

APS 高级计划与排程

关于高级计划的工艺流程网络基础理论探讨

董 军

PRM (流程资源管理)是整套关于工艺流程网络的处理以及自动生成计划的理论体系。与以往的计划理论有本质上的不同。直接体现这套最新理论的生产管理、项目管理软件是‘小吉星PRM1.0’。这个软件的主要基础理论如下:

1,工艺流程包含物料理论:

工艺流程中的每个工作都带有所需物料以及产出物料的信息,所有工作之间用逻辑关系连接在一起的同时,所有工序的物料信息也连接组成物料流程图。工艺流包含物流,这是一个重要的PRM 基础理论。这个理论的提出否定了长期用于 ERP 的 BOM 图的方法,以及 JIT 的方式,以单一的工艺流程代替以前分别存在的工作流和物流。这样计算出来的物料信息同时包含了工序的全部信息,特别是有了精确的投料和产出的时间,对于生产过程控制、库存管理、企业减少资金占用意义重大。

2, 工艺流程的物料投入产出和中间品理论:

每道工序的需求物料,首先从上道工序的产出物料中寻找,没有或者数量不够的,形成物料需求;每道工序的产出物料,首先满足下道工序的物料需求,没有被下道工序的物料需求所吸收的,形成物料产出。上道工序产出的被下道工序完全吸收的物料,是中间品。这样在一个流程中通过对每道工序投入产出物料的设定就很容易就定义了整个流程的物料需求和最终产出,可以满足多种需求。

3, 资源理论:

在 PRM 中,资源必须附加在工序身上,附属于工序。所以一个资源的出现,一定是以某个工序为前提,不存在独立于工序的资源。资源分成三种类别,第一是‘约束资源’,它的定义是:在一个时间只能被一个工序占用的约束条件。约束资源形成了工艺流程在工作时间上的限制。比如一个约束资源已经被某个工艺流程计划所占用,相当于限制了其他占用该资源的工艺流程的工作时间。第二是‘成本资源’,定义是:给工序带来成本耗费的所有‘占用’。比如一个工序对厂房的占用、租用设备的占用等等,这种占用没有时间上的约束,但是造成成本增加,是为了计算工序成本专门设定。第三种很简单,就是兼有约束资源和成本资源两种性质的资源。这才是最常见的资源,比如一般的机器设备、人员班组等等。

无论哪种类型的资源,给它一个‘单位时间成本’,只要乘以预计工作时间,就可以计算出‘预计成本’;乘以实际时间,得到‘实际成本’;有了这个资源的每月财务费用以后,除以它的总工作时间,再乘以每道工序的工作时间,就可以得到最接近于实际发生成本的‘分摊成本’。这种成本计算方法,可以解决企业里常见的产产品实际成本搞不清楚的问题。

4,逻辑关系理论

一个工艺流程体系内，每道工序都可能与其他任何一道工序发生逻辑关系。逻辑关系分成四种类型：结束开始、结束结束、开始结束、开始开始。最终的计划必须满足所有这些逻辑关系。一个工艺流程中的所有工序之间的逻辑关系不允许发生循环、矛盾或者逻辑冲突。

5, 强制连接理论:

工序之间除了逻辑关系以外，还有一种特别的关系：允许或者不允许时间间隔。如果两个工序之间不允许时间间隔，那么他们就相当于被强制连接在一起；如果允许时间间隔，那么他们之间可以间隔任意时间。最终计划必须满足这个要求，这在解决混合型企业的生产计划中经常遇到。

这个理论很重要，因为在老的 ERP 和项目管理概念中，流程型就是工作必须连续进行不允许有时间间隔，比如化工、制药，他们的技术特点是化学处理，过程必须连续；离散型就是允许时间间隔，一般是物理加工，如生产汽车先生产车身再入库等到组装时候再拿出来。在 PRM 中，这些都简单归结为是否强制连接。

6.最小间隔时间理论

这也属于工序之间的一种关系，针对这种情况：两个工序无论他们之间是何种逻辑关系，是否强制连接，他们的时间间隔必须保持一个最小时间数值。

这个理论与强制连接理论和逻辑关系理论组合在一起，可以满足实际工作中的各种复杂情况，比如在两个工序之间设定：最短间隔时间、固定间隔时间、最长间隔时间、一定范围内的间隔时间等等。这从根本上保证了无论多么复杂的工艺流程或者工作流程，都可以被 PRM 系统所接受和处理。

以上所有理论的一个直接结果就是否定了原来 ERP 领域里的流程型、离散型、混合型生产企业的概念，变化为‘工序方式’与‘非工序方式’生产企业的概念，目前的小吉星 PRM 只针对‘工序方式’，对于非工序方式生产过程的理论和处理，预计将在小吉星 PRM4.0 以上版本出现。

7,最优计划理论: PRM 最终的结果是产生一个计划，这个计划必须满足两个条件，第一：符合所有的限制条件，主要是符合 1) 逻辑关系、2) 强制连接条件、3) 资源约束。第二：这个计划必须保证在最短时间内完成整个流程。PRM 的最优计划理论保证了它所产生的计划是可行的和最优的。

8, 关键路径理论

以前的关键路径理论都是在整个流程中寻找一条时间最长的工作过程，这在 PRM 系统中由于多种逻辑关系和强制连接理论的存在已经失去意义。在 PRM 系统中对关键路径的定义是：工序时间增加将导致整个流程的最短时间延长的所有工序，以及这些工序组成的工作流程。

这个关键路径理论直接与最优计划理论联系，以最直接的方式回答了实现流程最优的关键工序，以及如何才能优化工艺流程，有很大的实用价值。

9, 资源排序理论:

一个资源如果在一个工艺流程中被引用两次或者两次以上，那么它在这个流程中就有以下两个问题需要解答：第一，在‘最优计划’的前提下，该资源的使用会不会发生冲突？也就是问：这个资源能否满足在最短时间内完成流程的要求，如果不能满足，那么解决办法有两个：1) 增加资源、2) 打破原有的最短时间，增加流程整体时间，以便让该资源能先后完成所有工作。第二：如果满足要求，按照什么顺序执行才能满足要求。这个顺序可能有很多个，用户必须能看到所有排序方案，每个排序方案将对应一种不同的最终计划，用户在所有方案中选择一个，就可以按照这个排序方案完成计划。

10, 自由时间理论:

在最优计划中, 每个工序包含了最早开始时间以及最迟结束时间。如果这两个时间的差大于该工序的工作时间, 那么这个工序不必固定于一个特定时刻开始, 而可以在一段时间内任意开始, 相当于有了时间上的自由。因此称为自由时间。自由时间分为两种, 第一种: 如果这个工序在它的自由时间范围内任意移动, 而不影响其他工序的时间参数(最早开始和最迟结束时间), 那么这个自由时间就是‘绝对自由时间’。第二种: 如果这个工序在它的自由时间范围内的变动, 影响到其他工序的时间参数, 那么它就是‘相对自由时间’。

‘相对自由时间’在实际工作中将导致计划的不确定性, 它只是理论上存在的自由, 是不可执行的。绝对自由时间则是简单、可执行和可操作的, 而且是后面柔性排程理论的基础。因此, PRM 有一个重要的结论, 绝对自由时间允许作为计划的最终结果, 相对自由时间不能作为计划的最终结果。消除相对自由时间的办法, 就是用户必须给出该工序在它的自由时间范围内的确定时间, 相当于放弃自由时间, 并计算在这种情况下其他工序的时间参数的变化。牺牲一个工序的相对自由时间, 一般可以换取其他工序的绝对自由时间。用户可以根据实际需要选择不同的工序保留绝对自由时间。只有这样, 才能得到一个内容明确的、可执行可操作的最终计划。

11, 工艺模型与排程理论:

一个项目或者企业生产过程, 一般的工作方式都是多个流程同时存在, 很少在一段时间只进行一个单独的工作流程。一个工作流程如何与其他工作流程互相影响? 这是制定工作计划上的一个关键问题。在 PRM 理论中存在两种方法。第一种: 把新的工艺流程与已经生成计划完毕的工艺流程合到一起, 形成一个整体的大工艺流程, 再对此流程进行计算, 得到全新的整体计划。第二种: 原有的计划不再动, 新计划在老计划基础上加入, 找自己的位置。

第一种的优点是做到了多个计划的整体最优, 但是操作起来比较复杂。第二种方式优点是操作简单, 但不保证是整体最优。一般, 大型项目的计划可以采用第一种方式, 企业日常生产计划采用第二种方法。第二种方法的核心是工艺模型的下达和排产。

在 PRM 中, 把工艺流程的最优计划结果保存起来就是工艺模型。工艺模型中没有具体时间, 只有相对时间, 也就是工序与工序之间相对的开始时间。给一个需求的时间点, 把工艺模型与这个时间点上的原有计划进行对比, 把所有相对时间都转化成为具体时间, 这就是工序排程。工序排程必须满足以下要求: 1) 资源不发生冲突、2) 排程结果距离需求时间最近。

排程结果也就是 PRM 的最终结果。在企业生产过程中, 它就是生产作业计划, 在一般性的计划中, 它就是最终的工作计划或者行动计划。这个最终结果既体现了工艺模型中的最优计划(资源不冲突、时间最短), 也体现了新计划与已有计划的资源不冲突、新计划时间最接近需求时间。而且, 从这个结果上还直接体现了资源的最大能力。老的统计资源能力的方式一般是: 在一段时间内能生产多少产量; 而在 PRM 中, 资源能力的体现方式是: 完成这些工作最早在什么时间, 或者最迟在什么时间。

12, 可代替资源理论:

在前面的工艺模型与排程理论中, 模型下达过程的排程最重要的就是新计划中的资源是否与已有计划冲突。如果冲突, 新计划就必须推迟或者提前。这在只有一个同类资源的情况下是必然的。但是实际情况是: 资源之间经常是可代替的, 这个资源被已有计划占用了, 还有其他的资源可以代替它, 不用改变时间。这就是排程中的可代替资源理论。

这个理论允许一个资源建立它的‘替补资源’序列, 一旦在排程中该资源被已有计划占用发生冲突了, 就调用替补资源, 如果替补资源还是被占用, 就继续调其他的替补资源, 直到最终

找到一个或者找不到可以代替的资源为止。这个功能最大限度利用了一切可利用的资源保证计划时间最接近需求时间。

13, 柔性排程理论:

在前面的自由时间理论中已经介绍,工艺模型中允许绝对自由时间的存在,在排程的过程中,也按照尽量保留自由时间的原则进行排程。结果是:计划中包含自由时间。这对于排程过程来说是非常重要的。由于自由时间的存在,一个工作可以在一定范围内移动。在新计划与已有计划在资源上发生冲突的时候,PRM 首先考虑:是不是可以利用自由时间,通过在自由时间范围内移动工作来安排新的工作,并自动计算最优的移动方式。最大限度利用一切可利用的时间。这个理论与可代替资源理论一起保证了资源能力的准确性。

14, 成本管理理论:

PRM 中,每一个资源都有单位时间成本数值,根据这个数值可以很容易计算出预计成本。而且在计划的执行过程中,每个工序都有详细的时间记录,根据这个很容易计算出理论实际成本。在某个或者某些资源的财务成本统计出来以后,把这个最终实际成本除以理论实际成本,得到分摊系数,再乘以理论实际成本,就可以得到分摊后成本。一个工艺流程所有的资源都计算出分摊后成本,这个流程的总成本就可以得到,这个数值是最接近实际成本的。

15, 二级工艺流程理论:

前面说的工艺流程,都是把工序按照逻辑关系组织和连接在一起,形成一个工序网络,其中每道工序都包括了物料、时间、资源等相关信息。这样的工序网络可以称为一般工艺流程,也可以称为‘一级工艺流程’它的特点就是组成工艺流程的基本构成要素是‘工序’。但是有的时候,我们需要把这些由工序组成的‘一级工作流程’当成一个小工序一样,也按照如此方式组合起来,形成网络结构,这也是工艺流程,进行计算也可以得到计划。这样的工艺流程的特点就是,它的组成基本要素不是工序,而是一级工艺流程,相当于把一级工艺流程组合成更高一级新的工艺流程,称为二级工艺流程。

这也相当于把一些小的计划打包,再用这些‘小计划包’形成更高一级的计划。先有大的粗略的计划,再有小的详细的计划,这是很多工作所要求的计划方式。二级工艺流程就是实现这个目的的理论。按照这种理论,工艺流程还可以有更多个级别,在 PRM 中,无论多么高级别的工艺流程,最终结论还是要得到每个具体工作的计划。在一些其他理论中,也称为工作分解。

16, 非确定性流程和概率理论:

前面介绍的所有 PRM 工艺流程,都有一个共同的特点:就是每个流程的工序组成、工序时间、逻辑关系等基础数据都是固定的,最终结局也是固定的。也就是说,只有先确定工作中的每个细节,每个结果,才能把它变成工艺流程的形式。这样的工艺流程应称为‘确定型工艺流程’。与此相对,在一些情况复杂的工作中,并不是每个细节都很精确很理想,经常会遇到其中某个细节确定不下来,只能给出一些可能性的因素,最后的结果如何也说不准。这样的工艺流程 PRM 称为‘非确定工艺流程’。

这种情况在企业的非常规生产过程、大型项目、企业日常经营活动,以及军事行动中经常出现。PRM 非确定流程理论的目的是解决这些不确定因素,以概率理论分析和解决各种复杂情况。

非确定流程理论的几个基本概念:

情况:就是有非确定事件出现的工作过程。一个工作流程中可能有多个工作都出现非确定事件,每一处就是一个‘情况’。

可能：一个情况包含有多个非确定事件，这些事件只可能实际发生其中一个。每个非确定事件都有一个发生概率，一个情况内的所有非确定事件的概率和一定为 1。每个非确定事件就是一个‘可能’。

情况间的逻辑关系：在一个流程中可能有多个‘情况’出现，有时候，一个‘情况’的发生是以另一个或者几个‘情况’为条件，这样情况之间就会形成逻辑关系。情况间逻辑关系决定了一个情况是否发生。‘情况’如果没有设定前提条件，那么它必定发生。

可能发生的结果：一种‘情况’是否发生，要根据它的前提条件和逻辑关系，以及其他情况的发生结果来确定。所有‘情况’的‘可能’都确定完毕，就出现一个有自己的发生概率的‘最终结果’。这个‘最终结果’相当于消除了所有不确定因素，结果是得到了一个‘确定型工艺流程’。但是，它只是多个‘可能发生的结果’中的一个。非确定流程理论的目的就是找出所有‘可能发生的结果’，它们的概率和一定为 1。

‘非确定工艺流程’实际上是包含了各种不确定因素的工艺流程。主要是帮助计划人员进行复杂的多结局工艺流程进行分析。相当于把大量的可能性都保存在一起，一次性展示出所有可能结果，便于分析、选择和决策。

‘非确定工艺流程’功能从根本上改变了人们做‘计划’的方式。有了这个理论后，以前很难处理的不确定因素成为一种正常的状态。‘说不清工作时间’、‘过程大概如此’、‘可能是这样也可能是那样’，成为 PRM 理论中的标准数据和规范的计划方式，以前那种一切都固定不变的计划反而成为一种特殊情况。因此它扩展了科学决策的范围，大大增强了管理者对工作流程的整体上的把握、加强了对意外情况的处理和分析能力、从根本上改变了计划管理的基本思想。

17, 计划生成的时间、数量、品种原则

有了前面的所有这些基本功能，计划的生成方式就比较简单了。企业生产管理中，用户只要简单给出需要生产的产品品种、需要数量和需要时间，剩下的就是计算机根据流程和模型进行计算，给出详细的作业计划、物料需求计划、出入库计划、成本计划等所有相关计划。对于项目管理来说，只要给定开始或者结束时间、选定工作流程，就可以得到全部工作计划。按照这个理论生成计划的方式非常简单。

18, 进度控制和报警理论：

PRM 除了保证计划的最优和可行以外，还对计划的执行过程有一套严格的控制理论。主要内容是：1) 计划执行过程的每个当前状态都随时反馈并与主计划进行对比。2) 对实际执行的进度是否可能造成时间延迟按照一套计算公式进行判断，如果有可能造成延迟预先报警。3) 当前计划执行的投入物料、资源运行、成本发生等数据与计划的对比需要建立相关的工作制度，责任制度。管理与计划紧密结合，以实现对计划执行过程的最佳控制。

19, 资源负荷理论

企业里多数资源的特性是独占性，一个工序一旦开始占用这个资源，它就不能再被其他工序所使用，但是有些资源是可以同时被多个工序占用，每个工序占用资源的一定负荷，只要资源总的负荷不超过标准即可。比如一个锅炉可以为 5 台设备供气，一个工人同时照管 6 条生产线等。在这种情况下，小吉星 PRM 为每个工序的每个资源设定一个负荷系数。在排产的时候需要满足：1) 一个资源在一个时间总负荷系数不大于最高限度。2) 均衡生产，最大限度分摊资源负荷，延长资源使用时间。3) 最大限度利用资源负荷，完成生产目标。

20, 半成品供应理论

一个工艺流程中有些半成品或者原材料有两种方式获得：1) 自己生产 2) 库存领料。生产排产的时候自动选择的原则是：资源能力允许自行生产的，安排生产，不允许自行生产的，直接库存领料。这种方式可以保证企业最大限度利用现有资源，提高生产效率。

21, 可代替模型理论

一个模型在某个时间无法下达，PRM 系统有三种处理方式，第一，直接给出这个时间无法下达的信息后停止运算。第二：下达时间向后或者向前移动直到找到可行时间。第三：就是换成可代替模型下达。一个模型可以有多个可代替模型，在某个时间点上依次利用这些可代替模型试验下达，直到寻找到一个可行的模型。如果无法找到，再自动向前向后移动时间或者结束。这种方式可以很方便地让企业最大限度在一个时间范围内寻找可行的生产方案。

22, 扰动因素理论

一般说计划不可能是一成不变的，扰动因素就是导致已经下达的计划发生变化的各种因素。可能是生产上的意外情况导致工序延期，也可能是物料供应的变化、市场需求紧急变化等等。原来很复杂的计划遇到这些随时发生的复杂扰动因素以后，如何作出反应才能满足企业对灵活改变的要求，这是所有计算机生产排程必须面对的难点问题。PRM 对此的处理方式是两个：第一，把受到扰动影响的所有计划删除以后重新下达，生成符合新条件的新计划。这个方法虽然是最原始最笨的做法，但是只要速度足够快，就可以以最优方式处理所有类型的扰动因素。PRM 的强大功能和极快的计算速度为这个功能提供了保证。第二：通过 PRM 系统的强大计算能力计算找到一个扰动所产生的所有影响，也就是它所波及的计划范围，提供给人做为辅助决策的依据。也就是在 PRM 中纳入了人的因素，充分发挥计算机的计算能力和人的判断能力的各自长处，结合起来应对扰动因素。

总结：以上理论有些从单个来说并非独创，但是把这些理论综合在一起形成一个完整的理论体系，并可以深入解决实际问题，可以说是前所未有的创举。更重要的是，这个理论并非单独的管理理论，因为如果不依赖最前沿的数学成就和高级计算机算法，这套理论就是空中楼阁，没有任何实际意义。所以这是一套综合了最新的管理学研究成果、最前沿数学成就、最高级计算机算法的‘计算机—管理’理论。是目前中国人在项目管理软件、ERP 生产管理软件领域所达到的最高水平。它的产生必将改变项目管理和企业管理未来的发展方向。可以说在企业管理软件、项目管理软件最高层的核心技术方面大大缩短了中国与世界最先进水平的差距。

用饭局的例子说明：MRP 还是 APS

董 军

一天中午，老张突然回到家里对妻子说：“亲爱的老婆，晚上几个同事要来家里吃饭。这次我专门回家来要用最先进的 ERP 理念来完成咱家的请客过程了，要把这次宴会搞成一次 ERP 家宴。你看，我已经用 CRM 客户关系管理模块全面管理与这几个同事的关系往来了。这次他们确定要来吃饭的相关信息，我已经放到了销售管理中的合同管理和订单管理中，而且已经自动传递相关数据到应收帐模块、财务模块、还有主生产计划模块中，根据客人的意向和要求，确定了最后做什么菜，也就是主生产计划都有了”。

妻子：“那太好了，家里就是你的生产车间了，我是车间主任，你的主生产计划里是哪几样菜，什么时候做？”

