

面向负荷的生产控制

Load-Oriented Manufacturing Control

理论基础、方法与实践

[德] Hans-Peter Wiendahl 著

肖田元 范玉顺 姚小冬 译

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书分析了现有主要的生产控制方法之不足,在此基础上提出了生产过程的通用模型——漏斗模型,它将每个工作中心或系统视为一个漏斗,用“流通图”的形式加以描述。该流通图用图形和数值方法表示工作中心在整个时间上的输入与输出。书中说明了四个关键值——库存,生产周期,利用率,计划偏差以及其它关键值如何能从流通图计算得到以及如何图形化地加以表示。由此出发,书中提出“面向负荷的生产控制”概念,其特点是“面向模型”,“更透明”,“易于处理”。加之,由于它是一种统计的方法,它保证了任务快捷而平稳的通过。这种方法支持了制造控制和管理中的人员,而不是取代它们,人的能力和经验可得到很好的应用。

本书的特点是基于大量的生产实际,理论部分易于理解,并有丰富图表说明,既适于研究人员参考,也适于生产管理人员阅读,也可作为相关专业的教学参考书。

版权所有,翻印必究

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售

北京市版权局著作权合同登记号: 01—1999—0139

© 1987 Carl Hanser Verlag München Wien

Original German Language Edition Published by Carl Hanser Verlag München Wien.

All Rights Reserved.

For sale in Mainland China only.

图书在版编目(CIP)数据

面向负荷的生产控制: 理论基础、方法与实践/[德] Hans-Peter Wiendahl 著;肖田元等译. —北京: 清华大学出版社, 1999

ISBN 7-302-03364-1

I. 面… II. ①维… ②肖… III. 工业企业管理; 生产管理-方法 IV. F406.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 05111 号

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者: 清华园胶印厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 **印张:** 21 **字数:** 495 千字

版 次: 1999 年 6 月第 1 版 1999 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-03364-1/F·219

印 数: 0001 ~ 5000

定 价: 36.00 元

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:迄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生产系统研究所(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,已有许多有关该制造控制方法的商用软件出现,该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·维得麦冶尔先生(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

译者的话

自 70 年代以来,世界市场由过去传统的相对稳定逐步演变成动态多变,由过去的局部竞争演变成全球范围内的竞争;同行业之间、跨行业之间的相互渗透、相互竞争日益激烈。为了适应变化迅速的市场需求,提高竞争力,现代企业必须解决 TQCS 难题,即以最快的上市速度(T-Time to Market)、最好的质量(Q-Quality)、最低的成本(C-Cost)、最优的服务(S-Service)来满足不同顾客的需求。

在市场经济的环境下,企业根据用户订单或市场预测确定生产计划,组织生产。然而,由于用户需求的随机性(订货时间、批量、品种、交货期等)以及市场原材料或零部件供应的随机性,企业的生产组织变得日益复杂。多种产品同时在生产线上流动,生产调度任务十分繁重,仅仅依靠传统的生产计划方法显然难以保证企业高效、均衡的生产。

近几十年来,人们对生产计划与控制进行了大量的研究。德国汉诺威大学生产系统研究所所长汉斯·彼特·维茵达尔(Hans-Peter Wiendahl)教授在该所多年进行的生产计划与控制研究的基础上,撰写了本书。书中分析了现有主要的生产控制方法之不足,在此基础上提出了生产过程的通用模型——漏斗模型,它将每个工作中心或系统视为一个漏斗,用“流量图”的形式加以描述。该流量图用图形和数值方法表示工作中心在整个时间上的输入与输出。书中说明了四个关键值——库存、生产周期、利用率、计划偏差以及其它关键值如何能从流量图计算得到以及如何图形化地加以表示。由此出发,书中提出“面向负荷的生产控制”概念,其特点是“面向模型”,“更透明”,“易于处理”。加之,由于它是一种统计的方法,它保证了任务快捷而平稳的通过。这种方法支持了制造控制和管理中的人员,而不是取代它们,人的能力和经验可得到很好的应用。

本书的特点是基于大量的生产实际,理论部分易于理解,并有丰富图表说明,既适于研究人员参考,也适于生产管理人员阅读,也可作为相关专业的教学参考书。本书基于英文版翻译而成。由于译者的水平有限,错误在所难免,敬请读者批评指正。

