

跨产品结构树的产品工装数据组织与关联设计方法

屈卫刚

(航空工业第一飞机设计研究院, 西安 710089)

[摘要] 深入研究了 CATIA/VPM 并行协同设计环境下产品与工装之间的数据组织管理及相应的关联设计技术, 提出了跨产品结构树的产品工装数据组织管理及关联设计方法。该技术既是对现有全三维关联设计技术的进一步探索, 又为实现产品工装一体化设计提供了一条可行的解决途径, 具有重要的应用价值和现实意义。

关键词: 跨产品结构树; 数据组织结构; 关联设计

Data Organization and Relational Design Method of Product and Tools for Cross Product Structure Tree

QU Weigang

(AVIC the First Aircraft Institute, Xi'an 710089, China)

[ABSTRACT] The data organization and relational design technology of product and tools in CATIA/VPM concurrent collaborative design environment are discussed in detail. Data organization and relational design method of product and tools for cross product structure tree is put forward. This method not only expands the existing full-3D relational design technology, but also provides a feasible solution for the integrated design of the product and tools. It has important application value and practical significance.

Keywords: Cross product structure tree; Data organization structure; Relational design

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2017.09.071

在传统的设计与制造厂所分离的飞机研制模式下, 产品设计主要由设计部门负责, 工装设计、制造、检验等环节则由制造部门完成。产品设计完成之后, 由设计部门将产品数模发放给制造部门, 再由制造部门依据产品数模进行工装数模的离线设计^[1]。当产品数模发生更改时, 需要重新发放产品数模, 由于重新发放的产品数模与已设计的工装数模之间没有关联关系, 工装数模无法及时完成相应的更改, 造成了飞机研制周期的延长以及研制成本的增加, 给飞机的研制带来了较大影响^[2]。为了解决上述问题, 提高飞机的研制效率, 降低飞机的研制成本, 实现飞机产品与工装一体化协同设计, 基于统一 VPM 架构实现产品工装并行关联设计与数据组织是前提条件^[3]。即在统一 VPM 架构下, 以产品全三维设计数模为输入^[4], 进行产品与工装关联设计以及相应的数据组织管理, 保证产品数模的更改信息能够实时准确地传递给下游工装数模。

1 数据组织结构

数据组织结构是进行关联设计的基础, 通过结构

树如何组织产品与工装数模是需要首先解决的问题^[5]。如果将产品数模与工装数模放在同一个结构树中进行管理, 存在以下几个问题: 结构树太庞大, 无论对于产品设计, 还是工装设计, 数据调用的效率大大降低; 由于产品数模与工装数模分别由设计部门和制造部门管理, 不利于进行产品与工装的单独组织管理; 同时给产品与工装数据的后续发放和更改将带来较大不便^[6]。因此, 需要将产品数模与工装数模分别构建结构树进行组织管理, 即构建两个结构树: 产品设计结构树与工装设计结构树。

VPM 系统有个特性是两个结构树中的数据不能直接打开进行关联设计, 需要将分别属于两个结构树的数据或元素放到同一个结构树中才能进行关联设计。也就是说, 在产品设计结构树与工装设计结构树之间进行产品与工装的关联设计, 前提条件是需要将产品设计结构树中的结构数模或结构数模相关几何元素引用到工装设计结构树中。工装设计人员参考工装设计结构树中被引用的结构数模或结构数模相关几何元素, 就可以进行工装关联设计。而采用两个结构树进行产品与工

装的关联设计存在两种方式,这两种方式有很大区别。

第一种方式,将产品设计结构树中的结构数模直接引用到工装设计结构树中。该方法是将产品结构树中的结构零组件数模直接原封不动地引用到工装设计结构树中。这样,产品数模在产品设计结构树和工装设计结构树中同时存在。这种方式存在如下问题:当产品设计结构树中的产品数模内部相对位置发生更改时,工装设计结构树中的产品数模不会自动更改,需要工装设计

