

# 后桥主减速器轴承偏磨研究

□ 江西江铃底盘股份有限公司 / 姜致强 吴国华 饶剑文

**摘要：**驱动后桥总成在装整车上进行NVH测试后，拆解主减速器总成，发现主动齿轮内外轴承及差速器轴承外圈内壁均出现一定程度的偏磨痕迹，为验证该现象是否正常，是什么原因导致，对主减速器总成结构和主减速器总成装配前后，加载前后进行一系列对比分析，找出主减轴承偏磨的根本原因，对后续的主减速器总成故障分析提供必要的参考。

随着我国汽车制造水平不断提高，用户对整车的舒适性也要求越来越高，降低车桥的噪声，提高车桥NVH性能迫在眉睫。

主减速器总成是后桥中重要驱动零部件总成，轴承是主减速器总成中的关键零部件之一，它不仅起着支撑载荷的功能（主减速器内齿轮的轴向力、径向力最终均传递到轴承上），其使用时的状态直接影响后桥的NVH性能和寿命。针对某SUV车型在NVH驾评后，拆解主减速器总成后发现主齿内、外轴承及差速器轴承都出现不同程度的偏磨现象，为了查明轴承偏磨的原因，以该SUV主减速器总成为模版，对轴承受力，装配情况，及主减速器总成加载前后偏磨情况进行一系列试验分析。

## 主减速器总成结构

主减速器总成中包含主动齿轮内外轴承，左右差速器轴承共4个轴承，主减速器总成结构如图1

所示。

## 理论受力分析

该主减速器总成为悬臂式主减速结构，主从动齿轮采用的是双曲面螺旋锥齿轮，主动齿轮偏置为下偏，主动齿轮旋向为左旋，当汽车

前进行时，主动齿轮顺时针旋转。其主被齿受力分析如图2所示。

图2中， $P$ 为齿面宽中点处圆周力， $A$ 为齿轮轴向力， $R$ 为齿轮径向力， $d_1m$ 为主动齿轮分度圆直径， $d_2m$ 为主动齿轮分度圆直径。

从以上受力分析可以看出，齿

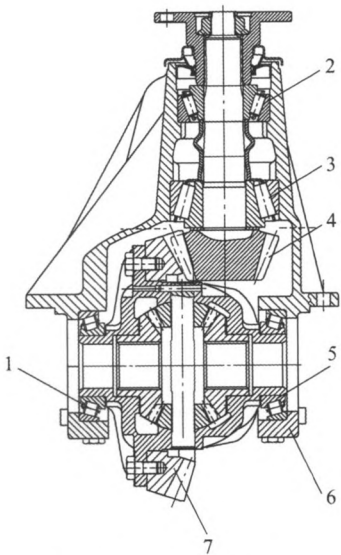


图1 主减速器总成剖视图

- 1.左差速器轴承 2.主齿外轴承 3.主齿内轴承  
4.主动齿轮 5.右差速器齿轮  
6.差速器轴承盖 7.从动齿轮

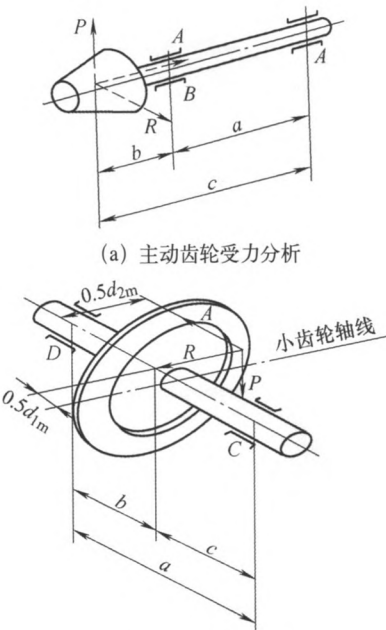


图2 齿轮受力分析

轮圆周力 $P$ 及径向力 $R$ 会影响轴承受力不平衡,是导致主齿轴承和差速器轴承的偏磨的主要原因,且偏磨方向应该是圆周力 $P$ 及径向力 $R$ 的合力方向

