

# “中水”工程疏浚土资源化利用现状及路径

潘雪成, 邹靖

(中交广航疏浚有限公司, 广东 广州 510220)

**摘要:** 针对“中水”工程疏浚土资源化利用率偏低、工程实践分散的问题, 梳理“中水”疏浚土的工程特性与污染谱系, 汇总典型工程疏浚量及处置去向, 识别制约资源化利用的关键矛盾, 构建了覆盖前端识别、减量与稳定处理、产品利用路径及工程组织与推广等环节的技术体系, 提出基于土质特性与污染类别的资源化利用路径矩阵, 分析不同利用方向的适用条件与技术要点。结果表明, “中水”疏浚土普遍具有细粒、高含水、富营养、中污染特征, 存在底质识别不足、工艺匹配不当、产品去向与制度保障脱节等问题; 通过完善分类评价与风险管控, 优化减量化-无害化-资源化组合工艺, 健全产品标准和区域共享平台, 可明显提升“中水”疏浚土资源化利用的技术可行性与经济性。研究为疏浚土由处置型管理向规模化、低碳化资源利用转变提供参考。

**关键词:** 疏浚土; 资源化利用; 中水环境; 环保疏浚

**中图分类号:** U6; U655 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-7874(2026)04-0041-04

**doi:** 10.7640/zggwjs202604007

## Current status and pathways of resource utilization of dredged soil from medium-water projects

PAN Xue-cheng, ZOU Jing

(CCCC-GH Dredging Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510220, China)

**Abstract:** In response to the low resource utilization rate and scattered engineering practice of dredged soil from medium-water projects, this paper analyzes the engineering properties and pollution spectrum of medium-water dredged soil, summarizes the typical engineering dredging volumes and disposal destinations, identifies the main constraints that restrict the resource utilization, are summarized as four disconnections between sediment characterization, process matching, product outlets and institutional support, and constructs a technical framework covering the front-end identification, process reduction and stabilization, utilization routes, and engineering organization and promotion. It proposes a resource utilization matrix based on soil characteristics and pollution spectrum, and analyzes the applicable conditions and technical points for difference utilization directions. Results indicate that medium-water dredged soil is generally fine-grained, high-moisture, nutrient-rich and moderately polluted. Problems such as insufficient substrate identification, inappropriate process matching, and disconnection between product destinations and institutional guarantees are identified. By improving classification evaluation and risk control, optimizing the combination process of reduction, harmless treatment, and resource utilization, and establishing product standards and regional sharing platforms, the technical feasibility and economic efficiency of the resource utilization of medium-water dredged soil can be significantly enhanced. This research provides a reference for shifting medium-water dredged soil management from disposal-oriented practices toward large-scale, low-carbon resource utilization.

**Key words:** dredged soil; resource utilization; medium-water environment; environmental dredging

### 0 引言

我国是航运大国, 每年产生大量的疏浚土, 但资源化利用率却较低。据调查, 2020—2024年

我国沿海产生的港航疏浚物总量约 15.8 亿  $m^3$ , 年均约 3.2 亿  $m^3$ , 但综合利用仅占约 22%, 其中陆域回填约 20%, 建材制备、路基填筑等其他方式

收稿日期: 2025-10-27 修回日期: 2025-12-12

作者简介: 潘雪成 (1989—), 男, 河南南阳人, 高级工程师, 总工程师, 副总经理, 从事港口与航道工程施工管理的研究。E-mail: 376947900@qq.com

约2%<sup>[1]</sup>。随着环保政策的收紧,特别是2023年新发布的《海洋环境保护法》提出“鼓励疏浚物综合利用”以来,疏浚土的处置方式正逐渐从传统的海洋倾倒向资源化利用转变<sup>[2]</sup>。

我国疏浚土资源化利用起步较晚,且因工程类型而异。“大水”工程(如大江大河主干道疏浚工程、沿海港口与航道疏浚工程)规模大,日疏浚量常达数万至十多万 m<sup>3</sup>,巨大的工程量使得资源化利用面临根本性挑战<sup>[3]</sup>:运输成本高昂、缺乏配套的大规模消纳市场、堆存场地难寻且二次转运成本高。此外,“大水”工程疏浚多采用绞吸船或耙吸船工艺,土体被打碎成含水率高的泥浆混合物,破坏了土体的原有结构,大大地降低了资源化利用的价值<sup>[4]</sup>。因此,目前大部分“大水”工程疏浚土仍以海洋倾倒为主,资源化利用率较低。

相比之下,“中水”工程(如支流、城市内河与湖库等疏浚工程)单个项目的疏浚工程量相对较小,日疏浚量多为几百至几千 m<sup>3</sup>,这一量级与当前资源化利用的处理能力更为匹配,资源化利用

