

离子色谱技术在地下水污染源水质 监测中的应用

史作华*

(济宁市任城生态环境监控中心, 济宁 272100)

摘要: 目的 由于现行技术在地下水污染源水质监测中应用效果不佳, 污染物回收率较低, 而且相对标准偏差(RSD)比较高, 针对线性方法存在的缺陷, 提出本研究技术在地下水污染源水质监测中的应用。**方法** 使用自动取样装置在地下水污染源上游采集水样并过滤。通过对各污染物标准溶液进行稀释, 配制标准工作溶液, 利用离心机对水样进行离心处理, 利用离子色谱仪检测水样, 根据标准工作曲线识别污染物以及生成对应的离子色谱图, 根据污染物离子含量计算质量浓度, 以此完成基于离子色谱技术的地下水污染源水质监测。**结果** 本研究技术污染物回收率在90%以上, RSD值低于0.1。**结论** 本研究技术在地下水污染源水质监测中具有良好的适应性与可靠性。

关键词: 离子色谱技术; 地下水污染源; 水质监测; 自动取样装置; 标准工作溶液; 质量浓度

Application of ion chromatography in monitoring the quality of groundwater pollution sources

SHI Zuo-Hua*

(Jining Rencheng Ecological Environment Monitoring Center, Jining 272100, China)

ABSTRACT: Objective Due to the poor application effect of current technology in groundwater pollution source water quality monitoring, the recovery rate of pollutants is low, and the RSD is relatively high, aiming at the defects of linear method, the application of ion chromatography technology in groundwater pollution source water quality monitoring is proposed. **Methods** An automatic sampling device is used to collect water samples upstream of groundwater pollution sources and filter them. By diluting the standard solution of each pollutant, preparing the standard working solution, centrifuging the water sample with the centrifuge, testing the water sample with the ion chromatograph, identifying the pollutants according to the standard working curve and generating the corresponding ion chromatogram, calculating the mass concentration according to the ion content of the pollutant, so as to complete the water quality monitoring of groundwater pollution sources based on the ion chromatographic technology. **Results** The recovery rate of pollutants is above 90% and the RSD value is lower than 0.1, the application effect of this technology is relatively good. **Conclusion** The technique has good adaptability and reliability, can be used for water quality monitoring.

KEY WORDS: ion chromatography; groundwater pollution sources; water quality monitoring; automatic sampling device; standard working solution; mass concentration

*通信作者: 史作华, 高级工程师, 研究方向为环境监测。E-mail: szh9748@163.com

*Corresponding author: SHI Zuohua, Senior Engineer, Jining Rencheng Ecological Environment Monitoring Center, Jining 272100, China. E-mail: szh9748@163.com

0 引言

地下水污染指的是人类生产生活产生的有害物质进入地下水中,导致其物理性质和化学成分等发生变化,水质出现下降的情况。地下水污染引起的环境风险和安全问题受到了广泛关注。造成地下水污染的原因有很多,其中包括以工农业污染源为主的生产污染源和生活污染源等。土壤和地表水环境的污染越来越严重,大量被污染的土壤和被污染的河湖已成为地下水的持续污染源。地下水污染对环境 and 人类健康都会造成严重的危害。首先,地下水污染会导致地下水的基本资源和生态属性发生变化,进而影响其价值和使用功能。其次,地下水污染会对农作物生长和人类健康造成影响,因为农作物生长可能从被污染的地下水中吸收有害物质,人饮用了被污染的地下水健康会受到损害。此外,地下水污染会使水资源变得短缺,因为受到污染的地下水需要经过处理和净化才能再次使用。最后,地下水污染会对环境和生态系统造成不可逆转的影响,因为地下水是地球上古老的连续资源之一,其质量和数量都会受到严重的破坏。地下水污染是一个不容忽视的环境问题,其对环境和人类健康的危害不容小觑,因此对地下水污染源水质监测非常重要,但是现行监测技术效果不佳,监测精度较低,为此提出离子色谱技术在地下水污染源水质监测中的应用。

1 基于离子色谱技术的地下水污染源水质监测技术

1.1 地下水污染源自动采样

在地下水污染源上游(上游污染比较严重,监测效果较好)安装由进样泵、初级过滤池、次级过滤池三部分组成的自动采样装置。进样泵可以自动完成无压力条件和压力条件下的自主取样,将进样泵头伸入水下 50~70 cm 处。水样由进样泵抽取后,经过初级过滤池^[1]。初级过滤池有 7.45 μm 的纤维棉滤芯,其功能主要为过滤掉水样中的固体物,包括铁锈、泥沙等,避免在后续使用离子色谱仪时固体物堵塞

