

拱坝数字化建模及面向对象的图形程序设计

秦海鹏¹, 苏 超¹, 刘 玲²

(1. 河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 济南市水利勘测设计院, 山东 济南 250014)

摘要:介绍了参数化设计的基本原则和特征,并以拱坝为实例,具体阐述了拱坝模型对象的划分和体型参数的提取,并建立了图形对象模型.在此基础上,基于 AutoCAD 面向图形对象的应用程序设计,利用 Visual Basic 程序语言引用 AutoCAD 中对用户开放的对象,建立了交互式的程序界面,通过调用对象的属性和方法,最终可生成具有参数化特征的拱坝实体模型.

关键词:拱坝;数字化建模;面向图形对象;VB;AutoCAD

中图分类号:TV642.4

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2002)06-0030-03

1 拱坝参数化建模系统

1.1 参数化的概念和原则

众所周知,通过一组参数建立有关曲线之间的对应关系,给出不同的参数,即可得到不同的曲线,这就是最基本的参数化原理.参数化设计就是根据这种基本原理,建立的一组参数与一组图形基本元素或多组图形之间的对应关系,给出不同的参数,即可得到不同的结构图形.实际上,参数化也就是现在所说的数字化.一个复杂的图形可以分解成一系列简单和易于描述的基本图形元素,如线、圆、圆弧、曲线等,因此任何一个结构图形都可以用一系列的控制尺寸及位置尺寸来完整、唯一地描述.基于以上原则,我们把尺寸标准看作是一种符号变量,只要改动一个尺寸,参数化系统便能正确、快速地修改整个结构和部件;同样,只要用户改变结构图形,参数化设计系统也能自动修改相应的尺寸.我们也可以通过改变参数来获得不同的实体形状,从而得到不同的设计方案.所以参数的应用可以大大提高 CAD 系统的图形输入和几何建模的效率.

结构对象的参数化一般应具有以下特征:①必须具有较好的通用性,能适用于同种类型的不同结构;②用户能根据自己的需要和习惯指定参数;③能根据用户指定的参数,自动计算结构的几何点坐标;④不仅能指定结构的形状控制参数,而且能指定结构或部件的位置控制参数;⑤所设计的部件容易组装;⑥能使用结构形状参数、位置参数、关系描述性参数、材料参数和施工要求参数等,并建立统一的关

系数据库;⑦对三维参数化设计系统,还应具有平面和空间的描述性参数,以便于用户根据设计意图,正确合理地选用参数.

1.2 拱坝图形对象模型的划分

所谓对象即是现实中具有某特征的个体,对于拱坝即是从拱坝实体中抽象出来的一个具有某种特征的实体.现实中的拱坝是一个非常复杂的体型,如果不进行划分,那么参数不仅繁多,而且难以确定,更体现不出参数化的特点和优势,所以在拱坝图形对象的模型设计中,首先要考虑如何把复杂的拱坝进行合理地拆分,使之形成多个简单的图形对象的组合.当把拱坝完全抽象为若干个对象的集合时,我们对拱坝实体对象的划分也就完成了.

拱坝结构的基本图形对象应体现对象之间的包容关系和组装原则,这样建立的体系结构将更加灵活,整体对局部的改变不敏感,对需求变化适应性强.考虑到拱坝的薄壁结构坝体是设计的主要任务,因此首先将此坝体作为一个基本对象;在此基础上,再考虑泄水建筑物,包括孔洞、溢洪道和闸门;最后再考虑其它建筑物,比如重力墩、引水孔、廊道、坝后工作桥等.我们可以把坝体看作一个大的实体图元,孔洞、廊道等看作是大图元中的小的负实体,最后得到的拱坝实体就是这些大小实体的组合.根据此原则和思想,拱坝的所有基本类型和结构都在考虑的范围之内,如图 1 所示.

