生活垃圾填埋场渗滤液的新型处理技术

吴志超*　邵立明*　顾国维*

摘要　介绍了国内外垃圾填埋场渗滤液的处理技术，在此基础上提出了使得最终出水达标排放的新型处理技术（回灌 - 常规处理技术 - 膜分离）的工艺概况和特点，并将该技术与常规处理技术进行了经济分析。

关键词　垃圾填埋场　渗滤液处理　膜分离

The New Type Treatment Process for the Leachate from Refuse Landfill Site.

Wu Zhichao*, Shao Liming*, Gu Guowei*. School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, 200092 Shanghai

Abstract　Author introduces the various existing treatment technology for the leachate from municipal refuse landfill. Based on the analysis, the author suggests new type treatment technology which is composed of back-permeate, conventional treatment technology, and membrane separation. This article also analyses characteristics, investment and operation cost of the new process.

Key words　Refuse landfill　Leachate treatment　Membrane separation

随着经济的发展、人民生活水平的提高，生活垃圾填埋处理技术以投资省、运行费用低获得了广泛的应用。同时，由填埋场带来的渗滤液二次污染问题也就成了建设填埋场时必须解决的问题。据垃圾填埋时间的长短和所含污染物的特点，渗滤液可以分为产酸阶段渗滤液、产甲烷阶段渗滤液、稀释的渗滤液、最终的渗滤液 4 种，其 COD 的浓度可以从 15 000 mg/L 以上逐渐降低至 1 500 mg/L，BOD_5/COD 比值可以从 0.4～0.5降低至 0.1 以下，氨氮浓度则从 1 200～1 800 mg/L 降低为 700 mg/L。

1　现有治理技术*

1.1　曝气塘法

特点是管理简单方便，出水水质较好，但污水停留时间长，一般要达 20～30d，运行费用较高。英国、香港等许多填埋场就采用该法。

1.2　UASB - 好氧生物法

由于垃圾渗滤液有机物浓度一般较高，为节省运行费用，渗滤液常先用厌氧生物法处理，上向流厌氧污泥床（UASB）则是其中常用的一种。由于该法的处理出水中有机物浓度较高，一般采用好氧生物处理系统，以确保出水有机物浓度进一步降低。

1.3　反硝化 - 硝化生化处理 —混凝法

生活垃圾填埋场的渗滤液中，不仅有机污染物浓度高，而且还含有高浓度的氨氮，因此，一些填埋场在渗滤液的处理过程中，为使有机物和氨氮同时去除，生化部分由反硝化 —硝化工艺组成，混凝剂用铁盐和高分子聚合物。

1.4　土壤 —植物处理法

土壤 —植物处理系统其实是一种复杂的物理 —生物 —化学综合反应器，它主要包括下列过程：

通过吸附、离子交换或沉淀作用，土壤颗粒从渗滤液中将悬浮固体过滤掉，并将溶解性组分固定在颗粒上。

土壤中的微生物将渗滤液中溶解性有机物进行转化和稳定，并将有机氮氧化成氨氮。

植被利用渗滤液的各种营养物生长，以保持和增加土壤的渗入容量，并通过蒸腾作用减少了渗滤液量。

1.5　与城市污水联合处理

在许多国家，如果可能，渗滤液是与城市污水一起处理的，可以说它是目前采用较多的处理方法。实验表明，只要渗滤液的量小于城市污水总量的 0.5 %，那么垃圾渗滤液与城市污水一起处理是一种可行的方法。同时，渗滤液带来的负荷增加应控制在 10 %以下，以保证其对城市污水的生物处理不产生负面影响。

