

面向负荷的生产控制  
(Load-Oriented Manufacturing Control)

理论基础、方法与实践

汉斯·彼得·维茵达尔著  
(H. P. Wiendahl)

肖田元 范玉顺 姚小冬译

# 前言

由于日益激烈的国际竞争，生产计划与控制（PPC）对生产企业具有越来越重要的意义。缩短交货期、准时交货和低库存是企业最重要的目标。与此相反，原先最受重视的机床利用率指标的地位却不断下降。

尽管在生产计划与控制中已经广泛使用数据处理系统，但是众多的调查研究表明：至今为止在实际中应用的生产控制系统既不能持续地评价上述目标，也不能够对其进行直接的影响。其后果是：花了很多精力而获得的任务分配表很快就过时而不可信。由于这个原因，为了使任务能在有许多延迟和变动的情况下按时完成，除了正式的生产控制系统外，车间主任还需使用许多非正式的系统。

在这种形势下，随着计算机集成制造（CIM）和后勤学概念的引入，计划人员对新的生产控制方法的兴趣越来越浓厚。这种新的方法能够在不同的计划条件下的特定生产流程控制策略进行监视。这其中受到广泛关注的一种方法是日本的看板控制（Kanban）系统。这种方法追求低的库存、短的生产周期和良好的生产计划性能。特别是以其极低的系统控制量而令人惊奇。

然而经验表明，看板控制系统仅适用于一定的范围，这是因为许多企业的生产结构并不能满足看板控制系统所需的必要条件。

本书提出了一种新的、自成体系的生产控制方法。它主要针对多变的车间作业制造企业。本书的中心内容是论述制造过程的通用模型，它可以应用于普通的以及自动化的制造系统。本书的撰写作了特别的考虑，即使是数学造诣不深的读者也可逐步通阅各个主题，通过大量的示例以使本书的方法和基本模块便于实际应用。

本书的撰写基于德国汉诺威大学工厂设备研究所（Institut für Fabrikanlagen at Hannover University—简称 IFA）多年的研究成果。本研究工作由该研究所的首任所长凯特纳博士（Dr.-Ing. Kettner）于 1972 年开始。自 1979 年以来由本书作者继续开展。本研究项目得到了德国联邦和私人研究机构的支持，包括德国联邦研究与技术部（BMFT）的支持。自 1979 年以来，已有许多有关制造控制方法的商用软件出现，制造控制方法已经在超过 100 个的德国和欧洲工厂进行了成功的应用。

我对许多帮助我完成这本书的人员表示感谢。本书的德文版的完成得到了贝其特博士（Dr.-Ing. W. Bechte）、爱尔登布鲁赫博士（Dr.-Ing. B. Erdlenbruch）、和布赫曼博士（Dr.-Ing. W. Buchmann）的特别支持。冯·维得麦尔先生（Dipl.-Ing. H. G. von Wedemeyer）帮助校对了大量的图表并仔细检查了手稿。我还要感谢布朗斯女士（M. Bruns）为本书精心绘制了插图，感谢我秘书处的女士们打印文稿；感谢肖玛菲尔得女士（I. Sommerfeld）对文稿进行的不厌其烦的审阅和校对。

最后。我崇敬地思念我的同事和前辈凯特纳博士、教授，他作为汉诺威漏斗模型和面向负荷的任务释放方法之父为这种新的生产控制方法奠定了基础。

汉诺威，1994 年 2 月

汉斯·彼得·维茵达尔

# 目录

## 第1章 引言

- 1.1 前言
- 1.2 生产环境的变化
  - 1.2.1 生产率
  - 1.2.2 灵活性
  - 1.2.3 工作场所的吸引力
- 1.3 生产控制目标的转变
- 1.4 实际生产中的调度问题
- 1.5 传统生产控制方法的缺点
- 1.6 参考文献

## 第2章 传统的生产计划和控制方法

- 2.1 摘要
- 2.2 概述
- 2.3 生产周期调度和能力调度
  - 2.3.1 单个工序的生产周期调度
    - 2.3.1.1 生产周期的计算
    - 2.3.1.2 缩短工序间隔时间
    - 2.3.1.3 工序重叠
    - 2.3.1.4 工序分解
  - 2.3.2 单个工序的能力调度
    - 2.3.2.1 有限加载
    - 2.3.2.2 能力调整
    - 2.3.2.3 能力平衡
- 2.4 对传统生产周期计划方法的评价
- 2.5 对新的生产计划和控制方法的要求
- 2.6 参考文献

