



文章栏目: 环境生物技术

DOI 10.12030/j.cjee.201901009

中图分类号 X826

文献标识码 A

刘艳霞, 王慧娟, 卢猛, 等. 光谱与呼吸图谱联用判定河流污染状态与自净能力[J]. 环境工程学报, 2019, 13(12): 2998-3004.

LIU Yanxia, WANG Huijuan, LU Meng, et al. Hybrid use of spectrum and respirogram for the evaluation of river pollution and self-purification[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2019, 13(12): 2998-3004.

光谱与呼吸图谱联用判定河流污染状态与自净能力

刘艳霞¹, 王慧娟², 卢猛¹, 杨成建¹, 李志华^{1,*}

1. 西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 西北水资源与环境生态教育部重点实验室, 西安 710055

2. 新疆大学建筑工程学院, 乌鲁木齐 830047

第一作者: 刘艳霞(1993—), 女, 硕士研究生。研究方向: 河流污染与自净能力。E-mail: liuyanxia0914@foxmail.com

*通信作者: 李志华(1976—), 男, 博士, 教授。研究方向: 污水生物处理理论与技术。E-mail: lizhijhua@xauat.edu.cn

摘要 河流污染状态一般采用化学水质或生物等指标单独描述, 目前尚缺少简便易行且可同时从化学与生物角度进行定量描述的指标。针对这一问题, 采用三维荧光光谱、紫外吸收光谱与呼吸图谱联用的分析方法研究了纳污河、自然水体与污水处理厂各处理单元水样的溶解性有机物(DOM)的空间分布特征与河流微生物的呼吸特征。结果表明, 光谱法可快速对河流有机污染物的种类进行辨别, 而呼吸图谱具有识别河流自净能力的特点, 其中类色氨酸(T峰与D峰)、类酪氨酸(S峰)、腐殖质(C峰)、富里酸(A峰)是指示不同污染程度的重要指标。通过呼吸图谱与荧光光谱联用(T峰)可快速对污染程度和自净能力进行区分, 从而为河流的管理与自净能力的恢复提供参考。

关键词 三维荧光光谱; 呼吸图谱; 河流自净; 溶解性有机物

河流自净是一个涉及物理、化学和生物的复杂过程, 是河流在一定空间内恢复其洁净状态的现象^[1-2]。河流自净能力的恢复是城市生态环境建设和景观保护的重要环节, 而目前城市内河流普遍采用“三面光”的梯形硬质化渠道, 河水流速快, 沉降性能低, 改变了原有自然生态本底和水文特征, 削弱了河流的自净能力。目前, 河流只监测基本的水文参数和水质参数, 同时, 监测河流健康状况的方法对监测员的技术要求高且不能做到在线实时监测。因此, 迫切需要一种在线监测河流水质参数和自净能力的方法。

荧光和紫外光谱技术因其具有灵敏度高、用量少、测量简单、不消耗化学试剂等优点^[3], 近年来, 被广泛应用于河流、湖泊、海洋等自然水体中污染物的监测^[4-5]以及污水处理厂的过程控制^[6-7]、工业废水中特定污染物的鉴别^[8-9]。三维激发发射矩阵(3D-EEM)光谱, 被称为“荧光指纹”, 被广泛应用于检测废水、表征河流中溶解性有机物(DOM)^[10]。紫外可见光谱分析中特定波长254 nm处的吸光度值(UV₂₅₄)可作为总有机碳(TOC)和溶解性有机碳(DOC)的替代参数^[11-12]。河流

收稿日期: 2019-01-03; 录用日期: 2019-05-09

基金项目: 陕西省水利科技项目(2017SLKJ-10); 西安市社会发展引导计划-社会发展科技示范项目(2016063SF/SF09); 陕西省科技厅重点研发项目(2018ZDXM-SF-025); 国家自然科学基金资助项目(51878539)

净化过程包括稀释、沉淀、曝气等多种化学与生物机制, 可以采用数学模型进行评价^[13], KARRASCH 等^[14]从浮游微生物的胞外酶角度分析得出, 工业废水使微生物耐受性增强, 降解能力提高, 赵长森等^[15]采用生物学指数与水生物指示环境结合的方法评价水样污染程度、生态系统稳定性与河流及水库的健康程度。

