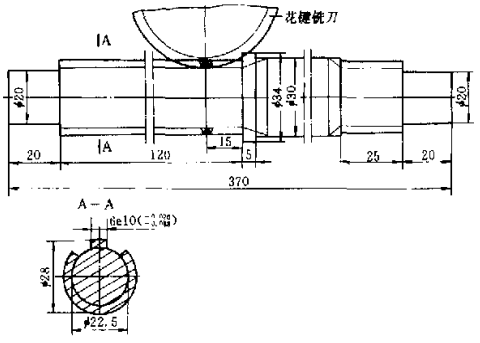
变速法铣削花键轴阶台

山东临沂技术学院 (276005) 王金泉

在齿轮变速传动中，花键轴是必需的零件之一。滑移齿轮在花键轴上滑动与不同的齿轮啮合，达到变速的目的。我校实习厂长期为某拖拉机厂生产变速箱花键轴类零件，由于生产批量大，均采用展成法在花键轴铣床上加工。其中有一种轴类零件的简图如下（见附图）。



生产中我们使用的是 YB6012B 半自动花键轴铣床。由于生产批量大，铣花键时均采用较大的进给量。在加工左端 120mm 长花键时，是由左向右逆铣的，花键有效长度要求到 ϕ34mm × 5mm 阶台根部，以 ϕ34mm × 5mm 阶台定位变速滑移齿轮。

1. 出现的问题

在加工过程中出现如下问题：120mm 长花键其他部位尺寸均合适，只有距离 ϕ34mm × 5mm 阶台约 15mm 左右有 5 ~ 8mm 的一段花键尺寸严重超差，个别花键键宽达到 $6^{+0.050}_{+0.020}$mm，滑移齿轮移动到此处即卡住，根本无法滑移到位实现变速。

经检查，每件轴类零件均出现这个问题，可以排除材质不均匀出现硬点问题。观察加工过程，发现如下问题：开始铣削时，铣削过程很平稳，表面粗糙度值较低。当花键铣刀加工到 ϕ35mm × 5mm 阶台时，出现剧烈振动，花键表面粗糙度变差，而铣过 ϕ34mm × 5mm 阶台后，切削过程又变得较平稳，由此形成有 5 ~ 8mm 一段花键尺寸超差。

2. 原因分析

花键的尺寸为 6（齿数）× ϕ28mm（大径）× ϕ225mm（小径）× 6mm（键宽）。开始铣削时，进给量为（28 - 22.5）mm/2 = 2.75mm，进给量较小，切削平稳。当铣削到 ϕ34mm × 5mm 阶台处时，背吃刀量则突变为（34 - 22.5）mm = 5.75mm，进给量较大，背吃刀量突增一倍多，铣刀和工件产生剧烈振动，加工部位处于长轴中部，巨大的切削力使刀具和工件发生振动，产生“让刀”现象，造成花键局部粗糙，尺寸超差，并且花键超差部分长度和阶台宽度相一致。由此断定是花键轴尺寸突变，背吃刀量加倍而引起的尺寸误差。同时产生另外一个问题：花键铣刀由高速钢制成，进给量和背吃刀量过大时，刀具发热严重，磨损较快，平均加工 10 件轴就要换一次刀位，否则尺寸不稳，加工表面粗糙，刀具使用寿命过短。

3. 解决办法

由于生产任务较重，降低进给量显然不行。于是我们要求工人在加工花键键宽 $6^{-0.020}_{-0.068}$mm 时，控制尺寸下差，但仍不解决问题，即使键宽加工到 $6^{-0.060}_{-0.080}$mm，5 ~ 8mm 段的花键尺寸仍在 6mm ± 0.010mm 范围内，滑移齿轮在花键轴上仍不能滑移到位。

对于花键超差部分，一是用锉刀手工修锉使尺寸变小，但工件批量大，手工修锉对批量修整无能为力；二是用花键轴铣床手动修整，但加工好的花键轴需要对刀修整，刀具和工件的调整极困难，稍不小心便修成废品，且占用机床，影响生产效率。

看来最终解决办法仍在进给速度上。翻阅机床资料，我们发现 YB6012B 花键轴铣床的主轴转速、进给量、加工齿数的调整均是通过调换机床内的交换齿轮实现的，而交换齿轮在加工过程中是不能更换的，变换进给速度不像普通铣床一样方便。生产效率和加工精度的矛盾难以调和。

