

现代生产管理

(下册)

第十二章 工业计划、进度安排与控制

当用于工业生产时，综合计划的特殊方法决定于产品是否可储存，则编制具体计划的方法更多地决定于生产系统中的流程特性。当我们处理大量的标准化产品时，这种可能性是很大的。这是因为流程是连续和直接的，在系统中又有了操作顺序设计。鉴于一条生产线就是一台集成的机器，所以在此情况下，可以把该生产线作为一个整体，安排全线的进度，再依次安排每项操作的进度。但安排具体的进度并不一定简单（这是我们将看到的，）因此，我们不必逐个地安排和控制每项操作。

另一方面，如果我们这样处理生产系统：即按许多不同的零件和产品，对设备作时间分配。使我们可以合理利用设备。此时，流程就将是间断的。流程路线因不同的产品与不同的时间而变化。或由于产品和零件是根据用户要求而设计的，或由于年产量不适于连续生产，因此零件和产品的生整生产是在循环的基础上进行的。产品成批地或按照生产订货在个工厂中流通。计划、进度安排和控制的重点在于个别的批量或订货量上。

下面我们将讨论两种完全不同的关于工业计划，进度安排和控制的方法。

大量连续生产系统

(HIGH VOLUME CONTINUOUS SYSTEMS)

如上所述，大量连续生产系统象一台巨型设备那样运转。如果规定了生产率，则各操作间的协调和定序问题早已由系统设计所解决。具体进度的安排问题还没有由系统设计解决吗？在一定意义上讲已经解决了。然而，虽然已经给出了确定雇用标准及生产率的综合计划决策，但余下的一些问题仍然是十分重要的。

首先，我们如何能求出每种要生产的产品的数量？综合计划规定了总的生产率，但必须把这个总量分配到不同规格和型号的产品上去。第二，综合计划可以允许劳动力数量的变化。必须把人力水平的变化转换成设备的再平衡，同时要调整操作者的工作任务。因此，虽然综合计划规定了劳动力数量的变化，但仍然存在着如何最有效地实现这一变化的问题。换句话说，这涉及要哪些工人和要什么样的技术？如果综合计划要求减少雇用人员，与工会签订的合同可能会规定谁将被解雇。第三，综合劳动力数量和规定的生产率决策可决定加班和负荷不满的总时数。如何将加班时间或负荷不满的时间分摊到各种产品和人员上去呢？第四，由提出的各类产品的具体进度安排得出的设计的库存水平是否与综合计划水平、发展个别产品的方针及步骤相适应？

生产—分配系统的特性

(NATURE OF THE PRODUCTION
— DISTRIBUTION SYSTEM)

为了解决大量连续生产系统中进度安排与控制问题的特

性，必须了解总的流动情况、该系统库存的重要性以及该系统的动态特性。两个需要考虑的具有决定意义的因素是：

(1) 工厂生产量进度安排在很大程度上取决于流通系统下游的批发商和零售商的经营情况；(2) 该系统的这些环节通常都在管理部门的控制范围之外。

让我们从查看图 1 所示的生产—分配系统图开始。假定该系统表示一种小型设备的制造与分配情况。图 1 表明在该设备的生产与分配中所进行的各种主要活动，从原料的采购开始，延展到整个制造过程，最终通过一系列的分配环节到达消费者手里。在该系统中有 500 家独立的零售商，50 家独立的批发商和一家工厂。每一分配环节都有一个成品存放

