

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.24.010

# 城市生活污水厂处理工业废水的运营管理对策

尹真真, 赵丽, 范围, 何羽, 敖亮

(重庆市生态环境科学研究院 重庆市生态环境遥感监测大数据应用技术协同  
创新中心, 重庆 401147)

**摘要:** 以重庆市G污水处理厂为例,探讨接纳工业废水的生活污水处理厂运营管理对策。通过对比G污水处理厂进、出水水质与设计值,调查入网接管企业废水排放情况,分析污水处理厂运行情况,发现造成污水处理厂水质不稳定的主要原因是进水C/N/P比例失衡、可利用碳源少、缺少适宜工业废水的处理工艺、调控运行不当以及入网企业超允许浓度排放等。完善污水处理工艺,加强精细化控制,规范企业接管许可,实施多部门监管联动,提升风险防范和应急处置能力是改善此类污水处理厂出水不稳定的重要措施。

**关键词:** 污水处理; 工业废水; 运营管理

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)24-0054-06

## Suggestions on Operation and Management of Urban Domestic Sewage Treatment Plant Handled Industrial Wastewater

YIN Zhen-zhen, ZHAO Li, FAN Wei, HE Yu, AO Liang

(Chongqing Collaborative Innovation Center of Big Data Application in Eco-Environmental Remote Sensing, Chongqing Academy of ECO-environmental Sciences, Chongqing 401147, China)

**Abstract:** Taking G sewage treatment plant in Chongqing as an example, we discussed the operation and management countermeasures for a sewage treatment plant which treated industrial wastewater. We analyzed the influent and effluent quality and the operation of G sewage treatment plant, and investigated the industrial wastewater discharge. It was found that the main reasons for the instability of the water quality of the sewage treatment plant were unbalanced C/N/P ratio of influent, shortage of available carbon sources, lack of industrial wastewater treatment process, unreasonable regulation, and excessive allowable concentration discharge from enterprises. Important measures, such as perfecting sewage treatment process, strengthening detail control, standardizing corporate drainage pipeline connection license, implementing multi-department supervision linkage, improving the ability of risk prevention and emergency response were put forward to improve the instability of effluent from the similar sewage treatment plants.

**Key words:** sewage treatment; industrial wastewater; operation and management

根据生态环境部公布的2017年国家重点监控 企业严重超标和处罚情况,全国共171家(次)国控

重点企业严重超标被处罚,其中污水处理厂102家(次),占比近六成,污水处理厂“治污反致污”问题饱受质疑。造成污水处理厂超标排放的原因是多方面的,其中有一点不容忽视,就是不少生活污水处理厂接纳了相当一部分的工业废水。工业废水本应接入工业园区污水处理厂进行处理,但因各种历史原因在经过预处理后就近接入了城市生活污水处理厂。工业废水成分复杂,水质波动较大,给城市生活污水处理厂的运营管理带来挑战。因此,积极探讨接纳工业废水的城市生活污水处理厂的运营管理对策,寻找出水稳定达标的解决办法具有重要的现实意义。

以重庆市G污水处理厂为例,通过对比G污水处理厂进水水量、水质与设计要求,分析生活污水处理厂处理工业废水的工艺缺陷,调查污水处理厂的

运行管理水平、入网接管企业废水排放情况,探讨生活污水处理厂接管工业废水运行管理机制,对已接纳工业废水的生活污水处理厂的运营管理提出解决对策,以期为全国此类污水处理厂的运行管理提供借鉴。

## 1 G污水处理厂概况

重庆市G污水处理厂位于长江江畔,设计为生活污水处理厂兼收工业废水,设计生活污水占比53%,工业废水占比47%。G污水处理厂尾水排入长江,执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准。2018年的水质监测中发现,出水存在超标现象。

G污水处理厂一期工程处理规模为 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,采用改良A/A/O+深床滤池+二氧化氯消毒工艺,具体流程见图1。

