

长江口深水航道疏浚土处理现状及未来展望

赵德招, 刘 杰, 程海峰, 王珍珍

(上海河口海岸科学研究中心 河口海岸交通行业重点实验室, 上海 201201)

摘要: 长江口深水航道疏浚土产生量大,但如何对其进行更好地处理是水运工程领域的一大技术难题. 利用大量工程现场资料,从长江口深水航道疏浚土的基本特性出发,对比分析了疏浚土处理现状,展望了疏浚土处理的发展模式. 研究表明,长江口深水航道各工程阶段的疏浚土处理模式基本适应了不同维护水深条件下的疏浚土特点,总体仍以海洋倾倒为主. 但在海洋倾倒区日渐严格控制、泥沙资源供需关系日趋紧张以及滩涂湿地面临侵蚀威胁等诸多新情势下,长江口疏浚土应遵循多用少抛的处理原则,利用疏浚土吹填造地、湿地保护等多途径处置将是未来长江口深水航道疏浚土处理的发展方向.

关键词: 长江口深水航道; 疏浚土处理; 海洋倾倒区; 现状及展望

中图分类号: U616⁺.26

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2013)02-0026-07

进入 21 世纪以来,随着我国经济社会的快速发展和水运交通基础设施的大力建设,中国疏浚业取得了长足的进展^[1]. 尤其在经济发达的河口海岸地区,为了满足日益增长的货运量和船舶大型化的需求,港口与航道不断向规模化、深水化方向发展,因港航建设和维护带来的疏浚量相当可观. 如上海长江口地区,目前长江口 12.5 m 深水航道(主要指南港北槽航段,下同)、上海港外高桥港区一至六期码头(码头前沿及进港航道)以及罗泾港区、宝钢等其他沿岸企业码头年疏浚维护量累计高达近 8 000 万 m³^[2]. 然而,除长江口深水航道部分疏浚土用于横沙东滩吹填造陆外^[3],大量疏浚土主要仍采用挖泥船直接运至指定海洋倾倒区抛卸的方式进行处置,甚至出现过乱抛乱弃的不良现象. 这种简单粗放型的疏浚土处理方式不仅对河口海洋资源和环境构成二次污染,也会造成泥土资源的极大浪费;倘若处理不当,疏浚泥土溢流扩散还会增加港口航道回淤量,进而增加工程费用. 因此,如何科学处理巨量疏浚土,切实提高疏浚土资源的综合利用效率,并最大限度地减轻或改善疏浚物倾倒对河口环境的影响,是水运工程建设领域面临的一大技术难题.

综观国内外疏浚土处理现状可知^[4-8],疏浚土处理方式主要分为倾倒处置(陆上堆放、海洋倾倒)和有益利用(工程利用、农业和产品利用、改善环境)两大类型. 对长江口而言,因长江口深水航道治理工程、上海外高桥港区码头等工程建设需要,刘文祥等在疏浚土处理及综合利用等方面进行过诸多尝试^[3,9-13],取得了一些成效,但尚缺乏对疏浚土处理现状的系统梳理和科学归纳,目前对长江口泥沙资源供需矛盾突出、海洋倾倒区受严格控制等新形势下的疏浚土处理模式研究甚少. 本文以长江口深水航道疏浚土为例,从疏浚土的理化性质、产生量及时空分布等基本特征出发,对比分析不同工程阶段(7.0 m 航道、8.5 m 航道、10.0 m 航道、12.5 m 航道)的疏浚土处理现状,并根据长江口面临的新形势和国内外疏浚土处理的成功经验与启示,探讨疏浚土处理的未来发展模式. 研究结果有望进一步提高长江口疏浚土的利用率,促使航道、水利、海洋以及环保等相关方在疏浚土处置及利用方面达成共赢局面,也对其他河口海岸地区的疏浚土处理有一定的借鉴意义和参考价值.

