

# 集成制造环境下航空转包生产管理

## Project Management of Aviation Sub-Contract Manufacture Based on Integrated Manufacturing Management

西北工业大学机电学院 唐 军 吴勇华

**[摘要]** 针对我国航空转包生产的现状,结合多年来航空产品研制与生产的经验,以某飞机制造公司某飞机部件转包生产项目为背景,分析了目前航空转包项目管理的特点和项目管理方法,阐述了在并行工程下航空转包生产项目的复杂性产品研制模式、多层次集成计划与控制体系和项目团队管理过程,并介绍了在并行工程模式下项目管理取得的成效。

**关键词:** 航空转包生产 项目管理 并行工程 多层次集成制造计划

**[ABSTRACT]** Based on state of aviation sub-contract manufacture (ASCM) and experience of aviation product manufacture in China, the method and characteristic of ASCM project management are analysed at present, and the multi-level integrated project plan of ASCM, with its control method, its integrated product team (IPT) is given under concurrent engineering condition, the effect of ASCM project management is introduced in an aircraft company.

**Keywords:** Aviation sub-contract manufacture Project management Concurrent engineering Multi-level integrated project plan

航空转包生产是目前国际航空制造业方兴未艾的一种制造模式。在航空转包生产中承包制造企业的生产任务、加工要求和部分原材料都来自于国外厂家,即由国外厂家提供产品图纸、制造标准和原始制造依据,制造企业完成合同要求的全部制造任务后向国外厂家交付合格产品。对航空转包生产,承包企业不但要在技术上、工艺上面临挑战,更要在现代制造模式下创新管理思想,提高管理水平和工作效率。本课题以某飞机制造公司某飞机部件转包生产项目为背景,研究了基于并行工程下的航空转包生产项目管理模式。

### 1 航空转包生产管理及其特点

飞机是一个大型的结构复杂的高科技产品,必须采用先进的生产制造技术和管理方式与方法才能加快飞

机的研制进度,提高飞机质量,降低成本。目前,我国航空制造企业的生产组织方式仍然是粗放的大组别、粗计划的生产管理模式,生产信息源头多,传递速度慢,共享性与实时性差,缺少统一的生产执行跟踪系统,依赖现场开会来安排进度计划,难于对生产过程实施有效的控制,难于适应现代高技术产品的高质量、短周期、多品种以及低成本的生产需要,也不能适应航空转包生产架次管理的要求。

航空转包生产活动事实上就是项目,任何一个产品的转包生产都具有项目的特征:(1)有明显的目标;(2)必须协调相关活动;(3)有开始、结束和固定的工作期限;(4)在一定程度上有独立性。在航空转包生产实践中,我国航空制造企业全面引入了项目管理思想与知识体系,实施了项目管理办法,如成立项目管理办公室,设立项目经理;实施合同管理、项目计划和许诺进度计划;材料严格按合同要求采购,有相关人员从事报价、报关和索赔等工作。

在航空转包国际合作生产项目管理中,科学性、严密性、高效率是基本要求,严格周密的计划和及时有效的控制是转包项目管理的一项重要工作,因为任何变更都可能涉及到世界各地的众多厂家之间的协调、技术状态的控制、材料和零件供应等,因而需要一定的程序和时间来处理。同时,在航空转包国际合作项目中,由于语言、地域、思想观念和文化的差异,以及企业管理方式的不同,造成通信与交流上的困难,增加了项目管理的复杂程度。航空转包生产项目管理体系由计划、控制、组织、指挥、协调和激励6个职能构成,并以计划、控制、组织这3个职能最为重要,是项目管理的基本职能。

### 2 集成制造模式下的航空转包生产管理

集成制造就是将各个单项生产管理和制造企业管理信息系统集成在一起,将产品生命周期中所有的有关功能,包括设计、制造、管理、市场等的信息处理全部予以集成,以保证正确的信息在正确的时刻以正确的方式传到所需的地方<sup>[1]</sup>。集成制造系统的进一步发展就是面向并行工程,实施全局优化并缩短产品开发制造周