色谱柱^[2]。经过初级过滤后,水样进入次级过滤池,次级过滤池采用中空超滤膜滤芯,主要过滤掉水样中 0.01 μm 以上的物质,使水样中仅保留离子色谱检测所需的污染物阳离子^[3]。将采集的地下水污染源水样保存在采样装置中,用于后续离子色谱分析。

1.2 标准溶液配制及样本处理

地下水污染源水质监测指标主要为 F、Na、NH、Ca、K、Ba、Mg、SO、NO,在对水样进行离子色谱检测前,需要配制各污染物的标准溶液,用于离子色谱仪工作曲线绘制^[4]。准确量取 F、Na、NH、Ca、K、Ba、Mg、SO、NO 共 9 种污染物标准溶液 0.25 mL 置于试管中,向试管中加入超纯水 0.25 mL,摇匀,对标准溶液进行稀释,得到污染物标准工作液^[5],-10 °C 冷冻保存。

配制完标准溶液后,为了保证水质监测精准度,对抽取的水样进行离心处理^[6]。根据需求此次采用型号为 KHFA-A4F8 的离心机,量取 10 mL 水样置于离心管中,在离心管中加入 20 mL 超纯水将水样定容^[7]。对定容后的水样进行涡旋震荡,震荡时间为 10 s,震荡温度为 30 °C,通过涡旋震荡使水样中阴离子与阳离子完全分散^[8]。之后再取 5 mL 水样放到离心管中,打开离心机开关,将其转速设置为 8000 r/min,时间为 5 s^[9]。完成以上步骤后,使用超纯水将离心管中 10 mL 上清液定容到 25 mL,放入离心机中再次离心 10 s,转速设置为 10000 r/min,以此完成对水样的离心处理。

1.3 污染源水质离子色谱分析监测

利用离子色谱技术对处理后的水样进行检测,即主要依靠离子色谱仪对水样中污染物逐一识别和测量^[10]。结合水质监测需求,此次采用青岛普仁仪器有限公司生产的型号为 PIC-10A 的离子色谱仪,采用阴离子单柱和阳离子双柱的双工作方式。根据检测离子的不同,可以选择不同的色谱柱。常用的阴离子分析淋洗液有氢氧根体系和碳酸盐体系,阳离子分析淋洗液有甲磺酸体系和草酸体系。此次检测以阴离子为例,选择 Shodex 公司生产的 52-4E (4 mm×250 mm) 色谱柱,根据实际情况设定离子

色谱仪参数,其中包括进样体积、抑制电流、淋洗液流速等^[11]。将事先配制好的污染物标准工作溶液放入离子色谱仪中,绘制各污染物对应的标准工作曲线。再将处理后的水样放入色谱柱中,同时在色谱柱中加入淋洗液,采用 0.24 mol/L 的 Na_2CO_3 和 0.30 mol/L 的 NaHCO_3 作为淋洗液,利用淋洗液对水样进行淋洗,目的是让水样中污染物与杂质分离,淋洗时间为 10 s^[12]。淋洗后的水样转移到离子色谱仪的检测器上,在检测器中对水样进行紫外光线照射,离子色谱仪根据各污染物的标准工作曲线识别水样中污染物,并记录污染物的色谱强度^[13]。色谱强度可以反映出水样中污染物离子含量,根据离子含量与色谱强度之间的线性关系,可以计算出水样中污染物离子含量,其计算公式为:

$$X_i = (p - q)V \cdot n \cdot X_i / m \quad (1)$$

式中, X 表示水样中污染物 i 离子含量; p 表示离子色谱检测水样中污染物 i 离子质量浓度; q 表示离子色谱检测水样中污染物 i 离子色谱强度; V 表示水样定容体积; n 表示水样稀释倍数; m 表示地下水污染源水样质量^[14]。以上计算得到的是离子含量,通过换算计算出地下水污染源水样中污染物的质量浓度,其计算公式为:

$$K_i = X_i \cdot \varepsilon \quad (2)$$

式中, K_i 表示地下水污染源水样中污染物 i 质量浓度; ε 表示换算系数,通常情况下该系数取值为 1.37^[15]。按照以上计算出各污染物的质量浓度,将其与地下水污染源水质检验标准对比,根据污染超标情况计算出水质系数,其计算公式为:

$$e = \sum_{i=1} (K_i - P_i) \quad (3)$$

式中, e 表示地下水污染源水质系数; P_i 表示地下水污染源水质检验标准中规定的污染物最大限值。将计算结果生成水质监测报告,以此实现基于离子色谱技术的地下水污染源水质监测。