收稿日期: 2012-07-15

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(50939003);交通运输部科技项目(2011328A0670);长江科学院开放研究基金资助项目(CKWV2012304/KY)

作者简介: 赵德招(1982-),男,福建漳州人,助理研究员,硕士,主要从事河口海岸泥沙运动、河床演变及港口航道工程研究. E-mail: dezha02004@163.com

1 研究区域概况

长江口是巨型丰水多沙河口,经长期演变和人工干预形成了三级分汊、四口入海的格局;即自徐六泾以下,长江被崇明岛分为南支、北支;南支又被长兴岛与横沙岛分为南港、北港;南港则再被九段沙分为南槽和北槽.因上海港和长江沿线经济发展等需要,1984年北槽通过人工疏浚开通了7.0 m航道,1998年开始的长江口深水航道治理工程选择北槽拦门沙航道作为整治对象(图1),按照“一次规划、分期实施、分期见效”的原则分3期实施,以整治和疏浚相结合,航道水深由工程前的7.0 m分别逐步加深至一期工程的8.5 m(于2002年9月通过竣工验收)、二期工程的10.0 m(于2005年11月通过竣工验收)和三期工程的12.5 m(于2011年5月通过竣工验收).进入维护期以来,长江口12.5 m深水航道经受了2010年长江大洪水、“梅花”等台风的考验,总体运行情况良好.目前维护过程中产生的大量疏浚土约60%直接外抛,其余约40%通过吹泥站中转用于横沙东滩吹填造陆.近年来随着疏浚物海洋倾倒区日趋严格控制、区域内工程需沙量日益增加等外围环境变化,长江口深水航道疏浚土处理现状已难以适应和满足新形势的要求,疏浚土的处置、处理及利用问题正面临前所未有的挑战.

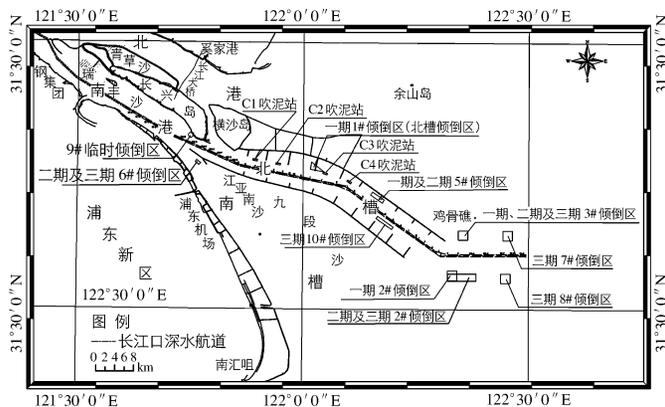


图1 长江口深水航道平面布置及不同工程阶段疏浚物海洋倾倒区

Fig. 1 Layout of the Yangtze estuary deepwater navigation channel and the dredged material's marine dumping sites at different stages of the project

1.1 长江口深水航道疏浚土基本特征

1.1.1 疏浚土产生量和时空分布特点 根据实测数据分析及对航道回淤规律的认识^[13],目前长达92.2 km,宽为350~400 m的长江口12.5 m深水航道年正常维护疏浚量约6 000万m³左右,产生的疏浚土主要分布在南港及圆圆沙段(W0~W2)和北槽中下段(W3~W4),时间上呈洪季大、枯季小的变化特征,洪季疏浚量约占全年的80%左右.可见,长江口深水航道年维护疏浚土产生量较大,能持续、稳定地为吹填造地及湿地保护等提供大量沙源.

1.1.2 粒度特征 根据现场取样及室内分析^[14],从航道沿程看,W0~W2航段疏浚土粒径较粗,组成成分以粉砂和细砂为主,中值粒径约为0.06 mm;W3~W4航段疏浚土粒径相对较细,成分大多为粉砂,中值粒径约为0.039 mm;口外段(W4~W5)则更细,中值粒径基本在0.02 mm以下.因此,长江口航道疏浚土属粉土类,砂质良好,是一种可利用的泥沙资源.根据《疏浚工程技术规范》等有关规定,它可用作围垦工程吹填土.

1.1.3 化学特性 根据《疏浚物海洋倾倒分类和评价程序》,疏浚物分为3类:清洁疏浚物(I类)、沾污疏浚物(II类)和污染疏浚物(III类).经化学分析,长江口航道疏浚物的大部分污染物含量低于化学筛分水平的下限值,总体上属清洁疏浚物(I类).

