



新的测量方法可在检测台上应用。从中可以看出设备机架变形最多可以被纠正 95%

传感器

测定和纠正加工过程中的误差

机床设备因温度波动而丧失加工精度，仅几度偏差即可导致加工公差无法得到保证。迄今为止，大多数空调设备只能把设备的受热膨胀控制在一定范围内。Fraunhofer-IPT 则采取另一种途径：一种新的测量技术可以对机床设备的变形进行测定并对加工过程中的误差进行纠正。

文 | Michel Klatte

所有部件的加工误差中大约有 75% 的误差是因为温度波动而导致。尤其是大型部件和大型设备。由于热膨胀是在长距离或长杠杆上表现得更明显，一种常见的解决方法便是把设备与环境的温度维持在一个稳定的水平上，因为均衡的温度可以避免设备变形。

为了使所有边界条件保持恒定不变，设备上现有的所有热源就必须 24 h 处于接通状态，同时加工流程也必须连续不

断地进行下去。但在工件加工数量较少的情况下，这种要求显然是有问题的，这是因为每个工件的加工流程及其边界条件是有很大差别的。此外，在大型部件和大型设备的条件下，往往是无法实现或者是要与极高的能源消耗相关联的。

对变形状态进行直接测量

Fraunhofer-IPT 在多个研究计划框架内寻找到一种可替代的技术方案：其基

础便是可直接对设备结构变形进行测量的传感器系统。该系统可被永久性设置在机床设备上，在设备加工过程中对设备变形情况进行连续的监测。通过一种数学模型和数据处理，可以近似测出刀具中心点的偏移量。在下一个步骤中，可以对所测出的定位误差进行纠偏。设备针对进刀轴来计算出校正数值并把校正数值传送给控制系统。

测量原理基于在机床设备构造上集

成了碳纤维强化的塑料棒 (CFK)。这种棒材因热膨胀系数小而保持热稳定,并可作为变形量测量的参照系。通过对棒材的无张力松紧支承,可以很精确地直接测出棒材在整个过度张紧的长度上的平均膨胀量。

对长度变化的测量通过一个常规的行程传感器在松动的支承一侧进行。接触式和无接触式测量方法,包括光学测量方法均已得到测试。对于传感器的设置,依据不同的使用场合开发出一种标准构件系统。由此,在新型机床设备的设计阶段即可对传感器系统进行考虑,并可将传感器系统预埋在反应树脂混凝土基座上。

系统设备也允许加装

可以通过螺栓直接固定在机床设备外机身上的一种传感测量系统,同样也可以在现有的机床设备上加装。因此,企业无需投入大量资金,即可在现有设备上加装此类传感器测量系统。

Fraunhofer-IPT 与合作研究单位一起,已经在一台现有的大型机床设备上安装了此类测量系统,以便直接测量出 20 m 的长设备机身的膨胀程度。该测量系统可以显示出设备机身在不同温度影响下的工作状态。在如此长距离上的测量精度可以达到 20 μm,因此与一个激光干涉仪的精度大体相当。

数学模型至关重要

在另外一个应用场合中,对一台常规大小的铣床的主轴箱上的变形量进行研究。在那里,测量长度大约为 0.5 m。对用于这种场合的传感器系统进行了相应小型化的处理。

对定位误差进行成功纠偏的核心意义在于数学模型的功能性(除了高精度和长时效的测量技术之外)。开发该模型的目的是省去费时费力的学习和掌握阶段。该模型唯有在顾及设备构造和传感器系统的外形的情况下方可被协调好。

