

第四章 准时制的革命

我为这新的体制而摘帽示意，
我为这新的革命而弯腰敬礼，
我为这一切改变而开怀一笑，
拾起我的吉他，尽情欢唱，
就在昨天，
我还双膝跪地，真诚地祈求，
我们不能再愚蠢下去！

——谁人

4.1 准时制的起源

在二十世纪七八十年代，当一些美国制造商正致力 MRP 运动的时候，一些完全不同的东西正在日本产生。像美国在十九世纪所做的那样，日本人正在发展一种前所未有的制造形式，它将带来一个经济急速增长的时代。这个带给日本巨大成功的制造技术就是我们所说的准时制（JIT）。他们在制造管理的历史上写下了重要的篇章。

准时制的起源毫无疑问正是源自日本的文化、地理和经济史。长期以来由于空间和物资的有限，日本人都很倾向于节约。这使得严格的原料控制策略在日本比在“浪费之乡(Through away society)”的美国更容易被接受。东方文化要比具有还原主义(reductionist)科学渊源的西方文化更加的系统化。那些贯穿于独立工位的措施，像多技能的流动工人和全面质量管理在这样的环境中显得更为自然。地理因素对日本的实践也有一定影响。比如一天多次从供应商处运送原材料的策略对于工业空间集中的日本来说要比具有广阔地域的美国更容易实施。其他许多促使日本成功的结构性因素也发挥了作用。但是由于一个制造企业无法控制这些因素，所以在这里我们就不考虑它们了。(151|152)

更重要的是 JIT 实践本身。大部分 JIT 思想直接来源于丰田汽车公司经理大野耐一的工作。据大野耐一说，丰田在 1945 年开始了自己的创新之路，当时董事长丰田喜一郎提出要公司“三年内赶超美国。否则，日本的汽车工业将不复存在。”(大野 1988, 3)在当时，日本的经济被战争严重破坏，劳动力只有美国的九分之一，汽车制造处于很低的水平。显然，丰田不可能在三年内赶超美国，但是丰田的努力最终达到了丰田喜一郎的目的，还引发了制造管理自二十世纪二十年代科学管理运动以来的又一次彻底变化。

大野耐一，1943 年从丰田纺织公司转入丰田汽车，他认识到能够与美国竞争的唯一办法就是减少两国之间巨大的产量差异。他认为这只能通过消除浪费以降低成本来达到。与美国的汽车公司不同，丰田不能依靠大规模生产设施的规模经济来减少成本。日本汽车的市场实在是太小了。所以，丰田的管理者们认定他们的制造策略必须是小规模多品种生产。

从生产控制的角度来看，最要的挑战是保持产品多样的同时能够做到维持平稳的产品流。不仅如此，为了避免浪费，生产就必须在较低的库存水平下进行。大野耐一描述了在丰田产生的这个系统，说明了这一挑战所依赖的两大支柱：

1. 准时制 (Just-in-time)。

2. 自働化 (Autonomation)，亦即由人触发的自动化。

他将 JIT 的产生归功于丰田喜一郎，丰田喜一郎曾用 JIT 来描述理想的汽车装配过程。大野耐一用了一个原型来表示 JIT，这个原型就是在五十年代中期出现在日本的美国式超市。在超市里，顾客可以按时按量的买到他们想要的东西。在大野的比喻中，一个工位就是一个顾客，他从扮演商店角色的上游工位那里取得物料。当然，在超市中，库存通过从仓库或者从供应商那里得到补充，而在工厂中，供给所需的库存则必须由上游工位生产出来。他的目标就是使工位可以恰好在需要的时候从上游的工位准时地得到所需的物料，这也就是**准时化**生产。

JIT 需要一个平稳的运作系统。如果物料无法在工位需要的时候准时供应，那么整个系统就会被中断。正如我们将在下一节中讨论的，这需要生产环境的严格配合。一种避免中断的方法就是大野的自働化，意思就是指机器一方面必须是自动化的 (*automated*)，从而一个工人可以操作多个机器；另一方面必须是傻瓜式的 (*foolproof*)，它们能自动的发现问题。大野耐一的自働化思想的灵感来自丰田佐吉，他是丰田纺织公司的自动织布机的发明人。自动化对于提高产量以赶超美国来说是很关键的。傻瓜式设计可以使操作者在准确的时间介入自动化过程，这就是大野所谓的“依靠人手触发的自动化”。他认为这种结合是在 JIT 环境中避免中断所必要的。

在十九世纪四十年代末到七十年代，丰田建立了一系列的过程和系统来实施 JIT 和自働化。这其中也包括现在有名的看板系统（这是后面将详细讨论的），以及各种涉及到削减开机时间，工人培训，供应商关系，质量控制等内容的系统。尽管并非所有的尝试都是成功的，但是很多的确都成功了，而且最终产生的结果就是丰田汽车从一个二十世纪五十年代汽车市场的无名小卒变成了九十年代世界上最大的汽车制造商。（152|153）

4.2 JIT 目标

为了达到大野耐一提出的工位准时获得所需原料的目标，一个干净 (*pristine*) 的生产环境是必须具备的。也许是由于日本人喜欢用比喻¹的方式说话，也可能是因为将日文的表述翻译成英文本身就很困难（文字可以翻译，但文化背景是无法被翻译的），这样的需求往往被表述成绝对的理想情况。例如美国第一个描述JIT的作家罗伯特·霍尔（Robert Hall）就用了像**零库存生产 (stockless production)** 和**零库存 (zero inventories)** 这样的词。然而，他并不是像字面上表示的那样认为企业运营过程中应该没有库存。相反，他写道：

零库存是在生产过程中所无法达到的一种完美水平。但是，这种高水平的卓越概念是很重要的，因为它激发出一种追求，那就是通过对整体的任务和微小的细节都保持富有想象力的关注以实现持续改进。（Hall 1983，1）

Edwards（1983）将绝对理想情况推向了极致，他用**七个零 (seven zeros)** 来描述 JIT 目标，这些是实现**零库存**所必须的。这里连同它们背后的逻辑概括如下：

