

杨韬, 张瑞娜, 曹瑞杰. 生活垃圾焚烧厂渗滤液水质的季节性差异及其处理特性分析[J]. 净水技术, 2022, 41(9):79-85.  
YANG T, ZHANG R N, CAO R J. Effects of seasonal variation on leachate characteristics of municipal solid waste incineration plant and treatment efficiency of combined process[J]. Water Purification Technology, 2022, 41(9): 79-85.



扫我试试?

## 生活垃圾焚烧厂渗滤液水质的季节性差异及其处理特性分析

杨韬<sup>1</sup>, 张瑞娜<sup>2,3,\*</sup>, 曹瑞杰<sup>2,3</sup>

(1. 上海环云再生能源有限公司, 上海 201603; 2. 上海环境卫生工程设计院有限公司, 上海 200232; 3. 上海市固体废物处理与资源化工程研究中心, 上海 200232)

**摘要** 以上海某大型生活垃圾焚烧厂渗滤液处理工程为研究对象, 研究了不同时间段垃圾渗滤液原水水质的变化情况以及现有渗滤液常规处理工艺各单元的处理性能随季节的变化情况。结果表明, 不同季节调节池进水均呈弱酸性, 夏季和秋季调节池进水的 SS、COD<sub>Cr</sub>、氨氮和 TN 浓度普遍高于春季和冬季; 季节变化对生化处理各单元有机物和总氮的去除性能有较大影响, 并影响膜浓缩液的产量以及膜过滤单元的处理性能, 应加快垃圾渗滤液生化处理新技术的研究开发和推广应用, 以提高垃圾渗滤液的处理效率并降低处理成本。垃圾渗滤液水质及其工艺处理性能的变化情况, 对其他陆续开展垃圾分类地区的垃圾焚烧厂稳定运行具有一定参考和指导意义。

**关键词** 垃圾焚烧厂 渗滤液 季节变化 水质特征 处理性能

中图分类号: X703 文献标识码: A 文章编号: 1009-0177(2022)09-0079-07

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2022.09.011

## Effects of Seasonal Variation on Leachate Characteristics of Municipal Solid Waste Incineration Plant and Treatment Efficiency of Combined Process

YANG Tao<sup>1</sup>, ZHANG Ruina<sup>2,3,\*</sup>, CAO Ruijie<sup>2,3</sup>

(1. Shanghai Huanyun Waste to Energy Co., Ltd., Shanghai 201603, China;

2. Shanghai Environmental & Sanitary Engineering Design Institute Co., Ltd., Shanghai 200232, China;

3. Shanghai Engineering Research Center of Solid Waste Treatment and Resource Recovery, Shanghai 200232, China)

**Abstract** Taking the leachate treatment project of a large municipal solid waste incineration plant in Shanghai as the research object, the variation of the quality of the raw water of leachate in different time periods and the variation of the treatment performance of each unit of the existing conventional treatment process with the seasons were investigated. Results showed that the regulating pool in different seasons was weakly acidic, the concentrations of SS, COD<sub>Cr</sub>, ammonia nitrogen and TN in influent in summer and autumn were generally higher than those in spring and winter. Seasonal variation had a great influence on the removal efficiency of organic matter and TN in biochemical treatment unit, and therefore affected the yield of membrane concentrate and subsequent treatment efficiency of membrane filtration unit. In order to improve the treatment efficiency and reduce the treatment cost, the research, development and promotion of novel biochemical treatment technology for leachate treatment shall be accelerated. The change of the quality of landfill leachate and its process performance have certain reference and guiding significance for the stable operation of other waste incineration plants in other waste classification areas.

**Keywords** municipal solid waste incineration plant leachate seasonal variation water quality characteristics treatment efficiency

[收稿日期] 2022-01-14

[基金项目] 2021年度上海城投科技创新计划项目: 渗滤液国产膜装备应用研究与示范(CTKY-CYHYD-2021-002)

[作者简介] 杨韬(1981—), 男, 硕士, 研究方向为湿垃圾处理及资源化, E-mail: yangtao8104@163.com。

[通信作者] 张瑞娜(1978—), 女, 博士, 研究方向为固废处理及资源化, E-mail: zhangrn@huanke.com.cn。

据我国统计年鉴数据,2019年全国城市生活垃圾清运总量达 24 206.2 万 t<sup>[1]</sup>,为使大量的生活垃圾得到有效处置,国家发改委出台了《“十三五”全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设规划》,倡导焚烧作为我国垃圾处置的主要方式,并计划到 2020 年底,全国设市城市生活垃圾焚烧处理能力占无害化处理总能力的 50% 以上,且全部达到清洁焚烧标准<sup>[2]</sup>。

