

# 生活饮用水中重金属铝的检测方法研究

武 军

内蒙古乌兰察布市集宁区市政公用事业服务中心水质监测股 内蒙古乌兰察布市集宁 012000

**摘 要:** 目的是经过能力验证计划, 分析和评估全国各地实验室内生活饮用水中的铝含量的检测。参照二级标准物质制备方法开始下一步制备, 对方法验证方案中的待测样品分别进行同质性检验和稳定性相关性检验, 采用方差单因素分析法和适当的线性趋势分析法进行下一步。对每个参与实验室提交的结果进行了迭代和稳健的分析, 并使用Z分数来评估每个参与者的实验室测试结果。结果, 全国共有590个实验室参加了能力验证, 533个实验室取得了满意的成绩, 满意度得分为90.3%, 可疑结果7家的回报率为1.2%, 异常结果为8.5%。结论资源控制的统计结果表明, 铝在家用饮用水实验室的整体检测能力良好, 部分实验室的检测能力有待提高。阐述了分光光度法、电化学分析法、原子吸收法、诱导结合等离子体发射光谱法、连接等离子体质谱法和快速检测法的原理和优点, 并参考了饮用水中铝物质的检测。

**关键词:** 饮用水; 铝离子; 检测方法

## 引言

在供水处理相关内容中, 随着含铝净水剂的广泛用途和工业污染等, 越来越多的无机铝化合物废水被释放到水中。2006年, 中国卫生部发布了饮用水质量卫生规范, 规定饮用水中的铝含量不应超过0.2mg/L, 这清楚地表明饮用水是人体铝消费的主要来源, 准确确定饮用水中的铝含量极为重要。因此, 许多科技工作者研究了饮用水中铝含量的监测。

我们知道, 在我们生活中净化水的过程中使用的是多重铝过滤器, 进一步增加了饮用水中的残留铝量的增多和变浓, 以至于这些众多的因素一旦进入人体, 胃里就转化为酸性铝离子, 一小部分中的含量则富含于组织和内脏器官中, 当它达到一定浓度时, 就会在人体内达到不同的损害水平。研究表明, 人体脑细胞中若有大量的铝元素, 不仅会导致人的记忆力受损和大脑神经组织的破裂, 如果肾脏中的铝元素含量过足, 还会引起脑炎甚至导致人的神经麻痹的问题出现, 则可能导致人肾功能衰竭和尿毒症等问题; 骨质疏松症可引起过量的铝, 体积畸形, 骨萎缩。对人类健康的损害是持久的, 而它的速度很慢, 难以发现。近年来, 特别使用了分光光度法、电化学分析法、原子吸收法、电离相关等离子体发射光谱仪(ICP-AES)和闭合束缚等离子体质谱法(ICP-MS)等方法, 并在快速检测方法上采取了一些罕见的步骤, 对每种检测方法的研究进展总结如下:

### 1 分光光度法

#### 1.1 铬天青S分光光度法

活体试验的原理表现为分光光度法测定饮用水中铬天青S的众多含量, 其表面活性剂为聚乙二醇辛基(po)和溴十二烷基吡啶(CB), 敏化元素的铬pH值为6.7-7.0, 铝在pH范围内为 $6.7 \times 7.0$ , 铬天青S相关的反应产生了更多用于分光光度法检索比色值的蓝绿色四元细菌。存在于水中的铝则不仅为 $Al^{3+}$ , 而且这时还具有大型铝聚合物(例如 $Al(OH)_3(s)$ ,  $Al(OH)_4^-$ ,  $Al_13(OH)_{345+}$ )。该聚合物铝相对稳定, 不易与铬天青S反应, 通过加热浓硝酸进行热分解, 从可溶性盐酸硝酸溶液开始, 在实验前对水样进行预处理, 这可以提高 $Al^{3+}$ 形式的铝盐溶液中测试的准确性。铬天青S分光光度法简单易用, 但其含量值重, 方法繁殖性差, 药物毒性大, 包括加入乙二胺等试剂作为有毒药物, 且控制对象困难, 反应的pH值不稳定。因此, 有必要研究良好的实验情况。毛晓芳等人通过加入cpb-OP混合溶液并用醋酸钠缓冲液代替乙酸二胺盐酸缓冲液, 促进了该方法中的表面活性剂。测试结果更加准确和准确。郑江等将十六锡尔三甲胺溴化物转化成了复合剂, 改善了铬天青S溶液的配制, 改善了附加缓冲液的溶液大小, 简化了多操作步骤, 同时提高了检测阈值, 可以响应各种分析样品, 可用于检测饮用水中的铝。

