

顺序注射-连续光谱测定水质多参数方法研究

李文, 王利民*, 程李, 陈海琪

北方工业大学机械与材料工程学院, 北京 100043

摘要 针对水质多参数监测仪器的低功耗、微型化、集成化和智能化, 研制了一种基于顺序注射分析技术(SIA)和连续光谱检测方法融合的微型测定原位水质多参数检测仪, 系统设计的核心在于消解池结构设计且消解池作为检测池, 以及微控技术顺序注射平台的原理设计和多参数联合消解测定流程设计。对融合 SIA 和连续光谱水质多参数原位分析的新方法进行实验研究。设计了基于国标水质检测标准的多参数顺序注射分析检测流程, 基于分光光度检测方法, 在使用连续光谱扫描测量的条件下, 融合顺序注射分析技术对亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、总氮、总磷的含量进行检测。测定消解前, 对硝酸盐氮、亚硝酸盐氮进行直接光谱测量, 测定消解后对总氮进行光谱检测, 显色反应后, 对总磷进行光谱检测。在本系统下, 以亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、总磷和总氮原位水质参数为测定对象, 基于连续光谱分析, 最小二乘法建立回归模型并绘制各参数的浓度-吸光度标准工作曲线, 其拟合优度(即决定系数) ≥ 0.9899 。配制已知亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、总氮、总磷含量的混合溶液, 按照上述的多参数检测流程, 利用本系统绘制出的标准工作曲线测量 4 个参数, 实验结果表明, 实验参数重复性(相对标准偏差)RSD $\leq 3.86\%$, 系统可稳定、高效的分析不同水样中的亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、总氮、总磷含量。基于 SIA-连续光谱融合测定原位水质多参数检测方法研究, 对于提升在线水质监测仪器的技术性能具有重要作用, 微型多参数水质监测仪的研制具有良好的参数扩展前景, 适用于多种水质在线监测平台。

关键词 水质多参数; 原位分析; 顺序注射分析; 连续光谱; 微控技术

中图分类号: TP216 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2021)02-0612-06

引言

当前, 直接紫外光谱分析的水质监测方法具有无试剂、实时在线、体积小、成本低和多参数监测等优点^[1-3], 很多专家进行了大量研究工作^[4-6]。直接紫外光谱检测方式主要分为单光谱检测和连续光谱检测。单光谱检测通过单波长或双波长吸光度值反演水质参数值, 存在相关性差、测量精度窄、适用范围低、不适合复杂水样测量^[7-8]。连续光谱检测可解决单光谱检测的相关问题, 结合化学计量学方法进行快速分析, 是近年来国际上研究的热点。

顺序注射分析技术^[9](sequential injection analysis, SIA)具有自动化、智能化、可用同一装置完成不同组分的监测而无需改变流路设置, 试剂用量少, 便于回收等优点, 因而特别适合用于环境监测等领域的在线过程监测^[10]。而基于 SIA 技术和连续光谱分析测定水质多参数的新方法尚未见文献报

道。

本文结合顺序注射分析技术和连续光谱分析方法的优点, 基于国家地表水环境质量和城镇污水处理厂污染物排放相关标准, 根据朗伯比尔定律, 采用顺序注射分析技术和微型连续光谱分析, 设计了一种新的微型多参数水质监测仪, 对顺序注射宽光谱水质多参数原位分析的新方法和水质多参数检测流程进行了研究。用该方法对地表水中的亚硝酸盐氮(NO_2^- -N)、硝酸盐氮(NO_3^- -N)、总氮(TN)和总磷(TP)进行测定, 结果与实验室国标法对比, 无显著差异。

1 实验部分

1.1 仪器与试剂

采用一体式注射泵和多通道切换阀岛, 最小进液精度 0.002 5 mm³/1.038 1 μL , 注射器规格选用 500 μL , 阀头型号为 M07; 高压电磁阀; 紧凑型氙-卤钨灯光源, 该光源的发射