1.3 基本图形对象的参数化

遵循参数化和图形对象模型划分的原则,在拱坝的参数化建模系统中,可以把参数化技术融入到

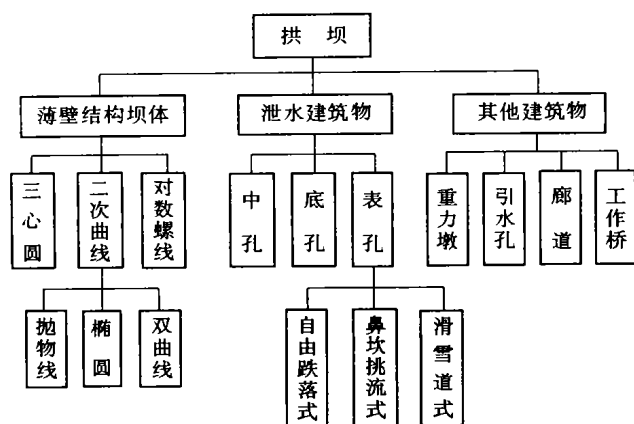


图1 拱坝图形对象模型的划分

图形对象模型中,首先要对拱坝基本图形对象参数化,即提炼出基本对象的结构控制参数,一般包括实体结构的形状及位置和截面尺寸的控制参数.在提炼这些控制参数时,应考虑到上面所提到的参数化特征的要求,同时,还要满足结构易组装成拱坝结构的要求.然后以这些控制参数为基础,通过VB调用AutoCAD系统对用户开放的类,来生成所需要的基本图形对象.只要有了这些基本图形对象,整个结构就可由这些基本图形对象组装而成,即完整的拱坝实体也就这样生成了.

建模的工作量是非常大的,下面以拱坝的薄壁结构坝体为例,介绍基本图形对象是如何生成的.基于程序设计的模块化思想,每个基本图形对象的建立都可以做成一个单独的模块,最后把所有的实体对象按结构模型组装起来,就可得到拱坝的三维模型.

拱坝体型一般是由拱圈剖面(线型和厚度)和拱冠梁断面决定的.拱冠梁断面和水平拱圈均可用参数来表示,确定了这些参数也就确定了拱坝的体型.下面以拱圈为二次曲线的双曲拱坝为例,具体说明体型参数是如何得到的.

1.3.1 拱冠梁断面的几何描述

对于拱冠梁断面(图2),只要确定了拱冠梁上游面曲线 y_{cu} 和拱冠梁厚度方程 T_c ,就可以得到拱冠梁下游曲线 y_{cd} ,即确定了拱冠梁断面形状.将上游面曲线方程 y_{cu} 假设为 z 坐标的三次曲线,可得到上游面曲线方程:

$$y_{cu} = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + a_3 z^3$$

同样,我们也可以得到拱冠梁厚度方程:

$$T_c = b_0 + b_1 z + b_2 z^2 + b_3 z^3$$

确定了 y_{cu} 和 T_c 以后,即可得到下游面曲线方程:

$$y_{cd} = y_{cu} + T_c$$

1.3.2 水平拱圈的几何描述

二次曲线拱轴线可以是抛物线、双曲线、椭圆等形式,假设其方程为 $x^2 = ay^2 + by$,这是通过原点并

对称于 y 轴的二次曲线,当 $a = 0$ 时为抛物线方程, $a > 0$ 时为双曲线方程, $a < 0$ 时为椭圆方程.由图3,左岸侧拱(第一象限内曲线)参数 a, b 可由下式确定:

$$\begin{cases} b = 2R_c \\ a = \frac{1}{\tan^2 \varphi_l} - \frac{b^2}{4X_l^2} \end{cases}$$

式中: R_c 为拱冠曲率半径; φ_l 为似半中心角; X_l 为拱圈弦长.拱轴线上任一点 $m(x_m, y_m)$ 处的拱圈厚度 T_m 可用下式求得:

$$T_m = T_c + (T_l + T_c)(S_m/S_l)^\alpha$$

式中: α 是给定正实数(一般取2.0); T_c 为拱冠厚度; T_l 为拱端厚度; S_m 和 S_l 分别为从拱冠至 m 点与拱冠至拱端的拱轴线弧长,可由下式计算:

$$S = \int_0^x \sqrt{1 + \left(\frac{2x}{2a+b}\right)^2} dx$$

有了拱轴线方程和轴线上任一点处的拱圈厚度,就可以确定左岸侧拱圈的上、下游方程:

$$\begin{cases} x_{mu} = x_m + 0.5 T_m \sin \varphi_m & (\text{上游}) \\ y_{mu} = y_m - 0.5 T_m \cos \varphi_m \\ x_{md} = x_m - 0.5 T_m \sin \varphi_m & (\text{下游}) \\ y_{md} = y_m + 0.5 T_m \cos \varphi_m \end{cases}$$

