

渤海海域三维海流数值模式及 预报业务化应用系统

张永梅, 王 宁, 高龙军

(国家海洋局北海预报中心, 山东 青岛, 266033)

摘 要: 本文详细介绍了渤海海域三维海流数值模式及预报业务化应用系统的组成、主要功能及特点, 同时介绍了软件开发中使用的方法、关键技术及创新点。该系统软件具有方便灵活、移植性强和可视化高等特点, 可以为海岸建设、海上排污, 溢油, 赤潮等海洋工程、污染事件提供准确及时的流场分析预报。

关键词: 预报业务化; 应用系统; 软件开发; 关键技术; 流场分析预报

中图分类号: P731 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003 - 0239 (2005)3 - 0067 - 08

1 引言

人类在海岸河口地区建设港口、开挖航道、围海造陆、保护滩涂、排污入海、环境工程中, 都必须要对潮流场有一较详细的了解。使用海流数学模型模拟所选海域的潮流场情况, 已经被广泛应用。国内对潮波潮流的模式研究较多, 而应用到潮汐、潮流的业务化预报工作进行的较少, 尤其是在国内还没有研制开发成实用的高分辨率的三维潮波、潮流、风生流的可视化计算软件。

我们研制开发了《渤海海域三维海流数值模式及预报业务化应用系统》, 该系统采用计算机集成技术, 以 POM 三维斜压海流数值模式为基础, 建立了以 Visual Fortran 语言编写的渤海潮汐、海流业务化数值模拟模块, 以 Surfer 的 GS Scripter 语言编写的将原始数据按需要转变为相应的可视化的结果的模块^[1], 集成到以 Windows 为平台, Visual Basic 6.0 为开发工具的统一环境下。将模拟计算产生的数据信息由文字、表格、图表、矢量图等多种形式表现出来, 除在微机上显示外, 还可形成数据文件存储到空间数据库, 供随时查询、编辑、打印。系统除了提供以上常规处理手段外, 还提供连续动态演示, 特定结果查询等。

2 系统组成

本系统由三大独立模块组成: 海流模拟模块、实测资料分析模块及海洋站潮汐预报

模块(见图 1)。海流模拟又包括参数录入、数值计算、绘图、结果显示等四部分；实测资料分析包括：资料输入、计算、结果显示等三部分；海洋站潮汐预报包括：参数录入、潮汐预报、结果查询等三部分。

