

石油污染农田治理新模式

杜一戈¹, 李鑫², 周爱国^{1*}, 王芮琮¹, 补建伟²

(1. 中国地质大学环境学院, 湖北武汉 430074; 2. 中国地质大学地质调查研究院, 湖北武汉 430074)

摘要 [目的] 探寻石油污染农田新的有效治理模式。[方法] 以潜江市为研究对象, 将石油污染农田修复工程与矿山公园建设相结合, 探讨石油污染农田的治理模式。[结果] 矿山公园建设可以为治理工程提供科学研究场所与更多资金, 同时治理工程也可成为矿山公园的科普教育基地, 二者相辅相成。[结论] 将矿山公园建设与石油污染农田的治理工作相结合, 是一种切实有效的恢复矿山生态环境的新模式。

关键词 石油污染农田; 矿山公园; 潜江市; 治理模式

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)06-02626-03

The New Governing Pattern of Petroleum-contaminated Farmland

DU Yi-ge et al (School of Environmental Studies, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074)

Abstract [Objective] The study aims to find a new and effective governing pattern of petroleum-contaminated farmland. [Method] Taking Qianjiang City as the research object, petroleum-contaminated farmland remediation and mine park construction were combined to discuss the governing pattern of petroleum-contaminated farmland. [Result] Mine park construction could provide scientific research places and more funds for treatment project, meanwhile treatment project can become popular science education base of mine park. [Conclusion] Combining petroleum-contaminated farmland remediation and mine park construction is a kind of new practical and effective pattern to restore the ecological environment in mining.

Key words Petroleum-contaminated farmland; Mine park; Qianjiang City; Governing pattern

我国矿产资源类型丰富, 分布广泛, 且具有悠久的开发历史, 特别是新中国成立以来的 60 多年内, 我国的矿业发展取得了举世瞩目的成就。但是, 长期以来在重资源开发与经济发展, 轻环境、生态环境保护的思想支配下, 使得矿山建设和生产过程对环境造成了巨大破坏, 导致环境污染和生态退化, 许多珍贵的矿山遗址及矿业遗迹也受到严重的影响。近些年来, 国家采取了诸多措施, 并颁布了一系列文件法规, 用来保护重要的地质矿业遗迹, 恢复矿山生态环境。1987 年, 原地质矿产部在《关于建立地质保护区规定的通知(试行)》(地发〔1987〕311 号)中, 首次以部门法规的形式提出对包括采矿遗址在内的地质遗迹建立保护区。2004 年 11 月, 为加强对我国重要矿业遗迹资源的保护, 国土资源部发出《关于申报国家矿山公园的通知》(国土资发〔2004〕256 号), 要求在全国有条件的地区实施国家矿山公园建设^[1]。经过 2005 年 8 月、2010 年 5 月、2012 年 12 月国土资源部组织的 3 个批次国家矿山公园评审, 现在共有 72 家矿山公园被授予国家矿山公园建设资格。其中包含有 4 家油田类矿山公园, 分别是黑龙江大庆油田国家矿山公园、河北任丘华北油田国家矿山公园、甘肃玉门油田国家矿山公园以及湖北潜江国家矿山公园。笔者以湖北省潜江市为例, 探讨了在国家矿山公园建设背景下, 石油污染农田的治理模式, 并提出了将石油污染农田修复治理与矿山公园建设有机结合的途径, 以期为其石油城市的生态环境治理及可持续发展提供借鉴。

1 潜江国家矿山公园概况

潜江市地处江汉平原腹地, 位于湖北省中南部, 东距省会武汉市 150 km, 西到宜昌市 170 km。市内的江汉油田是我

国华中地区最大的油田, 矿业经济一直是潜江市的支柱产业, 特别是石油产业占据了地方经济的半壁河山。

潜江市自 20 世纪 60 年代以来, 已经累计向国家输送原油 5 000 多万 t, 仅石油工业单项向国家上缴综合利税达 400 亿元, 相当于国家同期投入的 6 倍。但是, 随着半个多世纪的勘探开采, 目前潜江市的油气资源已经接近枯竭, 同时矿山地质环境问题日益突出。在油气钻采、收集、储存和运输过程中, 落地原油和各种固体废弃物污染严重; 油田建设过程中占用的大量简易道路、废弃集气站、废弃中转站破坏占用大量耕地。据统计, 市域内因早期油气开采需要治理和恢复的土地近万亩。

