

文章编号:1007-6492(1999)03-0022-03

## 智能加工单元及调度问题的研究

王东云, 郭基凤

(郑州纺织工学院电气工程系, 河南 郑州 450007)

**摘 要:** 提出了智能制造系统中智能加工单元的结构, 建立了智能加工单元调度的神经网络模型, 这种调度是集柔性制造系统(FMS)零件加工调度和柔性装配系统(FAS)产品装配规划于一体的调度方法。仿真结果表明, 这种调度方法具有高度的柔性和智能性。由于智能加工单元是智能制造系统(IMS)的一个重要的智能结点, 因此对其重要组成部分智能调度系统进行深入研究, 可以提高智能加工单元的智能水平。

**关键词:** 智能制造系统; 智能加工单元; 调度; 神经网络

**中图分类号:** TH 166; TP 18 **文献标识码:** A

### 0 引言

制造系统正在经历深刻的革命, 一个重要的方面是逐步走向集成化和智能化<sup>[1]</sup>。智能制造系统可以看成是由各种智能子系统或称为智能结点有机结合而组成的复杂系统, 各子系统间在进行物料、能量和信息交流的基础上完成分布式协同求解, 将制造系统资源转换成产品<sup>[2]</sup>。

图1为一个完全分布式智能制造系统的模式结构, 它由许多相对自治的自主体通过系统总线连接而成。相对自治的自主体以智能结点的形式联结在通信网络上, 通过各结点的协同与合作共同完成任务。智能结点可以包括任何形式的智能单元, 在系统总线上可接有其他的智能结点, 如智能CAPP结点、智能CAD结点等, 各智能结点均为独立的自主体。

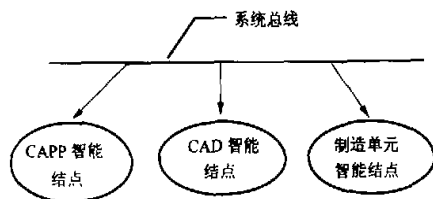


图1 完全分布式智能制造系统的模式结构

本文提出了一种智能加工单元的结构及调度方法, 并给出了加工单元智能调度的神经网络模

型。

### 1 智能加工单元结构及调度方法

图2为智能加工单元的结构。作为智能制造系统智能结点之一的智能加工单元, 同样是由许多智能结点有机的组成。它包括柔性制造系统、柔性装配系统、智能故障检测系统和人类专家等。智能加工单元的系统组织方式为集散式模式。集散式模式在其局域实现上采用集中控制与调度方式, 由一个核心结点统筹管理, 负责任务的动态分配与资源的动态调配, 通过全局计划来协调其他结点之间的竞争与合作, 并作为仲裁者解决冲突。其他结点根据自身能力以一定方式向核心结点申请任务, 接受任务的结点既可独立完成任务, 同时也可以通过核心结点向其他结点请求合作, 在核心结点的宏观调控下, 与其他合作结点建立暂时的合作关系, 共同完成任务。核心结点与其他结点在网络结构上是分散的、独立的, 这个核心结点即为智能加工单元的智能调度系统。

调度问题实际上是一个有约束的优化问题。在以往对调度方法的研究中, 对约束条件的假设往往只限于资源的约束, 如文献[3]。而对于智能制造系统中的智能加工单元的调度, 应是集零件加工智能调度和产品装配智能规划于一体的, 适用于任何种类、数量的产品和资源的智能调度。这

收稿日期: 1999-04-02; 修订日期: 1999-05-20

基金项目: 河南省自然科学基金资助项目(984061300)

作者简介: 王东云(1964-), 男, 湖南省津市人, 郑州纺织工学院副教授, 博士, 主要从事智能制造及智能控制方面的研究。

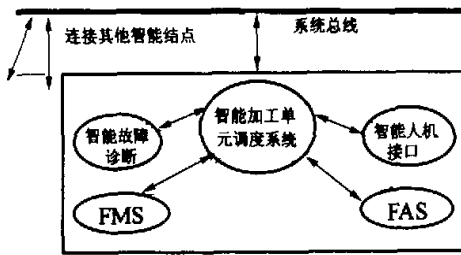


图2 智能加工单元的结构

种方法能根据产品要求和系统资源自动地进行智能决策,从而最大限度地提高智能加工单元的自主能力。因此,对于智能加工单元的智能调度,除了要考虑系统资源约束外,还应考虑零件各工序优先顺序约束及零件完工的优先顺序约束,这些优先约束关系由柔性装配系统的装配规划系统提供,并符合最佳装配的要求。

