

城市加油站地下储油罐石油烃污染现状

张兆鑫^{1,2,3,4,5}, 李燕^{1,2,3,4,5*}, 肖映琪^{1,2,3,4,5}

¹陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

²陕西省土地整治重点实验室, 陕西 西安

³自然资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室, 陕西 西安

⁴陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

⁵陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

收稿日期: 2022年9月30日; 录用日期: 2022年10月28日; 发布日期: 2022年11月7日

摘要

城市内的加油站的建设所造成的污染已成为污染防治和监管领域面临的严重问题, 地下储油罐的渗漏而导致的油品渗漏一直是土壤和地下水有机污染的主要来源之一。本文通过系统梳理城市加油站地下储油罐石油烃污染特征、归趋及风险以及石油烃污染的控制技术的实践经验, 为我国城市加油站污染风险规避及污染治理技术提供借鉴。建立城市加油站污染识别评判机制、发展新型加油站地下储油罐渗漏污染控制技术, 是我国新型城镇化建设和城市生态文明建设的关键要素。

关键词

地下储油罐, 石油烃, 污染特征, 控制技术

Status of Petroleum Hydrocarbon Pollution from Underground Storage Tanks in Urban Gas Stations

Zhaoxin Zhang^{1,2,3,4,5}, Yan Li^{1,2,3,4,5*}, Yingtian Xiao^{1,2,3,4,5}

¹Shaanxi Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

²Shaanxi Key Laboratory of Land Consolidation, Xi'an Shaanxi

³Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, the Ministry of Natural Resources, Xi'an Shaanxi

⁴Shaanxi Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi

⁵Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

Received: Sep. 30th, 2022; accepted: Oct. 28th, 2022; published: Nov. 7th, 2022

*通讯作者。

Abstract

The pollution caused by the construction of gas stations in cities has become a serious problem in the field of pollution prevention and supervision, and oil leakage from underground storage tanks has been one of the main sources of organic pollution of soil and groundwater. In this paper, through systematically sorting out the characteristics, tendency and risk of petroleum hydrocarbon pollution from underground storage tanks of urban gas stations and the practical experience of petroleum hydrocarbon pollution control technology, we provide reference for pollution risk avoidance and pollution control technology of urban gas stations in China. The establishment of urban gas station pollution identification and evaluation mechanism and the development of new gas station underground storage tank leakage pollution control technology are the key elements of China's new urbanization construction and urban ecological civilization construction.

Keywords

Underground Storage Tank, Petroleum Hydrocarbon, Pollution Characteristics, Control Technology

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国国民经济的高速发展,城市内机动车数量的不断增加,加油站的数量也大幅度增加,据相关报道,20世纪80年代以来,我国仅新建的加油站就在10万个以上,2017年加油站总数达到13万座以上。作为中国西部地区重要的中心城市,西安市近年来城市发展迅速,城市内的加油站规模也在不断扩大,截至2020年底,西安市经营在册的加油站共有398家(建于2001年以前的约占30%) [1]。加油站大多位于城市中心及交通干道沿线,数量大而分散,在便利生活的同时也对环境造成一定的破坏作用。加油站的建设所造成的污染已成为国际上土壤和地下水环境污染防治和监管领域面临的严重问题:由于大部分加油站使用“直埋式”地下储油罐,地下储油罐的锈蚀而导致的油品渗漏一直是土壤和地下水有机污染的主要来源之一,油品渗漏后,会下渗污染土壤,并随地下水流动而迁移扩散,将对居民的饮用水安全等方面产生巨大的威胁。本文通过对国内外加油站地下储油罐渗漏下石油烃的污染特征、归趋及风险和控制技术实践和经验梳理,为我国城市土地污染控制工程的发展提供借鉴。

2. 加油站地下储油罐渗漏下石油烃污染特征

近年来,国内外针对于加油站地下储油罐的设计及污染特征监测开展了一些研究。根据国内外的经验,加油站地下储油罐的平均使用年限是8年,但实际使用年限都在10年以上,最长的长达二三十年,而地下储油罐及输油管线一般在20年左右因锈蚀和腐蚀而开始渗漏,且地下储油罐渗漏机率与埋设时间呈正比。据统计,使用15年以上的地下储油罐,70%会出现泄漏问题。美国国家环保署的报告表明,美国约300万个地下储油罐中,可能有50万个发生渗漏现象,并对2001年9月前使用的50万个地下储油罐进行检测,结果表明有42万个已出现泄漏;在日本,对日本50座加油站的勘查结果表明其中42座加油站的土壤和地下水都受到不同程度的污染;壳牌石油公司曾宣布在英国的1100座加油站中有1/3对土

