



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102183931 B

(45) 授权公告日 2013. 05. 08

(21) 申请号 201110072350. 5

CN 101916404 A, 2010. 12. 15,

(22) 申请日 2011. 03. 24

EP 1784695 A1, 2007. 05. 16,

CN 101907884 A, 2010. 12. 08,

(73) 专利权人 平高集团有限公司

审查员 崔朝利

地址 467001 河南省平顶山市南环东路 22 号

专利权人 河南平高电气股份有限公司

(72) 发明人 吴瀛峰 赵利军 王大伟

(74) 专利代理机构 郑州睿信知识产权代理有限公司 41119

代理人 陈浩

(51) Int. Cl.

G05B 19/418(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101751298 A, 2010. 06. 23,

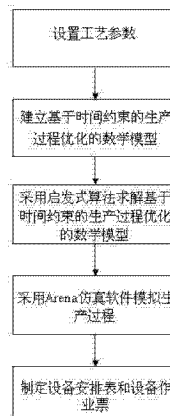
权利要求书2页 说明书11页 附图1页

(54) 发明名称

基于时间约束的机械加工生产过程优化调度方法

(57) 摘要

本发明涉及基于时间约束的机械加工生产过程优化调度方法,该方法给定待加工工件及数量,确定各加工设备的数量和运行参数,并限定加工完成所述批次的总加工时间;建立基于时间约束的生产过程优化的数学模型;采用启发式算法求解数学模型;采用仿真软件模拟加工生产过程;制定设备安排表和设备作业票,完成机械加工生产过程的优化。本发明的方法充分利用机械加工工艺特点以及在生产调度中所体现的逻辑关系,基于时间约束建立了一种 0-1 整数规模模型,并采用启发式算法对模型进行求解得到了优化可行解、优化的调度方案,本方法简单实用,在保证生产任务要求的前提下以减少机器使用成本,减少了资源和能源的浪费,降低了生产费用,提高了生产效益。



1. 一种基于时间约束的机械加工生产过程优化调度方法,其特征在于,该方法步骤如下:

(1)根据实际机械加工生产过程,给出限定条件:给定待加工工件及一个批次中的工件数量,确定加工工件的工艺流程及工艺流程中各工序对应加工设备的数量和相应的设备运行参数,并限定加工完成所述批次的总加工时间;所述相应的设备运行参数具体指工艺流程中各工序对应的加工设备的功率、各加工设备加工单个工件的工作时间;

(2)根据步骤(1)中给出的限定条件建立基于时间约束的生产过程优化的数学模型;

(3)采用启发式算法求解基于时间约束的生产过程优化的数学模型,得到加工过程中各工序对应的每台加工设备所需完成的工件数目、每个工件对应于每台加工设备的加工开始时间和加工结束时间;

(4)根据基于时间约束的生产过程优化的数学模型的求解结果,采用仿真软件模拟所述批次工件的加工生产过程;

(5)根据仿真软件模拟结果制定设备安排表和作业票,完成机械加工生产过程的优化;

所述基于时间约束的生产过程优化模型为:

目标函数:

$$\text{Minimize } \sum_{(h,i) \in M} C_{hi} x_{hi} \quad (1)$$

约束条件:

$$W_{hi} = \sum_{j \in L} y_{hij} T_{hi}, (h, i) \in M \quad (2)$$

$$\sum_{h \in H_j} y_{hij} = \sum_{h \in H_{j+1}} y_{h,i+1,j}, i \in S - \{m\}, j \in L \quad (3)$$

$$y_{hij} \leq x_{hi}, (h, i) \in M, j \in L \quad (4)$$

$$W_{hi} = \sum_{j \in L} y_{hij} T_{hi}, (h, i) \in M \quad (5)$$

$$tE_{hij} y_{hij} = y_{hij} (t_{hij} + T_{hi}), (h, i) \in M, j \in L \quad (6)$$

$$t_{hij} y_{hij} = 0, h \in H_1, j \in \{1, 2, \dots, U_1\} \quad (7)$$

$$t_{hij} y_{hij} = tE_{h,j-U_i} y_{h,j-U_i}, h \in H_1, j \in L - \{1, 2, \dots, U_1\} \quad (8)$$

$$t_{hij} y_{hij} = tE_{h,i-1,j} y_{h,i-1,j}, i \in S - \{1\}, j \in \{1, 2, \dots, U_i\} \quad (9)$$

$$t_{hij} y_{hij} = \text{Max}\{tE_{h,i-1,j} y_{h,i-1,j}, tE_{h,i,j-U_i} y_{h,i,j-U_i}\},$$

$$i \in S - \{1\}, j \in L - \{1, 2, \dots, U_i\} \quad (10)$$

$$tE_{hij} y_{hij} \leq T_c, (h, i) \in M, j \in L \quad (11)$$

$$U_i \in H_i, i \in S \quad (12)$$

$$x_{hi} \in \{0, 1\}, (h, i) \in M \quad (13)$$

$$y_{hij} \in \{0, 1\}, (h, i) \in M, j \in L \quad (14)$$

其中各参数表示:

S:机器类型的集合, $S = \{1, 2, \dots, m\}$;

N_i :第 i 类机器的总数目, $i \in S$;

H_i :第 i 类机器中的所有机器的集合, $H_i = \{1, 2, \dots, N_i\}$, $i \in S$;

(h, i) :第 i 类机器中的第 h 台机器, $i \in S, h \in H_i$;

M :所有机器的集合, $M = \{(h, i)\}$;

L :一个批次的工件的集合, $L = \{1, 2, \dots, n\}$;

T_c :一个批次的加工时间限制;

T_{hi} :机器 (h, i) 加工一个工件的时间, $(h, i) \in M$;

K_{hi} :机器 (h, i) 的功率, $(h, i) \in M$;

W_{hi} :机器 (h, i) 在一个批次中运行的时间总和, $(h, i) \in M$;

E :单位时间的工业电费费用;

C_{hi} :机器 (h, i) 的成本, $C_{hi} = K_{hi}W_{hi}E$, $(h, i) \in M$;

各变量表示:

U_i :第 i 类机器的使用数目, $i \in S$;

$$x_{hi} = \begin{cases} 1 & \text{若机器}(h, i) \in M \text{被使用} \\ 0 & \text{否则} \end{cases};$$

$$y_{hij} = \begin{cases} 1 & \text{若工件}j \text{在机器}(h, i) \in M \text{上加工} \\ 0 & \text{否则} \end{cases};$$

t_{hij} :工件 j 在机器 (h, i) 上加工的开始时间, $(h, i) \in M, j \in L$;

tE_{hij} :工件 j 在机器 (h, i) 上加工的结束时间, $(h, i) \in M, j \in L$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的基于时间约束的机械加工生产过程优化调度方法,其特征在于:所述步骤(4)是采用 Arena 仿真软件模拟生产过程。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的基于时间约束的机械加工生产过程优化调度方法,其特征在于:所述步骤(5)将制定的设备安排表和设备作业票发放给对应操作的工作人员,工作人员便根据设备安排表和设备作业票进行对应的机械加工工序。

基于时间约束的机械加工生产过程优化调度方法

技术领域

[0001] 本发明属于信息技术和先进制造领域,涉及一种基于时间约束的机械加工生产过程优化调度方法。

背景技术

[0002] 一般地,研究生产过程优化问题的目的是为了缩短生产时间,减少生产成本,从而提高企业的可信度。正因为此,现在很多的企业面临很大的客户信任度压力。因此,有效的生产过程优化十分重要并越来越引起企业的关注。为了提高企业的市场竞争力,很多国际大型制造型企业已经开始致力于有关生产过程优化的研究。

[0003] 采用建立数学模型以及利用计算机编程求解的方法来解决生产过程优化问题是一种重要的研究方向。过去三十年,人们在这方面进行了大量的研究,专利号为2005100615238的中国专利申请“一种流程工业可视化生产工艺流程描述的建模方法”提出一种适用于一般流程工业企业的间歇性或半间歇性生产系统的可视化方法,该方法从软件实现上阐述了建立生产系统模型的过程,包含了一部分逻辑约束。专利号为200810228928X的中国专利申请“一种炼钢连铸生产在线多模式时间优化调度方法”提出一种以炼钢行业生产规则和订单合同交货期为约束条件的基于在线多模式动态调度方法,该方法在不借助数学规划的情况下充分利用了生产规则,具有一定的调度实用性。专利号为2009100997828的中国专利申请“一种流程工业企业生产过程的生产调度智能优化方法”仅仅能够为生产线上各台连续生产设备确定各个时间段内的处理量。上述都没有涉及以减少生产成本为目标函数的问题,而本发明则是针对机械加工生产过程中存在的优化调度问题,提出一种基于时间约束,以减少生产成本为目标的优化调度方法。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种基于时间约束的机械加工生产过程优化调度方法,以解决传统的机械加工生产过程中存在的优化调度问题。

[0005] 为实现上述目的,本发明的基于时间约束的机械加工生产过程优化调度方法步骤如下:

[0006] (1) 根据实际机械加工生产过程,给定待加工工件及一个批次中的工件数量,确定加工工件的工艺流程及工艺流程中各工序对应加工设备的数量和相应的设备运行参数,并限定加工完成所述批次的总加工时间;

[0007] (2) 根据步骤(1)中给出的限定条件建立基于时间约束的生产过程优化的数学模型;

[0008] (3) 采用启发式算法求解基于时间约束的生产过程优化的数学模型,得到加工过程中各工序对应的每台加工设备所需完成的工件数目、每个工件对应于每台加工设备的加工开始时间和加工结束时间;

[0009] (4) 根据基于时间约束的生产过程优化的数学模型的求解结果,采用仿真软件模

拟所述批次工件的加工生产过程；

[0010] (5) 根据仿真软件模拟结果制定设备安排表和作业票，完成机械加工生产过程的优化。

[0011] 所述步骤(1)中相应的设备运行参数具体指工艺流程中各工序对应的加工设备的功率、各加工设备加工单个工件的工作时间。

[0012] 所述步骤(2)中的限定条件即是指待加工工件及一个批次中的工件数量、加工完成所述批次的总加工时间、加工工件的工艺流程中各工序对应加工设备的数量和相应的设备运行参数。

[0013] 所述基于时间约束的生产过程优化模型为：

[0014] 目标函数：

$$[0015] \quad \text{Minimize } \sum_{(h,i) \in M} C_{hi} x_{hi} \quad (1)$$

[0016] 约束条件：

$$[0017] \quad W_{hi} = \sum_{j \in L} y_{hi,j} T_{hi}, \quad (h, i) \in M \quad (2)$$

$$[0018] \quad \sum_{h \in H_i} y_{hi,j} = \sum_{h \in H_{i+1}} y_{h,j+1,j}, \quad i \in S \quad \{m\}, \quad j \in L \quad (3)$$

$$[0019] \quad y_{hi,j} \leq x_{hi}, \quad (h, i) \in M, \quad j \in L \quad (4)$$

$$[0020] \quad W_{hi} = \sum_{j \in L} y_{hi,j} T_{hi}, \quad (h, i) \in M \quad (5)$$

$$[0021] \quad tE_{hi,j} y_{hi,j} = y_{hi,j} (t_{hi,j} + T_{hi}), \quad (h, i) \in M, \quad j \in L \quad (6)$$

$$[0022] \quad t_{hi,j} y_{hi,j} = 0, \quad h \in H_i, \quad j \in \{1, 2, \dots, U_i\} \quad (7)$$

$$[0023] \quad t_{hi,j} y_{hi,j} = tE_{hi,j-U_i} y_{hi,j-U_i}, \quad h \in H_i, \quad j \in L \quad \{1, 2, \dots, U_i\} \quad (8)$$

$$[0024] \quad t_{hi,j} y_{hi,j} = tE_{h,i-1,j} y_{h,i-1,j}, \quad i \in S \quad \{1\}, \quad j \in \{1, 2, \dots, U_i\} \quad (9)$$

$$[0025] \quad t_{hi,j} y_{hi,j} = \text{Max} \{ tE_{hi,j-1,j} y_{hi,j-1,j}, tE_{hi,j-U_i} y_{hi,j-U_i} \},$$

$$[0026] \quad i \in S \quad \{1\}, \quad j \in L \quad \{1, 2, \dots, U_i\} \quad (10)$$

$$[0027] \quad tE_{hi,j} y_{hi,j} \leq T_C, \quad (h, i) \in M, \quad j \in L \quad (11)$$

$$[0028] \quad U_i \in H_i, \quad i \in S \quad (12)$$

$$[0029] \quad x_{hi} \in \{0, 1\}, \quad (h, i) \in M \quad (13)$$

$$[0030] \quad y_{hi,j} \in \{0, 1\}, \quad (h, i) \in M, \quad j \in L \quad (14)$$

[0031] 其中各参数表示：

[0032] S : 机器类型的集合, $S = \{1, 2, \dots, m\}$;

[0033] N_i : 第 i 类机器的总数目, $i \in S$;

[0034] H_i : 第 i 类机器中的所有机器的集合, $H_i = \{1, 2, \dots, N_i\}$, $i \in S$;

[0035] (h, i) : 第 i 类机器中的第 h 台机器, $i \in S$, $h \in H_i$;

[0036] M : 所有机器的集合, $M = \{(h, i)\}$;

[0037] L : 一个批次的工件的集合, $L = \{1, 2, \dots, n\}$;

