



第一部分
综 述

第 1 章

大规模定制：
企业经营中新的必然趋势(导论)

B. 约瑟夫·派恩二世
策略前景 LLP公司的创始人



在 当今多变的市场环境下，各个企业为了取得成功作出了很多改变，其中最困难、风险最大、也是最重要的改变是将注意力集中在客户身上。多数企业采取了一些初步的措施，例如：评估客户的满意度，实施质量功能配置，成立跨越市场、制造和开发部门的跨部门团队等等。但是，这些措施实际上都是面向市场，而非面向客户的。即使存在单个的客户，企业在产品开发中也常常只是提供更好的而非定制的产品。现在则要求企业理解并满足单个客户不断增长的多样化愿望和需求，同时保证产品的低成本。产品开发团队中经理、主管和工程师的重要作用就是利用新的技术、新的制造能力和新的管理方法，有效地为每一个客户提供个别的服务。

不论你是否愿意，客户（消费者或经营者）越来越要求得到他们真正需要的东西，同时，工业的全球化所造成的不断加剧的竞争又导致了产品成本的持续下降。过去，企业通常要么是追求低成本，要么追求品种多样化，而如今他们则越来越明确地认识到，必须采取能够同时实现效

益和定制的企业策略。为了不再大规模地生产标准化产品（和服务）或者高成本地生产多品种的产品，企业发现，可以通过综合两者优点的大规模定制生产的方法，同时达到产品的低成本和品种多样化的目的。

简言之，大规模定制模式是指对定制的产品和服务进行个别的大规模生产。^[1]从技术发展的角度考虑，阿尔文·托夫勒（Alvin Toffler）在其1970年所著《未来的冲击》（future shock）一书中曾经提到过大规模定制生产；斯坦·戴维斯（Stan Davis）在其1987年所著《完美的未来》（Future Perfect）一书中也曾对大规模定制生产进行过简要的说明；在1993年我的第一本著作《大规模定制》（Mass Customization）^[1]中对大规模定制的内容进行了完整的描述。而目前的状况则大大超出了托夫勒25年前的预见，比近10年前戴维斯的设想也要进步得多，甚至与我在短短的3年之前所作的描述也大不一样。大规模定制是企业经营中新的必然趋势，它能在不牺牲企业经济效益的前提下，了解并满足单个客户的需求。

1.1 几个实例

已经有许多公司有效地迎接了这一挑战。例如在生产 Personal Pair™牌牛仔褲的李维斯公司（Levi Strauss &

[1] 当大规模定制（mass customization）一词系指管理系统、商业模式，或者指企业的管理模式及其决策模式的时候，该术语首字母为大写（Mass Customization），这与大规模生产模式（Mass Production）及其他模式相同。当大规模定制系指运作的行为时，无需大写。

Co.)，各客户只需多付 10 美元即可根据腰围、臀围、裤长和内接缝进行定制。马萨诸塞州牛顿市的定制制衣技术公司 (Custom Clothing Technology Corp.) 自从被李维斯收购后，开发了一个基于 PC 机的系统，李维斯公司利用该系统从库存数据中选择一部分数据，并确认其为客户所需的尺码，然后将客户的订单传给位于田纳西州山城 (Mountain City) 的加工厂进行生产。一般两周之内即可发货到商店或将货送到客户家中。

李维斯公司使 Personal Pair 牌牛仔裤的生产规格从 40 种增加到 4 000 多种 (即两个数量等级)，并提供额外的五种颜色/磨光处理的选择及两种以上的裤边裁剪方式。但这种水平的定制还是无法与其他公司相比。位于明尼苏达州 Bayport 的窗户制造商安德森公司 (Andersen Corp.) 拥有数百万、甚至很可能是数亿种可制造的窗户结构，他们为单个客户所生产的窗户品种从 1980 年的 1 万种激增到 1995 年的 18.8 万多种。为处理这种定制需求的快速增长，安德森公司开发了一种名为“知识之窗”(Window of Knowledge™) 的多媒体系统。该系统构造了由 5 万多种可能的窗户元素组成的图标结构，由各分销商与最终用户合作设计自己的窗户，通过附加的渲染功能，如模仿从真实的窗户所看到的漂亮的蓝天白云等景象，使客户可以交互地检查设计效果。这个复杂的设计工具可以自动生成无差错的报价单和详细的制造说明书，并将完成的订单直接传给安德森公司的加工厂。公司加工系统可以做到将新产品连夜送交给分销商。

如同安德森公司和李维斯公司向客户提供产品一样，大规模定制也应用于重工业。例如，俄亥俄州代顿（Dayton）的ChemStation公司，大规模定制用于清洗工厂地板、汽车和餐厅等用途的工业肥皂（多数竞争者视其为一般商品）。他们分别分析每个客户的需求，应用他们的专利技术“H7”和独特的工艺，为客户在浓度、pH值、酶浓度、发泡度、颜色和气味等方面进行定制。这些独立配制的产品被装在ChemStation公司专用塑料桶中发送给客户，桶的正面印有明显的ChemStation公司商标。同时，公司还通过跟踪了解客户是否已将产品用完以加强其全面服务。通过不断监测在客户手中的包装桶和客户的使用方式，公司在客户提出供货请求之前就可以提前补充存货，使客户不需重新填写订单，甚至不需审阅以前的订单。

下面在众多应用大规模定制模式的制造商中再举一个例子。总部设在密歇根州的罗斯集团（Ross Controls）下属的特洛伊公司（Troy）已有70年的历史，该公司生产的气动阀和其他气控系统可用于汽车、铝材和钢材的制造以及林业生产等行业。公司通过它的“ROSS/FLEX”系统，了解客户的商业需求，与客户一起进行详细设计，以此来满足客户的需要，并迅速且有效地制造出客户定制的产品。通过多条生产线的生产，通常可以“复制”出客户自己设计的产品。通过将有效的定制能力与不断获取客户需求能力的结合，罗斯公司在与客户持续的交往中，与客户之间的联系不断加深。

为实现这一目标，公司设置了一个集成工程师的职位，

将市场、工程设计和制造的职能有效地集于该工程师一人。该工程师的基本职责是“挖掘”特定客户的想法，并使客户了解他们的这些想法将向制造工艺提出何种要求。普通工程师通常的工作过程是与客户交谈，设计阀门，然后制定加工细节（包括CNC机床的刀具路径）。有意思的是，因为集成工程师的职责与普通工程师正好相反，所以罗斯公司不得不从高校雇请一些新工程师，他们还没有形成工程师理所当然只承担设计工作这样的习惯性想法，当然也绝对不是仅仅承担市场或制造方面的工作。

1.2 新前沿技术的变化

我以《企业竞争的新前沿》作为我的第一本书的副标题，因为当我在1992年完成那本书时，大规模定制实际上是新的前沿技术：尽管当时许多公司在朝着这个方向发展，许多行业的市场也对此提出了明确的要求，但只有几家公司能够真正地在单个客户的层次上有效地实现定制。例如，上述的几个例子在那本书中都未曾提到，因为当时他们还没有重要的进展（在李维斯公司的例子中，定制制衣技术公司的创建人宋·帕克甚至还未曾注意到它）。

从那以后发生了很多变化。不仅更多的公司大规模定制其产品，而且正如前面几个例子所描述的那样，它们在广度和深度上所达到的程度相对于短短的5年来说，都令人惊奇不已。我对究竟何为大规模定制模式的看法也发生了很大的改变。在我的第一本书中，曾将大规模定制描述为一种重点在于“通过柔性和快速反应实现的多样化和定制”²

的新的管理体系或模式。我当时的意图在于将其与大规模生产模式相比较，说明虽然几十年的大规模生产体系正是使美国经济在本世纪的大部分时期内处于优势的原因，但它已不再适用于今天正面临着市场剧变的工业企业。我以80年代以来产品的迅速增加为例，说明旧的大规模生产体系已不再奏效，我们需要引入一种新的体系，实现越来越多的产品品种，通过补充客户的反馈，融进更多的定制，直到使每个客户买到独一无二的商品或服务。

正如经常发生的那样，许多企业想用增加产品品种的方法去阻止真正的定制，并且在迅速分化的市场面前，不顾一切地试图维持大规模生产的传统。现在我们可以非常清楚地看到：多样化并不等于定制。多样化是指先生产出产品，将它们存入成品库，然后等待需要它们的客户出现。与此相反，定制是指应特定客户的要求而生产（实际上，“单个客户”一词是多余的）。多样化是给更多的客户以更多的选择，希望他们找到最接近其需求的产品。但这样一来，我们经常使客户陷于大量的产品中，决策过程过长，而我们很少或几乎没有提供任何帮助，结果使他们不得不放弃选择。客户根本不想选择，他们只想得到他们真正想要的东西。我们的工作准确地描绘出（常常通过合作的方式）他们需求，并且制造出产品。这一般需要借助各种设计工具（如安德森公司的“知识之窗”系统），以消除信息爆炸的问题。

大规模定制的职责在于有效地实现上述目标，即使价格能够令客户接受，又使企业有利可图。现在多数企业实现

多样化的方法是在已有工艺之上增加新的措施，而将定制作为特殊情况，这样做将增加大量的成本、时间和额外资源。大规模定制不能为每个人提供一切，正如我在策略前景 LLP 公司的同事吉姆·吉尔摩（Jim Gilmore）所言，它只在每个客户需要的时候为他们准确地提供其所需。多数大规模定制商发现，虽然在开发产品、工艺和技术方面需要有很大的投资，但当市场分化到一定程度，使大规模生产技术不再能够有效预测客户的需求时，大规模定制产品的成本就几乎与大规模生产的产品成本相等，甚至更低。

而且，因为定制的产品比标准化产品的使用价值更高，它们更能符合个体的需求，所以，大多数客户愿意多付钱（通常多付 10% ~ 15%），因此，企业的利润常常会大大地提高，特别是当企业减少了成品库存费用、避免了客户因得不到想要的产品而离开，或者避免了因产品无人问津而不得不甩卖的情况。想一想，仅仅减少成品库存一项，就可为你的公司带来多少经济效益！

1.3 新的必然趋势

因为具有以上这些巨大的优势，大规模定制模式正从技术前沿变成一个又一个行业的必然趋势，它是商业竞争中下一个顺理成章的阶段。

这一点可从图 1-1 所示的框图中清楚地看出。该图最初为北卡罗来纳大学的两位教授巴特·维克托（Bart Victor）和安迪·博因顿（Andy Boynton）所作，并在与我交流后进行了扩充。最近，他们正在访问瑞士的国际管理发展研究院

(International Institute for Management Development)。该图定义了四种不同的经营模式，即获得经营成功的四种不同方法。³“创新模式”中包括手工制造者、企业家、大公司和其他不同产品的生产者。这些组织不断地创造出新的产品和生产这些新产品的工艺：产品和工艺都是动态变化的。

若干世纪以来，手工制造者基本上遵循了这种创新模式——如果有些客户需要某些企业还不知道如何生产的产品，工匠们就会想办法进行设计，为客户定制。随着工业革命的发生，特别是亨利·福特(Henry Ford)发明了装配线之后，大规模生产应运而生。在大规模生产模式中，一切都是固定的：企业在找到了生产某种产品的最佳方案后，就尽快将学习曲线(learning curve)固定下来。产品和加工工艺都很少改变，以求固定成本得以偿还。很偶尔地(通常是4~5年一次，甚至更长)，大规模生产商会依赖其他创新机构(一般是他们自己的研究开发实验室)，开发一种新产品，并对其进行大批量生产。

因此，大规模生产商非常依赖于创新机构进行新产品的开发，而创新机构又依靠大规模生产商为他们的与众不同的设计提供现成的市场。⁴长期以来，大规模生产商和创新机构之间有着良好的合作，这正是本世纪美国经济成功的核心。但日本公司断定，如果持续地改善加工工艺，那么，与典型的大规模生产相比，他们将同时达到更低的成本和更高的质量。通过动态地改变加工工艺，他们能比竞争对手取得更巨大的优势。这与旧的工作方式有很大的不同，以至于美国的生产商花了很长时间才弄明白这是怎么

回事。现在多数企业赞同“持续改善”的企业模式，即使不能完全付诸实践，至少在理论上同意，并将它与统计过程控制、多功能团队、全面质量管理和客户满意度测量等创新方法结合在一起。作为理想的结果，遵循这种模式的组织有一个实施过程生命周期：每一个阶段的实施都与过去不同，而且更好。

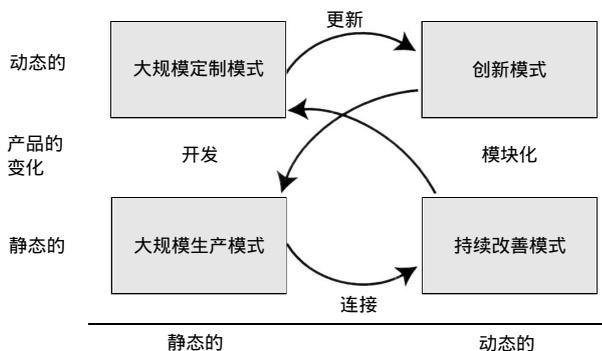


图1-1 新的竞争现实

资料来源：Bart Victor, Andrew C. Boynton, and B. Joseph Pine II.

当一些企业通过持续改善的方法使质量获得了明显提高的时候，很多公司已经跨越这一阶段而进入了“大规模定制”的经营模式。⁵ 固定但颇具柔性且反应灵敏的加工工艺提供了动态的产品流，使企业可以同时实现低成本和高度的个体定制。在这种经营模式中，企业的基本工作是确认并满足每个客户的个体需求。理想的结果是，产品的生命周期成为一个基本单元(unit)：每个产品都与前一个不同，而且独一无二地满足特定客户的需求。

企业可以在几种经营模式中进行转换，但根据维克托、博因顿和我的研究，以及根据客户的直接经验，要实现大规模定制所必经的转变有一定的顺序。从创新模式到大规模生产的第一次转变被称为“开发”，它是一个众所周知的活动。它要求明确产品和加工工艺，使之可以确定并可重复地制造大批量、低成本的产品。

大规模生产组织的结果是产生很多等级和官僚主义作风，各个职能部门之间几乎不存在信息交流。为了转换到持续改善模式，纵向分割的各个职能部门必须通过多功能团队、信息共享和横向过程集成而联系起来，其结果是产生一系列紧密连接的、高质量的、具有持续改进能力的加工工艺。⁶

为了进入大规模定制的模式，要求将产品模块化，从而为任何客户提供唯一的模块组合。这使企业能够按照客户的要求，从总的产品体系中有效地提供单个模块，不论是牛仔裤的特定裤长、特定的窗户、工业肥皂的某个 pH 值，还是某个精确的气动阀。

不仅如此，通过“持续改善”模式创建的、紧密联系的各个加工工艺，也应能够被分解并实行模块化，这样，特定的工艺模块就可以动态地与其他工艺模块相联，以建立能在最大程度上满足单个客户要求的端对端的价值链。由此产生了在人和加工工艺之间松散联系的动态网络，它使产品和服务的大规模定制成为可能。

当不能满足特定客户需求，或用当前的定制无法把握市场机遇的时候，采用大规模定制的企业也必须能够自我

更新。这要求这些企业彻底开发出新的产品模块或者新的加工工艺，或与企业内外的组织联合，以达到所要求的新的能力。某些情况下，企业可能要赶在竞争对手之前，放弃其整个的产品或工艺体系，重构一个能使之重新具备明显竞争优势的体系。

虽然企业不再愿意“生存”于大规模生产的模式之中，但它不得不经历上述在创新模式中为建立新产品、新工艺或组织模块而进行的活动。每个模块必须得到发展和巩固，建立与企业其他部分的联系，具有高的质量，并最终适应大规模定制的体系。

这就是新的竞争现实，它是不断变化的经营方式的转换循环，需要在各种企业模式之间快速变动，而不是在某个时间选择某一种模式。那些能够比竞争对手更好地处理这种转换循环的企业，将在当今迅速变化的环境中始终处于成功的地位。可以透过位于佛罗里达州博因顿海岸的摩托罗拉寻呼产品集团公司（Motorola Paging Products Group）看到整个经营方式的转变。我在第一本书里曾经说过摩托罗拉公司是大规模定制的先驱。在80年代，摩托罗拉超越了电子产品传统的大规模生产，采纳了持续改善的思想。他们采用了许多提高产品质量和寿命的措施，他们引以为豪的“6- ”计划十分有名，它使废品率降到百万分之三点四。但是，当日本的竞争者通过其持续改善计划加强了竞争力的时候，摩托罗拉公司再次在竞争中占据了领先的位置，在企业层做到了大规模定制。

在仅仅18个月中，摩托罗拉开发了一个（几乎）全自动的制造系统，在全国各地的销售代表用便携式计算机

签下订单的一个半小时之内，它就可以在博因顿海岸制造出2900万种不同组合的寻呼机中的任何一种。这彻底改变了竞争的本质，使摩托罗拉公司成为美国仅存的寻呼机制造商，占有全世界市场份额的40%以上。但它并未就此止步。

从代号为“盗匪”(Bandit)的项目开始后，摩托罗拉为了建立最好的制造系统，鼓励其员工从公司内外的任何地方“窃取知识”，此时它已经远远超过了其最初时的能力。该公司创建了所谓的“融合工厂”(Fusion Factory)，因为公司把工程设计、制造和营销集成为一个企业系统，在运作层面上，该系统看起来和运行起来都很像图1-1所示的框图。⁷由于有摩托罗拉建造的信息技术基础设施的支持，工程师们能够在计算机辅助设计系统上开发新的模块(更新)，用各种电子工具模拟“虚拟”设计的效果(开发)，确认具有足够的原材料库存和实际生产该模块的能力(连接)，编制完整的产品说明书和动态的在线制造指导说明书(模块化)并将其传给制造厂进行生产。为了检验摩托罗拉已经达到了何种程度，该公司的客户之一(一位寻呼服务公司的副总裁)告诉我，他的设计人员是如何与摩托罗拉合作，为客户设计新产品的：摩托罗拉的工程师星期五下午带着双方商定的设计方案离开，星期一早晨就带来了可使用的寻呼机！

日本竞争者和其他采用持续改善模式的竞争者取得成功的一个明显结果，是造成了巨大的变革压力，使得一个又一个行业中的一个又一个企业不得不提高产品质量同时降低所需的成本，以面对由采用比大规模生产更优越的经营模式

的企业所造成的竞争。另一个结果可能不太明显，但却是同样重要的，那就是这些改善使客户变得更加苛求。一旦发现可以从某个企业得到价廉物美的产品，他们就会放弃其他企业的不良服务，并开始要求该企业像许诺的那样提供产品和服务。实际上，这两个方面相互补充、互相促进，从而达到更高的水平。迄今为止，在多数行业中，持续改善模式仅仅是使企业参与竞争，⁸ 质量已不再是竞争的主要因素。

我们尚未达到定制的水平，企业在下一个 10年中还会面对同样的窘境。一旦客户发现能用他们愿意支付的价格买到专为他们生产的、几乎正好满足他们要求的产品，可以想象，他们将对所有企业提出同样的要求。大规模定制模式，实际上正从技术前沿演变为一种必然的趋势。

1.4 产品开发中新的必然趋势

大规模定制模式不是仅仅针对短期内的利益竞争的，至少在正确运作的时候不是如此，对于企业来说，这是一个好消息。企业在定制什么、如何定制、在何处定制和何时定制等方面有很大的自由度，这就形成了巨大的竞争空间，而大多数的自由度取决于产品的开发。任何一个企业要想充分挖掘这种经营模式的潜力，要想负责地将新产品投入市场，就必须将其作为一种必然的趋势予以对待。在对能进行大规模定制的产品进行制造时，如果没有所需的支持、勤奋和努力，企业就不会成功。

对于某一特定企业，在确定最佳方案时还涉及很多相关问题：从产品的性质到客户对该产品的认识；从如何建

立产品的加工体系到怎样决定何时对产品进行更新。下面将探讨这些重要的问题。

1.4.1 可定制、可客户化及自适应的比较

第一个问题要确定到底是为单个客户定制产品，还是生产那些可以为客户或由客户自己进行为满足其特定需求的适应性修改的标准化产品。有两类适应性产品，即：可客户化的(customizable)和自适应的(customizing)产品。可客户化是指由客户（或中间商）从某产品所提供的众多选项中，选择当前最符合客户需要的一个选项。图形化补偿器可能是最简单的可客户化产品的例子，这种立体声元件允许用户在不同频率段中选择他想听的那个频率。现在最常见的可客户化产品大概是个人计算机的应用程序，其可客户化程度在过去的10年中提高得很快，用户可以通过工具条、优选菜单、功能模块和其他越来越复杂的方法对软件进行客户化。

自适应的产品是指由产品自己去适应用户。简单的自适应产品如吉列感应剃须刀，它因有柔性弹簧系统而“自动适应你的脸部轮廓”（广告语）。复杂的自适应产品如松下洗衣机，它有视觉感应器、重量感应器和模糊逻辑程序，可以根据每一次洗衣时的实际情况，从600种洗衣方案中选择最适合的一种。

在上述两种情况中，一种产品可以被大量用户所适应，能够进一步为每个用户进行客户化，所以，与定制相比它不需要制造时的额外改变，对于仍然沿用大规模生产模式

的企业来说，这是向大规模定制转变的最方便的方法。如汽车制造商一直在标准设计中加入各种适应性功能（可客户化的或自适应的），这是一种非常有效的开发策略，因为驾驶汽车的人总是多种多样的。最近发布的消息说，克莱斯勒Eagle型汽车的自动操纵杆可以使驾驶者在自动和标准变速之间进行切换；林肯大陆型汽车的由按钮操作的记忆器可以为两个不同的驾驶者调节坐椅位置；另外一种更进一步的创新是正在由 Johnson Controls 公司开发的“自调节舒适坐椅”，它能够根据每一个驾驶者对坐椅产生的压力来调节坐椅与该驾驶者的接触面。

当大规模生产商为改进企业生产模式而勇敢地走出第一步时，确实存在着某种风险。开发机构必须注意的是，不能盲目地将适应性产品视为任何情况下的解决方案，这样做对很多需定制环节都相当不利，如车体外型、高度、装潢及汽车的一些其他可选特性，而这些环节对客户是、或者将是非常重要的。不能将生产适应性产品的企业列入图 1-1 中的大规模定制模式，他们不是应特定客户的要求而制造的，而是一次性为所有客户制造的。随着越来越多的企业采用大规模定制模式，客户将逐渐要求获得专门为其定制的产品。

通常情况下，最可行的方法是在某种程度上使产品既可定制又具有适应性，对于那些功能要求高的复杂产品更是如此。有一家公司在这两方面都做得很好，那就是位于宾夕法尼亚州 Coopersburg 的生产光控产品的 Lutron 电子有限公司。许多年以前，Lutron 在该行业中首先将微处理器

应用于产品，使人们能更自如地控制自己的灯光环境。在不同的时间、不同的场合，客户都可以获得最高的工作效率（在办公室），或者调节到最适宜的心情（在家里）。例如，Lutron的GRAFIK Eye™牌产品将室内不同的灯具连在一起，使用者可以随时在其设计好的各种组合中选择特定的灯光效果，例如，在起居室设定晚会、阅读、居家、浪漫情景等的灯光布置。Lutron不仅在光线控制器中加入适应性功能，而且还与客户合作开发符合其要求的新款式，如增加保安系统的光线控制器、提供客户需要的颜色等。正是由于定制和适应性的有效结合，使Lutron公司成为该行业的龙头。

1.4.2 产品结构

为了有效地为单个客户定制产品，就要求有一个产品结构。这种结构决定了产品将向客户提供多大的好处，以及在该范围内所能提供的所有功能。这些功能分别在模块组合图中加以定义，模块组合图用来确定针对特定客户所要求的特定产品，应该使用何种部件进行组装，各部件之间又是如何连接的。

在演讲和与客户的研讨会上，每当我讲到模块化时，我总是提出Lego®牌建筑用砖的例子，“你能用Lego®牌砖建造什么？”答案当然是“任何你想建造的东西！”因为有大量不同类型的砖块和一套简单、精确的榫头，可以迅速地将砖块连接在一起。每个产品结构都应该将下面两个要素标准化，即一套模块化的组件和将这些组件衔接起来的

连接系统。没有标准化，任何企业都不能实现有效的定制。再次重申，模块化是大规模定制的产品开发中的关键。⁹

1.4.3 工艺过程基础设施

正如在前面讨论从持续改善模式向大规模定制模式转变时所提到的那样，模块化不仅适用于产品，也适用于产品的制造工艺。产品开发人员必须与制造工程师、加工人员一起，创建能够自动地将各模块化的工艺过程联系起来的工艺基础设施（process infrastructure），这些模块化的工艺过程是企业有效运作的基础单元。前面提到过的例子都使用了这样的基础设施：它使企业尽可能快速且有效地确定客户的需求，尽快找出实现需求的方法，并花费尽可能少的代价将两者匹配起来。

许多研究开发机构都使用群件（groupware）以实现信息和资源的共享，虽然这是打破交流壁垒的良好开端，但目前的群件还不能满足工艺基础设施所提出的要求，它只适用于创新模式，而不适合大规模定制，这是因为它是建立在特定活动的基础上的。现有的工具还不具备支持模块化工艺过程的能力，支持模块化工艺过程操作的工具可一直被束之高阁，直到发现它能实现下一个客户的需求时才被取出来使用。确切地说，企业需要具备 workflow 管理系统、协同管理软件、企业网络、一般客户资料（如图表处理或共享数据库）、计算机集成制造和敏捷制造的能力，这些能力在这里都笼统地归入工艺基础设施，它们能够实现工艺间的连接和人际联系的自动化，使企业能合理使用各种资

源，经济有效地为客户独特的需求提供服务。

创建这样的基础设施需要巨大的资金投入和有效的实施。要想用当前的经济过程去证实其经济性是困难的，甚至是不可能的，因为无法准确预测在某个特定的时候客户会需要何种工艺能力。虽然学术界和顾问们正在努力寻求发展，使它能做得更好（如提出策略选择理论），但当企业真的实行大规模定制模式的时候，他们不得不依靠自己创造未来的信心（是的，信心！），而不是像过去那样凭借自身的判断和直觉。高层管理人员必须看到，未来是一场关于谁能够更有效地为每个客户提供独特服务的较量，只对未来怀有忧虑是不够的。

1.4.4 产品描述

工艺基础设施的关键要素之一是一个将客户需求与企业能力相匹配的设计工具，如果没有这样的工具，客户（或他们的代理人：分销商和销售代理）就很容易迷失在大量的产品组合中，无法找到适合于他们的产品。设计工具使客户“在可能的范围内操作”，但这并不像Lego®牌砖块那样，将砖块全摊在地上，说：“来，让我们生产你的产品吧！”——用实物直接进行设计。更确切地说，设计工具必须能控制复杂性，一方面帮助你为单个客户设计产品，另一方面又约束客户，使他们能够迅速、方便、无二义地表达他们的需求。

安德森公司的“知识之窗”是提供给分销商的一个非常复杂的设计工具，它使分销商能与房主合作确定窗户的

样式。它的成功应归功于训练有素的职员，这些职员了解窗户，了解客户需求，知道如何利用设计工具把客户引导到正确的方案上来。没有这样的职员，这一过程就会像面对地上摊满的Lego牌砖块一样，无效率可言。

稍简单的产品可以采用简单一些的解决方法。加利福尼亚州Los Gatos的MusicWriter公司大规模定制活页乐谱。该公司将每首歌的歌谱进行数字化之后刻录在盘上，存放在带电子触摸屏的售货亭里，大的售货亭里有几千首歌。顾客无须用手在几百种选择中浏览，他们只需走到售货亭，输入歌名或作者。在输入的过程中，系统自动地显示和缩小顾客的选择范围，直到准确找到想要的那一首。然后系统可以返回，显示所选择的歌曲，并立即将顾客的选择打印出来。

MusicWriter公司善于听取顾客所表达的需求，但成功的设计工具必须能帮助顾客清楚地表达他们的需要。例如，很少有人能在走进眼镜店后就正确地说出他想要的镜架的准确形状，但Paris Miki公司通过与顾客的交流就可以将顾客所需的镜架确定下来，顾客无需在货架上的大量镜架中去寻找。这个总部设在东京的公司是世界上最大的眼镜公司之一，花了5年的时间开发了Mikisemes设计系统。通过分析顾客面部的数字化图像，以及由顾客交互输入期望效果要求，该系统便可提出恰能满足该客户要求的镜架形状的建议。顾客可在给定范围进行选择，甚至可以亲自用鼠标修改眼镜架，一旦他作出了最后的决定，Miki公司可在大约一个小时内造出眼镜。

1.4.5 获取联系

正如Paris Miki公司那样，获取原来未知的信息（甚至连客户自己都不知道的信息），不仅可以生产更好的产品，而且还可以与该客户建立更加稳固的联系。在当今激烈竞争的环境下，一个企业最有价值的财产可能就是它与客户的持久联系。

电子售货亭、在线服务、电子邮件、传真响应和WWW网站等交互技术的迅速发展，为企业同上千、甚至其他潜在的上百万单个客户进行有效的对话提供了可能。通过与他们个别交流，企业能够更好地了解每个客户的想法、需求和偏好，用更好的产品和服务来满足他们的偏好。唐·佩珀（Don Peppers）和马撒·罗杰斯（Martha Rogers）将这种大规模定制和运作的结合称为一对一的市场，它是获取联系的基础，随着时间推移，获取的联系变得更加广泛、深入和灵活。¹⁰ 客户告诉一个企业的信息越多，企业产品就越能够准确地符合客户的想法——他在何时、何地需要什么，客户也就越不容易被其他企业吸引走。即使竞争对手有能力生产出一模一样的产品，已经与该企业建立了联系的客户如果要把该企业已经知道的东西再告诉其竞争对手，也将不得不花费额外的时间和精力。

罗斯公司就是这样做的。该公司的集成工程师与客户一起确定他们的关键需求，并通过独特的阀门设计使这些需求得到满足。ROSS/FLEX工艺过程十分有效，以至于通用汽车公司的一个资产为200亿美元的分公司不再从别处购买气动阀，也不让罗斯公司向别人供货，如同是它的独家供应商！

获取与客户的联系是一个非常强有力的竞争优势，其益处包括：

- 增加利润。因为你的产品是精确地根据客户的需求制造的，你的客户会获得更高的价值，所以他们愿意支付额外的费用。
- 从每个客户身上获得更多的收益。因为你比任何竞争对手都更了解你的客户，所以每当他们需要你所提供的产品时，他们便会来找你。
- 以较少的附加成本获得更多的客户。由于你的客户很满意，他们会告诉其朋友和伙伴，使这些人加入到你的客户队伍中来，并且再向别人宣传。
- 留住更多的客户。每个客户越多地告诉你他的个人想法、需求和偏好，他就越不容易从你的竞争对手那里接受相同档次的服务。

1.4.6 创新

获取联系基本上可以使企业永久地留住他们的客户，但有两个附加条件：其一，一旦有了这样的“独占”关系，企业一定不能提价；其二，企业必须继续从客户那里获取信息，并向客户提供更加符合其需求的产品。这要求企业能够更新其产品结构和工艺基础设施，对特定的、尚未满足的客户需求作出反应。如前所述，这意味着为创造真正的新产品而“脱离”大规模定制模式，返回到创新模式。

但这并不是说客户的每个想法都要得到满足，或者每个现实的要求都要予以实现，企业应该按照下述步骤决定

如何对待客户的需求：

(1) 该需求是否在企业限定的可能范围之内？如果不是，就无需实现该需求，但要对它和其他未被实现的需求一起进行跟踪，以决定何时放弃现有的产品结构，而建立更全面的产品结构。

(2) 如果是，那么是否应该现在就予以实现？应考虑以下因素：客户的寿命值，这一决定将在多大程度上损害或者改善与客户的关系，客户是否愿意为开发工作承担部分费用，还有哪些其他的客户可能会需要这个功能，要花多少时间和经费，现在创新机构的能力如何。如果答案是否定的，则将其列入未来计划或将来再重新考虑，并为了在将来进行决策而跟踪这些需求。

(3) 如果认为现在就应予以实现，就为这一特定客户开发模型，然后决定这个模型是应该“保留”在创新模式中，还是应该对它进行开发、连接和模块化之后，作为标准模块加入到产品结构中，或者作为标准能力加入到工艺基础设施中。上面第2点中提到的因素在这里也要加以考虑。

当面对客户新的需求的时候，许多产品开发小组只在认识并理解了客户的需求之后，才会着手开发新的产品。大规模定制的好处在于，模块化结构能够使这一过程分步进行，以很低的成本每次改变一个模块。大规模的开发常常花费大量时间重复别人已经做过的工作，因此可用别的方法来加以替代，即创建新的模块，并动态地将其连接到现有的结构之中，这样只需投入大规模开

发的一小部分经费。摩托罗拉的“融合工厂”正是这样做的，当罗斯公司与其客户共同商讨如何使气动阀达到重要指标时，他们也是这样做的。他们并不重新发明全新的寻呼机或阀门，而是重复利用已有设计的 80%~90%（甚至 95% 或 99%），只在不得不更新的地方投入真正的创造性工作，满足特定客户的需求。

这就是在产品开发中采用大规模定制的威力。正因为你可以用它来为你的客户服务，而你的竞争对手也可以用它来对付你，所以大规模定制模式正在成为一种必然的趋势。

选择权在你的手中。大卫·安德森在本书的其余部分谈到了降低多样化的成本，将现有的生产线合理化，将零件和工艺标准化，根据总成本统计做出决定，实现柔性操作，围绕模块结构并行地设计产品族和工艺族等问题。如果你不能把握这些内容，你就不能寄希望于获得大规模定制的威力。我最后的忠告仅仅是：现在就开始！

注释

1. Alvin Toffler , “Future Shock”(New York: Bantam Books, 1970),pp.261-322 ; Stanley M. Davis , “Future Perfect”(Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company,Inc.,1987), pp.138-190 ; 和B. Joseph Pine II , “Mass Customization: The New Frontier in Business Competition” (Boston: Harvard Business School Press,1993) .
2. Pine , Ibid , p.44.
3. 了解该框图如何变化是非常有意思的。为跟踪其变化 , 请参见 Andrew C. Boynton和Bart Victor , “Beyond Flexibility: Building and Managing the Dynamically Stable Organization,”California Management Review, Fall 1991, pp.53-66; Pine , “Mass Customization”, pp.215-221 ; A. C. Boynton , B. Victor和B. J. Pine II , “New Competitive Strategies: Challenges to Organizations and Information Technology , ”IBM Systems Journal,32,no.1,(1993),pp.40-64 ; B. Joseph Pine II, Bart victor和Andrew C. Boynton , “Making Mass Customization Work,”Harvard Business Review,71,no.5(September-October 1993),pp.108-119 ; B. Joseph Pine II, Bart Victor和Andrew C. Boynton , “Aligning IT with New Competitive Strategies,”in Competing in the Information Age: Strategic Alignment in Practice, Jerry N.Luftman,ed, (New York: Oxford

University Press,1996),pp. 73-96 ; 以及Bart Victor和 Andrew C. Boynton , “The Right Path: the Transformation of Organizational Knowledge for Competitive advantage”(Boston: Harvard Business School Press,1997, forthcoming)。

4. 我在斯隆管理学院 (Sloan School of Management) 的指导老师、麻省理工学院 (MIT) 教授迈克尔·皮奥里 (Michael Piore) 首先提出了大规模生产模式与创新机构彼此依赖的观点。正是因为将这一观点应用于该框架中, 我们才发现了图 8 中的路线, 即: 从创新模式开始, 经过大规模生产模式和持续改善模式, 达到大规模定制模式, 然后再返回到创新模式。有关“工业的二重性”的讨论, 请参见 Michael J. Piore , “Dualism as a Response to Flux and Uncertainty” 和“The Technological Foundations of dualism and Discontinuity,”in *Dualism and Discontinuity in Industrial Societies*, Suzanne Berger and Michael J. Piore,ed(Cambridge, England: Cambridge University Press,1980),pp. 13-81。
5. 关于持续改善模式和大规模定制模式之间的区别, 以及从持续改善模式向大规模定制模式转变过程中所存在困难的更完整的描述, 请参见 B. Joseph Pine II , “Challenges to Total Quality Management in Manufacturing”in *The Quality Yearbook*, 1995 edition, James W. Cortada and John A. Woods,

ed.(New York: McGraw-Hill,Inc.,1995),pp.69-75.