垃圾焚烧因具有减量化效果明显、可产生电能等优点<sup>[3-4]</sup>,近年来发展十分迅速。2010 年,我国生活垃圾焚烧处置的比例仅为 18.8%<sup>[5]</sup>,但到了 2019 年,该比例已高达 50.70%<sup>[1]</sup>,焚烧已取代成为目前我国最主要的垃圾处置方式。然而,垃圾含水量较高,进炉焚烧前需在垃圾贮坑中堆酵 3~7 d,用于沥除水分、提高热值,所以这个过程会产生大量的垃圾渗滤液<sup>[6-8]</sup>,它是一种成分复杂、污染物浓度高的有机废水<sup>[9-12]</sup>,处理难度很大。目前,渗滤液常规处理工艺为“调节池+厌氧反应器+MBR 系统(两级 AO+外置式超滤膜)+纳滤系统”<sup>[13]</sup>,但 MBR 系统中的两级 AO 处理单元受各种不同要素的影响,尤其是随季节变化,垃圾组分、渗滤液水质特征等发生改变都会影响生化处理单元的处理性能,进而影响后续膜过滤单元的处理性能。

因此,本研究从季节变化的角度出发,对上海大型生活垃圾焚烧厂渗滤液处理厂进行了一年的水质监测监控,旨在通过研究季节变化对渗滤液水质及现行工艺的主要处理单元处理性能的影响,为采用“调节池+厌氧罐+MBR(两级 AO+外置式超滤膜)+纳滤”工艺的渗滤液处理工程的运行和管理提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 工艺简介

该生活垃圾焚烧厂渗滤液处理站采用常规的处理工艺,工艺流程为“调节池+厌氧+MBR(两级 AO+外置式超滤膜)+纳滤”,处理规模约为 500 m<sup>3</sup>/d,工艺流程如图 1 所示。

垃圾贮坑中的调节池进水先进入调节池进行水质水量调节,然后通过提升泵提升至厌氧反应器内,通过厌氧消化反应去除大量有机物后进入 MBR 系统。MBR 系统包括生化处理单元和膜分离单元,生化处理采用两级 AO 工艺,生化出水经外置式超滤

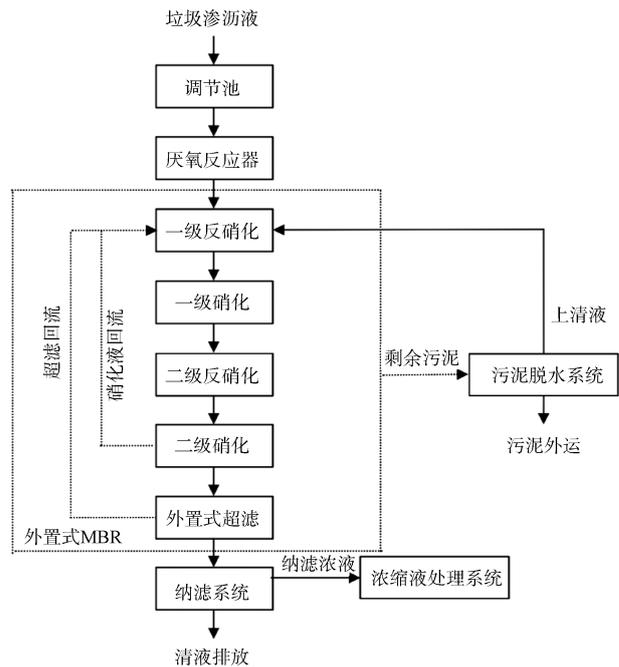


图 1 城市生活垃圾焚烧厂渗滤液处理工艺流程图

Fig. 1 Flow Chart of Municipal Solid Waste Incineration Leachate Treatment Process

膜实现泥水分离,浓缩后的泥水混合液通过内回流泵内流至首端缺氧池中进行反硝化脱氮。经超滤单元实现泥水分离的超滤清液进入纳滤单元进行深度处理。最后,纳滤清液中各项污染物指标达到上海市地标《污水综合排放标准》(DB 31/199—2018)三级排放标准。

### 1.2 研究方法和监测项目

本研究的监测周期为 2019 年 3 月—2020 年 2 月,监测频率为每月 2 次,分别于每月的 10 号和 20 号对“调节池+厌氧罐+MBR(两级 AO+外置式超滤膜)+纳滤”工艺的 5 个主要处理单元进行取样,分别为调节池进水、厌氧出水、生化出水、超滤出水和纳滤出水。同时,根据上海的气候条件,将 3 月—5 月划分为春季,6 月—8 月划分为夏季,9 月—11 月划分为秋季,12 月—次年 2 月划分为冬季。

