

Motion Simulation Analysis of the Transmission System Based on a Certain Type of Secondary Reducer

De Zhang Zhijun Liu

School of Mechanical and Automotive Engineering, Yinchuan Energy College, Ningxia, Yinchuan, 750000, China

Abstract

Based on the motion simulation analysis of the transmission system of a two-stage reducer, this paper first uses SOLIDWORKS software to establish the model of the two-stage reducer according to the known conditions, uses ANSYS software to optimize the design of the reducer box, and conducts Kinematics simulation of the transmission system through the virtual simulation software ADAMS, obtaining the time domain law and frequency law of the output shaft speed, and the analysis results are consistent with the theoretical calculation values, Explain the rationality of the virtual prototype analysis model and the credibility of the simulation.

Keywords

reducer; SOLIDWORKS; modeling; ANSYS; optimize design

基于某型二级减速器传动系统的运动仿真分析

张德 刘志军

银川能源学院机械与汽车工程学院, 中国·宁夏 银川 750000

摘要

论文基于某型二级减速器传动系统的运动仿真分析, 首先根据已知条件运用SOLIDWORKS软件建立二级减速器的模型, 运用ANSYS软件对减速器箱体进行优化设计, 并通过虚拟仿真软件ADAMS对传动系统进行运动学仿真, 获得了输出轴转速的时域规律和频率规律, 分析结果与理论计算值相吻合, 说明虚拟样机分析模型的合理性以及仿真的可信性。

关键词

减速器; SOLIDWORKS; 建模; ANSYS; 优化设计

1 引言

用于传递动力与运动的机构中, 减速器运用的范围非常广泛, 它是在原动机和工作机之间用于降低速度、增大扭矩的传动装置。目前减速器的结构设计采用传统的设计方法, 它是依据大量经验公式和各种设计系数, 凭借经验一步一步地进行设计, 因此设计时仍存在较大的盲目性。但随着市场经济的发展, 企业希望通过对减速机结构进行优化设计提高产品性能, 减少原材料消耗, 降低生产成本, 增强产品的竞争力。论文使用 SOLIDWORKS 软件对减速器整体建模, 运用 ANSYS 软件对减速器箱体进行结构优化设计, 运用 ADAMS 软件对减速器的传动系统进行运动仿真分析。

【基金项目】2022年区级一般研究项目“反刍类养殖动物舔砖压机优化设计及仿真研究”(项目编号: NYG2022136); 2021年区级一流本科专业建设项目。

【作者简介】张德(1988-), 男, 回族, 中国宁夏固原人, 本科, 助教, 从事数控加工研究。

2 建模

2.1 减速器的传动系统结构组成

某型二级减速器传送带拉力 1500F (N), 传送带速度 $V=1.1\text{m/s}$, 滚筒直径 $D=220\text{mm}$ 。传动系统结构组成如图 1 所示, 电动机 1 通过电动机轴输入的驱动力通过联轴器 2, 传入减速器齿轮箱中的高速级的斜齿齿轮 5, 传递给低速级的直齿齿轮 6, 再经联轴器 3 将动力通过卷筒轴传送到卷筒 4。

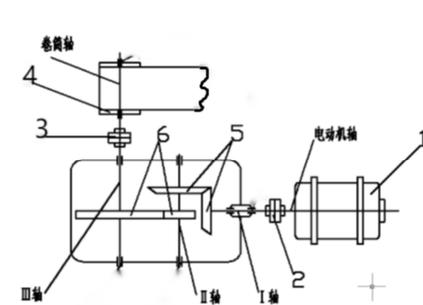


图 1 传动系统结构组成

论文主要研究的是基于二级减速器传动系统的运动仿

真分析, 因此需要计算相关数据如下: 输入轴转速 940r/min, 输出轴(卷筒)转速是 95.541r/min, 传动装置总传动比为 9.839。同时根据已知条件选择和计算减速器的各个尺寸, 然后根据各个数据进行二级减速器的三维建模^[1]。

2.2 建模

根据上述计算结果用 solidworks 建立减速器模型如图 2、图 3 所示。

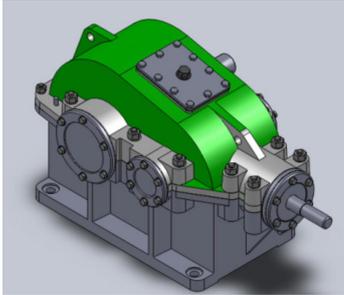


图 2 减速器装配图

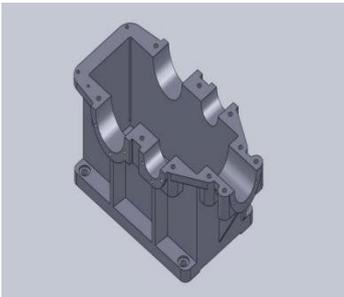


图 3 下箱体

3 优化设计

由于减速器在运动过程中受力的主要是下箱体(图 3), 所以直接对下箱体进行有限元分析。在有限元分析中, 必须定义材料的弹性模量、泊松比和密度。箱体材料为 HT250, 杨氏模量 $E=1.73e11Pa$, 泊松比 $\mu=0.3$, 密度为 $\rho=7.29 \times 10^3 kg \cdot m^3$ 。将 solidworks 软件建立的模型导入到 ANSYS 软件中, 首先进行网格划分, 然后施加约束条件和载荷, 具体见图 4、图 5、图 6。

