

通过滚齿干涉校验合理选择刀具

郑佳文, 任池

汉江工具有限责任公司 陕西汉中 723000

摘要: 应用Pro/E三维参数化建模方法, 建立了滚切阶梯齿轮轴、双联齿轮、鼓形齿和人字齿等多种加工干涉情况对应的模型。为通过干涉验证来合理选择刀具直径提供了参数化模型, 操作方便, 直观精确。

关键词: 齿轮; 干涉; 参数化模型; 切削刀具

1 序言

在设计滚切阶梯轴、双联齿轮、人字齿及鼓形齿的滚刀时, 滚刀外径的选取不仅需要考虑滚刀与工件干涉情况, 还需综合考虑刀齿强度及加工效率等因素。考虑滚刀与工件干涉情况需对滚刀外径进行干涉校验, 但由于滚齿的加工过程实质为一对空间交错轴齿轮的啮合, 故仅在二维平面上绘图无法准确描述加工位置关系, 从而造成误差, 特别在被加工齿轮为大螺旋角斜齿轮时尤为明显。另外, 对于某些轴齿可接受滚伤部分台阶, 且台阶直径不被切除, 需对滚后切削剩余部分的宽度进行测量。文献[2]应用经验公式进行了台阶齿轮轴磨齿干涉验算, 计算相对复杂。文献[3]应用CAXA软件进行了齿轮干涉切齿的干涉检验, 但仅针对一种干涉情况。针对以上几种情况, 分别进行讨论分析, 通过参数化建模方法得到了各种干涉模型。

2 滚切干涉模型的建立

2.1 阶梯轴齿和双联齿轮

阶梯轴与双联齿轮实质为同种类型, 双联的大齿轮可看作是直径较大的轴肩。双联齿轮结构如图1所示, 既含有台阶也存在双联齿。大齿轮S参数: $m_n=1.42\text{mm}$, $Z=96$, $\alpha=22.5^\circ$, $\beta=7.5^\circ$ (左), $d_{a1}=140.1\text{mm}$ 。小齿轮T参数: $m_n=2.58\text{mm}$, $Z=21$, $\alpha=21^\circ$, $\beta=7.8^\circ$ (左), $d_{a2}=62.5\text{mm}$, $d_{f2}=50.565\text{mm}$ 。

图1左端S齿显然不存在切齿干涉问题, 仅需对

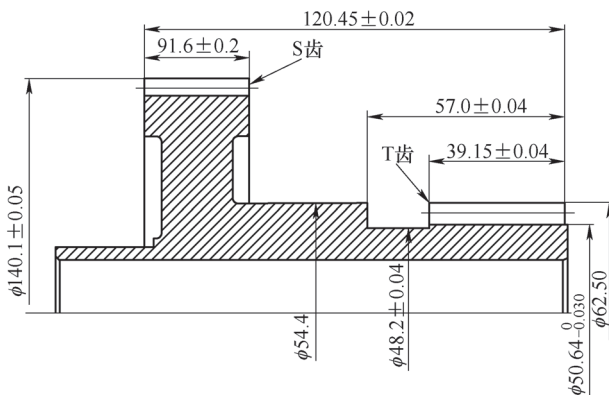


图1 双联齿轮结构

右端T齿进行干涉校验。按流程建立阶梯轴双联齿轮的干涉模型, 如图2所示。

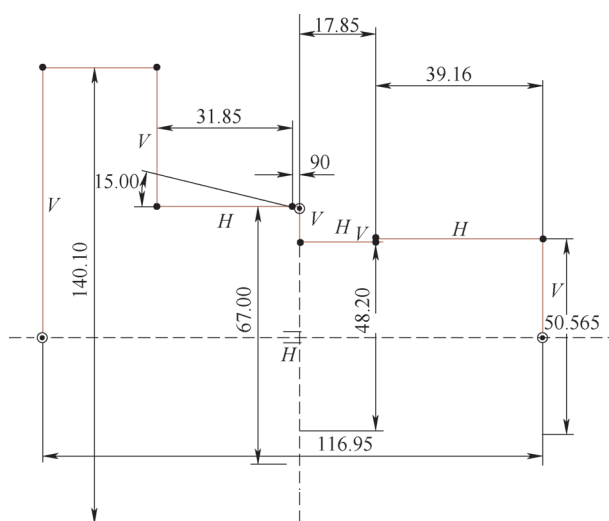
第一步, 在FRONT基准平面内建立草绘, 如图2a所示。通过旋转命令建立齿轮轴简化模型, 如图2b所示。干涉分析仅考虑齿轮的大径, 无需作出S齿轮的轮齿, 将其看作圆柱体, 直径为S齿轮的大径 d_{a1} , 将T齿轮的根径 d_{f2} 作为T齿轮的圆柱外径。

