

# 船舶静力学计算及稳性衡准系统的设计和实现

石国政<sup>1</sup> 侯国祥<sup>1</sup> 方 闯<sup>2</sup> 祝玉梅<sup>3</sup> 许士华<sup>3</sup>

(1 华中科技大学 交通科学与工程学院, 湖北 武汉 430074;

2 中国船级社 武汉规范研究所, 湖北 武汉 430022;

3 中国舰船研究设计中心, 湖北 武汉 430064)

**摘 要:** 详述了船舶静力学计算及稳性衡准系统的一种设计与实现方案。系统由初始数据输入、系统内核计算、计算结果显示三个模块构成。系统实现是以 Sybase 作为后台数据库管理船舶静力学及稳性衡准计算的输入以及计算结果数据, 以 Visual Basic .NET 作为开发平台来实现各项具体功能。对 B 样条的计算方法作为本系统中船舶静力学及稳性衡准计算的核心基础算法进行了详尽叙述。从船舶 CAD 设计文件中智能获取船舶型值信息(从而大大减少系统用户的输入工作量)是本系统实现的突出特点。

**关键词:** 船舶; 静力学计算; 船舶稳性衡准; B 样条函数; 船体型值; 软件开发

中国分类号: U661.2

文献标识码: A

文章编号: 1673-3185(2006)04-01-06

## Design and Implementation of the Marine Hydrostatic Calculation and Stability Criteria System

Shi Guo-zheng<sup>1</sup> Hou Guo-xiang<sup>1</sup> Fang Chuang<sup>2</sup> Zhu Yu-mei<sup>3</sup> Xu Shi-hua<sup>3</sup>

(1 Traffic Science and Engineering College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2 Wuhan Rules and Research Institute of China Classification Society, Wuhan 430022, China;

3 China Ship Development & Design Center, Wuhan 430064, China)

**Abstract:** The paper presents a design and implementation solution of the marine hydrostatic calculation and stability criteria. The system normally contains three subsystems such as data input, kernel computation and results displays. For the system implementation, Sybase was used as the background database to store the input data and the results of calculation, and VB.NET was selected as the development platform for the coding. B-spline algorithm, the basic and kernel of the system was discussed. The presented system has an excellent characteristic, obtaining offsets from ship design file of AutoCAD format intelligently, which alleviates the annoying, burdensome input work of system users.

**Key words:** ship; marine hydrostatic calculation; stability criterion; B-spline; line offset; software development

船舶静力学是一门较为古老的学科,内容包括静水力性能计算、各种载况的浮态和稳性计算、抗沉性计算、下水计算等。计算原理为面积、体积和重量平衡的范畴,其实质是一个近似数值积分的过程。船舶静力学计算在船舶设计、建造、营运和检验中非常实用,是保证船舶安全的重要手段,虽然计算原理比较简明,但由于船体线型的离散性,使得计算量相当大<sup>[1]</sup>。

为了满足船舶设计、规范研究和船舶审图的需要,有必要开发一套实用船舶静力学计算软件。

船舶静力学计算及稳性衡准系统就是作者采用 Visual Basic .NET 研发的具有 Windows 风格的计算软件。该系统具有静水力性能、倾斜试验、完整稳性、可浸长度曲线和破舱稳性纵向下水等计算功能,适用于不同船型的内河船舶和海船。

本系统还有一个特点就是在初始数据输入时的船舶型值表的智能化获取。本系统可以与 AutoCAD 连接,船舶的型线图一般都是 CAD 图形。通过编程,对 AutoCAD 二次开发可以实现 Excel 和 AutoCAD 的动态连接,进行型值的交互修改,

收稿日期: 2006-02-09

基金项目: 973 国家重点基础研究发展规划项目资助(2002CB412300)

