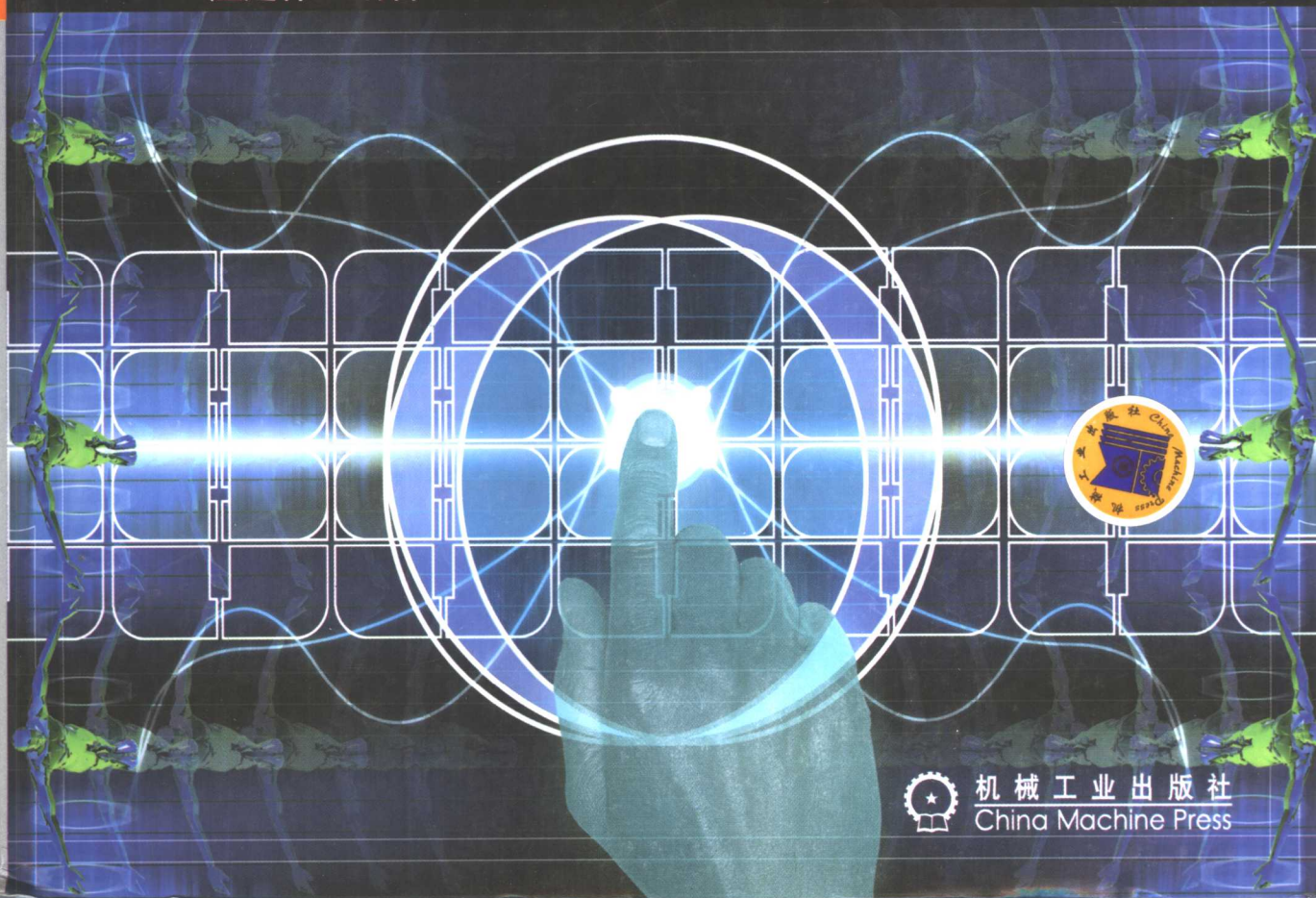


ERP

敏捷制造的ERP 及其决策优化

汪定伟 编著



机械工业出版社
China Machine Press

敏捷制造的 ERP 及其决策优化

汪定伟 编著



机械工业出版社

敏捷制造是 21 世纪的制造技术。它的基于互联网“项目驱动”的生产运行模式和“动态联盟”的生产组织方式对企业资源计划——ERP 提出了新的要求，并带来了一系列新的决策优化问题。

本书是一部面向敏捷制造的 ERP 及其决策优化问题的研究专著。全书介绍了 ERP 和敏捷制造的基本概念以及作者设计并开发的面向敏捷制造的 ERP 系统的基本结构和功能特点；讨论了动态联盟组建中的项目挑选和伙伴挑选、动态联盟的风险分析与防范、供应链中的分布式多工厂生产计划和分销网络设计优化、新产品的开发计划与投入计划、业务过程评价与重组等一系列敏捷制造带来的优化问题的数学模型和算法；使用了线性和非线性规划，机会规划和模糊优化，遗传算法和软计算等多种计算方法，并附有大量的计算实例。

本书可以供从事 ERP 设计开发、敏捷制造研究应用、系统工程和运筹学教学研究的科研人员和工程技术人员阅读、参考，对于系统工程、管理工程和计算数学的研究生及高年级学生则是一部内容涵盖多个领域的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

敏捷制造的 ERP 及其决策优化/汪定伟编著. —北京：机械工业出版社，2003.5

ISBN 7-111-12130-9

I. 敏… II. ①汪… III. 企业管理—计算机管理系统，ERP IV. F270.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 036074 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：姜淑欣 版式设计：张丽花

