

对于高精度的光学设备而言,其光轴指向和光轴指向的稳定性都有较高的要求,尤其是在恶劣的力学环境下工作的光学仪器,不仅对光学仪器本身有较高的设计要求,用于保持光学仪器光轴指向的支架也同样要有很高结构稳定性要求,而对于夹角关系复杂的整体光学设备,其支架有着不规则的外形,这给支架的加工制造带来了很大的困难。本文探讨的是一种基于五轴联动加工中心的光学仪器支架加工方法。

一种光学仪器支架的加工方法

□ 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所空间光学部 张泽斌 张立平 刘刚

一、光学仪器支架的设计

设计了一种光学仪器支架结构形式如图1所示。

此支架由3个圆柱筒状结构和一个空心圆锥结构相贯而成,每个圆柱筒的一端有方形法兰,用于连接光学仪器。圆锥底面再通过一个大的圆环与底面六边形板状结构相连,圆环外圆与底面六边形棱边相切。六边形上的9个光孔和2个销孔起固定整台光学设备的作用。支架采用铸造成型,材料选用牌号为ZTC4的钛合金材料。由于铸造角度关系难以精确保证,铸造中将所有加工面都留了较大的加工余量,所有精确的夹角关系通过加工实现。不难看出,此支架的加工精度直接决定了其上安装的光学仪器的指向精度,根据光学设备要求,光轴指向精度应优于 $10''$,这样的结构和精度给加工带来了一定难度。

二、机床的选择

采用传统的加工方法进行加工,不仅需要繁琐的(空间角度位置关系)计算,而且由于机床主轴自由度的限制,

需要设计复杂的夹具才能实现对此工件的加工,这对于单件小批量生产来说大大提高了生产成本。此外,普通机床的加工精度有限以及大量的人为因素引起的误差的引入,这都将导致产品难以满足使用要求。

光学坐标镗床中的加工误差除了有量具误差、机床定位精度和重复定位精度带来的误差、机床几何精度误差、所用基准面的误差影响外,装夹变形引起的误差以及大量的人为误差都不可避免。

采用德国DECKEL MAHO公司生产的DMU125P五轴联动加工中心,配备HEIDENHAIN公司的Millplus操作系统,无须专门的夹具,只需一次装夹。其三维测头误差小于 $1\mu\text{m}$ 。另外,其机床定位精度和重复定位精度为加工中心本身的一个指标,带来的误差归为系统误差,可在加工中控制其对加工精度的影响。

通过实际操作中的验证,比较了采用普通铣床、光学坐标镗床和加工中心进行加工的优缺点。归纳出三类机床的

加工性能如表1所示。

由表1可以看出,在加工此类零件时,五轴联动加工中心存在较大的优势,因此我们选择125P五轴联动加工中心进行加工。

三、工艺过程

1. 坐标系设置

根据125P五轴联动加工中心的加工要求,在程序编制过程中需要定义各被加工面的坐标位置关系。在这里定义3个用于安装光学仪器的法兰面分别为法兰1、法兰2和法兰3,如图2所示。

每个法兰面上设置一个坐标系:沿圆筒轴线方向指向设备以外作为+Z轴,六边形安装面的中心建立如图2所示坐标系。根据仪器要求,ACS1、ACS2和ACS3分别相对于ACS0的夹角关系如表2所示(为了说明问题,这里只给出了粗略值)。可以看出,3个被加工面都与装夹基准有着复杂的空间角度关系,法兰1的加工需要刀具主轴(或工件)进行两个方向的转动以及3个方向的移动才能实现对刀(ACS1的+Y轴平行于安装基准面),法兰2、法兰3则需要刀具和工件进行6个自由度的相对运动方可实现对刀。

2. 基准设置与装夹

零件结构不规则,给装夹带来了一定困难。在实际加工中我们选择了3个加工基准如图1所示,底面精加工用作基准A,要求达到平面度 $5\mu\text{m}$,基准A与加工中心工作台面接触;精车大圆环内表面,用作基准B,靠基准B找正