作者简介: 石国政(1976-),男,硕士研究生,研究方向:船舶流体力学。E-mail:houguoxiang@163.com

然后再把 Excel 形式的型值表导入后台数据库中,就可以参与静力学计算了。

## 1 开发环境

### 1.1 Visual Basic. NET 应用开发工具

Visual Basic. NET (VB. NET) 也称 Visual Basic 7.0, 是微软 Visual Basic 的升级版本, 具备了面向对象编程语言的所有特征。Microsoft 的 Visual Basic. NET 是 Microsoft Visual Basic 的更新版本, 它基于 .NET 的框架结构, 使用户能非常容易地创建 Microsoft Windows 操作系统和网络的应用程序。使用 Visual Basic. NET 可以快速实现可视化开发网络应用程序、网络服务、Windows 应用程序和服务端组件。与以前的 VB 版本相比, Visual Basic. NET 有了质的飞跃, 变得更为灵活更为强大。本套系统就是在 Visual Basic. NET 环境下开发的<sup>[2]</sup>。

### 1.2 Sybase SQL Anywhere 9.0 数据库管理

Sybase 数据库是美国 Sybase 公司于 1987 年推出的关系数据库系统, 它和其他许多关系数据库产品一样, 为用户和应用开发人员提供了一个关系数据库管理系统 (RDBMS) 核心和一组外围工具软件 (如 Powerbuilder)。SQL Anywhere 是 Sybase 公司针对移动计算环境而推出的一个数据库产品, 具有企业级功能的 DBMS。Adaptive Server Anywhere 具有很好的可靠性和功能, 它提供了全面的企业级功能, 包括完全的事务处理、参照完整性、存储过程、触发器、自动任务安装和自动恢复等功能。同时 Adaptive Server Anywhere 具有易于使用、管理, 高性能以及可伸缩性等优点<sup>[3]</sup>。

因此, Adaptive Server Anywhere 成了当今单机版软件开发的首选数据库之一。本套系统的数据库管理系统选用的是 Sybase SQL Anywhere 9.0。

## 2 系统设计与系统功能模块

### 2.1 系统设计

船舶静力学性能计算系统主界面设计力求风格与流行的 Windows 程序和 AutoCAD 接近, 遵循直接性、一致性、反馈及容错性等界面设计原则, 使用菜单、工具条、输入输出对话框等友好、直观的交互界面, 操作简单, 界面简明, 充分体现以用户为中心。可以同时多窗口显示船体的型线图、横剖面面积

曲线、水线面面积曲线、邦戎曲线等。

系统的工作流程如图 1 所示。用户首先利用初始数据输入模块输入船舶要素、型值、舱室参数、重量参数等, 然后将这些数据保存在 Sybase SQL Anywhere 9.0 数据库中; 用户选定自己需要计算的部分后, 系统调用 AutoCAD 中的 NURBS 算法进行计算, 并把计算结果保存在数据库中; 结果显示模块则调用数据库中的计算结果, 并在 AutoCAD 中显示静水力曲线。

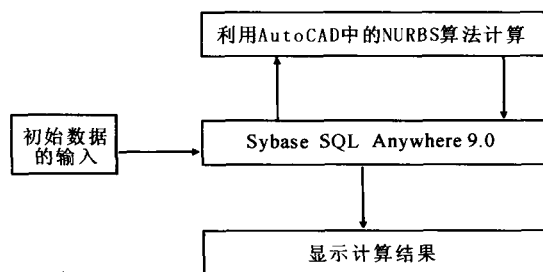


图1 系统的工作流程

### 2.2 系统功能模块设计

根据船舶静力学计算及稳性衡准系统的主要功能, 将其分为 3 个主要模块设计实现, 在主控界面内可以完成对各子模块的调用。

#### 2.2.1 初始数据输入模块

船舶静力学计算所需要的数据繁多, 如船舶要素、型值、舱室参数、重量参数等, 同时随着程序功能的不断扩展, 数据量还会增多。根据船舶静力学计算需要, 在计算之前需要大量的初始数据保存在数据库中。根据初始数据的分类, 可以将计算数据的输入分成以下 8 个部分, 分别为船舶静力学主控数据、静水力性能计算数据、舱室划分和舱室要素、重量项目和自由液面舱柜、完整稳性计算数据、纵向计算要素数据、分舱和破舱稳性计算数据以及下水计算数据 (图 2)。

