

基于车间负荷平衡的生产调度系统的研究与设计

杜三妹, 曾盛焯, 陈斌, 周发华, 解其亮

(广西大学 机械工程学院, 广西 南宁 530004)

摘要:本文介绍了一种面向中小企业的基于车间负荷平衡的生产调度系统。该系统的用户平台是基于面向设备对象可视化操作而开发的。基于关键比率调度原则提出了最小负荷调度算法, 实现了对订单的排序, 自动调度, 开发出实用高效的负荷平衡生产调度系统。

关键词:生产调度; 负荷平衡; 关键比率

0 引言

生产调度常常被称为排序问题或者是资源分配问题, 它是生产管理和组合优化领域的重要研究内容, 合理的安排生产与调度对提高生产效率、减少生产成本、改进产品质量起着非常重要的作用。由于实际企业大多为多件车间生产调度, 也就是说有多个订单需要调度。但是在对订单多次调度之后, 车间内各机床的负荷可能存在严重的不平衡, 有的机床负荷特别大, 有的机床甚至可能出现空闲状况, 这就需要将负荷大的机床的生产任务部分地转到负荷相对较小的机床中, 实现机床负荷平衡, 这样可以提高设备利用率, 从而提高生产效率。因此, 本文提出了基于车间负荷平衡的生产调度系统的设计与实现。

1 调度系统设计

调度系统包括基础制造资源管理、工艺文件生成及生产调度三个功能模块: 如图1所示。

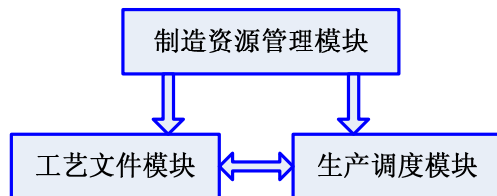


图1 生产调度系统功能模块

1.1 基础资源管理模块

制造资源是企业完成产品整个生命周期所有制造活动的物理元素的抽象, 它是根据企业现有生产车间的制造资源种类和数量, 设计出包含制造资源能力属性信息的可视化导航系统。采用图形驱动技术将绘制的设备图形可以和此设备的属性进行关联, 并且可以定义车间的编号、名称及用途, 当选中某一个机床时又能设置机床的相应属性及操作能力。在此可以直观地观察到整个工厂有多少车间, 车间里有什么设备。

该模块主要功能是维护车间的制造资源信息, 产品零件信息等基础数据, 是整个调度系统的基础。

1.2 工艺文件生成模块

工艺规划设计是机械制造过程中的一项重要内容, 它是根据产品零件信息、装配信息和工艺装备资源信息进行设计的, 主要包括: 制造资源、工艺规划管理、报表文档管理和用户管理。其中制造资源已在1.1做过描述。

工艺规划管理也叫做工艺知识库管理, 大体可分为: ①工艺资源信息, 包括手册数据和资源数据, 手册数据是指工艺设计手册及各类工程标准中已经标准化的或者相对固定的与工艺设计有关的工艺数据; 资源数据是指与特定加工环境密切相关的所有工艺数据, 如机床、

刀具、量具、夹具和辅具等信息。②工艺实例，指已经完成了工艺规程设计的零件（实例零件）及其对应的工艺规程（实例工艺）。③工艺决策知识，由经验规则（如加工方法选择规则，机床，刀具，量具，夹具选择规则等），过程算法即对工艺决策过程进行控制的知识等组成。本功能模块主要用于存储工艺知识，需要提供对工艺知识信息的查看、增加、删除和检索功能。

报表、文档管理可以输出产品工艺图、生产调度图等报表、文档；用户管理，用于添加、修改、删除、查询用户信息。

工艺文件设计是产品设计与调度的纽带，该模块所生成的加工工艺路线是指导生产过程的重要文件和制定生产计划与调度的重要依据。

1.3 调度模块

生产调度模块是该系统的核心部分，主要是完成车间作业的静态调度，并根据生产实时监控进行作业的动态调度。车间调度设计进程均在动态制造资源的约束下进行，从而保证了生产资源的负荷平衡和工艺方案的有效性。

车间生产调度按照调度的规模可分为单件车间生产调度和多件同时调度两种类型，由于实际生产企业中大部分为多件车间生产调度，也即多个订单需要调度，这时我们先要确定多订单的调度优先级，然后选择调度优先级相对较高的订单使用单件车间调度算法进行调度。也即由多件生产调度转化为单件生产调度。

首先确定订单的调度优先级。为满足订单的交货期及车间资源情况，常用的调度原则有：①创建时间原则，即按订单创建时间来排序，其优点是操作简单，忽视了数量不同所需的加工时间也不同，同时也忽视了生产的均衡性；②处理时间原则，即优先处理加工时间最短的订单，优点是能有效降低订单的平均等待时间，但它忽略了交货时间和设备的利用率，是不可能比其它调度方法多完成订单任务的；③交货期原则，根据订单的截止期限来排序，即优先执行到期时间最早的订单，表面看可以尽可能地满足交货期限，但忽视了产品之间加工难易程度及所需加工时间。④剩余时间原则，即优先选择剩余处理时间最短的订单来执行，虽提高了系统的整体性能，但可能导致单个订单的执行被延误。⑤紧迫系数原则，即

$$\text{紧迫系数}(CR) = \frac{\text{交货期} - \text{今日日期}}{\text{需要的加工时间}}$$

很明显，CR值越小者优先级越高，而且在平均工作延迟时间上，比其它规则好，能够有效地控制生产节奏，同时让生产管理人员容易保证及时完成生产任务和按时交货的优先级^[1]。

