

## 气相分子吸收光谱法测定水中氨氮、亚硝酸盐氮和硫化物

麦浪<sup>1</sup> 麦宗健<sup>2</sup>

**摘要:** 目的 建立气相分子吸收光谱法测定生活饮用水及其水源水中氨氮、亚硝酸盐氮和硫化物。方法 将气相分子吸收光谱仪的工作条件优化并测定本法的检出限、线性相关系数、准确度和精密度。结果 气相分子吸收光谱法线性关系良好 ( $r > 0.9995$ ) , 精密度高 ( $RSD < 5\%$ ) , 氨氮、亚硝酸盐氮和硫化物的检测限分别为 0.005、0.001 和 0.002 mg/L , 加标回收率氨氮在 96.0% ~ 105.0% 之间 , 亚硝酸盐氮在 95.5% ~ 104.4% 之间 , 硫化物在 96.8% ~ 104.8% 之间。结论 气相分子吸收光谱法操作简单快速、准确、灵敏度高、检出限低 , 适用于生活饮用水及其水源中氨氮、亚硝酸盐氮和硫化物的检测。

**关键词:** 气相分子吸收光谱法; 生活饮用水及其水源水; 氨氮; 亚硝酸盐; 硫化物

中图分类号: R123

DOI: 10.13421/j.cnki.hjwsxzz.2019.04.017

### Determination of Ammonia Nitrogen , Nitrite Nitrogen and Sulfide in Water by Gas Phase Molecular Absorption Spectrometry

MAI Lang<sup>1</sup> , MAI Zongjian<sup>2</sup>

**Abstract: Objectives** To develop an efficient and rapid method for the determination of ammonia nitrogen , nitrite nitrogen and sulfide in drinking water and its source water. **Methods** The detection limit , linear correlation coefficient , accuracy and precision of the method were determined by adjusting the working condition of the gas phase molecular absorption spectrometer to the best condition. **Results** The linear relationship was good ( $r > 0.9995$ ) , and the precision was high ( $RSD < 5\%$ ) . The detection limits of ammonia nitrogen , nitrite nitrogen and sulfide were 0.005 , 0.001 and 0.002 mg/L , respectively. The standard recovery rates of ammonia nitrogen were between 96.0% ~ 105.0% , nitrite nitrogen between 95.5% ~ 104.4% , and sulfide were between 96.8% ~ 104.8% , respectively. **Conclusions** This method is simple , rapid , accurate and sensitive. It has low detection limit and hence is suitable for the determination of ammonia nitrogen , nitrite nitrogen and sulfide in drinking water and its source water.

**Key words:** gas phase molecular absorption spectrometry , drinking water and its source water , ammonia nitrogen , nitrite , sulfide

生活饮用水及其水源水中氨氮、亚硝酸盐氮和硫化物的测定分别采用纳氏试剂分光光度法、重氮偶合分光光度法和 N,N-二乙基对苯二胺法<sup>[1]</sup> , 纳氏试剂法使用有毒的汞盐 , 重氮偶合法使用易致癌试剂 , N,N-二乙基对苯二胺法灵敏度低 , 而且步骤繁琐、费时费力。气相分子吸收光谱法是将待测成分变成气态分子载入测量系统 , 测定其对特征光谱

吸收的方法 , 且光的强度与待被测成分浓度遵循朗伯一比耳定律 , 从而定量测出待测成分的含量。气相分子吸收光谱法测定更简单、快捷 , 并可自动进样 , 适合大批量样品; 且抗干扰性强 , 省略了蒸馏等步骤 , 不受水样颜色和浑浊物的影响 , 特别适用于较浑浊的水源水使用。此方法在国内环境监测方面发展逐渐成熟 , 已有不少的相关报道<sup>[2-6]</sup>。但在环境

