

重金属检测技术在水环境检测中的应用探讨

周建文

山西国联检测有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i1.6476

[摘要] 近年来,我国工农业生产的发展速度不断加快,但这也加剧了水环境中的重金属污染,不但严重破坏生态环境平衡,而且危害人体健康。重金属污染除了存在于水环境中,在土壤、空气环境中也有存在的可能性。基于此,该文阐述了水质重金属的含量、检测标准及原理,分析了原子吸收光谱法、电感耦合等离子体质谱法、电位分析法等各技术的优缺点、技术应用,旨在为水环境重金属检测及污染治理提供参考。

[关键词] 重金属检测技术;水环境检测;检测原理;检测技术

Application of heavy metal detection technology in water environment detection

Zhou Jianwen

Shanxi Guolian Testing Co., Ltd

[Abstract] In recent years, the development speed of China's industrial and agricultural production is accelerating, but it also aggravates the heavy metal pollution in the water environment, not only seriously damage the balance of the ecological environment, but also harm human health. In addition to existing in water environment, heavy metal pollution also exists in soil and air environment. Based on this, this paper expounds the content, detection standards and principles of heavy metals in water quality, and analyzes the advantages and disadvantages of atomic absorption spectroscopy, inductively coupled plasma mass spectrometry, potential analysis and other technologies, aiming to provide reference for the detection of heavy metals and pollution control in water environment.

[Key words] heavy metal detection technology; water environment detection; detection principle; detection technology;

引言

检测水环境的重金属污染,要全面检测其中的重金属元素含量,并获得准确的检测数据,必须选用合适的检测技术。因此,工作人员检测水环境重金属时,应全面分析重金属来源,明确其特征,在此基础上采用有效的检测技术开展重金属检测。只有这样,才能科学检测水环境,获得准确的检测数据,为今后的水环境重金属污染治理提供保障。

1 水质重金属的含量、检测标准及原理

1.1 水中重金属含量

我国国土面积广阔,尤其是南方地区,河网密布、湖泊众多,提供了充足的饮用水源。现实中,水环境污染问题严重,有些地区的水体中,重金属含量超标,汞、镉等各类重金属污染问题突出,对饮用水源安全造成巨大破坏。按照有关标准定义,如果金属的密度超过 4.5g/cm^3 ,则可划定为重金属。重金

属不但污染自然环境,而且在通过饮用水及食物进入人体后,当积累到某个定量时,则会发生慢性中毒,对人体生命健康构成严重威胁。对于水中重金属超标的界定,不同类型的重金属的标准存在差异,其中被定为重金属超标水体中,每升水中汞含量最少,镉次之,这表明这两类重金属的水体污染程度最为严重,其他铬、砷、铅等重金属也造成了严重的水污染。

1.2 水中重金属检测标准

对于水体中含有的各类重金属,国家都制定有相应的检测标准,例如检测铜金属,采用标准为《水质铜的测定 2,9-二甲基-1,10-菲啰琳分光光度法》、《水质铜的测定 二乙基二硫代氨基甲酸钠分光光度法》;检测镍金属,采用标准为《水质镍的测定丁二酮肟分光光度法》、《水质镍的测定 火焰原子吸收分光光度法》。

1.3 水中重金属检测原理

检测水体中的各类重金属，检测原理如下：

铁的检测原理：采集水体试样，将其PH值设定为3~9，此时的亚铁离子接触邻菲罗琳发生化学反应，出现一定量的络合物，其颜色为橙红，并具有较高的稳定性。铁含量越高，则其510nm波长处的吸光度更强。对高铁离子进行还原处置，则可得到其浓度以及铁的总含量。

铜的检测原理：将盐酸羟胺与二价铜离子混合后，发生化学反应。将其置于PH值接近或稍小于7的溶液中，通过测量生成的络合物含量，从而测定水中铜的含量。

总铬检测原理：在酸性溶液中，试样的三价铬被高锰酸钾氧化成六价铬，六价铬与二苯碳酰二肼反应生成紫红色化合物，于540nm进行分光光度测定总铬的含量。过量的高锰酸钾用亚硝酸钠分解，而过量的亚硝酸钠用尿素进行分解。

