



東華大學
DONGHUA UNIVERSITY

生活填埋场渗滤液处理技术及发展

柳建设

东华大学

2024年03月 杭州



目录

CONTENTS

1 垃圾渗滤液污染现状

垃圾渗滤液处理技术进展 2

3 垃圾渗滤液处理技术规范 and 标准

垃圾渗滤液处理技术展望 4

1

垃圾渗滤液污染现状

垃圾污染



据统计，2020年中国城市垃圾产生量达3.6亿吨，全国600座城市堆放**100亿**吨垃圾。近年来，中国的高速工业化和城镇化进程带来了生活垃圾的迅猛增长，“城内干干净净，城外垃圾成堆”已经成了见怪不怪的现实。

卫生填埋作为生活垃圾的主要处理方式，其中**垃圾渗滤液**带来了严重的污染问题。

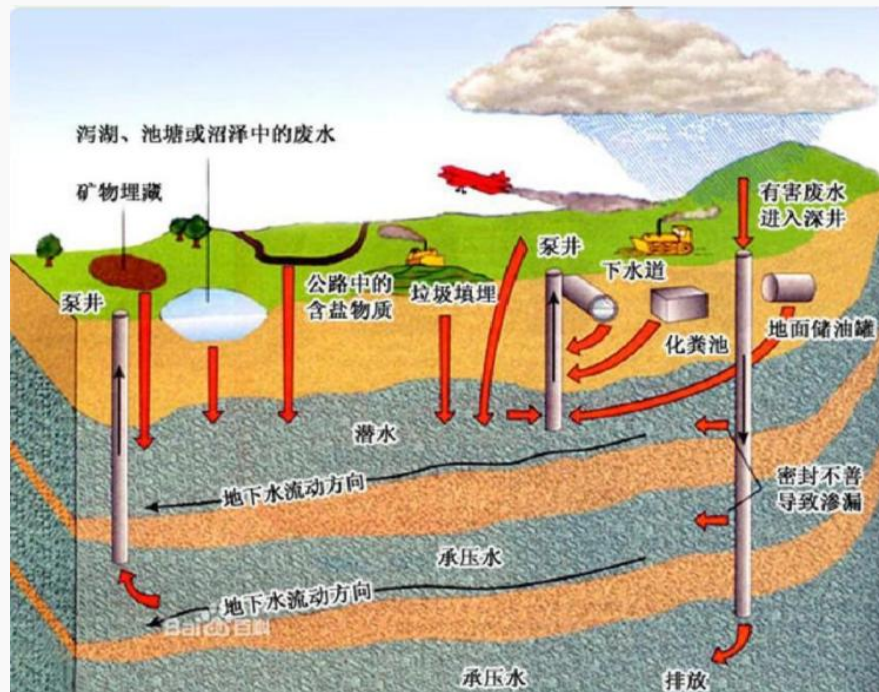
填埋场垃圾渗滤液---污染源

渗滤液中污染物主要来源:

★ 垃圾本身含有的大量可溶性有机物、无机物通过**雨水和地表水**进入渗滤液;

★ 垃圾通过**生物、化学、物理作用**产生的可溶性有害物质进入渗滤液;

★ **覆土和周围土壤**中进入渗滤液的可溶性物质。



填埋场垃圾渗滤液---组成

致癌物

促癌物

辅助癌物

致突变物

金属离子

主要有机污染物:

烷烯烃6种

羧酸类10种

酯类5类

醇、酚类10种

醛、酮类10种

酰胺类7种

芳烃类1种

其他5种



填埋场垃圾渗滤液 --- 污染特性

1、**污染物成分复杂**：不仅含有氨氮、硝态氮、重金属（如镉、锌、铅、汞、铜、铬）等无机污染物，还含有高浓度难降解的有机物，甚至含有荧蒽、十八烷、萘等强致癌物，毒性危害很大。

2、**污染持续时间长**：一个不合格的垃圾填埋场，就是一个大的污染源，其污染时间可能持续长达数十年甚至上百年。

3、**生物危害性大**：渗滤液会对地下水、地表水和填埋场周围环境造成严重的污染，会导致地表水缺氧、水质恶化、富营养化。渗滤液不经处理排入江河湖泊，会使水生生物和农作物受到污染，并通过食物链和生态环境对人体健康产生危害。



2 垃圾渗滤液处理技术进展

垃圾滲濾液處理現狀

我國生活垃圾最常見的處置措施是**衛生填埋**，
填埋場配套建設垃圾滲濾液處理站，**垃圾滲
濾液處理技術**也隨之慢慢發展起來

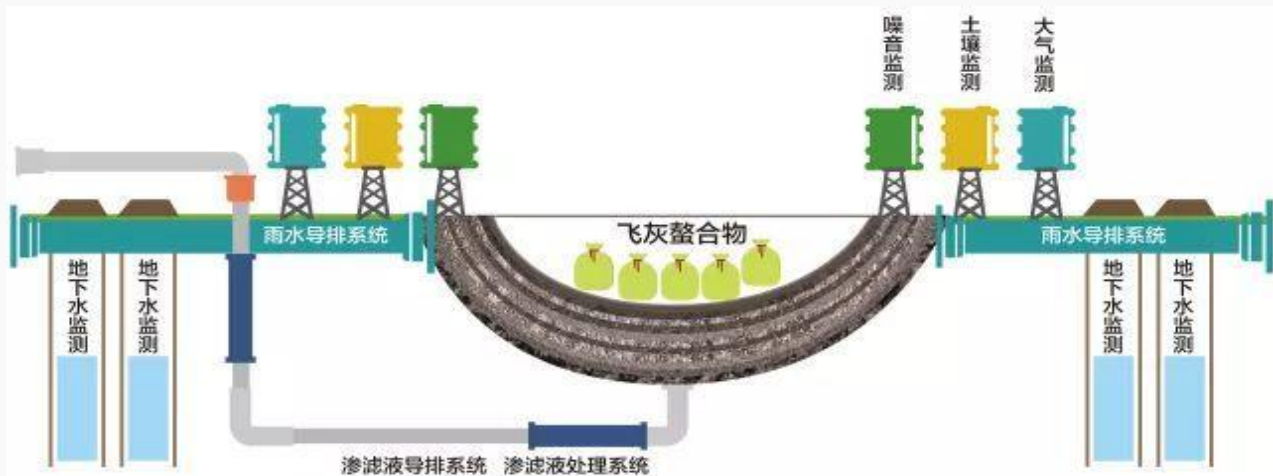
發展階段

- ◆ **第一階段**：初期垃圾滲濾液處理普遍採取**物化+生化工藝治理工藝**，填埋場老齡化和排放標準日漸收嚴，垃圾滲濾液處理凸顯出越來越多的問題。
- ◆ **第二階段**：主要研究方向在提高廢液的可生化性，脫鹽、脫氮除磷等，工藝主要增加**厭氧工藝**，提高廢液的可生化性。
- ◆ **第三階段**：隨着垃圾焚燒減量化處理技術正在全面推廣，大部分垃圾填埋場根據《生活垃圾填埋場滲濾液處理工程技術規範（試行）》（HJ564-2010）中推薦的“**預處理 + 生物處理 + 深度處理**”工藝處理垃圾滲濾液。



