

如何消除波动并最大化产能

# 超越约束理论

BEYOND the THEORY  
*of* CONSTRAINTS:  
HOW TO ELIMINATE VARIATION  
& MAXIMIZE CAPACITY

[美] 威廉·莱文森 (William A. Levison) [著]

任建标 [译]



中国财政经济出版社

# 超越约束理论

[美] 威廉·莱文森 (William A. Levinson) 著

任建标 译

中国财政经济出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

超越约束理论/(美)莱文森(Levison, W. A.)著;任建标译. —北京:中国财政经济出版社,2009.10

书名原文:Beyond the Theory of Constraints

ISBN 978 - 7 - 5095 - 1833 - 5

I. 超… II. ①莱… ②任… III. 企业管理:生产管理—研究 IV. F273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 168821 号

著作权合同登记号:图字 01 - 2008 - 5036 号

责任编辑:刘 静 责任校对:孙志敏

封面设计:华乐功 版式设计:孙志云

William A. Levinson

**Beyond the Theory of Constraints**

ISBN 978 - 1 - 56327 - 370 - 4

Copyright © 2007 by Productivity Press, an imprint of Taylor & Francis, an Informa business.

Translation rights arranged through Productivity Press.

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal.

本书中文简体字翻译版由美国 Productivity Press 授权中国财政经济出版社在中华人民共和国境内独家出版发行。

未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

**中国财政经济出版社** 出版

URL: <http://www.cfeph.cn>

E-mail: [webmaster@ewinbook.com](mailto:webmaster@ewinbook.com)

(版权所有 翻印必究)

社址:北京海淀区阜成路甲 28 号 邮政编码:100036

发行电话:010 - 88191017

三河市祥达印装厂印刷 各地新华书店经销

787 × 1092 毫米 16 开 11.5 印张 110 千字

2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月北京第 1 次印刷

定价:35.00 元

ISBN 978 - 7 - 5095 - 1833 - 5/F · 1535

(图书出现印装问题,本社负责调换)

## 译者序

约束理论 (Theory of Constraints, TOC) 是以色列物理学家、企业管理顾问高德拉特博士 (Dr. Eliyahu M. Goldratt) 在他开创的优化生产技术 (Optimized Production Technology, OPT) 基础上发展起来的管理哲理, 该理论提出了在制造业经营生产活动中定义和消除制约因素的一些规范化方法, 以支持连续改进 (Continuous Improvement)。同时, 约束理论也是对 MRP II 和 JIT 在观念和方法上的发展。高德拉特博士创立约束理论的目的是要找出各种条件下生产的内在规律, 寻求一种分析经营生产问题的科学逻辑思维方式和解决问题的有效方法。

世界上很多制造型企业都应用约束理论对各自的生产体系进行了解构、控制和改善, 同时也出现了多家软件公司开发了基于约束理论的企业生产优化系统, 众多咨询公司利用基于约束理论的工具对很多企业进行咨询, 使得约束理论成为业界最时髦的名词之一。

本书以生产系统中的波动性为重点, 全面介绍了约束理论, 尤其是从工程和管理经济学的角度进行了讲解。作者随后介绍了拉式生产控制方法, 如看板和同步流生产的鼓—缓冲器—绳子 (DBR) 系统, 分析了处理时间和物料转移时间的波动所造成的影响, 并解释了为什么波动会阻止工厂实现产能 100% 的利用。然后, 作者又介绍了减少处理时间和物料转移

时间波动的方法以及提高生产率和减少周转时间的方法。

本书介绍了火柴棒游戏和骰子模拟软件，引用了很多案例和约束理论的历史发展典故，还对约束理论的线性规划的基础进行了详细介绍。本书主题的选取具有较强的代表性，对实际工作具有较强的指导作用。作者为了强调故事和事例在学习中的作用，在正文中普遍采用了轻松活泼的笔法，对一些企业的具体实践进行了论述，使读者能够加深对约束理论的理解，并提高利用约束理论分析实际问题的能力。从这个意义上讲，这真正符合了本书的书名——超越约束理论。

