

基于装配弹性销产生铁屑结构优化

□ 柳州上汽汽车变速器有限公司/莫国田 张洁 成建强

本文提供了装配弹性销产生铁屑问题的解决办法。在不改变弹性销孔的尺寸下，通过优化弹性销孔与倒角相交线产生的尖角、弹性销装配面、弹性销倒角角度，可以减少装配过程中产生的铁屑。

背景描述

目前生产线上批产的产品SC12/16系列、SH12/16系列、拨叉、拨块通过弹性销固定的零部件，装配弹性销时，会产生铁屑，铁屑掉入变速器总成内，会影响总成的清洁度，铁屑会损伤零件，弹性销可能存在失效的风险，更恶劣的情况掉入拨叉轴孔中，会引起换挡卡滞、卡死，造成客户抱怨，装配弹性销产生铁屑问题亟待解决。

用弹性销作为两个零部件的连接件时，都是通过风枪或压机将弹性销装配到两个零件的弹性销孔中，连接固定两个零件使其不会产生相对运动。在装配过程中或多或少的都会产生铁屑，如五倒挡拨块与拨叉轴的弹性销（见图1和图2）；装配五/倒挡铝拨叉时也会产生铝屑（见图3和图4）；以上装配的弹性销没有损坏弹性销的结构及连接功能，而装配SC16M5D2装配操纵盖选换挡凸轮时，凸轮上、弹性销工装定位座下都有大量铁屑

产生，拆解操纵盖凸轮发现凸轮、弹性销已经损坏，弹性销已经失效（见图5和图6）。

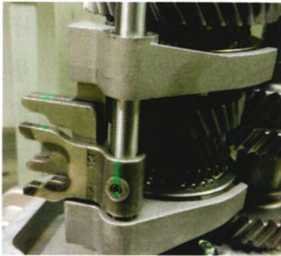


图1 五倒挡拨块弹性销

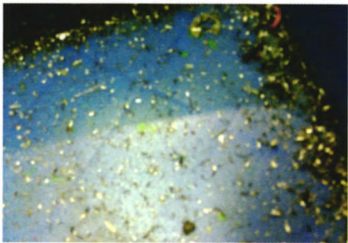


图2 装配弹性销产生的铁屑



图3 五倒挡铝拨叉弹性销



图4 装配弹性销产生的铁屑

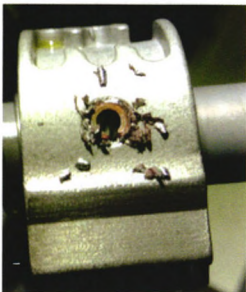


图5 选换挡凸轮弹性销

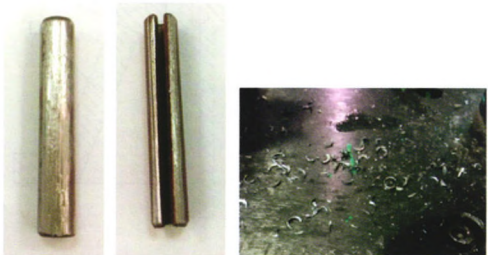


图6 拆解后的弹性销及装配产生的铁屑

相似结构对比

变速器总成上也有类似结构，如操纵盖换挡拨头、操纵盖换挡摇臂组件的弹性销尺寸、弹性销孔技术要求也是一致（GB/T879），弹性销尺寸 $\phi 5_{-0.075}^{+0.075}$ mm（见图7），装配工艺与换挡轴凸轮相同，是通过压机装配，在装配弹性销的过程中产生铁屑较少（见图8），而且装配操纵盖换挡摇臂组件弹性销时，也没有出现铁屑（见图9、图10）。

操纵盖换挡凸轮弹性销尺寸及技术要求也是一样的，都是标准件GB/T879，尺寸 $\phi 5_{-0.075}^{+0.075}$ mm，装配弹性销孔的尺寸 $\phi 5_{-0.075}^{+0.075}$ mm，而装