1. 零缺陷 (Zero defects)。为了避免 JIT 环境下的生产过程的破坏，使工位只在需要的

¹ 新乡重夫和大野一样也是一个对发展丰田系统有重要影响的人物，他曾这样写道：“丰田生产就是把已经干了的毛巾再挤出水来”（新乡 1990，54），“没有什么比播种‘意志之树 (tree of will)’ 更为重要的了”（新乡 1990，172）。

时候获得零件，这就要求零件必须具有高质量。由于并没有额外的库存来代替那些不合格的零件，一旦有缺陷出现就会造成延误。这样，就必须做到每一个零件都一次就做对。唯一可以接受的缺陷数量就是零，并且不可能有时间等待检查工站进行质量检验。质量必须在源头上就实现。

2. **零（溢）批量（Zero（excess）lot size）**。在 JIT 系统中，这个目标就是当一个库存被下游工位取走时就立刻对其进行补充。下游工位可能分别需要不同种类的零件，那么如果每个工位都能够做到一次生产一个零件的话，那就可以维持系统最高的反应速度。相反，如果某个工位只能大批量的生产零件，那么由于可能无法快速的补充所有零件的库存，这样就无法避免延迟。这个目标更多的被叫做**单件批量（a lot size of one）**。

3. **零准备时间（Zero setups）**。生产系统中出现大批量最常见的原因是由于存在较长的准备时间。如果为了生产另一种零件需要好几个小时来给机器换模，那么只有在每次切换之间大批量的生产每种零件才有意义。小批量会导致频繁的切换，从而严重地降低能力。因此，消除准备时间是实现单件批量的先决条件。

4. **零故障（Zero breakdowns）**。如果系统中没有额外的 WIP 作为防止机器断料的缓冲，那么一旦出现故障将迅速造成整个产线的停顿。因此，一个理想的 JIT 环境不能容忍计划外的停机（或者诸如缺少操作人员的情况）。

5. **零搬运（Zero handing）**。如果每个零件都按时按量的被制造出来，那么就不能允许有额外的物料搬运。任何额外送料或者取料都是不允许的。最理想方式就是直接从工位向下一个工位供料，中间不加任何停顿。任何额外的搬运都会使系统偏离准时制的运行状态，这是由于为了弥补花费在搬运上的额外时间就必须使零件提前被制造出来。（153|154）

6. **零提前期（Zero lead time）**。当一个完美的准时制零件流形成时，一个下游工位只要提出请求就可以立刻获得零件。这就要求零件的上游工位做到零提前期。当然，单件生产很难减少生产零件所需的有效提前期，但是每个零件的实际加工时间和等待（排队）时间也是很重要的。零提前期的目标与零库存目标的核心是非常接近的。

7. **零波动（Zero surging）**。在 JIT 的环境下，即在仅当必要时生产零部件的环境下，只要生产计划是平稳的，那么物料流过工厂的过程也将是平稳的。如果生产计划中产品的数量或是组合出现了突然的变化（波动），那么，因为系统中没有额外的 WIP 可以用于平衡这些变化，系统将被迫作出响应。除非系统中有充足的剩余产能，否则就不可能实现计划，其结果必然就是出现扰动和延误。这样，一个平衡的生产计划和统一的产品组合就成为了 JIT 系统的重要输入。

很明显，这七个零的要点在实践中决不比零库存容易做到。没有库存的零提前期从字面意义上理解就是即时生产（instantaneous production），但是这在现实中是不可能的。据使用这些指标的 JIT 提倡者所说，设定这种目标的目的，是为了要激发出一种持续改善的环境。不管一个生产系统运行得多么良好，总是存在着改善的余地的。通过观察现实的进展与绝对理想之间的差距既可以提供一种激励也能够作为衡量成功的依据。

4.3 环境：作为一种控制

JIT 的理想体现出了日本的生产技术中具有真正革命性的一面，即：日本人很大程度上把生产环境看成是一种控制因素。他们不是简单地对某些事情做出被动反应，例如机器准备时间、供应商配送、质量问题、生产排程等，而是主动的去营造一种环境。这样，他们就有意识地让制造系统变得更易于管理。

相比之下，美国人由于其科学管理的根源和还原主义（reductionist）的倾向，已然倾向于将生产问题的各个方面孤立起来，然后分别对其进行所谓的最优化。美国人把准备时间（或成本）看作是固定的，并试图找出最优的批量大小（如 EPL 模型）。日本则尝试消除（或至少减少）准备时间，从而解决了生产批量的问题。美国人把交货期限看作的外生的，而试图去优化生产排程（如 Wagner-Whitin 模型）。而日本人认识到交货期限是与客户商量出来，他们努力将营销和制造因素综合起来考虑从而获得了不需要精确优化和突然变动的生产排程。美国人将供应商昂贵而又并不频繁的配送看成是既定事实，还试图求出最优的订货批量（如 EOQ 模型）。而日本人与少数几家厂商建立起长期的合作关系，从而使频繁的交付成为可能。美国人把质量缺陷视为既定，并设立了精细的检验程序以发现缺陷。而日本人则是努力保证外部的供应商和内部的操作工人都注重质量要求，并且为其配备必要的工具以实现这些要求。美国的制造工程师把产品规格看成是设计工程师通过“抛过墙”的工作方式确定的，因而他们尽可能的使制造过程适应这些要求。而日本的制造和设计工程师则是一起工作的，从而保证设计是适于制造的。（154|155）

