

第 5 章

企业资源计划

计划与控制是制造业运营管理的核心内容，在数字化转型过程中，企业资源计划（ERP）系统发挥了重要的作用。作为一种综合性的管理软件，它将企业的各个业务领域进行整合，并利用信息技术的手段让企业的各个部门之间实现数据的共享和沟通，提高了企业内部协作的效率，帮助企业更好地管理和控制业务流程，从而使企业提高效率、降低成本、增加竞争力。本章首先介绍ERP的概念与作用，以及ERP系统的功能模块及其集成；然后详细介绍MRP及其运算逻辑、MPS及其运算逻辑、能力需求管理；最后分析ERP面临的困境以及未来发展趋势。

5.1 ERP 概述

在大规模生产管理理论诞生前，生产控制技术已萌芽。如1744年Franklin公司在其广告中描述了产品使用的组件，这被视为最早的材料表（bill of material, BOM）。在大规模生产管理理论诞生后，生产管理（特别是生产控制技术配合订单数量）的研究快速发展起来。将手工管理计算机化是解决大规模生产带来的大量管理问题（尤其管理计算问题）的最高效办法，因此产生了物料需求计划（MRP）系统及制造资源计划（MRP II）系统，即ERP管理信息系统的前身。

随着MRP II 系统在加工装配式生产企业的成功，面向其他类型制造系统的MRP II 系统也不断被开发出来。因为MRP II 系统具有强大且较为通用的价值管理能力，所以它成为制造业公认的标准管理系统。在各类MRP II 系统发展的基础上，ERP概念于1990年由美国Gartner公司在《ERP：下一代MRP II 的远景设想》研究报告中被首次提出。

5.1.1 ERP 的概念与作用

1. 什么是ERP

ERP有多重含义。一方面，对于企业管理者来说，ERP的重点是计划，ERP是一套全面的、用于支持企业制订与当前业务计划和控制一致的经营策略的软件；另一方面，对于信息技术人员来说，ERP是一套整合了财务、生产、物流、销售、市场、人力



视频讲解

和其他方面的应用程序的软件系统。ERP的整合通过全部功能和数据处理应用共享同一个数据库实现。

ERP涵盖了企业各部门的计划整合。或许,更重要的是ERP涵盖了企业各部门的业务执行的整合。数字经济时代,企业更关注的是企业内部的统一规划和执行,这正是ERP解决的问题。

ERP要求企业各部门在各项业务上保持一致的定义,即各部门在处理业务时应当使用一套通用的定义,如需求、缺货、原材料库存、成品库存等信息的定义必须保持一致,以方便各个环节的顺利交接和信息的共享。这是ERP的基本条件。

2. ERP系统的作用

ERP通过删除冗余流程、精简流程、提高信息准确率、提高企业对客户需求响应的灵敏度来提升企业绩效。企业利用ERP系统,能够实现数据和流程的整合,从而提高效率。

ERP的首要目标便是对货物经过各个流程的事务进行处理。ERP的事务处理能力是指对业务数据信息的上传和追踪。例如,当企业从供方购买一件物品时,一系列的活动就会发生。这些活动包括询价、接受报价、货物递送、库存、付款。

ERP的次要目标是决策支持。例如,在购买物品时,ERP系统会针对要购买的物品提供相应的库存、再订购点、订单数量、供应商、物流提供商、仓库位置等信息,而且会根据判断逻辑再次优化结果。

5.1.2 ERP系统的功能模块及其集成

1. ERP系统的功能模块

ERP系统一般由多个功能导向的高度整合的模块构建而成。系统所有的模块都采用一个公用的实时更新的数据库。不同提供商提供的ERP系统有些差别,但通常都关注财务、生产和物流、销售和市场以及人力资源管理的功能。

1) 财务

随着企业规模的壮大,各个部门的决策权也各有侧重,随之而来的复杂烦琐的财务数据对于许多企业来说是一个非常棘手的问题。ERP系统为财务数据的获取、通用的定义、流程、账户对账提供了平台。ERP系统的真正价值在于从事务源头处自动获取会计经济信息。例如,来自客户的实际订单不但用于生产部门制定产量要求,当货物寄出时,该信息还能更新应收账款信息,如图5.1所示。

2) 生产和物流

生产和物流是整个系统中比重最大也是最复杂的环节,其业务流程与数据流程如图5.2与图5.3所示,其主要应用有以下几个部分。

销售与运营计划:促进一系列计划工作的协调进行,包括市场计划、财务计划、

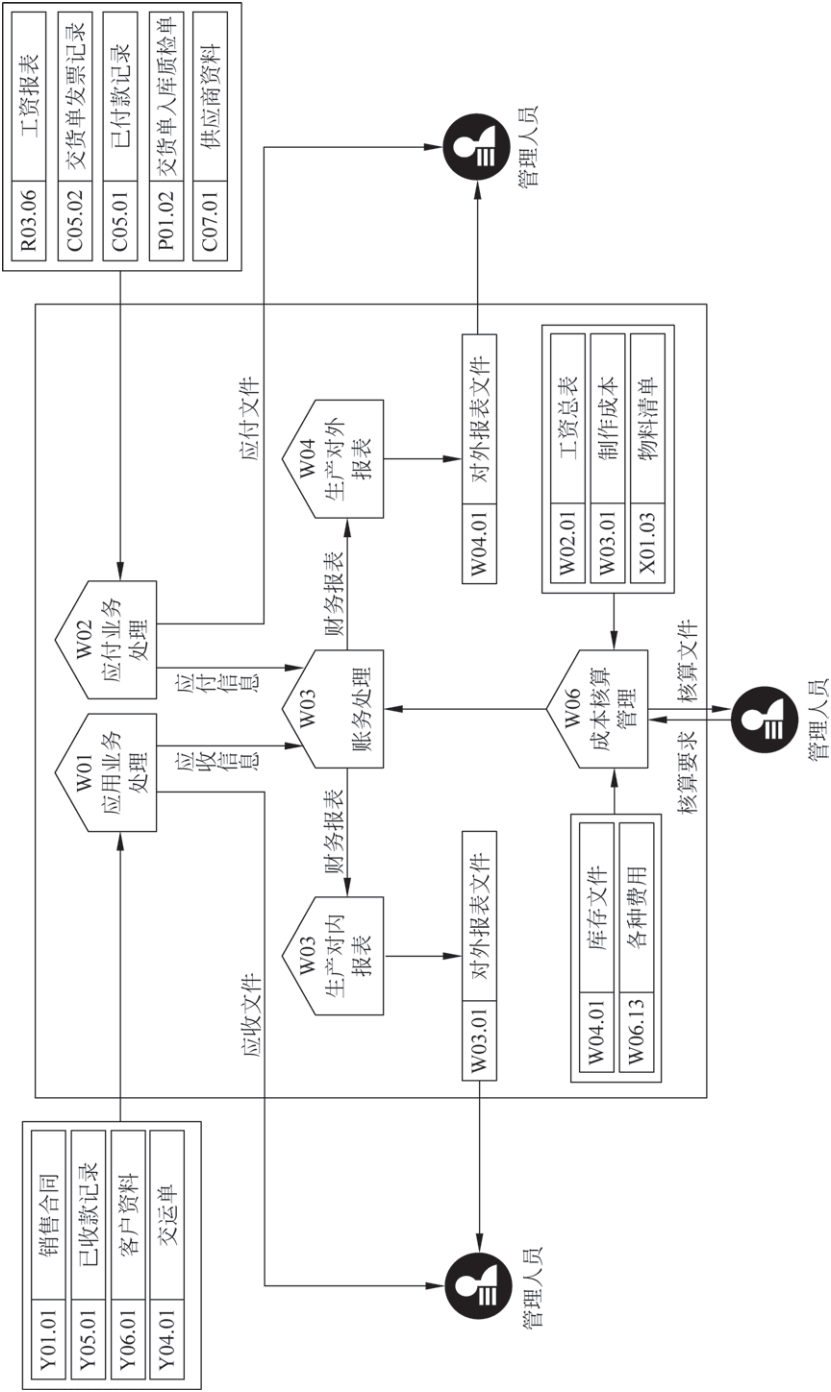


图 5.1 ERP 系统财务模块业务流程

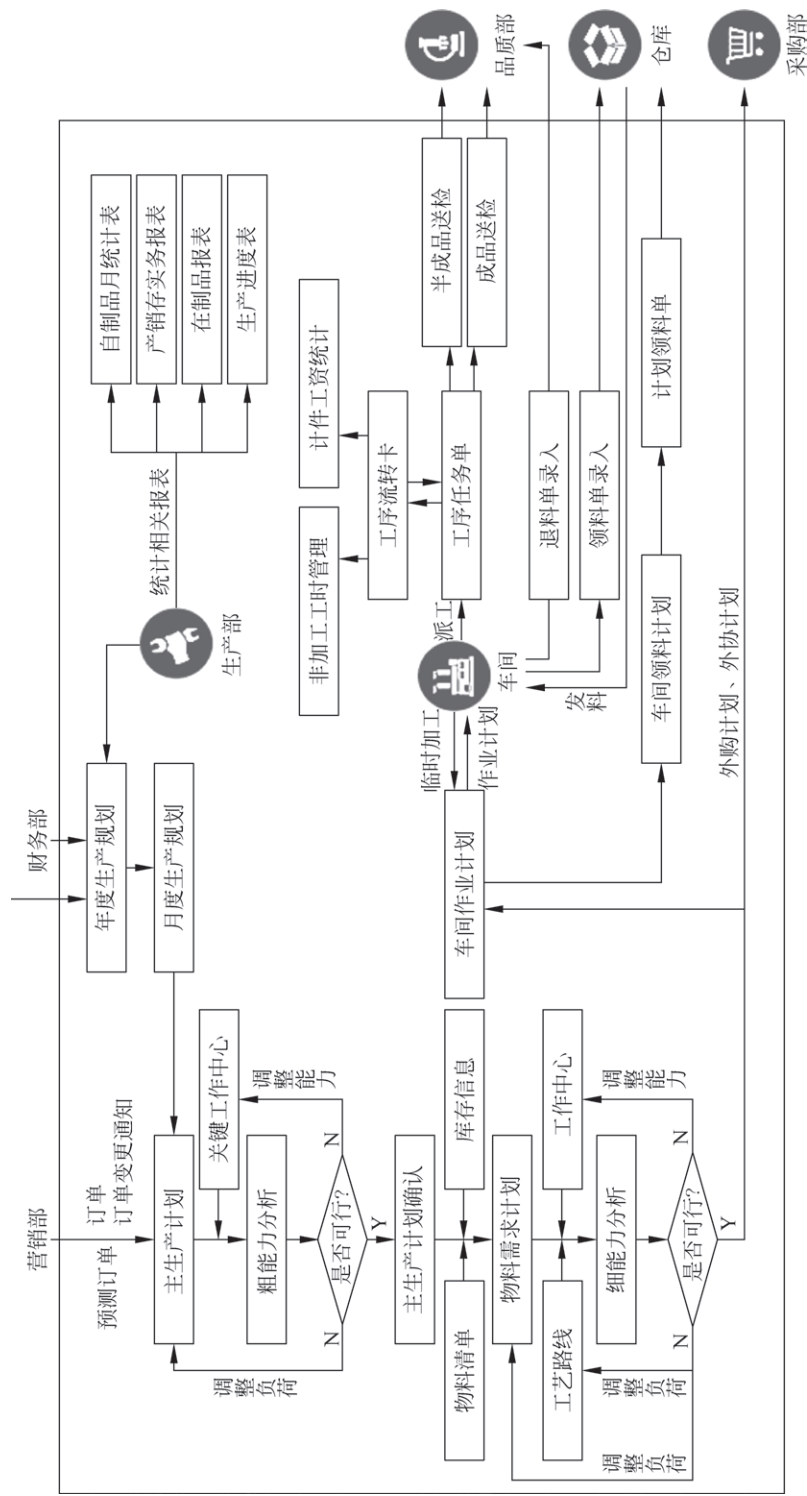


图5.2 ERP系统生产模块业务流程

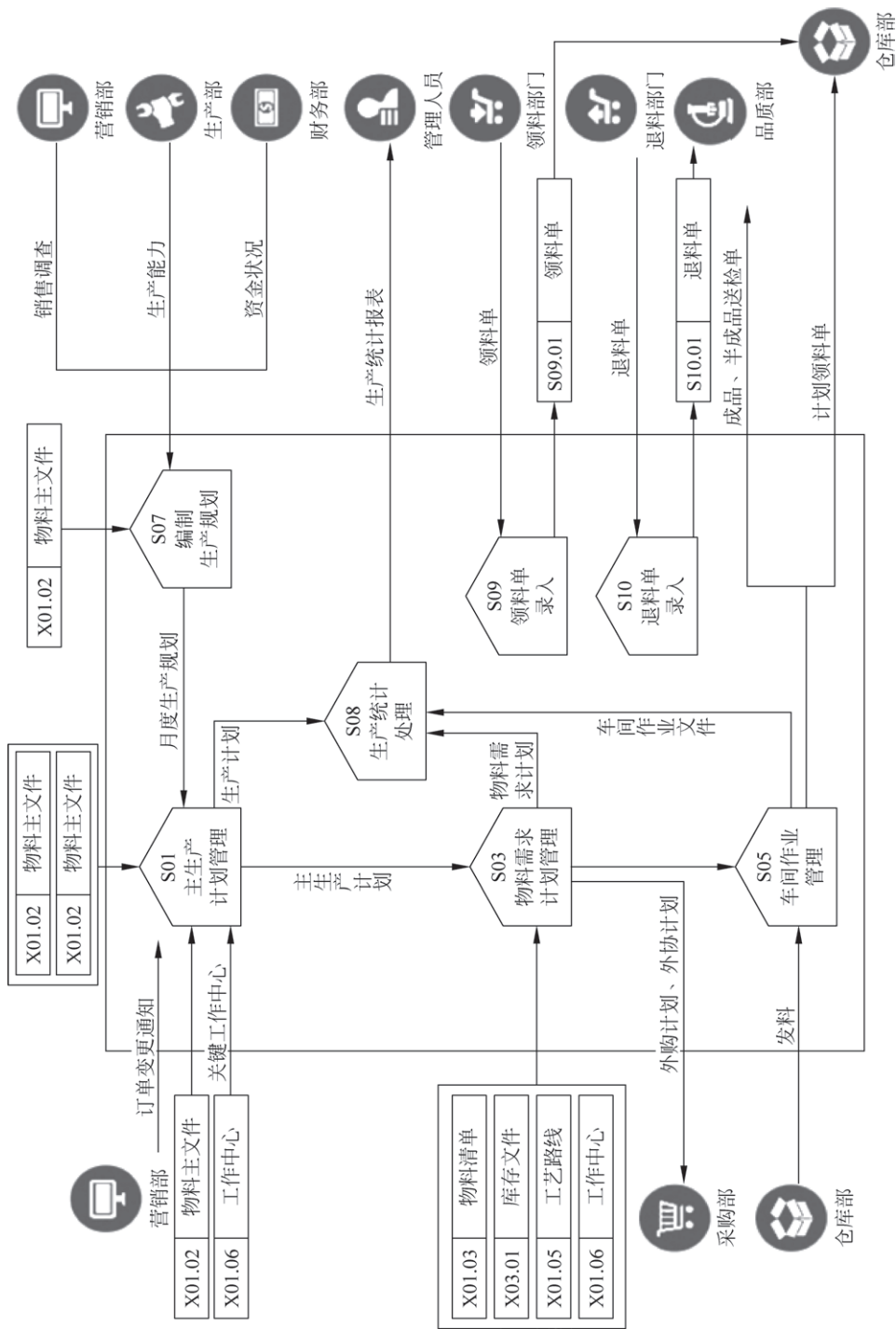


图 5.3 ERP 系统生产模块数据流程

运营计划以及人力资源计划。

生产计划和控制：本部分既涵盖离散制造又包括流程制造。系统提供重复生产和定制生产两种模式。大部分ERP系统涵盖生产的全部事务，包括产能、物料需求计划、准时生产制、成本计算、材料加工清单以及数据库维护。

物料管理：这一部分内容主要包括供应链中的原材料购买、供应商评价、发票管理等环节，同时也包括通过库存与仓储管理来提高物料的有效管理。

质量管理：本部分针对质量控制和保证工作。

3) 销售和市场

这部分支持包括客户管理、销售订单管理、预测、信用检查管理、分销与出口控制、出货与运输管理及票据与折扣处理，如图5.4所示。这些模块在全球范围内运用已十分普遍，便于企业处理全球范围内的销售业务。例如，如果企业在上海收到了一份订单，但在当地产品缺货，那么企业很可能从其他分部的仓储调货，将这些货品集中配送至上海客户手里。

4) 人力资源管理

如图5.5所示，这部分系统支持员工的管理、排班、薪酬、招聘、培训等工作。常用的功能包括工资管理、员工奖惩管理、人事管理和培训管理等。

5) 个性化模块

除了以上标准模块外，许多企业会增加一些特别的、针对企业特殊需求的、个性化的附加模块。这些模块可能是根据不同的行业定制的，如化工或石化企业、天然气公司、医院或银行等。这些模块可以支持特别的决策支持功能，如关键资源的最优配置。

即使ERP系统本身具有非常多的功能模块，但由于各个企业的性质和情况的不同，因此附加模块也是非常必要的。每个企业提供独特的产品或服务以保持市场竞争力。这种独特性需要有针对性的附加功能加以支持。这些附件可能是从软件提供商处购买，也可能是公司定制开发的。个性化模块也广泛用于协调企业其与上游供应商、下游客户的关系。

2. ERP系统功能模块的集成

如前所述，各个软件模块构成了ERP系统的核心，该核心能够高效处理各种商业事务，为企业运营各种必需的活动提供支持。各个模块使用共同的集成数据库，处理企业的各种事务；集成数据库的主要价值在于在流程中数据信息不需要重复录入，这

