

· 水污染防治 ·

城市垃圾填埋场渗滤液的水质特性

The Characteristics of MSW Landfill Leachate

蒋海涛 周恭明 高廷耀 (同济大学城市污染控制国家工程研究中心 上海 200092)

摘要 对垃圾填埋场渗滤液的主要有机污染物、水质影响因素及水质特性进行了较系统的分析。

关键词 渗滤液 水质特性 影响因素

Abstract A Comprehensive analysis on the major organic pollutants, influencing factors of water quality and characteristics of MSW leachate were made in this article.

Key words Leachate Characteirstic of water quality Influencing factor

1 概述

中国是一个发展中国家,随着城市化进程的加快、城市规模的不断扩大和人们生活水平的日益提高,城市垃圾的产量也在逐年提高。据统计,目前城市垃圾正以每年 9%~10% 的速度增长,2003 年我国城市垃圾年产量预计将达到 1.6~1.65 亿 t。

垃圾卫生填埋会大大减少因垃圾敞开堆放所带来的环境问题,但就对环境的影响而言,卫生填埋也同样是一把“双刃剑”。这其中最为人关注的是垃圾填埋过程中所引发的新的渗滤液污染。垃圾渗滤液是指超过垃圾所覆土层持水量和表面蒸发潜力的雨水进入填埋场地后,历经垃圾层和所覆土层而产生的高浓度污水。渗滤液还包括垃圾自身所含的水份、垃圾分解所产生的水及地下水的浸入量。渗滤液中含有大量的有机物、大量的病菌、病毒、寄生虫等以及一些有毒有害的物质等。我国目前共建成有大大小小的卫生填埋场约 700 座,若渗滤液不加以妥善处理、肆意排放,必将对地下水、地表水构成严重威胁,而对渗滤液水质特征的分析是垃圾填埋场环境污染控制的重要内容,更是合理选择渗滤液处理方案的先决条件。

2 渗滤液的典型水质及主要有机污染物

2.1 渗滤液的典型水质指标及浓度变化

渗滤液中含有多种污染物,而浓度变化往往很大,如表 1 所示。

表 1 渗滤液的典型污染物组成及浓度变化/mg·L⁻¹

颜色	嗅	总残渣	电导率 /μΩ·cm ⁻¹	ORP/mv	有机酸	NH ₃ -N	NO ₂ -N	pH	TP
黄—黑灰色	恶臭	2356~35703	10~10 ⁴	320~800	46~24600	20~7400	0.59~19.26	5.5~8.5	0.86~71.9
Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	As	Cd	Pb	Cu	Zn	Fe	COD _{Cr}	BOD ₅
189~3262	9~736	0.1~0.5	0~0.13	0.069~1.53	0.1~1.43	0.2~3.48	6.92~66.8	189~54412	116~19000
Hg	Cr	Mn	TOC	SS	总硬度	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
0~0.032	0.01~2.61	0.47~3.85	1500~20000	200~1000	3000~10000	200~300	50~1500	200~2000	200~2000

2.2 渗滤液中主要有机物

渗滤液中有机污染物种类繁多,目前采用 GC—MS—DS 技术已在长春市和广州市垃圾渗滤液中分别检出有机污染物 99 种和 77 种,其中主要有

机物有萘、蒽、芘、荧蒽、芴、茚、1—甲基萘、1,5—二甲基萘、3—甲基—氮茚、二甲基苯、十五烷、十六烷、乙醇、3—戊烯—乙醇、对甲酚、氯苯、二氯苯、PCB_s、己烷、甲胺、乙胺、环己酰胺、脲、苯乙酸等。

可见,渗滤液中的有机物多为芳烃、烷烃、烯烃类、酸类、酯类、醇、酚类、胺及酰胺类等,且有些已被确认为可疑致癌物、促癌物和辅助致癌物。

3 渗滤液水质的主要影响因素

3.1 垃圾填埋场中污染物的溶出分析

垃圾渗滤液的产生来自三个方面:一是大气降雨和径流;二是垃圾中原有的水分;三是在垃圾填埋后由于微生物厌氧分解作用而产生的水,而引起渗滤液污染负荷的原因主要是微生物的厌氧分解作用和降雨的淋溶作用。

3.2 渗滤液水质影响因素分析

3.2.1 垃圾成分对渗滤液水质的影响 垃圾填埋场渗滤液水质受垃圾成分影响很大。渗滤液中 COD、BOD 主要由厨余中有机物产生,垃圾中厨余含量的高低直接影响渗滤液 COD、BOD 浓度高低;另外,炉灰、脏土对渗滤液中有机物具有吸附、

