

# 典型麻花钻的应用和设计分析

朱小亮

汉江工具有限公司铣削刀具分厂

**摘要:** 对国标 GB、德国 V63、V70 麻花钻沟型螺旋面进行分析,分别建立了数学模型进行精确三维建模。根据空间交错轴齿轮啮合原理,采用无瞬心包络法对关键工装成型铣刀(成型砂轮)进行设计计算,利用计算机图形学进行加工仿真。分别从应用、设计、加工三方面进行对比,有助于德国 V63、V70 麻花钻的推广应用和研究改进。

**关键词:** 麻花钻;国标 GB;德国 V63;德国 V70;沟型螺旋面;数学模型;三维建模

**中图分类号:** TG519.5+6;TH122 **文献标志码:** A **DOI:**10.3969/j.issn.1000-7008.2020.02.015

## Application and Design of Typical Twist Drill

Zhu Xiaoliang

**Abstract:** The Chinese national standard GB, German V63, V70 twist drill groove spiral surface are studied, and the mathematical models are established respectively. According to the principle of spatial staggered shaft gear meshing, the key tooling forming cutter (formed grinding wheel) is designed and calculated by no-instantaneous envelope method, and the machining simulation is carried out by computer graphics. Comparing them from application, design and processing, a clearly understanding of their respective characteristics is put forward. The promotion and application of German V63, V70 twist drill, research and improvement are contributed.

**Keywords:** twist drill; Chinese national standard GB; Germany V63; Germany V70; groove spiral surface; mathematical model; 3D modeling

## 1 引言

据统计,钻削加工约占机械加工市场的 1/3,麻花钻约占钻削加工市场的 1/2。国标 GB 麻花钻在国内普及面广泛,而对于德国 V63(国内称为普通抛物线麻花钻)和德国 V70(国内称为宽刃抛物线麻花钻)却鲜为人知,应用范围较窄。由于 GB、V63、V70 三种麻花钻的应用、设计和加工都具有典型性,故本文以 GB、V63 和 V70 三种麻花钻进行论述。

## 2 三种麻花钻对比

### 2.1 三种麻花钻的应用及设计思路对比

三种麻花钻的钻尖及刃带对比见图 1。麻花钻的应用、加工方式及加工效果对比见表 1。

#### (1) 共性问题

如图 1 所示,从钻尖看,麻花钻一般都有 2 条平行直线主切削刃,由其确定麻花钻的钻削几何角度和麻花钻的钻削性能。前刃面是 1 条倾斜 0.5 倍顶角的直线在芯厚锥体上做螺旋运动而生成的线性螺旋面。后刃面一般为平面、锥面或螺旋面的一部分或其它曲面。前刃面与后刃面相交形成主切削刃。

当确定麻花钻直径  $d$ 、芯厚  $d_c$ 、螺旋角  $\beta$  和顶角  $2\phi$  后,从钻尖看,麻花钻主切削刃成 2 条平行直线,并唯一确定。反之,当麻花钻直径  $d$ 、芯厚  $d_c$ 、螺旋角  $\beta$  和顶角  $2\phi$  任一值发生变化时,主切削刃也随之发生变化。即对于修磨 GB 麻花钻钻尖,当  $2\phi > 118^\circ$  时,主切削刃内凹,切削宽度变宽,可能会划伤孔壁或导致切屑积压在螺旋槽内,降低加工效率;当  $2\phi < 118^\circ$  时,主切削刃外凸,切削宽度变窄,切屑通过螺旋槽流出时变形,使工件发热并缩短麻花钻寿命;当  $2\phi = 118^\circ$  时,主切削刃成两条平行直线,切削宽度与切削刃相同,切屑沿螺旋槽流出,效果最佳。