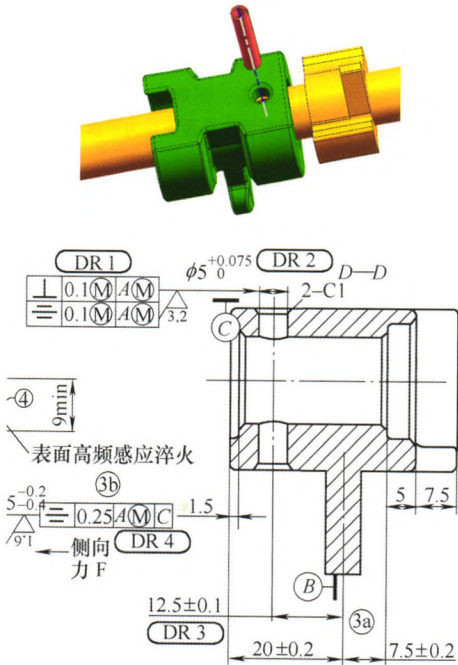


图7 换挡拨头弹性销孔尺寸

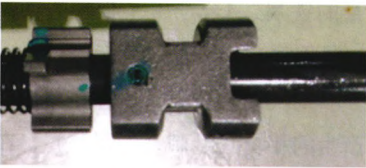


图8 压装铁屑少

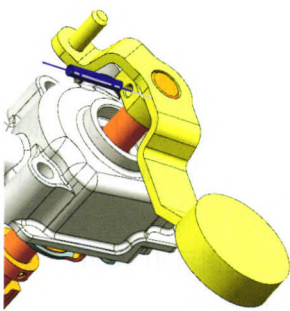
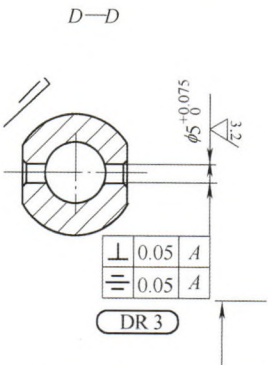


图9 换挡摇臂组件弹性销孔尺寸

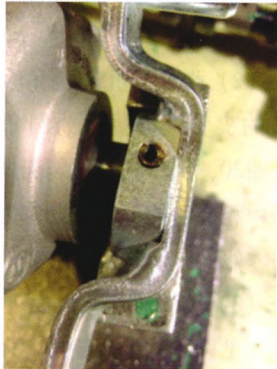


图10 压装铁屑少

配时会产生很多的铁屑，铁屑是切削凸轮或者切削弹性销产生的。

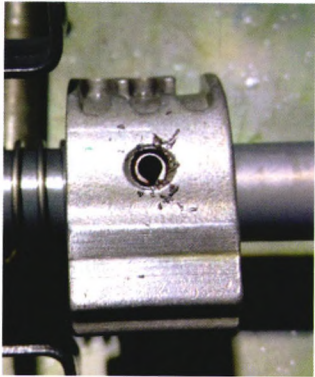


图11 压装产生大量铁屑

分析原因

1.装配弹性销面为平面原因分析

弹性销装配过程，弹性销的开口比弹性销孔大，弹性销倒角圆锥面先接触到弹性销孔倒角面（见图12），在倒角面的作用下使弹性销收缩，逐渐收缩进入弹性销孔中，在收缩的过程中，弹性销接触的面积逐渐减少（见图13），当接触面积 S 趋向于0时，接触力 F 趋向于无穷，在接触面或边上产生了无穷大的切应力，在切应力下，弹性销或零件将被损坏。

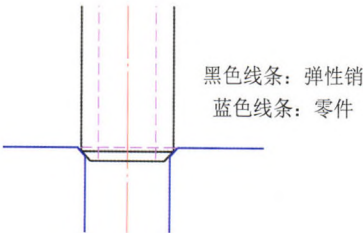


图12 弹性销倒角接触弹性销孔倒角

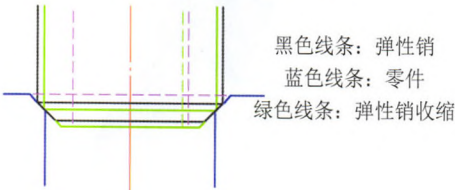


图13 弹性销收缩过程

2.装配弹性销面为曲面原因分析

弹性销尺寸都相同（GB/T879），装配弹性销孔的尺寸也相同 $\phi 5_{-0.075}^{+0.075}$ mm，换挡拨头和换挡摇臂压装弹性销是一个平面，而换挡凸轮装配弹性销面是一个曲面（见图14），换挡凸轮弹性销孔倒角为C0.5，弹性销孔倒角与曲面的相交线是一个圆弧而不是一条直线，孔与倒角产生的相交线“刀刃”也是一个圆弧，压装弹性销

