

航天产品全生命周期信息系统集成模型研究

肖海朋 李 华 徐增光

(上海航天精密机械研究所, 上海 201600)



摘要: 为了解决航天产品生产过程中信息孤岛问题, 实现各信息系统间的信息共享, 保证数据源的唯一性, 打通产品信息化制造的数据链路, 孤立系统的信息集成势在必行。本文从生产实际需求出发, 研究 PDM、ERP、MES、DNC 系统间相互交换的信息模型, 分析各个系统间相互交互的数据流, 有效地理清各系统的集成关系, 给航天产品全生命周期信息化系统集成奠定基础。通过企业集成应用, 该集成模型在信息化系统集成中是可行的。

关键词: 航天产品; 信息集成模型; ERP; MES; PDM; DNC

Study of Information System Integrated Model In Aerospace Product Lifecycle

Xiao Haipeng Li Hua Xu Zengguang

(Shanghai Aerospace Precision Machinery Research Institute, Shanghai 201600)

Abstract: In order to solve information island of the aerospace production process, achieve the information sharing between the various information systems, ensure the uniqueness of the data source, and open product manufacturing information data link, information integration of the isolated systems is imperative. Proceeding from the actual production needs, this paper studies the mutual exchange information model among PDM, ERP, MES, and DNC system, analyzes of the mutual interaction between the various systems of data flow, and effectively clears the integrated relationship of the various systems, laying foundation of the information system integration of aerospace product lifecycle. Through the applications of enterprise integration, the integrated model is proved feasible in the information system integration.

Key words: aerospace product; information integrated model; ERP; MES; PDM; DNC

1 引言

在航天产品全生命周期制造过程中, 先后实施并应用了 DNC、ERP、MES 和 PDM 等主要信息系统, 各个专业系统分别管理着各自的业务, 但是随着应用地深入, 单点系统的功能已满足不了航天产品集成化管理的需求, 亟需打通航天产品全生命周期过程中信息化的数据链路。系统集成是解决上述问题行之

有效的方法, 信息集成是各系统之间集成的基础, 交互信息流的分析是信息集成的关键。因此, 本文探讨的内容是分析 PDM/ERP/MES/DNC 系统在航天产品设计、制造过程中相互传输的信息流。

2 ERP/PDM/MES/DNC 信息集成模型

数字化制造的信息集成是通过 ERP/PDM/MES/

基金项目: 国防基础科研-产品现场制造局域物联网及数据管理平台研究 (2520110003)。

作者简介: 肖海朋 (1986-), 工程师, 机械电子工程; 研究方向: 企业信息化、数字化研究。

收稿日期: 2014-09-28

DNC 的信息流集成得以实现的。我所已经实施的信息化系统有科研生产管理系统（ERP 系统）、型号协同设计管理平台（PDM 系统）、结构件制造执行系统（MES 系统）、数控机床联网管理系统（DNC 系统）。其中科研生产管理系统是企业资源管理系统，管理企业的物流、资金流和信息流，系统的主要功能模块包括计划模块和物资模块。型号协同设计管理平台是面向管理产品生命周期中与产品数据有关的数据系统，主要指产品的 BOM 和工艺文件、定额、质量单据等。结构件制造执行系统 MES 是面向车间生产的信息化管理系统，其功能包括车间作业计划的制定、工序流转卡的生成以及生产过程中的质量控制。DNC 系统作为车间层控制系统的一个功能单元，主要功能包括 NC 程序及数据传递、机床状态采集和上报等。

PDM 系统作为产品全生命周期的数据管理系统，控制着产品数据、流程和工艺变更，是数字化制造的基础；科研生产管理系统从计划下达、物料管理、生

产管理到库存管理，是对产品全生命周期的监控管理，是企业上层管理系统，起着企业信息化集成框架的核心作用；结构件制造执行系统是车间层应用系统，负责接受和下发生产指令、采集和管理生产现场实时信息流，是连接 ERP 和 DNC 的桥梁，是整个科研生产系统中信息流的枢纽。数控机床联网管理系统控制着机床设备的运行状态，给生产能力的判断提供了依据。通过以上分析得知科研生产过程中信息流的流转情况，设计出 ERP/PDM/MES/DNC 信息集成模型，如图 1 所示。