除此之外，渗滤液回灌法、膜分离法、催化

* 同济大学环境科学与工程学院，200092　上海市
收稿日期：1999 —10 —10

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

氧化法、活性炭吸附法、吹脱法、蒸发法、湿式氧化法等也都有实际应用或中试研究成果。

2 新治理技术的提出

仔细分析上述的处理技术可以发现，除了回灌以外，基本上都是将渗滤液的处理与填埋工艺分割开来，也就必然有其局限性。在城市生活垃圾填埋场的填埋初期，渗滤液的可生化性较好，适宜于生化处理。而在填埋后期，渗滤液的可生化性较差，适宜于物化处理。这样，为最终处理达标排放，渗滤液处理的流程一般较复杂；同时，从目前国内的填埋状况来看，渗滤液的产生量受许多因素的影响，水量变化系数较大，给处理设施的运行管理带来了很大的问题，导致运行费用极高。国外有资料表明，在城市垃圾填埋场，为使渗滤液水质达到排放要求，渗滤液处理站几年内运行总费用往往超过投资额。对我国这样一个发展中国家来说，在建设垃圾填埋场时，注意寻找一项经济、合理的渗滤液处理技术，以达到经济、社会、环境效益的统一是必要的。

我们于 90 年代初在国内率先提出了垃圾填埋场渗滤液回灌处理技术，该项技术充分利用填埋垃圾所含的大量微生物，对回灌过程中渗滤液内的有机物进行生物降解、吸附和过滤，降低末端处理设备的投资和运行费用，同时，将表面喷灌和深层喷灌有机结合，巧妙利用自然蒸，发减少渗滤液的处理量，进一步降低投资和运行费用。但由于渗滤液中含有大量的难于生物降解的有机物，回灌处理技术无法使最终处理出水的 COD 浓度达标，同时渗滤液中含有的高浓度氨氮，不仅使常规技术处理达标存在一定的技术困难，而且导致运行费用昂贵。针对上述问题我们开发了新型渗滤液处理技术。该技术将常规处理技术、高新膜分离技术和回灌技术有机结合起来，优势互补，不仅解决了处理出水水质达标的难题，而且加速了垃圾填埋的稳定化速率，投资省、运行费用低，为目前适合我国国情的最佳的渗滤液处理技术。设计进水 COD 为 1 500～15 000 mg/L，NH_3 - N 为 700～1 800 mg/L，经过上述工艺流程的处理，最终出水的 COD < 100 mg/L，NH_3 - N < 15 mg/L。

3 新治理技术的工艺流程和特点

根据我们近 3 年来开发的污水处理膜生物工艺技术（生物处理 - 膜分离）成果，结合原有填埋场渗滤液回灌工艺，推出了新型的垃圾填埋场渗滤液回灌综合处理技术，彻底解决现存问题，使得处理出水达标排放，详细的工艺流程见图 1 所示。该技术由回灌填埋场厌氧生物处理、混凝沉淀、生物碳化、膜分离、生物硝化处理组成，其中，混凝沉淀工艺可以根据填埋场的具体布置状况确定其保留或舍弃。

该技术的主要特点为：(1) 利用填埋场有机垃圾包含的大量酸化细菌和产甲烷细菌，将填埋场作为厌氧生物处理的构筑物，通过渗滤液循环回灌，使得有机污染物得到充分降解，降低末端处理设施的投资和运行费用；(2) 渗滤液的循环回灌也加速了填埋场内垃圾的稳定化过程，极大的缩短了垃圾稳定化时间；(3) 利用膜生物工艺（流程图中的好氧生物处理 - 微滤或超滤）提高了有机污染物的去除能力，并为反渗透的正常运行创造了适宜的条件；(4) 利用反渗透的优异分离性能，不仅使得膜分离的渗透液 COD 浓度达标，为后续生物硝化提供硝化菌生长的优良环境，而且可以大幅度的降低氨氮浓度，最大限度的降低高浓度氨氮生物硝化的耗碱量，减少生物硝化的电耗，卓有成效的降低运行费用；(5) 反渗透的浓缩液则可以利用填埋场进行表层回灌处理，利用合理的蒸发和吸附作用将难生物降解的有机物和高浓度氨氮固定于填埋场内；(6) 填埋场表层种植对氨氮需求量比较大的植被，通过植被的生长，消除一部分氨氮，并通过表层覆盖土壤、回灌等措施的合理选择，在表层形成一定的硝化菌生长环境，氧化其余的氨氮，最终形成良好的生态处理系统，解决反渗透浓缩液中高浓度氨氮问题；(7) 生物硝化池将反渗透渗滤液中剩余的氨氮完全氧化，保证最终排水中氨氮浓度达标；(8) 反渗透的应用还确保重金属离子的达标排放，使

