

中桥主减速器支撑壳体优化改进

隋景玉，张凯，王海龙，王国元，林方军

山东蓬翔汽车有限公司 山东烟台 265607

摘要：首先对中桥主减速器建立Romax仿真模型，导入壳体数据，通过输入载荷谱参数进行分析计算，找出壳体存在的承载薄弱点；随后针对薄弱点对三维模型进行优化，穿插着对三维模型导入Romax前使用HyperMesh的前处理步骤进行分析，在对优化后的壳体以及传动系核心部件的承载满足性全部进行校核确认后，最终得出了该中桥主减速器的方案设计满足性的结论。

关键词：中桥；主减速器；壳体；Romax仿真；壳体优化

作为驱动桥上承担着传递转矩、减速等核心功能的主减速器^[1]，其中一个重要指标就是强度满足性要求，即从内部轴承、齿轮等核心部件到外部支撑壳体都要满足强度及可靠性要求。此外，在强度和可靠性满足的前提下，还要将支撑壳体的外形结构设计得布局合理，不得存在有的位置强度过剩而有的位置强度不足这种分配不均、强弱共存的问题，另外还要尽可能地做到轻量化，降低产品成本。

本文以某商用车中桥主减速器外部支撑壳体为研究对象，通过建立三维模型，基于Romax软件导入载荷谱参数和模型数据，对改进前的壳体进行CAE有限元分析，找出薄弱点，随后针对薄弱点进行优化改进，最终使改进后的壳体满足使用要求。

建立主减速器仿真模型

图1所示为中桥主减速器通过Romax软件建立的数

字化参数模型^[2]。其中包含了输入轴、输入轴轴承、轴间差速器、主从动圆柱齿轮、主从动锥齿轮、主动锥齿轮轴承和差速器轴承等内部传动系统全部核心部件，各部件主要参数见表1。

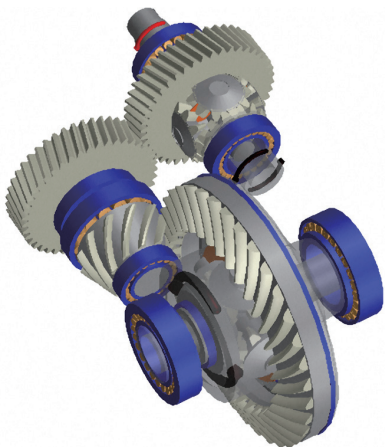


图1 中桥主减速器Romax模型

表1 主要参数表

参数名称	数值
主减速器速比	35/11
从动锥齿轮节圆直径/mm	560
主从动锥齿轮模数/mm	15.8
圆柱齿轮模数/齿宽/中心距/mm	6.5/70/300
圆柱齿轮压力角/螺旋角/(°)	20/16.5
差速器轴承间距/mm	330
输入轴承间距/mm	230
主动锥齿轮轴承直径/mm	100 (内) /215 (外)

壳体模型建立和导入

根据该中桥主减速器方案布置尺寸，结合以往壳体件设计经验，首先选择该总成的主要外部支撑壳体，即主减速器外壳和圆柱齿轮外壳的壳体壁厚为14mm，利用creo三维建模软件设计得到壳体外形图，如图2所示。