因此,智能加工单元调度方法应是从整体指标出发,综合研究集零件加工智能调度和产品装配智能规划于一体的调度技术,它必须具有高度的通用性、智能性和柔性。

## 2 智能加工单元调度的神经网络模型

调度的主要任务是对系统的有限资源进行合理的分配,同时使某些性能指标最佳。这些资源可以是机床、工具、夹具等。因此,调度问题实际上是一个有约束的优化问题。在以往的研究中对约束条件的讨论只限于资源的约束,在实际的智能制造系统中除了资源约束外,还应包括零件各工序优先顺序约束及零件完工的优先顺序约束,这些优先约束关系由柔性装配系统的装配规划系统提供,并符合最佳装配的要求。也就是说,这种调度应是从整体指标出发,综合研究集零件加工智能调度和产品装配智能规划于一体的调度技术。

对如图1所示智能加工单元假定如下:

- (1) 有  $n$  个零件,第  $i$  个零件有  $n_i$  个工序;
- (2) 有  $m$  类资源,第  $s$  类资源数为  $r_s$ ;
- (3) 每个零件的工序的完工时间具有优先约束(此优先约束关系由产品设计系统提供);
- (4) 每个零件的完工时间具有优先约束(此优先约束关系由 FAS 产品装配规划系统提供);
- (5) 要求系统所有零件的完工时间之和最短,每个零件的完工时间记为  $x_i$ 。

为描述方便,引入如下符号:

$n$ ——零件数;

$n_i$ ——零件的工序数;

$m$ ——资源种类数;

$r_s$ ——每类资源数;

$R_i$ ——第  $i$  个零件  $p_i$  的工序对  $[j, l]$  集合,其中工序  $j$  优先于工序  $l$ ;

$Q_i$ ——第  $i$  个零件  $p_i$  的工序对  $[j, l]$  集合,其中工序  $j, l$  无优先约束关系;

$I_i$ ——可以首次安排的工序集;

$N_{sq}$ ——使用第  $q$  个  $s$  类资源的工序集;

$P$ ——具有优先完工时间约束的零件集;

$t_{il}$ ——第  $i$  个零件  $p_i$  的工序  $l$  的加工时间;

$x_{ij}$ ——第  $i$  个零件  $p_i$  的工序  $j$  的完工时间;

$x_i$ ——零件的完工时间,即调度序列每个零件的最后一个工序,  $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n_i$ ; 则  $x_{ij}$  应满足下列不等式:

$$x_{ij} - x_{il} + t_{il} \leq 0 \quad \text{对所有的 } [j, l] \in R_i; (1)$$

$$\begin{cases} x_{ij} - x_{il} + t_{il} \leq 0 \\ \text{或 } x_{il} - x_{ij} + t_{ij} \leq 0 \end{cases} \quad \text{对所有的 } [j, l] \in Q_i; (2)$$

$$\begin{cases} x_{ij} - x_{il} + t_{ij} \leq 0 \\ \text{或 } x_{ij} - x_{il} + t_{il} \leq 0 \end{cases} \quad \text{对所有的 } [j, l] \in N_{sq}; (3)$$

$$x_k - x_i \leq 0 \quad \text{对所有的 } [K, j] \in P; (4)$$

$$t_{ij} - x_{ij} \leq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m. (5)$$

在给定的神经网络模型中,如果表示神经元,则网络的能量函数为

$$E = \sum_{i=1}^n x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j, l \in R_i \\ j, l \in I_i}} H_1 \cdot F_1(x_{ij} - x_{il} + t_{il}) +$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j, l \in Q_i \\ j, l \in I_i}} H_2 \cdot [\min(F_1(x_{ij} - x_{il} + t_{il}),$$

$$F_1(x_{il} - x_{ij} + t_{ij}))] +$$

$$\sum_{s=1}^m \sum_{q=1}^{r_s} \sum_{\substack{j, l \in N_{sq} \\ j, l \in I_i}} H_3 \cdot [\min(F_1(x_{ij} - x_{il} + t_{il}),$$

$$F_1(x_{il} - x_{ij} + t_{ij}))] + \sum_{\substack{k, i \in P \\ k, i \in I_i}} H_4 \cdot F_1(x_k - x_i) +$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} H_5 \cdot F_1(t_{ij} - x_{ij}).$$

