



# 长江口维护疏浚工程施工特点与控制

薛海兵<sup>1</sup>, 王臻宁<sup>1</sup>, 郭素明<sup>2</sup>

(1. 中港疏浚有限公司, 上海 200120; 2. 中交上海航道局有限公司, 上海 200002)

**摘要:** 基于长江口 12.5 m 深水航道维护疏浚工程历年的施工经验, 分析工程特点, 针对疏浚施工与航道安全运营之间矛盾大、质量要求高、外部环境复杂、实际回淤量远远超过合同工程量等特点, 提出了掌握航道回淤规律、加强施工过程控制、安全控制和外部协调等控制要点, 满足工程要求。

**关键词:** 长江口; 维护疏浚; 特点分析; 控制要点

**中图分类号:** U 615.2

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-4972(2016)04-0180-06

## Construction features and key control points of the Yangtze River estuary maintenance dredging engineering

XUE Hai-bing<sup>1</sup>, WANG Zhen-ning<sup>1</sup>, GUO Su-ming<sup>2</sup>

(1. CHEC Dredging Co., Ltd., Shanghai 200120, China; 2. CCCC Shanghai Dredging Co., Ltd., Shanghai 200002, China)

**Abstract:** Based on recent years' construction experience on the Yangtze River estuary 12.5 m deepwater channel maintenance dredging engineering, we analyze its engineering characteristics. In view of the severe conflict between the dredging operation and channel safe traffic, high quality requirements, complicated external environment and the fact that the actual back-silting volume exceeds significantly the contractual volume, we propose key control points such as knowing well back-silting discipline, focusing on operation progress control, safety control and external coordination to meet project requirements.

**Keywords:** the Yangtze River estuary; maintenance dredging; feature analysis; key control points

1998年1月27日, 长江口深水航道治理工程正式开工。依据“一次规划、分期实施、分期见效”的原则, 经过13 a的艰辛建设, 2011年5月顺利通过国家竣工验收, 形成水深12.5 m、底宽350~400 m、长92.27 km的深水航道, 可满足第三、四代集装箱船全天候进出长江口, 兼顾第五、六代集装箱船舶和10万吨级满载散货船及20万吨级减载散货船乘潮通过长江口的要求。

从2011年5月开始, 长江口深水航道工程正式进入到12.5 m水深维护阶段, 交通运输部规定航道通航深度保证率为95%<sup>[1]</sup>。

## 1 工程概况

### 1.1 自然条件

长江口自徐六泾以下江面迅速展宽, 呈巨型喇叭口状, 随着长江流速减慢, 江水携带泥沙的能力大大降低, 从上中游冲刷而来的泥沙到长江口逐渐沉降下来, 形成拦门沙。

长江口水域常年受风、浪、流的影响, 涨、落潮流所携带的泥沙, 洪季时淤积区域主要在D3.3、D3.4区段, 枯季时淤积区域上移至D3.0、D3.1区段, 同时D3.3区段保持一定淤积量; 长江口水域6级以上的大风时间占到全年一半以上,

收稿日期: 2015-09-28

作者简介: 薛海兵(1980—), 男, 工程师, 从事航道疏浚施工管理工作。

另外冬春季的迷雾天气、夏季的强台风、冬季的寒潮大风都给施工带来了较大阻碍, 影响了维护疏浚施工的正常开展。

### 1.2 技术规格

长江口深水航道治理工程维护疏浚工程(图 1)分年度实施, 并划分 A、B、C 共 3 个标,

均使用大型耙吸船进行航道疏浚施工。其中, A 标为基本标, 承担航道水深维护的主要责任(施工期全年), B、C 标为洪淤季节的施工能力补充标(施工期洪季)。此外, 交通运输部长江口航道管理局投入两艘自有耙吸船参与全年维护施工(投入时间分别自 2012 年 5 月和 2013 年 4 月)。