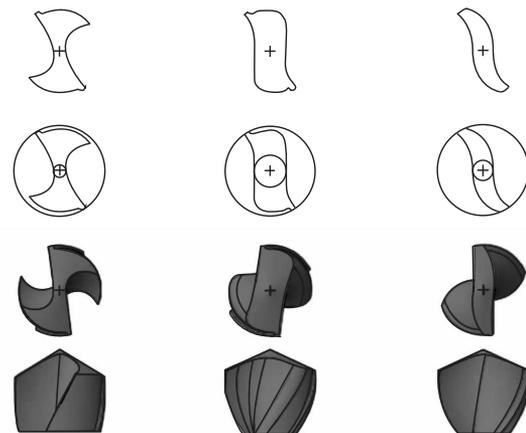


图 1 三种麻花钻的钻尖及刃带对比

生产中常采用 GB 系列铣沟刀和铣背刀加工工件,采用成型砂轮加工非 GB 麻花钻,从而产生各种问题,严重影响钻削加工。不同麻花钻沟型需与铣沟刀、铣背刀和成型砂轮一一对应。国内大量使用进口数控工具磨床,内置麻花钻应用程序,采用平行砂轮按无瞬心包络法磨削麻花钻。初次磨削的主切削刃并非两条平行直线,而是通过后序修磨主切削刃,使其变成两条平行直线,类似于两刃键槽立铣刀磨削方式。

表 1 三种麻花钻的应用对比

	GB 麻花钻	V63 麻花钻	V70 麻花钻
应用范围	范围广泛,通用性好。适用于一般钢材, HRC35 以下合金钢、铁、不锈钢的钻孔。适于长径比小于 5 的浅孔加工	大芯厚,高强度,较大容屑空间。适用于一般钢材, HRC35 以下合金钢、不锈钢、有色金属、球墨铸铁和灰铸铁等材料的钻孔;适于 5 < 长径比 < 40 的深孔	较大芯厚,超大容屑空间,适于钻削铝合金或 20 < 总长 < 60 的深孔
加工方式	首次钻削深度可达麻花钻直径的 3 倍,然后逐次退刀,往复多次,俗称“啄木鸟一啄击式”	首次钻削深度可达麻花钻直径的 20 倍,通常一次进刀完成钻孔加工	首次钻削深度可达麻花钻直径的 25 倍,通常一次进刀完成钻孔加工
应用效果	长径比小于 5 的浅孔加工效果良好;长径比大于 5 的深孔加工排屑困难,刚性差,极易扭断麻花钻,效率低	麻花钻所受轴向力、扭矩小;加工过程平稳,排屑流畅、高效、可靠;孔表面质量优于 GB 麻花钻	麻花钻所受轴向力、扭矩小;加工过程平稳,排屑流畅、高效、可靠;孔的表面质量优于 GB 麻花钻

(2) 刃沟曲线

如图 2 所示,以 GB 国标麻花钻为例进行说明。 $ab$  曲线段为麻花钻刃口曲线,  $bc$  曲线段为麻花钻钻沟曲线,  $cd$  曲线段为麻花钻钻背曲线。

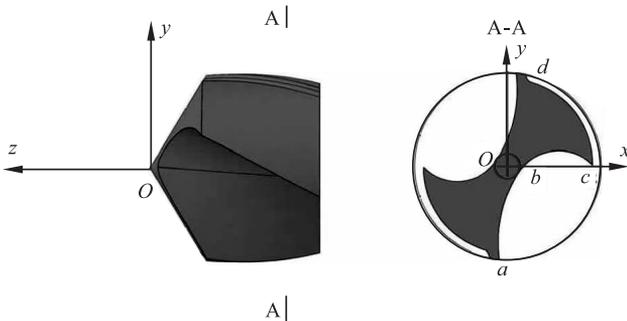


图 2 国标麻花钻

主切削刃任意一点  $k$  坐标:  $x = 0.5d_c$  ( $d_c$  为麻花钻芯厚);  $z = y \cot \phi$  (麻花钻顶角  $2\phi$ )。

为方便推导,在  $z = 0$  处取截面。将主切削刃任意一点  $k$  沿螺旋线旋转至  $z = 0$  截面,轴向距离  $zk$ , 旋转角度  $\lambda k$ , 则