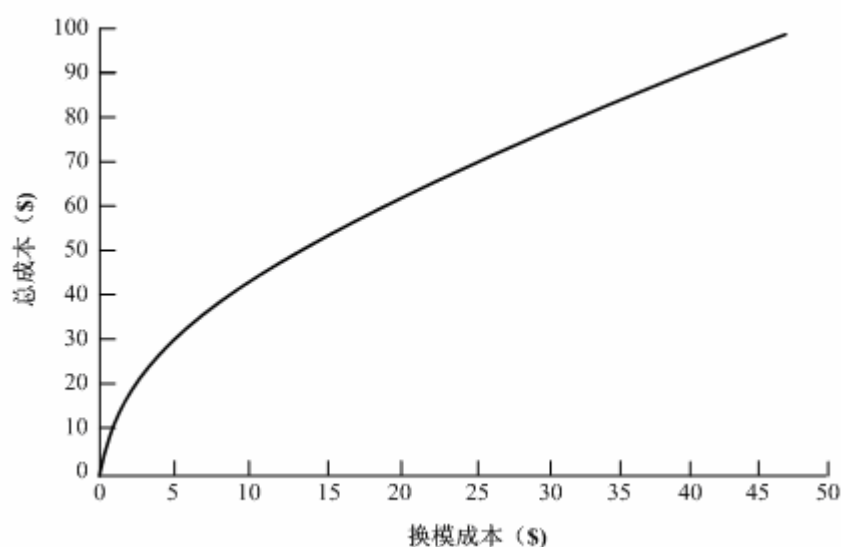


图 4.1 EOQ 模型中的总成本与换模成本

提到美国和日本的这些区别并非是要直接批判美国的模型。事实上，正如我们在第二章所强调的，模型可以为我们提供有价值的见解。举例来说，EOQ 模型表明，总成本（即准备成本加上库存持有成本）取决于每次开机的成本，根据公式

$$\text{年度成本} = \sqrt{2ADh}$$

如果 A 是准备成本（以美元计）， D 是需求量（单位/每年）， h 是单位持有成本（美元/单位·年）。如果我们举个例子令 $D = 100$ ， $h = 1$ ，然后我们就可以画出总成本和准备成本之间的关系，如图 4.1 所示。此图和该模型清楚地反映了减少准备成本所能带来的好处。既然这项成本随着准备时间的减少理应降低，那么 EOQ 模型就确实是指出了减少准备时间的价值。然而，虽然已经有了这样的观点，但它的重要战略意义还没有被体现出来。结果，真正的减少准备时间的方法论不是出现在了美国，而是出现在日本。

在开机准备和其他许多领域，日本人对制造已经具有了全面而系统的观点。结果就是他们已经能够制定出政策，以打破跨越传统职能间的屏障，进而能够管理职能间的窗口。这样，

虽然 JIT 的具体技术（我们将在后面讨论）很重要，但是改造制造环境的系统方法和对细节问题在很长一段时间内的持续关注是更为根本的。大野总是一再强调这一点以及他的“问五次为什么”的忠告，他的用意在于应该不断的发现和扫除障碍从而实现目标。按照大野的想法应该是以这样的顺序来问：有机器断料了，为什么？因为上游机器失灵。为什么呢？因为一个水泵坏了。为什么呢？因为没有润滑剂了。为什么呢？因为漏泄的垫片未检出。为什么呢？等等。这种对认识和改进永无止境的追求可能就是日本卓越成功的真正原因。

4.4 JIT 的实施

正如前面所述，JIT 不仅仅是频繁的物料运送系统或者是用**看板(kanban)**来控制工件的投放。被丰田和其它日本公司所发展出来的这套制造系统的核心是对生产环境的仔细重构。大野（1988，3）很清楚地说道：（155|156）

看板只是实现准时制的一种工具。为了使这种工具得到良好的运用，生产过程必须保证尽可能流畅。这是最基本的条件。其他重要的条件是尽可能的平衡生产以及按照标准的工作方法来工作。

只有当环境的改变实现了以后，特定的 JIT 技术才会有效。我们接下来讨论实施 JIT 所必须提到的关键环境问题。

4.4.1 生产平准化（平滑）

根据零波动理想所追求的，JIT 需要一个相对平稳的生产计划。如果数量或产品组合随时间出现很大的变化，那么各个工位就很难准时的补充库存。再回到我们之前那个超市的类比，如果所有的顾客都决定在周二进行购物，或者所有购买者都决定在同一时间购买番茄罐头，那么很快就会出现缺货。然而，因为客户是随着时间陆续到来的并且会购买不同组合的产品，超市可以每次少量的补给货架，最重要的是，可以避免出现缺货。

在制造系统中，需求始终产生于客户的需求。但是，产品制造的顺序和产品被客户购买的顺序并不需要是一致的。实际上，既然制造商几乎不可能事先完全掌握顾客的需求，要按照需求的顺序来生产就更不可能了。相反，工厂是利用**主生产计划（MPS）**来确定在每个时间段里面应该生产哪些产品的。正如我们上一章提到的，MRP 系统通常用一周或者是更长的一段时间来作为 MPS 的时间间隔（框格（buckets））。

JIT 的第一个条件是，确保 MPS 始终处于一个合理的水平。正如我们在第三章提到的，很多 ERP 系统中包含有 MPS 的模块，以便于进行平准化处理。这项改变一部分是由日本的 JIT 运动引起的。

但是即使是一个经过平准化处理的 MPS，由于它仅能识别周需求或者月需求，因而也可能允许这一周或者一个月中的波动超过系统满足需求的能力。这样，丰田系统和几乎其它所有的 JIT 系统都使用了**最终装配计划（FAS）**，它可以识别每天甚至每小时的需求。在 MPS 的基础上产生一个平衡的 FAS 包括两个步骤：

1. 平滑总产量需求（smoothing aggregate production requirement）。
2. 最终装配排序（Sequencing final assembly）。

对总生产需求进行平准化处理是很简便的。如果 MPS 要求月产量 10,000 单位并且一个

月有 20 个工作日，那么 FAS 就会要求每天生产 500 单位。如果每天两班，那么就是每班 250 个单位。如果每班有 480 分钟，那么平均的产出间隔时间就是 $480/250 = 1.92$ 分钟每单位。在理想情况下，这意味着我们必须精准的按照每单位 1.92 分钟来进行生产。像这样一个以相当稳定的速率生产离散零件的系统就称作**重复制造（repetitive manufacturing）**环境。我们在后面将会讨论到的丰田发明的看板系统就只适用于重复制造系统。（156|157）

事实上，我们不可能精确的按照每单位 1.92 分钟进行生产。细微的变化往往不是问题，如果产线在这个小时里面落后了，那么在下一个小时里面赶上就可以了，这没有什么问题。然而，如果系统在很长一段时间里偏离了这个特定的速率，比如超过一班或者一天的时间，通常那就必须执行纠正措施（如加班）了。JIT 系统要做到协调的按期满足顾客需求，就必须保持一个稳定且可预测的产出流。这样，JIT 系统逐渐加入了一些有利于维持一个稳定流的各种措施（如鼓励制定生产配额）。

一旦 MPS 的总需求被转换为每日的产量，我们就必须把详细的产品需求转换为生产序列。我们依据 MPS 中的产品比例来分解每日的需求。举例来说，如果这个月要生产的 10,000 个单位产品中包括 50%（5,000 单位）的产品 A，25%（2,500 个单位）的产品 B，和 25%（2,500 单位）的产品 C，那么这就意味着每天生产的 500 个单位中应当包括

$$\begin{aligned}0.5 \times 500 &= 250 \text{ 单位的 A} \\0.25 \times 500 &= 125 \text{ 单位的 B} \\0.25 \times 500 &= 125 \text{ 单位的 C}\end{aligned}$$

不仅如此，产品排列在产线上的比例应该越均匀越好。这样一来，排序

A-B-A-C- A-B-A-C- A-B-A-C-A-B-A-C...