6. 实际上，工艺过程的改进并不是经常发生的。正如 Marcie J. Tyre和Wanda J. Orlikowski在“Exploiting Opportunities for Technological Improvement In Organizations ,”Sloan Management Review , 35 , no.1 (Fall 1993) , pp. 13-26 , 中描述的那样，在一个突发的变化之后是一段时期的稳定期，当新的挑战出现后，或者是未解决的问题严重到无法忽视的地步时，又会出现新的突变。事实上，采用持续改善模式的企业是在持续改善模式和更稳定的大规模生产模式之间不停转换的。
7. 有关摩托罗拉公司融合工厂的完整描述，请参见Russ Strobel和Andy Johnson，“Pocket Pagers in Lots of One ,”IEEE Spectrum 30 , no. 9 (September 1993) , pp 29-32。根据文章所述，摩托罗拉当前寻呼机结构的自动化程度过高，所以它在对于模块化结构之外的特征需求的响应方面遇到了某些麻烦。融合工厂目前正在致力于所谓的“宏更新”(macro-renewal)，即：在更新生产能力的同时更新结构，使工厂与寻呼产品集团公司同样出色，并成为最佳的大规模定制商之一。
8. 请注意，这也同样发生在从手工模式到大规模生产模式的发展过程中。一旦客户习惯于以低廉的价格购买汽车和纺织品，他们就开始对其他的行业提出同样的要求，其中也包括服务行业，在服务行业中，服务支持办公室(back offices)就如同是装配生产线一

样。其结果是，成千上万的手工生产者失业，数百万的技工变成装配线上的工人。在过去的20年中所发生的情况就是如此，由于企业不能按照客户乐于支付的价格提供该客户所需要的产品，所以许多工人被重新安排，他们被从原来的工作岗位上削减了下来。

9. 至少有6种进行模块化的方法，根据企业特定的环境，每种方法又有许多种实施的方法。参见 Pine，“Mass Customization”（pp.196-212）。其他与此相关的有参考价值的资料有 Karl T. Ulrich和 Steven D. Eppinger，“Product Design and Development”（New York:McGraw-Hill,1995）以及 G. D. Galsworth，“Smart, Simple Design:Using Variety Effectiveness to Reduce Total Cost and Maximize Customer Selection”（Essex Junction,VT: Omneo,1994）。在“Mass Customization”一书中所讨论的6种模块化的方法，是建立在 Karl T. Ulrich和他的一个学生的早期研究基础上的。
10. 有关获取联系和罗斯公司的进一步情况，参见 B. Joseph Pine II，Don Peppers和Martha Rogers，“Do you Want to Keep Your Customers Forever?”Harvard Business Review 73，no.2(March-April 1995)，pp.103-114。虽然Peppers和Rogers的优秀著作“The One to One Future: Building Relationships One Customer at a Time”（New York: Currency Doubleday,1993）是为营销人员写的，但是，所有的产品开发人员也应当读一读。

第 2 章

大规模定制的展望



现 在很少再有产品能够像福特 T型汽车那样进行大规模制造而无需任何变型或定制了。大多数制造商都不得不在某种程度上，为日益挑剔的客户或者小批量多品种的市场进行产品的定制生产，以求在市场竞争中占有一席之地。但是，如果产品不是专门为定制而设计的，而且制造系统又没有足够的柔性，那么，产品定制的速度就会变得很慢，而且成本很高。

大规模定制是在经历了一个世纪的大规模生产之后的又一种生产模式，它以大规模生产的效率和速度来设计和生产定制的产品。本书将介绍如何为小批量多品种的市场，甚至单个客户快速而廉价地开发定制的产品。

成功依赖于强有力的产品开发方法学，它使多功能的设计团队能够并行地设计整个产品族和柔性制造工艺。必须围绕通用零件、多功能模块、标准化接口、通用夹具几何尺寸和标准工艺来设计产品。为了确保所需要的加工柔性，必须并行地设计产品和工艺，以消除所有的辅助加工步骤，例如：零件或工具的集中和查找、更换夹具、零件

的手工定位或查找操作指令。

上述工作将产生很好的投入产出效益；运用这些技术的企业，将体验到极为迅速的模块化产品开发、对变化中的市场和机遇的敏捷反应、有优势的供货、获得额外高价的机会、较低的管理成本和更好地满足客户的需求。

2.1 一个大规模定制模型

本章用一个例子说明如何实现大规模定制模式，这个例子中包含了本书将要讨论的大规模定制的所有因素。例子中的产品是一个电子系统，它可以是各种形式的计算机、仪器、通信设备、视听设备、电子游戏机、小型器械等等。特别地，这个例子以一种小仪器为代表，该仪器可通过特定的软件及仪表、控制盘、机箱和各种内部零件的不同组合来进行定制，但其描述的大规模定制的原理适用于所有产品。

构造的这个模型是非常可行的，因为它不依赖于高水平的自动化或者很大的生产批量。它所用到的可编程机床是印制电路板组装设备，以及在工业中最普通的计算机数控（CNC）加工中心。最后的装配由手工完成，在本例中选择手工装配有几方面原因。大多数的企业没有自动进行大规模定制所需的设备数量或资金。当然，这里介绍的原理同样可以用于自动化程度更高的情况。整个的运作过程是在看板（kanban）零件补充系统（后面会进一步说明）支持下的、按订单进行的生产，它可以不依赖于物料需求计划（MRP）系统，因为MRP系统过于依赖可靠的预测和精确的物料明细表。

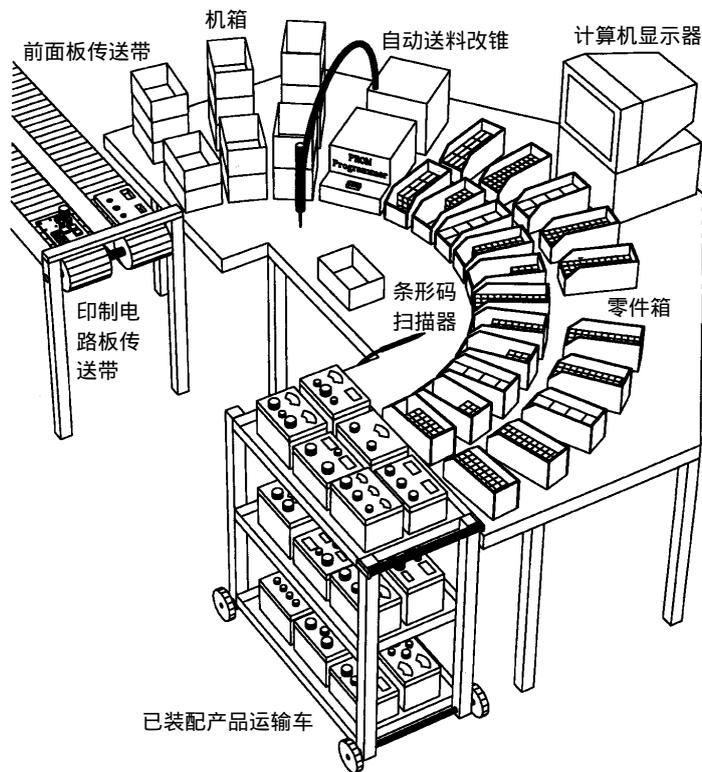


图2-1 大规模定制模式下的手工装配站

图2-1表示了手工装配站的详细情况，图 2-2描述了大规模定制作业的完整信息流和物流，后面还将利用图 2-1对制造、装配和零件流进行讨论。以下的讨论中，将描述指挥工人和机器对大规模定制的产品进行制造、装配和运输的信息流，如图 2-2所示。在第8章中将对信息流进行更详细的讨论。

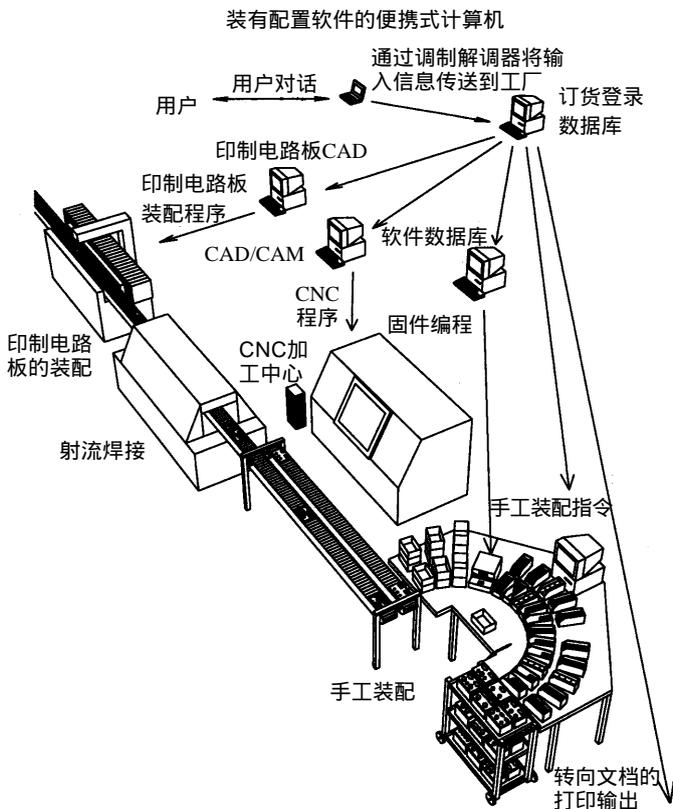


图2-2 大规模定制模式下的总体信息流和零件流

2.2 零件的制造

2.2.1 印制电路板

1. 通用底板

与多数电子系统一样，这种产品的电子线路被制造在

印制电路板 (PCB) 上。为了优化加工的柔性, 使用了一种设计巧妙的“底版” (bare board), 可以把各种元件安装在底版上, 从而实现了各种不同层次的功能和选择。

底版由玻璃纤维绝缘层构成, 上面铺有一层层的金属“导线”。这些金属导线连接孔或垫, 将元件插入或放置在底版上面后, 在孔或垫处将它们焊牢。因为在制造过程中的生产准备是固定的, 所以每批底版的制造数量不太可能为1。因此, 底版不得不以足够大的批量进行制造, 从而分摊巨大的生产准备成本。这就是为什么大规模定制商们希望利用这些通用方案, 将特殊底版的数量减至最低的原因。底版既可以存放在毛坯库中, 也可以由看板补充系统提供, 这一点将在第7章和本章的后面进行讨论。

一块设计巧妙的底版能够适应元件的各种布置方案: 可以通过插入或者拔掉某个元件来增加或删除某项功能, 必要时可以自动地插入并焊牢零欧姆“电阻”(分流器), 以此来弥补缺少的元件, 形成完整的电路。

这种仪器的各种型号都基于相同的底版, 所有型号均具备某些基本功能。简单的型号可能只需要在基本功能的基础上增加若干个元件, 其他的型号则可以具备客户所要求的各种功能。可以通过自动放置合适的元件, 从而使多种型号都可能具有某一功能(如双通道)。最先进和最复杂的型号可能会用到所有的元件插点。

2. 条形码识别

每块底版都有一个唯一的条形码, 它可以由底版供货商用激光刻制, 或者粘上一个预先印好的条形码标签。这

些唯一的条形码编号是连续的，它简化了条形码的刻制或印制。当条形码第一次在 PCB 组件中被读出的时候，该唯一的编号就与当前的工序固定地联系起来。从这个时候开始，该条形码编号将会调用 PCB 组件的 CNC 程序、手工组装的说明、包装信息和运输指令。

3. 印制电路板组件的柔性制造

大多数印制电路板是由可编程的自动设备进行组装的，该设备将那些应该嵌入的元件插入底版中，或者将表面组装元件安放在底版上面。在大多数制造过程中，这些通用设备既可以用于单件生产，也可以用于批量模式，不过用于更换零件、夹具和编程的停工时间开销很大。但是，这些计算机控制的电路板组装设备能够根据客户的不同需要，设置组装程序，插接不同的元件。印制电路板组件为使用现有设备实现自动化定制生产展示了重要的机会！

为了使PBC的组装具有柔性，减少加工中的辅助工作，必须遵循以下一些规则：

(1) 所有底版都应该是相同规格（相同的形状要素）的，应该有相同的工艺孔，以减少装夹时的调整。另外一种办法是，可以使用通用夹具安装不同规格的底板。

(2) 产品族中不同元件的数量不得超过机床零件箱的存放能力。这取决于元件的标准化，在第 5 章中将对此加以论述。

(3) 所有程序都应该能够迅速地从文件服务器中下载。

对于这种仪器，所有的底板都具有相同规格，所有的元件都可以固定地存放在机床零件箱中，可以快速地

单登录数据库中下载程序。通过把各种功能集成到标准超大规模集成电路（VLSI）芯片和针对企业的特定用途的集成电路（ASICs）中，使元件的数量减至最少。

4. 专用集成电路

有一种元件可以被自动地安装在电路板上，它是针对特定企业或者针对特定产品的集成电路，它被称为专用集成电路（ASIC）。ASIC通常被认为仅适用于大批量生产的产品，它可以通过减少待组装元件的数量，简化组装的过程，提高质量和可靠性。产品的质量取决于质量等级（合格零件百分比）的 a 次幂（ a 代表产品中的零件数）。¹ 例如，将50个独立的集成电路合成为一个ASIC，使指数从50降到1，其结果是使质量得到了巨大的提高。如果集成电路的质量等级是99.9%（每100万件中有1000件废品），那么未合成时，质量将降低到 $(0.999)^{50}$ ，或者说合格率为95.12%，这表明质量下降了5%。用一个ASIC代替50个芯片，将使产品质量提高将近5%（合格率为 $(0.999)^{1/50}=99.9\%$ ）。多次使用ASIC或VLSI设备，将使质量有明显提高。

可以将多个企业产品的估计需求集成在一个（或几个）针对特定企业的ASIC中。即使每个产品只使用1/4的ASIC，所有这些产品仍可获得装配和质量方面的效益。另外，这种ASIC的订货数量将是单一用途的ASIC订货数量的4倍，从而使其处于小批量生产的范围内。将许多功能集成在一起节省了电路空间，并能将所有电路安置在一块电路板上，同时也减小了电路板的体积并简化了电路板的包装。

基于产品族的ASIC甚至可以采用由几个标准层和一个

针对特定产品和产品组的“定制层”组合的方式来进行定制。ASIC的优越性还在于，其制造过程实质上是不可逆的，所以产品很难仿制。产品中的ASIC使你的竞争对手无法进行“复制”。

该设备中有一种ASIC，它覆盖了所有仪器的许多常规功能。因为几个条生产线都要用到这种芯片，所以，订货的数量足以满足投资需要。

5. 插槽和连接器

利用自动焊接在电路板上的插槽和连接器，可以将产品进一步升级、扩展或定制。固件可以插在兼容的插槽里（参见2.2.3“在线固件编程”）。同样，存储器可以在制造过程中安装，也可以在以后由客户或由分销商添加。连接器可以用来定制标准“母板”中的可定制的“子板”。可以把升级和扩展的“子板”连在这些连接器上。多用途的子板连接器可以通过增加新功能和新技术来延长产品的寿命。

该产品为固件提供了一个可编程只读存储器（PROM）插槽，为存储器提供了SIMM插槽，可以在SIMM插槽中插入，或者以后再加入不同数量的存储器。另外，主处理器也是插入式的，这样，可以利用电路内部的仿真程序进行调试，而且以后还可以升级。为现有的子板准备了一个连接器，为将来可能用到的子板准备了另一个连接器。

6. 自动焊接

如果在这种生产过程中的电路板具有相同的大小和厚度，那么，无需改变工艺参数就可进行自动焊接，用“波峰焊接”设备焊接插入式元件，用“回流焊接”设备焊接表面

组装元件。为了在焊接阶段避免改变工艺参数，电路板必须具有相同的厚度和尺寸，或者具有相同的形状比例。要想既不改变工艺参数，又能适应不同尺寸电路板的惟一办法，是在标准的焊接夹具上进行焊接。从质量角度来看，自动焊接是所有工业工艺过程中最精确的方法之一。许多 PCB 装配车间的废品率一般在百万分之三，而手工焊接的质量和可靠性都很差，因此，设计产品时应该减少手工焊接。

在本例中，所有电路板都是在经过自动焊接和清理之后，才被送到装配站的。

2.2.2 指令的显示

在完成自动焊接之后，定制的电路板被放在一个简单的传送带上送到手工装配站，如图 2-1 和图 2-2 左部所示。当工人用条形码扫描器扫描了该电路板后，在图 2-1 右上方的计算机监视器上立刻显示出装配指令。本章 2.4.4 将论述如何生成这些手工装配指令。

2.2.3 在线固件编程

通过在线 PROM 编程器（图 2-1 中机箱的右边），可以将定制的软件下载到 PROM 中。工人从 PROM 编程器旁边的零件箱中取出标准的“空白”PROM，并将其插入 PROM 编程器的插槽中，然后开始下载由软件数据库专为该客户自动生成的软件（如图 2-2 所示）。PROM 编程结束之后，在将电路板装配到机箱中之前，工人把 PROM 插入电路板相应的插槽中。如有必要，此时可以用电路板等级

功能检测仪对带有定制软件的电路板进行检测。

在装配过程中进行在线 PROM 编程的另一种方法是，在把 PROM 装配到板上之前，利用 PCB 装配设备对 PROM 进行编程。然而，这种方法通常需要将 PROM 焊接在电路板上，这样就限制了升级、维修服务和检测的可能性。虽然 PROM 可以被编程，并且被自动地插入插槽中，但是，电路板装配设备可能无法在不改变工艺参数的条件下既装配插槽，又将 PROM 插入插槽中。

2.3 产品的装配

2.3.1 机箱

图2-1中的传送带旁边有三组不同规格的机箱，工人根据计算机监视器上的指令，从中选择出一个机箱，然后开始真正的产品装配。各种类型的机箱都具有相同的、用来安装PCB、电源和面板的框架。

2.3.2 自动送料改锥

如图2-1所示，工人用其左边的自动送料改锥和刚编程的 PROM 芯片，在机箱里安装电路板。在第 5 章里将谈到，如果整个装配过程只需要使用一种规格的螺钉，那么可以将所有的螺钉排列好，并且沿着一根软管输送，这样，一旦启动电动改锥，就可以安装螺钉了。改锥本身通过其头部的恒力弹簧保持平衡（图中未画出）。预先调节好紧固扭矩，保证每个螺钉以合适的扭矩旋入。

这个仪器的所有紧固功能都是通过一种螺钉来实现的，所有的螺钉均从上方旋入，这与改锥的方向一致。

2.3.3 电源

下一个步骤是，在机箱里用自动送料改锥安装电源。对所有国家均使用相同的电源，因为它可以根据输入电压进行自动调节的通用电源，能够在 50 或 60 赫兹（每秒的周期数）下工作。这种通用电源比那些支持几种电压的电源价格要高，但是，如果将几种电源合为一个，就可以明显地节约总成本，这一点将在第 5 章和第 6 章中提到。另外，因为只需一个电源插槽，所以可将这种柔性装配单元化。

2.3.4 零件的装配

其他的零件按照监视器显示的指令进行装配。所有零件都通过自动送料改锥用相同的标准螺钉加以固定。所有的零件箱均按照半圆形布置，以方便取用。

2.3.5 补充零件的看板系统

图 2-1 中布置了两排零件箱，这就是双箱零件补充看板系统。装配开始时，所有零件箱都是满的。当最靠近工人的箱内零件用完时，就将后面满的一箱移到前面来，如图 2-1 中间的零件箱。空的零件箱被送回到相应“源头”，这个“源头”是制造零件的机床、装配该零件的子装配站，或者是供货商。“源头”将零件箱装满后再送回装配站，排在正在使用的零件箱后面。

补充零件的看板系统的好处在于，无需预测或复杂的订货手续（如MRP），系统就可以确保进行无中断的零件补充。根据零件最高的预计使用率和最长的补充时间，确定箱中零件的数量，零件箱的尺寸则根据箱的数量和零件的尺寸决定。对于大型零件，有些企业使用双货车的看板系统，当零件从一辆货车中卸下时，另一辆货车则返回供货处装载更多的零件。另一种方法是采用双卡片的看板系统，把卡片而非零件箱送回供货处。双卡片系统的一种更快速的方法是扫描看板卡上的条形码，然后通过电子方式将清单传给供货处。

在零件的使用处，必须有足够的空间来分发所有的零件，才能够保证看板系统的正常工作。如果零件的种类太多，就会令看板系统变得不可运行，这再一次突出了零件通用性的重要意义。

将零件箱像剧院座椅般地排列，能够使更多的零件用于装配。但是，过多的零件会使装配操作产生混乱，还可能造成质量问题。一个补救的办法是安装标志设备，例如在每个零件箱上安装灯光信号。零件箱的灯光信号应该与在线装配指令相一致。

2.3.6 面板

图2-1中的另一条传送带传送定制的面板。各种类型的面板均可由简单的标准空白板经过计算机数控加工中心铣制而成，如图2-2中部所示。标准面板的空白板可以是准时制造的或由看板系统提供，可以是企业内部生产的或来源

于外部销售商。

根据CAD/CAM系统提供的指令（见第8章），加工中心根据订单为每个控制盘、仪表、端口、开关和控制器铣出凹槽。请注意图2-1下部运输车中定制产品的面板种类。

为了尽量减少加工过程中工艺参数的变化，所有的铣削加工都可以用最少数量的切削刀具完成，第5章“特征的通用化”一节将详述其原因。设计者应保证能够使用最少的刀具加工出孔、槽等特征。如果孔的尺寸各不相同，它们还是可以利用相同的刀具加工出来的。铣一个上端直径为1/2英寸、下端直径为1/4英寸的阶梯孔，可能要花费稍长一些时间，但是，如果这样能够避免对加工中工艺参数的手工调整，就可以在时间、成本和设备利用率上获得净收益。

在本例中，自动换刀装置选用针状铣刀，在面板上刻出客户的公司名称、本仪器的功能和型号。

用自动送料改锥拧入四个标准螺钉，以此来固定定制的面板。如果不能用CNC针状铣刀完成标签的加工，就根据计算机监视器上的指令，粘贴不干胶标签。可以用一台小型打印机实时打印出定制的标签，该打印机由显示装配指令的同一台文件服务器控制。可以从事先打印好的、包括所有可能标签的不干胶贴上撕下一些标准标签，未使用的标签可以扔掉或者再利用。这看起来浪费，但独立制作很多不同标签的成本却更高。

装配的最后一个步骤是粘贴由工作站文件服务器打印出来的产品条形码。然后，通过这个识别标签，指导包装

和运输，并在现场的维修服务中标识零件。

2.3.7 包装和运输

在包装时，操作者用条形码扫描器解读条形码，根据监视器上的指令，放入适当的电源线、附件和文件。从看板箱中取出为每种语言准备的“标准”文件，并将定制的文件在激光打印机上打印输出之后，加到标准文件中。

机箱封口后，计算机控制的标签打印机用相应的语言打印下列信息：客户名称、发货地点、产品标识、可机读的条形码和其他必要的标记。用标准的保护性包装材料，按照合适的形状进行包装，以适应所有尺寸的机箱。

2.4 信息流

整个过程从客户开始。正如第8章所述，客户和销售商之间的交流（图2-2上部）决定了能令客户满意的产品规格。利用可在便携式计算机上运行配置软件，确认产品规格的有效性，换言之，确认工厂是否有能力按照与客户约定的价格和交货期将产品生产出来。

“配置器”能够迅速地确认配置，并生成价格和交货报价单，以交给客户确认。配置器将在第8章中讨论。

接着，将产品规格通过调制解调器传送给工厂，加入到工厂的订单登录数据库中。这个数据库一般是配置软件包的一部分。产品规格被转换为几项输出，以指导下列功能（图2-2中逆时针方向）。

2.4.1 印制电路板 CAD

根据输入信息，订单登录数据库确定印制电路板的功能需求。根据标准底版并采用印制电路板组装设备零件箱中的标准元件，提出若干种印制电路板的设计方案，它们应该能够覆盖每个产品选项的有效组合。

所有型号的 PCB 利用同一个“核心”电路和元件。最少选项的产品或许只包含核心元件，产品有多种选项时，应根据选项决定应该附加何种元件。

将每一种预期方案都视为有其自己的装配程序的唯一方案，把它们存入印制电路板的 CAD 数据库中，该数据库能够自动地为印制电路板的定位或安装设备下载相应的装配程序。印制电路板 CAD 的设计者可以将非预期选项设计成“浮动”(on the fly)的。建立在所有印制电路板 CAD 设计者的组合知识基础之上的配置器，可以保证所接受的所有订单都在设计者、设计工具、设备、印制电路板组装设备中所配元件的能力之内。

印制电路板实际的装配过程是自动完成的。单块底版从仓库进入“活动的”物料运输车，随车运送给必要的机床，再由这些机床安装所有的指定元件。这些元件是固定安装的，所以机床永远不用停下来更换零件。完成自动焊接之后，电路板移动到前面所提到过的手工装配站。

2.4.2 CAD/CAM

计算机辅助设计/计算机辅助制造(CAD/CAM)工作站确定了那些对 CNC 加工中心进行控制的程序，加工中心

将标准空白板加工成定制的面板。CAD应用程序有一个用于代表标准空白板的“模板”，还有一些预先画好的“模块”（block,有时称为元件或符号），它们是为了表示各种控制盘、仪表、端口等而设计的。利用这些参数化的CAD模块（见第8章），订单登录数据库可以方便地增加任何指定的模块。

对于诸如在面板上刻制公司名称或商标这样的定制生产，销售商（甚至客户自己）可以“设计”这些特征，在一些先进的配置器上，只需简单地键入字符，指定字体和字号，然后确定其位置即可。可以将特殊的字体或商标输入到配置器中，或者手工输入到CAD系统中。这样，配置器就能够通过图形显示客户的面板和完成后的产品。

接着，同一台计算机里的CAD/CAM程序把完成的图形自动翻译成CNC加工中心的刀具轨迹程序和换刀指令。程序被下载后，操作者或机器人把标准空白板装入标准夹具中，然后进行自动加工。如有必要，可以去掉加工完毕后面板上的毛刺，将其放在传送带上送到手工装配站。

2.4.3 软件数据库

软件数据库由满足所有预定软件需求的、面向对象的模块组成。由订单登录数据库来确定选用哪个模块，并且命令软件数据库的文件服务器将代码传送给手工装配站的PROM编程器。

软件工程师最大限度地利用标准模块，再添加上必要的定制程序编码，从而满足特殊的软件需求。配置器保证所有定制的编码均是可行的，而且是在软件工程师、软件工具、PROM编程器和PROM存储器的能力范围之内。

2.4.4 手工装配指令

根据来自配置器的产品规格，订单登录数据库决定什么零件需要进行装配。该信息被传送到手工装配指令文件服务器之后，被转换成一步步的指令。这些指令以图文结合的方式显示在监视器上，如图 2-1 右上方所示。

例如，第一条指令可能是：“从一号箱中取出一空白的 PROM，将其插入 PROM 编程器的插口，按‘开始’按钮以下载程序。”下一条指令将显示出一幅印制电路板的图或照片，说明 PROM 的插入位置和方向。

2.5 小结

请注意图 2-1 成品运输车中已经装配好的产品的种类。真正的大规模定制多数是由手工装配完成，用到的自动生产设备仅仅是现有的印制电路板组装设备和一台 CNC 加工设备。表 2-1 总结了大规模定制这一产品的各种方法。

表 2-1 大规模定制的工艺过程小结

通过以下步骤完成本仪器的大规模定制：

- 11 种不同零件的不同组合，通过双看板“拉式”系统自动补充零件
 - 根据内部零件的体积，从三种机箱中取一种。机箱也是通过双看板系统自动进行补充的
 - 印制电路板装配的基础是单一的底板，它适用于各种功能的不同零件，由简单的传送带从 PCB 组装区送来
 - 定制的程序被加载到标准的“空白” PROM 里，然后插入电路板中
 - 定制加工的面板由标准空白板铣制而成，为控制盘、仪表、端口、开关和控制器的各种不同组合铣制出合适的孔和槽。客户名称、型号和各种标志可以用针状铣刀铣出。面板由简单的传送带从 CNC 加工中心送来
-

(续)

- 通过自动送料改锥和标准紧固件实现所有的紧固连接
 - 根据来源于产品数据库文件服务器的信息，快速下载用于显示在计算机监视器上的装配指令。该数据库根据订单登录程序进行创建/修改。当操作者用扫描器在电路板或装配的产品上进行扫描时，监视器上显示的指令将随之改变
-

注释

1. David M. Anderdon , “ Design for Manufacturability , Optimizing Cost, Quality, and Time-to-Market ” (Lafayette, CA: CIM Press,1990),pp.151-155.



第二部分
现有的产品

第 3 章

产品多样化成本



3.1 了解当前的定制尝试

许 多企业正试图通过提供客户所想要的产品而使客户更加满意，但它们做得并不尽如人意。如第 1 章中所述，现在大多数企业想在不根本改变大规模生产模式情况下，通过现有作业过程不同层次上新的、“额外的”活动来为客户提供多样化的产品，但这并非大规模定制模式。

在采用大规模生产的企业中，出于规模经济的原因，制造部门希望大量生产单一的产品，而营销部门则希望通过“标准”模块的“多样化”来满足客户需要。当企业所设计的生产线柔性不易于适应这些变化时，产品“多样化”要求对工程设计部门和制造部门来说是既费钱、又费时的。许多企业通过根据订单修改已有设计的方法来实现定制，这是非常低效的做法。

一些企业通过建立“定制设计”部门来为客户提供多样化的产品，但是，如果该部门所设计的产品和生产工艺不能够方便地用于满足客户定制需要，那么这种高成本的方法也还是低效的。如果成本统计系统不能真实地进行成

本计算（参见第6章），那么，诸如为定制而进行设计这样高成本的活动，将可能由标准产品来进行补偿，从而影响了在有关定制方面的决策。

一些企业能够比较迅速地为客户提供定制产品，但却牺牲了成本和控制。它们所采用的方法表示在图3-1中“消极的”一侧。因此，问题的关键在于及时、有效地实现产品的定制或者大规模定制，如图3-1中“积极的”一侧所示。

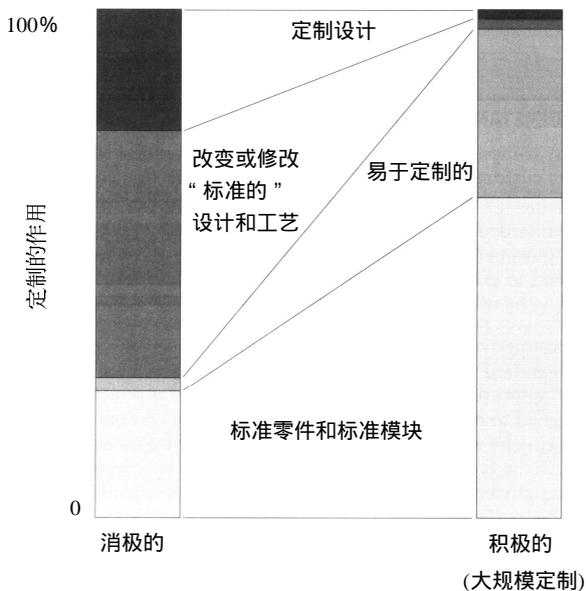


图3-1 定制对消极和积极模式的作用

3.2 产品的多样化

产品多样化有两类，即：客户可见的产品外部多样化

(external variety) 以及在产品制造和分销过程中可以感受到的产品内部多样化 (internal variety)。产品外部多样化通常是好的, 但并非总是如此, 而产品内部多样化则总是不好的。

1. 产品外部多样化

可以把产品外部多样化分为两类。第一类是客户欢迎的、有用的多样化, 例如, 能够使客户更加满意的有用的选项、不同的风格以及不同的规格。应该在成本和生产效率允许的范围内, 尽量增加有用的多样化。

另一类产品外部多样化是无用的, 它对客户来说是表面性的、不重要的, 甚至是令人困惑的。例如, 尼桑牌汽车有 87 种可供选用的方向盘, 其中 70 种只安装在 5% 的汽车上。¹ 无用的多样化, 应该通过下一章中所述的合理化方法予以消除。

2. 产品内部多样化

这种类型多样化通常表现为零件、特征、工具、夹具、原材料和工艺方面过多的和不必要的种类。通过第 5 章中所述的标准化技术, 可以将产品内部多样化减至最少。

在确认和消除了客户认为是无用的或表面性的产品多样化之后, 大规模定制企业力求进行有效的有用产品多样化生产和分销, 同时尽量减少内部多样化。

3.3 产品多样化成本

产品多样化成本 (cost of variety) 由许多种“成本”组成, 它一般被定义为努力向客户提供多样化产品过程中的各种成本之总和, 这些产品是在非柔性制造工厂里生产的、通过非柔性渠道销售的非柔性产品。产品多样化成本包括:

定制或配置产品的实际费用，多余的零件、过程和工艺的费用，以及由非柔性制造工厂向客户提供多样化产品所带来的额外运作费用。大规模生产模式也许非常适合于毫无变化的单一产品，例如“除了黑色还是黑色”的福特公司 T 型汽车。然而，在为客户提供多样化产品方面，大规模生产模式是非常低效的，而这种低效正是由于产品多样化成本的存在。

本章将确定由于产品多样化所引起的各种“经常性开支”成本，在第6章中将给出降低“经常性开支”成本和其他成本的方法。当然，还有许多非货币形式的成本，如对客户需求和市场变化的迟钝反应。另外，一种特别的定制方法也许会消耗有价值的工程设计和制造资源，这些资源原本可以更好地用于新产品开发，使新产品能够通过设计而变得更加易于定制。此外，如果通过更换或修改“标准的”设计和工艺来实现定制，那么，文档的完整性会受到影响，而这正是图3-1“消极的”一侧中所占比例最大的因素。在仓促地完成产品定制过程中，修改情况可能没有被很好地记录下来，于是这些修改就可能永远不会被记录到文档数据库中，从而将使现场的服务、随后的定制和将来的产品开发都变得混乱不堪。

为了在提供多样化产品方面具有竞争力和获得利润，企业必须能够适应外部市场的多样化，同时减少内部多样化的开销（例如与库存和加工准备工作相关的费用、设备和厂房空间的利用、材料的日常成本），并且减少产品配置和定制的费用。这些内部的多样化成本都属于产品的多样化成本。

如果试图在大规模生产模式下适应市场的多样化，就会造成较高的产品多样化成本，如图 3-2 所示。利用本书中的原理，大规模定制企业可以用较低的产品多样化成本适应市场的巨大变动，如图中“大规模定制”曲线所示。

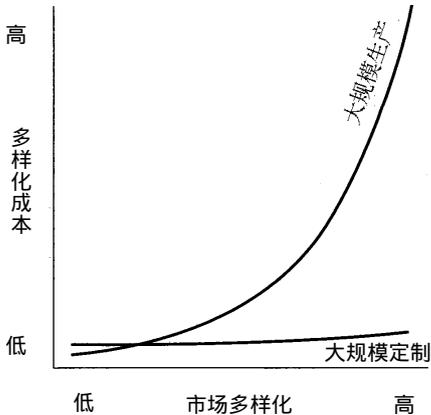


图3-2 市场的多样化对产品多样化成本的影响

批量对产品多样化成本的影响

影响产品多样化成本的关键因素是由加工系统的准备工作所决定的产品批量，有时也称之为一次性生产量。加工系统的准备工作是指在批量制造中必须完成的各种改变活动，包括零件、夹具、刀具、设备编程的改变，或者从一种产品或产品变型换成另一种产品时的操作说明。

在大规模生产模式中，高额的加工系统调整费用要求有巨大的批量，以此将相关费用分摊到最大数量的产品上。大的生产批量在许多方面又增加了产品内部多样化的成本。

图3-3表示了由于产品缺陷重复出现而造成的批量对在

制品（WIP）库存、厂房空间、内部运输和质量成本诸方面的影响。

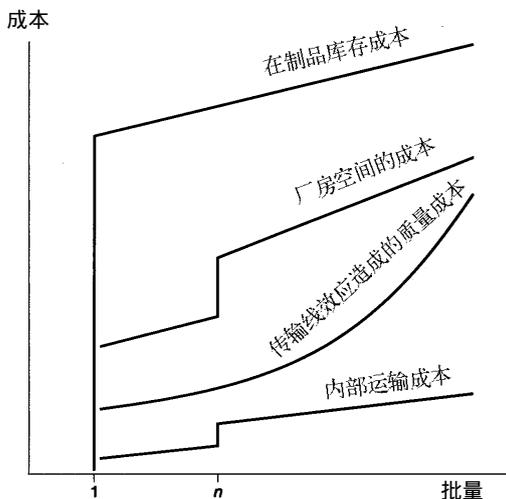


图3-3 批量对各种成本的影响

1. 在制品库存

在制品库存成本随批量的增加而提高。通常，在每个工作站前有（有时在工作站后可能也会有）一批零件。因此，如果批量为100，有20个工作站的话，那么，在制品库存就会是2 000 ~ 4 000个零件。

2. 厂房空间

厂房空间和内部运输的成本（如叉车）一般随批量的增加而增加。在图3-3中，当批量为 n 的时候，厂房空间和内部运输的成本发生阶跃变化，这是由必需的叉车通道引起的，因为一批零件太重或者太大，无法采用人工搬运，

因而必须使用叉车。 n 点的位置随零件的重量和体积的变化而变化。

3. 重复出现的质量成本

重复出现的产品缺陷将影响需要在后续工序中废弃的或者重做的零件的数量，小的批量能使由此产生的质量成本降到最低。这种缺陷的产生被称为“传输线效应” (pipeline effect)，传输线越长，在不为人知时出现产品缺陷的可能性越大。不仅是大的批量会造成长的传输线，工艺步骤间的产品运输延误，如零件从海外的一个零件加工厂到国内的某个装配厂之间的运输延误，也会加长传输线。

假设一个工厂的生产线上有 10 个工作站，批量为 100，那么，该生产线上就会有 1 000 个在制品库存零件。如果在生产线第一道工序中出现了重复的产品缺陷，那么当在生产线最后一道工序（即检验或最终的装配）中发现了第一个有缺陷的产品时，已经生产了 1 000 个有缺陷的产品。如果此时再存在着运输延误，那么在最后一道工序中发现第一个有缺陷的产品时，就可能已经生产了数千个有缺陷的产品。在准时制造的环境中（JIT），零件会在工作站之间直接提交，保证在制品库存零件量为 10。因为 JIT 鼓励每个员工在从前一个环节中接收零件的时候都要仔细地检查，并且及时对问题进行修正，避免使之变成重复出现的问题，所以，甚至在生产不到 10 个零件时，就有可能发现重复出现的产品缺陷。这就是图 3-3 中“质量”曲线成指数上升的原因：批量和在制品库存越大，库存中隐藏的问题越多，并形成恶性循环，进而引起更多的质量问题。

4. 机器利用率

图3-4表示了机器的使用成本（当机器利用率不足100%时）随批量的增大而降低的情况，这就是适合大规模生产的规模经济。传统的降低加工前准备成本的方法是，用非常大的生产批量使加工系统加工前准备的变化次数减至最低，但这导致了图3-3所示的其他成本。

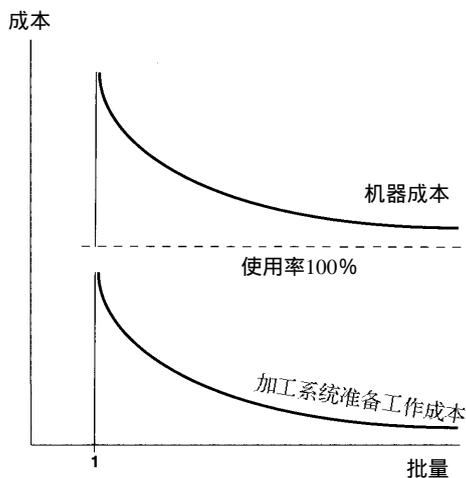


图3-4 批量对机器成本和加工系统准备工作成本的影响

用无穷大的批量可以使专用设备的机床利用率达到100%。但是，如果可以消除加工前的准备工作和进行单件生产的话，那么，即使是小批量生产，也能实现100%的机器利用率。

5. 准备工作的成本

进行大批量的生产时，准备工作成本可能很高，而且

还可能造成生产过程中零件的延迟。传统的解决方法是增大批量，将准备工作的成本分摊到最大数量的零件上。图3-4中的“加工系统的准备工作成本”曲线反映出准备工作成本随批量的增加而降低。相反，在柔性制造环境中，准备工作被取消，准备工作的成本为零。

请注意，如果准备工作并未被柔性制造过程所消除，在图3-4中两条曲线的成本最高点同时出现在批量为2的时候。不幸的是，曲线的这个高成本区正是许多进行小批量/高混合方式加工的制造企业的工作区域。颇具讽刺意味的是，小批量生产商通常认为柔性制造原理只能给大批量生产商带来好处。

准备工作成本不仅发生在不同零件在机床上的重新定位，实际上，该费用还来源于为了提供不同形式的产品，供应链中任何人在设计、文档编制、采购、零件分发、装配或检验等方面所做的任何额外工作。查找图纸或说明书也是一种准备工作，对于从事小批量生产的生产者来说，这一类的准备工作可能比物质上的准备工作的花费更高。

3.4 计算产品多样化成本

3.4.1 与没有产品变化的情况相对比

对产品多样化的内在成本进行估算的方法是，将企业目前的运作预算与生产相同数量的单一品种产品的理想状况相比较。目前的运作成本与生产单一产品情况下的成本之差，就是产品多样化成本。

“零变化产品成本”情况是假定一种单一的、无品种变化的产品，如众所周知的“T”型汽车。在批量为1的准时制造的“拉式”生产系统中对零件进行制造，承担单一任务的专用设备和人员具有100%的利用率，此时将没有制品库存，并且用“由码头到仓库”的方式提供外购零件，因而也无需对外购零件进行检验。在产品设计时尽量减少零件的种类、数量和工艺步骤，所以不需要准备工作或零件的集中。产品是按照订单进行生产的，并且将产品直接运送给客户，没有成品库存。

3.4.2 产品多样化成本的计算

另一种计算产品多样化成本的方法是，将各个因素的所有成本相加。表3-1中列举了一些主要的产品多样化成本，该表对于定量确定产品多样化成本或许是有用的。

多数成本统计系统对于库存成本以外的其他间接成本，并没有进行很好的计算。然而，企业的经营者需要了解通过哪一项成本可以降低产品多样化成本。应该进行调查研究，以确定、或者至少是估计多样化成本。第6章的最后部分论述了将间接成本定量化的方法。下面将讨论列举在表3-1中的质量成本的一些关键因素。

表3-1 多样化成本

库存
• 库存本身
• 原材料库存
• 在制品库存

(续)

-
- 成品库存：
 - 工厂的库存
 - 分销商库存
 - 经销商/商店库存
 - 与库存相关的费用
 - 管理工作、仓库工作、数据处理
 - 厂房空间
 - 报废和老化
 - 内部运输：
 - 设备（叉车、旋转式传送带和自动检索存储系统等）
 - 人工
 - 厂房空间（叉车通道）

准备工作

- 准备工作的成本
- 机器利用率：小于 100% 利用率时的成本，仅在大规模生产模式（对专用设备）和大规模定制模式（无需准备的柔性设备）情况下机器利用率方能达到 100%
- 人力资源利用率
- 零件的集中：
 - 人工成本
 - 厂房空间

产品改型

- 工具/劳动力转换成本
- 工厂停工的成本

材料

- MRP/BOM 管理
- 零件管理/鉴定
- 内部零件分发
- 采购：
 - 采购过多品种的人工费
 - 未达到采购的经济批量
 - 出差

操作

- 刀具、模具和夹具
 - 过多的差别造成的运输设备的延误
-

(续)

定制/配置的成本

- 工厂中定制和配置的工作
- 定制的设计
- 文档费用：定制文档以及文档的集中

营销

- 产品系列管理、文档、样本、报价单
- 因零件用尽，或因对市场反应不够迅速而失去的销售额
- 因在产品中使用高成本零件造成的产品滞销而失去的销售额
- 预测错误带来的损失，如打折、回扣

质量

- 在批量生产中出现的多种产品缺陷造成的成本

服务

- 过多种类的零件和工艺造成的额外服务
- 过多种类的备品备件造成的后勤服务

加工柔性

- 柔性制造能力及支持设计和信息系统的成本
-

3.4.3 库存成本

根据密苏里州圣路易斯的卡斯信息系统公司（ Cass Information Systems ）的罗伯特 V. 德莱尼（ Robert V. Delaney ）的统计，1994年美国企业的库存量达到了惊人的 11 790 亿美元。² 1994年制成品的价值为 8 930 亿美元。用于维持这些库存的费用被称为“库存维持成本”（inventory carrying cost），它是利息、税金、报废、折旧、保险、厂房、处理、损坏、库存跟踪以及所有相关管理和日常费用之总和。

库存维持成本取决于利率、仓库成本和许多其他因素。典型的情况是，20%的库存维持成本用来偿还利息，30%用于支付仓储费用，50%用于支付税金、报废和折

旧等等。³ 图3-5表示了自1971年以来的典型的库存维持成本。在“正常”利率的情况下，行之有效的经验法则是假定库存维持成本率为25%，这意味着每年维持库存的成本为库存价值的25%。例如，每年用于维持400万美元库存的费用是100万美元，这也正是消除这一库存后，每年所能节约的费用。这是大规模定制企业可以用来迎接大规模定制模式中的成本挑战的关键技术之一，在第6章中将对

此进行讨论。

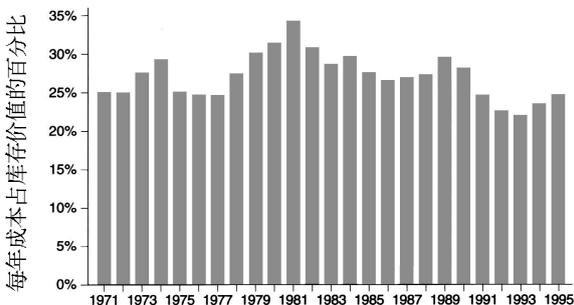


图3-5 自1971年以来的库存维持成本

资料来源：Robert V.Delaney, Sixth Annual State of Logistics Report (St. Louis, MO: Cass Information Systems, June 5, 1995), Figure 9, Supporting Data Table I; 1995 figure estimated by Mr. Delaney.

