

缸体缸盖柔性线CNC高效专用夹具的开发

□ 上汽通用五菱汽车股份有限公司/鹿鹏 黄杰

柔性生产线的CNC专用夹具方案是实现高效加工的基础。本文从共线生产的多品种发动机缸体缸盖夹具的关键结构设计着手,探讨夹具布局方案对生产线效率及质量提升的关键设计,特别是气缸体曲轴孔在CNC上借鉴专机方案设计远端轴承支撑的线镗刀加工工艺,有效解决传统大批量生产过程中过程能力不足问题。

发动机气缸体和气缸盖是典型的箱体类零件,作为发动机极为关键的质量控制零件,主机厂大多选择自主加工。箱体类根据设计需要可分成整体式和分开铸造两种方式。随着市场的快速变化及新能源汽车对传统内燃机的冲击,建设一条高效柔性生产线,CNC是其关键组成部分,其专用夹具运行的可靠性、刚性、柔性水平直接制约了整个工厂的运行及后续改造成本。

基于工艺布局的基面先行原则,箱体类零件加工工艺在粗加工完成基准面及销孔的加工后,半精及精加工基于“一面两销”定位基准设计。在保证零件中孔系特征顺利加工的前提下,选择合理的加工方法和排出加工工序。图1是某发动机箱体类零件生产线布局,CNC是主要设备,生产线虚线框内为粗加工设备;后续为半精及精加工工

位。各CNC工序在满足各工序加工特征夹具强度、刚性的基础上尽量保持工序夹具的柔性以实现工艺柔性。

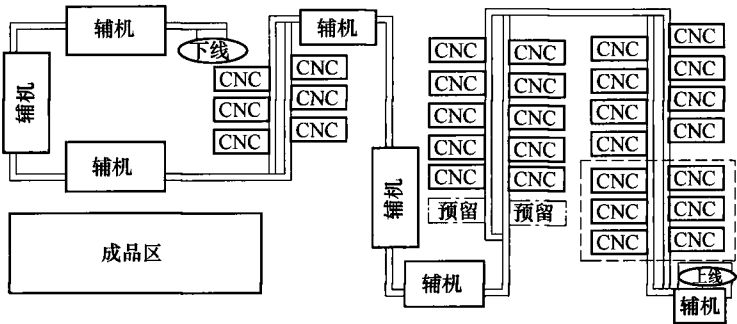


图1 箱体类半柔性生产线布局方案

缸体缸盖线具备生产1.0L、1.2L、1.5L三大系列包含增压机型的5种不同毛坯共线生产的能力。整线夹具采用的主要原则如下:

- (1) 基于液压驱动的夹具夹紧方式,不允许液压缸的活塞杆作为主夹紧直接接触工件。
- (2) 夹具材料选择方面关键定位组件采用碳钢材质,固定螺栓端部采用打蜡密封防止切屑堆积。
- (3) 夹具整体结构设计避免采用大平面避免加工切屑堆积的设计。
- (4) 夹具的气路、液路等控制回路设计全部走夹具体内部,控制通道在保证最低要求数量基础上考虑潜在的扩展性。

粗加工高效夹具设计

粗加工工序完成后续工序定位基准加工，主要加工面去余量，同时预留合理的余量给精加工以保证加工面最终尺寸及平面度、表面粗糙度等技术要求。在多产品粗基准相同的工艺条件下，关键考虑加工干涉、切削效率和加工质量稳定性。产品粗基准不同时，需通过夹具的创新设计实现兼容性。

1. 气缸体夹具选用可靠夹紧方案

如图2所示，粗加工主要为缸体、燃烧室面等特征加工。工件落座后，夹具主要通过油缸推出压杆压紧缸体毛坯的排沙工艺孔，将零件精确压紧在基准方向上，但因铸造余量、拔模斜度及切削冲击载荷导致压紧杆频繁断裂，严重影响生产效率。但此方向另一定位点的夹紧头从未发生过断裂问题，通过重新合理设计压头结构，如图3所示，将此向所有辅助夹紧方案设计为同一结构，有效解决了压头因冲击导致断裂的问题。

