

现场可视化虚拟装配技术在卫星塔式产品装配中的应用

Application of on-Site Visible Virtual Assembly in Satellite Tower Product

北京卫星制造厂 喻懋林 侯伟 黎昱

[摘要] 塔式结构是卫星产品中采用的一种新型结构形式,具有多面复合角度不易装调等特点,与传统的平板形式复合材料结构板装配有很大的不同。现场可视化虚拟装配技术针对这种形式产品的装配特点,运用计算机装配仿真技术,在装配现场对实物模型和理论模型进行对比分析,指导装调过程,保证了这种复杂构型产品的装配精度。

关键词: 现场可视化虚拟装配 塔式结构 仿真分析

[ABSTRACT] Tower structure is a new structure in satellite product. It has multiple angle and is difficult to be assembled. This identity makes it has many differences from traditional tabulate composite panel assembly. The on-site visible VA technology uses computer simulation technology to analyze academic model and actual model and instructs assembly. The application of this technology ensures the precision of product assembly.

Keywords: On-site visible virtual assembly Tower structure Simulation analysis

塔式结构是指利用塔体结构形式搭载卫星有效载荷的结构形式。当塔体为3面体结构时一般可搭载3件有效载荷,当塔体为5面体结构时一般可搭载5件有效载荷,依此类推,塔体结构越复杂,可承载的有效载荷就越多。由于这种结构形式具有利用较小结构形式搭载较多件有效载荷的优点,因此,国内外越来越多的卫星部件采用了这种结构。但这种结构形式的产品装配具有较大难度,主要体现在一块结构板呈现多面复合角度,装配过程中需要考虑多个结构面的装调位置,保证其精度能够满足后续装配中各有效载荷的安装到位。本文介绍了5面塔式结构产品的装配过程,研制过程中运用了现场可视化虚拟装配技术,在装配现场将产品的装调实际姿态与理论模型位置在计算机上进行仿真分析,实时指导装调,并对最终的装配姿态是否能满足有效载荷的安装进行切实可靠的评估判断。该技术解决了此类不规则多面体结构卫星构件装配的技术难点,具有一定的借鉴意义。

1 产品特点分析

塔式结构通常由碳纤维复合材料面板、铝蜂窝夹层形式的结构板构成塔体,作为搭载有效载荷的基础,然后在其上安装有效载荷支座或有效载荷。

图1所示为一个典型的5面塔式结构产品,蓝色的5面形式结构板连同绿色顶板构成塔体结构,在其上安装有效载荷支座。其5面塔体由一块3面形式的结构板(图2(a))和一块2面形式的结构板(图2(b))加上顶板构成。

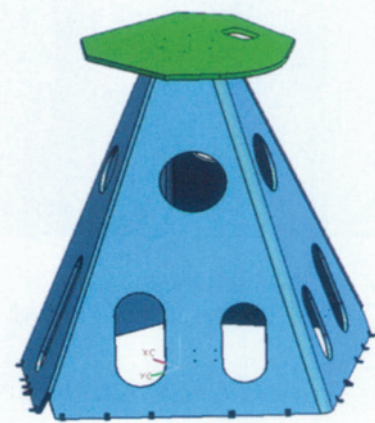


图1 5面形式塔式结构
Fig.1 5 panel tower structure

在图2所示的两块复合材料结构板的5个面上安装5件有效载荷支座(如图3),支座的装配精度完全依靠两块结构板安装是否到位来保证。

2 现场可视化虚拟装配技术

针对塔式结构形式复杂、装配精度高的特点,采用虚拟装配的原理,运用现场可视化虚拟装配技术来判断和指导装配过程。

虚拟装配技术作为一个新兴的研究领域,与多种技术相融合,它的发展与产品设计方法学、可视化技术、仿真技术、装配和制造技术,以及装配和制造设备的发展紧密相关^[1]。利用虚拟装配,可以验证装配设计和操作