作者简介: 麦浪 , 副主任技师 , 主要从事理化检验工作

作者单位: 1 阳江市疾病预防控制中心; 2 阳江市检测检验中心

联系方式: 广东省阳江市高凉路阳江市疾病预防控制中心; 邮编: 529500; Email: mailangyj@163.com

卫生检验方面却鲜有报道。通过实验研究,建立了气相分子吸收光谱法测定水中氨氮、亚硝酸盐氮和硫化物的方法,探索该方法在生活饮用水及其水源水应用中的优越性。

## 1 仪器与试剂

### 1.1 仪器

AJ-3000 气相分子吸收光谱仪,配 51 位自动进样器和自动稀释功能(上海安杰环保科技股份有限公司)。

### 1.2 试剂

标准物质氨氮  $\text{NH}_3\text{-N}$ (GSB04-2832-2011)、亚硝酸盐氮  $\text{NO}_2^-\text{-N}$ (GSB04-2840-2011)均为国家有色金属及电子材料分析测试中心生产,质量浓度均为  $1\ 000\ \mu\text{g}/\text{mL}$ 。硫化物溶液(GBW08630)由沈阳西信科技有限公司生产,质量浓度为  $93.5\ \mu\text{g}/\text{mL}$ 。载流液所用盐酸、无水乙醇为分析纯;次溴酸钠氧化剂所用试剂溴酸钾、溴化钾、盐酸、氢氧化钠(除氢氧化钠为优级纯外,其余均为分析纯);次溴酸盐贮液配制:称取  $2.81\ \text{g}$  溴酸钾及  $20.0\ \text{g}$  溴化钾,溶解于  $500\ \text{mL}$  水中,搅拌均匀,贮存于棕色玻璃瓶中,该贮备液在冷藏遮光下储存 6 个月。所用水是电阻率为  $18.2\ \text{M}\Omega\cdot\text{cm}$  的超纯水。所用载气为空气。

### 1.3 仪器工作条件优化

开启软件工作站进行仪器自检,仪器开机并预热  $30\ \text{min}$ ,待基线稳定后再开始检测流程,预热期间,同时进行仪器清洗。测定模式选择峰面积,标准曲线的测定方法选择加入零点线性拟合法。初期的气相分子吸收光谱仪是经过原子吸收光谱仪改装的,采用空心阴极灯做光源,所以 2005 年制定国标采用的光源是空心阴极灯<sup>[7-9]</sup>。AJ-3000 气相分子吸收光谱仪对光源作了优化,使用氙灯代替传统的空心阴极灯做光源。氙灯是连续光源,通过滤光片或单色器能够选择待测物的最佳吸收波长。例如测量硫化物,最佳吸收波长为  $200\ \text{nm}$ ,空心阴极灯只能选择  $202.6\ \text{nm}$  来测量,低浓度处灵敏度明显低于氙灯,其他项目也是如此<sup>[10]</sup>,所以改用氙灯做光源更加准确合理。因此参考 AJ-3000 产品说明手册和操作指导手册对工作条件进行优化。主要测定参数见表 1。

### 1.4 标准曲线的配制

把氨氮、亚硝酸盐氮和硫化物标准物质稀释成标准系列浓度,标准曲线的最高浓度点分别为

表 1 氨氮、亚硝酸盐氮和硫化物的测定参数

项目	氙灯电流/ mA	负高压/ V	波长/ nm	空压机压力/ MPa
氨氮	300	244	214.70	0.1~0.15
亚硝酸盐氮	300	244	214.70	0.1~0.15
硫化物	300	244	200.00	0.1~0.15

2.00、2.00 和  $3.74\ \text{mg}/\text{L}$ ,经仪器自动逐级稀释,得标准系列浓度分别为氨氮 0、0.10、0.20、0.50、1.00、2.00  $\text{mg}/\text{L}$ ,亚硝酸盐氮 0、0.10、0.20、0.50、1.00 和 2.00  $\text{mg}/\text{L}$ ,硫化物 0、0.187、0.274、0.748、1.870 和  $3.740\ \text{mg}/\text{L}$ 。以吸光度  $y$  与相对应的质量浓度  $x$  进行线性回归,并计算相关系数。