收稿日期: 2020-01-04, 修订日期: 2020-05-16

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(51205005)资助

作者简介: 李文, 1975年生, 北方工业大学机械与材料工程学院副教授 e-mail: lw@ncut.edu.cn

* 通讯作者 e-mail: 1316040452@qq.com

光谱从 190~2 500 nm; 高分辨率光谱仪, 响应范围为 180~1 200 nm; 0.1 μL ~10 mL 的 Research plus 单道可调量程移液器; 分辨率为 0.1 mg 的 XP205 高精度电子天平; 干燥器; 温控仪; 太阳能控制器; 串口人机交互屏。

实验用水均为《GB 11446-1-2013 去离子水国家标准》中等等级为 EW-I 的去离子水, 依照国标《GB 7493-1987 水质亚硝酸盐氮的测定》、《GB 7480-1987 水质硝酸盐氮的测定》、《GB 11894-89 水质总氮的测定》、《GB 11893-89 水质总磷的测定》配制亚硝酸盐氮标准贮备液: $c(\text{NO}_2^- - \text{N}) = 250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 硝酸盐氮标准贮备液(氮标准贮备液): $c(\text{NO}_3^- - \text{N}) = 100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 磷标准使用液: $c(\text{TP}) = 2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 过硫酸钾标准溶液、抗坏血酸标准溶液、钼酸铵标准溶液。

1.2 多参数微型水质分析系统检测原理

本系统利用复合光源和光谱相配合, 分别测定亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、总氮、总磷标准溶液, 利用最小二乘法建立各检测参数的回归函数, 从而得到浓度-吸光度标准工作曲线。结合《GB 11894-89 水质总氮的测定》与《GB 11893-89

水质总磷的测定》, 先直接检测水中亚硝酸盐氮和硝酸盐氮; 通过利用自主设计消解池进行高温高压密闭消解, 用过硫酸钾作为氧化剂在 60 $^{\circ}\text{C}$ 以上水溶液中分解产生原子态氧, 原子态氧在 120~124 $^{\circ}\text{C}$ 条件下, 可使水样中的所有含氮化合物转化为硝酸盐, 并且将水样中所含磷全部氧化为正磷酸盐, 消解冷却后, 检测总氮, 加入钼酸铵和抗坏血酸标准溶液进行显色反应, 即正磷酸盐与钼酸铵反应, 在铋盐存在下生成磷钼杂多酸后, 立即被抗坏血酸还原, 生成蓝色络合物, 而后检测生成的蓝色络合物, 由亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、总氮以及蓝色络合物的吸光度和浓度数据绘制标准工作曲线, 最后对待测水样进行测定, 根据标准工作曲线计算对应浓度值。

在本系统下直接对硝酸盐氮、亚硝酸盐氮和总磷试剂加显色剂后的蓝色络合物进行光谱扫描, 全光谱波长范围内, 亚硝酸盐氮的紫外吸收峰在 211.0 nm[如图 1(a)亚硝酸盐氮], 硝酸盐氮的紫外吸收峰约 202.0 nm[如图 1(b)硝酸盐氮]。总磷的紫外吸收峰约为 881.0 nm[如图 1(c)总磷]。

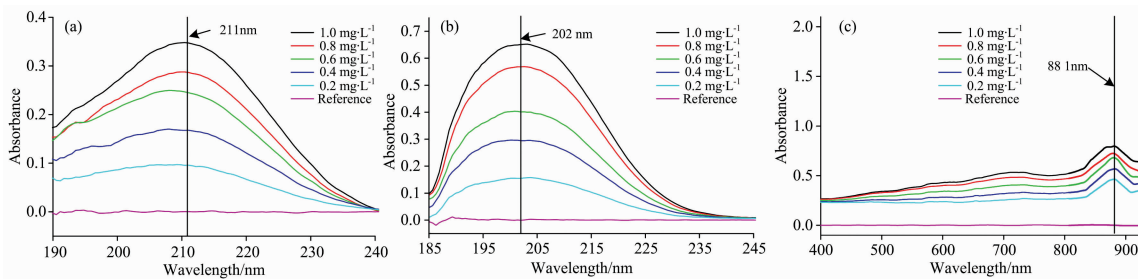


图 1 波长-吸收峰曲线图

(a): 亚硝酸盐氮; (b): 硝酸盐氮(总氮); (c): 总磷

Fig. 1 Wavelength-absorption peak graph

(a): Nitrite nitrogen; (b): Nitrate nitrogen (total nitrogen); (c): Total phosphorus

