

生活垃圾渗滤液与易腐垃圾渗沥液协同处置技术实践研究

王 健 洪利宾 王 琳

建德浦发热电能源有限公司 浙江 杭州 310000

摘 要: 本文研究了生活垃圾渗滤液与易腐垃圾渗沥液的协同处置技术。通过对两种渗滤液特性的分析,指出了其处理难点。现有单独处理技术包括生物处理和物理化学处理,均存在局限性。建德项目采用“预处理+厌氧+外置式CJMBR+纳滤+反渗透”协同处置工艺,实现高效处理和资源化利用,出水水质稳定达标并全部回用。该项目在经济效益和环境效益方面均表现出色,为类似渗滤液处理提供了有价值的参考。

关键词: 生活垃圾渗滤液; 易腐垃圾渗沥液; 协同处置技术

引言: 随着城市化进程的加快,生活垃圾与易腐垃圾的处理成为环保领域的重要课题。渗滤液作为垃圾处理过程中的关键废水,其高效处理和资源化利用对于环境保护至关重要。本文旨在探讨生活垃圾渗滤液与易腐垃圾渗沥液的协同处置技术,通过分析其特性和现有处理技术的局限性,结合建德项目的实践案例,为类似渗滤液处理提供有益参考。

1 生活垃圾渗滤液与易腐垃圾渗沥液的特性分析

1.1 生活垃圾渗滤液的特性

生活垃圾渗滤液是指生活垃圾在填埋过程中,由于降雨、地下水渗透、垃圾自身分解等因素产生的废水。其特性主要表现在以下几个方面:(1)水质复杂。生活垃圾渗滤液中含有多种有机污染物、无机盐类、重金属离子等,水质复杂且难以处理;(2)高浓度有机物。生活垃圾渗滤液中的有机物浓度较高,BOD₅和COD_{Cr}值通常可达数千至数万毫克/升;(3)高氨氮含量。由于生活垃圾中蛋白质的分解,渗滤液中的氨氮含量较高,对微生物处理工艺构成挑战;(4)水量变化大。受降雨、季节等因素的影响,生活垃圾渗滤液的水量变化较大,给处理工艺的设计和运行带来困难。

1.2 易腐垃圾渗沥液的特性

易腐垃圾渗沥液是指易腐垃圾在收集、运输和处理过程中产生的废水。其特性主要表现在以下几个方面:(1)高含油量。易腐垃圾中通常含有较高的油脂成分,渗沥液中因此含有较高的含油量;(2)高温。易腐垃圾在降解过程中会产生热量,导致渗沥液温度较高,对处理工艺有一定的冲击作用^[1];(3)悬浮物含量高。易腐垃圾渗沥液中含有大量的悬浮物,如食物残渣、果皮

等,增加了处理难度。

2 生活垃圾渗滤液与易腐垃圾渗沥液处理技术现状分析

2.1 单独处理技术

2.1.1 生物处理技术

生物处理技术在生活垃圾渗滤液与易腐垃圾渗沥液处理中应用广泛,主要包括好氧、厌氧及二者结合的处理方式。

(1)好氧生物处理依靠好氧微生物在有氧环境下,摄取渗滤液中的碳、氮等营养物质进行生长繁殖,将复杂有机物分解为简单无机物。其中,硝化细菌可将氨氮氧化为硝酸盐,有效去除氨氮,同时降低BOD和COD。常见工艺有活性污泥法与生物膜法。活性污泥法通过向曝气池持续通入空气,使富含好氧微生物的活性污泥与渗滤液充分接触降解污染物;生物膜法则利用附着在固体载体表面的微生物膜分解渗滤液中的有机物。

(2)厌氧生物处理借助厌氧微生物在无氧条件下,经水解、酸化、产乙酸和产甲烷等过程,将高浓度有机物转化为甲烷、二氧化碳等气体。该技术处理高浓度有机废水优势显著,还能产生沼气能源。以上流式厌氧污泥床(UASB)反应器为例,渗滤液自下而上通过含有大量厌氧颗粒污泥的反应区,实现高效厌氧反应。然而,生活垃圾渗滤液和易腐垃圾渗沥液水质复杂,含大量有机物、重金属、氨氮、油脂及难降解有机污染物。单独使用生物处理时,高浓度氨氮抑制微生物生长代谢,影响处理效率;难降解有机物长时间处理也难以彻底去除。且渗滤液水质波动大,增加生物处理系统的运行难度。

