

# The main points of distribution and evaluation of contaminated soil were discussed

Yi Xu

Shanghai Environmental Energy Conservation Engineering Co., Ltd., Shanghai, 200135, China

## Abstract

Site distribution and assessment of contaminated soil investigation is a key link in environmental remediation and risk management. Reasonable distribution design and scientific assessment methods are of great significance for accurately grasping the pollution situation and formulating treatment plans. In this paper, based on the analysis of the principles of site contaminated soil survey distribution, the applicability and operation points of systematic distribution, random distribution, hierarchical distribution, adaptive distribution and other methods are systematically expounded. Combined with scientific evaluation methods, the accuracy and reliability of the survey results can be significantly improved. This study provides theoretical support and practical guidance for soil pollution investigation and assessment, and has important reference value for environmental management and remediation of contaminated sites.

## Keywords

soil pollution; Survey the distribution of sites; Evaluation methods; Environmental remediation; Risk management

## 探讨场地污染土壤调查布点及评估要点

徐懿

上海环境节能工程股份有限公司，中国 上海 200135

## 摘 要

场地污染土壤调查布点及评估是环境修复与风险管理中的关键环节，合理的布点设计与科学的评估方法对于准确掌握污染情况、制定治理方案具有重要意义。本文在分析场地污染土壤调查布点原则的基础上，系统阐述了系统布点、随机布点、分层布点、自适应布点等方法的适用性与操作要点，结合科学的评估手段，可显著提高调查结果的准确性与可靠性。本研究为土壤污染调查与评估提供了理论支持与实践指导，对于污染场地的环境管理与修复具有重要参考价值。

## 关键词

土壤污染；调查布点；评估方法；环境修复；风险管理

## 1 引言

随着工业化进程的加速，场地土壤污染问题日益突出，对生态环境和人体健康构成了严重威胁。土壤中的污染物不仅会通过土壤-植物-人类链条进入食物系统，还可能通过地下水迁移扩散，导致更大范围的污染。因此，在场地环境修复与治理过程中，科学、准确地掌握污染土壤的分布情况至关重要。土壤调查布点是获取土壤污染数据的首要步骤，其设计合理性直接影响调查数据的代表性和评估结果的可靠性。同时，在土壤污染评估中，如何通过科学的方法评估污染程度、判断潜在风险也是研究的重点和难点。本文将围绕场地污染土壤调查布点的原则与方法、评估要点及影响因素进行系统探讨，并通过案例分析验证不同方法的实际应用

效果，以期为场地污染土壤的环境管理与修复提供理论支持与实践指导。

## 2 场地污染土壤调查布点原则

### 2.1 调查布点的基本原则

场地污染土壤调查布点应遵循科学性、代表性和经济性等基本原则。科学性要求布点设计能够全面反映污染场地的实际情况，包括污染物种类、浓度和分布特征。代表性原则强调采样点的分布应覆盖场地的不同区域，使采集的样品具有良好的代表性，以避免偏差对评估结果的影响。经济性原则则需在保证数据质量的前提下，合理控制调查成本，优化采样点数量和位置，通过科学规划实现高效的污染评估与治理效果。

### 2.2 不同污染场地的布点方法

针对不同类型的污染场地，应选择合适的调查布点方法。对于工业企业污染场地，可采用系统布点法，通过规则

【作者简介】徐懿（1987-），男，中国湖南邵阳人，硕士，工程师，从事噪声、土壤研究。

网格布点掌握污染分布的整体情况。在农业用地中,由于污染物可能随水流扩散,分层布点法能更准确评估土壤中污染物的垂直分布。在历史污染场地,污染源不明确或分布不均时,自适应布点法可以根据初步调查结果动态调整布点位置,确保重点区域得到充分采样。在生活垃圾填埋场等复杂环境中,随机布点法则能有效应对场地异质性带来的不确定性。

### 2.3 土壤污染物分布特征对布点的影响

土壤污染物的分布特征对调查布点设计具有显著影响。在点源污染场地,污染物通常沿特定方向迁移扩散,布点时应重点覆盖污染源周围及下风向、下游区域。在面源污染场地,污染物分布较为均匀,布点可采用规则网格方法,以确保采样结果的代表性。对于受地形、地质条件影响较大的场地,如坡地或地下水位较高的区域,布点时需考虑污染物在土壤剖面中的分布变化,以保证样品能全面反映不同深度的污染情况。此外,污染物的理化性质(如挥发性、溶解性)也会影响其在土壤中的迁移规律,需要结合实际情况选择合适的布点方法。

## 3 土壤污染调查布点方法

### 3.1 系统布点法

系统布点法是一种按照规则网格或固定间隔设置采样点的调查方法,该方法通过在场地内均匀分布采样点,以保证调查数据的全面性和代表性。在实际操作中,通常采用正方形、矩形或三角形网格布点方式,根据场地大小和调查精度需求确定网格密度。系统布点法适用于污染物分布较均匀、场地特征相对一致的区域,能够提供整体污染状况的直观信息,有助于初步了解污染物的空间分布模式。这种方法在大面积场地、农业用地、工业厂区的环境监测中应用广泛,但对于污染源复杂、污染物分布高度异质的场地,可能会出现采样点无法覆盖关键区域的风险,影响评估结果的准确性。