水质监测方法采用《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962—2015)规定监测方法,pH 采用《水质 pH 值的测定 玻璃电极法》(GB/T 6920—1986),SS 采用《城镇污水水质标准检验方法》(CJ/T 51—2018),COD<sub>Cr</sub> 采用《水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法》(HJ 828—2017),氨氮采用《水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法》(HJ 535—

2009), TN 采用《水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法》(HJ 636—2012)。

## 2 调节池进水水质的季节性变化特征

本节主要讨论了调节池进水中 pH、SS、COD<sub>Cr</sub>、氨氮和 TN 浓度的季节性变化特征,本研究的监测频率为每月 2 次,本节讨论的每个月调节池进水的 pH、SS、COD<sub>Cr</sub>、氨氮和 TN 浓度均为月平均数值。

### 2.1 pH 变化特征

由图 2 可知,不同季节调节池进水总体呈弱酸性<sup>[14]</sup>,调节池进水的 pH 值为 6.24~6.72,不同季节调节池进水的 pH 差异较小,春季、夏季、秋季和冬季调节池进水的平均 pH 值分别为 6.58、6.48、6.34 和 6.54。

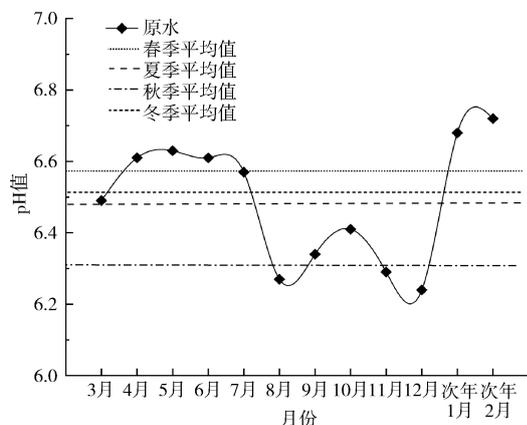


图 2 调节池进水 pH 值的变化特征

Fig. 2 pH Values Variation Characteristics of Leachate Influent

### 2.2 SS 变化特征

由图 3 可知,夏季和秋季调节池进水中 SS 的质量浓度变化较小,分别为 22 820~24 550 mg/L 和 22 310~24 830 mg/L;而春季和冬季调节池进水中 SS 的质量浓度变化较大,分别为 9 310~19 460 mg/L 和 7 270~24 160 mg/L。

由图 3 可知,夏季和秋季调节池进水中 SS 的浓度普遍高于春季和冬季,其主要原因是垃圾渗滤液是生活垃圾在垃圾贮坑中经数天堆酵所形成的,其主要组成成分为垃圾自身所含的水分、垃圾中的易降解物质堆酵产生的水分、垃圾中溶出的污染物以及细小悬浮物<sup>[15]</sup>。上海夏季和秋季的气温普遍高于春季和冬季,较高的气温会促进垃圾堆酵过程中细小颗粒物的溶出,因此,夏季和秋季调节池进水中 SS 的浓度普遍高于春季和冬季。

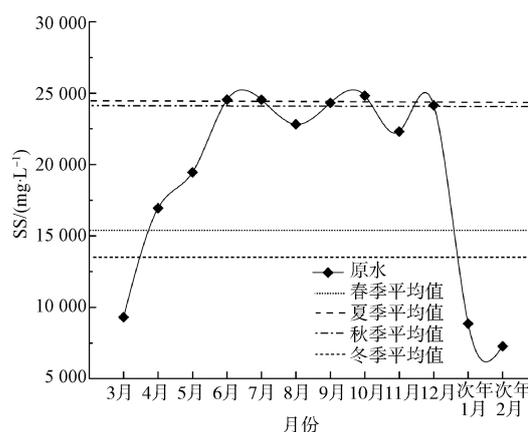


图 3 调节池进水 SS 的变化特征

Fig. 3 SS Variation Characteristics of Leachate Influent

### 2.3 COD<sub>Cr</sub> 变化特征

由图 4 可知,调节池进水中 COD<sub>Cr</sub> 的浓度在该年内波动幅度较大,质量浓度为 65 900~73 850 mg/L,相差约 7 950 mg/L,差幅比近 11.4%。

