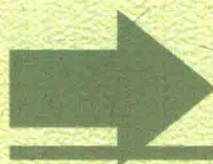


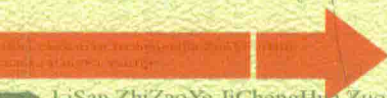
离散制造业集成化作业计划 管理方法研究

马雪丽 / 著



LiSan ZhiZaoYe JiChengHua ZuoYe JiHua
GuanLi FangFa YanJiu

LiSan ZhiZaoYe JiChengHua ZuoYe JiHua GuanLi FangFa YanJiu



LiSan ZhiZaoYe JiChengHua ZuoYe JiHua

GuanLi FangFa YanJiu



经济科学出版社
Economic Science Press

离散制造业集成化作业 计划管理方法研究

马雪丽 著

经济科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

离散制造业集成化作业计划管理方法研究/马雪丽著.
—北京: 经济科学出版社, 2015. 10
ISBN 978-7-5141-6121-2

I. ①离… II. ①马… III. ①制造业-工业企业
管理-研究-中国 IV. ①F426.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 235202 号

责任编辑: 王长廷 袁 激

责任校对: 王肖楠

责任印制: 邱 天

离散制造业集成化作业计划管理方法研究

马雪丽 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010-88191217 发行部电话: 010-88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http://jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

北京万友印刷有限公司印装

880 × 1230 32 开 6.25 印张 160000 字

2015 年 10 月第 1 版 2015 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5141-6121-2 定价: 28.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010-88191502)

(版权所有 侵权必究 举报电话: 010-88191586)

电子邮箱: [dbts@esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn)

前 言

离散制造企业具有产品需求多样化、产品结构复杂、产品工艺柔性以及生产环境动态多变等特点。作业计划直接面向生产制造过程中车间制造资源的组织、协调和优化运行。作业计划管理方法的科学性和敏捷性直接关系到企业的生产效率和市场反应速度。随着计算机集成制造等先进制造模式和信息技术的发展,作业计划的管理正向着信息化、集成化的方向发展。本研究针对离散制造企业作业计划管理体系和方法中存在的问题,在分析国内外关于作业计划管理理论、方法和应用现状的基础上,综合运用系统、集成的思想,研究了离散制造企业集成化作业计划管理的框架体系和方法。

第一,针对离散制造企业生产流程和作业计划管理业务流程的特点,建立了由作业计划层、生产调度层和活动控制层组成的离散制造业集成化作业计划管理的体系结构,分析了离散制造业集成化作业计划管理包含的主要内容、关系和难点,并构建了基于 BPS/MES/PCS 的集成化作业计划管理的功能模型,分析了系统之间集成和交互的信息流。

第二,针对企业生产计划分层控制的缺陷,构建了作业计划与 MRP 计划的集成控制模式。针对集成控制模式下作业计划编制问题中产品的结构、工艺和 MRP 计划等多重约束的特点,建立了该问题的生产过程网络图模型。基于图论的优化方法,设计了基于动态关键路径的作业计划编制算法。通过应用实例的对比表明,该方法能快速有效的制订可行的作业计划,并缩短生产周期。

第三,针对离散制造业的许多产品采用柔性工艺设计增加作业

计划调度的复杂性这一问题,结合离散制造业产品柔性工艺的类型和特点,对传统的 FJSP 进行了工序顺序柔性的扩展,将问题抽象为 (Flexible Process Job-shop Scheduling Problem, FPJSP) 问题,以缩短生产周期为目标,建立该问题的整数规划模型,设计了求解该模型的遗传算法和变邻域搜索算法相结合的混合遗传算法。通过应用实例验证了所提的混合遗传算法对求解 FPJSP 的有效性。

第四,针对离散制造业车间生产环境复杂多变造成作业计划执行跟踪困难的问题,建立了参考数据模型以分析作业计划执行跟踪过程中相关实体之间的关系,以批次为追溯单元,以作业计划执行过程信息的实时准确跟踪为目的,基于微分几何仿射空间的相关理论,建立基于 n 维仿射空间的批次跟踪模型,设计了基于 n 维仿射空间的跟踪数据存储结构和作业计划执行过程信息跟踪算法。应用实例表明该跟踪模型和算法可以有效减少数据冗余提高跟踪效率。

