

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2015.11.013

三叉杆-球笼式万向联轴器组合传动轴系统的动力学仿真研究*

常德功, 张海明, 周 焱, 李松梅, 束 放
(青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266061)

摘要: 为了解三叉杆-球笼式万向联轴器组合传动轴系统的动态特性, 为以后的设计工作提供理论依据, 对三叉杆-球笼式万向联轴器组合传动轴系统的滑移销、叉杆臂和钢球等关键部件进行了研究。运用 ADAMS 软件对三叉杆-球笼式万向联轴器组合传动轴系统建立了动力学仿真模型, 并对其分别进行了无摩擦和有摩擦条件下的动力学仿真, 得到了关键部件的受力曲线图和摩擦力曲线图。研究表明, 在三叉杆-球笼式万向联轴器组合传动轴系统中, 钢球受力曲线的波动和突变最大, 说明钢球属于易磨损部件; 相比无摩擦时的受力曲线, 有摩擦时作用在各个部件上的受力曲线波动变强, 更能反映出该三叉杆-球笼式万向联轴器组合传动轴系统的真实受力情况。

关键词: 三叉杆-球笼式万向联轴器; 传动轴系统; 动态特性

中图分类号: TH132.4; TH122

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2015)11-1458-04

Dynamics simulation about the tripod-ball type universal coupling composite transmission shaft system

CHANG De-gong, ZHANG Hai-ming, ZHOU Ye, LI Song-mei, SHU Fang

(College of Electromechanical Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061, China)

Abstract: In order to understand the dynamic characteristics of the tripod-ball type universal coupling composite transmission shaft system and offer the theoretical basis for the further design work, the key components, such as the sliding pin, the tripod arm and the steel ball, of the tripod-ball type universal coupling composite transmission shaft system were studied. Based on ADAMS, the dynamics simulation model of the tripod-ball type universal coupling composite transmission shaft system was built, and its dynamics simulation under the condition of friction and non-frictional were carried out. Then, this part obtained the corresponding force curves and friction curves of the key components. The results indicate that in the tripod-ball type universal coupling composite transmission shaft system, the force curve of the steel ball has the largest fluctuations and mutation, it is shows that the steel ball belongs to the most easily worn parts. Compared with the force curve of no friction, the fluctuations of force curve with friction that effected on each component becomes stronger, to better reflect the real force condition of the tripod-ball type universal coupling composite transmission shaft system.

Key words: the tripod-ball type universal coupling; transmission shaft system; dynamic characteristics

0 引 言

随着汽车工业迅速发展, 人们对汽车性能的要求也越来越高。汽车驱动桥半轴是汽车驱动系统的重要组成部分, 起到传递动力和扭矩的作用^[1]。现在普遍

应用球笼式和三球销式万向联轴器以及中间传动轴作为汽车的驱动桥半轴。

万向联轴器作为驱动桥半轴的重要部件决定了汽车在行驶和转向中的性能, 其重要性不言而喻^[2-8]。三叉杆滑移式万向联轴器具有结构简单、承载能力强、传

收稿日期: 2015-06-18

基金项目: 山东省自然科学基金资助项目(zR2015EM037); 山东省科技发展计划资助项目(2013GGX10305)

作者简介: 常德功(1950-), 男, 山东威海人, 工学博士, 教授, 博士生导师, 主要从事新型传动机构、机械系统智能化等方面的研究. E-mail: jx-shjqust@163.com

动平稳等优点^[9-11],能够有效地改善三球销式万向联轴器接触应力大、磨损大的缺点。因此本研究选用球笼式和三叉杆滑移式万向联轴器以及中间传动轴组成汽车的驱动桥半轴,本研究统称为三叉杆-球笼式万向联轴器组合传动轴系统。该传动轴系统能够适用于大扭矩、高载荷的场合,具有广阔的应用前景。

本研究首先应用 Pro/E 对三叉杆-球笼式万向联轴器组合传动轴系统进行三维建模,然后在 ADAMS 中建立该传动轴系统的仿真模型,对该传动轴系统进行动力学仿真,全面考察该传动轴系统的受力情况。通过分析仿真数据,可以深入研究三叉杆-球笼式万向联轴器组合传动轴系统的动态特性,为汽车传动轴系统中万向联轴器的设计工作提供理论依据。

1 基于 Pro/E 的实体建模

笔者研究的三叉杆-球笼式万向联轴器组合传动轴系统由一个三叉杆滑移式万向联轴器和一个球笼式万向联轴器以及它们之间的中间轴组成。三叉杆滑移式万向联轴器作为输入端,而球笼式万向联轴器则作为输出端。