壤和地下水造成了污染,类似这样的渗漏在捷克、匈牙利以及南美洲的一些国家都有发生[2]。

在我国,仅加油站内就有约 38 万个地下储油罐,目前仅就地下储油罐泄漏一项,我国报告的就有 20 多万个地下储油罐存在泄漏现象,渗漏污染事故时有发生,而且数量正持续上升,对加油站周边的生态环境及居民生活带来严重危害[3]。在苏南地区的加油站调查样本中发现,有约 72%被调查的加油站地下储油罐存在不同程度的渗漏;2014 年 11 月 6 日贵州省铜仁市一家中石化加油站地下储油罐漏出 18 t 汽油,险些造成严重后果。在如此严峻的污染问题之下,如不尽快采取措施,未来将成为环保的重大难题。

在受污染的加油站场地中,检测到的土壤污染物以总石油烃、苯及其同系物、甲基叔丁基醚等较为常见,地下水污染物以苯、甲苯及萘较为常见[4]。通过对河流流域附近加油站的土壤和地下水进行了监测,发现污染区域的土壤总石油烃含量高于 1000 mg/kg;福州市内加油站周边的土壤中总石油烃和多环芳烃检出率高达 100%,总石油烃和多环芳烃的浓度水平分别为 16.21~7563.40 mg/kg、0.114~4.518 mg/kg;总石油烃和苯及其同系物在上海地区某加油站附近浓度最高;采用地质雷达探测地下水中石油烃类污染,结果表明该加油站渗漏的石油烃类污染物主要漂浮于潜水面上,垂直向分布范围不大。总体而言,在已检测的加油站中,由地下储油罐渗漏导致的石油烃污染现象普遍发生,但这些研究多开展于东部地区相关城市,在西部地区开展较少并缺乏系统性研究。

3. 加油站地下储油罐渗漏下石油烃归趋及风险

迄今为止,国外对地下储油罐渗漏后污染物进入土壤和地下水的主要归趋开展了一些研究。通过研究对地下储油罐渗漏后污染物通过土壤介质进入地下水的过程进行了分析,当污染物到达地下水饱和带以后,随着地下水的流动而继续迁移,伴随着地下水位波动,污染物溶解在地下水中,导致污染物浓度增加。通过查阅文献发现,国内外对于地下储油罐渗漏污染过程的系统性研究较少,研究多只针对于污染物进入地下水后的迁移转化过程,而对类似污染物在石油污染场地的污染过程研究较多。石油类污染物进入土壤后,主要分为两大部分:分子质量较高的部分会被吸附于土壤表面,并且随着时间的推移慢慢地渗入土壤内部,或被土壤中孔径所吸附,或存在于土壤内部中的气液固三相中;分子质量较小部分在挥发作用下逸散在大气环境中,随着气流的流动发生迁移,并且在迁移过程中完成污染物的吸附、降落,造成更大面积的土壤污染。但是,以上关于土壤中石油烃类污染物的迁移转化多为具体的石油污染场地,这些场地往往都是一次性污染,而如加油站地下储油罐渗漏下的这类长期持续低浓度的污染下石油烃的迁移转化研究鲜见。

石油类污染物中包含的多种有机化合物是疑有“三致”效应(致癌、致畸和致突变作用)的物质,加油站地下储油罐渗漏不同于油品泄露,其渗漏量一般较小,不易察觉,对土壤和地下水均有污染。土壤遭受有机污染物污染后难以清理和修复,许多有机物进入环境后对人体和生物具有“三致”效应。因此,在加油站地下储油罐渗漏的情况下,土壤中的石油烃必然存在明显的污染/生态风险。目前,国内对加油站及其周边空气中石油类污染的风险评价多针对于健康评价[5],如对加油站进行健康风险评估,计算得到场地中苯和乙苯的致癌风险值均超过人体健康致癌风险可接受水平;对重庆市代表性加油站及周边环境空气中苯系物进行采样和分析,加油站一线工作人员、其他工作人员、周边居民和机动车驾驶员均受到不同程度的致癌风险。由于加油站地下储油罐渗漏是一个长期持续的过程,这也意味着石油烃将不断在土壤中累积,对土壤的生态系统,特别是土壤中的微生物必定存在影响。可见,关于加油站地下储油罐渗漏对土壤污染风险评价研究不多,缺乏定量化评价方法,仅局限于现场监测后的健康评价。同样的,对于石油烃累积下土壤微生态系统的影响也并不清晰。

