

电阻加热法原位修复有机污染土壤的技术研究

张海升

(江苏滨海经济开发区沿海工业园, 江苏 盐城 224555)

摘要: 电阻加热技术是当前有机污染土壤非常重要的原位修复技术, 其借助电流来帮助土壤中水分迅速达到沸点, 这就能够促使有机污染物得以挥发。本研究针对电阻加热技术的操作原理、主要应用情况、优势与限制、操作技术进行了全面概括, 旨在充分掌握电阻加热技术的实际运用情况, 进一步推广电阻加热技术。

关键词: 土壤修复; 电阻加热技术; 关键技术

1. 土壤电阻加热技术概述

土壤热修复技术是近年来国内外应用较为广泛的一种土壤污染修复处理技术, 主要是通过间接或者直接处理的方式来实现对土壤的加热处理, 其能够帮助土壤中的污染物得以水解、挥发或者热解, 促使液相/固相能够逐渐转变为气相, 同时还可实现对污染气体的大范围收集, 这就能够更好的帮助污染土壤得到有效净化。土壤电阻加热技术最主要的特性是所需要耗费的修复时间相对较短, 能够迅速达到土壤修复的标准。土壤电阻加热技术在运用期间, 主要将电流穿过饱和层的土壤, 促使土壤的整体温度达到迅速的提升, 常规情况下, 温度促使水快速达到沸点, 同时针对电极之间的电流路径来促使土壤的得以加热。土壤电阻加热技术借助对低下温度的提升, 使得污染物能够在短时间内达到沸点, 确保污染物呈现为气态化, 再通过气体回收井来快速移除(详见图1)。

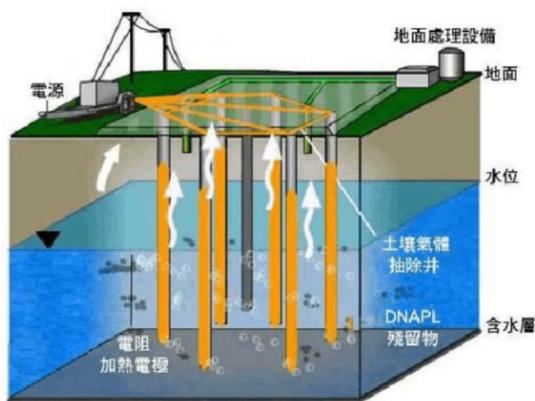


图1 土壤电阻加热技术原理

土壤电阻加热技术除了可以充分发挥污染物挥发的作用原理之外, 还可借助原位水合热裂、原位水解以及生物降解原理, 来达到有效的还原性脱卤效果, 破坏并降解污染物。原位水合热裂又可称之为水合热氧化, 与热裂解技术有着相对较大的差异。水合热裂主要是将分子量相对较大的污染物溶解到热水中, 并转变为较小的分子, 水合热裂通常需要在有溶氧的条件下实施反应。水解的主要原理是借助水中的氢离子将污染物上的氯取代, 这样一来, 不仅无需消耗氧气, 同时还能够降低其毒性反应。而生物降解则主要是通过激活嗜热菌, 使其在普通条件下实现迅速反应, 来帮助含氯有机物的挥发速率得到快速提升。

2. 土壤电阻加热技术的应用现状

土壤电阻加热技术是一种具有较高适用范围的土壤修复处理技术, 其在实际运用期间, 能够促使电阻在通电之后, 实现电流对土壤饱和层以及非饱和层的加热处理, 从而达到帮助岩石、土壤以及水分快速挥发的效果。在这个过程中, 土壤中含有的水分发挥了非常关键的导电作用, 而随着热力作用, 土壤中的水分不断蒸发, 此时土壤导电率也会随之下降, 直至完成导电即可自动停止, 为此, 为了达到更好的效果, 通常需要不断的向土壤加水, 以便更好的大大维持导电加热的效果。

