

飞机装配进度三维可视化技术研究

段国齐,田锡天,黄利江

(西北工业大学 CAPP 与制造工程软件研究所,西安 710072)

[摘要] 为了将飞机装配进度以一种直观、可视化的方式展现出来,提出用三维简化模型展示飞机装配进度的方法。首先研究了三维设计模型的简化方法;其次将生产信息与三维简化模型关联起来,建立了飞机装配进度信息模型;再次研究了在信息模型支持下的组件装配状态信息提取技术;最后通过某飞机制造企业的应用实例,验证了方法的可行性和有效性。

关键词: 飞机装配进度;三维可视化;信息模型

Research on Visualization Technology Based on 3D Model on Aircraft Assembly Schedule

DUAN Guoqi, TIAN Xitian, HUANG Lijiang

(Institute of CAPP & Manufacturing Engineering Software, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

[ABSTRACT] In order to intuitively and visually represent assembly schedule, the way using 3D simplified model to represent assembly schedule has been proposed. Firstly, the method on simplifying the three-dimensional design model has been studied. Secondly, an information model on representing aircraft assembly schedule is constructed by combining production information with 3D simplified model. Thirdly, the technology on extracting component assembly state from the information model has been explored. Finally, an example applied in an aircraft manufacturing enterprise has been illustrated to verify the feasibility and validity of the method proposed.

Keywords: Aircraft assembly schedule; Visualization based on 3D model; Information model

DOI: 10.16080/j.issn1671-833x.2016.09.070

飞机装配过程是一个复杂的过程,与一般的机械产品相比,飞机装配过程有其独特之处,如飞机装配过程中包含大量的零部件、大量工装制造和协调工作,飞机装配质量要求严格,生产管理又严格按照批架次进行管理,另外飞机装配涉及部门众多,工作量大,周期长,设计更改频繁^[1]。目前国内外整个飞机生产过程中的飞机装配过程都处于非常重要的地位,在欧美等发达国家,飞机装配的劳动量占飞机生产总劳动量的一半左右(40%~60%),就飞机生产的总人力资源而言,参与装配的人员就占总人员的1/3左右,而飞机装配所用的时间占飞机生产总时间的1/2~3/4^[2]。在飞机装配过程中,飞机装配进度作为基础信息,为车间任务的计划、调度提供客观依据,因此能否直观、有效地查看飞机装配进度,对飞机装配过程的好与坏、快与慢起着关键性的作用。

随着制造企业信息化的深入,以及三维CAD软件的普及,将三维模型应用于装配现场,利用三维模型的可视化特性提高装配效率已是一种趋势。目前,国内外对如何利用三维模型来支持现场装配过程进行了大量

的研究。田富君等^[3]提出了一种基于轻量化模型的三维装配工艺文件生成技术,将三维轻量化模型应用于装配工艺设计与仿真信息的现场发布。胡保华等^[4]提出了基于MBD的三维数字化装配工艺设计,并将已完成的工艺设计信息传递到生产现场实现可视化装配。但是,从应用的角度看,缺少将三维模型应用于装配进度的研究。主要存在的问题有装配现场产生的生产信息与三维模型关联性差,无法实现根据生产信息用三维模型实时地展示飞机装配进度。

本文在分析飞机装配车间装配进度可视化需求的基础上,提出依据飞机装配车间生产信息,用三维简化模型展示飞机装配进度的方法,并对其中的关键技术进行研究。

1 飞机装配进度三维可视化方法

目前飞机装配车间装配进度用二维图形进行展示,如进度条、饼形图等,这种方式是已完成任务比例的图形展示,缺乏直观性,无法直观展示哪些零件已经装配

完成,哪些零件正在装配,哪些零件还未装配,而飞机装配进度三维可视化技术可直观展示各个组件的装配状态。飞机装配进度三维可视化是指在虚拟环境下,采用基于颜色的可视化表示方法,用三维模型展示飞机装配进度,即不同装配状态的组件用不同的颜色显示出来。在飞机装配进度三维展示时,先根据车间装配任务,对三维模型进行简化处理;再将三维简化模型与处理后的工艺数据绑定,建立飞机装配进度信息模型;最后在此信息模型的基础上,系统根据提取到的组件装配状态对三维简化模型进行渲染展示。飞机装配进度三维可视化方法如图1所示。

