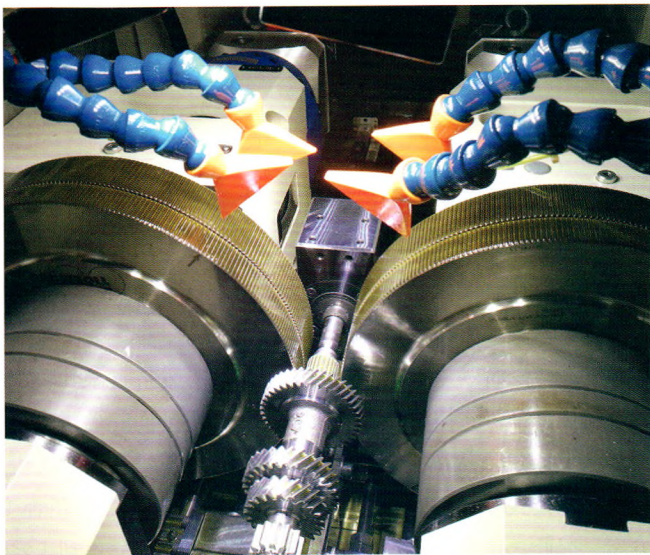


滚轧轮刀具寿命提高的研究和应用

□ 神龙汽车有限公司/王远华 夏维 陈红军

本文从滚轧轮工艺参数设计、零件加工工艺优化等方面来探讨提高滚轧轮刀具寿命的方法，从而能很好地降低生产成本。



滚轧刀具加工现状

我公司是生产轿车的大型企业，变速器的输入和输出轴的外花键加工采用渐开线滚轧轮冷挤压工艺。在2015年前，滚轧刀具都是采用渐进式滚轧轮。在生产中，工艺要求其刀具寿命为12万件以上，但在实际加工中，由于滚轧轮刀具容易崩刃或零件加工质量不合格，滚轧轮寿命通常在7万~11万件，很难到达预期的刀具寿命。因此，研究滚轧轮刀具寿命提高是我们进行的紧急课题之一。我们分别从滚轧轮工艺参数设计、零件加工工艺改善、滚轧轮刀具日常维护等课题进行了研究，并得到滚轧轮刀具寿命提高的最终解决方案。

滚轧轮工艺参数设计

1. 滚轧轮齿升量设计优化

研究崩刃滚轧轮刀具，对于加工低于8万件的崩刃滚轧轮，崩刃部位总是在半精轧和精轧部位，且滚轧轮刀具厂家为ESCOFIER公司生产的滚轧轮。对于加工寿命到达10万件以上的滚轧轮，崩刃部位是连续的，崩刃的任何部位都有，呈现不规则分布，且滚轧轮刀具厂家为ORT公司。分别测量两种滚轧轮刀具的齿升量，得到的数据结果如图1所示。

分析：ESCOFIER离合器花键刀具大径为115.69mm，全齿数为181齿，根据测量结果，其齿升量分布为：AB段为0.005~0.02mm；

BC段2个齿突变为0.12mm，CD段为0.005mm，DEFG为弹性回复阶段，GH重复滚轧BCD段，HK刀具脱离。从图中看出，因刀具齿数少，其齿升量较大，BC段滚轧余量齿深量0.012mm，每个齿都要滚轧掉0.012mm的余量，故CD段和GH段的齿由于滚轧量较大，容易产生崩齿现象。ORT刀具大径为293.96mm，全齿为275齿，有效齿数为234齿（刀具设计不是一整圆），分为AB段，BC段，CD段。AB段195齿分配0.915mm的余量，其齿升量为0.005mm；BC段27齿没有余量，为校准齿，保证加工精度，CD段12齿其齿升量为-0.024mm，保证零件弹性恢复和零件和刀具的