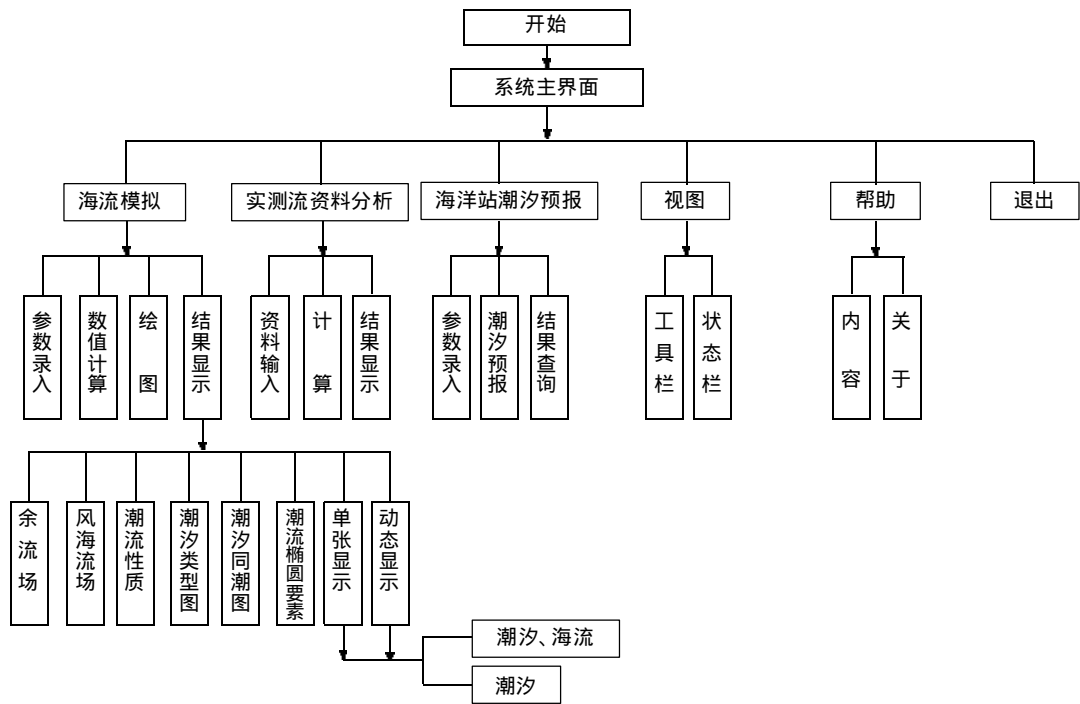


图 1 系统的总体结构框图

3 主要功能

3.1 海流模拟

可根据需要输入海流预报所需的有关信息及其它的环境数据和控制参数。将 Fortran 程序语言编制的海流数值模拟程序打包成动态连接库。通过接口由 Visual Basic 来调用其中的函数，生成相应的数据文件。由 Visual Basic 调用 Surfer 应用软件将数值计算产生的数据文件按需要转变为相应的潮汐图、潮汐海流矢量图。把三维海流数值模拟系统产生的数据信息由文字、表格、图表、矢量图等多种形式表现出来。除在微机上显示、打印机输出外，还可形成数据文件存储到空间数据库，供随时查询、编辑、打印。系统除了提供以上常规处理手段外，还提供连续动态演示，特定结果查询等。

3.2 实测流资料分析

根据用户提供的定点的实测资料，计算任一海流实测点的潮流调和常数、余流、椭圆要素、平均误差、分量的速度、迟角等。并可显示、打印计算获取的这些要素。

3.3 海洋站潮汐预报

可根据用户提供的潮汐预报的起止时间和预测时效等参数,调用已经打包成 DLL 的潮汐预报程序,生成相应的预报结果数据文件。同时对生成的预报结果以曲线、文字、文件等形式表示出来,并可以随时打印输出和保存。

4 系统的软件设计实现

为增强系统的稳定性,提高系统与用户的交互能力,主界面采用 MDI 多文档界面设计,通过调用 WINDOWS API 函数实现本系统总位于所有窗口的最上方。主界面上方的工具条按钮和主界面下方的状态条实现了类似 Windows 任务栏的功能,方便用户操作与了解基本信息。

海流模拟、海洋站潮汐预报采用并行设计与串行设计相结合,使结果的实现多样化。既可按照系统的提示操作,也可单独运行某一功能。

4.1 模拟区域选择

本程序可以对整个渤海做潮流数值模拟。利用面向对象程序设计中的“所见即所得”理念,我们设计了以鼠标拖动的方式选取任意的模拟范围,并将选择结果随时显示在图片下方,极大地方便了用户。为使所选范围的图片结果统一、美观,特意选定了一个合适的比例因子。在设计区域选择程序时,我们使用按比例绘图公式,保证用户任意选取的一块区域,始终按照该设定比例出图。当确定起始坐标后,终点坐标的计算如下:

$$x2=xx$$

$$y2=y1+(x2-x1) \cdot Scale$$

其中, xx 为终点 x 方向屏幕坐标; $x1$, $y1$ 为起点屏幕坐标, $Scale$ 为比例因子。

4.2 参数录入

本功能采用面向对象程序设计方法。不同的参数采用不同的录入方式,用户可根据需要选择适合自己的输入方式。智能化的输入、选择和提示便于用户使用起来得心应手。

预报开始时间参数采用输入与选择的方式相结合,默认值为系统当前时间。用户可以通过选择的方式选择时间参数,或直接在列表框中输入时间。

关心点位置参数需要用户选择关心点个数后,才显示录入界面。在录入界面中,采用 WINDOWS 选项卡形式将录入方式设为两种,便于用户根据自己的习惯和已有的数据格式进行录入或选择。在录入或选择过程中系统根据已选择的模拟范围自动判断用户需要录入或选择的数据范围,并给出相应提示。