对此, Fraunhofer-IPT 的工程师们在

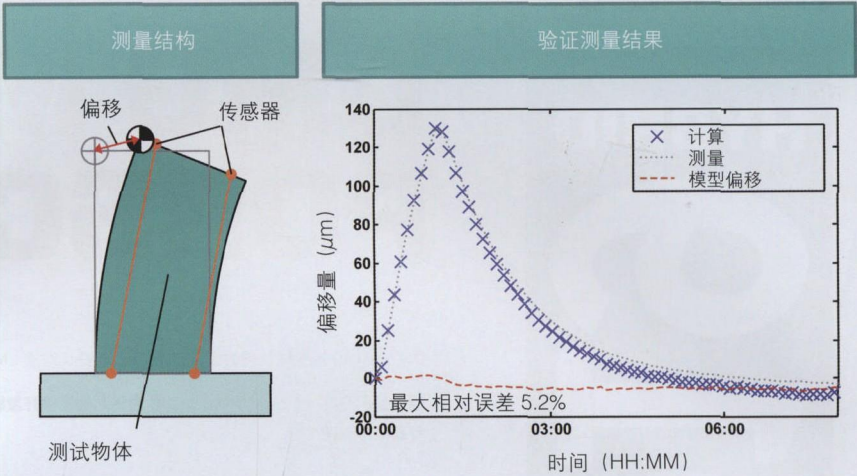


图 1 验证测量一方面可对所选择的数学模型作出确认,另一方面也可以证实测量方案的有效性

试验台上进行了大量卓有成效的试验工作。首先根据传感器所测得的数据进行查验,看所测得的变形与实际偏移之间是否存在一种线性关系。所使用的试验台完全符合机床设备柱体状况:长方体座为矿物铸件,在其上面设有一个结构内置的传感器系统。长方体座借助于电热元件被置于各种不同的变形状态,由此在长方体座两侧之间所出现的大约 10℃ 温度差的不对称温度分布,就会导致大约 100 μm 的位置偏移。内置传感器的信号会与外部变形测量数值进行比对。

通过“曲线匹配”法,可为一次弯曲动作测量出低于 2% 的直线性的近似直线关系。通过对此类变形的测定,可以勾画出因膨胀和弯曲而引起的大部分位移。在机床设备的外形上,这种偏移会以定位偏差和直角误差的形式出现。

在试验台上的成功纠偏

依据所验证的直线特性来构建模型。这种模型把长方体座的外形参数作为一种强制性条件来进行校正计算。模型计算同样在试验台上确定。在长方体座简单弯曲的较理想的情况下,模型偏差大约为长方体座误差的 5%。对该可靠测量的结论是:在设备机架上使用该系统并实施相应的纠偏功能,因机架变形而

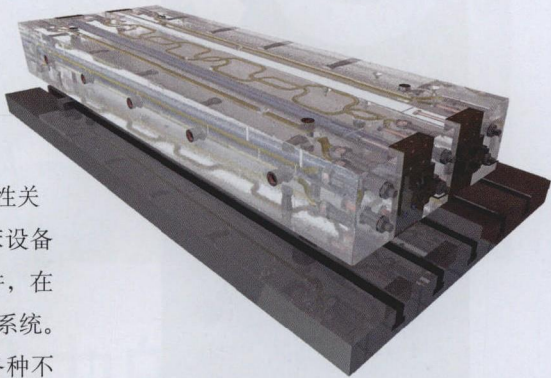


图 2 所使用的实验台:带有内置传感器系统的矿物铸件

造成的刀具中心点变形,最大可以减小 95%。

在经过很多的试验之后,下一个研发步骤便是把传感器系统结合到设备的控制系统上。为了实现富有成效的纠偏,必须首先对设备数据(尤其是进给轴和刀具数据的额定数值)进行读取,以便客观的对杠杆长度作出考虑。在另一端,控制系统的校正数据必须再次被导入,从而使进给轴的额定数值与校正值进行匹配。

数学模型计算持续时间大约为 100 ms。这个时间对于热状态改变的思考来说是非常充足的,甚至还有足够时间去纠正因机械负荷而造成的变形。随着设备控制系统的计算能力进一步提高,在控制系统里集成校正机理,也是一种有效的技术选择。MM