模式探索更为灵活<sup>[5]</sup>,但仍面临“技术可行而经济性不可行”、市场接受度不高等问题,尚未形成规模化、产业化发展格局。

因此,本文围绕“中水”工程疏浚土资源化利用的现实情况与发展路径开展研究,一方面,研究了“中水”工程疏浚土在特征、污染谱系与处置方式等方面的性质;另一方面,构建一套适用于“中水”工程疏浚土资源化利用的工艺组合与发展路径。

### 1 工程特性与利用现状

相较于传统港航“大水”疏浚,“中水”工程单体规模小、工期短、工艺相对固定,多采用机械式开挖,理论上更易与环保处理能力匹配。但其疏浚土多为长期淤积或生态退化水体底泥,普遍呈细粒、高含水、富有机质和营养盐、夹杂多源微量污染物等特征,絮状结构松散、脱水难、运输稳定性差,技术与经济约束并存<sup>[6]</sup>。从疏浚土量级、开挖方式、资源化可行性和环境影响等方面的对比<sup>[7]</sup>见表1。

表1 “中水”工程与“大水”工程资源化利用对比

Table 1 Comparison of resource utilization between medium-water projects and large-scale water projects

对比维度	“中水”工程	“大水”工程
疏浚土量级	日疏浚量仅几百至几千 m <sup>3</sup> ,与环保工艺处理能力匹配	日疏浚量达数万至十多万 m <sup>3</sup> ,规模化处置难度大
开挖方式	以机械式开挖(挖掘机、反铲、抓斗等)为主,疏浚土特性保留完整,更利于资源化利用	多采用绞吸船/耙吸船,土体被打碎成泥浆(含水率>95%),原有结构破坏严重,资源化利用难度高
资源化可行性	土体污染程度低,可直接用于本地生态修复(如湿地构建、土壤改良),成本可控	运输成本高、堆存场地受限;周边资源化需求与疏浚时间和空间不匹配,经济性差
环境影响	机械开挖扰动程度低,配合防扩散技术可有效控制污染	泥浆扰动大,易导致悬浮物扩散和二次污染

既有统计显示<sup>[8]</sup>,1998—2015年长江口深水航道疏浚总量约9.3×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>,其中约2/3通过1号—3号抛泥区外倾,仅约1/3用于吹填上滩,宝贵泥沙阶段性出现“有量难用”的情形。

在物质组成上,“中水”工程疏浚土以细粒粉土、黏土为主,颗粒集中于粉砂—黏粒级,天然状态流变性、含水率常超过75%,失水后易收缩开裂;有机质含量显著高于常规建筑弃土,部分区域可超8%,暴露后易产生黑臭。受生活污水溢流、初期雨水径流与历史污染沉积等影响,其污染物谱系复杂,轻重金属、持久性有机物(如PAHs、PCBs)及抗生素类成分偶有检出,呈现出“非危险—非洁净”的中污染特征,既不宜于简易填埋或直接农用,也难直接作为高品质建材原料。

在疏浚土分类方面,尚未形成适用于“中水”

工程疏浚土的统一标准。部分地区借鉴建筑渣土或一般固废分类,将其粗分为“可利用、需改性、不可用”等;部分试点引入土壤或底泥质量分级指标,按污染物浓度、pH值、有机质与力学性质等构建分类矩阵,以指导工艺选型和利用方式,但受检测成本、指标适配性及统一标准缺位制约,上述做法难以推广。

在资源化利用方面,“中水”工程疏浚土主要用于建材制备、生态修复、土地整治与水利防洪等,利用率区域差异较大。建材化利用虽在部分项目中实现试点,但受土质波动、标准衔接和市场接受度限制,多停留在小规模示范阶段;生态修复利用多用于滩涂养护、湿地修复和微地形塑造,并通过固化制备植生混凝土、人工鱼礁和生态护坡材料,但常受到产出地与消纳地空间不匹

配的制约。

总体来看,“中水”工程疏浚土资源化利用尚未建立起覆盖理化属性识别、污染物分类、工艺适配和市场需求对接的完整链条,亟需从分类逻辑、评价体系、组合工艺和市场机制等方面进行系统构建。

## 2 体系与路径

目前制约资源化利用的矛盾主要集中在“四个脱节”:1)底质与污染特征识别不足,前期分类粗放,工艺选型缺乏针对性;2)处理工艺与土质特性、污染水平匹配度不高,常出现“技术可行但经济性不足”;3)产品去向与区域市场需求衔接不畅,处理后疏浚土难以进入终端应用;4)项目实施与政策、标准、监管协同不足,缺少可复制的工程路径。基于此,提出以前端识别为起点、以减量与稳定处理为核心、以产品利用路径和工程组织与推广为支撑的资源化利用体系与研究路径,从前期识别、施工及处理工艺、产品利用方向和工程组织与推广4个方面展开论述。

