

# 基于 Helitronic Tool Studio 的合金立铣刀可视化设计

贾志翔

河南四方达超硬材料股份有限公司

**摘要:** 基于 Helitronic Tool Studio 软件,可快速直观地进行刀具设计。探讨了合金立铣刀的参数设计方法与原则,详细说明了立铣刀的圆周刃、端部底刃及容屑槽等尺寸参数的设计,为满足刀具切削性能和加工刚性提供了保证。

**关键词:** 合金立铣刀;Helitronic Tool Studio;可视化;参数设计

**中图分类号:** TG714;TH122

**文献标志码:** A

## Visual Design of Carbide End Mill Based on Helitronic Tool Studio

Jia Zhixiang

**Abstract:** Based on Helitronic Tool Studio software, cutting tools can be designed visually and rapidly. The parameter designing method and principle for carbide endmills are explored, and the design of the OD and EF cutting edges and the chip pocket are detailed, thus ensuring the performance and rigidity of cutting tools.

**Keywords:** carbide end mill; Helitronic Tool Studio; visualization; parameter design

## 1 引言

铣刀在机械加工中具有关键作用,很多零部件的制造都离不开铣刀。针对不同的加工工艺要求,刀具工程师设计出了各种铣刀,如加工大平面的铣刀盘、加工轮廓的轮廓铣刀、加工球面槽型的球面铣刀等。不同铣刀的参数设计有很大区别,其制造工艺也大为不同。因此,采用刀具专家设计开发的参数化、模块化 CAM 系统软件,可极大地提高刀具的制造效率。

Helitronic Tool Studio 系统是德国 Walter 工具磨床开发的一款可视化机床操作软件,该软件采用集成化的参数模块,对应的参数均有图形释义,可视化程度高,极大简化了刀具制造编程。同时,该软件可以灵活修改刀具设计参数,快速得到相应的三维模型,完全实现了可视化编程<sup>[1]</sup>。Helitronic Tool Studio 系统集成了铰刀、钻头、铣刀、阶梯刀具以及旋转锉等刀具模块,各种类型的刀具都可以借助其强大的可视化编程系统进行制作。本文主要探讨基于 Helitronic Tool Studio 系统可视化制造合金立铣刀的工艺。

## 2 立铣刀设计向导模块

打开 Helitronic Tool Studio 软件,直接进入刀具向导对话框。在刀具向导对话框内选择所需刀具类

型,如铰刀、铣刀、阶梯刀具等,如图 1 所示。本文以制造立铣刀为例,故选择铣刀向导模块。

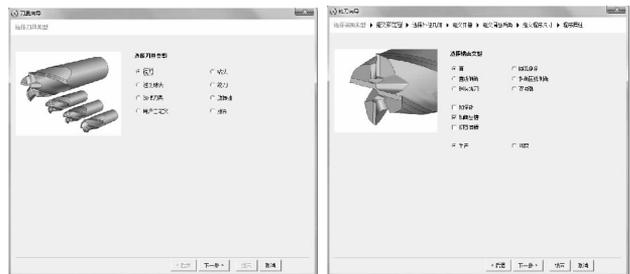


图 1 刀具类型选择向导

图 2 立铣刀向导模块

点击“下一步”按钮,进入铣刀向导模块,如图 2 所示。根据向导提示选择所需要的端面类型。如果铣刀加工的材质为铝合金或者其它硬度较低的有色金属,可以选择端面为直线型,以提高刀具的锋利度,避免出现切削黏刀情况,同时也可以提高刀具的加工效率,节省加工节拍;如果被加工材质为黑色金属或硬度较高的金属材料时,一般应选端面为直线倒角或者圆弧倒角类型,以避免铣刀刀尖硬性崩裂造成刀具失效,同时可加强刀具的耐磨损性能,进而提高刀具的使用寿命,降低加工成本;如果工件的形状为球形曲面,则需选择球头铣刀,其属于轮廓铣刀的一种。

可以借助断齿槽的槽型使切屑强行断开成更细小的切屑,避免对工件已加工表面形成刮伤。应根据被加工材质的特性选择是否加断齿槽,如果切屑能依靠自身加工硬化自动断开而不会刮伤工件已加工表面,则不用加断齿槽,如果切屑自身加工硬化程

度较低而不足以自行断开,此时应加断齿槽。

立铣刀最常见的是两个长齿、两个短齿的四齿结构,如图3所示。也可以根据需要将立铣刀设计为其他形式的齿型结构,如三个长齿、三个短齿的六齿结构等。在设计时需要结合加工工况和加工效率,灵活设计齿型结构,选用最佳设计方案。如果是制作新铣刀,则选择生产模式,在此模式下将合金棒料装夹到机床夹持柄里,启动加工程序就可以制作出所需刀具;如果是修磨使用过的铣刀,应选择修磨模式,应根据铣刀磨损情况进行修磨。例如,对于刀尖崩裂的修磨,只需将刀尖处程序编辑出来即可。本文以两个长齿、两个短齿的四齿结构设计为例介绍新铣刀的制造方法。