过滤作用,因此垃圾中炉灰、脏土的含量也会影响渗滤液有机物浓度。国内部分城市的垃圾组成和渗滤液水质列于表 2。

由上表可知,当垃圾中炉灰含量相近时,垃圾厨余含量越高,渗滤液中 COD、BOD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度越高。

近年来城市燃气的普及率由 1986 年的 28.52% 增加到 70% 以上,全国的集中供热面积也计划达到 30%。随着城市集中供热和煤气化的普及,城市垃圾中有机物含量和热值将进一步提高,垃圾填埋场渗滤液中 COD、BOD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度在今后一段时间内会呈现上升的趋势。

3.2.2 填埋场填埋时间对渗滤液水质的影响 用填埋场处理垃圾实际上是一个垃圾填充、覆土和压实的多次循环过程,填埋场的各个部分可能处于不同的稳定阶段,或者说其各部分的“年龄”是不同的,而且各部分有各自的物理、化学和生物条件。

表 2 国内部分城市生活垃圾组成及填埋场渗滤液水质

	垃圾组成/%							渗滤液水质/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$					
	厨余	炉灰	砖陶脏土	纸类	塑料	玻璃	金属	COD	BOD ₅	TN	$\text{NH}_3\text{-N}$	SS	pH
上海	29	67		1.2	1.4	1.0	0.4	1500~8000	200~4000	100~700	60~450	30~500	5~6.5
广州	32	62		1.6	2.6	1.2	0.6	1400~10000	400~2500	150~900	130~600	200~600	6.5~7.8
杭州	25	71		1.3	1.5	1.0	0.2	1000~5000	400~6000	80~800	50~500	60~650	6~6.5
深圳	60		7	10	13	4	1	3000~60000	1000~36000		400~1500	100~6000	6.2~8.0

渗滤液通常可根据填埋场的“年龄”分为两大类:一类是“年轻”填埋场(3~5a 以下)的渗滤液;另一类是较“老”填埋场(3~5a 以上)的渗滤液。Chian 和 Scott 等人对渗滤液水质特征与填埋场“年龄”的关系进行了研究见表 3,其结果表明,随着填埋龄的增加,渗滤液的 COD、BOD 逐年降低,但有机污染物的可生物降解性却越来越差。我国的垃圾填埋场,其渗滤液水质也具有以上的变化特征。

表 3 渗滤液特征随填埋场“年龄”的变化

指标	<5a	5~10	>10a
pH	<6.5	6.5~7.5	>7.5
COD/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	>10	<10	<5
COD/DOC	<2.7	2.0~2.7	>2.0
BOD ₅ /COD	<0.5	0.1~0.5	<0.1
VFA/%TOC	>70	5~30	<5

3.2.3 填埋工艺对渗滤液水质的影响 填埋工

艺不同,渗滤液水量及水质也不同。假如填埋场外设有截洪沟排除场外地表径流、场底铺设衬垫或粘土(渗透率 $<10^{-7}/\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$),即较好地控制了地表径流和地下水进入填埋场,渗滤液中有机物浓度则相对较高;假如填埋场采用一般的粘土或采用帷幕注浆工艺防止渗滤液污染地下水,地表径流未截流或截流不好,这些情况都会使渗滤液浓度降低。

填埋操作运行方式(如压实密度和填埋深度等)对渗滤液的水质也有一定的影响。增加垃圾的填埋密度和填埋深度,即减少垃圾的含水量和渗入量,限制外来水进入填埋场,可推迟垃圾中有机成分的降解作用,致使渗滤液的浓度较低,延长渗滤液的产生时间。

此外,不同的填埋场构造其渗滤液的水质特征也不同。通常厌氧填埋较好氧填埋所产生的渗滤液中有机物含量较高且较难处理。

填埋场渗滤液的水质除受以上因素影响外,填

埋场所在地的气候条件、地形地貌等也对渗滤液的水质特征有一定的影响。

4 渗滤液的水质特征

4.1 水质波动大

渗滤液水质随时间变化较大。Nancy Ragle 等人曾对美国西雅图的一座城市垃圾填埋场作过调查,结果显示,渗滤液水质的时变化系数、日变化系数竟高达 200% 和 300%,且老龄填埋单元的水质随时间变化相对较大。

渗滤液水质随水量变化而变化。Nancy Ragle 等人的研究表明,渗滤液中的有机污染物和金属离子浓度一般随渗滤液量的增加而升高,且两者间存在一定的相关性,但对于老龄填埋单元该相关性很差。

