

机床智能加工的体系结构

梁建成 李圣怡 温熙森

(国防科技大学机械电子工程与仪器系 长沙 410073)

杨叔子

(华中理工大学 武汉 430074)

摘要 智能制造技术是近年来兴起的一种新型制造工程,是机械制造的发展方向。由于其研究尚处于起步阶段,其体系结构尚未形成,其精确内涵也正在发展之中。本文就智能制造中的一个重要组成部分——智能加工,探讨了单台机床智能加工的基本概念与基本研究内容,提出了机床智能加工系统的基本结构,论述了各组成模块的基本功能与作用。

关键词 智能制造技术;智能制造系统;智能加工;监测;决策;控制

分类号 TH165.2

近年来,一种通过集成制造自动化,新一代人工智能,计算机等高技术与学科而发展起来的新型制造工程——智能制造技术(Intelligent Manufacturing Technology, IMT)和新一代制造系统——智能制造系统(Intelligent Manufacturing System, IMS)正在兴起。IMT与IMS的研究与开发对于提高产品质量、生产效率和降低成本,提高国家制造业适应市场变化的能力以及提高国家的经济实力和国民的生活水准,具有重大意义,因而受到众多国家的政府、工业界和科学家们的广泛重视。

由于IMT与IMS的概念正式提出至今仅几年时间,作为制造工程中的一个全新的概念,IMT与IMS的理论基础与体系尚未完全形成,它们的精确内涵和设计技术亟待进一步研究。就IMS而言,单个机床的智能加工只是其中一个组成部分,也是其中的一个重要部分,它既与IMS有着密切的联系,又自成体系。目前,关于机床智能加工研究刚兴起不久,有关的概念还没有一个统一的认识。本文就单台机床智能加工的基本概念、基本研究内容及系统的基本结构作一些探讨。

1 机床智能加工的基本概念

1.1 智能加工的定义

智能加工是一种基于知识处理理论和技术的加工。

在这一定义中，知识是广义的，既包括理论知识，也包括经验性的知识；既包括数学模型描述的知识，也包括符号模型描述的知识。定义中“知识处理理论和技术”是借助计算机对知识进行表达、获取、推理、集成、管理、协调及使用等。知识越多，推理能力越强，则其智能水平越高。

1.2 智能加工的目的

智能加工的基本目的就是要解决加工过程中众多不确定性的，要由人干预才能解决的问题。它的最终目的是要由计算机取代或延伸加工过程中人的部分脑力劳动。实现加工过程中的决策、监测与控制的自动化，其中关键是决策自动化。要达到这个目的，就要提高加工系统的适应和应变能力及速度，从而不仅可以提高生产效率、降低成本、保证加工质量，还可以满足当今市场迅速多变的需要。

1.3 智能加工的特征

1.3.1 不依赖于人的独立性

不依赖于人的独立性是机床智能加工最重要的特征，它是指机床智能加工系统面对复杂的环境和问题，无需人的帮助（取代人的作用）而独立完成所要求的加工任务。它不同于传统的自动化加工，在这里不仅仅是自动地完成整个加工过程，更重要的是对加工过程中出现的各种复杂现象和问题能够自动的决策并加以解决，即实现了原先需要人完成的决策过程自动化。

1.3.2 定性和定量的分析与决策并用

任何复杂系统的实施和控制，都包含有定性和定量两种分析和决策过程。只不过在大多数系统中，这两种过程是分离的。而在机床智能加工系统中需要这两种过程并用。一般来说，定量分析和决策用计算机数值计算的方法较为有效；而定性分析和决策，如果能加以形式化，则可采用计算机的符号推理技术；而对于那些难于形式化或根本无法形式化的经验分析与决策，则要由人类专家来完成，机床智能加工就是要采取定性和定量的综合集成方法，依靠人机系统的整体与综合优势来解决复杂问题，并尽可能多地将分析和决策过程用形式化的方法处理，以提高决策自动化水平。

1.3.3 软件的开放性、透明性、继承性与集成性

- 开放性—易于与其它智能系统交换信息和集成，易于系统内部智能（知识）的扩展。这种开放性，主要从软件系统的结构方面予以保证，特别是要有好的与外部的接口（界面）。智能的扩展主要包括，已有知识库的修改和完善，新的领域知识的增加。

