

# 船闸人字门 CAD 系统研究

陈文龙 张燎军 翟利军 矫桂娥

(河海大学水利水电工程学院,江苏 南京 210098)

**摘要** 对船闸人字门 CAD 系统的设计方法进行了研究,探讨了相关的设计问题.结果表明:采用 VB、VF、Access 多种语言混合编程方法进行船闸人字门 CAD 系统开发,使系统既具有友好的人机交互界面,又有高效的计算能力;采用先进的薄壁结构有限元方法进行人字门的结构分析,真实反映了闸门的变形和应力,从而能更好地进行优化设计;数据库应用将设计模块和图形绘制模块相分离,提高了系统的可靠性和编程效率,同时也有利于设计资料的保存.

**关键词** 人字门;计算机辅助设计;有限元;界面;数据库

中图分类号:U641.1;TP391.72 文献标识码:A 文章编号:1000-1980(2002)05-0110-03

船闸是通航河道上挡水工程必要的交通建筑,而闸门则是通航水道的咽喉,是船闸的重要组成部分.人字型钢闸门是船闸最常用的形式,其设计工作十分繁琐,工作量也很大.把 CAD 技术应用于人字门设计,可以大大提高设计效率,避免设计人员进行重复的劳动,提高设计质量.目前出现的人字门 CAD 系统仅以现行的《船闸设计规范》为依据进行研制,把人字门分割成简单的构件计算,因此不能反映闸门的整体性能,而用有限元法对人字门进行空间计算,尽管能较全面地了解闸门的整体作用,但数据的准备和成果的整理十分繁杂.基于这种现状,笔者以有限元理论为依据,采用多种语言混合编程研制了一套既有友好的人机交互界面又有高效计算能力的船闸人字门 CAD 系统.

## 1 系统功能简介

根据船闸人字门的设计特点,一个完整的船闸人字门 CAD 系统应具有如下的总体功能:人字门的结构设计及构件尺寸设计、人字门各构件的强度计算、人字门三维立体效果图和二维施工详图绘制、人字门结构材料用量汇总.本系统的大致过程为:首先,输入人字门的基本设计资料(如上游水位资料、下游水位资料、闸室宽度等),系统自动按照规范进行人字门的结构布置和各构件尺寸的初估设计,设计人员可随时酌情修改系统推荐的建议值.初步设计完毕,随后进行有限元计算,根据有限元后期图形处理的结果分析进行优化设计,如果已达到预定的优化设计标准,则把设计结果存入设计结果数据库,否则调整结构设计值和构件尺寸设计值,再进行有限元计算,不断反复,直到完成优化设计为止;最后,从数据库读取所需的数据,自动完成人字门的三维立体效果图、二维施工图及人字门材料汇总图的绘制.系统的总体结构如图 1 所示.

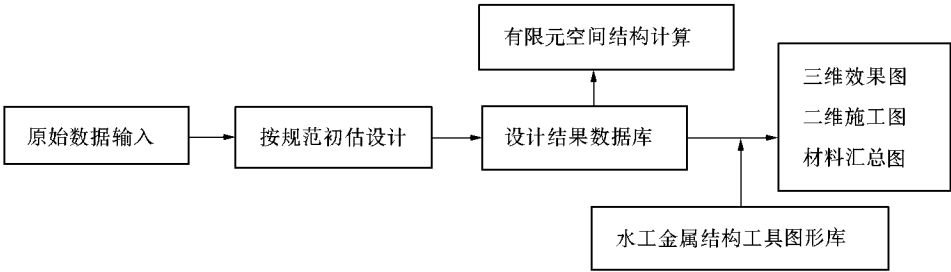


图 1 系统结构

Fig.1 System structure

有限元分析和结构优化设计是整个 CAD 系统的重点之一,它包括前期图形处理、空间结构分析计算、后期图形处理 3 部分。前期图形处理模块包括网格自动剖分、平面网格图、空间网格图,后期图形处理包括主梁变位图、空间整体变位图、主梁内力图、隔板应力图、背拉杆应力图、主梁应力图、启闭杆应力图等。三维效果图、二维施工图的绘制则是根据设计结果数据库的数据,参数化生成。