1.3 系统设计

1.3.1 消解池结构设计

以低功耗, 低成本, 微型化为目的, 设计的消解池体积小, 加工方便, 加热达到所需消解温度的速度快, 散热快, 并且同时消解池也作为检测池, 减小了整个系统占用空间。

消解池的结构如图 2 所示, 未加遮光盖。消解池的主体为金属长方体, 消解管的材料为高温高压石英。整个消解池由消解管、密封接头、铝壳陶瓷芯(PTC)加热片、PT100 温度传感器、散热扇、紫外灯辅助消解模块和光纤连接座组成。消解管由密封接头固定在消解池的主体支架上, 紫外灯辅助消解模块和光纤连接座都是通过螺纹与消解池的主体支架进行联接。PT100 温度传感器能够实时监测并准确控制消解温度, 为消解提供适宜的温度条件, 通过螺钉固定在消解池背面的散热扇可以及时的为消解池散热到达室温, 防止温度改变对后续的检测干扰。采用安全性高、热阻小、换热效率高的 PTC 加热片配合紫外灯辅助消解模块联合消解, PTC 和 PT100 传感器固定架通过绝缘导热胶固定在石英消解管上, PTC 加热片通过绝缘导热胶与固定架进行联接。

由于紧凑型氙一卤钨灯光源和高分辨率光谱仪构成的检测单元可以直接采集一定范围内的光谱信号, 并且考虑到检

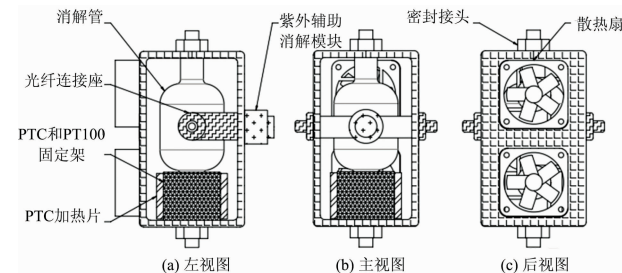


图 2 消解池结构示意图

Fig. 2 Schematic diagram of digestion pool

测装置整体的大小, 故采用消解池为测量池, 依据朗伯比尔定律(Lambert-Beer law)式(1), 得到各标准水样的吸光度 A (最终由各个参数的曲线分析水样中对应的参数), 即

$$A = \lg\left(\frac{1}{T}\right) = KBC = -\lg\left(\frac{\text{Sample} - \text{Dark}}{\text{Reference} - \text{Dark}}\right) \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中, A , T , K , B , C , Reference, Dark 和 Sample 分别为水样的吸光度、介质透射率、摩尔吸收系数、光程、浓度、光源打开状态下记录的水参比电信号、光源关闭状态下水参比暗背景的光电信号、试剂消解显色完毕后的光电信号。

1.3.2 流动注射光谱分析平台的原理设计

针对水质多量参数在线监测系统的设计要求，设计了基于微控技术的顺序注射光谱分析平台，如图 3 所示，包括顺序注射模块、数据处理显示与系统控制模块、高温密闭消解模块、光源检测模块。

待测水样与各反应试剂由阀岛顺序进入消解管，进行硝酸盐氮和亚硝酸盐氮的信号采集，在消解模块内完成水样的高温密闭消解后，等待散热至室温，散热完成后，采集信号作为总氮的数据，采集完成后加入试剂进行总磷的稀释定容、显色反应、信号采集等流程，最后由人机交互界面显示监测参数。

