

密珠夹具在汽车齿轮加工中的应用

王斌，王炳荣

陕西法士特齿轮有限责任公司 宝鸡 722409

摘要：芯轴式滚齿夹具上的工件安装偏心，对其齿距累积偏差影响较大，采用密珠衬套结构，即可便于工件的装卸，同时可减少工件与芯轴的配合间隙，从而提升该类工件的齿距累积偏差精度等级。为中小型客车变速器和轻型货车变速器的超速挡齿轮滚剃齿提升加工精度，提供一种经济可行的新方案。

关键词：安装偏心；芯轴式滚齿夹具；密珠衬套；齿距累积

中小型客车变速器和轻型货车变速器的齿轮加工，目前主要齿部加工工艺为滚齿和剃齿工艺加工。滚齿序需要的滚齿夹具因内孔较小，对超速档齿轮，滚齿序无法设计涨套式滚齿夹具，目前普遍采用芯轴式滚齿夹具（见图1）。该结构夹具因装卸工件需要，

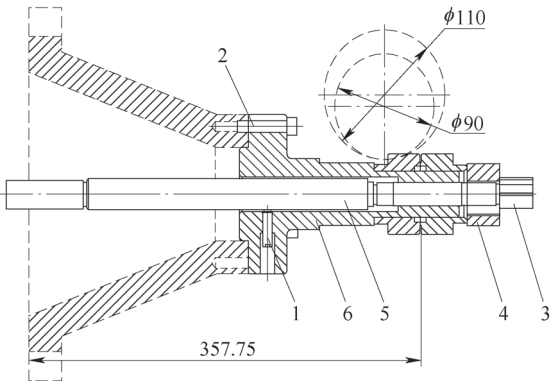


图1 芯轴式滚齿夹具

1、6—螺钉 2—芯轴 3—连接杆 4—压盖 5—拉杆

工件内孔与芯轴须设计一定配合间隙，该间隙造成加工与齿部精度检测时不同心，进而对工件的齿距累积偏差评价产生明显影响。

此处以芯轴式滚齿夹具为例，通过分析装夹偏心对齿距累积精度的影响值，说明减小配合间隙对提升齿距累积误差的效果，并提供一种配合间隙较小且经济可行的夹具方案。

加工现状及问题分析

1.加工现状

以某一产品为例，工件内孔 $\phi 39.775/39.755\text{mm}$ ，其滚齿夹具芯轴尺寸 $\phi 39.747/39.742\text{mm}$ ，配合间隙为 $+0.008 \sim +0.033\text{mm}$ 。

使用芯轴式滚齿夹具径向圆跳动调整至 0.005mm 以内，连续滚齿加工30件，检测并统计见表1。

表1 芯轴式滚齿夹具

齿距累积偏差/mm /GB10095等级/级	0.026/6	0.037/7	0.053/8	0.074/9
实测工件等级数量/件	11	9	9	1

2.问题分析

本次30件试验件，内孔为连续加工，一致性较好，内孔尺寸 $\phi 39.77\text{mm}$ ，滚齿夹具芯轴尺寸 $\phi 39.742\text{mm}$ 。滚齿机为新设备，滚齿夹具芯轴径向圆跳动0.005mm以内，可认为滚齿夹具回转中心线与工作台中心线重合。测量设备为格里森齿轮测量中心，检验心轴为格里森阶梯心轴，此工件滚齿序齿距累积要求7级精度，试验结果有1/3超出要求。

如图2所示，对装夹误差进行分析，建立工件安装偏心几何模型， O 为被加工齿轮的几何中心， O_1 为齿轮磨床主轴回转中心，将安装偏心 OO_1 用矢量 e 表示，将安装偏心 e 沿 OD 和 O_1D （与 OB 垂直）方向分解。

