

土壤中微量金属元素含量的分析

孙 莎

中国地质调查局西安矿产资源调查中心 陕西 西安 710100

摘要: 土壤中微量金属元素的含量分析是研究土壤环境质量和污染程度的重要手段。通过采集不同地点和不同类型的土壤样品,并使用先进的分析方法和数据处理技术,对土壤中微量金属元素的含量进行分析和评估,为土壤环境保护和可持续发展提供科学依据。

关键词: 土壤;微量金属元素;含量分析;环境保护

1 微量金属元素的定义和分类

微量金属元素是指在自然界中存在于土壤、水体和生物体中的含量较低的金属元素。其含量通常以微克或毫克表示。微量金属元素的定义没有一个具体的界定,不同的学科和研究领域可能会有不同的分类标准。一般来说,常见的微量金属元素包括但不限于铁、锰、铜、锌、镍、铅、镉、汞、铬等元素。微量金属元素可以根据它们在环境中的来源和性质进行分类。根据来源可分为天然存在的微量金属元素和人为来源的微量金属元素,天然存在的微量金属元素是自然界中存在的金属元素,它们通常与土壤和岩石中的矿物质密切相关。人为来源的微量金属元素是由于人类活动而被排放到环境中的金属元素,如工业废水、废气排放等。根据性质可分为有害微量金属元素和必需微量金属元素。有害微量金属元素是指对生物体和生态环境有害的金属元素,如镉、铅和汞等。必需微量金属元素是指对生物体的生长和代谢至关重要的金属元素,如铁、铜和锌等。对微量金属元素的分类和研究有助于了解它们的来源、分布、迁移和环境效应,对环境风险评估和土壤污染防治有重要意义。

2 土壤中微量金属元素的来源

土壤中微量金属元素的来源有多种,主要包括自然源和人为源。自然源主要是指地壳中存在的自然矿物和岩石,它们在风化、侵蚀和火山活动中释放出金属元素,逐渐积累在土壤中。例如,铁、铝、锰等金属元素主要来自地壳中的岩石和矿物。另一方面,人为源则是由于人类活动所导致的土壤中金属元素的增加。这主要包括工业废弃物、污水排放、农药使用、采矿和冶炼等活动。例如,铅、锌、铜等金属元素可能来自采矿和冶炼过程的废弃物排放,而镉、汞等元素可能来自农药和化工产品的使用。这些金属元素通过各种途径进入土壤后,会对土壤质量、植物生长和生态系统造成影响。因

此,了解土壤中微量金属元素的来源,对于环境保护和治理具有重要意义。

3 土壤样品的采集和前处理

3.1 土壤样品采集地点和方法

土壤样品的采集和前处理是进行土壤中微量金属元素含量分析的重要步骤。采集的地点和方法应根据研究目的、区域特点和实际情况来确定。第一,采集地点应具有代表性,能够反映研究区域的整体情况。根据研究区域的大小和地形特点,可以选取不同的采样点分布方式,如网格状、系统状或随机状等。对于具有明显污染源的区域,应将采样点设置在污染源附近及受影响较大的区域。第二,采集方法应根据土壤类型、深度和采样目的来确定。一般来说,土壤采样可分为表层土采样和深层土采样两种。表层土采样主要采集0-20厘米的土壤,用于了解土壤表面污染情况;深层土采样则采集20厘米以下的土壤,用于了解土壤内部污染状况。在采样过程中,应避免人为因素对土壤的扰动和污染,同时记录采样点的地理位置、地形地貌等信息。第三,前处理是样品分析前的一系列处理过程,包括风干、磨碎、筛分、去杂质等。目的是使样品能够满足后续的化学分析方法要求,获得准确的金属元素含量数据。前处理过程中应注意避免交叉污染和损失,保证样品的代表性和准确性。

3.2 土壤样品的保存和运输

土壤样品的采集和前处理不仅是分析土壤中微量金属元素含量的基础,也是确保分析结果准确性和可靠性的关键环节。除了采集地点和方法的选择以及前处理的过程外,土壤样品的保存和运输也是至关重要的。首先,土壤样品的保存应遵循以下原则:(1)避免污染:在保存过程中,应确保样品不受外部污染,特别是避免交叉污染。所有的容器和工具都应清洗干净,并在使用前进行适当的清洁或处理。(2)保持原始状态:尽可能地保持样品在采集时的原始状态。这包括维持其湿度、

pH值和微生物群落等特性。(3) 低温保存: 为了抑制微生物活动和化学反应, 样品应保存在低温(通常为4°C或-20°C)环境下。这有助于延长样品的保存期限并保持其稳定性。