人员手动同步位置关系;由于产品数模存在两个地方,而且实际操作中没有主次之分,当工装设计人员手动同步工装设计结构树中的产品数模位置关系时,会反过来影响产品结构树中的产品数模,容易使产品结构树中的产品数模产生位置不正确现象,这是绝对不允许的。这种方式既耗时又容易出错,因此,不推荐使用。

第二种方式,将产品设计结构树中结构数模的相关几何元素引用到工装设计结构树中。该方式是将产品设计结构树中结构数模的相关几何元素提取出来并创建一系列零件,并将这一系列零件引用到工装设计结构树中,作为工装设计的上游输入进行工装关联设计。这些零件被称为工装设计骨架模型。这样,在产品设计结构树中,产品数模与工装设计骨架模型之间存在关联关系,产品数模的任何更改可以通过关联关系传递给工装设计骨架模型,保持产品数模与工装设计骨架模型之间的一致性;在工装设计结构树中,工装设计骨架模型与工装数模之间存在关联关系,工装设计骨架模型的任何更改同样可以通过关联关系传递给工装数模,保持工装设计骨架模型与工装数模之间的一致性。产品数模的任何更改可以通过驱动工装设计骨架模型,进而驱动工装数模自动进行相应的更改,实现产品与工装的关联设计。而且工装设计骨架模型的引入不会产生第一种方

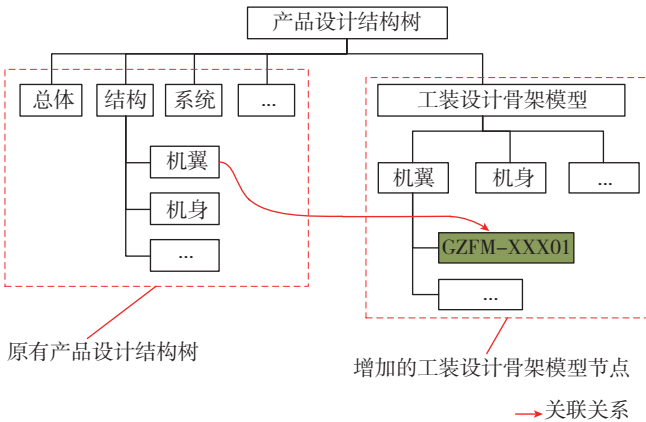


图1 产品设计结构树增加工装设计骨架模型节点

Fig.1 Product design structure tree with increasing tools design frame model node