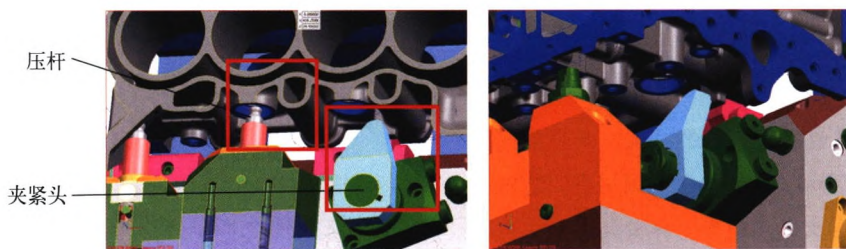


图2 粗加工辅助夹紧设计

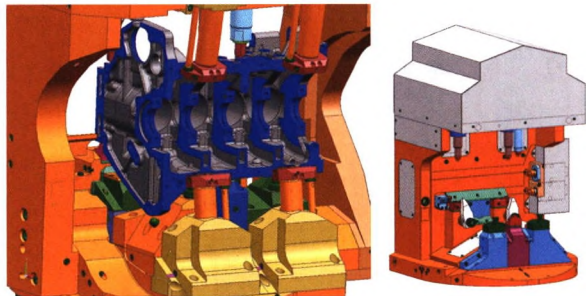


图3 粗加工Z向辅助夹紧新设计

2. 双夹具方案适应粗基准不同的气缸盖零件共线生产

气缸盖的粗定位基准差异较大，为实现不同产品共线生产提出三种方案，方案一是外包实现粗加工工序特征；方案二新增一台CNC；方案三在同一台加工中心上加工，通过换型定位装置或设置双夹具方案，经评估大批量生产方式下优选双夹具方案。如图4所示，大小缸体的缸盖零件定位设计差异较大：双夹具设计 I 设计为小缸体加工；II 为大缸体加工位置，成功实现成本控制和质量保证。

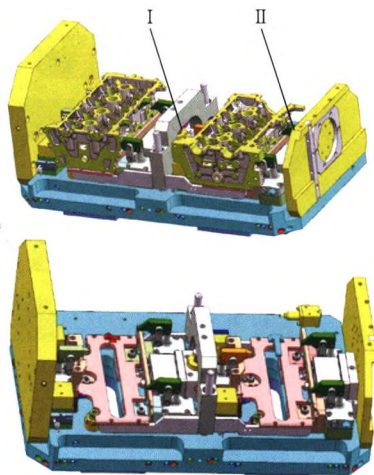


图4 缸盖双夹具设计实现精准的加工

基于“一面两销”的精加工夹具设计

缸体、缸盖为典型的箱体类零件加工，在加工基准上采用“一面两销”的定位方案实现6个平面及孔系的精加工。

1. 采用A/B轴夹具实现零件姿态调整的最小化

基于B轴传动方式，原缸体生产线全部采用B轴夹具方案，如图5所示，部分加工特征如曲轴位置传感器孔，主轴承盖结合面等特征加工必须将零件翻转直立后才能完成加工。

经过行业考察及气缸盖A轴实际应用，1.5L以下小排量铸铁缸体的加工负荷通过A轴加工完全可以达到工艺要求。如图6所示，采用B轴、A轴串联布置方式可以方便地实现零件的定位面一直朝下，无需再整体翻转立起，不仅节省了员工的操作时间，降低了工作负荷，而且避免了翻转过程中切削液飞溅导致工作环境的污染。

