

基于精细化流程再造的 厂所外协生产质量控制改进

文 | 北京航天长征飞行器研究所 郭欢 方璐 万越 赵振杰

摘要:为实现产品质量“零缺陷”的目标要求,按照上级单位“运用供应链管理的理论和方法,构建航天型号供应商管理体系,强化以质量为中心的航天产品供应商管理工作,持续提升航天型号产品质量保证能力”的相关指示,北京航天长征飞行器研究所(以下简称“研究所”)以丰田 TQS 理论及精益制造管理理论为指导,基于航天产品生产流程精细化再造研究与推广应用方法,以产品数据管理平台与制造执行平台为依托,选取典型产品为验证产品,通过流程梳理分解、问题分析、优化完善和有效控制等反复迭代过程,最终构建生产流程规范优化、岗位要求系统明晰、过程管控精细量化、智能平台支撑有力和整体运转高效通畅的数字化外协产品精细化生产流程,为提高航天产品研制质量尤其是外协产品质量管控能力打下坚实基础。

关键词:质量控制;流程精细化再造;外协生产;流程管控

一、现状与需求分析

航天产品作为系统集成性强、科技含量高且技术协作广的高科技成果,从研发到出厂交付用户方,需要各行业和各部门的大力协作和支持。鉴于目前设计与制造分离的现状,产品生产制造以外协为主,随着外协产品任务的不断增加,外协产品暴露的质量问题(包括管理和技术问题)越来越多,以至于影响到产品集成总装性能指标和验收交付。

多年以来,研究所对外协产品的质量管控以交付合格产品为主,在生产和制造等环节的质量管控能力不足,导致在实现生产制造过程中产生的众多质量问题被隐藏,质量问题一路“过关斩将”,直至靶场执行任务发射时才暴露出来,给项目带来不可挽救的损失。因此,高质量的产品出自每个高质量环节,在设计、制造、检验和交付等环节,运用精细化产品质量管理流程对外协产品质量进行科学和有效的控制,有助于保证产品质量全过程受控和规范

产品制造过程管理,最终实现有效和闭环的质量信息管理,提高产品生产效益。

二、建设目标

依据丰田 TQS 理论与精益制造管理提供的方法和实施步骤,贯彻上级单位全级次供应商管理思想中对航天外协产品管控的要求,选取某典型产品为验证产品,基于产品数据管理平台及制造执行平台,通过数字化平台的流程流转驱动与刚性约束开展生产流程精细化再造,通过流程梳理分解、问题分析、优化完善和有效控制等反复迭代过程,最终构建生产流程规范优化、岗位要求系统明晰、过程管控精细量化、智能平台支撑有力和整体运转高效通畅的航天产品精细化生产流程,以“一本通”式岗位作业书指导生产过程的具体环节,确保一次就把事情做对和做好,从根本上解决航天产品生产存在的流程不优化、工艺不规范、过程控制不量

化、岗位要求不明晰及刚性约束不够等突出问题,最终实现提升航天产品外协生产过程的质量管控水平。

三、技术路径

以航天产品生产流程精细化为指导,应用数字化管理平台对研制流程进行优化和固化,经过对某典型产品的原有生产流程进行梳理,发现并识别原有生产流程中的一级要素和二级要素,即影响航天产品生产质量的主要问题,在此基础上形成优化后的流程,在按照“二维度”(过程维度和岗位维度)、“四梳理”(产品形成过程、节点工作内容、流程岗位组成和岗位控制要求)、“八步骤”(流程梳理分解、流程问题分析、流程优化完善、流程有效控制、流程效果评价、流程要素固化、流程配套设计和流程迭代改进)的生产流程精细化再造方法进行重塑。航天产品生产一级流程示意图如图1所示。

