

多品种多工艺车间调度建模、分析与优化

李 斌¹, 林飞龙²

(1. 浙江广播电视大学 萧山学院, 浙江 杭州 311201; 2. 浙江大学 城市学院, 浙江 杭州 310015)

[摘 要] 在分析国内外多智能体(Multi-Agent)建模、调度研究现状的基础上, 对多品种多工艺车间物流系统进行研究。重点介绍了调度模块子系统这部分, 并以某公司为例, 运用调度规则对该公司两个车间布置方案进行调度研究, 分析调度结果并进行优化布置。

[关键词] 多品种多工艺; 车间物流; 调度

[中图分类号] F273; N945

[文献标识码] A

[文章编号] 1005-152X(2009)08-0136-04

On Modeling, Analysis and Optimization of Multi-item, Multi-technical Shop Management

LI Bin¹, LIN Fei-long²

(1. Xiaoshan College, Zhejiang University of Broadcasting & TV, Hangzhou 311201;

2. School of City Management, Zhejiang University, Hangzhou 311000, China)

Abstract: Analyzing the current research situation of Multi-Agent modeling and management, the paper studies the logistics systems of multi-item, multi-technical shops and focuses on sub-system of management modules. Taking a certain company as an example, it uses management rule to study the layout plans of two shops in the company, analyze the management results and optimize the layouts.

Keywords: multi-item and multi-technical; shop logistics; management

1 引 言

浙江是民营经济大省, 民营企业发展迅猛。浙江民营企业以 OEM 制造为主, 相关行业某一系列配套产品(如汽车开关电器、紧固件、电热元件等)的主导企业的多品种多工艺生产特征日趋明显。伴随着市场竞争的日趋激烈和客户需求周期的日益缩短, 目前此类企业生产车间物流系统亟需重点分析和解决的问题是: 联合厂房和车间布置最优化、在制品库存管控、典型多工序多输入和复杂装配型产品制造的物流调度等。多品种多工艺生产的专用性很强, 不同规格的产品一般都是为特定的客户订制。工艺阶段性明显, 零部件制造过程和产品装配过程相对独立, 加工的零部件以及最终装配的成品种类很多, 而且许多成品使用的零部件是相同的, 由一些相同的零部件搭配其他不同的物料, 可以装配出多种产品。多品种多工艺生产能够比较灵活地适应市场变化、较好地满足用户多样化的需求, 增加企业的市场竞争力。但同时由于品种规格多、工艺离散程度高, 这种模式下的生产组织与管理难度较大。

2 车间调度的国内外研究现状

(1) 车间调度问题模型。近年来, 专家学者从不同的角度对车间调度问题进行了研究, 从提出的调度模型可以看出: 调度研究与制造模式的结合非常紧密, 随着先进制造模式的出现, 出现了相应的调度模型, 如精益生产调度、协同调度、分形企业生产调度等。另一方面, 车间调度是一个非常复杂的问题, 专家学者的研究只集中在某一特定方面, 有可能采用相似的研究方法, 但尚未形成一套系统的理论。

(2) 多智能体调度研究情况。由于多智能体系统(Multi-agent System, MAS)能够充分体现人类的社会智能, 对开放、动态的现实环境具有良好的灵活性和适应性, 因此 MAS 理论受到重视并迅速发展, 在制造领域(如车间资源配置、生产调度与控制、生产管理决策等)获得越来越多的应用。

国内外研究表明: 分布式人工智能的 Multi-Agent 系统理论为车间调度问题的模型建立提供了一套理论方法。基于 Multi-Agent 的车间作业调度系统是符合现代智能制造系统的一种调度模式, 具有广阔的应用前景。

[收稿日期] 2009-05-07

[作者简介] 李斌(1975-), 女, 浙江杭州人, 国家物流师, 工业工程硕士, 研究方向: 工业企业管理、物流管理。

3 多品种多工艺车间调度 Multi-Agent 数学模型

3.1 车间调度 Multi-Agent 数学模型

车间调度主要是针对一项可分解的工作(如产品制造),探讨在尽可能满足约束条件(如交货期、工艺路线、资源情况)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、其加工时间及加工的先后顺序,以获得产品制造时间或成本的最优化。