1.2 长江口面临的新形势

1.2.1 海洋倾倒区逐步受控,疏浚土直接外抛受限 长江口海洋倾倒区逐步得到严格控制,大量疏浚土直接外抛的简单方式受限.在长江口水域,由于疏浚土颗粒总体较细、难以直接用于筑堤,运距远且综合利用成本高等制约因素,这些疏浚土除少量用于紧邻北槽深水航道北侧的横沙东滩促淤圈围工程吹填外,大部分仍直接被抛卸至指定的倾倒区,而不作为造地开发的沙源.与此同时,随着我国海洋部门对海洋环境保护的不断重视,海域疏浚物倾倒区管理机制逐步健全,自2010年11月起正式批准长江口海域疏浚物海洋倾倒区仅为3个(表1),即1#倾倒区(位于南槽上口,原6#倾倒区)、2#倾倒区(位于北槽下段南侧,原10#倾倒区)和3#倾倒区(位于口外,原2#倾倒区).这使得在开敞水域直接外抛大量疏浚土的粗放型做法越来越受限制,而要更多地考虑疏浚土的有益利用,以减少对水域环境的负面影响.

表 1 长江口主要疏浚物海洋倾倒区和吹泥站现状

Tab. 1 The dredged material's marine dumping sites and mud blowing stations in the Yangtze estuary

名 称	倾倒区面积/ km ²	日倾倒控制量/万 m ³	年控制总量/万 m ³
吴淞口北倾倒区	1.0	-	200
1#倾倒区	0.5	3.1~3.3	1 000
2#倾倒区	2.4	2.9~3.1	800
3#倾倒区	9.0	实行分区作业,采取轮流倾倒方式	2 000
C1, C2, C3, C4 吹泥站	除 C3 为 0.54 外,其他吹泥站均为 0.3	规定贮存的疏浚土应尽快吹填上滩	各吹泥站最大倾倒量为 600

1.2.2 泥沙资源供需关系日趋紧张,疏浚土利用率亟待提高 长江口泥沙资源的供需关系日趋紧张,迫切需要提高疏浚土的利用率.已有分析^[2]表明,长江口地区尤其上海市土地资源紧缺,用于滩涂开发的泥沙需求量很大,据估测“十二五”期间上海市滩涂促淤圈围的需砂量约在 3.3 亿 m³ 以上;而近年来长江上游来沙量持续减少(2010 年大通输沙量仅为 1.85 亿 t),浅层可采的优质沙源经多年的开发开采后也已不多,加之河势稳定和航道开发保护严格要求浅滩等沙源水域视为禁采区,泥沙的供给途径及供给量相对有限.因此,长江口泥沙资源的供需关系日趋紧张,迫切需要采取措施进一步提升港口航道疏浚土的利用效率.

1.2.3 可供开发滩涂资源极为紧缺,口门部分湿地面临侵蚀威胁 上海市长江口可供开发的滩涂资源已极为紧缺,口门部分湿地还面临侵蚀威胁.根据上海市滩涂资源分布现状,目前上海市的滩涂资源主要分布在崇明东滩及北沿、横沙东滩、九段沙和南汇东滩等区域.但由于崇明东滩和九段沙均已被列为国家级自然保护区,南汇东滩等边滩也已制定了相应的促围规划,因此长江口可供开发的滩涂资源已十分有限,横沙东滩(N23 潜堤以东区域)应是未来上海市滩涂开发利用的重点区域.据统计,该区域 5 m 以浅滩涂面积多达 300 km² 左右,开发利用的潜力十分巨大,但预计相应的工程需沙量也很大.

河势分析^[15]还表明,受近期流域来沙持续减少、海平面上升等因素影响,长江口外水下三角洲向海淤涨外移的速率已有所减缓,水深超过 7 m 的部分区域还呈冲刷态势,九段沙、崇明东滩、横沙浅滩以及北港北沙等口门滩涂湿地正面临侵蚀威胁,未来一段时期内采取一定的保滩措施是必要的.其中,位于南北槽分流口的江亚南沙沙头及江亚北槽上口区域因北槽深水航道治理工程实施总体呈稳定且略淤状态.根据《长江口综合整治开发规划》、上海市滩涂资源开发利用与保护规划等,该区域主要被规划为滩涂湿地保护区或促淤圈围区.

