

CAD/CAE/CAM 及 CNC 等多软件协同下 夹持机构的设计与仿真

管晓航, 陈凯旋, 马肆冲

辽宁工程技术大学, 辽宁 阜新 123000

摘要: 本文主要围绕夹持机构的设计展开。首先, 选定平行四边形机构作为主要夹持机构。在 Inventor 零件模块下对夹持机构的关键零件进行了设计和建模, 应用 3Dsource 完成了标准件的选型, 在 Inventor 部件模块下完成了夹持机构装配体的构建和干涉检验, 并给出了装配体构建的基本思路和流程, 在运动仿真模块完成了夹持机构的运动仿真分析。应用 Solidworks CAM 模块完成了自动编程和 G 代码的生成。应用 Vericut 软件进行数控加工仿真模拟和加工过程的验证。最后应用 Keyshot 3D 渲染软件完成了装配体的渲染。整个设计及仿真过程充分体现 CAD/CAE/CAM 及 CNC 等多软件协同作用在夹持机构设计中的高效性和优越性, 能够为相关领域工作者在设计和相关软件的操作过程中提供基本思路和参考。

关键词: CAD/CAE/CAM; 夹持机构; 仿真; CNC; 多软件协同

Design and Simulation of Clamping Mechanism with CAD/CAE/CAM and CNC

Guan Xiaohang, Chen Kaixuan, Ma Sichong

Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning 123000

Abstract: This paper mainly focuses on the design of the clamping mechanism. Firstly, the parallelogram mechanism is selected as the main holding mechanism. The key parts of the clamping mechanism were designed and modeled under the Inventor part module, the selection of standard parts was completed by using 3Dsource, and the assembly construction and interference inspection of the clamping mechanism were completed under the Inventor part module, and the basic ideas and processes of the assembly construction were given. In the motion simulation module, the motion simulation analysis of the clamping mechanism is completed. Solidworks CAM module is used to complete automatic programming and G code generation. Vericut software is used to simulate NC machining and verify machining process. Finally, Keyshot 3D rendering software is applied to complete the rendering of the assembly. The whole design and simulation process fully reflects the high efficiency and superiority of CAD/CAE/CAM and CNC in the design of clamping mechanism, and can provide basic ideas and references for workers in related fields in the design and operation of related software.

Keywords: CAD/CAE/CAM; clamping mechanism; simulation; CNC; multi-software collaboration

引言

在当今竞争激烈的机械设计领域, 创新和效率是企业生存和发展的关键。随着科技的飞速进步, CAD/CAE/CAM 与 CNC 仿真等技术和多软件协同应用逐渐成为推动机械设计行业变革的重要力量。这种协同工作模式不仅能够极大地提高设计效率、优化产品性能, 还能显著降低成本和缩短产品开发周期, 为企业带来巨大的竞争优势^[1]。

然而, 单一软件的应用往往存在局限性。CAD 软件侧重于设计的表达, CAE 软件侧重于性能的分析, CAM 软件侧重于制造工艺的规划, CNC 仿真软件侧重于加工过程的验证和优化。虽然当前一些大型软件已经具备 CAD/CAE/CAM 的相关功能, 但单一软件的独立模块在应用上往往存在局限性, 因此只有将这四者具有专业性较强的独立软件有机地协同起来, 才能充分发挥各自的优势, 实现从设计到制造的无缝衔接, 从而提高整个机械设计过程的质量和效率。

本文以夹持机构设计和仿真过程中所应用的相关软件为例, 通过 CAD/CAE/CAM 与 CNC 仿真专用软件进行多软件协同应用, 在设计阶段就对夹持机构零部件的结构强度、运动特点和性能进行了分析, 同时使用 Solidworks CAM 模块完成零件铣削加工的自动编程, 并通过 CNC 仿真提前验证数控程序的正确性, 大幅缩短了零部件的研发周期, 提高了产品的可靠性和市场竞争力。

作者简介:

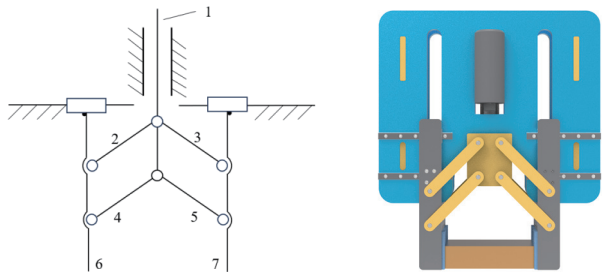
管晓航 (2002.07-), 男, 满族, 辽宁开原人, 辽宁工程技术大学本科在读, 研究方向: 机械设计制造及其自动化;

