



基于柔性理论的航空产品技术创新研究*

Research about Aeronautical Product Technology Innovation Based on Flexibility Theory

孙兆刚 / 郑州航空工业管理学院

摘要: 航空产品技术创新所涉及的产品品种多、批量小、生产周期短、结构复杂、规格悬殊、加工难度大、精度高, 创新战略、创新流程、创新组织等方面与传统规模化产品具有较大差异, 因此必须实施柔性管理。航空产品技术创新的柔性管理指的是一种能力、一种状态、一个权变概念、一种关系、一种属性, 是从低级到高级划分的缓冲能力、适应能力、创新能力的综合体现。

关键词: 航空产品; 技术创新; 柔性管理

Keywords: aeronautical product; technology innovation; flexibility theory

1 航空产品技术创新的特征分析

航空产品的设计制造能够带动装备制造业、数控机床产业、电子产业、材料产业、发动机制造业等相关产业重大关键技术的群体突破, 实现跨越式发展。目前的航空制造技术正在实现产品全生命周期的数字化管理, 包括数字化样机、数字化设计、数字化加工、数字化装配、数字化检测及数字化信息管理等, 最终达到完全实现产品在各个阶段的信息集成与共享。越来越多的复合材料应用于现代飞机上, 航空整体结构件将取代传统的“多件连接”的结构形式, 复杂形状构件的整体精密成形和“锻造+切削加工”的生产方式将成为航空结构件的发展趋势。数控复合加工技术提高了航空产品的加工效率、增加装备柔性、保证产品质

量的有效手段; 以仿真技术为基础的虚拟制造技术能够大幅缩短产品的研制周期, 提高产品合格率。而基于网络的加工技术可以组建产品级的动态企业联盟, 从而实现协同设计和异地制造。

航空产品技术创新在产品特征、生产特征、创新战略、创新流程、创新组织等方面与传统大规模制造产品创新有着明显的差异性。

1) 产品特征方面。航空产品是由许多定制化程度高的零部件构成的数量众多的子系统经由系统集成形成的复杂系统。它涉及多种知识和技能, 子系统之间有着复杂的界面。

2) 生产特征方面。航空产品一般针对市场中特定的用户或用户群以单件或小批量进行开发、定制和生产, 航空产品创新过程中生产的重点在于

设计、开发、工程管理和系统集成。

3) 创新战略方面。航空产品的产品特征和生产特征, 决定了其创新竞争战略重点是关注产品/系统的设计和研发。构建跨企业的项目创新组织, 培养跨企业项目组的管理能力和大型项目管理技巧, 掌握众多技术领域中的深层次核心技术并能够很好地进行系统集成, 也是形成系统集成商竞争优势的必要途径之一。

4) 创新过程方面。航空产品创新过程建立于常规产品创新的基础之上, 同时又具有许多有别于常规创新过程的特征。航空产品从研发、生产、调试、运行到维护、更新换代、重新设计和再创新。

5) 创新组织方面。航空产品创新组织必须是跨企业的多单位参与的网络式组织, 总供应商通常在整个系统研制过程充当系统集成商的角色, 拥有出类拔萃的大型项目管理技巧、掌

*基金项目: 航空科学基金(2011ZG55026)项目资助。



握众多技术领域中的深层次核心技术并且能够很好地运用技术来进行系统集成。

2 航空产品技术创新的柔性管理必要性

现代航空产品为满足高速、高机动、高负载和远航程等性能要求,大量地采用新技术、新结构、新材料,其零件越来越向尺寸大型化、型面复杂化、结构轻量化、材料多元化和制造精密化发展。如飞机机身结构件的典型零件梁、框、肋、壁板、桁条以及航空发动机的关键件机匣、各类叶片和整体叶盘等,其轮廓大而形状各异。为了减轻飞机的重量,增加飞机的机动性及有效载荷和航程,现代飞机都进行了轻量化设计,广泛采用高强度的新型轻质材料。而为了提高零件的强度和可靠性,主要采用了整体毛坯件和薄壁整体框架结构,零件材料除了大量采用铝合金外,还广泛采用钛合金、耐高温合金、高强度钢、复合材料和工程陶瓷等难加工材料。航空产品零件规格尺寸和结构相差悬殊,机床工具等工艺装备通用性不高。航空制造业所面临的通常都是多品种、小批量、短生产周期的生产任务,因此要求工艺系统有较高的响应速度。产品零件结构复杂,多数零件与飞机的气动外形相关,周边轮廓与其他零件还有复杂的装配协调关系。由于越来越多的采用整体结构设计,使得需要切削加工的零件数量大幅增加,而且大部分零件在切削过程中材料去除量非常大,部分飞机结构件的材料去除率达90%以上,存在大量的薄壁、深腔结构,为典型的弱刚性结构。由于要实现无余量装配,对工艺分离面的对缝、间隙等要求十分严

