

引用格式:简宇航,黄达,刘传畅,等. 印染废水水质荧光指纹特征及影响因素研究[J]. 北京化工大学学报(自然科学版), 2026,53(4):79–86.

JIAN YuHang, HUANG Da, LIU ChuanYang, et al. Aqueous fluorescence fingerprint characteristics of printing and dyeing wastewater and their influencing factors [J]. Journal of Beijing University of Chemical Technology (Natural Science), 2026,53(4):79–86.

印染废水水质荧光指纹特征及影响因素研究

简宇航¹ 黄 达¹ 刘传畅^{2,3} 沈 鉴^{2,3} 柴一获^{2,4} 冯 亮^{2,4} 杨宏伟¹

欧阳二明^{1*} 吴 静^{2,3*}

(1. 南昌大学 资源与环境学院, 南昌 330031; 2. 清华苏州环境创新研究院 先进监管技术仪器研发中心, 苏州 215163;

3. 清华大学 环境学院 环境污染溯源与精细监管技术研究中心, 北京 100084;

4. 苏州国溯科技有限公司, 苏州 215011)

摘 要:长江三角洲地区的纺织印染产业密集、排污量大,导致非法排污风险增大,对印染废水进行精准溯源已成为水环境治理与生态环境保护领域的迫切需求。水质荧光指纹技术通过将受污染水样的水质荧光指纹与数据库中已知污染源的荧光指纹进行比对来快速确定嫌疑污染的来源,在水环境监管领域中的应用潜力巨大。以长江三角洲地区两家典型印染企业的印染废水(印染废水 1 和 2)和染料分散剂 MF 为研究对象,测定其水质荧光指纹图谱,并考察环境因素(pH 和 NO_3^-)对水质荧光指纹特征的影响。结果显示:各样品的水质荧光指纹中均含有两个荧光峰——峰 1 和峰 2,其位置分别位于[激发波长,发射波长]=[280,320] nm 和[230,340] nm 附近;印染废水 1 和 2 的三维荧光光谱中 C1 和 C2 组分可能来源于分散剂 MF;印染废水 1 的峰 2 荧光强度受 pH 和 NO_3^- 的影响程度大于分散剂 MF,表明其可能含有对环境因素变化较为敏感的其他荧光有机物;地表水中常规水平的 pH 以及集中式生活饮用地地表水源地中常规浓度的 NO_3^- 对荧光峰位置的影响较小,不影响污染源类型的识别;在 NO_3^- 质量浓度为 40 mg/L 时,印染废水 1 和 2 的峰 2 荧光强度相比未调整 NO_3^- 浓度时分别下降了 32.52% 和 24.79%,可能导致对污染程度的估算结果偏低。

关键词: 印染废水; 分散剂 MF; 污染溯源; 水质荧光指纹; pH; NO_3^-

中图分类号: O657.3 **DOI:** 10.13543/j.bhxbzr.2026.04.009

引 言

纺织印染产业作为长江三角洲地区的支柱型产业,其相关企业分布密集,所产生的印染废水(printing and dyeing wastewater, PDW)排放量大,组

分复杂,有机物浓度高,属于典型的难处理工业废水。在此背景下,企业非法排污的风险相应升高。研究表明,在长江三角洲地区的众多支流水样中均检测出典型的印染废水特征^[1-2],可见印染废水是该地区水环境中常见的工业污染来源之一。开展印染废水精准溯源研究,对于有效管控污染、追溯非法排放行为具有重要的现实意义与紧迫性。

近年来,水质荧光指纹技术因其溯源精准度高、操作简便、测试速度快、不产生二次污染等特点,已成为水污染溯源领域的研究热点。该技术借鉴刑侦学中通过指纹比对锁定嫌疑人的思路,依据受污染样品与数据库中已知污染源的水质荧光指纹的相似度来完成对嫌疑污染来源的判断。水质

收稿日期:2026-01-20

基金项目:国家重点研发计划(2023YFC3205500);江西省自然科学基金面上项目(20252BAC240682);广西重点研发计划(2023AB24040)

第一作者:男,2001年生,硕士生

*通信联系人

欧阳二明,E-mail:youmer@ncu.edu.cn;

吴静,E-mail:wu_jing@tsinghua.edu.cn

荧光指纹是表征水样污染物组成、具有特异性的三维荧光光谱,即激发-发射矩阵(excitation-emission matrix, EEM)^[3]。需要考虑的是,在水质荧光指纹技术的应用过程中,当违规排放的废水进入受纳水体后,pH、无机离子种类及浓度等环境因素的变化可能对污染源的指纹特征产生干扰,进而影响污染溯源的精准性。因此,探究水质荧光指纹特征受环境因素影响的规律,对提升水质荧光指纹溯源技术的精准性和可靠性具有重要意义。

