

有害废物填埋场渗滤液处理

祝万鹏 蒋展鹏 杨志华 秦 竹

[摘要] 华南某市有害废物填埋场渗滤液中含有浓度较高的砷、磷和亚硝酸盐等多种有毒有害物质。我们采用石灰-硫酸亚铁-漂粉精处理工艺,对渗滤液进行了试验。结果表明,当石灰的投加量为 $0.5 \sim 1.0 \text{ g/L}$,硫酸亚铁投加量为 $60 \sim 120 \text{ mg/L}$ (以 Fe 计),有效氯投加量为 100 mg/L 时,砷、无机磷和亚硝酸盐的去除率都在 90% 以上,出水达到排放要求。

[关键词] 有害废物填埋场 渗滤液 石灰 硫酸亚铁 漂粉精 砷 磷 亚硝酸盐

华南某市有害废物填埋场的一期工程填埋的是有毒有害废物,含有农药、杀虫剂、化肥、油漆等化学品及金属化合物的废弃物。填埋场底部铺双层高密度聚乙烯(HDPE)和改性黏土层阻隔地下水渗入和填埋物渗滤液污染地下水,顶部覆盖隔水层和土层,并植草皮,防止雨水渗入。入场填埋废弃物中所含水分受压后逐渐渗出,加上雨水经覆盖层裂缝进入填埋场区后渗出,形成了填埋场渗滤液,由管道系统收集和排除。渗滤液中含有汇集过程中溶入的有毒有害物质,因此必须对渗滤液进行处理,以防污染周围地表水和地下水。

一、渗滤液的水质、水量和处理要求

1. 渗滤液水量的确定 根据“广东省某市有害废物填埋场最优方案水量平衡计算”结果,一期填埋场封场后渗滤液水量(HDPE 泄漏分数为 0.0005)为 15a 预测最大月平均值: 5.4 m^3 ; 15a 预测年平均值: 61.1 m^3 ; 15a 预测最大日产生量: 0.46 m^3 。因此,填埋场渗滤液水量可按 15a 预测最大月平均值考虑,即渗滤液水量为 $5.4/30 = 0.18 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

2. 处理出水水质要求 某市有害废物填埋场地处该市区西北,临近市区,远期应有城市下水道通过该区,渗滤液宜经适当处理,达到排入城市下水道水污染物标准后,进入城市下水道。近期该区下水道尚未形成,但考虑到渗滤液水量较小,处理后出水可作为浇灌绿地用水。经与市环保局商定,渗滤液处理场出水应达到《广东省水污染物排放标准》(DB4426-89),其中第

二类污染物按二级标准要求。

3. 渗滤液水质的确定 由于填埋场尚未建成,实际渗滤液水质不清,因此首先在现有有害废弃物堆放场取有代表性的固体样 22 个,进行浸出试验,并做了浸出液成分分析。根据对填埋物种类的调查,确定浸出液分析项目包括: pH、砷、铅、锰、锌、钡、氟化物、总磷、无机磷、硝酸盐氮和亚硝酸盐氮等 11 项。从 22 个样平均浓度看,除砷、总磷、无机磷超出处理出水要求外,其余均不超标。其中硝酸盐、亚硝酸盐和钡浓度较高,但排放标准中对此没有限制要求。表 1 列出了超标或含量较高项目的平均浓度。此外,现有废弃物堆放场经雨水多次淋溶,在其下游形成一个积水塘,分析塘水有害物质的成分和浓度,对了解渗滤液的水质具有重要的参考价值。经现场两次取样分析,也列于表 1 中。考虑到填埋场建成后,废弃物入场前要经固化预处理,达到入场标准后才能进场。因此,渗滤液的水质应低于表中所列浸出液最高允许浓度。

浸出液、积水塘水和试验模拟水样

平均浓度 (mg/L)

表 1

项 目	砷	总磷 (以 P 计)	无机磷 (以 P 计)	硝酸盐 (以 N 计)	亚硝酸盐 (以 N 计)	氟化物 (以 F 计)
浸出液	1.42	6.36	3.41	4.87	7.76	—
积水塘水	4.22	17.4	7.31	0.0043	0.563	—
模拟水样	4.00	—	10.00	5.00	8.0	10.0

