

装载机差力差速器的虚拟设计与运动仿真^{*}

姚 培 林国湘 周为民

(南华大学 机械工程学院, 湖南 衡阳 421001)

摘 要: 装载机使用的普通锥齿轮差速器, 只有差速功能而无差力功能, 为了改进此缺点, 研制了一种性能优良的差力差速器, 介绍了装载机差力差速器的结构及工作原理, 并基于 Pro/E 软件对差力差速器进行了虚拟设计及其运动仿真分析。

关键词: 差力差速器; 装载机; 虚拟设计; 运动仿真

中图分类号: TH12

文献标志码: A

文章编号: 1007-4414(2013)01-0005-02

The virtual design and motion simulation of underground loader's force-speed differential

Yao Pei, Lin Guo-xiang, Zhou Wei-min

(School of mechanical engineering, University of south China, Hengyang Hunan 421001, China)

Abstract: The bevel gears differential used by underground loader only have differential speed function, but no differential force function. In order to improve the defects, a kind of excellent force-speed differential is developed. The structure and operating principle of underground loader's force-speed differential are introduced, and the virtual design and motion simulation of force-speed differential based on Pro/E software is studied.

Key words: force-speed differential; underground loader; virtual design; motion simulation

1 引言

评价地下装载机工作性能的主要指标是: 装载工作能力、牵引性能、通过性能、制动性能、经济性、稳定性和平稳性^[1]。差速器是一种允许车辆两驱动轮之间有不同转速的动力传递装置。有 2 个主要功能: ①差速功能, 即当车辆转弯或行驶工作于不平路面时, 允许两轮有不同转速; ②差力功能, 即当路面附着力下降时, 能充分利用路面附着力驱动车辆, 不至于因一轮附着力下降而导致车辆丧失牵引能力。实践证明, 差速器对装载能力、牵引性能、通过性能和经济性等的影响尤为突出。

为了改进地下装载机使用的普通锥齿轮差速器只有差速功能而无差力功能的缺点, 林国湘等人^[2]研制出了一种性能优良的差力差速器, 它能显著提高地下装载机的工作性能, 且制造简单。

2 差力差速器的结构和工作原理

差力差速器能 100% 地利用路面附着力之和驱动车辆, 保证车辆的通过性, 能完全防止车辆打滑, 且差速性能好、运行连续平稳、制造容易、效率高、适合于各种路面情况及各种行驶状态。

差力差速器是在普通锥齿轮差速器(这里称为锥齿轮系)的两输出端分别增加两个相同的差动行星轮系, 如图 1 所示。锥齿轮系由锥齿轮 1、3 和 3'

组成, 锥齿轮 3 与系杆 H 相连, 作为差动轮系的一个输入端; 差速器壳体通过十字轴 2 与差动轮系的输入中心轮 6 相连, 作为差动轮系的另一个输入端。输出中心轮 7 与车轮相连。当传动系带动差速器壳体转动时, 一方面通过锥齿轮副带动系杆 H 转动; 另一方面通过十字轴 2 带动输入中心轮 6 转动, 在两输入轮的共同作用下, 使输出中心轮转动, 从而驱动车辆。

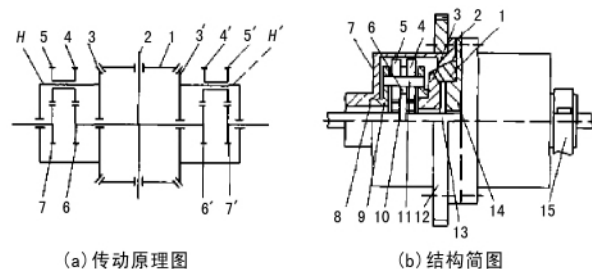


图 1 差力差速器传动原理图及结构简图

1、1'、3、3': 锥齿轮 2、2': 十字轴 3. 半轴齿轮 4、4'、5、5', 6'、7、7': 齿轮 8. 垫片 9. 行星轮架 10. 花键轴 11. 花键轴 12. 从动齿轮 13. 花键轴 14. 十字轴 15. 轮毂 H. 系杆

