

纵置式变速器输出轴后轴承压装工艺改进

□ 柳州上汽汽车变速器有限公司 / 廖健汛 谢宗余
□ 广西柳钢环保股份有限公司 / 杜松燕

本文探讨了纵置式变速器输出轴后轴承压装工艺改进的原因及改进的好处并通过相关试验验证了方法的可行性。

近来收到较多例生产线上装配返修以及少量质量售后反馈信息报告，某国产纵置式变速器总成输出轴出现向输入轴方向的轴向窜动。此变速器输出轴的轴向窜动造成了该系列变速器总成的输出轴中间轴承与一/倒挡滚针轴承衬套之间产生了间隙，以及五挡从动齿轴向间隙超差，从而产生了相关的生产线返修及售后问题。因此，尽快分析出原因，采取有效措施根除这一问题便变得迫在眉睫。

输出轴窜动原因查找

在寻找原因的前期，我们做了针对该系列纵置式变速器总成输出轴出现向输入轴方向的轴向窜动的相关测量数据，如图1、表1和表2所示。数据表明，测量54台变速器总成返修总成的输出轴窜动，52件不合格；测量20台变速器总成五挡

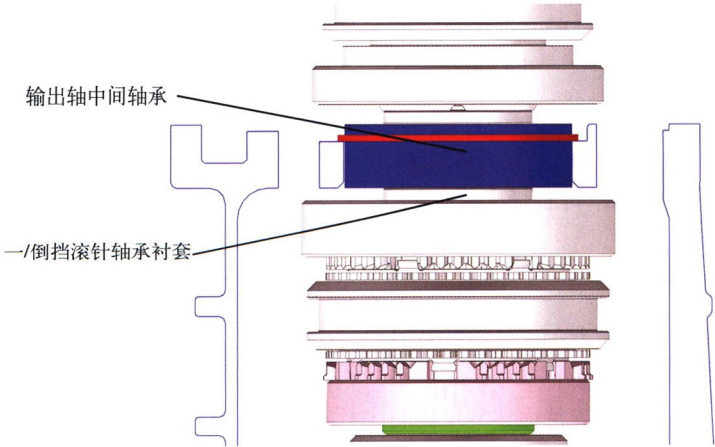


图 1

表1 输出轴中间轴承与一/倒挡滚针轴承衬套之间隙测量（技术要求无间隙）
(单位：mm)

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.11	0.12	0.09	0.11	0.10	0.12	0.10	0.10	0.10	0.11
2	0.11	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10
3	0.10	0.10	0.09	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
4	0.11	0.11	0.12	0.10	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
5	0.11	0.10	0.09	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.11	0.10
6	0.11	0.11	0.15	0.15	0	0	—	—	—	—

表2 五挡从动齿轴向间隙（技术要求0.15~0.26mm）（单位：mm）

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.1	0.13	0.2	0.25	0.18	0.13	0.25	0.1	0.1	0.2
2	0.2	0.25	0.15	0.2	0.16	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2

从动齿轮轴向间隙，9件不合格。

结合以上测量数据，从该系列变速器总成结构上分析对轴承窜动造成的影响：

该系列变速器总成结构设计上输入轴总成和输出轴总成之间需要存在间隙（见图2和图3），从而输出轴总成是通过输出轴中间轴承固定在轴承箱壳体上。在变速器总成装配中，需要从垂直方向上压装输出轴后轴承，此时输出轴中间轴承将受力支撑整个输出轴总成。

