

江浙某地块土壤污染状况调查及风险评估

摘要：以江浙某污染地块为例，在初步采样调查的基础上开展了详细采样调查和风险评估工作。结果表明：土壤样品中的石油烃（C₁₀-C₄₀）和苯并（a）芘超过了GB36600-2018中第一类用地筛选值。

经污染地块风险评估电子表格软件计算得到，地块内杂填土层苯并（a）芘的致癌风险值超过 10^{-6} ，石油烃（C₁₀-C₄₀）的危害商超过1，即杂填土层中苯并（a）芘和石油烃（C₁₀-C₄₀）的健康风险不可接受。粉质粘土层苯并（a）芘的致癌风险值超过 10^{-6} ，石油烃（C₁₀-C₄₀）的危害商超过1，即粉质粘土层中苯并（a）芘和石油烃（C₁₀-C₄₀）的健康风险不可接受。同时计算得到，杂填土层苯并（a）芘风险控制值为0.549mg/kg，石油烃（C₁₀-C₄₀）风险控制值为826mg/kg；粉质粘土层苯并（a）芘风险控制值为0.549mg/kg，石油烃（C₁₀-C₄₀）风险控制值为826mg/kg。

关键词：土壤污染状况调查；风险评估；苯并（a）芘；石油烃（C₁₀-C₄₀）；风险控制值

Investigation and risk assessment of soil pollution in a plot of Jiangsu Province

Song Menggen

(Jiangsu Runhuan Environmental Technology Co., Ltd., Nanjing 210000, China)

Abstract: Taking a contaminated plot in Jiangsu as an example, detailed sampling investigation and risk assessment were carried out on the basis of preliminary sampling investigation. The results showed that the petroleum hydrocarbon (C₁₀-C₄₀) and benzo (a) pyrene in soil samples exceeded the first field screening value in GB36600-2018. According to the calculation of the contaminated plot risk assessment spreadsheet software, the carcinogenic risk value of benzo (a) pyrene in the mixed fill soil layer in the plot is more than 10^{-6} , and the hazard ratio of petroleum hydrocarbon (C₁₀-C₄₀) is more than 1, that is, the health risk of benzo (a) pyrene and petroleum hydrocarbon (C₁₀-C₄₀) in the mixed fill soil layer is unacceptable. The carcinogenic risk value of benzo (a) pyrene in silty clays exceeds 10^{-6} and the hazard ratio of petroleum hydrocarbon (C₁₀-C₄₀) exceeds 1, which means that the health risk of benzo (a) pyrene and petroleum hydrocarbon (C₁₀-C₄₀) in silty clays is unacceptable. At the same time, the risk control value of benzo (a) pyrene was 0.549mg/kg and that of petroleum hydrocarbon (C₁₀-C₄₀) was 826mg/kg. The risk control values for benzo (a) pyrene in silty clay layers were 0.549mg/kg and 826mg/kg for petroleum hydrocarbons (C₁₀-C₄₀).

Key words: soil pollution status investigation; risk assessment; benzo(a)pyrene; petroleum hydrocarbons (C₁₀-C₄₀); risk control value

1 引言

随着我国城市化进程步伐的加快，越来越多的关闭、搬迁企业遗留的原址出现一系列的环境污染问题，对地块周边环境和居民生活造成了严重的影响^[1]。根据《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019年1月1日施行）第五十九条：“用途变更为住宅、公共管理与公共服务用地的，变更前应当按照规定进行土壤污染状况调查^[2]。”因此，本地块在开发利用之前，以地块土壤污染状况调查初步采样结果为基础，通过开展详细采样调查工作和健康风险评估工作来研究土壤污染物的健康风险可接受水平，为地块后续开发利用提出建议。

2 土壤污染状况调查

2.1 地块概况

研究地块位于江浙省，总占地面积约26000m²。1969年前该地块为耕地，1969年-2011年间地块内及地块周边东侧、南侧、西侧均为拖拉机厂生产用地。地块范围内，包含冷作车间、轴工车间、试车车间和食堂宿舍等。2011年后，企业被征收拆迁，拆迁后地块内一直为空闲地。根据相关规划，地块后续规划为城市建设用地中的小学用地（A），按照《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）^[3]，归为第一类用地。

