

氧化铝对水体中重金属离子吸附去除研究

杨强

神华准能资源综合开发有限公司氧化铝中试厂

[摘要] 水体中重金属离子的存在会对水体环境造成不同程度的影响,在重金属离子的去除技术中,通过氧化铝去除部分金属离子是一种可行的技术方法,能够相对稳定、便捷地去除水体中的一部分重金属离子。考虑氧化铝的等电含量具有较低的pH值,通常下大雨和冰雹,而氧化铝在中性环境中最多可形成三种重金属。为提高技术应用的针对性,保证重金属离子的吸附效果,本文讨论了氧化铝在水中掺入和去除重金属离子的细节。

[关键词] 氧化铝; 重金属; 离子

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.09.606

1 我国水体重金属污染问题

现代社会的科学技术日新月异。人类使用化学和物理方法创造和溶解了许多材料,选择充足的食物和衣服也可以显著提高生活水平。然而,创造它的环境问题也令人沮丧,尤其是水体污染。在水质污染指标中,主要污染指标为化学需氧量、总磷和高锰酸盐指数。由此可知,重金属污染是水体污染中不容忽视的问题之一。环境中常见的重金属污染物有汞、镉、铅、铬、砷等金属,以及锌、铜、镍等剧毒元素。

重金属污染的危害性在我国是众所周知的。江河湖泊水库地质污染严重,重金属污染高达81%。在我国排名前7位的水系中,水质最高的詹泽近海海域,一切都受到了不同程度的严重污染。Zn、Pb、Cd、Cu、Cr等元素负荷高,而Cd、Pb、Cu、Hg等稀有元素活性电位大,它只是涉及各种环境化学物质的反应。重金属污染物一旦进入水生生态系统,就会影响水生植物和动物,并在食物链中积累。日益严重的重金属造成的水污染正引起公众的关注。除了严控各类废水的排放外,采取有效措施对受污染水体进行处理净化,开展废水再生回用,也是一项重要任务。

2 吸附法及氧化铝对水体重金属离子吸附去除效果

吸附是一种广泛使用的对抗重金属污染的方法。一些天然或工农业残留物具有吸附重金属的能力,降低重金属加工成本。然而,由于后处理问题,工业应用受到限制。

氧化铝工艺每升将15摩尔氧化铝转化为2摩尔氢氧化钠,并最终将中间体溶解在载流量小于0.1msm的蒸馏水中。在烘箱中加热至105℃,在介质中干燥24小时,得到具有无定形结构、比表面积为119.2m²/g的氧化铝产品。电泳测试表明,该方法在等电pH=9的酸性环境下效果很好,可以填充铜、砷和铬。砷是一种强化合物,可以在被砷污染的酸性环境中使用,环境法的影响更大,只有在软铬被环境酸污染时才能考虑。在较高的pH值(非酸性)下,铝对铜的影响更好。如果铬、铜、砷共存,建议采用氧化铝吸附法。这使您可以回收氧化铝。然而,这种方法有一些缺点。氧化铝制造工艺复杂,步骤多,价格昂贵,且污染铝的自产,危害人体健康。例如,如果铝通过水过多地渗透人体,就会影响人体,神经系统可导致患有阿尔

茨海默病等症状。

3 试验部分

3.1 材料

本次试验的主要目的是了解氧化铝对水体污染常见重金属离子的吸附效果进行分析。整个试验的关键是掌握不同环境对重金属离子吸附的影响,操作过程需要通过控制溶液的pH值以及混合液中的成分来实现不同环境的构建。操作步骤如下:将2mol/L-1浓度的氢氧化钠溶液加入1.5mol/L-1浓度的氯化铝溶液中,搅拌氯化铝溶液至溶液的pH值。达到7.0。完成所有的准备工作后,为了保证试验的质量,需要悬浮静置,时间间隔需要控制在2h以上。随后,取出溶液中的沉淀物,将其放置于提前准备好的半透膜中,放入一桶去离子水中,并使沉淀物中多余的盐分半透。沉淀合成过程采用去离子水透析,更换频率为12h/次,以电导率小于0.1 mS·m⁻¹为终结信号,然后将半透膜上的沉淀物在105℃下干燥24小时以得到氧化铝^[1]。