老张：“客人们7点左右就来了，最好8点钟能吃完。菜有：凉菜拼盘、糖醋里脊、西湖醋鱼、宫保鸡丁、清蒸河蟹、锅巴肉片，这些都是你的拿手菜，你看可以吗？”妻子：“没问题，看我的吧”

老张：我已经把这些菜的做法存入到BOM中了，下一步，让我来用BOM展开的方法，看看都需要什么菜。具体的物料有：鲤鱼一条、螃蟹一斤、瘦肉1斤、鸡肉半斤、锅巴一袋、白酒1瓶、番茄5个、鸡蛋10个、调料若干，看，这就是物料需求计划了。我已经把咱家冰箱里的东西都存入ERP库存模块了，让我看看库存还有多少…….还需要再买鱼、螃蟹、6个鸡蛋、5个西红柿、一袋盐、锅巴等等。

老张把这些数据记录到采购模块中，开始进行供应商对比查询，说：鱼应该去自由市场买，螃蟹东超市的最便宜、鸡蛋是街对面小卖部的最好，而且按照经济批量鸡蛋一次买12个最好、锅巴和盐最少一袋、鱼买一斤半一条的最好…….看，采购计划已经有了，就照这个去买吧。

妻子立即出发，很快把需要的东西买回来了。老张把价格数量一一进行记录，做了质检记录合格后办理了入库——放入冰箱。老张再把花的多少钱一笔一笔都做帐存入财务模块，马上统计出这次采购金额、物料成本的信息。

现在的时间只是下午3点多，ERP家宴一切准备齐全，工作效率很高。老张骄傲地说，看，ERP的威力显示出来了吧？现在的工作流程是按照最先进的管理理念，最科学最合理的，以前总是或者多买了剩下，或者就短缺，现在完全按照需求采购，真是大不一样啦。妻子也说，ERP就是比手工好，以前帐总是乱的，现在清楚多了。

但是，事情还没有完呢，下一步该怎么办呢？客人们7点钟来，几点开始炒菜？早了菜凉了，晚了时间来不及。妻子问老张，老张说，这相当于生产调度，这是你车间具体执行的事情呀，你以前做菜怎么个做法，哪个工作应该提前多长时间开始，哪个是瓶颈资源，你应该有经验吧。但是妻子有点发蒙，以前从没有被要求在这么短时间做这么多的菜。各个做菜工序全加在一起总共需要2个多小时。仔细算了算，家里有三个煤气灶，正好可以同时开火坐上三个锅：炸锅、蒸锅、炒锅。妻子一人同时应付三个锅没问题，每道菜准备原料的过程还另外需要一个人，老张可以担任，这样，很多工作都可以同时做，应该用比2个小时短得多的时间完成。但是，这么多工作，从何入手呢？是一道一道菜做？还是两道一起做？能三道菜一起做吗？这道菜的关键资源是蒸锅，另一道是炸锅，好几个菜搀在一起是怎么回事谁知道？每道工序的提前期到底有哪些？关键的路径是什么？老张对此也说不出所以然。

这时候有同事打电话过来了，问几点能吃完，大家再去打保龄。正为此事发愁的老张含糊说1个多小时吧。这不是给了客户一个交货承诺了吗？从开始做饭到全部做完，1个小时完的了吗？妻子更着急了。这时候女儿又打来电话，问晚上能不能请几个同学来吃饭，只要做两个菜？这时候还来填乱，不是更麻烦了吗。妻子说：不行不行，你们出去吃吧！

为了保证工期，避免延期违约的麻烦，妻子决定，立即动手开始干…….。

几天以后，老张开始总结这次 ERP 宴会行动的得失。总结出来的问题主要有以下：

第一：螃蟹和鱼买的早了，本来是活着的，结果到了做菜的时候已死了 1 个多小时，味道不好了。

第二：有几个热菜早早做出了，等到客人来了上的却是凉菜。

第三：还有的菜上得太晚了，为了等最后一道菜大家空坐着半天，工序明显安排不合理。连最后去打球也耽误了。

总之，在前面所有管理环节都顺畅的情况下，最后的生产过程不如人意。

但是妻子很委屈。那么多菜，本来一道一道做要用 2 个多小时，最后给压缩成 1 个半小时做完，已经不容易了，菜上得晚了，但是厨房里已经一直在忙呢；想早吃完，只能早做，菜就难免会凉了；鱼和螃蟹死了，你的采购计划哪里有点买鱼和买螃蟹的提示。你的 ERP 家宴原定 1 小时，可为什么 ERP 不告诉你 1 个小时根本完不成？

老张无言以对，也开始考虑这个事儿。他知道，这些问题从本质上是作为 ERP 生产管理核心的 MRP 的缺陷所导致的必然。MRP 本身是针对物料需求计划的，根本得不出满足有限资源和多种约束条件下的生产作业计划。没有作业计划，哪来精确时间的物料需求计划？这可怎么办呢，看来只能对 MRP 反其道而行之，那就是 APS 了。有这么个软件吗，还真的有这个软件，叫流程资源管理，那就试试看吧。

终于，老张又请到另外几位同事，经过确认，还是跟上次一样的菜和时间。但这回 APS 家宴与上次的 MRP 家宴有什么不一样吗？老张与妻子一起用 APS 来研究如何安排这顿晚宴。

老张首先把做每道菜的整个过程，用什么资源、物料、多长时间、逻辑关系等等都录入到 APS 系统中，再点击一个不起眼的‘计算’按钮，先看看能出现什么吧。计算机不停地眨着眼睛在计算，有一分钟的时间，这倒是很新鲜，它在算什么呢？妻子好奇地盯着它。结果终于出来了，那是一个详细的做饭的计划列表，还配有甘特图。仔细一看，两个人都大吃一惊，APS 系统明确回答：只要 42 分钟就能完成全部的做饭工作。而且精确指出鱼一条应该在 7:20:00 的时候用、螃蟹一斤应该在 7:40:00 用，其他各色物料各是多少，几点几分的时候需要，每道工序几点开始几点结束，中间有多少自由时间，哪些工序是关键工序。

这可能吗？两个人对着甘特图使劲检查，先看各道菜的工序安排对不对，没错，就连凉菜必须放一段时间才能装盘、里脊必须炸完 2 分钟以后才开始炒糖醋里脊、炸完锅巴必须立即炒锅巴肉片这样的细节都分毫不差。那么是不是有资源在冲突呀，两人依次检查配菜、蒸锅、炸锅、炒锅，每个资源都是在 42 分钟的时间里安排的十分紧凑的工作，但都是干完一件工序再开始干另外一件，环环相扣，丝毫不乱。这才是真正的‘资源计划’呀。两个人感叹，早知道有这么短时间完成的方法上次何至如此！

老张很快又算出了另外几种 42 分钟完成的方法，正在对比哪种更好。这时候又有同事打电话过来问时间，老张爽快地回答：一个小时搞定！女儿也打电话，问晚上加个菜：请同学吃炸丸子汤，成吗？这可是一道很难做的菜呀，先捏丸子，再炸，最后做汤，几个工序加起来时间要半个多小时。老张告诉不要急，在 APS 里加入这个菜算了一下。很快得出结果：在某

个适当的时间开始做这道菜，充分利用资源的空闲，整个流程只增加了 11 分钟。没问题，来吧！看，原来赶跑的客户又回来了。

老张突然想到，我现在鱼和螃蟹的需求时间已经精确到秒了。这回我可以直接要求鲜货供应商给我按时送上门，他们有这个服务内容，我就不用自己去采购了，到时候新鲜的鱼和螃蟹按时来了直接进厨房，根本不占库存，连冰箱都不需要用了。也就是说我把自己的生产计划与外部物流完全集成，这不就是形成 SCM 供应链了吗。看来做到 SCM 的前提是你必须自己先有精确的生产作业计划，要不外部物流再准时也没用。而把我的产品提供给客户的时间也是精确到秒，可以满足他们同样的要求。这样整条链上的各个环节不就能同时达到高效生产，最大限度降低库存了吗。原本很高深的 SCM 现在看来如此简单。

第二天，老张的同事们都在谈论昨天的宴会，重点不是菜的味道如何，而是老张和妻子神奇的做饭过程，三个锅同时开火，几道菜一起开工，一边炒一边蒸一边炸，眼见两人有条不紊不慌不忙，一样样地放下这件拿起那件，于是一道道菜不断上桌，象变魔术一样，实在厉害。吃过第一次请客的人都奇怪，同样的菜，这次为什么会如此不同？

老张这回对于 ERP 的理解有了更深刻的认识，ERP 关键就是要对‘资源’进行‘计划’，象 APS 做的家宴计划这种方式，明确给出每个资源应该怎么去工作，发挥出最大效率，同时满足多种约束条件。而不是原来的物料需求数量，或者是手工作业计划。根据自己的体会，老张在纸上写下了这样一个公式：

$MRP + MIS(\text{进销存财务}) = MRPII$

$APS + MIS(\text{进销存财务}) = ERP$

这大概就是 MRP 与 APS 最大的区别。

附：宴会模型菜谱

1) 凉菜拼盘，包括炸排骨、蒸腊肉、煮花生米。2) 糖醋里脊 3) 宫保鸡丁 4) 西湖醋鱼 5) 清蒸河蟹 6) 锅巴肉片。做菜的几个要点是，凉菜必须放一段时间才能装盘。做糖醋里脊炸的时候，炸完里脊 2 分钟开始炒里脊，时间长了短了口味都会不好。锅巴肉片的要点是炸完锅巴必须立即下锅炒菜，不允许放置。

所有菜的主要工序需要的资源有：一个配菜员、一个炒锅、一个蒸锅、一个炸锅，分别对应配菜、炒、蒸、炸这几道工序。所有这些菜的做法如下：

菜名	工序	逻辑关系	时间（分钟）	资源
凉菜拼盘 A	蒸腊肉	10 分钟以后才能装盘	6	蒸锅
	炸排骨	5 分钟后才能装盘	8	炸锅
	煮花生	15 分钟后才能装盘	10	炒锅
	凉菜装盘		5	配菜
糖醋里脊 B	炸里脊	必须炸完后 2 分钟开始炒里脊	8	炸锅
	炒里脊		5	炒锅
	配菜	配菜完毕才能炸里脊	5	配菜
	西湖醋鱼一炸鱼	炸完鱼后才能蒸鱼	7	炸锅