由于能够方便地获得库存成本方面的数据，所以这将是进行产品多样化成本定量化的一个好的起点。一般有三种类型的库存，如表3-1中所列，包括原材料库存、在制品库存和成品库存。如前所述，重要的是应确定所有这些库存成本的数量，并弄清它们是如何引起其他问题以及增加其他成本的。

新的制造模式，例如准时制造模式和按订单生产的模式，试图通过持续的改善将各种形式的库存减至最低。准时制造（just-in-time）将取代“准事制造（just-in-case）”，后者将库存应用于整个生产组织以应付各种问题，诸如不可靠的资源供给、不良的机器维护以及生产调度中出现的各种问题。维持库存不仅要花费大量金钱，而且减慢了运作速度，妨碍了快速反应能力和敏捷性，占用了宝贵的空间，并且延缓了持续改善的进程。

1. 原材料库存

为了克服资源供给的不足，预防零件短缺，解决来料检查，应付材料、规格、类型、等级和精加工等问题，考虑稍有不妥，企业就可能会将原材料库存扩充得过于庞大（见第5章）。对库存管理来说，库存种类过多是一种负担，如果管理得不好，那么，在不能迅速地查找到已有的原材料的时候，就会要求采购人员以额外的价格买回更多的材料。存放在远处的库存更会使操作的速度放慢，而且使得材料的取用更加困难。

通常，多余的原材料库存本身就会增大其所遭受的损失，这种损失可能发生在堆积、搬运、移动、“翻寻”或露天存放等过程中，而且这种损失在多余的原材料增多时更易发生。潮湿、雨水、光照、尘土、震动、化学的侵蚀，甚至时间，都可能造成材料的老化。当然，原材料的库存时间越长，损失和报废的可能性就越大。

2. 在制品库存

前面已经讨论过在制品（WIP）库存及其与批量和

准备工作之间的关系。但是，WIP库存并不能自动地随批量的降低和准备工作的减少而降低，虽然它们有利于减少库存。或许，人们应当放弃依赖于库存的“准事生产”。虽然这种做法与持续改善的团队协同工作不一致，但也有一些工业工程师干脆取消了WIP库存的货架和桌子，把工作站挪得更近，迫使工人们在没有WIP库存的条件下工作。

一些美国汽车制造企业最近在“精益制造”（lean manufacturing）方面取得了很大的进展。但是，当麻省理工学院关于精益制造的划时代著作《改变世界的机器》（The Machine that Changed the World）在1990年出版时，⁴美国的汽车制造企业所需的库存量，比他们的竞争对手——那些采用了“精益制造”的日本人所需要的库存量仍高出一个数量级！

库珀斯和莱布兰德公司（Coopers & Lybrand）对已实行准时制造的五个客户进行了研究，结果表明，WIP库存的平均下降率为84.2%。⁵

3. 成品库存

不论成品库存的实际位置在哪里，都应该对成品库存的所有因素加以考虑。工厂里的成品库存是很容易看到并加以量化的，因为根据定义，它是存放在制造企业的工厂或仓库里的，通常由制造企业承担经济责任。

然而，客户最终必须支付成品在供应链的各个环节中的库存费用。因此，必须将分销商、经销商和商店的成品库存费用都视为多样化成本的一部分。如果用按订单生产的方

式和直接交货的方法来消除这一库存，就会消除许多与成品库存相关的运输费用，从而在实质上降低销售价格。消除分销库存是使大规模定制企业能够以大规模生产的价格提供定制产品的主要途径之一，关于这一点将在第6章中加以讨论。

3.4.4 与库存相关的费用

1. 库存管理

除了实际的库存成本之外，库存还直接造成了其他一些成本，例如，库存还要求一些管理工作，包括整理、收货、做库存文档、分类、储存、查找、分发和重新整理，而且还可能存在与库存相关的其他费用，如运送汽车电池成品的公司需支付将库存电池重新充电的人工费。

2. 厂房空间

库存所占用的厂房空间的价值随扩充的要求而变化。当有足够的空间时，库存通常占地面积较大。根据帕金森原则（Parkinson's Law），必然出现的结果是，“库存将可用的空间填满”。不幸的是，“回收”空间比在一开始时填满它要困难得多。然而，减少库存的计划，尤其是在产品开发阶段就开始实施的减少库存计划，可以释放大量有价值的厂房空间，这在企业发展时或许可以延迟或消除扩展或移动库存的需求。许多准时制造措施的实施把对厂房空间的需求降低了50%或者更多。⁶对由库珀斯和莱布兰德公司协助实现JIT的7个客户的统计表明，厂房空间平均节约了37.7%。⁷

如表3-2所示，在取得了最新的进步之前，美国和欧洲

的汽车制造企业在生产同样数量的汽车时，要比采用了精益生产的日本竞争者多占用 1/3 以上的厂房空间。与日本制造企业相比，美国制造企业用于修理汽车的厂房空间是日本制造企业的 3 倍以上，而欧洲制造企业则更是达到了 3.5 倍以上。⁸

制造车间中空闲的厂房对未来的柔性制造是有某种意义的。当克莱斯勒公司将原有的生产“C/Y”型汽车的车间转而用于生产 Neon 型汽车的时候，腾出了大量厂房空间，因为 Neon 型汽车的全车零件不超过 2 000 个，而原先的 C/Y 型汽车则有 5 000 多个零件。这些空出来的地方现在可被当作他用。⁹

表3-2 精益制造企业与大规模生产
企业在厂房空间方面的比较

	日本	美国	欧洲
占用面积[平方英尺/(辆车·年)]	5.7	7.8	7.8
维修占用面积 (占装配面积的%)	4.1	12.9	14.4

资料来源：IMVP World Assembly Plant Survey，1989.

3. 报废和老化

在准时制造环境中，零件得到迅速使用，不会出现老化或报废情况。但在“准事制造”的环境下，零件和成品都可能会在仓库中存放很久，以致有老化或报废的风险。习惯采用的库存“销帐”就是这样一种记录，查询这一记录有助于产品多样化成本的量化。

4. 运输

最后，还必须将许多内部运输的费用视为产品多样化成本的一部分。在批量生产中，零件存放在零件箱中进行运输，经常因为零件箱过大而不得不使用叉车。这里的成本包括叉车本身的费用、驾驶和维护叉车的人工费用、能源和压缩空气的费用，以及由零件箱本身和叉车所需通道占用的厂房空间的费用。及时的“单件流动”将足够小的零件直接送入下一个工作站，从而免去了上述费用。同样，在柔性制造环境中，也许不需要各种昂贵的材料处理设备，如旋转式传送带、运输带和自动检索存储系统（ASRS）等。

5. 库存统计

表3-3中选择了某些行业，列出了它们的库存量和库存转化率（售出产品成本与平均库存成本的比率）。先进的企业正在减少自己的库存量。美国标准公司（America Standard）在1990~1994年间将库存减少了50%以上，从7.35亿美元减至3.26亿美元。¹⁰ 通用电气公司（General Electric）在1989~1994年间将库存从90亿美元减到了60亿美元。据首席执行官杰克·韦尔奇（Jack Welch）估计，每次额外的“转化”都会带来10亿美元额外的现金，此外，还可以节约更多的人工和库存。¹¹

库存管理有望通过实施降低库存的计划（如准时制造方式）而得以改善。安塞里（Ansari）和莫达雷斯（Modares）研究了31家实施准时制造方式的企业，¹² 在实施了准时制造方式之后，外购材料的库存转化率翻了一番，他们的目标是几乎再翻一翻，如图3-6所示。

表3-3 某些资产在0.5亿~1亿美元的工业企业的
库存和库存转化率

S . I . C . 码	工业	库存量	库存转化率
3710	摩托车和设备	11 684 000	7.2
3460	金属锻造和冲压	10 740 000	6.9
3570	办公设备、计算机 和统计设备	10 807 000	5.9
3430	铅制品和加热设备	12 173 000	5.7
3670	电子元件和附件	11 812 000	5.5
3440	结构化金属制品	15 146 000	5.0
3630	家用产品	17 056 000	4.5
3860	照相设备和器材	17 988 000	4.5
3490	MISC金属制品	14 517 000	4.4
3665	收音机、电视机 和远程通信设备	14 298 000	4.0
3550	特殊工业机械	14 951 000	3.7
3560	通用工业机械	13 875 000	3.5
3520	农用机械	20 634 000	3.3
3530	建筑及相关机械	20 346 000	3.3
3815	科学仪器	11 835 000	3.2
3845	光学、医学 和眼科产品	11 403 000	3.2
3725	飞行器、可导航 发射物和零件	18 112 000	3.1
3540	金属加工机械	18 136 000	2.8
	平均	14 750 722	4.4

注：1. 包括所有成本价、低于成本价和市场价的库存。

2. 库存转化率等于售出产品成本除以平均库存成本。

资料来源：Almanac of Business and Industry Financial Ratios
(Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1996) based on IRS data on 3.7
million U.S. corporations in 179 industries.

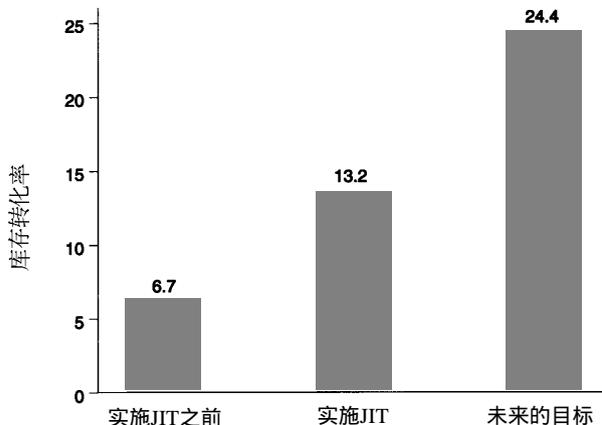


图3-6 实施JIT时的库存转化率改善情况

资料来源：A. Ansari and B. Modarress, Just-in-Time Purchasing (New York: Free Press, 1990)。

3.4.5 准备工作

前面已经说过，在柔性操作中无需准备工作，因此，准备工作被视为非柔性操作情况下产品多样化成本的一部分。

1. 准备工作的成本

准备工作的成本包括改变生产某个零件或产品的生产作业的所有人工费用，典型的准备工作包括改变以下一个或几个方面：零件、模具、夹具、CNC程序、图纸或说明书。查找零件或说明书的时间、定位及固定模具和夹具的时间，以及试制和检验“新”零件以确保系统的准备工作被正确完成的时间，都是准备工作时间的一部分。

准备工作的时间是指从上一批的最后一个零件加工完毕到新一批的第一个零件开始加工之间的所有时间。因此，准备工作的成本指的是在这一段时间内的所有活动的成本，其中还包括因调整加工系统而不得不停工的设备和人员的费用。

Kiyoshi Suzaki在他1987年出版的《制造业的新挑战：持续改善技术》(The New Manufacturing Challenge, Techniques for Continuous Improvement)一书中，引用了以下几个降低准备工作成本的生动的例子：¹³

- 丰田公司将1 000吨压力机的系统准备时间由4小时减至3分钟，提高效率80倍。
- Yanmar柴油机公司(Yanmar Diesel)将一条加工线的准备时间由9.3个小时减至9分钟，提高效率62倍。
- 美国一家链锯制造企业将一台冲压机的准备时间由2个多小时减至3分钟，提高效率40倍。
- 马自达公司一台环形齿轮切割机的准备时间由6个多小时减至10分钟，提高效率36倍。
- 美国某电子器械制造企业将一台45吨压力机的准备时间由50分钟减至2分钟，提高效率25倍。

2. 机器利用率

机器利用率的测算必须建立在实际利用的基础上：即机器实际用来生产合格零件或装配合格产品的操作时间占其作业时间的百分比。在调整加工系统时浪费了时间，这是机器不能达到100%利用率的最主要原因。如果处于等待状态的机器十分昂贵，那么，前面讨论过的各种准备时间

所花掉的费用就变得更多了。停工是设备利用率降低的另一个因素，从技术上讲，它不应被算作多样化成本。但是，由于操作的一致性和从单一操作的较长的“学习曲线”中获得的效益，专用于加工某种零件或产品的专用设备具有较短的停工时间。

机器的低利用率的“成本”可以通过从100%中减去该利用率来计算，这给出了机器的空闲时间所占的比例。用这一比例乘以每年的设备成本（租金或购置费），就能够得到设备低利用率的成本。

3. 人力资源利用率

同样，如果没有改变夹具、模具、刀具、零件、图纸或说明书等准备工作，人力资源的利用率也将得到提高。当围绕通用零件和标准工艺进行产品设计时，人们可以更加容易地掌握加工任务，因此也就能掌握更多的加工任务。准时制造环境通常有更高的人力资源利用率，因为它让人们兼顾多台机器或者在多个相邻的手工工作站工作。柔性环境还可以将装配指令实时地显示在图 2-1 所示的计算机监视器上。

4. 零件的集中

集中(kitting)是指将生产一批产品所需的所有零件集中在一起，该项工作通常是在原材料区或者零件的收货区进行的。该批产品的所有零件被放进某种容器里，送交到加工区。集中的准确性是非常重要的，因为缺少任何一个零件都会少制造一个产品，反过来，多余的零件会被扔掉或者被送回原材料库。若被扔掉，则将造成浪费，并引起零

件预测的混乱；若被送回原材料库，则将导致零件的成本超过其价值。

在JIT的“需求拉动”的环境下，所有零件在使用的时候才被分发，所以，没有必要进行集中。显然，要想在没有额外的后勤费用或无需增加厂房空间的条件下实现这一点，其重要的前提条件是零件的标准化。关于零件的标准化，第5章将进行论述。

因此，柔性操作避免了这种集中成本，该成本包括集中和分发所需的劳力、集中操作的管理费用，以及与集中活动本身所需的厂房空间和与之相关的原材料库存空间所对应的费用。在准时制造环境下，零件通常是频繁地以小批量直接送达生产线。当供货商可以用“由码头到仓库”的方式进行交货的时候，无需再对零件进行检验，由此节省了检验的费用和间接成本以及厂房空间。

3.4.6 产品改型成本

即使是在专用生产线上生产的单一产品，也会在将该生产线改为生产下一个型号产品的时候引起这种多样化成本。产品改型成本包括损失生产量的机会成本，以及新设备、新刀具的费用及其安装所需的人工费用。一个汽车厂由于每月停工所损失的税前利润为650万~850万美元。¹⁴

作为大规模生产模式的缩影，从福特公司T型汽车向A型汽车的转变花了8个月，另外又用了6个月的时间才能够进行全面的生产。在1927年，向A型汽车的转换使6万名工人失业，¹⁵它作为一个历史上规模最大、纵向集成最好的工

厂在几个月里都没有收入！

70年之后，一些汽车工厂的产品转型仍很缓慢，例如，在安大略省奥沙瓦生产的 1995年款的雪佛兰 Lumina型汽车，是用了87天从前一个型号改变而来的。在第一个一个半月里，工厂只能生产 288辆颜色有限的汽车，又过了4个月后才达到全额的生产。又如福特公司位于密苏里州堪萨斯城的工厂，花了60天的时间改型生产了1995年款的福特 Contour型和Mercury Mystique型汽车。

产品和制造工艺的并行设计，包括周密计划的产品改型方案，可以大大地缩短产品改型所需的时间。例如，1992年款的丰田 Camry汽车在肯塔基州乔治城改型用了18天，1994年款的本田 Accord汽车的改型仅用了3天，而且在6周之内就达到了全额的生产。¹⁶

3.4.7 材料

多样化成本的材料因素包括“多余”品种的成本，它是指在以“把零件种类数减至最低”为设计初衷的、生产单一产品或多种产品的工厂中，与超过最低需求量的零件和原材料相关的成本。

1. MRP/BOM管理

对于生产单一产品、没有产品变型、需求相对固定的生产厂家来说，例如著名的T型汽车生产厂家，规划零件的交付可能是比较容易的。随着产品数量和品种的增加，多品种零件和原材料的订货计划令人困惑，面向批量生产的厂家转而从用计算机来解决这个问题。由此产生了物料需求

计划 (MRP) 和制造资源规划 (MRP II)。

然而,大多数实施了某种形式的 MRP 的企业,都仅仅用计算机为现有产品和加工来规划物料需求或制造资源,这些规划象从前一样复杂。MRP 系统不仅复杂,而且还建立在一些简单的假设之上,例如可靠的销售预测、精确的物料明细表 (BOM)、准确的现有库存统计,以及在某些情况下,所有加工中心具备无限的加工能力和理想的作业排序柔性。实际上,销售预测很少是可靠的;另外,物料明细表和现有库存统计也很少能够达到 100% 的准确性。如果销售预测过高,然后进行相应的制造,把多余的产品存入成品库,如前所述,这将导致超过计划的库存维持成本和风险。如果销售预测过低,则将面临两难的困境:要么生产量低于市场需求,要么知道市场还有更大需求时就立即增加生产量,而後者的成本高而且费时。如果 BOM 不准确或现有库存统计哪怕只遗漏了几个小零件,也将造成零件的短缺,从而延误加工的过程,使成本急剧上升。有些采购单位试图用具有浪费性质的订购多于需求零件的方法来解决这一问题。

这些问题正是很难成功地实施 MRP 系统的原因。在《动态的制造——创造学习的机构》(Dynamic Manufacturing, Creating the Learning Organization) 一书中,海斯 (Hayes)、惠尔赖特 (Wheelwright) 和克拉克 (Clark) 认为,真正成功的 MRP 系统不足 1/3。¹⁷

《工业周刊》(Industry Week) 有一项名为“最佳工厂”的调查,它每年调查 25 个最佳候选企业,找出领先的企业

所采用的方案。在1994年的调查中，100%的领先企业都采纳了JIT/连续式流水生产的模式，但只有44%的企业采用了第一流的MRP系统。¹⁸

2. 零件管理/鉴定

这项成本指的是在许多企业里普遍存在的零件数量激增而造成的成本。《工业周刊》的一篇文章引用了一个总部设在美国的制造企业的例子，据预测，在未来15年中，仅改善其一个部门的零件管理，就可以节约3亿美元！¹⁹

CADIS公司是领先的零件管理软件系统的销售商，它调查了几十个《财富》杂志排名前500位的制造企业，结果发现，没有一个企业或部门能够精确地估计一个零件在生命周期中的总成本。对一个标准零件的直觉估计可以从5000一直到高达60000美元，而对定制零件的估计甚至达到10万美元。²⁰

即使购买一个零件时只花了几便士，但当把它加入到系统之中，生成新的零件编码，检查销售商的合格证，发放零件说明书，以及将该零件作为系统中的有效零件进行管理的时候，都会引起巨大的间接成本。使用数量少或不经常使用的零件的采购与出差费用，常常要比一般零件的相应费用高得多。

影响零件管理成本的另一个因素是鉴定零件的功能。每个零件在提供给工程师用于新的设计之前，都应是鉴定为合格的。零件的鉴定应该包括以下几个方面：

- 功能的确定。该零件是否具有广告中所说的性能？
- 质量/可靠性标准。

- 提前生产和用量增加时的可获得性。
- 与现有零件、工艺规程的兼容性。
- 对供货商的审查：制造能力、经济稳定性、技术的专有性、成为销售商 / 合作伙伴的可能性、协助设计团队进行零件设计的能力。

显然，零件的多样化情况越严重，鉴定的费用就越高。如果零件鉴定部门对企业来说不堪重负的话，迫不得已的情况下可以走一些捷径。但是，某些企业并没有进行零件鉴定，所以工程师们未对零件或供货商加以仔细检查，就从商业广告中选择零件。具有讽刺意味的是，正是企业认为他们无法支付鉴定的费用，才造成了这种现状。实际上，考虑到零件次品、被延误的交货、不稳定的货源或因“设计出”无法接受的零件而不得不做的工程修改的总成本，明智的企业认为他们无法负担不进行零件鉴定而造成的费用。

3. 内部零件分发

通用的标准零件可用“由码头到仓库”的方式提供，或者直接送到使用地点。在由码头到仓库的操作模式中，将零件从货源提交到生产线上可能是零件运输的一部分。然而，如果零件种类太多，工厂又不是柔性的，那么，零件的接收必须经过一个高成本的过程，它可能包括检验、存入仓库、从仓库取出、零件的集中（如前所述）、分发和跟踪。通常用高成本的信息系统控制所有这些步骤。所有这些操作的费用都包括在多样化成本中内部分发的部分。

4. 采购

可以通过看板再补给（在第7章中论述）和“面包车”

交付的方式消除许多采购费用。面包车交付是指供货商保证零件箱始终是满的，并由供应商每月向企业收取它所使用的零件的费用。此外，大量使用较少种类的通用零件，能够降低采购活动的次数，实现大量采购的效能和规模性的经济效益。如果小批量采购数千种不同的零件、而不是大批量采购少数几种零件，那么其费用构成了多样化成本的一部分，就如同非柔性的操作模式面对迅速变化的市场，而试图预先“计划”采购零件所必须支出的出差成本。

在准时制造环境下的出差成本一般要少得多。安塞里和莫达雷斯对31家实施JIT的企业进行的研究表明，当他们达到目标时，用于出差购买原材料的时间比例将减少3倍。²¹图3-7表示了实施JIT时，购买者用于出差的时间比例的变化。

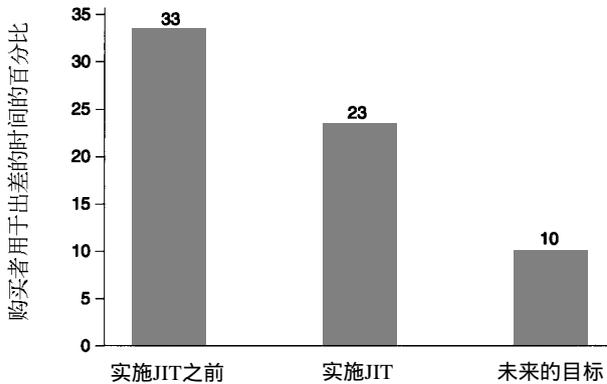


图3-7 实施JIT时用于出差的时间百分比

资料来源：A. Ansari and B. Modarress, *Just-in-Time Purchasing* (New York: Free Press, 1990).

3.4.8 操作

1. 刀具、模具和夹具

多样化成本中还包括超过生产单品种产品最低要求的刀具、模具和夹具的成本。增加品种一般是通过增加更多的刀具、模具和夹具来实现的，这不但要花费更多的费用来制造它们，而且还需要重复的费用进行存储、移动、设置、重新校准和维护。过多的模具和铸型不利于缩短模具的更换时间。

2. 品种变化的延误

过多的品种和无效的管理会延误生产能力的提高，从而影响新产品的引入。如果工厂不能够妥善地处理好多样化的问题，就可能不得不求助于限制产品定制的品种，以此来保证按时交货。在将 1995 年款雪佛兰 Lumina 型汽车艰难地投放市场的开始阶段，奥沙瓦工厂只生产白色车，“只是为了将事情简单化”。即使在投放市场一年之后，工厂也只能提供原计划 10 种颜色中的 7 种。²²

3.4.9 定制/配置的成本

虽然很少有企业在总成本的基础上跟踪定制和配置活动的所有费用，但这部分成本却是多样化成本中最明显的部分。

1. 工厂中定制和配置的工作

通常，惟一被很好地跟踪的“定制”成本是人工费。该人工用于定制产品，包括把不同的零件组装在一起，然后在组装的产品上配上开关、搭接片 (jumper)、底座和调节

器等等。但是，配置成本的一部分来自于不精确的配置。在80年代，英特尔系统集团公司（Intel Systems Group）使用了大量的搭接片（即连接相邻管脚的滑动连接器）来配置电路板，以致于该公司开发了一个定制机器人来安装搭接片，并确保安装的正确性。

2. 定制的设计

图3-1所表示的提供定制的消极模式中，定制设计的成本是主要的成本。通常，定制设计是在没有很多可供参考的产品系列的特定基础上实现的。因此，定制的设计很可能是低效的。由于匆忙而造成的不良文档记录，会使定制设计的效率更加低下，因为先前的工作妨碍了后续的定制。某些企业在定制工作完成后，按惯例删除 CAD 电子文档的修改信息。

以消极的方法实现定制时，每个定制的定单都会造成定制设计的费用。若通过大规模定制的途径，则可以预先有效地完成所有的“定制设计”，然后在工厂里由计算机控制的设备或工人完成后续的定制。

3. 文档的成本

若把所有定制的品种都视为具有完整的物料明细表、说明书和其他文档的独立产品，就将会引起巨大的文档成本。作者的一个客户生产的一种产品有 1 900 个独立的物料明细表，分别针对一个产品的变型，该公司感到就好像是被埋葬在文件堆里一样。类似地，文档所有的修改和所有的定制设计是很费钱的，但从长远的观点来看，如果不这样做而不断地从新做起，则可能更费钱。合适的产品数据

管理将加大文档费用，但是，与因为不能够迅速地查找到以前的设计和文档所引起的费用相比，这种文档的费用还是低的。

3.4.10 营销

1. 产品系列管理和文档

如果把每一个定制或产品变型都当作是一个不同的“产品”，就会产生许多不必要的营销成本。管理一个由成百上千个产品组成的产品系列的费用，比管理一个基于几个模块和配置的单一产品族的费用要高得多。由于同样的原因，针对上千个不同产品的产品样本和报价单的文档费用，要比针对某个大规模定制的产品族的相应文档费用高。

2. 机会损失

机会损失也可以被视为一种成本，而且它也是多样化成本的一部分。当市场需求迅速变化时，基于预测的制造过程对于及时生产合适数量的产品是非常无效的。错误的预测经常造成产品的短缺。物料明细表中的错误常常造成零件的不足，其结果是引起产品的短缺和出差成本。由许多不同零件组成的复杂产品，更容易出现因零件不足而引起的产品短缺现象。

在产品中使用稀有的零件，如最新的微处理器，也可能使产品积压在成品库中，从而导致机会的损失。本书建议的柔性的、由订单确定生产的制造过程，则不会出现上述问题而将只消耗直接送达客户的某个高成本零件。

3. 预测的错误

前面讨论了因产品生产不足而丧失的机会。工厂常常因为错误的预测、市场疲软或工厂僵化的生产计划而生产供过于求的产品。有时把产品生产超过需求称为“营销缺陷”(marketing defect)，营销缺陷的费用包括用打折、给回扣或以其他方式把多余产品处理掉。当底特律不能“挪动铁堆”时，就只好“(把汽车)高高堆起，廉价卖掉”，还要为未售出的汽车支付存储、利息、保险、税金和老化等库存维持费用。

相反地，柔性的、由订单确定生产的制造模式则只根据实际的订货进行生产，所以决不会在仓库里有未售出的产品。

3.4.11 质量

不能很好地处理多样化问题的企业通常进行成批生产，以每个或每种产品为一批。批量制造意味着每两个工作站之间至少有一批零件。如前所述，传输线效应会产生重复出现的产品缺陷，这些缺陷会出现在工厂的各批零件中，直到在装配或检验时被发现。

准时制造方式对改善质量的一大贡献，就是消除了重复出现的缺陷。休奇(Huge)和安德森(Anderson)认为，“即使不致力于质量的改善，次品率也会随着批量的减小而成比例地降低”²⁴。英曼(Inman)根据对114家制造企业的调查，把废品率和返工率的下降与批量的减小联系起来，证实了这种情况的存在。²⁵英曼发现，当企业内部的批量减小时，废品率随着批量的下降比例是1:1.02，对销售商的批

量减小来说，是 $1 \div 0.98$ ，这两种比例的数学平均值正好是 $1 \div 1$ 。我们可以因此而认为，批量减小 50%，能使废品和返工量降低 50%。

3.4.12 服务

多样化成本中服务方面的因素包括多余的零件品种和工艺规程带来的多余服务，特殊的定制通常很少有完整的文档，这也增加了服务成本。

根据太多零件所设计的产品，会使备用零件的管理更加复杂，因此就增加了管理的成本。客户在购买主要设备时，在购买价格中还加入了备用零件的费用，所以，应当将备用零件箱也算作销售价格的一部分。过多的零件种类使备用零件箱变得更不全，这会带来停工的危险，而停工对昂贵的关键设备来说是一笔巨大的成本开销。

3.4.13 加工柔性

到此为止，柔性的操作过程可以节约上述所有的多样化成本。要实现这种能够有效地处理多样化问题的柔性结构，可能会需要一些用于信息系统和柔性 CNC 设备的成本。这正是图 3-2 中两条曲线相交的原因，在柔性生产线上制造 T 型汽车是不经济的。

通过投资于柔性系统来降低上述所有的多样化成本，就像是向前走 20 步，而向后退 1 步——总共向前走了 19 步。应当将柔性系统的“成本”视为投资而非成本。第 7 章将论述柔性制造能力的实现，第 8 章将论述信息系统的实施。

注释

1. Clay Chandler and Michael Williams, " A Slump in Car Sales Forces Nissan to Start Cutting Swollen Costs, " The Wall Street Journal, March 3, 1993, p.1.
2. Robert V. Delaney, Sixth Annual State of Logistics Report (St. Louis. MO: Cass Information Systems, June 5, 1995), P.5.
3. Ibid., Figure 8.
4. James P. Womak, Daniel T. Jones, and Daniel Roos, The Machine that Changed the World (New York: Rawson Associates, 1990), p.92.
5. William A. Wheeler, III, JIT Client Engagement Results (Burlington, MA: 1988) Coopers & Lybrand Center for Manufacturing Technology.
6. Daniel J. Jones, " JIT & the EOQ Model: Odd Couples No More!, " Management Accounting 72, no.8 (February 1991), pp. 54-57.
7. Wheeler, JIT Client Engagement Results.
8. Womack et al., The Machine that Changed the World.
9. " Neon Lights Up, " Automotive Industries, November 1, 1993.
10. Shawn Tully, " American Standard: Profit of Zero Working Capital. " Fortune, July 13, 1994, pp. 113-14.
11. Shawn Tully, " Raiding Company ' s Hidden Cash, " Fortune, August 22, 1994, p.86.

12. A. Ansari and B. Modarress, Just-In-Time Purchasing (New York: Free Press, 1990), p.41.
13. Kiyoshi Suzaki, The The New Manufacturing Challenge, Techniques for Continuous Improvement (New York: Free Press, 1987), p.43.
14. Scott F. Merlis of Morgan Stanley & Co. Quoted in Business week, July 11, 1994, p.112.
15. Robert Lacey, Ford, The Men and the Machine (Boston: Little, Brown and Company, 1986), p.302.
16. " Motown ' s Struggle Shift on the Fly, " Business Week, July 11, 1994, p.111.
17. Robert H. Hayes, Steven C. Wheelwright, and Kim B. Clark, Dynamic Manufacturing, Creating the Learning Organization (New York: Free Press, 1988), p.270.
18. Industry Week, The Complete Guide to America ' s Best Plants (Cleveland, OH: Penton Publishing, 1995).
19. Tim Stevens, " Prolific Parts Pilfer Profits, " Industry Week, July 5, 1995, pp.59-62.
20. Ibid.
21. Ansari and Modarress, Just-In-Time Purchasing, p.44.
22. " Motown ' s Struggle to Shift on the Fly. "
23. The Economist, December 12, 1992, pp.79-80.

24. E.C.Huge and A.D. Anderson, *The Spirit of Manufacturing Excellence; An Executive 's Guide to the New Mind Set* (Homewood, IL: Dow Jones-Irwin, 1988).
25. R.Anthony Inman, " The Impact of Lot-Size Reduction on Quality, " *Production & Inventory Management Journal* 35, no.1 (First Quarter, 1994), pp.5-7.

第 4 章

现有产品的合理化



在 本书的读者中，几乎不会有人愿意建立与现有产品、零件和工艺无关的“全新”的生产过程，大部分人会将这些合理化原则应用于现有的企业中。大多数的产品系列会随时间发生偶然的改进，通常要经历许多的过程、议程、规划、指令和组织结构。产品系列趋于增大（这种增大并非一定是正确的），零件数量趋于增加。不幸的是，多数企业不具有定期清理产品和选项的系统化的标准和程序。

如果你对现有产品系列的合理性还心存疑虑，那么请你简单地假设有一个财力充足的新的竞争者，他选择那些能够给企业带来最大收益和增长的、最具潜力的产品，现正在设计整个连贯的产品系列，打算用本书中的原则，与你的“改造的”产品系列进行竞争。此外，这个新的、明智的竞争者围绕通用零件和模块进行产品设计，在设计与制造并行的柔性工厂里进行生产。这与你的现有产品系列和加工过程是否有区别？这一过程正是下面将要讨论的正式的合理化技术之一。

几乎所有产品系列都可以运用一些合理化技术，通过对产品系列的系统分析和归并，使产品系列与企业的长期目标相一致。产品系列合理化的目的在于，找出不适合柔性环境的、销售量低的、间接成本过高的、并不真正受客户欢迎的、未来前景有限的，或者是可能赔钱的那些产品。合理化分析可以指导企业淘汰这些无利可图的产品，或者，如果“完整性”很重要，就把这些不属于企业核心能力范围内的产品制造工作转给他人。本章将介绍这样一种系统方法。

这一合理化过程也应用于产品的可选件和变型。许多企业都构造物料明细表，这样，可选件的每种组合都是一个“产品”。无论可选件如何定义，它们都会逐渐扩充，其结果是，可以通过认真检索获得收益。

1993年，尼桑（Nissan）公司在成本竞争的巨大压力下，严肃审视了他们的问题，并且发现，以一种中型轿车为例，可供选择的不同方向盘有87种，其中的70种只安装在5%的车上（证实了帕雷托效应）。另外，尼桑公司还让其消声器供应商生产2000多种消声器，而其中多数每年仅用在少数几辆车上。¹

解决可选件激增的一个方法是取消低销量的可选件，将高销量的可选件制成标准部件，或把合适的几套可选件归并在一起。

如果利润率是按传统的会计系统计算出来的，那么，企业必须避免根据这个利润率进行合理化决策。H.托马斯·约翰逊（H. Thomas Johnson）和罗伯特·S.卡普兰（Robert S. Kaplan）在其权威著作《相关损失：管理会计的兴衰》（Relevance

Lost, The Rise and Fall of Management Accounting)²一书中断言，传统的会计系统“不能够提供精确的产品成本”，“多数机构所采用的标准的产品成本统计系统经常导致产品之间巨大的交叉补偿（cross-subsidies）”。随之而来的是，产品成本的巨大的交叉补偿又使单个产品的利润率的记录产生巨大误差。

一些企业可能认为，根据他们的产品成本统计系统的数据，定期地取消位于适当的利润率“指标之下”的产品，就能够自动地使产品合理化。然而，如果产品成本的统计存在很大的误差，那么，这种如企业所想象的自动的合理化过程可能不会发生，甚至会错误地将实际利润率较高的产品取消了。

下面几节讨论了产品系列合理化的几条准则，并详述了其方法。

4.1 合理化准则

重要的是，应该先将产品系列合理化，然后再实施大规模定制或任何一种敏捷制造的模式，例如准时制造模式、由订单确定生产、柔性制造、连续流制造，或者参与小批量多品种市场的竞争。合理化的步骤应该与在自动装配之前进行的产品设计简化以及在计算机处理之前进行的信息结构简化同时进行。如果这些前提条件不能够得到满足，就会使企业“走进窄胡同”。

通过把影响企业当前利润的产品取消和/或者转向外加工，产品系列的合理化能够提高企业的利润，更好地掌握

企业的核心能力，帮助排列各项持续改善活动的优先次序，促进更好的策略规划。

在对产品进行合理化时，要确保对产品族进行合理化，而不仅仅是针对单个产品。产品族不一定在产品目录的同一页，但它们在设计、制造和分销时具有相同之处。例如，如果相似产品的工艺过程除了个别较小的差别之外几乎完全相同，而且这些差别几乎不引起额外成本或产量的变化，那么，就可以把这些产品一起加以考虑。

可以利用下列方法对现有的产品系列进行合理化。这些方法是按照客观因素在前、主观因素在后的顺序排列的。

- (1) 销售量。按帕雷托 (Pareto) 顺序排列所有产品。
- (2) 销售利润额。按帕雷托顺序排列所有产品。
- (3) 零件的通用性。按通用零件百分比排列所有产品。
- (4) 多样化成本。按帕雷托顺序排列所有产品。
- (5) 实际利润率。按帕雷托顺序排列所有产品。
- (6) 问卷调查。按帕雷托顺序排列调查反馈。
- (7) 工厂的加工工艺。
- (8) 功能性。
- (9) 客户需求。
- (10) 企业的核心能力。
- (11) 与全新产品系列的竞争力。
- (12) 未来的潜力。

帕雷托排序

将定量的信息 (上述前5项) 和调查结果按帕雷托排序或许是很有用处的。从一致性出发，总是将需要的特性排

在左边，不需要的特性排在右边。“帕雷托法则”指出，通常情况下，80%的结果来自20%的原因。图4-1画出了帕雷托图的一般情况。

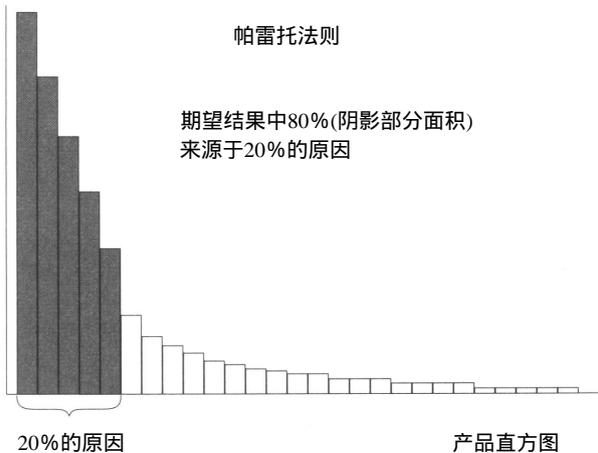


图4-1 帕雷托排序图

1. 销售量

对产品系列进行合理化的一个简单步骤是，分析所有产品的销售量，用按照帕雷托排序的柱状图加以表示，销售量大的排在前面。销量最大的产品“保留在表中”的可能性更大。对销量最低的产品则要进行分析，用下述的方法确定是否要将它们取消或者与其他产品归并。实际上，如果利用总成本统计的方法计算利润，销量最低的产品可能是不赚钱的。

尼桑公司发现，截止到1993年，它的汽车品种已经扩大到2 200种！典型的帕雷托效应是：50%的品种仅仅占有

5%的销售量。《华尔街日报》(Wall Street Journal)上的文章引用了这个例子,并且转述了一个消费者的抱怨:“不同的类型太多了,连推销员都记不住。”³

这篇文章概述了一些日本公司的“抑制产品品种增长”的目标,例如:尼桑公司计划削减 35%的品种,三菱(Mitsubishi)公司打算削减 20%的品种,日立(Hitachi)公司的目标是把电视机的品种减少一半,松下(Matsushita)公司则计划把 Panasonic 音像产品的种类从 6 000 种减至 1 000 种。

合理化的另一个有用的度量标准是按时间统计的销售量。应该把稳定销售的产品保留在表中,即使它们不是销量最大的。把按时间统计的销售量排列出来,可以显示出销售的趋势,这有助于合理化决策的制定。

2. 销售利润额

类似地,统计所有产品的销售额,并把它们按帕雷托排序画出图来。这个信息是容易获得的。经典的“80/20”法则可以解释为:80%的销售利润额来自 20%的产品。这 20%的高销售利润额产品被长期保留在表中的可能性更大,另外 80%的产品则要受到筛选检查。巴克斯特国际公司(Baxter International)就是利用这个“80/20”法则的一个例子,该公司拥有价值 90 亿美元的保健产品及服务公司,它发现它所增加的销售利润额中的 80%来自已经建立了联系的大客户。⁴

3. 零件的通用性

零件的通用性分析可以指出哪些产品是以通用零件为

主的。同样，该项分析也可以找出哪些产品使用了特殊的、非通用的零件。

与使用特殊零件的产品相比，使用大量通用零件的产品多样化成本自然是比较低的。

因此，零件通用性分析能够促进那些已经大量使用通用零件的产品的生产。相反，使用特殊的、非通用零件的产品的多样化成本较高，应该考虑予以取消或者重新设计。后一种情况也说明某些产品与现有加工工艺不相适应。

在下一章中将介绍一种基于建立零件通用性或“优选”列表的方法。如果已经构造了通用零件表，就可以根据产品中通用零件的比例将产品排队，保留通用零件比例较高的产品，对通用零件比例较低的产品则再做进一步的考虑。当企业着手开展一个抑制品种增长的项目时，这种方法就尤其重要。

另一种方法的效率比较低，但它却不需要通用零件表。其做法是，把关键零件按“用于何种产品”进行排序，找出极少使用的零件。把这些很少用到的零件和使用它们的产品联系起来，就能够得到有用的信息。

4. 多样化成本

在上一章中曾经讨论了产品的多样化造成的成本。应该计算或者至少是估计出所考虑的各个产品的多样化成本，因为产品系列的合理化是建立在所有产品中相对的多样化成本基础之上的。因此，对合理化活动来说，重点应该放在具有明显差异性的产品种类上。

可以运用相对系数的方法，把“最好的”产品设置为1.0，给其他所有产品定义一个系数，反映其与基准产品在产品多样化成本方面的倍数关系，例如，某产品的多样化成本是基准产品的1.5倍。

