

机械产品装配仿真方法研究

张鑫^a, 居里锴^b, 王云峰^b, 周成^a

(南京理工大学 a. 工程训练中心; b. 中机生产力促进中心, 江苏 南京 210094)

摘要: 鉴于目前机械产品装配仿真内容不够全面, 未形成完整、通用的一般流程, 提出了针对所有机械产品装配仿真的一般方法, 以二级齿轮减速器装配仿真为例, 使用 Delmia 软件进行应用验证。仿真结果表明, 运用该方法可极大地提高仿真操作人员对机械产品的装配仿真效率。

关键词: 机械产品; 装配仿真; 二级齿轮减速器; Delmia

中图分类号: TP391.9 **文献标志码:** B **文章编号:** 1671-5276(2020)04-0109-04

Research on Simulation Method for Mechanical Product Assembly

ZHANG Xin^a, JU Likai^b, WANG Yunfeng^b, ZHOU Cheng^a

(a. Engineering Training Center, b. China Machine Productivity Promotion Center, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: In view of the incomplete content and unusual flow process of the mechanical product assembly simulation, this paper puts forward the common method for the mechanical product assembly simulation. The two stage reduction gear assembly simulation is taken for example and Delmia software is used to verify the simulation. The results show that this method can be used to greatly improve the mechanical product assembly simulation efficiency of the manual operation.

Keywords: mechanical products; assembly simulation; two stage reduction gear; Delmia

0 引言

目前,许多机械产品在设计阶段就已运用到了装配仿真技术,比如在车用空调的装配过程中运用装配仿真技术,可以极大地提高车用空调的装配效率^[1]。复杂结构的主减速器和差速器在运用虚拟装配的技术后,装配效率得到很大提高^[2]。传统的装配仿真内容往往不够全面,本文对机械产品装配仿真过程进行研究,探索出一套针对所有机械产品的通用装配仿真方法。

1 机械产品装配仿真方法

1.1 仿真流程的建立

结合机械产品的特点,制定出机械产品装配仿真的一般流程,如图1所示。

1.2 装配仿真环境设置

装配仿真环境设置包括:装配仿真软件的选择、装配流程信息的建立、装配模型的导入、操作者模型的建立、装配工具模型的建立与导入、装配空间模型的建立等。

1.3 装配顺序的制定与优化

装配顺序的制定是根据装配模型推理出无碰撞的装配方向,进而推理出几何和物理可行的装配顺序。

在优化装配顺序时主要考虑以下因素:子装配体的稳

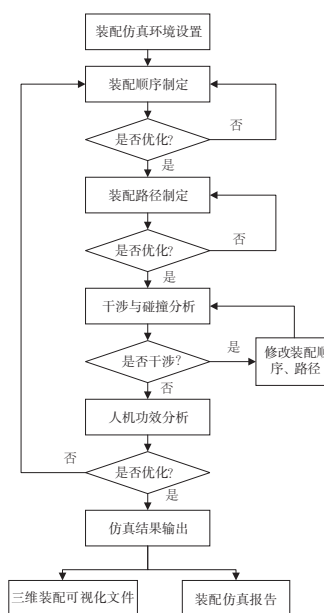


图1 机械产品装配仿真一般流程

定性和安全性、子装配体的模块性、装配序列并行度等。

1.4 装配路径的制定与优化

1) 装配路径的制定

在机械装配过程中,每个零部件都是沿着初始的装配轨迹运动到目标位置,若移动过程中不和其他零部件发生碰撞,

这样的运动轨迹称为该零部件的(可行)装配路径^[3]。

2) 装配路径的优化

装配路径生成后,需要从多个路径解中选择最优路径,一般选择平滑的、最短的和成本最低的路径等作为最优路径。

1.5 干涉与碰撞分析

产品装配过程中产生干涉的原因主要包括:1)设计错误导致零件形状、尺寸不合理,造成装配干涉;2)装配路径规划不合理导致装配干涉;3)装配顺序协调规划不合理导致装配干涉。

1.6 人机功效分析

在装配仿真中,利用人机工程技术,根据装配仿真环境,通过对操作者模型的控制,模拟生产现场装配人员在装配时的各种实际操作,并基于此进行测试和分析,实现对已设计的装配方案进行人机工效评估,以便及时发现产品在装配中可能遇到的问题^[4]。