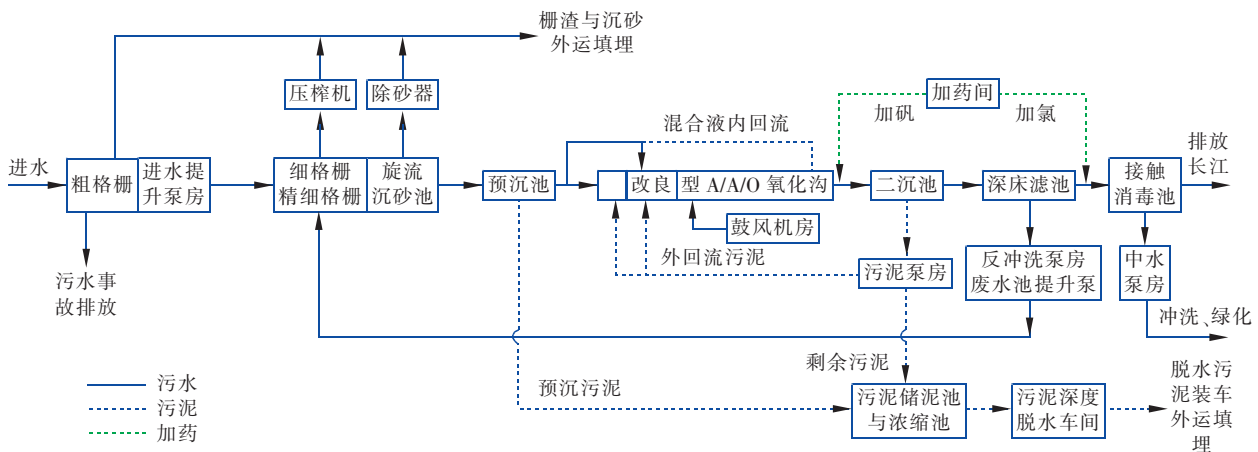


图1 G污水处理厂工艺流程

Fig. 1 Process flow chart of G sewage treatment plant

## 2 分析与讨论

### 2.1 G污水处理厂进水组成分析

G污水处理厂服务面积约 $57 \text{ km}^2$ ,服务人口约2.5万人,入网接管企业40家。企业工业废水排放量为 $1.19 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,厂区生活污水排放量为 $0.23 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。按人均废水排放量 $100 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 计算,城镇生活污水排放量为 $0.25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。G污水处理厂目前处理污(废)水量约为 $1.67 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,其中城镇和企业生活污水约为 $0.48 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,生活污水约占废水总量的29%,工业废水约占71%,工业废水实际占比远超设计值。由于设计初期对该区域工业发展趋势预测不足,认为工业企业将逐步退出,工业废水占比将逐步减小,G污水处

理厂最终将主要处理生活污水,因此G污水处理厂工艺设计为“格栅池+沉砂池+预沉池+改良型A/A/O氧化沟+二沉池+深床滤池+消毒”。对于目前进水以工业废水为主的G污水处理厂来说,这套处理工艺并不适用,因为工艺中既没有水解酸化等预处理单元来提高工业废水的可生化性,也没有针对工业废水中难降解物质的高级氧化单元,并且未设置事故调节池,该处理工艺抗负荷冲击能力较弱,生化系统存在较大威胁。

### 2.2 G污水处理厂运行状况分析

#### 2.2.1 污水处理工艺常用评价指标

生化处理是废水处理中的主流工艺,废水的可生化性是污水处理厂稳定运行的重要因素。通常利用 $\text{BOD}_5/\text{COD}$ ,即B/C来评价废水在好氧条件下的

微生物可降解性。一般情况下, B/C 值愈大, 说明废水可生物处理性愈好<sup>[1-2]</sup>。综合国内外的研究结果, 可用表 1 来评价废水的可生化性。在污水处理工艺上, BOD<sub>5</sub>/TN (即 C/N) 和 BOD<sub>5</sub>/TP (即 C/P) 比值是判别能否有效生物脱氮除磷的重要指标<sup>[3]</sup>, 其常用临界值见表 2。

