

JDF 数字化印刷工作流程生产调度

王民¹, 张梅¹, 咎涛¹, 郑军²

(1. 北京工业大学 机械工程与应用电子技术学院 先进制造技术北京市重点实验室, 北京 100022;

2. 北人集团公司, 北京 100022)

摘要: 为了使 JDF 数字化印刷工作流程更加流畅, 设备的利用率更高, 给出了整个 JDF 数字化印刷生产的网络化集成调度的实现过程, 包括设备参数的获取、调度以及设备如何得到计算好的排产信息 3 个步骤. 调度部分采用遗传算法确定活件的开工次序和开工时间, 并通过一个算例证明了算法的可行性.

关键词: 印刷机械; 数字化控制; 调度; 遗传算法

中图分类号: TH 166

文献标识码: A

文章编号: 0254-0037(2008)09-0908-06

数字化生产流程是以数字化的生产控制信息将印前图文信息处理、计算机直接制版 (computer to plate, 简称 CTP)、印刷、印后加工 4 个子过程整合成一个不可分割的系统, 使数字化的图文信息完整、准确地传递, 并最终加工制成印刷成品的过程. 与传统的印刷流程相比, 数字化生产流程使印刷生产变得更加流畅、优质、高效^[1].

实现数字化印刷工作流程中业务与生产之间综合沟通的解决方案是活件描述格式 (job definition format, 简称 JDF) 及活件信息格式 (job information format, 简称 JMF) 的应用. JDF 是一种建立在 XML 语言基础上的工业标准, 同时也是一种文件格式. 它利用一张作业传票记录标准描述信息和交换协议信息, 并应用于整个印刷流程中^[2].

生产调度的概念起源于制造业, 其定义是: 针对一项可分解的生产任务研究在尽可能满足约束条件 (如交货期工艺路线和资源情况等) 的前提下, 通过下达生产指令, 安排其组成部分 (操作) 使用哪些资源、加工时间及加工顺序以获得生产任务执行时间和成本的最优化^[3]. 印刷生产是一种特殊的制造生产, 其特殊性表现在: 一方面, 印刷生产的工艺过程具有很高的连续性, 特别是报纸的印刷生产过程具有典型的流水线特性, 地理位置集中, 生产的自动化程度高. 另一方面, 印刷业是典型的定货制造型生产, 缩短生产周期一直是印刷业不断追求的目标. 另外, 印刷生产具有与一般的制造生产方式的类似性: 工艺有序, 并且工艺、设备存在多样性. 因此, 印刷生产过程中的生产调度问题也是一个非常复杂的问题^[3].

1 问题描述

1.1 JDF 数字化印刷工作流程

JDF 以节点树的形式组织各生产过程, 1 个节点对应 1 个或多个过程, 过程是节点的基础, 而节点则是过程描述的外在形式. 例如, 印刷制作一本小册子, 封面和封底的纸张、油墨与内页不同, 需分别制做. 根据生产要求形成的 JDF 的数据结构如图 1 所示. 其中, 第 1、第 2 层为产品节点, 是对产品的基本描述, 定义了产品的加工意图, 如印刷工艺要求、材料要求、质量控制指标和产品使用功能要求等; 最下面 1 层是过程节点, 代表独立的生产过程或操作步骤, 是 JDF 工作流程的基本成分, 最终完成印刷生产^[4].

收稿日期: 2007-03-29.

基金项目: 北京市科技计划资助项目 (D0305001040421); 先进制造技术北京市重点实验室资助项目 (102KB00531); 国家科技支撑计划资助项目 (2006BAF03B01).

作者简介: 王民 (1972-), 男, 河南南阳人, 教授.

