

基于土壤检测数据的环境质量评估与监测方法研究

冯杰¹ 杨琦丹² 吴杰²

1 湖州利升检测有限公司; 2 湖州市吴兴区东林镇人民政府

DOI: 10.12238/ems.v6i5.7756

[摘要] 土壤是生态系统的重要组成部分, 其环境质量直接影响着人类健康和可持续发展。本文基于土壤检测数据, 从土壤污染现状、评估方法和监测技术三个方面进行了研究。通过分析土壤理化性质和污染物含量, 构建了土壤环境质量评估指标体系; 采用地统计学方法, 对土壤污染空间分布特征进行了分析; 提出了基于物联网和大数据技术的土壤环境监测方法。本文研究结果可为土壤环境管理和修复提供科学依据, 对促进生态文明建设具有重要意义。

[关键词] 土壤检测; 数据评估; 环境质量

Research on Environmental Quality Assessment and Monitoring Methods Based on Soil Testing Data

Feng Jie¹ Yang Qidan² Wu Jie²

1. Huzhou Lisheng Testing Co., Ltd; People's Government of Donglin Town, Wuxing District, Huzhou City

[Abstract] Soil is an important component of ecosystems, and its environmental quality directly affects human health and sustainable development. This article is based on soil testing data and conducts research from three aspects: soil pollution status, evaluation methods, and monitoring technologies. A soil environmental quality assessment index system was constructed by analyzing soil physicochemical properties and pollutant content; The spatial distribution characteristics of soil pollution were analyzed using geostatistical methods; A soil environment monitoring method based on the Internet of Things and big data technology has been proposed. The research results of this article can provide scientific basis for soil environment management and restoration, and are of great significance for promoting ecological civilization construction.

[Key words] soil testing; Data evaluation; environmental quality

引言

土壤是地球表层的疏松物质层, 是生态系统的重要组成部分, 在维持生物多样性、调节水土循环和净化环境等方面发挥着不可替代的作用。然而, 随着工农业的快速发展和城市化进程的不断推进, 土壤污染日益严重, 已成为制约可持续发展的瓶颈因素。2016年, 中国政府发布了《土壤污染防治行动计划》, 提出了“到2020年, 受污染耕地安全利用率达到90%以上, 污染地块安全利用率达到148万亩以上”的目标。这对加强土壤环境管理, 开展土壤污染防治工作提出了更高要求。本文基于土壤检测数据, 从土壤污染现状、评估方法和监测技术三个方面进行研究, 以期为土壤环境管理提供科学依据。

1. 土壤污染现状分析

1.1 土壤理化性质分析

土壤理化性质是评估土壤质量的重要指标, 直接影响着土壤的肥力、结构和污染物迁移转化能力。研究发现, 部分地区土壤呈现酸化趋势, pH值偏低, 严重影响了作物生长。

土壤有机质含量是衡量土壤肥力的关键指标, 研究区内土壤有机质含量整体处于较低水平, 部分区域更是乏善可陈, 表明土壤肥力亟待提升。土壤阳离子交换量反映了土壤吸附和缓冲能力, 受污染土壤的阳离子交换量普遍较低, 与未污染土壤相比存在显著差异, 表明污染物的累积对土壤理化性质造成了显著影响。

1.2 土壤污染物含量分析

土壤污染物种类繁多, 主要包括重金属、持久性有机污染物和农药残留等。研究发现, 重金属污染问题尤为突出, 镉、铅、汞等重金属元素在部分区域土壤中的含量超过了国家标准, 已对农产品质量安全构成威胁。持久性有机污染物如多环芳烃、多氯联苯等在土壤中具有较长的持久性和生物累积性, 污染区土壤中这些污染物的含量显著高于清洁区, 长期摄入会对人体健康产生慢性危害。农药残留也是土壤污染的重要组成部分, 有机氯、有机磷农药在部分农田土壤中残留量超过安全限值, 威胁着农产品质量安全; 综上土壤污染具有隐蔽性、累积性和难修复性等特点, 亟需采取有效措施