土壤电阻加热技术在使用期间, 可促使受到污染的区域土壤温度能够迅速达到水的沸点, 并广泛运用于低温、中温的条件下, 现阶段土壤电阻加热技术已经成为了土壤中油类物质、挥发性化学物质修复的重要方案。有研究者表示^[1], 在具有较高渗透性能的砾石、砂石等非均质土壤, 土壤电阻加热技术同样有着非常显著的性能, 同时针对渗透性能相对较差的黏土、粉土, 土壤电阻加热技术仍然能够达到较好的效果。此外, 还有研究者发现^[2], 针对1, 4-二烷污染场地, 土壤电阻加热技术同样可发挥土壤修复功效, 因在污染场地中含有大量的水分, 而污染物本身的沸点相对较低, 为此, 在采用土壤电阻加热技术干预期间, 将修复温度调控到较低的水平范围上, 就能够达到较好的土壤修复效果, 结果显示, 修复的热量分别为196.6kW.h/m³、98.3kW.h/m³时, 污染物的去除率就能够达到99%、90%。

另还有研究者发现针对非均质多孔介质^[3], 运用土壤电阻加热技术对其气体迁移以及污染物再分配问题进行了深入研究, 结果显示, 当地下水的流动速度不断加快, 土壤电阻加热技术的加热效果就表现出持续下降, 与此同时, 考虑到水与DNAPL有着相同的沸点, 土壤层状异质性能够在进入到气相之后, 迅速实现对处理区域之外的污染物进行迁移, 这就意味着, 土壤电阻加热技术在对土壤和地下水污染问题进行修复处理之后, 就能够较好的实现对气相回收的有效控制。

3. 土壤电阻加热技术的优势及限制

3.1 土壤电阻加热技术的优势

(1)采用土壤电阻加热技术进行土壤修复处理的过程中, 场地仍然能够持续运营; (2)原位处理技术能够实现对土壤和地下水最终处置费用的控制; (3)与传统地下水抽除处理技术相比较, 土壤电阻加热技术所花费的时间相对较短; (4)土壤电阻加热技术仅需要非常普通的设施设备; (5)针对缝隙相对较密的土壤以及非均质含水层的土壤, 土壤电阻加热



技术均具有较为显著的应用成效；(6)在对污染源进行移除处理之后,即可达到较好的下游地下水水质改善功效；(7)最新研究成果发现,加温能够促使污染物的生物降解速率得到有效的强化。

3.2 土壤电阻加热技术的使用限制

(1)土壤电阻加热技术有着相对的应用成本,无论是操作、设置,还是维护,尤其是针对污染范围较大的情况,有着相当高的操作成本。根据统计数据来看,土壤电阻加热技术在应用期间,其处理单价应当介于 55~400 美元/立方米之间,平均在 120 美元/立方米左右^[4]。(2)含水层若表现为不均质性特征,那么采用土壤电阻加热技术时,处理难度就相对较高,需要与其他复杂的应用方式相符合,具体包括:更大量能源、更复杂的规划设计、更长的整治时间。此限制并非集中在土壤电阻加热技术本身,而是需要确定污染的传输方式,再基于实际特点来提出相应的抽除处理方案。

(3)土壤电阻加热技术并非针对所有的污染物均有显著的干预效果。若污染物中含有大量的重金属,那么在进行修复的过程中,就可能出现加热移动现象。(4)通常加热含水层需要耗费一定的时间,通常在 1 个星期至 1 个月不等,但其降温需要耗费大约 1 年左右的时间,只有在达到了降温标准之后,才能够对其进行采样检验,了解是否取得了修复成效。(5)若污染场所的含水层有着较好的透水性能,可能需要为其提供持续的水力干预,以便降低污染物扩散问题。为此,可能需要为其配置抽水井,以及相关的废水处理设施设备。

3.3 土壤电阻加热技术的操作技术

导致土壤电阻加热技术的效果受到影响的因素非常多,具体包括以下几点:(1)在实际运用的过程中,其沸腾污染范围和加热范围所需要花费的具体时间;(2)在开始修复处理阶段,系统实际需要加热的污染范围,与污染物处理所需要花费的距离间距情况;(3)针对整治区域的污染处理,土壤气体抽除设备的具体效果;(4)实际挥发性有机物抽除量与生物的降解量。结合上述四方面因素以及现场的具体情况来看,以适当的模式来实施评估,并做出相应的操作参数调整,以便达到更好的修复效果。

