# 集输管线泄漏污染农田土壤的修复方法

唐文祥

郑州德析检测技术有限公司 河南 郑州 450000

【摘　要】：本文聚焦于集输管线泄漏致使农田土壤被污染后的修复方法展开研究。着重剖析油气集输管线泄漏之后，石油烃类污染物对农田土壤的理化性质、微生物群落、作物生长、生态安全所产生的影响，同时探究适用于农田场景的污染识别方式、风险评估手段、修复技术路径。文章运用文献归纳、理论分析、污染土壤修复技术比较等方法，从污染特征、修复难点、技术原则、主要方法、保障机制等多个方面展开论述。研究发现，集输管线泄漏污染农田土壤具备突发性、扩散性、复合性、生态敏感性的特点，修复工作需要同时考虑污染去除、土壤功能恢复、农业生产安全这几个方面。

【关键词】：集输管线；泄漏污染；农田土壤；石油烃；土壤修复

DOI:10.12417/2811-0536.26.10.055

## 引言

油气集输管线作为油田生产、能源输送的关键设施，在长期运行期间有可能遭受腐蚀、老化、外力破坏、管理失效等因素的作用，从而出现原油或者含油污水泄漏的情况。要是农田土壤受到了石油类污染，那么不仅会致使土壤结构与肥力发生改变，还可能对作物生长、农产品安全、区域生态环境产生影响。鉴于农田具备生产功能与生态功能这一双重属性，污染修复不能仅仅着眼于污染物浓度的降低，还应当着重关注土壤质量的恢复、后续的安全利用。

## 1 集输管线泄漏污染农田土壤的基本认识

### 1.1 集输管线泄漏污染的形成机理

集输管线负责原油、天然气、采出水、相关介质的输送工作，其管线分布范围比较广泛，有部分管段会穿越耕地、沟渠、道路、村镇周边区域。因介质成分复杂、运行压力波动、管材发生腐蚀、接口出现失效、地表产生沉降、施工造成扰动、巡检存在不到位等因素，管线有可能出现渗漏、破裂或者慢性泄漏的情况。泄漏物进入农田之后，先是在地表形成油膜或者含油积液，接着在重力、降雨、灌溉、土壤毛细作用的影响之下向下迁移或者横向扩散。石油烃类污染物具备疏水性和吸附性，容易和土壤有机质、细粒颗粒相结合。

### 1.2 污染农田土壤的主要危害

集输管线发生泄漏后，对于农田土壤所产生的影响呈现出多层次的特性。首先，石油污染物会致使土壤孔隙出现堵塞的情况，进而使得土壤的透气性、渗透性降低，对水分、空气、养分循环造成破坏，最终影响到土壤团粒结构的稳定性。其次，污染物会对土壤的酸碱度、有机质形态、微生物群落结构产生改变，抑制部分有益微生物的活动，使得土壤的自净能力下降。再次，石油烃及其伴生污染物有可能对种子萌发、根系伸展、叶片生长、作物产量产生影响，严重时会导致植株出现萎蔫或者死亡的状况。针对农田来说，更应当关注污染物借助根系吸收、附着或者土壤扬尘等途径，对农产品质量安全所产生的潜在影响。倘若污染区域未能及时被识别并加以隔离，还有可能通过雨水径流、灌排系统、农机作业来扩大影响的范围。

## 2 集输管线泄漏污染农田土壤修复面临的主要问题

### 2.1 污染识别和范围判定难度较大

集输管线发生泄漏时，情况各有不同，有的表现为突发性的大量泄漏，有的则呈现为长期的微量渗漏趋势。突发泄漏这种情况通常比较容易被察觉，然而，污染物于土壤当中的迁移深度、扩散边界，仍得借助采样检测才能够予以判断。慢性泄漏相对而言，在较长的时间段内不太容易被发觉，往往是在污染物已然进入到耕作层或者更深的土层之后，才会被发现。农田土壤存在着空间方面的差异性，不同位置处的含水率、黏粒含量、有机质含量、耕作扰动程度并不相同，而这些差异会对污染物的分布产生影响。要是仅仅依靠肉眼去观察油迹或者凭借气味来判断污染范围，很容易对深层污染、边缘污染做出低估。

### 2.2 修复技术选择与农田功能恢复衔接不足

在部分污染土壤修复实践当中，技术选择比较侧重于污染物去除效率，然而对于农田土壤功能的恢复却没有给予足够重视。物理清挖这种方式能够迅速降低表层的污染风险，不过要是剥离过多的耕作土，就有可能致使土壤肥力降低、农田结构遭到破坏。化学氧化反应的速度相对较快，但是药剂投加要是不恰当的话，或许会对土壤微生物、作物生长产生影响。生