实践证明,渗滤液水质在不同填埋时段差异很大。通常,填埋初期,渗滤液呈黑色,可生化性较好,易于处理,而随着填埋时间的延长,渗滤液逐渐呈褐色、可生化性变差,且氨氮浓度明显增加,越来越难以处理。因此任何一个垃圾填埋场,其渗滤液处理工艺的选择不仅要满足近期渗滤液的水质特征和处理要求,还要兼顾远期变化后的渗滤液水质特征和处理要求,这使得渗滤液的处理工艺设计十分困难和复杂。

4.2 生物可降解性随填埋龄的增加而逐渐降低

垃圾渗滤液中含有大量的有机污染物,一般而言,渗滤液中的有机物可分为三类:低分子量的脂肪酸类、腐殖质类高分子的碳水化合物及中等分子量的灰黄霉酸类物质。

在填埋初期,渗滤液中大约 90% 的可溶性有机碳是短链的可挥发性脂肪酸,其中以乙酸、丙酸和丁酸为主要成分,其次是带有较多羟基和芳香族羟基的灰黄霉酸;随着填埋时间的延长,挥发性脂肪酸逐渐减少,而灰黄霉酸类物质的比重则增加。这种有机物组分的变化,意味着 BOD/COD 的下降,即渗滤液可生化性的降低。有资料表明,渗滤液中的 BOD₅ 一般在垃圾填埋后 6 个月至 2.5 年间逐步增加并达到高峰,此阶段的 BOD₅ 多以溶解性有机物为主。

4.3 营养元素比例失衡

渗滤液中 NH₃-N 浓度高,而磷元素缺乏。

垃圾渗滤液中的磷含量通常较低,尤其是受渗

滤液 Ca²⁺ 浓度和总碱度水平的影响溶解性的磷酸盐浓度更低。渗滤液中 NH₃-N 浓度在厌氧填埋进入产甲烷阶段后不断上升,其达到峰值后延续很长的时间并直至最后封场,甚至当垃圾填埋场稳定后仍可达到相当高的浓度,如广州老虎窿填埋场封场后,在相当长的一段时间内渗滤液中的 NH₃-N 仍保持在 700~1800/mg · L⁻¹ 的高浓度。

实验证明渗滤液中高浓度的 NH₃-N 将降低脱氢酶的活性,抑制微生物的活性,而磷不足也不利于微生物生长,同时渗滤液中高浓度 NH₃-N 也使得生物脱氮反硝化过程碳源显得严重不足。总之,渗滤液中营养元素比例失衡给渗滤液的生物处理,尤其是好氧生物处理带来了困难。

4.4 金属离子含量低

渗滤液中含有多种金属离子,其浓度与所填埋垃圾的类型、组分和时间等密切相关。对仅填埋城市生活垃圾的填埋场渗滤液而言,其浓度较其它污染物低得多。据报道,生活垃圾中的微量重金属溶出率很低,在水溶液中为 0.05%~1.80%,微酸性溶液中为 0.5%~5.0%,且垃圾本身对重金属有较强的吸附能力。广州市老虎窿填埋场于 1987 年投入使用,1992 年封场,并在垃圾表面覆盖了 0.5~1.0m 厚的土层。

其填埋场陈腐垃圾的重金属含量远高于新鲜垃圾,说明垃圾本身对重金属有较强的吸附能力;同时渗滤液带出的重金属累计量约占垃圾带入总量的 0.5%~6.5%,说明垃圾中的微量重金属也只有很少一部分进入了渗滤液。

参 考 文 献

1. 周仲凡,王吉等. 城市固体废弃物管理与处理处置技术. 中国石化出版社,2000.
2. 郑曼英,李丽桃. 垃圾渗滤液中有机污染物初探. 重庆环境科学, 1996,18(4):41~43.
3. 吴长振,张淑娟. 城市生活垃圾填埋场渗滤液的特性及其处理. 环境与卫生,1998,(4):13~14.
4. 邹莲花. 城市生活垃圾填埋场渗滤液水质影响因素分析及水质预测. 给水排水,1997,23(7):57~60.
5. Nancy Ragle, John Kissel, Jerry E. Ongerth, Foppe B. Dewalle. COMPOSTION AND VARI- ABILITY OF LEACHATE FROM RECENT AND AGED AREAS WITHIN A MUNI- CIPAL LANDFILL. Wat. Envir. Res. Vol. 67, No. 2, pp. 238~243,1995.
6. Cecilia öman, et al. IDENTIFICATION OF ORGANIC COMPOUNDS IN MUNICIPAL LANDFILL LEACHATE. Envir. Pollut. Vol. 80, pp. 265~271,1993.
7. G. E. Schrab, K. W. Brown and K. C. Donnelly. ACUTE AND GENETIC TOXITY OF MUNICIPAL LANDFILL LEACHATE. Water, Air and Soil Pollution. Vol 169, pp. 99~112,1993.