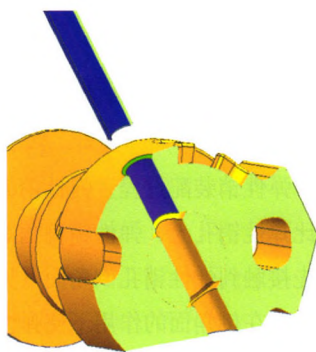


图14 选换挡凸轮装配面是曲面

时，二侧面先受力，另外两个面后受力（见图15），凸轮的倒角面造成弹性销受力不均匀，弹性销二侧先接触凸轮并压入凸轮，未压入的二侧向外扩张，使弹性销挤压变形后变成“椭圆”（见图16）椭圆长半轴二端后进入弹性销孔中，导致后进入弹性销孔的二端直接与弹性销倒角撞击，从而损伤弹性销和凸轮（见图17）。

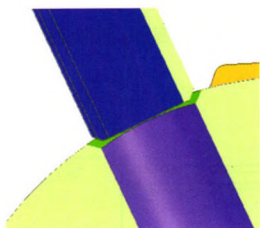


图15 弹性销二侧面先接触凸轮倒角

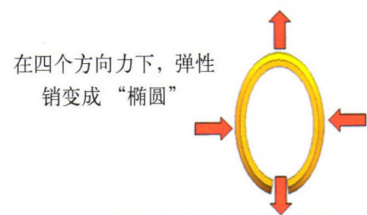


图16 弹性销压装受力变成“椭圆”

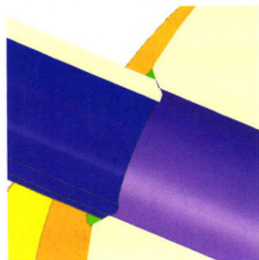


图17 弹性销与零件直接撞击

优化方案

（1）压装弹性销时，弹性销与倒角孔接触（见图18），根据受力情况可以转换如以下力学模型（见图19）：

由以上图示可以知道：

当倒角为45° 时，倒角孔斜面上的分力 $F_{1斜} = \sin 45^\circ F = 0.71F$ ；

当倒角更改为60° 时，弹性销倒角斜面上的分力 $F_{2斜} = \sin 60^\circ F = 0.87F$ ；

当弹性销下压力 $F = 15\ 000\text{N}$ 时， $F_{1斜} = 10\ 650\text{N}$ ； $F_{2斜} = 13\ 050\text{N}$ 。

倒角为60° 时倒角上的斜向力更大，弹性销收缩力越大，装配弹性销时越容易装入弹性销孔中，倒角面的压力更小，可以降低压损零件的风险。

（2）弹性销孔与倒角生产相交线的尖角过渡更改为圆角过渡（见图20、图21），使装配弹性销过程中相交线的尖角不会应力集中损伤零件，导致弹性销失效。

（3）将弹性销装配面更改为平面（见图22）。压装时，弹性销

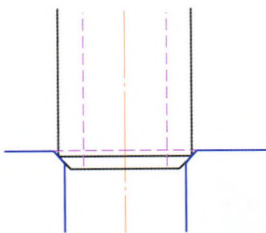


图18 弹性销压装模型

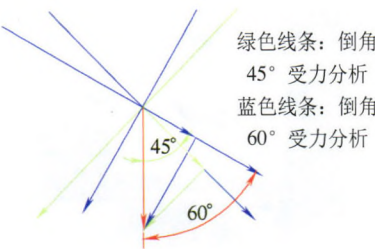
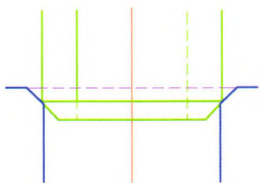
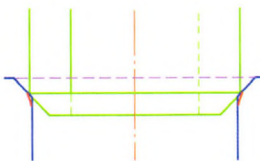


