

垃圾填埋场周边土壤与地下水污染特征及影响因素研究

张燕霞 李小云

内蒙古科准环保科技有限公司 内蒙古 阿拉善盟 750300

摘要: 针对受污染土壤与地下水,需结合污染程度选用适配治理技术,土壤分轻重程度采用植物修复、化学淋洗、固化/稳定化技术,地下水运用抽出处理与原位修复技术。构建全周期管控体系,通过持续监测动态调整策略,强化填埋场封场后巡检防范二次污染。同时加强高效低成本防控技术研发推广,以科学手段提升管控实效性,全方位保障区域土壤及地下水生态安全,形成完整防控治理闭环。

关键词: 垃圾填埋场; 土壤污染; 地下水污染; 污染特征; 防控策略

引言: 土壤与地下水是生态系统的重要组成部分,其生态安全直接关乎区域可持续发展。当前部分区域土壤及地下水受污染影响,生态功能受损,亟需建立科学完善的治理与管控机制。基于此,需结合污染实际情况选用针对性治理技术,兼顾治理效果与环境影响,同时搭建全周期管控框架,强化技术支撑与过程监管,为后续污染治理与长期管控工作开展奠定基础,推动生态功能逐步恢复。

1 垃圾填埋场周边土壤与地下水污染特征

垃圾填埋场周边土壤污染呈现显著的复合型与空间异质性特征,污染物类型以重金属、持久性有机污染物、挥发性有机物为主,部分区域伴随氮磷等营养物质累积。重金属污染中,铅、镉、铬、汞等元素检出率较高,多源于垃圾中的电子废弃物、电池及工业废渣,其在土壤中易与有机质、黏土矿物结合,形成稳定形态并长期累积,垂直方向上随土层深度增加浓度逐渐降低,水平方向上以填埋场边界为中心,呈放射状梯度递减,污染范围多集中在周边500米范围内,受土壤质地与淋溶作用影响,黏质土壤污染扩散速度慢于砂质土壤。

持久性有机污染物与挥发性有机物则主要来自生活垃圾中的塑料、橡胶、农药残留等,这类污染物具有强稳定性、高迁移性特点,可通过土壤孔隙渗透或挥发扩散,对土壤生态功能造成破坏,影响土壤微生物群落结构与活性。地下水污染以无机污染物与微量有机污染物为核心,无机污染物中氨氮、硝酸盐、硫酸盐及氯离子检出浓度较高,主要由垃圾分解产生的含氮化合物与盐分经淋溶渗入地下水形成;微量有机污染物包括多环芳烃、邻苯二甲酸酯等,含量虽低但毒性强,易在地下水中迁移扩散。地下水污染空间分布与地下水流向一致,下游区域污染程度高于上游,且受含水层岩性影响,孔隙含水层污染范围大于裂隙含水层,污染羽形态多呈不规则

状扩展^[1]。

2 垃圾填埋场周边土壤与地下水污染影响因素

2.1 垃圾自身组分特性

垃圾组分是决定污染类型与强度的核心源头因素,不同组分垃圾分解与渗漏释放的污染物存在显著差异。生活垃圾中,厨余垃圾占比高,易在厌氧环境下分解产生大量含氮、含硫化合物,经淋溶作用形成高浓度氨氮、硫化氢等无机污染物,渗入土壤与地下水后改变介质理化性质;电子垃圾、废电池等含有大量重金属,在填埋过程中受湿度、温度变化影响,逐渐溶出并进入周边环境,形成重金属污染隐患。工业垃圾与危险废物若混入生活垃圾填埋,会引入高毒性有机物、重金属等污染物,显著提升污染风险与治理难度。此外,垃圾含水率与压实度也会影响污染释放效率,高含水率垃圾可加速污染物溶出与渗漏,而过度压实则会降低垃圾透气性,促进厌氧分解,增加污染物生成量。

2.2 土壤与含水层介质特性

土壤与含水层的物理、化学性质直接决定污染物的迁移路径、扩散速度与累积效果。土壤质地方面,砂质土壤孔隙大、渗透性强,污染物易通过孔隙快速渗透,垂直迁移深度深,水平扩散范围广;黏质土壤孔隙小、渗透性弱,可减缓污染物迁移速度,起到一定截留作用,但污染物易在表层土壤累积,形成高浓度污染区。土壤有机质含量与pH值影响污染物形态转化,有机质可通过吸附作用固定重金属与有机物,降低其迁移活性,而酸性土壤可促进重金属溶出,增强污染毒性。

含水层介质特性对地下水污染影响显著,孔隙含水层颗粒均匀、渗透性好,污染物迁移速度快,污染羽扩展范围大;裂隙含水层污染物迁移受裂隙发育程度与走向控制,易沿裂隙快速扩散,形成不规则污染区域;岩溶含水层则因溶洞、地下河发育,污染物迁移速度极快,污

