

XJTU-IE, 2007.9-2008.9, M: xuchen.xuchen@163.com(徐琛), lucifer\_tcl@126.com(李慰祖)

## 第零章 工厂物理学？

完美的方法和混乱的目标似乎是这个时代的特征。

——阿尔伯特·爱因斯坦

### 0.1 简短的回答

什么是工厂物理学，为什么要研究工厂物理学？

简言之，**工厂物理学 (factory physics)** 是对制造系统基本行为的系统描述 (*a systematic description of the underlying behavior of the manufacturing systems*)。理解这一点可以帮助管理者和工程师根据制造系统的自然趋势去进行以下的工作：

1. 识别改善目前系统的机会。
2. 设计有效的新系统。
3. 为协调不同领域的政策而做出必要的权衡。

### 0.2 详细的回答

上面对工厂物理学的定义很简洁的，还留下很多内容没有说出来。为了给这本书的研究内容提供一个更加精确的描述，我们需要阐述其研究焦点和研究领域，更加详细地定义工厂物理学的意义和用途，并通过识别那些我们所关注的制造环境从而将这些问题一一放到实际背景中来回答。

#### 0.2.1 焦点：制造管理

为了回答我们为什么需要学工厂物理学，我们首先需要回答为什么要学习制造。毕竟，人们经常听到说美国正在转向服务型经济，因而制造部门所占的比重将日趋缩小。从表面上看这种说法似乎是正确的：在 20 世纪 50 年代，制造业从业人员占整个社会劳动人口的 50%，但是到了 1985 年这个比例就下降到 20% 左右。从某些方面来说，这表明制造业具有与这个世纪早期农业的经历极为相似的一种趋势。(1) 1929 年，农业从业人员占社会劳动人口的 29%；到了 1985 年，就只有 3% 了。这期间发生了从低生产力、低报酬的农业到高生产力、高报酬的制造业的职业转型，实现了全民生活水准的巨大提高。据此，支持这个推论的人宣称，我们目前正从一个以制造业为基础的劳动力模式转变为具有更高生产力的以服务业为基础的劳动力模式，并且预期可以达到更高的生活水平。

然而，正如科恩 (Cohen) 和齐斯曼 (Zysman) 在他们的精装本著作《制造业的现状：后工业经济的神话》 (*Manufacturing Matters: The Myth of Post-Industrial Economy*, 1987) 里指出的，这个推论有一个根本性的漏洞。农业是实现了自动化；而制造业，至少有一部分正在向海外转移。尽管生产力的大幅提高导致农业从业人员减少，但是美国农业产出自 1929 年以来并没有下降。因此，许多与农业密切相关的岗位 (卡车司机、兽医、作物喷粉人员、拖拉机维修工、按揭估价师、肥料销售代表、意外伤害保险公司、农学家、化学家、食品加

工商等)并没有消失。当把这些紧密相关的岗位考虑进来以后,科恩和齐斯曼估计,目前依附农业生产的岗位数量不是通过查阅 SIC(标准产业分类 standard industrial classification)就可以获得的三百万,真实值是六百万到八百万。也就是说,与农业紧密相关岗位的人数是直接农业生产本身人数的两倍或三倍。

科恩和齐斯曼将这种行业联系的观点同样延伸到了制造业,通过观察那些一般被认为是属于服务部门的岗位(设计与工程服务、工资会计、库存与会计服务、金融与保险、工厂和机器设备的维修与维护、培训与招聘,测试与实验室服务、工业废料处理、工程支持服务、半成品运输等等)都与制造业密切相关。即使由于生产效率的提高而引起制造业岗位数量减少,这些与其紧密相关的岗位很多都仍会保持不变。

但是如果美国本土的制造业随着逐步转移到海外而衰落,那么许多与之密切相关的岗位也将会随之转移到海外。目前大约有两千一百万人直接受雇于制造业。因此,如果应用科恩和齐斯曼估计农业时的类似倍数,那么就有二千万到四千万紧紧依赖于制造业而存在的岗位。这就意味着,美国有过半的岗位是与制造业密切相关的。即使不考虑制造业比例下降所带来的间接影响(例如失业或半失业的人少买匹萨,少听音乐会),将制造业转移到海外所带来的潜在经济后果也是非常严重的。

