

基于Python语言铣削封闭区域的下刀算法

成建峰¹, 赵猛²

1. 沈阳云科聚匠教育科技有限公司 辽宁沈阳 110000

2. 沈阳职业技术学院 辽宁沈阳 110045

摘要: 分别推导了封闭区域铣削斜线下刀及螺旋下刀的数学算法, 并基于Python语言环境开发PyQt5工具包, 编制了一个计算下刀参数的软件, 免去工程技术人员编写数控代码时繁琐的计算过程, 提高了编程效率。

关键词: 封闭区域; 斜线下刀; 螺旋下刀; PyQt5; Python语言

1 序言

在数控铣削加工过程中, 有一种常见的情形——封闭区域铣削。目前市面上所使用的铣刀, 尤其是直径 $>30\text{mm}$ 的可转位粗加工铣刀 (见图1), 大多没有中心切削刃, 无竖直切削能力, 若竖直下刀铣削, 会发生“顶刀”事故, 造成刀具损坏。

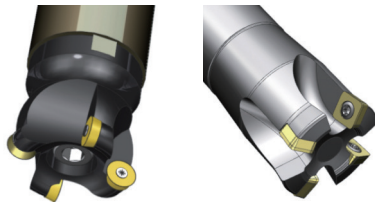
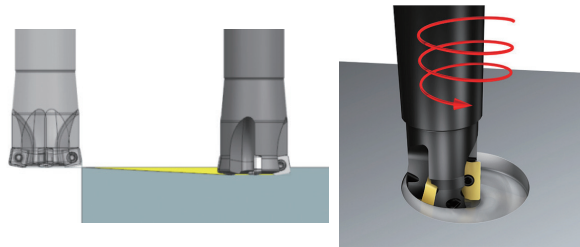


图1 可转位粗加工铣刀

在加工封闭区域的过程中, 为了避免铣刀与工件发生“顶刀”事故, 铣削时多采用斜线下刀或螺旋下刀的加工策略, 如图2所示。但实际生产过程中受刀具型号、现场复杂工况等因素的影响, 加工技术人员基于安全方面的考虑, 往往仅凭借经验值来确定斜线下刀或螺旋下刀的参数值 (最长切削距离 S 、最大下切角 θ 、螺旋线直径 D_1 、螺距 P 等), 采用这种方式确定的参数值往往比较保守, 不利于铣削粗加工时客户对生产效率的追求。本文针对封闭区域铣削加工中常见的两种下刀方式以及其所需的最短下刀距离进行了详细的数学算法推导, 并基于Python语言编制了计算机软件用来计算相关下刀参

数值, 以方便技术人员计算使用。



a) 斜线下刀

b) 螺旋下刀

图2 封闭区域铣削常见下刀方式

2 斜线下刀分析及参数计算

可转位铣刀加工封闭区域时, 刀具前刀片的侧刃和底刃、后刀片的底刃是参与切削的接触部分。斜线下刀参数如图3所示, 此时前刀片的切削刃与处于后刀片的切削刃间存在着一个深度差 h , 深度差随着刀具轨迹与工件上表面之间夹角 θ 的增大而增大。当深度差超过可转位铣刀底刃的容屑区域, 也就是工件底面接触刀具极限位置 B 点所在的平面时, 工

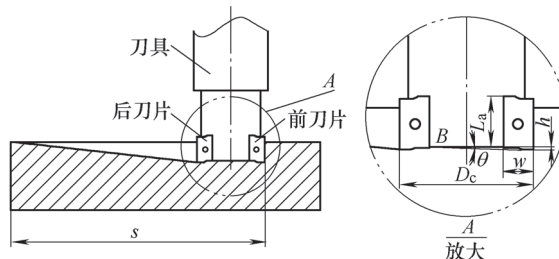


图3 斜线下刀参数示意

件上的残留材料就会挤压刀具，造成工件“顶刀”事故。

因此，斜线下刀的刀具轨迹与工件表面之间的最大下切角 θ 应满足

$$\theta < \arctan \frac{h}{D_c - 2w} \quad (1)$$

式中， D_c 是刀具直径（mm）， h 是深度差（也叫盲区高度，mm）， w 是刀片宽度（mm）。

当铣削加工斜线下刀时，除了需要注意下切角度必须小于最大下切角 θ 之外，还需要注意刀片侧刃有效切深 L_a 大于工件实际的深度 L ，否则也会发生“顶刀”事故，斜线下刀切削深度如图4所示。

