

激光驱动器数字化装配仿真验证关键技术研究

Research on Key Technology for Digital Assembly Simulation and Validation of Laser Driver

中国工程物理研究院激光聚变研究中心 罗欢 熊召 范乃吉 刘长春 周海 曹庭分 叶海仙

[摘要] 激光驱动器具有规模大,零件多,洁净、精度要求高,部分装配空间狭小的特征,因此其数字化装配仿真验证所面临的难点与关键点也不一样。以靶场变形镜安装工艺仿真验证为例,详细介绍了基于 Delmia 软件平台激光驱动器数字化装配仿真验证的 3 大关键技术——顺序装配仿真建模技术、增强仿真建模技术、不同工位仿真验证的快速扩展技术,实现了对工艺、工装详细的仿真验证,丰富了工艺仿真验证的内涵,并以此为基础,针对驱动器的特点,实现了不同工位仿真验证的快速扩展。

关键词: 激光驱动器 关键技术 顺序装配仿真建模

[ABSTRACT] Laser driver has the characteristics of a large scale, millions parts, high demands on cleanliness and precision, and some of the assembly space is quiet small, so the key points and difficulties of its digital assembly simulation faced differs from the others. Take deformable mirror installation process simulation as an example, three key technologies of laser driver digital assembly simulation system based on Delmia are introduced - the ordinal assembly simulation modeling technology, the enhanced simulation modeling technology, the rapid expansion of different stations simulation technology, which help to achieve detailed simulation and validation on technics and facilities, enrich the connotation of assembly simulation. Further, it finds a way to rapidly expand simulation and validation on different stations.

Keywords: Laser driver Key technology Ordinal assembly simulation modeling

伴随着科技的迅猛发展,产品更新迭代的速度越来越快,产品的生产模式由少品种、大批量逐步转变为多品种、变批量,由此数字化技术越来越成为先进制造的核心技术^[1-2]。数字化技术以产品的数字化定义为物理基础,使研制方式由以功能为中心的串行模式向以过程为中心的并行协同的研制方式转变^[3]。数字化技术可以加速产品的多学科并行设计与迭代优化,缩短产品的

研发周期,减少产品的研发成本与后期工程更改量^[4]。数字化装配技术作为其中一个重要的组成部分,主要是确保在产品的设计阶段就能解决后续制造、装配和维护阶段所涉及的问题,减少因设计阶段的问题而引发的后续制造和装配工作的难度。

激光驱动器具有规模宏大、零件众多、洁净与精度要求高等特点,同时由于所有的光束汇聚在靶场区域(如图 1 所示),空间约束条件十分苛刻,这些都使得激光驱动器的装配任务面临诸多的挑战。我国神光-III 主机装置在研发阶段,对大件的物流通道进行了仿真验证,并对关键部件的装配可行性进行了分析,但未对安装工艺的细节与驱动器的整个建设与运行过程进行详细的仿真验证工作,致使在实际的装配与维护过程中出现了不少问题,增加了装配工作的难度并影响了装配的进度。在我国新一代更大规模的激光驱动器研发工作正式开展之前,必然需要拓展其数字化装配仿真验证的内涵与能力。

本文以驱动器靶场变形镜安装工艺仿真验证为例,介绍了基于法国 Delmia 软件平台的激光驱动器数字化装配仿真验证的 3 大关键技术路线。

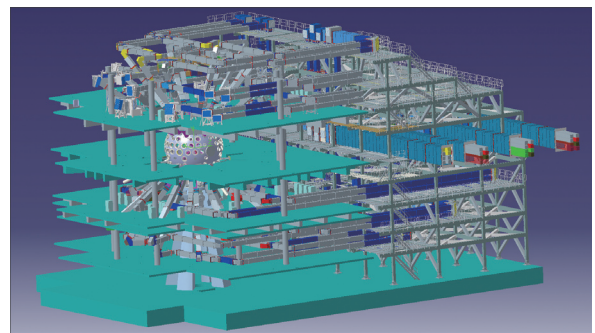


图1 激光驱动器靶场区域示意图

Fig.1 Diagram of laser driver target area

1 顺序装配仿真建模技术

顺序装配仿真建模技术是指不同于通常的先逆向做拆卸动作、再反转得到装配的流程,仿真的流程是顺向进行的,并尽量贴近现场操作人员的视角;装配的过程不再是一步到位,而是对实际装配中的每一个装配动

作增量进行仿真,相当于在虚拟的环境中把产品装校了一遍,从而可以充分暴露相关的问题,提出解决的方案。例如在激光驱动器变形镜安装仿真中,我们采用了顺序装配仿真建模技术,在这个过程中实现干涉可行性分析、效率分析、人机工程分析、辅助工装设计改进、细节流程优化、工装精度要求分析及工装自由度改进,最后经过优化与改进,得到了满足相关使用要求的工艺流程。