20世纪80年代当我们对这本书第一版开始进行编辑工作的时候,就有许多迹象表明美国的制造业不再像当年那样强劲了。生产力增长率显著地慢于其他工业化国家,国内公司在几个重要市场(如汽车、消费类电子产品、机床)所占的市场份额下降到惊人的地步。由于进口不断增加,美国与其他制造业强国如日本的巨额贸易逆差在不断上升,并已成为世界上最大的债务国。美国受理的外国投资者专利的比例在之前的二十年里翻了一番。这些趋势以及许多其他现象似乎暗示着美国的制造业确实已经出问题了。

衰落的原因复杂而有争议,我们将在第一篇中对它作更深入的讨论。此外,从许多方面来看,美国制造业在90年代有所复苏,其净收益从1985年到1994年间上升了近65%(商务部1997)。(2)3但是有一个结论更为突出——第二次世界大战之后,尤其是80年代之后,由于被战争摧毁的经济得以复苏,全球竞争加剧。日本、欧洲以及太平洋周边地区的企业已经成为一度占据支配地位的美国制造部门的强大竞争对手。由于有了更多的选择机会,消费者也变得越来越苛刻了。亨利·福特那种提供产品的做法,“可以是任何颜色,只要它是黑色的”,已经不再可能了。顾客希望产品多样化、价格合理、质量高、服务周到以及交货迅速。因此,从现在起,无论在良好的还是糟糕的经济周期内,只有那些能在上述种种方面紧跟步伐的公司才能求得生存。

尽管说制造业是一个不可分割整体可能像是华丽的政治口号,但是事实就是美国制造业的崛起和衰落其实都是一家的买卖(will occur one firm at a time)。的确,实施一套从税制到教育改革的宏观政策的确会对整个行业有所帮助;但是每个企业的最终成功从根本上说取决于其管理的有效性(the effectiveness of its management)。因此,确切地说,我们的经济以及我们未来的生活方式,都取决于美国制造业的管理者们如何适应新的全球性竞争环境并且帮助他们的企业紧跟时代步伐。

## 0.2.2 研究领域:运营

既然有必要研究制造,那么应该怎样做呢?我们既然关注于管理,则自然会采用“大M”制造(“big M” manufacturing)的高层定位,包括产品设计、工艺开发、厂房规划、产能管理、产品分销、生产排配、质量控制、人力组织、设备维护、战略规划、供应链管理、厂际协作以及直接生产过程——“小m”制造(“little m” manufacturing)——切削、成形、磨削和装配等过程。

当然,没有哪一本书能够囊括整个大M制造。即使有哪本书可以,这样宽泛的概观也

必然是肤浅的。为了达到能促进真正理解的深度，我们必须缩小范围。然而，为了保留管理的大背景（big picture），又不能限制得太小；高度细化地对待特定问题（如金属切割的物理原理），就只会得到相应狭隘的观点，以至于尽管很重要但是却难以适用于识别有效的管理策略。处在中间位置则代表着平衡高层的综合策略与低层的细节问题，这就是运营的视角。

广义地讲，**运营（operations）**这个术语指的是利用资源（资金、物料、技术、人的技能及知识）来生产产品和服务。显然，所有的企业组织都包含运营。工厂生产实物产品，医院进行外科手术以及其他的药物治疗，银行核对交易账目和进行其他的金融业务，餐馆提供食物和招待，等等。

运营这个术语也指一个组织中的特定的职能，是与其他的如产品设计、会计、市场营销、财务、人力资源和信息系统等职能相区别的。历史上，参与运营职能的人总是工作在生产控制、制造工程、工业工程、计划之类的部门中，并且他们要对与生产产品和服务直接相关的工作负责。典型的工作包括生产排配、库存控制、质量保证、人力计划、物料管理、设备维护、能力计划以及其他所有产品制造出售所必需的工作。（3|4）