1.3.3 系统联合消解检测流程设计

考虑到测定精确度、系统稳定性以及检测效率的影响，进行整个分析系统的核心联合消解检测控制流程设计，以《GB 11894—89 水质总氮的测定》与《GB 11893—89 水质总磷的测定》中的技术要求为基础改进检测流程，检测流程如图 4 所示。

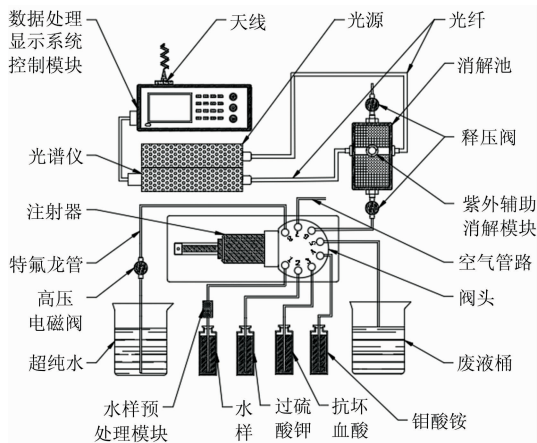


图 3 顺序注射光谱分析平台原理示意图
Fig. 3 Schematic diagram of sequential injection spectroscopy platform

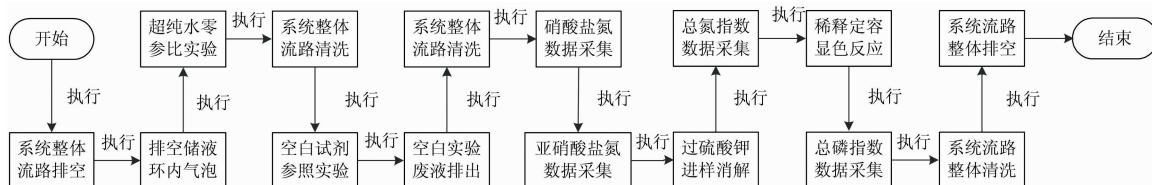


图 4 检测流程图

Fig. 4 Detection flowchart

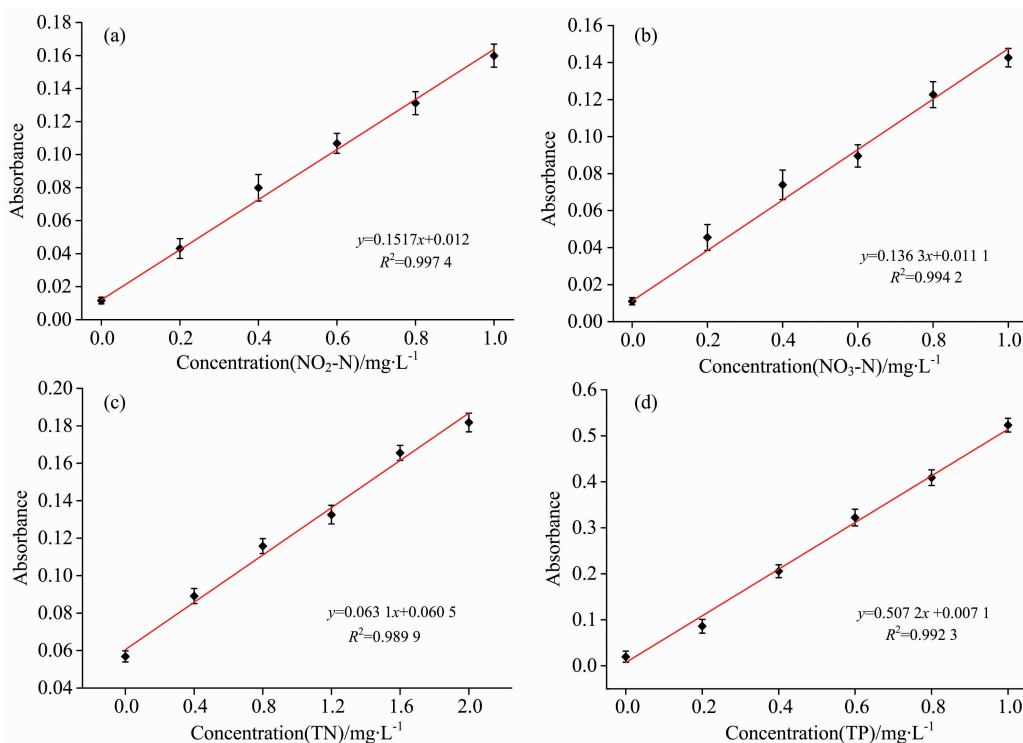


图 5 浓度-吸光度曲线图

(a): 亚硝酸盐氮; (b): 硝酸盐氮; (c): 总氮; (d): 总磷

Fig. 5 Concentration-absorbance curve

(a): Nitrite nitrogen; (b): Nitrate nitrogen; (c): Total nitrogen; (d): Total phosphorus

2 结果与讨论

2.1 工作标准曲线及稳定性分析

将按照国标配制的标准溶液稀释得到 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 和 1.0 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的亚硝酸盐氮溶液标准工作点、硝酸盐氮溶液标准工作点、磷标准溶液工作点, 以及 0.0, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 和 2.0 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的总氮溶液标准工作点。

按照浓度由低到高, 利用顺序注射技术将上述工作点溶液取液到消解池后, 按照上述设计的流程对 4 个参数进行检测, 每个工作点测定 6 次, 将干扰剔除后计算平均值, 以吸光度为纵坐标、浓度为横坐标对得到的数据进行曲线拟合, 得到的曲线与相关系数 (R^2) 如图 5(a—d) 所示。

整个绘制标准工作曲线的过程中, 每个参数的工作点分别测定了 6 次, 故统计了各个参数标准工作点的标准偏差, 并且以误差条 (Error Bar) 的形式体现在了图 5 中每个标准工作点上。对比图 5(a—d), 在测定总氮和总磷指数时, 系统稳定性更高, 由于检测亚硝酸盐氮与硝酸盐氮是在对样品溶液