2 疏浚土处理现状的对比分析

自长江口 7.0 m 人工航槽疏浚开通以来,就面临疏浚土的处理问题,特别是随着 1998 年长江口深水航道治理一期、二期和三期工程的陆续建设,航道疏浚土的产生量及分布状况发生了明显变化,对其处理模式也相应有所变化(表 2,倾倒区和吹泥站的平面位置见图 1).

由表 2 可知,整治前的 7.0 m 航槽和一期工程的 8.5 m 深水航道维护期间,大量疏浚土一直被当成废弃物,以传统的简单外抛方式进行处理(尽管使用的海洋倾倒区有所差异),整个长江口区域尚无利用疏浚土吹填成陆的先例.

自 2004 年长江口深水航道治理二期工程起,因二期工程双导堤屏蔽范围内水域不宜设置抛泥区、大量疏浚土外抛运距远且成本高、同期实施的横沙东滩促淤圈围工程需沙量大等工程实际情况,考虑实施了航道疏浚土空间分段处理模式^[11],即口内段布设 6#和 9# 2 个抛泥区以供疏浚土倾倒;北槽整治段内首次布设 C1, C2, C3 和 C4 等 4 个吹泥站于北坝田水域,采用二次搬运的抛吹工艺就近吹泥上滩至横沙东滩水域进行吹填促淤;口外段布置 2#和 3#倾倒区用于疏浚土抛卸.这一处理模式将疏浚土吹填利用与倾倒处理两种方式有机结合,有效降低了疏浚成本,提高了疏浚施工效率,从根本上改变了以往将大量疏浚土直接外抛的简单做法,实现了疏浚土的造地利用.

表2 长江口深水航道疏浚土处理现状及比较

Tab.2 The status and comparison of dredged material disposals from the Yangtze estuary deepwater waterway

不同工程阶段	航道尺度			疏浚量/万 m ³		疏浚土处理方式	涉及的海洋倾倒区或吹泥站
	长度/km	宽度/m	水深/m	基建总量	年维护量		
整治前	60	250	7.0	260	1 200	全部外抛	3个倾倒区,分别是北槽倾倒区、横沙倾倒区、鸭窝沙北倾倒区
一期工程	51.77	300	8.5	4 386	2 100	全部外抛	4个倾倒区,分别是1#,2#,3#,5#倾倒区
二期工程	74.47	350~400	10	5 921	3 900	以外抛为主,部分吹泥上滩(横沙东滩),累计吹泥上滩量约3 000万 m ³	5个倾倒区,分别是2#,3#,5#,6#和9#倾倒区;4个吹泥站,分别是C1,C2,C3,C4
三期工程	92.2	350~400	12.5	21 849	6 000	以外抛为主,部分吹泥上滩(横沙东滩),截至2010年底累计吹泥上滩量约为1.5亿 m ³	7个倾倒区,即除沿用2#和3#,6#,9#倾倒区外,增设了7#,8#和10#抛泥区;仍沿用C1,C2,C3,C4吹泥站

2006年9月开工建设的三期工程以疏浚为主,航道水深要求从二期工程的10.0 m 加深至12.5 m,需疏浚航道长达92.2 km,基建性和维护性疏浚土产生量巨大。由于疏浚工程量和疏浚强度的加大,二期工程所设置的抛泥区和吹泥站难以满足三期工程疏浚土处理的需要,如北槽上口抛泥有限(9#倾倒区为临时应急抛泥区,且南槽上口的6#抛泥区面积和容量有限,不宜倾倒过多疏浚弃土),加之直接外抛至口外海洋倾倒区则运距远、工程费用高且疏浚作业效率低,因此必须考虑在北槽整治段内增设倾倒区。此外,为保障三期工程疏浚力量满足工期紧的要求,并兼顾横沙东滩促淤圈围三期工程吹填用沙,疏浚土需要得到及时、有效地处理,继续采取吹泥上滩和直接外抛两种方式相结合的疏浚土处理模式是科学合理的选择。