2 机械产品装配仿真实例

某二级齿轮减速器主要由上盖、底座、低速轴、中速轴、高速轴、齿轮、键、轴承、轴承端盖、隔套、挡油环等组成。根据装配结构关系将减速器分为高速级装配体、中速级装配体、低速级装配体、上壳装配体和下壳装配体。该二级齿轮减速器的装配关系树如图2所示。使用Creo三维建模软件根据某二级齿轮减速器零件的实际尺寸建立三维模型,如图3所示。

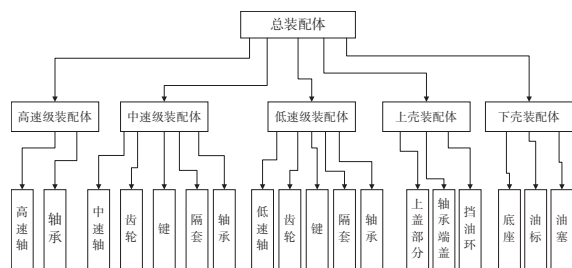


图2 二级齿轮减速器装配关系树

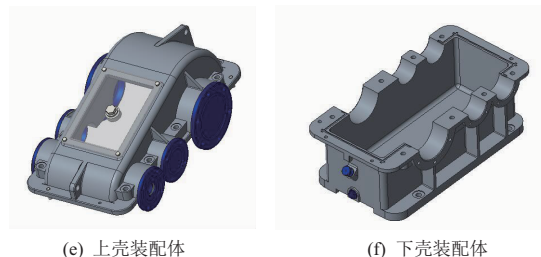
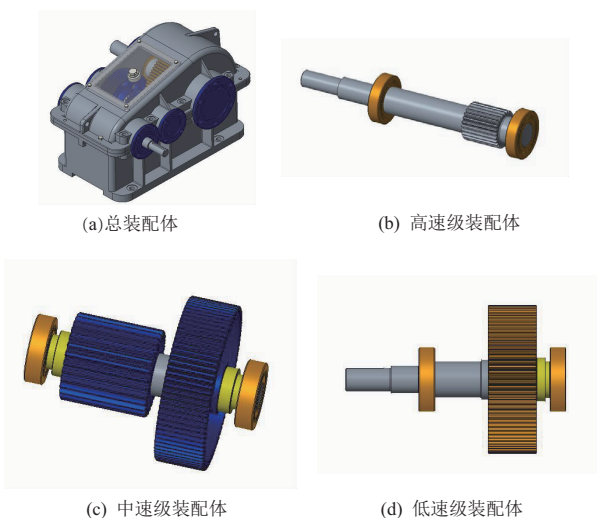


图3 装配结构

2.1 仿真流程的建立

根据机械产品装配仿真的一般流程,制定出二级齿轮减速器的装配仿真流程:

- 1) 进行二级齿轮减速器装配仿真环境的设置;
- 2) 进行装配顺序的制定与优化;
- 3) 进行装配路径的制定与优化;
- 4) 进行干涉和碰撞分析;
- 5) 在不产生干涉与碰撞的前提下对二级齿轮减速器装配过程进行人机功效分析与优化;
- 6) 输出仿真结果;
- 7) 生成可视化三维装配文件并撰写实验报告。

2.2 装配仿真环境设置

利用Delmia软件进行二级齿轮减速器的装配仿真研究。根据装配结构在装配流建造模块(processlibrary)进行装配流信息的设置(由于选择下壳体为基本装配体,所以下壳体不写入装配流信息);在装配仿真模块(DPM-assembly process simulation)将装配模型、装配工具模型、装配空间模型、操作者模型分别导入对应位置。装配仿真环境设置过程如图4所示。

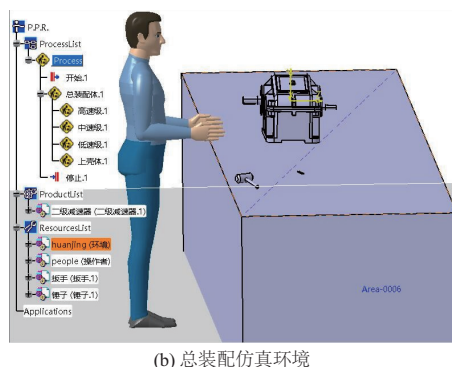
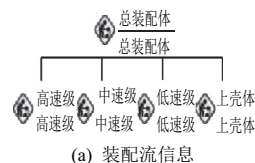