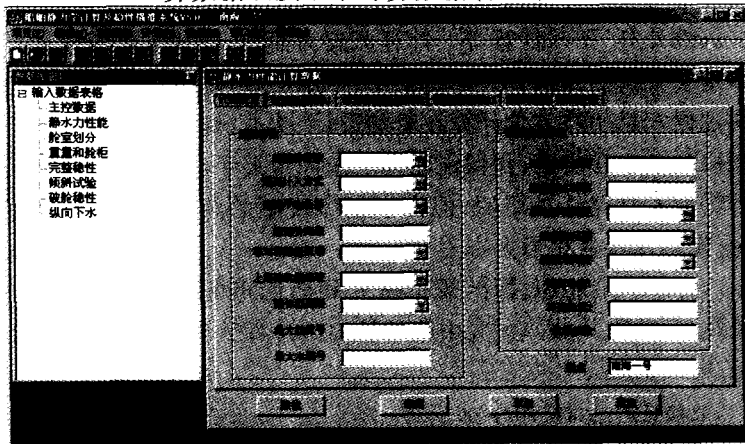


图2 初始数据输入界面

### 2.2.2 系统计算模块

根据初始数据的输入进行各种计算,计算模块包括静水力性能、倾斜试验、舱容曲线、自由液面、完整稳性、可浸长度、破舱稳性、随浪稳性、纵向下水、干舷、吨位和总纵强度等几个子块。具体来说有以下几方面:邦戎曲线、静水力曲线、费尔索夫曲线、横截曲线、进水角曲线和极限静倾角曲线计算,以及倾斜试验的分析和计算、舱容曲线的计算、完整稳性衡准计算等。

在选择了一种或几种所需要的计算选项后,系统调用相应的算法进行计算,计算结果自动保存在后台数据库 Sybase SQL Anywhere 9.0 中。

### 2.2.3 系统结果显示模块

在系统结果显示模块里,系统调用保存在后台数据库中内核计算模块的各种计算结果,因此结果显示模块也有和系统计算模块相对应的各种子模块,也包括静水力性能、倾斜试验、舱容曲线、自由液面、完整稳性、可浸长度、破舱稳性、随浪稳性、纵向下水、干舷、吨位和总纵强度等几个子模块。

例如,在结果显示模块中,静水力性能用于显示和打印型值表、邦戎曲线、费尔索夫曲线、静水力曲线、横截曲线、进水角曲线、极限静倾角曲线以及可浸长度曲线等。其他子模块也具有类似的功能。

## 3 程序设计中的关键技术

在本系统的设计中有3个重点,即数据库访问技术;智能化获取型值以及计算中所采用的B样条函数的计算方法。

### 3.1 数据库访问技术

面向数据库编程始终是程序设计的一个难点和重点,Visual Basic. NET 自身并不具备对数据库进行操作的功能,它对数据库的处理要通过 .NET Framework SDK 中面向数据库编程的类库和微软的 MDAC 来实现。Visual Basic. NET 进行数据库编程主要利用的是 ADO. NET,它是 .NET Framework SDK 中用以操作数据库的一系列类库的总称<sup>[2]</sup>。

若要访问 Sybase SQL Anywhere 9.0 数据库,第一步要在 ODBC 中配置好数据源,通过 ADO. NET 就能连接数据库 SQL Anywhere,实现对数据库的各种数据操作。

本系统的三个模块都与数据库联系紧密,无论是初始数据输入还是计算结果的保存和调用,

在很多个窗口都要调用 Sybase SQL Anywhere 9.0 数据库。本系统选择为数据库的连接建立全局模块。具体选择:[项目]/[添加引用]/[本地项目]/[模块],在项目中添加全局模块 Module,然后在全局模块里面定义 Public dbcon,关键代码如下:

```
Public dbcon As New System. Data. OleDb. OleDbConnection
```

```
Public Function Connect To SQL anywhere( )
```

```
dbcon. ConnectionString = " Protection
```

```
Level = None;
```

```
Integrated Security = SSPI;
```

```
User ID = DBA;
```

```
Data Source = ShipChecking;
```

```
Provider = " " ASAProv. 90" ";
```

```
Cache Authentication = True;
```

```
Persist Encrypted = True;
```

```
Impersonation Level = Identify;
```

```
Mask Password = False;
```

```
Persist Security Info = False;
```

```
Initial Catalog = ;
```

```
Extended Properties = ;
```

```
ASA Multiple
```

```
Results = False;
```

```
Location = " " F: \chuanjishe \database" ";
```

```
Encrypt
```

```
Password = False"
```

```
End Function
```