河流水质与自净能力的传统测定方法及参数选取较为复杂, 而从河流微生物的生理状态的角度分析河流的自净能力鲜有研究。本研究将人工净化与河流自净功能的协同作用发挥出来, 以渭河流域西安段的河流及污水处理厂为考察对象, 采用三维荧光光谱、紫外光谱联用呼吸图谱的方法, 考察了不同性质的河流及污水处理厂各处理单元中微生物与有机物之间的作用关系, 探讨了光谱法与呼吸图谱法联用表征河流状态及自净能力的可行性, 以期得到河流水质和健康状况的综合评判方法。

1 材料与方法

1.1 实验原料

2018 年 4—6 月, 对陕西省西安市境内的河流进行采样, 包括皂河 (A1~A6)、太平河 (A7)、灞河 (A8) 3 条纳污河, 泾河 (N1)、渭河 (N2~N4) 2 条天然水体。为了对比自然净化和人工净化的异同, 按照工艺处理单元顺序, 对污水处理厂 WWTP1 分别采样, W1~W7 分别为进水 (格栅后端)、曝气沉砂池、氧化沟泥水混合物、氧化沟沉淀 30 min 后的上清液、氧化沟沉淀 2 h 后的上清液终沉池出水和最终排水。其中, 通过收集氧化沟不同沉淀时间的上清液, 可模拟得到终沉池沉淀过程中的样品。

在渭河的众多支流中, 皂河、太平河和灞河属于“三面光”设计类型的渠道式城市纳污河, 其中, 皂河^[16]具有最大的泄洪和纳污能力, 全长 35.8 km, 集水面积 283 km², 接纳西安市城区 60% 的生活污水、工业废水及 3 个污水处理厂的出水。太平河属于皂河的支流, 接纳西安市西部的污废水。灞河^[17]接纳西安市东部的污废水, 在流入渭河前设有一个人工湿地。泾河是渭河最大的支流, 接纳陕西北部的污废水。

1.2 样品预处理

采用有机玻璃采样器于水下 0.5 m 处收集得到样品, 将水引到无菌聚乙烯瓶中, 然后通过冰袋运输至实验室, 放入冰箱 4 °C 冷藏保存, 分析前, 将水样自然升温至 25 °C, 将收集的样品混合均匀, 量取 300 mL 进行呼吸图谱的测定, 另外 100 mL 水样通过 0.45 μm 滤膜过滤, 以除去大尺寸的悬浮固体, 用于光谱测定。所有样品的检测分析均在采样结束后 2~3 d 内完成。

1.3 实验方法

采用日立 F-7000 型荧光分光光度计进行三维荧光光谱检测。检测条件为: 采用氙弧灯为激发光源, 激发波长 $E_x=200\sim 400$ nm, 发射波长 $E_m=200\sim 600$ nm, 狭缝宽度与扫描间隔均为 5 nm, 扫描速度为 2 000 nm·min⁻¹, 响应时间为 0.5 s, 灵敏度为中等, 光倍增管电压为 700 V, 采用超纯水 (18.3 Ω) 作为空白水样, 以消除水的拉曼散射。采用 752N 紫外分光光度计于波长 254 nm 处测量 UV_{254} 。

呼吸图谱采用序批式呼吸计量法^[18], 于西安绿标水环境公司提供的 BM300 分析平台进行测定, 分别获得现场呼吸速率 OUR_s 、内源呼吸速率 OUR_c 和总呼吸速率 OUR_T 。

