

建设用地土壤污染风险管控与修复技术探讨

高瑞红 俞倩倩

昆明市生态环境工程评估中心（昆明市生态环境保护技术应用中心），中国·云南 昆明 650000

摘要：随着城市建设用地开发利用效率提升，土壤污染问题成为制约土地安全利用、生态环境保护与城市高质量发展的重要因素。文章以建设用地土壤污染治理为研究核心，系统阐述土壤污染系统化基本调查方法，精准梳理重点污染区域及主要污染物类型。从制度建设、工程防控、动态监测、应急管控四个方面，构建全方位的土壤污染风险管控体系。同时，深度剖析生物修复、物理修复、化学修复三类土壤修复技术的应用方案，有效解决土壤污染问题。

关键词：建设用地；土壤污染；风险管控；修复技术

Exploration of Risk Control and Remediation Technologies for Soil Pollution in Construction Land

Gao Ruihong, Yu Qianqian

Kunming Ecological Environment Engineering Evaluation Center (Kunming Ecological Environment Protection Technology Application Center), China Yunnan Kunming 650000

Abstract: With the increasing efficiency of urban construction land development, soil pollution has become a significant factor restricting safe land use, ecological conservation, and high-quality urban development. This paper focuses on soil pollution management in construction land, systematically elaborating on fundamental methods for systematic soil pollution investigation and accurately identifying key contaminated areas and major pollutant types. It establishes a comprehensive soil pollution risk control system from four aspects: institutional development, engineering prevention and control, dynamic monitoring, and emergency management. Furthermore, it deeply analyzes application strategies for three soil remediation technologies—bioremediation, physical remediation, and chemical remediation—to effectively address soil pollution issues.

Keywords: Construction land; Soil pollution; Risk control; Remediation technology

0 引言

土地是城市建设的前提与基础，建设用地的土壤环境质量直接影响人体健康、生态安全，而工业化建设、城市风险改造，导致大量工业地块遗留，建设用地存在不同程度的土壤污染问题，不仅严重破坏土壤结构，引发土壤二次污染，还制约城市土地开发与利用。

1 建设用地土壤污染状况分析

1.1 土壤污染基本调查

在建设用地土壤污染调查过程中，采取系统调查方法，收集现场信息，分析土壤类型与发生原因。针对建设用地的使用情况，现场调查时工作人员要完成信息收集，包括历史资料、实地调查、人员访谈等，深入了解建设用地的历史变迁、内部条件、周边环境等情况，系统开展地块规划。通过各类信息的收集与整理，结合所在地历史数据，包括不同时期土地利用、土地功能变化等，精准分析土壤历史使用状况。同时，历史数据的收集与研究还要查阅各种资料，获取相关数据，收集足够数据支持污染调查，

取得良好调查成果，特别关注历史影像资料，以及土壤与周边地区存在的重污染工业企业情况，例如，关注这些工业企业的原料使用、生产工艺、废物产生情况，以及工业生产处置、布局情况。另外，建设用地的土壤污染相对复杂，工作人员还要开展野外调查，全面了解现场与周围自然环境的内在关系，包括气候条件、水文条件、地势地貌、地质条件等，实施全面调查分析。现场基本调查工作还要遵循基本原则，把握建设用地污染的基本特征，重点研究潜在污染物，坚持标准化原则，利用系统化工作方法展开现场勘察，保证实地调查的可靠性与可行性，为后续的土壤污染风险防控与修复打下坚实基础^[1]。

1.2 重点分析污染区域与污染物类型

建设用地土壤污染相对复杂，污染面积与污染物类型是风险管控与土壤修复的基础，也是高效利用建设用地的前提条件。为保证建设用地污染状况调查的有效性，工作人员应重点关注历史工业生产情况，深入分析重点污染区域与污染物的关联性，完成客观分析，便于后续污染状况

的持续追踪。在工业生产场所的污染物调查中,注重企业生产中产生的废气、废物与废水的调查,综合调查污染物的产生与排放情况。通过资料审查与人员访谈的方式,了解该地块是否发生生产事故或污染量大量排放情况,记录安全事故与废弃物泄漏的时间、地点,全面分析调查结果。对于工业生产企业的生产过程,统一分析工业生产的原材料情况,与污染有关的内容都需要系统研究,包括工业企业的地下设施、管道、半地下储罐的分布位置,并进行研究记录,明确标注建筑用地所在区域的污染物、化学药品的具体地点,计算数量与污染排放总量,同时还要调查废弃物处置资料,包括固体废气的焚烧、填埋情况,是否存在现场异味、污渍等情况。