译者

1997 年 12 月

目 录

书中所使用的缩写和符号	9
主题词	11
第 1 章 引言	1
1.1 前言	1
1.2 生产环境的变化	1
1.2.1 生产率	2
1.2.2 灵活性	3
1.2.3 工作场所的吸引力	3
1.3 生产控制目标的转变	3
1.4 实际生产中的调度问题	4
1.5 传统生产控制方法的缺点	8
1.6 参考文献	9
第 2 章 传统的生产计划和控制方法	11
2.1 摘要	11
2.2 概述	11
2.3 生产周期调度和能力调度	13
2.3.1 单个工序的生产周期调度	16
2.3.1.1 生产周期的计算	16
2.3.1.2 缩短工序间隔时间	17
2.3.1.3 工序重叠	19
2.3.1.4 工序分解	20
2.3.2 单个工序的能力调度	22
2.3.2.1 有限加载	22
2.3.2.2 能力调整	22
2.3.2.3 能力平衡	23
2.4 对传统生产周期计划方法的评价	24
2.5 对新的生产计划和控制方法的要求	27
2.6 参考文献	30
第 3 章 生产周期—生产控制的关键术语	33
3.1 摘要	33
3.2 引言	33

3.3	生产周期及其成分	36
3.4	单个工作中心上的算术和加权平均生产周期	41
3.5	任务周期	47
3.6	工作中心生产周期的统计分析	49
3.6.1	算术和加权平均生产周期的绝对和相对频率分布	49
3.6.2	算术和加权平均工序时间	53
3.6.3	算术和加权平均工序时间百分比	56
3.6.4	算术和加权生产周期的中值	57
3.6.5	算术和加权生产周期的标准方差	58
3.6.6	算术和加权生产周期的变异系数	59
3.6.7	算术和加权任务时间的中值、标准方差和变异系数	60
3.7	车间日历中的工作中心生产周期	62
3.7.1	流量元素的转换	62
3.7.2	车间日历中的频率分布和统计分析	63
3.8	计算的生产周期值的测量不确定性和精度	66
3.9	实际生产周期测量的例子	68
3.9.1	工作中心生产周期	69
3.9.2	工序生产周期	73
3.9.3	任务周期	75
3.10	参考文献	79
第4章	流量图—生产过程的实际通用模型	81
4.1	摘要	81
4.2	历史回顾	81
4.3	流量图的基本形式	85
4.4	工作中心流量图及其基本参数	86
4.4.1	工作中心流量图的绘制	86
4.4.2	平均库存	92
4.4.3	平均时间数据	94
4.4.3.1	平均持续时间	94
4.4.3.2	平均提前期	95
4.4.3.3	加权平均生产周期	97
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	99
4.4.4.1	生产周期的库存变化比	99
4.4.4.2	加权生产周期的顺序量	101
4.4.4.3	时间参数之间的短期和长期的关系	104
4.4.5	平均计划能力、平均实际能力和平均利用率	104
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	106
4.4.7	加权平均脱期	107

4.5	任务流量图	110
4.5.1	扩展的工作中心流量图	110
4.5.2	如何得到任务流量图	114
4.6	参考文献	115
第 5 章	生产过程的分析、监控和诊断	116
5.1	摘要	116
5.2	生产过程的监控	116
5.3	生产过程分析	117
5.3.1	流程概况	117
5.3.2	分析和表示的形式	125
5.3.3	结果表示形式	133
5.3.4	改善生产过程的一般规则和可能性	138
5.4	生产过程的持续监控系统	140
5.4.1	目标和概念	140
5.4.2	一个持续监控系统的例子	142
5.4.3	一个持续监控系统的使用结果	151
5.5	用流量图对生产过程进行诊断	157
5.5.1	库存分解	157
5.5.2	生产周期的分解	162
5.5.3	从生产过程的监控和诊断中推导出应采取的措施	167
5.6	流量图和关键数据的彩色图形表示	168
5.6.1	生产分析的结果表示	168
5.6.2	中期的生产过程监控图	171
5.7	生产控制的含义	176
5.8	参考文献	176
第 6 章	面向负荷的生产任务投放	180
6.1	摘要	180
6.2	基本关系	180
6.3	方法	182
6.4	加载任务的折算	187
6.5	任务投放过程的演示实例	189
6.6	负荷限额和加载比的选择	194
6.7	将任务控制和生产控制相结合	203
6.8	在仿真和实际中负荷限额和日期限额参数的影响	204
6.8.1	用制造过程的仿真作为辅助工具来检验控制算法	204
6.8.2	负荷限额的影响	215
6.8.3	日期限额的作用	221