译者水平有限，译文中难免有不当和错误之处，敬请读者批评指正。

任建标

上海交通大学安泰经济与管理学院

jbren@sjtu.edu.cn

2009年10月28日

## 前 言

在《目标》(*The Goal*)一书中,高德拉特(Eliyahu Goldratt)和考克斯(Jeff Cox)提出了这样一个问题:“为什么在经过这么长时间和付出如此多的努力后,没有人能成功地运营一家平衡的工厂?”<sup>[1]</sup>亨利·福特(Henry Ford)声称他已经做到了这一点:“方法是工人在工作中必须做到有条不紊,合理安排每一秒钟,不浪费任何时间。”<sup>[2]</sup>福特看起来成功地实现了《目标》中提出的不可能实现的目标。

当制造工程师想到波动(variation)时,他们首先会想到产品特征的质量关键指标。实际上,产品特征波动的概念是质量科学的中心。但是,这种波动并不是阻止一个平衡工厂100%的运营能力。处理时间和物料转移时间的波动会浪费产能,或者需要大量库存来保证其不受影响。因此,有必要在开始时陈述下列观点:

- 产品特性的波动会造成返工和废品。这是我们所熟悉的随机波动(random variation)或者一般原因的波动,这些波动的影响可以通过测量柱状图显示出来。工序标准差是统计过程控制图中控制限(control limit)的基础。
- 处理时间和物料转移时间的波动是周期时间更长和库

存更多的根本原因，也是不能近 100% 利用产能运营平衡工厂的根本原因。

在《目标》一书中，两位作者用火柴棒和骰子游戏模拟了后一种波动的效果。这个模拟也显示出福特的观点显然是错误的，是一个错乱的噩梦。在这个恶梦中，工厂的库存泛滥，同时队列中的周转时间也变得无限长。随着利用率接近 100%，队列中的周转时间会接近无限长（因此库存也会接近无限多）——除非处理时间和物料转移时间的波动趋于零。福特的生产系统就被设计得可以抑制这种波动，我们需要对他所使用的方法进行仔细观察才能看出其成功之处。此外，丰田“平准化生产”（heijunka）的概念反映了抑制这种“随机”波动的需要和能力，这种波动是由《目标》一书在利用火柴棒和骰子对工厂进行模拟时提出的。

“准时生产制（just-in-time, JIT）也是毫无帮助的，除非下游生产实行均衡计划（丰田所提到的 heijunka）来平滑与实际顾客需求无关的每日订单流。否则，瓶颈很快就会在上游出现，任何环节都需要用缓冲（安全库存）来阻止瓶颈的出现。”<sup>[3]</sup>

作者总结道：《目标》中火柴棒和骰子游戏是讲解波动对于产出和库存影响的优秀工具。这个例子还无意中介绍了这样一个教训：工厂受到波动的支配。一次掷骰子代表不可避免的“随机波动”（也叫做一般原因波动），但是“工作站”仍然有处理 6 个单位的能力。本书的目的就在于教会读者该如何识别并消除波动，从而每次都可以掷出 6 点。

本书的组织架构如下：

- 第 1 章是约束理论（TOC）概述，并从工程和管理经

济学的角度介绍了 TOC。

- 第2章介绍了拉动式生产控制方法，如看板和同步流生产（synchronous flow manufacturing）的鼓—缓冲器—绳子（DBR）系统。
- 第3章介绍了处理时间和物料转移时间的波动所造成的影响，并解释了为什么波动会阻碍工厂实现100%的产能利用。
- 第4章描述了降低处理时间和物料转移时间波动的方法。一些材料与第5章的主题有重合，因为抑制波动的技术常常也会改善生产率，反之亦然。
- 第5章讨论了提高生产率和减少周转时间的方法。这些方法对于改善瓶颈（增加产能）是很有用的，并且可能会减少波动。

## 火柴棒和骰子模拟软件

作为一个附加的学习，可以到 [http://www.ct-yankee.com/lean/toc\\_dice.html](http://www.ct-yankee.com/lean/toc_dice.html) 下载模拟火柴棒和骰子游戏的程序。这个程序是利用 Visual Basic Service Pack 6 编写的，可以在多数 Windows 操作系统中运行。安装需要 Dice.CAB、Setup.exe 和 SETUP.LST 这几个文件，所有的文件都要放在同一个目录下。

每掷一次骰子就可以模拟一个工作站。工作站可以处理掷出点数中的最小值和队列中等待的单位数量。每个工作站开始时都有4单位库存来减少系统达到理想中稳定状态的必要时间。

[illegible]

[1] Goldratt and Cox, *The Goal*, 1992, p. 86.

