

图1 可行走立柱镗铣床的主轴最大功率可达到 145 kW, 适用于对大型部件的加工



等。因此,需要对大型减速箱部件和壳体的加工进行集中化管理。Siemag 公司为此而设立的总面积约为 4000 m² 的两个内部加工车间里,紧邻着焊接加工便是齿接件和减速箱外壳的机加工以及预装配和最终装配。这种布局,可以优化运输流程。新投资的目标除了降低生产成本之外,也包含了大型减速箱供货周期缩短 40% 的目标。

机加工需要用到大型镗铣床。生产工艺也对之提出了很高的质量和定位精度要求。在 4~5 m 长的工件上,误差不得超出 0.01 mm。在这样的要求下,Pama 公司很快提供了一款 Speedram 3000 型镗铣床(图 1),这是一种中型设备,其型号系列从 Speedram 1000 开始,到 Speedram 5000 为止,可满足这些加工要求。

可行走立柱镗铣床所具备的特性,可以满足所有加工精度的要求。立柱在 X 轴上的行程为 18 000 mm。在 Y 轴上,主轴箱可垂直行走 6000 mm。轴套在 Z 轴方向的行程达到 1400 mm。此外,主轴在 W 轴上还可以伸出 1200 mm。可承载 100 t 的旋转台和横移台可以在 V 轴上横对着 X 轴行走 2500 mm。除了承载能力强之外,工作台还拥有 3500 mm × 4000 mm 的夹持面积,因此可以加工大型工件。

分布在各个轴上的静液导向

立柱镗铣床以在各轴上的精确进给而见长,通过各种不同的措施来尽量降低热荷影响。因此,Speedram 机床在各轴上均设有静液导向。为了能够在静液系统中形成高精度的油膜,需要对青铜腔体进行人工刮制。此外,在主

大型减速箱的加工向镗铣床提出了高精度的要求,在部件长度为 4~5 m 的情况下,加工误差必须保持在 0.01 mm 以内。为了降低热影响,设备在所有轴上配备了流体静力导向技术并采用双壁式立柱。

文 | THOMAS ULRICH

对于冶金和有色金属机器设备制造厂商 Siemag 公司来说,部件的精密加工处于整个生产流程的核心地位。几十年来,冶金和轧制工业对加工具有很高要求的设备总是处于连续运行的状态之中,除了维护时间之外,设备应该尽可能长时间无故障地运行。而其中的一个前提便是要保持住诸如减速箱、轴承、轴和齿轮等所有活动部件的很小的制造公差。

在生产设备上,钢坯、铝锭或有色金属被轧制成厚度为 0.1 (冷轧机)~300 mm (厚板轧机),这种厚度范围就意味着对轧制设备的稳定性和精确性有着多方面的要求,其他的挑战则在于对零部件的经济性加工上。机架、驱动部件和减速箱外壳等核心部件均为企业自己加工。

有很多途径可以实现经济性加工和供货期的缩短,例如提高部件加工的效率和优化物流流程

轴箱的四面上也采用了静液导向。在旋转台和横移台上，对旋转轴和移动轴也进行静液支撑。

机加工过程中会产生很多种热负荷影响，Pama 公司同样也采取很多措施来克服此类影响。立柱的双壁导向不仅可以实现更好的机械稳定性，而且还具备更好的热稳定性。主轴轴承的最低油量润滑并非指供油减少，而是指油导向安全问题，即在润滑的同时也负责实现热稳定性。

镗铣床对润滑剂采取封闭冷却循环，润滑剂由此可以以特定的温度返回到镗铣床里。这就是说，从内外侧被引向刀刀的冷却润滑剂不仅要冲洗掉切屑，同时也要确保为工件降温(图2)。此外，对钻轴可能发生的长度膨胀的自动实时补偿功能也会进一步抑制热负荷影响程度。

在高精度的要求方面，承载套筒垂度的自动补偿、主轴箱重心偏移的自动补偿、立柱在 W 和 Z 轴上运行倾度的自动补偿等均属于必要的措施。承载套筒垂度自动补偿通过两个液动拉条来实现，根据套筒外伸的不同位置，会产生相应的液压反作用力，以使套筒保持直线状态。对此，西门子 840D 控制装置均储存有各种铣头的重量数据。

立柱镗铣床上的很多设计细节的智能化组合使设备达到了很高的生产效率。目标是使刀具在确保加工精度的前提下实现尽可能高的效率。对此不仅需要很强的主轴功率，也关系缩短辅助时间和优化刀具啮合时间。Speedram 镗铣床根据不同的装备，最大可以达到 37~145 kW 的主轴功率和 130~260 mm 的主轴直径。所投入使用的镗铣床配备



图2 冷却润滑剂可以对钻屑进行冲洗和对刀具及工件进行冷却

了 200 mm 的主轴，功率可以达到 100 kW。因此，设备可以在工件上加工很大的孔径。

在优化刀具啮合时间方面的措施还有与主加工并列进行的对工件的装卡和拆卸。Siemag 公司是通过在旋转台、横移台和 9000 mm × 4000 mm 规格的板材区域之间的交换加工来实现这种要求的。对大型工件的装卡往往需要 3~5 h，整个加工时间通常需要 50~100 h。

封闭式捡件站

在降低辅助时间方面，一套安全和快捷的换刀系统也发挥了很大作用。换刀系统和辅助刀组的换入均为自动操作。辅助刀组被完好地保存在封闭式的捡件站上。Siemag 公司决定选择固定式刀库，可以储存 240 把刀具。机械手采用双爪不仅对主轴刀具进行更换，而且也对辅助设施进行操作。

所有刀具均内设有微型芯片

为了使机械手能够把正确的刀具放置到主轴或辅助轴上，刀库配备了一种刀具识别系统。所有的刀具均内置有芯片，在芯片



图3 接收站设有八个接收辅助刀组的工位

上储存着加工所需的所有信息。通过转载位刀具受理站上的激光头，对每把刀具进行识别。转载位上设有八个放置点，并把刀具手动传递与机械手工作区域隔离开来，由此可以尽量避免人工错误。刀库采用激光光栅对刀具进行断裂检查。通过带有旋转刷子的清洁单元，机械手对刀具的锥体进行自动清洁。对刀具的正确挑选和转载以及对辅助刀组的构建，这些都对提高镗铣床的生产效率产生了很大的影响。Pama 公司非常重视对各种铣刀的设计和制造。辅助铣刀是镗铣床的一个重要组成部分。Siemag 公司总共提供了六套辅助刀组，分别用于共设有八个工位的接收站(图3)。其中一个工位保持清空状态，用于在接收辅助刀组时需要把刀组放置在护板上。

接收站拥有两个最大主轴功率为 20 kW 和 50 kW 的角铣刀、一个 25 kW 的通用型斜轴铣刀、一个 50 kW 的附加转位铣刀和一个差速比为 4:1 的快速铣刀。这种快速铣刀通常被用在较小的刀具上，以便在提高生产效率的同时，使主轴的最大转速从 1800 r/min 提高到 7200 r/min。[MM]