

车间作业计划编制问题的统一描述与应用^①

——介绍车间作业计划编制体系的概念

吴 锋 刘文煌

(清华大学国家 CIMS 工程研究中心 100084)

提 要 提出车间作业计划编制体系的概念以统一描述车间作业计划问题, 车间计划问题在内容上由计划类型、计划期、期量标准和编制方法四方面组成, 在形式上与生产类型、生产组织形式和资源负荷能力相关, 内容与形式的统一揭示了车间作业计划编制问题的一般规律, 特别地, 在一个飞机装配车间结合计划编制体系的概念, 迅速确定了装配作业计划问题的界限, 并提出用 Petri 网求解计划问题的新方法, 它与各种经验方法相比, 便于计算机模拟与实现。

关键词 车间作业计划编制体系 作业计划 Petri 网 装配车间

1 前言

车间作业计划是车间在短时期内组织生产活动的依据, 从事制造系统研究的人们, 会经常遇到这样的问题: 如何编制面向车间的作业计划? 应从哪几方面着手? 为此, 本文首先抛开具体生产环境的限制, 从更高层次上把握车间作业计划编制的内容, 概括出一般编制问题的结构关系, 提出计划管理模式, 以刻划具体车间执行计划的空间。它是一般编制问题的内容在实际应用中的表现形式。一般编制问题的内容与车间计划管理模式的有机结合, 构成了车间作业计划编制体系, 从而从宏观上揭示了车间作业计划编制的一般规律。同时, 结合某飞机装配车间应用了编制体系的概念, 分析了计划编制问题, 并提出用 Petri 网表达和求解装配作业计划, 适应了直观输出、便于模拟的需求, 且利于计算机实现。

2 车间作业计划编制体系

2.1 定义

车间作业计划是实施厂级生产计划的具体执行计划, 是车间内部在较短时期内组织生产活动的行动依据。与厂级生产计划相比, 它具有两个明显的特点: 一是计划期短, 把年度生产计划各项指标细分为月、旬、周、日, 甚至小时的具体计划; 二是计划内容比较具体, 把年度生产计划的各项指标层层落实到各工段、班组甚至职工个人, 使全体职工目标明确, 行动统一, 为实现计划规定的目标努力工作。由于这些特点, 决定了在编制车间作业计划时需根据厂级生产计划要求和车间每月甚至每时的实际情况, 把企业计划任务和临时生产任务具体分配到各工段、班组、工作地或每个职工, 规定他们在月、旬、周、日甚至小时内应完成的产品品种、出产与投入数量、期限和进度。这就是车间作业计划编制体系(T), 它规范了作业计划编制问题的内容和形式。进一步地说, 它由一般车间

^①本文 1997 年 12 月 1 日收到

计划编制内容(R)和应用车间计划管理模式(S)两方面组成, 形成内容和形式的统一体。用下列关系表示:

$$T = f(R, S)$$

车间作业计划编制体系是用三维观点来分析一般车间的编制内容与应用车间的编制形式之间的关系。提出车间作业计划编制体系的意义在于它从宏观上表达了一般车间作业计划编制的内容和从微观上反映应用车间计划编制的表现形式, 从而在总体上刻划了应用车间作业计划编制的一般规律。

2.2 一般车间作业计划内容的结构描述

从车间作业计划编制体系的定义可以看出, 一般车间作业计划编制的内容(R)可由四方面加以完整描述, 即: 计划类型(R_1), 计划期(R_2), 期量标准(R_3)和编制方法(R_4)。用下列结构关系表示:

$$R = R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_4$$

2.2.1 计划类型。车间不同管理层次的任务和目标的异同, 需要内容详实不同的生产计划。一般地说, 车间计划; 类型有车间计划(区别于厂级制定的车间计划)、工段计划、班组计划、个人工作卡片等。也可以根据制造系统的五层递阶模型把车间计划、分成车间层计划、单元层计划、工作站层计划、设备层计划^[1]四类。

2.2.2 计划期。车间根据生产需要和加工能力, 可以把车间作业计划的各项指标进一步细分为月、旬、周、日或小时的具体指标。

2.2.3 期量标准。期量标准又称作业计划标准, 是为生产产品在期限、数量、质量和规格等方面所规定标准数据, 它是编制生产作业计划的重要依据。常用的期量标准与车间的生产类型有关, 见表 1(空白表示不能具体列目, 在生产现场一般有标准可参考)。