2 建设用地土壤污染风险管控策略分析

2.1 加强风险管控制度建设

在建设用地土壤污染风险防控中,制度建设具有基础保障作用,是风险管控的前提条件,具体体现在以下几个方面:第一,构建分类风险管控机制;根据法律法规、国家政策的相关要求,对突然污染严重的建设用地,区分第一类用地与第二类用地的管控标准^[2]。对于存在污染风险的地块,严禁规划住宅、学校、医疗卫生、公共服务等敏感用地类型,最大程度上降低人员接触,避免易感人群长期暴露带来健康隐患。除了污染超标地块,还要确定不具备修复条件的地块,调整为工业用地、绿化用地、道路用地,解决土地利用问题,实现安全高效地块规划。第二,明确已污染建设用地的安全管控;对于已确认的污染用地,工作人员应加强安全管控,设置实体围栏、隔离护栏等,开展现场地块的物理封闭,禁止相关人员随意进出,避免出现踩踏、施工扰动情况。同时,还要在地块出入口、污染边界、道路两侧等区域设置永久警示标识,上面明确标注污染物类型、风险等级、管控范围,避免各类违规操作引发更严重污染,扩大污染范围。第三,注重开发活动的限制性管控;在风险管控期间,确定限制性管控制度,严禁对污染地块的土方开挖、基坑施工、深层钻探,避免引起大面积地体扰动。由于城市建设需要利用土地,还要针对已污染的建设用地进行专项风险防控,编制风险管控方案,做好废水收集、土壤遮盖,实现全过程现场监理,提高风险管控效果。

2.2 做好工程风险管控

工程风险管控措施是最有效的途径,依托表面阻隔的工程手段,有效降低污染物迁移能力,遏制污染扩散,是建设用地污染风险防控的核心手段。制度管控与工程管控

密切结合,有效提升风险防控能力,保证建设用地污染管理的安全性与稳定性。第一,表层覆盖阻隔;该措施运用广泛,针对浅层土壤污染地块,铺设黏土防渗层、HDPE 高密度聚乙烯膜、膨润土防水毯、混凝土硬化层等材料,在地表形成稳定完整的防渗阻隔面,避免污染扩散与下渗。表层覆盖不仅能够防止污染持续下渗,使污染速度变缓,还能够有效阻断雨水下渗淋溶,抑制污染物大面积扩散,减少表面土壤扬尘挥发。这种覆盖方法形成阻隔层,避免人体直接接触污染,适用于重金属、半挥发性有机物等浅层污染场地。第二,垂直防渗阻隔;该阻隔方式有效控制污染横向扩散,针对污染地块进行外围防护,建设水泥膨润土防渗帷幕、高压旋喷防渗墙、钢板桩阻隔墙等,形成垂直屏障。这种封闭的地下防渗边界,有效遏制污染物的迁移扩散,避免流入地下水区域或外围清洁区,减缓扩散速度。这种防渗阻隔方式适用于污染边界清晰、地下水位较高区域,也适用于居民区、敏感水体地块,严控污染大面积扩散。

2.3 开展动态污染监测

动态污染监测主要是为了判断风险管控效果,评估污染变化趋势,是防范风险问题再次发生的关键举措,在建设用地土壤污染管控中发挥着重要影响^[3]。通过构建建设用地区域污染监测体系,常态化开展污染监控,实时掌握污染物浓度波动、迁移规律,为管控措施调整、优化提供科学依据,保证土地的高效安全利用。第一,科学规划监测点位;监测点位要科学布置,立体化监测,结合建设用地的污染状况与勘察结果,确定核心污染区、边缘污染区、清洁对照区,合理布置监测点位,并按照浅层、中层、深层采样,精准掌握土壤垂直污染状况。由于土壤污染深度不确定,还要开展地下水上游、下游的垂直监测,利用地下水监测井形成对比监测体系,实时监控地下水污染迁移变化。第二,规范监测指标与监测频率;对于动态污染管控,监测指标指场地特征污染物,包括重金属、半挥发性有机物等核心污染。监测频次指具体的监测次数与时间,初期管控多采取高频次监测模式,按季节监测,还要根据污染变化定期抽检。当土壤污染趋于稳定,适当降低监测频次,实现科学管控。

2.4 注重风险应急管控

风险应急管控的关键在于把握突发污染变化,关注施工扰动污染、污染物异常扩散等情况,是突发事件处理的基础保障,能够在一段时间内控制污染扩散速度,降低周围环境风险,保证周围居民的人身安全,是建设用地土壤

污染管控的重要环节^[4]。一旦建设用地区域出现异常污染扩散情况,第一时间启动应急预案,暂停场地一切施工活动,适当增加护栏隔离,扩大封闭范围,严禁相关人员进入污染区域。在完成应急管控后,工作人员要快速排查污染原因,锁定污染发生的核心位置,对异常区域进行重点分析,及时收集、封存污染土壤,由专业机构检测,避免污染二次扩散。同时,工作人员还要开展临时管控,铺设防渗覆盖材料,适当喷洒稳定化药剂,避免污染物挥发、淋溶与迁移。应急管控是长期性过程,除了及时的应急处理,还要适当增加监测频次,在一段时间内跟踪污染物变化趋势,动态分析应急效果,完成应急处置后还要及时记录,复盘污染成因,设置日常管控方案,补充常态化管控的不足,杜绝同类风险的发生。