二、渗滤液处理工艺研究

1. 渗滤液模拟水样 由于没有实际渗滤液,本次污水处理研究采用模拟水样,模拟水样

基本上按照 22 个固体样浸出液和积水塘水分析结果配制。由于入场时废弃物只有部分固化,考虑一定的安全系数,其中超标的第一类污染物砷浓度根据实测结果和入场标准作了适当提高,而某些项目,如亚硝酸盐、硝酸盐、氟化物虽然排放标准没作规定或已经达标,但作为共存物质有可能影响处理过程,所以模拟水样中也加了适当的量,以更接近实际水质。模拟水样水质也列于表 1 中。

2. 污水处理方案的选择 鉴于渗滤液中需要处理的主要污染物是砷、磷化合物、亚硝酸盐,可以采用以下处理工艺: 投加石灰提高 pH,然后采用混凝沉淀处理。在较高 pH 条件下,砷和金属离子可以转化为不溶盐和氢氧化物,经混凝沉淀除去;某些有机磷在碱性条件下很快发生水解,转化为无机磷;石灰中的 Ca^{2+} 能和无机磷(有机磷转化的和原有的)形成不溶性的磷酸钙而去除; 混凝沉淀出水采用次氯酸盐氧化处理,使 NO_2^- 转化为毒性较小的 NO_3^- 。

3. 混凝沉淀处理研究 对于砷的去除,宜采用硫酸亚铁为混凝剂^[1]。采用石灰-硫酸亚铁为混凝剂去除砷的基本原理是:砷的含氧阴离子与亚铁离子和钙离子反应生成难溶于水的钙盐和铁盐,例如: $\text{Fe}_3(\text{AsO}_3)_2$ 、 $\text{Ca}_3(\text{AsO}_3)_2$ 等。过量的硫酸亚铁在水中生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$,在搅拌过程中被空气中的氧氧化成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 絮状物,吸附水中难溶性的亚砷酸盐和偏亚砷酸盐,形成沉淀,除去砷。表 2 为固定硫酸亚铁量不同石灰投加量混凝沉淀试验结果^[2]。试验时硫酸亚铁先配成溶液,浓度为 60mg/mL(以 Fe 计)。由表 2 可知,在固定硫酸亚铁投加量的条件下,石灰投加量越大砷去除率越高。选择两种不同的石灰投加量进行不同硫酸亚铁加入量的混凝沉淀试验,结果见表 3 和表 4。由表 3 和表 4 可以看出,采用石灰-硫酸亚铁处理渗滤液,砷和磷的去除效果很好,出水能达到排放标准。砷的去除率主要决定于硫酸亚铁的投加量, pH 值对砷的去除效果影响很大,反应后 pH 值不宜低于 8。试验中发现,石灰-硫酸亚铁法不能去除水中的亚硝酸盐。

不同石灰投量混凝试验结果 表 2

水样号	加石灰量 (g/L)	反应后 pH	处理后砷浓 度 (mg/L)	砷去除 率 (%)	处理后磷浓 度 (mg/L)	磷去除 率 (%)
1	0.5	8.92	1.36	77.8	0.238	20.7
2	1.0	9.41	1.49	75.8	0.116	61.2
3	1.5	10.21	1.51	75.4	0.028	90.6
4	2.0	10.72	1.46	76.2	0.027	91.2
5	2.5	11.01	1.24	79.8	未检出	

注:投加亚铁 37.5mg/L,原水 pH 为 7.80,砷浓度 6.14mg/L,磷浓度 0.300mg/L。

不同硫酸亚铁投量混凝试验结果 表 3

水样号	加石灰 后 pH	加亚铁量 (mg/L)	最终 pH	处理后砷浓 度 (mg/L)	砷去除 率 (%)	处理后磷浓 度 (mg/L)	磷去除 率 (%)
1	9.26	15.0	9.08	2.98	37.0	0.081	98.7
2	9.26	37.5	8.86	1.02	78.5	0.053	99.2
3	9.26	75.0	7.23	0.457	90.3	—	
4	9.26	150.0	6.96	0.288	93.9	0.003	99.9

注:石灰投加量是 0.5g/L,原水 pH 为 8.30,砷浓度 4.72mg/L,磷浓度 6.38mg/L。

不同硫酸亚铁投量混凝试验结果 表 4

水样号	加石灰 后 pH	加亚铁量 (mg/L)	最终 pH	处理后砷浓 度 (mg/L)	砷去除 率 (%)	处理后磷浓 度 (mg/L)	磷去除 率 (%)
1	10.48	15.0	10.38	3.21	32.1	—	—
2	10.48	37.5	9.95	1.25	73.6	0.008	
3	10.48	75.0	9.53	0.634	86.8	—	
4	10.48	112.5	8.46	0.341	92.8	0.008	
5	10.48	150.0	7.51	0.439	90.7	—	
6	10.48	187.5	7.32	0.208	95.6	0.003	99.9

