

CIMST下
生产批量计划理论及其应用

唐立新 著

科学出版社

CIMS 下生产批量计划 理论及其应用

唐立新 著

国家自然科学基金资助项目 (79700006)

国家八六三计划资助项目 (863-511-708-009)



965081

科学出版社

1999

内 容 简 介

本书是作者 10 多年来对生产管理中的实际问题进行研究和开发所取得成果的总结,针对钢铁生产批量计划和机械生产批量计划问题,介绍了采用遗传算法进行求解的理论和方法。全书分三部分:解决生产批量计划问题的遗传算法理论;离散制造业生产批量计划方法;钢铁企业 CIMS 下生产批量计划问题研究。书中还列举了一些具体实例。

本书可供机械制造和钢铁生产专业中从事生产管理的人员、科技人员和研究生,以及大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

CIMS 下生产批量计划理论及其应用/唐立新著.-北京:科学出版社,1998.11

ISBN 7-03-006753-3

I. C… II. 唐… III. 计算机集成制造-批量计划-计算方法 IV. TH166

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 12908 号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100017

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1999 年 2 月 第 一 版 开本:787×1092 1/16

1999 年 2 月 第一次印刷 印张:9%

印数:1—800 字数:212 000

定价:15.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前 言

本书研究的问题是根据作者近 10 年来对生产管理中实际项目所进行的研究与开发,从离散型的制造业和混合型的钢铁制造业中提炼出来的。机械与钢铁生产批量计划与调度问题是生产管理的关键技术,具有很强的应用背景,生产实际迫切需要解决,其理论在国际上也是一个热点研究课题。

批量计划与调度问题包括两类问题:批量组合的批量大小问题。两者在不同类型的企业中表现形式是不同的。在离散制造业中,批量计划可分批量组合计划和批量大小计划,批量组合计划是指成组技术中的零件分簇问题,而批量大小是指部件(或产品)和零件在给定时间范围内的生产数量问题。在钢铁制造业中,批量计划问题分为:(1)炼钢-连铸生产批量计划与调度,它又分为炉次计划、浇次计划和炼钢-连铸调度计划;(2)轧钢厂生产批量计划与调度,它又分为板带钢、型钢和无缝钢管的生产批量计划。

机械制造业的生产批量问题发表的文章较多,综合起来存在两个方面的问题:(1)构造的算法是针对某一具体问题的专用启发式,不具有通用性;(2)较少地结合生产实际。基于生产实际研究生产批量计划问题的通用有效算法仍是国际上关注的研究课题。钢铁生产批量计划与调度问题发表成果较少,也存在两个问题:(1)主要介绍功能和特点,没有关键内核,这对于开发我国钢铁批量计划与调度系统,其操作性和借鉴性较差;(2)主要采用人工智能和人机交互方法,很难保证最优性。切实解决钢铁生产管理中存在的实际问题,系统研究钢铁生产批量计划与调度问题,分析其问题特征因素,建立科学的数学模型,探索模型的有效解法,是国际钢铁计划与调度方面的一个研究重点课题。

本书对钢铁批量计划和机械批量计划问题进行了系统的研究,采用遗传算法进行求解。因为许多批量计划问题模型带有约束,而传统遗传算法是针对无约束最优问题的,难以适应带约束的情况。本书对组合最优化约束符合的遗传算法理论进行了研究,并将其应用在生产批量计划问题当中。

在国内外,深入地阐述这方面的教材或专著尚属鲜见。尽管作者为能撰写本书而感到高兴,但也深感水平有限,因此书中缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

在本书的撰写过程中,我的导师杨自厚教授给予了精心的指导和帮助,王梦光教授对书稿进行了认真修改,张嗣瀛教授提出了很好的建议,特此对他们表示衷心感谢。

国家自然科学基金委和国家 863/CIMS 主题对本书的出版给予了资助和支持,亦在此表示谢意。

此外,还要感谢香港科技大学刘继印博士的指导和有效合作。北京清华大学吴潞教授、中国科学院沈阳自动化所薛劲松研究员、重庆大学刘飞教授为作者的研究提出了很好的建议。上海宝山钢铁集团公司计算机系统工程公司胡国奋先生对作者的调研创造了非常有利的条件。东北大学科研处处长才庆魁教授对出版本书给予了大力支持。作者在此