表 1 污水可生化性评价界限

Tab. 1 Boundary value of sewage biodegradability assessment

B/C 值	>0.45	0.3~0.45	0.2~0.3	<0.2
可生化性	好	较好	较难	不宜生化

表 2 进水营养物比值评价

Tab. 2 Nutrient ratio evaluation of influent

项目	界值	评价
BOD <sub>5</sub> /TN	<3.5	碳源缺乏
BOD <sub>5</sub> /TP	<20	碳源缺乏

### 2.2.2 G 污水处理厂 2018 年度运行情况

G 污水处理厂各项指标设计进、出水浓度和 2018 年污水处理厂运行情况见表 3。利用 G 污水处理厂 2018 年进水监测数据绘制 B/C、C/N、C/P 变化曲线, 如图 2~4 所示。

表 3 G 污水处理厂进、出水设计水质和 2018 年运行状况

Tab. 3 Design quality of influent and effluent and operation status of G sewage treatment plant in 2018

项目	COD	BOD <sub>5</sub>	SS	TN	NH <sub>3</sub> -N	TP
设计进水	400	200	280	45	32	5
进水年均值	168	60	134	36	12	4
进水日均值	1	0	2	7	0	16
超标率 <sup>1</sup> /%						
设计出水	≤50	≤10	≤10	≤15	≤5(8)	≤0.5
出水年均值	22	6.7	7.5	8.5	0.3	0.19
出水日均值	9.6	3	16.2	0	0	3
超标率 <sup>2</sup> /%						
11 月—12 月出水均值 <sup>2</sup>	16	5.0	6.5	8.3	0.3	0.10

注: <sup>1</sup> 超标率 = 超标天数/取样天数, 进水取样天数为 361 d, 出水取样天数为 300 d。  
<sup>2</sup> 2018 年 11 月后 G 污水处理厂进水在线监测装置和过程仪表启动。

从表 3 可知, G 污水处理厂设计的 B/C 值为 0.5, C/N、C/P 分别为 4.4 和 40, 从设计来看, 该污水处理厂具有良好的生化性和脱碳除磷效果。但实际情况并非如此, 从图 2 可看出, 2018 年 G 污水处理厂有 290 d 的 B/C 值 > 0.30, 生化性良好的天数超过 80%, 但从图 3、4 来看, C/N 值仅有 3 d 高于

3.5, 显示碳源缺乏的天数比例达到 99%, C/P 值低于 20 的天数为 238 d, 全年约有 66% 的天数显示进水碳源缺乏。B/C 曲线和 C/N、C/P 曲线显示的结果存在着矛盾。