第二步, 建立绘制滚刀基准面DTM1, 如图2c所示。建立辅助轴A1, 轴A1为齿轮T端面与轴截面FRONT的交线, 基准平面DTM1通过轴A1并与FRONT基准平面成一定角度, 此角度等于滚齿时滚刀的安装角, 见式(1)。

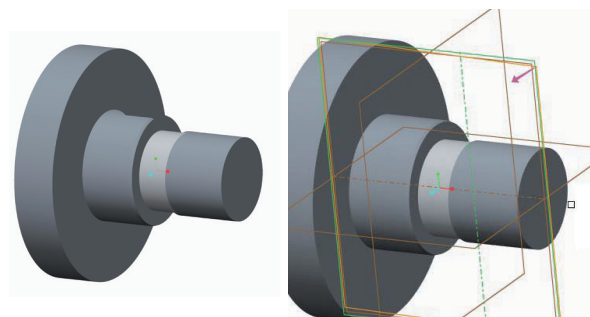
$$\delta = \beta - \omega \quad (1)$$

式中, δ 是滚刀的安装角($^\circ$); β 是齿轮的螺旋角($^\circ$); ω 是滚刀的螺旋升角($^\circ$)。

第三步, 在DTM1上绘制圆, 如图2d所示。直径为初选滚刀外径50mm, 图中尺寸1.5mm为滚刀

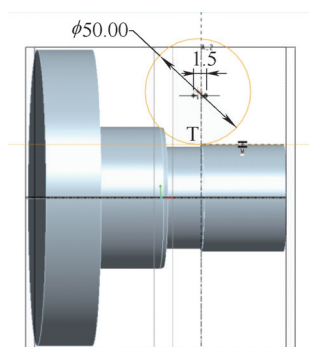


a) 草绘

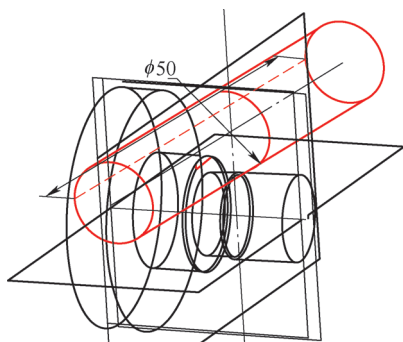


b) 齿轮轴简化模型

c) 滚刀基准面DTM1



d) 绘制圆



e) 滚刀的圆柱体

图2 阶梯轴和双联齿轮干涉模型建立

的出刀距离，保证齿轮轮齿完成后被切出，通过拉伸命令建立滚刀的圆柱体，如图2e所示。为了清楚地看到干涉情况，将模型的显示模式切换为线框模式，从图2e中可以直观的看到滚刀选取外径50mm已经与左侧的轴台干涉，并可利用尺寸标注工具测量各个方向上的干涉量。不断修正滚刀外径，直到滚刀外径减小为46mm时不会产生干涉，这样便得到了滚刀允许最大外径。

2.2 人字齿轮

人字齿轮的结构与阶梯轴相似，如图3所示。但人字齿轮主要应用于大模数、多齿数的大型和重型设备当中，滚刀设计时往往需设计切削锥，以减小滚刀的头齿切削负荷。

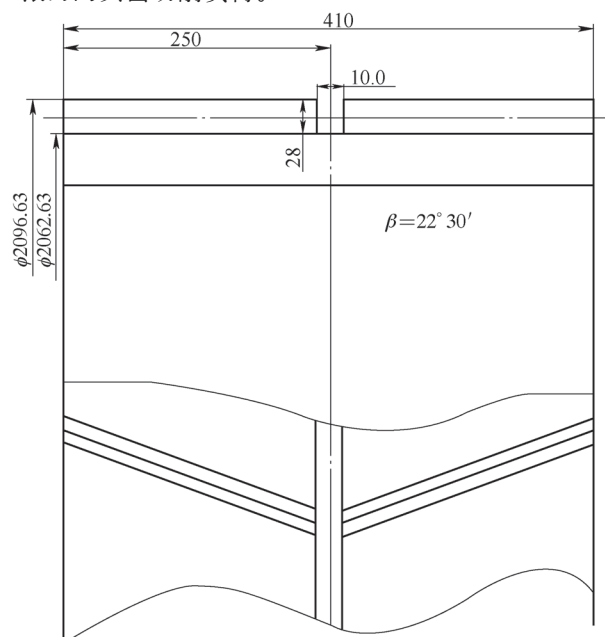
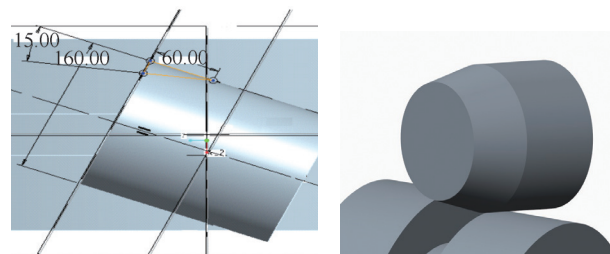