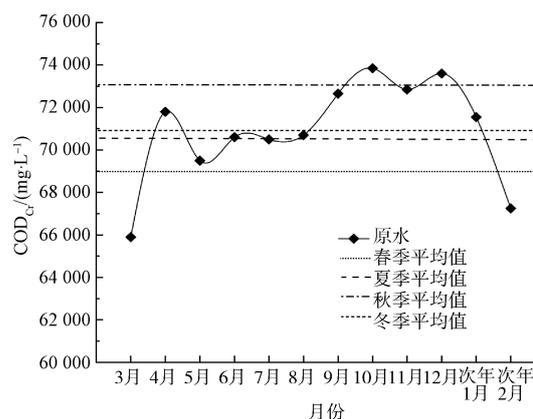


图 4 调节池进水 COD<sub>Cr</sub> 的变化特征

Fig. 4 COD<sub>Cr</sub> Variation Characteristics of Leachate Influent

由图 4 可知,春季调节池进水中 COD<sub>Cr</sub> 的平均质量浓度最低,为 69 067 mg/L,秋季最高,为 73 117 mg/L,夏季和冬季渗滤液调节池进水中 COD<sub>Cr</sub> 的平均质量浓度相差不大,分别为 70 600 mg/L 和 70 800 mg/L。产生这种季节性变化的主要原因是,夏季是一年中气温最高的季节,较高的气温会促进生活垃圾中微生物的活性,并且,相比其他季节,夏季垃圾中微生物的种类和数量也更多<sup>[16]</sup>,较多的微生物数量和较高的微生物活性会显著促进垃圾堆酵过程中更多有机物污染物的溶出。因此,夏季垃圾渗滤液中 COD<sub>Cr</sub> 的平均浓度相较于其他季节较高,

但夏季的降雨量相较于其他季节也更大,这会使垃圾渗滤液得到一定稀释,但相比春季,夏季调节池进水中  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  的平均质量浓度仍提升了约  $1\,533\text{ mg/L}$ ,这与楼紫阳等<sup>[17]</sup>的研究结果是相似的。进入秋季,气温虽相较于夏季有所下降,但仍明显高于春季和冬季,秋季生活垃圾中微生物的数量和活性仍保持在较高的水平,同时,秋季降雨量逐渐减少。因此,调节池进水中  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  的平均浓度在秋季达到了该年的峰值,这与姚远等<sup>[18]</sup>报道的结果是一致的。进入冬季后,调节池进水中  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  的浓度逐渐降低,其主要原因是,虽然冬季降雨量较少,但冬季生活垃圾的产量相较于其他季节也更少,同时,冬季较低的气温会显著降低垃圾中微生物的活性,进而影响垃圾堆酵过程中有机物的释放,因此,冬季调节池进水中  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  的平均质量浓度相较于秋季约降低了  $2\,317\text{ mg/L}$ 。

## 2.4 氨氮变化特征

由图 5 可知,调节池进水中氨氮的浓度在该年内变化显著,质量浓度为  $1\,050\sim 2\,450\text{ mg/L}$ ,相差近  $1\,400\text{ mg/L}$ ,差幅比高达  $80\%$ 。

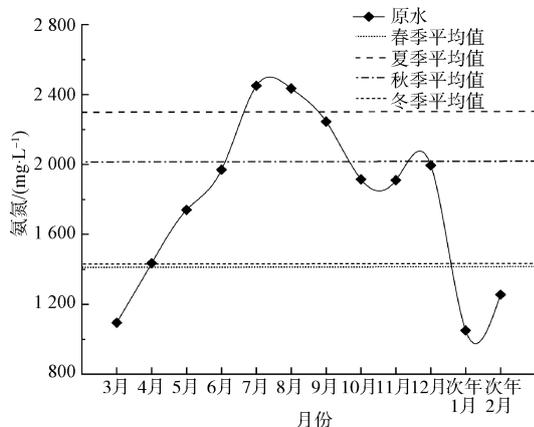


图 5 调节池进水氨氮的变化特征

Fig. 5 Ammonia Nitrogen Variation Characteristics of Leachate Influent

不同季节渗滤液调节池进水中氨氮的平均浓度变化规律为夏季>秋季>冬季>春季,夏季和秋季渗滤液调节池中氨氮浓度普遍高于春季和冬季,其中,夏季和秋季调节池进水中氨氮平均质量浓度分别为  $2\,285\text{ mg/L}$  和  $2\,023\text{ mg/L}$ ,春季和冬季分别为  $1\,423\text{ mg/L}$  和  $1\,433\text{ mg/L}$ 。研究指出,垃圾渗滤液中有机氮的主要来源于蛋白质,而蛋白质的分解速率受温