5. 实际利润率

实际利润率可作为产品系列合理化和消除微利或赔本产品的一个准则。正如前面所指出的那样，大多数的成本统计系统不能自动地为合理化活动提供足够的利润率数据。

总成本会计方法，如基于活动的成本（Activity-Based Cost, ABC）管理（见第6章），可以提供利润率的真实情况。在《实施基于活动的成本管理》（Implementing Activity-Based Cost Management）一书中，罗宾·库珀（Robin Cooper）等人谈到，“典型的ABC管理”就是：有些产品的利润很高，多数的产品刚刚有利润或者接近于有利润，而少数的产品则是非常不赚钱的。⁶ 一个哈佛的案例研究（9-186-272）分析了施拉德·贝洛斯（Schrader Bellows）公司的7个产品。现有的成本系统表明，这些产品有3.76%~10.89%的利润。但运用基于活动的分析则显示，有1个产品收支平衡，3个产品有赢利，另外3个实际上是不赚钱的。原来被认为利润最高的产品，实际的利润率是-59%，⁷ 如表4-1所示。

至少，相对利润率帕雷托表能够帮助企业决定应该取消哪个产品。另外，可以将利润率最大的产品设置为1，将其他所有产品与之相比。

表4-1 施拉德·贝洛斯公司报告成本的比较

产品	销售量	老的成本统计系统 计算的单位毛利润	新的成本统计系统 计算的单位毛利润	变化的比例 (%)
1	43 562	5.51	6.19	12.3
2	500	3.76	(2.95)	(178.5)
3	53	10.89	(59.45)	(645.9)
4	2 079	4.91	(5.97)	(221.6)
5	5 670	7.95	0.36	(93.4)
6	11 169	5.49	5.57	1.5
7	423	3.74	5.28	41.2

6. 问卷调查

通常，实际利润率低的产品与工厂工艺的兼容性也不高，工厂的经营者将可能会注意到这一点。很久没有生产过的或从未正式开始生产的产品，对工厂的工人、检验员、经销商、售货员或维修服务代表来说，或许都是不受欢迎的。

当缺乏关于实际利润率的总成本统计数据的时候，总可以询问上述人员的意见，看看他们到底认为哪些产品的利润率最高，哪些最低。实际上，这些意见常常是启动基于活动的成本管理项目的动力。⁸

我们建议，在进行调查的时候，要回避“利润”或“利润率”这两个词，因为人们可能会由此而到数据库中去查找利润情况，从而被前面提到过的不准确性所误导。由于利润率的误解来源于对产品成本的误解，所以应该提一些关于产品的真正成本的问题。在我们的建议下，埃默森电气(Emerson Electric)公司的一个部门让上述人员回答如下问题：“如果你认为某些产品的成本要比我们所说的高

得多，请你根据所需的额外支持和出现的问题等因素，将这种类型的产品列举出来。”这次符合帕雷托模式的调查结果作为合理化工作提供了有用的信息。

7. 工厂的加工工艺

这里着眼于一定范围内产品的加工兼容性。在通用零件、刀具、夹具几何尺寸、设计特征、模块化、工艺步骤、产品流程、机器设备、减少加工的准备工作的、像准时制造模式那样减少库存的措施以及与 CNC 设备的兼容性等方面，如果某些现有产品与柔性制造环境不相符合，那么，为了使制造的柔性程度达到最高，可能有必要取消这些现有的产品。

特别要对下列产品提出质疑：

- 较老的产品，或者通过购买专利、归并和购买而获得的产品。
- 很少生产的产品——“起死回生的产品”。对于不经常生产的产品，通常需要较高的系统准备费用，另外，要想记住如何生产也需要更多的学习活动。如果这些产品还不易生产，而且与产品系列的其他产品不相同，那么，这个问题就变得特别敏感。这些很少生产的产品一般都比较陈旧，它们与当前的产品系列不同，不仅如此，老产品设计的可制造性通常都不太高。
- 有特殊工艺的产品。对于与产品系列其他产品有不同工艺要求的产品，可能需要用到老的工艺或不常用的工艺。因为不常用，所以操作者和设备都无法

达到最高的效率。不常用的设备会占据宝贵的厂房空间，占用工厂过多的资产。

- 难以制造、维修和保养的产品。
- 需要较多人工时间、制造时间较长和返工率与报废率较高的产品。
- 不知为何而缺乏竞争力的产品。这可能是由于产品造价太高，使企业不得不赔本销售，也可能是因为受到产品成本统计系统的误导。竞争者或许已经正确地推断出他们不能以这样的价格竞争。

8. 功能性

这种技术寻找将具有相似功能的产品进行归并的各种机会。通过综合考虑产品以往的销售情况、多样化成本、利润率、工厂的加工工艺、设计的兼容性或客户需求，可以取消“额外的”产品，从而可以将那些具有相同或相近功能的各种各样的产品加以归并。同样，通过分析零件和部件的相似功能，可以消减相关的冗余性。

由于完全不同的零件、材料或工艺规程，使一些相关的产品相差甚远而不能够纳入到某一个大规模定制的产品族中。例如，一个在不同设备上加工出来的重新设计的产品，可能依然在与其老版本产品进行竞争。简单地取消老产品，就可以实现新老产品的归并，节约用于维持每种特殊产品的间接成本。同样，通过取消产品的基础版本，可以把该基础版本和在它之上做了微小改进的新产品归并起来。通过取消了这些老的或基础版本的产品而节约的间接成本，就足以补偿产品改进的费用，

这些改进的部分就可以“免费”提供给原来版本的用户。同样价格的升级产品应当会对用户产生更大的吸引力，从而扩大销售和增加利润。

9. 客户需求

这种技术从客户的角度审视产品系列的品种。由于大多数客户希望保持甚至扩大他们的选择范围，所以，应对客户的反馈意见加以判断。许多营销部门想用“完整”产品目录来满足客户的每一个可能的要求，这会使情况更加复杂。因为这是一个最主观的准则，所以，应该在了解了销售数据、内部成本、利润率、调查结果、工厂的柔性程度和功能性之后，再予以考虑。

上述现象的一个例外是，聪明的客户可能会认识到，过多的品种使员工的培训和备件供应变得复杂，因此可能影响对他们的服务。

在某些情况下，企业不得不向客户提供完整的产品系列，但企业不一定要设计和制造所有的产品。它可以销售（而非制造）其他企业的产品，将其他企业的产品打上自己的名字和商标，还可以委托经销商按它的设计进行生产，经销商可以设计和生产产品目录中需要补充的产品。

10. 企业的核心能力

考虑到技术、专利、加工工艺、产品开发能力、营销能力等各个方面的因素，此项合理化准则提出这样的问题：“什么产品代表了核心能力？”明确地代表了核心能力的产品比不能代表核心能力的产品更有可能被保留在帕雷托表中。

11. 与全新产品系列的竞争力

另一种方法是假设你或你的通力攻关小组处于这样一种角色，即，假设你或你的小组是资金充足的新的竞争者，你希望在你的产品系列中生产哪些产品？你会如何柔性地制造产品，以求覆盖最大的市场范围？你想完成哪些在现有产品系列的限制下无法完成的工作？从你的不连续的产品系列开始，然后根据大规模定制的不同程度处理其他方面，如针对小批量多品种市场的生产、由订单确定生产，或真正的大规模定制生产。

12. 未来的潜力

开发大规模定制的产品们的关键原则之一，是发挥跨产品设计的杠杆作用。设计的一致性成为产品系列合理化的一个准则，而产品系列的合理化的目的则在于逐步淘汰那些与产品开发的主流趋势不一致的产品。换句话说，“旧模式”的产品如果不能与现有的或“新模式”的产品协调一致，它将被淘汰。

在最广泛的背景上，考虑到技术、市场、趋势、人口统计学、企业目标和大规模定制的时机，评定所有的产品，并主观地把它们按照其未来的潜力排序。

4.2 合理化准则分析

4.2.1 帕雷托图分析

根据前5项客观性准则，即：销售量、销售利润额、零件通用性、多样化成本和实际利润率，对帕雷托图进行分

析。应该客观地判定所利用的利润率数据的适用性，不要盲目地利用现有的财务数据为合理化活动做出利润率的帕雷托图。

问卷调查有助于明确地显示出现有利润率数据的适用性。如果对利润率排序的所有问卷调查都与现有财务计算的排序一致，那么，官方的财务数据或许是有用的。另一方面，如果它们不相一致，那么，在合理化过程中就要谨慎地使用现有的利润率数据。要么现在就删除这类数据，赋予其一个分数因子（作为权重，例如，重要性为其他准则的一半）；要么改善产品成本统计的适用性，这将在第6章中进行讨论。

1. 销售量和销售利润额

首先，集中分析帕雷托图中的极端情况。销售量和销售利润额都很高的产品可能是要保留的产品。

销售量和销售利润额都很低的产品则应该用各条准则进行仔细检查。提出下列问题：

- 为什么要生产这些销售量和销售利润额都大大低于其他产品的产品？
- 低销售量本身是否造成查找相关说明书和刀具、设备准备和学习如何再次制造所需的时间加长，从而使这些产品更加难以制造？
- 这些小批量的产品是否正在造成比现在报告的数量更高的间接成本？
- 这些小批量的产品是否是从制造的核心能力中分化出来的？

坚持提出这些问题，直到得到满意的答案。不要仅仅满足于诸如“我们需要完整的产品目录”或“客户需要它们”这样的答案。后面我们将讨论得到满意答案的其他方法。

有些产品不会出现在各年度的销售数据中，因为它们不是每年都生产的。这些产品更应得到关注。如有必要，应查阅往年的生产计划，确保这些“隔年的”产品在合理化进程中没有被忽略掉。

请记住，当实施总成本统计的时候，这些常常被保留在帕雷托图中的产品，其实际的利润率可能比现在预想得要低得多。前面提到的“巨大交叉补偿”指用大批量的产品补偿小批量的产品。正如第6章中将说明的那样，当转用总成本统计时，典型的情况是：许多看起来赚钱的产品实际上都在赔钱。

2. 零件通用性的利用

这里，再次将注意力集中在产品通用零件利用率的高低上。可以将以通用零件为主的产品选作大规模定制的产品，而以特殊零件为主的产品，则可能是与大规模定制的柔性操作不太相符的老产品或者是从别处获得的产品。

从工厂或至少工厂的柔性运作中，取消使用许多特殊零件的产品，将提高现有运作的柔性，或者为准时制造、柔性制造、按订单生产或大规模定制模式的实施创造条件。

3. 多样化成本

这可能是最适合于使用帕雷托图来描述的因素，但如前一章中所述，此时需要足够的多样化成本数据。如果没

有完整的多样化成本数据，就应该把注意力放在最重要的因素上，如库存成本、准备工作成本、材料的间接成本和定制/配置的成本。

4. 实际利润率

再强调一次，应该确保该方案是建立在总成本统计的基础上的。如果是这样的话，利润率最高的产品很可能作为大量现金的载体被保留下来。仔细审查处于赢利边缘或赔钱的产品，决定是否要保留它们。请记住，根据现有的成本统计系统得出的处于赢利边缘的产品，在进行更精确的产品成本计算时考虑到通常的影响，可能是赔钱的，如图4-2所示。当运用总成本统计系统时，不仅曲线的形状发生了变化，而且，对产品系列的合理化起着非常重要作用的产品优先次序也发生了变化。

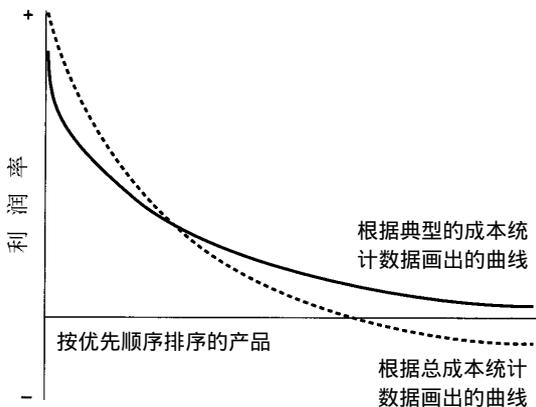


图4-2 成本统计对产品系列利润率的影响

采用总成本统计系统可以发现并纠正现有成本统计系

统造成的交叉补偿。其结果如下例所示，纠正了产品成本统计中的误差。

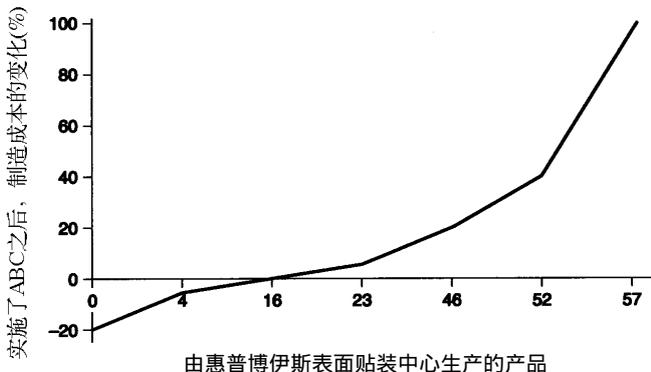


图4-3 惠普公司实施了基于活动的成本管理后对成本数据的修正

惠普公司(Hewlett-Packard)在对其博伊斯表面安装中心(Boise Surface Mount Center)的57种印刷电路板产品实施了基于活动的成本管理之后，更精确的成本统计修正了原先的产品成本数据，如图4-3所示。15种产品的成本下降，1种维持不变，而其他2/3产品的成本却提高了！甚至有1种产品的成本翻了一番。⁹第6章中将论述在这一实施过程中所用到的成本驱动因素。在进行了如图4-3所示的成本修正后，原来处于赢利边缘的产品实际上是赔钱的，如图4-2中虚线所示。

4.2.2 主观性因素分析

应该把上述帕雷托图与关于问卷调查、工厂的加工工艺、功能性、客户需求、企业的核心能力、与全新产品系列的竞争力和未来的潜力等主观性准则联系起来。主观性

准则与帕雷托图之间良好的联系，有助于对这些帕雷托图的验证。

若两者的结论相反，则说明需要进行更多的研究。正如前面所指出的那样，如果主观性的判断与利润率数据相矛盾，这说明需要用总成本统计的方法对产品进行更实际的成本计算。

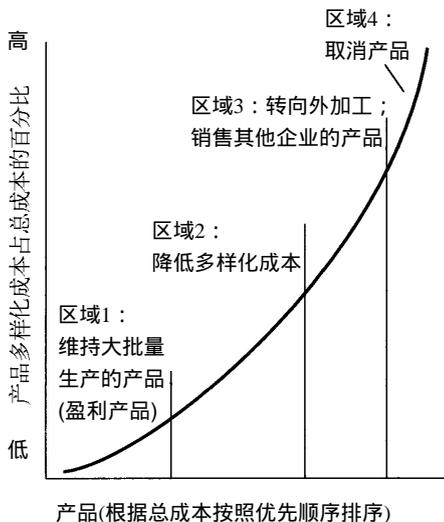
某些主观性分析能够启发一些客观数据所不能提供的活动。可以通过对酝酿中的决定提出“如果这样做，结果会怎样”的问题，以此来研究这些可能的活动。首先，假设根据主观性准则提出的建议已被采纳，然后提出“如果这样做，结果会怎样”，分析它们将对利润或发展等企业目标产生什么样的影响。这项分析可能需要基于某些常用的指标，如经济或市场的增长。或许有必要估计这种改变对销售、发展、间接成本、反应灵敏度，以及产品开发顺序、营销和服务等各方面的影响。

4.3 产品系列的划分

下一步是用客观的帕雷托图中占优势地位的准则对产品系列进行暂时划分。如果能够获得实际的利润率，而且它是可信的话，那么它将成为最主要的因素。

以多样化成本为例进行说明。图 4-4 表示了一个典型的帕雷托图，其中，将多样化成本作为总成本的百分比，按照左低右高的顺序画出所有产品。

产品可被分为 4 类，如图 4-4 的 4 个区域所示，下面分别解释这 4 个区域：



区域1：仍适合于传统的大批量生产的产品。虽然采取一些合理化步骤可以使生产设备的利用率更高，也可以使批量和制造过程达到最佳状态，但在本区域内仍不做改变。

区域2：具有兼容潜力的产品族。这类产品具有柔性的/模块化的设计、库存和工具，可在无需准备的柔性设备上制造出来。这类产品能够从产品的归并以及后续的产品和加工工艺再设计中获得效益，这一点将在后面论述。

区域3：不适合于区域1或2，但为了满足产品目录的完整性要求，使老客户满意，或出于服务的义务，而仍需将其保留的产品。虽然这类产品可能被

继续保留在产品目录中，但不必一定要对它们进行设计和在本厂生产。可以将它们转向外加工，以及用企业的名义或商标委托经销商制造。或者，企业也可以在产品目录中简单地引用其他企业的产品，保证客户得到合适的产品。

区域4：应该从产品系列中取消的产品。如果总成本统计表明，在当前价格下这些产品是亏本的，那就要提高价格，以保证达到最低的利润率目标。市场的压力将决定这些产品的命运。但是，如果保留这些处于获利边缘的产品，特别是当根据销售量而非销售利润计算销售佣金的时候，要对销售佣金进行调整。你既可以决定从产品系列上简单地取消这些产品，也可以逐渐地将它们淘汰。一些企业报告说，他们不得不取消被淘汰产品的销售佣金，而真正停止其销售。

用本书第四部分所讲述的技术，可以将区域2中的产品设计成紧密联系的产品族。对区域4中的每个产品或每个相关的产品组，提出“如果这样做，结果会怎样”的问题，以赔本的价格卖掉一部分产品，以此来节约多样化的成本，为达到更好的资源配置创造条件，这里，一定要用总成本数据来进行这些折衷处理。对区域3中的每个产品，寻找可替换的资源，提出解决办法，并且总结最有可能的一个或多个方案。

对于上面提到的所有改变，应当把它们与所有受影响的方面一起加以考虑，例如市场、销售、分销商、销售商、

客户、服务、制造与采购等，并通过更敏捷的企业计划以及取消与新的策略不相适应的产品的重要性阐述，克服这些改变的阻力。

或许，个别数据，尤其是基于总成本的数据，就足以说明这类改变的正确性。因为合理化工作纠正了现有的用区域1中的产品对区域3、4中产品所进行的交叉补偿，所以，甚至可能同时降低区域1中某些产品的价格。

如果可获得的数据没有说明这些改变的正确性，则可以通过强调主观性因素，如核心能力、未来的发展方向和合理化产品系列以寻求使制造过程更加敏捷的必要性，来说明其正确性。从所有的主要竞争对手那里获得“反馈”是很重要的，可以此来使这些改变所带来的负面效应最小。

注释

1. Clay Chandler and Michael Williams, " A Slump in Car Sales Forces Nissan to Start Cutting Swollen Costs, " The Wall Street Journal, March 3, 1993, p.1.
2. H. Thomas Johnson and Robert S. Kaplan, *Relevance Lost, The Rise and Fall of Management Accounting* (Boston: Harvard Business School Press, 1987), p.2.
3. Chandler and Williams, " A Slump in Car Sales. "
4. Rahul Jacob, " Why Some Customers are More Equal than Others, " Fortune, September 19, 1994, pp.215-224.
5. 大多数的MRP系统能够进行关于零件“用在何处”的查找，可以确定使用了某一给定零件的所有产品。
6. Robin Cooper, Robert Kaplan, Lawrence Maisel, Eileen Morrissey, and Ronald Oehm, *Implementing Activity - Based Cost Management* (Montvale, N.J., Institute of Management Accountants, 1992)
7. Robin Cooper and Robert Kaplan, " How Cost Accounting Distorts Product Costs, " *World - Class Accounting for World - Class Manufacturing*, ed. by Lamont F. Steedle (Montvale, N.J., Institute of Management Accountants, 1990), p.122.
8. Ibid, p.119, under " Accuracy of Product Costs. "
9. Mike Merz and Arlene Hardy, " ABC Puts Accountants on Design Team at HP, " *Management Accounting*, September 1993, pp.22-27.

第 5 章

前期步骤和必要条件：标准化



本章讲述开发大规模定制产品的前提条件和企业所能够采取的一些前期步骤，这些前期步骤可以以为后续的大规模定制活动做好准备。由于标准化有助于所有的产品开发，所以，即使企业尚未准备全面实行大规模定制模式，也应该立刻实施标准化。本章所述的方法学不需要大量的资金投入，且无须经过许多层次的认可就能够容易地实现。不仅如此，这些步骤还可以自行验证其价值。在下一章“把‘大规模’概念融入大规模定制中”，将讨论本章所提出的许多方法学的经济效益。

大规模定制是指，以大规模生产的成本和速度，为单个客户或小批量多品种的市场定制生产任意数量的产品。大规模定制模式所面临的巨大挑战是：既要展现无限的产品外部多样化，同时又不能因产品内部多样化而导致额外的成本和时间的延误。对传统的大规模生产企业来说，在试图定制产品的时候，这种额外的成本和时间的延误几乎是不可避免的。

因此，大规模定制生产企业所面临的挑战是，将产品

内部多样化降低到一定程度，使得能够柔性地制造产品，不会由于加工准备而造成额外的成本和时间的延误。这一目标是通过在设计阶段对零件、特征、材料和工艺进行标准化来完成的。

本章将讨论标准化和减少加工准备对柔性制造(第7章)的影响，以及对大规模定制模式的前提条件——基础工作(part of the infrastructure)的影响。减少加工准备等问题对进行大批量生产的制造企业有着明显的影响，本章将进行充分的讨论。

为了在进行大批量生产时实现柔性的操作，零件必须有足够的通用性，以便在任何用得到它的地方方便地使用它；夹具几何形状必须有足够的通用性，使零件的各种变型可以采用同样的方式定位；设计特征必须有足够的通用性，保证能够使用同样的加工工具；材料必须有足够的通用性，以避免因更换材料而停止生产。如果零件不能被方便地分发到各个使用地点，就要把它们以批量的形式进行“集中”，如第3章所述，以便为产品的生产提供足够的零件。这种“零件的集中”抑制了制造的柔性，因此也妨碍了大规模定制。

所有这些都引起了巨大的一般性管理成本。品种多样化所造成的一般性管理成本，比生产量所造成的一般性管理成本更高，尤其那些对检验、处理或存储等没有特殊要求的小零件更是如此。可以比较一下，在100种不同电阻（每种每月消耗100个）和10种不同电阻（每种每月消耗1000个）之间的一般性管理材料成本的差异。两种情况都

是每月消耗10 000个电阻，但采购和分发100种的费用比10种的要高出一个数量级。

为了确保柔性不被各种准备工作所抵消，零件的标准化也是特别重要的。这些准备工作包括取出零件、更换模具、修改程序或自动机床的“二次装载”。如果零件或刀具过多，使零件箱或刀具库不能容纳，就需要进行二次装载。此时，该机床也将不得不运行两次，一次装配一半的零件，第二次装配剩下的一半。

标准化对小批量产品的影响更加微妙，但同样是很重要的。下面强调了本章的内容同样适用于小批量产品的生产企业。

5.1 标准化和小批量产品生产企业

说到小批量产品的生产，有一种忽视标准化而仅仅处理品种问题的倾向，特别是在这两个问题发生冲突的时候。但大规模定制模式，甚至有限的产品定制或小批量多品种市场的产品，都将使产品发生许多微小的变化。所有这些“微小”变化的影响累积起来，就会耗费巨大的资金和时间，以致于企业无法实现产品的大规模定制。

1. 零件分发

即使零件不是通过装配线上的专用零件箱进行分发，它们仍需经过采购、送货、检验、集中、发送到装配区和用适当的工具进行装配等过程。

2. 不常用零件的采购

如果零件是不常用的，其采购过程将既贵又慢。不常

用的零件可能暂时、甚至永久缺货。除非支付加急费，否则，一个新的专用零件的交货往往是比较慢的。如果有必要对不常用的零件进行检验，那么由于要查找特殊的检验程序、寻找不常使用的检验设备，该项检验很可能既费时，又费钱。

3. 装配指令

如果难以获得装配指令或夹具，或者如果工人忘了应如何进行制造、装配、调整或校准，那么，装配就会被延误。

4. 零件短缺

任何零件的短缺都会造成装配的停止，零件的种类越多，零件短缺的可能性就越大。实际上，因为受到货源的限制，小批量产品的生产更容易出现零件的短缺现象。

5. 工具

工具被用于产品的制造、装配、调整、校准或检验，如果不能为利用率低的零件开发高效率的工具，就会迫使工人们使用效率很低的通用工具。通用工具的工序标准化可以加快生产速度，并减少混乱和失误。

6. 不常用零件的检验

由于没有很好地研究或记录不常用零件的失效形式，因此它们的失效可能会使产品的检验变得复杂。

7. 零件质量/供货商资格的认定

如果数量少而品种繁多的零件来源于有限的货源，那么零件质量和供货商资格的认定就会做得不够彻底。如果零件质量的认定做得不够彻底，则将造成零件严重的质量

问题，从而影响到每一个使用了这种不合格零件的产品。如果供货商的资格认定做得不够彻底，将引起令人不快的严重后果。例如，发现某供货商破产了，此时，如果投资者或当局关闭、没收或扣压了该供货商的设备，被扣压的设备中可能就包括了有客户的工具、夹具和材料，这种情况比失去一个货源更加危险。

8. 服务和维修

过多的零件品种会使服务和维修复杂化，特别是对那些小批量生产企业来说更是如此。可能会要求工厂重新生产少量的某个已停止使用的特殊零件，外购零件则可能因为没有供货商继续生产而变成“孤儿”。在这种情况下，企业要么找到新的供货商，要么进行极少量的生产，以确保有可替换的零件。

根据服务的约定，可能要求工厂为所有产品在某规定寿命期内储备所有的零件。如果所需要的零件不能随时从大批量生产企业采购，那么对小批量生产企业来说，这可能是一个沉重的负担。如果零件的通用性不足，无法从当地的供货商处获得零件，那么，现场的维修服务就会变得非常困难。

9. 备件箱

零件种类过多将使备件箱变大，特别是那些不包括在其他设备备件箱中的零件。小批量生产或加工设备的企业有可能只为客户生产一台设备，如果这台设备有许多特殊零件，备件箱就会很大。这个大的备件箱的费用必须由客户直接承担，或间接包含在销售价格中。未包括在备件箱

中的不常用零件，对客户来说是一个不利因素。

因此，缺乏标准化本身就是小批量生产企业竞争能力的缺陷，因为它会导致成本、交货、质量、维修、现场服务甚至信誉等方面的劣势。

5.2 降低产品的内部复杂性

柔性制造和大规模定制的一个重要的前提条件是降低产品的内部复杂性，它要求对零件、材料、工具和工艺过程进行标准化。许多企业，甚至是一些享有很高声誉的企业，都曾容忍过过多的产品内部多样化。

5.2.1 零件种类的激增

当前的竞争压力和资金问题迫使日本汽车制造企业降低成本。他们的重要举措之一，就是研究和降低产品内部多样化的成本。其结果是，1993年尼桑公司发现，仅仅当时生产的车型中，就使用了110种不同的散热器、300种不同的烟灰缸、437种仪表盘、1200种车内地毯和6000种不同的紧固件¹！这种多样化并不能够为客户增加价值。当然，客户希望有质地和图案都令人满意的地毯，但也绝对用不着以1200种地毯来满足该要求。

某电子企业有1500种电阻，其中包括电阻容差为1000欧姆的120个不同型式和尺寸的电阻。²该企业将这1500种电阻减为了不到200种的常用电阻。

作者的一个生产日用品的客户发现，它正在使用的零件种类数为：1248种线材组件、152种发电机、151种螺钉、

74种开关、67种继电器、65种电容器、37种阀门、16种变压器、62种皮带和1 399种不同的“标准”标签。

每个企业都有类似的零件种类激增的可怕经历。应该问一问这是为什么，尤其要考虑到下列因素：

- 零件种类的激增妨碍了制造的柔性，因此也妨碍了大规模定制。
- 下面将要谈到，大多数的零件种类激增都是不必要的。
- 零件种类激增造成了巨大的经常性开支。

5.2.2 零件种类激增的成本

零件种类激增是昂贵的。Tektronix公司的一项研究表明，一半的一般性管理成本以某种方式与零件的种类数目有关，³而多数企业甚至不知道这部分费用有多大。一项针对一些《财富》杂志排名前500名的制造企业所做的调查⁴显示，没有一个企业或企业的部门能够精确地估计某个零件在其生命周期中的成本。CADIS公司负责销售零件管理软件的文卡特·莫汉（Venkat Mohan）说：“对一个标准零件的直觉估计可以从5 000美元一直到高达6万美元，而对定制的零件甚至达到10万美元。”⁵负责波士顿先进制造研究项目（AMR）的詹姆斯·谢泼德（James Shepherd）指出，在电子行业，仅仅是加入一个新的外购元件就要花费5 000~10 000美元。⁶《总成本管理情况的厄恩斯特和扬指南》（The Ernst & Young Guide to Total Cost Management）中指出：“毫不奇怪，制造企业估计每种零件的年管理成本

在10 000美元或者更多。”⁷

除了这些官方文件中的成本，零件种类的过量激增还增加了现场服务成本和虽很重要、但很少统计的制造成本，同时也增加了与加工准备、库存、厂房空间、设备的低利用率和其他柔性问题相关的成本。

零件种类的激增还降低了装配效率。费希尔（Fisher）、杰恩（Jain）和麦克达菲（MacDuffie）在沃顿商学院（Wharton Business School）关于汽车工业的报告中写到：“零件的多样化也对装配工厂的效率产生巨大的负面影响。”⁸

5.2.3 发生零件种类激增的原因

以下造成零件种类激增的原因都是容易避免的，它们包括：

（1）工程师不理解。大多数产品设计人员不理解零件通用性的重要意义，所以，他们不去尝试在通用零件的基础上进行设计。可以举一个例子说明这种情况，作者曾就电阻的通用性表的草案向工程师们征求反馈意见（该表是采用下面介绍的方法制订的）。一位电子工程师提出：“为什么我们要把电阻标准化？难道它们不便宜吗？难道它们不是都存在计算机里了吗？”这个工程师没有意识到，不管零件的成本和企业订货/跟踪零件的系统的复杂度如何，每个零件都必须被实实在在地送到工厂，可能还要经过检验，送进仓库，然后被分发到每个使用地点。解决这个问题一个方法是，通过培训和教育，强调零件通用性对企业目标的重要性。

(2) “不是我的工作。”有时候，“不是我的工作”并发症会阻碍标准化，但它可以通过团队合作、培训和鼓励工程师考虑“全局而非局部”予以避免。

(3) 想当然的决定。产品设计人员用想当然的决定来选择零件。当一个更通用的、螺距 3/8 英寸、长 1/2 英寸的六角螺钉也可以完成同样的工作时，设计师却可能会想当然地选择螺距为 5/16 英寸、长 7/16 英寸的圆头细牙螺钉。第 9 章中将探讨想当然的决定在产品开发中所造成的问题。

英特尔系统集团公司的电子工程师说，在数字电路中，他们实际上不需要 1 000~2 000 欧姆的电阻。根据这一反馈意见，该公司立即取消了这些电阻。

(4) 重量最小原则。重量最小原则是，所有零件的尺寸都应当“正好”使其重量最小和所用材料最少。这种情况妨碍标准化，因为标准零件的选择通常是根据强度和功能方面的要求向上圆整的，所以设计者们拒绝使用标准化的零件。下面的原则或许可以帮助工程师们克服这个障碍。

如果在设计时不能迅速地选取一个正好满足要求的标准零件，就使用大一号的标准零件。

如果零件使用的不是贵重的材料，就使用大一号的标准零件。

(5) 保证零件族的有效性。与零件种类激增相关的另一个原因是，为保证完整性而将整个零件族放入已被确认的零件表中，如紧固件、电阻和电容。英特尔系统集团公司发现，在印制电路板的 20 000 种已被确认的零件中，有 7 000 种从未使用过！被确认零件中的 1/3 未被使用于任何产

品。然而，任何一个工程师都可能未经认同或批准，就想当然地选择那些还未被使用过的零件中的一个，或者把新的零件添加到系统中。在这种情况下，这些未被使用过的零件应当立刻从被确认的零件表中删除。

(6) 按合同制造。有时，一个目光短浅的商业策略可能会破坏在标准化方面所进行的努力。在市场低迷的状况下，为了应付工厂开工不足的压力，有些企业实际上按合同生产。这种“要么利用、要么失去”(use-it-or-lose-it)的方法可能会带来一些额外的收入，但从长远来看常常是赔钱的。实际上，如果在成本统计中考虑其中的一般性管理费用以及加速制造许多新产品所需的大量学习费用，这一问题就会显现出来。

(7) 合并及其后果。产生多余内部多样化的另一个原因是由于公司兼并造成的不同产品的合并，以及由此而带来的企业、产品、专利等方面问题。原来隶属于不同企业的产品很可能有非常不同的零件和工艺。因此，应当在作出这些决定的基本因素表中加入柔性制造因素。

(8) 重复的零件。如果产品设计人员不知道已有什么零件，那么，即使已经有完全相同的零件，他们还会常常把“新的”零件“添加”到数据库中。即使他们猜想可能会有所需要的零件，也可能会提出一个新的外购件，甚至设计一个新零件，而不愿花费稍多的时间去查找现有的零件。工程师们经常发现，从使用不方便的数据库里查找一个零件，比设计或购买一个新的零件更困难。

许多企业有成百上千种这样的情况：同一个零件有两

三个，甚至多个以不同的零件编号定义的版本，而在可以用一个“相近”零件代替新零件的时候，这种情况就更多了。

根据作者的建议，一个宇航公司对这种情况进行了研究并且发现，它竟有 900 种垫片！显然，设计第 901 种垫片比在 900 种里查找更方便一些。

一家大型机床公司在研究了这种情况后发现，该企业有 521 种非常相似的齿轮，最后，将它们重新归类成 30 种标准齿轮，⁹ 原来的齿轮种类竟比所需的多 17 倍以上！平均每种齿轮有 17 个功能或各个方面都相同的“复制件”。

5.2.4 消除重复的相同零件

相同零件的重复所带来的问题，不仅仅在于造成显而易见的、生产额外零件所需额外材料的一般性管理成本，很可能要为每个需要相似零件的产品单独订购这些零件，这使得在零件采购时无法获得与订货数量有关的折扣和进行统一订货可能带来的及时交货，而且，订货数量太小容易造成零件的短缺。有趣的是，造成生产延误、短缺的零件可能正以不同的零件编号保存在别的零件箱里。

在大规模定制环境下，如果不同的产品使用编号不同的相同零件，这个问题就会更加严重。例如，对印制电路板的装配而言，由于零件箱是根据物料明细表中的零件编号进行安排的，所以可能要用自动装载设备来装载不同零件箱里的相同零件。即使机器的操作者注意到了这一点，但他们既没有时间也没有权力在现场将这些零件进行合并。如果产品族中的零件（包括重复的零件）比设备零件箱可

容纳的零件多，那么，单单这种零件的重复就会妨碍柔性操作。在这种情况下，不得不为每个产品进行两次零件装载，而这正是在大规模定制中必须取消的准备工作类型。

避免出现上述情况的一个方法是，让现存零件的查找比采用新零件更加方便。下面的两种技术将做到这一点。

1. 零件列表

许多零件是以如表5-1所示的逻辑顺序列表的。简单地将所有已有零件按顺序列表，并把该表交给设计部门，鼓励工程师们尽可能使用现有的零件。后面将说明从这些表中决定首选零件的过程。

表5-1 零件类型排列顺序示例

零件类型	排列顺序
带螺纹的紧固件	螺纹直径、螺距、长度、螺钉头形式、材料 /表面处理、等级
垫圈/垫片	外径、内径、厚度、材料、表面光洁度
齿轮	齿距、齿数、齿宽、材料
齿轮箱	速比、功率、轴的方位、轴的直径
发电机	功率、电压、相位、轴的直径、安装
泵	压力、流量
电阻	欧姆
电容	微法拉
集成电路	通用编码系统（如74F00）

2. 零件管理软件

对那些未以顺序列表形式提供的零件，或因缺乏计算机管理、数据库使用不便、描述一致、多数据库、字段中的非结构化数据和其他信息系统复杂性等原因造成的不利情形来说，零件管理软件是必需的。

CADIS-PMX是一个零件管理数据库和“搜索引擎”，它根据零件属性而非企业的零件编号或供货商的类别号，将所有零件按层次分类。该软件可以把分类结果通过友好的图形客户界面传递给工程师，¹⁰ 甚至还能简化数据库字段中非结构化数据的提取。

Tektronix公司用这种工具从现行的包括 15 万种零件的数据库中取消了 32 000 种零件。Tektronix 公司的副总裁兼首席信息官鲍勃·万斯（Bob Vance）是这样总结取消多余零件的效果的：“没有哪个领域能使制造企业只通过这么少的努力，就对其基础产生如此巨大的影响。我们希望在不承担过重的零件库存压力下，将我们的资源投入到产品创新和客户服务中。”¹¹

5.2.5 零件种类激增的后果

零件种类激增的最终后果是大多数企业拥有数千甚至数万不同的零件种类（零件编号唯一）。内部的多样性几乎从来就是不必要的，但零件种类的激增却常常引起这种后果。由于缺乏任何标准化的目标或意识，设计人员只是简单地为新设计选择新零件，却从不考虑优先使用相似的零件。

只要简单地查询各类零件现行的零件编码总数，企业就可以了解到当前零件种类激增的程度。在很多情况下，零件种类的激增似乎是显而易见的，甚至对大多数偶然的观察者也是如此。揭示零件种类激增的另一种方法是，汇总与零件相关的所有一般性管理费用中的“材料”预算。最后，希望这些方法能够推动现有重复零件的消除，以及按照后面讲

述的有效方法进行新的设计，从而大大减少零件的种类。

5.3 零件通用化方法

相对于需要大量工作才能见到成效的减少零件种类的措施而言，下面这些简单易行的方法更加有效。减少现行的零件编号，如从 20 000 个减到 15 000 个，虽然多少能够降低一些材料的一般性管理费用，但还没有达到使得工厂能够柔性地制造产品的程度。

零件的通用化是通过将某些首选零件进行标准化，从而减少不同零件（零件种类）数目的非常有效的方法。它通常应用于外购零件，但也适用于自制的零件。

零件通用化的方法建立在“从零开始”的原则上，该原则提出一个简单的问题：“何为设计新产品所需的最小的零件表？”如果假设企业（或一个新的竞争者）刚刚进入这个生产领域，正在决定全新的产品系列需要什么零件，那么就比较容易回答上述问题。新竞争者的一个优势在于，能够拥有一个没有过多零件负担的、全新的起点。设想该竞争者在通用零件的基础上同时设计整个产品系列，再设想如何在企业内部做同样的事情。这就是所谓的“从零开始”（zero-based）的方法。

从字面上理解，“从零开始”的方法就是从“无”开始，只往零件表上增添必需的零件，它与从数量巨大的零件表中删除零件相反。如同清理一个混乱的抽屉、钱包或者工具箱，清除不想要的东西非常费劲，而且效率不高。效率更高的“从零开始”的方法是把所有东西清空后，只把必要的放回

去。这两种方法的区别在于，剩下的“废物”放在何处，是在抽屉、钱包或工具箱里，还是在垃圾桶里。同样，因为要清除系统中的废物（多余的零件种类），所以减少零件种类的工作比较困难，而“从零开始”的方法则在开始时就清除了废物。如果产品的设计是在通用零件的基础上进行的，那么，废物就是不会被使用的、没有必要的零件。这些多余零件不仅增加了一般性管理费用，而且降低了工厂的效率和机器利用率，这是因为，设计的产品所需要的零件比能够分发到每个使用地点的零件要多，从而造成了生产系统的准备工作。第3章和第6章探讨了零件通用化的经济效益。

通用化方法确定了新设计所需的最小的零件清单，其目的不在于消除已有产品所用的零件，除非通用零件在所有方面都具有与之相同的功能。在这种情况下，如果新的通用零件比已有产品中的旧零件有更好的性能，则可把这个通用零件作为相同的或更好的零件替换旧零件。

请记住，在产品迅速过时和生命周期缩短的今天，即使只在新产品上实施零件的通用化，所有老产品也会在几年内被淘汰。

下面说明如何运用“从零开始”的方法实施零件的通用化。

5.3.1 确定零件固有的通用性

通用化方法的第一步是确定企业每类零件固有的通用性。所有的现有零件都具备相同的使用经历，这是很少见的。每类零件中都有一些使用频率远远高于其他零件的零件，与

其为新产品设计想当然地选择零件，不如尽量选择现有零件中使用率最高者。采用这种做法的一个原因是为了避免在已经臃肿的在用零件表中加入新的通用零件，另一个原因是，已经被广泛应用的零件可能对新旧产品同样适用。

为了确定企业中零件的固有通用性，首先要将每类零件按优先次序排列成表：

(1) 每年或每月总用量最大的零件。这个信息可以从采购或MRP数据中得到。

(2) 大多数产品都用到的零件。可从大多数MRP系统关于“用在何处”的报表中得到这个信息。如果一个企业制造许多产品，那么这张表是很重要的；如果用在许多产品中的零件还要用于服务和作为备用零件，那么这张表就更重要了。

(3) 在许多年内持续使用的零件。如果老产品需要服务和备件，那么随着时间的流逝，这张表或许就显得非常重要。

然后，将每类零件的上述数据按照图5-1的形式画成图。上方的曲线表示按帕雷托顺序排列的每种零件的年使用量（左大右小）。根据我们的经验，这些曲线几乎总是像图中所示的指数形状，少数零件的使用量大，大多数零件的使用量极低。

