

城镇给排水工程设计案例专栏

齐海浪,原效凯,骆献达. 混凝沉淀法预处理填埋场调节池积存渗沥液的工程实践[J]. 净水技术, 2024, 43(11): 157-163.

QI H L, YUAN X K, LUO X D. Engineering practice of landfill leachate pretreatment in conditioning pool by coagulation and sedimentation process[J]. Water Purification Technology, 2024, 43(11): 157-163.

混凝沉淀法预处理填埋场调节池积存渗沥液的工程实践

齐海浪,原效凯*,骆献达

(广东省建筑设计研究院集团股份有限公司,广东广州 510010)

摘要 通常当填埋场渗沥液调节池运行时间 ≥ 3 年时,会在其底泥上部形成1~2 m的污染物浓度极高的渗沥液层(以下称“调节池积存渗沥液”),其SS、COD_{Cr}、氨氮等主要污染物及电导率往往是调节池底泥2 m以上液位的渗沥液(以下称“调节池正常液位渗沥液”)的8~10、2~4、2~6、1~2倍,且具有体量大、黏度低的特点。若采用人工清淤、吸粪车抽取等常规的清淤方式处理,则操作难度大、危险性大、经济成本高,若单独依靠常规渗沥液处理工艺也难以达标处理。文章系统论述了混凝沉淀法预处理调节池积存的高浓度渗沥液的工程案例,表明在反应pH值为6.5,混凝剂聚合硫酸铁(PFS)与絮凝剂聚丙烯酰胺(PAM)投加质量浓度分别为2 461、56 mg/L时,该工艺对SS、COD_{Cr}、氨氮的平均去除率分别为79%、37%、13%。经测算设计处理规模为50 m³/d时,该工艺的运行费用约为29.98元/m³。该项目的成功实施表明,混凝沉淀预处理法具有操作简单、效果明显、适用水质范围广、耐冲击负荷高、成本低等优点,特别适合作为调节池积存高浓度的渗沥液的预处理工艺。

关键词 调节池积存渗沥液 混凝沉淀法 渗沥液预处理 高浓度渗沥液 悬浮污染物 化学需氧量

中图分类号: X703 文献标识码: B 文章编号: 1009-0177(2024)11-0157-07

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2024.11.020

Engineering Practice of Landfill Leachate Pretreatment in Conditioning Pool by Coagulation and Sedimentation Process

QI Hailang, YUAN Xiaokai*, LUO Xianda

(Guangdong Architectural Design and Research Institute Group Co., Ltd., Guangzhou 510010, China)

Abstract In general, when the operation time of the leachate regulation tank in a landfill site is over 3 years, a leachate layer with a high pollutant concentration of about 1~2 m will be formed in the upper part of the bottom mud (this paper is collectively referred to as "leachate accumulated in the regulation tank"). SS, COD_{Cr}, ammonia nitrogen and other major pollutants and electrical conductivity are often 8~10, 2~4, 2~6, 1~2 times of the leachate of the bottom mud of the regulating pond above 2 m level (referred to as "normal liquid level leachate of the regulating pond"), and it has the characteristics of large volume and low viscosity. If the conventional desilting methods such as manual desilting and extraction by suction truck are used, the operation is difficult, risky and the economic cost is high, and it is difficult to meet the standard treatment if the conventional leachate treatment process is used alone. This paper systematically describes the project case of coagulation and sedimentation pretreatment to adjust the high concentration of seepage deposited at the conditioning cistern. The results show that the average removal rates of SS, COD_{Cr} and ammonia nitrogen are 79%, 37% and 13%, respectively, when the reaction pH is 6.5 and the mass concentrations of coagulant PFS and flocculant PAM are 2 461 mg/L and 56 mg/L, respectively. When the design and treatment scale is estimated to be 50 m³/d, the operation cost of the

[收稿日期] 2024-05-31

[作者简介] 齐海浪(1990—), 硕士, 工程师, 主要从事市政给水排水、环境卫生管理等市政环保项目的规划、咨询、设计工作, E-mail: 59678292@qq.com。

[通信作者] 原效凯(1973—), 男, 硕士, 正高级工程师, 主要从事市政给水排水、城市固废处置、危险废物处理处置、环境卫生管理等市政环保项目的规划、咨询、设计和技术研究管理工作, E-mail: yxkcom@163.com。

process is about 29.98 yuan/m³. The successful implementation of this project shows that the coagulation precipitation pretreatment method has the advantages of simple operation, obvious effect, wide range of applicable water quality, high impact load resistance and low cost, and is especially suitable for the pretreatment process of high concentration leachate stored in the landfill conditioning cistern.