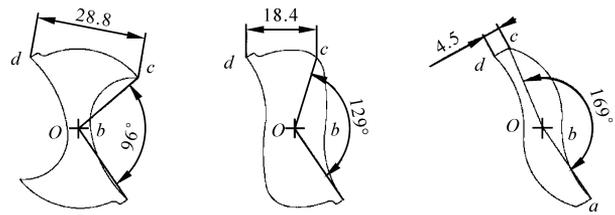
$$\lambda k = yk / r \tan \phi$$

$$p = \pi d \tan(90 - \beta) / (2\pi)$$

式中,  $d$  为麻花钻直径;  $\beta$  为麻花钻螺旋角。

联立上述方程,可精确计算出  $ab$  曲线段。也可以采用最小二乘法,用圆弧代替已简化数据。

如图 3 所示,  $bc$  曲线段为麻花钻钻沟曲线。可以看出: GB 麻花钻  $\angle aoc = 96^\circ$ , V63 麻花钻  $\angle aoc = 129^\circ$ , V70 麻花钻  $\angle aoc = 169^\circ$ , 递增趋势明显,相应容屑空间逐渐加大,排屑性能稳步提升,对于长径比大于 5 的深孔钻削至关重要。



(a) 国标 GB-φ45 (b) 德国 V63-φ45 (c) 德国 V70-φ45

图 3 麻花钻结构曲线

$cd$  曲线段为麻花钻钻背曲线。可以看出: GB 麻花钻  $cd = 28.8$ , V63 麻花钻  $cd = 18.4$ , V70 麻花钻  $cd = 4.5$ , 递减趋势明显,相应容屑空间逐渐加大,排屑性能稳步提升,对于长径比大于 5 的深孔钻削至关重要。

(3) 麻花钻参数对比

三种麻花钻的关键设计参数对比见表 2。

表 2 三种麻花钻的参数对比

	GB 麻花钻	V63 麻花钻	V70 麻花钻
芯厚 $d_c$	0.22 $d^{0.87}$ 有增量	0.35 $d$ 无增量	0.22 $d$ 无增量
螺旋角 $\beta$	18° ~ 30° (本例 30°)	40° (本例 40°)	40° ~ 45° (本例 40°)
顶角 $2\phi$	118°	130°	130°
沟型曲线	圆弧, 直线 (C 点有尖点)	圆弧、抛物线、对数螺旋线、阿基米德螺旋线(可自行选择,要求圆滑美观流畅)	圆弧、抛物线、对数螺旋线、阿基米德螺旋线(可自行选择,要求圆滑美观流畅)
钻尖修磨	无特殊要求	十字刃磨	S 型刃磨

2.2 三种麻花钻实际加工对比

(1) 关键工装设计

根据加工条件,选取合适的麻花钻,并确定沟型、麻花钻与成型铣刀(成型砂轮)空间位置(见表 3),设计相应的关键工装。铣沟刀、铣背刀、成型砂轮与成型铣刀外廓齿形一致。根据空间交错轴齿轮啮合原理,采用无瞬心包络法进行设计,以  $\phi 45$  直径 V63、V70 麻花钻为例,求出关键齿形数据。

