

# 生产调度智能算法 及其应用

王万良 吴启迪 著



科学出版社

[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

生产调度是管理出效益的重要方面，越来越受到学术界和企业界的关注。本书理论与工程实际紧密结合。在理论上，系统地研究了各种生产调度问题的遗传算法、神经网络、粒子群算法、模糊逻辑等智能求解方法。在工程实际中，研究了在炼油企业、电声企业和水电站等生产调度系统的工程应用。

本书可供计算机、自动化、机械、化工、管理、应用数学及与之相关的工程应用领域的教学与科研人员阅读，特别是可供企业生产管理人员阅读。

科学出版社

电话：010-64000249

E-mail: gcjs@mail.sciencep.com

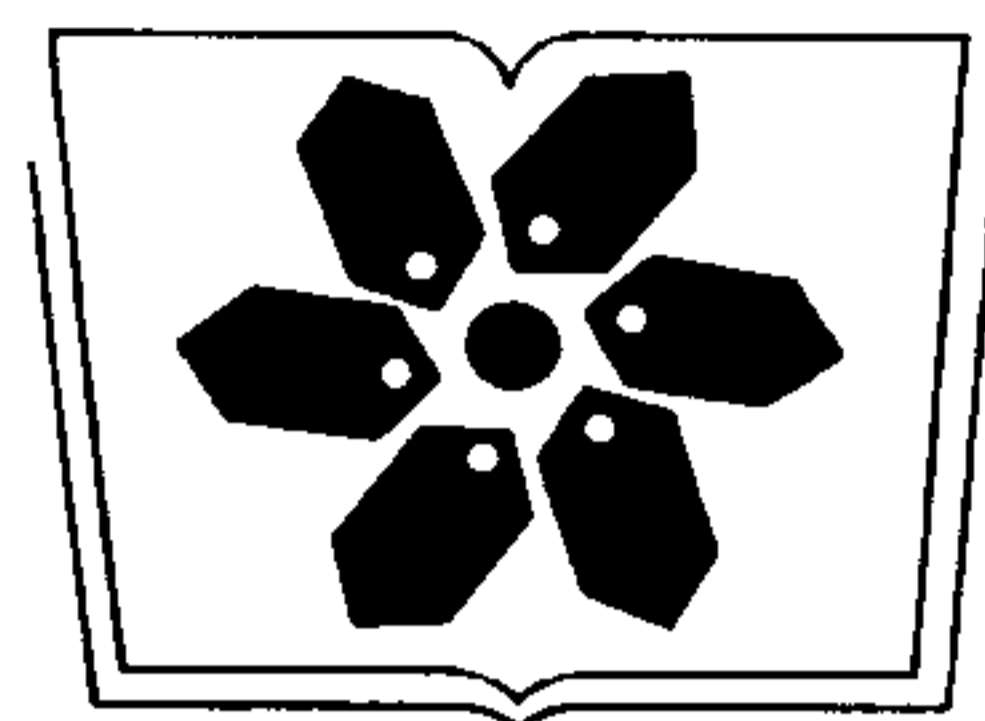
ISBN 978-7-03-019377-3



9 787030 193773 >

销售分类建议：自动化/企业生产管理

定价：50.00 元



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生产调度智能算法及其应用

王万良 吴启迪 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

生产调度是实施 CIMS 的关键环节之一, 因此, 生产调度理论的研究和应用系统的开发都受到学术界和企业界的关注, 但生产调度问题通常是多约束、多目标、随机不确定优化问题, 已被证明是属于 NP 问题, 因此, 一直是学术界的研究热点。

本书的主要内容来源于作者多年研究的积累, 也包括了一些前人研究的成果, 使读者比较全面地了解生产调度方法的全貌。本书最显著的特点是理论与工程实际相结合。在理论上, 系统地研究了车间生产调度问题和流程工业生产调度问题的遗传算法、神经网络、模糊理论、粒子群算法等智能调度算法, 纠正了一些已有方法中存在的错误, 提出或改进了一些调度方法。在工程应用上, 介绍了炼油、电声、水电站等企业的生产调度系统。

本书可供计算机、自动化、机械、化工、管理、应用数学及与之相关的工程应用领域的教学与科研人员阅读, 也可作为相关专业的研究生教材或教学参考书, 特别是可供企业生产管理人员阅读与参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