消解前, 样品溶液中的亚硝酸根和硝酸根一直处于相互转换状态, 从而检测时会有小幅度的波动。但标准偏差均较小, 且与拟合曲线偏离程度小, 故本系统绘制出的标准工作曲线可靠性强, 稳定性高。

2.2 重复性及误差对比

利用上述根据国标配制的 50 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 亚硝酸盐氮中间标准溶液, 10 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硝酸钾标准使用溶液, 2 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 磷标准使用溶液与《GB 11446-1—2013 去离子水国家标准》中等级为 EW—I 的去离子水, 配置含量均为 0.1, 0.3 和 0.5 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、总磷混合标准水样溶液, 其中总氮含量分别为 0.2, 0.6 和 1.0 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 共得到 3 组含亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、总氮、总磷的标准混合水样溶液, 每组标准混合溶液取 6 个平行样, 利用多参数水质在线监测系统, 浓度由低到高, 对 4 个参数进行检测, 计算各个参数的标准偏差系数 (RSD), 同时也用国标法分别对每个参数进行检测, 得到标准偏差系数, 分析对比本方法与国标法的重复性。各个参数相对标准偏差对比如表 1 和表 2 所示。

表 1 亚硝酸盐氮、硝酸盐氮重复性 (RSD) 对比

Table 1 Comparison of nitrite nitrogen and nitrate nitrogen repeatability (RSD)

亚硝酸盐氮/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	RSD/ %	国标法 RSD/ %	硝酸盐氮/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	RSD/ %	国标法 RSD/ %
0.10	2.47	2.12	0.10	2.38	2.01
0.30	2.86	2.40	0.30	2.73	2.33
0.50	3.44	2.96	0.50	2.94	2.32

表 2 总氮、总磷重复性 (RSD) 对比

Table 2 Comparison of total nitrogen and phosphorus repeatability (RSD)

