于-20℃，于7天内完成样品前处理。

7.2 试样制备

7.2.1 样品预处理

将1 L水样经滤膜（6.12）过滤于1 L棕色玻璃瓶（6.9）中，加入1 mL 0.5 mol/L谷胱甘肽溶液（5.12），适当搅拌均匀。加入适量盐酸（5.8）或氨水溶液（5.10）将样品调节至 $\text{pH}=7.0\pm 0.3$ 。

7.2.2 内标添加

用移液器移取5 μL 浓度为10 $\mu\text{g/mL}$ 内标使用液（5.19）至水样中，混匀。

7.2.3 调节固相萃取柱

将固相萃取柱（6.3）固定在固相萃取装置（6.4）上，依次用6 mL甲醇（5.1）、6 mL实验用水（5.6）活化，活化过程中应确保固相萃取柱中的填料不露出液面，流速控制在每秒1滴。在润洗的最后一步保持少量纯水在固相萃取柱内。

7.2.4 负载样品

将已添加内标的水样以5~10 mL/min的流速通过固相萃取柱，上样完毕后，用实验用水（5.6）冲洗样品瓶3次，洗涤液一并转移至柱上。用5 mL实验用水（5.6）淋洗固相萃取柱，然后抽真空干燥固相萃取柱或用冷冻干燥机冷干。

7.2.5 洗脱样品

用2 mL甲醇（5.1）、2 mL丙酮（5.2）和3 mL二氯甲烷（5.3）以约0.5 mL/min（1~2滴/秒）的流速依次洗脱固相萃取柱，洗脱液收集于玻璃管中。

7.2.6 浓缩样品

用浓缩装置（6.5）浓缩洗脱液至近干，加入1 mL甲醇-水溶液（5.13）复溶，经0.22 μm 聚四氟乙烯（PTFE）滤膜（6.13）过滤后待测。制备好的待测试样应于-18℃以下避光保存，3 d内完成分析。

7.3 空白试样的制备

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

8 分析步骤

8.1 仪器参考条件

8.1.1 液相色谱参考条件

流动相 A：甲酸/乙酸铵缓冲液（5.14）；流动相 B：甲醇（5.1）；梯度洗脱程序见表 1。
流速：0.35 mL/min，柱温：40 °C；进样体积：2 μL。

表 1 液相色谱流动相梯度洗脱程序

时间（min）	流动相 A（%）	流动相 B（%）
0	65	35
2	100	0
4	100	0
5	35	65
后运行时间：5min		

注：对于不同的仪器和色谱柱，流动相洗脱程序应针对目标化合物进行优化确定。

8.1.2 质谱参考条件

离子源：电喷雾离子源（ESI），正离子模式。监测方式：多反应监测（MRM）模式，质谱多反应监测参考条件见附表 B。毛细管电压：3000 V。干燥气流量：7 L/min。干燥气温度：200°C。鞘气流量：10 L/min。鞘气温度：350°C。雾化器压力：20 psi。

8.1.3 仪器调谐

不同厂家的仪器调谐参数存在一定差异，应按照仪器使用说明书在规定时间和频次内校正高效液相色谱-三重四级杆质谱仪的质量数和灵敏度，以确保仪器处于最佳测试状态。

在仪器使用过程中，如发现仪器质量数出现明显偏差或灵敏度大幅下降时，应立即对仪器重新进行质量数和灵敏度校正。

8.2 校准

8.2.1 标准曲线的建立

移取适量目标物和内标标准使用液（5.19），用甲醇-水溶液（5.13）配置成浓度范围在 0.1 ng/L~300 ng/L，至少 5 个浓度点的标准系列工作溶液，临用时配置。标准溶液中，目标物的质量浓度为 1 μg/L、2 μg/L、5 μg/L、10 μg/L、20 μg/L、50 μg/L、100 μg/L、200 μg/L 和 300 μg/L，内标物质量浓度为 20 μg/L。BP-1、BP-4 采用外标法定量，BP-3 和 4-OH-BP 采用内标法定量。