垃圾渗滤液处理存在的主要问题

- ◆ **场地限制**：渗滤液在梅雨季节产生量较平时大，处理站规模不能满足雨季产生量，渗滤液有直排地表水体的现象发生，某些渗滤液处理站受地理位置、场地制约因素限制改扩建困难。
- ◆ **处理成本提高**：随着各填埋场运行日久，**老龄化**填埋场渗滤液可生化性越来越差，**C/N比严重失衡**，生化处理系统负荷越来越重。
- ◆ **运行成本，达标困难**：部分填埋场反渗透深度处理产生的浓缩液**回灌至填埋区**，长期回灌导致填料盐分、有机物富集，导致填埋区导流管堵塞。



常见的垃圾渗滤液处理技术

◆ 物化处理技术

混凝沉淀法；化学氧化法；微电解法

◆ 生物处理技术

好氧处理法；厌氧生物处理法

◆ 膜分离技术

微滤膜(MF)；超滤膜(UF)；
纳滤膜(NF)和反渗透膜(RO)

◆ 土地处理技术

人工湿地；回灌法；矿化生物反应床

◆ 蒸发处理技术



常见的垃圾渗滤液处理技术 ---物化处理技术



物化处理的优点：去除渗滤液中的有毒有害重金属离子及氨氮，虽然物化处理不能完全代替生物处理，但某些方法，可作为**预处理或深度处理**而为渗滤液的达标排放和生物处理系统有效运行创造了良好的条件。

缺点：

混凝沉淀法对有机物去除率不高；

化学氧化法处理效果不稳定；

活性炭吸附法适用于有机物比较高的废水，且活性炭的污染较严重，再生困难，运行成本非常高，可行性低；

吹脱法只对废水中的氨氮有去除作用。

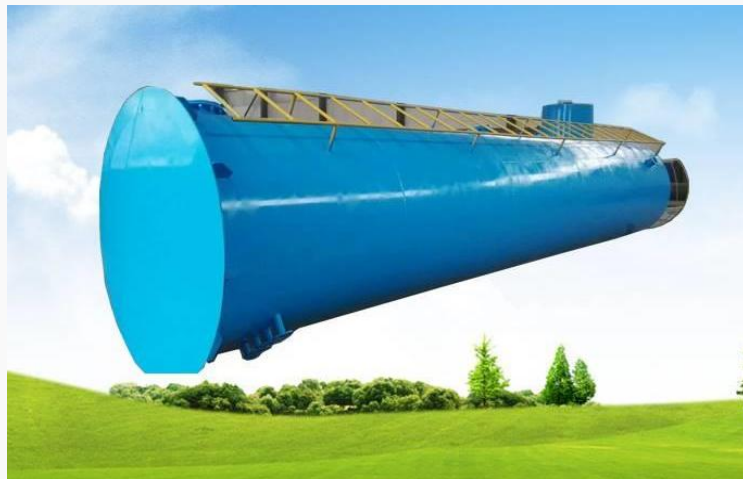
总而言之，物化处理技术针对性强，处理效果单一，多与其他处理技术联用。

常见的垃圾渗滤液处理技术 --- 生物处理技术



- **厌氧生物技术**：在厌氧生物处理装置中，渗滤液中的复杂有机分子被产甲烷细菌转化成甲烷和二氧化碳，产生极少数量的需要处理的污泥，同时还具有低能耗、低运行费和所需营养物少等优点。

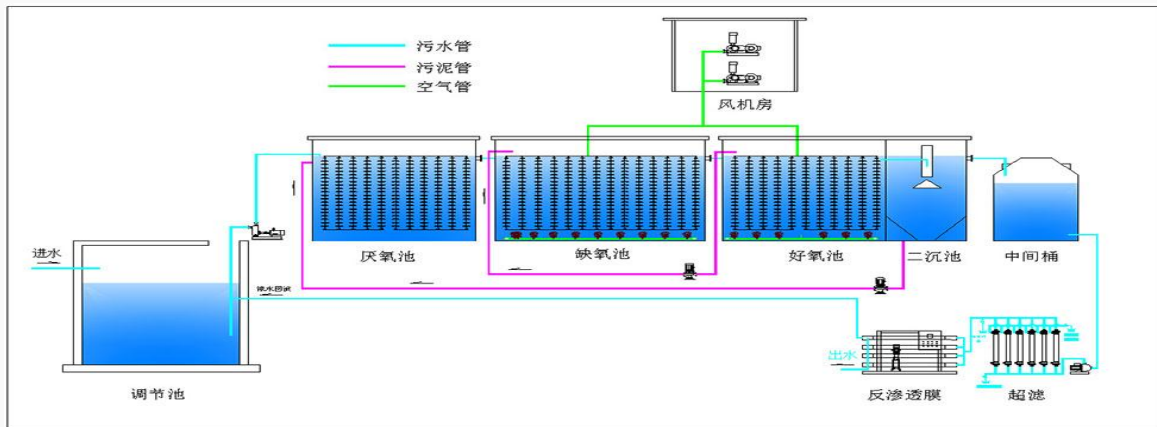
典型工艺：厌氧滤池(AF)、升流式厌氧污泥床(UASB)、高效厌氧反应器(UBF)



常见的垃圾渗滤液处理技术 --- 生物处理技术

- **好氧生物技术**：对于 BOD_5 与 COD_{Cr} 比值远大于0.5的早期渗滤液，含有大量易于生物降解的脂肪酸，好氧系统是非常有效的。但随着填埋时间的延长， NH_3-N 浓度的过高影响了微生物的活性， COD_{Cr} 浓度仍在500 ~ 2000mg/L之间，降低了处理效果，难以达到正常污水排放标准。