目前,关于水质荧光指纹溯源的研究主要聚焦于荧光指纹的识别与所溶解有机物的表征,尚未系统探究环境因素(如pH、离子等)对印染废水荧光指纹特征的影响。此外,印染过程中常添加分散剂,以促进染料在溶剂中均匀分散,提高染色效果。分散剂MF作为商品化染料的主要分散助剂,其添加量可达到染料质量的60%~200%,这可能是印染废水典型荧光特征的重要来源^[4-5]。因此,开展MF的水质荧光指纹特征及其影响因素研究,对印染废水溯源等相关研究具有实际意义。为此,本研究以长江三角洲地区两家典型印染企业的印染废水和分散剂MF为研究对象,测定其水质荧光指纹,并考察环境因素(pH和NO₃⁻)对其水质荧光指纹特征的影响,以期对印染废水污染精准溯源提供参考。

1 实验部分

1.1 实验材料

PDW样品取自长江三角洲区域苏州和宣城两市典型印染企业的污水处理设施进水口,分别记为PDW1(苏州)和PDW2(宣城)。样品经0.45 μm聚醚砜滤膜过滤后,置于4℃冰箱中保存。实验时将PDW1和PDW2进行稀释,使样品在254 nm下的紫外吸光度小于0.05,以消除内滤效应的影响^[6],同时确保荧光峰强度在仪器的测量范围内。稀释后PDW1和PDW2的pH分别为6.56和6.57,NO₃⁻质量浓度分别为0.011 7 mg/L和0.017 7 mg/L。

为了确保MF样品的代表性,将多种市售MF产品等质量混合,然后配制成50 mg/L的MF水溶液。实验时将MF进行稀释,稀释后MF的pH为6.57,NO₃⁻未检出。MF的分子结构如图1所示。

浓盐酸(优级纯)、NaNO₃(分析纯),国药集团化

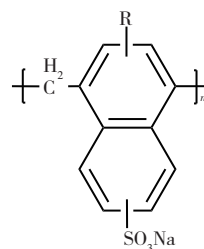


图1 分散剂MF的分子结构

Fig. 1 Structural formula of dispersant MF

学试剂有限公司;NaOH(分析纯),上海麦克林生化科技股份有限公司;配制溶液用水为超纯水,实验室自制。

1.2 pH值及NO₃⁻浓度的调节

使用浓盐酸和NaOH溶液调节样品的pH值,使用NaNO₃溶液调节样品中NO₃⁻的浓度。为了避免稀释作用的影响,在pH和NO₃⁻浓度的调节过程中,对样品进行定容以使同一实验组的样品体积保持一致。

1.3 测试与表征

采用pH计(HQ30d型,上海哈希水质分析仪器有限公司)测定样品的pH值,采用离子色谱仪(IC 930型,瑞士Metrohm AG公司)测定样品的NO₃⁻浓度,采用紫外可见分光光度计(UV5 Bio型,瑞士Mettler Toledo公司)测试样品的紫外吸收光谱。

采用荧光分光光度计(F-2700型,日本日立公司)测试样品的水质荧光指纹。所测样品的水质荧光指纹均扣除超纯水背景并进行归一化处理,荧光强度以拉曼单位(Raman units, R. U.)表示^[7]。通过平行因子分解法获取样品的荧光组分,并且对分解结果均进行有效性验证^[8]。每组样品的水质荧光指纹进行平行因子分解的个数均为20个以上。

1.4 相似度计算

1.4.1 组分相似度

采用Tucker同余系数法计算样品荧光组分之间的相似度^[9],其计算公式如式(1)所示。

$$\theta_c = \theta_{ex} \cdot \theta_{em} \quad (1)$$

式中: θ_c 为荧光组分之间的相似度, θ_{ex} 为激发相似度, θ_{em} 为发射相似度。 θ_{ex} 与 θ_{em} 均采用式(2)计算。

$$\theta(x, y) = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{\sum x_i^2 \sum y_i^2}} \times 100\% \quad (2)$$

式中: x_i 为第1组数据中第*i*个变量的负荷值, y_i 为第

2组数据中第*i*个变量的负荷值。

若 θ_c 为95%~100%,认为组分特征是相同的;若 θ_c 为90%~94%,认为组分相似度极高;若 θ_c 为85%~89%,认为组分相似度较高;若 θ_c 低于85%,认为组分相似度不佳。

1.4.2 荧光指纹相似度

采用水质荧光指纹比对法计算水质荧光指纹之间的相似度^[3],其计算公式如式(3)所示。

$$S = \left[1 - \frac{\sum \left| \frac{S_1}{S_{1,\max}} - \frac{S_2}{S_{2,\max}} \right|}{T_{\text{pairs}}} \right] \times 100\% \quad (3)$$