通过对上述几个原则的分析及比较，紧迫系数原则即关键比率规则是一种高效的规则，本系统即采用关键比原则来确定待调度订单的调度优先级。

单件生产调度（Job-Shop）是生产计划中的一个重要问题，比较符合工厂车间的实际情况，是一个比较复杂且极具代表性的生产调度问题。该问题可以描述为：一个加工系统，有M台机器，要求加工N个工件，其中工件i包含工序数为 l_i ，L为任务集的总工序数，工件的工艺路线及各工序加工时间已确定。调度的任务是安排所有工件的加工调度排序，使约束条件被满足，同时使给定的性能指标得到优化^[2,3]。

Job-Shop问题需考虑如下约束：

- （1）满足订单交货期；
- （2）每道工序在指定的机器上加工，且须在其前一道工序加工完后才能开工；
- （3）某一时刻一台机器只能加工一个工件；
- （4）各工件的工艺路线和工件的每道工序的加工持续时间已知，不随加工排序的改变而改变。
- （5）优先选择可提供加工任务所有设备的车间进行调度；

(6) 选择匹配设备中负荷最小的设备进行加工。

本系统提出最小负荷调度算法，即在所有满足条件的制造资源中选择机床负荷相对较小的。为方便描述算法，我们建立如下的结构：

```
Public class ResourceStatisticInfo
{
Public string ResourceModel; //制造资源型号
Public int Quantity; //型号为ResourceModel的同类制造资源数量
}
Public class CWorkShop
{
List< ResourceStatisticInfo> m_Resource StatisticInfoList;
}
```

CWorkshop——车间类；

ResourceStatisticInfo——制造资源统计信息类，存储车间同型号资源的数量，

m_ResourceStatisticInfoList——车间各种型号的制造资源型号及数量的统计信息，用于统计该工艺规划方案需要的制造资源型号和数量。

单件车间生产调度的最小负荷调度算法描述如下：

step1 搜索待调度订单的加工零件所对应的工艺规划方案；

step2 统计所选工艺规划方案各工序所需机床型号和数量，并存储在所需制造资源统计信息列表中；

step3 统计企业内部各生产车间能够提供的机床型号和数量，并储存在车间对象生产能力统计信息列表中。同一车间内如果含有多个同一型号的机床则累计；

step4 匹配工艺规划方案所需制造资源列表与车间可提供制造资源统计信息表。按照同一零件的所有加工工序尽量在同一车间加工的原则，统计可以加工该任务的车间，如果一个车间没有工艺规划方案所需型号的机床，或者该型号机床的数量小于工艺所需机床的数量，则否定该车间；

step5 是否有与工艺规划方案匹配的车间，如果没有，则该待调度任务由人工进行调度；如果有并且匹配车间的数量只有一个，转下一步；如果匹配车间的数量多于一个，则让用户选择用于匹配该调度任务的车间；

step6 在上一步匹配的车间内，按照工序顺序和优先选择负荷最小的机床加工的原则，为各工序选择加工机床。每当将一个工序安排在相应的机床后，就同时更新调度文件的调度信息和企业制造资源文件中相应机床的负荷信息。

上述算法的流程如图2所示。

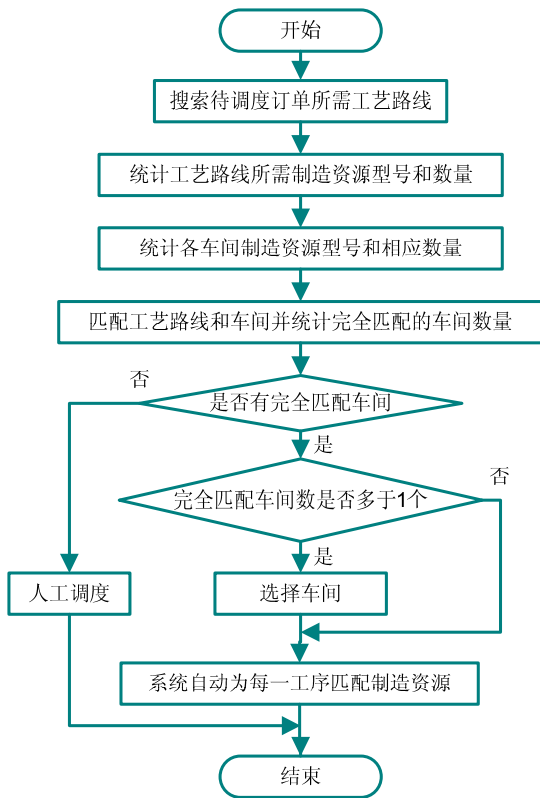


图2 单件生产调度算法流程图

2 车间生产调度

生产调度窗体由零件工序显示区, 车间制造资源显示区、生产调度编辑区、设备负荷显示区、生产调度结果显示区等组成, 可完成制造资源负荷排序、生产调度等功能^[4]。如图3所示。