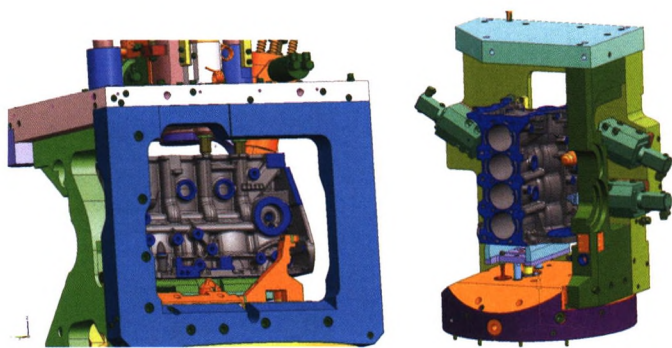


图5 缸体全部B轴夹具设计方案

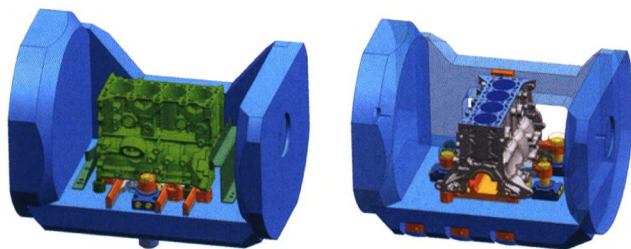


图6 采用A/B轴串联工艺布局结构

2. 优化铝合金夹具夹紧点设计

采用杠杆式增力夹紧机构设计应用于铝合金缸盖的加工，既避免缸盖的形变，又满足加工受力的要求，如图7所示，大部分工位采用类似结构设计，满足生产线长期耐久运行的考验。因夹紧点距离差异较大，无法实现兼容夹紧工序，通过设计快换的夹头结构，实现不同零件的兼容。

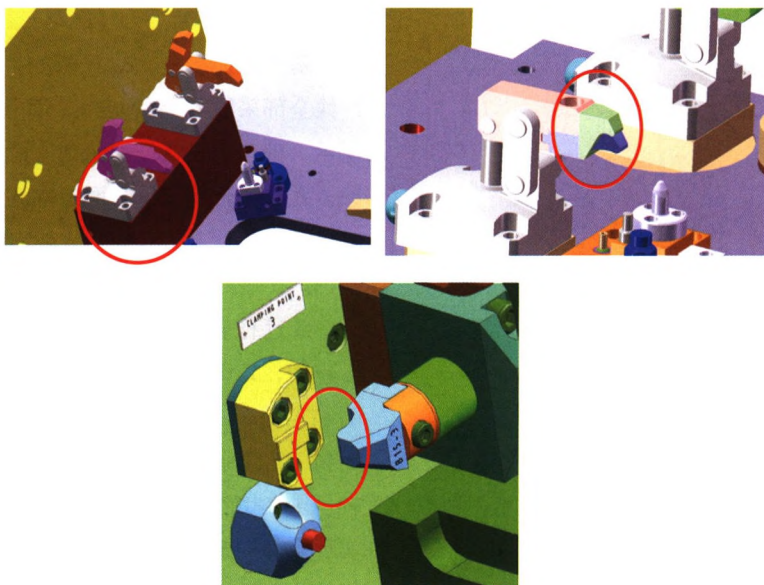


图7 夹具结构采用杠杆式增力机构及快换压头

3. 到位挡停结构精确设计

基于低成本设计要求，CNC设计为半自动上料。为确保员工将零件推拉到位，机床夹具的感应装置设计尤为重要：设计一种机械结构，如图8所

示，工件推到位后实现连接机构内部气路接通而产生通道内压力变化直到设定值，实现零件到位监控。通过将该信号写入设备的互锁逻辑，零件未到位时，则机床不加工以防止零件掉入加工仓。

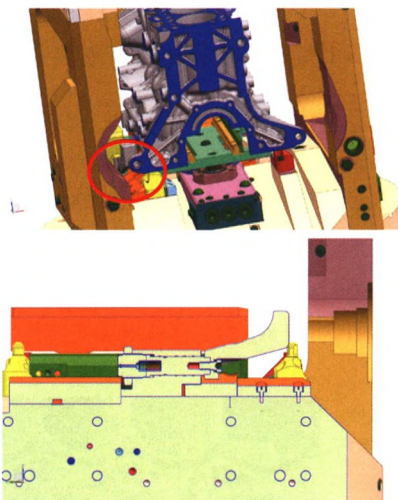


图8 工件到位挡停机构设计

4. 定位销气检结构设计

基于“一面两销”的设计结构，如图9所示，“一面”通过3个或4个定位点；“两销”即圆销和菱形销定位组件。设计均采用了气压监测通道，当受力过大导致断销时机床将自动停机并报警，防止刀具碰撞事故发生。