3.2 氧化铝吸附去除铬、砷和铜试验

整个试验过程在玻璃瓶内进行,铬离子的模拟采用K₂Cr₂O₇溶液,砷离子采用Na₂HAsO₄/7H₂O溶液,铜离子则使用CuCl₂/22H₂O,背景电解质为NaNO₃,pH值为4.5-9.5。在试验过程中,对氧化铝的使用进行严格限定,要求其参数为1.0 g·L⁻¹。实验中铬、砷和铜离子的浓度分别为66.7、66.7和15.7μmol·L⁻¹。随后,将各类溶液集中于玻璃瓶中并盖上盖,将其置于恒温箱中,恒温箱的参数为温度为(25±1)℃,转速27rpm。氧化铝的初步试验中需要确保接触时间超过24h,试验结果的分析方法为:(1)提前准备孔径为0.45μm的过滤膜,完成初步实验后,将瓶中溶液倾倒入过滤膜上,并施用光谱仪进行溶液中重金属离子的测定。为了确保吸附试验的效果以及结果的准确度,所有吸附试验需要至少重复两次,并在两次试验出现较大偏差后客观分析误差的来源以及相关影响因素。

4 结果与讨论

4.1 对单一重金属离子的吸附去除

提高溶液的pH值会降低从氧化铝中去除铬的效果。在pH值为9.5时,仅去除了约10%的铬。这说明氧化铝对铬的吸附不适

用于碱性环境。随着溶液离子强度（背景NaNO₃电解质浓度）的增加，氧化铝去除铬的速度趋于减慢。

根据离子强度对掺入的影响，我们可以决定掺入方法。对于构成内部进入层的离子（特殊化合物），输入量不增加而改变离子强度或增加离子强度。对于构成外吸附层的离子（静电除尘器、静电除尘器等），吸附量随着离子强度的增加而减少。因此，氧化铝和铬的结合是由于外部测试层的结合。铬通常以CrO₄²⁻和HCrO₄⁻阴离子的形式存在于溶液中，使溶液的pH值升高（溶液的pH值低于等电比）。氧化铝的正成本增加，而表面会下来。随着溶液（氧化物）的pH值增加且成本为负（当溶液的pH值高于氧化铝的电子密度时），吸附的铬量随着溶液的pH值而减少。

铬通常通过外部影响（电化学、离子交换等）掺入氧化铝表面。随着溶液pH值的增加，氧化铝去除率降低。在砷的情况下，在酸性和非酸性环境中氧化铝去除率接近100%，这表明从氧化铝中去除砷是有效的。在碱性环境中，砷和氧化铝的去除能力随着溶液pH值的增加而降低。砷主要以H₂AsO₄²⁻、HAsO₄²⁻和AsO₄³⁻的阴离子形式存在于溶液中。随着溶液pH值的增加，砷对氧化铝表面的抵抗力增加，其吸附能力降低。随着溶液离子强度的增加，氧化铝对砷的吸收增加，这表明砷在氧化铝表面的掺入主要是由于内层的作用（特殊掺入）。

4.2 砷和铜对氧化铝去除铬的影响

氧化铝对铬的吸附效果会受到酸性溶液环境的影响。从既往的实验数据可知，在pH值≤7的环境中，铬的去除率会大幅降低，幅度约为50~65%。分析这一现象的原因，考虑与以下因素有关：受强制吸附的影响，氧化铝表面的等电点降低，负电荷量显著增加，铬的吸附效果得到有效促进。与单一环境相比，在有铜离子的环境中，铬的吸附效果同样会受到促进作用，而这一过程的实现与表面正电荷的数量增加有关。不仅如此，在碱性环境中，沉淀物的表面能够吸附一部分铬，进一步提高铬的吸附效果。在验证三种元素共存环境下铬的去除率时发现，pH值≤7的环境中，铬的去除率始终维持在较低水平。探讨该现象发生的原因，考虑与砷对铬析出的抑制作用有关。

