

# 硫化物在河流沉积物中的生物可利用性研究

马海燕

新疆维吾尔自治区乌鲁木齐生态环境监测站

DOI: 10.12238/jpm.v5i6.6935

**[摘要]** 本文研究硫化物在河流沉积物中的生物可利用性，通过分析硫化物的形成与来源、生物转化过程以及沉积物特性对其影响，发现微生物在硫化物降解中扮演着关键角色。结果表明沉积物的颗粒大小、有机质含量和氧化还原环境均显著影响硫化物的生物可利用性。为进一步了解河流生态系统的功能和稳定性，以及为生态环境保护和水体管理提供科学依据。

**[关键词]** 硫化物；河流沉积物；生物转化；微生物；底栖生物

## Study on the bioavailability of sulfides in river sediments

Ma Haiyan

Urumqi Ecological environment Monitoring Station in Urumqi, Xinjiang Uygur Autonomous Region

**[Abstract]** This article studies the bioavailability of sulfides in river sediments. By analyzing the formation and sources of sulfides, the biological transformation process, and the impact of sediment characteristics on them, it is found that microorganisms play a key role in sulfide degradation. The results indicate that the particle size, organic matter content, and redox environment of sediments significantly affect the bioavailability of sulfides. To further understand the function and stability of river ecosystems, as well as provide scientific basis for ecological environment protection and water management.

**[Key words]** sulfides; River sediment; Biotransformation; Microorganisms; Benthic organisms

在当今环境污染严重的背景下，河流生态环境的保护至关重要。硫化物作为一种常见的污染物质，对水体生态系统和人类健康造成潜在危害，引起了广泛关注。河流沉积物是水体中的重要组成部分，承载着大量有机质和无机物质。在缺氧的沉积物环境中，硫酸盐还原细菌通过降解有机质的代谢过程产生硫化物。然而硫化物在沉积物中的生物可利用性取决于微生物群落的结构和功能，以及环境因素的影响。

### 一、硫化物的生物可利用性

#### 1.1 硫化物的形成与来源

硫化物的形成与水体中的硫循环密切相关，有机质在缺氧环境中分解产生的硫化物是主要来源。有机质的分解由硫酸还原细菌介导，它们利用有机质作为电子供体，将硫酸盐还原为硫化物。水体中的硫酸盐还原、硫醇类物质的分解以及硫酸盐的沉淀和还原也是硫化物的形成途径。硫化物的形成与沉积物中的金属硫化物沉淀密切相关，水体中存在的金属离子（如铁、锌、铜等）与硫化物结合形成金属硫化物沉淀，这些金属硫化

物沉积在河流底部的沉积物中。这种过程主要发生在富含金属离子水体或污染水体中，是硫化物形成的重要途径。另外人为活动也会影响硫化物的形成，例如污水排放、工业废水排放以及农业活动等都可能使水体中有机质和硫酸盐的大量输入，从而增加了硫化物的形成速率。同时一些人为工程活动（如水利工程、矿山开采等）也可能导致地下水中硫酸盐的释放和硫化物的形成。

#### 1.2 生物转化过程

硫化物在水体中经历复杂的生物转化过程，涉及多种微生物的代谢活动，主要的生物转化过程包括硫酸还原、氧化和硫化等。在缺氧或微氧条件下，硫酸盐还原细菌利用有机物质或无机物质作为电子供体，将硫酸盐还原为硫化物。这一过程是一种重要的能量来源和碳循环方式，有助于维持水体生态系统的稳定性。在氧气充足的环境中，硫化物可以被硫酸氧化细菌氧化为硫酸盐。这种氧化反应不仅可以产生能量，还可以将硫化物转化为更为稳定的形态，减少其对水体生态环境的影响。此外

