

渗滤液的反渗透浓缩液回灌研究^{*}

刘研萍¹ 李秀金¹ 王宝贞² 蒋宝君²

(1. 北京化工大学环境科学与工程系, 北京 100029; 2. 哈尔滨工业大学市政与环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要 反渗透处理渗滤液会产生一定量浓缩液, 浓缩液的污染物浓度远高于渗滤液。对浓缩液回灌于填埋垃圾体进行实验, 结果表明: 浓缩液回灌对有机污染物有很好的去除效果, 厌氧条件下 COD 去除率为 81.56%, BOD₅ 去除率为 82.5%, NH₃-N 去除率为 60%~70%; 浓缩液回灌的最佳水力负荷为 32.38 mL/(L·d), 此时回灌浓缩液 COD 浓度 < 75 000 mg/L 时, COD 去除率达 85% 以上; 回灌的浓缩液 pH 为 9 时, COD 去除率最高; 而 pH 为 11 时, NH₃-N 去除率最高。

关键词 回灌 渗滤液浓缩液 垃圾填埋场

0 引言

由于渗滤液污染物具有浓度高、氨氮和重金属含量高、水质随填埋时间而发生变化等特点, 为其处理工艺的选择带来难度, 目前, 反渗透已成为处理渗滤液的最有效技术。反渗透膜技术处理垃圾渗滤液必然产生浓缩液, 渗滤液的反渗透浓缩液是一种高浓度的有机废液, 其 COD 和电导率值往往是原生渗滤液的 3~4 倍, 甚至 5 倍。浓缩液的处理主要有焚烧、固化、蒸馏干燥和回灌等方法, 其中最经济的方法是回灌于填埋场。

近年来, 为了促进卫生填埋场的功能, 开发了“生物反应器”填埋场, 在时间和地点上有限度地控制渗滤液回灌填埋场垃圾体, 把填埋场作为一个以垃圾为填料的巨大的生物滤床, 通过物理、化学和生物等多种作用实现污染物的降解。大量研究表明, 渗滤液回灌可以缩短填埋垃圾的稳定化进程, 增加填埋场的有效库容量, 促进垃圾中有机物的降解, 缩短产沼气时间, 回灌后的渗滤液水量水质得到均衡, 有效固结重金属, 有利于反硝化脱氮, 降低渗滤液的污染物浓度等优点^[1-3]。

以渗滤液回灌填埋场的研究和实践为基础, 德国从 1986 年开始将反渗透浓缩液回灌填埋场, 实践证明: 在充分考虑相关填埋场的特征设计基础上, 长期采用回灌处理浓缩液的系统, 填埋场排出的渗滤液中主要污染物质浓度没有显著变化。

本研究在填埋场现场, 进行将反渗透处理渗滤液的浓缩液回灌于垃圾堆体的实验, 分析 COD、BOD₅、

NH₃-N、pH 等水质指标的变化及回灌的主要影响因素, 探讨浓缩液回灌对填埋场渗滤液水质的影响, 并对作用机理进行分析。

1 材料与方法

1.1 渗滤液处理工艺

填埋场的渗滤液处理采用反渗透——浓缩液回灌工艺, 工艺流程见图 1, 处理能力 500 m³/d, 回收率 80%。反渗透系统对污染物的去除效果极高, 对 COD、TOC 和金属离子去除率均 > 99%, NH₃-N 去除率 > 98%, 具有很高且稳定的脱盐率^[4], 出水达 (GB16889-1997) 一级排放标准。

浓缩液回灌设计: 在填埋场建设时, 首先将浓缩液回灌管铺设到拦渣坝以上, 然后向左右各延伸 200 m, 每隔 20 m 预留一个接口, 每个接口设有控制阀门。当需要回灌时, 用活动管道连接任意一个接口, 打开阀门, 在浓缩液储存池上加压, 就可以把浓缩液经泵输送到填埋场。回灌浓缩液要求垃圾填埋场至少有 10 m 的填埋高度, 在填埋高度不足 10 m 而高于 5 m 时, 要求回灌点距离渗滤液收集管出口至少有 100 m 的距离, 而且回灌点每年更换 1 次, 使垃圾场内的水分均匀分布。该垃圾场可在 4 年内超过 10 m 的填埋高度。