2 结果与讨论

2.1 3 类水体的水质参数和光谱特征参数的空间分布特征

根据污染物负荷及断面功能属性将全部采样断面分为 3 类: 纳污河 (A1~A8); 自然水体 (N1~N4); 污水处理厂 (W1~W7)。

代表性断面的三维荧光图谱见图 1。根据 CHEN 等^[19]的三维荧光矩阵图五区划分法, 识别出

上述3类断面的5个特征峰(图1(b)),分别为类色氨酸T峰(Ex/Em=275 nm/340 nm)、类酪氨酸S峰(Ex/Em=225 nm/340 nm)、腐殖质C峰(Ex/Em=(310~320) nm/(380~410) nm)、富里酸A峰(Ex/Em=(240~260) nm/(380~400) nm),3类水样表现出峰位置及荧光强度的差异。纳污河自上游至下游各峰的最大荧光强度呈下降趋势,皂河源头及上游、污水厂进水有机物含量极高,且类蛋白峰在水样中占优势,类腐殖酸荧光强度相对较低,这是由于这些断面是河流接纳污水的源头,有机污染程度高,微生物含量高;而皂河下游、渭河、污水厂二沉池及出水中类腐殖酸占优势,这是因为这些断面经过污水厂的强化生物作用及河流自净作用后,有机物含量小,微生物繁殖速率慢,这与HENDERSON等^[20]的描述一致,T峰反映的是不稳定易降解有机物,在废水中占主导地位,与废水微生物活性相关,与BOD之间的相关性较强,腐殖质C峰、富里酸A峰为难降解有机物,在天然水中占优势。