从信息集成模型图中可以看出，各个系统在科研生产过程中均有专业的定位，科研生产管理系统服务于管理层，制造执行系统服务于车间层，DNC 服务于底层控制层，PDM 服务于产品数据层。每个系统都有各自的专业业务功能，它们在业务逻辑上是相辅相成，数据流也随着业务的扭转在各系统间传递。

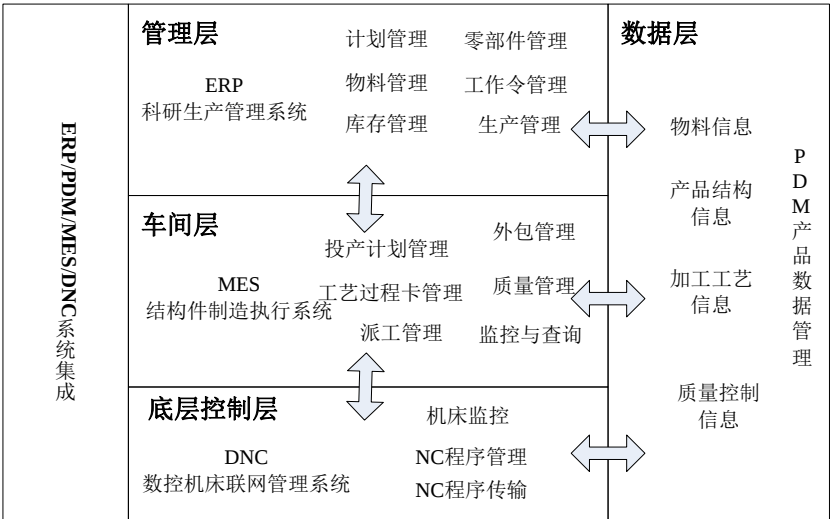


图 1 ERP/PDM/MES/DNC 信息集成模型

3 ERP 与 PDM 集成分析

BOM（Bill of Material，物料清单）表是产品结构和产品配置管理的核心，贯穿了产品设计、工艺编制、生产制造的全生命周期，是 ERP 系统与 PDM 系统集成的关键。ERP 与 PDM 间的集成有 80%的数据是基于 BOM 树实现传递的，PDM 向 ERP 传递的零部件工艺路线、物料清单都是与 BOM 树中的结点相对应的，同时，ERP 向 PDM 传递的零件制造成本信息也是针对相应的 BOM 树反馈的。通过集成实现 BOM 的转换和传递，保证了数据源的一致性和有效

性，避免 ERP 端 BOM 树的再次创建。

航天产品的生成过程需要经过产品设计、工艺设计和生产制造三个阶段，各阶段对应的 BOM 分别为设计 BOM（EBOM）、工艺 BOM（PBOM）和制造 BOM（MBOM）。

设计 BOM 是设计部门在产品结构设计阶段生成的，表明了产品的组成和各个零部件的特性，包括总图、组部件、零件。总图是一个产品 BOM 树的根节点，子结点有组部件、零件，体现了产品的总体结构，包含了产品说明书、技术文件、装件清单等信息；组部件节点包含了组部件图号、装配数量、自制件、标

准件、配套件、外协件、外购件等信息；零件节点包含零件图号、物料名称、零件尺寸等技术参数。

EBOM 设计完成后，还要在此基础上制定相应的工艺 BOM，主要是对零件节点进行相应的修改和配置，挂靠相应的工艺文件，有时考虑实际生产过程，需要添加工艺虚拟件，最终形成 PBOM。

制造 BOM 是基于 PBOM 形成的，在考虑库存的前提下，添加了生产过程中涉及的各种物料和工序工时，物料包括原材料、工装夹具和虚拟件，体现的是

产品的制造和装配过程。从生产的过程来分，制造 BOM 分两种，一种是零部件的加工工艺 BOM，一种是产品的装配 BOM。

从上文的分析来看，EBOM 是 PBOM 和 MBOM 的来源和基础，PBOM 是 MBOM 和 EBOM 之间的桥梁，这些 BOM 只是在产品的不同时期对产品信息描述的多种视图，其结构是不变的，均是按照工艺流程树来排列的。从 EBOM 到 MBOM 的演变过程如图 2 所示。