考虑过程复杂度,根据工作阶段和工作位置的不同,车间调度问题为单机(single machine)、多台并行机(parallel machine)、流水作业调度(flow shop)和作业车间调度(job shop)。单机调度问题是所有的操作任务都在单台机器上完成,为此存在任务的优化排队问题。多台并行机的调度问题更复杂,因而优化问题更突出。流水作业调度假设所有作业都在同样的设备上加工,并有一致的加工操作和加工顺序。作业车间调度是最典型的调度类型,不同的作业具有不同的加工操作和加工顺序,并不限制作业的加工设备。作业车间调度有传统作业车间调度、柔性作业车间调度和多目标柔性作业车间调度这三类。

根据多品种多工艺生产的特点、车间调度类型、调度规则和调度目标等建立了多品种多工艺车间调度 Multi-Agent 数学模型。

车间调度系统 = $\Sigma(G, A, M, R, S)$

(1)G(Goal)是车间调度系统的目标集合, $G=\{U, C, T, K\}$

U- 延期的工件数; C- 工件的流动时间;

T- 延期时间; K- 设备利用率。

(2)A(Agent)是车间调度的基础元素集合, $A=\{P, S, N, L, D, DB\}$

P- 计划 Agent; S- 搜索 Agent;

N- 协商 Agent; L- 物流 Agent;

D- 决策 Agent; DB- 数据库 Agent。

(3)M(Model)是车间调度的模型集合, $M=\{M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6\}$

M_1 - 单机模型; M_2 - 多台并行机模型;

M_3 - 流水作业调度模型; M_4 - 传统作业车间调度模型;

M_5 - 柔性作业车间调度模型;

M_6 - 多目标柔性作业车间调度模型。

(4)R(Rule)是调度规则集合, $R=\{R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6\}$

R_1 - 处理时间最长优先(LPT)规则;

R_2 - 先到优先(FCFS)规则;

R_3 - 处理时间最短优先(SPT)规则;

R_4 - 紧要比率法(CR)规则;

R_5 - 交货期短者优先(EDD)规则; R_6 - 其它规则。

(5)S(Sort)是调度车间所调度产品的类别集合。

S_1 - 多品种多工序产品; S_2 - 多品种少工序产品;

S_3 - 单一产品。

3.2 调度规则

常用的作业计划调度规则可分为三大类:基于加工时间的排序规则,如最短加工时间规则(SPT)、最短剩余加工时间规则(SRPT);基于交货期的调度规则,如最早交货期规则(EDD),任务松弛时间规则(SLACK),剩余工序松弛率规则(S/RON),剩余工序时间松弛率规则(S/RPT);其它规则,如先进先出(FIFO)规则、先到先加工(FCFS)规则等。

3.3 本文调度的目标函数

(1)延期成本指标。延期成本指标与等待的任务数、设备数、加工时间偏差、延期交货损失等因素有关。

$$NWT = WT / nmpw \quad (1)$$

式中: $WT = \sum_{i=1}^n w_i \max\{C_i - d_i, 0\}$; C_i = 任务 i 的完成时间; n = 任务数; m = 任务平均工序数; p = 工序平均加工时间; w = 平均延期损失率;

延期调度目标: $\sum U_j, \sum C_j, \sum T_j, \sum w_j C_j$ 和 $\sum w_j T_j$ 。

$\sum U_j$: 调度延期的总工件数。

$\sum C_j$: 调度工件总的流动时间。

$\sum T_j$: 调度总延期时间。

$\sum w_j C_j$: 经过加权的调度工件总的流动时间。

$\sum w_j T_j$: 经过加权的调度总延期时间。

(2)设备利用率指标

$$k_u = \sum_{j=1}^m (\sum_{i=1}^n t_{i,j} / (\max\{F_{i,j}\})) \rightarrow \max \quad (2)$$

(3)综合调度性能指标

$$k_r = w_1 \sum U_j + w_2 \sum C_j + w_3 \sum T_j + w_4 (1 - k_u) \rightarrow \min \quad (3)$$

$$\text{或 } k_r = w_1 \sum U_j + w_2 \sum w_j C_j + w_3 \sum w_j T_j + w_4 (1 - k_u) \rightarrow \min \quad (4)$$

4 某公司的车间调度应用研究

4.1 基本介绍

汽车尾管的是一种典型的多品种多工艺产品,既有一个单体就能加工好的尾管,也有四、五个部件组合加工才能完成的尾管。公司的尾管可分为十大类:单层一体类、单层分体类、双层双零件类、双层多零件类、弯管类、水胀类、异型类、板材类、叉子类和卡式类。根据规划的重点要求,本文研究考虑的是前九大类产品。根据公司具体的需求和实际情况,重点研究其中一个新车间的布置问题。