下方的曲线表示零件“用在何处”，显示出哪个零件被用于较多的产品。可以注意到，两条曲线几乎惊人准确地对应，零件的使用数量排列总是和零件在产品中的使用排列相对应。

因此，一条曲线将零件按帕雷托顺序排列，而另一条曲线则按照相同的零件数量顺序排列，而不必按其自己的帕雷托顺序（这说明了为什么图 5-1 中下方的曲线呈锯齿状）。通过这种方法，可以同时按两种准则分析使用情况，这有助于下一个步骤的实施。在下一个步骤中，将对曲线进行判断，决定哪些现有零件可以被保留在通用零件表中。请注意，第一个帕雷托表（上方的曲线）应该建立在主要制定准则基础之上，即建立在每年的使用量（如图 5-1）或“用在何处”的准则之上。对于批量很小的产品系列来说，零件的使用量将是主要制定准则；相反，对于批量很大的产品系列来说，零件“用于何处”将可能是主要制定准则。这为下面将要讨论的主要制定准则的选择提供了一种方法。

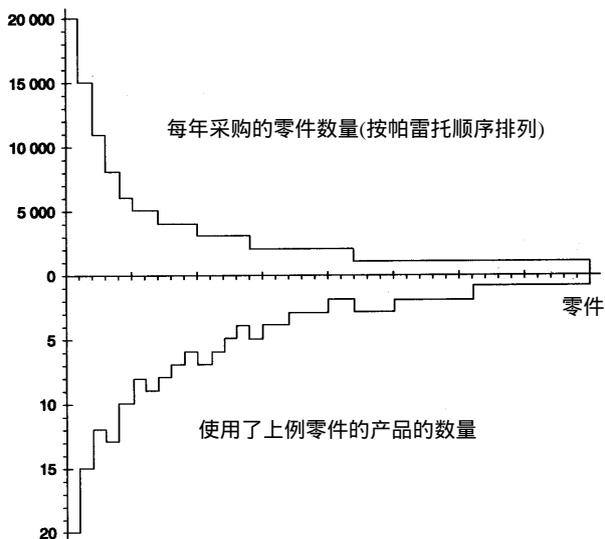


图5-1 固有的通用性

5.3.2 建立基本零件表

1. 调查现有零件的利用率

下一个步骤是建立一张基本零件表 (baseline list), 该表是以在前一步骤中确定的现有零件的固有通用性为基础的。显然, 在曲线左端的使用频率高的零件应列在基本表中, 在曲线右端的使用频率低的零件则不应列入其中。在将通用零件与其他零件进行分离的过程中, 需要进行一些判断。这些判断, 应该由所有工程小组、制造、采购以及负责认定零件质量和供应商资格的部门 (质量或材料工程部门) 等共同做出。质量或材料工程部门会对做出这些决定很感兴趣, 因为减少零件种类对零件的采购和质量的保证产生积极的影响, 零件种类越少, 就越可以将注意力集中在通用零件的采购、供货商资格认定和质量问题上。

如果零件使用情况与图 5-1 上方的曲线相似, 那么左边 1/3 的零件可被列入基本零件表中。当零件种类激增情况更加严重的时候, 低用量和只用一次的零件会向右侧延伸得更远。在这种情况下, 通用零件只是表中最前面 5% 或 10% 的零件。

再下一步, 是从第二条 (下面的) 曲线中选择合适的零件。在某些情况下可能出现异常, 比如, 小批量使用的零件却在许多产品中使用。尽管零件的使用量很少, 但其广泛的使用使得该零件或许有资格被列入基本零件表中。另一种情况是, 一个零件可能只用在—个产品中, 但用量很大。这需要通过调查来决定设计小组是否为该零件找到了用于未来产品的好方法。

这些零件构成了基本零件表，并按前面讲过的顺序进行排列。

5.3.3 新产生的零件

把新产生的零件（即从未用过的零件）加入基本零件表。这一过程同样需要由来自“高级的”设计小组、材料审核组、制造、采购和质量控制部门的工程师们做出一致的判断。

5.3.4 合并重复的零件

前面已经说过，有许多重复零件被加入到系统当中，有效的零件管理能够正确地清除重复的零件。当企业开始对重复零件进行调查研究的时候，经常可以发现在重复的零件之间存在着细微的差别，这为选择最适于替代其他零件的零件创造了条件。可以用下面介绍的过程来选择“更好”的零件。

5.3.5 合并平行的零件系列

下一步是合并平行的零件系列。如果在多种允差、质量等级、螺距或表面粗糙度等方面能组成完整的零件族，那么设计小组应该将它们合并为一组零件，即使这样做需要对更昂贵的零件进行标准化。通常，因使用“更好”的零件而造成的零件成本的提高，将从减少总零件数量所节约的开支中得到补偿。如果企业的成本统计系统不能计算出这部分成本，企业就必须定性地估计其在制造柔性和降低材料一般性管理费用方面的价值（见后面关于“昂贵零

件标准化”的讨论)。如下例所示，不同强度等级的螺钉或不同允差等级的电阻可进行合并。

当本书作者在英特尔系统集团公司开始一个零件标准化项目时，有两种不同的电阻族：5%允差的碳电阻和1%允差的金属电阻，把它们合并成1%允差的电阻，于是就为新设计减少了几百种零件。现有产品中的这些零件也被替换，因为这被视为是“升级”的替换。因为所有电阻都按照统一的允差(1%)进行采购，导致订货量增大，从而能补偿将5%允差的零件提升到1%等级时所造成的费用，进而节约了总成本。

请注意，实际上，即使较低质量的零件在理论上已经足够满足要求了，但基于高质量零件所进行的合并仍可能提高产品的质量。

5.3.6 零件表的结构化

如图5-1所示，按照直径、节距、速比、功率、流量、电压、欧姆、微法拉等数据，将零件表按适当的顺序进行结构化。

5.3.7 对零件表进行复审

通过搜集所有有关工程部门代表的反馈意见，对每个零件和特征类型的基本零件表草表进行复审。这是形成通用零件表(commonality lists)的正式步骤之一，也可能是向那些有经验的工程师征求意见的非正式步骤，这些工程师可被当作各部门的代表。各部门代表的早期参与，能减少本阶段的不同意见。

5.3.8 分发基本零件表草表

把基本零件表草表分发给每一位工程师，同时说明通用化对于企业目标，特别是对大规模定制目标的重要性。征求反馈意见，以确定基本零件表草表是否已包含了新设计所需的各种零件。询问工程师们，表中是否有多余零件或是否有重要零件被错误地忽略了。

5.3.9 基本零件表的最后确定

审查从基本零件表草表的复审过程中得到的反馈意见，根据有益的意见向表中加入适当的零件或从表中删除某些零件，将基本零件表最后确定下来，并准备实施。由于通用化是柔性制造和按订单生产的前提条件，因此也是大规模定制的前提条件，所以，必须坚定不移地予以实施。

5.3.10 确定实施通用化的范围

通用化涉及的范围，应当与实施资源及企业对基于通用零件进行设计的重要性的认识相匹配。某些企业会从低目标开始，如紧固件或电阻，取得成功后，可以进一步推广到其他类型的零件。当企业着手对其产品进行大规模定制的时候，针对所有零件的有效的通用化工作是在必行的。

5.3.11 对设计人员进行教育

在下发基本零件表之前，应该对设计人员进行关于在

新设计中使用通用零件的重要性的教育，指出它对制造柔性和降低一般性管理成本的重要意义。另一个具有教育意义和激励作用的方法是采用“揭老底”的方法，即：揭示过去在使用大用量零件同样可以达到设计意图的情况下，因设计人员想当然地选择低用量零件而造成的零件种类激增的程度。设计人员应当认识到，不管一个零件看起来多么简单，都会引起用于文档记录、零件采购、储存、分发和补充的一般性管理成本，同时也会因小批量制造造成巨大的费用。

5.3.12 确定采用通用零件表的严格程度

采用通用零件表的严格程度应反映出企业对制造柔性、自动化技术的利用、降低一般性管理成本和良好服务的需求。一个产量大、有昂贵的自动化设备的柔性工厂要求100%地采用通用零件表，这样才能保证不会因装载非通用零件而将设备停机。如果制造柔性是大规模定制中非常关键的因素，那么大规模定制环境也要求100%地采用通用零件表。不打算100%地采用通用零件表的企业，应该分析一下这种“非通用化”对柔性操作造成的影响。

许多企业只是在希望降低现行零件库存的情况下，才鼓励工程师使用已经在用的零件。例如，通用电气照明公司的目标是在新的设计中有90%的零件是用过的。¹²

5.3.13 下发通用零件表

将通用零件表中作为通用或优选的零件正式确定下来，

用星号或粗体字把它们在更大的、可能仍在用于非大规模定制的产品的推荐零件表中加以突出表示。一种更有效的方法是将优选的通用零件单独地列在一个表里，或列在零件通用表中包含该类零件的相应区段的前面部分。英特尔系统集团公司将优选零件列在一张黄色的纸上，后面则是列在白纸上的现有的被认可零件。如果只使用通用零件，就只需将通用零件表下发给工程师们。

5.4 零件通用化的结果

作者在英特尔系统集团公司实施了这种零件通用化的做法。针对 20 000 种印制电路板和计算机零件，通过通用化构造了一张含 500 种零件的“优选”零件表。把 2 000 种“轴类”零件（电阻、电容和二极管）减少到 35 种，并分为两组，一组是需要进行轴向安装的，另一组是需要进行表面安装的。

计算机系统的紧固件被标准化成一种螺钉！通用化过程是这样进行的：服务部门想采用十字头螺钉，这样他们就能使用同样的工具；质量部门想要一个便于使用的凸状垫圈来保护表面油漆；工程设计部门想采用长度仅为 1/4 英寸的 6-32 规格的螺钉；制造部门提出螺钉长度应为 3/8 英寸，这样在自动送料改锥里才不会翻倒。在以前的设计中，不同类型的螺钉太多，以致于无法使用自动送料改锥。新的设计在 40 个地方使用了标准螺钉，再加上螺钉正确的几何形状，从而使自动送料改锥得以有效地应用。若螺钉比实际所需的长度长出 1/8 英寸，会使螺钉从紧固件中凸起，

这违反了禁止有这种凸起现象的操作标准。但只要这种凸起不造成安全问题，或不在任何方面牺牲产品的功能，那么就可以修改该标准，允许这种凸起。

大规模定制需要足够的运作柔性，英特尔公司的执行目标还不是100%，但我们感到，即使是95%的通用化也能大量地节省材料的一般性管理费用。

5.5 工具的通用化

与零件通用化相关的一个话题是工具的通用化，它确定在装配、调整、校准、检验、维修和服务过程中需要多少种不同的工具。加工工具的通用化将在特征的通用化之后讨论。

工具的通用化通过消除制造过程中定位和更换工具等辅助性工作对大规模定制产生影响。如果由经销商或客户完成定制，那么理想的情况是不需要工具。一旦需要工具，产品的设计就应该围绕通用工具进行，这些工具应易于使用，而且经销商或客户也能够得到。产品中可以附带一个简单的、能完成所有定制任务的工具。

有的设计可能要求使用几种不同长度的螺钉，但如果螺钉的头部形状相同，就可以使用一个改锥。如果维修服务人员要在移动或在不方便的环境下工作，如在净化室内、只能爬行的地方、狭窄的通道、公用电线杆、水下、空中等等，那么，工具的通用化就更加重要。工具的通用化还有助于降低随产品提供的维修工具箱的费用（如随汽车提供的工具箱），并使客户能自己进行更多的维修。

应当按照标准进行工具的标准化，使之成为易于获得的工具。通常因为在设计过程中没有考虑工具的种类，所以才需要专用工具。有时，仅仅因为在产品设计时没有考虑到留出使用工具的地方，就需要专用的工具。

企业范围内的工具通用化可按下列方式进行：首先，分析用于现有产品的工具。按使用情况排出优先次序，找出现有工具中最“常用”的。如果可能的话，与制造和服务人员，以及经销商和客户一起，确定优选的工具。把选出的通用工具与通用零件加以协调，将通用工具表与通用零件表一起下发。

5.6 特征的通用化

诸如钻孔、铰孔、冲孔和薄板弯曲半径等特征需要使用专用的刀具，例如钻头、铰刀、冲模和弯曲心轴。如果没有可装备所有刀具的机器，就要更换刀具，这就使得每次需更换刀具时都要进行相应的准备工作。有些机器有自动更换刀具的功能，但其刀具库容量大都受到限制。

大多数的薄板弯曲半径只要求在适当的范围之内，并不要求给出某个特定的值。但在设计图上，设计者为了完成设计图必须给定一个弯曲半径值。遗憾的是，大多数设计者想当然地指定一个弯曲半径，使得加工车间不得不更换和重新定位轴心，才能按照这个半径卷板。

更微妙但仍很重要的一点是，通用特征是按照车床、铣床等机床上所使用的切削刀具进行标准化的。就弯曲半径而言，当标准圆角半径能够满足整个产品族的要求时，

许多设计者却想当然地自行确定一个圆角半径。各种各样的圆角半径使得机械师不得不经常更换切削刀具。

在为CNC铣床设计零件时，设计者应该在产品族中指定相同的标准圆角半径，从而可以只使用单一的铣刀。这保证了在铣削该产品族中的所有零件时，不必改变设备的设置，因此保证了制造的柔性和昂贵设备的高利用率。

为了实现特征的通用化，应根据标准的加工工具进行特征的标准化，并确保不超过刀具库的容量。可以调查一下本工厂和主要的外部经销商所使用的工具（不论其现在是否使用）。一种可靠的办法是，只选择所有设备和经销商都易于制造的特征。根据加工工具的可用性和加工能力，编辑一张特征表，并将其随同零件、手工工具和原材料的通用表一起下发。

5.7 原材料的通用化

大规模定制模式要求产品的原材料具有通用性，此时的定制就是“量体裁衣”（cut-to-fit）。如果能对加工用的原材料实行标准化，那么就能以足够的柔性加工不同的产品，而无需对原材料、夹具或切削刀具等进行更换等准备过程。

1. 棒材/管材

如果能够将原材料标准化为一种规格的棒材或一种规格的管材，那么，计算机控制的机器就可以通过控制程序，按照所需的长度切割相同的材料。这种柔性能确定进行“量体裁衣”的定制的可行性。虽然手工切割的

适应性可能更强一些，但材料的标准化能将操作指令简化到只有一个长度值，从而把因为拿错材料而引起失误的可能性减至最低。

2. 板材

如果能把板材标准化到一种厚度和一种材质，计算机控制的激光切割机就能切割所有的薄板零件，而不必更换板材。此时，自动化的薄板进料机就可以根据需要给机器重复装载板材。当零件很小，以致于不需更换板材就能从一张板上切割出许多零件时，这种标准化就显得更加重要。

3. 模压/铸造

大规模定制的策略可能要求提供大量不同品种的模压或铸造零件。如果能利用相同的原材料将模压和铸造操作标准化，使许多不同零件使用相同的模具，以分摊其加工时间和工具的费用，那么，模压和铸造过程的成本将更低。材料的标准化避免了更换材料和设备的清洗。如果模具是根据夹具的通用性进行设计的，它们就能被快速地更换，从而将准备时间降到最低。随着铸造材料的标准化，一罐熔料可以同时浇注到几个模具里。

4. 保护性涂层

保护性涂层的标准化简化了操作，并通过取消更换涂层材料和清洗设备所需的辅助工作，提高了操作的柔性程度。与零件的通用化一样，表面涂层也能通过采用“更好的”涂层进行标准化。即使表面涂层的成本提高，但考虑到标准化在加工中的价值，还是可以节约总成本。这一观点的合理性将在下面“昂贵零件的标准化”一节中进一步

论述。如果油漆的目的只是出于功能上的要求，而几乎不需考虑审美要求，如用于工业设备或主要用在产品内部，那么也可以将涂层的标准化应用于此。实际上，很多工农业产品是靠一种标准的油漆颜色来识别其品牌的。例如，农民能立刻认出绿色的拖拉机或联合收割机是约翰·迪尔公司（John Deere）的产品。

5. 可编程芯片

可以为许多集成电路（IC）独立地或在生产过程中进行编程。可编程芯片的通用化是将很少的几种“空白芯片”进行标准化，这实现了这些芯片的柔性编程，可以在它们被装配到产品上时，通过在线的编程站进行“快速”编程。理想的情况是，每一个空白芯片都对应有—个专用的编程站，以避免相应系统设置的改变。因此，可编程芯片的通用化可以把编程站的数量减到最低，并能在芯片被插入或放置在电路板上的时候进行编程。

6. 线材

通用化也适用于根据长度购买的材料，如电线、绳索、塑料管、电缆、链条等等。可通过以下方法减少线材的种类：

- 按需要进行切割。线材可以根据所需切割长度的类型进行标准化，从而使加工设备能正好切割和剥去电线末端的外皮。采用这种方法时，在每个使用地点都需要—台机器。
- 看板系统。电线和管材也可以事先切割好，但是为了不增加费用开支，不为它们分配独立的零件编

号。生产真空和气流测量 / 控制仪器的 MKS 仪器有限公司 (MKS Instruments, Inc.), 开发了以下的系统。为了避免给许多切下来的材料分配零件编号并将它们视为不同的零件, 可以按照预先确定的数量(如一天的用量) 根据所需长度切割电线或管材, 然后把它们放入每个使用地点的两个相邻的看板箱中。把一个看板箱放在另一个的前面, 当前面的看板箱被用空的时候, 就将其送到中央分发机, 箱上的标签会将材料的类型、长度、数量和箱子应返回何处等信息告诉分发机的操作者。箱子被装满后返回使用地点, 放在另一个箱子后面。这样, 当另一个箱子被用空的时候, 它就可以前移并被使用。这种简单的方法能减少工厂里数百或数千个零件编号, 从而降低成本, 减少延误, 提高柔性, 并促进大规模定制。

- 在零件分发时印刷。在电线和管材被分发的时候, 用某种设备在它们上面印出不同颜色, 这样就不需要储存各种颜色的材料, 从而进一步降低了线材的种类。在电线和管材上印出颜色后, 工人就不必记住或查阅颜色编号, 因此能减少装配和服务时的失误。如果印上文字, 而不是颜色, 还能解决色盲带来的问题, 例如可以印上“地线”、“+12伏”、“电源”、“复位”、“1 000磅/平方英寸”等字样。对国际性的产品, 可以用多种语言印刷, 从而降低因标签不同而造成的内部多样性。这样的印刷 / 分发设备既可以

配备在零件的每个使用地点，也可以位于双看板箱装料的中央位置。

5.8 工艺的标准化

并行的产品和工艺设计保证了由设计部门，而不是根据偶然性或“以后再定”的方式确定工艺，由此产生了工艺的标准化。必须实现工艺的协调和通用性，以保证能够在不改变系统设置的情况下制造大规模定制族（mass customization family）中的所有零件和产品，从而避免制造柔性的降低。

受零件标准化影响的工艺之一，是螺钉的机械化紧固。自动送料改锥（见图 5-2）是一种加工成本很低的机械化工具，它能确定螺钉的方向并由气流将螺钉沿管道输送到改锥端部，然后由操作者按下改锥手柄上的开关，拧紧螺钉。一个预先调整好的扭矩限制装置能够保证螺钉被适当地拧紧。这种生产工具能输送任何类型的螺钉（如机加工螺钉、自攻螺钉等），但一次只能是一种类型和规格。可以更换不同规格的螺钉，但这在柔性操作中需要很长的准备时间。因此，只有当紧固件具有通用性时，自动送料改锥才能得到有效的利用。

并行工程的另一个问题是，所选定的螺钉的长度必须比其宽度要大，这样，螺钉在沿管道由气流输送时才不至于翻倒。每个制造商都提供如何确定这些尺寸的详细说明书。

在位于华盛顿州温哥华的惠普 DeskJet 工厂，当类似设

备被安装在特殊设计的用于分发螺钉的机器人或装配装置上的时候，符合同样原理的类似设备就能够自动地拧紧螺钉。

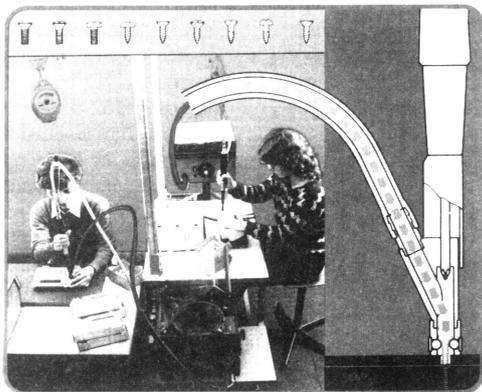


图5-2 自动送料改锥

图片来源：Photo courtesy of Deprag, Inc.; Lewisville, Texas.

5.9 昂贵零件的标准化

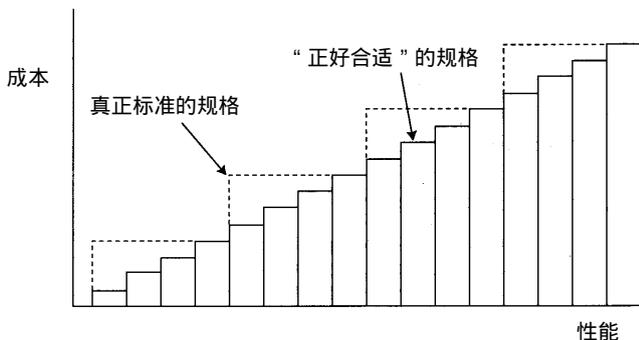
通常，诸如紧固件等便宜零件的通用化不会遇到太大的困难，因为通用零件的成本与非标准零件的成本差不多。但是，随着零件成本的提高，标准化工作将会遇到比较大的阻力，因为人们认为，使用大一号的（更贵的）标准零件的成本要比使用正好满足产品要求的零件的成本高。然而，如果考虑到标准化的总成本，就可能推动对昂贵零件实施标准化。

下面的例子解释了对昂贵零件实施标准化的阻力和机会。在对一个生产空调器和加热炉的企业进行培训时，我

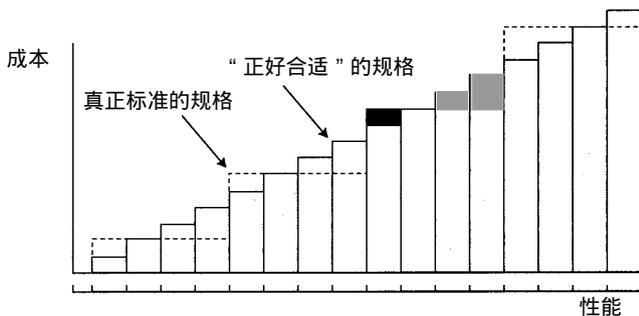
们发现，该企业使用了152种不同类型的发动机。当我们向设计人员指出这一点的时候，他们坚持认为他们需要所有这些发动机，以使每个应用的地方都使用“适当的”发动机。然后，我们询问其供货商——通用电气客户发动机部（GE Consumer Motor Division）：“如果把发动机种类降到5种或10种，将会节约多少费用？”他们的回答是：“非常大！”对这5种或10种发动机的订货数量可能是现在订货量的10倍，由此将带来更高的规模经济效益。不仅如此，选出的这5种或10种发动机会是生产线上成本最低的，因为公司也为其他企业大量生产这些发动机。

图5-3a明显地表示出，对某一个给定的产品，标准零件的成本高于“正好合适”的零件的成本。然而，如果企业所有的产品都使用标准零件，由于节省了采购和一般性管理费用，这些标准零件的使用成本就会降低。于是，企业就能从昂贵零件中获得净收益，如图5-3b所示。某些产品或许不得不使用比所需零件更贵的零件（图中黑色阴影部分），但大多数产品能使用比较便宜的标准零件（图中网线阴影部分）。其结果是企业不仅获得了净收益，而且提高了大规模定制所需的制造柔性。

此外，为满足通用化要求而对昂贵零件进行标准化时，可以选择大量生产的低成本零件，以利用供货商的规模经济效益。一般说来，这些大量生产的零件比较容易获得，而且可能具有更好的质量和可靠性。但是，设计人员可能没有意识到性能、价格、获得的难易程度和质量之间的非线性关系。



a) 零件成本阶梯图
(当做出独立的采购决策时)



b) 零件成本阶梯图
(当考虑到因大量采购和较低的间接成本
而造成的较低的标准零件成本时)

图5-3 昂贵零件的标准化

5.10 促进标准化

在了解了减少内部多样性对大规模定制的重要意义之后，大规模定制企业或潜在的大规模定制企业，必须尽早加快标准化的实施。这意味着要鼓励设计人员在通用零件基础上进行设计（即使通用零件看起来比较贵），确定通用

的设计特征，选用通用工具，根据通用材料进行设计，在通用工艺的基础上进行并行的产品设计。作者的经验表明，设计人员并不会自觉地接受这些目标，实际上，他们可能被其他准则所误导，如强调单个产品的零件成本和低开支，而不是强调产品族的总成本。

可以通过下列步骤促进标准化，这些步骤包括：给通用零件的物料一般性管理成本率“打折扣”，预先审定通用零件，制订易于获得的通用零件的样本和说明书，以及强调总成本的观点，最好将其结合到总成本统计系统中去。除了上述步骤以外，管理者还要抓住每个机会，在目标、政策、指令、“激励性的谈话”和培训中，强调通用化的重要性。

5.10.1 物料的一般性管理成本率

通用零件的采购及它们在工厂内的分发所造成的一般性管理成本的负担，与通常由过多的内部多样性所造成的成本负担相比要轻。因此，通用零件的物料一般性管理成本率比较低，这反映出实际的一般性管理成本比较低。通用零件较低的物料一般性管理成本率不仅更精确地反映了一般性管理成本的大小，而且也应当会促进工程师选用通用零件。

最简单的方法是像英特尔系统集团公司那样，建立一个两级的一般性管理成本率：一是通常的物料一般性管理成本率，一是通用零件的较低的一般性管理成本率。由于前面指出的那些原因，通用零件需要较少的一般性管理费用，所以这是一个非常顺理成章的方法。为了补偿通用零件较低的一般性管理成本率，通常的物料一般性管理成本

率将不得不在原来的单一比率的基础上有所提高。由于利用率低的零件的一般性管理成本较高，所以给这些零件指定一个较高的一般性管理成本率也是合理的。因此，如果工程人员选用了通用零件，其设计将得到较低的物料一般性管理成本率的“奖励”。相反，如果他们选用非通用零件，一般性管理成本率甚至会比原来的单一比率更高。

确定通用零件一般性管理成本率的另一个方法是建立一个与数量成反比的可变的比率，这样，被大量使用的零件的一般性管理成本率就非常低，而使用量很小的零件的一般性管理成本率就比较高。Tektronix公司的便携仪器部，将这种方法作为“成本驱动要素”来阻止工程师们使用小批量的零件。¹³

5.10.2 预先审定通用零件

使用通用零件的企业与不使用通用零件的企业相比，用于新设计中的零件类型要少得多。所以，与使用 10 倍零件种类的企业相比，能够更彻底地评估这些通用零件，以及更彻底地审查供货商资格。经过预先审定的通用零件可以立即使用，设计小组不需等待零件的合格性审核，这样就能加速产品开发。

5.10.3 现场存放

通常，由于通用零件种类不多，所以，可以在设计部门“现场存放”通用零件，这样，工程师能够在设计部门内随时得到通用零件的样品。在现场存放样品有助于设计

小组根据通用零件将设计构思具体化，从而促进通用零件的使用。现场存放样品能使工程师很容易获得通用零件，并对它们进行评估、实验和构建实验模型。当然，也可以把现场存放的样品安装在设计小组附近的展示板上。

5.10.4 个人展示板

对于紧固件之类小型廉价零件，可以发给每一位工程师一个个人展示板(personal display boards)，上面安放有带有标签的通用零件，标签上标有零件的一般参数和企业的零件编号。在作者的推荐下，惠普公司采纳了上述手段，将大规格绘图仪的紧固件数量从几十个降到只剩下7个。把这7种紧固件样品固定在一块铝板上，板上贴着印有参数和零件编号的纸条。将这些个人展示板发给所有工程师，提醒他们使用标准紧固件。

5.10.5 规格说明书

可以复制和编辑通用零件的规格说明，将其写成一本单独的规格说明书，或者存入数据库。这样做能鼓励工程师使用通用零件，因为他们能在一本参考手册里找到所有的零件规格。

5.10.6 成本准则

如果成本统计是建立在产品族总成本的基础上的，就能够促进通用化的实施；而如果成本统计是建立在单个产品的零件成本基础上的，就会妨碍通用化的实施。如果统

计系统不能定量地计算总成本，就要鼓励工程师们定性地进行权衡通用化的收益，如下一节所述。

5.11 为什么减少内部多样化是非常重要的

对零件、特征、工具和材料实施通用化，能给所有企业带来好处，即使企业目前还没有开始实施大规模定制。由于通用化是大规模定制的前提条件，所以通用化是首先必须实施的步骤之一。因为一般仅对新产品进行通用化，所以应尽早地加以实施，以便能够尽快地从中获利。下面从对大规模定制非常重要的四个方面，即柔性、响应速度、降低成本、质量，讨论通用化的益处。降低成本方面的益处，将在第6章中详细论述。

5.11.1 柔性

1. 消除制造的准备工作的准备工作

如果用于制造的零件数量足够少，就可以将那些通用零件长久地装载在装配设备上或者放在手工装配箱里。这样使得所有产品能够按照同样的工艺进行制造，不必因零件的不同而改变制造系统的准备工作。

2. 减少库存

由于存储和分发的零件种类的减少，可以大大降低库存，这能够降低新的或“未加工的”零件的库存。零件的通用化和消除制造的准备工作的准备工作，也促进了准时制造的实施，从而极大地降低了在制品库存费用和厂房空间。

3. 内部材料后勤管理

由于需要订货、接收、登记、储存、分发、装载、装配、检验和重新订货的零件种类的减少，工厂内部的零件流动情况将得到改善。在零件的使用地点分发尽量少的零件，将能够避免零件集中所需的空间和费用。

4. 面包车分发

不需要任何采购或内部分发方面的一般性管理费用，就能够把大量使用的、低成本的通用零件递送到使用地点。可以与低成本零件的供货商一起做出安排，由供货商保证所有使用地点的零件箱都装满通用零件，就像通过“面包车”分发保证商场的货架上总有面包一样。供货商只是收取企业每月所用零件的费用。对于紧固件、垫圈和电阻等低成本的通用零件来说，这是一种非常有吸引力的做法。这种获取零件的方法不仅明显地节约了开支，而且不容易发生零件短缺的现象，避免了哪怕因一个一分钱的小垫圈的短缺而引起的生产的停顿。

5. 柔性制造

消除了制造系统准备工作方面的改变，使得产品能按任意的批量进行生产。当不需要任何准备就可以进行生产的时候，就能以任何数量生产产品族中的任何产品。柔性制造是企业按照大规模定制的订单进行生产的关键。

5.11.2 响应速度

1. 按订单生产

反过来，柔性制造又能消除成品库存，使工厂只按照订单生产那些能够立即运走的产品（因为这是已经订购了

的产品)，这就是所谓的“按订单生产”。按订单生产的另一个重要的好处是，昂贵的零件只用在被立即交给客户的产品中。此外，由于昂贵零件的使用时间与售出时间更加接近，进而降低了利息开支。

2. 零件的可获得性

一般说来，零件类型越少、使用量越大，意味着发生零件短缺以及生产被延误的可能性越小。当按照订单大规模地定制产品时，对零件的可获得性需要予以特殊考虑。设想在某一时刻根据预测进行生产时的情形：由预测提供信息，MRP系统根据这个信息预先订购零件，这样，可以在零件被使用之前将它们运送到工厂。在按订单生产的环境中，这种用于订购零件的预测信息少得多。为所有可能的订单储存所有的零件在理论上是可行的，但这需要大量的库存费用和空间。可以通过零件的通用化，以下列方法之一解决这一两难问题：对大批量使用的通用零件，采用准时交货的方法；对便宜的、经常使用的通用零件，由供货商以“面包车”的方式把零件箱装满；储存剩余的通用零件，因为在大规模定制环境下，每个储存的零件都可用于许多不同的订货情况。

3. 供货商快速交货

如果能使供货商订购和储存的零件种类减少，那么零件和材料的通用化就能够加快他们的交货速度。在通用原材料规格的基础上设计的零件能被更快地订购，它们甚至可能就存储在供货商的原材料库中。如果产品是根据供货商已有的通用工具进行设计的，那么供货商也不需要再订购特殊的工具。

5.11.3 降低成本

1. 采购成本

通用零件的采购成本很低，这是因为以更多数量采购更少品种零件的缘故。它不仅减少了采购的次数，而且使企业能获得数量上的折扣和更好的供货条件。大批采购较少品种的标准零件是实现及时交货的关键，而且对大规模定制也是至关重要的。

2. 降低库存成本

零件的通用化能直接或间接地降低所有三种类型的库存及其巨大的维持费用。使用通用零件和通用材料，能够减少新零件库存中的零件种类和原材料库存中材料的种类。零件和特征的通用化有助于消除生产的准备工作，有利于实施准时制造，减少在制品库存。通用化使按订单生产时容易获得所需零件，这也能够减少成品库存。

3. 减少厂房空间

减少库存和消除零件的集中能够大大减少对厂房空间的需求。在准时制造过程中，在各个工作站之间移动单个零件，从而免去了移动大零件箱所需的叉车通道，这样也能节省厂房空间。减少对厂房空间的需求是一个很有吸引力的做法，它可以避免需要建造新厂房或搬进大厂房的情况。这或许是一个实实在在的“潜伏”问题，直到企业需要扩大厂房或需要搬到有更大空间的地方时，这个问题才会暴露出来。如果减少厂房空间是持续改善计划的一部分，就可以推迟或避免扩大厂房空间或搬家的需要。

4. 降低一般性管理成本

除了降低采购、库存和厂房空间的相关成本之外，通用化还降低了构成物料一般性管理费用的其他成本，包括制订文档、管理、资格认定和零件分发的费用。通过特征的通用化将加工像冲孔和薄板弯曲特征所需的刀具数目减至最低，从而降低了刀具成本。

5.11.4 质量

1. 产品质量

工厂里零件种类的减少，意味着使用错误零件的可能性减少。某半导体加工设备的制造商，由于拥有太多不同的螺钉，以致于错误地用过长的螺钉来固定一个机箱盖，而盖子下面装有光敏传感器。由于螺钉太长，穿透了螺纹盲孔的底部，使得机箱不能充分地挡住外来的光线，致使设备在使用时出现了故障。公司和客户浪费了很长时间进行故障诊断，先检查了传感器和相关的电路，然后才发现了由于错误使用的螺钉所引起的光线泄漏。

2. 持续的改善

除了前面谈到的因消除在制品库存而节约的大量成本之外，减少库存也是持续改善计划的一个关键环节。¹⁴ 库存中隐藏着许多问题，消除库存使这些问题得以暴露，并迫使人们去解决这些问题。¹⁵

3. 减少供货商

因为较少种类的零件通常来自较少的货源，所以通用化减少了供货商的数量。与较少的供货商打交道，可以加强与这些供货商的联系，其结果是建立了所希望的“供货

伙伴”关系。较少的供货商意味着企业可以更好地审查每个供货商的资格，同时也可以更好地评估每种零件。

在此，明确地传达给大规模定制企业或潜在的大规模定制企业的信息是：现在就开始降低内部多样化，消除生产的准备工作，并对零件、特征、工具、工艺和材料进行标准化。这有助于确保柔性地制造那些根据上述标准设计的产品，使大规模定制成为可能，并获得效益。所有部门应协同工作，用这些通用化方法减少内部的多样化。即便仅仅实施通用化一项，其效益也很巨大，而它为大规模定制带来的效益就将更加可观。

注释

1. Clay Chandler and Michael Williams, " A Slump in Car Sales Forces Nissan to Start Cutting Swollen Costs, " The Wall Street Journal, March 3, 1993.
2. Brian H.Maskell, Software and the Agile Manufacturer (Portland, OR: Productivity Press, 1994), p.335.
3. Robin Cooper and Peter B.B. Turney, " Internally Focused Activity-Based Cost System, " in Measures of Manufacturing Excellence, ed. Robert S. Kaplan (Boston: Harvard Business School Press, 1990), p.293.
4. Tim Stevens, " Prolific Parts Pilfer Profits, " Industry Week 244, no.11 (June 5, 1995), pp.59-62.
5. Venkat Mohan, President and chief operating officer, CADIS Inc., Boulder, Colorado.
6. George Taninecz, " Faster in, Faster Out, " Industry Week 224, no.10 (May 15, 1995), pp.27-30.
7. Michael R. Ostrenga, Terrence R. Ozan, Robert D. McIlhattan, Marcus D. Harwood, The Ernst & Young Guide to Total Cost Management (New York: John Wiley & Sons, 1992), p.150.
8. Marshall Fisher, Anjani Jain, and John Paul MacDuffie, Strategies for Product Variety, Lessons from the Auto Industry (Philadelphia: The Wharton

- School, University of Pennsylvania, October 9, 1992, revised January 16, 1994).
9. Eric Teicholz and Joel N. Orr, Computer Integrated Manufacturing Handbook (New York: McGraw-Hill, 1987), p.96.
 10. CADIS-PMX (Parts Management eXpert) is available from CADIS, Inc., 1909 26th Street, Boulder, Colorado 80302; (310) 440-4363.
 11. Stevens, "Prolific Parts Pilfer Profits."
 12. CADIS case study, CADIS, Inc., Boulder, Colorado.
 13. Cooper and Turney, "Internally focused."
 14. Kiyoshi Suzuki, The New Manufacturing Challenge, Techniques for Continuous Improvement (New York: The Free Press, 1987).
 15. Richard J. Schonberger, Japanese Manufacturing Techniques; Nine Hidden Lessons in Simplicity (New York: The Free Press, 1982); World Class Manufacturing; The Lessons of Simplicity Applied (New York: The Free Press, 1986).