$$S < \frac{L_a \times (D_c - 2w)}{h} \quad (2)$$

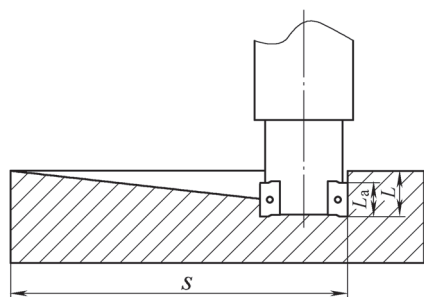


图4 斜线下刀切削深度

3 螺旋下刀分析及参数计算

螺旋下刀切削封闭区域时，刀具底刃旋转形成环状区域，下刀过程中刀具沿柱面上的螺旋线走刀，螺旋线在底面上的投影为圆。螺旋下刀过程中出现的3种情形如图5所示。

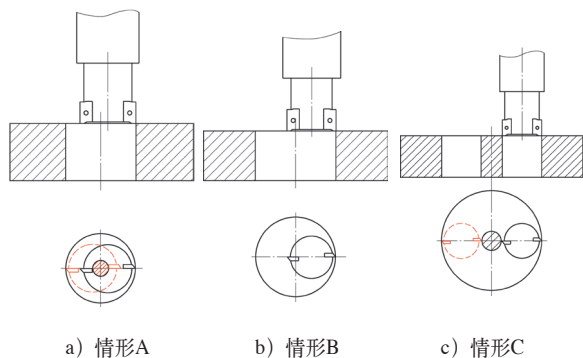


图5 螺旋下刀3种情形

情形A中，螺旋直径过小，刀片不能把刀具正下方的余料切除，工件与刀具中心发生碰撞，这种

情形需要严格避免；情形B中，刀具刀片正好过孔中心，能清除孔内所有余料，这种情形是最理想的；情形C中，刀具直径过小，切削过程中孔中心会留下一个圆柱形状的余料，如果圆柱余料过细，则自身就会发生折断，容易造成工件及刀具损坏，这种情况下，可以适当减小刀具螺旋下刀的直径。综上所述，工件孔直径 D_k 与刀具各参数（见图6）的关系为

