

洪水期间河流悬移质含沙量变化规律探讨

陈志远 王帅强

黄河水利委员会河南水文水资源局 河南 济源 454650

摘要: 本文旨在探讨洪水期间河流悬移质含沙量的变化规律,通过分析影响悬移质含沙量的主要因素,结合现有研究成果,总结洪水期间悬移质含沙量的时空分布特征及其变化机制。本研究为河流泥沙管理和防洪减灾提供理论参考。

关键词: 洪水期间; 悬移质; 含沙量; 空间分布; 时间变化

引言

河流悬移质含沙量是反映河流泥沙运动状态的重要指标,尤其在洪水期间,其变化规律对河流治理、水资源利用及防洪减灾具有重要意义。本文将从悬移质含沙量的定义出发,分析影响悬移质含沙量的主要因素,并探讨洪水期间悬移质含沙量的变化规律。

1 悬移质含沙量的定义与影响因素

1.1 悬移质含沙量的定义

悬移质含沙量,作为衡量河流中悬浮泥沙含量的关键指标,其科学定义指的是在特定条件下,单位体积浑水中所蕴含的悬浮泥沙的质量。这一指标通常以千克/立方米作为计量单位,为河流治理、水土保持以及生态环境评估提供了重要的数据支撑。通过精确测定悬移质含沙量,可以深入了解河流的泥沙输送特性,进而为河流管理和保护提供科学依据。

1.2 影响因素的细致剖析

悬移质含沙量的多少受多种因素的影响,其中主要包括以下几个方面:植被覆盖率的高低直接关系到土壤的保护程度。植被稀疏、土质疏松的地区,由于缺乏有效的植被保护,土壤容易被侵蚀,导致河流含沙量显著增加。相反,植被茂盛的地区,土壤得到有效固定,河流含沙量则相对较低。土质与地质构造也是影响河流含沙量的重要因素。在土质疏松、地质活动频繁的地区,土壤易于被风化、侵蚀,进而增加河流的含沙量。降雨强度对河流含沙量的影响不容忽视。强降雨会加剧土壤侵蚀,使大量泥沙随雨水冲入河流,导致含沙量急剧上升。地势与地形同样对河流含沙量产生重要影响。在地势落差大、地形复杂的地区,河流流速快、侵蚀力强,容易携带更多泥沙,因此含沙量通常较高。人类活动也是不可忽视的影响因素。过度放牧、土地开垦等不合理的人类活动会破坏土壤结构,加剧水土流失,进而增加河流的泥沙含量。

2 洪水期间河流悬移质含沙量的时空分布特征

2.1 空间分布特征

2.1.1 垂向分布:水流作用下的泥沙悬浮与输送机制

在洪水期间,河流的悬移质含沙量在垂向上呈现出明显的分层现象。通常,自河底向水面,悬移质含沙量逐渐减小。这一分布特征的形成,主要受到水流作用的强烈影响。当洪水携带大量泥沙流经河道时,水流对河床的冲刷作用使得底部泥沙被悬浮起来,并随着水流向上输送。由于水流在垂向上存在速度梯度,即流速自河底向水面逐渐减小,因此,底部泥沙被悬浮并向上输送的能力也相应减弱。这导致在垂向上,越靠近河底的区域,悬移质含沙量越高;而越靠近水面的区域,悬移质含沙量则越低^[1]。此外,泥沙颗粒的沉降速度也是影响垂向分布的重要因素。不同粒径的泥沙颗粒具有不同的沉降速度,粒径较大的颗粒沉降速度较快,容易沉积在河床底部;而粒径较小的颗粒沉降速度较慢,更容易被水流携带至较高位置。因此,在垂向上,悬移质含沙量的分布还受到泥沙颗粒粒径分布的影响。

2.1.2 横向分布:河道形态与水流速度的共同作用

在洪水期间,河流的悬移质含沙量在横向上也呈现出显著分布差异。一般来说,主流和局部冲刷处的含沙量通常高于两岸。这一分布特征的形成,主要受到河道形态和水流速度的共同作用。河道形态对含沙量的横向分布具有重要影响。在弯曲的河道中,由于水流受到河岸的约束,主流线会偏向一侧,形成所谓的“弯道环流”。在弯道环流的作用下,水流对河岸的冲刷作用加强,导致局部冲刷处的含沙量显著增加。同时,由于主流线偏向一侧,使得主流区域的流速相对较快,携带泥沙的能力也更强,因此主流区域的含沙量也相对较高。水流速度是影响含沙量横向分布的另一个重要因素。在洪水期间,水流速度显著增加,对河床的冲刷作用也随之加强。在流速较快的区域,如主流和局部冲刷处,泥

