



垃圾渗滤液 处理技术研究

于波¹, 刘超², 王斌³, 孙承林¹

(1. 中科院大连化学物理研究所, 辽宁 大连 116028; 2. 大连交通大学, 辽宁 大连 116028;
3. 抚顺石化公司, 辽宁 抚顺 113000)

摘要: 本文介绍了垃圾渗滤液的特点, 对常用的垃圾渗滤液处理技术及目前的研究现状作了分析, 并对城市垃圾渗滤液处理组合工艺的可行性进行了探讨, 对该技术未来的研究方向进行了预测。

关键词: 垃圾渗滤液; 脱氮除磷; 废水治理

中图分类号: X703 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-5377(2006)01-0034-03

A Study on Treatment Technology of Landfill Leachate

YU Bo, LIU Chao, WANG Bin, SUN Cheng-lin

垃圾渗滤液是一种含有多种有机物和无机物的高浓度废水, 它是由城市垃圾废弃物分解后产生的液体在外来水分(包括大气降水、地表水、地下水等)的冲淋浸泡下产生的, 这部分废水量虽然不大, 但污染程度却很高, 会对地下水及地表水造成严重污染。由于各种渗滤液的成分变化很大, 并且渗滤液的类型也很难判断, 使得渗滤液的可处理性很难把握。根据国内外有关资料, 城市垃圾的卫生填埋有两个难以解决的问题, 一是防止渗滤液的污染, 二是燃气的导出。本文分析了对常用的垃圾渗滤液处理技术及目前的研究现状, 并对其未来的研究方向进行了预测。

1 垃圾渗滤液的特点

垃圾渗滤液的性质受填埋物种类、填埋方法、规模、周期及天气等各种因素的影响。一般垃圾渗滤液具有以下特点:

(1) 水质复杂, 危害性大

张兰英采用GC-MS-DS联用技术鉴定出垃圾渗滤

液中有93种有机化合物, 其中22种被列入我国和美国EPA环境优先控制污染物的黑名单中。此外, 垃圾渗滤液中还含有10多种金属和植物营养素(氨氮等), 水质成分十分复杂。

(2) 有机物、金属离子及氨氮浓度高

垃圾渗滤液中的 COD_{Cr} 一般达15000mg/L, BOD_5 一般达6000mg/L; 垃圾渗滤液中含有10多种金属离子, 且氮多以氨氮形式存在, 约占TKN(总凯氏氮)的40%~50%。国内外垃圾卫生填埋渗滤液水质情况见后表。

(3) 色度深、有恶臭, 微生物营养元素比例失调

垃圾渗滤液中有有机物和氨氮含量较高, 而磷元素则较为缺乏, 易影响处理系统的稳定。垃圾渗滤液中 $n(C)$ 与 $n(P)$ 的比值较大, $n(C)$ 与 $n(N)$ 的比值较小, NH_3-N 含量过高, 加上碱度高, 对厌氧消化不利; 产生的臭味会给运行操作带来困难, 需考虑脱色处理。

(4) 水质随时间、季节变化大

在填埋初期, 垃圾渗滤液 BOD/COD 一般为0.40~0.75, 采用生物处理可达到良好的去除效果。但随着填



国内外垃圾渗滤液水质情况

垃圾卫生填埋场	渗滤液量 (t/d)	BOD ₅ (mg/L)	COD _{Cr} (mg/L)	SS (mg/L)	pH	氨氮 (mg/L)	总磷 (mg/L)	氯化物 (mg/L)	硫酸盐 (mg/L)
广州	300	5000	8000	700	7.4	—	—	—	—
杭州	300	3000	6000	—	—	—	—	—	—
中山市	—	550~1550	500~5000	110~600	7.9~9.5	—	—	—	—
华北院试验资料	—	12000	25000	—	5.7	400~700	29	1000	1800
台湾	300~600	500~2600	4000	400	4~9	100~300	—	—	—
俄罗斯	350	500~1500	350	250~800	6~10	200~720	—	650~2900	650~2900
美国	—	—	—	—	4.8~8.5	—	5~130	100~2400	25~500
英国	—	—	1500~4000	—	5.6~6.5	—	—	2000~4000	100~500