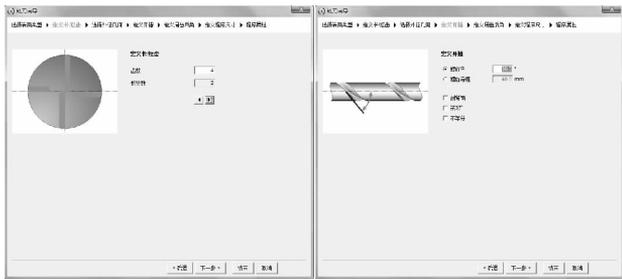


图3 四齿结构立铣刀

图4 螺旋角度和螺旋导程

刀具外径尺寸由设计要求来确定,槽型根据被加工材料和加工深度的综合考虑来确定。立铣刀槽型的螺旋角度通常为 $20^\circ$ 、 $25^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $35^\circ$ 、 $38^\circ$ 等。螺旋导程与外径和螺旋角度的关系表达式为

$$S = \pi D / \tan \alpha \quad (1)$$

式中, $S$ 为螺旋导程; $D$ 为外径尺寸; $\alpha$ 为螺旋角度; $\pi$ 为常数<sup>[2]</sup>。

在设计立铣刀的过程中,螺旋角度和螺旋导程可互等效代替,即任选其一即可,如图4所示。刻背面即铲背,可结合工件要求决定是否设计铲背。立铣刀螺旋槽一般设计为等分形式,也可以根据加工工况设计为不等分形式。通常将立铣刀的周齿后角设计为第一和第二两个后角,有时也可根据需要增加其他后角或者增加后角圆弧铲背等形式。圆弧铲背可以让刀具副刀面呈流线型,有利于切屑排出,避免切屑刮伤工件已加工表面。

点击进入铣刀向导模块,定义程序尺寸页面,可根据所制刀具长度来确定铣刀切削刃长度,一般可为刀具总长的30%~50%左右。还可选择合适的柄部长度、刀具切削刃直径以及合金棒料直径等参数。在程序属性页面,需要为所编辑的程序命名,一般根据加工刀具规格命名,以便于下次加工相同刀具时调取此程序。铣刀螺旋槽的螺旋方向可以根

据实际加工方向设定为左螺旋或者右螺旋。同样,切削刃也需要根据所加工的工件选择左切或者右切。需要注意的是,螺旋槽的螺旋方向需要与切削刃的方向保持一致。此外,还需要给定棒料的材质,如钢材、陶瓷、硬质合金等。本文选择材质为硬质合金材料。

### 3 立铣刀建模参数设计

铣刀向导模块完成之后,进入铣刀三维仿真模型模块。为方便观测与分析,打开模拟显示命令,显示结果如图5所示。

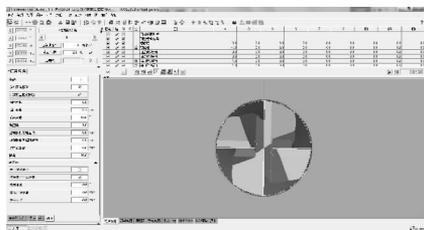


图5 立铣刀三维仿真模型

#### (1) 刀具长度

在这道工序中,需要输入适当的刀具长度值,以方便机床检测刀具长度,确定刀具原点。机床通过探针探测合金棒料的长度,并进行跳动探测。只有棒料的圆度跳动在设定的允许范围之内程序才会正确启动,否则机床会提醒跳动超出允许范围而需重新进行探测。

#### (2) 轴向开槽

此步骤需要给定螺旋槽的螺旋角度、长度、前角以及是否增加倒锥,此外,如果刀具需要留有韧带,一般取韧带宽度为外径的5%。

#### (3) 容屑槽

容屑槽主要起过渡切屑和改善切削状况的作用,槽型大小取决于刀具外径和加工工况。容屑槽的设计既要确保刀具排屑顺畅,又要确保刀具具有足够刚性,才能满足加工工况使用要求。

根据刀具向导提示,需要在容屑槽步骤页面输入容屑槽在端面切削刃的深度值、容屑槽的拓宽角度值、容屑槽的拓宽长度值、容屑槽的圆弧大小、容屑槽的角度值、砂轮偏置值、蝶形角度值、端齿前角以及过中心距离值。各项参数的具体设计方法如下:

①容屑槽的拓宽角度决定了容屑槽与端面的倾斜程度,一般设计为 $-35^\circ$ ,拓宽长度可根据三维仿真显示进行适当调整。容屑槽的深度值一般为刀具直径的7%左右,应结合刀具加工时的刚性要求来