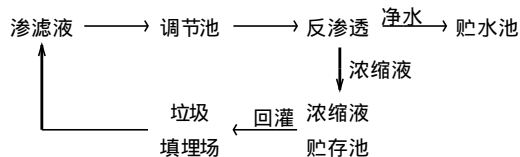


图 1 渗滤液处理工艺流程

^{*} 教育部科学技术重点研究项目 (03025)

1.2 回灌实验装置

由于垃圾填埋场操作工作面大,回灌对渗滤液的影响短期内不明显,故在现场进行回灌实验,设计并建造4套厌氧反应器,1套好氧反应器。反应器呈长方体,砖混结构,四壁及底部均做防渗,有效容积均为 2.8 m^3 ,有效高度 3 m ,顶部设置一根导气管以导出填埋气体,底部设置一支 $\phi 20\text{ mm}$ 的阀门以排放渗滤液,每个反应器的垃圾填埋高度均为 2.65 m ,覆土 0.05 m ,再铺砾石 0.05 m ,并在砾石层内铺设多孔布水管。好氧反应器中间安置一根 $\phi 40\text{ mm}$ 的PVC穿孔管,外接鼓风机。回灌方式采用多孔布水管进行表面喷洒。反应器示意图见图2。实验所用城市生活垃圾取自垃圾填埋场。每套实验装置的具体研究目标列于表1。

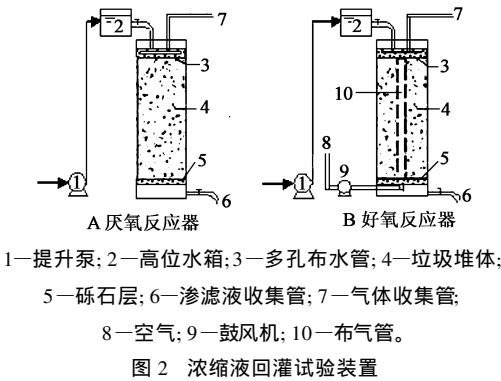


表1 回灌装置的研究目标

序号	反应器类型	填埋垃圾类型	回灌
1 [#]	厌氧	新鲜垃圾	不回灌
2 [#]	厌氧	新鲜垃圾	RO 浓缩液
3 [#]	微好氧	新鲜垃圾	RO 浓缩液
4 [#]	厌氧	新鲜垃圾	渗滤液
5 [#]	厌氧	陈腐垃圾	渗滤液

1.3 回灌水质和水量

卫生填埋场内的生活垃圾压实后初始含水率为40%,实验中取理论上使垃圾含水率达到70%的回灌量,每次回灌量 0.74 m^3 。由于反渗透系统回收率为80%,渗滤液浓缩了5倍而成浓缩液。实验用回灌渗滤液和浓缩液水质见表2。

表2 渗滤液及浓缩液水质

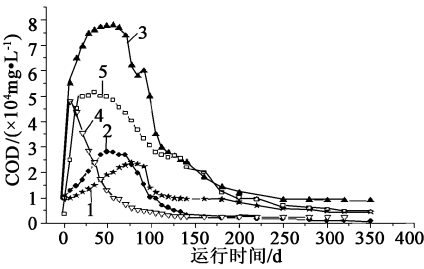
项目	渗滤液	浓缩液
COD _f /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$10\,000\pm1\,000$	$50\,000\pm1\,000$
BOD ₅ /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$6\,000\pm1\,000$	$30\,000\pm1\,000$
$\text{NH}_3\text{-N}$ /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$1\,200\pm400$	$2\,000\pm400$
pH	6.6~6.8	6.6~6.8

2 结果与讨论

2.1 渗滤液水质的变化

2.1.1 COD 的变化

实验前8周,每周回灌1次,第9~20周,填埋垃圾体进入产甲烷阶段后,每周回灌3次。厌氧条件下,浓缩液回灌出水稳定后COD去除率为81.56%,渗滤液回灌COD去除率为90.67%,而不回灌反应器对COD的去除率仅为8.9%;可见,浓缩液回灌与渗滤液回灌对COD都有较高的去除率,但由于浓缩液的COD很高,虽然回灌对其去除量很大,但回灌后产生的渗滤液COD浓度仍很高。微好氧条件下,浓缩液回灌COD去除率达91%,比回灌至厌氧填埋体浓缩液的COD去除率平均高10%左右。各种回灌条件下产生的渗滤液中COD随时间的变化如图3所示。回灌后产生的渗滤液COD均呈现上升、下降而后逐渐稳定的趋势。