3 建设用地土壤污染修复技术的应用策略分析

3.1 生物修复技术

对于建设用地土壤污染修复技术,生物修复是最有效的手段,主要是利用生物体,包括微生物、动植物,降解、吸收与转化土壤中的污染物,相较于物理与化学方法,该技术的应用效果明显,具备低成本、高成效的优势,适用于大面积修复,对周围环境相对友好。第一,微生物修复技术;该技术利用土壤微生物降解污染物,包括生物增殖、菌株添加与基因修饰,生物增殖要为微生物提供合适的生存环境,改善环境条件,促进微生物群落的生长发育,有效增强微生物对污染物的降解能力。菌株添加需要在受污染土壤中引入特定微生物菌株,及时转化土壤污染物,增强降解能力与转化能力。基因修饰主要是改变微生物的基因组,使其具备更高的降解能力,高效分解污染物。微生物修复技术适用范围广,有效修复有机物污染土壤,包括有机溶剂等。第二,植物修复技术;该技术利用植物的生态学与生理学特性,修复土壤污染,植物主要是以根系吸收、积累与转化污染物,减少土壤中污染物浓度,植物修复技术分为自然植物修复与人工植物修复。其中自然植物修复效果明显,利用植物自身性能修复,大量吸收与转化污染物,修复成效明显。

3.2 物理修复技术

物理修复技术使用物理学知识,通过改变污染物的物理性质,去除、分离污染物,整体效果明显,操作流程难度适中。首先,完成土壤挖掘与处理;工作人员要挖掘受污染土壤,将土壤运送到指定位置进行集中处理,处理方法主要是筛选、分级分类。按照不同类型的污染物进行针

对性处理,及时处理局部污染且浓度较高的土壤,这种方法对土壤造成一定破坏,需要大量的处理成本与运输成本,依靠人工操作。其次,土壤气体抽取与处理;该技术主要是对土壤中存在的挥发性污染物进行针对性处理,包括有机化合物、有毒气体,在受污染区域设置气体抽取井,将土壤中气体抽出,使用吸附、催化氧化的方式完成气体处理,去除气体中的有害物质。这种技术方法应用效果明显,有效去除土壤的有机污染物,但是需要完成气体处理,处理流程相对复杂,后期排放增加修复成本,预防对空气的二次污染^[5]。最后,自然修复技术;根据土壤、地下水系统的天然物理作用,使污染物自然降解、转化与稀释,整体风险逐步下降,工作人员要在受污染土壤中添加营养盐,改善土壤通气性,增强土壤的自然恢复能力。该技术零能耗、零二次污染、成本较低,广泛运用于轻度污染土壤,以及水文地质条件较好的地块,是绿色低碳修复的研究成果。

3.3 化学修复技术

化学修复技术主要是利用化学药剂,与土壤有效结合,溶解和吸收土壤中的污染物,实现污染分离,有效处理土壤中的重金属物质,快速恢复土壤状态。虽然这种方法效果明显,能够立即见效,但是无论使用哪种材料,都会造成土壤肥力下降,影响土壤性能状态。例如,酸性淋洗液的使用成效较高,有效去除污染物质,但是杀伤力较大,使用范围与频率逐步减少,被有机酸取代。有机酸作为现阶段广泛使用的化学药剂,虽然能够提高生产效率,减少对土壤的损害,但是也存在二次污染风险,且价格昂贵。同时,固化稳定化联合修复技术快速发展,该方法需要使用大量药物,修复效果较差,在实际修复过程中由于土壤酸碱度变化,也会对最终处理结果产生一定影响,引起二次污染。可以说,化学修复技术要不断创新与研发,关注修复时是否对土壤造成不良影响,提升土壤修复能力,避免不利因素的发生。

4 结语

综上所述,建设用地土壤污染治理是长期发展、动态变化的工程,与污染调查、风险管控、常态化监测密切相关,只有充分重视建设用地土壤污染风险管控,聚焦各种污染类型,采取针对性管控方案与修复技术,才能够提高建设用地的土壤利用率,保证土地利用的安全高效。

参考文献:

[1] 徐慧超,呼红霞,高杰等.省级建设用地土壤污染风险管控和修复名录分析[J].环境污染与防治,2023,

45(3):408-412.

[2] 徐俊杰, 胡越. 建设用地土壤污染状况调查监管引入质控机制的探索[J]. 清洗世界, 2023, 39(02): 128-130.

[3] 鲁春艳, 廖衡峰, 周正伟等. 铅冶炼退役场地土壤污染状况调查与风险评估[J]. 有色冶金节能, 2022, 38(03): 61-68.

[4] 胡建成. 上海市某电池厂遗留地块土壤污染状况调

查及风险评估[J]. 广东化工, 2022, 49(08): 127-129+132.

[5] 王东哲, 曹姗姗. 建设用地土壤污染风险管控和修复监测点位布设浅析[J]. 环境保护与循环经济, 2021, 41(06): 83-85.

作者简介: 高瑞红 (1991.03-), 女, 汉族, 山西省吕梁市, 硕士, 工程师, 研究方向: 生态环境工程与咨询。