就始终保持 A、B、C 按照 50-25-25 的百分比组合进行生产。显然，这需要一条产线，它的柔性必须足以支持这种类型的**混合模型生产（mixed model production）**（即在同一条产线上同时生产几种不同的产品），这是很难做到的，除非产品之间的切换不需要准备时间或者时间很短。另外，既然生产速度是每单位 1.92 分钟，那么这个排序就意味着产出的两个产品 A 的时间间隔将是 $2 \times 1.92 = 3.84$ 分钟。而产出两个产品 B 和两个 C 之间的时间间隔是 $4 \times 1.92 = 7.68$ 分钟。组装线和工厂的其余部门在现实中必须能够掌握好这些时间。

当然，按照大部分的生产要求不会产生这么简单的序列。在这个例子中，有时候（例如当需求很难被预测时）可以稍微的调整一下需求量以得到一个更加简单的序列；或者也可以通过令剩余单位尽可能均匀的分布在日排程中，从而稍微将序列变得复杂一点。而目标仍然是保持一个尽可能平稳的流。这传统的美国实践中在切换品种之前大量生产一种产品和仅仅强调在月末完成生产配额形成了鲜明的对比。

4.4.2 能力缓冲

JIT 一个明显的困难就在于应对突发的干扰，如订单取消或者机器故障。在 MRP 系统中，当生产要求改变后，原有的排程只是简单的重排，有些工作可能会需要赶工，事情就这样顺理成章的办了。然而在 JIT 系统中，由于已经花费了很大的力气来保证一个恒定的流，这就必须要用另一套做法了。类似的，如果由于一台机器故障的原因使生产落后了，MRP 中的表格运算就会将未满足的需求加入到下一个生产周期（pass）中去。JIT 系统以及它的平准生产配额（level production quotas）本身没有办法应对这样的短缺。（157|158）

这种刚性必然给理想的 JIT 带来了问题。但是和几乎所有方法一样，理想的 JIT 只在理

想的环境下有效。（如果需求是绝对平稳的，而且可以被完全预测到，并且处于生产能力范围内，那么 MRP 也会运行的极其良好，结果同样可以做到准时制生产。）然而，现实世界的 JIT 系统永远不是理想的，也没有包含必要的方法来对付不可预测的干扰。日本人常用的一种方法是能力缓冲。如果安排的日生产时间少于 24 小时，那么生产一旦落后就有办法赶上。如果生产超过需要的速率，那么就可以让员工回家或是执行其他工作了。如果生产落后于需要的速率，无论是因为产线上的问题或是需求发生改变，那么额外的时间就可以被用于生产。一种有效的方法就是**两班制（two-shifting）**，每天安排两班生产，用一段休息时间间隔开（Schonberger 1982, 137）。这段休息时间可以用来做预防性的维护或者如果必要的话也可以用来赶工。一个比较流行的做法就是按“4-8-4-8”的轮班，在两个 8 小时的班次之间有一个四小时的间隔将其分开。

加班加点所能提供的能力缓冲的作用和大多数的 MRP 系统中的在制品缓冲是一样的。如果出现意外，例如机器停机，造成在一个工位上的生产落后，那么在制品缓冲就可以防止其他工位断料。在一个 JIT 系统中，在制品缓冲的数量非常的小，一处停机很可能造成系统中的某个地方发生断料。因此，为了保证稳定的生产速度，就需要加班加点。日本人有效的减少了在制品，从而可以达到准时制生产，但他们一直维持着剩余产能，以防万一。

4.4.3 缩短准备时间

就像在前面提到的那个加工排序，A-B-A-C-A-B-A-C-A-B-A-C-，如果产品之间的切换需要可观的准备时间的话，那么这个排序很可能是行不通的。举个例子，如果这三种产品分别需要不同的模具，并且都需要用几个小时来换模，那么像这样每生产一个就要换模的排序是不可能达到每天生产 500 个单位的生产率的。在美国，这些准备时间都被认作是既定的，通过大批量生产使得切换的次数降低到可以接受的水平。而在日本，将准备时间减少到进行切换不再妨碍采用一种平稳的排序的地步变成了一种艺术形式。大野称丰田的准备时间从 1945 年的 3 小时减少到了 1971 年的 3 分钟（大野 1988）。

有一些好的文献对许多用于加速机器换模的巧妙技术作了详细介绍（Hall 1983; Monden 1983; Shingo 1985），因此，我们在这里就不深入介绍了。但是我们会重点介绍一些一般性的原则，用以指导减少准备时间。

减少准备时间的一般途径的关键是区分**内部准备时间（internal setup）**和**外部准备时间（external setup）**。内部准备操作是在机器停止的时候进行的（即不生产产品的时候），而外部准备操作是指那些在机器运行时也可以完成的工作。举例来说，卸下一个模具是一项内部作业，而收集拆卸所必要的工具则是一项外部作业。内部作业是会打断生产过程的，因此这部分作业是在整个准备过程中最需要密切关注的。明白了这个区别，Monden（1983）指出了减少准备时间的四个基本概念：

1. 将内部准备和外部准备分离开来。目前的做法是一旦需要完成某项作业，就把机器停下来，但是却并不能保证这些作业是内部作业。要减少准备时间首先必须了解哪些作业是必须在机器停止的时候完成的。

