

分光光度法测定水中水合肼方法检出限的优化

丁佳,滕凯玲

(绍兴市环境监测中心站,浙江 绍兴 312000)

摘要:用对二甲氨基苯甲醛分光光度法测定水中水合肼,将显色剂用量由5.0 mL降至3.0 mL,比色皿厚度由30 mm增至50 mm,水样酸度由1 mol/L降至0.5 mol/L,同时增加低浓度校准曲线,实现对其方法检出限的优化。结果表明,优化后方法检出限由0.007 8 mg/L降至0.001 0 mg/L,精密度及加标回收率均符合规范要求,能够保证低浓度水样的准确测定。

关键词:水合肼;对二甲氨基苯甲醛分光光度法;检出限

中图分类号:O657.32;X832

文献标志码:B

文章编号:1674-6732(2015)04-0019-05

Optimization of the Detection Limit of Hydrazine Hydrate in Water by Spectrophotometric Method

DING Jia, TENG Kai-ling

(Shaoxing Environmental Monitoring Center, Shaoxing, Zhejiang 312000, China)

Abstract: The paradime thylaminobenzaldehyde spectrophotometric method was used for the determination of hydrazine hydrate in water and its detection limit was optimized. The dose of chromogenic agent was reduced from 5.0 mL to 3.0 mL, the thickness of cuvette was increased from 30 mm to 50 mm, the acidity of the water samples was reduced from 1 mol/L to 0.5 mol/L, and the amount of sampling points at low concentrations on the calibration curve was increased all of which were used to optimize the detection limit. The experimental results showed that the optimized detection limit decreased significantly from 0.007 8 mg/L to 0.001 0 mg/L. The precision and recovery rate could both meet the requirements of the specification, which guaranteed the accuracy of the determination of water samples at low concentration.

Key words: Hydrazine hydrate; Paradime thylaminobenzaldehyde spectrophotometric method; Detection limit

2008年4月,中国环境监测总站根据环保部《关于做好全国环境保护重点城市集中式饮用水地表水源主要指标达标工作的通知》文件要求,下达了地级市以上监测站开展109项全分析任务。水合肼项目作为109项全分析任务之一,被纳入常规监测项目。但在实践中发现,《生活饮用水标准检验方法有机物指标》(GB/T 5750.8-2006)对水合肼的检测由于灵敏度低、检出限接近标准限值^[1-2],已不能满足环境监测和环境管理的需求。为降低方法检出限、提高方法适用性,从显色剂添加量、反应体系的酸度、比色皿的光程、校准曲线的浓度范围等方面对现有标准方法进行优化,从而扩大方法适用范围。

1 现有的标准方法

1.1 测定原理与适用范围

在酸性条件下,水样中的肼与对二甲氨基苯甲醛作用,生成黄色醌式结构的对二甲氨基苄连氮,比色定量^[1]。适用于生活饮用水及其水源水中水合肼的测定。

1.2 方法检出限

最低检测质量为0.05 μg(以肼计),若取水样10 mL测定,则最低检测质量浓度为0.005 mg/L(以肼计),水合肼为0.007 8 mg/L。

1.3 仪器与试剂

1.3.1 仪器

收稿日期:2014-12-18;修订日期:2015-05-26

作者简介:丁佳(1982—),女,工程师,本科,从事环境监测工作。

722型可见分光光度计;25 mL具塞比色管;
30 mm比色皿。

1.3.2 试剂

1.3.2.1 盐酸溶液(1.0 mol/L):取盐酸($\rho_{20} = 1.19$ g/mL)91 mL,加纯水至1 000 mL。

1.3.2.2 肼标准贮备液($\rho(\text{N}_2\text{H}_4) = 100$ $\mu\text{g}/\text{mL}$):准确称取0.328 0 g 盐酸肼($\text{N}_2\text{H}_4 \cdot 2\text{HCl}$),用少量纯水溶解后,加91 mL 盐酸($\rho_{20} = 1.19$ g/mL),转入1 000 mL容量瓶中用纯水定容。

1.3.2.3 肼标准使用液($\rho(\text{N}_2\text{H}_4) = 1.00$ $\mu\text{g}/\text{mL}$):准确吸取肼标准贮备液($\rho(\text{N}_2\text{H}_4) = 100$ $\mu\text{g}/\text{mL}$)10.00 mL,移入1 000 mL容量瓶中,用盐酸溶液(1.3.2.1)稀释至刻度。

