

垃圾填埋场渗滤液回灌法处理技术探讨*

李晔¹ 吴飞¹ 张发有² 郑世忠³

(1. 武汉理工大学资源与环境工程学院 武汉 430070; 2. 武汉天澄环保科技股份有限公司 武汉 430081;
3. 福州市红庙岭综合垃圾处理场 福州 350004)

摘要 回灌法用于垃圾渗滤液的处理已逐渐成为研究的热点。通过对回灌法处理垃圾渗滤液的原理、特点及研究现状和进展的介绍,指出回灌法能有效地去除垃圾渗滤液中的有机物和重金属离子,但仍有待进一步完善和深入研究。

关键词 垃圾渗滤液 回灌 进展

An Approach to Leachate Recirculation Treatment in Landfill

Li Ye¹ Wu Fei¹ Zhang Fayou² Zheng Shizhong³

(1. School of Resource & Environment Engineering, Wuhan University of Technology Wuhan 430070)

Abstract Leachate recirculation is becoming the focus of research. Based on the introduction of the principles, characters and current research status of leachate recirculation, the authors point out that the organic pollutants and heavy metal ions can be removed effectively by recirculation, however the further improvement and thorough studies should be conducted.

Keywords leachate recirculation progress

随着人民生活水平的不断提高和城市化进程的加速,城市垃圾的产量也在逐年提高,目前城市垃圾正以每年9%~10%的速度增长。相对于焚烧、堆肥处理方法,卫生填埋是我国垃圾无害化处理中最普遍使用的方法^[1]。然而,垃圾填埋处置会产生大量渗滤液和难闻气体,如处理不当,会带来严重的二次污染,其中尤以垃圾渗滤液的处理达标排放至关重要。

由于垃圾渗滤液中污染物浓度极高,成分复杂且含大量有毒有害物质,水质水量波动大,常规的物理化学法和生物处理方法处理垃圾渗滤液很难达标,即使部分工艺处理出水能够满足排放要求,但工艺流程较长,经济上不合理。与上

述工艺相比,渗滤液回灌处理具有投资省、操作简单、运行费用低等优点。在英国50%的填埋场进行了渗滤液回灌,美国已有200多座垃圾填埋场采用此项技术。我国于20世纪90年代开始研究回灌法处理技术,对其原理及研究现状的系统分析,对今后的国内推广和深入研究此项技术具有重大现实意义和理论意义。

1 回灌法处理垃圾渗滤液的原理及特点

1.1 渗滤液回灌法原理

渗滤液回灌是指将未经任何预处理的垃圾渗滤液直接循环回喷到垃圾填埋层上,通过控制回灌次数、水力负荷、有机负荷等参数,达到净化渗滤液目的。回灌工艺流程如图1。

- 1999,31(1):76~79
- 5 韩润平,石杰,等. 酵母菌对铅离子的生物吸附研究. 河南科学, 2000,18(1):52~55
- 6 刘恒,王建龙,文湘华. 啤酒酵母吸附重金属离子 Pb²⁺ 的研究. 环境科学研究,2002,15(2):26~29
- 7 李明春,姜恒,等. 酵母菌对重金属离子吸附的研究. 菌物系统, 1998,17(4):367~373
- 8 Rapoport A. I.;Muter, O.A. Process Biochemistry,1995,30(2):145~149
- 9 Kuyucak N., Volesky B. Biotech. and Bioeng., 1989,33,809
- 10 Kuyucak N., Volesky B. Biotech. and Bioeng., 1989,33,823
- 11 尹平河,赵玲. 海藻生物吸附废水中 Pb²⁺, Cu²⁺ 和 Cd²⁺ 的研究. 海洋环境科学,2000,19(3):11~16
- 12 韩润平,李建军,等. 化学修饰与酵母菌对铅离子的吸附研究. 郑州大学学报,2000,32(3):72~75
- 13 Doyle R. et al. Chemical basis for selectivity of metal ions by the Bacillus subtilis cell wall. J. Bacteriol, 1980,143:471~480
- 14 Lawrence R. Drake, Shan Lin, et al. Chemical modification and metal binding studies of Datura innoxia. Environ. Sci. Technol., 1996,30,110~114
- 15 R. Ashkenazy, L. Gottlieb, S. Yannai. Characterization of acetone-washed yeast biomass functional groups involved in lead biosorption. Biotechnology and Bioengineering, 1997,55(1):1~10
- 16 Eric Fourest, Bohumil Volesky. Contribution of sulfonate groups and alginate to heavy metal biosorption by the dry biomass of Sargassum fluitans. Environ. Sci. Technol., 1996,30:227~282
- 17 Gardea - Torrsedy J L, Becher - Hapak M K, Hosea J M, et al. Effect of chemical modification of algalcarboxyl groups on metalion binding. Environ. Sci. Technol., 1999,24:1372~1378
- 18 Crist R H, Oberholser k, Wong B, et al. A mine algae interactions: cation exchange and hydrogen bonding. Environ. Sci. Technol., 1992, 26:1523~1526