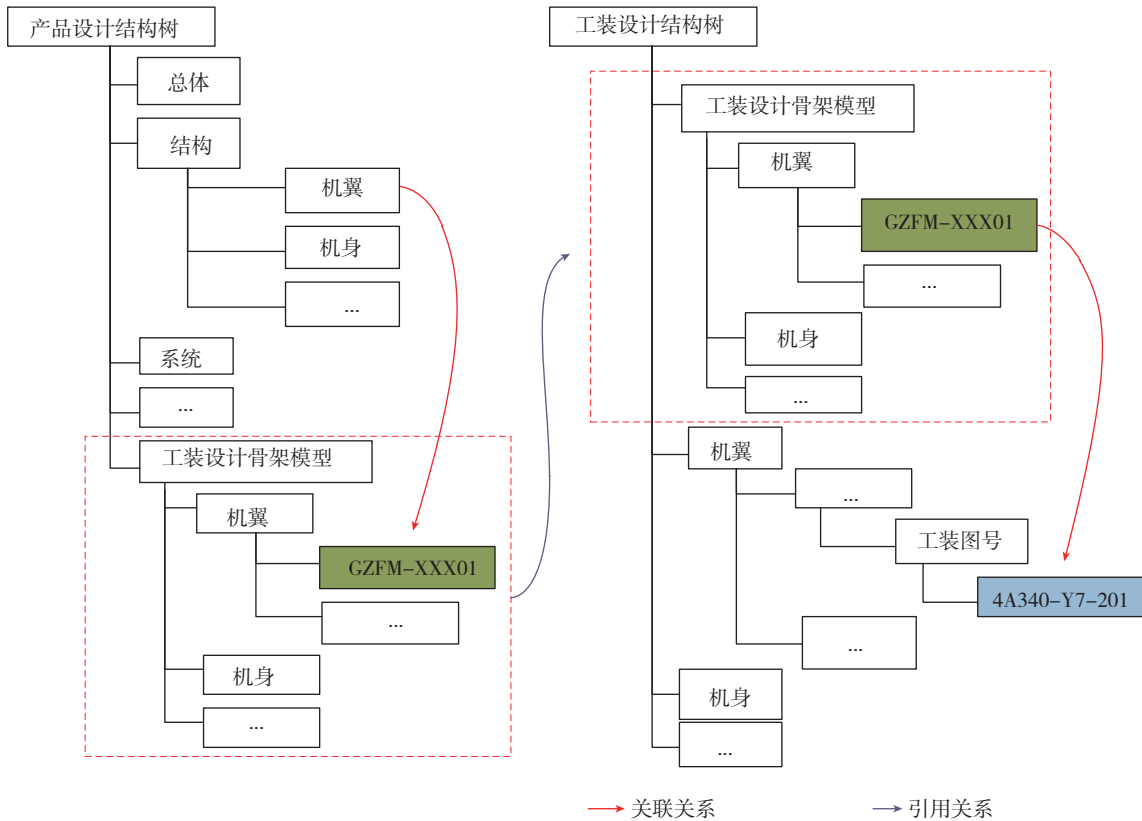


图2 工装设计骨架模型在两个结构树中的引用关系

Fig.2 Reference relation of tools design frame model in two structure tree

式的问题。因此,第二种方式在实际应用中可行。

产品设计结构树的组织结构通常按照 ATA 章节段或专业与部段相结合的方式等划分^[7]。工装设计结构树的组织方式通常按照工装数模设计专业特点等^[8]。基本的产品设计结构树与工装设计结构树构建不是本文的重点,不进行详细论述。本文的重点在于如何组织工装设计骨架模型,以及如何通过工装设计骨架模型将产品设计结构树和工装设计结构树关联起来,实现产品与工装的关联设计。

工装设计骨架模型的组织是在原有的产品设计结构树上增加工装设计骨架模型节点,并引用到工装设计结构树中。为了便于工装设计人员参考工装设计骨架模型进行工装关联设计,工装设计骨架模型的组织结构通常与工装设计结构树中的工装数模组织结构保持一致,如图 1、图 2 所示。

2 产品工装关联设计

骨架模型是上下游关联设计的桥梁,工装设计骨架模型的构建则是进行产品与工装关联设计的一个关键点^[9]。工装设计骨架模型主要为工装设计提供结构零组件的外形、安装位置、基准平面等参考要素^[10],因此需要从结构零组件中提取相应的外形、安装位置、基准平面等元素构建工装设计骨架模型^[11]。参考工装设计骨架模型进行工装关联设计之后,当上游结构设计发生更改时,驱动工装设计骨架模型也发生更改,进而驱动工装设计发生相应的更改,实现了产品与工装的关联设计,大大提高了工装的设计效率和设计质量。产品工装关联设计过程如图 3 所示。

3 设计方法比较

跨产品结构树的产品工装数据组织管理与关联设计方法与传统方法相比具有以下几个方面的优势:基于统一 VPM 架构实现产品工装并行关联设计与数据组织,保证了产品数模的更改信息能够实时地准确地传递

