

# 可视化装配系统在企业生产中的应用研究

## Application Research of Visualization Assembly System for Enterprise Production

中航工业庆安集团有限公司 许峰 马军伟  
驻 114 厂 军事代表室 卢永祥



许峰

现任中航工业庆安集团有限公司高级经济师。从事企业生产计划、运行、物资管理工作近 18 年,先后参与编写航空工业生产调度工作管理标准及宣贯教材,并在部内企业发行。另有多篇文章在航空期刊、航空工业学会管理协会、中国质量管理协会、陕西航空工业管理协会等会议文集上发表。

装配生产车间作为制造企业的主要生产单位和效益源头,是企业信息流、物料流和控制流的汇集点。由于车间生产现场的动态性、随机性和复杂性,生产管理成为企业管理的瓶

通过装配可视化系统的具体实施应用,已初步取得良好的应用效果,对提高装配生产的效率和装配质量有重要意义。但可视化装配系统在实际的应用过程中也发现了一些不足需进一步完善和探讨,如可视化装配系统应用的规范化问题,需要建立企业标准或引用相关技术标准对装配实例化的三维标注、装配电子履历结构进行规范化管理。

颈,也是企业信息化的薄弱环节之一。因此,目前制造业信息化已成为国内外的研究热点之一。

目前国内外许多企业都在开展生产管理方面的研究工作,但在装配生产管理方面均没有提供出很好的解决方案。具体表现为:(1)大量的生产管理研究主要集中在机加生产管理方面,由于机加与装配之间的差异性导致在机加方面的研究难以在装配生产中应用。(2)一些装配生产管理方面的研究,并没有涉及到装配过程管理如何与三维模型结合,因此,这样的研究难以顺应航空行业中以 MBD 规范、Web 轻量化等技术引领的数字化制造潮流<sup>[1-3]</sup>。(3)为达到装配过程可视化管理的目的,许多

研究中仅仅是把装配工艺仿真或者设计仿真的结果,如视频、图片直接运用于装配生产指导,但这样仿真的内容仅仅是机械式地展现工艺仿真的结果,难以灵活、全面地将装配实例数据的管理融入三维模型的环境中,在根本上不是一个对装配生产有本质推动作用的解决方案。

### 装配车间生产的现状分析

通过对航空企业装配生产车间信息化现状调研,发现车间内部的信息存储载体大部分是以文本(比如各种单据、表格、账本和通知等)为主,部门之间的信息交流则是以电话咨询和手工传递为主,极大地影响了信息的获取效率。由于信息交流手段

和方法落后,车间各部门之间的信息无法共享,致使计划、库房、工艺、维修各部门之间的协调性差,计划执行率低,生产准备周期长,设备利用率低。具体来说,主要存在以下3方面的问题:

(1)装配工艺信息管理。采用以计算机为工具的现代化工艺设计和管理方式是企业上水平、上台阶的关键之一,也是企业发展的必由之路。为顺应这一趋势,我国航空制造企业或购买商品化的工艺管理软件,或进行自行(联合)开发,在一定程度上提升了企业的工艺设计与管理水平,但由于多种因素的影响,工艺管理软件在航空制造企业的应用仍存在很多不足,主要体现在:①工艺管理信息化水平低、管理基础薄弱;②工艺规程编制不合理、不能完全满足装配生产;③传统二维工艺设计需要由三维工艺设计替代,以提高产品装配生产效率和装配质量。

(2)装配工艺信息可视化技术。长期以来,企业的工人在车间现场装配产品都是依据二维图纸、工艺规程、技术说明等工艺资料,工人进行装配工作之前首先需要花费大量的时间和精力看图、阅读工艺文件并理解、消化。但对于装配结构较复杂的产品和组件,用二维图纸和文字通常难以描述清楚,工人就不得不求助于工艺人员到现场讲解、培训,有时由于语言的抽象及讲解的笼统性,一些装配人员不能很好地理解到位,如此需花费大量的时间进行摸索、试装等工作,有时装配的过程中还会出现错装、漏装等问题。为了解决这些问题,需要一种面向装配过程的可视化管理方案,通过在装配现场模拟仿真三维可视化装配场景代替过去二维图纸和文字描述的工艺规程,以减少工人错误的装配可能造成的成本和时间的巨大浪费。

