

· 信息技术 ·



# 基于 3D 的疏浚轨迹显示系统工程应用

焦 鹏, 郑金龙, 凌 杰, 周丙浩, 史俊杰

(中港疏浚有限公司, 上海 200136)

**摘要:** 针对耙吸挖泥船边坡开挖、扫浅等特殊工程施工质量差、效率低等问题, 基于疏浚轨迹显示系统, 建立船舶、航道和数字地形模型; 通过工程应用, 分析 3D 可视化功能下的特殊工程施工质量与效率。结果表明, 疏浚航行、作业可视化辅助系统, 即疏浚轨迹显示系统, 对于保证疏浚工程的施工安全和施工质量、提高施工效率具有重要的价值。

**关键词:** 疏浚轨迹显示系统; 三维可视化; 数字地形模型; 疏浚工程

中图分类号: U 616

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)08-0151-06

## Engineering application of DTPS based on 3D

JIAO Peng, ZHENG Jin-long, LING Jie, ZHOU Bing-hao, SHI Jun-jie

(CHEC Dredging Co., Ltd., Shanghai 200136, China)

**Abstract:** In view of the problems of poor construction quality and low construction efficiency when the trailing suction hopper dredger implements special projects such as slope excavation and sweeping. Based on the dredge track presentation system, we establish the ship, channel, and digital terrain models. Through the engineering application, we analyze the construction quality and efficiency of special projects under its 3D visualization function. The results show that the dredge track presentation system, i. e. the dredging navigation and operation visualization auxiliary system is of great significance for ensuring construction safety and construction quality, and promote the construction efficiency of dredging engineering.

**Keywords:** dredge track presentation system (DTPS); 3D visualization; digital terrain model (DTM); dredging engineering

随着疏浚业务的不断拓展, 疏浚船舶的作业环境愈发复杂, 除了航道基建、维护、填海造陆等传统工程, 疏浚船舶的作业范围还拓展至海底管道、电缆铺设、海洋平台搭建等海洋工程中。为了提高工程质量, 减少风、浪、流干扰下疏浚船舶的航行轨迹偏差, 需要配备一套疏浚轨迹可视化辅助系统。上海航道局等疏浚公司通常配备疏浚监控系统 V2.5 或耙吸挖泥船 DTPM V3.0。本文基于“航浚 6008”轮疏浚轨迹显示系统(DTPS), 建立船舶、航道和数字地形模型, 通过工程应用分析其 3D 可视化功能下边坡开挖、扫浅作业的施工质量与效

率, 为类似船舶提供参考。

## 1 疏浚轨迹显示系统概况

疏浚轨迹显示系统(DTPS)由荷兰 IHC 研发, 基于海洋、水文以及疏浚行业的协同合作, 采集定位仪(GPS receivers)、运动传感器(motion sensor)、电罗经(gyro compass)、潮位仪(tide receiver)、测深仪(echosounder)数据, 通过对船舶位置、姿态、运动、潮汐状况和水深的感知, 集成导航、测量、疏浚, 监控疏浚作业和航行全过程。DTPS 可为耙吸挖泥船、绞吸挖泥船、铲斗挖泥船、抓斗挖泥

收稿日期: 2020-11-12

作者简介: 焦鹏(1980—), 船长, 高级工程师, 从事疏浚工程与船舶研究。

船和链斗挖泥船(或多用途挖泥船)提供主要疏浚监控系统,如:耙臂位置监控系统(STPM)、铲斗位置监控系统(XPM)、抓斗位置监控系统(CPM)、挖掘断面监控系统/吃水和装载监控系统/产量估算系统(DPM/DLM/PRC)、状态和人机界面(IDCS-综合疏浚控制系统)。系统布置如图1所示。