生产调度智能算法及其应用/王万良, 吴启迪著. —北京: 科学出版社, 2007

ISBN 978-7-03-019377-3

I. 生… II. ①王… ②吴… III. 企业-生产调度-人工智能-算法理论 IV. F273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 105207 号

责任编辑: 王志欣 张海娜/责任校对: 陈玉凤

责任印制: 刘士平/封面设计: 陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2007 年 7 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2007 年 7 月第一次印刷 印张: 21 1/2

印数: 1—3 000 字数: 417 000

定价: 50.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

# 前 言

随着科学技术的发展，现代生产规模越来越大，复杂性越来越高，市场竞争也越来越激烈，因此对企业的管理提出了更高的要求。在激烈的市场竞争中，企业管理者必须进行科学的管理，使企业产生最大的综合经济效益。

生产调度是管理出效益的重要方面，特别是随着计算机集成制造系统的发展，生产调度成为实施 CIMS 的关键环节之一。因此，生产调度理论的研究和应用系统的开发都受到学术界和企业界的关注。但生产调度问题通常是多约束、多目标、随机不确定优化问题，已被证明是属于 NP 问题。因此，虽然对生产调度问题的研究已经有几十年的历史，提出了许多调度方法，但至今尚未形成一套系统的理论与方法，特别是难以解决实际生产管理中的大规模优化问题。

本书的主要内容来源于作者及其研究生们多年研究的积累，最显著的特点是理论与工程实际相结合。在理论上，本书系统地研究了确定性和不确定性生产调度问题，流水车间、作业车间和流程工业生产调度问题，求解生产调度问题的遗传算法、神经网络、模糊理论等智能算法，并用 VC++ 程序设计语言开发了生产调度智能算法软件包。在用遗传算法求解车间生产调度和流程生产调度问题中，提出了新的编码方法，改进了遗传操作算法，很好地处理了工序之间的约束关系，保证了遗传操作时个体的合法性。在用神经网络方法的研究中，纠正了国际上 Foo 和 Takefuji 提出的很有影响的基于 Hopfield 神经网络的作业车间调度方法中存在的错误，全面考虑了作业车间调度问题的约束条件，给出了新的计算能量函数表达式；提出了新的基于 Hopfield、随机、混沌等神经网络的作业车间调度方法，保证了调度解的合法性，提高了寻优速度；研究了流程工业生产调度问题建模及其基于遗传算法的调度方法，给出了具有离散变量和连续变量的流程工业生产调度问题的遗传编码方法；提出了具有模糊交货期的连续生产过程动态调度方法。在工程应用上，系统介绍了电声企业、炼油企业和水电生产调度系统的设计与实现方法。

本书得到中国科学院科学出版基金和浙江工业大学专著与研究生教材出版基金资助。本书涉及作者的科研成果是在国家自然科学基金“（60374056）基于自治与协作机制的不确定生产过程动态调度方法及其应用”、“（60374005）复杂生产制造过程的分布式协同智能调度方法研究”、“（70271035）基于群体智能优化理论的企业资源计划问题研究”、“（70531020）组件化可重构多重入复杂制造系统生产计划与调度体系结构及其关键问题研究”、“（60573123）网络控制系统智

能调度与控制协同方法及其仿真平台研究”，国家 863 计划“（863-511-945-002）面向流程工业生产调度与过程控制的集成建模技术”、“（2002AA412610）流程工业企业生产计划与实时调度技术及软件”，浙江省科技计划“（012047）生产计划与调度的智能算法软件包研制”、“（2003C21005）小水电站远动监控系统与优化运行软件开发”、“（2004C11011）快速响应客户需求的创新设计平台和企业应用集成系统研究及其在电声零件行业中的应用”等项目资助下取得的。本书的部分成果获得中国机械工业科学技术奖、浙江省政府科研成果奖、上海市研究生优秀学位论文等奖励，鼓励了作者的研究。值此表示衷心的感谢！