2.2 初步采样调查

根据资料收集、现场踏勘及人员访谈了解的情况，结合企业生产原辅材料、生产工艺和产排污情况，拖拉机厂生产期间所使用的原材料包括油漆、柴油、钢材、煤等，若地面防渗出现裂缝，可能导致挥发性有机物（二甲苯等）、重金属（Cu、Cr、Ni等）、石油烃、苯并（a）芘等污染土壤和地下水，因此开展第二阶段土壤污染状况调查工作。

结合专业判断法对该地块进行初步采样调查工作，共布设12个土壤采样点位，5个地下水采样点位。送检土壤样品48个，地下水样品5个，检测因子为GB36600-2018表1中所要求的45项基本项目，同时测定石油烃（C₁₀-C₄₀）和pH值。初步采样调查检测结果表明：地块中土壤样品S2-1（0.7mg/kg，0-0.5m）、S6-1（0.7 mg/kg，0-0.5m）、S11-1（4.0 mg/kg，0-0.5m）、样品S11-4（0.6 mg/kg，1.5-2m）的苯并（a）芘和样品S2-9（1730 mg/kg，5-6m）、S3-4（3330 mg/kg，1.5-2m）、S12-1（1490 mg/kg，0-0.5m）的石油烃（C₁₀-C₄₀）超过《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）规定的第一类建设用地土壤污染风险筛选值，其余因子均达标。地下水样品45项基本项目检测值均满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中IV类水质标准；石油烃（C₁₀-C₄₀）检测值满足《上海市建设用地地下水污染风险管控筛选值补充指标》第一类用地筛选值。

2.3 详细采样调查

对污染区域采用按照20m×20m网格进行加密布点，若采集样品的检测结果仍出现超标，则再次进场采样[4]。

2.3.1 详细采样调查第一次采样

基于初步采样调查结果，以土壤污染点位S2、S3、S6、S11和S12临近未污染点位S1、S7、S9、S8和S5的连线划定疑似污染区域。按照400m²采样单元对疑似污染区域进行采样，初步采样调查S2点位超标点位深度为0-0.5m和5-6m，对S2点位周边加密布点的点位T1、T2、T6、T9、T3、T10、T13、T4、T7、T11、T14采样深度定为7.5m。S3点位超标深度为1.5-2.0m，对S3点位周边加密布点的T5、T8、T12点位采样深度定为3m。S6点位超标深度为0-0.5m，对S6点位周边加密布点的点位T24、T25、T26、T27点位采样深度定为1.5m。S11点位超标深度为0-0.5m、1.5-2.0m，对S11点位周边加密布点的T18、T19、T20、T21、T22、T23点位采样深度定为3m。S12点位超标深度为0-0.5m，对S12点位周边加密布点的T15、T16、T17点位采样深度定为1.5m。详细采样调查第一次采样共布设T1~T27土壤点位。

详细采样调查第一次采样结果表明，送检的128个样品中T16-2（0.7mg/kg，0.5-1.0m）、T18-3（1.3mg/kg，1.0-1.5m）、T19-5（3.3mg/kg，2.0-2.5m）、T20-1（1.0mg/kg，0-0.5m）、T20-2（1.0mg/kg，0.5-1.0m）、T21-2（0.6mg/kg，0.5-1.0m）和T26-2（1.2mg/kg，0.5-1.0m）的苯并（a）芘超出GB36600-2018中第一类用地筛选值。其它检测指标满足GB36600-2018第一类用地筛选值的要求。

2.3.2 详细采样调查第二次采样

详细采样调查第一次采样中T16-2、T19-5样品分别为T16、T19点位的最底层样品，无法确定污染深度，因此开展详细采样调查第二次采样。T16超标深度为0.5-1.0m，T19点位超标深度为2.0-2.5m，T21超标深度为0.5-1.0m，因此详细采样调查第二次采样T28、T29、T30、T31点位采样深度为4.0m。S6点位超标深度为0-0.5m，对S6点位周边加密布点，T32点位的采样深度为1.5m。详细采样调查第二次采样共布设T28~T32土壤点位。