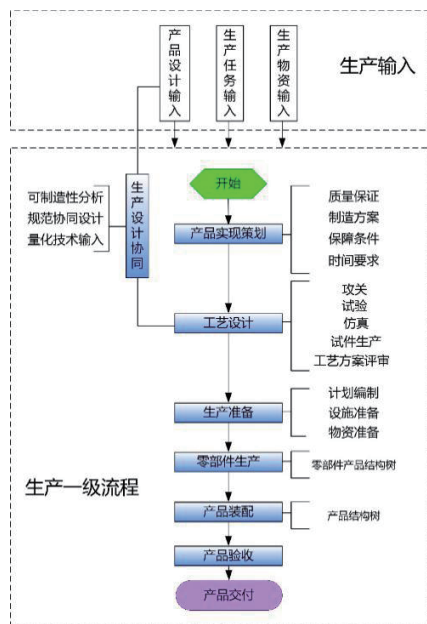


图1 航天产品生产一级流程示意图

首先,将试点产品生产流程从过程维度和岗位维度进行梳理,形成机加生产二维度流程64个,装配生产二维度流程图10个。“一本通”结合二维度流程图对从过程和岗位两个维度重新定义了作业指导书的内容,生产依据二维度流程图合理组织串并行工序,提高生产效率。其次,梳理了产品形成过程、节点工作内容及要求、流程岗位组成和岗位控制要求,结合梳理出的关键节点与流程瓶颈,形成6个二级流程清单和74个三级流程清单,识别出流程中的各相关

岗位并编制了岗位清单。最后,以试点产品生产为主线,依据梳理出的产品生产流程,结合信息化手段,依据厂所协同PDM系统,通过外协生产车间的MES系统,使“八步骤”的工作方法和实际生产的一级流程充分融合,实现试点产品从任务接收到产品出厂的全流程打通。航天产品生产流程展开示意图如图2所示。

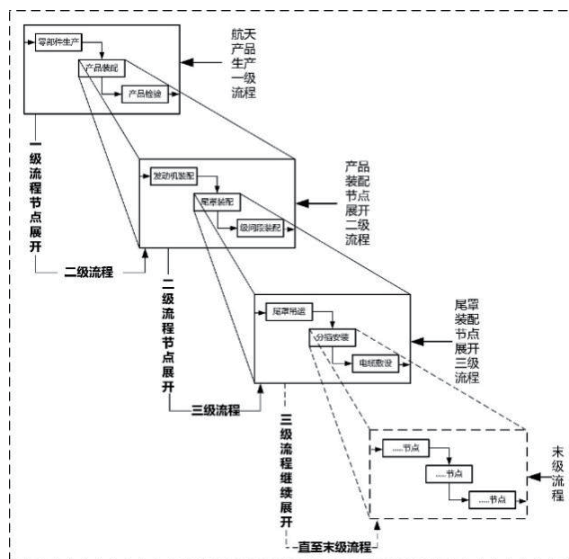


图2 航天产品生产流程展开示意图

从“流程问题梳理”到“流程迭代改进”,我们充分利用数字化平台对流程控制的刚性约束,线上线下载头并进,分步骤和阶段实施研讨,对试点产品生产过程中不精不优和制约质量及效率的环节充分分析,并制定了解决措施,然后将其固化于“一本通”岗位作业书中,通过试点产品的试生产加以验证,最后再总结,为下阶段迭代优化提供基础。

四、建设内容

项目建设内容主要包括数字化管理平台建设和生产流程梳理及优化两大部分。

1、数字化管理平台建设

数字化管理平台架构以PDM系统和MES系统为基础平台,以NX工具为主要设计工具,以研究所和制造厂为主要实施单位,描述厂所之间的三维数字化协同的整体业务逻辑,如图3所示。研究所的主管设计在NX中完成产品零件/单机模型建模、零件/单机模型MBD三维标注、零件/单机模型质量检查、装配模型建模和装配模型MBD三维标