- 透明性—软件系统对用户来讲是透明的，这包括

- (1) 使用户对复杂系统的总体结构及其功能有所了解；
- (2) 用户能获得加工过程的有关信息（过程，中间结果等）；
- (3) 对推理过程的解释；
- (4) 对出错信息的跟踪与解释；

(5) 对决策过程的了解及控制；

(6) 对知识库、数据库的检查、修正及维护。

· 继承性—智能加工软件不是从零开始，而是断承以往软件的成果，以面对未来的复杂问题。通过继承，也可提高智能加工系统软件的研制开发速度。

· 集成性—传统的数值计算技术和专家系统都无法单独解决复杂的机床加工问题，人类专家对复杂的机床加工问题的某些方面如果没有计算机的帮助也会束手无策。智能加工系统的软件集成性指的就是为解决复杂加工问题所进行的多领域知识、多任务和多介质的集成。

2 机床智能加工系统的基本结构

图 1 所示为本文提出的机床智能加工系统的基本结构。由图可见，该系统主要由以下 4 个模块及知识库和数据库组成。

(1) 过程模型模块

该模块主要是从多传感器中获取不同的加工过程信息，进行相应信息的特征提取，建立各自的过程模型，并作为多传感器信息集成模块的输入信息。

(2) 传感器集成模块

该模块主要是针对过程模型模块输入的加工状态不同情况对合适的传感器加重“权”。将多传感器信息进行集成，为加工过程决策与控制提供更加准确、可靠的信息。

(3) 决策规划模块

该模块根据传感器集成模块提供的加工过程信息。针对加工过程中出现的各种不确定性问题，依据知识库和数据库作出相应的决策和对原控制操作作适当的修正。这种基于多传感器的决策规划，其质量比基于单传感器的决策规划更好，可保证机床处于最佳的工作状态。

(4) 控制模块

该模块依据决策规划的结果，确定合适的控制方法，产生控制信息，通过 NC 控制器，作用于加工过程，以达到最优控制，实现要求的加工任务。

(5) 知识库与数据库

知识库主要存放有关加工过程的先验知识，提高加工精度的各种先验模型以及可行的影响加工精度的因素，加工精度与加工过程有关参数之间的关系等等。

数据库主要由一个静态数据库和一个动态数据库组成，前者主要记录每次工件检验的有关参数及结果，后者主要记录加工过程中各种信号的测量值以及控制加工的数值。

在图 1 所示的机床智能加工系统基础上，再加上智能工艺规划系统，在线测量系统以及 CAD，并将单台机床换为加工中心或多台机床，则可组成一个智能加工单元，其基本结构如图 2 所示，具体内容不再赘述。

3 机床智能加工的基本研究内容

机床智能加工的内容是广泛的，哪些内容应该包括在内，目前还没有统一的认识。笔者依据机床智能加工的基础结构，认为它的基本研究内容，或其要解决的关键问题主要

有以下 4 个方面：

(1) 机床智能加工的感知—传感器集成技术

传统的机床加工自动化过程，大多采用单个传感器来监测加工过程，因而所得的过程模型不能正确反映加工过程的复杂性。本项研究内容重点研究强干扰、多因素、非线性环境下的智能监测技术，以确保加工过程及其系统的可靠性与适应性。具体内容包括多传感器信号的特征提取，多传感器信号集成方法与算法以及状态判别准则等。

(2) 机床智能加工的决策

重点研究基于传感器集成技术的加工过程决策模型的结构与算法。具体内容包括加工状态的分析，合理切削用量的选择，评价所选切削用量优劣的判据准则，基于判据值进行决策的决策规则以及支持上述分析、选择、判别与决策的知识库和数据库的建立方法等。

(3) 机床智能加工的控制

本项研究内容包括基于传感器集成的控制技术，基于知识及决策模型的控制技术（主要有基于知识的加工过程适应控制技术，学习控制技术及模糊控制技术）以及智能控制的实时性研究。

(4) 机床智能加工系统的自学习与自维护

所谓智能是获得知识并使用知识求解问题的能力。智能活动包括必不可少的两个方面：一是拥有知识；二是使用知识求解问题。前述几个方面的研究内容大多属于使用知识求解问题。而本项研究内容归于拥有知识，即研究机床智能加工系统自动学习，获取知识，并自动维护知识库的方法和技术。