[3] Womack and Jones, *Lean Thinking*, p. 58.

[3] Womack and Jones, *Lean Thinking*, p. 58.

# 目 录

|          |   |
|----------|---|
| 前言 ..... | 1 |
|----------|---|

## 第 1 章

### 约束理论

|                      |    |
|----------------------|----|
| 1.1 含义：管理经济学 .....   | 2  |
| 1.2 绩效评价 .....       | 7  |
| 1.3 约束理论中的变动成本 ..... | 18 |
| 1.4 寻找瓶颈 .....       | 21 |
| 小结：约束理论 .....        | 35 |

## 第 2 章

### 生产控制：拉式生产与蛇吞猪

|                     |    |
|---------------------|----|
| 2.1 准时生产制 .....     | 40 |
| 2.2 鼓—缓冲器—绳子 .....  | 49 |
| 2.3 流：使工作持续进行 ..... | 57 |
| 小结：拉式生产控制 .....     | 62 |

## 第 3 章

### 波动性

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 3.1 波动来源 .....           | 65 |
| 3.2 波动的影响：火柴棒和骰子练习 ..... | 70 |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 3.3 波动的影响：单服务器队列的运行特征 ..... | 77 |
| 小结：波动性 .....                | 81 |

## 第4章

### 减少波动

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 4.1 劳动细分 .....       | 84  |
| 4.2 价值流分析 .....      | 89  |
| 4.3 单件产品生产 .....     | 96  |
| 4.4 快速换模具 .....      | 104 |
| 4.4 工作单元和一体化机器 ..... | 111 |
| 小结：减少波动 .....        | 119 |

## 第5章

### 改善生产率

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 5.1 阻力 .....       | 123 |
| 5.2 不明智的节约 .....   | 126 |
| 5.3 动作效率 .....     | 136 |
| 5.4 生产过程质量控制 ..... | 139 |
| 5.5 预防性维护 .....    | 146 |
| 5.6 供应链管理 .....    | 148 |
| 小结：改善生产率 .....     | 153 |

|          |     |
|----------|-----|
| 附录 ..... | 157 |
|----------|-----|

|            |     |
|------------|-----|
| 参考文献 ..... | 163 |
|------------|-----|

# 1

## 第 1 章

# 约束理论

在约束理论中，每个生产工序的能力都受到有能力约束的资源（capacity-constraining resource, CCR）或者瓶颈的限制。《目标》一书利用“童子军远足”的例子介绍了这样一个原则：一系列相互依赖的活动的执行速度不会比其中最慢的部分更快（如图 1.1 所示）。

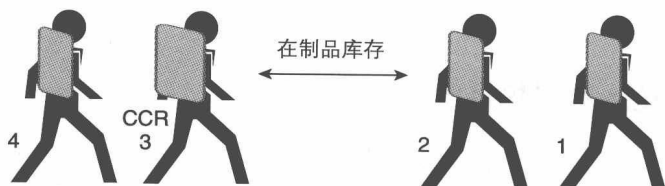


图 1.1 说明约束理论的一只远足队伍

在这个类比中，旅行的总距离代表有效产出或者总的生产能力，队伍的长度代表库存。每个人代表一道生产工序，产品的生产必须经过所有的四道工序。第三个远足者背了更重的包，所以他的前进速度比其余的人都慢。他就是一个瓶颈，或者叫有能力约束的资源。

