

面向制造的CATIA结构建模方法研究

Research on Method of CATIA Structure Modeling for Manufacture

中航工业第一飞机设计研究院 刘万春 袁伟 张琦



刘万春

毕业于西北工业大学,机械设计专业硕士。现就职于中航工业第一飞机设计研究院结构设计研究所,工程师。主要从事飞机结构设计及优化等方面的工作。

CATIA 软件广泛应用于航空领域的计算机辅助设计、分析和制造等专业。它是产品全生命周期管理的重要组成部分之一,支持项目的方案、详细设计、模拟分析、装配和维护等过程。CATIA 软件的应用使设计制造者从繁琐抽象的二维工作体系中得以解放,减少了重复性的低等级

本文从面向制造、模型继承以及易于并行设计的角度,同时结合实际工作经验,分析了应用 CATIA 进行飞机结构零件建模的规则和方法。通过实例演示,详细阐述了易于下游工作人员解读的实体模型的高效表达方式,为现行的建模规范提出了一种更优化的解决方案。

劳动工作,提高产品的直观性,促进协调完善。结合协同设计平台,促进了数据高度共享和高效的并行设计工作。

然而从目前的实际工作来看,指导设计标准规范没有全面系统地融入面向制造和并行设计的理念。针对应用 CATIA 软件进行实体建模的规范并未细化统一,不能够全面体现行业特点和现代设计理念。因此,在同一标准体系下,出现了各式各样的实体建模风格,总体上看同一机型设计风格因人而异;此外,具体的工作承接者、其他专业人员以及工艺制造者对模型的解读难度大。

为了使设计的信息快速准确地被读取和理解,要有系统、细实的操作规范来指导设计者进行零件的三维建模。同时,在模型设计时要从模型使用者的角度出发,规范模型特

征、尺寸参数和技术要求等信息的获取及操作方法,这样就不会出现零件信息的误读和漏读。

本文从面向制造、模型继承以及易于并行设计的角度,同时结合实际工作经验,分析了应用 CATIA 进行飞机结构零件建模的规则和方法。通过实例演示,详细阐述了易于下游工作人员解读的实体模型的高效表达方式,为现行的建模规范提出了一种更优化的解决方案。

结构建模

零件结构建模是产品全生命周期过程中十分关键的环节,要重点体现面向制造的设计思想。零件的建模及相关信息的表达要从制造装配的工艺审查以及数字化制造的角度出发,确保下游人员通过简单的操作就能够全面准确地读取零件模

型和信息。此外,为了节省存储空间,便于零件的快速修改更新,并保证强度、系统等专业的协同工作顺利开展,对建模的具体操作也应加以规定,不利于信息传递的操作应当被禁止或限制,冗余无效的建模信息应删除。这样,对于同一产品,其整个设计风格和模型表达是完全一致的,零件具有很好的可继承性,并且非常有利于数字技术的管理。

下面以飞机结构零件中广泛应用的典型机加件和钣金零件的 CATIA 三维模型设计为例,剖析更有利于传递制造信息的建模方法。

1 机加零件建模

机加零件建模对象以飞机舱门结构典型的纵梁为例,属于铝合金机加零件。

该零件整个几何体的创建过程如图 1 所示,其建模过程基本模拟了零件的加工过程。

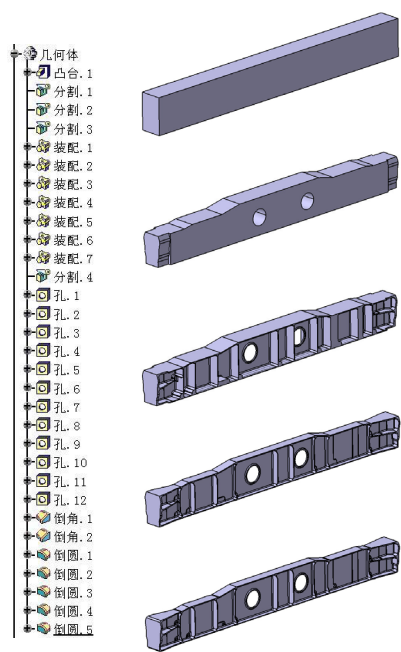


图1 机加零件建模步骤示意图

首先,创建零件的主实体。主实体必须定义为大于零件最终尺寸的实体,即为给定零件的毛料尺寸。允许使用已定义的参考基准平面、外形曲面进行分割。特别指出,针对含有

外形曲面特征的零件,必须按照简化设计规则,应用满足容差要求的内部模型线直纹曲面逼近真实外形曲面,作为主实体的边界定义参考面。这种应用简化直纹面代替外形曲面的设计,可以较精确地表示零件的机加外部形状,便于数控编程和加工,降低了机加成本,提高了生产效率。

