仿真技术在机械设计制造中的应用研究

丁永胜 王红梅 张新

(歌尔股份有限公司 山东 潍坊 261031)

摘要: 本文以仿真技术应用作为切入点, 简要叙述仿真技术概念、特征与作用, 并详细阐述机械设计制造过程中仿真技术的应用方法与实操要点, 探讨仿真技术在机械结构设计、机械复杂加工等具体场景中的应用情况。基于该技术具有较强的技术性和针对性, 机械设计制造人员在技术引进和使用之前, 应对该技术内涵原理和应用特点进行基本了解, 从而避免出现技术性问题, 推动机械设计制造业走向现代化和信息化。

关键词: 仿真技术; 机械设计制造; 应用

0 引言

近年来, 随着科技水平的提高, 仿真技术在机械设计制造领域中得到广泛应用, 通过数值计算与仿真实验求解方式妥善解决了机械产品在设计制造期间存在的问题, 极大地提高了机械设计水平和产品制造质量, 带来了巨大的社会效益。与此同时, 计算机仿真技术在机械设计制造中的应用具有较强的分布性特征以及集成性特征, 技术人员应进一步加大对仿真技术的研究, 使其更有效地促进机械设计制造技术的发展。

1 仿真技术概述

1.1 技术概念

仿真技术是将仿真硬件、仿真软件两部分结合起来构成仿真模拟系统, 在机械设计制造期间, 工作人员将复杂问题导入仿真系统内, 在数字型计算机等硬件设备支持下, 使用软件程序开展假定条件下的仿真实验, 在现有方案基础上模拟机械产品制造过程与使用过程, 从中发现缺陷和问题, 为机械设计制造方案的优化改进提供数据支持。简单来讲, 仿真技术帮助工作人员提前在仿真环境中全面、直观了解所研制机械产品的成果, 具体可采取离散事件仿真实验和连续运行系统仿真两种方法。

1.2 技术应用特征

从机械设计制造角度来看, 仿真技术在应用期间呈现出时间伸缩性、运行可控性、优化性的特征。第一, 时间伸缩性。在开展仿真模拟实验时, 既可以按照现实 1:1 等比时间流速进行实验, 也可由工作人员根据实际需要来人为设定时间流速或起止时间点。例如, 加快时间流速, 在短时间内模拟机械产品在全寿命周期内的使用情况, 根据实验结果来掌握机械产品实际使用寿命、老化磨损速度等信息。第二, 运行可控性。仿真模拟实验过程受到人为控制, 工作人员根据实际

需要来设定仿真规定、设定假定条件和把控实验过程, 必要时可以直接修改实验参数与方针规则。第三, 优化性。仿真技术以获取最优问题解决方案为应用目标, 在机械产品设计制造期间, 工作人员将使用仿真系统重复多次开展模拟实验, 对比各次实验结果, 从中选择最佳结果, 直至各项问题得到妥善解决, 所研制机械产品质量达到预期要求^[1]。

1.3 技术应用作用

在机械设计制造领域中, 仿真技术应用的作用主要体现在节省研制成本、强化数据处理能力和了解结构系统三方面。首先, 在节省研制成本方面, 相比传统设计制造方法, 仿真技术采取虚拟原型方法, 根据初步设计方案来构建仿真模型, 通过模型展示设计成果, 通过多次仿真实验来持续修改设计方案, 无需制造物理对象, 通过缩短研制周期、减少机械产品制造次数的方式来节省研制成本。其次, 在强化数据处理能力方面, 仿真系统替代人工完成信息采集、汇总整理与分析等基础性工作。如在仿真实验结束后自动统计机械产品尺寸参数等信息, 对比各次实验数据来判断机械产品性能提升幅度, 并向工作人员提出优化建议, 既减轻了工作负担, 也保证了数据计算结果准确性。最后, 在了解结构系统方面, 工作人员在仿真系统对机械产品外壳进行虚化处理, 清晰显示各处零部件的运行状态与相互作用关系, 帮助工作人员了解机械产品的运行过程和部件协调状况。

2 仿真技术在机械设计制造中的应用方法

2.1 仿真规则制定

工作人员根据机械设计制造要求, 在仿真软件中提前设定有关机构运动关系、运动参数、装配工位位置与数量等内容的仿真规则。如此, 在后续仿真模拟实验中, 软件基于预定规则来处理仿真数据, 判断机械产品在虚拟制造、虚拟使用期间是否存在不达标部分, 并在模型