在这本书中，我们将从广义来理解运营，而不拘泥于一项具体的职能。我们试图给予总经理们从生产系统中的无数细节中筛选信息并找到有效策略所必需的洞察力。运营的视角主要关注于工厂内部的物料流动（flow of material），因而总是非常重视那些评价制造经理的关键指标（产出率、客户服务水平、质量、成本、设备和物料的投资、劳动力成本及效率等）。此外，由于不需要对产品或工艺进行详细描述，运营的视角专注于一般的制造行为（generic manufacturing behavior），这使得它能够适用于广泛范围内的各种特定环境。

运营的视角为各种各样的大 M 制造问题提供了一条贯穿始终的主线。例如，运营和产品设计是相关联的，因为产品的设计决定了它如何流经工厂及其加工的难易程度。在产品设计中采用运营的视角，促进了**面向制造的设计（design for manufacturability）**。同样，运营和战略规划也是紧密联系的，因为战略决策决定了要生产的产品种类和数量、生产设施的规模、纵向一体化的程度以及许多其他影响工厂日常运营的因素。在战略决策制定时深入地考虑运营问题对保证战略计划的可行性是非常必要的。其他的制造职能与运营都有类似的关系，因此通过从运营的视角来表述问题，就可以把这些职能与实际的生产过程协调起来。

传统研究运营的领域被称作**运营管理（operations management, OM）**。但是，OM 要比这本书涉及的范围更广泛，因为它除了制造企业、事业单位还包含了服务业的运营。正如本书的运营研究领域仅包含（大 M）制造的一部分，我们关于制造的研究焦点也仅仅涉及运营管理的一部分。简言之，本书的研究领域可以说仅仅是制造业中的 OM，如图 0.1 所示。

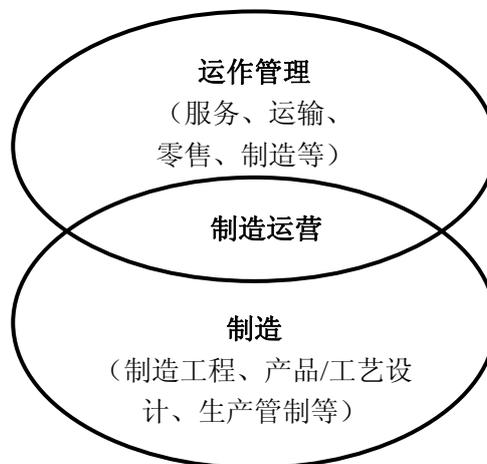


图 0.1 制造与运营管理

对一本管理学的书来说,制造业中的运营视角可能有些偏向于技术的角度。这并不奇怪,为了更精确地描述在运营这个层面上的制造活动,某种程度上的技术性是必需的。更重要的是,制造本身就是技术性的活动 (*manufacturing itself is technical*),这已经是当今环境中的一个客观事实。激烈的全球性竞争在不断地提高市场的标准,使得那些表面上看起来微小的细节却具有战略重要性。例如,70年代顾客所能接受产品质量水平可能相对来说还以比较简单的质量体系实现的。(4)5)但是为了满足顾客的期望和符合当前零售商认可的统一标准,没有一个严格的质量体系几乎是不可能的。同样地,客户服务水平要靠维持大量的库存来保证还是不久前的事情。如今,快速的技术变革和逐渐缩小的边际利润使得这种战略变得不经济了——可以说是迫使公司采用更加严格的、在低库存水平下运行的控制系统。这些转变使得运营成为经营一个制造型企业更加不可缺少的、更有技术性的组成部分。

90年代的趋势使运营的重要性似乎只是一种新气象。但是,正如我们将要在第一篇深入讨论的那样,低层的运营细节对制造型企业来说一直都具有战略上的重要意义。这个事实最近的证明就是日本在20世纪70年代与80年代的发展历程。正如第四章所描述的,日本的公司,尤其是丰田,能够执行低成本小批量生产的战略完全是通过长期严格关注工厂内部微小细节(例如零换模时间、统计过程控制、物流控制)而实现的。最终结果就是形成了一种非常有效的竞争武器,它使得丰田从一个默默无闻的无名小卒一跃成为全球汽车行业的领导者。

