

异形安装座的高效数控加工方法研究

撰文 / 沈阳黎明航空发动机（集团）有限责任公司 赵昌辉 王峰 张恩元

文章主要讲述异形安装座类零件的加工工艺路线及数控加工程序的编制。通过介绍异形安装座与传统安装座的结构对比，加工工艺路线的制定及铣加工程序的编制，论述了此类安装座的高效数控加工方法。

一、引言

随着制造技术的发展，航空产品的结构越来越复杂，复杂零件的加工效率大大影响了企业的效益。安装座类零件从简单的台阶轴形状变为带有两个空间角度的异形复杂结构（如图 1 所示），原有简单结构的安装座类零件只需两道车加工工序即可以加工完成，但带有两个空间角度的异形安装座只使用车削加工已经满足不了加工需求。由于空间角度的存在，最终零件形状必须通过铣加工才能完成。但该零件的结构特殊，加工时装夹与定位面小，铣加工的材料去除量较大，因此铣加工效率非常低。为了高效率、高质量地完成此类零件的加工，制定合理的加工工艺路线和数控加工方案是必要的前提条件。

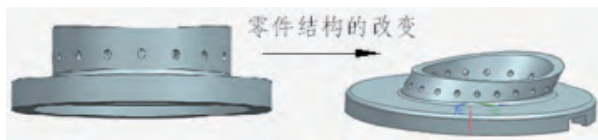


图 1 传统安装座与新结构安装座对比

二、加工工艺路线的制定

1. 工艺分析

这种异形安装座，一端为正常的圆柱形，另一端是异形结构，而这种异形结构就是与零件的基准有两个空间角度关系的斜式圆柱，如图 2 所示。此零件加工尺寸及形位公差精度并不高，结构也相对简单，但因为此零件毛料为棒料，材料硬，锐角部分空间小，底角 R 为 1.5，所以在加工异形端斜式圆柱时效率非常低。从设计图分析斜式圆柱体不能用

常规的车加工进行，而且使用 3 轴铣加工需专用夹具和刀具，且不能保证加工质量。从图 2 中可以看出，异形端的加工要同时加工内、外形，为保证零件的高效加工，不仅要从加工方案上考虑，还要从零件装夹方面考虑能否一次加工内、外形。但从图中可以看出此零件的定位面不大，而且压紧部位也相当小，要高效地加工该零件，在工艺路线的安排上，要预先进行设计，确保零件能够可靠地安装，保证一次加工内、外型面。综合分析零件图上的技术要求，零件主要加工表面的尺寸、形状及位置精度，零件的材质及机械加工的工艺性等方面后，最后制定加工工艺路线。

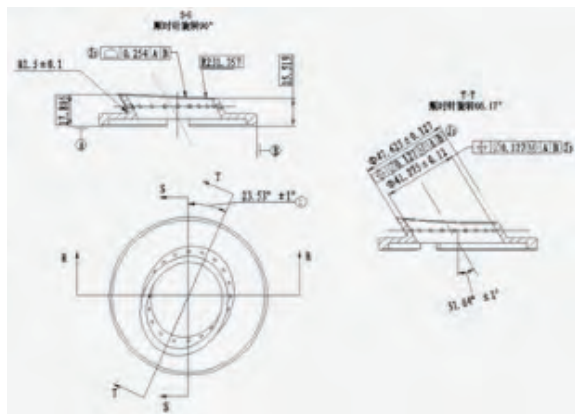


图 2 设计图

2. 工艺路线制定

异形安装座加工工艺路线以车削和铣削加工为主。为了高效地加工此零件，针对车铣加工中心和五坐标加工中心制定工艺路线。零件的毛料为棒料，首先应将无空间角度的

一端车、铣加工到位。使用车铣加工中心，是为了车一端时能够完成端面槽的铣加工，既可以减少一次周转时间和加工准备时间，又确保了铣加工另一端时有角向定位基准。车铣加工完成后，再进行有斜式圆柱一端的铣加工。根据以上分析该零件通过两道主要机加工序即可以完成零件的加工。经过综合分析零件图上的技术要求，零件主要加工表面的尺寸、形状及位置精度，零件的材质及机械加工的工艺性等方面后，最后制定加工工艺路线为：修基准→车铣一端→铣另一端外形→铣另一端内形（其中铣内外形可以合并加工）。因该零件的定位面及压紧面小，为保证铣加工异形端时有足够的压紧力，在修基准工序，将内圆车加工出一个台阶孔，其中台阶面用于放置压盖，孔用于通过螺杆，还有端面槽做角向基准，即使铣削力大，这样的结构也能够保证加工的稳定性。另外，因加工路线中的铣另一端外形和铣另一端内形的定位面相同，可以利用快换夹具将压紧机构进行转换，从而使两道工序可以合并加工。