施控制污染源, 修复受污染土壤, 从源头上遏制土壤污染的蔓延。

2. 土壤环境质量评估方法

2.1 评估指标体系构建

土壤环境质量评估是一项复杂的系统工程, 需要综合考虑土壤理化性质、污染物含量、生态毒性等多个方面因素。构建科学合理的评估指标体系是准确评估土壤环境质量的关键所在。指标体系的构建要遵循科学性、系统性、可操作性等基本原则, 兼顾土壤环境质量的内在属性和外在表征, 做到全面覆盖、突出重点。一般而言, 评估指标体系由目标层、准则层、指标层等多个层次组成, 采用层次分析法确定各指标的权重, 以期达到客观评价的目的。目标层是土壤环境质量评估的总纲领和总方向, 准则层包括土壤理化性质、污染状况、生态风险等多个方面, 指标层则由具体的评估指标构成, 形成了一个完整的评估框架。在指标选取上, 土壤理化性质指标主要包括 pH 值、有机质含量、阳离子交换量等, 这些指标反映了土壤的基本属性和质量状况, 是评判土壤肥力和环境承载力的重要依据; 污染状况指标主要包括重金属、持久性有机污染物、农药残留等污染物含量, 这些指标反映了土壤受到污染的程度和潜在风险, 是开展土壤污染防治的重点监控对象; 生态风险指标主要包括污染物的生物有效性、生物累积性、生态毒性等, 这些指标反映了污染物对土壤生态系统的危害程度, 是评价土壤环境质量的关键要素。通过构建科学合理的评估指标体系, 运用模糊综合评判、层次分析等数学方法, 最终形成对土壤环境质量的综合评判结果, 进而为土壤环境管理、污染防治、生态修复等工作提供重要的理论依据和实践指导。

2.2 地统计学分析方法

土壤环境质量具有明显的空间异质性, 采用传统的统计学方法难以准确刻画其空间分布特征, 容易出现“以点代面”的局限性。地统计学作为一门新兴的交叉学科, 融合了地理学、统计学、计算机科学等多学科知识, 为土壤环境质量评估提供了新的思路和方法。地统计学以区域化变量理论为基础, 充分考虑了土壤环境质量的自相关性和空间结构特征, 通过引入半方差函数、克里金插值等核心方法, 实现了土壤环境质量的自相关制图和不确定性分析。其中, 半方差函数可以定量描述土壤环境质量的自相关特征, 揭示其在不同尺度上的自相关结构, 进而为空间插值提供理论基础; 克里金插值则充分利用半方差函数拟合的空间结构信息, 对未采样点的土壤环境质量进行最优无偏估计, 填补了数据空白区, 扩展了点位数据的代表性。在此基础上, 绘制土壤环境质量的自相关图, 直观展示区域土壤污染的整体格局和空间分异规律, 识别污染热点区域, 为土壤环境质量的分级管控和精准修复提供科学依据。与传统方法相比, 地统计学分析充分考虑了土壤环境质量的自相关效应, 揭示了区域尺度上的自相关规律, 大大提高了评估结果的可靠性和适用性。总之, 地统计学为土壤环境质量评估插上了腾飞的翅膀, 拓宽了评估的视野和手段, 必将在土壤环境管理和污

染防控领域大放异彩, 推动环境质量评估的理论创新和方法进步。

3. 土壤环境监测技术

3.1 传统监测方法

传统的土壤环境监测方法主要包括现场采样、实验室分析、数据处理等环节, 虽然步骤烦琐、耗时费力, 但仍是获取土壤环境质量数据的基石和前提。现场采样是监测工作的首要环节, 采样点位的选择要充分考虑区域地形地貌、土地利用类型、污染源分布等因素, 遵循代表性、均匀性和可比性原则, 确保采样点位对研究区域具有典型意义。采样过程中要严格按照规范要求进行操作, 避免交叉污染和人为干扰, 保证样品的真实性和完整性。实验室分析是监测数据获取的核心环节, 需要运用各种精密仪器和先进技术, 对土壤样品的理化性质和污染物含量进行测定。常用的分析方法有原子吸收光谱法、电感耦合等离子体发射光谱法、气相色谱-质谱联用法等, 这些方法灵敏度高、重现性好, 能够满足痕量级污染物的检测需求。然而, 传统监测方法也存在一些弊端, 如野外采样劳动强度大、实验室分析费用高昂、数据获取周期长等, 难以适应日益增长的土壤环境监测需求。此外, 单纯依靠实验室分析获取的数据, 缺乏时空连续性和动态性, 难以全面反映土壤环境质量的变化趋势。为了克服这些局限性, 研究人员开始探索新的监测方法和技术, 力求在提高监测效率和降低监测成本的同时, 获取更加全面、准确、动态的土壤环境质量数据。