潜江石油资源的枯竭及环境的恶化给全市社会经济发展带来了巨大影响, 潜江市经济的可持续发展面临着极大的困难和挑战。建立矿山公园, 是目前资源枯竭型城市进行经济转型, 实现可持续发展的最佳选择之一。湖北潜江国家矿山公园位于潜江市中北部, 公园分为三大园区, 即广华园区、王场园区和公园主题园区, 地理坐标为东经 112°39′31″~112°54′49″, 北纬 30°23′03″~30°32′05″之间, 总面积 35.18 km²。其中, 公园范围内的矿山地质环境问题大多出现在王场园区, 其位于东经 112°45′13″~112°49′02″, 北纬 30°28′11″~30°31′26″, 总面积 17.82 km²。

2 潜江矿山公园内石油污染农田现状

目前, 江汉油田在潜江市内分布范围达 133.28 km², 共拥有生产井数 1 393 口, 其中采油井 986 口, 点多、面广、量小是江汉油田的主要特点; 油田在前期开采过程中废弃的油井共有 683 个。据调查, 潜江市内 683 口废弃油井分布在 14 个油区, 成井时间以 20 世纪 70 年代居多, 80 年代次之, 90 年代较少, 60 年极少。683 口废弃井中, 有 210 口污染较严重, 平均每口油井污染土壤面积约 1.33 hm², 小者不足 0.67 hm²,

作者简介 杜一戈(1988-), 男, 浙江绍兴人, 硕士研究生, 研究方向: 水文地质、环境地质, E-mail: zdddyg@163.com。* 通讯作者。

收稿日期 2012-12-25

大者可达 2.00 hm² 以上,全市废弃油井的污染面积达到 248.80 hm²。

由于未进行过污染土壤修复工作,造成土地荒闲,浪费严重。其中最为严重的是王场油区,该油区为江汉油田的主力产油区,1961 年江汉油田的第一口油井就在此钻成投产,该油区累计开采量 1 496.18 万 t,占据江汉油田总开采量的近三分之一。王场油区由于开采历史悠久,区内遗留有大量珍贵的矿业遗迹,按照矿业遗迹的分布情况,在划分矿山公园园区范围时,将其规划为公园三大园区之一的王场园区。截至目前,园区内共有废弃井 342 口,其中 100 口废弃井污染比较严重,污染面积达 121.53 hm²。

通过对废弃油井周围土壤调查及取样分析,发现在平面上一般以油井为中心在 20 m 范围内污染最为严重,20~40 m 范围内污染相对较轻,再向外围污染比较轻微;在纵向深度上(表 1),石油类污染含量集中分布在 0~100 cm 深度内,100 cm 以下土壤受污染较轻微。

表 1 废弃油井场地不同深度土壤污染特征			
土壤深度/cm	污染程度	土壤石油含量	土壤石油平均
		mg/kg	含量/mg/kg
0~20	严重	10~90	50
20~40	较重	5~20	12
40~100	较轻	1~5	3
100~150	轻微		1

3 潜江矿山公园内石油污染农田的修复方法

土壤的石油污染目前已成为继农药污染之后的又一大污染类型。石油污染物进入土壤后,会破坏土壤物理化学结

构,使土层盐碱化、板结化,并降低土壤的透气透水性^[2];同时其会粘附在植物根系的表面形成黏膜,影响植物根系呼吸及水分养料的吸收,造成植物根系腐烂。此外,因为石油富含反应基能与无机氮、磷结合并限制硝化作用和脱磷酸作用,从而使土壤有机氮、磷的含量减少影响作物的营养吸收^[3]。并且石油中含有的某些苯系物质和复杂芳香烃等具有致癌、致病变和致畸形等作用,这些物质随原油进入农田后,可通过食物链在动植物体内逐级富集,最终危害人类的身体健康。

早在 20 世纪 40 年代,土壤石油污染就已引起人们的关注。近些年来,世界各国特别是发达国家对石油污染土壤的修复治理开展了大量研究。目前,理论上和技术上可行的治理方案主要有物理、化学、生物和联合技术修复等几大类^[4]。由于各种石油污染土壤的修复技术都有一定的适用范围限制,有各自的局限性。所以近年来,随着各类修复技术手段的深入研究,石油污染土壤的修复手段有向多方法联合技术修复方向发展的趋势。结合矿山公园王场园区的污染特点,针对该园区内每一废弃油井污染场地,采用土壤置换法、微生物法和植物法相结合的联合技术修复法。由图 1 可知,土壤置换区域主要是废弃油井污染场地的核心,即以油井为中心的边长为 20 m 的正方形范围,面积 400 m²;置换深度根据农作物根系可达到的最大深度确定,即 0.6 m,实际置换土方 240 m³;微生物修复主要是针对污染较严重的区域,即以废弃油井为中心的边长为 40 m 的正方形范围,扣除土壤置换的范围,实际治理面积 1 200 m²;植物修复包括每个废弃井场的整个污染区域,包括进行了土壤置换和生物修复的区域。