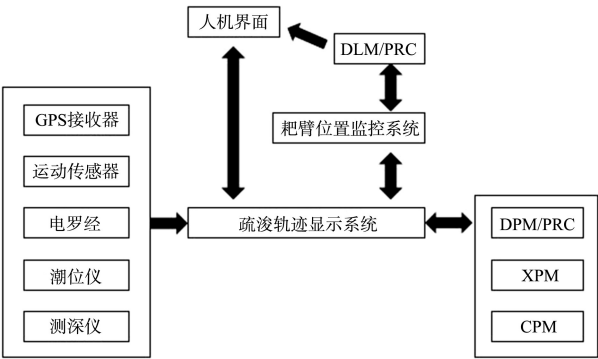


图1 疏浚轨迹显示系统

DTPS 主要分为“项目向导(project wizard)”“设计(design)”和“在线(on-line)”3个模块(图2),每个模块都有其特定功能并与其他程序相互关联,其下各程序又分为离线与在线2类。

离线程序主要包括:1)地理运算程序(garp);2)绘图(draw);3)设计(design);4)数据库向导(dbwizard);5)DTM显示(dtmviewer);6)文件格式转换(convertfileformat);7)数据回放(data replay tool)。

在线程序主要包括:1)控制台(DTPS control);2)导航显示器(viewer);3)偏航指示器(LR dialogue);4)参数显示(alpha display);5)输入输出显示(DTPS IO);6)错误提示(error display);7)通讯检查(chatter)。

数据在“项目”和“设计”2个数据库中进行存储和检索。客户端之间的所有交互(实际上将信息传递给DTPS)都集中在同1个共享内存上。所有应用程序都可以从该内存上获得时间同步的特定数据,进行计算并生成特定输出。在线模式

从船载系统和传感设备获取信息,并实时更新界面,回放模式从数据文件中获取信息,可模拟回顾操作界面。项目数据库包含设计模块的操作设置和数据名称,设计数据库包含疏浚区基线、倾倒区、航道设计等空间数据。其余数据文件包括数字地形模型(DTM)矩阵文件(疏浚矩阵文件<name>.mtr、测量数据矩阵文件<name>.mtrsuv、理论模型矩阵文件<name>.mtrtheo、差分矩阵文件<name>.mtrdif、用户定义矩阵文件<name>.mtrudf)和内部疏浚轨迹显示系统图表文件<name>.dch。DTPS可处理5种图表数据格式,包括dxf、grf、dat、dta和dch; <name>.bin文件用于存储来自客户端接口的观测数据,可用于疏浚历史界面回放,errorlog\_nr.txt文件储存DTPS控制程序的错误消息,DTPS配置文件等储存在<name>.ini类型文件中<sup>[1-5]</sup>。

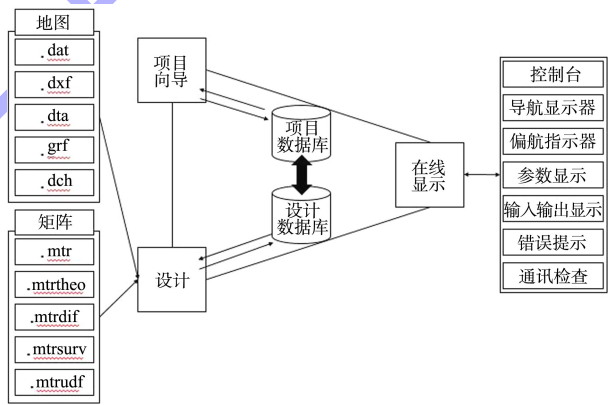


图2 系统结构

2 系统模型

2.1 船舶模型

DTPS 的船舶模型由包括驾驶室、桅杆等基本识别点的轮廓线模型与色彩模型组成(图3)。通过疏浚设备的轮廓线模型,以线段绘制疏浚管道,并指示万向节等接头位置。位置通过全球定位系统、差分GPS、运动传感器、耙头设备传感器、潮位仪、测深仪等定位传感器实时更新。