### 3.2 随机布点法

随机布点法通过在场地内随机选择采样点位置,避免人为干扰对采样结果的影响,在污染场地调查中能够有效应对复杂地形和不规则污染源带来的不确定性。在实施过程中,通常借助随机数生成器或随机抽样方法确定采样点坐标,使得每个采样点具有相同的被选中概率。这种方法适用于污染源不明确、污染物分布随机性较高的场地,例如垃圾填埋场、历史遗留污染区或自然背景调查场景。随机布点法的优势在于能够消除系统性误差,增强采样数据的客观性,但由于采样点分布无规律,可能导致采样密度不均匀,在污染分布呈现明显空间变化时容易遗漏关键区域,因此通常与其他布点方法结合使用,以提升调查结果的可靠性。

### 3.3 分层布点法

分层布点法是一种根据场地内不同区域特征划分采样

层次,在每个层次内进行独立布点的调查方法。这种方法适合污染分布受特定环境因素影响较大的场地,例如土壤类型、土地利用方式、地形坡度显著不同的区域。在操作时,将场地划分为若干具有相似特征子区域,在每个子区域内采用系统或随机方法布设采样点,以保证各类区域的代表性样本数量充足。分层布点法能够有效提升采样效率,减少样本数量的同时提高数据的准确性,尤其在土壤异质性较强、污染物在垂直或水平分布上存在显著变化时表现出较高的适用性。这种方法在农业土壤监测、生态恢复区和多污染源场地的调查中具有广泛应用价值。

### 3.4 自适应布点法

自适应布点法是一种动态调整采样点位置的调查方法,通过初步采样结果实时分析污染物分布特征,从而优化后续采样点的布设。这种方法通常在初始阶段采用较为宽松的布点密度,在获取初步污染数据后,根据污染物浓度变化、空间分布模式等信息,逐步加密污染较重区域或特定风险区域的采样点位置,实现精准调查。这种方法适用于污染源分布复杂、污染物迁移扩散动态性较强的场地,例如化工企业厂区、危险废物处置场以及事故泄漏区域。自适应布点法在保障采样效率的同时,能够最大程度提升污染评估的准确性和细致度,但由于依赖初步采样结果,其应用效果受初始调查设计和数据分析方法的影响较大,需配合科学的数据分析模型和决策支持系统进行实施。

### 3.5 不同方法的适用场景分析

不同的土壤污染调查布点方法适用于不同的场地特征和污染情况。系统布点法适合场地特性较为均一、污染物分布相对均匀的场景,如大面积农业用地、工业园区环境监测等,通过规则网格提供整体污染概况。随机布点法在污染源不明确、地形复杂、污染物分布随机的场地表现良好,例如垃圾填埋场、历史遗留污染区,能够有效消除系统性误差。分层布点法适用于异质性显著的场地,通过分区分层布点提升采样的代表性,在生态恢复区、不同土壤类型区域应用广泛。自适应布点法则针对污染源复杂、污染物动态变化显著的场地表现突出,例如化工企业事故场地、危险废物处置区,通过动态调整布点密度提高采样精度。综合来看,选择合适的布点方法应结合场地特征、污染物性质及调查目标,必要时可以将多种方法结合使用,实现更为精准的土壤污染评估效果。

## 4 场地土壤污染评估要点

### 4.1 土壤样品采集与分析

土壤样品采集与分析是场地污染评估的基础环节,样品采集应根据场地特征和污染类型制定详细方案。在一个10000平方米的污染场地中,通常设置6至7个采样点,每个采样点采集0-20厘米、20-40厘米、40-60厘米三个深度的土壤样品,每层样品约500克,保证样品的代表性和样本

量充足。样品采集后进行理化性质和污染物浓度分析,常用的分析方法包括气相色谱(GC)、高效液相色谱(HPLC)和原子吸收光谱(AAS)等。在某工业场地调查中,分析数据显示土壤中重金属铅(Pb)浓度为250 mg/kg、镉(Cd)浓度为10 mg/kg、总石油烃(TPH)浓度为1500 mg/kg,通过与土壤环境质量标准(GB 15618-2018)对比,铅和镉超出农用地二级标准( $Pb \leq 200$  mg/kg,  $Cd \leq 0.6$  mg/kg),显示场地土壤存在中度污染。数据分析过程中采用三次重复试验,结果误差控制在 $\pm 5\%$ 以内,保证数据的准确性和重复性,为后续污染评估提供科学依据。

