

航空制造企业工艺流程优化全过程管理与实践

Whole Process Management and Practice of Aviation Manufacturing Enterprise Process Optimization

中航工业成都飞机工业(集团)有限责任公司 徐 彤 周良明 刘艳君

[摘要] 以航空制造企业实施的企业级工艺优化工作为研究对象,针对航空制造工艺流程中存在的主要问题,实施工艺流程优化及改进,进行机械加工制造流程的全过程管理和实践。通过运用现场写实、工艺流程测量与评价方法、人机操作图、生产线路图等精益工具优化生产组织流程,转变质量控制模式,重构数控零件加工生产准备模式,创新工艺设计方法,调整生产工艺布局,构建工艺设计规范体系。推行配餐式管理,实现快速生产准备,应用工艺技术知识管理,构建质量提升管理模式,提升了企业价值链的创效能力,对航空制造工艺流程全过程进行管理并达到流程优化设计的目标。

关键词: 工艺流程优化 工艺设计规范 配餐式管理 质量提升管理 模式优化

[ABSTRACT] In this paper, taking the enterprise-level process optimization of aviation manufacturing enterprises as the research object, aiming at the main problems that exist in aviation manufacturing process, the process optimization and improvement are implemented, meanwhile management and practice of mechanical manufacturing processes have been done. Through the use of realistic field, process measurement and evaluation methods, man-machine operation pattern, production circuit diagrams, the organization of production processes are optimized, quality control mode is transited, CNC machining part producing ready mode is reconstructed, process design methods are innovated, the production process layout is adjusted, and technology system design specifications are built. Distribution management could achieve rapid production preparation, meanwhile knowledge management technology and quality improvement management mode, enhance the ability of the enterprise value chain, and realize whole process management of aviation manufacturing process and process optimization design goal.

Keywords: Process optimization Process design

specification Distribution management Quality improvement management Mode optimization

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.S2.060

航空制造企业的工艺流程能力决定着企业价值链的创效能力,航空企业的快速发展对主价值链创效能力提出新的需求。随着数字化加工技术在飞机制造加工领域的广泛应用,企业管理对数控加工的效率提出了全新的要求,企业管理本身也从关注结果逐步发展到关注输入、关注过程,流程管理成为企业管理者关注的焦点^[1]。制造企业从技术、管理、生产组织等多方面进行升级与提升,新的管理方法和手段也应运而生。中航工业提出“两融、三新、五化、万亿”的宏伟战略,航空制造企业急需快速提升技术能力和管理水平,适应快速发展和新型战机研制需求。而现有技术能力和管理理念仍停留在二代、三代战机研制时的水平,与新型战机研制需求及公司快速发展极不适应,新型战机研制需求及公司快速发展对企业主价值链的创效能力提出了新的需求。

1 工艺流程优化思想

航空制造企业工艺流程优化全过程管理与实践,主要以适应企业快速发展需求为出发点,按照技术牵引、生产拉动的指导原则,基于精益思想与企业文化相结合、项目推进与人才培养相结合,以工艺流程优化为牵引,融入技术创新,推进技术进步,以信息管理系统应用为支撑,融入管理创新,推动模式转变,实现了工艺流程优化创新,构建了适应新流程的生产组织方式、质量管控模式,提升了企业主价值链的创效能力(图1)。