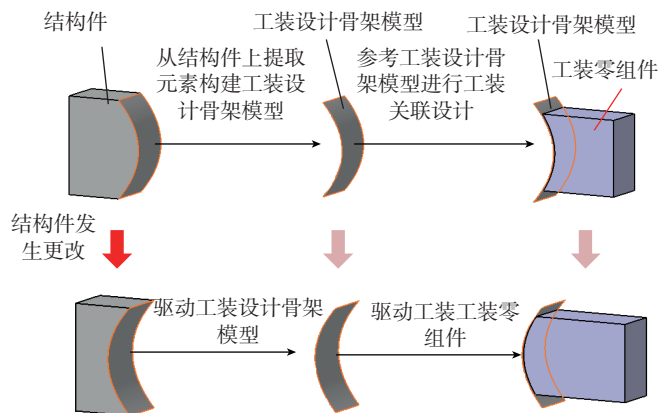


图3 产品工装关联设计示意图

Fig.3 Product and tools relation design sketch

给下游工装数模;通过两个结构树分别组织管理产品数据和工装数据,数据调用效率大大提高,且有利于产品数据与工装数据的发放和更改;将产品设计结构树中数模的相关几何元素以骨架模型的形式实例化到工装设计结构树中,通过工装设计骨架模型在产品数模与工装数模之间建立了关联关系,产品数模的任何更改通过工装设计骨架模型驱动工装数模发生更改,实现产品与工装的关联设计。这种设计方法大大提高了产品与工装的设计效率,如表 1 所示。

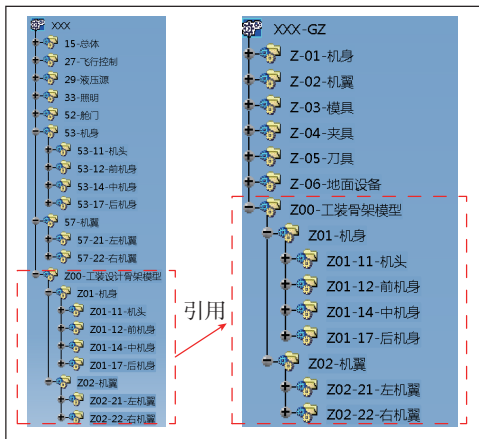
4 型号应用

目前,跨产品结构树的产品工装数据组织管理与关联设计方法已经应用于多个型号的研制当中,图 4 (a)、(b)分别为某型号产品设计结构树和工装设计结构树。产品结构树中增加了工装设计骨架模型节点,工装设计结构树中直接引用产品结构树中的工装设计骨架模型节点。

图 5 (a)、(b)分别为产品设计结构树中机身某段产品设计和工装设计骨架模型的构建界面,产品设计完成之后,将产品数模的外形等元素提取出来,构建工装设计骨架模型。

表1 设计方法比较

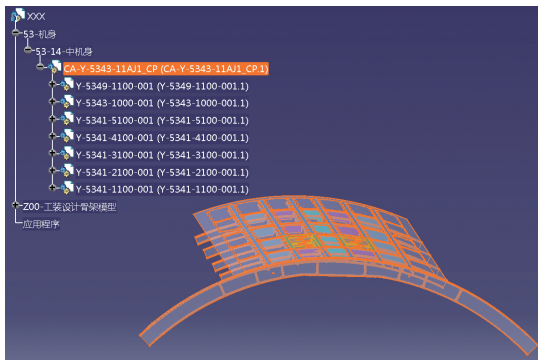
维度	传统方法	跨产品结构树的产品工装关联设计与数据组织管理方法
研制模式	传统设计与制造分离的研制模式,产品与工装数模之间没有关联关系,工装数模无法实时与产品数模保持一致,造成研制周期延长以及研制成本增加	基于统一 VPM 架构产品工装并行关联设计与数据组织,保证了产品数模的更改信息能够实时、准确地传递给下游工装数模,大大提高了产品工装的设计效率
结构组织方式	用一个结构树组织产品和工装数据,结构树太庞大,数据调用效率大大降低;不利于产品与工装的单独管理,给数据发放和更改带来较大不便	通过两个结构树分别组织管理产品数据和工装数据,数据调用效率大大提高,且有利于产品数据与工装数据的发放和更改,设计和更改效率大大提高
数据引用方式	将产品数模直接引用到工装结构树中,当产品结构树中的数模相对位置发生更改时,工装结构树中的产品数模需要手动同步位置,而位置同步既耗费了大量时间,又容易使两个结构树的产品数模不一致,最终导致下游工装设计出现偏差	将产品结构树中数模的相关几何元素以骨架模型形式引用到工装结构树中,产品数模通过工装设计骨架模型与工装数模建立关联关系,产品数模更改通过工装骨架模型驱动工装数模,实现产品工装关联设计,工装骨架模型的引入不会产生前一种方式的问题