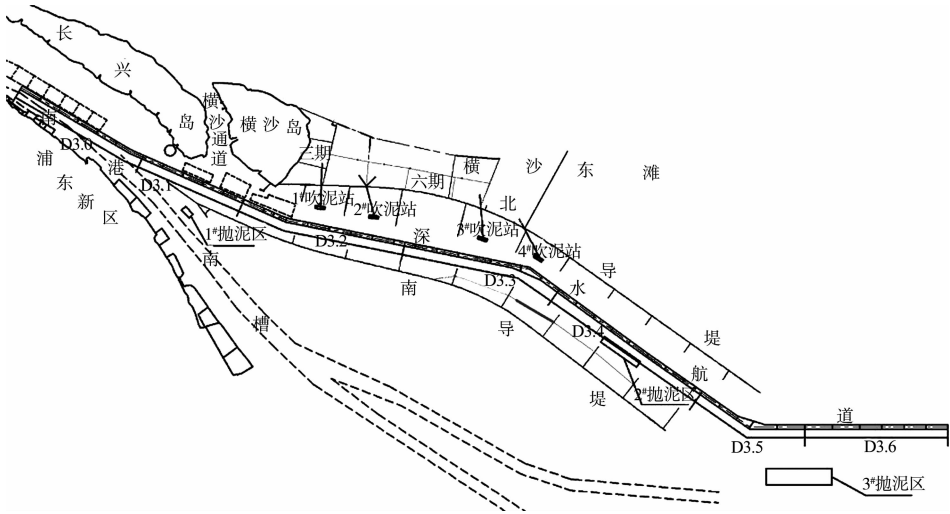


图 1 长江口深水航道治理工程维护疏浚工程

长江口 12.5 m 深水航道维护疏浚工程全长 125.27 km, 设计深度 12.5 m (理论最低潮面), 设计底宽 350 ~ 460 m, 由向上延伸段(Y0 ~ Y4)、内航道(W<sub>0</sub> 0 + 000 ~ W<sub>0</sub> 11 + 549)、圆圆沙航道

(W<sub>1</sub> 0 + 000 ~ W<sub>1</sub> 15 + 441)、上航道(W<sub>2</sub> 0 + 000 ~ W<sub>2</sub> 22 + 568)、下航道(W<sub>3</sub> 0 + 000 ~ W<sub>3</sub> 24 + 710)和外航道(W<sub>4</sub> 0 + 000 ~ W<sub>4</sub> 18 + 000)组成(表 1)。

表 1 维护区段划分及设计尺度

区段	里程号	长度/km	单元	维护深度/m	维护底宽/m
延伸段	Y0 ~ Y4	33.000			350 ~ 460
D3.0	W <sub>0</sub> 0 + 000 ~ W <sub>1</sub> 1 + 186	12.735	III A ~ IIN-A		
D3.1	W <sub>1</sub> 1 + 186 ~ W <sub>1</sub> 11 + 186	10.000	IIN - B ~ IIN-F		
D3.2	W <sub>1</sub> 11 + 186 ~ W <sub>2</sub> 11 + 000	15.255	IIN-G ~ G1		
D3.3	W <sub>2</sub> 11 + 000 ~ W <sub>3</sub> 3 + 316	14.884	G2 ~ M	12.5	350
D3.4	W <sub>3</sub> 3 + 316 ~ W <sub>3</sub> 19 + 316	16.000	N ~ U		
D3.5	W <sub>3</sub> 19 + 316 ~ W <sub>3</sub> 24 + 710	5.394	V ~ X		
	W <sub>4</sub> 0 + 000 ~ W <sub>4</sub> 5 + 000	5.000	Y ~ Z		
D3.6	W <sub>4</sub> 5 + 000 ~ W <sub>4</sub> 18 + 000	13.000	IIV ~ IIH		400
	总计	125.270		12.5	

### 1.3 主要特点

#### 1.3.1 规模宏大

长江口 12.5 m 深水航道维护疏浚长度超过 125 km, 规模宏大。工程按年度实施, 每年回淤量高达约 8 000 万 m<sup>3</sup>, 投入维护疏浚的船队规模较大, 特别是在洪淤季节高峰期, 投入施工的大

型自航耙吸挖泥船可达 15 艘左右。

#### 1.3.2 回淤量时空分布不均, 季节性极强

1) 维护期回淤量空间分布特点。长江口航道在基建期时的回淤分布, 主要集中在 W<sub>3</sub> 转弯角附近, 这里施工面小、工作量大, 对工作开展造成了巨大困难。进入维护期后, 回淤分布由原来的

