

某轴类锥齿轮车削工艺优化

刘井泽, 周仁杰, 袁博, 王乐, 王海涛

中国第一汽车集团有限公司研发总院试制部 吉林长春 130011

摘要: 针对轴类锥齿轮车削工艺设计了一种新型夹具, 并对三种车削夹紧方式进行试验对比, 结果显示新型夹具在装夹速度、稳定性、精度三个方面都有较好的表现, 适合后桥齿轮车削加工。

关键词: 车削; 轴类零件; 切削力; 优化

作为汽车中的精密组成部件, 后桥齿轮中主动锥齿轮 (见图1) 的生产环节可分为车削、制齿等两部分。其中车削作为从毛坯到产品的过程中金属去除率最大, 且近90%轮廓切削加工的工序, 直接影响了该产品的尺寸精度、形位精度及产品质量, 并进一步影响了产品在最终装配、使用过程中的产品性能及寿命, 从而直接影响最终用户的使用体验。



图1 后桥齿轮主动锥齿轮

后桥齿轮中主动锥齿轮作为精密传动齿轮, 其常见零件尺寸约为50~300mm, 材质通常为20CrMnTi等, 热后硬度可达58~62 HRC, 根据目前加工参数可推断该零件在精加工时的切削力可达150~400N, 而为了保证该零件在使用过程中有良好的传动及机械性能、出色的使用寿命, 所以在该零件的设计要求中零件两端具有极高的形位精度。

后桥齿轮中轴类零件车削夹具优化

在传统加工环节, 后桥齿轮中轴类零件通常有三种基本装夹模式, 即: 直接装夹、一夹一顶、两顶尖加鸡心夹装夹或两顶尖加端驱系统装夹。但在生产实

人工装配过程中出现的磕伤等缺陷。

此项技术的成功应用, 重点解决了困扰北京奔驰不断上涨的人工成本问题。按照传统装配工艺, 装配线的人数是28人/次, 人均成本为33万元/年。自动智能装配线的投资成本为7600万元, 北京奔驰的产品生命周期一般为7年, 则在产品生命周期内预计可节省5336万元, 极大节省了企业的运营成本。

参考文献:

- [1] 魏国兴, 张晓龙, 郭胜. 视觉系统在汽车焊装中的研究和应用[J]. 汽车工业研究, 2022, 308 (1): 22-25.
- [2] 孙凤元. 汽车焊装车间柔性化生产线的应用研究[J]. 中国设备工程, 2019, 422 (11): 159-160.
- [3] 杨闻亚. 汽车焊装柔性化试制线的开发及应用[D]. 天津工业大学, 2017. **AUTO1950**

际中发现，很多主动锥齿轮设计使锥齿位于零件的端部，使以上三种工艺无法或难以装夹，既无法保证大批量生产中的形状、尺寸精度或无法保证加工安全及稳定性，又无法保证加工质量和效率。所以，基于上述装夹情况背景，分析并设计一种新型通用后桥齿轮主动锥齿轮零件车削夹具，使该产品在生产环节中的加工效率和质量得以优化。

1. 夹具结构

后桥齿轮中主动锥齿轮在车削加工装夹环节中，不仅需要装夹机构具有足够的夹持刚性和可靠性，还需要在大批量生产中具有一定重复定位精度保证加工效率。基于上述三种基本装夹方法，针对该生产需求，基本确定了一种以两顶尖为基本结构，以活动夹紧块为辅助结构的一种适合后桥齿轮中主动锥齿轮车削加工的通用新型夹具，使其具有直接装夹的刚性、稳定性，同时具有两顶装夹的高装夹精度及重复定位精度，如图2所示。

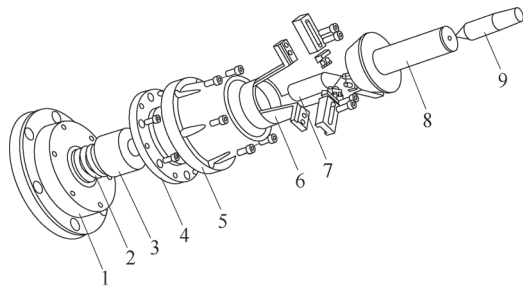


图2 后桥齿轮主动锥齿轮车削夹具设计思路

1—底座 2—弹簧 3—弹簧滑块 4—弹簧挡板 5—夹具体
6—涨套 7—左顶尖 8—零件 9—右顶尖

夹具的设计理念是以夹具体本身高精度的双顶尖结构对零件预钻中心孔进行定位，保证零件较高的装夹定位精度及在大批量生产中的重复定位精度。通过尾座压力驱动夹具体涨套，迫使夹紧块对零件外圆或锥面进行支撑紧固，增大零件与夹具体之间的接触面积，在零件与夹具体之间压紧力不变的情况下增大零件与夹具体之间的摩擦力，以防止在切削过程中因切削力过大而导致零件丢转的现象发生，保证加工可靠性。