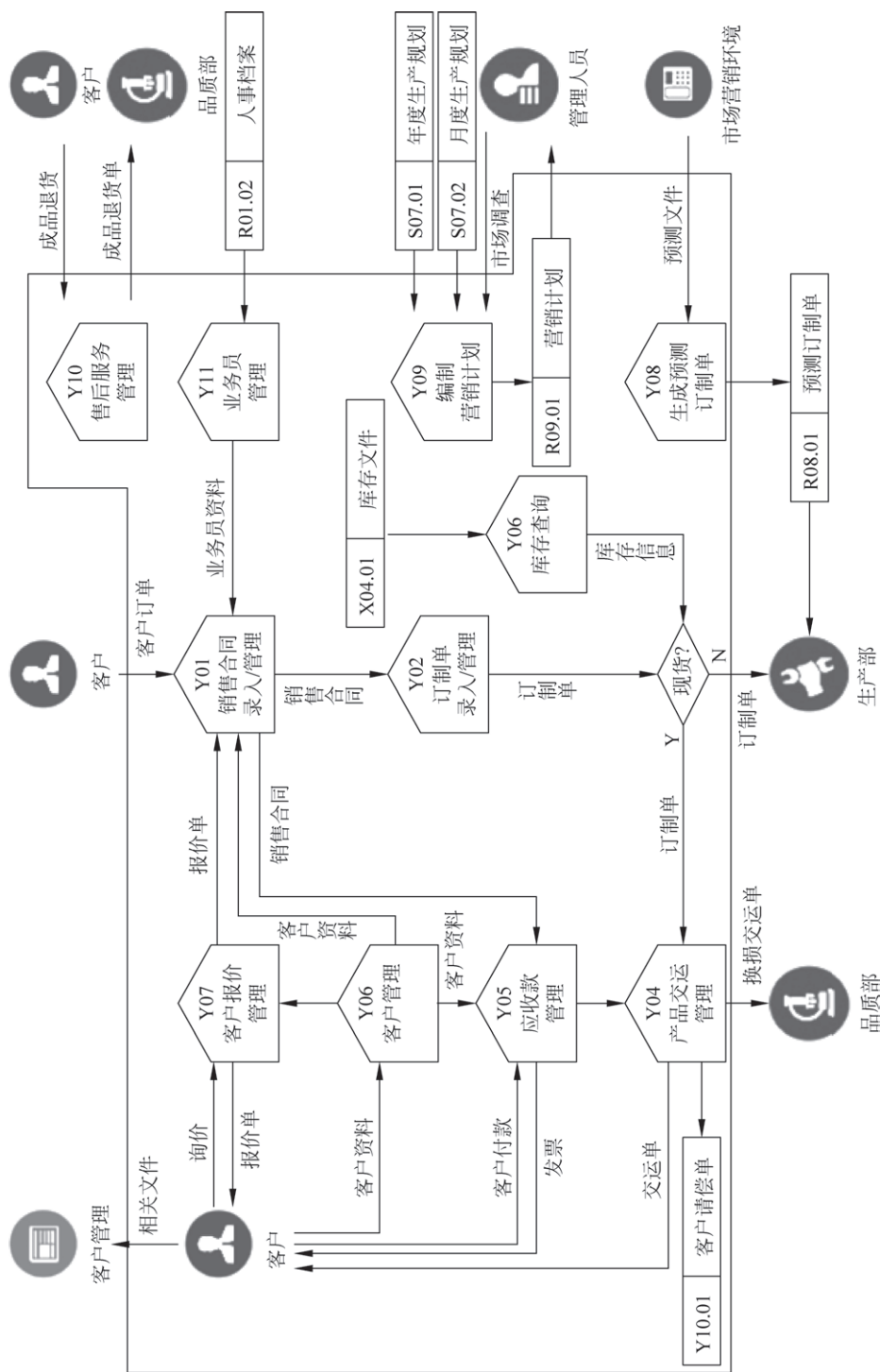


图5.4 ERP系统中销售模块数据流程



车间根据领料计划开单到仓库领料，仓库接单发料，车间半成品、成品加工完

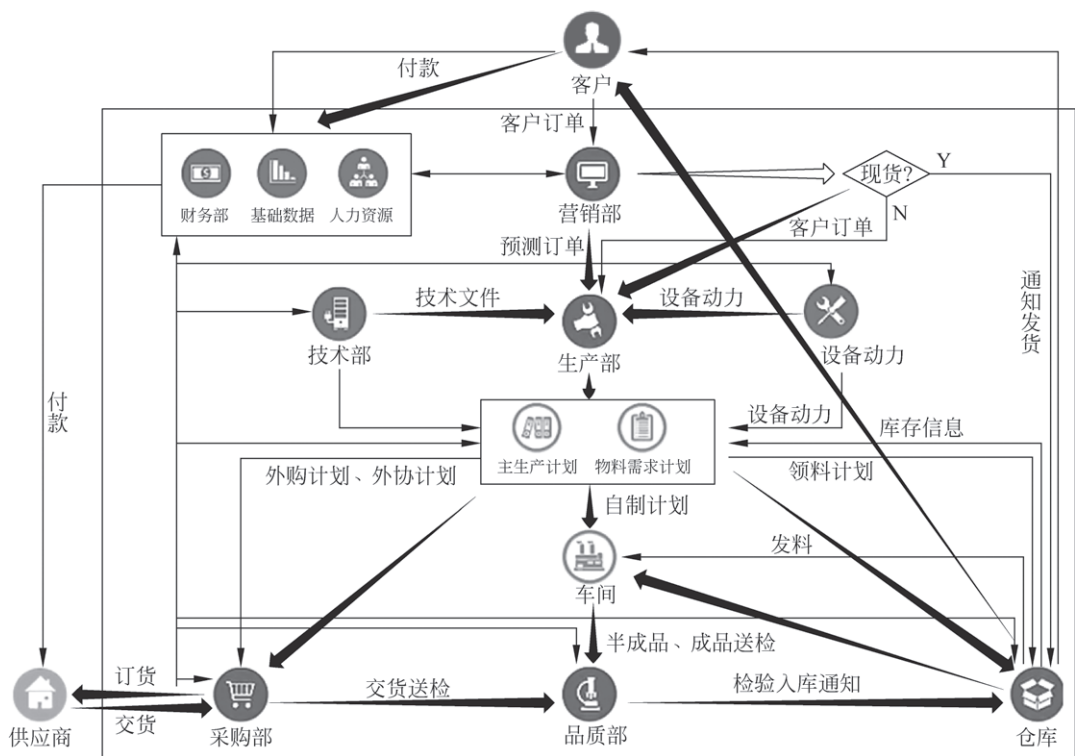


图5.6 从订单接收到交付的各功能模块无缝集成的全数字化运营流程

成后，开单通知品质部质检。品质部收到半成品、成品送检通知后，安排人员进行质检，检验完毕开单通知仓库入库。仓库根据质检单入库。营销部根据订制单开交运单；仓库根据交运单出库。客户付款，财务开出发票。

5.2 MRP 及其运算逻辑

5.2.1 MRP 的基础信息

1. MRP的主要输入信息

MRP是将主生产计划（master production schedule, MPS）中完成品的需求转换为零部件和原材料的需求，因此，MPS是其最直接的输入信息。其他输入资料主要有独立需求、材料主文件、材料表、库存状态、工厂日历等各种信息。

1) MPS

MPS是完成品的计划表，描述一个特定完成品的生产时间和生产数量。依据MPS，MRP得以计算在完成品需求之下的所有零部件和原材料的需要量。

2) 独立需求

虽然MRP是由处理相关需求发展而来的，但由于某些MRP处理的下阶物料可能



视频讲解

除具有相关需求外,还有部分独立需求,此时MRP应该可以合并处理。例如,某汽车集团下属的发动机厂,其发动机除主要用于配套汽车之外,可能还有一小部分作为售后服务性质的零件提供给4S店和特约维修点等。此部分发动机是用于满足独立需求,应纳入毛需求中一并处理。特别注意,此独立需求也是分时段(包含逾期)的输入信息。

3) 材料主文件

产品中的每一项材料的属性都必须记录在材料主文件(item master, IM)中,如件号、批量法则、批量大小、前置时间、安全库存、良品率等都是MRP所需资料。

(1) 件号(item number)。物料的唯一识别码,即材料主文件的主关键字。

(2) 批量法则(lot sizing rule, LSR)。为达到某种目标函数(如最低总成本)而设置的订单数量计算标准,即决定订单数量的规则及程序。本节中将以“最小订购量法则”和“定量批量法则”为例。

(3) 批量大小(lot size, LS)。应用某些批量法则时生产、采购一批物料的基准/平均数量。在最小订购量法则中,LS即为最小订购量。

(4) 前置时间或提前期(lead time, LT)。进行一个生产或采购作业所需的时间。特别需要指出的是,对生产而言,该前置时间是针对LS的提前期,即 $LT = \text{排队时间} + \text{准备时间} + \text{加工时间} + \text{等待时间} + \text{传送时间}$ 。其中,加工时间 $= LS \times \text{单件加工时间}$ 。而对采购而言,该前置时间是从确认订购需求到取得材料或产品的时间,包括准备订单、签核、通知、制作、运输、收货、检验等时间。

(5) 安全库存(safety stock, SS)。为应对需求或供给波动希望保持的最低库存。

(6) 良品率(yield)。生产某一物料时,其良品数量与投入数量的比值。某材料的良品率表示该材料在制程中生产出良品的成功概率。

4) 材料表

材料表(BOM)也称为物料清单,描述一个父件和其多个直接子件间的关系。一个产品的材料结构则由多个相关BOM构成,称为产品结构(product structure)。BOM及产品结构以阶层的方式描述组成一个产品的材料。合理方式是只建立单阶BOM,多阶BOM通过单阶BOM层层关联得出。单阶BOM中的几个主要属性,如父件件号、子件件号、单位用量、损耗率等,都是MRP所需资料。

(1) 单位用量(quantity-per, QP)。生产一个单位父件所需消耗的子件数量。

(2) 损耗率(scrap rate)。一个子件在制造某个父件的过程中,变成不良品的概率。同一子件用来生产不同父件时可能有不同的损耗率,因此定义在BOM中。如相同铁棒加工为圆轴时,因工艺简单而损耗率小;加工为方轴时,因工艺复杂导致损耗率较大。类似地,超市中方形脸盆贵于相同规格的圆形脸盆也是因为前者在吹塑工艺中损耗率更大,进而成本更高。特别注意,损耗率和良品率实质都是指损耗情况,若考查损耗时有明确的父件与子件关系,则应在该父件的BOM中设置该子件的损耗率;若未指明物

料的损耗是发生在某特定父件的生产过程中,则应在该物料自身的IM中设置良品率。

5) 库存状态

库存状态(inventory status)是指材料的在库量、在途量和保留量。在MRP计算过程中,通过BOM展开算出任意一个材料的需求时,所得到的是总需求,当该材料有库存时,该总需求并非真正的需求;将总需求减掉库存才会得到净需求。因为物料需求计划是分期间的规划方法,因此在库量、在途量和保留量都需要考虑。

(1) 在库量(on hand inventory, OH)。执行MRP时正在仓库中的库存量。

(2) 在途量(scheduled receipts, SR)或(on order inventory, OO)。在未来某一时间将会取得的量,又称为“已开订单量”或“已订未交量”,是一种未来的库存,在交货当期的期末视为可用量。当上次MRP运行后,计划员参照其建议发出实际生产或采购指令,指令中某物料的收料情况将作为输入信息出现在下次MRP的相应SR栏目中,即对某期将要达到的库存,必须记录其收料日期及数量。

(3) 保留量(allocated inventory, AL)。用来表示已被指定用于某个已发出的制令单、外包单或调拨单,预定从仓库领出但实际尚未领出的数量。虽然OH中包括该保留量,但AL不能再用于其他用途,故在执行某次MRP时应该将其从可用量中去除。

6) 工厂日历

工厂日历(shop calendar)是用于生产与库存管理的日历,它将工作天数编以连续序号,以便排产时只考虑工作日。MRP采用分期规划方式,它将连续的时间分成不连续的区段单位,称为时段(time bucket)。时段长度依照行业特性而定,通常为周或日,如编号周历(numbered-week calendar)、编号日历(numbered-day calendar)。编号周历以00~99循环使用;编号日历以000~999循环使用。在MRP系统中,一般以日为系统内部计算的时段长度,报表中则以周为期长(period length)呈现。计划期间(planning horizon)是MPS或MRP所涵盖的总时间,至少包括所有完成品所需的采购、制造等的累计提前期,其长短与行业相关,依实际确定。

以上是MRP处理逻辑中所涉及的主要输入信息,为正确加工这些信息以产生所需要的MRP输出,下面引进国际通用的七个关键变量,标准MRP报表即为此七栏式报表。

2. MRP处理逻辑的七个关键变量

1) 毛需求/总需求

MRP中由一个或多个直接上阶物料(父件)引发的依赖需求(相关需求)以及该物料本身可能另有的独立需求的总和称为该物料的毛需求/总需求(gross requirement, GR)。

2) 在途量

在途量是在未来某期期末将会取得的量,即一种未来的库存,在交货期期末视为可用量。

3) 预计在库量

预计在库量（projected on hand, POH）是指在某期还未考虑是否有计划订单收料补充的情况下，该期的期末预计在库量。MRP程序利用POH这个中间变量决定在某期是否有净需求。

4) 净需求

所拥有的库存数量不足以满足需求时，就会产生净需求（net requirement, NR）。更精确地说，在MRP逻辑中，若预计在库量小于安全库存，考虑良品率后的差额即为NR。

5) 计划订单收料

如果某物料某期有净需求，就需要通过生产或采购来补充。计划订单收料（planned order receipts, PORC）是指依据一定批量法则对净需求进行调整后在某期期末计划补充到位的物料数量。这个量在生产或采购订单发出前是PORC，发出后变为SR，收料后即转为OH。

6) 预计可用量

预计可用量（projected available balance, PAB）是指在预计某期期末PORC正常接收的情况下该期期末预计的在库量，即某期原有的POH加上该期可能的PORC之和。如果生产和采购供应都按照计划正常运作，该值才是某物料某期别预计的真正期末库存。

7) 计划订单发出

由于准备完成一个订单需要一定的时间（即某作业的前置时间），为按时补充某物料，需将该物料某期PORC向前推移一个提前期，从而得出该物料相应期别的计划订单发出（planned order releases, POR）。父件的POR会通过BOM展开为其所有子件的总需求（GR）。

此外，还有一个逾期量，既涉及MRP输入又涉及MRP运算，需重点说明。

3. 逾期量

MRP定期被执行，每次执行后即会产生新的物料需求文档，同时计划期间所涵盖的时段往后平移一期，例如上次MRP的计划期间涵盖1~12期，下次MRP涵盖的计划期间实际为2~13期，此即为“滚动式排产”（rolling scheduling）。执行MRP时，上一期未被冲销的数量会被“滚入”逾期的时段里，称为逾期量。有三个关键变量（GR、SR和POR）涉及逾期量问题。

1) GR的逾期量

GR的逾期量可以有两种来源。若来源于独立需求部分，则属于操作层的反馈信息，应直接输入。此种情况表示生产效率差，客户需求无法被满足。因为当客户订单出货时，该订单会从客户订单文件中剔除或注明为已出货；若交期已过而仍然有顾客

订单需要满足，则该数量就会进入毛需求的逾期时段。如果来源于相关需求部分，则属于逻辑运算的第一步，应由父件POR计算得出子件逾期GR。如某物料某一直接父件在其MRP计算结果中POR（逾期）出现正值，则该POR（逾期）引发此子件物料的相关需求通过MRP逻辑第一步的运算大多也将进入GR（逾期）。

2) SR的逾期量

由于SR都属于输入信息，其逾期量也不例外。SR的逾期量表示供应商供货延迟或车间生产延迟，管理者必须加紧督促。MRP处理时假定该逾期量能在当期（第1期）补足，若确定不能在当期补足，则应依实际情况修改订单的未来交期。

3) POR的逾期量

POR的计算属于MRP逻辑运算最后一步，其逾期量也不例外，只是计算式有所不同。这种情况表示MRP建议采购或制造的发单日期已过，可用时间少于预定的前置时间，管理者若不迅速发单、紧急采购或加班赶工，订单交期大多注定要延误。

4. 最低阶码

为确定计算先后顺序，系统将自动根据BOM计算各物料的最低阶码（low level code, LLC）。一个最终产品的组成结构中，最顶层或最上阶材料的最低阶码定为0，其下各个零部件依序定为1，2，…，N阶。一个材料可能出现在一个最终产品的不同阶次或多个产品的多个阶次中，系统是以该材料在所有产品结构中出现的最低的阶次码定为其最低阶码，并以此决定其在MRP系统中运算的先后次序。

例5.1 产品A由B、C和D制成，B由E与F制成，C由D与H制成，D由E制成，则A、B、C、D、E、F、H最低阶码依次为0、1、1、2、3、2、2，如图5.7所示。

例5.2 产品A由B、C和D制成，B由E与F制成。产品K由E、C和D制成，则A、B、C、D、E、F、K的最低阶码依次为0、1、1、1、2、2、0，如图5.8所示。