本书可供计算机、控制、机电、管理、应用数学等领域的教学、科研与生产管理人员阅读，也可作为相关专业研究生的教材或教学参考书。

王万良 吴启迪

2007 年 3 月

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 引言 .....	1
1.2 生产调度系统的功能与特点 .....	3
1.2.1 生产计划/调度的任务 .....	3
1.2.2 生产调度系统的功能分析 .....	5
1.2.3 生产调度系统的特点 .....	6
1.3 生产调度问题的描述 .....	8
1.3.1 生产调度问题 .....	8
1.3.2 车间调度问题 .....	9
1.3.3 流水车间调度问题 .....	10
1.3.4 作业车间调度问题 .....	12
1.3.5 间隙生产调度问题 .....	14
1.3.6 动态调度问题 .....	16
1.4 生产调度方法 .....	18
1.4.1 优化方法与启发式方法 .....	18
1.4.2 数学规划方法 .....	19
1.4.3 规则调度方法 .....	19
1.4.4 基于人工智能的方法 .....	20
1.4.5 基于仿真的方法 .....	23
1.4.6 控制理论方法 .....	24
1.5 本书的主要内容 .....	26
参考文献 .....	28
<b>第 2 章 生产调度的启发式算法</b> .....	34
2.1 引言 .....	34
2.2 流水车间调度的启发式算法 .....	34
2.2.1 引言 .....	34
2.2.2 Johnson 启发式算法 .....	35
2.2.3 CDS 启发式算法 .....	36
2.2.4 Palmer 启发式算法 .....	37
2.2.5 RA 启发式算法 .....	37
2.2.6 NEH 启发式算法 .....	37

2.2.7	Gupta 启发式算法 .....	38
2.2.8	BG 启发式算法 .....	38
2.3	作业车间调度的启发式算法 .....	38
2.3.1	引言 .....	38
2.3.2	优先分配启发式算法 .....	39
2.3.3	随机分配启发式算法 .....	41
2.3.4	瓶颈移动启发式算法 .....	41
	参考文献 .....	42
<b>第 3 章</b>	<b>基于遗传算法的流水车间调度方法</b> .....	<b>43</b>
3.1	引言 .....	43
3.2	遗传算法 .....	44
3.2.1	遗传算法的产生与发展 .....	44
3.2.2	遗传算法的基本算法 .....	45
3.2.3	双倍体遗传算法 .....	58
3.2.4	双种群遗传算法 .....	60
3.2.5	自适应遗传算法 .....	61
3.3	基于遗传算法的流水车间生产调度方法 .....	64
3.3.1	流水车间调度问题的编码方法 .....	65
3.3.2	适应度函数 .....	65
3.3.3	流水车间调度的 Reeves 方法及其仿真 .....	65
3.4	基于遗传算法的模糊流水车间调度方法 .....	68
3.4.1	引言 .....	68
3.4.2	模糊流水车间调度问题 .....	69
3.4.3	模糊交货期的 FSP 遗传算法求解方法 .....	72
3.5	遗传算法求解 FSP 实例 .....	74
3.5.1	算例 .....	74
3.5.2	汽车发动机厂金工车间调度 .....	76
3.6	基于遗传算法的混合流水车间调度方法 .....	77
3.6.1	混合流水车间调度问题 .....	77
3.6.2	混合 Flow-shop 调度问题的遗传算法编码方法 .....	78
3.6.3	基于遗传算法的求解方法 .....	79
3.6.4	混合流水车间调度实例 .....	80
3.7	讨论 .....	83
	参考文献 .....	83
<b>第 4 章</b>	<b>基于遗传算法的作业车间调度方法</b> .....	<b>85</b>
4.1	引言 .....	85
4.2	作业车间调度遗传算法的基本设计方法 .....	86



4.2.1 适应度函数设计 .....	86
4.2.2 编码方法 .....	87
4.3 基于工序编码的作业车间调度遗传算法 .....	87
4.3.1 基于工序的编码方法 .....	87
4.3.2 遗传操作 .....	89
4.3.3 Cheng-Gen-Tsujimura 改进方法 .....	91
4.4 基于优先列表编码的作业车间调度遗传算法 .....	92
4.5 基于优先规则编码的作业车间调度遗传算法 .....	93
4.6 基于完成时间表达法的作业车间调度遗传算法 .....	94
4.7 基于工件的表达法的作业车间调度遗传算法 .....	95
4.8 基于工件对关系的作业车间调度遗传算法 .....	96
4.9 基于非连接图表达法的作业车间调度遗传算法 .....	97
4.10 基于机器表达法的作业车间调度遗传算法 .....	98
4.11 基于随机键表达法的作业车间调度遗传算法 .....	98
4.12 基于换位矩阵表示的作业车间调度遗传算法 .....	99
4.13 作业车间调度遗传算法的仿真 .....	100
4.14 基于遗传算法的柔性作业车间调度方法 .....	104
4.15 讨论 .....	108
参考文献 .....	110
<b>第 5 章 基于神经网络的生产调度方法 .....</b>	<b>112</b>
5.1 引言 .....	112
5.2 Hopfield 神经网络优化方法 .....	113
5.2.1 离散型 Hopfield 神经网络 .....	113
5.2.2 连续型 Hopfield 神经网络 .....	115
5.2.3 Hopfield 神经网络优化计算方法 .....	118
5.3 JSP 的 Hopfield 神经网络求解方法 .....	119
5.3.1 JSP 的换位矩阵 .....	119
5.3.2 JSP 的 Hopfield 神经网络表示 .....	121
5.3.3 由换位矩阵构造成本树的方法 .....	123
5.3.4 由成本树构造甘特图的方法 .....	126
5.3.5 基于 Hopfield 神经网络的生产调度方法仿真 .....	128
5.4 基于随机神经网络的生产调度方法 .....	132
5.4.1 引言 .....	132
5.4.2 基于模拟退火算法的生产调度方法 .....	133
5.4.3 随机神经网络 .....	137
5.4.4 基于玻尔兹曼机的作业调度方法 .....	138