输入结束并确认后,根据数据的 ASCII 码值判断输入数据的合法性,利用 VB 的文件操作与字符串处理功能,将数据按特定的格式保存到文件中,供以后使用。

4.3 程序接口

本系统将由 Fortran 编制的动力模型、GS Scriptor 编写的绘图程序和用户的人机交互有机的结合在 VB 开发平台下,使用了动态连接库技术将由 Fortran 编制的动力模型编译成 DLL,在 VB 中用 Declare 语句在模块中声明后即可如自带函数一样调用;用 SHELL 函数直接调用带参数的 GS Scriptor 编写的绘图程序即可绘制用户所需的结果图像。

4.4 绘图

根据数值计算得到的结果,利用 Surfer 的二次开发软件 GS Scriptor 的绘图功能将计算结果与地形图合并到一起,按特定的格式输出潮汐矢量图、潮流矢量图等。

4.5 结果显示

在本系统中,利用主菜单和结果显示对话框两种方式选择要查看的结果。在显示过程中,通过设定公共变量和获取窗口与控件的属性来区分所选方式。可显示潮流椭圆要素、余流场、风海流场、潮汐类型图等。

4.6 关心点、任意点三维数据查询显示

对于任意时刻的一张潮流图,用户除可以看到直观的图片外,还可通过点按任意位置获取该点的三维流速、流向数据。由于关心点和任意点计算方法不同,产生的数据文件不同,程序设计方法不同,所以提取时以颜色区分是关心点或任意点。本系统显示的所有图片文件均经过图像定标处理,屏幕每一个像素点均对应相应的实际地理坐标。当点按任意一点时,程序读取该点的屏幕坐标,及时转换为地理坐标,在屏幕下方状态栏显示的同时,利用坐标转换公式转换为与数据文件一致的坐标,及时读取程序生成的含坐标信息的数据文件,并以动态数组的形式存入内存一连续区域。一旦该点的坐标与文件中的某坐标相符合,则立即中断去调取该坐标点的流速流向信息,并提取出来在鼠标附近以文本框的形式显示出来。

4.7 关心点、任意点整个过程三维数据查询、曲线表示

整个预报过程生成的三维数据文件,分别按时次、维数的形式存放,每个文件内存放整个预报海区的数据。查看任意点及关心点的过程数据,就需要对该点的所有时次文件检索、提取并显示出来。由于关心点和任意点计算方法不同,产生的数据文件不同,提取的方法不同。本程序除可提取关心点、任意点的过程数据外,并可以及时在屏幕上显示,同时可将数据另存、数据输出及曲线表示等。

通过 VB 控件直接调用 Windows 本身的保存、打印功能,保存和打印三维数据及所

看到任意曲线图,方便了熟悉 Windows 的用户。我们可以提供给用户五组曲线表示,即:潮汐曲线、表层流速流向曲线、中层流速流向曲线、底层流速流向曲线。由于每次预报的时效、数据量、范围等均不一致,我们精心设计了坐标轴固定。刻度、数据随预报内容不同随时更新的程序。为增强每次数据的表现力,我们不固定数据的上下限,而是实时读取每次的曲线数据,提取数值的最大值及最小值,并以此作为坐标轴的起始位置。坐标轴刻度的最大值是比最大值大 10 的倍数,最小值是比最小值小 10 的倍数。数据内容随刻度的不同而表示在不同的位置,这样每次作出的曲线坐标轴固定,总体版面不变,但数据、刻度随预报时效、范围的不同而实时改变。保证了数据曲线每次的表现力都是最强的,非常形象直观。在进入任何一个曲线显示画面,均可以任意选择其它曲线画面。极大地方便了用户。

4.8 实测资料分析

将基于 DOS 下由 QBASIC 语言编制的非结构化的程序移植到多任务操作系统 WINDOWS 下,编制成遵循结构化、可视化、面向对象的 VISUAL BASIC 语言的程序。

4.9 海洋站潮汐预报设计实现

由用户确定潮汐预报的起止时间和预测时效等参数,将 Fortran 程序语言编制的潮汐预报程序打包成 DLL,由 Visual Basic 通过接口来调用其中的函数,生成相应的预报结果数据文件,同时对生成的预报结果以曲线、文字、文件等形式表示出来,并可以随时打印输出和保存。