物修复具有生态友好的特性，只是周期比较长，并且对温度、水分、营养盐、氧气条件的依赖程度较高。植物修复适宜用于低浓度污染区域，然而对于重度污染的治理能力有限。要是修复技术选择和农田后续利用目标缺乏衔接，虽然污染指标有所下降，也有可能出现土地复耕困难、作物生长状况不佳、土壤质量下降等情况。

### 2.3 修复过程管理和效果评价不够完善

集输管线泄漏污染农田土壤的修复属于持续性工作内容，涵盖应急处置、污染调查、方案设计、工程实施、过程监测、效果评估、后期管护等多个环节。要是过程管理存在欠缺，便会容易出现诸如污染土壤转运不规范、修复药剂投加不均匀、污染残留检测不充分、修复效果难以有效验证等问题。部分修复工作在污染物浓度达到某个控制值后就宣告结束，然而对于土壤肥力、微生物恢复、作物适宜性、长期风险方面却关注不够。农田土壤修复效果具备滞后性，短期检测合格并不意味着生态功能已然全部恢复。

## 3 集输管线泄漏污染农田土壤修复的基本原则

### 3.1 坚持应急控制与长期修复结合原则

集输管线出现泄漏情况后，首要任务是采取相应的应急控制举措，尽快切断污染源，防止污染物持续进入农田。在应急阶段，需着重完成一系列工作，包括停输处置、泄漏点封堵、污染区域围挡、表层油污收集、沟渠拦截、受污染农作物隔离等。应急控制的关键在于对扩散范围加以控制，进而降低人员接触、生态暴露所带来的风险。然而，农田土壤修复不能够仅仅停留在应急清理阶段，这是由于石油污染物有可能已经渗入到土壤孔隙、根系层，所以需要展开长期的修复工作。长期修复应当依据污染程度、土壤性质来挑选合适的技术，并且持续监控修复的进展状况。应急控制主要解决“污染继续扩大”这一问题，长期修复则主要解决“土壤功能恢复”这一问题。只有将二者结合起来，才能够达成污染治理、农田安全利用的统一。

### 3.2 坚持分类分区与因地制宜原则

泄漏污染于农田中的分布一般不匀称，在泄漏中心、径流路径、低洼积聚区、耕作扰动区、边缘影响区，其污染程度存在差异。修复工作需秉持分类分区原则，依据污染浓度、污染深度、土壤类型、地下水埋深、作物种类、土地利用要求来划分治理单元。对于重污染区域，可优先选用清挖、异位处理亦或是强化化学修复的办法，对于中度污染区域，可采用化学氧化与生物修复相结合的方式，对于轻度污染区域，可运用原位生物修复、植物修复、农艺改良措施。因地制宜原则表明修复方案不可机械套用，应结合当地气候、土壤质地、灌溉条件、农时安排、施工可达性来设计。分类分区既能提高修复效率，又能减少不必要的土壤扰动。

### 3.3 坚持污染削减与生态恢复并重原则

农田土壤修复有着其根本目标，并非仅仅局限于去除污染物这一单一方面，更为关键的是要恢复土壤所具备的生态功能、农业生产能力。污染削减作为基础性内容，一定要将石油烃等各类污染物的浓度降低至能够被接受的水平，而生态恢复则对土壤结构、养分状况、微生物活性、作物生长条件提出要求，需为了其逐步得以改善。倘若只是着重强调污染物浓度的下降，却忽略了土壤肥力、生物活性，那么虽然修复后的土地也可能依旧难以实现正常的耕种。要坚持把污染削减与生态恢复放在同等重要的位置上，这就需要在修复的过程里合理地补充有机质，对水分、通气条件进行调节，恢复微生物群落，改善土壤团粒结构，同时进行必要的农艺管理工作。对于农田来讲，修复效果应当通过污染物检测、土壤质量评价、作物生长表现这几个方面共同进行判断。只有生态功能得以恢复，修复工作才会具备实际的意义。

## 4 集输管线泄漏污染农田土壤的主要修复方法

### 4.1 物理修复与工程控制方法

物理修复可应用于污染程度较高、污染范围相对清晰明确，或者是急需迅速降低暴露风险的区域。其常用方法包括表层油污收集、污染土壤清挖、换土、热处理、土壤筛分、隔离阻控等。要是遇到泄漏初期所形成的比较明显的油污，能够先通过人工方式或者机械手段进行收集，以此减少污染物持续向下渗透。针对重污染耕作层，可实施清挖，然后将其外运并进行异位处理，之后再回填符合农田利用规定的土壤。物理修复方法产生效果的速度比较快，对风险的控制也比较明确，然而它也存在着一些问题，比如对土壤的扰动比较大、工程量相对较高、成本较高、会造成肥力损失等。