图 1(b) 是差力差速器的一种结构简图, 十字轴 14 通过花键轴 13 与动轴轮系的输入中心轮 6 相连, 车轮也通过花键轴 10 与动轴轮系的输出中心轮 7 相连, 以便使动轴轮系受载均匀。行星轮架 9 与输出

* 基金项目: 湖南省科技计划基金资助项目(2010GK3084)

收稿日期: 2012-09-20

作者简介: 姚 培(1987-), 女, 湖南益阳人, 在读硕士, 研究方向: 机械制造及其自动化。

锥齿轮3也采用花键连接。行星轮架9上有三组行星轮,均布于中心轮6和7的圆周上,齿数为 $Z_6=18$ $Z_4=21$ $Z_5=19$ $Z_7=18$ 。通过变位来满足同心条件。锥齿轮副的间隙用垫片8调整,轴承的安装及调整方法与普通圆锥齿轮差速器相同。

3 差力差速器的虚拟设计和仿真

3.1 主要零件模型

Pro/E 作为建模的工具,具有强大的功能,如特征造型、参数化设计、装配组件和动态仿真^[3]。软件作为虚拟设计平台的杰出代表,已经成为缩短产品开发周期、降低成本、提高质量的有效工具。根据计算得到的优化数据,利用 Pro/E 软件对差力差速器的各个部件进行虚拟建模,然后进行虚拟装配,最后进行差力差速器的运动仿真^[4]。

参数化设计是指用参数来表示零件大小的尺寸和属性,工程技术人员可通过修改零件大小、形状和属性,得到各种不同规格的零件。通过参数化建模,用户能单纯的输入齿轮设计的已知条件,如齿数、压力角及模数和齿宽等,Pro/E 系统即可自动创建出齿轮的三维几何模型。这样会大大减少建模所需时间,且零件间可替换性极高。通过 Pro/E 参数化设计,差力差速器主要零件的三维造型如图3所示。

3.2 差力差速器虚拟装配

齿轮参数化模型建好后,加以其它的辅助零件模型,就可对其进行虚拟装配。对齿轮进行装配时,需定义齿轮连接类型、传动比与啮合关系等。需要注意由于齿轮副有内啮合和外啮合,在设置齿轮副的连接属性时,要根据内、外啮合特性来确定各个齿轮连接轴线的回转方向,否则在后面的仿真过程中会出现相反的齿轮运转方向,不符合实际情况。

装配关系是产品装配模型的核心,装配关系的描述与确定建立在装配特征的基础上。装配关系是由特定的装配特征决定的,它体现和维护了产品的功能,反映了零件之间的相互约束。产品零部件之间的装配关系描述如下。

(1) 位置关系:描述产品中两个零部件几何元素之间的相互关系,如对齐、相切等。

(2) 联接关系:描述产品零部件几何元素之间的直接联接关系,如销钉联接、键联接等。

(3) 运动关系:描述产品零部件之间的相对运动关系和传动关系,如绕轴旋转、沿某一直线运动等。

差力差速器的装配过程,主要指差速器壳体、半轴齿轮、锥齿轮系、行星轮架、行星轮、中心轮、输出机构、十字轴、车轮轴、预紧调节机构以及轴承的装配。这种装配是通过 Pro/E Assembly 模块来完成的,根据各零件特征的几何尺寸约束,由装配组件控制零

件元件的管理、移动及配合。其中的配合关系分为手动配合和自动配合。通过两种配合方式的相互结合,可以完成差力差速器的装配过程,同时可进行干涉检查,以判断各零部件之间是否有空间冲突。差力差速器的装配图如图2、3所示。