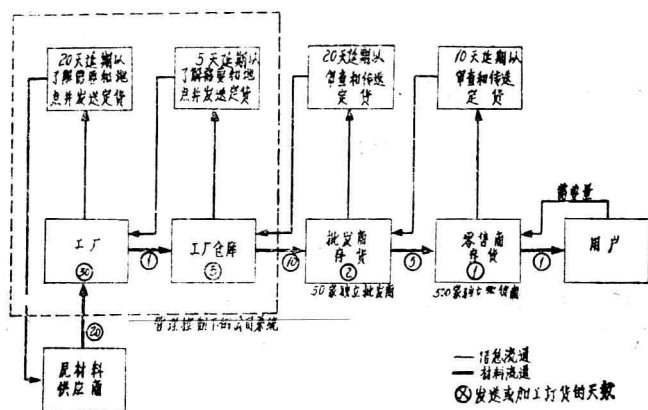


图 1 大量连续生产系统的生产—分配系统说明材料及信息、发送时间和定货处理过程延期的大致流程（生产系统的批量平均每周 2000 件）

点。因此，从工厂开始往下看该系统时应把它当做一个多级库存系统。

应注意的是，图 1 指出了每一环节为补充成品库存所需的定货步骤的基本要素。这样每一零售商都有一个补充货物的周期，其中包括审查零售需要量和库存情况，定货单传送给供货批发商，以及由批发商按定货单供货及运送。同样，每一批发商根据对零售商需要量的估计、定货送到仓库以及货物的供应与运送等情况也要有一同样的补充货物的周期。工厂仓库向工厂定货及工厂本身向供应商购买原材料都需要有类似的周期。

我们对所有各环节的某些方面都感兴趣，但是我们的主要兴趣则在于安排工厂的进度以促进生产。然而在我们进行进度安排以前，需要做些粗略的计算，使人们知道为使该系统正常活动究竟需要多少库存。

系统的库存量

(System Inventories)

第十一章讨论了库存的若干作用。有些库存仅是用以充满该系统的流动商品供应线；另一部分库存考虑到定货周期的定时特点的需要；第三部分则是用于缓和市场需要量波动的需要。根据有关工厂进度安排方针特性，还可能需要有额外的季节性库存。

商品供应线库存 如果平均的系统容量是每周 2,000 件，把产品从工厂送到工厂仓库需要一天，那么总是有 2,000 件 (1/7) 在运行中。如果工厂仓库的订货处理停留是 5

天，那么，由于停留的原因，总有 2,000 件（5/7）处于闲置中。表 1 总括了整个系统中商品供应线的成品库存需要量，为充满商品供应线就至少需要 7,144 件产品。除非缩短运输、搬运及停留时间，否则这些库存是不能减少的。库存量和系统容量及实际流通时间成比例。如果系统容量增加，那么为保证商品供应线货品充足和该系统的正常活动，这一部分的库存必须增加。

表 1 商品供应线的成品库存需要量
(每周的系统平均容量为 2,000 件)

	平均停留时间 (天数)	平均商品供应线 库存量, 件数 (天数/7) × 2000
工厂——工厂仓库	1	286
在工厂仓库的停留	5	1,429
仓库——批发商	10	2,857
在批发商处的停留	2	571
批发商——零售商	5	1,429
在零售商处的停留	1	286
零售商——用户	1	286
总 计	25	7,144

周期库存 我们假设，工厂仓库、批发商和各级零售店都采用固定的库存补充再订货周期系统。平均定货量是由每级的定货频率确定的。例如，根据对销售情况的观察（信息和实际流通周期如图 1 所示），零售店平均每两周订货一次，因此，一家零售店的订货量必须是两周的供应量，这正

表2 成品的周期库存汇总
(平均系统容量为每周2,000件)

	再订货周期(周)	平均周期库存量 (件)
500 家零售商	2	2,000
50 家批发商	4	4,000
工厂仓库	6	6,000
总 计		12,000

好满足平均的需要量。一般的零售店销售 $\frac{2000}{500} = 4$ 件/周，或者在两周的订货周期中销售 8 件。因此，在补充周期内零售店至少拥有 8 件以供销售之用；而为此目的所需的平均库存量则为此数之半，即 4 件。整个系统中 500 家零售店的这一周期库存为 $4 \times 500 = 2,000$ 件。表 2 中列出了该系统的周期库存量的总数，并指出由于订货的周期特性，平均库存需要 12,000 件。