利用 VB 的坐标设置,将渤海海域所包括的海洋站的地理位置在图中显示出来。采用 VB 的坐标设置、鼠标坐标的定义和同步显示,着重显示所选海洋站位置,并在窗口左下角的显示框中同步显示海洋站名称,以增强视觉效果。

根据 VB 的坐标设置和数据处理功能,动态绘制海洋站数据的坐标轴、数据点与数据曲线;采用 VB 的坐标设置、显示设置与鼠标坐标的定义,着重显示所选的数据点,并同时显示该点的数据信息。

采用 WINDOWS 的保存、打印功能结合 VB 内部的保存、打印功能,调用保存、打印对话框实现保存和打印数据曲线图和海洋站潮汐数据。

4.10 绘图模块设计实现

本功能执行在 VB 开发平台下,同时还需要 Surfer 软件及其内部自带的 GS Scriptor 软件支持。

在“选择出图模式”对话框,该对话框利用了 VB 中 check 框的多选功能,在对话框中至少选择一种出图模式,也可以多选。

绘图程序是用 GS Scriptor 软件编写的批处理文件。在程序中,要定义 Surfer 对象,使程序执行时调用 Surfer 软件进行绘图操作。该批处理利用 Surfer Macro Commands 命令

集及 Surfer 函数来实现地形图、溢油预报系统产生的数据及“参数录入”生成的文件中数据的三者的合成,生成结果并保存到图形文件中。

用相应的 VB 函数来调用批处理,并在函数中设置参数值,将 Surfer 和 GS Scriptor 界面属性设为最小化。为了增强程序的稳定性,采用 Windows 多线程技术,将系统的管理权限交给 Windows,使 VB、Surfer 和 GS Scriptor 同时运行,互不影响。并将 VB 设为始终具有焦点。

5 关键技术和创新点

5.1 系统集成

系统集成是在各模块独立的基础上,利用适当的集成平台与工具,实现整个系统信息的集成。在这里就是将由 Fortran 编制的动力模型、GS Scriptor 编写的绘图程序和用户的人机交互有机的结合在一起,实现参数录入、模拟运算、产品输出、管理等功能一体化,以便将输入的信息经过运算,以一定的形式,存储、显示给用户。

5.2 接口技术

本系统将由 Fortran 编制的动力模型、GS Scriptor 编写的绘图程序和用户的人机交互有机的结合在 VB 开发平台下。使用了动态链接库技术,将由 Fortran 编制的动力模型程序通过语句:“!DEC\$ ATTRIBUTES DLLEXPORT”设置程序接口,编译成动态连接库(DLL)。在 VB 中用 Declare 语句在模块中声明后即可如自带函数一样调用。用 SHELL 函数直接调用带参数的 GS Scriptor 编写的绘图程序即可绘制用户所需的结果图像。

该技术是本系统软件设计的关键技术问题。

5.3 图像动态连续显示

采用了循环显示的模式将模拟过程动态地演示出来,循环的次数与用户选择的终止时次和起始时次有关。其值为: $J = \text{终止时次的值} - \text{起始时次的值}$ 。

它利用 VB 延时函数来设置各张图片显示的时间长短,用滚动条控件实现调整动态显示的速度。

在结果的动态模拟过程中采用循环模式使屏幕左下角的信息将随着显示时次同步变化。采用翻页功能以手动的方式察看不同时次的溢油位置图像及溢油信息。为了避免察看图片时超出选择时次的范围,当图片为第一张时,使用 VB 属性将“上一张”和“第一张”按钮属性改为不可用。当图片为最后一张时,“最后一张”和“下一张”按钮属性改为不可用。