本研究应用 Pro/E 软件对传动轴系统进行建模和装配,其装配模型如图 1 所示。

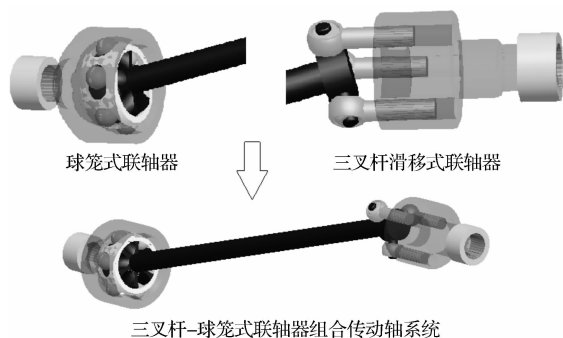


图 1 三叉杆-球笼式万向联轴器组合传动轴系统

2 基于 ADAMS 的动力学仿真

2.1 添加约束和驱动

本研究根据实际运动规律对三叉杆-球笼式万向联轴器组合传动轴系统添加约束和驱动。

具体的约束如下:

- (1) 将三叉杆、中间轴和星形套固连为一个部件;
- (2) 在输入、输出轴承和 Ground 之间添加固定约束;
- (3) 在三叉杆套筒和输入轴轴承之间、钟形壳和输出轴承之间添加旋转副;
- (4) 在滑移销(3 个)和三叉杆套筒滑移槽(3 个)之间添加移动副;

(5) 在滑移销(3 个)和内轴承(3 个)之间添加球面副;

(6) 在内轴承(3 个)和三叉杆叉杆臂(3 个)之间添加圆柱副;

(7) 在星形套和保持架之间添加球面副,在保持架和钟形壳之间添加球面副;

(8) 在星形套轨道(6 个)和钢球(6 个)之间添加接触约束;

(9) 在钟形壳轨道(6 个)和钢球(6 个)之间添加接触约束。

通过检验模型可知,该模型中有 18 个移动件。其中固定副 2 个,旋转副 2 个,移动副 3 个,球面副 5 个,圆柱副 3 个,接触 18 个。本次仿真在转速为 300 r/min,负载扭矩为 214.5 N·m 的状态下进行。

本研究通过设置一定的仿真步骤,对三叉杆-球笼式万向联轴器组合传动轴系统进行动力学仿真,其动力学仿真模型如图 2 所示。

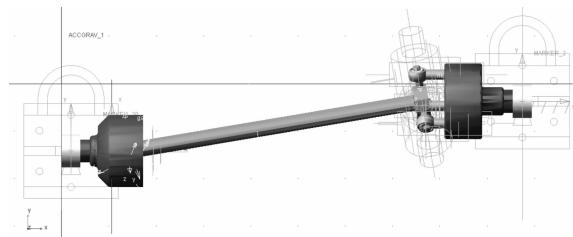


图 2 三叉杆-球笼式万向联轴器组合传动轴系统动力学仿真模型图

2.2 无摩擦时动力学仿真

无摩擦时关键部件的受力曲线图如图 3 所示。

由图 3 可以看出,无摩擦时滑移销、叉杆臂的受力曲线相似,均有简谐曲线的趋势,均有轻微的波动和跳动。说明作用在滑移销、叉杆臂的力的波动比较平稳。钢球在轨道中的受力曲线呈现类似于周期为 0.2 s 的简谐波波动。钢球的受力曲线有较大的波动,这是由于钢球在轨道中既有滚动又有滑动,受力比较复杂,从而钢球的受力有一定的波动和突变。

