



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109961237 B

(45) 授权公告日 2023. 03. 31

(21) 申请号 201910259554.6

CN 104965755 A, 2015.10.07

(22) 申请日 2019.04.02

审查员 严晨枫

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109961237 A

(43) 申请公布日 2019.07.02

(73) 专利权人 哈尔滨理工大学

地址 150080 黑龙江省哈尔滨市学府路52
号哈尔滨理工大学

(72) 发明人 谢志强 林博

(51) Int. Cl.

G06Q 10/0631 (2023.01)

(56) 对比文件

CN 105512954 A, 2016.04.20

CN 106611270 A, 2017.05.03

CN 105512753 A, 2016.04.20

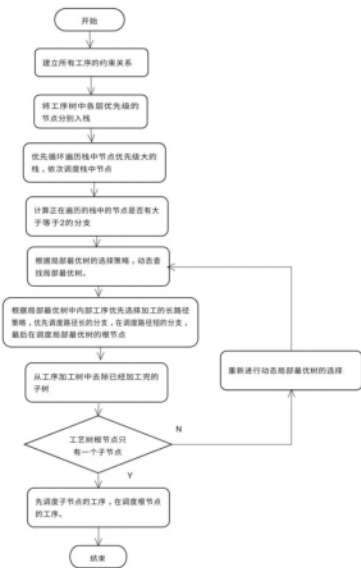
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

动态局部最优树的综合调度方法

(57) 摘要

动态寻找局部最优树的综合调度方法。为了使车间作业工序调度和产品尽早完成,以达到方便高效的实现单件复杂产品的综合调度的目的,提出一种动态寻找局部最优树的综合调度方法。该方法主要包括如下步骤:在车间作业调度产品加工工艺树中,首先按照工艺树的优先级策略为工艺树设置优先级,其次采用局部最优树选择策略动态寻找当前局部最优子树,然后通过局部最优子树中内部工序优先选择长路径加工策略确定工序调度顺序,最后遵循首次适应调度原则,将工序安排在合理设备上加工。



1. 一种动态寻找局部最优树的综合调度方法,其特征是:该方法主要包括如下步骤:在车间作业调度产品加工工艺树中,首先按照工艺树的优先级策略为工艺树设置优先级,其次采用局部最优树选择策略动态寻找当前局部最优子树,然后通过局部最优子树中内部工序优先选择长路径加工策略确定工序调度顺序,最后遵循首次适应调度原则,将工序安排在合理设备上加工,首次适应调度原则为查找第 1 个大于或等于独立工序加工时间的闲置时间段,将此工序插入闲置时间段,如果没有合适的闲置时间段,则将此工序加工顺序安排在当前加工设备已排工序的最后;

所述的动态寻找局部最优树的综合调度方法具体实施步骤如下:

步骤1:首先应先建立好车间作业调度工艺加工树的所有工序的偏序约束关系,为工艺树中的工序设置优先级;设加工树为 m 层,将这棵树的根节点的工序的优先级设置为1,其所有的子节点工序的优先级设置为2,规定根节点的工序的优先级最低, m 层的工序的优先级最高;设 P_{ij} , i 代表工艺树的层数, j 代表工艺加工树中某一层第几个节点;

步骤2:将车间作业调度工序加工树的各个层优先级相同的节点分别入栈;

步骤3:优先循环遍历栈中节点优先级大的栈,依次调度栈中节点;

步骤4:计算正在遍历的栈中的节点是否有大于等于2的分支;

步骤5:如果存在,并且同时是统一优先级的几个结点,设为 $P_1, P_2, P_3, \dots$ 取以该节点为根节点的子树,定义这样的子树是此刻的预备动态局部最优子树,此时得到几个以相同优先级结点为根节点的子树;