图4 装配仿真环境设置

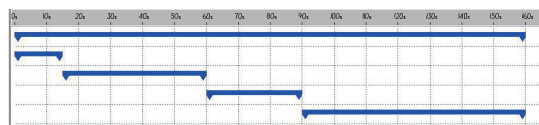
2.3 装配顺序的制定与优化

1) 装配顺序的制定

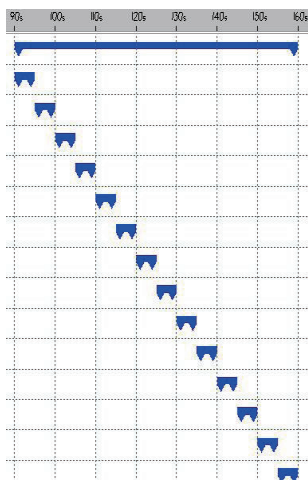
在装配仿真环境中,根据装配模型推理出无碰撞装配方向,确定合理的装配单元装配方向,制定出总装配顺序、高速级装配顺序、中速级装配顺序、低速级装配顺序和上壳装配顺序(轴承端盖采用顺序装配方法)。

2) 装配顺序的优化

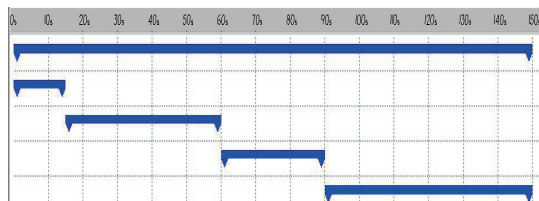
采取并行装配的优化思路,保持高速级、中速级和低速级的装配顺序不变,将上壳装配体中高速轴和低速轴中的两个轴承端盖采取并行装配。提取出装配时间分布情况,如图 5 所示。



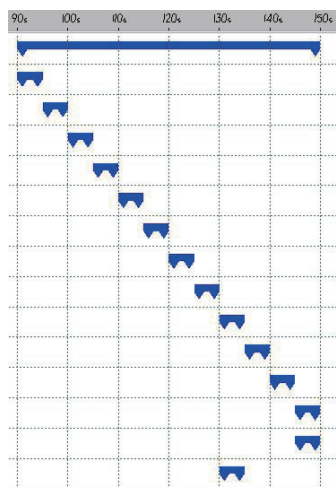
(a) 顺序未优化的总装配时间分布



(b) 顺序未优化的上壳体装配时间分布



(c) 顺序优化后的总装配时间分布



(d) 顺序优化后上壳体装配时间分布

图 5 装配顺序优化前后总装配时间分布

两种装配类型下的装配仿真时间对比结果如表 1 所示。

表 1 两种装配顺序下的装配时间对比

装配顺序	总装配时间/s	上壳装配时间/s
顺序装配	160	70
并行装配	150	60

经过并行优化后的总装配时间减少了 10 s,达到了装配顺序优化的目的。

2.4 装配路径的制定与优化

1) 装配路径的制定

通过选择待装配的零部件,给定装配起点与终点,分析、判断与其他零部件之间的位置关系,解出一条从装配起点到装配终点的无碰撞运动路径。未优化的装配路径如图 6 所示。

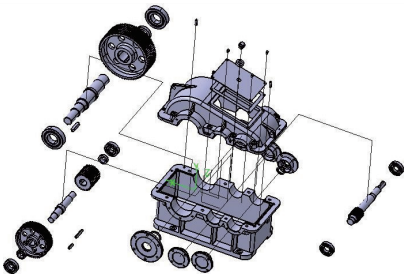


图 6 未优化的装配路径

2) 装配路径的优化

采取最短路径的装配路径优化方法,在不引起干涉和碰撞的前提下,通过缩短路径来优化装配路径。优化后的装配路径如图 7 所示。

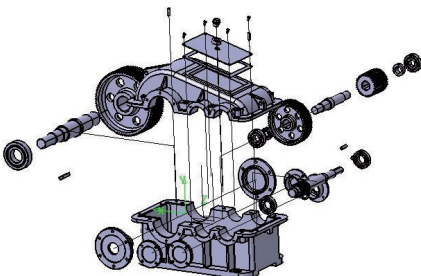


图 7 优化后的装配路径

路径未优化和路径优化后的总装配时间分布情况如图 8 所示。两种装配路径下的装配时间对比如表 2 所示。

	Activity/Resource	SCT Durat	Begin Time	End T
	Process	187.000	0.000	187.0
	高速级	20.000	0.000	20.0
	中速级	47.000	20.000	67.0
	低速级	35.000	67.000	102.0
	上壳体	85.000	102.000	187.0