1—不回灌; 2—渗滤液厌氧回灌; 3—浓缩液厌氧回灌;
4—浓缩液好氧回灌; 5—浓缩液回灌陈腐垃圾。

图3 渗滤液 COD 随时间的变化

回灌前5周,大量适应填埋环境的微生物,随着回灌重新进入填埋单元中,使微生物得到足够的水分和营养。水解菌、产酸菌、水分、有机物和营养物等得以保持长时间相互接触,使可生物降解垃圾的水解反应、水解产物的产酸反应能连续进行。此时各垃圾体环境还不适宜产甲烷反应,水解酸化产物降解尚未能实现,渗滤液中水解酸化产物不断积累,同时一些重金属离子与有机酸发生络合作用,这些产物进入液相

后导致回灌前期所产生的渗滤液 COD 浓度上升。

渗滤液回灌的 COD 上升幅度比不回灌反应器要大,而浓缩液回灌反应器的 COD 升高幅度极大,这是因为回灌浓缩液本身的 COD 浓度极高,接近 50 000 mg/L,在相同的回灌条件下,污染负荷高,毒性大。微好氧条件下,降解有机物的速率明显快于浓缩液回灌至厌氧填埋体,主要是在降解垃圾和浓缩液中有有机物的好氧菌数量多,有机污染物发生好氧降解过程。

回灌 6~20 周,垃圾体进入产甲烷阶段,积累的水解酸化产物 VFA 被产甲烷菌快速利用,垃圾中糖类易水解的有机物已得到较程度的水解,剩余的固相有机物如蛋白质、木质素等的水解速率比较慢,水解反应成了可生物降解垃圾彻底消纳的限速步骤,渗滤液中 VFA 得不到及时的补充,渗滤液 COD 下降。

浓缩液回灌反应器产生的渗滤液 COD 比渗滤液回灌反应器产生的渗滤液 COD 下降快。这是因为浓缩液回灌比渗滤液回灌带给垃圾体的有机质和微生物量更多,对污染物的降解加快,从而促进了渗滤液中 COD 值的降低。

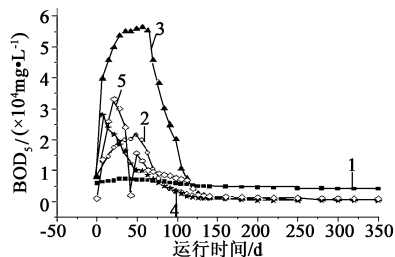
20 周后,渗滤液 COD 趋于稳定,这是由于渗滤液中易生物降解的有机物已大部分被降解,同时也存在不易被产甲烷菌利用的有机物和高浓度氨氮,对产甲烷菌的活性有一定的抑制作用。

2.1.2 BOD₅ 的去除

BOD₅ 的变化趋势见图 4。从图 4 可知,渗滤液中的 BOD₅ 均呈现先上升、后下降再逐渐稳定的趋势,其变化趋势与机理均同 COD。在厌氧条件下,不回灌反应器对 BOD₅ 的去除率为 19.22%,浓缩液回灌出水稳定后对 BOD₅ 去除率为 82.5%,渗滤液回灌对 BOD₅ 去除率为 93.75%,比浓缩液回灌高 11.25%,回灌反应器的 BOD₅ 去除率明显高于不回灌反应器。微好氧条件下,浓缩液回灌对 BOD₅ 的去除率为 93.75%,高于厌氧条件回灌。