缓冲库存量 在十一章中已谈到过，缓冲库存是为了调节需要量的无规律变化，缓冲库存量取决于需要量分配特性以及我们希望保持的服务水平。表 3 指出了该系统缓冲库存量的计算。例如，每一零售店所需要的缓冲库存量是在 17 天审核加上提前准备期内估计的最大需要量与平均需要量之差，即 $18 - 9.7 = 8.3$ 件。那么 500 家零售店的平均系统缓冲库存量为 $8.3 \times 500 = 4,150$ 件。整个系统的缓冲库存量为 13,864 件。

总之，该系统适应三种活动需要的库存量为：

商品供应线库存量	7,144
周期库存量	12,000
缓冲库存量	13,864
合计	33,008

表3 成品缓冲库存需要量汇总
(平均系统容量为2,000件/周)

	每周平均需要量	提前准备期(天)	提前准备期平均需要量	提前准备期最大需要量	系统平均缓冲库存量
500家零售商	4	17	9.7	18	4,150
50家批发商	40	35	200.0	300	5,000
工厂仓库	2,000	36	10,285.7	15,000	4,714
合计					13,864

上述那些库存量是该系统结构、订货规章和采用的服务水平所要求的库存量。它们是使该系统运转所必需的可能的最低数量。如果管理不善或在系统中还有季节性的库存累积，则总的库存量要比这最低库存量大得多。

当管理部门仅仅能控制这些库存量的三分之一左右时，库存量对工厂进度安排问题的影响就突出了，并由批发商和零售商来保持平衡。此外，管理部门不能控制零售商与批发商的订货方针和步骤。

系统的动态特性 (System Dynamics)

现在让我们设法了解生产—分配系统的下游活动对于安排工厂操作进度的影响。我们再次看一看图 1 所示的多级系统图表。虽然在许多方面已是高度理想化和简化了，但该模型足以使我们明了该系统的重要材料与信息流通的某些情况。

我们早已熟悉了与库存量有关的时间滞延的重要性，这种库存量是为了补充和充满分配系统中的商品供应线所需要的。但是，现在我们发现，更密切地注视该系统的运转情况和研究它对工厂进度安排的重要性是很有价值的。该系统总的运转情况取决于库存需要量的周期性考察，还取决于在上游紧接的那一级的补充库存所需的定货的准备及传送。

假定用户需要量从原来的定额下降10%。在下一考察库存需要量时，零售商在为补充货物所提的定货单中向批发商反映这个减少情况，但这时十天已经过去了。同样，在下次的为补充货物所提定货中，向工厂仓库反映了这一情况。然而，在工厂仓库知道销售量下降以前，又过去20天了。因此，如果我们把信息系统中的全部时间滞延相加，就会发现，工厂要在35天过去以后才能知道需要量下降10%的情况。

同时，工厂一直在生产新的用户需要量的 $\frac{1.00}{0.90}$ 即 111%。

在每个存放点的库存量中，每天将累积起11%的过量产品。该系统的库存量将增加到平时正常日供应量的 385% (11 ×

35)。

为了适应这种变化,零售商、批发商和工厂仓库将减少订货量。考虑到过量库存的问题,工厂将不得不减少大约10%以上的产量。现在可以发现,由于系统中的时间滞延,10%幅度的消费水平的变化使生产水平产生比10%更大的大幅度变化。我们还可以看到,库存量不是减少了而是增加了。显然,更直接的传送需要量变化的信息能减少这种幅度的放大率。

假设在图1中插入一个更直接的信息反馈系统,它能估计实际需要量并预测最近将来的需要量。假定收集实际需要量和作预测需要十天时间,这就能减少25天的总滞延时间。在该系统中,销售量减少10%意味着在工厂知道销售量下降以前仅仅积累为正常水平110%(11×10)的过量库存量。很明显,预测以及图2所示的综合进度安排系统将能更好地稳定其效果。

进度安排与综合计划

(SCHEDULING AND AGGREGATE PLANNING)