(1) 选择调度任务

启动车间生产调度模块, 将弹出一个待调度订单任务对话框(如图3所示)供我们选择, 选择订单后, 系统会根据订单的零件图号自动寻找相应的工艺规划文件, 并根据工艺规划文件工序信息初始化订单零件工序显示区, 为我们匹配工序和机床提供依据。



图3 订单选择窗体

(2) 车间生产调度

接下来是为每一个工序分配具体的机床, 如图4所示, 双击窗口左侧工序显示区内的工序, 系统会自动搜索企业所有车间与工序所需机床型号相同的机床, 并按负荷大小排序, 显

示在机床负荷显示区内；对于当前显示车间，将在相应的机床上表示负荷顺序。用户根据机床负荷情况，选择负荷相对较小的机床，此时在窗口生产调度编辑区内将显示所选机床的编号、所属车间加工数量、开始时间等信息，设置相应数值之后即可在窗体左下角的调度结果显示区内产生一个调度语句。依次类推，直到所有的工序均已匹配机床，即完成一个订单的调度。

3 结束语

本文通过对系统功能模块的研究及对常用调度原则的分析比较，提出了基于关键比率调度原则的单件生产调度最小负荷调度算法，实现了对订单的排序，自动调度，较好地处理了非流水生产调度车间制造资源负荷平衡问题，同时系统实现了平台界面的可视化，用户若使用本系统，只需简单的鼠标点选即可完成车间生产调度，降低了劳动强度，缩短了产品的设计周期，提高了生产效率。

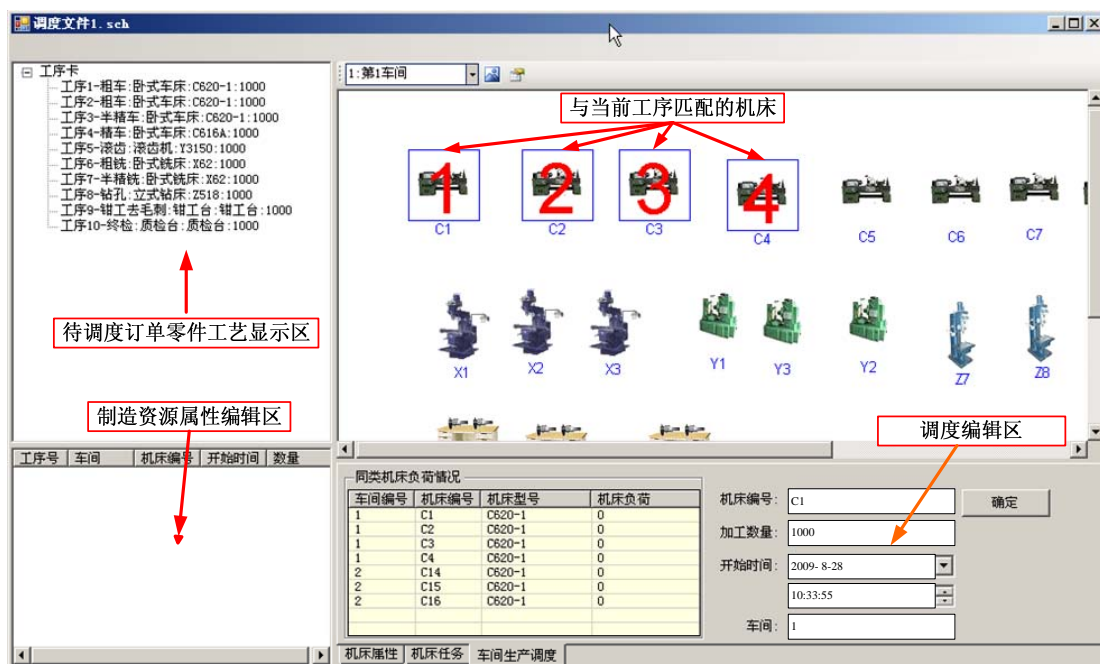


图4 生产调度软件开发平台

参考文献

- [1]马光锋,晁彩霞. 求解 Job-shop 调度问题的混合遗传算法[J].机械设计与制造,2006,(8):19-21
- [2]朱奎,杨根科. 单件车间生产调度系统设计[J].计算机应用,2003,23 (12):283-285
- [3]刘怡,张子刚. 基于模糊层次分析法的工作流任务排序研究[J].计算机集成制造系统,2006,12(5):688-701
- [4]解其亮,廖小平,邓建新. 基于 Remoting 的设备能力导航的工艺规划调度系统设计与实现[J]. 机械制造,2008,(01):62-64