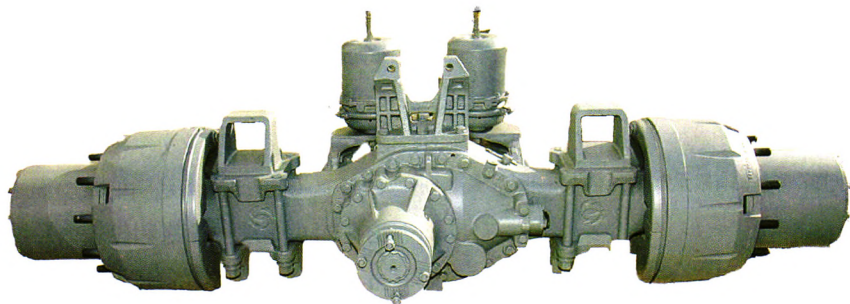


■洛阳轴研科技股份有限公司/张少龙 高 飞 王高峰 李泽强



主减速器轴承的静态分析与选型

主减速器是载货汽车驱动桥的核心部件之一，其可靠性对整车的工作性能有重要作用。圆锥滚子轴承作为驱动桥主减速器的关键部件，其精度、振动和可靠性等指标对主减速器的性能和寿命有决定性的影响。由于主减速器轴承所处的工况具有转速高、载荷大以及存在径向圆跳动等特点，常常会出现滚子打滑、歪斜以及与滚道和挡边产生剧烈摩擦等现象，进而导致轴承发热和磨损，导致其过早失效。轴承疲劳失效是导致载货汽车驱动桥主减速器损坏的主要原因之一。因此，研究主减速器圆锥滚子轴承的静态特性和选型尤为重要。

虚拟样机建模

1. RomaxDesigner 软件简介

RomaxDesigner 是一种具有专门用来设计分析齿轮传动系统模块的仿真分析软件，该模块在包含轴和齿轮相互作用的同时，将轴承也纳入系统，把整个传动系统作为研究对象，使其可以对驱动桥主减速器支承轴承是否失效进行详细的分析。

2. 仿真模型建立

某重型载货汽车后桥主减速器采用了弧齿锥齿轮

副和圆柱斜齿轮副来实现各轴间的动力传递，主动圆柱斜齿轮所在的输入轴传递的最大转矩为 $7679\text{N}\cdot\text{m}$ ，转速为 180r/min ，持续工作时间为 8h 。根据该传动系统的结构，利用 RomaxDesigner 建立了简化的后桥主减速器虚拟样机模型及动力流（见图1）。在该模型中，主动圆柱斜齿轮所在的输入轴上定义了一个输入转矩，从动弧齿锥齿轮所在的输出轴上分别定义了两个动力输出。

