

垃圾填埋场渗滤液处理工程改造升级的设计

王维斌¹, 季 民¹, 陈玲凤², 吴凡松³

(1. 天津大学 环境科学与工程学院, 天津 300072; 2 浙江建设职业技术学院, 浙江 杭州 311231; 3 中国市政工程华北设计研究院, 天津 300074)

摘 要: 介绍了在渗滤液排放标准提高的情况下,北方某城市垃圾填埋场渗滤液处理工程改造升级的设计方案。在分析该渗滤液水质特点和原有简单物化 /一级生化工艺缺陷的基础上,提出物化 /多级生化 /氧化吸附 /膜分离组合工艺。该工艺适于高含盐、难降解渗滤液的处理,其出水水质能够达到《生活垃圾填埋污染控制标准》(GB 16889—1997)中的一级标准,部分出水经反渗透处理后可达到杂用水水质标准。

关键词: 垃圾渗滤液; 膜生物反应器; 反渗透

中图分类号: X703.1 文献标识码: C 文章编号: 1000 - 4602(2007)12 - 0047 - 04

Upgrading Design of Landfill Leachate Treatment Project

WANG Wei-bin¹, JI Min¹, CHEN Ling-feng², WU Fan-song³

(1. School of Environment Science and Technology, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2 Zhejiang College of Construction, Hangzhou 311231, China; 3 North China Municipal Engineering and Research Institute, Tianjin 300074, China)

Abstract: The design scheme of upgrading landfill leachate treatment project of a northern city under the condition of the stricter leachate discharge standard was introduced. Based on the analysis of the leachate characteristics and the disadvantage of original simple physicochemical/primary biochemical process, a combined physicochemical/multistage biochemical/oxidation adsorption/membrane separation process was put forward. The process is suitable for treating the high-salinity and refractory leachate. The effluent quality can reach the first class criteria specified in the Standard for the Landfill Site for Domestic Waste (GB 16889 - 1997), and the reclaimed wastewater from reverse osmosis reactor can meet the miscellaneous wastewater quality standard.

Key words: landfill leachate; membrane bioreactor; reverse osmosis

1 工程概况

建成并投入运行。原设计渗滤液处理系统的规模为 200 m³ /d,进水水质为估计值,出水水质要求达到渗滤液二级排放标准,具体的设计进、出水水质见表 1。

北方滨海某垃圾卫生填埋场占地约 27 hm²,填埋区面积为 18 hm²,接收垃圾量约 400 t/d,2001 年

表 1 原设计中渗滤液的进、出水水质

Tab 1 Leachate influent and effluent quality in previous design

项目	COD / (mg · L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg · L ⁻¹)	NH ₃ - N / (mg · L ⁻¹)	SS / (mg · L ⁻¹)	pH	大肠菌值 / (CFU · L ⁻¹)
进水	3 000	2 000	60	500	6 ~ 9	
出水	300	150	25	30	6 ~ 9	10 ⁻¹ ~ 10 ⁻²

原设计仅是参考一般的城市污水处理技术,所以处理工艺较简单,其工艺流程见图 1。

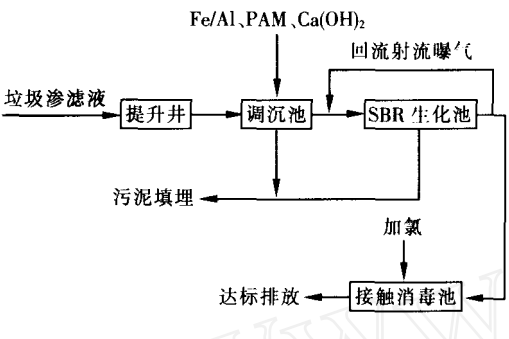


图 1 改造前渗滤液处理工艺流程

Fig 1 Flow chart of leachate treatment before reconstruction
该工艺共设 3 座合建式调沉池,并联间歇工作,总容积为 2 000 m³,既用于水量和水质的调节,又兼有混凝沉淀和调节 pH 值等预处理作用。调节池内设有穿孔曝气管,既起到搅拌混合的作用,又有一定吹脱氨氮的作用。SBR 池为半地下式钢筋混凝土结构,总尺寸为 6 m ×6 m ×8.3 m,有效水深为 7.0 m,总有效容积为 250 m³,分 2 格并联运行,内设 8 台无背压射流曝气器。

该渗滤液处理工程与垃圾卫生填埋设施一起建成,但投入运行后发现实际渗滤液水质与原设计存在很大差距,渗滤液中的盐含量很高,导致处理系统不仅达不到原来的设计出水水质,甚至不能正常运行。分析其原因主要有以下几点:

进水水质估计不准确。由于未对渗滤液水质进行实际检测,设计进水水质偏低。此外也没有考虑到滨海地区的垃圾填埋渗滤液含盐量很高,致使 SBR 生化池中很难维持足够的活性污泥,导致生化处理工艺不能正常发挥作用。

处理工艺选择不合理。垃圾渗滤液中难降

解有机物的浓度很高,仅仅采用一般的混凝沉淀和生物处理很难得到有效处理。根据国内外渗滤液处理的研究与工程实践经验^[1~3],需采用化学、生化、物化等多种技术联合处理系统,才可能使渗滤液出水水质满足排放标准。

SBR 生化池的曝气方式对活性污泥絮体有不利影响。原设计中 SBR 生化池曝气方式为混合液回流射流曝气,射流曝气设备虽然简单,但是能耗高,特别是用于混合液回流曝气时,活性污泥絮体呈细分散状态,其沉降特性变差,造成生化池内不能维持稳定的污泥量。

2 改造方案的设计

鉴于原有渗滤液处理工程不能正常运行,且环保部门对排放标准有了新的严格要求,即处理后的渗滤液出水水质应达到《生活垃圾填埋污染控制标准》(GB 16889—1997)中的一级排放标准(COD ≤ 100 mg/L),此外场方还希望部分渗滤液处理后能够达到洗车和道路喷洒的再生水标准,因此需对该渗滤液处理工程进行升级改造。

2.1 设计水质

检测统计结果表明,改造工程的渗滤液处理量仍为 200 m³/d,其中 150 m³/d 的处理出水外排,50 m³/d 的处理水经深度处理后回用。

根据该填埋场渗滤液水质的实际监测结果确定改造工程的设计进水水质,出水水质根据当地环保部门新的要求,应达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—1997)中的一级标准;回用部分的处理出水(50 m³/d)则应达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)中的洗车、扫除和厕所冲洗水水质要求。具体进、出水水质见表 2。

表 2 设计进、出水水质

Tab 2 Leachate characteristics in new design

项目	COD / (mg · L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg · L ⁻¹)	NH ₃ - N / (mg · L ⁻¹)	SS / (mg · L ⁻¹)	pH	溶解性总固体 / (mg · L ⁻¹)	Cl ⁻ / (mg · L ⁻¹)
进水	4 000 ~ 8 000	400 ~ 2 000	200 ~ 400	300 ~ 500	7 ~ 9	8 000 ~ 12 000	4 000 ~ 6 000
出水	≤100	≤30	≤15	≤70	7 ~ 9		

2.2 改造工艺流程及设计参数

在分析国内外垃圾渗滤液处理技术及试验结果的基础上,提出了氨氮吹脱—混凝沉淀—两级厌氧水解—好氧移动床生物膜反应器—膜生物反应器—一级臭氧/生物活性炭—二级生物活性炭—机械过

滤—反渗透的组合处理工艺,工艺流程如图 2 所示。

将原调沉池依次改造为氨氮吹脱池、混凝沉淀池及厌氧水解酸化池。改造中将原 3 座调沉池并联运行改为串联运行,第 1 座为氨氮吹脱池,通过投加石灰乳液调节渗滤液的 pH 值,达到强化氨氮

吹脱的作用;第 2 座为混凝沉淀池,通过投加混凝剂和助凝剂达到高效去除悬浮物的作用;第 3 座改为厌氧水解池,并安装弹性填料,改善渗滤液的生化性,提高有机物的去除效果。氨氮吹脱曝气系统所需气量按气水比为 20 : 1 计算,厌氧水解池中安装弹性立体生物填料约 720 m^3 ,填料有效高度为 3 m。

原有 2 座 SBR 生化池分别改造成厌氧移动床生物膜反应器和好氧移动床生物膜反应器。2 座移动床生物膜反应器中共投加轻质悬浮生物填料约 100 m^3 ,该填料为聚丙烯材质,外形为柱体,直径为 25 mm,高度为 25 mm,中间有供生物膜附着的支撑面,比表面积为 $250 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 。2 座反应器的设计容积负荷为 $1.8 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。为提高充氧效率和降低能耗,将原射流曝气改为鼓风曝气,采用膜片式微孔曝气盘,鼓风量按气水比为 18 : 1 计算。

