

土壤污染环境监测的质量控制和评价方法

滕波臣¹ 邱艳²

1. 浙江中环检测科技股份有限公司 浙江 温州 325000

2. 衢州中环检测科技有限公司 浙江 衢州 324000

摘要: 本文全面分析了土壤污染环境监测的重要意义、我国土壤污染现状、质量控制措施及评价方法。指出土壤污染环境监测对保护生态环境、保障农产品安全和推动绿色发展至关重要。文章详细阐述样品采集、实验室分析及数据处理的质量控制方法,并介绍单因子指数法、综合指数评价法、灰色聚类法、人工神经网络法和层次分析法等多种评价方法。通过某工业重镇周边农田土壤污染监测项目的案例分析,展示质量控制与评价方法在实际应用中的有效性和必要性。

关键词: 土壤污染; 环境监测; 质量控制

1 土壤污染环境监测的重要意义

土壤污染环境监测作为生态环境保护的重要组成部分,其意义深远且重大。土壤作为生态系统的基石,承载着农作物生长、水源涵养、生物多样性维护等多重功能。随着工业化和城市化进程的加快,土壤污染问题日益凸显,严重威胁到农产品安全、人体健康及生态平衡。进行土壤污染环境监测,首先能够准确掌握土壤污染的现状和趋势,为制定科学合理的污染治理与修复策略提供数据支撑。通过定期监测,可以及时发现污染源,评估污染程度和范围,避免污染扩散造成更大损失。其次,监测结果能够指导农业生产活动,优化土地利用结构,减少有害物质在农产品中的积累,保障食品安全^[1]。另外,土壤污染环境监测还是评估环保政策效果、推动绿色发展转型的重要依据,有助于促进经济社会可持续发展。总之,土壤污染环境监测对于保护土壤资源、维护生态环境安全、保障人类健康具有重要意义。它不仅是环境保护工作的基础,也是实现生态文明建设和可持续发展的关键环节。

2 分析我国土壤污染环境的现状分析

我国土壤污染环境的现状分析呈现出复杂性与严峻性的双重特征。长期以来,快速工业化、城市化以及农业生产中化肥农药的过量使用,导致土壤污染问题日益突出。工业排放、城市垃圾填埋及农业面源污染等多种污染源交织在一起,对土壤生态系统造成了严重破坏。重金属污染、有机污染物和化肥农药残留是当前土壤污染的主要类型。重金属如镉、铅、铬等通过工业废水、废气排放和固体废弃物堆积等方式进入土壤,难以被自然降解,长期积累导致土壤质量下降,影响植物生长和人体健康。同时,有机污染物如石油类、多环芳烃等也

广泛存在于土壤环境中,对土壤生态系统造成危害。另外,农业生产中化肥农药的过量使用不仅导致土壤理化性质改变,还引发一系列环境问题,如土壤板结、盐碱化加剧、生物多样性下降等。这些问题相互关联,形成土壤污染的综合效应,对我国土壤资源的可持续利用构成了巨大挑战^[2]。

3 土壤污染环境监测的质量控制

3.1 样品采集的质量控制

样品采集作为监测工作的第一步,其质量控制直接关系到后续分析结果的准确性。为确保样品采集质量,需遵循以下原则并依托数据支撑:(1)布点合理性:依据地理信息系统(GIS)数据,结合土地利用类型、污染源分布、土壤类型等因素,科学合理地布设采样点。通常,网格化布点法结合专家判断,能确保采样点的广泛性和代表性。据统计,合理的布点方案能使监测误差降低约20%。(2)采样深度与数量:依据土壤剖面层次及污染特征,确定适宜的采样深度和数量。例如,对于重金属污染,需采集不同深度的土样进行分析,以确保全面反映污染状况。根据历史数据,适当增加疑似污染区的采样点数量,可显著提高污染检出率。(3)现场操作规范:采样过程中严格遵守操作规程,使用无污染的采样工具和容器,避免交叉污染。记录详细的现场信息,如天气状况、土壤类型、植被覆盖等,以便后续数据分析。通过现场质控样(QC样)的采集与分析,可以评估采样过程中的误差,确保样品采集的可靠性。

3.2 实验室分析的质量控制

实验室分析是获取监测数据的关键步骤,其质量控制涉及多个方面:(1)仪器校准与维护。定期对分析仪器进行校准和性能验证,确保仪器处于最佳工作状态。

例如,使用标准溶液对光谱仪、色谱仪等精密仪器进行校准,校准后误差应小于5%。同时,建立仪器维护档案,记录每次维护的时间、内容及结果,确保仪器的长期稳定性。(2)分析方法标准化。采用国家或行业标准分析方法,确保分析过程的科学性和准确性。对于新方法,需经过方法验证和比对试验,确认其适用性和准确性后方可应用。根据历年数据比对,标准化分析方法能使分析结果的误差控制在可接受范围内(通常<10%)。

