



面向装配单元的工艺路线规划方法研究

尤登飞

(上海航天设备制造总厂, 上海 200245)



摘要: 提出了一种面向装配单元的工艺路线规划方法, 以装配工艺约束为优先对产品进行装配单元划分, 以装配单元作为工艺数据组织基础, 通过建立装配流程视图、工艺文档视图和装配单元视图以及多视图关联关系, 实现设计、工艺、生产等相关信息集成。最后通过在某火箭实际总装现场的应用, 验证了该方法的有效性。

关键词: 装配单元; 工艺路线规划; 多视图; 航天产品

Collaborative Assembly Process Planning for Assembly Unit

You Dengfei

(Shanghai Aerospace Equipments Manufacture, Shanghai 200245)

Abstract: A process design scheme oriented on production organization is proposed in this paper. There are three parts: design data is organization based on assembly unit, related information of design, process and production is displayed. General assembly process is displayed as flow chart, which can be given a clear expression of the nested relationship between the various processes of assembly. Computer technology is applied to monitor the production shop real-time and the visualization display is shown. Finally, all parts are integrated and applied to actual assembly site. The effectiveness of this system is verified.

Key words: assembly unit; process plan; multiple views; aerospace products

1 引言

航天产品结构复杂、零部件数目繁多, 在装配过程中涉及机械、管路、电路等多学科的协同, 装配的质量和效率对航天器的质量、性能和生产效率具有重要的影响。目前在我国航天产品装配工艺规划中基本上以设计分离面为依据, 采用纸质手段进行信息传递和人工协调, 存在着装配工艺与实际生产相脱离的问题, 主要表现在: 企业车间实际生产组织是以工位为基础, 以工序、工步为加工单位进行分工, 现有装配工艺设计依据与实际生产组织方式不一致, 导致往往需要在现场对工艺规划结果重新再组织, 例如对工序

先后次序进行调整, 造成装配工艺的指导性不强, 增加了工人错装、漏装率; 装配的计划和任务主要通过人工方式以纸质形式进行下达和分发, 装配过程中整机的进度、技术状态、质量等信息不能被及时有效地获取, 管理人员需要通过现场查看和调度协调会来了解进度、调整任务, 延迟了生产周期; 虽然我国航天企业中三维数字化设计手段日益普及, 但由于受技术条件限制, 车间现场所使用的装配工艺规程的描述主要依靠自然语言, 辅之以一定的二维图。

虽然虚拟装配^[1, 2]、协同装配工艺规划^[3, 4]等问题已有较多研究, 但这些研究并没有从实际生产的角度去考虑, 缺乏对现场制造起到明确指导的装配工艺规

划设计与组织方法。因此，本文从装配现场的实际约束和需求出发，提出了一种面向装配单元的装配工艺规划方法。

2 面向装配单元的工艺路线规划

2.1 基于工艺约束的装配单元划分

目前，在航天复杂产品装配规划中通常参照设计约束把产品结构划分为部件、组件和套件等各个相对独立的装配单元，但装配工艺约束却没有受到足够的重视。因此，为使装配单元划分结果更加合理，本文从实际装配生产过程出发，采用装配工艺约束优先、自上而下的分解方法，将产品分解为互不干涉的装配

单元集合。装配工艺约束可以分为三类：工艺因素（如装配重定向次数、装配工具改变次数、装配干涉关系等）、制造资源因素（工装夹具能力、工位布局等）、管理因素（生产线利用率与平衡率、生成成本、任务协同度等）。

每个装配单元不仅是由一个或多个工序完成的、能够相对独立进行装配的合体，包含了组成该单元的零组件，而且是进行装配工艺规划的基本对象，记录了该单元从配套、生产到质检整个过程完整的信息。这样，通过构建面向装配单元的产品结构树（如图 1 所示），企业能够以装配单元为基本单位排布生产计划，发布实际的生产指令。