在某些特殊的微生物代谢途径中, 硫化物可以被一些硫化细菌利用, 参与细菌的代谢过程, 进而转化为其他硫化物。

### 1.3 生物利用的影响因素

硫化物在水体中的生物利用受到多种因素的影响, 温度是影响硫化物生物利用的重要因素, 一般来说较高的温度有利于微生物的生长和代谢活动, 促进硫化物的降解和转化过程, 而较低的温度则会降低微生物的代谢速率, 从而影响硫化物的生物利用效率。pH 值对硫化物的生物利用也具有重要影响, 大多数微生物对 pH 值敏感, 对酸碱度的变化会影响其生长和活性。中性到弱碱性的 pH 条件更有利于微生物的生长和硫化物的生物利用, 氧气是许多微生物代谢过程中的必需物质, 对于氧化硫化物为硫酸盐的氧化反应尤为重要。因此充足的氧气供应有利于硫化物的生物利用, 沉积物中的有机质含量也对硫化物的生物利用起着重要作用, 有机质含量越高提供给微生物的碳源和能量越丰富, 从而促进了硫化物的降解和转化过程。

## 二、硫化物在河流沉积物中的生物转化过程

### 2.1 硫化物的生物降解机制

硫化物的生物降解是一种复杂的过程, 涉及多种微生物参与, 主要的降解机制包括硫还原和氧化两种途径。硫还原是硫化物生物降解的主要途径, 在缺氧环境下硫还原细菌利用有机质或无机物质作为电子供体, 通过硫还原酶的作用将硫酸盐还原为硫化物。这一过程产生了能量和碳源, 同时生成的硫化物可以继续被其他微生物利用或进一步转化。氧化是另一种重要的硫化物降解途径, 在充氧环境中, 氧化硫细菌利用氧气将硫化物氧化为硫酸盐。这一氧化反应是一种能量来源, 氧化硫细菌通过此过程获得生长所需的能量。除了硫还原和氧化外还存在一些其他的次要降解途径, 例如一些亚硝酸盐还原细菌可以利用硫化物作为电子供体, 参与硝酸盐的还原过程, 从而促进硝酸盐的循环和水体的氮循环。

### 2.2 微生物在硫化物降解中的作用

在硫化物降解中微生物中至关重要, 其作用不仅限于直接降解硫化物, 还包括对环境条件的调节和协调微生物群落的活动。微生物通过产生特定的酶类来催化硫化物的降解过程。硫还原细菌产生的硫还原酶可以将硫酸盐还原为硫化物, 这是硫化物降解的关键步骤。其微生物可以调节环境中的氧气含量和 pH 值, 创造适宜的生长条件, 例如硫还原细菌通常在缺氧环境下活跃, 而氧化硫细菌则需要充足的氧气才能进行硫化物的氧化反应。此外微生物还通过竞争和共生等方式影响着硫化物降解的速率和效率, 一些微生物可能竞争资源导致降解速率降低, 而其他微生物可能通过共生关系提高降解效率。

### 2.3 硫化物与底栖生物相互作用的影响

硫化物对底栖生物的生存和生长具有双重影响, 适量的硫化物可以提供底栖生物的营养需求, 促进其生长和繁殖。一些底栖生物如硫醇菌属等能够利用硫化物作为能量来源, 进行化学合成。过量的硫化物可能对底栖生物造成毒性影响, 甚至导致死亡。硫化物的过量释放会导致水体环境的恶化, 影响底栖生物的生存环境。底栖生物对硫化物的降解和转化具有重要作用, 一些底栖生物如蠕虫、贝类和甲壳类动物等通过摄食和呼吸作用, 参与硫化物的降解过程。它们摄食底泥中的硫化物, 然后通过其消化道内的微生物群落的作用, 将硫化物转化为其他无机或有机物质, 并释放到环境中。此外底栖生物还通过改变沉积物的物理结构和化学性质, 影响着硫化物在沉积物中的分布和转化。例如生物活动可以促进沉积物的通气和混合, 有助于氧化硫化物; 生物的挖掘和沉积物混合也可能导致硫化物的释放和再分布。