典型工艺：活性污泥法、生物转盘、滴滤池和氧化塘等。

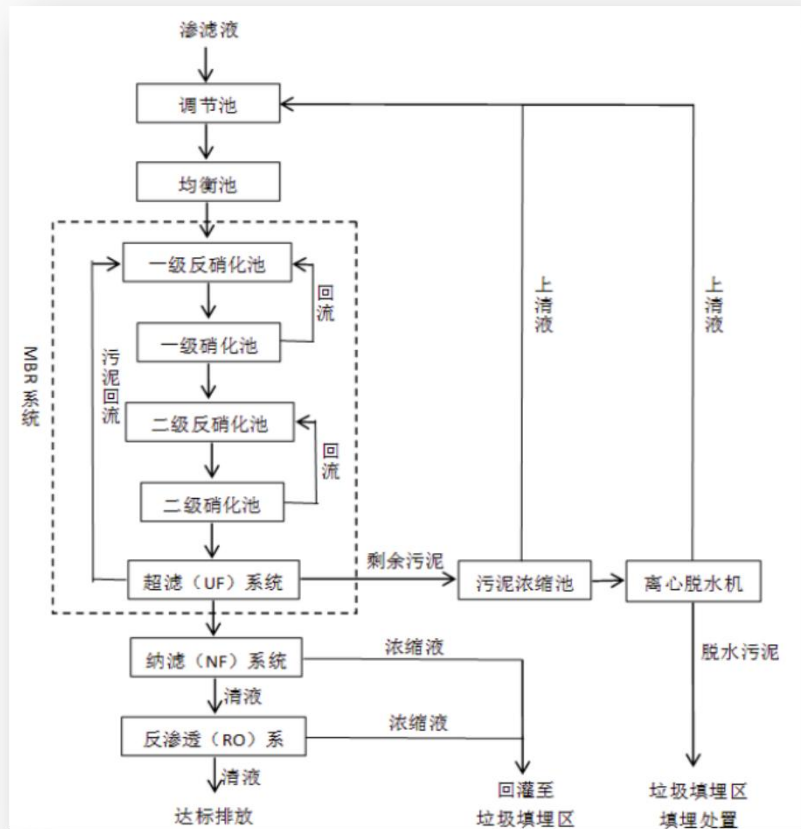


常见的垃圾渗滤液处理技术 ---膜分离技术

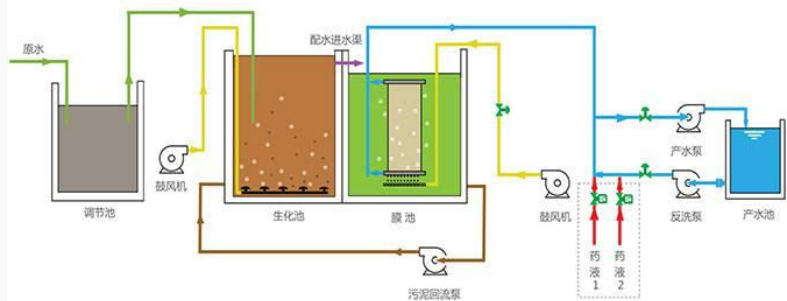
膜分离技术：膜过程常用于二级处理后的深度处理中，多以微滤(MF)、超滤(UF)替代常规深度处理中的沉淀、过滤、吸附、除菌等预处理。以纳滤(NF)、反渗透(RO)进行水的软化和脱盐。

缺点：膜技术不能降解、消除污染物，相应会产生更难处理的浓缩液。

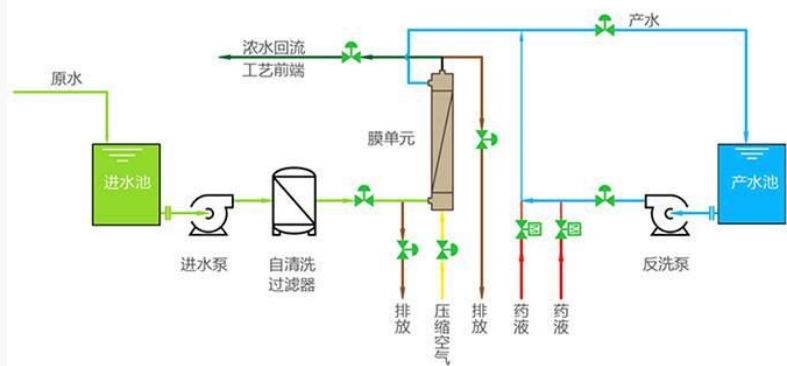
右图为：“预处理+膜生物反应器(MBR)+纳滤(NF)+反渗透(RO)”组合工艺