一并表示感谢。

最后,感谢我的妻子祁慧在我写作本书期间给予的鼓励和支持,使本书得以顺利出版。

唐立新

1996年12月6日于东北大学

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 CIMS 下生产批量计划产生的背景	(1)
1.2 CIMS 下生产批量计划问题的求解方法	(2)
1.3 生产批量计划的定义及分类	(3)
第一部分 解决生产批量计划问题的遗传算法理论研究	
第二章 遗传算法的研究意义、现状及基本原理	(5)
2.1 遗传算法的研究意义	(5)
2.2 遗传算法的研究现状	(5)
2.2.1 遗传算法的理论研究	(5)
2.2.2 遗传算法应用研究	(6)
2.3 遗传算法的基本原理	(6)
2.3.1 遗传算法的基本算法流程	(6)
2.3.2 适应性函数的选择方式	(7)
2.3.3 遗传算子操作	(7)
第三章 约束最优化问题的遗传算法理论	(8)
3.1 约束最优化问题的提出和研究意义	(8)
3.2 约束最优化问题的遗传编码和遗传算子	(8)
3.2.1 二进制变量的串行编码和遗传算子	(8)
3.2.2 二进制部分变量编码和遗传算子	(10)
3.2.3 二进制混合策略串型编码	(10)
3.2.4 自然数编码	(11)
3.2.5 两段自然数的基因编码	(11)
3.2.6 非数值向量编码	(14)
3.3 约束最优化的遗传算法应用	(14)
3.4 小结	(14)
第四章 旅行商问题(TSP)的改进遗传算法	(16)
4.1 遗传算法求解 TSP 问题简述	(16)
4.2 TSP 问题的两交换启发式交叉遗传算法	(16)
4.2.1 两交换启发式交叉方法(HGA)的基本原理	(16)
4.2.2 变异方法	(18)
4.3 TSP 问题的三交换启发式交叉变参遗传算法	(18)
4.3.1 三交换启发式交叉方法的基本原理	(18)
4.3.2 交叉概率的变参方法	(19)
4.3.3 变异概率的变参方法	(19)
4.4 仿真实验	(20)
4.4.1 对称 TSP 问题的仿真实验	(20)

4.4.2 非对称 TSP 的实验设计	(20)
4.5 小结	(21)
第二部分 离散制造业生产批量计划方法	
第五章 批量组合的方法——聚类分析的新算法	(23)
5.1 聚类分析问题研究的背景、意义和现状	(23)
5.1.1 系统聚类法	(23)
5.1.2 动态聚类法	(23)
5.1.3 数学规划和图论方法	(23)
5.2 聚类分析的遗传算法	(24)
5.2.1 K-均值算法的最优数学模型	(24)
5.2.2 采用 0,1 编码的遗传算法 (CLUST/GA1)	(24)
5.2.3 采用非 0,1 编码的遗传算法 (CLUST/GA2)	(24)
5.2.4 适应性函数的选择与计算	(25)
5.2.5 仿真实验结果	(25)
5.3 基于 P-中位模型的聚类分析的两种拉格朗日松弛算法	(26)
5.3.1 聚类问题的 P-中位模型的数学表达	(26)
5.3.2 基于 P-中位模型的聚类问题的两种拉格朗日松弛法	(27)
5.3.3 拉格朗日松弛问题的求解	(28)
5.3.4 启发式算法获得原问题可行解	(28)
5.3.5 P-Clust 问题的拉格朗日松弛法的计算步骤	(29)
5.3.6 仿真实验结果	(30)
5.4 小结	(31)
第六章 成组技术中的零件分簇问题的遗传算法	(32)
6.1 成组技术中的零件分簇问题的研究背景和意义	(32)
6.2 成组技术中的零件分簇问题的研究简述	(32)
6.3 成组技术中基于 P-中位模型的遗传算法	(33)
6.3.1 零件分簇的 P-中位模型的描述	(33)
6.3.2 P-中位模型解的性质	(33)
6.3.3 P-中位模型的遗传算法 (PGA)	(34)
6.3.4 P-中位模型遗传算法 (PGA) 的计算结果与分析	(36)
6.4 成组技术中基于二次规划模型的两种遗传算法	(36)
6.4.1 成组技术的二次规划模型	(36)
6.4.2 以解的序号为基因值编码的遗传算法 (QAP/GA1)	(37)
6.4.3 以簇号为基因值编码的遗传算法 (QAP/GA2)	(38)
6.4.4 两种算法的计算结果	(38)
6.5 小结	(39)
第七章 CIMS 下单级批量计划问题的研究	(40)
7.1 单级批量计划问题提出的背景和意义	(40)
7.2 单级批量计划问题研究现状	(40)
7.3 单级无能力约束批量计划问题 (SLULSP) 的遗传算法	(41)
7.3.1 SLULSP 问题的数学模型	(41)
7.3.2 SLULSP 问题最优解的性质	(41)