第五,将研究成果与生产的实际需求和信息技术相结合,基于上述模型和算法,开发了集成化作业计划管理的原型系统,探讨了本书研究的集成化作业计划方法在离散制造企业的应用,验证了本书研究的集成化作业计划方法的可行性与有效性。

作者

2015 年 9 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景及研究意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 课题提出	4
1.1.3 研究意义	5
1.2 国内外相关研究现状	6
1.2.1 生产计划管理的内涵	6
1.2.2 生产计划管理理论综述	9
1.2.3 离散制造业作业计划管理方法研究现状	15
1.2.4 生产计划管理信息系统研究及应用现状	20
1.3 现有研究存在问题分析	26
1.4 研究思路和研究内容	30
第 2 章 离散制造业集成化作业计划管理的体系架构	34
2.1 引言	34
2.2 离散制造业生产计划管理业务过程建模	35
2.2.1 离散制造生产流程特点分析	35
2.2.2 离散制造生产计划管理业务过程模型	39
2.2.3 作业计划管理的行业差异	42
2.3 集成化作业计划管理的内涵	44

2.4	离散制造业集成化作业计划管理体系	46
2.4.1	离散制造业集成化作业计划管理体系结构	46
2.4.2	基于 BPS/MES/PCS 的集成化作业计划管理 功能模型	51
2.5	本章小结	55
第3章	基于动态关键路径的作业计划编制方法研究	56
3.1	引言	56
3.2	离散制造业作业计划管理特点	57
3.2.1	离散制造业作业计划管理流程	57
3.2.2	离散制造业作业计划编制特点分析	59
3.3	作业计划与 MRP 的集成控制模式	60
3.4	作业计划编制问题建模	62
3.4.1	作业计划编制问题分析	62
3.4.2	作业计划编制问题模型	65
3.5	作业计划编制的动态关键路径算法	67
3.5.1	作业计划编制问题的形式化描述	67
3.5.2	作业计划编制的动态关键路径算法	70
3.5.3	动态关键路径算法的计算复杂性分析	74
3.6	应用算例	75
3.7	本章小结	79
第4章	面向柔性工艺的作业计划调度方法研究	80
4.1	引言	80
4.2	面向柔性工艺的作业计划调度问题描述	81
4.3	FPJSP 的数学模型	84
4.4	调度算法分析	87
4.4.1	遗传算法	87
4.4.2	变邻域搜索算法	90

4.5	求解 FPJSP 的混合遗传算法	91
4.5.1	遗传算子设计	91
4.5.2	改进的变邻域搜索算法	97
4.5.3	求解 FPJSP 混合遗传算法整体流程	100
4.6	应用算例	102
4.6.1	实验描述	104
4.6.2	实验一结果及分析	105
4.6.3	实验二结果及分析	107
4.7	本章小结	109
第5章	作业计划执行过程跟踪方法研究	110
5.1	引言	110
5.2	作业计划执行过程跟踪的相关定义	111
5.2.1	作业计划执行过程跟踪	111
5.2.2	产品可追溯性	113
5.2.3	追溯单元	115
5.3	作业计划执行过程跟踪的信息模型	116
5.4	基于 n 维仿射空间的批次跟踪建模	119
5.4.1	n 维仿射空间	119
5.4.2	批次形成与 n 维仿射空间的关系	120
5.4.3	批次的处理规则	122
5.4.4	基于 n 维仿射空间的批次跟踪模型	123
5.5	基于 n 维仿射空间的跟踪数据存储结构设计	126
5.5.1	传统跟踪数据存储结构	127
5.5.2	基于 n 维仿射空间的跟踪数据存储结构	128
5.6	基于 n 维仿射空间的作业计划跟踪算法	130
5.6.1	作业计划执行过程跟踪算法	130
5.6.2	算法的复杂性分析	131
5.7	应用算例	132

5.8 本章小结	136
第6章 离散制造业集成化作业计划管理原型系统研究	137
6.1 引言	137
6.2 应用背景	137
6.2.1 企业介绍	137
6.2.2 车间管理业务流程分析	139
6.2.3 需求分析	144
6.3 系统开发环境	145
6.4 系统设计	146
6.4.1 系统设计原则	146
6.4.2 体系结构设计	147
6.4.3 功能模块设计	149
6.4.4 系统关键技术	150
6.4.5 系统集成接口设计	152
6.4.6 系统流程设计	155
6.5 系统实现	157
6.5.1 基础数据管理	157
6.5.2 作业计划编制管理	158
6.5.3 作业计划调度管理	159
6.5.4 作业计划执行管理	160
6.5.5 决策支持管理	162
6.6 系统实施	163
6.6.1 实施原则	163
6.6.2 实施策略	164
6.6.3 实施步骤	165
6.6.4 实施预期收益	166
6.7 本章小结	167