按照仪器参考分析条件（8.1），从低浓度到高浓度依次测定，得到不同浓度目标化合物色谱图。以目标化合物定量离子峰面积与内标化合物定量离子峰面积的比值为纵坐标，目标化合物标准溶液浓度为横坐标，绘制校准曲线。校准曲线相关系数 ≥ 0.995 ，否则重新绘制校准曲线。

8.2.2 标准参考谱图

在本文件推荐的仪器参考条件下，4 种目标化合物的总离子色谱图见图 1。

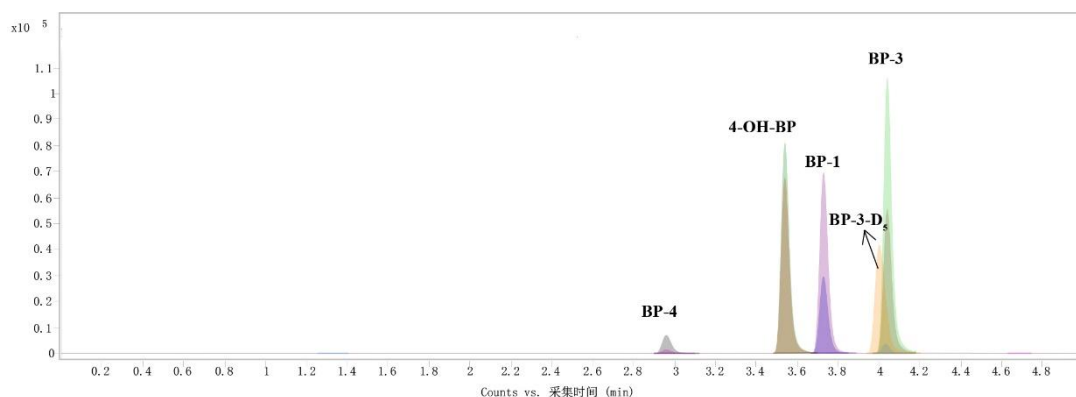


图 1 4 种紫外吸收剂和内标物的总离子流色谱图 ($\rho=200 \mu\text{g/L}$, 内标: $\rho=20 \mu\text{g/L}$)

(注: 4-OH-BP: 4-羟基二苯甲酮, BP-1: 2,4'-二羟基二苯甲酮, BP-3: 2-羟基-4 甲氧基二苯甲酮, BP-4: 2-羟基-4 甲氧基-5-磺酸二苯甲酮)。

8.3 试样测定

按照与标准曲线测定相同的仪器参考条件 (8.1) 进行试样 (7.2) 的测定。浓度超过标准曲线线性范围时, 应适当减少水样取样量, 按照试样的制备 (7.2) 重新制备样品进行测定, 或将水样适当稀释后测定。

8.4 空白试验测定

按与试样测定相同的仪器参考条件 (8.1) 进行空白试样 (7.3) 测定。

9 结果计算与表示

9.1 定性分析

按照质谱参考条件 (8.1.2) 中确定的母离子与子离子进行监测, 试样中目标化合物的保留时间与标准样品中该目标化合物的保留时间的相对偏差的绝对值应小于 2.5%; 且对试样中目标化合物定性离子相对丰度 (K_{sam}) 与浓度接近的标准溶液中对应的定性离子相对丰度 (K_{std}) 进行比较, 偏差不超过表 2 规定的最大允许偏差范围, 则可判定样品中存在对应的目标化合物。

定性离子相对离子丰度分别按照公式 (1) 和公式 (2) 计算。

$$K_{\text{sam}} = \frac{A_2}{A_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

K_{sam} —样品中某目标化合物定性离子的相对丰度, %;

A_2 —样品中某目标化合物二级质谱定性离子的响应值 (峰面积或峰高);

A_1 —样品中某目标化合物二级质谱定量离子的响应值 (峰面积或峰高)。

样品中目标化合物二级质谱定量离子的响应值。

$$K_{\text{std}} = \frac{A_{\text{std2}}}{A_{\text{std1}}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

