

文章编号: 1005—0523(2002)02—0039—03

# 一种大导程联结螺纹的加工

魏斯亮<sup>1</sup>, 李时骏<sup>2</sup>, 唐小青<sup>3</sup>

(1. 华东交通大学 机电工程学院 330013; 2. 南昌高等专科学校 工程系 330009; 3. 江西省客车厂, 南昌 330013)

**摘要:**介绍了一种大导程波形联结螺纹的高效加工方法,借助计算机进行了螺纹牙形的精度分析,得出了齿形误差曲线.在某些情况下,该加工方法比常规的螺纹加工方法更具优越性.

**关 键 词:**波形螺纹;角位移成型;加工方法

**中图分类号:**Th16      **文献标识码:**A

## 1 问题来源

风动凿岩机的钎杆/钎套联接处,使用着一种大导程,浅深度,波峰波谷由两段圆弧吻接而成的单头波形螺纹(图 1),它在工作时传递着 380 N·M 的扭矩和承受着 1 600 次/分的脉动冲击载荷,故齿形精度与表面粗糙度的要求都很高.传统的加工方法是在车床上采用“仿形法”分两次车削(先开槽,后修整 r 圆弧),由于成型刀的接触面较大形状较复杂,刀具刃磨比较困难,而且车削过程中容易出现振动,特别是在加工波形内螺纹时,受孔径的限制刀杆细长( $\Phi 20 \times 180$  mm),工艺系统的刚性很差,所以产品的质量很难保证,从而使该螺纹的加工成为原单位的一个难题,迫切需要寻求改革.

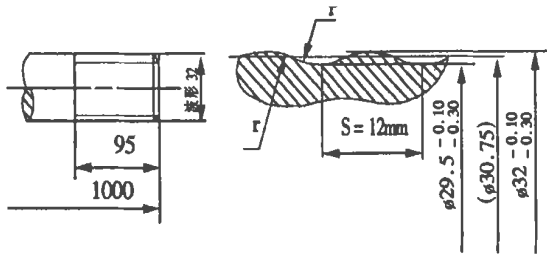


图 1 风钻钎杆上的波形螺形

## 2 解决方法

仔细研究钎杆端部的波形螺纹可以发现:该波形螺纹的径向截面是一个近似偏心圆.重复上述观察:在波形螺纹的全长范围内沿螺纹轴线取若干个点,通过这些点用车刀将波形螺纹陆续切断进行观察,发现各处截面的形状都是一个尺寸相同的近似偏心圆,只不过随取样位置的不同而使偏心圆的偏心方位相差一个相应的角位移量.这个发现提示我们:可以采用复现径向截形——“近似偏心圆”的方法来加工所需要的波形螺纹零件.

我们采用图 2 所示的装置来进行加工:在 CA6140 普通车床上拆除小刀架,换上一套专用工装,使工件 2 的轴线与刀盘 4 的轴线保持偏心距  $e = 0.625$  mm;电动机通过刀盘 4 带动尖头刀 3 高速旋转( $n_{刀} = 550$  转/分),主轴带动工件 2 低速回转( $n_{工} = 3 \sim 5$  转/分),在每一个很短的时间间隔  $\Delta t$  内,可以认为刀尖 3 在工件 2 上切出一个圆,我们称它为“刀尖圆”,刀尖圆的直径等于螺纹中径  $d_2$ ;通过挂轮、走刀箱和丝杠 7,保持工件 2 旋转一周时大拖板 8 平移一个导程(12 mm),从而使刀尖圆获得“相应的角位移量”.这两种运动合成的效果,就是

收稿日期:2001—10—22

作者简介:魏斯亮(1949—),男,安徽南谯人,华东交通大学机械学院高级工程师.

使“刀尖圆”的圆心沿空间螺旋线前进,从而利用简单的尖头刀自动加工出复杂的波形螺纹工件;如果将尖头刀 3 拆去,在刀盘 4 的锥孔内装上刀杆,则可加工波形内螺纹;如果改变车床主轴的旋转方向而保持拖板 8 的走刀方向不变,还可以加工不同旋向的波形螺纹。

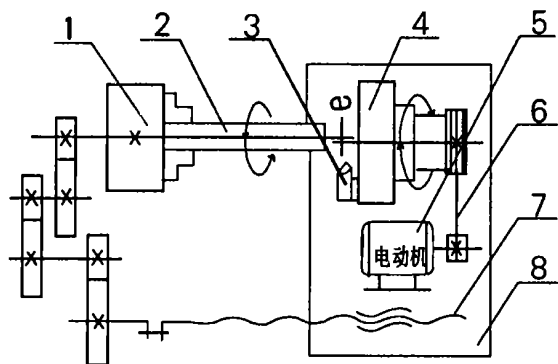


图 2 加工装置示意图

1. 三爪卡盘 2. 工件 3. 尖头刀 4. 刀盘 5. 电动机  
6. 三角皮带 7. 内联传动链装置 8. 拖板

由以上介绍可知:上述方法加工所得的波形螺纹工件表面是刀尖“点”在三维空间中运动轨迹的包络面,该包络面是通过复现“径向截形”和“相应的角位移序列”来形成,即通过“角位移成型”的方法来得到的。