Keywords landfill leachate in conditioning pool coagulation/sedimentation process leachate pretreatment high concentration leachate suspended pollutant chemical oxygen demand(COD)

1 工程背景概述

填埋场渗沥液处理设施通常配套建设调节池用以对渗沥液进行均质和均量调节。然而随着运行时间的推移,根据实际运行经验,当调节池运行时间 ≥ 3 年,其底部会逐渐积累大量底泥,并在底泥上部形成1~2 m的污染物浓度极高的渗沥液层。调节池积存渗沥液的SS、COD_{Cr}、氨氮等主要污染物及电导率通常分别是调节池正常液位渗沥液的8~10、2~4、2~6、1~2倍^[1],如表1所示。此外,随着调节池积存渗沥液的长时间积累,造成调节池有效容积越来越小,严重削弱调节池均质、均量的调节作用,从而威胁填埋场的安全运行。

表1 调节池积存渗沥液与正常液位渗沥液水质对比
Tab.1 Comparison of Water Qualities of Stored Leachate in Regulation Tank and Normal Liquid Level Leachate

指标	调节池积存 渗沥液水质	调节池正常液位 渗沥液水质 ^[2]
SS/(mg·L ⁻¹)	5 000~13 000	500~1 500
COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	8 000~20 000	2 000~10 000
氨氮/(mg·L ⁻¹)	5 000~8 000	800~4 000
电导率/(μ S·cm ⁻¹)	70 000~90 000	35 000~45 000

“十四五”以来,中央生态环境保护督察多次曝光了如湖北孝感市安陆市卫生填埋场、广东清远市青山垃圾填埋场、广西北海市生活垃圾填埋场等多起因渗沥液积存而严重污染周边环境的恶性事件,引起了全社会广泛的关注。从历次中央生态环境保护督察反馈至各地方的报告来看,填埋场渗沥液积存问题较为普遍,外溢污染的问题十分严重。

相较于调节池底泥,调节池积存渗沥液体量大、黏度低。若用人工清淤、吸粪车抽取等常规的清淤方式,则操作难度高、危险性大、经济成本高。目前,虽然国内已有采用高级氧化、机械蒸发、浓缩法等工艺处理常规渗沥液的工程案例^[3],但尚无应用于处理调节池积存的高浓度渗沥液的工程案例。

鉴于此,本文以广东省佛山市某生活垃圾填埋场调节池底部积存的高浓度渗沥液为处理对象,通

过水质分析、处理工艺比选、工程设计、去除效果分析以及成本经济对比,为该类型渗沥液的预处理提供借鉴和指导。

2 工艺流程与设计参数

2.1 填埋场概况

广东省佛山市某生活垃圾填埋场于2005年建成投产,2021年停止接收生活垃圾。该填埋场配套渗沥液处理工艺为水质均衡+膜生物反应器(MBR)+超滤(UF)+纳滤(NF)。出水执行《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008)中的表2标准,最后排入市政污水管网。由于历史原因,该填埋场调节池积存了约2万m³的高浓度渗沥液。主要污染物浓度经实测分别为:COD_{Cr}质量浓度为9 938~19 230 mg/L,氨氮质量浓度为5 486~7 871 mg/L,电导率为74 400~85 200 μ S/cm,SS质量浓度为5 637~12 840 mg/L,pH值为8.0~8.5。

2.2 处理工艺比选

生活垃圾渗沥液常规处理工艺流程^[4]如图1所示。



图1 生活垃圾渗沥液常规处理工艺流程

Fig.1 Conventional Process Flow of Leachate Treatment for Domestic Wastes

预处理工段的主要目标是去除氨氮和无机杂质,降低污染物浓度或改善渗沥液后续水质,常用工艺有厌氧生物处理、混凝沉淀、氨吹脱、水解酸化法等^[5];生物处理工段的主要是处理可生物降解的有机污染物、氮、磷等,多采用MBR工艺^[6];深度处理主要是经生物处理后未去除的难生物降解有机物、溶解性盐等,主要目的是确保出水达到国家和地方排放标准^[7]。常用工艺有膜法(NF、反渗透等)、高级氧化(Fenton试剂氧化法、臭氧氧化法)、机械蒸发(MVC/MVR)、浓缩法及吸附法等。根据项目实际

