

利用长江口航道疏浚土进行横沙成陆 实施方案研究

唐 臣, 季 岚, 贾雨少

(中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 上海 200120)

[摘要] 根据长江口航道建设现状以及未来规划目标, 结合横沙新港区的规划构想, 提出利用长江口北槽深水航道、北港航道、南槽航道疏浚土, 进行横沙新港吹填成陆实施方案有关吹泥上滩工艺、疏浚船机等方面的设想, 初步分析实施方案的技术可行性和经济合理性, 并提出利用航道疏浚土成陆的有益建议。该实施方案研究可为横沙新港成陆或长江口区域类似工程的设计施工提供技术参考。

[关键词] 长江口; 横沙东滩; 航道疏浚土; 吹泥上滩工艺

[中图分类号] U65 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2013)06-0091-08

1 前言

上海地处长江出海口, 面临东海, 是我国沿海经济带与沿江经济带的交汇点, 是国际、国内的物流枢纽, 水运条件有着得天独厚的优势。上海港是我国沿海的第一大港, 随着经济全球化和中国现代化建设步伐的加快, 1996年中央关于建设上海国际航运中心的决定, 以及长江口12.5 m的深水航道的建设开通, 使得上海港在国内和国际航运市场上的地位不断提高。

2009年国务院进一步提出了“到2020年将上海基本建成与我国经济实力和人民币国际地位相适应的国际金融中心、具有全球航运资源配置能力的国际航运中心”的目标, 上海的金融、贸易、港口以及长江黄金水道建设进入到了更加重要的战略机遇期。为此, 交通运输部长江口航道管理局编制了《长江口航道发展规划》, 提出“一主两辅一支”的航道发展规划, “一主”为目前已建成的长江口12.5 m深水航道, “两辅”为北港航道和南槽航道, “一支”为北支航道^[1]。长江口黄金水道的规划建设将带动长三角地区和沿江地区经济新飞跃, 进而推动国家西部大开发、中部崛起、东部率先实现现代化发展

等国家经济发展战略。

本文着眼于上海国际航运中心建设和长江黄金水道的发展建设机遇, 结合横沙新港区的规划构想, 从上海港口和航道资源的联动建设角度出发, 提出利用长江口航道疏浚土进行横沙新港吹填成陆的实施方案的设想, 并初步论证实施方案的技术可行性和经济合理性。

2 长江口航道现状及规划

2.1 长江口深水航道

长江口深水航道工程位于南港和北槽水域, 全长约92.2 km, 航道有效宽度350 m(口外段为400 m), 通航水深12.5 m(理论最低潮面下), 可满足第四代集装箱船和5万吨级船舶(实载吃水 ≤ 11.5 m)全潮双向通航, 兼顾第五、六代大型远洋集装箱船和10万吨级满载散货船及20万吨级减载散货船乘潮通航(见图1)。长江口深水航道治理工程于1998年1月正式开工, 2011年5月通过国家竣工验收, 通过一、二、三期工程的分期建设, 实现了航道水深由7.0 m逐步增深到8.5 m、10.0 m和12.5 m的治理目标。长江口深水航道建设完成基建疏浚量约 3.2×10^8 m³其中吹填到横沙东滩的土方不足 6×10^7 m³。