7.5.3	SLUISP 问题的遗传算法	(42)
7.5.4	实验仿真结果	(43)
7.4	求解单级单资源批量计划问题(CLSP)的新算法	(43)
7.4.1	CLSP 问题的数学模型	(44)
7.4.2	CLSP 问题的拉格朗日松弛法	(44)
7.4.3	子问题 LP(v) 动态规划算法(DP)	(46)
7.1.1	初始上限的启发式算法(HA1)	(46)
7.1.5	启发式算法获得原问题可行解	(47)
7.4.6	实验设计	(53)
7.5	CIMS 中带多资源的单级批量计划问题的遗传算法	(54)
7.5.1	带多资源单级批量计划问题的数学模型	(54)
7.5.2	带多资源单级批量计划问题的遗传算法	(54)
7.5.3	应用实例与仿真实验	(56)
7.6	小结	(58)
第八章	CIMS 基于成组单元的生产批量计划问题的研究	(59)
8.1	问题提出的背景和意义	(59)
8.2	无能力约束成组批量计划问题的模型和算法	(59)
8.2.1	无能力约束成组批量计划问题的数学模型	(59)
8.2.2	无能力约束 GTLS 问题最优解的性质	(60)
8.2.3	无能力约束 GTLS 问题的遗传算法	(61)
8.2.4	无能力约束 GTLS 问题的启发式算法	(62)
8.2.5	无能力约束 GTLS 问题的应用实例和仿真结果	(62)
8.3	多资源约束 GTLS 问题的模型和遗传算法	(63)
8.3.1	多资源约束成组批量计划问题模型 GTLS 问题的数学模型	(63)
8.3.2	多资源约束 GTLS 问题的遗传算法	(64)
8.3.3	多资源约束 GTLS 问题的遗传算法仿真实验	(65)
8.4	小结	(66)
第九章	CIMS 下 MRP-Ⅱ 多级生产批量计划问题的研究	(67)
9.1	问题研究的背景和现状	(67)
9.2	无能力约束批量计划问题的模型与算法	(68)
9.2.1	问题的描述及数学模型	(68)
9.2.2	问题(P6)最优解的性质	(69)
9.2.3	问题(P6)的遗传算法	(69)
9.2.4	无能力多级批量计划问题的启发式算法	(70)
9.2.5	应用实例和仿真结果	(71)
9.3	多资源约束 MLLS 问题的基于线性规划分解算法的遗传算法	(72)
9.3.1	数学模型	(72)
9.3.2	多资源约束 MLLS 问题遗传算法染色体的构造	(72)
9.3.3	对应任意调整模式的模型变换	(73)
9.3.4	问题(P7-1)的分解算法	(74)
9.3.5	评价函数的选取	(75)
9.3.6	多资源约束的 MLLS 问题的遗传算法	(75)
9.3.7	应用实例	(76)

9.4 小结	(77)
第十章 批量计划理论的应用——主生产计划系统(MPS)的开发	(78)
10.1 引言	(78)
10.2 主生产计划系统的开发策略和系统结构	(78)
10.2.1 主生产计划设计思想及开发策略	(78)
10.2.2 主生产计划系统的总体结构	(79)
10.3 主生产计划模型参数自动生成的原理	(79)
10.3.1 情景确定参数	(80)
10.3.2 间接模型参数	(80)
10.3.3 模型直接参数	(80)
10.3.4 模型参数生成的控制结构	(80)
10.4 主生产计划的人机交互调整	(81)
10.5 实际运行情况及结构	(82)