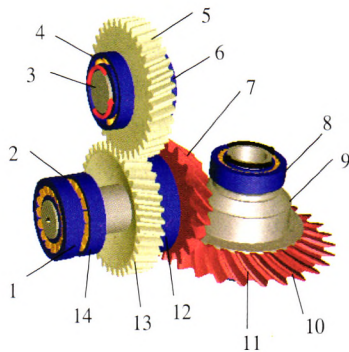


图1 后桥主减速器虚拟样机模型

1、4、6、8、11、12、14.轴承 2.中间轴 3.输入轴 5、13.主、从动圆柱斜齿轮 7、10.主、从动弧齿锥齿轮 9.输出轴

本文主要研究支承主减速器主动锥齿轮的两个圆锥滚子轴承——轴承1和轴承14（见图1），型号

为30311E。RomaxDesigner平面模型如图2所示。在RomaxDesigner中定义载荷工况，进而运行该主减速器虚拟样机模型。

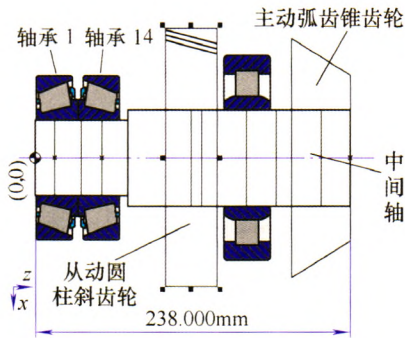


图2 中间轴RomaxDesigner平面模型

仿真结果分析

1.疲劳寿命

支承轴承的疲劳寿命分析结果通过ISO损伤百分比、Adjusted损伤百分比、ISO寿命以及Adjusted寿命等方式表示。

利用RomaxDesigner对主减速器主动锥齿轮所在的中间轴进行静态分析，得到两个圆锥滚子轴承的疲劳寿命和损伤百分比（见表1）。

表1 轴承的疲劳寿命和损伤百分比

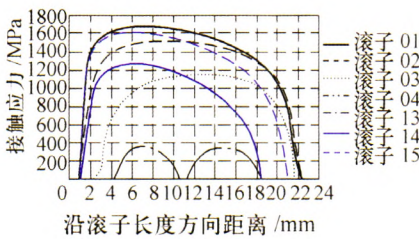
轴承	ISO寿命/h	Adjusted寿命/h	ISO损伤百分比 (%)	Adjusted损伤百分比 (%)
轴承1	40 750	28 990	0.0	0.0
轴承14	1978.4544	1831.8251	0.4	0.4

由表1可知，两个圆锥滚子轴承的ISO损伤百分比和Adjusted损伤百分比都较低，其中相对较高的轴承14也仅为0.4，依照Miner法则，两轴承在此特定工况下损伤比都小于1，因此其失效概率很小，能够在载荷工况下安全工作。另外，相比于轴承1和轴承14的ISO寿命及Adjusted寿命都非常短，不符合等寿命设计原则，这就导致当一个轴承仍能正常工作时另一轴承却已失效，使主减速器不能正常工作，严重缩短了后驱动桥的使用寿命。

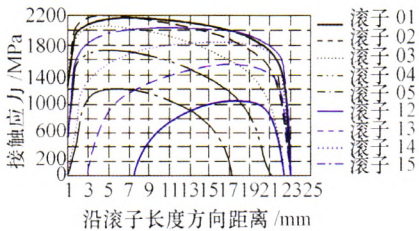
2.接触应力分布

轴承1、轴承14滚子与内外圈之间的接触应力分别如图3和图4所示。

对比分析图3和图4可知，轴承14承载的滚子数目多

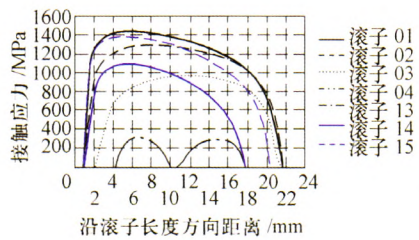


(a) 轴承1

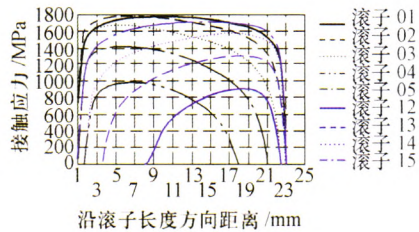


(b) 轴承14

图3 滚子与内圈之间的接触应力



(a) 轴承1



(b) 轴承14

图4 滚子与外圈之间的接触应力

于轴承1滚子的数目，且沿滚子长度方向滚子与内外圈之间的接触应力较大。这些结果都说明了在同等载荷工况条件下，轴承14比轴承1承受更大的力，更容易失效。

原因分析及选型改进措施

由图1可知，施加在输入轴上的转矩通过圆柱斜齿轮副传递到中间轴。因此，对中间轴而言，其受力中心在从动圆柱斜齿轮上。而轴承14比轴承1离从动圆柱斜齿轮更近，使其更接近于受力中心，由静力平衡原理可知，这将使轴承14承受更大的力，进而导致其滚子与内外圈之间的接触应力较大，疲劳寿命较短。所

以,改进轴承14是提高主减速器乃至后驱动桥使用寿命的重要途径之一。

改进的具体措施如下:

1) 为了提高轴承14的疲劳寿命,需要选取具有更大额定动载荷的圆锥滚子轴承。根据轴承在中间轴上的结构及所处的位置,选取32314E替代30311E。

2) 由于32314E的内径为70mm,而30311E的内径为55mm,需要将轴承14所在轴段的直径改为与齿轮所在轴段同一直径,其平面模型如图5所示。

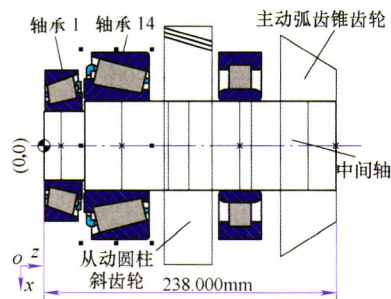


图5 改进后中间轴RomaxDesigner平面模型

利用RomaxDesigner对改进后的中间轴进行静态分析,两轴承的疲劳寿命及损伤百分比见表2。

表2 改进后轴承的疲劳寿命和损伤百分比

轴承	ISO寿命/h	Adjusted寿命/h	ISO损伤百分比 (%)	Adjusted损伤百分比 (%)
轴承1	14 380	10 710	0.1	0.1
轴承14	18 920	12 970	0.0	0.1

改进后,轴承1和轴承14滚子与内外圈之间的接触应力分别如图6和图7所示。

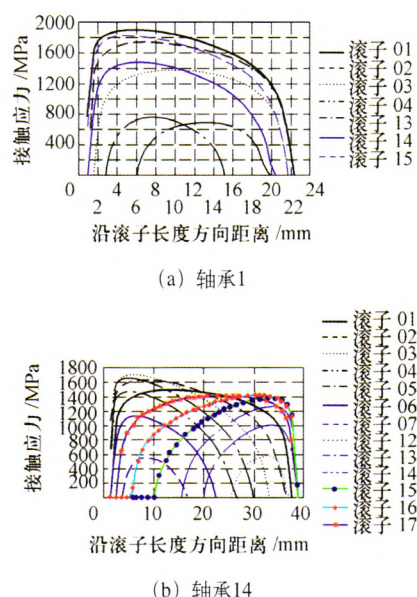


图6 滚子与内圈之间的接触应力

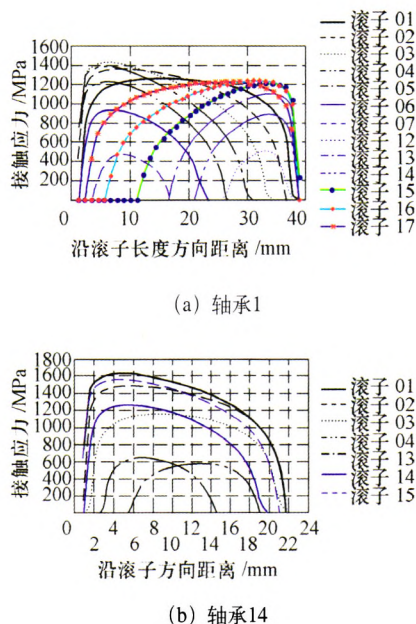


图7 滚子与外圈之间的接触应力

对比改进前后两轴承的RomaxDesigner静态分析结果,可以从中看出:轴承14的疲劳寿命得到了显著提高,且接触应力也有了较大幅度的降低,而轴承1却与此相反。总的来说,改进后轴承1的疲劳寿命等性能指标比改进前降低了不少,但这两轴承寿命基本接近,且使得两轴承的整体寿命提高了近10倍,符合等寿命设计原则,提高了主减速器的整机寿命。

结语

本文利用RomaxDesigner建立了某重型载货汽车后驱动桥主减速器齿轮传动系统虚拟样机,并以支承主减速器主动锥齿轮的圆锥滚子轴承(30311E)为研究对象,对特定工况下的该轴承进行静态分析,对比分析结果发现两轴承疲劳寿命有较大差距,并针对此问题提出了相应的选型改进措施,提高了主减速器的整机寿命,为重型载货汽车驱动桥主减速器圆锥滚子轴承的选型和设计分析提供参考。

关键词:

驱动桥主减速器 圆锥滚子轴承 静态分析

(收稿日期20130117)