第三部分
产品的大规模定制所面临的
挑战：成本和速度

第 6 章

把“大规模”概念融入大规模定制中



6.1 大规模定制面临的挑战

从根本上讲，大规模定制所面临的挑战并不仅仅在于提供定制，早在工业革命以前几百年，手工业就已经做到了定制。确切地说，这种挑战在于：

（1）快速地生产定制的产品。这可以通过在柔性制造环境下按照订单进行的快速生产得以实现。下一章将对此进行讨论。

（2）以低成本生产定制的产品。本章将说明如何实现大规模定制产品的低成本，即：在设计中“把大规模的概念融入大规模定制模式”。

在产品的设计完成之后，很难再通过“降低成本”的措施来削减成本。所以，必须在产品和生产工艺的设计阶段确定成本，否则，“降低的”成本甚至还不足以补偿实施这类措施本身所需的费用。

以最低的成本生产产品的关键在于，从总成本的角度来权衡与产品有关的所有设想和决策。不幸的是，在典型的

企业成本统计系统中，只记录了材料成本和人工成本。所有其他的成本被称为间接成本，它被按照某种想当然的分配算法分摊到企业的所有活动之中，如按照材料、人工或加工成本的一定比例进行计算。然而，各种产品并不具有同样的间接成本需求。实际上，可以通过设计来降低很多间接成本。

本章将讨论两类成本，即“记录的成本”，如人工成本和材料成本，以及“未记录的成本”，如间接成本。本章将说明如何利用先进的设计技术，设计出需要最少的人工和材料成本的产品，然后用最低的间接成本来非常有效地生产这些产品。

本章有两个目的。一个目的是提供几种在许多传统操作中节约成本的方法。采用本章最后一部分讲述的总成本的方法，可以计算出这些节约的成本。当大规模定制的产品必须使用与非定制的产品相同的生产设备并共同承担其一部分间接成本的时候，这一做法就显得尤为重要。正如下面所指出的那样，大规模定制产品要求有更低的间接成本，在分派间接成本时必须考虑到这一点。

本章的第二个目的是指出大规模定制生产的货币效益，这样能够促进读者去实施和支持那些将会带来效益的措施。这些措施包括：先进的产品开发方法、零件的通用化、模块化设计、减少生产的准备工作、准时制造、柔性制造和按订单生产，这些措施结合在一起，将赋予生产企业大规模定制的能力。

6.2 达不到低成本的原因

在了解如何设计低成本产品之前，重要的是要消除一

些关于成本的错误观念。产品的低成本并不仅仅来源于它的大批量，这只不过是大规模生产模式的情况。事实上，具有正确的设计和柔性的操作，能够以与生产数量无关的低成本制造出大规模定制的产品。

廉价的零件并不能保证获得低成本的产品，从表面上看，便宜的零件降低了记录的材料成本，所以人们经常选用这些零件。但是，便宜的零件经常会引起其他成本，如质量、服务和操作的成本，以及其他间接成本。同样，以任何方式走捷径都可能会在后来反而造成更高的成本。通过定量确定各种成本所进行的总成本统计，对于处理这类问题是有帮助的，但是在此之前，产品设计人员必须遵循总成本统计的思想来考虑设计中的问题。

一个不明智的降低产品成本的策略，可能就是去掉产品的某些特征。虽然这样可能会减少成本，但也可能减少收入，阻碍产品的更新。

许多企业在急于把产品推向市场的过程中，推迟了对成本的关注，直到后来才做出“降低成本”的努力。采用这种策略后的第一种情况是，由于企业在竞争中占据了优势，可能根本就不会展开降低成本的工作，所以，在该产品被淘汰之前，始终保持着较高的成本。另一种情况是，根本就不可能有效地降低成本！

在产品完成之后，是很难再将成本降低下来的。正如下面所述，80%的成本是在设计阶段决定的，以后很难将其削减。削减已经记录的成本（如零件的成本），可能会引起其他方面的成本开支（如质量成本）。为了降

低成本而更改设计则可能带来其他的变化。在生产开始之后，再试图降低成本而所做的努力通常是徒劳无益的，因为许多早期“固化”了的决定限制了这种可能性。最终，在产品期望寿命中节约的成本，可能还不足以弥补做出这些改变所需的总费用。几乎没有企业真正跟踪更改设计的总成本。

将注意力过分集中在降低成本上，还会产生一些无形的影响：其所占用的努力和智慧，原本可以用于从事更具创造性的活动，如开发更好的新产品。某跨国公司的一个部门之所以没有时间进行开发低成本产品的培训，其原因竟是雇员们都在忙于开展 31 项降低成本的项目！

削减产品开发和持续改进方面的费用，不能够带来产品的低成本。当然，或许并不是绝对正确的，但诸如“所有部门压缩 15% 的预算”的企业策略，确实将影响产品开发的预算。

制造方面的某些错误观念，也不能够带来产品的低成本，例如采购低价零件，或在海外制造以降低人工成本，实际上，这些常常引起许多其他的间接成本并延长交货时间。

6.3 通过设计把成本降至最低

如图 6-1 所示，产品寿命期内累计成本中的 80% 是由产品的设计决定的。¹ 对大规模定制来讲，更为重要的是，产品结构决定了产品成本的 60%。低成本设计所遵循的前

提是：成本是由设计决定的，尤其是由早期的概念设计决定的。

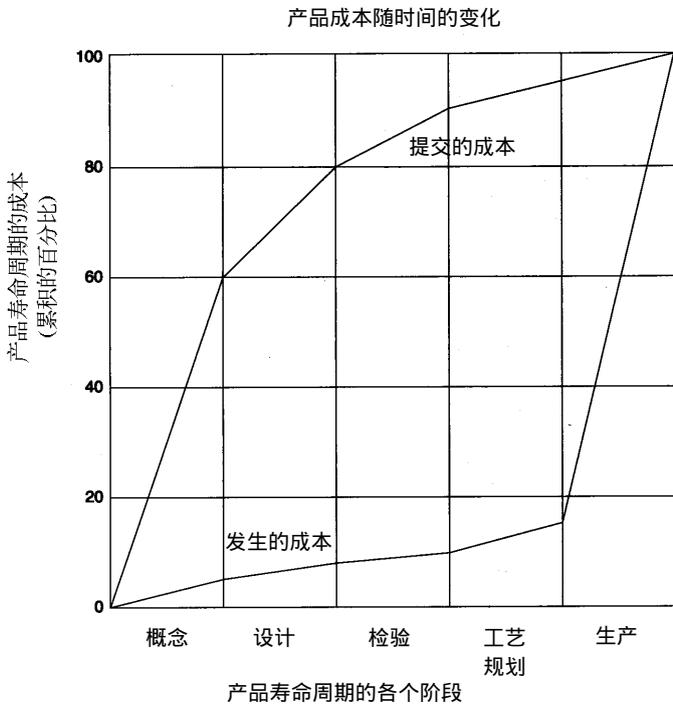


图6-1 成本是何时确定的

诸如“面向可制造性的设计”此类的工具，有助于设计出易于制造的、因而也是低成本制造的产品。在并行工程中，因为加工工艺的设计是与产品的设计并行的，所以能够保证有最低成本的加工工艺。可以运用“健壮性”设计技术 [田口 (Taguchi) 方法——实验设计法]，在产品的设计阶段对质量因素加以考虑，然后在制造过程中通过

工序控制而不是用更昂贵的检验方式来保证质量。最大限度地利用零件目录，可以尽可能地降低零件成本。供货商的尽早介入，能够使企业得到价格更低的外购零件。在第9章中将讨论这些内容。根据总成本统计数据所做出的决定，可以获得最低的总成本。

结构设计的最优化

减少产品成本的最有利机会在其结构设计阶段，该阶段通常决定产品寿命期内累计成本中的60%（或者更多）。但实际上，在许多产品开发项目中，当设计人员假定产品的结构与原来的产品或与之竞争的产品的结构相同时，这个最大的机会经常被忽视了。在产品开发的结构设计阶段，充满了通过创造性概念简化而大大降低成本的机会。在第9章中将会列举一些这样的例子。

对于大规模定制模式，产品结构设计阶段既将决定产品到底是如何定制的，也将确定模块性、可调整性和可变型性之间的最佳平衡；最后，该阶段还将决定产品的定制效率是否能够达到大规模定制的要求。

6.4 计算总成本

1. 成本的一般定义

传统的成本统计系统提供图6-2a所示的成本结构图，它使产品开发团队将注意力只集中在材料、人工和工具的成本上。如果只考虑这些成本，将会限制人们的视野，导致目光短浅的结论，即认为产品成本的80%是零件（和工具）成本。所以，“减少成本”的措施常常集中于降低零件

成本，其常见的做法是购买便宜的零件。

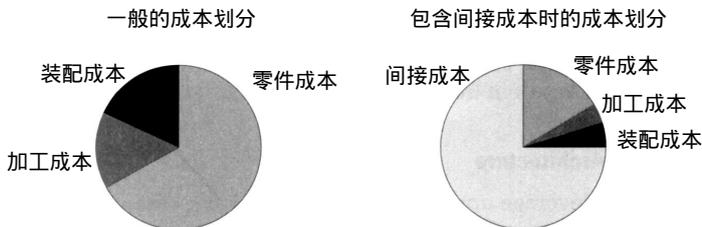


图6-2 包含间接成本和不包含间接成本时的成本结构

2. 总成本的概念

总成本统计提供图 6-2b 所示的成本结构图，它提供了根据总成本做出决定的可能性。设计人员必须意识到间接成本的巨大（常常比人工和材料成本更高），以及他们确实能够改变这些成本。

一些设计人员认为，如果人工成本只占总成本的一小部分，那么可制造性就不太重要。但是，可制造性的问题能够引起巨大的间接成本，其中包括用于解决这些问题、应付紧急情况、工程更改（engineering change orders, ECOs）、编制支持文档和更换工具所需的成本，以及支付因延误而负担的罚款和错过的商机。

6.5 把间接成本降至最低

工程师、采购代理商和负责“降低成本”的管理者经常付出大量的努力，试图降低记录的成本，如人工成本和材料成本。他们精确地计算这些成本，然后再将结果乘以 4！但他们却极少考虑到间接成本所占的比率。

通过设计出间接成本最低的产品，产品开发工作能够对间接成本产生极大的影响。通过在设计时降低产品的开发费用、“质量费用”、库存费用、材料的间接费用和工厂的其它间接费用，可以降低产品的间接成本。

通过并行的产品和工艺设计、零件和工艺的标准化、设计和软件编码的重复利用、模块化设计、在设计中考虑质量因素、做“一次成功”的设计，以及优化制造柔性的设计等等措施，这种方法能够大大地降低间接成本。由于大规模定制模式依赖于制造的柔性，所以，柔性操作本身节约的费用也能给其带来效益。

6.5.1 产品开发的费用

下一章中将讲述一些先进的产品开发方法，这些方法能够通过下列活动，大大降低产品开发费用及相关的费用。

1. 产品族的优化选择

产品开发的首要步骤是确定开发什么。对于所有的敏捷制造模式，这一选择过程应该涉及到共享零件、模块、软件、工艺、设计和后勤支持的产品族，应当根据产品族或平台及其发展作出决策。

在确定参与哪个市场的竞争之前，企业应该了解它们现有产品的实际利润率。正如在第4章中所指出的，记录现有产品的利润率的意义只不过与记录成本的意义相似而已。在本章后面将讨论到，典型的成本统计系统过于粗略，无法区分产品间实际成本的差别，因此造成了成本统计上的失真。失真的成本统计导致失真的利润率分析，进而在决

定开发哪种产品的时候产生偏差。为真正有利润的市场所开发的产品，能够最有效地利用产品开发资源。如果我们认为某个市场能赚钱，但实际上它的利润极小，甚至赔钱，那么为这样的市场开发产品就是对资源的一种浪费。

要决定开发哪些产品族，应该根据客户/市场的需求与市场机遇及企业能力之间的平衡做出决定。企业能力包括人才、技术、专利和信誉等。第8章将对此做进一步探讨。

在选择开发的产品时，要考虑的最后一个因素是：决策的合理性。激动人心的技术和诱人的市场机遇很容易产生误导，理性的方法是：客观地评价潜在的技术，系统地定义产品规格以满足“客户的呼声”（第10章将讨论这一问题），并在总成本统计的基础上做出一切决定（本章的后面将进行讨论）。

2. 多功能设计团队

必须拥有有效的产品开发团队，从而减少产品开发的成本。产品开发团队必须保证产品的一次性设计成功，因为工程更改的费用是很高的，而进行重新设计的费用则更高。一次设计成功需要有好的产品开发方法，这将在第9章进行讨论。

运用多功能团队尽早地发现和解决问题，与那些在后期才被发现、已经“产生了某些连锁反应后果”的问题相比，能够节约可观的费用。

多功能团队能够并行地设计和选择最优的工艺过程和供货商，使总成本达到最低。随着制造部门和供货部门的介入，团队能够考虑到工具和自动化，从而更好地做出合

理的决定。

使用最有效的设计人员（他们不是那种始终独立工作的“闭门造车”的工程师），也能够减少产品开发的费用。在制造部门和供货部门的积极协助下，多功能团队能够比孤立的设计小组更加有效地工作。生产零件的供货商在该零件设计中的作用可能最大，而且他们也可能设计出低成本的零件。

请记住，最有效的零件设计工作不是别的，而是对当前各种资源的最佳利用。

3. 系统的产品定义

同样，可以通过产品的一次性定义成功来降低产品开发的成本。因为在样机阶段，当客户提出“那不是我想要的东西”时，需要更改产品的定义，这种反复的费用是很高的。设计时让产品具有不需要的特征，浪费了产品开发资源，并且造成产品成本过高。第 10 章将讲述利用质量功能配置（quality function deployment, QFD）进行产品定义的方法。

4. 根据总成本做出决定

即使不能够量化总成本，也必须自觉地把所有决定建立在总成本观点的基础上。产品开发的观念必须支持那些从总成本角度看起来是“有意义”的决定，即使用现在的成本统计系统还不能够证明其意义。

必须避免做出想当然的决定。想当然的决定假定所有的选择都产生相同的影响。而实际上，各种选择很少产生相同的影响。

另一方面，如果人们在做出决定时过分注意记录的成本，如人工成本和材料成本，而没有对总成本给予足够的重视，那么，对成本的关注将可能产生负面的效果。有时候，因为某些重要的决定是根据记录的成本的粗略估计做出的，而不是利用基于适合多种方法、观点和情况的总成本的、更完善的成本统计模型作出的，所以，产品开发团队也就减少了他们自己做出改进的机会。

5. 有效的设计技术

在每个产品的开发过程中，通过最大限度地利用可重复使用的设计和通用模块，能够避免“重新发明轮子”的情况发生。当产品开发计划通过借用以前的工作可以更加有效地进行时，人们往往倾向于忽略原有的工作而完全重起炉灶。合适的CAD手段有助于解决这种状况。例如，一个适当的关于“层”的约定，能够把设计分解到几个预先定义好的层上，这样，后面的开发可以很容易地找到先前的设计，并再次加以使用。作为大规模定制的重要组成部分的模块化设计，能够利用标准模块来获得新的产品。

根据目录中的零件进行设计，能够消除设计这些零件所需的费用，同时降低了零件成本和这些零件的质量成本。

与重新设计相比，产品的升级能够延长产品的寿命。因而，可以通过把产品设计成易于升级的产品，从而延长它的寿命。如果将产品的预期变化限制在最少数量的模块中，那么模块化设计能够有利于产品的升级。一个产品中的许多通用功能可以在整个产品系列中重复使用。

使用已经经过调试的模块，能够降低调试的费用。有

些公司认为这是制造无“臭虫”软件的最好方法。当产品中重复利用的比例较大的时候，可以把精力投入到新产品的设计中。

在设计中考虑质量因素，并通过工艺在制造中控制质量，这样做可以避免诊断检测过程。在这种“质量”环境下，失误可能被减少到不需要进行诊断检测。

产品开发的周期越短，越能够尽早地收回开发的费用，这减少了投入产品开发中的资金的“利息”或“机会”的成本，同样的道理也适用于技术开发的研究费用和加工费用。

6. 开发效率越高，成本越低

因为对产品进行了正确的定义，并按照优化的概念对结构进行了简化，所以先进的产品开发方法的效率更高。这种彻底的早期开发工作意味着产生的错误更少，需要返工的工作和需要的修改也更少。

7. 开发速度越快，产品落伍的风险越小

产品开发的周期越短，当产品面市时，市场变化和技术落伍的可能性就越小，所以，重新设计的可能性也越小。

6.5.2 工程更改

先进的产品开发技术使更多的产品能够实现一次性设计成功，所以，工程更改单就更少了。较好的产品定义使得产品在满足客户需求时所需做出的修改更少。在规划阶段做出早期的变化（正如日本的产品开发团队所实践的），其费用比在硬件（实施）阶段做出的后期变化要低。重用的设计和模块存在的错误较少，因为它们已经被广泛地在

许多产品中使用了一段时间。

设计良好的产品能够把间接费用降到最低，而这些间接费用并不总出现在工程更改单的成本记录中：例如应付紧急情况或解决问题的费用。这些用于解决生产问题的费用通常是很可观的。在推出新产品的时候，生产阶段中这类问题更多。

随着产品进入生产阶段，更改的费用急剧上升。表 6-1 中列出了在某种主要的电子产品的开发过程中，每次更改所需费用逐步提高的情况。

表6-1 工程更改成本

设计的更改时间	成本/美元
在设计期间	1 000
在设计检验期间	10 000
在工艺规划期间	100 000
在试生产期间	1 000 000
在正式生产期间	10 000 000

资料来源：“A Smarter Way to Manufacture; How ‘Concurrent Engineering’ Can Reinvigorate American Industry,” Business Week, April 30, 1990.

6.5.3 质量成本

“质量成本”实际上是由于低质量而造成的成本，即发现和修复缺陷的成本。缺乏有效的全面质量管理手段的企业，其质量成本可达到销售收入的 15% ~ 40%。²先进的产品开发技术能够在设计中考虑质量因素，并行的处于控制下的工艺也可以考虑质量因素。这两种控制质量的方法能

够大大地降低内部和外部的质量成本。

内部质量成本包括检测、故障诊断、重复工作、废弃和浪费等成本，此外，还包括检测工作的开发费用，在某些产品中，这项费用甚至可能超过产品开发的费用。在设计中考虑质量因素并设计良好控制的工艺过程，能够保证生产产品的出错率很低，以致于不需要进行开发故障诊断和检测的工作。在肯塔基州列克兴敦的 IBM 公司的工厂，要求印制电路板的一次性合格率达到 98.5% 以上，以避免故障诊断测试，从而消除了耗费时间的检测开发和使用昂贵的自动检测设备（ATE）“钉床”（bed-of-nails）检测仪，这些设备要花费 100 万美元以上。在达到了以上的合格率之后，抛弃有缺陷的印制电路板的成本，比用于支付检测仪和检测系统开发的费用要低。

外部质量成本包括现场的失效、保证金、法定债务，以及其他难以计算的成成本，例如损害产品声誉的不良宣传等等。

企业的内部质量可能比较差，但是通过一个好的“检测屏”，能够把缺陷留在企业内部，而展现出较高的外部质量。完全依靠检测和修复来获得较高的外部质量，其成本是非常高的，这种企业的质量成本也将很高。许多“豪华的”产品，如豪华汽车，享有较高的质量声誉，但却十分昂贵，因为高质量是通过高成本获得的。修理某些豪华汽车所需的人工成本是制造一辆设计良好的汽车的好几倍。³

另一种质量成本是“传输线效应”（重复出现的缺陷），这在第 3 章里曾经谈到过。大规模定制商以柔性制造模式进

行生产，在制品库存极少或根本没有，所以几乎不存在重复出现缺陷的可能性。而在批量较大的批量生产中，缺陷重复出现的情况是很常见的。把低在制品库存和 JIT 操作的快速质量反馈结合起来，就能够降低质量成本，因为可以立即发现重复出现的缺陷，而不用等到制造了数千个有缺陷的零件之后，才在装配或检验环节中发现问题。

连续改进能够产生巨大的积累效果，它是通过逐步改善以保证较低驱动成本 (driving costs) 的一种有效方法。持续改善可以作为全面质量管理计划的一部分，⁵ 由内部的工人自发地完成，⁴ 也可以在供货商的协助下完成。⁶

6.5.4 工厂的效率

快速的产品开发能够用新一代的低成本产品迅速地淘汰成本较高的老产品。这些效率较低的老产品不仅在人工和材料方面有较高的直接成本，而且在工程更改和应付紧急情况方面的间接成本也比较高。针对设计得更好的产品而进行的更加有效的生产，能够利用现有的工厂和设备，生产出更多的产品。对于处在发展期的企业，这些额外的产出可以使企业节约或至少是推迟用于增添新设备或者改进原有设备的费用。

6.5.5 合理地选择成本最低的制造商

这项决定包括确定是制造还是购买，以及对供货商的选择。必须在总成本的基础上做出这些方面的合理决定。如同在第 3 章中和在本章末尾所述，如果传统的成本统计系

统只记录了人工成本和材料成本，那么将会对决策者产生误导。如果没有定量地确定和考虑到内部制造的所有间接成本，就可能在选择时产生失误，因为根据定义，采购价格中应当包含所有的成本。

至于对供货商的选择，如果采购成本中强调那些虽然微小但很重要的特性，如质量、交货情况、灵活性和有助于产品开发的特性，那么就会发现，如果此时选择那些表面上的“低价投标人”，反而会造成总成本的提高。乔丹·刘易斯（Jordan Lewis）所著的《联合的公司》（The Connected Corporation）一书讲述了客户与供货商之间的联合，他在书中提到了通用汽车公司1992年把供货商提出的价格降低了两位数以后的后果：

由于只向供货商强调价格，通用汽车公司马上就节约了费用，但同时却忽略了总成本。在其位于得克萨斯州阿灵顿的工厂，一个不达标的新供货商所提供的烟灰缸不能正常安装，结果造成别克Roadmaster型汽车停产了6个星期。⁷

通用汽车公司的另一家工厂从低价投标人那里节约了5%的开支，但却在零件交货时发现，有一半的零件检验不合格。这使得另一家未中标的供货商不得不在4天内增加生产，并用包租的飞机将零件送到通用公司。这家供货商评论说：“我估计他们节约下来的5%的费用变成了15%的损失。”

刘易斯总结说，与上例相反的是，克莱斯勒公司把它的供货商看作是合作伙伴，“供货商提出的节约成本计划，帮助克莱斯勒成为北美地区成本最低、利润最高的汽车制

造商。”⁸

彼得·德鲁克（Peter Drucker）在他的《抓住巨变的时机》（*Managing in a Time of Great Change*）一书中，鼓励人们把供货商与制造商，或制造商与分销商之间的费用差异减低到最小，以此来降低总成本：

但是成本是贯穿在整个经济过程中的，在这个过程中，独立的制造商、银行或医院都只是其中的一个环节。整个经济过程中的成本是由最终的客户（或纳税人）所支付的费用，它们也决定了某个产品、某种服务、某个行业或某种经济制度是否具有竞争力。

日本企业通过围绕在制造商周围的供货商“族”和分销商“族”（被称为“keiretsu”，即“系列”）对这些成本进行控制，这正是他们在成本上取得优势的原因。例如，将keiretsu视作一个成本流，实现了零件的“及时”交货。它还使keiretsu能够改变运作方式，以实现最高的成本效率。⁹

6.5.6 柔性

生产的柔性能够大大地降低间接成本，并把“大规模”的概念融入大规模定制模式中。在柔性和质量之间存在着一些有趣的相似性。20年前，人们普遍认为质量对成本影响较大。后来，菲利浦· Crosby（Philip Crosby）写了一本名为《免费的质量》（*Quality is Free*）的书。书中指出，降低质量成本所带来的效益能够补偿质量，因此获得免费的质量。同样，柔性操作带来的经济效益比实施柔性操作所需的费用要高。与那些不采用大规模定制模式的竞

争对手相比，这些效益会变成竞争优势的源泉。

大量的经营资金(working capital)以各种库存形式被占用，其中包括原材料和零件库存、在制品库存以及在工厂的库房里、分销商手中和其他销售商手中的成品库存。根据《财富》杂志的估计，在资产排名前 500 名的企业当中，经营资金平均占销售收入的 20%。¹⁰

可笑的是，在资金平衡表中，库存却被当作资产。而实际上，库存对任何制造厂的运作来说都是一种负债，特别是对那些需要进行柔性加工的工厂。这就是伊莱·戈德莱特(Eli Goldratt)在《目标》(The Goal)一书中所揭示的几个内容中的一个。在该书中，当面临倒闭的虚构工厂的管理者发现，他们不得不将注意力集中在“目标”(即赚钱)上，而不能让不正确的成本统计系统误导他们的行为的时候，伊莱·戈德莱特指出了这一点。¹¹ 某加工设备公司的一位进行了改革的物料主管告诉作者，在非常成功地减少了库存之后，他接到公司管理人员的电话，他们说在编制年度报表时遇到了困难，因为库存被大大减少，而根据传统的会计准则，这种变化“减少了企业的资产”。企业必须明白，他们在追求真正的目标，而不是不正确的统计。¹²

下面的讨论提出了通过设计，在产品和工厂中增加柔性，从而降低库存成本和其他间接成本的几种方法。

6.5.7 定制和配置的成本

在第3章开始时曾经谈到，许多企业生产定制的产品，但其成本效率不高。而产品的大规模定制，则是将定制过

程设置在系统内部，即在产品的设计和生产作业中。

因此，与不能有效地进行定制和配置的企业相比，大规模定制生产企业具有成本上的优势。图 3-1 中标有“消极的”一侧表示了两类成本，即：定制设计成本以及改变 / 修改标准设计和工艺的成本。通常，这两种活动的花费都比现有成本统计系统的统计值要高。许多企业甚至根本不通过项目来跟踪工程成本。此外，工程师们也“在间接成本方面”得到许多支持人员的帮助。

用于“消极的”产品的特殊定制和配置的额外制造成本，比用于大规模定制产品的成本要高得多。这些定制成本一般包括额外的工具、用于短时间运转的较长的准备时间、效率较低的生产控制、较低的设备利用率、特殊的编程、慢而频繁的“学习曲线”、特殊的测试和检验，以及在大规模生产工厂中推行定制产品的大量训练等等各种成本。不仅如此，这些少量定制的产品扰乱了标准产品的制造企业，因而提高了他们的成本。所以，在使用传统成本统计系统的企业中，定制的产品实际上要由标准产品来补偿。

6.5.8 产品多样化成本

“产品多样化成本”是第 3 章的标题，它占用了经营资金中的一大部分。通过消除生产的准备时间和把批量降低到 1，可以消除大部分多样化成本。如图 3-3 所示，真正的单件流动能够消除在制品库存，或者把各个工作站之间的在制品库存量减少到 1 个。

在第 3 章中曾经讲过，准时操作和柔性制造的关键在于

消除生产的准备时间。如果能够消除准备时间，就可以认为操作是柔性的，这意味着，每件产品都可以是不同的，并且能够达到大规模生产的效率。在少量生产的操作中，做任何“不同的”事情，如设计、记录文档、获取零件、后勤服务等，都会造成准备时间。

第7章将探讨如何消除对生产系统进行设置所需的准备时间并实现柔性制造。下面讨论几种在准时制造模式下通过消除生产准备时间和进行柔性操作来节约成本的方法。

1. 在制品库存

通过减少生产的准备时间、采用准时制造模式，以及设计通用的零件和工艺，能够消除在制品库存。如图 3-3所示，在制品库存成本的增加与批量的增大成正比。仅当批量为1时，在制品库存才能被消除。正如在第3章中所讲到的，在制品库存每年的维持成本可以达到其自身价值的25%。所以，消除在制品库存能够大大地节约成本。

2. 厂房空间

降低库存量、免去用于运送大批量零件的叉车通道、消除零件的集中，以及提高机器和人员的利用率，这些都可以减少对厂房空间的需求。对厂房空间成本或价值的评估随扩大生产的需要而变化，但应当始终采取措施致力于减小对厂房空间的需求。扩大生产空间的成本可能迫使企业搬迁出过于拥挤或昂贵的地域。减少厂房空间可以为企业提供一种代替扩大或搬迁的有吸引力的选择。另外，降低对厂房空间的需求可能比重建新厂房的速度更快。由于扩大厂房从计划到完成的时间太长，所以，早在产生实际

的需求之前，就要开始着手计划，而这种计划通常是建立在对长远市场不精确估计的基础之上的。在 1991 ~ 1994 年间，康柏计算机公司（Compaq Computer）通过实施“减少在制品库存”等计划，在没有扩大厂房空间的情况下，使产量增长了 5 倍。¹³

3. 内部运输

可以降低诸如使用叉车等的内部运输成本。当零件和产品在相邻工作站之间单个传送，而不是装在又大又重的箱子里在彼此远离的工作站之间传送的时候，就可以取消内部运输成本。在图 3-3 中，批量 n 是一个分界点，超过 n 时就要使用叉车在工厂里运送材料。

4. 利用率

生产准备时间越短，利用率就越高，由此可以降低设备的成本。对于 CNC 加工中心、印制电路板表面贴装设备，或者昂贵的检测仪这样的高档设备来说，这种降低成本的潜力是很大的。机器利用率可能低至 10%，这意味着用于加工零件的时间只占该设备可用工作时间的 10%，而其余的时间都用于生产的准备或等待。意识到这一点很重要，即：利用率提高 1 倍，产量就提高 1 倍。如果将生产设备的利用率从 30% 提高到 60%，产量就将翻一番。提高利用率是增加产量的一种高效益的途径，考虑到获取和安装新的生产设备的提前时间，它也是较快的。

图 3-4 中标有“机器成本”的曲线描绘了给定产量时的机器成本，利用率引起成本的变化。请注意该曲线有两个低点。传统的减少准备时间的方法是用大批量来减少改变

设置的次数，但这种做法引起了许多其他的成本，这一点在图3-3中能够看得出来。当批量为1时，由于消除了准备时间，所以机器利用率将达到100%，而机器成本将达到最低点。

5. 准备工作的人工成本

可以消除用于生产系统准备工作的人工成本，其中包括用于改变机器设置以及取送零件、刀具和图纸的费用。

6. 柔性

加工的柔性可以在诸如装配线等按顺序进行的操作中改进工人和机器利用率之间的平衡。运用所谓“产品补充”(product complementarity)的概念，可以为在柔性生产线上制造的产品确定最佳的生产顺序，从而弥补相邻工作站或工人之间不平衡的工作量。¹⁴

7. 适应性生产

通过在同一条柔性生产线上制造所有的产品，可以很快地根据变化的市场状态修正生产。当型号A供不应求，而型号B的销售量突然下降的时候，非柔性的操作将会陷入困境。制造企业可能具有足够的总加工能力，但当型号A供不应求时，型号B的生产线或生产厂却可能正部分闲置或正在解雇员工。柔性稍强一点的办法是，在假定型号A生产线的设备能力充分的条件下，把人员从型号A生产线转到型号B生产线。柔性的制造则是简单地在该柔性生产线上生产更多的型号A和较少的型号B。

8. 零件的集中

可以消除零件的集中所需的成本和空间。在非柔性制

造的情况下，把所有零件聚集为一批，将它们“集中”起来，送交到制造部门，这一过程需要人工成本和空间。

操作的柔性则允许企业为了响应市场状态的变化将生产从一条柔性的生产线转移到另一条柔性的生产线，或者从一个柔性的生产厂转移到另一个柔性的生产厂，而不是采用其他昂贵的办法，如加班、立即寻找有关人员上岗，或转包给外协厂家以缓解生产中的瓶颈。同样，通过生产的转移，企业可以避免生产低需求产品的工厂的停工。马自达公司通过将该公司畅销的 Miata 型汽车的生产从广岛工厂转移到防府市的生产马自达 626 型汽车但生产能力未能得到充分利用的工厂，解决了这个问题。通过采用柔性的制造，马自达公司能够将一种小批量赛车的生产与一种家用轿车的生产结合在同一个工厂内进行，以平衡这两种产品的产量。¹⁵

6.5.9 材料管理

较少的零件种类所需的采购次数较少，因此降低了采购的成本。因为对大量使用的零件进行大量的采购，所以使得通用零件的费用较低。而且，采用“面包车”的方法，可以由供货商负责保证装有通用且便宜零件的箱子始终是满的，就如同在食品杂货店里用面包车来保证货架始终是满的一样。

利用在大规模定制中正确定义的模块，更能够保证由供货商进行制造和装配的可行性。如果供货商的效率更高，那么由外部进行模块的制造，甚至是设计，可以节约内部

操作的成本。

较少的零件数量，意味着用于原材料和零件库存的费用，以及用于记录文档和控制等方面的费用更低。对于很少使用的、难以获得的零件，其出差费用也将更低。将帕雷托法则（即“80/20”规则）应用于非柔性的工厂，这就是：80%的材料间接成本被用于只占零件总数20%的不常用零件。

伴随着零件的通用化和模块化设计，备件提供和现场的服务被极大地简化，因此成本也更低。围绕通用零件进行设计的产品，所需的备件箱更小。对那些把备件箱费用加在产品价格中的客户来说，它可以降低有效的产品价格。零件的通用化还能够缩短因零件短缺而造成的停工时间。如果能够迅速地更换被损坏的模块，并在效率更高的部门进行维修，那么，服务的成本也可以降低。

6.5.10 营销成本

第1章中讨论的“获取联系”的方法能够使企业具有“永远留住客户”的能力。“永远留住客户”恰好是约瑟夫·派恩二世发表在《哈佛商业评论》(Harvard Business Review)上的一篇文章的题目，¹⁶它不仅能够带来收入，而且可以极大地节省为了企业的发展而争取新客户的成本。一项由“技术的援助资源项目”(Technical Assistance Resource Project)为美国消费者事务局(U.S. Office of Consumer Affairs)所做的研究表明，获得新客户的费用比留住老客户的费用高出5倍。¹⁷

6.5.11 销售和分销成本

在产品的储存和分销过程中，存在着大量降低成本的机会。1994年，物资分配系统的销售额占GNP的9.8%。¹⁸

考虑到产品配置、包装、运输、分销和销售的方式，大规模定制企业与其从事大规模生产的竞争对手相比，拥有成本上的优势。总的说来，供应链管理已经成为惠普公司的一项战略性的竞争优势。¹⁹

彼得·德鲁克指出了在供应链中降低成本的可能性：“从供货商工厂的机床，到商店的结算柜台之间的过程成本，也是沃尔·玛特（Wal-Mart）连锁店显著增长的基础。其结果是消除了仓库的整个周转和大量的文书工作，从而削减了1/3的成本。”²⁰

大规模定制企业还有更好的机会，降低其成本的最有效的工具之一是消除大多数众所周知的分销环节。按照订单进行生产，并从工厂直接运输，可以取消库存及相关的、从工厂到客户之间的分销成本。

产品品种很多的工业企业，如生产牛仔裤和皮鞋的企业，考虑到大量的尺寸和式样，这一项成本是很高的。宋·帕克是位于马萨诸塞州牛顿市的定制制衣技术公司的创始人，李维斯公司在Personal Pair牌牛仔裤的生产线上使用了该公司开发的技术，他说：“你要考虑到整个价值链，零库存，没有标低价，没有分销中心成本。产品并不储存在仓库里。”²¹

位于康涅狄格州Westport的Measurably Better公司，打算利用这个原理生产定制的皮鞋。他们在意大利为单个客

户生产皮鞋，而成本则与传统的意大利皮鞋相同。用一台三维扫描仪对脚进行测量，把关于尺寸和精确形状的数字记录通过调制解调器传送到加工厂，在那里用可编程的皮革裁剪机进行裁剪，然后把裁剪好的皮革缝合在一起，完成真正定制的皮鞋。通过把每双皮鞋直接运送到商店，企业避免了储存和分发不同尺寸和式样的皮鞋所需的巨大费用。

6.5.12 寿命周期成本

寿命周期成本是经常被忽视的一部分成本，它产生在寿命周期内，包括诸如服务、维修、保养、现场故障、质保申诉、法定债务、产品寿命周期中的更改、后续的产品开发等方面所需的费用。可以在产品设计时把寿命周期成本减至最小。系统化的产品定义和彻底的产品开发能够将各种更改所造成的成本降至最低。在产品的更新和重新设计过程中，许多模块可以保持不变，所以，模块化的产品结构能够降低更改的成本及后续的产品开发成本。

面向可靠性的设计能够把与产品可靠性相关的成本减至最低。第9章讨论了几种提高可靠性的方法。

6.5.13 按订单生产

大规模定制的产品是在柔性工厂里按照订单进行生产的。这种按订单生产的能力是降低成本的关键，它使得大规模定制的产品能够与大规模生产的产品进行竞争，并因准确地满足单个客户的需求而具有额外的竞争优势。

不再“根据预测进行生产”，将产品存放在仓库里等待分销商和客户的订货，而是按照订单进行生产，这样能够消除工厂的成品库存。除非已经完成了产品的全部加工因此具有更高的价值，成品库存的维护费用与在制品库存是相同的。如果每年的库存维护费用是产品价值的 25%，那么价值1000万美元的成品库存每年的维护费用将是 250 万美元。按订单生产的方法能够消除工厂的成品库存，因而节约每年的库存维护成本。

如果能够迅速地完成订货，并迅速地向客户交货，就可以消除经销商的成品库存。正如工厂库存一样，经销商库存也需要库存维护成本。即使经销商 / 分销商是与制造商分离的，最终也还是要由客户支付库存维护费用。例如，如果某汽车经销商有 200 辆库存汽车，每辆价值 2 万美元，其库存价值就达到 400 万美元。如果每年的库存维护费用是 25%，则其每年将花费 100 万美元。

当客户没有能力支付新车价格的时候，作为一个经济的选择他们转而购买二手车。²²按订单生产的新车避免了经销商的成品库存费用，所以它们的价格较低，而二手车则必须储存在库房里，因此，按订单生产的新车能够与二手车进行竞争。

按订单生产的产品不需要储存在供应链的各种库房里：例如在分销商、联合体 (consolidator)、运输公司等处的库房里，从而可以将供应链库存降至最低。同样，按订单生产系统准时地从供货商处获取零件，由此消除了供应链中的零件库存。不论是谁“支付”了库存的开支，客户最后

都必须支付更高的价格。消除供应链中过剩的库存成本，可以使客户以更低的价格购买同样的产品。

某些以交货迅速而闻名的公司，如联邦速递公司（Federal Express），为企业提供“较少库存”的服务，把零件和产品直接交付给工厂，或者直接从工厂中提走。当松下半导体公司（National Semiconductor）委托联邦速递负责该公司的储存、分类和运输项目之后，产品的交货时间从45天缩短到4天，而其最终目标是72小时。同时，分发的成本从占销售收入的2.6%降到1.9%。²³ 再加上因客户的满意而引起的销售量的增长，较少库存的分发方式就更加具有吸引力了。

柔性工厂的快速生产和成品库存的消除，能够通过产品的迅速销售，降低产品中贵重元器件的利息开支。

由于没有零件会在仓库里老化、变质或招致损坏，因此可以取消库存销帐。如果在一个贵重产品寿命结束时还有成品库存，那么产品老化所造成的销帐会非常巨大。

如果仓库里没有使用过时技术而必须先卖掉的产品，那么就可能加快转向使用新技术的步伐。戴尔计算机公司（Dell Computer Corporation）副总裁罗森多·G·帕拉（Rosendo G. Parra）总结了按订单生产方式进行制造给戴尔公司带来的好处：“只是因为我们需要耗时100多天才能处理完的库存，所以我们可能是第一个转而使用新的奔腾处理器的厂家。”²⁴

可以减少BOM/MRP的费用。考虑到生成物料明细表（BOMs），以及利用物料需求计划（MRP）系统将预测转

化为材料订货需求，按订单生产能够尽可能地减少用于每个订单的间接开支。

在某个真实的（柔性的）制造环境中，而不是在孤立的试验生产线或加工厂里进行“试”生产，能够获得真实的早期生产反馈。采用大规模生产模式的工厂没有能力或者没有耐心来进行试验性的生产，所以，试生产通常是在“试验性工厂”里进行的。它使用特殊的、非生产性的机器，由实验技师进行操作，而这些技师比典型生产线上的工人具有更高的技术和耐心。正因为如此，在试验工厂里的试生产可能非常成功，然而，要把产品投入到真实的生产环境中，却仍可能存在一定的困难。试验阶段的真实反馈信息可以实现较低的导入成本和更快的产品导入速度。

6.6 大规模定制带来的效益

大规模定制模式不仅能够节约上述成本，而且还能够因增加收入而提高利润。

准确地按照客户要求而定制的产品更好地满足了他们的需求。用“标准”产品满足客户和用定制产品满足客户之间的区别，在于销售量的增加。

因为定制的产品更好地满足了客户需求，对客户来说价值更高，所以，定制产品就有可能具有溢价。按照客户需求而定制的产品可能只有极少的、甚至根本没有竞争对手，所以它在某种程度上居于垄断地位，具有所有的价格优势。正如在第1章里提到的，溢价的幅度可能在10%~50%之间。

大规模定制模式是一种彻底改变客户期望的生产模式。刚开始时，客户可能还不愿意购买“最接近于”他们的要求的产品，但在企业以具有吸引力的价格、准确地按其要求提供产品后，那时他们就会不再满足于“相近的”产品，而是想得到完全符合自己要求的東西，并认为这样的产品才是有价值的。

大规模定制企业可以在以下两种情况中做出选择，即：一种是从节约成本和价格中，最大限度地获取收益；另一种是把节约的成本让利于客户，以增强价格的竞争力，扩大市场份额。

通用的设计和柔性的加工能够扩大市场。即使不是为单个客户定制产品，柔性的操作也能为许多小批量市场有效地提供产品，否则，这些小批量市场则可能被忽略。即使企业产品参与的是许多小批量市场的竞争，通用化的模块仍能获得规模化的效益。在小批量市场中，大规模定制企业比柔性较差的竞争对手拥有更强的竞争力。

大规模定制是一种进行市场研究的好方法。通过定制某些产品，能够预知与大规模生产相关的客户偏好。由于定制的产品能够更好地预测市场，所以标准产品能更快地上市。松下自行车公司（National Bicycle）通过大规模定制操作，几乎可以为客户提供无数种颜色的自行车。大规模定制操作记录下订货量最多的颜色，并将这一信息传递给有关的更大规模的生产操作，后者用标准模型提供这些颜色的自行车。

大规模定制企业能够不断推出“新的”产品。柔性的

设计和制造使企业可以有效地连续推出一系列在客户看来都是“新的”改进产品。因为新产品是建立在模块化和原有设计基础上的，所以它们没有必要是全新的；于是，可以非常像从字面上理解大规模定制的含义（即为每个客户生产不同的产品）那样，推出一系列新的“标准”产品。

如果只有几个模块需要更改，而且能够将扩充的产品迅速地集成到柔性的制造环境当中，那么产品的寿命可以延长到与标准产品类似的程度。如果一个产品被牢牢地限制在其加工环境中，例如要在位于偏远地区的设备上或者安装在洁净房间内的半导体加工设备上加工，那么产品的这种“升级能力”就显得特别有价值。柔性制造的能力就是指当需求不断降低的时候，不断有效地生产产品的能力。将易于升级的设计能力与不依赖于产量的生产能力结合起来，能够延长产品的寿命；而且，对于那些已经支付了开发和设备费用的产品，还可能创造较高的利润。

大规模定制企业能够迅速地适应市场、技术、标准和潮流等方面的变化。柔性的操作可以迅速地生产出所需要的产品。大规模定制企业能够利用各种标准模块，很快地生产出满足环境变化的新产品。

大规模生产的每一个“集中的加工厂”都有各自的能力限制，彼此之间不能弥补。与此不同的是，大规模定制始终能够在总能力的范围内根据需求制造产品，所以它几乎不会错过任何订单。柔性的加工厂可以迅速地在内部进行调节，并与其他工厂“分享生产能力”，从而保证不会因为加工能力不足而错过或延误订单。不仅如此，如前所述，

由于按订单进行生产的工厂的库存分销较少，所以能够防止分销渠道中的各种短缺，其结果是几乎没有失去任何“机会”。康柏计算机公司估计，在1994年它因不能及时提供产品而造成的损失可能达到5亿~10亿美元。²⁵

在按照订单进行的生产中，巧妙地使用了贵重的元器件和生产能力。如果不采用按订单生产的方法，使用了贵重元器件的产品将被存放在仓库里，而未被售出，而同时，企业又因缺乏同样的贵重元器件，如微处理器或内存条，而回绝了其他业务。按订单生产的工厂只消耗那些能够被立即送交给客户的零件，同样的原理也应用于“稀有”的生产操作。如果一台“瓶颈”设备限制了工厂的加工能力，那么使用这种“稀有”能力来生产那些被储存在仓库或销售商的库房里未售出的产品，是不明智的做法。

按定制订单完成订货的速度较快，它使得订单在完成时间上具有优势。高效率的大规模定制操作运送按订单生产的定制产品的速度，比那些用“困难的方法”进行定制的竞争对手要快。