2 工艺流程优化全过程管理方法

2.1 创建工艺流程测量与评价方法,建立工艺流程优化保障机制

工艺流程优化核心就是按照精益的理念和方法,通过梳理制造主流程,重新审视产品研发和制造过程,对

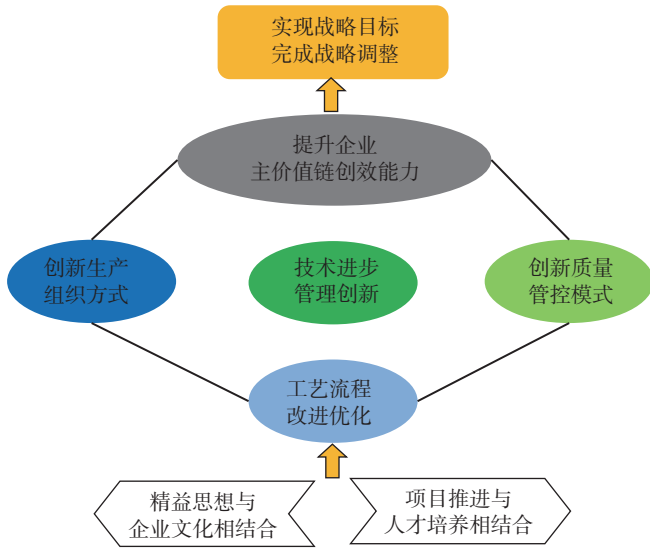


图1 工艺流程优化模型
Fig.1 Process optimization model

工艺与生产流程进行优化改进,消除缺陷、减少浪费,加强知识管理,有效使用制造资源,提升产品品质,打造有竞争力的主价值链。主要做法包括实行产品簇管理、开展流程测量优化、推进跨专业厂流程优化、建立工艺优化保障机制等。

2.1.1 开展流程现场分析,为流程优化找准症结

在对现状分析过程中,选取零件制造专业厂为试点,采用现场写实、现场访谈等多种手段对零件制造主要环节,如工艺准备、计划管理、生产准备、首件鉴定、物流周转等进行调查研究,为流程优化找准问题。

2.1.2 制定零件簇分类标准,实行产品簇管理

航空产品在加工中具有较高的复杂性和制造难度,但产品自身的结构特征又有一定的共性,在生产流程和组织流程中具有相同性,运用精益制造中集中产品加工方法,按照结构属性和流程属性划分产品系列,以原材料属性、零件结构特征属性、加工工种属性及特种工艺属性四个纬度制定零件簇分类标准,细分子纬度,建立零件类型与生产流程对应模型。

2.1.3 开展测量优化

按照产品簇,选取典型零件进行测量优化。采用加工时间实地测量、EGRS 工艺流程梳理、质量问题复查等形式对工艺文件开展操作性、符合性、可执行性测量,收集制造中存在的设计、工艺、管理等方面的问题,并对收集的问题进行分析、评审,组织优化改进。

2.1.4 建立工艺优化保障机制

为适应工艺流程优化工作推进需要,特建立工艺优化保障机制:

(1)专门成立 IE (工业工程)办公室,各专业厂配置专职 IE 工程师,专门负责流程梳理、流程优化工作;

(2)各专业厂成立工艺流程优化团队,搭建工艺优化技术研讨交流平台;

(3)工艺优化实行项目管理,将工作目标纳入各部门年度任务承包书;

(4)结合项目管理需求,推进精益工程师、六西格玛绿带/黑带等改进型人才培养,实施人员结构优化;

(5)建立检查、评估、激励机制,保障创新工作的顺利推进。

2.2 构建工艺设计规范体系,提升制造核心竞争能力

2.2.1 优化工艺准备流程,构建工艺设计规范体系

分析传统工艺准备流程、工艺准备质量和效率更多依赖于工艺员个人能力和经验,工艺设计缺少指导性规范,造成工艺设计源头上能力不足^[2]。通过对工艺准备流程进行改进,将工艺准备划分成工艺审查、方案策划、详细设计、校对审批、外部会签等环节,梳理每个环节需要的指导性规范,构建工艺设计规范体系框架(图2),明确各环节人员职责。采取项目主管负责制、方案集中设计、工艺准备计划排程、设置专业校审、建立工艺信息管理平台等措施,有效改善了工艺准备效率和质量。