膜生物反应器。在好氧移动床生物膜反应器后再串联膜生物反应器 (MBR),对未完全降解的有机物作进一步处理。MBR 设计 COD 负荷为 $2.3 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,MLSS 为 $4\,000 \sim 5\,000 \text{ mg/L}$ 。设备平面尺寸为 $4.5 \text{ m} \times 4 \text{ m}$,高为 4.0 m,有效容积为 60 m^3 ,内设中空纤维膜组件 16 套,曝气量按气水比为 30 : 1 计算。

臭氧氧化和生物活性炭吸附工艺。由于渗

滤液中不可生物降解有机物的含量较高,经生化处理后 COD 浓度可降至 $300 \sim 500 \text{ mg/L}$,为达到 COD $< 100 \text{ mg/L}$ 的一级排放限值,必须在生化处理后增设物化处理工艺。为此选用臭氧氧化和生物活性炭吸附工艺作为生化处理后的深度处理技术。采用臭氧发生器 2 台,臭氧产量为 200 g/h ;设臭氧接触反应器 1 台,直径为 0.7 m,高为 3.0 m;设一级生物活性炭塔 1 座,钢制圆柱形,尺寸为 $\Phi 2.5 \text{ m} \times 4.8 \text{ m}$,炭层高为 2 m,采用降流过滤方式。

再生水处理工艺。为满足渗滤液的再生回用要求,考虑到该渗滤液的高盐特性,将生物活性炭部分出水 ($50 \text{ m}^3/\text{d}$) 再经二级活性炭塔、精密过滤器、反渗透装置进行深度处理,进一步去除渗滤液中的有机物、盐、氨氮等污染物,使出水满足回用要求^[4]。二级活性炭塔为钢制圆柱形,尺寸为 $\Phi 1.5 \text{ m} \times 4.3 \text{ m}$,处理能力为 $3.5 \text{ m}^3/\text{h}$,设计滤速为 2.0 m/h ,活性炭层高为 2 m。设精密过滤器 1 台,处理能力为 $3.5 \text{ m}^3/\text{h}$,设计压力为 0.6 MPa,设计温度为 $4 \sim 45^\circ\text{C}$,初始压差 $< 0.02 \text{ MPa}$,最终压差 $< 0.05 \text{ MPa}$;滤芯为聚丙烯材质,数量为 5 根,长度为 500 mm,过滤精度为 $5 \mu\text{m}$ 。设反渗透装置 1 套,采用卷式反渗透膜组件,规格为 10.16 cm (4 英寸),数量为 10 只,运行压力为 2.6 MPa。

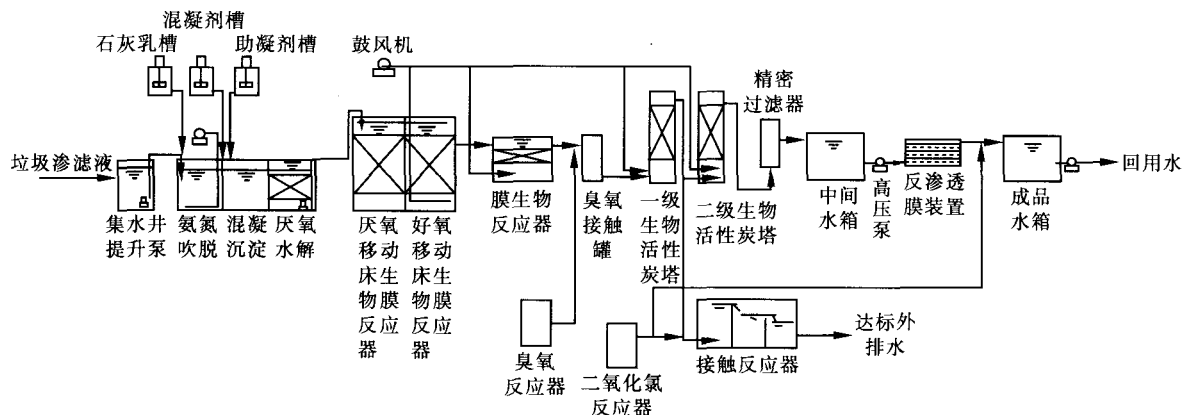


图 2 改造后的工艺流程

Fig 2 Flow chart of leachate treatment after reconstruction

2.3 主要技术经济指标

改造工程总投资为 323 万元,总装机容量为 60 kW,工作功率为 43 kW,其中外排水处理部分为 28 kW,再生水处理部分为 15 kW。处理每吨渗滤液达到一级排放标准费用包括电费、人工费、药剂费、活性炭和微滤膜更换费、膜清洗费、设备维护费、设

