

# 垃圾填埋场渗滤液对地下水污染的修复技术

郭如美,刘汉湖

(中国矿业大学环境与测绘学院,江苏 徐州 221008)

**摘要:**在查阅国内外相关文献资料的基础上,综述了垃圾填埋场渗滤液的产生以及对地下水的污染,介绍了垃圾渗滤液污染控制措施,包括顶部覆盖层、垃圾分层填埋、地表入渗水导流等;然后主要介绍了地下水的原位修复技术,包括加药法、地下曝气法、生物修复,等。

**关键词:**垃圾填埋场;地下水污染;垃圾渗滤液;原位处理

**中图分类号:**X705 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-8141(2006)05-0432-04

**Groundwater Pollution for Landfill Leachate and the Control Strategy**

GUO Ru - mei , LIU Han - hu

(School of Environment & Survey , China University of Mining and Technology , Xuzhou 221008)

**Abstract:** On the basic of referring to relative literatures , the product and harm of landfill leachate and its correlative pollution to groundwater were summarized. Besides , this paper introduced the anti - seeping leachate measures from the landfill , including the overlay layer in the upper side of the landfill trashes after its being buried , the inter player between the waste layers , the under - layer and surrounding layer lining between the landfill and the substratum in the base of the landfill , the collecting system of the leachate , and so on . In addition , this paper introduced some in situ remediation technologies of polluted groundwater , such as adding chemical masses , erosion of the liner , the in - situ remediation , and so on .

**Key words:** landfill site ; groundwater pollution ; landfill leachate ; in - situ remediation

随着城市化的发展,城市生活垃圾剧增。目前,我国仅生活垃圾每年即可产生 $1.2 \times 10^8$ t左右,并且以每年8%~10%的速度增加,生活垃圾无害化处理率仅有2.3%,绝大多数都是运往郊外露天堆放,累积堆存量已达 $60 \times 10^8$ t,使200多座城市陷于“垃圾包围城市”的严重局面<sup>[1]</sup>。填埋是大量消纳城市生活垃圾的有效方法,也是所有垃圾处理工艺剩余物的最终处置方法之一。发达国家对垃圾卫生填埋场的设计(如选址、设计、对周围环境影响的长期监测等)有非常严格的要求<sup>[2]</sup>,而我国开展城市垃圾卫生填埋处置工作较晚,许多垃圾填埋场采用的是混合填埋法,各种垃圾没有进行分类,统统堆放在一起,且大部分垃圾填埋场防渗层都只有一层结构。目前我国还没有一个真正意义上的垃圾卫生填埋场地,已有垃圾填埋场大多对周围环境造成了不同程度的污染<sup>[3]</sup>。

## 1 垃圾渗滤液的产生及对地下水的污染

### 1.1 垃圾渗滤液的产生及危害

垃圾渗滤液是垃圾经压实、生物降解生成的水以及渗入场内的雨水、地表水和地下水经垃圾层渗滤出的污浊液体。由于垃圾成分复杂,致使其渗滤液中含

大量的有机物、无机盐及品种繁多且含量超标的重金属类物质。张兰英等采用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<sup>[4]</sup>。据实测,徐州雁群垃圾填埋场渗滤液成分包括:COD<sub>Cr</sub> 7469mg/L、BOD<sub>5</sub> 2540mg/L、氨氮 80 mg/L、Cd 0.064 mg/L、Cu 0.019 mg/L、Pb 0.24 mg/L、Cr 0.034 mg/L、Zn 0.235 mg/L。垃圾渗滤液的产生受多种因素影响,不但水量变化大,而且变化无规律性,其来源主要有垃圾自身含水及从大气和雨水中的吸附量<sup>[5]</sup>、垃圾降解生成水、地下潜水的反渗和大气降水,其中由大气降水形成的渗滤液占总量的绝大部分<sup>[6]</sup>。垃圾渗滤液浓度高、流动缓慢、渗漏持续时间长,对周围地下水和地表水均会造成严重的污染。一个不合格的垃圾填埋场就是一个巨大的再生污染源,其污染延续时间可以长达数十年,甚至上百年。一旦地下水源和周围土壤被其污染,用人工方法实施再净化的技术十分困难,费用也极其昂贵,从而严重威胁人们的生活和生产,甚至造成不堪设想的后果<sup>[1]</sup>。

### 1.2 渗滤液污染地下水的规律

据有关室内垃圾淋滤模拟实验和垃圾填埋场地下水污染的数值模拟与预报研究<sup>[2]</sup>:处于不同填埋阶段的垃圾填埋场降解速率不同,产生的渗滤液污染组分浓度也不尽相同。在填埋初期和中期降解最快,释放出的污染物浓度最大,对环境造成的危害最严重,尤

