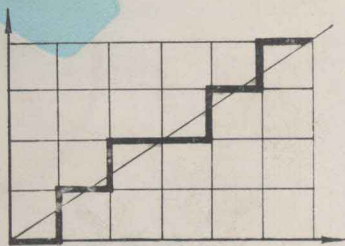


多品种混流生产平准化 投产顺序的逻辑运算

第一机械工业部
生产调度局编



多品种混流生产平准化 投产顺序的逻辑运算

第一汽车制造厂	陈金荣
吉林省机械工业学校	张福德
清华大学	李德
一机部计算中心	高谨昌

第一机械工业部生产调度局编

一九八一年一月

前 言

随着科学技术的发展和社会需要的增加，产品的种类逐渐繁多，产品规格各式各样。为了适应多品种多规格产品的生产，为了使日益扩大的生产能够不断提高产品质量以取得更好的经济效益，必须对多品种混合生产流水线(简称混流)进行深入研究，以建立现代化的生产系统及管理系统。

生产平准化是组织多品种生产的一种科学管理方法。可以在现有的生产手段、生产条件和生产能力基本不变的情况下，只改变生产的组织和计划，采取逻辑数学的计算方法，合理地安排生产，科学地制定投产顺序，就能够显著地提高企业的生产效率和经济效益。生产平准化的数学计算方法很多，本文所介绍的多品种混流生产平准化投产顺序的逻辑计算方法是其中的一种。这种方法已在国外的多品种混流生产的企业中实际采用，并取得了良好的效果，对我国机械企业的生产组织也有现实意义。这种逻辑顺序安排的方法，不仅是多品种大量流水生产企业合理组织生产的方法，对多品种小批或成批生产企业也有参考价值。

本文主要讨论生产平准化顺序逻辑学的基本方法，用以解决多品种混合生产流水线安排投产顺序的问题。先介绍生产平准化的内容，再举例说明逻辑运算方法，然后抽象出一般数学模型，最后按照这个数学模型编出电子计算机运算程序，并介绍在上机运算过程中所遇到的问题及其解决方法。

本书承吉林省科技情报所王连安同志、一机部计算中心成秀珍同志给予协助，谨致谢意。

目 录

前 言

一、什么叫生产平准化·····	(1)
二、产品特性与编码·····	(7)
三、生产平准化举例·····	(9)
四、数学模型·····	(15)
1 . 产品特性的确定与编码·····	(15)
2 . 产品的关键码·····	(16)
3 . 计算特性值和固有值·····	(17)
4 . 投产顺序的逻辑运算规则·····	(19)
5 . 注意事项·····	(21)
五、编制计算机程序·····	(21)
六、生产平准化的目的·····	(35)