1.3.2.4 对二甲氨基苯甲醛溶液:称取4.0 g 对二甲氨基苯甲醛溶于200 mL 乙醇溶液(1+9)中,加盐酸($\rho_{20} = 1.19$ g/mL)20 mL,储于棕色瓶中,常温可保存1个月。

1.4 测定方法

1.4.1 样品采集与保存

在1 L水样中加91 mL 盐酸($\rho_{20} = 1.19$ g/mL),使酸度为1 mol/L,于冰箱中保存10 d,肼的浓度无变化。

1.4.2 分析步骤

1.4.2.1 吸取酸化水样10.0 mL于25 mL具塞比色管中。

1.4.2.2 另取8支比色管,分别加入肼标准使用液(1.3.2.3)0.00、0.05、0.10、0.25、0.50、1.00、2.00和4.00 mL,用盐酸(1.3.2.1)稀释至10 mL。

1.4.2.3 向水样及标准管内加入5.0 mL 对二甲氨基苯甲醛溶液(1.3.2.4),混匀。放置20 min后,于460 nm波长,用30 mm比色皿,以纯水为参比,测定吸光度。

1.4.2.4 绘制标准曲线,从曲线上查得水样中肼的质量。

1.4.3 水合肼测定

吸取酸化水样10.0 mL于25 mL具塞比色管中。向水样内加入5.0 mL 对二甲氨基苯甲醛溶液(1.3.2.4),混匀。放置20 min后,于460 nm波长,选择30 mm比色皿,以纯水为参比,测定吸光度。

用盐酸(1.3.2.1)代替酸化水样作空白试验,按(1.4.3)进行测定。空白试样与样品同批测定。

1.5 计算

水合肼浓度按式1计算。

$$\rho(\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = \frac{m \times 1.56}{V} \quad (1)$$

式中: $\rho(\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O})$ ——水样中水合肼(以 $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 计)的质量浓度,mg/L; m ——从标准曲线上查得水样中肼(以 N_2H_4 计)的质量, μg ; V ——水样体积,mL;1.56——1 mol 肼(N_2H_4)相当于1 mol 水合肼($\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)的质量换算系数。

2 优化后的方法

2.1 测定原理与适用范围

在酸性条件下,水样中的肼与对二甲氨基苯甲醛作用,生成黄色醌式结构的对二甲氨基苯连氮,比色定量^[1]。适用于生活饮用水、地表水、工业废水中的水合肼测定。

2.2 方法检出限

若取水样10 mL测定,测定范围(以肼计)为0.002~0.030 mg/L,方法检出限为0.000 6 mg/L(以肼计),折算成水合肼检出限为0.001 0 mg/L;测定范围(以肼计)为0.010~0.200 mg/L,方法检出限为0.002 9 mg/L(以肼计),折算成水合肼方法检出限为0.004 5 mg/L。

2.3 仪器与试剂

2.3.1 仪器

722型可见分光光度计;25 mL具塞比色管;50 mm比色皿、30 mm比色皿。

2.3.2 试剂

2.3.2.1 盐酸溶液(0.5 mol/L):取盐酸($\rho_{20} = 1.19$ g/mL)45.5 mL,加纯水至1 000 mL。

2.3.2.2 肼标准贮备液($\rho(\text{N}_2\text{H}_4) = 100$ $\mu\text{g}/\text{mL}$):准确称取0.328 0 g 盐酸肼($\text{N}_2\text{H}_4 \cdot 2\text{HCl}$),用少量纯水溶解后,加45.5 mL 盐酸($\rho_{20} = 1.19$ g/mL),转入1 000 mL容量瓶中用纯水定容。

2.3.2.3 肼标准使用液($\rho(\text{N}_2\text{H}_4) = 1.00$ $\mu\text{g}/\text{mL}$):准确吸取肼标准贮备液($\rho(\text{N}_2\text{H}_4) = 100$ $\mu\text{g}/\text{mL}$)10.00 mL,移入1 000 mL容量瓶中,用盐酸溶液(2.3.2.1)稀释至刻度。