步骤6:计算每个结点到以该节点为根节点构成子树的叶结点的长度,分别取其路径长度最长的值,将该值定义为局部最优树影响因子,此时得到每个子树的局部最优树影响因子;步骤7:比较每个预备动态局部最优子树的局部最优树影响因子,假设某工序树存在两棵预备动态局部最优子树 T 和 K ,它们的根节点分别是 t 和 k ,它们的局部最优树影响因子分别是 Q_t 和 Q_k ;将这样的影响参数进行比较,分别会产生以下3种情况:

(1) 若 $Q_t > Q_k$:优先调度以 t 为根节点的子树,此时以 t 为根节点的子树为算法动态寻找的局部动态最优子树;

(2) 若 $Q_t < Q_k$:优先调度以 k 为根节点的子树,此时以 k 为根节点的子树为算法动态寻找的局部动态最优子树;

(3) 若 $Q_t = Q_k$:分别查看以 t 为根节点的子树和以 k 为根节点的子树,比较两个子树的工序数目,分别设为 G_t 和 G_k , G_t 与 G_k 分别代表以 t 和 k 为根节点的预备动态局部最优树的工序数目;将这样的参数进行相应的比较,会产生以下3种情况:

(1) 若 $G_t > G_k$:则优先调度以 t 为根节点的子树,此时,以 t 为根节点的子树为本算法动态寻找的局部最优子树;

(2) 若 $G_t < G_k$:则优先调度以 k 为根节点的子树,此时,以 k 为根节点的子树为本算法动态寻找的局部最优子树;

(3) 若 $G_t = G_k$:则优先调度以 k 为根节点的子树或优先调度以 t 为根节点的子树均可;

步骤8:比较局部最优子树中,根节点的每个分支的长度,进行排序, m 节点有 k_i 个分支,会产生以下3中情况:

(1) 若 $k_i > k_j$:则优先调度 k_i 分支的工序,此时调度过程由该分支的叶节点工序开始,由叶节点向根节点的逆序方向开始进行调度操作;

(2) 若 $k_i < k_j$: 则优先调度 k_j 分支的工序, 此时调度过程由该分支的叶节点工序开始, 由叶节点向根节点的逆序方向开始进行调度操作;

(3) 若 $k_i = k_j$: 则比较两个分支的工序数目, 此处设为 F_1 和 F_2 , 将这两个分支的工序加工数目进行比较, 会得到以下3种情况:

(1) 若 $F_1 > F_2$: 则优先调度 k_i 分支的工序, 此时调度过程由该分支的叶节点工序开始, 由叶节点向根节点的逆序方向开始进行调度操作;

(2) 若 $F_1 < F_2$: 则优先调度 k_j 分支的工序, 此时调度过程由该分支的叶节点工序开始, 由叶节点向根节点的逆序方向开始进行调度操作;

(3) 若 $F_1 = F_2$: 则优先调度 k_i 分支或优先调度 k_j 分支均可。

动态局部最优树的综合调度方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种动态局部最优树的综合调度方法。

背景技术

[0002] 对于树状结构的复杂单产品,如果采取先加工后装配的方式制造,必然割裂产品加工和装配内在可并行处理的关系,影响产品制造效率。于是,出现了树状结构的复杂单产品加工和装配一同处理的综合调度方法。综合调度方法采取同时加工和装配的方式制造,能提高产品生产的内在并行程度,使产品制造效率提高。

[0003] 早期在车间作业调度研究领域中,树状图末端分支繁衍迭代方法主要通过拟关键路径法(ACPM)和首次适应原则(BFSM)使得产品所加工的部分工序是产品的加工工艺图加工树某些枝杈的末端,即产品未加工的剩余部分工序的加工工艺图仍然是一棵加工树。这样对于正在加工的产品,如果有另外需要加工的产品,可一并按上述解决静态Job-Shop调度问题的方法处理。