由图1和表2可知,针对三期工程疏浚土的新特点,总体上合理划分和选择了不同疏浚区段的疏浚土处理方式,即北槽整治段外(W4~W5航段长18 km)和南港及圆圆沙段(W0~W2航段长27 km)主要采用直接外抛方式,北槽整治段内(W2~W4航段长47.2 km)采用外抛和吹泥上滩相结合的方式。具体处理方式为:(1)对于北槽整治段外的三期口外航道疏浚土外抛,除沿用二期工程2#和3#抛泥区外,增设7#和8#抛泥区以供倾倒;(2)对于北槽整治段内的航道疏浚土,继续沿用二期工程北坝田内的4个吹泥站,通过挖抛吹施工工艺进行吹泥上滩至横沙东滩促淤圈围工程水域,还首次在北槽下段南侧增设10#倾倒区进行疏浚土的外抛处理;(3)对于北槽上口的南港及圆圆沙航道疏浚土外抛则仍沿用位于南槽上口的6#倾倒区,临时应急可使用9#倾倒区。

综上,长江口深水航道各工程阶段的疏浚土处理模式基本适应了不同维护水深条件下的疏浚土特点,总体仍以海洋倾倒为主要处理方式,部分疏浚土就近进行吹填造地利用的工程实践是成功的。可见,在当前泥沙资源供需矛盾日益突出的新形势下,长江口深水航道疏浚土资源可在上海市滩涂开发利用和保护过程中承担起重要角色,成为促淤圈围区吹填或滩涂湿地保护等用沙的有效补充。

3 未来疏浚土处理展望

3.1 国内外疏浚土处理的成功经验与启示

已有研究^[5,12]表明,在欧美、日本等发达国家,疏浚土是一种可利用资源的理念早已深入人心,一般优先考虑疏浚土的有益利用,引导、支持和鼓励利用疏浚土,而不是轻易的抛弃。国外主要发达国家大都拥有疏浚土利用相关的成熟配套的政策法规、技术标准和管理机构等,疏浚土利用率普遍较高,比如美国达80%,英国达65%,日本高达95%,荷兰也达到90%以上;而且疏浚土利用的途径和方式多样化,利用目的更侧重于生态环境修复和保护,也用于吹填造陆,如美国 Poplar 岛吹填修复工程、日本东京羽田国际机场吹填以及德

国汉堡港区吹填工程等。

因港口航道等水利水运工程建设发展,我国疏浚土产生量巨大,但多数仍以废弃物形式抛卸,利用率普遍偏低。经长期的研究和工程实践,“疏浚土是一种宝贵资源、疏浚土可综合利用”的观点已逐步被社会各界所接受。在国内,利用疏浚土进行吹填造地等有益利用已有大量实践和相应的典型成功案例,在疏浚土有益利用(尤指造地利用)方面积累了丰富的工程经验。比如,黄浦江航道整治工程疏浚土吹填造就复兴岛、天津港东疆港区疏浚土吹填造陆、广州港南沙港区吹填造地以及长江口深水航道治理二期工程疏浚土吹填横沙东滩等。

从以上这些国内外成功案例获得几点启示如下:(1)疏浚土作为宝贵资源能进行吹填造地等多种方式和途径的有益利用,细颗粒疏浚土在造地利用上也大有可为;(2)疏浚土的处理应尽量遵循“多用少抛”、“就近利用”、“不同疏浚土特点应区别对待”等基本原则;(3)疏浚土吹填造地等有益利用涉及较为复杂的工艺技术,如挖抛吹工艺、船吹工艺以及疏驳分离工艺等,应进一步加强新型疏浚配套设备及机具的自主研发;(4)疏浚土有益利用还存在政策、协调机制和利益分配等非技术问题。明确健全的法规制度、高层次统一管理的协调机构以及相应激励机制的建立,有助于我国细颗粒疏浚土的综合利用得到广泛开展。