第三部分 钢铁企业 CIMS 下生产批量计划问题研究

第十一章 钢铁企业 CIMS 特点和体系结构的研究	(84)
11.1 钢铁企业与机械制造业的主要生产工艺对比分析	(84)
11.2 钢铁企业与机械制造业生产管理对比分析	(85)
11.3 钢铁企业 CIMS 与机械制造业 CIMS 对比分析	(87)
11.4 CIMS 下钢铁生产计划管理的递阶体系	(88)
11.4.1 CIMS 下钢铁企业生产计划管理递阶体系的组成原则	(88)
11.4.2 CIMS 下钢铁企业生产计划管理递阶体系的结构	(88)
11.5 钢铁企业 CIMS 体系结构的研究	(89)
11.5.1 钢铁 CIMS 的发展简述	(89)
11.5.1 钢铁 CIMS 的体系结构	(89)
11.6 小结	(90)
第十二章 炼钢-连铸最优炉次计划的结构、模型与算法	(91)
12.1 炼钢-连铸生产计划与调度问题的研究背景和意义	(91)
12.1.1 炼钢-连铸生产计划与调度问题的研究意义和现状	(91)
12.1.2 炼钢-连铸工艺流程及其特点	(91)
12.2 炼钢-连铸的生产计划与控制问题总体结构	(92)
12.3 最优炉次计划问题提出的工艺背景及工艺约束	(93)
12.4 最优炉次计划的数学模型及解的性质	(93)
12.4.1 最优炉次计划的数学模型	(93)
12.4.2 CDP 模型解的性质	(94)
12.5 最优炉次计划模型的遗传算法(CDP/GA)	(95)
12.5.1 CDP 问题的染色体结构	(95)
12.5.2 适应性函数和遗传算子的构造	(95)
12.5.3 译码计算	(95)
12.6 应用实例	(97)
12.7 小结	(98)
第十三章 炼钢-连铸最优浇次(CAST)计划的模型与算法	(99)

13.1	浇次计划问题的工艺背景及工艺约束条件	(99)
13.2	无剩余炉次、浇次数已知的最优浇次模型与算法	(100)
13.2.1	无剩余炉次最优浇次计划的数学模型	(100)
13.2.2	最优浇次 CAST1 模型的遗传算法	(101)
13.2.3	模型 CAST1 的应用实例	(102)
13.3	有剩余炉次、浇次数未知的最优浇次计划模型与算法	(103)
13.3.1	有剩余炉次、浇次数未知的最优浇次计划的数学模型	(104)
13.3.2	最优浇次 CAST2 模型的启发式算法	(104)
13.3.3	模型 CAST2 的应用实例	(106)
13.4	小结	(107)
第十四章	基于准时制的炼钢-连铸生产调度问题研究	(108)
14.1	炼钢-连铸生产调度问题的研究背景	(108)
14.2	炼钢-连铸作业调度计划的基本结构	(108)
14.3	机器冲突消除最优调度问题的数学模型	(109)
14.3.1	建模因素抽取	(109)
14.3.2	符号定义	(110)
14.3.3	炼钢-连铸调度数学模型	(110)
14.4	炼钢-连铸调度数学模型的求解方法	(111)
14.5	应用实例	(112)
14.6	小结	(114)
第十五章	轧钢厂生产批量计划问题的研究	(115)
15.1	问题提出的背景、研究意义和现状	(115)
15.2	轧钢厂生产作业计划的总体结构	(115)
15.3	轧钢厂生产批量计划的优化模型	(116)
15.3.1	轧钢厂生产批量计划问题的特征及建模处理策略	(116)
15.3.2	轧制批量计划串行处理策略的单 TSP 模型	(116)
15.3.3	轧制批量计划并行处理策略的多旅行商问题的模型及算法	(117)
15.4	热轧钢管(型钢)生产批量计划的实例应用研究	(119)
15.4.1	热轧钢管生产工艺简介	(119)
15.4.2	热轧钢管轧制顺序计划问题的特征及处理策略	(120)
15.4.3	热轧钢管轧制顺序计划的数学模型与算法	(121)
15.4.4	应用实例	(122)
15.5	热轧带钢轧制批量计划的实例应用研究	(123)
15.5.1	问题提出的背景	(123)
15.5.2	热轧计划建模策略	(124)
15.5.3	热轧计划串行处理策略的单 TSP 模型	(125)
15.6	小结	(128)
结论		(130)
附录		(132)
参考文献		(138)

