变厚蜗轮滚刀设计特点和校验方法

■ 青海第二机床制造有限责任公司 （西宁 810021） 史耀华

摘要： 变厚蜗轮始终保持正确的啮合关系，并且这种蜗轮副传动结构紧凑、调整方便。变厚蜗轮需要专用的变厚蜗轮滚刀来加工，而针对变厚蜗轮滚刀的设计，主要应注意滚刀的齿距和齿厚的标准齿，滚刀的螺纹升角、容屑槽的螺旋角及滚刀切削部分的长度。设计完成后应校验变厚滚刀的齿根强度及砂轮铲磨时的干涉情况，以保证加工零件的精度。

近年来机械传动副中采用变厚蜗杆传动逐渐增多，这种蜗杆与蜗轮啮合时，只要通过调整蜗杆的轴向位置，就可以使蜗轮副得到理想的啮合间隙。在改变侧隙的过程中，能够始终保持正确的啮合关系，并且这种蜗轮副传动结构紧凑、调整方便。因而一些要求精确传动比、承受脉动载荷的机构中，如齿轮机床及转台分度机构、读数机构以及需要扭振的传动机构等往往采用这种传动副；而这种传动副中的主要切削刀具，需要用变厚蜗轮滚刀来加工。

1. 变厚蜗轮滚刀的设计特点

变厚蜗轮滚刀与普通蜗轮滚刀设计步骤及计算基本类似，主要区别有三点：

（1）滚刀的齿距和齿厚的标准齿：变厚蜗轮滚刀有三个齿距，即左侧螺旋齿距、右侧螺旋齿距和理论齿距。理论齿距$P_{ox}=\pi m$；而左、右侧螺旋齿距根据模数差Δm来计算，即齿厚增大方向的模数$m_{大}=m+\Delta m$；即齿厚减小方向的模数为$m_{小}=m-\Delta m$；齿厚增大方向与齿厚减小方向均以标准齿为基准。

（2）滚刀的的螺纹升角及容屑槽的螺旋角：变厚蜗轮滚刀的左、右齿距不同，左、右侧螺旋面的螺纹升角也就不同，但在设计变厚滚刀时，仍按理论齿距计算滚刀的螺纹升角及容屑槽的螺旋角，否则滚刀就无法制造。而左、右侧螺纹升角，即齿厚增大方向的螺纹升角$\tan\lambda_{大}=Z_0m_{大}/d_0$；即齿厚减小方向的螺纹升角$\tan\lambda_{小}=Z_0m_{小}/d_0$。$Z_0$为蜗杆头数；$d_0$为滚刀分度圆直径。

（3）滚刀切削部分的长度：变厚蜗轮滚刀的切削部分的长度不能任意选取。过长的话，由于齿顶变尖或槽底宽度太小而无法加工；过短使滚刀加工蜗轮时，包络不出完整齿面而影响蜗轮质量，这是不允许的。滚刀切削部分长度一般按下式计算

$$L_\lambda=L_n+L_f$$

式中，L_n为滚刀加工蜗轮时的啮

浅；如果深度规止端端面与零件$\phi12.57^{+0.13}_{0}$ mm孔端面完全接触，说明零件$\phi12.57^{+0.13}_{0}$ mm孔深度太深。后两种情况说明零件$\phi12.57^{+0.13}_{0}$ mm孔深度不合格。

5. 结语

按上述方案制造了专用测具，测量了一批零件，并用三坐标测量机对三件用专用测具测量合格的剖分件进行验证复检，结果一致，证明测具设计合理、使用方便，圆满地解决了该尺寸的在线测量问题。设计该类测具时，必须使测具锥面与交线接触，本例将测具锥面锥角设计成119°，是锥面允许的最小值，这样确保要测的交线与测具锥面接触，假如测具锥面设计到121°，那么交线根本接触不上锥面，就无法实现测量。此外，交线必须保持尖边，但要去除毛刺，这样才能使交线真正接触到测具锥面，测量结果才真实可靠。该方法可推广应用于同类场合。

参考文献：

[1] 陈国定. 机械设计基础[M]. 北京：机械工业出版社，2006.
[2] 孙凤池. 机械加工工艺手册[M]. 北京：机械工业出版社，2007.

