

切削

立装高效多功能大切深立铣刀

铣削时铣刀旋转刀齿交替地切入切出工件，使刀齿承受着很大的冲击载荷。在切削强度大，硬度高的难加工材料和为了提高加工效率进行高速，大进给、大切深的铣削时，冲击载荷更大，铣刀刀齿和所装的可转位刀片极易损坏。



更多精彩内容请扫描二维码

文 | 尚亚国际贸易公司 章宗城

目前经济性好且使用方便的装可转位刀片的铣刀用得很多很广，如何使刀片在以上条件下具有足够的强韧性和更高的抗破损能力？为解决此问题，人们从多方面进行了研发，也从实践中认识到，从安装方面来看，以前刀片大部分使用平装，且刀片厚度有限，强韧性较差，易损伤。若将刀片立装起来，刀片的厚度会大大增加。刚开始，是一些大型企业率先推出了立装式面铣刀并逐渐推广，而现在一些公司已经向市场推出了直径较小的立装式立铣刀。

除推出的立装式方肩立铣刀外，为了同时使它发挥能加工多种表面的功能，三菱公司经过反复试验开发出了立装式超强

韧高效多功能和大切深 VPX 立铣刀系列，他们所开发使用的刀片的支承厚度比一般的立装式刀片更厚更强韧。在刀片的结构形状几何角度上，在刀片的材质和涂层上也作了许多改进，从而进一步改善受力状况，提高刀刃强度，而且可以实现用同一种刀片出色地完成多种型面加工，实现在一次安装条件下，能高效高质地完成对复杂零件全部表面或大部分表面的加工，大大地提高了加工效率，并且通过破坏实验不断改进，实现了极高的耐用性，达到了可实现无人运转高效加工。

现分别就其各方面改进作分析说明。

1、刀片形状与结构的改进。通常情况下，立铣刀中安装的可转位刀片，分为标准产品及非标产品，其中以长方形刀片居多。以前针对标准刀片虽开出断屑槽并作出改进，但无法从根本上解决并改善刀片的实际使用情况，实现刀片在加工过程中既要锋利又必须具备强韧性也非常困难。

VPX 立铣刀刀片

的牌号为 LOGU 型是按国际标准表示的，其中 L 表长方形，O 是表有特殊的法后角，G 表示 G 级精度，U 表示刀片中间有孔，孔两端有倒角以便于用螺钉将它安装在刀体上。它虽然用了一般长方形刀片牌号，但实际它为使刀刃锋利形成较大前角，减少切削力又要提高强韧性还要可经济使用 4 个刀角。发挥可转位刀片优点，把刀片的上下两面设计成对称的 3D 特殊扭斜型的长方形。大前倾角使切屑便于排出，刀片中有凸起，可增强刀刃，并使切屑向后弯曲折断。在刀具不管哪一方向进给加工时，主刀刃另一侧的副刀刃设计具有大圆弧，使得副偏角减小，能更多地切除加工表面残留面积和高度，发挥修光刃的作用。这样刀刃刀尖的强度既增强了，还能保持刀刃锋利，又使加工表面质量得以大幅度提高。为了能用此刀片同时能进行斜面等多种加工，必须注意始终还保持刀片各面与面间的平衡，他们经过反复的实验设计出这样的特殊的型面，终于避免了一般需要费时又耗资的多次更换刀片，为业界解决了长期存在一种刀片不能实现通用化完成多种加工的难题。

由于工件表面有可以实现稳定切削



图 1 刀片三个定位安装面

的连续表面也有带各种槽等的非连续表面造成断续不稳定切削，VPX 立铣刀刀片上还作出有适用重切削锋利的 L 型断屑槽和重视刀尖强度通用性好的 M 型断屑槽。刀片的圆角半径也可按需选用不同的尺寸，可满足多方面需要。

2、刀片在刀体上的定位和安装。为发挥并保证立装刀片能承受大切削力，实现高效切削的优点。刀片在刀片槽中的定位安装刚性必须非常高，VPX 型立铣刀如图 1 所示，采用底面和二侧面同时定位，支承面积大，但是为防止过定位造成位置不确定，刀片尺寸精度制作达到较高的 G 级，刀片槽三个定位面的相互位置精度和尺寸精度也制作达到很高。使得同时定位的支承面多面积大，互相支持使安装精度和刚性大为提高。