2.1.3 NH₃-N 的去除

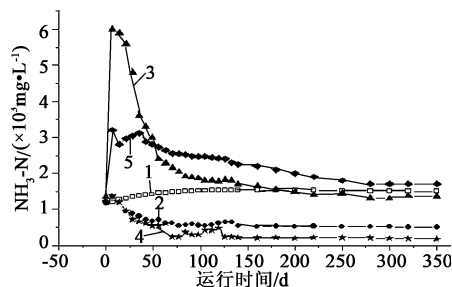
不同回灌条件下渗滤液中 NH₃-N 变化如图 5 所示。不回灌时,垃圾渗滤液 NH₃-N 浓度随填埋时间的延长而不断升高,由于垃圾在降解过程中含氮有机物不断水解产生的 NH₃-N 进入渗滤液中。厌氧条件下,渗滤液回灌的出水 NH₃-N 浓度则呈下降趋势, NH₃-N 的去除率不断上升,并稳定在 60% 左右;浓缩



1—不回灌; 2—渗滤液回灌; 3—浓缩液厌氧回灌;
4—浓缩液好氧回灌; 5—浓缩液回灌陈腐垃圾。

图 4 渗滤液 BOD₅ 随时间的变化

液回灌出水 NH₃-N 浓度在迅速上升后不断下降,去除率从 18% 升至 70%,并保持稳定。说明渗滤液回灌和浓缩液回灌对 NH₃-N 都有一定的去除效果且两者对 NH₃-N 的去除率变化趋势大致相同。微好氧条件下,浓缩液回灌后对 NH₃-N 去除率很高,从回灌初期的 77% 增至回灌 10 周后的 96%,之后稳定在 94%~96%,20 周后 NH₃-N 降至 220 mg/L。



1—不回灌; 2—渗滤液回灌; 3—浓缩液厌氧回灌;
4—浓缩液好氧回灌; 5—回灌于陈腐垃圾。

图 5 渗滤液 NH₃-N 随时间的变化

2.1.4 pH 的变化趋势

实验初期,垃圾体中可生物降解的垃圾逐渐发生水解和酸化反应,因为此时尚不具备产甲烷反应条件,水解产物以及酸化产物逐渐积累,导致渗滤液 pH 下降。进入产甲烷阶段后,挥发酸等水解酸化产物被产甲烷细菌及时利用, pH 上升,直至基本稳定,如图 6 所示。

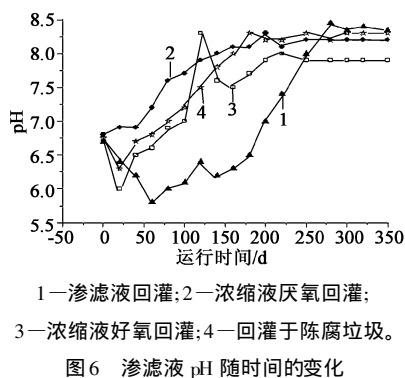
2.2 浓缩液回灌的影响因素

影响回灌处理效果的因素包括土壤结构、水力负荷、COD 负荷及配水次数等,其中 COD 负荷和水力负荷是关键因素。

2.2.1 水力负荷

实验表明,回灌浓缩液的 COD 去除率随水力负

荷的增加而呈明显下降趋势。最佳水力负荷为 32.28 mL/(L·d), 主要因为垃圾层在低水力负荷条件下并未达到其饱和含水率, 回灌浓缩液能够在垃圾层中停留足够长的时间, 有利于微生物的生化降解。



2.2.2 有机污染负荷

在水力负荷 32.28 mL/(L·d) 下, 对有机负荷的变化, 浓缩液回灌 COD 去除率维持在一个相对稳定的水平, 说明回灌浓缩液中污染物浓度的变化对回灌效果的影响不大。本实验中, 回灌浓缩液 COD 浓度不超过 75 000 mg/L 时, COD 去除率达 85% 以上。

2.2.3 pH 的影响

将回灌前浓缩液的 pH 值分别用生石灰调节碱性后再回灌到垃圾体, 以改变垃圾体中的酸性环境, 改善回灌效果, 重点研究了 2[#] 反应器出水变化情况。

(1) pH 对 COD 和 BOD₅ 的影响。不同 pH 条件下 2[#] 反应器产生的渗滤液 COD 和 BOD₅ 变化规律如图 7 所示。由图可知, 调节 pH 值后的渗滤液 COD 和 BOD₅ 比未经调节的更快达到临界最高点, 并更快降至比较低的水平。但 20 周后, 调 pH 值回灌与不调 pH 值回灌对 COD 和 BOD₅ 的去除率基本相同。

