

# 纤维缠绕壳体参数程序设计

杨 杰

( 陕西非金属材料工艺研究所 西安 710025 )

**摘 要** 纤维缠绕壳体在生产前必须求得缠绕角、线型、缠绕层次、挂轮比等诸多参数。目前采用的是人工计算及查找的设计方法。该方法过程繁锁,效率低下,稍有不慎就会发生错误,且必须全部重新进行设计。为此,作者开发了一套利用计算机进行设计的系统。该系统提供了有关算法及 Visual Basic 源程序。使用该软件,可在计算机上完成纤维缠绕壳体参数的设计工作,大大提高了设计者的工作效率。该软件使用方便,设计结果精确可靠。

**关键词** 缠绕,参数,程序设计

## Program Design of Parameters for Filament Winding Shell

Yang Jie

( Shanxi Research Institute of Non-metal Materials Technology Xi'an 710025 )

**Abstract** Many parameters, such as winding angle, winding pattern, winding layers, gears ratio must be calculated before the filament winding shell is produced. Present design method is a complicated manual calculation method with low efficiency. The design errors occur easily and the whole design work must be repeated completely. So a design software package is developed in this paper. Its algorithm and Visual Basic source programs are presented. The design of parameters for filament winding shell can be completed with a computer and the design efficiency will be increased greatly. The program is easy to use and its result is accurate and reliable.

**Key words** Winding, Parameters, Visual Basic

### 1 前言

在用挂轮式机械缠绕机缠绕纤维复合材料壳体前,要进行缠绕线型、缠绕结构铺层工艺参数的设计,挂轮的计算查找、人工计算及查找过程烦琐,稍有不慎就会发生错误,而且每当其中一个设计参数改变,则要全部重新进行设计。本文以 Visual Basic 4.0 16 Bit 为开发平台,设计了纤维缠绕壳体工艺参数自动计算程序,提高了工作效率。

### 2 程序设计

#### 2.1 缠绕线型自动设计

线型设计时要先在计算好芯模转角后查线型

表,往往线型表中切点数被限制在 9 切点以内,给查找带来困难且不方便。本程序采用的算法如下:以 50 切点以内的线型为准,将 50 以内所有数的公约数组成一个集合,(数组  $p(i)$ ) {2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23}, 各切点以内的数从小到大组成一个数组  $q(i) = i, i = 1, 2, \dots, nt - 1, nt$  为公式  $(k/n + N)$  中的  $n$ , 即切点数,从  $q(i)$  数组中去除分式  $q(i)/nt$  中非最简真分数的  $q(k)$  元素,其中  $k \in \{1, 2, \dots, nt - 1\}$ , 重新生成  $q(i)$ , 如 8 切点时  $q(i)$  最初元素为 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7。经去除操作后  $q(i)$  为 1, 3, 5, 7。然后将计算芯模转角与实际芯模转角作比较,如果在误差范围内

收稿日期:1999-01-07;修回日期:1999-02-23

杨杰,1972 年出生,硕士,主要从事聚合物基复合材料的研究开发工作

则输出 k/n + N 这组数,设计的程序如下:

```

For nt = 1 To 50
For i = 1 To nt - 1
    'nt 为切点数
q(i) = i
Next i
mnt = nt - 1
For j = 1 To 10
    If (nt > p(j) And (nt Mod p(j) = 0)) Then p(j)
为 50 以内的最小公约数数组
    good = nt / p(j)
    For m = 1 To good
        Y = p(j) * m
        For i = 1 To mnt
            If q(i) = Y Then
                For N = i To mnt - 1
                    q(N) = q(N + 1) 清除 q(i)
                Next N
                mnt = mnt - 1
            End If
        Next i
    Next m
End If
Next j
For st = 1 To mnt
    For k = 1 To 10
        bt = ((q(st) / nt) + k) * 360
        If (Abs(b - bt) <= 5 #) Then
            g = g + 1
            frmshowres.grid1.AddItemStr$ (g) & Chr$ (9)
            & Str$ (nt) & Chr$ (9) & Str$ (q(st)) & Chr - > $ (9)
            & Str$ (k) & Chr$ (9) & Str$ (bt) ,g
        End If
    Next k
Next st
Next nt

