

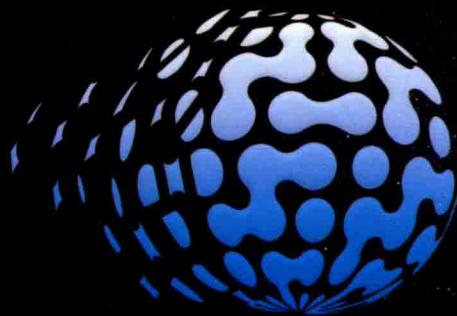
本书英文版获得2017年度“新乡奖”——生产运作管理领域最重要的国际性奖项，
商业周刊（Business Week）赞誉其为“制造业的诺贝尔奖”

精益工作设计 与卡片控制系统

翻译版

[德] 马提亚斯·杜雷尔（Matthias Thürer）
[英] 马克·史蒂文森（Mark Stevenson） 著
[美] 查尔斯·普罗兹曼（Charles Protzman）

陈毅平 陈琦 张琪 译



Card-Based Control Systems for
a Lean Work Design

The Fundamentals of Kanban, ConWIP, POLCA, and COBACABANA



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

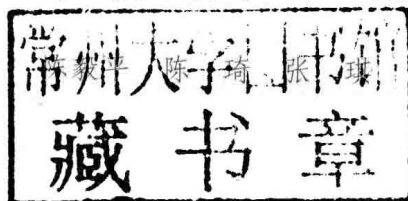
精益工作设计与卡片控制系统

(翻译版)

[德] 马提亚斯·杜雷尔 (Matthias Thürer)

[英] 马克·史蒂文森 (Mark Stevenson) 著

[美] 查尔斯·普罗兹曼 (Charles Protzman)



译

机械工业出版社

本书重点讨论了三种传统的基于卡片的控制系统——“看板 (Kanban)”“定量在制品 (ConWIP)”“对偶单元授权卡片交叠回路 (POLCA)”，并首次讨论了“卡片导航平衡控制系统 (COBACABANA)”，对上述四种系统的特征进行了比较，据此对其适用性进行了分析，提出了既可对症单独使用，也可嵌套联合使用的精益卡片控制系统。

传统的研究是从解决方案出发来讨论问题的。而本书首先对典型的制造车间和服务供应商遇到的问题加以描述，然后对问题进行诊断，接下来对四种备选的卡片控制解决方案展开讨论，并介绍每种方案适合解决哪一种控制问题。

本书可作为企业从事生产运作管理研究以及工业工程和精益生产等岗位人员的参考资料，也可供高等院校相关专业的硕士生、博士生学习使用。

Card-Based Control Systems for a Lean Work Design: The Fundamentals of Kanban, ConWIP, POLCA, and COBACABANA / by Matthias Thürer, Mark Stevenson and Charles Protzman / ISBN: 9781498746946

Copyright © 2016 by Matthias Thürer, Mark Stevenson and Charles Protzman

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means whatsoever without written permission from the publisher.

The Chinese edition Copyright © 2017 by China Machine Press

This title is published in China by China Machine Press with license from Matthias Thürer. This Chinese simplified language edition is authorized for sale throughout the world. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书由 Matthias Thürer 授权机械工业出版社在全球出版与发行。未经许可的出口，视为违反著作权法，将受法律制裁。

北京市版权局著作权合同登记 图字：01-2016-8143 号。

图书在版编目 (CIP) 数据

精益工作设计与卡片控制系统：翻译版 / (德) 马提亚斯·杜雷尔, (英) 马克·史蒂文森 (Mark Stevenson), (美) 查尔斯·普罗兹曼 (Charles Protzman) 著; 陈毅平, 陈琦, 张琪译. —北京: 机械工业出版社, 2017. 12

书名原文: Card-Based Control Systems for a Lean Work Design: The Fundamentals of Kanban, ConWIP, POLCA, and COBACABANA
ISBN 978-7-111-58480-3

I. ①精… II. ①马… ②马… ③查… ④陈… ⑤陈…
⑥张… III. ①工业工程—研究②控制系统—经验 IV. ①F402②TP13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 280189 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 裴 泱

责任编辑: 裴 泱 朱琳琳 商红云

责任校对: 刘雅娜

责任印制: 张 博

封面设计: 张 静

三河市国英印务有限公司印刷

2018 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

180mm × 250mm · 12.25 印张 · 159 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-58480-3