如今,由于全球性的竞争,运营对于制造型企业健康发展、乃至生存的重要性在以下三个方面都大大超过从前了:

1. **成本 (cost)**。成本是一个传统的竞争维度,它一直是运营管理的主要板块。劳动力、原材料和设备的有效利用对于保持成本竞争力是非常必要的。然而,我们应该注意到,从顾客的立场来看,**单位成本 (unit cost)** (总成本/总数量)才是关键,这意味着总成本的降低和总数量的增加都是有价值的OM目标。

2. **质量 (Quality)**。20世纪80年代在美国形成了一个广泛认同的观点,即质量是一个十分关键的竞争武器。当然,能被顾客所看见的外部质量一直是制造的关注点;而80年代的质量革命则使得人们开始关注制造过程每个阶段的内部质量,以及它和客户满意度的关系。运营管理的一些内容,如统计过程控制、人因和物流控制,已经在作为**全面质量管理 (total quality management, TQM)** 战略的组成部分悄悄出现这一背景下。

3. **速度 (Speed)**。尽管成本和质量依然占据着关键地位,90年代确实可以被称为速度的十年 (*decade of speed*)。快速的新产品开发,加上快速的送货,构成了许多行业先行者所采用的**基于时间的竞争 (time-based competition, TBC)** 战略。快速向市场推出新产品需要使执行与开发任务并行开展,同时也需要快速爬坡的制造能力。由于没有低效率的剩余库存,快速反应交货要求更短的制造周期、更可靠的制造过程以及各种职能的有效配合(如销售和制造)。这些问题是运营管理的中心内容,在这本书中这些内容将被反复地提到。

这三个方面广泛地适用于大多数制造企业,但是他们的相对重要性对于不同的企业来说显然是不同的。日用商品的生产商(如小苏打、螺丝、电阻器)关键是靠生产效率,因为低成本是生存的前提条件;奢侈品的生产商(如豪华轿车、名贵的手表、皮面装帧的书)要依靠质量来保有市场;高科技产品的生产商(如电脑、受专利保护的药物、高端的消费电子产品)要求新产品的引入速度要具有竞争力,并且在产品有限的经济生命周期内最大化地开发其潜在效益。显然,这些不同环境的管理挑战是不同的。既然运营密切影响着成本、质量和速度,那么运营管理在它们之中也就分别具有着关键的战略意义。(5)6)

### 0.2.3 方法：工厂物理学

到目前为止，我们已经确定了本书的研究重点是制造管理，研究领域是运营。现在的问题是：管理者如何运用运营的视角来找到一个合理的策略组合，既对现在有效又有足够的柔性以适应未来的需要？

在我们看来，一些制造管理的传统方法是有严重缺陷的，归纳起来有这么几个观点：

1. 模仿不能解决问题。考察竞争对手的状况可以为企业提供一个有价值的标杆，并可能有助于避免陷入既有的思维模式。然而模仿并不能推动企业形成真正显著的竞争优势。进取创新的思想必须来自于企业内部，而不是外部。

2. 时髦术语不能解决问题。最近几年，制造企业疲于应对“革命”的潮流。MRP、JIT、TQM、BPR、TBC（和其他一些缩略词）伴随着空洞的花言巧语和狂热的情绪，已经席卷整个制造业，却鲜见具体的细节内容。正如我们将要在第一篇中评述的那样，这些运动包含了许多有价值的见解。然而，把它们当作管理系统任然是非常危险的，因为管理者很容易就把注意力集中在这些悦耳易记的口号和时髦词汇上而忽略了企业自身的基本目标。结果就是做出了对长期经营而言非常糟糕的决策。