6.9	面向负荷的任务投放方法的控制器模拟	223
6.10	面向负荷任务投放方法的优先级规则和任务排序	224
6.11	参考文献	228
第 7 章	面向日期调度的能力计划与控制	231
7.1	摘要	231
7.2	问题和方法	231
7.3	负荷中心的确定	233
7.4	面向日期调度的能力计划方法	236
7.5	参考文献	242
第 8 章	面向负荷的生产控制方法的实现	244
8.1	摘要	244
8.2	前提条件	244
8.2.1	批量大小对库存和平均生产周期的影响	245
8.2.2	任务必须有计划完工日期	249
8.2.3	工艺计划中应包含标准工时	251
8.2.4	毛坯、刀具、夹具和 NC 程序必须是可用的	251
8.2.5	机床和人员的可用能力必须已知	253
8.2.6	工序反馈报告必须完整且足够准确	254
8.3	面向负荷的生产控制的程序模块	255
8.3.1	概述	255
8.3.2	能力计划	256
8.3.3	投放计划	258
8.3.4	任务排序	259
8.3.5	监测数据的计算	260
8.4	系统的用户界面和硬件配置	262
8.5	系统实现策略	265
8.6	面向负荷的生产控制方法在自动化生产中的应用	267
8.6.1	对柔性制造系统(FMS)的控制	267
8.6.2	与 CIM 集成	269
8.7	面向负荷的生产控制的效益	274
8.7.1	经济效益	274
8.7.2	技能和主动性	275
8.8	参考文献	276
第 9 章	面向负荷的生产控制与其它方法的比较	281
9.1	摘要	281
9.2	概述	281

9.3	看板原理	284
9.4	作业进展数控制	287
9.5	采用图形控制台(电子牌)的有限控制	289
9.6	排队模型	291
9.7	OPT 系统	293
9.8	参考文献	296
第 10 章	总结	298
附录 A	300
附录 B	307

书中所使用的缩写和符号

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

PE	性能	tOC	任务完成日期
P_{inp}	任务输入可能性	TOL	任务周期
POS	加权位置	TO_m	算术平均任务时间
P_{out}	任务输出可能性	TO_{mw}	加权平均任务时间
PPC	生产计划与控制	TOP	工序时间
PSD	正计划偏差	TOP_m	平均工序时间
Q	数量/批量大小	TOP_{mw}	加权平均工序时间
R	持续时间	TOPP	工序时间百分比
RAT	比例	TOPS	工序时间标准方差
RB	基本持续时间	TOP_w	加权工序时间
RC	控制持续时间	tOR	任务投放时间
REL	投放	TOs	算术任务时间标准方差
RF	流量持续时间	TOv	算术任务时间变异系数
RFI	期末库存持续时间	TOV_w	加权任务时间变异系数
RII	初始库存持续时间	tPB	加工开始时刻
RL	批量持续时间	tPE	加工结束时刻
RPR	相关生产率	tPEU	前道工作中心加工结束时刻
SCD	车间日历工作日	TPO	单个任务加工时间
SD	加权计划偏差	TPU	单件加工时间
SOT	最短工序时间规则	TS	准备时间
STA	标准方差	tSB	准备开始时刻
TA	提前期	TT	运输时间
TB	缓冲时间	TU	单件时间
TIO	工序间隔时间	TW	等待时间
TLG	生产周期组中的最大值	TWA	加工后等待时间
TL	生产周期	TWB	加工前等待时间
TL_m	算术平均生产周期	U	利用率
TLM	加权平均实际生产周期	VAC	变异系数
TL_{mw}	加权平均生产周期	WC	工作中心
TLSC	生产周期顺序量	WD	工作日
TLV	算术生产周期变异系数	Wks	周
TO	任务时间		

主 题 词

A

actual lead time	实际生产周期
actual mean lead time per operation	每道工序的实际平均生产周期
advanced time, mean	提前期, 平均提前期
allowance = planned lead time	规定期限 = 计划生产周期
anticipation horizon	期望周期
arrivals and completions, cumulative plot	到达和完成情况, 累计图
authentic lead time measurements	实际的生产周期测量值

B

backward scheduling	逆向调度
---------------------	------

C

capacity	能力
capacity adjustment	能力调整
capacity alignment	能力修正
capacity monitoring diagram	能力监视图
capacity planning	能力计划
capacity planning scheduling	能力计划调度
capacity scheduling	能力调度
characteristic production curves	生产特性曲线
characteristic production lines with lot splitting	具有批量分解的生产特性曲线
check criteria for feedback data	反馈数据的校验准则
closed-loop scheduling cycle	闭环调度周期
computer integrated manufacturing(CIM)	计算机集成制造
continuous monitoring system	连续监控系统
control loop of load-oriented order release	面向负荷的任务投放控制回路

control-loop model of production scheduling and control	生产调度和控制的控制回路模型
conversion factor (of an order)	(任务的)转换因子
conversion of order times	任务时间转换
conversion of work content	工作量转换
converted orders	转换后的任务
cumulative curves of order stock and scheduled capacity	任务积存和调度能力的累计曲线
cumulative plot of arrivals and completions	到达和完成情况累计曲线
current range, determination	当前区间,确定