## 2 计算模型与开发技术

### 2.1 空间薄壁结构有限元的应用

人字闸门,其关门挡水和启闭运行过程中的受力状态和工作方式完全不同,闸门所承受荷载将通过面板、主梁、隔梁等构件的传递来共同承担,按常规将其分割为一些平面构件来计算,很难全面反映闸门的整体性能。此外,用薄壁杆件理论计算时,将闸门看成一根空间薄壁杆件进行了分析,不可能精确模拟出闸门各主梁、隔梁、面板之间的实际布置形式(如变间距、变厚度、变截面等)及其相互作用关系,不能正确考虑背拉杆对闸门刚度的影响,难以反映人字门启闭运行过程中的弯扭变形(而后者对人字门的工作性态是十分重要的),因而所得结果具有一定的近似性。根据该闸门的结构形式和受力特点,建立空间薄壁结构有限元模型,将闸门面板、主横梁腹板、隔板腹板、门轴柱推力隔板等离散为板壳单元,主横梁翼缘、隔板翼缘、次梁等离散为空间梁单元,而背拉杆则离散为空间轴力杆单元。

### 2.2 多种语言混合编程技术

#### 2.2.1 开发工具

一个优秀的 CAD 系统既要有友好的人机交互界面又要有高效的计算能力,基于这个思想,本系统采用多种语言混合编程:

a. 用 VF(Visual FORTRAN 的简称)开发有限元空间结构分析计算模块,研制适合于空间薄壁组合结构以及超大带宽有限元方程组求解的高效计算方法。

b. 利用 VB(Visual Basic 的简称)采用面向对象的可视化编程技术,进行整体系统的主控设计和各种功能的设计,开发友好的人机交互界面,包括设计数据的输入及有限元前处理的图形显示和有限元后处理结果的图形显示界面。

c. 利用 Microsoft Access 数据库管理计算数据,使结构计算和图形绘制数据共享,实现计算绘图一体化。

d. 用内嵌于 AutoCAD2000 中的 VBA 二次开发工具编制绘图模块,通过访问数据库数据实现三维立体效果图和二维施工详图的自动绘制。

#### 2.2.2 各类开发语言的数据接口

a. VB 与 VF 的接口。通过 VB 调用 VF 编译而成动态链接库 DLI(Dynamic Link Library)。

b. VB、VBA 与 Microsoft Access 的接口。VB、VBA 和 Access 数据库同为 Microsoft 公司产品,共享了对数据库访问的代码。

c. VBA 与 AutoCAD2000 的接口。AutoCAD 2000 应用了 ActiveX 模型,ActiveX 对象是全开放的对象模型,它显示了每一个对象的方法和属性,利用 VBA 可方便地操作 AutoCAD。

### 2.3 界面及数据库设计

进行人字门结构设计和构件尺寸设计时,先按规范进行初估设计,包括人字门各构件的结构数据(如各主梁间距、主梁间次梁数),各构件的尺寸数据(如主梁的上翼缘宽、上翼缘厚、下翼缘宽、下翼缘厚、腹板高、腹板厚等)。以主梁截面设计(图 2)为例,在完成人字门结构设计之后,系统以规范为依据,结合工程经验,自动给出主梁截面尺寸推荐值。设计人员进行应力验算、稳定验算、刚度验算,如果初估设计不满足规范要求,则修改个别设计参数,再进行分析验算,不断反复,直至满足规范要求。规范设计完成后,系统把设计结果按一定的格式形成设计结果数据库,并启动有限元计算模块,利用设计结果数据库数据,进行有限元分析计算。有限元计算结果的整理主要用图形表示,设计结果的图形化加强了工程设计的直观性,加深了设计人员对数据的理解和利用,加快了设计人员对数据的处理速度。从主梁的应力图(图 3),可以很直观地看到主梁各个部位的应力值,分析设计结果是否合理。如果最大应力超出规范允许范围,系统自动显示警告信息。

数据库是各模块间参数传递的桥梁。数据库主要包括标准件数据库(主要储存人字门设计通用零件如等边角钢、不等边角钢、工字钢、槽钢等的几何数据)和设计结果数据库(主要保存当前设计结果,包括设计基本