### 1.5 载流液的配制

氨氮的测定需加入次溴酸钠氧化剂,以将氨及铵盐氧化成亚硝酸盐再测定,为中和次溴酸钠氧化剂中较强的碱性,测氨氮采用酸度较高的 HCl 介质。取  $3.0\ \text{mL}$  氧化液测定时,加入  $3.0\ \text{mL}$  盐酸溶液( $6\ \text{mol}/\text{L}$ ),介质酸度为  $2.22\ \text{mol}/\text{L}$ ,达到了测定亚硝酸盐氮的盐酸酸度( $2\sim 5\ \text{mol}/\text{L}$  范围<sup>[11]</sup>),因此氨氮项目载流液用  $400\ \text{mL}\ 6\ \text{mol}/\text{L}$  的盐酸溶液加  $80\ \text{mL}$  无水乙醇,亚硝酸盐氮项目载流液用  $400\ \text{mL}\ 3\ \text{mol}/\text{L}$  的盐酸加  $80\ \text{mL}$  无水乙醇,乙醇的作用是催化剂,在酸性介质中使亚硝酸盐瞬间分解成  $\text{NO}_2$  气体,用空气载入气相分子吸收光谱仪中测定其含量,硫化物项目载流液用  $400\ \text{mL}\ 3\ \text{mol}/\text{L}$  的盐酸溶液,在酸性介质中使硫化物生成硫化氢气体用空气载入气相分子吸收光谱仪中测定其含量。

### 1.6 次溴酸钠氧化剂的配制

试剂在室温不低于  $18\ ^\circ\text{C}$  下临用时配制。吸取  $3.0\ \text{mL}$  次溴酸盐贮备液于  $500\ \text{mL}$  棕色容量瓶中,加入  $100\ \text{mL}$  水充分混合均匀,再加入  $6.0\ \text{mL}\ 6\ \text{mol}/\text{L}$  盐酸溶液,立即密封静置,于暗处放置  $5\ \text{min}$ (切勿摇晃),最后加入  $100\ \text{mL}\ 40\%$  氢氧化钠溶液充分摇匀,待小气泡逸尽后使用。

### 1.7 样品的保存及前处理

1.7.1 氨氮测定样品的保存及前处理 水样采集在聚乙烯瓶或玻璃瓶中,并应充满样品瓶。采集好的水样应立即测定,否则应加硫酸至  $\text{pH}<2$ (酸化时,防止吸收空气中的氨而玷污),在  $2\ ^\circ\text{C}\sim 5\ ^\circ\text{C}$  保存,并于  $24\ \text{h}$  内测定<sup>[7]</sup>。

1.7.2 亚硝酸盐氮测定样品的保存及前处理 一般用玻璃瓶或聚乙烯瓶采样,水样应充满采样瓶。采集的水样应立即测定,否则应在  $4\ ^\circ\text{C}$  冰箱内保存,

并尽快测定<sup>[8]</sup>。

1.7.3 硫化物测定样品的保存及前处理 水样采集在棕色玻璃瓶中,在现场及时固定,并防止曝气。采样前先向采样瓶中加入以每升水为3~5 mL的乙酸锌+乙酸钠固定液(3%的Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O和1.5%的Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>水溶液,分别保存。用时以等体积混合。),注入水样后,用氢氧化钠溶液(4%)调至弱碱性。硫化物含量高时,酌情多加一些固定液,直至硫化物沉淀完全。水样应充满采样瓶,使瓶内无气泡,并立即密塞,运输途中避免阳光直射。采集的水样在4℃冰箱保存,并在24 h内测定<sup>[9]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 标准曲线和检出限

分别测定氨氮、亚硝酸盐氮和硫化物标准系列,以各组分的吸光度对质量浓度来绘制标准曲线,得出回归方程和相关系数。

计算出标准曲线斜率b,并连续做11次空白样,计算所得值的标准差S,根据公式 $C_L = 3S/b$ <sup>[12]</sup>,计算氨氮、亚硝酸盐氮和硫化物的检出限 $C_L$ (表2)。

表2 标准曲线方程、线性范围及检出限

项目	线性范围/ (mg/L)	回归方程	相关系数 r	检出限/ (mg/L)
NH <sub>3</sub> -N	0~2.00	y=0.1674x-0.0039	0.9997	0.005
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	0~2.00	y=0.1956x+0.0016	0.9998	0.001
硫化物	0~3.74	y=0.0845x-0.0008	0.9999	0.002

