

称重传感器弹性体加工利器之三

连续进料自动加工装置

□臧建军

【摘要】数控翻转卡具用于称重传感器弹性体加工，虽然摆脱了手动卡具靠人工翻转角度的工作量，但与国外相比仍然存在一定的差距。按照外企客户在本国和美国的加工方法，他们采用的是带交换工作台的卧式加工中心，即：更换工件的时间不占用机床加工时间。为此，我们提出了连续送料的弹性体自动加工装置，为超过国外弹性体加工效率和减少人工用时奠定了技术基础。

【关键词】连续送料；单件人工时间成本

文献标识码：B

文章编号：1003-1870（2023）06-0042-07

引言

我们认真分析了外企公司称重传感器弹性体在他们本国的加工方法，他们采用的是双工作台+双方箱的带交换工作台功能的卧式加工中心，按照本世纪初的价格，性价比较好的日本牧野机床，一套加工装置大约在80万美元（不含进口税）。这种设备配置的好处是：交换到机床外面的工作台方箱可以在另一个工作台方箱进行加工的时候更换工件，因此其效率比较高。

我们采用立式加工中心配置数控翻转卡具的方

法，在平均到每一件弹性体更换工件的人工用时上是与国外相同的，都是需要分成两序，重新更换工件方向，加工完弹性体各个要素。他们是在方箱卡具的不同面上定义不同工序，我们是在两个卡具板上定义不同工序。

按某个品种的弹性体装卡时间，国外人工时间成本为120秒/件，我们基本上也是120秒/件（图1）。所不同的是，我们是停机装卡，国外是交换工作台装卡。因此，如果国外机床日产量为300件/台机床，我们日产量只能达到200件/台机床。



图1 人工装卡工件

前面说过，每个卡具板上分布10个工位，当人工装卡工件时，首先，需要将二序上的10个工件松卡取下，再将一序卡具板上10个工件松卡取下后装到二序卡具板上定位紧固。然后，再将10个坯料装到一序卡具板上定位紧固，总共需要20次松卡和20次装卡的动作，一共折腾40次。在这个过程中还需要清理干净定位面和压板面的切屑，否则垫屑造成定位不准或者压痕导致废品。上述工作全部完成大约需要20分钟，平均单件人工成本为2分钟（仅数控工序）。

如果不是人工薪酬上的差别，我们与国外相比无任何优势可言。就目前国内人工成本，与印度、越南等国相比，已是他们的1.5~2倍，已经逐渐失去

了亚洲地区称重传感器弹性体加工的优势。现在已经出现大量订单移至东南亚等国的情况。

在这种形势的逼迫下，我们提出了在立式加工中心上采取连续送料多工位自动加工的方法（图2），我们确定的目标是：人工时间成本，上料用时2秒/件（一根料20件，上料30~40秒），取料用时4秒/件（如果配置机械手，此用时可省）。加上其他工况人工需求，人工介入总用时不超过10秒/件（研磨、打字、阳极化工序人工用时除外）。如果这个目标能实现，我们将彻底解决在称重传感器弹性体加工上与国外竞争力不足的问题（政治因素和关税因素除外）。如果将上料和拾料通过机械手解决，则整个数控加工过程可以做到人工零干预。