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·16.75 印张·412 千字

0001-4000 册

定价：25.00 元

凡购本图书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话：(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

敏捷制造是 21 世纪的制造技术。随着信息技术和电子商务技术的发展,敏捷制造已受到人们的普遍关注,并逐步在实际中获得了应用。敏捷制造势必将替代传统的制造模式而成为制造业的主流。

目前,我国制造企业采用的计算机管理软件主要是 MRP-II 或 ERP。这些软件主要是以单个制造企业生产和经营的管理任务为目的而设计开发的,不能满足敏捷制造企业的需要。在敏捷制造环境中,企业需要通过招、投标寻找商业机会,挑选伙伴企业组成动态联盟,监控联盟企业的制造进度与品质,分析联盟企业的利润和风险的分担,以及动态联盟解体的财务清算等,这些都需要信息系统的支持。而这些功能都是一般 MRP-II 和 ERP 软件所不具备的。因此,设计并开发具有上述功能的面向敏捷制造的 ERP 软件是实施敏捷制造的必要前提。

针对敏捷制造新的功能要求,在国家 863 计划 CIMS 主题的支持下,作者及其领导的课题组设计并开发了一个实验性的面向敏捷制造的 ERP 软件系统,简称为 AM/ERP。该系统除具有一般 ERP 软件的主要功能外,还能够支持敏捷制造的“机遇驱动”的运作方式和动态联盟的组成和清算模式。敏捷制造的基本思想是使制造业能够快速灵活地响应市场不断变化的需求,并在全球范围内实现制造资源的优化配置。因此,敏捷制造同样也给运筹学界带来了一系列新的最优化问题。这些问题定量化的描述方法及其数学模型至今仍是极富挑战性的任务。针对 AM/ERP 需要,作者对其中相关的若干最优化问题进行了探讨,提出了若干问题的基本数学模型,并对相应的求解方法、基本问题的扩展、模型的具体算法和性能进行了分析和讨论。

本书共 9 章,第 1 章和第 2 章分别介绍企业资源计划(ERP)和敏捷制造的基本概念。第 3 章介绍面向敏捷制造的 ERP (AM/ERP) 的结构和功能特点。第 4 章至第 9 章讨论敏捷制造中新的决策优化问题的模型和算法。其中第 4 章介绍动态联盟组建中的决策优化问题,包括项目挑选、网上竞标和伙伴企业挑选等。第 5 章讨论分布式多工厂生产计划问题,包括单件生产、批量生产和考虑多种运输方式等不同类型的問題。第 6 章介绍动态联盟的风险分析和防范问题,包括风险防范资金的投入和备用伙伴的选择问题。第 7 章讨论分销网络的设计优化以及供应商的挑选问题。第 8 章则讨论新产品的选择,开发计划,开发任务分配和投入时间计划放线的一系列优化问题。第 9 章则介绍企业业务过程重组的量化方法,包括基于活动-组织流程图和基于过程代数的两种分析方法。最后,是一个简短的结束语。

本书内容涵盖了系统工程、管理工程、运筹学和计算数学等多个学科,涉及到先进制造、供应链管理、智能计算和软计算多个研究领域。书中在模型与算法中大量使用了线性和非线性规划,机会规划和模糊优化,遗传算法和软计算等多种数学方法与计算方法,并附有大量的计算实例。本书可供从事 ERP 设计开发、敏捷制造研究应用、系统工程和运筹

学教学研究的科研人员和工程技术人员，以及系统工程、管理工程和计算数学的研究生和高年级学生阅读参考。

本书是作者和他的博士研究生和硕士研究生集体智慧的结晶。其中第 4 章主要来源于裴菁的博士论文，第 5 章主要来源于周金宏的博士论文，第 6 章主要来源于曹洪医的博士论文，第 7 章主要来源于赵晓煜的博士论文，第 8 章主要来源于宫俊的博士论文，第 9 章主要来源于唐志文的博士论文和黄海新的硕士论文，特此说明。

本书相关的研究得到了国家 863 计划 CIMS 主题和国家自然科学基金的支持。特别是 863 / CIMS 管理专题的两届责任专家徐晓飞教授和齐二石教授以及两届专家组成员给了本项目大力的支持、帮助和指导，在此表示衷心的感谢！东北大学的黄敏教授也曾作为课题的执行负责人在研究中发挥了骨干作用，作者的硕士研究生徐洋、翟恩东也参加了这项研究工作，也在此一并表示衷心的感谢！

最后，对机械工业出版社的领导和编辑在本书撰写和编辑中付出的大量心血和劳动，在此深表谢意！

汪定伟

2003 年 1 月

于沈阳市东北大学

目 录

第 1 章 企业资源计划——ERP	1
1.1 制造系统的基本概念	1
1.2 ERP 的产生与发展	3
1.3 ERP 的计算机技术支撑	11
1.4 ERP 的核心——MRP 的基本原理	12
1.5 ERP 的基本功能与特点	16
参考文献	20
第 2 章 敏捷制造的产生与发展	22
2.1 经济全球化给企业带来的挑战	22
2.2 新的企业管理模式的产生	27
2.3 敏捷制造的产生	30
2.4 敏捷制造的基本概念	31
2.5 动态联盟及其实现	37
2.6 敏捷制造的支撑环境	41
2.7 我国企业实施敏捷制造的思考	42
参考文献	43
第 3 章 面向敏捷制造的 ERP	45
3.1 敏捷制造对 ERP 的新要求	45
3.2 面向敏捷制造的 ERP——AM/ERP 的提出	48
3.3 AM/ERP 的设计特点	49
3.4 AM/ERP 的软硬件开发环境	51
3.5 AM/ERP 的功能设计	52
3.6 AM/ERP 中新的优化问题	71
参考文献	72
第 4 章 动态联盟组建中的决策优化	74
4.1 动态联盟中的项目挑选决策	74
4.1.1 项目挑选问题的提出	74
4.1.2 项目挑选的模糊综合评价法	74
4.1.3 因素集的确定	75
4.1.4 利用 AHP 方法确定因素权重	76
4.1.5 单因素的专家评价	78

