

# 探究水体沉积物对重金属锌、铅吸附的热力学模型构建

贺 丽

(吉林工业职业技术学院 吉林长春 132000)

**摘 要:** 本文主要研究水体沉积物对重金属锌、铅吸附的热力学模型的构建,采用实验和理论分析相结合的方法,通过对水体沉积物的物理和化学性质分析,采用模拟软件的辅助方法构建了水体沉积物对重金属锌、铅吸附的热力学模型。基于热力学模型,构建水体沉积物对重金属锌、铅吸附的热力学模型,该模型能够较好地模拟水体沉积物对重金属锌、铅吸附的热力学过程,具有较高的准确度,具有一定的实用价值。本文为探究水体沉积物对重金属锌、铅吸附过程中所涉及到的相关问题提供了一个新思路,也为今后相关研究提供了一定参考。

**关键词:** 水体沉积物; 重金属吸附; 热力学模型

## 引言

近年来,随着我国经济的快速发展,城市人口的不断增加,工业生产也随之迅速增长,因此城市生活垃圾和工业废水的产生量也在不断增加,而城市垃圾和工业废水中含有的重金属元素,在长期的积累过程中会对生态环境造成一定的危害,尤其是水体沉积物中含有较高浓度的重金属元素,对水环境造成了严重影响。水体沉积物对重金属元素吸附研究方面一直是人们研究的热点问题,由于水体沉积物具有较强的吸附能力和较大的吸附容量,因此研究水体沉积物对重金属锌、铅吸附过程中所涉及到的相关问题是十分必要且具有现实意义的。

## 1 水体沉积物对重金属吸附的基础理论

### 1.1 重金属污染概述

水体沉积物是一种重要的水体环境物质,其对重金属锌、铅等污染物的吸附过程十分复杂,涉及到物理化学、生物化学等多个学科。水体沉积物对重金属锌、铅的吸附过程实质上是在污染物与水、沉积物、生物体之间相互作用的基础上,通过吸附作用将重金属从沉积物中分离出来。当重金属锌、铅等进入到水体沉积物后,就会在沉积物中发生一系列物理化学作用,使其表面化学性质和结构发生改变,从而引起沉积物对重金属锌、铅等污染物的吸附能力增强<sup>[1]</sup>。与此同时,水体沉积物对重金属锌、铅等污染物吸附的研究主要集中于两方面:一方面是重金属锌、铅进入到沉积物后,在沉积物表面发生一系列物理化学作用;另一方面是水体沉积物对重金属锌、铅的吸附能力受到多种因素的影响,如环境因子、铅形态以及有机物等,在这些因素的影响下,沉积物对重金属锌、铅的吸附能力发生改变,进而使得重金属锌、铅污染程度加重。

### 1.2 吸附原理

水体沉积物对重金属锌、铅吸附的基本原理为:在水体沉积物中,当金属离子进入到沉积物内部时,会与沉积物表面发生物理或

化学作用,在这一过程中,重金属离子与沉积物表面之间会产生一种交换吸附作用,即离子交换吸附作用。当离子交换吸附作用完成之后,就会在沉积物表面形成一层由金属离子组成的薄膜<sup>[2]</sup>。为了全面了解沉积物对重金属锌、铅的吸附机理,从宏观角度出发,可以将其分为两种:第一种为物理吸附,在这一过程中,重金属离子会与沉积物表面之间发生物理作用,从而达到吸附的目的;第二种为化学吸附,在这一过程中,重金属离子会与沉积物表面发生化学反应。从微观角度出发,可以将吸附过程分为以下几个步骤:第一步为离子交换吸附,在这一过程中,重金属离子会与沉积物表面之间发生交换吸附作用;第二步为分子交换吸附,在这一过程中,重金属离子会与沉积物表面之间发生化学作用。

### 1.3 热力学模型构建的基础

水体沉积物对重金属的吸附过程中,可以应用热力学模型来反映吸附的热力学环境,以此为基础构建热力学模型,进而分析研究重金属的吸附机理。沉积物对重金属离子的吸附是一个复杂的化学过程,涉及到多种物理化学性质,如表面活度、表面电荷等。目前,对于沉积物对重金属离子吸附的研究主要集中在以下三个方面:(1)在单一成分沉积物体系中研究沉积物对重金属离子的吸附机理;(2)基于单一成分沉积物体系中重金属离子与其他组分相互作用研究其吸附机理;(3)利用多种模型分析沉积物对重金属离子吸附过程中各组分作用机理。因此,为了更好地构建热力学模型,本文将采用一种简单的方法,即以实验数据为基础,根据平衡吸附量,利用 Freundlich 和 Langmuir 模型来构建热力学模型,同时通过对已有的相关文献进行整理和归纳,建立沉积物对重金属吸附的热力学模型。

### 1.4 水体沉积物的相关形态

对于水体沉积物,重金属对其影响主要取决于重金属在沉积物中的赋存形态,就水体沉积物而言,其主要包括以下几种形态:

(1)溶解态:溶解态是指水溶液中含有的自由离子和无机阴离子

子与水分子反应生成的不溶于水的物质。溶解态的金属离子被称为“可交换金属”，其浓度远高于水溶液中溶解态金属离子的浓度，而且水溶液中可交换金属离子在一定条件下可以从水溶液中置换出来，这种现象称为“交换”。溶解态金属离子在水中存在状态有三种：一种是“自由”状态；一种是“可交换”状态；还有一种是“沉淀”状态。