### 2.2 精密度试验

2.2.1 批内精密度试验 分别配制0.400、1.000和1.500 mg/L的氨氮、0.500、1.000和1.500 mg/L的亚硝酸盐氮,以及0.374、1.870和3.740 mg/L的硫化物标准溶液,分别连续进样6次并进行分析,计算其测定值的相对标准偏差,作为方法批内精密度(表3)。

2.2.2 批间精密度试验 分别配制氨氮、亚硝酸盐氮和硫化物标准溶液系列0.400、1.000和1.500 mg/L的氨氮、0.500、1.000和1.500 mg/L的亚硝酸盐氮以及0.374、1.870和3.740 mg/L的硫化物标准溶液,相同条件平行测定,测定6次,待测标准溶液在测定期间的保存条件与样品的保存条件相同<sup>[7-9]</sup>,计算其测定值的相对标准偏差,作为方法批间精密度(表4)。

表3 批内精密度试验结果

项目	测定值/(mg/L)						$\bar{x}$ / (mg/L)	S/ (mg/L)	RSD/%
	1	2	3	4	5	6			
NH <sub>3</sub> -N	0.406	0.389	0.392	0.386	0.408	0.382	0.394	0.011	2.79
NH <sub>3</sub> -N	1.028	1.017	0.974	0.982	1.052	1.063	1.019	0.036	3.53
NH <sub>3</sub> -N	1.513	1.532	1.482	1.541	1.476	1.526	1.512	0.027	1.79
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	0.504	0.510	0.507	0.496	0.492	0.514	0.504	0.0084	1.67
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	1.044	1.026	0.972	0.986	1.032	1.018	1.013	0.028	2.76
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	1.526	1.539	1.508	1.479	1.484	1.542	1.513	0.027	1.78
硫化物	0.362	0.370	0.359	0.381	0.365	0.358	0.366	0.0086	2.35
硫化物	1.859	1.846	1.875	1.833	1.854	1.892	1.860	0.021	1.13
硫化物	3.772	3.703	3.662	3.679	3.671	3.672	3.693	0.041	1.11

表4 批间精密度试验结果

项目	测定值/(mg/L)						$\bar{x}$ / (mg/L)	S/ (mg/L)	RSD/%
	1	2	3	4	5	6			
NH <sub>3</sub> -N	0.422	0.413	0.389	0.406	0.382	0.376	0.398	0.018	4.52
NH <sub>3</sub> -N	1.033	1.078	1.062	0.976	0.969	1.051	1.028	0.046	4.47
NH <sub>3</sub> -N	1.518	1.527	1.491	1.462	1.444	1.453	1.482	0.035	2.36
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	0.504	0.509	0.516	0.491	0.487	0.501	0.501	0.011	2.20
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	1.036	1.052	0.989	0.969	0.976	0.959	0.997	0.038	3.81
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	1.536	1.473	1.456	1.512	1.468	1.442	1.481	0.036	2.43
硫化物	0.381	0.362	0.374	0.368	0.351	0.346	0.364	0.013	3.57
硫化物	1.886	1.861	1.875	1.853	1.842	1.822	1.856	0.023	1.24
硫化物	3.768	3.794	3.692	3.674	3.717	3.663	3.718	0.053	1.43

### 2.3 准确度试验

选取4种水样分别加入4个质量浓度标准溶液做回收试验,每个水样取100 mL,氨氮的回收率在96.0%~105.0%之间,亚硝酸盐氮的加标回收率在95.5%~104.4%之间,硫化物的加标回收率在96.8%~104.8%之间(表5)。

表5 回收率试验结果

阴离子	本底值/ (mg/L)	加标量/ (mg/L)	加标体积/ (mL)	测定值/ (mg/L)	回收率/ %
NH <sub>3</sub> -N	ND	0.200	1.00	0.192	96.0
NH <sub>3</sub> -N	ND	0.500	1.00	0.512	102.4
NH <sub>3</sub> -N	ND	1.000	1.00	1.050	105.0
NH <sub>3</sub> -N	0.321	1.500	1.00	1.772	96.7
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	ND	0.200	1.00	0.191	95.5
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	ND	0.500	1.00	0.522	104.4
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	ND	1.000	1.00	1.032	103.2
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	0.022	1.500	1.00	1.581	103.9
硫化物	ND	0.187	1.00	0.196	104.8
硫化物	ND	0.374	1.00	0.362	96.8
硫化物	ND	0.748	1.00	0.755	100.9
硫化物	0.014	2.723	3.00	2.672	97.6