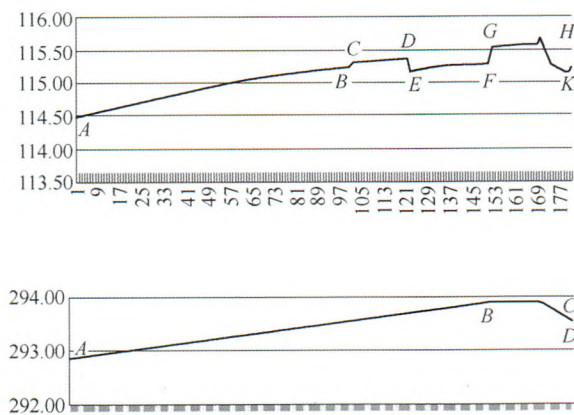


图 1

脱离。ORT 刀具齿升量的影响：刀具齿升量越小，零件的挤压产生的塑性变形就小，滚轧轮每齿挤压受力也小，这样刀具滚轧余量均匀，故不容易产生崩刃。

结论：渐进式滚轧轮齿升量采用等余量，齿升量小于 $0.005\mu\text{m}$ 设计优于分段式、局部大余量的设计方案。因此，选择滚轧轮应选用齿数多、齿升量小的刀具。

2. 滚轧轮左右齿面采用非对称压力角设计

花键在滚轧加工中，零件容易产生翻边现象，翻边也是影响刀具寿命的质量问题之一。但渐开线滚轧轮加工花键，零件翻边是常见问题。通过零件材质、转速等工艺参数调整，都不能根本解决零件翻边的质量问题。

研究发现，滚轧轮的主动面滚轧出的零件翻边较为严重，而滚轧从动面零件翻边几乎没有产生。同样，ESCOFIEROR 刀具主动面滚轧出的零件翻边较为严重，而滚轧从动面加工的零件几乎没有翻边；ORT 刀具加工的零件左右齿面翻边，不明显。测量两种滚轧轮主从

动面的差异性，ESCOFIER 滚轧轮的齿形左右齿面压力角一样，ORT 主动面的压力角大于从动面压力角。

分析：滚轧轮加工时，因为刀具主动面的受压力大一些，刀具主动面压力角大，其齿顶变瘦，给零件受压时材料塑性变形的空间大一些，这样不利于零件滚轧时翻边的形成。从实际加工中，ORT 刀具主动面压力角为 $35^{\circ} 2'$ ，大于从动面压力角 $34^{\circ} 42'$ ，加工的零件没有翻边现象就是这个原因；而 ESCOFIER 刀具压力角同为 35° ，它加工的零件就有翻边的质量问题。为进一步验证滚轧轮刀具主从动面压力角不同对零件加工翻边质量的影响，使用有翻边的零件毛坯在 ORT 滚轧轮上加工，或用无翻边零件毛坯在 ESCOFIERDE 滚轧轮上加工，试验结果如表 1 所示。从表中结果可以看出，ORT 滚轧轮左右齿面齿形压力角作非相等设计，零件没有翻边质量的问题。而 ESCOFIER 无论加工何种零件的毛坯，零件都有翻边的质量问题。

表 1

滚轧轮	有翻边零件	无翻边零件
ORT	无翻边	无翻边
ESCOFIER	有翻边	有翻边

结论：滚轧轮主从动面采用非相等压力角设计，能很好地解决零件齿面翻边的质量问题，从而避免滚轧轮提前换刀而影响滚轧轮寿命。

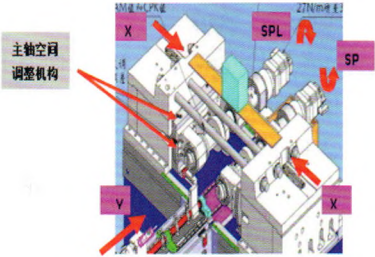
3. 采用圆滚轧轮设计

在 2015 年前，我公司使用的滚轧刀具都是采用渐进式滚轧轮，滚轧轮一旦崩刃就不能使用，且刀具只能翻修 1~2 次（翻修成本为新滚轧轮的 50%）。随着滚轧新工艺的发展，目前采用数控径向进给的圆滚轧轮，替代有齿升量的渐进式切入的椭圆形滚轧轮。圆滚轧轮的优势是刀具崩刃后，刀具可以翻修无数次，同样刀具翻修成本为新刀的 50%，因此采用圆滚轧轮可以提高刀具寿命。表 2 为圆滚轧轮和渐进式滚轧轮机床和刀具特点对比。