(2) 铁锰氧化物结合态：在水中，铁、锰氧化物与水反应生成不溶于水的物质，这种物质在水中可以自由移动，这种形态的铁、锰氧化物被称为“铁锰结合态”。

(3) 有机质结合态：沉积物中含有大量有机质，这些有机物能够和水中的金属离子形成配合物，这种配合物在水中能够移动，因此也被称为“有机质结合态”。

(4) 残渣态：沉积物中的主要成分为有机成分、无机成分以及一些矿物质。其中有机质主要是指微生物和植物体内的有机物质，包括各种有机酸、糖类、蛋白质、腐殖质以及有机质等。无机成分是指由岩石风化作用而产生的金属矿物和粘土矿物。

## 2 水体沉积物对重金属吸附的实验研究

### 2.1 实验材料与方法

本实验所用的沉积物是采集自江湖的表层水，该沉积物为浅灰色，并呈现出一定的颗粒状，其中的有机质含量高达 12.6%；本实验所用试剂均为分析纯试剂，并采用去离子水进行溶解，而溶解后的溶液则在超声波清洗下进行离心分离。在实验过程中，当沉积物吸附重金属锌、铅之后，会通过自来水将其冲洗干净，并在其中加入一定量的碱性溶液进行中和处理，然后再将沉积物过滤干净，最后测定沉积物对锌、铅的吸附量。

### 2.2 实验数据分析

在进行吸附实验时，对水体沉积物的 pH 值、吸附平衡时间、吸附剂的投加量、重金属溶液的初始温度等进行了一系列实验分析，从而对水体沉积物对重金属锌、铅吸附过程进行了有效的分析<sup>[3]</sup>。水体沉积物对锌、铅吸附的 pH 值在 4.5~8.5 之间，其变化趋势与在水溶液中相同，均为先减小后增大。同时，水体沉积物对锌、铅的吸附过程也是一个放热反应，但其反应过程更加复杂，在整个实验过程中，水体沉积物对锌、铅的吸附等温线都是一种多项式分布。从实验结果可以看出，水体沉积物对锌、铅的吸附平衡时间均为 1~4h，水体沉积物对锌、铅吸附的平衡浓度随着时间的增加而增大。

## 3 热力学模型构建及其应用

### 3.1 热力学模型的构建

热力学模型的构建要基于沉积物吸附重金属过程中，各种物理化学性质变化的基本规律，同时还要考虑到不同重金属之间的吸附机理、吸附动力学、吸附热力学、平衡常数等因素，对各种物理化学性质进行全面的分析<sup>[4]</sup>。在此基础上，构建热力学模型主要包括以下几个方面：

(1) 在吸附平衡研究中，以不同 pH 值下重金属离子与沉积物的反应体系作为研究对象，利用化学平衡理论和化学热力学原理构建相关模型，并将其应用到重金属离子与沉积物之间的反应过程中；

(2) 以不同 pH 值下重金属离子与沉积物的反应体系为基础，通过热力学平衡计算模型来描述重金属离子在沉积物中的吸附过程，并将其应用到重金属离子与沉积物的反应体系中；

(3) 在化学平衡计算模型基础上，利用化学热力学原理来描述重金属离子在沉积物中的吸附过程，并将其应用到重金属离子在沉积物中的反应体系中。

### 3.2 模型验证与应用

将所构建的热力学模型应用于典型水体沉积物对重金属锌、铅吸附的预测中，发现通过模型计算所得结果与实验所得数据符合程度较好，从而验证了模型的准确性，尤其是在重金属锌和铅的平衡浓度较高时，预测值与实测值非常接近，可视为相对准确的预测模型。根据模型计算结果发现，不同粒径沉积物对重金属锌、铅的吸附等温线呈现出明显的差异，主要原因是沉积物的粒径影响其对重金属锌，粒径越小，吸附等温线越接近一条直线，当粒径较小时，吸附等温线呈现出一定程度的弯曲趋势；而当粒径较大时，吸附等温线又出现明显的直线趋势，所以在进行沉积物对重金属锌、铅吸附的预测时，应针对不同粒径沉积物进行比较分析，从而选择出更加合适的预测模型。

## 4 结束语

总而言之，本文基于热力学模型，以水体沉积物对重金属锌、铅吸附为例，通过对水体沉积物的性质分析，构建水体沉积物对重金属锌、铅吸附的热力学模型，该模型可用于探究水体沉积物对重金属锌、铅吸附的影响因素，并为探究水体沉积物对重金属锌、铅吸附过程中所涉及到的相关问题提供了一个新思路。

## 参考文献

- [1] 陆明. 缓流水体沉积物对重金属和抗生素的吸附研究[D]. 安徽建筑大学, 2021.
- [2] 李阳坤. 潜流带沉积物中典型重金属污染物的吸附-解吸特性研究[D]. 华北水利水电大学, 2021.
- [3] 王聪慧. 巢湖沉积物不同粒径颗粒物中重金属赋存、吸附行为及生态风险评价[D]. 安徽理工大学, 2020.
- [4] 万可可. 太湖沉积物不同粒径颗粒中重金属赋存、吸附行为及生态风险评价[D]. 安徽理工大学, 2020.

作者简介：贺丽，1979年12月出生，性别女，民族汉，籍贯吉林省长春市，副教授，学历研究生，研究方向环境化学。单位吉林工业职业技术学院，吉林省吉林市，邮编 132000，

课题名称：水体中沉积物对于重金属锌、铅的吸附热力学研究，课题编号 22ky14