

# 适应 BPR 的制造执行系统在航空企业中的应用

Application of Manufacturing Execution System Suited to BPR in Aeronautical Enterprise

北京航空航天大学机械工程及自动化学院 李 琴 梅中义 范玉青

[摘要] 以某大型航空制造企业复合材料生产车间为例,论述了业务流程的信息驱动原理、适应业务流程重组的制造执行系统的应用机理和方法。系统建立在工作流管理模型的基础上,采用了面向对象的软件开发技术。

关键词: 业务流程重组 制造执行系统 工作流

[ABSTRACT] Taking the composite material workshop of a large-scale aeronautical manufacturing enterprise as an example, the information-driven principle of business process and application mechanism and method of manufacturing execution system suited to BPR are expounded. The system is based on the workflow management model and object-oriented software development technology is used.

Keywords: Business process reengineering  
Manufacturing execution system Workflow

由于航空企业生产管理的大部分工作都要落实到车间。传统管理理论的弊端和信息技术黑洞严重阻碍了航空企业的生存和发展。传统生产现场管理只是黑箱作业,已无法满足竞争需要<sup>[1]</sup>,而制造执行系统(Manufacturing Execution System, MES)恰好能填补这一空白。面向车间层实施 MES 有助于航空企业联系实际,避免信息技术黑洞,同时引导企业综合利用各种先进制造思想和管理技术,克服传统管理理论的弊端。基于 MES 实施业务流程重组(Business Process Reengineering, BPR)为航空企业指明了一个思路和方向。

## 1 基于MES实施BPR的应用原理

业务流程是企业为顾客创造价值的相互衔接的一系列活动<sup>[2]</sup>。随着市场环境、企业规模和经营环境的不断变化,航空企业的业务流程体系更加复杂,业务部门间的协作交互越来越多。为了保持企业内外业务流程信息的敏捷通畅,提高企业供需链管理的竞争优势,对企业业务流程、信息流程和组织机构的改革不

可避免。

BPR 是运用信息技术和人力资源管理手段大幅改善业务流程绩效的革命性方法。而信息技术则是 BPR 不可分割的一部分<sup>[3]</sup>。信息技术对 BPR 的支撑作用主要体现在 3 个方面:(1)实现信息流跟踪物流;(2)实现信息流驱动资金流和物流,以及三流合一;(3)实现信息系统的工作流替代事务流。

MES 是位于企业上层的计划管理系统与底层的工业控制之间的面向车间层的管理信息系统<sup>[4]</sup>。MES 能通过信息的传递对从生产命令下发到产品完成的整个业务流程进行优化管理。对状态变化的迅速响应使 MES 能够减少企业内部流程中的非增值环节,有效地指导工厂的生产运作过程,这一点达到了 BPR 的核心要求。

工作流是经营过程的一种计算机化的表示模型,定义了完成整个过程所需的各种参数。这些参数包括对过程中每一个步骤的定义,步骤间的执行顺序、条件,数据流的建立,每一步骤由谁负责,以及每个活动所需要的应用程序<sup>[5]</sup>。工作流管理是业务流程管理和制造执行系统之间的一个技术结合点。BPR 需要工作流管理技术满足业务流程自动化需求的系统支持。MES 具备开放、自组织、自适应和重构的柔性能力,能够支持工作流程的定义、控制、执行和管理。

运用 BPR 思想对企业业务过程进行分析、重构,在 MES 中对重构的业务流程进行定义建模,通过 MES 工作流管理功能指定流程活动执行角色,分配执行流程任务活动的资源,最终实现企业业务流程的自动化执行,达到提高航空企业管理水平和增强航空企业竞争力的目标。

## 2 使MES适应BPR的实现过程

系统的应用要经过分析业务流程、定义工作流模型和实现模型 3 个步骤。下面结合某大型航空制造企业复合材料生产车间 MES 来说明分析设计的主要过程。

### 2.1 系统的业务建模和需求分析

业务模型和需求分析的目的是对系统进行评估、

采集和分析系统的需求,重点是充分考虑系统的实用性<sup>[6]</sup>。分析结果可以用一个业务用例(Business use case)框图表示。用例图中不包括复杂的处理过程,只是简单地表示出该系统要实现的功能,给出系统的轮廓。

