

# 流动注射法在水质环境检测中的应用

黄名雄

阳江市阳东区生态环境监测事务中心 阳江 529931

**摘要:** 流动注射方法具有高效简单等诸多优点,能满足现代检测的需求。本文主要介绍了流动注射的原理及优点,并阐述了其在水质理化检验中的应用,以期流动注射法在水质检测中的应用提供参考依据。

**关键词:** 流动注射; 环境保护; 理化检验; 水质安全

## Application of flow injection analysis in water quality environmental monitoring

Mingxiong Huang

Yangdong Eco-environmental monitoring affairs center of Yangjiang City, Yangjiang 529931, China

**Abstract:** Flow injection analysis (FIA) has many advantages such as high efficiency and simplicity, which can satisfy the needs of modern detection. This paper mainly introduces the principle and advantages of FIA system, and expounds its application in water quality monitoring, in order to provide reference for the application of flow injection analysis.

**Keywords:** flow injection analysis; detection; water quality monitoring

水是一种重要的自然资源和经济资源,其水质好坏事关国家民生安全。目前,水资源正面临环境污染的威胁,而水质检测则是守护民众用水安全的一道重要防线。国家制定了严格的相关标准,以满足经济社会发展的需求,确保人民用水安全和生态环境的可持续发展。为达成这一目的,需要对水质进行长期监测和及时预警。为了满足不断增多的任务需求,新的检测检验技术也在不断发展和推广应用。流动注射法作为一种成熟的技术手段,近些年来在水质检验中起到了非常重要的作用。本文将对流动注射进行详细介绍,并阐述其在水质检测中的应用,以供参考。

### 1 流动注射的原理

流动注射分析技术(FIA)于1975年由丹麦化学家Ruzicka和Hansen提出,是一种新型的快速定量化学流动分析技术。该项技术是在连续流动分析技术(CFA)的基础上发展起来的<sup>[1]</sup>,该技术使用空气气泡分隔样品,而气泡的存在容易造成信号干扰,流动注射则避免了气泡的存在导致的可能潜在问题。流动注射一般由7部分组成,分别为载流试剂溶液、驱动系统、试样及注射阀、反应管道、检测器、数据处理系统和废液回收器。其技

术原理是,把一定体积量的试样,通过注射泵间歇注入到非空气间隔的连续载流中,进入反应器后与载流中的化学试剂混合反应,最后进入检测器中定量分析并记录浓度。由于样品是按照严格设定好的条件进入试剂载流中,因此在管道中的留存时间、分散程度和温度等条件都是一致的,样品流经检测器时其响应值与其待测浓度相关,无需达到热力学的平行条件即可根据浓度梯度进行定量分析,极大地减少了实验时间。

对于需要前处理的水质检测项目,如氰化物、阴离子表面活性剂等,传统的手工提取法需要大量的萃取和分液步骤,实验人员工作强度大,重复性差且耗时久,严重影响实验效率。同时,实验过程中难免接触三氯甲烷等有毒有害试剂,对实验人员健康产生不利影响。流动注射法配备了加热器、在线蒸馏装置、气液分离器等部件,实现全自动化样品处理,这样就大大减轻了繁杂的手动操作步骤,避免实验人员长期与有害试剂接触,使得其具有自动化分析、试剂用量小、速度快、精度高、重复好等多种优点。

### 2 流动注射技术的推广发展

经过了半个世纪的发展,流动注射分析技术已日

趋成熟, 其在水质分析中也有着越加广泛的应用。早在2013年开始, 国家环境保护部就流动注射法增添至氨氮(HJ 666-2013)、总磷(HJ 671-2013)、总氮(HJ 668-2013)、氰化物(HJ 823-2017)、挥发酚(HJ 825-2017)、阴离子表面活性剂(HJ 826-2017)、硫化物(HJ 824-2017)、六价铬(HJ 908-2017)等检测项目中; 国家海洋局发布的《海洋技术检测规程 第1部分 海水》(HY/T 147.1—2013)中也规定了总磷、总氮和硅酸盐的流动分析方法; 自然资源部颁布的《地下水水质分析方法》也规定了挥发酚(DZ/T 0064.85-2021)和氰化物(DZ/T 0064.86-2021)的流动注射检测方法; 由国家住房和城乡建设部于2018年颁布的《城镇供水水质检验方法》(CJ/T 141-2018)也包含了硫化物、氰化物、挥发酚、阴离子合成洗涤剂项目的流动注射分析法; 目前最新修订的《GB/T 5750生活饮用水标准检验方法》(报批稿), 其中部分项目(氰化物、阴离子表面活性剂、挥发酚、氨氮)就增加了流动注射方法作为标准分析方法。随着标准的不断更新完善, 表明了国家重视并迎合了不断发展的科学技术和创新检验手段。