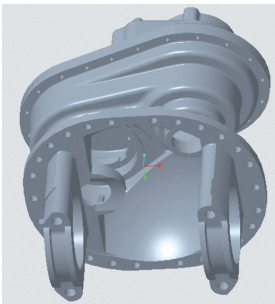


图2 减速器外壳和圆柱齿轮外壳三维模型

将以上壳体数据通过HyperMesh软件划分网格并编辑材料、约束等分析数据，导入之前的Romax模型，即得到了带有FE壳体的数字化模型，如图3所示。

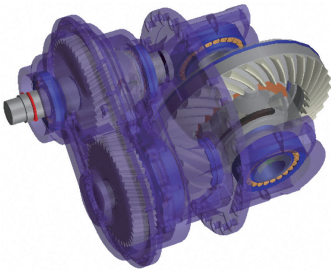


图3 带有FE壳体的数字化模型

运行分析与问题查找

对Romax模型的运行分析，首先要确定该传动系统准确的载荷谱参数。根据QC/T 533—2020，驱动桥的最大输入转矩Min可以依据下式确定，即

M_{in} = \frac{\sin(\arctan 0.18)}{0.95n_{i0}} m g r_k K \tag{1}

式中 Min——驱动桥最大输入转矩（N·m）
m——汽车最大总质量，kg；
g——重力加速度（m/s²）；
r_k——轮胎滚动半径（m）；
i₀——驱动桥减速比；
n——车辆所装驱动桥数量；
K——强化系数。

经计算得到该中桥主减速器的载荷谱参数（见图4）：输入功率677kW，输入转矩4310N·m，输入转速150r/min，中后桥功率等分，左右轮功率等分。

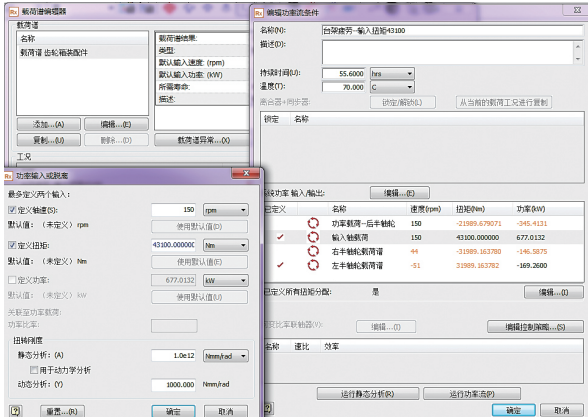


图4 载荷谱参数

图5所示为运行分析得到的结果。从计算结果可以清晰地看到壳体外形设计中存在的薄弱点，最大应力在300MPa以上，超出材料QT450-10本身屈服强度，且壳体总成位移530 μm，偏大。另外，还可以看出壳体设计中存在强度不均的问题。因此，如果对以上薄弱点进行加强，则壳体壁厚还存在降低的空间。

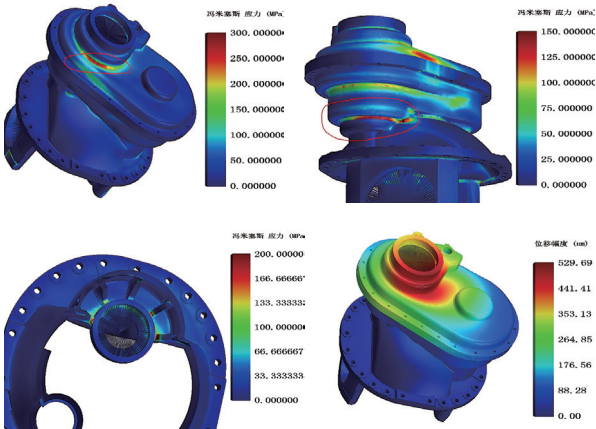


图5 改进前分析结果

壳体优化改进和模型前处理

根据以上Romax数据模型分析结果，对原有壳体件进行优化改进。将主减速器外壳和圆柱齿轮外壳的壁厚由14mm降低为11mm，对刚度薄弱处增加外廓尺寸，对分析结果对应薄弱点设计布置加强筋，并在满足装配要求的基础上尽可能加大薄弱处圆角半径，以将原设计中应力集中的影响降为最低^[3]，优化后的壳体模型如图6所示。