沙被悬浮并携带走的能力更强,因此这些区域的含沙量也更高。相反,在流速较慢的区域,如两岸附近,泥沙更容易沉积下来,因此含沙量相对较低。

2.1.3 纵向分布:河道纵比降、流量变化与泥沙来源的综合影响

沿河流流程,悬移质含沙量的纵向分布可能呈现出逐渐增大或减小的趋势,这主要取决于河道纵比降、流量变化以及泥沙来源等多个因素的综合影响。河道纵比降是影响含沙量纵向分布的重要因素之一。在纵比降较大的河段,水流速度较快,对河床的冲刷作用也更强烈,因此这些河段的含沙量通常较高。相反,在纵比降较小的河段,水流速度相对较慢,泥沙更容易沉积下来,因此含沙量相对较低。流量变化对含沙量的纵向分布也有显著影响。在洪水期间,随着流量的增加,水流对河床的冲刷作用加强,导致含沙量增加。同时,流量的增加还可能带来更多的泥沙来源,如上游河段的泥沙被冲刷下来并随水流输送至下游河段,进一步增加了下游河段的含沙量^[2]。因此,在洪水期间,沿河流流程,含沙量可能呈现出逐渐增大的趋势。然而,在某些情况下,含沙量的纵向分布也可能呈现出减小的趋势。这主要是由于泥沙在输送过程中会发生沉积和冲刷作用。当水流携带泥沙流经某些河段时,由于流速减缓、水深增加或河床形态变化等因素,泥沙可能会沉积下来,导致该河段的含沙量降低。此外,如果上游河段的泥沙来源减少或断绝,也会导致下游河段的含沙量逐渐减小。除了河道纵比降和流量变化外,泥沙来源也是影响含沙量纵向分布的重要因素。不同河段的泥沙来源可能存在差异,如上游河段可能主要来源于山区侵蚀、中游河段可能主要来源于河流两岸的土壤侵蚀等。这些不同的泥沙来源会导致不同河段的含沙量存在差异,并进而影响含沙量的纵向分布特征。

2.2 时间变化特征

2.2.1 季节性变化:洪水与枯水期的含沙量对比

河流悬移质含沙量的季节性变化,是河流系统中最直观且显著的时间特征之一。在洪水期间,由于降雨量的显著增加,河流流量急剧上升,对河床的冲刷作用也随之加强。这一过程中,大量泥沙被水流携带并悬浮在水中,导致河流含沙量显著升高。洪水期间的高含沙量,不仅会对河流的水质和生态环境产生直接影响,还可能对下游的水利设施构成威胁,如淤积水库、堵塞河道等。相比之下,在枯水期,河流流量显著减少,水流对河床的冲刷作用减弱,甚至可能出现河床裸露的情况。此时,河流含沙量降至一年中的最低水平。枯水期

的低含沙量,虽然有利于河流生态系统的恢复和稳定,但也可能导致河床形态的改变,如河床的硬化和沙洲的形成,进而影响河流的水流特性和生态功能。季节性变化背后的驱动因素,主要是气候的周期性变化。在季风气候区,夏季的丰沛降雨是洪水期高含沙量的主要原因,而冬季的干燥少雨则导致了枯水期的低含沙量。此外,河流流域内的植被覆盖、土壤类型以及地形地貌等自然因素,也会对季节性变化产生影响。例如,植被覆盖良好的地区,土壤侵蚀程度较低,河流含沙量也相应较低;而土质疏松、地形复杂的地区,则更容易在洪水期间产生大量泥沙。

2.2.2 洪水过程变化:沙峰与洪峰的时空关系

在一次洪水过程中,河流悬移质含沙量的变化特征同样值得深入研究。其中,含沙量最大值(即沙峰)与洪峰之间的时空关系,是洪水过程变化中的关键要素。传统观点认为,沙峰与洪峰应该同时出现,因为洪水期间水流对河床的冲刷作用最强,理应产生最多的悬浮泥沙。然而,实际观测数据表明,沙峰与洪峰并不总是同时出现。在某些情况下,沙峰可能超前于洪峰出现;而在另一些情况下,沙峰则可能滞后于洪峰。沙峰超前于洪峰的情况,通常发生在洪水初期。当洪水刚开始上涨时,水流对河床的冲刷作用逐渐加强,但由于此时河流流量尚未达到最大值,因此产生的悬浮泥沙量也相对有限。然而,随着洪水的持续发展,河流流量逐渐增加,对河床的冲刷作用也愈发强烈。当洪水达到峰值时,虽然水流对河床的冲刷作用达到最强,但由于前期已经产生了大量的悬浮泥沙,因此此时河流含沙量可能已经达到或接近最大值。在这种情况下,沙峰就会超前于洪峰出现^[3]。相反,沙峰滞后于洪峰的情况,则通常发生在洪水后期。当洪水达到峰值并开始消退时,虽然河流流量逐渐减少,但水流对河床的冲刷作用并未立即减弱。在洪水消退的初期阶段,由于河流流量仍然较大,水流对河床的冲刷作用仍然较强,因此仍然会产生大量的悬浮泥沙。然而,随着洪水的进一步消退,河流流量逐渐减少至较低水平,此时水流对河床的冲刷作用也显著减弱。在这种情况下,沙峰就会滞后于洪峰出现。

3 洪水期间悬移质含沙量变化机制

3.1 水流条件

水流条件是影响河流悬移质含沙量的最直接且最关键的因素。在洪水期间,随着降雨量的急剧增加,河流流量迅速膨胀,水流速度随之增大。这一变化直接提升了水流对河床的冲刷能力,使得更多原本沉积在河床的泥沙被剥离并悬浮于水中。同时,水流速度的增大还伴

