

# 土壤重金属污染现状与修复技术研究进展

汪一潭, 郑伟

(迪天环境技术南京股份有限公司, 江苏 南京 210000)

**摘要:**土壤重金属污染将直接危害到人体的生命健康安全,依据土壤重金属的污染灌溉比例要求,对矿产业、大气沉降比、生产活动建设等方面。因此为了更好地防治和修复土壤的污染情况,将需要从物理、生物以及化学等方面着手提出相应的修复技术,以期土壤环境能够得到优化缓解。本文将从土壤金属污染的比例情况入手,结合科修复的技术规范和物力技术操作要求,从化学、生物、物理等技术方式入手,开展技术修复的研究。而后提出实现智能化土壤重金属污染检测、加快推进工业企业土壤重金属综合治理、大力推进源头替代,有效减少土壤重金属产生以及提升治污设施“三率”的优化整改建议,以期为环境保护工程行业建设提供参考。

**关键词:**土壤;重金属;污染现状;修复技术

中图分类号:X53

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2022)07-0174-03

## 0 引言

土壤中负载 50%-90%比例的污染负荷内容,尤其在现代矿产资源开发程度不断极大、工业冶炼需求增大以及农业生产中农药、化肥、饲料等方面的不合理使用,都将成为重金属污染的重要来源。而土壤中的重金属通过地下水以及生物富集等方式也将导致农牧产品的生长质量,进而使得人体的健康在食物链流通下受到影响。根据土壤中重金属污染比例,分析土壤移动存在的差异,置留原因,不会导致微生物降解的因素特性。水、植物作为介质,会导致人体健康受到不利的情况影响,在土壤治理与修复的过程中都具有较大的难度。通过本文对重金属污染的来源及分布的探讨,根据不同反应特性和修复效果,提供不同的技术修复方案,以期能够更好地实现对土壤中重金属的消除和分离,进而为还原生态环境良好性能奠定良好基础。

## 1 我国土壤重金属污染现状

### 1.1 土壤金属区域划定分布特征规范

①由于我国城市众多,不同的城市自然资源存在差异。特别是能源禀赋等特点。因此,重金属在土壤中的分布也会发生变化。一些城市属于中等工业城市或工业化城市这类城市,污染工厂较多,也就造成土壤中金属含量高出许多<sup>[1]</sup>。②南方的工业水平较高,主要影响物质有铜、铅、汞、铬、镉、锌。北部重工业较多,重金属以汞、砷为主。城市污水的来源也会影响土壤的组分特性,目前我国许多城市在雨污分流方面还缺乏,甚至出现污水混流现象。③污水处理厂处理方式的不同也会影响土壤中重金属的分布。无雨污分流造成污水污染,导致污水处理厂需要采购微生物以加速反应,城市污水和工业污水不分流,导致大量重金属被稀释,提高净化难度。

### 1.2 土壤重金属的发展趋势

土壤重金属含量的差别大,从地域、体系、时间上,经过一百多个城市的不同季节对镉、铜、镍、铅、锌的含量进行检测,发现同一地区的重金属含量在不同季节有较大变化。而且除季度上

有变化外,年度上也呈现出波动趋势,从而得出污水处理厂土壤中重金属含量不能是一成不变的。而且重金属的区域分布特征也不固定,所以每个城市的土壤处理都要在检测结果上进行净化。采取相应的技术措施,可大幅度降低重金属的含量,减少重金属对环境、生态的污染。检验该地区的土壤成本之前,要充分预测当地重金属类型,这可以由当地的工业企业来做,以确定企业生产后产生的废料中可能含有的重金属元素含量和种类,从而进一步提高预测准确度,降低污水处理厂的成本<sup>[2]</sup>。

## 2 土壤重金属来源

土壤金属中涵盖的因素不同,内外反应展示差异不同。特别是土质、地形地貌、水文现象以及土地植被情况等将直接影响重金属的污染来源,以下将对土壤重金属来源进行分析。

### 2.1 大气沉降导致的土壤重金属

大气沉降会导致土壤重金属污染发展。在我国工业化以及城市化进程不断推进的背景下,工业生产以及私家车建设和购买的频率也在不断提升,由此将导致大量的废气以及汽车尾气导致重金属元素增加。如今,社会对环境治理问题日益重视,而重金属治理是当今社会最为关注的问题。重金属在微量的基础上却能够对人体造成极大的身体伤害,同时在含量过高的基础上还将直接造成人类死亡,风向直接影响土壤重金属的分布。土壤中的 Zn、Pb、As 污染也在风力的推动下产生。由此可见,其污染来源主要是自然因素,其中自然源指的是自然界中有些植物为防御虫害和抑制其他植物种子萌发等过程中释放的;人为源则指在人的生产生活过程中产生的,包括燃料燃烧,溶剂使用、石油化工、日用品、轮胎制造、家具制造、机动车尾气排放、厨房油烟等。