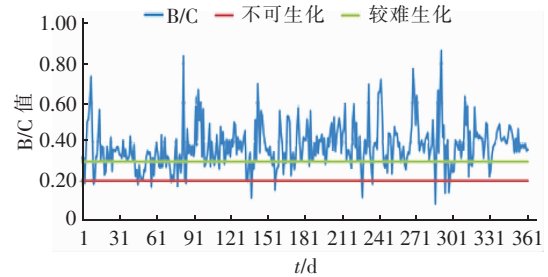


图 2 2018 年 G 污水处理厂进水 B/C 变化

Fig. 2 Variation of influent B/C ratio of G sewage treatment plant in 2018

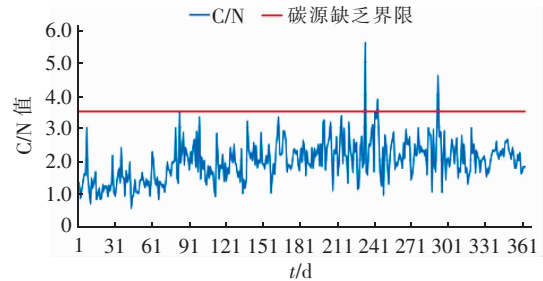


图 3 2018 年 G 污水处理厂进水 C/N 变化

Fig. 3 Variation of influent C/N ratio of G sewage treatment plant in 2018

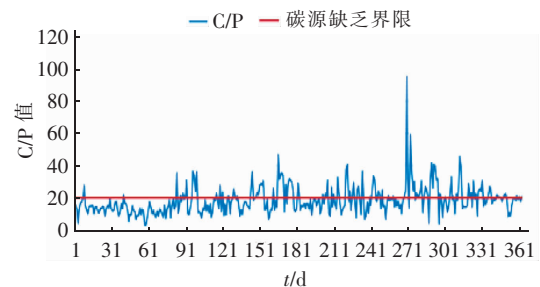


图 4 2018 年 G 污水处理厂进水 C/P 变化

Fig. 4 Variation of influent C/P ratio of G sewage treatment plant in 2018

从各指标日浓度分布结果来看, 进水 BOD<sub>5</sub> 实际日均值较设计值低很多, 浓度集中分布在 50~80 mg/L, 仅为进水设计浓度的 25%~40%; 进水 TN 实际日均值全年有 24 次超过进水设计浓度, 浓度集中分布在 30~45 mg/L, 多数频次比较接近进水设计值; 进水 TP 日均值全年有 56 次超过进水设计浓度, 日均值在设计进水值上下波动。进水 B/C 年均

值为 0.36,C/N、C/P 分别为 1.6 和 15,与进水设计比例差别较大,可见 G 污水处理厂的进水 C/N/P 比例失衡。为了维持生化系统稳定运行,该污水处理厂从 2017 年 11 月试运行开始投加辅助碳源和除磷剂,由于调控运行存在滞后性和药剂添加不足或者过量等问题,出水水质不稳定,曾有 4 项指标日均值出现超标。2018 年 11 月 G 污水处理厂进水水质在线监测装置启动,并增设碳源/除磷剂多点投加装置和氧化还原电位(ORP)、硝态氮、氨氮等过程仪表。分析发现,安装这些装置后调控更趋精细化,特

别是在碳源的投加上控制得更准确,运行效果改善明显,11 月—12 月出水主要指标月均值都低于年均值,未出现日均值超标,出水水质更稳定。

2.2.3 进水异常时期 G 污水处理厂调控运行情况

从 2018 年 G 污水处理厂各项指标进水浓度分布可知,存在个别指标某天浓度异常偏高,选取 2018 年 10 月 COD 浓度异常的时间段观测污水处理厂运行和调控状况。进水水质为实验室分析数据,具体见表 4,出水水质为在线监测数据,具体见图 5。

表 4 2018 年 10 月 10 日—19 日 G 污水处理厂进水水质及药剂投加量

Tab.4 Influent quality and dosage of G sewage treatment plant during October 10 - 19, 2018

日期	流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ )	BOD <sub>5</sub> / ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	COD/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	SS/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	TN/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	TP/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	NH <sub>3</sub> - N/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	碳源/ kg	除磷剂/ kg
2018-10-10	19 302	61	174	122	19.6	3.00	10.8	3 000	1 750
2018-10-11	18 589	63	166	103	21.2	2.34	11.9	3 000	1 500
2018-10-12	18 868	62	121	92	22.0	2.50	10.8	3 000	2 250
2018-10-13	18 408	65	188	141	23.5	3.04	9.7	3 000	1 750
2018-10-14	16 260	61	736	307	58.3	14.60	13.4	3 500	3 500
2018-10-15	16 671	68	169	127	23.2	2.15	10.1	3 000	2 250
2018-10-16	15 931	69	104	96	17.1	1.65	7.6	2 250	1 750
2018-10-17	15 637	48	139	117	19.2	1.85	11.1	3 000	1 500
2018-10-18	16 319	79	122	108	24.5	1.95	9.7	3 000	2 900
2018-10-19	17 557	80	150	124	28.4	3.30	11.1	3 250	3 000

