

面向全生命周期管理的工装数字化设计系统研究与应用

撰文 / 北京星航机电装备有限公司 范秀斌

一、引言

航空航天产品的特点是品种多、状态多、批量小、精度高且刚性差，为提高劳动生产率和保证产品质量，需要大量铸造、钣金成形、机加、焊接和装配用工艺装备（以下简称工装），同时国内外竞争环境要求航空航天制造企业能够快速、敏捷地生产出产品，因此数字化设计、并行工程等新的设计和管理手段被引入产品研制工作中，以上因素均为工装的有效管理带来了挑战。

二、企业工装管理系统应用现状

经过多年的信息化建设，我公司已通过设计协同系统实现工装审批流程管理，同时在 MRP II 系统中实现了对工装物料、投产和台帐的管控。但现有工装资源管理的信息化水平不高，具体体现在以下几个方面：工装设计管理只是实现审批流程的无纸化，工装基础数据属性存在数据不全或数据错误；没有实现数据结构化，难以进行数据分析并对设计过程进行有效管控；技术和生产部门之间系统未打通，仍靠纸质表单进行信息传递，信息沟通不及时，存在“信息孤岛”现象等。

随着数字化设计特别是基于 MBD 的工装全三维设计制造技术的推广，现有协同设计系统已不能满足对三维模型的有效管理要求，同时由于现有协同设计系统与 MRP II 没有

进行集成，形成信息孤岛，使设计、返修、定检和更改等技术信息和工装实物状态信息脱节，难以应用现有系统对工装全生命周期信息进行有效管控。鉴于上述原因，有必要对现有工装设计系统升级改造，使其适应工装数字化设计制造及全生命周期管理的发展要求。

三、工装全生命周期管理系统构建

1. 建设目标

公司拟通过工装管理系统建设，对工装设计产生的三维模型和电子设计文档数据进行统一管理，通过与 ERP 系统集成，对实物工装的返修和技术问题处理过程进行统一管理，从而构建一个基于三维模型的工装全生命周期管理平台，达到显著提高工装设计效率和质量，快速响应产品研制需求的目标。

2. 系统功能划分

工装管理工作通过工装管理系统与生产 ERP 系统、厂级科研生产综合调度系统集成，实现工装从设计、制造到报废全生命周期的管理。系统中主要包含工装设计、工装生产和工装实物的管理。其中工装设计管理中包含工装设计流程管理、工装设计计划管理、工装设计数据管理；工装生产管理包含新制工装生产管理、返修工装生产管理；工装实物管理包含工装实物台帐管理、入场借用归还管理和报废封存启

封管理等。其中重点工装计划可以同步到厂级科研生产综合调度系统中进行监控和查询。具体系统架构如图 1 所示。

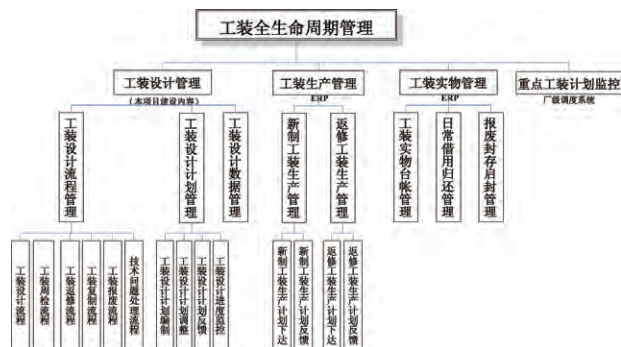


图 1 系统功能划分图

3. 工装设计流程管理

工装设计流程管理的第一步就是进行流程梳理工作，下面以工装申请流程为例，说明流程梳理工作内容。经对企业业务调研，整理出的工装申请流程。

(1) 使用分厂编制提出“工装申请单”，分厂签署后送技术中心。

(2) 技术中心批准并签署完整“工装申请单”后送工装设计。

(3) 工装设计以“工装申请单”为依据进行登记建设计台帐，完成工装设计后将“工装申请单”发往生产处。

(4) 生产处工装管理员收到工装申请单后，下达任务。

(5) 制造单位完成工装制造，后交付检验。

(6) 制造单位检验员检验合格后，在工装合格证上盖章，送到使用单位并汇报完工。

(7) 使用单位收到新制工装后，核实合格证，无误后入库并确认完工，制造单位计划员将工装按任务号、工装图号、工装名称、数量、交付时间、交付单位、工时、材料费和总价格报生产处工装管理员。