#### 1.2 荧光分光光度法

荧光分光光度法由光度计启动, 通过测量样品产生的荧光强度和荧光试剂提供的光强度来定量测定铝。荧光光谱仪的优点是灵敏度高, 检测速度快, 检测阈值低, 再现性好。由于荧光试剂的连接, 检测更容易受到

离子势垒的平行生存能力的影响, 这限制了铝检测的合法使用。闫丽祥等人荧光光谱表明, 它由铝和7-碘-8-羟基-5-磺酸(H<sub>2</sub>QSI)组成, 其形成荧光光谱, 用于形成剂量范围为0.01-0.3mg/l的表面络合物。荧光率表现出优异的线性比( $r=0.9991$ )和RSD的4.2%, 平均回收率为97.4%。此外, 为了消除铁、锌和铜等离子体的破坏, 加入适量的盐酸羟胺-苯酚溶液作为掩蔽剂, 这允许增加该方法的选择性。接受抗坏血酸作为掩蔽剂, 为了得到乙酸缓冲液中的铝荧光物质, 李连元等人与5-氯-2, 2, 4-三羟基-3-磺酸(lumogallion)反应, 然后用发光光度计开始进行相关测量, 测得的铝浓度从0.01到1.00mg/l不等, 由抗坏血酸的作用表示, 它不允许离子干扰测试, 提高了选择性, 适用于在饮用水中测量出铝的含有量。

### 1.3 水杨基荧光酮-氯代十六烷基吡啶分光光度法(SAF法)

SAF方法的原理是从微酸性环境中开始, 铝离子与氟酮水杨酸盐和氯乙基吡啶反应产生比色三边配合物。该定律通过添加二甲二醇三酸乙酸盐(氨基乙基酯)或二甲苯来消除Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>和Fe<sup>2+</sup>的干预。郭爱华等人比较了三种测量饮用水中铝含量的方法: SAF/ICP-aes方法和流动注入分析(FIA)。结果如下: SAF方法的回收率在91.1%~103%之间。恢复速度和精度低于其他方法, 精度有待提高, SAF的定义, 例如, 针对关键检查点和关键因素检测整个反应过程, 改进溶液的配置和使用, 现在在抗干扰解决方案来防止故障, 优化颜色转移时间和一些方法, SAF简化了工作阶段, 减少了病原体的数量, 提高了检测精度和灵敏度, 并检测了铝在饮用水中的含有量。

## 2 电化学分析法

电化学分析是一种根据电池的电参数与样品浓度之间的比率来确定铝的电化学性质的方法, 将样品用作化学电池的一部分。目前, 铝成分的主要定义是: 伏安法、极谱法、时序效应法等。伏安法非常模糊、重复和敏感。水中的铝适合检查。李俊华等用铬蓝和黑R制得铝配合物, 测定所选的铝含量, 并用伏特法测量阳极在铝锅炉水中的吸附情况。

极谱法是一种在电解过程中测量电极电位E和电流I之间关系的方法。这种方法有一些缺点, 例如, 轻微的斜率和光峰。谭等使用效力法碱镁试剂(CLG)振动时间测量水中的铝。铝-klg配合物的切削电位-0.75B, 且铝含量随水坑深度在 $5 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-5}$ mol/l之间线性变