(1) 干涉可行性验证。

设备之间的干涉可行性验证是安装工艺仿真验证的基本内容,通过对装配行进路线的调整与优化,或与产品设计进行优化迭代,使每个零部件在装配过程中都具有可行的装配路径。

(2) 效率分析。

在建模的过程中,详细定义工装各个运动副的速度与加速度,使与设计参数或实际情况相匹配,并对其中的人机任务定义适当的速度,这样当工艺建模完成时,以这些参数去驱动整个仿真,可以得到其总时间与效率。

(3) 人机工程分析。

通过可视性、可达性、舒适度等分析,确保技能人员能够顺利地完成任务;对于不是那么困难或关键的步骤,就可以简单地通过可视性和可达性进行快速验证。

(4) 辅助工装设计改进。

在创建仿真动作的过程中,发现装校端需要在左右方向上对正,但是对于操作人员而言,却没有任何对正的参考,从而在实际的操作中无法实现这个必须的过程。在仔细对工装及流程进行分析之后,提出了对工装辅助设施的改进——在装校端的下端做一个与吊钩同轴的突出标识,并配合卡尺可以很好的解决这一问题。

(5) 细节流程优化。

如图2所示,在变形镜精定位时,必须满足深度与左右这两个自由度的相关要求。分析得知,深度与左右同时与“底座旋转”、“变幅”、“臂长”相关,这使得整个调节相对混乱。通过仔细分析得知,深度是一个范围要求,而左右是一个精确要求,因此,规划出先满足深度要求、再调节左右位置的一个细节流程优化方案。

(6) 工装精度要求分析。

变形镜就位之前的横向调节精度要达到0.2mm才能满足定位要求。用试验性机构运动并结合精确测量的方法对各个工装运动副进行分析得知:要满足这一要求,如果使用底座变幅去实现则要求其精度达到 0.004° ,如果使用伸缩臂则要求精度达到0.57mm,显然底座变幅的方式只能进行左右方向上的粗调,而精调只

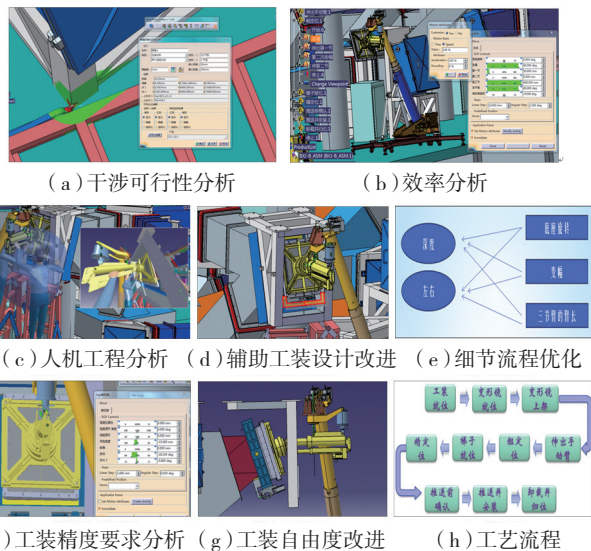


图2 顺序装配仿真建模时仿真验证所得到的结果

Fig.2 Results under ordinal assembly simulation modeling technology

能通过伸缩臂的长度调节来实现。此结果可以为工装的机械设计中各运动副的精度设置提供参考,也为调试的流程提供指导。

(7) 工装自由度改进。

如图2所示,装校框是倾斜设置的,但是工装只有水平与垂直方向的自由度,没有与这个斜插动作相匹配的自由度。如果对工装进行改进,增加与这个斜插动作相匹配的自由度,那么这个步骤的操作效率将大大提高。

(8) 工艺流程。

装配仿真模型是按照一定的流程去建立的,创建装配仿真过程其实也是对工艺的详细设计过程。设计或仿真人员需从不同角度考虑各种可能性,并使用软件去做出相关验证,从中做出最好的选择。当最后完成所有的优化与迭代,也就输出了通过仿真验证的工艺流程。

2 增强仿真建模技术

为增加装配工艺仿真验证结果的实用性,除了装配的工艺流程外,应不拘泥于现实的装配活动,对某些特殊的要求构建特殊仿真模型,得到相应的结果。例如,在变形镜装配工艺仿真中,存在一个底座定位的范围问题。由于工装活动都有一定范围限制,所以底座需要定位在某个范围之内才能顺利的安装。针对这种情况,对仿真工装模型进行了微小改造,把工装的固定件由底座改为了装校端,然后利用snap命令把工装的装校端移动到装配的目标位置,这时以装校端为固定端,以底座为活动端,能够通过机构运动去调节每一个运动副,查看它的底座所能达到的极限位置,也即实际装校可行的

底座定位范围。

实际操作中,分别以工装最具代表的4种极限状态为前提,调节其他自由度,使底座与地面接触,然后使用装校端旋转这个运动副调节旋转角度,得到作旋转时所画出的弧线,把这4段圆弧用包络线包络,得到底座大致可行的定位区域,如图3所示。另外,我们在考虑现场环境约束的前提条件下,让工装的各个自由度处于其行程的中间位置,就能得到一个推荐的最佳安装位置。

