

大型铝合金航空结构件加工

湖北航宇嘉泰飞机设备有限公司工艺室主任 张兆新



图1所示为航空结构件，原材料7050—T7451，采购进口铝板作为毛坯。主要特点：①尺寸较大，最小包容体尺寸为952.98 mm×589.28 mm×100.33 mm。②结构较复杂，包含大量的深腔、曲面、薄壁、侧孔、斜孔及局部倒扣等结构，图样尺寸400余个。③零件精度要求较高，衬套安装孔、轴承安装孔的孔径公差仅0.01 mm；各孔位置精度要求0.1 mm；其中基准面在623 mm×423 mm的范围内要求平面度达到0.2 mm。④零件通用机械加工表面粗糙度值 $R_a=3.2\ \mu\text{m}$ ，衬套和轴承安

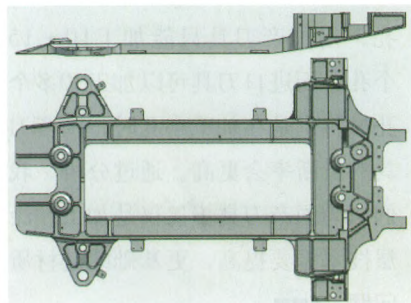


图1 零件结构示意图

装孔表面粗糙度 $R_a=0.8\ \mu\text{m}$ 。

攻关重点：①合理利用边角料，降低材料费用。②合理安排工艺方案。产品属典型大尺寸、薄壁、复杂结构航空零件，需合理、详细规划工艺路线，合理安排各工序加工内容、加工设备和装夹方法。③数控程序编制。以UG进行数控程序编制。编程工作分粗编制和精编制两步。粗编制阶段按工艺方案进行大概编制，并模拟加工，进一步论证工艺路线、装夹方式（工装夹具方案）和加工内容划分的合理性；精编制阶段完善每步加工内容，调整数控程序各要素。

工艺方案

（1）合理利用边角料：该零件毛坯尺寸990 mm×609 mm×110 mm，材料去除率97%，单件毛坯价格约16 000元。必须合理利用边角料，提高材料利用率，降低成本。根据单价、零件数量及各零件毛坯尺寸，安排相同材料零件套料方法示意如图2所示。套

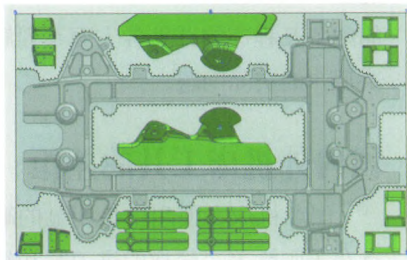


图2 套料示意图

料后，每件毛坯可用于其他零件材料费用约5 672元。

（2）加工效率：采用排孔落料后，材料去除率仍然达93.6%，去除量达3 035 000 mm³。需去除材料主要集中在图3所示的方框内，影响粗加工效率。

图4中区域是制约精加工效率的瓶颈，尤其是深腔部分。这些区域均为斜面，需要以球头刀或牛鼻刀以0.15~0.30 mm的步距加工；深腔底部需要使用长度80 mm以上、 $\phi 12\ \text{mm}$ 以下的刀具加工，加工效率较低。

（3）该零件的图样要求均在通用机械加工可达到的精度等级内，

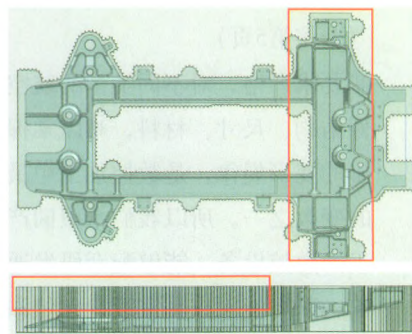


图3 需去除材料集中区域

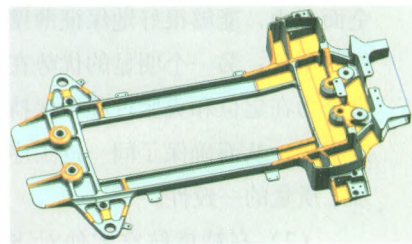


图4 精加工耗时较多的区域

保证加工质量的重点在于控制零件变形。图5椭圆区域是主要变形区域。

(4) 工艺方法以数控铣削为主, 钳工为辅。①图6所示的孔, 因数控设备无法完成, 由钳工制孔。②图7所示区域以及一些曲面法向孔、侧面孔等无法在三坐标加工中心中制出, 由五坐标加工中心完成。