也就完全确定了水平拱圈的形状(图3).

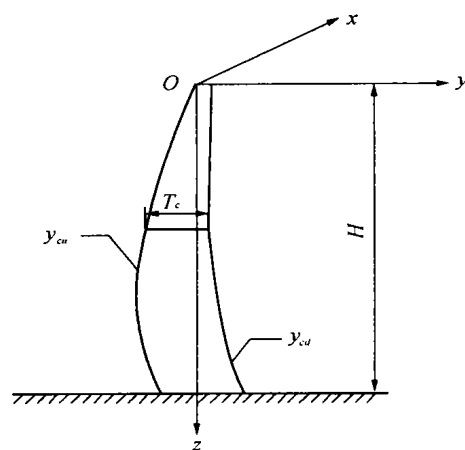


图2 拱冠梁断面

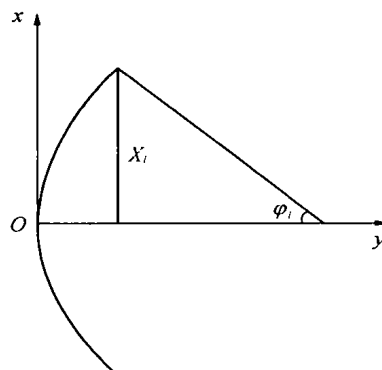


图3 水平拱轴线

根据以上思想和参数化设计的基本原则,可首先考虑某一层拱圈,需要用到的参数见表1.有了这些参数,这一层拱圈的位置和形状也就唯一地确定了.可仅知道一层是不够的,考虑到拱冠梁处上游曲线是三次式,所以至少要知道四层拱圈的位置和形状.在此基础上,可以通过插值得到任意高程拱圈的形状,也就是说可以唯一地确定此薄壁结构坝体了.

表1 双曲线拱圈体型参数(某高程)

高程	拱冠梁	拱端厚度		曲率半径		似半中心角		中线弦长	
上游凸度	厚度	左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸

对于其它类型的双曲拱坝,拱冠梁剖面的体型参数是相同的,其区别仅在于水平拱圈的中线方程.以三心圆拱圈为例,用上述方法,可以得到体型参数如表2所示.

表2 三心圆拱圈体型参数(某高程)

高程	拱冠梁	中 圆		拱端厚度		曲率半径		似半中心角	
上游凸度	厚度	半径	左中 右中 心角 心角	左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸

对于其它体型的拱坝和空腹拱坝,体型结构要比一般薄拱坝复杂得多,但都可以从拱冠梁剖面和水平拱圈剖面两方面来考虑确定其体型参数,当然,有时还要根据工程的实际情况适当增加一些参数,比如说空腹的位置等,这里就不再做具体的说明.

2 图形对象程序的建立

Visual Basic(以下简称 VB)是最为常用的 AutoCAD 开发工具之一,其语法简单,功能强大.VB 支持的对象、方法和属性定义在 VB 的对象库中,然而对象库并不是用于保存对象的,而是对象的类型信息库.通过引用类型信息库,VB 就能决定对象的特征,进行访问(激活)对象.以 AutoCAD 为例,VB 建立对象的过程如下:①从工程菜单中选取“引用”;②在“引用”对话框中选取“AutoCAD Object Library”.这时,就可以用 VB 的浏览器查看所使用的 AutoCAD 对象.