这样就可以在任何地方调用该函数。

另外在本系统中还用到 DataGrid、TextBox 等控件,并进行了数据绑定,具体做法如下:

从工具箱的“数据”部分选择 OleDbDataAdapter 控件在窗体上拖放,进入“数据适配器配置向导”。根据上文中 ADO. NET 使用中所说明的步骤,完成数据适配器一系列的操作。右键选择添加的 OleDbDataAdapter 控件,选择“生成数据集”添加一个数据集。然后利用生成的数据集对窗口的各个控件进行数据绑定。

数据绑定后还需要进行必要的代码编写,以便数据保存在后台数据库。

窗体装载事件代码:

```
OleDbDataAdapter1. SelectCommand. Parameters(0). Value = strProjectName
```

```
OleDbDataAdapter1. Fill( DsMainCtrA1 )
```

“确定”命令按钮对应的代码是:

```
Me. BindingContext( DsMainCtrA1, “船舶静力
```

学计算主控表 A"). EndCurrentEdit()

OleDbDataAdapter1. Update(DsMainCtrA1)

"取消"命令按钮对应的代码是:

If MsgBox("是否真的取消此记录?", MsgBoxStyle. YesNo) = MsgBoxResult. Yes Then

DsMainCtrA1. 船舶静力学计算主控表 A. Rows(Me. BindingContext(DsMainCtrA1. 船舶静力学计算主控表 A). Position). Delete()

OleDbDataAdapter1. Update(DsMainCtrA1)

End If

### 3.2 智能化获取型值

船舶静力学计算及稳性衡准系统的初始数据输入比较繁多,特别是型值表的输入,由于数据量大,手工输入特别容易出错,一旦出错不易发现,而利用 VB. NET 进行 AutoCAD 二次开发,智能化获取型值并导入数据库中,就能节省很多时间,使数据输入变得简单得多。

基于新的 ActiveX 自动化界面技术(ActiveX Auto, nation Interface)利用 Visual Basic. NET 进行 AutoCAD 二次开发,AutoCAD ActiveX 技术可以使我们通过 AutoCAD 显示出来的信息,用其他应用程序(如 Visual Basic. NET)通过编程从 AutoCAD 内部或外部来控制、操纵 AutoCAD。我们可以用 Visual Basic. NET 将 AutoCAD 当成 Visual Basic. NET 中的一个图形窗口,对其进行各种操作。

#### 3.2.1 Visual Basic. NET 与 AutoCAD 的连接

##### 1) 应用 AutoCAD 对象库

在编写 Visual Basic. NET 代码前,需要在 Visual Basic. NET 编程环境前引入 AutoCAD 对象。在 Visual Basic. NET 编程环境中选择菜单[项目]/[添加引用]/[COM],再选择 AutoCAD2004 Type Library,然后单击[选择]和[确定]按钮<sup>[4]</sup>。

2) 创建 AutoCAD 对象变量,启动运行 AutoCAD,选择型线图。

在窗体中添加一个命令按钮 Button1,双击 Button1,在代码窗口 Button1\_Click 事件过程中输入下列代码,调用“连接 AutoCAD”过程。

Sub 连接 Autocad()

On Error Resume Next

Acadapp = GetObject(, "AutoCAD. Application")

If Err. Number Then

Err. Clear()

Acadapp = CreateObject("AutoCAD. Application")

If Err. Number Then

MsgBox("不能运行 AutoCAD,请检查是否安装了 AutoCAD")

Exit Sub

End If

End If

Acadapp. Visible = True

Acadapp. WindowState = AutoCAD. AcWindowState. acMax

AppActivate(Acadapp. Caption)

End Sub

然后通过运行的 AutoCAD 窗口打开准备输入型值表的型线图。

#### 3.2.2 Excel 与 AutoCAD 的连接技术

在 AutoCAD 应用程序开发中,需要能将 AutoCAD 中的型线图的信息提取出来生成一个 Excel 格式的报表,以便导入数据库,或者打印和管理;可能同时又需要从一个 Excel 格式的型值表中读取数据,用来绘制型线图。为此,必须实现 AutoCAD 与 Excel 间的通信。