一、什么叫生产平准化

生产平准化与均衡生产是两种不同的概念。生产平准化有如下特点：

1. 必须属于多品种生产方式；
2. 必须在生产多品种的同一条流水线上；
3. 是研究投产顺序最优化的问题。

因此，生产平准化是多品种混流生产方式中的重要基本概念。什么是生产平准化呢？这里先举例说明平准化概念，然后对举例加以归纳总结，给生产平准化下一个定义。

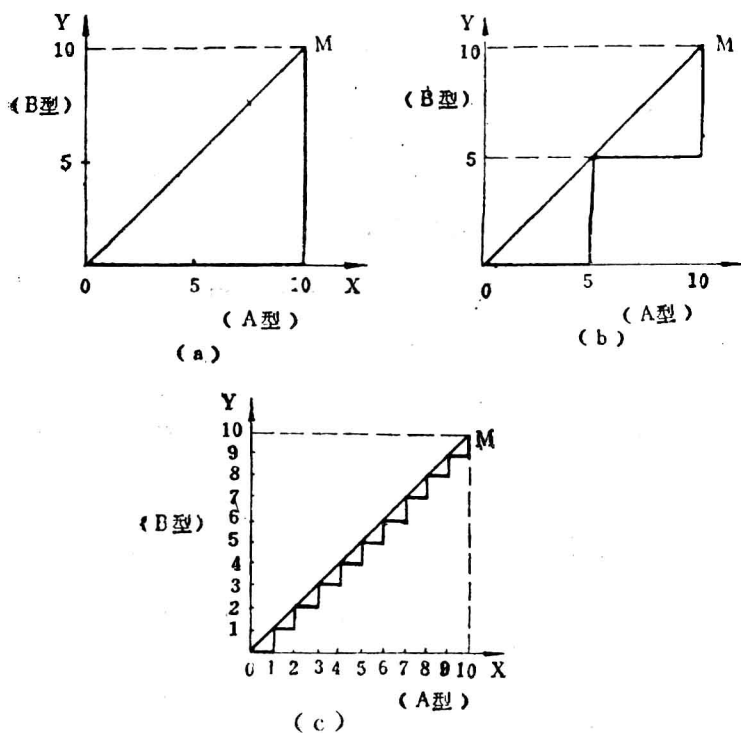
首先讨论产量相同时的情况

例1. 生产两种产品且产量相同时的情况。例如，生产A型和B型两种产品，其产量各为10单位。并假设是按图一所示的(a)、(d)、(c)三种投产顺序的状态安排生产的：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
(a)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
(b)	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B
(c)	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B

图一 生产A型与B型两种产品各为10单位时的三种投产顺序图。

很明显，图一（a）表示先投产10单位A型产品，然后投产10单位B型产品。换句话说，将A型产品全部投产完毕后再投产B型产品，到全部投产为止；图一（b）表示A型与B型产品有规律的穿插性投产，也就是先投产5单位A型产品，接着投产5单位B型产品，然后再投产5单位A型产品，最后再投产5单位B型产品；图一（c）表示A型与B型产品有规律的相间性投产，也就是先投产1单位A型产品，接着投产

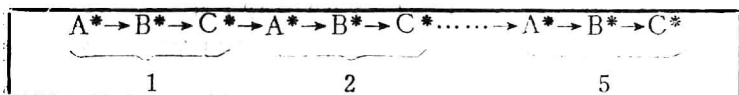


图二 投产座标图

1 单位B型产品，以后顺次相间性投产，直到全部投产完毕为止。将图一（c）的生产状态称为生产A型与B型这两种产品的平准化。

如果用横坐标（X轴）表示投产A型产品，用纵坐标（Y轴）表示投产B型产品，则可将图一（a）、（b）、（c）三种投产状态分别用图二（a）、（b）、（c）三个投产座标图来表示。将投产座标图中的原点O与投产最终一个单位产品的终点M的连线OM称为平准化标准线；将按投产顺序所画的折线称为投产顺序折线。很明显，在平准化状态，投产顺序折线规律性地以最小的幅度趋近于平准化标线OM。

例2、生产两种以上产品且产量相同时的情况。例如，在生产A型、B型和C型三种产品，其产量各为5单位时，则 will 按图三所示的投产状态称为生产A型、B型和C型这三种产品的平准化。



图三 生产A型、B型、C型三种产品时的平准化投产顺序图

图三表明，在生产产量单位数相同的多品种产品时，规律性地相间投产状态就是生产平准化。

其次讨论产量不同时的情况

例3、生产6单位A型产品和4单位B型产品。很明显，在各品种产量不同的情况下，不能实现规律性的相间投产。那么，这时怎样实现生产平准化呢？为了解决这个问题，按如下步骤进行研究：

- (1) 基本逻辑分析;
- (2) 逻辑顺序安排表;
- (3) 逻辑顺序投产图;
- (4) 逻辑顺序投产座标图。

1. 基本逻辑分析

在生产 6 单位 A 型产品和 4 单位 B 型产品时, A 与 B 的生产比为:

$$A : B = 6 : 4; \text{ 其总产量 } Z = 6 + 4 = 10$$

按照此基本生产比和总产量 Z 来编排平准化逻辑顺序。

在选择第一投产单位时, 合理地选取只能且必须选取比值大者。因为 A 的比值大, 所以第一投产单位选 A, 用 A_1^* 来表示。

在选择第二投产单位时, 将各比值均乘以 2, 则其比为:

$$A : B = (6 \times 2) : (4 \times 2) = 12 : 8$$

因为第一投产单位已经选取 A_1^* , 所以在第二次选取中, 产品 A 被选取的可能性要减少。减少的方法是从新的比值 (即 12) 中, 减去其被选取的次数 (即 1) 乘以总产量 (即 10), 从而确定新的比为:

$$A_2 : B_2 = (12 - 1 \times 10) : 8 = 2 : 8$$

这时 B_2 的比值大, 因此第二投产单位选取 B 型产品, 用 B_2^* 来表示。

在选取第三投产单位时, 将各原比值均乘以 3, 即:

$$A : B = (6 \times 3) : (4 \times 3) = 18 : 12$$

因第二投产单位已选取 B_2^* , 则应把 A 与 B 的比更新为:

$$A_3 : B_3 = (18 - 10 \times 1) : (12 - 10 \times 1) = 8 : 2$$

此时应选取产品A，用 A_3^* 来表示。

依此类推，进行第4以及以后各投产单位的选取运算，如表①所示。

表① 逻辑顺序安排表

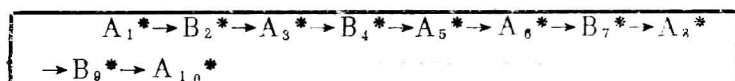
序	A 型 (6)				B 型 (4)				选定者
1	6	0	0	6*	4	0	0	4	A_1^*
2	12	1	10	2	8	0	0	8*	B_2^*
3	18	1	10	8*	12	1	10	2	A_3^*
4	24	2	20	4	16	1	10	6*	B_4^*
5	30	2	20	10*	20	2	20	0	A_5^*
6	36	3	30	6*	24	2	20	4	A_6^*
7	42	4	40	2	28	2	20	8*	B_7^*
8	48	4	40	8*	32	3	30	2	A_8^*
9	54	5	50	4	36	3	30	6*	B_9^*
10	60	5	50	10*	40	4	40	0	A_{10}^*

2. 逻辑顺序安排表

根据以上的基本逻辑分析编制成表①，将表①称为逻辑顺序安排表。

3 逻辑顺序投产图

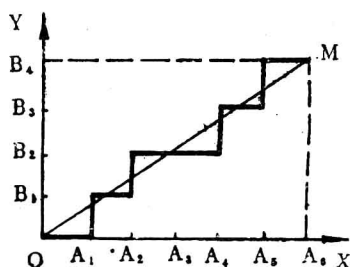
将表①中各次被选定者，用图三所示的逻辑顺序投产图来表示。



图三 逻辑顺序投产图

4. 逻辑顺序投产座标图

用投产座标图来表示图三所示的逻辑投产顺序，如图四所示。将图四称为逻辑顺序投产座标图。从图中看出，按基本逻辑所编排的投产顺序，其投产顺序折线以最小的幅度规律性的沿着平准化标准线OM摆动，并趋近于平准化标准线OM。



图四 逻辑顺序投产座标图

归纳以上的举例和讨论，将生产平准化定义如下：

所谓生产平准化是在制造多种产品时，处于如下的生产状态：

1、当各种产品产量相同时，各品种有规律性的相间性投产的生产状态；

2、当各种产品产量不相同，按照某一定的逻辑规律

而制订投产顺序的生产状态。

在现有的一切生产手段不变且产品品种规格定型时，各品种规格产品的生产时间或单位时间内生产的产量一般是近似固定的。因此，生产平准化的定义又可叙述如下：

在制造多品种产品时，将按最合适的投产顺序，各种产品的生产间隔或者每单位时间内所生产的产量保持基本相等或者近似固定的生产状态称为生产平准化。

二、产品特性与编码

1、产品特性问题

目前，产品是千差万别的，而各种产品的规格又各式各样，也就是具有多种特性。在实际生产中，若将产品的全部特性都列举出来去制订平准化计划，有时是没有必要的。因此在制订平准化方案时，需要将产品按其特性分为若干层次。以汽车为例，所谓汽车的特性是指与汽车类型、发动机、车桥、内销或出口、右方向盘或左方向盘、轴距以及驾驶室形状等有关的特点，并且还要考虑它们在装配或者加工过程中负荷的不同。