情况,场龄<5年的渗沥液可采用“生物处理+深度处理”工艺,场龄≥5年或封场渗沥液可采用“预处理+深度处理”工艺^[8]。

工程计划对调节池积存的高浓度渗沥液实施预处理后,再利用现有渗沥液处理设施实施达标处理。在国家规范及标准推荐的渗沥液预处理工艺中,氨吹脱法适合于氨氮浓度高的渗沥液,但不能去除SS、COD_{Cr}等污染物。厌氧生物及水解酸化对难降解COD_{Cr}处理效果好,但是受渗沥液中的高盐分、SS对厌氧微生物的活性的抑制,其效果往往差强人意。根据处理对象的水质特点,并考虑后续实际生物处理

MBR,膜处理(UF+NF)的工艺要求,本文选择混凝沉淀作为调节池积存渗沥液预处理工艺。

目前,虽然国内已有将混凝沉淀作为调节池正常液位渗沥液预处理工艺的相关研究^[9-10],但尚无应用于调节池积存的高浓度渗沥液处理工程案例。因此,本设计采用混凝沉淀法作为调节池积存的高浓度渗沥液预处理工艺,可为类似工程项目提供借鉴和指导。

2.3 药剂选择

混凝沉淀法中常用的混凝剂和助凝剂,主要有铝盐、铁盐、聚合盐、有机高分子等,如表2所示^[2]。

表2 常用的混凝剂、助凝剂及其适用条件

Tab. 2 Common Coagulants, Coagulants and Their Applicable Conditions

药剂类别	药剂名称	适用条件
铝盐	硫酸铝[Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O]	适用于pH值为7~8,悬浮浓度大、碱度大的渗沥液
	明矾[KAl(SO ₄) ₂ ·18H ₂ O]	
铁盐	三氯化铁(FeCl ₃ ·6H ₂ O)	亚铁离子须先经氧化成三价铁,适用于渗沥液pH值为7.0~8.5
	硫酸亚铁	
聚合盐	聚合氯化铝(PAC)	适用于pH值为6~9,高浑浊度渗沥液,混凝效果优于普通铝、铁盐 设备简单,操作方便,劳动条件好
	聚合硫酸铁(PFS)	
有机高分子	聚丙烯酰胺(PAM)	适用于铝盐、铁盐混凝反应的絮凝
助凝剂	氯(Cl ₂)	适合去除高色度、臭味大的渗沥液 适合硫酸亚铁作为混凝剂时的氧化剂
	石灰	用以去除渗沥液中的CO ₂ ,调整pH,增强污泥脱水性能,补充渗沥液碱度
	NaOH	调整渗沥液的pH

聚合盐类的混凝效果普遍优于普通铝、铁盐,且操作方便、劳动条件好,因此,本文首先考虑聚合盐类作为混凝药剂。考虑到PAC价格较PFS贵,此外结合前期试验结果,两种药剂混凝效果差别不大。因此,本文选用PFS作为混凝药剂,絮凝药剂选用PAM。本项目助凝剂的投加只是为了调节渗沥液的pH,因此,选用32%液碱。

