



3D 可视化海港航道辅助设计系统设计与实现*

唐国磊, 王文渊, 李博名, 陈中亚

(大连理工大学港口发展研究中心, 辽宁大连 116024)

摘要: 为提高海港航道规划设计效率, 基于图形交互语言实现海港航道3D可视化辅助设计系统。应用数据库、三维建模技术, 实现了航道尺度计算、三维航道建模与实时修改、疏浚量及疏浚投资估算、方案优选等功能, 实践证明该系统具有良好的交互性和智能性, 可为航道规划设计提供有效的辅助决策。

关键词: 航道; 辅助设计; 三维建模; 可视化

中图分类号: U 651

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)09-0135-05

Design and implementation of 3D visualization CAD system for coastal entrance channel

TANG Guo-lei, WANG Wen-yuan, LI Bo-ming, CHEN Zhong-ya

(Research Center for Port Development, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: To improve the efficiency of designing coastal entrance channel, a CAD system of coastal entrance channel is achieved by a 3D graphical programming language, Processing. This system imports database and 3D modelling technology, and implements useful functions including channel dimensions calculation, dredging volumes and costs evaluation, and channel alternative selection. The case study shows that the system is purposefully kept fairly interactive and intelligent, which supplies an effective decision support tool for channel planning and design.

Keywords: entrance channel; computer-aided design; three-dimensional modeling; visualization

沿海港口进港航道设计包括航道轴线、航道有效宽度、航道底高程、挖泥边坡等内容, 所涉数据较多、计算过程繁琐、工作量大、费时费力, 是一项繁琐的工作, 为简化计算量、提高设计效率, 亟需一个有效的可视化、智能化的人机交互辅助设计系统。目前, 航道3D辅助设计有关的研究侧重于航道疏浚方案静态呈现与疏浚量计算, 缺乏三维情形下对于航道尺度方案的动态修改以及对不同方案的比选功能; 或者基于三维图形引擎的航道信息管理系统的开发。例如, 眭海刚等^[1]提出三峡航道三维可视化与分析的系统框架, 并实现 TEAVIS 三维数字航道; 江文萍等^[2]基于 ArcGIS Engine 构建了港口与航道信息管理系统;

魏玲^[3]基于 VRML 技术, 实现了地形、航道和航道开挖实施效果的实时场景预览; 邢胜伟^[4]基于 GIS 实现了内河航道三维显示与分析系统; 李光玉^[5]基于 ArcGIS 分析了大比例电子航道图数据提取和处理方法、航道地形三维建模方法等三维可视化技术。可见, 尽管目前的研究已初步具备疏浚方案显示与疏浚量计算、航道三维建模等基本功能, 但是依然缺少航道设计方案的3D建模与实时修改、航道方案的疏浚费用即时估算与优选等航道辅助设计决策支持功能, 无法为航道规划设计提供有效的决策支持。

为此, 本文引入数据库、三维建模等技术, 应用 Processing 交互式3D图形编程语言实现3D

收稿日期: 2014-01-05

*基金项目: 国家自然科学基金(51109030 & 51309049)

作者简介: 唐国磊(1980—), 男, 博士, 讲师, 从事水利工程规划、资源优化调度及决策支持系统的教学与科研。

海港航道辅助设计系统，并给出了系统的体系结构和关键技术，以期为航道规划设计提供决策依据。

1 总体架构

为保证系统的可重用性和可扩展性，沿海港口3D可视化航道辅助设计系统采用三层体系架构，即由表现层、应用层和数据层构成（图1），表现层是系统的最顶层，提供与用户交互的图形界面，设计人员可以通过客户端（如IE\ Chrome浏览器或PC桌面客户端）将航道设计基本参数输入/导入到系统；应用层是所有航道辅助服务功能的集合，由业务逻辑层和业务流程层构成，完成航道尺度计算、疏浚成本估算和航道方案优选等。其中，业务逻辑层由一系列可重用的业务逻辑单元组成，如航道有效宽度、通航水深计算、疏浚量计算、疏浚成本估算和方案优选算法等逻辑单元，业务流程层通过重构业务逻辑单元形成完成的功能，如航道方案优选是由航道尺度计算、疏浚成本估算和方案优选算法构成；数据层存储港口基本属性、船舶到离港数据和航道设计方案等。