西湖醋鱼 C	西湖醋鱼—配菜	配菜完后才能蒸鱼	5	配菜
	西湖醋鱼—蒸鱼		10	蒸锅
宫保鸡丁 D	宫保鸡丁—配菜	配菜完才能炸鸡丁	10	配菜
	宫保鸡丁—炸鸡丁	炸完才能炒鸡丁	5	炸锅
	炒宫保鸡丁		12	炒锅
清蒸河蟹 E	清蒸河蟹—蒸蟹	蒸完才能配菜	15	蒸锅
	清蒸河蟹—配菜		5	配菜
锅巴肉片 F	锅巴肉片—配菜	配菜完毕才能蒸锅巴, 才能炸肉	5	配菜
	锅巴肉片—蒸锅巴	蒸完才能炒菜	8	蒸锅
	锅巴肉片—炸肉	炸完肉以后必须立即开始炒菜	5	炸锅
	锅巴肉片—炒菜		8	炒锅

还是这个模型，再增加一道菜。

（丸子汤 F）

配菜，方法是配菜员一边做丸子一边下炸锅炸丸子，从配菜开始以后 2 分钟准时开始炸丸子，配菜的时间 8 分钟，用配菜员。

炸丸子，炸完丸子才能做汤，炸丸子时间 13 分钟，用炸锅

做汤，炸完丸子完成以后 10 分钟之内必须开始做汤，不能超过 10 分钟，做汤时间 10 分钟。用炒锅。

ERP 软件的核心应是计划与排程

董 军

企业在选择 ERP 产品的时候，很容易被各种各样的 ERP 的广告宣传和功能介绍所迷惑，这些宣传里往往包含了很多新鲜的名词和说法，看上去似乎功能很强。但是，用起来以后才真正发现大多数花哨的说法实际上都是很简单的东西，真正有用的功能却严重不足。很多使用过 ERP 的企业在这方面应该有深刻的认识。如何简单地鉴定 ERP 软件的实际水平，如何维护自己的利益，这是很多企业面临的首要问题。

笔者从业于 ERP 多年，经历过市场销售、软件开发、工程实施等多种工作。对企业实施 ERP 有着非常深刻的认识和体会。特别是经过了长期市场销售和工程实施工作，掌握了一整套 ERP 软件企业内部的运行和操作方法，以及对付客户的秘诀。这些‘秘诀’实际上是在软件供应商与客户之间利益上有明显冲突的情况下，如何最大限度维护软件提供方的利益。这直接体现了 ERP 在产品定义不规范、市场管理混乱、用户对产品认识不清等特殊情况下，掌握技术和理论的供应商一方很容易欺骗企业用户的现状。

那么，有了这样的实践经历，如果相反站在企业的角度上，如何最大限度维护 ERP 软件用户的利益呢？下面就介绍一些这方面的要点。

1. 企业必须在一个关键点上搞清楚自身的需求：到底是需要 MIS 还是 ERP。

本人在实施中发现，很多企业的需求重点实际上在于进销存财务工资等系统，仅仅是需要记录数据和统计数据的功能。无论它有多么复杂，这都只是一套 MIS（管理信息系统）。MIS 软件的供应商极多，相关的各种功能也很全，价格与 ERP 相比是很低的。适合于很多中小企业解决管理问题以及升级日常的工作系统。MIS 系统的实施比较简单，软件和实施价格都应该很低。高者只在 2—3 万元之间，低者数千元即可。如果你的需求要点就是进销存财务，不需要其他功能，你就不要追求什么时髦的名词，放弃一些很少用到的功能，简单地选择好用又便宜的 MIS 系统就可以了。这样的经济效益最高，免得耗时耗力最后得不偿失。

而多花数倍以致数十倍价钱的 ERP 又是什么呢？在这里，企业首先必须理解 ERP 的含义是‘企业资源计划’，其中的核心是‘计划’。‘计划’的关键是‘生产’。说白了，企业多花数十倍价钱买到的应该是通过计算，智能生成生产计划，再以生产计划为核心，把所有相关模块连接起来的管理系统。很多人认为 ERP 的核心功能应该是物料需求计划，这是非常错误的。MRP 的核心功能才是物料需求计划，ERP 的核心功能应该是生产作业计划。在 ERP 里，物料需求计划应该是依据已经产生的生产作业计划自动生成的一种相关计划，同时生成的相关计划还有成本计划、质量检验计划、资源使用计划等，所以说作业计划是其他一切计划的基础。以这种方式产生的物料需求计划有一个很大的特点，就是每种物料不仅有数量，而且还有详细的物料使用时间。另外，为什么作业计划要自动生成，而不是手工计算，人工录入？因为我们要处理的是在复杂生产条件下的复杂的生产过程，而且要求得到精确的结果。这正是人的头脑不可能完成，需要发挥计算机的计算功能的地方。这到底有什么难的？很多不在企业中管生产计划的人可能想象不到：比如一个工艺流程它的各个工序之间的关系可能会非常复杂，多数工序之间是‘结束—开始’关系，但有些工序就必须同时开始；有些工序之间可以间隔一段时间，有些必须连续进行。生产计划的环境也非常复杂，一个生产过程要想在 9：00 开始生产，必须要考虑到每个工序所需的生产资源——设备、人员、场地…等等这些，是否能够在特定的时间满足需要，只要有一个资源没有准备好，或者被别的计划占用了，9：00 开始就不可能。不要小看一个生产作业计划，从它简单的结论中要体现出所有这些限制和要求，这是真正的难题，只有高水平的软件才能完成。

正是因为这个原因，你可以看到国内很多 ERP 公司，功能介绍连篇累牍，但都逃避‘自动生成作业计划’这样的字眼。但作为用户，只要面对声称自己是卖 ERP 的，就可以理直气壮地要求‘给我生产作业计划’。

‘什么是 ERP’ 这个题目太大，不好说清楚，但是企业可以按照以下一些标准判断什么不是 ERP。

1. 称为 ERP 的软件必须先有生产作业计划，再有物料需求计划，如果它们是分别独立产生，互不相关，或者先有物料需求计划，或者只有手工录入的作业计划，或者干脆就没有作业计划，那么这个软件一定不是 ERP。
2. 如果物料需求计划没有跟随详尽的物料使用时间，可以肯定这不是 ERP。
3. 生产作业计划必须合乎多种限制和要求，是手工计算很难得到的高水平的计划。如果企业发现在 ERP 里这个计划跟手工计划也差不多，那么它就不是 ERP。
4. 如果 ERP 的生产作业计划的计算过程总可以在几秒钟内完成，那它一定不是 ERP。因为作业计划的复杂程度决定了它没那么简单能算出来。
5. 如果一个 ERP 的生产模块的介绍和说明都是围绕 BOM，那它多半不是 ERP，因为 BOM 出不来作业计划，多半这是一个 MRP。

实际上，很多 ERP 公司都在一些关键处故意混淆概念，把功能不足的 ERP 描绘成功能强大的 ERP 软件，以手工计划代替计算机产生的计划，或者干脆把复杂一点的 MIS 系统称为 ERP 软件。很多推销人员会把 ERP 的发展历史和基本概念连续讲述几个小时，但是绝口不提‘自动生成计划’

和‘智能生成计划’之类的关键字眼。其用心非常明显，诱导企业对 ERP 的认识往对自己有利的方向发展。

所以，企业必须首先确认：自己的确需要这样的以生产为核心，能自动生成合理和科学的生产作业计划的系统，唯此才需要购买 ERP 软件。很多跟着潮流上 ERP 的企业干了很长时间才发现自己其实只在使用一个 MIS 系统，ERP 的生产计划功能由于种种原因很少被使用，实际上造成很大的人力财力的浪费，这种情况是企业必须避免的。

那么，有了这样的生产计划功能的软件是不是就是 ERP，或者就是好 ERP 呢？那也不一定，只能说：有了这样的功能，ERP 软件里其他功能相对来说都是没有什么难度的。

2. 如何鉴定 ERP 软件的核心功能

有了对 ERP 的最基本认识，企业起码不会把根本没有生产计划功能的 MIS 系统当成 ERP 买回来。但是，面对多种自称以生产为核心的，有生产计划功能的 ERP 软件，如何鉴定它的水平高低呢？这里面需要很高的技巧。有些企业简单地认准一种或者几种判别的标准，以此试图分辨出软件水平高低。这在水平相差悬殊的软件之间还有可行性。但是，在两种水平相近的 ERP 软件中，一种两种判断方式不足以得出结论。对此，有些企业会把它自己的生产流程拿出来，让 ERP 计算。这个步骤是必要的，但是不能成为判断软件的充分条件。因为企业的生产工艺流程往往有它的局限性，看上去细节很多很复杂，而实际上它很可能对 ERP 软件的要求并不高。笔者在实际工作中就遇到这样的案例：推销过程中，用户把它的工艺流程拿给我公司计算物料需求计划，这个工艺流程的模式实际上很简单，恰好避开了我公司软件的弱点，在计算过程中我们又有意回避了几个关键的功能要点。结果用户对计算结果表示满意，但是他们想不到生产工艺模型稍有变化物料就算不出来了，再增加一个很小的要求也已经不能实现，最终导致这个软件不可用。而这个结果销售者早已经心里有数，客户却被蒙在鼓里。

所以，企业不能仅仅从自身现有的工艺模型出发提需求，不能认为满足当前的需求就可以了。选择 ERP 软件对企业是一件大事，特别是在考察它的核心功能的时候，一定要考虑到日后的发展、工艺模型的变化，以及更高的生产管理要求等因素，全面地考察和鉴定 ERP 的水准和档次。这就需要软件用户有能力提出一个或几个有足够高水平的问题，这些问题需涵盖企业需要的所有关键功能，顺利回答这个问题就一定能实现或者可以很方便地升级到所需功能。还可以根据 ERP 对问题回答的不同程度区分软件的档次，据此判断出软件的合理价格，通过性价比方式来选择软件。

实际上，面对熟练掌握软件功能和 ERP 理论的销售人员，企业人员往往力图提出这样的关键问题，以便根据销售人员对这个问题的回答，探出这个软件的真实水平和档次。但是，本人做了很长时间的 ERP 市场销售工作，接触大量的客户，从来没有见过用户有能力提出这样的问题。而对于企业选购 ERP 来说，提出这样的问题的确是很关键的，也是很困难的，需要对企业自身的需求以及 ERP 理论有深刻的认识 and 了解。