```

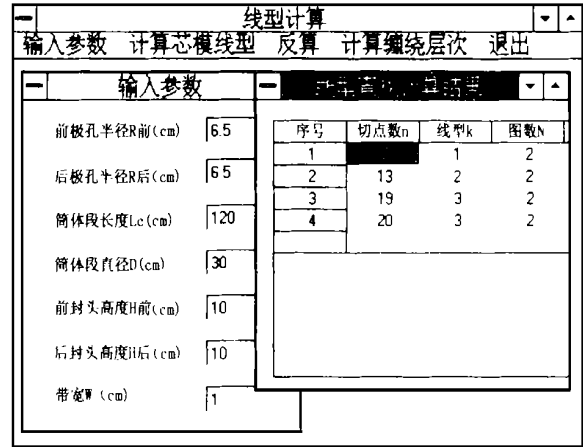


图 1 参数输入模块及线型输出模块

Fig. 1 Modules of parameter input and pattern output

## 2.2 反算

求得的线型在误差范围内可能有许多组值,选定一组值后,为精确满足纤维有规律地均匀布满芯模表面的要求,此时应调整容器几何尺寸或缠绕角。若容器允许改变筒体长度 l,则按式(1)<sup>[1]</sup>计算。

$$l = \frac{-(t - t_0)}{360^\circ} * \frac{D}{\text{tg}A} \quad (1)$$

式(1)中,l 为修改后的筒身段长度; t 为以原定长度 l 计算的,完成筒身段缠绕的芯模转角; t<sub>0</sub> 为原定长度 l 计算的,按短程线缠绕的单程线芯模转角; t<sub>1</sub> 按运动条件选定线型的单程线芯模转角。若容器尺寸不允许改变,则可调整缠绕角(在 10° 以内调整),用试算法试算一个缠绕角 A 使等式(2)<sup>[1]</sup>满足为止,用 Visual Basic 编制的程序如下:

$$t = \frac{l * \text{tg}A}{D} * 360^\circ + 2(90^\circ + \sin^{-1}(\frac{h * \text{tg}A - r_0}{\text{tg}A})) \quad (2)$$

式(2)中:A 为缠绕角;h 为封头高度;r<sub>0</sub> 为极孔半径。

```

Atemp = A
For ac = - 5 # To 5 # Step 0.2
    A = Atemp

```

参数输入及线型查找的输出模块如图 1 所示。  
宇航材料工艺 2000 年 第 1 期

```

A = A + ac
x = Tan(A * pi / 180 #)
x1 = ((lc * x) / (pi * d)) * 360
x2 = (2 # * lf * x - (rf + rb)) / d
x3 = (2 # * hb * x - (rf + rb)) / d
btc = x1 + 180 # + Atn(x2 / Sqr(1 - x2 * x2))
      * 180 # / pi + Atn(x3 / Sqr(1 # - x3 * x3)) *
      180 # / pi
btc = 2 # * btc
If Abs(btc - bt) <= 5 # Then
ass = Str$(A)
Exit For
End If
Next ac
kt = MsgBox
(调整后的缠绕角为 + ass)

```

### 2.3 缠绕层次的自动计算

壳体缠绕层次的计算虽然有成熟的网格理论公式,但公式中的参数很多,手工计算易发生错误,且任何一个参数的调整将使结果发生改变。本程序提供了层次计算参数的输入表单和计算结果的输出表单。界面如图 2 所示。

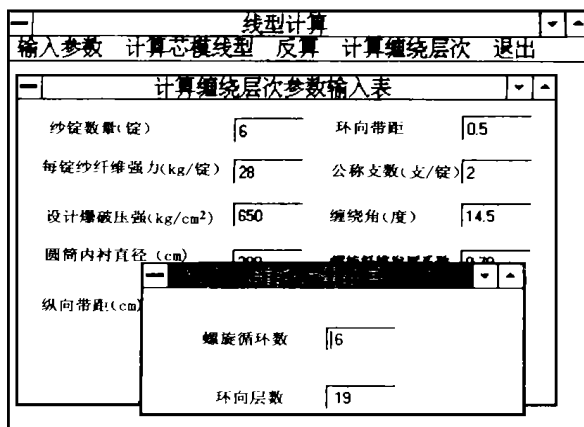


图 2 层次计算的输入输出界面

Fig. 2 Input/output interface of winding layers

其中纵环向计算结果使用了函数 CInt( ) 进行了圆整,即  $n = \text{CInt}(n' + 0.5)$ , 其中  $n'$  为初始计算的纵、环向层次。

