



Kyle Castor 负责监督五轴槽刨机的工作。购置这台机床的目的是使用其设计图案，能节省软件工具设置的成本，该机床成为了用于加工复合零件的一种资源

测量

探测复杂工件的位置

Aerodine 公司使用软件工具，将加工程序设制到每个波状外形零件的位置和方位。

文 | Peter Zelinski



Aerodine 复合材料公司主要供应零部件，直至现在，公司也没有想到会通过数控机床加工的方式进行生产。

这家位于 Indianapolis 的厂家致力于为印地赛车生产碳纤维增强塑料 (CFRP) 车身。气动零件往往是弯曲的，它们的数量很少，实际加工是如此微不足道，以至于设置时间似乎可能会消除任何采用编程数控循环进行有效加工的机会。相反，这家公司在历史上一直采用手工（钻孔和修整夹具引导手动切削）完成零件加工。

但当 Aerodine 公司最近成为一

家主要的汽车制造商的供应商之后，这种手工加工方式的极限便被突破。Aerodine 公司主要为这家汽车公司的赛车业务制造空气动力套件，作为该客户开发的空气动力套件设计的一部分，在碳纤维增强塑料 (CFRP) 零件核心内放置了金属，以托住紧固件，这种金属有时由钛材料制成。Aerodine 公司不具备有效的方法，通过复合材料零部件的钛增强节，进行手动钻孔。

在这一点上，尽管公司确实拥有一部五轴数控路由器，同时也已经购买了机床（从多元化机床系统公司），以改

善其获得模型、刀具（均为 CFRP 零件制造的部分工艺流程）的交货时间。加速模型制造是公司为赢得汽车制造商业务所做出的诸多变化之一。那么，这种机床也可以被用来铣削和钻孔有难度的碳纤维复合材料零件吗？

答案或许是肯定的。这样做所面临的挑战是成本和时间效率，夹具是行不通的。建造精确、精密的夹具，以期快速、准确地夹紧每个零件的做法是没有意义的，其原因就在于：每个套件有超过 100 个零件编号，其中大部分零件在赛车赛季结束和新设计被开发出来之前，生产数量只有 50 件，夹具被丢弃的速度太快。

Aerodine 公司发现：倒不如让公司依赖于更容易丢弃且不太复杂的夹具。由于 Aerodine 公司依赖于探头，所以工装设备不需要精确定位零件，在安装设置过程中无需为达到必要精度而进行确切的物理定位。

具体来说，公司采用了英国 Delcam 公司 PowerInspect 软件的“PartAligner”功能，以便精确地旋转加工程序的 X、Y、Z 坐标系，匹配如探头检测所确定的工具定位。在 PowerMill(产自于英国 Delcam 公司) 中所创建的加工程序被再次发送，以匹



