

第六章 生产运作计划与控制

本章教学目的与要求

通过本章学习,使学生了解生产运作计划系统的构成,了解年度生产运作计划的制定方法,理解滚动计划方法的基本思想,了解生产作业计划的作用与内容,理解期量标准的概念,掌握各种期量标准的确定方法,掌握三种零件移动方式的特点及其加工周期的确定方法,了解生产作业计划的制定方法,掌握流水型作业排序的基本方法,了解生产运作控制的基本方法。

本章教学重点与难点

1. 生产运作计划系统的构成与滚动计划法。
2. 期量标准的概念及主要期量标准的确定方法。
3. 三种零件移动方式的特点及其加工周期的确定方法。
4. 流水型作业排序的基本方法及其应用。

第一节 生产运作计划系统

生产运作计划系统是一个包括预测职能、需求管理、中期生产计划、主生产作业计划、材料计划和能力计划等相关计划职能,并以生产控制信息的迅速反馈连接构成的复杂系统。

一、生产运作计划体系

企业的生产运作计划按计划期的长短可分为长期、中期和短期生产计划三个层次。它们相互紧密联系,协调配合,构成了企业生产计划的完全体系。图 6-1 表示了这三层计划的组成以及各种计划之间的相互关系。

(一) 长期生产计划

长期生产计划是全企业的生产指导计划,其计划长度一般为 3 年—5 年,或更长的时间。它是企业在生产、技术、财务等方面重大问题的规划,它提出了企业的长远发展目标以及为实现目标所制定的战略计划。

主要任务是: 进行产品决策、生产能力决策,以及确立何种竞争优势的决策。

(二) 中期生产计划

中期生产计划,又称为综合生产计划或生产计划大纲,其计划期一般为一年,故很多企业又称为年度生产计划。

主要任务是: 在正确预测市场需求的基础上,充分利用现有资源和生产能力,尽可能均衡地组织生产活动和合理地控制库存水平,以及尽可能满足市场需求和获得利润。

4. 产值指标。产值指标是用货币表示的产量指标。

根据产值指标包括的具体内容及作用不同，产值指标分为商品产值、总产值及净产值三种。

(1) 商品产值。商品产值指标，是企业在计划期内出产的可供销售的产品价值，它是编制成本计划、销售计划和利润计划的重要依据。

(2) 总产值。总产值指标是以货币表现的企业在计划期内完成的工业生产活动总成果数量，是用工厂法计算的。总产值包括：

①本企业计划期内的全部商品产值，外单位来料加工产品的材料价值；

②企业在制品、自制工具、模型等期末与期初结存量差额的价值。

(3) 净产值。净产值指标是指企业在计划期内新创造的价值，是工业部门创造的国民收入。工业净产值在企业管理中有重要的作用。

第一，它反映企业为社会新增加的物质财富，能够比较确切反映工业生产的发展。

第二，工业净产值可以综合反映增产和节约两个方面的效果。

在产值指标中，商品产值和净产值一般用现行价格计算，总产值一般采用不变价格计算，可消除各个时期价格变动的影响，以保证不同时期总产值资料的可比性。

(三) 年度生产计划的制定

生产计划的制定，一般按这几个步骤进行，首先测算总产量指标，然后测算分产量指标，最后编制安排产品出产进度，编制产品出产进度计划。

测算总产量指标首先需要计划年度内产品需求的计划，然后需要检查企业的生产能力能否满足计划产量的需要。

测算分产量指标就是确定一个合理而有利的产品品种的构成方案。

制定总产量和分品种产量指标时的生产能力平衡的测算是按全年的生产能力的总量计算的，而且主要是检查关键设备的能力。

(四) 滚动式计划

滚动计划是一种动态编制计划的方法。

传统的计划编制方法是在前一计划执行后期开始编制下一期计划，按日历年时间分段。这种计划往往在执行中，因主客观情况的变化，可能会与发展不相符号，使各阶段之间失去连贯性。

滚动式，就是在制定计划时，逐年逐月往后滚动，连续编制，包括预定计划和发展计划。

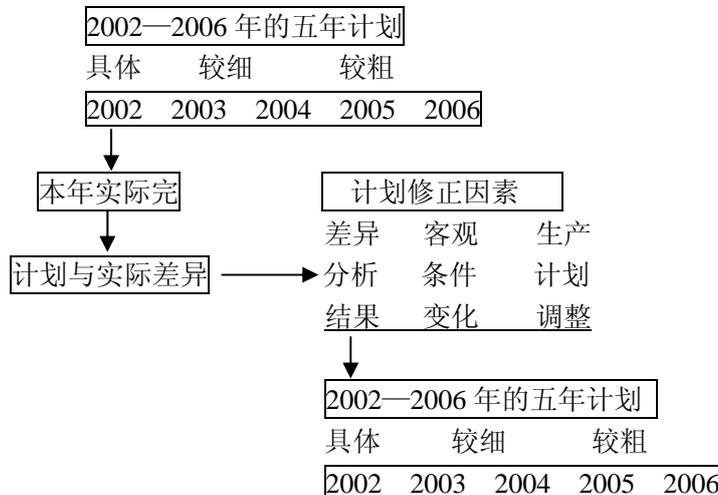


图 6-2 滚动计划法示意图

1. 计划期——滚动计划所包含的时间长度。(上例为 5 年)
2. 滚动期——即修订计划的间隔时间, 它通常等于执行计划的时间长度。
3. 滚动式计划的优点:
 - (1) 有利于计划的连续性;
 - (2) 有利于发挥计划的指导作用;
 - (3) 把计划的严肃性和灵活性很好的结合起来。

第二节 期量标准与生产作业计划

一、生产作业计划概述

企业年度以内的生产计划工作由**年度(分季、月)生产计划工作**和**生产作业计划工作**两部分组成。

生产作业计划是生产计划的继续和补充, 并具体执行和落实的生产计划。

生产计划通常仅规定企业较长计划期(年、季、月)的生产品种、质量、数量和期限。

生产作业计划则按月、旬、周、日、轮班以及小时, 规定各个生产环节(车间、工段、小组和机台等)的具体投入和产出的生产进度。

1. 生产作业计划的作用

(1) 生产作业计划起着具体落实年度生产计划的作用。

在空间上: 把全厂生产任务细分到车间、工段、班组、机台和个人;

在时间上: 把年、季较长计划期的任务细分到月、旬、日、轮班、小时;

