

Prediction and Analysis of Soil Heavy Metal Lead Pollution Based on the Survey of Weidong New City

Yike Wang^{1,2,3,4}, Chendi Shi^{1,2,3,4}

¹Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

²Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

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

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

Email: 15719296643@163.com

Received: June 5th, 2019; accepted: June 20th, 2019; published: June 27th, 2019

Abstract

With the development of urbanization in China, more and more old industrial sites are being repaired in the process of urban construction. During the construction of the Weidong New Town project, it is found that there are degraded lands such as abandoned chemical sites. In the presence of contaminated sites, it was found that there were Hg, Pb, and As-standards in the waste chemical plant and domestic sewage outlets. Based on the investigation of soil heavy metals in Weidong New Town, this paper comprehensively analyzed the foreign strategies for soil pollution control to predict the heavy metal Pb in the untreated situation, the migration process in the next 30 years, in order to provide solutions for heavy metal over-standard sites similar to Weidong New City.

Keywords

Brownfield, Repair Technology, Soil Heavy Metals

基于渭东新城调查的土壤重金属铅污染预测分析

汪怡珂^{1,2,3,4}, 师晨迪^{1,2,3,4}

¹陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

²陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

³国土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
Email: 15719296643@163.com

收稿日期: 2019年6月5日; 录用日期: 2019年6月20日; 发布日期: 2019年6月27日

摘要

随着我国城市化进程的发展, 城镇建设过程中面临越来越多的旧工业场地修复问题, 在建设渭东新城项目的过程中, 发现项目存在废弃化工场地等污损土地, 在可能存在污染的地点进行采样, 发现废弃化工厂处、生活污水排水口存在Hg、Pb、As超标现象, 本文在渭东新城土壤重金属调查的基础上, 综合了国外对于土壤污染治理的治理方略及发展进展, 进行Hydrus模拟, 预测重金属Pb在未经处理情况下, 未来30a的迁移过程, 以期为类似于渭东新城的重金属超标场地提供解决思路。

关键词

棕地, 修复技术, 土壤重金属

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

渭东新城项目位于渭南市向东发展主要轴线上, 东与华州区相邻, 西与渭南市区相接, 总体规划范围约 30 平方公里, 总投资 100 亿元。项目核心规划为“一城、五镇、一路、一水系”。“一城”即新城社区, “五镇”为沿新城社区至华州区沿线, 分别规划建设现代农业风情小镇、风土民俗风情小镇、老腔皮影文化小镇、赤水小镇、现新民小镇五个特色小镇; “一路”即沿新城社区至华州区, 串联起五个特色小镇修建一条长约 20 公里、宽 50 米, 双向 6 车道的华州大道; “一水系”即沿华州大道修建一条排洪渠, 做到水、路并通[1] [2]。

渭南市地处陕西关中渭河平原东部, 渭东新城社区位于渭南市临渭区, 土壤类型以土、潮土、黄壤土为主。在建设过程中, 发现项目区内存在化工厂、水泥厂、污泥处理厂废弃场地, 可能存在重金属污染[3]。20 世纪 60 年代, 美国、欧洲中的德国、法国和荷兰等和日本等发达国家以重工业为主的经济发展模式引发了严重的土壤污染问题[4], 为应对农田土壤重金属污染这一世界性问题, 发达国家很早便开展了相应的污染防治工作, 并形成了较为完善的法律、法规、技术和工程等土壤污染防治管理体系, 自 20 世纪 80 年代起, 美国通过《超级基金法》, 制定了关于环境监测、风险评价和土壤修复等领域的标准管理体系, 包括农业投入品管理, 农产品检测、溯源与安全管理, 以及污染耕地种植结构调整等方面[5], 欧洲各国通过建立土壤可持续利用工作机制, 完善土壤环境管理的法制、法规和相关标准等有效措施从整体上加强农田土壤环境管理[6]。立足于“防重于治”的方针, 欧洲各国注重对其土壤污染的长时间、多尺度监测, 日本颁布了一系列土壤污染防治标准和法律、法规, 确定了污染农田监测区域和修复技术应用范围, 根据地质条件和土壤特性等因素设计了满足不同工程要求的客土法(埋入、上覆、转换和排土等) [7], 并规定修复完成后对修复区稻米重金属含量进行连续 3 年的监测, 达标区解除监测, 不达