注:石灰投加量是 1.25g/L,原水 pH 为 8.30,砷浓度 4.72mg/L,磷浓度 6.38mg/L。

漂粉精氧化试验结果 表 5

水样号	有效氯浓 度 (mg/L)	氧化后 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 浓度 (mg/L)	去除率 (%)	氧化后总磷 浓度 (mg/L)	去除率 (%)
1	50	3.36	56.9	1.32	26.7
2	100	未检出	100	1.20	33.3
3	200	未检出	100	1.12	37.8
4	50	3.08	57.8	1.40	22.3
5	100	未检出	100	—	—
6	200	未检出	100	0.57	68.4

注:1~3 号水样, $[\text{NO}_2^- - \text{N}] = 7.8\text{mg/L}$,总磷 4.94mg/L;
4~6 号水样, $[\text{NO}_2^- - \text{N}] = 7.3\text{mg/L}$,总磷 0.83mg/L。

4. 渗滤液次氯酸盐氧化处理试验 渗滤液中的亚硝酸盐可以用强氧化剂氧化成毒性较小的硝酸盐,其中的有机磷等也可通过氧化作用转化为无机物。因此,用漂粉精(次氯酸钙)对石灰-硫酸亚铁混凝处理后出水进行氧化处理试验,结果如表 5 所示。试验用的漂粉精含有效氯大于 60%。由表 5 可知,当有效氯投加量为 100mg/L 时,亚硝酸盐完全转化为硝酸盐,出水中已检不出 NO_2^- ;但有机磷氧化率不高,要除去有机磷,需投加更多的氧化剂。

5. 结论 采用石灰-硫酸亚铁处理有害废

物填埋场渗滤液是可行的。当石灰的投加量为 $0.5 \sim 1.0 \text{ g/L}$,硫酸亚铁投加量为 $60 \sim 120 \text{ mg/L}$ (以 Fe 计)时,砷和无机磷的去除率都在 90 % 以上,出水可达到排放的要求。该过程也能除去其它有害金属离子,使部分有机磷水解成无机磷,沉淀除去;采用漂粉精氧化处理渗滤液时,当有效氯浓度 100 mg/L 时,可将毒性较大的亚硝酸盐完全转化为毒性较低的硝酸盐,并能使部分有机磷转化为无机磷,要完全除去有机磷则需要投加大量的氧化剂。

三、渗滤液处理工艺分析和实施方案的推荐

根据上述研究结果可知,石灰-硫酸亚铁处理工艺能有效去除砷、无机磷和其它金属离子,部分有机磷能水解转变为无机磷而去除,出水中砷和第一类金属离子均能达到排放要求。且石灰和硫酸亚铁比较便宜(石灰价格 $< 100 \text{ 元/t}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 价格 400 元/t),运转费用较低。推荐石灰-硫酸亚铁处理工艺为渗滤液处理主要工艺。

一般来说,亚硝酸盐在有氧的条件下,经土壤或水体中微生物作用能很快转化为硝酸盐。据调查,水体中亚硝酸盐很少超过 1 mg/L 即是证明,而且《广东省水污染物排放标准》(DB4426-89)中对亚硝酸盐没有规定,因此亚硝酸盐不作进一步处理是合理的。但为安全起见,可在混凝沉淀处理后,增设漂粉精或漂白粉处理设施,以保证 NO_2^- 达到排放标准。另外,该标准的二级标准中有关磷的规定是特为排入蓄水性河流、水库或封闭水域所制订,本工程显然不应受此限制。更何况,填埋物入场控制标准中规定“总磷不得超过 1.0 mg/L ”,显然比二级标准中规定“磷酸盐不超过 1.0 mg/L ”要严格。所以,只要填埋物入场时严格按照控制标准,磷这一指标无疑能达到处理要求。最后,因为该市填埋场一期工程的渗滤液量很小,平均每天不超过 200 L ,可考虑经石灰-硫酸亚铁处理后的出水用于浇灌填埋场覆盖绿地,则处理出水中的磷、氮(以硝酸盐的形式存在)及有机