格,零件制造精度要求高。

由于航空产品的创新涉及部门多、管理难度大,市场作为沟通媒介的功能被相对弱化,与关键用户、大学与科研机构、政府部门、模块分包商及其他相关利益群体进行直接的谈判、沟通与协调变得很重要。航空产品创新涉及的维度多,创新管理难度大。层级架构是航空产品的重要特性,随着产品系统层级数量的增加,航空产品整个架构也体现出系统层级的特征,造成航空产品创新的风险进一步加大。航空产品的模块数量多、模块开发涉及的技术要求高,航空产品创新的知识需求和技能需求都很高。随着时间的变化,航空产品中各模块涉及的各种技术呈非线性的变化发展而难以预测,在各模块研发和航空产品集成时模块开发商与系统集成开发商需要经常交流互动。航空产品只要有一个细小的模块发生了改变,都可能给产品系统整体功能带来巨大的变化,使得航空产品的创新管理难度很大,风险也很大。

航空产品所需要模块实现的功能与技术含量不断提高,开发成本不断上升,航空产品创新最终成败与否不仅取决于各模块开发的成功,还取决于各模块之间的协作。在航空产品创新过程中模块架构设计、模块集成与系统调试时,创新管理的难度进一步加大。航空制造业为了适应不同目的,促使生产系统具有柔性,从设计到工艺到产品生产过程都呈现出柔性。

3 航空产品技术创新的柔性管理理论

柔性的意思为韧性、适应性、可曲性、机动性、弹性,原指物质的一种物理特性,后引申到人,包括

人的行为、思想,再扩展到管理领域。柔性是相对于刚性而言的,强调柔性并不排斥刚性,它是以理性的管理思维,通过整体的系统思考,超越了传统的单纯依靠制约型管理模式,把被动的事后补救管理方式转变成事前预防性的管理方式;把围绕生产的管理结构调整为适应市场经济发展的弹性管理结构;把员工在企业中自我价值的实现,与企业的发展目标相融合。应变柔性管理实质上是在保持适度刚性的同时,尽可能地提高管理的柔性,使企业管理刚柔并济,更加科学、灵活。

航空产品技术创新的柔性管理一方面是指系统适应外部环境变化的能力,可用系统满足新产品要求的程度来衡量;另一方面是指系统适应内部变化的能力,可用在有干扰情况下系统的生产率与无干扰情况下的生产率期望值之比来衡量。航空产品技术创新的柔性管理的前提是变化或不确定性。创新主体处于错综复杂的内外环境中,变化即可能是内部环境本身的要求,也可能是外部变化导致内部的应变。有变化就需要航空企业应对变化,变化则意味着不确定性和风险性。因此,柔性是主体对变化的一种自我调整和快速适应的能力,使航空企业实现既定的目标。柔性是主体的一种反应能力,是主体本身所固有的,要么体现为熟练的技能,要么体现为航空企业通过自身的应变强度来增减柔性的度,包括组织结构的调整、人力资源状况、管理机制的变化、生产方式甚至组织的性质、功能、目标和系统的调整,目的是增强对已经产生的或可能发生变化的应变能力,实现目标。内外环境的变化只是促使柔性度发生改变的一个主要因