定价: 49.80 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: (010) 88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: (010) 68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

(010) 88379203

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

作者介绍

马提亚斯·杜雷尔

马提亚斯·杜雷尔，暨南大学教授、博导，广东省高等学校“珠江学者”特聘教授（管理科学与工程，2017）。他于2009年在德国柏林工业大学获得机械工程硕士学位，后于2011年在葡萄牙科英布拉大学获得机械工程博士学位。他的主要研究方向为生产计划与控制、精益化设计、负荷控制（Workload Control）。近五年来以第一作者或通讯作者发表高质量SCI论文30余篇。在中小企业工作负荷控制、精益化作业设计以及看板导引平衡控制方面积累了丰富的经验和成果，同英国兰卡斯特大学、美国克莱姆森大学、荷兰格罗宁根大学、葡萄牙科英布拉大学、中国香港大学等科研单位研究人员建立并维持了稳定的合作关系。



此书英文版 Card-Based Control Systems for a Lean Work Design—The Fundamentals of Kanban, ConWIP, POLCA, and COBACABANA 于2016年11月获评新乡出版奖。

姓名：马提亚斯·杜雷尔

工作单位：暨南大学

通信地址：中国广州黄埔大道西601号

邮编：510632

电话号码：+861 591 631 7887

电子邮箱：matthiasthürer@workloadcontrol.com

马克·史蒂文森

马克·史蒂文森，现任英国兰卡斯特大学运作管理学教授，毕业于兰卡斯特大学管理学院管理科学系，获学士、博士学位。博士学位论文主要研究工作负载控制。工作负载控制是针对低容量、高变化车间提出的一个生产规划和控制概念，也是COBACABANA系统的基石。他的研究包括将工作负载控制概念应用于实践，从而了解应用的过程和结果。曾在同行评审的运作管



理学术期刊上发表大量论文，尤其是生产规划和控制类期刊。

姓名：马克·史蒂文森

工作单位：兰卡斯特大学

通信地址：英国兰卡斯特 LA1 4YX 兰卡斯特大学管理学院管理科学系

电话号码：+44 1524 593847

电子邮箱：m.stevenson@lancaster.ac.uk

查尔斯·普罗兹曼

查尔斯·普罗兹曼，国际知名精益设计实施者、培训师、演讲家、新乡奖得主，拥有30多年的物料和运作管理经验。曾为多个厂家、医院、政府机构及其他服务行业提供咨询。他出版的《医疗保健也精益》系列丛书获得了新乡奖。



1997年11月，查尔斯·普罗兹曼成立业务改进集团公司。该公司位于马里兰州巴尔的摩，专门培训、实施精益思维原则和精益业务交付系统(LBDS)。25年来，查尔斯·普罗兹曼在美国和其他国家成功实施了精益生产线的改造，举办了多场改善活动，完成多项管理业务系统的改进(事务性精益)。

他在联想公司，即现在的霍尼韦尔国际公司供职13年半，任航空航天战略运作经理一职，也是联想公司的首位精益大师。多次获得专项奖和成本节约奖。他在精益原则和全面质量方面桃李满天下。

他是企业全面质量管理、简易促进、举办高效会议、职业发展、变革管理、标杆管理、领导力、系统思维、高效工作团队、团队建设、迈尔斯-布里格斯性格分类法、精益思维和供应链管理等方面的引导大师和培训大师。他还修读了波多里奇考官培训课程和六西格玛黑带管理课程。

查尔斯·普罗兹曼是马里兰州洛约拉大学学士、工商管理硕士。现任制造工程师学会(SME)、美国卓越制造协会(AME)、美国工业工程师学会(IIE)、美国质量学会(ASQ)、国际心理类型协会(APT)会员，是迈尔斯-布里格斯性格分类法执证教员(#C10083)。曾任美国生产与库存控制学会(APICS)、美国卓越制造协会冠军俱乐部和全美采购经理人协会会员。