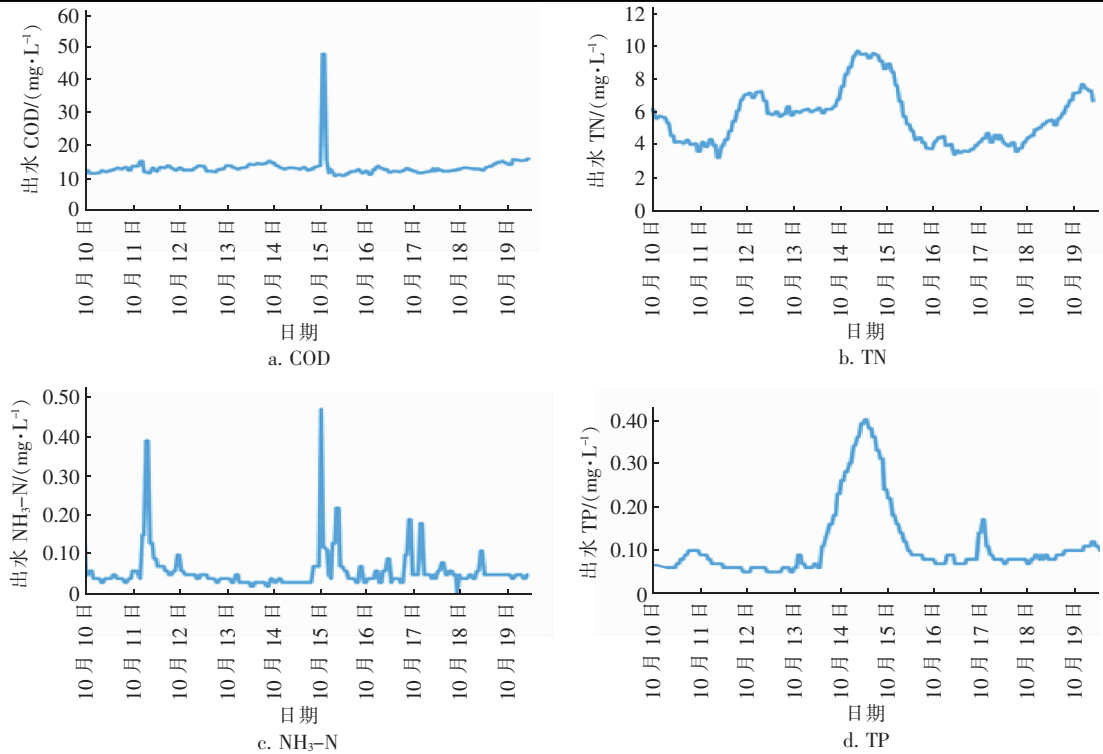


图 5 2018 年 10 月 10 日—19 日 G 污水处理厂出水水质

Fig.5 Effluent quality of G sewage treatment plant during October 10 - 19, 2018



从表 4 可以看出,10 月 14 日进水流量、BOD<sub>5</sub> 和 NH<sub>3</sub>-N 在正常波动范围内, COD、SS、TN 和 TP 浓度大大高于平时,个别指标到达平时的 4~5 倍水平,判断 SS 是主要冲击因素,由 SS 冲击导致 COD、TP 同步升高。当进水出现异常后,根据进水数据预判,出水数据修正,人为经验控制碳源和除磷剂(聚铝粉)投放量来进行调控。TP 主要通过工艺末端的物化除磷,出水浓度变化能及时观测到,出水 TP 浓度峰值出现在 10 月 14 日,最高 0.4 mg/L; COD、NH<sub>3</sub>-N 和 TN 的降解依赖于生化系统的运行,各指标的出水浓度高峰出现在 15 日, COD 浓度最高达

到 47.8 mg/L,接近一级 A 标准。从此次负荷冲击情况来看,由于污水处理厂无法实时掌握进水中工业废水水质及水量变化情况,工艺调控存在滞后性,药剂添加精准性不够,出水水质存在超标风险。

### 2.3 接管企业废水排放情况调查

G 污水处理厂入网接管企业有 40 家,目前这些企业未与该污水处理厂单独签订接管协议,采用与环境主管部门签订的排污许可证进行监管。40 家企业中废水排放量 1 000 m<sup>3</sup>/d 以上的企业有 5 家,这 5 家大型企业是 G 污水处理厂工业废水的主要来源,其排污许可允许浓度见表 5。

表 5 企业废水允许排放浓度与各项标准比较

Tab. 5 Comparison of permissible discharge concentrations of enterprise wastewater and different standards mg · L<sup>-1</sup>