相比于传统夹持方式，本夹具不仅仅具有两顶尖夹持的高定位、高夹持精度的特点，还具有极高的加工稳定性和可靠性。同时，该种装夹机构采用尼龙材质的夹紧块，使其在具有可靠夹紧能力的同时，不

易伤害零件已加工表面，保证了产品的最终外观质量。而作为模块化夹紧机构，对于任意组成部件出现机械疲劳或破损时，均可进行单一更换，在降低生产成本的同时极大地提高了夹具使用寿命和生产效率。

根据以往工作经验及相关机械手册，确定了该种针对后桥齿轮中主动锥齿轮车削加工的夹具由下述结构组成：包括底座、弹簧、弹簧滑块、弹簧挡板、夹具体、涨套、左顶尖、右顶尖、燕尾滑块及夹紧块，如图3所示。

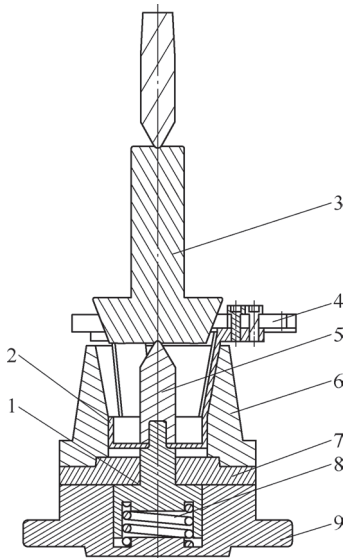


图3 夹具体的基本结构

1—弹簧滑块 2—涨套 3—零件 4—燕尾滑块 5—顶尖
6—夹具体 7—弹簧挡板 8—弹簧 9—底座

在设计时，为了保证本夹具体的通用性，底座可直接安装在目前大多数型号车床的主轴头上，通过锥孔和主轴头锥度配合由锁紧螺栓固定，保证底座与机床主轴的同轴度与垂直度。用弹簧挡板通过锁紧螺栓与底座连接固定，将弹簧和弹簧滑块限制在其中，使弹簧和弹簧滑块在底座中有一定的移动行程；夹具体通过锁紧螺栓与弹簧挡板连接固定，并将涨套放置其中；将左顶尖用螺纹配合的方式将顶尖和涨套同时连接并固定在弹簧滑块上，使其可随弹簧滑块移动；将燕尾滑块通过两个锁紧螺栓连接固定到涨套上，最终右顶尖固定在机床尾座上，完成夹具体在机床内部的装配。

2. 夹具的安装与调试

该夹具的工作原理是通过尾座所提供的顶紧力来

带动夹具整体运动，把工件固定在夹具中，限制其6个自由度。其中，夹具体包含的左右顶尖根据锥面定心法，完成对被加工零件的定位与扶正，保证零件两端的同轴度、平行度等形位误差及夹持精度。而后通过压紧力进一步驱动夹具，使涨套向内变形，带动夹紧块向内移动，并以三点扶持的形式对零件锥面进行夹紧，增大零件与夹具体之间的接触面积，保证零件的夹紧可靠、稳定。具体连接如下。

- 1) 夹具底座和机床主轴配合，螺纹连接。
- 2) 弹簧、弹簧滑块放置在夹具底座内。
- 3) 弹簧挡板和夹具底座连接，螺纹连接。
- 4) 夹具体和弹簧挡板连接，螺纹连接。
- 5) 涨套通过左顶尖与弹簧滑块连接固定，螺纹连接。
- 6) 燕尾滑块、夹紧块固定在涨套上。
- 7) 右顶尖为尾座顶尖。

以上连接要求稳固、紧凑，要求能承受一定的顶紧力和来自X、Y、Z三个方向的切削力，保证零件能稳定的固定在夹具中。

(1) 夹具工作前的调整 在夹具使用前需进行夹具体的精度调整，以保证零件在加工时的位置精度和重复定位精度。使用时注意事项如下。

- 1) 底座与主轴连接，使连接精度达到0.01mm。
- 2) 弹簧滑块同轴精度达到0.01mm。
- 3) 弹簧滑块在底座内的行程调整至10mm。
- 4) 找正夹具体内孔同轴度0.02mm，以保证涨套放入夹具体的同轴度。
- 5) 找正左顶尖同轴度0.02mm。
- 6) 调整工件面锥直径大小、角度大小。
- 7) 调整燕尾滑块位置，使夹紧块涨开直径大于面锥直径2mm左右。