(8) 生产处工装管理员建立台帐。

以此建立的业务流程如图 2 所示。

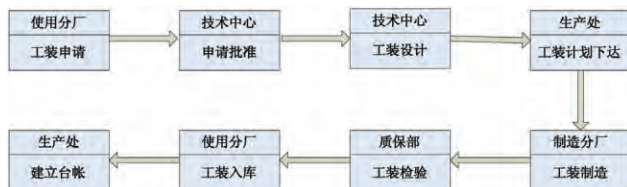


图 2 工装申请全流程图

完成业务流程梳理后进行工装基础数据整理，目的是确定工装申请流程中需要创建和产生的基础数据内容、格式、填写人及填写规范，为在系统中建立流程打下基础。

在进行流程规划时，要求流程基础数据采用结构化数据处理以实现数据重用，并提高表单填写自动化程度，同时完成流程的表单将由相应模块自动将受控的申请单和消息发给生产处工装计划员安排投产，与 ERP (MRP II) 模块集成。经分析整理后的工装申请流程基础数据如表 1 所示。

4. 工装计划管理

为满足工装与产品协同设计要求，需要实现工装设计任务的信息化管理，实现任务信息和文档数据的关联。为

表 1 工装申请流程基础数据表

工装申请流程填写说明				
阶段	作业人员	作业名称	作业内容	模块填写要求
申请	使用单位工艺员	产品代号	填写产品代号	从弹出对话框中选取
		产品名称	模块根据产品代号自动匹配填写	建立产品名称与代号对应关系数据
		文档编号	模块根据产品代号自动匹配填写	按产品代号分类自动给出流水号
		零部件代号	填写零部件代号	
		零部件名称	填写零部件名称	与产品结构树集成后可根据代号自动匹配填写
		编制部门	填写部门名称	默认为本人所在单位，如有多个单位职务可从弹出对话框中选取
		工装名称	填写工装名称	
		申请数量	填写本次申请工装数量	必须为数字，默认为 1
		技术要求	填写申请工装技术要求	需支持多行文本
		技术附图	上传申请工装技术附图	需支持大图片上传
		申请人	模块自动填入当前用户名称	
		申请日期	模块自动填入流程启动日期	
		审批意见	填写审批意见	如选择同意，则自动填入“同意”

(续)

工装申请流程填写说明				
申请	使用单位技术领导	单位技术领导	模块自动填入当前用户名称	
		批准日期	模块自动填入审批日期	
		审批意见	填写审批意见	如选择同意,则自动填入“同意”
	产品主管	主管工艺员	模块自动填入当前用户名称	
		批准日期	模块自动填入审批日期	
		审批意见	填写审批意见	如选择同意,则自动填入“同意”
	产品主任工艺师	技术负责人	模块自动填入当前用户名称	
		批准日期	模块自动填入审批日期	
		审批意见	填写审批意见	如选择同意,则自动填入“同意”
	工装设计主任工艺师	工装负责人	模块自动填入当前用户名称	
		批准日期	模块自动填入审批日期	
		工装类别	填写工装类别	从弹出对话框中选取
派工	工装组长	工装代号	模块根据产品代号和工装类别自动匹配填写	按产品代号、工装类别自动给出流水号
		制造单位	填写制造单位	从弹出对话框中选取
		工期评估	填写预计完工工期	供项目管理模块调用
		建立关联	建立工装申请单与设计文件关联	点击按钮自动按工装代号匹配相应设计文件
提交	工装设计员	检定周期	填写检定周期	从弹出对话框中选取
		设计员	模块自动填入当前用户名称	
		完成日期	模块自动填入审批日期	
		消息		模块桌面消息,通知本工装完成设计

(续)

工装申请流程填写说明				
投产	生产处工装计划员	工装物料号	模块自动填入物料号	根据产品代号、工装代号自动匹配
		工装代号	根据申请流程信息自动填写	
		工装名称	根据申请流程信息自动填写	
		申请单位	根据申请流程信息自动填写	
		制造单位	根据申请流程信息自动填写	
		工装类别	根据申请流程信息自动填写	

(续)

此加入项目管理模块,包括任务分派、任务插单(插单后可将其他任务时间相应的自动调整)、任务统计、工作量统计、完成时间统计、完成节点统计并按人员和产品输出统计报表。

为拓展项目管理功能,将模块与微软 project 进行集成,支持导出、导入 project 计划。

实现计划任务分解结构(WBS)管理、计划管理、资源管理、项目甘特图管理、技术流程图管理、项目流程模板管理、项目执行、项目状态监控、项目的动态调整、项目信息汇总和过程模型的重用等功能。