5.4.5	基于玻尔兹曼机的作业调度方法仿真 .....	139
5.5	基于混沌神经网络的生产调度方法 .....	144
5.5.1	引言 .....	144
5.5.2	混沌神经网络 .....	144
5.5.3	基于混沌神经网络的优化方法 .....	147
5.5.4	JSP 的 TDNN 方法 .....	148
5.5.5	示例仿真 .....	150
5.6	讨论 .....	152
	参考文献 .....	153
<b>第 6 章</b>	<b>确定性流程工业生产调度方法 .....</b>	<b>157</b>
6.1	引言 .....	157
6.2	基于统一时间离散化表示的生产调度模型 .....	158
6.2.1	统一时间离散化表示的时间划分 .....	158
6.2.2	生产调度问题的变量 .....	158
6.2.3	生产调度问题的约束条件 .....	159
6.2.4	生产调度问题的目标函数 .....	160
6.3	基于统一事件点的连续时间表示的调度模型 .....	161
6.3.1	引言 .....	161
6.3.2	生产调度问题的变量 .....	162
6.3.3	调度问题非统一时间离散化表示 .....	162
6.3.4	生产调度的约束条件 .....	163
6.3.5	生产调度问题的目标函数 .....	165
6.4	基于分离事件点的连续时间表示的调度模型 .....	165
6.4.1	引言 .....	165
6.4.2	生产调度问题的参数与变量 .....	166
6.4.3	生产调度问题的约束条件与目标函数 .....	166
6.4.4	生产调度模型的扩展 .....	168
6.5	NUDM 与 UDM 两种模型的关系 .....	169
6.5.1	NUDM 模型还原为 UDM 模型 .....	169
6.5.2	两种模型的仿真与比较 .....	170
6.6	并行连续生产线多产品循环调度模型 .....	174
6.6.1	引言 .....	174
6.6.2	问题的描述 .....	174
6.6.3	数学模型的建立 .....	176
6.6.4	模型的线性化 .....	181
6.7	对硝基苯甲酸乙酯车间生产调度问题的建模 .....	183
6.7.1	问题描述 .....	183

6.7.2 数学模型 .....	184
6.7.3 最优调度 .....	186
6.8 讨论 .....	186
参考文献 .....	186
<b>第7章 不确定性流程工业生产调度方法 .....</b>	<b>189</b>
7.1 不确定性生产调度问题 .....	189
7.1.1 生产系统的不确定性 .....	189
7.1.2 不确定因素的处理方法 .....	190
7.1.3 考虑不确定性的模糊调度 .....	190
7.1.4 化工批处理过程的不确定性短期调度 .....	191
7.2 模糊操作时间下的多产品批处理过程生产调度 .....	192
7.2.1 引言 .....	192
7.2.2 中间存储策略对多产品批处理过程调度的影响 .....	193
7.2.3 模糊操作时间下的多产品批处理过程调度模型 .....	197
7.2.4 基于遗传算法的调度方法 .....	207
7.2.5 基于粒子群算法的调度方法 .....	212
7.3 带有模糊交货期的多产品批处理过程生产调度 .....	216
7.3.1 引言 .....	216
7.3.2 交货期满意度的描述 .....	217
7.3.3 模糊交货期下的多产品批处理过程调度模型 .....	219
7.3.4 基于遗传算法的调度方法 .....	221
7.3.5 基于粒子群算法的调度方法 .....	222
7.3.6 仿真计算与分析 .....	222
7.4 模糊操作时间和模糊交货期下的多产品批处理过程生产调度 .....	225
7.4.1 引言 .....	225
7.4.2 模糊操作时间和模糊交货期下多产品批处理过程生产调度的特点 .....	226
7.4.3 模糊操作时间和模糊交货期下的多产品批处理过程生产调度模型 .....	226
7.4.4 仿真计算与分析 .....	230
7.5 讨论 .....	234
参考文献 .....	235
<b>第8章 炼油企业生产计划与调度系统 .....</b>	<b>237</b>
8.1 引言 .....	237
8.2 炼油生产过程 .....	238
8.2.1 炼油厂生产的一次加工装置 .....	238
8.2.2 炼油厂生产的二次加工装置 .....	240
8.2.3 炼油厂生产的三次加工装置 .....	242
8.2.4 油品调和 .....	243

