

# 河道治理中的疏浚砂资源化利用

张玉龙<sup>1</sup>, 刘 洋<sup>2</sup>, 王茂枚<sup>2</sup>, 杨恒勇<sup>1</sup>, 宋远飞<sup>1</sup>

(1. 镇江市港发绿色资源有限公司, 江苏 镇江 212000; 2. 江苏省水利科学研究院, 江苏 南京 210017)

**摘要:**结合镇江市、泰州市等地应用实践,通过对疏浚砂资源化利用、河道治理研究及疏浚砂生态护岸研究的现状剖析,针对疏浚砂在河道治理中生态利用所面临的问题,分析水沙变化和疏浚工程对河势演变的综合影响,明晰疏浚工程的河势响应机制和进一步确定河道疏浚及防护区域范围,探析疏浚砂充填袋与生态植被相结合的新型生态护岸型式等多个研究方向,为长江江苏段疏浚砂在河道生态治理中的综合利用提供参考。

**关键词:**疏浚砂; 河道治理; 生态护岸

中图分类号:TV851

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2023)12-0056-0004

## Utilization of dredged sand resource in river regulation

ZHANG Yulong<sup>1</sup>, LIU Yang<sup>2</sup>, WANG Maomei<sup>2</sup>, YANG Hengyong<sup>1</sup>, SONG Yuanfei<sup>1</sup>

(1. Zhenjiang Gangfa Green Resources Co., Ltd., Zhenjiang 212000, China;

2. Jiangsu Hydraulic Research Institute, Nanjing 210017, China)

**Abstract:** Based on the application practices in Zhenjiang City, Taizhou City, and other places, this study analyzes the current situation of the utilization of dredged sand resources, river management research, and ecological revetment research of dredged sand. In response to the problems faced by the ecological utilization of dredged sand in river regulation, the comprehensive impact of water and sediment changes and dredging engineering on the evolution of the river regime is analyzed, and the response mechanism of dredging engineering to river regime is clarified, the scope of river dredging and protection areas is further determined. Exploring multiple research directions such as the combination of dredging sand filling bags and ecological vegetation as a new type of ecological revetment, providing reference for the comprehensive utilization of dredging sand in river ecological management in the Jiangsu section of the Yangtze River.

**Key words:** dredging sand; river regulation; ecological revetment

随着社会经济的发展,人们对河道功能的需求逐渐从以往的防洪功能向生态功能转变。在河道治理工程中,兼顾结构性的同时,也更加重视生态、景观等要求<sup>[1]</sup>。港口航道等水域淤积时,需进行疏浚处理,以改善河势和通航条件。以往长江河道疏

浚所产生的疏浚物,由航道部门指定水域自行抛弃处理,不仅造成了水生态环境的破坏,而且造成了砂石资源的流失。因此,若能将河道疏浚所得弃砂进行生态资源化利用,从而运用到岸坡防护工程中,可达到疏浚砂反哺河道生态治理“依江治江”的目标。

收稿日期:2023-09-13

基金项目:江苏省水利科技项目(2023020);江苏省水利科技项目(2023062-12)