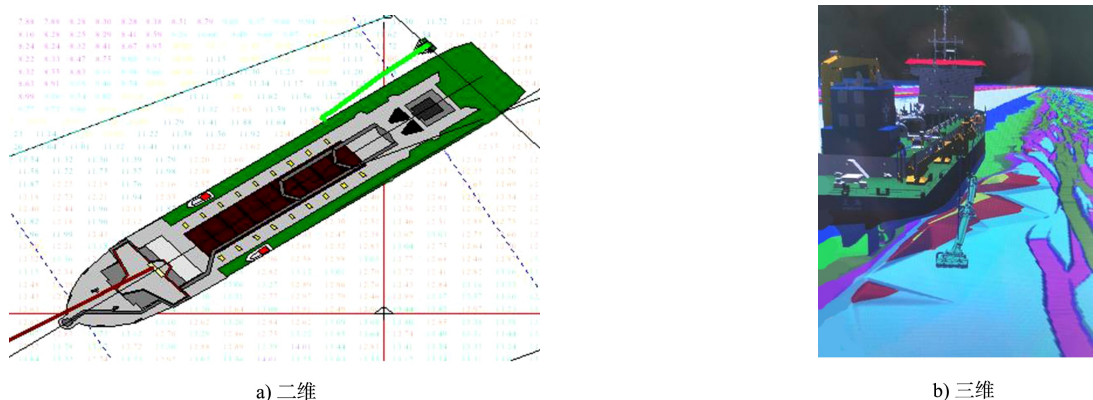


图 3 船舶模型

## 2.2 航道模型

连云港港 30 万吨级航道二期工程徐圩航道疏浚工程施工项目 LYG-302-H2.1 标段，通航宽度

380 m, 通航水深 24.7 m, 设计水深 25.3 m, 航道模型如图 4 所示。

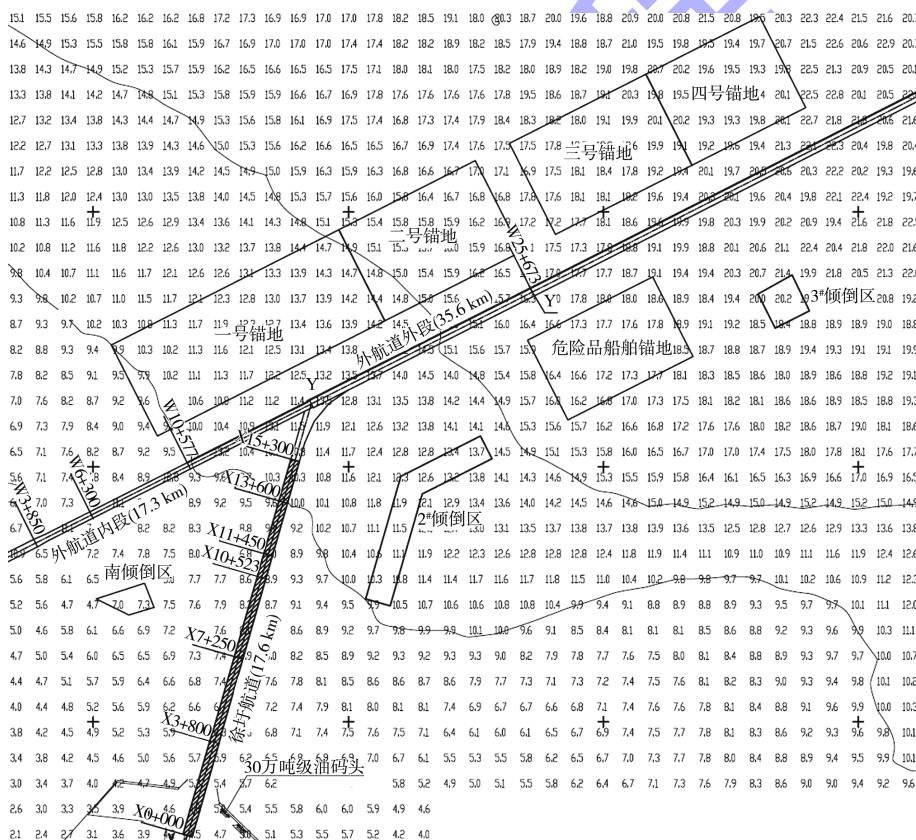


图 4 航道模型

### 2.3 数字地形模型(DTM)

以 X0+000~X3+000 区段为例,在疏浚轨迹显示系统中,通过三角形创建 DTM,单元格尺寸

为 0.28 m×1 m，单元格个数为 6 580 万个，单元格大小与耙头宽度的 50%相匹配，网格模型如图 5 所示。



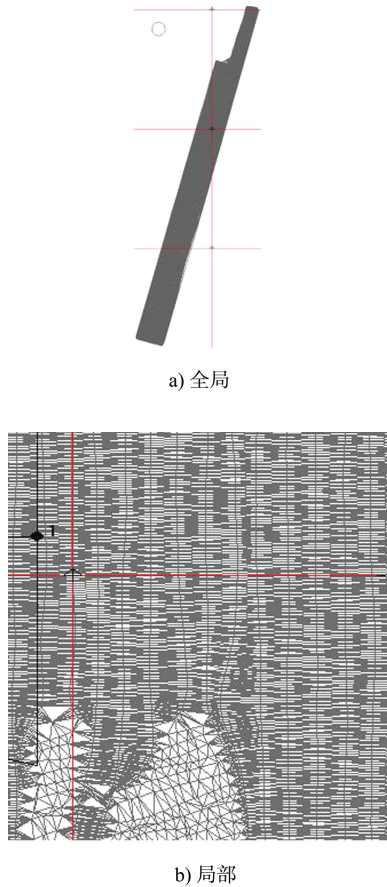


图 5 DTM 网格模型

基于网格模型，DTM 在工作区地图中提供深度信息并与调色板相关联，显示效果如图 6 所示。