- [0038] T_c : 一个批次的加工时间限制;
- [0039] T_{hi} : 机器 (h, i) 加工一个工件的时间, $(h, i) \in M$;
- [0040] K_{hi} : 机器 (h, i) 的功率, $(h, i) \in M$;
- [0041] W_{hi} : 机器 (h, i) 在一个批次中运行的时间总和, $(h, i) \in M$;
- [0042] E : 单位时间的工业电费费用;
- [0043] C_{hi} : 机器 (h, i) 的成本, $C_{hi} = K_{hi} W_{hi} E$, $(h, i) \in M$;
- [0044] 各变量表示:
- [0045] U_i : 第 i 类机器的使用数目, $i \in S$;
- [0046] $x_{hi} = \begin{cases} 1 & \text{若机器}(h,i) \in M \text{被使用} \\ 0 & \text{否则} \end{cases}$;
- [0047] $y_{hj} = \begin{cases} 1 & \text{若工件}j \text{在机器}(h,i) \in M \text{上加工} \\ 0 & \text{否则} \end{cases}$;
- [0048] t_{hij} : 工件 j 在机器 (h, i) 上加工的开始时间, $(h, i) \in M, j \in L$;
- [0049] tE_{hij} : 工件 j 在机器 (h, i) 上加工的结束时间, $(h, i) \in M, j \in L$ 。

[0050] 所述步骤(4)是采用 Arena 仿真软件模拟生产过程。

[0051] 所述步骤(5)将制定的设备安排表和设备作业票发放给对应操作的工作人员,工作人员便可根据设备安排表和设备作业票进行对应的机械加工工序。

[0052] 本发明的基于时间约束的机械加工生产过程优化调度方法,充分利用机械加工工艺特点以及在生产调度中所体现的逻辑关系,基于时间约束建立了一种 0-1 整数规划模型,并采用启发式算法对模型进行求解得到了优化可行解,得到了优化的调度方案。本发明的方法简单实用,在保证生产任务要求的前提下以减少机器使用成本,减少了资源和能源的浪费,降低了生产费用,提高了生产效益。

附图说明

[0053] 图 1 是本发明实施例的流程图。

具体实施方式

[0054] 本发明的基于时间约束的机械加工生产过程优化调度方法步骤如下:

- [0055] 1) 工艺分析,获取所需数据;
- [0056] 2) 根据工艺分析,对问题进行描述;
- [0057] 3) 根据对问题的描述,建立能反映实际问题的数学模型;
- [0058] 4) 根据获得的数据,对已建立的数学模型进行求解;
- [0059] 5) 根据求解结果,模拟生产过程;
- [0060] 6) 制定机械加工生产过程优化改进方案。

[0061] 步骤 1) 工艺分析:

[0062] 机械加工的方法是指,按一定顺序直接改变毛坯的形状、尺寸及表面质量,使其成为合格零件的工艺过程。机械加工工艺过程由许多工序组合而成,其中包括车、铣、钻、镗和磨等。各工序是串行运行的,而各工序中的各种加工机器是并行运行的。根据生产纲领的大小和产品品种的多少,机械制造企业的生产可分为单件生产、成批生产和大量生产三种生

产类型。本方法对应的生产类型为大量生产。分析机械加工生产过程,根据不同产品的生产要求,我们需要得到一个批次的需要加工的产品数目,以及该批次要求完成的时间。按照正常工作状况,每天工作两个班次,一个班次 8 个小时,为了计算精确,要求完成时间可折合成分钟。而工业用电费用为 0.88 元 / 千瓦时,同样为了计算精确,折合成分钟即为 0.0147 元 / 千瓦分钟。由此可以得到,一个批次的加工时间限制 T_c , 一个批次产品的数量 n 和单位时间的工业电费费用 E 的值。同时需要搜集所有第 i 类机器的总数目 N_i , 机器 (h, i) 加工一个工件的时间 T_{hi} 和机器 (h, i) 的功率 K_{hi} 的值。

[0063] 步骤 2) 问题的描述:

[0064] 在基于时间约束的生产过程优化问题中,有若干类机器分布在某一个厂房内。令 $S = \{1, 2, \dots, m\}$ 是对应于机器类型的集合, $N_i, i \in S$ 是第 i 类机器的总数目, $H_i = \{1, 2, \dots, N_i\}$ 是对应于第 i 类机器中的所有机器的集合, $M = \{(h, i)\}, i \in S, h \in H_i$ 是所有机器的集合,对应于第 i 类机器中第 h 台机器的集合。由于在生产过程中,并非所有机器都会被使用到,因此,令 $U_i, i \in S$ 是第 i 类机器的使用数目。每一个工件的生产过程中,原材料进入车间之后,从第一类机器中的某一台机器开始,按加工流程经过每一类机器中的某一台机器最终完成。