备折旧费及水质化验费等,处理成本约为 $15 \text{ 元}/\text{m}^3$,电耗为 $3.36 (\text{kW} \cdot \text{h})/\text{m}^3$ 。回用水的总处理成本约 $25 \text{ 元}/\text{m}^3$,电耗为 $10.86 (\text{kW} \cdot \text{h})/\text{m}^3$ 。

2.4 处理效果

改造工程建成后,实际渗滤液的 COD 为 $2\,000 \sim 15\,000 \text{ mg/L}$,氨氮为 $50 \sim 1\,000 \text{ mg/L}$,全盐量为

2 000 ~ 20 000 mg/L, 污染物浓度高于设计值。经过 3 个月的调试运行, 在生物处理系统稳定运行状态下, 生物活性炭出水达到了渗滤液一级排放标准, 反渗透出水达到了生活杂用水标准。

3 设计经验

要使渗滤液处理出水水质达到高标准, 必须采用物化和生化处理相结合的组合工艺。对于高含盐的渗滤液, 由于微生物的生长受到抑制, 应尽量选择能使污泥不易流失、反应器内生物量稳定的工艺, 如生物膜法和膜生物反应器。

对于生物处理后渗滤液中剩余的不可生物降解有机物, 臭氧氧化/活性炭吸附法是一种经济、实用的处理技术。设计中采用的臭氧投量为 1 g/m^3 渗滤液, 实际运行过程中发现该值偏小, 当生物处理效果出现波动时, 氧化效果不稳定, 影响出水水质。此外, 臭氧反应器的反应时间还需延长, 最好为 1 h。

渗滤液水质波动很大, 特别是其中的含盐量变化幅度及频次都较大, 对生物处理设施中微生物的正常生长造成严重影响。处理高含盐渗滤液可采用生物强化技术, 将既能高效降解有机物和氨氮又有耐盐功能的优势微生物菌群投加到反应器中, 可保证生物处理长期稳定的运行。

将渗滤液处理到一级排放标准甚至生活杂用水标准, 存在投资和运行费用都很高的缺点。在有条件的地方, 应优先考虑将渗滤液经过初步处理后, 送到城市污水厂进行处理, 以降低投资和运行费用。

参考文献:

- [1] 李军, 王宝贞, 王淑莹, 等. 生活垃圾渗滤液处理中试研究 [J]. 中国给水排水, 2002, 18 (3): 1 - 6
- [2] 方士, 卢航, 蓝雪春. 两级 SBR—PAC 吸附混凝法处理垃圾渗滤液的研究 [J]. 浙江大学学报, 2002, 28 (4): 435 - 439
- [3] Tatsi A A, Zouboulis A I, Matis K A, et al. Coagulation-flocculation pretreatment of sanitary landfill leachates [J]. Chemosphere, 2003, 53 (7): 737 - 744
- [4] 袁维芳, 王国生, 汤克敏. 反渗透法处理城市垃圾填埋场渗滤液 [J]. 水处理技术, 1997, 23 (6): 333 - 336

电话: (022) 66222871

E-mail: wby1998@sina.com jimin@tju.edu.cn

通讯地址: 300457 天津经济技术开发区第二大街 42 号
滨海新区管委会

收稿日期: 2007 - 02 - 06

· 信息 ·

欢迎注册 www. watergasheat. com (水 · 燃气 · 热力信息) 网站会员

由《中国给水排水》杂志、《煤气与热力》杂志联合创办的 www. watergasheat. com (水 · 燃气 · 热力信息) 网站业已开通, 向国内、外的相关行业工作者提供下列基础服务:

1 网上阅读。读者可在网上浏览、检索、下载《中国给水排水》、《煤气与热力》杂志近 10 年所发表的技术性文章。其中, 即将出版的期刊 (新刊) 所登的论文可提前一个月 (比纸刊的指定出版日期) 看到, 新刊所登论文的目录可提前一个半月 (比纸刊的指定出版日期) 看到。

2 稿件查询。作者可在网上及时追踪所投稿件的处理情况和排发稿件的动态。

3 设备选型。广大工程技术人员可在网上查看国内外给水与污水处理、燃气与热力设备的创新、更新的发展动态, 了解著名企业的相关设备及其选型和设计参数, 逐步过渡到在网上选购设备。

4 工程信息。提供最快、最准确的业内工程资讯。

水 · 燃气 · 热力信息网站实行收费注册会员制, 分为单位会员和个人会员, 欲了解会员享受的服务以及缴费方式等详细信息请访问 www. watergasheat. com。

(本刊编辑部)