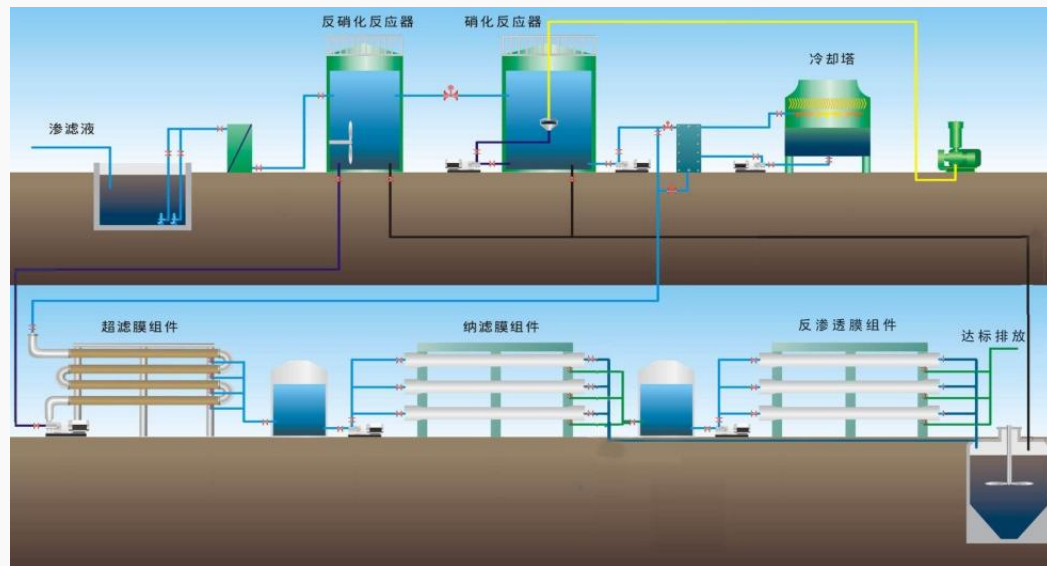
常见的垃圾渗滤液处理技术 ---膜分离技术



MBR膜污水处理工艺流程图



超滤膜处理工艺流程图

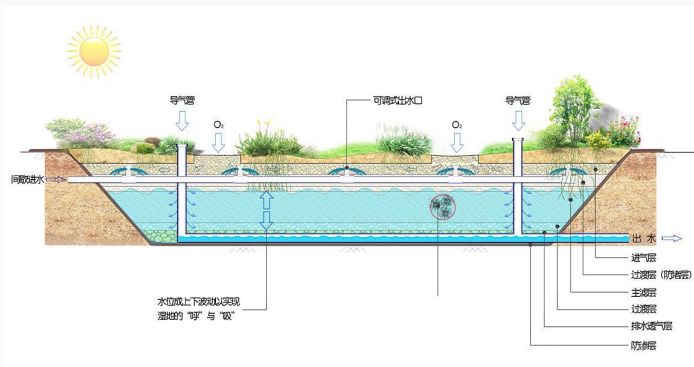


常见的垃圾渗滤液处理技术 --- 土地处理技术

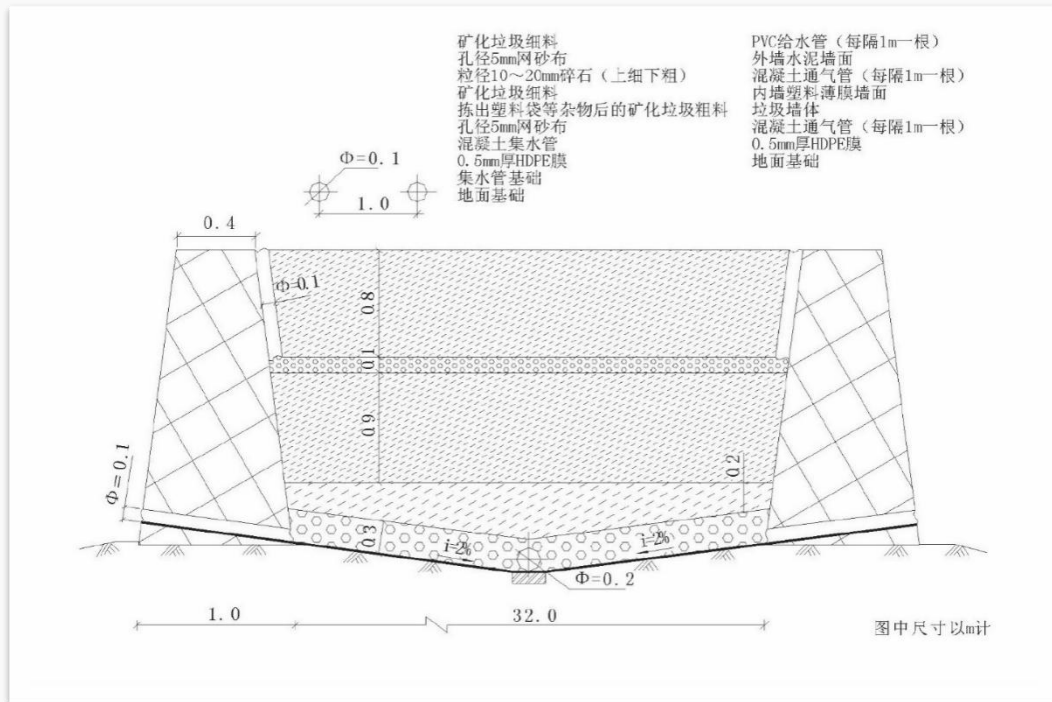
土地处理技术:

利用土壤、微生物和植物组成的陆地生态系统的自我调控机制和对污染物的综合净化功能处理填埋场渗滤液。污染物通过物理的过滤、吸附、挥发、淋溶，化学的分解与转化，植物的吸收与微生物的降解、吸收等作用得到去除。

典型工艺: 人工湿地法; 回灌法; 矿化垃圾生物反应床法。



土地处理技术 --- 矿化垃圾生物反应床法



工艺流程:

“调节池-厌氧池-兼氧池-曝气池-矿化垃圾反应床”；

出水水质满足国家三级排放标准;

优点：基建费用少、运行管理方便、处理效果稳定。

矿化垃圾生物反应床结构剖面

蒸发处理技术：利用外加能量蒸发渗滤液中的水分，使得渗滤液体积大大缩小，所得浓缩液可以回灌或者固化后填埋。

特点：

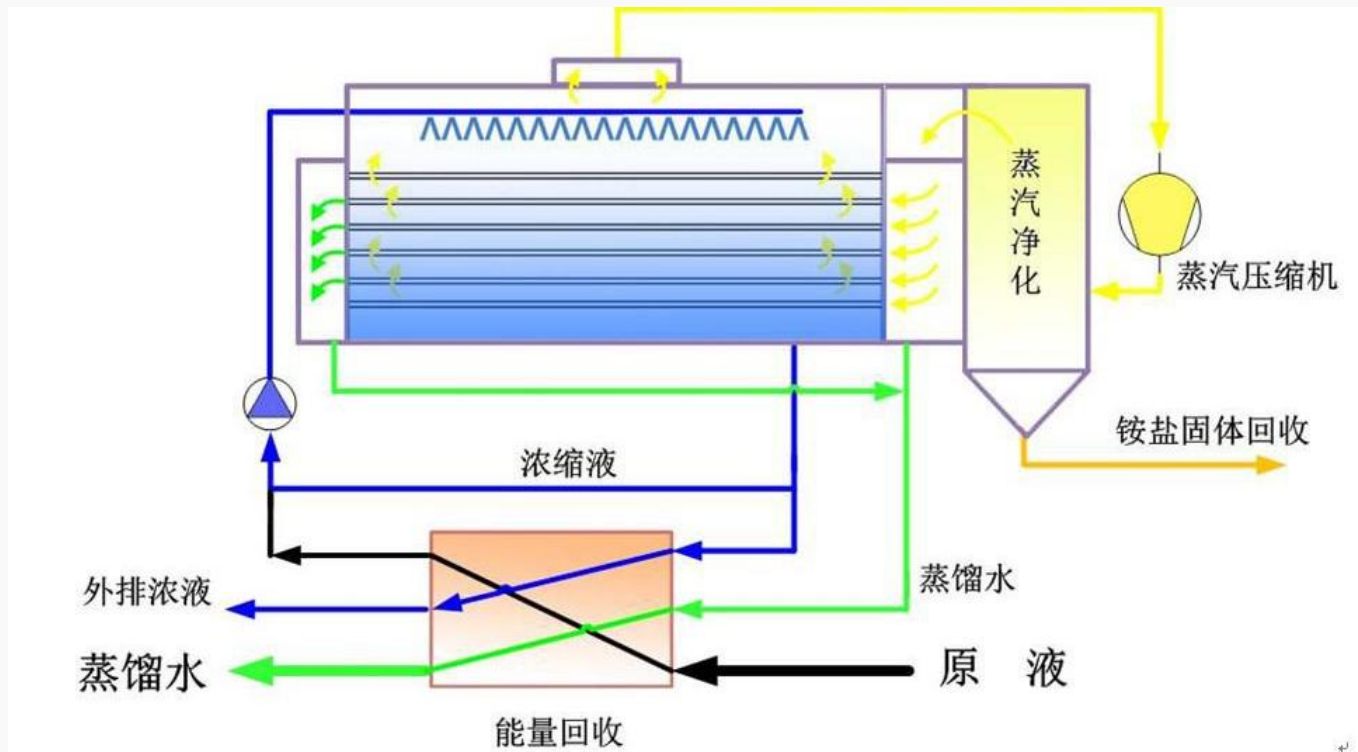
① 渗滤液蒸发工艺对渗滤液性质的变化不敏感，可以很容易地适应渗滤液的性质变化，包括BOD、COD、悬浮固体、溶解固体及进料温度等的变化。