从表中看出，圆滚轧轮除了采用径向进给的丝杠伺服驱动，取代渐进式滚轧轮液压驱动外，其主要的特点是刀具寿命长，少量崩刃通过编程调整程序，刀具可以继续使用。另外，圆滚轧轮可以翻修多次，后期使用成本低。

(1) 圆滚轧轮崩刃后刀具调整使用。如图 2 所示为圆滚轧轮加工轨迹图，横坐标表示工件旋转圈数，纵坐标表示工件切入深度，其中 AB 段表示滚轧轮对刀后接触到零件阶段，CD 为刀具径向切入阶段，DE 为光整阶段，EG 为刀具退出阶段。滚轧轮加工中，CDE 阶段为容易崩刃区，DE 阶段为常见崩刃区。当 CD 段滚轧轮崩刃后，重

表 2

对比项目	项目	液压驱动的渐进式滚轧轮	丝杠驱动的圆滚轧轮
机床 结构 对比	结构图		
	进给机构	径向为液压滑座	径向为丝杆驱动
	优点	结构简单，可承受力大	由于进给大，节拍快；转速和进给量可以编程
	缺点	能耗高	能耗低
刀具 对比	方式	渐进式滚轧轮	圆滚轮
	外形结构	椭圆形，有齿升量	圆形，无齿升量
	结构描述	为椭圆，通过其齿升量来进行零件径向的切入加工	为圆形，通过机床的径向进给运动实现零件的切入加工
	优点	滚轧效率高	刀具寿命长；少量崩刃通过编程可以使用；可以翻修多次，后期使用成本低
	缺点	刀具寿命低；翻修次数少，刀具崩刃就可能报废，使用成本高	机床价格贵20万元左右

新分配CD段切入余量，降低每个齿的切入量，加工的质量同样可以得到保证（见图3中CD段黑线部分）。切入量的调整可以通过调整CD段的斜率来实现；DE段崩刃后，可以将崩刃部位少切入，或不切入，通过避免崩刃部位的刀齿切入，同时延长零件的旋转角度，来保证零件的加工质量。具体到图形中，就是延长DE段，并将DE段崩刃部位的线按向零点方向调整（见图2中DE段黑线部分）。

（2）圆滚轧轮多次翻修的实现。由于齿深方向的进给采用数控伺服系统，因此如果采用圆形滚轧轮，它可以无数次翻修，翻修后滚轧轮直径的大小可以通过滚轧轮径向进给的补偿量加以补偿。由于滚轧轮翻修的价格为新刀具价格的一半，因此，滚轧轮的翻修同样可以间接提高刀具寿命。而渐进式滚轧

轮返修后由于其直径减少，径向方向的调整受液压油缸的行程限制，因此调整范围受限。

4.滚轧轮齿面齿顶采用微量凸角设计

滚轧轮加工的轴类零件，通常为两种配合方式，即与滑动齿套间隙配合，或与压装内花键齿轮的过盈配合。当轴类零件和滑动齿套间隙配合使用时，主要通过滑动齿套的滑动实现齿轮的挂挡功能，滑动

齿套与滚轧轮加工的轴类零件必须滑动顺畅。但在实际轴类花键和滑动齿套配合使用中，齿套在滑动中会出现发涩或滑动不畅的现象，检查轴类零件的齿根附近部位，往往会出现微量摩擦的痕迹，可以证明滑动齿套和轴类花键齿根附近有微量的接触，导致滑动齿套在工作中滑动不顺畅。

分析：检查配合零件的加工尺寸，所有的尺寸都是合格的。分

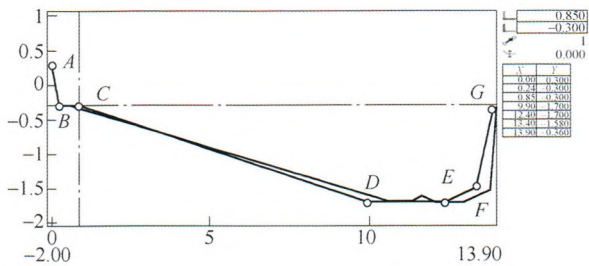


图 2

析轴类花键齿形，其渐开线起始圆和齿根圆之间的连接为过渡圆弧设计，同时齿形的渐开线起始圆直径和齿根圆直径异常接近，而通常啮合配对齿轮啮合区包含在渐开线起始圆附近。因此，这就导致滑动齿座的齿顶容易和轴类花键的齿根接触，造成滑动齿套在工作中滑动不畅。