素, 在没有变化产生时, 航空企业也可依据自身对可能发生的变化的预测, 改变自身的柔性。

航空产品技术创新的柔性管理指的是对环境不确定性的适应反应能力。对外, 它是指事物或系统在动态环境下, 主动适应变化, 利用变化, 甚至制造变化以提升竞争力, 达到迅速与外界环境和谐相处的能力, 此处的柔性是对外部扰动的过滤与缓冲; 对内, 柔性是作为事物或系统内部稳定控制的程度和动态效率的指征, 参照一个控制系统, 当外部改变时系统尽可能保持现有状态。航空产品技术创新的柔性管理指的是一种状态, 反映事物或系统在某一时空条件下的客观存在, 而这一客观存在是系统为了适应外界环境变化而选择相应的规则与方案的状态, 是系统准备随时应对突发事件的状态, 并且该状态可以被加以评价。随着外界环境的变化, 需要由人发挥主观能动性去提高系统的柔性。整个系统柔性的大小, 柔性状态维持时间的长短都与人的意识紧密相连。

航空产品技术创新的柔性管理指的是一个权变的概念。正如水的柔性一样, 其最大的特点是能够适应各种不同形状的容器, 能够适应一切环境, 事物或者系统的柔性状态随着外部环境的变化而变化, 即能够视对方的强弱来做适当的调整。并且对于不同的外部环境, 其柔性是不同的。航空产品技术创新的柔性管理指的是一种关系, 反映事物或系统与外界环境、外部条件之间的相互联系, 是事物或系统通过发挥柔性进行不断的适应、调整之后与外界环境、外部条件之间的协调一致的关系。柔性是可变化性、不确定性、可调整的, 是适

应、动态协调, 是在人类活动的干预下, 事物或系统通过调整、改变所具有的适应环境、改变环境的能力, 是事物或者系统所拥有的资源。柔性具有相对性、多维性、整体性、相关性、时效性等基本特征。航空产品技术创新的柔性管理指的是一种属性, 主体对未来的不确定性或已发生的变化产生应变, 柔性 with 刚性同时成为航空企业技术创新活动的一种原则, 但不是唯一原则, 缺少柔性或刚性的管理行为是不完整的管理。

简而言之, 航空产品技术创新的柔性管理就是从低级到高级划分的缓冲能力、适应能力、创新能力的体现。缓冲能力是指系统的要素和各个环节具有吸收或减少环境变化对系统影响, 多种方案储备来以不变应万变、固化应万变。适应能力是指系统的要素和各个环节具有随环境变化而迅速适应变化的能力。创新能力是指系统的要素和各环节具有影响外部环境的能力。航空产品技术创新的柔性管理是一种对“稳定和变化”进行管理的新方略。柔性管理理念的确立, 以思维方式从线性到非线性的转变为前提。线性思维的特征是历时性, 而非线性思维的特征是共时性, 也就是同步转型。从表面混沌的繁杂现象中, 看出事物发展和演化的自然秩序, 洞悉下一步前进的方向, 识别潜在的未知需要和开拓的市场, 进而预见变化并自动应付变化, 这就是柔性管理的任务。航空产品技术创新柔性管理本身涵盖了有关理性、心理、思维、教育、激情、管理者魅力和无为而治等一系列思想, 以人性化为目标, 强调跳跃和变化、速度和反应、灵敏与弹性, 它注重平等和尊重、创造和直觉、主动和企业精神、远见和

价值控制, 它依据信息共享、虚拟整合、竞争性合作、差异性互补、虚拟实践社团等, 实现管理和运营知识由隐性到显性的转化, 从而创造竞争优势。

航空产品技术创新的柔性管理主要不是依靠外力, 如发号施令, 而是依靠人性解放、权力平等、民主管理, 激发每个员工内心深处的内在潜力、主动性和创造精神, 使他们能真正做到心情舒畅、不遗余力地为企业开拓优良业绩, 成为企业在全世界激烈的市场竞争中取得竞争优势的力量源泉。柔性管理强调内在重于外在, 心理重于物理, 身教重于言教, 肯定重于否定, 激励重于控制, 务实重于务虚。显然, 在知识型企业管理柔性化之后, 管理者更加看重的是员工的积极性和创造性、主动精神和自我约束。航空产品技术创新过程中, 知识根据其存在形式, 可分为显性知识和隐性知识, 前者主要是指以专利、科学发明和特殊技术等形式存在的知识, 后者则指员工的创造性知识、思想的体现。显性知识人所共知, 而隐性知识只存在于员工的头脑中, 难以掌握和控制。要让员工自觉、自愿地将自己的知识、思想奉献给企业, 实现“知识共享”, 只能通过“柔性管理”。航空产品技术创新外部环境的易变性与复杂性一方面要求战略决策者必须整合各类专业人员的智慧; 另一方面又必须快速出台战略决策, 必须打破严格部门分工的界限, 实行职能的重新组合, 让每个团队获得独立处理问题的能力, 独立履行职责的权利, 而不必层层请示。因而仅仅靠规章制度难以有效地管理该类组织, 而只有通过柔性管理, 才能提供人尽其才的机制和环境, 才能迅速准确做出