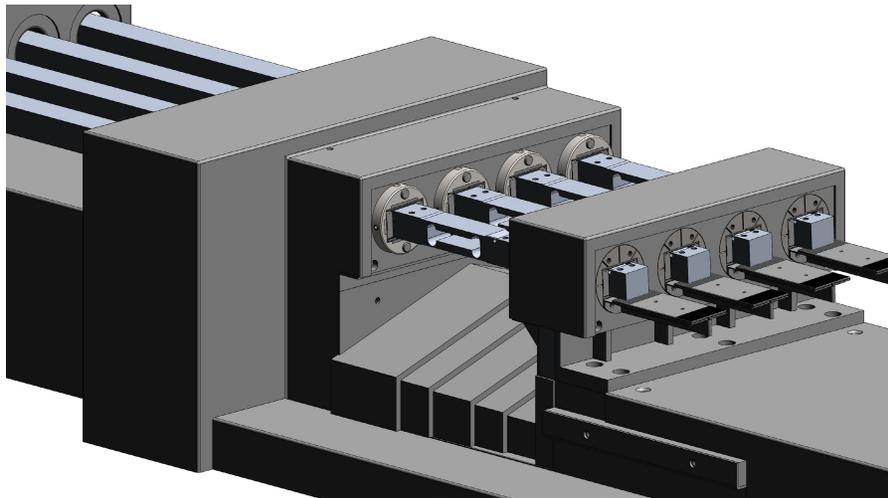


图2 连续送料4工位自动加工装置

连续送料自动加工装置（以下简称“装置”）分为40mm以下和40mm以上边宽尺寸弹性体加工装置两个规格。本文仅介绍40mm以下规格的一些情况。

1 对机床的要求

（1）除机床坐标轴外，装置需要两个位移控制轴，可以是PLC轴，也可以是NC轴，不要求联动但需要位置控制（图3）。

一个是主支架驱动工件转位，作为弹性体加工一般需要四个方向定位；

另一个是副支架移动，用于坯料的喂料（图4）。

（2）一部分弹性体产品是不带斜面的，但是，一些有中间梁的悬臂式称重传感器弹性体都有对称

的4个斜面要加工，有些传感器弹性体放置电路板的凹槽要加工成斜面。因此，机床的配置（可以是部分机床）应当有摆角铣头功能或配置转角附件头。如果配备摆角铣头，再加上装置的两个轴，机床数控系统配置应当不低于六轴控制（不包括刀库采用PLC轴），联动轴数为三轴。

（3）数控系统应当带有坐标旋转功能，在X-Z旋转坐标平面上可进行固定循环的指令操作（方槽铣削）。

（4）配置摆角铣头的数控系统，最好带有机床旋转刀具中心编程RTCP功能（Rotation tool Centre Point）。如果没有，靠宏指令编程也能够实现。

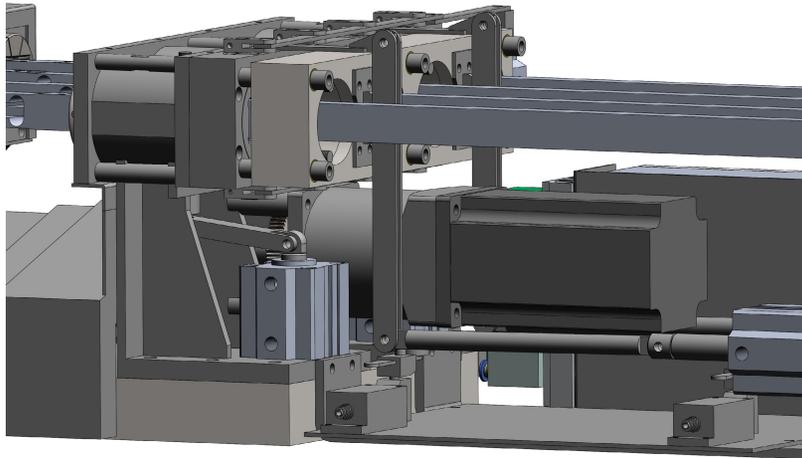


图3 工件旋转驱动伺服电机

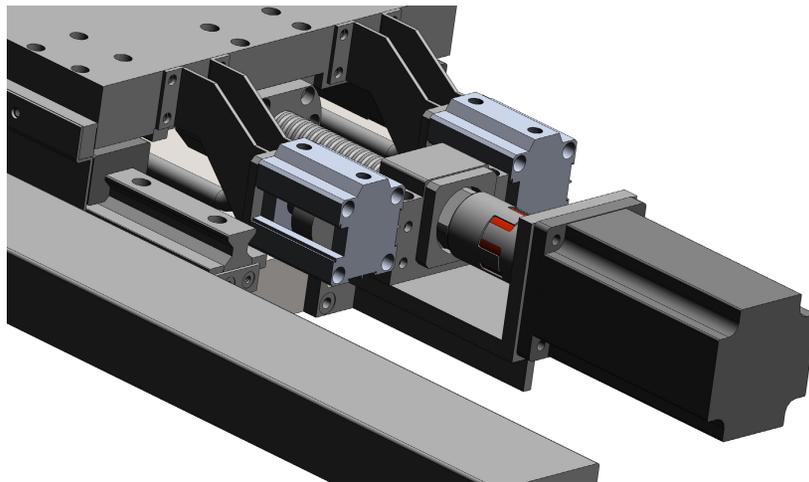


图4 副支架驱动伺服电机

(5) PLC 留有一定的编程空间，用于装置各个动作的控制。且硬件I/O口有余量。

2 对于装置的要求

(1) 安全性要求。由于是设计成无人值守模式，则在意外掉电、气压失压、刀具折损、线路中断等情况下要做到最小的财产损失。若发生故障造成系统失控，应当使装置及机床设备停止运行或趋势的变化朝着安全的方向发展。