第一章 绪 论

1.1 CIMS 下生产批量计划产生的背景

制造业长期以来一直是工业发达国家国民经济的主要支柱,但最近 20 多年来,由于宏观环境因素特别是经济、技术、自然和社会环境因素的影响,已进入了一个巨大的变革时期。这一变革主要有以下三个特点:(1)生产能力(包括资本、信息)在世界范围内迅速提高和扩散已形成全球性的激烈竞争格局;(2)先进生产技术的出现正在急剧地改变着现代制造业的产品结构和生产过程;(3)传统的管理、劳动方式、组织结构和决策准则都正在经历新的变化。

这些既为制造业带来了市场竞争压力又带来了机遇,过去那种传统的相对稳定的市场已变成动态的、多变的市场,其主要特点是:产品生命周期缩短,产品更新加快;产品品种增加,批量减小;产品的质量、价格和交货期是增强企业竞争力的三个决定性因素,特别是缩短和信守交货期日益受到重视。

制造业为了适应企业新的市场变化,正努力寻求一种新的管理和生产模式,以便从根本上和整体上进行变革。传统的制造业的变革主要有两个途径:工艺及设备的改造,即生产设备的更新、生产工艺的改变或者生产线的引进;自动化系统的分立开发,如企业开发的计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)和计算机辅助生产管理系统(CAPM),以自动化孤岛形式存在,虽然能够有助于提高企业的生产率 and 产品质量,但这些改进只是局部的,不能达到整体效益。计算机集成制造系统 CIMS(Computer Integrated Manufacturing System)正是为了适应这些市场特点,在新的生产组织原理和概念指导下形成的一种新型生产模式,其含义是将工厂企业的各种计算机应用系统集成起来,实现企业的产品设计开发过程、经营管理决策过程和加工制造过程的信息集成,进而实现企业的经营、技术,以及人、机制的集成,以求得经营和生产的优化运行,达到产品上市快(T-Time)、质量好(Q-Quality)、成本低(C-Cost)和服务好(S-Service)的目的,从而提高企业的竞争能力。

CIMS 的提出和实施为制造业的发展带来了新的曙光。CIMS 将成为 21 世纪占主导地位的新型生产方式,因而世界上很多国家和企业都把发展 CIMS 定为本国制造业的发展战略。从 CIMS 概念进化过程可看出两个基本要求:企业经营与生产的各个生产环节是不可分割的,需要统一考虑;整个制造生产过程实质上是信息的采集、传递和加工处理的过程。

管理自动化是 CIMS 中的重要组成部分,它是 CIMS 中的神经中枢,指挥控制着各个部分有条不紊地工作,而计算机辅助生产计划与控制系统是管理自动化的核心技术。科学合理的确定生产计划与调度系统直接关系到企业的经济效益和产品竞争力,使企业的物流和信息流尽可能同步,从而有效地提高生产设备的利用率,减少工序等待时间,降低物耗和能耗,以便使局部工序的最优化转变为整体工序的最优化,进而达到降低产品成本、

提高产品质量、缩短产品生产周期的目的。

1.2 CIMS 下生产批量计划问题的求解方法

离散制造业中批量计划问题是一个理论和算法上研究的难点,也是在生产中产生重大经济效益的问题之一。探索实用和有效的算法,仍是国际上众所关注的热点研究课题,因为离散制造业的生产批量计划问题已存在数学规划模型,所以研究的焦点在于模型求解方法方面。其方法主要有三种:精确算法,如动态规划算法、分支定界算法、拉格郎日松弛算法等;专用启发式算法;混合算法,如分支定界算法和拉格郎日松弛算法相结合、拉格郎日松弛算法和启发式算法相结合等算法。