2.3.2.4 肼标准工作液($\rho(\text{N}_2\text{H}_4) = 0.10$ $\mu\text{g}/\text{mL}$):准确吸取肼标准使用液($\rho(\text{N}_2\text{H}_4) = 1.00$ $\mu\text{g}/\text{mL}$)10.00 mL,移入100 mL容量瓶中,用盐酸溶液(2.3.2.1)稀释至刻度。

2.3.2.5 对二甲氨基苯甲醛溶液:称取4.0 g 对二甲氨基苯甲醛溶于200 mL 乙醇溶液(1+9)中,

加盐酸($\rho_{20} = 1.19 \text{ g/mL}$) 20 mL, 储于棕色瓶中, 常温可保存1个月。

2.4 测定方法

2.4.1 样品采集与保存

在1 L水样中加入45.5 mL盐酸($\rho_{20} = 1.19 \text{ g/mL}$), 使酸度为0.5 mol/L, 于冰箱中保存3 d, 胼的浓度无变化。

2.4.2 分析步骤

2.4.2.1 低浓度样品的校准曲线绘制

取7支比色管, 分别加入胼标准工作液(2.3.2.4) 0.00、0.20、0.40、0.60、1.00、2.00和3.00 mL, 用盐酸(2.3.2.1)稀释至10 mL。向标准管内加入3.0 mL对二甲氨基苯甲醛溶液(2.3.2.5), 混匀。放置20 min后, 于460 nm波长, 用50 mm比色皿, 以纯水为参比, 测定吸光度。绘制标准曲线, 从曲线上查得水样中胼的质量。

2.4.2.2 高浓度样品的校准曲线绘制

取7支比色管, 分别加入胼标准使用液(2.3.2.3) 0.00、0.10、0.20、0.40、0.80、1.00和2.00 mL, 用盐酸(2.3.2.1)稀释至10 mL。向标准管内加入3.0 mL对二甲氨基苯甲醛溶液(2.3.2.5), 混匀。放置20 min后, 于460 nm波长, 用30 mm比色皿, 以纯水为参比, 测定吸光度。绘制标准曲线, 从曲线上查得水样中胼的质量。

2.4.3 水合胼测定

吸取酸化水样10.0 mL于25 mL具塞比色管中。向水样内加入3.0 mL对二甲氨基苯甲醛溶液

(2.3.2.5), 混匀。放置20 min后, 于460 nm波长, 选择50 mm(30 mm)比色皿, 以纯水为参比, 测定吸光度。

用盐酸(2.3.2.1)代替酸化水样作空白试验, 按(2.4.3)进行测定。空白试样与样品同批测定。

2.5 计算

水合胼浓度按式2计算。

$$\rho(\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = \frac{m \times 1.56}{V} \quad (2)$$

式中: $\rho(\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O})$ ——水样中水合胼(以 $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 计)的质量浓度, mg/L; m ——从标准曲线上查得水样中胼(以 N_2H_4 计)的质量, μg ; V ——水样体积, mL; 1.56——1 mol胼(N_2H_4)相当于1 mol水合胼($\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)的质量换算系数。

3 结果与讨论

3.1 反应体系酸度对测定结果的影响

准确吸取胼标准工作液(2.3.2.4) 1.0 mL, 用不同浓度的盐酸稀释至10 mL, 加3 mL对二甲氨基苯甲醛, 混匀, 放置20 min, 460 nm, 50 mm比色皿测定。

不同酸度对应的吸光度值见表1。由表1可见, 吸光度值的大小, 随着盐酸酸度的增大而降低, 且酸度越低, 灵敏度越高。同时, 盐酸浓度在0.5~1.0 mol/L之间, 吸光度相对稳定。故优化方法选择0.5 mol/L的盐酸作为反应体系酸度^[3], 以此提高方法灵敏度。

表1 不同浓度酸度对显色的影响

$c(\text{盐酸}) / (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	2.0	1.0	0.80	0.50	0.30
吸光度(A)	0.111	0.130	0.128	0.134	0.149