为提高设计人员航道设计效率，本系统提供探索、实验和优化3种智能模式优化航道设计方案。其中，探索模式是在最小航道尺度的基础上，设计人员利用实践经验探索性修改设计方案；实验模式则是设计人员给定航道设计方案集，系统自动优选最优方案；优化模式则是系统根据输入条件自动优化航道设计方案。

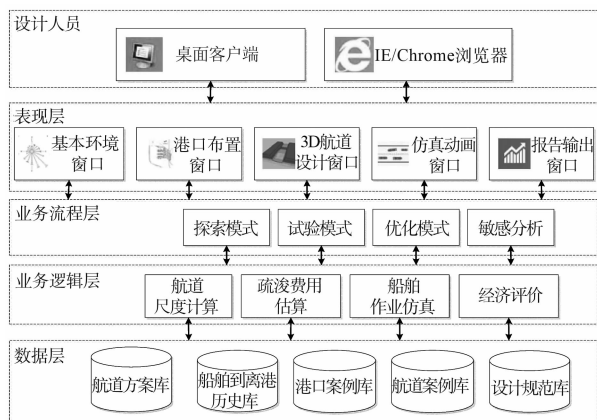


图1 沿海港口航道辅助设计系统总体构架

2 关键技术

2.1 数据库设计

航道设计所需数据来源广泛且种类繁多，涉及到港区空间尺度、自然社会条件（如海洋气象、海洋水文、海底地质等）、三维模型数据等，必须按照一定的规则进行分类存储，以提高整个系统的运行效率^[6]。根据科学性、稳定性和系统性原则，沿海港口3D航道辅助设计系统数据库主要包括港区专题信息、基础地理信息和三维模型数据（图2）。

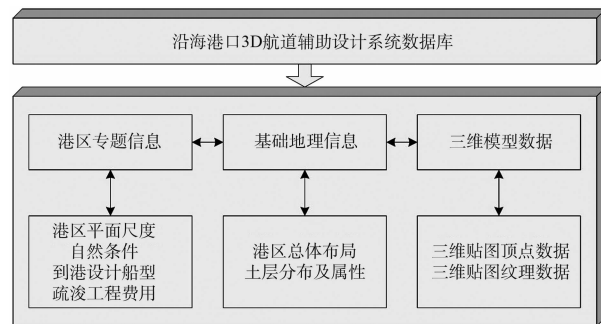


图2 数据库组织结构

1) 港区专题信息：包括港区平面尺度、自然条件、到港设计船型、疏浚工程费用等，是确定航道轴线和空间尺度的核心数据，主要采用浮点型或字符型等方式存储。

2) 基础地理信息：包括港区总体布局、航道所在区域的土层分布及属性数据，是航道三维断面绘图及疏浚量计算的基础数据。

3) 三维模型数据：包括三维模型顶点（Vertex）和三维纹理（Texture）数据，是三维模拟的核心数据，为3D建模提供数据源。本系统利用疏浚岩土土层分布数据库信息，通过线性插值方法，计算航道疏浚断面与各土层的相交位点，并作为三维建模的关键点，存入三维模型顶点坐标数据库。

2.2 三维建模技术

航道三维场景实时可视化是实现交互式操作与动态浏览的前提。由于整个三维场景中，涉及要素复杂，且需要支持三维航道信息查询、运算与实时更新，因此三维场景的高效建模、

快速绘制对于三维实时浏览极为重要。本文应用 Processing 和 Toxiclibs 等开源框架构建航道 3D 模型, 实现航道 3D 模型的绘制、实时显示与交互操作。

1) Processing。

Processing^[7] 由美国麻省理工学院媒体实验室美学与运算小组的 Casey Reas 与 Ben Fry 创立, 是一款用于视觉设计、动画设计和交互设计的开源程序语言及开发环境。它是 Java 语言的延伸, 以 OpenGL 为三维图形引擎, 并支持许多现有的 Java 语言架构, 具有良好的通用性与可集成性, 编程语法的简化及人性化的设计使得 Processing 很适合图形编程。同时, Processing 具有强大的扩展性和开源性, 通过引入第三方开源程序类协同开发实现各类图形建模和交互界面设计。