$$2(D_c - w) < D_k < 2D_c \quad (3)$$

式中， D_c 是刀具直径（mm）， w 是刀片宽度（mm）， D_k 是工件孔的直径（mm）。

刀具螺旋线路径的直径 $D_1 = D_k - D_c$ ，带入式（3）得

$$D_c - 2w < D_1 < D_c \quad (4)$$

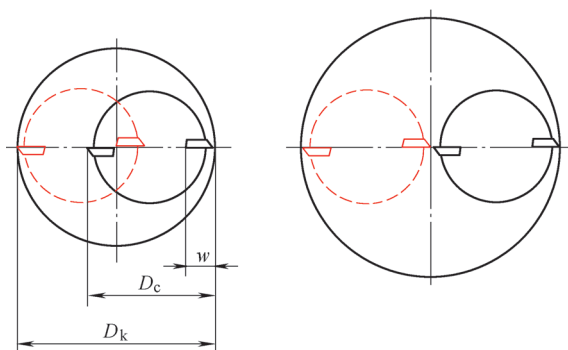


图6 螺旋下刀参数示意

对于螺旋下刀时下刀角度、螺距与刀具各参数之间的关系，可将螺旋下刀看作特殊的斜线下刀，将弯曲形状的螺旋线展开成直线，如图7所示。图中 P 为螺旋下刀螺距。

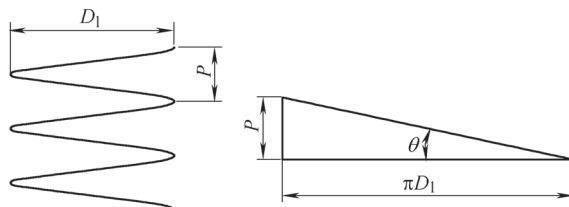


图7 螺旋线展开示意

螺旋下刀时下刀角度范围与斜线下刀时相同，即

$$\tan \theta = \frac{P}{\pi D_1} \quad (5)$$

$$\text{由 } \tan \theta < \frac{h}{D_c - 2w}, \text{ 可得: } P < \pi D_1 \frac{h}{D_c - 2w} \quad (6)$$

同时，受到刀具侧刃有效切深的影响，螺距 P 应该同时满足 $P < L_a$ ，该值一般较大不会被超过。

因此,只考虑顶刀问题即可,当螺旋线直径取大值 D_c ,则螺距 P 应满足

$$P < \pi D_c \frac{h}{D_c - 2w} \quad (7)$$

一般计算下刀参数时,会给定一个安全系数 γ (取值范围0~1),推荐的螺旋下刀直径值 D_l 和螺距 P 都是最大值和安全系数相乘得出的结果。

4 Python语言软件设计

依据以上斜线下刀及螺旋下刀的相应算法,基于Python语言环境下开发PyQt5工具包,编制一个下刀参数实用软件,点击.exe文件,界面如图8所示。

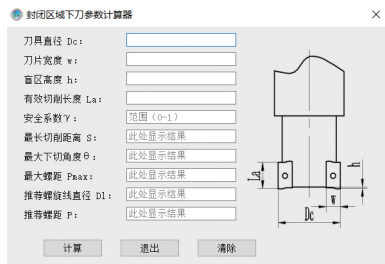


图8 下刀参数软件界面

手动输入刀具直径 D_c 、刀片宽度 w 、盲区高度 h (也叫深度差)、刀片侧刃有效切深 L_a 及安全系数 γ ,点击“计算”按钮,则可计算出最长切削距离 S 、最大下切角度 θ 、最大螺距 P_{max} 、推荐螺旋直径 D_l 及推荐螺距 P 。例如,按照提示输入相应的参数,即可生成结果,如图9所示。

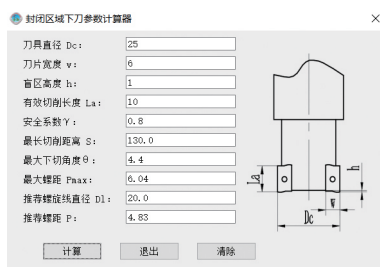


图9 下刀参数计算结果

Python编程核心代码如下。

#设置框架布局

```
class MyClass(QWidget):
```

```
def __init__(self):
```

```
super().__init__()
```

```
self.initUI()
```

```
def initUI(self):
```

```
self.setWindowTitle("封闭区域下刀参数计算器")
```

```
self.resize(600,400)
```

```
self.move((desk.width()/2-self.height()/2,100))
```

```
lbl1=QLabel("刀具直径 Dc: ",self)
```

```
lbl2=QLabel("刀片宽度 w: ",self)
```

```
lbl3=QLabel("盲区高度 h: ",self)
```

```
lbl4=QLabel("有效切削长度 La: ",self)
```

```
lbl10=QLabel("安全系数 gamma: ",self)
```

```
lbl5 = QLabel("最长切削距离 S: ",self)
```

```
lbl6 = QLabel("最大下切角度 theta: ",self)
```

```
lbl7 = QLabel("最大螺距 Pmax: ",self)
```

```
lbl10 = QLabel("推荐螺旋线直径 Dl: ",self)
```

```
lbl8 = QLabel("推荐螺距 P: ",self)
```

```
lbl9 = QLabel("结果显示区",self)
```

```
#设置提示报警的文字
```

```
if (aaa==' ' or bbb==' ' or ccc==' ' or ddd==' ' or iii==' '):
```

```
QMessageBox.question(self, "消息: ", "请输入完整数值!", QMessageBox.Ok)
```

```
else:
```

```
AAA1 = eval(aaa)
```

```
BBB1 = eval(bbb)
```

```
CCC1 = eval(ccc)
```

```
DDD1 = eval(ddd)
```

```
III1=eval(iii)#安全系数
```

```
if ((AAA1 <= 2 * BBB1) or (AAA1==0) or (BBB1==0) or (CCC1==0) or (DDD1==0) or III1==0):
```

```
QMessageBox.question(self, "消息: ", "数值不正确", QMessageBox.Ok)
```

```
#设置主要公式
```

```
try:
```

```
EEE1=DDD1*(AAA1-2*BBB1)/CCC1 #最大切削距离 La*(Dc-2*w)/h
```

```
FFF1=atan(CCC1/(AAA1-2*BBB1))*180/pi #arctan h/(Dc-2*w)
```

```
GGG1=pi*AAA1*CCC1/(AAA1-2*BBB1)#最大螺距
```

```
JJJ1=AAA1*III1#推荐螺旋线
```

```
HHH1=GGG1*III1
```

```
if DDD1<HHH1:
```

```
HHH1=DDD1*III1
```