中以特殊颜色符号标注不达标部分,以供工作人员修改方案。例如,在运动关系判断环节,软件判断各处活动机构是否围绕特定方向、保持特定角度与速度运行。在碰撞接触状态判断环节,软件判断凸轮、滚子等机构的碰撞频率、接触力矩、碰撞前加速度等碰撞参数是否达标。而在耦合运动判断环节,软件判断各处齿轮的转动角度比值、角速度是否与理论值保持一致。此外,根据仿真技术应用情况来看,受到机械部件复杂表面形状等因素影响,在描述边界模型表面形状、运动状态、碰撞模式等内容时较为模糊。因此,工作人员还应对仿真结果描述规则进行补充完善。例如,在描述边界模型表面形状时,根据表面形状来选择恰当的描述方式,对于常规表面形状使用基本图形或组合体加以描述;对于超二次曲面形状,使用连续方程进行描述,也可使用三角网格进行描述^[2]。

2.2 仿真模型建立

在仿真模型构建环节,工作人员可使用 Plant Simulation 或其他工序来建立模型基本单元,在模型中设置访问接口,依次添加边界条件、约束条件与机械产品实体单元。随后,在模型中使用数学表达式与内嵌程序语言来将仿真模型精细化处理,最后把前期设定的仿真规则导入模型中,即可完成建模作业。同时,工作人员需要根据机械设计制造需求来选择模型类型,具体分为动态模型和静态模型,主要使用动态模型。

2.3 仿真模型变换

在仿真模型变换环节,为保证模型输出结果以及模拟过程可以准确传达给工作人员,从中发现机械产品缺陷问题和掌握部件相互作用关系,工作人员需要使用计算机语言将原本较为抽象的表达方式转换为数学模型表达方式,以保证模型描述结果的准确性。工作人员具体可采取机理建模和系统辨识两种方法来变换仿真模型。其中,机理建模是通过在模型中列写微分方程来转换仿真实验期间各个系统变量,最终以状态方程、传递函数等形式进行表达。而系统辨识则是在仿真实验期间施加试验信号,测量系统执行输入输出与数据分析操作,使用数学表示方式来展现输入输出数值间的关系^[3]。

2.4 模型仿真实验

在模型仿真实验环节,实验内容由求解计算和数据处理两部分组成。第一,在求解计算步骤,待前期准备工作完成后,工作人员控制仿真程序进入求解计算阶段,根据实验类型与实验对象种类来依次完成多项模拟动作,同步计算实验过程中的信息数据。例如,在开展颗粒离散仿真实验时,仿真软件对模型执行清除临时信息、搜索网络内映射离散单元与边界三角形单元等多项操作,同时判断接触状态、接触力,更新颗粒系统运动状态与边界模型位置,重复上述操作,直至到达预定实

验次数为止。第二,在数据处理步骤,系统自动保存实验结果数据文件,对接触力、速度、位移值、部件碰撞次数、碰撞位置、持续接触时间等参数进行分析,并在处理期间获取接触点碰撞能量损耗、机械部件瞬时力矩与平均力矩、部件表面应力分布等衍生数据,最后在分析结果的基础上准确掌握与描述机械产品总体状态、使用性能与部件运动规律。如此,即可完成仿真模拟实验,通过模型输出值与仿真报告将实验结果转换为实际应用成果。

3 仿真技术在机械设计制造中的具体应用场景

3.1 机械结构设计

第一,在机械结构设计中,设计人员首先根据产品研制要求、设计思路来制定多套初步设计方案,各套方案中的机械产品结构组成、部件种类与数量存在明显差异。随后,设计人员将初步设计方案导入仿真软件中建立虚拟模型,依托模型开展仿真实验,判断各套方案的设计成果是否能够达到预期要求,从中选择合理、可行性高的方案。最后,开展深化设计工作,重复开展多次仿真模拟实验,根据实验结果不断修改方案内容,修改内容包括部件位置、尺寸、材质、运行参数等,直至设计成果、模拟使用情况等完全达到预期要求,按照最终方案将机械产品投入生产制造。如果后续机械产品在制造期间出现突发状况,或者产品未通过性能测试,则继续使用仿真技术来优化产品设计方案。

第二,在齿轮设计中,工作人员使用 Visual Lisp 语言来建立齿轮端面齿形模型,并开展传动仿真实验,后续根据实验结果判断齿轮传动动力状态是否合理,正交面齿轮接触点的齿数比、主动齿轮和刀具齿数差值等参数是否为最佳值,必要时修改齿轮结构形态和参数值。

第三,在球磨机设计中,工作人员建立离散元仿真模型并开展实验,根据实验结果检查转速率、介质填充率等参数是否合理,重点检查磨机衬板部件的磨损量是否超过预期。如果实验结果表明球磨机在模拟运行期间出现过度磨损问题,则根据衬板磨损程度与失效形式来改进结构设计方案。例如,在仿真模型中选择一块具备代表性的衬板提升条,实验过程中控制磨机旋转一周后保持稳定状态,同步记录目标提升条在边界三角单元中的碰撞能量,将碰撞数据代入计算公式中求解,根据解算数值来判断球磨机的磨损率以及能耗,为球磨机结构优化设计提供数据支持^[4]。