### 2.4 挂轮查找算法

首先将 44 种挂轮两两相乘,生成 946 种结果,按照从小到大的顺序。定义一个整型数组 gear(n) (n = 44) 来存放挂轮,用一个自定义整形结构体数组 trgcon(ch) 存放组合结果,结构体数组的形式如下:

```

Type gearconstruct
A as integer
B as integer
AB as integer
End Type

```

```
Dim trgcon(ch) as gearconstruct 'ch = 947
```

在 gearconstruct 自定义结构体中,用 AB 表示 A 与 B 挂轮相乘的结果,通常挂轮比表示为:

$$\text{ratio} = (a \times b) / (c \times d) \quad (3)$$

我们假设  $\text{trgcon}(j) \cdot AB$  为式(3)中的  $b \times d$ , 而另一个  $\text{trgcon}(i) \cdot AB$  为式(3)中的  $a \times c$  且要求,  $\text{trgcon}(i) \cdot A < > \text{trgcon}(i) \cdot B < > \text{trgcon}(j) \cdot A < > \text{trgcon}(j) \cdot B < > (i, j = 1, 2, \dots, \text{ch})$

如果满足:  $\text{Abs}(\text{trgcon}(j) \cdot AB / \text{trgcon}(i) \cdot AB - \text{ratio}) \text{ terro} \quad (4)$

则  $\text{trgcon}(i) \cdot A, \text{trgcon}(i) \cdot B, \text{trgcon}(j) \cdot A, \text{trgcon}(j) \cdot B$  就是所求的 A, B, C, D 四个挂轮。现在我们在已知一组  $\text{trgcon}(i) \cdot AB, \text{ratio}$  情况下,就要查找能满足式(4)的  $\text{trgcon}(j) \cdot AB$ , 这时  $\text{trgcon}(j) \cdot AB = \text{Cint}(\text{trgcon}(i) \cdot AB * \text{ratio})$ 。

#### 2.4.1 排序程序

本文采用的排序法是递归排序法<sup>[2]</sup>,也叫“分段快速排序法”,是由著名计算机科学家 C. A. R. Hbare 在冒泡排序的基础上提出的,其基本思路是:把待排序数列的第一个元素赋给 temp,按照某一规则把 temp 移到一个合适的位置,以此为界把原数列划分成两个数列,两个子数列对 temp 来说是符合规律的,(如按递增排序)在 temp 后面的子数列中的每一个元素都小于 temp,在 temp 前面的子数列中的每个元素都不大于 temp,再接着按此法对两个数列再划分,直到所有子数列只有一个元素,则划分结束。

下面列出了用此法编写的 Visual Basic 4.0 递归调用程序。

```
Sub qsort (trgcon ( ) As gearconstruct ,left As Integer ,right As Integer)
```

```
Dim K As Integer
```

```

If left < right Then
  Call subset (trgcon() ,left ,right ,K)
  Call qsort (trgcon() ,left ,K- 1)
  Call qsort (trgcon() ,K+ 1 ,right)
End If
End Sub
Sub subset (trgcon() As gearconstruct ,left As Integer ,right As Integer ,K As Integer)
  Dim i ,j ,C ,D ,CD As Integer
  i = left
  j = right
  C = trgcon(i) ·A
  D = trgcon(i) ·B
  CD = trgcon(i) ·AB
  Do While i < > j
  Do While trgcon(j) ·AB > CD And j > i
  j = j - 1
Loop
If i < j Then
  trgcon(i) ·A = trgcon(j) ·A
  trgcon(i) ·B = trgcon(j) ·B
  trgcon(i) ·AB = trgcon(j) ·AB
  trgcon(j) ·A = C
  trgcon(j) ·B = D
  trgcon(j) ·AB = CD
  i = i + 1
Do While trgcon(i) ·AB < CD And i < j
  i = i + 1
Loop
If i < j Then
  trgcon(j) ·AB = trgcon(i) ·AB
  trgcon(j) ·A = trgcon(i) ·A
  trgcon(j) ·B = trgcon(i) ·B
  trgcon(i) ·AB = CD
  trgcon(i) ·A = C
  trgcon(i) ·B = D
  j = j - 1
Else
Exit Do
End If
Else