其次, 在运输过程中, 应采取适当的措施以确保样品的安全和完整性:(1) 适当的包装: 样品应妥善包装, 以防止在运输过程中破损或泄漏。选择坚固且防震的容器来储存和运输土壤样品是至关重要的。(2) 标识和记录: 为每个样品提供一个标识标签, 包含采样的日期、地点、描述以及其他重要信息。这样不仅可以跟踪样品来源, 还方便对样品的后续处理和分析。(3) 迅速运输: 尽快将采集的样品运输到分析实验室, 以减少可能的变异性。长时间的存储和运输可能会影响样品的某些特性。最后, 详细记录样品从采集到分析的整个过程有助于质量控制和后期的数据分析。包括采集、运输、保存的时间、温度等信息, 以及任何可能影响结果准确性的异常情况, 都应详细记录并留档备查。

3.4 土壤样品的前处理方法

在分析前, 需要将原始的土壤样品进行适当的处理, 以满足后续的化学分析方法的要求。(1) 风干: 将采集的土壤样品放置在干燥、清洁的地方, 自然风干。在风干过程中, 应避免阳光直射和污染, 确保土壤样品的原始性质得到保持。风干后, 土壤样品会变得脆硬, 有利于磨碎和筛分。(2) 磨碎: 使用研磨机或研钵将干燥的土壤样品磨碎, 使其成为均匀的粉末状。磨碎的目的是将土壤样品中的颗粒充分破碎, 使金属元素更好地释放出来, 便于后续的提取和分析。同时, 磨碎后的样品更易于筛分和去杂质。(3) 筛分: 将磨碎的土壤样品通过不同规格的筛子进行筛选, 以分离出不同粒度的样品。筛分的目的在于分离出不同粒度的颗粒, 根据分析的需要选择合适的粒度范围。一般来说, 对于微量金属元素的分析, 需要选择较细的筛子, 如100目或200目的筛子。(4) 去杂质: 在土壤样品中, 可能存在一些与金属元素共存的杂质, 如石块、根系、塑料等。这些杂质会影响后续的金属元素提取和分析。因此, 在提取金属元素之前, 需要去除这些杂质。常用的去杂质方法包括磁选、筛选、洗涤等。(5) 提取: 提取是土壤样品前处理中的重要步骤, 通过适当的提取方法将金属元素从土壤中分离出来。根据不同的金属元素性质和实验室条件, 可以选择不同的提取方法。常见的提取方法包括酸溶法、碱溶法、氢氟酸-高氯酸消解法等。(6) 浓缩和定容: 提取完成后, 得到的金属元素溶液通常浓度较低, 需要进行浓缩和定容, 以便于后续的仪器分析。浓缩通常采用蒸发

或结晶等方法, 而定容则是将金属元素溶液稀释到适当的浓度范围, 以满足分析方法的检测限要求。^[1]

4 微量金属元素的分析方法

4.1 原子吸收光谱法(AAS)

微量金属元素的分析方法有很多种, 每种方法都有其独特的优势和应用范围。其中, 原子吸收光谱法(AAS)是一种常用的分析方法, 用于测定样品中金属元素的含量。原子吸收光谱法是一种基于原子能级跃迁的分析方法。在AAS中, 样品中的金属元素在高温下被原子化, 成为自由原子。当这些自由原子通过特定的吸收路径时, 它们会吸收特定波长的光, 导致光强减弱。通过测量光强的减弱程度, 可以确定样品中金属元素的含量。

4.2 电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)

ICP-MS结合了等离子体的高温电离特性和质谱的高分辨能力, 能够快速准确地测定样品中各种元素, 尤其适用于痕量元素和超痕量元素的分析。ICP-MS的基本原理是将样品引入等离子体, 在高温和电场的作用下, 样品中的元素被电离成带正电荷的离子。这些离子在电场的作用下加速飞过真空系统, 根据其质荷比(m/z)被分离。通过测量不同元素的质荷比和相应的离子流强度, 可以确定样品中元素的种类和浓度。

4.3 X射线荧光光谱法(XRF)

微量金属元素的分析方法中, X射线荧光光谱法(XRF)是一种快速、非破坏性和高灵敏度的分析技术。XRF通过测量样品在X射线照射下发射出的荧光特征, 来确定样品中元素的种类和浓度。XRF的基本原理是当X射线照射到样品时, 与样品中的原子相互作用, 使原子激发至高能态。随后, 这些激发态的原子会释放出特定波长的荧光X射线, 其波长与元素种类相关。通过测量这些荧光X射线的波长和强度, 可以确定样品中元素的种类和浓度。