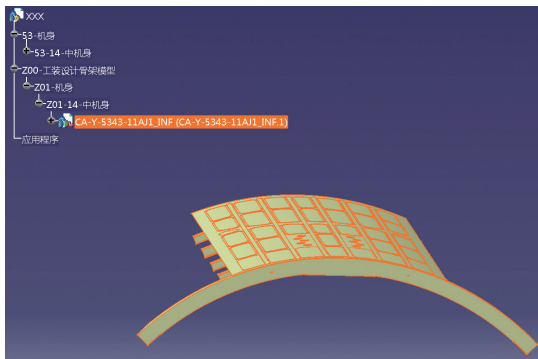
(a) 产品设计结构树 (b) 工装设计结构树

图4 某型号产品设计结构树与工装设计结构树

Fig.4 Product design structure tree and tools design structure tree for a certain type of aircraft



(a) 产品设计模型



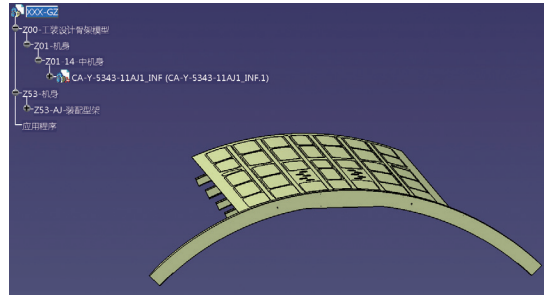
(b) 工装设计骨架模型

图5 产品结构树中的产品数模与工装设计骨架模型

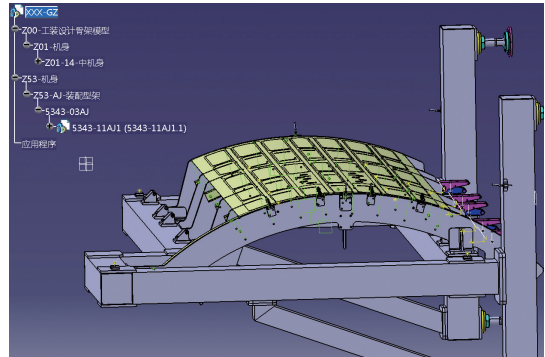
Fig.5 Product model and tools design frame model in the product design structure tree for a certain type of aircraft

图6 (a)、(b) 分别为工装设计结构树中引用的工装设计骨架模型和参考工装设计骨架模型进行装配型架关联设计。

该机身数模的任何更改可以通过相应的机身工装设计骨架模型驱动装配型架数模发生更改,实现了产品



(a) 工装设计骨架模型



(b) 工装数模

图6 工装结构树中的工装设计骨架模型与工装数模

Fig.6 Tools design frame model and tools model in the tools design structure tree for a certain type of aircraft

与工装的关联设计。

5 结束语

本文提出的跨产品结构树的产品工装数据组织管理与关联设计方法,是基于同一个VPM并行协同设计环境开展的产品设计与工装设计,不仅实现了产品数据与工装数据的组织管理,而且实现了产品与工装之间的并行关联设计,大大提高了产品与工装的设计效率,很好地解决了产品与工装的并行协同设计问题。

参考文献

[1] 范玉青,梅中义,陶剑.大型飞机数字化制造工程[M].北京:航空工业出版社,2011:247-248.

FAN Yuqing, MEI Zhongyi, TAO Jian. Large aircraft digital manufacturing engineering[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2011: 247-248.

[2] 白永红,梁可,周盛,等.基于MBD的飞机设计制造协同技术探讨[J].航空制造技术,2015(18):42-43.

BAI Yonghong, LIANG Ke, ZHOU Sheng, et al. Research on the cooperative association of aircraft design and manufacturing based on MBD[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2015(18): 42-43.

[3] 刘雅星.飞机并行协同研制模式与支撑技术探索[J].航空制造技术,2010(18):77-78.

LIU Yaxing. Study of aircraft concurrent and collaborative design and

(下转第78页)