度的影响较大<sup>[19]</sup>。上海夏季和秋季的气温普遍高于春季和冬季,较高的气温有利于提高微生物活性、促进微生物活动,从而加速蛋白质中有机氮的释放,因此,夏季和秋季调节池进水中氨氮的浓度相较于春季和冬季普遍更高。

## 2.5 TN 变化特征

由图 6 可知,调节池进水中 TN 的浓度变化较大,质量浓度为  $1\,800\sim 3\,450\text{ mg/L}$ ,相差约  $1\,650\text{ mg/L}$ ,差幅比高达  $62.9\%$ 。这说明该年内调节池进水中 TN 的浓度差异显著。

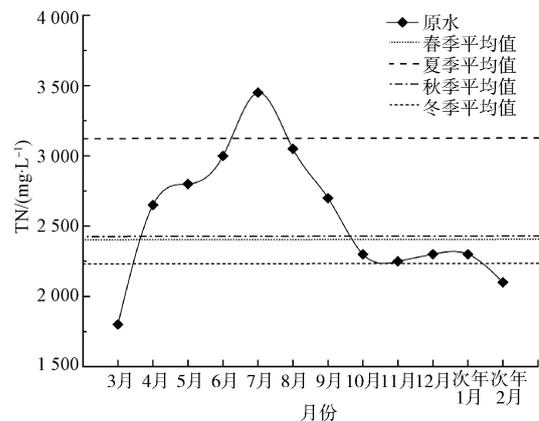


图 6 调节池进水 TN 的变化特征

Fig. 6 TN Variation Characteristics of Leachate Influent

氨氮是 TN 的重要组成,垃圾渗滤液中氨氮占 TN 的比例高达  $85\%$  以上<sup>[20]</sup>。不同季节调节池进水中 TN 的平均浓度变化规律与氨氮的变化相似,为夏季>秋季>春季>冬季。夏季调节池进水中 TN 的浓度普遍高于其他季节,平均质量浓度高达  $3\,167\text{ mg/L}$ ,春季和秋季调节池进水中 TN 的平均浓度相当,分别为  $2\,410\text{ mg/L}$  和  $2\,417\text{ mg/L}$ ,冬季调节池进水中 TN 的平均质量浓度最低,为  $2\,233\text{ mg/L}$ 。分析产生这种季节性变化的原因是,调节池进水中 TN 的主要成分为氨氮,夏季的气温普遍高于其他季节,释放出更多的氨氮化合物,所以氨氮化合物为 TN 的主要成分。

## 3 季节变化对主要处理单元处理性能的影响

### 3.1 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 去除性能

厌氧反应器作为前置处理单元,能通过厌氧消化反应去除渗滤液中大量的有机物。由表 1 可知,不同季节厌氧单元对调节池进水中  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  的去除

效果存在一定差异,夏季厌氧单元 COD<sub>Cr</sub> 的去除效果最好,平均去除率为 86.7%,春季、秋季和冬季厌

氧单元 COD<sub>Cr</sub> 的平均去除率分别为 85.7%、83.8% 和 83.5%,这与徐昌文<sup>[21]</sup>的研究结果是相似的。

表 1 季节变化对主要处理单元 COD<sub>Cr</sub> 去除性能的影响

Tab. 1 Effect of Seasonal Variation on COD<sub>Cr</sub> Removal Efficiency in Main Treatment Unit

| 季节 | 进水质<br>量浓度<br>/(mg·L <sup>-1</sup> ) | 厌氧单元                           |           | 生化单元                           |           | 超滤单元                           |           | 纳滤单元                           |           | 总去<br>除率 |
|----|--------------------------------------|--------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|----------|
|    |                                      | 出水平均<br>/(mg·L <sup>-1</sup> ) | 平均<br>去除率 |          |
| 春季 | 69 067                               | 9 903                          | 85.7%     | 1 092                          | 89.0%     | 867                            | 20.6%     | 187                            | 78.5%     | 99.7%    |
| 夏季 | 70 600                               | 10 363                         | 86.7%     | 790                            | 91.6%     | 584                            | 26.1%     | 133                            | 77.2%     | 99.8%    |
| 秋季 | 73 117                               | 11 858                         | 83.8%     | 995                            | 91.6%     | 738                            | 25.8%     | 169                            | 77.2%     | 99.8%    |
| 冬季 | 70 800                               | 11 680                         | 83.5%     | 773                            | 93.4%     | 575                            | 25.6%     | 145                            | 74.7%     | 99.8%    |