式中: S 为荧光指纹之间的相似度; S_1 为样本1的光谱矩阵,须去除瑞利散射线和拉曼散射线; $S_{1,\max}$ 为 S_1 矩阵波长对的最大荧光强度,其中波长对指三维荧光光谱的发射波长与激发波长; S_2 为样本2的光谱

矩阵,须去除瑞利散射线和拉曼散射线; $S_{2,\max}$ 为 S_2 矩阵波长对的最大荧光强度; T_{pairs} 为光谱矩阵中波长对的总数。

若 $S \geq 90\%$,认为水质荧光指纹是高度相似的;若 S 为60%~90%,认为水质荧光指纹是相似的;若 $S < 60\%$,认为水质荧光指纹是不相似的。

2 结果与讨论

2.1 PDW及MF的荧光特征

图2为PDW1、PDW2和MF溶液的水质荧光指纹。各样品的水质荧光指纹中均含有两个荧光峰——峰1(Peak 1)和峰2(Peak 2),这两个峰在各样品中的激发波长(excitation wavelength, Ex)和发射波长(emission wavelength, Em)一致,分别位于 $[Ex, Em] = [280, 320]$ nm和 $[230, 340]$ nm附近。

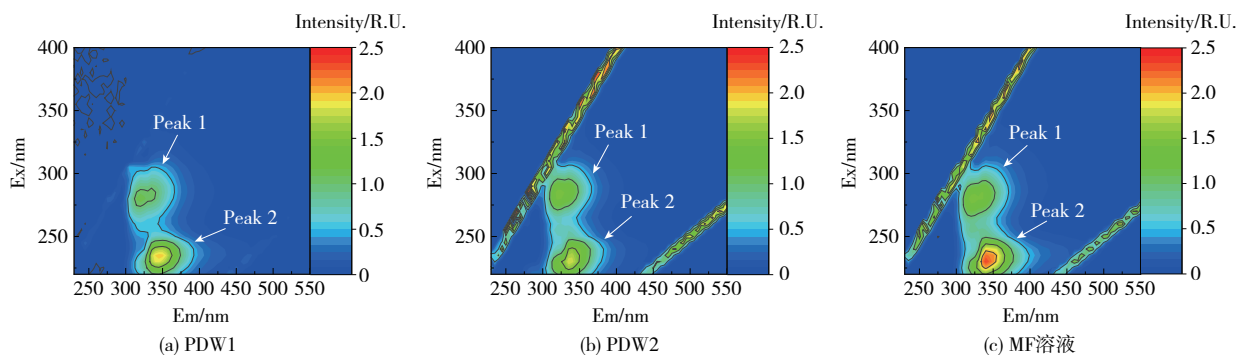


图2 PDW1、PDW2和MF溶液的水质荧光指纹

Fig. 2 Aqueous fluorescence fingerprints of PDW1, PDW2 and MF solution

PDW1、PDW2和MF溶液的水质荧光指纹经平行因子分解后均可得到2个主要的荧光组分,分别记为PDW1-C1、PDW1-C2、PDW2-C1、PDW2-C2、MF-C1和MF-C2,如图3所示。其中,PDW1-C1、PDW2-C1和MF-C1组分对应的两个峰位置均位于 $[Ex, Em] = [225, 320]$ nm和 $[275, 320]$ nm;PDW1-C2、PDW2-C2和MF-C2组分对应的两个峰位置均位于 $[Ex, Em] = [230, 340]$ nm和 $[285, 340]$ nm。结果表明,同一样品的不同组分对应的峰位置存在明显差异,而不同样品的相同组分的峰位置一致。

表1为MF溶液与PDW1、PDW2的C1和C2组分的相似度。可以看出,MF溶液与PDW1、PDW2的主要荧光组分具有极高的相似度,表明MF可能是PDW1和PDW2的水质荧光指纹中C1和C2组分的重要来源,这与程澄等^[5]的研究结果一致。

2.2 pH对印染废水荧光特征的影响

2.2.1 荧光峰数量和位置

图4为pH=3与12条件下PDW1、PDW2和MF溶液的水质荧光指纹。与图2的原始荧光指纹($pH \approx 6.5$)相比,图4的荧光峰数量和位置未发生明显变化,表明pH对PDW和MF溶液的荧光峰数量和位置影响较小。计算pH调节前后各样品水质荧光指纹的相似度,发现相似度均大于99%,表明pH的改变不会影响污染源类型的识别。

2.2.2 荧光峰强度

图5为pH对荧光峰强度的影响。在 $pH=3 \sim 12$ 范围内,3种样品的峰1的荧光强度相较 pH 约为6.5时变化幅度较小,均不超过5%。当 $pH < 6$ 时,峰2的荧光强度随着pH降低而减小;当 $6 < pH < 12$ 时,峰2的荧光强度基本保持不变。当 $pH=3$ 时,PDW1、