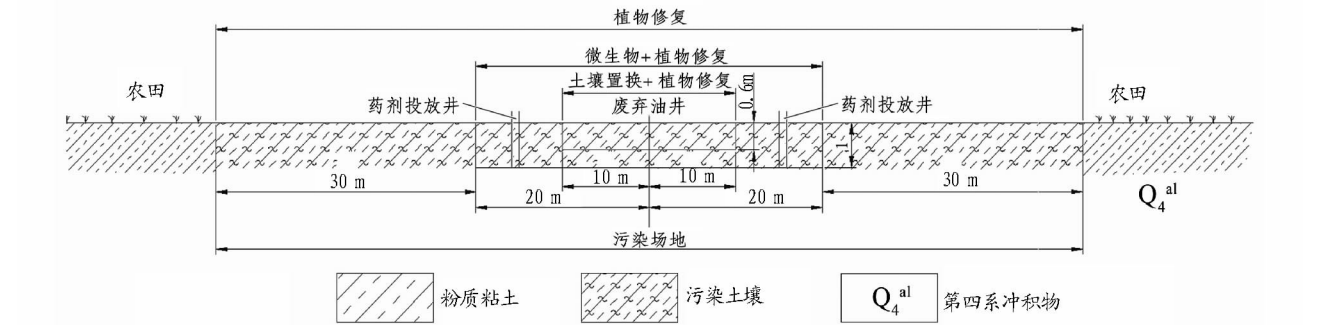


图 1 典型污染土壤场地联合修复方法示意图

3.1 土壤置换法 土壤置换方法用于废弃油井场地内圈土壤严重污染的部位,土壤置换中的客土取自于附近未被污染的农田土壤。首先将污染场地的重污染土壤挖除,而后运到指定填埋场,然后用区外未受污染的土壤进行回填。据研究,80% 以上的落地原油会被截留在 50 cm 以内的表层土壤中^[5],并且由于江汉平原农作物根系最大入土深度为 0.6 m,故确定挖除深度为 0.6 m。

3.2 生物修复技术 生物修复法主要用于污染场地中部污染中等的部位。微生物降解石油就是利用微生物促进有毒、有害物质降解,主要是利用活的有机体去打破污染有毒害作用的大分子结构,最终把石油污染物转化成无毒性的形式,从而使石油类污染物在微生物的新陈代谢循环中得到转化

和去除^[6]。

该研究采用微生物法中的生物强化法进行处理。生物强化是基于改变生物降解中微生物的活性和强度而设计的。处理期间,土壤基本不被搅动,施工时在污染区挖 1 组井,并直接注入含有适当石油降解菌的溶液,这样就可以把溶液中的微生物引入到土壤中。另外,有关资料表明,H₂O₂ 既可直接氧化一部分烃类污染物,又可为微生物的氧化过程提供充足的电子受体,强化它们对烃类污染物的氧化降解作用,通过添加适量的 H₂O₂,土样中石油污染物的去除率能增加近 3 倍^[7]。所以在处理期间,定期向试验田投加 H₂O₂ 和 N、P 等营养物,以满足污染环境已经存在的降解菌的需要,使土

壤微生物通过代谢将污染物尽快彻底转化成 CO_2 和 H_2O 。选择几处不同的试验场地,分别投入潜江当地的土著菌以及引进的外来降解菌,进行对比试验。最后筛选出适合当地生长,并且石油降解能力最强的微生物菌种。

3.3 植物修复技术 植物修复法用于废弃油井场地的整个污染区域。植物修复技术主要是利用植物对污染物的大量吸收或是植物体内释放能降解石油污染物的分泌酶或酶类物质或植物根际对微生物生长提供良好微环境,植物生长到一定阶段移除,如此反复种植以达到降低土壤石油烃含量的目的^[8]。资料表明,紫花苜蓿、披碱草、黑麦草、高羊茅、紫茉莉、凤仙花、矮牵牛比较适合生长在石油污染的土壤上,并有益于降解菌的生长,使其对污染土壤有较好的修复效果。故选择几处不同的石油污染农田修复场地,分别种植上述几种植物,并且选择潜江当地几种比较耐石油污染的本土植物,进行对比试验,之后从中筛选出最适合当地种植并且除油效果最好的几种植物进行推广种植。

4 潜江矿山公园建设对污染农田修复的促进作用

矿山公园建设是以矿山生态系统作为载体,在矿业遗迹和矿山生态系统保护的基础上适度利用,属生态环境恢复、重建和不断改善的生态项目。因此,公园建设不会造成新的环境污染和破坏,并且可以极大地促进矿山自然恢复和生态重建,改善环境质量。