[收稿日期] 2013-03-19

[作者简介] 唐 臣(1982—), 男, 江苏徐州市人, 工程师, 主要从事港口和航道工程研究设计工作; E-mail: tangchenc@126.com

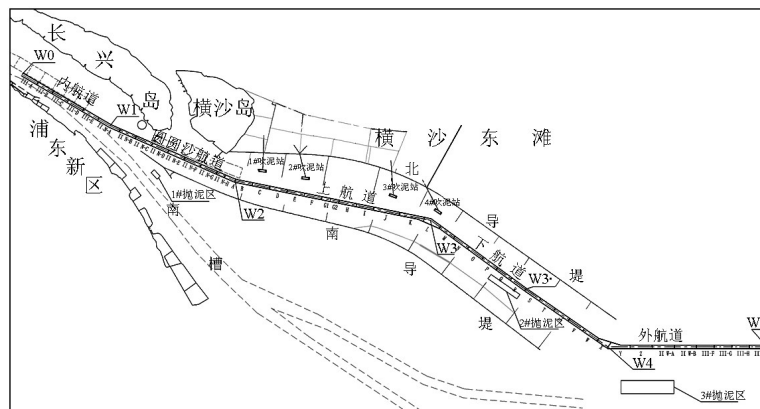


图1 长江口12.5 m深水航道平面布置示意图

Fig.1 Layout of the Yangtze estuary 12.5 m deepwater channel

2.2 北港航道和南槽航道

北港航道位于长江口崇明岛与长兴、横沙岛之间,全长90余千米,水深5~10 m,现为自然水深航道,通航船舶多为我国北方沿海进出长江口的小型船舶(见图2)。根据《长江口航道发展规划》,北港航道规划尺度为10 m×300 m(水深×航宽),满足3万吨级集装箱船(实载吃水11 m)乘潮通航及5万吨级散货船减载乘潮通航要求。按照航道规划尺度估算,疏浚工程量约为 $7 \times 10^7 \text{ m}^3$,年维护量估算约为 $2 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。

南槽航道自圆圆沙灯船至南槽灯船,长约86 km,宽度900~2 300 m,现为自然水深航道,中段拦门沙最浅水深约5 m(见图2)。南槽航道是小型船舶和吃水较浅的空载大中型船舶进出长江口的主要航道,水路繁忙,船舶通航密度大。根据《长江口航道发展规划》,南槽航道规划尺度为8 m×250 m(水深×航宽),满足万吨级船舶乘潮通航要求。按照航道规划尺度估算其疏浚工程量约为 $5 \times 10^7 \text{ m}^3$,年维护量估算约为 $2 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。

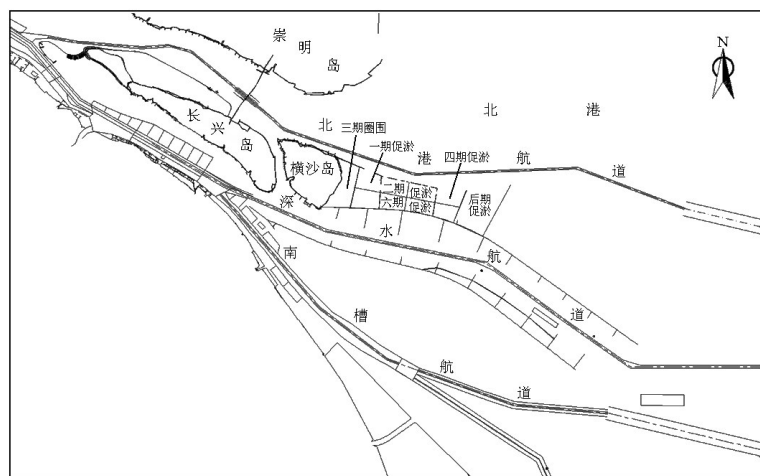


图2 北港航道和南槽航道平面位置示意图

Fig.2 Schematic diagram of north harbor and south channel waterways

3 横沙成陆实施方案研究

3.1 成陆工程规模

横沙岛以东的滩地包括横沙东滩和横沙浅滩两部分,目前通常以N23护滩潜堤为界,其以西为

横沙东滩,以东为横沙浅滩(见图3)。横沙东滩面积约110 km²,现主要作为上海市耕地占补平衡用地,按农用地标准,其吹填标高为+3.0 m。横沙浅滩面积约370 km²,现处于自然状态。