(3)装配数据采集和物料谱系管理。装配物料谱系采用纯手工记

录、纯纸质文件存档,不仅录入数据时工作量大,查找也极不方便,还不利于存储。纯手工的管理方式还导致各种数据形成数据孤岛,数据的利用率过低。车间数据采集主要依靠手工方式,数据采集不完整,实时性差,准确性低,无法做到及时地反映车间的生产状况,不能为现场调度管理、实现设备和人员的能力平衡提供有效的数据基础保障。

### 可视化装配系统体系和功能结构

#### 1 可视化装配系统总体架构

基于三维轻模型的可视化装配系统的整体层次结构如图1所示,系统基于J2EE规范并利用三维轻模型工具进行构建,主要包括基础数据管理、三维装配工艺信息管理、现场装配工艺可视化和装配实例数据管理四大功能。在技术实现层面上系统

分了3个层次,实现了数据访问层、数据处理层(业务逻辑层)和界面显示层的解耦合,淡化了三者之间的技术关联,可以将三者中的任何一个进行技术框架的替换。

#### 2 可视化装配系统功能结构

依据装配车间的需求,对可视化装配系统的功能结构设计如图2所示。

(1)产品基础信息。此模块主要为可视化装配系统提供基础的数据准备。包括产品、物料、资源信息的定义以及相关模型信息等。

(2)BOM视图转化。在设计信息等内容准备完整后,进行工艺模型结构的调整以及整体AO结构的划分。实现设计BOM向工艺BOM数据的一致性转化。

(3)三维装配工艺管理。包括工艺/工序文档管理,装配工序/工步信息编辑,三维工艺过程图编辑。

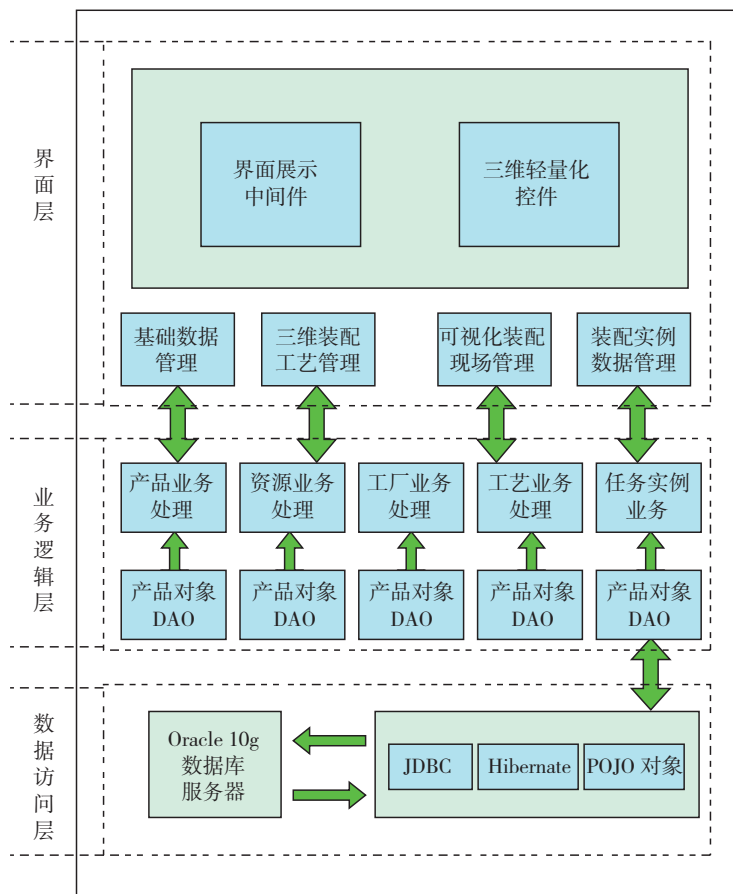


图1 可视化装配系统总体架构

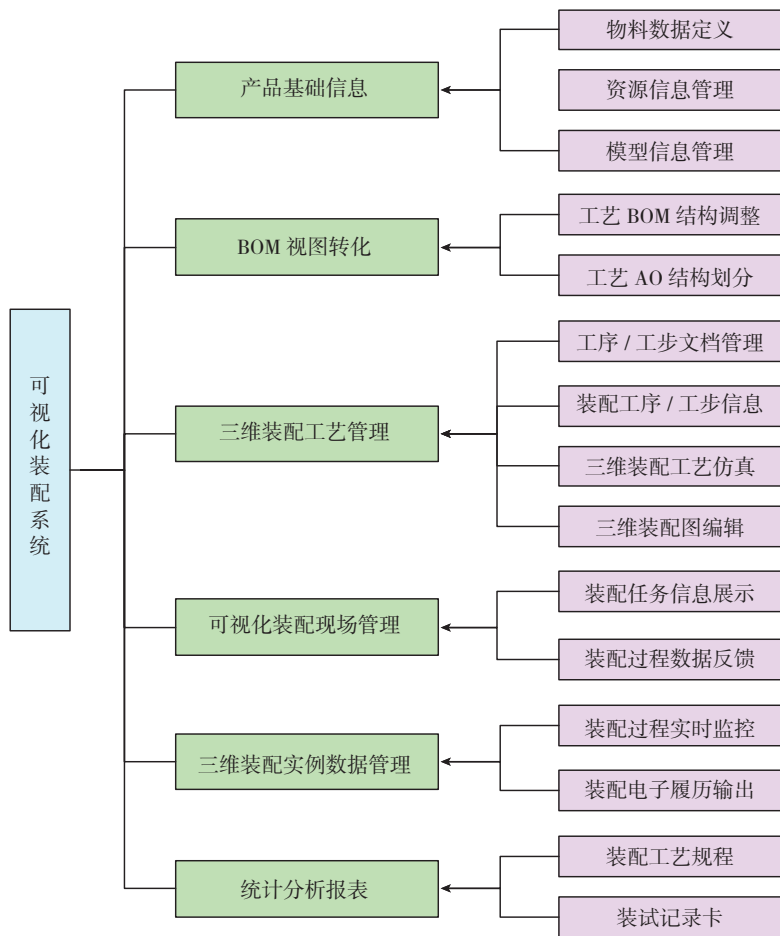