2) Toxiclibs。

Toxiclibs^[8] 是一个独立的计算图形设计开源类

库集合, 采用 Java 与 Processing 程序语言实现, 可应用于生产设计、动画、交互/界面设计、以及建筑与数位组构数据可视化等领域。

3) 类结构。

图 3 给出基于 Processing 和 Toxiclibs 的 3D 航道辅助设计系统三维建模的类结构图。如图 3 所示, 该系统主界面 (类 MainGUI) 由类 SettingsPanel (参数设置)、类 ChannelPanel (航道 3D 建模) 和类 SchemesPanel (航道设计方案) 组成。其中, 类 ChannelPanel 是实现三维航道信息查询、运算与实时更新的核心类, 它主要由类 Channel3D 和类 Terrain 构成。类 Channel3D 通过类 ChannelDimension 计算的航道主要尺度绘制航道 3D 模型, 而类 Terrain 基于 Soil (土质信息)、ContourMap (等值线)、Vertex (顶点) 和 Texture (纹理) 等实现地形的 3D 建模与实时更新。

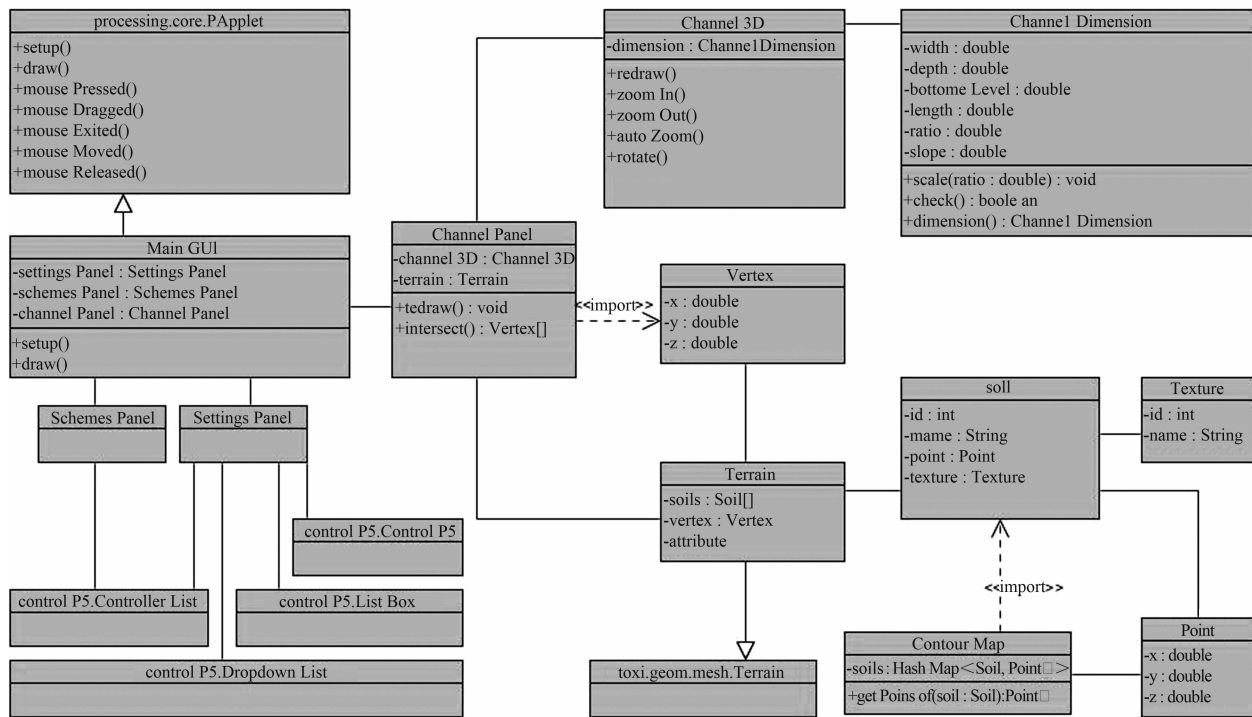


图 3 基于 Processing 和 Toxiclibs 的 3D 航道辅助设计系统类结构

3 系统应用

某港区散货作业区一期工程共规划 3.5 万和 10 万吨级泊位各 1 个, 5 万吨级泊位 2 个。该作业区所在海域潮汐属于正规半日潮, 设计高/低水

位分别为 3.05 m 和 0.37 m; 波浪 $H_{4\%} = 2.0$ m, $t = 5.8$ s; 海流以往复流为主, 涨潮 (主流向 WNW, 最大值 0.72 m/s) 流速大。根据自然条件航道轴线可在 $N337.5^\circ \sim 137.5^\circ$ 和 $N315^\circ \sim 135^\circ$ 之