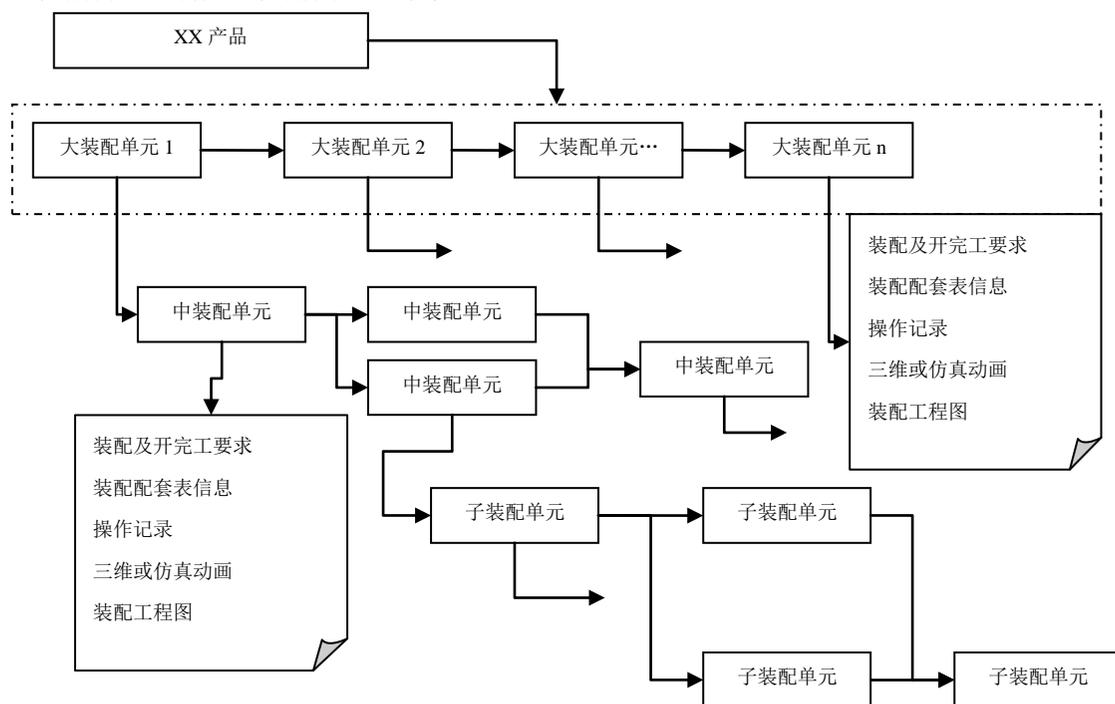


图 1 面向装配单元的产品结构树

2.2 面向装配单元的工艺规划流程

针对航天产品总装工艺和装配过程管理的需要，为支持总装执行流程设计、生产计划调度、生产现场应用三个环节的并行协同工作，需要允许总装流程进行分解，将每个流程节点独立设计并发布应用；然后具体到总装工艺的单个工序上，按照工艺设计、生产计划、车间生产的顺序进行，每个节点相互间的信息集成、共享。具体装配工艺规划制定流程如图 2 所示。

工艺设计阶段即总装工艺的流程设计，是通过装配单元设计和总装流程设计两个方面编制符合实际总装流程需要的工艺体系的过程。装配单元设计通过

导入已有配套表，以结构化数据模式编辑管理配套表。总装流程图设计是以装配单元为节点单位，编制符合实际总装流程的流程图，体现总装流程的串行、并行关系，每个流程节点支持向子级流程设计。总装流程图的设计过程就是对目前总装工艺路线进行分解后再组织的过程。

生产计划阶段是按总装流程顺序规划生产，以装配单元为单位编制生产指令，通过生产指令指导管理车间生产，包括对生产计划执行进度统计及生产计划的调度。生产计划执行进度统计是根据航天产品安装情况（结构安装、增压输送系统安装、设备电缆安装