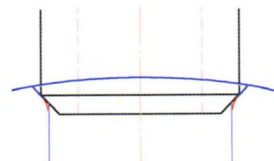
图19 弹性销力学模型



绿色线条：弹性销
蓝色线条：零件
图20 尖角过渡



绿色线条：弹性销
蓝色线条：零件
红色线条：倒圆角
图21 圆角过渡



绿色线条：装配面为曲面
蓝色线条：装配面为平面
红色线条：倒角
图22 弹性销装配面由曲面更改为平面

不会产生四个面受力不均匀变成“椭圆”的情况，不会出现弹性销变形后直接与零件撞击，让弹性销无法导入孔中，直接切削凸轮或弹性的情况。

验证分析

1.去除弹性销与倒角相交线

通过上述分析，弹性销产生铁屑与弹性销孔和倒角产生的相交线有关，试验验证装配10台未去除相交线的凸轮（见图23），10台都产生了铁屑，其中有6台产生了大量的铁屑，4台产生了少量的铁屑（见图24）。

用气动砂轮去除弹性孔与倒角产生的相交线毛刺（见图25），在其他条件不变的情况下，用压机装



图23 弹性销孔与倒角尖角过渡

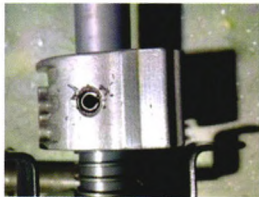


图24 装配后产生铁屑

配30台去除相交线的凸轮，30台都没有产生铁屑（见图26）。

去除弹性销孔与倒角相交线可以避免压装过程中产生铁屑。



图25 弹性销孔与倒角无相交线

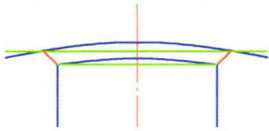


图26 装配后无铁屑

综上所述，将凸轮弹性销孔与倒角产生的尖角更改为圆角过渡（见图27），有利于凸轮的加工，在加工凸轮倒角孔时，直接用成型刀钻孔，加工凸轮的工艺不会变，不会增加成本如果增加一个人去除

弹销孔与倒角的相交线的毛刺，会增加凸轮加工的工序，从而增加了凸轮的成本。

将尖角更改为圆角过渡也可以避免装配过程中产生铁屑的问题。



黑色线条：弹性销
蓝色线条：零件
红色线条：倒圆角
图27 弹性销孔与倒角圆弧过渡

2. C 0.5 倒角更改为 0.5×60°

将C0.5倒角更改0.5×60°，更改其倒角的角度，可以增加弹性销的导向性能，同时也能增加收缩力，使弹性销收缩，而不是产生直接撞击冲击在倒角面上，从而有利于将弹性销装入孔中。

将10台0.5×45°倒角更改成0.5×60°倒角（见图28），在条件相同的情况下，使用压机压装10台选换挡轴小总成，10台都没产生铁屑（见图29），拆解弹性销，弹性销没有损坏。



图28 倒角更改成0.5×60°



图29 装配后无铁屑

将操纵盖选换挡凸轮装配面的曲面更改为平面在压装过程中，不会出现“椭圆”的情况类似结构如操纵盖选挡拨头和选换挡摇臂组件（见图30），装配过程中都无铁屑产生。

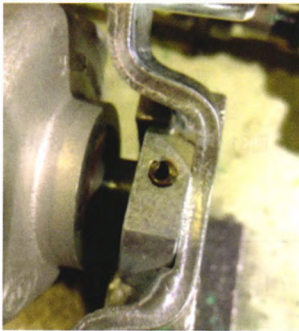


图30 选换挡摇臂组件

确定优化方案

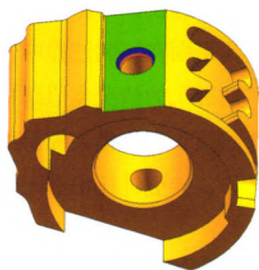
在弹性销装配的设计中，尽量优化弹性销孔倒角、弹性销倒角、弹性销装配面等方面考虑，建议如下：

（1）将弹性销孔倒角更改为60°左右，增大弹性销的收缩力，增加弹性销孔的导向性，有利于弹性销装配。

（2）在弹性销孔与弹性销倒角之间采用圆角过渡，二者之间不产生相交线，使倒角与弹性销孔过渡的更加自然，防止了尖角处应力集中，损伤零件或弹性销。

（3）将弹性销装配面更改为平面，在压装过程中不会出现弹性销两个面先进入，另外两个面后进入的情况，从而不会使圆形的弹性销在力的作用下变成“椭圆”的弹性销压入弹性销孔损伤零件，受力更加均匀有利于弹性销的装配。

