

## 面向订单生产 APS 的关键流程分析及其 应用方法研究

齐二石, 刘 亮

(天津大学 管理学院, 天津300072)

**摘 要:** APS 是一种基于约束理论面向供应链的生产计划与排程工具, 它从 ERP 系统获取基础数据进行生产排程, 再将排程结果送到 ERP 和生产系统中执行。本文在分析面向订单生产环境下 APS 关键流程的基础上, 对 APS 在企业生产排程中的应用方法进行了深入研究, 同时探讨了系统集成的体系架构和关键技术。

**关键词:** 高级计划与排程; 面向订单生产; 关键流程; 系统集成

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1009-0134(2006)12-0033-04

### Research on the key process of Make-to-Order APS and its applying method

QI Er-shi, LIU Liang

(School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

**Abstract:** As APS is a production planning and scheduling tool considering constraints of resource in whole supply chain, it abstracts basic data from ERP system and makes plans and schedules. Then results are sent to ERP and manufacturing system. Based on the analysis of the key process of Advanced Planning & Scheduling in a Make-To-Order environment, this paper did a deep research on the applying method of APS for production scheduling, and also discussed the framework and some key technologies of the system integration.

**Key words:** Advanced Planning & Scheduling (APS); Make to Order; key process; system integration

## 0 引言

生产排程(Production Scheduling)问题, 又称生产作业计划或生产调度, 是指生产部门为完成销售部门下达的订单, 根据确定的生产计划和订单交货期安排, 按照产品的加工工艺路线, 将有限资源安排给不同的工作, 并决定何时开始, 由哪部设备加工, 并完成哪件工作, 并设法达到预定的如交货期要求和提高设备利用率的目标。当前国际国内市场瞬息万变, 企业要想在激烈的市场竞争中立于不败之地, 就要对客户和市场的要求做出快速响应, 按照市场的要求把低成本、高质量、短交货期的产品交付到客户手中。

面向订单生产(Make to Order, MTO)方式, 就是按照客户订单以及销售合同来组织安排生产的, 该生产方式对企业生产排程的能力具有较高要求。

虽然目前我国很多企业都已经采用企业资源计划(Enterprise Resource Planning ERP)系统进行生产管理, 并且也取得了很好的成效, 但是, 由于传统 ERP 系统生产计划模型的计算不是十分准确, 而且也不能及时反映车间的实际情况和订单变化, ERP 系统已经不能适应现代企业变化的需求。这一点对于 M T O 型企业尤其明显。高级计划与排程(Advanced Planning & Scheduling APS)技术的出现, 使得克服传统 ERP 计划模型缺点成为可能。

## 1 传统 ERP 缺陷与 APS 的兴起

### 1.1 ERP 计划模型的缺陷

ERP 系统实际操作中, 会在计算机帮助下按产品 BOM(Bill of Materials)和工艺流程逐级推演, 生成在一般平稳生产条件下可以应用的生产计划。

收稿日期: 2006-06-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70272063)

作者简介: 齐二石(1953 - ), 男, 天津大学管理学院教授, 博士生导师, 研究方向为系统工程与管理, 工业工程与集成化管理, 现代物流工程。

# 制造业自动化

生产计划编制仍然采用MRR( Material Requirements Planning )和MPX( Master Production Scheduling )计算物料的需求,并通过发布补充定单等手段进行调整。

这种从上世纪60年代一直沿用下来的计划模型,存在许多固有的缺陷:模型建立在无限能力的假定之上;要求提前期已知,且是固定值;要求工艺路线固定;生产的优先次序只能根据交付周期或日期安排;计划编制所需时间过长,而且对计划的调整工作十分困难;缺乏对企业运营的决策支持能力。传统ERP系统的计划模型只是限于生产和采购领域,在大多数情况下不会考虑到目标函数的存在,更不要说优化的问题,它只是一个运作层面的连续计划系统。

随着社会的不断发展,市场竞争逐步加剧,传统ERP的计划模型越来越不能适应企业适应市场变化的需求,寻找一种替代ERP的计划模型势在必行。高级计划与排程(APS)技术的出现恰恰迎合了这一趋势,提供了替代ERP计划模型的一种选择。

## 1.2 APS产生基础及其特点

APS是20世纪后50年发展起来的革命性管理技术,它的发展是建立在线性规划、计算机科学、人工智能、决策支持系统、工业工程、物流管理、管理科学、约束理论、操作研究和其他管理研究成果基础上的,其核心是约束优化理论。

