

中小型水利工程 CAD 软件开发及应用

张 珏¹ 陈金水² 顾新龄³

(1. 河海大学交通及海洋工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 河海大学计算机及信息工程学院, 江苏 南京 210098;
3. 太仓市水利勘测设计研究所, 江苏 太仓 215400)

摘要 针对中小型水利工程的特点, 探讨了中小型水利工程 CAD 软件的设计模式及软件集成方法, 并以堤类建筑物为例, 介绍了软件的实现过程。软件流程组织上模拟手工设计过程, 并采用可视化技术, 以直观方式帮助设计人员决策。接口技术采用 ActiveX 技术, 实现各软件之间的无缝集成; 采用面向对象的设计思想和体系, 结构上松耦合, 模块可摘除性强。水利工程土方量计算采用面矢量算法。在江苏省太仓市的应用表明, 该软件是有效和成功的。

关键词 中小型水利工程; 计算机辅助设计技术; ActiveX 技术

中图分类号 : TP391.72 ; TV222.2 **文献标识码** : A **文章编号** : 1006-7647(2006)01-0066-04

Development of CAD software and its application to middle- and small-scale water resources projects//ZHANG Jue¹, CHEN Jin-shui², GU Xin-ling³ (1. College of Traffic, College of Ocean, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. College of Computer and Information Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 3. Taicang Survey, Design and Research Institute of Water Conservancy, Taicang 215400, China)

Abstract : The design mode and integration method of CAD software for water resources projects were discussed. By imitation of manual design and adoption of visual technology in organization of software flow, the software helps designers make decision intuitively. In software design, the surface-vector method was used for calculation of the earthwork for water resources projects, and the ActiveX technology realized the seamless integration of different modules. With the object-oriented design idea and system, the software is loose in structure, and each module is easily removed. The successful application of the software to an embankment project in Taicang City demonstrates the effectiveness of the software.

Key words : middle-and small-scale water resources project; CAD; ActiveX

我国江河湖泊众多, 水利工程的设计、施工、维护任务繁重, 如何让从业人员从繁琐的计算、绘图任务中解脱出来, 从而提高工作效率, 是一个具有现实意义的问题。笔者从中小型水利工程入手, 利用 CAD 等技术, 研制开发了中小型水利工程 CAD 软件, 探讨了水利工程自动化的可行性及技术要求。

CAD 技术自 1963 年问世以来, 已经在机械、电子以及建筑工程设计中得到广泛应用。然而, 在水利工程设计领域, 目前尚无成熟的商品化软件。究其原因, 主要有: ①水利工程一般规模大, 专业面广, 结构类型多, CAD 系统开发困难; ②水利工程因地制宜, 设计因人而异, 且应用范围窄, 规范不够严格、具体, 因此 CAD 系统很难通用; ③水利工程设计人员与计算机专业人员不容易整合, 实用的 CAD 软件难以产生。这些原因导致我国大部分水利工程 CAD 系统的应用最多也只是行业推广, 且每次推广应用都不可避免地存在适应性修改问题。

我国市、县水利局都设有水利勘测设计研究所, 主要从事农桥、套闸、小型泵站、江河圩堤等的勘测设计, 这类工程面广量大, 无论是设计还是施工, 任务都非常繁重。针对这种情况, 笔者以堤类建筑物为例, 系统地研究了中小型水利工程 CAD 软件的开发方法, 并在江苏省太仓市得到应用, 推动了水利工程 CAD 技术的发展。

1 设计思想

中小型水利工程 CAD 系统应面向基层设计人员, 必须适应不同地区、不同人员的个性需求。但是, 要全面考虑各种因素非常困难, 甚至是不可能的, 因此, 中小型水利工程 CAD 软件应成为一个“枚举型”设计软件, 以便于修改、扩充, 也更能增强对计算机技术不断更新的适应性。