在制定生产平准化方案时，主要是按照产品特性进行设计。

2、编码问题

根据不同产品的突出特点，编制出产品特性层次表，从而确定产品特性；然后参照产品特性表进行关键码的编制；

最后在产品平准化关键码中,确定当时所必需的特性与产品,进行逻辑顺序计算,从而实现生产平准化。

以生产多品种汽车为例,根据发动机、车架、驾驶室、车箱等特性,编制成汽车特性表,如表②所示;然后根据汽车特性表编制汽车生产平准化关键码,如表③所示。

表② 产品特性表(汽车)

1	2	3	4	.....
发 动 机	车 架	驾 驶 室	车 箱	.....
A ₁ (标准)	A ₂ (一类)	A ₃ (标准)	A ₄ (标准)	.....
B ₁ (取力)	B ₂ (二类)	B ₃ (后窗护网)	B ₄ (高栏)	.....
C ₁ (9.82)	C ₂ (三类)	C ₃ (带枪架)	C ₄ (自卸)	.....
	D ₂ (短车架)			.....

表③ 产品关键码表(汽车)

汽 车 类 型		平 准 化 关 键 码				
汽车名称	汽车编号	1	2	3	4	.....
解 放	CA—10B	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	.....
长 客	CA—10BD	A ₁	C ₂			.....
高 栏	CA—10BE	A ₁	B ₂	C ₃	B ₄	.....
自 卸	CA—10BB ₁	B ₁	D ₂	B ₃	C ₄	.....

这样,就可以根据所确定的汽车特性与产量,进行编排投产顺序的逻辑运算。

三、生产平准化举例

在讨论平准化概念时，已经介绍了产量相同和不同时生产两种产品，即A型产品和B型产品（也可以说是A特性和B特性）的逻辑顺序计算方法与步骤。如前所述，实际生产中的问题是复杂的，必须是综合若干特性而进行逻辑运算。

例4，现生产（a）、（b）、（c）、（d）等四种产品，其特性关键码及产量如下：

（a）的关键码为 $A_1B_2C_3$ ，产量为10单位；

（b）的关键码为 $A_1A_2B_3$ ，产量为3单位；

（c）的关键码为 $B_1B_2A_3$ ，产量为5单位；

（d）的关键码为 $B_1A_2A_3$ ，产量为7单位。

总计生产25单位，如表④所示。试设计生产这四种产品的平准化方案。

所谓设计平准化方案，就是通过一定规律的逻辑运算，制订和编排平准化逻辑顺序。一般地按如下步骤进行：

- （1）计算特性值与固有值；
- （2）根据固有值进行逻辑运算，并编制成逻辑顺序表；
- （3）根据逻辑顺序表制订出生产平准化顺序方案。

1. 计算特性值与固有值

按照表④的已知条件，采取如下的方法计算特性值与固有值。所谓特性值是指每位上的每种特性的生产单位总数；所谓固有值是指每种产品中各位特性的特性值总和。

表④ 例4的条件表

产 品	关 键 码			产 量	固 有 值
	1	2	3		
(a)	A ₁	B ₂	C ₃	10	38
(b)	A ₁	A ₂	B ₃	3	26
(c)	B ₁	B ₂	A ₃	5	39
(d)	B ₁	A ₂	A ₃	7	34
计				25	

① 特性值的计算:

第一位A₁的合计单位数是由产品(a)(A₁*B₂C₃)的产量A₁(a)=10单位再加上产品(b)(A₁*A₂B₃)的产量A₁(b)=3单位来计算,此外,其它产品再没有A₁特性了,因此得13单位。将此合计数13单位称为第一位A₁的特性值。依此类推,同理可得:

第一位的各特性值TA₁、TB₁分别为:

$$TA_1 = A_1(a) + A_1(b) = 10 + 3 = 13 \text{ (单位)}$$

$$TB_1 = B_1(c) + B_1(d) = 5 + 7 = 12 \text{ (单位)}$$

第二位的各特性值TA₂、TB₂分别为:

$$TA_2 = A_2(b) + A_2(d) = 3 + 7 = 10 \text{ (单位)}$$

$$TB_2 = B_2(a) + B_2(c) = 10 + 5 = 15 \text{ (单位)}$$

第三位的各特性值TA₃、TB₃、TC₃分别为:

$$TA_3 = A_3(c) + A_3(d) = 5 + 7 = 12 \text{ (单位)}$$

$$TB_3 = B_3(b) = 3 \text{ (单位)}$$

$$TC_3 = C_3(a) = 10 \text{ (单位)}$$

② 固有值的计算：

产品(a)的固有值是指组合成产品(a)的各位特性 A_1, B_2, C_3 的特性值的总和, 即:

产品 (a) 的固有值 $G(a)$ 为:

$$G(a) = TA_1 + TB_2 + TC_3 = 13 + 15 + 10 = 38$$

同理, 产品(b)、(c)、(d)的固有值 $G(b)$ 、 $G(c)$ 、 $G(d)$ 分别为:

$$G(b) = TA_1 + TA_2 + TB_3 = 13 + 10 + 3 = 26$$

$$G(c) = TB_1 + TB_2 + TA_3 = 12 + 15 + 12 = 39$$

$$G(d) = TB_1 + TA_2 + TA_3 = 12 + 10 + 12 = 34$$

固有值计算结果如表④所示。

2. 生产平准化逻辑运算与逻辑顺序表的编制

四种产品 (a)、(b)、(c)、(d) 的固有值的比为
 $(a) : (b) : (c) : (d) = 38 : 26 : 39 : 34$

在选择第一投产单位时, 选取固有值最大者。因为产品(c)的 $G(c)$ 的值39为最大值, 所以选(c), 用 c^* 表示。

在选取第二投产单位时, 要进行更新固有值的计算, 计算方法如下:

$G(a)_2 = G(a) \times 2 = 38 \times 2 = 76$, 因为产品(a)的 A_1, B_2, C_3 与第一投产单位所被选定的(c)的 B_1, B_2, A_3 具有相同的特性 B_2 , 所以差为: $25 \times 1 = 25$

其中: 25为总产量, 1为产品(a)的特性被选取的次数, 则 $G(a)_2$ 的值更新为: $G(a)'_2 = 76 - (25 \times 1) = 51$

同理, $G(b)_2 = G(b) \times 2 = 26 \times 2 = 52$, 因为(b)的

表⑤ 生产平准化逻辑运算过程表

序	$A_1B_2C_3$ (a)	$A_1A_2B_3$ (b)	$B_1B_2A_3$ (c)	$B_1A_2A_3$ (d)
1	38 0 0 38	26 0 0 26	39 0 0 39*	34 0 0 34
2	76 1 25 51	52 0 0 52*	78 3 75 3	68 2 50 18
3	114 2 50 64*	78 3 75 3	117 3 75 42	102 3 75 27
4	152 5 125 27	104 4 100 4	156 4 100 56	136 3 75 61*
5	190 5 125 65*	130 5 125 5	195 6 150 45	170 6 150 20
6	228 8 200 28	156 6 150 6	234 7 175 59*	204 6 150 54
7	266 9 225 41*	182 6 150 32	273 10 250 23	238 8 200 38
8	304 12 300 4	208 7 175 33	312 11 275 37	272 8 200 72*
9	342 12 300 42*	234 8 200 34	351 13 325 26	306 11 572 31

16	608	24 600	8	416	15 375	41	624	23 575	49*	544	20 500	44
17	646	25 25	21	442	15 375	67*	663	26 650	13	578	22 550	28
18	684	26 650	34	458	18 450	18	702	26 650	52*	612	23 575	37
19	722	27 675	47*	494	18 450	44	741	29 725	16	646	25 625	21
20	760	30 750	10	520	18 475	45	780	30 750	30	680	25 625	55*
21	798	30 750	48*	546	20 500	46	819	32 800	19	714	28 700	14
22	836	33 325	11	572	21 525	47	858	33 825	33	746	28 700	48*
23	874	33 325	49*	593	22 550	48	897	35 875	22	782	31 775	7
24	912	36 900	12	624	23 575	49*	936	36 900	36	816	31 775	41
25	950	37 925	25	650	26 650	0	975	36 900	75*	550	32 800	50