K_{std} —标准样品中某目标化合物定性离子的相对丰度比，%；

A_{std2} —标准样品中某目标化合物定性离子对响应值（峰面积或峰高）；

A_{std1} —标准样品中某目标化合物二级质谱定量离子的响应值（峰面积或峰高）。

表 2 定性确证时相对离子丰度比的最大允许偏差

K_{std} (%)	K_{sam} 允许的偏差 (%)
$K_{\text{std}} > 50$	± 20
$20 < K_{\text{std}} \leq 50$	± 25
$10 < K_{\text{std}} \leq 20$	± 30
$K_{\text{std}} \leq 10$	± 50

9.2 定量分析

通过定性离子的丰度进行定量。如出现干扰情况，可用二级子离子进行定量。式样中目标化合物 i 对应的浓度按照公式（3）计算：

$$C_i = \frac{X_s V_1 D}{V} \quad (3)$$

式中：

C_i —样品中某目标化合物的质量浓度，ng/L；

X_s —由标准曲线得到的样品中某目标化合物的质量浓度，ng/L；

V_1 —样品经过固相萃取后的体积，mL；

D —稀释倍数，若样品萃取液经过稀释后进样则计算相应的稀释系数，若未稀释 $D=1$ ；

V —样品固相萃取前的体积，mL。

9.3 结果表示

测定结果小数点后保留位数与方法检出限一致，最多保留三位有效数字，以 ng/L 表示。

10 精密度和正确度

10.1 精密度

5 家实验室对加标浓度为 2 ng/L、20 ng/L 和 100 ng/L 的统一空白加标样品进行了 7 次重复测定，实验室内相对标准偏差分别为 3.7%~18.7%、2.5%~24.2%、1.9%~14.2%；实验室间相对标准偏差分别为 6.9%~26.7%、5.1%~8.5%、5.1%~10.2%；重复性限范围分别为 0.4 ng/L~0.6 ng/L、3.4 ng/L~9.5 ng/L、10.6 ng/L~29.3 ng/L；再现性限范围分别为 0.5 ng/L~1.5 ng/L、4.2 ng/L~9.5 ng/L、16.2 ng/L~41.7 ng/L。

5 个实验室分别对 4 种紫外吸收剂加标浓度分别为 5.0 ng/L、20.0 ng/L、100 ng/L 的地下水、地表水、生活污水处理厂出水的统一实际样品进行了 7 次重复测定：实验室内相对标准偏差分别为 2.7%~14.3%、1.8%~10.7%、1.4%~14.5%；实验室间相对标准偏差分别为 5.4%~14.6%、1.0%~3.4%、2.1%~6.8%；重复性限范围分别为 0.4 ng/L~1.5 ng/L、2.0 ng/L~3.7 ng/L、9.0 ng/L~20.9 ng/L；再现性限范围分别为 0.7 ng/L~2.0 ng/L、2.0 ng/L~3.7 ng/L、10.0 ng/L~25.2 ng/L。

精密度结果统计参见附录 D 中 D.1。

10.2 正确度

5 个实验室分别对 4 种紫外吸收剂平均测定浓度为 2.0 ng/L、20.0 ng/L、100 ng/L 的空白加标样品进行了 7 次重复测定：加标回收率范围分别为 50.3%~145.9%、60.8%~134.7%、58.6%~127.6%；加标回收率最终值分别为 $77.1\% \pm 11.9\%$ ~ $93.4\% \pm 22.1\%$ 、 $74.8\% \pm 4.9\%$ ~ $103.3\% \pm 5.3\%$ 、 $71.3\% \pm 4.3\%$ ~ $111\% \pm 11.3\%$ 。

5 个实验室分别对 4 种紫外吸收剂加标浓度分别为 5.0 ng/L、20.0 ng/L、100 ng/L 的地下水、地表水、生活污水处理厂出水的统一实际样品进行了 7 次重复测定：加标回收率范围分别为 48.5%~144.7%、76.8%~112.3%、74.4%~111.9%；加标回收率最终值分别为 $71.0\% \pm 6.4\%$ ~ $115.7\% \pm 10.5\%$ 、 $88.4\% \pm 2.1\%$ ~ $96.0\% \pm 3.3\%$ 、 $85.6\% \pm 5.8\%$ ~ $94.5\% \pm 3.3\%$ 。