5. 工装设计数据管理

(1) 工艺装备数据的分类。

实现工装设计数据管理第一步是对数据进行分类,以便于对不同分类数据采取相应的管理策略。在系统中将数据分为四类:数据节点、相关单据、设计图样和设计文件。其中数据节点如工装根节点、工装实物节点等,相关单据如工装申请单、工装定检单、工装返修单、工装复制单、工装报废单、工装变更单和工装技术问题处理单等,工装设计图样如工装零部件、标准零件、组合夹具等,设计文件如使用维护说明书、计算报告和履历书等。

(2) 工装数据版本管理。

为对数据版本进行管理,约定将数据版本按 A、B、C、……来表述,其中初始创建版本为 A,第一次修改后为 B,第二次修改后为 C,以此类推,同时约定数据使用时以最新发布版本为准。

(3) 工装数据生命周期管理。

为对数据的全生命周期进行管理，将数据从创建、使用到消亡全周期进行了阶段划分以方便管理，其阶段定义如下。

◎“创建”：数据创建成功后，未加入签审流程的状态。

◎“等待”：数据加入签审流程，但未启动流程的状态。

◎“活动”：数据在签审流程中的状态。

◎“发布”：数据完成签审流程的状态。

◎“工艺定型”：数据发布后，根据产品研制工艺定性要求，将数据设置的状态。

◎“冻结”：数据作废不再使用，将数据设置的状态，普通用户不可见。

完成阶段定义后，为对数据进行有效管控，需要不同责任人对处于不同阶段数据进行操作，这就涉及到对处于不同阶段各数据的操作权限进行控制，系统权限设置如表 2 所示。

表 2 数据权限控制

状态		创建	等待	活动	发布	冻结
业务含义		正在创建，未提交审签	已加入审签流程，等待流程启动	正在签审	已通过签审发布	失效
权限	创建人	加入流程、移除流程、删除、修改、指定执行人	读、下载、指定执行人	读、下载、指定执行人	读、更改（发起更改流程）、下载	
	编制人		读、修改、下载	读、修改（当前执行人为编制时）、下载		
	审批人		读、下载	读、下载		
	其他用户	读、下载	读、下载	读、下载	读、更改（发起更改流程）、下载	
	档案管理员	读、下载	读、下载	读、下载	读、下载	读、下载

(4) 工装数据集结构管理。

为实现对工装全生命周期数据集成管理，引入工装数据集管理概念，即在系统中将每套工装相关节点、设计图样、文档和流程表单等数据，按工装图号建立关联关系，从而建立数据集。完整的工装数据集结构组成如图 3 所示。