3.2 未来展望

根据前文分析,在海洋倾倒区日渐严格控制、泥沙资源供需关系日益紧张、河口滩涂湿地面临侵蚀威胁等诸多新情势下,现行的疏浚土处理模式已难以满足和适应这些变化。此外,航道维护疏浚量较大、且分布呈时间和空间均相对集中的特点,也对疏浚土处理提出了更高要求。为进一步推动航道疏浚土的造地利用,2010年1月交通运输部和上海市人民政府签署了《加快推进国际航运中心建设合作备忘录》,明确将在疏浚土造地利用方面探索建立互利共赢的长效运行机制。

基于以上内、外部环境条件变化情况,长江口疏浚土应积极遵循不同疏浚土特点实行区别对待、多用少抛、就近利用等处理原则,对疏浚土进行吹填造地、湿地保护等多途径利用将是长江口深水航道疏浚土处理的未来发展方向。针对现阶段长江口12.5 m深水航道维护性疏浚土的特点及规律,结合长江口面临的诸多新要求,疏浚土可采用空间分段处理、以造地利用为主、湿地保护及海洋倾倒等多种方式并存的处理方法。由图2可知:(1)在南港及圆圆沙航段,疏浚土主要用于江亚南沙沙头区域的湿地保护填沙,可在一定程度上加速生态湿地的自然演化和发展,有利于九段沙湿地保护区的生物多样化,促进生态环境的良性循环,此外临时应急可使用位于南槽上口的1#倾倒区;(2)在北槽W2~W4航段,除沿用C1,C2,C3和C4吹泥站外,增设C5,C6吹泥站,疏浚土将更多地用于吹泥上滩至横沙东滩促淤圈围水域和N23潜堤以东的横沙浅滩水域,让疏浚土自然落淤沉积、增高滩面,既可增加上海市后备土地供应,又能主动减弱滩涂湿地的侵蚀程度,同时尽量少用位于北槽下段南侧的2#倾倒区,以避免或减轻疏浚泥土溢流对邻近深水航道回淤及周边河口环境的不利影响;(3)在北槽W4~W5口外航段,可考虑直接就近外抛至3#倾倒区,因该区段疏浚土产生量较少,直接倾倒基本不会对河口海洋环境构成明显不利影响。

从定性上看,上述处理方法基本能满足长江口滩涂造地、湿地保护、减少疏浚外抛溢流对环境的影响等多种功能需求,这与《长江口综合整治开发规划》、《长江口航道发展规划》、《上海市滩涂开发利用及保护“十二五”规划》以及长江口生态环境保护、湿地资源保护等的关系是相协调的,如若实施可从根本上有效解决大量疏浚土的出路问题、切实提高疏浚土的综合利用效率,且具有良好的经济、社会和生态效益。

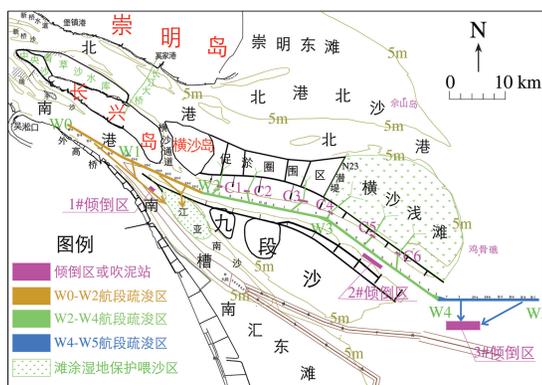


图2 长江口深水航道疏浚土未来处理模式

Fig. 2 Future mode of dredged material disposal of the deepwater navigation channel in the Yangtze estuary

4 结 语

(1)理化性质分析和工程实践表明,长江口航道疏浚土总体属粉土类,砂质良好,是一种可利用的泥沙资源,可用作围垦工程吹填土.长达92.2 km的长江口12.5 m深水航道年维护疏浚土产生量较大,能持续、稳定地为吹填造地及湿地保护填沙等提供大量沙源.

(2)疏浚土处理现状对比表明,长江口深水航道各工程阶段的疏浚土处理模式基本适应了不同维护水深条件下的疏浚土特点,总体仍以海洋倾倒入为主要处理方式.2004年长江口深水航道治理二期工程起,疏浚土首次采用空间分段处理、吹泥上滩与海洋倾倒入两种方式相结合的处理方法,从根本上改变了以往将大量疏浚土外抛的做法,实现了航道疏浚土的造地利用.