单峰形式转变为双峰,但 W<sub>3</sub>转角附近仍高度集中(图2),导致维护疏浚的总体安排难度较大,特

别在峰值段船舶安排高度密集,对船舶施工效率的正常发挥和安全风险控制带来较大困难(表2)。

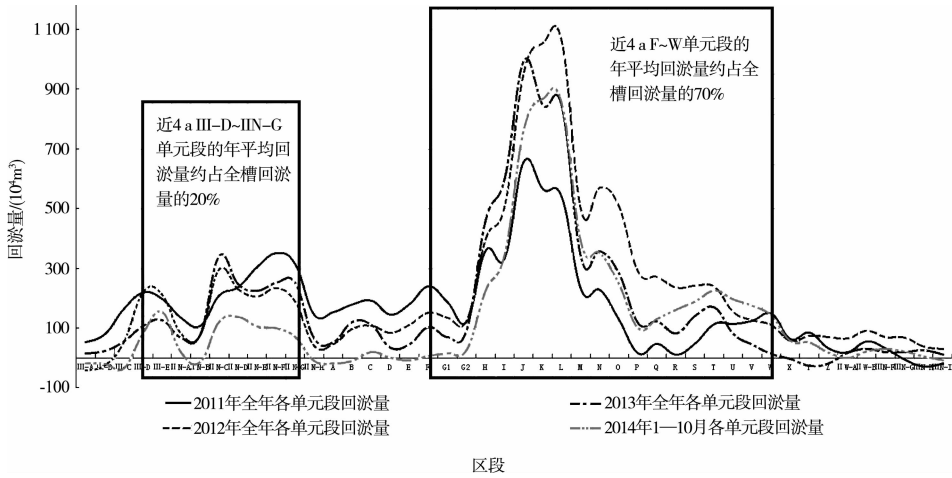


图2 2011—2014年长江口12.5 m深水航道维护期回淤量沿程分布

表2 2011—2014年各区段回淤量

万 m<sup>3</sup>

区段	2011年		2012年		2013年		2014年1—10月	
	船载方量	回淤量	船载方量	回淤量	船载方量	回淤量	船载方量	回淤量
D3.0	868.50	-853.66	610.35	-509.34	329.04	-402.41	300.80	-186.54
D3.1	1 209.84	-1 212.24	1 034.09	-1 045.97	1 223.80	-1 145.11	423.98	-453.84
D3.2	1 758.72	-1 744.74	819.05	-971.34	1 063.24	-857.80	128.32	-77.21
D3.3	2 806.20	-2 807.90	4414.58	-4 600.36	4 303.86	-4 178.12	3 266.39	-3 472.00
D3.4	789.82	-709.03	2 324.90	-2 512.02	1 452.85	-1 358.37	1 475.66	-1 608.28
D3.5	417.66	-455.63	345.33	-439.25	80.83	-15.83	316.82	-444.37
D3.6	83.86	-59.53	244.52	-367.37	118.61	-130.77	15.53	-78.18
合计	7 934.62	-7 842.72	9 792.82	-10 445.70	8 572.23	-8 088.41	5 927.49	-6 320.43

2) 维护期回淤量时间分布特点。近4 a长江口12.5 m深水航道在洪季维护施工期间的回淤量均占了全年回淤量的80%左右(图3),这就意味着在枯季与洪季施工阶段,回淤量与船舶投入