等)进行进度统计和生产计划执行进度统计。生产计划调度是通过追踪生产指令的执行状态,了解实际生

产进度,根据实际情况,调整生产计划。

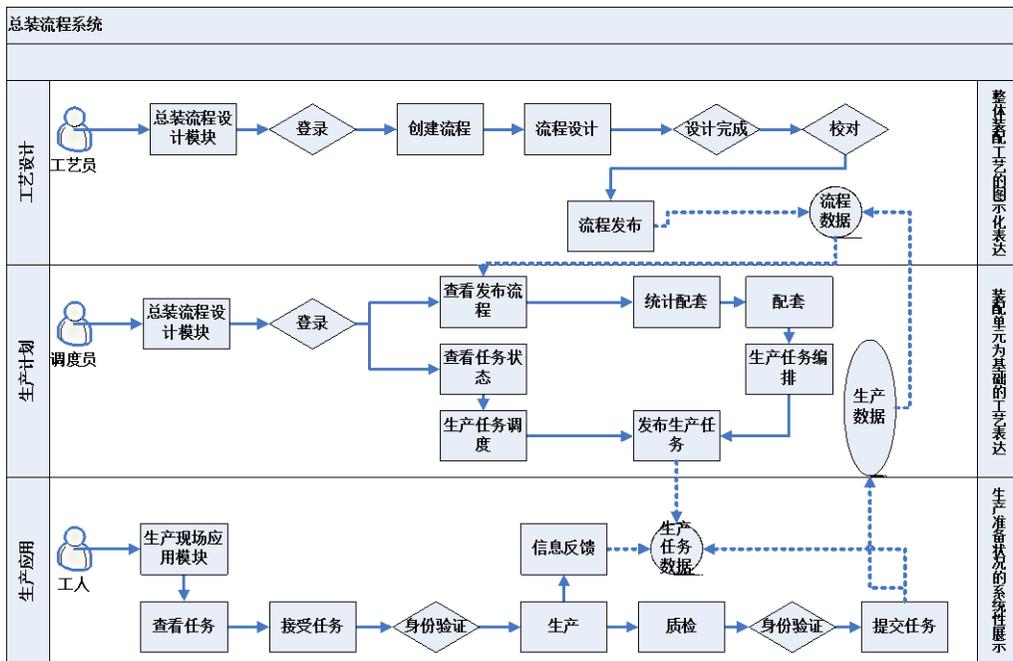


图2 面向装配单元的工艺规划流程

生产应用阶段是以可视化手段辅助生产和生产任务在线应用,工人能够通过生产指令直接查看相关工艺数据,提供对音视频、文档等文件的现场浏览功能,并能及时向上游反馈。

3 多视图关联的装配工艺信息模型

在大多数航天产品装配过程中,由于是多本工艺同时执行,没有明确的表明一本工艺文件工序的串并行关系,以及多本工艺之间的工序执行的串并行关系,不能为工艺管理和操作者提供清晰明确的生产指导,导致工序之间的先后执行顺序通常是根据班组长的经验确定,工艺执行的一致性难以得到保障。为此,通过建立装配流程视图、工艺文档视图和装配单元视图以及多视图关联关系,使多种视图之间共享单一的数据源头,实现了工艺过程和工艺信息的准确表达。

装配流程视图定义了工序之间的嵌套关系以及装配之间的串并行顺序关系,实现完整的产品装配工艺设计流程设计。每个执行流程节点可自由向下扩展,以及反映出不同的装配技术、配套及执行状态,可以最终细化到单个生产指令,如图3所示。

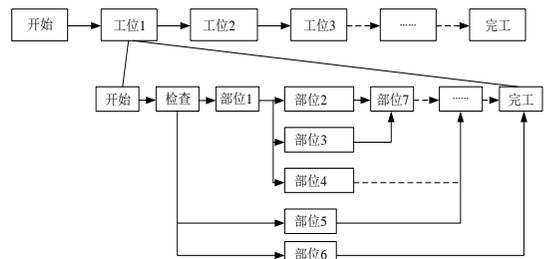


图3 装配流程视图的结构

工艺文档视图定义了进行装配工艺路线规划所需的数据信息,主要包括两部分:一方面是从MES获得的车间生产信息,如车间名称、工位状态、开工时间等;另一方面是每个执行流程节点产生的技术文件,如工序卡、工装图、配套表等,如图4所示。