(3)现行的疏浚土处理模式已难以满足和适应海洋倾倒入区日渐严格控制、泥沙资源供需关系日益紧张、滩涂湿地面临侵蚀威胁等诸多新情势的变化,长江口疏浚土应积极遵循多用少抛、就近利用、不同疏浚土特点应区别对待等处理原则,对疏浚土进行吹填造地、湿地保护等多途径利用将是长江口深水航道疏浚土处理的未来发展方向.长江口航道疏浚土可采用空间分段处理、以造地利用为主、湿地保护及海洋倾倒入等多种方式并存的处理方法.

疏浚土处理是港口航道工程的一项重要内容,也是长江口深水航道治理工程的重大技术关键.本文仅从长江口航道疏浚土特点出发,回顾总结了7.0,8.5,10.0和12.5 m等不同维护水深情况下的疏浚土处理现状,并针对当前长江口面临的新形势和新要求,展望了疏浚土处理的未来发展方向,总体上对疏浚土处理的研究仍是粗浅的.为进一步提高长江口疏浚土的处理水平,应深化研究疏浚土时间和空间处理模式的优化与改进,加强疏浚物海洋倾倒入区和吹泥站使用情况的监测评估,抓紧编制具有战略性、指导性和可操作性的疏浚土处置规划,积极尝试疏浚土固化处理后用作建筑材料等其他利用方式.

参 考 文 献:

- [1] 中国疏浚协会. 中国疏浚业发展战略研究报告(2008年版)[R]. 北京:中国疏浚协会,2009. (China Dredging Association. Research report on dredging industry development strategy in China (The 2008 edition) [R]. Beijing: China Dredging Association, 2009. (in Chinese))
- [2] 赵德招,刘杰,张俊勇,等. 新情势下长江口泥沙资源的供需关系及优化配置初探[J]. 泥沙研究,2011(6): 69-74. (ZHAO De-zhao, LIU Jie, ZHANG Jun-yong, et al. Primary investigation on supply-demand relationship and optimal allocation of sediment resources in Yangtze Estuary under new situation [J]. Journal of Sediment Research, 2011(6): 69-74. (in Chinese))
- [3] GAO Min, ZHU Jian-fei. Prospect and current situation of the beneficial use of dredging material in the improvement project of the deep-draft channel of Yangtze Estuary [C] // World Organization of Dredging Associations. Proceedings of the 19th World Dredging Congress. Beijing, 2010: 252-255.
- [4] 王丹,范期锦. 日本港口疏浚土综合利用现状及典型案例[J]. 水运工程,2009(12): 6-9. (WANG Dan, FAN Qi-jin. Beneficial use of dredged materials in Japanese ports and typical case study [J]. Port & Waterway Engineering, 2009(12): 6-9. (in Chinese))
- [5] 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,2010(4): 127-133. (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, 2010(4): 127-133. (in Chinese))
- [6] 石萍,田海涛,何桂芳,等. 区域维护性疏浚土处置方案探讨——以广州港为例[J]. 海洋通报,2011,30(5): 583-587. (SHI Ping, TIAN Hai-tao, HE Gui-fang, et al. Discussion on the disposal scheme of regional dredged mud for maintenance: A case study of Guangzhou Port [J]. Marine Science Bulletin, 2011, 30(5): 583-587. (in Chinese))
- [7] 卢成标,黄亦真,刘干斌. 港口疏浚泥在海涂围垦工程中资源化利用研究[J]. 海洋技术,2011,30(1): 78-82. (LU Cheng-biao, HUANG Yi-zhen, LIU Gan-bin. Resource utilization of port dredged mud in beach recalculation engineering [J]. Ocean Technology, 2011, 30(1): 78-82. (in Chinese))