图2 可视化装配系统功能结构

(4) 可视化装配现场管理。装配车间现场的执行控制主要模块。它包括装配任务信息展示, 装配任务相关三维制造信息的展示, 装配过程执行和数据反馈。装配现场的相关工作人员将严格按照工艺规程以及任务进度的要求, 在三维可视化装配的环境中完成装配生产。

(5) 三维装配实例数据管理。此模块主要依据装配任务的要求将装配过程反馈的数据基于三维可视化的环境进行结构化, 由此实现装配过程监控管理的目的。它包括装配过程实时监控, 和相关装配电子履历输出。

(6) 统计分析报表。报表形式的数据统一查询模块。报表所包含具体内容: 工艺规程及其目录、工艺装备、辅料、装试记录卡和装配试验设备等资源。

## 可视化装配系统的应用分析

### 1 应用企业状况

本文中介绍的可视化装配系统目前已在企业的某航空产品上进行了试用。该产品的装配属于复杂产品装配, 是典型的离散型装配, 具有装配周期长、零部件组成数量庞大、涉及的专业领域广, 以手工装配作业为主、单件、小批量生产等特点, 同时也存在着所有复杂航空产品装配的所有问题, 如装配执行现场的装配过程和装配数据集成管理、生产现场的装配工艺信息可视化展示和工艺执行过程中的实时监控等方面的问题。经深入现场调研, 企业在未实施可视化装配系统前, 装配生产过程中存在以下问题:

(1) 设计信息与工艺信息缺乏一致性管理。在装配车间, 编辑工

艺规程的依据主要来自设计人员和 PDM 系统中的产品设计模型, 而工艺设计采用 AutoCAD 作为工艺规程的编辑环境, 对于传递过来的三维设计信息并没有有效地接收, 这样在后续的工艺设计过程中由于缺乏统一科学的设计规范以及工艺人员的疏忽常常导致设计信息和工艺信息产生很大的不一致性。