[0065] 一般地,制造型企业的工件的生产过程是按照批次为计量单位,某个批次有若干个工件的生产任务,要求在规定的时间内完成。因此,我们令 $L = \{1, 2, \dots, n\}$ 是对应于一个批次的工件的集合, T_c 是一个批次的加工时间限制。对于基于时间约束的生产过程优化问题,为了描述每台机器的属性,我们需要知道每台机器加工工件所需要的时间,因此,令 $T_{hi}, (h, i) \in M$ 代表第 i 类机器中第 h 个机器加工一个工件的时间, $t_{hi,j}$ 和 $tE_{hi,j}, (h, i) \in M, j \in L$ 分别代表工件 j 在第 i 类机器中第 h 个机器上加工的开始时间和结束时间。

[0066] 本发明的目的是要规定时间内完成一个批次的加工任务的条件下,最小化生产成本。对于生产成本的计算是十分困难的,本发明中的生产成本主要是机器的使用成本。关于计算机器使用成本的计算,令 $K_{hi}, (h, i) \in M$ 代表第 i 类机器中第 h 个机器的功率, $W_{hi}, (h, i) \in M$ 代表第 i 类机器中第 h 个机器在一个批次中运行的时间总和, E 代表单位时间的工业电费费用,因此,机器使用成本计算可用 $C_{hi} = K_{hi} W_{hi} E$ 来度量。

[0067] 步骤 3) 模型的建立

[0068] 根据以上对问题的描述,可以建立如下的基于时间约束的生产过程优化模型。

[0069] 参数:

[0070] S : 机器类型的集合, $S = \{1, 2, \dots, m\}$;

[0071] N_i : 第 i 类机器的总数目, $i \in S$;

[0072] H_i : 第 i 类机器中的所有机器的集合, $H_i = \{1, 2, \dots, N_i\}, i \in S$;

[0073] (h, i) : 第 i 类机器中的第 h 台机器, $i \in S, h \in H_i$;

[0074] M : 所有机器的集合, $M = \{(h, i)\}$;

[0075] L : 一个批次的工件的集合, $L = \{1, 2, \dots, n\}$;

[0076] T_c : 一个批次的加工时间限制;

[0077] T_{hi} : 机器 (h, i) 加工一个工件的时间, $(h, i) \in M$;

[0078] K_{hi} : 机器 (h, i) 的功率, $(h, i) \in M$;

[0079] W_{hi} : 机器 (h, i) 在一个批次中运行的时间总和, $(h, i) \in M$;

[0080] E : 单位时间的工业电费费用;

[0081] C_{hi} : 机器 (h, i) 的成本, $C_{hi}=K_{hi} W_{hi} E, (h, i) \in M$;

[0082] 各变量表示:

[0083] U_i : 第 i 类机器的使用数目, $i \in S$;

[0084] $x_{hi} = \begin{cases} 1 & \text{若机器}(h,i) \in M \text{被使用} \\ 0 & \text{否则} \end{cases}$;

[0085] $y_{hj} = \begin{cases} 1 & \text{若工件}j \text{在机器}(h,i) \in M \text{上加工} \\ 0 & \text{否则} \end{cases}$;

[0086] t_{hij} : 工件 j 在机器 (h, i) 上加工的开始时间, $(h, i) \in M, j \in L$;

[0087] tE_{hij} : 工件 j 在机器 (h, i) 上加工的结束时间, $(h, i) \in M, j \in L$ 。

[0088] 目标函数:

[0089]
$$\text{Minimize } \sum_{(h,i) \in M} C_{hi} x_{hi} \quad (1)$$

[0090] 约束条件:

[0091]
$$W_{hi} = \sum_{j \in L} y_{hj} T_{hj}, (h, i) \in M \quad (2)$$

[0092]
$$\sum_{h \in H_i} y_{hj} = \sum_{h \in H_{i+1}} y_{h,i+1,j}, i \in S \setminus \{m\}, j \in L \quad (3)$$

[0093]
$$y_{hij} \leq x_{hi}, (h, i) \in M, j \in L \quad (4)$$

[0094]
$$W_{hi} = \sum_{j \in L} y_{hj} T_{hj}, (h, i) \in M \quad (5)$$

[0095]
$$tE_{hij} y_{hij} = y_{hij} (t_{hij} + T_{hj}), (h, i) \in M, j \in L \quad (6)$$