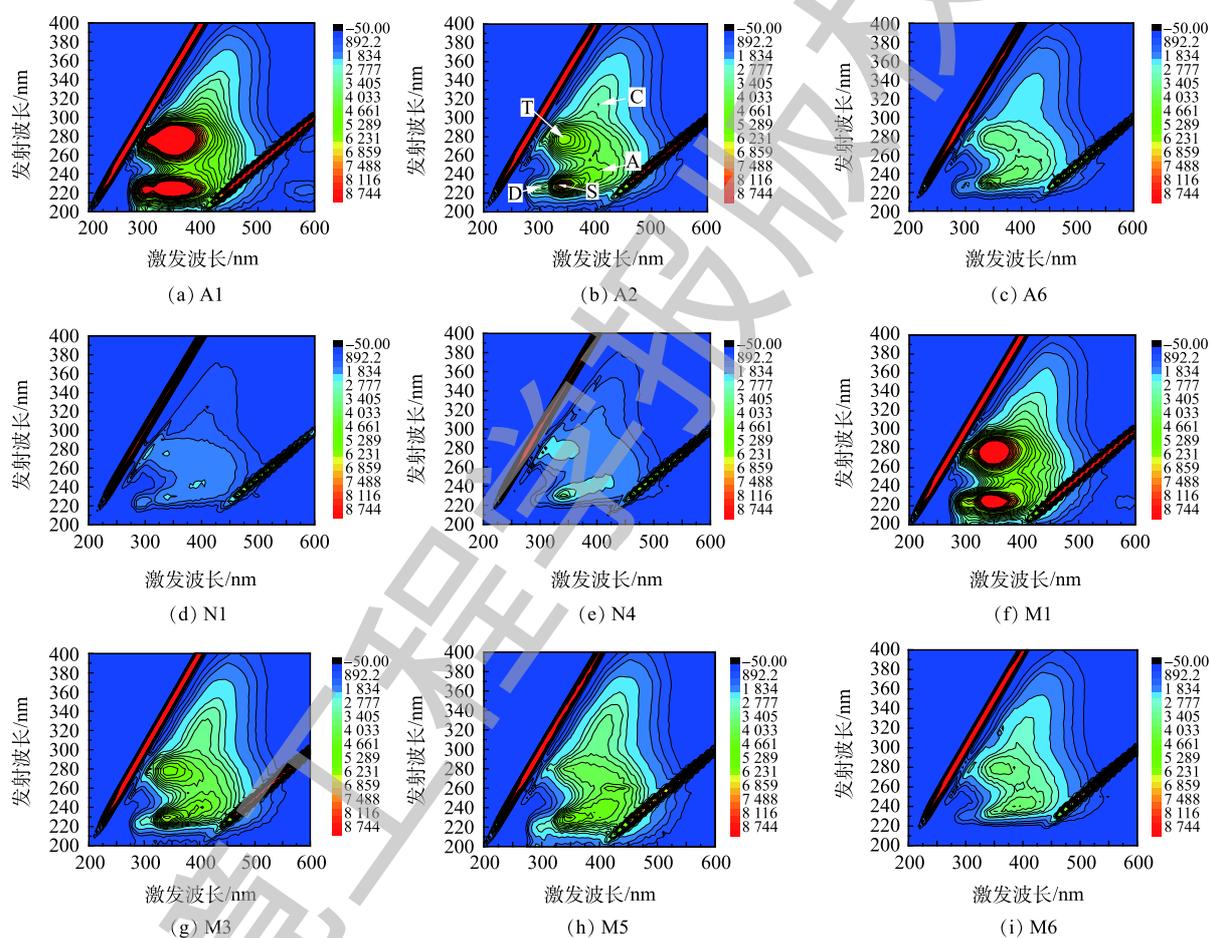


图1 代表性断面的三维荧光图谱

Fig. 1 Three-dimensional fluorescence spectra of representative sections

如图2所示,以传统水质参数COD值作为参照,可以看到 UV_{254} , F_T 与COD变化趋势基本一致,其中 F_T 代表T峰的最大荧光强度。纳污河自上游至下游污染程度逐渐降低,自然水体污染程度低且稳定,污水处理厂水样的COD和 UV_{254} 值从进水至出水在氧化沟工艺阶段出现极大值,而 F_T 在进水出现极大值, F_T 与BOD呈显著正相关性,这表示可生物降解的有机物, F_T 可用于监测污水处理厂工艺处理过程中有机物的去除效果。

如表1所示, F_T 和 F_C 分别代表T峰和C峰的最大荧光强度,在皂河源头A1流入渭河N4的过

程中, F_T 与 F_C 逐渐减小, 对应的污染物的去除率分别为 69.0%、49.2%, 而污水处理厂从进水 W1 至出水 W7 过程中, T 峰与 C 峰对应的污染物去除率分别为 68.0%、33.0%, 河流与污水厂的 T 峰去除率基本相同, 河流中微生物去除难降解有机物的能力高于污水处理厂, 这说明河流中微生物群落与污水处理厂有所不同, 且河流微生物更容易降解难降解有机物。

皂河源头 A1 的腐殖化指数 HIX_b ^[21] 较小(表 1), 这说明 DOM 较不稳定, 易于生物降解; 河流断面 A4~A8、N1、N3 的 HIX_b 要高于其他断面, 同时这些断面的 F_T 较小, 其中 A4、A5、A7、N3 均为接纳污水处理厂排放水的河流断面, 可见污水厂排放水中 DOM 腐殖化程度更高, DOM 更稳定, 易生物降解的物质较少, A6、A8、N1 断面的水质较好, 难降解物质占优势; 而污水厂进入生化处理阶段后的断面 A3~A7 的 HIX_b 高于河流, 且没有明显的下降趋势, 这说明污水厂的微生物对去除难降解物质的能力匮乏, 从 DOM 的腐殖化程度的角度分析证实了上述结论。

本研究的全部断面的自生源指数 BIX ^[22] 为 0.93~1.08, 差异较小, DOM 具有较强的自生源特征, 是生物细菌活动产生的。

表 1 3 类水体的不同断面的水质、光谱及呼吸图谱特征参数

Table 1 Characteristic parameters of water quality, spectra and respirogram of different sections of three types of water bodies