2.4 工艺流程

调节内高浓度的渗沥液经提升泵提升至pH调

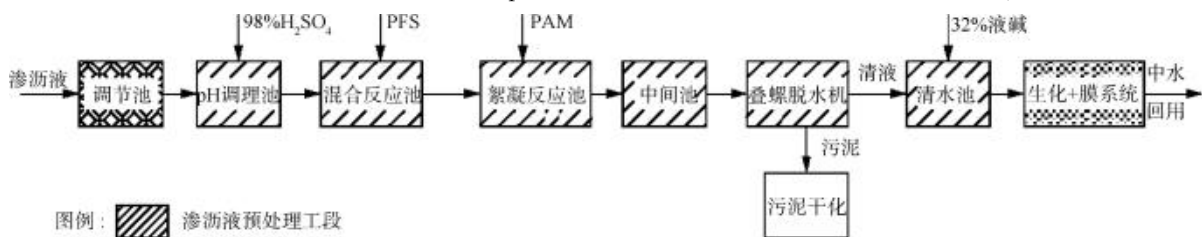


图2 渗沥液预处理-混凝沉淀工艺流程

Fig. 2 Process Flow of Leachate Pretreatment-Coagulation/Sedimentation

理池,通过投加98%浓硫酸将渗沥液pH值由弱碱性8.0调至偏酸性6.5;然后依次重力自流通过混凝反应池和絮凝反应池。通过向混凝反应池投加混凝剂PFS,向絮凝反应池投加絮凝剂PAM与渗沥液中呈固体颗粒、悬浮物质、胶体颗粒物发生混凝反应。通过双电层压缩、吸附-电中和、吸附架桥、沉析物网捕等一系列物理化学作用,同时在搅拌机的促进下使得固体颗粒、悬浮物质、胶体颗粒物脱稳后形成较大的絮凝体后至中间池;之后混合液通过叠

螺脱水机实现泥水分离,达到去除污染物的目的;叠螺脱水后的污泥含水率约为 85%,污泥产率约为 0.1 t/(m³污水)(含水率为 85%)。清液在清水池经投加 32%液碱将 pH 值调至 7.0 左右后,再泵送至后续渗沥液处理构筑物处理达标后回收再利用,脱水后的污泥则通过场区配套的污泥干化系统进行处置。

2.5 主要设计参数

根据现有渗沥液处理能力并结合调节池有效池容,本工程混凝沉淀预处理设施设计处理规模为 50 m³/d。设计 4 个池体,分别为 pH 调理池、混合反应池、絮凝反应池、中间池。4 个池体工艺流程串联,池体尺寸相同,因此结构上设计合建。主要设计参数如表 3 所示。

表 3 混凝沉淀预处理工段设计参数

Tab. 3 Design Parameters of Coagulation and Sedimentation Pretreatment

池体名称	池体尺寸(L×B×H)	设计参数	设计参数校核
pH 调理池	(1) 1.0 m×1.0 m×1.5 m (2) 超高 0.3 m	设计停留时间为 34 min	停留时间依据前期试验结果,并结合合建结构尺寸设计
混合反应池	(1) 1.0 m×1.0 m×1.5 m (2) 超高 0.4 m	(1) 设计停留时间为 32 min; (2) 搅拌机形式:垂直式双层浆板式搅拌机; (3) 搅拌机功率为 0.75 kW	(1) 设计停留时间大于规范建议值 10~30 s; (2) 搅拌机形式与规范推荐的浆板式一致; (3) 依据搅拌机功率推算搅拌速度梯度为 628 s ⁻¹ ,满足规范规定的 600~1 000 s ⁻¹ 的取值要求。
絮凝反应池	(1) 1.0 m×1.0 m×1.5 m (2) 超高 0.5 m	(1) 设计停留时间为 29 min; (2) 搅拌机形式:垂直式双层浆板式搅拌机; (3) 搅拌机功率为 0.06 kW	(1) 设计停留时间满足规范规定的 15~30 min 取值要求; (2) 搅拌机形式与规范推荐的浆板式一致; (3) 依据搅拌机功率推算搅拌速度梯度为 65 s ⁻¹ ,满足规范规定的 20~70 s ⁻¹ 的取值要求
中间池	(1) 1.0 m×1.0 m×1.5 m (2) 超高 0.5 m	设计停留时间为 29 min	停留时间依据前期试验结果,并结合合建结构尺寸设计

注:设计参数校核所用规范系指《污水混凝与絮凝处理工程技术规范》(HJ 2006—2010);若混合反应池的停留时间严格按规范取最大值为 30 s,则混凝反应池的容积为 0.02 m³,实际工程中无法建造如此小的混合反应池;因此,考虑到工程的可操作性,本工程参考同类项目经验将停留时间修正为 32 min。