表 1 车间类型与期量标准的关系

车间类型	期量标准			
	数量	期限	质量	规格
流水线车间	在制品定额	节拍, 流水线工作指示图表		
批量生产车间	批量, 在制品定额	生产间隔期, 生产周期, 提前期, 交接期		工时定额
单件生产车间		生产周期, 提前期		

2.2.4 常用编制方法

在车间范围内常用的计划编制方法有^[2]:

- 在制品定额法, 又称连锁计算法, 是以在制品定额作为主要依据, 从最后工作地(如工段) 开始, 反工艺顺序逐次向前连续计算, 以规定工作地生产任务的方法。在制品定额适用于生产周期短, 产量比较稳定的大量生产的产品, 其关键是合理制定各工艺阶段的在制品定额。
- 提前期法, 又称累计编号法、连续数字法、它是指从年初或开始生产某种产品时起, 依产品出产的先后顺序, 编制连续的累计号数, 并将生产提前期转化为提前期量, 据以计算各工作地在计划期应该达到的投入和产出的累计号数, 再减去各工作地在上期末已经投入或产出的累计号数, 即可得出各工作地在计划期应完成的投入和产出任务。这种方法适用于成批轮番生产的加工装配型企

业。

• 订货点法, 是按照仓库储备定额来计算生产任务和投产时间的方法, 适用于标准件和通用件生产任务的安排, 也可用于工具车间对均衡消耗性工具的生产任务安排。采用订货点法, 要事先规定各类零件的批量、保险储备和定货点等定额标准, 其中最关键的是定货点的确定。

• 生产周期法, 它是通过绘制生产周期表来确定生产任务的方法, 在单件小批量生产条件下有着广泛的应用。这种方法有一定局限性, 当产品复杂、平行交叉作业较多时难以表示清楚, 特别不利于进行动态调整。

• 标准计划法, 在生产任务稳定的大量生产或定期成批生产的工段中, 其作业计划都可以编成标准计划, 重复使用。它的表现形式可见^[3]。

• 定期计划法, 这一方法是每隔一定的时期分配一次任务的方法。适用于生产任务不稳定的大量生产或成批生产的工段, 其具体方法为: 规定零件的工序加工进度和设备负荷的进度来安排生产计划。

• 临时派工法, 这种方法是根据加工零件和工序比较复杂、工作量较大, 且原计划很难适应要求的特点, 把生产任务和各工作地的负荷任务, 随时下达给各工作地, 这种方法具有较大的机动性和较强的针对性。

2.3 应用车间计划管理模式

应用车间计划管理模式是车间执行计划从事生产活动的空间, 也是车间生产作业计划标准内容依存的形式, 它由生产类型、生产组织形式和资源负荷能力三要素组成。这些要素及其子要素之间的吻合关系, 构成一种计划管理模式。用函数式表示:

$$S = f(X, Y, Z)$$

其中, X : 大量生产、成批生产、单件生产, Y : 工艺专业化、产品专业化, Z : 好、中、差。

2.3.1 生产类型。生产类型就是按照生产过程的专业化程度所进行的一种分类, 它综合反映着生产过程技术上的主要特点。区分生产类型的基本标志是生产过程中工作地的专业化程度。根据这一标志可以将车间生产分为大量生产、成批生产和单件生产三种类型。

2.3.2 组织生产形式。组织生产的形式就是生产过程各阶段。各工序在空间的分布和原材料、半成品运输路线, 它一般有两种: 一是工艺专业化生产, 二是对象专业化生产。以工段为例分析组织生产形式:

• 如果工段是按工艺专业化组织生产, 工段之间有着依次提供半成品的关系, 因此工段级计划必须用反工艺连锁法计算各阶段生产任务。

• 如果工段是按产品专业化组织生产, 每个工段能独立完成产品的全部工艺过程, 这样工段生产的产品, 也就是车间最后的产品。因此, 工段阶段计划可以直接按车间阶段计划计算。