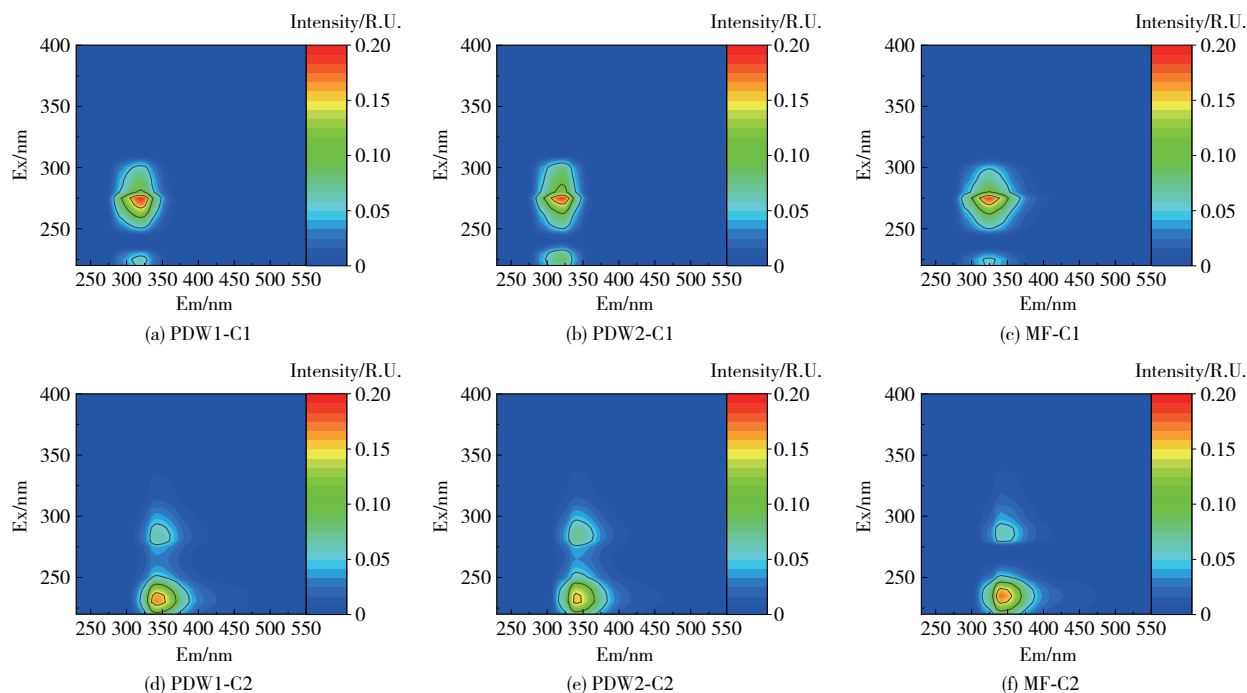


图3 PDW1、PDW2和MF溶液的主要荧光组分

Fig. 3 The main fluorescent components of PDW1, PDW2 and MF solution

表1 MF溶液与PDW1、PDW2的C1和C2组分相似度

Table 1 Similarities of the C1 and C2 components of the MF solution to those of PDW1 and PDW2

荧光组分	相似度/%			
	PDW1-C1	PDW1-C2	PDW2-C1	PDW2-C2
MF-C1	94.0		91.4	
MF-C2		97.9		95.6

PDW2和MF溶液的峰2的荧光强度相较未调节pH (pH约为6.5)时的荧光强度分别下降了10.43%、4.86%和4.69%,其中PDW1的峰2的荧光强度相较MF溶液下降得更明显,表明PDW1可能含有其他对pH变化较为敏感的荧光有机物。正常情况下地表水的pH值为6~9^[10],在该pH范围内PDW1、PDW2和MF溶液的峰1和峰2的荧光强度相较未调节pH时变化幅度均小于5%,表明PDW1、PDW2和MF进入地表水后,其荧光峰强度受pH影响较小。

荧光的产生至少具备两个因素:荧光物质具有大的共轭 π 键结构和刚性平面结构^[11]。不同的pH环境会改变荧光物质分子的质子化状态,影响其电子云分布^[12],从而改变分子的共轭 π 键体系和刚性平面结构,导致分子的荧光特征发生变化。由此可以推测,在pH为3~12条件下,总体上PDW1、PDW2和MF溶液的峰1和峰2的荧光强度变化幅度较小,

其原因可能是印染废水中MF是重要的荧光物质,具有刚性萘环结构以及较大且稳定的 π 电子共轭体系。此外,MF分子中含有的磺酸根基团($-\text{SO}_3^-$)在水溶液中通常以磺酸根离子形式存在,其不易质子化且不能去质子化。磺酸根基团为四面体结构,其质子化不会延长萘环的共轭体系。