(2) 夹具的工作方式 在工作中，将被加工零件置于左顶尖和右顶尖之间，右顶尖移动将被加工零件顶紧，在未顶紧时持续推动左顶尖带动弹簧滑块压缩弹簧向后移动，同时带动涨套在夹具体中向后移动，夹具体内孔锥度压缩涨套使燕尾滑块带动夹紧块向后移动，夹紧被加工零件锥表面，表面夹紧力大于右顶尖推力时，左顶尖将不再向后移动，同时，顶紧力、夹紧力达到平衡使零件固定在夹具中，加工完成后，右顶尖后退，弹簧推动弹簧滑块前移，带动涨套向前

移动，带动夹紧块松开，取下零件，完成加工。
此夹具属于快换夹具，零件装夹与松开，过程非常简单和快捷，极大提升加工效率。

基于新型夹具的车削工艺优化

1. 优化前工艺

(1) 无端面驱动夹具 具体车削工艺如下：

- 1) 铣打中心孔。保证毛坯长短尺寸，两中心孔同相对轴线跳动 $<0.02\text{mm}$ ，两端面平行度和垂直度均 $<0.01\text{mm}$ ，零件总长尺寸精度 $<0.1\text{mm}$ 。
- 2) 毛坯粗车。粗车装夹如图4所示，毛坯粗车时在锥度最大轴颈处车出一段外圆工艺装夹轴颈，用于半精车时装夹使用（无端驱夹具车削工艺）。
- 3) 半精车。使用两顶尖加鸡心夹类夹具进行装夹，如图5所示，夹持粗车时预留的工艺装夹轴颈，进行驱动，完成轴颈半精车加工。
- 4) 精车。半精车后直接对装夹位置以外的轴颈进行精车，后调头夹持花键端小轴颈使用两顶尖加鸡心夹的装夹方法进行锥度部分精车。

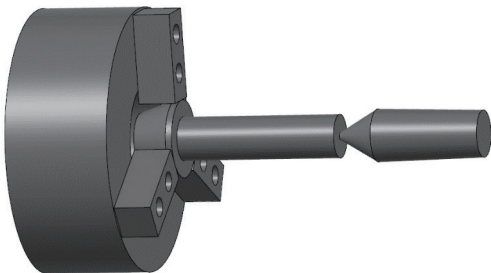


图4 粗车装夹示意

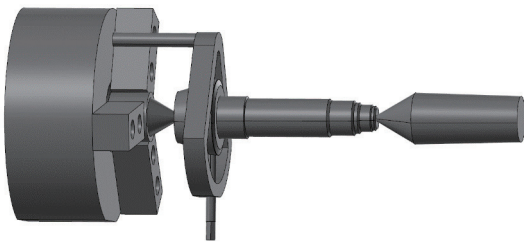


图5 鸡心夹装夹示意

该工艺缺点如下：

- 1) 由于后桥齿轮中的主动锥齿轮锥度大径尺寸 $50\sim 300\text{mm}$ 不等，鸡心夹行程受限，不适合驱动此类零件，同时直径越大的主动锥齿轮加工时切削力就越大，越容易造成装夹不可靠，驱动脱落等现象。

2) 预留的工艺轴颈位置较小, 装夹并不稳定, 并且不受力, 切削力稍大就会造成装夹脱落, 驱动失效, 损坏顶尖。

3) 精车时, 由于鸡心夹位置靠近装夹位置端面, 使端面无法和轴颈一次装夹完成, 造成端面和轴颈部分的全跳动和垂直度无法保证。

(2) 有端面驱动夹具 如图6所示, 具体车削工艺如下:



图6 有端面驱动装夹示意

1) 铣打中心孔: 保证毛坯长短尺寸, 两中心孔同相对轴线跳动 $<0.02\text{mm}$, 两端面平行度和垂直度均 $<0.01\text{mm}$, 零件总长尺寸精度 $<0.1\text{mm}$ 。

2) 毛坯粗车: 采用一夹一顶的装夹方式进行粗车, 各部位留半精车量。

3) 半精车和精车: 采用端面驱动的方式装夹, 进行轴颈部分和锥度部分半精车和精车加工。

该工艺缺点如下:

1) 端面驱动是使用浮动顶尖定位, 使用带尖或刃的突起依靠顶紧力压进工件中, 从而起到驱动的作用, 但是, 端面驱动会破坏零件端面, 并且端面驱动面是几个点或几个刃, 无法找正, 精车时, 不能保证驱动时顶进工件部分受力是否均匀, 能否破坏工件由两顶尖装夹保证的同轴线的跳动精度。

2) 端面驱动受力不能过大, 如受力过大会损坏端面驱动夹具和零件端面, 使铣打时保证的零件长短尺寸超差, 零件报废。所以, 端面驱动夹具不适合尺寸较大、切削量较大、切削力较大的零件加工。

2. 优化后工艺

1) 铣打中心孔: 保证毛坯长短尺寸, 两中心孔同相对轴线跳动 $<0.02\text{mm}$, 两端面平行度和垂直度均 $<0.01\text{mm}$, 零件总长尺寸精度 $<0.1\text{mm}$ 。

2) 毛坯粗车: 采用一夹一顶的装夹方式进行粗车, 各部位留半精车量。

3) 精车: 半精车和精车同时进行, 使用设计的夹具, 两顶尖顶紧, 调整好顶紧力, 调整好三个压紧块位置, 通过三个压紧块压紧锥度表面, 限制零件的6个自由度, 进行轴颈和锥度部分端面和短轴颈的半精车和精车部分, 保证精车所有元素的尺寸精度、全跳动、垂直度等精度合格; 掉头, 使用两顶尖加鸡心夹的方式精车面锥部分, 保证零件精度。

3. 优化前和优化后的对比

关于工艺方面的优化, 主要体现在精车和半精车部分, 通过使用自行设计的夹具, 来提升主动锥齿轮的加工效率和质量。

1) 与无端面驱动加工工艺对比: 相对于鸡心夹的装夹方式, 解决了面锥部分装夹困难和无法装夹的问题; 与机芯夹装夹方式相比, 定位和夹紧力可靠性提升100%, 完全避免了夹具脱落、零件闷车和损坏顶尖的现象, 实现了零件快装快卸, 装夹工件时间提升90%。

2) 与端面驱动加工工艺对比: 相比端面驱动夹具, 解决了伤及零件端面的问题, 新夹具夹持的是工件面锥, 并且夹持的夹紧块可以是软材料, 不会划伤工件表面; 相比端面驱动夹具, 解决了破坏零件装夹精度的问题, 新夹具工作原理是顶紧力和夹紧力保持平衡状态, 不会出现夹紧力大于顶紧力的现象, 而且由于夹紧块是软材料, 在夹紧过程中是类似于浮动卡盘的顶紧效果, 不会破坏两顶尖装夹方式保证的相对轴线跳动精度。