MW（收稿日期：20161106）

合长度；L_f为滚刀的附加长度，一般取$L_f=2\pi m$，在标准截面的左右端各加πm。

变厚蜗轮滚刀的主要参数应与原变厚蜗杆的参数一致。①滚刀的左、右齿距应分别等于原工作蜗杆的左、右齿距；左、右侧螺旋升角应分别等于原蜗杆的左、右侧螺旋升角。②原蜗杆有一标准截面，它是设计蜗杆长度等基准，在滚刀上，该位置也应是标准截面，在此截面上的刀齿为标准齿，其齿厚应相应于原蜗杆在该截面上的齿厚。

使用变厚蜗轮滚刀加工蜗轮时，可按此标准截面对刀，使此截面位于如图1所示的O_1O_2位置。由此看出，对这种滚刀的安装位置有一定的要求。如采用切向进给加工蜗轮时，滚刀进给的终止位置必须是上述的安装位置，此切向进给只能从滚刀窄齿的一端切入。

在标准齿两边滚刀的长度都要足够。滚刀标准截面两边的长度应按原蜗杆该截面两边的长度确定，并考虑一定的工艺超越量，以保证完整包络出被切齿面。

（3）设计变厚蜗轮滚刀时，必须注意滚刀前刀面的方向。用变厚蜗轮滚刀滚齿时，要求滚刀大齿厚和小齿厚端各在相应位置。在此位置时，滚刀进行切削的切削力应把蜗轮压紧在工作台上，如图2a所示，这时滚刀前刀面方向是正确的。图2b所示是前刀面方向错误时的情况，对于一般径向进给蜗轮滚刀，遇到这种情况可以将机床刀架旋转180°加工；而对于变厚滚刀，其齿厚一边大一边小，不允许调头使用，图2b所示的前刀面的方向是不允许的。

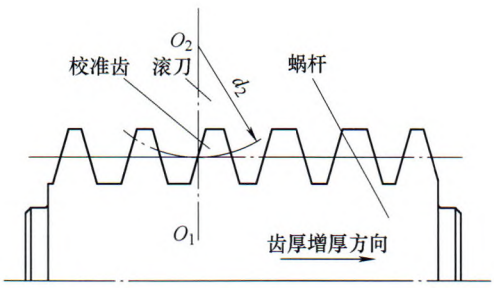


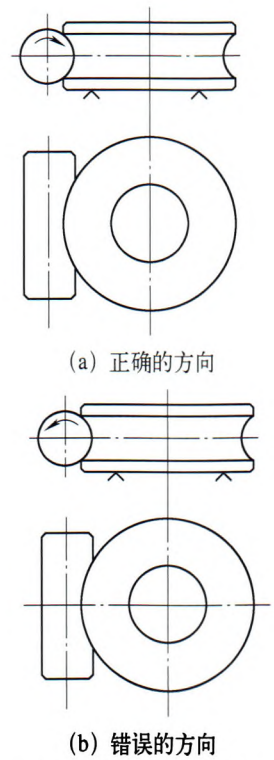
图 1

2. 作图校验变厚滚刀的齿根强度与砂轮铲磨时的干涉情况

利用AutoCAD或CAXA机械绘图软件，作图校验滚刀的齿根强度。

（1）按滚刀外径D_{a0}、滚刀圆周齿数z_k、容屑槽角θ及容屑槽底圆弧半径R作出滚刀的端面投影，如图3所示。

（2）用AutoCAD软件的标注功能，测量出齿根宽度C是否大于（1/2～3/4）H，以校验齿根部强度（模数大时取小值，模数小时取大值）。如齿根部宽度C过小，应改变滚刀的外径D_{ao}，滚刀圆周齿数z_k。



(a) 正确的方向

(b) 错误的方向

图2 变厚滚刀前刀面的方向

（3）在滚刀一个齿的前刃面作出铲背量K，可得B点。以$D_{ao}/2$为半径，分别以A、B两点为圆心，画弧相交于O_1点；再以O_1点为圆心，$D_{ao}/2$为半径，连接AB，即得近似齿顶背曲线。在相邻齿前面作齿全高h_0，可得C点，以O_1圆心，O_1C为半径，画弧CD，即得近似齿底铲背曲线。

（4）以O为圆心，$r=D_{ao}/2\cdot\sin\alpha_e$为半径画圆，其中$\alpha_e$为蜗轮滚刀的后角，一般取$\alpha_e=10°\sim12°$或稍小一些。按$m\leqslant4$时，选齿背磨光长度$b=1/2b_1$；$m>4$时，选齿背磨光长度$b=2/3b_1$，作切于半径为$r$圆的切线，使所假设的砂轮外圆切于齿底铲背曲线$CD$（砂轮中心$O_2$点位于与$r$圆的切线上）。此时，砂轮外圆若在下一个齿$E$点的上方（$E$点位置决定于齿全高$h_0$），铲磨时不发生干涉；砂轮外圆若在$E$点的下方，则铲磨时将发生干涉。如发生干涉，须重新决定滚