这是因为在 20 周期间, 调节 pH 值为碱性后, 使垃圾内部的产酸期缩短, 低级脂肪酸的产生数量降低, 而在垃圾渗滤液中, 低级脂肪酸的 COD 约占 80% 以上^[5]。另外, 投加生石灰可起絮凝作用, 使有机物得到少量去除, 从而加快垃圾的降解过程, 使 COD 和 BOD₅ 下降较快。pH=9 的浓缩液回灌比 pH 为 8 和 10 的浓缩液回灌对渗滤液 COD 和 BOD₅ 去除率更高。其原因是 pH 值继续升高使大量有机胶体产生, 导致微生物降解速度减慢。20 周后, 未调节 pH 值回灌的浓缩液中可降解有机物大部分被垃圾中微生物降解, 从而出水 COD 和 BOD₅ 下降程度达到调节 pH 值后回

灌的水平。

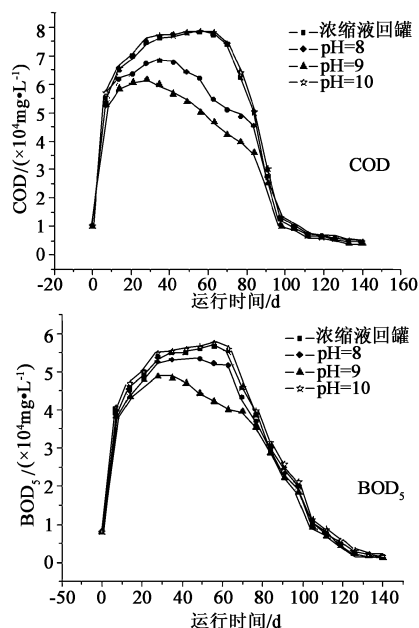


图7 垃圾渗滤液中 pH 对有机污染物的影响

(2) pH 对 NH₃-N 的影响。pH 为 8、9、10、11、12 的浓缩液回灌 2[#] 反应器后 NH₃-N 浓度变化如图 8 所示。将浓缩液 pH 调为碱性后回灌, 比不调节 pH 直接回灌对 NH₃-N 的去除率高。在一定范围内, 随 pH 的升高, 氨氮去除效率逐渐升高, pH 为 11 时, NH₃-N 去除效果最好, 去除率从开始回灌时的 80%, 上升到 90% ~ 95%, 并稳定在此范围内。

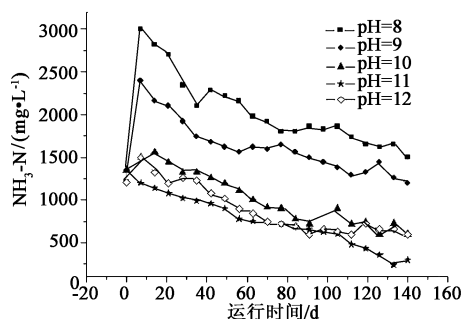


图8 pH 对渗滤液 NH₃-N 的影响

浓缩液中 NH₃ 的化学平衡式为: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$, 在碱性环境下, 浓缩液中的 NH₃-N 大都以游离氨的形式存在。由于实验采用的回灌方式是表面喷灌, 一部分氨氮在喷灌时挥发到空气中, 另一部分在中性或弱碱性的垃圾中被硝化, 特别是当浓缩液回灌到好氧填埋层时硝化作用十分明显, 导致

$\text{NH}_3\text{-N}$ 被大量去除。但强碱性的浓缩液回灌后,中和酸性环境后的强碱性环境,会对垃圾中大多数的细菌活动产生抑制作用,导致 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除效率下降。 pH 为 12 时, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率较 pH 为 11 时低。

实践中,应根据污染物的去除效率,调整 pH 所需的石灰用量等多方面因素。

3 结论

(1) 浓缩液回灌对有机污染物有很好的去除效果,厌氧条件下, COD 去除率为 81.56%, BOD_5 去除率为 82.5%; 浓缩液回灌至好氧垃圾填埋体对 COD 去除率为 91%, BOD_5 去除率为 98.69%。