2 实验论证

2.1 实验准备与设计

在某化工园区附近的地下水污染源抽取 4 份水样,每份水样 100 mL,送入实验室对水样进行检测。以本文论述的研究技术和目前主流的基于气相色谱法的监测技术(FAHP)和基于原子荧光法的监测技术(TDHF)进行对比实验。根据实际情况设定离子色谱仪参数:柱温设定为 30 °C,抑制电流设定为 99 mA,检测池温度设定为 35 °C,进样体积设定为 200 μL ,淋洗液流速设定为 1.25 mL/min,提取时间设定为 15 s。利用离子色谱仪对试样进行逐一检测,测量对象选择 F、Na、NH、Ca、K、Ba、Mg、SO、NO,随机选取一份水样,其离子色谱图如图 1 所示。

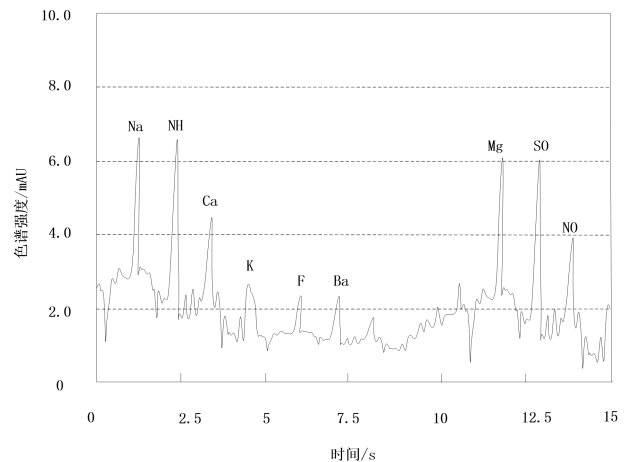


图 1 地下水污染源水质离子色谱图

Fig.1 Water chromatogram of groundwater pollution source

根据离子色谱检测数据,计算各污染物质量浓度,监测结果如表 1 所示。

表1 污染源水样中9种污染物监测结果

Table 1 Monitoring results of nine pollutants in water samples of pollution sources

污染物	离子含量/(mg/L)	质量浓度/(mg/L)
F	0.21	0.26
Na	0.38	0.45
NH	0.45	0.56
Ca	0.58	0.74
K	0.52	0.62
Ba	0.14	0.25
Mg	0.36	0.48
SO	0.58	0.74
NO	0.24	0.36

记录并保存10份水样质量监测数据,基于以上实验对地下水污染源水质监测性能进行检验。

2.2 实验结果与讨论

性能评价指标筛选:回收率和RSD是监测方法准确性评价的两个重要指标。回收率计算公式为:

$$YUY=(A/B)\times 100\% \quad (4)$$

式中, YUY表示地下水污染源水质监测回收率; A表示已知地下水污染源水质中污染物质量浓度; B表示监测到地下水污染源水质中污染物质量浓度。回收率越高,则说明水质监测精度越高。RSD为相对标准偏差,考查的是水质监测误差大小。以上两个指标检验结果见表2和图2。

表2 地下水污染源水质监测回收率(%)

Table 2 Monitoring recovery rate of groundwater pollution sources (%)

监测物	研究技术	FAHP	TDHF
F	95.16	75.15	63.15
Na	93.42	74.52	60.25
NH	97.45	76.16	64.15
Ca	95.26	78.25	62.35
K	92.36	74.13	61.52
Ba	94.15	75.26	63.25
Mg	95.23	79.53	64.15
SO	94.53	74.15	68.52
NO	93.26	79.52	66.24