### 3 精度分析

#### 3.1 建立数学模型(推导从略)

取螺纹的轴线方向为  $OZ$  轴,按右手系,设刀尖的瞬时座标为  $(X, Y, Z)$ ,刀尖圆圆心的瞬时座标为  $(X', Y', Z')$ ,令  $S$  为导程,  $R$  为刀尖圆的半径,  $e$  为偏心距,  $\omega$  为角速度,  $t$  为时间变量,则有

在任意微小时间段  $\Delta t$  内,刀尖切出一个“刀尖圆”

$$(X - X')^2 + (Y - Y')^2 - R_2^2 = 0 \quad (1)$$

刀尖圆圆心的轨迹是空间圆柱螺旋线

$$\begin{cases} X' = e \cdot \sin(\omega t) \\ Y' = e \cdot \cos(\omega t) \\ Z' = \frac{\omega \cdot t}{2\pi} \cdot S \end{cases} \quad (2)$$

将(1)(2)组合,并令  $Z = Z'$  后,可得刀尖在空间运动轨迹的三座标方程

$$[X - e \cdot \sin(\frac{2\pi}{S}Z)]^2 + [Y - e \cdot \cos(\frac{2\pi}{S}Z)]^2 - R^2 = 0 \quad (3)$$

将(3)式向  $YOZ$  平面投影,可求出加工所得实际牙形的轴截面方程

$$Y = e \cdot \cos(\frac{2\pi}{S}Z) + \sqrt{R^2 - e^2 \cdot \sin^2(\frac{2\pi}{S}Z)} \quad (4)$$

#### 3.2 齿形误差公式

由于设计图纸给定的牙形是在一个导程内由两段半径相等的凹凸圆弧吻接而成,所以可按  $\frac{1}{2}$  导程为界,分段求出图纸给定牙形的理想方程,并建立如下齿形误差公式:

在前半导程,即  $(\frac{1}{4} + n)S \leq Z \leq (\frac{3}{4} + n)S$  时:  
( $n=0, 1, 2, 3, \dots$ )

$$\Delta y_1 = \frac{d_2}{2} - e + r - \sqrt{r^2 - (z - \frac{S}{2})^2} - e \cdot \cos(\frac{2\pi}{S}z) - \sqrt{R^2 - e^2 \cdot \sin^2(\frac{2\pi}{S}z)}$$

在后半导程,即  $(\frac{3}{4} + n)S \leq Z \leq (\frac{5}{4} + n)S$  时:  
( $n=0, 1, 2, 3, \dots$ )

$$\Delta y_2 = \frac{d_2}{2} + e - r + \sqrt{r^2 - (z - S)^2} - e \cdot \cos(\frac{2\pi}{S}z) - \sqrt{R^2 - e^2 \cdot \sin^2(\frac{2\pi}{S}z)}$$

#### 3.3 齿形误差计算及误差曲线

考虑到  $\Delta y_1$  和  $\Delta y_2$  都是以导程  $S$  为周期的函数,而且又是工程实际问题,可以在一个导程(12 mm)内沿螺纹轴线  $Z$  方向取值,借助计算机算出  $\Delta y_1$  和  $\Delta y_2$  的数值.我们将已知数据代入上述齿形误差公式中,编写程序(从略)在 12 mm 内计算了 1 200 个点,按照所得数据绘制了该方法加工螺纹的齿形误差曲线(图 3),并求得采用该方法时齿形误差的最大值为  $|\Delta y_{\max}| \leq 0.0527$  mm;

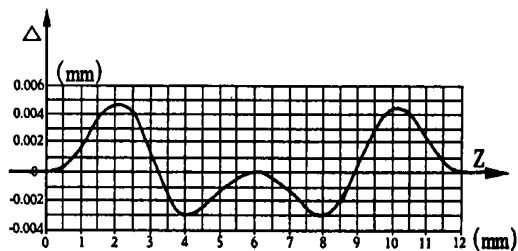


图 3 波形螺纹的齿形误差曲线

#### 3.4 齿形误差分析

根据齿形误差曲线,可知该加工方法产生的齿形误差很小,分析误差的来源,主要是采用了“刀尖圆截面”代替“近似偏心圆截面”所引起的;此外,刀

尖处的过渡圆弧所引起的干涉现象也会产生微量误差,不过由于刀尖处的过渡圆弧半径很小,所以总的误差仍十分微小,可以满足图纸的要求.

4 结 论

1) 采用该加工方法的优点为: *a*) 生产效率是“仿形法”的 10 倍以上; *b*) 自动生成螺纹牙形,操作简单方便,且基本不受刀具刃磨的影响; *c*) 切削抗力小,加工时不会出现振动,所以齿面较光洁; *d*) 经

批量检测,所得螺纹的齿形精度稳定可达 7—8 级,表面粗糙度达  $Ra = 0.8-1.6 \mu m$ ,完全可以满足现场使用的要求;

2) 实践证明这是一种可行的螺纹加工方法,当采用“仿形法”加工遇到困难时,采用该方法具有一定的优越性.

参考文献 :

[1] 中国矿业学院数学教研室[M]. 数学手册(第二版). 北京:科学出版社,1980.

A Process Method of Steep-lead Tread of Coupling Screw

WEI Si-liang<sup>1</sup>, LI Shi-jun<sup>2</sup>, TANG Xiao-qing<sup>3</sup>

(1. School of Mechanical Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

**Abstract**: This paper presents a high efficient process method of a steep-lead tread of coupling screw and studies the profile accuracy by using electronic computer and arrives at the profile error curve. The process method has more advantages in some conditions.

**Key words**: corrugated thread; angular displacement method of forming; process method