期。并行工程是集成地、并行地设计产品及其相关的各种过程(包括制造过程和支持过程)的系统方法。作为一种先进的产品设计和制造方法,并行工程在工业生产中不乏成功的范例<sup>[1-2]</sup>。然而,如何将并行工程的管理思想和方法应用于项目管理尤其是转包生产项目管理中,将现代集成制造 CIMS 与先进管理理论有效结合,是一个极有意义的工作<sup>[3-4]</sup>。在该飞机制造公司的某飞机部件转包生产项目管理中,我们设计了一种基于并行工程模式的新型项目管理模式。

### 2.1 并行工程下的转包项目研制管理

在某飞机部件转包生产项目生产过程中,该飞机制造公司得到的产品制造依据是某公司 100% 的产品数字化定义和数字化预装配的产品数学模型。因此,在转包项目生产过程中,首先要建立数字化产品条件下的转包产品的信息和管理系统。数字化产品设计制造系统以产品数据集为主线,以稳定高效的计算机网络为基础<sup>[5]</sup>。其结构如图 1 所示。

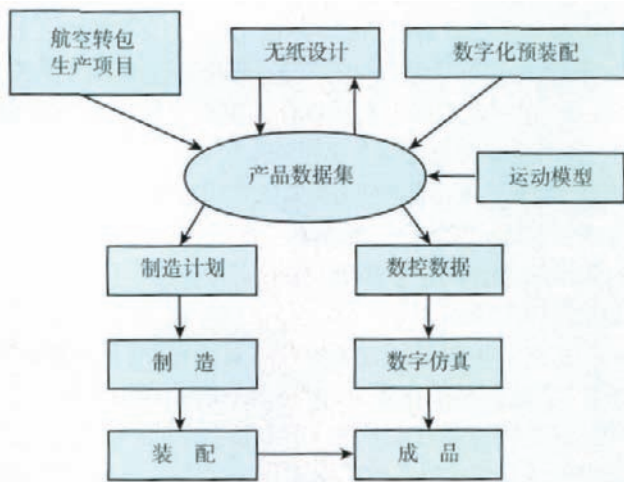


图1 飞机转包项目制造系统

Fig.1 Manufacturing system of aircraft sub-contract project

该飞机制造公司在并行工程模式下建立了以某飞机部件全数字化定义为对象的集成系统,形成了产品数据、工装数据、工艺数据和检验数据等 4 类数据的优化集成框架;改变了以往处室分工的开发模式,根据民用航空工业的特殊情况,在航空质量保证体系的框架下,建立了集成化产品开发团队(IPT)和以产品为中心的开发模式;实施了部门级的产品数据管理;建立了飞机产品零部件三维数字化产品模型,支持并行工程环境下的模具 CAD/CAM 系统;实现了装配过程的仿真,形成完整优化的装配方案;以模具为对象,研究实施了并行环境下的工装设计与制造技术;形成了管理与技术相结合,以产品为中心的开发模式和一套并行化的转包产

品设计与制造集成系统<sup>[5]</sup>。

### 2.2 多层次集成项目计划与控制体系

#### 2.2.1 多层次集成项目计划体系

转包生产计划制定不仅要考虑转包企业内部诸因素,还要与主承制商的总体计划相衔接,因此企业计划安排的灵活性大大减小。制定项目计划是依据项目目标,从工作分解(WBS)入手,设计装配流程,预估与平衡计划,批准及发布计划。工作任务分解为从产品数据集接收与转化、生成图纸与翻译、进行工艺准备、技改规划、设计工装一直到部装、总装、总检、包装、运输等共 23 项工作包,每项工作包再细化、量化,明确紧前工作包和流程时间,以增强合同执行的可视性和可靠性。

某飞机部件项目研制生产计划在并行工程理念下,结合企业自身特点,采用了多层次集成的计划体系。集成计划就是把转包项目涉及的各类工作由项目主管部门按照装配先后的物料需求关系编制一套综合项目计划。多层次集成的计划系统分为 4 级不同的计划,各级计划的相互关系及层次如图 2 所示<sup>[5]</sup>。