### 2.2 随污水灌溉进入土壤中的重金属

集中处理是城市污水处理的一项必然选择,这样一来可集中力量控制城市污染。随着城市发展水平的提升,污水水可能面临的风险增加。同时在污水处理厂中土壤又是污水处理后的另一

个阶段性产物,这部分物质富含了大量的污染物质,其中在工业土壤中更是大量的重金属富集物质。在这类土壤处理中存在着处置率低的现象,管理不善现象,如长期的暴露在空气当中,经过阳光曝晒重金属释放到空气中,经过雨水冲刷渗透地下水对环境造成二次污染情况。

### 2.3 工矿生产代入的重金属量

工业化操作中,重金属元素多,矿业企业在废水的排放上需做好相应的净化工作,以此方式重金属等污染物质渗入土壤。但不可避免的是工矿企业在采矿、工业固体排放的过程中经日晒、雨淋、水洗等作用,将使得重金属呈辐射状、漏斗状扩散至周围土壤。同时部分工厂通过烟囱传输气体的方式,也将使得空气浓度增加,电子产品中的Cr、铅、镉等元素也将渗入土壤中,造成重金属污染问题。土壤会吸收外来的物质,也会向外界供给各种物质,一般来讲,土壤在没有外界干扰的情况下,可以达到一种动态平衡。但是由于人们的生产生活中产生的各种废物和垃圾,超出土壤的基本自净水平,会导致土壤质量水平降低。更加可怕的是,由于物质的迁移始终没有停止,在土壤中积累的污染还可能传递到动植物、水体、大气,这种情况会导致严重的区域生态环境崩溃,造成十分深远的影响。

### 2.4 农事活动带入土壤中的重金属

随着我国社会的快速发展,农业生产的需求越来越大,农药、化肥、地膜等使用日益增多,由此将使得土壤在不合理规范使用农药以及化肥的过程中造成土壤重金属富集的现象。农业杀虫剂中含有多种重金属,长期会导致金属沉淀。随着各类复合肥料的使用,土壤中的铅汞量增加。农作物在生长的过程中也将导致Cd含量增加,进而加深污染的程度<sup>[9]</sup>。

## 3 土壤重金属形态以及含量

### 3.1 土壤重金属含量

近年来,我国对土壤重金属含量是越来越严格,其中最严格的属于农用泥质,在《城镇污水处理厂土壤处置农用泥质》中有明确的规定,再者是园林绿化的泥质,再来才是用于烧制建材的泥质。按照我国的土壤标准及其重金属控制限制规定。该方法规定铜的含量为1500,隔的含量为20,铅的含量为1000,砷的含量为75,铬的含量为1000。目前我国环保意识和环保意识逐年提高,对含重金属的检测分析也在不断推进。有关治理措施也逐步完善,虽然大部分地区对重金属污染已取得一定成效,但仍有少数不达标。无法达到标准的土壤很容易被用来转化为其他形式的物质形态,这将对环境及其周围产生不可逆转的负面影响。土壤中重金属污染程度划分如表1所示。

### 3.2 土壤重金属的分布形态

重金属元素在土壤中会呈现的形态有很多种,但是经过归类可以大部分确定有五种种类的重金属形态。根据土壤重金属的分布情况,对结合态、有机化合物、铁锰金属化合物,残渣比量等进行分析,判断稳定或不稳定的因素状态,分析重金属处理的影响水平。在这种情况下直接影响到对重金属的处理过程。由于重金属在不同价格上表现出的毒性是不同的,需要根据重金属对动植物的差异影响水平进行分析。对人体的健康影响,一些重金属元素的含量不同可导致人体不能新陈代谢,长期积累会导致

表1 土壤中重金属污染程度划分

重金属	一级(自然背景)	二级			三级(pH>6.5)
		pH<6.5	pH6.5~7.5	pH>7.5	
镉	0.2	0.3	0.3	0.6	1
砷	15	40	30	25	40
铜	35	50	100	100	400
铅	35	250	300	350	500
铬	90	150	200	250	300
锌	100	200	250	300	500
镍	40	40	50	60	200