第7章 结论与展望	168
7.1 结论	168
7.2 创新点摘要	170
7.3 展望	171
附表 缩略语	173
参考文献	175

第 1 章

绪 论

1.1

研究背景及研究意义

1.1.1 研究背景

我国改革开放 30 多年以来,经济始终保持高速发展,企业竞争压力越来越大。企业要想在激烈的市场环境中生存并占有一席之地,就必须在管理体制、运行体制、产品结构、组织结构等方面进行不断的革新和创造,对企业的生产和业务过程进行规范。

制造业是一个国家经济发展的基石,是国民经济的产业主体和物质基础,也是增强国力的基础^[1]。按照产品类型和生产工艺组织方式,可以将制造业分为流程型生产行业和离散制造行业两种类型^[2]。流程型生产又称连续性生产,是指物料均匀、连续地按一定工艺顺序运动,在运动中不断改变形态和性能,最后形成产品的生产。该生产方式主要是通过对原材料的混合、分离、粉碎、加热等物理或化学方法使原材料增值形成最终产品,通常以批量或连续的方式进行生产。典型的流程型生产行业有化工(塑料、药品、肥皂和肥料等)、炼油、冶金、食品和造纸等领域。离散制造又称加工装配式制造,是指物料离散地按一定工艺顺序运动,在运动中不断

改变形态和性能,最后形成产品的过程。离散制造产品往往由多个零件经过一系列并不连续的工序加工装配而成。典型的离散制造行业有机械制造、航空航天、汽车船舶、家具、计算机和服装等。同时具有以上两种生产特征的制造业为混合型制造业,如钢铁联合企业。离散制造方式的特点使得构成产品的零部件可以在不同地区甚至不同国家制造,加工装配式生产的组织十分复杂,是生产管理研究的重点。

企业信息化是国民经济信息化的基础。现代经济制造环境下,随着企业竞争意识的加强,以及向国外先进制造企业的经验学习,多数离散型制造企业加紧了信息化建设的步伐,加大了信息化建设的投资力度,通过利用现代信息技术,信息资源的深入开发和广泛利用,提高生产、经营、管理、决策的效率和水平,进而提高企业经济效益和企业竞争力。在当今信息技术高速发展和广泛应用的形势下,知识—技术—产品的循环周期逐渐缩短,制造业之间的竞争性质也逐渐由资源型向知识型转变,推进信息化建设成为提升制造业竞争力的关键手段之一。

制造业基础的信息化建设通常包含以下四个方面的内容^[3]:面向设计自动化的信息化,如计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)、计算机辅助工艺设计(Computer Aided Process Planning, CAPP)等;面向生产运营管理的信息化,如企业资源计划(Enterprise Resources Planning, ERP)、供应链管理(Supply Chain Management, SCM)、客户关系管理(Customer Relationship Management, CRM)、制造执行系统(Manufacturing Execution System, MES)等;面向生产控制的信息化,如过程控制系统(Process Control System, PCS)、分布式控制系统(Distributed Control System, DCS);面向管理决策的信息化,如决策支持系统(Decision Support System, DSS)、专家系统(Expert System, ES)、经理信息系统(Executive Information Systems, EIS)等。

目前,在工业发达国家,ERP、SCM、CRM等先进管理模式已

逐步推广,且20世纪80年代以来,随着计算机技术和计算机集成制造(Computer Integrated Manufacturing, CIM)、敏捷制造(Agile Manufacturing, AM)以及智能制造(Intelligent Manufacturing)等先进制造模式的发展,为拉近企业各部门之间的合作关系,促进企业制造活动的综合优化,应付持续变化的市场环境,信息和知识的集成、共享和交换成为企业消除“自动化孤岛”、改善企业技术和管理水平的关键,ERP、MES、PCS等信息系统的融合也成为制造业信息化发展的必然趋势^[4]。

