

汽车冲压车间生产调度仿真系统的设计

尹 静¹, 朱 立², 陆嘉希¹

(1. 重庆理工大学 计算机科学与工程学院, 重庆 400054;

2. 重庆万佳电子信息有限责任公司, 重庆 400015)

摘 要:生产调度是冲压车间生产管理的基本内容,通过仿真方法可以优化生产调度,提高生产线的利用率。通过分析某汽车制造企业冲压生产线的工艺流程和调度要求,提出了有关合理假设,以最大化节约时间成本为指导思想,建立了汽车冲压车间生产调度仿真模型。在仿真算法设计原则基础上,详细说明了算法的执行流程。最后简单介绍了系统的功能,并给出一个生产调度实例。实例结果表明该系统能获得合理的调度方案,适用于企业冲压生产线的调度问题。

关键词:生产调度;仿真模型;仿真算法;冲压生产线;仿真系统

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2010)05-0195-04

Design of Simulation System for Production Scheduling in Automobile Pressing Workshops

YIN Jing¹, ZHU Li², LU Jia-xi¹

(1. School of Computer Science & Engineering, Chongqing University of Technology,

Chongqing 400054, China;

2. Chongqing Wanjia Electronic Information Co., Ltd., Chongqing 400015, China)

Abstract: Production scheduling is the basic of production management. In order to improve the utilization of production lines, the scheduling could be optimized by using simulation. The process of pressing production lines and scheduling requirements in an automobile manufacturing enterprise were analyzed, and some reasonable assumptions were proposed. The simulation model of production scheduling was created with the ideas of time cost minimizing. Implementation of simulation algorithm was discussed in detail based on the design principles of the algorithm. At last the functions of such a system were introduced, and an example of scheduling was giving, which showed that the system can gain an appropriate schedule scheme, and be suitable for scheduling problem of pressing production lines.

Key words: production scheduling; simulation model; simulation algorithm; pressing production lines; simulation system

0 引言

汽车冲压车间完成汽车发动机油底壳、制动器底板、汽车车架、大部分车身零件等冲压件的加工,是汽车制造中焊接过程的前序工艺。冲压车间生产管理是汽车企业顺利生产的前提,是提高企业经济效益的重要条件和保证汽车生产质量的基础工作。而冲压生产线的调度是冲压车间生产管理的主要内容之一,其生产效率对汽车后续工艺乃至整个汽车制造都有很大的影响。如何在满足零件生产工艺的情况下,优化冲压生产线的生产调度,提高生产线的利用率,减少不必要的时间浪费,对提高冲压生产产能尤为重要。

随着计算机技术的发展,仿真技术的应用领域越来越广泛^[1-5]。将仿真技术运用到冲压生产线的优化调度中,对冲压生产线实际调度有重大的意义。目前,对生产计划仿真的研究有很多,文献[1]针对某制动设备公司制动盘加工的工序建立了仿真模型,并设计了仿真系统流程;文献[2]就轿车装配生产线提出面向生产线约束的装配工艺设计方法,并设计了装配流水线工艺仿真软件;文献[3]针对轿车车身冲压生产线的特点和要求,建立了冲压生产线的虚拟制造系统;文献[4]在对生产线进行分析的基础上提出了虚拟生产线集成仿真平台,以对实际生产线工艺进行规划。这些文献将仿真思想应用到了不同的车间生产当中,使车间作业计划得到了不同程度的优化。由于不同的生产管理模式,其生产调度的思路有一定的差异,具体的调度需依据企业的生产实际来进行^[6]。文中结合实际生

收稿日期:2009-09-11;修回日期:2009-12-22

基金项目:重庆市教育科学项目(KJ080608)

作者简介:尹 静(1980-),女,重庆渝北人,讲师,硕士,研究方向为管理信息系统、信息化。

产背景,针对冲压生产线调度流程,建立了仿真模型,并设计了生产计划调度仿真系统,以达到优化调度的目的。

1 仿真模型

1.1 工艺流程介绍

某汽车制造企业的冲压生产线由原材料加工入口→落料处→多个冲压工位(压力有 500t、800t 不等)→零件出口等工艺流程组成,主要为其他部门进行焊接操作提供相应的零件。企业一共有 A、B、C 三条冲压生产线,每条生产线的工位数和冲压压力不同,分别由相应的操作工人进行实际的生产。零件在实际生产过程中,可以在要求的冲压压力及以上的生产线上进行加工。比如某种零件需要在 400t 的压力下进行生产,则可以选择 A、B、C 中任意一条生产线,差异在于每条生产线生产的零件质量和零件加工时间有差异,同时还需考虑零件所需的工位数。