埋时间的增大,垃圾层日趋稳定,可生化性差的相对分子质量大的有机化合物逐渐占优势,其BOD/COD值甚至可低于0.1。这表明生物法处理垃圾渗滤液的效率随填埋龄的增加会越来越低,并且渗滤液水质还会受季节降雨的影响而波动,其变化规律很难确定。由于垃圾渗滤液的水质极不稳定,因此要求其处理系统要有一定的调节容积,抗冲击负荷能力要强。

2 垃圾渗滤液常用技术及研究现状

2.1 物化处理技术

2.1.1 渗滤液回流技术

渗滤液回流技术即采用适当的方法将填埋场底部收集到的渗滤液从垃圾表面覆盖层或下部重新注入填埋场的技术。该项技术是作为垃圾渗滤液生化处理(土地处理法)的一种而发展起来的。国外研究资料表明:增加垃圾中的水分可以增强垃圾的稳定化效果,因此渗滤液回流被认为是一种最有效且能较好控制的垃圾渗滤液处理方法。因为它有利于营养和酶的分散、pH值的缓冲和抑制化合物的稀释、甲烷菌的循环和分散、渗滤液的贮存和减少渗滤液的量。渗滤液回流可使填埋场稳定化时间从几十年减少到2~3年,这样可减少长时间稳定化给环境带来的负面影响。但是该方法无法从根本上清除垃圾渗滤液中的污染物。

2.1.2 化学混凝技术

化学混凝法是水处理工艺中常用的物化处理方法,但在对垃圾渗滤液的处理中效果并不理想。目前,国内对混凝剂的研究相对较多,例如:罗道成、易平贵、刘俊峰研制的聚硅酸铁铝(PSAF)用于处理垃圾渗滤液,结果表明浊度、色度、COD_{Cr}去除率分别可达92.0%、

91.0%、70.0%;李梅、彭永臻、曲久辉以膨润土为基础制备出复合膨润土,该复合土对渗滤液中COD_{Cr}的去除率达84.0%,色度去除率为96.17%;张春晖、奚旦立采用聚硫氯化铁铝(PAFCS)作为混凝剂,其表现出比PAC更好的除浊、脱色能力,可有效去除垃圾渗滤液的浊度、胶粒和部分COD_{Cr},浊度与COD_{Cr}的去除率可达约90%和40%。

2.1.3 吹脱法除氨氮技术

高浓度的氨氮可使微生物营养元素比例严重失调,仅靠硝化细菌和反硝化细菌不仅不能去除氨氮,反而会影响处理系统的正常运行。王文斌等人进行了用空气吹脱和加石灰自由吹脱预处理垃圾渗滤液的研究,并在对两者进行比较后认为,加石灰自由吹脱是最简单和经济的物化处理方法。

2.1.4 Fenton技术

国外有人应用了electro-Fenton-SBR(电解—芬顿—SBR)技术,国内有人对用紫外光辅助Fenton试剂处理垃圾渗滤液进行了研究,研究结果表明当光辐射为80kW/m³时,氧化率可提高6倍,当光辐射为160kW/m³时,降解速率会提高1倍。

2.1.5 亚滤技术

亚滤处理单元装置是一个十分有效的新型深度处理单元,其处理垃圾渗滤液的主要机理是利用陶粒塔中陶粒的吸附、微生物降解和亚滤塔中陶瓷管的截留、微生物降解作用。经亚滤装置的深度处理,COD_{Cr}、BOD₅、NH₄⁺-N和SS等均能被有效去除并达到排放标准的要求。