姓名：查尔斯·普罗兹曼

工作单位：业务改进集团公司

通信地址：美国马里兰州陶森市

邮编：21286

电话号码：+1 410 984 1158

电子邮箱：charlieprotzman@biglean.com

| 序 |

马提亚斯·杜雷尔是暨南大学珠海校区在 2014 年引进的德籍生产控制专家。直接从国外引进并聘用一位高级别的外籍专业教师，这在暨南大学珠海校区的办学历史上是首次。杜雷尔教授经过一年多的潜心研究，在 2016 年年初由 CRC 出版社出版了本书的英文版。2016 年 9 月，我们很高兴地获悉该书荣获世界生产运作管理领域的知名奖项——2017 年“新乡出版奖（Shingo Professional Publication Award 2017）”。新乡奖曾被美国《商业周刊》（Business Week）誉为“制造业的诺贝尔奖”，旨在推广精益制造思想，推进世界品质标准建设，代表世界范围内卓越运营的最高标准。新乡研究与出版奖（The Shingo Research and Professional Publication Awards）是新乡研究院新设立的一个奖项，旨在认可和推广精益化与杰出运作知识体系的研究和作品。

杜雷尔教授是一位非常睿智、专注和勤奋的学者。两年来，他先后在《国际生产经济学杂志》《欧洲运作研究杂志》《生产与运作杂志》等国际学术期刊发表了 14 篇高质量的学术论文，合作出版著作两部，获批国家自然科学基金项目 1 项。

本书重点讨论了三种传统的基于卡片的控制系统——“看板（Kanban）”“定量在制品（ConWIP）”“对偶单元授权卡片交叠回路（POLCA）”，并首次讨论了“卡片导航平衡控制系统（COBACABANA）”，对上述四种系统的特征进行了比较，据此对其适用性进行了分析，提出了既可对症单独使用，也可嵌套联合使用的精益卡片控制系统。

从研究的角度看，本书对于刚刚进入精益生产控制系统研究领域的博士生和硕士生十分有益，能够让研究新人很快了解订单控制、生产过程控制和库存控制的难点，认识卡片控制系统的种类、特征和适用性。作者对于各种

解决方案的理论分析十分专业、严谨，研究生们应该能从中受到很规范的研究训练。

从实用的角度看，本书指导精益改善者如何对典型制造车间和服务供应商遇到的问题加以描述，这样便于诊断问题。作者在探讨上述四种卡片控制系统的功能时，指出了它们相对于问题诊断标准能起到什么作用。正如前言中所介绍的那样，三位作者中，马克·史蒂文森和马提亚斯·杜雷尔代表学术/研究界，而查尔斯·普罗兹曼则具有极为宝贵的实践经验，这使得本书既有理论高度和深度，又有非常强的实践背景，从而使理论研究与企业的实际需求非常好地结合在一起。作者强烈地建议精益改善者要通过严谨细致和长期的观察，找到真正的问题，并有针对性地寻求解决方案。

在这本高水平研究著作的中文版付梓出版之际，作为引进杜雷尔教授的主要决策者和主要推动者，我要代表暨南大学珠海校区感谢黄国全教授、屈挺教授在这个过程中所付出的艰苦努力。如果没有他们向学校的积极推荐以及接下来与杜雷尔教授的有效沟通，我相信对杜雷尔教授的引进过程不会如此顺利；如果没有他们在杜雷尔教授入职后所给予的各种关心和关照，杜雷尔教授也许不会如此专注地从事他的研究工作，根本无法想象不进行专注的研究就可以产出这么优秀的成果。我亲身经历了黄教授邀请杜雷尔教授参加各种会议、宴请以及屈教授多次邀请杜雷尔教授参加貌似闲聊的咖啡清谈，体会出他们为稳定一位初来乍到的外籍教授所花费的苦心。

我还要代表校方感谢本书的主要翻译者陈毅平教授及其翻译团队。陈教授是暨南大学翻译学院副院长，他不但在翻译学领域学术成果卓著，同时也是中华文化的弘扬者、传播者。学校引进杜雷尔教授之后，为了使教授夫妇尽快融入中国文化并与本校的同事们建立起和谐的合作关系，我拜托陈教授利用其业余时间向杜雷尔教授夫妇传授中国太极拳。多少个清晨，在朝阳映射下的太极师徒的剪影构成了中外交融的唯美画面。很快，太极功夫成为杜雷尔教授为数不多的健身活动和社交活动，也是杜雷尔教授常常在朋友圈里