APS最显著的特点是层次性计划体系,也是其强大功能的最突出体现。供应链最优计划涉及不同的时间跨度(长期、中期、短期)、不同的业务流程(采购、制造、分销等)以及各个供应链成员企业,并且由于需求的不确定性,一次优化所有的计划是不可能的。APS用层次计划的思想把总的计划任务分解成许多局部计划模块,然后分配给不同的计划层,每一计划层都涵盖整个供应链,但层与层之间的任务不同。层次越低,计划涵盖的局部受到的限制越多,计划时间跨度越短,计划也越详细。同时,各计划模块被水平和垂直信息流连接在一起,上层计划模块的结果为下层计划设定了约束,而下层计划也将相关性能数据(如成本、提前期、使用率等)反馈给上一层次的计划,并接受上层综合计划的协调。

经过比较发现,APS系统实际上可以取代ERP系统原有的主生产计划、物料需求计划、能力计划等功能模块,并为企业整体运营提供决策支持。这

样,经过“剪裁”的ERP系统成为APS系统的数据源,为APS计算提供各种数据,如订单数据、库存数据、工艺路线、BOM等;而APS则将按照规则处理完毕后的计算结果返回给ERP系统,由其负责执行。(如图1所示)应当注意的是,由于ERP、APS两种系统的设计理念完全不同,在进行集成时,必须对两种系统的数据结构进行仔细的调整,以免产生“排异反应”。

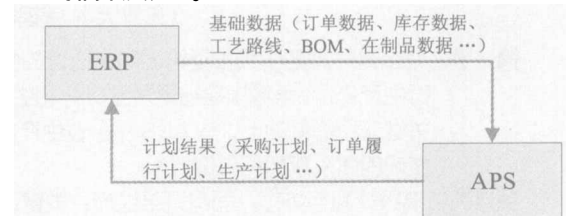


图1 APS与ERP的数据交互示意图

## 2 面向订单生产APS系统的关键流程分析

### 2.1 面向订单生产企业的生产排程分析

面向订单生产企业的生产排程以生产计划为起点,综合考虑企业整体目标和约束条件,目的是生成详细的生产进度计划,同时将这个计划反馈给企业上层生产计划系统。可以将从接受客户订单后到完成订单出货整个过程划分为三个阶段:

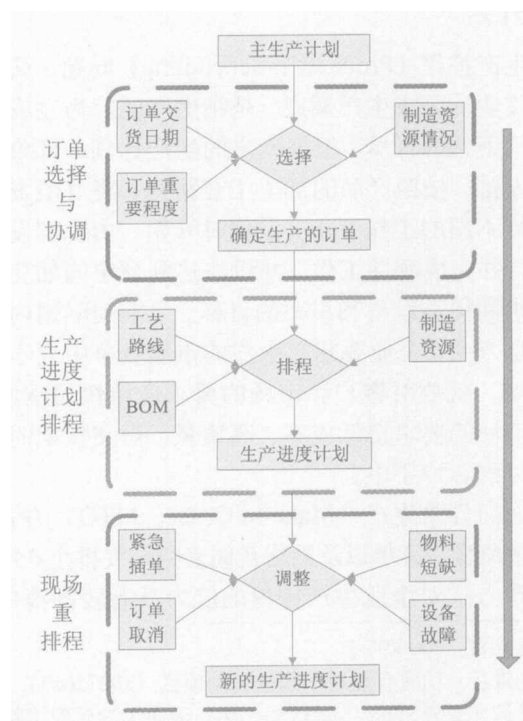
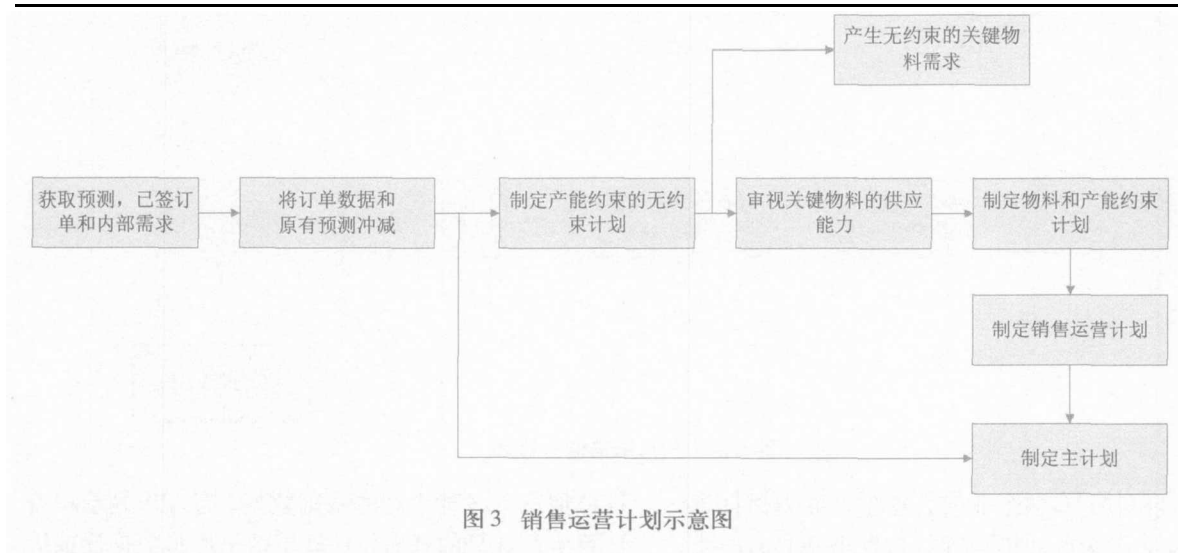