图2示出了与综合计划程序有关的、用于多级生产—分配系统的进度安排的大体轮廓。在图2中的“管理控制下的公司系统”内和虚线以上,我们看到了直接与进度安排有关的各种活动。

根据零售——消费者一级的销售情况的信息和工厂仓库的订货率信息作出需要量的预测,并将其输入到预测模型中去。预测模型在规划范围以内产生出综合规划程序所需要的周期性预测,而综合规划程序又对近期的生产效率和人力水

平做出基本决策。根据由综合规划程序产生的这些基本决策就可以计算出所需加班时间和分包量以及预定的期末库存量，或者根据所采用的综合计划模型得出这些数据，作为综合计划程序的部分产量数据。下一个任务就是把这些综合计划转化为具体的作业进度表。

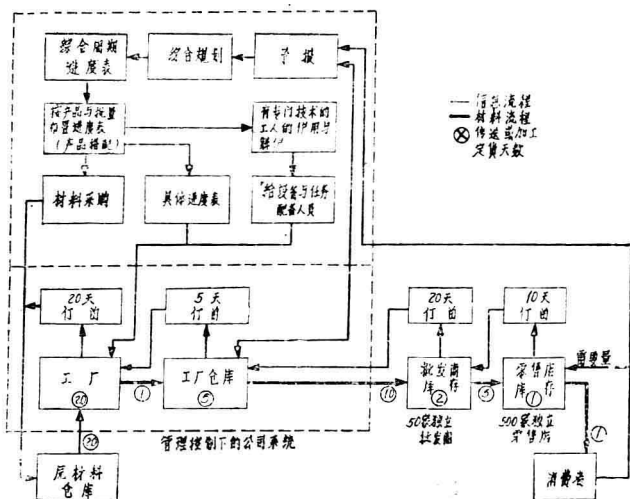


图2 预测、综合进度安排和具体进度安排
与生产—分配系统的关系

产品搭配问题

(The Product—Mix Problem)

综合计划决策对雇用水平和生产率的作用在于调整该系统在即将来到的时期内的有效生产能力。换句话说，规定生产能力的限制产生生产能力的约束条件，这一事实必须在被

形成的具体进度表中予以注意。因此，将有限的生产能力分配给各种类型和规格的产品就成为一个重要的经济问题。

产品搭配问题在象炼油厂一类的化学工业中可能是最复杂的问题。在炼油厂中，在它所能生产的不同产品的数量上存在着相互的依赖性。如果一种产品（如航空汽油）要多生产一些，那么利用这种同样的精炼工艺的某些其他产品就要少生产一些。各种产品的利润可能是不同的，每种产品的市场需要量也是有限度的。这就形成了一个复杂的程序设计问题，其目的是确定最好的产品搭配方案。在炼油作业中总是存在着相互依赖性，例如，因为可以将基本原料、原油加工成许多不同的产品。一种石油产品的增、减总意味着某些其他产品在数量上的变化。

在机械工业中，各种产品间的相互依赖性更可能仅由于生产能力的限制而引起，这种限制来自两方面：1）综合规划的决策；在某些情况下则是2）生产多种类型和批量产品的分时设备的生产能力。然而在任何情况下，都会面临一个如何最好地利用现有的有限生产能力的分配问题。通过线性规划可解决这些产品搭配问题。在现实情况中，人们往往忽视分配问题，而以应用销售额百分比数值和按个人判断所做的调整来确定产品的搭配问题。

对各种类型和规格的产品作生产能力的分配，能为具体进度安排、详细的雇用和解雇指示以及材料采购进度等方面提供基本信息，如图2所示。因为具体进度安排包括对个别生产类型及规格的生产率和人力进度的确定，所以不论在人力或设备方面的生产能力的限制，都可能对此时的具体进度安排造成矛盾。