图 1 探测针被用来定位廉价夹具，该探测针专为复合材料加工而制造

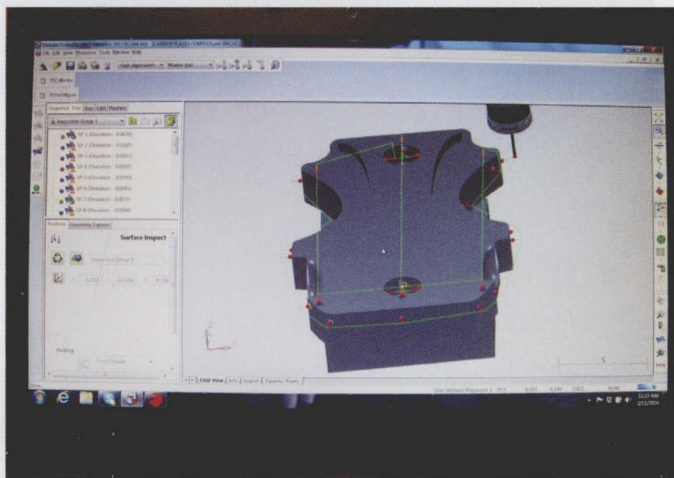


图2 将探头检测拟合到 CAD 数据, 可使软件对加工程序的坐标轴进行调整, 以匹配设置位置

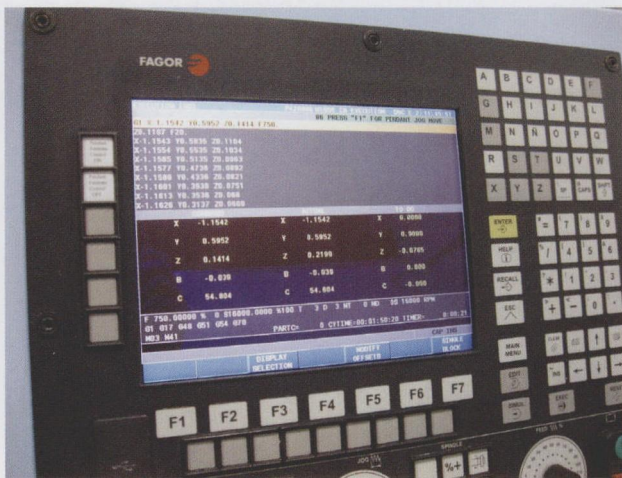


图3 在控制器上显示的轴位置中可以看到调整的证据, B 轴倾斜 0.039° , 其原因在于探头检测确定夹具刚好与该数量不一致

配坐标系 (基于零件的实际检测位置)。

换言之, 碳纤维增强塑料 (CFRP) 零件的精确位置和方向现在不重要。Aerodine 公司使加工程序配合发现零件, 节省安装设置时间的问题已不再重要, 因为安装设置程序已变为快速、容易的步骤。

公司加工经理 Kyle Castor 监督并负责为路由器编程, 由他执行设置安装。对于每个已加工的空气动力套件, 他负责用螺栓将虎钳固定到工作台上, 将 RenShape 夹具夹紧到虎钳中, 并迅速地将工件放置到位, 接着对虎钳进行调整、固定或分开。安装很简单, 但之所以简单的原因在于他干这一行已经有相当长的时间了, 可谓熟能生巧。对于每个零件, Castor 都会设计一套配有足够检测值的探测规程, 以捕捉零件的精确位置和方向。让探测规程迅速运转起来是每个步骤要求的最后步骤。PowerInspect 软件可从数学上将探头检测数值拟合到零件的计算机辅助模型中, 以确定空间中的零件。

Castor 表示其公司生产的零件特别适合于这种探头。此处的零件经常缺乏直线, 并且产品使用寿命较短。即便如此, 他说自己对这种确定零件位置的方法未被普遍采用而感到惊讶。在这种

应用场合中, Aerodine 公司的机加工车间已发现, 软件几乎可以完全取代传统零件设置所需的各步骤。

首个零件

采用这种方式, 可将探头作为一种有效工具的见解肯定不是显而易见的。Castor 称赞经销商为 Aerodine 公司提供了一睹为快的机会, 该经销商为 Aerodine 公司配备了 PowerMill CAM 软件, 以便对新路由器进行编程, 并在得知有关应用的更多需求之后, 鼓励公司投资 PowerInspect 软件。经销商提供服务的另一个厂家是飞机零件制造商, 该公司在使用其探头, 为其复杂的碳纤

维增强塑料 (CFRP) 零部件进行设置, 并取得了成功。虽然赛车制造商的路由器系为模型所设计, 但同样的方法可能最终允许它也为一些复合零件加工。Castor 先生确信已在公司内部成功地声明了附条件购买的理由。然后, 软件被闲置了一年多。

Aerodine 公司于 2012 年购置了路由器, 期待立即接到主要汽车制造商的订单。该客户曾表示关注 Indiana 机加工车间获得模型 (用于制造 CFRP 零件的模具) 的交付时间, 这在当时主要来自于供应商。将模型制造在内部完成, 采用 10 ft (1 ft = 304.8 mm) X 轴行程的五轴路由器, 足以容纳机加工车间