根据以上方面的改进方案，现将操纵盖选换挡凸轮优化如图31所示。



绿色：装配面为平面

蓝色：倒角60°

红色线条：倒圆角过渡

图31 换挡凸轮优化后效果图

结语

综合上述分析，SC12/16、SH12/15/20系列存在装配弹性销的地方，或多或少的都会产生铁屑，产生铁屑会损伤零件，使弹性销存在失效的风险，同时影响到变速器总成的清洁度铁屑产生的原因与装配弹性销孔与倒角产生的相交线、弹性销孔倒角角度、弹性销装配面等因素有关。

对此，通过优化弹性销孔倒角由 $0.5\times 45^\circ$ 更改 $0.5\times 60^\circ$ ；优化弹性销孔与倒角产生尖角过渡更改为圆角过渡；优化弹性销装配曲面更改为平面等措施，可以减少弹性销装配过程中产生铁屑。

同时，也可以将上述方面的优化方案运用于类似装配弹性销的结构中，减少铁屑的产生，提高总成清洁度，降低弹性销失效的风险。

AUTO1950

(上接第31页)

的轴向偏差和刀条切削刃的径向偏差，以便操作人员对超差的内外刀条进行调整，直至符合要求。

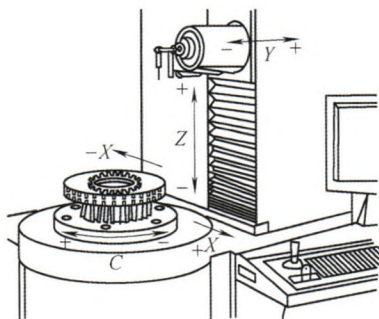


图12 Oerlikon CS200装刀机的坐标轴分布及方向

P65测量机是一种基于摩托罗拉Power-PC工控机平台与直线电动机驱动技术的用以弧齿锥齿轮形貌检测和周节检测的5轴3联动型数控机床，涉及切线测量轴X、径向测量轴Y、垂直测量轴Z、工件旋转轴C和顶尖上/下轴G，如图13所示。工作时，它先从KIMos5设计中心获取锥齿轮的名义数据，再经由专用程序和测量控制系统操纵数字式三维测头靠近待测齿轮，随后计算出对应C50的参数调整数值并通过局域网送至正确的C50。

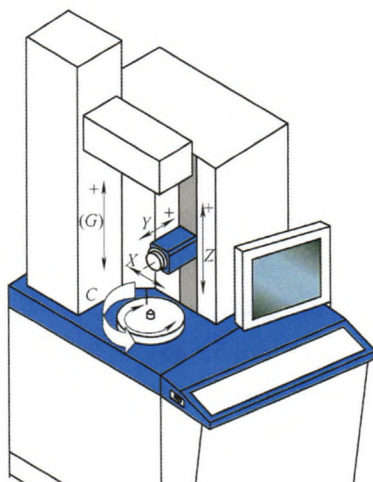


图13 Oerlikon P65测量机的坐标轴分布及方向

6. KIMos5集成设计中心任务

在图1所示的曼锥齿轮副智造系统中，KIMos5集成设计中心是系统的中枢神经系统，主要由尺寸计算、间隙优化后的接触分析、生成名义值、适应测量值或名义值的计算修正、承载齿面接触分析、刀条系统的刀具计算、数据库管理等不同的基本模块组成。它支持不同齿制的弧齿锥齿轮的制造，通过对制造过程的模拟和由此过程生产的齿面的啮合，不仅获得弧齿锥齿轮运转性能的持续优化数据，还取得齿面拓扑测量的理论公称数据、机

床加工参数修正数据等，海量数据存于中心数据库；随后，经局域网传送至工作母机C50、B27、P65和CS200。

结语

曼锥齿轮副智造系统加工高效、高精，实现了柔性化、绿色化生产，通过KIMos5集成设计中心数据库的建立，实现了智能控制，可视化管理，满足了曼技术为主的商用车上弧齿锥齿轮副的个性化生产需求，对未来的齿轮智能制造具有借鉴意义。AUTO1950



刘胜勇

高级工程师，中国科普作家协会会员，研究方向为车辆工程、数控技术，出版著作8部，发表论文41篇。