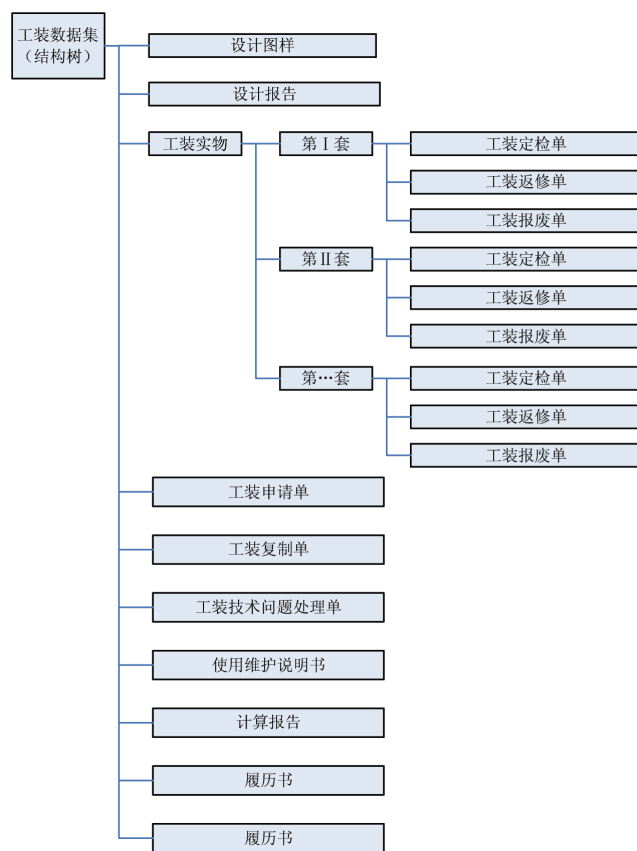


图 3 数据集结构组成

6. 系统集成

(1) 与 UG 设计软件集成。

为满足对工装三维设计模型管理要求，实现工装数字化设计系统对 UG 三维设计软件的集成，支持在 XP32 位操作系统上集成 UG6.0、UG7.5 和 UG8.0 的 32 位程序和和在 XP64 位系统上集成 UG6.0、UG7.5 和 UG8.0 的 64 位程序。实现在 UG 中查询工装数字化设计系统中的数据，能够将工装数字化设计系统外的 UG 装配或零件批量导入到工装数字化设计系统中，并自动生成设计 BOM。工装数字化设计系统能读取 UG 图纸文件内部的数据（包括 UG 文件版本信息），提取零部件属性和结构信息，自动生成和刷新工装数字化设计系统中零部件对象的属性和结构树。并实现 UG 模型图的电子签名。

(2) 与 MRP II 系统集成。

为消除信息孤岛，将工装数字化设计系统与 MRP II 系统进行了集成，打通了设计、制造和现场实物管理。集成通过厂级数据中心中间表的形式完成，具体实现方式是在数据

中心建立工装数据中间表，由工装数字化设计系统将设计数据写入工装数据中间表，并从表单中读取工装生产和实物状态信息；而 MRP II 系统将工装生产和实物状态系统写入工装数据中间表，并从表单中读取工装设计信息，而厂级调度系统可以从中间表获取工装设计和生产进度信息并下达研制计划。

工装数字化设计系统和企业目前已有的 MRP II 系统进行集成。将工装设计完成后的数据提供给 MRP II 系统，由生产处在 MRP II 系统中接收工装设计数据，并组织工装实物加工生产；工装数字化设计系统定时（时间周期可配）从 MRP II 系统接收工装实物信息。

MRP II 系统与工装数字化设计系统集成通过中间表的形式交换数据，集成双方在企业数据库平台中建立数据交换表，工装数字化设计系统在工装设计完成发布时，向交换表中写入主物料记录，并且按照编码规则自动生成住物料的编码，同时向交换表中写入工装制造计划记录。为最大程度实现设计和制造过程并行，工装数字化设计系统在工装设计任务签审流程各步骤中都可以向 MRP II 系统发送数据，各步骤仅支持一次发送（不能多次发送同一工装），如果流程到最后一步还没有发送数据，则系统提示工装数据发送。

这种集成方式的优点是通过数据中心中间表的方式，实现了集成数据的系统无关性，每个系统只需要处理和数据中心的接口关系即可，避免了系统间直接集成的相互接口协调问题，并且方便多个系统集成。但由于每个系统都是和数据中心交换数据，需要设计相应的容错和检测机制，并进行充分的集成测试，避免数据错误或不同步问题。

7. 实施情况

我公司自 2013 年起开始进行工装设计系统实施工作，先后完成了业务调研报告、实施方案、测试系统搭建、历史数据导入和正式系统上线等工作，目前已投入正式使用，如图 4 所示。

四、结语

本文研究了面向全生命周期管理的工装数字化设计系统的功能和组成，详述了系统构建和实施过程，从系统使用情况看能够很好地满足对工装协同设计制造的管控要求，公司后续升级计划将 CAPP 工艺设计模块纳入系统，工装数字化设计系统和现有 CAPP(二维、三维)工艺设计软件集

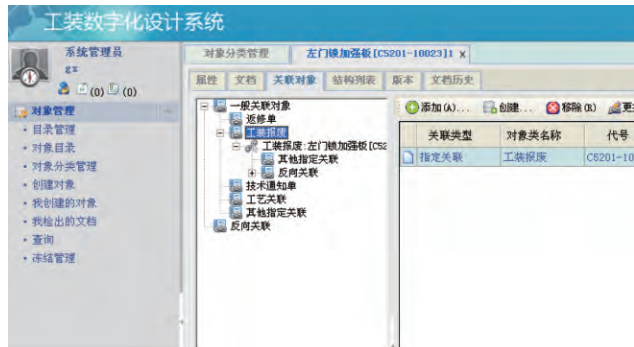


图 4 系统实施图

成，可以在工装数字化设计系统中直接调用 CAPP 编辑工具，完成工装零部件工艺文件编制、审签及文档管理等业务工作，实现工装设计—工艺—生产—实物全状态全周期管控。IM