1.1 流程组织

中小型水利工程 CAD 软件通过“自动化”措施,

在提高设计效率的同时,要充分留出“交互”余地,发挥设计人员的创造性,保证设计结果对工程所在地和所处历史时期的适应性。因此,CAD系统的基本工作流程仍然沿袭手工设计工作流程,在某些判断决策、局部处理措施、细节说明部分仍然由工程设计人员通过人机交互进行。整个过程与手工设计流程基本一致,设计人员不需要“再学习”就能掌握应用。

1.2 应用模式

考虑到中小型水利工程CAD软件使用时的灵活性要求,软件除了能用于完成一个水利工程的完整设计(从设计要求输入一直到施工图绘制)外,每个功能模块都应该能单独运行,因此每个模块都必须具备两个控制入口和数据入口,如图1所示。入口1和出口1是进行完整系统设计时的控制流和数据流;入口2和出口2是单独调用该模块时的控制流和数据流。

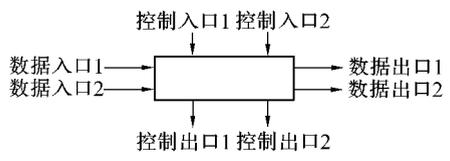


图1 模块的两种入口和出口

1.3 软件集成及开发方法

CAD软件是一个集数据处理、数值计算、图形绘制等功能于一体的集成系统。根据国内情况,工程绘图大多数都选用AutoDesk公司的AutoCAD软件,办公管理则采用Microsoft公司的Office软件,只是版本略有不同而已。因此,中小型水利工程CAD软件中的图形绘制采用AutoCAD 2000,对数值计算和图形绘制所用的公共和局部数据(只隶属于某个模块)则采用Office的Access进行管理。界面设计和数值计算基本采用VB,并通过Command Scripts,ActiveX技术及AutoCAD 2000提供的面向对象方法访问CAD绘图系统。图2描述了支撑软件的集成及互操作过程。

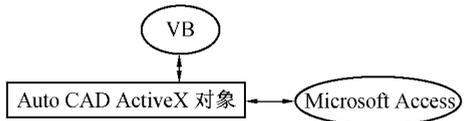


图2 中小型水利工程CAD系统支撑环境及互操作过程

中小型水利工程CAD软件采用了结构化开发方法和原型设计法,并适当考虑面向对象方法(OOA,OOD,OOP)的思想体系进行开发。

传统的结构化开发方法将系统开发过程分成分析、设计、编码、测试、维护5个阶段,它的突出优点是强调系统开发过程的整体性和全局性,强调整体化前提下考虑具体的分析和设计,并且严格地自顶向下逐步进行。

水利工程设计专业性很强,只有系统、充分地分

析工程需求、结构特点,才能产生适用、优良的工程建筑。因此,中小型水利工程CAD软件应在结构化开发方法指导下,进行详细的系统分析与设计,然后制作出比较完善的原型样机,再通过“对话”逐步地使系统符合水利工程设计的要求。

1.4 灵活性模块规划

正如硬件修复正日益被零件摘除、更换所替代一样,软件的修改也正日益被摘除、重编所代替。从某种意义上来说,软件的修改要比硬件的修复更为困难,因此,模块的易摘除性是非常重要的。为了便于模块的重编,应对程序的详细注释改为对模块的详细注释。模块注释包括模块的功能、算法、I/O数据的内容及格式等。至于程序怎么编,甚至用什么语言则是无关紧要的。

2 应用实例

本文以堤类建筑物的设计为例,详细说明上述设计思想应用过程中的技术方法,以及以此构建的CAD软件的特点。

2.1 堤类工程CAD软件的功能模块及其组成

堤类工程设计包括:对所采集的地面线数据录入及正误检测,根据地面线形状选择断面型式,进行稳定分析,如满足要求,则确定型式,否则,重新修改几何参数或增加桩基;计算工程量,以估算造价;计算每个断面及总的挖填土方量;最后用CAD绘土方断面图(绘每条地面线与相应的土方断面,并标注挖填方面积),绘出结构断面图,以便提供工程施工的依据。图3概括地描述了堤类工程CAD软件的功能模块及其组成。