由表 1 可知,不同季节生化系统 COD<sub>Cr</sub> 的去除效果也存在一定差异,春季生化系统 COD<sub>Cr</sub> 的去除效果最差,春季生化出水 COD<sub>Cr</sub> 的平均质量浓度仍高达 1 092 mg/L,平均去除率仅为 89.0%。研究指出,生化出水中有机物浓度过高会导致膜浓缩液产量增多并严重影响到后续膜过滤单元的处理性能,对此需提高警惕<sup>[22]</sup>。夏季、秋季和冬季生化系统 COD<sub>Cr</sub> 的平均去除率均高于 90%,分别为 91.6%、91.6%和 93.4%。生化出水经超滤单元实现泥水分离后,超滤出水需经纳滤单元深度处理后方能达标排放。不同季节纳滤出水中 COD<sub>Cr</sub> 的平均浓度以及纳滤单元 COD<sub>Cr</sub> 的去除率差异较小,主要原因是纳滤作为深度处理单元,其良好的污染物

截留能力可以保证不同季节超滤出水经纳滤单元处理后,纳滤出水中 COD<sub>Cr</sub> 的浓度总能达到规定的排放标准。

### 3.2 氨氮去除性能

氨氮的去除主要发生在生化处理单元中的好氧单元。由表 2 可知,不同季节生化系统氨氮的去除率均为 99.8%,不同季节生化出水中氨氮的平均质量浓度为 4~6 mg/L,该年内生化出水中氨氮的浓度总远低于规定的排放标准。

虽然不同季节调节池进水中氨氮的浓度有较大波动,但良好的生化处理单元能解决不同季节调节池进水中氨氮浓度波动幅度大的问题,从而保证出水中氨氮的浓度总能远低于规定的排放标准。

表 2 季节变化对主要处理单元氨氮去除性能的影响

Tab. 2 Effect of Seasonal Variation on Ammonia Nitrogen Removal Efficiency in Main Treatment Unit

| 季节 | 进水质<br>量浓度<br>/(mg·L <sup>-1</sup> ) | 厌氧单元                           |           | 生化单元                           |           | 超滤单元                           |           | 纳滤单元                           |           | 总去<br>除率 |
|----|--------------------------------------|--------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|----------|
|    |                                      | 出水平均<br>/(mg·L <sup>-1</sup> ) | 平均<br>去除率 |          |
| 春季 | 1 423                                | 1 705                          | —         | 4                              | 99.8%     | 1                              | 75.0%     | <1                             | —         | 99.9%    |
| 夏季 | 2 285                                | 2 605                          | —         | 6                              | 99.8%     | 1                              | 83.3%     | <1                             | —         | 99.9%    |
| 秋季 | 2 023                                | 2 450                          | —         | 4                              | 99.8%     | 1                              | 75.0%     | <1                             | —         | 99.9%    |
| 冬季 | 1 433                                | 1 932                          | —         | 4                              | 99.8%     | 1                              | 75.0%     | <1                             | —         | 99.9%    |

### 3.3 TN 去除性能

由表 3 可知,春季和冬季生化处理单元 TN 的去除效果较差,平均去除率分别为 94.9% 和 94.8%,夏季和秋季生化处理单元 TN 的去除效果,平均去除率分别为 96.2% 和 96.5%。产生这种季节性差异主要原因是,春季和冬季的气温普遍低于

夏季和秋季,低温会显著影响微生物的活性,虽然该垃圾焚烧厂有相应的低温防护措施,但春季和冬季生化处理单元的脱氮性能相较于夏季和秋季还是差一些。渗滤液经生化单元处理后,生化出水中 TN 的浓度仍未达标,需要进行膜深度处理。生化出水经超滤-纳滤单元处理后,发现不同季节纳滤出水

中 TN 的总去除率均维持在 98% 左右。纳滤单元作为深度处理单元,其良好的污染物截留能力能保证纳滤出水中 TN 的浓度不会因为季节变化而受到较大影响,从而保证纳滤出水中 TN 的浓度总能达到规定的排放标准。但是,不同地区调节池进水的的水质特征以及生化单元的处理性能存在一定的差别,

某些垃圾焚烧厂生化出水 TN 的浓度偏高,并且经纳滤处理后仍不能达标,为此,不得不启用反渗透膜,这极大地增加了渗滤液的处理成本<sup>[23-25]</sup>。因此,亟需对传统两级 AO 生化处理工艺进行改进,以提高生化单元的处理性能,并降低渗滤液的处理成本。