标区由政府统一收购污染稻米后继续进行修复。

重金属主要通过“作物吸附后, 富集在作物中, 随着人类的直接食用, 又进一步富集在人体内”或“被植物富集后的植物被牲畜食用, 后牲畜作为食物被人类食用时, 进入人体内”的食物链系统进入人体[8]。其中铅(Pb)具有显著的毒性作用, 人体每天允许摄入的铅含量为 0.00357 mg/kg, 农作物中 Pb 的累积主要在根部, 向地上部分转移的量很少, 但如浙江金华市土壤 Pb 含量超过土壤环境容量后, 检测到大米中 Pb 浓度达到 0.247 mg/kg, Pb 进入人体吸收后, 分布于肝、肾、脑、胰及主要动脉中, 对人体中枢神经系统、造血系统、消化系统、肾功能损伤, 并有明显的致癌作用[9]。

当前国内土壤重金属污染研究主要集中在污染源解析, 矿区周边土壤污染特征分析, 健康风险评价及修复技术等多个方面[10], 对我国土壤污染防治现状和应对策略目前仍缺乏全面细致的认识。本研究在实地调研的基础上, 通过 hydrus-1D 对场地重金属的纵向迁移过程进行模拟, 为保证居民的身体健康和粮食安全, 有必要对土壤的 Pb 污染状况进行预测。

2. 渭东新城土壤重金属调查

土壤环境调查

对项目区 5 个污染点源进行了实地踏勘, 选取其余污染点源即化工厂附近、污水厂附近、砖厂附近和建筑垃圾填埋场附近土壤进行取样, 其取样方法遵循《土壤环境监测技术规范》, 污染场地土壤采样可以分为表层样和分层样(柱样) 2 类。对照点或可以排除深层污染的点位可以采集表层样, 表层样采样深度为 0~0.2 m; 分层样原则上采集 3 层分层样: 表层样、中层样、深层样。表层样采集主要采用锹、铲及竹片等工具, 采集时需要清除地表大块石块、植被等; 分层样采集以钻孔打井取样(人工或机械钻孔)为主, 对于有硬质覆盖或构筑物的地块, 原则上对硬质覆盖层或构筑物进行清除后进行打井监测, 将其下土壤结合实际采集样品。

在实验室, 将土壤样品风干, 用木棒撵碎, 多点取样研磨, 过 100 目筛。土壤 As、Hg 含量采用 DB51/T 836-2008 方法采用原子荧光光度计测定。土壤 Pb、Cd 采用 GB/T17138-1997 方法消解, 用 ICP-MS 测其含量。

3. 模型的建立与参数设置

3.1. HYDRUS 水分运动方程与定解

在 HYDRUS 软件中, 通过 Richards 方程的修正式来描述土壤水分运动[11]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K \left(\frac{\partial h}{\partial x} + \cos \alpha \right) \right] - s \quad (1)$$

式中: h ——压力水头/cm; θ ——体积含水量/ml·cm⁻³; s ——根系吸水情况的源汇项/ml·(ml·hr); K ——不饱和导水率函数/cm·hr⁻¹。

用辽伽金有限元总线性函数来解达西水流方程, 需要确定初始值以及边界条件。

3.2. HYDRUS 溶质运移方程

选用平衡态的对流 - 弥散方程来描述根区的溶质运移(不考虑固相吸附) [12]

$$\frac{\partial \theta C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\theta D \frac{\partial C}{\partial z} \right) - \frac{\partial v \theta C}{\partial z} \quad (2)$$

C ——溶质浓度/mol·cm⁻³; D ——弥散系数/cm²·d⁻¹; v ——平均孔隙速率, cm·d⁻¹, 在不考虑分子扩

散的情况下弥散系数为:

$$D = \lambda v \quad (3)$$

λ ——弥散度/cm。由于 v 可以从水流模型的数值求解中得到($v = q/\theta$, 其中 q 为达西流速, $\text{cm}\cdot\text{d}^{-1}$), 所以(4-4)中仅包含一个未知参数 λ 。

3.3. 溶质模拟参数设定

溶质迁移的空间权重计算选择伽辽金有限元方法, 时间权重计算方案选择克拉克 - 尼尔森显示法。

模拟时段从 2018 年 6 月开始到未来 30a, 以天为计算单位。考虑到气象变异较强烈, 且对土壤水和地下水的影响较大, 因此本研究采用长系列气象资料进行模拟。采用 1984~2014 年的气象数据作为模型驱动, 计算蒸发、淋洗、降雨入渗等。