试验对比分析

1. 试验样品:

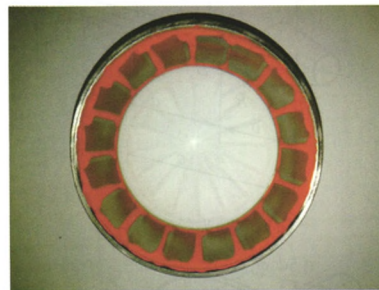
主减总成2套,主动齿轮轴承起动力矩分别为 $1.1\text{N}\cdot\text{m}$ 及 $1.5\text{N}\cdot\text{m}$ (主、从动齿轮未啮合的情况下)。

2. 试验方法

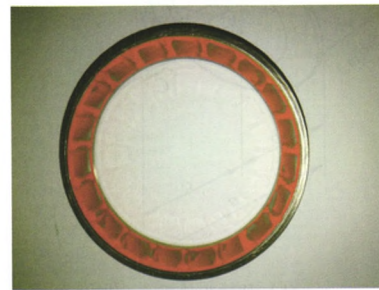
(1) 检查 $1.1\text{N}\cdot\text{m}$ 轴承本身是



(a) 外轴承



(b) 内轴承



(c) 差速器轴承

图3 轴承着色检查

否偏斜。装配前,对轴承进行该项检查,在无负荷情况下,涂着色剂观察轴承外圈滚道的接触印迹并拍照。

(2) 检查 $1.5\text{N}\cdot\text{m}$ 力矩的主减在空载后的轴承偏磨。主减总成装配成后桥总成,并空载试车,拆解并检查轴承偏磨情况

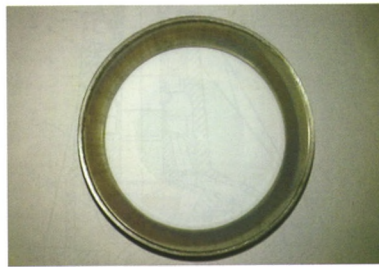
检查结果:空载情况下,主



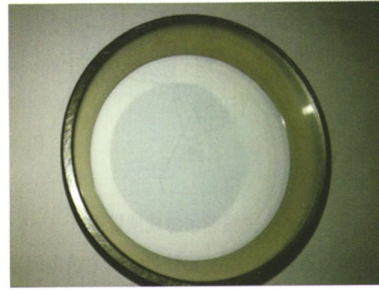
(a) 空载主齿外轴承



(b) 空载主齿内轴承



(c) 空载左端差速器轴承



(d) 空载右端差速器轴承

图4  $1.5\text{N}\cdot\text{m}$ 轴承空载检查

齿外轴承在减壳油槽处出现轻微偏磨;主齿内轴承出现轻微偏磨,且方向基本与受力方向一致;两边差速器轴承在轴承盖与减壳结合面处出现轻微偏磨。

(3) 检查加载后的轴承偏磨。分别将主齿预紧力矩为 $1.1\text{N}\cdot\text{m}$ 和预紧力矩为 $1.5\text{N}\cdot\text{m}$ 的主减总成进行加载试验,载荷 $350\text{N}\cdot\text{m}$ ,转速 $210\text{r}/\text{min}$ ,运转 $4\text{h}$ 。拆解主减,观察轴承外圈滚道的接触印迹和偏磨方向并拍照,且与减壳同时做好方向标记。

检查结果:主齿外轴承基本无偏磨, $1.5\text{N}\cdot\text{m}$ 力矩的在减壳油槽处有轻微偏磨;主齿内轴承两种力矩下偏磨程度及方向相近,基本可以说明该偏磨是由主减结构及其受力方式决定的,与轴承、减壳、差壳等零部件加工精度及主减总成装配关系不大;两种力矩情况下的差速器轴承偏磨情况基本一致且较轻微,均是在差速器轴承盖与减壳结合面处出现偏磨;与 $1.5\text{N}\cdot\text{m}$ 力矩主减空载试验对比,轴承偏磨方向差不多,空载较轻微。