## 三、沉积物特性对硫化物生物可利用性的影响

### 3.1 沉积物颗粒大小与硫化物生物可利用性的关系

沉积物颗粒大小与硫化物生物可利用性之间存在着密切的关系, 较小的沉积物颗粒有利于微生物的附着和生长。微生物通常生活在沉积物表面或内部的微小空隙中, 较小的颗粒可以提供更多的表面积和微小空间, 为微生物的定居和繁殖提供了更多的可能性。因此, 较小的沉积物颗粒有利于增加微生物的数量和活性, 从而促进硫化物的降解和转化过程。较小的沉积物颗粒对于硫化物的扩散和交换也具有重要影响, 由于较小颗粒的比表面积更大, 硫化物更容易在其表面吸附和扩散, 有利于硫化物与微生物的接触和反应。此外较小颗粒的沉积物通常具有较高的孔隙度和水分含量, 有利于水体中的氧气和营养物质的扩散, 提供了更适宜的生态环境供给微生物降解硫化物。然而过小的颗粒可能导致沉积物的紧密堆积和孔隙度的降低, 阻碍了氧气和营养物质的扩散, 从而限制了微生物的生长和活性。

### 3.2 有机质含量对硫化物生物利用的影响

有机质是硫化物生物降解过程中的碳源和能量来源。微生物通过代谢有机质来获得能量, 促进硫还原反应的进行, 将硫酸盐还原为硫化物。有机质含量丰富的沉积物提供了更多的碳源和能量供给微生物, 有利于促进硫化物的生物利用。

有机质含量还影响着微生物群落的结构和功能。富含有机质的沉积物通常能够维持较高的微生物多样性和丰度, 同时支持着更为丰富和复杂的微生物代谢活动。这些微生物群落中的

下转第 257 页

该方案还具备较高的稳定性和可靠性,能够在复杂的无线环境中保持良好的通信质量。

因此,基于低功耗广域网的无线通信协议优化方案具有较高的实用价值和前景。该方案能够满足物联网中资源受限设备的通信需求,为物联网的发展提供了有力的支持。

### 3.2 优化方案在物联网中的应用前景和价值

优化方案在物联网中的应用前景和价值非常广泛。该方案采用了自适应调制和编码技术,能够有效提高通信效率和降低能耗,这对于物联网中的资源受限设备来说非常重要;其次,该方案基于低功耗广域网,能够实现广泛的覆盖范围,使得物联网中的设备可以在更大的范围内进行通信;该方案还能够满足物联网中高数据传输率的需求,使得物联网中的设备可以更快地传输数据,提高了物联网的实时性和效率;通过实验验证了该方案的可行性和有效性,证明了其在物联网中的应用前景和价值,为物联网的发展提供了有力的支持和保障。

### 3.3 未来研究方向和展望

未来的研究方向和展望方面,可以从以下几个方面进行深入探讨:

(1) 可以进一步研究物联网中的无线通信协议的安全性问题。随着物联网的不断发展,越来越多的设备和数据被连接到网络中,这也带来了更多的安全隐患。因此,如何保障物联网中的无线通信协议的安全性,防止黑客攻击和数据泄露,是一个亟待解决的问题;

(2) 可以探索物联网中的无线通信协议与人工智能的结合。人工智能技术的发展为物联网的应用带来了更多的可能性,可以通过智能算法对物联网中的数据进行分析和处理,提高数据的利用价值。因此,如何将无线通信协议与人工智能技术相结合,实现更加智能化的物联网应用,也是一个值得研究的方向;

(3) 可以进一步研究物联网中的无线通信协议的能源管理问题。由于物联网中的设备数量庞大,能源管理成为了一个重要的问题。如何通过优化无线通信协议,降低设备的能耗,延长设备的使用寿命,是一个需要深入研究的问题;

(4) 可以探索物联网中的无线通信协议的标准化问题。由于物联网中的设备种类繁多,无线通信协议的标准化程度较低,这也给物联网的应用带来了一定的难度。因此,如何制定统一的无线通信协议标准,提高设备之间的互操作性,也是一个需要关注的问题。