迅速的交货要求迅速的付款。可以把快速交货作为要求客户迅速付款的基础。这将节约投入到产品生产中的资金的利息开支。

如果客户避免了购买不需要的选项，他们就能节省费用。因为客户可以订购只具有他们需要选项的定制产品，所以他们不必因为确实需要某一个选项而被迫购买整个“捆绑的”选项包。即使为某个选项付出额外的费用，他们也还是因避免不需要的选项而省了钱。如果制造商能够收

取额外的费用，而客户则支付较少的钱就能够得到他们确实需要的东西，这将是一种真正的“双赢”状态。

6.7 产品快速上市带来的效益

先进的产品开发与大规模定制模式下改进的市场反馈相结合，将使企业成为率先上市者，由此带来了以下的销售效益：

- 因为新产品是建立在原有技术和模块基础之上的，所以新产品上市的速度较快。另外，任何改进大规模定制产品的市场反馈信息，将有助于后续产品更快、更准确地满足客户需求。
- 首先上市的产品的市场占有率为 100%。产品的上市时间比竞争对手越早，“占据”100%市场份额的时间就越长。大规模定制企业能够充分利用这一机遇上的优势，因为其柔性的操作可以迅速对快速增长的需求做出反应。
- 第一个大规模定制企业能够获得好的、免费的宣传。迅速地以有竞争力的价格推出定制的产品是一条新闻，特别当该产品是某一市场或是行业中首次出现的产品的时候。由于这本身就是一条新闻，因而推出一个有新闻价值的产品，具有重要的正面宣传意义。
- 率先上市的产品被认为是领先者。被认为是领先者有利于打开早期的销售局面，并可获得溢价。稳定的产品改进系列或较大范围地提供大规模定制的产品，能够确保领先者持续的声誉。

- 率先上市的产品可以制定标准，无论是事实上的，还是官方的标准。通过培训、操作系统、语言和协议等，客户开始热中于使用某个企业的产品。
- 率先上市的产品可以获得有吸引力的分销渠道。这一点对于大规模定制尤为重要，因为大规模定制依赖于优秀的分销商，以便在销售点完成某些定制工作。
- 反应敏捷的开发者在市场和技术方面都具有更强的优势。除非技术开发工作是在企业内部进行的，否则，竞争对手们都急于成为第一个将该技术应用于产品的企业。大规模定制企业能够通过利用现有的模块、技术和软件，将新技术融合到现有的平台中。

6.8 总成本统计

评估上述节约的成本和增加的收入，将有利于统计总成本。如果在总成本统计的基础上跟踪各项成本，就可以了解大规模定制的产品节约成本的潜力，同时为产品制定出合适的、有竞争力的价格。

大多数企业使用的不适当的成本统计系统，实际上阻碍了好产品的开发，也误导了产品开发的决定。这种成本统计系统只记录人工成本和材料成本，从而鼓励（有时是强迫）工程师选用便宜的零件和选择出价低的投标者，以达到“成本目标”，把制造转移到远离设计地的海外，也妨碍了并行设计。产品的生产准备时间过长、库存过多，再加上“应付紧急情况”、工程更改、过多的零件品种、设备的低利用率和高的质量成本等因素，使得间接成本率较高。

运用我们在此提出的方法进行产品的设计，可以迅速并方便地进行制造和定制，其间接成本率要低得多。间接成本率应与随产品变化的间接开支需求成比例。

总成本统计的新模式是基于活动的成本统计法（ABC），有时被称为基于活动的成本管理。将总成本量化的能力，是定制生产模式的重要基础。

如同第3章那样，让我们考虑著名的T型车制造厂，该厂只有一种产品，而且没有其他变型。《总成本管理情况的厄恩斯特和扬指南》一书中论述了单一产品工厂成本管理的含义：

如果没有产品品种的变化，商业环境是简单的……在这种环境下，你在信封的背面就可以计算出产品的成本。你可以用总的生产成本除以总的生产数量，计算出单件的成本。²⁶

然而，正如库珀和卡普兰在他们冠以深奥标题的文章“成本统计是如何歪曲产品成本的”（How Cost Accounting Distorts Product Costs）中所述，间接成本“随产品系列的多样化和复杂程度的变化而变化”。²⁷ 第3章中曾经指出，市场的压力和人们感觉到的机会使产品的多样化和复杂程度不断增加。因此，定量计算间接成本是很重要的，因为它们可能是典型的被记录的人工和材料成本的好几倍。

6.9 量化间接成本

量化间接成本需要四个步骤：首先要了解现行产品成本统计方法的缺陷，第二步是估计成本统计的偏差程度，第三

步是理解总成本统计的意义，最后一步是实施总成本统计。

6.9.1 传统统计的缺陷

量化间接成本的第一步是了解现行成本统计系统的缺陷，这是约翰逊和卡普兰的重要著作《相关损失：管理会计的兴衰》一书的核心主题。²⁸传统的成本统计系统被设计成为向投资者以及税收或管理部门提供经营结果和企业的总体经济状况。另一方面，管理者和工程师需要有关的信息，以做出正确的决定。传统的成本统计系统造成以下的典型问题。

1. 产品成本统计中的偏差

在上面提到的库珀和卡普兰的书中详细地论述了产品成本统计中的偏差。约翰逊和卡普兰一致认为：

管理会计系统不能够提供精确的产品成本。成本被用过于简化的方法分摊在产品上，通常只考虑直接的人工成本，它不能反映每件产品对企业资源的需求。²⁹

《总成本管理情况的厄恩斯特和扬指南》一书认为，产品成本“被歪曲了，因为给每件产品都分摊了一部分间接成本，而分摊的过程是建立在想当然的基础之上的，如直接的人工成本、销售费用、加工时间、材料成本、生产设备，或其他一些分摊量。”³⁰

产品成本统计的偏差造成了价格的偏差，一些产品因价格过低而赔钱，其他产品则因价格过高而缺乏竞争力。³¹第4章中曾经指出，产品成本统计的偏差造成对企业所有产品利润率的认识上的偏差。这种认识上的偏差使得管理者在产品

开发的优先次序上受到错误的导向而“吃饱了问题，饿死了机会”。了解真实的利润率，能够使企业淘汰没有利润的产品，将精力集中在产生利润的产品上，如在第4章中所述。

2. 交叉补偿

当大量生产的产品补偿少量生产的产品、标准产品补偿定制产品时，就发生了交叉补偿。在第4章中引用了约翰逊和卡普兰的话，为了加以强调，在这里再重复引用一次：

多数机构所采用的标准的产品成本统计系统经常导致产品之间巨大的交叉补偿。³²

约翰逊和卡普兰等人在他们的管理会计师学会（Institute of Management Accountants）所发起的一项研究中，在8个制造企业中实施了基于活动的成本统计法之后，他们对发现的问题进行了总结：

如同预料的那样，制造企业发现，少量生产的复杂产品的成本通常高出现有的标准成本统计系统的计算值。³³

3. 做出适当的决定

在商业冒险中，正确的决定是成功的关键，这一点特别适用于产品开发。不幸的是，当数据有误导作用，甚至数据不正确的时候，许多经营者和工程师仍试图根据数据做出决定。我们再次引用约翰逊和卡普兰的话：

可笑的是，当管理会计系统变得更不适当、更不能反映企业的运作和策略的时候，许多企业却被那些自认为能够“利用数据”来运作一个企业的高级主管所统治。³⁴

再次引用《总成本管理情况的厄恩斯特和扬指南》：

如果成本统计是错误的，那么所有关于价格、产品品

种规划和改进的决定都可能损害长期的利润率。³⁵

约翰逊和卡普兰指出，建立在总成本基础上的精确的、相关的数据能够引导人们做出更正确的决定：

管理会计系统还应报告精确的产品成本，这样才能根据产品资源需求方面最可靠的信息确定产品的价格、推出新的产品、淘汰过时的产品，并对竞争对手推出的产品做出反应……一个无效的管理会计系统甚至可能破坏在产品开发、工艺改进和经营策略中做出的最佳努力。³⁶

4. 成本管理

除了生产速度和定制方面的挑战之外，大规模定制生产模式所面临的一个主要挑战是以低成本生产产品。所以，成本管理的重要性达到了一个新的高度。但是，传统的成本管理系统此时却没有任何帮助：

对于试图降低成本、提高生产率的管理者来说，管理会计报告没有任何帮助。³⁷

5. 螺旋式下降

成本统计中的偏差会造成一系列“强化的”行动（强化循环），它可以造成企业业务的“螺旋式下降”。彼得·森杰（Peter Senge）在其著作《第五项修炼》（The Fifth Discipline）中提出了强化循环的概念。如果间接成本像“花生酱”一样扩散的话，将发生以下螺旋式下降的现象：

- 因为用大量生产的产品补偿少量生产的产品，所以大量生产的产品价格过高。
- 得到补偿的少量生产产品的销售量上升，而价格过高的大量生产的产品销售量下降。

- 因少量生产产品所占比例提高，所以实际的间接成本需求增加。
- 如大家所习惯的那样，提高了的间接成本分摊到所有产品中。
- 成本进一步提高，销售量进一步下降……

因此，这个循环不断强化，企业不断地“螺旋式下降”，这将使企业退缩到没有利润的境地。如果能改正上述缺点则可造就一个具有强大竞争力的企业。

6.9.2 估计成本统计的偏差程度

确定间接成本的第二个步骤是估计成本统计的偏差程度，这一个步骤可以通过下面的措施完成：

- 当间接成本“像花生酱一样扩散”的时候，能够主观地推断出可能发生的成本统计的偏差量。
- 用试验方法确定最坏情况下的产品成本统计的偏差。根据第4章中合理化的帕雷托图，选择与之最相近的产品。利用问卷调查方法（第4章中的第6条准则），让生产者对候选的产品进行表决，这样能够缩小查找的范围。工厂的不兼容工艺表（第4章中第7条准则）有助于确定候选产品。

6.9.3 理解总成本统计的意义

对于下列决定来说，总成本统计具有非常重要的意义：

（1）了解现有产品的相对利润率，以确定当前利润率最高的产品是：

高技术的 还是 低技术的；

定制的 还是 标准的；

大量的 还是 少量的；

私人标签的 还是 著名商标的。

(2) 产品系列的合理化和归并(第4章)。

(3) 产品开发和资源分配的优先次序。

(4) 为降低成本而重新设计产品。

(5) 确定高质量的零件和优秀的供货商。

(6) 设计零件还是外购零件。

(7) 集成电路(VLSI, ASICs)和结构化(零件的组合)。

(8) 消除“降低成本”的ECO。在产品的寿命周期中,无法弥补ECO的实施费用。消除ECO,能够为更有用处的活动,如为新产品开发团队的活动,释放有价值的资源。

(9) 确定设计工具、培训、降低间接开支的项目,以及提高质量、生产率和加工柔性的措施。

(10) 将设计和制造合并或者分离。

(11) 处理产品的多样化、配置和定制的问题。

(12) 现在投资于硬、软件模块的开发,以求为将来的产品开发创造条件。

(13) 找出赔钱的或赢利极低的产品(第4章中第5条准则)。

6.9.4 实施总成本统计

有三种实施总成本统计的方法。第一种方法,可被应

用于对任何成本统计进行改造之前，是一种在总成本思想的基础上做出决定的主观的方法。第二种是“低目标”的方法，即引入成本驱动要素，以此来确定能够影响成本统计决定和行动的重要度量标准。第三种是实施基于活动的成本管理或者总成本管理系统。

1. 总成本的思想

即使在正式实施总成本统计项目之前，企业也可以遵循总成本的思想，主观地改进某些决定。本书提出的原理，能够通过纠正对于成本统计的错误观念以及逐步建立正确的态度和信念，帮助人们做出更好的主观决定。

然而，为了达到这个目的，周围的环境必须鼓励这种做法。管理政策可以促进或妨碍这个目的的实现。如果所有的计划都必须满足严格的投资回报的准则，那么，这将控制做出决定的过程。如果各项准则是建立在传统的成本统计基础之上的，那么各项决定就往往被上面提到过的不适当的数据所支配，许多真正好的计划就无法获得支持，这是因为用当前的统计系统不能定量地反映出其许多效益。如果企业刻板地坚持基于不完整的成本统计的准则，那么即使总成本的主观决定对企业和客户都是最有利的，但试图引入这个决定的努力也不会获得成功。

罗伯特·卡普兰在关于证明计算机集成制造 (Computer Integrated Manufacture, CIM) 价值的一篇题为“CIM只能由信心来证明吗？”(Must CIM be Justified by Faith Alone)³⁹的文章中，提出了解决这一问题的主观方法。卡普兰的“围绕”统计系统的不足进行工作的办法是：

- (1) 计算该计划与客观准则的距离有多大：差距。
- (2) 总结“无形的”效益（所有无法定量统计的效益）。
- (3) 提出问题：对于这个差距而言，获得的这些无形的效益是否值得？

有时候，决定是在“坚强的信念”基础上做出的。大规模定制模式的最佳实例之一是在第1章中提到过的罗斯公司的Ross/Flex分部，它按照特殊的客户需求制造特殊的阀门原型。⁴⁰客户与由罗斯的工程师和经验丰富的技师组成的综合小组共同设计定制的阀门，他们建立了一套CAD“模块”库（包括功能块、符号等）和基于双屏幕Intergraph公司的专用CAD软件。⁴¹一旦为解决客户的初始问题进行系统的设计，罗斯公司就能够不断地从客户那里得到反馈，不断地改进设计。⁴²然后，由集成工程师开发CNC机床的刀具路径程序，并且以数字形式把定制的程序传给制造部门。新程序下载后，由CNC机床加工定制的阀体和其他零件。在这里，没有图纸、工程师、技师或检验员。⁴³

为了实现上述过程，罗斯公司在7年中投资了3000万美元用于复杂的CAD系统和自动化的生产设备。罗斯公司的首席执行官亨利·杜伊格南（Henry Duignan）在谈到这么做的理由时指出，传统的投资回报分析从来都不能证实你的策略，而且，“你不得没有坚强的信念。”⁴⁴

然而结果看来证实了这个信念。成本降低了一个数量级，交货时间缩短到传统的交货时间的1%。⁴⁵在过去的4年中，Ross/Flex的快速运转的操作过程使其收入增长率从5%的增到20%，⁴⁶而1995年的增长率则更是达到400%。

在第5章中引用了一个零件标准化的例子，作者将所有的电阻标准化，以允差为1%的电阻取代原来既有1%、又有5%的重复电阻。没有数据能够证实这一变化所带来的效果，但其“确实合理地”削减了三个工厂中一半的电阻。后来，作者从同样进行了零件合并的人们那里了解到，合并后的订单的购买力补偿了高标准允差的“成本”。所以，第3章中讨论的多样化成本降至最低。

有的时候，必须撇开数据做出主观的决定。作者的一个生产水表的客户把7种铸件毛坯减少到了3种，其做法是：给每个产品都加上额外的铜衬作为检测口，而不管它们实际上是否需要这个带螺纹的孔。由于给不需要检测口的产品也加上了额外的铜衬，所以，有一半的铸件毛坯需要增加额外的材料开支。实际上，做出这一更改决定的人曾经认为，他将会因为提高了标准成本而受到上司的批评。但企业管理层在了解到这样做将能降低多样化的成本，并获得净收益，同时使操作更加柔性化以后，他们支持了这一决定。

通过向产品开发团队的负责人授权，使他们能够根据自己的判断做出最好的决定，而不是试图通过要求他们必须达到某些预先给定的“最低要求”来“防止做出错误的决定”，这样的管理方针就能够鼓励运用总成本统计的思想。授予权力是团队开展产品开发中工作的一部分，这一点将在第9章里讨论。

大规模定制模式鼓励生产产量极低的产品，甚至可以只生产一件产品。但第4章中提到的合理化进程，可能会决

定将某些赢利产品保留在进行大量生产的大规模制造模式中。因此，在这种混合的环境下，按照间接成本需求的比例合理地将其进行分配就显得非常重要。

2. 成本驱动要素

在任何改进过程中，都存在着某些“低目标”，它们是用很少的努力就能够实现某些早期结果的良好起点。在这些影响很大的地方所取得的成功，能够激发起做更大的努力所需要的兴趣和支持。在缺乏广泛支持的情况下，低目标策略也是一种着手改进的好方法。

在实施ABC的过程中，低目标就是对简单的成本驱动要素的识别和实施，它使得成本统计更加精确和合理，并且鼓励降低这些成本的行动。成本驱动要素被定义为造成某种成本的根本原因，即“驱动”成本的东西。

成本驱动要素法确定驱动成本的关键因素，应该把该因素定量地从其他间接成本中分离出来。成本驱动要素法易于实施，它从最重要的、需要量化的间接成本开始。采集新数据的工作仅仅集中于几个关键的成本驱动因素。只要存在普遍的一致性，就能够根据估计确定成本驱动要素。成本驱动要素可以为实施各项措施提供一个更合理的基础。

通常，平均成本是间接成本的分配基础。可以在超过平均水平的重要范围内，对引起下列成本的活动进行分析：

- 材料的间接成本。
- 质量成本、废品、返工和其他没有价值的活动。
- 库存成本和与之相关的成本。

- 生产准备工作的成本。
- 设备利用成本。
- 工艺的开支。
- 工程更改的成本。
- 现场服务、维修、担保、索赔和诉讼等方面的开支。

应该对引起上述成本的活动进行分析，从而找出造成这种变化的原因。有经验的管理者能够识别出关键的成本驱动要素，它们是这些活动中引起成本差别的决定因素，例如：

- 数量：大量的，还是少量的。
- 定制的程度：标准的，还是定制的。
- 零件标准化：可用的，还是首选的。
- 零件使用目的：用于生产中的产品，还是作为备件用于生产后的产品。
- 分销成本：直接分销，还是通过渠道进行分销。
- 产品所处的阶段：是刚刚推出，还是处于稳定期，或者是处于退化期（即与新产品的工艺不能兼容，而且/或者遇到零件和原材料的供货问题）。
- 市场细分：商用的、OEM、军用的、医用的以及核工业产品市场对质量、文档、计划、报告、证书、可追溯性等有不明确要求。

应当研究由于以上这些成本驱动要素中的变化而引起差额成本的活动，并相应地赋予其成本开支。例如，如果少量生产的产品成本比大量生产的产品高，这一点就应该反映到分配中。如果标准的首选零件的材料间接成本较低，

那么就应为这些零件分配较少的间接成本，下面的案例将说明这一点。如果某项操作的间接成本比其它的要高，那么应该在成本驱动要素中有所反映。下面的案例将对此进行说明。

- 英特尔系统集团公司。当作者用第5章中所述的程序实施零件的标准化时，其结果是：确认了500种“通用性”零件作为新设计的首选零件。与保留下来的13 000种“可选用的”零件相比，因为它们是以更大批量采购的，所以这些通用零件确实降低了材料的间接成本。标准化的实施对工程师利用这些零件有促进作用。为了同时达到这两个目的，会计部门用一个具有双重结构的系统来处理材料的间接成本：一个是针对13 000种可选用零件的成本率，另一个是针对500种通用零件的较低的成本率。这样做反映了更高的“实际”的效率，并促进了零件的使用。
- Tektronix公司的便携仪器部。为了促进零件的通用化和精确分配材料间接成本，Tektronix公司指定了一个与使用量成反比的材料费用。因此，大量使用的零件的间接成本很低，相反，给少量使用的零件分配很高的费用。⁴⁷
- 惠普罗斯维尔网络部（RND）。惠普RND的印制电路板装配原来只有两个成本驱动要素，即直接的人工时间和插件的数量。一项特殊的调查表明，轴向插件的成本是DIP插件成本的1/3，手工插装的成本是自动插装的3倍，“不易获得的”零件还要再额外加

上其材料成本的10倍。于是，他们实施了以下9个成本驱动要素。⁴⁸

- (1) 轴向插件的数量。
- (2) 径向插件的数量。
- (3) DIP插件的数量。
- (4) 手工插件的数量。
- (5) 检测的小时数。
- (6) 焊接接头的数量。
- (7) 电路板的数量。
- (8) 零件数量。
- (9) 插槽的数量。

- 惠普博伊斯表面贴装中心 (BSMC)。惠普 BSMC 为表面贴装印制电路板的制造实施了以下 10 个成本驱动要素。⁴⁹ 注意驱动要素 7，它鼓励零件的通用性。

成本类别	驱动要素
(1) 坯板下料	印制电路板占整块坯板的百分比。如果一个坯板由4块印制电路板组成，那么每块印制电路板承担25%的坯板费用
(2) 小元器件的贴装	被贴装的“小”元器件的数量
(3) 中等元器件的贴装	被贴装的“中等”元器件的数量
(4) 大元器件的贴装	被贴装的“大”元器件的数量
(5) 插入通孔的元器件	被插入通孔的元器件的数量
(6) 手工贴装的元器件	不能自动贴装、只能用手工贴装的所有元器件所需的分钟数
(7) 材料的采购和处理	电路板中特殊零件的数量
(8) 安排作业进度	在6个月中用于安排作业进度的小时数
(9) 装配准备时间	在6个月中用于装配准备的分钟数
(10) 检测和返工	用于每块电路板的检测和返工的分钟数

3. 实施总成本统计

实施总成本统计的程序通常被称为基于活动的成本统计(ABC)、基于活动的成本管理、总成本管理,⁵⁰或更早期的“基于事务的”成本统计。基于活动的成本统计是一种注重产品生产中各项活动的系统。成本被直接分配到产品或活动中,随后,根据每个产品所造成的活动成本的多少,被分配给各个产品。

(1) 成本统计系统。ABC法并不打算代替现有的财务系统。在大多数情况下,实施ABC法将生成独立的决策模型。在库珀和卡普兰等人为管理会计学会所做的研究中,情况是这样的:

不需要对现有的财务系统进行修改,企业在并行实施新的ABC模型的同时,继续运行所有的现行系统……基于活动的模型被当作一个管理信息系统,而不是会计系统的一部分。⁵¹

从这个模型中获得的数据比从现有成本统计系统中获得的数据更为有用:

管理者们发现,与从官方的成本统计系统中获得的数据相比,基于活动的分析所产生的数据更加可信和正确。

(2) 实施ABC法的阻力。尽管前面已经指出了传统成本统计系统的不足,而且也有上述案例研究的证据,但是许多管理者依然抵制ABC法在企业内的实施。以下的错误观念使人们反对做出改变,这就是实施ABC法的阻力的来源。许多管理者:

a. 不承认现有系统的缺陷。这是关于总成本统计讨论

中“总成本的思想”的主题，其中引用的许多参考书都对这一点进行了详尽的探讨，尤其是约翰逊和卡普兰所著《相关损失：管理会计的兴衰》一书。⁵²

b. 低估了效益。总的来说，本书强调合理的成本数据的重要性，将其作为做出正确决策的基础，特别是做出对产品系列合理化、标准化、实施柔性制造以及产品开发等有影响的决策的基础。

c. 过高估计改进所需的工作量。实际上，大多数信息已经储存在计算机里，《总成本管理情况的厄恩斯特和扬指南》指出，ABC法能够从MRP-II文件中提取大多数的信息：“实际上，正是内容丰富的数据库使得ABC法的实际实施成为可能。”⁵³

(3) 实施ABC法的工作量。尽管有相反的意见，但大多数企业并不需要像大型跨国公司那种复杂的系统。用适度的资源就可以在某种程度上实现基于活动的成本统计。管理会计学会在8个企业中实施了ABC法，其中，利用了企业外部顾问的“中度参与”的企业，平均用了相当于2.1个全时人工（full-time equivalent workers, FTE）的6.5个月的时间实现了ABC模型。利用了顾问的“积极参与”的企业，则平均用了1.6个FTE的3个月的时间。⁵⁴

一位参与者报告说，为实施基本的ABC所做的工作，其时间的消耗“从用于小型商用打印机企业的80小时，到用于有不良的财务和运作历史记录、大型汽车供应商的500小时不等。”⁵⁵

(4) 跟踪产品开发费用。由于某些企业认为不能要求

工程师跟踪其所从事的项目，所以这些企业不能收集重要的信息，例如不能跟踪产品开发的费用。实际上，许多工程师确实会拒绝这种严格的要求。但是，这些信息对于做出产品开发和成本统计的正确决策来说是非常重要的。事实上，设计工作的成本统计是基于活动的成本统计项目中最大的“黑洞”。解决这一问题的方法如下：

a. 利用在本书中以及在参考书中的理论，强调信息的重要性。这一领域中的一些专家指出：“实际上，一个企业的成本统计系统既可以创造合理的经营体系，也可以将其破坏掉。”⁵⁶

b. 使对设计时间的跟踪变得更加容易。有一个近似的统计总比没有统计要强。惠普公司的某部门运用“保龄球得分表”的方法跟踪设计工作。他们发给每位工程师一张表，在表上为他们可能从事的每一项工作都画了线，每条线的右边有一个方框。如果某工程师一整天做的都是同一个项目，那么他就画出一个像打保龄球时的一次全中的标记；如果他做了两个甚至更多的项目，他就在每个项目备用的地方做一个标记。这个系统实际上是这样工作的：因为系统很简单，所以工程师们愿意合作。由于他们生性就很认真仔细，因此他们最终甚至还“纠正”了系统中不够精确的地方，并且自愿地填写更加精确的栏目，如工作的小时数或时间比例。

c. 按照要求去做。基于活动的成本统计需要输入足够的数据库。如果高层主管认为这是一项重要的活动，那么企业里的每个人自然都要参与。通过强调其重要性，并使之简单

易行，能够让每项要求都更加易于实现，而且效率更高。

(5) 在较小的企业实施“abc”法。有一本很好的“指南”书讲述了如何以较低的成本实现ABC法，这本书就是道格拉斯·希克斯(Douglas Hicks)所著的《中小企业的基于活动的成本统计》(Activity-Based Costing for Small and Mid-Sized Businesses)。该书建立在这样的前提之上，即：近似的准确总比精确的错误要好，准确比精确更重要。⁵⁷ 知道某个产品的负利润率在-55%~-65%之间，比“认为”其正利润率为精确的10.89%更有意义(10.89%是第4章中施拉德·贝洛斯公司的例子里产品3的真实数据)。希克斯指出，对产品成本统计精确性的错误追求是不切实际的：“没有一个成本统计系统能够为企业提供精确数据。所有的产品成本统计都是近似的。所有的成本统计系统都包含许多估计值和分配值，所以不可能是精确的。”⁵⁸

像这样适当地考虑精确性，就可以比“力求十全十美”的做法更容易实施基于活动的成本统计，尤其对较小的企业更是如此。希克斯把这种“基于活动的成本统计”用小写缩写成“abc”。

在abc法中，活动被定义为成组的相关过程或步骤，它们共同满足企业中某特定工作需要。在这种定义下，帐目表明有利润的部门所从事的活动是最有可能有利润的。反之亦然。⁵⁹

希克斯同样把整个的采购任务当作是一项活动，而不是区分采购中的所有活动。对大规模定制模式来说，明智的做法是将采购和其他“实实在在的”功能分成两种活动，

即：支持传统的根据预测进行生产的活动，以及支持 JIT 生产的活动。如第3章中所指出的，可以通过看板系统和“面包车”供货方式避免许多采购成本。再加上以更大的批量订购更少种类的零件，能够降低采购成本，并提高采购能力。《及时的采购》(Just-in-Time Purchasing) 一书的调查指出，JIT 客户希望把出差的工作量削减 1/3。⁶⁰

如果缺乏准确的定量数据，那么最好实施以下某些简化措施，而不要继续进行粗略的、不正确的成本分配。简化措施之一是，估计由某一特定成本驱动要素引起的活动成本的百分比，例如大量生产与少量生产引起的活动成本的百分比。因此，不是平均地分配成本，让每个产品分摊相同的费用，而是由少量生产的产品负担，比方说 80% 的成本，大量生产的产品负担 20%（如果典型的帕雷托效应有效的话）。

希克斯提出了一项实施 abc 法的简化方法，它强调准确性和适当性，而不是精确性。他建议使用适于 Lotus 1-2-3™ 或 Excel™ 等电子表格的格式建立 abc 模型。

如果不使用电子表格建立模型，可以使用专门为 ABC 法分析开发的软件。管理会计学会的 ABC 法研究中，8 个企业使用的都是这种基于 PC 机的软件包。⁶¹

（6）实施 ABC 法的典型结果。在实施 ABC 法的时候，企业开始看到真正的、往往使人感到意外的产品成本图。库珀和卡普兰等人提到了“典型的 ABC 模式”，即：只有几种产品具有较高的利润率，大多数产品处于或者接近收支平衡，而有几种产品则是非常不赚钱的。⁶² 在第4章中引用

过的施拉德·贝洛斯的案例研究表明，⁶³ 在7种原来认为赚钱的产品中，有3种确实赚钱，1种刚刚达到收支平衡，另外3种则赔钱，其中1种还赔得很厉害。

通常，总成本分析法得到的大多数产品制造成本往往比通常认为的要高，而只有少数几个“货真价实的”产品例外。当惠普公司在其博伊斯表面贴装中心实施ABC法的时候，它分析了57种产品（印制电路板）的实际制造成本。⁶⁴ 在实施了上面提到的9个成本驱动要素之后，它发现72%的产品的实际成本都比设想的要高，成本的调整范围从略低一直到翻倍。图4-3显示了实际调整的百分比。

注释

1. David M.Anderson, Design for Manufacturing, Optimizing Cost, Quality, and Time-to-Market (Lafayette, CA: CIM Press, 1990).
2. Phillip Crosby, Quality is Free (New York: Mentor Books, 1979).
3. James Womak, Daniel Jones, and Daniel Roos, The Machine That Changed the World (New York: Rawson Associates, 1990; paperback: New York: Harper Perennial, 1991)
4. Kiyoshi Suzuki, The New Manufacturing Challenge, Techniques for Continuous Improvement (New York: Free Press, 1987).
5. James H.Saylor, TQM Field Manual (New York: McGraw-Hill, 1992), chaps.3 and 4.
6. Jordan D. Lewis, The Connected Corporation , How Leading Companies Win Through Customer-Supplier Alliances (New York: Free Press, 1995), chap.8; and Womack et al., The Machine That Changed the World, chap.6.
7. Lewis, The Connected Corporation , p.38.
8. Ibid.
9. Peter F.Drucker, Managing in a Time of Great Change (New York: Truman Talley Books / Dutton, 1995), p.117.

10. Shawn Tully, "Raiding a Company's Hidden Cash," *Fortune*, August 22, 1994, p.82.
11. Eliyahu M. Goldratt, *The Goal* (New York: North River Press, 2nd rev. Ed., 1992), p.268.
12. 伊莱·戈德莱特的著作《目标》一书常常指出，重要的是做“有意义的”事情以实现“目标”，而不是将决定和行动建立在试图满足想当然的性能测试和成本计量基础上，这些只能使系统中的一小部分看起来具有高效率或者低成本。
13. Ronald Henkoff, "Delivering the Goods," *Fortune*, November 28, 1994, p.62.
14. Marshall Fisher, Anjani Jain, and John Paul MacDuffie, *Strategies for Product Variety: Lessons From the Automobile Industry* (Philadelphia: Wharton School, University of Pennsylvania, January 16, 1994), p.26.
15. *Ibid.*, p.31.
16. B. Joseph Pine, II, Don Peppers, and Martha Rogers, "Do You Want to Keep Your Customers Forever," *Harvard Business Review*, March-April 1995, p.103.
17. Wilton Woods, "After All You've Done for Your Customers, Why Are They Still Not Happy," *Fortune*, December 11, 1995, p.180.
18. Robert V. Delaney, *Sixth Annual State of Logistics Report* (St. Louis, MO: Cass Information Systems,

June 5, 1995), Figure 8.

19. Dr. Corey Billington, “ Strategic Supply Chain Management ” , OR/MS Today, April 1994 (Published jointly by the Operations Research Society of America and the Institute of Management Sciences), pp.20-27.
20. Drucker, Managing in a Time of Great Change.
21. Niklas von Daehne, “ Database Revolution. ”
22. Douglas Lavin, “ Stiff Showroom Prices Drive More Americans to Purchase Used Cars, ” The Wall Street Journal , November 1, 1994, p.1.
23. Henkoff, “ Delivering the Goods, ” p.64.
24. Von Daehne, “ Database Revolution. ”
25. Henkoff, “ Delivering the Goods, ” p.62.
26. Michael R.Ostrenga, Terrence R. Ozan, Robert D. McIlhattan, Marcus D. Harwood, The Ernst & Young Guide to Total Cost Management (New York: John Wiley & Sons, 1992).
27. Robin Cooper and Robert S. Kaplan, “ How Cost Accounting Distorts Product Costs, ” Management Accounting, April 1988.
28. H.Thomas Johnson and Robert S. Kaplan, Relevance Lost, The Rise and Fall of Management Accounting (Boston: Harvard Business School, 1991).
29. Ibid.
30. Ostrenga et al., Total Cost Management, p.27.

31. Douglas T. Hicks, *Activity-Based Costing for Small and Mid-Sized Business, An Implementation Guide* (New York: John Wiley & Sons, 1992), p.20.
32. Johnson and Kaplan, *Relevance Lost*.
33. Robin Cooper, Robert S. Kaplan, Lawrence S. Maisel, Eileen Morrissey, Ronald M. Oehm, *Implementing Activity-Based Cost Management* (Montvale, NJ: Institute of Management Accountants, 1992), p4.
34. Johnson and Kaplan, *Relevance Lost*.
35. Ostrenga , et al., *Total Cost Management*, p.146.
36. Johnson and Kaplan, *Relevance Lost*.
37. Ibid.
38. Peter M. Senge, *The Fifth Discipline, The Art and Practice of The Learning Organization* (New York: Doubleday / Currency, 1990).
39. Robert S. Kaplan, " Must CIM Be Justified by Faith Alone? " *Harvard Business Review*, March-April, 1986, p.87.
40. Steven L. Goldman, Roger N. Nagel, and Kenneth Preiss, *Agile Competitors and Virtual Organizations; Strategies for Enriching the Customer* (New York: Van Nostrand Reinhold, 1995), pp.18, 170.
41. Mary Brandel, " One Pneumatic Valve to Go, " *Computerworld*, November 22, 1993, p.95.
42. Pine et al., " Do You Want to Keep Your Customer

- Forever? ”
43. “ Creating a 21st Century Business, ” Industry Week, April 19, 1993, p.38.
 44. Ibid.
 45. Otis Port, “ Custom-Made, Direct from the Plant, ” Business Week, 21st Century Capitalism Issue, 1994, p.158.
 46. Pine et al., “ Do You Want to Keep Your Customer Forever? ”
 47. Robin Cooper and Peter B.B. Turney, “ Internally Focused Activity-Based Costing Systems, ” Measures of Manufacturing Excellence , ed. Robert S. Kaplan (Boston: Harvard Business School, 1990) pp.292-93
 48. Ibid, 294-296.
 49. Mike Merz and Arlene Harding, “ ABC Puts Accountants on Design Team at HP ” , Management Accounting , September 1993, pp.22-27.
 50. Ostrenga , et al., Total Cost Management.
 51. Cooper et al., Implementing Activity-Based Cost Management, p.7.
 52. Johnson and Kaplan, Relevance Lost.
 53. Ostrenga , et al., Total Cost Management, p.32.
 54. Cooper et al., Implementing Activity-Based Cost Management, p.296.

55. Douglas T. Hicks, Activity-Based Costing for Small and Mid-Sized Business, An Implementation Guide (New York: John Wiley & Sons, 1992), p.9.
56. Ibid, p.14.
57. Ibid, p.7.
58. Ibid, p.8.
59. Ibid, p.35.
60. A.Ansari and B. Modarress, Just-In-Time Purchasing , (New York: Free Press, 1990), p.44.
61. Cooper et al., Implementing Activity -Based Cost Management, pp.6, 25, 256.
62. Ibid, p.5.
63. “ Harvard Business School Case Series ” (9-186-272) 中记载了施拉德·贝洛斯的案例研究。罗宾·库珀和罗伯特 S.卡普兰将其研究结果收录在 “ How Cost Accounting Distorts Product Costs ” , Management Accounting , April , 1988。
64. “ ABC Puts Accounting on Design Team at HP, ” Merz and Hardy.