其中,  $F_1(\cdot)$  为罚函数;  $H_1, H_2, H_3, H_4, H_5$  为足够大的正常数。

不难看出,上述能量函数是一个 Lyapunov 函数,因此神经网络可以收敛到一个稳定的状态,此稳定状态对应于问题的一个最优解<sup>[4]</sup>。

## 3 结论

对于智能制造系统中智能加工单元的调度。

应是集零件加工智能调度和产品装配智能规划于一体的,适用于任何种类、数量的产品和资源的智能调度。这种方法能根据产品要求和系统资源自动地进行智能决策,从而最大限度地提高智能加工单元的自主能力。本文给出了智能制造单元的结构及智能调度的神经网络模型,并利用 C++ for Windows 语言,开发了智能加工单元智能调度的仿真软件。仿真结果表明,这种方法具有高度的通用性、智能性和柔性,可以提高智能加工单元的智能水平。

### 参考文献:

- [1] 杨叔子,丁洪.智能制造技术与智能制造系统的研究与发展[J].中国机械工程,1992,3(2):15-19.
- [2] 石磊,杜润生,吴雅,等.面向智能结点的智能制造系统的分析与建模[J].华中理工大学学报,1995,23(7):62-65.
- [3] ZHOU D N. Scaling neural networks for job-shop scheduling[A]. IEEE Int Conf Neural Networks[C]. California: Sacramento, 1990, 889-894.
- [4] 焦李成.神经网络计算[M].西安:西安电子科技大学出版社,1995.37-32.

## Intelligent Scheduling for Intelligent Manufacturing Cell

WANG Dong-yun, GUO Ji-feng

(Department of Electrical Engineering, Zhengzhou Textile Institute, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** The conception and architecture of intelligent manufacturing cell (IMC), which is the most important part of IMS, are discussed and neural network energy function of IMC Schedule is established, which is composed by intelligent scheduling of flexible manufacturing system (FMS) and intelligent assembly planning system of flexible assembly system (FAS). The simulation results show this scheduling approach is flexible and highly intelligent.

**Key words:** IMS; IMC; schedule; neural network

## 《郑州工业大学学报》简介

《郑州工业大学学报》是郑州工业大学(原郑州工学院)主办的国内外公开发行的综合性学术性期刊,季刊。郑州工业大学是原化工部所属的重点院校,是一所以工为主,理、经、管、外国语兼备的理工高校。有 19 个本科专业,16 个硕士点,2 个博士点,9 个省部级重点学科,近年来学校承担国家“八五”滚动、“九五”科技攻关、国家自然科学基金、国家“863”高科技和重大成果推广等国家级项目 30 多项,还承担了一大批省部级攻关课题和重大横向课题,已有 80 余项研究成果获国家和省、部级奖励,其中 13 项获国家发明奖和国家科技进步奖。

《郑州工业大学学报》创刊于 1980 年,1986 年取得全国刊号,并进入国际连续出版物系统。稿件来源以较高质量的校内稿为主,并吸收少部分高质量的外稿,以促进学术交流。主要刊登化工、电气信息、材料工程、土木建筑、水工、机械、电子、环境工程、计算机、力学、光学以及物理、数学等方面的新成果、新理论、新技术、新经验。主要栏目有基础理论研究、专题研究、实验研究、技术报告、研究综述等等。学报幅版为国际标准 A4 开本,每期正文 112 页,文字容量约 20 万字,平均刊载论文约 35 篇。其中属国家、省自然科学基金项目、攻关项目等文章约占总数的 40%~50%,论文所介绍的研究成果已广泛应用于厂矿企业,取得了较大的经济效益和社会效益,推动了工业发展。

《郑州工业大学学报》始终坚持较高的学术质量和编辑质量,在全国及河南省优秀科技期刊评比中多次获奖,被中国科技信息研究所等 10 余家重要的数据库和权威文摘固定收录,为繁荣科技文化,培养科技人才,促进科学技术向生产力转化,推动社会主义经济建设而服务。