本工艺段从 2023 年 9 月 1 日—12 月 31 日共计处理调节池积存渗沥液约为 4 043 m³,98%浓硫酸、PFS、PAM、液碱投加质量浓度分别为 3 394、2 461、56、1 484 mg/L。上述药剂的投加浓度是在项目正式投产前,在保证最大污染物去除率的前提下,通过生产性的试验确定的。此外,由于本项目处理的高浓度渗沥液中各项污染物浓度均高于填埋场调节池正常液位渗沥液污染物浓度,特别

是 SS 最高浓度是相关规范标准值的 8~10 倍。因此,在本项目实际药剂投加量高于相关规范的推荐值。

3 处理效果分析

经过混凝沉淀预处理工艺处理后,调节池积存的高浓度渗沥液颜色由墨黑色变为淡黄色,刺激性臭味也明显减轻,处理前后的渗沥液颜色变化如图 3 所示。



图 3 混凝沉淀预处理工段处理前后渗沥液颜色变化

Fig. 3 Changes of Leachate Color before and after Pretreatment in Coagulation and Sedimentation

分别统计了混凝沉淀预处理设备从 2023 年 9 月 1 日—12 月 31 日的运行数据(表 4)。并以时间为横坐标,以 COD_{Cr}、氨氮、电导率、SS 进出水的浓

度和各污染物去除率为纵坐标,绘制了渗沥液经处理前后的污染物浓度变化柱状图和去除率变化曲线(图 4)。

表 4 混凝沉淀预处理工段进出水各水质指标统计

Tab. 4 Statistics of Influent and Effluent Quality Indices in Coagulation and Sedimentation Pretreatment Section

运行月份	渗沥液处理量/(m ³ ·d ⁻¹)	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)		氨氮/(mg·L ⁻¹)		电导率/(μS·cm ⁻¹)		SS/(mg·L ⁻¹)	
		进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
2023 年 9 月	10	17 385	11 396	7 490	6 588	75 200	73 800	6 440	1 810
2023 年 9 月	19	13 411	8 827	7 338	6 254	82 300	83 800	7 262	1 135
2023 年 9 月	27	15 966	7 621	7 796	6 546	82 300	81 400	8 110	1 888
2023 年 10 月	33	18 450	10 516	7 601	6 726	85 200	84 000	8 058	2 656
2023 年 10 月	30	15 611	9 225	6 476	5 684	72 400	72 900	7 595	1 661
2023 年 10 月	31	14 689	8 586	6 699	5 768	74 400	73 000	7 778	699
2023 年 11 月	15	15 514	10 100	6 476	5 643	83 100	82 100	6 900	1 835
2023 年 11 月	48	15 594	9 454	7 726	6 768	80 600	79 900	6 904	2 272
2023 年 11 月	50	16 160	10 504	7 171	6 365	79 900	80 500	7 079	1 835
2023 年 12 月	75	16 160	10 100	7 490	6 546	75 600	76 000	7 341	699
2023 年 12 月	41	9 938	8 484	7 057	6 057	82 900	82 200	6 904	961
2023 年 12 月	63	16 170	9 361	7 457	6 443	81 100	80 300	6 904	961