4.1.6	模糊综合评判矩阵的获取	78
4.1.7	实例分析	79
4.2	动态联盟中的竞标决策	81
4.2.1	竞标决策问题的提出	81
4.2.2	联盟的可行性分析	82
4.2.3	竞标企业间的贝叶斯纳什均衡	83
4.2.4	利用模糊综合评估法确定获利因子	86
4.2.5	计算实例分析	87
4.3	动态联盟中的伙伴挑选问题	88
4.3.1	伙伴挑选问题的提出	88
4.3.2	带有税收调节的伙伴挑选问题	89
4.3.3	伙伴挑选的模糊可靠性优化问题	94
4.3.4	基于活动网络的伙伴挑选及其软计算方法	97
	参考文献	103
第 5 章	分布式多工厂生产计划	105
5.1	不同交货期的概念	105
5.2	批量制造业的多工厂生产计划模型	108
5.3	单件制造业的多工厂生产计划模型	114
第 6 章	动态联盟的风险分配	120
6.1	风险和风险管理的基本概念	120
6.2	基于事件概率的项目风险的概念和理论	127
6.3	防范风险的追加资金优化决策	129
6.4	考虑项目风险的伙伴挑选模型	132
6.5	风险防范的后备盟友的优化选择	139
	参考文献	150
第 7 章	分销网络的设计优化	151
7.1	分销网络的概念及功能	151
7.2	二级分销网络的设计优化	152
7.3	分销网络的设计优化的机会规划模型	158
7.4	多年度分销网络的设计优化模型	164
7.5	选择分销商的模糊综合评判方法	170
	参考文献	175
第 8 章	新产品开发中的决策优化	177
8.1	新产品开发管理的基本概念	177
8.2	新产品开发的选择决策	180

8.2.1 新产品开发选择的问题.....	180
8.2.2 新产品开发选择的模糊综合评价法.....	182
8.2.3 动态联盟的新产品开发选择问题.....	186
8.3 新产品开发任务调度问题的研究.....	190
8.3.1 新产品开发的任务调度问题.....	190
8.3.2 极大化利润的新产品开发计划.....	191
8.3.3 极小化开发时间的新产品开发计划.....	195
8.4 新产品开发的任务指派决策.....	199
8.4.1 新产品开发任务指派问题的提出.....	199
8.4.2 新产品开发二维任务指派问题的描述.....	200
8.4.3 任务指派的遗传算法.....	201
8.4.4 仿真结果与分析.....	202
8.5 新产品市场投放策略分析.....	204
8.5.1 新产品市场投放策略问题.....	204
8.5.2 产品市场生命周期曲线.....	206
8.5.3 产品投入计划的线性半无限规划模型.....	209
8.5.4 新产品投入时间计划及免疫遗传算法.....	212
参考文献.....	219
第 9 章 业务过程重组的定量化方法.....	221
9.1 业务过程重组的基本思想.....	221
9.2 基于活动-组织流程图的流程分析方法.....	227
9.2.1 基于活动-组织流程图的管理过程表达方法.....	227
9.2.2 人机交互式的 BPR 方法.....	229
9.2.3 钢铁企业销售系统流程改造中的应用.....	231
9.3 基于过程代数的业务过程定量分析.....	233
9.3.1 用矩阵分析的方法描述并初步分析业务过程.....	233
9.3.2 过程代数方法的提出.....	234
9.3.3 用过程代数表示过程的方法——着色点法.....	236
9.3.4 用过程代数分析过程.....	238
9.3.5 过程评价指标.....	243
9.4 基于过程代数的业务过程重组方法.....	245
9.4.1 基于过程代数的 BPR 方法.....	245
9.4.2 仿真实验.....	246
参考文献.....	256
结束语.....	258

第 1 章 企业资源计划——ERP

企业资源计划（ERP）系统是制造系统的人和计算机共同组成的管理系统。本章讨论制造系统的基本概念和分类,ERP 的产生与发展,ERP 的核心功能——物料需求计划(MRP)的基本原理以及 ERP 的基本构成。

1.1 制造系统的基本概念

制造系统是利用自身的制造资源,包括人力、设备、工艺、技术等,将原料市场上低价值的原材料或半成品加工为高价值的产成品提供给产品市场,从而获取制造的附加价值的经济实体。从物流的角度来看,它是原料市场与产品市场之间的转换器,如图 1.1 所示。