化, 下限为 $4 \times 10^{-6}$ mol  $\times \times 1$ , 铝含量线性至开口深度在 $10^{-5}$ mol/l之间, 并经过复杂测量和各种内部试剂的测试, 包括铜铁试剂, 可应用酸性煤涂测定饮用水的铝含量, 铬蓝黑R、酸性铬深蓝等, 深蓝色铬酸等。

## 3 原子吸收法

原子吸收原理的特点是, 当原子蒸气雾化时, 由含有铝的雾化样品产生, 特征线被吸收到铝的地球原子中。铝的含量是通过确定光谱线的衰减程度来测量的。目前, 设计用于测量铝含量的原子吸收方法主要有: 石墨炉原子的吸收方法和火焰原子的吸收方法。吸收石墨炉原子的方法通常用于检测饮用水中的铝含量。吸收石墨炉原子的方法的特点是使用管状石墨材料作为星云。杨文英等人直接测定了饮用水中的铝含量和石墨原子吸收法的相关系数矩阵, 0.9995个水样中铝的浓度范围为0~0.600mg/L, 检测限为0.6  $\mu$ g/L。但这种方法的存在使用导致了石墨管的严重损坏, 使用出现了寿命不长情况。为此, 改进了石墨炉中铝管水中原子吸收的测定, 不断用硝酸镁加热覆盖石墨、钼等的基体, 并在实验条件下采用两阶段两阶段法和时效法。结论表明, 该定律不仅增高了测量的灵敏度和吸力等众多的因素概念, 同时还有一定作用上延长了相关石墨管的存在和使用的寿命, 而且消除了分子干扰带来的大多数的杂质的影响。

## 4 电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-AES)和电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)

ICP-AES方法是一种分析原子发射光谱的方法。在这些测量作用的过程中, 感应等离子体燃料的每个元素的原子或离子将其变成激发状态。元素的定性和定量分析取决于当它们返回到激发状态时分离的特征谱线的多样性和强度。这种分析方法具有较少的预处理阶段, 更高的灵敏度, 更低的检测阈值和更少的基质屏障的优点, 这些障碍实际上并不能阻止化学和电离紊乱的预防。高明等人同时采用ICP-aes方法检测出7种微金属的沉淀原则。为了获得最佳仪器的分析和测试条件, 铝的线性相关系数大于0.999, 检测阈值仅为0.79%g/l, 回收率为100.68%。电感结合的分析方法是将适当的等离子体燃料组合成可测量的元件, 在高温高压、蒸发、雾化和离子转化后, 积极响应离子质谱仪的适当检测。ICP-ms方法具有高灵敏度和宽线性范围的相关方面应用, 以及用于饮用水元素数字分析的宽线性范围。刘丽萍等对目前的ICP-mS技术用于同时检测饮用水中的31种元素。如果我们假设线性铝相关系数校正正在0.999以上以防止Sc, Ge, In和Bi的内部扰动, 则标准的相对偏差为3.4%, 增

加的体恢复系数为106.6%。

### 5 快速检测法

目前,有快速检测水中铝的方法:带状法,颜色法,电化学传感器等,这些方法具有易于使用和快速使用实验室仪器等优点,使其适用于快速现场分析。在测试框中提供清晰的颜色响应以匹配测试,这个很容易携带和使用。它主要用于地面上的快速检测。万盛云发明了一种铝离子试纸条,其颜色显影剂称为" AzureS",在7.37ml磷酸二氢溶液中均匀用作活化剂二氢与0.1ml/l磷酸氢溶液混合,氢氢12.64ml与0.2ml/l磷酸氢溶液混合。随着可测量相关溶液进入试纸后铝离子浓度开始的增加,试纸的颜色逐渐从浅蓝色变为深蓝色,从而决定了铝的成分。颜色指示剂是一种基于金属滴度指示剂与铝离子的复杂性而进行颜色开发的方法。由于金属与铝反应的精度较低,孙建军等人开发了一种测定金纳米颗粒中铝含量的方法。铝浓度可以通过基于所得色差的视觉比色法来确定。检测阈值可以达到1mm,灵敏度很高。鉴于我国农村和城市供水的普遍性很高,系统分析是铝成分定义的无条件发展。王莉等创造了一种新型的全自动色度计微量分析仪,可以快速检测饮用水中的铝。该方法的线性范围为0.008~0.20mg/l,相关系数为0.9995,检测限为0.006mg/l, RSD为-0.42%~2.60%。保质期大于87.5%,大于102%。这其实大相径庭的,两者的结果更符合国家标准方法。