拍照扫描测量技术在检测弱刚性半框工件弧长中的应用

郭国，解松，喻秀

天津轻工职业技术学院机械工程学院 天津 300350

摘要：基于大直径、弱刚性半框工件，针对其内弧长度难以准确测量的问题，引入拍照扫描测量技术，应用DPA+拍照扫描的方法获得半框内弧的工程模型，通过处理和计算获得工件内弧的长度。经过多次测量试验，评价测量不确定度。试验结果证明，该方法准确有效，为工程测量人员检测大直径、弱刚性框环弧长提供了有利依据。

关键词：弱刚性；弧长；拍照扫描测量；不确定度

1 序言

某特殊用途的大直径、弱刚性框环由两个半框拼接而成，设计人员对框环的周长要求较高，在加工过程中需要严格控制单个半框的内圆弧长，以保证拼接后所得整框的内圆周长，半框工件实物如图1所示。因半框内圆弧长对框环的精度要求较高，设计人员要求半框的弧长公差为 $\pm 0.3\text{mm}$ 。

该半框的内型面是理论半径为2504mm的圆柱面，工件尺寸较大，且厚度较薄，是一种大直径、



图1 半框工件

弱刚性的工件。该半框由滚弯加工而成，由于滚弯加工过程会使工件产生拉伸变形，所以为了得到弧

5 结束语

本文以封闭区域铣削过程中常出现的“顶刀”事故为出发点，对比研究了数控铣削加工中斜线下刀和螺旋下刀两种下刀策略的算法。基于加工工况及基础参数（刀具直径 D_c 、刀片宽度 w 、盲区高度 h 、刀片侧刃有效切深 L_s 及安全系数 γ ）建立了相关数学模型，同时运用Python语言下的PyQt5工具包编制了实用软件，用来计算相关下刀参数值（最长切削距离 S 、最大下切角 θ 、螺旋线直径 D_l 及螺距 P 等）。经过多台计算机反复测试，该软件操作方便、运行稳定，免去了编写数控代码时繁琐的计算过程，在保证安全的前提下大大提高了加工效率。目前，该软件已在我公司内部员工中运行使用，并

逐渐推广。

参考文献：

- [1] 成建峰，赵猛，等. i5智能加工中心加工工艺与编程[M]. 北京：机械工业出版社，2018.
- [2] 曾林林，周利平，张敬志. 新型双刃可转位球头立铣刀设计及其加工仿真研究[J]. 机床与液压，2016，44（17）：71-75.
- [3] 王苏东. 斜线下刀与螺旋下刀的参数分析[J]. 广西轻工业，2007（11）：42-43，39.
- [4] 魏茂珍，周墩明. 螺旋下刀在数控铣床中的应用[J]. 金属加工（冷加工），2012（24）：46-47.
- [5] 王维波，栗宝鹃，张晓东. Python Qt GUI与数据可视化编程[M]. 北京：人民邮电出版社，2019.

MW 20210505