在计划单位上: 把成台产品细分到零件和工序。

(2) 生产作业计划与生产实际活动紧密衔接, 针对薄弱环节提出作业要求和具体措施。

(3) 生产作业计划是日常生产活动的依据。

(4) 生产作业计划是联系供、产、销等日常工作和日常生产技术准备工作的纽带。

生产作业计划工作的**基本任务:**

通过生产作业计划的编制、生产作业控制和其它工作, 实现有节奏的均衡生产, 挖掘和充分利用生产潜力, 保证按质量、品种、数量、期限全面完成企业的生产计划任务。

2. 企业生产作业计划的主要内容

(1) 制定期量标准。

(2) 编制各级、各种生产作业计划。

(3) 检查生产作业准备。

(4) 生产作业控制。包括生产调度、进度管理、在制品管理等。

二、期量标准

期量标准, 又称作业计划标准或日历标准, 是为加工对象(产品、部件、零件等)在生产期限和生产数量方面所规定的标准数据。它是编制生产作业计划的重要依据。

企业的生产类型和生产组织形式不同, 生产过程各个环节在生产期限和生产数量方面的联系方式也就不同, 因而形成了不同的期量标准。

大量流水生产的期量标准有节拍、运送批量和节奏、在制品占用量定额、流水线工作指示图表等。

成批生产的期量标准有批量、生产间隔期、生产周期、提前期、在制品定额等。

单件生产的期量标准有生产周期、提前期等。

(一) 节拍、运送批量和节奏

节拍是组织大量流水生产的依据，是大量流水生产期量标准中最基本的标准。

节拍是流水线上相邻两件相同制品投产或出产的时间间隔，它是流水线最重要的工作参数，它表明流水线生产速度的快慢或生产率的高低。

节奏或运输批节拍是指顺序出产两批同样制品之间的时间间隔，它等于节拍与运输批量的乘积。

(二) 流水线工作指示图表

在间断流水线中，由于各工序的工序节拍与流水线的节拍不同步，各道工序的生产率不协调，生产中就会出现两种情况：第一种情况是，当前道工序生产率低于后道工序时，后道工序将出现停工待料，工人和设备的能力不能充分利用；第二种情况是，当前道工序生产率高于后道工序生产率时，后道工序将出现在制品积压等待加工。为了使间断流水线能有节奏地生产，一般是规定一段时间，使流水线的各道工序能在该段时间内生产相同数量的制品。这一事先规定的能平衡工序间生产率的时间，通常称为间断流水线的**看管期**。因此，间断流水线的标准计划就是按看管期编制的标准工作指示图表。

表 6-1 流水线标准工作指示图表

流水线名称				工作班数	日产量	节拍	看管期	看管期 产量									
轴加工流水线				2	160 件	6 分	2 小时										
序号	时间	工作地号	工号	工人 去处	看管期内标准工作指示图												20 件
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	12	01	01		[Bar chart showing production progress for work station 01]												
		02			[Bar chart showing production progress for work station 02]												
2	4	03	02	06	[Bar chart showing production progress for work station 03]												
3	5.2	04	03		[Bar chart showing production progress for work station 04]												
4	5	05	04		[Bar chart showing production progress for work station 05]												
5	8	06	02	03	[Bar chart showing production progress for work station 06]												
		07	05		[Bar chart showing production progress for work station 07]												
6	5.6	08	06		[Bar chart showing production progress for work station 08]												
7	3	09	07	10	[Bar chart showing production progress for work station 09]												
8	3	10	07	09	[Bar chart showing production progress for work station 10]												
9	6	11	08		[Bar chart showing production progress for work station 11]												

(三) 在制品定额

在制品定额，是指在一定生产技术组织条件下，各生产环节上为了保证生产衔接所必需的、最低限度的在制品储备量。

一定数量的在制品，是保证生产不断进行的必要条件。但是，在制品过多，又会使工作场所拥挤，产品生产周期延长，流动资金占用过多，运费保管费用增加。因此，必须合理地确定在制品定额。

企业生产类型不同，制定在制品定额的方法也不一样。

1. 大量流水生产条件下，在制品定额的制定。

(1) 流水线内部的在制品, 按其性质和作用来划分有工艺在制品、运输在制品、周转在制品和保险在制品四种。

① 工艺在制品占用量: 是指正在流水线各道工序每个工作地上加工、装配或检验的在制品数量。

② 运输在制品占用量: 是指流水线内运输过程中的在制品数量。

③ 周转在制品: 是指流水线上相邻两工序间由于生产率不平衡而形成的在制品。它周而复始地形成与消耗, 因此叫做周转在制品, 又称流动在制品。周转在制品通常只发生在间断流水线中, 连续流水线没有周转在制品。

周转在制品可以用如下公式计算:

$$Z_{\max} = \frac{ts \cdot se}{te} - \frac{ts \cdot sl}{tl} \quad (6-1)$$

式中: Z_{\max} ——工序间最大周转在制品占用量;

t_s ——前后相邻工序同时工作时间;

s_e ——前工序的工作地的数目;

s_l ——后工序的工作地的数目;

t_e ——前工序的的单件工时;

t_l ——后工序的的单件工时

④ 保险在制品占用量: 是指当流水线某一环节发生意外事故时, 为了保证整条流水线仍能正常工作而设置的。一般在负荷较高的工序或容易发生故障的工序建立保险在制品。保险在制品的储备量通常是根据经验和统计资料来确定。

(2) 流水线之间的在制品, 也有运输在制品、周转在制品和保险在制品之分。

当流水线上的节拍相等时, 流水线之间的在制品定额包括运输在制品和保险在制品;

节拍不相等时, 则只包括周转在制品和保险在制品。

2. 成批生产条件下, 在制品定额的制定。

成批生产中的在制品, 可分为**车间内部在制品**和**库存在制品**(又称库存半成品)两部分, 后者又称为在流动在制品和保险在制品。

由于成批生产中在制品占用量是变动的, 因此占用量是指月末的在制品数量。

车间在制品占用量是由于成批出产而形成的, 它们整批地停留在车间内。因此, 应计算其批数和总量。

(四) 批量和生产间隔期

批量和生产间隔期是成批生产的两个主要的期量标准。

批量是同时投入生产并消耗一次准备结束时间, 所制造的同种零件、装配的同种部件或产品的数量。

生产间隔期是指相邻两批相同产品(零件)投入或出产的时间间隔。生产间隔期是批量的时间表现, 按生产间隔期或批量(定期或定量)生产也就是成批生产的节奏性。

批量和生产间隔期的关系可用下式表示

$$\text{批量} = \text{生产间隔期} \times \text{平均日产量} \quad (6-2)$$

确定批量和生产间隔的**主要方法**有:

1. 经济批量法。

这是一种根据费用来确定合理批量的方法。

批量大小对费用的影响, 主要有两个因素: 设备调整费用和库存保管费用。

批量越大, 设备调整的次数就越少, 分摊到每个产品(零件)的调整费用就越小; 批量越小, 设备调整的次数就越多, 分摊到每个产品的调整费用就越大。但是, 批量大, 库存的保

管费用会相应增加；批量小，则保管费用也相应减少。

求经济批量的原理就是用数学方法求得这两项费用之和为最小时的批量，即为经济批量。

几种成本的计算方法如下：

年库存总成本=全年物料成本+全年订货成本+全年保管成本+缺货成本

全年订货成本=[年需求量 D/订货批量 Q]×一次订货成本 S

全年保管成本=[订货批量 Q/2]×单位物料年保管成本 H

以上各项成本中，全年物料成本是个常量，与批量的大小无关，而缺货成本一般根据实际情况来确定，一般也很难用公式来确定。与批量有关的成本只包括全年订货成本和全年保管成本这两项。

经济批量的具体确定方法参考第七章的有关内容。

2. 以期定量法。

这种方法就是首先确定生产间隔期，然后再据此确定相应的批量。

（五）生产周期

产品的**生产周期**，是指产品从原材料投入生产起一直到成品出产为止的全部日历时间(或工作日数)。

产品的生产周期由各个零部件的生产周期所组成，零部件的生产周期由该零部件的各个工艺阶段或工序的生产周期所组成。

缩短生产周期，对于提高劳动生产率、节省生产面积、加速流动资金周转、减少在制品的保管费用以及缩短交货周期等都有重要的作用。

确定生产周期标准，一般要分两个步骤进行。

首先，要根据生产流程，确定产品(或零件)在各个工艺阶段上的生产周期；

其次，在这个基础上确定产品的生产周期。把各个工艺阶段的生产周期汇总起来，就是产品的生产周期。由于各个零部件的装配程度比较复杂，产品生产周期的确定，一般采用图表法。

（六）生产提前期

生产提前期是指产品(毛坯、零部件)在各个工艺阶段出产或投入的日期比成品出产的日期应提前的时间。产品装配出产日期是计算提前期的起点，生产周期和生产间隔期是计算提前期的基础。

提前期分投入提前期和出产提前期。

1. 投入提前期。

投入提前期，是指各车间投入的日期比成品出产日期应提前的时间。

对装配车间来说，装配投入提前期就等于装配生产周期。因此，任何一个车间的投入提前期的一般公式为：

$$\text{某车间投入提前期} = \text{该车间出产提前期} + \text{该车间生产周期} \quad (6-3)$$

2. 出产提前期。

某车间的**出产提前期**，除考虑后车间投入提前期外，还应加上必要的保险期，并考虑前后车间之间的生产间隔期之差。

保险期指为防止可能发生的出产误期以及为办理交库、领用、运输而预留的时间，它一般是根据经验统计数据确定的。计算某车间出产提前期的一般公式为：

某车间出产提前期=后车间投入提前+保险期+(该车间生产间隔期-后车间生产间隔期)
(6-4)

提前期的计算按反工艺过程顺序连锁进行。

[例 6-1] 已知某企业成批生产 A 产品，各车间的期量标准数据如表所示。试计算各车间生产 A 产品的提前期。

车 间	生产周期	保险期
装 配	20	
机加工	40	5
毛 坯	30	5

装配车间出产提前期=0

装配车间投入提前期=装配车间生产周期=20

机加工车间出产提前期=装配车间投入提前期+保险期=20+5=25

机加工车间投入提前期=机加工车间出产提前期+机加工车间生产周期=25+40=65

毛坯车间出产提前期=机加工车间投入提前期+保险期=65+5=70

毛坯车间投入提前期=毛坯车间出产提前期+毛坯车间生产周期=70+30=100

三、零件移动方式

三种典型的移动方式：**顺序移动方式**、**平行移动方式**、**平行顺序移动方式**。

1. 顺序移动方式

特点：一批零件在上道工序全部加工完毕后才整批地转移到下道工序继续加工。

$$T_{\text{顺}} = n \sum_{i=1}^m t_i$$

式中 $T_{\text{顺}}$ ——顺序移动方式的加工周期

n ——零件加工批量

t_i ——第 i 道工序的单件工时

m ——零件加工的工序数目

如图 6-3, $T_{\text{顺}}=4 \times (8+4+10+6) = 112$ 分钟。

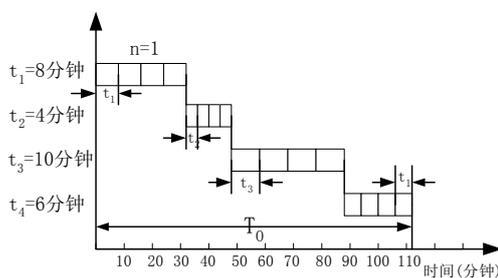


图6-3 顺序移动方式

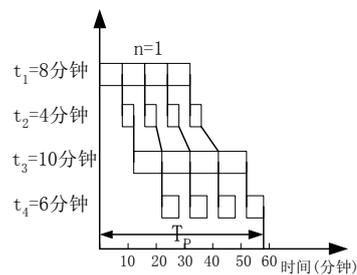


图6-4 平行移动方式

2. 平行移动方式

特点：每个零件在前道工序加工完毕后，立即转移到后道工序继续加工，形成前后工序交叉作业。

$$T_{\text{平}} = \sum_{i=1}^m t_i + (n-1)t_L \quad t_L \text{ ——最长的单件工序时间}$$

如图 6-4, $T_{\text{平}} = (8+4+10+6) + (4-1) \times 10 = 58$ 分钟。

3. 平行顺序移动方式

特点：既要求每道工序连续进行加工，又要求各道工序尽可能平行地加工。

其具体做法：

(1) 当 $t_i < t_{i+1}$ 时，零件按平行移动方式移动；

(2) 当 $t_i \geq t_{i+1}$ 时，以 i 工序最后一个零件的完工时间为基准，往前推移 $(n-1) \times t_{i+1}$ 作为零件在 $i+1$ 工序的开始加工时间。

$$T_{\text{平顺}} = n \sum_{i=1}^m t_i - (n-1) \sum_{j=1}^{m-1} \min(t_j, t_{j+1})$$