(2) 信息化程度低。生产过程中数据传递的方式主要以纸质化为主, 纸质化的装配信息传递方式, 难以有效地管理装配制造信息。纸质化的生产模式存在着生产信息无法结构化, 上下游的数据难以保持一致性和装配关系信息无法很好地表达等问题。譬如二维工艺规程对装配工艺的描述不形象、不直观、不规范, 造成装配工人不易快速准确地理解装配工艺, 严重影响了产品的装配质量和效率。

(3) 缺乏有效的装配过程监控手段, 难以查询和追溯装配质量。现场装配执行过程的情况只是靠纸质的装试记录卡进行记录, 这样的监控手段对质量的追溯、过程中出现问题的排查难以在最短时间内进行准确的查询。

(4) 现场人员、设备利用率低, 装配周期偏长。在调研中发现一套产品的装配周期长达 12 天左右, 这样长周期的装配过程主要是由于装配生产过程缺乏信息化系统的支撑, 使得装配计划和任务的制定并没有拉动和促进机加生产的进行, 装配中所需的物料、零件常常无法齐套, 导致人员和设备空闲时间长, 利用率低。

### 2 系统应用流程

在经过调研和实施阶段, 可视化装配系统基本上在企业开展应用, 对于该航空产品的装配生产起到了全方位的推进作用。可视化装配系统的整体应用流程如图 3 所示。

(1) 首先将装配生产所需的基

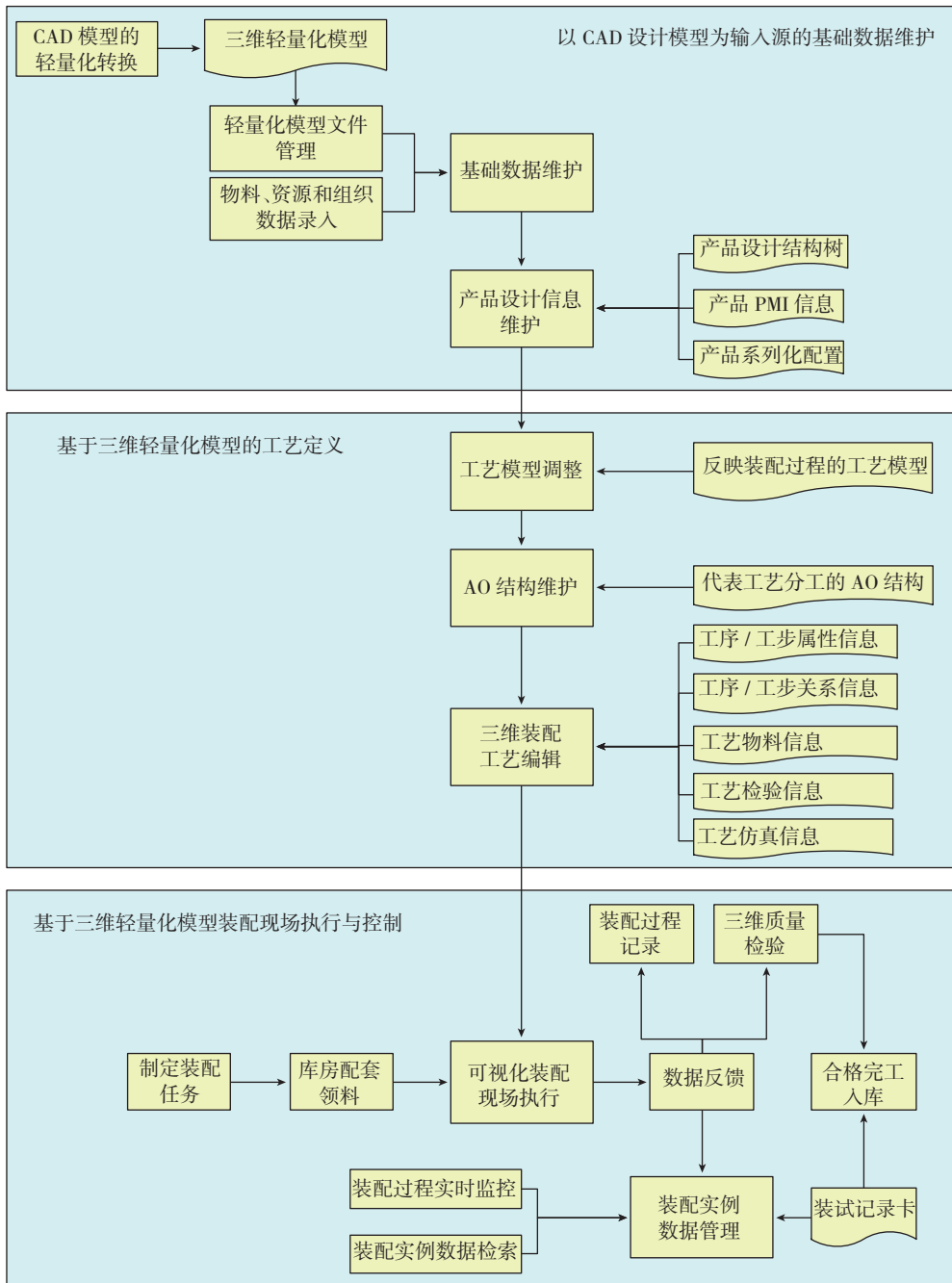


图3 可视化装配系统应用流程

基础数据维护进可视化装配系统。这些基础数据包括车间组织结构、产品物料基本属性及设计三维轻量化模型、工装和辅料资源等信息。这些信息一方面是可视化装配系统运行所需的基础数据；另一方面通过数据的维护过程逐步解决企业资源命名不规范等数据混乱的问题。

(2) 在基础数据准备完成后,为了保持制造过程中设计信息与工艺