### 4.2 化学修复与调控方法

化学修复借助氧化、还原、淋洗、固定化、改良调控等途径，来降低污染物含量或者迁移风险。在被石油烃污染的土壤里，化学氧化法借助氧化剂致使部分有机污染物的结构遭到破坏，进而让污染物的降解速度得以提高。土壤淋洗依靠表面活性剂或者淋洗液

促使污染物从土壤颗粒中解吸出来，不过在农田场景下需要对淋洗液残留、二次污染予以严格控制。化学改良法通过添加有机质、矿物材料、营养盐或者调理剂来改良土壤的通气性、保水性、微生物生长环境，以此为后续的生物修复创造条件。

### 4.3 生物修复与植物修复方法

生物修复在石油污染农田土壤修复里是比较重要的生态友好型方法，其核心思路是借助土著微生物或者外源功能菌去降解石油烃类污染物。调整土壤的水分、氧气、温度、养分比例、酸碱度，能够提高微生物降解活性。像生物通风、生物堆肥、土地耕作修复、菌剂强化这类方法，都能够用于不同程度污染的土壤。植物修复依靠植物根系吸收、根际微生物促进、土壤结构改善等作用，逐渐降低污染物含量并恢复土壤生态功能。

## 5 集输管线泄漏污染农田土壤修复的实施保障机制

### 5.1 建立全过程风险调查与监测机制

科学修复的前提在于精确把握污染状况。集输管线泄漏发生以后需要建立起涵盖全过程的风险调查、监测机制。前期调查涵盖泄漏点位置、泄漏介质量、持续时间、地形地貌、土壤类型、农田利用情况、周边水体分布等多方面信息。采样监测要覆盖表层土壤、不同深度土层、径流影响区、疑似扩散区域，之后依据污染分布结果绘制出污染范围图。修复过程中要定期监测石油烃浓度、土壤含水率、养分指标、微生物活性、作物适宜性变化情况。

### 5.2 完善修复方案论证与施工管理机制

农田污染土壤修复方案需以调查评估为基础来制定，待经过技术论证之后才能实施。该方案涵盖的内容有修复目标、污染分区、技术路线、工程措施、药剂或材料的使用情况、施工流程、环境保护要求、农田恢复措施、效果评估方法。在施工管理的过程当中，关键要把控好污染土壤开挖、暂存、运输、处置这些环节，避免污染出现转移或者扩散的情况。进行原位修复之时，则要强化药剂投加、翻耕混合、水分调控、通气条件的控制，以此保证修复措施均匀且有效。

### 5.3 健全效果评价与农田恢复利用机制

当集输管线泄漏而污染的农田土壤修复工作结束之后，需要展开综合效果的评价工作。此项评价工作所涵盖的内容并非仅仅是污染物浓度有无下降，还包括土壤的理化性质、肥力水平、微生物活性、作物生长适宜性、生态风险的变化情况等方面。对于那些计划恢复农业生产的土地而言，要依据土壤检测得出的结果、作物安全方面的要求，明确这块土地能不能进行复耕、适合种植哪类作物、是否需要进行过渡期管理。

## 6 结论

集输管线发生泄漏进而污染农田土壤的修复工作，属于油气田生产安全、生态环境保护、农业生产安全这几个交叉领域里的关键问题。相关研究显示，集输管线泄漏所造成的污染呈现出一些特点，比如突发性与隐蔽性同时存在，污染分布并不均匀，石油烃的组分比较复杂，而且农田生态具有很强的敏感性。对于农田土壤的修复而言，不能仅仅只着眼于让污染物浓度降低，还得同时兼顾对耕作层的保护、使土壤肥力得以恢复、重建微生物的功能、确保作物能够被安全利用。在当前的修复工作当中，仍然存在着一些问题，像是污染识别、范围判定的难度比较大，修复技术的选择和农田功能恢复之间的衔接不够充分，过程管理、效果评价也并不完善。要想提高修复的质量，应当秉持应急控制与长期修复相结合、分类分区并且因地制宜、污染削减与生态恢复并重的原则，合理运用物理修复、化学修复、生物修复、植物修复、联合修复等方法。

**参考文献：**

[1] 周启星,宋玉芳.污染土壤修复原理与方法[M].北京:科学出版社,2004.

[2] 张从.污染土壤生物修复技术[M].北京:中国环境科学出版社,2002.

[3] 陈怀满.土壤中化学物质的行为与环境质量[M].北京:科学出版社,2002.

[4] 骆永明.污染土壤修复技术与应用[M].北京:科学出版社,2011.

[5] 刘五星,骆永明,滕应.石油污染土壤生物修复研究进展[J].土壤,2007,39(3):337-343.