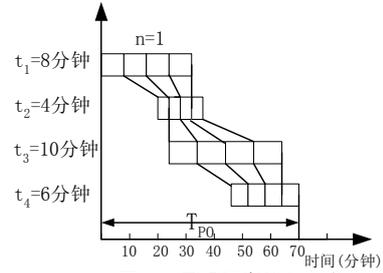


图6-5 平行顺序移动方式

如图 6-3, $T_{PO} = 4 \times (8+4+10+6) - (4-1) \times (4+4+6) = 70$ 分钟。

可以用平行系数 P 来表示生产过程平行性的程度。

$P = 1 - (\text{一批零件加工周期} / \text{顺序移动方式下零件加工周期})$

表 6-2 零件三种移动方式的比较

比较项目	平行移动方式	平行顺序移动方式	顺序移动方式
生产周期	短	中	长
运输次数	多	中	少
设备利用	差	好	好
组织管理	中	复杂	简单

表 6-3 选择零件移动方式需考虑的因素

	零件尺寸	加工时间	批量大小	专业化形式
平行移动方式	大	长	大	对象专业化
平行顺序移动方式	小	长	大	对象专业化
顺序移动方式	小	短	小	工艺专业化

四、 生产作业计划的编制

编制生产作业计划首先要明确编制计划的要求和各级分工，编制计划所需资料和供给单位，以及计划编制方法等问题。在此基础上，编制各车间作业计划和车间内部作业计划，把企业的年、季度生产任务，具体落实到各车间、工段、班组和个人。

各车间生产作业计划，是解决车间之间的生产在数量上和时间上的平衡问题，通常由厂部生产部门负责编制。

当产品结构简单、车间接对象专业化原则组织，各车间之间没有依次提供半成品的关系时，可以将企业的生产任务按照各车间既定的专业分工和各车间生产能力的负荷情况，直接分配给各车间即可。

当车间之间有相互提供半成品的关系时，可采用下列方法规定各车间的生产任务，制定相应的生产作业计划。

1. 在制品定额法

适用于生产稳定的大批量生产类型。

在大批量生产条件下，车间分工及相互联系稳定，车间之间在生产上的联系，主要表现在提供一种或少数几种半成品的数量上。只要前车间的半成品能够保证后车间加工的需要和车间之间库存半成品变动的需求，就可以使生产协调地进行。

因此，在大批量生产条件下，作业计划的编制，着重解决各车间在生产数量上的衔接。**在制品定额法**，就是根据大批量生产的特点，用在制品定额作为调节生产任务数量的标准，以保证车间之间的衔接。即，**运用预先制定的在制品定额，按照工艺过程反顺序地连锁计算方法，调整车间的投入和出产数量，顺次确定各车间的生产任务。**

2. 累计编号法

适用于成批生产类型。

累计编号法，是将预先制定的提前期转化为提前量，确定各车间计划期应达到的投入和出产的累计数，减去计划期前已投入和出产的累计数，求得车间计划期应完成的投入和出产数。

累计数是指年初或从开始生产该产品所计算的累计数。

按照预先制定的提前期标准，确定各车间在计划月份出产和投入应该达到累计号数。它等于最后车间出产累计号数，加上最后车间平均日产量和本车间出产提前期的乘积。用公式表示则有：

$$\begin{aligned} \text{本车间出} &= \text{最后车间出} + \frac{\text{最后车间的}}{\text{平均日产量}} \times \text{本车间出} \\ \text{产累计号} &= \text{产累计号数} + \text{产提前期} \\ \text{本车间投} &= \text{最后车间出} + \frac{\text{最后车间的}}{\text{平均日产量}} \times \text{本车间投} \\ \text{产累计号} &= \text{产累计号数} + \text{产提前期} \end{aligned}$$

有了投入和出产的累计号数，就可以确定本车间在计划期的出产量(或投入量)。其计算公式为：

$$\begin{aligned} \text{计划期车间应} &= \frac{\text{计划期末计划}}{\text{出产累计号数}} + \text{计划期初已出} \\ \text{完成的出产量} &= \text{产的累计号数} \\ \text{计划期车间应} &= \frac{\text{计划期末计划}}{\text{投入累计号数}} + \text{计划期初已投} \\ \text{完成的投入量} &= \text{入的累计号数} \end{aligned}$$

按上式计算出车间出产(或投入)量以后，还应按各种零件的批量进行修正，使车间出产(或投入)的数量能凑足相当一个或几个批量。

3. 订货点法

适用于需要量很大的通用件和标准件生产任务的安排。

通用件和标准件品种繁多，各个时期需要量也不稳定。但是，由于价值低，占用资金不多，为了简化生产作业计划工作，一般均采取集中生产交库，供需用单位领用。当领用到一定数量，库存降至规定水平，仓库向生产单位提出订货，生产单位据此组织生产。

4. 生产周期法

生产周期法适用于单件小批生产类型。

它根据预先制定的产品生产周期进度表和合同规定的交货期限，在生产能力核算平衡的基础上，编制各项定货综合的产品生产周期进度表，并从中摘录出某车间计划期应当投入和出产的生产任务。

第三节 作业排序

一、作业排序的基本概念和要求

(一) 作业排序的基本概念

作业排序(Sequencing)即确定作业处理的顺序,作业排序是生产作业计划的重要内容。

在生产运作过程中,经常会遇到这样的问题:n项作业任务需要依次经过一个或几个工作中心(Work center)(如机床、工作地、生产小组、工段等),各项作业任务在每个工作中心耗费的时间不等,如何安排这些作业任务的顺序,才能使全部作业任务完成的时间最短或费用最省,这就是作业排序的问题。

作业排序产生的**原因**:是因为工作中心的生产能力总是有限的,只能在一定的时间完成一定的工作任务,必须对工作任务进行时间的先后安排,才能使生产有条不紊地进行。

作业排序不仅存在于制造业中,也存在于服务业领域。

(二) 作业排序的要求

根据不同的生产运作目标的要求,对同一个排序问题会有不同的排序方法,通常来讲,有四个方面的标准要求:

1. 使完成时间最短。可用作业的平均流动时间(Averaged flow time)来评价。

作业的流动时间是指作业从到达车间、工作区或工作中心开始,到离开车间,工作区或工作中心时结束的时间长度,它不仅包括实际加工时间,还包含等待加工时间,各操作之间的运送时间,以及与设备故障、质量等问题有关的等候时间。

$$\text{作业的平均流动时间} = \frac{\text{作业总流动时间}}{\text{作业数}}$$

2. 使用率最大化。可用该工作系统的有效工作时间占总流动时间的百分比来表示。

3. 使顾客等待时间最少。可用作业延期时间(Job lateness)来表示。

作业延期时间是指作业的实际完成时间与预定日期之差。

4. 在制品库存量(Inventory on hand)最小化。

可用该系统的平均工作数量(Average number of jobs)来评价。系统中工作数量与在制品库存量高度相关,系统中工作数量越少,在制品存量也越少。

二、制造业中的作业排序

在制造业的生产排序中,对于多台机器的排序问题,按工件加工路线的特征,可以分为**单件作业(job-shop)排序**问题和**流水作业(flow-shop)排序**问题。