2.3.3 资源负荷能力。它是指决定车间生产活动能量大小的各种内在要素的综合。构成车间资源能力主要有车间职工素质、设备加工水平等。资源负荷能力可用生产效率等方面的指标来衡量, 为便于分析, 可以把它分为好、中、差三档。

3 在飞机装配车间中的应用

3.1 装配作业特点

相比一般车间, 该飞机装配车间作业具有以下明显的特点: (1) 产品是在装配过程中逐渐形成

的, 先由零件形成组件、再形成部件, 装配操作涉及部件、组件、零件; (2) 装配工艺过程具有顺序性, 使得生产的品种、数量、时间必须保持平衡衔接的关系; (3) 为了加快进度, 经常需要平行或交叉作业; (4) 装配工序繁多, 甚至达万道工序, 工序之间错综复杂; (5) 各种物料配套要求严格。

这些特点决定了装配作业客观上需要生产计划的指导, 以使车间总的生产费用和库存费用最小。

3.2 计划编制的特殊考虑

车间作业编制程序一般是先把车间任务分配到工段, 再根据工段计划来规定班组以及职工个人计划。以工段计划为例, 一种产品的装配过程需要几千道工序, 这样编制的装配作业计划不能太细, 否则它的可操作性很差。一种有效的策略是仅对影响装配进程的关键工序点进行控制, 从而指导装配过程顺利进行。如何选择装配关键工序点主要取决于该产品装配工艺、装配经验和实际装配能力等因素决定。

3.3 装配车间作业计划编制体系

3.3.1 计划管理模式

该车间生产类型为批量生产; 管辖四个工段, 工段之间平行作业, 工段内部各班组之间按工艺专业化组织生产; 资源负荷能力方面, 以手工装配为主、关键环节使用数控钻铆机, 因而有时仅有两台钻铆设备在计划脱期时即成计划顺利完成的瓶颈。

3.3.2 计划编制内容

在一个应用车间编制作业计划时的期量标准、编制方法等的选择, 与企业的生产连续和生产组织形式有直接关系, 不同的管理层次也因计划任务和粗细程度不同而采用不同的方法。编制车间作业计划时, 要从实际出发, 根据本单位生产技术工作的特点和规律性, 选择适宜的方法。根据这样的分析, 计划类型有车间月份计划和个人工作计划两种。由于工段之间工序衔接关系, 车间月份计划也就是工段装配计划。工段装配计划落实到月, 个人工作计划落实到日(或小时)。下面着重考虑装配计划的期量标准和编制方法的选择。

(1) 期量标准。该车间专门装配国外飞机部件和组件的转包性单位, 通过对飞机装配作业的特点的分析, 并参照实际经验, 决定生产提前期作为车间月份计划的期量标准, 工时定额作为个人工作计划的期量标准。

(2) 编制方法。个人工作计划的编制比较简单, 可参考相应标准, 对车间月份计划或工段装配计划。现有方法及求解算法十分复杂, 且不利于模拟, 对于工序繁多的飞机装配问题。应用动态规划算法计算效率往往很低, 于是提出的分枝定界算法及启发式算法也只是稍有改善^[4]。在这里我们提倡使用一种新方法。考虑到装配过程不仅存在顺序关系, 还存在并行关系, 提出用 Petri 网描述装配作业流程, 这是由于 Petri 网便于仿真的性质、直观图形的输出方式和及时介入人机决策, 因而满足了装配计划在输出直观、及时滚动、资源优化等方面的要求。例如, 图 1 为飞机垂尾部件装配过程的 Petri 网模型, 其中每个操作状态用一个位置、两个变迁表示。第一个变迁表示操作状态的开始, 第二个变迁表示操作状态的结束, 而位置表示其本身。在起始位置赋予 token 两种状态: “装配中”(用 \odot 表示), “已装好”(用 \ominus 表示), 以模拟装配进程。利用 Petri 网仿真环境^[5]模拟装配过程, 从而预测瓶颈资源的负荷, 找到一条关键路径, 指导计划的顺利完成。