作者简介:张玉龙(1972—),男,高级工程师,硕士,主要从事水利工程和疏浚物综合利用研究工作。E-mail:736601919@qq.com

## 1 研究概况

### 1.1 疏浚砂资源化利用技术研究

长期以来,国内外学者针对疏浚砂资源化利用技术开展了大量研究。谈晓青<sup>[2]</sup>针对长江口航道疏浚物特点,研究其应用于底层抹灰石膏的临界掺量、外加剂改性技术等。丁慧等<sup>[3]</sup>利用粉煤灰和矿粉,对疏浚土进行固化,使得处理后的疏浚砂土能够达到填料的设计要求。AMAR等<sup>[4]</sup>利用疏浚物作为胶凝材料的替代物,研究表明煅烧后的疏浚物改善了胶凝材料的性能。诸裕良等<sup>[5]</sup>指出以长江航道整治疏浚弃土作为主要原料制备砂浆,可以大量利用废弃疏浚砂和各种工业废渣,有效缓解天然砂石材短缺和枯竭的问题。李升涛等<sup>[6]</sup>分析了长江下游航道超细疏浚砂的理化性质,并以疏浚砂为原料,设计了5种不同疏浚砂掺量的碱激发矿渣混凝土配合比,同时还研究了其物相组成和微观结构。可见,现有研究大多针对疏浚砂本身采用物化方式改变其性质,从而使其更利于上岸利用,但对疏浚砂应用于河道治理的新型生态护岸研究还不多。

### 1.2 疏浚砂资源化利用现状分析

本文主要结合镇江市、泰州市两地开展河道疏浚砂综合利用研究工作,涉及河段主要为镇扬河段、扬中河段和澄通河段。江苏境内的南京河段、长江口河段港口航道维护疏浚目前仍以抛泥处置为主。镇江市疏浚砂综合利用试点工作于2019年开始,先期疏浚砂利用范围为航道维护疏浚工程,2022年开始将港口、锚地疏浚工程纳入疏浚砂综合利用范畴,预计2023年度镇江市长江河道疏浚砂整体上岸利用方量将呈上升趋势。泰州市疏浚砂综合利用试点工作于2020年开始,先期疏浚砂利用范围也为航道维护疏浚工程,2023年将港口、锚地疏浚工程纳入疏浚砂综合利用范畴,预计2023年度泰州市长江河道疏浚砂整体上岸利用方量也将呈现上升趋势。近年来疏浚砂利用量的统计情况见表1。

表1 疏浚砂利用量统计

年份	镇江市		泰州市	
	上岸量/万t	同比增幅/%	上岸量/万t	同比增幅/%
2019	10.2			
2020	145.0			
2021	154.6	6.6	114.9	
2022	257.9	66.8	184.7	60.7

随着长江大保护的深度推进,长江河道疏浚砂综合利用工作逐渐走向成熟,直接抛泥处置方式将逐渐减少。同时,随着疏浚砂综合利用实施经验的不断积累,港口、锚地疏浚工程被纳入到疏浚砂综合利用范畴,利用效率稳步提升,预计未来几年长江江苏段河道疏浚砂综合利用量将呈明显上升趋势。然而,受河流长期冲刷等因素影响,长江下游河道疏浚砂粒径较小,细度模数低,总体呈现从上游至下游粒径越来越小的特点。来自长江镇江段、泰州段河道疏浚所产生的疏浚砂,粒径总体偏细,无法直接作为建设用砂,但可用于商混的掺配,改善混凝土的和易性<sup>[7]</sup>。在现有技术水平条件下,目前长江江苏段疏浚砂综合利用方向主要以建材掺配、吹填造地为主,极少部分应用于修筑路基和岸坡加固,利用方向较为单一。

在长江江苏段以往河道整治工程中,基于河道治理目标,已经开展了疏浚砂在河道治理中的尝试应用,并取得了较好效果。如通州沙西水道整治工程中,利用疏浚砂用于围区堤身、通州沙潜堤工程袋装砂的填筑。八卦洲汉道河道整治工程中,利用左汊浅区疏浚砂用于八卦洲洲头右缘深槽防护工程砂枕的填筑。但受疏浚砂时空分布不均及疏浚工程与河道治理施工时间不匹配等因素影响,以往应用模式中疏浚砂来源主要为河道整治项目中本身包含的疏浚工程,主动结合疏浚砂源的应用模式还较少,如镇江市大港汽渡疏浚采砂工程中,疏浚砂被用于孟家港码头抛填抢险工程中砂枕的填筑。

## 2 长江河道治理研究现状分析

为抑制河段河势和航道条件向不利方向发展,水利、航道部门陆续实施了相关治理工程,其中规模较大、较系统的有镇扬河段一期、二期、三期工程,扬中河段近期整治工程,南京以下12.5 m深水航道二期整治工程等,工程的实施对于河段河势的稳定和航道条件的改善起到了重要作用。