加工试验

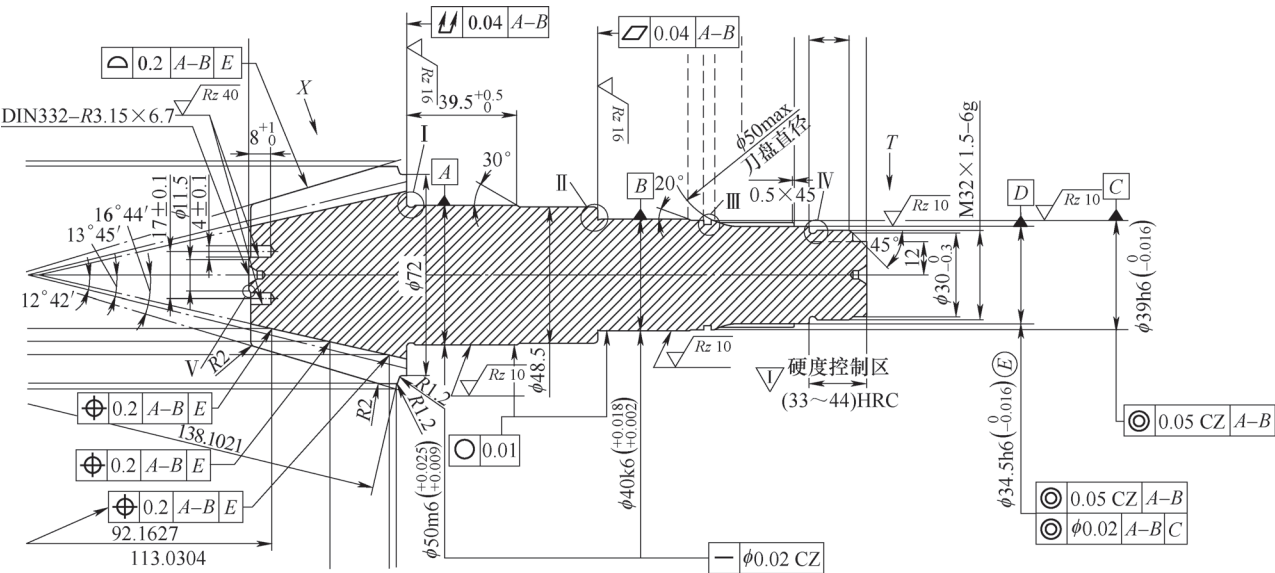
1. 零件快速装夹试验

(1) 试验的目的 对三种装夹方式进行试验, 验证各夹具装夹效率。

(2) 试验条件 相关设备、仪器、辅助设备见表1。试验零件402036-K08如图7所示。

表1 快速装夹试验条件

名称	型号	生产厂	精度/mm	检定有效期
数控车床	MJ630	济南第一机床厂	0.01	
两顶尖+鸡心夹 两顶尖+端面驱动 新型夹具				检查刀具 磨损
操作人员	随机			试验刀具



(4) 试验结果 工艺1为两顶尖+鸡心夹；工艺2为两顶尖+端面驱动；工艺3为两顶尖+新型夹具。三种工艺切削力曲线如图10所示。

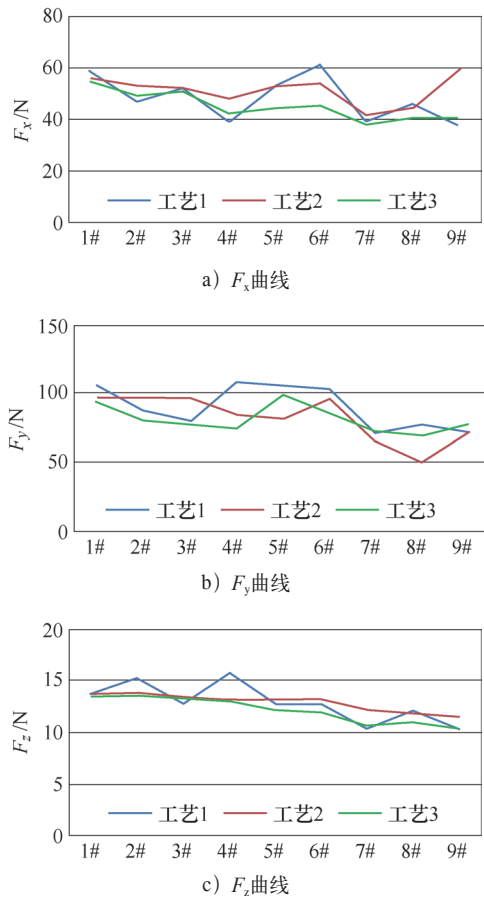


图10 切削力测试曲线

经过切削力测试，从 F_x 、 F_y 、 F_z 三个方向受力的波动来看，新型夹具最为稳定，其次是端面驱动夹具，鸡心夹夹具最不稳定。

3.切削精度试验

(1) 试验的目的 验证优化后的工艺和夹具与优化前的工艺和夹具在使用过程中，零件形状和位置精度的保证。

(2) 试验条件 试验材料20CrNiMo，相关设备、仪器、辅助设备见表4。

表4 切削精度试验条件

名称	型号	生产厂	精度	检定有效期
Wfl车铣复合	M35	奥地利	0.01mm	2023.7
三坐标	蔡司			零件形位精度检测
精车外圆车刀及刀片	随机	山特		加工刀具

(3) 试验方法 进行零件精加工后测量其形状位置精度。抽取10件，进行精度统计。切削参数： $a_p=0.3\text{mm}$ ， $f=0.15\text{mm}$ ， $n=1800\text{r/min}$ 。毛坯2402036-K08，切削长度221.5mm，山特刀片。