陈凯旋 (2002.11-), 男, 汉族, 河南省宝丰县人, 辽宁工程技术大学本科在读, 研究方向: 机械设计制造及其自动化;

马肆冲 (2002.10-), 男, 满族, 辽宁省开原人, 辽宁工程技术大学本科在读, 研究方向: 车辆工程。

一、工作原理及动力源的确定

本文设计的夹持机构是一种可完成对指定零件毛坯料(120×60×30mm)的夹持、释放和转移任务的夹持机构。在综合考虑夹持的可靠性和机构整体简易程度的基础上,最终确定选用平行四边形机构作为主要夹持机构。该夹持机构的夹持和释放功能主要是通过连杆1上下移动,从而带动杆2、3、4、5连杆组成的平行四边形机构运动来实现的,即当连杆1向上移动时夹持板6、7相向运动实现对毛坯的夹紧,连杆1向下移动时夹持板6、7向相反方向运动从而释放毛坯件,机构运动简图如图1所示。



> 图1夹持机构运动简图及模型渲染图

根据设计阶段基本方案的提出和机构简图可以确定运动形式为直线运动,因此可选用电动推杆作为动力输出。已知该毛坯料的材料为碳钢,可计算其质量为1.696 kg。根据其运动简图进行简单的受力分析可知,在夹持状态下受力分析受力平衡状态下,当连杆与竖直方向呈现夹角时,可计算得动力源至少应提供16.96N的拉力。据此要求电动推杆的额定负载应大于该值。通过毛坯长度可计算单个连杆长度可知电动推杆的行程至少应为60mm。同时,选型部分应用“3DSource”软件,在充分考虑零件制造及装配误差的基础上,最终确定选用FD3电动推杆作为动力输出,该推杆在满载情况下额定负载为50N,行程为75mm。

二、应用 Inventor 进行各零件的建模和整体机构的装配

(一) 应用 Inventor 零件模块进行零件三维模型的构建

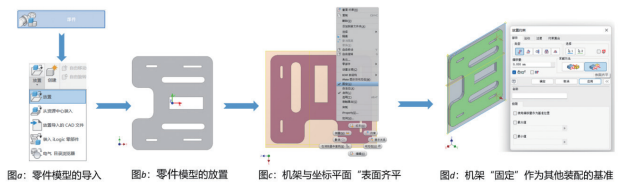
根据选型后电动推杆的基本尺寸和已确定的连杆尺寸,初步确定支撑板的基本尺寸,在草图环境下绘制基本轮廓,应用拉伸、镜像、孔和基于布尔运算的交、差、并等功能命令完成了各零件三维模型的构建^[2]。作为夹持机构,在保证零件可靠性的同时还需要减小质量,因此,在基础草图的绘制时进行槽的草图绘制,进行轻量化预处理,为实现安装,在板的上下左右相应位置设置小槽,方便两夹板安装的同时固定电动推杆。

(二) 应用 Inventor 部件模块进行整体机构的装配

设计过程中主要应用 Inventor 的部件模块完成夹持机构的整体装配任务。首先,创建装配体环境,导入创建好且已保存的各零件模型,为保证装配体规范,选择其中一个零件与坐标平面进行约束,从而作为整个机构的机架,以方便其他配合的施加。

其次,应用软件的“放置”从“资源中心”调用螺栓等标准紧固件,从文件夹中调用在“大工程师”和3Dsource资源平台下

载的标准件如:Step格式的电动推杆、轴承、滑块和导轨等通用产品模型,导入标准件也有其他方法,如可应用3Dsource直接插入到装配体。然后按照机构的实际工作情况,通过“配合”命令进行各零件约束配合关系的构建。



> 图2装配体构建基本流程图

电动推杆尾孔与支撑板孔采用“插入(端面边线配合)”的接触约束,电动推杆尾部表面与连接件上表面采用角度约束以限制其自由度,活塞与缸体采用“配合(反向)”约束,保证活塞的伸出和缩回。