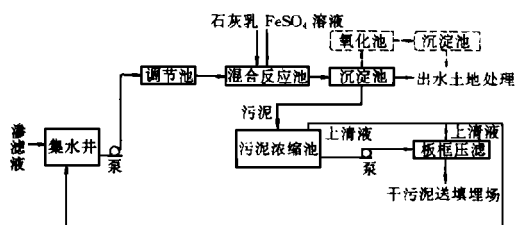


图1 填埋场渗滤液处理流程图

物可作为植物营养而有效利用。据对堆放场区积水塘水质分析,含盐量不超过 1000 mg/L ,远低于农业灌溉用水标准(TJ 24-79)规定,用于浇灌绿地应无不良后果。

四、填埋场一期工程渗液处理工艺流程及设计参数

污水处理设备按一期工程要求设计,污水处理站面积应考虑二期工程需要。

1. 设计依据 设计水量:采用第一期工程渗出水,其 15a 预测最大月平均日水量 $0.18 \text{ m}^3/\text{d}$;设计进水水质:采用“浸出毒性污染物控制标准”要求;出水水质要求:采用《广东省水污染物排放标准》(DB4426-89),其中第二类污染物按二级标准要求。

2. 污水处理工艺 工艺流程见图1,其中,石灰采用湿投法,硫酸亚铁宜先配成饱和溶液后投加。因处理水量较小,可考虑间歇操作。

3. 主要工艺过程设计参数 混合反应池:石灰投加量 $1.0 \sim 1.5 \text{ g/L}$,控制加药后污水 pH 值为 $9.5 \sim 10.5$,加石灰(石灰乳)后混合 $2 \sim 5 \text{ min}$;硫酸亚铁投加量(以 Fe 计) $80 \sim 120 \text{ mg/L}$,加硫酸亚铁后混合 2 min ,反应 20 min ;沉淀池:沉淀时间 2 h 。

参考文献

- [1]国家环保局,《有色金属工业废水治理》,北京:中国环境科学出版社,1991:134~139。
- [2]国家环保局,《水和废水监测分析方法》,北京:中国环境科学出版社,1991:130~131, 260~262, 266~268, 285~286。

作者通讯处:100084 清华大学环境工程系

电话:(010)62784527

收稿日期:1997-8-14

CONTENTS

AUTOMATION OF OUTLET PUMPING STATION FOR THE COMBINED SEWER

SYSTEM IN SHANGHAI*Yang Shousheng et al* (5)

Abstract : The effluent of the wastewater pretreatment plant in Shanghai will be pumped by the outlet pumping station of the combined sewer system to Zhuyuan at the riverside and dispersed to the Yangtze River via a diffuser tube. The pumping station was designed with capacity of 45 cubic meters per second and equipped with ten blade guided semi-regulated pumps of type 1600 HLBA-12A , four of them frequency controlled and another six constant speed. An automation is necessary to control the starting numbers and the speeds of the pumping assemblies according to the hydraulic characteristics of the pipesystem to meet the variations of the operating status of the pumps caused from the variations of the water levels at the output pool of the wastewater treatment plant and the forebay of the pumping station , the pumping flowrate and the fluctuation of the tidal level of Yangtze River. This will be essential to guarantee the pumping assemblies operating at the high efficiency range and to save the energy consumption. The principle , composition and the functions of the automatic control system of this pumping station including the safety chained mechanism , diagram control and frequency speed control systems are presented in this paper.

ENHANCED COAGULATION OF LOW TEMPERATURE AND LOW TURBIDITY WATER

BY FERRATE COMPOSITE CHEMICALS *Ma Jun et al* (9)

Abstract : A composite coagulant containing ferrate and Al was prepared. It was found that the composite coagulant greatly enhanced the coagulation of a low temperature and low turbidity water , with great reduction in the residual turbidity and colour as well as total bacteria.

TREATMENT TECHNOLOGY OF LEACHATE FROM LANDFILL AREA

OF HAZARDOUS WASTE *Zhu Wanpeng et al* (12)

Abstract : The leachate from landfill area of hazardous waste , which locates at a city in Southern China , is extremely high in concentration of arsenic , phosphorus compound and nitrite etc. . A experiment research on coagulation and oxidation treatment of the leachate was conducted. The results indicated that more than 90 % of As , P and NO₂ in the leachate were removed when dosages of lime , FeSO₄ and available chlorine (as calcium hypochlorite) were 0.5 ~ 1.0g/ l , 60 ~ 120 mg/ l (as Fe) and 100mg/ l respectively ; the effluent could meet the Wastewater Discharge Standard .