详细采样第二次采样送检的31个样品中检测指标均满足GB36600-2018中第一类用地筛选值。

2.3.3 详细采样调查第三次采样

根据《建设用地土壤环境调查评估技术指南》中布点要求，在其他区域每1600m²不少于1个。因此针对疑似污染区域以外的其他区域按照40×40m网格单元进行采样，布设T33、T34、T35、T36点位。该区域初步采样检测结果未超过GB36600-2018中第一类用地筛选值，因此T33、T34、T35、T36点位采样深度定为6m。

为更准确细化初步采样调查和详细采样调查第一次采样超标点位的超标边界，布设T37、T38、T39、T40、T41、T42、T43、T44、T45点位，由于初步采样调查和详细采样调查第一次采样调查超标深度最深为5-6m，因此上述点位采样深度为7.5m。同时由于S2超标层位5.0-6.0m，原采样深度为6m，向下加深至7.5m并采样。T16点位超标深度为0.5-1.0m，原采样深度为1.5m，向下加深至6m。T19点位超标深度为2.0-2.5m，原采样深度为3m，向下加深至6m。详细采样调查第三次采样共布设T33~T45土壤点位，同时原点位加深S2、T16和T19点位以保证超标最底层的下层有送检样品。

详细采样调查第三次采样送检的86个土壤样品中T36-3（1.6 mg/kg，1-1.5m）、T44-1（1.1 mg/kg，0-0.5m）、T44-2（1.3 mg/kg，0.5-1m）的苯并（a）芘超出GB36600-2018中第一类用地筛选值，其余土壤样品检测指标均满足GB36600-2018中第一类用地筛选值。

综合初步采样调查检测结果、详细采样调查第一次采样检测结果和详细采样调查第三次采样检测结果，该地块土壤样品超标情况如下表所示^[5]。

表1 土壤样品超标情况一览表

样品编号	深度	检测结果 (mg/kg)	第一类用地筛 选值 (mg/kg)	第一类用地管 控值 (mg/kg)	是否超标	超标倍数	超标因子	
S2	S2-9	5.0-6.0m	1730	826	5000	是	1.09	石油烃 (C10- C40)
S3	S3-4	1.5-2.0m	3330	是	3.03			
S12	S12-1	0-0.5m	1490	是	0.8			
S2	S2-1	0-0.5m	0.7	0.55	5.5	是	0.27	苯并 (a) 芘
S6	S6-1	0-0.5m	0.7	是	0.27			
S11	S11-1	0-0.5m	4.0	是	6.27			
S11-4	1.5-2m	0.6	是	0.09				
T16	T16-2	0.5-1.0m	0.7	是	0.27			
T18	T18-3	1.0-1.5m	1.3	是	1.36			
T19	T19-5	2.0-2.5m	3.3	是	5			
T20	T20-1	0-0.5m	1.0	是	0.82			
T20-2	0.5-1.0m	1.0	是	0.82				
T21	T21-2	0.5-1.0m	0.6	是	0.1			
T26	T26-2	0.5-1.0m	1.2	是	1.18			
T36	T36-3	1.0-1.5m	1.6	是	2.91			
T44	T44-1	0-0.5m	1.1	是	2			
T44-2	0.5-1.0m	1.3	是	2.36				

图1 土壤污染状况调查采样及超标点位示意图

2.4 土壤污染状况调查结果

根据土壤污染状况调查工作结果，调查地块土壤中苯并（a）芘和石油烃（C₁₀-C₄₀）超过GB36600-2018第一类用地筛选值。地块内企业从事生产时间较长，试车期间的尾气降尘以及生产期间的废机油等含油物质泄露，可能导致苯并（a）芘和石油烃（C₁₀-C₄₀）污染土壤。该地块未来规划为城市建设用地中的小学用地（A）存在环境风险，需启动建设用地土壤污染风险评估工作。