津津乐道的一项“成就”。陈教授克服了自己对生产控制领域不熟悉、专业术语难以准确表达等困难，给中国管理界的读者带来一本可读性比较好的高水平的研究性著作。

谢谢暨南大学电气信息学院张明亮老师为本书出版所做出的杰出贡献。杜雷尔教授在暨南大学入职后，曾经被各种事务性工作以及与职能部门的沟通工作所缠绕，烦琐、复杂的沟通使简约、率真的他对中国国情、校情一时难以适应，曾一度情绪低落。我安排张明亮老师做杜雷尔教授的科研助理，张明亮老师非常出色地充当了助手、沟通者和协调人的角色，不但赢得了杜雷尔教授的充分信任，也使学校通过这个案例总结出有效发挥外籍教授作用的经验。在这本书的翻译、编辑和出版过程中，张明亮老师也做了大量的沟通联系工作。

恭喜杜雷尔教授的夫人乔安娜，她一边撰写自己的博士学位论文，一边陪伴在杜雷尔教授身边，使这个家庭在一年中收获了两项大成果——女儿克拉拉和三本专著，我很期待今年年底听到她的博士论文通过答辩的好消息。

再次衷心祝贺这本中文版著作的出版。感谢杜雷尔教授和其他合作者，感谢陈毅平教授和其他合译者，感谢机械工业出版社裴泱主任和其他编辑，感谢他们为这本书的出版所做的一切。

卡片控制系统是精益生产方式的重要组成部分。我希望本书能够对精益生产方式的深入研究和推广应用、对中国企业竞争力的提高发挥更大的作用。

中国机械工程学会工业工程分会总干事

暨南大学 李从东 教授

| 前 言 |

协调产品和/或服务流经过一系列资源，将物料、人力、信息等输入转变成最终的产品/服务，这是运作管理中最具挑战性的任务之一。几十年来，许多工厂为了简化这项任务，使用了看板（Kanban）、定量在制品（ConWIP）、对偶单元授权卡片交叠回路（POLCA）等卡片控制系统。这些系统能简单、直观地控制产品和/或服务流程，帮助车间降低库存成本，缩短生产周期。然而，仍有许多车间并未采用卡片系统，有些车间采用了但效果不好，或者没有达到宣传的那种效果。我们认为，出现这些情况，原因在于他们采用的解决方案没有针对车间控制问题的特点。

学术研究中的一个典型做法是首先提出一个具体的万能解决方案（尤其是看板系统），然后对产品/服务控制问题（下文简称“控制问题”）加以调整，使之符合解决方案。换言之，先提出解决方案，再决定控制问题。由于可供选择的解决方案有好几套，管理者不得不做出选择，然后对控制问题做出相应调整，这样才能用选定的方法来解决。这似乎有悖常理，一般都是先诊断问题，再拿出解决方案。虽然控制问题和/或解决方案可能仍有必要加以调整，但从这里入手效果会好得多。

因此，本书不同于典型的做法——我们首先介绍的是控制问题，而不是控制问题的解决方案。本书概述如何对典型的制造车间和服务供应商遇到的问题加以描述，这样就便于诊断问题。接下来我们对四种备选的卡片控制解决方案展开讨论，每种方案可解决一种专门的控制问题。这样一来，每种卡片控制系统到底如何运作也就一目了然了。

本书前四章为问题诊断奠定基础。首先解释我们理解的生产/服务系统是什么。在此，我们明确了卡片控制系统的功能，即一般情况下，它可以做什么，不能做什么。接下来，我们探讨本书讨论的所有卡片控制系统潜在的通

用原则——输入/输出控制，有了这个原则，车间投入率可以与产出率保持一致。输入/输出控制稳定了系统的工作量，但不能控制车间订单投放的先后顺序（因此也不能控制订单进度），该顺序由调度规则决定，这个问题我们在第三章讨论。第四章探讨控制问题诊断的四个标准：

- 1) 按库存还是按订单，即是否先有需求然后再生产。
- 2) 顾客渗透点（或存货/订单分离点），即物料分配给顾客和创建“订单”是在生产/服务过程的哪个阶段。
- 3) 工艺流程可变性，即生产产品所必经的车间顺序和数量的可变性。
- 4) 加工时间可变性，即在生产/服务过程中完成每道操作的时间可变程度。

接下来的三章（第五~七章）逐一探讨三种“传统”的卡片控制系统：看板、定量在制品及对偶单元授权卡片交叠回路。除了这三种“传统”卡片控制系统，本书也是第一本讨论以下两个方面的书：