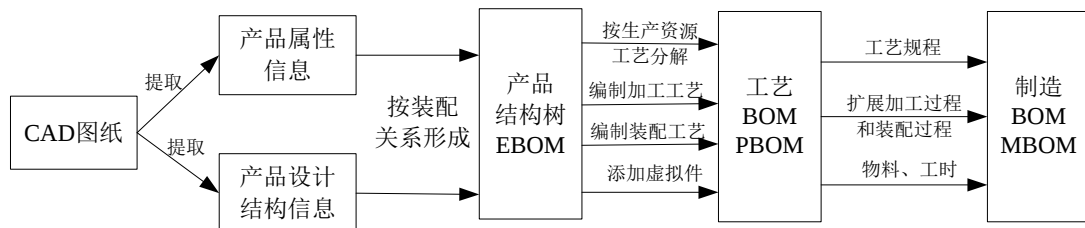


图 2 BOM 的演变过程图

EBOM 和 PBOM 都是存储在 PDM 系统中，MBOM 是保存在 ERP 系统中，根据上文 BOM 的演变分析，可以总结出 PDM 和 ERP 系统间交互的信息。

PDM 系统需要向 ERP 传递的信息有：

a. 产品结构信息：将 EBOM 中各零组部件之间的层次关系提交到 ERP 系统中，形成初步的 MBOM，再在各节点添加相应的物料形成最终的 MBOM。

b. 加工工艺信息：包括零部件的加工工艺路线，所需的工装、加工设备等生产信息。

c. 物料信息：包括物料的编码、名称、牌号、毛坯尺寸、规格、对应图号等属性信息。

d. 设计文档：ERP 系统在生成 MBOM 时，也需要访问包括 CAD 图纸一些设计信息。

e. 工程变更信息：MBOM 在 ERP 系统形成后，设计端有时仍会对设计信息进行修改，这是工程变更的过程，PDM 系统必须及时将更改信息传送到 ERP 系统中。

ERP 系统需要跟 PDM 交互的信息有：

a. 各生产资源的状态信息：各类工装夹具、刀具的库存情况，机床设备的完好状态，车间的生产能力，给产品的设计提供准确的生产数据。

b. ERP 系统提出的工程变更建议：在各个生产环节中，均可以向设计人员反馈信息，供设计人员对原设计进行更改。

计划是 ERP 系统与 MES 系统集成的纽带，虽然两个系统均存在计划功能模块，实际上 ERP 系统中制定的计划只做到零件级，而 MES 的计划是工序级的，工序级计划是在零件级计划基础上根据车间加工任务进一步分解制定的，同时，零件级计划也要根据车间生产能力的反馈制定，这样避免了盲目性。因此，MES 与 ERP 之间的信息传递是双向的。

通过调研，研究了我所计划下达到生产制造的整个过程，并分析了过程中涉及的数据文档，具体生产流程图如图 3 所示。科研处在 ERP 系统中制定科研生产计划和备料计划，并将科研生产计划下发到车间 MES 系统中。车间在 MES 系统接受到科研生产计划后，根据工艺路线将科研生产计划分解到各个工作组或者直接到机床，同时，也会按照计划出产最后期限进行排产。这样保证了计划源头的唯一性，直接从 ERP 系统中传输到 MES 系统中。下发科研生产计划的同时，也会下达物料、工装夹具、刀具准备清单，以便车间提前准备，保证车间的投产计划按时生产。生产过程中，MES 系统的主要功能是收集生产现场的实时信息，这些信息需要及时反馈到 ERP 系统中，以便计划层了解到计划的执行状态、零部件的齐套情况、生产的瓶颈、产品质量信息、机床设备的工作状态、加工工时等。计划执行状态和零部件的齐套情况可以帮助计划层及时调整计划，保证全局计划的按期完成；生产的瓶颈信息帮助计划层更合理地排产；产品质量信息有助于分析生产各环节潜在的质量隐患；机床设