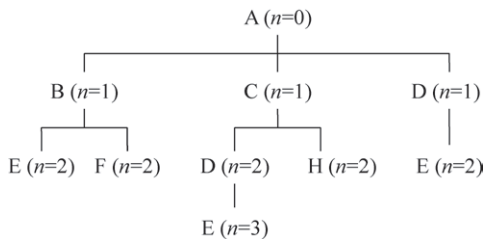


图5.7 单一产品LLC案例

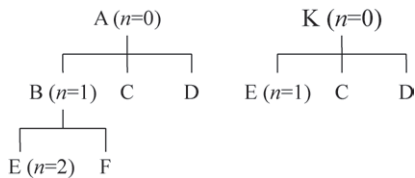


图5.8 多个产品LLC案例

5.2.2 MRP 逻辑

1. MRP基本工作逻辑流程

MRP基本工作逻辑流程如图5.9所示。



视频讲解

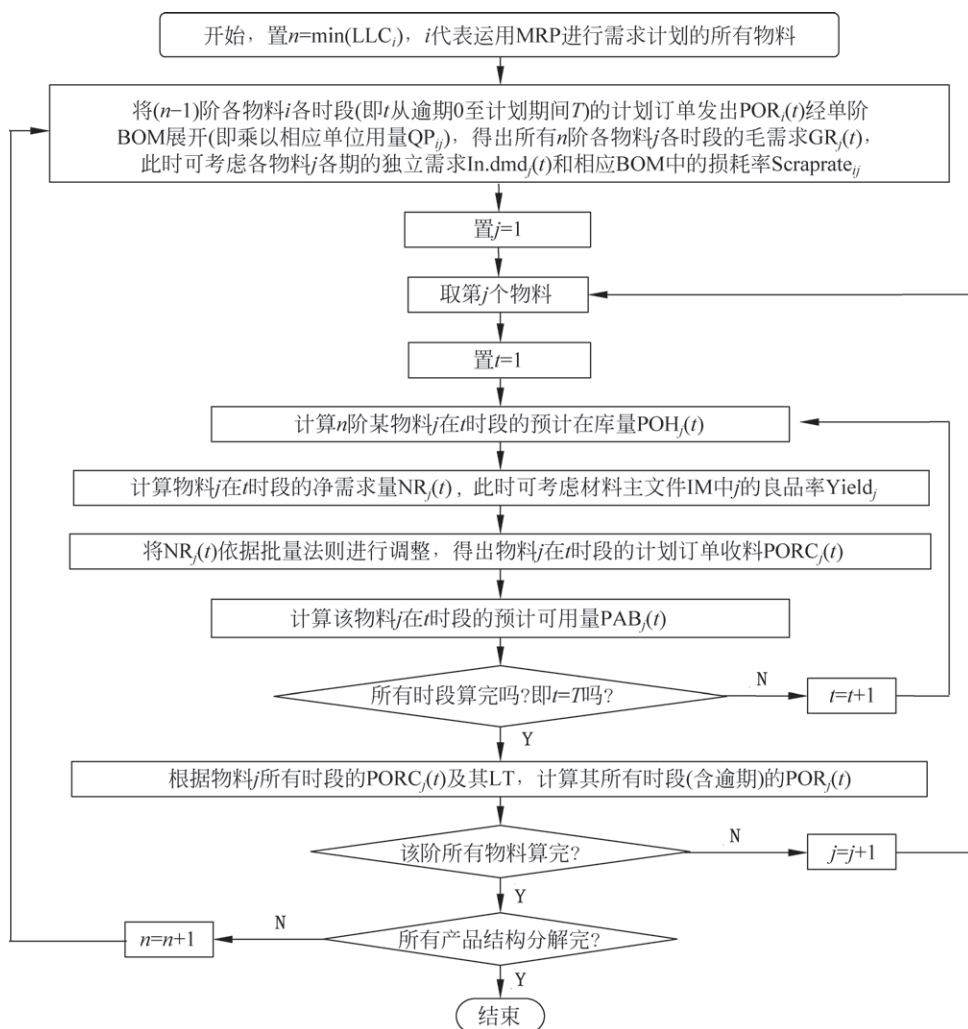


图5.9 MRP基本工作逻辑流程

2. MRP基本运算逻辑

针对上述MRP基本工作逻辑流程, 以下是相应基本运算逻辑, 即各步骤的详细计算公式。计算过程中超出计划期间(简称为 T)的数值都无须考虑。

1) GR的运算逻辑

$$GR_j(t) = \begin{cases} \sum_{i=1}^m \frac{POR_i(0) \times QP_{ij}}{1 - Scraprate_{ij}} + In.dmd_j(0) & t=0 \\ \sum_{i=1}^m \frac{POR_i(1) \times QP_{ij}}{1 - Scraprate_{ij}} + In.dmd_j(1) + GR_j(0) & t=1 \\ \sum_{i=1}^m \frac{POR_i(t) \times QP_{ij}}{1 - Scraprate_{ij}} + In.dmd_j(t) & 2 \leq t \leq T \end{cases} \quad (5.1)$$

式中：GR_j(*t*)——子件*j*在*t*时段的毛需求；

m——子件*j*的所有直接单阶父件*i*的总个数；

POR_i(*t*)——父件*i*在*t*时段的计划订单发出；

QP_{ij}——子件*j*组成父件*i*时的单位用量；

Scraprate_{ij}——子件*j*组成*i*时的损耗率；

In.dmd_j(*t*)——物料*j*在*t*时段的独立需求。

注：若独立需求的客户订单交货日已过仍未完全满足，则欠交量记录为 In.dmd_j(0)。

2) SR的来源

SR_j(*t*)为物料*j*在*t*时段的在途量，其数据由系统记录档案直接给出。对应*t*=0的逾期量SR_j(0)是“应到未到量”，即制令单或订购单不良执行情况的反馈结果；而对应*t*≥1的SR_j(*t*)则为排定在未来*t*时段将会取得的“已订未交量”。

3) POH的运算逻辑

$$\text{POH}_j(t) = \begin{cases} \text{OH}_j + \text{SR}_j(1) + \text{SR}_j(0) - \text{AL}_j - \text{GR}_j(1) & t=1 \\ \text{PAB}_j(t-1) + \text{SR}_j(t) - \text{GR}_j(t) & 2 \leq t \leq T \end{cases} \quad (5.2)$$

式中：POH_j(*t*)——物料*j*在*t*时段的预计在库量；

OH_j——物料*j*的当前在库量；

AL_j——物料*j*当前的保留量；

PAB_j(*t*)——物料*j*在*t*时段的预计可用量。

4) NR的运算逻辑

$$\text{NR}_j(t) = \text{IF} \left\{ \text{POH}_j(t) \geq \text{SS}_j, 0, \frac{\text{SS}_j - \text{POH}_j(t)}{\text{Yield}_j} \right\} \quad 1 \leq t \leq T \quad (5.3)$$

式中：NR_j(*t*)——物料*j*在*t*时段的净需求；

SS_j——物料*j*的安全库存；

Yield_j——物料*j*的良品率。

5) PORC的运算逻辑

$$\text{PORC}_j(t) = F(\text{NR}_j(t), \text{LSR}) \quad 1 \leq t \leq T \quad (5.4)$$

式中：PORC_j(*t*)——物料*j*在*t*时段的计划订单收料；

LSR——批量法则（lot size rule）的集合；

F（NR_j(*t*), LSR）——由NR_j(*t*)和LSR决定的函数（具体形式主要取决于LSR）。

对最小订购量法，即一旦有净需求，订购量最少应为某基准量LS。

$$\text{PORC}_j(t) = \text{IF}(\text{NR}_j(t) > 0, \text{MAX}\{\text{NR}_j(t), \text{LS}_j\}, 0) \quad 1 \leq t \leq T \quad (5.5)$$

对定量批量法，即一旦有净需求，订购量始终为某基准量LS的整数倍。

$$\text{PORC}_j(t) = \text{IF}(\text{NR}_j(t) > 0, \text{CEILING}(\text{NR}_j(t), \text{LS}_j), 0) \quad 1 \leq t \leq T \quad (5.6)$$

式中：CEILING(x, y)——向上取整函数，即将 x 向上舍入为最接近的基数 y 的倍数。

6) PAB的运算逻辑

$$\text{PAB}_j(t) = \text{POH}_j(t) + \text{PORC}_j(t) \quad 1 \leq t \leq T \quad (5.7)$$

式中：PAB_{*j*}(t)——物料 j 在 t 时段的预计可用量。

7) POR的运算逻辑

$$\text{POR}_j(t) = \begin{cases} \sum_{k=1}^{\text{LT}_j} \text{PORC}_j(k) & t=0 \\ \text{PORC}_j(t + \text{LT}_j) & 1 \leq t \leq T - \text{LT}_j \\ 0 & T - \text{LT}_j < t \leq T \end{cases} \quad (5.8)$$

式中：POR_{*j*}(t)——物料 j 在 t 时段的计划订单发出；

LT_{*j*}——物料 j 的提前期。



视频讲解

5.2.3 MRP 基本逻辑模型的 Excel 仿真案例分析

1. 假设条件

本案例中，工厂日历的时段长度与前置时间的单位相同，都设为周。计划期间至少涵盖MPS物料X和Y所需的制造和采购的累计提前期，假设X和Y自身的提前期都为一周，则由后面材料主文件和材料表资料可得最大累计提前期的计算结果为6周，这里取计划期间 T 为9周。

2. 已知条件

已知条件参见表5.1～表5.6。

表5.1 主生产计划MPS物料X和Y的POR数据（节选自MPS报表）

时段	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X	0	200	0	100	0	200	0	100	0	200
Y	0	200	150	100	100	100	100	100	100	100

表5.2 MRP物料自有的独立需求（含逾期）

时段	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
B	20	20	0	10	10	0	10	10	0	10
C	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10

表5.3 材料主文件中各MRP物料的基本属性

件号	前置时间	安全库存	批量法则LSR	批量大小	良品率
A	2周	10	最小订购量法	500	100%
B	1周	10	最小订购量法	300	95%
C	2周	20	定量批量法	600	90%
D	1周	20	定量批量法	500	100%
E	2周	30	定量批量法	500	100%

表5.4 材料表BOM中的基本属性

父件件号	子件件号	序号	单位用量 QP_{ij}	损耗率 $Scraprate_{ij}$
X	A	10	1	3%
	B	20	2	5%
Y	A	10	2	5%
	C	20	2	6%
B	C	10	1	3%
	D	20	1	0%
C	E	10	0.5	10%

表5.5 在途量SR信息（含逾期）

时段	0	1	2	3~9
A	0	500	0	0
B	100	300	0	0
C	0	600	0	0
D	0	500	0	0
E	0	500	0	0

表5.6 在库量OH和保留量AL信息

	在库量OH	保留量AL
A	300	200
B	250	200
C	300	0
D	400	300
E	300	0

3. 计算

（1）LLC的计算。根据BOM，系统将自动计算每一件号的最低阶码，通常MPS物料的最低阶码定为0，故X和Y的LLC为0，而MRP物料A、B、C、D、E的最低阶码LLC分别对应为1、1、2、2、3。由此可知，对于运用MRP进行需求计划的物料，初始的 $n=\text{MIN}(\text{LLC}_i)=1$ 。

(2) 案例MRP基本工作逻辑流程的解析。对照MRP基本工作逻辑流程,其计算步骤解析如下:①首先计算第一阶MRP物料A和B全部期别的毛需求。②随机选取A或B,此处假设选A,按照 $POH(t) \rightarrow NR(t) \rightarrow PORC(t) \rightarrow PAB(t)$ 的顺序依次计算第1~9期数据。③一次性计算A所有期别的POR数据。至此A计算完毕。④选取B,同样按照 $POH(t) \rightarrow NR(t) \rightarrow PORC(t) \rightarrow PAB(t)$ 的顺序依次计算第1~9期数据。⑤一次性计算B所有期别的POR数据。至此第一阶MRP物料的计算全部结束。⑥开始下阶(此时为第二阶)MRP物料的MRP计算,并以此类推直至所有MRP物料计算完毕。

(3) 模拟结果。此案例MRP基本逻辑的Excel模拟结果如图5.10所示。

(4) 案例MRP基本运算逻辑的Excel模拟公式解析。此处主要以MRP物料A的计算为例讲解MRP基本运算逻辑的Excel模拟公式输入,读者可参照这些公式自己上机模拟。注意,逻辑相同的公式可通过复制公式功能来简化公式的输入量,其中,绝对引用有\$符号,相对引用没有\$符号。

特别需要注意的是,本书的大多案例都是先在Excel电子表格中进行模拟计算,然后将结果直接复制至书中。由于在固定宽度表格中,Excel正负值、小数位显示差异及四舍五入显示等原因,可能导致书稿显示结果与手工计算结果稍有差异,这些完全是正常合理的,不要误以为是计算失误。

① $B13=B2 \times \$B7/(1-\$B8)+B3 \times \$D7/(1-\$D8)+B12$ 。

② $C13=C2 \times \$B7/(1-\$B8)+C3 \times \$D7/(1-\$D8)+C12+B13$ 。

③ $D13=D2 \times \$B7/(1-\$B8)+D3 \times \$D7/(1-\$D8)+D12$ 。

④ E13~K13复制D13公式,即鼠标位于D13右下角变成实心十字形时往右拖。

⑤ $B24=B2 \times \$C7/(1-\$C8)+B23$; $C24=C2 \times \$C7/(1-\$C8)+C23+B24$ 。

⑥ $D24=D2 \times \$C7/(1-\$C8)+D23$; E24~K24可复制D24公式。

⑦ $C15=C10+C14+B14-E10-C13$; $C17=IF(C15 \geq \$G10, 0, (\$G10-C15)/\$I10)$ 。

⑧ $C18=IF(C17>0, MAX(C17, \$K10), 0)$; $C16=C15+C18$ 。

⑨ $D15=C16+D14-D13$; $D17=IF(D15 \geq \$G10, 0, (\$G10-D15)/\$I10)$ 。

⑩ $D18=IF(D17>0, MAX(D17, \$K10), 0)$; $D16=D15+D18$ 。

⑪ E15~K18矩阵分行地轮流复制第二期相应栏目的对应公式;或者一次性选中D15~K15单元格并当鼠标变成实心的十字形时往右拖,以便复制第二期所有公式。

⑫ $B19=C18+D18$; $C19=E18$; D19~I19复制C19公式。

⑬ $J19=K19=0$;若表格K列后所有列都没有数据,也可以直接将C19公式复制给D19~K19,这样J19和K19将导入默认无数据的L18和M18,结果同样是0。

在上述物料A的MRP计算全部完成后,可类似完成物料B的MRP计算。在第一阶的物料算完后,可从第二阶所有子件的毛需求开始重复上述步骤,需注意批量法则所致

C13 =C2*\$B7/(1-\$B8)+C3*\$D7/(1-\$D8)+C12+B13										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
时段	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
产品X的POR	0	200	0	100	0	200	0	100	0	200
产品Y的POR	0	200	150	100	100	100	100	100	100	100
父件件号	X	X	Y	Y	B	B	C			
子件件号	A	B	A	C	C	D	E			
单位用量	1	2	2	2	1	1	0.5			
损耗率	0.03	0.05	0.05	0.06	0.03	0	0.1			
A(LT=2)	OH=	300	AL=	200	SS=	10	Yield=	100%	LS=	500
Periods	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
In. Dmd.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR	0	627.24	315.79	313.62	210.53	416.71	210.53	313.62	210.53	416.71
SR	0	500	0	0	0	0	0	0	0	0
POH		-27.24	156.97	-156.6	132.83	-283.9	5.5887	191.97	-18.56	64.731
PAB		472.76	156.97	343.35	132.83	216.12	505.59	191.97	481.44	64.731
NR		37.238	0	166.65	0	293.88	4.4113	0	28.557	0
PORC		500	0	500	0	500	500	0	500	0
POR	500	500	0	500	500	0	500	0	0	0
C26 =C21+C25+B25-E21-C24										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
B(LT=1)	OH=	250	AL=	200	SS=	10	Yield=	95%	LS=	300
Periods	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
In. Dmd.	20	20	0	10	10	0	10	10	0	10
GR	20	461.05	0	220.53	10	421.05	10	220.53	0	431.05
SR	100	300	0	0	0	0	0	0	0	0
POH		-11.05	288.95	68.421	58.421	-362.6	19.612	-200.9	99.086	-332
PAB		288.95	288.95	68.421	58.421	29.612	19.612	99.086	99.086	27.998
NR		22.161	0	0	0	392.24	0	222.01	0	359.97
PORC		300	0	0	0	392.24	0	300	0	359.97
POR	300	0	0	0	392.24	0	300	0	359.97	0
C39 =IF(C37>=\$G32,0,(\$G32-C37)/\$I32)										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
C(LT=2)	OH=	300	AL=	0	SS=	20	Yield=	90%	LS=	600
Periods	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
In. Dmd.	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10
GR	309.28	744.81	319.15	222.77	617.14	222.77	522.04	222.77	583.86	222.77
SR	0	600	0	0	0	0	0	0	0	0
POH		155.19	-164	213.27	-403.9	-26.63	51.324	-171.4	-155.3	221.93
PAB		155.19	436.04	213.27	196.13	573.37	51.324	428.56	444.69	221.93
NR		0	204.4	0	470.96	51.813	0	212.71	194.78	0
PORC		0	600	0	600	600	0	600	600	0
POR	600	0	600	600	0	600	600	0	0	0
C51 =IF(C50>0,CEILING(C50,\$K43),0)										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
D(LT=1)	OH=	400	AL=	300	SS=	20	Yield=	100%	LS=	500
Periods	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
In. Dmd.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR	300	300	0	0	392.24	0	300	0	359.97	0
SR	0	500	0	0	0	0	0	0	0	0
POH		300	300	300	-92.24	407.76	107.76	107.76	-252.2	247.79
PAB		300	300	300	407.76	407.76	107.76	107.76	247.79	247.79
NR		0	0	0	112.24	0	0	0	272.21	0
PORC		0	0	0	500	0	0	0	500	0
POR	0	0	0	500	0	0	0	500	0	0
B63 =C62+D62										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
E(LT=2)	OH=	300	AL=	0	SS=	30	Yield=	100%	LS=	500
Periods	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
In. Dmd.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR	333.33	333.33	333.33	333.33	0	333.33	333.33	0	0	0
SR	0	500	0	0	0	0	0	0	0	0
POH		466.67	133.33	-200	300	-33.33	133.33	133.33	133.33	133.33
PAB		466.67	133.33	300	300	466.67	133.33	133.33	133.33	133.33
NR		0	0	230	0	63.333	0	0	0	0
PORC		0	0	500	0	500	0	0	0	0
POR	0	500	0	500	0	0	0	0	0	0