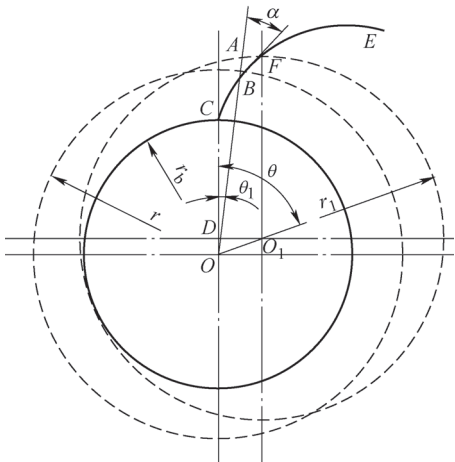


图2 安装偏心与齿距偏差的关系

由几何关系得， OD 与 AB 相等。 AB 长度为微米级，可认为 BF 与渐开线 $CBFE$ 近似相切于 B 点，则直线 AB 与 BF 的夹角为 α （分度压力角）， AF 垂直于 OA 。将渐开线 $CBFE$ 定义为1号齿的左齿面，齿轮齿数为 z 。则齿轮安装偏心对其齿距累积偏差的影响值 F_{pk} 为：

$$F_{pk}=e[\sin(\theta-\theta_1+360j/z)+\cos(\theta-\theta_1+360j/z)\tan\alpha]-e[\sin(\theta-\theta_1)+\cos(\theta-\theta_1)\tan\alpha]^{[1]} \tag{1}$$

$$\theta_1=\tan\alpha-\alpha$$

$$j=0, 1, 2, \cdots, z-1;$$

$$k=1, 2, \cdots, z-1。$$

该产品齿部参数为：法向模数 $m_n=2.67$ ， $\alpha=21^\circ$ ，

$z=20$ ，螺旋角 $\beta=27.8^\circ$ ，其安装偏心与齿距累积偏差的数值关系如图3所示^[2]，当安装偏心最大0.028mm时，齿距累积偏差约0.044mm，其滚齿、剃齿齿部精度报告如图4所示。

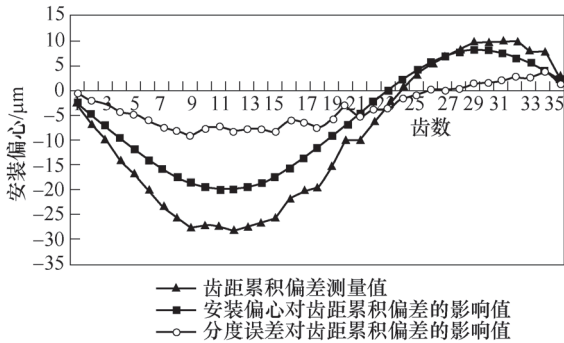
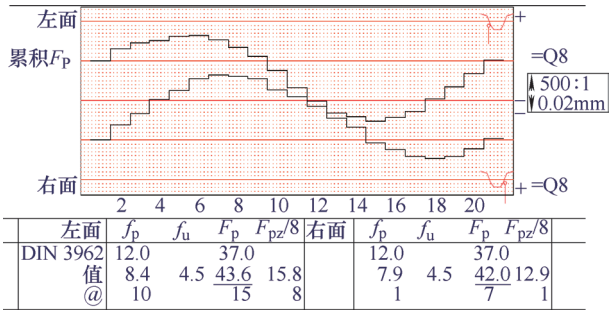
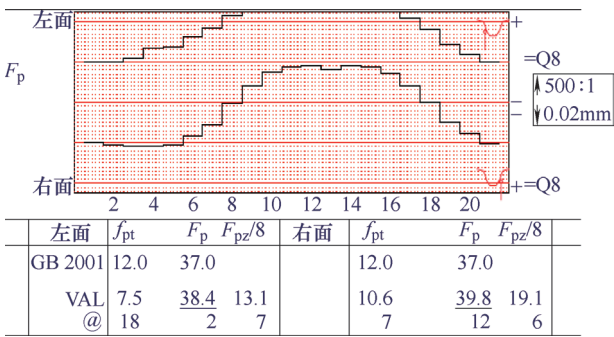