正确度结果统计参见附录 D 中表 D.2

11 质量保证和质量控制

目标化合物的分析应遵循严格的质量控制（Quality control, QC）流程，具体如下。

11.1 仪器与耗材污染控制

为避免橡胶类材料中抗氧化剂及其醌类产物析出造成实验室空白污染，样品前处理与分析过程中应避免使用橡胶材质的塞子、手套、导管等耗材。

11.2 空白试验

每20个样品或每批次（少于20个）至少测定1个实验室空白，测定结果应低于方法检出限。

11.3 校准

每20个样品或每批次（少于20个）测定1个标准系列中间浓度点，测定结果的相对误差 $\leq 20\%$ 。

11.4 平行样

每20个样品或每批次（少于20个）至少测定1个平行样，平行样相对标准偏差应 $\leq 30\%$ 。

11.5 基体加标

每20个样品或每批次（少于20个）至少测定1个基体加标样，基体加标回收率应在 50%~140%之间。

12 废物处理

实验中产生的所有废液和废物应分类收集和保管，并做好相应的标识，委托有资质的单位进行处理。

附录 A
(规范性附录)

4 种目标物及其内标相关信息

表 A.1 列出了 4 种紫外吸收剂中英文名称、缩写、CAS 号、分子式、分子量及其内标。

表 A.1 4 种紫外吸收剂中英文名称、缩写、CAS 号、分子式、分子量及其内标信息

序号	化合物名称	英文名称	缩写	CAS 编号	分子式	分子量
目标物						
1	2, 4'-二羟基二苯甲酮	Benzophenone-1	BP-1	131-56-6	C13H10O3	214.22
2	2-羟基-4 甲氧基二苯甲酮	Oxybenzone	BP-3	131-57-7	C14H12O3	228.24
3	2-羟基-4 甲氧基-5-磺酸二苯甲酮	Benzophenone-4	BP-4	4065-45-6	C14H12O6S	308.31
4	4-羟基二苯甲酮	4-Benzoylphenol	4OH-BP	1137-42-4	C14H12O6S	198.22
内标						
	2-羟基-4 甲氧基二苯甲酮-D5	Oxybenzone-D5	BP-3-D5	1219798-54-5		

附录 B
(资料性附录)
质谱多反应监测参考条件

质谱多反应监测参考条件见表 B.1。

表B.1 质谱多反应监测参考条件

目标物	保留时间 (min)	锥孔电压 (V)	母离子 (m/z)	子离子 (m/z)	碰撞电压 (V)	定量方法/ 内标
BP-1	3.73	112	215.2*	137.2*	22	外标法
				81.2	46	
BP-3	4.042	96	229.3	151.2*	18	BP-3-D ₅
				77.2	50	
BP-4	2.958	144	309.3	231.3*	22	外标法
				59.3	18	
4-OH-BP	3.539	96	199.2	105.2*	18	BP-3-D ₅
				121.2	18	
BP-3-D ₅	4.034	115	234.4	151.0*	20	/
				82.1	48	