图2 面向订单生产企业的生产排程示意图



(1) 订单选择与协调: 按照主生产计划的编排, 并根据订单交货日期和其重要程度, 从众多的订单中选择出在下一时段安排生产的部分。同时, 与主生产计划协调, 调整相关订单的计划交货期。

(2) 生产进度计划排程: 此阶段生产排程依据产品工艺路线, 确定计划期内选择的每一个订单在所需资源上的加工开始时间和结束时间, 即给出了在所有制造资源或工作中心上订单的加工顺序。生产进度计划一般会通过直观的甘特图形式给出。

(3) 现场重排程: 在实际生产中, 经常因出现紧急插单、订单取消、物料短缺、设备故障等意外状况, 造成执行结果与原生产计划的偏差。对于现场出现的一般问题, 需要在现场快速调整加工任务, 进行现场重排程, 以确保生产进度计划准确执行。当偏差过大时, 则需要重新编制生产进度计划直至修改主生产计划。

## 2.2 面向订单生产APS系统的关键流程分析

根据2.1的分析, 对于面向订单生产的APS系统, 有三个关键点具有关键作用:

### 订单预测冲减

销售订单首先冲减当前区间的预测, 如果该订单数量大于当前区间预测, 在当月之内先后向冲减, 然后再前向冲减; 如果该订单数量大于当月预测, 则前向冲减其他月份的预测;

根据订单冲减后的结果, 生成主计划;

### 销售运营计划

在考虑产能约束而不考虑物料约束的前提下, 生成物料需求, 在此基础上进而与供应商交互、确定物料约束;

在同时考虑产能和物料约束的情况下, 生成可执行的制造计划、关键物料采购计划和分配计划, 进而进行销售运营计划。

### 工作重心详细排程

假设每一工作中心具有无限产能, 按照面向无限产能的方法进行排产, 确定物料的采购计划和送达时间;

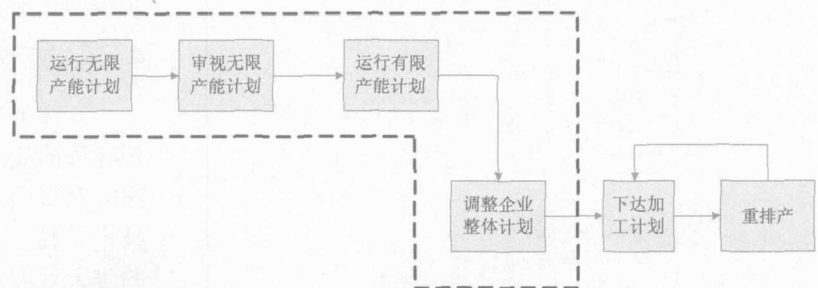
在解决了物料问题之后, 针对各工作中心的产能负荷, 利用面向有限产能的相应规则来平衡工作中心的加工任务, 确定各工作中心的加工计划;

根据前两个步骤得出的物料计划和加工计划, 对企业的整个生产进行协调;