数量的比例严重失衡,直接导致了枯季大量施工船舶锚泊待命,而洪季又急需增加船舶投入数量,使统筹全年度船舶投入及船舶布置困难较大(表3)。

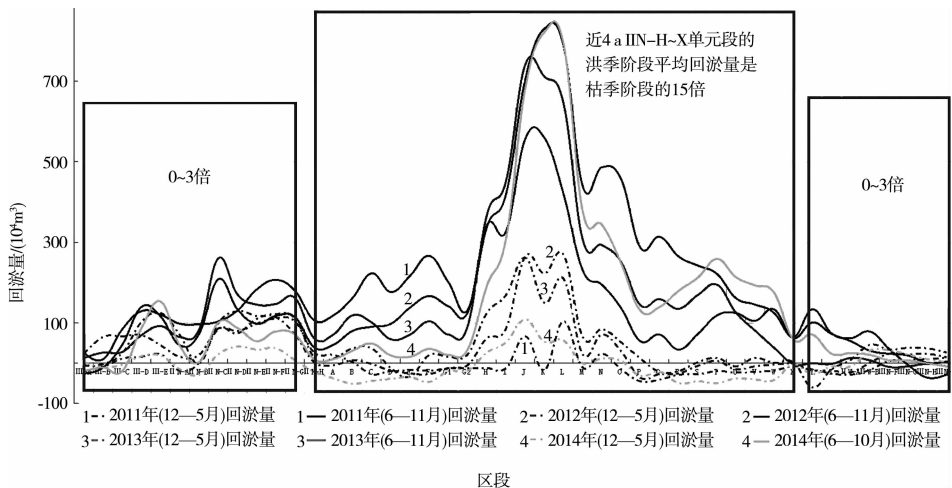


图3 2011—2014年长江口12.5 m深水航道维护期年回淤量分布

表3 2011—2014年各月施工能力与回淤量统计

10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>

月份	施工能力(船载方量)					回淤量				
	2011年	2012年	2013年	2014年	平均	2011年	2012年	2013年	2014年	平均
1	274.38	333.59	432.83	35.93	269.18	310.87	-4.23	-314.24	186.04	44.61
2	201.05	295.02	309.64	17.13	205.71	-336.93	-171.12	117.40	298.20	-23.11
3	187.26	255.87	178.94	42.34	166.10	216.57	-145.60	-272.71	-197.66	-99.85
4	334.21	322.27	352.17	83.62	273.07	-379.11	-381.92	-338.98	303.64	-199.09
5	512.03	391.26	431.79	185.35	380.11	-387.10	-893.12	-549.63	-576.79	-601.66
6	506.96	883.00	717.80	560.64	667.10	-802.34	-1 356.84	-1 189.80	-794.91	-1 035.97
7	519.32	1 087.48	1 280.33	898.06	946.30	-938.14	-991.49	-1 305.59	-1 114.85	-1 087.52
8	1 126.98	1 594.56	1 386.85	1 285.69	1 348.52	-1 677.30	-3 351.68	-1 433.61	-1 719.37	-2 045.48
9	1 503.17	1 428.69	1 055.26	1 442.39	1 357.38	-1 370.70	-481.86	-1 730.97	-1 317.02	-1 225.15
10	1 270.29	1 643.17	1 140.64	1 370.89	1 356.25	-1082.10	-1 762.18	-862.85	-1 404.51	-1 277.91
11	1 063.40	1 083.25	900.13		1 015.59	-989.96	-655.35	-315.06		-653.46
12	435.57	474.66	385.84		432.02	-407.10	-242.99	107.96		-180.71
合计	7 934.62	9 792.82	8 572.23	5 922.04	8 417.33	-7 842.70	-10 445.70	-8 088.41	-6 337.23	-8 385.30

### 1.3.3 疏浚施工与航道安全运营之间矛盾大

长江口12.5 m深水航道通航运行并向上延伸至江苏太仓后,通过长江口的大型船舶日趋增多,通行船舶大型化的趋势将愈加明显。据上海海事局统计,每天经过长江口深水航道的5万吨级以上大型船舶平均为160艘以上,同时施工船舶因施工需要频繁进出航道,来回上线施工,导致进出口船舶流密度极高,大大增加了施工与通航之间的协调频率和难度。

此外,在工程实施过程中,长江口区域、外高桥码头区域、横沙周边其他水利工程的施工船舶与本工程施工船舶存在着交叉影响,一些小型施工船、临时征用的渔船等,船机性能差、通讯设备不全、无AIS系统等,对耙吸船的施工、航行安全造成较大威胁。

### 1.3.4 维护疏浚质量要求高

工程质量目标:向上延伸段33 km达到《水运工程质量检验标准》常年维护性疏浚合格要求<sup>[1]</sup>,92.27 km达到《长江口深水航道疏浚工程质量检验标准》中维护性疏浚合格要求<sup>[2]</sup>。其中,设计底边线以内水域的检验应符合以下要求:1)中部水域严禁存在浅点;2)边缘水域的浅点不得在测量水深图的相邻断面的相同部位连续存在,浅点的浅值不得超过0.2 m,浅点数不得超过该水

域总测点的2%。

超挖控制:边缘水域和中部水域最大挖深严格控制控制在12.8 m以内。该指标意味着维护疏浚施工的允许超挖仅为0.3 m,与疏浚行业技术规范相比,仅为规范要求的约1/2,控制难度较大。

通航保证率:年度通航深度保证率达到95%。该指标意味着在全年航道水深考核测量中,最多只能有一次考核测量不达标。

### 1.3.5 以船载方量进行土方计量

长江口航道回淤规律极其复杂,每年在时间及空间上的分布都不尽相同,而且在实际施工过程中产生的回淤量远远超过合同工程量,从2008年12月起创新地以船载方量进行工程计量,为推动工程进展创造条件,该计量方式延续至维护疏浚工程。