注“ND”为样品未检出

### 2.4 干扰及消除

2.4.1 氨氮测定的干扰及消除 水样加入1 mL 6 mol/L 盐酸及0.2 mL 无水乙醇,加热煮沸(2~3) min,可消除NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、硫化物以及减弱乃至消除S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>的影响;个别水样含I<sup>-</sup>、SCN<sup>-</sup>或存在可被次溴酸盐氧化成亚硝酸盐的有机胺时,应按《水质氨氮的测定纳化试剂分光光度法》(HJ 535-2009)<sup>[13]</sup>第6.2.3节蒸馏分离后进行测定<sup>[7]</sup>。

2.4.2 亚硝酸盐氮测定的干扰及消除 在酸性介质中,某些能与NO<sub>2</sub><sup>-</sup>发生氧化、还原反应的物质,达一定量时零进行干扰测定。当亚硝酸盐氮质量浓度为0.2 mg/L时,25 mg/L SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、10 mg/L S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>、30 mg/L I<sup>-</sup>、20 mg/L SCN<sup>-</sup>、80 mg/L Sn<sup>2+</sup>及100 mg/L MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>不影响测定。S<sup>2-</sup>含量高时,在气路干燥管前串联乙酸铅脱脂棉的除硫管给予消除;存在产生吸收的挥发性有机物时,在适量水样中加入活性炭搅拌吸附,30 min后取样测定<sup>[8]</sup>。

2.4.3 硫化物测定的干扰及消除 本法主要干扰成分有SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>及产生吸收的挥发性有机物气体。水样中SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>分别大于硫化物含量5倍和20倍时,加入H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>将其氧化成SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>,干扰可消除;若同时含有较高I<sup>-</sup>、SCN<sup>-</sup>或水样含有产生吸收的有机物时,可用沉淀分离手段消除影响<sup>[9]</sup>。

### 2.5 样品实测

采用本方法对共10份水样(包括出厂水、末梢水、二次供水和水源水)进行了实测,以确定方法的适用性(表6)。

表6 水样检测结果

样品名称	氨氮/ (mg/L)	亚硝酸盐氮/ (mg/L)	硫化物/ (mL)
出厂水	ND	ND	ND
末梢水1	ND	ND	ND
末梢水2	ND	ND	ND
末梢水3	ND	ND	ND
末梢水4	ND	ND	ND
二次供水1	0.022	0.011	ND
二次供水2	0.056	0.008	ND
水源水1	0.321	0.022	0.014
水源水2	0.306	0.025	0.011
水源水3	0.285	0.018	ND

注“ND”为样品未检出

从检测结果可以看出,各指标水源水的测定值比出厂水、末梢水、二次供水的测定值高,但均未超出《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)<sup>[14]</sup>限值。

### 3 小结

通过对气相分子吸收光谱仪条件优化,并使用合适的载流液和试剂,用气相分子吸收光谱法测定生活饮用水和来源水中的氨氮、亚硝酸盐氮和硫化物,方法准确可靠,线性关系好,灵敏度高,重现性好,简单快捷,自动化程度高,适用性强,不受水样颜色、浑浊物的影响,一般样品可直接测定,无需前处理,提高了工作效率,避免了人工操作带来的误差,适用于生活饮用水和来源水特别是大批量较浑浊水样的检测。

### 参考文献

[1] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB/T 5750.5-2006 生活饮用水标准检验方法 无机非金属指标[S]. 北京:中国标准出版社,2007. (In English: Ministry of Health of the PRC, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 5750.5-2006 Standard examination methods for drinking water - nonmetal parameters [S]. Beijing: Standards Press of China, 2007.)