3.2 复杂数值计算

在复杂数值计算场景,凭借仿真技术强大的数据处理能力,将替代或辅助人工在短时间内完成复杂数值计算任务,生成数据统计报告和数值计算报告,并为计算结果准确性提供保证,避免受人为因素影响而出现数值

漏算、错算、重复计算等问题。例如,工作人员使用仿真软件构建动力学模型并开展仿真模拟实验,实验过程中软件自动记录机械结构强度、动态特性固有频率、热态特性温度场和变形量等参数,根据计算结果判断机械产品在持续运行不同时间后的疲劳失效可能性,并从中发现更多的潜在问题。同时,仿真技术还将通过对比各次仿真实验结果来计算机械运行参数的最佳值,如开展磨削动态实验,工作人员把磨削功率参数设定为变化量,利用仿真软件重复开展多次模拟实验,各次实验中对磨削功率值进行适当调整,最终对比各次实验结果来确定最佳磨削功率,以此来提高机械磨削产品品质。

3.3 机械复杂加工

在机械复杂加工场景,工作人员可以通过仿真实验结果来掌握机械产品深层次加工机理,在其基础上制定产品制造方案与各项加工参数,并对机械产品现场加工过程进行预测,提前发现并处理后续加工期间可能出现的各类问题。例如,在数控加工环节,提前开展仿真模拟实验,将实验结果转换为控制指令,把指令导入CNC机床零件加工程序当中,从而设定最佳加工参数。在磨削加工环节,建立磨削模型并开展仿真实验,把时间变化作为仿真模拟依据,预测零件与刀具在不同时间点的磨削行为及加工质量,根据实验结果来制定或修改磨削加工方案。而在铣削加工环节,开展切削振动仿真模拟实验,根据实验结果来掌握铣削振动机理并设定加工参数^[5]。

3.4 生产线仿真预测

在生产线仿真预测场景,机械产品自动生产线运行期间,工作人员保持仿真模型和生产线数据源的通信互联状况,通过传感器等终端传感装置来采集现场监测信号,再将监测信号转换后导入仿真软件中,持续修改模型属性信息并开展仿真模拟实验。如此,在机械产品加工期间,工作人员将通过仿真实验结果来预测未来一段时间的加工情况,提前发现可能出现的加工问题,根据问题类型采取应对措施,必要时中断机械产品加工过程并修改制造方案,以此来保证机械产品生产活动有序开展,最大程度预防各类生产问题与产品质量通病的出现。

目前,现代机械产品呈现出结构精密化、工艺流程复杂化特征,对制造质量提出了更高要求。为切实满足

机械产品制造需求,制造企业可选择应用仿真技术与人工智能技术。在机械产品制造期间,通过仿真模拟结果来预测后续机械产品加工过程,通过智能算法输出值来提出产品工艺制造方案的修改意见,或者由系统直接修改方案内容。

此外,在机械产品复杂制造流程中,仿真技术还可用于检测制造过程中是否出现相互干涉、步骤错乱等问题。例如,在零部件装配环节,仿真系统持续对零件和组件的移动、定位、夹紧等步骤进行干涉检查,并对比仿真实验结果与现场监测数值。如果发现部件位置偏差超标、工装夹紧不稳等问题,系统立即发送报警信号,引导生产人员着手解决问题,避免因生产问题发现、处理不及时而对机械产品制造质量造成实质性影响。

4 结语

综上所述,为突破传统机械设计制造模式的局限性,做到对机械产品设计水准、制造质量的全面把控,制造企业必须认识到仿真技术在机械设计制造领域中的重要价值,正确掌握仿真技术应用方法与实施要点,依托仿真技术建立全新的机械设计制造体系,并将仿真技术在机械结构设计、复杂数值计算、机械复杂加工、生产线仿真预测场景中做到落地应用,在技术助力下推动我国制造行业迈入全新发展阶段。

参考文献:

- [1] 许健,顾晓洋. 机械设计制造过程中仿真技术的应用研究[J]. 设备管理与维修,2022(14):133-134.
- [2] 王正铎. 浅析仿真技术在机械设计与制造中的应用[J]. 电子元器件与信息技术,2019(03):95-98.
- [3] 杨宇哲. 浅谈仿真技术在机械设计制造过程中的应用[J]. 科技创新与应用,2014(11):97.
- [4] 胡励. 机械产品设计中的颗粒离散元仿真技术及实现[D]. 武汉:武汉大学,2013.
- [5] 孔令宁. 仿真技术在机械设计制造中的应用研究[J]. 南方农机,2021,52(06):118-119.

作者简介:丁永胜(1986.01-),男,汉族,山东潍坊人,硕士研究生,工程师,研究方向:机械设计。