

原地异位建堆热脱附技术和设备在石油污染土壤修复中的应用

樊松鸽（鸿灌环境技术有限公司，江苏 苏州 215000）

摘要：土壤是人类生存中不可或缺的资源，有了它人们才可以开展一系列的生产、生活活动，使得自身发展的更好。而石油则是由多种复杂的烃类化合物组合而成，当其进入到土壤，将会对人体的生命健康与生态环境安全造成严重的威胁。目前，我国石油污染物是造成我国土壤出现安全问题的一个主要因素，因此，对石油污染土壤进行修复是现目前最重要的一个举措，只有这样才能避免对人们的生命安全造成威胁。接下来将详细阐述原技术使用流程、土壤堆体中设备与尾气处理系统设备以及修复方面。

关键词：原地异位建堆热脱附技术；石油污染土壤修复；应用

原地异位建堆热脱附技术的使用原理，主要是通过加热作用于石油污染土壤中，然后将依附于土壤上的石油物质及污染成分进行分解及挥发，再使用相关设备将其收集处理。不过在使用原地异位建堆热脱附技术处理石油污染土壤时，除了会受到土壤本身属性的影响外，处理的温度、实践以及工艺条件也会对其热解效果造成一定的影响。原地异位建堆热脱附技术通过加热能够使得污染物从土壤中脱附出来，并进入到气相中，然后通过抽提的方式可将污染物分离出来，接着再对其实施其处理，以达成对石油污染土壤的修复^[1]。这一技术的运用较为便利，能够在现场直接进行处理，并不需要远距离输送，同时它的二次污染较少，在对有机污染土壤修复时也有着较好的修复效果。

1 技术使用流程

原地异位建堆热脱附技术主要通过对挖掘堆放的石油污染土壤进行加热，直到污染组分的沸点为止，这样的加热方式能够让污染物从土壤中进行挥发、分离，在这一过程中主要包含了污染组分的挥发与裂解等物理化学变化。当污染物通过加热变为气态后，它的流动性得以提高，这时就可使用风机抽提的方式对其进行采集。依据热源方面的不同，原地异位建堆热脱附技术主要分为燃气式与电加热式两种方式，方式上的选择需要依据地区、地域的特点进行选择。在这里我们主要举例使用燃气式这一方法。通过将石油污染土壤堆建成四棱台的样式，在堆建过程阿訇需要在石油污染土壤中分层安装加热管与抽提管，加热管在抽提管的下方位置。通过天然气在燃烧器中进行燃烧产生高温，然后通过加热管内管的作用将其输送到加热外管中，使得石油污染土壤在这些设施设备的作用下升温，当加热到一定程度时，附在土壤颗粒上的污染物会从液体状态转化为气态，进行挥发，以此达到剥离目的，这时就可运用抽提管与风机进行抽送，将其送入气处理系统，以此实现对石油组分后的冷凝回收这一目标^[2]。

2 土壤堆体中设备与尾气处理系统设备

依据石油污染土壤堆体的总量大小，选择不同数量的加热内外观、抽提管、余热利用管、热电偶、压力变送器、高压风机、燃烧器、耐火管以及烟囱等。当天然气燃烧后会产生极高的温度，大概在 700~800℃，这时高温会通入加热管中，并利用间接换热的方式加热石油污染土壤，另外在余热利用管的作用下，还可以将高温进行回收再利

用，使其二次加热石油污染土壤，这样的方式还能够使得余热资源得到有效的运用，避免浪费现象的发生^[3]。当然，在运用原地异位建堆热脱附技术时还需建立良好的防护措施，通过上述可知其能够达到 700~800℃ 的高温，若没有相应的防护措施，可能会导致极为严重的安全事故发生。

3 修复方面

3.1 对石油污染物料性状的分析

石油污染土壤因被石油污染，使其具有极为复杂的属性，这对于原地异位建堆热脱附技术的使用会造成一定的不良影响。对待修复的石油土壤开挖后发现，其污染情况极为复杂。主要将其分为三种。这里将其分为 A、B、C 三类，A 物料颜色最浅，它的含油率是最低的；B 物料颜色最深，含油率是最高的；C 物料颜色较深，含油率较为接近 B 物料。