② 一般来说，渗滤液蒸发系统只对pH值敏感，取决于制造蒸发器的材料对酸性渗滤液的抗腐蚀能力。

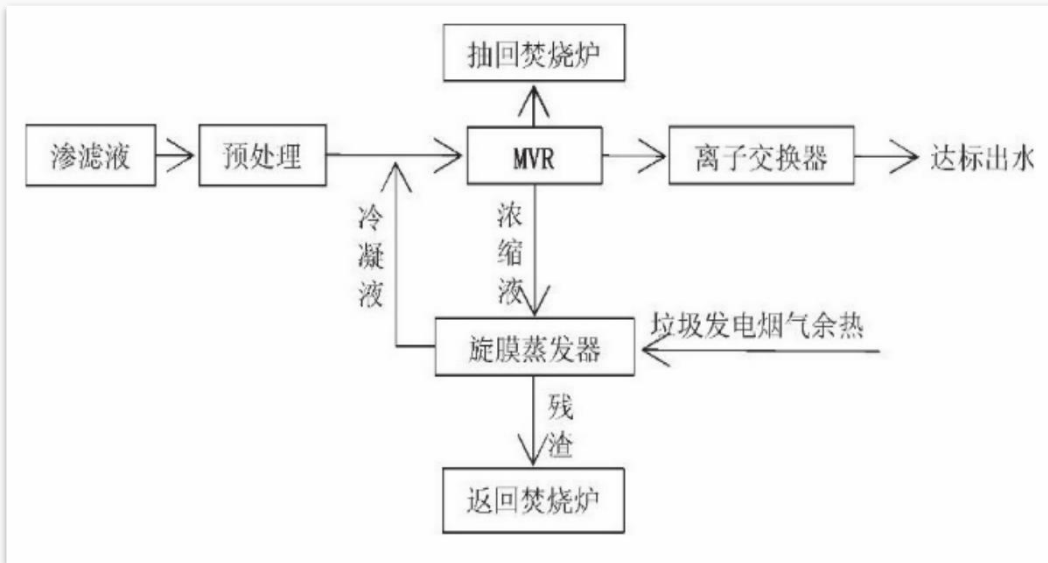
目前开发的蒸发器主要有：**热交换器式**、**浸没燃烧式**和**喷淋式**三种。

常见的垃圾渗滤液处理技术 ---蒸发处理技术

低能耗MPVC蒸发器



蒸发处理技术 ---MVR+旋膜蒸发法



MVR：是利用压缩机的增压升温原理,经特殊流体设计而成的蒸汽压缩型废水蒸发浓缩工艺系统的简称。

旋膜蒸发器：渗滤液通过管道进入分布器腔体,再通过均匀分布的孔喷入内筒中,实现蒸发浓缩-干燥过程。

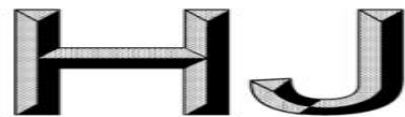
优点：

- ①整个工艺流程中无有害物质产生和排放。
- ②汇聚了MVR高效节能降耗、处理量大的优点。
- ③利用垃圾焚烧发电的烟道余热作为旋膜蒸发器的热源,实现了能源的二次利用,同时发挥了旋膜蒸发器处理效率高的优点。

3

垃圾渗滤液处理技术 规范和标准





中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 564—2010

生活垃圾填埋场渗滤液处理工程技术规范
(试行)

**Leachate treatment project technical specification of
municipal solid waste landfill**

垃圾渗滤液处理技术规范 and 标准



- ◆ 《生活垃圾渗滤液处理技术规范》（CJJ 150—2010）
- ◆ 《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB 16889—2008）
- ◆ 《土工合成材料 聚乙烯土工膜》（GB/T 17643—2011）
- ◆ 《生活垃圾卫生填埋场封场技术规范》（GB 51220—2017）
- ◆ 《生活垃圾卫生填埋处理技术规范》（GB 50869—2013）
- ◆ 《生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术规范》（CJJ 113—2007）
- ◆ 《生活垃圾卫生填埋场环境监测技术要求》（GB/T 18772—2008）
- ◆ 《生活垃圾卫生填埋处理工程项目建设标准》（建标 124—2009）
- ◆ 《生活垃圾填埋场防渗土工膜渗漏破损探测技术规程》（CJJ/T 214—2016）
- ◆ 《生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范》（CJJ 176—2012）
- ◆ 《生活垃圾卫生填埋场运行维护技术规范》（CJJ 93—2011）

垃圾渗滤液处理技术规范 and 标准

水量

1. 计算生活垃圾填埋场**渗滤液产生量**时应充分考虑当地降雨量、蒸发量、地面水损失、其他外部来水渗入、垃圾的特性、雨污分流措施、表面覆盖和渗滤液导排设施状况等因素。
2. 生活垃圾填埋场渗滤液处理规模宜按垃圾填埋场平均日渗滤液产生量计算，并应与调节池容积计算相匹配。

浸出系数法

$$Q = \frac{I \times (C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3)}{1\ 000}$$

Q ——渗滤液产生量， m^3/d ；

I ——多年平均日降雨量， mm/d 。

A_1 ——作业单元汇水面积， m^2 ；

C_1 ——作业单元渗出系数，一般宜取 0.5~0.8；

A_2 ——中间覆盖单元汇水面积， m^2 ；

C_2 ——中间覆盖单元渗出系数，宜取 (0.4~0.6) C_1 ；

A_3 ——终场覆盖单元汇水面积， m^2 ；

C_3 ——终场覆盖单元渗出系数，一般取 0.1~0.2。

垃圾渗滤液处理技术规范和标准

水质

根据生活垃圾填埋场的垃圾填埋年限及渗滤液的化学需氧量和氨氮浓度，生活垃圾填埋场渗滤液可分为初期渗滤液、中后期渗滤液和封场后渗滤液。

国内生活垃圾填埋场（调节池）渗滤液典型水质

项目 \ 类别	初期渗滤液	中后期渗滤液	封场后渗滤液
五日生化需氧量/ (mg/L)	4 000~20 000	2 000~4 000	300~2000
化学需氧量/ (mg/L)	10 000~30 000	5 000~10 000	1 000~5 000
氨氮/ (mg/L)	200~2 000	500~3 000	1 000~3 000
悬浮固体/ (mg/L)	500~2 000	200~1 500	200~1 000
pH 值	5~8	6~8	6~9

