

并行工程与敏捷研制管理在飞机研制中的应用

Application of Concurrent Engineering and Agility Management in Aircraft Development

中航工业沈阳飞机工业(集团)有限公司 袁立 谭红毅 王桂楠 张立波



袁立
研究员级高级工程师,主要研究方向为飞行器设计与制造、工程项目管理。

本文针对传统飞机研制过程中存在的问题,提出了在飞机研制过程中深度应用并行工程和敏捷研制管理的观点。首先对并行工程与敏捷管理的内涵和关系进行了阐述,然后以制造厂为例,分别从并行团队建设、模型成熟度、平台建设、流程优化等方面以深度应用并行工程为基础,从动态联盟、柔性组织、先进制造技术应用等方面提出敏捷研制管理的主要做法及成效。

换不来,只有走自主创新之路,通过科技和管理创新推动航空工业发展,才能全面提升核心竞争力。

20世纪80年代末,为了加快飞机研制过程,美国国家防御分析研究所就完整地提出了并行工程(Concurrent Engineering, CE)^[1]。它主要指一种用于产品开发的方法,通过它使工程设计功能、工程制造功能和其他功能综合起来,以减少一种新产品投入市场所需要的时间。近年,美国、欧洲等一些发达国家已成功地将并行工程应用在武器系统及航空航天领域,并取得了很好的效果。如通用动力航天系统公司支持“宇宙神”(Atlas)商业火箭发射计划中,采用并行试验工程,设计与开发了一种新型适配器,与串

行工程相比,开发周期减少了40%。

进入21世纪,美国制造业为了对迅速改变的市场需求和市场进度作出快速响应,美国里海大学的亚科卡(Iacocca)研究所^[2]和美国通用汽车公司(GM)等提出敏捷制造概念,它是在具有创新精神的组织和管理结构、先进制造技术、有技术有知识的管理人员3大类资源支柱支撑下得以实施的,通过将柔性生产技术、有技术有知识的劳动力与能够促进企业内部和企业间合作的灵活管理集中在一起,对瞬息万变的市场作出快速反应。

本文针对传统飞机研制过程中存在的问题,提出了在飞机研制过程中深度应用并行工程和敏捷研制管理的观点。首先对并行工程与敏

在当今世界政治、经济格局中,航空工业已成为衡量一个国家科学技术、国防建设和国民经济现代化水平的重要标志之一,是一个国家大国地位的重要象征,是民族工业的名片。面对国际航空工业的新态势,低成本、高质量、高效率研制出新型航空武器装备,是适应国防装备现代化建设的需要,是支撑中国和平发展的需要,也是航空工业责无旁贷的任务。历史反复证明,航空核心技术用金钱买不来,用市场

捷管理的内涵和关系进行了阐述,然后以制造厂为例,分别从并行团队建设、模型成熟度、平台建设、流程优化等方面以深度应用并行工程为基础,从动态联盟、柔性组织、先进制造技术应用等方面提出敏捷研制管理的主要做法及成效。

并行工程与敏捷研制管理的内涵和关系

1 飞机研制并行工程的内涵

飞机研制并行工程是相对传统的飞机串行研制模式而提出的一个概念,是集成地、并行地研制飞机及其相关的各种过程的系统方法。在飞机并行设计阶段,它要求工艺团队在设计之初就融入到设计团队中,形成一个无隔阂的工作环境。在三维数字化协同平台环境下,按模型成熟度等级进行零部件设计和工艺准备等工作,就产品的工艺性、可制造性、可装配性、可测试性提前进行协调,以减少飞机开发过程中的不必要返工,为后续生产、制造提供保障,最终提高飞机研制质量、降低研制成本、缩短研制周期。

2 飞机敏捷研制管理的内涵

飞机敏捷研制管理是飞机研制单位通过采用数字化、信息化、柔性化等先进制造技术手段,围绕“组织方式、制造技术、管理手段”3方面,快速配置各种资源(包括技术、管理和人员),以有效、协调方式响应用户需求,实现制造的敏捷性。

3 并行工程与敏捷研制管理的关系

敏捷研制必须建立在并行工程的基础上,它是敏捷研制管理的关键技术。进入21世纪,随着信息技术的发展,飞机研制过程的并行工程工作环境逐步建立,飞机设计与制造部门开始并行协调工作,实现了设计人员和工艺人员之间的高效沟通,并及时发现和解决了后续制造环节中可能出现的问题,为飞机的敏捷研制奠定了基础。在飞机