三、数控程序编制

该零件的数控程序编制，按工艺路线主要有两部分：一部分是车铣一端的程序，另一部分是铣异形端的程序。此零件车铣一端是简单的车内、外圆及铣加工端面槽，本工序是在车铣加工中心上进行的，因加工程序不多，数控程序的编制也比较简单，只需掌握车铣加工中心在车、铣加工时不同的加工指令，即可以完成数控程序的编制，而且自动编程或手动编制都可以。铣加工异形端时，因其内、外形带有空间角度，需在5轴加工中心上进行加工，又因手动编程相对复杂，铣另一端的程序全部使用NX软件来进行，此部分的数控加工轨迹设计和编制是本零件的加工难点。

1. 粗铣加工刀具轨迹设计

零件的铣加工选择五坐标加工中心进行。在铣加工异形端时，先铣外形再铣内形。铣外形时，材料硬，去除量大，因此选用直径 $\phi 20R1$ 的端铣刀用固定轴的方式以大切深小进给进行粗铣加工。其刀具轨迹是上下两层由外向内进行铣加工的椭圆形轨迹，采用的编程模块是NX中的平面铣削模块，生成的刀具轨迹如图3所示。用 $\phi 20R1$ 的刀具粗铣后，在斜圆柱与底面夹角为锐角的部分留有较多的材料，因此处的转接圆角为 $R1.5$ ，所以这些残余材料我们使用直径 $\phi 6$ 的球铣刀进行铣加工。设计刀具轨迹时，刀轴必须与

斜式圆柱轴线平行，使用的编程模块可以是NX的固定轴曲面轮廓铣和变轴曲面轮廓铣。经过两次粗铣，零件外形的余量已基本均匀，余量为 0.5mm 。在零件内部的粗加工过程中，为了便于装夹，零件的内部已有预钻孔，但需去除的材料仍很大，而且因为是斜孔，需加工的最长斜线为 45mm ，若分层铣削效率非常低。引用高速铣削的理念，采用一层螺旋线的刀具轨迹，由内向外，将零件进行扩孔，这样的加工效率相当高，而且质量稳定。粗铣后，零件的余量非常均匀。

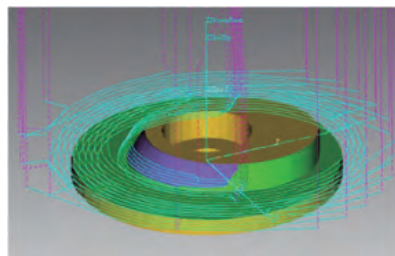


图3 刀具轨迹示意图

2. 精铣加工刀具轨迹设计

为了能够高效地完成零件的加工，该零件的精加工是分区域进行的。根据此零件的结构特点，将此零件划分为三个加工区域：一是大平面区域部分，二是斜圆柱与大平面小夹角剖分区域，三是斜圆柱的表面部分。其中大平面部分选择 $\phi 20$ 的端铣刀，以固定轴的方式进行加工，两刀即可以完成平面的加工。斜圆柱与大平面小夹角部分平面的加工，采用 $\phi 6$ 的球刀进行，刀具轨迹要密一些，而且要保证与平面的接刀完整且不能过多重叠。斜圆柱表面的精加工同样选择 $\phi 6$ 的球刀，以螺旋铣的方式进行加工，此方法是最好的高速铣削方法，不仅加工效率高而且零件表面质量高。三个区域加工完成，零件的外形就铣加工完成了。零件内圆的加工，虽然是斜圆柱，但与斜圆柱轴线垂直的截面仍为圆形，所以零件内圆使用一个轨迹为圆的轮廓程序，即可以完成加工。零件的不同加工区域选择不同的编程模块，但目的都是能够将此零件高效地加工完成。

四、结语

该零件的高效加工不仅考虑了工艺路线设计，而且在刀具轨迹设计方面也按照高速铣的理念进行了考虑。此零件的编程软件是NX，加工设备是DMU40，设备和编程软件都可以进行高速铣加工。经本厂的加工试验，该零件的加工效率非常高，比普通加工方法提高50%的加工效率。