因为许多批量计划的求解问题都能表示成离散最优化问题。这些问题尤其是其中的 NP 完全问题本身所固有的计算复杂性,求其精确解的计算往往随问题规模呈指数型增长,因此精确算法只能求得小规模的问题,专用启发式算法只能求解特定的生产批量计划问题。对于求解 NP-完全问题,现在流行三种通用算法:模拟退火 SA(Simulated Annealing);禁忌搜索算法 TS(Tabu Search);遗传算法 GA(Genetic Algorithm)。本书离散制造业的生产批量计划方法主要采用遗传算法进行求解,在保证近优的情况下具有通用性。遗传算法用于解决离散制造业的生产批量计划包括:一般批量组合-聚类分析的算法;成组技术中的零件分簇问题;CIMS 下单级生产批量计划;成组单元的生产批量计划;MRP-Ⅱ 多级生产批量计划。

在钢铁制造业中,钢铁和机械制造业中的批量计划既有联系,又有较大差别,对于钢铁生产批量计划问题,国际上许多钢铁公司,如日本、韩国和美国都在致力于研究这些问题,现在还处于研究阶段。关于钢铁生产批量计划问题发表的成果较少,而且这些文章存在两个问题:(1)主要介绍功能和特点,没有关键内核,操作性和借鉴性较差;(2)主要采用人工智能和人机交互方法,很难保证最优性。因此,本书对钢铁生产批量计划中的各种问题都建立了数学规划模型,并采用了近似算法进行了求解,而其中的近似算法主要是采用遗传算法。钢铁企业生产批量计划方法采用遗传算法的有炼钢-连铸最优炉次计划、炼钢-连铸最优浇次(CAST)计划、轧钢厂的生产批量计划。

机械制造业和钢铁制造业大部分生产批量计划都采用遗传算法。遗传算法在求解生产批量计划时存在两个困难:带有约束的优化问题的编码难于构造;算法求解问题的性能。这样一般的遗传算法不能直接用于求解生产批量计划问题,必须对遗传算法进行改进才能使其应用到生产批量计划当中。针对遗传算法对带约束的优化问题的求解的局限性,本书提出了一系列在可行域内进行迭代的遗传算法,但由于不同优化问题的约束差别较大,因此采用一种通用的适合各种约束优化问题的遗传编码是不可能的。我们根据约束类型,针对典型最优化的不同约束情况,构造了六种遗传编码和相关的遗传算法,使其不但能够产生初始可行解,而且其迭代过程中产生的新的解能够保证仍然满足约束条件,使其能够很好地解决多类带约束的优化问题,从而拓展了遗传算法的应用领域。对于 TSP 问题求解,提出了两种改进的遗传算法:两交换启发交叉算法和三交换启发交叉变参算法。

由于一般遗传算法的基本原理和改进遗传算法在生产批量计划中多次应用,因此我们首先在第一部分中对遗传算法的基本原理和改进遗传算法的基本理论进行系统介绍,

目的是为第二部分的机械制造业生产批量计划和第三部分钢铁生产批量计划的遗传算法的应用奠定系统的理论基础。

1.3 生产批量计划的定义及分类

根据企业生产工艺特点,将制造业粗略分成三种类型:连续制造业、离散制造业及介于二者之间的混合型企业。连续生产是指生产过程连续运作,不存在间歇,在生产工序之间不存在缓冲,这种类型的企业为连续制造业,如石油、化工企业;在生产过程当中存在间歇、生产工序之间存在缓冲、生产过程主要是间断进行的,这种类型的企业为离散制造业,如机械制造业;既有连续制造业特征、又有离散制造业特征的制造业为混合型制造业,如钢铁联合企业。无论是离散型的制造业还是混合型的钢铁企业,从递级分层角度可以将计划分为战略计划、短期计划、生产细计划、在线计划和生产调度五个层次,从功能角度可分为如下的三类计划:

- (1) 任务/资源计划:确定生产任务量和生产能力的需求量的计划。
- (2) 批量计划:同一时间不同任务组之间及同一任务不同时间的组计划。
- (3) 顺序/时间计划:安排生产任务的顺序,确定机器生产任务的时间。