[0004] 而本算法与早期树状图末端分支繁衍迭代方法有较大不同,本算法所关注的调度单位由加工工艺图加工树某些枝杈的末端转变为某一棵具体的动态调度局部最优加工树。本篇文章算法主要通过工艺树的优先级策略,局部最优树的选择策略,以及局部最优树中内部工序优先选择加工的长路径策略使得车间作业调度工艺加工树中某一个局部最优树中的工序有选择性的进行优先调度,产品未加工的剩余部分工序的加工工艺图也仍然是一棵加工树,进而可以继续运用本算法进行相应的调度优化处理,通过对本文所提出的动态局部最优树的查找策略,进而确定具体的工序调度次序。

[0005] 由于该算法关注点是以局部最优树的结构进行工序加工的分析,使得该算法在工序加工问题的考虑层面不但在纵向起到优化作用,而且兼顾了工序加工横向的并行加工优化作用,进而起到了一种纵横双向优化的调度效果。避免了ACPM算法过度注重纵向的加工优化,而忽略了横向加工优化而导致的产生空闲时间多,算法繁琐且效率差的问题。另外,由于该算法即注意局部加工工序又注重加工的整体全局,对于整个车间加工工序优化能得到良好的优化效果。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种动态寻找局部最优树的综合调度方法,该方法主要思想是在一棵单间复杂工序中的工艺加工树中,不断的寻找局部最优加工树,由于该算法关注点是以局部最优树的结构进行工序加工的分析,使得该算法在工序加工问题的考虑层面不但在纵向起到优化作用,而且兼顾了工序加工横向的并行加工优化作用,进而起到了一种纵横双向优化的调度效果。另外,由于该算法即注意局部加工工序又注重加工的整体全局,对于整个车间加工工序效率优化能得到良好的优化效果。

[0007] 上诉的目的通过以下的技术方案实现:

[0008] 步骤1:首先应先建立好车间作业调度工艺加工树的所有工序的偏序约束关系;

- [0009] 步骤2:然后将车间作业调度工序加工树的各个层优先级相同的节点分别入栈;
- [0010] 步骤3:优先循环遍历栈中节点优先级大的栈,依次调度栈中节点;
- [0011] 步骤4:计算正在遍历的栈中的节点是否有大于等于2的分支;
- [0012] 步骤5:根据局部最优树的选择策略,动态查找局部最优树;
- [0013] 步骤6:根据局部最优树中内部工序优先选择加工的长路径策略,优先调度路径长的分支,在调度路径短的分支,最后在调度局部最优树的根节点;
- [0014] 步骤7:从工序加工树中去除已经加工完的子树;
- [0015] 步骤8:判断此刻根节点是否只有一个子节点,若此刻根节点只有一个子节点,则先调度子节点的工序,在调度根节点的工序,否则,重新进行动态局部最优树的选择。
- [0016] 有益效果
- [0017] 1.本发明关注点是以局部最优树的结构进行工序加工的分析,使得该算法在工序加工问题的考虑层面不但在纵向起到优化作用,而且兼顾了工序加工横向的并行加工优化作用,进而起到了一种纵横双向优化的调度效果。避免了ACPM算法过度注重纵向的加工优化,而忽略了横向加工优化而导致的产生空闲时间多,算法繁琐且效率差的问题。另外,由于该算法即注意局部加工工序又注重加工的整体全局,对于整个车间加工工序优化能得到良好的优化效果。
- [0018] 2.本算法的工艺树优先级策略具备了层优先调度算法的优势,而局部最优树的选择策略不但体现出了动态查找的思路,而且还是以一棵局部最优树作为调度算法的核心寻找对象。动态查找体现出了该算法在工序加工问题的考虑层面不但在纵向起到优化作用,而且兼顾了工序加工横向的并行加工优化作用。局部最优树中内部工序优先选择加工的长路径策略具备了在局部最优树中运用了关键长路径策略的优势。综上所述,本算法具备多种算法的优势,能够对车间作业工序调度起到良好的优化效果。
- [0019] 3.本文所介绍的综合调度算法,创新点在于通过与数据结构中霍夫曼树(Haffuman Tree)的原理进行了相应的类比扩展,利用不断寻找局部最优树的思想,首次提出基于动态局部最优树的综合智能计算优化调度方法。由于本算法的关键思想是一个以动态的过程不断的去寻找局部最优树,主要是以一棵树的整体树结构为关注点,与综合调度以往的关注点有很大不同。在有关综合调度的研究领域以往的学术研究的优化关注点都是以关键路径作为算法研究的核心,不断地依次地去寻找优先调度的某一个工序,是以“一个工序”作为工序调度算法核心调度单位。而本篇文章创新性的首次提出以“一棵局部最优树”作为工序调度算法的核心调度单位。关注与处理的范围比较整体化,使得工序加工的过程中不但能够起到纵向的优化作用,而且能够起到工序与工序之间横向的并行加工装配良好的优化效果,使得车间作业工序加工的过程中能够得到比较好的效率提高。

