

基于 VB 的铜套冷装工艺参数计算系统设计

冯启 陶华云 王永红
(中联重科股份有限公司 湖南 长沙 410013)

摘要: 工程机械产品中的铜套与其安装孔一般为过盈配合联接, 采用冷装法进行铜套的装配。本文介绍了一种基于 VB 的铜套冷装工艺参数计算系统, 通过建立数学模型利用 VB 进行可视化编程, 实现铜套冷装工艺相关参数的计算机辅助计算。
关键词: 铜套; 过盈配合; 冷装; VB

0 引言

众所周知, 机械过盈配合联接的装配工艺方法一般为压装、热装和冷装。冷装工艺一般用于包容件与被包容件材质硬度相差较大、包容件外形较大、被包容件较软压装过程引起过盈量会被切削等情况。工程机械产品中的铜套包容件多为大型结构件, 而铜套为薄壁件, 因此铜套多采取冷装的装配方法。

冷装是利用金属材料在低温状态下线性膨胀引起尺寸收缩的性质, 从而使原来的过盈联接形式转变为间隙联接形式来进行装配的方法。零件的收缩量跟零件材质、冷却温度、冷却时间等都有直接关系。当被包容件冷装完后达到正常温度状态时, 包容件就会在与被包容件的结合面上产生一个压力, 从而引起被包容件的内径缩小, 即缩孔现象。为了达到装配要求和设计要求, 在铜套的冷装工艺设计过程中需计算相关参数。因工程机械产品铜套大小规格种类繁多, 工艺人员在装配工艺文件设计中需耗费一定时间来计算铜套冷装相关工艺参数。本文介绍一种基于 VB 语言编程设计的一款铜套冷装工艺参数计算程序, 供工艺人员参考。

1 计算模型建立

冷却温度的计算

铜套进行冷装前需根据其尺寸、配合公差等设计值来计算所需的冷冻温度。我司在实际工艺设计过程中一般冷缩量按 2 倍的铜套配合最大过盈量设计。通过多次铜套冷冻试验计算, 我司冷冻温度计算采取如下经验公式:

$$T=-\delta/(\varepsilon d)=-2(es-EI)/(\varepsilon d) \tag{1}$$

式中: T —铜套的冷冻温度, $^{\circ}\text{C}$

δ —铜套所需的冷缩量, mm

es —铜套外径上偏差, mm

EI —铜套安装孔径下偏差, mm

d —铜套外径基本尺寸, mm

ε —冷装件材料的线膨胀系数, $1/^{\circ}\text{C}$

常用材料的线膨胀系数 ε , 钢为 0.0000085、铸铁为 0.000008、青铜为 0.000015、黄铜为 0.000016。我司铜套材质主要为黄铜, 线膨胀系数取 0.000016。

冷却时间的计算

零件的冷却时间计算需综合考虑工件壁厚、直径及材料的物理特性, 我司采取的铜套冷却时间经验公式如下:

$$t=\alpha d+6 \tag{2}$$

式中: t —铜套的冷冻时间, min

d —铜套外径基本尺寸, mm

α —铜套的冷却综合系数, min/mm

其中材料的冷却综合系数与冷却剂和材质有关系, 冷却综合系数 α 经验值如下表:

根据生产实际情况, 我表 冷却综合系数 α 经验值

司冷却设备采取深冷箱, 冷却剂选用液氮, 可冷却温度可达到 -185°C , 根据经验值铜套的冷却综合系数取值 0.8。

铜套内径加工尺寸计算

铜套与其安装孔为过盈

配合, 当铜套冷装完成后回到正常温度状态时, 铜套的外径会回到原始状态。因铜套一般安装在臂架、底架等大型结构件上, 刚性好, 故铜套的外圆面上会受到压力, 加上铜套为薄壁件, 从而导致铜套的内径会缩小, 即缩孔现象。为了后续铜套内孔与销轴的装配配合达到设计要求, 铜套加工时就要考虑缩孔现象。考虑到结构件尺寸大, 外形复杂, 没办法装配成部件后再整体上机床进行铜套内孔加工至设计要求, 在实际生产过程中采取提前将铜套按工艺尺寸进行加工, 故工艺人员在工艺设计时需对铜套的实际加工工艺尺寸进行计算。

为了寻找冷装前后铜套内径的收缩量与铜套过盈量之间的关系, 对多组铜套冷装前后的内孔尺寸及结构件上铜套安装孔内径尺寸进行测量

通过测量统计发现, 铜套冷装前后内径收缩量与铜套的外径配合过盈量相差不大, 考虑到铜套安装孔为大型结构件, 其结构刚性较好, 其变形量可忽略不计, 为了简化计算, 设定冷装前后铜套的外径变形量视为铜套的过盈量。另铜套冷装后, 因其金属密度变化不大, 长度变化不大, 则默认铜套冷装前后的体积无变化。