3.2 堆体

在对石油污染土壤进行建堆处理时，需要依据其属性进行，将其分成四层进行搭建操作。A 物料需要在最顶层与底层，B 物料在第二层，C 物料在第三层。需要进行处理的物料需要先经过仔细的筛分与初步处理后才能够将其建立成堆体进行最终处理。之后需要将 A 物料按照设计好的大小平铺与底层，在其铺好后，需按照 1.5m 的间距铺设加热管与抽提管，在第二层物料搭建完成后，需要铺设余热利用管与抽提管，并在这一层中安装热电偶与压力变送器，以便能够在后续操作中对堆体的温度与负压进行监测。当第三层 C 物料按照规定大小平铺完成后，也需要根据规定间距铺设加热管与抽提管。然后将 A 物料铺设与顶层，进行封顶操作。当整个堆体搭建完成后，就需要在堆体表面进行隔离层施工，在堆体四周采用混凝土抹面固封，厚度在 6cm 作用，在堆体的顶部需要加盖一层岩棉板进行隔热操作，厚度在 8cm 作用。当然为了预防雨水的影响，在岩棉板铺设完成后，需再覆盖一层混凝土，厚度也在 6cm 左右。

3.3 技术处理方面

通过天然气在燃烧器中进行燃烧产生高温，其烟气进入到加热管的内管中再传导于加热管的外管中被排出，接着再进入到余热利用管中对热量进行二次运用，最后由烟囱排出。在这一个完整的过程张红，通过加热管外管热传导的方式加热石油污染土壤，促使污染物进行挥发和分

离。在加热这一步骤中,为了能够让燃烧管正常运行,就需对加热管内外管进行实时监测,这一步骤能够将其温度进行监测管理,避免出现过高的温度致使损失设施设备,同时对其实时监测还能够将温度控制在需要的范围内,从而确保石油土壤修复效果。在运用原地异位建堆热脱附技术时,需要在含油率最高的B物料也就是第二层设置一个土壤取样口,当对石油污染土壤修复完成后,就需要从这一取样口中取出样品,将其送完具有对应资质鉴定的第三方检测机构进行检测,对土壤修复效果进行精准评估。

3.4 气处理方面

在使用原地异位建堆热脱附技术处理后,石油中的烃类物质会被转移到气相中,为了能够达到《大气污染物综合排放标准》的具体要求,就还需要对后续尾气进行处理。气处理系统中主要含有气液分离器、列管换热器、罗茨风机、板翅式换热器等。具体的工艺流程为:首先将抽提管中收集到的污染气体送入到一级气液分离器中,从而将气体与携带的土壤颗粒及大液滴进行分离。对其分离完成后就需要将其中的气体输送到列管式换热器中,这样的操作能够冷凝气体,进而回收。当气体冷凝完成后又需要将其输送到二级气液分离器中,以便将冷凝气体和它附带的雾状液滴分离开,这样也是为了避免雾状液滴进入风机的一个有效操作。经过以上操作的气体它主要以风机为动力源,在通过两级活性炭时,会利用其吸附能力来达到净化的目的。当气体处理达标后会通过烟囱将其排放出去。其

中的油水混合物会被收集到专门的桶中,交予给当地的污水厂进行处理。

4 结语

通过运用原地异位建堆热脱附技术能够通过加热来修复石油污染土壤,不过在采用这一技术时,它也会受到各种因素的影响,像是石油污染土壤的含水量,当石油污染土壤含水量越低,那么加热管外管会越快速的将高温传递到各个层面的物料中,反之速度就会很慢,进而对效果产生影响。原地异位建堆热脱附技术的优势特点在上文中已有了较为清晰的阐述,经过这一技术处理的石油污染土壤,大部分都能够满足国家及地区对其的具体要求,因此,为了修复更多的石油污染土壤,减轻它对人体生命安全的威胁,国家和政府部门应当加大对这一技术的推广,使得有大量石油污染土壤的地区能够采用这一技术对土壤进行修复。相关技术人员还应加大对这一技术的研发,使其满足更多条件和需求。

参考文献:

- [1] 徐飞,沈婷婷.热脱附技术在化工厂污染土壤修复中的工程应用[J].当代化工,2020,v.49;No.292(5):251-254.
- [2] 许优,顾海林,詹明秀等.有机污染土壤异位直接热脱附装置节能降耗方案[J].环境工程学报,2019(9):2074-2082.
- [3] 李俊超,张卫华.生物表面活性剂在石油污染土壤修复中的应用潜力[J].中国资源综合利用,2019,37(1):74-76.