由图 3(a)、3(b)可以看出,滑移销受到的力稍小,约为 2 375 N。叉杆臂受到的合力约为 2 550 N,数值比滑移销的大些。

由图 3(c)可以看出,钢球受到的力以 2 000 N 为中心波动,峰值大约为 3 800 N。说明作用在滑移销、叉杆臂的力的波动比作用在钢球的力的波动平稳。

2.3 有摩擦时动力学仿真

有摩擦时关键部件的受力曲线图如图 4 所示。

由图 4 可以看出,有摩擦时滑移销、叉杆臂的受力曲线相似,均呈现周期为 0.1 s 的规律性波动。其中,

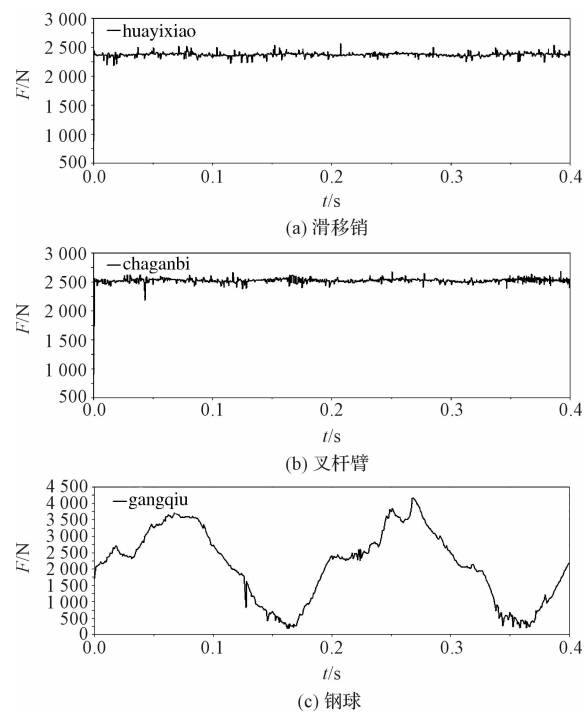


图 3 无摩擦时关键部件的受力曲线图

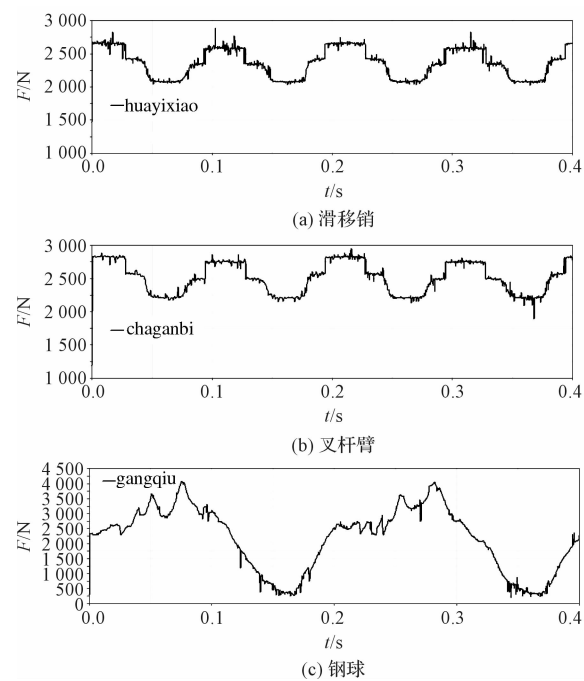


图 4 有摩擦时关键部件的受力曲线图

最大值和最小值处是一条水平线。相比无摩擦时的受力曲线,有摩擦时的受力曲线波动情况非常明显。钢球在轨道中的受力曲线呈现周期为 0.2 s 的规律性波动。钢球的受力曲线波动情况最大,这是由于钢球既有滚动又有滑动,在轨道中还会有一定的碰撞,从而钢球受力曲线中的跳动和突变较大。

由图 4(a)、4(b) 可以看出,滑移销受到的力以 2 300 N 为中心波动,其峰值约 2 600 N。叉杆臂受到的力比滑移销的稍大,以 2 500 N 为中心波动,其峰值约

为 2 800 N。
由图 4(c) 可以看出,钢球受到的力以 2 100 N 为中心波动,峰值约为 4 000 N,说明有摩擦时作用在滑移销、叉杆臂的力的波动比作用在钢球的力的波动平稳。并且有摩擦时关键部件的受力曲线图更能反映三叉杆-球笼式万向联轴器组合传动轴系统的真实受力情况。