2.3 NO_3^- 对印染废水荧光特征的影响

2.3.1 荧光峰数量和位置

将PDW1、PDW2和MF溶液中 NO_3^- 的质量浓度调节为64 mg/L,测定其水质荧光指纹,结果如图6所示。比较图2和图6可以看出, NO_3^- 浓度的显著增加对3种样品水质荧光指纹的峰数量和位置无明显影响, NO_3^- 浓度提高后的水质荧光指纹与原水质荧光指纹的相似度均>95%,表明 NO_3^- 不会影响污染源类型的识别。

2.3.2 荧光峰强度

图7为 NO_3^- 质量浓度对荧光峰强度的影响。结果显示,随着 NO_3^- 浓度升高,各样品的峰1的荧光强度保持相对稳定,相比未调整 NO_3^- 浓度时变化幅度不超过10%。峰2的荧光强度随着 NO_3^- 浓度升高而逐渐降低,在 NO_3^- 质量浓度为64 mg/L时,PDW1、PDW2和MF溶液的峰2的荧光强度相比未调整 NO_3^- 浓度时分别降低了40.25%、29.61%和29.11%。

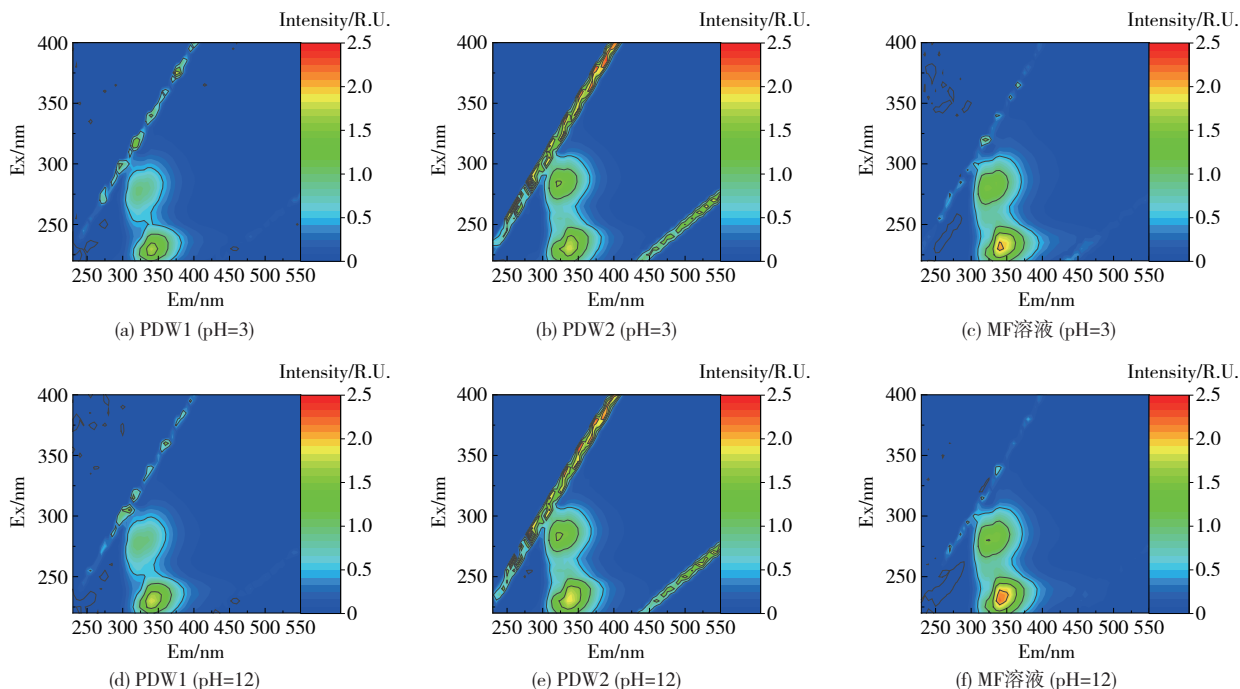


图4 pH=3与12条件下PDW1、PDW2和MF溶液的水质荧光指纹

Fig. 4 Aqueous fluorescence fingerprints of PDW1, PDW2 and MF solution at pH=3 and pH=12