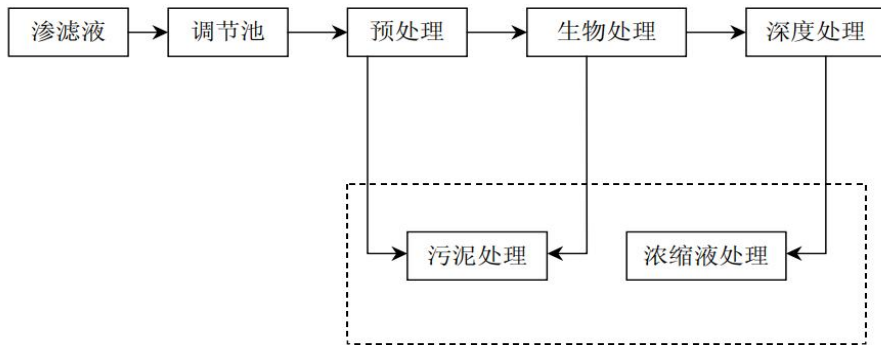
垃圾渗滤液处理技术规范 and 标准

工艺设计

工艺选择原则：应考虑填埋场的使用年限、填埋作业方式、当地经济条件等水质的因素；同时，应以稳定连续达标排放为前提，综合考虑垃圾填埋场的填埋年限和渗滤液水质、水量以及处理工艺的经济性、合理性、可操作性，经技术、经济比选后确定。

调节池：调节池容积应与填埋工艺、停留时间、渗滤液产生量及配套污水处理设施规模相匹配，并符合CJJ17的有关规定。

工艺流程：分为**预处理**、**生物处理**和**深度处理**三种。



常见工艺流程

垃圾渗滤液处理技术规范 and 标准

检测与控制

污染物项目



项目	变化范围	项目	变化范围	项目	变化范围
颜色	黄褐色~黑色	COD	3000~45000	Fe	10~600
嗅味	恶臭、略有氨味	BOD5	500~38000	Cu	0.1~1.43
色度	500~10000倍	TOC	1500~40000	Pb	0.05~12.3
pH值	4.0~8.5	NH3-N	200~5000	Zn	0.2~13.48
总残渣	2500~35000	NO3--N	5~240	Ca	200~4500
碱度CaCO3	6000~15000	NO2--N	0.5~20	Cr	0.01~2.61
有机酸	46~24600	TN	400~3000	Hg	0~0.032
氯化物	2500~10000	TP	0.5~70	As	0.01~0.5
电导率($\mu\Omega/cm$)	5000~30000	Ni	0.01~6.1	Cd	0~0.13

垃圾渗滤液处理技术规范 and 标准

施工与验收

工程施工：工程设计、施工单位应具有国家相应的工程设计、施工资质；建筑、安装工程应符合施工设计文件、设备技术文件的要求；施工中使用的设备、材料、部件等应符合相关的国家标准和行业标准

工程验收：执行《建设项目（工程）竣工验收办法》，并参考GB50334执行性能试验：

- a) 按照设计流量全流程通过所有构筑物，确认各构筑物高程布置是否合理；
- b) 测试并计算各构筑物及主体设备的工艺参数；
- c) 进、出水水质化验，包括 pH 值、温度、悬浮物、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总氮、总磷、总汞、总砷、总镉、总铅、总铬、六价铬、粪大肠菌群数；
- d) 纳滤和反渗透产水率、浓缩液的电导率或含盐量；
- e) 渗滤液处理厂（站）内有毒、有害气体的测定；
- f) 统计全厂（站）进出水量、用电量和主体设备用电量；
- g) 计算全厂（站）技术经济指标：COD 去除总量、COD 去除电耗（kW·h/kg）、污水处理运行成本（元/t）。

运行与维护

运行：渗滤液处理系统应纳入垃圾填埋场的生产管理中，配备专业管理人员和技术人员；

各岗位人员应严格执行操作规程，如实填写运行记录；运行人员应定期进行岗位培训；

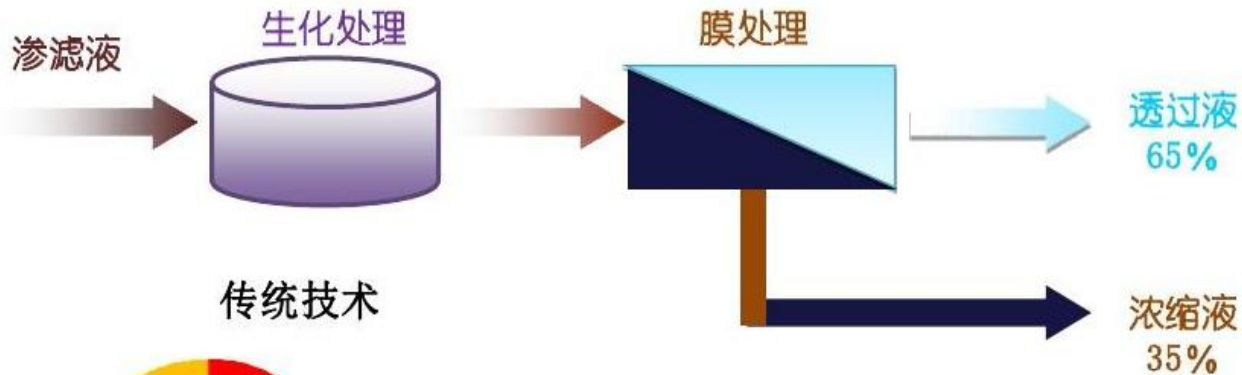
根据水质变化，纳滤和反渗透应采取pH值调节、投加阻垢剂等化学品、合理控制运行参数等必要措施。

维护：应制定大、中检修计划和主要设备维护和保养规程；操作人员及维修人员严格执行设备的维护和保养规程，及时定期维护和检修。

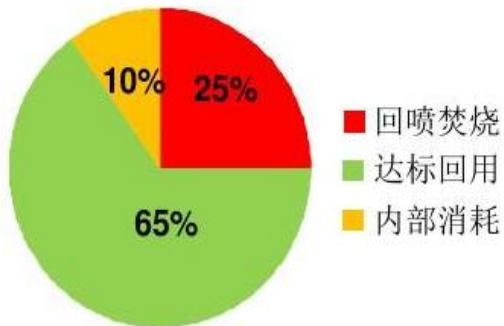
4 垃圾渗滤液处理技术展望

垃圾渗滤液处理技术展望

传统渗滤液处理技术



传统技术



■ 滲濾液處理工藝效果不佳的主要原因:

- 抗衝擊負荷能力差。
- 處理工藝重啟較為困難。由於冬季滲濾液量很少，冬春季後單元反應器再啟動相對困難。
- 工藝適應性差。隨填埋時間的延長，營養元素嚴重失調，滲濾液碳氮比下降，可生化性降低，現有工藝的適應性較差。
- 脫鹽率偏低。我國垃圾中由於含有大量餐廚垃圾，使得滲濾液中含鹽量偏大，但生物法脫鹽相當困難。
- 生物法脫色相當困難。滲濾液中含有大量難降解發色物質，生物法對於後期尾水的脫色效果基本為零。