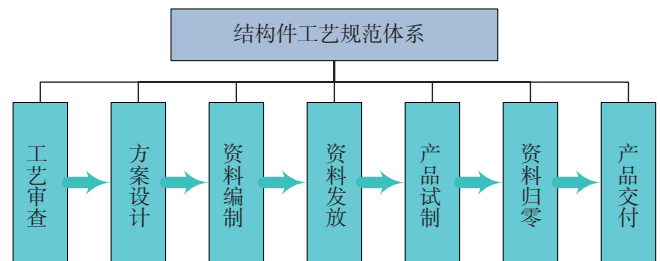


图2 工艺设计规范体系
Fig.2 Process design specification system

2.2.2 开展工艺试验,实施工艺验证

技术创新是管理创新的基础,根据技术进步需求及流程暴露出来的问题,针对数控加工方法、程序设计策略、工艺基准设计、装夹压紧方式、切削加工参数、加工表面质量效率等,应用 DOE 原理设计试验方案、实施工艺试验、得出试验结论。选取典型零件,通过工艺优化对试验结论进行验证,将验证成效交流研讨,积累经验,加速人才培养。

2.2.3 加强工艺技术知识管理,对工艺设计全过程进行管控

针对每项试验开展数据分析,固化加工切削参数,形成“机床-刀具-材料-特征”四结合的切削参数库,所包含的要素如表1所示。编制典型零件工艺设计方案,形成工艺设计规范体系,用于指导工艺人员开展工艺准备工作,实现对工艺设计全过程进行管理。工艺试验、工艺验证获得的参数和方法,以及固化工艺切削参

表1 四结合切削参数库要素

“机床-刀具-材料-特征”四结合切削参数库													
零件图号	加工材料	程序号	刀具图号	有效刀长	刀片使用时间	转速 S	进给 F	切宽 a_e	切深 a_p	加工特征	加工方式	是否推荐使用	备注

数形成工艺技术知识管理库。

2.3 改进零件制造流程,实现生产过程优化

2.3.1 调整生产工艺布局

应用价值流分析原有工艺布局存在浪费的地方,对工艺布局进行调整。工艺基准面(孔)、吊装孔加工、零件电导率检查等工序点布局不合理,存在大量搬运、周转路线长、生产效率低等问题。优化调整布局,改工艺基准分散加工为集中加工,调整吊装孔加工工位,优化后生产准备时间从平均每项零件 191min 减少到平均每项 57min,减少了约 70%,每批零件生产周期从原来的 55 天,减少到 22 天,生产效率提高约 60%,周转距离由原来 400m 减少为 10m,大大改善了物流,消除了部分不增值的搬运。

2.3.2 推进跨专业厂流程优化

长线大件零件制造工序多、生产流程长,受工艺布局及现有的生产管控影响,零件跨专业厂生产,需来回周转搬运。“零件不回头”工作是一项解决零件跨专业厂流程过长问题的举措,通过梳理零件物流,调整部门职责,改善工艺设计,让零件生产物流实现单向流,不产生“回头”现象。优化后改善了特种检查、热表处理等工序的流转,实现了零件生产“不回头”,每项零件直接减少搬运距离 5km。

2.3.3 建立柔性生产单元

离散型生产是飞机零件制造主要特点,单件、小批造成生产效率低下,建立柔性生产单元是解决该问题有效途径之一。基于产品簇管理,同簇产品工艺设计采用成组或套裁方式,相对固定机床加工、固化工艺方法,按照产品簇生产流程,组建产品簇柔性生产单元。实施过程中优化人员配置,将生产准备工作提前,推行一人操作多台机床,实现三班自动化生产,提高机床利用率。

2.4 优化生产组织方式

优化生产组织方式就是要解决传统粗放型推动式生产存在的问题,创新生产组织方式,适应新的工艺流程。主要方法包括建立 ERP/MES 生产信息化管理平台,对制造主流程涉及的相关岗位及管理职能进行改进与提升,并以加工设备为中心,建立生产能力模型,开展加工工序计划排程,生产准备推行“配餐式”管理,逐步建立以装配为需求、以 MBON 为基础的拉动式生产(图 3)。