3.2 保存天数对测定结果的影响

分别对饮用水、地表水、废水根据优化方法的要求加酸保存, 并对其进行多天测定, 分析步骤同

2.4.3, 结果见表2。由表2可见, 水样酸度为0.5 mol/L时, 保存天数 ≤ 3 d, 水合胼浓度基本无变化。

表2 保存天数对测定结果的影响

样品名称	保存天数/d					
	1	2	3	4	5	10
饮用水	0.005	0.005	0.006	0.002	0.002	0.002
地表水	0.011	0.012	0.010	0.004	0.004	0.002
废水	0.047	0.044	0.044	0.021	0.017	0.010

3.3 显色剂用量对测定结果的影响

准确吸取胼标准工作液(2.3.2.4) 2.0 mL, 用

0.5 mol/L 盐酸稀释至 10 mL, 加不同量的对二甲氨基苯甲醛, 混匀, 放置 20 min, 460 nm, 50 cm 比色皿测定, 见表 3。由表 3 可见, 显色剂用量在 2 ~

8 mL 之间, 吸光度稳定。故优化方法减少显色剂添加量, 用量由 5 mL 降至 3 mL, 以此降低方法检出限。

表 3 显色剂添加量对测定结果的影响

显色剂加入量/mL	1	2	3	4	5	6	7	8
吸光度(A)	0.205	0.241	0.243	0.243	0.245	0.246	0.241	0.244

3.4 对二甲氨基苯甲醛试剂对测定结果的影响

显色剂组分为: 乙醇、盐酸、对二甲氨基苯甲醛、蒸馏水。其中, 对二甲氨基苯甲醛试剂稳定性较差, 放置时间过久, 容易潮解, 导致颜色变深或出现沉淀, 故空白吸光度值主要由其贡献。因此, 实验前必须对显色剂做消耗性材料检验, 选择空白吸光度值低的试剂。

对于低浓度样品, 采用 50 mm 比色皿, 测定范围(以肼计)为 0.002 ~ 0.030 mg/L; 对于高浓度样品, 采用 30 mm 比色皿, 测定范围(以肼计)为 0.010 ~ 0.200 mg/L, 按照 2.4.2 的操作步骤, 分别绘制低、高浓度校准曲线, 见表 4 和表 5。结果表明, 低浓度回归方程 $Y = 1.037 1X + 0.003 6$, 相关系数为 0.999 3; 高浓度回归方程 $Y = 0.548 1X - 0.005 8$, 相关系数为 0.999 6。

3.5 校准曲线测定

表 4 低浓度校准曲线

肼标液含量/ μg	0	0.02	0.04	0.06	0.10	0.20	0.30
肼使用液移取量/mL	0	0.2	0.4	0.6	1.0	2.0	3.0
吸光度(A - A ₀)	0	0.028	0.043	0.067	0.107	0.215	0.312

表 5 高浓度校准曲线

肼标液含量/ μg	0	0.10	0.20	0.40	0.80	1.00	2.00
肼使用液移取量/mL	0	0.10	0.20	0.40	0.80	1.00	2.00
吸光度(A - A ₀)	0	0.060	0.102	0.200	0.430	0.538	1.096

3.6 检出限测定

根据检出限计算方法^[4], 方法检出限是吸光度(扣除空白)为 0.010 相对应的浓度值, 即测定范围(以肼计)为 0.002 ~ 0.030 mg/L, 方法检出限为 0.000 6 mg/L(以肼计), 折算成水合肼方法检出限为 0.001 0 mg/L; 测定范围(以肼计)为 0.010

~ 0.200 mg/L, 方法检出限为 0.002 9 mg/L(以肼计), 折算成水合肼方法检出限为 0.004 5 mg/L。

3.7 精密度测定

对标准样品、饮用水、地表水、废水, 按照 2.4.3 的操作, 重复测定 6 次, 见表 6, 相对标准偏差在 1.62% ~ 15.49% 之间。

表 6 不同浓度水样的精密度试验

样品名称	样品测定结果/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)						平均值/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	相对标准 偏差/%
	1	2	3	4	5	6		
标准样品	0.052	0.050	0.052	0.052	0.052	0.051	0.052	1.62
饮用水	0.003	0.004	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	15.49
地表水	0.007	0.007	0.006	0.006	0.005	0.006	0.006	12.21
废水	0.025	0.025	0.025	0.024	0.023	0.025	0.024	3.41