3、开发和使用超强韧的刀片材料和涂层。为高效地切削各种材料，刀片的首选了综合机械性能好韧性高的超微粒硬质合金 TF15，在此基础按需要再加上适不同材料铣削，并能承受冲击载荷的涂层，三菱为此开发了融合多种先进技术能大幅度提高强韧性的 TOUGH-Σ Technology 复合涂层。这是可以阻止因冲击载荷造成的裂纹进一步延伸扩展的多层涂层，可使刀片的抗破损性大为提高。考虑到不同材料加工特性不同，对碳钢合金钢、不锈钢、耐热钢钛合金分别开发出 MP6100、MP7100、MP9100 三个系列的多层涂层。这三个系列具体多层结构的组成不是完全一样的，可看到大家都有共同的 Al- (Al, Ti) N 膜层，此层 Al 含量很高，一般含 Al 量过多时，会使性能下降，但由于采用了新技术，使它形成均质相，既提高了硬度耐磨性还提高了抗龟裂性能，切削稳定性也提高了。除此层外，针对不同被加工材料，复合涂层的另一层涂层的材质各不相同。在加工碳钢合金钢等材料时是 (Al, Cr) N 层，可抗热膨胀和收缩，防止热龟裂。在加工不锈钢等 M 类材料时是 TiN 涂层，不锈钢易加工硬化，此层正是可防止刀

刀在工件的切深边界因加工硬化，而造成自身的沟状的磨损。在加工 S 类耐热合金等时是 CrN 层，它可防止生成积屑瘤，并造成切削刃的黏附磨损。这三系列外层经处理，摩擦系数都降低很多，这样除多种性能提高外，还降低了切削阻力和切削动力消耗节约了能量，以上三个系列复合涂层均属物理气相沉积的 PVD 涂层。

为铣削铸铁可使刀片涂敷型号为 MC5020 的化学气相沉积的 CVD 涂层，它耐磨性好，铣削球墨铸铁时，可抑制易发生的热龟裂崩刃等缺陷。其外层采用超平滑处理可减少摩擦系数摩擦力，防止因黏结造成的异常损伤。

(4) 满足实现多功能切削的要求。同一把铣刀同一种刀片能否既进行平面立面铣削又能够进行多种型面加工呢？如前所述 VPX 型立铣刀和它的刀片经过反复的试验和失败，终于解决了这个难题。可以顺利进行平面、槽、台阶面、斜面、螺旋扩孔（可扩通孔和扩平底盲孔）、三维仿形加工及型腔加工等。除外还可以用它进行插铣加工立面，浅孔的钻削等。这样就有可能在工件一次定位安装后，完成对模具型腔，复杂型面的许多甚至全部表面加工。既提高了效率又降低了加工成本，由于工艺集中了，

一次加工完成还能实现各加工表面互相间很高的相互位置精度。

VPX 系列立铣刀下有 VPX200 和 VPX300 两型号，由于安装高度和厚度不同的两种尺寸的刀片 LOGU09 和 LOGU12，这两型号具有不同最大切削深度和加工能力。VP200 和 VP300 两型号又分前端各列只装一片刀片的和沿螺旋槽各列装多个刀片用于大切深的两种规格。

(5) VPX 型立铣刀的三种基本结构。VPX200 和 VPX300 都具有三种基本结构，即刀头刀杆成为一体的整体式；刀头刀杆用圆柱端面定位，螺纹联结的可换刀头式；刀头直接用后端平面与孔定位，用螺钉和键联结传动的可换刀头式（图 2）。用螺纹联结的刀杆是专用的，用螺钉端面键联结传动的刀杆是标准通用的，目前连接机床主轴的方式有 BT30、BT40、HSK63 三种。可便于用户据已有机床主轴孔的结构安装。它们总的直径范围为 $\Phi 16-\Phi 80$ 。刀齿数为 4-30，最大切深为 8-63。

VPX 立铣刀由于具有多种多样刀头刀杆可满足用户各种各样加工的需要方便灵活地选用，又由于刀片结构特殊定位安装精度高刚性好能保证加工质量，提高加工效率而得到用户的欢迎。MM



图 2 VPX 立铣刀的三种基本结构