收稿日期:2006-08-18;修改日期:2006-09-11

作者简介:郭如美(1982-),女,山东省日照人,环境科学专业04级硕士研究生,主要研究方向为水污染控制。

其是有机污染和氮污染。通过溶质运移模型的模拟与预报,地下水污染晕随垃圾填埋时间的推移而不断向外扩展,但扩展速率随污染晕范围的增大而下降。

污染源组分浓度越高,地下水流速越快,则地下水污染程度越重,污染范围越大。若污染源得到有效控制,被污染的地下水则会在一定时期内逐步得到控制甚至恢复<sup>[3]</sup>。

## 2 垃圾渗滤液的污染控制措施

### 2.1 顶部覆盖层

在使用完的填埋场的顶部覆盖一层黏土,电厂灰与黏胶剂的混合物等材料,一般使其渗透系数小于  $10 \sim 7\text{cm/s}^{[7]}$ ,使外部水进入垃圾场的入渗量控制在小于  $36\text{mm/a}^{[8]}$ ,从而使进入填埋场的水量得到有效控制。但由于垃圾层与覆盖层的渗透系数相差较大,形成非饱和层。非饱和层具有较大的土水势和土水吸力,使入渗率远远大于设计渗透系数<sup>[9]</sup>,并且覆盖层很难防止龟裂及人为破坏,因此不能完全阻止地表水的入渗。但顶部覆盖对抑制蚊蝇的孳生与各种恶臭气体的挥发起到积极的作用。

### 2.2 垃圾分层填埋,各层之间有夹层

垃圾的填埋采用“当日填埋当日覆盖”的方法,分层操作,每层垃圾填埋碾压后都要采取暂时的覆盖保护措施,这样在每两层垃圾间就有一定厚度的夹层,夹层材料可以是黏土、城市建筑渣土或其它人工合成的材料。一般每层垃圾填埋厚度约为  $2.5 \sim 3.0\text{m}$ ,碾压压实后,覆土  $0.15 \sim 0.30\text{m}$  左右<sup>[7]</sup>,或铺薄膜作为两层垃圾层间的夹层。夹层的使用可以防止蚊蝇孳生,减少渗滤液的产生量,降低填埋场在使用过程中对外部环境的影响。使用黏土等渗透系数较小的材料作为夹层,可延长渗滤液在各层中的滞留时间,让其充分厌氧降解实现自净作用,从而降低渗滤液的浓度和减少进入地下水的渗滤液量。使用城市建筑渣土作为夹层材料,一方面可解决渣土的处置问题;另一方面由于渣土颗粒大、孔隙率大,可改善填埋场的透气性能,增大渗出率,防止微生物繁殖堵塞孔隙,使微生物充分发挥好氧降解作用,加快填埋场的稳定过程。人工合成材料主要有聚乙烯和聚氯乙烯两种,它们具有质轻、适应变形能力强、运输量小等优点,作为夹层材料使用具有施工迅速、简便的优点,但价格比较高。

### 2.3 地表水、地表入渗水与地下径流导排

在填埋场设置导流坝、环场截洪沟和场区内分区截洪沟,组成防洪排水系统,以及在顶部设置引流设备和在覆盖层的下面设置导流系统<sup>[10]</sup>。此方法的应用因地而异,根据当地的降水情况与填埋场的地质状况

而定,应尽可能将地面降水尽快引流到其它地方,减少入渗量。

### 2.4 帷幕防渗

对目前污染较严重的填埋场,除了采用以上措施外,还要根据填埋场的情况进行侧面防渗。目前由以水泥为主的帷幕灌浆发展到柔性地下防渗灌浆。此方法主要是采用粉喷膨润土,在较松散的地层构筑地下防渗帷幕,具有防脆裂,长度、厚度不受限制等优点<sup>[11]</sup>,在旧垃圾填埋场的治理和改造中得到较好应用。帷幕防渗是一种较成熟的技术,应用较广泛。