在确定各种类型和规格的生产率和人力进度时，根据加工过程的特性和生产系统的设计情况，生产计划员可能会遇到巨大的刚性或合理的灵活性。生产线就其本质来说刚性是很强的，一旦设计好并建成，该线就以非常固定的每小时生产率来生产组合件，因为所有的工序都已经过平衡，以便与预定的每小时生产率协调一致。

要达到周或月的生产率的一定目标，生产计划员要有什么样的灵活性呢？生产计划员基本上有两种可供选择的方法：安排线上的劳动力，进行较短时间或较长时间（包括加班）的工作；或对整个生产线进行再平衡使小时生产率或产量稍高或稍低。显然，为使生产率得到急剧的变化，可采用后一种方法，因为它涉及到雇用或解雇工人。另一方面，除非必须安排加班，仅改变工作时数则能经济地做到这一点。总之，生产计划员将遵循综合计划所提出的基本指令，该综合计划已概略地考虑到利用改变工作时间、加班和再平衡（雇用和解雇）来改变生产率的相对高昂的代价。

综合计划确立了一些生产计划员必须遵循的约束条件。因此，不仅就生产系统的原始设计来讲，而且就连续的工序来讲，装配线的平衡都必然和我们有关系。因为，只有通过再平衡，生产计划员才能改变该生产系统的基本的按时计算的生产率。例如，在汽车装配线上通常用再平衡来达到不同的以小时计的生产率。

如果这条线在设计上是全刚性的话（如以机械步调运转，那就很容易发生这样的事），那么生产计划员可以利用改变每一人一机系统运转周期的时数或者利用改变生产线速度的方法来改变一周期的总产量，当然，经常采用的是刚性

生产系统。

具体的进度安排

(The Detailed Scheduling Process)

因为在综合计划的编制中已发生了基础广泛的优选，具体进度安排的主要问题是找到尽量能贯彻综合计划的方法。在将总生产量分配到各种类型和规格的产品中时，一个反复的过程就开始了，这样就得出一个初步的计划，并对此进行检查以明确其细节是否与综合计划的约束条件和公司的其他可接受的方针政策相符合。

图3的概略图中提出的第一个问题涉及综合计划所要求的雇用水平的可能的变化，这些变化将要求对人力和设备进行平衡。在复杂装配线的条件下，可采用第八章叙述的方法和程序。在许多情况下，对设备的各种不同生产率可以更迭以前经过认真研究的人员配备计划。总之，再平衡将导致特殊技术等级的工人的雇用或解雇，要进行检查以确定其结果是否符合综合计划。如果综合计划模型是经过精心设计的，它能反映生产率与人力之间的关系，那么它应当在计划的约束范围内，有可能调整预定的人员配备。然而，我们对生产线平衡的研究表明，平衡解决的办法必然涉及全部有人操纵设备所指定的任务。所以，成本和生产能力的增减主要是以阶段方式进行，而不与人力有连续的关系。

当用再平衡方法解决了雇用——解雇问题后，这一信息成为向设备提供一个具体进度安排的最初尝试的一种输入。利用综合计划和新的基本生产率（基于再平衡、生产力因素、劳资工作条例以及现有维修进度方面的经验），生产计划员就