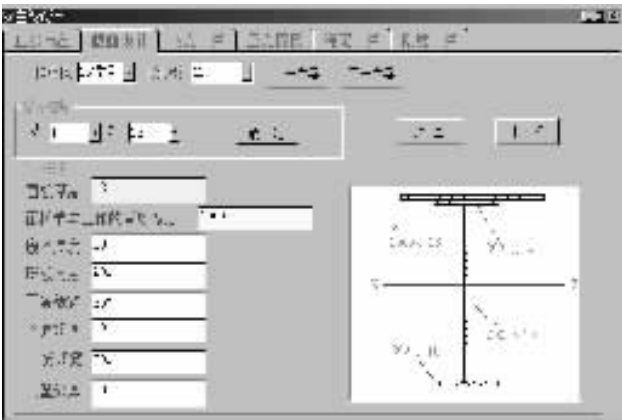


图2 主梁设计界面

Fig.2 Interface of main beam design

资料、人字门总体结构数据、主梁尺寸、次梁型号、隔板尺寸、梁系间距尺寸、顶枢数据、底枢数据)。图形的绘制是一个参数化过程。图形绘制模块先从设计结果数据库及标准件数据库中获取构件的结构数据及尺寸数据,然后调用水工金属结构图库进行施工图绘制和三维效果图绘制,参数化绘图流程如图4所示。图形的绘制以零件图和装配图为单位,允许用户任意组合,比较符合实际需要。

3 结 论

本文采用 VB ,VF ,Access 多种语言混合编程,并进行船闸人字门 CAD 系统开发,使系统既具有友好的人机交互界面,又有高效的计算能力;采用先进的薄壁结构有限元方法进行人字门的空

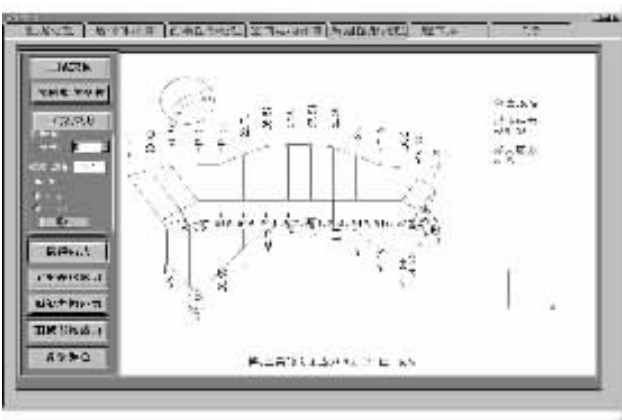


图3 主梁应力界面

Fig.3 Interface of main beam stress

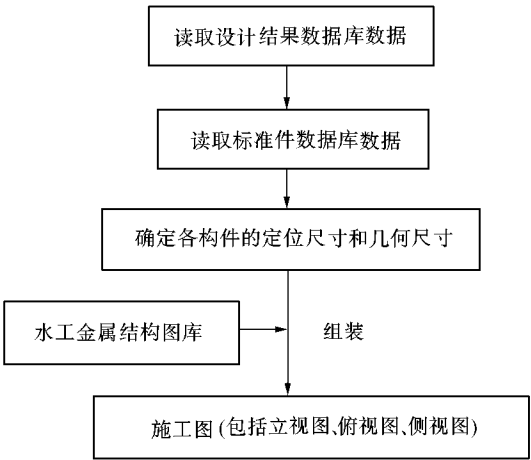


图4 参数化绘图流程

Fig.4 Flow chart of parametrized drawing

参考文献：

[1]陈军 梅明荣.用动态链接库文件实现 FORTRAN 与 VB 混合编程[J].计算机技术及计算机运用,2000(1) 27~30.  
[2]安徽省水利局勘测设计院.水工钢闸门设计[M].北京:水利出版社,1980.133~154.  
[3]周珂伟.Visual Basic 6.0 数据库开发学习教程[M].北京:北京大学出版社,1999.24~30.  
[4]肖刚,李学志.机械 CAD 原理与实践[M].北京:清华大学出版社,1999.61~78.

Study on miter gate CAD system

CHEN Wen-long , ZHANG Liao-jun , ZHAI Li-jun , JIAO Gui-e

( College of Water Conservancy and Hydropower Engineering , Hohai Univ. , Nanjing 210098 , China )

**Abstract** : A study is performed on the method for design of a miter gate CAD system and some correlative functions of the system. The system includes three parts , i. e. criterion-based miter gate design , FEM calculation and optimal design , and construction drawing production. In the system , mixed-language programming is adopted : data are managed with Access , FEM calculations are performed with FORTRAN , interfaces are designed with VB , and various graphs are drawn with AutoCAD. By use of the thin-wall structure FEM , the system can successfully analyze the space structure and simulate the operation state of miter gates.

**Key words** : miter gate ; CAD ; finite element ; interface ; database