制造过程中,飞机制造单位通过深度应用并行工程、先进制造技术、快速配置各种资源等手段,快速响应了用户的需求,实现了飞机制造的敏捷化。

在飞机研制中深度应用并行工程

1 改变传统的工作流程

由于我国航空企业仍沿袭传统体制——承担研制任务的厂、所实际处于法人独立状态的历史局面,在以往的型号研制过程中,研制准备工作流程是按设计基本完成发图,工艺开始审查并发现问题、解决问题的流程进行工作。这样不但增加了工艺的等待时间,大大延长了研制周期,有时还导致相关环节的工作大面积返工。在飞机研制项目中,公司改变了以往的工作流程,积极主动向设计前伸,提前融入设计团队,着手研制准备工作,实现“数模成熟一个、发放一个、制造一个”的深度并行研制模式,开创了无隔阂的飞机快速研制新局面,工艺准备周期缩短了40%。

2 组建面向设计的并行工程团队

在详细设计阶段,制造单位按专业组成工艺IPT团队主动融入设计IPT团队,由设计单位直接领导,与设计团队共同完成产品定义和发图工作,形成了统一团队管理。改变了过去由厂、所各自领导,难以协同的局面。

3 确定面向制造的设计发图顺序

设计的可制造性和工艺生产准备的充分性直接影响到后续研制工作的进展。因此,设计与工艺的有效沟通与协调至关重要。根据飞机制造流程,结合项目计划管理,从备料、工艺准备、长周期零部件加工和工装设计与制造角度出发,对设计团队提出发图顺序以及相关节点的具体要求,使设计工作尽量考虑后续制造的难易程度和周期,实现设

计计划与制造计划的有机结合,共同开展相应的工作。

4 按5级模型成熟度协同管理

开展深度并行工程的目的是为了缩短研制开发周期,高效完成产品研制。然而将本来有先后顺序的串行工作并行来做是要冒风险的,如何将风险控制到最低,提高效率,提出了模型成熟度的概念。模型成熟度即在产品数据管理系统中被表示为生命周期状态,是对产品数学模型完成情况和详细程度的描述,将达到一定技术状态的数模(包括产品结构信息、几何信息、工艺信息等)提前发放给下游用户,以便下一步流程工作顺利开展。

在飞机设计发图并行阶段,设计IPT团队和工艺IPT团队共同制定了模型成熟度,并将其分为5个等级,即M1、M2、M3、M4、M5,工艺IPT可针对相应等级工作,实现了设计数据的分步式电子审签和发放,设计与工艺工作同步完成。

5 按WBS实现飞机制造流程高度并行

飞机研制中的工作分解结构(WBS),是以飞机研制任务为中心的层次体系,它是对研制任务由粗到细分解成最小单元的过程。通过WBS工作分解,确定新机研制各工作之间的相互关系,以及每项工作可能的持续时间,从而实现飞机流程高度并行。

5.1 并行材料采购

材料备料工作是飞机研制过程的重要环节之一。按照常规的做法,只有设计发图完毕,工艺部门根据图纸制定材料定额,然后交由采购部门,采购部门根据材料定额综合平衡后,才能签订材料供货合同。从周期上看,工艺部门完成材料定额的编制工作至少需要1个月的时间,材料的供货周期从签订合同开始到供货至少需要3个月的周期(锻铸件的供货周期更长,有的需要

6个月),从设计图纸发放完毕到零件开工至少有4个月的等待周期。

因此,在型号研制总周期已经确定的情况下,如何采用并行工作缩短材料备料周期非常重要。在飞机项目研制上,采取了按设计数模成熟度并行进行材料采购管理的组织模式。在详细设计阶段,按数模成熟度,工艺人员和采购人员共同加入联合团队,分期分批完成材料定额编制,提前与材料供应商进行沟通,并且采取措施有效地规避因设计工作未完成而带来的备料风险,实际节省采购周期50%以上。

5.2 工装设计与制造并行

工装研制是飞机研制中的一项重要内容。受工装数量巨大、涉及环节众多、制造周期长等因素影响,工装研制进度直接决定了整个型号的研制周期,是制约飞机快速研制的主要瓶颈之一。在以往的飞机研制过程中,工装设计制造流程的3个阶段(工装申请阶段、工装设计制造阶段、工装使用与维护阶段)相对独立,信息沟通不畅,造成工装的设计制造周期较长以及反复更改。

因此,在飞机项目工装设计与制造过程中,吸取以往的经验教训,从系统工程角度出发,理顺工装设计与制造系统的流程,将工装设计与制造的3个阶段有机融合到飞机研制过程中,在一个协同平台下,使工装团队密切跟踪飞机设计、工艺准备进展,按数模成熟度,针对不同难度的工装分别制定工装研制管理流程,并且在工装设计与制造过程中广泛应用并行工程,改变过去工装设计与制造“被动”适应飞机研制的局面,使工装的制造进度满足飞机研制的需要,如:大型工装的设计与制造缩短周期3~5个月,有力地促进了工装设计与制造工作开展。