4.2 车间调度

4.2.1 车间调度系统。在本文的数据处理过程中,调用了一个调度软件 Lekin,它的地位就是智能体系统中的管理 Agent,当他接受到系统中传送过来的信息并加以识别后,就能通过自己的知识系统,调用一些生产调度的规则,对系统进行及时改善和调整。

(1)基础参数设置和建立逻辑关系。可对每个加工中心、工件的各项基础参数进行设置,并建立他们之间的逻辑关系。

(2)调用调度规则,生成甘特图。当所有的参数和逻辑关系都设置完毕以后,就意味着管理 Agent 的知识库系统已经完备,结合已有的理论知识,比如一些调度规则,就可以自动生成车间调度甘特图了。

本系统调度对象是工作下料以后到焊接之前的全部工序,研究各个工件在不同的调度方法下调度情况。本系统总共研究了五种调度方法,先到优先(FCFS)、处理时间最长优先(LPT)、处理时间最短优先(SPT)、交货期短者优先(EDD)和紧要比率法(CR)。在这个系统调度的过程中只考虑加工时间,不考虑搬运时间和机器准备时间。

(3)性能参数。本系统研究在五种调度方法下的 7 个调度目标: C_{\max} 调度中最长的加工时间、 T_{\max} 调度中最大的延期时间、 $\sum U_i$ 调度延期的总工件数、 $\sum C_i$ 调度工件总的流动时间、 $\sum T_i$ 调度总延期时间、 $\sum w_i C_i$ 经过加权的调度工件总的流动时间、 $\sum w_i T_i$ 经过加权的调度总延期时间。

4.2.2 方案一车间调度

(1)方案一的数据输入。

(2)甘特图,系统分别采用五种调度方法对方案一的三类进行了运行。

(3)性能,对 0101 中的 Due date 值设置为 200,其他两类为 400,这样设置主要原因是与前面的数据输入量成比例。经过先到优先(FCFS)、处理时间最长优先(LPT)、处理时间最短优先(SPT)、交货期短者优先(EDD)和紧要比率法(CR)这五种调度方法调度后,图 1 系列是方案一中的三类的调度目标的结果,图 2 是对应的多目标的网状关联图形。

Schedule	Time	C_{\max}	T_{\max}	$\sum U_i$	$\sum C_i$	$\sum T_i$	$\sum w_i C_i$	$\sum w_i T_i$
CR	1	363	105	10	6839	960	6839	960
EDD	1	308	108	9	6690	530	6690	530
FCFS	1	339	118	9	6602	702	6602	702
LPT	1	293	93	16	6715	691	6715	691
SPT	1	305	105	9	5540	563	5540	563

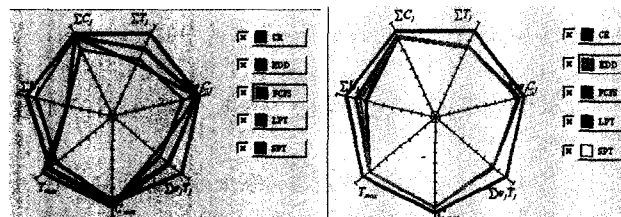
图 1(a) 方案一中的 0101 的五种调度结果

Schedule	Time	C_{\max}	T_{\max}	$\sum U_i$	$\sum C_i$	$\sum T_i$	$\sum w_i C_i$	$\sum w_i T_i$
CR	1	857	457	17	13456	2076	13456	2076
EDD	1	819	412	14	12497	2425	12497	2425
FCFS	1	912	412	13	12521	2417	12521	2417
LPT	1	812	412	15	12740	2438	12740	2438
SPT	1	856	456	14	12046	2267	12046	2267

图 1(b) 方案一中的 0102 的五种调度结果

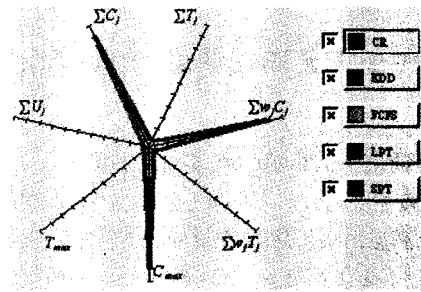
Schedule	Time	C_{\max}	T_{\max}	$\sum U_i$	$\sum C_i$	$\sum T_i$	$\sum w_i C_i$	$\sum w_i T_i$
CR	1	307	0	0	6286	0	6286	0
EDD	1	303	0	0	5860	0	5860	0
FCFS	1	303	0	0	5796	0	5796	0
LPT	1	356	0	0	6004	0	6004	0
SPT	1	400	0	0	5302	0	5302	0