图3 人字齿轮结构

人字齿滚削干涉模型建立与阶梯轴和双联齿轮干涉模型建立流程基本相同，如图4所示。滚刀外径160mm，长180mm。不同之处为滚刀的进刀端通过旋转命令创建切削锥，其尺寸如图4a所示。由图4b



a) 创建切削锥

b) 有切削锥

图4 人字齿滚削干涉模型建立

可以看出，同等滚刀长度条件下，增加切削锥可以避免滚削干涉。

2.3 鼓形齿

鼓形齿被广泛应用于齿轮的轮齿修形，滚削干涉的情况经常出现。鼓形齿结构如图5所示，左侧端面距台阶距离较近，存在干涉风险。

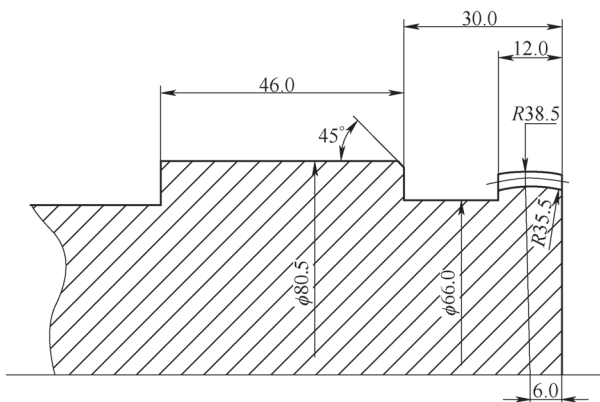


图5 鼓形齿结构

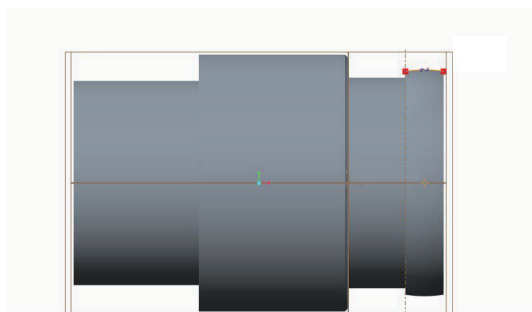
鼓形齿滚削干涉的建模过程与阶梯轴和双联齿轮干涉建模整体思路相同（见图6），但鼓形齿在滚削时滚刀的进给轨迹与滚削普通齿轮不同。第一步和第二步与前两节相同，得到图6a所示的鼓形齿结

构。第三步，在FRONT平面内绘制鼓形齿的齿根圆轴截面曲线，并将其投影到DTM1平面上，图6b中蓝色线为得到的投影曲线。第四步，在DTM1基准平面内建立草绘，在投影曲线的圆心与曲线左侧端点的连线上，绘制与投影曲线相切的圆，如图6c所示，令其直径等于滚刀的外径。最后通过拉伸命令创建表示滚刀的圆柱体（见图6d），得到滚刀最大外径45mm。

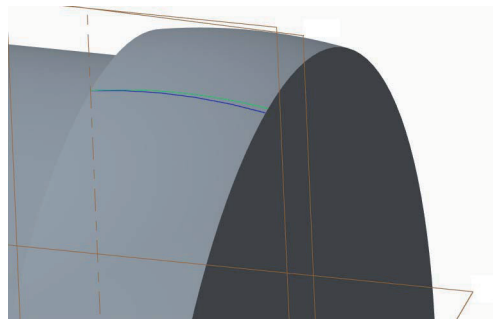
3 干涉区域测量

在某些特殊情况下，由于结构限制或滚刀孔径的限制，滚刀外径无法缩小到避免干涉的理论直径，所以造成齿轮轴上的轴台不可避免地被滚伤。轴齿设计者希望能尽可能多地保留轴肩的外径，以增加更大的接触面积和强度。花键轴部分长度较长（见图7），左侧轴肩要与其他零件进行装配，加工滚刀外径要求80mm，希望得到滚切花键后该轴台的最小直径及滚伤部分的长度。

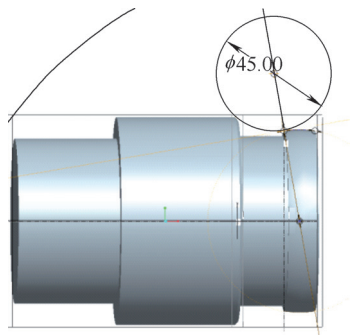
首先通过旋转命令建立花键轴实体（见图8a），旋转时将RIGHT基准平面与花键左侧有效长度端面对齐。然后利用“扫描-切口命令”创建出一个花键槽，扫描轨迹为一段圆弧（见图8b），