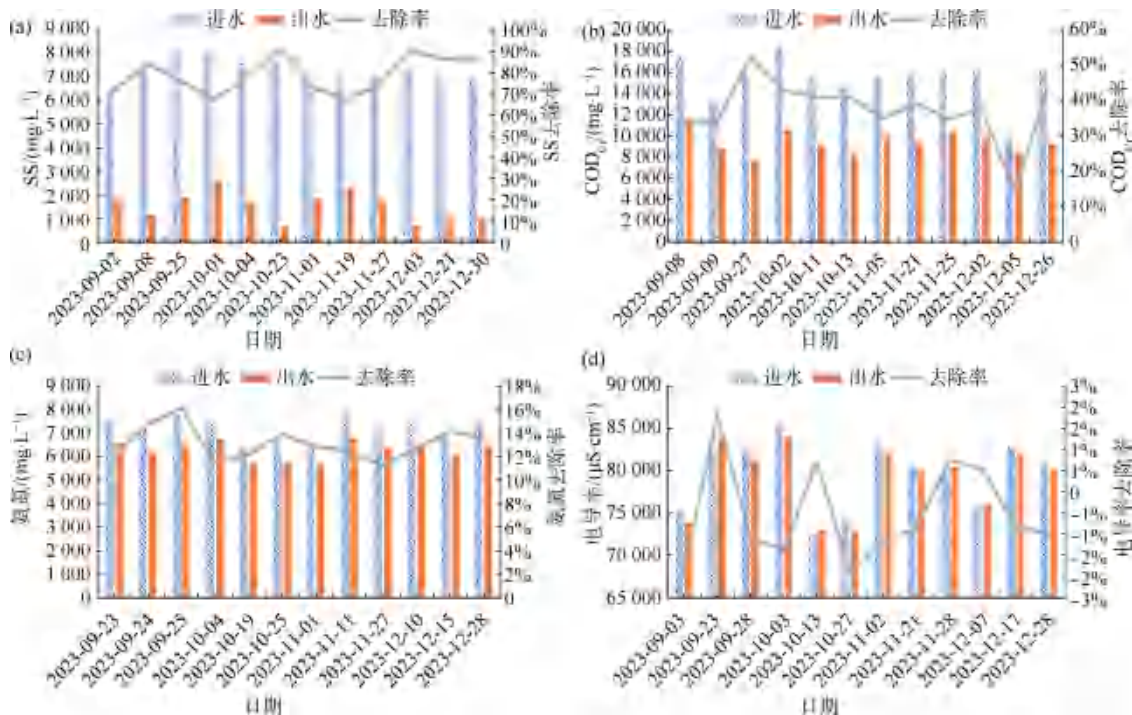


图 4 混凝沉淀预处理工段进出水各水质指标及去除率变化

Fig. 4 Water Quality Indices and Removal Rates in Influent and Effluent of Coagulation and Sedimentation Pretreatment Section

由图 4(a)可知,渗沥液进水平均 SS 质量浓度为 7 237 mg/L,出水平均质量浓度为 1 534 mg/L,远低于后续处理构筑物 SS 限值为 5 000 mg/L。由图

4(b)可知,渗沥液进水 COD_{Cr} 平均质量浓度为 15 421 mg/L,出水 COD_{Cr} 平均质量浓度为 9 515 mg/L,低于后续处理构筑物 COD_{Cr} 限值为 10 000

mg/L。由图 4(c) 得出, 渗沥液进水氨氮平均质量浓度为 7 231 mg/L, 出水氨氮平均质量浓度为 6 282 mg/L, 高于后续处理构筑物氨氮限值(3 000 mg/L)。由图 4(d) 可知, 渗沥液进水电导率为 72 400 ~ 85 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 出水电导率为 72 900 ~ 84 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 进出水电导率变化不大。

混凝沉淀工艺对渗沥液 SS、 COD_{Cr} 、氨氮的平均去除率分别为 79%、37%、13%, 对电导率去除效果并不明显。将混凝沉淀对调节池积存渗沥液 SS、 COD_{Cr} 、氨氮、电导率的平均去除率计为 K , 由表 3 计算 ($K_{\text{SS}} = 79\%$) > ($K_{\text{COD}_{\text{Cr}}} = 37\%$) > ($K_{\text{氨氮}} = 13\%$) > ($K_{\text{电导率}} = 0$)。虽然 SS、 COD_{Cr} 、氨氮平均去除率略低于国家相关规范标准的推荐值, 通常混凝沉淀污水中的 COD_{Cr} 去除率可达 70%, SS 去除率可达 90%^[11], 氨氮的去除率为 65%~90%^[12]。但其仍能大幅度地削减渗沥液中的 SS、有机污染物和氨氮浓度, 发挥良好的降低污染负荷的作用。

由于渗沥液中的部分有机污染物吸附在悬浮颗粒及胶体之上, 在去除 SS 的同时, 该部分有机污染物也得以去除。渗沥液中的氨氮常以 NH_3 和 NH_4^+ 形式存在。混凝剂 PFS 溶于水后可水解成带负电的基团 $[\text{Fe}_2(\text{OH})_n]^{(6-n)-}$ 可静电吸引带正电的 NH_4^+ 形成较为稳定的絮体, 最后随着悬浮颗粒絮体的去除。由于渗沥液中的 SS 和氨氮被部分去除, 电导率应有降低, 但是由于投加了 98% 浓硫酸和 32% 的液碱调节 pH, 存在外加离子, 电导率减少和增加作用相互抵消。因此, 可能导致出水电导率变化不大。