(2) 加工模拟

以  $\phi 45$  直径 V63、V70 麻花钻为例,确定空间运

动关系,利用计算机图形学进行加工仿真,得到图5所示的无瞬心包络法精确加工模拟图,检验关键工装—成型铣刀(成型砂轮)齿形设计的正确性。

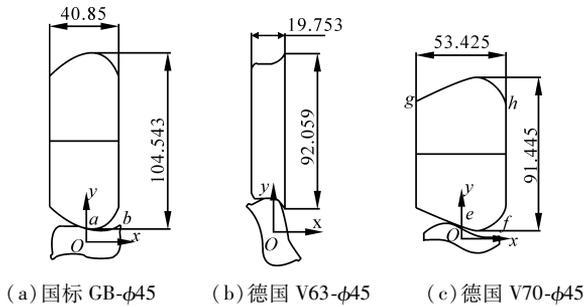


图4

表3 麻花钻沟型和成型铣刀空间位置

序号	麻花钻沟型 $ab(x,y)$	成型铣刀 $cd(x,y)$
1	2.038,7.607	-21.332,99.167
2	3.252,7.317	-18.868,101.576
3	4.480,7.093	-16.260,103.829
4	5.718,6.935	-13.517,105.915
5	6.963,6.845	-10.639,107.810
6	8.211,6.821	-7.575,109.386
7	9.458,6.865	-4.370,110.650
8	10.701,6.973	-1.053,111.578
9	11.938,7.145	2.347,112.138
10	13.163,7.380	5.785,112.192
11	14.375,7.679	9.116,111.348
12	15.570,8.039	12.128,109.688
13	16.747,8.455	14.713,107.418
14	17.902,8.927	16.805,104.684
15	19.033,9.455	18.421,101.644
16	20.138,10.035	19.518,98.380
序号	麻花钻沟型 $ef(x,y)$	成型铣刀 $gh(x,y)$
1	0.883,5.272	-26.871,81.456
2	2.190,4.459	-22.880,83.071
3	3.494,3.710	-18.948,84.821
4	4.838,3.036	-15.078,86.706
5	6.219,2.439	-11.225,88.627
6	7.631,1.922	-7.337,90.474
7	9.070,1.487	-3.409,92.235
8	10.532,1.134	0.605,93.789
9	12.012,0.864	4.705,95.099
10	13.504,0.679	8.945,95.722
11	15.005,0.580	13.175,95.019
12	16.509,0.566	17.079,93.232
13	18.011,0.637	20.432,90.550
14	19.506,0.794	23.125,87.198
15	20.991,1.036	25.188,83.427
16	22.459,1.362	26.554,79.350

(3) 实体对比

利用CAD软件进行精确三维建模,生成实体进行对比。由图6可知,GB麻花钻沟型开口小、钻背宽、芯厚小、导程大且支撑点少;V63与V70麻花钻沟型开口大、钻背窄、芯厚大、导程小且支撑点多,对

于长径比大于5的深孔钻削较为有利。

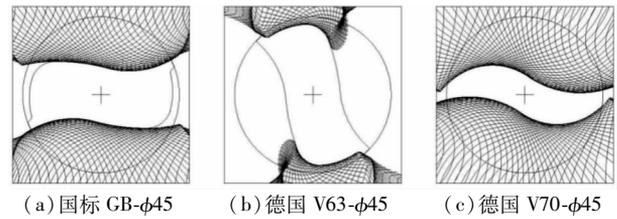


图5 无瞬心包络法加工模拟



图6 三种麻花钻的三维对比

3 结语

对国标GB、德国V63和V70麻花钻沟型螺旋面进行了研究,分别建立了数学模型,进行了精确三维建模,生成实体。根据空间交错轴齿轮啮合原理,采用无瞬心包络法对关键工装成型铣刀(成型砂轮)进行设计计算,利用计算机图形学进行了加工仿真,并分别从应用、设计、加工方面进行对比,有助于德国V63和V70麻花钻的推广研究和改进,从而改善钻削效率,提高被加工孔的精度和表面质量。

参考文献

[1]袁哲俊,刘华明.金属切削刀具设计手册[M].北京:机械工业出版社,2008.  
 [2](苏联)B.C柳克辛.刀具设计的螺旋面理论[M].北京:机械工业出版社,1984.  
 [3]董仁扬.向量矩阵法在刀具计算中的应用[M].北京:国防工业出版社,1979.  
 [4]闫小青,杨志,毛哲,等.抛物线槽型钻钻削力的试验研究[J].工具技术,2015,49(12):35-39.  
 [5]孙凤池,鲁亚东,孙丽.抛物线槽型钻头的耐用度及刃磨方法的实验研究[J].汽车工艺与材料,1997(2):33-36.

作者:朱小亮,工程师,汉江工具有限责任公司铣削刀具分厂,723002 陕西省汉中市

Author:Zhu Xiaoliang, Engineer, Hanjiang Tools Co., Ltd., Milling Tool Branch, Hanjiang, Shaanxi 723002, China