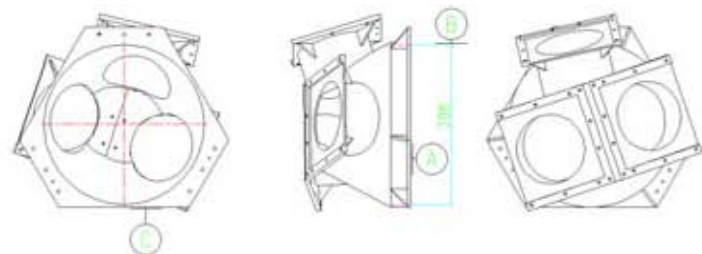


图1 光学仪器支架结构

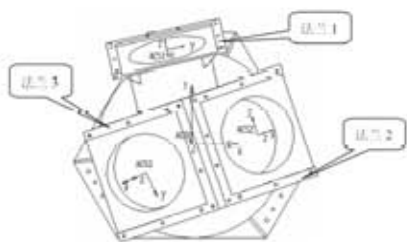


图2 坐标系设置

表1 机床加工性能比较表

	普铣	光学生标镗床	五轴联动加工中心
空间夹角精度	10'	15"	5"
空间距离和位置精度	$\pm 0.2\text{mm}$	$\pm 0.03\text{mm}$	$\pm 0.015\text{mm}$
斜面内空刀面	加工效果很差	加工效果很差	插补加工效果很好
加工时如何测量	基本上靠划线, 加工精度很差, 人为因素起关键作用	靠表通过机床坐标值测量, 人为因素关键	三维测头测量精度很高, 程序控制, 基本无人为因素
空间尺寸计算	靠划线时计算	计算过程复杂, 容易造成误差过大, 影响整体精度	计算简单, 机床操作系统内部计算, 误差很小
斜面上的孔	孔位靠划线, 钻头钻孔或用镗刀镗孔	移动坐标值可加工出位置比较准确的孔, 钻头钻孔或用镗刀镗孔	可加工出位置度很高的孔, 除钻孔和镗孔外可用铣刀插补铣圆孔
加工斜面所用时间/h	12	14	3
成本(单件加工)	较高(来自辅助成本)	较高	一般

工件上ACS0坐标系的+Z轴与工作台的中心, 用胎具装夹: 棱边加工, 用作基准C, 再通过基准C调整工件与刀具的位置关系: 最后压紧工件。3个基准实现了对工件的定位。此处引入的装夹误差在传统机床甚至普通的数控机床上难以避免, 而在125P上则可在加工中心的Millplus操作系统中自动修正, 提高了加工精度。

3. 编程与加工

由于是单件生产, 计算所给出的坐标位置在装夹摆正之后会发生变化, 这对于125P来说并不影响其加工精度。在Millplus操作系统中采用增量/绝对坐标偏移的方法实现对刀和走刀, 对于此加工中心, 坐标系原点在刀具的刀头固定不变, 刀轴为Z轴, X、Y、Z对应A、B、C轴, G53为机床机械坐标系, 不可清零, 不可变。G54-G59为工件坐标系, 可任意设置, 随意清零, 十分方便。根据仪器要求, 重点要保证3个法兰面之间的相对位置关系, 因此一次装夹, 3个法兰面的加工使用同样的加工基准就显得非常重要。而这在125P中可以轻易实现。下面具体说明各个法兰面的加工。

(1) 法兰1的加工过程

刀具与被加工面的相对位置关系

如图3所示, l_1 为被加工面与基面的交线, α_1 为被加工面与A基准面的实际夹角, β_1 为工作台的转角。由于刀具刀头与转台中心(O点)的位置关系在加工中心内部是已知的, 因此只要再知道O点在坐标系ACS1中的坐标, 便可实现对刀, 即将刀具刀头置于ACS1的坐标原点, 转动C轴, 使1面与ACS0坐标系的Y轴平行, 也即ACS1中的Y轴与加工中心的B轴平行, 在安全距离(位置)情况下, 采用程序G7 B5- α L1-2使刀具绕B轴旋转角度 α , 使之与1面垂直, 移动X、Y、Z坐标, 使刀尖移动到1面坐标原点, 此时在MDI状态下手动坐标系清零, 这时只要简单地给出刀具沿X轴、Y轴的位移量即可实现加工, 通过三轴联动插补1面。