### 6 总结与展望

随着现代检测分析工具技术的发展和各种其测量工具的出现,饮用水中铝含量的测定技术得到了深入的研究和发现,取得了良好的效果和结论。分光光度法是基础实验室中使用最广泛的分析方法。通过在研究实验中不断研究和实验,研究人员解决了对离子紊乱的平行使用寿命敏感性和高质量测量铝成分的问题,并通过推广分光光度法,手术步骤解决了这些问题。分光光度法灵敏度非常高,操作较容易简单,检测速度快,重复性好。实验广泛用于研究机构。电化学分析方法在数字铝识别中具有广泛的可能性,具有高灵敏度,低检测阈值,宽线性范围和昂贵的工具的需求。原子吸收光谱具有选型好、操作方便、检测速度快、精度高等方面的特点,可提高目前饮用水中铝含量测定的相应重要的数量。ICP-AES和icP-MS是随着工具的出现而迅速发展的开发性工具。它具有分析精度高、检测阈值低、基质电阻低、线

性范围宽等特点。它们是最快,最可靠的项目分析方法的一部分。但是,所使用的工具更昂贵,不适合在基础实验室和一些小型实验室中使用,应进一步研究前瞻性分析工具。研究人员开发了一个新的快速检查平台,它不仅快速准确地测量了铝的成分,而且非常有利于供水的特性,这在我们的城市和村庄中很常见。特别是新工具、自动化分析和实验操作、易于实现和自动读取、不需要专业使用等优点,其准确性将不断提高和提高,自动分析方法将是一种有前途和实用的测量方法。

目前,测定水中铝成分存在的诸多方法有:分光光度法、原子吸收法、极谱法、快速凝固法、氟化物电极法、阴极紫电极变换差分脉冲伏特法等。但是,有些方法,如原子吸收法、荧光法和比色法,灵敏度低,其中一些方法不适合扩散,存在选择性预处理的问题。最新方法包括氟化物电极伏特法、链烯醇紫移电极脉冲伏特法等。虽然氟电极法就是其中之一,但这些测试方法尚未成熟;由于其敏捷性、简单性和灵敏度较高,转化阴极紫电极的差分脉冲伏安法因其敏捷性而应用于现场控制环境样品,简单灵敏,自动检测水中铝元素。基于试剂盒的快速检测相对简单、准确、快速、高效。此外,它还适用于确定污染事故现场和确定大量样品。对于公司和组织来说,这是一种相当简单的方法。但是,随着科学技术的发展,线上检测的技术将逐渐到来,这种技术将越来越多地用于确定水中的铝含量。

### 参考文献:

- [1]黄国伟,康静,范亚利等.铝对体外培养人胚成骨细胞毒害作用的研究[J].中国公共卫生,2000.16(4):297-298.
- [2]GB5749-2006.中华人民共和国国家标准-生活饮用水卫生标准[S].
- [3]李桂莲.黑河市爱辉区水体中铝含量测定及评价[J].仪器仪表与分析监测,2015,(04):28-32.
- [4]毛小芳,谢英,魏云烁等.铬天青S分光光度法测定水中铝方法的改进[J].实验与检验医学,2015,33(05):616-618.
- [5]郑江,俞幸幸,俞明飞.铬天青S法测定生活饮用水中铝的改进[J].中国卫生检验杂志,2012,22(03):637-638.

作者简介:武军,内蒙古乌兰察布市集宁区人