研究者在实验室条件下开展了混凝沉淀法处理渗沥液的试验^[9-10]。李润宣等^[9]发现在 PAC 的投加量为 30 g/L 时, 其对渗沥液的 COD_{Cr} 去除率为 36.45%。较本文的研究结果, 虽然 COD_{Cr} 的去除率大约相等, 但其药剂投加量远大于本工程 PFS 投加量(2 461 mg/L) 和 PAM 投加量(56 mg/L); 陈军^[10]发现在混凝剂 PFS 的投加量为 0.5 g/L 时, pH 值 = 10 时, COD_{Cr} 的去除率为 25%, SS 的去除率为 89%。较本文的研究结果, 混凝剂投加量少, COD_{Cr} 去除率低, 但其 SS 的去除率略高。对比已有的相关研究数据, 在各自最优工况下虽然本项目的 SS 去除率略较低, 但是其加药量少, 且 COD_{Cr} 去除率高, 此外本项目已是投产的工程案例, 因此具有较高的科学性和指导价值。

4 成本经济分析

本文统计了该套设备从 2023 年 9 月 1 日—12 月 31 日的运行水、电、药剂消耗、污泥处理费用及人工费, 并按 4 043 m^3 处理量估算了其运行费用约为 29.98 元/ m^3 , 如表 5 所示。

表 5 混凝沉淀预处理运行费用估算
Tab. 5 Estimated Operation Cost of Coagulation and Sedimentation Pretreatment

项目	耗量	单价/元	费用/万元	单位成本/(元· t^{-1})
水费	100.00 t	4.09	0.04	0.10
98% 浓硫酸	14.00 t	1 500.00	2.10	5.19
消泡剂	1.25 t	4 580.00	0.57	1.42
PAM	0.25 t	10 000.00	0.25	0.62
32% 液碱	18.75 t	2 100.00	3.94	9.74
电费	1.95 万 kW·h	0.67	1.31	3.24
聚铁盐溶液	10.00 t	220.00	0.22	0.54
污泥处理费	24.64 t	170.00	0.42	1.04
工资福利费	5 人	32 355.00	16.18	8.09

注: 工资福利费按项目建设方与提供混凝沉淀预处理第三方服务商的合同约定按调节池积存的高浓度渗沥液总量约为 2 万 m^3 折算吨水成本。

混凝沉淀法具有操作简单、效果明显、适用水质范围广、耐冲击负荷高、运行成本低的特点, 特别适合作为调节池积存的高浓度渗沥液的预处理工艺。

5 存在的问题及展望

混凝沉淀法虽然可以明显削减填埋场调节池积存的高浓度渗沥液中的 SS、 COD_{Cr} 浓度, 为降低后续处理构筑物的污染负荷发挥良好的作用, 但是对氨氮和电导率的去除效果有限。因此, 后续工程实践可在混凝沉淀法后增设如氨吹脱或 Fenton 工艺段, 采用组合工艺的形式来强化对调节池积存的高浓度渗沥液的预处理。

6 结论

(1) 混凝沉淀法作为调节池积存的高浓度渗沥液的预处理工艺, 可以削减 SS、 COD_{Cr} 、氨氮浓度, 可为后续以 MBR 为生化处理, 以膜处理为深度处理的典型渗沥液处理工艺大幅削减污染物负荷发挥良好的作用。

(2) 混凝剂宜选用 PFS, 投加质量浓度约为 2 461 mg/L。絮凝剂宜选用 PAM, 投加质量浓度约为 56 mg/L。反应前通过投加硫酸将渗沥液 pH 值

调整至 6.5, 反应后通过投加助凝剂液碱将渗沥液 pH 值回调至 7.0。药剂投加量依据渗沥液的水质的不同而调整。

(3) 混凝反应在满足表 3 的设计参数时, 渗沥液中的 SS、COD_{Cr}、氨氮的平均去除率可分别达到 79%、37%、13%。

(4) 经过测算, 设计处理规模为 50 m³/d 时该工艺的运行费用约为 29.98 元/m³。较于氨吹脱、厌氧、水解酸化等预处理工艺, 具有操作简单、效果明显、适用水质范围广、耐冲击负荷高、运行成本低等优点, 适合作为调节池积存高浓度的渗沥液的预处理工艺。