(a) 路径未优化的总装配时间

	Activity/Resource	SCT Durat	Begin Time	End T
	Process	175.000	0.000	175.0
	高速轴	15.000	0.000	15.00
	中速轴	45.000	15.000	60.0
	低速轴	30.000	60.000	90.0
	上壳体	85.000	90.000	175.0

(b) 路径优化后的总装配时间

图 8 装配路径优化前后总装配时间分布

表 2 两种装配路径下的装配时间对比

装配路径	总装配时间/s
未优化的路径	187
优化后的路径	175

经过路径优化后的总装配时间减少了 12 s, 达到了装配路径优化的目的。

2.5 干涉与碰撞分析

将优化后的装配仿真模型进行干涉与碰撞分析, 如图 9 所示。

2.6 人机功效分析

根据人机功效模型分析表明: 1) 装配过程中所有零部件均处于极限姿势下的操作范围之内。2) 装配操作空间能够满足人体作业需要。

3 结语

通过分析机械产品的特点, 探索出一条针对机械产品

的通用装配仿真方法。以二级齿轮减速器为例, 对该机械

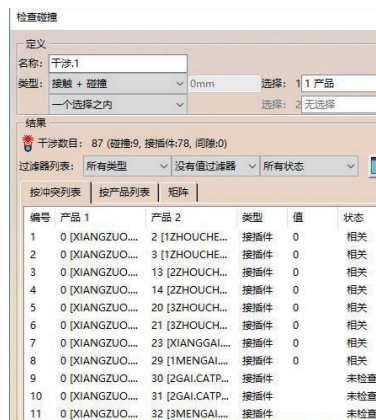


图 9 干涉与碰撞分析

产品的装配仿真方法进行验证, 仿真结果表明: 该装配仿真方法具有可行性。通过仿真试验分析, 证明该方法具有系统性与高效性。运用此方法, 可极大地提高仿真操作人员对机械产品的装配仿真效率。

参考文献:

- [1] 余建国, 范晓卫, 刘璐璐, 等. 基于 DELMIA 的车用空调虚拟装配过程仿真[J]. 江苏科技大学学报(自然科学版), 2012, 26(3): 249-253.
- [2] 任永强, 张强强. 基于 DELMIA 的主减速器及差速器总成装配仿真[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2016(11): 122-125.
- [3] 周尔民. 机械产品虚拟装配仿真技术的研究与应用[J]. 机械传动, 2007(3): 30-33.
- [4] 盛选禹, 盛选军. DELMIA 人机工程模拟教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.

收稿日期: 2019-04-01

(上接第 94 页)

4 结语

基于多体动力学理论, 利用 SIMPACK 建立了某型高速动车组单节车模型。仿真分析了一系垂向减振器阻尼、二系垂向减振器阻尼和抗蛇行减振器失效对其运行平稳性的影响, 得出单节车垂向平稳性随着一系垂向减振器阻尼的增大呈先变好再恶化的趋势, 即优化一系垂向减振器阻尼可以改善其运行平稳性; 随着二系垂向减振器阻尼的增大, 其垂向平稳性变差。所以在车辆的实际运营中, 有必要优化悬挂参数, 提高列车运行平稳性及旅客乘坐舒适性。当列车的抗蛇行减振器全部失效时, 在较高速度时车辆系统处于极限环振动状态, 轮对亦发生大幅值横向周期振动, 易发生报警和脱轨事故, 具有较大的危险性。所以列车长期高速运行中需要实时监控抗蛇行减振器的工作性能, 防止其失效, 以保证列车安全平稳运行。

参考文献:

- [1] 王福天. 车辆动力学[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1981: 3-11.
- [2] 铁道车辆系统动力学及应用[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2018: 57-82.
- [3] 姚永明, 李国芳. 基于刚柔耦合模型轮轨两点接触的力学仿真[J]. 机械制造与自动化, 2018, 47(3): 96-102.
- [4] AHMED A. Shabana. RailRoad vehicle dynamics[M]. Boca Raton: CRC Press, 2005: 128-159.
- [5] 商跃进. 动车组车辆构造与设计[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2010: 19-56.
- [6] 铁道科学研究院车辆研究所. GB 5599-85 200 km/h 以上速度级动车组动力学性能试验鉴定方法及评定标准[S].
- [7] 李然. 高速列车蛇行运动特性研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2016.
- [8] 周劲松. 高速列车运行平稳性及其控制研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2003.

收稿日期: 2019-05-06