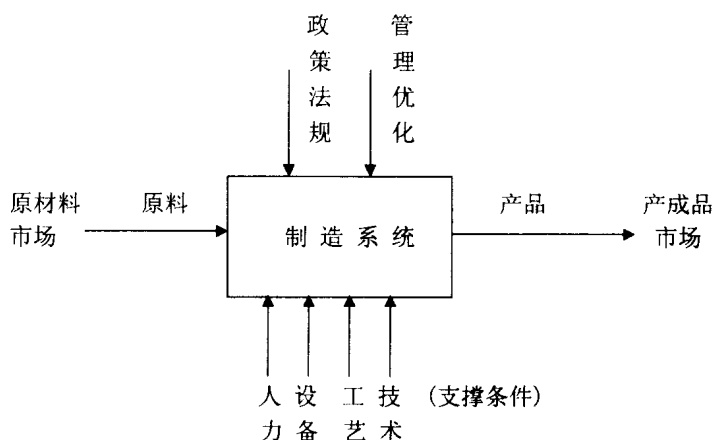


图 1.1 制造系统与它的两个市场

制造企业经济效益的好坏,不仅取决于制造附加值的高低,还直接取决于制造周期的长短。后一个因素还远没像前一个因素那样受到足够的重视。

制造系统按其制造类型可分为:

- **离散制造型**: 产品可数,加工过程非连续。如机械制造行业。
- **连续制造型**: 产品不可数,加工过程连续。如化肥、炼油等行业。
- **半连续制造型**: 介于前二者之间,一般产品不可数,加工过程是间歇式的。如钢铁工业。

离散制造系统按其制造的类型可分为:

- **流水制造型** (Flow manufacture): 大量使用专用设备,按流水线组织生产,产品批量大,种类少,且相近。

- **作业制造型** (Job manufacture)：主要使用通用设备，按不同工艺路线组织生产，产品变化范围相对较大。

按相同产品制造批量的大小还可将制造系统分为：

- **大批量生产型** (Mass production)：生产批量很大，相同的产品往往生产几天，乃至几个月以上。如汽车、电视机、通用电器等销量大的产品的制造厂家。
- **小批量生产型** (Batch production)：生产有一定的批量，但批量较小。相同产品往往只生产几十件或几百件。如通用机床，电动机、水泵等产品的制造厂家。
- **单件生产型** (One-of-a-kind production 或 One-off production，简称 OKP)：一种产品通常一次订货只生产一件。如锅炉、船舶、发电机、空压机等大型复杂产品的制造厂家。

一般说来，单件、小批量产品很难在流水线上生产，故大多是作业制造型。而大批量产品大多是流水制造型。但是，由于流水生产线的初始投资较大，有的大批量产品也可能是作业制造型。一个制造企业属于何种类型，生产什么产品，不仅取决于它的设备，更取决于它的技术积累。后者是以企业的设计人员、技术工人、管理方法、图纸资料积累以及相应的销售采购渠道等软件为载体的。因此，企业改变产品种类时，一定要权衡后者是否具备，或是否能够具备。

按生产的组织方式制造系统还可以分为：

- **面向库存生产** (Make To Stock, MTS)：生产的目的是补充库存，客户的需求直接由库存来满足。这种生产方式中，库存将生产和市场需求隔离开来，有利于生产的均衡进行，但却造成较高的产成品的库存。食品、日用化工品、大众化的服装等一般需求量大的商品大多按这种方式组织生产。
- **面向订单生产** (Make To Order, MTO)：生产的组织直接按客户的订单来计划安排。这种生产方式有利于促进企业不断改进产品类型，提高企业市场竞争力，但却往往要求企业有较高的生产能力，能够及时满足不断变化的客户需求。

在面向订单生产中，根据客户化的程度可分为：

- **按订单装配** (Assemble To Order, ATO)：零配件的制造加工是按批量生产的，只是在最终阶段根据客户的需求装配成不同的产品。这种生产方式客户化的程度较低，产品的基本结构是不可更改的，只是在规格、外观形状、颜色等较低的层面上才能满足客户的特殊需求。
- **按订单设计** (Engineering To Order, ETO)：完全根据客户的需要作工程设计，包括产品设计和加工工艺设计。这种生产方式客户化的程度较高，几乎可以满足客户的所有特殊要求，但制造的成本将大大高于其他生产方式。

另外，根据知识产权自有的程度，制造系统还可以分为：

- **自有品牌制造** (Brand Owned Manufacture, BOM)：企业拥有自己的品牌，对自己的产品拥有完全自主的知识产权。这种制造方式获得的生产附加价值由品牌的价值、新产品的价值和制造的附加值 3 部分组成。
- **自有设计制造** (Design Owned Manufacture, DOM)：企业有开发设计新产品的能力，但却没有自己的品牌，不得不借用其他品牌生产。这种制造方式由于没有自

身无形资产的积累，不得不向品牌拥有者交付高份额的利润。发展中国家许多制造业多是按这种模式生产。

- **自有设备制造** (Equipment Owned Manufacture, EOM)：企业既无自己的品牌，也无新产品设计能力，只能按品牌所有者提供的图纸和计划生产。这种企业自有知识产权的程度最低，往往只是来料加工，设计、订货、销售、采购全部在外。我国许多外资或合资的来料加工型企业都属于这种生产模式。

此外，根据所有制和行业的不同，制造系统还有许多不同的分类方法。这些五花八门的分类方法使得制造系统千变万化，各有特色。这就给制造系统的管理系统的设计和开发、数学模型的建立和优化计算带来了许多不同的问题。这些问题就是本书要讨论的重点。

1.2 ERP 的产生与发展

企业的资源计划 (Enterprise Resources Planning, ERP) 系统是当今世界上制造系统普遍采用的管理系统。它的产生与发展要追溯到 20 世纪 60 年代。