### 2.5 底层集排系统

在填埋场的底层有收集和排出渗滤液的集排装置,收集的渗滤液经稀释后送入城市污水处理厂处理或回灌进填埋场让其再进行生物降解自净,排水系统工作性能的优劣对防止和减少渗滤液对地下水的污染起关键性的作用。排泄装置的结构一般为:场底铺一定厚度的粗砂作为导流层,砂的厚度视填埋层的规模和渗滤液量而定(一般为  $400\text{mm}$  左右),导流层底部修筑排水盲沟,中间放置多孔导流管,管径视渗滤液量的多少而定,管材应选用抗老化、抗腐蚀、表面光滑、阻力系数小的材料。集排系统设置的目的是尽可能多地将渗滤液收集并迅速排走,以期大大减少流入地下水中的有害渗滤液量,因此在设计中对其结构构造的安全性、可靠性和经济性必须做出全面科学的论证,提出真正符合环保要求的设计,否则危害重大<sup>[7]</sup>。

### 2.6 底部衬层

铺设衬层防渗是目前填埋场底部和四周防渗设计的主流,其作用是防止未及排走的渗滤液的渗漏。衬层是防止渗滤液污染地下水的最后一道屏障,因此衬层的设计和材料的质量非常重要。衬层可铺设单层或多层,国外设计实例中最多达 4 层。理论上讲,彻底隔绝渗漏是不可能的,一般双层衬层就能满足防渗要求。衬层可以采用天然防渗材料,也可以采用人工合成的防渗材料。天然防渗材料主要是黏土,可采用一层或多层压实黏土;人工合成的防渗材料主要有塑料薄膜、土工布与土工膜的组合(二布一膜或一布一膜)、牛毛毡等与黏土组成的复合防渗材料等。国外有采用有机黏土作为垃圾填埋场的防渗材料<sup>[12]</sup>,有机黏土具有高效去除有机物含量高的性能,用于含有机物较多的渗滤液的防渗中,效果较好。此外,还可以在填埋场的汇水口处构筑垂直防渗帷幕,它可以阻止渗滤液向水平方向的迁移,如近几年发展起来的黏土固化浆液用于防渗、堵水工程,其成效较显著。填埋场渗滤液具有重金属离子和有机物含量高的特点,将其应用于填埋场的防渗中,可取得良好的效果<sup>[7]</sup>。

以上控制技术的实施要根据当地的气候条件及垃圾场地的水文地质情况选择使用,实施的措施要可靠,以达到防污于未然的目的。

### 3 地下水的原位修复技术

目前,在处理污染地下水的方法中,原位处理法以其处理费用相对较少、可减少地表处理设施、最大程度地减少污染物的暴露和对环境的扰动等优点成为研究的热点,是一种很有前景的地下水污染治理技术。

#### 3.1 加药法

通过井群系统向受污染的水体灌注化学药剂,如灌注中和剂以中和酸性或碱性渗沥液,添加氧化剂降解有机物或使无机化合物形成沉淀,等;通过各种化学反应使有害污染物转变为无害、毒性小、稳定性好的物质<sup>[13]</sup>。这些方法在地表污水处理中应用较多,如氰氧化和脱氯是最典型的化学处理方法。但此方法在应用中要特别注意中间产物和最后产物的毒理效应,防止它对环境造成更大的负面影响<sup>[14]</sup>。

#### 3.2 土壤改性法

利用土壤中的黏土层,通过注射井在原位注入表面活性剂和有机改性物质,使黏性土转变为有机黏土(这种有机黏性土能有效吸附地下水中的有机污染物),然后利用现场的微生物,降解富集在吸附区的有机污染物,从而彻底消除地下水中的有机污染物。此方法施工方便、投资小,对治理有机污染的地下水是一种有效的方法,但由于其吸附作用的有限性,与其它的方法结合使用效果更好<sup>[14,15]</sup>。

#### 3.3 可渗透性反应墙

可渗透性反应墙是目前国外研究较多的一种地下水污染的原位处理技术。它由反应单元和隔水漏斗两部分组成,其中反应单元用来放置反应介质(如铁屑、活性炭、沸石及微生物等),当污染的地下水流经反应单元时,污染物与反应介质接触,被氧化还原、降解或吸附,使通过反应墙的地下水水质得到有效的改善<sup>[16]</sup>。试验表明,利用泡沫状零价铁、粒状零价铁和钢丝绒为介质,能有效去除地下水中的  $As^{3+}$ 、 $Mn^{2+}$ 、 $Mo^{+}$ 、 $Se^{2+}$ 、 $V^{5+}$  和  $Zn^{2+}$  等污染<sup>[14]</sup>。此方法在国外许多国家已得到广泛应用,试验和现场应用都表现出对地下水有较好的处理效果。此方法的优点是:不占用地面面积,运行及建设费用少,由于它是一种被动处理方法,施工完成后只需要定期监测即可。目前此方法集中在物化方面的研究上,对生物方面的研究较少,如果两方面结合应该有更好的处理效果和经济效益。