前期工作应聚焦基础性质识别和处理参数确定。针对含水率高、颗粒细、污染物复杂的“中水”疏浚土,可采用快速检测与筛查技术,判断是否具备脱水、稳定或改性条件,形成简洁可靠的识别机制。在国家和流域尺度,有必要尽快建立统一的底泥识别—分类—评价体系,将前期调查上升为制度性要求。研究表明,疏浚沉积物在成分、粒度和有害物质方面差异显著,如缺乏系统判识和分级管理,将直接制约后续工艺选择及产品安全性与经济性<sup>[9]</sup>。环保疏浚实践亦表明,只有在顶层设计阶段统筹减量化、无害化和资源化,配套分类管理、风险评价和准入标准,才能避免“只清淤、不消纳”和二次污染。由此提出的技术

体系强调,通过政策激励、部门协同和信息共享平台,推动疏浚土从“产生—识别—分类—利用”的全过程管理,实现“禁止倾倒、鼓励利用”的制度落地。

从处理路径看,“中水”疏浚土不宜停留于单一压滤或简易固化,而应结合物理性状和污染谱系,构建“减量化—无害化—资源化”的组合工艺链。物理固液分离、固体化、化学沉淀与生物处理等技术可针对性去除重金属、有机污染物和部分营养盐,为资源化利用创造条件;膜分离、微生物强化降解和集成式高效脱水等新工艺在效率、能耗和减量化方面具有优势,是后续技术创新的重点方向。结合“中水”工程量级适中、场地受限的特点,应重点发展小型化、模块化高效脱水设备和与土质相匹配的低碳稳定化技术,形成“疏浚—处理—产品—应用”一体化示范工程,并在实践中反推工艺组合优化与参数库建设。

在产品利用方面,应依据土质特征、力学性能与接受场地属性进行分类匹配,不同污染与物理特性条件下的利用矩阵见表2,不同情形下合理利用方向和工艺控制指标差异明显,需要与之配套的产品标准体系和评价方法。一方面,富有机质和营养元素的底泥经适当处理可用于土壤改良和肥料化,富硅铝矿物底泥可作为水泥、砖块和轻质建材原料,但必须严格控制浸出和长期稳定性;另一方面,应从产品性能、生态风险和二次污染3个维度,分别为农用、建材、景观填土等类型制定限值与试验方法,并将二次浸出毒性纳入评价。因此,有必要在现有土壤、底泥和固废标准基础上尽快形成专门的产品标准和认证体系,明确不同利用路径的判定阈值和质量控制要求,为企业培育和规模化应用提供制度基础。

表2 不同污染与物理特性下的资源化利用矩阵

Table 2 Resource utilization matrix under different pollution levels and physical properties

疏浚土类别	典型指标区间	可行利用方向	技术注意事项
低污染/粒径中等	含水率 $\leq 65\%$ ; pH $\approx$ 中性; 无重金属超标	制砖、路基填料、替代黄土	控制有机质比例,必要时碱激发处理
中污染/高有机质	有机质5%~10%; $\text{NH}_4^+/\text{TP}$ (铵根离子/总氮)存在富营养风险	生态塘底泥、滩涂改良	控制释放风险,表层覆盖或封闭使用
含重金属/黏性极强	Cd(镉)、Pb(铅)、Zn(锌)等元素超标; 含水率 $> 75\%$	协同固化后受控填埋	需评估长期稳定性,避免二次浸出
未知属性/信息不全	缺乏理化与污染数据	暂不利用或需补充检测	设置临时堆场并进行快速分级评估

从实施和推广模式看,“中水”疏浚土资源化利用更是区域绿色发展的系统工程。国内外实践

表明,在流域尺度统筹减量化处理、异位处置与土地再利用,可在控制成本的同时改善水环境和

岸线景观,并在路基填筑、绿化填土等方面实现资源回收<sup>[10]</sup>。在此基础上,将“双碳”目标嵌入疏浚土全生命周期管理,通过优化运输路径、鼓励近岸消纳、推广低能耗工艺和开展资源化产品碳足迹核算,有助于推动疏浚土资源化与水生态修复、城市更新、乡村振兴等战略协同,实现多重效益。

总体而言,“中水”工程疏浚土资源化路径的构建,不应局限于单点工艺优化,而需在处理技术、组织模式、产业链与政策制度之间建立协同,分阶段、稳步推进。

### 3 结语

以我国“中水”工程疏浚土为对象,梳理工程特性与资源化利用现状,归纳“四个脱节”问题,构建了涵盖前端识别、减量与稳定处理、产品利用路径及工程组织与推广等环节的技术体系,并提出基于土质与污染特征的利用路径矩阵,为“中水”疏浚土由零散探索走向规模化、低碳化利用提供参考。