4.3 铬和铜对氧化铝去除砷的影响

当溶液的pH值≤7时，砷离子的吸附效果会受到一定的影响，这主要不同环境中铜、砷之间的反应差异有关。在pH值>7的情况下，铜离子可直接沉淀为氢氧化铜，期间砷的吸附效果会获得促进作用。而在特定的pH值范围内，氧化铝去除砷的效果不会受到铬的显著影响。相较于砷单一存在的场景，三种元素共存会增加砷的吸附效果，并保证砷的去除率。

4.4 砷和铬对氧化铝去除铜的影响

酸性环境对重金属离子的析出效果有明显的影

响。其中的原理，在氧化铝吸附水体中的重金属离子时，砷离子具有特异性吸附的特点，吸附过程中氧化铝的表面积将受到影响，并降低表面等电点。在等电点变化的过程中，一旦溶液pH值低于等电点，整个系统表现出充电特征；当等电点低于溶液pH值，氧化铝表面的负电荷会快速上升，并影响到铜离子的吸附。负电荷与铜离子中的正电荷产生相互吸引作用，通过强制吸附达到去除效果。在整个过程中，铬离子产生的作用并不显著，故三种元素稳定共存比单一铜状态下铜离子的吸附效率更高。随pH值升高并形成碱性环境后，砷、铬的存在并不会影响到铜的提取，此时铜主要通过形成沉淀的方式产出^[3]。

个人认为以下是重金属废水转化技术发展的本质。（1）高效、低成本、循环利用、低污染的研发。离子交换膜和底物可以用各种生物膜进行化学处理，得到产品。或者，可以使用储存的植物纤维去除重金属，回收重金属并重复使用大量的水，可作为电解能源，快速有效对抗重金属污染，减少常规电解造成的二次污染。（2）培育和选择能高效吸收重金属离子的植物和能利用重金属的细菌，用这样的生物科学来应对环境友好的重金属污染。因此，在去除水体中的重金属离子时，需要注意铬、砷、铜等元素的存在情况，三种元素共同存在会影响到铬的提取效果，继而干扰重金属离子的正常吸附。铜离子的存在不会直接阻碍其他离子的吸附效果，不仅如此，适量的铜离子能够有效提升氧化铝对砷的提取效果，保证水体中重金属离子的吸附效果。

结语

现如今，CCA（铬、砷、铜复合材料）被认为是世界上使用最频繁、历史最悠久、功效最强的水溶性木材复合防腐剂，它已经使用了半个多世纪。水体中的重金属离子具有剧毒和残留浓度的剧毒，大量CCA的使用偶尔会引起CCA污染事件，威胁周边地区当地居民的健康。由于目前缺乏关于CCA及其处理环境影响的文献，本研究重点评估氧化铝吸附和去除对CCA三种重金属离子的影响以及溶液离子强度的变化，测定吸附氧化铝前后的吸附量。用于研究氧化铝中重金属离子相互作用机理的电学点。

参考文献

- [1] 鲁玥, 方维琦, 王牧仁, 苏日娜. 呼和浩特市哈素海水体中重金属污染特征及生态风险评估[J]. 广东化工, 2021, 48(20): 168-170+185.
- [2] 周秀英, 韩晓燕, 罗欢. 水体重金属污染概况及其治理技术研究进展[J]. 广东化工, 2021, 48(19): 128+141.
- [3] 徐峥. 重金属污染水体的环境保护处理技术分析[J]. 信息记录材料, 2021, 22(09): 235-237.