图 1(c) 方案一中的 0103 的五种调度结果



(a)0101

(b)0102



(c)0103

图 2 方案一的多目标网状关联图形

从上面各图比较分析可以得出:五种调度方法在各个类别调度中各有优劣,要根据实际情况来选择一种适合实际的调度方法。

4.2.3 方案二车间调度

(1)方案 2 的数据输入。

(2)性能,对 0201 中的 Due date 值设置为 200,其他六类为 400。经过先到优先(FCFS)、处理时间最长优先(LPT)、处理时间最短优先(SPT)、交货期短者优先(EDD)和紧要比率法(CR)这五种调度方法调度后,图 3 系列是方案二中的六类的调度目标的结果,图 4 是对应的多目标的网状关联图形。而方案二中的 0207 类与方案一中的 0103 类是一样的。

Schedule	Time	C_{\max}	T_{\max}	$\sum U_i$	$\sum C_i$	$\sum T_i$	$\sum w_i C_i$	$\sum w_i T_i$
CR	1	238	38	3	1530	78	1530	78
EDD	1	209	9	1	1361	9	1361	9
FCFS	1	209	9	1	1361	9	1361	9
LPT	1	209	9	1	1361	9	1361	9
SPT	1	209	9	1	1361	9	1361	9

图 3(a) 方案二中的 0201 的五种调度结果

Schedule	Time	C_{\max}	T_{\max}	$\sum U_i$	$\sum C_i$	$\sum T_i$	$\sum w_i C_i$	$\sum w_i T_i$
CR	1	402	2	1	3799	2	3799	2
EDD	1	387	0	0	2050	0	2050	0
FCFS	1	387	0	0	2052	0	2052	0
LPT	1	387	0	0	2052	0	2052	0
SPT	1	431	21	1	3124	21	3124	21

图 3(b) 方案二中的 0202 的五种调度结果

Schedule	Time	C_{\max}	T_{\max}	$\sum U_i$	$\sum C_i$	$\sum T_i$	$\sum w_i C_i$	$\sum w_i T_i$
CR	1	456	56	3	4150	136	4150	136
EDD	1	456	56	3	3962	136	3962	136
FCFS	1	456	56	3	3963	136	3963	136
LPT	1	456	56	3	4022	136	4022	136
SPT	1	456	56	3	3962	136	3962	136

图 3(c) 方案二中的 0203 的五种调度结果

Schedule	Time	C_{\max}	T_{\max}	$\sum U_i$	$\sum C_i$	$\sum T_i$	$\sum w_i C_i$	$\sum w_i T_i$
CR	1	268	0	0	6617	0	6617	0
EDD	1	274	0	0	6131	0	6131	0
FCFS	1	265	0	0	5981	0	5981	0
LPT	1	255	0	0	6434	0	6434	0
SPT	1	265	0	0	5981	0	5981	0

图 3(d) 方案二中的 0204 的五种调度结果

Schedule	Time	C_{\max}	T_{\max}	$\sum U_i$	$\sum C_i$	$\sum T_i$	$\sum w_i C_i$	$\sum w_i T_i$
CR	1	879	479	11	7151	2951	7151	2951
EDD	1	812	412	9	6412	2628	6412	2628
FCFS	1	812	412	9	6412	2628	6412	2628
LPT	1	812	412	9	6412	2628	6412	2628
SPT	1	812	412	9	6412	2628	6412	2628

图 3(e) 方案二中的 0205 的五种调度结果

Schedule	Time	C_{max}	T_{max}	ΣU_i	ΣC_i	ΣS_i	$\Sigma \omega C_i$	$\Sigma \omega S_i$
1	154	0	0	1422	0	1422	0	0
1	205	0	0	1354	0	1354	0	0
1	205	0	0	1354	0	1354	0	0
1	123	0	0	1222	0	1222	0	0
1	205	0	0	1226	0	1226	0	0