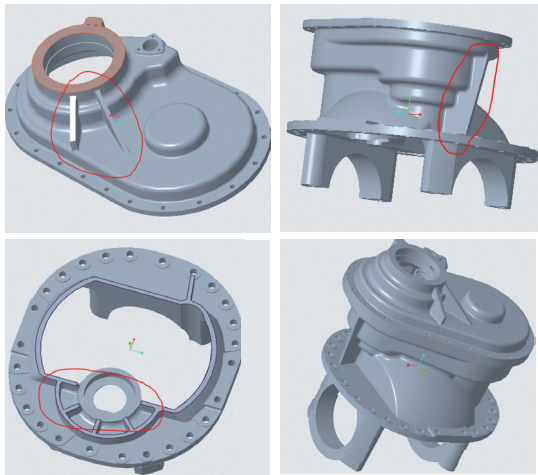


图6 优化后壳体三维

同样，在将优化后的壳体模型导入Romax前，要将此模型导入HyperMesh进行划分网格^[4]，具体步骤如下。

1) 对主减速器外壳、圆柱齿轮外壳、主动锥齿轮轴承座和左右差速器轴承盖等5个壳体依次划分网格（见图7）。

2) 对各壳体件导入材料属性，材料均为QT450-10。

3) 各壳体间连接面依次对应选中，建立绑定连接——“TIE”（见图8）。

4) 整个壳体总成添加约束限位。根据实际工作情况，减速器外壳安装面添加固定约束，即自由度为0，差速器轴承盖安装止口的限位为仅在Z轴方向拥有位移和旋转自由度，其余自由度均为0（见图9）。至此，

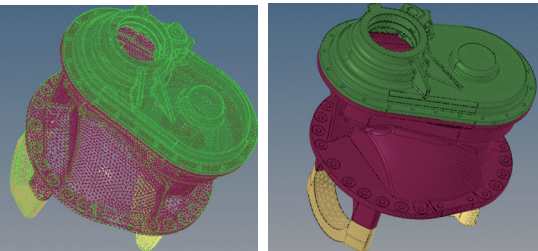


图7 壳体划分网格

完成了壳体总成在导入Romax前的全部前处理工作。

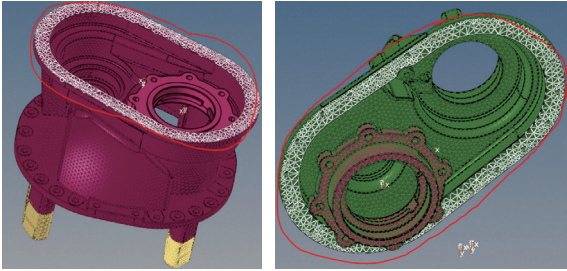


图8 绑定连接面选取

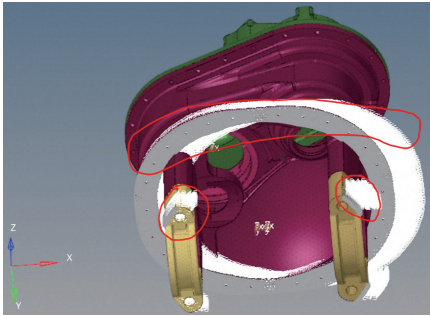


图9 壳体总成约束限位

改进后壳体再分析

对改进后模型再次进行分析，计算结果如图10所示。壳体总成最大应力降低至220MPa以下，满足材料使用性要求，最大位移大幅降低至337 μm ，并且壳体中原有应力集中的薄弱节点全部清除，强度、刚度符合性得到明显提升。