(2) 操作便捷要求。对于更换不同尺寸坯料、不同产品、不同量程要做到用时短，操作方便快捷。目标为：更换产品的生产准备时间不超过10分钟。

(3) 稳定性要求。装置要有良好的精度保持性，动作可靠，低故障率，10年以上的预期寿命。

(4) 易维护性要求。维修方便，简捷，机械结构尽简去繁，功能上相互独立，模块化结构，不同模块之间拆装不受干涉。电气上符合控制响应一致性的要求，符合国标GB5226各项要求，软件上模块化编程，注释准确，文件齐备。

3 装置主结构系统设计工作

装置主结构为主支架和副支架，（图5）所示装置为4工位，机床最小配置为工作台台面宽度320mm，可使用400mm台面宽度的机床。

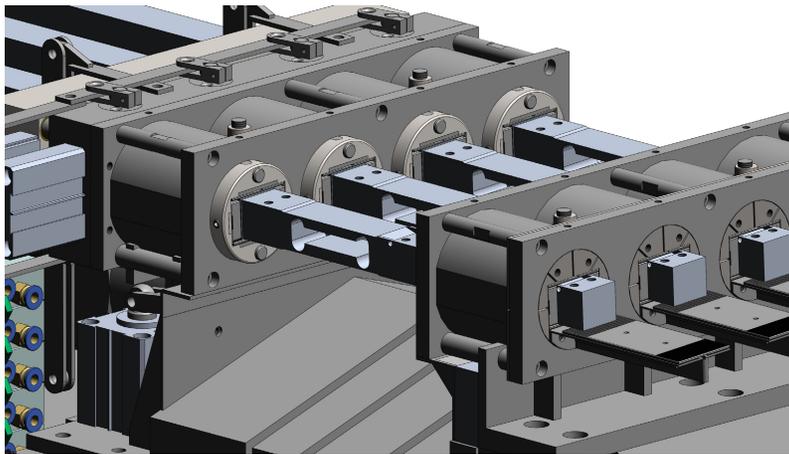


图5 去掉防护罩的主支架和副支架

主支架和副支架分别带有轴套锁紧功能（图6），形成工件两端的支撑和定位，确保加工时的系统刚性。

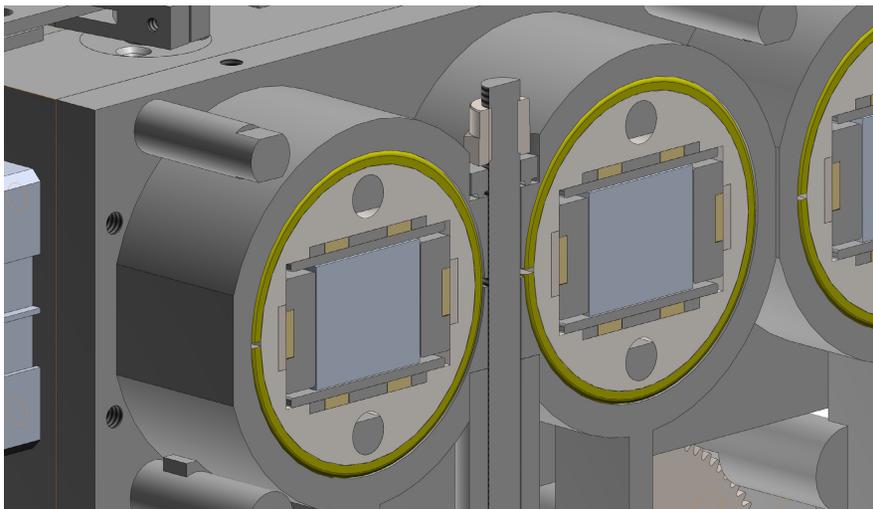


图6 轴套锁紧

工件卡紧对称度要保证，坯料留有加工余量很小，如果装置卡紧坯料的对称度不好，就有可能出现一面沾不到刀的情况（图7）。

工件卡紧后其系统刚度要体现在工件上，要想达到预期的生产效率，装置的设计必须满足重切削大进刀量的工况。

工件依靠碟簧组锁紧，因此，在故障情况下工件不会松卡。充分保证了工件的固定，避免撞刀等再生故障的出现。

伺服电机同时驱动4个轴旋转，减速机及齿轮环节必然存在传动间隙，形成滞后环节。因此，靠伺

服电机进行4个轴的定位不能满足精度要求，我们仍选用了经过20年验证的珠盘定位的方案（图8）。

（图9）是靠碟簧复位的珠盘。

同工件卡紧一样，从安全角度出发，仍然采用依靠碟簧来与旋转部分的球形凹槽保持啮合。

快捷更换产品是装置的重要指标，由于坯料尺寸不同，我们采取了更换垫板的方法来适应不同坯料（图10）。由于目标产品为铝合金材料，除在变化的磁场中产生涡流外，对磁场力并不敏感。我们采取用钕铁硼磁铁代替螺钉紧固的方法，可以节约大量的生产准备时间。

