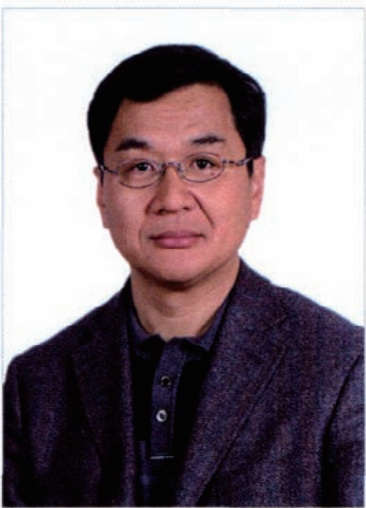


基于三维模型定义技术 应用的思考

Application of Model Based Definition in Aircraft Development

南京航空航天大学 安鲁陵 金 霞



安鲁陵

南京航空航天大学教授,博士生导师,主要研究方向为数字化设计制造技术。

根据 ASME Y14.1—2005 和 ISO 10209—1:1992 给出的定义,二维工程图纸是“活的工程文档,按照国际标准,通过平面上静态、按比例图形和图像化的表达方式,以一种明确的形式传递、控制和维护的产品定义”^[1]。作为工程师的语言,长期以来,工程图纸在人们的工业生产中扮演着重要的不可或缺的角色。在过去的飞机研制中,还要借助于一些刚性的实物模拟量(标准工艺装备)来体现产品的尺寸和形状,从而保证产品

MBD 技术是一个新生事物,涉及到系统性问题,它的应用实施是一项长期、复杂而又艰巨的工作。需要考虑的问题不仅涉及技术方面,还有文化、管理、组织和生产方式等方面,只有解决好这些问题,才能充分发挥 MBD 技术的巨大效力,更好地为我国大飞机研制服务。

的制造准确度,即采用模拟量尺寸传递体系^[2]。

近 20 年来,随着数字化技术水平的不断提高,飞机生产逐渐采用了数字量尺寸传递体系。以波音 777 的研制为标志,全面应用了数字化技术,并取得了显著成效。应用 CAD 软件建立飞机零件的三维实体模型,可在计算机上模拟装配过程,检查零件的干涉和配合协调问题,进行重量和应力分析等。建立飞机产品三维模型,也使设计和制造人员更方便地理解零件的构造、进行数控加工程序的编制,建立零件之间的装配和位置关系。零件三维设计结果成为唯一的权威性数据集,供后续环节使用^[2]。

另一方面,仅靠传统意义的三维模型进行产品的设计制造还存在不足,这是因为三维模型中还没有包含足够的用于制造、工装、检验等工序所需的信息。与二维图纸相比,三

维模型数据能更好地表示飞机外形、钣金件和结构件等复杂结构和零件的详细形状信息,但还需要尺寸和形位公差、表面粗糙度、材料、热处理与表面处理方法、检验要求等其他工程信息。因此,目前常用的做法是将飞机产品三维模型、二维图形并标有尺寸和公差及其他制造要求的文档打包,构成飞机的工程数据集。

基于三维模型定义(Model Based Definition, MBD)是 CAD 技术发展的新趋势。现在从技术上来说,将尺寸、公差和工程注释直接添加到三维 CAD 模型上已无问题,也就是说可以实现在三维模型中包含原来只能在二维图纸上标注的制造检验信息,即 MBD 数据集^[3-4]。波音公司在波音 787 新型客机研制过程中,全面采用 MBD 技术,将三维产品设计信息与三维制造信息集成定义到产品三维模型中,取消二维图纸,实现了产

品设计、工艺、工装、零件加工、部件装配、零部件检测检验信息的高度集成、协同和融合^[5]。MBD 在波音 787 研制中的成功应用,为我国大飞机的研制提供了重要参考。

我国在大飞机研制中,为提高飞机产品的质量和企业的竞争能力,正在探索应用实施 MBD 技术,减少直至取消对二维图纸的依赖。当前,二维工程图纸在捕捉设计意图、传递非几何信息和存储产品定义信息等方面仍然发挥着很大作用。长期的工程实践使工程图纸的应用非常成熟,形成了完备的定义、存储、使用规范。而 MBD 技术是一个新生事物,涉及到系统性问题,它的应用实施是一项长期、复杂而又艰巨的工作。需要考虑的问题不仅涉及技术方面,还有文化、管理、组织和生产方式等方面,只有解决好这些问题,才能充分发挥 MBD 技术的巨大效力,更好地为我国大飞机研制服务。

基于三维模型定义技术

基于三维模型定义,即 MBD 技术,是指用集成的三维模型完整地表达产品定义信息,将设计信息和制造信息共同定义到产品的三维数字化模型中,以改变目前三维模型和二维工程图共存的局面,更好地保证产品定义数据的唯一性。