用以下代码可实现 VB 和 AutoCAD 之间的连接:

```
Dim acadapp as AcadApplication
'定义 acadapp 为一个 AcadApplication 对象,用它代表 AutoCAD 本身
On Error Resume Next
Set acadapp = GetObject(, "autocad.application")
'如果当前已执行 AutoCAD,则获得 AutoCAD 对象
If Err Then
    Err.Clear
    Set acadapp = CreateObject("autocad.application")
```

'如果尚未执行 AutoCAD,则建立 AutoCAD 对象

End If

acadapp.Visible = True

建立了与 AutoCAD 的连接以后,就可以操作 AutoCAD 对用户开放的对象,如直线(AcadLine)、圆(AcadCircle)、3D 面(Acad3DFace)等等.通过调用这些对象的方法和属性,来生成我们所需要的图形对象.为了数据管理的方便,可以在 VB 中定义类 DAMLAYER,用这个类管理某一层拱圈上的参数:

Type DAMLAYER '定义 DAMLAYER 类

ID As Integer '层号

H As Double '高程

SYTD As Double '上游凸度

DAMTH As Double '拱冠梁处厚度

DAMLPP As Double, DAMRPP As Double '左岸拱端厚度和右岸拱端厚度

DAMLR As Double, DAMRR As Double '左岸曲率半径和右岸曲率半径

DAMLANG As Double, DAMRANG As Double '左岸似半中心角和右岸似半中心角

DAMLXCH As Double, DAMRXCH As Double '左岸弦长和右岸弦长

End Type '结束定义

利用 VB 这种强大的可视化开发工具,可以轻松做一个用户界面(图4),实现交互式操作,用于接收用户的输入信息,并把这些数据赋予类 DAMLAYER 的对象.有了这些信息,用 VB 调用 AutoCAD 的三维建模功能,利用 AutoCAD 中的 Acad3DFace 对象来绘出拱坝的上、下游面,生成三维模型.

610	208.63	47.032	292.46	14.566	295.24	46.226	304.79	15.811	
520	253.87	46.241	260.82	44.89	253.29	45.38	249.17	46.215	
440	233.16	45.837	228.78	65.07	230.93	43.765	215.2	66.074	
332	270.62	9.287	42.5	71.882	327.54	10.346	59.18	72.069	

图4 参数输入界面

'定义 Acad3DFace 对象

Dim faceObj As Acad3DFace

.....

'确定某个面单元四个顶点的三维坐标

(下转第 43 页)

