

关于汽车主减速器选垫工艺的研究

庞瑞栋, 刘鸿杰, 刘景侨

广西汽车集团 广西柳州 545007

摘要: 对于汽车主减速器, 需要保证主动齿与从动齿之间的啮合间隙, 因此在装配中需要对主动齿垫片和差速器两端垫片进行选配。简述了一种汽车主减速器的装配工艺分析及优化, 在保证啮合间隙的同时, 减少了返工次数和提高了产品一次下线合格率。

关键词: 主减速器; 垫片选取; 啮合间隙

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.08.013

汽车主减速器作为汽车传动系的主要零部件, 有单极、双极之分, 单极只有一对齿轮, 主要运用于汽车中, 其作用是降低传动轴传递出来的转速, 起到减速增扭的作用。其原理为小齿轮推动大齿轮, 小齿轮连接输入端, 大齿轮通过差速器连接输出端。主减速器齿轮间啮合间隙的匹配度对主动与从动齿轮的耐用性起着决定性作用, 并且还关乎到车辆的NVH性能以及驾驶者的直观感受。

现有某款主减速器, 选垫工艺为根据经验值将减速器装配好后, 用设备测量其相关间隙, 不合格再重新更换垫片, 效率较低, 浪费产能。本文旨在探讨该款主减速器的构造、运作机制以及垫片选择技术, 以期改进和优化现有的垫片选择工艺在主减速器中的应用。

结构及工作原理

发动机产生的动力需经由传动系统传递至车辆两侧的车轮, 此过程中必然要通过主减速器。主减速器的输入端与传动轴相连, 而输出端则与两个车轮的半轴相接。其内部装有一对处于浮动状态的伞齿轮。为了确保主减速器能处于最佳工作状态, 需要对其齿轮间隙提出特定的要求。

1. 产品结构

主减速器结构如图1所示, 内部由主动伞齿轮、从动伞齿轮、差速器、半轴连接法兰、轴承及锁紧螺母等零部件构成。

主动伞齿轮通过主齿大小端轴承及锁紧螺母固定在壳体输入端, 从动伞齿轮通过差速器及两端轴承固定在壳体输出端, 这其中轴承起到主要限位作用, 而垫片起调整伞齿轮位置的作用。

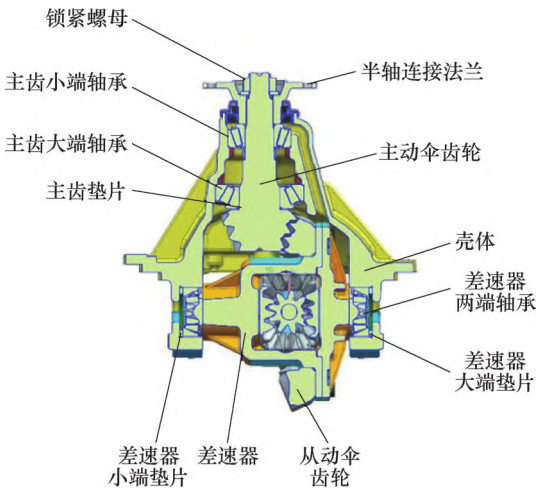


图1 主减速器结构示意图

2.工作原理

主减速器起到减速增扭的作用，其动力传递路径如图2所示。汽车行驶时，发动机通过传动轴将动力传递给减速器输入端，输入端的半轴连接法兰与传动轴固定，可看成刚性连接。动力通过法兰传递给与法兰适配的主动伞齿轮，主动伞齿轮转动，与其配合的从动伞齿轮也一同转动，但由于从动伞齿轮的齿数远大于主动伞齿轮，出现主动伞齿轮转多圈，从动伞齿轮才转一圈的情况，即小齿轮推动大齿轮来实现减速，由于输出的齿轮转速下降，其扭矩相应增加。