(上接第159页)离塔进料位置与塔顶/塔釜DCPD含量的关系进行灵敏度分析计算,确认为第14块理论板进料;对单体分离塔塔顶/塔釜DCPD含量与回流比进行灵敏度分析计算,确认单体分离塔的回流比为3.0;对单体分离塔侧线采出位置与侧线/塔釜MCPD含量的关系进行灵敏度分析计算,确认为第33块理论板为侧线出料。

R-102为DCPD二聚反应器,采用化学计算反应器RStoic模块,本次模拟不考虑反应动力学的问题,直接指定单体分离塔顶的高纯度CPD二聚转化率为98.75%,并计算反应热,反应条件为70℃,0.13MPa,高纯度CPD二聚后得到的DCPD≥98.4%(wt%)。R-103为DMCPD二聚反应器,采用化学计算反应器RStoic模块,本次模拟不考虑反应动力学的问题,直接指定单体分离塔侧线采出的粗MCPD二聚转化率为97.0%,并计算反应热,反应条件为100℃,0.17MPa,粗MCPD二聚后得到的DMCPD只有81.78%(wt%),还需要脱轻塔和脱重塔进行精制处理。

脱轻塔将R-103二聚反应后的粗DMCPD混合物进行分离。为降低脱轻塔釜DMCPD解聚和多聚物生成,脱轻塔操作压力定为-0.098MPa。先以粗DMCPD混合物为基础,使用多组分精馏的简捷设计模块DSTWU,指定DCPD为关键轻组分、DMCPD为关键重组分、关键轻/重组分回收率后,脱轻塔初步计算得出达到分离要求所需理论板数与回流比的数据关系。再选用精馏塔严格计算模块RadFrac,确认为38块理论板,对脱轻塔进料位置与塔顶/塔釜DMCPD含量的关系进行灵敏度分析计算,确认为第17块

理论板进料;对脱轻塔塔顶/塔釜DMCPD含量与回流比进行灵敏度分析计算,确认单体分离塔的回流比为1.5。

脱重塔将脱轻塔釜的物料进行分离。为了降低脱重塔釜DMCPD的解聚和多聚物的生成,脱重塔操作压力定为-0.098MPa。先以脱轻塔釜物料为基础,使用多组分精馏的简捷设计模块DSTWU,指定DMCPD为关键轻组分、C₁₂为关键重组分、关键轻/重组分的回收率后,进行脱轻塔的初步计算,得出达到分离要求所需的理论板数与回流比的数据关系。再选用精馏塔严格计算模块RadFrac,确认为29块理论板,对脱重塔进料位置与塔顶/塔釜DMCPD含量的关系进行灵敏度分析计算,确认为第11块理论板进料;对脱重塔塔顶/塔釜DMCPD含量与回流比进行灵敏度分析计算,确认单体分离塔的回流比为0.25。脱重塔顶采出DMCPD产品(≥95.0%)。

综上,利用Aspen Plus流程模拟软件,以裂解C₉馏分为原料,采用液相解聚-分离-二聚-分离的工艺进行DCPD及DMCPD精制分离的流程模拟和各精馏塔的设计优化,可得到符合行业质量标准的高纯度DCPD和DMPCD,对裂解C₉馏分生产精DCPD和DMPCD的流程很好描述。

参考文献:

- [1] 徐向阳.甲基环戊二烯二聚体和双环戊二烯的分离制备[D].杭州:浙江大学,2013.

作者简介:

韦隆武(1981-),男,壮族,广西河池人,工程师,研究方向:低碳脂肪胺和醋酸酯类产品开发。