系统的柔性要从初始阶段就开始考虑。首先,需要清楚业务过程并将其分解成相对独立的模块,即实现模块的低耦合性。其次,模块之间的调用关系要与具体业务相分离。这样,只需要修改业务之间相互调用的条件而不必修改业务处理模块就可以实现业务流程的更改。这种处理方法比重新编写具体任务模块的方法具有更大的柔性。在这一过程中,业务活动的模块化是关键。经过调研,整个系统可以划分为以下13个模块:

- (1) 系统管理模块: 提供对系统基本参数、界面等内容的设置。
- (2) 权限管理模块: 提供对系统访问权限的设计与控制。
- (3) workflow 管理模块: 用于设计和控制系统中涉及到的所有 workflow 模型。
- (4) 部门人员管理模块: 提供对车间人员组织结构信息的管理与维护。
- (5) 文档管理模块: 提供对车间所有设计、工艺、制造、财务等文档信息的管理。
- (6) 设备管理模块: 提供对车间全部生产设备信息的状态查询功能。
- (7) 库房管理模块: 提供对车间四大库库存信息的维护以及出入库信息的控制和记录。
- (8) 生产计划模块: 辅助车间计划员分解主生产计划,编制详细的月生产计划。
- (9) 生产排程模块: 辅助车间调度员分解月生产计划,电算编制生产订单。
- (10) 订单管理模块: 辅助车间工艺员和调度员控制、维护编制好的生产订单。
- (11) 生产跟踪模块: 对生产现场进行实时监控和看板管理。
- (12) 质量管理模块: 对产品的质量参数进行及时分析和反馈。
- (13) 内部邮件模块: 提供车间内部通信功能。

## 2.2 对每个业务活动进行 workflow 模型定义

过程建模是 BPR 的重要基础,而 workflow 模型则是过程模型的一种表现形式<sup>[7]</sup>。考虑到车间的作业流程就是由一个个的业务节点构成的,因此系统选择基

于活动的方法进行建模。

在每一个 workflow 模型中,由组织模型提供各个活动节点的人员信息支持,资源模型提供节点所需物料和设备等资源信息支持,而过程模型则描述了车间作业的各个流程,它由一个个活动节点按照一定的逻辑关系组成。对于每个节点,一般均包括执行者、所需设备、触发应用、输入和输出等相关支持内容。由此将整个车间的作业流程映射为结构模型,如图1所示,它们共同构成了面向用户的数据视图。

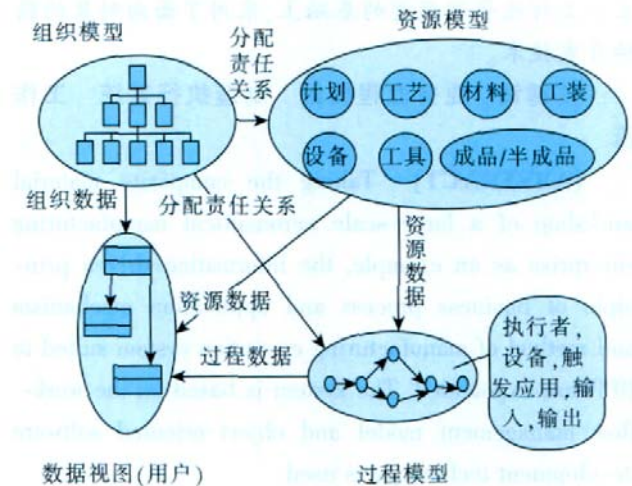


图1 工作流模型架构  
Fig.1 System structure of workflow model

以生产订单的下发流程为例,当订单由计划调度室下发到车间班组后,当前的活动节点就停留在了班组这一环节,在这一节点上,存储了订单内容、下发日期、完工日期、责任班组号、班组长姓名等信息。当班组长在自己工作地的显示终端上接收到该信息后,可进行相关的签收操作。完成签收后,该活动节点的状态置为“已完成”,同时激活下一个节点,并调出下一个节点上存储的相关组织和资源信息,根据这些信息找到下一个节点的执行者和所要进行的操作,直至整个流程的完成。

