

垃圾焚烧厂渗滤液与餐厨废水协同处理工程实例研究

孙 超

上海康恒环境股份有限公司 上海 201703

摘要：本研究以某市静脉产业园的综合污水处理站为研究对象，系统分析了“预处理+UASB+A/O+外置式UF+NF+RO”处理工艺在协同处理垃圾焚烧渗滤液和餐厨废水中的应用效果。研究表明，在餐厨废水年均掺配比为33%的情况下，综合污水处理系统具有高效稳定的处理效果，COD、氨氮、氯离子和电导率去除率分别达到99.8%、99.8%、94.7%和96.5%，总产水率可达到63%，产水水质稳定达到回用标准。

关键词：垃圾焚烧厂渗滤液；餐厨废水；协同处理；技术经济分析

前言

餐厨废水是餐厨垃圾经过固液分离后产生的高浓度有机废水，具有高有机物浓度、高盐分和高油脂的特点^[1]。目前，国内主要采用湿式厌氧系统处理餐厨废水，但经厌氧处理后的出水碳氮比(C/N)较低，存在碳源不足、脱氮效率低及运行成本高等问题^[2]。垃圾焚烧厂渗滤液则是生活垃圾在焚烧厂垃圾仓中经3-7天脱水发酵后产生的高浓度有机废水，有机物浓度高达4000-8000mg/L，同时具有高盐度，高色度及恶臭等特点^[3]。鉴于这两种废水在水质特性上的互补性，可考虑将它们混合后进行协同处理，利用渗滤液中的高COD作为餐厨废水的碳源补充，从而改善整体处理效果并降低运行成本^[4]。

某市静脉产业园生活垃圾焚烧发电厂综合污水处理站生活垃圾渗滤液设计产生量为339m³/d，餐厨废水设计产生量为100m³/d，考虑到初期雨水、生活污水等其他低浓度污水量，整套系统规模按照550m³/d设计。生活垃圾渗滤液由生活垃圾焚烧厂垃圾仓脱水发酵产生，经渗滤液输送泵提升至综合污水处理站处理。餐厨废水来自静脉产业园餐厨垃圾处理系统出水，处理工艺为“餐厨预处理+高温湿式厌氧消化+沼气净化储存+污泥脱水处理”。餐厨垃圾经预处理系统分离油脂后，粗油脂对外销售，浆液进入高温两相湿式厌氧消化系统发酵。厌氧发酵产生的废水送至综合污水处理站处理。综合污水处理系统设计出水满足《城市污水再生利用工业用水水质》(GB/T19923-2005)^[5]中敞开式循环冷却水系统补充水标准，用于厂内循环冷却水系统，实现渗滤液系统零排放。

1 材料与方法

1.1 工艺流程

综合污水处理站采用“预处理+UASB+A/O+外置式UF+NF+RO”的处理工艺。餐厨废水和渗滤液首先进入

高效厌氧系统进行水解发酵，降解大分子有机物并提高可生化性。随后进入生物处理系统进行反硝化/硝化反应，脱氮并去除COD。UF单元实现泥水分离，满足后续系统进水要求。UF出水进入膜深度处理系统，截留胶体、盐分及残留有机物，确保最终产水达标回用。其中纳滤系统出水率不低于85%，反渗透系统出水率不低于75%，整体回收率不低于65%。

1.2 分析方法

本研究对综合污水处理站2023年全年水质进行了监测，其中COD_{Cr}通过重铬酸钾法进行测定，NH₃-N通过纳氏试剂分光光度法进行测定，SS通过重量法测定，Cl⁻通过硝酸银滴定法进行测定，电导率通过电极法进行测定，pH通过玻璃电极法进行测定^[6]。