人体不能代谢,长期会直接会导致人体产生不良的影响<sup>[9]</sup>。

## 4 土壤重金属污染修复技术

### 4.1 物理修复技术

#### 4.1.1 活性炭吸附法

大气中的重金属元素,日常生活生产中也会产生一定数量的重金属。尽管,人们在日常生活中形成的重金属含量很低,但仍需要重视人类健康的管理。要想减少重金属对空气质量的影响,必须寻找有效的措施来降低大气中重金属的含量。根据活性炭的吸附性质,可将其吸附在空气中的重金属,从而减少空气中的重金属含量,然而,这种方法相对保守,所形成的净化空气效果也不显著。

#### 4.1.2 溶剂吸收法

溶剂吸收法虽然也是一种吸附方法,但其原理与活性炭吸附法有很大区别,它是利用液体溶液相似的相溶原理吸附重金属中的有机物组分。与活性炭吸附相比,液相吸附法能有效地减少大气中重金属的浓度,对改善人们居住环境的空气品质有重要意义。

#### 4.1.3 电动修复技术

电动修复处理规范中,包含各类重金属离子,在有机作用和无机作用的衔接下,调整电渗透和迁移调配水平,通过集中处理修复各类污染后,对土壤中的Pb<sup>2+</sup>、Cr<sup>3+</sup>重金属离子进行清除处理,去除多余的金属量比。

#### 4.1.4 电热修复技术

电热修复适用于被Hg和Se等元素污染情况。通过高频电压、电磁作用,实现热能作用,加速分解土壤中的污染物,实现土壤重金属的分离修复。

### 4.2 化学修复技术

化学修复技术是对土壤中进行改良,通过还原、吸附、沉淀等方式,将重金属元素转化出来。化学修复技术应用的关键在于选择经济合适的改良剂,目前常用的改良剂主要有石灰、氧化铝、碳酸钙、硅酸盐等。土壤pH的增加主要是促使土壤中Cu、Hg、Zn等元素形成氢氧化或碳酸盐结合态盐的沉淀,从而使土壤pH升高。在pH大于6.5的土壤中,Hg可形成氧化氢或碳酸盐沉淀。

### 4.3 生物修复技术

#### 4.3.1 接种微生物

##### (1)土著微生物。

土壤中包含原有微生物群落,随着土壤污染,土壤理化性质发生一定程度的改变,某些不适应的微生物将逐渐死亡。在此过程中,一些能适应环境的微生物得以生存,这些微生物能产生对重金属污染有分解作用的酶,从而逐渐在土壤环境中占据优势

地位,这个过程有点类似于进化论,只是发生的时间较短,我们一般称之为“驯化”,经过驯化后的微生物就具备了针对重金属污染的分解和修复能力,进而更好地提升土壤环境的恢复效果。

### (2) 外来微生物。

尽管土壤具有自净作用,某些微生物也能定向驯化,但在实际污染土壤修复工作中,驯化的微生物由于重金属污染一般比较复杂,驯化的微生物具有一定的多样性和特异性。在这样的前提下,尽管被驯化,但其本身仍保持着较差的繁殖能力、分解效率低或活性不高、数量稀少等特点,不利于土壤修复工作的实现,针对这种情况,可以引入外来微生物,加速驯化过程,并增强其活性。

### (3) 基因工程菌。

基因工程菌顾名思义就是利用基因工程手段,人工的对微生物菌落进行培育,使其具备具有针对性、高活性、快速繁殖等特性的各种微生物种群。

#### 4.3.2 添加营养物

有些污染土壤中的微生物已经被驯化,且作为重金属污染的有机物本身也能提供稳定的碳源,但是因为缺少必要的营养物质,也可能导致微生物的活性降低甚至大范围的死亡,因此,为了保证微生物的活性和繁殖能力,需要具有针对性地向土壤中加入营养物质,常见的营养物质有酵母膏、酵母废液等<sup>[9]</sup>。

#### 4.3.3 添加表面活性剂

微生物降解重金属污染的原理,一般是能产生特定的酶,但大多数酶是胞内酶,也就是在微生物的生物细胞内产生,不分泌到外界,这样的酶只会作用于微生物所接触的重金属污染,为提高分解效率,可在土壤中加入表面活性剂,其作用是大大增加微生物与重金属污染之间的接触面积,使重金属污染能同时被更多的微生物作用,从而大大提高微生物的分解效率,从而加速污染土壤的修复。