染范围难以控制。此外,含水层水位变化会改变地下水动力条件,水位上升可促进污染物向上迁移,影响浅层土壤与地下水交互区域,水位下降则会扩大污染羽覆盖范围。

2.3 水文地质与气候条件

水文地质条件是污染物在土壤与地下水中迁移扩散的重要驱动因素,地下水流速、流向直接决定地下水污染羽的扩展方向与速度,流速越快,污染物扩散范围越广,且易与周边清洁地下水混合,扩大污染影响范围;地下水流向则主导污染羽的迁移路径,下游区域成为主要污染受影响区域。包气带厚度与岩性也会影响污染迁移,厚层包气带可延长污染物渗透时间,增强截留与净化作用,薄层包气带则难以有效阻挡污染物,导致其快速进入含水层。

气候条件通过影响降水与蒸发过程,间接作用于污染迁移。降水量大的区域,雨水可形成大量淋溶水,加速垃圾中污染物溶出与渗漏,提升土壤与地下水污染强度,同时促进污染物在土壤与地下水中的扩散;干旱区域降水量少,淋溶作用弱,污染物迁移速度慢,但蒸发强烈会导致土壤表层污染物浓度升高,形成二次污染隐患。温度变化则会影响垃圾分解速率与污染物理化性质,高温环境可加速垃圾厌氧分解,增加污染物生成量,同时提升污染物挥发性与溶解性,增强其迁移活性^[2]。

2.4 填埋场结构与运行年限

填埋场结构设计合理性直接影响污染渗漏风险,防渗层是阻挡污染物渗漏的核心屏障,若防渗层材料质量不达标、施工存在缺陷或长期运行后出现老化、破损,会导致渗滤液直接渗入土壤与地下水,引发严重污染。渗滤液收集系统的完善程度也会影响污染控制效果,收集效率低会导致渗滤液在填埋场内蓄积,增加渗漏风险。此外,填埋场坡度、填埋方式等也会影响渗滤液流动路径,进而改变污染扩散方向。

填埋场运行年限与污染程度呈正相关关系,运行年限越长,垃圾累积量越大,污染物释放总量越多,土壤与地下水受污染程度越严重。新建成填埋场污染范围较小,主要集中在填埋场边界附近,且以表层土壤污染为主;长期运行的老旧填埋场,污染物经多年淋溶与迁移,污染范围已扩展至周边较大区域,土壤与地下水均受到不同程度污染,且污染物类型更复杂,形成复合型污染。同时,填埋场封场后,垃圾分解过程仍会持续,污染物释放不会立即停止,需长期开展污染监测与防控。

3 垃圾填埋场周边土壤与地下水污染防控策略

3.1 源头管控:优化垃圾组分与填埋预处理

源头削减污染物生成与释放,是降低填埋场周边土壤与地下水污染风险的基础。强化垃圾分类收集与资源化利用,减少进入填埋场的污染物总量,尤其是重金属、危险废物与难降解有机物。通过分类回收,将可回收物、厨余垃圾单独处理,厨余垃圾经厌氧发酵、好氧堆肥等方式资源化利用,减少填埋过程中有机污染物与氮磷化合物的生成;电子垃圾、废电池等危险废物单独处置,避免重金属混入生活垃圾填埋,从源头切断重金属污染路径。

优化垃圾填埋预处理工艺,降低污染物溶出风险。对进入填埋场的垃圾进行压实脱水处理,减少垃圾含水率,降低渗滤液产生量与污染物溶出效率;对易分解、高污染垃圾进行预处理,通过高温灭菌、破碎筛分等方式,改变垃圾物理化学性质,减缓垃圾分解速度,减少污染物释放。同时,严格控制填埋垃圾质量,建立垃圾入场检验机制,杜绝工业垃圾、危险废物等违规进入填埋场,确保填埋垃圾组分符合管控要求,从源头降低污染隐患。此外,合理规划填埋场选址,避开地下水补给区、含水层露头区与土壤渗透性强的区域,选择黏质土壤或厚层包气带区域建设填埋场,利用天然介质的截留作用,减少污染物迁移扩散^[3]。

3.2 过程阻断:强化填埋场防渗透与渗滤液管控

完善填埋场防渗系统,构建多层次防渗屏障,阻断污染物渗漏路径。选用高性能防渗材料,主防渗层采用高密度聚乙烯膜,辅以膨润土防水毯、压实黏土衬层等,形成复合防渗结构,提升防渗效果;加强防渗层施工质量管控,严格执行施工规范,对膜体连接部位进行焊接检测,确保无渗漏隐患;定期对防渗层进行巡检与维护,针对老化、破损部位及时修复,避免渗滤液渗漏进入土壤与地下水。

