

精益生产的 12 种工具

对付浪费的工具和实践

长期以来人们采用下面约 12 种精益制造的基本技术工具和实践来控制或消除某些种类的浪费。请注意这并不是份详尽的清单，清单中的各项也不是按照重要程度来排序的。

5S

这里要讲到的第一种实践源自产生精益制造的同一个日本系统。5S 是组织、清洁、发展并保持生产工作环境的方法，用于创建一个更有条理更有效率的工作空间。5S 的基本原理是清洁的工作空间会提供更安全更有利于生产的环境同时促进优良商业道德与行为。这五个以“S”为开头的词是员工的行为准则，员工必须遵循这些准则以创造一个适合精益生产的工作环境。第一个词，整理（日语 seiri）指区分需要的及不需要的物品，并将不需要的物品移走。第二个词，简化、整顿或者分类清理（日语 seiton）意为将物品整洁地排列待用。擦亮、清扫或擦洗（日语 seiso）指的是清扫工作区，确立所有权和责任，同时标准化、系统化或日常化（日语 seiketsu）意为将上述努力像清单那样标准化，将上述整理、简化、擦洗的三项原则在日常基础上执行。最后是保持（日语 shisuke），就是总是遵循前四项 S 以形成遵守纪律的文化，不断重复 5S 原则直至其成为员工生活的一部分。

视觉控制

就工具而言，精益制造重视大量运用视觉控制以方便操作员的工作同时避免错误。视觉控制要求整个工作空间都要设立明显而直观的标志，让每个雇员都能立刻知道目前在进行什么，了解进度，清楚看到什么做的对，哪里出了问题。典型视觉控制机制包括警报信号、停工标签、标志、以不同色彩区分的记号。举个例子如安灯（andon），采用电子显示板提供可见的工位状态及信息以协调与工作中心相关的各种努力，信号灯绿色（表示“运转”），红色（表示“停止”），黄色（表示“注意”）。视觉控制的主要好处是简单直观，员工能迅速了解流程是否正常运行。

标准化工作

知道要执行什么步骤和知道该步骤运行正常，两者都是同等重要的。为了确保实现产品质量级别、一致性、有效性及效率，有必要采用写成文件的分步骤流程或者标准作业程序（SOP）来减少错误和接触时间。尽管标准化工作建立了明确规定工人和机器操作的有用文档，标准化工作在精益制造工具中是最不受到重视的。这些明确规定的操作能帮助工人在制造流程中应用最佳实践。标准化工作同时还能持续改善打好基础，因为记录成文件形式的流程更容易加以分析与改进。为了阐释标准化工作，SOP 应该采用图片、文字、表格、标志、色彩及视觉指示器向不同的工作组沟通一致的直观的信息。这种图形指示，也被称为操作方法手册（OMS），解释特定生产线范围内依照事件顺序（SOE）的每个步骤，还能设计并制作纸质或屏幕的视觉工作指导。

防差错

正如持续改善是精益制造的主要概念之一，防差错或日语中的 poka-yoke，是减少浪费的重要工具。防差错是从根源上防止错误的关键措施。简而言之，防差错可以是任何装置、机制或技巧，它能防止错误产生或者让错误显露出来以避免产品缺陷。防差错的目标是防止制造缺陷的原因，或者确保经济有效地检查每个产品以防止有缺陷的产品到达下游流程。例如，如果在组装作业中没有使用到每个正确零件，探测装置就会发现有个零件未安装并停车，从而防止装配工人将不完整的部件输送到下个位置或者开始另一项操作。

全员生产维护（TPM）

精益制造更进一步要求制造商通过应用全员生产维护（TPM）来提高设备生产率，TPM 是一整套的技术，由日本丰田集团中的电装（Denso）公司首先提倡，包括了修复性维护和预防性维护，加上不断适应、修改、改进设备来增强灵活性、减少物料搬运、促进连续流程。TPM 是操作员导向的维护，全体有资格的员工参与

所有维护作业。其目标，是与上述的 5S 共同确保资源可用性，通过消除机械相关的事故、缺陷或故障，因为这些会逐渐侵蚀车间效率和生产力。包括准备与调整损失、闲置与小规模停工、运行速度下降、缺陷、返工及启动期产量损失。