## 5 土壤重金属污染修复技术应用保障措施

### 5.1 实现智能化土壤重金属污染检测

计算机网络技术和信息技术的快速发展改变了许多行业的工作模式,合理的利用信息技术进行辅助工作能有效的提高工作效率和工作质量。土壤重金属污染检测工作也需要运用信息技术和云计算来建立一个重金属成分预警信息平台,这不仅仅能有效的提高重金属成分检测的可信度和真实性,还能顺应时代的发展背景,提高检测工作的质量和速率。通过云计算使得土壤重金属污染环境的检测更有效率,能有效的降低检测成本和时间,从云计算方式进行提升整体精度,以科学的计算出检测的重金属成分,还能对重金属成分的变化做出合理的推测,并通过重金属成分预警系统为人们做出预警,提醒人们出行时要注意做好防护措施以保证自身的健康安全和出行安全。云计算平台通过对大量的检测数据进行分析运算来为土壤重金属污染的治理方案提供有力的依据,使得重金属成分的检测更具有科学性和意义。

### 5.2 加快推进工业企业土壤重金属综合治理

#### 5.2.1 从源头降低土壤重金属量

推动低(无)土壤重金属含量的原辅材料替代。对符合国家规

定的低重金属污染的原料,列入政府的“绿色采购”目录。建立原材料档案,记录土壤重金属的名称、成分、重金属含量、采购量、用量、库存、回收方式、回收量等,并保留相关的材料。推进政府采购绿色采购,政府采购家具、印刷等重点采购单位采用低挥发性原料;将重金属元素含量较低的产品纳入政府采购范围,并优先用于政府投资。

#### 5.2.2 提升治污设施“三率”,提高治理效率

按照“应收即收、分质回收”的原则,合理设置废气收集体系,增加收集速率,由无组织排放转为有组织排放,并优先使用封闭设备,封闭环境,或者采取完全封闭的收集方法。在采用局部式集气罩时,要考虑到废气的排放特性,要对其进行适当的收集点。加强工厂的封闭性管理,在满足安全、职业健康要求的情况下,使用自动卷帘门、密封良好的塑料钢门等。按照“同启同停”的工艺要求,提高了治理设施的使用效率。按照“适宜效率”的原则,增加处理设备的脱除率,不能降低污染物的浓度。针对目前的污染防治设施特点、土壤重金属成分、浓度、生产条件等因素,进行新的污染治理设施建设,在对现有的治污设施进行改造时,要考虑废气的性质、重金属成分、浓度、生产条件等因素,科学地选用相应的治理技术。

## 6 结语

土壤保护是人类生存发展的重要资源,重视土壤污染的清理,通过食物链的流转影响人类的生命健康安全,因此切实做好土壤中重金属污染防控和修复工作将成为当前社会环境治理的重要内容。我国需要加强社会经济的稳步发展,重视矿产资源开发、工业生产排放以及农业肥料等不合理开发和利用,及时处理重金属污染产生的各项因素。在现阶段的修复技术上最为常用的便是物理、化学以及生物修复技术,通过多元化的方式手段,进一步为提升土壤污染防治的效果奠定良好基础。

#### 参考文献

- [1] 张英婷,李紫龙,蒋妮娜,等.重金属污染土壤修复技术及其研究进展[J].能源与环境,2021(5):78-79,83.
- [2] 王慧芳,李轶成,杨雪,等.土壤重金属污染现状与修复技术研究[J].种子科技,2021,39(20):81-82.
- [3] 肖文魁.土壤重金属污染现状及修复技术的应用[J].现代农业科技,2021(18):182-184.
- [4] 王鹤亭.土壤重金属污染现状与修复技术应用[J].南方农机,2021,52(13):64-66.
- [5] 孔丝纺,吕笑笑,彭丹,等.重金属污染土壤修复技术研究进展[J].广东化工,2021,48(13):148,159.
- [6] 唐浩,曹乃文.浅谈我国土壤重金属污染现状及修复技术[J].安徽农学通报,2017,23(7):103-105.

收稿日期:2022-01-10

作者简介:汪一潭(1987—),女,汉族,安徽安庆人,硕士研究生,工程师,研究方向为环保检测与质量管理。