注以及装配模型质量检查,通过 NX 与 PDM 的自动映射,在 PDM 系统中生成产品设计 BOM 及产品明细。

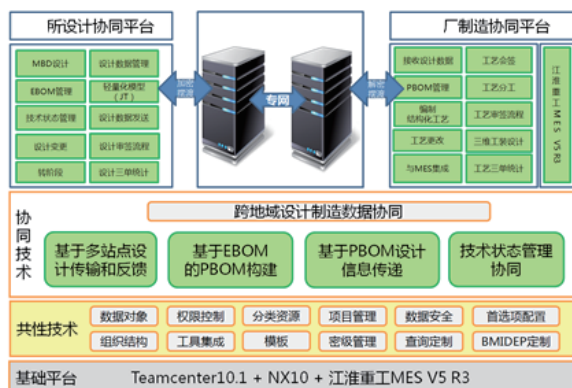


图3 数字化管理平台总体架构

基于 PDM 系统的多结构管理器,实现基于 EBOM 指派快速形成 PBOM 结构,对 PBOM 结构进行调整或替换,体现工艺中的拆件以及工艺过程对 BOM 结构的调整,最终将形成的 PBOM 与 EBOM 以协同关联的形成保存在 PDM 中,便于 EBOM 和 PBOM 的关联展现。结合 PDM 的制造工艺规划器功能和制造厂工艺编制需求,定义特定的工艺类型和工艺属性,满足工艺编制的需要。工艺人员通过接收到的工艺分工信息,可在系统上完成工艺任务的创建、工序模型的构建和工艺资源的指派等,完成结构化的工艺编制任务。PDM 系统中结构架工艺示意图如图 4 所示。

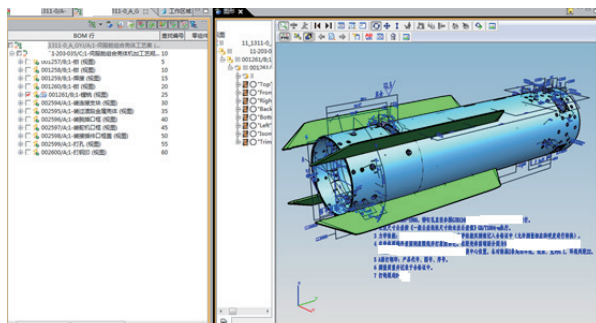


图4 PDM 系统中结构架工艺示意图

通过 MES 与 PDM 系统集成,技术研发部技术人员在 PDM 系统下发的结构化工艺数据(包括工艺规程数据和技术通知单数据)到 MES 系统,并通知分厂计划员进行接收,只有接收的工艺数据才能在后续 MES 系统中使用,分厂的计划员、技术研发部技术人员可以在 MES 系统中查看下发的工艺规程数据(工序、工步、设备、工装、辅料、装入件、数控程序名称、工时和材料定额等信息)和技术通

知单数据。生产计划分解与车间计划管理如图 5 所示。

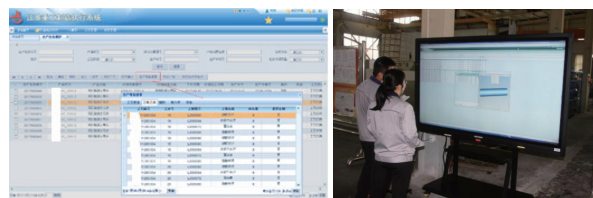


图5 生产计划分解与车间计划管理

2、生产流程梳理与优化

以某典型产品一级生产流程为基础,梳理出了 6 个二级流程和 74 个三级流程,将原流程及岗位进行了细化,细化到了可独立操作的单元,并形成了流程清单,为后续“一本通”岗位作业书细化程度的编制提供了依据。产品组合体生产一级流程图及控制舱装配三级流程图如图 6 所示。

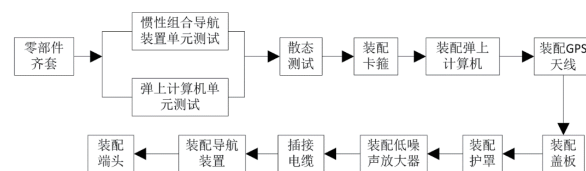


图6 组合体生产一级流程及控制舱装配三级流程图

在产品生产流程方面,全面梳理了试点产品基于三维模型的形成过程所涉及到的机加和装配工艺流程,找出了制约产能和质量的关键环节,形成了《试点产品精细化流程再造关键环节分析表》,分析出了 8 处关键环节,制定了可执行的优化措施,并落实于“一本通”岗位作业书中。试点产品精细化再造关键环节分析表示意图如图 7 所示。