间选择,若采用4 500 m³自航耙吸式挖泥船疏浚航道,试分析该作业区一期工程的进港航道设计方案。

如图4所示,设计人员首先在系统“基本参数设置”中输入所需参数,系统自动校核参数的准确性和完整性,并确定满足设计船型安全进出港要求的航道最小尺度以及疏浚费用,绘制航道三维模型;然后,通过鼠标拖拽等人机交互方式全方位漫游航道宏观尺度与局部土层细节,进而不断调整航道参数及其影响因素数值(如航道轴线、航道线数、船舶航速等),并确定8个航道设计方案(表1);最后,系统即时更新航道三维模型与疏浚费用,智能优选航道设计方案。表1给出8个航道设计方案的疏浚费用,可以看出:

1) 无论单、双向航道,相同航速条件下,轴向 N315° ~ 135° 对应的航道要明显优于

N337.5° ~ 137.5°。以单向航道、航速 6 kn 为例,轴向 N315° ~ 135° 和 N337.5° ~ 137.5° 对应的航道疏浚费分别为 5 691 万元和 9 197 万元,两者相差 3 506 万元,费用减少 38%。

2) 相同航速条件下,双向航道疏浚费用明显高于单向航道。以轴向 N315° ~ 135°、航速 6 kn 为例,单、双向航道疏浚费用分别为 5 691 万元和 9 650 万元,双向航道要增加 40% 疏浚费用。

3) 航速也是影响疏浚费的重要因素,提高航速后航道尺度及其疏浚费也随之增加。以轴向 N315° ~ 135°、单向航道为例,航速 6 kn 和 8 kn 对应的疏浚费分别为 5 691 万元和 6 373 万元,提高航速疏浚费用增加 10%。