(4) 试验结果 工艺1为两顶尖+鸡心夹；工艺2为两顶尖+端面驱动；工艺3为两顶尖+新型夹具。三种工艺切削精度如图11所示。

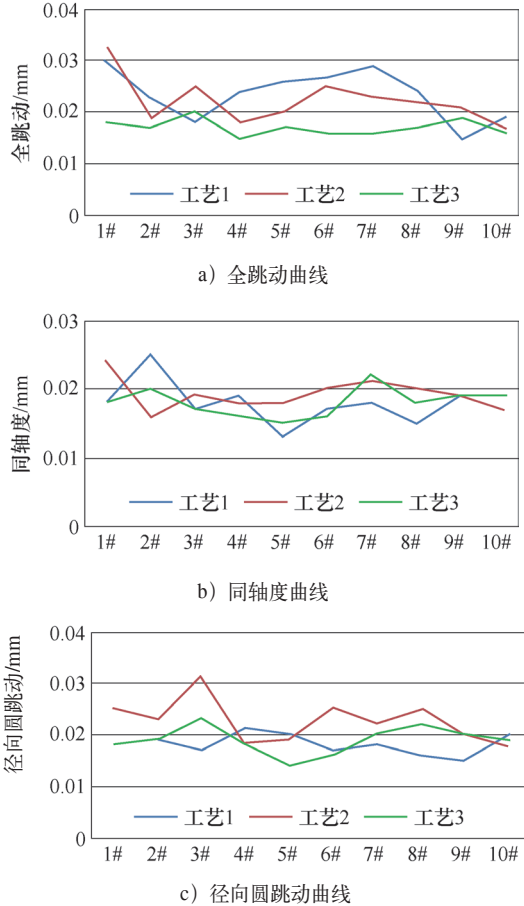


图11 切削精度试验结果

经过加工试验，对几个相对重要的形位精度进行统计。

1) 全跳动：工艺1的波动范围在0.015~0.03mm，公差带在0.015mm；工艺2的波动范围在0.017~0.033mm，公差带范围在0.015mm；工艺3的波动范围在0.014~0.022mm，公差带范围在0.007mm。

2) 同轴度：工艺1的波动范围在0.012~0.025mm，公差范围0.013mm；工艺2的波动范围在0.016~0.025mm，公差范围0.009mm；工艺3的波动范围在0.015~0.023mm，公差范围0.008mm。

3) 径向圆跳动跳动：工艺1的波动范围在0.015~

自动化蓝光三维扫描系统在汽车RPS质量体系中的应用研究

刘颖鹏, 李萧宏, 肖文彬

中科院广州电子技术有限公司 广东广州 529090

摘要: 主要研究RPS的组成人员、实施步骤及相关规则等, 并使用先进的自动化蓝光三维扫描系统代替传统的制造成本高、效率低的检具, 使变钣金件和模具基于RPS系统的检测进一步提高了检验效率和产品质量。

关键词: 自动化蓝光三维扫描系统; 汽车质量; RPS检测

随着汽车工业技术的进步和业内人士思想观念的转变, 零件尺寸精度的保证已不再仅仅是生产部门和质量保证部门的事情, 而是要从产品开发阶段就开始考虑了。RPS系统就是出于这种思想被发明出来并被世

界各大汽车公司投入到使用当中。为了实现统一的定位技术规则, 必须保证模具、工装、检测工具都按照RPS点来制造, 这一点是RPS系统最重要的作用。按照RPS方法进行设计, 控制基准点统一了设计、冲压、焊

0.02mm, 公差范围0.005mm; 工艺2的波动范围在0.018~0.031mm, 公差范围0.013mm; 工艺3的波动范围在0.015~0.022mm, 公差范围0.007mm。

可见, 新型夹具零件形状位置精度最稳定; 鸡心夹和端面驱动夹具相差不大, 相对新型夹具精度不是很稳定。

结语

针对后桥锥齿轮的精车工序, 分析了各种装夹方案的优缺点, 并开发了一种新型夹具, 具有装夹效率高、装夹精度高等优点。并对两顶尖+鸡心夹、两顶尖+端面驱动、新型夹具三种夹紧方式的装夹效率、装夹稳定性和装夹精度进行了试验。试验结果如下。

1) 装夹速度: “两顶尖+端面驱动”的夹紧速度最快, 其次是新型夹具, 两者差异较小, 但都比“两顶尖+鸡心夹”快很多。

2) 装夹稳定性: 新型夹具最好, 其次是“两顶尖+端面驱动”。

3) 装夹精度: 新型夹具最好, “两顶尖+端面驱动”和“两顶尖+鸡心夹”差异不大。

可见, 本研究开发的新型夹具在后桥锥齿轮精车加工中具有明显优点, 值得推广应用。

参考文献

[1] 陈宏钧. 机械加工工艺手册[M]. 4版. 北京: 机械工业出版社, 2016. **AUTO1950**