参考文献

- [1] 章怡, 方月英, 刘国伟, 等. 城市生活湿垃圾渗滤液处理处置研究现状与发展趋势[J]. 净水技术, 2021(5): 16-21, 96.
ZHANG Y, FANG Y Y, LIU G W, et al. Research status and development trend of leachate treatment for urban household wet solid wastes[J]. Water Purification Technology, 2021(5): 16-21, 96.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 住房和城乡建设部标准定额研究所. 生活垃圾渗滤液处理技术导则: RISN-TG023—2016[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China, Institute of Standard Quota, Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Technical guidelines for leachate treatment of domestic refuse: RISN-TG023—2016[S]. Beijing: China Architecture and Architecture Press, 2016.
- [3] 夏旻, 邵俊. 机械压缩蒸发技术(MVC)处理垃圾渗滤液的中试研究[J]. 环境卫生工程, 2016, 24(2): 6-8.
XIA M, TAI J. Pilot scale research on mechanical vapor compression technology (MVC) of landfill leachate treatment [J]. Environmental Sanitation Engineering, 2016, 24(2): 6-8.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 上海市环境工程设计科学研究院有限公司. 生活垃圾处理处置工程项目规范: GB 55012—2021[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2022.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China, Shanghai Institute of Environmental Engineering Design Science Co., Ltd. Household waste treatment and disposal project specifications: GB 55012—2021[S]. Beijing: China Building Industry Press, 2022.
- [5] 国瑞峰, 尹然, 许志珍, 等. 我国生活垃圾填埋场渗滤液的组合处理工艺[J]. 环境卫生工程, 2016, 24(1): 4-7.
GUO R F, YIN R, XU Z Z, et al. The combined treatment process of landfill leachate in China [J]. Environmental Sanitation Engineering, 2016, 24(1): 4-7.
- [6] 吴晓晖, 王声东. 老港垃圾填埋场渗滤液处理工艺设计方案[J]. 净水技术, 2013, 32(3): 63-66.
WU X H, WANG S D. Design proposal for treatment processes of landfill leachate in Laogang [J]. Water Purification Technology, 2013, 32(3): 63-66.
- [7] 黄坤. 多段进水缺氧/好氧工艺+混凝工艺对生活垃圾填埋场渗滤液的处理效果研究[D]. 西安: 长安大学, 2022.
HUANG K. Treatment of leachate from municipal solid waste landfill by step-feeding anoxic/oxic process and coagulation process [D]. Xi'an: Chang'an University, 2022.
- [8] 王亚. 垃圾填埋场渗滤液处理工艺及改造技术分析[J]. 皮革制作与环保科技, 2022, 3(3): 123-125.
WANG Y. Analysis of landfill leachate treatment process and transformation technology [J]. Leather Manufacture and Environmental Technology, 2022, 3(3): 123-125.
- [9] 李润宣, 李鸿雁, 吴丹, 等. PAC 混凝沉淀法处理垃圾渗滤液的研究[J]. 当代化工, 2010, 39(4): 366-368.
LI R X, LI H Y, WU D, et al. Study on treatment of landfill leachate by PAC coagulation and precipitation [J]. Contemporary Chemical Industry, 2010, 39(4): 366-368.
- [10] 陈军. 混凝沉淀法预处理垃圾渗滤液[J]. 环境卫生工程, 2005, 4(13): 50-54.
CHEN J. Pre-treatment of waste leachate through coagulant sedimentation [J]. Environmental Sanitation Engineering, 2005, 4(13): 50-54.
- [11] 北京市市政工程设计研究总院有限公司. 给水排水设计手册第 5 册 城镇排水[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2022.
Beijing Municipal Engineering Design Research Institute Co., Ltd. Water supply and drainage design manual volume 5 urban drainage [M]. Beijing: China Architecture and Construction Press, 2022.
- [12] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 国家市场监督管理总局, 上海市住房和城乡建设管理委员会. 室外排水设计标准: GB 50014—2021[S]. 北京: 中国计划出版社, 2021.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China, State Administration for Market, Shanghai Housing and Urban and Rural Construction Management Commission. Design standard for outdoor drainage: GB 50014—2021[S]. Beijing: China Planning Press, 2021.