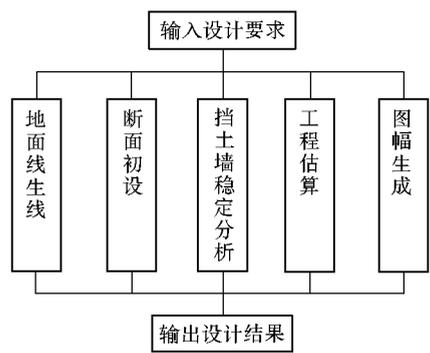


图3 堤类工程CAD软件功能模块及其组成

2.2 实现技术

2.2.1 VB与AutoCAD的无缝集成^[1,2]

该软件交互性强,自动化程度较高,可在VB和CAD之间自由转换,克服了传统开发方法中应用一次只能画一张图的缺陷。这是由于软件应用了ActiveX技术,以CAD作为Serve(服务程序),以VB为Client,提高了两者之间的通信水平。在程序编译阶段,对象

引用中采用了早期绑定技术,提高了应用程序的效率。

2.2.2 人机互动

为了充分体现设计人员的设计思想和地域特点,每个功能模块都充分考虑数据的输入、修改及纠错能力。以地面线生成模块为例,设计流程见图4。数据在录入过程中,可在图形窗口即时显示出来,设计人员可根据地面线的图形判断是否输入正确;同样,修改数据也有此功能。

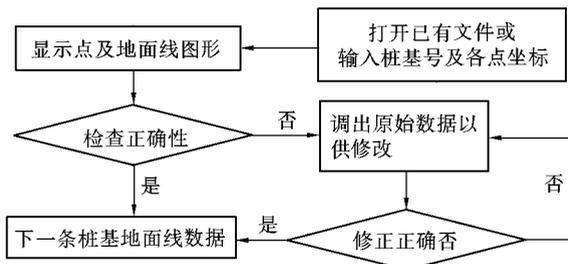


图4 地面线生成流程

2.2.3 面矢量算法

水利工程设计阶段对地面线分段测量,挖填方工程量很大,将土方面积由复杂的曲面体体积转化为较简单的平面体体积计算,累计误差相对可忽略不计。因此土方量计算的难点变为每个分段断面的面积计算。经过研究,采用了面矢量算法,有效地解决了这一问题。如图5,设地面线 G 与工程断面轮廓线 C 是顶点数分别为 m, n 的有向线段,其点表为 $\{g_1, g_2, \dots, g_m, g_{m+1}\}$ 与 $\{c_1, c_2, \dots, c_n, c_{n+1}\}$;两线段的交集为 $P\{p_1, p_2, \dots, p_k\}$,可组成 $k-1$ 个有向环,其中顺时针为负值,是挖方量,逆时针为正值,是填方量;每个有向环是一个多边形, n 边形面积可转化为 $n-2$ 个三角形面积之和(见图6),第 i 个三角形的面积为

$$S_i = \frac{1}{2} \left| P_1 P_{i+1} \times P_{i+1} P_{i+2} \right| = \frac{1}{2} [(x_{i+1} - x_i)(y_{i+2} - y_i) - (y_{i+1} - y_i)(x_{i+2} - x_i)] \quad (1)$$

则多边形面积为

$$S = \sum_{i=1}^{n-2} S_i \quad (2)$$

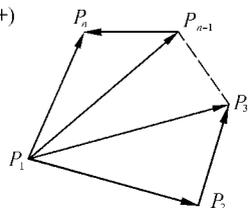
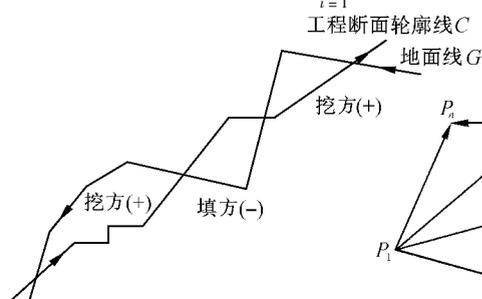