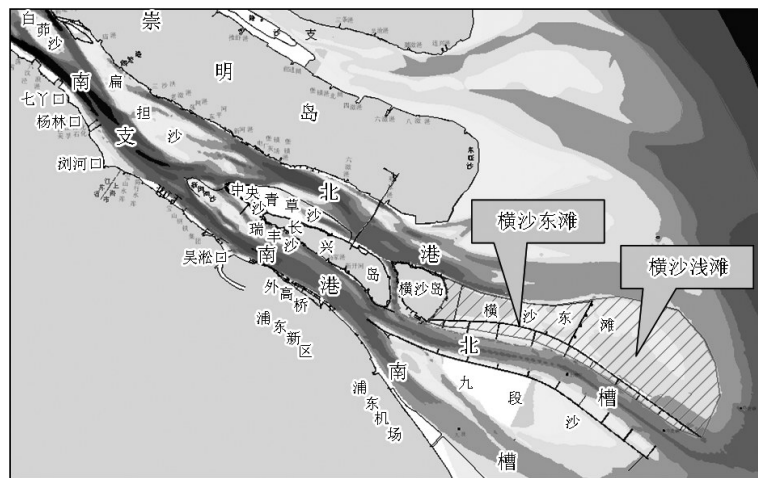


图3 横沙滩地地理位置示意图
Fig.3 Schematic diagram of Hengsha shoal location

按照上海市滩涂资源开发利用规划的总体部署,自2003年起先后实施完成了横沙东滩一、二、四期促淤工程和三期圈围工程,五期工程(横沙大道工程)和三期围内吹填工程,并于2011年开展横沙六期促淤圈围工程及围内吹填工程(见图4)。2010年实施的横沙东滩三期围内吹填工程中约 $1.1 \times 10^7 \text{ m}^3$ 吹填土来自长江口深水航道疏浚土,占总吹填量约

45%;横沙东滩六期围内吹填工程的实施时间为2011—2015年,总吹填量约 $7 \times 10^7 \text{ m}^3$,拟100%利用长江口深水航道疏浚土^[2]。这两个工程均采用较成熟的施工工艺,成功实现了疏浚土的有益利用,有效地降低了造陆成本,加快了造陆周期。横沙七期促淤圈围工程也计划全部利用长江口深水航道疏浚土成陆。

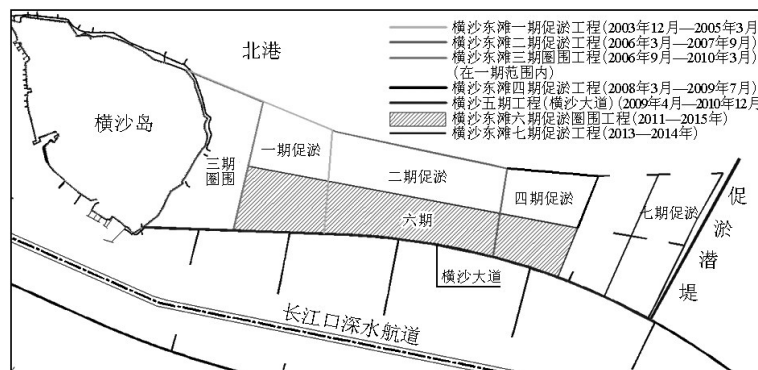


图4 横沙东滩近期促淤圈围工程示意图
Fig.4 Schematic diagram of Hengsha east shoal reclamation projects

横沙海洋新城规划总面积为 480 km^2 ,其中陆域面积为 387 km^2 ,水域面积为 93 km^2 。结合横沙东滩促淤圈围区工程现状及规划设想,可初步将横沙海洋新城划分为13个区块,其中1#~12#区块计划利用疏浚土吹填成陆,13#区块为挖入式港池水域(见图5,其中1#区块为+3.0 m标高的农用地已成陆)。

经初步测算,海洋新城陆域若按城镇及工业用地标准+5.5 m吹填成陆,1#~12#区块吹填面积为 387 km^2 ,

吹填容积方近 $2.7 \times 10^9 \text{ m}^3$,平均吹填厚度为7 m。根据总体规划设想,13#区块将开挖建设为大型深水港池,按20 m水深计算其疏浚开挖量达 $1.4 \times 10^9 \text{ m}^3$,这些疏浚土可就近吹泥上滩形成部分海洋新城陆域,但距离整体成陆仍旧有 $1.3 \times 10^9 \text{ m}^3$ 的泥沙缺口。横沙东滩整体成陆泥沙缺口如何解决,一是可以从海域采砂区取沙;二是利用临近的航道疏浚泥沙资源。在长江黄金水道的重要建设发展时期,从实现上海港口和航道