2 结果与讨论

2.1 进水水量及餐厨废水占比分析



图1 综合污水处理站全年污水进水量及餐厨废水占比分析

综合污水处理站2023年各月污水总进水量、餐厨废水进水量及占比如图1所示。污水总进水量年均值为284.17t/d（全年波动范围为164.10-520.54t/d），餐厨废水进水量的年均值为87.10t/d（全年波动范围为67.13-97.84t/d），餐厨废水掺配比年均值为33%。掺配比的最低值出现在8月份，达到19%；最高值出现在12月份，达到43%。这一现象主要归因于焚烧厂渗滤液受温度及降水量等因素的影响^[7]，呈现夏季产生量高、冬季产生量低的特点，从

而导致餐厨废水占比呈现夏季低、冬季高的趋势。

2.2 进水水质对比分析

焚烧厂渗滤液、餐厨废水及混合后的综合污水水质特征如表1所示，表明焚烧厂渗滤液和餐厨废水均具有污染物浓度高、成分复杂的特点^[4]，但在pH、COD_{cr}、NH₃-N等指标上存在显著差异。

由表1可见，焚烧厂渗滤液pH呈弱酸性，年均值为

6.9（波动范围为6.3-7.8），COD和NH₃-N浓度偏高，年均值分别为30833mg/L（波动范围13153-41203mg/L）和1689mg/L（波动范围1002-2262mg/L），碳氮比约为18：1。而餐厨废水经湿式厌氧系统处理后呈弱碱性，年均pH为8.2（波动范围7.4-8.6），COD和NH₃-N年均值分别为5593mg/L（波动范围3108-14030mg/L）和850mg/L（波动范围505-1018mg/L），碳氮比约为7：1。

表1 焚烧厂渗滤液和餐厨废水进水水质对比表

污水种类	pH	COD _{cr} (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SS (mg/L)	电导率 (μs/cm)
渗滤液	6.9	30833	1689	3683	5658	26455
餐厨废水	8.2	5593	850	2653	3219	26599
综合污水	7.9	8576	1543	2879	3181	24229

2.3 综合污水处理站各单元运行情况

本节分析渗滤液处理站中关键处理系统的运行效果，评估其处理效能。根据表2所示，综合污水处理站在污染物去除方面表现出极高的效率，对COD、NH₃-N、

Cl⁻和电导率的去除率可分别达到99.8%、99.8%、94.7%和96.5%。此外，该系统总产水率达到63%，产水水质可稳定达到《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2005）^[5]中敞开式循环冷却水系统补充水标准。

表2 综合污水处理站各单元处理效果分析

处理单元	COD _{cr} (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	电导率 (μs/cm)
UASB系统进水	8576	1543	2879	24229
UASB系统产水	3129	1671	2720	22960
A/O系统产水	914	16	2438	12954
外置UF产水	500	8	2283	12425
NF+RO产水	13	3	154	854
总去除率	99.8%	99.8%	94.7%	96.5%

2.3.1 UASB系统效果分析

UASB系统主要通过水解发酵反应去除渗滤液中的有机物^[8]。根据表2所示，UASB系统的COD去除率年均值为62.0%（全年波动范围为45.1%-82.3%），出水COD浓度年均值为3129mg/L（全年波动范围为1559-5252mg/L）。值得注意的是，UASB对氨氮未表现出明显的去除效果，出水氨氮浓度反而有所上升，这可能是与水解发酵过程中渗滤液中的含氮有机物转化成氨氮有关^[9]。

2.3.2 A/O系统处理效果分析

A/O系统作为生化段的核心处理单元，主要承担COD和NH₃-N的去除任务。根据表2数据，A/O系统年均COD去除率达到70.1%（波动范围63.4%-76.6%），出水COD浓度年均值为914mg/L（波动范围570-1918mg/L）；NH₃-N去除率年均值为99.1%（波动范围98.6%-99.3%），出水NH₃-N浓度年均值为16mg/L（波动范围11-22mg/L）。上述数据表明，A/O系统对COD和NH₃-N具有高效稳定的去除能力。