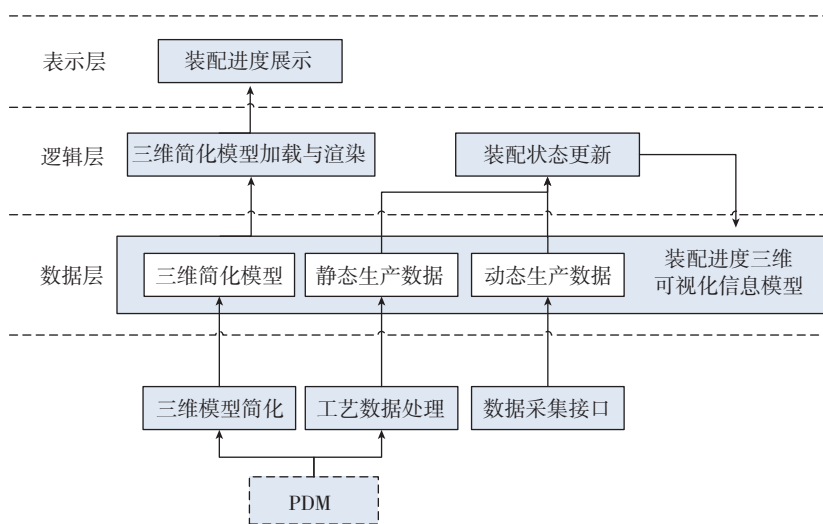


图1 飞机装配进度三维可视化展示方法

Fig.1 3D visualization display method on aircraft assembly schedule

(1) 三维模型简化。由于飞机包含的零组件多,为了提高飞机装配进度三维可视化效率,需对三维模型进行简化处理。先对飞机装配结构进行简化,再对简化后的飞机装配结构中的组件进行外形简化和轻量化处理。

(2) 工艺数据的处理。飞机装配是按照装配工艺进行的,同时装配任务与工艺规程是一一对应的,因此需要将一部分工艺信息映射为静态生产信息(生产任务信息中的工艺属性信息,如规程信息、工序信息等),以实现动态生产信息(生产过程中产生的任务操作者、任务时间、任务状态等信息)的管理。生产信息由静态生产信息和动态生产信息共同构成。

(3) 飞机装配进度信息模型建立。先按一定的规则将三维简化模型同飞机装配静态生产信息关联起来,而装配过程产生的信息(动态生产信息)可根据映射关系关联到三维简化模型,从而实现将生产信息与三维简化模型关联起来。

(4) 装配进度展示。装配进度展示是根据组件的装配状态,对组件三维简化模型进行渲染展示,以实现

用三维简化模型展示飞机装配进度。在飞机装配进度展示时可以展示车间的装配进度和某一个组件的装配进度。

整个飞机装配进度三维可视化过程涉及的关键技术有三维模型简化、基于三维简化模型的飞机装配进度信息模型建立以及组件装配状态提取。本文主要针对这3方面进行研究。

2 三维模型简化

飞机包含的零组件种类多,零组件几何外形、装配结构复杂,如ARJ21机头包含9000多种零件,装配完成需要几千道工序^[5]。在飞机装配进度三维展示时,如直接利用上游发布的设计模型势必造成计算机运行速度慢,为了提高飞机装配进度三维展示效率,需对三维模型进行简化处理。三维模型简化是指以车间装配任务和车间装配进度可视化需求为基础对三维设计模型进行简化处理。在对三维模型进行简化处理时遵循以下规则。

规则1:在同一本装配任务中,如果有多个没有装配任务的子组件,则应将这些子组件合并成一个子组件,合并后的子组件信息取第一个子组件信息(按照装配关系第一个没有装配任务的子组件);

规则2:在不影响展示效果的前提下,简化零组件的构建结构,去除一些小零件,如螺栓、垫片等;

规则3:在不影响组件大体外观的前提下,对所有组件的几何外形进行简化处理,如去除一些小孔、倒角等;

规则4:去除每个组件的所有文本信息,只保留组件的几何信息。

3 飞机装配进度信息建模

在传统飞机装配生产信息保存过程中,装配过程中产生的动态生产信息,如操作者信息、时间信息、资源信息、记录信息等非几何信息通常与三维模型相分离。本文以三维简化模型为基础,建立飞机装配进度信息模型,将生产信息与三维简化模型关联起来。根据飞机装配过程对信息的需求,对飞机装配过程中所涉及的信息进行分析,建立面向飞机装配现场的飞机装配进度信息模型,如图2所示。