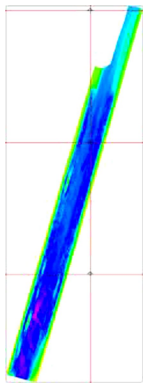


图 6 显示效果

DTPS 根据每次最新测图数据建立 DTM，实现疏浚过程中水下地形三维实时显示，并根据船舶实际放耙深度，实时对过耙区域深度进行更新。相对于其他软件，其水深数据的处理更加平滑，

窗口显示更加形象直观，能保证船舶在施工进程中实时掌握作业区域工程进度，了解水深加深情况，提高施工区域平整度，控制区域施工质量。其可视化特征，可为边坡质量控制、扫浅与管沟开挖等特殊工程提供可靠的参考，疏浚轨迹显示系统典型布局如图 7 所示。

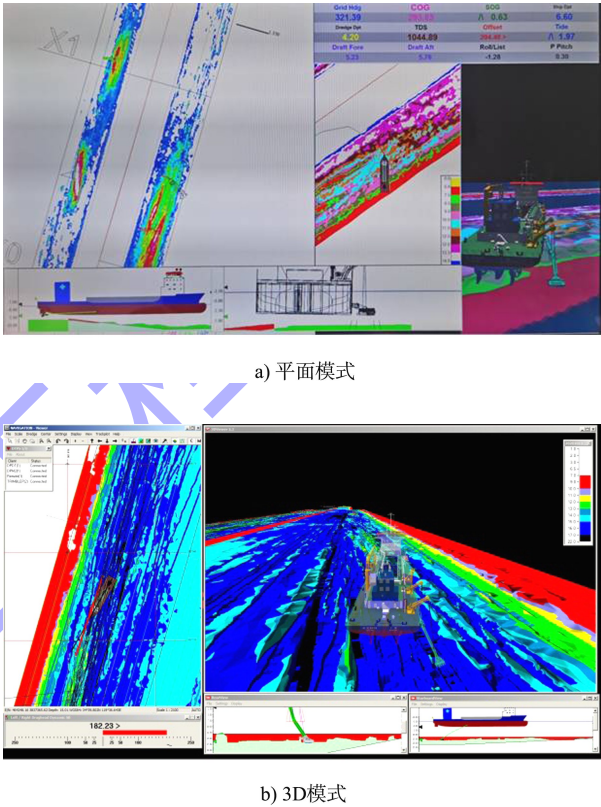


图 7 DTPS 布局

### 3 工程应用

针对管沟开挖，横向、纵向边坡要求较高的复杂工程与效率低、成本高的扫浅工程，基于 DTPS，通过断面设计，DTM 文件制作与安装，调色板与深度直观化匹配设置，为船舶特殊工程施工提供更直观的参考，实现挖深与边坡质量控制，增加浅点过耙清除率，提高船舶施工质量。