单件作业排序的基本特征是工件的加工路线不同或不完全相同,而流水作业排序的基本特征则所有工件的加工路线完全相同。

单件排序非常复杂,目前还没有一般解法。这里仅介绍流水排序方法。

(一) N项作业在1个工作中心的排序

1、优先规则的介绍

N项作业在某个工作中心的排序,需要根据生产目标的不同要求,确定优先调度的规则,下面介绍几种在实际中常见的优先规则:

(1)先到先服务(First Come First Served, 简称为FCFS)规则,即按工件到达车间

的先后顺序或者定单的先后顺序进行加工。

(2)最短作业时间 (Shortest Processing Time 简称为 SPT) 优先规则, 即按加工时间大小的次序, 加工时间最小者最先加工。

(3)交货期最早 (Earliest Due Date 简称为 EDD) 优先规则, 即优先选择完工期限最紧的工件进行加工。

(4)最小松弛时间 (Shortest Slack Time 简称为 SST) 优先规则, 即根据松弛时间由短到长进行排序。所谓松弛时间, 是指当前时点距离交货期的剩余时间与工件剩余加工时间之差。松弛时间一定程度上反映了任务的紧急、松缓状况。

(5)紧急性优先规则, 即优先安排紧急任务的加工。

(6)随机 (Random) 规则, 即随机安排一个工件。

优先规则可分为局部性的和整体性的。

局部性规则只考虑一个单独工作区的信息, 整体性规则则考虑多个工作区信息, 不同工作区的工作系列可能不一样, 以上提到的 FCFS, SPT 和 EDD 都是局部性规则, 而 SST 则是整体性规则。紧急性规则既是局部性规则又是整体性规则, 从理论上讲整体规则要优于局部性规则, 但整体优先规则由于需要较多的信息, 而信息的获取是要付出成本的, 因此在某些情况下不一定能够提供足够的优势。

另外, 优先规则是一种静态的排序规则, 它的使用有许多假定条件, 包括:

- ①作业系列已知, 即工作开始后不再有新作业加入, 作业不会被撤消;
- ②换产时间独立于加工顺序;
- ③换产时间确定;
- ④加工时间确定, 不可变;
- ⑤不存在加工过程和中断, 如机器故障, 意外事故, 工人病休等。

这些假定有利于排序问题的管理, 使复杂的排序工作变得简单化, 但在实践中, 作业有可能延迟或撤消, 还有可能出现新的工作, 这就需要不断修正排序结果。

2、FCFS、SPT、EDD、SST 优先规则的应用

[例 6-2] 下表 6-4 是在某工作中心等待加工的 6 项作业的加工时间 (包含换产时间) 与预定日期, 假设工作的到达顺序与表中顺序相符, 根据以下规则来决定其作业顺序: ① FCFS; ②SRT; ③EDD; ④SST, 并对它们分别进行评价。

表 6-4

作 业	加工时间 (天)	预定日期 (天)
A	2	7
B	8	16
C	4	4
D	10	17
E	5	15
F	12	18

解: (1) 按 FCFS 规则排序的结果是 A-B-C-D-E-F; 按前面所介绍的 4 个标准要求, 可作如下分析:

- ①平均流动时间: $120/6=20$ 天
- ②平均延期天数: $54/6=9$ 天
- ③使用率: $41/120=34.17\%$

④加工中心内作业平均数：120/41=2.93

表 6-5

顺序	加工时间	流动时间	预定日期	延期天数(如果为负则赋值 0)
A	2	2	7	0
B	8	10	16	0
C	4	14	4	10
D	10	24	17	7
E	5	29	15	14
F	12	41	18	23
合计	41	120		54

(2) 按 SPT 规则，作业顺序是 A-C-E-B-D-F，同理也可作如上的分析，结果如表 6-6 所示。

(3) 按 EDD 规则，作业顺序是 C-A-E-B-D-F，分析结果如表 6-6。

(4) 按 SST 规则进行排序，可得顺序：C-A-F-D-B-E。分析结果如表 6-6。

表 6-6

规则	流动时间 (天)	平均流动时间 (天)	总延期天数	平均延期时间 (天)	时间利用率 %	工作中心的作业平均数
FCFS	120	20.00	54	9.00	34.17	2.93
SPT	108	18.00	40	6.67	37.96	2.63
EDD	110	18.33	38	6.33	37.27	2.68
SST	133	22.17	57	9.5	30.83	3.24

表 6-7 各种优先规则的比较

规则	优点	缺点
SPT	可使作业流动时间最少和工作中心作业平均数(可视为在制品库存量)最少及利用率最大。	让耗时长的作业等待,特别当新的时间短的作业不断添加到系统中时,等待时间可能会相当地长。
EDD	可使平均延迟天数最短。	没有考虑加工时间,有可能造成某些作业等待加工的时间很长,使在加工存货与车间的拥挤程度增加。
FCFS	使用起来非常简单,特别适合于顾客直接参与其中的服务系统。	加工时间过长,常会使其他作业延期。
SST	考虑到了各项任务在完成过程中的紧张、缓急,同时在使用中融入了下游生产线的信息。	每项操作结束后都要对操作序列进行再评价很重要。

在作业排序的过程中，有时运用一个优先规则还不能唯一地确定下一个工作，这时可使用多个优先规则的组合。

例如：**SPT+FCFS+RANDOM**，它的含义是，首先按 **SPT** 规则选择下一个工作，若有多项工作具有相同的优先权，则运用 **FCFS** 规则再选择，如仍有多项工作满足条件，再运用 **RANDOM** 规则随机地选择一个。按照这样的优先调度方法，可赋予不同工作不同的优先权，使排序方案按预定目标优化。

(二) N项作业在2个工作中心的流水型排序（简称为N/2排序）

1. 约翰逊—贝尔曼规则

约翰逊—贝尔曼规则（以下简称约贝规则）是一种管理者用来使一组待加工作业通过两台机器或两个连续工作中心的操作时间最少的技术，它还能使工作中心内的总空闲时间最小。对于3台机器上几项作业的排序，以及M台机器上N项作业的排序，也可用约贝规则的扩展方法求得最优解或近似的最优解。