### 3 流动注射法在水质理化检验中的应用

流动注射技术最突出的一个特点, 就是它具备良好的扩展性, 能够搭配不同的在线处理模块来满足前处理的需求, 并且能与多种先进的检测技术手段联用。经拓展后分析性能有飞跃性的提升, 适用范围更广, 能满足不同场景下的检验需求。

流动注射-分光光度法是目前最为广泛应用的一种, 其原理也较为简单。当样品经过流动注射技术处理后, 有色物质进入分光光度检测器, 其吸光值转化为电信号后, 峰高与待测物质浓度成正比例, 经换算后即可得到待测物浓度。该方法可检测水中氰化物、挥发酚、阴离子洗涤剂、氨氮、亚硝酸氮、硝酸氮、磷酸盐等项目<sup>[2]</sup>。传统方法检测上述项目时, 需要耗费大量时间进行蒸馏和萃取等操作, 且实验结果极易受到环境和人为因素影响。与传统方法相比, 流动注射方法效率显著提高<sup>[3]</sup>, 且所消耗试剂少, 废液排放也少, 能有效减少二次污染风险<sup>[4]</sup>。流动注射-分光光度法结合相关的技术手段, 能得到非常好的实验效果, 具有非常低的检测限。如结合固相萃取技术预浓缩, 可在末梢水中测得低至0.015mg/L的氟化物<sup>[5]</sup>; 采用反相流动注射长光程分光光度法可以在海水中测得纳摩尔级的氨(3.5nM)<sup>[6]</sup>, 甚至能测到低于1nM的硝酸盐和亚硝酸盐(0.6nM)<sup>[7]</sup>。

流动注射-原子吸收法具有灵敏度高、选择性强等

特点, 在水质的重金属检测中已有诸多应用。通过在线富集, 该方法能测定水样品中痕量元素的测定。如原子吸收结合使用离子印迹聚合物的在流动注射预浓缩技术, 可在地下水和污水样品中测得 $1.1 \times 10^{-4}$ mg/L的Cd(II)<sup>[8]</sup>。对于有多元素同时测定需求的, 还可以结合电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES), 利用流动注射实现复杂的分离富集操作, 高效自动化对各种重金属进行检测。Guerrero<sup>[9]</sup>等人利用该方法在湖水、末梢水和海水等样品中同时测定铂、钨、钼、铀、铯、金和银等贵金属元素, 其中检出限金为0.03mg/L、钨为1.5mg/L、铯为100mg/L。

流动注射-发光法是近年来发展比较快速的一种分析技术, 根据发光物质的发光强度, 通过检测器测得后确定相应组份的含量。流动注射可在线快速处理样品, 且在管路中封闭进行分析, 可有效减小发光物质的发光寿命短、不稳定等问题带来的负面影响。流动注射-化学发光法在饮用水监测中已有诸多应用, 如赭曲霉毒素A(检出限 $1.74 \times 10^{-3}$  mg/mL)<sup>[10]</sup>、黄绿青霉素(检出限 $8.50 \times 10^{-8}$  mg/mL)<sup>[11]</sup>等。

电化学分析技术在水质分析中已有许多常见的应用, 如离子选择电极电位法(ISE)或伏安法用于痕量金属分析。但流动注射-电化学分析法是目前应用较少的一种技术, 主要是因为电极容易受到污染, 因此其应用受到限制。电化学分析仪器无需转换信号就能记录数据, 易于小型化和自动化, 结合流动注射技术, 能对电极起到一定的保护作用, 使得电极的寿命和稳定性有较大的提高, 未来该技术的应用场景相当广阔。赵立晶<sup>[12]</sup>等人使用流动分析-离子选择电极法测定水中的氟化物, 检出限低至0.015mg/L, 分析频率可达30个样品每小时。