图5.10 MRP基本逻辑的Excel模拟结果

PORC变化和提前期所致POR变化。如物料C因采用定量批量法,故单元格C40的PORC公式为 $C40=IF(C39>0, CEILING(C39, \$K32), 0)$;又如B物料LT为1,故 $B30=C29$ 。



视频讲解

5.3 MPS 及其运算逻辑

5.3.1 MPS 概述

1. 分期间订购点法

MPS是在考虑生产规划、预测、待交订单、关键材料、关键产能以及管理目标和政策的基础上,决定完成品(或模块/部件)的生产排产及可答应量的程序,应用的是分期间订购点法。

分期间订购点法(time phased order point, TPOP)是一种处理独立需求性质产品库存补充的方法,它将未来时间分割成等分时段,并依各期具体需求来规划补充订单。与同样是处理独立需求的再订购点法(Re-Order Point, ROP)相比,TPOP更为优越。原因有三点。①TPOP将时间分割成许多时段,可考虑未来各期别的需求数量,并针对需求计划组织适当的生产补充订单,而ROP则只能考虑平均需求量;②类似于MRP的TPOP可根据未来需求的变化重作计划,可确保计划跟踪变化,而ROP无法滚动编制计划以及时应对需求变化;③有些材料同时有独立需求和相关需求,TPOP可将这两种需求结合在一起处理,而ROP只适合处理独立需求。

此外,还需区分TPOP与MRP。事实上,TPOP逻辑与MRP逻辑绝大部分是类似的,但两者的主要区别是TPOP主要处理独立需求,而MRP主要处理相关需求。TPOP处理的各物料的GR来自该物料自身的预测与订单,属独立需求来源;而MRP处理的各物料的GR来自高阶父件POR的BOM展开,属相关需求来源。与MRP有时能在GR中处理自身独立需求一样,TPOP有时也能在GR中处理相关需求。但不能因为这个就将TPOP与MRP混为一谈。能处理相关需求的TPOP属于多阶MPS计划范畴。

既然MPS应用的是TPOP程序,那么MPS是如何从产品自身的预测与订单中得出GR值的呢?这涉及以下MPS相关时间概念。

2. MPS相关时间概念

产品从计划、采购、投入到产出需要经历一个时间段,即存在提前期。而对计划的下达和修改会受到这个时间的约束,并且随着时间的推移,各个时间点对计划的影响力各有不同,因此,闭环式MRP系统引入时区与时界概念。

(1) 时区。时区是一段包含的时间跨度。一般将整个计划期间分为以下三个时区:①时区1是产品总装加工提前期的时间跨度,即指从产品投入加工开始到产品装配加工完工的时间跨度;②时区2是产品的累计提前期内超过时区1之外的时间跨度,其

中累计提前期为采购提前期与加工提前期之和，所以时区2对应采购提前期；③ 时区3是整个计划期间 T 内超过时区2之外的时间跨度。

(2) 时栅或时界。时栅或时界对应一时刻点。一般整个计划期间有需求时栅与计划时栅。需求时栅(demand time fence, DTF)是介于当前日期与计划时栅间的一个时刻点，通常设于时区1与时区2的交界点或其附近。在DTF之前包含确认的客户订单，除非经仔细分析和上级核准，MPS计划才能更改。计划时栅(planning time fence, PTF)又称计划确认时界(firm PTF, FPTF)，是介于DTF和计划末时刻间的一个时刻点，常设于时区2与时区3的交界点或附近。在DTF至PTF间包含实际及预测的订单，在PTF之后只取订单预测。以上几个变量关系如图5.11所示。

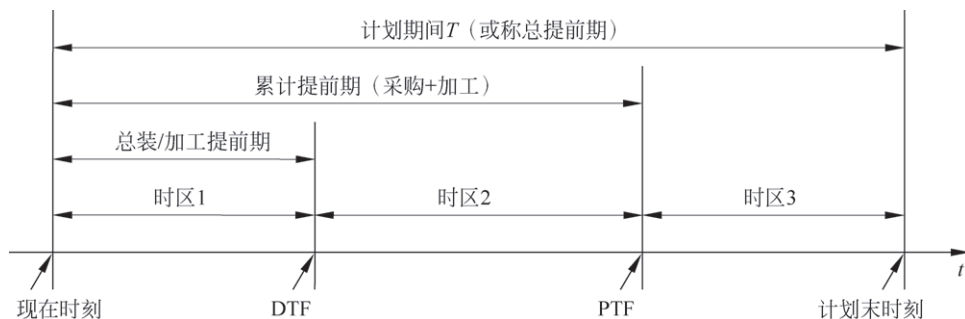


图5.11 时区与时界关系

在现在时刻，MPS计划员一般不再接受交货日期在DTF之前的客户订单，因为时间太紧迫，交货日期减当前日期所得剩余加工时间小于正常生产所需时间。然而，计划员一般可接受交货日期在DTF之后的订单，因为此时的时间还比较充裕，剩余加工时间大于正常生产所需时间，若原料还有库存或进行采购，可安排计划生产去满足订单。实际业务中，为避免过早预付订单采购资金，大部分客户不会过早提交订单。所以，某次计划时，计划员对DTF之后各期别的预测通常比已接收的订单总量更能准确反映DTF之后各期别的真实需求。当然，也可能因为需求高涨导致在计划时交货日期在DTF至PTF之间的订单总量已经超过原有预测。所以，对DTF至PTF之间各期别，GR取预测与实际订单总量的较大值。而对PTF之后各期别，即使需求高涨，一般也不太可能在计划时订单总量就已超过预测。即使超过预测，也可在后续计划中，等其期别移入DTF至PTF之间时再取订单总量这一较大值。所以，对PTF之后的各期别，GR只取预测。以上分析可总结为：①在MPS系统中DTF之前各期别的GR只取已确定客户订单总量，因为现在已无法按时完成要求DTF之前交货的新接订单（除非有可答应量）；②DTF至PTF之间各期别GR取预测与实际订单总量的较大值，若预测超过订单总量则表示可能尚有订单未到，若订单总量超过预测则表示预测偏低，可以按时完成订单总

量;③PTF之后各期别GR只取预测,因为订单总量不太可能超过预测。

除现在时刻角度外,计划员还可考察随着时间推移客户订单对预测的影响。此时,时间推移过程也是实际客户订单逐渐取代或冲销预测数量的过程。

3. 可答应量

可答应量(available to promise, ATP)是企业库存及计划生产量中未被承诺的部分,通常显示在MPS报表中,以支持业务员让他们能合理地向顾客承诺订单的数量和交期。它仅出现在第一期以及所有“有MPS的期别”。“有MPS的期别”指某期至少出现一个大于0的在途量,固定计划订单(Firm Planned Order, FPO)状态的计划订单收料或计划订单收料的期别。MPS的计算如式(5.9)所示。ATP的初始计算如式(5.10)所示,相关已承诺量的计算如式(5.11)所示。注意,实际MPS报表中MPS的含义依软件设计思路不同可能有所不同,计划员需关注所用软件中MPS到底由SR、FPO之PORC和PORC如何组合而成。

$$MPS(t)=SR(t)+FPO\text{之}PORC(t)+PORC(t) \quad 1 \leq t \leq T \quad (5.9)$$

$$ATP(t)=\begin{cases} OH+SR(0)+MPS(1)-\text{逾期、第1期和其后续连续无MPS各期的总承诺} & t=1 \\ IF(MPS(t)>0, MPS(t)-\text{当期和其后续连续无MPS各期总承诺, 空}) & 2 \leq t \leq T \end{cases} \quad (5.10)$$

$$\text{已承诺量}(t)=\begin{cases} \text{客户订单}(0)+\text{调出}(0)+\text{上阶计划订单展开量}(0) & t=0 \\ \text{客户订单}(1)+\text{调出}(1)+\text{上阶计划订单展开量}(1)+AL & t=1 \\ \text{客户订单}(t)+\text{调出}(t)+\text{上阶计划订单展开量}(t) & 2 \leq t \leq T \end{cases} \quad (5.11)$$

注意,已承诺量中的上阶计划订单展开量或AL是针对非最终完成品但仍是MPS项目的物料/组件/模块(属于双阶或多阶MPS计划范畴)。另外,以上只是ATP的初始计算公式,其后还有负数调整问题。若第一期之后某期ATP(t)(t≥2)计算为负,通常扣前面最近期ATP(t-n)(n>0)直到该期ATP(t)上升为0,即通常用前面的“已有”去满足后面的“已承诺”。若前面一个ATP(t-n)不够扣,再往前扣ATP(t-m)(m>n);以此类推。若扣到第一期ATP(1)还不够,则第一期的ATP(1)保留为负,此时其他涉及“扣”调整的ATP(t)必定为0;而这种情况表明业务员已超量承诺订单,但也可能是主计划员计划不当。

5.3.2 MPS/ATP 案例

假设有两个MPS物料X和Y,其独立需求的来源是客户的订货及销售预测。需求时栅DTF是第4期末,计划时栅PFT是第10期末。首先运用DTF/PTF确定GR,再运用TPOP程序计算POH、NR、PORC、PAB和POR数据(其算法与MRP逻辑中的相应算法相同),最后运用公式(5.9)、公式(5.10)计算MPS与ATP(见表5.7)。

在上述案例中,已承诺量仅为客户订单。对X: ATP(1)=55+0+0-0-19-20-15=1;



视频讲解

$ATP(4)=40-25-12=3$; $ATP(6)=40-18=22$; $ATP(7)=40-14-16=10$; $ATP(9)=40-20=20$;
 $ATP(10)=40-20-15=5$; $ATP(12)=40-15=25$ 。读者可参照公式自行计算Y的ATP。由此可见, ATP出现在第1期和那些排有MPS的期间, 而ATP的数量表示销售人员还可答应客户的从这次到下次排有MPS期别之间的订单总量。在计算PORC时, 必须使PAB高于安全库存SS。但在计算ATP时并不考虑SS, 任何库存都可答应销售给客户。

若现在突然接到客户订单采购30个X且在第7期交货。因交货处于DTF与PTF之间, 可以接受订单, 故将第7期毛需求增至44, 新的MPS结果如表5.8所示。注意, 表5.7中X第8期无MPS而第9期有MPS; 但在表5.8中, 因第7期订单增至44个, 导致第8期生成MPS并取消原第9期MPS。初始ATP计算过程如下: $ATP(1)=55+0+0-19-20-15=1$; $ATP(4)=40-25-12=3$; $ATP(6)=40-18=22$; $ATP(7)=40-44=-4$; $ATP(8)=40-16-20=4$; $ATP(10)=40-20-15=5$; $ATP(12)=40-15=25$ 。因为ATP(7)出现负数需要往前调整, 所以ATP(7)上升为0, 而ATP(6)减少4个变成18 (=22-4), 如此形成表5.8中调整后的ATP最终结果。

表5.7 MPS物料X和Y的MPS与ATP

时段	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X(LT=1)	OH=	55	SS=	0	LSR=	FOQ	LS=	40	DTF=	4	PTF=	10	
预测	0	18	21	17	17	15	15	29	28	25	25	20	20
客户订单	0	19	20	15	25	12	18	14	16	20	20	15	15
GR	0	19	20	15	25	15	18	29	28	25	25	20	20
SR	0	0											
POH		36	16	1	-24	1	-17	-6	6	-19	-4	16	-4
PAB		36	16	1	16	1	23	34	6	21	36	16	36
NR		0	0	0	24	0	17	6	0	19	4	0	4
PORC		0	0	0	40	0	40	40	0	40	40	0	40
POR	0	0	0	40	0	40	40	0	40	40	0	40	0
MPS		0	0	0	40	0	40	40	0	40	40	0	40
ATP		1			3		22	10		20	5		25
Y(LT=1)	OH=	10	SS=	5	LSR=	FOQ	LS=	20	DTF=	4	PTF=	10	
预测	0	20	20	20	20	15	15	15	15	20	25	15	30
客户订单	0	30	20	20	15	11	8	0	20	5	5	20	0

续表

时段	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
GR	0	30	20	20	15	15	15	15	20	20	25	15	30
SR	0	0											
POH		-20	-15	-15	-10	-5	0	5	-15	-15	-20	-10	-20
PAB		5	5	5	10	15	20	5	5	5	5	10	5
NR		25	20	20	15	10	5	0	20	20	25	15	25
PORC		25	20	20	20	20	20	0	20	20	25	20	25
POR	25	20	20	20	20	20	0	20	20	25	20	25	0
MPS		25	20	20	20	20	20	0	20	20	25	20	25
ATP		5	0	0	5	9	12		0	15	20	0	25

表5.8 MPS物料X的ATP经负数调整后的MPS报表

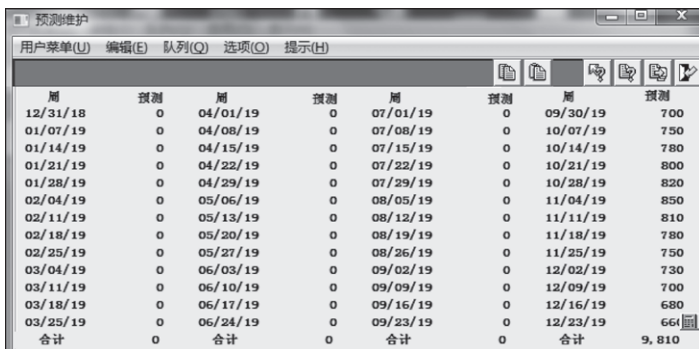
时段	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X(LT=1)	OH=	55	SS=	0	LSR=	FOQ	LS=	40	DTF=	4	PTF=	10	
预测	0	18	21	17	17	15	15	29	28	25	25	20	20
客户订单	0	19	20	15	25	12	18	44	16	20	20	15	15
GR	0	19	20	15	25	15	18	44	28	25	25	20	20
SR	0	0											
POH		36	16	1	-24	1	-17	-21	-9	6	-19	1	-19
PAB		36	16	1	16	1	23	19	31	6	21	1	21
NR		0	0	0	24	0	17	21	9	0	19	0	19
PORC		0	0	0	40	0	40	40	40	0	40	0	40
POR	0	0	0	40	0	40	40	40	0	40	0	40	0
MPS		0	0	0	40	0	40	40	40	0	40	0	40
ATP		1			3		18	0	4		5		25

以上ATP的负数调整由人工完成，而实际ERP软件可以自动实现负数的调整。

5.3.3 MPS/ATP 软件案例解析

图5.12～图5.16是MPS/ATP软件案例解析。其中，用QAD公司ERP软件的该案例

与前文所述MPS和ATP基本原理稍有不同：QAD的ERP软件中“预测”指发货预测，虽然订单会冲销发货预测，但未被冲销的发货预测通过“预测消耗重计算”功能计算出的“净预测”始终纳入毛需求GR，无论何时区（见图5.14和图5.15）。另外应注意，①这两张图中时段为“周”，一周内订单会合并；②“主日程”对应MPS数据；③“可供货量”对应ATP数据；④“生产预测”指相关需求所致的“上阶计划订单展开量”，这对应多阶MPS计划。



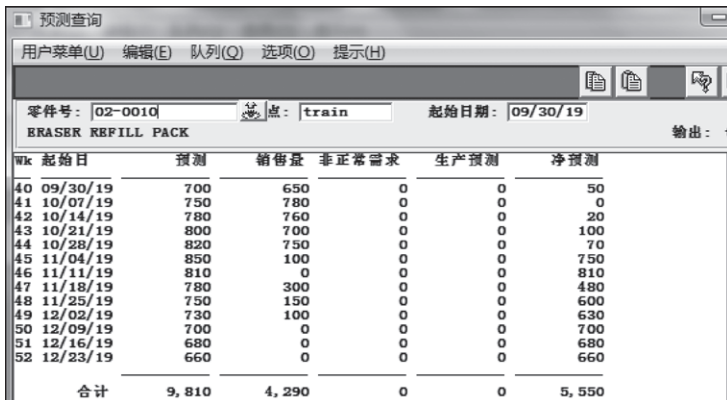
周	预测	周	预测	周	预测	周	预测
12/31/18	0	04/01/19	0	07/01/19	0	09/30/19	700
01/07/19	0	04/08/19	0	07/08/19	0	10/07/19	750
01/14/19	0	04/15/19	0	07/15/19	0	10/14/19	780
01/21/19	0	04/22/19	0	07/22/19	0	10/21/19	800
01/28/19	0	04/29/19	0	07/29/19	0	10/28/19	820
02/04/19	0	05/06/19	0	08/05/19	0	11/04/19	850
02/11/19	0	05/13/19	0	08/12/19	0	11/11/19	810
02/18/19	0	05/20/19	0	08/19/19	0	11/18/19	780
02/25/19	0	05/27/19	0	08/26/19	0	11/25/19	750
03/04/19	0	06/03/19	0	09/02/19	0	12/02/19	730
03/11/19	0	06/10/19	0	09/09/19	0	12/09/19	700
03/18/19	0	06/17/19	0	09/16/19	0	12/16/19	680
03/25/19	0	06/24/19	0	09/23/19	0	12/23/19	660
合计	0	合计	0	合计	0	合计	9,810