- 1) COBACABANA——卡片导航平衡控制系统，一套针对生产定制化产品的复杂车间的系统（第八章）。
- 2) 如何用卡片估算交货期或交货期限（第九章）。这大大扩展了通常局限于车间工作控制的卡片控制系统的使用范围。这样，卡片控制系统就是一套完整的解决方案，完全不需要用软件方案去支持招标（或投标）和接收订单等更高层次的规划。

四种卡片控制系统（看板、定量在制品、POLCA 和 COBACABANA）都对症下药，这意味着每种系统的特性都决定了它的适用性。我们探讨各种系统功能的时候，便会了解它们相对于问题诊断标准能起到什么作用。我们会评价为什么一个系统适用于某种控制问题，并讨论为什么它就不适宜于解决其他问题。因此，我们不但关注各种系统能做什么，也关注它们不能做什么。

尽管我们是一个个地讨论这些系统，但有一点很重要，并且必须要强调，

那就是在必要的时候这些系统也可以联合使用，比如可以采用嵌套式解决方案。这个问题将在第十章予以讨论。另外，这一章还将不同卡片控制系统进行对比，概括了以下三个问题：

- 1) 各种卡片控制系统的结构差异，即信息从哪里“流”出，又“流”向哪里。
- 2) 各种卡片控制系统的不同含义，即何种信息在“流”动。
- 3) 需要信息技术支持的程度。

我们把这些系统特征和典型的控制问题特征进行对比，探讨对于不同卡片控制系统在实际操作中的意义。这可以帮助你选择最适合你车间的解决方案。另外，附录提供了各种系统的简短总结——算是一种速查表。本书整体结构如图0-1所示。

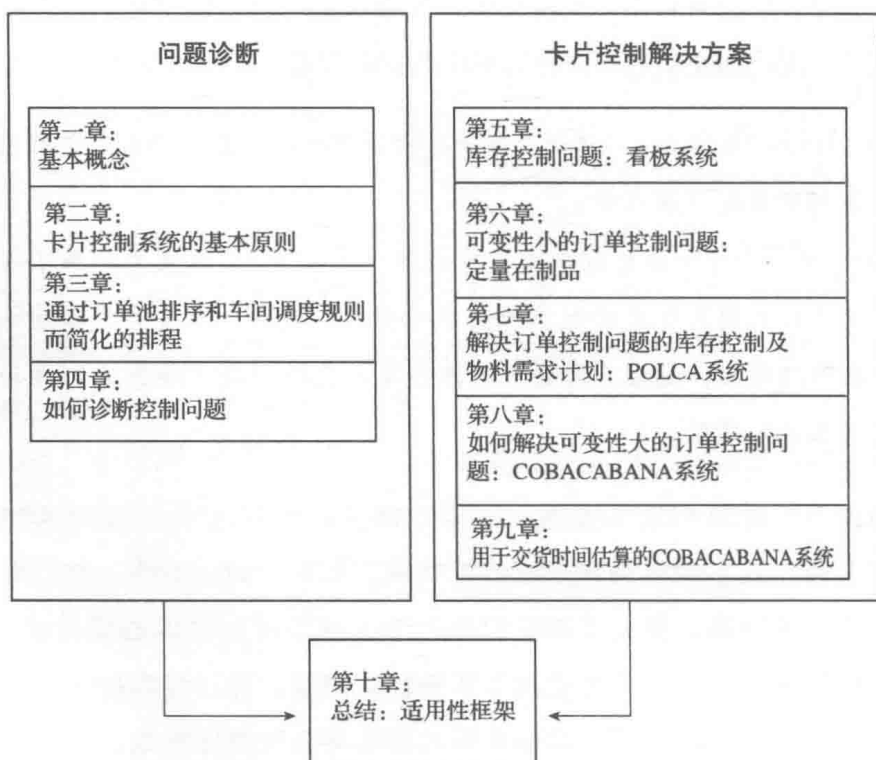


图0-1 本书整体结构

本书试图综合实践和理论研究。这缘于企业界和学术界的一场轻松愉快的讨论，参与讨论的是三位作者：马克·史蒂文森和马提亚斯·杜雷尔代表学术/研究界，而查尔斯·普罗兹曼则具有极为宝贵的实践经验。本书虽然是为从业人员编写的，但并不是典型的“管理书”，更准确地说这是一本介绍卡片控制系统初级阶段的研究类图书，读者对象是管理者。因此，我们希望本书也能对研究者、学生及所有对运作管理这个充满挑战的领域感兴趣的人有所裨益。