那么有没有可能找出一个标准的‘问题’，适合于提供给很多企业用以判断 ERP 的核心功能呢？答案是肯定的，由于管理的科学性以及大量的企业需求基本相同，一个合适的标准问题可以适用于某一种生产类型的所有企业。本文的目的就在于，给大家提供一个通用的‘模型问题’，解这个问题所需要的功能符合或者高于多数企业的实际生产需求。适合企业用来给 ERP 提出，以此来鉴定软件真实的水平。

3. 模型问题

企业为了鉴定出 ERP 软件，可以提出各种各样的问题，包括进销存财务等方面的。但是这些方面的问题是不能用来鉴定 ERP 的核心功能的。本文提出的 3 个问题适合于‘工序型生产企业’用来鉴定 ERP 的核心功能——生产计划功能，所谓‘工序型生产企业’典型的如制药、机械、电子、汽车、建筑等企业，他们的共同特点是生产过程是以工序为单位进行，这些企业实施 ERP 最核心的功能就是对工序的计划功能。至于‘非工序型生产企业’，如石油、化工、酿酒、食品

等类型的企业，它们生产过程的关键在于控制节拍和速度，适用的问题将有所不同，笔者将在会其他文章中详细论述。

本文提出的 3 个模型由浅到深，由易到难。用户可以根据这些模型再增加要素或者转换场景，变成最适合于自己的新的模型问题，最终目的是检测出 ERP 软件的真实水平。笔者还很希望有网友提出自己的更适合的问题模型供大家参考。

在以下的三个模型中，能顺利解答问题 1（沏茶模型）的软件具备了 ERP 的基本计划和寻找最优计划功能，能完成一般企业的生产计划要求。能顺利解答问题 2（战争模型）的软件有了比较强大的人机对话和对扰动因素的处理功能，是比较高水平的 ERP 软件，可以适合于有复杂的生产过程的企业的要求。能顺利解答问题 3（运动会模型），而且运算时间在可接受范围内的软件有比较高的水准，拥有智能寻找资源最佳排产方式的能力，可以同时计算出企业工序和资源的最优计划方式，处理多种复杂的生产过程。

其中最关键的问题应该是问题 1 沏茶模型，能完全解决这个问题的软件具备了 ERP 的所有基本功能和关键功能，问题 2 战争模型相对次要，它只是问题 1 的复杂化问题，说明软件功能更加深入。问题 3 运动会模型也很关键，它说明软件拥有资源排程的功能，是比较高档次的 ERP 软件，适合对资源管理有较高要求的企业。

模型问题 1：沏茶模型

一次会议将于 8:00 开始，需要组织人员给与会者沏茶和冲咖啡。总共需要完成的任务有以下：

- (1) 买茶叶，10 分钟，买完茶叶才能沏茶。需要资源：自行车、张三。产出物料：茶叶 1。
- (2) 生火，5 分钟，生火开始以后才能烧水。需要资源：炉子，李四。投入物料：煤 1
- (3) 烧水，10 分钟，烧水完后才能沏茶。需要资源：水壶，王五。产出物料：开水 1
- (4) 洗杯子，5 分钟，洗完杯子才能沏茶。需要资源：杯子、李四。产出物料：杯子 5
- (5) 沏茶，5 分钟，买完茶叶、烧完开水、洗完杯子才能沏茶。需要资源：水壶、张三、王五。投入物料：杯子 5、茶叶 1、开水 1，产出物料：茶水 5。
- (6) 冲咖啡，8 分钟，烧开水以后才能冲咖啡。需要资源：张三。投入物料：杯子 5、开水 1、咖啡 2，产出物料：咖啡饮料。

问题如下：

- (1) 最少多长时间可以完成沏茶任务。每个任务应在几点钟开始？几点结束？
- (2) 总共需要投入哪些物料？投入多少？何时投入？产出哪些成品？何时以及产生多少成品？
- (3) 哪些工序的时间不能有任何变化？哪些工序的时间可以变化，变化的范围是多少。
- (4) 从哪些步骤入手可以减少整个的工作时间。
- (5) 如果必须在生火 2 分钟后才能开始烧水工作，整个计划如何改变？
- (6) 李四一共有多少种工作安排方式？每种方式下整个工作计划如何改变？
- (7) 如果连续两次或者连续多次进行相同的工作，给定一个开始时间，如何安排？
- (8) 连续多次相同工作，给定一个结束时间，如何安排？
- (9) 随意改变其中的一些时间参数，看是否能很快计算出相应结果。

答案提示：整个工作的最短工作时间 28 分钟，买茶叶和冲咖啡是关键工序，没有自由时间。李四有两种可能的工作方式：先生火或者先洗杯子。

分析：

如果 ERP 软件可以顺利计算出并回答以上问题，该 ERP 软件可以实现生产计划的基本功能，可以对工序安排做处理和计算，可以适应多种生产工艺模型，可以满足一般企业对比较简单的生产管理的要求。

如果 ERP 软件不能完成问题 8，说明缺少时间倒推排产的功能，对一般企业问题不是很大。

如果不能完成问题 7，说明排产的功能不足，企业需要慎重决策。

不能完成问题 6，说明对资源的优化和排程功能不足，需要进行资源排程计算的企业需要慎重，对无资源排程的企业影响不大。

不能完成问题 5，说明对企业工艺模型的适应性不好，有比较复杂的工艺模型的企业需要慎重，对工艺模型比较简单企业影响不大。

不能完成问题 3 和 4，说明软件计算关键工序和生产瓶颈的能力不足，一般企业都应该慎重。

不能完成问题 1，或者不能计算出最短时间 28，说明软件的基础功能不足，无法适应一般企业的生产工艺流程，无法得到基本的优化排产。很难称之为 ERP 软件。如果计算结果为 25，说明软件对工艺模型的处理能力不强，必然造成很多生产工艺流程无法计算。属于基础功能严重不足，企业需要特别慎重。

不能完成问题 2，或者只能得到投料数量而不能得到时间，意味着没有物料需求计划或者物料需求计划功能不足，不是完整的 ERP 软件。建议企业不选择。

如果问题 9 不能很快完成，一般是由于软件操作过于繁琐、人机界面不好造成的。在功能上影响不是很大，但是会造成企业日常工作的效率偏低。

要注意计划结果必须是自动计算出来不能是手工录入，否则就是上当受骗。

基于六种行业工厂仿真的 APS 的资源分析

蔡颖

虽然 APS 起源于工厂模拟仿真，但现在已被分为三种模式，一是基于网络供应链的；二是基于工厂的模拟仿真的；三是基于数学模型的。本文已六种行业的实例分析基于工厂的模拟仿真的资源分析与管理。

资源分析研究：我们知道制造资源是厂房，生产线，加工设备，检测设备，人员等等。

在 APS 里，按资源的属性分为五种：1. 单一资源 2. 无限资源 3. 并发资源 4. 共有资源 5. 可调整共有资源

这些资源类型的不同功能可以提供设置各种生产环境的模型

(1)， 单一资源： 是使用最多的资源类型，如一台机器，一个人，一台设备，一个夹具，一个固定装置及任何可以用一种能力约束的资源。

(2)， 无限资源： 是指无限能力的资源。如外加工厂，烘干设备，

(3)， 并发资源： 是指在同样时间作同样的活动， 所有活动一定是同步化，它们必需有同样的开始与结束时间。如干燥炉，它是用立方米来衡量能力。只要工件的体积不超过干燥炉的体积，它同时加工多个工件。一旦装进与开始干燥炉，你必需在加工其他零件之前完成。

(4)， 共有资源： 是一个共享资源，任何任务，工序都可以使用共享资源的任何一个。如工时资源，固定设备，场地空间。虽然这些资源不能作为主要资源。共用资源主要针对整个工序范围。共有资源，可调整共有资源的不同是跨度资源被允许的方式不同。当一个工序的时间跨过一个处于下班状态的资源或资源效率减少时，我们称跨度，共有资源不允许跨度。共有资源就是典型的被用于每天 24 小时都可用来模具加工，夹具，和固定装置。

(5)，可调整共有资源： 可调整的共有资源不仅允许跨度，而且还允许劳力数量根据工序的节拍。于是它是最多用于模具资源的。工序的节拍及效率是基于当前的可用的工人数。

在 APS 里按资源的重要性分为 1，主要资源 2，次要资源

任何工序都可以是主要资源与次要资源， 一个工序的主要资源也可能是另一工序的次要资源。单一资源，无限资源，并发资源可以是主要资源与次要资源，而共有资源，可调整共有资源只能定义为次要资源。计划每一个工序必需在整个工序范围有一个单一主要资源(单一资源，无限资源，或者并发资源)。工序可以被分为三个工步：准备， 加工， 拆卸。次要资源可以定义为工序或工步，对于次要资源的定义可以不限制数量，但是，次要资源过多，会导致计划排程过于复杂。

在 APS 里需定义资源组

资源组包括一个或多个资源，一般来说它包括同样类型的资源。然而，如果每一资源组只有一个资源，那么，可以起同样的名字。 此外， 一个资源可能存在多个资源组。

实际的案例运用如下：

1， 制鞋

资源组:	资源	组成员
外加工 WC[R] outside	无限资源	
裁机 (按尺码分)	单一资源	
WC[R]Small-size	WC[R]Line1	SS
	WC[R]Line2	SS
WC[R]Mid-size	WC[R]Line3	MS, LS
	WC[R]Line4	MS
WC[R]Large-size	WC[R]Line3	LS, MS
	WC[R]Line5	LS
裁刀 WC[R]Small-tool	WC[R]Tool1	SS
	WC[R]Tool2	SS
WC[R]Mid-tool	WC[R]Tool3	MS
WC[R]Large-tool	WC[R]Tool4	LS
针车(细分到组)		
WC[R]Group1	WC[R]1	G1, G2
	WC[R]2	G1
WC[R]Group2	WC[R]3	G2
	WC[R]1	G1, G2
WC[R]Group3	WC[R]2	G3, G1
	WC[R]5	G3
准备工时 WC[S]Group1	WC[S]G1	SG1
WC[S]Group2	WC[S]G2	SG2
WC[S]Group3	WC[S]G3	SG3