图5.12 QAD公司ERP软件中MPS物料02-0010的预测维护示例



订单	销往	序	订货量	短缺量	UM	到期日	地点
S0010037	1001000	1	600.0	600.0	EA	10/02/19	train
S0010038	10010003	1	50.0	50.0	EA	10/04/19	train
S0010039	10010004	1	500.0	500.0	EA	10/07/19	train
S0010040	10010001	1	280.0	280.0	EA	10/09/19	train
S0010041	1012000	1	760.0	760.0	EA	10/15/19	train
S0010042	1003000	1	700.0	700.0	EA	10/23/19	train
S0010043	1012000	1	500.0	500.0	EA	10/30/19	train
S0010044	10010004	1	250.0	250.0	EA	10/31/19	train
S0010045	10010004	1	100.0	100.0	EA	11/06/19	train
S0010046	1003000	1	300.0	300.0	EA	11/18/19	train
S0010047	1001000	1	150.0	150.0	EA	11/26/19	train
S0010048	01000000	1	100.0	100.0	EA	12/03/19	train

图5.13 QAD公司ERP软件中MPS物料02-0010的订单查询结果



Wk	起始日	预测	销售量	非正常需求	生产预测	净预测
40	09/30/19	700	650	0	0	50
41	10/07/19	750	780	0	0	0
42	10/14/19	780	760	0	0	20
43	10/21/19	800	700	0	0	100
44	10/28/19	820	750	0	0	70
45	11/04/19	850	100	0	0	750
46	11/11/19	810	0	0	0	810
47	11/18/19	780	300	0	0	480
48	11/25/19	750	150	0	0	600
49	12/02/19	730	100	0	0	630
50	12/09/19	700	0	0	0	700
51	12/16/19	680	0	0	0	680
52	12/23/19	660	0	0	0	660
合计		9,810	4,290	0	0	5,550

图5.14 QAD公司ERP软件中“预测消耗重计算”后的预测查询结果

主生产日程汇总表												
零件号: 02-0010			BRASER REFILL PACK			需要MRP: N			地点: train			
库存量: 2,100.0			制造提前期: 3			计划订单: Y			采/制: M			
订购提前期: 0			订购提前期: 0			订货款: 0						
订货款原则: POQ			安全库存量: 100			合格率: 100.00%			最小订量: 100			
订货款周期: 7			安全期: 0			时界: 0			最大订量: 0			
过去			09/28/19			10/05/19			10/12/19			
生产预测			0			0			0			
预测			0			50			20			
客户订单			0			650			760			
需求总量			0			0			0			
主日程			0			0			360			
预计库存量			2100			1400			620			
可供货量			270			0			0			
过去			11/09/19			11/16/19			11/23/19			
生产预测			0			0			0			
预测			990			810			480			
客户订单			3740			0			300			
需求总量			0			0			0			
主日程			3540			0			780			
预计库存量			910			100			100			
可供货量			1900			0			480			

图5.15 QAD公司ERP软件中MPS物料02-0010的MPS和ATP结果

主生产日程明细查询												
零件号: 02-0010			BRASER REFILL PACK			库存量: 2,100.0			地点: train			
采购员/计划员:			订购提前期: POQ			最小订量: 100			采/制: M			
主生产计划: Y			订货款周期: 7			最大订量: 0			制造提前期: 3			
需要 MRP: N			时界: 0			订单倍数: 0			采购提前期: 0			
计划订单: Y			安全期: 0			订货款: 0			检验提前期: 0			
发放原则: Y			安全库存量: 100			合格率: 100.00%			检验: N			
到期日			总需求			主生产排程			预计库存量			
09/30/19			50			2,100			计划订货款			
10/02/19			600			2,050			详述			
10/04/19			50			1,450			开始有效			
10/07/19			500			1,400			客户订: S0010037 项: 1			
10/09/19			280			900			客户订: S0010038 项: 1			
10/14/19			20			620			客户订: S0010039 项: 1			
10/15/19			760			600			客户订: S0010040 项: 1			
10/15/19						-160			客户订: S0010041 项: 1			
10/21/19			100			100			工单: 09160005 标志: 494			
10/23/19			700			-600			下达日期 10/10/19			
10/23/19						170			客户订: S0010042 项: 1			
10/28/19			70			100			工单: 09160006 标志: 495			
10/30/19			500			-400			下达日期 10/18/19			
到期日			总需求			主生产排程			预计库存量			
10/30/19						1,100			计划订货款			
10/31/19			250			850			详述			
11/04/19			750			100			工单: 09160007 标志: 496			
11/06/19			100			0			下达日期 10/25/19			
11/06/19						910			客户订: S0010044 项: 1			
11/11/19			810			100			预测			
11/18/19			480			-380			客户订: S0010045 项: 1			
11/18/19			300			-680			工单: 09160008 标志: 497			
11/18/19						100			下达日期 11/01/19			
11/25/19			600			-500			预测			
11/25/19						250			客户订: S0010046 项: 1			
11/26/19			150			100			工单: 09160009 标志: 498			
到期日			总需求			主生产排程			预计库存量			
12/02/19			630			-530			计划订货款			
12/02/19						200			详述			
12/03/19			100			100			工单: 09160011 标志: 500			
12/09/19			700			-600			下达日期 11/27/19			
12/09/19						100			客户订: S0010048 项: 1			
12/16/19			680			-580			预测			
12/16/19						100			工单: 09160012 标志: 501			
12/23/19			660			-560			下达日期 12/04/19			
12/23/19						100			预测			
12/23/19						660			工单: 09160013 标志: 502			
列表完毕									下达日期 12/11/19			
									工单: 09160014 标志: 503			
									下达日期 12/18/19			

图5.16 物料02-0010在“主生产日程明细查询”中的结果

图5.15中第一排的ATP数据分析如下： $ATP(7)=910-100=810$ ； $ATP(6)=1500-750=750$ ； $ATP(5)=770-700=70$ ； $ATP(4)=360-760=-400$ ； $ATP(1)=2100-650-$

780=670；第4期ATP经负数调整后变为0，而调整后的ATP(1)=670-400=270。注意，该软件中即使某期MPS为0，也显示其ATP结果为0（肯定为0或计算出负数后调整为0）。

在QAD之ERP软件的材料主文件IM中，有一个“时界”属性与需求时栅DTF类似，需阐明其使用方法。首先，在“净预测”始终纳入毛需求GR情况下，可以保证在需求时栅DTF与计划时栅PTF之间始终取得订单或预测的最大值，并在通常远期订单少于远期预测（即有“净预测”）的情况下保证在计划时栅PTF之后仅取预测。其次，如果全由ERP系统自动掌控MPS，需将IM中MPS物料的“主生产计划”属性设为“Y”，“计划订单”属性设为“Y”，“订货原则”设为任何非空属性且不设“时界”值，MRP程序将自动更新其MPS。再次，如果全由计划员掌控MPS（即手工维护每张MPS加工单），需将IM中MPS物料的“主生产计划”属性设为“Y”，“计划订单”属性设为“N”，“订货原则”设为任何非空属性且未设“时界”值，MRP程序将只自动给出MPS物料的行动信息。最后，如果是计算机辅助计划员运作MPS，需将IM中MPS物料的“主生产计划”属性设为“Y”，“计划订单”属性设为“Y”，“订货原则”设为任何非空属性且设置“时界”非零值（至少等于该MPS物料的累计提前期），此时MRP程序运算后只自动准确更新时界之后的MPS结果（见图5.17），并对时界范围内本应需要的PORC/POR给出相关的“行动报告”建议（见图5.18）。由图5.18可知，图5.17中PORC(10/28)=360本应调整至PORC(10/15)=360，而PORC(10/28)=770本应调整至PORC(10/23)，相应两批POR也要提前。因此，在计算机辅助计划员运作MPS情况下需要以下步骤：①对MPS物料运行“选择式MRP”；②根据“行动报告”手工调整MPS；③若有必要可以再次对MPS物料运行“选择式MRP”；④对相关的MRP物料运行“选择式MRP”。在以上第②步中，可通过手工调整“时界”内的预测数量来消减“时界”内实际已无必要的“净预测”，并通过“预测消耗重计算”确认“时界”内“净预测”删除，实现需求时栅DTF之前只取订单的MPS原理。

物料需求计划明细查询				
零件号: 02-0010 库存量: 2,100.0 地点: train				
ERASER REFILL PACK UM: EA 采/制: M				
采购员/计划员:	订货原则: POQ	最小订量: 100	制造提前期: 3	
主生产计划: Y	订货周期: 7	最大订量: 0	采购提前期: 0	
需要 MRP: N	时界: 40	订单倍数: 0	检验提前期: 0	
计划订单: Y	安全期: 0	订货量: 0	检验: N	
发放原则: Y	安全库存量: 100	合格率: 100.00%	累计提前期: 7	
到期日	总需求量	计划收货量	预计库存量	计划订变量
09/30/19	50		2,100	开始有效
10/02/19	600		2,050	预测
10/04/19	50		1,450	S/O: S0010037 序号: 1
10/07/19	500		1,400	S/O: S0010038 序号: 1
10/09/19	280		900	S/O: S0010039 序号: 1
10/14/19	20		620	S/O: S0010040 序号: 1
10/15/19	760		600	预测
10/21/19	100		-160	S/O: S0010041 序号: 1
10/23/19	700		-260	预测
10/28/19	70		-960	S/O: S0010042 序号: 1
10/28/19			-1,030	预测
10/28/19			-670	360 W/O: 09160005 ID: 483
10/28/19			100	770 W/O: 09160006 ID: 484
10/30/19	500		-400	下达日期 10/23/19
10/30/19			1,100	S/O: S0010043 序号: 1
				1,500 W/O: 09160007 ID: 485
				下达日期 10/25/19

图5.17 设置“时界”后MPS物料02-0010在MRP明细查询中的部分结果

执行信息检查/更新			
零件号: 02-0010		地点: train	采购员/计划员:
ERASER REFILL PACK			
日期	执行信息详述	订单号	数量
10/15/19	时界冲突 - 计划加工单	09160005	360.0
	到期日: 10/28/19	项目/ID: 483	
10/23/19	时界冲突 - 计划加工单	09160006	770.0
	到期日: 10/28/19	项目/ID: 484	

图5.18 MPS物料02-0010在“时界”内应采取的“行动报告”信息



视频讲解

5.3.4 ATP 算法解析

为自动实现ATP初始计算后可能出现由后往前的调整，其流程如图5.19所示。为实现“无MPS期别”的顾客订单由前期MPS处理，设定 $mpsprd(t)$ 标志区分该期有无MPS；设定 $acco(t)$ 累积后期连续“无MPS期别”的订单；设定 $insuf(t)$ 体现需要往前减的ATP负值。设置这些中间变量后，就可通过公式（5.12）～公式（5.15）实现ATP计算及负数的自动调整，其中 $ABS(x)$ 是绝对值函数。

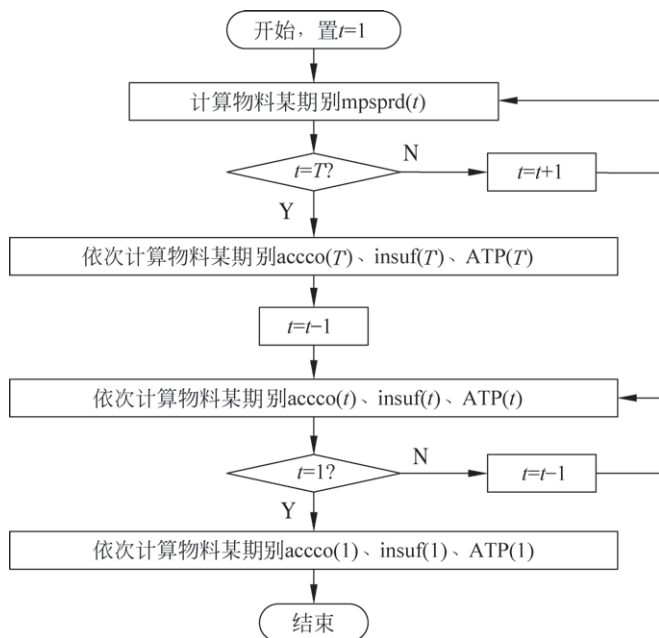


图5.19 ATP算法流程

$$mpsprd(t) = \text{IF}(\text{MPS}(t)=0, 0, 1) \quad 1 \leq t \leq T \quad (5.12)$$

$$acco(t) = \begin{cases} CO(0) + CO(1) + accco(2) \times \text{ABS}(mpsprd(2)-1) + \text{insuf}(2) & t=1 \\ CO(t) + accco(t+1) \times \text{ABS}(mpsprd(t+1)-1) + \text{insuf}(t+1) & 2 \leq t \leq T-1 \\ CO(T) & t=T \end{cases} \quad (5.13)$$

$$\text{insuf}(t)=\begin{cases} \text{IF}(\text{mpsprd}(1)=0, 0, \max(\text{accoco}(1)-\text{MPS}(0)-\text{MPS}(1)-\text{OH}, 0)) & t=1 \\ \text{IF}(\text{mpsprd}(t)=0, 0, \max(\text{accoco}(t)-\text{MPS}(t), 0)) & 2 \leq t \leq T \end{cases} \quad (5.14)$$

$$\text{ATP}(t)=\begin{cases} \text{OH}+\text{MPS}(0)+\text{MPS}(1)-\text{accoco}(1) & t=1 \\ \text{IF}(\text{mpsprd}(t)=0, "", \text{IF}(\text{insuf}(t)=0, \text{MPS}(t)-\text{accoco}(t), 0)) & 2 \leq t \leq T \end{cases} \quad (5.15)$$

注：双引号中间空一格是Excel里面单元格最后置空效果的标准写法。

以下通过表5.9所示的简单案例讲解ATP计算与负数调整的自动实现。案例中只需列出顾客订单（customer order, CO）与MPS作为已知条件。读者参照表5.9中下标括号内代表计算顺序的数字就可很好理解以上算法流程与相应公式。

表5.9 ATP算法解析案例（下标括号内数字代表计算顺序）

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CO	0	19	20	15	25	12	18	44	16	20	20	15	15
MPS	0	0	0	0	40	0	40	40	40	0	40	0	40
mpsprd		0 ₍₁₎	0 ₍₂₎	0 ₍₃₎	1 ₍₄₎	0 ₍₅₎	1 ₍₆₎	1 ₍₇₎	1 ₍₈₎	0 ₍₉₎	1 ₍₁₀₎	0 ₍₁₁₎	1 ₍₁₂₎
accoco		54 ₍₄₆₎	35 ₍₄₃₎	15 ₍₄₀₎	37 ₍₃₇₎	12 ₍₃₄₎	22 ₍₃₁₎	44 ₍₂₈₎	36 ₍₂₅₎	20 ₍₂₂₎	35 ₍₁₉₎	15 ₍₁₆₎	15 ₍₁₃₎
insuf		0 ₍₄₇₎	0 ₍₄₄₎	0 ₍₄₁₎	0 ₍₃₈₎	0 ₍₃₅₎	0 ₍₃₂₎	4 ₍₂₉₎	0 ₍₂₆₎	0 ₍₂₃₎	0 ₍₂₀₎	0 ₍₁₇₎	0 ₍₁₄₎
ATP		1 ₍₄₈₎	(45)	(42)	3 ₍₃₉₎	(36)	18 ₍₃₃₎	0 ₍₃₀₎	4 ₍₂₇₎	(24)	5 ₍₂₁₎	(18)	25 ₍₁₅₎

5.4 能力需求管理

5.4.1 能力需求管理概述

能力需求管理主要是将各级生产计划转换为相应的能力需求计划，然后估计可用能力并确定应采取措施以协调能力需求即负荷（load）和可用能力（capacity）之间的关系。负荷与能力经常被混淆。负荷是一个工作中心在某特定时段所完成或计划要完成的工作量；能力则是一个工作中心在某个特定时段可处理的工作量。能力描述一个资源生产某产品的能力；而负荷则指出要完成某个已下达或已计划的订单所需的资源量。一个工作中心在某个特定时段的总负荷为这段时间内需要完成的所有已下达及已计划订单所需的总工时。

图5.20是负荷与能力关系示意图。其中，槽内的水量是在制品（work-in-process, WIP）库存量，水的输入速率是负荷，而水的最大输出速率则是能力。水槽的输出速率，即能力，通常可以调整，以使得即使负荷有所浮动，在制品库存仍然能够保持稳定。



视频讲解

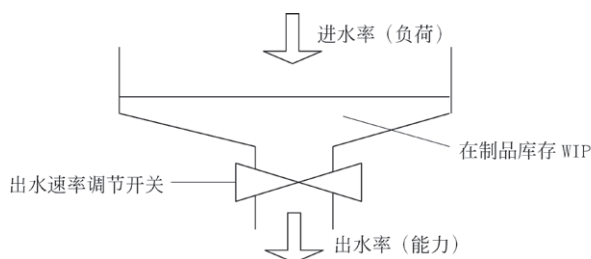


图5.20 负荷与能力关系示意图

1. 工作中心

工作中心（work center, WC）是各种生产能力单元的统称，属于计划与控制范畴，而不属于固定资产或设备管理范畴，如图5.21所示。

图5.21 “工作中心维护”示例

设置工作中心是一项细致的工作，要充分考虑设置的原则使其能起到以下四方面的作用：①作为平衡负荷与能力的基本单元，是运行和分析能力计划的计算对象；②作为车间作业分配任务和编制详细作业进度的基本单元；③作为车间作业计划完成情况的数据采集点，也可作为准时制生产（just in time, JIT）反冲的控制点；④作为计算加工成本的基本单元。