可见,3D 可视化海港航道辅助设计系统功能设计合理,操作简单、交互性好,结果符合规范,可智能判断,可以提高设计人员的工作效率。

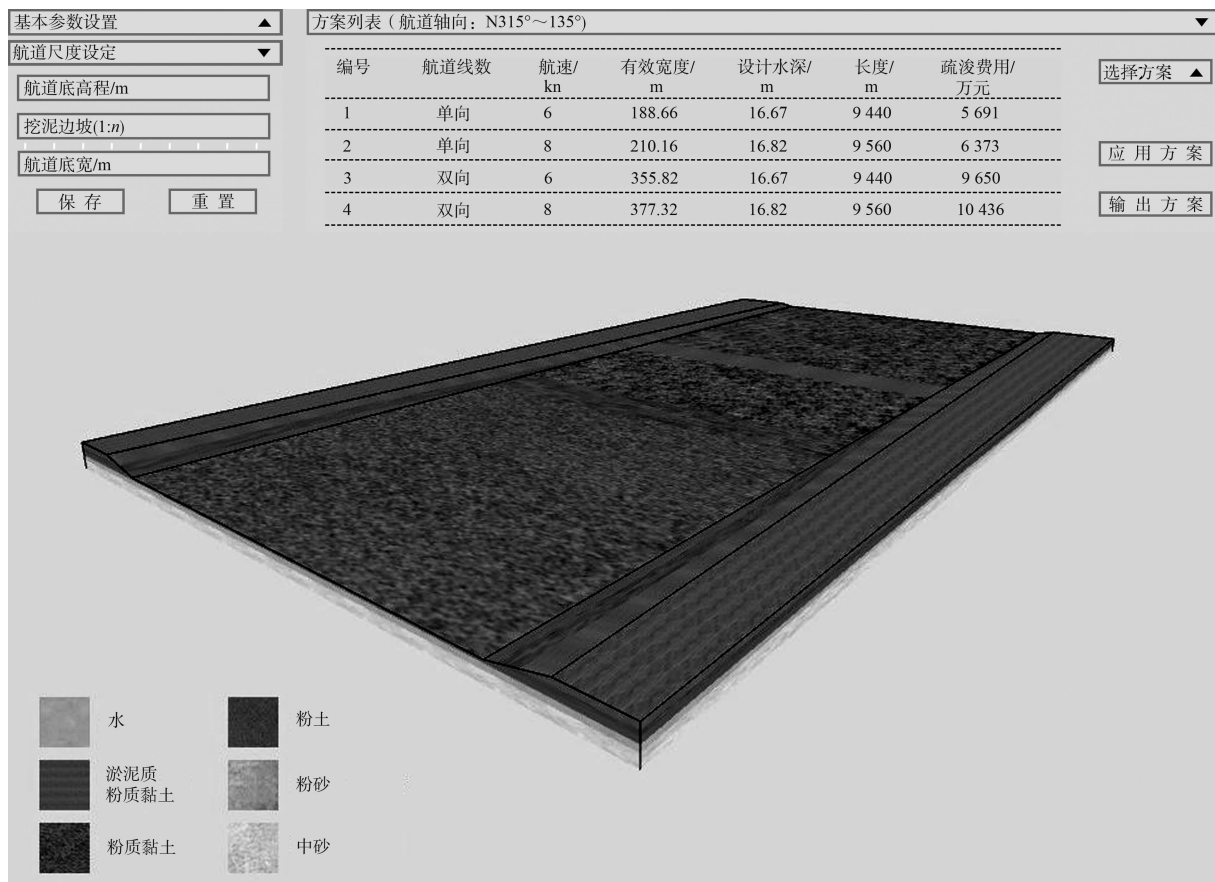


图4 3D 可视化航道辅助设计系统主界面

表1 航道设计方案及其疏浚费对比

方案	航道轴向	航道线数	航速/kn	有效宽度/m	设计水深/m	长度/m	疏浚费/万元
1	N337.5° ~ 137.5°	单向	6	201.9	16.73	19 894	9 197
2			8	223.4	16.88	24 004	10 359
3		双向	6	382.29	16.73	19 894	15 727
4			8	403.79	16.88	24 004	17 087
5	N315° ~ 135°	单向	6	188.66	16.67	9 440	5 691
6			8	210.16	16.82	9 560	6 373
7		双向	6	355.82	16.67	9 440	9 650
8			8	377.32	16.82	9 560	10 436

4 结语

沿海港口进港航道设计所涉数据较多、计算过程繁琐、工作量大,亟需一个有效的可视化、智能化的3D可视化人机交互海港航道辅助设计系统。针对航道辅助设计的关键问题,引入数据库、三维建模技术,提出了基于Processing的海港航道三维可视化辅助设计系统的三层体系框架,并实现了航道尺度计算、三维航道建模与实时修改、疏浚量及疏浚投资估算、方案优选等功能。应用实例表明Processing和Toxiclibs等开源框架可有效实现航道3D模型的绘制、实时显示与交互操作,而且该系统提供功能具有良好的操作性和智能性,可有效提高海港航道规划设计效率,更好地为航道设计提供决策支持。

参考文献:

[1] 眭海刚,张安民,王大斌,等.三峡航道三维可视化与分

析系统的设计与实现[J].人民长江,2005,36(11):8-11.
 [2] 江文萍,奚大平,蔡忠亮.港口与航道三维GIS的设计与实现[J].测绘通报,2012(10):79-81.
 [3] 魏玲.航道工程整治设计三维可视化研究[D].南京:河海大学,2005.
 [4] 邢胜伟.内河航道三维显示与分析系统的设计与实现[D].大连:大连海事大学,2008.
 [5] 李光玉,刘雁春.基于ArcGIS的航道三维可视化关键技术研究[C]//中国测绘学会海洋测绘专业委员会.第二十一届海洋测绘综合性学术研讨会论文集.北京:中国测绘学会海洋测绘专业委员会:2009:3.
 [6] 唐国磊,宋向群,王文渊,等.基于Java开源框架的港口信息服务系统设计[J].水运工程,2011(5):23-26.
 [7] 谭亮.Processing互动编程艺术[M].北京:电子工业出版社,2011.
 [8] Jesse Russell, Ronald Cohn. Toxiclibs[M]. Berlin: Book on Demand Ltd, 2012.

(本文编辑 郭雪珍)



· 消 息 ·

四航局在广东深圳盐田港滚动发展合同额累计近50亿元

8月25日,四航局承建的广东深圳盐田港西作业区集装箱码头工程5#~6#泊位工程正式签约并开工。至此,四航局在盐田港承建项目合同额累计近50亿元。

从20世纪80年代至今,四航局先后承建了盐田港二期、三期、三期扩建及西作业区集装箱码头等工程,其发挥港工建设传统优势,诚信履约,质量至上,安全优质地完成各项建设任务,获得鲁班奖、詹天佑土木工程奖等多项荣誉,并与相关建设单位建立了互信合作、互利共赢的良好关系,实现了盐田港项目的滚动发展。

(摘编自《中国交通建设网》)