附图说明

- [0020] 图1 算法流程图
- [0021] 图2 工艺加工树
- [0022] 图3 甘特图
- [0023] 图4 动态寻找局部最优树实例调度过程1
- [0024] 图5 动态寻找局部最优树实例调度过程2

[0025] 图6 动态寻找局部最优树实例调度过程3

具体实施方式

[0026] 实施例1

[0027] 一种动态寻找局部最优树的综合调度方法,其特征是:该方法主要包括如下步骤:在车间作业调度产品加工工艺树中,首先按照工艺树的优先级策略为工艺树设置优先级,然后通过局部最优树的选择策略动态地对本文所定义的局部最优树进行寻找,在通过局部最优树中内部工序优先选择加工的长路径策略进行局部最优树上工序的优先调度,并且在调度的过程中,遵循首次适应调度原则。

[0028] 实施例2

[0029] 上述的动态寻找局部最优树的综合调度方法,其特征是:所述的调度方法实现四所需对具体名词进行定义。

[0030] 为方便理解动态寻找局部最优树的综合调度思想,现将如下名词进行详细定义:

[0031] 定义1:预备局部最优树:规定有几个优先级,就定义几个栈,设定义了 $n_1, n_2, n_3, \dots, n_m$ 个栈,将工艺加工树的每一层节点入不同的栈,由上述可知,每一个栈中的节点的优先级是相同的。从最高的优先级节点群栈中依次循环遍历每个结点元素,判断该节点是否具有大于等于2的子节点或大于等于2的子树,如果存在,并且同时是统一优先级的几个结点,设为 $P_1, P_2, P_3, \dots$ 取以该节点为根节点的子树,定义这样的子树是此刻的预备动态局部最优子树。

[0032] 定义2:局部最优树影响因子:,分别计算每个结点到以该节点为根节点构成子树的叶结点的长度,分别取其路径长度最长的值,将该值定义为局部最优树影响因子。

[0033] 定义3:局部最优树:比较每个预备动态局部最优子树的局部最优树影响因子,假设某工序树存在两棵预备动态局部最优子树 T 和 K ,它们的根节点分别是 t 和 k ,它们的局部最优树影响因子分别是 Q_t 和 Q_k 。将这样的影响参数进行比较,分别会产生以下3种情况:

[0034] (1)若 $Q_t > Q_k$:优先调度以 t 为根节点的子树,此时以 t 为根节点的子树为算法动态寻找的局部动态最优子树;

[0035] (2)若 $Q_t < Q_k$:优先调度以 k 为根节点的子树,此时以 k 为根节点的子树为算法动态寻找的局部动态最优子树;

[0036] (3)若 $Q_t = Q_k$:分别查看以 t 为根节点的子树和以 k 为根节点的子树,比较两个子树的工序数目,分别设为 G_t 和 G_k , G_t 与 G_k 分别代表以 t 和 k 为根节点的预备动态局部最优树的工序数目:将这样的参数进行相应的比较,会产生以下3种情况:

[0037] (1)若 $G_t > G_k$:则优先调度以 t 为根节点的子树,此时,以 t 为根节点的子树为本算法动态寻找的局部最优子树;