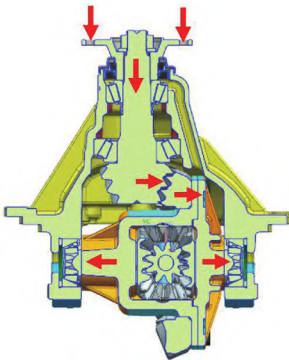


图2 动力传递路径示意

垫片选取工艺优化

原有方案不需要测量计算减速器的垫片值，工序较少，只需要每次开班前试装配出两台减速器，根据其选取的垫片来确定这个班次的垫片。虽然省去了复杂的测量计算工序，但是对来料一致性要求很高，且当产量较少时，节拍浪费严重。经过方案优化后（见图3），避免了节拍浪费的情况，提高了产品的一次下线合格率。

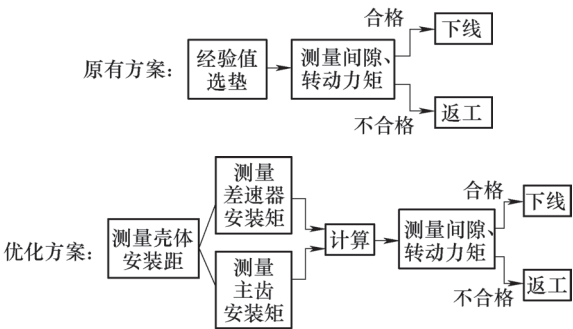


图3 方案逻辑性对比

1.优化方案分析

测量计算垫片的过程需要拆分成多个部分，分别

为测量伞齿轮、测量壳体安装距、测量差速器高度及计算，相较于原有方案多了一系列工序步骤，但垫片选取方法更为科学合理且对来料要求降低，减少因来料问题而造成停线、返工的情况。

2.垫片测量计算原理

计算涉及的物理量如图4~图7所示。需要测量出的值包括：主齿中心线与被齿定位面的距离 G 、主动齿安装距 H_1 、轴承高度 H_2 、齿轮配对值 H_3 、差速器带轴承高度 C_1 、差速器被齿安装面上高度 C_2 （差速器从动齿安装面下高度 C_2 ）、主齿中心线与从动齿定位面的距离 G 、壳体差速器安装位总跨距 $1\ K_1$ 、壳体差速器安装位

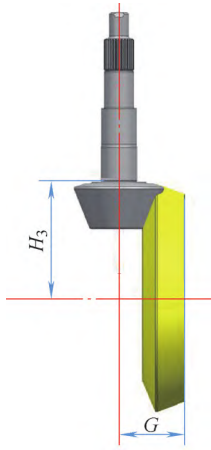


图4 伞齿轮测量

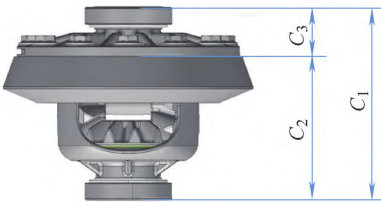


图5 差速器高度测量

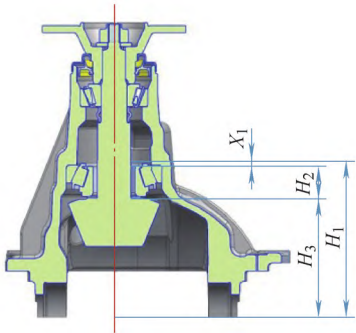


图6 主齿安装垫片计算

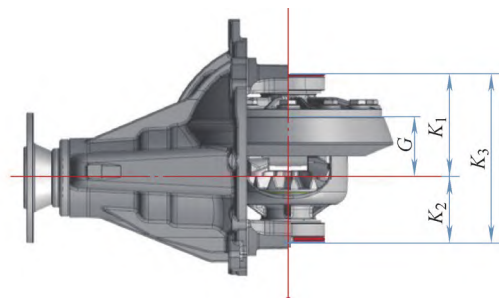


图7 被齿两端垫片计算

总跨距 $2K_2$ 以及壳体差速器安装位总跨距 K_3 。

计算的公式如下：

主齿垫片 $X_1 = H_1 - H_2 - H_3$ (1)