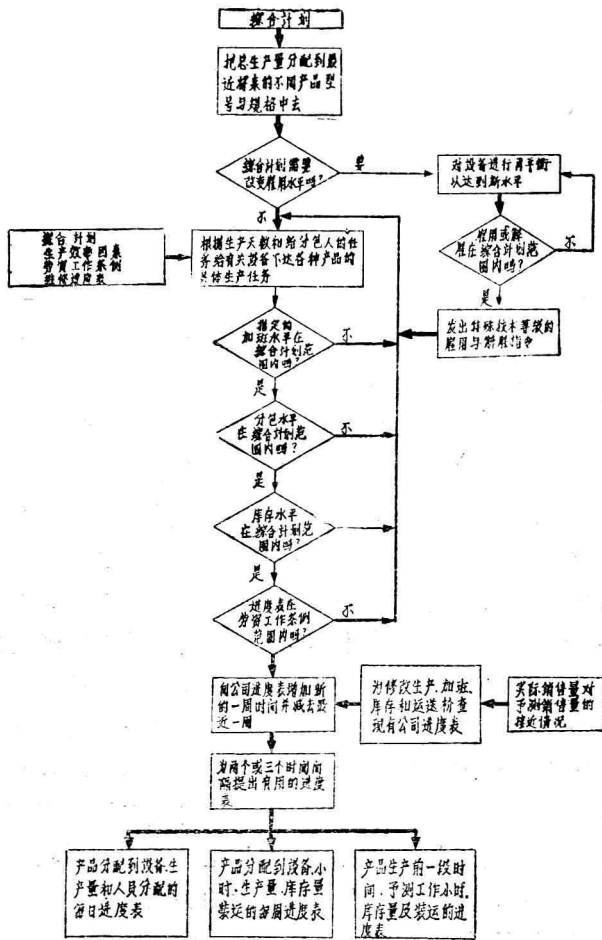


图 8 连续生产系统工序安排流程图

可根据生产天数和给分包人的任务（如果是适当的话）给有关设备下达各种产品的具体生产任务。然后生产计划员反复检查结果，以核实指定的加班情况。分包情况和库存情况是否满足综合计划以及其他约束条件（如维修进度和达成协议的劳资工作条例）的各项要求。其结果是一张可行的每日进度表，该表给公司的进度表（见图3）增添一段额外的时间，也许是增加一周的时间。

同时，对现行的公司进度表进行观察，以便根据实际销售额对预测的销售额的进展情况的新数据做可能的调整，加上最新数据，减去最近的一周或一个周期来适时更新生产保证的进度表。

根据综合的信息，生产计划员能订出2个或3个时间间隔的完备进度表，如图3底部所示那样。对某公司的一些特殊情况来讲，大多数的加工过程可用计算机进行处理。我们假设，有时候我们的技术能力提得如此之高，以致使综合的和具体进度的安排基本上能归结到一个“优选”的模型中去。

将综合计划和具体进度计划结合在一起的有效方法

(FORMAL METHODS FOR COUPLING AGGREGATE AND DETAILED SCHEDULING PLANS)

前面的材料叙述了有关综合和具体计划与进度安排计划结合在一起并相互协调的复杂问题。已经提出了许多能达到最佳结合的有效方法，其中大多数包含某种程度的解集作用（disaggregation），即按产品生产线或按重要单位或部门

来制定计划和进度安排,而不是把综合计划中的所有产品、规格、型号都考虑进去。这项工作指出,完全的综合计划对于生产多种产品的组织机构来说是不适合的。对于 W 应增加或减少的那些产品来说,所做出的某些决策应该更为明确而具体。即使决策过程在最近一段时期可能需要较少的总劳力,如果我们生产 N 种产品, W_{it} 也许必须要增加,即使 W_{zt} 和 W_{st} 应减少的话。

作为一个典型的例子,假定一个工厂的两种产品是剪草器和扫雪机。这样,综合生产计划的详细说明就忽略了最有意义的问题,即每一种产品的正确的生产计划。(伯格斯特隆和史密斯1970)

已经提出了若干种能完成解集和结合的方法。首先,伯格斯特隆和史密斯(1970年),张和琼斯(1970年)在线性决策规划方法学范围内按生产线取得了解集作用。陶白特(1968年)已把一般的SDR方法学应用于某一研究实验室,为了反映六个不同部门的个别需要量和成本而作解集。佐勒(1971年)推导出一个普通的数学结构来对综合计划作最佳解集。格林(1971年)和施温默(1972年)提出分级方法来使综合的和具体进度安排模型相结合。最后,哈克斯和米尔(1975年)提出并应用分级计划作为一种方法学,借助这种方法学,综合水平的决策提供了一些更具体的水平必须满足的约束条件。分级计划是集中反映在图2和图3中的一般概念性体制的精心设计的产物,下面我们将进行详细的讨论。