机器故障对于车间是个严重的问题，因为在精益环境下一架机器发生故障会引起整条生产线或流程中止。相应地，TPM 和其他先进企业资产管理（EAM）提高设备可靠性，从而改善可用性，缩短停工期，减少废品（以及处理废品而浪费的时间），提高机械公差（从而提高质量）。作为更进一步的辅助工具，诊断管理功能可以自动识别当前维护战略的失效状态，从而触发持续改善审查。这通常要求支持可靠性驱动的维护（RDM），巩固 TPM 战略。最后，具备同步维护和生产计划功能的企业系统可以最大化可用的生产时间，提高生产能力和总设备效能（OEE）。

另一项工具是模拟，它能帮助降低维护相关的浪费。通过支持模拟，先进服务管理系统一般能根据生产计划安排维护并根据实际完成的生产自动更新维护计划（电子链接设备自身的运转时间仪到计划维护上）。目的是消除下列“六大”维护相关的浪费。

1. 设备停工
2. 安置和调整
3. 小规模停工和闲置
4. 计划外的停工
5. 由于机器错误制造不合格品所花的时间
6. 启动期的不合格品

单元式制造

从维护到制造流程，精益哲学传统上依靠单元式制造。单元式制造是一种制造流程，利用单一生产线或机器单元及仅在该线或单元工作的操作员生产出系列零件族。制造单元，按照人类工程学原理重新设计工作环境，将工人获取完成工序所需的零件、补给或工具所付出的努力降到最小，这常常取代传统的线性生产线，使得公司能以更小的批量更连续的流程生产出更高质量的产品。有一个相关的概念是并行（nagara），这是个日语词，描绘一种生产体系，在这种并行生产体系中同一个操作员同时进行几个看起来不相干的作业。如今，精益思想已经超越了单纯的单元式和产品分组生产。

单数换装时间

因为精益制造要求制造商仅仅按照客户的需求进行生产，这就要以越来越小的批次生产。这与传统的想法正好相反，那种认为基于经济订单批量（EOQ）的大批量比起包括设备切换的少量多批次更有效率的想法其实是种错误的见解。长运行周期意味大库存，大库存会占用大量资金，并让客户为成品和服务等待更长时间。这种小批量的趋势要求缩减整个制造流程上的换装和切换时间。单数换装时间（SDS）想法体现为在不到 10 分钟的时间内完成换装作业（例如敏捷筛分、对内部和外部流程作业的优化排序、给工作台或传送装置加装轮子、液压夹具、把手与快速闭锁装置等等）。与此相关的概念是一分钟换模术（SMED），这种换装时间少于 10 分钟的概念，最早由新江滋生（Shigeo Shingo）于 1970 年在丰田公司内部倡导。

拉式系统

拉式系统是精益、需求驱动制造的另一个关键特征，因为其最终目标是控制物料流仅补充被实际消耗的那部分。拉式系统，也被称为 kanban（来自日语 kan，意为“板”，ban 意为“信号”），确保生产和物料需求是基于实际的客户需求而非基于必定不精确的预测工具。一个 kanban 信号，可以是张卡片、供摆放箱子的空的方形场地、灯或者计算机软件生成的信号，该信号会触发搬运、生产或物料组件供应（通常装在一个大小固定的箱子里）。目的是改善库存控制，通过控制库存水平和根据系统中 kanban 数量进行工作，从而缩短生产周期时间。随着时间流逝及流程改善，kanban 箱中的组件数量会逐渐减少或按照要求动态地调整。

拉式系统和拉式信号（即拉式补给系统中指示什么时候生产或运送物品的任何信号）可以应用于许多运营部门。例如，在准时（JIT）生产控制系统中，可以使用 kanban 卡作为拉式信号来为使用作业补给零件。

在物料控制中，也可以由使用作业来请求库存提取，库存不会发出物料直到用户发出信号。同样，配送领域也可运用拉式体系为现场仓库存货补给，在这种情况下补给决定是由现场仓库自身作出的而非由中央仓库或工厂作出。

