一种利用车铣复合加工中心进行球面加工的方法

李洪
通用技术集团大连机床有限责任公司　辽宁大连　116620

摘要：介绍了一种利用带有西门子五轴功能的车铣复合加工中心机床及套铣刀具加工外球面的方法。经验证，此方法较为便捷且加工精度高。

关键词：车铣复合；加工中心；球面

1　序言

球面加工通常对轮廓精度和表面粗糙度要求比较高，普通加工方式很难得到一个高轮廓精度和高表面质量的球面。球面的常规加工方式主要有车削和铣削，铣削效率比较低，加工精度和表面粗糙度也不高，因此对精度要求高的零件通常不会采用这种加工方式。车削加工效率相比之下要高很多，并且加工精度和表面粗糙度也很好，在没有专用设备的情况下是比较理想的加工方法。但是车削加工精度受机床精度、数控系统、刀具磨损等诸多因素影响，快速加工一个较高轮廓精度和均匀表面质量的球面也较为困难，因此要想获得一个高轮廓精度的球面，通常会采用一些专用设备和一些特殊的加工方法。本文主要介绍一种利用带有西门子五轴功能的车铣复合加工中心机床来加工外球面的方法，这种方法类似于车和铣的复合加工，加工出来的球面表面质量均匀且球面轮廓精度高。

2　原理分析

根据几何原理可知：当一个球体和一个平面相交时会形成一个截面，其截面交线就是一个圆（见图1）。平面与球心距离越近，圆的半径就越大，当球心在平面上时，圆的半径最大（等于球半径）。反过来讲，任意一个圆都可以被无数个半径不小于其半径的球通过。根据这一原理，我们利用铣刀自转形成的圆去切削回转的工件，这样就会加工出一个球体，加工方式如图2所示。

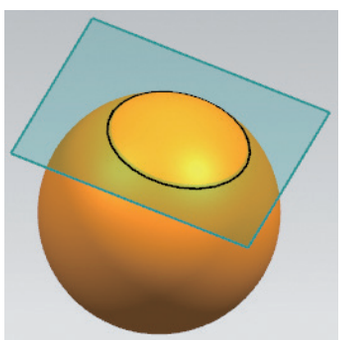

图1　截面交线

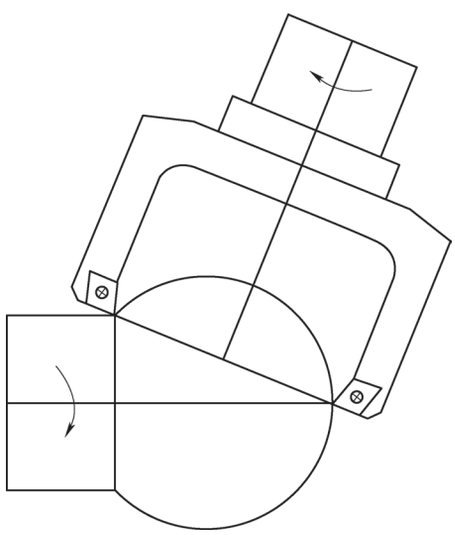

图2　加工方式

3　数据计算

从理论上讲，一个圆可以被无数个不同半径的球通过，因此我们在加工一个球时，首先应先确

定球的尺寸，然后根据加工球面的范围确定刀具直径、刀具旋转的角度。

球面加工尺寸计算如图3所示，O为球心，R为球半径，A点为球的顶点，B点为球终止位置，D为终止处截面圆直径，L_1为球的回转轴线，β为OB与L_1夹角，则直线AB为铣刀回转直径，L_2为铣刀回转轴线且过球心，α为刀具旋转的角度，H为刀具最终下刀位置。推导可得，刀具旋转角度为