表 3 季节变化对主要处理单元 TN 去除性能的影响

Tab. 3 Effect of Seasonal Variation on TN Removal Efficiency in Main Treatment Unit

| 季节 | 进水质<br>量浓度<br>/(mg·L <sup>-1</sup> ) | 厌氧单元                           |           | 生化单元                           |           | 超滤单元                           |           | 纳滤单元                           |           | 总去除率  |
|----|--------------------------------------|--------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|-------|
|    |                                      | 出水平均<br>/(mg·L <sup>-1</sup> ) | 平均<br>去除率 |       |
| 春季 | 2 416                                | 2 417                          | —         | 123                            | 94.9%     | 106                            | 13.5%     | 50                             | 52.6%     | 97.9% |
| 夏季 | 3 167                                | 3 250                          | —         | 124                            | 96.2%     | 111                            | 10.5%     | 52                             | 53.3%     | 98.4% |
| 秋季 | 2 417                                | 2 600                          | —         | 91                             | 96.5%     | 80                             | 11.6%     | 37                             | 53.6%     | 98.5% |
| 冬季 | 2 233                                | 2 500                          | —         | 129                            | 94.8%     | 112                            | 13.2%     | 53                             | 52.7%     | 97.6% |

## 4 结论与建议

(1) 不同季节调节池进水均呈弱酸性, pH 值为 6.24~6.72; 调节池进水中 COD<sub>Cr</sub> 平均质量浓度为秋季>冬季>夏季>春季; 夏季和秋季调节池进水中 SS 的浓度高于春季和冬季; 氨氮的平均质量浓度为夏季>秋季>冬季>春季; TN 平均浓度为夏季>秋季>春季>冬季。

(2) 不同季节厌氧单元 COD<sub>Cr</sub> 的去除性能为夏季>春季>秋季>冬季; 不同季节生化单元 COD<sub>Cr</sub> 的去除性能为冬季>夏季=秋季>春季。生化单元氨氮的去除性能受季节变化影响较小, 春季和冬季生化单元 TN 的平均去除率较低, 分别为 94.9% 和 94.8%, 夏季和秋季生化单元 TN 的平均去除率较高, 分别为 96.2% 和 96.5%, 不同季节氨氮的去除率均为 99.8%, 纳滤单元抗水质季节性变化能力较强, 不同季节纳滤出水中各项污染物指标的浓度均能稳定达到排放的标准。

(3) 不同季节纳滤出水虽然总能达标排放, 但仍需警惕季节变化对生化单元有机物去除和脱氮性能的影响, 如春季生化出水 COD<sub>Cr</sub> 平均质量浓度仍高达 1 092 mg/L, 过高的有机物浓度会使膜浓缩液产量增大并影响后续膜过滤单元的处理性能; 同时, 季节变化会影响生化单元的脱氮性能, 在实际运行中应重视水质及温度变化等因素的影响, 并加快渗滤液生化处理新工艺的研究和开发, 以提高渗滤液

的处理效率并降低其处理成本。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 2020 年中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2020.
- [2] 王晓东, 贾川, 赵爱华. 上海焚烧飞灰管理现状与典型案例分析[J]. 环境卫生工程, 2020, 28(1): 50-53.
- [3] WANG K, NAKAKUBO T. Comparative assessment of waste disposal systems and technologies with regard to greenhouse gas emissions: A case study of municipal solid waste treatment options in China[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 260: 120827. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120827.
- [4] LIU Y, WANG J L. Treatment of fresh leachate from a municipal solid waste incineration plant by combined radiation with coagulation process [J]. Radiation Physics and Chemistry, 2020, 166: 108501. DOI: 10.1016/j.radphyschem.2019.108501.
- [5] 中华人民共和国国家统计局. 2011 年中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.
- [6] CHEN W M, HE C, ZHUO X C, et al. Comprehensive evaluation of dissolved organic matter molecular transformation in municipal solid waste incineration leachate [J]. Chemical Engineering Journal, 2020, 400: 126003. DOI: 10.1016/j.cej.2020.126003.
- [7] YE Z L, XIE X Q, DAI L H, et al. Full-scale blending treatment of fresh MSWI leachate with municipal wastewater in a wastewater treatment plant [J]. Waste Management, 2014, 34(11): 2305-2311.
- [8] LIU Z, SUN D Z, TIAN H Z, et al. Enhancing biotreatment of incineration leachate by applying an electric potential in a partial