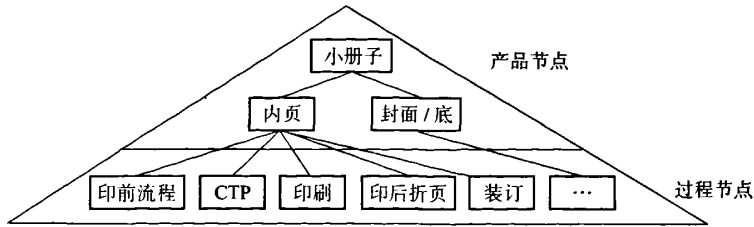


图1 JDF的数据结构

Fig.1 Data construction of JDF

基于JDF的数字化印刷生产过程可以用图2表示。图2中,通过浏览器接收活件网络定制及文本、图像素材,明确活件的类型及各项要求,然后把类型为Product的定单传给Web服务器,由Web服务器把产品节点转换成过程节点。在这个转换之前,由生产过程监控中心向各个设备发送类型为QueryStatus的JMF消息,然后各个设备向监控中心返回各自的状态和性能参数,返回的信息输入到生产计划部分,进行生产调度,得到的结果写入相应的过程节点的NodeInfo里,再由监控调度中心给指定的设备发送类型为SubmitQueueEntry的JMF消息,把工作内容及调度时间等信息以JDF传票的形式发送到指定设备,从而实现印前、印中、印后的生产过程。由图2可见,生产计划部分在整个数字化印刷系统中起着重要的作用。因此,运用合理的方法对各种设备进行排产是很重要的,关系到整个系统运行正常与否。

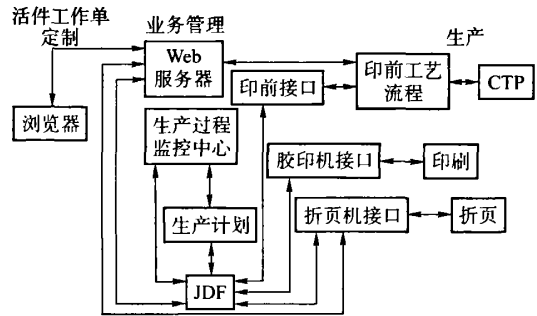


图2 基于JDF的数字化印刷生产过程流程图

Fig.2 Diagram of digital printing work flow based on JDF

1.2 调度过程

JDF 流程控制中心负责2项任务:一是决定每个过程节点什么时候开始执行;二是选择哪个符合活件要求的设备执行该任务。这些是由生产调度部分实现的。通过由生产过程监控中心向设备发出类型为QueryStatus的JMF消息,例如:

```
<? xml version = "1.0" encoding = "UTF-8"? >
<JMF xmlns = "http://www.CIP4.org/JDFSchema-1-1"
xmlns:xsi = "http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" DeviceID = "BeiRen
ConventionalPrinting" SenderID = "FlowCenter"
TimeStamp = "2007-03-28T10:26:38 + 08:00" Version = "1.3">
<Query ID = "FlowCenter 965dc07846bde2d3" Type = "Status" xsi:type = "QueryStatus">
<StatusQuParams DeviceDetails = "Details"/>
</Query>
</JMF>
```

就可以返回设备的性能,如设备数量、型号、所需油墨种类、印刷速度等参数以及设备的当前状态,如等待(Waiting)、正在检测(TestRunInProgress)、就绪(Ready)、检测有误(FailedTestRun)、开始(Setup)、工作中(InProgress)、完成(Cleanup)、暂停(Stopped)、结束(Completed)、异常中断(Aborted)等,这些信息作为约束条件输入到遗传算法的程序中,可以计算出每个工序的开始时间和结束时间。

JDF 规范中规定印刷过程有串行、重叠、并行和重复4种执行模式^[5]。

1) 串行过程执行。串行方式指节点是顺序执行,不存在2个或2个以上的节点同时被执行的情况。

一个简单的串行过程如图3所示. 资源 R1、R2 和 R3 代表数量型资源. 过程 P1 消耗 R1 并产生 R2. 然后, R2 由 P2 完全消耗, 同时过程 P2 还需要一个工具性资源 R4, P2 的产出为 R3. 所有的过程沿一个线形时间轴顺序完成.

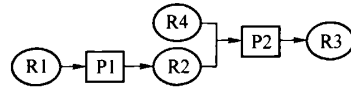


图3 串行执行示意图

Fig. 3 Example of serial processing

2) 重叠执行. 重叠执行是指一个过程产生的输出资源在没有完全完成的情况下, 同一时间有 2 个或多个节点在执行.

3) 并行执行. 并行执行是指一种分支形的工作流程方式. 有些节点可以分成多个组成部分, 各个组成部分的生产可以同时展开. 例如, 一本书的书芯与书封有各自相对独立的生产过程, 它们可以并行执行, 当它们都生产完成时就需要通过装订过程将书的 2 个组件组合起来.

