

前驱动桥主减速壳盖有限元分析

饶剑文

江西江铃底盘股份有限公司 江西抚州 344000

摘要：以某款前驱动桥的主减速壳盖为研究对象，其主减速壳盖采用高压铸造铝合金材料。运用CAE仿真软件对主减速壳盖强度和密封性进行了有限元分析，结果表明在极限工况下均能满足设计指标的要求。从而减少了因产品设计原因而引起的产品质量问题，加快了产品开发速度，降低了产品开发成本，也为产品的结构优化、整体性能等方面提供理论参考及技术支持。

关键词：轻量化；铝合金；有限元分析；驱动桥；壳盖密封

前驱动桥用在越野汽车和一些轿车的上，既是转向桥又是驱动桥。其主减速器的壳体与壳盖结合面的设计，要满足一定的强度和密封性要求，密封性不好严重影响减速器轴承的润滑和齿轮疲劳寿命。为了实现汽车零部件轻量化要求，主减速壳采用了高压铸造铝合金材料。为了验证铝合金材料及设计结构的可行性，本文通过有限元分析法，对主减速壳盖进行了强度和密封性的分析校核。

设计要求

主减速器壳体采用了高压铸造铝合金材料，代号为YL113。对比普通铸铁材料，高压铝合金铸件的优势表现在尺寸精度高、表面质量好，可以生产出各种形

状复杂、难度较大的产品并具有良好的冲击韧性，结构组织致密，强度、硬度及耐磨性较高。高压铸造铝合金材料广泛用于结构件，如壳体、缸体、箱体以及框架等。主减速器壳由壳体和壳盖组成，在结合面涂覆平面密封胶，通过螺栓联接，以保证整个主减速器壳体和壳盖的密封性。壳盖材料属性见表1。

表1 壳盖材料属性

材料代号	屈服强度 / MPa	抗拉强度 / MPa	延伸率 (%)
YL113	170	230	1

结构强度指标要求，加载后其塑性应变应小于0.75%；密封性设计指标要求，加载后密封面的间隙应小于0.05mm，允许密封面的局部区域间隙大于

0.05mm，但不能贯穿壳盖径向宽度。

有限元模型及约束

发动机一档最大输出扭矩为1010N·m，汽车安全系数为1.8，按输入扭矩1818N·m (1010×1.8) 为设计载荷进行评估。壳体与壳盖之间设置有预紧力载荷的螺栓连接，扭矩系数为0.2。用UGNX建立产品三维数模，通过前处理ANSA软件进行网格划分。在齿轮传动系统软件MASTA中建立前驱动桥模型，计算并输出在设计载荷作用下，内部各轴承连接点的内力，以作为前桥结构CAE分析的载荷输入。约束方式的固定点及数模如图1所示，为前桥悬置连接点固定约束。

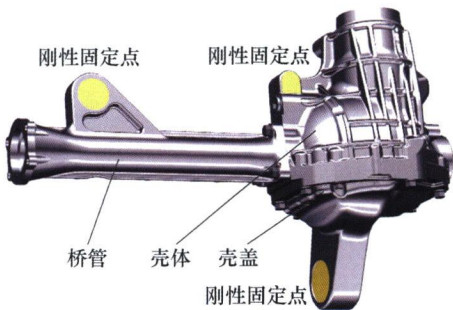


图1 前桥悬置连接点固定约束

ABAQUS有限元分析

ABAQUS是功能强大的有限元软件，可以分析复杂的固体力学和结构力学系统，模拟非常庞大复杂的模型，处理高度非线性问题。

(1) 前处理 是定义物理问题的模型，并生成一个ABAQUS输入文件。分析计算使用ABAQUS/Standard求解输入文件中所定义的数值模型，结果保存载二进制文件中以便后处理。

(2) 后处理 用各种方法显示分析结果，包括彩色云纹图、动画、变形图以及X-Y曲线图等，本文采用彩色云纹图。

1.强度分析一

在设计载荷作用下，壳盖的强度应力云图，如图2所示，由计算结果可以看出壳盖最大应力161.3MPa，位于螺栓孔处。

其中，S代表应力，Mises位等效应力。"Von Mises Stress"被习惯性称为“Mises等效应力”，它遵循材料

力学第四强度理论（形状改变比能理论）。Avg，表示平均值。

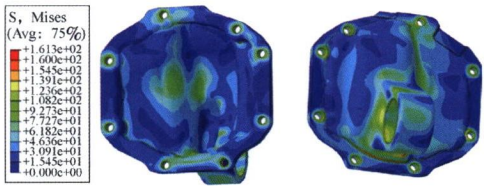


图2 壳盖的强度应力云图

2.强度分析二

在设计载荷作用下，壳盖的塑性应变云图，如图3所示，其中，PEEQ表示“等效塑性应变”。由计算结果可以看出壳盖最大塑性应变0.10%，位于螺栓安装面凸出边缘。

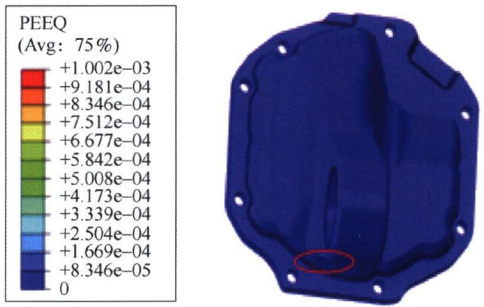


图3 壳盖的塑性应变云图

3.结合面密封性分析

在设计载荷作用下，壳盖的密封性云图，如图4所示，其中，COPEN表示“接触间距”，正值为“间距值”，负值为“穿透值”。由计算结果可以看出壳盖最大密封面间隙0.039mm，位于壳盖上部的螺栓安装面内侧边缘。