水样类型	采样断面编号	COD/(mg·L ⁻¹)	光谱特征参数					呼吸图谱特征参数/(mg·(L·h) ⁻¹)			
			UV ₂₅₄	F_T	F_C	HIX	BIX	OUR _s	OUR _e	OUR _{en}	OUR _r
纳污河	A1	120.20	0.25	7 893	3 710	0.49	0.94	6.21	2.04	1.59	10.27
	A2	89.50	0.19	6 122	2 967	0.58	0.99	2.43	0.87	0.72	4.53
	A3	73.00	0.18	4 547	2 884	0.61	0.97	2.99	0.91	0.74	6.50
	A4	45.00	0.16	3 735	2 732	0.68	0.94	1.46	0.62	1.87	3.05
	A5	54.00	0.16	3 756	2 715	0.67	1.00	0.65	0.32	0.29	1.50
	A6	39.00	0.14	3 232	2 285	0.67	1.04	1.84	0.88	0.84	5.54
	A7	32.00	0.13	2 885	2 416	0.68	1.00	0.88	0.50	0.51	3.07
	A8	25.00	0.11	2 474	1 607	0.64	0.97	1.70	0.31	0.47	4.81
自然水体	N1	18.50	0.06	1 267	785	0.63	0.93	1.20	0.49	0.44	5.10
	N2	23.00	0.07	2 153	1 297	0.50	1.05	0.51	0.88	0.81	4.23
	N3	22.50	0.11	2 722	1 809	0.64	1.08	0.39	0.58	0.60	2.25
	N4	26.50	0.08	2 448	1 883	0.55	1.03	1.03	0.70	0.76	5.82
污水处理厂	W1	132.00	0.25	9 999	4 047	0.46	0.95	4.85	1.49	1.41	6.26
	W2	127.00	0.25	8 868	4 050	0.46	0.96	4.18	1.21	1.07	8.56
	W3	161.00	0.38	4 885	4 006	0.72	1.01	21.01	3.58	25.84	24.43
	W4	145.00	0.3	3 973	3 259	0.68	0.96	3.97	1.39	14.20	16.81
	W5	123.00	0.25	3 654	4 669	0.73	0.95	0.77	0.87	0.98	2.59
	W6	32.00	0.14	3 574	2 782	0.68	1.03	2.48	0.67	0.64	8.22
	W7	22.50	0.12	3 200	2 712	0.71	1.00	1.91	0.86	0.88	8.81

2.2 3 类水体呼吸图谱参数的空间分布特征

总呼吸速率 OUR_T 反映的是基质不受限制条件下微生物最大的呼吸速率, 其值越高, 说明微

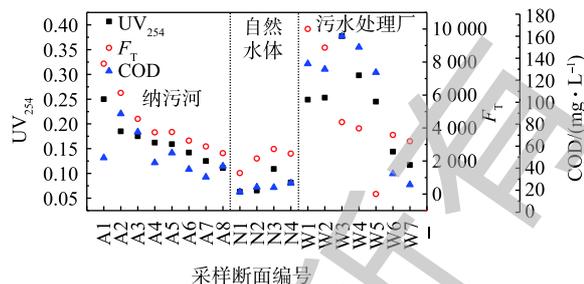


图 2 3 类水样的不同有机污染指标对比

Fig. 2 Comparison of organic pollution indicators of three types of water bodies

生物的降解有机物的潜能越高。微生物的现场呼吸速率 OUR_S 反映的是采样时水样中微生物的现场活性， OUR_S 越高，说明微生物数量及活性较高。纳污河的 OUR_S 普遍比自然水体高(表1)，说明纳污河中微生物数量大且活性较高，其接纳了大量人类活动产生的生活污水，含大量类蛋白、脂肪等有机物，致使微生物大量繁殖，而纳污河断面中 A5 和 A7 由于接纳了污水厂出水，有机物浓度被稀释，微生物现场活性较弱；污水厂的 W3 点为氧化沟泥水混合物，其 OUR_S 极高，这与污水厂生物处理阶段活性污泥含量高的结果一致，此阶段微生物大量繁殖，降解有机物的速率极高，与自然净化的慢速过程形成对比。

2.3 呼吸图谱与光谱联用判定河流污染状态与自净能力

通过 $OUR=OUR_T'$ 、 $F_T=F_{T'}$ ，将 OUR_T-F_T (图3(a))平面划分为4个区域(T1~T4)；通过 $OUR=OUR_S'$ 、 $F_T=F_{T'}$ ，将 OUR_S-F_T (图3(b))平面划分为4个区域(S1~S4)。其中， OUR_T' 、 OUR_S' 、 F_T 的定量根据河流接纳的水样性质的不同而有所不同。

