

# 垃圾渗滤液处理的难点及处理措施

庄和妙<sup>1</sup> 季小武<sup>2</sup>

1. 浙江净神环保科技有限公司 浙江 温州 325000

2. 温州市排水有限公司 浙江 温州 325000

**摘要:** 垃圾渗滤液成分复杂, 含多种难降解有机物、高浓度氨氮、重金属及病原体, 水质水量变化大且污染性强。处理面临生物、物理化学、深度处理及整体系统等多重难点。本文提出生物处理优化、物理化学处理改进、深度处理创新及整体处理系统优化等措施, 通过预处理、新型材料研发、多技术融合等方式, 提升处理效能, 降低成本, 实现水质达标排放, 减少二次污染, 推动处理技术规模化应用。

**关键词:** 垃圾渗滤液; 处理难点; 处理措施; 生物处理; 深度处理

引言: 随着城市化进程加快, 垃圾填埋量日益增加, 垃圾渗滤液处理成为环境治理重要议题。渗滤液成分复杂、水质水量变化大、污染性强, 处理难度大。现有处理技术存在生物处理受抑制、物理化学处理成本高、深度处理效果不佳及整体系统适配性差等问题。研究垃圾渗滤液处理难点及措施, 对改善环境质量、保障生态安全具有重要意义。

## 1 垃圾渗滤液的水质特点

### 1.1 成分复杂

垃圾渗滤液的成分呈现高度复杂性, 其中有机物种类极为繁多。除常见的小分子有机化合物外, 还包含大量难降解有机物<sup>[1]</sup>。腐殖质作为典型代表, 分子结构复杂且稳定性强, 降解周期长达5-10年; 芳香族化合物多具有毒性, 在环境中难以自然消解, 进一步增加了处理难度。无机离子在渗滤液中含量丰富, 氨氮是最主要的含氮污染物, 源于垃圾中蛋白质、氨基酸等含氮有机物的分解代谢, 每升渗滤液中氨氮含量可达500-2000毫克; 重金属离子种类多样, 铅、汞、镉等常见有毒重金属广泛存在, 这些离子多来自废弃电子产品、电池、涂料等工业和生活垃圾, 易在环境中累积, 每升渗滤液中铅含量可达0.1-5毫克, 汞含量可达0.001-0.5毫克, 镉含量可达0.01-2毫克。微生物和病原体的存在也是成分复杂的重要体现, 垃圾填埋过程中, 有机物分解产生的厌氧环境为多种微生物提供了生存条件, 每毫升渗滤液中微生物数量可达 $10^6$ - $10^8$ 个; 同时粪便、医疗废弃物等垃圾携带的病原体进入渗滤液, 增加了环境传播风险。

### 1.2 水质水量变化大

渗滤液的水量波动表现出显著的不确定性, 主要受多重因素综合影响。垃圾填埋量直接决定渗滤液产生的基础体量, 填埋量越大, 有机物分解和水分释放越多;

降雨量是影响水量的关键外部因素, 雨季降雨量充沛时, 大量雨水渗入填埋场, 促使渗滤液水量急剧增加, 旱季则水量明显减少; 填埋场年龄也会影响水量变化, 年轻填埋场有机物分解旺盛, 水分释放大, 随着填埋场老化, 有机物分解速率放缓, 水分释放量逐渐降低。水质同样呈现出显著的动态变化特征, 填埋场使用年限是核心影响因素, 年轻填埋场渗滤液中易降解有机物含量较高, 老年填埋场则以难降解有机物为主; 季节变化通过影响温度和降雨量间接改变水质, 高温季节微生物活性强, 有机物分解速率快, 水质组分变化更为剧烈; 垃圾成分的差异直接导致水质不同, 工业垃圾占比高时, 重金属和有毒有机物含量会显著上升, 生活垃圾占比高则易降解有机物和氨氮含量相对较高, 不同阶段渗滤液的成分差异十分显著。

### 1.3 高污染性

垃圾渗滤液具有极强的污染性, 首要表现为化学需氧量和生化需氧量浓度居高不下。高浓度的有机污染物使得这两项指标远超常规污水, 每升渗滤液中COD含量可达2000-50000毫克, 生化需氧量(BOD)含量可达500-20000毫克, 大幅增加了处理工艺的难度和成本<sup>[2]</sup>。氨氮含量高是另一重要污染特征, 每升渗滤液中氨氮含量可达500-2000毫克, 高浓度氨氮会对微生物的代谢活动产生明显抑制, 而生物处理工艺依赖微生物的降解作用, 因此氨氮的存在会严重影响生物处理效果, 降低有机污染物的去除效率。渗滤液中含有的大量有毒有害物质进一步加剧了污染危害, 这些物质包括重金属、芳香族化合物、卤代烃等, 进入水体后会破坏水生生态系统, 影响水生生物的正常生长繁殖; 渗入土壤则会污染土壤环境, 降低土壤肥力, 影响农作物生长; 通过食物链富集或直接接触, 还会对生态环境和人体健康造成严重威胁, 引