总氮/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	RSD/ %	国标法 RSD/ %	总磷/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	RSD/ %	国标法 RSD/ %
0.20	3.73	3.20	0.10	2.10	1.98
0.60	3.57	3.15	0.30	2.28	2.01
1.00	3.86	3.25	0.50	2.56	2.10

由表 1 和表 2 可以看出, 本系统下检测亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、总氮、总磷四个参数的重复性与国标法检测的重复性相近。证明了本方法的可靠性和稳定性。

2.3 试剂用量与检出限

本系统采用的连续光谱检测水质多参数方法相比于国标法检测减少了试剂使用量, 同时也减少了废液的排除。试剂用量对比及检出限如表 3 所示。

依据国标检测方法, NO_2^- -N, TN 和 TP 检测都需要加热, 且 TN 和 TP 分别需要 30 min 的加热消解时间, 而由于连续光谱无试剂, 速度快的优点, 本系统整个检测流程只需加热 30 min, 检测 4 个参数相比于国标法功耗更低, 同时, 连续光谱体积小与顺序注射分析技术的结合以及自主设计的消解池, 也省去了国标法中更多的操作仪器, 体现了本系统的体积小, 自动化程度高的优点。本系统整个流路均采用内径为 1.6 mm 的特氟龙硬管, 进液排液的量与速度由注射泵控制, 比人工更加精准。

表 3 试剂用量对比及检出限

Table 3 Reagent dosage comparison and detection limit

参数	国标法	本方法	最低检出限 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
NO_2^- -N	磷酸、显色剂	无试剂	0.02
NO_3^- -N	硫酸、酚二磺酸、氨水	无试剂	0.02
TN	过硫酸钾	过硫酸钾	0.04
TP	过硫酸钾、钼酸铵、抗坏血酸	钼酸铵、抗坏血酸	0.02

3 结论

针对水质多参数监测仪的低功耗、微型化、集成化、智能化, 将顺序注射法和连续光谱法两种方法的优点融合, 研究出一种原位水质多参数检测方法, 单次检测流程检测 4 个

参数(亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、总氮、总磷)。相比于单独检测 4 个参数,减少了检测装置的功耗,节省了检测时间。由图 5 可以看出,该系统具有一定的可行性、稳定性和准确性的特点,从表 1、表 2 可以得出该方法重复性良好。系统检测速度快、体积较小,通过使用更精密的光谱仪和更稳定的光

源,系统在精度方面还可提升,对水质检测实验室的工作效率提高具有重要意义,为地表水质监测、城市污水排放以及今后的水质多参数监测装置的研发提供一定的实验基础与技术支撑。

References

- [1] LI Xin-xing, ZHU Chen-guang, ZHOU Jing(李鑫星, 朱晨光, 周 婧). Journal of Agricultural Engineering(农业工程学报), 2018, 34(19): 184.
- [2] YANG Jian, WANG Qiang-min, LIU Ji(杨 建, 王强民, 刘 基). Journal of China Coal Society(煤炭学报), 2018, 43(S2): 546.
- [3] ZHU Yi-ning, YANG Ping, YANG Xin-yan(朱毅宁, 杨 平, 杨新艳). Chinese Journal of Analytical Chemistry(分析化学), 2017, 45(3): 336.
- [4] DONG Chun-wang, LIANG Gao-zhen, AN Ting(董春旺, 梁高震, 安 霆). Journal of Agricultural Engineering (农业工程学报), 2018, 34(24): 306.
- [5] WANG Jian, WANG Liu-san, WANG Ru-jing(王 键, 汪六三, 王儒敬). Chinese Journal of Luminescence (发光学报), 2018, 39(12): 1785.
- [6] Chen Baisheng, Wu Huanan, Sam Fong Yau Li. Talanta, 2014, 120.
- [7] WANG Shu-tao, CHE Ren-sheng(王书涛, 车仁生). Opto-Electronic Engineering(光电工程), 2006, (1): 112.
- [8] Shoshana Fogelman, Zhao Huijun, Michael Blumenstein. Anal. Bioanal. Chem., 2006, 386: 1773.
- [9] Ruzicka J, Marshall G D. Analytica Chimica Acta, 1990, 237: 329.
- [10] ZHAO Fang, CAI Qiang, YANG Xiao-he(赵 芳, 蔡 强, 杨笑鹤). Chinese Journal of Analytical Chemistry(分析化学), 2011, 39(4): 511.