近年来, 随着传感技术、通信技术、大数据等新兴技术的蓬勃发展, 为土壤环境监测带来了新的机遇和挑战。一些研究者尝试将无线传感网络引入土壤环境监测领域, 通过部署各类传感器节点, 实现土壤温湿度、pH 值、重金属含量等环境参数的自动感知和采集, 并通过自组织协议实现数据的本地融合和压缩, 大大提高了数据采集的智能化水平和时空分辨率。同时, 采用 GPRS、4G 等无线通信技术, 将传感器采集的数据实时上传至云平台, 克服了数据传输的时空限制, 提高了数据获取的时效性和可靠性。在此基础上, 运用大数据、机器学习等技术, 对海量监测数据进行智能分析和挖掘, 揭示土壤环境质量的时空分布特征和演变规律, 及时发现和预警异常情况, 为土壤污染防治和修复提供精准决策支持。尽管新兴监测技术为土壤环境监测注入了新的活力, 但并不意味着可以完全取代传统监测方法。相反, 二者应该优势互补、相得益彰, 形成更加完善、高效、智能的土壤环境监测体系。一方面, 传统监测方法可为新技术提供必要的校验和补充, 特别是在传感器稳定性、测量精度等方面, 仍需要实验室分析等传统手段的支撑; 另一方面, 新兴监测技术可弥补传统方法的不足, 拓展监测的广度和深度, 为土壤环境管理决策提供更加及时、全面、可靠的数据支持。

3.2 物联网监测方法

物联网是新一代信息技术的集成应用, 通过 RFID、传感器、无线通信等技术, 实现人与物、物与物之间的互联互通和智能感知。将物联网技术引入土壤环境监测领域, 犹如为

土壤披上数字化外衣,赋予其智慧和生命。物联网监测系统通常由无线传感网络、数据传输网络和云平台三个子系统构成,集成了信息采集、传输、存储、分析等功能,实现了土壤环境质量的实时动态监测和预警。无线传感网络由部署在监测区域内的各类传感器节点组成,可自动感知和采集土壤温湿度、pH值、重金属含量等环境参数,并通过自组织协议实现数据的本地融合和压缩。数据传输网络采用GPRS、4G等无线通信技术,将传感器采集的数据实时上传至云平台,克服了数据传输的时空限制,大大提高了数据获取的时效性和可靠性。云平台集数据存储、挖掘、展示和预警为一体,运用大数据、人工智能等前沿技术,对海量监测数据进行智能分析和可视化呈现,自动识别土壤环境质量的时空分布特征和演变规律,及时发现和预警异常情况,形成更加直观、精准、全面的土壤环境质量评估成果,用数字赋能土壤环境监测和管理。与传统监测方法相比,物联网监测具有全天候、无盲区、高时效等优势,不仅可持续获取高密度、多要素的土壤环境监测数据,而且极大的降低了人力物力成本。当前,以智慧农业为代表的物联网应用已在农业领域全面铺开,实现了农田小气候与土壤墒情的实时监测和智能灌溉施肥,取得了显著的生态和经济效益。这些成功经验为土壤环境监测领域的物联网应用提供了宝贵借鉴,同时也凸显了加快推进物联网监测的重要性和紧迫性。未来,要加强跨学科交叉融合,开发适用于土壤环境监测的专用传感器件和集成系统,构建天地一体化的立体监测网络,并与地理信息、遥感等技术手段相结合,最终形成全天候、全方位、全过程的土壤生态系统监测预警体系,为生态文明建设保驾护航助力美丽中国建设和全球可持续发展目标的实现。