[2] 严静芬. 水样中氨氮测定方法比较[J]. 广州化工, 2008, 36(2): 55-56. (In English: Yan JF. Comparison of determination method for ammonia-nitrogen content in water samples [J]. Guangzhou Chem Ind, 2008, 36(2): 55-56, 58.)

- [ 3 ] 余海霞,叶旭红,郑桂芳,等. 气相分子吸收光谱法测定水中亚硝酸盐氮浓度不确定度评定[J]. 工业安全与环保, 2013, 39( 10) : 20-22. ( In English: Yu HX, Ye XH, Zheng GF, et al. Evaluation of uncertainty measurement of nitrite-nitrogen in the solution by the gas-phase molecular absorption spectrometry [J]. Ind Saf Environ Prot, 2013, 39( 10) : 20-22.)
- [ 4 ] 章维维,潘腊青,周姝. 气相分子吸收光谱法测定水中氨氮[J]. 理化检验-化学分册, 2015, 51( 10) : 1474-1475.
- [ 5 ] 张卫,符伟杰,孙奕,等. 水质氨氮测定方法研究进展[J]. 绿色科技, 2017( 10) : 19-21. ( In English: Zhang W, Fu WJ, Sun Y, et al. Advances on the research of the determination of ammonia nitrogen in water [J]. J Green Sci Technol, 2017( 10) : 19-21.)
- [ 6 ] 阿加古丽·赛依提,施玉格. 气相分子吸收光谱法测定地表水中硫化物[J]. 干旱环境监测, 2017, 31( 1) : 41-43, 48. ( In English: Saiyiti AJ, Shi YG. Determination of sulfides in surface water by gas-phase molecular absorption spectrometry [J]. Arid Environ Monit, 2017, 31( 1) : 41-43, 48.)
- [ 7 ] 国家环境保护总局. HJ/T 195-2005 水质 氨氮的测定 气相分子吸收光谱法[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006. ( In English: State Environmental Protection Administration. HJ/T 195-2005 Water quality — determination of ammonia-nitrogen gas-phase molecular absorption spectrometry [S]. Beijing: China Environmental Press, 2006.)
- [ 8 ] 国家环境保护总局. HJ/T 197-2005 水质 亚硝酸盐氮的测定 气相分子吸收光谱法[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006. ( In English: State Environmental Protection Administration. HJ/T 197-2005 Water quality — determination of nitrite-nitrogen gas-phase molecular absorption spectrometry [S]. Beijing: China Environmental Press, 2006.)
- [ 9 ] 国家环境保护总局. HJ/T 200-2005 水质硫化物的测定 气相分子吸收光谱法[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006. ( In English: State Environmental Protection Administration. HJ/T 200-2005 Water quality — determination of sulfide gas-phase molecular absorption spectrometry [S]. Beijing: China Environmental Press, 2006.)
- [ 10 ] 齐文启,臧平安,郝俊,等. 气相分子吸收光谱仪光源优化方案探讨[J]. 现代科学仪器, 2016( 6) : 53-55. ( In English: Qi WQ, Zang PA, Hao J, et al. Discussion of optimal light-source scheme of GPMAS [J]. Mod Sci Instr, 2016( 6) : 53-55.)
- [ 11 ] 上海宝钢工业检测公司宝钢环境监测站. 《水质 氨氮等 6 个项目的测定 气相分子吸收光谱法》编制说明[Z]. 上海: 上海宝钢工业检测公司宝钢环境监测站, 2004.
- [ 12 ] 施江焕,李蓓蓓. 气相分子吸收光谱仪的计量校准方法[J]. 化学分析计量, 2014, 23( 3) : 82-84. ( In English: Shi JH, Li BB. Calibration technique of gas-phase molecular absorption spectrometer [J]. Chem Anal Meter, 2014, 23( 3) : 82-84.)
- [ 13 ] 环境保护部. HJ 535-2009 水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2010. ( In English: Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. HJ 535-2009 Water quality-determination of ammonia nitrogen-nessler's reagent spectrophotometry [S]. Beijing: China Environmental Press, 2010.)
- [ 14 ] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB 5749-2006 生活饮用水卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007. ( In English: Ministry of Health of the PRC, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB 5749-2006 Standards for drinking water quality [S]. Beijing: Standards Press of China, 2007.)