差速器两端垫片 $X_2 = K_1 - G - C_3$ (2)

差速器两端垫片 $X_3 = K_2 + G - C_2$ (3)

3. 垫片与间隙的关系

主动与从动伞齿的啮合在主减速器内部呈现浮动状态，因为其他位置是固定的，其啮合间隙的大小主要取决于装配时垫片的厚度。例如，理论状态下，其余各个方向固定，增加主动伞齿轮垫片的厚度，会让主动伞齿轮向下偏移，其与从动伞齿轮啮合的中心点下移，齿轮之间的贴合变得更紧密，则齿轮的啮合间隙变小。

零件验证

1. 验证方法

对同一主减速器实现静态测量和动态测量，确认在设备稳定的情况下，用优化方案装配出来的减速器间隙的稳定性；其次，对比统计这两种方案下的实际产线节拍，包含返工在内。

静态测量即单点重复性测量，主减速器固定不动，针对某个间隙重复测量，确保设备的稳定性。

动态测量即产品重复稳定性测量，选取5台减速器，每台减速器测量5次，每次测量3个点，取每次测量时的极值，确保产品的稳定性。

2. 验证结果

静态测量与动态测量结果如图8所示，可以看出用优化后的方案，产品的重复稳定性在0.025mm以内，满足间隙波动小于0.05mm的工艺要求。通过图9方案对

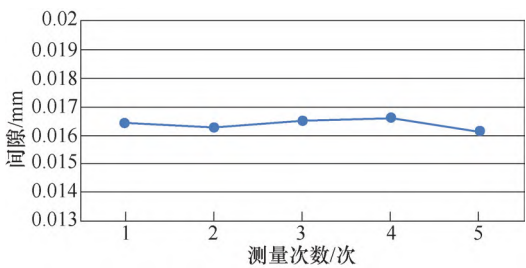
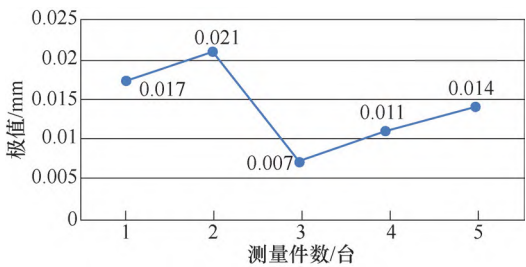


图8 静态与动态测量结果

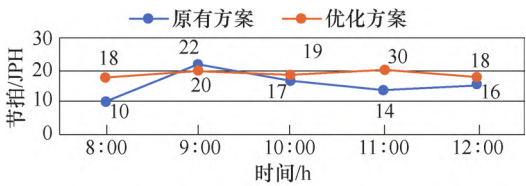


图9 两种方案实际产线节拍

比，可以明显看出优化方案的节拍更为稳定，意味着其返工相对于原有方案少了很多，一次下线合格率得到提高，产生的效益更为突出。

结语

通过一系列分析和验证，可以得出优化后的方案相对于原有方案更好，虽然主减速器装配时增加了一系列测量工序，但提高了选垫的准确性，减少了返工次数，还避免了因来料不合引起的停线风险，整线生产节拍得到保障。

参考文献：

[1] 任永强，景兴淇，陈清红．汽车驱动桥主减垫片测量方法研究及应用[J]．组合机床与自动化加工技术，2008（12）：59-61。
[2] 鲍益智．汽车主减速器选垫技术分析研究[J]．传动技术，2021，35（1）：20-22。
[3] 黄祖思，麦承贤，徐永路，等．关于差速器选垫工艺的研究[J]．制造与工艺，2019（20）：76-78。
[4] 赵驰．差速器间隙测量设备设计与应用[D]．安徽马鞍山：安徽工业大学，2021. **AUTO1950**