定义 1.1 任务——被加工对象的最小基本单位,如机械制造业中的零件,钢铁业中的炉次和轧件。

定义 1.2 加工单元——占用同一准备时间,在同一设备上使用同一工具被加工任务的集合,如成组技术中的零件族,零部件的生产批,钢铁计划的炉次、浇次等。

定义 1.3 批量计划——在满足生产能力约束和生产单元容量限制的情况下使许多相似或相同的加工任务件组合在同一加工单元中,从而降低调整费用,降低成本,提高总体经济效益。

无论在离散制造业,还是混合制造业,都存在着生产批量计划,不同的制造业生产批量计划的含义有所不同。在离散制造业中批量计划可分批量组合计划和批量大小计划,批量组合计划是指成组技术中的零件分簇问题,而批量大小计划按照需求、资源、级原则等三种参数进行如下分类:

从需求角度来分,需求可分为随机和确定的两种,在确定性的需求中又分为离散的和连续的两种。

从资源角度来分,分为有资源和无资源约束批量计划问题,有资源约束又分为单资源约束问题和多资源约束问题;根据资源的变化情况又分为固定资源问题和可变资源问题。

从产品结构(级)的角度分,可分为单级和多级批量计划问题;多级批量计划问题可分为链式结构、并行结构、装配数状结构、一般通用网络结构等多级批量计划问题。

钢铁工业中的批量计划与生产工艺有很大关系,可分为:

(1) 炼钢-连铸生产批量计划与调度,它又可分为炉次计划、浇次计划、炼钢-连铸调度计划。

(2) 轧钢厂生产批量计划与调度,它又可分为板带钢、型钢和无缝钢管的生产批量计划与调度。

第一部分 解决生产批量计划问题的 遗传算法理论研究

第二章 遗传算法的研究意义、现状及基本原理

2.1 遗传算法的研究意义

遗传算法 GA (Genetic Algorithm) 作为一类随机搜索算法, 是模仿自然界生物进化中的遗传、变异、自然选择过程, 根据问题的特征随机地选择一组 (Population) 初始可行解 (染色体), 用遗传算子对其进行变换。遗传算子每进行一次变换就形成新一代染色体。对新一代的染色体的适应性函数 (Fitness) 进行评价, 对适应性好的染色体在下一代中优先予以选择, 然后继续进行遗传算子操作, 直至迭代到给定的最大代数或获得满意的解为止。GA 算法与其它搜索方法不同之处在于: (1) 利用 GA 进行搜索时, 使用的是编码后的变量值, 而不直接使用变量本身; (2) 使用 GA 时, 搜索过程是从一组点迭代到另一组点, 不像其它大部分搜索方法那样从一个点迭代到另一个点; (3) GA 使用的是随机运算过程, 而不是确定性的运算过程; (4) GA 对搜索空间的性质没有任何特殊要求 (如连通性、凸性等), 对目标函数只要求知道其在各个点的值, 而不要求其它辅助信息。

一般地用 GA 求解问题包括如下五个方面: 对于问题的解进行遗传编码; 构造初始染色体; 选择一个适应性函数; 确定遗传算子 (选择、交叉、变异) 规则; 选择遗传算法的参数值 (群体中染色体数目、交叉概率、变异概率、最大代数)。

早在 1962 年, 美国 Michigan 大学 Holland 教授就提出了 GA 的基本思想, GA 的数学框架在 60 年代末期形成, 并且在 1975 年 Holland 的专著中给予介绍。1989 年 Goldberg 和 1991 年 Davis 在他们的专著中也系统地阐述了遗传算法, 并描述了标准遗传算法程序。国外, 大量的研究者在探索 GA 的理论和应用, 许多国际会议已设置 GA 专题, 而且已有专门的 GA 国际会议, GA 的研究和应用已成为国际学术界热点研究课题。本章主要综合 GA 研究现状, 阐述 GA 基本原理。