8.3	炼油厂生产计划与调度数学模型 .....	244
8.3.1	引言 .....	244
8.3.2	炼油生产调度决策量选择 .....	244
8.3.3	原油混炼调度数学规划模型 .....	247
8.3.4	生产装置调度模型 .....	249
8.3.5	成品油调和调度模型 .....	252
8.3.6	炼油生产调度问题求解方法 .....	254
8.4	炼油生产计划与调度软件工程实现 .....	254
8.4.1	炼油生产计划与调度系统总体结构 .....	254
8.4.2	数据管理子系统 .....	255
8.4.3	算法子系统 .....	256
8.4.4	软件主要功能 .....	257
8.5	炼油生产计划与调度实例 .....	259
8.6	讨论 .....	263
	参考文献 .....	264
<b>第9章</b>	<b>电声企业生产计划与调度系统 .....</b>	<b>266</b>
9.1	引言 .....	266
9.2	系统逻辑模型和结构 .....	267
9.3	生产计划系统 .....	269
9.3.1	多 Agent 交互模型 .....	269
9.3.2	合同网协商改进模型 .....	271
9.3.3	生产计划预调度模型 .....	272
9.4	生产调度系统 .....	273
9.4.1	生产调度系统结构 .....	273
9.4.2	车间作业调度模型 .....	273
9.4.3	车间作业调度策略 .....	280
9.4.4	车间调度基础信息 .....	282
9.5	生产计划与调度系统的工程实现 .....	283
9.5.1	系统的主界面 .....	283
9.5.2	计划管理 Agent 子系统 .....	283
9.5.3	资源 Agent 子系统 .....	284
9.5.4	车间调度子系统 .....	285
	参考文献 .....	286
<b>第10章</b>	<b>水电站优化调度系统 .....</b>	<b>287</b>
10.1	引言 .....	287
10.2	水电站优化调度研究进展 .....	287
10.2.1	水电站优化调度问题 .....	287

---

10.2.2	水电站优化调度方法 .....	288
10.2.3	水电站优化调度决策支持系统 .....	293
10.3	基于遗传算法的小型水电站优化调度方法 .....	293
10.3.1	小型水电站单库优化调度问题的数学模型 .....	293
10.3.2	小型水电站单库优化调度问题遗传算法的设计 .....	295
10.3.3	小水电站优化调度仿真 .....	297
10.4	基于遗传算法的小水电群优化调度方法 .....	301
10.4.1	小水电群及其优化调度问题 .....	301
10.4.2	小水电群优化调度数学模型及其求解 .....	302
10.5	水电站厂内经济运行调度 .....	303
10.5.1	引言 .....	303
10.5.2	水电站定点负荷的机组组合与机组负荷分配 .....	304
10.5.3	日负荷任务的机组开/停计划与负荷分配 .....	307
10.6	水电站优化调度决策支持系统 .....	314
10.6.1	系统总体结构 .....	314
10.6.2	计划与调度 .....	316
10.6.3	日(多日)调度决策 .....	318
10.6.4	短期优化调度决策 .....	322
10.6.5	优化调度绩效分析 .....	322
10.7	总结与展望 .....	328
	参考文献 .....	329