■ 减少垃圾渗滤液产生量

- 在填埋场建设初期充分考虑地质因素，提高填埋区底层防渗层的防渗系数，有效阻隔地下水渗入垃圾填埋场，以达到减少渗滤液产生量的目的。

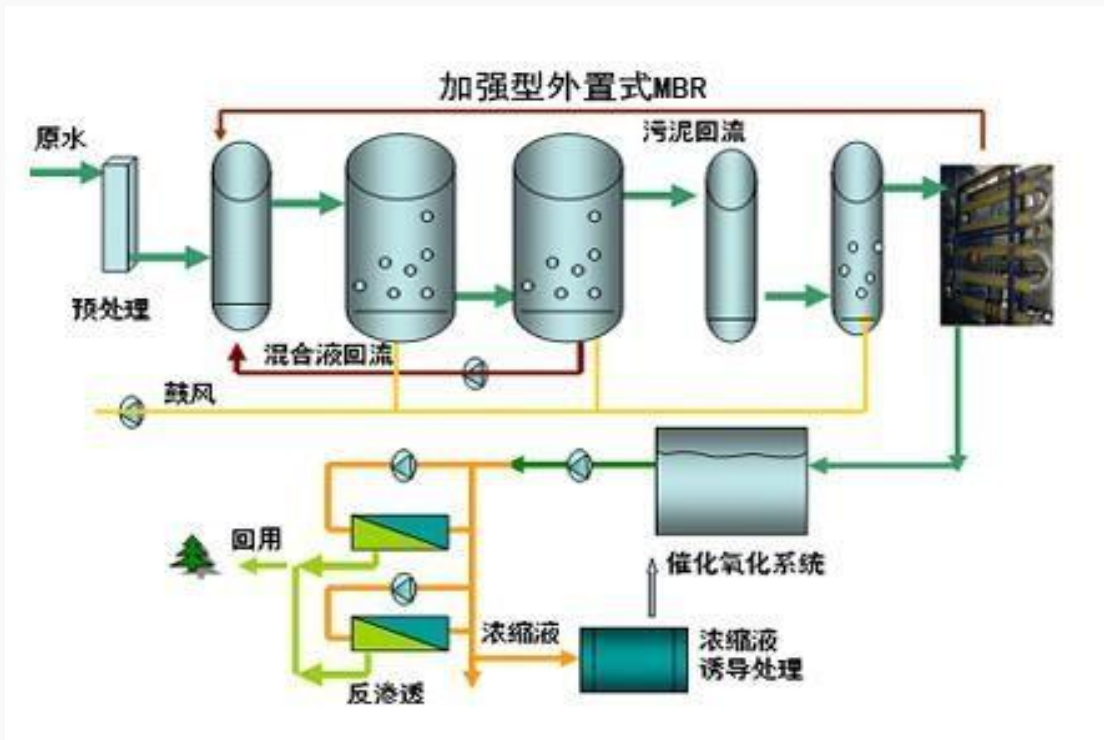
■ 垃圾渗滤液预处理工艺

- 在经济条件允许的地区还可以采用配置高级氧化工艺作为预处理工艺，高级氧化可大大提高可生物降解性，是目前比较推崇的预处理方法，但处理成本较高。由于垃圾渗滤液受地域、季节、场龄影响，水质、水量差异较大，客观上要求渗滤液预处理工艺多样化。