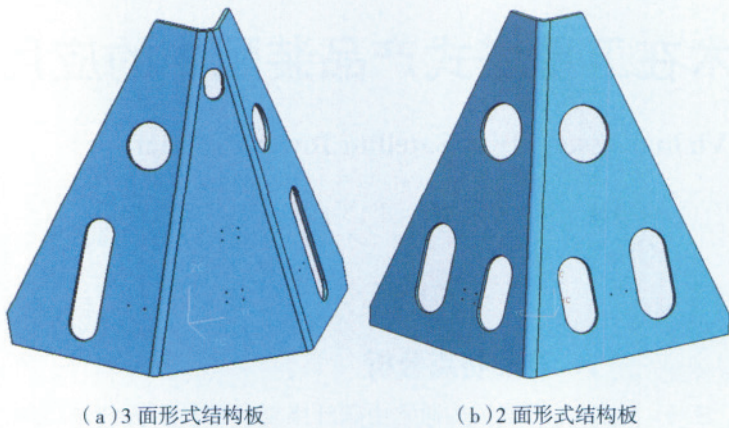


图2 5面形式塔体结构分解示意图

Fig.2 Decomposition of 5 panel tower structure

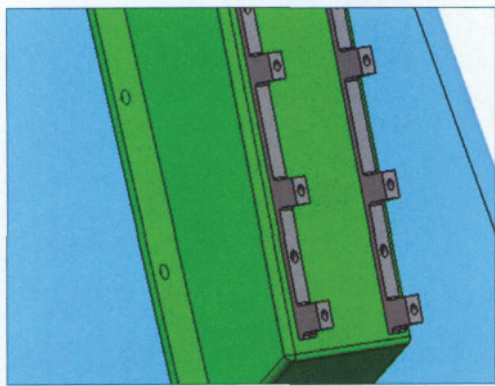


图3 有效载荷支座示意图

Fig.3 Diagram of payload bearing

的正确与否,以便及早发现装配中的问题^[2]。通常情况下,产品图纸到达工厂前,设计人员已经完成了零部件的虚拟装配,但这种装配仿真侧重于产品外形之间是否存在干涉等问题。由于设计人员考虑的装配工艺流程和方法较少,因此,在实际的装配过程中,如果遇到产品外形不规则、精度要求高的情况,就需要工艺人员自己进行装配模拟,对装配过程中出现的情况以及如何进行调整在计算机上进行分析仿真。

由于塔式结构的不规则特性,传统的仅靠激光跟踪仪、激光雷达等测量设备得出点、线、面的位置或角度后就能指导装调的方法已无法满足需要。工艺人员仅凭结构板上的一些孔坐标,只能获知结构面板的角度和参考位置,无法判断当前的装配位置能否满足有效载荷支座或其他有效载荷的安装到位。这是因为塔体结构板在有效载荷支座的安装位置处一般采用预埋件或后埋件形式,需要在塔体装配完成后进行组合机加,并且加工位置要求高,加工余量小。塔体装配过程中提供的精

测数据无法判断是否能满足加工需要或在加工完成后是否能成功装调出有效载荷。现场可视化虚拟装配技术运用虚拟装配的原理采用现场测量、现场模拟仿真并指导装配的方法,确保装配精度满足要求。以下介绍这一技术在装配中的运用,具体分为结构板上的有效载荷支座处采用预埋件形式和后埋件形式两种情况。

2.1 有效载荷支座处采用后埋件形式的情况

通过装配开始前的产品特点分析,判断整个装调过程能否顺利完成的基础是必须保证图2(a)和图2(b)所示的两块结构板装配到位,并且这两块结构板的装配也十分适合运用现场可视化虚拟装配技术。因此,在装配现场配备计算机,并在该台电脑上按照产品图纸作出5个塔体结构面的示意图,如图4所示,并在每个面上标识出用于精测的孔位(图中红点所示)和有效载荷支座的安装孔位置(图中黑点所示)。

上图中精测孔位置是结构板成型固化过程中的预埋孔位置,精测人员可以在该处安装测量用工装,利用激光跟踪仪或激光雷达对其实际位置进行测量。有效载荷支座安装位置处采用后埋件形式,装配完塔体后再进行机加打孔并埋后埋件,所以尽管该处装配精度要求控制很严格,但是装调塔体时却没有可以精测的实际位置,只能作出理论模型。