Sequential Injection-Continuous Spectroscopy Based Multi-Parameter Method for Water Quality Analysis

LI Wen, WANG Li-min*, CHENG Li, CHEN Hai-qi

School of Mechanical and Materials Engineering, North China University of Technology, Beijing 100043, China

Abstract Aiming at the low power consumption, miniaturization, integration and intelligence of water quality multi-parameter monitoring instruments, a micro-in-situ water quality multi-parameter detector based on the fusion of sequential injection analysis (SIA) and continuous spectral detection methods has been developed. The core of the system design lies in the structure design of the digestion cell and the digestion cell as the detection cell, and the principle design of the microinjection technology sequential injection platform and the design of the multi-parameter combined digestion measurement process. A multi-parameter sequential injection analysis and detection process based on the national standard for water quality testing was designed. Fusion sequential injection analysis technology was used to detect the content of nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, total nitrogen and total phosphorus under the conditions of continuous spectrum scanning measurement. Before digestion, the nitrate nitrogen and nitrite nitrogen were measured by direct spectrum. After digestion, the total nitrogen is detected by spectrum, and after color reaction, the total phosphorus is detected by spectrum. In this system, the in-situ water quality parameters of nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, total phosphorus and total nitrogen are used as measurement objects. Based on the continuous spectrum analysis and the least square method, the regression model is established and the concentration absorbance standard working curve of each parameter is drawn, and its goodness of fit (determining coefficient) is ≥ 0.9899 . Prepare the mixture solution with a known content of nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, total nitrogen and total phosphorus. According to the above multi parameter detection process, use the standard working curve drawn by the system to measure four parameters. The experimental results show that the repeatability of experimental parameters ($RSD \leq 3.86\%$), the system can stably and efficiently analyze the content of nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, total nitrogen, and total phosphorus in different water samples. Based on the SIA continuous spectrum fusion method to study the in-situ water quality multi-parameter detection method, it plays an important role in improving the technical performance of on-line water quality monitoring instrument. Technical performance has an important role. The development of a miniature multi-parameter water quality monitor has a good prospect for parameter expansion and is suitable for a variety of water quality online monitoring platforms.

Keywords Multi-parameters of water quality; In situ analysis; Sequential injection analysis; Continuous spectrum; Micro-control technology

* Corresponding author

(Received Jan. 4, 2020; accepted May 16, 2020)

《光谱学与光谱分析》投稿简则

《光谱学与光谱分析》是由中国科协主管,中国光学学会主办,钢铁研究总院、中国科学院物理研究所、北京大学、清华大学共同承办的专业学术期刊。国内外公开发行人,从 2004 年起为月刊,大 16 开本,2020 年仍为月刊,每期 332 页。《光谱学与光谱分析》主要报道我国光谱学与光谱分析领域内具有创新性科研成果,及时反映国内外光谱学与光谱分析的进展和动态;发现并培育人才;推动和促进光谱学与光谱分析的发展。为科教兴国服务。读者对象为从事光谱学与光谱分析的科研人员、教学人员、分析测试人员和科研管理干部。

栏目设置和要求

1. 研究报告 要求具有创新性的研究成果,一般文章以 8000 字(包括图表、参考文献、作者姓名、单位和中文、英文摘要,下同)为宜。
2. 研究简报 要求在前人研究的基础上有重大改进或阶段性研究成果,一般不超过 5000 字。
3. 评述与进展 要求评述国内外本专业的发展前沿和进展动态,一般不超过 10000 字。
4. 新仪器装置 要求介绍新型光谱仪器的研制、开发、使用性能和应用,一般不超过 5000 字。
5. 来稿摘登 要求测试手段及方法有改进并有应用交流价值,一般以 3000~4000 字为宜。