建立准备工时矩阵-基于鞋的尺码，颜色，款式

单位：小时

尺码	小	中	大	特大
小	0	2	2.5	3
中	2	0	3	3
大	2.5	3	0	3
特大	3	3	3	0

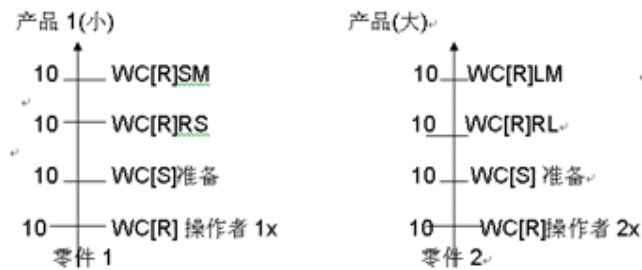
成品鞋加工

考虑加工线的分组及须考虑楦头资源的约束(略)



2, 机动车辆

资源组	资源	组成员
大机器 WC[R]LM	WC[R]机器 1	LM
	WC[R]机器 2	LM
小机器 WC[R]SM	WC[R]机器 3	SM
	WC[R]机器 4	SM
大房间 WC[R]RL	WC[R]Room A	RL
	WC[R]Room B	RL
小房间 WC[R]RS	WC[R]Room C	RS
	WC[R]Room D	RS
次要资源: 房间, 操作者, 机器准备时间		



3, 热处理

(1) 资源组 资源 组成员

烘炉 Oven A	并发资源	
WC[R]Oven-type A	WC[R]Oven1	Oven A
	WC[R]Oven2	Oven A
	WC[R]Oven3	Oven A

(2) 基于物料属性设定并发资源

- 物料属性和温度/时间周期
- 重量和体积
- 烘炉有限负荷是:重量和体积

(3)其他问题

- 客户提供材料, 客户定单驱动生产 MTO 方式
- 工装夹具.
- 班次类型: 24 小时/天, 7 天/周



4, 轴加工

(1),主要资源与替换资源

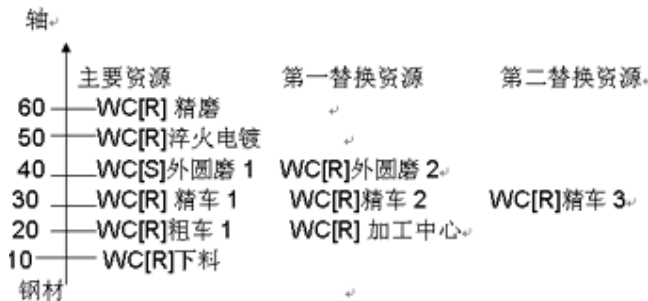
- 替换工序标识和时间限制
- 加工顺序和替换工序的有效日期
- 替换工序的不同运转率

(2),资源组的准备工时矩阵

定义每个资源组的准备工时

(3), 其他问题

- 资源组的操作时间和工时报告
- 工序批量(生产订单的数量分解)



5, 金属线

单元制造

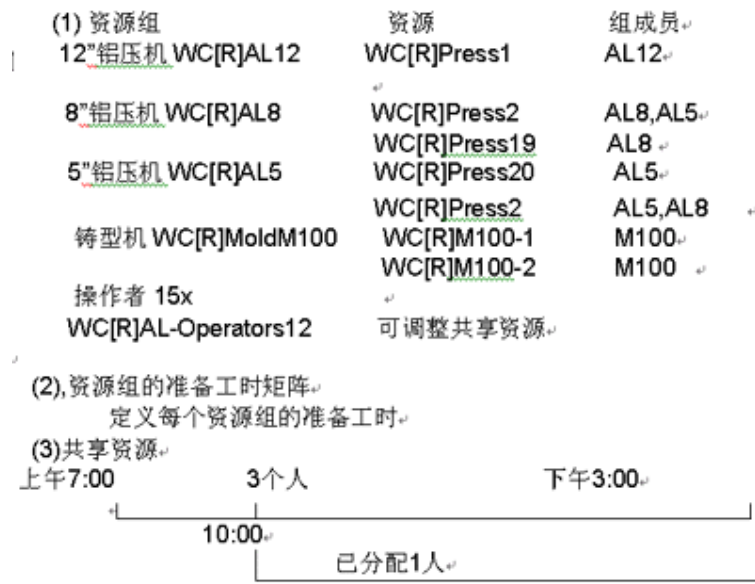
(1),挤压生产线单元(能处理 13 种不同型号)

(2),A 类生产线单元

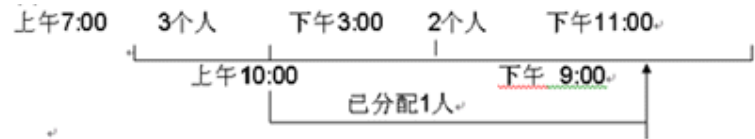
(3), B 类生产线单元



6, 铝锭



如有需二人,6 小时的任务,如上午 8:00 开始,可以排计划到下午 2:00.
但是,如果上午 11:00 开始,到下午 3:00 只有 4 小时.它不会计划到第二天.



如 2 人,6 小时的任务,如果下午 1:00 开始到 3:00.正好有 2 人,100%的效率.

从 3:00 到 9:00 只有 1 人,效率 50%.9:00 到 10:00 有 2 人,效率 100%.所以共耗 9 小时.
如下午 4:00 开始,这时候只有一个劳力从 3:00PM 到 9:00PM,所以,工序的计划从 9:00PM 开始,
在 9:00PM 有二个劳力.从 9:00PM 到 11:00PM,工序以 100%的效率进行二个小时.从 11:00PM 到第
二天的 7:00AM,没有劳力,零效率.从 7:00AM 到 11:00AM 的四个小时,第二天工序以二个劳
力,100%的效率进行.

基于工厂的仿真 APS 的算法分析研究

蔡 颖

APS 的高级算法是基于规则,约束自动的调配资源,优化计划,来达到你所需的计划目标。本文是分析是基于工厂的模拟仿真的 APS 的算法分析与管理。

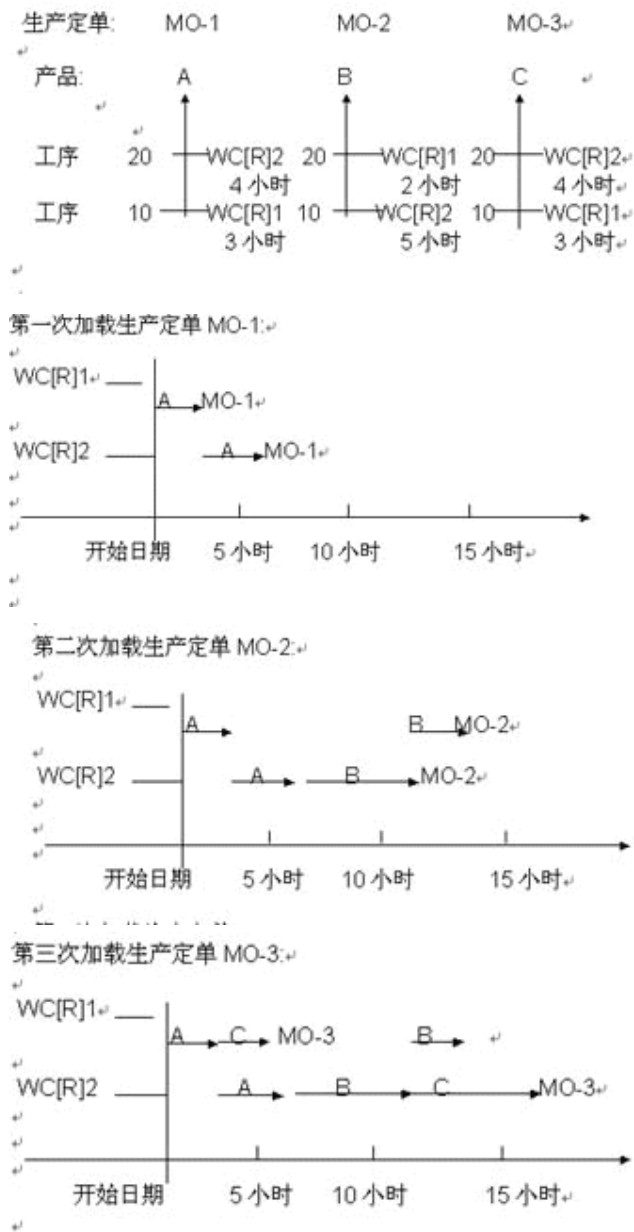
一,算法分析研究:

APS 有两种计划排产方法. (1),算法任务顺序计划: 一次一个定单或任务.(2),模拟顺序计划: 一次一个工序或操作.

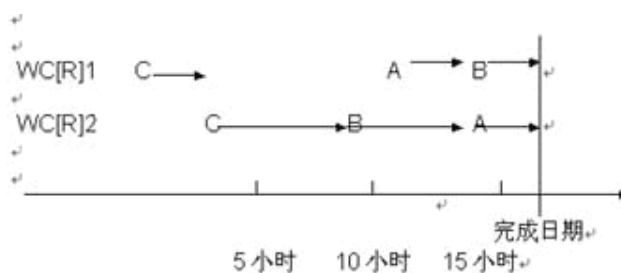
1,算法(Algorithmic)任务顺序计划: 一次一个定单或任务(Job at a Time).

算法顺序器选择一个定单,然后把每一个定单的每一个工序放在计划排程板.它重复这个过程,直到所有的定单,所有的工序已经加载. 满足约束的条件下第一次加载到可用时间间隔的每一个工序及特别的资源. 在一个 **Job at a Time** 顺序器, 这些计划被计划板上的选择的定单控制.因此,计划的质量关键是用于加载的定单的规则.

案例一:



案例二:



向后顺序计划的算法顺序器优势是总是产生一个不会延迟的计划,然而,计划的开始时间也许不可行,基本上,一个向前 **JOB-AT-A-TIME** 顺序器固定了开始时间,决定结束时间,这也许会违反完成日期.然而,一个向后 **JOB-AT-A-TIME** 顺序器固定结束时间,决定开始时间.虽然,理想的计划是没有延迟定单,这确实吸引人.但是后排计划需要一些特别的限制,甚至,在许多的情况下,会产生可行的方案.后排计划把所有的任务都放到计划板上,以至于它们当满足完成日期,尽可能的迟.这就意味着系统没有时间缓冲,由于任何中断出现(机器故障,物料延迟,等等)将会产生延迟定单任务.再加上,由于延迟使用能力,等待最后时刻开始每一个任务的因素,我们就可能放弃了一些机会来考虑需要增加的计划任务.