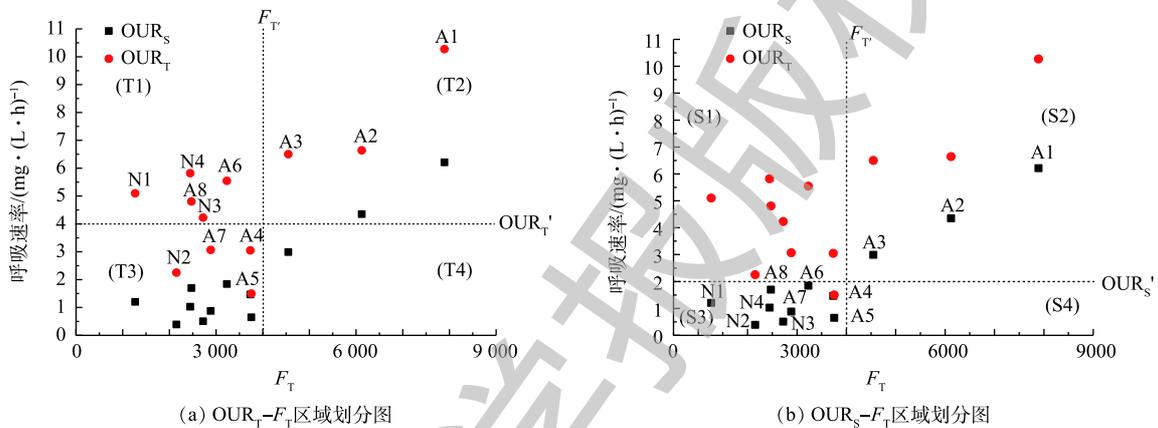


图3 河流断面的 F_T 与 OUR_S 、 OUR_T 联用表征河流污染程度与自净能力

Fig. 3 F_T of river sections combined with OUR_S and OUR_T for characterizing river pollution degree and self-purification ability

T1 表示 $OUR_T > OUR_T'$ 、 $F_T < F_{T'}$ ，为超量潜在自净能力区域，包含断面 A6、A8、N1、N2、N4，这说明断面污染程度较低，但微生物的潜在降解能力较高，自净能力较高，此时河流进入自净过程的后续阶段。同时，这种生物活性的改善可能归因于外部环境条件的改善，如更好的供氧，因为生物活性比需要降解的污染物更充分，这表明水生生态系统的健康。T2 表示 $OUR_T > OUR_T'$ 、 $F_T > F_{T'}$ ，为受污染区域，包含断面 A1~A3，这说明河流受到严重有机污染，虽然微生物活性极强且大量繁殖，但有机物处于超饱和状态，可能超过了微生物的降解能力与河流自净容量，一段时间后，会形成黑臭水样。T3 表示 $OUR_T < OUR_T'$ 、 $F_T < F_{T'}$ ，为人工净化完成区域，包含断面 A4、A5、A7、N3，这些断面接纳污水厂出水，污染物被稀释，虽然水样表观上恢复了原本干净的状态，但仍含有较多复杂不易降解的有机物，须汇入河流，经微生物长期降解才能恢复水样原本健康的状态。T4 表示 $OUR_T < OUR_T'$ 、 $F_T > F_{T'}$ ，为无法判定区域，本研究无断面出现此情况，污染程度大而微生物呼吸速率小的情况出现的概率非常小，也不符合自净理论。

S1 表示 $OUR_S > OUR_S'$ 、 $F_T < F_{T'}$ ，为无法判定区域，本研究无断面出现在此区域，同时，有机物含量小而微生物现场耗氧速率较强的情况出现的概率非常小，也不符合自净理论；S2 表示 $OUR_S > OUR_S'$ 、 $F_T > F_{T'}$ ，为受污染区域，包含断面 A1~A3，与上述 T2 区域描述基本一致；S3 表示 $OUR_S < OUR_S'$ 、 $F_T < F_{T'}$ ，为受基质限制的区域，包含除 A1~A3 以外的其他断面，说明微生物现场活性受基质限制而无法生存；S4 表示 $OUR_S < OUR_S'$ 、 $F_T > F_{T'}$ ，为无法判定区域，说明有机物含量大而微生物现场耗氧速率较弱的情况出现的概率也非常小，同样不符合自净理论。