装配过程中,精测人员测量出结构板上精测孔的实际装配位置,工艺人员根据这些孔的三维坐标读数在图4的基础上作出面板的实际位置,如图5所示。

图5(b)放大示意图I中红色标记点为精测孔的理

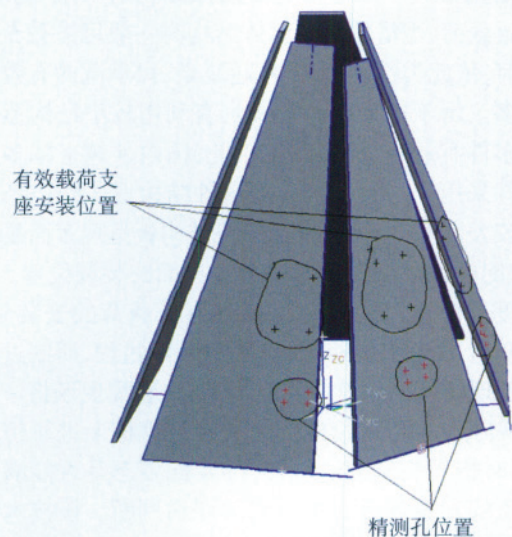


图4 理论塔体结构面

Fig.4 Academic tower panel

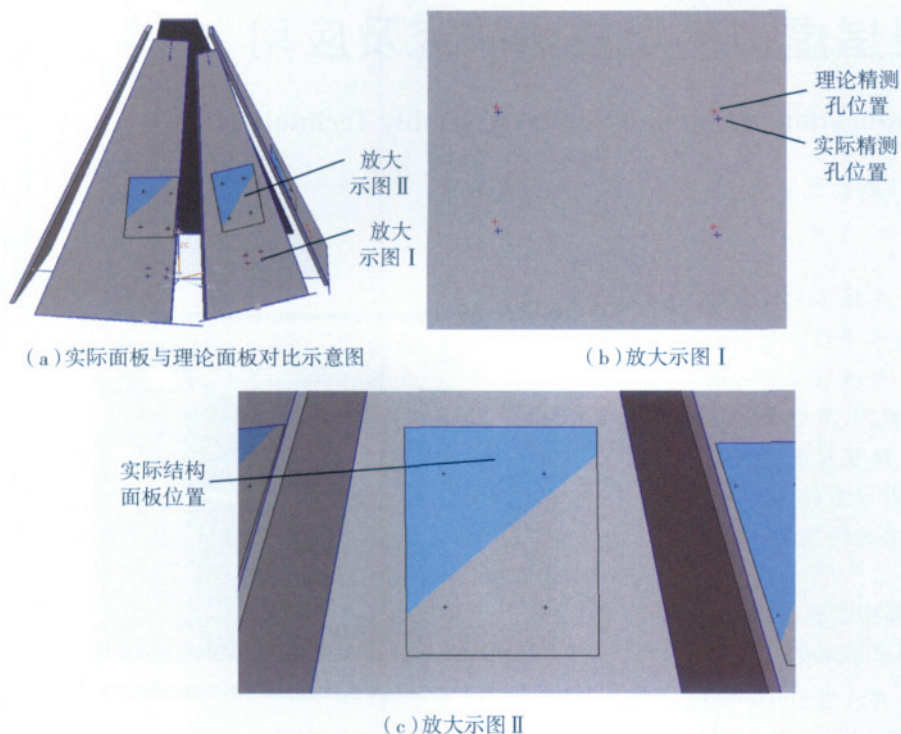


图5 后埋件形式的塔体装调示意图
Fig.5 Assembly of tower structure adopting post-insert

论位置,蓝色标记为实际测量出的精测孔位置。根据三维模型示图,可以看出实际孔位和理论孔位的偏差,实际孔在理论孔的右下方,运用软件可以方便地测量出它们之间的偏差量。由于装配过程中关心的是有效载荷支座安装处的精度,因此,精测孔的位置偏差并不是关注的重点,它的作用主要是根据3点可确定一个平面的原理在计算机上作出实际面板的位置,如图5(c)放大示意图II。为了便于观察实际面板与理论面板的偏差,将实际面板染成了蓝色,并只绘制了所关注的有效载荷支座安装位置这一小区域内的面板。由图可以非常清楚地看出蓝色面板的左上部分位于灰色的理