2.5 推进质量控制模式转变

2.5.1 持续改进质量管理体系

现行质量管理体系没有全面规范的采用“输入—处

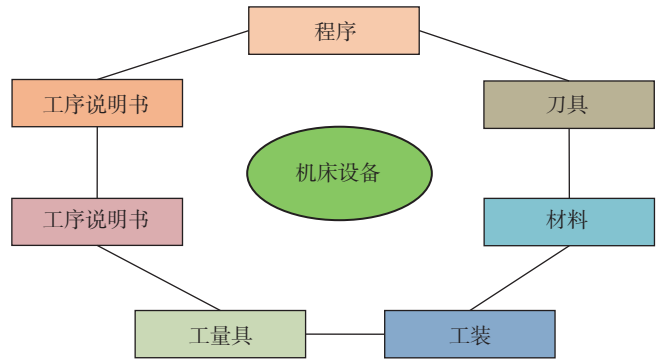


图3 “配餐式”管理生产要素构成

Fig.3 Composition of distribution management production factors 理—输出”的流程型方法构建,按军、民机相应的标准分别建立,形成两套体系,无法适应质量管理模式的需要,需要持续改进。质量管理体系改进以产品实现为主线、以质量管理工作业务流程为基础,重点对产品物理实现过程、管理信息产生过程、操作加工过程进行流程梳理,基于数字化设计、数字化制造、信息化管理,对公司质量管理体系文件架构体系进行优化,建立专业厂二级质量管理办法,提升质量管控能力(图 4)。

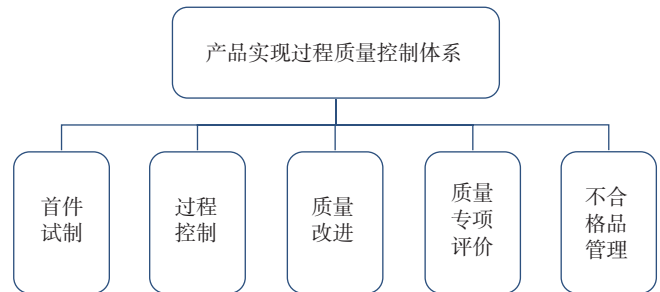


图4 零件制造实现过程质量控制体系框图

Fig.4 Process quality control system block diagram of part manufacturing

2.5.2 通过质量“四化”建设提升质量管控能力

控制方式转变主要实现以过程控制为主、开展事前预防的管控模式,重点突出提高流程能力^[3]。

(1) 质量管控流程化: 质量管控覆盖全流程,强化事前控制;

(2) 质量保障模块化: 以“人机料法环测”分析质量支撑技术,以生产要素受控保障产品质量;

(3) 过程监控信息化: 质量过程监控以信息化为基础,注重数据收集与分析;

(下转第 66 页)

可行。

3 结论

(1) 本文针对复合材料构件复杂曲面的可铺性问题,在综合满足铺放工艺性和构件力学性能的要求下构建一种复杂曲面区域划分算法,通过设定预浸料纤维容许变形值 ε 及纤维容许偏转角度 θ ,实现复杂曲面的区域划分以满足复杂曲面可铺性要求。

(2) 利用 Visual Basic 6.0 基于 CATIA Automation 技术开发相应软件模块,使用叶片模型通过调节纤维容许变形值 ε 及纤维容许偏转角度 θ 对算法进行验证,并对分区后的叶片模型进行强度、刚度校核,校核结果证明该叶片模型曲面分区结果可行。