调整大小。

②容屑槽圆弧主要使切屑光滑过渡到排屑槽内,其值取为 $RO.5\text{mm}$ 左右即可。砂轮在磨削容屑槽的过程中也会自带圆弧角,其大小对刀具影响不大,一般凭经验设置。

③容屑槽的角度一般设置为 $35^\circ$ 左右。容屑槽的角度主要决定容屑槽张开角的大小,影响其排屑能力和刀具刚性,可根据刀具直径和加工刚度要求作适当调整<sup>[3]</sup>。设置砂轮角度可以改变容屑槽的位置和形状,可结合模拟显示作适当调整。

④铣刀的蝶形角可确保加工过程中被加工面的平整度,一般设置为 $1^\circ - 2^\circ$ 。铣刀的端面不是平面,而是内凹面,即铣刀四周边缘刃口要高于其中心刃口,这样铣刀在加工过程中始终是用四周边缘刃加工工件,既确保了铣刀的锋利度,又确保了工件已加工面的平整光滑性和粗糙度。

⑤铣刀在使用过程中既要有一定的锋利度又要具备一定的刚性和耐磨性。在容屑槽的设计过程中,铣刀端齿的前角主要是为了提高刀具的锋利度,其值大小一般根据被加工材料来决定<sup>[4]</sup>。如果被加工材料为铝合金、镁合金等材质略软的有色金属,容屑槽的端齿前角可取较大值,一般为 $3^\circ - 5^\circ$ ;如果被加工材料为黑色金属,容屑槽的端齿前角可取较小值,一般为 $0^\circ - 1.5^\circ$ ,以加强刀具的使用寿命<sup>[5]</sup>。铣刀容屑槽过中心值一般也由被加工材质决定。当被加工材质为有色金属时,低中心值可以设置大一些,一般不超过外径的 $5\%$ ;如果被加工材质为黑色金属,可设置为端齿在中心或者低中心值不超过外径的 $1\%$ 。

#### (4) 圆周齿

如图6所示,铣刀的圆周后角一般设计为两个后角。第一后角决定了圆周刃的切削锋利度,一般角度为 $5^\circ - 10^\circ$ ,宽度为 $0.8\text{mm} - 1.2\text{mm}$ ;第二后角主要为避开刀体干涉,使圆周的切削刃处于直径最大外圆上,一般角度为 $12^\circ - 20^\circ$ 。

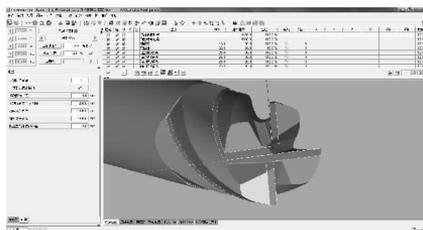


图6 立铣刀圆周后角

#### (5) 端面齿

端面齿切削刃设计原则上与圆周刃相似。端面

齿也分为两个后角<sup>[6]</sup>:端面齿第一后角和端面齿第二后角。一般端面齿第一后角角度为 $6^\circ - 10^\circ$ ,宽度为 $1\text{mm}$ 左右;第二后角角度为 $12^\circ - 16^\circ$ 。蝶形角使端面齿边缘刃处于切削最高点,其值一般为 $1^\circ - 3^\circ$ 。端面齿过中心值与容屑槽端齿保持一致,其值依据被加工材质来设定。

## 4 结语

借助 Helitronic Tool Studio 可视化软件,可使设计人员快速建立刀具的三维仿真模型,直观清晰地呈现出所设计刀具的外观,并与刀具加工出来的真实外观保持一致,真正做到了所见即所得的可视化程序设计。该方法极大减轻了设计人员工作量,提高了工作效率,使设计人员能方便、科学地采用最优设计方案进行刀具结构设计。

## 参考文献

- [1] 王民卿,李兆强,丁建萍,等. 使用 Helitronic Tool Studio 加工直槽钻头[J]. 金属加工(冷加工),2013(17):44-45.
- [2] 米蓉. 立铣刀三维参数化设计系统研发[D]. 成都:西南交通大学,2011.
- [3] Li A H, Zhao J, Pei Z Q, et al. Simulation-based solid carbide end mill design and geometry optimization[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2014(9-12):1889-1900.
- [4] Hien Nguyen, Sung-Lim Ko. A mathematical model for simulating and manufacturing ball end mill[J]. Computer-Aided Design, 2014, 50(3):16-26.
- [5] 孙长富. 整体立铣刀的磨削轨迹建模及其编程研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2013.
- [6] 王清平,孙剑飞,陈五一. 立铣刀结构设计技术发展[J]. 工具技术,2014,48(4):7-11.

作者:贾志翔,刀具研究员,河南四方达超硬材料股份有限公司,450000 郑州市

Author: Jia Zhixiang, Researcher of Cutting Tool, SF Diamond Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China