1) 形成的技术体系以现场快速识别和分级评价为切入点,贯通减量与稳定处理、产品利用方案以及工程组织与推广等环节,实现与“中水”工程量级相匹配的就地或近地处理,结合“减量化—无害化—资源化”组合工艺,配合小型化、模块化脱水与稳定化装备,实现与“中水”工程量级相匹配的就地或近地处理。

2) 针对“中水”疏浚土底泥属性强、污染谱系复杂且利用路径多元等特点,有必要在现有土壤、底泥和固废标准基础上,建立面向不同利用方向的专门产品标准与认证体系,细化有害物质限值、力学与耐久性及其二次浸出控制要求。

3) “中水”工程疏浚土资源化利用本质上是区域绿色发展的系统工程。通过构建“固定中心+移动单元”的多层次处理模式,配合示范工程带动、信息平台支撑和分阶段推广,可逐步强化技术、标准与市场的协同。

### 参考文献:

- [1] 黄佳音,马凯. 环保疏浚土资源化利用途径[J]. 水运工程, 2018(增刊1): 135-140.  
HUANG Jia-yin, MA Kai. Resource utilization method of environmentally friendly dredging soil[J]. Port & Waterway Engineering, 2018(Suppl.1): 135-140.
- [2] 杨召超,杨林. 港口航道疏浚土的利用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2015(20): 7627-7628.  
YANG Zhao-chao, YANG Lin. Utilization of dredged soil in port and waterway engineering[J]. Theoretical Research in Urban Construction, 2015(20): 7627-7628.
- [3] 吴华林,赵德招,程海峰. 我国疏浚土综合利用存在问题及对策研究[J]. 水利水运工程学报, 2013(1): 8-14.  
WU Hua-lin, ZHAO De-zhao, CHENG Hai-feng. Comprehensive utilization of dredged material in China: Problems and countermeasures[J]. Journal of Water Resources and Hydraulic Engineering, 2013(1): 8-14.
- [4] 付桂,赵德招,程海峰. 国内外疏浚土综合利用现状对比分析[J]. 水运工程, 2011(3): 90-96.  
FU Gui, ZHAO De-zhao, CHENG Hai-feng. Comparison and analysis of comprehensive utilization of dredged materials at home and abroad[J]. Port & Waterway Engineering, 2011(3): 90-96.
- [5] 张震. 内河航道疏浚土资源化利用技术与环境影响研究[J]. 珠江水运, 2025(12): 154-156.  
ZHANG Zhen. Study on resource utilization technology and environmental impact of inland waterway dredged soil[J]. Pearl River Water Transport, 2025(12): 154-156.
- [6] 叶海靖,邱颖,李恒村,等. 北部湾典型疏浚土物化特性分析研究[J]. 中国水运, 2024(23): 138-140.  
YE Hai-jing, QIU Ying, LI Heng-cun, et al. Analysis and study on physicochemical characteristics of typical dredged soil in Beibu Gulf[J]. China Water Transport, 2024(23): 138-140.
- [7] 李静,郑浩通,刘正乾. 河湖疏浚淤泥资源化技术研究进展与应用[J]. 长沙理工大学学报(自然科学版), 2024, 21(5): 13-31.  
LI Jing, ZHENG Hao-tong, LIU Zheng-qian. Current status of resource utilization technologies for dredged sludges in rivers and lakes and their applications[J]. Journal of Changsha University Science & Technology(Natural Science), 2024, 21(5): 13-31.
- [8] 王恒宾,唐臣,楼飞,等. 2020年后长江口深水航道疏浚土处置方案研究[J]. 中国港湾建设, 2017, 37(10): 22-26.  
WANG Heng-bin, TANG Chen, LOU Fei, et al. Disposal scheme of dredged material in the Yangtze estuary deepwater navigation channel after 2020[J]. China Harbour Engineering, 2017, 37(10): 22-26.
- [9] 董广博,江亮. 疏浚工程的沉积物处理及资源化利用研究[J]. 黑龙江水利科技, 2024, 52(12): 6-8, 42.  
DONG Guang-bo, JIANG Liang. Study on sediment treatment and resource utilization in dredging engineering[J]. Heilongjiang Hydraulic Science and Technology, 2024, 52(12): 6-8, 42.
- [10] 张庆,徐长林,邓玉,等. 环保疏浚底泥的资源化利用研究进展[J]. 环境生态学, 2025, 7(5): 173-179.  
ZHANG Qing, XU Chang-lin, DENG Yu, et al. Research progress on resource utilization of environmental protection dredged sediment[J]. Environmental Ecology, 2025, 7(5): 173-179.