(2) 渗滤液回灌和浓缩液回灌对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率均在 60% ~ 70%。浓缩液回灌至好氧垃圾填埋体后对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率可达 96%。

(3) 厌氧条件下, 浓缩液回灌的最佳水力负荷为 32.38 $\text{mL}/(\text{L}\cdot\text{d})$, 当回灌 COD 浓度 < 75 000 mg/L 时, COD 去除率在 85% 以上; pH 为 9 时, COD 去除率最

高; pH 为 11 时, $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率最高。

参考文献

- [1] Robinson H D. The treatment of leachate from domestic wastes in landfill aerobic biological treatment of a medium-strength leachate. *Water Research*, 1983, 17(7): 1573-1548
- [2] Mosher F A, Mc Bean E D, Crutcher A J, et al. Leachate recirculation for rapid stabilization of landfills: theory and practise. *Water Quality International*. 1997, (11/12): 33-36
- [3] Pohland F G. Landfill bioreactors: fundamentals and practice. *Water Quality International*. 1996, (5): 18-22
- [4] 刘研萍, 李秀金, 王宝贞. DTRO 处理渗滤液工程介绍. *给水排水*, 2005, 31(8): 41-45
- [5] 王宝贞, 王琳. 水污染治理新技术——新工艺、新概念、新理论. 北京: 科学出版社, 2004: 110-113

作者通信处 刘研萍 100029 北京北三环东路 15 号 北京化工大学 107 信箱

E-mail liushuihan@163.com

2007-11-03 收稿

(上接第 88 页)

结果相差较大。考虑到平流沉淀池内的流态大多数情况下属于紊流, 因此, 在实际计算中应该采用紊流模型进行平流沉淀池内的流态模拟。

4 结论

(1) 平流沉淀池入口处进流条件的简化和污泥斗的忽略与否对平流沉淀池流态的计算结果影响较大, 在实际计算中应尽可能不做简化而采用真实的边界条件进行计算模拟。

(2) 层流模型计算与紊流模型计算相比, 模拟结果相差较大。在实际计算中应采用紊流模型进行流态模拟。

(3) 污泥斗形式的合理改变, 可改善平流沉淀池内的流态, 在实际工程设计中, 结合数值模拟, 可以对污泥斗的形状进行改造, 提高沉淀池的沉淀效果。

参考文献

- [1] 姚重华. 环境工程仿真与控制. 北京: 高等教育出版社, 2001

2007-11-02 收稿

- [2] 蔡金傍, 朱亮, 段祥宝. 平流沉淀池数值模拟分析. *河海大学学报(自然科学版)*, 2004, 32(1): 27-30
- [3] Schamber D R, Larock B E. Numerical analysis of flow in sedimentation basins. *J Hydraulic Division*, 1981, 107(5): 575-591
- [4] 郭生昌, 陈亮, 胡晋明. 平流沉淀池流场的计算及探讨. *江苏环境科技*, 2003, 16(4): 10-12
- [5] 何国建, 汪德. 矩形沉淀池内悬浮物沉降模拟. *清华大学学报(自然科学版)*, 2005, 45(12): 1617-1620
- [6] 屈强, 马鲁铭, 王红武, 等. 折流式沉淀池流态模拟. *中国给水排水*, 2005, 21(4): 58-61
- [7] 郭生昌. 沉淀池的计算机数值模拟. 上海: 东华大学出版社, 2004

作者通信处 杨玲霞 450001 河南 郑州市科学大道 100 号 郑州大学环境与水利学院

E-mail yanglingxia@zhu.edu.cn

TECHNOLOGY OF ECO-INTERMEDIATE WATER SUPPLY

Wang Tifeng Li Wei Jin Qiu et al(83)

Abstract Eco-intermediate water supply is able to purify inflow wastewater by using its pipeline hydro-characteristic, internal ecosystem and bioaugmentation technology. Because of its plug flow model, it has effective purification ability. Meanwhile, the disposal efficiency is influenced by flow velocity, hydraulic retention time and dissolved oxygen. However, water-dropping aerating, ventilation piping and dynamic programming may contribute to strengthening the purification ability.