综上, 结合 2 种不同的区域划分方法, 可以判定河流的状态和自净能力: A1~A3 为受污染断面, 污染程度可能超过了自净容量; A4、A5、A7 和 N3 为人工净化完成的断面, 仍有大量难降解有机物须经过水样自净完成净化过程; A6、A8、N1、N2 和 N4 为进行到水样自净过程的后续阶段的断面, 生物活性受基质含量限制, 但微生物具有超量潜在自净能力, 可能归因于外部环境的改善, 如溶解氧的升高或更适宜微生物生存的温度。

3 结论

1) 3 类水样(纳污河、自然水体与污水处理厂各处理单元)表现出不同的荧光强度与荧光特征值, 纳污河及污水处理厂前处理单元普遍类蛋白最大荧光强度高于自然水体, 自然水体及污水处理厂后处理单元的 DOM 的腐殖化程度高于纳污河, 类蛋白最大荧光强度可用于区分水体类型及判定有机污染程度, 腐殖化程度可用于判定 DOM 的难易降解程度。

2) 类蛋白 T 峰 ($E_x/E_m=275\text{ nm}/340\text{ nm}$) 的最大荧光强度 F_T 可作为反映污水处理过程中有机污染程度及微生物量的指标, 纳污河自上游至下游、污水厂自进水至出水的 F_T 逐渐减小, 河流微生物群落与污水处理厂的活性污泥有所不同, 纳污河微生物去除难降解有机物 (C 峰) 的能力高于活性污泥。

3) OUR_s 通常用于表征微生物现场活性, OUR_T 用于表征微生物降解有机物的潜能, 自然水体的有机污染程度及微生物现场活性均较低, 纳污河与污水处理厂生物处理单元的微生物现场活性与潜能颇高, 微生物呼吸速率与水体有机污染程度密切相关。

4) 采用呼吸图谱与紫外光谱、三维荧光光谱联用, 以 OUR_s-F_T , OUR_T-F_T 这 2 种区域划分方式为依据, 研究了河流微生物与有机污染之间的作用关系, 建立了判定河流的污染状态和自净能力的定量指标, 为城镇两极分化条件下的河流生态管理提供参考。

参 考 文 献

- [1] VAGNETTI R, MIANA P, FABRIS M, et al. Self-purification ability of a resurgence stream[J]. *Chemosphere*, 2003, 52(10): 1781-1795.
- [2] DEMARS B O L, MANSON J R. Temperature dependence of stream aeration coefficients and the effect of water turbulence: A critical review[J]. *Water Research*, 2013, 47(1): 1-15.
- [3] 曹昌丽, 何桂英. 城镇化河流溶解性有机质的荧光特性与水质相关性: 以宁波市北仑区芦江为例[J]. *环境科学*, 2018, 39(4): 1560-1567.
- [4] HUDSON N, BAKER A, REYNOLDS D. Fluorescence analysis of dissolved organic matter in natural, waste and polluted waters: A review[J]. *River Research and Applications*, 2007, 23(6): 631-649.
- [5] 姚璐璐, 涂响, 于会彬. 三维荧光区域积分评估城市污水中溶解性有机物去除[J]. *环境工程学报*, 2013, 7(2): 411-416.
- [6] 帅磊, 李卫华, 申慧彦. 三维荧光光谱评价污水处理厂 COD 去除效率[J]. *环境工程学报*, 2016, 10(4): 2127-2131.
- [7] REYNOLDS D M, AHMAD S R. Rapid and direct determination of wastewater BOD values using a fluorescence technique[J]. *Water Research*, 1997, 31(8): 2012-2018.
- [8] KUZNIZ T, HALOT D, MIGNANI A G, et al. Instrumentation for the monitoring of toxic pollutants in water resources by means of neural network analysis of absorption and fluorescence spectra[J]. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2007, 121(1): 231-237.
- [9] 吴静, 曹知平, 谢超波. 石化废水的三维荧光光谱特征[J]. *光谱学与光谱分析*, 2011, 31(9): 2437-2441.
- [10] 何伟, 白泽琳, 李一龙. 溶解性有机质特性分析与来源解析的研究进展[J]. *环境科学学报*, 2016, 36(2): 359-372.
- [11] 蒋绍阶, 刘宗源. UV_{254} 作为水处理中有机物控制指标的意义[J]. *重庆建筑大学学报*, 2002, 24(2): 61-65.