4 MES 与 ERP 集成分析

备的工作状态让计划层对车间的总生产能力一目了然，是合理计划制定的基础；提供加工工时的统计为成本核算提供了可靠的依据。

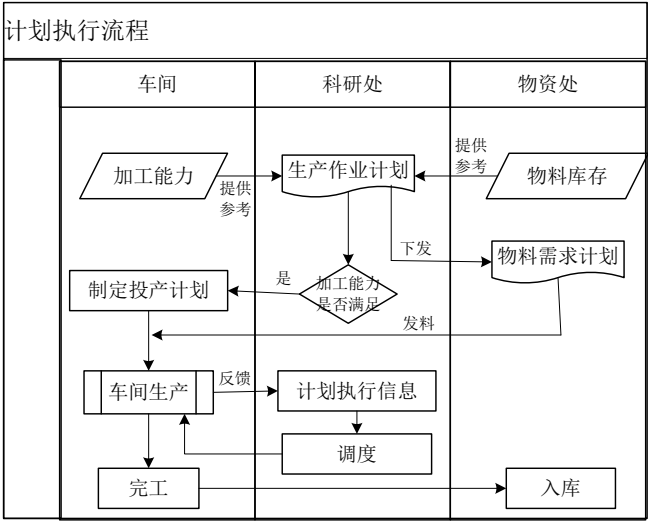


图 3 计划到生产的实际流程

从生产过程来看，ERP 系统和 MES 系统间的信息传输可以分为自顶向下的信息流传递和自底向上的信息流反馈：

a. 自顶向下的信息流传递

科研生产计划：包含了计划编号、型号、工作令、零件图号、零件名称、计划投产数量、计划出产数量、计划出产日期等。

物料库存：物料编码、名称、规格、物料状态、库存量等物料属性。

物料 BOM：各物料间的产品结构，体现各零件之间的关联关系。

b. 自底向上的信息流反馈

计划执行情况：实际投产数量、零件的完工数量、计划执行进度。

零部件的齐套：通过 BOM 表查看组部件下各节点零件的齐套情况，以免影响组部件的装配。

生产瓶颈：计划执行过程中，机床设备的加工工件排队过长，工件的等待时间过长，通过对这些信息的采集，计算生产瓶颈，以便合理安排生产。

质量信息：出现质量问题对应的生产环节，反馈人为因素、机床、装夹、刀具、或者工艺等质量原因。

数控机床信息：机床生产每道工序所用的时间以及每天的总加工时间。

加工工时：准备时间、起始时间、装夹时间、等待时间、实际加工时间、结束时间、质量检验时间。

5 MES 与 PDM 集成分析

MES 与 PDM 系统相互集成的主要对象是工艺信息，是打通设计到制造链路的关键。现有的生产情况是 MES 系统制定工艺过程卡时需要的工艺路线信息，只能在 MES 系统工艺信息维护功能模块中手动输入，造成了人力的浪费，有时还有人为失误，给生产的顺利进行带来了很大的制约。生产过程中出现的工艺设计问题也没有直接反馈的渠道。MES 系统与 PDM 系统之间信息交互流程如图 4 所示。

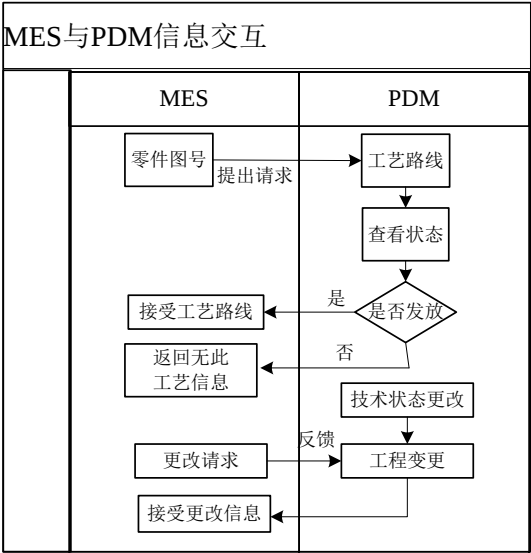


图 4 MES 与 PDM 系统信息交互流程

从流程图可以分析出两个系统在实际生产运行中交互的信息。

MES 向 PDM 系统传递的信息有：零件图号；反馈工艺设计与实际生产的差别，提出改进建议。

PDM 向 MES 传递的信息有：工艺路线文件，包括零件图号、零件名称、产品型号、版本号、是否为正式工艺、工序编号、工序名、加工设备、工艺规格；工程变更信息，根据零件图号更新原有工艺信息。