4.4 其他常用的分析方法

除了上述提到的电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)、原子吸收光谱法(AAS)和X射线荧光光谱法(XRF), 微量金属元素的分析还经常采用以下几种常用的分析方法:(1) 分光光度法: 分光光度法是利用物质吸收特定波长的光后产生的光谱特征进行分析的方法。在金属元素分析中, 分光光度法可以测定某些金属离子与显色剂反应后的吸光度, 从而确定金属离子的浓度。分光光度法具有操作简便、设备成本低等优点, 但灵敏度和选择性相对较低。(2) 原子荧光法: 原子荧光法是一种基于原子荧光光谱的分析方法, 通过测量原

子吸收特定波长的光后发射的荧光光谱来测定元素的含量。该方法对某些元素（如砷、硒、汞等）具有较高的灵敏度和选择性。原子荧光法通常与氢化物发生器联合使用，可以同时测定多种元素。（3）溶剂萃取法：溶剂萃取法是一种利用有机溶剂将金属离子从水相提取到有机相中的分离方法。通过选择合适的萃取剂和分离条件，可以将目标金属离子与干扰离子有效分离，从而提高分析的准确性和选择性。溶剂萃取法常用于分析高浓度金属离子，但操作较为繁琐，且对有机溶剂的需求较大。（4）离子选择电极法：离子选择电极法是一种利用特定离子的选择性电极测定溶液中该离子浓度的电化学分析方法。通过测量电极电位与已知浓度的标准溶液电位的比较，可以确定待测溶液中目标离子的浓度。离子选择电极法具有操作简便、设备成本低等优点，尤其适用于现场快速检测和自动化分析。（5）液相色谱法：液相色谱法是一种利用不同物质在固定相和流动相之间的分配系数差异进行分离的色谱技术。在金属元素分析中，液相色谱法可以用于分离和富集目标金属离子，与其他检测器（如紫外-可见检测器、电导检测器等）联用，可实现多元素的同时测定。液相色谱法具有分离效果好、灵敏度高、可自动化操作等优点，但设备成本和维护成本较高。^[2]

5 微量金属元素含量的风险评估和环境保护措施

5.1 微量金属元素对人体健康的影响

微量金属元素在环境中广泛存在，它们对人体的健康和生态系统的平衡起着重要作用。然而，当这些元素的含量超过一定限度时，可能会带来风险。首先，风险评估是关键的一步。它包括对微量金属元素的环境来源、迁移转化、暴露途径和健康影响的深入了解。通过科学的监测和调查，可以获取环境中金属元素的浓度数据，并对其潜在的健康风险进行评估。这需要考虑不同人群（如成人、儿童、孕妇等）的暴露差异，以及不同微量金属元素对健康的潜在影响。在了解了风险水平后，相应的环境保护措施应立即实施。减少或消除金属元素向环境中的排放，从源头上减少其暴露的可能性。这可能涉及到改进工业流程，采用更环保的生产方式，

以及加强对废物处理的监管等。根据风险评估结果，制定适用于不同环境介质（如空气、水、土壤）的微量金属元素浓度标准。对环境中的金属元素进行长期、持续的监测，及时发现潜在的健康风险，并采取相应措施降低风险。教育和宣传活动对于提高公众对微量金属元素风险的认知至关重要。^[3]

5.2 土壤环境保护的措施和建议

土壤是农业生产的基础，也是人类生存的重要资源。制定和完善有关土壤环境保护的法律法规，明确土壤污染的监测、评估、治理和责任等方面的规定，为土壤保护提供法律保障。建立健全土壤环境质量监测网络，定期开展土壤质量调查和评估，及时掌握土壤环境状况。加强对污染源的监管，严格控制污染物排放，防止新的污染源产生。推广生态农业、有机农业等可持续农业模式，减少化肥、农药等化学品的滥用。加强农田水利建设，提高土壤保水保肥能力，防止水土流失。加强土壤污染防治、生态修复等方面的科技研发，鼓励企业、高校和科研机构积极参与，提高土壤保护的技术水平。^[4]

结束语

随着人类活动的不断增加，土壤中微量金属元素的含量和分布受到广泛关注。准确分析土壤中微量金属元素的含量对于评估土壤质量、预测环境变化、指导农业生产具有重要意义。未来，随着技术的不断进步，将会有更高效、准确的测定方法应用于土壤中微量金属元素含量的分析，为环境保护和农业可持续发展提供更有力的支持。

参考文献

- [1]张继红,杜婧.土壤微量金属元素的分析方法综述[J].分析测试技术与仪器,2021,27(1):5-11.
- [2]高杰,李娜,顾金龙.ICP-MS法分析土壤中微量金属元素的研究与进展[J].中国草地学报,2021,43(3):80-88.
- [3]王文飞,张晶晶,潘晓敏等.土壤中微量金属元素含量分析及其健康风险评估[J].环保科技,2021,37(9):33-39.
- [4]张明阳,赵燕.土壤中微量金属元素的分析方法及其应用研究进展[J].化学分析计量,2021,30(4):23-31.