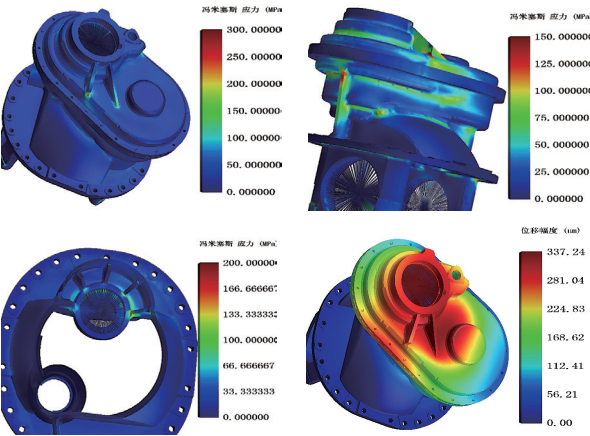


图10 改进后分析结果

改进前后壳体质量分别为241.3kg和206.3kg，通过优化壳体壁厚，实现降重合计35kg，不仅提升了使用可靠性，还降低了材料成本。

传动系统满足性确认

经过以上分析，仅确认了主减速器总成外部支撑壳体的可靠性情况，对内部传动系各核心部件的承载满足性也需要进行确认。

首先，对各轴承的承载情况进行分析，由图11可以得到各轴承的受力方向，以及每一个轴承使用寿命分析情况。表2列出了全部轴承的使用寿命计算结果。从表2可看出，各轴承的ISO损伤均小于100%，寿命满足使用要求^[5]。

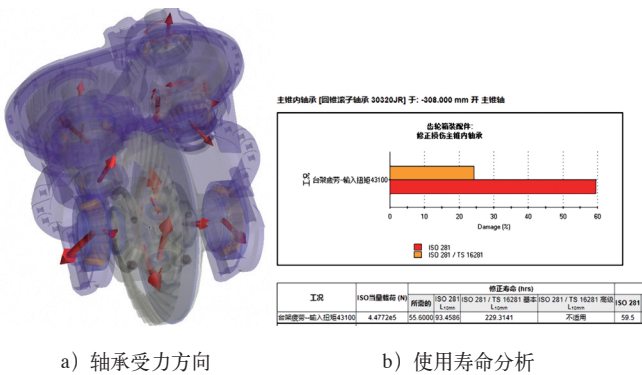


表2 轴承使用寿命分析结果

轴承类别	ISO寿命/h	ISO损伤 (%)
差速器右轴承	783.4	7.1
差速器左轴承	439	12.7
导向轴承	82.8	67
输入轴前轴承	270	20.6
输入轴后轴承	173.8	32
主动锥齿轮内轴承	93.5	59.5
主动锥齿轮外轴承	647	8.6

其次，对圆柱齿轮的承载情况进行校核分析，如图12所示。图12中，红色为主动齿面，粉色为从动齿

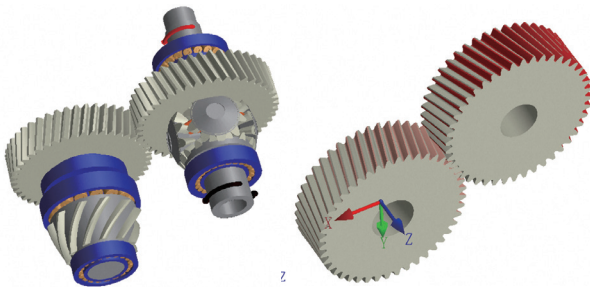


图12 圆柱齿轮承载分析

面，圆柱齿轮的承载分析结果见表3，接触安全系数和弯曲安全系数均>1，满足设计要求^[6]。

表3 圆柱齿轮啮合运行结果

啮合齿轮	接触		弯曲	
	安全系数	实际应力 /MPa	安全系数	实际应力 /MPa
主动齿轮	1.02	2081	1.13	1080
从动齿轮	1.02	2081	1.13	1080

最后，对主动锥齿轮、从动锥齿轮和差速器半轴、行星轮的承载情况进行校核分析。图13所示为运行分析得到的最差工况下，最大接触应力和最大弯曲应力计算结果，根据齿轮材料本身承载能力，计算得到以上齿轮的最小接触和弯曲疲劳安全系数分别为0.83和1.32，均大于行业内对应的最小许用安全系数0.75和1，满足设计要求。