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 引 言

随着科学技术的发展,生产规模越来越大,复杂性越来越高,市场竞争也越来越激烈,因此对企业的管理和对生产过程的监控都提出了更高的要求。近几十年来,各类生产过程都已经发生了显著的变化,其主要特征是生产规模的大型化和生成过程的连续化。在激烈的市场竞争中,为了保证生产的高效稳定运行,以获得最大的经济效益,原来简单的、局部的、常规的控制和仅凭经验的管理已经不能满足现代生产的要求了,企业管理者和控制工程师们面临的问题是:如何根据市场上原料供应和产品需求的变化进行经营决策和组织生产;如何在生产计划改变的情况下对生产过程进行控制,以便最大限度地发挥生产的柔性;如何在生产工艺不作大的改变的前提下进行管理、决策,使企业产生最大的综合经济效益。为了解决上述问题,1973年美国约瑟夫·哈林顿(Joseph Harrington)博士首次提出计算机集成制造(computer integrated manufacturing, CIM)的概念。

由于20世纪70年代美国的产业政策中,过分地夸大了第三产业的作用,而将制造业特别是传统产业贬低为“夕阳工业”,这导致美国制造业优势的急剧衰落,特别是在80年代初开始的石油危机中暴露无遗。此时,美国才开始重视并决心利用其信息技术的优势。美国及其他各国纷纷制定并执行发展计划。因此,在80年代中期基于CIM理念的系统CIMS才开始得到重视,进行大规模实施。

CIMS是一种基于CIM哲理构成的计算机化、信息化、智能化、集成优化的制造系统。它的内涵是借助计算机,将企业中各种与制造有关的技术系统集成起来,进而提高企业适应市场竞争的能力。关于CIMS的基本概念,随着生产实际需要的变化及研究问题的角度的不同,有不同的定义。根据Guy Doumeingts和David Chen的观点,有两种参考定义。

狭义上讲,CIMS定义为应用计算机及网络技术实现生产过程各个环节的集成化的系统。这仅仅是基于纯技术的定义,没有考虑经济的、社会的和人的行为因素的影响。广义上讲,CIMS是一种在某种环境下为提高企业总体效益的全局性的哲理和方法,这种理念要求以集成方式组织企业的全部活动,从设计、制造到销售和售后服务各阶段要尽可能利用各种方法和技术工具(计算机和自动化技术),以及时地提高生产率、降低成本、按期交货、提高质量,确保生产系统全

局和局部的柔性等。后者说明经济的、社会的和人的行为因素与技术有着同样的重要性。

我国自 1986 年成立 863/CIMS 主题, 提出 CIMS 计划, 经过十几年来对 CIM 哲理的具体实践, 根据中国国情, 赋予 CIM/CIMS 新的概念: CIM 是一种组织、管理与运行企业生产的理念, 它借助计算机硬件及软件, 综合运用现代管理技术、制造技术、信息技术、自动化技术、系统工程技术将企业生产全过程中的有关人、技术、经营管理三要素及其信息流、物流和价值流有机集成并优化, 以达到产品上市快、质量高、能耗低、服务好、环境清洁的目标, 进而提高企业的柔性、健壮性、敏捷性, 使企业赢得市场竞争。

CIM 的首次提出是针对机械制造等离散制造业, 并获得巨大成功。随着 CIM 哲理的不断拓宽, 人们认识到 CIM 哲理和有关技术不仅适用于离散制造业, 而且也适用于流程制造业。CIM 中的 Manufacturing 一词本身就代表广义的加工、制造, 也包括连续或半连续生产的流程工业。1986 年, 欧共体把 CIMS 概念拓宽到流程工业, 即在连续型生产过程中实施 CIMS 计划, 称为流程工业 CIMS, 也称为 CIPS (computer integrated processing systems)。它是借助于计算机(软、硬件), 综合运用先进的管理技术、信息技术、自动化技术, 与流程工业的生产和设备特点相结合, 通过计算机网络和数据库, 实现企业生产环节的集成, 人、技术、经营管理三要素的统一管理和集成, 物流和信息流有机的集成并优化运行的连续过程生产的复杂大系统<sup>[1~5]</sup>。

生产计划与调度的科学化是连续性生产过程实现一定限度的生产柔性的关键。由于连续性生产过程具有高度复杂性, 必须将生产工艺机理的建模同系统工程理论紧密结合起来, 去寻找解决这一问题的最佳方法。实践结果表明, 基于全流程模拟, 结合应用线性规划、非线性规划或动态规划的方法建立计算机辅助生产计划与调度系统, 实现优化排产和优化调度是一个有效的途径。