信息的一致性和关联性,系统以三维设计模型作为数据输入源提取产品轻模型中的相关信息,包括产品设计结构树和 PMI 信息。模型中提取的设计结构树实际上为产品 EBOM,它将作为 BOM 视图转化的输入完成装配过程各阶段数据演绎的源头;而 PMI 信息则作为产品相关的重要制造信息服务于产品装配过程的执行、反馈和检验等阶段。并且,在获取产

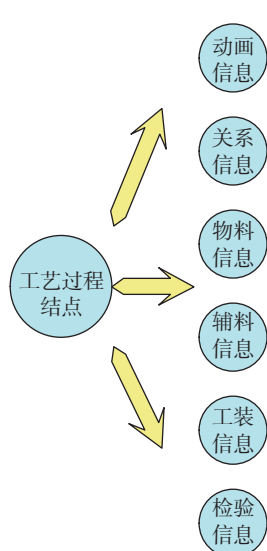
品设计结构树后,可以进行产品系列化配置工作,实现系列化产品对数据的共享和重用。

(3) 在完成产品设计结构的系列化关联配置后,应用流程的下一步主要完成设计模型向工艺模型的转化。工艺人员在缺省工艺模型的基础上可通过调整结构树,增添装配过程中间件等操作来编辑反映装配过程的工艺模型。

(4) 工艺模型编辑完成后,以该模型对应的工艺作为 AO 结构树的根结点进行 AO 结构树的维护,即划分产品装配过程的工艺结构来进行工艺分工,包括所需的工艺规程数量,以及工艺规程之间的关系。

(5) 在产品工艺模型和工艺结构划分完成后,利用这两者的结果编辑详细的装配工艺信息。如图 4 所示,将工艺作为过程结点的集合,通过集合中的结点将装配车间中的制造信息组织、关联。具体表现为工艺结点与工厂组织信息以及人员信息等

关联;而工序或工道结点则作为装配执行的具体内容结合三维轻模型把装配过程所需的信息集成起来,这些信息包括过程基本信息(工序或工道基本内容)、过程关系信息(工序或工道之间的关系)、过程物料信息(消耗物料和产出物料)、过程的三维仿真信息(基于过程内容,工道、工序或整体工艺的多角度、可划分粒度的装配过程仿真)、过程资源信息(工装和



协作车间	工序	工序名称	设备
	5	机体密封试验	1厂龙门
	10	轴部件装入下箱体	装配中心 1
	15	上下箱体合箱	装配中心 1
	20	合上端盖	装配中心 1
1 协作	25	合上盖板	
	30	涂油	钳工台
1 协作	35	涂漆	