项 目	COD	BOD <sub>5</sub>	SS	氨氮	总磷	总氮	总 Zn	总 Ni
某科技(重庆)有限公司	≤300	—	≤400	—	—	—	—	≤0.5
某汽车事业部	≤500	—	≤400	—	—	—	≤5	—
某乘用车基地	≤400	—	≤400	≤32	≤5	—	≤5	—
某轮胎有限公司	≤300	—	≤150	≤30	≤1	≤40	—	—
某发动机工厂	≤400	≤200	≤280	≤32	≤5	—	≤5	—
《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)三级标准	≤500	≤300	≤400	—	≤5	—	≤5	≤1
《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962—2015)	≤500	≤350	≤400	≤45	≤8	≤70	≤5	≤1

从表 5 可知,G 污水处理厂入网接管的 5 家大型企业排污许可约束指标不尽相同,总的来说,约束指标较少,常规指标不全,特征指标更少,监管力度不够。2018 年 10 月对 5 家大型企业排放废水随机抽查了 10 次瞬时样。结果显示, COD 为 130.0 ~ 342.4 mg/L,超允许排放浓度频次为 6%; BOD<sub>5</sub> 为 30.1 ~ 75.4 mg/L; TP 为 3.9 ~ 7.74 mg/L,超允许排放浓度频次为 8%; TN 为 38.1 ~ 102.5 mg/L,在 TN 指标上,只有 1 家企业有排污许可浓度,未出现超允许排放浓度现象,其余企业执行《污水排入城镇下水道水质标准》(TN 限值 70 mg/L),超标频次为 8%,某科技有限公司排放 TN 浓度最高,为 102.5 mg/L,是 G 污水处理厂进水设计浓度的 2 倍以上。另外,某科技有限公司还出现 1 次总 Ni 超允许排放浓度。可见,入网接管企业存在常规指标和重金属指标超允许浓度(或标准)排放的现象,应加强对其监管,严格查处违法、违规排放行为。5 家企业 10 次瞬时样的 B/C 值 > 0.3 的比例仅为 18%, C/N 值 > 0.35 的比例为 10%, C/P 值 > 20 的比例为 24%,说明工业废水可生化性较差,工业废水在 G 污水处理厂进水中占比较大,是影响污水处理厂进水可生化性的重要因素。

## 3 建议

### 3.1 完善企业接管许可,严格执行法律法规

根据《水污染防治法》第五十条,城镇污水集中处理设施排水污染物应符合排放标准,运营单位应对出水水质负责。环境保护主管部门会同住建部门要明晰污水处理厂和接管企业的责任和义务,通过接管合同或排污许可证约定水污染物允许排放浓度,约束指标要完善,涵盖常规因子和特征因子。根据《水污染防治法》第二十三条,污水处理厂和接管企业应开展自行监测,并保存原始监测记录,做到能自证清白。环境保护主管部门应加大监督监测频次,若发现自行监测数据造假行为必须从严执法,形成威慑,促使自行监测成为企业自律和行业公平的保障。

### 3.2 完善污水处理工艺,加强精细化控制

长期接纳工业废水的污水处理厂,建议完善污水处理工艺,有条件的可以考虑增加水解酸化、高级氧化等处理单元,改善污水的可生化性,提高污水处理效率<sup>[4]</sup>。若条件不允许,对于可生化性差,含氟化物、氰化物等有毒有害物质及铜、镍等金属物质的工业废水,建议经评估后限期退出生活污水处理厂接管。建议污水处理厂安装进水在线监测仪表,科

学测算 C/N、C/P 值,精确控制外加碳源或药剂投加量,优化投加点位;有条件的污水处理厂可以在核心处理单元增设过程仪表,如氧化还原电位(ORP)、硝态氮、氨氮、磷酸盐等在线监测仪表,加强精细化控制,实现处理效果实时监控,确保调控措施及时、准确、高效。

### 3.3 开展多部门监管,启动联合排查机制

开展多部门监管,污水处理行政主管部门应加强对污水处理厂日常运行的监督管理;环境保护主管部门应对污水处理厂和企业的废水排放建立全面在线监控,对企业环保设施运行开展重点督察,对超排企业督促落实整改,建立特定数据共享平台,帮助污水处理厂及时获取负荷冲击信息,实现工艺调整的同步化、精确化。污水处理厂和接管企业应做好环保设施的日常运行和管理维护,确保其出水水质符合要求,应安装自动监测设备并与主管部门联网,实时监控关键指标变化情况,发现异常情况及时调整工艺并上报行政主管和环境保护主管部门,启动联合排查机制。