基于三维模型定义的核心是将产品三维模型打造为传递下游生产活动所需详细信息的最恰当的载体,企业所有部门和团队都使用三维模型作为信息传递途径。基于三维模型加二维图纸的设计,往往会给出冗余的设计定义,三维模型和二维图纸的关联工作也不创造价值。MBD 数据集提供了单一源定义,因此消除了潜在的三维模型和二维图纸之间的冲突。不用纸质文档不仅节省时间和金钱,也保护了环境,体现了绿色的理念。加标注的三维模型作为单一源主模型,比起使用多页工程图纸

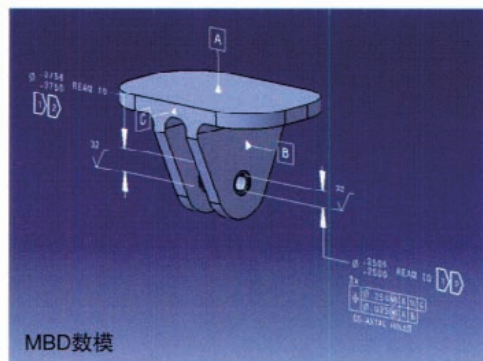
更加有效。应用了 MBD 模型后,也就再无必要管理和控制 2 个单独的文档(三维模型和二维图纸),节省时间和存储空间。

MBD 数字模型的价值与产品的复杂程度成正比。如果用二维图纸描述复杂产品,则需要很多时间来培训使用者,以理解其复杂的结构与组织。有了三维 MBD 数据集,对专业技能的要求可以适当降低。使用者通过对模型进行平移、旋转和缩放就能够很容易地理解产品几何特征和相应的尺寸、公差。MBD 数据集还可以表示隐含的信息,进行剖切或特定的测量。

三维模型加二维图纸的定义模式下,在三维模型上并没有检验要求的描述,有关产品检验信息标注在二维图纸上。而应用 MBD 方法,可大大简化检验过程,应用基于三维模型的检验软件,直接读取三维模型上的尺寸和公差数据,在编制检验程序时,使用者的输入达到最小。利用便携式的坐标测量装置,使检验深入到更多的制造环节中,能及时发现制造缺陷和不合格产品,在后续加工之前就将废品淘汰,避免进一步损失。将质量保证部门纳入到 MBD 技术体系中,将使得产品设计制造形成具有反馈的封闭环,缩短新产品研制周期,降低研制成本。

MBD 蕴藏着巨大潜能,有可能为我国大飞机研制带来显著成效。这是由于在 MBD 体系中,数据集以三维模型为核心,集成了完整的产品数字化定义信息,在后续各个生产环节中,技术人员借助于数字化系统,利用相对简便的人机交互方式,即可快速有效地基于产品定义信息和设计制造要求进行操作,数据流可进行顺畅流动,减少了由于过多人工干预而出错的概率。同时,MBD 技术体系改变了传统的基于纸质介质的产品定义表述模式,使得从设计开始到

生产应用所定义的产品信息能够满足数字化研制的要求,方便了数据的管理,减少了因纸质实物系统与计算机系统脱节而造成的重复性劳动。此外,基于 MBD 技术体系,应用产品数据管理技术,提高了信息传递的准确性和传递效率,使使用者能够更加直观、准确地获取生产检验的信息。最后,MBD 技术体系可更加有力地支持并行设计和制造。在 MBD 的技术体系中,MBD 数据集内容包含设计、工艺、制造、检验等各部门的信息,在



数据管理系统和研制管理体系的控制下,参与研制的人员共同在一个未完成的产品模型上协同工作,提高了设计效率,保证了产品的质量。

MBD 技术应用实施 需要考虑的问题

应用 MBD 技术,意味着在产品全生命周期里,产品所有信息均以电子文档方式传递。由传统的二维图纸转变为 MBD,企业需要发生巨大的转变,成为完全基于三维模型的企业。与当初由图板变成电子的二维 CAD 图样,继而变成三维 CAD 模型相比,创建真正无图纸的环境是一个更为困难的过程。实施 MBD 技术体系是一庞大的系统工程,欲将其成功地应用于我国大飞机研制中,应从多方面综合考虑。

1 做好技术准备,奠定良好基础

研究减少对工程图纸的依赖直至消除工程图纸,首先要解决将图纸上的工程标注转移到三维模型上。

按照 ASME Y14.1-2005 标准,标注是指不需任何手工或外部输入的可见尺寸、容差、注释、文本和符号^[6]。工程图纸包括零件图和装配图,相应地,主要解决的应是产品零件的数模和装配模型的标注。作者应用 CAD 软件 CATIA,根据中国商飞 PDS 规范,分别对飞机蒙皮零件和结构件的三维模型进行了标注试验。试验表明,从标注本身而言,技术上是没有问题的,MBD 数据集完全可以包含原先二维图纸的信息。另一方面,在三维模型上进行标注所花时间不少于在二维图纸上标注的时间。