最后，在本书开篇之前，说明本书不涉及哪些内容是极其重要的。首先，我们不强调卡片控制系统以往的研究结果，因为只有选择正确的解决控制问题的系统，才能取得成效——让你相信实现不了的效果是没有任何意义的。其次，我们也并不重点描述详细的实施蓝图，因为没有哪一种办法对所有组织都管用——这些组织千差万别。不过，我们希望本书能在问题诊断中提供指导，帮助你找出适用于你的控制问题的解决方案。但本书提供的解决方案也并不是“一刀切”。是的，这些方法提供了奠基石，但有一点极为重要，那就是要养成习惯，不断观察你们车间的流程，从而发现解决问题的方案。在结束前言之前，我们引用丰田生产体系创始人野耐一的一段话：

“不管碰到什么问题，我都要问五遍为什么。丰田的这个工作程序实际上是在丰田佐吉一贯注意观察的基础上提出来的。我们谈论改进工作，如果不熟悉生产的每一个环节，我们将毫无收获。如果你整天在生产车间，注意观察，你终究会知道要做什么。这一点怎么强调都不为过。”（Ohno T, 1988）

前言参考文献

Ohno, T., 1988, *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, 1st Ed., Productivity Press.

| 致 谢 |

很多人与我们一起为复杂车间探索简单而有效的控制方法，谨致谢忱。虽然我们是本书作者，对书中内容负有全部责任，但书中大部分想法都是在与他人合作和“无休止的”讨论过程中产生的。这些人包括（排名不分先后）：Martin J Land、Lawrence D Fredendall、Cristovao Silva、Linda Hendry、Steven A Melnyk、黄国全、屈挺、Hermann Lödding、Moacir Godinho Filho、Ivan Tomašević、Thomas Maschek、周硕彦、Pedro JM Martins 和 Joana BV Marques 等，恕不一一列举。

| 插图目录 |

- 图 0-1 本书整体结构 / X
- 图 1-1 产品/服务流流经过程得以完成的物理地点 / 006
- 图 1-2 进行操作所需的三个要素——转化资源、被转化资源及资源需求 / 008
- 图 1-3 浪费维度——拓展的新乡重夫三维浪费网络 / 014
- 图 2-1 一个简单的控制周期——为了稳定水位，只有先排水（输出）才能进水（输入） / 026
- 图 2-2 订单投放系统 / 028
- 图 2-3 两个工位之间的在制品容量举例 / 029
- 图 2-4 画一条输入曲线 / 031
- 图 2-5 基本的吞吐量图（输入/输出曲线） / 032
- 图 2-6 识别吞吐量图中的暂时超载资源与负载不足资源 / 033
- 图 2-7 吞吐量图中出现等待浪费 / 034
- 图 2-8 通过吞吐量图阐释卡片控制系统的基本理念 / 035
- 图 2-9 （已实现的）生产周期的构成 / 036
- 图 2-10 车间生产时间与生产周期区别示例 / 037
- 图 3-1 订单池排序与车间调度规则 / 041
- 图 3-2 决定车间调度工序交货期 / 044
- 图 3-3 订单进度图 / 047
- 图 3-4 订单进度图——以披萨为例 / 048
- 图 4-1 诊断控制问题的四个标准 / 052
- 图 4-2 以吞吐量图说明按库存和按订单的区别 / 054
- 图 4-3 以吞吐量图说明按库存/按订单分界面 / 055
- 图 4-4 按库存系统：预测和倒序排产，从而得到加工输入的资源需求 / 056
- 图 4-5 再订购点计算 / 056