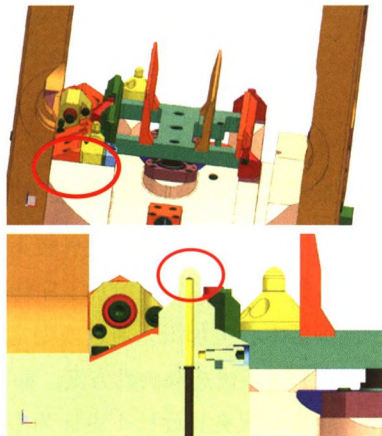


图9 定位销设计结构：断销通过气压监测实现自动报警

5.定位点结构设计

如图10所示, 夹具各定位点均采用了气密监测及切削液冲洗装置: 在定位过程中冲洗防止定位面粘铁屑导致的加工异常; 加工过程中气密检测全程监控零件是否移位。



图10 定位面设计结构

关键特征加工夹具设计

机加工全部采用CNC加工, 主要考虑生产柔性及未来新产品导入等因素, 但在关键特征加工的长期能力无法达到工艺要求, 比如曲轴孔精镗位置度。

1.特殊工位夹具设计

缸体曲轴孔采用专机特性的线镗刀工艺加工方式, 既兼顾CNC的柔性, 又保证专机加工的稳定性,

其关键核心为在刀具远端增加一轴承支撑, 以防止刀具重力因素及加工材料软硬导致的位置变异。但线镗刀对进刀的中心要求非常苛刻, 基于销孔配合的定位方案存在一定间隙的影响, 为消除间隙, 如图11所示, 在零件侧面增加一推动液压缸, 工件落座定位后通过推杆将零件推向一侧, 消除潜在间隙影响确保对中度。通过在CNC上使用专机线镗刀方案, 成功将曲轴孔前后端中心差异从0.025mm改进到0.01mm以内。

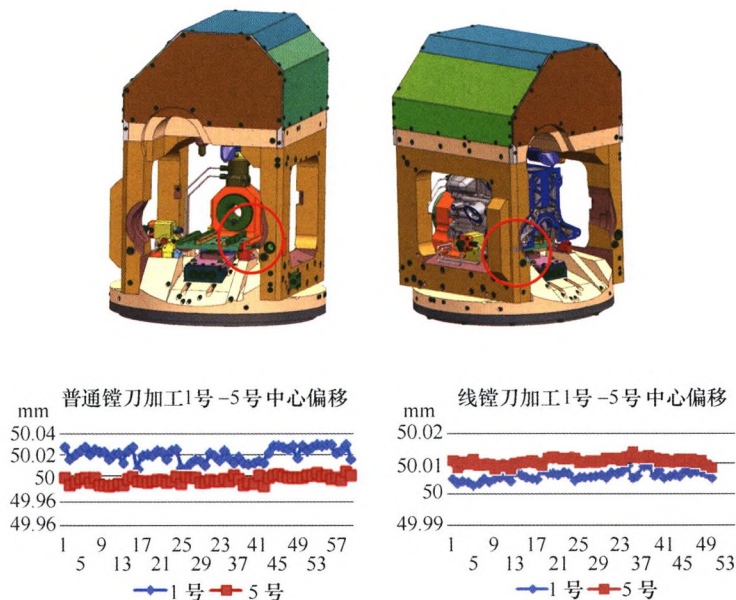


图11 关键工序采用液压缸消除定位间隙设计

2.关键工位工装在线测量装置在夹具上配置参考件

在线测头用于箱体类零件关键特征的加工, 主动干预过程实现加工能力提升。如缸体止推面、缸体缸盖燃烧室面等重要特征加工探测, 为保证加工尺寸能力, 通过测头测量实现刀具磨损进行补偿。为避免测头粘铁屑、铝屑、测头本体波动等影响, 通过在夹具上安装一标准尺寸的参考件, 定期对测量系统进行标定、监控, 确保加工尺寸的准确性。

结语

箱体类零件专用夹具在缸体、缸盖生产线已成功开发应用, 机床MTBF时间稳定达到1 600h, 设备开动率达到85%设计目标。除了部分夹紧及导向组件需手动换型外, 定位器件均无需换型, 机型换型时间控制在30min内。项目运行的各项指标均达到预期目标, 可实现3大类系列产品的共线生产。基于一面两销的精加工A/B轴混合使用, 有效缩短了生产辅助时间, 提升了人机工程的应用, 特别是专机概念应用到CNC夹具的设计, 有效提升了关键特征长期加工能力。

AUTO1950