3.4 计划输出

计划输出是指最终产生的计划形式。根据需要, 该飞机装配车间的计划形式有: 工段装配作

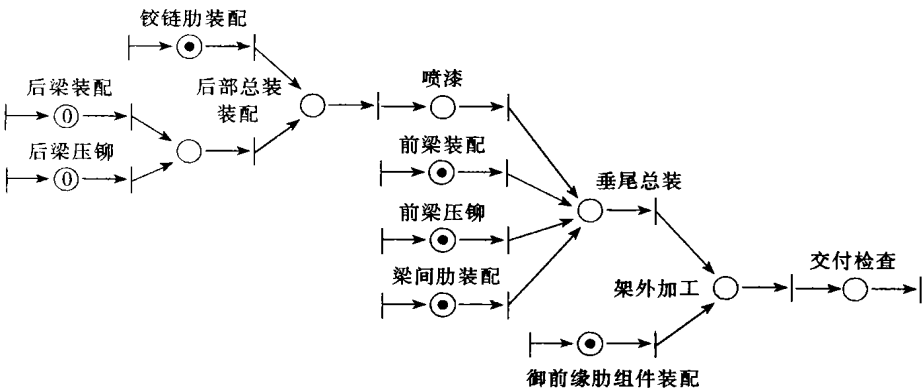


图 1 垂尾装配流程的 Petri 网

业计划和职工个人工作卡片, 分别如表 2 和表 3 所示(示意表)。

表 2 工段装配作业计划

物料号	开工时间	完工时间	数量
a	97.5.28	97.5.29	1
b	97.5.28	97.5.30	2
c	97.5.29	97.6.2	4

表 3 个人工作卡片

职工编号	派工号	数量	定额工时 (小时)
A15	233- 31	1	53
工序内容		飞机后梁压铆	

4 结束语

本文以车间作业计划编制问题为研究对象, 从一般和具体两方面分别对作业计划编制问题的内容和形式加以规范, 提出了车间作业计划编制体系的概念, 从而揭示了车间作业计划编制的内在规律。在某飞机公司装配车间编制作业计划时应用了此概念, 并结合 Petri 网的求解方法, 快捷而直观地解决了计划编制问题。顺便指出, 本文提出的有关概念和方法对企业范围内的所有计划问题均具有普遍的指导意义。

参 考 文 献

[1] 彭威, 薛劲松. CIMS 环境下单元的柔性计划生产方法. 控制理论与应用, 1995. 12(1): 76- 80

[2] 本书编委会. 中国企业管理方法大全. 企业管理出版社. 北京, 1994: 1416- 1421

[3] 刘中荣, 张碧晖等. 实用企业管理手册. 江西人民出版社. 南昌, 1984: 195- 224

[4] P. Afentakis, B. Gavish and U. Karmarkar. Computationally Efficient Optimal Solutions to the Lot- Sizing Problem in Multistage Assembly Systems, Management Science, 1984, 30(2): 222- 239

[5] 黄圣国, 吕兵, 钟亮. 最短路的 Petri 网计算机仿真算法. 东南大学学报, 95. 25(3A): 84- 89

[6] 苏东水主编. 中国企业管理现代化研究. 上海人民出版社. 上海, 1989: 376- 390

[7] 杨光宇. 面向对象的 Petri 网建模仿真. 中国科学院自动化所复杂系统实验室技术报告, 1995(II): 111- 115

On Unified Description of Job Plan Programming Oriented Shop Problems and Application

——An Introduction to the Concept of Job Plan Programming Architecture Oriented Shop

Wu Feng Liu Wenhua

(National CIMS Engineering Research Center, Tsinghua University, Beijing)

Abstract The concept of job plan programming architecture oriented shop (JPPAOS) is presented to unify to describe job plan (JP) programming problems oriented shop. Furthermore, JP programming problems oriented shop can be not only described from the four content terms which are JP- type, JP- period, JP- performance- criterion and programming methods, but also concerned with production- type, process- form and resource load capacity from the three form terms. In particular, applying the concept of JPPAOS to an aircraft- assembling shop, a limit for JP programming problems is immediately defined, and using Petri net model to solve job plan programming problems is presented. By comparison with some kinds of experienced methods, it is easy to be simulated and implemented on the computer.

Keywords Job plan programming architecture oriented shop (JPPAOS), job plan, Petrinet, assembly shop