计算机技术的应用带来了信息处理的新纪元，20 世纪 60 年代，美国出现了一种新的库存计划与控制方法——物料需求计划系统 (Material Requirements Planning, MRP)。MRP 替代了此前广为应用的以库存订货点法为核心的库存计划方法。到了 20 世纪 70 年代，这种 MRP 在美国及一些西方国家开始得到了广泛应用，其他国家也相继效仿应用。MRP 起源于 20 世纪 60 年代的美国，是一种以计算机为基础的生产计划和库存控制系统。随着计算机的发展，基于计算机的 MRP 也先后得到了变革性的发展，即分别于 20 世纪 70 年代和 80 年代产生第二代闭环物料需求计划 MRP 和第三代制造资源计划 (Manufacturing Resources Planning) MRP-II 系统。20 世纪 90 年代以来，计算机网络技术得到迅猛发展，统一的世界市场正在形成，面对国际化的销售与采购市场及逐步形成的全球供应链环境，第四代企业资源计划 ERP 系统出现了。目前，ERP 系统的理论研究处于探索发展阶段。同前几代相比，还没有形成一个统一的系统结构，现有的国外 ERP 产品因生产厂家所面向的使用对象不同，系统结构在某种程度上有所差异。因此，研究 MRP 的发展，探讨 ERP 的系统结构，对于提高我国产业集成化管理的理论水平，推动国产化 ERP 的生产进程具有重大的理论和实际意义。

从 MRP 到闭环的 MRP 和 MRP-II，直到现代的 ERP，ERP 经过了以下几个主要的发展阶段：

1. 订货点法

订货点法是最初始的生产存储管理方法。订货点法始于 20 世纪 30 年代初期，是一种以统计方式来控制库存，即当实际库存降低到订货点或不低于安全库存时，按规定的订货数量提出订货的一种库存控制法。这种方法实质是补充库存，“补充”的含义是把库存量增至到原来的状态要求，不低于安全库存量，保证库存中有一定数量的存货，以备需要时随时取之使用。对于生产过程中的各种物料均有一个实际库存量和安全库存量问题，随着日

复一日的生产, 库存量被逐渐领用消耗, 库存量逐渐下降, 当库存量下降到某个时刻, 剩余的库存量可供消耗的时间, 恰好等于订货所需的时间即订货提前期。这时, 就开始下达生产制造与采购订单, 及时补充库存量, 这个时间的库存量称为订货点。当库存量继续被领用消耗, 实际库存量下降到安全库存量时, 恰好生产制造和采购到货入库, 保证了生产的连续性。此后, 重复上一个作业过程再补充库存量。这种库存补充方式称为 (S,s) 策略, 其中 s 为订货点, S 为补充到货后达到的最高库存量。

订货点法, 人们有时也称之为定量订货方式, 在稳定消耗的情况下, 订货点是一个固定值。反之, 也可按消耗速度来补充库存量, 这时的订货数量不再是一个固定的常数。

订货点法最大的缺陷是没有按照物料真正需要的时间来确定订货日期。订货点法只能在稳定消耗的情况下不会出现短缺, 但不能保证消耗多变的情况下也不会出现短缺。所以, 订货点法起不到降低库存的作用。从今天的观点来评价订货点法, 凡是均衡性消耗库存的, 订货点法仍然适用; 反之, 不能保证消耗多变的情况下不出现库存短缺, 在这种情况下, 订货点法实用价值已失去, 或不再那么大了。因为, 需求多时消耗快, 需求少时消耗慢, 这会造成库存过多的积压和资金的占用, 甚至会因对需求情况判断失误而陷入困境。库存多不会出现短缺, 对需求消耗有利, 可随时取之, 但降低不了库存, 过多地占用资金, 对财务成本却不利。况且即使有了库存, 也不一定能保证不出现短缺, 因为物料需求是随着需求变动在变化着。所以, 库存多不出现短缺与减少库存也不出现短缺, 这是一对制约矛盾。解决这对矛盾的有效方法就是 MRP。

订货点法在 20 世纪 30 年代至 50 年代, 是被制造企业普遍采用的一种方法, 曾发挥过它的作用。

2. 物料需求计划 MRP

MRP 是在订货点法的基础上发展形成的一种新的库存计划与控制方法, 是建立在计算机基础上的生产计划与库存控制系统。

MRP 改变了过去产品生产的方式, 提出了可以把任何一种产品的各种物料需求分为独立需求和相关需求。独立需求是指最终产品或备品备件即维修件, 它的数量是由市场与客户需求所决定的; 相关需求是指与最终产品需求直接相关, 它的需求量是由其最终产品的需求所决定的。人们又认为任何一个库存物料, 希望是在“恰好”需要它时才有库存。于是, 在库存状态中, 就此引入了“时间分段”概念, 就是把未来的需求、供给、库存、订货等的时间分段, 用天或周的方式来表达的一种方法。这个愿望在 20 世纪 60 年代中期以约瑟夫·奥列基博士 (Dr. Joseph A. Orlicky) 为首的美国几位生产与库存管理专家, 成功地开发了一套物料需求计划 MRP 系统而得以实现。

物料需求计划 MRP, 是一个生产计划与库存控制系统, 在需要的时间里得到恰好需要的物料数量, 并及时地制造或采购数量不多也不少的物料。因此, 当时有人把它称为“优先级计划”, 也有人把它称为“时段化需求计划系统”。

MRP 系统, 以产品结构即物料清单 BOM (Bill Of Material) 所构成的每个产品的零部件与零件之间结构关系上的信息为基础, 按照主生产计划 MPS (Master Production Planning) 的每一最终产品的数量和所必须要完成的日期即产品交货期为基准, 由 MRP 正确地逐层分