图3 安装偏心与齿距累积偏差关系表



a) 滚齿序齿距累积精度



b) 剃齿序齿距累积精度

图4 滚齿、剃齿齿部精度报告

因而，针对此类产品的滚剃齿加工，需尽可能减小配合间隙，又便于装卸工件，且同时具有结构简单、精度较高、寿命长及经济性较好的滚剃齿工艺装备。

改进措施

密珠衬套是一种在精密仪器上用于定心的结构，如图5所示。该衬套在精密检测设备、精密加工设备应用较多，具有制造和回转精度较高、摩擦力矩

小、承载能力强、使用寿命长、应用范围广及性价比高优点。其使用原理如图6所示，类似于轴承的结构原理，被加工工件等同于轴承外圈，夹具芯轴等同于轴承内圈，钢珠和钢珠保持架就等同于轴承钢珠和保持架。



图5 标准砂轮磨床上的密珠衬套

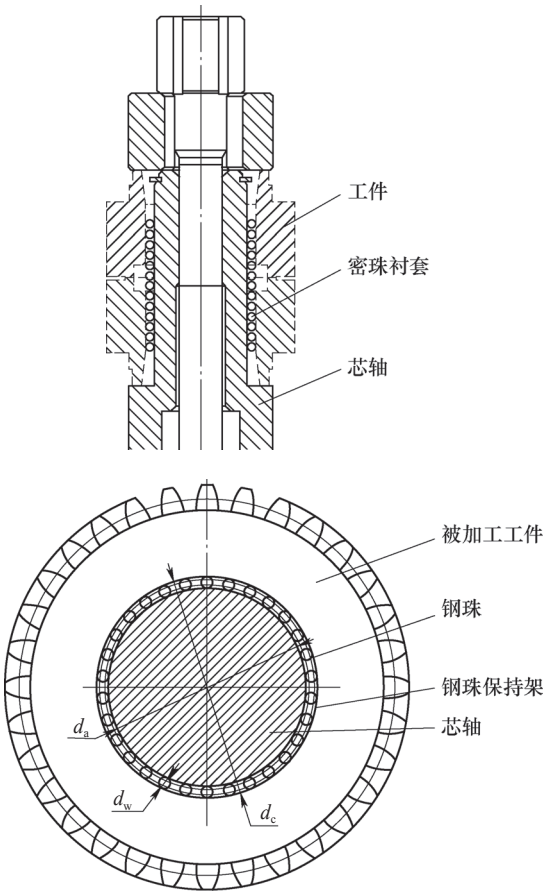


图6 密珠衬套使用原理

此类衬套所用钢珠通常为滚动轴承用钢珠，由专业滚动轴承钢珠厂家按GB/T 308.1—2002《滚动轴承钢球》标准生产，材料为轴承钢，硬度63HRC以上，衬套所用钢珠的精度通常为GB/T 308.1 G10等级，球直

径的最大变动量 $0.25\mu\text{m}$ ，以轴承钢珠目前技术水平，该等级的钢珠直径公差可控制在 $1\mu\text{m}$ 以内，故可以忽略钢珠直径公差。与轴承不同之处为轴承钢珠在固定轨道中转动，密珠衬套钢珠放置在衬套的固定位置，随衬套整体移动。

此类密珠衬套在淘宝、米思米、怡合达等购物商城上，也叫钢珠衬套、钢珠套，其保持架材质有铜套、铝套、塑胶套，尺寸选择时，密珠衬套外径计算公式为：外径=内径+ $(2\times\text{钢珠直径})$ ，有标准尺寸，也可非标定制。

设计时，密珠衬套应在夹具上有一定的轴向移动量，配合反向轴用弹性挡圈和反向孔用弹性挡圈，可精简轴向尺寸，且便于装卸工件。装入时，将衬套靠近外端，工件放入后，工件随衬套内移，整体滑入；卸下工件时，工件带动衬套外移，衬套移动，带动钢珠向外滚动。装卸过程中，均有钢珠的滚动，在给定合适的过盈量配合时，装卸较为省力，且定心好。