- [8] 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]. Hydro-Science and Engineering, 2013(1): 8-14. (in Chinese))
- [9] 刘文祥. 上海港疏浚泥土的综合利用[J]. 水运工程, 1984(9): 35-36. (LIU Wen-xiang. Comprehensive utilization of dredged materials in Shanghai Port[J]. Port & Waterway Engineering, 1984(9): 35-36. (in Chinese))
- [10] 杨永荻, 汤怡新. 疏浚土的固化处理技术[J]. 水运工程, 2001(4): 12-15. (YANG Yong-di, TANG Yi-xin. Dredged soils solidification treatment technique[J]. Port & Waterway Engineering, 2001(4): 12-15. (in Chinese))
- [11] 徐元, 朱治. 长江口深水航道治理工程疏浚土综合利用[J]. 水运工程, 2009(4): 127-133. (XU Yuan, ZHU Zhi. Study and practice of comprehensive utilization of dredging soil of the Yangtze Estuary Deepwater Channel Engineering[J]. Port & Waterway Engineering, 2009(4): 127-133. (in Chinese))
- [12] 刘杰, 赵德招, 袁永华, 等. 疏浚土综合利用的调查研究[C]//河海大学. 第八届全国泥沙基本理论研究学术讨论会论文集. 南京: 河海大学出版社, 2011: 656-660. (LIU Jie, ZHAO De-zhao, YUAN Yong-hua, et al. Investigation and study on comprehensive utilization of dredged materials [C] // Hohai University. Proceedings of the Eighth National Seminar on Sediment Basic Theory Research. Nanjing: Hohai University Press, 2011: 656-660. (in Chinese))
- [13] 季岚, 唐臣, 张建锋, 等. 长江口疏浚土在横沙东滩吹填工程中的应用[J]. 水运工程, 2011(7): 163-167. (JI Lan, TANG Chen, ZHANG Jian-feng, et al. Application of Yangtze estuary dredged material to Hengsha east shoal reclamation projects[J]. Port & Waterway Engineering, 2011(7): 163-167. (in Chinese))
- [14] 程海峰, 刘杰, 赵德招, 等. 长江口深水航道疏浚土“十二五”造地利用技术方案研究[C]//中国海洋工程学会. 第十五届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集. 北京: 海洋出版社, 2011: 1125-1128. (CHENG Hai-feng, LIU Jie, ZHAO De-zhao, et al. Study on technical solutions of land use of dredged material from Yangtze estuary waterway during 12th five-year plan period[C]//Chinese Ocean Engineering Society. Proceedings of the Fifteenth Symposium on Chinese Ocean Engineering. Beijing: China Ocean Press, 2011: 1125-1128. (in Chinese))
- [15] 廖建英, 胡春燕, 张志林. 长江口口门湿地的演变分析[J]. 人民长江, 2010, 41(7): 38-42. (LIAO Jian-ying, HU Chun-yan, ZHANG Zhi-lin. Evolution of wetland in Yangtze River Estuary[J]. Yangtze River, 2010, 41(7): 38-42. (in Chinese))

Current situation and future prospect of dredged material disposal in the Yangtze estuary deepwater navigation channel

ZHAO De-zhao, LIU Jie, CHENG Hai-feng, WANG Zhen-zhen

(Shanghai Estuarine and Coastal Science Research Center, Shanghai 201201, China)

Abstract: There is a large amount of dredged materials produced stably in the Yangtze estuary deepwater navigation channel. How to dispose these dredged materials is a major technical problem in the field of port and waterway engineering. Using lots of engineering field data and proceeding from the basic features of the dredged material of the Yangtze estuary waterway, the current situation of disposal modes of dredged material is analyzed and compared, and a future development mode of dredged material under the new situation is presented. Major studies have shown that the dredging disposal modes at different stages of the Yangtze estuary deepwater channel regulation project can basically adapt to the characteristics of dredged materials under the conditions of corresponding dredging depths, and generally speaking, the dredged materials are still mainly dumped to the marine dumping sites. With the new situations such as the limitation of ocean dumping sites, the increasing demand of sediment resources supply and the erosion threat to the Yangtze estuary tidal wetlands, the principle should be followed that dredged material be used more and discarded less. And there are many kinds of ways of beneficial use of dredged materials including the blowing of dredgerfill to reclaim land and the feeding of sand for wetland protection, which will be the future development direction of dredged material disposal in the Yangtze estuary deepwater navigation channel.

Key words: Yangtze estuary deepwater navigation channel; dredged material disposal; marine dumping site; current situation and prospect