此外,针对 MBD 技术体系,需要研究标注内容的显示与管理。MBD 体系下,三维模型肩负着无标注三维模型联合二维图纸所承担的任务。一方面,使用 MBD 模型与使用二维图纸不同,可以通过平移、旋转、缩放三维模型等改变观察视角和位置,为了方便使用者对三维模型的研究,CATIA 提供了快照功能,待使用者打开模型时,系统会自动显示快照的视角;另一方面,MBD 数据集的信息量与原来无标注的三维模型相比有了较大的增加,既有反映其形状和结构的几何信息和尺寸,又有反映其工程属性和制造要求的非几何信息,因此,需要对这些信息进行合理的组织。采用同类组合、分层显示的方式,使得标注结构清晰、层次分明。

采用 MBD 模型后,三维模型贯穿于设计、工装、工艺、制造和装配等生产的各个环节。MBD 技术的应用明显加快了飞机装配工艺方案制定和实施的进度,并有效保证了飞机的装配质量。使工艺人员共享产品三维模型数据是进行数字化预装配和工艺设计所必需的,但目前存在着一定的障碍,一是三维工艺设计数据量大,传输和接收困难,对设备要求高;二是非专业部门难以掌握复杂的 CAD 软件,应用不方便;三是不同 CAD 系统的数据格式不兼容。为

方便数字化工艺设计数据使用,降低使用成本,推动工艺数字化设计技术的全面应用,需要解决三维模型轻量化问题。轻量化技术能够支持企业间不同 CAD 数据传输与交换,在没有数据损失的情况下将产品三维模型轻量化,可大大降低数字化仿真对计算机软硬件的配置要求,显著提高企业之间的协同与网络传输效率^[7]。可将各种不同的三维产品模型转换成统一的轻量化产品模型,在此基础上通过集成接口或后置处理实现制造工艺信息的添加,建立面向三维的轻量化装配工艺信息模型。在此阶段,应注意编辑轻量化模型的过程中要保证工程信息不失真。

2 建设实施 MBD 技术的环境

MBD 技术体系需要的软件环境包括数据管理系统,数字化产品设计、分析,工艺与工装设计,现场可视化等工具集。数据管理系统的应用主要是实现工艺设计流程中工程数据、工艺模型、工艺设计数据以及工装数据的共享和关联问题,实现研制过程和批产过程中工程变更的工程影响扩散的关联。在采用 MBD 技术后,相关的管理方法也随之变化以适应全数字量管理的模式。

MBD 数据集的定义需要借助相关的工具软件来实现,利用其辅助设计和仿真优化功能,实现 MBD 数据集的优化设计,并满足面向制造和装配的设计。

实施 MBD 技术的硬件环境建设包括计算机网络、看板、显示终端、无线通信设施等。

基于三维模型定义技术的应用,同样也离不开标准和应用规范。为推动 MBD 技术的应用,国内外先后编写颁布了多种有关数字化定义的系列规范。作者在参与飞机数字化工艺设计课题中,通过研究在三维模型上进行尺寸和公差标注、剖视图生成、制造要求标注、注释、特征视图捕获,及数字化装配过程仿真和运动机

构仿真,编写了相应的实施规范(草)和应用指南,形成了 MBD 技术体系的雏形,为 MBD 技术的进一步应用奠定了基础。

生产现场从以基于纸质的工程图为依据制造产品到基于 MBD 数据集的模式制造产品,其中的转变是巨大的,需要为这些部门的工程应用提供培训,包括 MBD 规范的培训和业务程序的培训。

讨论

除了上述问题以外,还有很多需要克服的问题。首先,应当继续研究将二维图纸标注转移到三维模型上的可行性。实际上,考虑到产品的复杂性,为了更好地满足使用者的需要,在产品生命周期中的特定阶段,生成的图纸也不一样,必须对所有不同类型二维图纸标注转移到三维模型上的可行性进行评估。留下的问题是:在数字化环境中,是否确有必要保留所有标注?当前的 CAD 软件的标注功能是否与使用者遵循的标准规范相符合?

数据保存和维护也是一个需要关注的问题。传统方法是保存纸质图纸和设计文档,这些图纸是按照标准设计、绘制的,不同单位、不同部门的技术人员阅读起来没有障碍。但在 MBD 技术体系下,将来要保存的数据主要是电子文档,这就涉及到不同 CAD 软件产生的不同格式的模型数据;另外一个问题就是 CAD 软件的不同版本所生成的数据文档。

尽管还会不断有问题提出来,但在飞机研制中应用 MBD 技术已经是大势所趋。在正式应用实施前,必须对 MBD 技术进行深入研究,提前发现和考虑的问题越多,将来实施起来就越顺利。

本文共有参考文献 7 篇,因篇幅所限,未能一一列出,读者如有需要,请向本刊编辑部索取。(责编 良辰)