2. 尽可能的将内部准备转化为外部准备。例如，如果有些部件可以在停止机器前进行预装配，或者如果是铸模的话可以在安装之前进行预热，这样内部准备时间就可以显著减少。（158|159）

3. 消除调整性操作。调整性操作通常要占到内部准备时间的 50%到 70%，因此是非常关键的。夹具或传感器可以很大程度上提高其速度，甚至可以消除调整。

4. 取消准备环节本身。要实现这一点，可以通过标准化产品设计（如适用于所有产品的通用支架），或者通过同时生产多种零件的方法（如，将一次同时冲压出零件 A 和 B，后面

再把它们分开)，也可以使用多台并行机器，每台生产一种产品。

后面的参考文献提供了许多运用这些概念的技术，从快速释放螺栓（quick-release bolts）到标准化工具和程序，到并行操作（parallel operations）（例如，两个工人同时进行准备），到彩色编码方案（color coding schemes）等等。我们从这些思想中学到的也许正是那句老话：“必要性是发明创造之母。（Necessity is the mother of invention）”JIT 中均匀的产品排序需要能够快速切换，而日本工程师通过辛勤的努力做到了这一点。

4.4.4 交叉培训和工厂布置

大野在很早的时候就将提高生产率作为丰田一个至关重要的目标。然而，因为他关注的是在不使用额外在制品的前提下保持平稳物料流，因而也就不能通过让工人在每台机器上大批量的生产产品来提高生产率。但是很快就发现 JIT 系统通过让具有综合能力的员工随时到需要的岗位上而达到了超出预料的生产率。不仅如此，由于本身具有柔性的系统再加上具有多种技能的员工，大大增加了 JIT 系统应对产品组合的变化和其他异常情况的能力。

为了培养具有多种技能的劳动力，丰田使用了一套工人轮换体系。这种轮换有两种形式。第一种是工人在车间中轮换各种不同的岗位。²那么，一旦就有相当一批的工人接受了交叉技能培训，日常的作业轮换也就可以开始了。日常轮换（daily rotation）具有以下功能：

1. 保持多种技能的熟练。
2. 减少工人的厌倦和疲劳。
3. 增进每个人对工作全局的了解。
4. 促进新想法的产生，因为同一项工作有更多的人在思考该怎么做。

这些交叉培训的确使得日本的在劳动生产率上赶上了美国。但是它们本身也促进了柔性的很大提高，而在这一点上，美国人由于刻板的工作分类和长期的劳资对抗是没有办法比的。通过交叉培训和自动化，使得一个工人同时控制多台机器成为了可能。工人将一个零件放入机器，然后启动，接着当机器工作的时候去操作另一台机器。但是要记住，在只有很少在制品的 JIT 系统中，保持零件的不断流动是非常重要的。因此，不可能让一个工人在一个庞大而孤立的加工中心中操作多台执行同一工序的机器。因为显然没有足够的 WIP 来对这项工作供料。（159|160）

比较好的布置方法是让完成一系列连续工序机器放置到一起，这样产品就可以很容易的从一台机器流到下一台机器。在美国的工厂³中比较常见的线形排列的机器适合于产品的流动，但是却不适合让工人控制多台机器，因为他们从一台机器走到另一台机器要走很远。为了保证物料的流动同时又减少步行时间，日本人更加倾向于使用U型产线或者说是单元布置，如图 4.2 所示。

² 有趣的是管理人员们也同时要轮换这些不同的工作，为的是向工人证明他们的能力。

³ 线形布置对于殖民时代的水力工厂是至关重要的，因为在这些工厂里机器都是由一个中央驱动轴通过传动带驱动的。到后来蒸汽和电力代替水力时，直线的生产线已经成为了美国的标准。

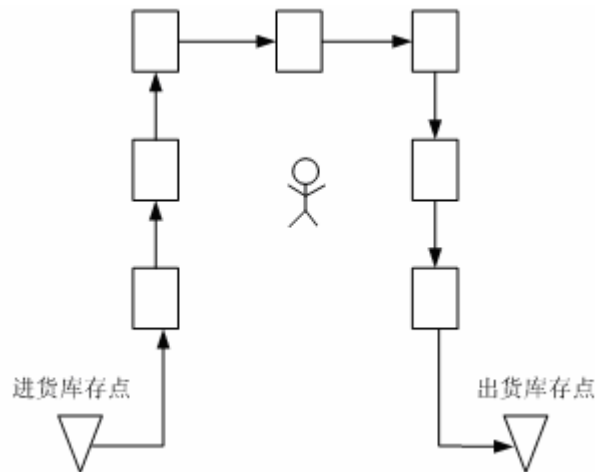


图 4.2 U 型制造单元

U 型单元的优点有以下几点：

1. 人可以在最小的步行距离内观察和控制所有的机器。
2. 能适应不同的工人数量，可以适应生产要求的变化。
3. 可以由一个工人来监视工件进入和离开单元，以确保工件数量的稳定，以实现准时制的物流。
4. 工人可以很方便地合作以消除不稳定的操作，以及及时发现各种其他问题。

二十世纪八十年代 JIT 系统中的单元布置在美国引起了一股有力的潮流。现在可以在各种生产环境中看到 U 型制造单元，单元制造（cellular manufacturing）甚至比孕育它的 JIT 系统要流行得多。

4.4.5 全面质量管理

虽然基本的质量控制技术很久以前就已经由美国人发展起来并采用了，其中主要是 Shewhart（1931）、Feigenbaum（1961）、Juran（1965）和 Deming（1950a、1950b、1960）这几个人，但是质量被提升到了一个全新的战略地位却是在日本的 JIT 系统中。对于为什么质量管理在日本比在美国进行得要容易得多，Schonberger（1983，50）提出了两个原因：

1. 日本人很久以来就对稀缺资源的浪费深恶痛绝（即生产废品）。(160|161)
2. 日本人天生不相信专家，包括质量控制专家，这就使得在生产过程中保证质量看起来更为合理，而不是后来通过质量控制点来进行检验。