2.1.6 膜技术

英国垃圾渗滤液处理厂使用反渗透系统对初级渗滤液进行处理,当含有污染物的垃圾渗滤液经过圆柱管内

膜的表面时,渗滤液中的污染物由于反渗透作用会被分离出来,剩下的则为纯水,而被浓缩的污染物会经膜被排泄出来。但是反渗透法对渗透膜的质量要求较高,目前国内技术尚未达到该水平。超滤法处理垃圾渗滤液也有了一些报道,D. Trebouet、J. P. Schlumpf等对超滤法进行了研究,达到了较好的处理效果。

2.1.7 氧化技术

(1) 普通氧化技术

Samuel Mo和Him曾就 Cl_2 、 $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 、 KMnO_4 和 O_3 4种氧化剂对垃圾渗滤液的处理进行了小试比较,每种氧化剂都可使渗滤液的COD有较可观的减少,且化学氧化的脱色效果也较好,但氧化剂的投加量过高,会增加成本。

(2) 湿式氧化法

CWO技术是专门用于高浓度工业废水处理的湿式催化氧化处理技术(Catalytic Wet Oxidation Process),是一种废水的深度处理技术,是现阶段用于处理高浓度生化难降解工业废水的有效方法之一。孙珮石采用CWO技术处理垃圾渗滤液的结果表明,在催化时间为40~60min时,COD_{Cr}、 NH_4^+-N 浓度可达国家二级排放标准。

(3) 电化学氧化法

电化学氧化法近年来也被发展成为处理垃圾渗滤液的一种方法,该方法适于处理难处理的污染物(如苯胺、EDTA等),能有效去除色度,具有高效、操作容易等优点。据Chiang Li-chong报道,用有三元素的SPR氧化膜覆盖的钛阳极电解垃圾渗滤液4h,COD的去除率可达92%,约2600mg/L的氨也可被完全去除。

2.2 生化处理技术

生化处理技术是污水处理中最常用的方法,应用广泛,尤其对可降解的有机物,该技术具有运行费用低、易管理等优点,但是对于难降解的垃圾渗滤液废水,需要进行强化处理。

2.2.1 厌氧技术

由于垃圾渗滤液中含有大量的 NH_4^+-N ,所以在进行生化处理时必须使用厌氧技术。申欢、金奇庭采用上流式厌氧污泥床(UASB)处理城市垃圾渗滤液,结果表明:在水力停留时间为1~6d和容积负荷为1.5~7.8kgCOD/ $\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 的条件下,COD的去除率为60.0%~85.5%。

2.2.2 厌氧—物化联合处理技术

垃圾渗滤液是难降解的有机废水,单纯的厌氧处理很难达标,而它与物化技术联合使用时,就能部分解

决这一难题。杨建安、罗伯水通过对垃圾渗滤液处理的中试试验研究,得出UASB+AMT(利用超声波、磁场、电子放电以及负氧离子的交互作用,产生羟基自由基 $-\text{OH}$,将难降解有机物分解)工艺在低温条件下,可使出水达到三级排放标准。陈忠在处理垃圾渗滤液时采用厌氧生化+PW生物膜工艺处理,其突出特点是由于膜的截留,生物反应池中可保持很高的微生物浓度,省去了二沉池和污泥回流,处理效果可达到COD_{Cr}去除率>95%、BOD₅去除率>90%、 NH_4^+-N 去除率>90%。左生龙、朱艳芝将内电解—厌氧—好氧组合工艺应用在高COD、高氨氮渗滤液的处理中,试验证明其具有较高的COD和色度去除率,除 NH_3-N 外,其余指标均能满足垃圾渗滤液二级排放标准。同时国外在这方面也有相关报道,J. Rodríguez等用厌氧—超滤—活性炭技术对垃圾渗滤液处理进行了研究,并取得了较好效果。