### 结语

物联网中的无线通信协议优化与设计对于推动物联网技术的发展和具有重要应用意义。本文提出的基于低功耗广域网技术的通信协议优化方案,不仅理论上具备提高通信效率和降低能耗的能力,而且通过实验验证了其实际可行性和有效性。这一研究为解决物联网通信中存在的挑战提供了新的思路和方法,对促进资源受限设备的广泛应用和实现更智能、更可靠的物联网系统具有积极影响。未来的工作将继续关注协议优化在真实环境中的部署问题,包括兼容性、可扩展性和安全性等关键方面,同时探索机器学习和人工智能技术在协议设计和优化中的应用,以期达到更加高效和智能的物联网通信解决方案。

### [参考文献]

- [1]郭彦伟,杨欣,刘旭玲,等.智能张拉设备 OneNET 物联网云平台测控系统研究[J].物联网技术,2024,14(05):84-88.
- [2]王楠.基于 LoRa 无线传感网络的农业温室大棚环境测控系统设计[J/OL].计算机测量与控制,1-13[2024-05-23].
- [3]李铜林,曾甫龙.基于 5G 技术的海上风电通信系统研究[J].南方能源建设,2024,11(02):51-58.

### 上接第 254 页

各类细菌、真菌和原生动物的生物转化过程中,通过协同作用促进硫化物的降解和转化。有机质含量还影响着沉积物的氧化还原状态,有机质的降解会消耗氧气,导致沉积物环境的缺氧或微氧状态,从而促进硫化物的生物还原过程。在这种环境中,硫还原细菌利用有机质作为电子供体,将硫酸盐还原为硫化物,加速了硫化物的释放和生物利用。

### 3.3 氧化还原环境对硫化物生物降解的影响

在缺氧或微氧环境下硫还原细菌活跃,利用有机质或无机物质作为电子供体,将硫酸盐还原为硫化物,促进了硫化物的生物降解过程。而在氧气充足的环境中,氧化硫细菌活跃,利用氧气将硫化物氧化为硫酸盐,加速了硫化物的转化和降解过程。在缺氧或微氧环境中,硫酸盐还原反应相对较为主导,硫还原细菌通过还原硫酸盐产生硫化物,促进了硫化物的释放和生物利用。而在氧气充足的环境中,氧化硫反应更为迅速,氧化硫细菌将硫化物氧化为硫酸盐,减少了水体中硫化物的浓度。因此氧化还原环境的变化不仅影响着硫化物的生物降解速率,还可能改变硫化物转化反应的方向和产物。

### 四、结语

综上所述,硫化物在河流沉积物中的生物可利用性受到多种因素的影响,包括硫化物的形成与来源、生物转化过程、沉

积物特性以及氧化还原环境等。硫化物的生物降解主要依赖于微生物的活动,其效率受到有机质含量、沉积物颗粒大小和氧化还原环境的调节。深入研究这些影响因素的作用机制,有助于更好地理解硫化物的行为和影响,为水体生态环境的保护和管理提供科学依据。未来的研究应着重于探究不同因素之间的相互作用,以及针对不同水体环境的管理策略,促进水体生态系统的健康和可持续发展。

### [参考文献]

- [1]唐文忠,许清峰,张洪,等.沉积物中硫循环关键过程及其与重金属/磷耦合关系研究进展[J].环境科学学报,2024,44(01):1-14.
- [2]李祖华,彭小燕.茅尾海表层沉积环境中硫化物的时空分布特征及污染评价研究[J].环境科学与管理,2022,47(09):181-184.
- [3]蒋奕雄,邹丽珍,曾涛,等.水口水库樟湖库湾网箱养殖区表层沉积物中硫化物分布特征研究[J].渔业研究,2022,44(03):260-265.
- [4]刘成,黄蔚,古小治,等.白洋淀沉积物重金属潜在生态风险及生物可利用性分析[J].湖泊科学,2022,34(06):1980-1996.