参考文献

- [1] 梁春华,杨锐.航空发动机宽弦空心风扇叶片的发展及应用.航空发动机,1999(2):54-58.
- [2] 李杰. GE 公司复合材料风扇叶片的发展和工艺.航空发动机,2008,34(4): 54-55.
- [3] 梁春华.高性能航空发动机先进风扇和压气机叶片综述.航空发动机,2006,32(3): 48-53.
- [4] LUYEKER E D, MORESTIN F, BOISSE P. Simulation of 3D interlock composite performing. Composite Structure, 2009, 88(88): 615-623.
- [5] 卢秉贺,李萍.基于 Hypersizer 的复合材料结构铺层设计和铺层过渡设计.科学技术与工程,2011(22): 18-22.
- [6] GAN M C. Flattening developable parametric surfaces. Computer & Structures, 1996, 58(4): 703-708.
- [7] AZARIADIS P N, ASPRAGATHOS N A. Design of plane developments of doubly curved surfaces. Computer-Aided Design, 1997, 29(10): 675-685.
- [8] 文立伟,李俊斐,王显峰.基于结构设计的自调节铺放轨迹规划算法研究.航空学报,2013,34(7):1731-1739.
- [9] WALDHART C, GURDAL Z, RIBBENS C. Analysis of tow placed, parallel fiber, variable stiffness laminates//Proceedings of the 1996 37th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC structures, structural dynamics, and materials conference. Salt Lake City: AIAA Press,1996: 2210-2220.
- [10] BERCHTOLD G, KLENNER J. The integrated design and manufacturing of composite structures for aircraft using an advanced tape laying technology. Bremen: DGLR- Jahrestagung, 1992.
- [11] HALE R D, MOON R, LIM K, et al. Integrated design and analysis tools for reduced weight, affordable fiber steered composites//Advances composite design. Lawrence, Kansas: University of Kansas, 2004.
- [12] PRATT W F, ROTZ C A, JENSEN C G. Improved damping and stiffness in composite structures using geometric fiber wave patterns//Proceedings of the ASME Noise Control and Acoustics Division, Advanced Materials for Vibroacoustic Applications. 2nd ed. New York: American Society for Mechanical Engineers, 1996: 37-43.
- [13] REUSCHEL D, MATTHECK C. Three-dimensional fiber optimization with computer aided internal optimization. Aeronautical Journal, 1999, 19(7): 415-420.

[14] 徐涛.不可解析的类回转体自动铺丝轨迹规划的研究[D].南京:南京航空航天大学,2011.

[15] HYER M W, LEE H H. The use of curvilinear fiber format to improve buckling resistance of composite plates with central holes. Composites Structures, 1991, 18(3): 239-261.

(责编 杰一 谷雨)

(上接第 62 页)

(4) 质量改进工具化:注重质量改进工具应用,如 6σ 、QC,培育持续改进的质量文化。

3 工艺流程优化全过程管理的实施效果

3.1 工艺设计能力显著提高

梳理了工艺设计流程,创建了数控加工切削参数库,建立了工艺准备全过程框架,形成工艺设计技术规范,实现了工艺技术知识管理,比较系统地解决了工艺设计中存在的问题,工艺设计能力得到明显提升。

3.2 生产过程管控能力增强,内部效益得到提升

实现了工艺布局的优化调整,推进了生产组织方式的转变,生产过程管控能力显著增强;柔性生产单元、“配餐式”管理等改善了生产物流,消除了生产中等待、停工等浪费,生产准备时间下降 70% 左右,主要数控设备平均利用率从改善前的 54.93% 提高到 61.27%,增长 6.34%,因设备利用率提高,增加机床可运行时间,数控零件生产能力平均增长 19.2%。

3.3 质量管控水平快速提高

实现了质量控制的两个转变,优化了检验控制点的设置,改进了质量工作流程,完善了质量激励约束机制,建立了产品实现过程二级质量控制体系,实物质量逐年提高,产品合格率逐年提升。

4 结束语

航空制造企业工艺流程优化全过程管理项目应用现代管理工具和方法,创建流程测量优化的评价方法,建立工艺设计技术规范,改进制造流程,改善生产组织方式,推进质量控制模式转变,探索出了制造企业工艺流程优化全过程管理的系统方法,形成了独具特色的工作思路,对航空企业实现战略转型、技术进步、管理提升具有借鉴和指导作用,具有重要的现实意义。

参考文献

- [1] 水藏玺.企业流程优化与再造实例解读.北京:中国经济出版社,2008:42-54.
- [2] 水藏玺.流程优化与再造 实践·实务·实例.第 2 版.北京:中国经济出版社,2011:51-67.
- [3] 杜贵成.质量控制管理实务.北京:中国水利水电出版社,2008:21-44.

(责编 李丹)