2.2 遗传算法的研究现状

2.2.1 遗传算法的理论研究

(1) 参数设定: 对于固定参数 Schaffer 通过测试大量的性能, 获得遗传算法的最优参数变化范围, 对于变参 Micalewicz 给出了遗传算法的参数自适应变化方法; 对于群体大小, Goldberg (1989) 对子串行和并行遗传算法给出并证明了最优群体的大小与染色体基因之间的表达关系。

(2) 遗传算子: Craig Potts 报道了 23 种选择规则、17 种交叉方法、3 种变异方法, 新的遗传算子仍不断出现。

(3) 收敛性理论: Davis (1991) 在他的博士论文中假设没有交叉算子情况下, 仿模拟退火的方法证明了收敛性, Fogel (1992) 基于在无交叉算子的情况下, 基于 Markov 链证明了收敛性, Yoshikane (1995) 证明在两位 0、1 码的染色体情况下的遗传算法的收敛性问题。

(4) 遗传编码:传统的遗传算法是 0,1 码,G. A. Vignaux (1991)提出了用自然码来进行编码的遗传算法。

(5) 算法结构:在简单遗传算法基础上,Tanese(1987)提出了并行遗传算法,在 1989 年提出了分布遗传算法。

2.2.2 遗传算法应用研究

遗传算法在组合最优化、自适应控制、机器学习等许多领域获得了成功的应用,正涉足一些新的领域,如社会科学和生物细胞仿真。

但遗传算法的理论与应用仍存在如下一些问题:

(1) 编码难于构造:这限制了应用领域。

(2) 可行化:对带约束的优化问题一般采用罚函数法,但通过交叉操作与变异操作后的遗传算法结果,往往较大地偏离了约束区域,因而难以获得期望的约束程度,甚至使算法无法进行。

(3) 收敛性:还没有从理论上很好地解决。

(4) 速度:收敛速度比较慢。

2.3 遗传算法的基本原理

2.3.1 遗传算法的基本算法流程

遗传算法的基本算法流程如图 2.1 所示,图中 $p(t)$ 表示第 t 代染色体。

```
Input    Pc=Crossover probability
         Pm=Mutation probability
         N=Population size
         max-gen=Maximum number of generations
Output   Best chromosome, Near-optimal
Begin
    t=0
    Initialize  $p(t)$ 
    Evaluate  $p(t)$ 
    While(Not termination condition)
    {
        t=t+1
        Selection  $p(t)$  from  $p(t-1)$ 
        Crossover  $p(t)$ 
        Mutation  $p(t)$ 
        Evaluation  $p(t)$ 
    }
Output  $p^*(t)$ 
```

图 2.1 遗传算法的基本算法流程

2.3.2 适应性函数的选择方式

适应性函数就是表征染色体个体对环境的适应能力的测度函数;根据达尔文进化论观点,对环境适应性好的个体生存能力就强,适应性函数的值就越好。

2.3.3 遗传算子操作

遗传算子操作包括选择、交叉和变异等过程。

(1) 选择规则。

选择过程实质上就是优胜劣汰、适者生存的过程。通过选择构成新一代染色体,使那些适应性好的个体有更多的机会保留下来,淘汰那些适应性差的个体。

(2) 交叉规则。

经过自然选择而获得的染色体随机进行两两配对,将配对的染色体作为亲本进行基因交换,产生两个新的染色体作为子代。例如采用位交叉法作为交叉规则,由随机进行配对的染色体为如下形式:

$$X_1 = a_1 a_2 a_3 \cdots | a_1 \cdots a_q$$

$$X_2 = b_1 b_2 b_3 \cdots | b_1 \cdots b_q$$

设 l 为随机产生的 $(1 \sim q)$ 之间的数,将其作为交叉位置进行交叉,结果如下:

$$X_1 = a_1 a_2 a_3 \cdots | b_1 \cdots b_q$$

$$X_2 = a_1 b_2 b_3 \cdots | a_1 \cdots a_q$$

(3) 变异规则。

这就是随机地改变染色体中的一个或多个基因的位置(在非 0、1 编码时)或值(在 0、1 编码的情况下)的过程。

遗传算法以其通用近优、快速、易实现的特点,在解决工业生产中的复杂大规模系统将会发挥巨大的作用。研究遗传算法的理论,拓展它的应用领域,不但具有理论意义,而且具有实际意义。