随着紊动强度的增强,即水流中的湍流运动更加剧烈。这种紊动不仅有助于将河底的泥沙颗粒悬浮起来,还能有效阻止已悬浮的泥沙颗粒快速沉降,从而显著提高了河流的挟沙能力。水深作为水流条件的另一重要组成部分,也对悬移质含沙量产生着重要影响。在洪水期间,随着水位的上涨,水深增加,为泥沙的悬浮提供了更广阔的空间。此外,水深的变化还会影响水流的垂直结构,进而影响泥沙的垂向分布。一般来说,在水深较大的区域,水流对河床的冲刷作用相对较弱,但泥沙的悬浮时间会更长,从而在一定程度上增加了悬移质含沙量。

3.2 泥沙特性

泥沙特性是影响河流悬移质含沙量的另一重要因素。泥沙的粒径、密度及形状等物理特性,直接决定了其被水流挟带和悬浮的能力。粒径是泥沙特性的核心指标之一。一般来说,泥沙粒径越小,其比表面积越大,与水流的接触面积也越大,因此更容易被水流挟带悬浮在水中。同时,小粒径的泥沙颗粒由于质量较小,也更容易受到水流紊动的影响而保持悬浮状态。密度则是影响泥沙悬浮能力的另一关键因素。密度较大的泥沙颗粒,虽然在水流中的沉降速度较快,但一旦被水流悬浮起来,其保持悬浮状态的能力也更强。这是因为密度较大的颗粒需要更大的水动力才能使其沉降,因此在洪水期间,密度较大的泥沙颗粒更容易被携带至较远的地方。形状也是泥沙特性的一个重要方面。形状接近球形的泥沙颗粒,由于其表面较为光滑,与水流的摩擦阻力较小,因此更容易被水流挟带和悬浮。相反,形状不规则、棱角分明的泥沙颗粒,则更容易在水流中发生沉积。

3.3 下垫面条件

下垫面条件,包括流域内的植被覆盖、土质疏松程度、地形地貌等,对河流悬移质含沙量也有着重要影响。植被覆盖是下垫面条件中最为关键的因素之一。植被能够有效固定土壤,减少水土流失。在植被覆盖良好的地区,即使发生洪水,由于植被的阻挡和缓冲作用,土壤侵蚀程度也相对较低,因此河流悬移质含沙量也相应较低。相反,在植被覆盖差、土质疏松的地区,洪水期间容易发生严重的水土流失,导致河流悬移质含沙量显著增加。地形地貌也是影响悬移质含沙量的重要因

素^[4]。在山区或丘陵地区,由于地形起伏较大,水流速度较快,对河床的冲刷作用也更强烈。同时,这些地区的土壤往往较为疏松,容易发生侵蚀。因此,在洪水期间,这些地区的河流悬移质含沙量通常较高。

3.4 人类活动

人类活动对河流悬移质含沙量的影响不容忽视。修建道路、毁林垦荒等人类活动会破坏原有的植被覆盖和土壤结构,导致流域产沙条件发生变化。例如,道路建设往往伴随着大量土石方的开挖和堆放,这些土石方在雨水冲刷下容易成为河流悬移质的一部分。毁林垦荒则会导致植被覆盖减少,土壤侵蚀加剧,进而增加河流悬移质含沙量。相反,采取封山育林、开展水土保持等措施则有助于减少河流悬移质含沙量。封山育林能够恢复植被覆盖,提高土壤的抗侵蚀能力;水土保持措施则能够改善土壤结构,减少水土流失。这些措施的实施,不仅有助于降低洪水期间的河流悬移质含沙量,还能改善河流生态环境,促进河流系统的可持续发展。

结语

洪水期间河流悬移质含沙量的变化规律受多种因素影响,包括植被覆盖率、土质与地质构造、降雨强度、地势与地形以及人类活动等。在空间上,悬移质含沙量表现出垂向、横向和纵向的分布差异;在时间上,则呈现出季节性、年际和洪水过程的变化特征。未来研究应进一步深入探讨洪水期间悬移质含沙量变化的内在机制,加强流域尺度的综合观测和数据分析。同时,结合现代科技手段如遥感、GIS等,提高河流泥沙监测的精度和效率,为河流管理和防洪减灾提供更加科学的依据。

参考文献

- [1]冯钦.阿勒泰地区水文站悬移质含沙量测验探讨[J].地下水,2020,42(04):198-200.
- [2]陈晶,张天力,顾世祥.滇中引水工程水源区水沙关系及悬移质含沙量预测方法研究[J].水电能源科学,2024,42(01):74-78.
- [3]高夏阳,孟宇华,孙鹏森.青铜峡水文站悬移质含沙量测验优化分析[J].内蒙古水利,2020,(09):15-16.
- [4]曾渝,周晓,黎炎庆,等.湖南南咀水文站悬移质含沙量测验探讨[J].水利水电快报,2019,40(11):20-23+59.