(收稿日期:2003-07-17)

*湖北省科技厅(2002AA301C102)和福州市红庙岭综合垃圾处理场资助。

王罗春等通过对填埋层模拟柱镜检表明^[2]:回灌后的垃圾层微生物种类明显增多,除菌类及大肠菌群外,呈现一定数量的原生动物、轮虫、蠕虫等。富含大量微生物的垃圾层相当于一个生物滤床,当渗滤液回灌到填埋垃圾表面时,通过垃圾中细菌的好氧和厌氧反应,达到降解渗滤液中的有机污染物的目的。另外,土壤中有机和无机胶体的吸附、络和、螯合作用,土壤的离子交换作用、机械阻留作用等对垃圾渗滤液的净化也有一定作用。

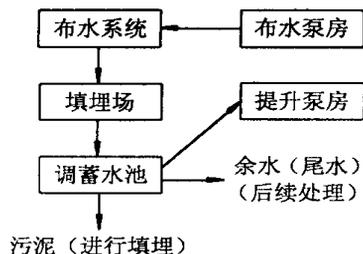


图1 回灌工艺流程

1.2 技术特点

(1) 回灌能大幅度减少渗滤液中污染物^[3]。英国 Seamer Carr 填埋场 1.0 hm² 规模的渗滤液循环试验表明,循环区渗滤液 COD 质量浓度由 66 g/L 降至 3 年末的 16 g/L^[4]。同时,回灌能促使 SO₄²⁻ 被还原成 H₂S,与渗滤液中的重金属离子生成硫化物沉淀,达到去除部分重金属的功能。同时,渗滤液回灌能使渗滤液较快地转变为中性或弱碱性溶液,从而有利于其中的重金属离子生成氢氧化物沉淀;此外,垃圾在降解过程中生成的大分子量腐殖质类有机物能与重金属离子形成稳定的螯合物^[5]。因此,渗滤液回灌能使渗滤液中的重金属离子浓度大大降低。

(2) 通过垃圾层截留和蒸发作用能减少渗滤液总量。

(3) 加速垃圾分解,加快垃圾稳定化进程。未实施回灌的填埋场,其维护期一般在 20 年以上,而进行回灌的填埋场其维护期能大大缩短,稳定过程可缩短 2~3 年。

(4) 操作简单,投资省,运行费用低。Pohland 以每公顷填埋场的年总费用单位(Total Annual Cost Units, TACU;包括垃圾处理和渗滤液的投资及运行费用)对渗滤液处理的不同方案所作的经济比较表明,循环喷洒法可其它方法节省一个平均 TACU^[6]。吴志超等通过对 4 种不同工艺流程处理 360 t/d 渗滤液的经济性分析表明^[7],采用回灌法作预处理的工艺流程 4(回灌渗滤液—格栅—调节池—一体膜生物反应器—反渗透—生物硝化池—二沉池),3 年后的总投资是工艺流程 2(渗滤液—格栅—调节池—(混凝沉淀池)—加碱化学吹脱—厌氧生物池—反硝化生物池—硝化生物池—二沉池—混凝沉淀—过滤—活性炭吸附)的 60%,而 10 年后的总投资是流程 2 的 50%,照此推算,时间越长越经济。

2 回灌法处理垃圾渗滤液研究现状及进展

2.1 水量平衡研究

渗滤液回灌的水量平衡是垃圾填埋场渗滤液回灌处理法工程应用的关键。回灌处理利用土壤表面的蒸发作用来消减水量,成功与否就在于能否获得充分的蒸发量,在于回灌后的下渗水量与土壤蒸发量之间的平衡。

孙月等通过模拟垃圾填埋场土壤层进行回灌条件下的水量平衡实验研究^[8]表明:土壤表面蒸发量与回灌水量的日平均值之比为 0.58,与下渗量之比为 0.98,水分饱和程度对蒸发量有明显的影响。夏越青等通过冬季填埋场渗滤液回灌水量平衡的研究^[9]表明,虽然冬季气温低,地表经流量大于其余三季,但冬季降雨量小,气候干燥,土壤蒸发量与下渗水量的比值高于其余三季,冬季降水产生的下渗水经土壤层后的渗出水仅占降水量的 0.2%左右,仍可实现水量的进一步削减。如果适当增加回灌次数,可以提高削减量。