除了这些文化因素外，最简单的一个事实就是 JIT 要求高水平的质量。在 JIT 环境下，机器的操作者没有大量的零件可供挑选，也许他面前只有一个零件，如果是个废品，那么产线就要停下来。如果这种事情频繁发生的话，其结果将是毁灭性的。许多 JIT 的作者会用到一个比喻，那就是小溪中的水和小溪底部的石头。水代表 WIP，石头代表问题。只要水位较高，那么石头就被掩盖起来了。然而，当水位降低，石头就会暴露出来。类似的，当一个工厂中的 WIP 数量减少，那么像产品缺陷之类的问题就会变得显而易见。

注意到 JIT 不仅仅有助于突出质量问题的事实，还有利于发现这些问题的根源。如果 WIP 水平较高，并且在各个独立的工站进行质量检测，那么操作者就很难得到关于自己质

量水平的反馈。不仅如此，即使他们得知也已经来不及了。相反的，在 JIT 的环境下，操作者制造的零件会很快地被下游的操作者用于生产，他们会有很强的意识去注意上游操作者的缺陷。这样就可以在仍然有时间采取措施的时候向操作者预警出现的潜在问题。这同样也促进了一种潜在的心理动机，那就是“一次就做好。(Do it right the first time.)” JIT 宣称这种结果促进了质量意识的全面提升，以及提高了销售给消费者的产品的质量。

类似于准备时间减少技术，JIT 产生的压力引起了质量改进在方法论上爆发性的创新。大量的文献在过去的十年中对其进行了详细的叙述（参见文献如 DeVor 1992, Garvin 1988, Juran 1988, Shingo 1986），所以我们在这里就不再细讲了。不过，我们总结了 Schonberger（1983, 55）提出的七条规则，它们对于日本质量实践是至关重要的：

1. **过程控制 (Process control)**。日本人花费了很大的精力使得工人们可以自己确保生产过程顺利进行。这里包括了统计过程控制 (SPC) 图形和其他统计方法的使用，此外也包括给予工人一定的质量责任以及在发生问题时所必需的权力。

2. **易于发现的质量 (Easy-to-see quality)**。由于二十世纪五十年代 Juran 和 Deming 的极力主张，日本人采用了大量的可视化质量方法。显示牌，量表，仪表，徽章和奖状都被用于“让质量可见 (put quality on display)”。这些方法的目的一方面是为了对工人进行反馈，另一方面也是向客户厂商的检查人员证明质量水平很高。

3. **严格符合标准 (Insistence on compliance)**。日本企业的工人在各个系统层级上都要求严格符合标准。如果来自一家供应商的原料不符合要求，那么这些原料就会被退回。如果产线上的一个零件是次品，那么就不会把这个产品流下去。这种态度就是把质量放在第一位而把产量放在第二位。

4. **暂停产线 (Line stop)**。日本人强调“质量第一”的理想，以至于每个工人都有权力停止产线以解决质量问题。一些企业用黄色（表示出现问题）和红色（表示出现必须停线的问题）的指示灯来向整个产线表示存在质量问题。在这些技术运用的地方，质量问题确实被放在了产出的前面。

5. **纠正自己的错误 (Correcting one's own errors)**。与美国企业的重工产线相比，日本人通常要求产生出缺陷产品的工人或者工作组自己去纠正错误。这样赋予了工人们质量的完全责任。(161|162)

6. **百分之百的检查 (The 100% check)**。长期的目标应该是检验每个零件，而不仅仅是一个随机样本。这需要简单或者自动化的检测技术；如果有在生产过程中就可以检测质量的傻瓜式（全自动）机器就更好了。然而，在有些情况下，百分之百的检验是不可能的，日本人用的是 $N=2$ 法，那就是对一次开机生产的第一和最后一件产品进行检验。如果两个都是好的，那么假设机器精度准确的话，中间的产品也就都是好的。

7. **持续改进 (Continual improvement)**。与西方可以接受一定水平缺陷的观念相比，日本人期待的是零缺陷的理想。在这样的背景中，质量改进的空间是始终存在的。

就像其对于单元工厂布置产生的影响一样，JIT 引起了质量界的一场革命，并且这种影响使得质量的发展远远超出其在看板和其他 JIT 系统中的角色。八十年代成为了质量的十年，见证了赫赫有名的 Malcolm Baldrige 奖和 ISO9000 标准的诞生。现在全世界对于质量的高度关注都直接源于这场 JIT 革命。

4.5 看板 (Kanban)

与日本的JIT实践联系最为紧密的技术就是丰田公司发明的看板系统。看板在日文中是卡片⁴的意思，在丰田看板系统中，卡片被用来管理物料流在整个工厂中的流动。

为了描述丰田看板系统，需要区分**推（push）**和**拉（pull）**这两种生产控制系统。⁵在推式系统中，例如MRP，工件的投放是被计划好的。而在拉式系统中，工件的投放则是通过授权实现的。区别就是：计划是预先制定的，而授权则是依据整个工厂的状态进行的。因为这样，推式系统直接适合于满足顾客交货期，但是必须对工厂内部的各种变化做出反应（如MRP必须重排）。相类似的，一个推式系统直接适合于应对工厂的变化，但是必须满足客户的交货期（如，用一个平衡的生产计划与需求相匹配，然后用加班来保证生产率）。

图 4.3 对 MRP 和看板进行了一个示意性的比较。在 MRP 系统中，物料向产线的投放是由排程计划触发的。一旦工位上的一个零件被加工完成之后，它就被“推”到下一个工位。在这样的系统中，只要操作者有零件在手，他们就会不断的生产。