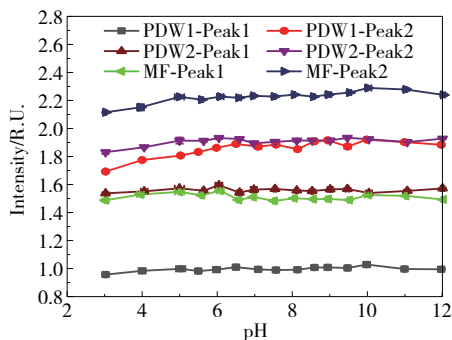


图5 pH对荧光峰强度的影响

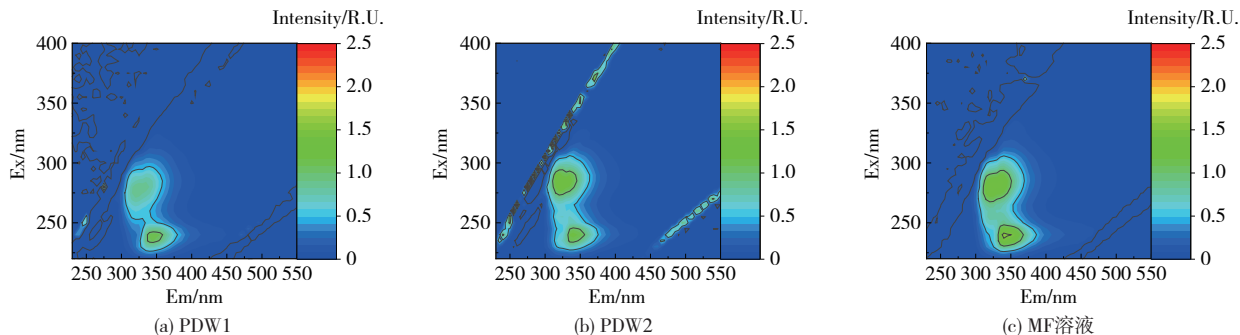
Fig. 5 Effect of pH on fluorescence peak intensity

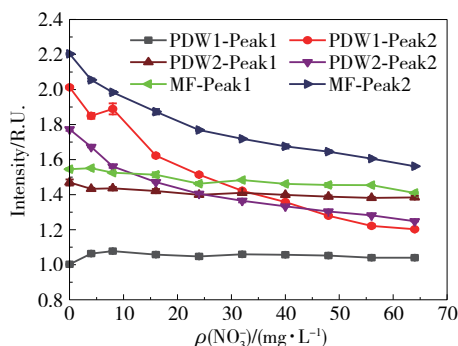
PDW1的峰2的荧光强度降低幅度大于MF溶液,表明PDW1可能含有对 NO_3^- 浓度变化较为敏感的荧光

有机物。

集中式生活饮用水地表水源地的硝酸盐(以N计)的质量浓度限值为 $10 \text{ mg/L}^{[10]}$,相当于 NO_3^- 的质量浓度限值为 44.29 mg/L 。在 NO_3^- 质量浓度为 40 mg/L 下,PDW1和PDW2的峰2的荧光强度相较未调整 NO_3^- 浓度时分别降低了32.52%和24.79%,这表明基于荧光强度的污染程度的估算结果可能会偏低。

样品的紫外吸光度是影响荧光强度的一个重要因素^[11]。硝酸盐溶液中的 NO_3^- 在波长200~220 nm范围内具有一定的吸光性^[13]。样品经内滤效应校正后的荧光强度 I_1 为实测荧光强度 I_2 与内滤

图6 NO_3^- 质量浓度为 64 mg/L 条件下PDW1、PDW2和MF溶液的水质荧光指纹Fig. 6 Aqueous fluorescence fingerprints of PDW1, PDW2 and MF solution for a NO_3^- mass concentration of 64 mg/L

图7 NO_3^- 质量浓度对荧光峰强度的影响Fig. 7 Effect of the mass concentration of NO_3^- on fluorescence peak intensity

效应校正因子(inner filter effect correction factor, IFE_{corr})之积^[14],其计算公式如式(4)所示。

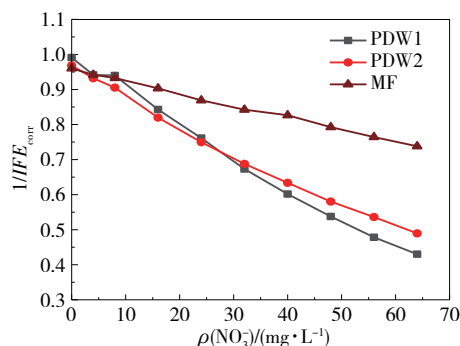
$$I_1 = I_2 \cdot IFE_{\text{corr}} = I_2 \cdot 10^{(a_{\text{Ex}} + a_{\text{Em}})/2} \quad (4)$$