在长期的河道治理过程中,大量学者开展了相关研究工作。例如罗青等<sup>[8]</sup>采用浅水多波束系统对镇扬三期河道整治工程水下地形进行定期监测,通过分析监测数据对工程现状进行了定性描述,并利用GIS空间分析功能对工程现状进行了多维度定量分析。闫金波等<sup>[9]</sup>基于实测水文、地形等资料,分析了1960—2019年和畅洲水道水文泥沙、河床滩槽变化情况,研究发现,在此期间汉道完成了2次完整的

交替过程,镇扬二期整治工程中左汊潜坝的实施基本稳定了汉道分流关系,12.5 m深水航道二期工程后同流量对应的右汊分流比增加10%,航道工程发挥了引流塑槽功能。刘俊勇等<sup>[10]</sup>针对航道疏浚线路长、工程量大的疏浚工程开展研究,采用一、二维联解数学模型模拟航道疏浚对伶仃洋水动力及河势稳定的影响,并分析了航道疏浚工程在数学模型中的概化技术。研究表明,航道疏浚会加强潮流上溯动力,有利于保持狮子洋及伶仃洋的潮汐动力,维持珠江口潮汐通道的稳定。可见,以往成果主要针对疏浚工程实施后河道水动力以及冲淤变化开展研究,较少对长江大型疏浚工程的河势响应开展系统研究。

《长江中下游干流河道治理规划(2016年修订)》以2013年为现状基准年、2020年为近期规划水平年、2030年为远期规划水平年,以近期规划水平年为重点,将长江中下游河道治理规划指导意见具体化,提出了整体性较强、远近结合紧密、近期措施明确的规划。该规划明确了近期河道整治工程措施,基本划定了河道整治疏浚工程及防护重点区域,但近期规划水平年为2020年,且随着近年长江江苏段多个河道综合整治工程的实施,以及疏浚砂综合利用工作的深度推进,局部河段河势出现了新的变化。因此,有必要进一步明确河道疏浚及防护区域范围,统筹考虑包括维护性疏浚在内的疏浚砂利用方案,进而提出长江江苏段疏浚砂河道治理利用规划与实施方案。

### 3 疏浚砂生态护岸相关研究

#### 3.1 生态护岸概念

生态护岸工程的基本理念与自然生态相互协调,将生态设计理念引入到河道治理建设中,保证河势稳定的前提下,最大限度保护水岸生态环境,保持生态平衡,营造自然、和谐的水岸环境,促进长江沿线的可持续发展。生态护岸有展示自然植被面貌、维持生物多样性、净化改良河道水质、减风消浪能力强等诸多优点。同时,采用生态护岸,避免了原块石护坡和预制混凝土块护坡的呆板和生硬,实现工程与自然的协调统一<sup>[11]</sup>。生态护岸结构示意见图1。