[0096]
$$t_{hij} y_{hij} = 0, h \in H_1, j \in \{1, 2, \dots, U_1\} \quad (7)$$

[0097]
$$t_{h1j} y_{h1j} = tE_{h1j-U_1} y_{h1j-U_1}, h \in H_1, j \in L \setminus \{1, 2, \dots, U_1\} \quad (8)$$

[0098]
$$t_{hij} y_{hij} = tE_{h,i-1,j} y_{h,i-1,j}, i \in S \setminus \{1\}, j \in \{1, 2, \dots, U_i\} \quad (9)$$

[0099]
$$t_{hij} y_{hij} = \text{Max}\{tE_{h,i-1,j} y_{h,i-1,j}, tE_{h,i,j-U_i} y_{h,i,j-U_i}\},$$

[0100]
$$i \in S \setminus \{1\}, j \in L \setminus \{1, 2, \dots, U_i\} \quad (10)$$

[0101]
$$tE_{hij} y_{hij} \leq T_c, (h, i) \in M, j \in L \quad (11)$$

[0102]
$$U_i \in H_i, i \in S \quad (12)$$

[0103]
$$x_{hi} \in \{0, 1\}, (h, i) \in M \quad (13)$$

[0104]
$$y_{hij} \in \{0, 1\}, (h, i) \in M, j \in L \quad (14)。$$

[0105] 在基于时间约束的生产过程优化问题中,对于每一个待加工的工件 $j \in L$,需要按照加工顺序经过从机器类型 1 中的某台机器到机器类型 m 中的某台机器的过程。约束条件 (2) 和 (3) 规定了存在这样的过程的存在。约束条件 (4) 规定了只有当机器 (h, i) 被使用,工件 $j \in L$ 才能在 (h, i) 上加工。约束条件 (5) 规定了机器 (h, i) 在一个批次中运行

的时间总和 W_{hi} 的计算方法。对于每一个待加工的工件 $j \in L$ 在机器 (h, i) 上加工都有一个开始时间和结束时间, 约束条件 (6)-(10) 规定了每一个待加工的工件在其加工机器上的开始时间和结束时间的关系。约束条件 (11) 规定了每一个待加工的工件 $j \in L$ 的总加工时间不能超过 P_c 。

[0106] 步骤 4) 求解结果:

[0107] 采用启发式算法求解本文提出的数学模型, 并得到优化解。

[0108] Heu 表示利用启发式算法得到的优化解对应的目标函数值, 该目标函数指便是最小化生产成本, $TIME_{Heu}$ 表示利用启发式算法求解所需要的时间。

[0109] 根据优化前的生产状况, 对其目前一个批次的生产成本进行估算。按照每个工件在每个步骤的车床上进行随机分布的方式进行计算, 可以得到一个批次目前生产成本总和用 Bp 表示, 而通过我们的方法优化之后的成本总和为 Heu 。因此我们可以得到优化之后节省成本的百分比为 $(Bp - Heu) / Heu \times 100\%$ 。

[0110] 步骤 5) 模拟生产过程

[0111] Arena 仿真软件能够详细地分析任何制造业系统, 移动台的动画方式将仿真结果显示出来。采用 Arena 仿真软件动态模拟机械加工生产过程, 其详细过程可见 Arena 仿真软件的模拟演示过程。

[0112] 步骤 6) 制定改进方案:

[0113] 根据上述得到的计算结果, 可以得到 t_{hij} 和 tE_{hij} 的值, 即每个工件对应于每台加工机器的加工开始时间以及加工结束时间。同时, 统计所有 y_{hij} 的值, 可以得到机械加工生产过程中每道工序对应的每台加工机器所需完成的工件数目。由此, 可以形成设备安排表和设备作业票。将设备安排表和设备作业表发放给对应操作加工的工作人员, 工作人员便可根据设备安排表和设备作业票进行对应的机械加工工序。

[0114] 以工作缸 (LW10B-550/CYT) 生产过程为例, 分析机械加工生产过程, 获得生产装置的工艺连接, 生产装置的运行参数 (如表 1) 等, 作为建立数学模型的基础。

[0115] 表 1 工作缸 (LW10B-550/CYT) 工艺过程表

[0116]