#### 3.4 地下曝气法

地表水可以使用曝气的方法使其进行生物降解,

同样该方法也可以用于地下水污染的治理中。因为被渗滤液污染的地下水中有有机物质含量一般较高,可以利用曝气的方式让其发生生物好氧降解反应,促进它的自净作用。一般使用预埋曝气管的方式提高饱和带或包气带中的溶解氧含量,强化被污染水体中微生物的好氧生物降解,使其净化。从理论上讲,这种方法对有机质浓度高的渗滤水污染处理效果较好。但是该方法实施起来比较困难,一方面是由于在地下安排曝气管难度很大,地下水污染的范围较广,曝气的范围相应增大;另一方面土壤和含水层本身对氧的溶解能力有限,曝气难度加大。该方法耗资较大,一般适合小范围重要地区地下污水的处理<sup>[7]</sup>。

#### 3.5 冲洗法

对于有机烃类污染,可用空气冲洗,即将空气注入到受污染区域底部,空气在上升过程中,污染物中的挥发性组分会随空气一起溢出,再用集气系统收集处理气体;也可采用蒸汽冲洗,蒸汽不仅可以使挥发性组分溢出,也可以使有机物热解;此外,也可用酒精冲洗。理论上,只要整个受污染区域都被冲洗过,则所有的烃类污染物都会被去除<sup>[17]</sup>。

#### 3.6 射频放电加热法和原位物化法

射频放电加热法通入电流使污染物降解。原位物化法在运用时需要注意的是堵塞问题,尤其是当地下水中存在重金属时,物化反应易生成沉淀,从而堵塞含水层,影响处理过程的进行。

#### 3.7 原位生物处理法

原位生物修复的原理实际上是自然生物降解过程的人工强化。它是通过采取人为措施,包括添加氧和营养物等,刺激原位微生物的生长,从而强化污染物的自然生物降解过程<sup>[13]</sup>。此方法包括微生物修复和植物修复两种方式。微生物修复法就是采用工程化方法利用微生物将土壤、地下水及海洋中的有毒有机污染物就地降解为  $CO_2$  和水或转化成无害物质,称为原位生物处理技术<sup>[18]</sup>。采用的主要措施有: 添加微生物营养盐; 提供电子受体; 提供代谢底物诱导共代谢酶; 接种微生物。各种措施的应用根据污染物的具体情况而定。植物修复法是利用植物对污染物的转移、改变、积累、固定及破坏作用,使地下水中的污染物得到有效的去除,通常与其它方法结合使用。其优点在于费用省、环境影响小、处理范围广、能最大限度地降低污染物的浓度。

通常原位生物修复的过程为:通过试验研究,确定原位微生物降解污染物的能力,确定最大程度促进微生物生长的需氧量和营养配比,再将研究结果应用于实际。现在所使用的各种原位生物修复技术都是围绕

各种强化措施来进行的,如强化供氧技术有生物气冲技术<sup>[17]</sup>、溶气水供氧技术<sup>[19]</sup>、过氧化氢供氧技术。强化营养物供应技术有渗透墙技术<sup>[13,20]</sup>,等等。

#### 4 结语

治理已遭受污染的地下水是比较困难的。水污染后的治理措施要根据污染状况、范围、性质、水文地质条件和使用要求,通过经济技术比较来确定<sup>[21]</sup>。对于控制垃圾填埋场渗滤液对地下水的污染,除文中所述的防护治理措施外,必须强化城市垃圾尤其是生活垃圾的分类处理及回收利用,制定完善的法律法规,加大宣传力度,提高全民素质。