重复上述装配操作,机架连接板一端面与(支撑板)端面采用“表面齐平”约束,活塞连接件与活塞采用“插入”和表面齐平约束。

将通用件滑块、导轨和轴承导入后采用“表面齐平”、“插入”等配合完成单侧装配,应用装配体条件下“镜像”命令实现另一侧导轨滑块的装配,夹持板和滑块采用“表面齐平”、“配合”实现约束,连杆、夹持杆、推杆连接件采用表面齐平,孔与孔间采用“插入”约束命令。装配体装配完成,检验结果为无干涉,检验通过,可进行仿真分析。

三、应用 Inventor 运动仿真功能进行机构运动仿真分析

运动仿真及相关运动曲线的输出主要是应用 Inventor 自带的仿真模块进行仿真运动模拟。在装配完成的条件下,运动仿真模块可根据约束类型自动生成运动类型,但有时自动生成会出现错误,因此在保证上述约束条件设定正确的基础上需要人为添加运动类型对自由度和运动条件进行限定和设置^[3]。

在仿真“运动类型”设定中定义动力源(电动推杆)的输出特性,由于要完成夹持和释放动作因此电动推杆伸出和缩回为一个周期,定义伸出长度,选择夹持板为观察对象。

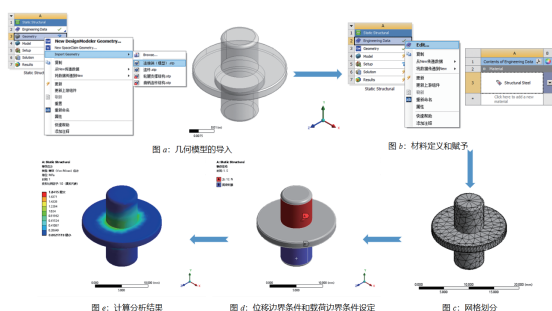
在“输出图示器”中求解推板运动曲线,将结果导出到 Excel 表格中进行修改标注。从仿真结果可以看到机械爪末端夹板的位移、速度、加速度曲线是一条平滑连续的曲线,且在动力源输出(推杆伸出)和返回(推杆收缩)过程中曲线呈现对称状态,夹持状态下呈现一条水平直线,据此表明机械爪在抓取、保持和释放过程中运行平稳,没有出现速度和加速度的突变^[4]。表明机构能够在给定驱动的条件下正常稳定运行,满足实际工作条件。

四、应用 Ansys workbench 平台对连接销的强度校核

连接销作为连杆和机架的连接部分,对整个机构的强度具有重要影响,甚至决定了整个机构能否正常运行,因此该部分在进

行了受力分析, 求得其所受应力和完成几何模型构建的基础上, 应用 Ansys workbench Static structure 模块, 根据有限元分析技术流程: 前处理、求解、后处理对连接销进行了有限元分析^[5]。本文结合连接销分析实例, 前处理步骤主要为: 几何模型的导入、材料的定义、网格划分、载荷边界条件的设定和位移边界条件的设定。求解步骤包括: 应力、应变和变形的求解。后处理步骤包括: 计算结果分析校核及结果云图的输出^[6]。

首先, 从三维软件中导出已经构建好的几何模型 (Step 格式), 将其模型导入到 Ansys workbench 平台中, 构建 Static structure 模块, 在 Geometry 功能下导入的模型, 检查模型无误后, 在 Engineering Data 中进行材料的定义^[7]。默认材料为结构钢, 进入进行网格划分, 选择四面体网格, 进行位移边界条件的设定, 选择销轴一段全固定约束, 载荷边界条件的设定: 销轴另一段受到切向载荷 12N、求解的设定 (位移、应力及应变求解条件的设定)、计算结果的分析 (solution 求解)、应力等计算结果的云图输出等, 主要流程如图 3 所示。



> 图 3 连接销有限元分析基本技术流程汇总图

连接销零件有限元分析原网格划分模型及计算结果 (应力、应变和位移) 云图, 计算得连接销最大等效应力为 1.8415Mpa, 由结构钢主要材料参数表可知其屈服强度为 250Mpa, 综上所述, 连接销在受到 12N 的载荷条件下, 强度条件满足, 强度校核通过。