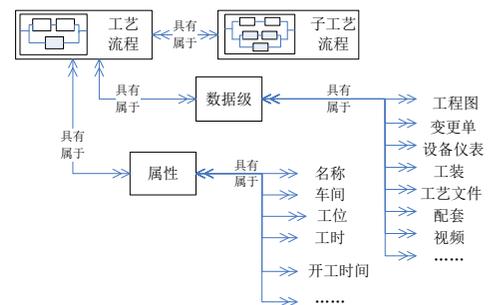


图4 工艺文档视图的结构

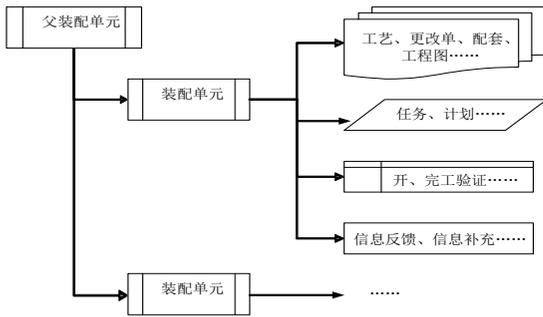


图 5 装配单元视图的结构

装配工艺路线规划的核心任务之一是针对产品的某个模块（包含结构安装、管路安装等）编制出相关的工艺文件，模块划分与装配单元划分相对应，内容涉及一个小组在一个工位单元上跨系统完成的所有工作的集合。本文将装配流程视图和工艺文档视图的信息均与装配单元视图链接，形成以装配单元视图为主线的结构化工艺信息模型。装配单元视图包括装

配单元的工程技术准备信息、计划任务信息、现场执行与反馈信息以及变更调整信息四部分，如图 5 所示。

4 应用实例

基于上述研究，开发了面向装配单元的工艺执行流程管理系统，可以通过不同视图的组合和切换以满足不同的工艺应用场景。目前该系统已经应用于某型号火箭总装配工艺设计中，下面以该产品为例说明系统的运行过程。

针对复杂的工艺流程，工艺人员可以采用工艺流程图方式辅助表达工艺过程，如图 6 所示，从生产指令发布开始，在生产技术准备、配套、生产、质检、调度、工期等各个环节上，提供相对的预设流转、反馈。