在计划执行一段时间之后, 根据反馈信息和新的订单信息, 重新进行排产操作。

## 2.3 面向订单生产APS系统的生产能力检查

由于APS系统可以集成应用企业的所有信息,



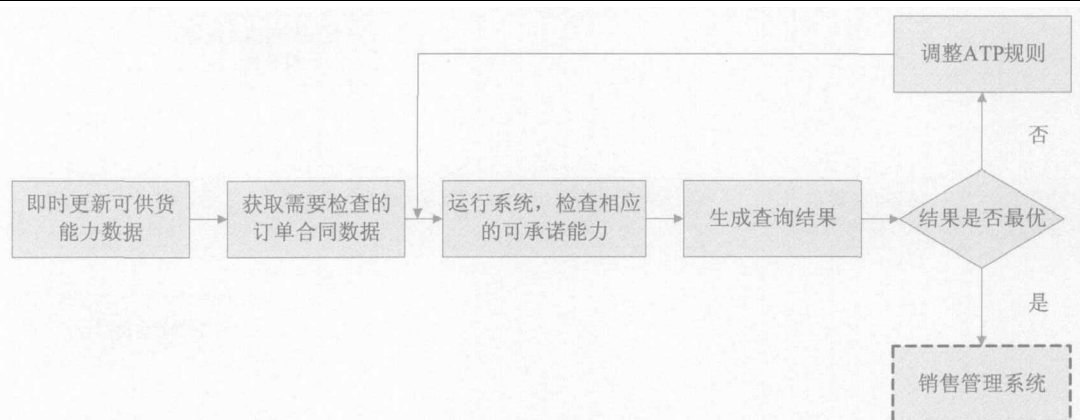


图5 供货能力与可承诺能力检查

因此, 它可以对 MTO 型企业的各项生产能力指标进行检查, 从而为企业的销售等行为提供强有力的支持。其中最典型的是: 可供货能力、可承诺能力、等等。如图 5 所示。

在签订供货合同前进行供货能力的检查, 提供比较准确的供货时间, 指导合同的签订;

合同签订后为客户做出发货和到货时间承诺提供决策支持;

在供货能力不足的情况下, 为合同分批提供决策支持。

### 3 APS系统在企业生产排程中的应用方法研究

通过前面的阐述可以发现, 以企业的 ERP 系统作为信息基础, 采用 APS 和 ERP 系统集成的方法, 由 ERP 提供订单数据、库存数据、工艺路线、BOM 等数据, 利用 APS 的先进优化算法, 可以初步解决面向订单生产企业的生产计划和调度优化问题。APS 和 ERP 的集成系统框架如图 6 所示。

ERP 在生产计划职能方面只是承担一个数据存储的作用, 它里面存储着产品的 BOM 表, 库存情况,

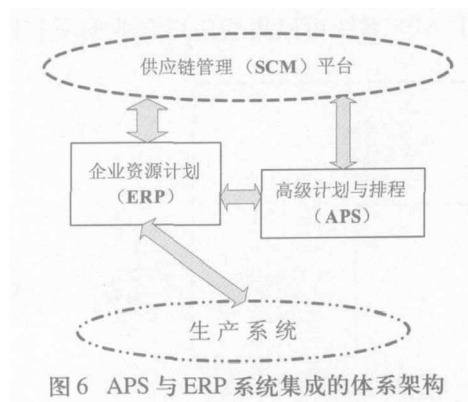


图6 APS 与 ERP 系统集成的体系架构

订单情况等各种生产的基础数据。而 APS 则承担着计算生产计划的任务, 计算出结果后将数据反馈给 ERP 系统, ERP 接到反馈后释放加工资源, 生产作业人员通过查看 ERP 了解所需要完成的加工任务。而企业客户则可以通过企业的供应链管理系统 (SCM) 及时查询自己订单的实时情况。

实际中, 我们应用 CORBA 架构实现 APS 和 MES 系统的集成, 整个体系结构由信息资源层、访问接口层、请求服务代理层、对象通信服务层和网络传输层五部分组成。其集成的层次体系结构如图 7 所示。

“公共对象请求代理结构”(Common Object Request Broker Architecture, CORBA) 由对象管理组织 (Object Management Group, OMG) 提出。CORBA 构建了一种让对象与本地或网上的其他对象透明请求服务与接收信息的机制, 以 ORB 为核心, 达成分布异构环境中多个对象系统之间的无缝连接。此外, CORBA 还提供独立于编程语言的接口定义语言 (Interface Definition Language, IDL) 来描述对象和操作, 从而使远程分布应用可以通过 ORB 请求这些对象上的操作服务。具体实现时, 首先确定应用对象及相关功能代理的主要内容; 然后根据具体的应用系统实现其封装, 从中抽取需要的服务, 形成了一系列功能代理, 最终实现 APS 与 ERP 系统的集成。

### 4 结束语

在竞争日益激烈的市场中, 为快速适应内、外部环境的快速变化, APS 已经逐渐成为制造企业快速应对市场, 进行企业内部生产计划和排程的重要技术工具。对于面向订单生产的企业, APS 对订单的强大处理和实施功能就更加重要。

【下转第 67 页】

所研制的三维加速度传感器结构简单,原理可靠,灵敏度较高,由于其一体化的结构,使得可以利用同一惯性质量块实现对三维加速度的测量,有效地克服了多质量块由于质心的不一致带来的系统误差。其非线性误差在2%以下,交叉灵敏度不大于6.5%,固有频率高于1700Hz,可用于振动等工程测试中。

## 参考文献:

[1] 吴仲城.多维力传感器设计及其应用基础研究[D].北京:

中国科学院智能机械研究所,2001.