## 2.3 工作流管理的具体实现

对于工作流管理的具体实现,考虑采用如图2的方式。首先,定义一个数据表用来存储所有 workflow 模型的信息,该表的每一条记录对应一个 XML 文件,该文件的每个元素定义了 workflow 模型的节点描述、执行条件和完成条件等信息。每当车间执行一个作业流程时,就通过读取 workflow 模型信息表和模型定义文件生成一个 workflow 的实例,并相应生成一个描述该实例的

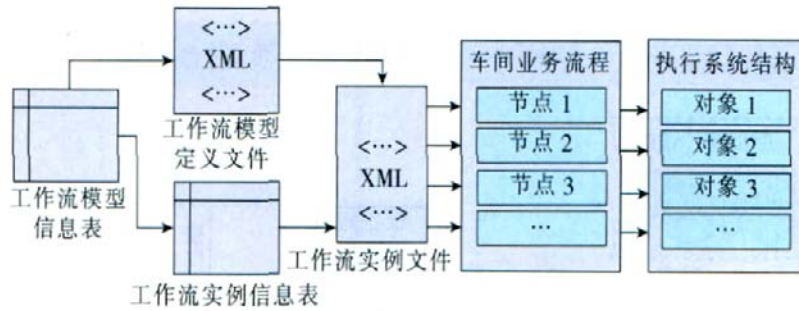


图2 工作流的定义和存储模型

Fig.2 Definition and storage model of workflow

新的 XML 文件，该实例文件继承了模型定义文件中的全部元素信息，并在实例化的过程中动态填充每个元素中的相关数据，工作流实例同样以单条记录的方式存储在一个工作流实例信息表中。这样，当生成了工作流实例文件之后，它的每个元素就对应于车间作业流程中的每个具体活动节点，而每一个活动节点的

内容和操作又通过信息系统的各个不同对象来体现。所有这些对象组合起来，就构成了反映车间作业的信息系统 workflow。

### 3 应用实例

#### 3.1 适应BPR的MES应用实例

某大型航空制造企业根据市场需求和企业生产经营现状，决定对其复合材料构件生产车间进行业务流程重组，采用各种先进管理技术，结合MES的实施，打通信息流，建立我国第一条复合材料构件数字化生产线。

通过调研分析，发现公司业务流程的执行仍以手工方式为主，车间作业系统柔性不够，产品数据源不统一，存在大量信息“孤岛”等问题。基于此分析结果，项目组重新规划并设计了车间的整个业务流程体系和组织架构，提出了适应BPR的MES的物理实现环境，如图3所示。

通过调研分析，发现公司业务流程的执行仍以手工方式为主，车间作业系统柔性不够，产品数据源不统一，存在大量信息“孤岛”等问题。基于此分析结果，项目组重新规划并设计了车间的整个业务流程体系和组织架构，提出了适应BPR的MES的物理实现环境，如图3所示。

#### 3.2 数字化业务流程应用实例

在引入BPR的过程中，项目组将现有作业流程的实际情况和MES的实施相结合，采用“EISA法”，即清除(Eliminate)、简化(Simplify)、整合(Integrate)和自动化(Automate)，在如下方面实现了流程优化：(1) 电算分解主计划、编制计划，简化了以往繁琐的步骤，提高了计划编制的效率和质量；(2) 电子会签取消了资料室的晒蓝，大大缩短了生产准备周期；(3) 与企业级CAPP和企业级ERP接口的建立，保证了数据源的单一，减少了冗余，提高了统计的工作效率；(4) 通过对设备、物料信息的能力匹配，实现了生产动态管理；(5) 通过对条码跟踪数据的控制和维护，实现了生产现场的看板管理。