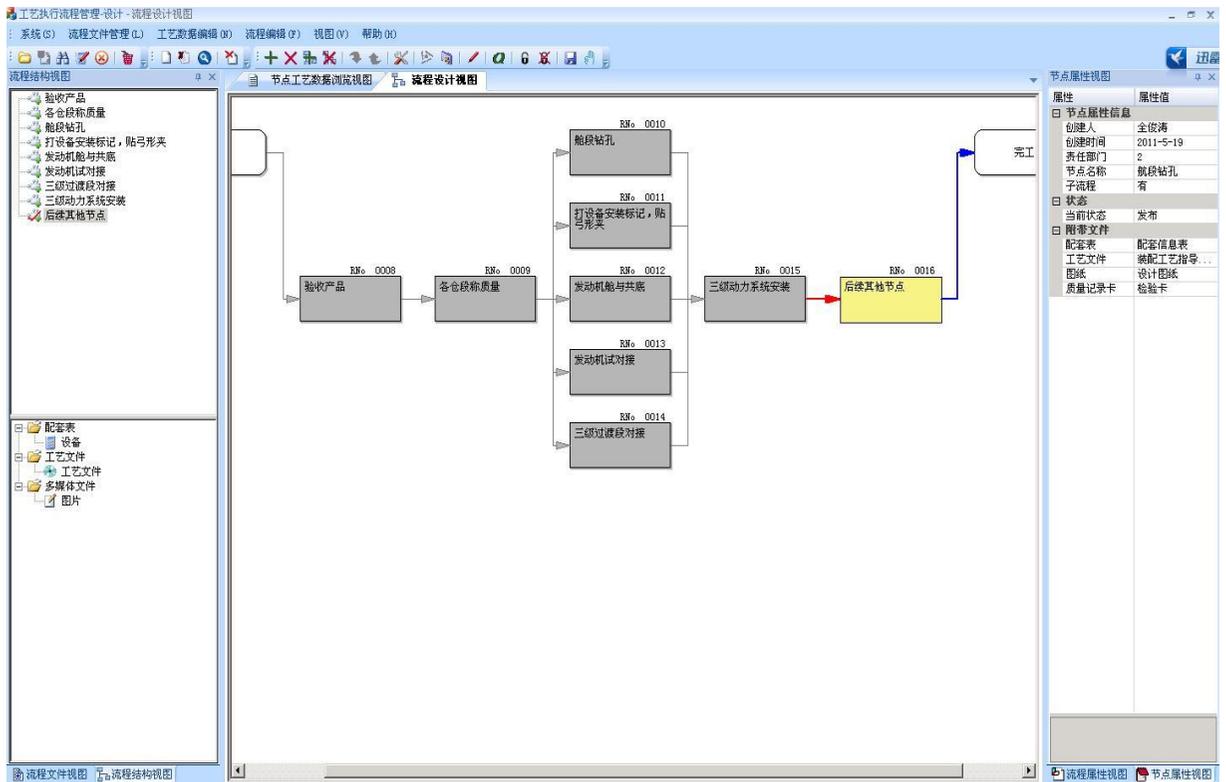


图 6 总装工艺流程设计界面

生产中各个环节的状态随着装配单元构成信息的产生而触发更新，因此生产调度人员可依据装配单元节点信息进行实时汇总统计，为实现精细化管理奠定基础，如图 7 所示。

车间现场的工人在进行生产时采用触摸屏电脑

终端/条码扫描仪应用，浏览数据包（支持 office 文档、图片、视频、三维数模等）、查询整体工作状态、正在开展工作、遇到停工问题列表、配套不齐套清单等信息，同时将本台火箭的安装意见反馈到系统中，如图 8 所示。



图7 以装配单元为基础的生产调度

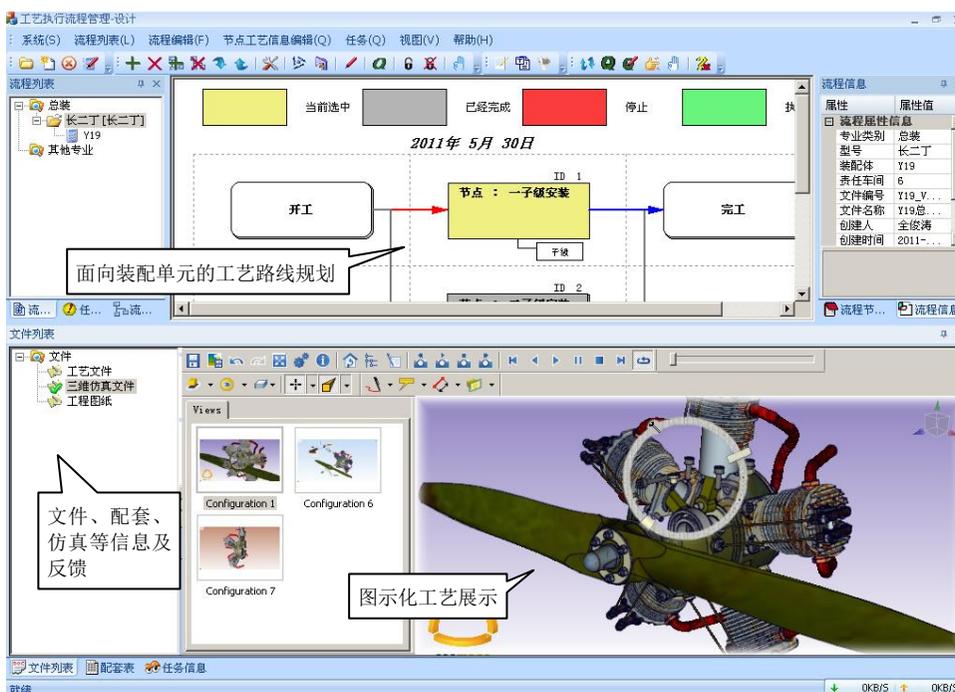


图8 车间现场的集成应用实例界面

5 结束语

企业车间生产组织是以工位为基础，以工序、工步为加工单位进行分工，因而要求工艺规划设计组织必须以生产组织为依据和约束。本文提出了一种面向装配单元的工艺规划设计方法：面向实际生产组织模式，以装配工艺为优先约束进行装配单元划分，并以装配单元为基础进行工艺数据组织；建立装配流程视图、工艺文档视图和装配单元视图以及多视图关联关系，使生产的每个单元成为一个完整、有机的信息集

成模型，从而满足了现场制造的需求。

参考文献

- 1 刘检华, 宁汝新, 阎艳. 集成化虚拟装配工艺规划系统研究[J]. 中国机械工程, 2006, 17(23): 2486~2491
- 2 韩冬, 钟诗胜, 夏平均, 等. 面向虚拟装配的工艺卡片动态生成技术的研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2007(9): 76~80
- 3 张佳朋, 刘检华, 宁汝新. 基于工作流的产品装配工艺生成及信息集成技术研究[J]. 机械科学与技术, 2010, 29(9): 1145~1151
- 4 张冠伟, 赵相松, 李佳, 等. 基于遗传算法的工步优化排序方法[J]. 计算机集成制造系统, 2005, 11(2): 242~246, 300