现生产的该系列变速器总成装

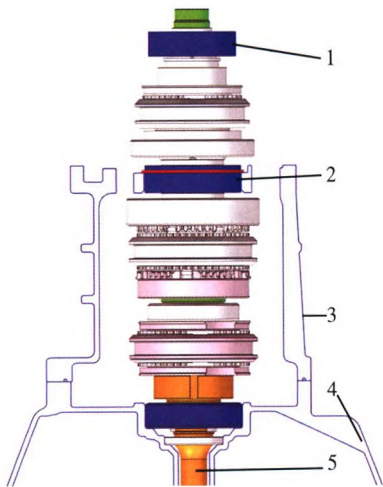


图 2
1. 输出轴后轴承 2. 输出轴中间轴承 3. 轴承箱壳体 4. 离合器壳体 5. 输入轴

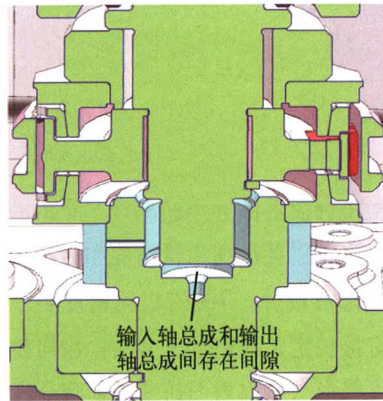


图 3

配工艺过程为输出轴后轴承是在常温状态下进行压装的。

输出轴后轴承与输出轴的配合尺寸：

轴 $\phi 28^{+0.015}_{-0.002}$ mm；孔 $\phi 28^{0}_{-0.008}$ mm；配合过盈量为0.002~0.023mm；常温下装配所需压装力（0.5~10kN）。

输出轴中间轴承与输出轴的配合尺寸：轴 $\phi 32^{+0.015}_{-0.010}$ mm；孔 $\phi 32^{0}_{-0.015}$ mm；配合过盈量为0.010~0.030mm；常温下装配所需压装力（2~15kN）。

从以上两组配合尺寸以及压装力和现行装配工艺过程考虑，理论上存在输出轴后轴承的压装力大于中间轴承的压装力。当输出轴后轴承的压装力大于中间轴承的压装力时，就会存在输出轴向输入轴方向窜动，导致中间轴承与一/倒挡滚针轴承衬套之间产生间隙和五挡从动齿轴向间隙超差风险。

减轻或消除输出轴窜动的措施和原理分析

1. 减轻或消除输出轴窜动的措施

基于以上对于输出轴窜动问题的原因分析，现针对该系列变速器总成输出轴后轴承的压装工艺进行优化，由原来的常温下压装输出轴后轴承，改为加热轴承后再进行压装，使轴承内孔变大，压入输出轴时以减小压装力。此措施能把对输出轴中间轴承与输出轴的装配位置关系的影响大大降低，保证输出轴总成向输入轴方向窜动减少，甚至

消除窜动。

2. 原理分析

将输出轴后轴承在专用轴承加热设备加热后，轴承会发生热胀冷缩，使轴承内孔尺寸增大。相应就能使轴承内孔与轴的配合过盈量减少，从而可降低轴承的压装压力。

轴承加热温度的确定。使用油脂润滑的闭式深沟轴承，当加热温度超过120℃时，轴承油脂性能会发生变化，影响轴承的润滑效果。而开式轴承和闭式轴承的轴承外圈都为使用高碳钢材料，当温度高于125℃时，高碳钢中马氏体组织会分解，出现二次淬回火，降低轴承外圈硬度，影响轴承寿命。因此将轴承在常温下的压装方式更改为加热后压装方式时，无论开式轴承还是闭式轴承，只要在轴承的加热温度小于120℃的情况下，都不会对轴承的性能产生影响。故工艺改进中，规定轴承加热温度为80~100℃，小于120℃，保证对轴承的性能没有受到影响。

同时做好对专用轴承加热设备工作温度的监控：设置加热时间；红外测温仪监控加热轴承温度。

试验验证

确定了工艺改进方案后，对该工艺方案进行了试验验证。输出轴后轴承图样尺寸要求为：27.992~28mm，将输出轴后轴承分为两组：

第一组零件状态为加热后未与输出轴装配并自然冷却到室温，分别测定加热前轴承内孔尺寸、加热后即刻轴承内孔尺寸、加热后未与输出轴装配并自然冷却到室温时的轴承内孔尺寸。

（下接第21页）

表6 各种精加工方法齿面压应力（GB/T 7704-2008）

样品名称	表层压应力/MPa	次表层（25 μm）压应力/MPa
成形磨齿-样品1	624	304
成形磨齿-样品2	871	571
蜗杆磨齿	409	261
珩齿-样品1	969	816
珩齿-样品2	1093	914