首先,要实现 Excel 与 AutoCAD 的连接就要用到 Excel 与 AutoCAD 连接的相关技术。

其次,本程序中 Excel 与 AutoCAD 的连接是通过建立一个数组来实现的。型线图中的一个型值点实际上对应着船舶实体中的一个三维的点,如果我们用一个数组来记录这个三维型值点的三向坐标,那么我们不仅可以从中读出该点在型值表中的数据(半宽值或是水线值),也可以从型线图中找到与实际型值点相对应的 3 个二维型值点。这样,不但可以建立型值表与型线图中某一个点的联系,也可以建立型线图中不同视图之间的联系。实际上,程序是把这个数组作为一个中间过渡的数据存储器,通过该存储器将型线图、纵剖面图、横剖面图和水线图四个部分联系起来,通过修改其中一个部分的数据来修改该数组,然后又由数组将修改信息传递到其他三个部分,从而实现四个部分的动态连接,即实现型线图和型线图的动态连接,纵剖面水线面和横剖面的动态连接。其示意图如图 3 所示。

通过上图的连接方法,我们就可以将型线图和型值表联系起来,并实现动态连接。另外,由于纵剖线和水线已经记录了船体某处的三向信息,我们只需通过纵剖线和水线就可获得点的基本信息,从而生成数组、型值表和横剖面。也就是说程

序是通过水线图和纵剖线图直接画出(或修改)横剖面图的。

船舶型线图的线形方向规定:

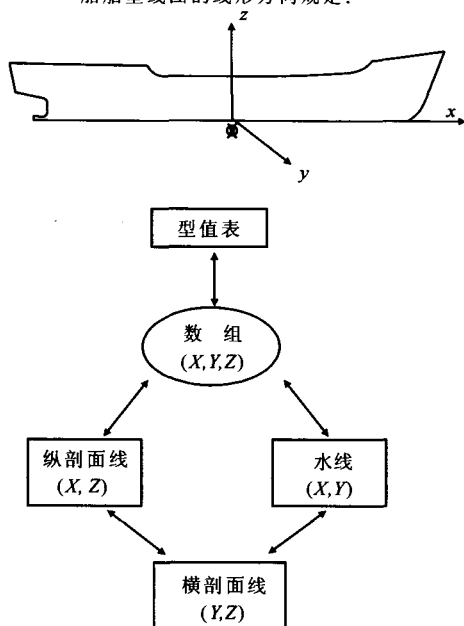


图3 型线交互修改模块原理图

### 3.2.3 样条曲线编辑技术

在用程序绘制和修改船舶型线图时,型线图型中的型线都是作为样条曲线来编辑的,因此有必要对 AutoCAD 中样条曲线编辑技术作简单的介绍。

AutoCAD 中的拟合样条曲线使用圆弧拟合,它类似于 B 样条曲线。样条曲线可通过两种方式拟合多端线:二次拟合和三次拟合。二次样条曲线和三次样条曲线均受 SPLINETYPE 系统变量的控制。在程序中,用户可以编辑样条曲线的以下一些特性:

**拟合点** 用户可以添加新的拟合点,以得到更大的精确度,也可以移动拟合点或者删除一些顶点。

**开/关** 用户可以使打开状态的样条曲线闭合,也可以使闭合的样条曲线成为打开状态。

**切向** 用户可以编辑样条曲线起点切线方向和终点的切线方向,甚至使样条曲线方向相反。

用户可以使用以下的属性来编辑样条曲线:

Close/Open	打开或闭合样条曲线
FitPoints	指定样条曲线的所有拟合点
AddFitPoint	加入给定索引的单一的拟合点到样条曲线中
DeleteFitPoint	删除样条曲线中给定索引的拟合点

GetFitPoint	取得样条曲线中给定索引的拟合点。这只是取得一个拟合点,如果要查询样条曲线的所有拟合点,需要使用 FitPoints 属性
SetFitPoint	设置样条曲线中给定索引的拟合点,这只是设置一个拟合点,如果要修改样条曲线的所有拟合点,需要使用 FitPoints 属性
NumberOfFitPoints	取得样条曲线拟合点的个数
AddSpline	按索引添加一条样条曲线
Delete	按索引删除一条样条曲线