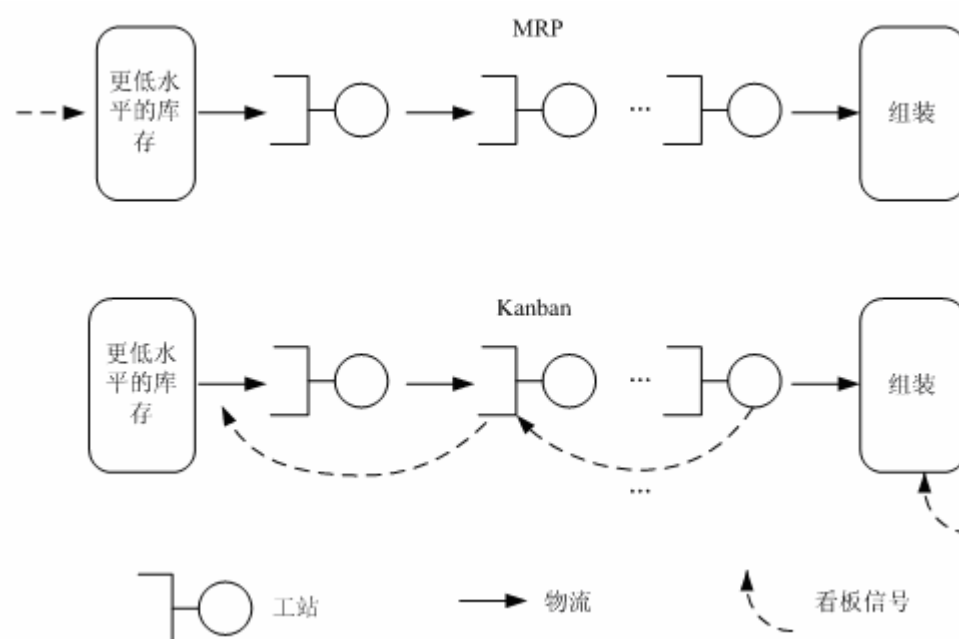


图 4.3 MRP 与看板的比较

在看板系统中，生产是由需求触发的。如果有一件零件从最终库存点被拿走了（它可能是成品库存），产线上的最后一个工位就得到授权补充这个零件的空缺。这个工位接着就会向上游的工位发出一个授权信号，以补充这个刚被它用掉的零件。每个工位都是这样的，补充下游的空缺以及向上游发出授权信号。在看板系统中，操作者同时需要零件和授权信号（看板）来进行生产。（162|163）

丰田公司发明的看板系统使用了两种卡片来对产品的生产和转运进行授权。这个**双看板（tow-card）**系统如图 4.4 所示。基本机制是这样的：当一个工位空闲后，操作工人就从后面的一个盒子里拿出一张**生产卡片（production card）**。这张卡片告诉操作工人下游工位正需要某一特定的零件。然后他到进料库存点寻找生产该零件所需的原料进行生产。如果有，操作工人就拿走贴上面的**转运卡片（move card）**，把它们放另一个盒子里。如果没有原料，操作者就选取另一张生产卡片进行下一项生产。当操作工人同时拥有了一张生产卡片和所需原料时，他就开始加工零件，并贴上生产卡片，将其放到出料库存点。

⁴ 大野将看板（kanban）翻译成标记板（sign board），但是我们用卡片（card）这个更为简单的解释

⁵ 关于推和拉的比较和细节讨论可以参见第十章。

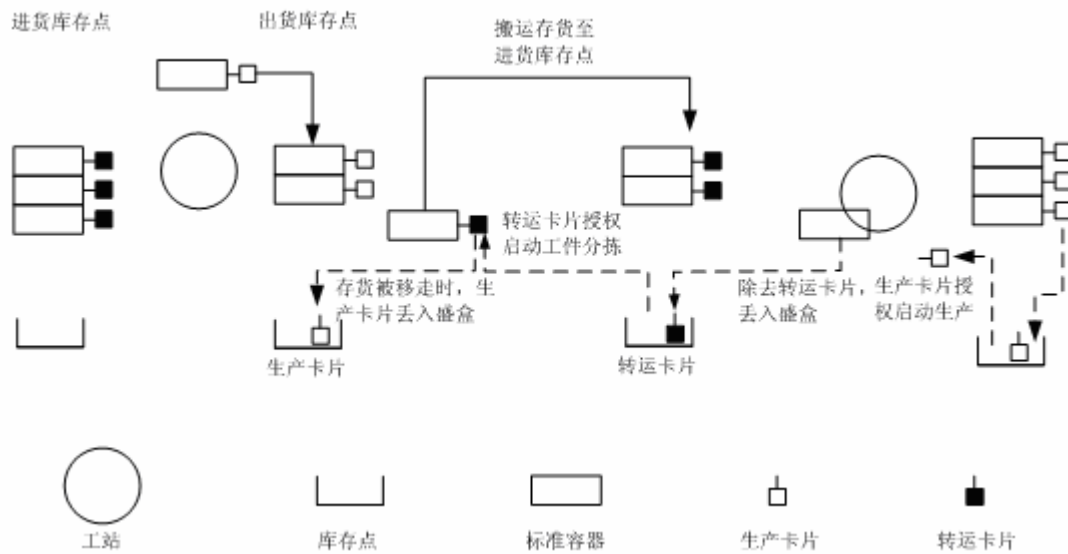


图 4.4 丰田的双看板体系

有专门的**移送工（mover）**会定期检查放有转运卡片的盒子并且取走卡片。他会根据卡片上的标识从各个特定的出料库存点取来物料，再用转运卡片代替生产卡片，把生产卡片放到特定的进料库存点去。这些取下的生产卡片会回到他们原先那个工位的盒子里去，存放在出料库存点表示需要补充库存。（163|164）

丰田使用的双看板系统的基本原理就是当工位的空间离散分布时，是不可能实现零件从一个工位到下一个工位的瞬时转运的。因此，必须在两个地方存储在制品库存，即出料库存点，表示已经结束在机器上的加工，和进料库存点，表示是从上一台机器转运过来。而转运卡片就是告诉搬运者原料需要从一个地方转移到另一个地方。