3. 顾问最多仅仅是可以解决部分问题。好的顾问可以对公司的政策进行客观评价并提供新的观念。然而，作为外部人员，顾问所处的职位使他不能得到实施新的管理系统所必需的关键人员的支持。此外，顾问从来都不能像内部人员那样熟悉业务，因此很可能只会提出一般性的解决方案，而非与企业的具体需要相匹配的定制化方法。不管是一项现成的技术（如排配工具、光学扫描仪、自动导引小车、机器人）是多么的好，如果要使得整体有效，制造系统始终还是要在内部进行设计的。

那么，什么可以解决问题？在我们看来，关键在于并不是说对于制造问题我们做什么（*what to do*）而是怎么去思考（*how to think*）这些问题。每一个制造环境都是独一无二的，不存在一套在任何时候都有效的程序。因此，未来高效的制造经理必须依靠对系统的可靠解来找到着力点，创造性地参与竞争，以及形成一个持续改善的环境。对于制造管理的学生来说，这既是好消息也是坏消息。坏消息就是制造经理将需要比以前通晓更多的制造基础知识，好消息就是发展了这些技能的经理人将会在工业界越来越有价值。

从运营的视角来看，差不多所有的制造企业都具有一些共同的行为偏好。我们觉得这些可以被组织成一个完整的知识体系，作为制造经理的知识基础，正如医学领域是医师的知识基础一样。在本书中，我们需要运用理性精神，通过建立一些基本概念作为组成模块（*building blocks*）、建立一些基本的“制造定律”以及从具体实践中总结出普遍性思想，从而探索出一门**制造科学（a science of manufacturing）**。我们的首要目标是为读者提供一个组织框架以评价管理实践并建立与制造系统有关的直觉观念。（6|7）我们的第二个目标是鼓励其他人进一步推进制造科学，建立起比我们现在提供的更新、更好的体系结构。

我们用**工厂物理学（factory physics）**这个术语来表示我们对一般原理的长期重视，以区别那些对时髦词汇所包含特定技术的短期追捧。我们极力强调工厂物理学并不是**工厂魔法（not factory magic）**。更确切地说，它是一门基于科学方法的学科，并且与物理学领域有几个共通之处：

1. 解决问题的框架。正如物理学中几乎不存在简单的解答，制造管理中也同样没有。物理学提供了理解自然的理性途径，理解基础物理学对于构造或设计复杂系统的工程师来说是非常重要的。同样，工厂物理学为理解制造企业运营提供了一个背景，以帮助制造经理或

工程师发现和解决真正的问题。

2. 技术方法。物理学通常被认为是一门很难的技术性学科。可是，正如我们所注意到的那样，运营管理也是一门很难的技术性学科。在提及运营管理时如果没有一些技术性内容，那么就像一篇介绍一座工程伟绩却没有任何物理描述的报纸文章一样——听起来天花乱坠似乎很有趣但是读者却不知道它是怎样完成的。这种方式对于运营管理的综述或许是合理的，但是它并不适用于开发制造经理和制造工程师所需的技能。

3. 直觉的角色。物理学家通常对物质世界有着良好的直觉。甚至在写下任何数学表达式去刻画一个系统之前，物理学家对重要参数及其相互关系已经有了定性的认识。类似地，为了做出好的决策，管理者需要对系统行为和多种活动的结果有可靠的直觉。因此，当我们准备花相当多的时间用数学模型来建立概念时，我们真正关心的并不是分析本身，而是可以从中可以获得的普遍性直觉。

本着工厂物理学的精神，我们可以将未来经理所需要的关键技能概括为以下三类：**基础知识 (basics)、直觉 (intuition) 和综合能力 (synthesis)**。<sup>1</sup>它们与运营管理的关系，以及它们在本书中的角色如下：

1. **基础知识 (basics)**。对于任何一位制造经理来说，描述制造系统的术语和初步概念都是必要的基本条件。尽管许多与制造经理相关的基本原理（如初等数学、统计学、制造工艺物理学）在 OM 的领域之外（因而也在本书的范围之外），我们还是列出了许多与 OM 密切相关的基本概念，以应对变动性、可靠性、排队系统行为等等问题。这些内容将视需要在第二篇中进行介绍。我们也将从第一篇的历史综述中精选出一些传统 OM 实践中有价值的基本概念。