论面板之上,可以看见;而右下部分则无法看见,说明实际面板嵌入了理论面板里面。根据图4中已经绘制的有效载荷支座理论安装位置孔位,可以很容易地测量出在这些位置理论面与实际面的距离,并且直观地判断出理论面与实际面的里外关系,相互交错的情况,以此来指导装调。当经过几次位置调整,最终在计算机上测量出有效载荷支座安装位置处的实际面板与理论面板的里外关系以及距离满足后续支座组合加工的加工余量要求时,即可认为5个面的内外调节和俯仰角度满足要求;再参考精测孔位置的位置度满足要求后,即说明面板平移量合适,结构板装调完毕,可确保进行后续的加工和装配。

2.2 有效载荷支座处采用预埋件形式的情况

这种设计形式的塔体在有效载

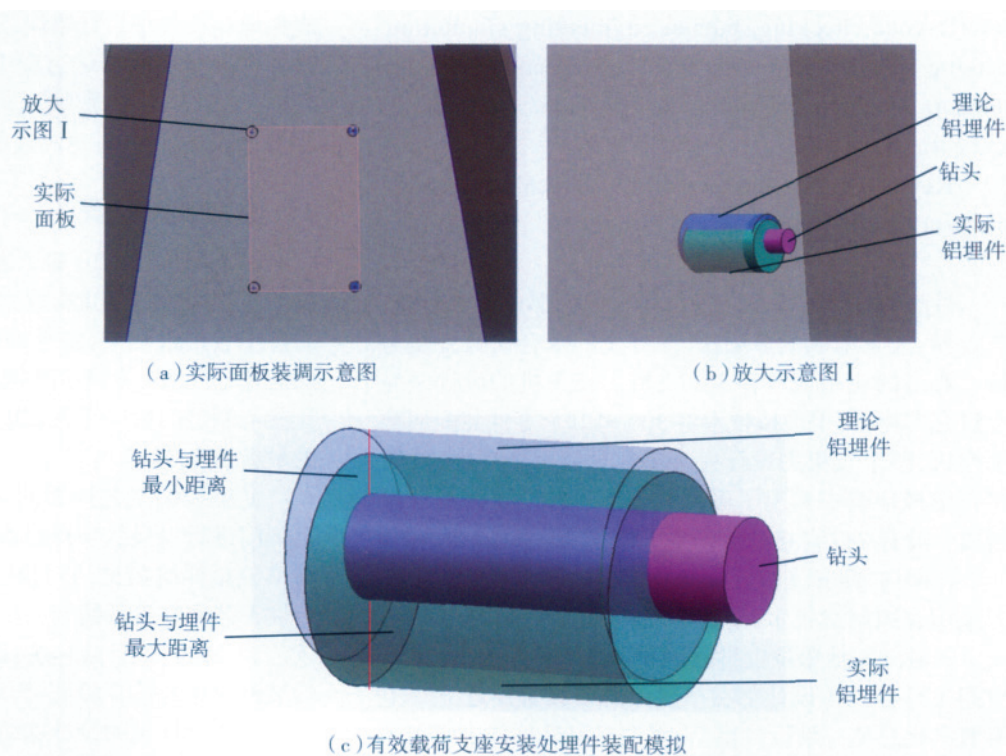


图6 预埋件形式的塔体装调示意图
Fig.6 Assembly of tower structure adopting pre-insert

(下转第85页)