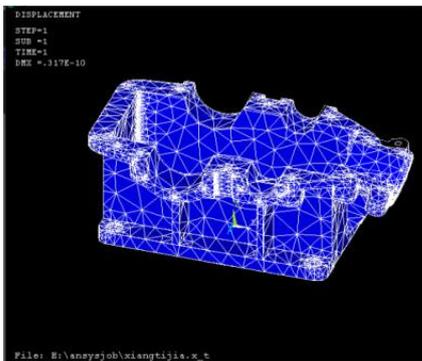


图 4 箱体变形前后的轮廓图

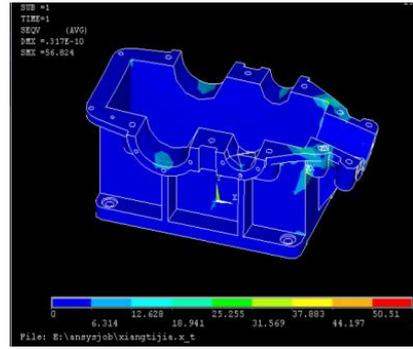


图 5 应力场等值线图

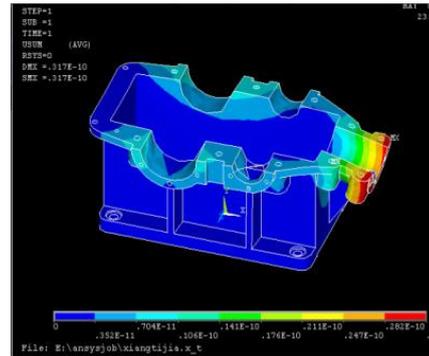


图 6 位移场等值线图

结果如下: 在施加全约束的 4 个地脚螺栓处的位移最小, 大约为 $0.325 \times 10^{-11}mm$, 最大位移出现在高速轴轴承孔边缘和低速轴轴承孔边缘, 最大位移量达到 $0.141 \times 10^{-10}mm$ 。对此结果进行优化设计, 以缩小体积和减轻重量。应用 ANSYS 软件的 APDL 语言编写命令流程序对箱体进行参数化建模、约束及载荷边界条件设置, 然后进行优化分析。得到优化结果如表 1 所示。

表 1 优化结果

参数	原设计方案	优化后方案	变化率
H1 (mm)	20	16.607	16.97%
H2 (mm)	15	13.521	9.86%
B (mm)	8	7.492	6.35%
SMAX (MPa)	56.82	65.95	16.07%
体积 (mm ³)	0.30465E8	0.23998E8	21.23%

其中, 底板厚度 H1, 轴承座底板厚度 H2, 箱体内壁厚度 B。优化结果与原设计方案相比效果非常明显, 箱体体积减小了 21.23%, 这种结构优化对减速器设计有重要的指导作用^[2]。

4 运动仿真分析

4.1 减速器传动系统运动学仿真

减速器运动学仿真的流程, 如图 7 所示。

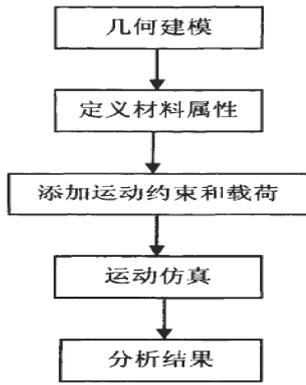


图7 ADAMS 运动学仿真流程图

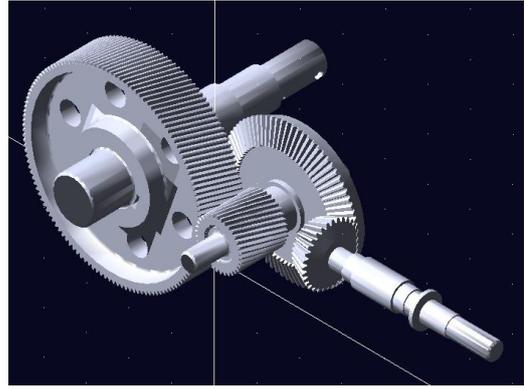


图10 虚拟样机模型图

4.2 模型的建立

减速器箱体及传动系统的三维模型采用 SOLIDWORKS 软件建立, 为保证实际与模拟分析的一致性, 建立的三维模型要尽量保留箱体的原始结构特征, 如圆角特征等, 并将减速器模型装配成整体, 图8是传动装配图。