4) 重复执行. 在印前生产领域, 一些相互依赖的过程因为一些不确定的情况或者要多次修改, 需要重复多次执行, 称为重复执行过程. 打样和确认即是这样一个需要重复执行的 2 个过程.

在调度的过程中, 需要考虑到这几种模式的具体情况. 例如对于重叠执行模式, 需要考虑到各个机器的工作重叠时间, 如胶印机印到多少张的时候可以把印好的纸张拿到折页机去折页, 计算出一个最佳的重叠时间. 另外, 优化活件与设备之间的搭配是优化生产调度的关键. 例如, 印刷厂有对开印刷机和四开印刷机, 现需制成 2 个对开大小幅面的印版, 如果当前对开印刷机正在工作中无法立即接受任务, 而四开印刷机处于空载状态, 这时可以把这个任务分派给四开印刷机, 制成一个四开大小的印版, 然后把四开印版从中间切开, 也可以得到 2 个对开印版, 及时地完成客户提交的任务.

计算好的排产信息输入到相应的过程节点的 NodeInfo 里, 例如:

```
<NodeInfo
```

```
  StartTime = "2007-03-28T10:26:39 + 08:00" EndTime = "2007-03-28T10:26:39 + 08:00">
```

```
</NodeInfo>
```

再由生产过程监控中心向指定的设备发送类型为 SubmitQueueEntry 的 JMF 消息, 例如:

```
<? xml version = "1.0" encoding = "UTF-8" ? >
```

```
<JMF xmlns = "http://www.CIP4.org/JDFSchemas-1-1"
```

```
  xmlns:xsi = "http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
```

```
  DeviceID = "BeiRenConventionalPrinting" SenderID = "FlowCenter"
```

```
  TimeStamp = "2007-03-28T10:16:55 + 08:00" Version = "1.2">
```

```
  <CommandID = "FlowCenter 9654dcd586ce80d1" Type = "SubmitQueueEntry"
```

```
  xsi:type = "CommandSubmitQueueEntry">
```

```
    <QueueSubmissionParams ReturnJMF = "http://172.22.64.227:9090/ FlowCenter /jmf"
```

```
      URL = "http://172.22.64.227:9090/jdf/GNVMIG2cjuSYaww.jdf"/>
```

```
    <QueueFilter MaxEntries = "4" QueueEntryDetails = "Brief"/>
```

```
  </Command>
```

```
</JMF>
```

设备可以根据 URL 地址通过网络得到 JDF 传票的内容, 即计算好的排产信息及具体印刷内容和工艺参数, 这样就可以实现整个印刷生产过程的网络化集成调度管理.

2 遗传算法的应用

遗传算法是一种基于生物自然选择与遗传机理的随机搜索算法, 即基于群进化的一种方法, 它的最大优势在于它有能力在各种调度方案之间随机地选择, 可以跳出局部最优的陷阱. 近年来, 由于遗传算法求解复杂优化问题的巨大潜力及其在工业工程领域的成功应用, 受到了广泛的关注^[6]. 遗传算法的一般结构如图4所示.

2.1 编码

选择一种合适的染色体编码方式是应用遗传算法寻优的第1步. 文献[7]中分析了多种编码方式的优劣. 进行印刷生产作业编排时, 主要有2种方式: 一是基于活件, 对每个活件在各个工序的作业时间进行安排; 二是基于工序, 对每个工序中活件的作业顺序进行安排. 基于活件排产时, 需要对印刷活件在每个工序中的作业时间、作业设备进行安排, 不考虑工序中其他活件的生产; 基于工序排产时, 对每个工序的作业进行排产, 不考虑活件在其他工序中的作业安排. 由于一般印刷工序少, 采用工序排产方式简单, 只需建立印前、印刷、印后3个工序的作业计划, 因此系统中选择了基于工序编码这一方式. 在这种编码

方式中, 各个工件的交货期是作为约束条件加进去的, 在不满足交货期时会重新生成染色体, 直到满足为止. 这种编码方式给所有的同一工件的工序指定相同的符号, 再根据它们在染色体中的顺序进行解释. 假设有3台印刷设备, 则3个活件要印刷的问题如表1所示. 对该问题, 它的一个染色体可以表示为表2. 染色体中的数字为活件号, 出现次序为对应工序, 如染色体中第1次出现的“2”代表活件2的第1个工序, 第2次出现的“1”代表活件1的第2个工序, 这种编码方式均能产生可行调度.