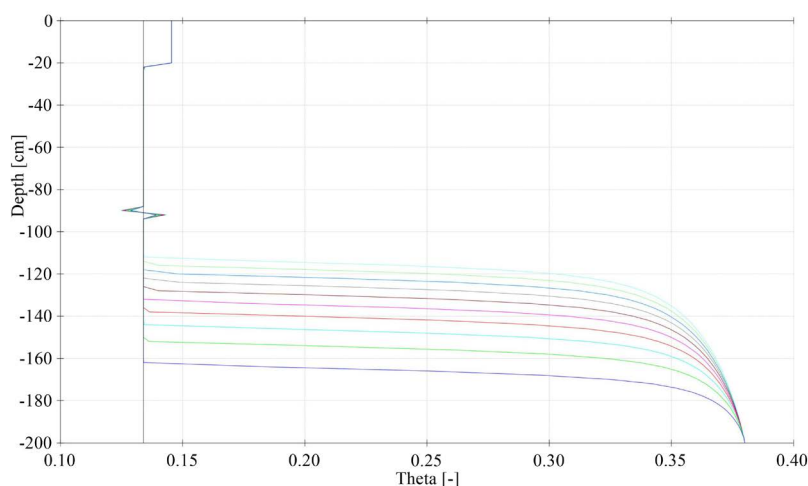
4. 污染园区土壤中 Pb 的污染趋势预测

本研究对土壤地下水向表层迁移和土壤降雨情况下雨水携带重金属入渗情况进行模拟, 模拟多种状况下的重金属迁移情况。

地下水向表层迁移模拟

研究区表面存在蒸发现象, 因此上边界为大气边界, 通过对研究区地下水位的动态观测可知地下水位波动不大, 因此下边界条件设为变水头边界。溶质运移的上边界条件选择浓度通量边界, 下边界选择零浓度梯度边界。上边界根据降雨量、降雨浓度(设为 0)求得。由于污染源区不进行灌溉, 因此上边界气象条件只考虑降雨, 初始条件, 根据实际测得的土壤含水量和土壤 Pb 浓度设定。

图 1 对土壤水分的迁移以地下水向上迁移为主, 在迁移过程中, 水分越向上迁移, 浸润锋前进需要时间越长, 初始 10 天土壤水分向上迁移达 40 cm, 而 20 天后, 仅向上迁移 10 cm, 随后在 50 天向上迁移 40 cm, 越向土壤表面, 水分迁移越慢, 而溶质的迁移与水分运动规律相近, 初始的分布为表面浓度高, 底部浓度低的分布方式, 而随着水分的运动, 土壤底部的污染物向上迁移, 底部浓度变低, 但变动幅度不大, 我们可以看出, 在水分迁移后, 底部相同深度处浓度下降, 如 1.8 m 深度处, 初始浓度为 $21 \text{ mmol}\cdot\text{cm}^{-3}$, 而随着水分的向上迁移, 浓度逐渐降低为 $15 \text{ mmol}\cdot\text{cm}^{-3}$, 再向上迁移, 不同日期的浓度差异越明显, 当水分到达 1.2 m 处时, 可以看到初始浓度为 $60 \text{ mmol}\cdot\text{cm}^{-3}$, 在 10 天后, 浓度下降至 $43 \text{ mmol}\cdot\text{cm}^{-3}$, 20 天后浓度降低至 $41 \text{ mmol}\cdot\text{cm}^{-3}$, 浓度下降也存在初期变化快, 后期变化缓慢的特点。



(a) 污染土壤水分运动模拟

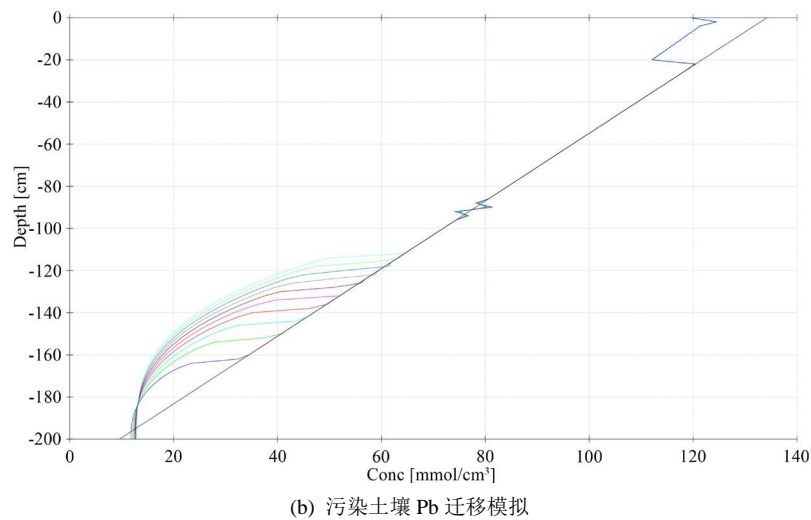


Figure 1. 100 days of water and pollutant simulation

图 1. 100 天水分及污染物模拟情况

将时间拉伸至 30 年长度, 以 1 年为期限, 绘制 30 年中每年的水分与盐份分布, 观察长时间尺度的重金属分布。

如图 2, 对于 30a 的模拟, 可以观察到水分的变化为上下部同时进水, 上部来水主要为降雨来水, 下部来水主要为地下水, 上下部同时来水, 在 1 m 深处, 由于土壤质地不同, 水分的分布差异较大, 第一年地下 1 m 以下水分便达到 35% 以上, 而地下水位 1 m 内, 土壤水分的变化较为复杂, 第一年表层水分迁移至 0.4 m, 而底层向上迁移至 0.6 m, 中间存在 0.2 m 的干土层, As 随水分迁移至相同高度, 在第二年, 地下水向上迁移, 到达 0.45 m 深度处, 同样上方来水也到达 0.45 m 深度, 在第二年后, 污染物向表层迁移, 聚集, 土壤表面 0.2 处浓度逐渐升高。