图4 Aerodine 的很多零部件的特征是自由形式的外形轮廓



图5 数控路由器上的这些零件现在已经过铣削、钻孔和修整

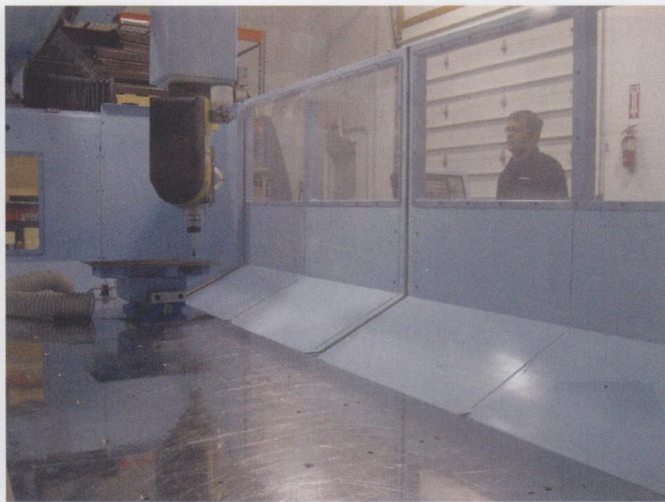


图6 Kyle Castor 预计公司为小批量复合材料零部件开发的工艺流程将会扩展到赛车行业,事实上,这个过程已经开始

所能制造的任何与赛车相关的模型,这样就完全回答了这个问题。

但汽车制造商的空气动力套件并未如 Aerodine 公司所希望的那样很快地被投入使用。复杂的空气动力套件设计违背了赛车团队的想法,而且造价也比较昂贵。人们开始抵制印地赛车,立即制裁新套件,其结果是:该套件在 2015 季之前未成为规章(另一个汽车制造商竞争对手的套件也未通过)。

在等待期间, Aerodine 公司尽其一切努力,为路由器寻找业务。一个非同寻常的业务将 Castor 带回 PowerInspect 软件。它涉及到“子弹号”——这是由俄亥俄州立大学学生建造的电池供电型赛车,改变这辆车的设计需要对近 10 ft 长的模型进行精确修改。零件过大且缺乏直线,以至于 Castor 无法在路由器上对其进行准确定位,以确保所需的铣削和切削达到必要的精度。这单业务因此变成了他为掌握 Partaligner 所采用的试件。

事实证明,进行这个测试的机会是有价值的,因为在第一次使用时,其能力无法做到完美无瑕。Castor 和设计与软件国际公司联手发现并搞定了后处理器(将 PowerInspect 数据运用于路由器的发格数控机床)中被证明存在的缺陷。

一旦缺陷得到解决, OSU 模式被准确修改, Aerodine 公司开启了复合材料零件加工的强大工具。

设置简单

如今,大部分印地赛车相关的 CFRP 零件加工都是在路由器上完成的。尽管对复合制造而言,人工修整和钻孔都是典型的方式,但数控机床加工在 Aerodine 公司中已经变得典型,据 Castor 称,设置简约化促使了这一点的实现。

路由器上 CFRP 零件的设置步骤可归结为:将虎钳固定,并按上述要求夹紧夹具(或许也需要夹具)。对这一点并未进行检测,也没有进行精调位置的企图。在操作数控机床时,操作人员只需加载装有 Renishaw 主轴的探头,并运行探头规程。在某些情况下,可以探测到夹具的情况,也可以探测到零件(主要取决于零件的编号)。一旦此探测完成,操作人员可返回车间外面的桌子,在此处,操作人员可在 PartAligner 中运用探测数据,发现坐标系的必要旋转角度,以匹配零件的定向。操作人员可以将新坐标系运用到 PowerMill 内的零件程序,并相应地发表经过更新的新程序。每个工具均会因此得到其独特的经发表程序,

拟合到零件的位置和定向。

对每个零件而言,整个工艺流程花费不足 10 min 的时间。以往当这些操作通过手工完成时,需要进行安装、钻孔和修整夹具,由此可见设置简约化的效果。

据 Castor 称,公司通过对加工方法进行标准化所获得的收益最终将使业务延伸到赛车行业以外的领域。复合材料使用的进步(特别是 CFRP)正在给公司带来新的业务机会,业务订单纷至沓来。在造访该公司那天,碰巧看到 Castor 正在加工的零件涉及已经知名的消费产品制造商。该公司(知晓 Aerodine 公司,原因在于其下属工程师们是印地赛车迷)正在考虑改变其加工线,即:将铝制零部件替换为兼有铝和 CFRP 的零部件,这些新零部件的挑战意味着:在每个零件上面需要以不同的精确复合角,加工 100 多个孔。

Aerodine 公司可通过采用其路由器应对此挑战。为了设置精确的加工, Castor 并未采取精确措施,他只是将客户的每个零件拧到设置在工作台上的一个阻块,而不是尝试将阻块或零件弄成正方形。Castor 补充说:“弄成正方形以获得精度是多余之举,用探头修改零件的程序可实现更高的精度,比任何弄成正方形的做法都要管用。” **MM**