## 第3章 生产周期—生产控制的关键术语

- 3.1 摘要
- 3.2 引言
- 3.3 生产周期及其成分
- 3.4 单个工作中心上的算术和加权平均生产周期
- 3.5 任务周期
- 3.6 工作中心生产周期的统计分析
  - 3.6.1 算术和加权平均生产周期的绝对和相对频度分布
  - 3.6.2 算术和加权平均工序时间

- 3.6.3 算术和加权平均工序时间百分比
- 3.6.4 算术和加权生产周期的中值
- 3.6.5 算术和加权生产周期的标准方差
- 3.6.6 算术和加权生产周期的变化系数
- 3.6.7 算术和加权任务时间的中值、标准方差和变化系数
- 3.7 车间日历中的工作中心生产周期
  - 3.7.1 流量元素的转换
  - 3.7.2 车间日历中的频度分布和统计分析
- 3.8 计算的生产周期值的测量不确定性和精度
- 3.9 实际生产周期测量的例子
  - 3.9.1 工作中心生产周期
  - 3.9.2 工序生产周期
  - 3.9.3 任务周期
- 3.10 参考文献

#### 第4章 流量图—生产过程的实际通用模型

- 4.1 摘要
- 4.2 历史回顾
- 4.3 流量图的基本形式
- 4.4 工作中心流量图及其基本参数
  - 4.4.1 工作中心流量图的绘制
  - 4.4.2 平均库存
  - 4.4.3 平均时间数据
    - 4.4.3.1 平均持续时间
    - 4.4.3.2 平均提前期
    - 4.4.3.3 加权平均生产周期
  - 4.4.4 平均持续时间、平均提前期和加权平均生产周期之间的关系
    - 4.4.4.1 生产周期的库存变化比
    - 4.4.4.2 加权生产周期的顺序量
    - 4.4.4.3 时间参数之间的短期和长期的关系
  - 4.4.5 平均计划能力、平均实际能力和平均利用率
  - 4.4.6 平均库存、平均实际能力和加权平均生产周期之间的关系
  - 4.4.7 加权平均脱期
- 4.5 任务流量图
  - 4.5.1 扩展的工作中心流量图
  - 4.5.2 如何得到任务流量图
- 4.6 参考文献

#### 第5章 生产过程的分析、监控和诊断

- 5.1 摘要
- 5.2 生产过程的监控

- 5.3 生产过程分析
  - 5.3.1 流程概况
  - 5.3.2 分析和表示的形式
  - 5.3.3 结果表示形式
  - 5.3.4 改善生产过程的一般规则和可能性
- 5.4 生产过程的持续监控系统
  - 5.4.1 目标和概念
  - 5.4.2 一个持续监控系统的例子
  - 5.4.3 一个持续监控系统的使用结果
- 5.5 用流量图对生产过程进行诊断
  - 5.5.1 库存分解
  - 5.5.2 生产周期的分解
  - 5.5.3 从生产过程的监控和诊断中推导出应采取的措施
- 5.6 流量图和关键数据的彩色图形表示
  - 5.6.1 生产分析的结果表示
  - 5.6.2 中期的生产过程监控图
- 5.7 生产控制的含义
- 5.8 参考文献

## 第6章 面向负荷的生产任务投放

- 6.1 摘要
- 6.2 基本关系
- 6.3 方法
- 6.4 加载任务的折算
- 6.5 任务投放过程的演示实例
- 6.6 负荷限额和加载比的选择
- 6.7 将任务控制和生产控制相结合
- 6.8 在仿真和实际中负荷限额和日期限额参数的影响
  - 6.8.1 用制造过程的仿真作为辅助工具来检验控制算法
  - 6.8.2 负荷限额的影响
  - 6.8.3 日期限额的作用
- 6.9 面向负荷的任务投放方法的控制器模拟
- 6.10 面向负荷任务投放方法中的优先级规则和任务排序
- 6.11 参考文献

## 第7章 面向日期调度的能力计划与控制

- 7.1 摘要
- 7.2 问题和方法
- 7.3 负荷中心的确定
- 7.4 面向日期调度的能力计划方法
- 7.5 参考文献

## 第8章 面向负荷的生产控制方法的实现

### 8.1 摘要

### 8.2 前提条件

- 8.2.1 批量大小对库存和平均生产周期的影响
- 8.2.2 任务必须有计划完工日期
- 8.2.3 工艺计划中应包含标准工时
- 8.2.4 毛坯、刀具、夹具和 NC 程序必须是可用的
- 8.2.5 机床和人员的可用能力必须已知
- 8.2.6 工序反馈报告必须完整且足够准确