联动建设的角度出发,利用长江口航道疏浚土进行横沙造陆是合理且必然的选择。

3.2 疏浚土吹填造陆实施方案

在确定横沙成陆利用航道疏浚泥沙后,需进一步分析研究如何实现疏浚土吹泥上滩的具体实施方案,这涉及到航道疏浚和横沙成陆的建设条件、疏浚施工船机及施工工艺等。

3.2.1 吹泥上滩工艺

目前,国内外较为常用的疏浚吹填施工船舶及其吹泥上滩工艺有以下几种:a.绞吸船绞吹工艺;b.耙吸船船吹工艺;c.挖泥船+泥驳+吹泥船驳吹工艺;d.耙吸船+绞吸船抛吹工艺。各施工工艺优缺点比较如表1所示。

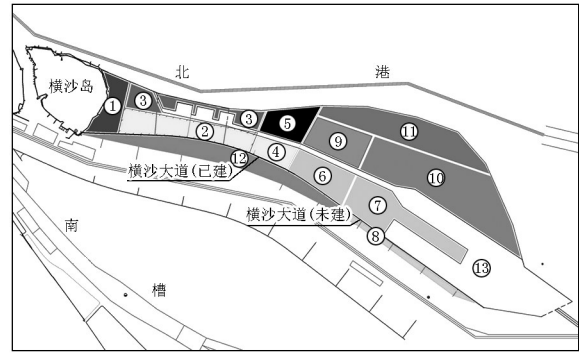


图5 横沙滩地吹填成陆总平面布置图

Fig.5 Layout of Hengsha shoal reclamation project

表1 吹泥上滩工艺施工优缺点汇总表

Table 1 Advantages and disadvantages of dredge filling technology

| 工艺 | 优点 | 缺点 |
|--------------|--|--|
| 绞吸船绞吹 | 可在较浅水域施工; 吹泥效率较高,排距较长; 能切削硬度较大的砂和风化岩 | 多为非自航,需配备拖船, 对航道船舶通航影响大 |
| 耙吸船船吹 | 可自航,操作灵活机动,对航道船舶通航影响小; 适应远距离施工 | 需要较深水域施工; 吹泥排距较短,费用偏高; 只适于挖掘硬度较小的土和砂 |
| 挖泥船+泥驳+吹泥船驳吹 | 可在较浅水域施工;吹泥上滩费用较低; 可适用多种挖泥船组合 | 吹泥效率偏低,吹泥排距较短; 工艺环节较复杂,操作难度较高 |
| 耙吸船+绞吸船抛吹工艺 | 发挥各疏浚船机长处,施工效率高; 适应远距离施工; 对航道船舶通航影响小 | 抛泥施工存在一定环境影响; 船机数量应合理匹配; 只适于挖掘硬度较小的土和砂 |

从表1中可以看出,各吹泥上滩工艺都兼备其自身施工特点和优缺点,绞吸船和耙吸船可独立完成航道疏浚土的吹泥上滩施工;吹泥船需匹配挖泥船和运输泥驳方能完成吹泥上滩施工,该工艺中挖泥船可根据工程特点选择抓斗船、链斗船或是耙吸

船形成不同的船机组合,由此产生多种工艺变化;耙吸船和绞吸船抛吹工艺将各船机疏浚性能长处相结合,通过二次搬运方式将疏浚土吹泥上滩(见图6),在我国沿海各地吹填造陆建设中也取得了良好的工程效果。