图8 传动装配图

将图9分析模型图在保存模型时需保存为 PARASOLID 格式的文件, 导入到 ADMAS 中。最后得到齿轮变速箱虚拟样机模型如图10所示。

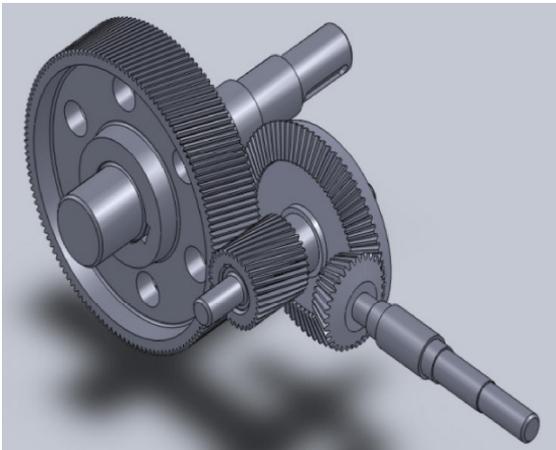


图9 分析模型图

4.3 添加约束和载荷

基于虚拟样机模型, 在输入轴上添加转速驱动, 为了在仿真过程中转速不出现突变, 利用 STEP 函数使转速在 0.2s 内由 0 增加到 940r/min, 关系式为 STEP (time, 0, 0D, 0.2, 5640D)。输出轴上添加一个恒定负载转矩 (该转矩由实际工况决定), 方向与转速驱动方向相反^[3]。

4.4 仿真结果与分析

根据上节中虚拟样机仿真的初始条件设置, 进行运动仿真, 并对仿真结果进行分析。分析输入输出轴转速仿真结果, 图11、图12分别是输入轴、输出轴转速随时间变化曲线。

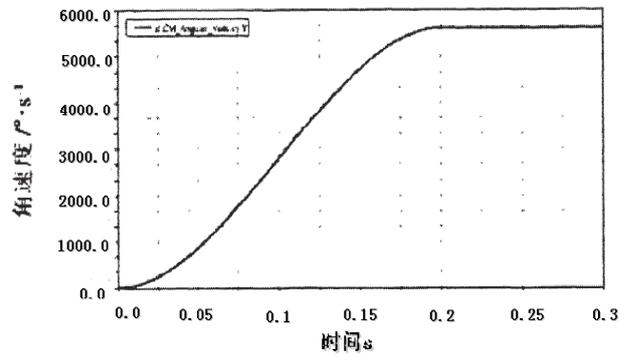


图11 输入轴转速变化曲线

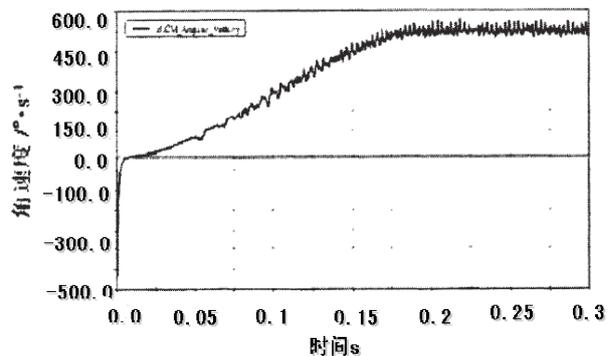


图12 输出轴的转速变化曲线

根据图11和图12中的曲线, 可以作出如下分析:

- ①从转速方向上分析。

图 11 转速取正号,表示输入轴转速方向为逆时针;图 12 转速取正号,表示输出转速方向也为逆时针。

②从转速大小分析。

在启动的瞬间,有一个较大的冲击,表现为在 0~0.05s 时间内输出轴的转速有个从负到正的突变。在 0.05~0.175s 之间,输入轴转速增加,输出轴齿轮转速相应增加。在 0.2s 后,转速恒定,平稳运行。输入轴的转速平均值为 940r/min (5640°/s),输出轴转速平均值为 95.5r/min (573°/s)。输出轴的转速在一定范围内周期性波动,这是由于齿轮传动过程中的振动和冲击引起的。

根据公式来计算传动比和输入输出轴的转速。转速和传动比的理论值以及仿真值如表 2 所示。其中,仿真值是按 0.2~0.3s 输入转速恒定阶段的平均值选取,相对误差 = (仿真值 - 理论值) / 理论计算值。

由表 2 所示数据可以得知:转速仿真值和理论值之间相当接近,有仿真得到的传动比值和理论计算值也几乎一致,说明该减速器虚拟样机满足传动比要求。

表 2 转速和传动比的理论值以及仿真值

项目	仿真值	理论值	相对误差
输入轴转速 r/min	940	940	0
输出轴转速 r/min	96.32	95.5	0.8%
传动比	9.842	9.839	0.3%

5 结论

论文在 SOLIDWORKS 软件中建立减速箱的实体模型,并在 ADAMS 中建立减速器的虚拟样机模型,在此基础上,对其进行了运动学仿真,得到输出轴转速时域规律,模拟结果与理论计算值相吻合,说明了虚拟样机模型的准确性以及仿真的可信性。

参考文献

- [1] 濮良贵,纪名刚.机械设计(第八版)[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [2] 马云睿,张凯杰,郁钦阳,等.基于 ABAQUS 的二级减速器箱体有限元分析与回归分析[J].农业装备与车辆工程,2022(9):60.
- [3] 华帅,赵淳,黄河.某型减速器箱体的有限元模态分析[J].装备制造技术,2020(12):67-71.