发一系列不良后果。

## 2 垃圾渗滤液处理的难点

### 2.1 生物处理难点

生物处理工艺在垃圾渗滤液处理中面临诸多挑战。高浓度氨氮是主要抑制因素，当渗滤液中氨氮浓度超过2000毫克/升时，过量氨氮会破坏微生物细胞结构，干扰代谢过程，直接抑制微生物生长繁殖，导致生物处理效率大幅下降。难降解有机物的存在进一步加剧处理难度，这类物质分子结构稳定，无法被普通微生物分泌的酶系分解转化，即便延长反应时间，经过7-15天的反应，也难以实现有效降解，最终导致出水水质无法达到规定标准。碳氮比失衡是生物脱氮过程中的关键问题，渗滤液中碳源含量不足或碳氮比例不适配，会影响硝化和反硝化反应的协同进行，当碳氮比低于3:1时，为保障脱氮效果，需额外投加碳源，这不仅增加处理成本，还提升了工艺控制的难度。

### 2.2 物理化学处理难点

物理化学处理技术在应用中存在明显局限。膜处理技术是常用的深度处理手段，但极易受到膜污染困扰，渗滤液中的胶体颗粒、有机物、微生物等会附着在膜表面，形成污染层，堵塞膜孔道，运行3-7天后，膜通量可能下降30%-70%，导致膜通量显著下降，同时缩短膜的使用寿命，膜的使用寿命可能从原本的3-5年缩短至1-2年，频繁的膜清洗和更换大幅增加运行成本<sup>[3]</sup>。化学沉淀法处理重金属离子时，面临沉淀剂选择与用量控制的双重难题，不同重金属离子对沉淀剂的反应活性存在差异，难以精准匹配最优沉淀剂；用量不足则无法彻底去除重金属，用量过多不仅造成药剂浪费，每多投加1千克沉淀剂，可能增加处理成本50-100元，还可能引入新的污染物，产生二次污染风险。吸附法处理中，吸附剂的再生与更换是核心难题，多数吸附剂饱和后再再生工艺复杂、成本高昂，再生一次吸附剂的成本可能达到购买新吸附剂成本的60%-80%，直接更换则会产生大量废弃吸附剂，造成资源浪费；同时吸附剂自身吸附容量有限，每千克吸附剂吸附量约50-200毫克，难以实现长期稳定运行，无法满足大规模渗滤液处理需求。

### 2.3 深度处理难点

深度处理阶段的技术瓶颈尤为突出。现有深度处理技术对难降解有机物和微量污染物的去除效果普遍不佳，这类污染物在前期处理中未被彻底去除，进入深度处理阶段后，因浓度低、稳定性强，常规技术难以实现有效分离或降解，难以满足日益严格的排放标准。深度处理工艺通常流程复杂，涉及多级处理单元组合，设备投资规

模大，同时运行过程中需要消耗大量药剂、能源，导致运行成本居高不下，经济可行性面临严峻挑战。对于环境中不断出现的新兴污染物，现有深度处理技术尚不成熟，缺乏针对性的处理手段，相关技术研发滞后于污染问题出现速度，无法实现有效管控。

### 2.4 整体处理系统难点

整体处理系统的高效运行面临多重阻碍。处理工艺组合优化难度极大，不同处理单元的技术特性存在差异，相互之间存在耦合影响，如何匹配各单元的处理参数、协调运行节奏，实现高效协同运行，是当前面临的核心问题。处理过程中产生的污泥和浓缩液处理难度高，污泥中富集大量重金属和有毒有机物，每吨污泥中重金属含量可能达1-10千克，浓缩液则含有高浓度盐分和难降解污染物，每升浓缩液盐分含量可达50000-100000毫克，若处理不当，极易造成二次污染，进一步加剧环境压力。不同地区垃圾成分、气候条件存在差异，导致渗滤液水质呈现显著地域差异，不同地区渗滤液中氨氮含量差异可能达1000-3000毫克/升，现有处理技术和工艺多针对特定水质研发，普适性不足，难以适应不同地区的处理需求，限制了技术的广泛应用。