图5 土方断面线段方向设置

图6 多边形面积划分

矢量为逆时针方向的三角形,其面积是正值,反之,面积是负值,以此区分挖方量和填方量。这种方法适用于任意多边形,不仅满足凸多边形,对凹多边形也适用,提高了计算的准确性。

2.2.4 OLE 技术的应用

工程估算中,用户单位要求界面上所显示的断面形式是在断面初设阶段所选用的任意形式,为此采用了OLE控件策略作为系统集成手段,满足了用户方的要求。

2.2.5 可视化技术的应用

水利工程设计时间较长,各个环节经常反复,为帮助设计人员随时从中断的工作处开始,在界面的设计上采用了可视化技术。比如数据的输入,直接在图形界面上显示,比传统的界面与数据分离的方式更直观、形象,不易出错;地面线数据的录入,每个点的标号与坐标位置直接显示在界面上,工作人员能及时发现问题并纠正,提高了工作效率。

2.3 软件特点

软件模拟了堤类工程的整个手工设计过程,但并不拘泥于这个过程。其主要技术特点有:采用可视化技术输入数据,形象直观,不易出错;采用面向对象技术,便于软件复用;挖填方工程量的矢量量算方法充分满足了设计的精度要求;采用ActiveX技术进行接口设计,使系统集成更加规范并且灵活。因此,软件不仅可以整体复用,也可以局部(若干个模块或“类”)复用,能很好地适应不同地域、不同人员的设计应用。

2.3.1 数据的可视化输入,直观形象,效率高

以地面线输入为例,每个工程可能有几百个地面线测绘数据,传统手工输入不易发现错误,且检查工作繁琐,而采用可视化技术,在输入数据的同时,即可发现正确与否,且修改功能强。在断面形状输入、稳定性计算中也采用了可视化技术,与传统的形状界面与数据分离相比,更不易出错。

2.3.2 模块的“类”定义,提高了软件的可复用性能

由于软件流程中各模块的相互关联(输入地面线文件→错误检查→根据地面线形状选断面型式→计算稳定性→根据挡土墙稳定性,重新选型→工程量估算→图幅生成),结合紧密,如采用传统的结构化开发方法,则不易修改、维护,通用性不强。采用面向对象技术,按照结构松散耦合原则,按“类”来定义模块,提高了软件的可重用性和可维护性。

2.3.3 数据库技术实现了工程量的自动计算

和其他水利工程一样,堤类工程的工程量计算非常繁杂。在挖填方量计算中,首先要用地面线与工程轮廓线算面积,还要根据相邻桩基纵轴差计算

方量,最后再求总方量。由于一个项目有可能不会按顺序输入桩基号地面线文件,如要计算总方量,需要先对桩基号排序,其算法复杂。以快速排序为例,其复杂度在最坏情况下为 $O(n^2)$,平均情况为 $H(n \lg n)$;当地面线文件多达上百个时,计算速度慢,且还要按照桩基值查找相应的地面线文件,因此非常耗时。堤类工程 CAD 软件采用了数据库技术,借助数据库的自动排序,可以按桩基值快速找到相应的地面线文件,再利用面矢量算法求出工程量,既方便又准确、快速。

2.3.4 ActiveX 技术的应用 提高了软件的自动化程度

由于软件涉及计算、绘图、概预算等方面,众多软件的集成,相互之间的转换与调用要求灵活多变,以适应用户的需求。软件利用 ActiveX 技术,实现了不同部件的共享与调用。

2.3.5 为后续软件的开发准备了通用的组件

水利工程中,土方量计算与图形显示、工程估算、稳定计算等都是需要的,我们将这些模块设计成

(上接第 56 页)