- nitritation-Anammox system[J]. *Bioresource Technology*, 2019, 285: 121311. DOI: 10.1016/j.biortech.2019.121311.
- [9] LEI Y Q, SUN D Z, DANG Y, et al. Metagenomic analysis reveals that activated carbon aids anaerobic digestion of raw incineration leachate by promoting direct interspecies electron transfer[J]. *Water Research*, 2019, 161: 570-580. DOI: 10.1016/j.watres.2019.06.038.
- [10] WANG T, HUANG Z X, RUAN W Q, et al. Insights into sludge granulation during anaerobic treatment of high-strength leachate via a full-scale IC reactor with external circulation system[J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2018, 64: 227-234. DOI: 10.1016/j.jes.2017.06.024.
- [11] YIN Z, XIE L, KHANAL S K, et al. Interaction of organic carbon, reduced sulphur and nitrate in anaerobic baffled reactor for fresh leachate treatment[J]. *Environmental Technology*, 2016, 37(9): 1110-1121.
- [12] ZHANG C, ZHU X D, WU L, et al. Calcium and organic matter removal by carbonation process with waste incineration flue gas towards improvement of leachate biotreatment performance[J]. *Bioresource Technology*, 2017, 240: 165-170. DOI: 10.1016/j.biortech.2017.03.048.
- [13] 杨静, 黄丹. 垃圾发电厂渗滤液处理中存在的问题剖析[J]. *水处理技术*, 2020, 46(3): 135-137, 140.
- [14] LUO H W, ZENG Y F, CHENG Y, et al. Recent advances in municipal landfill leachate: A review focusing on its characteristics, treatment, and toxicity assessment[J]. *Science of the Total Environment*, 2020, 703: 135468. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135468.
- [15] 魏云梅, 赵由才. 垃圾渗滤液处理技术研究进展[J]. *有色冶金设计与研究*, 2007, 28(z1): 176-181, 186.
- [16] 陈朱蕾, 曹丽, 江娟, 等. 固体垃圾和渗滤液中总DNA提取及微生物多样性分析[J]. *环境卫生工程*, 2007(5): 35-38.
- [17] 楼紫阳, 赵由才. 不同季度渗滤液性质研究[J]. *水处理技术*, 2006(2): 38-40.
- [18] 姚远, 陈浩. 浅论垃圾渗滤液处理工程调试及运行[J]. *城市周刊*, 2019(19): 77-78.
- [19] 刘险峰. 催化湿法氧化法对垃圾渗滤液的脱氮作用[D]. 长春: 吉林大学, 2004.
- [20] 陈锦文. 矿化垃圾处理渗滤液中氯化物的试验研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2007.
- [21] 徐昌文. 季节变化对渗沥液原水性质及处理效果的影响[J]. *净水技术*, 2018, 37(6): 73-77.
- [22] 罗丹, 晏云鹏, 全学军. 膜分离技术在垃圾渗滤液处理中的应用[J]. *化工进展*, 2015, 34(8): 3133-3141.
- [23] 赵永志, 陈刚, 国瑞峰, 等. 垃圾渗滤液膜处理浓缩液的减量化及处理工艺探讨[J]. *给水排水*, 2015, 41(7): 35-37.
- [24] QUAN X, HUANG K, LI M, et al. Nitrogen removal performance of municipal reverse osmosis concentrate with low C/N ratio by membrane-aerated biofilm reactor[J]. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 2018, 12(6): 5. DOI: 10.1007/s11783-018-1047-6.
- [25] MANDAL P, DUBEY B K, GUPTA A K. Review on landfill leachate treatment by electrochemical oxidation: Drawbacks, challenges and future scope[J]. *Waste Management*, 2017, 69: 250-273. DOI: 10.1016/j.wasman.2017.08.034.

## 水厂视界

### 全国第七座百万吨级污水处理厂

郑州新区污水处理厂隶属于郑州市污水净化有限公司,服务面积为 328 km<sup>2</sup>,设计总规模为 100 万 m<sup>3</sup>/d,一期建设规模为 65 万 m<sup>3</sup>/d,承担了郑州市 40% 以上的污水处理量,集污水处理、污泥处理为一体,是全国第七座百万吨级的大型污水处理厂,为河南省重点工程,同时也是河南省乃至淮河流域规模最大、功能最全的污水处理厂。

该厂在整个设计过程中,项目采用了一系列新理念、新技术和新方法,主要有如下几点:(1)厂网联动,实现水量平衡化;(2)能量平衡,实现能源节约化;(3)节能降耗,实现资源平衡化;(4)科技创新,实现管理智慧化;(5)创造领先,实现“零碳”概念化;(6)管理创新,实现调控精准化。

(供稿单位:郑州市污水净化有限公司)



扫描二维码阅读全文