2.3.3 UF系统处理效果分析

UF系统的主要作用是对A/O系统产水进泥水分离，

同时去除部分有机物，保证膜深度处理系统的进水水质要求。根据表2所示，UF系统年均COD去除率率达到43.6%（波动范围为15.4%-59.5%），出水COD浓度年均值为500mg/L（波动范围为303-1050mg/L）；NH₃-N去除率年均值为56.9%（波动范围为40.0%-86.4%），出水NH₃-N浓度年均值为8mg/L（波动范围为3-14mg/L）。

2.3.4 膜深度处理系统效果分析

膜深度处理系统作为终端处理工艺，其主要目标是进一步去除生化段产水中的残余有机物及盐分，保证最终产水水质满足标准要求^[10]。根据表2数据，膜深度处理系统的COD去除率年均值为97.2%（波动范围为94.8%~98.5%），出水COD浓度年均值为13mg/L（波动范围为8~27mg/L）；Cl⁻去除率年均值为93.2%（波动范围为89.3%~95.8%），出水Cl⁻浓度年均值为154mg/L（波动范围为105~223mg/L）；电导率去除率年均值为93.1%（波动范围为89.2%~94.9%），出水电导率浓度年均值为854μs/cm（波动范围为598~1364μs/cm）。同时，膜深度处理系统整体回收率为63%，运行数据表明该系统产水率和产水水质可稳定达到设计要求。

3 结论

(1) 焚烧渗滤液与餐厨废水混合后进行协同处理具有良好的可行性。在餐厨废水年均掺配比为33%的情况下,采用“预处理+UASB+A/O+外置式UF+NF+RO”处理工艺的综合污水处理系统展现出高效且稳定的处理效果,证明该工艺是垃圾焚烧渗滤液和餐厨废水协同处理的可靠选择。

(2) 本研究结果表明,综合污水处理站对污染物具有良好的去除效果,产水COD $\leq 27\text{mg/L}$ 、NH₃-N $\leq 5\text{mg/L}$ 、Cl⁻ $\leq 223\text{mg/L}$ 、电导率 $\leq 1364\mu\text{s/cm}$,系统整体回收率可达63%,出水水质可稳定达到《城市污水再生利用工业用水水质》(GB/T19923-2005)中敞开式循环冷却水系统补充水标准。

参考文献

- [1]王雨凡.2024.餐厨废水两相厌氧生物处理强化技术研究[D].江南大学硕士学位论文.
- [2]许明俊,向赠焯.2024.生活垃圾焚烧发电厂垃圾渗滤液与餐厨废水协同处理设计及应用[J].广东化工,51(09):142-145.
- [3]住房和城乡建设部.2016.生活垃圾渗沥液处理技术导则RISN-TG023-2016[M].北京:中国建筑工业出版社.
- [4]胡唯琛,马瑶瑶,姜鹏飞.2023.餐厨废水与生活垃圾渗滤液协同处理的影响分析[J].山东化工,52(24):236-237+240.
- [5]中华人民共和国国家标准.2005.城市污水再生利用-工业用水水质[S].GB/T 19923-2005.
- [6]国家环境保护总局.2002.水和废水监测分析方法(第四版)[M].北京:中国环境科学出版社.
- [7]Tsarpali V, Kamilari M, Dailianis S. 2012. Seasonal alterations of landfill leachate composition and toxic potency in semi-arid regions[J]. Journal of Hazardous Materials, 233: 163-171.
- [8]阳灿.2019.预处理+UASB+MBR+NF+RO组合工艺处理垃圾发电厂渗滤液工程实践[J].净水技术,38:102-107.
- [9]章万喜,潘乔晖,黎忠,詹广峰,梁慧敏,何丽君,孔成功.2022.UASB-MBR-NF/RO工艺处理焚烧发电厂垃圾渗滤液[J].工业水处理,42(8): 157-162.
- [10]任美泽,常亮,杨敏,等.2018.UASB+外置MBR系统+NF+RO工艺处理垃圾发电厂渗滤液[J].水处理技术,44: 132-134+138.