解决方式：将滚轧轮的齿顶设计为微量凸角，在加工零件时，相当于零件的齿形在渐开线起始圆和齿根圆之间有微量的沉割。当滑动齿套在轴类零件花键上滑动时，其齿顶避开了轴类花键的齿根，使其滑动顺畅。

结论：渐开线滚轧轮齿形的齿顶采用微量凸角设计，有利于保证滑动齿套在工作中滑动顺畅。

零件加工工艺改善

滚轧轮在使用过程中，崩刃部位通常都是靠近其端面。端面往往为应力集中区，容易产生崩刃。为减少滚轧轮的崩刃，其思路是减少滚轧轮端面与被加工零件的接触面积，或与滚轧轮端面接触部位空出，不与被加工零件接触。

因此，在被加工工件零件中，所有和滚轧轮端面接触的零件部位，都要设计退刀槽，以避免滚轧轮应力集中区受力而崩刃。如图3所示，工艺优化前，滚轧轮左端与零件接触部位为实体接触。滚轧轮在实际加工中，齿端面部位为实际崩刃区，而滚轧轮右边端面部位超出了和零件的接触区，因此其右端面不容易产生崩刃。为解决此问题，需要在滚轧零件的左端设计退刀槽，以保证滚轧轮端面和被加工零件没有被接触到，从而避开了滚轧轮端面应力集中区，避免了崩刃的产生，延长了刀具寿命。

滚轧轮的日常保养

滚轧轮在使用过程中，虽然为冷挤压加工，产生的切屑很少。但随着加工零件数量的增加，由于和金属零件不断的摩擦挤压，刀具逐渐会产生磁性，同时被加工零件表面往往会有细小的金属屑脱落后，由于刀具磁性，金属屑往往会形成油泥聚集在刀具齿槽内，使得滚轧轮在挤压零件的过程中，由于其槽内的油泥使滚轧轮受力加大，往往会使轮齿产生崩刃。

因此，滚轧轮要定期进行保养维护，做到每周对滚轧轮齿内的油泥进行清理并适当增大切削流量；每周对滚轧轮进行高斯磁性检查，当磁性大于5GS时，刀具应该拆下进行消磁处理。这些措施的实施，都会对滚轧轮刀具寿命的提高带来好处。

效果验证

通过上述介绍，为延长滚轧轮刀具寿命和解决滚轧产生的质量问题，我们必须从优化滚轧轮刀具工艺参数、零件加工工艺优化、滚轧轮的日常保养入手，这样才能提高滚轧轮刀具寿命，降低生产成本。

通过这些措施的实施，一年来对滚轧轮刀具的寿命进行试验跟踪，对于加工轴类零件花键的滚轧轮，刀具寿命从平均10万件提升到15~21万件。滚轧轮刀具寿命提升显著，达到预期的效果。

AUTO1950

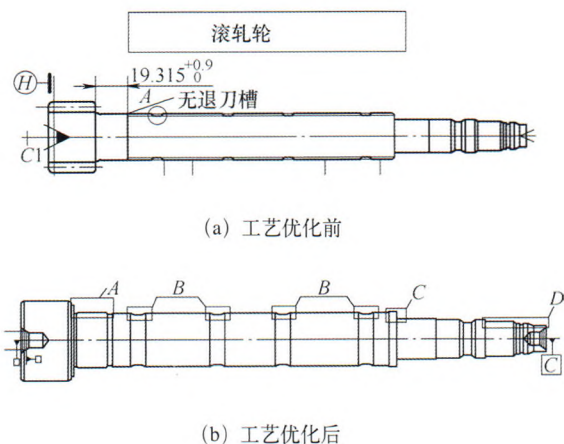


图 3



王远华

男，出生于1974年11月，2010年毕业于华中科技大学。现任神龙汽车有限公司技术中心动力总成底盘部机械件工艺专业技术牵头人，高级工程师。