镍检测原理：当氨溶液中含有碘物质时，将定二酮肟与镍混合发生化学反应，采用分光光度法，可测量溶液中镍的含量。

2 检测技术

2.1 原子吸收光谱法 (AAS)

原子吸收光谱法技术优缺点：该方法是检测重金属的主要方法，可用于检测几十种重金属元素，其检测结果的准确性较高，且比较灵敏，检测效率高。其缺点在于不能准确检测非金属元素，外部因素对其检测过程有较大影响，而且无法在同一时间内检测多种元素。

原子吸收光谱法技术原理：气态原子外层电子能吸收紫外线光的原子共振辐射线，AAS是据此实现对待测元素含量的定量检测。在相应波长处，原子可吸收部分能量，图1为对该检测方法的原理进行的分析。气体原子能有效吸收特征光谱，根据该特性可检测重金属含量。水样在处理过后，进入石墨炉中，并借助于光谱仪测定光的强度，从而准确测定金属元素含量。

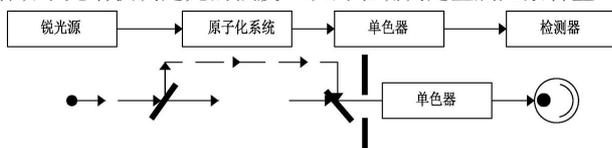


图1 原子吸收光谱法

原子吸收光谱法技术应用：化工冶炼、水质检测以及食品生产行业，AAS具有广泛的应用。为快速准确检测出果蔬中的重金属含量，采用AAS并借助于二氧化钛可完成测定。检测水体中的重金属，综合运用冷原子光谱法及石墨炉，可获得相对准确的数据结果，实测结果与标准值相差不到7.8%。

2.2 X射线荧光光谱法 (XRF)

X射线荧光光谱法技术优缺点：1) 该检测技术的优势在于检测效率高，不对待测物产生破坏，且检测结果有较高的准确性，而且可同时检测试样的多种重金属元素，依照标准曲线，计算出其中的重金属含量；2) 当样品受到X射线照射时，会生成发出荧光信号，主要是利用该原理开展分析。其实操过程分为三步：第一步，在光谱仪中放置已预处理的水样；第二步，通过向试样发射X射线，获得荧光信号；第三步，利用标准曲线测定试样中的重金属含量。

X射线荧光光谱法技术原理：运用XRF测量水体中的重金

属含量，传感器向试样发射X射线，后者发出荧光信号，这是该方法的应用原理。当水体中含有铜金属元素时，接触到磷酸三钠后，会发生化学反应。因此，可通过磷酸三钠测定水体中的铜元素含量。另一种测定方法是，查看是否出现淬灭，若有则证明水体中存在铜金属元素。采用XRF测定水体中的铁元素，出现淬灭问题则证明铁元素的存在。采用试剂盒检测水体中是否存在铬、汞元素。当荧光增强时，表明水体中含有汞，若发生淬灭，则证明含有铬元素。

X射线荧光光谱法技术应用：运用XRF检测海洋沉淀物中重金属元素的含量，仅用一小时，就检测出试样中五十多种元素的含量，其中铅元素的检出限为 $0.70 \times 10^{-6} \text{ mg/kg}$ ，检测效率高且结果准确。还可使用该法检测香烟卷纸，测定各种重金属的浓度，其中所有元素的检出限都不超过 $1.0 \mu\text{g/g}$ 。

2.3 电感耦合等离子体质谱法 (ICP-MS)

电感耦合等离子体质谱法技术优缺点：该方法可用于检测试样中的各种常见重金属，检测结果准确度较高，此为其主要优点。受高温等离子体的影响，试样原子被充分激活，分析出现的定波长辐射信号，完成对试样重金属元素的测定，这是ICP-MS的检测原理。ICP-MS的缺陷主要表现为，多种因素会影响其检测结果，且创建的标准曲线数据不准，试样检测的整体准确度受到明显影响。因此，今后检测技术人员的研究重点，将是运用标准曲线，有效降低其不利影响，全面提高检测的准确度。