在ProENGINEER软件中对工件进行三维立体造型, 以上所需数据在软件中可以很容易获取, 在实际操作中只要将数据赋到程序中即可。

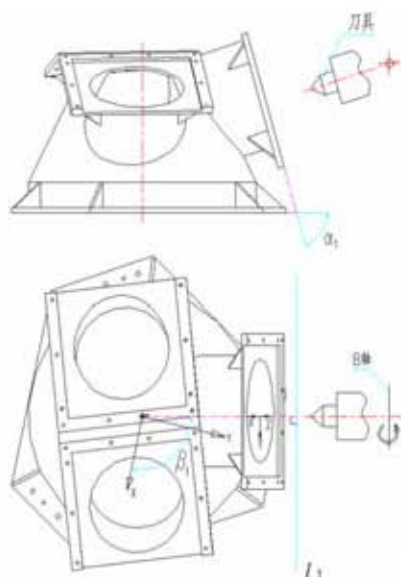


图3 法兰1的加工示意图

(2) 法兰2的加工

类似于法兰1的加工, 给出O点在坐标系ACS2中的坐标和刀具的转角 α , 以及C轴的转角 β , 可实现对刀。与加工法兰1不同之处在于加工过程中刀具移动的轨迹并不平行于任何一个坐标轴, 如图4所示, ACS1上的任何一个坐标轴均与B轴不平行, 这在Millplus操作系统中也并非难题, 只要再给出被加工面上刀具轨迹与坐标轴的夹角, 加工中心就能计算出刀具轨迹实现加工。

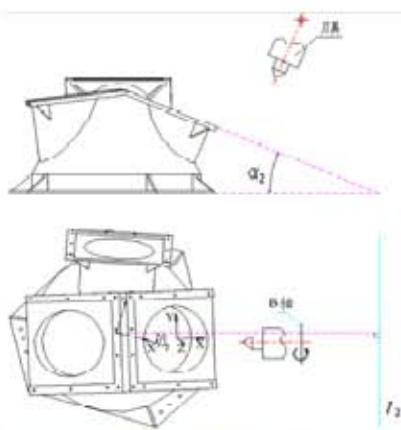


图4 法兰2的加工示意图

表2 各坐标系夹角关系表

(单位: 度)

		ACS1			ACS2			ACS3		
		+X轴	+Y轴	+Z轴	+X轴	+Y轴	+Z轴	+X轴	+Y轴	+Z轴
ACS0	+X轴	86.4	12.7	102.2	30.0	108.7	67.8	160.1	71.3	96.5
	+Y轴	106.4	77.3	20.9	72.5	18.7	83.5	108.4	161.3	93.1
	+Z轴	16.8	90.0	73.2	113.2	89.2	23.2	97.2	90.8	7.2

消失模铸造模具是消失模铸造生产工艺中的核心部分,模具研发周期的长短和工艺的优劣直接影响消失模铸造产品更新换代能力及铸件质量和成品率。本文结合一个成功应用的消失模铸造产品离合器壳模具的CAD/CAM应用案例,总结了大口径薄壁壳体类消失模模具的加工和制造技巧,对消失模的生产技术有很好的促进和指导作用。

N485柴油机离合器壳 消失模CAM

□ 安徽全柴动力股份有限公司技术中心 蔡兴玲

一、铸造模样CAD/CAM

1. 消失模模具的基本特征

离合器壳铸件模样如图1所示,其模具材质为铝合金,模具型腔等壁厚且表面安装有通气塞,模具背面设置有加强筋和珠粒喷枪支座,模板法兰上有螺纹联结孔和定位销定位孔。

2. CAD/CAM一体化设计方案

运用CAD三维造型技法设计出模具的正面型腔,在模具的背面用线条画出加强筋、喷枪支座、螺纹联结孔、定位销定位孔和通气塞孔的形状与位置,其线条可用作CAM数控编程加工的控制边界。通过设置曲面余量、边界余量和加工模式来精确快速地制造出所需的模具。