DNC 系统作为车间底层控制系统，主要包括数控程序管理模块和机床信息采集模块，这两个模块均需与 MES 系统发生数据交互。当车间调度人员在 MES 系统中将某道工序派给某机床设备时，需要向 DNC 系统传递该道工序的信息，以便 DNC 系统根据该信息查询相应的 NC 代码。另外，机床运转过程中，DNC 系统还需向 MES 系统反馈设备的生产及工作状态。信息流传输关系如图 5 所示。

6 MES 与 DNC 集成分析

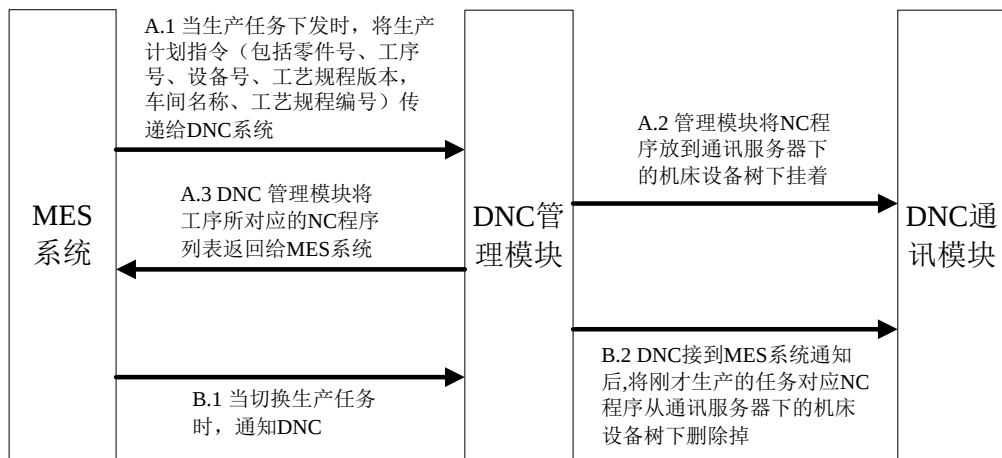


图 5 MES 与 DNC 系统信息交互模型

MES 系统下发生产计划，DNC 系统根据 MES 系统下发的工艺规格编号、工序号、车间编号、设备号等信息筛选出对应的数控程序，然后将其下发到对应的数控设备上。同时 DNC 系统将数控程序编号回传给 MES 系统，并显示在工位终端上，操作人员执行生产计划的时间，就可以同时看到工艺、零件图、数控程序编号等信息，方便其调用正确的数控程序。

当操作人员完成生产计划或生产计划发生更改、取消等情况时，DNC 系统可根据计划情况及工艺规格编号、工序号、设备号、车间编号等信息删除设备树上对应的数控程序，保证计划完成或取消时，车间现场一定调用不到已删除的数控程序。

DNC 系统采集模块先将生产加工信息添加到采集数据库中，然后通过统计分析模块对数据进行分析 and 整理，形成设备运行情况，MES 系统通过统计分析模块提供的接口对统计信息进行调用，并在 MES 系统中浏览这部分信息。

本文结合生产信息化现状，分析现有单元系统的集成关系，描绘出航天产品全生命周期信息系统集成模型，并在此基础上研究了航天产品生产制造涉及的各信息系统间交互的信息流。通过该模型在航天研究所的应用，实现了航天产品全生命周期信息系统的有效集成。

参考文献

- 1 王小明, 牛立栋. 基于 SOA 的企业应用集成技术分析[J]. 无线电工程, 2012(1): 54~57
- 2 孙建勋, 张立强, 陈建江, 等. 飞行器总体多学科集成设计平台[J]. 计算机集成制造系统, 2012(1): 1~8
- 3 高英, 徐伟, 等. CIMS 环境下 PDM 与 ERP 信息集成的分析与研究[J]. 机床与液压, 2006(3): 216~218
- 4 温方金, 周国林, 罗清华. MES 与 PCS 集成方法的研究与应用[J]. 江西理工大学学报, 2009(2): 20~23
- 5 马光辉, 谢小星. CAXA 网络 DNC 与 PDM、MES 的集成[J]. 机械工业信息与网络, 2009(4): 6~8

7 结束语