2. 约贝规则的使用条件

约贝规则的使用必须满足以下几项条件：

- (1) 各项作业在各工作中心的作业时间（包含换产与加工）必须已知且固定；
- (2) 作业时间必在独立于作业顺序；
- (3) 所有作业都必须遵循同样的两步式工作顺序；
- (4) 没有工作优先级；
- (5) 在作业被移送到第2个工作中心之前，其在第1个工作中心的所有工作内容都必须完全结束。

3. 约贝规则的操作步骤

- (1) 列出全部作业及其在各个工作中心的时间；
- (2) 选取时间最短的作业，如果最短时间在第1个工作中心，就将该作业排在第1位，如果在第2个工作中心，则将其排在序列的最后一位；
- (3) 消除这项作业及其时间，进行下一步的考虑；
- (4) 重复第2、3步，直到所有作业都已进入序列。

[例 6-3] 某冲模工厂有5件特殊的工作需通过两个工作中心（钻机和车床）的操作，各项工作的操作时间如下，为这组工作进行排序，使总完成时间最短。

工 作	生产中心 1（钻机）	生产中心 2（车床）
A	5	2
B	3	6
C	8	4
D	10	7
E	7	12

解：(1) 选出操作时间最短的工作，即工作 A，时间为 2 小时，由于这个时间发生在第 2 个工作中心，将其安排在最后，并清除作业 A 不再考虑。

(2) 工作 B 的操作时间是第 2 短的（3 小时）。由于这个时间在第一工作中心，我们将它安排在第一位并划掉它。

(3) 第3短的是工作 C (4 小时), 在第 2 工作中心, 因而放在倒数第 2 位。

(4) 余下的两项工作中最短的操作时间相同, 即 7 小时。首先安排工作 E 第 1 工作中心进行, 最后安排工作 D。

加工顺序为: B—E—D—C—A

排序后各工作中心的作业时间如下:

工作中心 1	3	7	10	8	5
工作中心 2	6	12	7	4	2

各工作中心的作业时间与总完成时间可通过示意图表示出来:

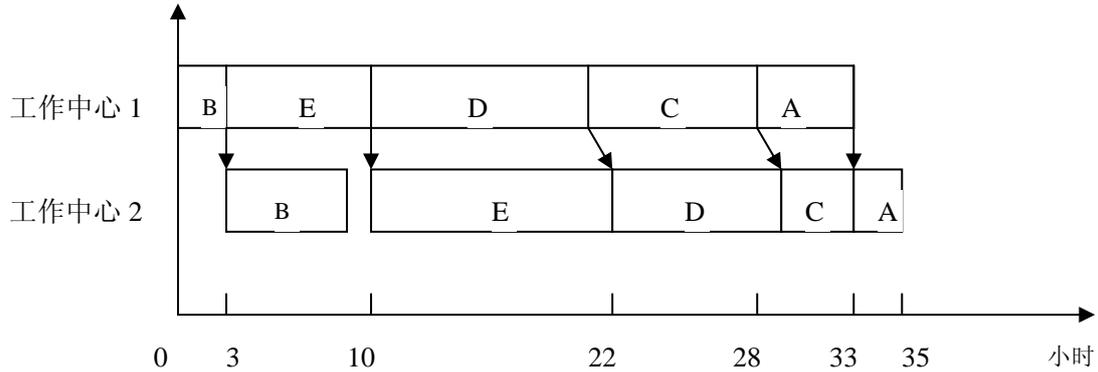


图 6-6 作业周期示意图

(三) N 项作业在 3 个工作中心的排序 (简称为 N/3 排序)

N 项作业在 3 个工作中心的排序问题, 如果满足下面的两个条件之一或均满足, 可以按约贝规则的扩展方法求得最优解:

- (1) 机器 1 上的作业最小操作时间至少等于机器 2 上作业的最大操作时间;
- (2) 机器 3 上的作业最小操作时间至少等于机器 2 上作业的最大操作时间。

求解的方法是: 假设两台机器 G、H 代替这 3 台机器, 零件在假想机器 G 上的操作时间为机器 1 与机器 2 上操作时间之和, 在假想机器 H 上的操作时间为机器 2 与机器 3 上操作时间之和, 这样, 问题就转化为了对 G、H 两台假想机床的作业排序问题, 用约贝规则使可求得最优解, 即使 3 台机器上的操作时间不符合上述条件, 也可按照这种方法求得近似的最优方案。

[例 6-4] 有 A、B、C、D 四项作业需经过 3 台机器的加工, 它们在各机器上的操作时间如下表所示, 试决定它们的作业顺序。

作业	机器 1, T_1	机器 2, T_2	机器 3, T_3
A	13	5	9
B	5	3	7
C	6	4	5
D	7	2	6

解: 从表中可看出, 前面提到的两个条件均满足, 因此可假想两台机器 G、H 代替这 3 台机器, 其操作时间见下表:

表 6-10

单位：小时

作业	机器 G, T_1+T_2	机器 H, T_2+T_3
A	18	14
B	8	10
C	10	9
D	9	8

运用约贝规则，可得作业顺序为 B-A-C-D。

（四）N 项作业在 M 个工作中心的排序（简称为 N/M 排序）

这是实际中最一般的排序问题，用分枝定界法可求得最优解，但随着问题规模的扩大，计算量相当大，甚至连计算机也难以求解。

对于 N/M 的排序问题，常用的算法为启发式算法，包括将 N/3 的约贝扩展方法进一步扩展到 N/M 问题算法。陈荣秋教授提出的关键零件法，D.S Palmer 提出的按斜度指标排列工件的启发式算法等在生产实际中也较实用，读者可参考有关文献资料。

三、服务业中作业排序

（一）服务作业排序的目标与方法

服务作业排序与制造业中的生产作业排序有很大的区别，服务作业过程需要顾客的参与，顾客到达服务系统又具有随机性，并且服务不象实体产品那样可以库存应急。

服务作业排序的**总的目标**：就是选择一种经济合理的方案，调整服务能力，使其与顾客需求相适应，以降低顾客等待时间，提高服务满意度。

一般来说，服务作业排序有两种基本的排序方式：

一是将顾客需求分配到服务能力不同的时间段内；

二是将服务人员安排到顾客需求的不同时间段内。

下面分别介绍这两种不同的方式。

（二）顾客需求的安排

顾客需求的安排是根据不同时间内可利用的服务能力来为顾客排序。在这种方式下，服务能力保持一定，而顾客需求被适当安排，以提供准时服务和充分利用能力。通常有三种方法被使用：预约、预订和积压等待。