表7 改善后变速器噪声评分

噪声评分项目	总体 敲击	加速 敲击	减速 敲击	怠速 敲击	总体 啸叫	减速 啸叫	加速 啸叫
DCT变速器评分	8	8	8	8	7.25	7.25	7.25

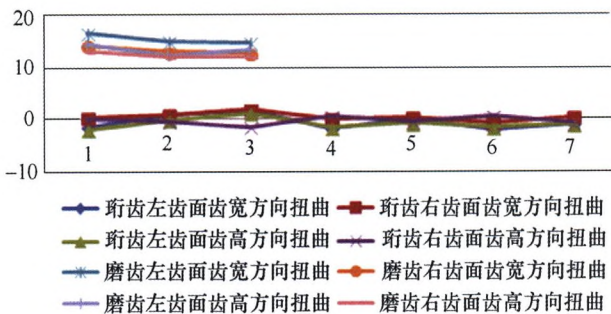


图14 珩齿和蜗杆磨齿扭曲对比

（上接第15页）

第二组零件状态为加热后与输出轴装配并自然冷却到室温，分别测定加热前轴承内孔尺寸、加热后即刻轴承内孔尺寸、加热后与输出轴装配并自然冷却到室温时的轴承内孔尺寸。

具体数据见表3。

从以上数据可看出：

轴承加热并自然冷却后，前后的轴承内孔尺寸变化很小。并不影响该系列变速器总成设计要求的配合性能。也就是轴承加热工艺的更改依然能够保证该系列变速器总成设计要求的配合性能

表3 两组零件对比（单位：mm）

轴承编号	加热前尺寸		加热后尺寸		未装配冷却后尺寸	装配冷却后尺寸
	第一组	第二组	第一组	第二组	第一组	第二组
1	27.992	27.995	28.011	28.013	27.993	27.995
2	27.991	27.993	28.011	28.012	27.992	27.994
3	27.993	27.994	28.009	28.010	27.993	27.993
4	27.994	27.996	28.013	28.010	27.994	27.994
5	27.998	27.997	28.011	28.013	27.997	27.995
6	27.994	27.993	28.001	28.011	27.993	27.995
7	27.993	27.995	28.010	28.011	27.993	27.996
8	27.994	27.994	28.010	28.009	27.993	27.994
9	27.993	27.995	28.005	28.011	27.992	27.993
10	27.994	27.996	28.013	28.012	27.994	27.996

的NVH要求。

结论

本文主要得到以下结论：

（1）为了满足变速器噪声要求，轴齿设计常采用“细高齿”增大重合度，提高全齿面精度要求满足运动误差，进行齿面修形优化接触区，这些都增加齿轮加工难度。

（2）使用齿轮加工仿真对制造精度进行预判以及改良刀具参数，可以有效减少刀具对齿轮制造的影响，并可以模拟得到系统刚度对齿轮精度的影响。

（3）优化工艺方法可以明显提高齿轮制造精度，降低制造成本，同时本文介绍了几个工艺优化的思路。 **AUTO1950**

轴承加热后压装，轴承会发生热胀冷缩，使轴承内孔尺寸增大，相应就能使轴承内孔与轴的配合过盈量减少，由原来设计的配合过盈配合量0.002~0.023mm变化为加热压装过渡配合量-0.011~0.014mm，从而可降低轴承的压装压力。

结语

通过了相关的试验验证，完全可以证明某国产纵置式变速器系列总成输出轴后轴承加热后压装装配工艺更改是合理的。此次该系列变速器总成输出轴后轴承压装装配工艺更改，能把对输出轴中间轴承与输出轴的装配位置关系的影响大大降低，保证输出轴总成向输入轴方向窜动减少，甚至消除窜动。从而减少甚至杜绝了相关的生产线返修及售后问题，降低该问题相关的抱怨和不满。 **AUTO1950**