以上研究内容在总体上体现了“监测—决策—控制”的思想。

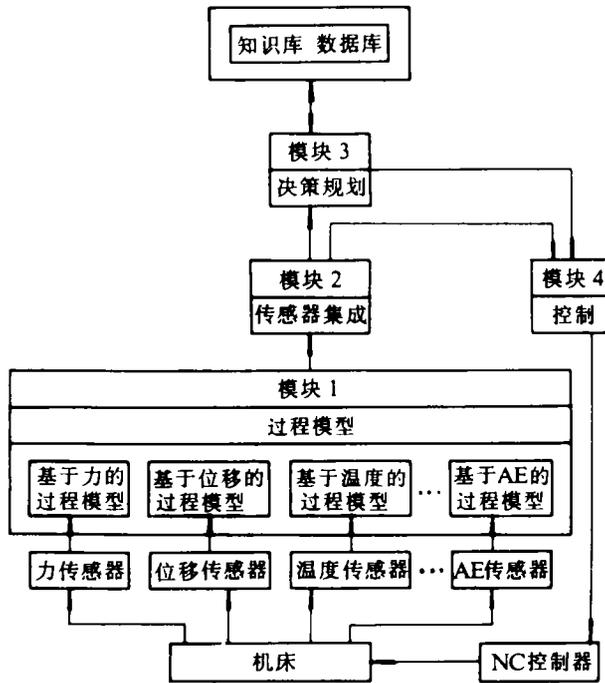


图 1 机床智能加工系统基本结构

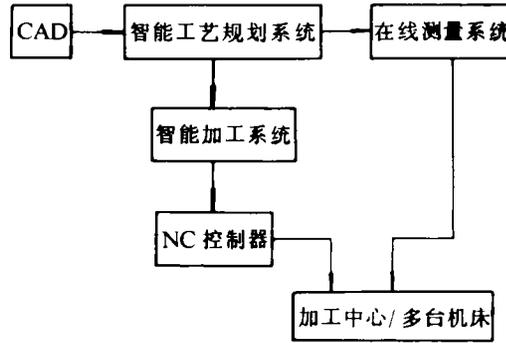


图 2 智能加工单元基本结构

4 结束语

本文就机床智能加工的体系结构作了初步探讨，一些观点和原理只是作者的粗浅认

识, 无论如何都称不上是完备的和权威的结论, 只起抛砖引玉作用, 期待同行专家、学者进一步研究与探讨, 以促进机床智能加工以及 IMT 与 IMS 研究的发展。

参 考 文 献

- 1 G M P O'Hare. Distributed Artificial Intelligence. An Invaluable Technique for the Development of Intelligent Manufacturing Systems. *Annals of the CIRP*, 1990, 39(1): 485~488
- 2 G Chryssolouris, M Domroese. An Experimental Study of Strategies for Integrating Sensor Information in Machining. *Annals of the CIRP*, 1989, 38(1): 425~428
- 3 G Chryssolouris, M Guillot, M Domroese. A Decision Making Approach to Machining Control. *Trans. of the SME, Journal of Engineering for Industry*, 1988, 110: 397~398
- 4 Kazuaki Iwata, Tetsuya Nemoto, Nobuhirl Sugimura. A Knowledge-Based Production Control System to Accommodate Unscheduled Disruption in the Manufacturing Process. *Annals of the CIRP*, 1988, 37(1): 439~442
- 5 S Kanai, M Sugawara, Katsumasa Saito. The Development of the Intelligent Machining Cell. *Annals of the CIRP*, 1989, 38(1): 493~496

Intelligent Machining System Structure of Machine Tool

Liang Jiancheng Li Shengyi Wen Xisen

(The Department of Mechatronics and Instrumentation, NUDT, Changsha, 410073)

Yang Shuzi

(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430074)

Abstract

In this paper the basic concepts and basic research contents of the machine tool intelligent machining are approached. The basic structure of the machine tool intelligent machining system is proposed and the basic functions and effects of different model are also discussed in the paper.

Key words intelligent manufacturing technology; intelligent manufacturing system; intelligent machining; monitoring; decision making; control