- [12] 黄廷林, 方开凯, 张春华. 利用UV-Vis及EEMs对比冬季完全混合下两个不同特征水库溶解性有机物的光学特性[J]. 环境科学, 2016, 37(12): 4577-4585.
- [13] GONZÁLEZ S O, ALMEIDA C A, CALDERÓN M, et al. Assessment of the water self-purification capacity on a river affected by organic pollution: Application of chemometrics in spatial and temporal variations[J]. *Environmental Science & Pollution Research International*, 2014, 21(18): 10583-10593.
- [14] KARRASCH B, PARRA O, CID H, et al. Effects of pulp and paper mill effluents on the microplankton and microbial self-purification capabilities of the Biobío River, Chile[J]. *Science of the Total Environment*, 2006, 359(1/2/3): 194-208.
- [15] 赵长森, 夏军, 王纲胜. 淮河流域水生态环境现状评价与分析[J]. 环境工程学报, 2008, 2(12): 1698-1704.
- [16] 董雯, 李怀恩, 李家科. 城市重污染河流水质特征分析: 以皂河为例[J]. 水力发电学报, 2012, 31(4): 72-77.
- [17] 薛亮, 赵振斌, 延军平. 西安市灞河湿地鸟类生境构成与保护价值评价研究[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(8): 116-119.
- [18] 黄满红, 李咏梅, 顾国维, 等. 呼吸计量法在活性污泥系统废水特性测定中的应用[J]. 工业水处理, 2005, 25(9): 58-60.
- [19] CHEN W, WESTERHOFF P, LEENHEER J A, et al. Fluorescence excitation-emission matrix regional integration to quantify spectra for dissolved organic matter[J]. *Environmental Science & Technology*, 2015, 37(24): 5701-5710.
- [20] HENDERSON R K, BAKER A, MURPHY K R, et al. Fluorescence as a potential monitoring tool for recycled water systems: A review[J]. *Water Research*, 2009, 43(4): 863-881.
- [21] OHNO T. Fluorescence inner-filtering correction for determining the humification index of dissolved organic matter[J]. *Environmental Science & Technology*, 2002, 36(19): 742-746.
- [22] MAQBOOL T, CHO J, HUR J. Spectroscopic descriptors for dynamic changes of soluble microbial products from activated sludge at different biomass growth phases under prolonged starvation[J]. *Water Research*, 2017, 123: 751-760.

(本文编辑: 金曙光, 曲娜, 郑晓梅)

Hybrid use of spectrum and respirogram for the evaluation of river pollution and self-purification

LIU Yanxia¹, WANG Huijuan², LU Meng¹, YANG Chengjian¹, LI Zhihua^{1*}

1. Key Laboratory of Northwest Water Resource, Environment and Ecology, Ministry of Education, School of Environment and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China

2. Institute of Civil Engineering and Architecture, Xinjiang University, Urumqi 830047, China

*Corresponding author, E-mail: lizhihua@xauat.edu.cn

Abstract River pollution status is generally described using chemical water quality or biological activity index. However, the reports on the easy-to-use index from both chemical and biological perspectives were limited. Three-dimensional fluorescence spectroscopy, ultraviolet absorption spectroscopy and respirogram were employed to study the spatial distribution characteristics of dissolved organic matter (DOM) and bacteria respirogram in the river and the wastewater treatment plant, respectively. Results showed that the spectroscopy method could quickly discriminate the types of river pollutants, and respirogram was characterized by identifying the self-purification ability of rivers. The tryptophan (peaks T and peak D), tyrosine-like (peak S), humic acid (peak C) and fulvic acid (peak A) were important indicators that could well indicate the degree of different pollution status. Therefore, the hybrid use of respirogram and fluorescence spectrum (peak T) can well indicate the pollution status and the biological purification capability, which could provide reference for the promising application in river management.

Keywords three-dimensional fluorescence spectrum; respirogram; river self-purification; dissolved organic matter