解计算出每一个物料的需求量，再与库存控制的库存记录 IC (Inventory Control) 的库存状态数据匹配，计算出物料的净需求，并以最终产品交货期为时间基准倒排计算出物料需求期，即决定了物料“需要什么 (what)、需要多少 (how many)、何时需要 (when)”。MRP 结构示意图如图 1.2 所示。

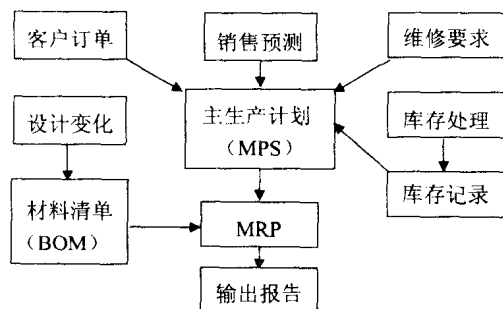


图 1.2 第一代物料需求计划 MRP 数据流程

MRP 是以物料需求活动为对象的物料需求管理系统，是一种安排未来生产的方法，它的核心是考虑物料与时间和数量之间的关系。从理论上说，MRP 可使库存物料降低到最低值——“零”，同时又能满足最终产品的需求。用现在的话说，MRP 类似于一种零件计划，能保证物料不发生短缺，又能不再造成物料积压在仓库中的一种容易见效的计划方法，真正地帮助制造企业生产计划调度人员消除每天生产中缺料和缺件或者是超储的心理压力。从此，MRP 成为一门新技术、新方法和新知识。

当时美国生产与库存控制学会 APICS (American Production and Inventory Control Society) 主持在全美国推广 MRP 运动，在美国形成了一股推动“MRP 十字军”的热潮。到了 1975 年美国制造业应用 MRP 的企业超过 700 多家，成为生产与库存控制管理的一种新的生产方式，取代了过去传统使用的统计订货点法库存控制。约瑟夫·奥列基博士预言“我深信此必为未来的趋势”。由此，这种方法不但在美国普遍推广应用，还在欧洲、日本等世界各地得到广泛应用。

3. 闭环 MRP

MRP 从出现到成功地应用，只局限于物料管理，还不能达到企业生产管理要求。于是，在 MRP 基础上，对其功能扩充，把优先顺序计划、能力计划、优先顺序控制与能力控制等 4 个基本功能，即把能力需求计划 CRP (Capacity Requirements Planning)、采购计划和车间作业等纳入，从而使计划更加切实可行，成为闭环 MRP (closed-loop MRP)，即闭环 MRP = MRP+。

所谓闭环 MRP，是指执行物料需求计划、能力需求计划、采购计划和作业计划，并在计划执行运作过程中，将来自车间、供应商和计划的信息进行计划平衡调整，使之尽可能满足物料的需求，从而使主生产计划得到协调与统一，这种有效地执行，形成了一个闭环系统，这是第一层思想。通过计划的执行与计划信息的反馈，并利用反馈信息进行平衡与

调整, 连成一个自我调节的闭环系统, 这是第二层思想。从而, 闭环 MRP 超越了 MRP 系统, 增强了生产计划和应变能力, 成为一个生产计划与控制系统。闭环 MRP 结构示意图如图 1.3 所示。

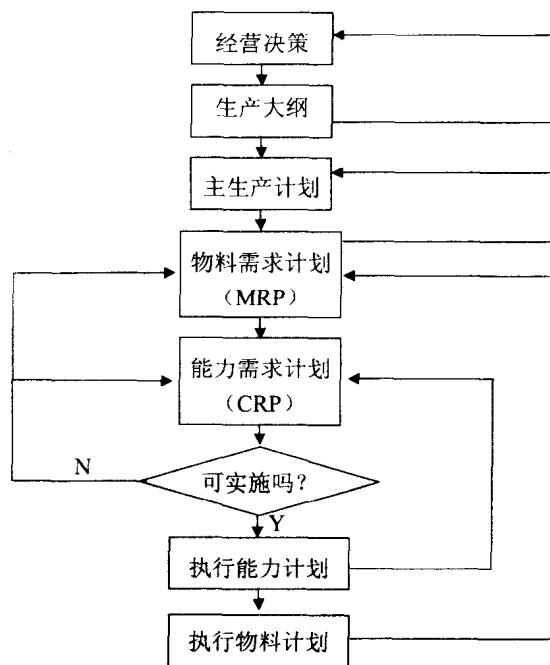


图 1.3 闭环 MRP 系统结构

4. 制造资源计划 MRP-II

闭环 MRP 系统的实际应用效果并不理想。其主要问题是：主生产计划仅考虑出能力计划平衡；经营决策计划层不能对生产计划控制层的变化作出相应地调整。20 世纪 80 年代，MRP 由局部性的物料需求计划扩展成对整个企业生产能力和制造资源的需求，形成制造资源计划（Manufacturing Resource Planning, MRP）。相对早期的物料需求计划 MRP，人们把后面的制造资源计划 MRP 称作 MRP-II，以示区别于前者，即 $\text{MRP-II}=\text{MRP}++$ 。