(5) 综合套料、效率和质量确定加工路线: 采用正反两面各一次粗加工、型腔侧一次半精加工、型腔侧一次精加工完成三坐标加工中心内容, 使材料内应力逐步释放, 减小最终变形。

采用图8所示的定位夹紧方式: 圆柱体是工艺台, 其中两个工艺台上制出定位孔, 实现各步工序间统一的定位基准; 其他工艺台上制螺旋孔, 以螺栓联接长方体所示标准块, 使用压板压紧标准块实现零件夹紧。

装夹方式优点: ①夹紧力作用于标准块, 避免零件直接承受夹紧

力引起夹紧变形。②装夹比较简单、操作方便, 6副压板即可完成夹紧操作, 降低操作强度、提高工作效率。③数控程序编制无需考虑夹具避让及换压, 简化编程工作。④无需换压, 降低非加工操作时间, 提高机床利用率。⑤可根据零件变形情况修正工艺台, 使每步工序零件均处于自由变形状态下, 由多步工序逐步减小内应力等因素引起的变形。

设计最终精加工工装如图9所示, 用于去除工艺台。

数控程序编制

(1) 以三轴加工中心制495个孔落料, 实现边角料有效利用, 并提高加工效率。

(2) 采用大直径可转刀位面铣刀进行粗加工, 并优化刀具轨迹, 提高加工效率。

(3) 以牛鼻刀代替球头刀加工曲面, 刀具刚性较好, 径向受力较小, 充分利用机床沿主轴方向刚性较好的特点, 得到更好的加工质量

和加工效率。

(4) 刀具从曲面外至少一个刀具半径的地方就开始以加工步距走刀, 使加工余量均匀。虽然有一定的刀轨浪费, 但可提高进给速度, 在加工效率基本无差异的前提下得到更好的加工质量和刀具寿命。

(5) 深腔底部曲面, 先用清角刀按深度方向分层快速去除大部分余量; 再用牛鼻刀以2 mm步距去除清角刀留在深腔底部曲面上的台阶型不均匀余量; 最后用牛鼻刀以0.3 mm步距进行精加工。可以得到较高的粗加工效率, 保证精加工余量比较均匀, 从而获得较好的加工质量和刀具寿命。

(6) 所有刀轨都要求尽量平顺连续, 减少进出刀, 保证切削的连续性和稳定性, 从而得到较好的加工质量和刀具寿命, 并提高加工效率。

(7) 对曲面区域, 以大直径刀具进行曲面的精加工, 转接圆弧部位以合适的小直径刀具进行清根处理, 以提高加工效率和加工质量。

(8) 以沿部件进刀或螺旋方式加工孔、型腔, 一次进出刀加工完毕, 不仅减少非切削运动, 提高加工效率, 而且可以避免过多进出刀带来的接刀问题, 提高加工精度。

结语

该零件加工工序多, 加工周期长, 无论工艺技术还是生产组织都需要精密严谨。该零件已形成稳定批量生产, 工艺方法稳定可靠, 生产组织严谨合理, 对类似零件的生产具有一定借鉴意义。MW

(收稿日期: 20140628)



图5 主要变形区域

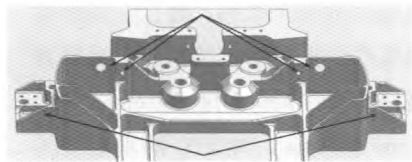


图6 需钳工制造的孔

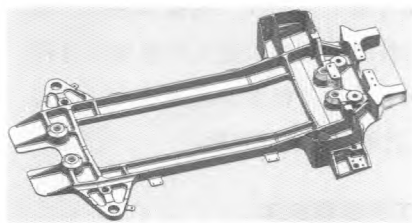


图7 五轴加工中心加工区域

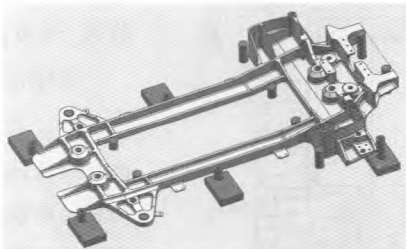


图8 定位夹紧方法示意图

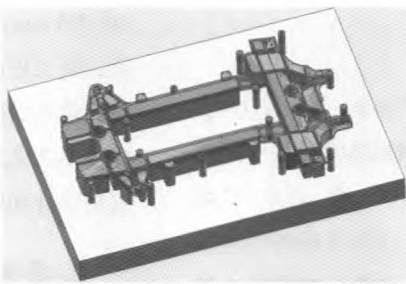


图9 最终精加工用工装示意图