#### 3.2 生态护岸研究

在水利、水运工程中,袋装砂在导堤、护岸、围堰、丁坝的形成中得到较广泛的运用。袋装砂作为堤芯,有效解决了在缺乏石料供应区域抛石斜坡堤

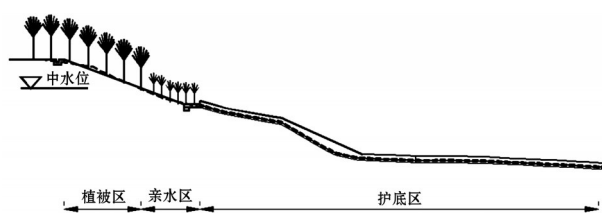


图1 生态护岸结构示意

块石供应不足的难题,其特点是施工速度快、质量高、成型易于控制、结构整体稳定性好、防渗效果佳等。袋装砂在浅水或滩涂地区已大规模使用,在深水区域应用相对较少,袋装砂施工现主要采用抛填(翻板抛袋和网兜抛袋)和充灌(水下充灌和水上对拉)2种工艺,抛填工艺多在深水区域采用,而水下充灌较多在水深较浅时用,水上对拉仅在后期围堤断面出水后应用。施军等<sup>[12]</sup>通过多层乱纹组织及独特的编织方式,优化了新型砂袋结构设计,并通过现场试验验证了新型砂袋的强度、渗透性与保砂性,实现了砂袋充灌高度达到2 m以上的突破,并在长江口南槽航道治理一期工程中应用,证明了新型砂袋的适用性与优越性。邓传贵等<sup>[13]</sup>鉴于长江南京河段八卦洲右缘深槽水深大、流速大、流态复杂、水流紊乱等特点,在八卦洲右缘深槽防护工程施工前开展了袋装砂抛枕现场试验,对袋装砂抛枕防护施工参数、施工流程及质量控制措施进行研究,提出了一种针对深槽防护工程的袋装砂抛枕防护施工技术。

为解决传统护岸建设弊端,以保护生态及自然景观为前提,以文明绿色施工为支撑,在护岸结构中引入装配式设计理念是现代河流岸坡生态治理的必然趋势,而装配式生态护岸工程就是其中一项重要成果。大量学者针对生态护岸工程及其预制构件的设计开展了研究,如郑松等<sup>[14]</sup>在现场实例的基础上,对组合工字型生态护岸与传统航道护岸结构型式进行比较,指出组合工字型生态护岸的应用优点,并介绍了其加工工艺以及施工流程。杨有军等<sup>[15]</sup>依托通扬线高邮段航道整治工程,结合国内外生态护岸发展现状,探析了箱型装配式护岸与生态性结合的2种方案,包含箱型装配式护岸空腔顶部的绿化形式和箱体内部水生生物生存环境优化。叶昆河等<sup>[16]</sup>指出鱼巢砌块是一种新型生态护岸构件,具备空腔结构,近水壁面有开孔,能通过砌块间组合连接构造出人工鱼巢,为鱼类或其他水生生物提供适宜栖息和生存的空间。可见,目前已有袋装砂在导堤、围堰、丁坝等河道治理工程中的应用,但

在护岸工程中的应用,且将疏浚砂充填袋与生态植被相结合的新型生态护岸结构型式还亟待研究。

## 4 疏浚砂在河道治理中的生态利用

### 4.1 研究方向

将河道疏浚所得弃砂进行生态资源化利用,运用到岸坡防护工程中,是践行长江大保护、建设资源节约型和环境友好型社会的重点。通过对疏浚砂资源化利用、疏浚工程河势响应及疏浚砂生态护岸进行研究,进一步探究疏浚砂在河道治理中的生态利用途径。以往疏浚砂在河道治理中的运用模式中,疏浚砂主要为河道整治项目中本身包含的疏浚工程,主动结合疏浚砂源的应用模式还较少,河道疏浚及防护区域范围有待进一步明确。随着近年长江江苏段多个河道综合整治工程的实施,以及疏浚砂综合利用工作的深度推进,局部河段河势出现了新的变化,有必要进一步明确河道疏浚及防护区域范围,统筹考虑包括维护性疏浚在内的疏浚砂利用方案,提出长江江苏段疏浚砂河道治理利用规划与实施方案,同时,融入生态护岸的理念,进一步研究将疏浚砂充填袋与生态植被相结合的新型生态护岸结构型式。

### 4.2 几点思考

(1)“依江治江”的基本理念是以维护长江河势稳定、保障防洪和通航安全为目标,因地制宜、因势利导,充分依靠和利用长江河道本身需要疏浚的砂石资源,包括河道管理范围内实施各类涉河工程建设或维护性清淤、疏浚工程项目所产生的砂石和土,以其为主要原料,采取生态、有效的守护措施进行长江河道治理,进而实现长江疏浚砂反哺河道生态治理的绿色循环低碳发展模式。