2. 工作中心有关能力与负荷相关数据的概念与计算

工作中心的基本数据有工作中心代码、名称及所属车间部门代码。而其能力数据则是能力需求计划的基础。工作中心文件记录了各种定额能力数据，如单台额定标准输出（如200零件/小时）或其倒数单件额定工时（如0.05小时/单件）；还有可用机器数、每日班次、每班操作人员数、每班小时数、工作中心利用率、工作中心效率等。另外，车间日历文件中记录了每周工作天数。

1) 利用率

利用率是指机器实际开动时间与计划工作时间之比，是一个统计平均值，通常小于100%，参见公式（5.16）。

$$\text{利用率} = (\text{实际工作小时数} / \text{计划工作小时数}) \times 100\% \quad (5.16)$$

2) 效率

效率说明实际消耗台时/工时与标准台时/工时的差异，可大于100%。其计算公式有两种形式，分别参见公式（5.17）和公式（5.18）。

$$\text{效率} = (\text{单件产品的额定加工时间} / \text{单件产品的实际加工时间}) \times 100\% \quad (5.17)$$

$$\text{效率} = (\text{单位时间内的实际生产量} / \text{单位时间内的额定生产量}) \times 100\% \quad (5.18)$$

3) 工作中心的额定能力

工作中心的额定能力含设备额定能力和人员额定能力两类，分别参见公式（5.19）和公式（5.20）。对一个工作中心来说，其额定能力取哪一种取决于约束能力的是设备还是人员。

$$\text{WC的设备（额定）能力} = \text{设备数量} \times \text{设备工作时间} \times \text{设备利用率} \times \text{效率} \quad (5.19)$$

$$\text{WC的人员（额定）能力} = \text{人员数量} \times \text{人员工作时间} \times \text{人员利用率} \times \text{效率} \quad (5.20)$$

4) 工作中心的负荷

负荷是指设备或人员为完成生产计划所需要的工作量，分别参见公式（5.21）和公式（5.22）。

$$\text{计划所需人员负荷} = \text{计划产量} \times \text{单位产品额定工时} \quad (5.21)$$

$$\text{计划所需设备负荷} = \text{计划产量} \times \text{单位产品额定台时} \quad (5.22)$$

5) 负荷率

负荷率是指生产负荷与生产能力的比率，其计算结果可大于100%，参见公式（5.23）。

$$\text{负荷率} = (\text{负荷} / \text{能力}) \times 100\% \quad (5.23)$$

3. 工艺流程

工艺流程/途程表（routing）是对制造某特定物料的方法的详细描述，包含需要执行的作业顺序、作业名称、使用的工作中心、每个工作中心所需的机器、机器或工作中心准备作业时间（setup time）与加工时间（run time）的标准值、人力配置和每次加工的产出量等，参见图5.22。注意，QAD公司该版本的ERP软件中未设计“每回合输出量属性”，图5.22中的“平行加工件数”是考虑前后工序可能有重叠而应用“平行顺序移动法”所致的平行加工件数。

4. 资源清单/资源表与资源负荷表

资源清单/资源表（bill of resource, BOR）是制造一单位某产品或产品族所需关键资源的能力列表。继续考虑资源需求之冲销时间因素的可称为产品负荷表。人力表（bill of labor, BOL）也是一种资源表，其资源就是人力。工作中心文件类似于材料主文件；资源表、产品负荷表和人力表类似于材料表。QAD公司ERP软件中后三类表统

一维护在“零件资源清单维护”或“产品类资源清单维护”中，参见图5.23。

工艺流程维护

用户菜单(U) 编辑(E) 队列(Q) 选项(O) 提示(H)

工艺流程代码: 02-0009 工序: 10 起始日期: 结束日期:

标准工序: 1012 工作中心: 1020 BLISTER PACK

设备:

摘要: BLISTER PACK

每道工序占用设备: 1 划分阶段的工序: N

平行加工件数: 10 转包提前期: 0

排队时间: 1.0 准备人数: 1.00

等待时间: 0.0 操作人数: 1.00

准备时间: 1.0 工具代码:

运行时间: 0.005 供应商:

转移时间: 0.0 库存位: 0.00

起始日期: 转包成本: 0.00

结束日期: 说明: N

合格率: 100.00%

图5.22 QAD公司ERP软件中“工艺流程维护”示例

零件资源清单维护

零件号: 02-0009 pen blister packed

地点: train

资源: 1000 ASSEMBLY/PACK MANPOWE

起始日期: 01/01/17

结束日期: / /

单位产品资源用量: 2.3

提前期(天): 1

提前期余量(天): 0

零件号: 02-0009 pen blister packed

地点: train

资源: 3000 MOLDING MACHINES

起始日期: 01/01/17

结束日期: / /

单位产品资源用量: 1.5

提前期(天): 1

提前期余量(天): 1

图5.23 QAD公司ERP软件中“零件资源清单维护”示例

资源负荷表记录一个特定时段内某材料的计划生产量对某资源造成的负荷，常用于预测材料计划变动对关键资源负荷及总体排产的影响。资源表说明制造一单位的某材料所需的资源负荷；资源负荷表说明某材料某些计划生产量在相应期别的资源负荷需求（见图5.24）。

5. 负荷与能力的平衡

优先次序定义了工作在时序上的相对重要性，即工作完成的先后顺序。在MRP报表中的POR、PORC和SR是优先次序计划。MPS是完成品的SR和PORC的综合，因此也是优先次序计划。优先次序计划决定何时需要何种资源、数量多少，即决定对资源的负荷。只有当能力大于负荷时，优先次序计划才可行。对应生产规划（PP），有资源

工作中心	设备	地点	起始日	结束日	D/W/M/P	周期/列
1020	train		09/29/19		W	1
摘要: BLISTER PACK 部门: 20 排队时间: 1.0 等待时间: 0.0 操作人数: 1.000 设备/中心: 1.000 设备/工序: 1						
	过去	09/29/19	10/06/19	10/13/19	10/20/19	10/27/19
	09/28/19	10/05/19	10/12/19	10/19/19	10/26/19	11/02/19
						11/03/19
工作日	9	5	5	5	5	5
生产能力	72	40	40	40	40	40
负荷量	18	0	0	3	5	9
能力负荷差异	54	40	40	37	35	34
总计	54	94	134	171	206	272

图5.24 QAD公司ERP软件中“工作中心负荷量汇总查询”示例

需求规划（resource requirement planning, RRP）；对应主生产计划（MPS），有粗能力需求计划（rough cut capacity planning, RCCP）；对应物料需求计划（MRP），有能力需求计划（capacity requirement planning, CRP）。

5.4.2 RCCP 及其运算逻辑

RCCP从主生产计划换算出对关键资源的需求，以便检查可用资源是否足以供应MPS。此关键资源可以是关键工作中心的人力或设备工时、关键原材料或零部件。对关键资源的需求需要与计划能力或验证能力相平衡，使MPS合乎实际。RCCP程序类似于RRP；但RRP考查产品族而RCCP考查产品，并且有时RCCP会考虑冲销时间因素。编制RCCP有三种方法：资源表法、产品负荷表法和总体能力法。

1. 单个产品RCCP案例

1) 案例已知条件

已知产品A的产品结构如图5.25所示，相关BOM如表5.10所示。其中，H、I、G、D是外购件，不在能力计算范围内（若外购件因受市场供应能力或供应商生产能力限制而成为关键资源时，需在RCCP中考虑）。产品A的工艺路线资料如表5.11所示，所需各物料的标准批量数据节选自材料主文件，如表5.12所示，而产品A的MPS数据如表5.13所示。

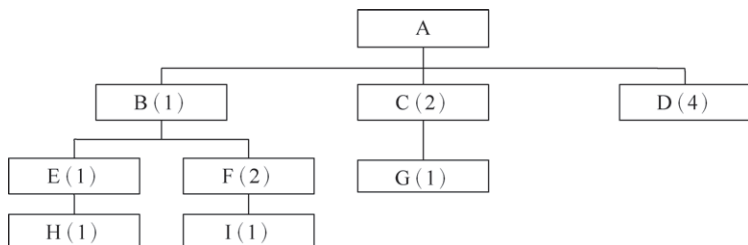


图5.25 产品A的产品结构



视频讲解

表5.10 产品A的相关BOM

父 件	A			B		C	E	F
子件	B	C	D	E	F	G	H	I
QP	1	2	4	1	2	1	1	1

表5.11 产品A的相关工艺路线资料（含A的子件）

件 号	作业编号	工作中心	准备时间	加工时间	人力	每回合输出量
A	10	WC5	0.2	0.1	1	1
B	20	WC4	0.4	0.1	1	1
C	30（先）	WC2	0.6	0.2	1	1
C	40（后）	WC3	0.6	0.1	1	1
E	50（先）	WC1	0.8	0.1	1	1
E	60（后）	WC2	0.8	0.2	1	1
F	70	WC1	1.0	0.1	1	1

表5.12 各物料的标准批量（节选自材料主文件）

物 料	A	B	C	E	F
标准批量	20	40	60	80	100

表5.13 产品A的MPS数据

期 别	0	1	2	3	4	5
A的MPS	0	20	20	30	30	40

在讲解三种求解RCCP方法之前，都需要先求解各作业的单位总时间，即在某工作中心的某个作业处理一个单位物料的标准总工时。它其实是物料单件准备时间与单件加工时间之和。因为工艺路线中的准备作业时间是针对整个加工批量，并且加工时间是针对每回合输出量，所以单位总时间的计算式如公式（5.24）所示。

$$\text{单位总时间} = \text{准备作业时间} / \text{标准批量} + \text{加工时间} / \text{每回合输出量} \quad (5.24)$$

根据表5.11和表5.12的数据，并利用公式（5.24）计算各作业单位总时间（见表5.14）。

2）资源表法（能力清单法）的案例求解

BOR是描述制造一单位特定产品或产品族所需的关键资源列表，其父件是指产品或与产品紧密关联的工艺流程代码，子件是指作为关键资源的工作中心，而单位用量

表5.14 各作业的单位总时间

件 号	A	B	C	C	E	E	F
作业号	10	20	30(先)	40(后)	50(先)	60(后)	70
工作中心	WC5	WC4	WC2	WC3	WC1	WC2	WC1
单位总时间	$T_{A-WC5}=0.11$	$T_{B-WC4}=0.11$	$T_{C-WC2}=0.21$	$T_{C-WC3}=0.11$	$T_{E-WC1}=0.11$	$T_{E-WC2}=0.21$	$T_{F-WC1}=0.11$

是指生产一单位产品占用该工作中心的总工时，此处以TP（time-per）表示。用BOR进行粗能力需求计划的方法称为资源表法，有时也称能力清单法。

BOR由BOM和各作业单位总时间计算得出。表5.11中，生产A过程中有E的头道作业50和F的作业70需要占用工作中心WC1，则生产单个A需占用WC1的总工时 $TP_{A-WC1}=QP_{AB} \times QP_{BE} \times T_{E-WC1}+QP_{AB} \times QP_{BF} \times T_{F-WC1}=1 \times 1 \times 0.11+1 \times 2 \times 0.11=0.33$ 。读者可对照表5.15中BOR的汇总结果试算其他数据。将表5.15资源表数据乘以表5.13的MPS数据，就可得到表5.16所示的粗能力需求（即负荷），如 $0.33 \times 20=6.6$ 。

表5.15 产品A的资源表BOR

父件（即产品）	A				
子件（此处即工作中心）	WC1	WC2	WC3	WC4	WC5
单位用量TP（单位: 工时）	0.33	0.63	0.22	0.11	0.11

表5.16 由资源表法计算的粗能力需求（负荷）

工作中心	逾期	第1期	第2期	第3期	第4期	第5期	总计
WC1	0	6.6	6.6	9.9	9.9	13.2	46.2
WC2	0	12.6	12.6	18.9	18.9	25.2	88.2
WC3	0	4.4	4.4	6.6	6.6	8.8	30.8
WC4	0	2.2	2.2	3.3	3.3	4.4	15.4
WC5	0	2.2	2.2	3.3	3.3	4.4	15.4
总计	0	28	28	42	42	56	196

3）产品负荷表法（分时间周期的能力清单法）的案例求解

上述资源表法没有反映制造提前期，故不能很好地体现能力需求的时间属性。而产品负荷表法则在考虑物料制造提前期基础上（即进一步考虑资源需求的冲销时间因素）形成能力需求计划，故又称为分时间周期的能力清单法。其中，冲销时间最早出现在BOM中，代表一个子件在父件开始生产之前或之后需要准备到位，若子件是提前

需要到位的，则冲销时间（offset time，OT）取负值；若子件是可以推迟到位的，则OT取正值。OT本质代表一种错位的时间关系，这种时间错位关系不局限于父体物料与子体物料之间的需求衔接关系。

此处，假设物料A、B、F的LT值为1期，C和E的LT值为2期，可以绘制冲销时间坐标轴上的工序横道图，如图5.26所示。

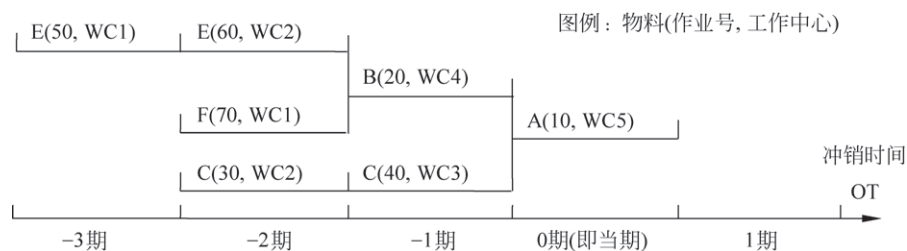


图5.26 产品A在冲销时间坐标轴上的工序横道图

特别注意，在冲销时间坐标轴上的工序横道图中，A的生产作业所对应的OT等于0。分析如下：假设在产品A的MPS中第3期有一个计划生产量50，由于前文曾指出“MRP系统的期别都是指该期的期末”，故此计划意味着第3期期末需要产出50个A；又因为产品A的提前期LT=1期，所以从第3期期初开始进行A的生产可以恰好在第3期末完工交货；这也就意味着恰恰是第3期占用生产A所需的资源，由此，占用生产A所需资源的期别与MPS中需安排生产的期别是一致的。故在冲销时间坐标轴上的工序横道图中，A的生产作业所对应的冲销时间OT应为0。然后，根据A的产品结构可以接着在冲销时间坐标轴上倒着往前画出其子件系列的作业，相应冲销时间取负值。

以下考虑冲销时间影响。对WC1，占用时间分别是提前3期的E的头道作业50和提前2期的F的作业70，所以对WC1的单位用量TP计算需区分不同冲销时间，即 $TP(A-WC1, OT=-3)=QP_{AB} \times QP_{BE} \times T_{E-WC1}=1 \times 1 \times 0.11=0.11$ 和 $TP(A-WC1, OT=-2)=QP_{AB} \times QP_{BF} \times T_{F-WC1}=1 \times 2 \times 0.11=0.22$ 。但对WC2，E的后道作业60和C的头道作业30占用时间相对A出产日期而言都是提前2期，所以对WC2的单位用量TP的计算可合并考虑纳入同一冲销时间段，相应 $TP(A-WC2, OT=-2)=QP_{AB} \times QP_{BE} \times T_{E-WC2}+QP_{AC} \times T_{C-WC2}=0.63$ 。汇总结果如表5.17所示。

表5.17 产品A的产品负荷表

父件（即产品）	A					
子件（此处即工作中心）	WC1	WC1	WC2	WC3	WC4	WC5
单位用量TP（单位：工时）	0.11	0.22	0.63	0.22	0.11	0.11
冲销时间	-3	-2	-2	-1	-1	0

同样，在求解粗能力需求（即负荷）时需考虑OT因素。此处以WC1负荷计算为例（与考虑OT的GR计算相似），如表5.18所示。负荷汇总结果如表5.19所示。

表5.18 对WC1的粗能力需求（即负荷）计算过程示意

	逾 期	第1期	第2期	第3期	第4期	第5期
A的MPS	0	20	20	30	30	40
TP(A-WC1, OT=-3)	$20 \times 0.11 + 20 \times 0.11 + 30 \times 0.11$	30×0.11	40×0.11			
TP(A-WC1, OT=-2)	$20 \times 0.22 + 20 \times 0.22$	30×0.22	30×0.22	40×0.22		
总计	16.5	9.9	11.0	8.8		

表5.19 由产品负荷表法计算的粗能力需求（负荷）

工作中心	逾期	第1期	第2期	第3期	第4期	第5期	总计
WC1	16.5	9.9	11.0	8.8			46.2
WC2	25.2	18.9	18.9	25.2			88.2
WC3	4.4	4.4	6.6	6.6	8.8		30.8
WC4	2.2	2.2	3.3	3.3	4.4		15.4
WC5		2.2	2.2	3.3	3.3	4.4	15.4
总计	48.3	37.6	42.0	47.2	16.5	4.4	196

4) 总体资源法

总体资源法是将所有关键资源视为总体资源。此例将WC1、WC2与WC3视为总体资源。另外还需补充一信息作为已知条件：由统计数据可知WC1、WC2及WC3的负荷占总负荷百分比分别为30%、60%与10%。通过将资源表中的单位用量对应各产品分别求和即得各产品对总体资源的资源表（见表5.20）。

表5.20 产品X和产品Y对总体资源的资源表

父件（即产品）	X	Y
子件（此处即工作中心）	总体资源	总体资源
单位用量TP（单位：工时）	$1.05 = 0.05 + 0.8 + 0.2$	$1.85 = 1.3 + 0.55 + 0$