$$\alpha = 90° - \frac{\beta}{2} = 90° - \frac{180°}{2\pi}\arcsin\frac{D}{2R}$$

则铣刀半径$r=R\sin\alpha$，下刀位置$H=R\cos\alpha$。

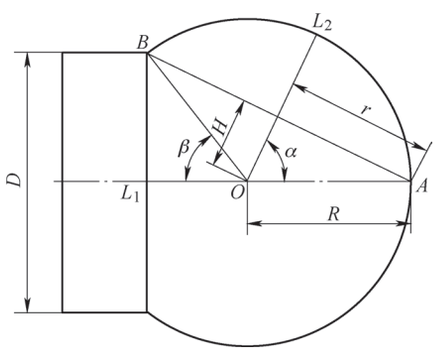

图3　球面加工尺寸计算示意

4　加工方法

（1）加工设备　本文加工设备采用卧式车铣复合加工中心，机床结构如图4所示。该加工中心配备西门子840D数控系统，具有RTCP五轴联动功能和双通道功能。

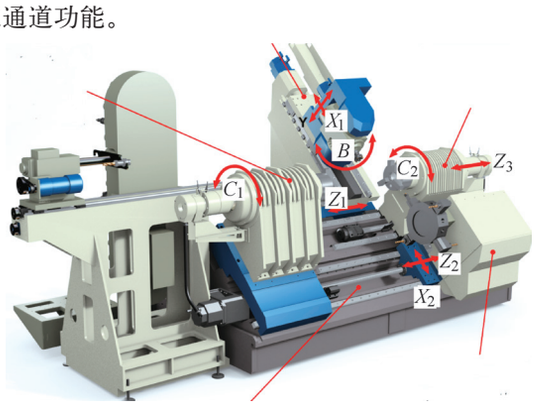

图4　机床结构

（2）加工刀具　采用如图5所示的套铣刀具。

（3）加工方法　先用车刀车出圆球形状，留有余量；然后根据圆球尺寸计算出刀具直径尺寸，并将刀具直径调整到相应尺寸；将工件坐标系零点设置在球心，旋转刀具轴，使刀具旋转到加工角度位置（α）；旋转工件坐标系，使Z轴与刀具轴平行，定位刀具轴与旋转后的Z轴重合并定位刀具位置在工件安全高度；启动五轴功能使刀具处于联动状态，旋转刀具并使工件缓慢旋转，控制刀具以切削速度沿旋转后的Z轴方向进刀，直至达到预期加工位置（H），加工完成后使刀具沿进刀轴线返回。

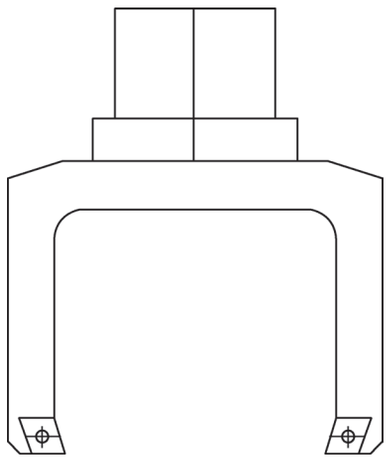

图5　套铣刀具

（4）加工程序　加工程序如下。

```
N1 DIAMOF
N2 D0
N3 G17
N4 G500
N5 G00X500Y0Z-600
N6 G94
N7 G00B45
N8 M70
N9 TRAORI
N10 G55
N11 ROT Y225
N12 D1
N13 G00X0Y0Z=R+10
N14 M3=3S3=1000
N15 G01Z=F100
N16 TRAFOOF
N17 G01G91C360
N18 TOFRAME
N19 G00G90Z=R+10
N20 M3=5
N21 TRAFOOF
N22 M30
```

薄壁筒体内安装槽在数控立式车床上的加工

党建峰
中车永济电机有限公司　山西永济　044502

摘要：以薄壁浮箍主体零件为例，针对其筒体长、刚性差、易变形的加工难点，通过设计专用支撑夹具并灵活编制加工程序，解决了加工振刀、内槽切削难的问题，使零件加工符合图样要求，为更好地加工薄壁零件提供了好的方法及借鉴。

关键词：支撑夹具；宏程序；仿形车刀

1　序言

在立车的加工范围内，经常会加工筒体类的零件，其壁薄、刚性差，直径在700～800mm，高1000mm左右，内、外圆均需要加工。加工此类件，存在装夹困难、极易产生变形以及振刀现象严重等问题，影响表面粗糙度。本文以一种浮箍主体（见图1）为例介绍加工方法，其系列零件中各零件总长度、内腔槽数和内腔直径尺寸不同，材质均为钢材。

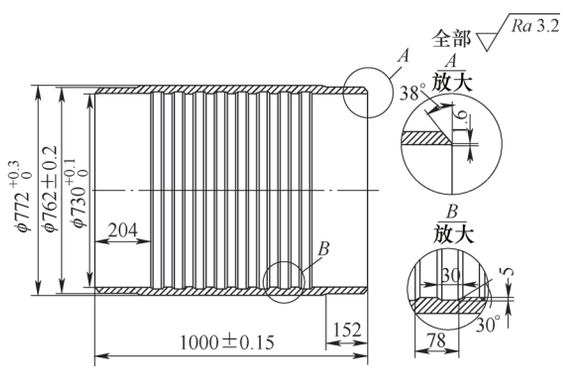

图1　浮箍主体

2　问题分析

该零件属于薄壁零件，如果直接对该零件装夹加工，浮箍主体有6～8处切槽部位，加工上部槽时，由于筒体高，下部仅受夹紧力影响，而上部受切削力影响，因此将产生严重的振刀现象，进而导致零件松动甩出。

3　装夹与编程要求

由于筒体高且壁薄、刚性差，在加工过程中受切削力、夹紧力和切削热的影响，极易产生振动、变形，所以为了保证装夹可靠，使用加高卡爪，同时采用“内撑外顶”的装夹方式；为了预防振刀，减小切削力，不宜采用切槽刀加工，可采用仿形车刀SVVCN，并使用宏程序编制切槽程序，方便控制

5　要点说明

1）为保证加工部分的球面完整，刀尖旋转轨迹必须经过球面顶点，并且刀具回转中心必须经过球心。

2）加工过程中启动五轴功能，能够准确控制刀尖位置，方便编程。

3）到达加工深度后工件应至少旋转360°，以确保球面加工完整。

6　结束语

利用铣削方法加工球面不仅可以很容易地获得较好的表面粗糙度和形状精度，而且车铣复合的特殊机床结构和西门子840D强大的功能，使编程和加工变得更加简单，不需要制作专用夹具，简化了加工工艺。

参考文献：

[1] 王细洋，朱志坤．大型飞机复杂回转件的车铣复合加工[J]．航空制造技术，2015（z1）：68-72．

MW 20201208