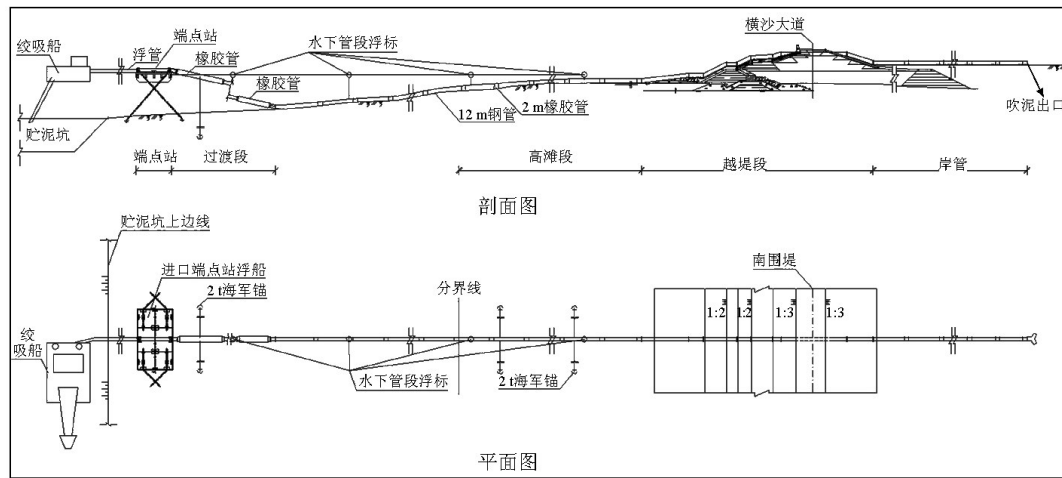


图6 耙吸船和绞吸船抛吹工艺示意图

Fig.6 Dredge filling technology of trailing suction hopper dredger and cutter suction dredger

3.2.2 航道疏浚土吹泥上滩方案

1)深水航道吹泥上滩方案。目前长江口12.5 m深水航道处于常年维护状态,疏浚船机均为舱容4 500 m³以上中大型自航耙吸船,疏浚土处理采用两种方式:一为外抛长江口1#~3#倾倒区;二为吹泥

上滩入横沙东滩。长江口北槽内现有吹泥上滩工程建设的4个吹泥站,每站各设置1个贮泥坑用于耙吸船临时倾倒疏浚土,并设置2座端点站和2组吹泥管线用于绞吸船吹泥^[3]。长江口深水航道吹泥站平面现状图如图7所示,设施设备现状具体参数见表2。

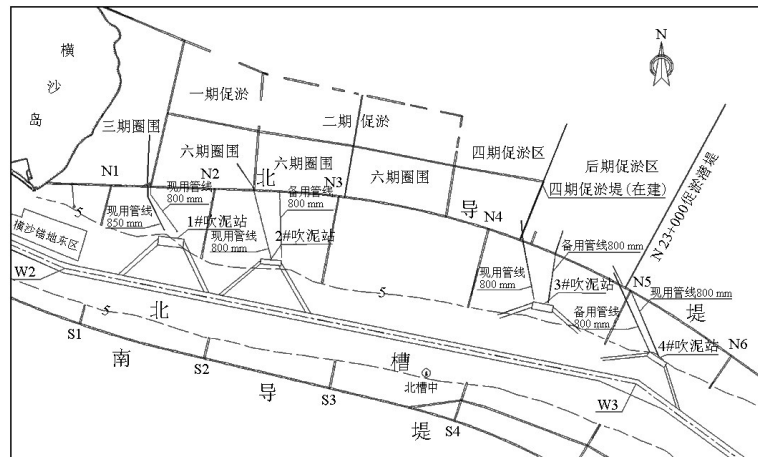


图7 长江口深水航道吹泥站平面现状图

Fig.7 Layout of Yangtze estuary deepwater channel dredge filling stations

表2 吹泥站设施设备现状

Table 2 Facilities and equipments status of dredge filling stations

| 吹泥站 | 贮泥坑 平面尺寸/m | 端点站 | 水上排泥管线 | | 水下排泥管线 | |
|-----|---------------|-----|--------|-------|---------|-------|
| | | | 长度/m | 管径/mm | 长度/m | 管径/mm |
| 1# | 1 000×350 | 2座 | 600 | 800 | 西侧1 812 | 850 |
| | | | | | 东侧2 177 | 800 |
| 2# | 800×200 | 2座 | 600 | 800 | 西侧2 778 | 800 |
| | | | | | 东侧2 736 | 800 |
| 3# | 800×280 | 2座 | 600 | 800 | 西侧2 297 | 800 |
| | | | | | 东侧2 167 | 800 |
| 4# | 800×200 | 2座 | 800 | 850 | 西侧2 948 | 800 |
| | | | | | 东侧2 776 | 800 |

