

个性化产品二车间调度系统的设计与实现

郑泽楷 张晓欢 黄梓杨 林永煌 郑锐彬 谢颖
惠州学院计算机科学与工程学院 广东 惠州 516007

【摘要】个性化产品订单往往为单件小批订单，调度此类订单的有效方法为综合调度方法。目前综合调度方法在解决个性化产品分布式调度问题时，主要存在的问题是在工艺树中，难以兼顾横向调度与纵向调度两者的弊端，使得过于重视两车间中的均衡处理问题，反而会徒增工序迁移次数，同时增加产品加工总时间问题。在本文中，针对当前算法上述缺陷，分析二车间调度问题特点，为其提出个性化产品二车间调度模型；研究二车间制造资源分配策略；研究二车间个性化产品柔性制造调度算法；最后设计个性化产品二车间调度系统，通过计算机仿真验证所提算法有效性。

【关键词】综合式调度；二车间；分布式

引言

近年来，青岛红领服饰开展了关于个性化的定制业务^[1]，客户可以通过“酷特智能”平台来预约定制，并在线上选择各自偏好的服装类型等。随着3D打印技术的快速发展，目前可以对各种药物进行定制，包括对其剂量和剂型的打印，这为实现个性化给药提供良好的发展的一个契机^[2]。索尼公司在2008年就已经推出了用户定制的业务，消费者们可以在索尼官方网站上自主选择喜欢的性能组件和笔记本外观，并依据个人风格进行自由搭配，甚至可以在电脑机身上刻字，该业务的推出受到了当时众多用户的欢迎^[3]。河南省的大信整体厨房科贸有限公司在2005年就开始对个性化定制的业务取得了领先，也顺利通过了建设部康居工程认证和中国环境保护十环认证，获得了“全国售后服务优秀品牌”和“中国橱柜领军企业10强”称号^[4]。

综上所述，随着个性化产品越来越受到消费者的欢迎，个性化定制生产模式被越来越多的企业所关注并采用。

本项目将对个性化产品分布式综合调度问题进行建模，并针对以缩短产品加工总用时为目标的综合调度问题进行优化，并形成个性化产品调度系统软件。

1 问题模型描述

定义1 工艺品工序序列：即在整个生产流程中不同阶段工艺品加工顺序。

定义2 工序调度方案：调度以工序进度计划为依据，工序进度计划要通过调度方案来实现。

定义3 车间迁移次数：在工艺品加工过程中在两车间中的迁移次数。

定义4 初始调度方案：将工艺树中最长的工序序列上工序依次调度所得到的调度方案。

定义5 产品调度方案：依次调度完产品中所有工序后得到的最终调度方案。

假设产品一共有N道工序，其中产品的工艺树中最长的和非最长工序序列上的工序数是n1和n2，则N=n1+n2成立；现有两个车间：s1和S2，总设备数为M，工序在两车间的迁移时间为t。在逆序产品工艺中当中，工艺树中各个节点有且仅有唯一紧前工序。首先调度最长工序序列上的工序，形成初始的调度方案（部分产品调度计划），之后依次调度非最长工序序列上的n2个工序，最后经过二车间择时和冲突调整策略后形成n2个工序调度方案。产品调度的结果总共会形成n2+1个工序调度方案，其中第n2+1个方案为（即产品调度方案），其加工总用时就是该产品的加工总用时。以下公式(1)-(6)是问题目标函数及约束函数。

$$T = \min(P_{n2}, tt) \tag{1}$$

$$W_i \cdot at = W_i \cdot et + a^t a \in \{0,1\} \tag{2}$$

$$W_i \cdot st \geq W_j \cdot at \tag{3}$$

$$P_0 = \{W_1, W_2, \dots, W_N\} \tag{4}$$

$$P_1 = P_0 \cup W_{n1+1} \tag{5}$$

$$P_{n1} = \{W_1, W_2, \dots, W_N\} \tag{6}$$

其中T表示产品加工总用时；工序n2调度方案的加工总用时是；调度工序是；工序的到达时间为；a表

示工序是否发生迁移, ; 当 $a=1$ 时, 表示发生迁移, $a=0$ 时表示不发生迁移; 工序的加工结束时间为; 工序的加工开始时间; 是工序的紧前工序; 式 (1) 表示二车间调度问题的目标函数, 表示的是最后一道工序的调度方案的加工总用时最小; 式 (2) 是工序的到达时间等于工序的加工结束时间与它的迁移时间之和; 式 (3) 是工序的加工开始时间大于等于其紧前工序的到达时间; 式 (4) 是初始调度方案由最长工序序列上工序调度组成; 式 (5) 是在工序的调度方案中的工序调度方案的基础上调度工序所形成的; 式 (6) 是最终产品调度方案是工艺树中所有工序调度的集合。

2 解决的问题及解决问题技术路线

解决关键问题 1:

设计个性化产品分布式制造模型。解决问题技术路线: 需要对产品的加工过程进行分解, 将分解的工序作为一个调度单元, 并将工序在分布式制造资源网络的各个加工节点上的加工时间及加工代价作为该节点的调度信息, 从而建立工序-时间-代价的多元组合。此外, 分布式制造资源网络中各分布式设备可作为加工单元, 且各加工单元间存在运输距离, 因此, 分布式制造资源网络在加工层面存在物流时间及物流代价约束。对此, 建立时间代价与生产成本等因素的混合函数, 并以该混合函数作为工序调度的权重函数, 实现对网络分布式制造资源问题的求解。

解决关键问题 2:

在考虑分布式制造资源的物理位置前提下, 建立面向特定加工任务的资源配置策略。解决问题技术路线: 利用资源的虚拟移动策略, 对虚拟资源移动到的设备区域进行判断, 选择可使收益率最大化的设备区域作为定向投资及优化的区域, 从而解决区域设备配置与特定调度任务的关联; 通过考虑设备位置与物流路线关系, 拓展设备资源配置的模型, 构建满足物流流向、物流全局平衡度量及物流容量的候选模型, 并据此解决物流资源流动性建模问题。

解决关键问题 3:

解决面向任务需求约束及资源约束的调度方法。建立面向基于网络资源的分布式设备调度任务自主决策的调度模式, 并依据任务的调度结果, 建立任务调度结果对设备资源的反馈调节机制, 实现任务与资源环境的双向自适应优化。解决问题技术路线: 研究加工设备特征和网络资源约束对调度单元的调度次序、调度路线及物流时间的影响; 解决设备资源与网络资源约束的关联问题, 思路是综合考虑网络资源约束、加工单元加工时间、加工成本及运输成本对调度目标的影响度, 建立产品的

各柔性加工单元影响度向量属性, 并将其与调度目标关联对应。

解决关键问题 4:

设计与实现个性化产品分布式调度系统。解决问题技术路线: 分析系统模型, 设计数据库, 设计集成系统界面, 实现核心算法, 调度结果仿真。

3 算法思路与设计

算法设计具体步骤如下:

步骤 1 对工艺树中任意两个工序之间的偏序关系逆置, 得到逆序加工工艺树。

步骤 2 借助工序序列排序策略确定产品中各加工工序的调度顺序, 得到产品工艺树的工序队列 Q 。

步骤 3 依次对最长的工序序列上工序做出队操作, 并调度其形成初始的调度方案。

步骤 4 判断 Q 是否为空, 不为空则转步骤 5, 否则转步骤 9。

步骤 5 设 $i = 1$ 。

步骤 6 工序序列队列 Q 进行出队操作, 获得当前调度工序 W 。

步骤 7 使用二车间择时策略调度工序 W , 并利用冲突调整略对调度 W 所影响的工序进行调整, 得到工序 W 调度方案。

步骤 8 $i++$, 转步骤 4。

步骤 9 形成产品调度甘特图并输出。

4 系统的设计与实现

系统设计分三部分: 数据输入, 算法的逻辑运算, 结果输出。如图 1 所示。



图 1 系统设计图

工序树如图 2 所示。工序树中每个节点中文字依次代表: 工序的名称、工序加工设备和工序加工所用时间。被箭头指向的工序是没有箭头一侧工序的紧后工序。

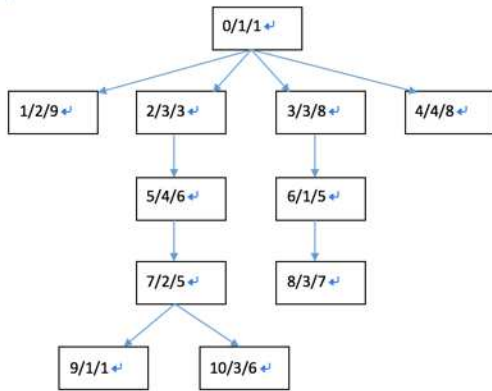


图 2 工艺树图

产品调度甘特图如图 3 所示。当用户执行完程序后，会弹出甘特图窗口。

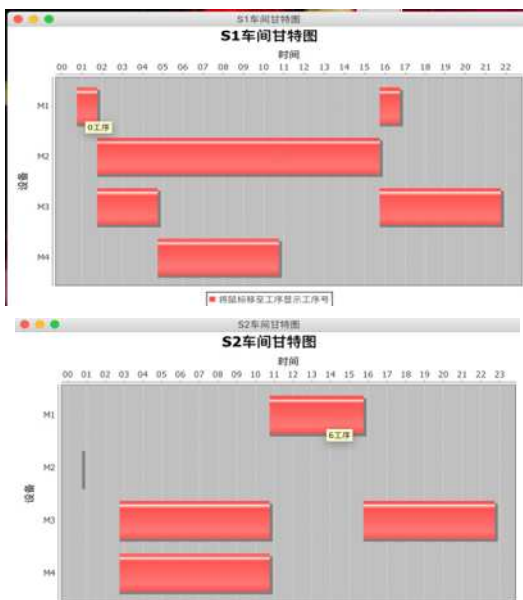


图 3 产品调度甘特图

5 结束语

在本文中所提算法增大了二车间调度问题的解区间，同时使目前存在算法的解成为其子集，在扩大的解集中可以选择出比之前更理想的近优解，并将设计个性化二车间产品调度系统，最后通过仿真实验证明算法有效性。

【参考文献】

- [1] 吴义爽, 盛亚, 蔡宁. 基于互联网 + 的大规模智能定制研究——青岛红领服饰与佛山维尚家具案例 [J]. 中国工业经济, 2016(04):127-143.
- [2] 肖云芳, 王博, 林蓉. 3D 打印的个性化药物研究进展 [J]. 中国药学杂志, 2017, 52(02):89-95.
- [3] 潘子林, 崔森. 互联网时代汽车个性化定制模式探索 [J]. 包装工程, 2015, 36(02):21-25.
- [4] 杨志波, 王中亚. 基于工业大数据的个性化定制研究——以河南省大信整体厨房科贸有限公司为例 [J]. 经营与管理, 2016(10):44-46.7.

2019 年惠州学院大学生创新训练项目《个性化产品分布式调度关键技术研究》研究成果，项目编号：CX2019208