表 6-11 各种优先规则的比较

规则	说明	优点	缺点	实例
预约 (Advanced appointment)	一个预约系统给予顾客特定的服务时间。	及时的顾客服务和服务人员的高效率。	<ul style="list-style-type: none"> 可能会因为无法控制服务时间长度而出现一些问题。 如果有很多顾客迟到，或约好不来，预约系统的运作绩效也会受到很大影响。 	医生、律师和汽车修理厂等。

预订系统	类似于预约系统，但它通常被用于顾客接收服务时需占据或使用相关的服务设施的情况。	给予了服务管理者一段提前期来计划设施的充分利用。	通常要求预付一定款额。	顾客预订旅馆房间、火车或飞机座位。
排队等待	顾客到达服务系统后不知道何时轮到他服务，提出服务要求后就等待着。允许需求积压，让顾客排队等待。	先到先服务；也允许某些顾客有特殊优先权。	顾客排序和等待时间不太准确。	餐馆、银行、零售商店、理发店等

(三) 服务人员的安排

服务作业排序的另一种方法是将服务人员安排到顾客需求的不同时间段内。

当需要快速响应顾客需求、且需求总量大致可以预测时，通常使用这种方法。

在这种情况下，可通过服务人员的适当安排来调整服务能力，以满足不同的时间段内的不同服务负荷。

采用这种方式的典型例子有：邮局营业员、护士、警察的工作日以及休息日的安排；一天营业 14 小时、一周 7 天都营业的商店的人员安排；有许多运行路线、日运行 20 小时、一年 365 天都运营的汽车公司的司机安排等等。

方法：首先制定全年、每个月以至每周的人员需求计划，然后在此基础上，通过作业排序方法把这样的人员计划转换成为每一个人的日常排班计划。例如，表 6-12 表示一个邮局的包裹服务部的人员排序计划（其中×表示工作日，空白表示休息日）。

表 6-12 邮局包裹服务部的人员排序计划

	星期一	二	三	四	五	六	日	
A	×		×	×	×		×	
B	×		×	×	×		×	
C	×	×	×	×	×			
D	×	×	×	×	×			
E	×	×	×	×	×			
F		×	×	×	×	×		
G		×	×	×	×	×		
H	×		×	×	×	×		
I	×	×		×	×	×		
J	×		×	×	×	×		
								合计
能力(C)	8	6	9	10	10	5	2	50
需求(R)	6	4	8	9	10	3	2	42
差(C-R)	2	2	1	1	0	2	0	8

制定人员排序计划的**主要约束条件**：是企业的人员计划和顾客需求。但是，有时还需要考虑一些其它约束，包括法律和行为上的约束。

例如，员工可能要求每周有连续的休息日，或至少连续休息日不得少于百分之多少，可能要求每年有一定天数的轮休，要求法定休息日全休等。管理者解决这类要求的方法之一是采用轮换排序计划，使每一个人都轮流适用不同的排班计划，这样经过一段时间后，所有人

员都会得到均等的上班、下班和休假时间。

下面介绍一种排序方法，它可以保证每人都有两日连休，还可以做到使人员的富余能力最小，这种方法的具体步骤如下：

(1) 在一周中，计算连续两日人员需求量，并找出最小值，出现最小值相同时，任选其一；

(2) 指定一名员工在最小值对应的两天休息，将其余各自的人员需求量减掉 1，作为新的人员需求量；

(3) 重复上述过程，直至安排好所有员工。

下面的例子具体说明了应用。

[例 6-5] 在表 6-12 所示的邮局包裹服务部的例子中，试为十名员工制定一个每人都保证两日连休的排序计划。

首先，我们发现周六和周日这两天的人员需求量最小，安排人员 A 在这两天休息。从 A 工作的周一至周五减去一人的需求量，具有最少需求量的连续两天仍为周六和周日，则可再安排人员 B 在这两天休息。依次计算下去，计算过程和结果见表 6-13。

表 6-13 所示的并不是既保证每人都有两日连休、又使人员的富余能力最小的唯一排序结果。例如，人员 I 可以任意安排在周日至周一，周一至周二或周二至周三休息，都不会引起能力短缺。此外还应注意到的，实际上，该部门只有 9 人也应该够用。因为只有周五一天，所需人数是 10 人。那么如果经理在周五工作一天，或轮流让一人在那天加班，就不需要人员 J。正如表 6-13 所示，一般来说，J 只在周五被需要。但当有人休息或生病时，也可把 J 用作临时替补人员。

表 6-13 人员排序过程及其结果

人 员	人员需要量 (人)													
	周一		周二		周三		周四		周五		周六		周日	
A	6		4		8		9		10		3	×	2	×
B	5		3		7		8		9		3	×	2	×
C	4		2		6		7		8		3	×	2	×
D	3	×	1	×	5		6		7		3		2	
E	3		1		4		5		6		2	×	1	×
F	2	×	0	×	3		4		5		2		1	
G	2		0		2		3		4		1	×	0	×
H	1		0		1		2		3		1	×	0	×
I	0	×	0		0		1		2		1		0	×
J	0		0		0		0		1		0	×	0	×
在岗人员数	7		8		10		10		10		3		2	
实际需要 人员数	6		4		8		9		10		3		2	
空闲人员数	1		4		2		1		0		0		0	

×：表示所在行的员工休息日

第四节 生产运作作业控制

生产作业控制是指生产作业计划执行过程中,对有关产品(零部件)的数量和生产进度进行控制。生产作业控制是实现生产作业计划的保证。

步骤:第一,确定生产作业控制标准;第二,检查执行结果与标准进行比较;第三,采取措施纠正偏差。

在本章先研究生产进度控制,在制品占用量控制和生产调度工作,

一、生产进度控制

生产进度控制是指对原材料投入生产到成品入库为止的全过程所进行的控制。

生产进度控制是生产作业控制的关键。

包括投入进度控制、出产进度控制和工序进度控制等内容。

投入进度控制:是指控制产品(零部件)开始投入的日期、数量和品种是否符合生产作业计划的要求。

出产进度控制:是指对产品(零部件)的出产日期、出产提前期、出产量、出产均衡性和成套性的控制。搞好出产进度控制,是保证按时、按量、均衡、成套完成计划任务的有效手段。

工序进度控制:是指产品(零部件)在生产过程中经过的每道加工工序的进度所进行的控制。

工序进度控制主要用于单件生产、成批生产中。对那些加工周期长、工序多的产品(零部件)除控制投入和出产进度外,还要对工序进度进行控制。工序进度控制的方法有:按工票和加工路线单进行控制。