序号	工序名称	加工设备	单个工件加工时间/min	设备数量
1	钻	摇 B 钻床 Z30	10	3
2	粗车	CA6180	120	8
3	钻	Z30	48	3
4	半精车	CA6180	30	8
5	精车	C630	240	3
5.1	滚压内孔	C630	120	
5.2	车螺纹	C630	70	
5.3		C630		
6	铣	X53k	80	2
7	数控机加工	PHF5800	70	2
8	钻端面孔及螺纹孔	摇 B 钻床 Z30	48	3
9	钳修	攻丝机	12	1
		钻孔机	8	1
		抛光机	40	1
10	精修	气动砂轮	40	1
		风动铣刀		1
合计			936	23

[0117] 根据工作缸 (LW10B-550/CYT) 的生产要求, 一个批次的标准数目是 120 个, 要求完成时间是 35 天。按照该厂正常工作状况, 每天工作两个班次, 一个班次 8 个小时, 因此, 要求完成时间可折合成 33600 分钟。而该厂工业用电费用为 0.88 元 / 千瓦时, 折合成分钟即为 0.0147 元 / 千瓦分钟。在此算例中, T_c , n 和 E 的值分别设为 33600, 120 和 0.0147。我们搜集了所有 N_i , T_{hi} 和 K_{hi} 的值, 见表 2。

[0118] 表 2 参数 N_i , T_{hi} 和 K_{hi} 的值

[0119]

i	N_i (个)	T_{hi} (分钟)	K_{hi} (千瓦)
1	3	10	4.825
		10	4.825
		10	6.109
2	8	120	12.1
		120	12.19
		120	12.19
		120	12.19
		120	12.125
		120	11
		120	11
		120	11
		120	11

[0120]

3	3	48	4.825
		48	4.825
		48	6.109
4	8	30	12.1
		30	12.19
		30	12.19
		30	12.19
		30	12.125
		30	11
		30	11
5	3	120	8
		120	8
		120	8
6	3	70	8
		70	8
		70	8
7	2	80	14.125
		80	13.125
8	2	70	55.205
		70	55.205
9	3	48	4.825
		48	4.825
		48	6.109
10	1	12	2.2
11	1	8	0.4
12	1	40	0.19

[0121] 以工作缸 (LW10B-550/CYT) 的生产过程为例,采用启发式算法求解本文提出的数学模型,并得到优化解。表 3 为启发式算法得到的计算结果。

[0122] 表 3 以工作缸 (LW10B-550/CYT) 生产过程为例得到的计算结果

[0123]

T_r	$ S $	$ M $	n	Heu	$TIME_{Heu}$
33600 分钟	12	23	120	15934.21 元	4 秒

[0124] 在表 3 中, $|S|$ 和 $|M|$ 分别表示机器类型的数目和机器的总数目, n 表示一个批次需要加工的工件的总数目, Heu 表示利用启发式算法得到的优化解对应的目标函数值, $TIME_{Heu}$ 表示利用启发式算法求解所需要的时间。从表 3 中,我们可以得到,利用启发式算法得到的优化解的目标函数值是 15934.21 元,得到该优化解的目标函数值所需要的计算时间是 4 秒。

[0125] 根据二厂工作缸目前的生产状况,对其目前一个批次的生产成本进行了估算。按

照每个工件在每个步骤的车床上进行随机分布的方式进行计算,我们得到一个批次目前生产成本总和为 17276.47 元,而通过我们的方法优化之后的成本总和为 15934.21 元。因此我们可以得到优化之后节省成本的百分比为 $(17276.47 - 15934.21) / 15934.21 = 8.424\%$ 。

[0126] 采用 Arena 仿真软件动态模拟工作缸 (LW10B-550/CYT) 生产过程,其详细过程可见 Arena 仿真软件的模拟演示过程。

[0127] 根据上述得到的计算结果,可以得到工作缸 (LW10B-550/CYT) 的生产过程中每到工序对应的每台加工机器所需完成的工件数目,和每个工件对应于每台加工机器的加工开始时间以及加工结束时间。由此,可以形成工作缸 (LW10B-550/CYT) 的设备安排表和工作缸 (LW10B-550/CYT) 设备作业票,如表 4 和表 5 所示为工序 1 中钻床 Z30-025-14 的安排表和作业票。所有工序的设备安排表和设备作业票可详见附件。

[0128] 表 4 工作缸 (LW10B-550/CYT) 设备安排

[0129]	工作名称:	工作缸	编码:	845108644001
	产品型号:	LW10B-550/CYT		
	设备名称:	钻床 Z30	设备编号:	025-14
	加工工序:	1	加工零件数目:	59
	送往设备:	车床 CA6180		
	绘制人:		日期:	
	加工班次	加工数目		
	第 1 天第 1 班次	48		
	第 1 天第 2 班次	11		