#### 参考文献:

- [1]张红梅,速宝玉.垃圾填埋场渗滤液及对地下水污染研究进展[J].水文地质工程地质,2003,(6) 110~116.
- [2]赵勇胜,苏玉明,王翊红.城市垃圾填埋场地下水污染的模拟与控制[J].环境科学,2002,23(增刊) 83~88
- [3]李建萍,李绪谦,王存政,等.垃圾填埋场对地下水污染的模拟研究[J].环境污染治理技术与设备,2004,5(11) 60~65.
- [4]张兰英.垃圾渗滤液中有有机污染物的污染及去除[J].中国环境科学,1998,18(2) 184~188.
- [5]沈东升.生活垃圾填埋生物处理技术[M].北京:北京化学工业出版社,2003,108~185.
- [6]卢贤飞.城市垃圾及卫生填埋场渗滤液的控制和处理[J].给水排水,1999,25(6) 4~6.
- [7]薛红琴,速宝玉,盛金昌.垃圾填埋场渗滤液的防渗措施和地下水的污染防治[J].安全与环境学报,2002,(2) 18~22.
- [8]董军,赵勇胜,李兵,等.城市固体废弃物生物处理方法及其可行性[J].四川环境,2003,22(1) 9.
- [9]刘建国,聂永丰,王洪涛.填埋场水分运移模拟实验研究[J].清华大学学报(自然科学版),2001,41(4/5) 244~247.
- [10]聂永丰,王伟.我国填埋场渗滤液控制现状、问题与解决途径[J].环境科学研究,1998,11(3).
- [11]董蕾,于铭,庄颖.柔性地下防渗帷幕[J].环境卫生工程,2000,8(4) 141~146.
- [12]Irene M - C Lo, Member. Organoclay with Soil - bentonite Admixture as Waste Containment Barriers [J]. Journal of Environmental Engineering, 2001, (8) 756~759.
- [13]陈秀成,曹瑞钰.地下水污染治理技术的进展[J].中国给水排水,2001,(17) 23~26.
- [14]张桂华,潘伟斌,秦玉洁.垃圾渗滤液污染地下水的控制措施及修复方法[J].环境卫生工程,2004(12) 109~113.
- [15]Catherine A Simpson, Associate Editor. New Processes May Replace Chlorine, Improve in - Situ remediation [J]. Pollution Engineering, 1994, 26(8) 52.
- [16]刘菲,钟佐.地下水中氯代烃的格栅水处理技术[J].地学前缘,2001,8(2) 310~314.
- [17]David F Weymann. Biosparging Used in Aquifer Remediation [J]. Pollution Engineering, 1995, (5) 36~41.
- [18]张彤,赵庆祥,朱怀兰.“就地”生物治理技术[J].上海环境科学,1995,14(8) 42~44.
- [19]John Krakowski. Hazardous Waste Microbubbles and Electron Beams Are Part of Growing Arsenal to Treat Contaminated Soils[J]. Pollution Engineering, 1994,26(8) 52.
- [20]Devlin J F,Barker J F. Field Demonstration of Permeable Wall Flushing for Biostimulation of A Shallow Sandy Aquifer [J]. Groundwater Monitoring & Remediation,1999,19(1).
- [21]徐凤兰,叶丹,等.浅谈地下水污染及其防治[J].地下水,2005,27(1) 50~53.

(上接第 406 页)

脂的 POV 值影响不大;红景天抗氧化剂对油脂的过氧化抑制率与人工合成的抗氧化剂 BHT 相近。

#### 3 讨论

根据以上分析表明:羟基自由基是活性氧中最活泼的自由基,也是毒性最大的自由基,几乎能与活细胞中任何分子发生反应,且反应速度极快。红景天抗氧化剂对羟自由基有较好的清除作用;香烟烟气中的自由基对人体有毒害作用,利用红景天抗氧化剂能降低香烟烟气中的自由基;在花生油中加入 0.03% 的红景天抗氧化剂,能显著抑制油脂氧化的发生,其抗氧化作用与 BHT 相近。因此,红景天具有良好的抗氧化性能,具有开发和应用价值。

#### 参考文献:

- [1]明海泉,夏光成,张瑞钧.红景天研究进展[J].中草药,1988,19(5) 37~42.
- [2]金红日.红景天提取物的抗衰老作用研究[J].中国老年学杂志,2001,21(3) 1~2.
- [3]欧灵澄.便携式程控模拟吸烟装置.实用新型专利[P].专利申请号(200320115003.7),2003,11.
- [4]王曙.红景天植物化学研究概述[J].天然产物研究与开发,1991,3(4) 58~65.
- [5]陈纪军,陈金素,陈泗英,等.德钦红景天的化学成分[J].云南植物研究,1999,21(4) 525~530.
- [6]金鸣,蔡亚欣,李金荣,等.邻二氮菲-Fe<sup>2+</sup>氧化法检测 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe<sup>2+</sup>体系产生的羟自由基[J].生物化学与生物物理进展,1996,23(6) 553~555.
- [7]裘祖文.电子共旋共振波谱[M].北京:科学出版社,1998,3~4.
- [8]徐光智.电子自旋共振波谱分析原理[M].北京:科学出版社,1988,4~5.
- [9]张建中,赵保路.自旋标记 ESR 波谱的基本理论和应用[M].北京:科学出版社,1987,3~6.
- [10]GB/T.油脂过氧化值测定,1995,5538,144~146.