3. 准备工作

模具垫板采用灰铁HT200材质制作,厚度通常为50mm,垫板在加工前

要进行尺寸稳定化热处理,与机床和模板的结合面在精加工后均需要进行磨削处理。

4. CAD/CAM一体化制造方案

(1)工艺流程:模具的背面运用型腔铣削、喷枪支座铣削、模板法兰铣削和孔的点位加工;模具的正面型腔运用跟随工件和轮廓粗铣、固定轴精铣削、倒圆加工和模板法兰边的平面铣切割加工。



图1 离合器壳铸件模样

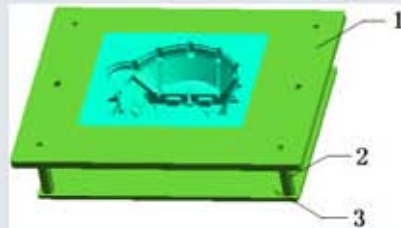
(2)界面流程: WCS、MCS完全合

```
G0 X0 Y0
Z 10
G1 Z0 F200
G 201 Y0.2 Z-6 B2 I50
J1 K1 R7 F200 N1=9991 F2=80
G 203 X69.18 Y -109.34 Z0
N1=9993
G1 X -111.56 Y-88.05
X -88.05 Y111.56
X92.697 Y90.27
X69.18 Y-109.34
```

一,将测得的模具几何中心安全高度点在加工中心的机械坐标值输入到工作坐标系G54中,即可按绝对指令来执行CLSF刀具定位源文件的后置处理加工程序了。

二、离合器壳模具CAM

下面以图2中的N485离合器壳凹模模具及工装组合为例来介绍其制造过程。首先将模具工装组合件进行分解,凹模模具本体(模芯)、上模板、支撑板、支撑杆和定位销等单独加工,然后组装一套完整的凹模模具工装组合。用于紧固作用的螺栓、螺帽和用于密封作用的垫圈可以选用标准件。支撑杆(材质为锻铝或铸铝)在普通车床上加工。上模板和支撑板(材质为锻铝、硬铝或铸铝)可以在普通铣床上加工,加工时先对毛坯进行刨削,再精铣加工成形。板面上的孔和螺纹可在坐标镗床上加工,也可以在加工中心上编程加工。



1—上模板 2—支撑杆 3—支撑板

图2 凹模模具及工装组合

```
G204
G202
G200
G201 Y0.3 Z-10 B2 I50 J1 K1 R7
F200 N1=9999 F2=80
G 203 X71.8 Y-86.99 Z0
N1=9994
G1 X -86.58 Y-68.33
X -68.33 Y 86.58
X71.8 Y-86.99
G204
```

(3)法兰3的加工过程

同法兰2的加工类似,这里不再赘述。最后给出法兰2的加工程序仅供参考。

```
G17 G54 G90
T8 M6
G0 B0
M3 S1200
Z 300
C0
G7 B5=23.2 L1=2
```

对于图2中的凹模本体模具,则必须在加工中心上编程加工,这样做可以保证制造精度和提高加工效率。具体加工时先加工模芯背面型腔再翻身加工正面,这主要是因为模具背面型腔表面质量要求较低,一则可以检验走刀路径的正确与否,二则可以摸索出最佳的切削参数。

1. 加工模芯背面

由于模具背面的加工是大量去除原材料的过程,机械加工应力较大,所以在模具正面加工以前需要对模具进行尺寸的稳定化处理。模具的压板最好选用阶梯形台肩夹持板,让压板对模具同时施加水平方向上的摩擦力和正压力,使模具被夹持得更牢固。加工坐标中心选为毛坯中心。在模型尺寸外围 X 向加工两个定位销工艺基准孔,一则防止加工背面工件走动时校孔,二则以备模具翻转后找正CAM编程基准中心。在运用CAM编程型腔铣时最好选用层优先的切削方式,这样可以有效地减少局部加工应力。

如图3所示(参照),运用CAM中的粗加工模块型腔铣分三层编程加工。为了提高效率,前两层(每层50mm)浅层区域的切削可选用短柄高强度标准刀具加工,第三层深层区域的切削再换用加长刀具编程减速加工。选择模具型腔表面为零件面,零件面余量定为10mm、随型壁厚为10mm,选用加强筋和喷枪座的线条作为驱动刀轨边界,定义材料侧来控制刀具的走向。枪座位置深度和法兰台阶面选用平面铣方法铣削,再采用钻孔