注：*为定量离子对；对于不同质谱仪器，参数可能存在差异，测定前应将质谱参数优化到最佳。

附录 C
(规范性附录)
方法检出限和测定下限

表 C.1 列出了 4 种紫外吸收剂的方法检出限和测定下限。

表 C.1 4 种紫外吸收剂的方法检出限和测定下限

目标物	检出限 (ng/L)	测定下限 (ng/L)
BP-1	0.7	2.7
BP-3	0.7	2.6
BP-4	0.9	3.7
4OH-BP	0.5	2.2

附录 D
(资料性附录)
方法精密度和正确度

5 家实验室测定的方法精密度数据见表 D.1，正确度数据见表 D.2。

表 D.1 方法精密度汇总表

目标物	样品	加标浓度 (ng/L)	浓度均值 (ng/L)	实验室内相对 标准偏差 (%)	实验室间相对 标准偏差 (%)	重复性限 (ng/L)	再限性限 (ng/L)
BP-1	空白加标	2	1.8	3.7-16.5	16.4	0.5	1.0
		10	17.6	3.0-15.4	8.5	4.9	6.2
		100	85.8	3.6-12.1	7.2	18.5	24.4
	地下水加标	5	3.5	6.6-13.9	8.9	1.1	1.4
	地表水加标	20	19.2	1.8-7.3	3.4	2.6	3.0
	污水加标 ^a	100	93.9	1.4-4.9	2.1	9.0	10.0
BP-3	空白加标	2	1.8	4.5-10.6	6.9	0.4	0.5
		10	20.1	2.5-13.2	7.2	4.3	5.7
		100	90.6	1.9-5.2	5.1	10.6	16.2
	地下水加标	5	4.0	5.3-14.3	14.6	1.0	1.9
	地表水加标	20	19.0	2.7-4.7	1.0	2.0	2.0
	污水加标	100	94.5	3.7-8.8	3.5	15.1	16.8
BP-4	空白加标	2	1.9	7.9-18.7	26.7	0.6	1.5
		10	20.7	8.0-24.2	5.1	9.5	9.5
		100	111.0	1.9-14.2	10.2	29.3	41.7
	地下水加标	5	5.8	6.1-11.3	9.1	1.5	2.0
	地表水加标	20	18.4	5.6-8.9	2.5	3.7	3.7
	污水加标	100	91.8	2.5-9.5	2.6	15.5	15.8
4OH-BP	空白加标	2	1.5	4.1-17.5	15.4	0.4	0.8
		10	15.0	3.2-11.4	6.6	3.4	4.2
		100	71.3	2.8-9.0	6.0	11.3	15.9
	地下水加标	5	3.9	2.7-5.4	5.4	0.4	0.7
	地表水加标	20	17.7	3.3-10.7	2.4	3.2	3.2
	污水加标	100	85.6	5.1-14.5	6.8	20.9	25.2

^a: 生活污水处理厂出水加标。

表 D.2 方法正确度汇总表

化合物	样品类型	加标浓度 (ng/L)	加标回收率范围 (%)	P (%) ^a	S _p (%) ^b	P±2S _p (%) ^c
BP-1	空白加标	2	63.1-120.6	92.3	15.1	92.3±15.1
		20	71.4-104.2	88.0	7.5	88.0±7.5
		100	74.2-98.8	85.8	6.2	85.8±6.2
	地下水	5	48.5-89.9	71.0	6.4	71.0±6.4
	地表水	20	78.3-104.2	96.0	3.3	96.0±3.3
	污水加标	100	87.5-100.1	93.9	2.0	93.9±2.0
BP-3	空白加标	2	75.6-116.1	91.5	6.3	91.5±6.3
		20	86.2-117.2	100.3	7.2	100.3±7.2
		100	80.3-97.3	90.6	4.6	90.6±4.6
	地下水	5	58.0-99.8	79.3	11.6	79.3±11.6
	地表水	20	86.7-103.3	95.0	0.9	95.0±0.9
	污水加标	100	82.9-109.2	94.5	3.3	94.5±3.3
BP-4	空白加标	2	50.3-145.9	93.4	22.1	93.4±22.1
		20	73.6-134.7	103.3	5.3	103.3±5.3
		100	72.2-127.6	111.0	11.3	111±11.3
	地下水	5	89.2-144.7	115.7	10.5	115.7±10.5
	地表水	20	76.8-103.7	92.1	2.3	92.1±2.3
	污水加标	100	79.8-100.8	91.8	2.4	91.8±2.4
4OH-BP	空白加标	2	51.2-100.0	77.1	11.9	77.1±11.9
		20	60.8-85.7	74.8	4.9	74.8±4.9
		100	58.6-79.7	71.3	4.3	71.3±4.3
	地下水	5	69.3-88.0	78.7	4.2	78.7±4.2
	地表水	20	79.4-112.3	88.4	2.1	88.4±2.1
	污水加标	100	74.4-111.9	85.6	5.8	85.6±5.8

^a: P 表示 5 家验证实验室加标回收率的均值; ^b: S_p 表示 5 家验证实验室加标回收率的标准偏差; ^c: P±2S_p 表示 5 家验证实验室加标回收率最终值。