5.3 部装、总装工作高度并行

按照一般的飞机制造流程,在完成大部件装配后进入预总装流

程,然后才能进入总装流程。在飞机研制过程中,通过优化装配工序,根据装配进展,将传统的飞机制造行业内部装、总装工作分离的模式得到有机结合。提前开展了导管/电缆安装和成品试装/安装工作,这样做的结果

既能加快装配进程,又能提前发现和解决问题。

6 搭建信息化平台

6.1 建立制造/设计协同数字化平台

在飞机研制初期,结合项目研制目标,厂所经过多次技术、管理、数字化流程等方面的交流、论证和梳理,通过光纤搭建了适合深度并行协同的跨地域、跨组织的数字化制造/设计协同研制平台,并共同制定了协同平台的使用规则、使用方法以及注意事项。平台的建立,实现了设计、工艺、制造、装配、检测等环节的数字化和一体化。在统一的数据交换标准下,工艺IPT团队按模型成熟度能够协同完成工艺准备工作,全面打通了全数字量传递的数字化制造、管理流程,实现了多个知识信息流的协同处理和多项作业的协同实施。同时,IPT成员可以进行设计信息传递、变更通知、资源共享等,使信息可以及时、充分共享,并以此为基础做出有效的群体决策,预防并解决各职能部门之间的矛盾。从而实现高效协同和动态监控(见图1),最终实现了“数模成熟一个、发布一个、制造一个”的深度并行目标。

6.2 建立项目管理系统

在飞机研制过程中,项目管理

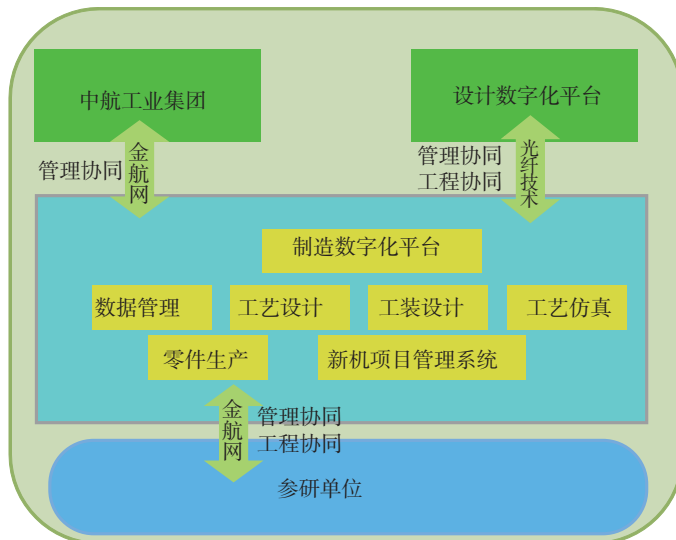


图1 制造/设计协同数字化平台

的有效监控和有效沟通是实现项目成功的必要保障。为了解决以往项目管理中存在的“信息孤岛”问题,通过建立集成化的项目管理平台,将项目管理过程从“信息分散、各自传递”的旧模式向“信息集中、快速传递”的新模式转变。

公司围绕计划管理与作业调度,通过与公司的各个系统之间的集成,实现关键数据(主制造计划、车间作业计划、物料需求计划、制造资源信息、人力资源信息、财务信息)共享,以树状结构逐级分解各类指令,构建覆盖公司飞机研制领域的管理信息闭环,形成公司飞机项目管理信息系统。该系统依托于项目管理的9大知识体系及项目管理的5个关键过程实现的。包括综合信息仪表盘以及组合管理、计划管理、资源管理、成本管理、质量管理、沟通管理、风险管理等业务模块,通过实时动态的数据采集,深入全面的数据挖掘与分析,建立基于场景的智能模型,并通过灵活多样的展现形式,为公司管理层提供发现问题的途径与解决问题的方法,方便各层级领导以及项目管理人员更有效地沟通,打造随需而动的智能决策平台。既能准确反映并行各环节的运行情况,又能够使并行各环节之间的

信息流动起来,达到资源共享,同时为诸多项目工作的并行开展提供便利。在项目前期进行合理评估,在项目中期进行全方位管理监控,在项目后期进行总结形成经验,确保项目成功的可重复性,从而提高公司项目管理成熟度及其竞争能力。