流程工业涉及的部门十分广泛, 如石化、电力、冶金、造纸和医药等。单纯提高生产装置的控制水平, 寻求局部最优的投入产出比, 远远高于提高整体调度水平的投入产出比。特别是随着我国改革开放, 从计划经济过渡到市场经济, 流程工业生产中的管理决策、生产调度、过程控制等发生了重大变化, 面临着许多新的问题。例如, 在计划经济条件下, 过程控制与生产调度关系不大, 一般只考虑单一品种、满负荷生产、稳定工况条件下的线性最优控制。而在市场经济条件下, 产品品种的频繁变换、生产量随市场的波动以及产品质量与价格的竞争力等, 使得过程控制优化要与生产调度相结合, 实现多品种、变负荷、变工况条件下的动态生产调度和过程优化控制<sup>[3~5]</sup>。

流程 CIMS, 作为 CIM 哲理在流程工业中的体现, 综合信息技术、计算机技术、自动化技术、管理技术及系统工程等多种先进技术, 实现了企业中多种要

素和多个过程的集成优化运行,改善了企业生产环境、经营环境和管理决策水平,成为流程工业未来发展的必然方向。流程工业基础自动化水平相对较高,据专家预测,在流程工业中实现综合自动化所取得的经济效益和社会效益,会比离散工业的 CIMS 的效益更明显和迅速。

流程工业 CIMS 是在计算机网络和数据库基础上的递阶结构的大系统,如图 1.1 所示<sup>[3~5]</sup>。生产计划与调度居于 CIMS 五个层次的中间,是控制与管理一体化的接合部,上面是负责整个企业经营战略决策的决策层,下面是生产过程的监督控制层。因此,生产计划与调度是实施 CIMS 的关键,无论是理论研究,还是应用系统的开发都受到学术界和企业界的关注。