1.2 调度流程分析

企业根据冲压需求计划、冲压库存以及生产周期进行缺件数量和缺件日期的计算,将计算的结果和最小批量、最小包装、生产提前期等信息进行整合得到初步的生产计划;接着根据企业对零件最迟完成时间的限制,确定零件的计划生产日期和计划生产数量;然后结合生产节拍、生产关联矩阵、生产能力、生产优先级进行调度,确定冲压日程计划。如果临时有调整,则根据生产时间、周期调度完成总量、日调度完成总量、线万产总量、单件生产量来进行,得到调整后的冲压日程计划。

目前,冲压需求计划是根据 ERP 下达的焊接计划,通过手工分解计算得到,其中包括各种零件的生产计划数量和原材料计划数量,然后根据调度经验进行实际的生产调度。为了提高企业冲压生产线的利用率,降低生产时间成本,建立生产计划调度仿真系统对实际生产调度有重要价值。

1.3 调度相关要求

确定冲压生产线的优化调度仿真模型时需要注意以下要求:

1)落料操作可以在零件实际冲压过程中进行,因此,某种零件的落料时间只需计算第一个零件开始加工前的落料时间。而换模操作在零件冲压完成以后才能进行。

2)同一包装的原材料必须一次性全部投入生产。

3)冲压生产线有最小生产数量的限制,即一次换模后零件的最小生产数量。

4)零件有生产周期,即零件一次生产必须满足的

需求天数。

5)每条生产线对应的工作时间是一定的,如果超过这个时间便会出现加班现象,因此必须考虑生产线工作时间的平衡问题。

6)冲压生产线生产的零件及数量受库存数量、最小生产数量和原材料包装共同决定。

7)生产线调度顺序服从企业的生产制度:最迟完成时间近的优先;库存量少的优先;排产效率高的优先。

8)为了避免不必要的换模,同种零件应尽量在同一批次生产。

1.4 调度模型

●基本假设。

为了简化冲压生产线的调度问题,仿真模型进行如下假设:

1)ERP 所下达的焊接计划是准确、合理的。

2)不同生产线上同种零件所需工位数相同。

3)冲压生产线上工人对每个工位的操作熟练度相同,即同种零件经过每个工位的时间相等。

4)当日未完成计划的零件可到次日完成,次日开始生产时不用换模。

●参数说明。

1)生产线的有效生产时间,即除去一系列员工生产时必然出现的时间损耗和故障及正常检修后的工作时间为生产能力,用 P 表示。

2)每完成一个第 i 种零件的生产所需要的时间为生产节拍,用 Q_i 表示。

3)第 i 种零件所需工位数用 O_i 表示。

4)第 i 种零件生产提前期用 D_i 表示。

5)第 i 种零件落料 + 换模时间用 C_i 表示。

6)第 i 种零件需要的原材料个数用 X_i 表示。

7)第 i 种零件一个原材料对应零件数量用 Y_i 表示。

8)第 i 种零件焊接计划中所需要的零件个数用 N_i 表示。

9)第 i 种零件的当日可用实际库存数量用 I_i 表示。

10)第 i 种零件一次换模后最小的生产数量用 M_i 表示。

11)第 i 种零件生产原材料一个完整包装能生产出的零件最小数量用 P_i 表示。

12)第 i 种零件的缺件日期用 T_i 表示。

13)所有零件信息的集合用 I 表示。

14)提供的所有生产时间总和(最大承载时间)为 U (说明: U 会随着需求时间的变化以及生产线时间的

占用而变化)。

15) 满足需求的生产条件下原料最少个数为 X' 。

● 模型介绍。

文中解决如何提高冲压生产线利用率的问题,为此建立优化调度仿真模型为生产率最优化模型,即将零件安排到合适的生产线上进行生产,以最大化的节约时间成本。根据前面描述的调度要求和冲压生产线特点可知,节约时间成本目标可转换为如何选择零件的优先生产顺序和生产线。因此,文中所建立的仿真模型表示为^[7,8]:

$$I' = R(R'(R''(I)))$$

$$s.t. X_i \times P_i \times Y_i \geq N_i - I_i$$

$$X_i \times P_i \times Y_i \geq M_i;$$

$$\sum_{i=1}^k \frac{(X_i \times P_i \times Y_i \times \frac{Q_i}{O_i} + C_i)}{P} \leq U$$

$$X_i = 0, 1, 2, 3 \cdots;$$

$$X' = \min(X_1, X_2, X_3 \cdots) \tag{1}$$

其中: I' 为表示选择在某条生产线上加工的零件集合; R'' 表示根据式(2)选取最小生产日期的零件集合的操作; R' 表示根据式(3)选取最优生产顺序参数的零件集合的操作; R 表示根据式(4)选取最优生产节拍的零件集合的操作。