2.2 净化能力研究

渗滤液通过垃圾填埋层能有效降低污染物的浓度,这是因为垃圾层中富含的微生物对渗滤液的降解过程起了重要作用。徐迪明等通过土壤结构对净化作用的影响研究^[10]表明:不同比例的土砂比可改善土壤柱的透气性及透水性,当土砂比为 7:1 时,有最高的 COD 和 BOD₅ 去除率。如果土砂比过低,则透水性太高,渗滤液在土壤柱中停留时间太短,处理效果下降;如果土砂比过高,则透水性太差,微生物生长易使土隙阻塞,使处理周期缩短。李国建等通过模拟不同填埋层对污染物的去除率研究^[11]表明:覆盖层、垃圾层和混合层对渗滤液中 COD、BOD₅ 的去除率均可达到 95%以上,其中土壤层 BOD 去除量为 184.7 mg/(kg·d),垃圾层对 BOD 和 COD 的去除量分别为 946.9 mg/(kg·d)、2 165.6 mg/(kg·d)。混合层对 BOD 和 COD 的去除量分别为 410.4 mg/(kg·d)、986.8 mg/(kg·d)。

2.3 回灌处理影响因素研究

水力负荷、COD 负荷、配水次数等对于回灌法的处理效率均有一定影响。正交试验研究^[12]表明:水力负荷是最关键的影响因素,其次是 COD 负荷和配水次数,最佳组合为水力负荷 15.9 L/(m²·d),COD 负荷 79.6 g/(m²·d),配水次数为 6 次。

2.4 填埋方式对处理效果的研究

王琪等研究^[13]发现:厌氧条件下,垃圾层对进水污染物浓度在一定范围内的变化,COD 去除率变化不大,即有一定耐冲击负荷能力;而好氧和兼氧条件下的填埋层,当进水 COD 负荷增大时,出水浓度变化很大,耐冲击负荷能力弱。采用兼性填埋结构,渗滤液回流的负荷必须要保持在一个适当的范围。

由于氧气只能透过表层覆土到达垃圾填埋层内的有限深度,常规垃圾填埋方式,按渗滤液下渗的方向,垃圾层依次分为好氧区、兼氧区和厌氧区,这样的填埋方式不利于有机污染物的降解和 TN 的去除,厌氧条件下微生物的硝化—反硝化和 NH₃-N 分解率降低。根据硝化—反硝化原理,提出了“准好氧性填埋”^[14],其运行思想是使渗滤液集水沟水位低于渗滤液集水干管管底高程,使大气可以通过集水管上部空间和排气通道使填埋场具有某种好氧条件,垃圾层自上而下实现了“好氧—兼性—厌氧—好氧”流程,有机负荷、NH₃-N 和 TN 去除率均有提高,其中有报道氨氮去除率可达 95%^[15]。同时,由于垃圾分解本身会释放大量的热量,内部温度可达到 50~60℃,与外部温度存在一定温差,形成对流,

这样可以在不需要外界动力的情况下对填埋场充氧,实现“准好氧性填埋”的稳定运行。

2.5 工程应用

由于回灌法在我国的研究起步较晚,加上此方法本身不能完全去除渗滤液中的污染物,达到排放标准,故一般仅用于预处理阶段,以达到降低整个工艺成本和保证后续工艺正常稳定地运行。目前,对于渗滤液的处理方法大体上有2类:场内处理和场外处理。对于场外处理技术,是指充分利用城市污水处理厂潜在和闲置能力,垃圾渗滤液输送到城市污水处理厂又比较方便的前提下采用。但是由于垃圾渗滤液具有浓度高、水质波动大等特点,渗滤液的场外处理对城市污水处理厂的稳定运行造成威胁。若城市污水处理厂是未考虑接纳附近填埋场的渗滤液而设计的,其所能接纳而不对运行构成威胁的渗滤液比例是很有限的,一般不超过0.5%,往往加入如此小比例的渗滤液,就可使活性污泥法的负荷增加一倍。回灌后的渗滤液能够稳定水质,降低水中的污染物浓度,对于合并处理的稳定性有重要作用。