(3), 双向计划/瓶颈计划

我们选择任务顺序和计划工序的中一个工序用向前计划此工序的前一个工序,用后排计划此工序的后一个工序.这对瓶颈工序或利用率高的资源是非常有用的.我们要把一个工序分配给瓶颈资源,然后加载此资源的上游和下游工序. 瓶颈算法顺序器的优势是可以最小化所有任务的周期,使得所有的计划的能力,节拍受到瓶颈计划的约束.

算法任务顺序计划包括:

(1), 向前顺序计划

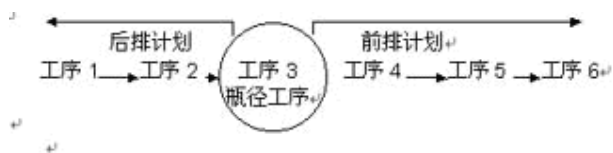
一个用于定单的规则是可以按优先值排序的任务,且已分配的每一个任务.其它可能的排序条件是提前完成就提前下达.和最小化闲散时间.从数学的角度说并不是所有的规则都是优化的.每一个规则代表不同的策略和计划的重点.如,完成日期相关的规则集中于减少延迟定单的数量,而基于优先级的规则努力尽快完成最重要的.

在一些应用中,一个特定的工序能用于二个或多个资源.如,一个钻孔工序也许用到二个钻床的任一个.在此案中,算法顺序器的计划是首先决定任务的顺序,然后,由规则决定在加载过程中分配给特定工序用那一个资源.

(2), 向后顺序计划

虽然一个算法顺序器是由第一个工序开始和通过最后工序加载每一个定单任务向前计划.它也能用同样的顺序设计,相反的流程.在此案中,顺序器由最后的工序开始计划到它的完成日期.那么,它在最后工序开始时间继续由前一工序加载到完成.这个过程是连续的后排计划,直到第一个工序被加载.在这一点上,算法顺序器会选择新的定单任务加载和重复整个过程,

案例三:



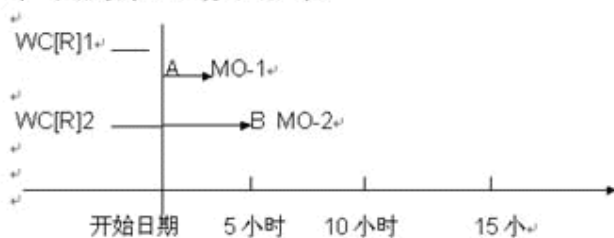
总之,算法顺序器是一简单和快速的把一套任务加载在计划板上的方法.计划完全是由规定任务的定单和资源之间的规则所决定的

2,模拟(Simulation)的顺序计划:一次一个工序或操作(Operation at a Time)

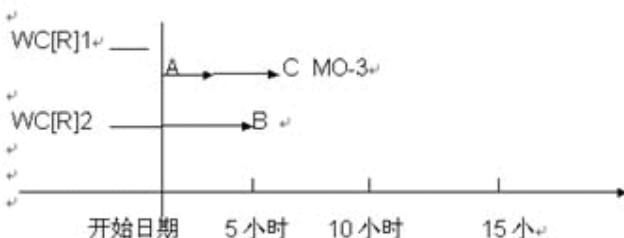
是一个模拟顺序器,它能产生算法顺序器所不能产生的许多计划.模拟顺序器选择和一次一个工序加载独立的工序而不是整个任务.它是一个出色的控制工序加载到计划板上的方法.用模拟顺序器产生计划主要是增加工序计划的灵活性。

案例四:

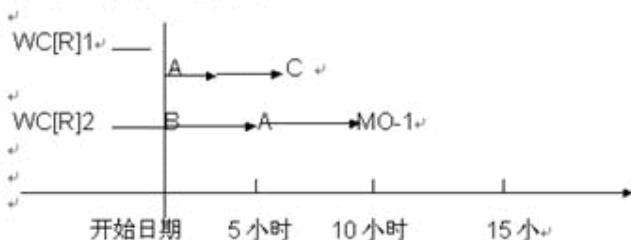
第一次加载第 10 工序:产品 A,B



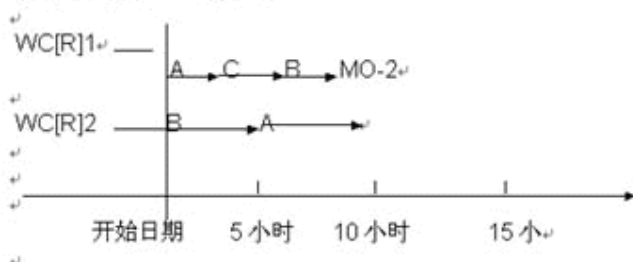
第二次加载第 10 工序:产品 C



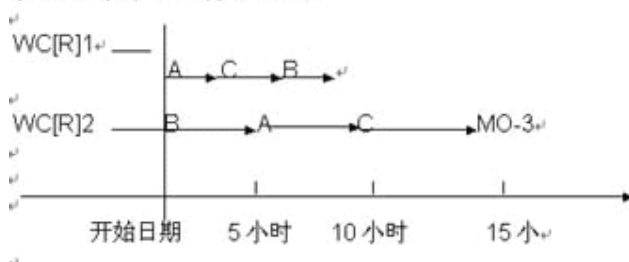
第三次加载第 20 工序:产品 A



第四次加载第 20 工序:产品 B



第五次加载第 20 工序:产品 C



从以上案例可以看出用模拟顺序方法生产周期明显缩短.它们的区别是算法顺序器是按定单任务加载,模拟顺序器是按独立工序加载而不是整个定单任务. 模拟顺序器是一个出色的控制工序加载到计划板上的方法. 用模拟顺序器产生计划主要是增加 **operation-at-a-time** 灵活性。

总之,模拟顺序器是在单一时间,模拟产生计划, 通过向前移动从一事件时间到下一个事件. 模拟顺序器是在当前时间开始及加载所有现在所有能开始的工序. 注意这些工序不是单一的任务. 一旦所有工序被加载,就能在此时间开始. 例如, 在计划板一但资源改变为空闲,就加载第一个需完成的任何工序.因此, 模拟顺序器企图在此新的事件时间上加载另外的工序,模拟顺序器持续这一方法. 模拟顺序器只能采用向前排计划.它仅仅向前移动所有工序。

算法顺序器是连续地向后或向前移动,它为每一个定单任务加载所有工序.它在当前时间开始,为第一个定单任务向前加载所有工序.然后,回到当前时间为第二个定单任务再次向前移动加载所有工序.它用此方法持续地向前和向后移动,直到所有任务全部加载到计划板上.因此,算法顺序器是通过时间固定一个定单和任务.一旦定单上的所有工序被加载,就可以加载下一个定单任务。

从算法的角度分析 ERP、APS 与 MES 的关系

XJX

发布时间：2005 年 3 月 2 日 21 时 51 分

ERP 是……, APS 是……, MES 是……, 这些概念早已为大家所熟知, 谁也改变不了, 所以不必多说。本文要做的是对它们所共有的‘生产计划’部分的对比和分析。

首先,我们我们谈论的是一个关于计算机的话题,那么就有一个最基本的问题:计算机能干什么?

对这个问题似乎答案太多了，计算机本身就是一个大千世界，随便就能找出很多种答案。但是告诉你最基本的，计算机实际上只干两件事：读和写。它的所有花里胡梢的功能，最终不过是在用最笨的方式干这两件最简单的事情，速度快而已。

不信吗？仔细想一想，不必去深究它的基本原理，你可能会感觉到，无论上网、看电影听音乐、玩游戏、编写文档、操作数据库，这些的确都不过是在快速地‘读’和‘写’一些数据。但是，计算机还有‘计算’功能，这不象读写那么简单吧。比如你要算 25×96 ，计算机马上给出结果：2400。难道它能事先知道你要算这个数已经把结论保存在那儿了吗？难道这也是读和写的结果吗？没错！这个过程计算机的确只是进行了一些读写操作。不信，你找一支笔来，在纸上手算这个乘法题，然后逐步记录你的整个计算过程。

你一定先要算 $5 \times 6 = 30$ ，再算 $2 \times 6 = 12$ 、 $9 \times 5 = 45$ 、 $2 \times 9 = 18$ ，然后呢，你在纸上列出了这样四个需要错位相加的数字。

30

12

45

18

之后就是对准位置以后简单的个位加法计算： $3+2+5$ 和 $1+4+8$ ，2400 这个数字就这样算出来了。那么计算机呢，你可能会想，它应该有一些更高明的手段。告诉你，计算机也是这么算的！它同样没有办法直接计算出 25×96 ，而是把它分解成多个个位数字相乘和相加的运算，原理与你在纸上计算过程是一样的。你在计算的时候心里早就背会了一个小九九，计算机也早就把这个九九乘法表存在那里了，当要算 5×6 的时候，它就去把 30 调出来写到一个位置，算 2×6 的时候把 12 调出来写进去，然后呢， $1+1=2$ ， $2+3=5$ 这样的个位加法的所有组合也都早就存好了，直接去取结果就可以。看，只要有一个乘法表加上一个加法表，计算机就可以通过简单的读写操作计算出你的任何乘法计算。

这么看来，计算机并不比我们更高明，它用一种与我们手算相同的计算方法。而且，计算机如果有知觉，他根本不知道自己在干什么，有什么实际意义，它只知道按照一个固定的规则进行了一堆的读写操作，不会任何变通，只不过速度比我们快几百万倍，也正因为此，我们错误地感觉到它在计算，似乎比我们更聪明。

回到我们的话题，依此类推，ERP 是什么？MES 是什么？APS 又是什么？无论他们有什么功能，对企业有什么意义，不过都是计算机在读写一些数据而已。你用 ERP 把今天的订单录到计算机里再查询昨天的销售数据统计出一个报表保存到服务器上，另一台电脑读了这个报表再读 BOM 算出需要采购哪些物料和生产哪些物料，另一台电脑打印和显示出这些数据……。实际上这一切的本质不过是数据在硬盘和内存中快速的‘读’和‘写’，我们就不厌其烦地为类似这样的计算机‘读—写’过程起了无数个名字，ERP、MRP、SCM、CRM、PDM、PRM、MES 等等等等，还产生了无数的管理‘理念’和理论，并为此争论不已。

企业中那么多复杂的工作流程，那么多先进理念，其最底层的工作本质真的只是计算机简单存了一个数字再简单把它取出来吗？计算机真的只是比人快但是没有人聪明吗？先不要忙着下结论。