3.8 准确度测定

对 0.010、0.050 和 0.200 mg/L 的肼标准样

品, 按照 2.4.3 的操作, 重复测定 6 次, 相对误差在 0.25% ~ 3.00% 之间, 结果见表 7。

表7 不同浓度标准样品的准确度试验

样品浓度/ (mg · L ⁻¹)	样品测定结果/(mg · L ⁻¹)						平均值/ (mg · L ⁻¹)	相对误差/%
	1	2	3	4	5	6		
0.010	0.010	0.011	0.011	0.010	0.010	0.009	0.010	1.67
0.050	0.052	0.050	0.052	0.052	0.052	0.051	0.052	3.00
0.200	0.200	0.200	0.202	0.200	0.201	0.200	0.201	0.25

3.9 加标回收测定

空白加标量按检出限(0.000 6 mg/L)的4倍和6倍加入,标样加标量按与检出量浓度相近加

入。测定步骤与2.4.3相同,结果见表8。由表8可见,空白加标回收率范围在105%~108%之间,标样加标回收率范围在81.0%~106%之间。

表8 空白及标样的加标回收试验

样品名称	水样原浓度/(mg · L ⁻¹)	加标量/(mg · L ⁻¹)	加标后测得浓度/(mg · L ⁻¹)	回收率/%
空白1	0.001 5	0.002 4	0.004 1	108
空白2	0.001 9	0.003 6	0.005 7	105
标样1	0.006 9	0.005 0	0.012 2	106
标样2	0.047 2	0.050 0	0.087 7	81.0

对不同种类水样进行加标回收试验,结果见表9。由表9可见,饮用水、地表水回收率范围在

103%~106%之间,废水回收率范围在81.0%~117%之间。

表9 不同种类水样的加标回收试验

样品名称	水样原浓度/(mg · L ⁻¹)	加标量/(mg · L ⁻¹)	加标后测得浓度/(mg · L ⁻¹)	回收率/%
饮用水	0.003 3	0.004 0	0.007 4	103
地表水	0.006 9	0.005 0	0.012 2	106
印染废水	0.047 2	0.050 0	0.087 7	81.0
制药废水	0.028 3	0.025 0	0.057 6	117

3.10 不同种类废水的精密度、准确度测定

根据本地工业废水的特点,选择印染废水、制药废水、污水厂废水、电镀废水等4种废水,进行精密度、准确度试验,结果见表10。由表10可见,利

用优化方法,重复测定工业废水6次,相对标准偏差在2.50%~7.33%之间,回收率范围在81.0%~120%之间。

表10 不同种类废水的精密度、准确度试验

样品名称	6次测定平均值/(mg · L ⁻¹)	相对标准偏差/%	加标量/(mg · L ⁻¹)	回收率/%
印染废水	0.047 2	5.43	0.050 0	81.0
制药废水	1.009 8	3.04	1.000 0	120
污水厂废水	0.008 1	7.33	0.500 0	91.0
电镀废水	0.005 4	2.50	0.200 0	84.0

4 结语

通过降低显色剂用量和反应体系酸度,增加比色皿厚度和低浓度校准曲线,将对二甲氨基苯甲醛分光光度法测定水合肼的检出限由0.007 8 mg/L降至0.001 0 mg/L,大大提高了低浓度样品测定的准确性^[5-6]。对于低浓度样品,采用50 mm比色皿,方法检出限为0.001 0 mg/L,测定范围(以肼

计)为0.002~0.030 mg/L;而高浓度样品,采用30 mm比色皿,方法检出限为0.004 5 mg/L,测定范围(以肼计)为0.010~0.200 mg/L。

优化方法适用饮用水、地表水、废水的多种水样的测定,且其线性关系良好、方法检出限低、灵敏度高,相对标准偏差在1.62%~15.49%之间,饮

(下转第27页)

对2种方法的结果进行 F 检验和 t 检验^[2] 可知,其精密度与准确度均无显著性差异。

2.5.2 实际样品比对

运用 CFA1000 连续流动分析系统、荷兰

SKALAR SAN++ 连续流动分析仪和碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法^[3] 3种方法对3组实际样品进行测试,每组样品分别测定2次,计算其均值并比较3种方法的差异性,结果见表7。