铜套冷装前体积分别为:

$$V1=\frac{1}{4}\pi(D^2-d^2)L1 \tag{3}$$

式中: $V1$ —铜套冷装前体积

D —铜套外径基本尺寸

d —铜套内径基本尺寸

$L1$ —铜套冷装前长度

铜套冷装后体积分别为:

$$V2=\frac{1}{4}\pi((D-\Delta)^2-(d-\delta)^2)L2 \tag{4}$$

式中: $V2$ —铜套冷装后体积

Δ —铜套外径配合过盈量, 即冷装后的外径变形量

δ —铜套冷装后的内径收缩量

L2—铜套冷装后长度
因 $V1 \approx V2$ (不考虑装配时铜套切削量)、 $L1 \approx L2$ ，由式 (3)、(4) 可得：

$$\Delta(2D - \Delta) = \delta(2d - \delta) \tag{5}$$

由于 $D \gg \Delta, d \gg \delta$ 时，有 $(2D - \Delta) \approx 2D$ ； $(2d - \delta) \approx 2d$
得到铜套内径收缩量计算公式： $\delta = \Delta D / d$ (6)

根据收缩量计算公式计算铜套内径的加工尺寸，
铜套上偏差计算公式如下：

$$ES2 = ES1 + \frac{D}{d}(ei - ES) \tag{7}$$

式中：ES2—铜套内径上偏差工艺值
ES1—铜套内径上偏差设计值
ES—铜套安装孔径上偏差设计值
ei—铜套外径下偏差设计值

D—铜套外径基本尺寸
d—铜套内径基本尺寸

铜套下偏差计算公式如下：

$$EI2 = EI1 + \frac{D}{d}(es - EI) \tag{8}$$

式中：EI2—铜套内径下偏差工艺值
EI1—铜套内径下偏差设计值
EI—铜套安装孔径下偏差设计值
es—铜套外径上偏差设计值
D—铜套外径基本尺寸
d—铜套内径基本尺寸

2 计算系统设计

2.1 界面设计及编程

Visual Basic 是一种由 Microsoft 公司开发的结构化的、模块化的、面向对象的事件驱动为机制的可视化程序设计语言。本次利用 Microsoft Visual Basic6.0 自带的组件设计该计算系统界面，界面包含参数输入、结果输出、辅助功能等模块内容。根据计算模型，结合系统界面，利用 VB 语言进行编程，对程序代码进行调试，运行检测，测试无误后直接生成 exe 可执行文件。

程序源代码内容如下：

```
Dim d As Single
Dim s As Single
Dim I As Single
Dim d1 As Single
Dim ES1 As Single
Dim EI1 As Single
Dim ES As Single
Dim EI As Single
Dim K As Single
Dim a As Single
Dim T As Single
Dim T1 As Single
Dim ES2 As Single
Dim EI2 As Single
Private Sub Compute_Click()
d = CSng(inputbox(0).Text)
```

```
s = CSng(inputbox(1).Text)
I = CSng(inputbox(2).Text)
d1 = CSng(inputbox(3).Text)
ES1 = CSng(inputbox(4).Text)
EI1 = CSng(inputbox(5).Text)
ES = CSng(inputbox(6).Text)
EI = CSng(inputbox(7).Text)
K = CSng(inputbox(8).Text)
a = CSng(inputbox(9).Text)
T = -2 * (s - EI) / (d * K)
T1 = a * d / 2 + 6
T = Format(T, "0")
T1 = Format(T1, "0")
ES2 = ES1 + d * (I - ES) / d1
EI2 = EI1 + d * (s - EI) / d1
ES2 = Format(ES2, "0.000")
EI2 = Format(EI2, "0.000")
output(0).Text = T
output(1).Text = T1
output(2).Text = ES2
output(3).Text = EI2
End Sub
Private Sub exit_Click()
End
End Sub
```

2.2 计算系统的操作

启动“铜套冷装工艺参数计算系统”的 exe 可执行文件，进入计算系统界面，在设计参数输入模块填入铜套的相关设计参数，点击“开始计算”按钮后，自动计算出所需工艺参数并输出在界面右边输出模块。点击“复位”按钮，所有输入、输出内容全部清空，简单方便。点击“退出系统”按钮，系统计算过程示意图

图 系统计算过程示意图

3 结语

通过 VB 可视化编程，设计计算系统软件，实现计算机辅助计算，界面操作简单，可提高工艺人员在工艺文件设计过程中的效率。

参考文献：

[1] 李妙林. 冷装技术在机械装配中的应用 [J]. 起重运输机械, 2005 (07) .
[2] 苏啸, 周成义, 王强. Visual Basic 程序设计教程 [M]. 北京: 北京工业大学出版社, 2005.3.

作者简介: 冯启 (1984.05-)，男，汉族，湖南临湘人，本科，工程师，研究方向: 工程机械装配工艺设计、规划及智能制造。