图 1 渗滤液排放流程图

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

得最终处理出水的水质完全符合国家综合一级排放标准的要求。

4　新工艺流程的经济性分析

新工艺的运行不仅彻底解决渗滤液处理的难题，而且在经济上与常规工艺技术相比，也具有相当大的优越性。以日处理 360 t 渗滤液为例，做如下假设：

4.1　所有调节池的设计均不考虑防洪要求，混凝沉淀池根据填埋场设计情况确定设置与否；

4.2　工艺 1 流程为：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；

4.3　工艺 2 流程为：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；

4.4　工艺 3 流程为：回灌渗滤液 - 格栅 - 调节池 - （混凝沉淀池） - 加碱化学吹脱 - 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；

4.5　工艺 4 流程为：回灌渗滤液 - 格栅 - 调节池 - 一体式膜生物反应器 - 反渗透 - 生物硝化池 - 二沉池；

4.6　为了计算方便，钢筋混凝土水池的实际容积按有效容积的 1.2 倍、投资按 500 元/ m^3 空池计算；

4.7　假设常规生物填料的投资为 400 元/ m^3，颗粒活性炭的价格为 6 500 元/ t；

4.8　投资计算中均没有考虑平面布置投资、操作室、机房、电气自动控制系统、连接管道阀门、最终电磁流量计等；

4.9　工艺流程 4 的计算中已经考虑了膜分离系统长期运行中，膜的清洗、更换等费用。

由表 1 可见，工艺流程 1 和工艺流程 2 为常规末端处理工艺，工艺流程 3 为我们前几年开发的回灌 - 常规末端处理工艺，工艺流程 4 则为我们最新开发的回灌 - 常规处理技术 - 膜分离相结合的新工艺。由表 1 的经济比较可以看出，回灌 - 常规末端处理工艺的一次性投资最低，以处理出水达标为标准的常规末端处理工艺的投资最高。以要求出水达标为比较基础时，3a 后和 10a 后填埋场总投入最大的为常规末端处理工艺，最低的为回灌 - 常规处理技术 - 膜分离相结合的新工艺。

参考文献

1　T. H. Christensen, R. Cossu, R. Stegmann. Landfilling of Waste: Leachate. Elsevier Applied Science.

2　James C. S. Lu, Bert Eichenberger, Robert J. Stearns. Leachate from Municipal Landfills—Production and Management. Noyes Publications.

表 1　填埋场渗滤液处理技术的经济评价表

		单　位	工艺 1	工艺 2	工艺 3	工艺 4
设计渗滤液水量		(m^3/ d)	360	360	288	360
设计渗滤液进水水质	COD_{Cr}	(mg/ L)	1 500～15 000	1 500～15 000	1 500～15 000	1 500～15 000
	BOD_5/ COD_{Cr}	-	0.1～0.5	0.1～0.5	0.1～0.5	0.1～0.5
	NH_3 - N	(mg/ L)	700～1800	700～1800	700～1800	700～1800
实际进集水井的水质	COD_{Cr}	(mg/ L)	1 500～15 000	1 500～15 000	1 500～3 000	1 500～3 000
	BOD_5/ COD_{Cr}	-	0.1～0.5	0.1～0.5	0.1～0.4	0.1～0.4
	NH_3 - N	(mg/ L)	700～1 800	700～1 800	700～1 440	700～1 440
设计出水水质	COD_{Cr}	(mg/ L)	无法达标	< 100	< 100	< 100
	NH_3 - N	(mg/ L)	无法达标	< 15	< 15	< 15
土建总投资		(万元)	112.38	118.68	43.95	71.55
设备购置安装总计		(万元)	336.04	347.57	259.60	384.86
总投资		(万元)	538.10	559.50	364.26	547.69
运行费用		(元/ m^3)	10.49	36.94	31.58	16.99
3a(年)后总投入(投资加运行费)		(万元)	951.62	2 015.67	1 609.14	1 217.44
10a 后总投入(投资加运行费)		(万元)	1 916.49	5 413.42	4 513.87	2 780.18

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net