通常土壤电阻加热技术在实施期间,主要通过自动操作系统来运作,具体包括:启动、监测、通报以及警报等。在进行修复的初期阶段,场地内停留各种操作人员。土壤电阻加热技术的具体操作程序如图 2。在将加热系统启动之前,首先需要土壤气体抽除系统开启,确保整个治理区域能够处于负压状态下,并将土壤中残存的气态污染物和气体快速抽除。

当加热状态达到了完全运作模式之后,即可通过具体的资料信息和监控内容来实现对电脑系统运用,并经常性根据电压、电力输出、土壤温度和电流等各方面资料的经常性测量。在土壤中加热模式与速率,必须结合污染区域所设置的热电偶测温线来完成温度的测量,以及通过井实现对压力的测量,并结合测量结果做出合理的调整。

再讲废水完全抽出之后,即可实施贮存处理,或者重新针对污染区域注入含水层,以便更好的帮助污染物废气得到挥发处理,随后再经过处理之后排放到大气中。在这个操作的过程中,可配合地面处理系统来进行动态监测。除此之外,电阻加热处理具体包括了空气监测实施计划,并定期对土壤

和地下水的相关情况进行采样监测,以便更好的掌握电阻加热技术的操作技术的修复效果。

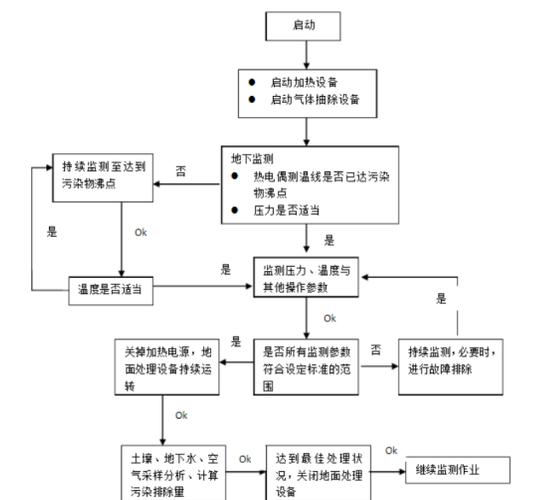


图 2 电阻加热技术的操作技术流程图

在对电阻加热技术的操作技术的实施成效进行评估的过程中,通常是通过以下几方面来综合评价:(1)地下水污染整治区域与下游含水层的水质变化情况进行监测;

(2)主要对污染物的质量、浓度和质通量变化情况进行测定;(3)地下水污染整治区域与其临近区域的主要污染物的变化情况;(4)通过系统来进行综合验证,并对其维护情况进行了解。

4. 结论

综上所述,电阻加热技术在土壤修复中有着非常多的优势,且有着较大的发展前景。但因污染场地在修复过程中,本身有着较为特殊的敏感性特征,故该项技术在国内的发展速度较为缓慢,并且成功修复的案例也非常少。除此之外,土壤修复属于一个污染体量非常大的场地,无论是对开放商而言,还是对企业而言,亦或者是政府,都需要投入巨大的成本。为此,电阻加热技术在土壤修复中的应用还需要进一步探讨,以便提出操作更为简单、成本更低的处理技术。

参考文献

[1] 熊樱, 蔡云, 王永敏, 杨晓东. 原位燃气热脱附技术在有机污染土壤修复工程的应用 [J]. 化工管理, 2020 (31): 87-90.
 [2] 黄翔, 杜雷, 洪娟, 等. 重铬酸钾外加热法和 ASI 法测土壤有机质相关性研究 [J]. 湖北农业科学, 2020, 59 (15): 122-125.
 [3] 康文慧. 热强化气相抽提修复半挥发性直链烃污染土壤的影响因素研究 [D]. 大连海事大学, 2020.
 [4] 田焱. 电阻加热耦合化学氧化对场地多环芳烃污染土壤的修复效果研究 [D]. 山西大学, 2020.
 [5] 焦文涛. 土壤电阻加热技术原位修复有机污染土壤的关键问题与展望 [J]. 环境工程学报, 2019. (07) 30

作者简介: 张海升 (1984-), 男, 江苏新沂, 工程硕士, 助理工程师, 长期从事环境保护监管和管理工作。