Keywords eco-intermediate water supply plug flow reactor self-purification biofilm wastewater recycling

NUMERICAL SIMULATION OF TURBULENT FLOW FIELD ON THE HORIZONTAL SEDIMENTATION TANK

Yang Lingxia Guo Peipei Fan Ruqin(87)

Abstract It is simulated and calculated the turbulent flow field of the horizontal sedimentation tank on the different boundary conditions, and then analysed and compared the effect of the extent of boundary condition's simplicity on the horizontal sedimentation tank. The results have revealed that the simplicity of the inlet conditions and the ignore of the mud hopper have obviously influence on the result of the flow pattern on the simulation results of the horizontal sedimentation tank. The calculation shows that adopting the actual boundary condition not the simplified boundary conditions as far as possible can realize in the practical calculations. In the end, it is simulated and calculated the laminar flow field of the horizontal sedimentation tank on the actual boundary conditions, which is then compared with that of the turbulent flow field. The result shows that the simulation of the flow pattern of the turbulent flow is better than the laminar flow, and the former is more compliable with that of a real horizontal sedimentation tank.

Keywords horizontal sedimentation tank numerical simulation laminar-flow turbulent-flow flow state comparison

STUDY ON INFILTRATION OF LEACHATE CONCENTRATE FROM RO INTO LANDFILL

Liu Yanping Li Xijun Wang Baoshen et al(89)

Abstract The concentrate is produced during reverse-osmosis treating landfill leachate. Whose pollutant concentration is much higher than leachate. The study was carried out with infiltrating concentrate into landfill. The results indicated the infiltration had positive impact on pollutant removal. Under anaerobic infiltrating condition, COD removal was up to 81.56%, with 82.5% of BOD₅ removal, 60%~70% of NH₃-N removal. The optimum hydraulic loading of concentrate infiltration was 32.38 mL/(L·d), with 85% of COD removal under COD content less than 75 000 mg/L. COD removal was the highest when concentrate infiltrated pH value was 9, while NH₃-N removal was the highest under pH= 11.

Keywords infiltration leachate concentrate landfill site

THE HUMUS REMOVAL EFFICIENCY OF THE CORAL ISLAND GROUNDWATER BY ELECTROCOAGULATION

Zhang Jincheng Fan Qixiong(94)

Abstract In order to remove the organic matters such as humus etc in freshwater lens (commonly called as island water) by which the colority of the water is reduced, a self-designed electrocoagulation device was used to do orthogonal experiments. The sequences of factors which affect the organic matter removal rate and the optimal parameters were determined. The results show that the sequences of factors which affect the removal rate are hydraulic retention time T , electric current density J , the space between electrode plate d . The optimal parameters of the said factors are $d=5$ mm, $J=20$ A/m² and $T=90$ s.

Keywords coral island freshwater lens electrocoagulation optimal condition

CAUSE ANALYSIS OF WATER CRISIS IN CHINA AND SUGGESTIONS ON COUNTERMEASURES

Liu Jiping(97)

Abstract It was summarized 3 major phenomena of water crisis in China: the serious water resource shortage, heavy water environment pollution and considerable waste of water resource and further analyzed that 1) the deviation of water resource price and its value, 2) water resource's the quasi-public goods attribute and unclear property ownership, 3) the negative outside character of water resource utility are the main reasons that caused the water crisis in China. The suggestions on countermeasures for solving this problem of water crisis are also presented.

Keywords water crisis reason analysis policy suggestions

Manager: China Iron and Steel Association
Sponsor: Central Research Institute of Building and Construction of MCC Group
Publisher: Industrial Construction Magazine Agency
Editor: The Editorial Department of Environmental Engineering
 (33, Xitucheng Road, Haidian District, Beijing 100088, China)
Telephone: (010) 82227638/82227678
Chief Editor: Bai Yun
Vice Chief Editor: Shen Guiqiu

Domestic: All Local Posts
Distributor: China International Book Trading Corporation (P. O. Box 399, Beijing China)
China Standard Serial Numbering ISSN1000-8942
 CN 11-2097/X
E-mail: hjgc@public.yj.cn.net
 hjgdg@163.com
http:// www.hjgc.com.cn
http:// www.hjgc.net.cn