2.1.2 物理化学处理技术

物理化学处理技术在渗滤液处理中也发挥重要作用，涵盖沉淀法、吸附法和反渗透法等。沉淀法利用化学反应使渗滤液中部分污染物形成沉淀分离，如加入混凝剂使悬浮颗粒和胶体凝聚、絮凝成大颗粒沉淀，去除部分悬浮物和溶解性污染物。吸附法借助吸附剂表面吸附作用去除污染物，像活性炭因比表面积大、孔隙丰富，能有效吸附有机物和重金属离子；沸石对氨氮吸附性能良好。随着膜技术发展，反渗透与纳滤成为主流。反渗透在高于渗透压的压力下，通过半透膜截留溶质实现净化；纳滤介于反渗透和超滤之间，可截留分子量200-1000Da的有机物和多价离子，二者能高效去除溶解性有机物、重金属离子和微生物，显著提升水质；但物理化学处理技术成本高，限制了其广泛应用。膜技术设备投资大，膜组件需定期更换，且为保证膜性能，渗滤液需严格预处理，增加处理复杂性和成本。另外，处理产生的高浓度浓缩液若处理不当，易造成二次污染，而其处理成本也较高。

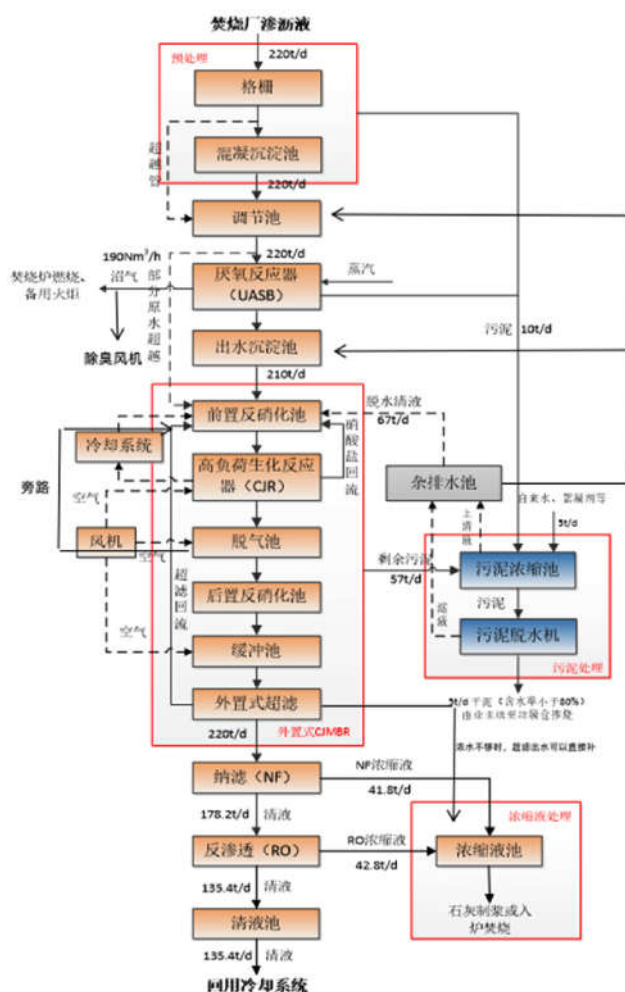
2.2 协同处置技术

鉴于单独处理技术的局限, 协同处置技术成为渗滤液处理新趋势, 其核心是整合不同处理方法优势, 实现高效处理与资源化利用。协同处置时, 不同技术相互补充。如生物处理去除大部分可生物降解有机物, 降低有机负荷; 物理化学处理去除生物处理后残留的难降解有机物、重金属和微生物, 提高出水水质, 还能减少物理化学处理的药剂用量和设备运行时间, 降低成本^[2]。可依据两种渗滤液特性优化处理。生活垃圾渗滤液氨氮和难降解有机物多, 易腐垃圾渗滤液油脂和易降解有机物高, 混合处理时利用互补性, 调整工艺参数和流程, 提高处理效率。例如厌氧阶段, 易腐垃圾渗滤液的易降解有机物为厌氧微生物提供碳源, 促进厌氧反应, 提高沼气产量; 后续好氧阶段, 生活垃圾渗滤液中的氨氮为微生物提供氮源。协同处置技术还注重资源化利用, 合理利用处理产生的沼气、污泥等, 提升项目经济和环境效益。

3 建德项目生活垃圾渗滤液与易腐垃圾渗沥液协同处置技术实践

3.1 项目概况

建德项目位于浙江省杭州市建德市，设计日处理水量为220吨，年处理量达66000吨（以300天计）。项目采用“预处理调节池+厌氧（UASB）+外置式CJMBR（两级A/O）+纳滤（NF）+反渗透（RO）”工艺，实现了渗滤液的高效处理和资源化利用。工艺流程图如下所示：



出水满足《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2005）中敞开式循环冷却系统补充水标准和《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB16889-2008）中表1标准，全部回用。

3.2 处理工艺及优化措施

3.2.1 预处理调节池

预处理调节池主要用于对渗滤液进行水质调节和均质化,减少水质波动对后续处理工艺的冲击。调节池中的污水由厌氧进水泵提升至厌氧布水系统,进入两座UASB厌氧反应器。

3.2.2 厌氧 (UASB) 反应器

UASB反应器是一种高效厌氧生物处理设备，通过厌氧微生物的作用，将有机物转化为甲烷和二氧化碳等气体。本项目采用两座UASB反应器，每座反应器有效容积为950m³，且各自有独立的水循环系统。厌氧反应器内部采用UASB形式，反应器下层为上流式污泥床，约占反应器总容积的15-20%，中层为污泥悬浮区占总容积的45%。渗滤液经厌氧进水泵输送进入反应器内，然后通过