除上述方法外, 流动注射还可以结合色谱法<sup>[13]</sup>、质谱法等方法<sup>[14]</sup>, 其在水质检测领域的检测应用也越趋成熟, 逐步取代传统手工检测方法。

### 4 结语

水是最为重要的生命物质之一, 保障水质安全是事关民生的重大课题。随着技术的不断迭代更新, 流动注射法已被多种国际国内标准认可为标准化方法, 逐渐成为水质监测中的常规检测手段。与人工操作相比, 其具有高效环保、精准可靠等突出特点, 并能与不同的检测技术联用, 可以在各种领域分析中有着广泛的应用前景, 如食品药品检测、土壤分析、环境水质等。未来, 流动注射技术也可向集成化小型化方向发展, 使得检测更为

便捷高效, 最大程度满足水质在线监测和及时预警等实际需求。

#### 参考文献:

- [1]李建民, 刘胜玉, 刘珩. 流动注射分析仪及总氮的流动注射分析法简介[J]. 人民珠江, 2006(6): 3.
- [2]王小静. 连续流动分析仪在水质检测中的应用[D]. 辽宁师范大学, 2015.
- [3]尤小娟, 林树生, 赵亮. 流动注射方法(FIA)在线消解与手工消解测定总氮的方法比较[J]. 仪器仪表与分析监测, 2010(01): 35-36+38.
- [4]周鸿飞. 连续流动分析仪应用于水中高锰酸盐指数测定的优势分析[J]. 吉林水利, 2022(1): 6.
- [5]Rocha D P, Terra G C, Nery T S, et al. A flow injection procedure using Layered Double Hydroxide for on line pre-concentration of fluoride[J]. Talanta, 2018, 178:102-108.
- [6]Zhu Y, Yuan D, Huang Y, et al. A modified method for on-line determination of trace ammonium in seawater with a long-path liquid waveguide capillary cell and spectrophotometric detection[J]. Marine Chemistry, 2014, 162(may 20):114-121.
- [7]Feng S, Zhang M, Huang Y, et al. Simultaneous determination of nanomolar nitrite and nitrate in seawater using reverse flow injection analysis coupled with a long path length liquid waveguide capillary cell[J]. Talanta, 2013, 117(Complete):456-462.
- [8]Gawin M, Konefa J, Trzewik B, et al. Preparation of a new Cd(II)-imprinted polymer and its application to determination of cadmium(II) via flow-injection-flame atomic absorption spectrometry[J]. Talanta, 2010, 80(3):1305-1310.
- [9]Guerrero, M. M. L ó pez, Alonso E, Garc í a De Torres, Amparo, et al. Simultaneous determination of traces of Pt, Pd, Os, Ir, Rh, Ag and Au metals by magnetic SPE ICP OES and in situ chemical vapour generation[J]. Journal of Analytical Atomic Spectrometry, 2017, 32(11):2281-2291.
- [10]李梁, 唐书泽, 杨盼盼, 等. 流动注射化学发光法在线监测饮用水中赭曲霉毒素A突发污染[J]. 食品与机械, 2019(1): 7.
- [11]吴事正, 张旭辉, 杨盼盼, 等. 流动注射化学发光法对饮用水中黄绿青霉素的在线检测[J]. 食品科学, 2017, 38(24): 7.
- [12]赵立晶, 赵萍, 魏月仙. 流动分析-离子选择电极法测定水中痕量氟化物[J]. 分析化学, 2011, 39(10): 5.
- [13]刘秋连. FIA-IC法同时测定水中痕量 $\Gamma^-$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{ClO}_4^-$ 及草甘膦[J]. 食品与机械, 2017, 33(11): 4.
- [14]Ho T Y, Chien C T, Wang B N, et al. Determination of trace metals in seawater by an automated flow injection ion chromatograph pretreatment system with ICPMS.[J]. Talanta, 2010, 82(4):1478-1484.