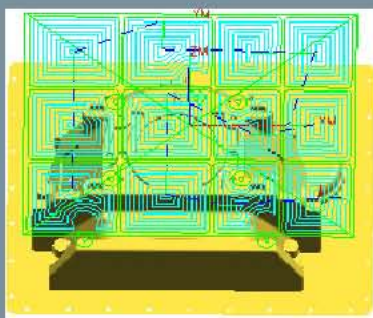


图3 凹模背面型腔铣削投影

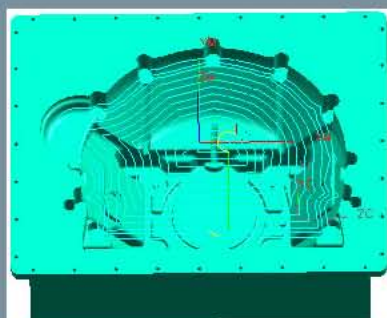


图4 凹模正面型腔粗铣投影

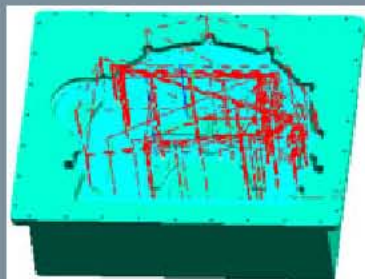


图5 凹模正面型腔轮廓半精铣投影



图6 凹模正面固定轴精铣削投影
(去掉约束矢量投影)

方法钻、铰 $\phi 12\text{mm}$ 枪孔。

2. 模芯正面加工

模芯背面加工结束后,将工件左右翻转校两工艺孔定正面加工基准中心,先采用型腔铣方法(见图4)选 $\phi 32\text{mm}$ 键槽刀粗铣毛坯,每层切削量为3mm,加工余量为1mm;再将型腔铣中的切削方式选为轮廓采用 $\phi 16\text{mm}$ 键槽刀半精铣模腔(见图5);最后对局部选用平面铣(平面)和固定轴铣(见图6曲面)方法精铣模芯。

凹模正面型腔加工完后,钻穿 $M6$ 螺丝的通孔和台阶。另外,对于模拟切削过程中出现的过切现象,可以采用刀具轨迹编辑模块进行删除和添加走刀程

序来解决。

三、结论

采用CAM编程,将NC代码直接传输到数控设备上模具加工,保证了模具零件的加工精度和质量,大大提高了模具的准确率和生产效率。经高速铣削精加工后的模具型面,仅需略加抛光便可使用,节省了大量修磨和抛光的时间。利用UG软件的CAD/CAM功能来设计与制造消失模模具,能有效地缩短其研发周期,还提高了模具的精确度,降低了成本。

栏目主持: 崔滋恩 本文索引号: 121
投稿邮箱: cuize@icad.cn

G202

G0 Z300

G7 L1=1 M30

注:程序中蓝色部分是法兰2的加工部分。

四、结束语

这种加工方法抛开了传统的依赖于机械图样的加工方法,采用人机结合的加工思路,利用三维软件的仿真优势,提供加工中心所需的复杂的加

工数据,实现了人、机、软件的互动,有效解决了结构复杂的光学仪器支架的加工问题,充分发挥了125P五轴联动加工中心以及Millplus操作系统的优势,通过一次装夹实现了各法兰面的精确加工,有效保证了光学仪器的指向精度,对于单件小批量的产品来说,采用这种加工方法大大提高了加工精度和效率,降低了成本,完成了图样加工较难完成的任务。

这种加工思路理论上完全可行,

在实际生产中也有一定的实用性和代表性。采用此方法加工的零件作为关键件之一已应用于某大型航天项目。当然,加工此类产品应该还有更好的方法,希望接触过此类产品的同行能与笔者交流。

栏目主持: 崔滋恩 本文索引号: 120
投稿邮箱: cuize@icad.cn