2. **直觉 (intuition)**。制造经理最重要的一项技能就是关于制造系统行为的直觉。可靠的直觉可以使经理人识别出工厂内的着力点，估计计划中的变革所带来的影响，以及协调各种改善的措施。因此我们在第二篇里主要致力于建立起关于关键类型制造行为的直觉。(7|8)

3. **综合能力 (synthesis)**。在制造经理的重要技能清单上紧随直觉之后的是把系统的不同部分组合成为一个有效整体的能力。它一部分是与理解权衡以及关注于关键参数的能力有关，此外它也依赖于跳出局限从而以整体的视角来考察系统的能力。我们在第六章中探讨解决问题的规范化方法——**系统方法 (the systems approach)**。优秀的制造经理总是通过许多不同方法（如，流程变革、物流变革、人力政策变革）来考虑改善的问题，并总是对某个领域内变革所产生的影响保持敏感。我们在第三篇提出了整合各种潜在独立决策的生产计划层级体系，同时也描述了不同职能之间的交互与界面。通常，最容易做出成绩的问题（“biggest bang for the buck”）总在职能边界之处，所以我们在第二篇和第三篇中可能的地方都尽可能地强调它们。

#### 0.2.4 视角：物流路线 (flow line)

要从运营的立场应用工厂物理学的方法来研究制造管理问题，我们必须选择一个观察制造系统的基本视角。如果没有这一视角，环境差异将会模糊潜在的共性特征从而无法建立其制造科学。原因在于即使我们采用了运营的视角，并忽略低层的产品和工艺的差异，制造环境仍然由于**工艺结构 (process structure)**的不同而存在巨大的变化，工艺结构即是物料流经工厂的方式。例如，化工厂的连续流程特性与定制机加车间中单件加工的环境必然表现迥

<sup>1</sup> 尽管这个分类出现在一本讲制造的书中可能是第一次，但是它们却并不是前所未有的。组成中世纪文科教育基础的三学科，语法（基本准则）、逻辑（推理的关系）和修辞（融合前两者），实际上与我们这个结构是相通的。