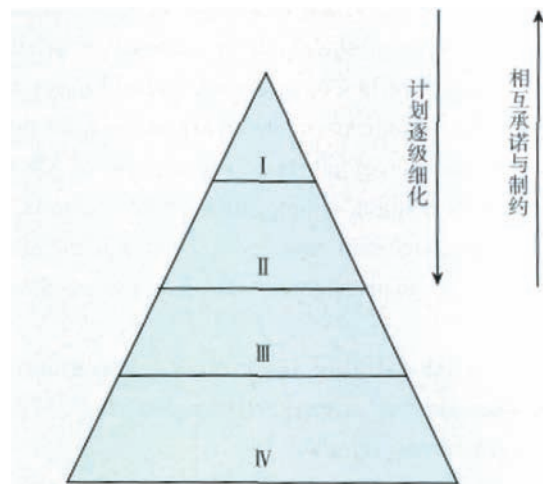


图2 多层次集成计划体系

Fig.2 Multi-level integrated plan system

(1) I 级计划(又称里程碑计划)。里程碑计划反映合同实施主要接点及进度,体现用户要求,同时起协调各部门工作的功能;

(2) II 级计划。II 级计划为分部门实施计划,是里程碑计划的细化,反映协调后各部门主要工作接点及进度,是本部门内部工作计划与协调依据;

(3) III 级计划。III 级计划是专项计划,通常是关键件、重要件项目的计划。III 级计划由项目管理部门提出或由业务部门根据需要提出,由各部门自己协调确定。III 级计划必须符合 II 级计划的进度要求;

(4) IV 级计划。IV 级计划也称承诺研制计划,是直接反映产品装配顺序和物料需求关系而编制的对所有

零、组、部件研制的进度要求。IV级计划是协调各项工作的精细计划,反映制造资源需求的进度,使项目管理活动可以分解到实现详细控制的程度,是研制计划的核心。

为了确保计划的可行性,在编制计划时必须进行能力平衡工作。计划是自上而下制订,自下而上进行承诺,构成一套完整科学的集成计划体系。

为了提高计划的可操作性和可跟踪性,对专项计划如工程图纸发放、图纸翻译、工装品种表申请、装配或制造指令编制、工装设计或制造、零件制造与装配以及检验等编制了一系列控制线图。

### 2.2.2 转包生产项目的控制

项目控制的基础是信息,由于在并行工程项目管理模式中业务处理流程的共时性,所以反映项目运行状态的信息量十分庞大。以上所提出的多层次集成项目计划的一个很大特点就是能对项目信息和活动进行有效的反馈和控制。为了获得项目信息,除了建立各部门之间的快速沟通与反应渠道外,还设计并采用了一系列可视性控制线图。控制线图是一种反映预测值和实际值比较的线图,较直观地反映专项工作进展情况,可供各级领导和管理层分析、控制、决策用。控制线图的编制是依据项目计划,控制节点为星期,定义为预测值。每周末采集实际数据编制图表,运用可视性图表实行实时控制,形成“预测—计划—实施—跟踪—反馈—协调”的闭环系统<sup>[5-6]</sup>。为了加强控制力度,在控制手段上主要采取了2种方法:(1)对关键点的控制。对于大型复杂的项目,控制关键路径中的关键点是十分重要的。飞机制造公司某飞机部件研制项目关键点控制就是对装配过程和数控零件加工进行重点控制。如在装配现场实行封闭式控制,根据制造需求和工艺要求建立某飞机部装配流程图和各部件的零、组件配套目录,明确装配过程及各工位的工作任务。(2)对关键项的控制。某些项目活动由于制造过程复杂、周期长、质量要求高等原因,而又对项目的目标有很大影响,因此在项目控制中针对某些关键项、关键件进行专门的监控,如在某飞机部件项目中对关键装配工装的设计、制造,重要零件的加工、NC程序编制、数控测量等关键项进行了控制。

### 2.3 基于并行工程项目管理模式的计划和控制方法的特点

基于并行工程项目管理模式的计划和控制方法是在吸收了传统计划和控制方法的优点基础上提出的,与传统项目计划和控制方法相比,其特点为:(1)有利于各类人员和各个部门之间的沟通和协调。基于并行工程项目管理模式的计划和控制方法不是以各个部门的高效率为主而是以达到整个系统的高效率为主要目标;