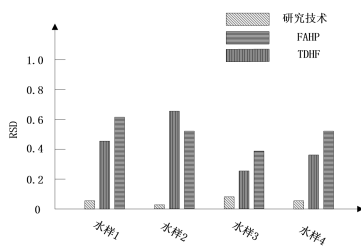


图2 地下水污染源水质监测RSD

Fig.2 RSD of groundwater pollution source water quality monitoring

从表2中的数据可以看出,本文论述的研究技术污染源水样中各污染物回收率均在90%以上,平均回收率为94.15%,FAHP平均回收率为75.15%,TDHF回收率最低,平均回收率为63.45%,两种主流技术回收率远低于研究技术。从图2可以看出,本文论述的研究技术RSD最低,为0.08,TDHF的RSD指标值最高,为0.61,FAHP的RSD指标值虽然没有TDHF的高,但是也远远高于本文研究技术。综上所述,本文论述的研究技术监测性能

良好，能够精准监测到各项污染物含量，反映出地下水污染源水质情况。

3 结 论

基于离子色谱技术的地下水污染源水质监测研究是一项具有重要意义的工作。通过离子色谱技术的运用，能够高效、准确地检测出地下水中多种离子的含量，为污染源的确定和水质评价提供了可靠的依据。离子色谱技术具有高灵敏度、高分辨率和快速分析等优点，因此成为地下水污染源水质监测中不可或缺的技术手段。通过该技术的应用，可以有效地解决传统水质监测方法存在的问题，提高监测数据的准确性和可靠性。虽然离子色谱技术在地下水污染源水质监测中已经取得了一些成果，但仍需进一步研究和完善。例如，针对不同地区的地下水污染特征，研究和开展更加灵敏、便捷的离子色谱分析方法，提高方法的普适性和可操作性；同时，加强离子色谱技术与其他水质监测技术的联合应用，提高监测效果和数据分析能力。

参考文献

- [1] 李容, 白宇, 揭焱一, 等. 重庆合川区 2020 年—2022 年生活饮用水水质监测结果分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2023, 33(17): 2166-2169, 2176.
- [2] 孙峰, 李惠, 王焯丁, 等. ICP-MS 半定量法在油气田水质重金属污染监测中的应用[J]. 化工安全与环境, 2023, 36(9): 61-64.
- [3] 胡欣恺. 江西萍乡市安源区 2020 年城乡生活饮用水水质监测及影响因素分析[J]. 中国校医, 2023, 37(8): 592-595.
- [4] 郭紫波, 栗玉鸿, 吕红亮, 等. 基于监测评估的北方丘陵城市污水提质增效研究[J]. 中国给水排水, 2023, 39(16): 116-123.

- [5] 贺凯晨. 某污水处理厂污水主要水质指标的监测与处理效果分析[J]. 工程与建设, 2023, 37(4): 1235-1238.
- [6] 么净净, 王燕, 刘建, 等. 河北省 2017—2021 年学校生活饮用水水质监测结果分析[J]. 医学动物防制, 2023, 39(9): 864-867.
- [7] 薛洪滨, 王海霞, 余根涛. 2019 年—2022 年平顶山市农村饮用水耗氧量监测结果分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2023, 33(15): 1907-1908, 1911.
- [8] 王嘉薇, 曹启明, 霍旭佳. 长江流域新型量子点光谱在线水质监测技术应用案例分析[J]. 中国水利, 2023(14): 56-60.
- [9] 蒋心科, 罗远霞. 浅析重庆市永川区地表水环境质量监测固定式水质自动监测站建设工作[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(14): 143-145.
- [10] 张乐, 雷金睿, 陈毅青, 等. 基于无人机多光谱数据的海口永庄水库水质参数反演与空间评价[J/OL]. 中国环境科学, (2023-06-29). <https://kns.cnki.net/>.
- [11] 余钱程, 管延敏, 黄温赞, 等. 基于 STM32 与树莓派的养殖水质监测无人艇系统研究[J]. 渔业现代化, 2023, 50(5): 33-42.
- [12] 王红霞. 环境水质监测质量控制方式分析与研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2022, 3(5): 43-45.
- [13] 周敏. 离子色谱技术在水质环境监测中的应用分析[J]. 皮革制作与环保科技, 2022, 3(3): 91-93.
- [14] 孙小平, 张士光. 离子色谱技术在环境监测中的应用[J]. 科学技术创新, 2021(27): 87-88.
- [15] 翟长连, 白松春. 用于水质监测的在线离子色谱仪的开发与应用[J]. 仪表技术, 2021(4): 6-9, 26.

(责任编辑: 吴华)

作者简介

史作华, 高级工程师, 研究方向为环境监测。

E-mail: szh9748@163.com