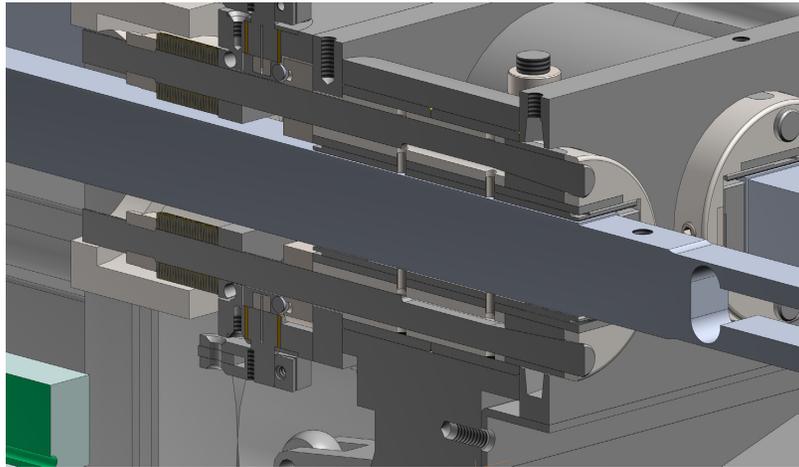


图7 工件卡紧机构

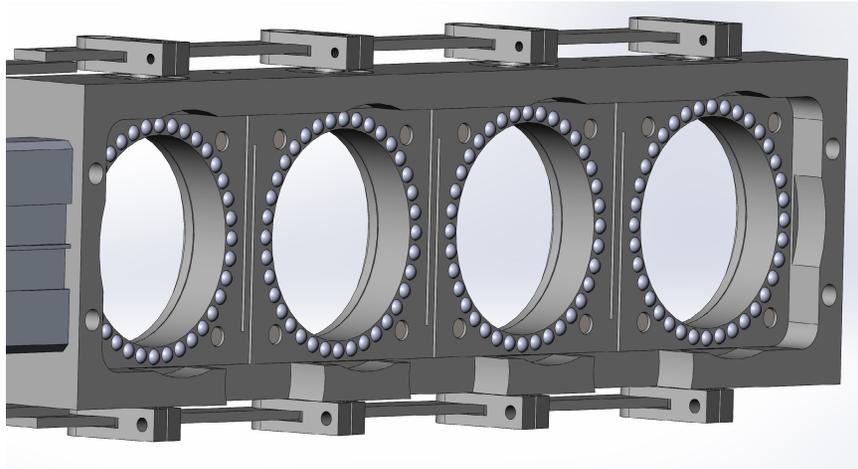


图8 珠盘定位机构

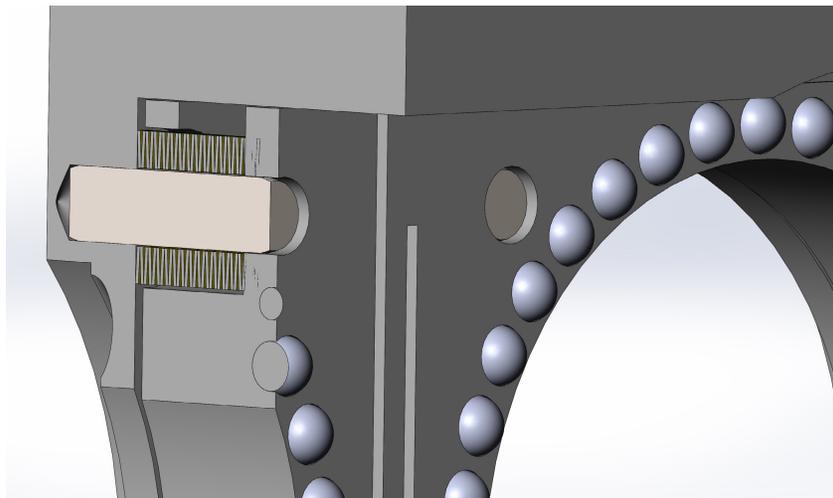


图9 碟簧复位珠盘

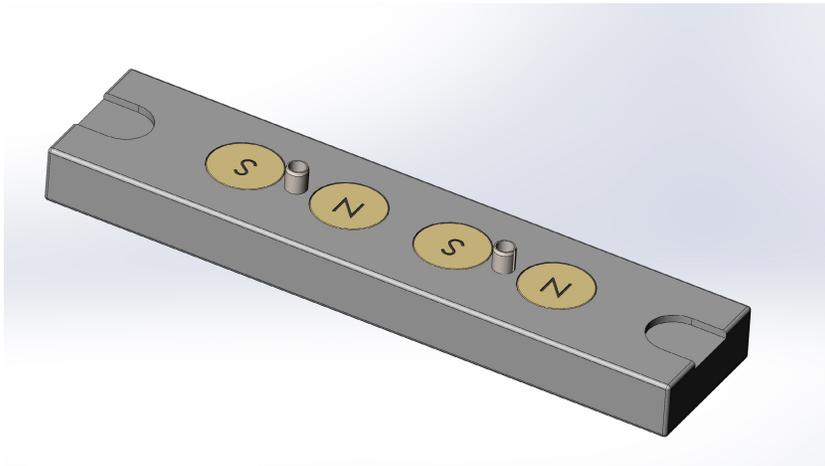


图10 垫板

根据不同产品，对应不同垫板，经测算，装置更换产品的时间包括更换加工程序的总生产准备时间可在20分钟内完成。

工件切断环节有相应机构来实现。

到目前为止，装置的设计工作已全部完成，实验项目已经基本完成。

以某种弹性体产品为例，一根坯料出产品20件，4工位为80件（每个工位也可以出不同的产品，只要其长度尺寸一致就行），每次换料间隔时间约6小时，人工上坯料约占2分多钟，拾取已加工完工件需要5分钟（80件码放到一个转运箱中），检查刀具

清理切屑约5分钟，总计一次人工介入一台机床的时间应在15分钟内完成。因此，理论上每人照看的机床数应在24台（实际应达到18台机床/人）。

如果使用接活盘（图11），还可以进一步缩短停机时间，机床效率可进一步提高，如果加工对象为1022-022-025、1022-022-030、1042-020-040等结构较为简单的弹性体产品，一台配有该装置的设备年生产效率应在80000台/年，一台设备所创造的年增加值可达数十万元人民币（图12）。当然，一两台设备不能体现出节省人工，企业应当有最小经济规模。