装配进度信息模型包含有几何信息和生产信息。

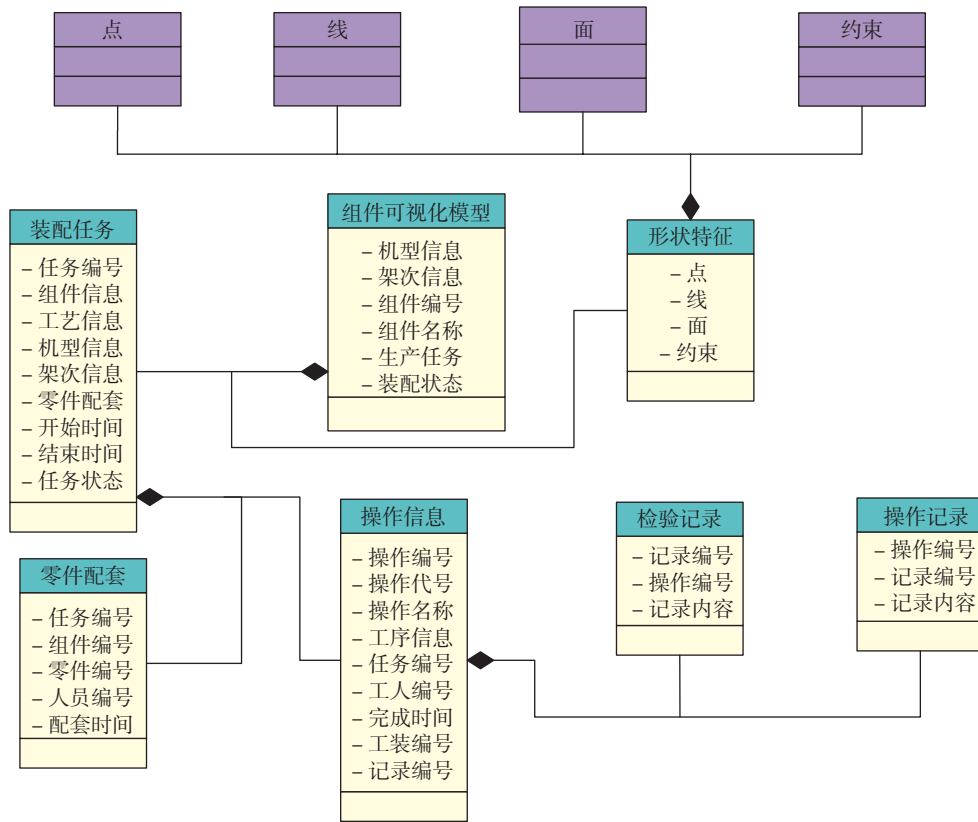


图2 飞机装配进度信息模型

Fig.2 Information model of aircraft assembly schedule

在装配进度信息模型中将组件三维简化模型与生产信息关联起来,构建组件可视化模型。三维简化模型表达了组件的几何外形。生产信息表达了组件装配指导工艺信息(静态生产信息)和组件装配过程产生的信息(动态生产信息)。生产信息包括生产任务信息、操作信息以及零件配套信息。生产任务对应一个装配任务进行实时产生的信息,包括工艺信息、开始时间和结束时间、任务状态信息等,生产任务与工艺规程是一一对应的,它们与对应的组件三维简化模型进行绑定。操作信息对应一个工序操作时产生的信息,包括工艺信息、人员信息、完成时间信息、工具信息、操作记录信息、检验记录信息。零件配套是指每个零件、组件配套产生的信息,包括零件、组件信息、人员信息、配套时间信息。在生产信息中,每个生产任务包括多个操作信息以及零件配套信息。

4 组件装配状态信息提取

飞机装配进度三维可视化是通过循环遍历组件装配状态(组件可视化模型中的装配状态属性),并根据组件装配状态对组件三维简化模型进行渲染,不同装配状态的组件所对应的三维简化模型用不同的颜色展示,以

实现飞机装配进度的展示。组件装配状态根据装配任务生产状态进行实时更新,又由于组件装配状态信息是以属性的形式定义在组件可视化模型中,故需要单独提取。

飞机装配结构是以结构树的形式将组件组织起来。在组件装配状态提取时,采用广度优先遍历算法获取结构对象唯一标识,通过标识从组件可视化模型中抽取装配状态属性信息。以3层装配结构为例,具体过程如下:

- (1) 获取装配结构树中选中的节点对象(组件模型)的标识;
- (2) 根据上步获取的节点标识,采用广度优先遍历方法,遍历节点的所有子节点,获取第一个子节点标识,通过标识和属性名提取属性值;
- (3) 重复步骤(2),继续遍历第2个到第n个子组件,提取它们的装配状态属性值;
- (4) 重复步骤(2)、步骤(3),遍历第二层子组件,提取它们的装配状态属性值,数据提取基本过程如图3所示。