以船载方量进行土方计量为国内外少有的土方计量方式,对船舶的计量仪器和管理办法需高标准、严要求。

### 1.3.6 外部环境复杂

1) 多家单位参与施工。长江口工程规模宏大,航道维护疏浚工程开工以来,强回淤导致总工程量超设计预想,陆续有中港疏浚、中交广航局、长江航道局、长江口航道管理局自有力量以及民营企业先后、共同参与维护疏浚施工(表4)。

表4 2011—2014年长江口12.5 m深水航道维护疏浚参建单位

工程名称	三期维护	2011年度维护	2012年度维护	2013年度维护	2014年度维护
A标(基本标)	中港疏浚	中港疏浚	中港疏浚	中港疏浚	
B标(季节性标)	广州航道局	广州航道局	长江航道局	广州航道局	中港疏浚
C标(季节性标)	中港疏浚	长江航道局	中港疏浚	长江航道局	
			长江口2轮(3处)	长江口1轮(2处) 长江口2轮(3处)	长江口1轮(2处) 长江口2轮(3处)

注:最后一行为管理局自有船舶。

2) 外部施工条件复杂。工程实施过程中,长江口区域、外高桥码头区域、横沙周边其他水利工程的施工船舶与本工程船舶存在着交叉影响,需不断通过外围协调和强化施工、安全管理来创造良好的施工条件。此外,工程外部政府监管部门也较多,其中海事方面受宝山、吴淞、浦东海事局管辖,协调工作量较大。

3) 渔汛期施工难度大。每年渔汛期,渔网、渔船数量多、分布广且流动性大,主要分布在深水

航道附近及抛泥区、贮泥坑周围,对耙吸挖泥船正常航行、施工及抛泥作业造成较大安全隐患。

## 2 困难和挑战

1) 维护工程量份额逐年降低。进入维护期,由于长江总体上的河势变化以及国家投资控制、业主自行建造施工船舶投入使用,同时多家施工企业共同参与等因素影响,中港疏浚在长江口工程维护疏浚工程中份额逐年降低(表5)。

表5 2010—2014年度维护分标工程量

时期	A标		B标		C标		长江口1、2轮		总回淤量/ 万 m <sup>3</sup>	中港疏浚 承担份额/%
	工程量/ 万 m <sup>3</sup>	施工单位	工程量/ 万 m <sup>3</sup>	施工单位	工程量/ 万 m <sup>3</sup>	施工单位	工程量/ 万 m <sup>3</sup>	施工单位		
三期维护	5 350	中港疏浚	1 000	广州航道局	400	中港疏浚			6 750	85
2011年度	4 200	中港疏浚	900	广州航道局	400	长江航道局			5 500	76
2012年度	4 600	中港疏浚	1 000	长江航道局	400	中港疏浚	1 000	管理局	7 000	71
2013年度	3 500	中港疏浚	900	广州航道局	500	长江航道局	2 200	管理局	7 100	49
2014年度	4 020	中港疏浚					3 480	管理局	7 500	54

2) 合同单价逐年降低,维护成本上升。除表5所述年度维护工程份额逐年递减外,根据2011—2014年合同分析,年度维护疏浚合同综合单价逐年降低,据统计分析,进入维护疏浚后,每年的合同单价降幅约为8%。同时,由于国际及国内材料物价不断上涨,长江口投入船舶的燃油、修理、备件等成本不断上升,长江口维护工程成本压力逐年上涨。

3) 对船舶要求提高。维护疏浚工程开工后,长江口航道管理局对投入长江口施工的船舶进行

了规定与限制,要求相应提高。中港疏浚船机力量除近几年来新造船舶船机性能较好外,老旧船舶中已有部分船舶老化、功率不达标、施工效率下降,不满足要求。

长江口航道管理局对投入长江口施工船舶的不同船型分别进行了规定和限制,其中表6~7是对主力船型、通道施工及航道扫浅船型的要求。此外,对除上述两种船型外的其他船舶也提出了单船月施工能力在60万~80万m<sup>3</sup>的要求(按抛泥运距20 km测算)。

表6 长江口维护疏浚工程主力船型要求对比

时期	自由航速	主机功率	舱容大小	月施工能力
三期试通航维护	自由航速不低于14 kn;当在水流流速4 kn时	无限制	>9 000 m <sup>3</sup>	90万 m <sup>3</sup> 以上
2011—2014年维护	逆水挖泥耙头对地航速应不小于2.5 kn。	>11 500 kW	>9 000 m <sup>3</sup>	90万 m <sup>3</sup> 以上