该技术是本系统中软件设计的创新点。

5.4 图像定标

本程序的许多功能,如选择模拟范围、关心点数据显示、关心点过程数据查询、任意点数据显示、任意点过程数据查询、椭圆要素数据显示等等,均需要知道图像对应的实际坐标信息,这是一个重要的基础工作。在 VB 6.0 中图像坐标是一个以左上角为起点(0,0)的二维坐标,借助于 VB 6.0 的 Scale 属性,我们可以取到图像宽度及其高度像素的数值,结合图像实际的坐标范围,我们可以得到图像格点的实际坐标。为精确起见,我们计算的基础均是双精度数据,并精确到小数点后 6 位数(单位度)。通过灵活运用鼠标,将这一结果反映到鼠标走过的轨迹上,即当点按图像上的任一点时,相应的图像下方的状态栏有该点的分别以度和度分秒为单位的坐标值,实现了图像的定标,为以后的工作打下了良好的基础。

5.5 图像裁切

为获取用户指定的模拟区域供模拟计算使用。根据用户在底图选择的区域,由程序将用户指定的部分裁切。在系统中放置一张与底图同样但成比例放大的图片,当用户在底图指定区域时,通过换算将相应区域的坐标映射到比例放大的图片中,调用 Visual Basic 函数“PaintPicture ()”生成模拟计算用的底图,以保证其清晰度和减少因换算导致的误差。

5.6 曲线表示技术

在海流模拟模块的关心点、任意点的整个预报过程数据和海洋站潮汐预报模块的结果数据,均可以用曲线表示,这样结果更加直观。由于每次预报的时效、数据量、范围等均不一致,要求生成的曲线能够方便灵活的动态更新,并且表现力要好,我们精心设计了坐标轴固定,刻度、数据随预报内容不同随时更新的程序。为增强每次数据的表现力,我们不固定数据的上下限,而是实时读取每次的曲线数据,提取数值的最大值与最小值,并以此作为坐标轴的起始位置。坐标轴刻度的最大值是比最大值大 10 的倍数,最小值是比最小值小 10 的倍数,数据内容随刻度的不同而表示在不同的位置。这样每次作出的曲线坐标轴固定,总体版面不变,但数据、刻度随预报时效,范围的不同而实时改变,保证了数据曲线每次的表现力都是最强的,非常形象直观。在海洋站潮汐预报模块中我们还特意加入了通过点按曲线上的数据点,显示该点的预报时间、潮位的功能,极大地方便了用户。

5.7 程序移植

将基于 DOS 下由 QBASIC 语言编制的非结构化的程序移植到多任务操作系统 WINDOWS 下,编制成遵循结构化、可视化、面向对象的 VISUAL BASIC 语言的程序。输入、输出统一为标准的 WINDOWS 界面;将 GOTO 语句按照相应的逻辑关系和不同情况分别转化为结构化的 IF...ELSE 或 SWITCH 语句;将 GOSUB 语句转变为函数、过程;将 QBASIC 允许的重名变量、未区分的局部、全局变量及未指定类型的变量、动态数组

均调整为按照结构化并遵循 VISUAL BASIC 的语法规则的定义。

6 系统的特点

本系统可不依赖计算环境,在不低于奔 4 的各种型号微机上运行;可选择预测范围、精度、时效及不同预测模式;本系统人-机界面友好、输入菜单化、输出结果图象化;流、潮信息动态演示化,操作简便。

6.1 稳定性

本系统采用面向对象的方法设计,以对象为中心构造系统软件,主界面采用 MDI 多文档界面,增强了系统的稳定性,提高了系统与用户的交互能力。

6.2 可扩展性

本系统现采用 POM 三维斜压海流模式与 HAM SOM 陆架海模式,为了以后转换模式的需要,我们预留了模式转换接口,方便今后系统的进一步开发完善。

6.3 可移植性

本系统不依赖计算环境,在不低于奔 4 的各种型号微机上运行,移植性良好。

6.4 人-机交互良好

本系统采用标准的 Windows 界面,站在用户的角度设计,用户操作简便,各种提示完善,具有良好的人-机交互能力。

6.5 灵活方便

本系统模式产生的结果具有随机性,因此程序设计时均以动态的方式设计,如在关心点、任意点数据的曲线表示、海洋站潮汐预报的曲线表示等。

参考文献:

- [1] 中文 Visual Basic 6.0 程序员指南 [S]. 科学出版社, 1998.
- [2] Visual Fortran 程序设计 [M]. 人民邮电出版社, 2000.
- [3] Visual Basic 5.0 中文版编程技术 [M]. 人民邮电出版社, 1998.