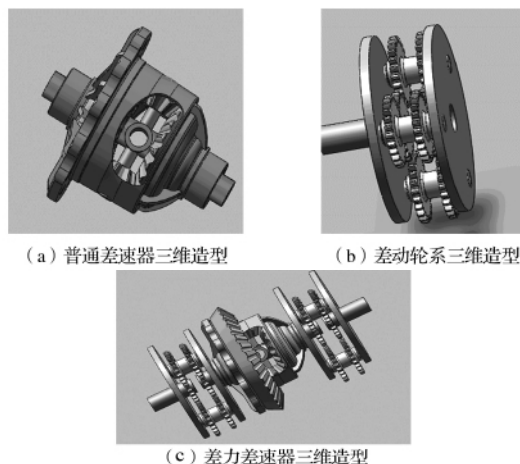


图2 差速器三维造型图

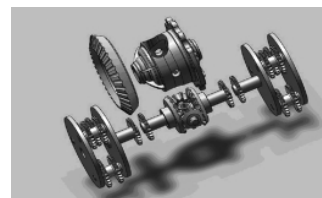


图3 装配体爆炸图

3.3 运动仿真

利用计算机对差力差速器进行数字仿真和动态性能分析的具体步骤如图4所示。在对差力差速器完成虚拟建模和装配后,利用完全集成在 Pro/E 中的 Mechanism 模块来实现传动机构的运动仿真,其工作流程如图5所示。

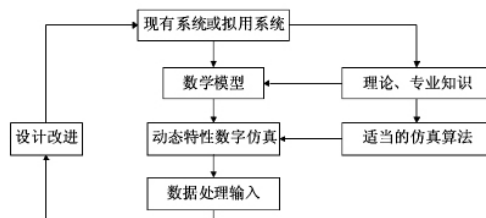


图4 仿真与分析的步骤

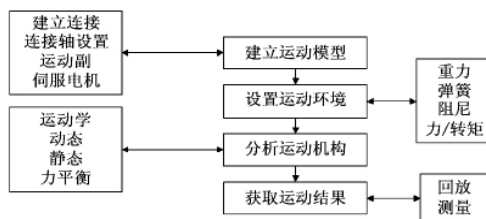


图5 Mechanism 模块中仿真的工作流程

(下转第9页)

体情况要参与人员及时反馈,疲劳程度分为五级^[12],参与人员在达到中度疲劳时,可要求停止实验。

(6) 实验结果的处理 在实验初期和末期,由于参与作业人员的情绪变化影响作业结果,表现在所测数据偏离正常值过大。为此,在对实验数据处理分析时,针对设计实验研究的内容,应舍弃这些初末数据。

3.4 实验的检测分析

分别对改进前后的实验进行检测,选择作业失误数低于 6 回的连续 10 次作业,计算 6 名被试人员每次作业的平均时间及临界频率值。实验数据经整理后如图 1、2 所示。

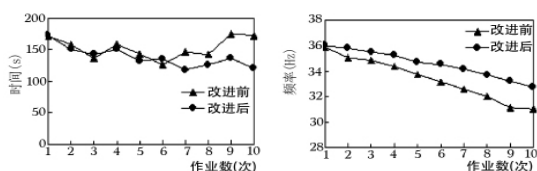


图 1 作业时间变化曲线

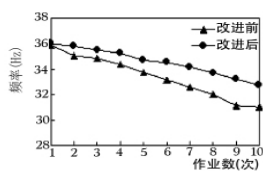


图 2 临界频率变化曲线

图 1 反应的是作业时间随作业次数的变化情况,可以看出随着作业次数的增加作业时间在降低,作业者的协调能力不断提高,作业技能越好;图 2 反应了临界频率变化情况,由于临界频率是间接反应作业者的疲劳程度,从图中变化情况可知,随作业次数的增加临界频率随之降低,即作业者的疲劳程度增加。对比实验改进前后图中的变化曲线,可以得到:实验改进后,作业时间随作业次数趋于平稳变化,无较大反弹,而这正是实验设计时所预期的结果;反应疲劳程度的临界频率随作业次数降低缓慢,从而确保了疲劳程度对作业技能影响处于适当的范围。