现长江口12.5 m深水航道每年维护疏浚量约 8×10^7 m³,通过吹泥站吹填上滩利用率仅有约20% (1.6×10^7 m³),每年有近 6.5×10^7 m³疏浚土作抛弃处理,是泥沙资源的巨大浪费。从加快推进横沙成陆、减少泥沙资源浪费和环境污染的角度出发,均应提高深水航道疏浚土的吹填上滩利用率。故提出利用疏浚土吹泥上滩方案如下。

a. 吹泥站位置调整优化。目前北槽内4个吹泥站吹填范围均位于横沙东滩N23护滩潜堤以西23 km区域,待该区域吹填成陆后,应及时调整吹泥站位置至N23护滩潜堤以东至北导堤头部26 km

区域,符合横沙东滩“由西向东、先南后北”的总体成陆顺序。可将现1#~3#吹泥站位置依次调整至4#吹泥站下游坝田区,吹泥站贮泥坑位置选择坝田区5 m水深区域并兼顾吹泥排距的需求。新1#~3#吹泥站平面调整位置见图8。

b. 采用耙吸船艏吹工艺。长江口深水航道全长92 km,限制于疏浚船机及吹泥站抛吹能力,中部约50 km航段疏浚土可采用耙吸船+绞吸船二次抛吹方式吹泥上滩,两端航段可采用耙吸船艏吹工艺实现吹泥上滩。该工艺施工船机采用具备艏吹功能的舱容10 000 m³耙吸船,并需要建设相应艏吹

站,配备端点站和吹泥管线,以及相应的水深条件。船吹站位置选择应兼顾吹泥排距和水深条件,

或开挖船吹坑及进出通道满足船机施工要求。深水航道新建船吹站平面位置见图8。

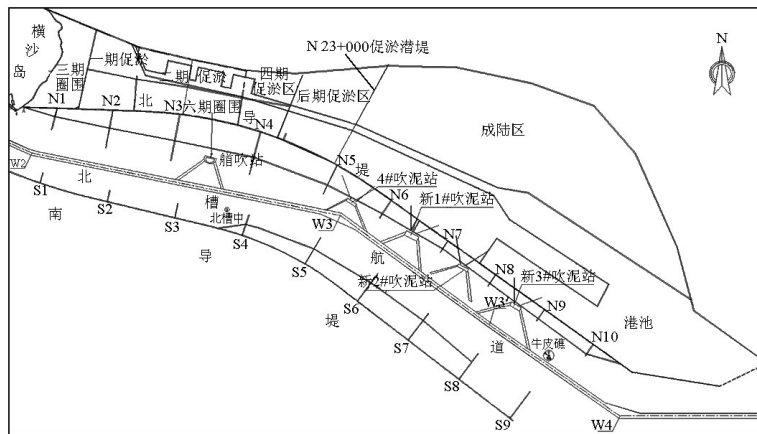


图8 深水航道吹泥站和船吹站位置调整布置示意图

Fig.8 Layout adjustment of Yangtze estuary deepwater channel dredge filling stations

2)北港航道吹泥上滩方案。北港航道全长90余千米,规划尺度为10 m×300 m(水深×航宽),疏浚航段主要位于北港口外的拦门沙段,距离横沙规划成陆区域仅有2~5 km,其疏浚工程量约 $7 \times 10^7 \text{ m}^3$,年维护量约 $2 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。从吹填施工条件及经济性方面考虑,采用绞吸船开挖航道并实施吹泥上滩较为合适,但在航道建成通航运营后维护期间,绞吸船施工对船舶通航影响较大。

浚施工采用绞吸船开挖航道并吹填横沙东滩;待基建疏浚完成航道开通运营后,采用耙吸船和绞吸船二次抛吹工艺进行航道维护并吹泥上滩,既可减少维护疏浚对航道运营影响,又可利用疏浚泥沙进行吹填造陆。在横沙成陆区域北侧设置4个吹泥站,每站设置贮泥坑尺度800 m×300 m×5 m(长×宽×挖深),贮泥量约 $1.2 \times 10^6 \text{ m}^3$,可满足耙吸船和绞吸船二次抛吹工艺需求。北港航道新建吹泥站平面位置见图9。