### 3.4 完善应急预案,提升风险防范

长期接纳工业废水的污水处理厂,应考虑工业废水污染物浓度波动大、排放不规律,且含有难降解物质和有毒有害物质,会对活性污泥产生不同程度的抑制或毒害作用,这些因素具有冲击及累积效应,长期作用将导致系统稳定性下降,造成污水处理厂出水水质波动。因此污水处理厂应加强技术攻关,完善应急处置方案,提升风险防范和应急处置能力。

## 4 结语

由于历史原因,生活污水处理厂兼收工业废水的现状短期无法改变。受到进水 C/N/P 比例失衡、自身处理工艺缺陷、调控运行不当、入网企业超允许浓度排放等因素影响,此类污水处理厂难以稳定运行。建议通过完善污水处理工艺,增加精细化控制,规范企业接管许可,实施多部门监管联动,加强应急处置能力等措施改进污水处理厂运营管理,提升出水水质稳定性。

## 参考文献:

- [1] 邱兆富,王晓霞,吕树光,等.  $A^2/O$  与 ALO 工艺处理低 C/N 值城市污水的对比[J]. 中国给水排水,2012,28(15):12-16.

Qiu Zhaofu, Wang Xiaoxia, Lü Shuguang, et al. Comparison between  $A^2/O$  and ALO processes for treatment of municipal wastewater with low C/N ratio[J]. China Water & Wastewater, 2012, 28(15):12-16 (in Chinese).

- [2] 侯红娟,王洪洋,周琪. 进水 COD 浓度及 C/N 值对脱氮效果的影响[J]. 中国给水排水,2005,21(12):19-23.

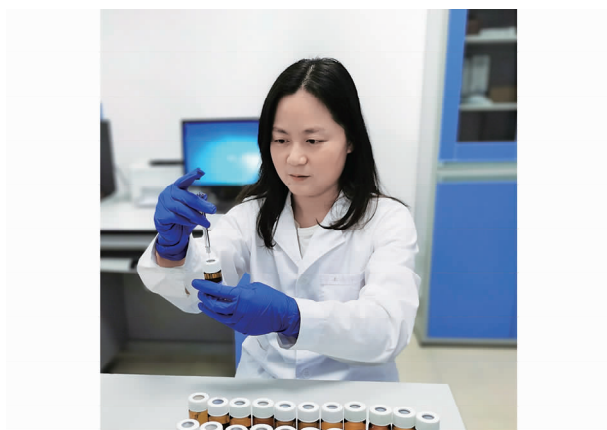
Hou Hongjuan, Wang Hongyang, Zhou Qi. Effect of influent COD concentration and C/N ratio on denitrification[J]. China Water & Wastewater, 2005, 21(12):19-23 (in Chinese).

- [3] 徐旻旻,胡湛波,秦雅琪,等. 智能化曝气控制 A/O 工艺处理低 C/N 生活污水有效性及其脱氮机制[J]. 环境工程学报,2017,11(10):5360-5367.

Xu Minyang, Hu Zhanbo, Qin Yaqi, et al. Treatment efficiency and nitrogen removal mechanism in low C/N ratio domestic wastewater treatment by intelligent aeration controlled A/O process [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2017, 11(10):5360-5367 (in Chinese).

- [4] 张旋,王启山. 高级氧化技术在废水处理中的应用[J]. 水处理技术,2009,35(3):18-22.

Zhang Xuan, Wang Qishan. Application of advanced oxidation technologies in wastewater treatment [J]. Technology of Water Treatment, 2009, 35(3):18-22 (in Chinese).



作者简介:尹真真(1979-),女,湖北潜江人,大学本科,正高级工程师,主要从事水体污染控制和修复工作。

E-mail:9241128@qq.com

收稿日期:2019-03-21