4 结 论

该模拟实验设计中应用 TRIZ 理论,主要改进效果如下:①分析了作业次数增加过程中,作业者操作熟练程度提高的同时出现的疲劳程度及其对作业技

能的影响,通过对实验步骤适当的处理,确保在有限疲劳程度的情况下,进行精确研究作业次数变化对作业者作业技能的影响规律;②提出实验中被忽略的合理步骤的设定;③主要考虑最能反应作业者作业技能的时间段,忽略实验初期及末期作业者情绪变化的影响,对分析和处理实验数据的有很好的指导意义。

结合实验改进前后的变化情况,可得出对实验设计中研究相互制约因素影响的情况。应用 TRIZ 理论能很好地解决实验设计中的冲突,不仅缩短了设计所需时间,而且对精确分析研究某一因素的作用有着重要的指导意义。

参考文献:

- [1] Frank Wallhoff, Jürgen Blume, Alexander Bannat, et al. A skill-based approach towards hybrid assembly [J]. Advanced engineering Informatics 2010(24): 329-339.
- [2] 刘凤山,李梅,杨泰. TRIZ 理论在人机工效学实验设计中的应用 [J]. 中北大学学报(自然科学版) 2012, 33(2): 145-148.
- [3] 檀润华. 发明问题解决理论 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [4] 徐格宁,陆凤仪,林晓磊. 技术冲突与发明问题解决理论的进展与应用 [J]. 中国工程机械学报 2004, 2(2): 130-135.
- [5] 李恩田. 基于 TRIZ 的机械产品创新设计模式研究 [J]. 机械, 2006(8): 18-20.
- [6] Johannes Fresner, Jürgen Jantschgi, Stefan Birkel, et al. The theory of inventive problem solving (TRIZ) as option generation tool within cleaner production projects [J]. Journal of cleaner production, 2010(18): 128-136.
- [7] GB 50034-92. 工业企业照明设计标准 [S].
- [8] 张广鹏. 工效学原理与应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [9] GB 12348-2008. 工业企业厂界环境噪声排放标准 [S].
- [10] 杨博民. 心理实验纲要 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1989.
- [11] He Cong, Loh Han Tong. Grouping of TRIZ inventive principles to facilitate automatic patent classification [J]. Expert systems with applications 2008, 34(1): 788-795.
- [12] 根里奇·阿奇舒勒. 创新算法 [M]. 谭培波, 茹海燕(译). 武汉: 华中科技大学出版社, 2008.
- [13] 朱祖祥. 工业心理学 [M]. 杭州: 浙江教育出版社, 2001.

(上接第 6 页)

4 结 语

对设计的差力差速器进行运动仿真,发现所设计的装载机没有出现干涉现象,结构合理,可装配性良好;通过对时间与位移、时间与速度的关系分析验证了运动结果与设计初衷相一致;同时通过虚拟的差力差速器装配过程,更加直观地从视觉、听觉和触觉上感受到装配过程和效果,真正做到虚拟实际;根据计算得到的优化数据,利用 Pro/E 软件对差力差速器的各个部件虚拟建模,然后进行虚拟装配和运

动仿真,因而可以方便地设计出不同的产品。

参考文献:

- [1] 郭平辉. 差速器对装载机工作性能的影响及差力差速器的研制 [J]. 工程机械, 1999(4): 15-17.
- [2] 林国湘. 一种新型差力差速器的研制 [J]. 金属矿山, 2005(11): 46-47.
- [3] 林清安. Pro/ENGINEER 野火 3.0 中文版动态机构设计与仿真 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [4] 孙传祝. 轴向滑块凸轮式差速器的设计与分析 [J]. 机械设计与研究 2007, 23(3): 32-36.