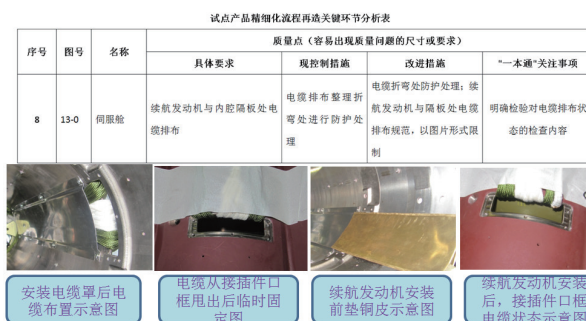


图7 试点产品精细化再造关键环节分析表示意图

在业务管理流程方面,依据已梳理的一、二、三级业务流程,各部门从完备性和精细化程度两方面对比分析流程整体上存在的问题,并梳理出了流程上不精不优的具体环节,主要包括:

◎ 部分二级流程存在冗余环节,降低了工作效率;

◎ 部分三级流程不细化、不量化及不易考核;

◎ 部分二级、三级流程衔接界面不清晰,存在职责盲区。

产品生产流程优化以 8 个关键环节为问题导向,按照流程问题分析中的办法进行了优化完善。以过程为节点,将岗位要求、技术要求、检验要求和工艺文件融为“一本通”式的岗位作业书,主要体现在机加“一本通”式的岗位作业书编制、装配“一本通”式的岗位作业书编制以及关键工序控制方面。已形成的“一本通”式岗位作业书将机加的切削参数、吃刀量和工步视图等进行了新增和完善,并在模型上增加了装卡位置、装夹方式的标注,以及机加工装和工件装配关系的体现。机加“一本通”岗位作业书示例图如图 8 所示。

装配“一本通”岗位作业书中,装配的爆炸视图以及装配引导线在模型中进行了新增,并将风险点和易错点在作业书中以多媒体形式展。现有“一本通”比二维批产工艺更能直接和直观地展现要加工的内容、具体加工方法和参数,对装配的位置和方法的表示更加清晰易懂。

五、应用效果

项目建设完成后,研究所从外协产品生产质量控制提升、生产流程精细化再造的内涵、评价体系、数据传递和信息化系统建设等方面开展了大量工作,有效提升了外协产品质量管控能力,取得的效果如下:

1、构建协同管理平台,提升外协产品质量管控能力

项目贯彻了上级单位全级次供应链管理中质量控制要求,基于丰田 TQS 与精益制造管理方法,依托产品数据管理平台与制造执行平台实现了外协产品生产质量管控能力的提升,并成功应用于航天产品的生产与质量数据联动。经统计,试点产品检验数据统计效率提升了 83% 以上,数据的准确性和实时性达到了 88%,进度风险可控率较之前提升了 56%,生产效率较原先手工排产提高了 62%,单发产品生产总时间节约 30%~35%。



图 8 机加“一本通”岗位作业书示例图

2、优化生产流程,减少工艺更改

以强化外协产品生产质量为中心,以持续提升航天型号产品质量保证能力为目标,某典型产品生产流程梳理一级要素 6 项,二级要素 10 项,优化流程后梳理一级要素 8 项,二级要素 20 项,形成机加生产二维度流程 64 个,装配生产二维度流程图 10 个,通过流程优化,工艺更改较之前减少了 16%,产品制造一次成功率提高了 12%。

3、重构生产流程,落实精细化质量管理

通过流程梳理分解、问题分析、优化完善、有效控制和数字化平台固化与优化等反复迭代过程,最终构建生产流程规范优化、岗位要求系统明晰、过程管控精细量化、智能平台支撑有力和整体运转高效通畅的航天产品精细化生产流程,产品研制效率较之前提升 15%,精细化质量控制贯穿设计、工艺、制造和检验等产品研制各个环节。“一本通”岗位作业书较传统二维工艺规程可操作性提高 20%,低层次操作问题减少 85% 以上,外协产品制造过程质量数据反馈率 98%,产品质量问题可追溯性达 95% 以上。

综上,基于流程精细化再造的厂所外协生产质量控制改进项目,通过流程梳理分解、问题分析、优化完善、有效控制和数字化平台固化与优化等反复迭代过程,基于厂所数字化协同平台固化流程实现“一本通”岗位作业书的刚性约束,并在某典型产品中开展验证应用,解决了航天产品生产存在的流程不优化、工艺不规范、过程控制不量化、岗位要求不明晰和刚性约束不够等突出问题,提升了航天产品生产过程的质