#### 3.1 边坡质量控制

以海底石油管道基槽开挖和不规则水下地形（圆弧状、多边形等）的疏浚工程为例，根据 CAD 工程图，1:1 进行 DTM 文件制作，为船舶施工提供水深色块直观显示(图 8)。

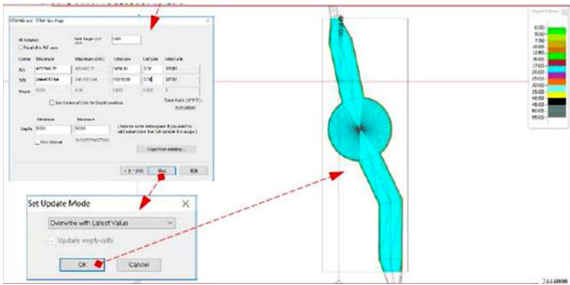
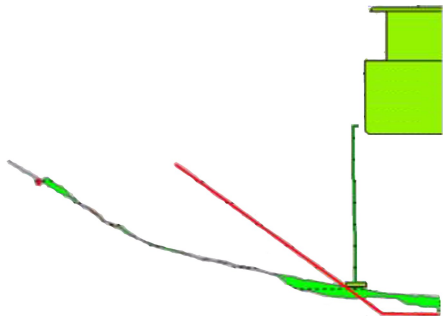
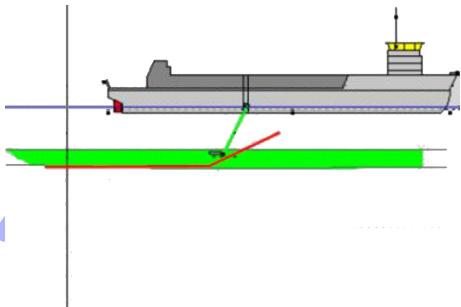


图 8 特殊地形疏浚设计

船舶施工中须对质量严格把控,按照施工设计要求,减少超挖,控制废方。在施工穿越航道海底石油管道铺设基槽时,难点主要为挖宽限制下的横向与纵向边坡精确控制。在挖宽仅为30 m时,通过 DTPS 多窗口实时显示界面,调整疏浚设备姿态,严格控制平整度,避免海底基槽开挖面高低落差较大对管道铺设带来不利影响,最终达到设计要求(图 9)。

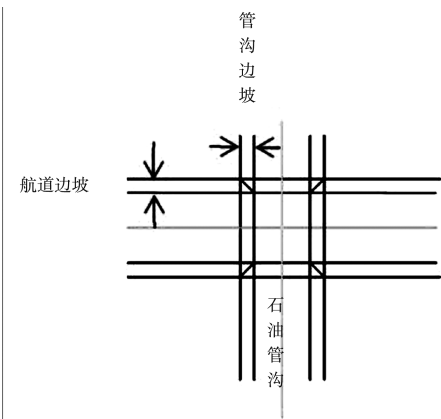


b) 横向边坡



c) 纵向边坡

图 9 海底基槽施工



a) 总布置

3.2 扫浅效果分析

由于工程的复杂性与土质的多样性,疏浚船舶施工过程中无法避免地会形成浅区、垄沟,为减少其对船舶施工效率及工程进度的影响,扫浅工作须贯穿整个项目进程。

以南通港吕四港区 10 万吨级进港航道维护疏浚工程为例,由于前期船舶施工过程中未对质量进行严格控制,导致后期浅点分布较多(表 1),给扫浅施工带来了一定难度。

表 1 H46+500~H47+800 南槽浅点率

总测点数	11.6~12.1 m		12.1~12.6 m		12.6~13.1 m	
	浅点数/个	浅点率/%	浅点数/个	浅点率/%	浅点数/个	浅点率/%
13 257	98	0.74	1 125	8.49	6 984	52.68
13 232	0	0.00	138	1.04	4 136	31.26

工程后期,约 13 250 个测点,12.6~13.1 m 水深范围内浅点率达到 52.68%,浅区分布广,浅点水深差异大,对船舶操纵要求高,须及时调整放耙深度,防止耙头从坡顶滑落,而传统的显示界面无法直观显示耙头相对于浅点的位置及姿态,只能通过钢丝绳角度判断,控制比较困难。疏浚