(2)信息共享、信息传递准确及时。基于并行工程项目管理模式的计划安排和控制方法更加强调信息的共享、反馈,用信息流把各管理层次、不同的并行工作小组、用户和供应商沟通起来,使物质流与信息流保持一致和同步,保证信息的准确性和及时性;(3)基于并行工程项目管理模式的计划和控制方法愈来愈多地强调运用系统模型,力求达到量化,能精确地表达多因素的实际行为状况和各要素之间的相互关系;(4)基于并行工程项目管理模式的计划和控制方法强调系统地、合乎逻辑地分析,按程序有条不紊地进行工作,在科学化的基础上,把个人经验与科学方法紧密地结合起来<sup>[3,6-7]</sup>。

### 2.4 并行工程的项目团队技术

航空转包生产项目是一项涉及多专业、多学科、多部门的协同研制生产项目,必须构建适应于并行工程模式的组织形式。并行工程强调产品研制活动集成地、并行交叉地进行,因此建立一个有利于信息交流的集成组织模式是实施并行工程的首要条件。IPT(集成产品开发团队)是组织集成的重要体现。IPT的设计与构建是一个系统工程,它不仅要考虑团队的形成原则与工作职责,而且还要考虑团队的运行、管理内容及考核等过程。航空产品研制IPT的职责是客户需求的工程化定义、WBS、DPD、DTD、DAS、DPA、BOM、工艺设计、检验计划、制造可行性分析和采购计划等。

在构建航空转包生产项目的IPT团队时要考虑团队的规模、团队成员之间的交流与团队的管理以及团队组织结构形式和多学科团队成员的正确选择。团队的规模不宜太大,以便于管理与交流,对简单的开发项目,一个IPT小组就可以承担。而对于像飞机这样复杂的、大型的项目,必须组建IPT体系。如飞机研制项目的IPT体系是按产品单元组建的,分3层IPT:第一层IPT包含动力、机身和机翼3个。每个IPT又按功能分解成机械、电器、结构、载荷和总装等IPT,称第二层IPT。第二层IPT又分解为多个IPT小组,如某项目第二层IPT共有73个,可分解为270多个IPT小组,每个IPT小组25人左右。团队成员之间以交谈、会议、电子邮件和视频语音系统等方式交流。其系统模型如图3所示。

## 3 结束语

航空转包生产是提高我国航空企业制造水平的一条有效途经。在全球航空转包市场中,我国的航空转包生产所占比例还很小。为了发展我国航空制造业,参与国际航空转包项目市场竞争,我们不但要在技术上、工艺上提高水平,更要在生产管理上进行创新。该飞机制造公司基于并行工程模式下的某飞机部件航空转包项

(下转第88页)

从而使得接头强化相溶解,硬度降低。随着测量位置不同,出现硬度降低的拐点的位置也不同,  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三条硬度曲线上出现硬度拐点的位置离焊缝中心距离分别为 3.5mm、4.1mm 和 4.6mm。由此可知越靠近焊件的外缘,硬度拐点的位置到焊缝中心的距离越远,即相发生溶解的宽度越大,也就是说,越靠近焊件的外缘,焊接温度越高。显微硬度的变化规律也充分说明了摩擦界面上的温度从中心到外缘递增的变化规律,进而验证了径向截面上温度测量结果的准确性

### 3 结论

(1) 通过在焊接接头埋设热电偶,采用工控机实时检测系统测定了 GH4169 高温合金惯性摩擦焊接过程中接头的温度变化,获得了界面近区(距初始摩擦端面 2mm)温度变化规律和接头轴向和径向的温度分布规律。

(2) 在惯性摩擦焊接过程中,摩擦阶段界面近区的温度变化发生了 4 次明显的改变,根据温度变化特点摩擦过程分为初始摩擦阶段、过渡阶段、准平衡阶段和摩擦结束阶段 4 个阶段。各个阶段温度变化速率的不同与界面的摩擦机制及转速有关。

(3) 在焊件径向上,温度始终不均匀,温度随着到轴心距离的增大而升高,但两者不是简单的线性关系;周边与轴心的温度差随着摩擦时间的增加而减小,当达到温度峰值时差值最小。