利用表5.20、MPS（见表5.21）以及分配比例可计算总体资源法的粗能力需求，如表5.22所示。

表5.21 产品X和Y的主生产计划

期别	0	1	2	3	4	5	6	7	8
产品X	0	30	30	30	40	40	40	32	32
产品Y	0	20	20	20	15	15	15	25	25

表5.22 利用总体资源法计算的粗能力需求（负荷）

期别	0	1	2	3	4	5	6	7	8
WC1	0	20.55	20.55	20.55	20.925	20.925	20.925	23.955	23.955
WC2	0	41.10	41.10	41.10	41.850	41.850	41.850	47.910	47.910
WC3	0	6.85	6.85	6.85	6.975	6.975	6.975	7.985	7.985

5) 三种方法小结

事实上，无论利用资源表法还是利用产品负荷表法展开MPS计算各关键资源的负荷量，其计算过程都与MRP中GR的计算过程非常类似，正如两者文件结构都与BOM相似一样。两者计算粗能力需求的程序实际也只有一个，只是输入文件稍有差异。总体资源法与这两者的细微差别在于它还需补充各关键资源的负荷分配比率数据并依此数据进行负荷分配。总体上来说，依照总体资源法、资源表法以及产品负荷表法的顺序，粗能力需求计划的精确度越来越高。注意，以上对RCCP的讲解是将BOM结构全部展开以考虑所有工作中心的能力需求。而实际作业中RCCP只针对关键资源，如关键工作中心或关键材料，此时系统如何实现只对关键工作中心进行RCCP运作呢？接下来就讨论该问题。

2. 关键材料与关键作业

闭环式MRP系统首先会将材料表和工艺流程/途程表合并为材料途程表。其中，方形部分是材料表，圆形部分是途程表；方形中的符号是件号，圆形中的符号是作业代号；带斜线的方形代表关键材料，带斜线的圆形代表关键作业（即该作业设备是关键约束）；参见图5.27。

在图5.27中，P和Q是关键材料，1和10是关键作业，系统对MPS物料A做规划时，必须先找出关键材料表和关键途程表。除用户自行定义的关键材料外，途程表中包含关键作业的材料也自动纳入关键材料途程表中（D和G即是如此，参见图5.28）。系统将进一步分解关键材料途程表，以便得到关键材料表和关键途程表（见图5.29和图5.30）。

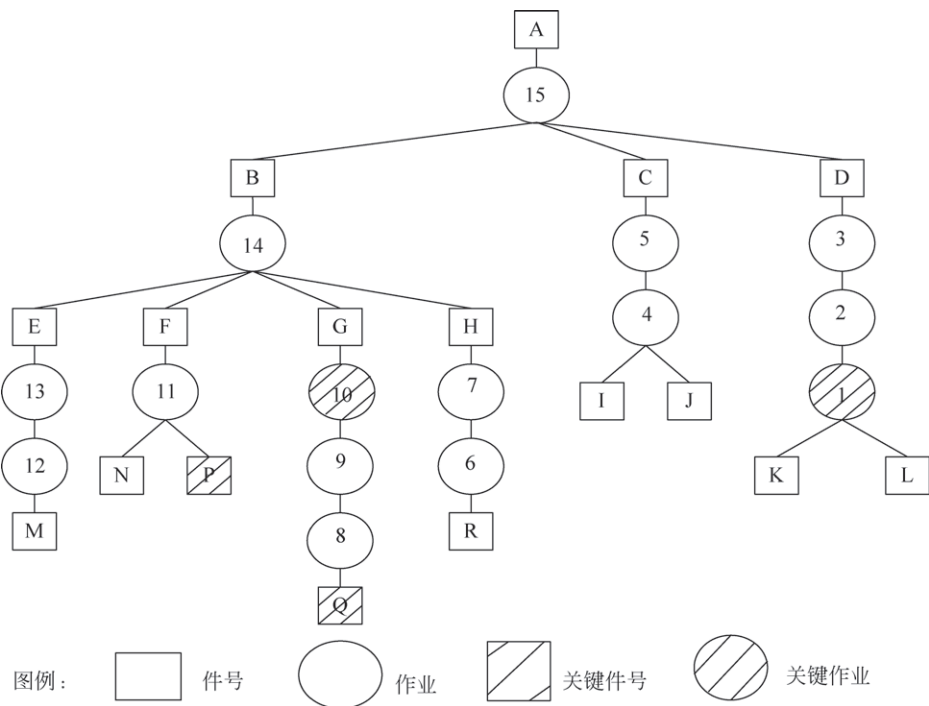


图5.27 材料途程表

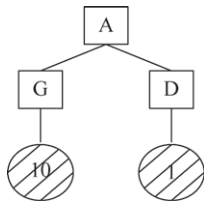
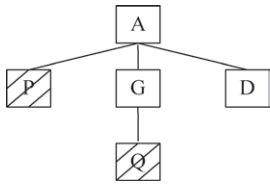
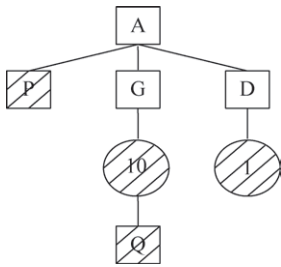


图5.28 关键材料途程表

图5.29 关键材料表

图5.30 关键途程表

注意，在绘制关键途程表相应的工序横道图时，需要将中间非关键物料相应LT值或非关键作业持续的时间进行冲销。例如，由A展开至关键作业10时，需将中间B的LT进行冲销；由A展开至关键作业1时，需将D的作业2和作业3的持续时间冲销。其原因很容易从图5.31中的转换得到领悟。

同理，对关键材料也需要考虑冲销时间因素。例如，对父件为A、子件直接为P的关键材料表，其冲销值应为中间物料B与F的LT之和；对父件为A、子件为G的关键材料表，其冲销值应为中间物料B的LT。此处对关键材料表中父件为A、子件为D的记录无须设置冲销时间值。上例中若父件为A、子件直接为Q，则其冲销值应为中间物料B与G

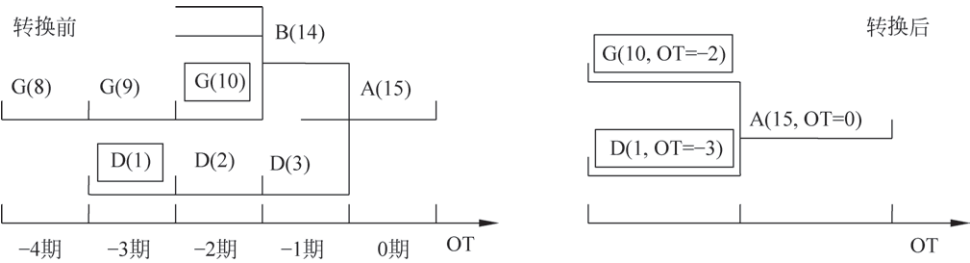


图5.31 完整材料途程表转换为关键途程表的工序横道图

的LT之和。

在得出关键材料表与关键途程表后，再运用前文介绍的三种方法运作RCCP。

3. RCCP的编制、调整与评估

RCCP通常是对生产中所需的关键资源进行需求计算和分析，基础是资源表或产品负荷表，编制的主要步骤如下：①定义关键资源；②在主生产计划中为每个产品族指定代表产品；③分析该产品BOM中零部件分别占用何种关键资源；④确定单位产品对关键资源的资源表或者产品负荷表；⑤确定每个关键资源的实际能力和最大能力；⑥依据资源表或者产品负荷表将MPS计划产量转换为所需总负荷；⑦负荷与能力不匹配时，进行适当调整。相关的调整方法如表5.23所示。RCCP调整后再评估MPS，若负荷与能力基本平衡则批准MPS；若仍不平衡，主计划员应进一步调整力求使其平衡，此时除调整能力外还可改变负荷（见表5.24）。

表5.23 RCCP能力调整方法

物 料 短 缺			劳 动 力 短 缺					设 备 短 缺					
增加采购	采用替代物料	减少总生产量	加班	雇用临时工人	外协或者分包	减少总生产量	重新将计划安排到有可用资源期别	购买新的设备	现有设备升级改造	外协或者分包	采用其他工艺	减少总生产量	重新将计划安排到有可用资源期别

表5.24 RCCP与MPS平衡调整措施

改变预计负荷量					改变能力供给				
订单拆零	拖延订单	终止订单	重新安排订单	改变产品组合	加急	申请加班	雇用临时工	外协或分包	改变生产工艺

5.4.3 CRP 及其运算逻辑

CRP也称细能力需求计划，是计算完成计划所需人力及设备的详细负荷的程序，



视频讲解

它输入MRP中自制品之计划订单收料PORC及在途量SR资料，利用工艺路线中的标准工时等资料，计算出每一个工作中心在每一期的工时需求。特别注意，SR是预计的某期期末完工数量，在未完工前可能对某些设备还有一些剩余能力需求，需要在相应期别中去满足。CRP的编制思路是按倒序排产方式，从订单交货日期开始，倒排工序计划，即考虑移动时间（是指加工完毕后的等待时间和从该工序到存放点或下一道工序的传送时间之和）、加工时间、准备时间和等待加工的排队时间来确定工艺路线上各工序的开工时间。

1. CRP的编制与调整

CRP的编制方法具体有两种：按LT（即依平均批量）分配能力需求计算CRP或依实际批量分配能力需求计算CRP。

CRP的编制步骤如下：①根据工艺路线和工作中心文件综合每道工序资料；②根据MRP计算每道工序在每个工作中心上的负荷；③确定每道工序的交货日期和开工日期；④依实际批量计算每个工作中心的负荷；⑤产生每个工作中心的负荷图或负荷报告。

CRP与MRP间的平衡属于微调，而微调能力与负荷的方法也是从略微增加能力以适应负荷或略微减少负荷以适应能力两方面入手的（参见表5.25）。

表5.25 CRP与MRP的平衡调整措施

减轻负荷方法			增加能力措施			
集批生产从而减少准备时间	取消、重排订单或者修改订单数据	并行作业，即将顺序移动改为平行移动或者平行顺序移动	安排加班或者分包	提高工中心的效率和利用率	增加工人或者提高技术水平	采用替代工艺，将超负荷工作中心上任务安排到能力富余的替代工作中心

2. CRP的软件案例解析

图5.32～图5.35是QAD公司ERP编制CRP的案例结果解析用图。图5.32和图5.33是工作中心1020上CRP求解的周汇总和日汇总负荷；图5.34是工作中心1020上由02-0010所致的CRP求解的详细负荷结果；图5.35是产品02-0010工艺路线中第一道标准工序1012信息。

结合图5.34中的“短缺量”代表的PORC计划量和图5.35中的“准备时间”和“运行时间”，可应用CRP（尤其一次批量准备时间对应多种加工数量的CRP计算思路）计算相应工作中心上的负荷。如负荷 $2.8=1+360\times0.005$ ；负荷 $4.9\approx1+770\times0.005=4.85$ ；负荷 $8.5=1+1500\times0.005$ ；负荷 $5.6\approx1+910\times0.005=5.55$ ；负荷 $4.9=1+780\times0.005$ ；负荷 $4.8\approx1+750\times0.005=4.75$ ；负荷 $4.7\approx1+730\times0.005=4.65$ ；负荷 $4.5=1+700\times0.005$ ；负荷 $4.4=1+680\times0.005$ 。注意，图5.32中的“负荷量”3、5、9、6、5、5、5、5、4等是

工作中心负荷量汇总表									
工作中心	设备	地点	起始日	结束日	D/W/M/P	星期/列			
1020		train	09/29/19		W		1		
摘要: BLISTER PACK							操作人数: 1.000		
部门: 20							设备/中心: 1.000		
排队时间: 1.0							等待时间: 0.0		
							设备/工序: 1		
过去									
	09/28/19	09/29/19	10/05/19	10/12/19	10/19/19	10/26/19	11/02/19	11/09/19	
工作日	7	5	5	5	5	5	5	5	
生产能力	56	40	40	40	40	40	40	40	
负荷量	35	0	0	3	5	9	6	34	
能力负荷差异	21	40	40	37	35	32	34	34	
总计	21	61	101	138	173	205	239	239	
过去									
	11/09/19	11/16/19	11/23/19	11/30/19	12/07/19	12/14/19	12/21/19	12/21/19	
工作日	37	5	5	5	5	5	5	5	
生产能力	296	40	40	40	40	40	40	40	
负荷量	57	0	5	5	5	5	4	36	
能力负荷差异	239	40	35	35	35	36	36	36	
总计	239	279	314	350	385	421	456	456	

图5.32 工作中心1020上CRP求解的周汇总负荷结果

工作中心负荷量汇总查询									
工作中心	设备	地点	起始日	结束日	D/W/M/P	星期/列			
1020		train	09/29/19		D		1		
摘要: BLISTER PACK					操作人数: 1.000				
部门: 20					设备/中心: 1.000				
排队时间: 1.0					等待时间: 0.0				
					设备/工序: 1				
过去									
	10/11/19	10/12/19	10/13/19	10/14/19	10/15/19	10/16/19			
	10/10/19	10/11/19	10/12/19	10/13/19	10/14/19	10/15/19	10/16/19		
工作日	16	1	0	0	1	1	1		
生产能力	128	8	0	0	8	8	8		
生产量	35	0	0	0	0	3	0		
能力负荷差异	93	8	0	0	8	5	8		
累计	93	101	101	101	109	114	122		
过去									
	10/23/19	10/24/19	10/25/19	10/26/19	10/27/19	10/28/19			
	10/22/19	10/23/19	10/24/19	10/25/19	10/26/19	10/27/19	10/28/19		
工作日	24	1	1	1	0	0	1		
生产能力	192	8	8	8	0	0	8		
生产量	38	5	0	0	0	0	0		
能力负荷差异	154	3	8	8	0	0	8		
累计	154	157	165	173	173	173	181		
过去									
	10/29/19	10/30/19	10/31/19	11/01/19	11/02/19	11/03/19			
	10/28/19	10/29/19	10/30/19	10/31/19	11/01/19	11/02/19	11/03/19		
工作日	28	1	1	1	1	0	0		
生产能力	224	8	8	8	8	0	0		
生产量	43	9	0	0	0	0	0		
能力负荷差异	181	-1	8	8	8	0	0		
累计	181	181	189	197	205	205	205		

图5.33 工作中心1020上CRP求解的日汇总负荷部分结果

工作中心负荷量明细查询

用户菜单(U) 编辑(E) 队列(Q) 选项(O) 提示(H)

工作中心
1020

设备
BLISTER PACK

工作中心: 1020
设备:
部门: 20

BLISTER PACK

设备/工序: 1
设备/中心: 1.000

排队时间: 1.0
等待时间: 0.0
操作人数: 1.000

加工单	标志	状态	工序	状态	起始日	负荷时间	短缺量
09160005 02-0010	494	P	10		10/15/19	2.8	360
09160006 02-0010	495	P	10		10/23/19	4.9	770
09160007 02-0010	496	P	10		10/29/19	8.5	1,500
09160008 02-0010	497	P	10		11/06/19	5.6	910
09160009 02-0010	498	P	10		11/18/19	4.9	780

加工单	标志	状态	工序	状态	起始日	负荷时间	短缺量
09160010 02-0010	499	P	10		11/25/19	4.8	750
09160011 02-0010	500	P	10		12/02/19	4.7	730
09160012 02-0010	501	P	10		12/09/19	4.5	700
09190001 02-0010	545	P	10		12/16/19	4.4	680
09190002 02-0010	546	P	10		12/23/19	4.3	660

图5.34 工作中心1020上由02-0010所致的CRP求解的详细负荷结果

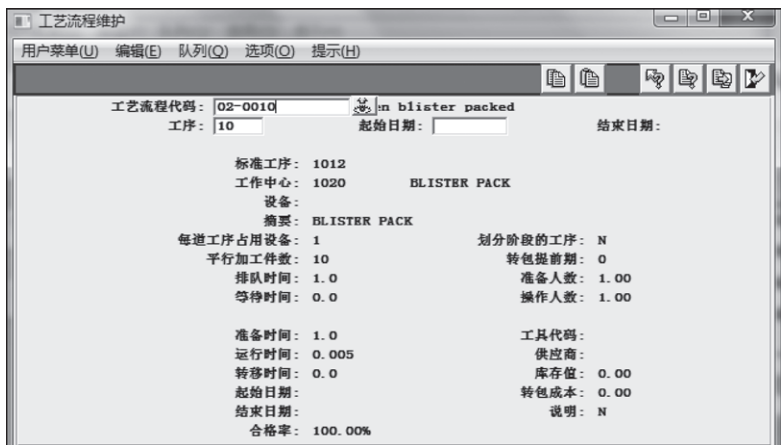


图5.35 产品02-0010的工艺路线中第一道标准工序1012信息

图5.33中结果2.8、4.9、8.5、5.6、4.9、4.8、4.7、4.5、4.4等的四舍五入结果。

5.5 ERP 面临的困境和未来发展趋势

5.5.1 ERP 面临的困境



视频讲解

ERP作为企业信息化的骨干系统发挥了重要作用。在业务发生变化时，很多需求都在核心 ERP中加入了各种业务逻辑，这些业务逻辑是频繁变动的差异型功能，甚至是一些创新型的功能，导致了ERP的稳定业务与差异层、创新层高度耦合，无法改动和维护，系统越来越庞大，成了“牵一发而动全身”、无法灵活修改的“巨石”系统，很难适应创新场景的敏捷化需求。

困境一：产品设计理念的局限性。以企业管理为核心，以功能优先为设计理念，以稳定性为主，重上线和轻运营的运营理念不能满足数字化时代以用户体验为中心、以协同作业为核心的数字化需求，无法实现业务变化快速感知、及时响应、持续优化的全生命周期管理的运营要求。

困境二：部署架构的局限性。成本昂贵、效率低下、安全性不高等特点给企业在转型过程中加大了阻力。企业对ERP的业务依赖和近五年内ERP的分布架构正在逐渐洗牌，市场对SaaS化等这种轻量级的应用部署将继续加深。