生产计划管理是企业经营活动的核心和基础,是企业生产经营的载体。生产计划管理是利用有计划的生产方式控制企业的生产管理流程,调动一切资源,快速、准确、高质量、低成本的完成生产任务。企业的生产和经营活动都是围绕计划开展的,生产计划管理是企业信息系统集成的关键所在^[5]。目前,国内的许多企业通过实施ERP/MRPII来加强计划的管理和控制。据统计,目前国内已有上千家大中型和小型企业应用ERP,总投入近百亿元人民币,但由于大部分企业管理基础薄弱、生产管理手段落后,ERP实施的成功率不到10%,达到预期目标的更是寥寥无几。尤其对于离散制造企业,由于其过程控制的复杂性和柔性,增加了生产计划管理和控制的难度。在信息化集成的发展趋势下,为适应国际化的市场竞争,国内离散制造业的生产计划管理也面临着严峻的挑战,主要表现在以下几个方面:

(1) 在生产计划管理目标方面,激烈的国际竞争和多样化的市场需求,要求离散制造企业具备快速的响应速度和满足多样性需求的能力,在此基础上,在面向订单(Make To Order, MTO)的生产方式下,面对多样化、个性化、小批量的市场需求,离散制造企业要充分发挥制造过程柔性,提高计划的柔性控制能力,提高生产灵活性,充分利用生产能力,提高竞争能力,创造企业的竞争优势。

(2) 在生产计划管理的运作方式方面,经济的全球化使得企业之间的竞争演变为供应链之间的竞争,因此企业的生产计划管理运

作应着眼于价值链和产品全生命周期的整体利益,加强供应链上企业之间的协作、信息流通和共享,在企业内部加强部门之间的协作,提高计划的准确性和计划执行过程的控制能力,实现企业内部和供应链计划信息的集成和共享,实现资源的整体优化。

(3) 在生产计划管理体系建设方面,要求企业从全局的角度,优化计划管理的业务流程,优化资源配置,并借助于现代信息技术,消除计划信息沟通的断层,实现企业内外部计划信息的共享和集成,基于 ERP/MES/PCS 三层计划管理体系架构,建立完善的集成化生产计划管理体系。

(4) 在生产计划管理理念和控制模式方面,要进一步推广运用 ERP、SCM 等先进的计划管理理念,提高战略、决策和执行的层面计划管控功能,以计划的集成控制为目标,建立决策、执行和控制相集成的生产计划管理模式。

1.1.2 课题提出

综上所述,在全球知识经济和信息化高速发展的背景下,离散制造企业正处在市场需求多样化、产品结构复杂化、生产过程柔性化、运营系统网络化的时代,随着企业信息化建设的普及和现代信息技术的快速发展,生产计划管理理念、运行模式、管理方法和体系结构都发生着深刻的变化,传统的分层、递阶控制的计划管理模式和依赖于手工管理的计划方法难以适应新环境下计划集成化管理和信息共享的需求,生产计划的管理模式和方法的探索和创新迫在眉睫。因此,现代离散制造企业必须建立一种以市场为导向,以离散制造柔性生产过程控制为依托,以资源集成优化配置为目标,以集成的计划管控模式和科学的计划管理方法为手段的创新性的集成化生产计划管控体系,以计划信息的集成和共享为基础,实现从计划制订、执行、实施各个环节的精细化管理,以适应新经济时代企业环境的不断变化。

本研究针对离散制造企业现有的生产计划管理体系中执行层计划管理薄弱、控制困难的现状,从企业信息集成的角度,对 CIMS 环境下企业生产计划管理体系中执行层作业计划的制订、执行和控制的方法进行研究,为离散制造企业作业计划的管理和控制提供方法支持,并将作业计划管控的方法与现代信息技术手段结合,设计开发基于 ERP/MES/PCS 三层架构的集成化作业计划管理的原型系统。本研究内容以改变现阶段我国离散制造企业内部普遍存在的计划层计划落实困难、作业计划调度依经验进行缺乏科学的方法进而影响资源利用效率、计划执行反馈不及时不准确等问题,进而对计划执行控制和企业生产经营决策等职能提供准确的生产过程信息,真正意义上的实现企业内部生产计划的集成化闭环控制。