(4) 在焊件轴向上,距初始摩擦面距离越近,加热速度越快,峰值温度越高,温度梯度越大;距摩擦界面越远,出现峰值的时间越迟,且迟后时间越长。

(5) 焊接接头发生了明显的软化现象,焊缝中心的硬度最低,越靠近焊件的外缘,硬度拐点的位置离焊缝中心越远,说明相发生溶解的宽度越大,即焊接温度越高。显微硬度的变化规律充分说明了摩擦界面上的温度从轴心到外缘递增的变化规律,进而验证了温度测量结果的准确性。

### 参考文献

[1] 李志远,钱乙余,张九海. 先进连接技术. 北京:机械工业出版社,2000.  
 [2] 梁海,张峥. 惯性摩擦焊在航空发动机上的应用. 材料工程, 1992(2):48-51.  
 [3] 桂方亮,张全忠,张立文,等. GH4169 合金大型环形件惯性摩擦焊数值模拟. 航空制造技术, 2006(10):78-81.  
 [4] 李付国,聂蕾,李庆华,等. GH4169 合金惯性摩擦焊接过程组织计算与预测. 焊接学报, 2002, 23(2):30-33.  
 [5] 傅莉,王忠平,刘小文,等. 惯性摩擦焊接区表面温度分布的红外热成像检测. 焊接学报, 1999(S1):44-49.  
 [6] 卜文德,刘金合,唐建宇. 焊接温度场的工控机同步采样系统研究. 焊接技术, 2009, 38(3):43-46.

[7] Wang L, Preuss M, WITHERS P J. Energy-Input-Based Finite-Element Process Modeling of Inertia Welding. Metallurgical and Materials Transactions, 2005 (36B): 513-523.

[8] 温诗铸. 摩擦学原理. 北京:清华大学出版社,1989.

(责编 小颖)

(上接第 83 页)

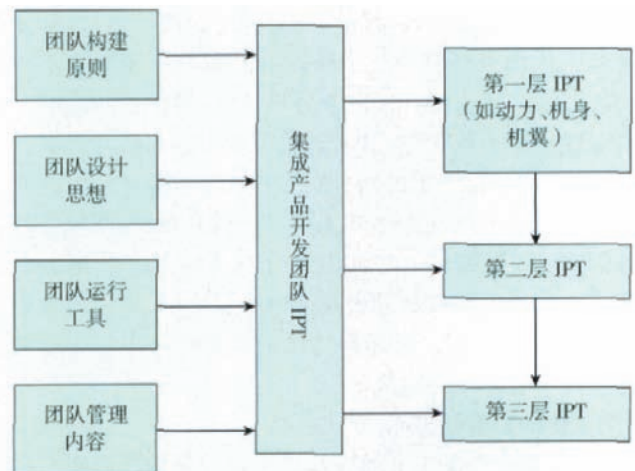


图3 飞机产品研制IPT系统模型

Fig.3 IPT system model for aircraft product development

目管理模式在总结传统项目管理理论与方法优点的基础上,制定了《并行工程管理规范》、《IPT工作规则》等指导性文件,形成了一种有效的生产管理模式,建立起了并行工程设计模式、计算机集成环境、项目管理标准和方法,使得该公司以崭新的并行设计思想和设计模式积极与国际航空业实现接轨。通过某飞机部件项目的实施,该公司 100% 工装采用计算机设计,数字化传递应用减少了样板和提高了工作效率,具备了数字化工装设计、制造及工艺准备的能力,整个部件研制周期缩短 3 个月,节约了大量经费。

### 参考文献

[1] 熊光楞. 并行工程的理论与实践. 北京:清华大学出版社, 2001:31-39.  
 [2] 吴澄. 现代集成制造系统导论. 北京:清华大学出版社, 2002:136-169.  
 [3] 张明. 基于并行工程的汽车产品开发. 重型汽车, 2003 (3): 32-35.  
 [4] 韩向东. 并行工程项目管理方法研究. 技术经济, 2001(10): 51-53.  
 [5] 李小书. 航空转包生产研制管理研究 [D], 西安:西北工业大学, 2001.  
 [6] 汤军社,秦现生. 基于并行工程的新产品开发过程模式研究. 工业工程, 1999 (2):40-43.  
 [7] 白思俊. 现代项目管理. 北京:机械工业出版社, 2002:67-72.

(责编 岩石)