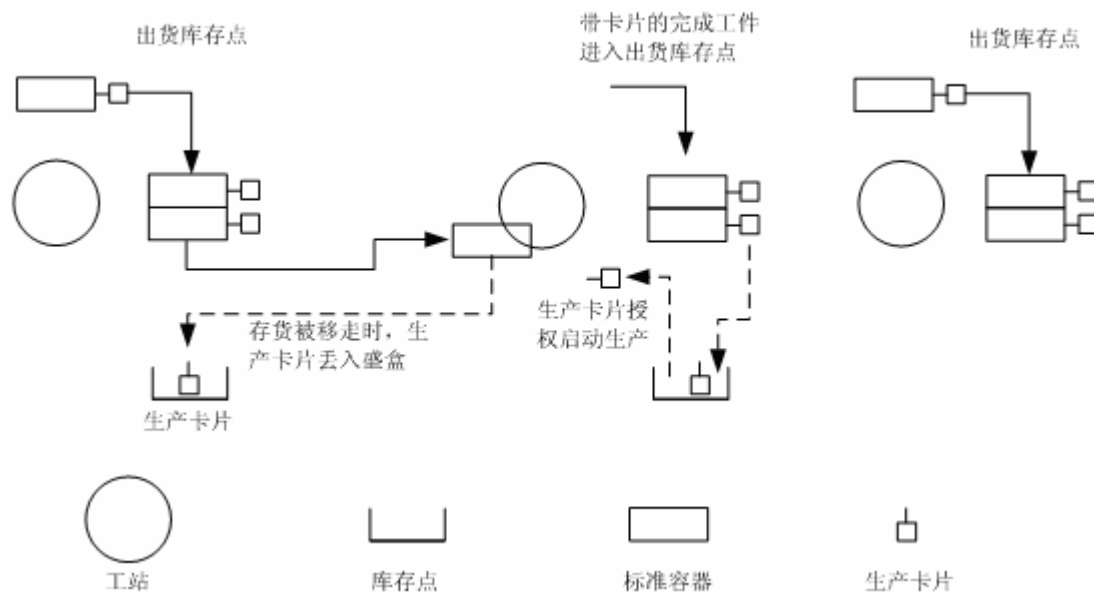


图 4.5 单看板体系

在一个工位相邻的系统中，WIP 可以被有效的由一个工位“递给”下一个工位。在这种情况下，就不需要有两个库存点了，这时候可以如图 4.5 所示的**单看板（one-card）**系统。在这个系统中，操作工人依然需要一个生产卡片和必要的原料来进行生产。但是不需要从来料上取走转运卡片，而只要取下来自上游工序的生产卡片将其送回上游工序。心细的人会发现，双看板系统就是一个将转运过程看作是一个工位的单看板系统。因此，这两者的选择就取决于我们希望将搬运过程中的 WIP 控制到什么程度。如果这些操作是迅速而且可预期的，那么就不必使用双看板。如果搬运操作是缓慢而且不规则的，那么规范转运的 WIP 就会很有必要。

看板系统（单看板或双看板）的关键控制变量就是每个工位的卡片数量。它们影响着系统中 WIP 的数量，同时也影响着机器断料的频率和决定产出率。我们将会在第 2 篇详细讨论 WIP 和产出之间的关系。而现在，有必要说明第 2 章中谈到的再订货点法和看板之间的相似性。（164|165）假设在单看板系统中的一个给定工位上有 m 张生产卡片。每当下游库存点的库存少于 m 时，就有生产卡片空余出来，从而授权工位对缓冲库存进行补充。这一过程的机制正好和基准库存模型完全一样，下游工位代表需求而卡片数量 m 则表示基准库存水平。我们在第 2 章中为这个系统建立的思想在看板系统中得到了延续。然而，这个模型不能直接应用，因为它假设补充库存具有独立的提前期（即，满足第 n 期和第 $n+1$ 期所需求的时间是相互独立的）。但是由于满足连续需求所花费的时间很可能是相互关联的（即，若完成第 n 期订单花了很长时间，那么完成第 $n+1$ 期的订单很可能也要等很长时间），因此需要一个稍微有些不同的模型。我们会在第二篇中来建立这种类型的模型。

4.6 JIT 的教训

经过本章广泛的讨论之后，我们知道了 JIT 不是一个简单的过程或技术。它也不能被说成是一种清晰并且被良好定义的管理战略。而是 JIT 它作为一个集合，是一系列态度，哲学，价值和方法论的总和。真正把它们联系起来的线索是它们最近被一些日本公司运用和实施，并带来了显著的成功。

然而 JIT 也许没能为管理一个制造企业提供易于理解的政策措施，它的在丰田和其它公司的创始者都展示出了对特定问题提出创造性方案的天才。这些解决方案蕴藏着一些关键的理念，这些观念在生产管理的历史上占有举足轻重的地位。

1. 生产环境本身就是一种控制。涉及到减少准备时间，考虑制造过程改变产品设计以及平衡产品排程等内容的战略对生产效率产生的影响，可以比任何在车间现场做出的决定的影响都更为深刻。

2. 运营细节是具有战略意义的。大野等人进一步的强调了卡内基一百多年以来的观点，那就是生产过程中很小的细节可以产生巨大的竞争优势。像卡内基一样，JIT 的提倡者们关注于制造的成本，他们愿意研究制造过程中大部分平凡细微（mundane）的方面以尽所能的减少浪费。

3. 控制 WIP 很重要。对于物料平稳而迅速的流过系统的重要性早在二十世纪一十年代就被福特认识到了，并且在八十年代被大野再次强调。实际上 JIT 几乎所有的好处都要么直接来源于低 WIP 水平的作用（例如更短的周期时间）或者就是由低 WIP 水平产生的压力激发出来的（如高质量水平）。

3. 柔性是一种资产。JIT 的本身是不具有柔性的。它的本质形式是要求提供一种绝对稳定的速率和产品组合，几乎要在每一分钟都做到。然而，也许是作为对这种非柔性倾向的反

应，JIT 的提倡者们在动荡不定的市场环境下对柔性的价值产生了深刻的认识。他们设计了大量的方法来改进 JIT 以提高其柔性，其中包括缩短准备时间、能力缓冲、员工交叉培训、单元布置等。(165|166)

5. 质量可以是第一位的。虽然日本人用在他们的 JIT 系统中的许多基本质量概念在很久以前就已经被美国的质量专家提倡过了，但是日本企业在将这些思想运用于实践方面要比美国的竞争对手们有成效得多。他们向世界证明了一个质量优先于产出的系统不仅是可行的，而且是可以带来效益的。

6. 持续改进是生存的前提条件。与亨利·福特对完美的产品和工艺的信仰形成鲜明对比的是，日本人认为制造是一场在不断变化的游戏。昨天已经足够的标准明天就不一定满足要求了。虽然我们说 JIT 是一场“革命”，但是丰田用了 25 年（从二十世纪四十年代到六十年代末）的长期关注才把准备时间从三个小时减少到三分钟。比什么都重要的是，JIT 成功的实践者们一直致力于一点一滴的将事情越做越好。