### 8.3 面向负荷的生产控制的程序模块

- 8.3.1 概述
- 8.3.2 能力计划
- 8.3.3 释放计划
- 8.3.4 任务排序
- 8.3.5 监测数据的计算

### 8.4 系统的用户界面和硬件配置

### 8.5 系统实现策略

### 8.6 面向负荷的生产控制方法在自动化生产中的应用

- 8.6.1 对柔性制造系统 (FMS) 的控制
- 8.6.2 与 CIM 集成

### 8.7 面向负荷的生产控制的效益

- 8.7.1 经济效益
- 8.7.2 技能和主动性

### 8.8 参考文献

## 第9章 面向负荷的生产控制与其它方法的比较

### 9.1 摘要

### 9.2 概述

### 9.3 看板原理

### 9.4 作业进展数控制

### 9.5 采用图形控制台 (电子牌) 的有限控制

### 9.6 排队模型

### 9.7 OPT 系统

### 9.8 参考文献

## 第10章 总结

## 附录



## 书中所使用的缩写和符号

AB	基本面积	IFL	流量库存
AC	控制面积	II	初始库存
AF	流量面积	IITC	初始库存变化比
AFI	期末库存面积	IL	批库存
AFIA	期末库存附加面积	ILO	剩余库存
AH	期望周期	INP	输入
AI	库存面积	IS	计划输入
AII	初始库存面积	ITC	库存变化比
AIIA	初始库存附加面积	LC	负荷中心
AINSD	负的输入计划偏差面积	LHC	小时工作量
AIPSD	正的输入计划偏差面积	LIFO	后进先出规则
AL	批面积	LL	负荷限额
ALT	生产周期面积	LOT	最长工序时间规则
AONSD	负的输出计划偏差面积	LPG	负荷百分比
AOPSD	正的输出计划偏差面积	MED	中值
AP	正的面积	MRPII	制造资源计划
ATA	提前期面积	NK	看板数量
BF	期末基本库存	NSD	负计划偏差
BOM	物料清单	OLO	输出脱期/任务脱期
C	能力	OLOP	正加权输出脱期
CC	容器内容	OP	工序
CDAY	日生产能力	OPO	每个任务的工序数
CF	转换因子	OS	计划输出
CIM	计算机集成制造	OUT	输出
CV	变化系数	P	参考周期
DD	日常需求	PDC	生产数据采集
DEL	延迟	PDP	生产数据处理
ENT	进入	PE	性能
EOQ	经济定单数量	$P_{inp}$	任务输入可能性
ER	效率系数	POS	加权位置
FAS	柔性装配系统	$P_{out}$	任务输出可能性
FIFO	先进先出规则	PPC	生产计划与控制
FITC	期末库存变化比	PSD	正计划偏差
FMS	柔性制造系统	Q	数量/批量大小
Hrs	小时	R	持续时间
IB	基本库存	RAT	比例
IBI	初始基本库存	RB	基本持续时间
IC	控制库存	RC	控制持续时间
IF	期末库存	REL	释放

RF	流量持续时间	TOP <sub>mw</sub>	加权平均工序时间
RFI	期末库存持续时间	TOPP	工序时间百分比
RII	初始库存持续时间	TOPS	工序时间标准方差
RL	批量持续时间	TOP <sub>w</sub>	加权工序时间
RPR	相关生产率	tOR	任务释放时间
SCD	车间日历工作日	TO <sub>s</sub>	算术任务时间标准方差
SD	加权计划偏差	TO <sub>v</sub>	算术任务时间变化系数
SOT	最短工序时间规则	TO <sub>vw</sub>	加权任务时间变化系数
STA	标准方差	tPB	加工开始时刻
TA	提前期	tPE	加工结束时刻
TB	缓冲时间	tPEU	前道工作中心加工结束时刻
TIO	工序间隔时间	TPO	单个任务加工时间
TLG	生产周期组中的最大值	TPU	单件加工时间
TL	生产周期	TS	准备时间
TL <sub>m</sub>	算术平均生产周期	tSB	准备开始时刻
TLM	加权平均实际生产周期	TT	运输时间
TL <sub>mw</sub>	加权平均生产周期	TU	单件时间
TLSC	生产周期顺序量	TW	等待时间
TLV	算术生产周期变化系数	TWA	加工后等待时间
TO	任务时间	TWB	加工前等待时间
tOC	任务完成日期	U	利用率
TOL	任务周期	VAC	变化系数
TO <sub>m</sub>	算术平均任务时间	WC	工作中心
TO <sub>mw</sub>	加权平均任务时间	WD	工作日
TOP	工序时间	Wks	周
TOP <sub>m</sub>	平均工序时间		