五、Vericut 下 CNC 加工仿真及 G 代码的验证

(一) 机床的选择和加工前准备

创建仿真加工环境, 首先进行加工中心的选择, 选择夹具工作台虎钳导入机床, 导入后如、定义系统控制器^[8]。选用 fan10 m

系统控制器、导入夹具台虎钳模型、工作台上台虎钳的安装, 使其沿 Y 轴方向移动 200mm 约处于工作台中心位置、定义零件毛坯, 根据 SW 软件创建的毛坯数据, 定义零件毛坯的尺寸并且完成装夹。

(二) 毛坯的装夹及坐标系的定义

首先将定义好的台虎钳和零件毛坯“创建视图”, 方便操作和观察, 应用“移动”命令, 将选择箭头移动至毛坯左边终点选择“从”, 然后选择“到”命令, 点击台虎钳一端顶部重点, 实现移动, 重复命令, 将虎钳另一端移动至工件另一侧表面, 完成毛坯件的装夹, 实际情况下, 应当明确待加工工件下方应垫有垫块, 模拟仿真操作过程中可不予体现。

由于在 SW CAM 模块中选择的夹具坐标系为“毛坯外围盒顶点”^[9], 因此夹具坐标系的定义过程中需创建一新坐标系, 并通过“移动”命令将其移动至零件毛坯上方中心顶点处, 坐标系定义后需要移动代码偏置位置, 通过查阅相关资料, 确定 Vericut 代码偏置中“寄存器”数值为 54, 由此创建代码偏置, 将代码偏置显示后, 应用“平移到位置”命令, 将其与上述定义好的, 夹具坐标系原点重合, 从而完成零件坐标系和系统偏置的设定。

(三) 定义刀具类型和基本参数

根据 SW CAM 模块下生成的刀具类型和参数, 需要在数控仿真加工前定义至 VERICUT “加工刀具”处, 创建刀具^[10]。对应 SW CAM 模块“编辑定义”中查看具体刀具信息, 此处要求刀具信息, 包括刀具长度、名称代号需完全一致, 以满足在代码导入后顺利完成加工仿真模拟操作。

六、结语

本文应用 Inventor、3Dsource、Solidworks CAM 模块、Ansys workbench 平台和 Vericut 分别完成了对夹持机构设计、建模、标准件和通用件的选型、装配、机构运动学仿真, 有限元分析, 数控代码自动编程和 CNC 仿真系统下的加工可行性验证等任务, 并给出了相应软件的基本操作流程和具体步骤。在装配体环境下进行了干涉检查, 结果为无干涉, 在运动仿真过程中进行了尺寸条件和运动条件的验证, 结果为夹持板的位移、速度、加速度曲线是一条平滑连续的曲线。

参考文献

- [1] 熊伟. 质量创新: 基于质量功能展开的系统方法 [M]. 中国标准出版社, 2015.
- [2] 李伟, 马文泽, 李东升, 等. Inventor 在多功能攀爬机器人设计中的应用 [J]. 机械管理开发, 2017, 32(2): 18-20.
- [3] 王小玲. 基于 Autodesk Inventor 的千斤顶虚拟装配技术研究 [J]. 煤矿机械, 2010, 31(2): 194-196.
- [4] 胡岳, 刘诚. 木地板码垛机械手末端夹持机构设计及运动学仿真 [J]. 机电产品开发与创新, 2015, 28(2): 67-68, 34.
- [5] 王瑶. C 型钢管道支架力学动态响应分析 [D]. 四川: 西南科技大学, 2022.
- [6] 张中宜, 粟飞, 费杨, 等. 智能电液执行机构的分布式事件触发控制器设计 [J]. 自动化应用, 2023, 64(2): 65-66, 70.
- [7] 杨曙光. 基于虚拟样机技术的轿车等速驱动轴仿真与改进设计 [D]. 江西: 江西理工大学, 2014.
- [8] 曾学淑, 崔欢欢, 孙建明. 基于 VERICUT 的薄壁零件数控加工技术研究 [J]. 机电产品开发与创新, 2024, 37(3): 129-132.
- [9] 王翌龙, 闫晓玲. 基于 SolidWorks 和 MasterCAM 一体的 CAD/CAM 研究 [J]. 制造技术与机床, 2009(1): 36-39.
- [10] 张文叶. 基于 VERICUT 的数控车铣加工中心仿真技术 [J]. 现代制造技术与装备, 2024, 60(6): 195-197.