表7 长江口维护疏浚工程通道及扫浅船型要求对比

时期	舱容 大小/m <sup>3</sup>	数量/ 艘	主机功 率/kW	泥泵总 功率/kW	月施工能力/ 万 m <sup>3</sup>
2011—2012 年维护	4 500	2	>5 000	>2 200	
2013—2014 年维护	4 500 ~ 6 000	2	>5 000	>2 200	35 ~ 40

### 3 施工控制要点

#### 3.1 掌握航道回淤规律

长江口航道回淤量大、时空分布不均匀、规律复杂,必须全面了解和掌握航道回淤规律,系统谋划维护疏浚施工总体布局,整体统筹维护疏浚施工安排。《长江口 12.5 m 深水航道维护期回淤跟踪分析和施工对策研究》<sup>[3]</sup>对航道回淤规律进行了系统的梳理和总结,为维护疏浚施工提供了科学的指导,工程前期控制取得一定成效。

#### 3.2 加强施工过程控制

##### 1) 保证航道平整度。

长江口航道处于巨型多砂河口,因受到巨大潮量、径流量和流域来沙量影响,航道回淤量大,加上航道受波浪掀沙影响落淤、航道边滩冲淤及台风骤淤等众多原因,导致长江口河势演变和航道水深变化复杂,航道内同一断面可能存在半槽冲刷,半槽回淤的态势。随着施工的进展制定不同的平整度控制目标,合理安排航道水深测量,加强对航道水深的监测分析,为合理布置施工区域和施工重点提供依据,保证航道平整度。

##### 2) 严控超挖。

合理使用耙吸疏浚监测平台、SCADA 等控制软件加强对超挖的控制,通过整合处理定位信息和耙臂姿态信息,并对潮位进行实时修正,实现耙头水下精确定位,严控超挖。扫浅施工期间,加强对耙频率和装舱控制,优化船舶施工布线,对局部区域浅区采取斜线、S 形、正倒车等施工工艺提高扫浅效率。

#### 3.3 加强安全控制

长江口深水航道重点施工区域达 92 km,主要可分为以下 3 段:1) D3.0、D3.1 区段位于深水航道与南槽航道的交汇处附近,船舶流量大,靠泊船舶和进出锚地的船舶驶入驶出航道频繁;

2) D3.3、D3.4 区段位于南北导堤所包含的水域东部,回淤量较大,潮流复杂,对船舶操纵和控制带来较大难度;3) D3.6 区段位于长江口深水航道最东端,无导堤掩护,风浪对施工作业的影响较大。

在施工中尽可能顺航道施工,克服潮流、风浪的影响,坚持轻载船避让重载船、逆流施工船避让顺流施工船等原则。加强船舶抛泥作业管理,针对各贮泥坑和抛泥区的具体情况明确航行路线和航行规则,控制好抛泥作业安全风险控制。

#### 3.4 加强外部协调

长江口工程外部条件复杂、施工干扰大,为确保工程顺利实施,需持续保持和海事、海洋、渔政、环保等执法部门的沟通协调,及时获取并传递有关航行、施工、抛泥新的规则或通告,尽快解决危及或干扰施工现场正常作业的情况,确保维护疏浚工程顺利实施。

### 4 结语

针对长江口 12.5 m 深水航道维护疏浚工程疏浚施工与航道安全运营之间矛盾大、质量要求高、外部环境复杂规模宏大、实际回淤量远远超过合同工程量等特点,提出了掌握航道回淤规律,加强施工过程控制、安全控制和外部协调等控制要点,满足了工程要求。

长江口维护疏浚工程实施期间,工程管理工作以确保航道水深、通航安全为大前提,注重对施工过程的质量管理,以后的维护疏浚工程实施过程中,应进一步加强控制要点的落实、改进和完善补充,加强过程管理,更好地实施好长江口 12.5 m 深水航道维护疏浚工程。

#### 参考文献:

- [1] JTS 257—2008 水运工程质量检验标准[S].
- [2] 长江口航道管理局. 长江口深水航道疏浚工程质量检验标准[S].
- [3] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 长江口 12.5 m 深水航道维护期回淤跟踪分析和施工对策研究[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2011.