4. 加油站地下储油罐渗漏土壤中石油烃污染控制

国外对加油站地下储油罐渗漏污染问题,已经历了发现、调查、评估、立法控制、后期处理、建立

长期监控体系等阶段,调查和研究手段已十分丰富,技术水平和理论水平已较为发达。美国自 2002 年已经开始立法防止和控制地下储油罐渗漏造成的污染(“褐土法”),并专门下设地下储油罐管理部门来负责储油罐的统计、安全、管理、环保治理等。除此以外,对已造成的污染,国外也已经开始着手治理工作,并提高到政府工作计划的高度。我国在加油站污染方面的研究起步较晚,现有的标准规范对加油站渗漏污染的特殊情况针对性和指导性不强。虽然目前此问题的严重性由于早期建设的加油站数量不多而尚未暴露,但随着后期建设的加油站数量激增,若不提前做好防范和调查工作,参考国外经验,造成严重污染后果,尤其是在以地下水为主要饮用水源的地区,只是时间问题。我国在《水污染防治行动计划》提出:“加油站地下油罐应于 2017 年底前全部更新为双层罐或完成防渗池设置”。2017 年 3 月,环境保护部印发了《加油站地下水污染防治技术指南》,仅对加油站的地下水调查与修复提出了要求。由此可见,虽然国家层面已经开始把目光聚焦在加油站这一类潜在的土壤和地下水污染源上,但主要集中于加油站对地下水的影响上,对于加油站土壤污染并未给予重点关注。

目前,在一些发达国家对受石油污染的土壤的修复中,大力发展了原位修复技术,原位修复技术能够在不对土体进行扰动的前提下清除土壤中的石油污染。原位修复技术包括自然衰减法、化学氧化法、物理吸附法等,其中自然衰减法已广泛应用于工程实践[6]。学者关于自然衰减法修复石油污染的研究多针对于污染物去除需要考虑的影响因素,主要包括环境特征、电子受体种类及微生物种类等。总的来说,由于自然衰减法修复受污染土壤的过程必须考虑上述因素,存在一定局限性,其很少作为土壤和地下水修复的唯一技术措施。因此,往往考虑将自然衰减法与主动修复技术结合使用。国内外通常采用土壤气相抽提法,土壤气相抽提技术能够有效清除包气带中的挥发性有机物,还可以与自然衰减法等技术联合应用,以提高修复效果[7]。石油中含有大量的挥发性有机物,当石油泄漏污染滞留于土壤包气带时,常采用土壤气相抽提技术进行处理。在美国,土壤气相抽提技术几乎已经成为修复受加油站污染的土壤和地下水的“标准”技术。在国内,已有学者通过使用 AIR3D 软件,结合所研究加油站场地条件,对土壤气相抽提技术修复效果有重要影响的抽提井参数进行了模拟设计[8]。在实际应用方面,国外已经积累了自然衰减技术和土壤气相抽提技术大量在现场运用的实践经验,而国内很少将两种技术联合应用于现场治理,还需进一步推进。我国在城市加油站地下储油罐渗漏污染控制中依旧存在较多不足,这将严重威胁到城市土壤和地下水安全,因此,迫切需要针对我国城市加油站地下储油罐渗漏污染提出相应控制对策。因此,通过联合自然衰减技术和土壤气相抽提技术,提出适用于我国加油站地下储油罐渗漏下土壤石油烃的原位修复技术,从而降低土壤石油烃污染风险,是未来的研究重点。

5. 结论

现有研究在加油站地下储油罐渗漏下土壤中污染物的归趋过程、对土壤生态系统的影响过程及污染风险、适用于我国国情的土壤石油烃原位修复技术方面缺乏系统研究。基于以上问题,建立城市加油站污染识别评判机制、发展新型加油站地下储油罐渗漏污染控制技术,可为新时代我国新型城镇化建设提供科学依据和理论支撑。

基金项目

陕西省土地工程建设集团内部科研项目(DJNY2022-30);陕西地建土地工程技术研究院内部预研项目(2020-NBY-23)。

参考文献

- [1] 崔建蔚. 加油站储油设施防渗技术及其对土壤和地下水的保护作用[J]. 环境与发展, 2020, 32(12): 85-86.

-
- [2] 潘燕梅. 加油站对地下水环境的污染与防治措施[J]. 广东化工, 2016, 43(15): 175-176.
- [3] 祁冰洁. 加油站环境污染的原因及防控措施[J]. 化工管理, 2020, 31(4): 47-48.
- [4] 康丽娟, 孙从军, 杨青, 陈小华, 赵振, 陈漫漫. 加油站地下储罐系统渗漏污染物监测研究[J]. 环境科学与管理, 2014, 39(2): 53-57.
- [5] 吴莉萍, 翟崇治, 周志恩, 史小春, 郑建军. 重庆市 3 个代表性加油站苯系物污染环境健康风险评估与比较[J]. 安全与环境学报, 2014, 14(6): 257-261.
- [6] 贾慧. 非饱和区石油污染的自然衰减研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 清华大学, 2011.
- [7] Li, Y., Wang, Z., Hu, Z., *et al.* (2021) A Review of *in Situ* Upgrading Technology for Heavy Crude Oil. *Petroleum*, 7, 117-122. <https://doi.org/10.1016/j.petlm.2020.09.004>
- [8] 王博. 加油站修复技术研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 清华大学, 2010.