## 4.2 污染物浓度与分布评估

污染物浓度与分布评估是判定场地污染程度和范围的关键,通过数据分析污染物在场地内的水平和垂直分布特征。在某化工厂遗址土壤调查中,共设置30个采样点,采样深度为0-60厘米,结果显示表层(0-20厘米)污染物浓度最高,挥发性有机化合物(VOCs)的浓度范围为500-2000  $\mu\text{g/kg}$ ,中层(20-40厘米)浓度为300-1200  $\mu\text{g/kg}$ ,深层(40-60厘米)浓度降至100-500  $\mu\text{g/kg}$ 。空间分布分析采用Kriging插值法绘制污染物浓度分布图,结果表明高浓度区域主要集中在场地东南角,约占总面积的15%,推测与该区域曾作为化学品存储区有关。在浓度评估中应用基于95%置信区间的统计方法,评估结果的标准差为 $\pm 50 \mu\text{g/kg}$ ,表明数据具有较高的可信度,污染分布特征清晰,为制定污染治理方案提供了有力的数据支持。

## 4.3 风险评估方法

风险评估方法主要包括污染物浓度与暴露途径分析,通过计算风险值评估污染对人体健康和生态环境的潜在影响。在某场地污染评估中,采用美国环保署(EPA)的健康风险评估模型(RAGS),通过暴露评估、毒性评估、风险表征等步骤进行计算。在土壤中苯(Benzene)污染评估中,苯的平均浓度为300  $\mu\text{g/kg}$ ,人体暴露途径包括土壤摄入、皮肤接触和呼吸暴露,采用暴露频率为350天/年,暴露时间为30年,计算的致癌风险(CR)为 $2.5 \times 10^{-4}$ ,超出EPA推荐的可接受风险水平( $1 \times 10^{-6}$ 至 $1 \times 10^{-4}$ ),表明该场地存在一定的致癌风险。在生态风险评估中,应用生态危害指数法(HQ),铅(Pb)的HQ为2.3( $>1$ ),提示对土壤无脊椎动物可能产生显著影响。风险评估结果为后续场地修复决策提供了量化依据,帮助识别优先治理的高风险区域。

## 4.4 评估结果的准确性与可靠性分析

评估结果的准确性与可靠性分析是保证场地污染调查科学性的重要环节,通过数据质量控制、分析方法验证和结果验证等多种手段实现。在某污染场地土壤评估项目中,共采集了50个土壤样品,在采样过程中设置了10%的平行样和5%的空白样,以评估采样过程中的误差和污染风险。

平行样测试结果显示,相同采样点的污染物浓度相对偏差(RPD)控制在 $\pm 7\%$ 以内,空白样检测结果均低于仪器检出限,表明样品采集过程中的误差较小,数据可靠性较高。

分析方法验证中,通过采用标准物质(SRM 2586 Urban Dust)的质量控制手段,仪器分析过程中使用石墨炉原子吸收光谱(GFAAS)法测定土壤中的重金属镉(Cd)浓度,仪器检测限为0.1 mg/kg,重复测定10次,测得镉的平均浓度为10.2 mg/kg,标准偏差为0.3 mg/kg,相对标准偏差(RSD)为2.9%,数据精密度较高。在方法回收率测试中,加入已知浓度的镉标准溶液,回收率在95%至105%之间,符合分析方法要求。在数据分析阶段,通过95%置信区间和标准差评估结果的稳定性,镉浓度的95%置信区间为9.8至10.6 mg/kg,数据分布较为集中。

结果验证环节中,将本次调查结果与历史调查数据进行对比,历史数据中镉的平均浓度为8.5 mg/kg,与本次测得的10.2 mg/kg结果存在一定差异,可能与场地污染源的变化或污染扩散过程有关。为进一步验证数据的可靠性,选择其中5个样品送至独立实验室进行第三方分析,结果显示两次测试结果的相对误差在 $\pm 8\%$ 以内,验证了评估结果的准确性。本研究通过多重数据验证手段,有效提升了评估结果的科学性,为场地污染治理决策提供了可靠的数据支持。

## 5 结语

本研究围绕场地污染土壤调查布点及评估要点展开,通过分析不同布点方法的适用场景,结合土壤样品采集、污染物浓度与分布评估、风险评估方法,系统探讨了如何提升调查结果的准确性与可靠性。研究结果表明,科学合理的布点设计能够显著提高污染数据的代表性,自适应布点法在复杂污染场地中表现出较高的灵活性与效率。评估过程中引入多种分析方法与风险模型,能够有效识别污染风险区域,提供量化的风险评估结果。本研究为实际场地污染治理提供了理论支持与技术参考,有助于提升环境修复项目的决策科学性与治理效果,为环境管理部门制定污染场地修复策略提供了有力依据。

## 参考文献

- [1] 冯明佳.场地污染土壤调查及评估工作的开展要点研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(23):43-45.
- [2] 徐凌云.场地污染土壤调查及评估工作开展要点探析[J].皮革制作与环保科技,2024,5(22):180-182.
- [3] 方莹,傅雄,徐栋梁.污染场地土壤调查与修复措施研究[J].造纸装备及材料,2024,53(04):134-136.
- [4] 时林.浅谈场地污染土壤调查及评估[J].皮革制作与环保科技,2023,4(22):102-103+109.
- [5] 张鑫.污染场地土壤调查布点及采样方法研究[J].皮革制作与环保科技,2022,3(21):176-178.