1.1.3 研究意义

企业经营目标是满足市场需求,追求利润最大化,制造过程是企业获得利润的重要来源,生产计划是生产系统的纲领性文件,是企业实现经营目标的重要保障。作业计划是计划层生产计划向生产现场的进一步延伸。生产现场作为制造企业的物化中心,不仅是制造计划的具体执行者,也是制造信息的反馈者,更是大量制造实时信息的集散地。本研究的目的在于针对离散制造业作业计划方法和应用研究的不足,从我国离散制造企业生产计划管理业务流程和控制模式的现状出发,以离散制造业执行层作业计划方法为研究对象,对执行层作业计划的制订、调度和执行跟踪方法进行研究,为离散制造业作业计划的管控提供理论和方法支持,提高企业作业计划方法的科学性。现阶段研究离散制造企业信息化集成的背景下作业计划方法具有重要的理论和现实意义,主要体现在以下几个方面:

(1) 作业计划起着计划层与生产现场之间连接桥梁和信息集成的关键作用,是企业生产计划管理体系中的重要一环,也是当前管

理薄弱的一环,作业计划管理与控制的敏捷性直接决定着整个企业计划管理系统的敏捷性。对作业计划的管理体系和方法进行研究可以改善计划制订与执行脱节的现状,促进企业计划、执行和控制层面计划信息的共享和集成,进一步地完善企业的生产计划管理体系,满足离散制造企业 ERP 等信息系统比较普及环境下集成化生产计划管控的要求。

(2) 综合运用管理学、运筹学、信息技术领域的相关理论,结合离散制造业产品和工艺的特点,推进优化调度理论和算法的实用化,为车间执行层作业计划管理提供科学的方法,提高作业计划的准确性和可执行性,改善传统的车间管理对人员的较强依赖性,把管理人员从重复性的录入和统计工作中解放出来,为他们减轻压力的同时也可以减少人为因素给生产过程带来的不确定性。通过科学的方法优化资源配置,提高管理效率,降低成本,提高市场反应速度和客户满意度。

(3) 作业计划的执行过程跟踪实时收集现场生产数据,使生产和计划的执行过程更加透明化,完善产品全生命周期的管理,有利于加强部门之间的协调配合,提高产品质量安全性,提升供应商管理和客户服务水平,提高产品整体竞争力。计划的跟踪可以使决策者在全局的角度协调企业的生产,为企业生产经营决策提供充分、准确、完整的依据,提高企业经营决策的科学性。

1.2

国内外相关研究现状

1.2.1 生产计划管理的内涵

生产计划是在既定的生产过程规划及所选择的工艺和生产技术条件下,根据产品的市场需求,对计划期内生产的产品品种、数

量、质量、进度等生产活动作出的预先规定^[6]。生产计划管理包括对与产品有关的所有生产活动的计划、组织与控制工作,是利用有计划的生產方式控制企业的生产管理流程,调动一切资源,快速、准确、高质量、低成本的完成生产任务。生产组织以生产计划为依据,生产监督以计划为准绳。

企业基本的生产计划体系如图 1-1 所示,共包含五个不同层次的生产计划,从粗到细、从一般到具体分别为:经营规划、综合生产计划 (Aggregated Production Planning, APP)、主生产计划 (Master Production Schedule, MPS)、物料需求计划 (Material Requirements Planning, MRP) 和车间作业计划^[6]。各层级的生产计划分别面向不同的计划管理对象,逐层分解,递阶控制。经营计划是计划的最高层次,是企业总目标的具体体现。在这一计划中,企业的最高决策层根据市场调查和需求分析、国家政策、企业资源能力和历史状况、竞争对手情况等有关信息,制定企业的中长期发展规划,确定未来 2~7 年中企业产品的品种、市场份额、年销售额、年利润、生产率等。经营计划的制订要考虑现有资源及未来可获得的资源,具有较大的预测成分,是以下各层计划的基础。综合生产计划是根据企业的经营计划、需求预测和企业资源条件,进行生产能力的综合平衡,在此基础之上,以假定产品为计划对象制订的生产计划,计划期通常以年为单位,是企业经营战略的具体化;MPS 是在综合生产计划的基础上制订,以产品为计划对象,按时间分段计划企业应生产的最终产品的数量和交货期,并在生产计划与可用能力之间做出平衡,计划展望期通常为 3~18 个月。以上三层统称为主计划。MRP 由 MPS 规定的最终产品生产数量和时间要求,根据产品的物料清单 (Bill of Material, BOM) 结合 BOM 中物料的库存状态,以各产品的组成零部件为计划对象,确定各自制零部件的投入产出计划以及外购订单的下达计划,并对可用资源与资源需求作进一步的平衡,计划期一般以月为单位;车间作业计划,又称生产作业计划,简称作业计划,是在满足能力约束、工艺约束和时间