飞机研制中的敏捷管理应用

1 构建动态联盟组织

动态联盟组织建立的目的是飞机主制造商能够借助其他企业的技术和人力资源快速开发出满足市场需求的产品。

1.1 内部动态联盟——成立快速装配中心

飞机研制过程也是一个创新过程,需要通过研制过程来不断完善设计、优化参数,以最快的速度完成研制和飞机战技指标的验证工作。多年来,沈飞公司新机研制与批生产飞机交付工作混线进行,经常导致资源冲突、管理困难,既无法实现飞机快速研制,也干扰了批产飞机交付的正常秩序。为了解决这一难题,将新机研制的部总装工作从批产飞机的生产线中分离出来,成立快速装配中心,专门负责新机的装配集成工作。同时,快速装配中心充分利用企业内部相关单位的资源优势和专业化的装配能力,内部模拟 COE,按工作包完成快速装配。通过航空企业内部传统组织模式的变革,并采用先进的装配技术,实现了飞机敏捷装配。

1.2 外部动态联盟

飞机研制初期,根据行业内相关单位的技术能力和优势,确定联合研制单位,采取“联合设计、分包制造、快速研制”的研制方式,按飞机研制方案,明确具体项目,制定联合研制协议,构成以主制造商为中心的星型动态联盟,确保组织的敏捷性。以锻铸件供应商管理为例,传统上锻铸件供应商的管理是按照

“数模冻结、主机厂提出技术状态、锻铸件供应商开始进行工艺生产准备、制造和交付”的工作流程进行。锻铸件的供货周期一般都比较长。因此,为了缩短锻铸件的制造周期,在飞机研制过程中,改变了以往的锻铸件管理模式。在工艺生产准备阶段,主动邀请锻铸件供应商,加入到工艺/设计 IPT 团队,按模型成熟度开展并行协同工作,分期分批地完成了锻铸件的工艺生产准备和投产,保证了锻铸件的及时供应。缩短锻铸件供货周期 30%。

2 建立集中统一的柔性项目管理组织

组织是一切活动的基础,组织的敏捷性直接影响到项目开展的效果,也直接影响到项目各项里程碑和总目标的最终实现。

为了充分发挥职能组织的纵向优势和项目组织的横向优势,尽量使管理层级扁平化,建立了以项目管理核心团队作为综合协调、专项团队作为支撑的矩阵式项目组织结构。其中,项目管理核心团队设在项目管理办公室,在纵向上既要与上级主管部门保持联系以取得指导和支持,又要通过对下属单位的合理组织,搞好有机协调工作;在横向上,妥善处理好与其他部门的各类关系,争取得到各方面的理解、支持和配合,使项目能按预定计划顺利实现。专项团队可以从各相关单位抽调专业人员组成工艺 IPT 团队,负责各个阶段的研制任务以及与公司外部单位的协同工作。

为了适应飞机复杂的研制过程,在项目研制的不同阶段,项目团队按 WBS 分解、工作计划,柔性化调配各个团队人员,并适时组建现场工作团队,以便统一指挥、统一协调,提高了问题处理和决策效率。

3 再造零件加工/装配系统

要加快飞机的研制,在通过深度应用并行工程解决设计与工艺敏

捷性的同时,必须破解企业制造系统自身的瓶颈问题,突破传统零件加工和装配集成方面的短板,实现精准柔性制造。如在零件制造方面,通过构建智能加工中心、再造钣金导管加工系统、快速编程技术,提高零件加工效率 20% 以上;在装配集成方面,通过计算机装配仿真技术的应用,对产品整个装配过程进行模拟与分析,将产品与资源按实际装配工艺过程进行模拟试验,结合人机模型直观地分析产品的可制造性、可装配性、可维护性,在降低成本的基础上,进行实际模拟,避免了因干涉等原因,引起后期设计更改的风险。在装配现场,通过将批产飞机和新研飞机实施分线研制,并依托技术进步,采用柔性装配技术,可以缩短装配周期,提高装配质量,实现了快速响应与敏捷制造。

结束语

在飞机研制过程中,通过基于统一的数字化协同平台和信息化管理平台,建立集中统一的柔性化组织,应用先进的制造技术,开展并行工程和敏捷研制管理,最终形成了以提高效率为中心,统一团队管理、统一计划、统一协同平台、统一项目协同、统一技术管理、统一物流管理的“六统一”以及创新装配集成模式的项目管理思想,实现了设计/制造一体化、制造过程可视化、敏捷化,并创造了多项研制记录,提高了沈飞公司的核心研制能力,促进了公司管理水平的稳步提升。

参考文献

- [1] 金兴明. 并行工程及其在航空电子产品研制中的应用. 航空学报, 2001, 22(6): 505-508.
- [2] 蒋贵川, 杨建华, 吴澄. 先进制造关键技术: 敏捷制造 - 并行工程与供应链. 中国机械工程, 2001, 12(6): 637-642.

(责编 良辰)