相反，物料需求计划（MRP）是一种推式体系，根据预测和客户订单安排生产计划。因此，MRP 基于天生不精确的预测建立计划，“推动”物料经过生产流程。也就是说，传统 MRP 方法依靠物料运动经过功能导向的工作中心或生产线（而非精益单元），这种方法是最大化效率和大批量生产来降低单位成本而设计。计划、调度并管理生产以满足实际和预测的需求组合。生产订单出自主生产计划（MPS）然后经由 MRP 计划出的订单被“推”向工厂车间及库存。

排序与混合模式生产

另一项精益工具是排序，或决定一条生产线上执行不同作业的次序，以达成目标（例如每日需要的数量）。这也叫做混合模式生产，该模式生产不同批量的几种零件或产品，这些零件或产品的量接近于当天将销售的相同的产品组合。混合模式计划或排序决定组件的制造和交付，包括那些由外部供应商提供的组件。重申一下，目的是依照每日需求建立生产模式。这点对于汽车制造业极其重要，考虑到全球市场上老练客户比例越来越大，争取这些客户的竞争驱使汽车业原始设备制造商（OEM）提供有着越来越丰富特色和选择的产品。

从纯功能的角度来看，汽车和卡车正日益成为日用品，竞争性的产品差异化主要通过提供独特的色彩、结构、风格及可选配置组合来实现，这样任何一款车型都有上千种潜在组合。库存所有这些组合在成本上几乎无法做到，而且查找是否生产了某种特定组合也要花很多时间，这好比海底捞针。另外，挑剔的客户期望立即得到某种独特特色的配置组合。这些因素造成一个难题——如何快速又有利可图地交付定制成品车。

允许买家配置其独一无二的车辆并在合理期限内交付这个“完美的订单”要求与传统的大规模生产方式彻底决裂。新的流程必须能识别每辆车的独特的个性需求并采用供应商准时（JIT）交付的特殊定制组件同步组装。这些组件按精确的顺序运送到 OEM 组装厂，每辆汽车或卡车就从最后组装线上下下来，这样 OEM 厂家就能为每个客户生产出量身定制的车辆。

归结到一个事实：如今供应商面临困境，要确保高水平的客户满意度，这种满意度的衡量标准是要准时交付成本合理的高质量的产品，同时又要保持低水平的库存。例如，假如一个汽车买家选择或修改了已经订货的车内皮座椅的颜色，这时距离汽车开工制造还有一周的时间，如果供应商要 12 周时间才能买到制作座椅的皮革，供应商怎么可能交付该订单呢？而且，供应链内部对于部件的实际要求与计划需求通常不同步。

以往，这些问题的解决方法是保持额外数量的原材料或成品作为超过计划数量需求的“缓冲”。由需求高峰引起的额外下游库存，以及随之而来的时间滞后和交货延期，这些因素共同作用加重了供应商承担的整体库存水平。然而，这些作法正在改变，随着解决方案的应用，如 QAD JIT 排序模块（JIT/S），它能帮助供应商实施定制组件的准时（JIT）交货，同时协同供应与需求，使得库存水平最小化并降低供应链中额外运输费用。为了达到这个目标，JIT/S 把 MRP 流程的中期或长期计划和供应链通讯功能与执行流程集成在一起，这些流程专注于制造定制产品并正好在客户需要的时候交付给他们。

这类解决方案显示了 kanban 与其他精益制造技术及 JIT 排序之间的区别。两者都是执行导向的，因为两者都是对近乎实时需求的回应。然而，精益制造通常倾向重视补给供应通用件（commodity parts，即按照整打或整箱的标准包装运输的零件），而 JIT 排序重视补给个性（或定制）零件，这些零件是单独运输或与其他同类定制零件一起运输。实践中，kanban 交流的是变化时间框架内固定数量的需求，或者固定时间框架内变化数量的需求。上述这些流程都不足以充分满足排序方面的制造需求。换句话说，kanban 系统的特色是管理需求变化较少的产品供应或生产，排序管理的是高度定制需求易变产品的生产。因此 JIT 排序中，需求陈述表精确反映了所需产品的配置。例如对一张椅子的需求可能是“在 14:15 交付左前位置的茶色皮椅，带加热器和电动腰部支持装置，给编号 12345 的车辆”。