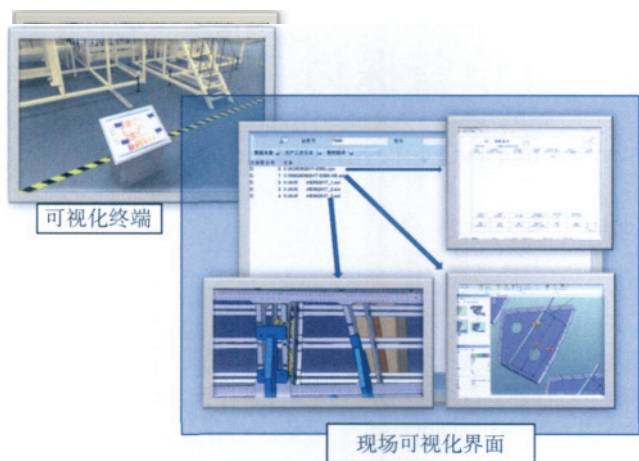


图7 现场可视化
Fig.7 On-site visualization

设计、工装设计存在的问题,有效地保证了产品装配的质量。

(3)通过现场可视化系统的应用,三维装配仿真通过三维数据直观地显现了装配过程,使装配操作者更容易理解装配工艺,减少了装配过程中的反复和人为差错。

(4)使工艺研制更便捷、更直观,特别在新产品研制中,通过三维数字化装配工艺设计使得工艺方案的制定、技术决策更准确、便捷。

(5)通过多个系统的集成,使设计、工艺、生产的信息可以更方便被调用,数据流通更加畅通。

(6)为企业提供了承上启下的工艺设计平台,便于在此基础上进行创新开发,为企业的质量管理、生产管理等系统提供上游工艺信息。

应用中的不足之处:

(1)目前人机仿真操作比较繁琐。

(2)装配仿真时模型作为刚性件处理,无法模拟仿真零组件变形后的装配情况,主要反映在某些钣金零件的仿真以及部组件自重引起的变形调整的仿真。

(3)目前采用的现场可视化方案虽然解决了MBD技术的现场应用,但在现场应用中由于可视化终端设备相对固定,操作者在飞机内部或距离终端设备较远的部位操作时不方便,还需研究开发便携式可视化终端设备及其数据管理方式。

5 结束语

基于MBD的三维数字化装配工艺设计及现场可视化技术是现代航空数字化制造中的一门新兴学科,该项技术的应用将引发飞机装配的历史性变革,将在技术和经济方面取得巨大的效益,为企业提升企业的核心竞争力奠定坚实的基础。(责编 小城)

(上接第69页)

荷支座安装处预埋了实心铝埋件,待装配成图1所示的塔体形式后,在数控机床上组合加工5个面上的所有实心铝埋件,包括铣面、钻孔和攻丝,此种情况下塔体装配现场可视化虚拟装配技术同样显得十分重要。图6为装配仿真示意图。

首先根据精测人员测量的实际埋件位置,工艺人员在理论模型中作出实际的铝埋件模型如图6(a),并将其中一处理件位置进行放大,为了便于观察将结构面板进行透视处理得出图6(b)。由图6(b)中可以清楚地看出目前装调的实际铝埋件(绿色标示)位置位于理论铝埋件(蓝色标示)的左下方,并且凸出理论埋件之外,具体的偏差数值可在三维模型中进行测量。由于在后续组合加工中将在实际铝埋件上按照理论坐标加工钢丝螺套安装底孔,因此需要分析钻孔位置。将图6(b)中的埋件进行透视化处理,并隐去结构面板后得出图6(c)。从该图中可以清楚看出钻头加工完实际铝埋件后会存在偏差,不能保证在实际埋件的中心钻孔,这是装调中必然存在的现象,也是不可避免的。此时就需要运用模拟软件测量出钻头边缘距离实际埋件边缘的最大距离和最小距离(如图6(c))所示,分析最小距离是否可以满足钻孔以及后续安装钢丝螺套的需要。当经过几次装调后,运用现场可视化模拟装配技术确认实际铝埋件位置能够满足后续加工需要时,即可认为结构板装调合适。

3 结束语

通过以上图5和图6中对两种有效载荷支座安装处理件形式的塔式结构现场装配模拟的分析,可以看出运用现场可视化虚拟装配技术非常有必要,如果不进行现场装配仿真,工艺人员很难仅凭精测人员提供的数据判断结构板装调是否到位。而一旦判断错误,将会对后续的装配和组合加工带来很大困难,甚至出现结构板加工报废的情况。运用现场可视化虚拟装配技术可以让工艺人员最大限度地确保装配位置的准确,很大程度上避免了由于装配不到位可能带来的经济损失。因此,该技术具有较大的推广价值。

未来,航天器结构形式的发展方向将更加广阔,形式必然会越加复杂多样,先进的装配方式和仿真技术显得格外重要,值得大力推广和运用。

参考文献

- [1] 夏平均,姚英学.虚拟装配的研究综述与分析.哈尔滨工业大学学报,2008(5):2.
- [2] 宋丽萍,武殿梁,范秀敏,等.面向虚拟装配的复杂产品装配建模技术.上海交通大学学报,2007(1):1. (责编 晓立)