式中: a_{Ex} 为激发波长处的吸光度, a_{Em} 为发射波长处的吸光度。

经检测,64 mg/L 硝酸钠溶液在 280 nm 和 320 nm 处(峰 1 位置)的吸光度分别为 0.001 97 和 0.002 67,经计算可得 $1/IFE_{\text{corr}}$ 为 0.995,即经内滤效应校正后的荧光强度与实测荧光强度之间的差异为 0.5%,可见 NO_3^- 在这两处波长下的吸光性对峰 1 的荧光强度几乎不造成影响。64 mg/L 硝酸钠溶液在 230 nm 和 340 nm 处(峰 2 位置)的吸光度分别为 0.632 29 和 0.000 94,经计算可得 $1/IFE_{\text{corr}}$ 为 0.482,即经内滤效应校正后峰 2 的荧光强度与实测荧光强度之间的差异达到 51.8%。3 种样品在峰 2 位置的 $1/IFE_{\text{corr}}$ 与 NO_3^- 质量浓度的关系如图 8 所示。结果显示,不同样品的 $1/IFE_{\text{corr}}$ 均随着 NO_3^- 质量浓度的增大而逐渐减小,这与峰 2 的荧光强度随 NO_3^- 质量浓度的变化趋势一致。将 PDW1、PDW2 和 MF 溶液在不同 NO_3^- 浓度下的峰 2 荧光强度与对应的 $1/IFE_{\text{corr}}$ 进行线性拟合,相关系数分别为 0.957、0.914 和 0.911,由此推测峰 2 荧光强度的下降可能是相应波长下样品具有较高吸光性造成的。

3 结论

(1)各样品的水质荧光指纹中均含有两个荧光峰,这两个峰在各样品中的激发波长和发射波长一致,分别位于 $[\text{Ex}, \text{Em}] = [280, 320]$ nm 和 $[230, 340]$ nm 附近;MF 溶液与 PDW1、PDW2 的主要荧光组分具有极高的相似度,表明 MF 可能是印染废水的水质

图8 NO_3^- 质量浓度对峰2位置 $1/IFE_{\text{corr}}$ 的影响Fig. 8 Effect of the mass concentration of NO_3^- on $1/IFE_{\text{corr}}$ at peak 2 position

荧光指纹中 C1 和 C2 组分的重要来源。

(2)PDW1 的峰 2 的荧光强度受 pH 和 NO_3^- 的影响程度大于分散剂 MF,表明其可能含有对环境因素变化较为敏感的其他荧光有机物;常规地表水的 pH 环境对印染废水荧光峰的位置和强度影响较小,不影响污染源类型的识别,对污染程度的估算影响较小。

(3)集中式生活饮用水地表水源地中常规浓度的 NO_3^- 对印染废水荧光峰的位置影响较小,不影响污染源类型的识别;当 NO_3^- 质量浓度为 40 mg/L 时,PDW1 和 PDW2 的峰 2 的荧光强度相比未调整 NO_3^- 浓度时分别下降了 32.52% 和 24.79%,这可能会对污染程度的估算产生较大影响。

本研究主要是基于静态的实验室条件开展的,而印染废水进入地表水是一个涉及稀释和混合的动态过程,印染废水排放后伴随的稀释效应和多元水体的混合过程可能导致荧光指纹特征发生较为显著的变化。因此,后续有必要开展不同稀释倍数下 pH、 NO_3^- 以及与地表水混合对印染废水荧光特征影响的模拟实验,以丰富现有结论,提升其在实际溯源应用中的准确性。

参考文献:

- [1] 刘传畅,柴一荻,徐宪根,等. 南方某河水质荧光指纹特征及污染溯源[J]. 光谱学与光谱分析, 2021, 41(7): 2142-2147.
- LIU C Y, CHAI Y D, XU X G, et al. Aqueous fluorescence fingerprint characteristics and discharge source identification of a river in southern China[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2021, 41(7): 2142-2147. (in Chinese)