- 图 4-6 顾客渗透点图解 / 059
- 图 4-7 库存解耦点图解 / 062
- 图 4-8 根据工艺路线特征图解三种关键的车间 / 064
- 图 4-9 产品/过程矩阵 / 065
- 图 4-10 用需求曲线图解加工时间与需求到达时间的可变性 / 065
- 图 5-1 看板卡片举例 / 072
- 图 5-2 看板的最初发展是为了控制内部供应链——将加工过程连在一起 / 073
- 图 5-3 在制品看板和领料看板所建立的信息回路 / 076
- 图 5-4 领料看板移至库存解耦点 (库存超市) / 077
- 图 5-5 在制品看板从零件上取下, 零件和领料看板移至主线 / 077
- 图 5-6 在制品看板移至辅线起点 (启动生产) / 078
- 图 5-7 使用生产看板的看板系统 / 081
- 图 5-8 主线与辅线流动时间的关系 / 083
- 图 5-9 储存将来进入主线的看板的生产均衡柜 / 084
- 图 5-10 作为车间控制系统的原始看板 / 086
- 图 5-11 作为车间控制系统的看板 / 087
- 图 5-12 文献中经常描述的典型看板回路系统 / 087
- 图 5-13 库存控制问题的看板系统 / 088
- 图 5-14 在订单控制问题中, 必须向订单进入系统的工位传送看板 / 088
- 图 5-15 在订单控制问题中, 下游工位的看板可能要等待上游工位相关订单的到来 / 089
- 图 5-16 在订单控制系统中, 看板可以代表一个工位的直接作业和间接作业 / 089
- 图 5-17 直接负荷与间接负荷——以披萨为例 / 091
- 图 5-18 一个多回路看板系统 / 092
- 图 6-1 看板系统中启动订单 1 的信息传播 / 098
- 图 6-2 在非匿名卡片系统中启动订单 1 的信息传播 (内部供应链里的看板) / 098

- 图 6-3 定量在制品系统（即匿名卡片）中启动一份订单的信息传播 / 099
- 图 6-4 容纳不同工艺路线的两个订单的多条定量在制品回路 / 102
- 图 7-1 POLCA 的甲-乙卡片贴在订单上，订单加工后转移到乙工位 / 106
- 图 7-2 一旦乙工位的操作完成，POLCA 的甲-乙卡片就被送回到甲工位 / 108
- 图 7-3 解耦的 POLCA 卡片回路由物料需求计划组合起来 / 110
- 图 7-4 POLCA 系统容易造成堵塞 / 111
- 图 7-5 被堵塞的 POLCA 系统 / 112
- 图 8-1 车间前的作业池和投放功能如同一个过滤器或漏斗控制进入车间的作业 / 118
- 图 8-2 COBACABANA 系统——中央计划台与各工位之间的回路 / 118
- 图 8-3 计划台的订单投放计划板（附带一个投放决定的例子） / 121
- 图 8-4 旋转 90° 后一个计划台的 10 小时工作负载的计划板（实时的操作员平衡表） / 122
- 图 8-5 订单投放到车间 / 124
- 图 8-6 操作卡示意中央计划台：操作完成了，投放卡应该收回 / 124
- 图 8-7 订单继续前往下一个操作，直到所有操作全部完成 / 125
- 图 8-8 综合负载下的投放卡分布 / 126
- 图 8-9 修正负载下的投放卡分布 / 127
- 图 9-1 图解为什么交货期限需要考虑生产周期 / 138
- 图 9-2 交货期限三要素 / 139
- 图 9-3 基于卡片的交货日期估算——客户咨询管理与订单投放之间的卡片回路 / 140
- 图 9-4 客户咨询管理用来估算交货日期的销售员显示屏 / 141
- 图 9-5 综合 COBACABANA 系统方案——客户咨询管理处的销售员和订单投放之间的卡片回路，以及订单投放与车间作业中央计划台之间的卡片回路 / 142
- 图 9-6 设备综合效率 / 144
- 图 9-7 销售员显示屏用来指导产能调整 / 145

- 图 10-1 看板系统、COBACABANA 系统和定量在制品系统嵌套示例 / 156
- 图 10-2 一些一般性的实施准则 / 157
- 附图 1 用于内部供应链（连接产品/服务流）的在制品看板系统 / 161
- 附图 2 用于内部供应链（连接产品/服务流）的生产看板系统 / 161
- 附图 3 用于车间控制的普通看板 / 162
- 附图 4 定量在制品系统（即卡片匿名系统） / 163
- 附图 5 POLCA 系统（解耦的 POLCA 回路由物料需求计划系统连接） / 165
- 附图 6 COBACABANA 系统投放——使用中央投放功能区和车间各个
工位之间的回路 / 167
- 附图 7 COBACABANA 系统——整合交货日期估算和订单投放控制 / 168