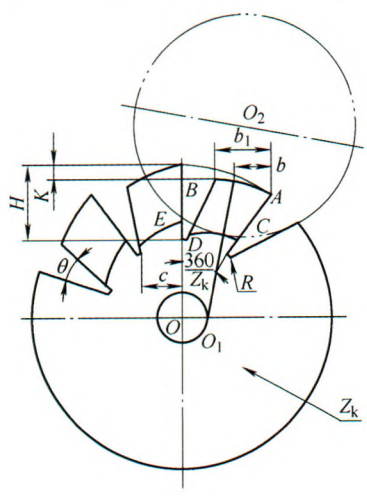


图 3

刀的外径D_{a0}，滚刀圆周齿数z_k，或改变铲背量K，直到不发生干涉为止。

例如，有一把变厚蜗轮滚刀在设计过程中，取α_e=10°、z_k=10。设计制作完成后，在切削过程中发现有干涉现象，重新计算后数据仍与原来计算的数据相等，并无错误出现。又重新对刀进行切削，仍出现干涉情况。于是采用作图来校验，作图时，发现砂轮外圆在下一个齿E点的下方。重新取α_e=8°、z_k=10来计算，作图校验时，发现砂轮外圆在下一个齿E点的上方，不发生干涉。重修该滚刀后，在切削过程中不再发生干涉现象。

3. 验算滚刀的壁厚强度，进一步确定滚刀的结构形式。

（1）套式变厚蜗轮滚刀。设计这种滚刀，要保证心轴有必要的刚度。在滚刀结构强度允许的情况下，应尽量选取较大的孔径d，d可按附表选取数据。

确定d后，用下式验算滚刀的壁厚强度

$$D_{a0}/2-H-(t_1'-d/2)\geqslant 0.25d$$

（精滚刀可取0.2d）

式中，t_1'为容屑底到键槽顶的距离（mm）。

如果验算合格，则用此种结构形式，并确定滚刀的轴台直径D_1

$$D_1=D_{a0}-2H-(2\sim5)$$

如果验算不合格，可选较小一级的孔径d，并重新进行验算。

验算合格则采用，否则只能采用带柄的形式。带柄滚刀两端轴台直径按下式计算

$$D_1=D_{a0}-2H$$

按上式计算结果。如刀杆刚度较差时，可加大1～2mm。

（2）整体带柄变厚蜗轮滚刀（见图4）。在设计带柄变厚蜗轮滚刀时，除切削部分尺寸外，



图 4

滚动外径尺寸表 （单位：mm）

滚刀外径D_{a0}	≤30～35	>35～50	>50～70	>70～90	>90～130	>130～180	>180～240	>240～300
滚刀孔径d	13	16	22	27	32	40	50	60

其他结构尺寸按所用机床确定。应当注意以下几点：①滚刀的锥柄必须按所用滚齿机刀架的主轴锥孔设计。②滚刀支承部分的直径d亦按所用滚齿机支承套的孔径设计，其长度比支承套之长小3～5mm。③滚刀轴径d_1应根据刀杆刚度来决定。在刀杆刚度允许时，取d_1小于滚刀的容屑槽底径d_2；在刀杆刚度差时，取d_1等于或略大于d_2。④滚刀各部分的长度，必须根据工件和所用机床的有关尺寸确定。

4. 结语

变厚蜗轮滚刀左、右齿面具有不同的导程，由于左、右齿面的齿距不同，在设计变厚蜗轮滚刀时一定要注意原蜗杆的增厚方向，这样在设计时就能够确定变厚蜗轮滚刀的增厚方向和左、右侧齿距及左、右侧螺旋升角，这点在设计变厚蜗轮滚刀时非常重要。

参考文献：

[1] 徐灏. 机械设计手册[M]. 北京：机械工业出版社，2003.

[2] 陈宏钧. 典型零件机械加工生产实例[M]. 北京：机械工业出版社，2010.

MW（收稿日期：20161120）

河钢集团赢得郑煤机2016年度最大高端品种钢订单

集团Q690D、Q550D等规格高强板产品发往郑州煤矿机械集团股份有限公司（简称郑煤机），这是集团万吨高端品种钢直供郑煤机中的第一批产品。该订单是郑煤机2016年度对外采购的最大一笔高强板订单。

河钢销售加大品种钢市场开发力度，通过高端客户开发优化品种结构，在加大重点工程、重要客户直供力度的同时，充分发挥驻外分公司市场一线优势，加快客户走访频次，提升走访层次，加大技术支撑力度，深入对接客户。

2016年11月，河钢销售郑州分公司积极与郑煤机联系沟通，在获取大客户需求意向后，及时落实资源和价格，客户经理全程跟踪服务，确保在市场价格剧烈动荡情况下高效完成合同签订等工作。