说到聪明，我们再回到那个乘法问题，一个一般智力的人只会用纸上手算的方法，但如果让一个‘聪明’的算术高手来计算这个题目，他很可能采取一种简化的方法，96是100-4，而 4×25 刚好=100，于是 $25 \times 96 = 25 \times (100 - 4) = 2500 - 100 = 2400$ 。不用繁琐的个位相乘，很快就能得出结果。你看，计算机就没有这么聪明，它必须按照自己固定的步骤走全部流程，不会随机应变，人比计算机聪明多了。

但是且慢，计算机虽然只会读写，但它有一个很大的优势，它很善于学习，记忆力很好。人只要把一种计算的方法转换成它能接受的‘读-写’方式教给它，它就变得和人一样聪明了，而且永远不会忘记，还能很快复制给其他同伴。一个一般智力的人把乘法手算方式教给计算机，计算机就拥有了乘法计算的功能。而一个更聪明的人利用复杂的条件判断语句可以把简化算法教会计算机，计算机就拥有了人的这种‘聪明’。这时候，一个智力一般的人不仅在速度上远远不如计算机，而且在方法上也显得没有计算机‘聪明’了。计算机的灵魂背后是人的思维。

这就引出了‘算法’的概念。任何人的手工乘法运算就是一种算法，聪明人的简化运算也是一种算法。计算机聪明与否，全看它所接受的算法是不是聪明的。如果计算机接受的是需要一定专业知识的专家级别的算法，那么计算机就会拥有一个专家级别的聪明，一般‘聪明人’在智力上也根本无法与之相提并论。

现在，我们评价一台计算机是不是聪明就有了一个新的标准：看人教给它的‘算法’是不是很高明。如果这种算法就是我们手工每天都在用的类似乘法运算的那种方法，虽然把这种方法教给计算机也需要很专业的知识，但是，计算机还是并不比我们更聪明，只是比我们快而已；而如果这种算法不是简单到谁都能想到的方法，例如简化乘法运算，那么这台计算机就是一台比较‘聪明’的计算机了。

算法，给了我们一个新的视角来观察 ERP。很多时候企业要求的是一个聪明人教会的拥有高明算法的计算机，而不是一个智力一般的人用日常方法教会的计算机。但现实情况，很多 ERP 公司都只满足于低水平重复性地把日常手工的方法教会计算机，再给这种本质上是手工的方法起一个流行的名称，声称它多么高明。仔细考察，只不过是原来的手工方法和日常工作流程的电子化而已。而企业管理中需要很多真正高明的算法，所要求的‘聪明’程度远不象前面的简化乘法那么简单，需要很高深的数学知识。这时候绝大多数 ERP 公司由于自身缺乏对基础数学的深入研究和积累而无能为力，这并非单指国内 ERP 公司，国外大型 ERP 公司也并不例外。

举一个例子，计算圆周率 π ，一个中学生可能会去测量一个圆的周长和半径，这个方法无疑很笨，但是现在要求你用计算机来算，你能有什么好办法吗？我们来看一个数学家会用什么样的方法。方法 1： $(1 - 1/3 + 1/5 - 1/7 + 1/9 - 1/11 + 1/13 + \dots) \times 4$ ；方法 2： $(1 + 1/4 + 1/9 + 1/16 + 1/25 + \dots) \times 6$ 的开方。还有其他看起来不着边际的‘古怪’方法，例如 \arctan 级数展开法、算数几何平均值迭代法等等，但是它们的确有效。这些方法如此简单以致一个初学编程的中学生都可以开发出来。但是为什么用这么简单的似乎与圆周率毫不相干的算法可以得出 π 值？恐怕没有学通大学数学的人无法理解其中的奥妙，更无法给出证明或者灵活运用它。在这里，数学模型就起到了决定性的作用。

企业管理中在复杂的约束条件下要求寻找一个工艺流程的关键路径、寻找一个计划的最早和最迟开始时间、或者寻找目前生产计划中哪个资源最短缺的时候，运筹学、数论、图论、线性代数、模糊数学等等数学科学的最前沿理论已经取代了我们一般的直观分析。计算机解决这类问题已经不能再简单通用的手工方法或者仅仅使用一般的小聪明全凭速度优势代替手工劳动，而是必须集成最前沿数学理论，拥有一个数学专家级别的专业算法。在整个企业管理中，无疑生产排程部分由于它的错综复杂的条件和对精确结果的需求，是最需要这种专家级别的算法的地方。

有了这些基础概念做为武器，我们可以回到关于 ERP、APS、MES 的‘正题’上来趟一趟这潭混水了。

一般说 MES 就是生产执行管理，但它在定义自己的时候喜欢把多多益善的东西都拉进来，于是侵犯了很多软件的传统领地，难免引发一场论战。MES 最乐道的是连接企业管理系统和生产控制系统，承上启下弥补了空白。但是，它声称的每个部分的功能都早有其他专业系统承担。比如资源分配和工序排程，是 APS 的领地；文件管理和控制一直属于 OA 的范畴；劳动力管理早有详细到每分钟工作记录的专业人力资源 HR 系统承担；维修管理则有企业资产管理 EAM 和专业设备一固定资产管理软件；制造流程控制和管理有 SFC (shop floor control)；质量管理有集成了更多功能的 ERP—QA/QC 模块；至于实时数据收集，有无数做硬件的 PLC、DCS 系统供应商提供与硬件设备的专业数据连接和分析系统，功能只会更强。这些且不说，就连最普通的 ERP 软件都声称拥有 MES 的绝大部分功能。看来实在是没有什么空白可以留给 MES 去弥补。实际的市场状况 MES 也一直处在多种软件的挤压下在夹缝中艰难生存，特别是它与 ERP 一直处于一种直接对抗状态。

MES 与其他系统的江湖恩怨与本文无关，本文只说 MES 与 APS 和 ERP 互相重合的生产排程这一段内容。对用户来说 MES 与 ERP、APS 概念的互相交错，软件商之间激烈争论，让人困惑。到底选择 ERP、APS、MES 有什么区别？

一般说软件之间的比较，不是看它集成的功能多不多，而是首先要看企业最需要的关键功能是不是有。如果都有，那就需要注意‘有’跟‘有’的差别很大，一个小小的区别可能就是本质的不同，要点就是要看它们的算法哪个更好。一个好的算法可以更深入地解决问题，运算速度快，很容易扩展到其他功能，修改起来方便等等。别的不说，在对比 ERP、APS 与 MES 之间的关系时，算法就起到关键作用。

在正常情况下，先进生产排程 APS 的算法比 MES 中的‘详细排程’以及‘资源分配’的算法要强很多。而 MES 中的算法比 ERP 中的 BOM/MRP 的算法也要强很多。ERP 中的 BOM/MRP 算法实在太简单，就是把平时手工的工作方式电子化，相比而言类似于开发一个乘法运算的难度。因此很多企业不需要 BOM/MRP 在 EXCELL 上也可以实现相同功能。而 MES 的排产功能肯定要强于 ERP 的生产计划功能。因为如果在这个关键核心功能上不占一定的优势，MES 就根本不会有自己的市场份额。但是，它在本质上也只是把一些手工的、经验性的‘好’方法集成进了软件，类似于简化乘法运算，虽然有很大的实用价值，但这与 APS 的以数学模型为基础的算法相差甚远。否则，MES 开发商就会把这部分拿出来单做成 APS 出售了，要知道其中的价格差异很大。（当然也不排除某些 MES 系统集成了 APS 系统的可能，只是由于种种原因这种情况比较少见，不是本文重点。）APS 系统拥有以数学模型为基础的最强算法，可以满足更高难度、更广泛的需求。相比而言有点象用无穷级数法计算 π 值，其实现方法可能比 BOM/MRP 和 MES 还简单更容易，但它不是可以直观理解的方法，真正的难点不在于把算法变成软件，而是在于寻找和证明这个算法。因此，各 APS 公司对其核心算法和数学理论都是严格保密的，很难查到相关资料。与之对比，为了赢得客户

MES 很喜欢宣传它的算法，这是一个很大的不同。开发 APS 需要较长时间的理论积累，而高水平的开发人员数量有限，开发费用过高，因此绝大多数 ERP 公司都不自行开发 APS 系统。

当然对企业来说，算法也不是唯一的选择依据。一般说，整套系统中的某个功能不如专业系统的功能强大，但是价格低廉，与它集成在一起的功能很多，用起来方便，这是整套系统的优势所在。ERP 的生产管理部分对比 MES 和 APS 最简单但也最便宜，一般仅限于简单的物料需求计划。如果企业对生产计划要求比较低，只侧重于物流计划，就可以只选用 ERP 的生产模块。

MES 的排产功能更强一些，但是价格更高。适合于对生产计划要求不太高但是对生产过程管理比较精细的企业。目前国内自称提供 MES 系统的企业有很多，比如神州数码、上海科迅达、中江联合（北京）、南京比邻软件、台湾新能科技、艾加软件、台湾羽冠等公司。但其内容差别很大，水平良莠不齐，用户在选择的时候注意比较的关键是算法。从目前出现的趋势看，ERP 软件公司倾向于独自开发更高层次的可代替 MES 的生产排程系统，或者与 APS 系统集成，这是对独立 MES 系统生存最为不利的事情。

APS 是功能最强也是最昂贵的软件，适合于多品种、小批量、工艺流程变化很快、对生产计划有很高要求的生产型企业。由于一个 APS 项目的二次开发工作量很大，目前几乎所有 APS 开发商都只专注于生产排程功能，不搞其他相关系统。因此 APS 需要与其他软件集成在一起使用。目前，国际知名 ERP 全部都已和某个独立的 APS 系统集成在一起，常见的如 SAP 的 APO, ORACLE 的 ASCP。国内用户如果选择了国外 ERP 软件就可以考虑上它的 APS，但是加上大量的定制开发以后，其价格昂贵有可能会超过整个 ERP 的价钱。目前国内的 APS 有北京东方小吉星公司的 PRM 系统，还有一些台湾公司开发的针对特定行业的 APS 系统，如台湾鼎诚。由于价格较低，属于本土化服务，性能价格比要优于国外系统。

综上所述，我们要学会超越一个软件表面上的概念、功能、特点，而以算法作为判断的一个重要标准。这对 MES、APS、MRP II 这样的系统来说尤其重要。