## 3 垃圾渗滤液处理措施

### 3.1 生物处理优化措施

针对生物处理面临的瓶颈，需通过多重优化措施提升处理效能。预处理技术的应用可有效降低氨氮浓度，吹脱法借助气体剥离作用分离渗滤液中的氨氮，一般可将氨氮浓度从1500毫克/升降至500毫克/升以下；化学沉淀法则通过药剂反应将氨氮转化为固体沉淀物分离去除，可将氨氮浓度降至300毫克/升以下，两种技术均能显著减轻高浓度氨氮对微生物的抑制作用，为后续生物处理创造适宜条件<sup>[4]</sup>。筛选和培育高效功能微生物菌种是提升难降解有机物处理能力的关键，通过定向驯化、基因改良等技术手段，获得对难降解有机物具有强分解能力的菌种，强化微生物对复杂有机污染物的降解代谢，提升生物处理系统的整体处理效能。碳氮比的精准调整是优化脱氮效果的核心环节，可通过添加外部碳源补充碳源不足，或通过调节进水流量、水质配比优化碳氮比例，确保硝化与反硝化反应有序推进，改善脱氮效果的同时降低额外处理成本。

### 3.2 物理化学处理改进措施

物理化学处理技术的改进重点在于提升稳定性与经济性。新型膜材料的开发与膜清洗技术的优化是突破膜处理瓶颈的关键方向，研发具有高孔隙率、强抗污染性能的膜材料，搭配高效环保的膜清洗药剂与工艺，可减

少膜表面污染层形成,延缓膜通量衰减,延长膜的使用寿命,从而降低膜更换与运行维护成本。化学沉淀法的改进聚焦于工艺参数优化与环保型沉淀剂选用,通过试验确定不同水质条件下的最佳反应温度、pH值与药剂投加量,同时选用无二次污染风险的环保型沉淀剂,在提升重金属去除效率的基础上,最大限度减少二次污染产生。高效吸附剂研发与再生技术研究同步推进,开发比表面积大、吸附容量高的新型吸附材料,搭配低成本、高效的再生工艺,实现吸附剂循环利用,提升吸附法的处理效率与长期运行稳定性,降低处理成本。

### 3.3 深度处理创新措施

深度处理技术的创新突破是实现水质达标排放的重要保障。高级氧化技术的探索应用成效显著,光催化氧化利用催化剂与光照协同作用产生强氧化性自由基,电化学氧化通过电极反应降解污染物,两种技术均能有效破坏难降解有机物的稳定结构,实现对难降解有机物和微量污染物的高效去除。新型深度处理工艺的开发注重多技术融合,将生物处理的低成本优势与物理化学处理的高效分离特性相结合,构建协同处理工艺,在提升处理效果的同时优化工艺经济性,降低设备投资与运行能耗。针对新兴污染物的处理短板,需加强基础研究与技术研发,明确新兴污染物的种类、理化性质与环境行为,在此基础上开发针对性的处理技术与方法,填补技术空白,实现对各类污染物的全面管控。

### 3.4 整体处理系统优化措施

整体处理系统的优化需从工艺组合、副产物处理与地域适配性三个维度推进。建立工艺组合优化模型是实现高效协同运行的核心手段,通过数值模拟与试验验证相结合的方式,分析不同处理单元的耦合效应,确定最佳

工艺组合方案与运行参数,提升系统整体处理效率。采用污泥减量化与资源化技术可有效解决副产物处理难题,通过优化处理工艺减少污泥产量,同时借助堆肥、焚烧、建材制备等技术实现污泥无害化处理与资源化利用,降低二次污染风险<sup>[5]</sup>。加强水质特性研究是提升地域适配性的前提,深入分析不同地区渗滤液的水质差异与变化规律,结合当地经济条件与环境要求,制定个性化处理方案,开发普适性更强的处理技术,推动垃圾渗滤液处理技术的规模化、规范化应用。

### 结束语

垃圾渗滤液处理是一项复杂且艰巨的任务,涉及生物、物理化学、深度处理及整体系统等多个层面。当前处理技术虽取得一定进展,但仍存在诸多不足。通过实施生物处理优化、物理化学处理改进、深度处理创新及整体系统优化等一系列措施,可有效提升处理效能,降低处理成本,减少二次污染风险。后续需持续开展技术研发与创新,不断完善处理技术体系,推动垃圾渗滤液处理技术朝着更高效、更环保的方向发展。

### 参考文献

- [1]牧兰.浅析垃圾渗滤液处理现状及存在的问题[J].资源节约与环保,2022(12):115-118.
- [2]王向.垃圾渗滤液处理技术研究进展探究[J].山西化工,2022,42(04):161-162+166.
- [3]郭璐.生活垃圾填埋场渗滤液的处理及利用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(1):0114-0116.
- [4]焦月潭.垃圾渗滤液处理难点及其对策研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2022(12):0001-0004.
- [5]周君.垃圾渗滤液处理难点及其对策的研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2022(3):0140-0142.