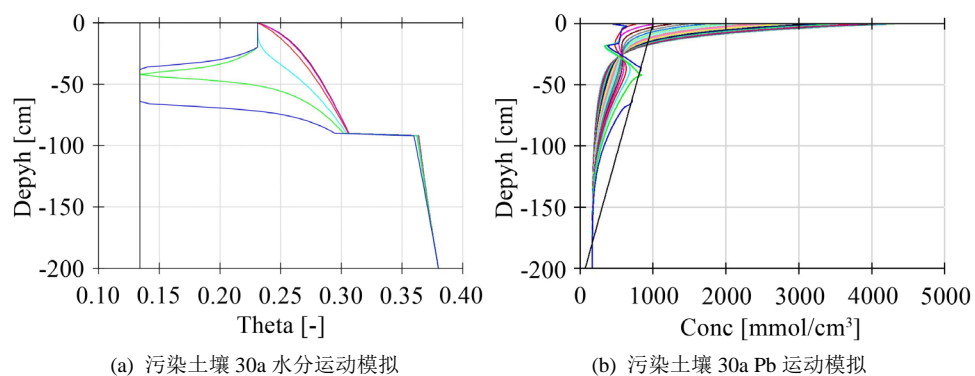


Figure 2. 30a moisture and pollutant simulation

图 2. 30a 水分及污染物模拟情况

5. 结论与展望

1) 本研究在获取了土壤参数和 Pb 在土壤中的吸附分配系数的基础上, 运用 Hydrus-1D 建立了 Pb 在浅层土壤中的运移转化数值模拟模型。

2) 运用建立的运移转化数值模拟模型对未来 30a Pb 离子在研究区域浅层土壤中的运移转化趋势进行预测。

3) 由模型预测结果可知, 预测期 2a 之后, 污染源处土壤中 Pb 的含量开始升高, 需要采用工程手段进行修复。

参考文献

- [1] 曹康, 何华春. “棕地”揭秘[J]. 中国土地, 2007(8): 43-44.
- [2] 肖龙, 侯景新, 刘晓霞, 等. 国外棕地研究进展[J]. 地域研究与开发, 2015, 34(2): 142-147.
- [3] 王宏新, 甄磊, 周拯. 发达国家棕地再开发经验及启示[J]. 中国土地科学, 2011, 25(2): 92-96.
- [4] 张华, 郭鹏, 王丽琴. “棕地”现象及其治理对策[J]. 环境保护科学, 2008, 34(4): 48-50.
- [5] 梁德星, 杨倩. 我国棕地现状及治理建议[J]. 科技创新与应用, 2013(27): 154.
- [6] 贾璐维, 张雷, 李文龙. “海绵城市”目标下的公园绿地设计研究——以渭东新城建设项目为例[J]. 西部大开发(土地开发工程研究), 2016(6): 37-42.
- [7] 刘哲, 陈田庆, 张雷. 基于海绵城市目标渭东新城土壤性状调查及研究分析[J]. 西部大开发(土地开发工程研究), 2018(7): 31-33.
- [8] 李海华, 刘建武, 李树人, 等. 土壤-植物系统中重金属污染及作物富集研究进展[J]. 河南农业大学学报, 2000, 34(1): 30-34.
- [9] 陈丽惠, 余惠武, 黄启同, 等. Pb 胁迫下红苋菜与油麦菜的微量金属累积分析[J]. 闽南师范大学学报(自然版), 2016, 29(4): 38-43.
- [10] 蔡刚刚, 张学洪, 梁美娜, 等. 南丹大厂矿区周边农田土壤重金属健康风险评价[J]. 桂林理工大学学报, 2014, 34(3): 554-559.
- [11] 迟卉, 白云, 汪海涛, 等. HYDRUS-3D 在土壤水分入渗过程模拟中的应用[J]. 计算机与应用化学, 2014, 31(5): 531-535.
- [12] 张德生, 沈冰. 土壤中反应溶质运移的对流-弥散模型及其解析解[J]. 西安理工大学学报, 2001, 17(2): 122-126.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5485, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: aep@hanspub.org