由于石油开采不同于其他固体类矿山开采,它一般是在平原上打井直接开采,所以潜江市的大部分油井就直接坐落于农田当中。因此,潜江矿山公园的地质环境治理对象即为 60 年来由于石油开采而被污染的广袤农田,其中的治理重点区域在王场园区。潜江矿山公园王场园区面积为 17.82 km^2 ,其原土地利用类型基本由耕地组成。王场园区内分布有众多废弃油井、井架、采油机、输油管道等矿业生产遗迹,并且存在 121.53 hm^2 污染严重的农田。此园区的规划以农田生态环境恢复与建立科学研究、科普教育基地为主导,着重于石油污染农田的修复治理,同时对园区内遗存的矿业遗迹在加以保护、改造的基础上进行适当开发和利用。

园区内的石油污染农田采取 3 种模式分类治理:①对于污染比较轻的农田,运用现有较成熟的农田土壤修复技术恢复其原先的生态环境,将其复垦为适合当地农作物生长的农田。②对于污染中等的农田,运用已有的土壤修复技术,尽量恢复其原先的生态环境。由于在现有技术,不能完全去除土壤中的有害物质,若直接种植农作物,这些污染物最终仍会通过食物链在人体内富集;故可选择将这些土地改造成矿山公园配套的园林景观,在其上面种植园林景观植物供游人观赏。③对于废弃油井周边污染比较严重的农田,将其统一划分管理,使用联合技术修复法,集中治理这些受污染农

田;选取一些典型的废弃油井场地,将其改造成潜江矿山公园的科学研究和科普教育基地。目前园区内近百处废弃油井周边的污染农田,是进行石油污染土壤修复实验的最佳场所,科技工作者可以在此开展原位试验,通过对比试验选出最适合当地的石油降解生物,发明有效治理石油污染土壤的新技术、新方法。最终,运用反复试验得出的最佳技术方法,修复治理整个园区内的石油污染土壤。与此同时,在矿山公园内开放部分试验场所,供游人参观、学习、游览,鼓励游客特别是青少年在这些试验场地参与科学实验,并利用园区内遗存的众多珍贵矿业遗迹,向游人普及地球科学、地质矿产、矿业开发、环境保护等知识,将其打造成一个内容丰富、参与性强、品味独特地野外科普教育基地。

5 结语

矿山生态环境恢复治理工作基本由政府主导,虽是一项民生工程,但社会认知度较低,民众及企业的参与程度也不高;而且项目治理经费一般由国家及当地政府财政拨款,自我“造血”能力不足,给当地带来的社会、经济、环境效益不明显。然而,当其与矿山公园建设相结合时,便能产生很好的“化学反应”。如同该研究中的潜江市,其把石油污染农田修复治理同矿山公园的规划建设相结合,便产生了一种新的石油污染农田治理模式。一方面,当地的石油污染农田生态修复治理场地能够成为矿山公园中一处良好的科学研究及科普教育基地,引导人们树立科学发展观,对游人“寓教于乐、寓教于游”。另一方面,矿山公园的建立可以提高当地知名度,吸引大量游客,由此便会增加环境恢复治理工程的社会认识度;同时矿山公园通过招商引资以及每年的旅游收入,可以为矿山生态环境恢复治理工作提供不断的项目经费,使这些民生工程变“政府输血”为“自我造血”,促进资源枯竭城市的可持续发展。由此可见,当矿山生态环境恢复治理与矿山公园建设相结合时,便是矿山生态环境治理与保护的最高境界。

参考文献

- [1] 姜建军. 中国国家矿山公园建设指南[M]. 北京:中国大地出版社, 2007.
- [2] 贾建丽,刘莹,李广贤,等. 油田区土壤石油污染特性及理化性质关系[J]. 化工学报, 2009, 60(3): 726-732.
- [3] 邓邵云,徐学义,邱清华. 我国石油污染土壤修复研究现状与展望[J]. 北方园艺, 2012(14): 184-190.
- [4] 曹辉,郭晶,马魁堂,等. 石油污染土壤治理研究进展[J]. 现代农业科技, 2011(23): 309-310.
- [5] 陈鹤建. 原油在土壤中的渗透及降解规律[J]. 油气田环境保护, 2000(4): 14-15.
- [6] 张巍,窦森. 石油污染土壤的生物修复技术[J]. 北方环境, 2010, 22(2): 28-30.
- [7] 魏德洲,秦煜民. H_2O_2 在石油污染土壤微生物治理过程中的作用[J]. 中国环境科学, 1997, 17(5): 429-432.
- [8] 龚月桦,王俊儒,高俊凤. 植物修复技术及其在环境保护中的应用[J]. 农业环境保护, 1998, 17(6): 268-270.