优化渗滤液收集与处理系统,减少渗滤液对周边环境的影响。设计科学的渗滤液收集管网,合理设置集水井与排水坡度,提升渗滤液收集效率,避免渗滤液在填埋场内蓄积;根据渗滤液水质特点,采用针对性处理工艺,去除渗滤液中的有机污染物、重金属与无机离子,处理后的渗滤液需达到回用或排放标准,避免直接排放对土壤与地下水造成污染。同时,设置渗滤液监测井,实时监测渗滤液水质与水位变化,及时发现并处理渗滤液泄漏问题。此外,在填埋场周边设置地下水监测井与土壤监测点,构建常态化监测体系,实时掌握污染动态,为过程管控提供数据支撑^[4]。

3.3 介质改良:提升土壤与含水层净化能力

通过土壤改良,增强土壤对污染物的截留与净化能力,减缓污染物迁移速度。针对砂质土壤渗透性强的问

题,添加黏土、膨润土等改良剂,降低土壤孔隙度与渗透性,提升土壤对污染物的吸附截留效果;向土壤中添加有机质、腐殖质等,增强土壤对重金属与有机物的吸附能力,同时改善土壤微生物环境,促进微生物对有机污染物的降解。针对酸性土壤,适量添加石灰等改良剂,调节土壤pH值,降低重金属溶出活性,减少重金属污染毒性。

强化含水层防护与修复,提升地下水自净能力。对于已受污染的含水层,可采用渗透性反应屏障技术,在地下水污染羽迁移路径上设置反应屏障,通过吸附、沉淀、降解等作用去除地下水中的污染物,阻断污染羽扩展;选用活性炭、沸石、零价铁等高效反应介质,针对不同污染物类型优化介质配比,提升反应屏障处理效果。对于未受污染但存在污染风险的含水层,通过人工补给地下水,调节地下水流速与水位,增强含水层稀释净化能力,减少污染物侵入风险。同时,合理控制地下水开采量,避免因过度开采导致地下水位下降,引发污染羽扩展与土壤污染加剧。

3.4 污染治理与长期管控:构建全周期防控体系

针对已受污染的土壤与地下水,需采用科学治理技术逐步降低污染程度、恢复生态功能。土壤治理可融合物理、化学与生物修复技术,轻度污染采用植物修复法,选用对重金属或有机物有富集能力的植物净化土壤;中度污染运用化学淋洗技术,通过淋洗剂溶出污染物并回收处理;重度污染采用固化/稳定化技术,抑制污染物迁移扩散。

地下水治理可采用抽出处理与原位修复技术,抽出处理适用于小范围高浓度污染,抽取后经地面处理达标

再回灌或排放;原位修复含化学氧化、生物修复等,通过添加氧化剂或微生物菌剂降解污染物,兼具效果佳、环境干扰小的优势。同时构建全周期管控体系,持续监测污染物浓度与迁移路径,动态调整治理策略;强化填埋场封场后巡检,保障防渗、渗滤液收集及监测设施运行,防范二次污染。此外,加强技术研发推广,研发高效低成本防控技术,提升污染管控科学性与实效性,保障区域土壤及地下水生态安全^[5]。

结束语:污染治理与长期管控是一项系统性、持续性工作,需兼顾技术适配性与管控全面性。通过分梯度治理技术可有效降低土壤与地下水污染程度,全周期管控体系能筑牢二次污染防线。技术研发推广则为工作开展提供核心支撑,助力提升管控科学性。唯有形成治理、管控、技术创新联动机制,才能持续巩固治理成效,稳步恢复生态功能,为区域生态安全提供坚实保障,推动生态环境良性发展。

参考文献:

- [1]李翰青,陈莹,邓娟.重庆市某生活垃圾填埋场周边土壤和地下水环境现状评价[J].绿色科技,2022,24(12):147-150.
- [2]夏枫,徐鑫,曹琬清.城市生活垃圾填埋场对周边地下水环境影响及防控策略探讨[J].化肥设计,2025,63(4):9-11.
- [3]芮明,王文剑,林凯.某生活垃圾填埋场土壤和地下水现状评价[J].山西化工,2025,45(2):247-248+273.
- [4]徐川川,王礼恒,张恒博.非正规生活垃圾填埋场对浅层地下水环境质量影响评价研究[J].矿产勘查,2023,14(11):2197-2204.
- [5]阎起明,曹光辉,卢媛媛.河北某垃圾填埋场对土壤和地下水影响分析[J].中国环保产业,2023(8):63-66.