因此,北港航道吹泥上滩方案为:航道基建疏

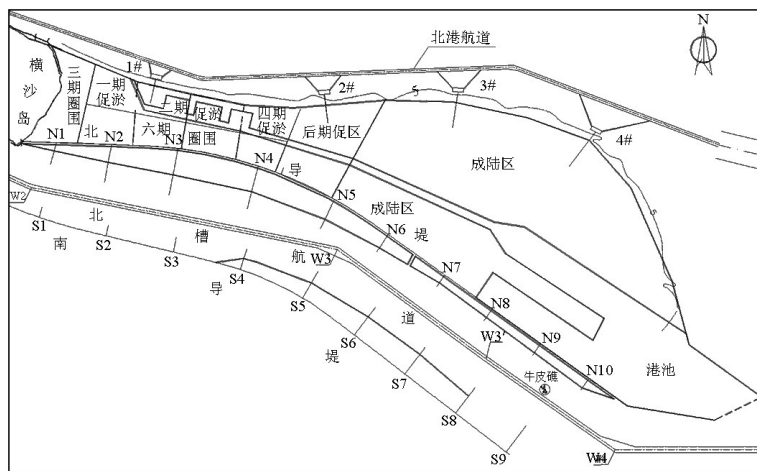


图9 北港航道吹泥站平面位置布置示意图

Fig.9 Layout of north harbor waterway dredge filling stations

3)南槽航道吹泥上滩方案。南槽航道规划尺度为8 m×250 m(水深×航宽),其疏浚工程量约

$5 \times 10^7 \text{ m}^3$,年维护量估算约 $2 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。南槽航道通航水域宽阔,航道断面为复式形态;中间8 m深水航道

通航万吨级以上船舶,两侧5 m浅水航道通航万吨级以下船舶,船舶通航密度大,水运繁忙。

针对南槽航道工程条件和特点,提出疏浚土吹泥上滩方案为:采用耙吸船进行航道开挖及维护疏浚,吹泥上滩施工可利用北槽深水航道设置的吹泥站和艏吹站,采用二次抛吹工艺和耙吸船艏吹工艺进行吹泥。

4 实施方案技术分析

4.1 技术可行性分析

长江口深水航道、北港航道和南槽航道疏浚土吹泥上滩实施方案共采用绞吸船绞吹、耙吸船艏吹、耙吸船和绞吸船二次抛吹三种施工工艺。

绞吸船绞吹工艺用于北港航道基建疏浚工程,航道疏浚段距离横沙成陆区域多在5 km以内,绞吸船吹泥作业在标准排距内;且经过北港航道初步地质勘察,基建疏浚土质多为硬度较大的粉砂,绞吸船开挖较为容易。因此,采用绞吸船施工可有效发挥船机的疏浚性能,保证施工进度和效率。

耙吸船艏吹工艺用于深水航道和南槽航道基

建维护疏浚,该工艺可实现疏浚土长距离运输作业,且由耙吸船独立完成挖运吹作业;更为重要的是可以实现泥沙不落地,疏浚土上滩率达到100%。耙吸船艏吹工艺在横沙东滩三期围内吹填工程中已有应用,取得了良好的工程效果,并积累了一定的施工经验。

耙吸船和绞吸船二次抛吹在深水航道、北港航道和南槽航道疏浚土吹泥上滩方案中均有采用,该工艺将耙吸船疏浚效率高、通航影响小的优点与绞吸船吹泥排距远、效率高的优点相结合,在保证航道运营和船舶通航的条件下,最大化地使得航道疏浚土实现吹泥上滩。该工艺自深水航道二期工程以来不断地实施改进,共完成吹泥上滩量达 $2 \times 10^8 \text{ m}^3$,对横沙东滩成陆起到了巨大的作用。