异，因而也相应的表现出不同的管理场景来。Hayes 和 Wheelwrigh（1979）依据工艺结构的不同将制造环境分为四类（见图 0.2），总结如下：

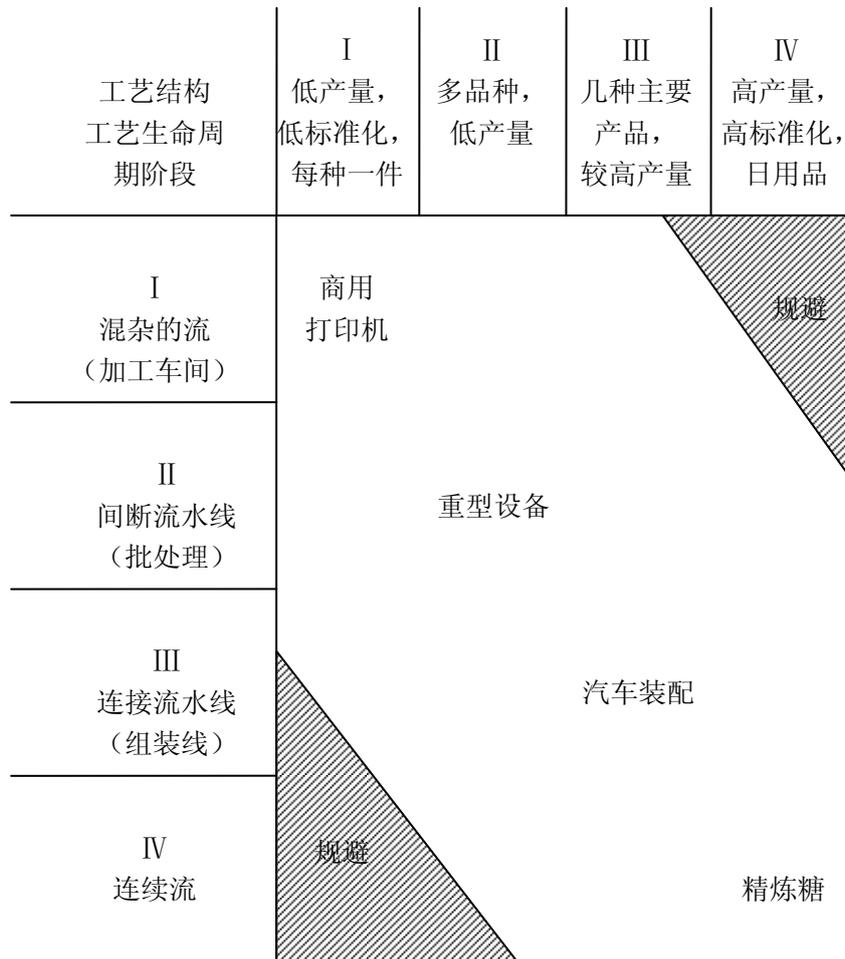


图 0.2 产品工艺矩阵

1. **加工车间 (Job shops)**。通过工厂内变化的工艺路线加工多种小批量的产品。工厂中物流错综复杂，设备安装调试频繁，制造环境更多地体现出一种项目性工作而非节奏性工作的氛围。例如一座商业印刷厂，它的每道工序都有独特要求，因此一般都会是加工车间的模式。

2. **间断流水线(Disconnected flow lines)**。通过有限数量的既定工艺路线(如厂内的通道)生产批量产品。虽然各条加工路线互不相同，流水线上的各个工站之间却并不是由一个节奏化的物料搬运系统来连接的，因此工站之间可能会积压在制品库存。工业生产中大多数的制造系统都与间断流水线有着某种程度的相似性。例如，重型设备(如油槽车)制造商通常会采用一条设计完善的装配线，但由于每个工站的加工范围和复杂性的不同，通常不会在工站之间建立存在自动化的节拍搬运设施。

3. **连续流水线(Connected flow lines)**。这是因亨利·福特而著称的经典移动装配线。通过一条由设定了速度的物料搬运系统连接的刚性路线加工和装配产品。汽车生产是一个应用连续流水线的典型例子，汽车框架沿着移动装配线在安装不同构件的工站之间移动。虽然这类系统为人熟知并且有着历史意义，但在工业生产中自动装配线事实上远不如间断流水线普遍。

4. **连续流程(Continuous flow processes)**。流程性产品（食品、化工产品、石油、装饰性材料、玻璃制品、绝缘制品等）沿着一个固定的工艺路线流动。很多食品加工企业，比如糖的冶炼厂，利用流程性工艺来实现效率和产品的同质性。（8|9）

这些制造环境适用不同类型的产品。因为加工车间具有最大的柔性，它非常适合小批量、高度定制化的产品。然而，加工车间在单位成本上并不是很有效率，所以在大批量生产时不会采用。因此，大部分离散型零部件制造厂或多或少都采用了某种形式的流水线生产。多大程度上采用自动化或设定产线速度的流水线则取决于产品的批量以及必要的资本投资在期望的经济生命周期中是否物有所值。在流程性产品的生产中，类似的决策何时应当从台式机批量生产转向到连续流程。

表 0.2 列出了一个经常被引用的将工艺结构与产品类型联系到一起的**产品工艺矩阵 (product process matrix)**。表中反映的一个基本信息是批量越大的产品越倾向于匹配流更为平滑的工艺结构。这表明了制造环境的适当与否取决于产品在它生命周期中所处的阶段。通常，新开发的产品在它的起步阶段总是以小批量生产，并且常常需要进行设计上的修改，这使得它们与加工车间环境所提供的柔性相适应。（9|10）当产品发展到其成长期和成熟期，这时的产量适合于更加有效的（间断）流水线。如果产品发展成熟，成为大批量生产的产品（而非退出市场）时，则适合更加标准化的生产线，这时自动化装配线或流程流水线可能更为合适。这种变化可以看作一个产品在其生命周期中从图 0.2 的工艺流程矩阵中沿其对角线从左上到右下方移动。

