基于多Agent的柔性作业车间动态调度系统的设计与研究

随着全球制造化和信息化的普及，制造业面临着技术革新和竞争加剧带来的多重挑战，面对分布式的制造资源、随机订单、频繁的订单更改以及设备故障等种种动态多变的因素，制造企业需要迫切地提高自身的管理和服务水平。调度系统作为车间调度管理的重要模块，需要综合考虑多方因素，包括对制造资源、产品工艺的管理，订单调度方案的生成以及对诸如设备故障等异常因素的响应等等，系统的架构设计和调度策略、重调度策略的配置等对构建一个具有自主性、自适应性、智能化的分布式制造环境有着至关重要的作用。

现代车间调度系统趋向于智能化、自动化、信息化，而多Agent理论作为人工智能领域的分支，通过对大型复杂任务进行分解，针对每个子任务设计对应的Agent，构建多Agent系统，系统通过各Agent之间的交互协调来快速灵活地完成任务。本文在车间动态调度的研究中应用了多Agent理论，设计了一种基于多Agent的车间动态调度系统，旨在提高制造业生产效率的同时，提高车间制造的稳定性。

1. 绪论

1.1 研究背景

（经济全球化—竞争激烈—生产调度系统很关键—学者研究：传统/新型—提出Agent）

（生产调度关键—生产环境充满不确定性—提出分布式人工智能—提出从调度系统的角度解决问题）

（自己的：提出当前制造业面临的困难（竞争激烈、生产模式、分布式、动态不确定性）--生产调度很关键—当前算法和系统的不足—提出多Agent调度系统）

我国现代制造业面临着愈来愈激烈的竞争，一是由于经济全球化的影响，制造企业需要在全球化舞台上跟来自世界各地的企业竞争，这带来了更大的市场和机遇的同时，也要求企业在制造和管理上需要作出变革，适应全球化的竞争潮流；二是随着经济的发展、生活水平的提高，人们的消费观念和习惯有了很大的转变，对多样化和个性化的商品给予了更多的关注，因此商家需要根据市场需求不断推陈出新，调整经营策略，更换出售商品的种类和结构，对应的，制造企业在生产模式上也发生了很大的转变，传统的“小品种大批量”生产模式已被逐渐摈弃，取而代之的则是面向订单的小批量多品种甚至是单件生产。这导致了制造业传统的面向大批量的长时间跨度的静态生产调度方案已经不再适用，而是要充分考虑市场需求的动态变化，能够灵活响应随机订单、紧急插单等情况，同时要快速生成满足交货期的调度方案。除此之外，制造业所处的生产环境充满不确定性，面临包括急插单、原料紧缺、设备故障等多种异常因素，这对制造业在快速调整调度方案，尽可能满足订单的交货期、保证系统稳定性上无疑有了更高的要求。

为提高我国制造业的发展水平，除了需要在生产技术和设备配置上进行改进外，还需要在生产管理上进行优化，而生产调度作为车间制造的核心，一直是制造领域的研究热点。相比于渐趋成熟的生产技术，生产调度涉及的改进所需成本和人力更小，且效果同样显著，因此吸引了众多研究人员的关注。尽管如此，生产调度依旧是制造领域的难点，这是由于其涉及的方面广，问题规模庞大，异常因素多且解决难度大，因此至今仍未有十分成熟通用的调度系统能够广泛应用到制造业中。

传统的生产调度系统属于集中控制式的静态调度系统，特点是制造资源集中、生产规模庞大、时间跨度长等，主要面向种类单一、工艺结构简单的产品制造，该形式的调度系统简单地把管理、控制、监控等功能交由人力负责，因此容错能力和稳定性低，当生产过程中发生如原料短缺或设备故障等情况时，往往需要对整个生产线进行停工处理，显然集中控制式的静态调度系统是无法满足现代制造业的要求的。现代制造业使用较为广泛的调度系统为递阶控制式的调度系统，属于智能控制和动态调度理论的早期成果，该形式的调度系统的特点是分层管理，决策单元位于上层，对下层单元进行管辖和监控，信息传递通常由上层经过多层迭代传输至目标单元。对比集中控制式的调度系统，强化了管理控制职能和信息反馈速度，但是对于规模庞大的复杂系统而言，递阶控制式意味着系统的层次会过深，各层次间单元的通讯需要经过多次中转处理，灵活性较低，效率不高，这将导致系统在应对环境的动态异常因素时不够灵敏。为克服以上不足，同时还需要考虑到当今大多数企业制造资源的分布式特点，即一家企业在世界各地设有工厂车间，如何综合利用不同地理位置的制造资源和生产技术，对提高制造业的生产效率和资源利用率是非常关键的。由此，制造业的生产调度系统更趋向于向智能化、信息化的方向发展，同时应强调系统的分布式协调和控制能力，提高系统的自适应能力和稳定性，从而保证系统的容错能力。

近年来，与Agent相关的理论在制造领域一直备受关注，主要原因在于单个的Agent能够自主地获取来自外界的信息，感知周边环境的变化，从而根据自身需求作出反应。每个Agent都被赋予一定的学习能力，这取决于Agent的计算能力和配置的决策规则，在与外界环境交换信息的同时，能够收集自身需要的数据，强化自主学习能力。考虑把多Agent理论应用到车间调度系统上，根据生产管理中各个流程的结构和功能，把其中的物理实体或算法逻辑封装为具有不同功能和结构的Agent，构建多Agent系统，通过Agent之间的交互协调，能够快速灵活地完成任务，Agent的这些特点，能够很好地满足车间调度系统在灵活性、自适应性、分布式上的需求。

目前多Agent理论已经较为成熟，但能成功应用多Agent理论并正式投入市场使用的车间调度系统仍很少，这主要是由于调度问题涉及方面广，难度大，因此如何把理论与实践相结合，构建满足市场需求以及实际生产需要的调度系统，仍然是广大研究人员急需解决的一个难题。本文的研究重心在于综合考虑现代制造企业的分布式资源，所面临的动态变化的生产需求以及干扰正常生产的异常因素，应用多Agent理论设计一个分布式的动态车间调度系统。

1.2 车间调度问题的描述和分类

车间调度问题可以描述为在生产资源一定的前提下，如何把这些资源分配给特定时间范围内的不同生产任务，以达到完成一个或多个目标的目的[1]。车间调度问题的实质是全局考虑若干生产任务的约束条件，按照一定的策略制定资源的分配以及任务的生产顺序，最终满足生产任务在一个或多个目标上的期望值。这里的约束条件主要由生产环境以及生产任务的特点所提供，例如生产设备的加工能力，有些设备只能对单一工序进行加工，有些设备能够对若干工序进行加工，对应不同的完成时间；生产任务上的约束主要体现在工艺约束上，存在生产工艺固定的工件，也存在生产工艺可选的工件，后者在工序的前后顺序选择上存在多个可选分支，并且每道工序可以在多个设备上进行加工，对应不同的完成时间，因此具有更多的柔性。在车间调度的目的上，存在多种优化目标，包括在满足交货期的前提下，最小化最大生产时间、成本最低或者在可容忍任务延期的情况下，最小化延时总和等等。

1.2国内外研究现状

车间调度的国内外研究现状

（指出车间调度的类型很多，柔性车间调度-）

自1954年，Johnson开展对基于两台机床的flow shop型调度问题的研究后，便逐渐引起实践人员的广泛研究。但随着时代的变迁以及生产力的发展，车间调度的种类越来越多，对应的调度模型越来越复杂。从最原始的单机调度，即一台

[1] 基于多Agent的可中断作业车间调度问题研究\_万明谊