稿件要求

1. 投稿者请经本刊编委(或历届编委)一人或本专业知名专家推荐,并附单位保密审查意见及作者署名顺序,主要作者介绍。文章有重大经济效益或有创新者,请说明,同时注明受国家级基金或国家自然科学基金资助情况。
2. 来稿要观点明确、数据真实可靠、层次分明、言简意明、重点突出。来稿必须是网上在线投稿(含各种符号和外文字母大写、小写、正体、斜体;希腊字母、拉丁字母;上角、下角标位置应标清楚)。中文摘要以 800 字为宜,英文摘要(建议经专业英语翻译机构润色)与中文摘要要对照;另附关键词。要求来稿应达到“齐、清、定”,中文、英文文字通顺,方可接受送审。
3. 为了进一步统一和完善投稿方式、缩短论文发表周期,本刊只接收网上在线投稿,不接收以邮寄方式或 e-mail 方式的投稿,严禁“一稿多投”,对侵权、抄袭、剽窃等学术不端行为,一经发现,取消三年投稿资格。
4. 文中插图要求完整,图中坐标、线条、单位、符号、图注等应标注准确、完整。如作者特殊要求需出彩色插图者,必须在投稿时事先加以说明,并承担另加的彩印费用。图幅大小:单栏图 7.5cm(宽)×6cm(高);双栏图:14cm(宽)×6cm(高);图中数字、图题、表题全部用中文、英文对照,图中数字、中文、英文全用 6 号字。电子文档中除实物图外,曲线图要用 Matlab, Excel, Visio 或 Origin 等软件制作,稿件中图片的原图并转成相应(可编辑)的文件格式(.fig, .xls, .vsd, .opj),非“.jpg”格式的文档,随电子版修改稿一同发送到本刊的修改稿专用邮箱。
5. 文中出现的单位必须按“中华人民共和国计量标准”及有关 GB 标准规定缮写。物理量符号一律用斜体,单位符号和词头用正体字母。
6. 名词术语,请参照全国科学技术名词规定缮写。
7. 参考文献,采用顺序编码制,只列主要文献;以 15~20 条为宜。内部资料、私人通讯、未经公开发表的一律不能引用。日文、俄文等非英文文献,请用英文表述;中文文献和中文图书采用中、英文对照表述,文献缮写格式请参照本刊。
8. 请在投稿第一页左下角写明投稿联系人的电话和两个 e-mail,以便及时联系。

稿件处理

1. 自收到稿件之日起,一个月内作者会收到编辑部的稿件处理意见。请根据录用通知中所提出的要求认真修改,希望修改稿在 30 天内寄回编辑部,并作为作者最终定稿(当作者接到校样时,以此修改稿为准进行校对,请勿再做大的改动),若二个月内编辑部没收到修改稿,将视为自行撤稿处理。
2. 有重大创新并有基金资助者可优先发表;不录用的稿件,编辑部将尽快通知作者,底稿一律不退,请自留底稿。
3. 来稿一经发表将酌致稿酬并送样刊 2 册。
4. 遵照《中华人民共和国著作权法》,投稿作者须明确表示,该文版权(含各种媒体的版权)授权给《光谱学与光谱分析》期刊社。国内外各大文献检索系统摘录本刊刊出的论文;凡不同意被检索刊物无稿酬摘引者,请在投稿时事先声明,否则,本刊一律认为已获作者授权认可。

5. 修改稿请寄:100081 北京市海淀区学院南路 76 号(南院西北门),《光谱学与光谱分析》期刊社(收)

电话:010-62182998 或 62181070 传真:010-62181070

e-mail: chngpxygpfx@vip.sina.com; 修改稿专用邮箱: gp2008@vip.sina.com 网址: http://www.gpxygpfx.com