然后,在完成分割的实体上进行顺序去除材料。“铣切”凹槽的步骤全部应用 CATIA 零件设计模块下的布尔操作“装配”工具。其中每一个槽的圆角和底角都是在各自的“装配”几何体中创建,典型的结构树如图 2 所示。



图2 典型的结构树

最后完成与前面步骤相独立的零件孔、倒角和外圆角的造型。因为后续的钻孔、倒角等需要单独的工序来完成,所以最后定义零件的部分倒角、圆角特征。

该方法中创建凹槽特征最为关键。凹槽定义了模型的局部特征。针对可用同一数控设备加工的凹槽特征,应整合到同一个“几何体”中。比如,可用三轴联动数控铣床加工的凹槽特征定义为一类;用多轴联动数控铣床加工的凹槽特征归为同一类型特征。完成归类后,将这些“几何体”集“装配”到零件几何体中。通过重命名定义其制造特性。而凹槽的转角和底角特征的设计要考虑刀具的选择,除特殊要求外要力求圆角半径相同,并且利用 CATIA 的圆角特征创建圆角,而不是在草图中定义圆角。同时要对圆角特征重命名,在其名称中增加圆角半径值,如图 2 所示。

这种按照加工工序并归类相同制造特性进行零件实体建模的方法,

大大提高了零件的可识别性,使工艺人员能够迅速准确地理解零件的设计思想和模型信息,便于 CAM 软件快速提取零件的特征信息。

此外,该种建模方法,特别是凹槽特征的定义方法,只对零件的局部特征产生影响,简化了零件几何体结构树,便于零件特征信息的管理,利于零件更改的快速更新,且可以保持良好的工艺一致性。其优势还在于,提高了零件的可继承性,工作便于传承;强度专业等模型的使用者能够根据自身工作需要,“取消/激活”零件的局部特征,而不会对零件的整体产生影响,很好地促进了并行协同设计工作的开展。

2 钣金零件建模

飞机结构零件中包含了大量的钣金零件。该类型零件要求有专门的工艺规范,并会应用到专门的成形设备和模具。因此,便于制造系统读取零件信息的钣金零件三维建模方法十分重要。

本节钣金零件的实例模型如图 3 所示。

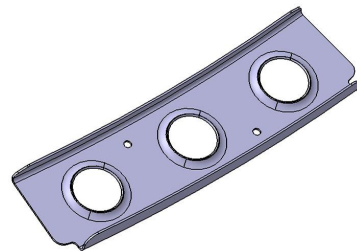


图3 钣金零件实例模型

从面向制造的角度出发,钣金零件的设计必须应用 CATIA 航空钣金模块。其优势在于:(1)在其设计环境中可集成现行的行业标准,例如:板材最小弯曲半径参数、标准减轻孔、下陷和加强槽等特征,在设计时通过选择相应的标准生成标准特征,可大大减轻设计人员的重复劳动,非常可靠便捷。(2)在进行零件的弯边设计时,选定不同的弯边成形方式,传递不同的制造信息。该模块中

可供选择的弯边成形方式有闸压成形和液压成形两种。在“曲面弯边 (surfacing flange)”和“弯边 (flange)”操作中均可设置成型方式。选择不同的成型方式, CATIA 生成的板材零件成型线有所区别。(3) 在 CATIA 航空钣金模块中能够操作“折叠/展开”按钮将钣金零件展开, 实例展开图见图 4。然后, 借助 CATIA 创成式曲面设计模块中的提取功能, 得到钣金件展开图的边界, 作为工艺进行板材下料的参考依据。(4) 针对复杂型式的钣金零件, 可在图 5 所示的设置对话框中设定钣金零件外型线和内型线为显示状态。在零件处于展开状态时, CATIA 内部程序根据设计者先前选定的弯边成形方式即可生成相应的零件成形线, 如图 6 所示。