马赫数3一级涡轮发动机设计特点及关键技术浅析*

Study on Design Characteristics and Key Technologies of Mach3 Turbine Engine

芮长胜 张彦军 邱明星 董文光 王艳丽 / 中航工业沈阳发动机设计研究所

摘要: 在介绍国外高马赫数涡轮发动机预先研究发展基础上, 浅述马赫数3一级涡轮发动机的总体设计特点, 重点对马赫数3发动机飞行时面临的高温热负荷、特种燃/滑油、飞/发一体化等关键技术进行分析, 供后续马赫数3一级及更高马赫数涡轮发动机研究时参考。

关键词: 涡轮发动机; 设计特点; 关键技术; 马赫数

Keywords: turbine engine; design characteristics; key technologies; mach number

0 引言

随着未来军事需求的发展, 满足高马赫数飞行的高空高速涡轮发动机正在成为未来航空发动机发展的重要方向。美国、法国、俄罗斯、日本等国都在加紧开展高空高速飞行器动力的预先研究工作, 其中一些项目^[1-3]已开始前期的飞行验证, 且取得了显著

进展。在国内, 随着近年来空天动力研究的升温, 也在逐步开展涡轮冲压组合循环发动机的概念研究和初步方案可行性研究工作^[4-7]。马赫数3一级涡轮发动机是未来高马赫数涡轮发动机的技术发展基础, 因为它可以作为满足水平起降、重复使用的临界空间飞行器及高空高速无人侦察/作战飞机

的动力, 实现马赫数由2到3的跨越, 更可为后续开展更高马赫数的涡轮基组合循环发动机奠定良好的技术基础。本文主要介绍国外马赫数3一级涡轮发动机的研究状况, 并对其设计特点进行初步分析, 论述马赫数3一级涡轮发动机的总体关键技术, 供后续技术研究参考。

决策, 才能在激烈的竞争中立于不败之地。

AST

参考文献

- [1] 赵卫东, 苏健敏, 戴伟辉. 柔性流程建模研究 [J]. 管理工程学报, 2003(3):43-46.
- [2] 潘景铭, 唐小我, 倪得兵. 供应链生产柔性有效边界研究[J]. 管理工程学报, 2005(2): 130-132.
- [3] 程鹏, 毕新华. 跨组织流程柔性的运动轨迹研究[J]. 现代管理科学, 2006(3):20-22.
- [4] 陈荣秋, 刘曙光. 柔性的比较

性定义和性质[J]. 华中理工大学学报, 2000(1):61-64.

[5] 刘曙光, 陈荣秋. 提高企业组织柔性的研究[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2005.

[6] 赵爽, 负周会, 郑堂介, 付彬. 基于厂所协同的航空产品研发—制造集成平台架构研究 [J]. 教练机, 2012(1):25-29.

[7] 鲁玉峰, 唐婷婷, 王榕媛, 鲁饶. 基于BOM航空发动机产品质量追溯管理信息化方法的研究[J]. 中国制造业信息化, 2011(23):48-51.

[8] 雷云莲, 张世林, 王德辉.

GB/T 10610-2009在航空产品测量中的应用 [J]. 航空标准化与质量, 2011(6):85-89.

[9] 但莹荧, 胡晓义. 航空产品RMT数据管理系统框架设计研究 [J]. 航空科学技术, 2011(6):78-89.

[10] 王娟茹, 杨瑾. 航空复杂产品研发团队知识集成关键影响因素研究 [J]. 科研管理, 2012(3):112-116.

作者简介

孙兆刚, 副教授, 主要研究方向为科技创新与知识管理。