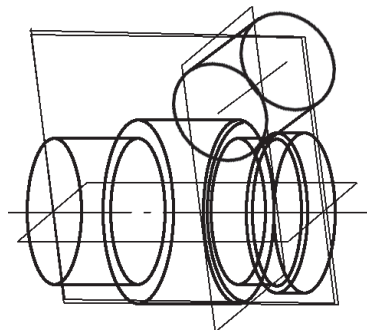
a) 鼓形齿



b) 齿根圆轴截面曲线



c) 建立圆



d) 滚刀的圆柱体

图6 鼓形齿结构干涉模型建立

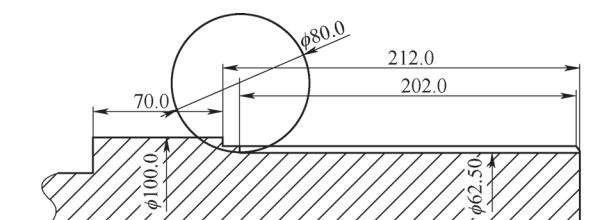


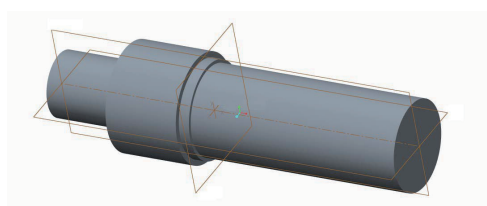
图7 花键轴

扫描截面应取花键端面齿槽形状(见图8c), 这里简化渐开线为两段直线, 切出单个齿槽结果(见图8d)。最后将其沿轴线阵列, 数量等于花键齿数便得到滚削后的形态(见图8e), 可以快速得到滚伤

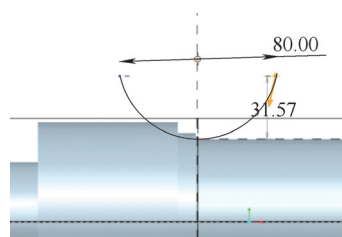
部分最小圆的半径及滚伤部分的轴向距离和其他尺寸(见图8f)。

4 结束语

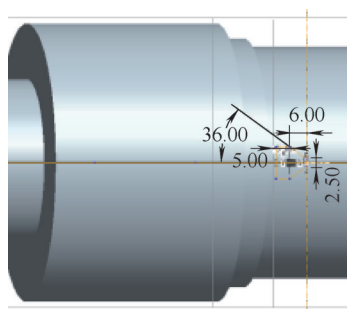
针对台阶齿轮轴、双联齿、人字齿及鼓形齿等多种常见的滚削干涉情况, 建立了滚削干涉模型, 给快速判断所选滚切轮齿刀具外径是否会产生干涉提供了参数化模型, 并反映出干涉区域的位置和大小。为滚刀设计人员及齿轮加工人员的设计和使用提供依据, 操作简便, 直观精确。另外, 对解决工件加工存在空间位置干涉的问题, 具有参考意义。



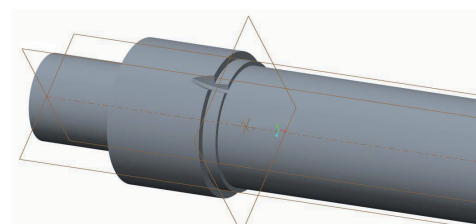
a) 花键轴实体



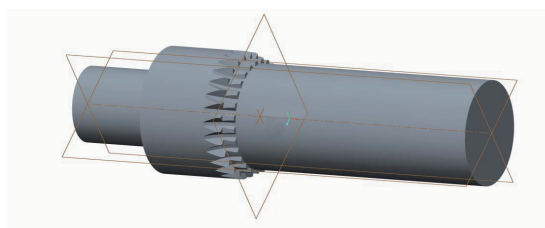
b) 扫描轨迹



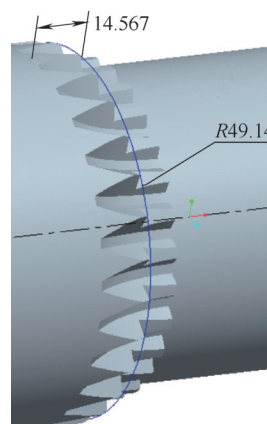
c) 扫描截面



d) 单个齿槽



e) 滚削后的形态



f) 结果

图8 花键轴轴台干涉区域建模

参考文献:

- [1] 郑佳文. 滚刀参数化设计系统开发及应用[D]. 陕西理工大学, 2018.

- [2] 王青松, 周忠泉. 台阶齿轮轴磨齿干涉的验算[J]. 工具技术, 2007 (4): 59-60.

MW 20201003