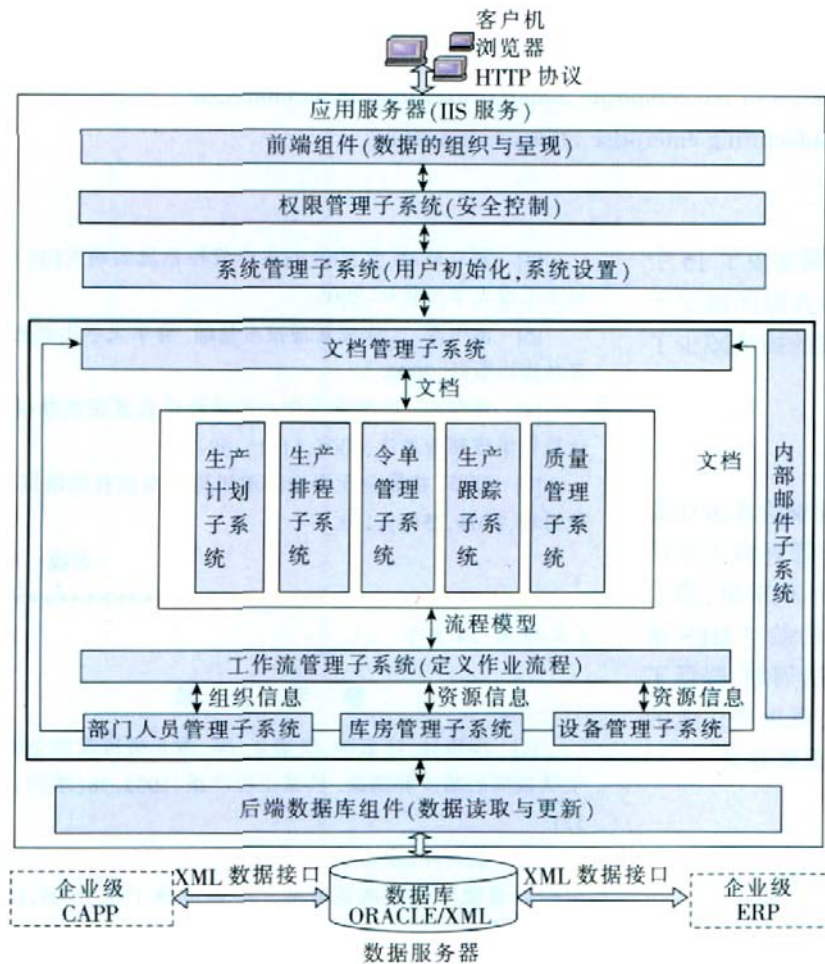


图3 系统物理体系结构

Fig.3 Physical architecture of system

图4所示为车间重组后的业务流程。与重组前的流程执行

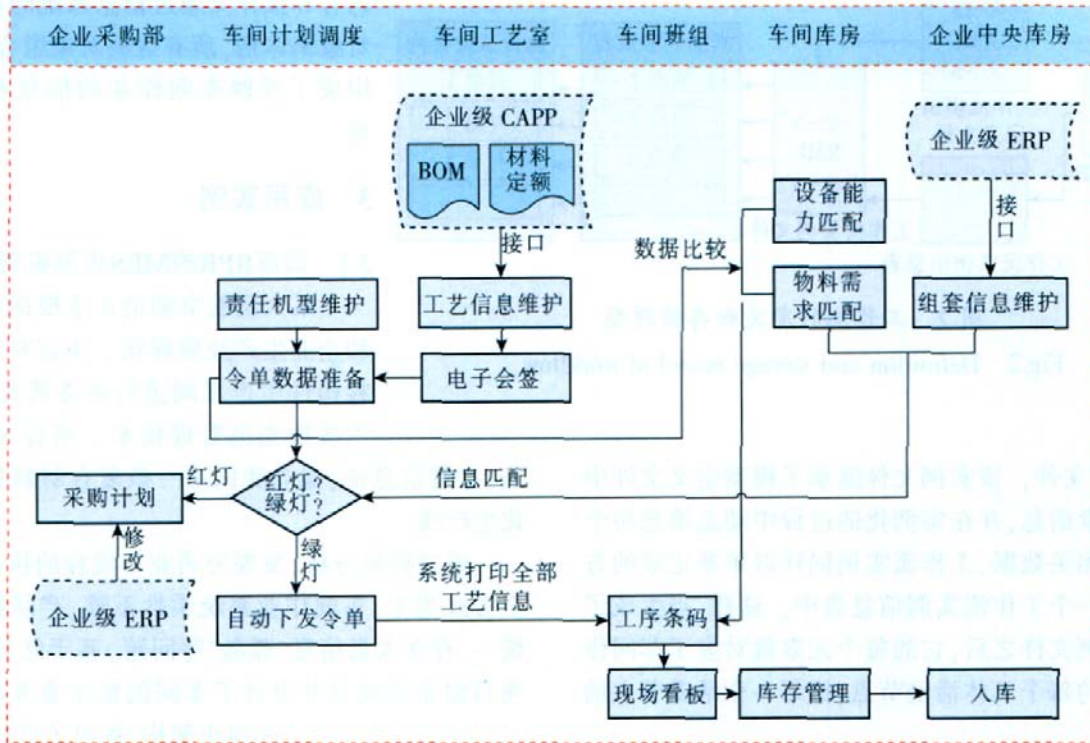


图4 航空制造企业复合材料生产车间重组后的业务流程

Fig.4 Business process of the composite material workshop in aeronautical manufacturing enterprise after reengineering

状况进行对照，重组后的生产准备周期缩短了15个工作日，效率提高了50%左右，数据输入时间减少了75%以上，纸面工作和设计蓝图所带来的损失减少了56%，实现了流程重组目标。

#### 4 结束语

生产制造管理的落后，是航空企业现阶段迫切需要解决的问题。项目组根据航空生产管理的实际情况，对现有的企业业务流程进行了设计和重组，建立了具有先进管理理念、结合生产实际的航空MES系统。系统的应用实施缩短了企业的制造周期，降低了生产成本，对提高企业的制造质量、实现生产作业的优化调度和制造资源的合理配置具有重要意义。

#### 参 考 文 献

[1] 周荣辅, 张丹. 关于企业如何成功实施 BPR 的探讨. 哈尔滨学院学报, 2006, 27(2): 57-59.  