- [2] 张毅, 刘传畅, 程澄, 等. 长江入海口段水质荧光指纹特征解析[J]. 光谱学与光谱分析, 2022, 42(12): 3948–3953.
ZHANG Y, LIU C Y, CHENG C, et al. Analysis of fluorescence fingerprint characteristics of water quality in the estuary of the Yangtze River[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2022, 42(12): 3948–3953. (in Chinese)
- [3] 中华人民共和国生态环境部. 入河入海排污口监督管理技术指南 水质荧光指纹溯源方法: HJ 1407—2024 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.
Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Technical guideline for supervision and management of sewage outfalls into environmental water bodies—Source tracing of aqueous fluorescence fingerprint methods: HJ 1407—2024 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2024. (in Chinese)
- [4] CHENG C, LIU C Y, SHEN J, et al. Novel insights into the evolution of dissolved organic matter during different full-scale advanced treatment processes for textile secondary effluent[J]. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2025, 13(3): 116266.
- [5] 程澄, 钱玉亭, 黄振荣, 等. 江苏江阴污水处理厂排水的三维荧光光谱特征[J]. 光谱学与光谱分析, 2021, 41(12): 3791–3796.
CHENG C, QIAN Y T, HUANG Z R, et al. Fluorescence excitation emission matrix properties of the effluents from the wastewater treatment plants in Jiangyin city, Jiangsu province [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2021, 41(12): 3791–3796. (in Chinese)
- [6] 曹津津, 刁丽雪, 魏永巨. 多组分体系荧光内滤效应研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2014, 34(10): 363–364.
CAO J J, DIAO L X, WEI Y J. Fluorescence inner filter effect of multicomponent system [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2014, 34(10): 363–364. (in Chinese)
- [7] LAWAETZ A J, STEDMON C A. Fluorescence intensity calibration using the Raman scatter peak of water [J]. Applied Spectroscopy, 2009, 63(8): 936–940.
- [8] STEDMON C A, BRO R. Characterizing dissolved organic matter fluorescence with parallel factor analysis: a tutorial [J]. Limnology and Oceanography: Methods, 2008, 6(11): 572–579.
- [9] LIU B, WU J, CHENG C, et al. Identification of textile wastewater in water bodies by fluorescence excitation emission matrix-parallel factor analysis and high-performance size exclusion chromatography [J]. Chemosphere, 2019, 216: 617–623.
- [10] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. 地表水环境质量标准: GB 3838—2002 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
State Environmental Protection Administration of the People's Republic of China, General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Environmental quality standards for surface water: GB 3838—2002 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2002. (in Chinese)
- [11] 许金钩, 王尊本. 荧光分析法 [M]. 3版. 北京: 科学出版社, 2006.
XU J G, WANG Z B. Fluorimetry [M]. 3rd ed. Beijing: Science Press, 2006. (in Chinese)
- [12] 吴静, 赵宇菲, 曹炯准, 等. 某头孢制药废水的水质指纹特征[J]. 光谱学与光谱分析, 2016, 36(4): 1075–1079.
WU J, ZHAO Y F, CAO J Z, et al. Fingerprint properties of cephalosporin pharmaceutical wastewater [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2016, 36(4): 1075–1079. (in Chinese)
- [13] 魏坤. 硝酸根离子的光谱分析 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2007.
WEI K. Spectral analysis of nitrate ions [D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2007. (in Chinese)
- [14] GU Q, KENNY J E. Improvement of inner filter effect correction based on determination of effective geometric parameters using a conventional fluorimeter [J]. Analytical Chemistry, 2009, 81(1): 420–426.

Aqueous fluorescence fingerprint characteristics of printing and dyeing wastewater and their influencing factors

JIAN YuHang¹ HUANG Da¹ LIU ChuanYang^{2,3} SHEN Jian^{2,3} CHAI YiDi^{2,4}
FENG Liang^{2,4} YANG HongWei¹ OUYANG ErMing^{1*} WU Jing^{2,3*}

(1. School of Resource and Environment, Nanchang University, Nanchang 330031;

2. Research and Development Center of Advanced Environmental Supervision Technology and Instrument, Research Institute for Environmental Innovation (Suzhou) Tsinghua, Suzhou 215163;

3. Research Center of Environmental Technology in Water Pollution Source Identification and Precise Supervision, School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084;

4. Suzhou G-Seeker Technology Co., Ltd., Suzhou 215011, China)

Abstract: The textile and dyeing industry in the Yangtze River Delta region is highly concentrated and generates a large amount of wastewater, which increases the risk of illegal discharges. Therefore, accurately tracing the source of the dyeing wastewater has become an urgent need in the field of water environment governance and ecological protection. Aqueous fluorescence fingerprint technology enables rapid identification of the suspected pollution source by comparing the fingerprints of contaminated water samples with those of known pollution sources in the database. Its application potential in the field of water environment supervision is enormous. Taking the wastewater from two typical dyeing enterprises in the Yangtze River Delta region (dyeing wastewater 1 and 2) and the dye dispersant MF as the research objects, the aqueous fluorescence fingerprint patterns were determined, and the influence of environmental factors (pH and NO_3^-) on the aqueous fluorescence fingerprint characteristics was investigated. The results show that in the aqueous fluorescence fingerprints of each sample, there are two fluorescence peaks, peak 1 and peak 2, whose [excitation wavelength, emission wavelength] positions are respectively located near [280, 320] nm and [230, 340] nm. In the three-dimensional fluorescence spectra of the dyeing wastewater 1 and 2, the C1 and C2 components may originate from the dispersant MF. The fluorescence intensity of peak 2 for wastewater 1 is more affected by pH and NO_3^- than that of the dispersant MF. This suggests that it may contain other fluorescent organic substances that are more sensitive to changes in environmental factors. The normal pH levels in surface water and the typical concentrations of NO_3^- in centralized surface water sources for drinking water have a relatively minor impact on the position of the fluorescence peaks, and do not affect the identification of the pollution source type. When the mass concentration of NO_3^- was 40 mg/L, the fluorescence intensity of peak 2 in the dyeing wastewater samples 1 and 2 decreased by 32.52% and 24.79%, respectively, compared to the case without adjusting the NO_3^- concentration, which might lead to an underestimation of the degree of pollution.

Key words: printing and dyeing wastewater; dispersant MF; pollution source identification; aqueous fluorescence fingerprint; pH; NO_3^-

(责任编辑:于少云)