

基于机械手的多品种小批量多通道生产线的构建与调度

杜毅 张天鹏

(安阳工学院 河南 安阳 455000)

【摘要】通过可变生产线向多通道转化来降低拖期数量,进而提高生产效率。提出建立以拖期数量作为目标函数,以设备成本和机械手成本作为约束的单目标模型。鉴于可变生产线向多通道转化是一个 NP-hard 问题,针对模型的特点,提出了邻域搜索的启发式算法。通过计算实例,验证了可变生产线向多通道转化可以在不增加资源成本的前提下有效的降低拖期数量,并依据实验的结果给出了如何进行多通道的构造以降低拖期数量的建议。

【关键词】可变生产线向多通道转化;拖期数量;变邻域搜索

1 问题的提出和国内外研究现状

随着市场的多品种,小批量的需求变化,造成生产线的工位太多,占地面积太大。因生产周期短,换产频繁,准备时间长,而造成生产线各工位的设备利用率低,机械手的效率低。另外,各生产周期产量变化的适应能力差。电子企业为了在这种多批次、小批量环境下竞争和生存,采用多种方法,可变生产线向多通道转换就是其中之一。目前,这种创新的方法广泛应用于我国珠三角电子产品生产企业。可变生产线向多通道转化的实质是,将一个长的每个工作地包含若干工位的生产线转化成功能相同但每个工作地包含少数工作地的多通道生产系统。

2 以减少拖期数量为目标的可变生产线向多通道转换的数学模型

2.1 假设条件

有 I 种产品类型, L(可变)产品批次,每个批次只有一种产品类型,且批次的规模有限制;一个产品批次只能在一个多通道中完成,不考虑拆分;在可变生产线中,每个机械手执行一个工作地的一个工位,在多通道中,每个机械手可执行多通道的所有工序。

RASP

$$f = \min \sum_{T=1}^T \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L [D_{it} - \sum_{s=1}^{T'} (P_{iks} - D_{is})] \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_{l=1}^L (ZB_l + TG_l + KS_l) \leq TI_t \quad \forall t, k \quad (2)$$

$$\sum_{v=1}^V \sum_{k=1}^K X_{vjk} \leq SC_j \quad \forall j \quad (3)$$

$$\sum_{w=1}^W \sum_{k=1}^K Y_{wk} = RC \quad (4)$$

式(1)中目标函数为拖期成本最小。式(2)表示操作时间约束,即准备时间与通过时间和开始时间的和不能超过本周期的交货期。式(3)表示所有多通道同种工作地设备数之和的取值范围,即不大于可变生产线同种工作地设备数。式(4)表示机械手的取值范围。

2.2 启发式规则如下

列出 t 个阶段每个多通道中每种产品的生产时间矩阵;按照多通道中机械手数量降序排列,依次分配产品进入通道,每次分配完成后,把已分配的产品从生产时间矩阵中去掉;第一层:实现每个多通道都有产品生产,并且分配到该通道的产品的剩余时间一定是未分配产品中最小的;第二层:把剩余时间 - 准备时间(不同种类)作为新的生产时间,更新剩余时间矩阵。剩余产品中生产时间最接近 4 步结果的产品分配到相应的

多通道。接着第三层,四层等,直到该阶段全部产品都分配完成。计算剩余时间和拖期数量;把剩余时间累加到下个阶段, $t=t+1$, 重复 1~6 步。直到 $t=T$ 结束。

2.3 实验仿真

实验用的具体参数和实例数量如表 1 所示

表 1 十种产品工序图和 4 个阶段的订单数

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	T1	T2	T3	T4
P1		860	364			960		380	850		180	180	180	180
P2						960	932	368	850		180	180	180	180
P3	850				848	960			850		160	160	160	160
P4	850				480	928			850		160	160	160	160
P5		636	640		650				720		180	180	180	180
P6		636	640		650					720	260	260	260	260
P7		900								960	160	160	160	160
P8			428	430				188		720	180	180	180	180
P9			460					428		960	160	160	160	160
P10			920							960	180	180	180	180

表 2 大规模问题邻域搜索结果比较

机械手数量	最小工位	最小批次	拖期数量		多通道分配方法
			多通道	可变生产线	
22	5	10	270	991	4 9 3 6
22	5	10	191		12 7 1 2
22	5	10	0		5 10 3 4
22	5	10	0		1 10 7 4
22	5	20	194		7 3 11 1
22	5	20	272		1 2 5 12 2
22	5	20	191		8 1 6 7

3 结论

可变生产线转换成多通道生产线在不增加设备成本和机械手成本的前提下,有效的降低多周期产品的拖期数量。通过可变生产线向多通道转换,能够在不增加投入的情况下,提高生产效率。

研究了拖期的改善程度与换产时间的关系,拖期的改善程度与产品的品种有关,并与不同品种成品数量的百分比有关。拖期率的改善与产品的构成有关,当订单的变化率越大时,拖期率的改善效果越明显。另外拖期率的改善与最小批次有关,最后,拖期率的大小还和拆分的多通道的数量有关,但并不是多通道的数量越多,拖期率就会越低。因此,根据输入的产品种类,数量,工序,工作地,工位等信息,通过实验选择合适的多通道数量,使得拖期率的改善达到最优。

参考文献:

[1] 王时龙,宋文艳,康玲,等.云制造环境下的制造资源优化配置研究[J].计算机集成制造系统,2012,18(7):1396-1405.

基金项目:安阳市科技攻关项目 2020A01SF001 基于云制造的多品种小批量复杂产品生产智能调度关键技术研究;2021A01SF007;安阳工学院科技攻关项目基于云制造随机动态环境下资源配置;河南省教育厅高等学校重点科研项目云制造资源工序级云化机器人 CELL-LINE 的构建生产任务分配决策。