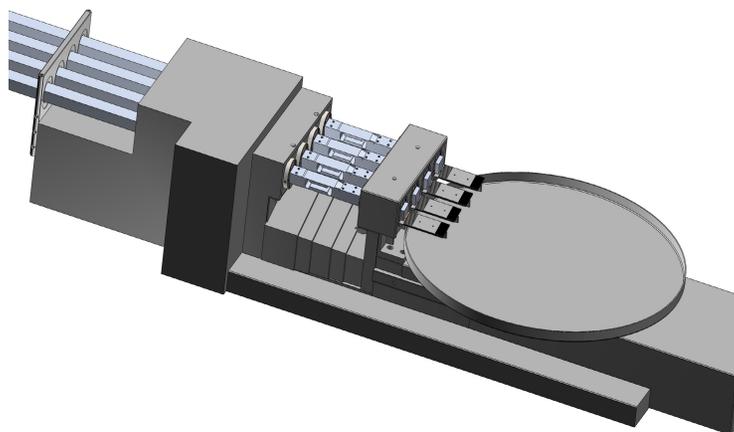


图11 带接活盘的4工位装置外形图

4 刀具寿命的管理

刀具破损检测和刀具寿命管理尤为重要。例如上一把钻头钻螺纹底孔，如果折损，下一把丝锥就会撞刀。刀具破损检测可以购买现成产品，网上测刀仪仅几百元，性价比高。

刀具寿命管理在一般数控系统上都是标配功

能，只是在刀具的调整、修磨、刀片更换等应做到专业化操作，专人负责机床刀具更新，尽量避免工件精度超差或刀具折损后再更换刀具的情况。刀具寿命管理最好与产品的质量分析结合起来，通过关键尺寸的正态分布变化情况，合理确定刀具寿命。

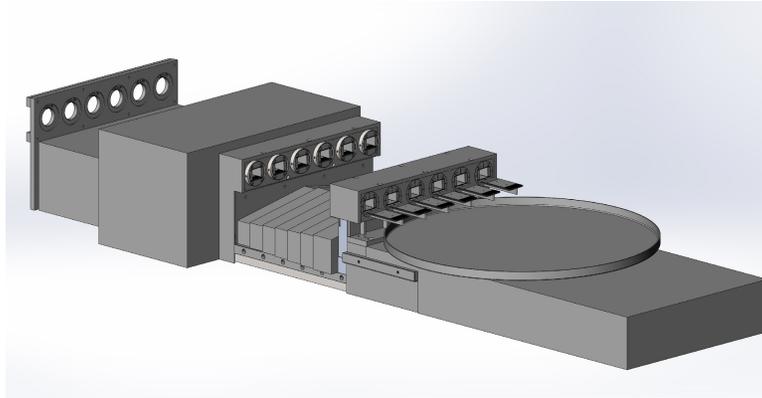


图12 6工位装置外形图

结语

连续进料弹性体自动加工装置特点为：

(1) 坯料不再经过锯断、铣六面的工序，与之前工艺相比，省去了前道工序的所有成本。值得一提的是，之前的工艺基本是沿用外企公司在本国的加工方法，按照他们的加工，在弹性体上卧式加工中心之前必须要经过铣坯料的工序才能在加工中心进行可靠定位。因此，新的加工方法超越了国外公司的工艺方法。

(2) 加工环节不再需要人工介入，一次装卡全部加工完成，人工费用对于产品成本构成的影响敏感度降到很低，即使是在欧美日等人工费用较高的国家，弹性体的生产也不会受到太多人工费用因素的影响。

(3) 数控机床去刺已经在生产过程中使用过，经过实际验证是可行的。因此，人工去毛刺的工序也可以用数控机床取代。

(4) 一个装置多工位加工，可以加工同样量程的产品，也可以加工不同量程的产品，如果弹性体产品长度尺寸一样，不同工位可以加工不同的弹性

体产品。这就为产品及时供货提供了有力的条件，提高配套能力，缩短供货周期。

(5) 除编程和调试环节外，对操作人员技术、技能要求降到最低，真正实现了“变复杂劳动为简单劳动”。从企业角度：用工来源更宽泛，从求职者角度：能力较低也能胜任。

有20余年称重传感器铝合金弹性体加工经验，有20余年手动和近10年使用数控翻转卡具的经历，有前期试验和设计经验的积累，为装置的成功应用奠定了坚实基础。

作者简介

臧建军，男，（1953—），流体工程专业副高级职称。所学专业为机械制造专业、计算机软件，自学部分电气工程及自动化课程。长于数控机床设计、制造；数控系统安装调试；液压系统设计、制造；单片机系统硬件设计及软件编程；Solidworks应用及Altium Designer应用。设计、制造了单伺服电机双联数控翻转卡具，编制了相应的控制程序。