密珠衬套夹具设计时，在直径方向存在过盈量，过盈量过大时，芯轴和工件表面会留有钢珠的运动痕迹，影响定心精度和装卸顺畅性。我国推荐采用的过盈量为 $2\sim4\mu\text{m}$ ，德国丰谱公司推荐的过盈量为 $7\sim12\mu\text{m}$ ，其对应的钢珠承载力见表2。

表2 密珠衬套钢珠参数

过盈量/ μm	2	4	7	12
钢珠承载力P/N	1.058	2.999	6.958	15.631

另外，钢珠个数不宜过多，否则滚动摩擦阻力随之增大，影响装卸顺畅性。设计时，钢珠直径和钢珠数量可参考密珠衬套厂家的推荐值。因工件结构和加工环境不同，密珠夹具制造完成后，应进行一次试装卸验证，确定适合该工件的配合关系，避免因配合关系不当造成装卸时划伤工件内孔，影响后序加工及检测。

现针对试验产品设计密珠衬套滚齿、剃齿夹具，该工件内孔 $\phi 39.775/39.755\text{mm}$ ，结构如图7所示，根据厂家推荐，钢珠直径选 $\phi 3\text{mm}$ ，设计该滚齿、剃齿夹具芯轴外径 $\phi 33.77/33.773\text{mm}$ ，夹具到货后，加工4种内孔尺寸工件，进行过盈配合试验，如图8所示，试验数据见表3。确定工件内孔尺寸为 $\phi 39.79/39.77\text{mm}$ ，连续加工30件试验件，应用密珠衬套滚齿夹具如图9所示，密珠衬套剃齿夹具如图10所示。

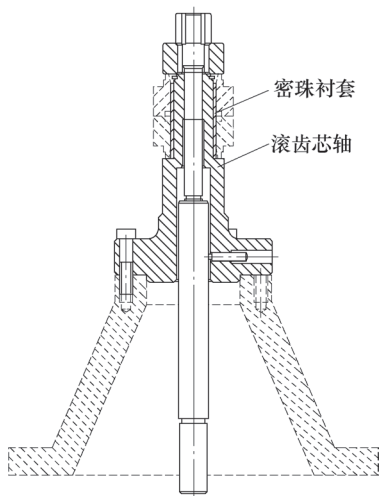


图7 密珠衬套滚齿夹具结构



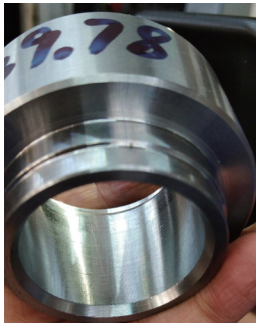
a) 4种尺寸



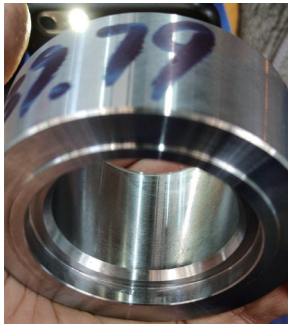
b) 1#内孔有轻微划痕



c) 2#内孔有极轻微划痕



d) 3#内孔无划痕



e) 4#内孔无划痕

图8 配合间隙试验

表3 密珠衬套滚齿夹具与工件配合间隙工艺试验数据

工件序号	1#	2#	3#	4#
内孔直径/mm	39.77	39.775	39.78	39.79
过盈量/mm	-0.003~0	0.002~0.005	0.007~0.010	0.017~0.020
	微过盈	微间隙	微间隙	小间隙
装卸情况	有阻力，人力可装卸	有阻力，人力可装卸	无阻力，可轻松装卸	无阻力，可轻松装卸
3次装卸后内孔划伤情况	有轻微划痕	有极轻微划痕	无装卸痕迹	无装卸痕迹