3.3 大数据分析技术

随着信息技术的快速发展,海量数据的生成和积累为环境监测领域带来了新的机遇。大数据分析技术利用机器学习、数据挖掘等手段,从海量异构数据中发现隐藏的模式和规律,为土壤环境质量的动态评估与预警提供了强大的工具。将大数据分析技术应用于土壤环境监测,可有效整合多源异构数据,揭示环境要素间的内在联系,识别污染的时空分布特征,进而为土壤污染防治提供精准决策支持。

大数据分析的核心是数据融合与知识发现。通过构建土壤环境大数据平台,集成物联网监测、遥感观测、地理信息、文献资料等多源数据,消除异构数据间的语义鸿沟,实现数据的标准化与一体化管理。在此基础上,运用数据挖掘算法,如关联规则、决策树、支持向量机等,从海量数据中提取有价值的信息,发现土壤环境要素间的内在联系和演变规律。例如,通过关联规则挖掘,可揭示土壤理化性质与污染物含量间的相关性,识别关键污染因子;通过时空聚类分析,可划分土壤污染的区域分异特征,确定污染防治的重点区域;通过时间序列分析,可模拟土壤环境质量的动态变化趋势,实现污染预警和风险评估;大数据分析的另一重点是可视化展示。传统的数据分析结果通常以表格和曲线的形

式呈现,抽象晦涩,不利于信息的直观传递。而大数据可视化则通过图形化、动态化的方式,将复杂的分析结果转化为通俗易懂的视觉形式,极大的提升了数据洞察力和分析结果的可读性。例如,运用GIS等可视化工具,可生成土壤环境质量的多维立体化专题图,直观展现区域污染的空间分布格局;通过数据驱动的交互式仪表盘,可实现环境质量评估指标的动态查询和对比分析,为政府决策和公众参与提供直观的信息支撑。

大数据分析要真正落地,还需与环境管理业务深度融合。当前,环保部门普遍面临着数据资源分散、业务系统割裂的问题,大数据分析结果难以直接应用于管理决策。因此,亟需构建大数据驱动的智慧环保业务模式,将环境大数据与环境执法、应急响应、风险防控等业务场景无缝对接,最大限度的发挥大数据的价值。同时,要建立大数据分析结果的质量评估和反馈机制,对模型算法进行持续优化和校正,提高分析结果的可解释性和可信度,切实为环境管理提供精准智能的决策支持。大数据分析方法是土壤环境监测的未来方向,代表了环境管理的新范式。将其引入土壤环境监测,可极大地提升污染识别和预警的智能化水平,为土壤污染防治提供精准分层、动态管控的新思路;要想做好防护应把大数据分析技术与云计算、人工智能等深度融合,构建更加智慧高效的土壤生态环境监测预警体系,用数字化手段守护土壤这一不可再生的宝贵资源,推动环境保护和生态文明建设迈向新的高度。

结语

土壤是粮食生产和生态安全的物质基础,其环境质量的优劣直接关系到人类的生存和发展。当前,土壤污染已成为全球性环境问题,严重威胁着食品安全和人体健康。开展土壤环境质量评估与监测研究,对于掌握土壤污染状况,预防和控制土壤污染,保护生态环境具有重要意义。本文基于土壤检测数据,从污染现状、评估方法和监测技术三个方面进行了系统研究,可为土壤环境管理提供科学依据。未来,还需进一步加强土壤污染成因机制和风险评估等方面的研究,为制定土壤污染防治对策提供更加全面的理论支撑。同时,要加快土壤环境监测网络建设,提高监测数据的时空分辨率,为土壤环境质量动态评估和预警预报提供数据支撑。

[参考文献]

- [1]孔小禹.土壤环境中有害化学物质的检测与分析方法研究[J].当代化工研究,2023,(17):60-62.
- [2]李雯洁,杜祯宇,韩伟丹,等.土壤重金属分析方法间检测结果一致性判断方法——数据对t值检验法的改进与完善[J].中国环境监测,2023,39(04):237-247.
- [3]章海亮,谢潮勇,田彭,等.基于可见/近红外光谱和数据驱动的机器学习方法测量土壤有机质和总氮[J].光谱学与光谱分析,2023,43(07):2226-2231.
- [4]广东省强化土壤普查试点内业质量控制着力提升检测分析数据精准度[J].中国农业综合开发,2022,(11):34.