经历多次的失败后，通过对机床的仔细研究，我们发现花键轴铣床有两种加工方法：粗铣和精铣方式。即同一组交换齿轮可以实现粗铣和精铣两种加工方式，两种方式的进给量恰好相差一倍。粗精铣的转换开关位于机床控制面板上。由此我们设想：能不能在加工过程中，转动粗精铣转换开关，实现由粗铣转向精铣，降低进给量，避免振动，从而提高加工质量。具体的实施过程如下：开始加工

销孔加工过程的改进

湖北襄樊学院机械系 (441003) 李 梅

图1所示是某厂加工销孔工序的简图。原来加工销孔时是以外壁定位，确定销孔壁厚，然后再加工销孔。定位是以定位板和定位钉为基准，工件上面用气缸加紧，尾部再用一个小气缸推动工件，直到工件外壁接触到定位丝杆为准。但在用小气缸推工件时，往往会遇到一些意外情况造成难以推到位：如工件定位有毛刺卡住；推杆与工件接触面积过小；工件爪头外壁不同造成气缸行程不够等等。后经过分析原因，除定位面毛刺影响外，其余跟气缸用力方式不对有很大关系。现在情况下，工件推力如图2所示：气缸输出的力有一个向上的分力造成工件推力不够。同时，工件外壁不是一个圆，造成受力方向不确定。

图 2

后经过改进用大直径 ϕ65mm 快换套作成简易小气缸，气缸直接装在定位板上，如A视图所示，靠推动定位板上的活动块带动工件移动，使得受力方向和推力方向一致，使得推力不被分解（见图3）。同时，又避免了受力点不确定的因素，试用以后，效果的确不错。

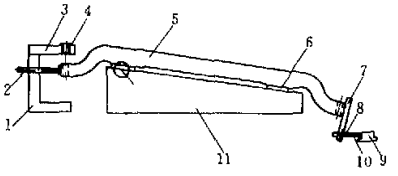


图 1

1. 钻模座 2. 定位丝杆 3. 钻模块 4. 快换套
5. 工件 6. 定位板 7. 推板 8. 连接杆
9. 气缸 10. 活塞杆 11. 斜板

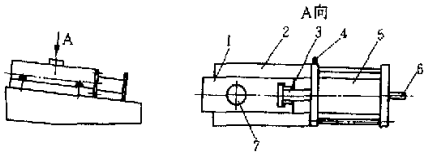


图 3

1. 活动垫块 2. 定位板 3. 活塞杆
4. 出气管 5. 气缸 6. 进气管 7. 定位钉

(收稿日期：20030516)

左端花键时，转换开关位于粗铣侧，当铣刀刀齿刚铣到 ϕ34mm×5mm 台阶处时，立刻把开关转换到精铣侧，一直铣完花键。

实验结果：加工过程一直很平稳，在加工 ϕ34mm×5mm 阶台时仅有轻微振动。测量尺寸，粗铣段花键为 $6^{-0.030}_{-0.050}$ mm，精铣段花键为 $6^{-0.040}_{-0.060}$ mm，加工结果十分理想，尺寸、表面粗糙度完全合格。

4. 实验结果分析

实验分析总结如下：

(1) 在刀具、工件转速不变的情况下，当切削深度加倍时，进给量减半，可有效地防止工件刀具振动，稳定尺寸，而精铣方式还可提高表面质量，并且精铣段键宽比粗铣段键宽小0.010mm。

(2) 花键轴铣床的进给速度很慢，进给齿轮低速转动，可顺利地实现粗铣到精铣的转换，不会损伤齿轮。

(3) 粗铣转换为精铣方式后，仅剩很小一段花键未铣，进给量减半后，单件加工时间增加不到1min，对生产效率没有影响。

(4) 通过观察发现，花键铣刀在加工阶台时发热最严重，磨损最快。而实现粗精铣转换后，减少了刀具磨损，平均加工20件轴换一次刀位，多时接近30件，刀具寿命提高一倍，有效地降低了成本。

5. 注意要点

(1) 注意加工过程，及时转换粗精铣开关。

(2) 加工完毕后，记住把转换开关转回粗铣侧，以备下件加工。不过偶尔遗忘也没关系，只是下一件的加工时间会加倍，对加工质量没有影响。

我厂加工的其他关键轴均未出现这种情况，包括此轴的右端花键。究其原因，是阶台尺寸差异不大，加工时振动较小，花键宽度尺寸是内大外小，但差别仅有0.020～0.030mm，可以控制在公差范围内。

在轴上设计阶台的目的是为了定位滑移齿轮，设计较大尺寸的阶台当然稳固，但有时会带来加工过程中意想不到的问题。这是花键轴设计过程中应注意的问题。

(收稿日期：20030513)