第一个远足者表示生产的开始。如果第一个远足者和第二个远足者都以他们最快的速度前进，那么第二个远足者和第三个之间的距离（库存）就会持续增加。在《目标》一书中，用第三个和第一个远足者之间的绳子来比喻拉动式生产控制系统，其中瓶颈的速度被设置为生产的节奏。这缩短了队伍的长度（在制品库存），因为走在前面的人的行进速度不会比瓶颈快。在最慢的远足者和前一个人之间允许有一定的距离。如果由于前面的人稍微变化了自己的步伐或者被绊倒了（如设备停止工作），从而使得最慢的远足者不得不暂停甚至停止时，它会永远都追不上已落下的路程。在同步流制造中，这个距离被称为缓冲（buffer）。

这一组远足者不会比其中最慢的成员更早到达目的地，同样，一个制造过程不会先于其中最慢的操作而完成。这个道理是显而易见的，但是它对管理经济学和商业决策制定着很深刻的含义，这一问题将在以下部分中进行讨论。

## 1.1 含义：管理经济学

金钱很宝贵，生命更宝贵，但是时间是最宝贵的。一分钟可以决定一场战斗的胜负，一个小时能够决定一次战役的胜负，一天可以决定一个帝国的命运……我不是按照小时而是按照分钟来工作的。

——亚历山大·苏沃洛夫元帅（Aleksandr V. Suvorov）<sup>[1]</sup>

基本原则：速度制胜（打败竞争者）。

本章最重要的结论之一大概就是时间是一种成本。即使是

最完美的管理经济分析也仅仅考虑了边际或者差量现金流（这个概念将在这一章中深入讨论），但却忽视了时间成本这一点。

古老的格言“时间就是金钱”从一定程度上说明了这个问题。“时间就是金钱”不仅因为要为工人的工作时间支付工资，还因为时间在市场是一种决定性的竞争优势。企业往往关注工作时间的量化，因为工人的工资是根据时间支付的。在网络上搜索可以找到很多关于“时间核算”（time accounting）的网页，但是这些网页主要的关注点是对不同项目和活动的劳动力和工作时间计费，即人工花费的时间。本书后面将考虑一种时间的计算方法，这种方法关注在零件作业上所花费的时间。

如果发现工人们在一个工作日中 95% 的时间无所事事，只是站在那里，大部分企业领导者都会非常生气，但是领导者对那些花了 95% 的时间且没有任何价值的零件漠不关心。没有人注意到库房或者仓库中的零件，因为这些零件不花费任何工人的工作时间。但是，交付期过长或者没有能力完成准时化配送会导致企业落后于竞争者。当然，根本的问题是\*\*不能将周转时间作为绩效评估的一个标准。

不考虑周转时间的成本，还会导致错误的节约措施。让卡车将货物送到某个地方，在没有达到满载的情况下，边际成本会增加，因为司机的时间和卡车烧掉的燃油都需要你付出真金白银。如果直到满载时才发车，则会使交付期延长，同时恶化了批量和排队效应。只有认识到时间是一种成本，才会考虑共用卡车和其他方法，使得运输更加经济。

在所有商品中，时间可能确实是最贵的，在瓶颈上失去的时间将永远地失去。CCR 不能事先储存可以补偿差额的能力。

这种不能事先储存能力的特点对于流程的管理经济学有着有趣并且很重要的影响。与在瓶颈环节前消除质量缺陷相比，瓶颈环节的返工会成本更高，因为瓶颈没有多余的时间可以浪费。在瓶颈之后消除缺陷同样会带来灾难，因为瓶颈没有多余的能力来补偿这些损失。机会成本的概念在管理经济学中是非常重要的，下面我们将对这一概念进行详细解释。

## 1. 机会成本

本杰明·富兰克林（Benjamin Franklin）可能是真正的精益生产之父，他在《通往财富之路》（*The Way to Wealth*）一书中写道：“失去的时间是再也找不回来的……”<sup>[2]</sup>在约束理论中，这句话可以诠释为“瓶颈环节上失去的时间是再也找不回来的”。在《穷查理历书》（*Poor Richard's Almanack*）中，富兰克林发现：“那些白白浪费价值5先令时间的人就等于失去了5先令，就像将5先令扔进了河里。”<sup>[3]</sup>这准确地强调了当CCR不能工作、缺乏人手或者机器停工时会发生的情况。亨利·福特认为富兰克林影响了自己的思维过程，他提出了下面这条原则：