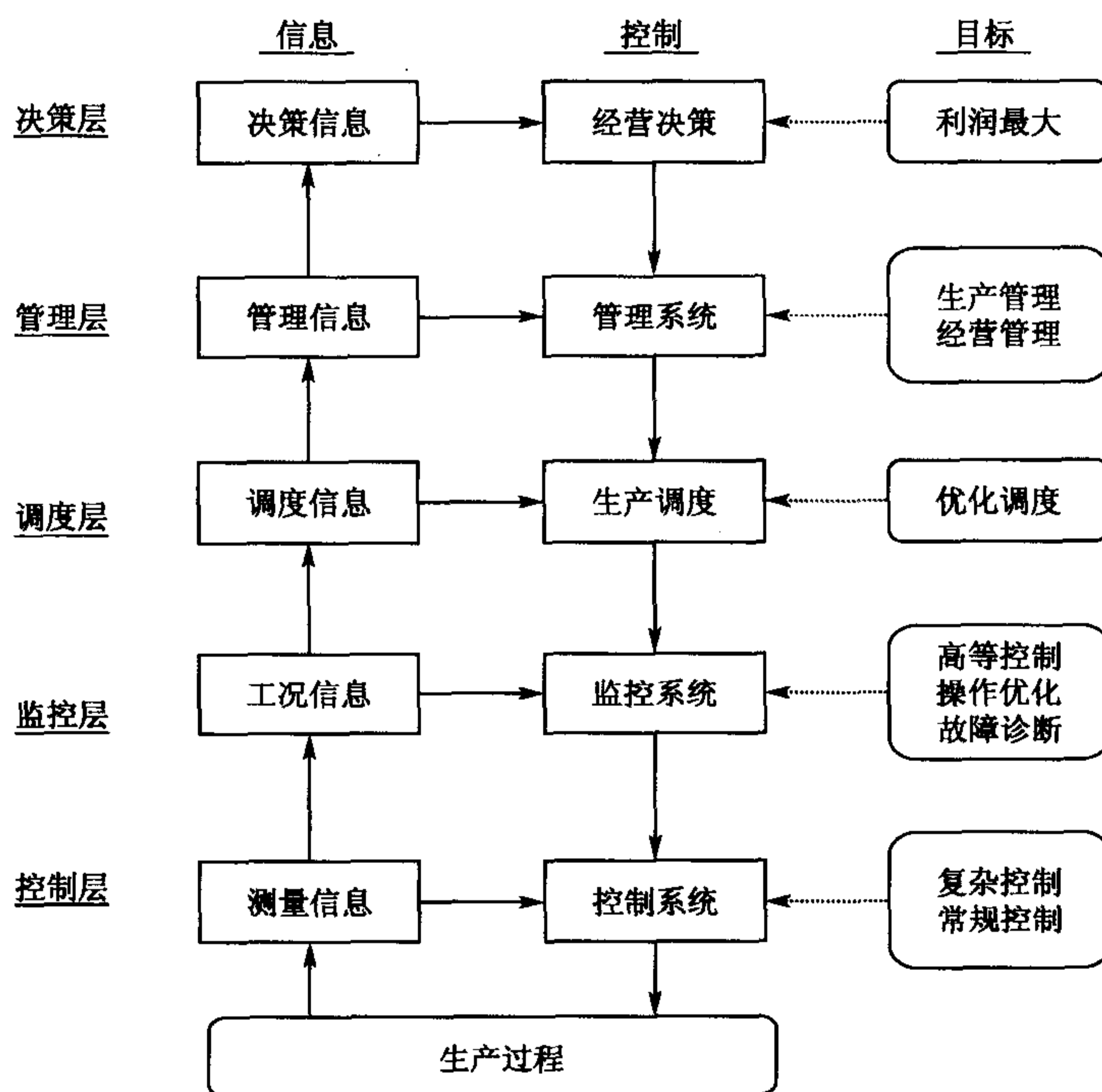


图 1.1 CIMS 多层次、多模式、多视图的结构模型

## 1.2 生产调度系统的功能与特点

### 1.2.1 生产计划/调度的任务

生产计划 (production planning) 是企业生产经营活动的主要依据,对企业的效益起着十分重要的作用,生产计划的制定以企业的利润最大化为目标,以适应市场动态多变需求为基础,主要包括年度计划、季度计划和月度计划等,计划



的周期可以根据市场等情况的变化随时做出调整。

生产计划的制定主要是根据产品的市场需求、原料的供应情况、企业的生产能力、装置的检修情况，综合考虑企业的管理成本以及生产过程中成品、半成品的成本等，利用物料平衡数据、物料物性数据等进行平衡分析，根据不同的生产状态和计划类型模型，运用线性规划等方法对企业的生产经营进行优化设计，辅助计划人员完成年生产计划、季生产计划和月生产计划的编制，给企业领导提供相关预测和决策信息，确保企业的利润最大。

企业的生产活动是按照生产计划进行的。生产计划是根据企业内部的生产能力和环境、外部市场的情况以及企业长期发展目标等因素，对企业生产发展及年度和季度经营做出的决策，以及市场对产品需求和原料供应具体情况及预测，并根据生产装置的运行情况，编制季度及月度生产计划，合理地安排计划期内企业生产的产品品种、数量和完成的期限，充分地利用企业的资源，包括时间、设备、劳动力、原材料和能源等，保证按时完成订货合同，满足用户的要求，提高企业的效益。

生产计划优化系统可以通过建模进行完整/局部模拟，不仅可以得到企业级的优化生产计划，还可以对每个生产装置或者各个生产环节分别提供经济评价和数据分析。可以提供原料的选择评价，优化原材料的选择；可以为装置的技术改造方案和扩建方案做出评价，快速进行多方案选择；可以利用现有的生产能力，优化组织生产；可以方便地进行计划制定、项目管理、物流管理、计划统计，有效地管理整个企业的人、财、物等各类信息。简单地说，计划优化系统可以根据企业的生产、营销、管理的状况，以企业经济效益为目标，建立相对应的数学模型，运用线性规划求解，针对不同的原材料、产品结构、市场情况制定最优化的生产计划。计划优化系统的实施，可以充分利用现有的资源，优化资源配置，提高生产决策的科学性，优化全公司的生产，提高效益，增强市场竞争能力。

生产计划的制定，一般是考虑静态情况，只有在生产因素比较稳定和比较理想时才能达到优化的预期目标。

生产计划的实施由生产调度（production scheduling）系统来完成。生产调度层根据经营决策层制定的长期生产计划，分解为便于执行的短期计划，如五日或双日滚动计划，结合生产装置运转的情况，针对工艺切换以及生产设备的运转、原料供应及储运、资源波动等情况，进行合理的分配与安排，协调从原料、能源供应、生产到产品发货的各工序环节，对生产过程进行平衡与控制，并及时调整偏差，以达到生产过程连续不间断，降低生产成本，获得最大利润的目的。

生产调度的任务是在满足装置设备和工艺要求的条件下，根据市场的需求，合理地、最佳地安排与组织生产过程，以提高过程系统的操作最优性，为企业带来显著的经济效益。内容包括：