钣金零件的三维模型表达其最

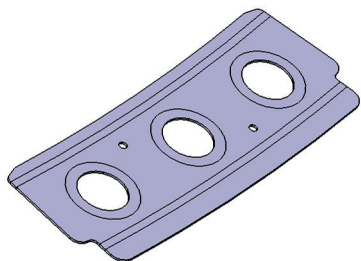


图4 钣金零件展开图

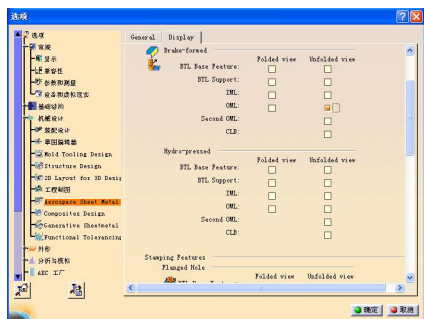


图5 钣金零件成形线设置对话框

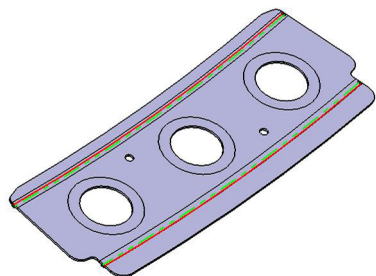


图6 显示成形线的零件展开图

终形式。此外, 设计者要在其展开状态时提取板材边界、减轻孔类特征的中心参考线和成形线等参考元素, 如图 7 所示, 这些参考元素要置于结构树相应的几何图形集里, 使工艺制造人员能够容易获取。

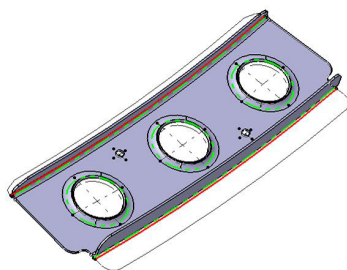


图7 零件展开图边界曲线和成形线

钣金零件的三维模型除体现零件最终成形状态外, 零件成形的关键参考元素和信息要包含到模型中, 结合三维标注方法以方便工艺人员获取相应的制造信息并做工艺准备。同时, 提高制造系统等应用软件对零件信息提取的便捷性和准确性。

工作稍显繁琐, 但是这样做不影响零件最终结果的表达, 而利于不同人员对零件的解读。特别便于工艺制造人员进行相应的数字化工作。从产品全生命周期管理的角度考量, 这样的设计方法能够提高零件的制造效率并保证质量。

结构建模总结

对于设计者来说, 无论零件的建模步骤区别多大, 最终都能得到相同的实体模型。但是从面向制造的设计角度出发, 特别是设计制造一体化技术高度发展的今天, 作为产品源头的三维模型, 其合理的创建过程并结合零件的三维标注技术, 非常利于并行工程的实施。零件设计中融入的制造信息能够很好地促进制造者对产品的理解, 缩短产品的研发周期。

本文通过介绍面向制造的结构零件实体建模的方法, 结合实际工作经验, 对现行的行业标准规范进行了简要分析。

针对应用 CATIA 进行面向制造

的结构零件建模, 需要进一步开展的工作包含以下方面: (1) 根据现有制造工艺的实际能力和需求情况, 从面向制造的角度进一步细化三维建模的标准和规范, 保证设计风格一致, 减少出错几率。(2) 对于不同类型的零件, 分类规范应进一步明晰。不能是类似一般的软件使用介绍, 而是要结合行业特点, 从协同设计的角度出发规范建模, 通过具体的实例明确规范的操作行为。(3) 从工程实用的角度, 针对性地进行软件的二次开发, 集成本行业的标准和常用特征的快速建模模块, 真正实现数字化快速设计。(4) 开发模型的快速检查工具。对于固化的规范要求, 可以通过自动检查发现和更正错误, 避免人工检查出现遗漏。

此外, 制定规范时, 要考虑设计人员的可操作性和承受能力, 以及软硬件的实际情况。

结束语

产品良好的综合性能主要体现在其功能满足要求、使用可靠、可制造性强、经济性好等方面, 要从设计、制造、检验、使用维护和报废回收等方面进行全方位评估。作为产品源头的设计建模至关重要。

本文从面向制造的角度出发, 给出了飞机典型结构零件的实体建模方法, 旨在提高零件的可读性和可继承性, 便于工艺制造人员对零件的理解和信息读取。为并行设计工作的开展和产品的高效高质开发提供一种更合理的模型创建方案。

参考文献

- [1] 钟元. 面向制造和装配的产品设计指南. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [2] 皮斯劳 G, 德赫斯特 P, 耐特 W. 面向制造和装配的产品设计. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [3] 曾洪江, 黄聪. CATIA V5 机械设计从入门到精通(基础篇). 北京: 中国青年出版社, 2004.

(责编 亿霖)