图 3(f) 方案二中的 0206 的五种调度结果

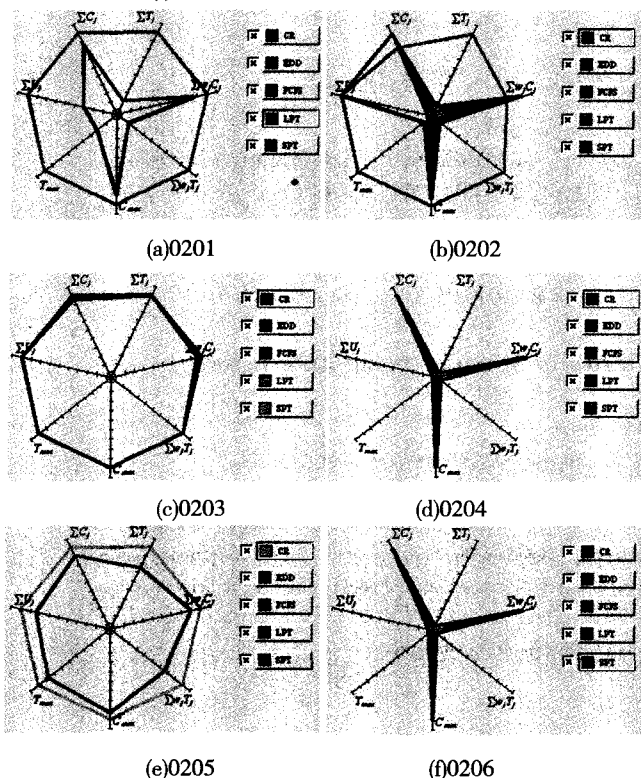


图 4 方案二的多目标网状关联图形

整体上相对来说偏向于按生产线式来布置,这样方案一的机器设备共享程度就比方案二高,直接导致了机器利用率比方案二高。

方案一的 0102 和方案二的 0202、0203 和 0205 利用率相对都比较低,是因为这四类布置中有弯管机和液压机,这两类机器加工工件的时间比较长,直接导致了其它机器的利用率降低。

5 小结

本文主要是以某公司为例,对公司的车间进行了调度研究,在调度研究之后,将这些性能数据提供给公司,经过公司各相关技术和决策人员对两个方案的打分,确定了方案二为公司实施的方案,现已在落实阶段。

[参考文献]

- [1]刘正刚,姚冠新.设施布置设计的回顾、现状和展望[J].江苏理工大学学报(社会科学版),2001,(1):74-78.
- [2]Islier A A. A genetic algorithm approach for multiple criteria facility layout design [J].INT J PROD RES, 1998,36(6):1 549-1 569.
- [3]Chen C W, Sha D Y. A design approach to the multi-objective facility layout problem [J]. INT J PROD RES, 1999,37(5):1 175-1 196.
- [4]Lari M B. Layout designs in cellular manufacturing [J]. Eur J Oper Res, 1999,(112):258-272.
- [5]张亚南,阙树林,王越.用蚁群算法解决动态设施布置问题[J].工业工程,2007,10(2):107-111.
- [6]马彤兵,马可.基于精益生产的车间设施规划改善设计[J].组合机床与自动化加工技术,2005,(11):110-112.
- [7]邱枫,李波.基于单亲遗传算法的多行设备布置方法及仿真[J].哈尔滨商业大学学报(自然科学版),2007,23(1):124-128.
- [8]马修泉,潘妮,李书宇.基于 GA 与 VB 求解设施布置问题的研究[J].机械设计与制造,2006,(12):144-146.
- [9]张毕西,周艳,刘鑫.离散生产系统车间设施布置优化[J].工业工程,2004,7(2):8-11.
- [10]董海,佟立哲,李彦平.利用 GASA 混合算法对离散生产系统车间设施布置优化研究[J].机械设计与制造,2006,3(3):83-85.
- [11]姚冠新,刘正刚.设施布置问题的非线性目标规划模型及其遗传算法[J].江苏理工大学学报,2001,3(2):57-61.
- [12]李岩,吴智铭.基于 GA 和设备嵌套思想的制造单元布置优化[J].上海交通大学学报,2001,35(8):1 125-1 128.
- [13]鞠全勇,朱剑英.双资源多工艺路线作业车间模糊调度问题研究[J].机械科学与技术,2006,25(12):1 424-1 428.
- [14]陈勇,林飞龙.制造企业物流多智能体建模及其应用[J].浙江工业大学学报,2006,34(3):310-313(354).
- [15]乔兵,孙志俊,朱剑英.基于 Agent 的分布式支柱作业车间调度[J].信息与控制,2001,30(4):292-296.
- [16]袁红兵,李小宁,董志林.代理技术在作业车间调度问题中的应用研究[J].计算机集成制造系统,2001,7(5):19-27.