尽管产品的工艺矩阵在区分工艺结构以及它们与产品要求的关系时很有用，但它只展现了全景的一部分。如果制造战略只是区分产品的类型以及从这样一个矩阵中选择恰当工艺流程这么简单的话，我们就不会需要制造科学（或者经过高度培训的生产经理）了。但是，正如我们已经强调过的，如今的顾客要求企业同时实现以下这些条件：多样化，低价格，高质量和快速交货。摆在现代制造企业面前的一个主要挑战就是在持续质量改进的氛围中，怎样构造生产环境使其在保持小批量加工车间的柔性和产品多样化潜力的同时，获得大批量生产线的速度和低成本。

在本书中，我们选择以间断流水线上的离散零件生产作为我们的研究视角。我们这样做一部分原因在于这样的制造环境在工业生产中是最普遍的。此外，这种物流路线的视角使我们能够识别更加条理的物流路线并且在加工车间的环境下改进生产效率。最后，物流路线在离散零件生产与连续流程加工之间建立起一种逻辑联系，使我们得以从连续系统中获得灵感以平滑物料流和改进成本效益。这样，间断流水线的视角将作为一个基础，在此之上我们将构建一个可以在很大范围的制造环境中用于解决问题的框架。

## 0.3 本书纵览

本书余下的内容分为三个主要篇章：

第一篇，历史教训，介绍了制造业在美国的历史，同时对传统的运营管理方法如库存控制模型、物料需求计划（MRP）和准时化生产（JIT）做了回顾。在回顾过程中，我们确立了作为制造科学必要组成部分的重要洞察力。在第一篇的最后，我们把这些历史上的方法本身为什么不能满足制造业未来需求的批判性观点作为结尾。

第二篇，工厂物理学，其中阐述了本书的核心概念。我们以制造科学的基本架构以及对解决问题的系统方法的讨论开始该篇的内容；接着从三个指标（产出率、库存和周期时间）之间的基本关系出发并逐渐延伸到变动性所产生的微妙影响，从而对制造业工厂的关键行为

趋向进行研究。通过比较推式与拉式生产系统，我们也研究了一些流行的日本方法背后蕴含的科学原理。为了表述清楚，主要的结论都写成了“制造定律”的形式，尽管正如我们将讨论的，这些定律中一部分是永远成立的真理，而另外一部分则是在大多数情况下成立的有用的一般性原则。第二篇还包括了对制造系统中关于人的重要问题的简短讨论，以强调这样的基本观点：制造并不只是简单的机器与物流，它也是包含人的作用。我们还指出了物流与质量之间的密切联系，以提供一些全面质量管理（TQM）实践背后所蕴含的科学原理。

第三篇，实践中的原则，这一篇是要解决具体的制造管理问题。（10|11）通过应用第一篇中所得的心得和第二篇中获得的定律，我们对照并比较了解决制造企业中常见问题的不同方法。其中包括车间作业控制、生产排配、长期综合计划、人力计划、产能管理以及层级体系中跨级计划与控制的协调。问题的核心在于选择正确的指标和控制方法，并提供一个构建解决方案的框架。对于每个例示出来的问题，我们都通过提供明确的“怎么做”的提示，以阐明解决问题的步骤。给出这些详细解决方案的目的并不是为了要提供现学现用的工具，而是为了帮助读者看懂第二篇中的一般概念是如何应用于具体问题的。

这样的三个篇章粗略地对应于制造经理与工程师所需要的三种技能：基础知识、直觉及综合应用。第一篇关注于基础知识，提供了一个历史的视角和介绍传统的术语与方法；第二篇聚焦于直觉，描述了制造系统的基本行为；第三篇强调综合，建立了一个整合不同制造计划问题的框架。掌握了这三种技能的制造职业经理可以识别出工厂中的实质问题并做出改善。

接下来，让我们进入《工厂物理学》的正文部分。