布水系统进行均匀分布。罐体上层为澄清区,部分出水回流,用以稀释进水COD浓度,同时缓冲系统内的pH值。

3.2.3 外置式CJMBR(两级A/O)

CJMBR是一种结合了膜生物反应器(MBR)和接触氧化池(ContactOxidationTank)优点的新型生物处理工艺。本项目采用外置式CJMBR(两级A/O)工艺,通过好氧和厌氧的交替作用,实现有机物的进一步降解和脱氮除磷。该工艺具有占地面积小、处理效率高、出水水质好等优点。针对原水COD普遍不高、厌氧罐处于清空停运状态的问题,本项目通过外接渗沥液、提高进水COD浓度的方式,重新启动厌氧系统。针对渗沥液杂质多、提升泵频繁堵塞的问题,本项目对生化系统进行管路改造,实现单线运行,减少因双线运行而产生的额外成本。还采用中型袋式过滤器替代自清洗过滤器、在脱水清液地沟增加过滤网等措施,以减少堵塞和故障的发生。

3.2.4 纳滤(NF)和反渗透(RO)

纳滤和反渗透是物理化学处理技术的代表,通过膜的选择性分离作用,去除渗滤液中的溶解性盐类、有机物等杂质。通过两级膜处理,出水水质达到了回用水质标准。

3.2.5 系统优化及效果

针对易腐垃圾提油废水温度较高、导致调节池冲击较大的问题,本项目在易腐垃圾处理系统增加了换热器,降低出水温度。在调节池顶部增加临时管路至格栅间进行外循环,使调节池水整体流动起来,降低水温及泡沫的形成。出水水质稳定达标,且实现全部回用,有效节约水资源。

3.3 处理效果分析

3.3.1 出水水质分析

本项目出水水质满足《城市污水再生利用工业用水水质》(GB/T19923-2005)中敞开式循环冷却系统补充水标准和《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB16889-2008)中表1标准。出水各项指标均达到了标准要求。特别是氨氮和总氮的去除率较高,出水氨氮浓度低于10mg/L,总氮浓度低于40mg/L,有效减轻了渗滤液对环境的污染。通过长期监测,各项水质指标稳定,未出现明显波动,表明处理工艺具有良好的稳定性和可靠性^[3]。

3.3.2 经济效益分析

本项目通过实现渗滤液的高效处理和回用,产生显著的经济效益。一方面,渗滤液处理后全部回用于冷却系统,节约大量新鲜水资源,减少取水成本。按照当地水资源价格3元/立方米计算,项目设计日处理水量220吨,年处理量66000吨(以300天计),每年可节约水资源费用约59.4万元($66000 \times 3 \div 10000 = 59.4$)。另一方面,通过优化系统运行,降低了设备能耗和维护成本。在优化前,设备能耗较高,单线运行后,经过能耗监测统计,每年可节省电费约20万元。同时,优化前设备频繁堵塞,每月维修费用约1万元,设备更换成本平均每年约15万元;优化后,设备堵塞和故障率降低约60%,每月维修费用降至0.4万元,设备更换成本平均每年降至6万元,每年可节省维修和设备更换费用约16.2万元($(1 \times 12 + 15) - (0.4 \times 12 + 6) = 16.2$)。考虑到项目的建设成本和运营成本,在合理的运营周期内,项目具有良好的投资回报率,在经济效益方面表现突出。

3.3.3 环境效益分析

该项目的实施带来了显著的环境效益。首先,渗滤液经过处理后达标回用,避免了未经处理的渗滤液直接排放对土壤、水体和大气环境造成的污染,保护当地的生态环境。其次,通过减少设备堵塞和故障,降低了因设备维修和更换产生的废弃物,减少对环境的潜在影响。沼气的回收利用减少温室气体排放,实现能源的资源化利用,符合可持续发展的理念。

结束语

综上所述,生活垃圾渗滤液与易腐垃圾渗沥液的协同处置技术在建德项目中得到了成功应用。该项目不仅解决了渗滤液处理难题,实现了出水水质的稳定达标和全部回用,还带来显著的经济效益和环境效益。未来,应继续探索和优化协同处置技术,推动其在更多领域的广泛应用,为环境保护和资源节约作出更大贡献。

参考文献

- [1]谷占军.垃圾焚烧发电厂渗滤液处理站高效运行探索[J].能源与环境,2022,(02):73-75.
- [2]陈子华.垃圾焚烧发电厂供排水及处理系统设计分析[J].环境科学导刊,2022,41(02):57-63.
- [3]吴鹏辉.生活垃圾焚烧发电厂渗滤液浓缩液回用于脱酸系统研究[J].中国资源综合利用,2022,40(06):21-23.