5 实例分析

根据上述方法,以某直升机生产企业装配车间为基

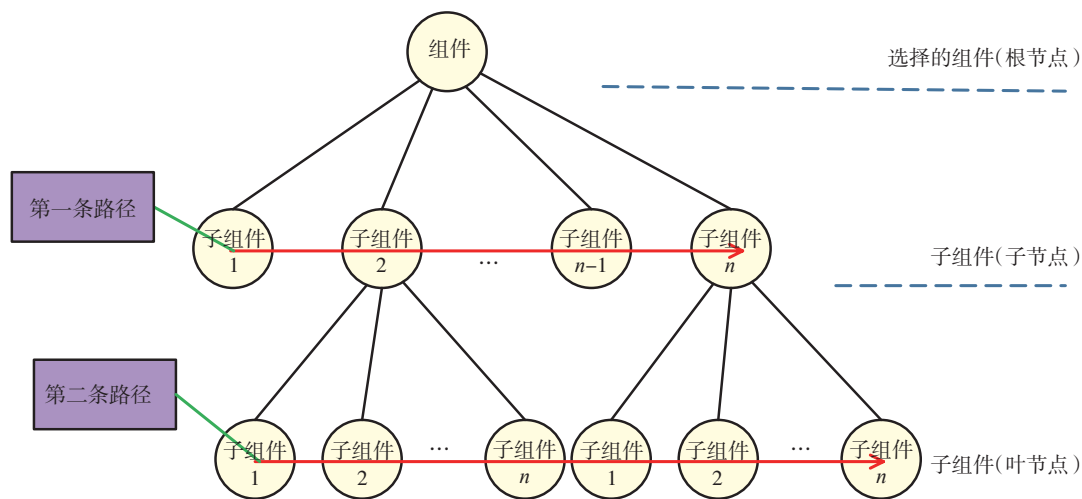


图3 装配状态信息提取过程

Fig.3 Assembly state information extraction process

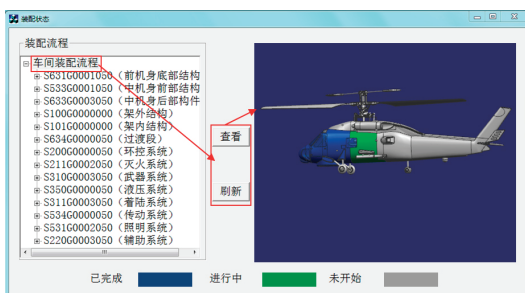


图4 车间装配进度展示

Fig.4 Workshop assembly progress

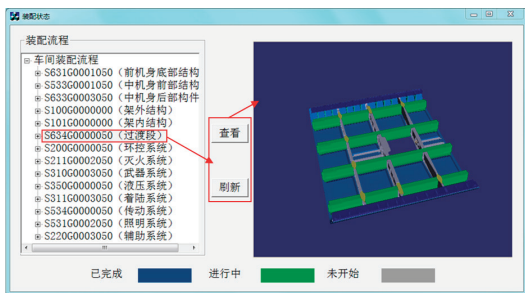


图5 组件装配进度展示

Fig.5 Components assembly progress

础,本研究以 Visual C++ 集成开发环境为开发工具,采用 OSG 技术构建三维场景,开发了面向装配现场的生产进度可视化展示原型系统。该系统是以企业 MES 为平台,进行二次开发。系统基于三维简化模型,实现了根据生产信息展示飞机装配车间装配进度的功能。图 4 为飞机总装车间装配进度显示界面,界面左边为车间装配结构树,在装配结构树上可选择要查看装配进度的组件,界面右边为飞机装配进度展示界面,可通过查看、刷新按钮查看当前的装配进度。通过采用三维模型展示飞机装配进度的方法,装配车间人员能够直观地了解

总车间的装配进度。图 5 为直升机过渡段装配进度展示。

6 结束语

针对传统飞机装配现场的生产数据与三维模型关联性差,车间装配进度展示不够直观等问题,本文提出了依据生产信息,用三维简化模型实时地展示飞机装配进度的方法。首先,研究三维设计模型的简化方法;其次,在研究了飞机装配进度三维可视化模型表示方法的基础上,建立飞机装配进度信息模型,在此信息模型的基础上研究了组件装配状态信息提取技术;最后,通过某飞机制造企业装配车间的实际应用证明该方法容易实现,并达到提升装配状态表达的直观性和准确性的目的。

参考文献

- [1] 董会波,许建新,董思洋.面向飞机装配的 MES 系统研究[J].航空制造技术,2010(18):46-50.
DONG Huibo, XU Jianxin, DONG Siyang. MES system for aircraft assembly[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2010(18):46-50.
- [2] 孙中雷,陶华.飞机装配工艺仿真与可视化技术研究[J].现代制造工程,2006(2):55-58.
SUN Zhonglei, TAO Hua. Aircraft assembly process simulation and visualization technology research[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2006(2):55-58.
- [3] 田富君,张红旗,张祥祥,等.基于轻量化模型的三维装配工艺文件生成技术[J].制造业自动化,2013(10):46-50.
TIAN Fujun, ZHANG Hongqi, ZHANG Xiangxiang, et al. 3D assembly process based on lightweight model file generated technology[J].

(下转第 78 页)