时间的浪费与材料的浪费是不同的，因为时间的浪费是不可挽回的。最容易被浪费又最难挽回的就是时间的浪费，因为浪费的时间不会像浪费的材料那样摆在地面上<sup>[4]</sup>。

这一原则进一步强调，“时间核算”不是针对人员的，而是针对在制品（work-in-process, WIP）和周转时间的。同时，机会成本也几乎只与时间的损失有关，而与材料的浪费或损失

无关:

……会计（绝对）成本和机会（选择）成本这两个基本概念之间最根本的区别之一是……机会成本与放弃某些机会或者追求其他机会有关<sup>[5]</sup>。

简单地说，上述观点指的是投资给一个企业的资金不能再投资给另一个企业。当计算私有房产的成本时，很多人只考虑到他们每个月的贷款偿还、税收、房主保险和维护费用，而没有考虑到这些投资到房屋上的钱就不能再投资于股票市场或者存入银行，所以拥有房子的真正成本必须包括这笔资金可以赚取的所有利息和分红。另一方面，不必支付房租可以看成税后收入。

詹姆斯·瑞格（James L. Rigg）将机会成本的概念延伸到因为一件商品没有存货（特别是那些易腐和易过时的商品）而放弃的收入<sup>[6]</sup>。水果和蔬菜在限定的时间内卖不出就会坏掉，前一天的报纸也没有价值。另一方面，如果因为没有这些存货而使顾客需要的时候买不到，那就意味着销售和利润的减少。这些例子解释了在产品容易过时的情况下精确地预测需求的重要性，还显示了为什么根据订单生产的能力可以提供巨大的竞争优势。例如，如果能够在销售点根据订单来印刷报纸，就不会存在缺货和库存过剩的风险。

在很多情况下，能力是固定的，并且必须与期望的需求相适应。举例来说，考虑一架有 100 个座位的飞机或者一家有 100 个房间的宾馆。如果在某次飞行中这架飞机只卖出了 80 张票，或者这个宾馆在某一天只有 80 位客人入住，其余的 20 个能力单位将永远无法卖出或者被利用，因而就永远失去了从这些座位或者房间盈利的机会，因为没有被利用或者浪费的瓶

颈能力意味着永远的失去。当时间被浪费在制造或者服务的瓶颈上时，多制造或者卖出一件产品的机会就失去了，并且是永远都不能找回的。

## 2. 瓶颈中断带来的经济影响

无论是因为缺少工作（被称为“瓶颈饥饿”）或者返工，瓶颈环节的任何中断所带来的真正影响会大大超出会计成本。理解这一点的最好办法是检查现金流。假设产品的价格是 110 美元，人工成本、原材料成本和制造费用在表 1.1 中列出。

表 1.1 人工成本、原材料成本和制造费用（单位：美元）

|      | 操 作 |       |    |
|------|-----|-------|----|
|      | 1   | 2(瓶颈) | 3  |
| 原材料  | 5   | 5     | 5  |
| 人工   | 5   | 5     | 5  |
| 制造费用 | 10  | 10    | 10 |

如果瓶颈环节返工，成本会计系统会收取 20 美元：原材料成本和人工成本各为 5 美元，制造费用为 10 美元。会计系统可能还会将在其他操作中沒有用到的原材料成本和人工成本（因为返工使得少生产一件产品）当成产量变动。从现金流的角度来看，这种情况就大不相同了，如表 1.2 所示。

表 1.2 瓶颈环节返工的现金流成本（单位：美元）

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 返工产品需要的原材料                        | 5   |
| 瓶颈能力的浪费带来的销售量的损失                  | 110 |
| 操作 3 中没有用到的材料(因为从瓶颈环节过来的产品少了一个)   | (5) |
| 操作 1 中没有用到的材料(减少一个产品用来补充瓶颈前的库存缓冲) | (5) |
| 总的返工成本(现金流)                       | 105 |