$$\min(T_1 - D_1, T_2 - D_2, \cdots, T_i - D_i, \cdots) \tag{2}$$

$$\min\left\{\frac{Q_{11}}{Q_{12}}, \frac{Q_{21}}{Q_{22}}, \frac{Q_{31}}{Q_{32}}, \cdots, \frac{Q_{i1}}{Q_{i2}}, \cdots, \frac{Q_{ij-1}}{Q_{ij}}\right\} \tag{3}$$

$$\min\{Q_{A1}, Q_{A2}, Q_{A3} \cdots\} \tag{4}$$

约束条件中, i 为生产的第 i 种零件, k 为加工的零件种类。第一个式子表示零件生产个数必须大于或等于除库存后的需求个数;第二个式子表示零件生产个数必须大于等于最小的生产数量;第三个式子表示零件总的生产时间必须小于等于生产线最大承载时间;第四个式子表示原材料必须为整数;第五个式子表示满足需求的生产条件下原材料的最少个数。

2 仿真算法

仿真算法旨在提高冲压生产线的生产效率,充分利用生产资源。换言之,将生产零件的时间最小化。结合前面建立的优化调度仿真模型,仿真算法在设计的时候主要解决如何选择零件的优先生产顺序和如何选择生产线的问题。

2.1 算法设计原则

- 1) 针对性原则。算法需针对优化调度的核心来进行设计。算法以时间成本最小化为核心。
- 2) 简洁性原则。算法不仅要实用,同时便于理解

和使用。两个复杂度不同的算法在效果相当的情况下,便于理解的算法实用性更强。

2.2 算法详细内容

冲压车间的生产受后道工序焊接的影响,焊接计划下达以后,车间必须在规定的时间内为焊接操作提供零件。因此,在考虑了交货时间的情况下,算法需要确定优先生产顺序和选择生产线。具体的执行流程如图1所示。

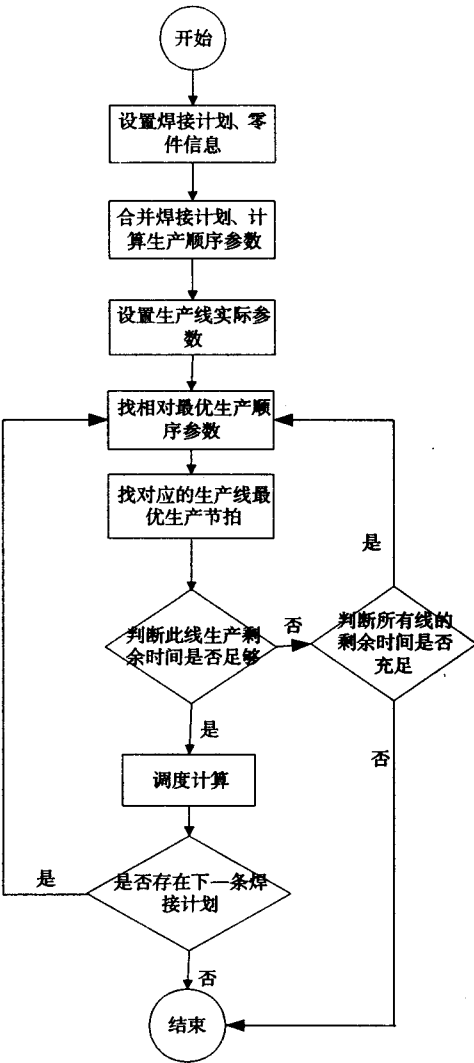


图1 算法执行流程图

通过焊接计划和零件信息的合并,计算零件生产顺序参数,然后根据实际情况设置生产线相关参数,最后进行实际的生产调度。在调度过程中,根据生产顺序参数找出相对最优生产顺序参数,并找出对应的最优生产节拍,然后判断此生产线生产时间是否足够,如果此生产线生产时间充足,则进行调度计算并判断是否有下一条生产计划,如果有,则继续进行相对最优生产顺序参数的重复操作,直到没有生产计划为止;如果此生产线生产时间不足,则判断其他生产线剩余时间

是否足够,如果足够则继续进行相对最优生产顺序参数的重复操作,否则结束计算。

算法的基本逻辑可描述为:

For($j = 0; j < \text{计划长度}; j++$)

{ If (生产顺序参数相对最优)

{ If(生产节拍最优)

{ 调度;

Continue;

3 仿真系统

(1)仿真系统功能。

冲压车间生产计划调度仿真系统主要作

用是辅助车间管理人员进行生产调度,并通过系统将调度结果进行仿真,以指导实际生产。因此系统功能主要包括两大模块:调度和仿真。调度模块主要包括焊接计划与零件信息的数据导入、调度相关参数设置、调度和调度结果导出等功能;仿真模块实现调度结果的模拟运行。