```

```

Exit Do
End If
Loop
K = i
End Sub

```

#### 2.4.2 快速查找程序

挂轮的快速查找原理在上节中已论述过,我们使用的方法是折半查找法,又叫对分检索法,其基本思路是:首先选取有序数组中间位置的数和要查找的数进行比较,如果相等,该中间位置的数就是要求的数,查找结束。如果中间位置的数小于要查找的数,因为数组是有序的,可判定要查找的数在后半部,然后对后半部再取中间位置的数和要查找的数比较,如此重复,直到确定找不到和不存在为止。用这种方法设计的 Visual Basic 快速查找函数如下:

```

Function fastsearch (trgcon() As gearconstruct ,p As Integer ,yy As Long) As Integer
  Dim low ,high ,lhmld ,flag As Integer
  low = 1 : high = p
  flag = Not True
  Do While low < = high
  lhmld = (low + high) / 2
  If yy < > trgcon(lhmld) ·AB Then
  If (yy < trgcon(lhmld) ·AB) Then
  high = lhmld - 1
  Else
  low = lhmld + 1
  End If
  Else
  flag = True
  Exit Do
  End If
Loop
If flag Then
  fastsearch = lhmld
  Else
  fastsearch = - 1
  End If
End Function

```

挂轮查找程序的界面如图 3 所示。

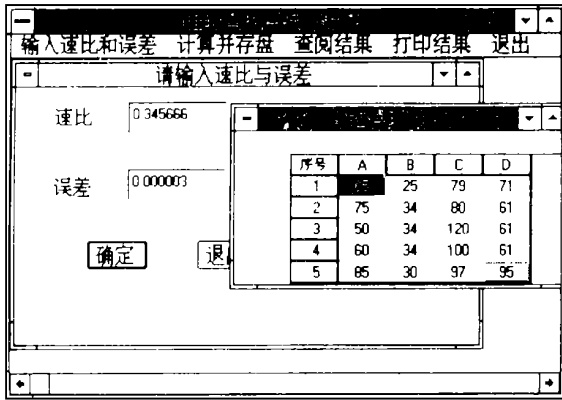


图 3 挂轮查找界面

Fig. 3 Interface of gear searching

## 2.5 错误处理程序

错误处理程序是任何一个程序不可缺少的部

分,因为使用时有的人不加考虑就将极孔直径的输入值搞得比壳体直径还大,有的人则在应输入数值的地方,输入了含字母或文字去蒙混过“关”,还有的同志在参数值还没有给定就急于进行下一步的计算等等,综合考虑了各种可能出现的因素,在许多对象动作前后或过程中,加入了错误处理语句以应付各种使用者。

## 3 结论

使用本程序,壳体缠绕所需的各种工艺参数可不脱离开发平台一次到位,提高了设计者的工作效率,软件界面良好,易于掌握。

### 参考文献

- 1 刘锡礼等. 玻璃钢工艺学. 中国建筑工业出版社, 1979
- 2 邓德祥,马恕. Qbasic 程序设计教程. 清华大学出版社, 1997

(上接第 36 页)

## 3.6 其他影响因素

在介电常数的研究中还发现,即使在相对湿度相同的条件下,在一定时间内,距烧结日期越近,测得的介电常数值越低,随时间延续,介电常数增大,到达某一稳定值后,不再发生大的变化。经分析认为,高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料在经过十几小时的烧结工序后,其内部水分几乎为零,介电常数自然很低,但这并不是“正常”状态。当高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料在自然条件下放置一段时间与环境水分交换达到相对平衡后,这时介电常数值增大并趋于稳定,测得的介电常数值才能代表高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料实际的介电性能。“放置时间”的长短受当时环境湿度的影响。

通过对高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料介电常数的研究发现,尽管高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料成型工艺参数的变化对其介电常数有影响,但介电常数基本上在 2.94~3.23 范围内变化,因此其介电常数基本上是稳定的。

## 4 结论

(1)高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料的介电常数除由材料物性决定外,PTFE 含量、成型压力及环境湿度对其有一定影响。

(2)当 PTFE 含量、成型压力确定后,环境湿度是对其介电性能的主要影响因素,但对其介电常数的影响范围基本上可控制在 2.90~3.30 之间。

(3)当高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料质量良好时,其介电常数尽管随环境湿度变化,但变化范围不大于 0.4,因此高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料的介电常数是稳定的。

### 参考文献

- 1 N75—43 034, 1975
- 2 AD—A169 159, 1985
- 3 AD—A1 730 173, 1986
- 4 PB84—236 355, 1984
- 5 姜卫陵,裴肇舜. 双层增强氟材料天线罩材料工艺研究. 导弹与航天运载技术, 1996; (1): 48~55