电感耦合等离子体质谱法技术原理：分析图2可知，电感耦合等离子体质谱仪的主要构成为样品引入系统、离子源及检测设备等，另有真空系统、冷却系统等起到辅助作用。1) 运用ICP-MS检测试样中的各种元素，当具备相应情况时会发生电力反应，由此产生离子信号。通过分析离子化合物，收集到试样中的元素数据，实现合理准确测定。结合其他设备的使用，开展试样检测，可同时测定不同元素的含量，因此该法在水体检测中应用较广；2) 要将电感耦合等离子体“点燃”，需要持续供应高纯度的氩气，同时还要具备相应的发生器、炬管等，并有冷却系统对其实施降温。在其离子源中放入气溶胶，当温度达到 $6000 \sim 10000 \text{ K}$ 时，溶剂消失，并发生电离反应，此时的电感耦合等离子体转变为正离子，并具有正电荷。

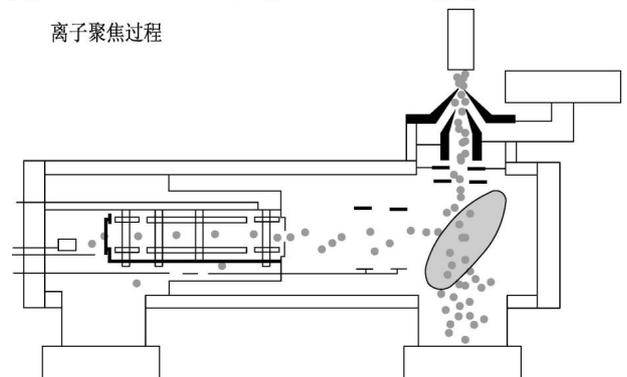


图2 电感耦合等离子体质谱仪离子聚焦过程

电感耦合等离子体质谱法技术应用：运用该技术检测水体中的重金属含量，主要分为三步：1) 处理水体试样，对其进

行汽化; 2) 将水汽传送到电感耦合等离子体, 完成激发后开展相关的分析工作; 3) 运用标准曲线中的参数, 测定出水体试样的重金属含量。工作人员采用该技术检测鱼类动物体内的重金属含量, 主要是汞、镉两类重金属。经检测可知, 以上两种重金属元素的检出限分别为 0.043ug/g、0.682ug/g。此外, 检测数据结果具有良好的重现性, 且加标回收率基本维持在 100%左右。

2.4 电位分析法

电位分析法技术优缺点: 该法属于一种电化学分析法, 将指示电极、试样组合起来成为电池, 通过分析电池电动势的具体变化, 完成对试样的分析测定。当电极不输出电流时, 开展电位分析, 常用的是离子选择性电极。电位分析法的检测效率高, 所需要的设备仪器简单, 便于开展操作, 这是其区别于其它检测方法的显著优势。

电位分析法技术原理: 不同电极间存在电位, 通过对其具体变动进行分析, 从而测定试样溶液中的物质构成及含量, 此为电位分析法的技术原理。将两个性质相异的电极放进试样溶液中, 由此得到电池, 通过具体分析电动势与其中金属离子浓度值, 检测出试样中金属离子的含量。

电位分析法技术应用: 采用该方法时, 检测人员提取化学修饰电极, 从而检测试样溶液中的汞、铜元素含量, 经检测, 两者的检出限依次为 1.0×10^{-8} mol/L、 5.0×10^{-8} mol/L, 回收率在 100%左右, 最高达到 105.5%。采用该方法所用的仪器设备较为简单, 检测效率高, 所研制的各种电化学传感器, 可快速、准确检测各种重金属元素。

2.5 电导分析法

电导分析法技术优缺点: 采用该方法, 主要是检测试样溶液的导电率, 分别完成对试样的定量及定性两方面的分析。其优点主要表现为所需要的仪器设备简单, 可操作性高, 且检测效率较高。其缺点是仅能测量试样离子的总导电率, 若试样溶液的构成复杂, 则很难分辨出各种离子, 其应用程度较低。