MRP-II 系统流程框图如图 1.4 所示。由图中可以看出，MRP-II 的基本思想是围绕生产过程中的物料转化组织制造资源实现按需及时生产的。制造资源包括生产资源（物料、人力、设备）、市场资源（销售、供应）、财务资源（资金来源和支出）和工程设计资源（产品结构和工艺过程设计与工程设计更改）等。MRP-II 系统仍沿用 MRP 计划逻辑处理生产计划、分配和财务计划。MRP-II 系统的功能实现：

- 能力平衡下的主生产计划：根据计划的零件需求量和企业中生产的基本信息计算出设备和人力的需求量、各种设备的负荷量，以便判断是否具有足够的生产能力。如果发现能力不足，就需要进行设备负荷调整和人力补充。如果能力实在无法平衡，就需调整生产计划。
- 采购和物料管理计划：根据 MRP 的输出和库存管理策略编制物料采购计划，进行

采购和库存管理。

- 企业财务管理：将企业各类活动与财务数据结合起来，作出各种成本核算和效益分析，帮助企业进行更为有效地管理。
- 生产活动控制：以调整后的物料需求计划的输出作为输入，根据各种优先准则，自动编制车间作业计划。

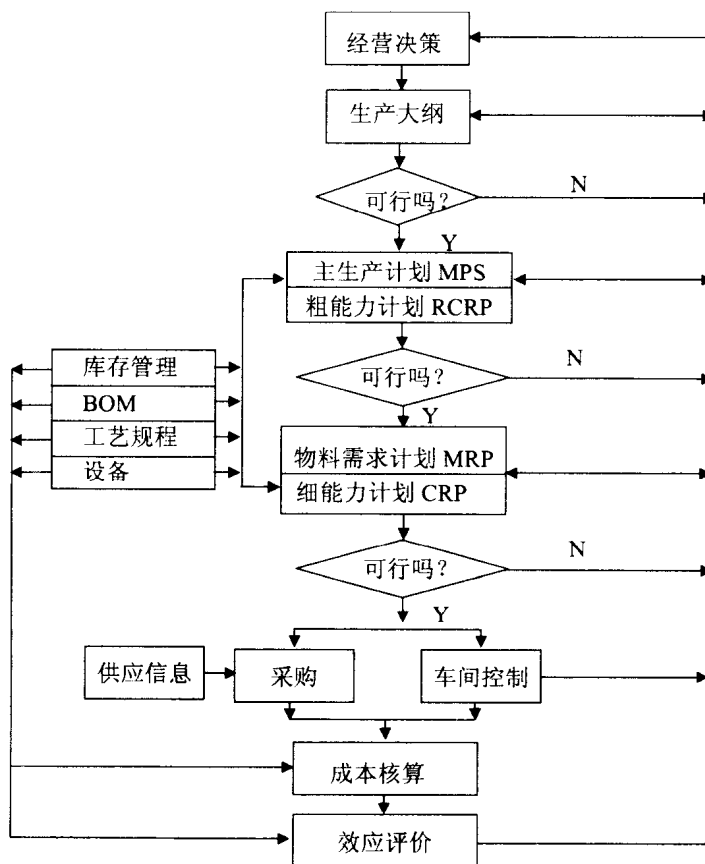


图 1.4 MRP-II 的结构示意图

20 世纪 80 年代末期，MRP-II 系统的理论发展已处于成熟期，大规模复杂的 MRP-II 系统已由开发商形成产品，但其实际应用效果却往往实现不了按需及时生产的目的。这样，90 年代初，人们又将准时生产制 JIT (Just In Time) 思想引入到 MRP-II 的系统中，并结合解决生产能力变化问题的一些改进方法，形成一种 MRP-II/JIT 混合管理模式，也有人称之为 MRP-III 系统。可见，MRP-III 系统是在 MRP-II 的基础上进行局部性改进所发展起来的一种企业生产管理系统。

5. 企业资源计划 ERP

进入 20 世纪 90 年代，计算机及信息技术的迅猛发展，使企业的供、产、销形成国际化市场。在这种全球供应链环境下，制造业也承受着变革所带来的巨大压力，主要是：

- 生产联盟是国际化经济的一个方面，物料运输成为企业的一个重要决策问题。
- 销售市场竞争更加激烈，产品的价格、质量、交货期、客户化程度等成为企业最关注的问题。
- 产品的时效性得到更充分的体现。
- 按用户需求制造的思想。
- 开发式市场要求企业能根据不同的需求对象作出快速的反应。
- 企业商务离不开子承包商和供应商，供应链管理是一项重要工作。
- 信息技术和电子通讯产品推动企业分布式结构。
- 知识人员的短缺以及项目组的形成。

为满足现代制造企业生产的发展要求，人们提出了敏捷制造的思想，即通过把灵活的虚拟组织机构或动态联盟、先进的柔性生产技术和高素质的人员进行全面集成，从而使企业从容应付快速变化和不可预测的市场需求，获得企业长期经济效益，这为企业从战略角度解决了发展方向问题。然而这种战略思想的实现不仅取决于设备的先进程度，更取决于先进的企业管理模式。这样，作为目前制造业主导管理模式的 MRP-II 系统，是否仍能适应这种现代化生产的管理要求，成为企业研究人员倍加关注的问题。

20 世纪 90 年代初期，Mozeson 在研究 MRP-II 系统的应用后指出，管理者对 MRP-II 系统的应用不满意，是受到对这些产品的过高宣传的影响，人们没有认识到这种简单实施的系统是不能实现真正意义上的经营改善；MRP-II 系统仅是一种执行命令的系统，如果能在综合考虑制造策略、调度技术、财务管理库存后再发布执行命令，那么这些系统的实际应用会更好。因此，要形成一个多学科的工程项目组来进行设计和确定经营活动。