[0038] (2)若 $G_t < G_k$:则优先调度以 k 为根节点的子树,此时,以 k 为根节点的子树为本算法动态寻找的局部最优子树;

[0039] (3)若 $G_t = G_k$:则优先调度以 k 为根节点的子树或优先调度以 t 为根节点的子树均可,因为此时可以认为两棵子树对车间作业调度中工序加工树的整体加工时间的影响是一样的。

[0040] 定义4:局部最优树中的内部工序:当根据动态局部最优树选择策略选出局部最优

树时,该局部最优树内每一个节点所代表的工序均为局部最优树的内部工序。

[0041] 实施例3:

[0042] 上述的动态寻找局部最优树的综合调度方法,本技术主要针对的产品对象为具有复杂树状结构的单件小批量产品,为其在进行综合调度时,提供方便高效的调度优化方法,具有普遍性。

[0043] 为方便理解本算法,下面提供一实例进行说明。假设有产品G,该产品由18的加工工序组成,这些车间作业工序在3个设备上加工,其加工工艺图如附图2所示,其中加工工序的加工时间记为(h)。

[0044] 下面运用本文采用的算法调度产品G。

[0045] 第一步:将该车间作业调度工艺加工树,按照优先级分类策略依次将工艺树中各相同优先级层次的节点入栈,分别为Z1,Z2,Z3,Z4,Z5,Z6,Z7。这些栈中的节点优先级大小为 $Z7 > Z6 > Z5 > Z4 > Z3 > Z2 > Z1$ 。依次由优先级的大到小依次进行循环遍历,寻找这样的节点,该节点的分支数大于等于2,通过查找可以优先找到两个节点,分别为G4和G6节点。

[0046] 第二步:进行动态寻找局部最优树的查找策略,分别计算以G4和G6节点为根节点的子树的最长路径。得到以G4节点为根节点的子树的最长路径为12。而以G6节点为根节点的子树的最长路径也为12。这时根据动态局部最优树的选择策略,优先调度子树中工序较多的子树工序,以G4节点为根节点的子树共有7个工序,而以G6节点为根节点的子树的工序的数目是5个工序,以G4节点为根节点的子树的工序数大于以G6节点为根节点的子树的工序的数目,因此优先调度以G4节点为根节点的子树。此时以G4节点为根节点的子树是本算法所动态寻找的局部最优树。

[0047] 第三步:进行局部最优树中内部工序优先选择加工的长路径策略,将以G4节点为根节点的子树的两个分支的长度进行相应的比较,得到如下结果,以G4节点为根节点的子树的左分支长度为6,右分支长度为10。因为右分支的长度,大于左分支,因此优先调度以G4节点为根节点的子树的右侧分支,此时工序调度次序为G18,G15,G13,G9。然后在调度左分支的工序,调度次序为G12,G8,最后,对根节点进行调度操作,即调度G4工序。

[0048] 接下来将已调度完的动态最优子树从工序树中删除,得到如图4所示对剩余的子树继续按照本算法的动态寻找最优子树调度策略进行对下一个动态最优子树的查找。得到下一个动态最优子树为以G6节点为根节点子树,将以G6节点为根节点的子树进行局部最优树中内部工序优先选择加工的长路径策略,将以G6节点为根节点的子树的两个分支的长度进行相应的比较,得到如下结果,以G6节点为根节点的子树的左分支长度为5,右分支长度为9。因为右分支的长度,大于左分支,因此优先调度以G6节点为根节点的子树的右侧分支,此时工序调度次序为G17,G14,G11。然后在调度左分支的工序,调度次序为G10,最后,对根节点进行调度操作,即调度G6工序。此时将以调度完的动态最优子树从工序树中删除,得到如图5所示。