(2)仿真系统运行结果。

设企业每天工作时间为8小时,A、B、C三条生产线处于正常工作状态,生产线的生产能力 P 为85%,焊接计划如表1所示,零件信息如表2所示。仿真系统通过C#编程实现,其运作流程如下:根据焊接计划表和零件信息表的具体数据,通过仿真模型运算得到调度结果,再在仿真功能模块中显示调度结果的运行情况,如图2所示(注:由于篇幅的关系,仅罗列了部分数据,但仿真结果是根据所有焊接计划和零件信息表而计算得到的)。

表1 焊接计划表

零件名称	需求数量 N_i	距离焊接时长 T_i (天)
侧围外板 L	600	5
侧围外板 L	800	5
翼子板 R	800	5
翼子板 L	800	5

表2 零件信息表

零件名称	库存 数量 I_i	一个原材 料对应零 件数量 Y_i	原材料最 小包装 P_i	最小 批量 M_i	A生产线 生产节拍 (秒/个)	B生产线 生产节拍 (秒/个)	C生产线 生产节拍 (秒/个)	工 位 数
侧围后内板 L	0	1	350	350	25	20	22	4
侧围后内板 R	0	1	350	350	25	15	22	4
侧围外板 L	0	1	350	800	28	30	25	4
侧围外板 R	0	1	350	500	15	--	--	5

注:表中"--"表示该零件不能在相应的生产线上进行生产。

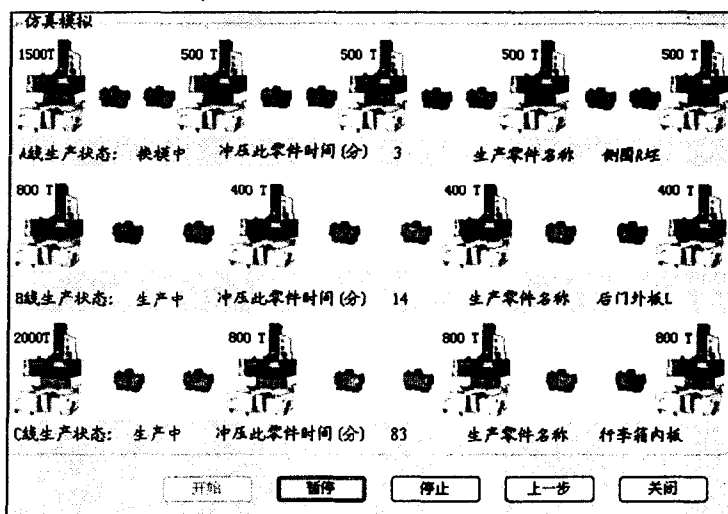


图2 生产计划调度仿真界面

4 结束语

文中结合实际生产背景,对汽车冲压车间的调度问题进行了研究,根据生产现场工艺流程和调度要求,提出了有关的合理假设,并建立了以最大化节约时间成本的调度仿真模型,并根据模型设计了仿真算法,最后通过C#编程实现了仿真系统。通过系统的运行可以得到每条生产线需要生产的零件、零件的生产顺序和零件实际生产时间。仿真系统的建立有助于车间管理人员进行生产调度,能有效地解决生产实际问题,为汽车零件加工的调度问题提供借鉴。

参考文献:

- [1] 鞠彦兵,王爱华,李桂芬.生产作业计划仿真优化研究[J].微计算机信息,2006,22(11-3):4-6.
- [2] 赵奔,成晔,王堃,等.轿车生产线装配工艺规划的仿真系统设计[J].系统仿真学报,2003,15(2):198-201.
- [3] 常剑峰,钟约先,韩赞东.轿车车身冲压生产线虚拟制造系统的研究[J].塑性工程学报,2004,11(4):61-66.
- [4] 赵宁,宁汝新,武志军.基于生产线仿真的工艺规划研究[J].计算机集成制造系统,2005,11(12):1687-1691.
- [5] 沈境,严洪森,黄一丹.汽车装配车间生产计划调度系统的设计与开发[J].计算机技术与发展,2008,18(5):159-162.
- [6] 柳毅.企业生产调度的智能优化方法[M].北京:人民邮电出版社,2008.
- [7] Tan W, Khoshnevis B. Integrated process planning and scheduling a mathematical programming modeling approach[D]. Los Angeles, CA, USA: University of Southern California, 1997.
- [8] Pezzella F, Morganti G, Ciaschetti G. A Genetic Algorithm for the Flexible Job-Shop Scheduling Problem[J]. Computers & Operations Research, 2008, 35(10):3202-3212.