4 结 论

a. 回龙抽水蓄能电站上库地形地质条件复杂,将裂隙岩体划分为主干裂隙系统和裂隙岩块系统,采用非连续介质双重裂隙系统理论建立三维渗流模型进行渗流计算,较好地解决了连续介质渗流理论计算误差较大的问题,提高了渗流计算的准确性,为库区防渗方案的确定提供了可靠依据。

b. 经过专家鉴定与试验验证,可以认为,对于库区地形复杂的岩基表面,采用大面积喷混凝土防渗的新工艺,技术上是可行的,能够达到很好的防渗效果,可以节约大量的开挖量及混凝土量,从而节约大量的工程投资,具有一定的推广应用价值,但应注意严格控制配合比与施工工艺。

喷混凝土防渗工艺还有待于水库蓄水后的考验及其他生产实践的验证,并进一步研究完善。

参考文献:

- [1] 王恩志,王洪涛,孙役.双重裂隙系统渗流模型研究[J].岩石力学与工程学报,1998,17(4):400-406.
- [2] 王恩志,李昂,毛文然,等.回龙抽水蓄能电站上库岩体三维渗流分析[J].水力发电学报,2002(1):96-100.
- [3] 章小君.回龙抽水蓄能电站上库湿喷混凝土防渗试验[J].人民长江,2003,34(9):48-51.

(收稿日期 2004-10-14 编辑 熊水斌)

组件,以便快速移植到其他工程中。

3 结 语

中小型水利工程 CAD 软件在异构软件集成上采用 ActivX 技术,在计算、绘图、概预算等功能之间可自由切换;人机交互性强;土方量计算采用面矢量算法,并结合数据库技术,简洁快速;数据输入及地面线和断面显示等采用可视化技术,直观形象地帮助判断。软件呈现在用户面前的是友好的界面,熟悉、灵活的操作流程,不用再“学习”就可快速上手,在太仓市推广应用中得到好评,极大地提高了工作人员的设计效率。

参考文献:

- [1] LOMAX P. VB 与 VBA 技术手册[M].北京:中国电力出版社,2002.
- [2] MCFARLANE S. AutoCAD 数据库连接[M].罗阿理·卢迪,译.北京:机械工业出版社,2001.

(收稿日期 2004-09-30 编辑 熊水斌)

(上接第 59 页)

c. 解决了大网笼的制作问题。对于 10m^3 左右的大网笼,里面又装的是石料,还要用推土机推到位,因此对网笼强度要求较高,若均用 8 号铅丝不但浪费,而且手工操作困难。经过试验,提出了以 8 号铅丝作骨架、以 12 号铅丝编网的人工制作工艺,较好地处理了强度与编网操作间的矛盾。

d. 首次提出了在大网笼中使用稻草、麦秸、玉米秸秆等作软料代替柳料起到缓流落淤的作用,可有效解决抢险料物不足的问题,同时也减少了柳枝砍伐量,有利于保护环境。另外,稻草、麦秸、玉米秸秆作软料用机械装料时更为方便,也便于调整软料与石料比例,以适应抗拒不同流速的需要。

参考文献:

- [1] 罗庆君.防汛抢险技术[M].郑州:黄河水利出版社,2000.
- [2] 刘宗耀,杨灿文,王正宏,等.土工合成材料工程应用手册[M].第 2 版.北京:中国建筑工业出版社,2000.
- [3] 张宝森.土工合成材料软帘堵漏试验效果分析[G]/包承纲,杨光照.土工合成材料防渗反滤和排水技术的研究与实践.武汉:武汉出版社,2001:241-249.
- [4] 张宝森,沈秀珍,程征.土工合成材料在渗水(流土)抢险中的应用研究[J].人民黄河,2002(3):40-41.
- [5] 崔建中,张宝森,张喜泉.土工合成材料在黄河河道整治工程抢险中的应用[J].人民黄河,2002(3):42-43.
- [6] 杨红波.合金钢丝网石笼在长江堤防护岸工程中的应用[J].浙江水利科技,2002(1):47-48.

(收稿日期 2004-10-15 编辑 熊水斌)