(2)分析水沙变化和疏浚工程对长江河势演变的综合影响。近年来,在自然条件和人类活动的双重影响下,长江泥沙时空分布与输运过程发生了重大变化,下游河道冲刷加剧,港口航道水深维持所需的疏浚工程仍然存在。因此,系统揭示水沙条件变化及相关工程对长江江苏段河势演变的综合影响,是进一步研究疏浚砂利用区域以及保障河势稳定和防洪安全的基础。

(3)明晰疏浚工程的河势响应机制和进一步确定河道疏浚及防护区域范围。长江下游水沙条件复杂多变,大型疏浚工程对河势演变的影响深远。在分析疏浚砂工程的河势响应规律的基础上,剖析不同来水、不同疏浚范围下河势变化规律及未来演

变趋势,以维护长江河势稳定、保障防洪和通航安全为目标,提出统筹考虑包括维护性疏浚在内的疏浚砂利用方案,包括疏浚的区域(移砂)及需要防护的岸段(固砂),进而提出长江江苏段疏浚砂河道治理利用规划与实施方案。

### 参考文献:

- [1] 陈锡林,金忠良,陈于,等.装配式生态护岸工程的设计与施工[J]. 江苏水利,2022(6):1-5.
- [2] 谈晓青.长江口航道疏浚淤泥(砂)用于底层抹灰石膏的研制[J]. 新型建筑材料,2017,44(5):41-45.
- [3] 丁慧,孙秀丽,刘文化,等.固化疏浚淤泥作路基材料工程特性试验研究[J]. 土木建筑与环境工程,2017,39(2):11-18.
- [4] AMAR M, BENZERZOUR M, MAHDI SAFHI A E, et al. Durability of a cementitious matrix based on treated sediments [J]. Case Studies in Construction Materials, 2018(8):258-276.
- [5] 诸裕良,臧英平,江朝华,等.基于长江下游疏浚砂的砂浆力学性能试验研究[J]. 水运工程,2020(9):56-60.
- [6] 李升涛,陈徐东,张伟,等.基于长江下游超细疏浚砂的碱激发矿渣混凝土力学性能[J]. 复合材料学报,2022,39(1):335-343.
- [7] 孔伟程.关于长江下游航道疏浚砂综合利用的策略探究[J]. 长江技术经济,2021,5(6):61-64.
- [8] 罗青,王茂枚,赵钢,等.镇扬河段整治工程实施后河道地形冲淤分析[J]. 江苏水利,2021(增刊2):44-48,96.
- [9] 闫金波,殷红,杨云平,等.长江下游和畅洲水道滩槽演变及引流塑槽机制研究[J]. 水电能源科学,2022,40(4):41-44.
- [10] 刘俊勇,徐峰俊.广州港出海航道疏浚工程对珠江口水动力及河势稳定影响研究[J]. 人民珠江,2006(4):11-14.
- [11] 刘长波,李明.长江干线武汉—安庆6 m水深航道整治工程生态举措应用[J]. 中国水运·航道科技,2021(6):39-44.
- [12] 施军,毛森敏.航道整治工程袋装砂斜坡堤新型砂袋研制与应用[J]. 中国港湾建设,2021,41(7):47-50.
- [13] 邓传贵,甘磊,庄雪飞.南京八卦洲袋装砂抛枕防护施工技术研究与应用[J]. 人民长江,2021,52(11):150-154,174.
- [14] 郑松,徐月忠,陈立,等.组合工字型生态航道护岸施工工艺总结及应用[J]. 科学技术创新,2018(21):89-90.
- [15] 杨有军,曹定维,王鹏,等.工业化箱型装配式护岸生态性分析研究[J]. 中国水运,2020,20(10):84-85.
- [16] 叶昆河,韩雷,王正君,等.鱼巢砌块水力特性的研究现状与意义[J]. 水利科学与寒区工程,2022,5(4):33-36.