表1 问题举例

Table 1 Example of scheduling

活件号	工序1		工序2		工序3	
	设备号	t/min	设备号	t/min	设备号	t/min
1	2	8	3	5	1	7
2	1	5	2	6	3	5
3	3	9	1	4	2	2

表2 基于工序编码的染色体示例

Table 2 Chromosome example based on coding procedure

染色体	2	1	1	1	2	2	3	3	3
对应工序	2-1	1-1	1-2	1-3	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3

2.2 评估

遗传算法的优化过程是一个搜索-评估过程, 适配值函数用于对个体进行评估, 是优化过程发展的依据, 如果评估过程占用时间过多, 势必影响算法的整体优化性能. 由于文中所采用的编码方式已经能保证不会产生无效调度, 所以在评价时直接采用目标函数值作为适应度函数值^[7].

2.3 算法参数的选择

遗传算法是一种有效的优化算法, 但其最优参数的确定本身就是一个极其复杂的优化问题. 文中选用 de Jong 在对函数优化的标准遗传算法参数做了大量数值研究后认定的最佳参数^[8]: 种群数为 50, 交叉概率为 0.6, 变异概率为 0.001, 代沟为 100%, 尺度窗口无穷大, 采用保优策略.

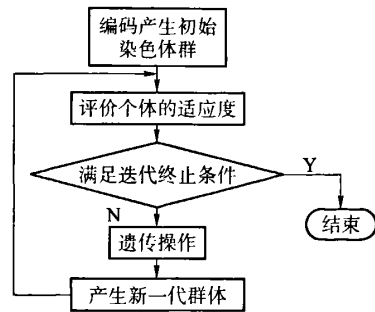


图4 遗传算法的一般结构

Fig.4 The structure of genetic algorithm

3 调度实例

在实际的生产中,印刷设备尤其是胶印机的调整时间相对于活件的加工时间来说,占用时间很长.印刷生产中的工艺性是很重要的,胶印机每开始印刷1个活件都要根据印刷速度等进行水、墨等的调整,还要通过大量试印来保证印品颜色质量.因此,在1台胶印机上交替执行不同活件任务会导致工作时间的增加.所以本文只研究了JDF执行模式中串行执行的情况,即1个工序完全加工完后再开始下一道工序,不存在并行机交替工作使其工作达到平衡的问题.

现有如下调度问题,共6个活件需要印刷,有6台设备,编号为:1—印前设备;2—CTP;3—胶印机;4—折页机;5—切纸机;6—装订机.各工序所用时间已知,包括相应设备的调整时间和工序的加工时间.每个工序所用设备如表3所示.

表3 调度问题实例
Table 3 Example of printing scheduling

活件号	工序 1		工序 2		工序 3		工序 4		工序 5		工序 6	
	设备号	t/min	设备号	t/min	设备号	t/min	设备号	t/min	设备号	t/min	设备号	t/min
1	1	8	2	13	3	47	4	46	5	26	6	18
2	1	5	2	16	3	48	4	40	5	24	6	17
3	1	9	2	19	3	46	4	45	5	22	6	16
4	1	6	2	26	3	45	4	49	5	21	6	15
5	1	7	2	18	3	40	4	41	5	29	6	19
6	1	11	2	24	3	49	4	42	5	28	6	18

在印刷生产中,一个过程的输出资源转变成下一个过程的输入资源需要一定时间,这个时间称为等待时间,即前一道工序输出的信息或实体传送到下一道工序所需要的时间.各工序之间的等待时间均为1 min.遗传算法按照加工时间最短规则进行评价,得到每个工序的开始时间和结束时间,就可以生成基于设备的调度结果甘特图(如图5所示).图中,纵坐标为设备编号;横坐标为具体的加工时间.此实例规定开始加工时间为2007-04-26 T 08:00:00.从甘特图可以看出,资源得到了合理的利用,并且调度的质量也能达到要求.