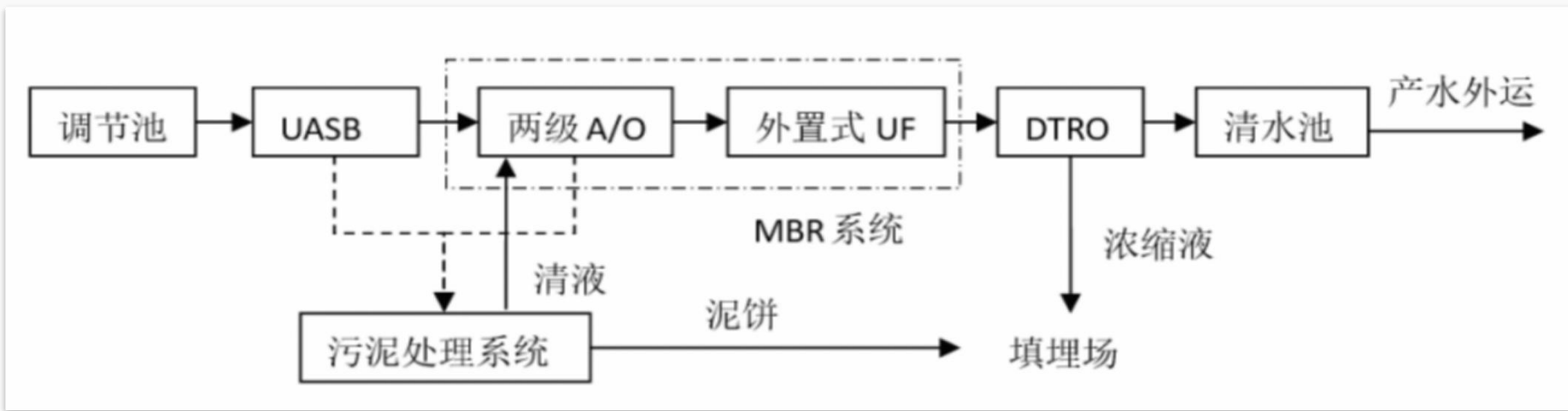
■ 垃圾渗滤液深度处理技术

- 垃圾渗滤液老化后，生物处理方法很难将渗滤液处理达标，因为老化的渗滤液中含有浓度高且难以分解氧化的有机物，必须配备深度处理。

■ “加强型外置式MBR+催化氧化系统”组合处理工艺

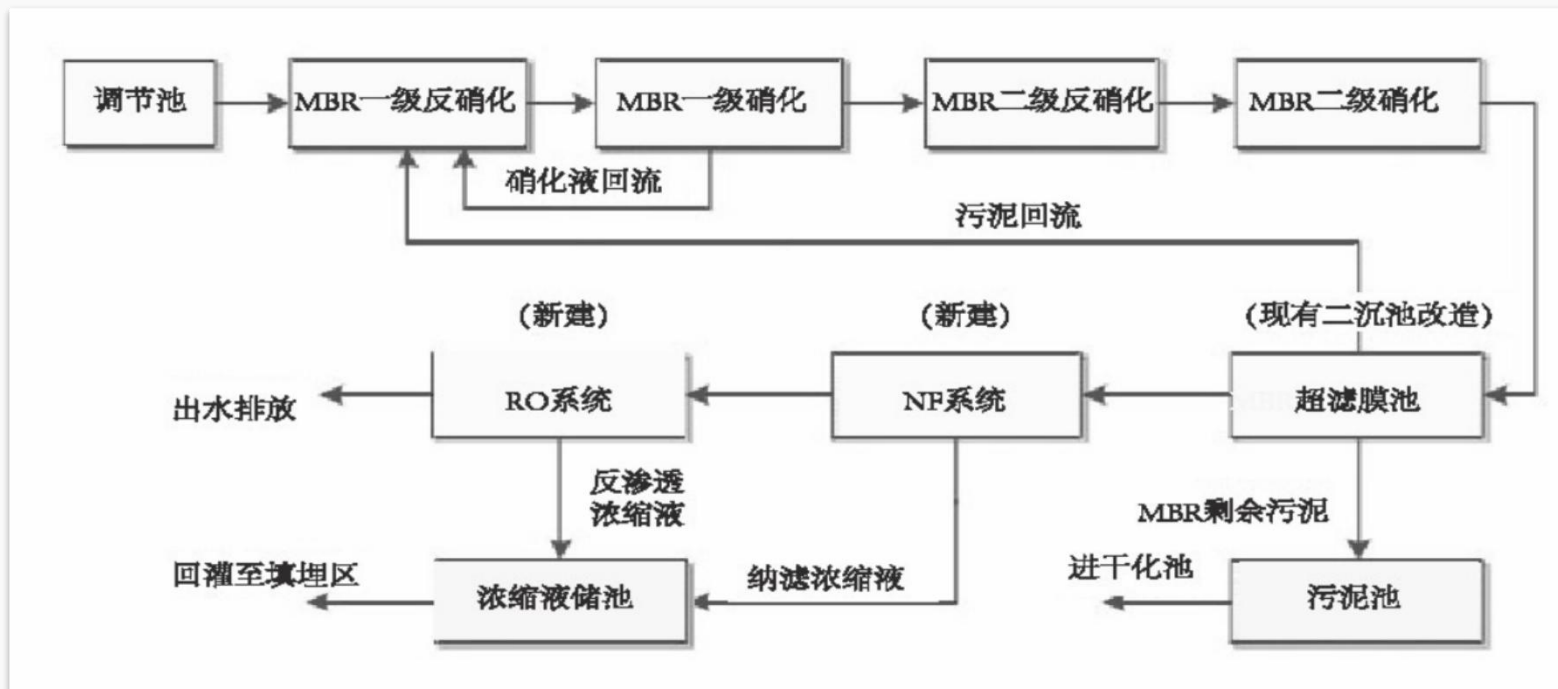


■ “厌氧+膜生物反应器(MBR)+碟管反渗透 (DTRO)” 组合处理工艺



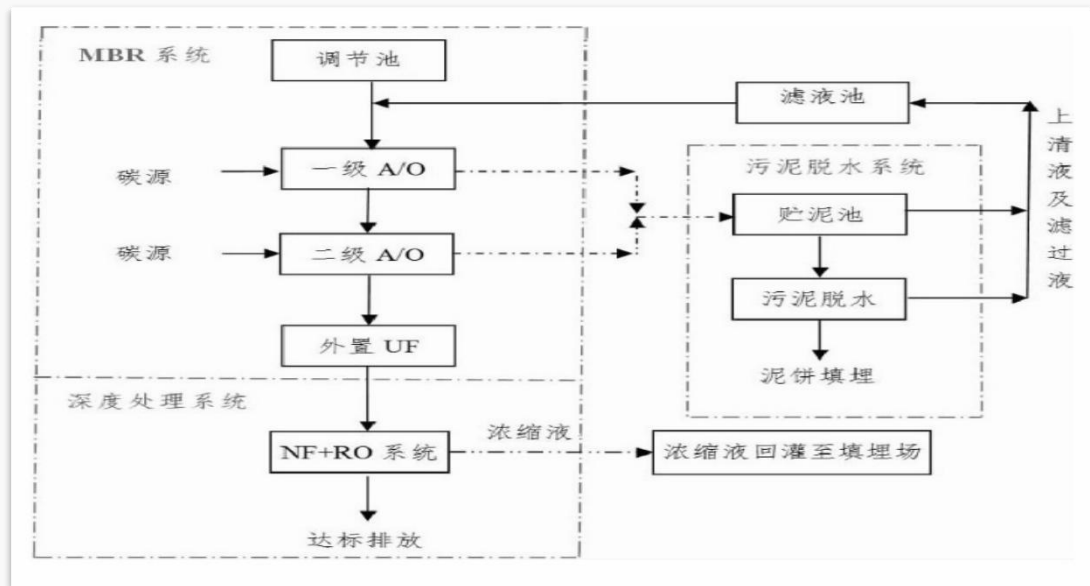
新型垃圾渗滤液处理工艺

■ “膜生物反应器(MBR)+纳滤膜(NF)+反渗透膜(RO)” 组合处理工艺



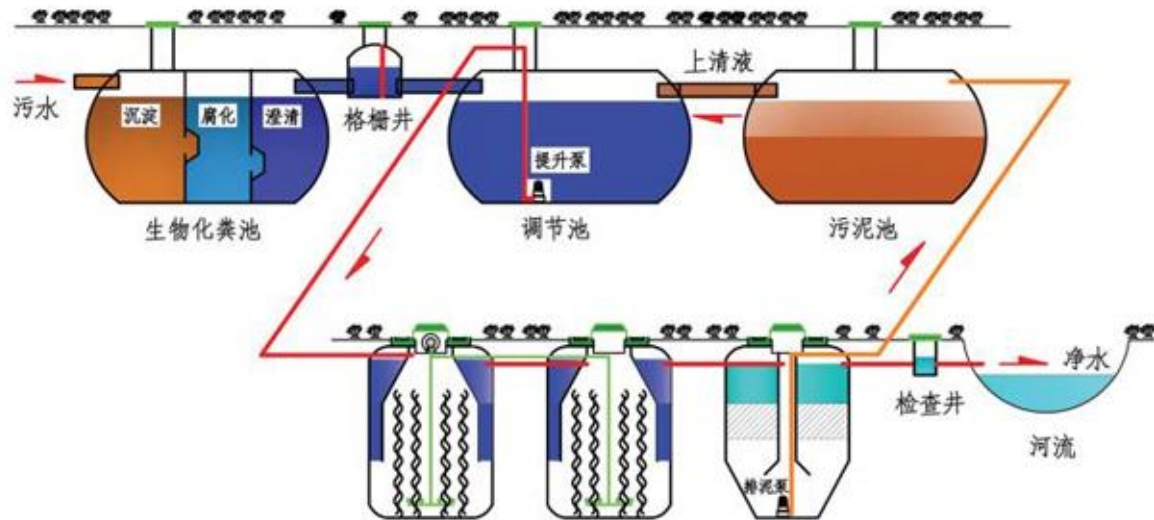
新型垃圾渗滤液处理工艺

“两级A/O+膜生物反应器(MBR)+纳滤膜(NF)+反渗透膜(RO)”组合处理工艺



4.垃圾渗滤液处理技术展望

■ “FHM一体化设备” AO-二沉池一级出水





谢谢！