二、在制品占用量的控制

在制品占用量控制是对生产过程各个环节的在制品实物和账目进行控制。

主要包括:控制车间内各工序之间在制品的流转和跨车间协作工序在制品的流转,加强检查站对在制品流转的控制。可以采用看板管理法控制在制品占用量。

采用“看板方式”生产与一般方式生产的一个显著区别是,它不是采用前道工序向后道工序送货,而是实行后道工序在必要的时候向前道工序领取必要的零部件,前道工序只生产被后道工序取走的那部分零部件,严格控制零部件的生产和储备。

三、生产调度工作

生产调度工作,是对执行生产作业计划过程中可能出现的偏差及时了解、掌握、预测和处理,保证整个生产活动协调进行。

1. 生产调度工作的内容

生产调度工作的主要内容包括:

- (1)控制生产进度和在制品流转;
- (2)督促做好生产技术准备和生产服务工作;
- (3)检查生产过程中的物资供应和设备运行状况;
- (4)合理调配劳动力;调整厂内运输;

(5) 组织厂部和车间生产调度会议，监督有关部门贯彻执行调度决议；

(6) 做好生产完成情况的检查、记录和统计分析工作。

2. 调度工作的原则：

(1) 计划性。是生产调度的最基本的原则。

(2) 预见性。

(3) 集中性。

(4) 及时性。

(5) 群众性。

3. 调度工作的组织

调度工作组织应与作业计划管理体制相一致。一般采取三级管理，即厂部、车间和工段。

4. 调度工作的日常工作制度

(1) 值班制度。

(2) 报告制度。

(3) 调度会议。

(4) 开好班前班后的小组会。

四、与生产控制有关的文件报表

1. 票据

与生产控制相关的票据有很多，包括：工序工票、加工路线单、零部件（或原材料、工夹具）的进、出库单、检验单、搬运单等。票据所做的记录反映了生产作业活动最原始的信息，是生产控制的基础信息。

2. 台帐

统计台帐是把原始资料按时间顺序（一般是按日）汇集在一起的记录册。逐日登帐，逐日汇总，以反映整个报告期整个生产单位的作业情况，便于及时掌握生产动态，控制生产进度，为编制统计图表和统计报表提供方便。

3. 统计图表

(1) 生产报表

生产报表主要有《生产日报表》、《生产月报表》、《生产进度跟踪表》等，这些生产报表反映了不同时间段内生产作业的完成情况。

(2) 坐标图

为了使投入和产出的进度（计划的和实际的）便于直观了解与掌握，还可以利用坐标图来表示计划产量累计与实际产量累计随时间而变动的情况。

(3) 甘特图

甘特图是一种反映每项作业时间的条形图，它以亨利·L·甘特先生的名字命名。在生产运作管理中，甘特图被广泛应用，常用来反映计划的时间安排及检查计划完成的情况。

本章关键词

连续性 Continuality

平行性 Parallelism

节奏性（均衡性） Rhythmcity

比例性 Proportion

平行移动 Parallel shift

顺序移动 Sequential shift

平行顺序移动 Parallel and sequential shift

流水生产 Streamline production
生产过程 Product process
生产间隔期 Interval of production period
生产周期 Production period
提前期 Advanced one
在制品定额 Quota of the material in process Source
均衡生产 Balance the production
生产计划 Production schedule
生产计划系统 The planning system of production
系统框架 Systematic frame
零部件项目 The project of the spare part
中期生产计划 Production schedule in middle period
预约 Advanced appointment
平均流动时间 Averaged flow time
平均作业数 Average number of jobs
最早交货期 Earliest due date
先到先服务 First come first served
流水作业 Flow-shop
在制品库存 Inventory on hand
作业延期时间 Job lateness
约翰逊规则 Johnson's rule
优先规则 Priority rules
作业排序 Sequencing
最短作业时间 Shortest processing time
松弛时间 Slack time
工作中心 Work center
人员班次计划 Work shift scheduling

本章思考题和习题

1. 生产计划系统包括的内容有那些?
2. 生产计划的主要指标及其含义?
3. 几种期量标准及其含义;
4. 几种零件的移动方法及其计算;
5. 几种排序的方法及其计算;
6. 生产计划的编制方法有那些?
7. 生产提前期的含义;
8. 生产作业计划的编制方法有那些?
9. 比较作业计划与作业排序的区别。
10. 比较制造业的作业排序与服务业的作业排序问题。
11. 如何评价作业排序的效果。
12. 一批零件, 批量为 3, 在 4 道工序上加工, 每道工序上单件加工工时依次为 $t_1=8$ 分, $t_2=6$ 分, $t_3=10$ 分, $t_4=5$ 分, 试分别求出这批零件在顺序移动方式、平行移动方式和平行顺序移动方式下的加工周期。
13. 推导《平行顺序移动方式》下的一般公式:

1) 当 $t_1 \geq t_2$ 时, 求出一批零件在一、二相邻两道工序上开始加工的时间间隔;

2) 求第一个零件在第一道工序上加工完毕起到全批零件在第二道工序上开始加工的时间间隔。

14. 在平行顺序移动方式下, 在两道工序上完成一批零件加工的总时间为 134 分钟, $t_2=2$ 分钟, 保证第二道工序加工不间断的最小零件在制品周转量为 15 件, 求出 t_1 和前后两道工序开始加工的时间间隔。

15. 已知某企业成批生产 A 产品, 各车间的期量标准数据如表所示。试计算各车间生产 A 产品的提前期。

车 间	生产周期	保险期
装 配	20	
机加工	40	5
毛 坯	60	5

16. 下表是关于某工作中心内的 4 项待加工作业信息, 作业的到达顺序与表中顺序相符, 试运用 (1) FCFS、(2) SPT、(3) EDD、(4) SST 规则为作业排序, 并比较它们的排序效果。

作 业	作业时间/天	预订日期/天
A	14	20
B	10	16
C	7	15
D	6	17

17. 生产经理必须为经过砂磨和调试部门和 7 项作业 (如下表所示) 制订作业顺序, 两部门使用相同的作业顺序。经理的目标是尽量快地使所有作业通过这两个部门。砂磨部门负责人想使用 SPT 规则减少自己部门的在制品存货。

作 业	加工时间/小时	
	砂磨	调试
A	3	6
B	2	4
C	1	5
D	4	3
E	9	4
F	8	7
G	6	2

问题:

(1) 为砂磨部门 SPT 规则排序;

(2) 砂磨部门利用 SPT 排序的总流动时间是多少? 7 项作业经过两个部门所需的时间共是多少?

(3) 求使所有作业经过两个部门所需总时间最小的作业顺序; 在此顺序下, 砂磨部门的总流动时间是多少?

(4) 讨论两种序列安排的差异, 作为生产经理应该考虑哪一种排序方法。