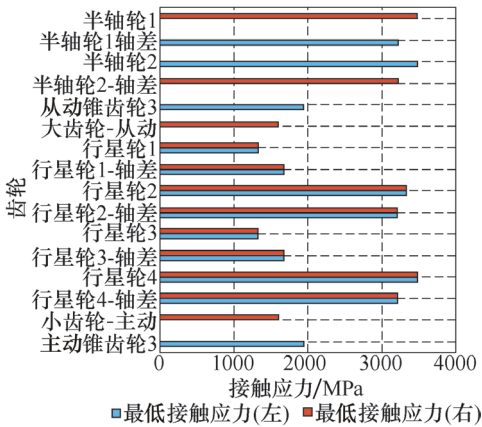
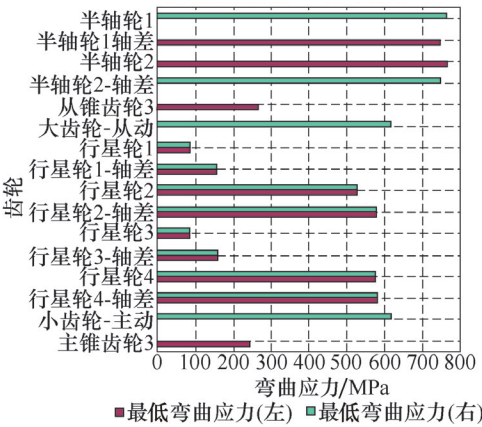


图13 台架试验

至此，对于该中桥主减速器总成，从外部支撑壳体到内部核心部件，均已完成全面校核确认，最终完成的方案布置如图14所示。

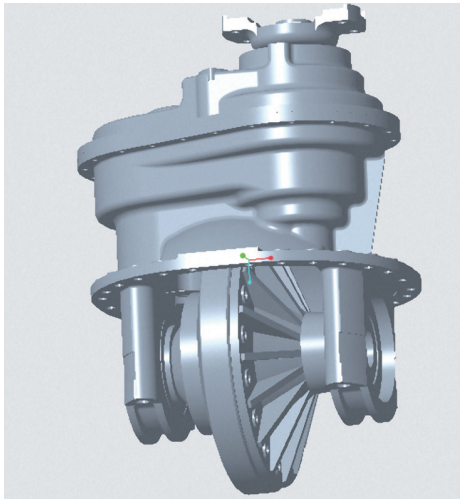


图14 最终方案

结语

本文首先对中桥主减速器建立Romax仿真模型，导入首轮方案的壳体模型数据，通过输入载荷谱参数进行分析计算，找出壳体本身存在的承载薄弱点，随后

针对薄弱点优化改进三维模型，并穿插着对三维模型导入Romax前使用HyperMesh的前处理步骤进行列述。在对优化后的壳体承载满足性进行校核后，还对主减速器总成传动系各核心承载件进行可靠性确认，最终得出了该中桥主减速器的方案设计满足性结论，并完成了准确而完整的方案图绘制。

参考文献：

[1] 王霄峰.汽车底盘设计[M].北京：清华大学出版社，2010.

[2] 张凯，胡顺安，林方军，等.基于Romax的差速器壳体故障分析及设计优化[J].汽车零部件，2021（11）：73-75.

[3] 张翠.基于CAE分析的微卡后桥主减壳优化设计[J].汽车零部件，2017（8）：49-51.

[4] 李晓明，李延良，王晓玲，等.基于HyperMesh的某自卸车车架拓扑优化及有限元分析[J].重型汽车，2021（10）：18-19，38.

[5] 李凯，潘崇来，周秋忠.减速器参数化设计知识模板的构建[J].机械设计，2021（11）：127-131.

[6] 郑显良，刘红国，吴海龙.新能源汽车平行轴减速器静扭试验分析[J].汽车零部件，2021（11）：69-72.

AUTO1950

汽车工艺师 2022年 第4期 广告目次 Advertisement Catalogue

单位名称	查询编号	位置
汽车工艺师		封面
SMALLEY钢圈有限公司	8086	封二
中国机械工业联合会	8000	封三
瓦尔特	1064	封底
绅名科技	7001	1
汽车制造需求对接平台	8688	2
金粉商城	8000	3
《汽车工艺师》杂志订阅	0001	4