2.2.3 菌种优化技术

所谓菌种优化,就是利用优势菌种处理难降解有机物的优势,集中优化培养,以处理相关难降解废水。高航、徐宏勇、刘勇弟以煤渣为填料,在自制反应器内利用白腐菌生物膜对垃圾渗滤液生化出水进行深度处理,与活性污泥法相比,白腐菌对COD_{Cr}、色度及氨氮的去除率都较高,具有明显的优势。丁雪梅利用EM(有效微生物群)生物强化技术与传统的生物治理技术相结合的方式对垃圾渗滤液进行处理,结果表明EM菌剂在活性污泥和生物膜系统中能够加快启动速度、增强系统稳定性,明显提高COD_{Cr}和BOD₅的去除率。

3 城市垃圾渗滤液处理组合工艺的可行性探讨

3.1 UASB + 湿式氧化 + 好氧处理

垃圾渗滤液中含有大量的氨氮和难降解有机物,UASB可去除渗滤液中的大部分有机物,而湿式氧化技术可将渗滤液中的难降解有机物转化成易降解的小分子有机物,然后经过好氧生物处理使渗滤液达标排放。大连化学物理研究所在催化湿式氧化处理垃圾渗滤液方面的研究取得了阶段性进展,生化与湿式氧化联用也取得了小试成果。以大连毛茛子垃圾处理场的垃圾渗滤液为例,经处理后可达“污水排入城市下水道水质标准(CJ3082-1999)”,再经过深度净化可达到国家一级排放标准。但由于湿式氧化技术设备投资较大,该工艺工业化还有一定难度。



3.2 预处理+高级氧化+高效好氧设备(培养优势菌种)

该工艺经过预处理以后,可先去除氨氮、重金属离子等有害物质,再利用高级催化氧化技术将难降解氧化物氧化成易降解有机物,然后利用多种优势菌种对其进行污水处理。我们通过实验可使处理后的垃圾渗滤液接近“污水排入城市下水道水质标准(CJ3082-1999)”,目前正致力于优势菌种的筛选及特效氧化技术的研究。该工艺比第一种工艺节省了一次性投资费用,但运行费用有所上升。

3.3 UASB+过滤+膜技术

该工艺是通过UASB去除垃圾渗滤液中的氨氮以及部分有机物,然后经过滤后再利用膜的截留作用,使其达到国家排放标准。该方法不仅要考虑建设投资及运行费用,更需要考虑频繁更换膜所增加的经济费用。

4 垃圾渗滤液处理技术研究方向

垃圾渗滤液属于高浓度废水,产生量的季节性变化较大,主要特点可归结为成分复杂、污染物浓度高且变化无规律、可生化性低、含盐量高,并含有较高浓度的氨氮。工程上对此尚无满意的处理方法,但目前有几个方向值得研究:(1)优势菌种的培养;(2)高级氧化技术的研究,主要集中在高效氧化试剂的使用、氧化条件的降低和新型催化剂的开发等几方面;(3)适合渗滤液的膜技术的研究。

参考文献:

- [1]高航,刘勇第等.白腐菌附着式生物膜反应器处理垃圾渗滤液技术研究[J].环境科学学报,2004,24(2):309~314.
- [2]周国成.城市生活垃圾填埋场渗滤液处理技术[J].中国市政工程,1997,78(3):45~50.
- [3]汤宗华,丁希楼,宫建龙.城市生活垃圾渗滤液的处理工艺[J].安徽建筑,2001,5:105~106.
- [4]张兰英,韩静磊,安胜姬,等.垃圾渗滤液有机污染物的污染及去除[J].中国环境科学,1998,18(2):184~188.
- [5]赵由才,朱青山.城市生活垃圾卫生填埋场技术与管理手册[M].北京:化学工业出版社,1999.
- [6]左生龙,迟正平.国内外垃圾渗滤液处理技术综述[J].工业水处理,2001,21(11):7~10.
- [7]Ki-Hoon Kanga, Hyun Sang Shinb and Heekyung Park. Characterization of humic substances present in landfill leachates with different landfill ages and its implications[J]. Water research, 2002, 36: 4023~4032.
- [8]JETTE B, ect. Characterization of the dissolved organic carbon in landfill leachate-polluted groundwater[J]. Water research, 1998, 32: 125~135.