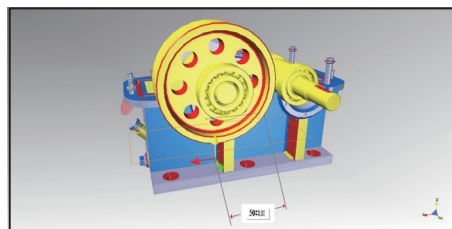


图4 三维装配工艺

辅料等)和过程检验信息。

(6)在完整的三维装配工艺信息编辑完成后,在任务管理中生成相应的装配任务,并指派相关的班组进行装配。

(7)装配班组依据可视化装配现场模块所展示的装配任务信息及三维装配工艺信息进行产品装配。装配班组需要对每个装配节点(工序或工道)进行检验,并实时采集相关装配数据,检验员需将采集到的实时检验数据填入,并电子签字确认后,才能开展后续装配操作。

(8)系统将自动记录每一个装配节点的实际完成时间,并根据车间计划的安排和工时定额自动对装配关键节点的完成时间进行更新,各级管理人员(包括车间主任、厂级调度人员、车间调度人员)能够实时获得整个装配车间的装配进度,并实时获得各种装配数据报表(包括装试记录卡、产品装配进展报表等)。

### 3 应用效果分析

针对装配车间在生产管理方面存在的许多行业共性问题,可视化装配系统提供了通用的解决方案。系统的应用实施以三维轻模型作为数据的统一载体,将企业相关部门结合起来,从数据一致性和可控性的角度

推动装配生产有条不紊地进行,取得了良好的应用效果,提高了企业数字化制造应用水平。

#### (1)制造数据的一致性。

可视化装配系统以产品设计的三维轻量化模型作为输入的数据源,将设计 BOM 作为起点进行装配生产过程。这样无论是工艺数据的产生还是装配实例数据的产生都与设计 BOM 保持着严格的关联性,使得企业避免了制造过程数据不一致导致的诸多问题。

#### (2)工艺数据的直观性。

工艺规程作为生产过程的指导性文件,具有非常重要的作用。可视化装配系统在三维轻量化环境中进行装配工艺的编辑,将装配工艺划分成由多种配置信息(工序/工道关系信息,物料信息,资源信息以及装配工艺仿真信息等)组成,再通过三维轻量化模型进行结合,实现结构化的多角度视图展示。这种多样化、直观化的三维装配工艺很大程度地避免了因二维工艺对复杂装配内容描述不清,导致装配生产滞后、甚至出错的问题。

#### (3)生产数据的可控性。

可视化装配系统有利地推动企业对装配生产现场过程展开可视化

监控。在装配现场,装配过程将严格按照三维工艺的内容单步进行,现场人员以三维轻模型作为数据载体实时进行过程反馈,包括具体操作人员的信息,装配产品合格证的记录,装配实测结果及检验信息等内容在过程中的实时反馈。因此,企业相关人员可直接从系统对反馈信息的实时统计结果中监测到装配生产进度,及时地发现生产问题。

## 结 论

通过装配可视化系统的具体实施应用,已初步取得良好的应用效果,对提高装配生产的效率和装配质量有重要意义。但可视化装配系统在实际的应用过程中也发现了一些不足需进一步完善和探讨,如可视化装配系统应用的规范化问题,需要建立企业标准或引用相关技术标准对装配实例化的三维标注、装配电子履历结构进行规范化管理。

另外,装配可视化系统的应用提高了整个车间现场的数字化制造应用水平,为应用更先进的数字化制造技术提供了良好的应用基础平台。本文所述的可视化装配技术思想,可推广至整个装配车间的全三维相关应用,例如:可视化的三维虚拟工厂应用,结合 MES(制造执行系统)进行三维虚拟车间的实时展示,使得车间现场高度可视化,为解决车间现场生产物流,计划调度提供车间三维可视化环境。

### 参 考 文 献

[1] 刘检华,林晓青,刘金山,等.基于工作流的装配车间生产过程计划和控制技术.计算机集成制造系统,2010;16(4):755-771.  
 [2] 涂化钢,葛茂根,蒋增强,等.面向装配过程的车间作业管控集成系统研究.合肥工业大学学报(自然科学版),2011,34(01):18-22.  
 [3] 董会波,许建新,董思洋.面向飞机装配的MES系统研究.航空制造技术,2010(18):46-50.

(责编 三丰)