(a)  $1.5\text{N}\cdot\text{m}$ 左端差速器轴承



(b)  $1.5\text{N}\cdot\text{m}$ 的右端差速器轴承

图5 加载后轴承偏磨检查

(4) 进口轴承空载试验。进口主减总成进行空载试验，因客观原因，该空载试验未装半轴及制动器总成。

检查结果：主齿内轴承出现轻微偏磨，但因试车时未带半轴及制动器总成，偏磨程度没有国产的严重；主齿外轴承基本未出现偏磨；差速器轴承偏磨情况与国产的相同。

试验结果分析

通过对以上装配前、装配后、空载试验、加载试验及进口主减总成空载试验分析，轴承偏磨情况如下：

- (1) 主齿外轴承基本无偏磨现象。
- (2) 主齿内轴承国产与进口轴承在空载及加载都出现不同程度

的偏磨，且1.1N·m力矩与1.5N·m力矩的主齿内轴承偏磨程度及方向相近。基本可以说明该偏磨是由主减结构及其受力方式决定的，与轴承、减壳、差壳等零部件加工精度及主减总成装配关系不大。

(3) 进口与国产差速器轴承的偏磨方式相同，均是在差速器轴承盖与减壳结合面处出现偏磨。

通过试验与理论分析得出结论：主齿内轴承的偏磨方向与理论分析的方向基本一致，差速器轴承的偏磨也与差速器轴承座结构有关，均是在差速器轴承盖与减壳结合面处出现偏磨。因此在主减内轴承出现偏磨均为结构性偏磨。

结语

本文对悬臂式主减速器总成装整车上进行NVH测试后，拆解主

减速器总成，出现的主动齿轮内外轴承及差速器轴承外圈内壁一定程度的偏磨问题进行了理论及试验对比分析，结合主减结构设计有关理论知识和装配时轴承的预紧力矩对轴承的影响，进行了分析及相关试验。

结果表明，主动齿轮内外轴承的偏磨方向与理论分析的方向基本一致，差速器轴承的偏磨也与差速器轴承座结构有关，均是在差速器轴承盖与减壳结合面处出现偏磨。因此在主减速器内的4个轴承出现偏磨均为结构性偏磨。找出了主减轴承偏磨的根本原因，对后续的主减速器总成故障分析提供必要的参考。 **AUTO1950**

(上接第56页)

表1 钣金件制造公差参考

| 序号 | 公差类型     | 参考值/mm  |
|----|----------|---------|
| 1  | 定位销尺寸公差  | 0.1     |
| 2  | 销孔配合公差   | 0.1     |
| 3  | 定位孔尺寸公差  | 0.1     |
| 4  | 定位销位置度公差 | 0.1     |
| 5  | 焊接变形     | 0.3-0.5 |

表2 钣金件总成公差参考 (单位: mm)

|                          |    | 1序   | 2序   | 3序   |
|--------------------------|----|------|------|------|
| 工序                       | 滑动 | ±0.6 | ±0.8 | ±1.0 |
|                          | 强制 | ±0.7 | ±0.9 | ±1.1 |
| 功能<br>(螺母螺柱孔、<br>焊接及安装面) | 滑动 | ±0.7 | ±0.9 | ±1.1 |
|                          | 强制 | ±0.8 | ±1.0 | ±1.2 |

理论计算有一定局限性，最终公差的给定可以根据统计结果乘以一个系数，简单的做法是参考其他一些量产车型根据实际情况微量调整。

结语

汽车尺寸工程是一个覆盖产品设计、工装设计、零部件制造和装配全过程的概念，其中GD&T图样设计是尺寸工程中的一项重要工作，编制GD&T图样需要持续不懈地加强对整车结构、定位、功能、偏差源属性等各项因素的认知，且GD&T的基准、公差设计需要在后序试生产环节评价并更正，在量产阶段持续优化，形成资料库，供后续车型 GD&T设计参考。

**AUTO1950**