困境三：技术架构上无法拓展以支撑企业灵活的需求变化及敏捷迭代。传统ERP在技术架构及产品能力上面临着新技术的挑战，市场需要更灵活、易拓展、更前瞻的新技术架构。

企业核心系统通过新技术激活已经成为不可逆的趋势，典型表现为三个趋势，即ERP中台化趋势、ERP云化趋势、ERP场景化趋势，如图5.36所示。

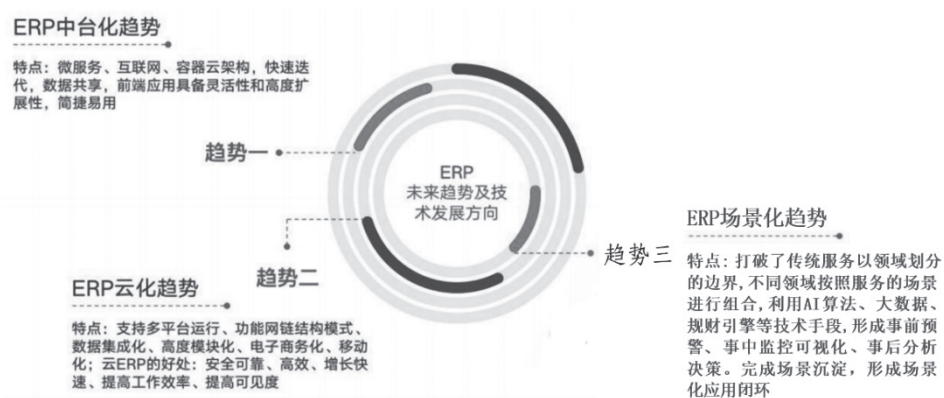


图5.36 ERP发展趋势（中国信息通信研究院）

5.5.2 ERP 的未来发展趋势

1. 中台化趋势

从“ERP时代”步入“中台时代”，中台诞生的目的是调和前端轻盈快速变化和后端笨重的矛盾，是为了解决企业信息化架构构建的高效合理的问题，也为ERP减负提供了基础。业务耦合、数据量大、资源有限、外部接口多、用户体验差等是ERP减负的最底层原因。从其本质上讲，ERP减负是聚焦客户价值、在架构上的深度变革。中台的搭建会使ERP腾出资源来专注自己的业务管理。

2. 云化趋势

从技术角度来看，ERP云化的核心是云原生。ERP不仅要采用SaaS的服务方式，对于大部分中国企业来说，ERP也要提供PaaS服务，以便于企业可以进行特性化需求调整，如进行二次开发等。传统ERP与SaaS ERP各方面异同比较如表5.26所示。未来将有更多企业从传统的本地部署许可证模式转向公有云模式，云ERP需求将会成为绝对主流。

表5.26 传统ERP与SaaS ERP各方面异同比较

差异点	传统ERP	SaaS ERP
实施周期	系统部署周期长（2~6周）	在线申请，无须调试，一键部署
系统运维	成本较高，需有专业运维团队来保障	无运维成本：云ERP能够提供7×24小时技术支持
系统扩容	成本高，周期长：需重新采购服务器，部署系统	成本低，周期短：15分钟可快速完成系统扩容，无须重新部署
系统访问	本地访问，性能一般	随时随地访问，更高可用性：多线BGP网络接入，智能网络负载均衡

续表

差异点	传统ERP	SaaS ERP
数据安全	需要考虑完整的数据安全、容灾、备份机制	数据安全性能更高：实时热备，数据多重冷备，异地数据中心远程灾备
系统安全	普通安全级别	重视系统安全：服务器双重网络保护，防火墙+服务器集群单独VLAN隔离等

3. 场景化趋势

在5G、大数据新技术应用的推动下，ERP需要逐步满足全场景的企业管理需求，尤其对于生产型企业，从可视化生产到智能决策支持，对于提升生产企业ERP产品的可用性非常重要。以企业价值和用户体验作为双驱动因素，对场景建设和运营进行持续的打磨，基于价值导向和用户反馈，不断驱动优化和创新。

以生产计划+工序维度查询某一时段的计划数量、下达数量、完成数据、待完成数量，进行可视化展示，帮助车间排产人员分析对应工序产线的负荷，依据提供的数据来智能决策后续生产进入的计划安排，减少人工干预。不同行业企业的场景逐渐多样化，传统的企业管理边界会被进一步打破，对ERP产品的场景化应用需求更为凸显。

5.5.3 云原生 ERP

云原生，顾名思义“为云而生”。云原生是基于分布部署和统一运管的分布式云，以容器、微服务、DevOps等技术为基础建立的一套云技术产品体系。它不是一个产品，而是一种构建和运行应用程序的方法，是一套技术体系和方法论，是当前新技术、新的研发流程、敏捷团队文化的最佳实践集合，以提供极致的用户体验、稳定可靠的用户服务。

云原生ERP是在新一代云技术、数字化技术的加持下，为客户提供极致体验的ERP服务。与传统ERP相比，云原生ERP并不是简单地将ERP从本地服务器搬到了“云上”，而是将ERP的所有应用和功能进行“云化”处理，形成SaaS服务，为用户提供更便宜、更敏捷、更高效、更稳定、更智能的数字化服务。

（1）更便宜。传统ERP是企业购买的，云原生ERP是企业租赁的。因此在ERP前期的投入上，云原生ERP价格优势明显。

（2）更敏捷。传统ERP是本地部署的，需要安装客户端软件才能访问，安装过程还需要考虑环境的适配的问题。云原生ERP是只要有网就能随时随地进行访问，使得业务处理、数据查询更加灵活、敏捷。

（3）更高效。传统ERP安装部署、升级都需要专业的人员操作，每一次升级和打补丁都需要全面跑测，需要耗费大量时间及人工成本。云原生ERP是“零部署、零维

护、无痛升级”，厂商统一维护和升级，整个过程对用户来说是无感的。

(4) 更稳定。传统ERP一般是按照CPU进行授权的，硬件资源不足、并发量过大的情况下会引起系统的性能问题，严重情况下造成系统宕机。云原生ERP是由一个个运行在“云上”的“微服务”构成的，具有分布式架构和弹性扩容等特点，提高了系统的稳定性。

(5) 更智能。传统ERP“重流程、轻数据”，业务过程是由流程驱动的。云原生ERP也关注流程，但在每个流程环节都增加了分析数据查询能力，系统通过历史数据的分析给出业务的决策参考，让业务变得更加智能。例如，做物料采购计划的流程中，都能够实时查询物料的库存情况，帮助业务制订合理的采购计划。

云原生ERP也有它的缺陷，具体如下。

(1) 云原生ERP的“租赁服务”方式虽然价格便宜，但是传统上人们总认为租别人的不如自己拥有，例如房子。对SaaS服务来说，很多企业除了“拥有权”的情怀外，还有对数据安全方面的担忧。因此，大多数大中企业往往都会选择私有云部署。

(2) 云原生ERP的“零部署、免维护”虽然便捷，但是个性化定制的能力较差，而传统ERP可以根据客户的需求进行各种定制和改装。因此，对于一些大型的、业务复杂的企业依然会倾向于选择私有云部署。

5.5.4 ERP与数据中台的融合

随着企业业务的发展和管理的需要，企业对ERP的要求越来越高，尤其是互联网的快速普及，导致原来静态、标准化的业务流程已经不足以支撑企业的快速响应。ERP这样的以流程为核心的组织形式也转向平台化的组织形式。

传统ERP无法应对日常交易处理数据量的爆炸式增长，无法为管理者提供更及时的经营决策数据。数据中台具有强大的计算能力和分析功能，可以从ERP系统及其他各个业务系统中获取数据，然后进行统一数据打通，统一建模，统一计算，对外提供统一数据应用。ERP与数据中台的数据处理和计算能力进行融合，将是ERP在数字化时代进行技术升级、摆脱数据困境的有效途径。

数据中台消除ERP数据处理瓶颈，数据中台与ERP的融合后将为ERP系统提供了海量数据处理能力和数据处理的及时性；在制造业和零售快消行业等随着数字化进程深入、数据量激增的行业具有很大的价值。

制造企业在材料成本核算中存在严重不足，包括不合理使用材料造成严重浪费、材料严重堆积、占用大量流动资金、管理成本增加、材料账务核算不够规范、材料核算数据量大、时效性要求高等问题。数据中台提供材料成本核算模型，规范财务人员材料成本核算的标准和流程，提供海量数据存储、编排、计算能力，突破传统应用开发平台的大数据处理能力瓶颈，可以轻松完成十万级材料成本核算，核算数据可以支

持成本明细数据追溯、查询,实现预算、预测、实际数据的对比分析,分析、查询数据可以秒级响应。

数据中台为ERP提供更实时的数据决策能力;数据中台通过分布式计算技术对海量数据进行采集、计算、存储、加工且进行统一标准和口径,再进行存储,形成企业数据资产层,进而为企业提供高效服务。对于企业生产、运营、客户溯源、供应商维护、外部公共数据等不同维度的数据,数据中台都可以通过不同的功能实现海量数据的打通、共享。由于不同的业务场景需要不同规模的计算能力来处理海量数据,数据中台的建设帮助业务人员根据应用需求随时调度计算能力。

数据中台中具有丰富的数据集成工具、数据分析工具、数据挖掘工具、数据清洗工具。数据中台与ERP系统进行融合,通过数据中台与ERP集成可以帮助收集、处理和分析企业在财务、采购、销售、人力、生产、库存等一系列生产活动中产生的结构化和非结构化数据。释放原本由ERP承载的数据运算与报表工作,使用数据中台的算力,为企业决策层及员工提供及时和准确的日常工作与经营决策的数据。实现企业数据的及时准确共享,提高企业用户在使用ERP进行管理的实时性和前瞻调整。

习题

一、判断题

1. 最终产品A由B、C制成,B由E与F制成,另一最终产品D由C和E制成,则各产品A、B、C、D、E、F的最低阶码依次为0、1、1、0、1、2。()
2. 最终MPS报表中仅首期的ATP(1)可能为负值,该负值表明业务员已超量承诺订单或计划不当。()
3. 能力表示一个资源在某个特定时段可以处理的工作量,而负荷则指出要完成某个已发出或已排定的订单所需的资源量。()
4. 工作中心是各种生产能力单元的统称,属于计划与控制范畴,也属于固定资产或设备管理范畴。()
5. 工作中心的利用率可以大于100%,而效率不能大于100%。()
6. 应用资源表法计算粗能力需求计划时未清晰考虑制造提前期因素,即零部件等中间子件的制造所占用设备的时间与产品出产的MPS计划之间的时间间隔因素。()
7. 在应用产品负荷表法计算粗能力需求计划所绘制的工序横道图中,指示冲销时间的“1期”“0期”“-1期”等写在每个时段的中间而非区分相邻时段的时刻点上,是因为冲销时间表达的是两个考虑因素之间在时间上的错位关系。()
8. 能力需求计划CRP的编制思路是按倒序排产方式,从订单交货日期开始,倒排

工序计划,即考虑排队时间、加工时间、准备时间和移动时间来确定工艺路线上各工序的开工时间。()

9. 在应用实际批量法分析能力需求计划时因实际批量大于平均批量,将导致工序提前期大于物料提前期。()

10. 依据实际批量计算得到的工序开始时间到工序结束时间之差称为工序提前期,它与MRP的物料提前期LT并非完全一致。()

11. 对应生产规划(PP)的有资源需求规划(RRP),对应主生产计划(MPS)的有粗能力需求计划(RCCP),对应物料需求计划(MRP)的有能力需求计划(CRP)。()

12. 库存状态仅有在库量和在途量两种。()

13. 毛需求(GR)的逾期量有独立需求和相关需求两种来源。()

14. 主生产计划MPS和资源需求规划RRP相平衡。()

15. 在需求时栅DTF和计划时栅PTF之间包含了实际以及预测的订货,而在PTF之后则只有预测的客户订单。()

16. 云原生ERP是将ERP的所有应用和功能进行“云化”处理,形成SaaS服务,为用户提供更便宜、更敏捷、更高效、更稳定、更智能的数字化服务。()

二、单选题

1. 以下()属性实质是“在途量”。

- A. 总需求量 B. 计划收货量 C. 预计库存量 D. 计划订货量

2. 在MRP运算逻辑中,第 t 期起 $POH(t)$ 的计算结果等于()加上第 t 期的在途量 $SR(t)$ 并再减去第 t 期毛需求 $GR(t)$ 。

- A. $NR(t)$ B. $POH(t-1)$ C. $PAB(t)$ D. $PAB(t-1)$

3. 与关键路径法不同,物料需求计划(MRP)在倒排计划时,只是规定了()的完工日期和开工日期,而把松弛时间放在每道工序开始()。

- A. 最早 之前 B. 最早 之后 C. 最晚 之前 D. 最晚 之后

4. 下列()属性实质对应“保留量”。

- A. 库存量 B. 需求量 C. 订单数量 D. 备料量

5. ATP自动计算算法中, $mpsprd(t)$ 的作用是()。

- A. 累积后期连续“无MPS期别”的订单 B. 标志区分该期有无MPS
C. 体现需要往前扣的ATP负值 D. 体现需要往前减的ATP负值

三、多选题

1. 分期间订购点法TPOP可以处理的毛需求GR的来源包括()。
A. 产品的预测
B. 产品的订单
C. 属MPS对象的部件/模块的订单
D. 属MPS对象的部件/模块的预测
2. 可答应量ATP自动计算的算法中在计算MPS物料的标志位 $\text{mpsprd}(t)$ 之后, 需要判断时间 t 是否等于最后一期 T 以便展开后续运作, 这是因为()。
A. ATP负数调整是从后往前做调整
B. ATP负数调整是从前往后做调整
C. 需要递增地计算至最后一期的 $\text{mpsprd}(t)$
D. 后续需先计算最后一期而非第一期的 accco 、 insuf 和ATP
3. 设置工作中心是一项细致的工作, 要充分考虑设置的原则使其能起到以下作用()。
A. 作为平衡负荷与能力的基本单元, 是运行和分析能力计划的计算对象
B. 作为车间作业分配任务和编制详细作业进度的基本单元
C. 作为车间作业计划完成情况的数据采集点, 也可作为JIT反冲的控制点
D. 作为计算加工成本的基本单元
4. 下面()属于展开MRP逻辑计算的主要输入信息。
A. MPS
B. 材料主文件
C. BOM
D. 库存状态
5. 涉及逾期量的三个关键变量是()。
A. PAB
B. GR
C. SR
D. POR
6. ERP的未来发展趋势包含()。
A. 中台化趋势
B. 云化趋势
C. 场景化趋势
D. 软件化

四、简答题

1. 企业管理者与信息技术人员分别是怎么理解ERP的? ERP的作用是什么?
2. 什么是MRP? 如何理解MRP的基本原理示意图?
3. 什么是MPS? MPS中可答应量ATP的计算原理是什么?
4. 什么是能力需求管理? 能力需求管理的作用是什么?
5. 比较分析传统ERP与SaaS ERP的异同, 并阐明数智时代下ERP的发展趋势。

五、计算题

1. 运用最小订购量法填写表5.27, 最小订购量MIN为600。

表5.27 静态批量法计算

C (提前期为2期)	在库量	500	安全库存	100	保留量	360	良品率	100%	批量法则	最小订购量法	最小订购量600
期别	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
独立需求	0	10	20	20	10	30	10	10	20	10	10
毛需求	300	1190	480	1180	370	1190	370	1170	380	370	370
在途量	0	1200	0								
预计在库量	—										
预计可用量	—										
净需求	—										
计划订单收料	—										
计划订单发出											

2. 主生产计划案例：产品A独立需求资料如表5.28所示，需求时栅DTF和计划时栅PTF分别为第4、10期末。计算完成表5.29与表5.30（要求ATP过程）。

表5.28 最终产品A的独立需求资料

期别	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
预测FC	0	50	55	60	65	62	55	50	46	43	46	48	50
订单CO	0	52	53	58	66	65	57	48	37	30	22	18	9

表5.29 产品A的TPOP

期别	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A (提前期为1期)	在库量	30	安全库存	2	批量法则	定量批量	批量大小	50	需求时栅	4	计划时栅	10	
毛需求													
在途量	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
预计在库量													
预计可用量													
净需求													

续表

期 别	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
计划订单收料													
计划订单发出													

表5.30 产品A的MPS与ATP

期别	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
预测FC	0	50	55	60	65	62	55	50	46	43	46	48	50
订单CO	0	52	53	58	66	65	57	48	37	30	22	18	9
MPS													
ATP													

3. 最终产品X和Y的BOM如表5.31所示，各物料LT值（单位：周）分别为：X=1、Y=1、A=2、B=2、C=1、D=1。简要工艺路线资料如表5.32所示，X和Y的MPS计划如表5.33所示。计算资源表或产品负荷表并填入表5.34中，要有过程。再根据MPS并依据资源表法或产品负荷表法编制粗能力需求计划并填入表5.35中，只要结果。

表5.31 最终产品X和Y的BOM

父 件	X	X	Y	Y	C
子 件	A	B	B	C	D
单位用量	2	1	1	2	2

表5.32 工艺路线资料

件 号	X	Y	A	A	B	B	C	D
作业编号	10	20	30（先）	40（后）	50（先）	60（后）	80	90
工作中心	WC1	WC1	WC3	WC2	WC2	WC3	WC3	WC2
单件总时间	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1

表5.33 A的MPS

期 别	DUE	1	2	3	4	5
X	0	0	0	20	20	20
Y	0	0	0	30	30	30

表5.34 资源表或产品负荷表

父 件										
子件（工作中心）										
单位用量（工时）										
冲销时间										

表5.35 资源表法或产品负荷表法编制的粗能力需求计划

工作中心		逾期	1	2	3	4	5
WC1							
WC2							
WC3							