 [2] 张明宝, 潘宪生. 企业业务流程重组. 北京: 科学出版社, 2004.  
 [3] 梅绍祖, 冯建中. BPR 与信息技术. 系统工程理论与实践, 2003, 23(2): 45-50.

[4] 董立敏. 基于 MES 的生产管控系统的研究[D]. 河北: 河北工业大学出版社, 2005.  
 [5] 范玉顺. 工作流管理技术基础. 清华大学出版社 & 施普林格出版社, 2000.  
 [6] 杨慧松. 以数据为中心的柔性信息系统的建模方法. 计算机集成制造系统, 2005, 11(1): 68-72.  
 [7] 盛革. 拓展企业再造的逻辑框架与流程网络描述. 科研管理, 2004, 25(1): 1-5.

(责编 微凉)

.....  
 (上接第 74 页)

#### 参 考 文 献

[1] 邓琦林, 许黎明, 胡德金, 等. 激光熔覆成型金属零件中微裂纹的减少和消除. 机械工程学报, 2002, 38(增刊): 117-121.  
 [2] 赵剑峰, 张建华, 张剑峰, 等. 镍合金激光直接烧结合成型件显微结构及微观缺陷. 中国机械工程, 2005, 16(3): 264-267.  
 [3] 沈以赴, 吴鹏, 顾冬冬, 等. Ni-CuSn 混合粉末选区激光烧结试验. 焊接学报, 2005, 26(2): 73-76.

(责编 依然)