唐山填埋场采用“回灌+生物处理”工艺运行结果表明^[16],经反复回灌后,渗滤液后续处理量大为减少,经生化和消毒处理排放,但回灌后渗滤液 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度较高。张瑞明等在杭州市天子岭填埋场进行的渗滤液回灌现场中试结果表明,可基本实现渗滤液产生量的平衡,渗滤液的水质也得到净化, COD 从10.4 g/L降至142 mg/L, TN 从899 mg/L降至18 mg/L。

3 有待进一步完善的问题

尽管渗滤液回灌处理技术在国外有广泛应用,国内也有大量研究,并且该项技术本身也有许多优点,但其在国内的大范围推广仍存在许多问题有待解决。

(1) 现场应用的成功范例欠缺。目前国内该项技术的研究大多局限于实验室范围,而现场环境的复杂多变与实验室环境的单一简化及两者规模上的差别,使得实验阶段的结果应用价值降低,技术推广缺乏可借鉴的样板工程。

(2) 回灌本身不能完全消除渗滤液。回灌能通过蒸发减量消减大量渗滤液,但蒸发量受地理位置和气候影响较大,对于南方降雨量大的地方,减量效果不如北方干旱地区明显。

(3) 回灌后的渗滤液仍需处理。由于目前回灌处的垃圾填埋多采用厌氧填埋,这对于高浓度和浓度波动大的渗滤液有较好的处理效果和运行的稳定性,但厌氧处理的出水浓度一般都较高,不能完全去除污染物。如何实现“准好氧性填埋”工艺的施工有待进一步研究。

(4) 填埋场回灌条件下气体控制的安全问题。由于回灌

能加速垃圾的降解,湿度增大的情况下 CH_4 产气速率和总量均变大,大量的 CH_4 成为填埋场运行期间及封场后的不隐患。如何收集和控制 CH_4 气体应引起重视。

(5) 回灌带来的环境卫生问题。目前,按回灌水注入的位置划分,回灌方式主要有3种:表面喷灌或浇灌至填埋场表面;地下回灌或内层回灌;垃圾填埋期间渗滤液直接回灌至垃圾层。内层回灌对地面水和大气污染较小,但技术要求高或成本高,目前不适合国内的经济现状和技术水平;其它两种方式回灌,回灌期间均会散发出难闻气体,遇暴雨时会对地面水造成较大的污染。

参考文献

- 1 郭永龙,王焰新,蔡鹤生,等.垃圾填埋场渗滤液对地下水环境影响的评价.地质科技情报,2002,21(1):87~90
- 2 王罗春,李华,赵由才,等.垃圾填埋场渗滤液回灌及其影响.城市环境与城市生态,1999,12(1):44~46
- 3 Bohlman F G. Leachate - recycle as a management option. Journal of Environment Engineering, ASCE, 1980, 106(6):1057
- 4 Christensen T. H., et al. Landfilling of waste: Leachate. Elsevier Applied Science, 1992
- 5 T. A. Lawson. Leachate recirculation: a landfill management tool? Proceedings of the Institute of Waste Management, 1997(3):9~13
- 6 沈耀良,王宝贞.城市垃圾填埋场渗滤液处理方案及其分析.给水排水,1999,25(8):18~21
- 7 吴志超,邵立明,顾国维.生活垃圾填埋场渗滤液的新型处理技术.环境卫生工程,2000,8(2):62~64
- 8 孙月,李国建.回灌条件下的土壤蒸发处理研究.环境科学研究,2000,13(2):58~61
- 9 夏越青,李国建,邹庐泉.冬季垃圾填埋场渗滤液回灌水量平衡的实验研究.环境污染与防治,2001,23(1):8~9
- 10 徐迪明,李国建,于晓华.垃圾填埋场渗滤水回灌技术研究.同济大学学报,1995,2(4):371~375
- 11 李国建,徐国明,于晓华.垃圾填埋场渗滤水回灌技术研究.同济大学学报,1997,2(2):198~199
- 12 唐家福,李国建.垃圾填埋场渗滤液回灌处理的影响因素.环境卫生工程,1997,1:14~20
- 13 王琪,董路,李娟.垃圾填埋场渗滤液回流技术的研究.环境科学研究,2000,13(3):1~5
- 14 赵宗升,刘鸿亮,李炳伟,等.垃圾填埋场渗滤液污染的控制技术.中国给水排水,2000,16(6):20~23
- 15 沈耀良.垃圾填埋场渗滤液处理技术研究进展.苏州城建环保学院学报,2001,14(4):6~15
- 16 秦峰,王雷,陈立伟.城市生活垃圾填埋场渗滤水处理技术研究.环境污染治理技术与设备,2001,2(6):24~30

(收稿日期:2003-10-09)