Kessler 也指出 MRP-II 系统必须进行根本改变以实现敏捷制造的思想，主要从如下 3 个方面：①新的信息管理。②全面集成化的经营思想。③产品质量管理和缩短提前时间。同样，Lopes 也认为对 MRP-II 系统仅靠增加和连接几个功能模块环式的改进，不能解决未来企业所存在的问题，必须产生一种全新设计的包括 MRP-II 系统的第四代管理系统来掌管未来企业。企业资源计划 ERP (Enterprise Resources Planning) 一词是由 Gartner Group, Inc (GGI) 咨询顾问与研究机构于 20 世纪 90 年代初提出来的。GGI 提出了 ERP 概念及其内涵，即把 ERP 界定内容超越了 MRP-II，信息集成范围更为广阔，并且支持动态监控，支持多行业、多地区、多模式或混合式。ERP 具有强大的系统功能，灵活地应用环境和实时控制能力，是制造业未来信息时代的一种管理信息系统。

随着经济的全球化、市场的国际化、需求的多元化和个性化，商品流通领域发生了很大变化，企业竞争空间与商业范围进一步扩大，企业国际化的客户竞争与产品销售竞争越来越激烈，并且采购市场已超越了国界。正是在这一面向社会化生产越来越现实的全球市场背景下，MRP-II 才逐渐发展成包括面向供需链的新一代的企业资源计划 ERP，即 $ERP = MRP+++$ 。

ERP 是 MRP-II 系统的扩充形态，它是站在全球市场环境下，从全局角度对经营与生产进行的计划方式和企业集成的经营管理系统。其特点为：

- ERP 更加面向市场，面向经营，面向销售，它将供应链管理功能包含进来，强调了供应商、制造商与分销商三者之间的伙伴关系，产品的分销需求计划 DRP

(Distribution Requirement Planning) 成为 ERP 的重要组成部分。

- ERP 更强调企业流程与 workflow, 通过工作关系实现企业的人员、财务、制造与分销的集成。
- ERP 更多地强调财务, 具有较完善的财务管理体系, 使得价值管理概念得以实施。
- 资金流与物流、信息流更加有机地结合。
- ERP 较多地考虑人的因素作为资源在生产经营规划中的作用, 也考虑了人的培训成本等。
- 在生产制造中, ERP 支持 MRP-II/JIT 混合管理模式, 也支持多种生产方式(离散制造、连续流程制造等)的管理模式。
- ERP 采用最新的计算机技术, 如客户/服务器分布式结构、面向对象技术、电子数据交换 EDI、多数据库集成、图形用户界面、第四代语言及辅助工具等。

典型 ERP 的结构示意图如图 1.5 所示。

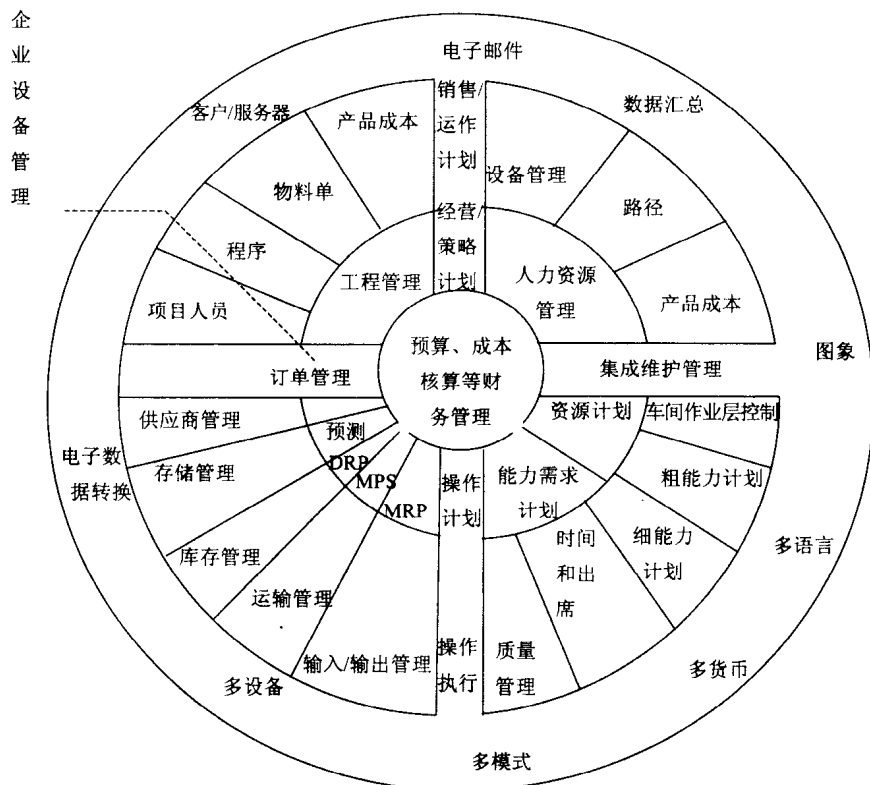


图 1.5 ERP 的结构示意图

MRP, 从 20 世纪 50 年代的订货点法, 发展到今天的 ERP, 即从订货点法→MRP→闭环 MRP→MRP-II→ERP, 经历了 5 个功能发展阶段。

(1) 20 世纪 50 年代订货点法是以库存物料不低于安全库存提出订货的一种方法, 解决了库存按订货点来补充, 实现了对物料的库存控制。