(3)质控措施的实施。在分析过程中,通过空白实验、平行样品、标准物质及加标回收实验等措施,控制和实验误差。例如,每批样品设置至少一个空白样,以监控实验室环境的清洁程度;设置一定比例的平行样,以评估分析结果的重复性和稳定性;定期使用标准物质进行校准和验证,确保分析结果的准确性。

3.3 数据处理的质量控制

根据统计学原理,对异常值进行甄别和处理,如采用平均值替代、删除等方法;整理数据格式,使其符合后续分析的要求;根据监测目的和数据特点,选择合适的数据分析方法。例如,采用单因子指数法评估单一污染物的超标情况;采用综合指数法综合评价多种污染物的整体污染水平;利用统计分析软件(如SPSS、R语言)对数据进行深入挖掘和分析,揭示污染规律和趋势;将分析结果与背景值、历史数据进行比对验证,确保结果的合理性和可靠性^[3]。编制监测报告时,清晰、准确地描述监测过程、方法、结果及结论,提供必要的图表和数据分析结果支撑。

4 土壤污染环境监测的评价方法

4.1 单因子指数法

单因子指数法是一种简单直观的评价方法,通过比较单一污染物的实测浓度与相应的环境标准值(如土壤环境质量标准值)来评估污染程度。该方法适用于快速筛选出主要污染物及其超标情况。假如某监测点土壤中铅(Pb)的实测浓度为100mg/kg,而该地区土壤环境质量标准中铅的限值为50mg/kg。根据单因子指数法,计算得Pb的单因子指数为 $2(100\text{mg/kg}/50\text{mg/kg})$,表明该监测点土壤中的铅含量超标一倍,污染程度较高。

4.2 综合指数评价法

综合指数评价法则考虑了多种污染物的共同作用,通过加权求和或加权平均等方式,将多种污染物的实测浓度综合成一个综合指数,以全面反映土壤的整体污染水平。该方法适用于复杂污染体系的评估。以某监测区域为例,选取镉(Cd)、铬(Cr)、铅(Pb)三种重金属作为评价指标,其实测浓度分别为2mg/kg、

100mg/kg、80mg/kg,相应的权重分别为0.3、0.4、0.3(权重分配可根据实际情况调整)。环境质量标准值分别为1mg/kg、100mg/kg、50mg/kg。根据综合指数评价法,首先计算各污染物的单因子指数,然后加权求和得到综合指数。以加权平均法为例,综合指数为 $(2/10.3+1/10.4+1.6/1*0.3)=1.38$,表明该区域土壤整体受到一定程度的污染。

4.3 灰色聚类法

灰色聚类法是一种基于灰色系统理论的评价方法,适用于信息不完全或不确定的土壤污染评价场景。利用灰色聚类法,首先设定污染等级的划分标准(如清洁、轻度污染、中度污染、重度污染),然后构建白化权函数,将各监测点的污染物浓度数据映射到不同的污染等级上。通过计算聚类系数矩阵,将各监测点归入相应的污染等级类别中;可以得到该区域土壤污染的空间分布图,为制定针对性的治理措施提供依据。需要注意的是,灰色聚类法的具体实现过程较为复杂,涉及较多的数学计算和模型构建工作。

4.4 人工神经网络法

人工神经网络法(ANN)在土壤污染环境监测评价中展现出了强大的潜力。在土壤污染监测中,ANN的优势主要体现在以下几个方面:(1)高效处理非线性数据:土壤污染监测数据往往包含多种污染物浓度、土壤理化性质等多个非线性相关的变量。ANN能够通过多层神经元的连接和权重调整,有效捕捉这些变量之间的复杂关系,提高评价的准确性和可靠性。(2)自适应学习能力强:ANN具备自我学习和优化的能力,能够在训练过程中自动调整网络结构和参数,以适应不同区域、不同类型的土壤污染监测数据。这种自适应学习能力使得ANN在应对复杂多变的土壤污染监测任务时,表现出更强的灵活性和鲁棒性^[4]。(3)多因素综合评估:土壤污染评价需要综合考虑多种污染物和环境因素的影响。ANN能够通过并行处理和多层次结构,同时接收和处理多个输入变量,实现多因素的综合评估。这种方法不仅提高了评价的全面性,还有助于发现潜在的污染风险点。在实际应用中,人工神经网络法通常需要结合土壤污染监测的具体数据和需求进行定制化设计和训练。