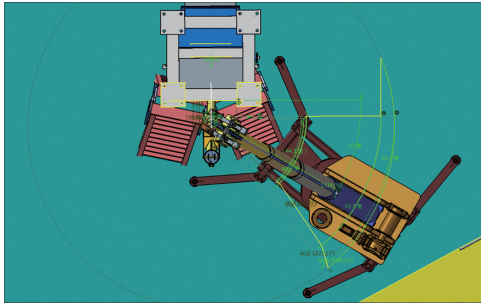


图3 工装底座可行定位区域

Fig.3 Feasible area of facility pedestal

3 不同工位仿真验证的快速扩展技术

在顺序装配仿真建模中,对于一类元件的安装,选取典型工位对工艺及工装进行详细的仿真验证,通过后就基本可以对工艺进行定型。但是对于激光驱动器的装配而言,不仅要解决典型工位的工艺问题,同时要对元件的每一个工位进行验证。如果对所有的工位都采取顺序装配仿真的方式去验证,那么这个工作量将变得极其巨大。实际上,不同工位之间的工艺流程是一样的,不同的只是安装的路径及相应的干涉可行性分析,所以研究了一条对不同工位快速进行仿真验证的技术途径。如果说在顺序装配仿真建模中解决的是工艺的共性问题,那么在工位的快速扩展中就是解决各工位安装工艺的特性问题,其内容包括安装路径、安装位置规划与干涉可行性分析。

工位快速扩展中的第一步是工装定位,使工装的装校端与目标位置吻合,然后来调节各运动副,迅速查看其可行的底座定位区域及最佳安装位置。这里要求把工装运动机构建模中的 Fix Part 与活动端进行对调。要实现这个过程,工装运动机构建模时必须要求从 Fix Part 到活动端的机构运动副主干线上各运动部件在同一层级上,否则对它进行调换后机构运动关系就不能成立了。

工装定位完成后,需要对其姿态与位置进行记录(姿态即各个运动副的参数,位置可以通过以工装的底座为参考绘制简单的辅助模型来达到),然后以 Fix

Part、活动端与实际相符的工装定位到之前记录的位置与姿态。以这个为初始状态,可以对它做逆序拆卸仿真建模,并忽略对准、调试等工艺细节,仅对路径与通道进行验证,从而可以快速高效地完成(见图4)。

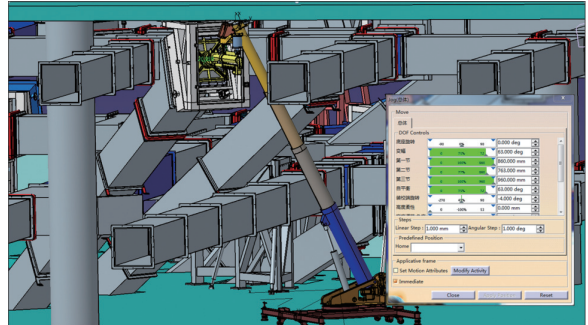


图4 变形镜不同工位仿真验证的快速拓展

Fig.4 Rapid expansion of different stations simulation of deformable mirror

最后对 process 中的流程进行反转,即得到一个简化的工艺细节,以安装路径、安装位置规划与干涉可行性分析为内涵的顺序装配仿真模型,具体流程见图5。

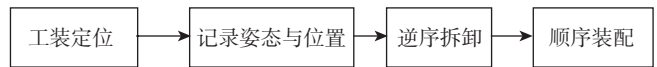


图5 工位仿真验证快速拓展流程

Fig.5 Sequence of rapid expansion of different stations simulation technology

4 结论

本文以靶场变形镜的安装工艺仿真验证为例,介绍了激光驱动器数字化装配仿真验证的3大关键技术——顺序装配仿真建模技术、增强仿真运动技术、不同工位仿真验证的快速扩展技术,实现了对典型工位的工艺、工装详细的仿真验证,丰富了工艺仿真验证的内涵;以此为基础,针对驱动器的特点,实现了不同工位仿真验证的快速扩展,为以后驱动器数字化装配仿真验证工作的开展奠定了很好的技术基础,同时也可以为其他大型复杂系统的装配仿真验证工作提供参考。

参考文献

[1] 刘检华. 三维数字化设计制造技术推动产品研制模式重大变革. 新型工业化, 2013, 3(9): 1-13.
 [2] KMMntyl G J. Functional understanding of assembly modeling. Computer-Aided Design, 1994, 26(6): 435-451.
 [3] 范玉青, 梅中义, 陶剑. 大型飞机数字化制造工程. 北京: 航空工业出版社, 2011.
 [4] 朱铭铨, 张铁生. 虚拟制造系统与实践. 西安: 西北工业大学出版社, 2001.

(责编 谷雨)