- [2] PUERS R, REYNTJENS S. Design and processing experiment of a new miniaturized capacitive triaxial accelerometer [J]. Sensors and Actuators A, 1998, 68.
- [3] KIJIN KWON, etc. A bulk micromachined three-axis accelerometer using silicon direct bonding technology and polysilicon layer [J]. Sensors and Actuators A, 1998, 66.
- [4] 赵耀军,陶云.煤炭三向截割力传感器特性研究[J].煤炭学报,2000,18(1):50-54.
- [5] 刘正士,陆益民,等.一种高性能六轴腕力传感器弹性体结构设计[J].应用科学学报,2001,19(1):57-61.

【上接第36页】

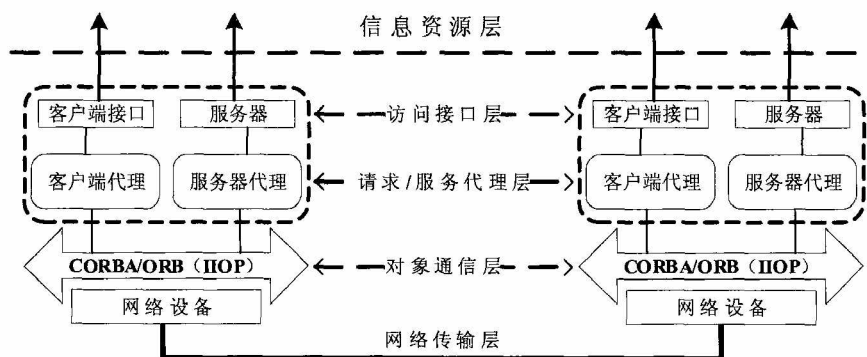


图7 基于CORBA技术的系统集成示意

实践证明,在MTO型企业中,以ERP的企业制造资源数据为基础,将APS与ERP集成,来优化企业的生产排程和调度算法,可以提高企业的生产效率,进而实现快速响应市场需求的目的。这对于新技术条件下,我国企业的信息化建设具有一定的借鉴意义。

## 参考文献:

[1] 丁斌,陈晓剑.高级排程计划APS发展综述[J].运筹与管理,2004,13(3):155-159.

- [2] 陈绍文. SCM、APS和ERP [J]. 计算机辅助设计与制造, 2001(3): 13-17.
- [3] 邢英杰,杨华,郝应光,刘晓冰.基于Web的ERP/MES系统在辽宁特钢集团的应用[J].计算机集成制造系统——CIMS,2004(5):532-536.
- [4] 李云红.供应链管理下的高级计划与排产[D].武汉:华中科技大学,2004:22-46.
- [5] 朱其亮,郑斌. CORBA原理及应用[M].北京:北京邮电大学出版社,2001.
- [6] 徐晓芳,张伟,叶春明. APS剖析[J]. 计算机辅助设计与制造,2002(4):13-14,17.

【上接第46页】

的沟通和教育;员工的积极参与、体会、了解;专题培训、强化培训。

另外要在ERP实施时坚持要事第一的原则,首先关注关键管理问题与流程,快速见效,从质变到量变。把更多的问题留到第二期来进行。

## 4 结束语

企业的竞争首先是行业的竞争,我国汽车制造企业前几年获得了一个良好的发展机会,但多数企业在目前生产能力过剩的情况下已经充分认识到竞

争的日益残酷。

企业的竞争其次是供应链的竞争,包括企业内部供应链以及与营销环节、外协厂家互动的外部供应链。ERP作为支撑供应链与企业规模化经营的手段,应引起我国汽车制造企业的充分重视。

## 参考文献:

- [1] 樊重俊. 集团管理模式下的信息技术战略规划[J]. 工程机械,2004,6:34-37.
- [2] 樊重俊. 企业信息化与管理提升的互动[J]. 上海企业,2004,6:35-37.
- [3] 樊重俊. 规划钢铁企业信息化系统[J]. 现代制造(e制造),2004,3:44-45.