轨迹显示系统通过水下三维地形显示,系统调色板上色,明确浅点位置,实时更新耙头与浅区的相对位置及深度,为船舶操作人员提供预判基础,有效提高了船舶扫浅效率(图 10)。通过 3 d 的扫浅施工,12.6~13.1 m 水深范围内浅点率降至 31.26%。

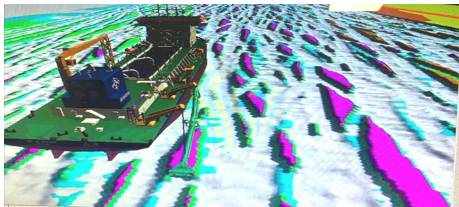


图 10 扫浅效果

3.3 安全效果评价

以连云港建设工程为例，疏浚航道内存在多处块石集中区域，施工效率低，船舶施工时船位控制要求高，操作不当易造成设备故障与安全事故，影响总体施工进度。疏浚轨迹显示系统通过调色板与三维可视化显示(图 11)，将水下大面积沉石区域三维效果图直观地显示在航行界面，给施工船舶提供安全边界指导。船舶在施工过程中，根据实时更新的水下地形显示，在保证施工质量与施工效率的同时，避开块石区，保证设备安全，效果显著。

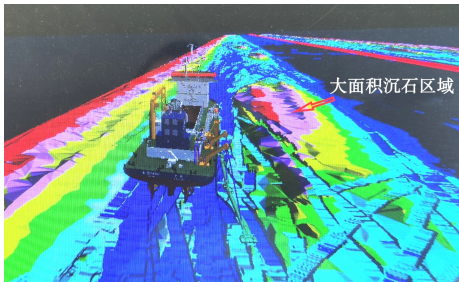


图 11 水下沉石区三维显示

4 结论

1) DTPS 基于海洋、水文以及疏浚行业的协同合作，采集定位仪、运动传感器、电罗经、潮位仪、测深仪等传感器数据，通过对船舶位置、姿态、运动、潮汐状况和水深的感知，集成导航、测量、疏浚，监控疏浚作业和航行全过程，可为疏浚船舶提供航行、作业辅助可视化系统；

2) 针对日趋多元的疏浚业务领域和愈发复杂的疏浚作业环境，DTPS 对于保证疏浚工程的施工安全和施工质量，提高施工效率具有重要的价值。

参考文献：

[1] IHC. Operating manual: dredge track presentation system [R]. Rotterdam: IHC, 2019: 10-60.

[2] IHC. User instruction: dredge track presentation system[R]. Rotterdam: IHC, 2019: 10-70.

[3] IHC. DESIGN. Dredge Track Presentation System [R]. Rotterdam: IHC, 2019: 11-20.

[4] IHC. Inter Revision Document. Dredge Track Presentation System [R]. Rotterdam: IHC, 2019: 10-50.

[5] 温来祥, 刘金义. 一种支持三维 Delaunay 三角剖分与 Voronoi 图生成的数据结构[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(12): 2974-2979.

(本文编辑 郭雪珍)

· 消 息 ·

世界最大亚洲首座海上换流站装船发运

近日，由振华重工建造的目前世界最大、亚洲首座海上换流站在南通振华重装码头正式装船发运，将为我国深远海风电开发领域提供装备技术支撑。

振华重工负责换流站基础桩、导管架及上部模块的全部建造任务。其中，上部模块长 89 m、宽 84 m、高 44 m、质量 2.2 万 t。项目团队创新采用“模块搭载、分层搭建”施工方案，顺利完成建造任务。

项目投产后，将汇聚 1 100 MW 的电，转换为损耗更低的柔性直流电，通过海缆输送至陆上，助力国家顺利实现“3060”碳达峰、碳中和目标。

[https://www.ccccltd.cn/news/jcxw/jx/202107/t20210716\\_131644.html](https://www.ccccltd.cn/news/jcxw/jx/202107/t20210716_131644.html) (2021-07-16)