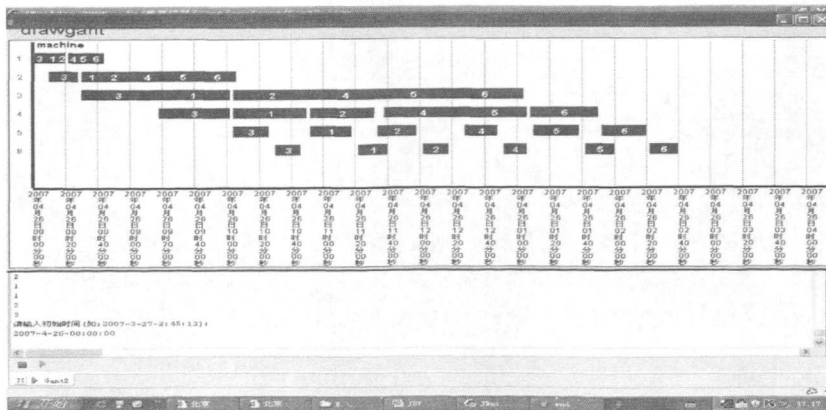


图5 基于设备的甘特图
Fig. 5 Scheduling Gantt diagram based on machine tool

4 结束语

印刷生产调度是一个值得深入研究的问题。目前生产调度在理论上研究较多,应用方面的研究较少,而且主要以经验为主,没有形成科学的方法^[3]。在 JDF 数字化印刷生产中进行调度优化,可以使整个 JDF 流程控制更加流畅,设备的利用率和生产效率更高。JDF 规范的使用也使印刷生产调度更加方便,实现了整个生产的自动化。本文使用遗传算法进行了印刷调度中的优化,但还存在着一定的局限性,需要在今后进一步研究。

参考文献:

- [1] 刘立玲, 钱俊. JDF 在数字印刷中的应用[J]. 今日印刷, 2003(1): 77-78.
LIU Li-ling, QIAN Jun. The application of JDF in the digital printing[J]. Printing Today, 2003(1): 77-78. (in Chinese)
- [2] 王民, 张杨, 李小富, 等. 数字化印刷工作流程的设计与开发[J]. 北京工业大学学报, 2006, 32(8): 750-753.
WANG Min, ZHANG Yang, LI Xiao-fu, et al. Design of digital printing workflow[J]. Journal of Beijing University of Technology, 2006, 32(8): 750-753. (in Chinese)
- [3] 夏自由, 孙磊, 胡艳兵. 印刷生产调度浅谈[J]. 今日印刷, 2005(9): 86-88.
XIA Zi-you, SUN Lei, HU Yan-bing. The printing production scheduling discuss[J]. Printing Today, 2005(9): 86-88. (in Chinese)
- [4] CIP4. JDF specification release 1.3[EB/OL]. [2005-09-30]. <http://www.cip4.org/documents/jdf-specifications/JDF1.3.pdf>.
- [5] 邝贤峰. JDF 的剖析及应用研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2005.
KUANG Xian-feng. Analysis and application study of JDF[D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2005. (in Chinese)
- [6] 玄光男, 程润伟. 遗传算法与工程设计[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [7] 初红艳, 曹全军, 费仁元. 基于加工单元的制造车间的生产调度研究[J]. 北京工业大学学报, 2006, 32(8): 730-736.
CHU Hong-yan, CAO Quan-jun, FEI Ren-yuan. Production scheduling research for workshop based on manufacturing cell [J]. Journal of Beijing University of Technology, 2006, 32(8): 730-736. (in Chinese)
- [8] 王凌. 车间调度及其遗传算法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.

Digital Printing Production Process Scheduling Based on JDF

WANG Min¹, ZHANG Mei¹, ZAN Tao¹, ZHENG Jun²

(1. The Key Laboratory of Beijing Municipality on Advanced Manufacturing Technology, College of Mechanical Engineering and Applied Electronics Technology, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China;

2. Beiren Group Company, Beijing 100022, China)

Abstract: In order to make the digital printing process based on JDF more smooth, and the equipment more efficient, the authors present the hole network integrated scheduling process of digital printing, including the equipment parameter gaining, scheduling process, the equipment obtaining scheduling result, the printing content and technic parameters. The machine sequence and start time are determined by a genetic algorithm. At last, a scheduling example is demonstrated to prove the feasibility of the arithmetic.

Key words: printing machinery; digital control; scheduling; genetic algorithms

(责任编辑 梁 洁)