关键部件的摩擦力曲线图如图 5 所示。

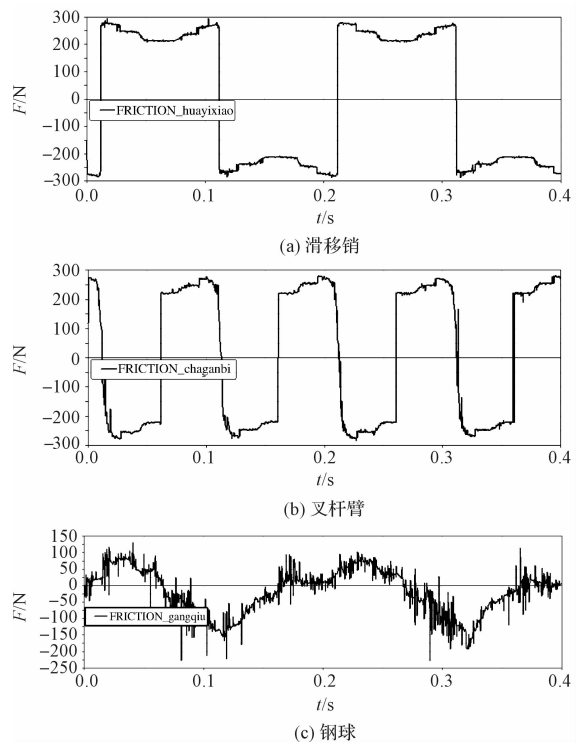


图 5 关键部件的摩擦力曲线图

由图 5 可以看出,滑移销、叉杆臂、钢球受到的摩擦力曲线均呈现规律性波动。

由图 5(a)、5(b)、5(c) 可以看出,滑移销、叉杆臂、钢球受到的摩擦力呈现正负交替变化的规律性波动,这是因为滑移销在三叉杆套筒中的运动为周期性往复运动、内轴承在叉杆臂上的运动为周期性往复运动、钢球在轨道中的运动为周期性往复运动。滑移销的摩擦力曲线以零点为中心波动,周期为 0.2 s。在一个行程中滑移销的摩擦力曲线非常平稳,数值基本稳定在 250 N 左右。叉杆臂的摩擦力曲线以零点为中心波动,周期为 0.1 s,其峰值约为 260 N。同样的,钢球的摩擦力曲线以 -50 N 为中心波动,周期为 0.2 s,其峰值约为 100 N。

由图 5 可以发现,相比滑移销、叉杆臂,钢球的摩擦力曲线上的跳动较大,这是由于钢球既有滚动又有滑动,在轨道中还会有一定的碰撞,运动比较复杂,钢球受力曲线中的跳动和突变较大。

3 结束语

本研究通过 ADAMS,建立了三叉杆-球笼式万向联轴器组合传动轴系统动力学仿真模型。根据仿真结果可以得到如下结论:

无论是在无摩擦条件还是在有摩擦条件下,传动轴系统中作用在叉杆臂的力比作用在滑移销的力大,作用在滑移销、叉杆臂的力的波动比作用在钢球的力的波动平稳,且在整个系统中钢球受力曲线的波动和突变最大。表明钢球属于易磨损部件,其次为叉杆臂,因此首先应该考虑增强钢球的强度,其次考虑增强叉杆臂的强度,以提高该传动轴系统的安全性。

相比无摩擦时的受力曲线,有摩擦时作用在各个部件上的受力曲线波动更大,更能反映三叉杆-球笼式万向联轴器组合传动轴系统的真实受力情况。

参考文献 (References):

- [1] 陈家瑞. 汽车构造[M]. 3 版. 北京:机械工业出版社,2009.
- [2] 王学峰,常德功,王江忠. 滑移型三叉式联轴器运动学建

模[J]. 农业机械学报,2009,40(9):7-11.

- [3] URBINATI F, PENNESTRI E. Kinematic and dynamic analyses of the tripod joint[J]. **Multibody system Dynamics**, 1998,2(4):355-367.
- [4] 马天飞,王登峰,郝春光,等. 轿车等速驱动轴传动效率的试验研究[J]. 汽车技术,2009(7):37-40.
- [5] 刘峰. 等速驱动轴运动学和动力学仿真及试验分析[D]. 吉林:吉林大学汽车工程学院,2004.
- [6] 吴昌林,覃刚,张云清. 三球销式等速万向节动力学仿真分析系统[J]. 起重运输机械,2003(9):40-43.
- [7] 覃刚,张云清,吴昌林. 球笼式等速万向节动力学仿真分析系统的开发[J]. 轴承,2003(7):4-7.
- [8] 史文库,王登峰,吴坚,等. 汽车等速万向节动力学仿真和试验分析[J]. 轴承,2006(2):31-33.
- [9] 杨绮云,赵玉龙,冯砚博. 基于 ADAMS 的蓝莓采摘机构动力学性能仿真研究[J]. 包装与食品机械,2014(3):28-31.
- [10] 邹玉静,常德功,庞峰. 三叉杆滑移式万向联轴器的振动分析[J]. 机械研究与应用,2003(3):42-44.
- [11] 邹玉静,庞峰,常德功. 三叉杆滑移式万向联轴器的模态分析[J]. 青岛科技大学学报:自然科学版,2003,24(S1):78-79.

[编辑:洪炜娜]

机械工程师[®]



杂志 (月刊)



创刊于
1969

2016 征订中.....

地址:哈尔滨市香坊区文治头道街30号(150040)
电话:0451-82120966 传真:0451-82127726
投稿:hrbengineer@163.com jixie888@126.com
网址:www.jxgcs.com

全国邮发代号: 14-53 中国连续出版物号: ISSN 1002-2333 / CN23-1196 / TH 国内定价: 20元

本文引用格式:

常德功,张海明,周 烨,等. 三叉杆-球笼式万向联轴器组合传动轴系统的动力学仿真研究[J]. 机电工程,2015,32(11):1458-1461.

CHANG De-gong, ZHANG Hai-ming, ZHOU Ye, et al. Dynamics simulation about the tripod-ball type universal coupling composite transmission shaft system [J]. *Journal of Mechanical & Electrical Engineering*, 2015,32(11):1458-1461.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>