作业成本法

另一种削减浪费的作法是将企业一般管理费用按照更现实的基础进行分摊而非按照直接劳动工时或机械工时。达成该目标的工具是作业成本法（ABC）会计系统，首先基于实施的作业累加成本，然后按成本动因分

摊成本到产品或其他要素，如客户、市场或项目。作业管理法（ABM）利用作业成本法关于成本集与成本动因、作业分析及业务流程的信息确定业务战略，改进产品设计、制造与分销，最终消除作业浪费。人们认为，该系统较传统的成本会计更为真实地反映了实际收入与成本，传统的成本会计的注意力通常是在全部的不同帐目下削减成本，利用传统全部成本计算法评估库存，这种成本计算法将可变成本与部分固定成本分摊到每个生产单元（然而固定成本通常按照直接劳动工时、机械工时或者物料成本分摊到生产单元）。

均衡化生产

均衡化生产，日语 hei junka，是按照特定的均衡的周期生产产品来解决与传统制造相关的排队及停线问题，以匹配最终产品销售的计划速度。均衡化生产意味着基于客户需求在单个工作站或生产单元内协调生产周期时间，从而使工作得以在整个制造流程上连续平顺地进行。

实现均衡化生产的途径之一是实施节拍时间（takt，德语词，指乐队指挥手中的指挥棒，用于调整乐手演奏的速度、节拍及时间安排），为满足市场需求，每个工作中心每小时估计必须处理的产品量，以此确定生产速率。Takt 时间规定生产步调以匹配客户需求速率，并成为任何精益生产系统的心跳节奏。作为精益系统的“定调者”，takt 时间对于生产单元工作流的顺畅至关重要，也是工作计划调度中的关键因素。计算方法是每天可用于工作的时间除以每天客户需求。例如，假定需求为每月 10,000 个或者每天 500 个，计划每天生产能力是 420 分钟，那么 takt 时间就等于 420 分钟每天除以 500 个每天，即每个 0.84 分钟，意味着平均每 0.84 分钟从生产系统产出一个产品。

通过应用 takt 时间，生产可以平准到一个规定的水平或者保持在最小和最大水平之间。可以在计算机系统中规定从某个日期开始的任何一天或任何时期的生产水平。均衡化生产产生稳定需求模式，保证了可预见的、平顺的计划，避免了生产能力瓶颈。简化了计划和控制（因为在平准期内每天的计划基本相同），创造了生产稳定性，让操作员更好理解每天需要做什么以及怎么做才能实现目标。同时也方便上游供应商建立稳定的计划。

与上述概念关系密切的是生产线平衡（line balancing），这种方法两天就可学会加以运用。一方面，它可以用于确定工人人数及每个工人需要完成的任务量以满足变化的需求。这必须平衡各工作站的任务分配，做到某个给定的产出水平上工作站数量最少，各工作站总闲置时间最少。在平衡这些任务的时候，对于各项任务单位产品所需时间及其于其他任务之间的顺序关系都要加以考虑。另一方面，该技术可以用于确定装配线上运作的产品组合，这种组合能让装配线上的工作流按照计划的生产线速率（即 takt 时间）基本连续地运作。

混流制造

实际上传统的精益制造总是记得这样一个连续的物料流。恰当设计的制造线或制造单元是按照 takt 时间来计划和分担工作，并应用前面提到的视觉控制和防差错程序平顺运行。混流制造从外部供应商或者内部供应作业获取物料，经过同步制造流程来满足客户需求。混流制造（Flow manufacturing）一词与其他需求驱动的制造战略密切相关，因此也容易与之混淆，这些战略简化流程并使其更有效率，消除浪费，例如敏捷制造，JIT，精益制造，所有这些都使用拉式信号来补充供货并且要求不断改善。然而，混流制造利用某些额外的算法可帮助制造商在任意某天生产任意数量的任何产品，包括“一个”（即 EOQ=1），同时保持库存最小，缩短周期时间更快地履行客户订单。

为了支持连续流程，企业资源计划（ERP）系统必须提供基于速率的计划和执行应用软件以帮助在所有作业上保持 takt 时间，并且无需工作订单或者其他文书工作。