电导分析法技术原理: 当电解质溶液处于电场之中时, 会获得导电能力, 当离子数量持续增加时, 其导电性变强, 电导率是衡量导电性的指标。向试样溶液中放置两个不同性能的电极, 形成电池, 向电极传输直流电压, 由此可测量出其电阻值, 测定的电阻值与欧姆定律相吻合, 计算公式如下:

$$R = \rho \frac{L}{A};$$

式中, L 电极间距, 其单位为 cm; A 表示电极面积, 单位为 cm^2 ; R 表示溶液电阻, 单位为 Ω ; ρ 表示试样电阻率, 其单位为 $\Omega \cdot \text{cm}$ 。

电导分析法技术应用: 该方法是基于电池电动势的具体分析, 实现对待测物中各构成元素含量的测定。电导分析法包含多种类型, 其中应用最多的是直接电导分析与电导滴定分析。技术人员将聚二甲基硅氧烷当做基底, 研制出了一种新的分析方法, 用于检测水体中的 Cu^{2+} 含量, 所用的导电层为银纳米线。经过不断持续优化, 铜离子的线性值保持在 0.10~0.001mg/L,

检出限为 9.27×10^{-5} mg/L。经实际应用可知, 电导分析法可同时检测试样中的多种重金属元素, 检测效率高, 且检测数据结果具有较高的灵敏性, 能准确、快速检测中水体中的 Cu^{2+} 。

结语

综上所述, 随着经济社会的快速发展, 人们的环保理念增强, 对环境问题越来越重视, 其中水生态环境安全已属于关注的焦点问题。重金属元素严重污染水环境, 不但破坏自然生态环境, 而且严重危害人体健康。因此, 必须全面持续开展水环境的重金属检测, 严格按照国家的相关标准, 采用科学的检测技术, 确保获得的检测结果准确有效, 为水环境重金属污染治理奠定基础。当今科技发展迅猛, 各类新技术也被广泛应用于环境检测。检测分析方法及仪器设备更加智能, 环境检测分析效率更高, 检测结果的准确性大幅提高, 对于水环境重金属检测及污染治理, 具有重大意义。

[参考文献]

- [1]王美霖, 周欣悦.试论重金属检测技术在水质检测分析中的应用[J].清洗世界, 2023, 39(08): 25-27;
- [2]李雨晴, 姚辉, 陈萍等.重金属离子检测技术及其在环境检测中的应用[J].科技创新与应用, 2023, 13(15): 43-46;
- [3]周秀英, 罗欢, 韩晓燕等.水环境重金属检测技术研究进展[J].广东化工, 2020, 47(15): 151-152;
- [4]于子轩, 朱凌云.基于核酸适配体对废水重金属离子的检测[C]//中国环境科学学会环境工程分会.中国环境科学学会 2021 年科学技术年会——环境工程技术创新与应用分会场论文集(三).国防科技大学文理学院生物与化学系; , 2021: 5;
- [5]梁家乐, 郝军, 王强等.水环境检测中重金属检测技术运用分析[J].皮革制作与环保科技, 2023, 4(08): 11-13;
- [6]池丽娜.水环境中重金属污染的现状及检测技术探讨[J].世界有色金属, 2020, (19): 197-198;
- [7]米亚峰, 高晓娜, 杨莹莹等.水环境检测中重金属检测技术的应用[J].皮革制作与环保科技, 2022, 3(16): 18-20+23;
- [8]孙峰.重金属检测技术在环境水质分析中的应用探讨[J].全面腐蚀控制, 2021, 35(08): 123-125;
- [9]李季东, 温冬花.水环境中重金属的污染及其检测技术研究[J].中国金属通报, 2020, (05): 214-215;
- [10]潘飞, 韩海涛, 童春义等.新型功能化后合成改性共价有机骨架纳米复合材料的制备及其在重金属检测中的应用[C]//中国化学会(Chinese Chemical Society), 中国仪器仪表学会.中国化学会第十四届全国电分析化学学术会议会议论文集(第二分册).中国科学院海岸带环境过程与生态修复重点实验室山东省海岸带环境工程技术研究中心中国科学院烟台海岸带研究所; 湖南大学化学化工学院; , 2020: 2.