图9 密珠衬套滚齿夹具

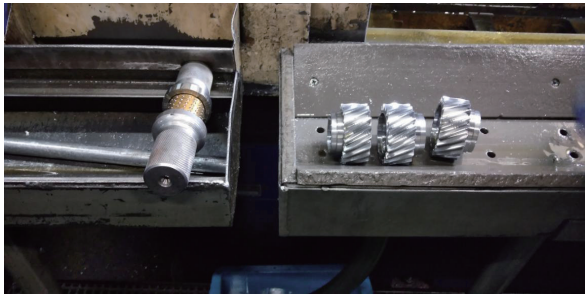


图10 密珠衬套剃齿夹具

使用效果

改进之后，在同等试验条件下，密珠衬套夹具连续加工30件，滚齿、剃齿测量统计见表4。

表4 应用密珠衬套夹具齿部累积统计

齿距累积偏差/mm /GB10095等级/级	滚齿加工齿距累积情况/件	剃齿加工齿距累积情况/件
0.026/6	21	29
0.037/7	9	1
0.053/8	0	0
0.074/9	0	0

汽车涂装车间LASD喷涂机器人的应用

刘杰，张京川，徐德庆，胡志文
北京奔驰汽车有限公司 北京 100176

摘要：为满足汽车产品环保要求，针对汽车减振阻尼垫的环保问题，各大汽车制造企业引入了新型环保材料LASD（水性阻尼涂料）来替代传统的含沥青材料的减振阻尼垫。介绍了涂装车间LASD喷涂机器人系统的设计和安装调试过程，以及常见问题的解决办法。将LASD喷涂机器人系统的组成、各机构功能及安装调试内容、工艺要求充分展示，对汽车行业LASD喷涂机器人设备上马提供一个技术参考，也为汽车企业环保工作的实施提供一个成功案例。

关键字：LASD；阻尼；机器人系统；安装调试

伴随着国家对于汽车材料环保的要求越来越严格，为满足汽车产品环保要求，针对汽车减振阻尼垫的环保提升，各大汽车制造企业引入了新型环保材料LASD（水性阻尼涂料）来替代传统的减振阻尼垫。北京奔驰汽车有限公司投资三千多万元，在2021年完成

了喷漆一工厂的LASD机器人喷涂工艺的应用，实现了所有车型全部应用LASD机器人喷涂工艺，LASD由于是以水为分散介质，VOC含量很低，安全环保，应用范围日益广泛。本论文通过详细阐述涂装车间LASD喷涂机器人系统的设计安装，调试应用及出现问题的解

结语

1) 工件与密珠衬套滚齿夹具合适的过盈量关系：工件内孔尺寸为 $\phi 39.79/39.77\text{mm}$ ，密珠衬套夹具（ $\phi 33.77/33.773\text{mm}+\phi 6\text{mm}$ ），过盈量 $-0.003\sim+0.02\text{mm}$ ，为过渡配合。

2) 在过渡配合情况下，密珠衬套夹具装卸方便，该配合对芯轴式夹具，很难装卸。

3) 密珠夹具到货后，应进行一次试装卸验证，确定适合该工件的配合关系。

4) 相对芯轴式夹具，密珠衬套夹具使用中不容易夹铁屑，对内孔清洁度不敏感。

参考文献：

- [1] 王立鼎.在用分度盘分度的磨齿机上被磨齿轮周节精度的研究[J].精密制造与自动化，1981（3）：35-41。
- [2] 宋洪侠，等.降低齿轮齿距累积偏差的方法[J].光学精密工程，2012，20（8）：1796-1801.
- [3] 王应龙.综合测量仪使用的精密密珠旋转轴系[J].测量仪器，1997（12）：67-70.
- [4] 刘庆胜.影响密珠轴系转动灵活性的原因分析[J].工具技术，2008（12）：116. **AUTO1950**