下面给出一个应用样条曲线编辑的实例,该片段语句的主要功能是实现将水线上的型值点(拟合点)顺次录入数组 WLPoint(20,400)中:

MsgBox “请选择水线面上的基点”

WLBasePoint = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, vbCrLf & “基点:”)

For k = 0 To (WLnum - 1)

MsgBox “请从水线面上选择” & ((k + 1) \* WLjj) & “WL 水线”

ThisDrawing.Utility.GetEntity WLSpline(k), Point

WLFitNum(k) = WLSpline(k).NumberOfFitPoints

For i = 0 To (WLFitNum(k) - 1)

a = WLSpline(k).GetFitPoint(i)

WLPoint(k, i \* 3) = 0

WLPoint(k, i \* 3 + 1) = 0

WLPoint(k, i \* 3 + 2) = 0

Next i

For i = 0 To (WLFitNum(k) - 1)

a = WLSpline(k).GetFitPoint(i)

WLPoint(k, i \* 3) = a(0) - WLBasePoint(0)

WLPoint(k, i \* 3 + 1) = a(1) - WLBasePoint(1)

WLPoint(k, i \* 3 + 2) = (k + 1) \* WLjj

Next i

Next k

### 3.3 计算方法

以往的船舶静力学计算一般是通过辛浦生近似积分等方法,以计算船体有关面积、面积静矩或体积等。近似计算方法往往存在一些限制,如辛浦生第一方法要求等分间距的等分为偶数,辛浦生第二方法要求等份为3、6或9等。此外,静水力曲线的计算是沿吃水方向积分,而大倾角稳性计算必须将各个横剖面的有关要素迭加在一起,沿纵向积分。故有效地将船体型值组织在一起(理想的是得到船体的三维曲面解析表达式),使之共享同一原始数据,可降低程序的复杂性,提高计算效率<sup>[5]</sup>。

本系统采用三次B样条函数近似船体线型,即以船体型值的数据为依据,将水线面和横剖面分别用样条函数近似。在各个站号之间的水线面半宽(某一水线)用一个三次B样条函数表达,各个水线面之间的半宽(某一站号)也用一个三次B样条函数表达,这样就相当于用样条函数将船体沿纵向(艏艉方向)和垂向(吃水方向)进行网格划分。于是,根据分段的三次B样条函数,可方便地积分计算得到水线面或横剖面的面积、面积静矩等,再用样条函数方法沿纵向或垂向积分,即可得到相关的船舶静力学性能。

按照B样条函数的推导过程,用Visual Basic.NET语言编制用B样条函数拟合曲线的子程序。采用B样条函数计算船舶静力学性能,具有很好的计算精度,简化了计算过程,使得静力计算

前后一致,保证了船体线型的光顺性。

## 4 结 论

本系统以基于Windows操作平台的Visual Basic.NET语言为开发工具,采用模块化设计,为操作人员提供了友好的人机界面。该软件大大减少了船舶静力学的计算量,同时,由于在计算中采用了B样条的方法,提高了计算速度,且计算结果也具有很好的精度,满足了船舶设计、规范研究和船舶审图的需要,因此该软件的开发有着重要的实用价值。

同时,系统的开发是在综合利用数值计算知识、计算机技术,结合理论研究,联系实际需要的基础上进行的,旨在通过本课题的研究,在船舶静力学计算和计算机辅助设计方面进行一些有益的探索,希望研究的成果能为船舶业内人士进行船舶专业CAD软件开发提供一些新的设计思路和启示。

### 参考文献

- [1] 陈宾康,董元胜. 计算机辅助船舶设计[M]. 北京:国防工业出版社,1994.
- [2] 廖望,钟永生,黄国平等. Visual Basic.NET 程序设计案例教程[M]. 北京:冶金工业出版社,2004.
- [3] CARTER B. SQL Anywhere Studio 9 开发指南[M]. 北京:电子工业出版社,2005.
- [4] 张晋西. Visual Basic.NET 二次开发 AutoCAD 范例精解[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [5] 陈宾康. 船舶静力学现代算法[M]. 大连:大连海事大学出版社,1995.