[0130] 表 5 工作缸 (LW10B-550/CYT) 设备作业票

[0131]	工作名称:	工作缸	编码:	845108644001
	产品型号:	LW10B-550/CYT		
	设备名称:	钻床 Z30	设备编号:	025-14
	加工工序:	1	加工零件数目:	59
	送往设备:	车床 CA6180		
	绘制人:		日期:	
	零件加工顺序	加工开始时间		
	1	第 1 天 0 小时 0 分钟		
	2	第 1 天 0 小时 10 分钟		
	3	第 1 天 0 小时 20 分钟		
4	第 1 天 0 小时 30 分钟			
5	第 1 天 0 小时 40 分钟			

[0132]

6	第 1 天 0 小时 50 分钟
7	第 1 天 1 小时 0 分钟
8	第 1 天 1 小时 10 分钟
9	第 1 天 1 小时 20 分钟
10	第 1 天 1 小时 30 分钟
11	第 1 天 1 小时 40 分钟
12	第 1 天 1 小时 50 分钟
13	第 1 天 2 小时 0 分钟
14	第 1 天 2 小时 10 分钟
15	第 1 天 2 小时 20 分钟
16	第 1 天 2 小时 30 分钟
17	第 1 天 2 小时 40 分钟
18	第 1 天 2 小时 50 分钟
19	第 1 天 3 小时 0 分钟
20	第 1 天 3 小时 0 分钟
21	第 1 天 3 小时 20 分钟
22	第 1 天 3 小时 30 分钟
23	第 1 天 3 小时 40 分钟
24	第 1 天 3 小时 50 分钟
25	第 1 天 4 小时 0 分钟
26	第 1 天 4 小时 10 分钟
27	第 1 天 4 小时 20 分钟
28	第 1 天 4 小时 30 分钟
29	第 1 天 4 小时 40 分钟
30	第 1 天 4 小时 50 分钟

[0133]

[0134]

31	第 1 天 5 小时 0 分钟
32	第 1 天 5 小时 10 分钟
33	第 1 天 5 小时 20 分钟
34	第 1 天 5 小时 30 分钟
35	第 1 天 5 小时 40 分钟
36	第 1 天 5 小时 50 分钟
37	第 1 天 6 小时 0 分钟
38	第 1 天 6 小时 10 分钟
39	第 1 天 6 小时 20 分钟
40	第 1 天 6 小时 30 分钟
41	第 1 天 6 小时 40 分钟
42	第 1 天 6 小时 50 分钟
43	第 1 天 7 小时 0 分钟
44	第 1 天 7 小时 10 分钟
45	第 1 天 7 小时 20 分钟
46	第 1 天 7 小时 30 分钟
47	第 1 天 7 小时 40 分钟
48	第 1 天 7 小时 50 分钟
49	第 1 天 8 小时 0 分钟
50	第 1 天 8 小时 10 分钟
51	第 1 天 8 小时 20 分钟
52	第 1 天 8 小时 30 分钟
53	第 1 天 8 小时 40 分钟
54	第 1 天 8 小时 50 分钟
55	第 1 天 9 小时 0 分钟
56	第 1 天 9 小时 10 分钟
57	第 1 天 9 小时 20 分钟
58	第 1 天 9 小时 30 分钟
59	第 1 天 9 小时 40 分钟

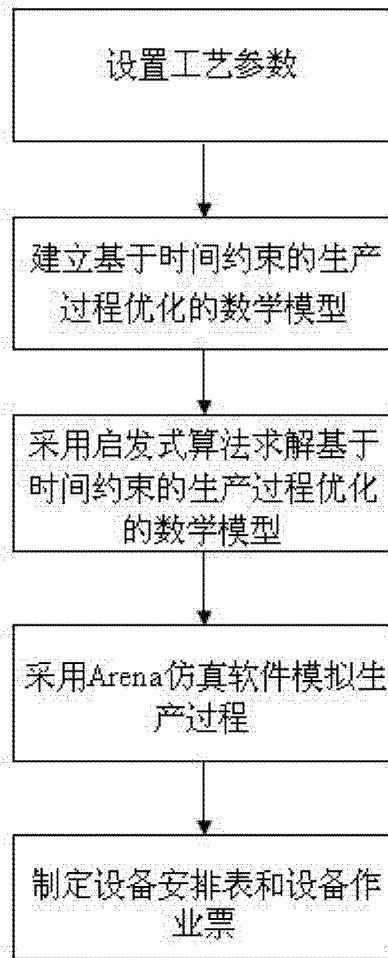


图 1