[0049] 对剩余的子树继续按照本算法的动态寻找最优子树调度策略进行对下一个动态最优子树的查找。得到下一个动态最优子树为以G3节点为根节点子树,将以G3节点为根节点的子树进行局部最优树中内部工序优先选择加工的长路径策略,将以G3节点为根节点的子树的两个分支的长度进行相应的比较,得到如下结果,以G3节点为根节点的子树的左分支长度为3,右分支长度为9。因为右分支的长度,大于左分支,因此优先调度以G3节点为根

节点的子树的右侧分支,此时工序调度次序为G16,G7。然后在调度左分支的工序,调度次序为G5,最后,对根节点进行调度操作,即调度G3工序。此时将以调度完的动态最优子树从工序树中删除,得到如图6所示。

[0050] 接下来按照前文所介绍的算法,此时工艺树中留下了一个根节点和一个子节点,分别为G1和G2,按照前文所述算法,显然应先调度G2工序,最后,调度根节点的工序,即G1工序。

[0051] 运用本算法对该车间作业加工树的调度甘特图如图3所示:运用该算法并行的加工此产品加工工序,得到的加工时间为27工时。

[0052] 因此,本发明所提出的动态局部最优树综合调度技术,方便高效,为车间作业工序调度和产品尽早完成创造了新的优化方法。

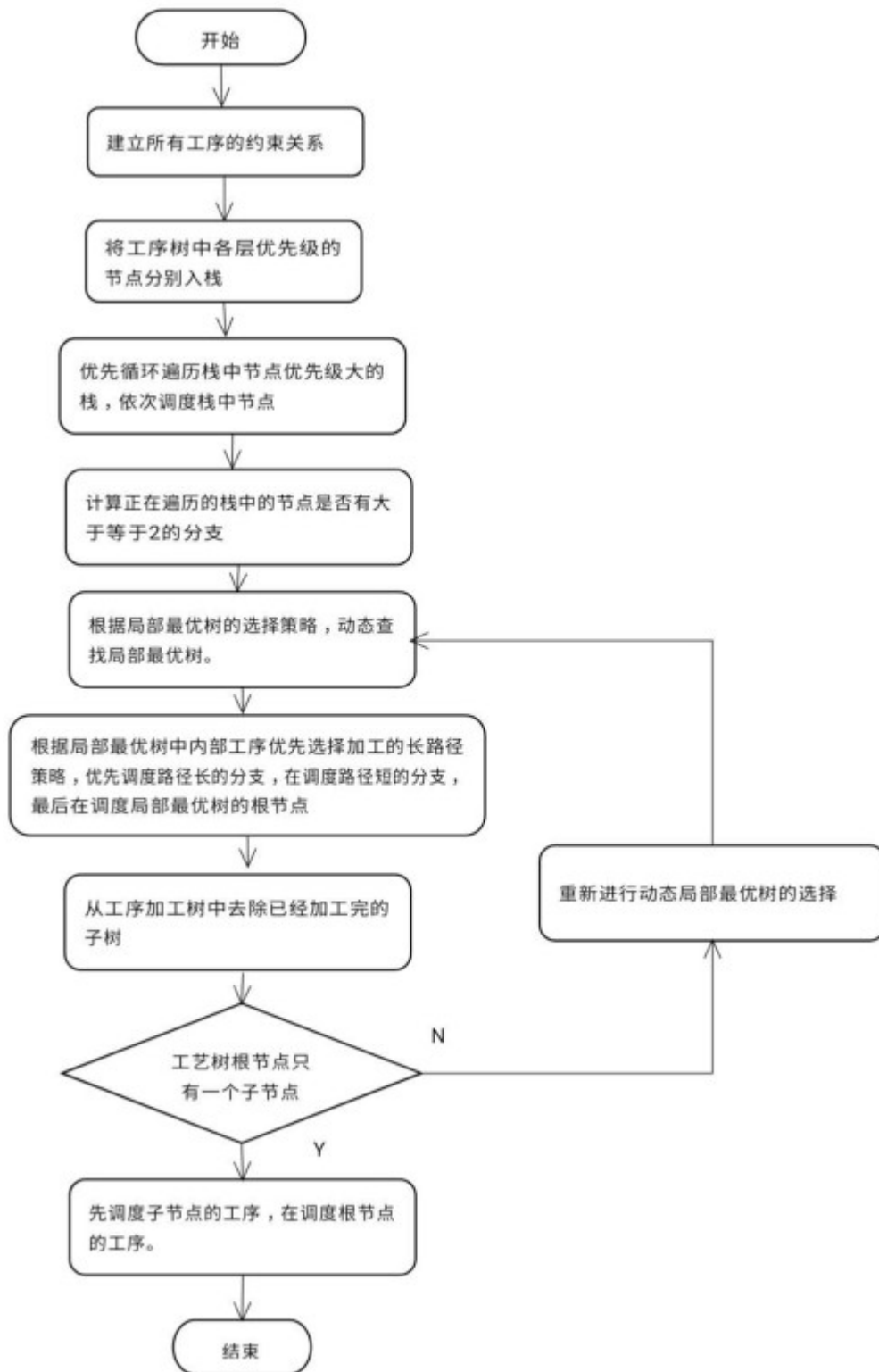


图1

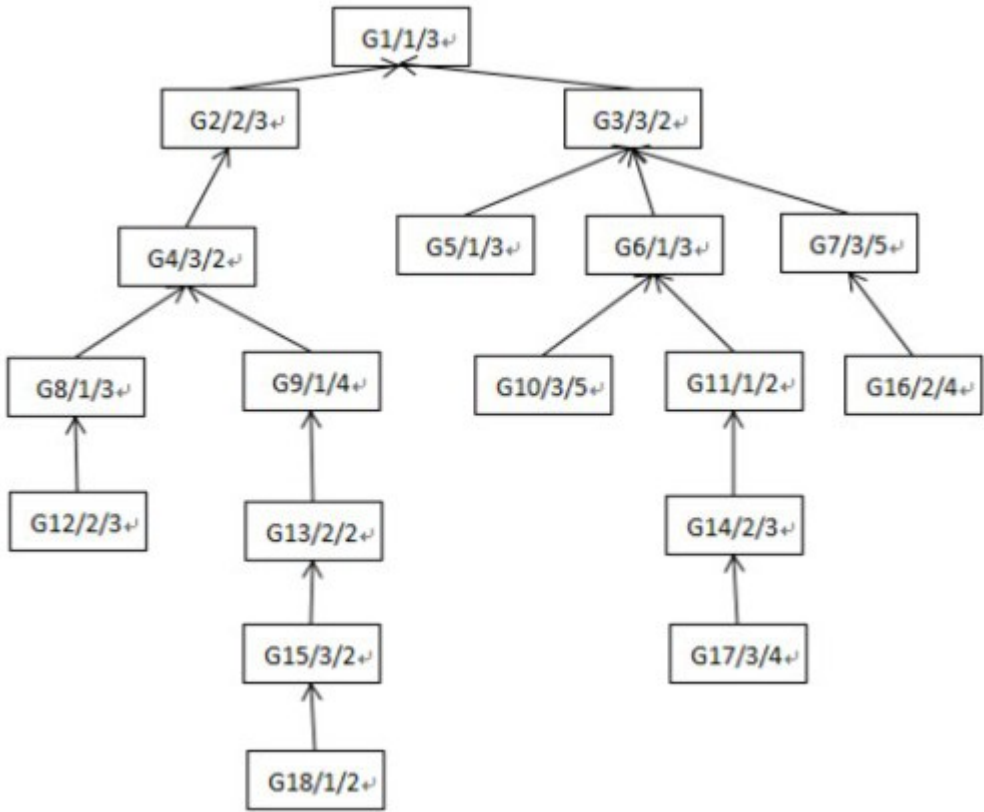


图2

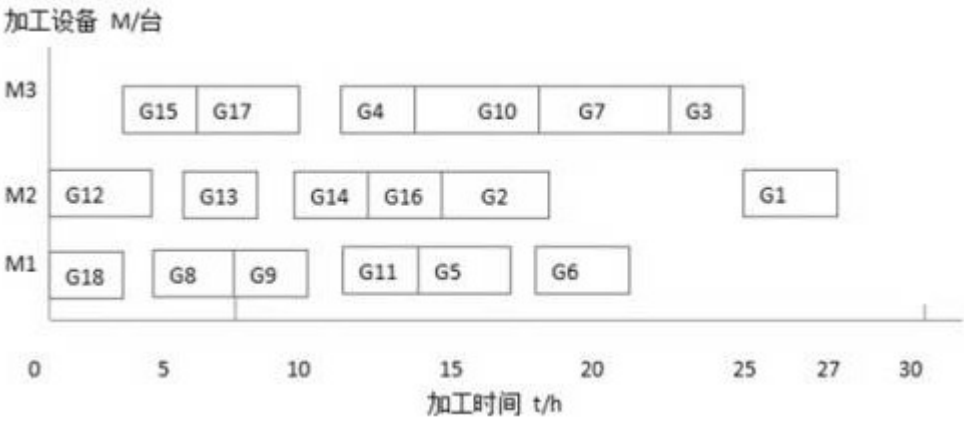


图3

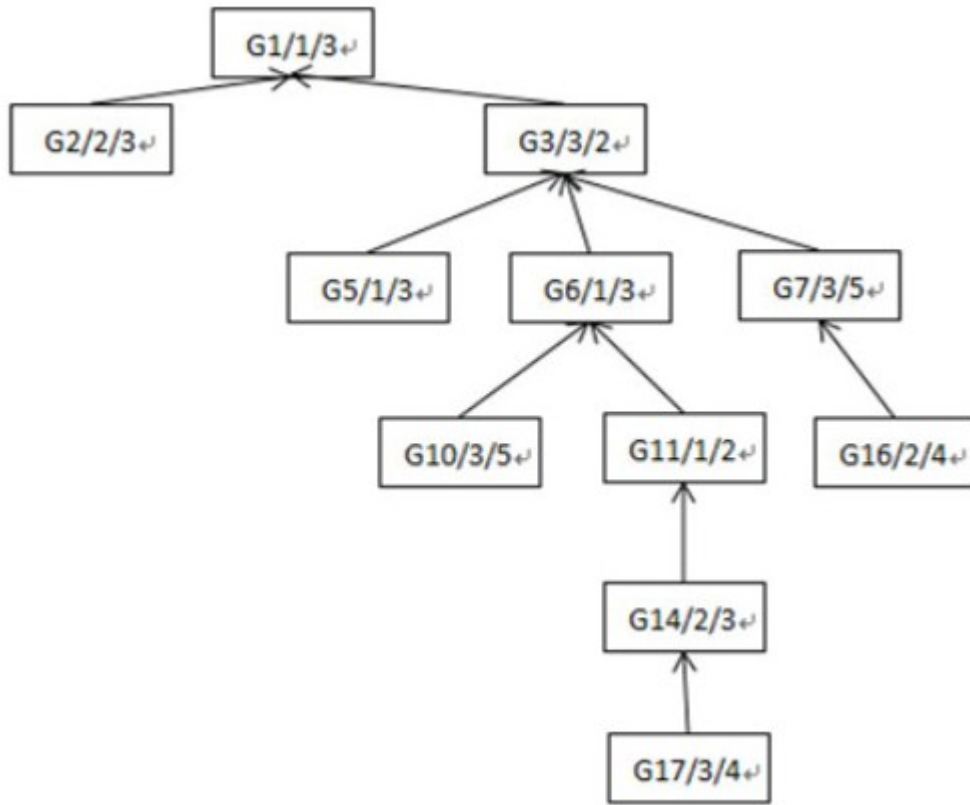


图4



图5



图6