4.2 经济合理性分析

长江口水域各航道的疏浚工况、土质,各吹泥上滩工艺的疏浚船机运距、吹泥均有所不同,现将疏浚土吹泥上滩施工主要技术参数及费用估算列于表3。

表3 长江口航道疏浚土吹泥上滩主要技术参数及费用估算

Table 3 Technical parameters and cost of Yangtze estuary waterways dredge filling technology

| 区域 | 吹泥上滩工艺 | 工况 | 土质 | 运距/km | 吹距/km | 疏浚单价/ (元·m ³) |
|------|-------------|----|------------|-------|-------|------------------------------|
| 深水航道 | 耙吸船艏吹 | 四级 | 淤泥质粘土、粉细砂 | 15 | 3 | 42 |
| | 耙吸船和绞吸船二次抛吹 | 五级 | | 6 | 4 | 33 |
| 北港航道 | 绞吸船绞吹 | 四级 | 淤泥质粉质粘土、粉砂 | — | 6 | 20 |
| | 耙吸船和绞吸船二次抛吹 | 四级 | | 5 | 3 | 32 |
| 南槽航道 | 耙吸船艏吹 | 四级 | 淤泥质粘土、砂质粉土 | 30 | 3 | 54 |
| | 耙吸船和绞吸船二次抛吹 | 五级 | | 30 | 4 | 52 |

从表3中可以看出,北港航道疏浚土吹泥上滩的工程费用最低,深水航道吹泥上滩费用居中,南槽航道因距离横沙东滩较远,疏浚土需经过长距离运输方能吹泥上滩,因此工程费用最高。从各吹泥上滩工艺来看,采用绞吸船绞吹工艺其疏浚单价最低;耙吸船和绞吸船二次抛吹因增加了耙吸船挖运抛施工环节,其疏浚单价较高;耙吸船艏吹工艺因其吹泥性能较绞吸船差,因此其疏浚单价最高。

从长江口各航道疏浚量、施工条件、施工工艺和工程费用等进行综合考虑,横沙东滩成陆应首先充分利用深水航道和北港航道的疏浚土源,可有效

降低工程造价,加快工程进度;在吹填泥沙需求迫切或是疏浚土吹泥上滩工程费用合理分摊的情况下,可考虑采用南槽航道疏浚土吹填造陆,以实现泥沙资源利用最大化、航道疏浚和吹填造陆工程的双赢。

5 结语

本文从航道疏浚和吹填成陆联动建设出发,提出利用长江口航道疏浚土进行横沙成陆的实施方案设想,并开展技术可行性和经济合理性分析,得到以下结论。

1)长江口深水航道可采用耙吸船和绞吸船二次抛吹工艺为主,耙吸船船吹为辅的吹泥上滩工艺,通过调整优化吹泥站位置及设置船吹站提升疏浚土上滩利用率,并提升施工效率,降低工程费用。

2)北港航道基建疏浚可采用耙吸船绞吸工艺实现疏浚土上滩,可显著降低工程费用,在通航运营期则采用耙吸船和绞吸船二次抛吹工艺,可减少船舶通航影响,充分发挥航道的运营效益。

3)南槽航道可利用深水航道吹泥站和船吹站进行疏浚土吹泥上滩,但因其距离横沙东滩较远,疏浚土吹泥上滩工程费用较高。因此建议对吹泥

上滩工程费用实施合理分摊,以实现降低造陆成本、充分利用疏浚泥沙资源、减少海洋环境污染的目标。

参考文献

- [1] 交通运输部长江口航道管理局. 长江口航道发展规划[R]. 上海:长江口航道管理局, 2010.
- [2] 季 岚,唐 臣,张建峰,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, 36(7): 163-167.
- [3] 季 岚,唐 臣. 长江口深水航道配套吹泥站吹泥管线建造方案[R]. 上海:中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2012.

Study of implement scheme for using Yangtze estuary waterways dredged soil to Hengsha east shoal reclamation

Tang Chen, Ji Lan, Jia Yushao

(Shanghai Waterway Engineering Design and Consulting Co., Ltd., Shanghai 200120, China)

[Abstract] According to the Yangtze estuary waterway construction and planning conditions, combined with the Hengsha new ports plan idea, the paper proposes the implement scheme for using Yangtze estuary waterway dredged soil to Hengsha east shoal reclamation, and analyzes technical feasibility and economic reasonableness, and put forward useful suggestions for using dredged soil for reclamation. The study of implement scheme can give technical reference for the design and construction of similar reclamation projects in Hengsha east shoal or the Yangtze estuary region.

[Key words] Yangtze estuary; Hengsha east shoal; waterway dredging soil; dredge filling technology