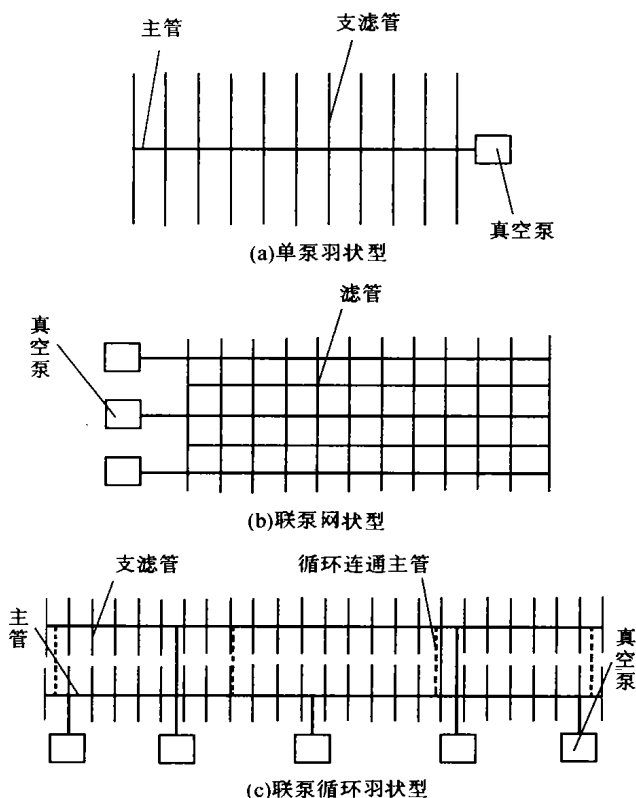


图2 吸水滤管的平面布置

c. 对密封膜的一些保护性措施应在文字和图

(上接第32页)

```
point1(0) = pp1(0); point1(1) = pp1(1); point1(2) = pp1(2)
point2(0) = pp2(0); point2(1) = pp2(1); point2(2) = pp2(2)
point3(0) = pp3(0); point3(1) = pp3(1); point3(2) = pp3(2)
point4(0) = pp4(0); point4(1) = pp4(1); point4(2) = pp4(2)
'绘制面单元
Set faceobj = ThisDrawing.ModelSpace.Add3DFace (point1,
point2, point3, point4)
.....
```

通过建立这个拱坝薄壁坝体模块,可以得到这个基本图形对象的模型(见图5),用同样的方法,还

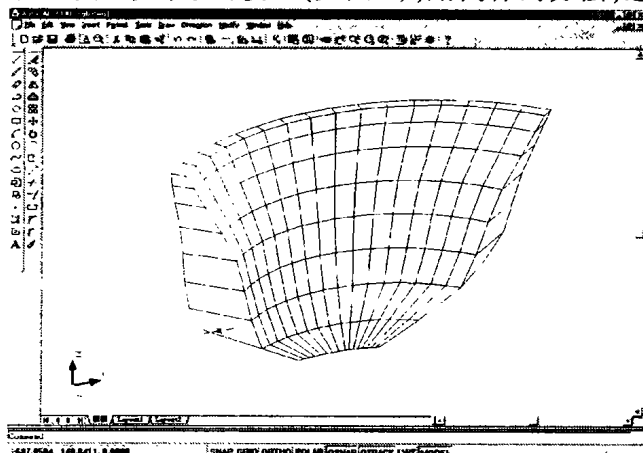


图5 坝体三维图

件中有所反映,这对提高和维护膜下真空度指标会起到事半功倍的效果.

3.2 施工

在真空(堆载)施工应用中为确保其达到设计效果,施工要精心组织,杜绝一切可能影响抽真空密封效果的不利因素.

a. 竖向排水体施工时不要穿透淤泥层,这完全不同于堆载、超载预压法的施工要求,一旦穿透淤泥层就和地下水连通,真空负压水对加固淤泥层所起作用很小,将严重影响真空(堆载)预压的效果.

b. 真空抽气膜下真空度达到设计标准后,在堆载(路堤填筑)前施工维护人员要对密封膜进行地毯式的搜索,查找漏气点,一旦发现及时修补.另外路基的首层材料应采用对密封膜破坏性小的填料.

c. 在真空(堆载)预压法主要工程施工前,必须查明施工区内饱和软粘土层和密封沟深度范围内是否夹有透水层,一经发现必须采取必要的密封隔断措施.

参考文献:

- [1] 朱惠君,李守善,沈天勇,等.高速公路路基设计与施工[M].北京:人民出版社,1998.93.

(收稿日期:2001-12-25 编辑:熊水斌)

可以为其余的基本图形对象构造相应的模块.当形成了所有的图元模型以后,整个拱坝的模型也就随之形成了.

3 结语

通过把参数化技术融入到面向图形对象技术中,所开发的拱坝建模系统不仅继承了参数化绘图的特点,而且具有了可视化的特点.由于这个建模系统是基于三维实体的,成果可以更加清楚、直观地展示,也便于设计者更直接地审查自己的设计.对于此建模系统,以后的工作重点是考虑基础的不均匀性和非线性及坝体与基础交界面的处理,这样,所建立的模型才能与实际更加吻合,并且,在此基础上,还可以继续进行体型优化、应力分析、稳定分析等方面的工作.

参考文献:

- [1] 张国宝. AutoCAD Visual Basic 开发技术[M].北京:科学出版社,2000.6~8.
- [2] 杨威.重力坝数字化设计及应用研究[D].南京:河海大学,2002.
- [3] 吴前金,陈金水. CAD系统与数据库间数据传输的方法和技术[J].水利水电科技进步,2000,20(6):41~43.

(收稿日期:2001-12-31 编辑:熊水斌)