4.5 层次分析法

层次分析法(AHP)作为一种定性与定量相结合的多因素决策分析工具,在土壤污染环境监测评价中同样具有重要的应用价值。该方法通过构建层次结构模型,将复杂的评价问题分解为若干子问题或因素,并通过两两比较的方式确定各因素之间的相对重要性。AHP将复

杂的评价问题结构化,使得决策过程更加清晰、有序。通过构建层次结构模型,可以直观地展示评价问题的各个方面和层次关系,帮助决策者更好地理解问题和制定策略;AHP通过专家打分、问卷调查等方式收集定性信息,并通过数学运算将其转化为定量结果。在土壤污染监测评价中,AHP可以综合考虑多种污染物的危害程度、土壤环境的敏感性以及治理措施的可行性等多个方面的因素;AHP通过两两比较的方式确定各因素之间的相对重要性,并据此进行权重分配。这种方法不仅考虑各因素之间的相互影响和制约关系,还使得权重分配更加合理、科学。

5 土壤污染环境监测质量控制与评价方法的案例分析

以某工业重镇周边农田土壤污染监测项目为例,该项目旨在评估工业活动对周边农田土壤造成的污染程度,并制定相应的治理措施。在项目实施过程中,质量控制与评价方法的应用起到至关重要的作用。

5.1 质量控制方面

(1) 样品采集:项目团队首先根据工业企业的分布、风向、地形地貌等因素,科学合理布设了采样点。采样过程中,严格遵守操作规程,使用无污染的采样工具和容器,确保样品不受污染;现场记录详细的采样信息,包括采样时间、地点、土壤类型、植被覆盖等,为后续分析提供重要依据。为确保采样质量,还设置了质控样(QC样),用于评估采样过程中的误差。

(2) 实验室分析:所有采集的土壤样品均送至具有资质的专业实验室进行分析。实验室在接收样品前进行严格的验收和登记,确保样品信息准确无误。分析过程中,实验室采用了标准化的分析方法,并定期对分析仪器进行校准和维护,确保分析结果的准确性;通过空白实验、平行样品、标准物质及加标回收实验等措施,严格控制实验误差。

(3) 数据处理:实验室将分析得到的数据进行整理和审核,剔除了异常值和错误数据,确保了数据的真实性和准确性;利用专业的数据分析软件对数据进行处理和分析,为评价工作提供了可靠的数据支持。

5.2 评价方法方面

该项目采用了综合指数评价法结合人工神经网络法(ANN)进行土壤污染评价;根据土壤环境质量标准,计算了各污染物的单因子指数,并综合考虑了多种污染物的共同作用,计算综合指数。该指数直观地反映土壤的整体污染水平。为了进一步提高评价的准确性和可靠性,项目团队还引入人工神经网络法。他们利用ANN的强大非线性映射能力和自学习能力,构建基于土壤污染监测数据的ANN模型;通过训练和优化模型参数,ANN模型能够自动识别并处理数据中的复杂关系,提供更为精细的污染评价结果。结合综合指数评价法和ANN模型的评价结果,项目团队得出该工业重镇周边农田土壤的污染状况,并据此制定相应的治理措施。这一案例充分展示土壤污染环境监测质量控制与评价方法在实际应用中的有效性和重要性。

结束语

综上所述,土壤污染环境监测的质量控制与评价方法是确保监测数据准确可靠、科学指导污染治理的关键环节。未来,随着技术的不断进步和方法的持续优化,土壤污染环境监测将更加精准高效,为生态文明建设和可持续发展提供有力支持。同时,加强公众对土壤环境保护的认识和参与,形成全社会共同关注和保护土壤资源的良好氛围,将是实现这一目标的重要保障。

参考文献

- [1]陈秋兰.我国土壤环境监测制度的现状、主要问题及对策[J].环保科技,2018,24(04):59-64.
- [2]热合木图拉·阿不都热西提.土壤污染环境监测的质量控制和评价方法[J].皮革制作与环保科技,2024,5(8):79-81.
DOI:10.20025/j.cnki.CN10-1679.2024-08-27.
- [3]刘维雄.土壤污染环境监测的质量控制和评价方法[J].皮革制作与环保科技.2023,4(21).
DOI:10.20025/j.cnki.CN10-1679.2023-21-45.
- [4]吴子仁,段雨薇,白彬.土壤污染环境监测的质量控制和评价方法[J].化工设计通讯.2023,49(5).
DOI:10.3969/j.issn.1003-6490.2023.05.062.