表7 3种分析方法的实际样品比对

测定方法	样品1		平均值	样品2		平均值	样品3		平均值
	平行测定值			平行测定值			平行测定值		
	1	2	1	2	1	2			
荷兰 SKALAR SAN++ 连续流动分析仪	3.12	3.14	3.13	0.80	0.82	0.81	8.56	8.53	8.54
CFA1000 分析系统	3.18	3.16	3.17	0.76	0.76	0.76	8.69	8.72	8.70
碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法	3.32	3.30	3.31	0.88	0.85	0.86	8.83	8.86	8.84

由表7可见,荷兰 SKALAR SAN++ 连续流动分析仪和 CFA1000 连续流动分析系统测试结果相近,且在测定中、高浓度样品时,CFA1000 连续流动分析系统比荷兰 SKALAR SAN++ 连续流动分析仪测试的结果高。这两种仪器的分析方法同为连续流动法,在分析机理上比较相似,因此测定结果相差不大。但两者在将硝酸盐氮还原成亚硝酸盐氮的过程不同,荷兰 SKALAR SAN++ 连续流动分析仪利用的是镉柱还原法,CFA1000 连续流动分析系统利用的是硫酸联氨还原法,因此在测定实际样品,特别是低浓度样品时,2种方法得到的测定结果之间相对偏差较大,且与其还原效率有一定关系。碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法的测试结果与前两者相比有些偏高,但三者之间的相对偏差不超过5%。这是由于利用2台连续流动分析仪,可以通过透析膜将水样中大部分的浊度和色度除去,而碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法仅通过高压消解将水样中杂质去除,两者在水样的处理上有差异,因此测试结果有一定偏差。

3 结语

用 CFA1000 连续流动分析系统测定水和废水

(上接第23页)

用水、地表水回收率在103%~106%之间,废水回收率在81.0%~117%之间,精密度及准确度较高,能满足实际监测工作的需要。

[参考文献]

- [1] 国家标准化管理委员会. GB/T 5750.8-2006 生活饮用水标准检验方法有机物指标[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [2] 环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局. GB 3838-2002

中的总氮,与传统的碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法相比,稳定性好、灵敏度高,且分析速度快、适用性强^[4-8],与荷兰 SKALAR SAN++ 连续流动分析仪相比,分析结果也无显著差异,结果稳定可靠。

[参考文献]

- [1] 环境保护部. HJ 667-2013 水质 总氮的测定 连续流动-盐酸萘乙二胺分光光度法[S]. 北京:中国标准出版社,2013.
- [2] 章亚麟. 环境水质监测质量保证手册[M]. 2版. 北京:化学工业出版社,1994.
- [3] 环境保护部. HJ 636-2012 水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法[S]. 北京:中国标准出版社,2012.
- [4] 赵新鲜. 过硫酸钾提纯方法对总氮测定结果的影响及控制[J]. 新疆水利,2013,37(3):9-12.
- [5] 王洪义,许静. 过硫酸钾在总氮测定中的影响因素及解决方法[J]. 吉林水利,2010,26(9):55-61.
- [6] 张耀奎,肖海斌. 高锰酸钾-过硫酸钾消化氯化物发生-原子荧光光谱法测定水中汞[J]. 四川地质学报,2012,32(3):356-371.
- [7] 陈爱芹,黄银波. 过硫酸钾氧化紫外分光光度法测定水中总氮常见问题探讨[J]. 城镇供水,2008,34(4):57-64.
- [8] 林旭芳,徐彬. 水中总氮快速测定实验方法研究[J]. 环境监控与预警,2012,4(6):27-28.

- [1] 地表水环境质量标准[S]. 北京:中国环境科学出版社,2002.
- [2] 华蕾,董淑英,袁玉璐. 水中水合肼测定方法改进——对二甲氨基苯甲醛的分光光度法[J]. 卫生研究,1993,22(2):90-93.
- [3] 环境保护部. HJ 168-2010 环境监测 分析方法标准制修订技术导则[S]. 北京:中国环境科学出版社,2010.
- [4] 王媛媛,王玲玲,李丹,等. 分光光度法测定水中活性氯的方法研究与改进[J]. 环境监控与预警,2012,4(5):21-22.
- [5] 凌彦刚,闾莉,戴秀英,等. 差示分光光度法在水质监测中的应用[J]. 环境监控与预警,2013,5(4):30-31.