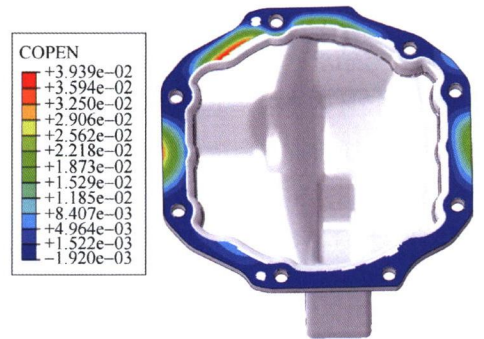


图4 壳盖的密封性云图

4.综合分析

分析结果汇总，见表2。

表2 分析结果汇总

项目	设计目标	有限元分析结果	评判
结构强度	加载后，其塑性应变小于0.75%	最大塑性应变量为0.10%	符合要求
结合面密封性	加载后，密封面间隙应小于0.05mm	最大间隙为0.039mm	符合要求

台架验证

汽车各零部件产品台架试验是产品研制阶段的重要环节。它不仅用于测试整个开发产品及相关部件的可靠性，还用于验证产品的性能是否达到原设计指标。因此，产品在成功量产前，大量的台架试验是必不可少的。产品样件试制完后，按新产品开发的设计验证计划（DVP计划指Design Verification Plan），试验按设计输入扭矩1818N·m，同有限元分析加载，进行了总成疲劳和总成静扭台架试验，试验结果也满足设计要求，总成疲劳台架试验如图5所示，总成静扭台架试验如图6所示。

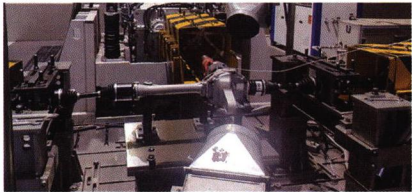


图5 总成疲劳台架试验

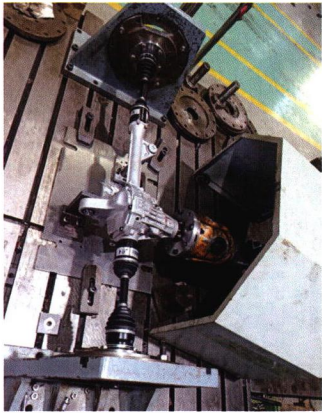


图6 总成静扭台架试验

结语

本文通过ABAQUS软件建立结构有限元模型，对减速器壳盖铝合金的材料进行强度和密封性分析，与台架试验结果数据进行对比，证明了该产品结构设计和选择材料的可行性，为后续产品开发及优化提供了可信的仿真技术支持。也有效地节约了产品性能测试的试验费用，从而减少开发成本，缩短开发周期，避免量产后出现质量问题，提高产品市场竞争力。同时也说明选用该铝合金材料，可实现零部件的结构轻量化。 **AUTO1950**

（上接第46页）

分析报告。扭紧力矩明确到每台设备不合格数量，占总数量的百分数；加注工艺参数有多个，明确每台设备哪个工艺参数不合格，一个参数不合格则该加注车辆数判定为不合格，明确不合格车辆占总数量的百分数。

（2）设备能力指数Cmk计算 设备能力指数是用于新设备验收、新产品试制、设备维修后，生产达到稳定后开始抽样并计算相应设备能力指数。在拧紧设备稳定状态下对同一拧紧程序号连续抽取50组样本数据，计算分析Cmk值，并输出EXCEL。

（3）过程能力指数Cpk计算 系统具有过程能力指数Cpk计算分析功能，可在工序受控状态下对同一拧紧程序号抽取多组样本数据，抽样方式按月度核算，每月的1-31号工作日，每一天随机抽取5个样本数据为一组，连续抽取的天数为组数，如25天则样本数为25×5一个，计算分析Cpk值；选取月份后，系统按

照抽样规则，自动抽取数据并计算本月过程能力指数Cpk，根据计算结果，输出EXCEL。

（4）控制图绘制不分析 对关键力矩值、工作液加注量每月度绘制控制图，并对控制图按SPC分析中九种异常判定原则进行趋势分析。

结语

该系统是通过信息化技术和智能化设备结合，将产品的关键特性参数预置到系统中，实现制造过程中对生产过程监控、识别、转化、传递及防错管理。系统具有工艺参数预置，新产品工艺参数更新，工艺数据维护，制造过程数据采集，防错拧紧，防错加注，设备Cmk计算，过程Cpk计算，工艺分析，数据查询并输出表单，异常情况提示推送等功能，在制造业领域有很广阔的推进价值。 **AUTO1950**