- [9]孙英杰,肖学斌,巩新伟.城市生活垃圾资源化技术的探讨[J].青岛建筑工程学报,2000,21(1):57~61.
- [10]Evan Dimaopoulos. Characterization and treatment of recycling-stabilized leachate[J]. Water research, 1994, 28: 2439~2445.
- [11]Reinhart DR. Full-Scale Experience with Leachate Recirculating Landfills: Case Studies[J]. Waste Management & Research, 1996, 14(4): 347~365.
- [12]倪既勤. 变污染为资源—拉丁美洲城市垃圾卫生填埋的技术经验[J]. 国外环境科学技术. 1992. 3.
- [13]罗道成,易平贵,刘俊峰. 用聚硅酸铁铝对垃圾渗滤液进行预处理的研究[J]. 环境污染与防治, 2003, 25(6): 12~13.
- [14]李梅,彭永臻,曲久辉. 复合膨润土处理垃圾渗滤液[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2003, 35(5): 581~584.
- [15]张春晖,晏旦立. 应用复合碱式氯化铝对垃圾渗滤液进行预处理的研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2001, 2(1): 59~61.
- [16]王文斌,董有,刘士庭. 吹脱法去除垃圾渗滤液中的氨氮研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2004, 6(5): 51~53.
- [17]Sheng H. Lin, and Chih C. Chang. Treatment of landfill leachate by combined electro-Fenton oxidation and sequencing batch reactor method[J]. Water research, 2000, 34: 4243~4249.
- [18]潘雪筠. Rochem's 反渗透处理厂—垃圾填埋场渗滤液处理设备[J]. 环境与卫生, 1995, (1): 45.
- [19]D. Trebouet, J. P. Schlumpf, P. Jaouen and F. Quemeneur. Stabilized landfill leachate treatment by combined physicochemical nano-filtration processes[J]. Water research, 2001, 35: 2935~2942.
- [20]J. Monje-Ramirez, and M. T. Orta de Velásquez. Removal and transformation of recalcitrant organic matter from stabilized saline landfill leachates by coagulation ozonation coupling processes[J]. Water research, 2004, 38: 3297~3302.
- [21]孙石等. 垃圾渗滤液的湿式催化氧化技术处理试验研究[J]. 工程与技术, 2003, 9: 16~18.
- [22]K. J. Kennedy, and E. M. Lentz. Treatment of landfill leachate using sequencing batch and continuous flow upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactors[J]. Water research, 2000, 34: 3640~3656.
- [23]申欢,金奇庭等. 上流式厌氧污泥床处理城市垃圾渗滤液的试验研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2004, 5(4): 35~39.
- [24]Riitta H. Kettunen, Jukka A. Rintala. Performance of an on-site UASB reactor treatment leachate at low temperature. Water Research, 1998, 32 (3): 537~546.
- [25]杨建安,罗伯水. 低温条件下UASB+AMT工艺处理垃圾渗滤液的试验研究[J]. 有色冶金设计与研究, 2003, 24(3): 85~87.
- [26]左生龙,朱艳芝. 内电解-厌氧-好氧工艺处理垃圾渗滤液的研究[J]. 2003, 9: 16~18.
- [27]J. Rodríguez, L. Castrillón, E. Marañón, H. Sastre and E. Fernández. Removal of non-biodegradable organic matter from landfill leachates by adsorption. Water Research, 2004, 38: 2359~2367.
- [28]丁雪梅. 利用EM处理垃圾渗滤液的效果研究[J]. 环境与园林, 2002, 4(2): 24~27.
- [29]梁智慧,王树国. 北京垃圾渗滤液处理工艺选择研究[J]. 2003, 5(3): 157~161.