D

daily capacity	日常能力
data collection period	数据采集阶段
data record for DUBAF analysis	DUBAF 分析的数据记录
dispatching rules, effects on lead time	分发规则,对生产周期的影响
distribution of flow time	通过时间分布
distribution of order time, evaluation	任务时间的分布,评估
distribution of simple and weighted mean actual lead time per operatuion	每道工序的算术平均和加权平均的实际生产周期的分布
distribution of simple and weighted order lead time	算术和加权的任务生产周期分布
distribution of simulated lead time	仿真的生产周期的分布
DUBAF analysis, data record	DUBAF 分析,数据记录

E

Electronic Leitstand	电子控制
essential key data of work center, calculation	工作中心的基本核心数据,计算
extended work center throughput diagram	扩展的工作中心的流量图

F

feedback data, accuracy check criteria	反馈数据,精度校验准则
--, evaluation	评估
finite loading	有限加载
flow time = actual lead time	通过时间 = 实际生产周期
flow time, components	通过时间,成分

--, distribution	——,分布
flow time and inventory analysis	通过时间和库存分析
flow time reduction, approaches	缩短 通过时间,方法
flow times, frequency distribution	通过时间,频率分布
frequency distribution (absolute) of actual lead time	实际生产周期的频率分布(绝对)
frequency distribution (relative) of actual lead time	实际生产周期的频率分布(相对)
frequency distribution of flow times	通过时间的频率分布
frequency distribution of simple and weighted order time	任务时间的算术和加权频率分布
frequency distribution of simple vs. weighted lead time	任务周期的算术平均和加权平均之比的频率分布
funnel formula	漏斗公式
funnel model	漏斗模型

G

graphic control unit	图示化控制单元
----------------------	---------

I

improvement of the manufacturing process	制造过程改进
--, guideline	——,指南
infinite loading	无限加载
initial inventory	初始库存
input process, components	输入过程,成分
inspection time	检测时间
interoperational time	加工间隔时间
interoperational time TIO	加工间隔时间 TIO
inventory, types	库存,类型
inventory area, components	库存区域,成分
inventory components	库存成分
inventory trend (in throughput diagram)	库存趋势(在流量图中)
inventory trend component ITC	库存趋势成分 ITC

J

job-progress diagram	作业进展图
job-progress number system	作业进展计数系统

K

Kanban manufacturing control	看板生产控制
Kanban system, effects	看板系统,效果
key data, histogram	关键数据,直方图
key data graph	关键数据图
key data of work center, calculation	工作中心的关键数据,计算

L

large lots, effects	大批量,影响
lateness, calculation	脱期,计算
--, weighted mean	——,加权平均
lateness diagram	脱期图
lateness distribution	脱期分布
lateness of orders	任务脱期
lateness of orders as a function of capacity planning	作为能力计划函数的任务脱期
lead time, simple vs. weighted mean	生产周期,算术平均比加权平均
--, types	——,类型
--, weighted mean	——,加权平均
lead time (actual), calculation of simple and weighted	(实际)生产周期,算术和加权值的计算
lead time components	生产周期成分
--, definition	——,定义
lead time measurements, authentic	生产周期测量,实际的
lead time scheduling	生产周期调度
load and output curves	负荷和输出曲线
load centers	负荷中心
load limit LL	负荷限额 LL
--, effects	——,影响
--, standard vs. individual	——,标准比个别的
--, techniques of determination	——,确定技术
load limitations, different	负荷限额,不同的
load-oriented manufacturing control, data flow chart	面向负荷的生产控制,数据流图
--, implementation steps	——,实施步骤
load-oriented order release	面向负荷的任务投放
loading percentage LPG	负荷百分比 LPG
long-range planning	长期计划

lot size, influence on inventories and lead time
lot waiting time

批量大小,对库存和生产周期的影响
批等待时间

M

manufacturing analysis, schedule

生产分析,调度

manufacturing control, functions

生产控制,函数

--, levels

——,层次

manufacturing control techniques, survey

生产控制技术,综述

manufacturing flow analysis

生产流分析

manufacturing flow monitoring

生产流监控

manufacturing key data, structure

生产核心数据,结构

manufacturing process improvement

生产过程改进

--, guidelines

——,指南

manufacturing process monitoring

生产过程监控

master route sheet

主路径单

material flow matrix

物料流矩阵

material flow relations between cost centers

成本中心间的物料流关系

mean advance time

平均提前期

--, calculation

——,计算

mean flow time per operation

每道工序的平均通过时间

mean inventory, calculation

平均库存,计算

mean lead time, simple vs. weighted

平均生产周期,算术的比加权的

--, weighted

——,加权的

mean operation time, simple vs. weighted

平均工序时间,算术的比加权的

--, weighted

——,加权的

mean range

平均范围

--, calculation

——,计算

medium-term planning

中期计划

model test

模型测试

monitored data, calculation

监控数据,计算

monitoring and diagnosis system

监控和诊断系统

monitoring diagram

监控图

--, structure principle

——,结构化原则