3 土壤污染风险评估

根据地块污染源特征、水文地质条件等实际情况，构建地块概念模型，应用污染地块风险评估电子表格软件（更新日期：2022-05-31）计算不同暴露途径下土壤的风险控制值与风险和危害商，并对地块的土壤中的污染物进行风险表征^[6]。

3.1 危害识别

调查结果表明该地块仅土壤受到了苯并（a）芘和石油烃（C₁₀-C₄₀）污染。在用地规划条件下，可能受到影响的人群主要为就读的学生儿童以及职教的教师等，因此本次评估根据儿童期和成人期的暴露来评估污染物的致癌风险和非致癌效应，敏感受体为儿童和成人。

3.2 暴露评估

3.2.1 暴露模型

本地块内石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯并（a）芘超标层位包括表层土和下层土壤。本项目计算污染物的致癌风险和非致癌风险选取表层土和下层土壤检测值的最大值，因此污染地块风险评估电子表格软件中石油烃（C₁₀-C₄₀）的表层土壤浓度为1490mg/kg，下层土壤浓度为3330mg/kg。苯并（a）芘的表层土壤浓度为4.0mg/kg，下层土壤浓度为3.3mg/kg。

为充分考虑地块后期规划开挖的可能性，本项目采取保守考虑，将表层土和下层土同时考虑六种暴露途径，即表层土和下层土同时评估：①经口摄入土壤途径、②皮肤接触土壤途径、③吸入土壤颗粒物途径、④吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径、⑤吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径、⑥吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径等途径。

3.2.2 暴露模型参数

暴露量计算过程涉及的模型参数主要包括受体暴露参数、建筑物参数、空气特征参数、污染区参数、地块土壤参数，主要引用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）的推荐值^[7-11]，部分参数采用调查地块实测值。

表2 敏感受体暴露参数

序号	参数名称	符号	单位	参数取值
1	儿童每日摄入土壤量	OSIR _c	mg·d ⁻¹	200
2	成人每日摄入土壤量	OSIR _a	mg·d ⁻¹	100
3	儿童暴露期	ED _c	a	6
4	成人暴露期	ED _a	a	24
5	儿童暴露频率	EF _c	d·a ⁻¹	350
6	成人暴露频率	EF _a	d·a ⁻¹	350
7	儿童体重	BW _c	kg	19.2
8	成人体重	BW _a	kg	61.8
9	经口摄入吸收效率因子	ABS _o	无量纲	1
10	致癌效应平均时间	AT _{ca}	d	27740
11	非致癌效应平均时间	AT _{nc}	d	2190
12	气态污染物入侵持续时间	τ	a	30
13	圆周率常数	π	无量纲	3.14159
14	空气中扩散系数	D _a	cm ² ·s ⁻¹	苯并(a)芘取值 4.76E-02

注：石油烃（C₁₀-C₄₀）的皮肤接触吸收效率因子取值来源于污染地块风险评估电子表格软件中自带数据；其它参数取值引用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）的推荐值^[12-13]。

表3 空气特征参数

序号	参数名称	符号	单位	参数取值
1	空气中可吸入颗粒物含量	PM ₁₀	mg·m ⁻³	0.0722
2	混合区大气流速风速	U _{air}		260

			$\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$	
3	空气粘滞系数	μ_{air}	$\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$	1.81×10^{-4}

注：空气中可吸入颗粒物含量参数引用当地2016年-2020年《生态环境质量公报》的平均值，混合大气流速风速引用累年平均风速；空气粘滞系数引用《建设用土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）的推荐值。

表4 地块土壤参数

序号	参数名称	符号	单位	参数取值	来源
杂填土	粉质粘土				
1	土壤有机质含量	f_{om}	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	16.973	16.926 实测值
2	土壤容重	ρ_b	$\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$	1.496	实测值
3	土壤含水率	P_{ws}	$\text{kg水}\cdot\text{kg}^{-1}\text{土壤}$	0.2918	实测值
4	土壤颗粒密度	ρ_s	$\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$	2.72	实测值
5	土壤透性系数	k_v	cm^2	1.00×10^{-8}	《建设用土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）中的推荐值

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/925141343120011242>