第 7 章

用敏捷制造的方式快速地生产产品



为了能够大规模地定制产品、根据订单生产产品或在特殊产品市场中取胜，企业必须柔性地制造产品。这意味着要能够有效而迅速地生产出与其以前或以后都不相同的产品。

如果运用本书所讲述的原理正确地设计产品，那么实现敏捷制造并不很困难。其实施的费用不一定很高，也不依赖于先进的自动化设备或精心设计的信息系统。如图 2-1 所示，甚至能够在手工装配线上实现敏捷制造。敏捷制造的能力是大规模定制模式的关键工艺基础之一。

通过一些“软”措施，如缩短生产准备时间、准时制造(JIT)、柔性制造、连续流制造(continuous flow manufacturing)、需求流制造(demand flow manufacturing)、按订单生产，以及各种“敏捷”活动等，能够使敏捷制造得以实现。在《工业周刊》1994年为评选25家“最佳工厂”所做的调查中，72%的工厂采用了柔性制造系统，64%采用了柔性装配系统，48%拥有柔性加工中心。¹

库珀斯和莱布兰德公司调查了在其帮助下实施了JIT的

10家企业，结果表明，这些企业从订货到交货的时间平均缩短了83.1%。² 据《生产与库存管理杂志》(Production Inventory Management)报告，一项针对1165家企业进行的JIT研究表明，实施了JIT之后，企业生产时间平均缩短了59.4%。³

7.1 早期步骤及前提条件

第5章讨论了对零件、刀具、夹具、工艺过程、工序和原材料进行标准化的重要性。标准化是敏捷制造的首要条件。

零件必须有足够的通用性，从而无需进行更换零件的生产准备工作，就能够把零件分发到所有的使用点。工具必须有足够的通用性，从而避免更换工具而造成的生产准备延迟。必须为刀具和模具设计标准的装夹方式，以实现它们的快速更换。夹具几何形状必须有足够的通用性，以避免与夹紧工件相关的生产准备工作。必须将工艺过程标准化，以避免生产后续产品时所需的与更换和学习有关的生产准备工作。原材料必须有足够的通用性，以消除寻找不同原材料，或者更换正在切削、攻螺纹或进行其他加工过程的原材料的生产准备工作。

许多标准化工作只能在把新产品和新工艺引入生产的时候，才能完全地得以实现。如第5章中所述，零件的标准化一般都适用于新产品。然而，消除零件种类重复性的工作能够立即提高操作的柔性程度。同样，用“更好的”替代品(例如，用允差为1%的零件代替允差为5%的零件)，能

够立刻减少现有产品的零件种类，并且可能同时提高产品的质量。

7.2 缩短生产准备时间和减少生产批量

大规模定制模式的目标是在同一个工厂生产不同的产品而其切换时间为零，这要求工厂进行柔性的或敏捷的制造。如果先后生产的产品是单件的和彼此不同的，那么也不需要大量的停顿时间来获取零件、更换模具和夹具、下载程序、查找工作指令，或者进行任何的手工检测、调整或进行零件或夹具的定位。这些停顿所浪费的时间被称为生产准备时间。生产准备时间降低了工厂的柔性，同时也阻碍了大规模定制。

处理生产准备时间的一般方法是把它当作必然的困难加以接受，然后分摊到尽可能多的产品上，从而把每个零件分摊到的生产准备时间降到最低。工业工程师制定了“经济订货批量”(economic order quantity, EOQ)的公式，该公式根据生产准备时间确定出“最佳”批量。生产准备时间越长，批量越大，工厂的柔性就越低。减少生产准备时间的目的在于缩短生产准备时间，从而减小“最佳”批量。当生产准备时间为零的时候，经济订货量为1，此时就是真正的柔性制造。

降低批量是许多领先的企业所采取的一个重要步骤。《工业周刊》1994年为评选25家“最佳工厂”所做的调查表明，被调查的92%的工厂以较小的批量制造或装配元器件。它们降低批量措施的结果是，“最佳”元器件批量平均降

低了75%。⁴

为了获得这种敏捷性（这是大规模定制的前提），必须将所有生产准备时间降为零。如果零件的种类太多，使得零件不能有效地分发到所有的使用点上，那么就要把用于某一批产品的足够的零件放到原材料仓库里的集中箱中，运送到装配区，然后再分发给每个零件箱或自动机床。这种零件的集中，是一种抑制柔性制造和大规模定制的生产准备。

消除零件的集中在设计上意味着，大规模定制产品族中的所有零件都必须能够有效地分发到每个使用地点。这是并行工程的核心，在并行工程中，利用第5章里提到的标准化技术对产品和工艺进行协同设计，才能实现使零件能够被有效地分发到所有使用地点的目的。

产品的设计也必须有利于消除冲模、铸模、刀具盘和夹具的更换，或使这种更换能够尽快地完成。需要成型模具或铸模的零件，应该设计得具有足够的通用性，使其能够用于大规模定制产品族中所有的产品。例如，如果水表或煤气调节器的铸件要适应各种检测端口的组合形式和其他方面的要求，那么所有这些特征应该反映在一个通用铸件中。

可以设计出具有足够通用性的刀具盘和夹具，使之能够适应某一种通用的坯料 (blank)，从而使该坯料能够用数控机床或机器人进行定制。该坯料必须能够在夹具上迅速定位，而且不需要任何检测和手工定位。因此，该坯料必须具有通用的装夹结构。图2-2中的通用面板就是这样的一

个例子。另一个例子是，将所有的电路板设计成具有相同的“形状因素”（尺寸和形状），它们上面有相同的加工孔，这样，所有的电路板就能够使用相同的刀具盘、托板或材料处理设备。

可以把一个工夹具设计成能够适用于一个以上的坯料或印制电路板。为了提高英特尔系统集团公司的制造柔性，作者开发了一个可适用于 7 个不同电路板形状因素的刀具盘。刀具盘的中心孔周围固定地装有成对的定位销。如果坯料太小，不能跨越该孔，可以把可调节的支撑臂伸出来支撑坯料。这样，就可以利用通用的刀具盘来避免通常因更换刀具盘而需要的生产准备工作。

将所有数控设备的控制程序储存在某个文件服务器中，可以在用条形码识别零件的同时下载程序，并迅速地对其进行修改。

在手工装配中，即使是查找指令或图纸，也是一种生产准备时间。为了达到大规模定制所需的柔性程度，应当将工艺过程加以统一，从而消除这方面的生产准备时间。可以在工人面前贴一张写有装配中少量选项的表格，而更复杂的、变化的指令则及时地显示在计算机的监视器上，如图 2-1 所示。需要在图纸或说明书中指出的图形或图示，也可以将其显示在监视器上。位于得克萨斯州休斯顿的康柏计算机公司就是这样做的，⁵ 苹果计算机公司（Apple Computer）还在它们自己的麦金托什（Macintosh）计算机上显示动画的装配指令。⁶ 通过自动化程序，手工装配指令可以根据条形码扫描仪的输入而进行改变。

缩短/消除生产准备时间的重要性与产量等因素有关，大量的大规模定制要求彻底地消除生产准备时间，实现真正的敏捷制造。少量的生产或许容许稍长的生产准备时间，但也必须要考虑到其累计成本和时间。请记住，目的是以大规模生产一种产品的效率来进行多种产品的大规模定制。

7.3 降低库存/准时制造

标准化是缩短生产准备时间的前提条件，缩短生产准备时间又是降低库存和实现准时制造模式的前提条件。就像许多创新计划一样，对准时制造模式也存在着一些误解。不了解这一概念的评论家和许多人都认为，准时制造模式仅仅是指在生产停顿之前，“正好”把零件送到。不仅如此，他们还认为新的库存只是被简单地从装配厂转移到供货商的仓库。当供货商希望与实施了准时制造的客户进行交易，而自己又未实施准时制造的时候，后一种观点有时是正确的。

然而，准时制造的真正目的是降低物料库存和流动量，提高柔性程度，并通过消除“必备的”库存来实现持续的改善。对于那些采用敏捷方式，如实施大规模定制、按订单生产和为特殊产品市场进行生产的企业来说，它们所感兴趣的是柔性程度的提高。但是，想要以“批量为1”来生产定制的产品，就需要真正地消除生产准备时间和库存，而不是仅仅降低它们。

美国的先进企业正在把准时制造作为全面改进战略的一部分而加以实施。《工业周刊》1994年为评选25家“最佳

工厂”所做的调查表明，这些企业中的 96% 都采用准时制造/连续流的方式进行生产。⁷

许多企业已经在尝试或者实施准时制造 /降低库存项目中取得了不同程度的成功。成功的程度与为这种环境所进行的产品设计的好坏有很大的关系，而这正是本书最重要的目的。如果围绕过多的零件种类进行产品设计，使得零件不能有效地分发到所有的使用地点，那就不得不把零件集中，准时制造也就不可能实现。制造过程中过多的生产准备会抑制和阻碍准时制造 /降低库存计划的实现。因此，制造的敏捷性最终取决于产品的开发——产品和柔性工艺的并行开发。

7.4 针对敏捷性进行产品系列合理化的有效性

在大多数情况下，工厂在新一代产品到来之前，能够在敏捷性方面做出重大的改进。第一步应该运用第 4 章中提出的技术，对产品系列进行合理化。很可能的情况是，被取消的或外加工的产品就是那些最不“适于”该柔性工厂的产品。因此，将它们从生产中去掉将可能消除大多数古怪的零件和最长的生产准备时间。实际上，提高制造敏捷性可能就是产品合理化的驱动力之一。如果制造的敏捷性及其对大规模定制和按订单生产的作用被认同为企业的一种核心能力（这是企业战略的基础），那么，针对这一目标的合理化工作可能会更加有效。

随着那些古怪零件的消除或者外购，工厂能够将精力集中在提高保留下来的产品的柔性上。由于合理化的工作

会给工厂保留的产品系列带来较大的变化，所以下一步就是进行在理论和实际两方面的重组。工厂的管理层，应利用这个机会客观地重新审视运作过程的大的蓝图、问题、挑战以及从工厂的布局到零件和产品流的各个方面。现在，经过合理化的产品系列或许能够把原来认为不可能的改进变成现实。

负责制造的管理层应该针对合理化之后保留下来的产品系列提出下列问题，提问时把具有全局性的问题放在前面：

- 多工厂策略。合理化的工作对现有的或计划中的多工厂策略有何影响？是否能让一个或几个工厂集中生产兼容的产品组？
- 生产线的归并。能否在一条生产线上制造各种新产品？或者如何能将它们集中在最少的生产线上？归并生产线的要求是什么？
- 制造/购买策略。当前最佳的制造/购买策略是什么？能否组成“虚拟公司”⁸或“动态联盟”⁹，通过供货商的敏捷的网络或系列公司（keiretsu），把零件作为及时的看板补充系统的一部分进行运送？相反，有没有因为将关键工艺转为外加工而造成延误，从而抑制了制造的柔性？是否需要发展与供货商的伙伴关系？考虑到敏捷性，有的时候一些加工过程必须在内部完成。例如，有一个生产水表的企业，尽管印制刻度盘面板不是企业的核心能力，但仍在其内部完成，因为它是柔性加工过程中交货时间最长的零

件之一。

- 早期改进的范围。有没有机会能够把精力集中于一组特殊的产品，或者集中在一个工厂进行“试验性的”实施？
- 工厂的布局。是否根据部门或者功能对机床和其他生产活动进行了布置？有没有铣削区、车削区和装配区，它们在零件加工过程中使零件以大批量在各个区域间移动？产品系列的合理化是否使工厂能够进行更有效的布局？
- 发展趋势。影响上述问题的趋势是什么？将来是否会有更进一步的、效果更大的合理化工作？新产品是如何规划的？新产品的引入将如何影响企业的运作？有没有可通过企业合并或各种其他方式而增加的新产品？

7.5 改进的范围

任何改进工作的范围都受到潜在回报的影响。通过定量分析第3章中讨论的各种多样化成本，了解当前的运作效率到底低到怎样的程度，这样做有助于进行规划和激励改进的工作。了解数据有助于证实项目的投资回报（return on investment, ROI）和偿还期限预测。即使没有这些数据，人们也可以主观地感觉到效率低下的地方太多，而且应该做些工作来对之加以改进。

主观激励的另一个方面可能在于时机：制造的敏捷性如何能够帮助企业达到其目标，如在特殊产品市场中取胜、

按照订单生产产品，或者实现大规模定制。

由于实施改进可能需要一定的费用，或者需要改变许多“原有的方式”，所以很重要的一点是，要确认这种改进的效益，并希望能够对之定量化。如果实现了足够的“购入” (buy-in)，实施的工作就可能是“革命性的”，它将操作从缓慢的、基于批量的大规模生产模式，转变到快速的、按订单生产的大规模定制模式。如果购入不足，这种变更的“革命性”更强，它从低目标开始工作，从一些试验性活动开始实施。

实施工作可能被限制在具有大规模定制潜力的部分产品系列。用第4章中的方法确定的高赢利产品，有可能仍被保留在大规模生产模式中。

需要进行培训和教育，帮助改变企业文化，转换模式，并实现如下按照低目标在前的顺序排列的步骤。

7.6 提高制造的敏捷性

7.6.1 标准化

所有零件都应该能被很容易地分发到各使用地点，这要求利用上一节描述的过程为新设计的零件进行标准化。此外，也可以对现有产品的生产做出某些改进。

用第5章提出的零件管理工具消除重复的零件，在任何可行的时候，用“更好的”零件和材料进行替换。设计标准的刀具盘和适用于所有零件族的装夹设备。

应该考虑那些对增强标准化有作用的微小的设计更改，

例如改用通用的、“更好的”原材料，改用相同头部形状的紧固件以使用通用的工具，把不常用的紧固件更换成下一档稍大尺寸的通用零件，根据零件将夹具的形状标准化以适应各种加工等。

7.6.2 合理化/归并

用第4章中的方法将产品系列合理化，并取消企业自己制造的那些与柔性环境不相符的、销量低的、有过高的间接成本需求的、客户并不真正喜欢的、未来的潜力有限的，或实际上赔钱的产品。

7.6.3 增加零件箱

通过标准化和合理化将零件数量降到最低点之后，为装配机器和手工装配工作站增加零件箱可以提高柔性。如果零件的种类比零件箱多，那么就必须为该机器进行两次调整，第一次装前“一半”零件，第二次装后一半零件。

如第2章所述，可以给图 2-1 中的手工装配站增加更多的零件箱。但是，零件箱过多可能引起混乱，并可能需要在零件箱上安装灯光，以此作为零件使用的信号。

有时可以把零件箱加在自动装配机上，如加在印制电路板放置或插装的设备上。一个半柔性但易于实现的方法是，为各种产品族配置零件盒（每个零件盒可以容纳若干个零件箱），实际上，这是一种不经常发生的生产准备工作。

即使增加零件箱确实会需要一些开支和工作，仍有必要对当前的产品系列实现柔性制造。然而，如果吸取了第 5

章中的教训，在后来淘汰老产品和将新产品投入生产时，或许就不必增加零件箱，而是希望采用好得多的零件标准化。因此，应该把增加零件箱的计划与产品系列的合理化以及新产品开发进行协调。制造系统在这个问题上的反馈信息，能够使产品系列的合理化发挥更大的作用，使新产品的设计更加严格地围绕零件的标准化来进行。

7.6.4 试验

在完成了产品系列的合理化之后，选择“最简单的”产品系列或产品族进行试验。把活动集中在该组产品上，将尽量多的步骤付诸实践。

记录下库存成本、生产准备成本、重复出现的质量问题造成的成本、实际设备利用率、实际产量等试验之前的条件，参照第3章中关于这些多样化成本的完整列表，将这些数据与试验之后的数据进行比较，用比较的结果来总结改进的情况。应用这些成功的实例，为后续的活动提供依据。

7.6.5 消除生产准备工作和缩小批量

在用经济订货批量计算公式算出“最佳的”批量时，并没有考虑到与库存和敏捷性相关的所有间接成本。其结果将导致非柔性的操作和生产准备工作与库存所需的大量的间接成本。

可以采取几个步骤来消除生产准备工作。确认生产准备活动并把它们与其引起的总成本相联系，这些成本包括：准备工作自身成本，准备工作引起的库存、设备的低利用

率，以及在第3章的“多样化成本”中提到的所有相关的成本。像下面那样把消除准备工作的各种可能方法按先后顺序排列，应记住可能需要进行某些协调，以消除某些准备工作，实现柔性的生产线。

- 消除零件的集中。运用零件的标准化，或者增加零件箱，从而避免将一批产品所需的所有零件集中起来运送到装配区域。
- 归并零件的形状。应该把需要铸模的零件设计成具有足够的通用性，以适应大规模定制产品族中的所有产品。例如，如果水表或煤气调节器的铸件能适合于各种检测端口和其他选项，就可以把所有这些特征反映在一个通用铸件上。
- 快速更换模具。关于快速更换模具已经有许多改进和记述。¹⁰ Shigeo Shingo为丰田公司发明了一种名为“一分钟更换模具法”的方法。¹¹ 他开发的巧妙的模具装配结构有助于模具的快速更换。¹² 原来用于运送零件和产品的输送机和圆盘传送带，现在被用来快速地把模具运送到压力机床和铸造机，或者将它们从这里运走。¹³
- 多功能的刀具盘和夹具。理想的情况是，刀具盘和夹具应该只接受一种坯料（如棒料、铸件、电路板的底板，等等）。无需经过任何测量和手工定位，就能够迅速地将坯料定位在夹具上。可以巧妙地设计多功能工夹具，使之适用于一种以上的坯料。所有的坯料都应该具有通用的装夹结构。

- 即时更换 CNC 程序。通过把所有数控加工设备的控制程序储存在某个文件服务器中，可以在识别零件条形码的同时下载程序，并迅速地对其进行修改。
- 手工装配指令。在手工装配中，即使是查找装配指令或图纸所用的时间，也是一种生产准备时间。为了达到大规模定制所需的柔性，应采用前面讨论过的指令在线显示方法，来消除这种准备时间。

7.6.6 消除在制品库存

大多数的 JIT 学者都赞成减少库存。舍恩伯格 (Schonberger) 坦率地指出：“库存是万恶之源。”¹⁴

但是，在如何减少库存方面，却存在着两种学派。一种学派提倡先排除问题，然后减少库存。¹⁵ 上面提到的步骤，有助于排除问题。另一类需要排除的主要问题，是机器的维护保养。从事传统制造的人们乐于保留在制品库存的一个原因是，在机器“正好”出毛病的时候能有一个缓冲区。已经有好几本书写到了设备维护问题¹⁶ 和全面的生产性维护的问题，而后者更被当作是实施 JIT 所需的一种支持计划。¹⁷

另一种 JIT 学派提出，先撤消缓冲库存，以便暴露问题，¹⁸ 然后再集中精力解决这些问题。¹⁹ 这样做能够暴露问题，并将注意力集中在解决问题上，但是，如果通过减少库存来向人们施加压力，自然也会给工人增加心理负担。²⁰ 而这些问题的解决，可能并不完全是这些生产线上的工人力所能及的。

考虑这两种不同方法的极端情况，最好的办法是取两种学派之长。首先，解决所有明显的问题。应该将机器的维护从基于“失效时调整”的方法转换到基于预防的方法。应通过标准化降低零件的多样性，通过产品的合理化降低产品和零件的多样性。对于保留下来的产品，应该尽可能地实施减少准备工作的措施。这样，就可以将库存量逐渐降低到一个恰当的准备时间和问题出现的程度。不能用 EOQ 公式盲目地设定库存量和“最佳”批量。随着更多的问题被暴露出来并得到解决，在制品库存将得以降低，不一定降低到零，但是能够降到以批量为 1 进行有效生产的程度。

降低在制品库存是一个学习的过程，可能有一条学习曲线。因此，当对生产的需求极高的时候，就不应该尝试降低库存。虽然不应该借故而推迟降低库存的活动，但是，需求较低的时期可能是进行这种改进活动的一个好时机。

管理层应该支持这种持续的改进，并将其视为一种投资。不应该把它强加给工人，否则他们可能会对这种挑战感到怨恨，并抵制这种改进。所有从事生产的工人，都应该参与到持续改进活动的规划和实施中来。通常，工人们自己会有最好的想法和建议。

7.6.7 工厂布局的优化

消除在制品库存能够释放大量的空间。在第 3 章中曾经指出，许多实施 JIT 的例子把对厂房空间的需求削减了 50% 或更多。²¹ 当奥马克工业公司（Omark Industries）在安大略省的奎尔夫针对链锯的链条生产实施 JIT 的时候，“移动距

离”从2 620英尺减到173英尺，即减少了一个数量级。²² 该公司位于俄勒冈州波特兰的工厂，将厂房面积削减了40%。通用电气公司在费城的生产真空断路器的工厂，将厂房面积从200万平方英尺减少到60万平方英尺，降低了70%。北加利福尼亚州的西屋电气公司（Westinghouse）费耶特维尔（Fayetteville）电机控制中心工厂把厂房面积降低了40%。伯林顿工业公司（Burlington Industries）位于里兹维尔的生产定制纺织品的工厂，将面积从13 000平方英尺降到4 300平方英尺，降低了67%。德州仪器公司（Texas Instruments）位于得克萨斯州谢尔曼的防卫武器系统分部，把面积降低了40%。²³

这些被节省下来的空间能够、也应该得到更好的利用。如果仅仅把原来库存占用的地方空闲在那里，就浪费了宝贵的厂房空间，而且，根据帕金森法则，这些空间有可能再次被库存占用。所以，为了利用节省下来的空间，应该移动机器和 workstation。

工厂的主管可能会反对新的工厂布局，即使只移动工厂中的一小部分。但是，这样做有几个重要的原因：

- 发展。实实在在的归并能够为今后的发展提供宝贵的厂房空间，或者使设计人员与该项活动紧密地联系在一起，这能够延迟移动厂房并为企业今后发展获得更多的空间。
- 能够支持敏捷制造，如按订单生产和大规模定制。
- 零件的流动。新零件和材料可以直接流向生产线，而不是从中央仓库流出（如下文所述），这可能会影

响工厂的布局。

- 产量。将各项操作更近地移到一起，能够在产量方面产生巨大的好处，或许这本身就足以补偿这类移动所需的开销。
- 质量。如果把各个工作站集中在一起，那么工厂将从迅速的反馈中获得好处。也就是说，当一个操作者把零件传给下一个操作者的时候，如果零件有问题，那么后者就能马上进行反馈。许多企业都采用了U型生产线，这种生产线以U字型布置，使得每条生产线都紧密地排列在一起。²⁴
- 成组技术布局。当批量达到1的时候，会有大量的改进工厂布局和改进零件与产品流动的机会。传统的工厂布局把操作按照功能分组，例如，一边是铣床，另一边是车床，还有一边进行装配，等等。由于机器是按照种类划分的，所以对每一项工作（或一批次产品）都需要进行准备工作。为了把每个零件所分担的加工准备工作降到最少，将准备工作费用分摊在大批量的零件上，这些零件又在各个加工点之间递送。这种大量的在制品库存引起了我们在此讨论的所有问题，如生产效率低下、质量低劣、厂房和设备的利用率不高等。相反，敏捷化工厂是按照零件的相似性和产品族进行布置的。零件不再是装在大零件箱里，在各个操作点之间缓慢地移动，而是以很小的批量或单个地在各个操作点之间迅速地移动，这又被称为“单件移动”。²⁵

- 上述情况使得间接成本得以降低。如果能够计算出间接成本降低的数值，那么，工厂的重新布局就能够作为独立的活动自行承担其费用。

7.6.8 以面包车方式递送零件

物料后勤中的“最低目标”，是以面包车的方式递送便宜的小零件。此时，不是依靠销售预测来触发MRP系统生成采购订单，而是在每个使用地点的零件箱里放置足够数量的备用的便宜小零件。与当地的供货商签订合同，由它们保证零件箱始终是放满的，它们每个月只向企业收取所使用零件的费用，这就如同在小商店里用面包车来补充面包一样。

这种交货方式，消除了所有的MRP/采购费用，而且能够保证零件的供应，因而也避免了生产的中断。由于不采用预测/MRP系统，可以保证按订单生产等“不依赖于预测”的操作所需零件的供应。适合于以面包车方式进行交货的典型零件有：紧固件、电阻、电容，以及几乎所有便宜的小零件。

当企业的敏捷性更强的时候，它们可以对稍贵的和稍大一些的零件也实行这种方式。稍贵的零件会引起一些维持库存的开支，但这些开支能够从节约的采购成本、材料间接成本、出差成本，以及因避免了生产停顿而节约的成本中得到补偿。

以面包车方式交货的准则是：

- 能够与一个可靠的供货商签订合同。许多供货商都欢

迎这样的生意，并努力圆满地完成任务，因为他们常常可以承揽该企业这类零件和原材料的所有生意。

- 能够把零件分发到所有的使用地点。当然，零件的标准化对此是有帮助的。
- 零件足够小，也足够便宜，使得“手边”始终有充足的零件。要有足够多的零件箱，以排除零件被用完的任何可能性。
- 零件在待用期间不会老化或失效。
- 通常情况下，企业不会把这些零件的消耗与产品销量联系起来，所以，用面包车方式交货可能造成零件大量失窃的情况发生。然而，让研究和开发人员以及从事工厂改进的部门能够自由地取用这些零件，将促进产品的革新。
- 不希望发生手工方式的重新订货。供货商应该采用持续改进的模式，根据主要的需求不断地调整零件箱的数量。工厂可以根据预测的需求情况提醒供货商。

7.6.9 零件的看板补充系统

尽管面包车系统通过定期的供货确保了零件箱始终是满的，但看板系统根据使用情况对零件箱进行补充。零件的使用把更多的零件“拉”入系统，所以这种类型的运作被称为“拉式系统”(pull system)。

图7-1显示了两排零件箱，这两排零件箱被用于双箱的看板系统。开始装配的时候，所有的零件箱里都装满了零件。当最靠近工人的零件箱里的零件被用尽的时候，后面

那个装满零件的箱子就被移到前面来，如工作台上的空档所示。然后空箱子被送回零件源头，该源头可能是生产零件的机器，或者是组装零件的子装配工作站，也可能是供货商。零件箱在源头被重新装满，然后送回到装配工作站，排在正在分发零件的零件箱后面。

零件箱的大小可以从图 7-1 中桌面上的小箱子，一直到成对的拖车，当分发一辆拖车里的零件时，另一辆拖车回到源头进行补充。如果箱子太大，桌面上放不下，可以把它们放在地板上的两个已做标记的方形看板区域中的一个上面。²⁶

如果不把空的箱子送回零件源头，可以采用另一种方法，即：采用双卡片的看板系统，²⁷ 把“空的”卡片送回去、传真回去，或者用电子通讯的方式发送回去。零件的源头可能是内部的，如加工车间或装配单元，或者是外部的，如供货商。不论是哪一种情况，看板零件必须无需检验而被直接送到生产线，或者从码头直接送到仓库。

适合于板材和棒材等原材料的另一种看板系统是，当货栈中零件的消耗达到需要补充的程度时，通常是达到墙上的某个标志的时候，就重新给原材料下订单。

在所有的看板系统中，需要综合考虑在最少的零件箱空间、最低库存维持费用与最小的零件被用完的可能性之间的平衡，进而确定零件箱的“规格”。考虑的参数包括零件的尺寸、零件箱的可用空间、零件成本和零件交付的频率等。看板系统的零件箱尺寸可以用公式计算出来，²⁸ 也可以凭经验确定。²⁹

传统的明智之举，不鼓励将看板用于昂贵的或用量少的零件，这些零件可通过MRP等传统技术进行补充。³⁰然而，按订单生产的环境可能没有MRP，而是由客户的需求来驱动生产。在这种情况下，可将看板用于所有零件。对于大的或昂贵的零件，可以使用较少量的零件箱，以更高的频率进行交付，从而减少空间的占用和库存的维持费用。

在显示器上显示指令

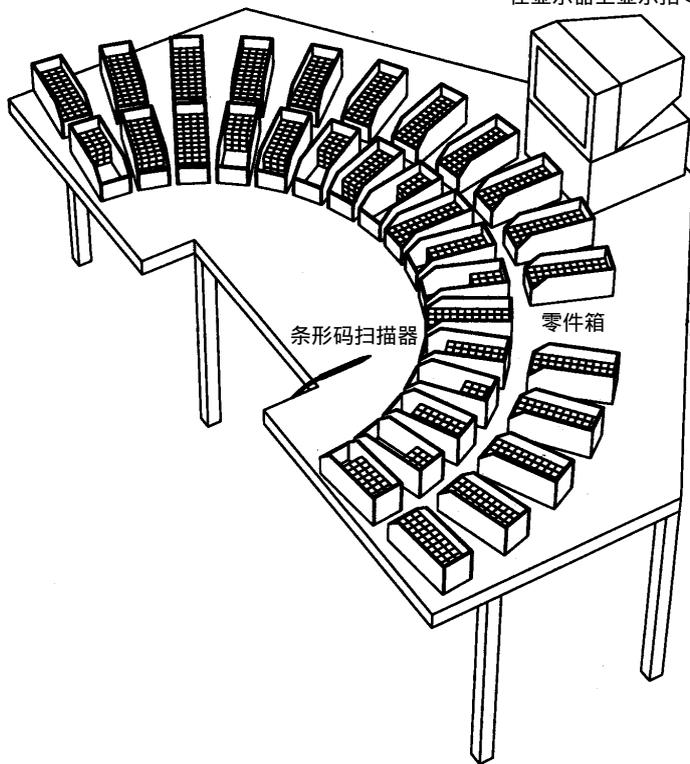


图7-1 看板零件补充系统

如果因为临时的需求、零件的缺陷或者机器的故障，造成了看板供应的意外短缺，可以利用“特快或紧急”看板对这种情况进行快速的补救。³¹

Yasuhiro Monden在其经典著作《丰田生产系统》(Toyota Production System)的修订版中指出：“看板系统最明显的特征，是它对突发的需求变化或生产中的紧急事件的适应性。”³²这正是根据需求而非生产计划而进行的按订单生产所必需的。

零件的看板补充系统的优点在于，在没有预测或像MRP采购循环那样的复杂订货过程的情况下，能保证零件的供应不被中断。这对于按订单生产的操作尤为重要，因为根据定义，预测是模糊的，或者是不可用的。通过估计零件最高的期望使用率和最长的补充时间，据此确定零件箱中零件的数量。根据零件箱的数量和零件的大小，确定零件箱的尺寸。

为使看板系统正常工作，必须有足够的空间用来把所有零件分发到每一个使用地点。如果零件种类太多，可能会使看板系统变得不可运转。这里，再次突出了零件通用性的重要。

7.6.10 从码头到仓库的交货

如前所述，敏捷操作不能容忍长的生产准备时间，零件的集中就是一种耗时较长的生产准备工作。所以，若要进行真正的敏捷制造，就必须把新到的零件和材料直接送到各个使用地点，而不是把它们集中在某个中央

收货仓库中。

在实施了零件的标准化、产品系列的合理化、以面包车方式递送便宜的小零件以及合理的零件看板补充系统之后，上述目标的实现将会比较容易一些，而通过降低库存所释放出来的厂房空间也为这一目标的实现提供了空间。然而，JIT环境比面向批量的（batch-oriented）环境所要求的原材料库存更少，所以，在实施了JIT之后，仍然存在减少厂房空间的需求。

当零件和原材料被直接递送到使用地点的时候，被称为“从码头到仓库”（dock-to-stock）的交货。这种交货的方式既可以由来自MRP系统的采购订单触发，也可以是自动的看板交货方式。

从码头到仓库的交货方式所要求的一大转变就是，取消了零件和原材料的到货检验。不进行到货检验的原因有两个：时间和工作。所谓及时交货，正如字面含义那样，就是应该“及时”。通常在中央收货站进行的全面检验，会给快速传送的准时制造环境造成过大的延误。与传统的、不频繁的大订单交货相比，及时交货的交货量可能更小，次数更加频繁。所以，对许多小批量订单进行检验的效率就可能非常低，其原因在于检验的准备工作，包括：查找检验的质量标准和程序、设置和校准检验设备、通过材料复查板（material review boards）处理各种问题。

但是，也不能在无法保证新到的零件和原材料具有足够质量的情况下，简单地取消检验。如果制造商为供货商提供的零件定出新的标准，那么供货商可以把检验从在制

造商收货的时候进行，改为在他们自己的生产结束时进行。这样能够筛选出不合格的零件，但在成本和敏捷性方面都付出了巨大的代价。

内部或外部的供货商，需要采用“在源头”保证质量的TQM体系。如果零件的制造和原材料的加工得到了充分的“控制”，质量将通过工艺而不是后来的检验得到保证。统计工艺控制（Statistical Process Control, SPC）是一种经过实践证明、通过工艺控制来保证质量的工具。³³虽然SPC牢固地建立在统计学原理基础之上，但其实施并不需要著名的统计学博士。美国质量控制协会（American Society of Quality Control, ASQC）提供的控制图表将统计数据画成图表，这样，工厂的工人就能够逐字地填写上面的空格，并进行一些简单的算术计算。

那些证明自己能够进行受控生产的供货商，在得到制造企业的授权后，可以将合格零件直接送到生产线；同样，原材料供货商在得到类似的授权后，也可以将金属、塑料和化学材料直接运到使用地点，而无须再接受检查。

可以将从码头到仓库的交货方式作为JIT项目的一个基本内容，或许可以在一开始就确定下来，以节约成本，提高产量。在《工业周刊》1994年为评选25家“最佳工厂”而做的调查中，68%的供货商都直接将零件送到工厂的使用地点。³⁴

7.6.11 软工具

实实在在的“硬工具”，如冲模、铸模和刀具盘，在更

换时会引起生产准备时间上的延误。消除这些生产准备时间的一个途径，就是用“软工具”（soft tooling）来代替“硬工具”。这里，不包括实实在在的工具，而是依赖于计算机数控（CNC）机床来完成所需的操作。

软工具特别适合于生产准备时间在加工时间中占较大比例的少量零件加工。在这种情况下，用铣床在标准坯料上加工出一个凸缘所用的总成本，比与制造和维护所有加工工具、这些工具反复需要的生产准备工作成本以及订购和储存专用坯料（如铸造毛坯）的多样化成本（如第3章中引用的例子）相关的总成本要低。

应该用标准方式装夹坯料，例如，装夹在定位销上，或者固定在三爪卡盘中。这样，就可以取消定位和夹紧的生产准备工作。应该用同一个刀具（如端面铣刀）或者在机床刀库里的刀具，完成所有的切削加工。同样，对于金属薄板的加工，CNC激光切割机能够在同一台机器上无需改变设置，就完成所有的剪切和冲孔加工。

实行敏捷的操作能够促进在许多零件上实现这一方法，因为传统的刀具准备工作所带来的延误可能足以阻碍敏捷制造的实施。

7.6.12 实现柔性的自动化

许多企业都有“自动化孤岛”，自动化设备分布在工厂的各个地方，孤立于信息网络之外。程序通常被存储在软盘、硬盘或穿孔纸带上。为每一种不同的零件装载程序都是一种生产准备工作，如果这种准备工作减慢了生产线的

速度，就应该将其取消。

自动化设备可以作为计算机集成制造模式的一部分，由一台中央控制器进行控制。只要在拉式系统中的自动机器能够快速地、自动地更换程序，就可以把它们从中央控制器中独立出来。每台机器都把所有程序储存在其自己的存储器中，或者存储在几台机器共享的专用文件服务器中。可以通过下列几种方法更换程序（按照柔性递增的顺序排列）：

（1）操作者根据工作单确定所需的程序，通过键盘或鼠标驱动的菜单，手工输入程序请求。

（2）操作者手工输入工作单，由中央控制器查找合适的程序。

（3）操作者用条形码扫描仪读入零件上的或与零件一起“流动”的文件上的条形码。

（4）条形码扫描仪自动读入下一个零件的条形码，并自动装载程序。Tektronix公司在俄勒冈州 Wilsonville 的工厂有一条柔性的电路板生产线，上面装有一个固定的条形码扫描仪，当放在材料传送带上的电路板经过扫描仪的时候，扫描仪自动地读入每块电路板上的条形码。

（5）根据预先设定的零件沿生产线传输的顺序，自动地从中央计算机下载程序。

在具有自备文件服务器的拉式系统中的各单机运转时，可以运用选项（1）、（3）和（4）。选项（2）和（5）需要一台中央计算机，以联接工作单和程序，或者联接连续传送的各零件和与之对应的程序。选项（3）和（4）可以用

于孤立的或连结的机器。

把零件装载在自动机器上需要一些生产准备工作，例如，用卡钳为零件做水平定位，用楔块做垂直定位，而这种准备工作是必须取消的。理想的状况是，一个零件族中的所有零件都能够快速且协调地装载，例如，安装在零件和夹具的定位销或某些标准的夹具上。这正是并行设计的结果，在并行设计中，为整个零件族并行地设计各零件和夹具。

7.6.13 CAD/CAM的集成

在真正的大规模定制操作中，可以利用参数化的 CAD 系统生产独一无二的产品，该程序能够根据各个客户的需求来改变某些尺寸。这一点在第 2 章中关于全局信息流的上下文中进行了讨论，并将在第 8 章中进行更加详细的探讨。

然后，利用产品数据文件或者电子“图纸”来生成 CNC 机床的程序。这就是计算机辅助设计（CAD）和计算机辅助制造（CAM）之间的“联系”。基于输入的客户请求，还可以由 CAD/CAM 系统自动地生成 CNC 程序。

7.6.14 手工操作指令

如前所述，查找图纸或指令是一种生产准备工作。花时间利用这些文档进行学习或研究，会使得该生产准备工作所消耗的时间更长。

解决这一问题的柔性的方法是，如图 2-1 所示，将图纸和指令显示在计算机的监视器上。第 2 章对这种方法进行了

讨论，第8章将介绍其使用方法。

7.6.15 信息流的集成

实现敏捷制造的最后一步，也可能是最具挑战性的一步，就是信息流的集成，如图 2-2所示，在第2章最后用较大的篇幅对此进行了讨论。这并不需要采用完整的计算机集成制造系统。图2-2显示了该类产品所需的最基本的要素。第8章将从客户的输入开始讨论信息流。

注释

1. Industry Week, " The Complete Guide to America ' s Best Plants " (Cleveland, OH: Penton Publishing, 1995).
2. William A. Wheeler, III, JIT Client Engagement Results, (Burlington, MA: Coopers & Lybrand Center for Manufacturing Technology, 1988).
3. Richard E. White, " An Empirical Assessment of JIT in U.S. Manufacturers, " Production & Inventory Management Journal 34, no.2 (Second Quarter 1993), pp.38-42.
4. Industry Week, " The Complete Guide to America ' s Best Plants. "
5. Association of Manufacturing Excellence plant tour, Compaq Computer, Houston Texas, February 2-3, 1989.
6. Kiyoshi Suzuki, The New Manufacturing Challenge; Techniques for Continuous Improvement, video program.
7. Industry Week, " The Complete Guide to America ' s Best Plants " (Cleveland, OH: Penton Publishing, 1995).
8. William H. Davidow and Michael S. Malone, The Virtual Corporation, Structuring and Revitalizing the Corporation for the 21st Century (New York: Edward

- Burlingame Books/Harper Business unit of HarperCollins, 1992).
9. Steven L. Goldman, Roger N. Nagel, and Kenneth Preiss, *Agile Competitors and Virtual Organizations, Strategies for Enriching the Customer* (New York: Van Nostrand Reinhold, 1995), chap.6.
 10. Hall, *Zero Inventories*.
 11. Shingo, *A Revolution in Manufacturing*.
 12. Suzaki, *The New Manufacturing Challenge, Techniques for Continuous Improvement*, chap.3.
 13. Suzaki, *The New Manufacturing Challenge, Techniques for Continuous Improvement*, video program.
 14. Richard J. Schonberger, *Just in Time: A Comparison of Japanese and American Manufacturing Techniques* (Norcross, GA: Industrial Engineering & Management Press, 1984), p.29.
 15. Edward J. Hay, *The Just-in-Time Breakthrough* (New York: John Wiley & Sons, 1988), p.33; and Shigeo Shingo, *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint* (Portland, OR: Productivity Press, 1989).
 16. 俄亥俄州辛辛那提的美国工厂工程师协会 (American Institute of Plant Engineers) 出版了几本关于维护方面的著作。

17. 俄勒冈州的波特兰生产率出版社 (Productivity Press of Portland) 和密歇根州迪尔伯恩的制造工程师协会 (Society of Manufacturing Engineers) 出版了几本关于全面生产能力的维持方面的著作。
18. Schonberger, Just in Time: A Comparison of Japanese and American Manufacturing Techniques.
19. Hall, Zero Inventories. 20. Robert A. Inman and L.D. Brandon, " An Undesirable Effect of JIT, " Production and Inventory Management Journal 33, no.1 (1992), pp.55-58.
21. Daniel J. Jones, " JIT & the EOQ Model: Odd Couples No More! " Management Accounting 72, no.8 (February 1991), pp.54-57.
22. Richard J. Schonberger, World Class Manufacturing, The Lessons of Simplicity Applied (New York: Free Press, 1986), p.83.
23. Ibid., pp.229-236.
24. Suzuki, The New Manufacturing Challenge, Techniques for Continuous Improvement, chap.6.
25. Kenichi Sekine, One Piece Flow, Cell Design for Transforming the Production Process (Portland, OR: Productivity Press, 1992).
26. Hall, Zero Inventories.
27. Richard J. Schonberger, Japanese Manufacturing Techniques, Nine Hidden Lessons in Simplicity New

- York: Free Press, 1982), p.223.
28. Yasuhiro Monden, *Toyota Production System, An Integrated Approach to Just-in-Time*, 2nd ed. (Norcross, GA: Industrial Engineering and Management Press, 1993), chap.18.
29. 在俄勒冈州的波特兰州立大学 (Portland State University) 讲授JIT课程的JIT咨询顾问查尔斯 F.索希尔 (Charles F. Sawhill) 在一次谈话中讲到, 当他在勒波得和史蒂文斯公司 (Leupold & Stevens) 实施JIT的时候, 他总是用经验的 (试错) 方法来确定最佳的看板箱尺寸。
30. Schonberger, *Japanese Manufacturing Techniques*, p.227.
31. Monden, *Toyota Production System, An Integrated Approach to Just-in-Time*, pp.29-30.
32. *Ibid.*, p.27.
33. Robert Amsden, Howard Butler, and Davida Amsden, *SPC Simplified* (New York: Quality Resources, 1989).
34. Industry Week, "The Complete Guide to America's Best Plants."



第四部分
大规模定制产品的开发

第 8 章

产品的规划和订单的完成



产品开发中的早期活动对最终的成功是至关重要的，而且对成本和上市时间也具有重大影响。遗憾的是，尽管这些早期步骤有巨大的作用，但很多产品开发人员却都基于一时的想法、有限的客户需求、企业内部的政策、竞争的先例，或者新技术或范例转变的刺激而做出草率的决定，从而几乎回避了这些早期的步骤。不是做出一个理智的决定，而是一个应付现状或盲目接受一些“缺省”的选项的决定。

8.1 产品规划

任何产品开发的第一步都是系统地确定要开发哪些产品。企业必须认识到这是一个重要的步骤，值得为其最终的结果付出相当巨大的努力。

查尔斯·纽斯（Charles Nuese）在《把正确的工作做正确》（Building the Right Things Right）一书中描述了产品开发的两个目标，即：它应该是正确的产品，而且得到了正确的开发。¹ 在正确地开发产品之前，企业必须正确选择

需要开发的产品。典型的商业失败，如损失了 3.5 亿美元的福特 Edsel，就是因做出了开发错误产品的决策所造成的。

因此，甚至在产品开发团队开始倾听“客户的呼声”以前，重要的一点就是要决定倾听哪个“声音”，决定要参与哪个市场领域的竞争。

做出参与哪个市场领域竞争的决定的第一步，是根据总成本统计，了解现有产品的真实的利润率。在第 4 章和第 6 章中都曾经指出，产品成本统计上的偏差，导致了对企业所有产品的利润率的认识偏差。所以，正如库珀和卡普兰所指出的那样，存在着这样一种风险，即：“企业可能选择了实际上没有利润的市场领域进行竞争。”² 总成本统计能够揭示当前哪种产品、哪个市场领域的利润率最高，它还能够将实际的间接成本分配到当前的定制操作中，而在传统做法中，这部分成本是由标准产品进行补偿的。了解了这些结果，就能够对当前的利润率有一个清楚的认识，这非常有助于大规模定制产品系列的规划。

在大规模定制模式下，要开发什么产品，应该根据设计、制造以及市场营销的机遇和能力，做出合理的决定。一定存在着用定制产品来满足客户需求的机遇，存在着市场营销的能力，能够接近客户，有效地接受订单，迅速地交付产品。一定存在着设计的机遇和能力，以运用本书所讲述的原理，开发定制的产品和相应的柔性工艺。同时还一定会存在着制造的机遇和能力，能够根据客户的需求，快速而柔性地制造出定制的产品。

如果企业在所有这些领域都具有同样强的能力，那么

它就会拥有更大范围的市场机遇。否则，它就应该在需要的领域内尽可能快地提高能力。而在此以前，企业将利用现有能力关注市场机遇。

与零星产品的开发相反，面向大规模定制模式的产品开发着眼于产品族/产品平台或大量产品族及其演化上。为了进行这样的开发，强有力的多功能团队必须从产品规划阶段就开始协同工作，这样，在决定应开发什么样的产品时，了解本部门能力的所有专业人员将共同做出决定。所有这些专业人员应一起工作，以制订并提交可执行的计划。

企业应当彻底地理解客户，了解他们是如何使用现有产品的。《财富》杂志中有一篇文章，其中一节叫做“为了了解你的客户，请穿他们的鞋走路”，里面引用的一个例子提到，韦尔豪泽公司（Weyerhaeuse）的职工替客户工作了一个星期。³

同一篇文章还引用了约翰·迪尔公司的策略：“制造建筑 and 农业设备的迪尔公司把它的工程师派到工地呆了 10 多天，观察客户如何使用样机进行工作。”汤姆·彼得斯（Tom Peters）在《解放管理》（Liberation Management）上发表的文章，也提到了同样的例子：“多学科的团队返回工地，在实际的条件下对每一台样机进行测试，甚至检查它的操作手册（天啊！）……如果某样机在现场出了故障，团队就对其进行修理……很快，学科间的界限开始变得模糊起来。今天，了解产品的使用和客户的需求对采购人员和设计人员同样重要。”⁴

据 Gemini 咨询公司的弗朗西斯·高伊拉特（Francis

Gouillard) 所说, 与简单地估计你的竞争对手或者对你的客户做常规性的调查相比, 这种深入的、个性化的研究是一种更好的策略。“如果你每次只与一个客户一起工作, 你就可以发明出与众不同的产品来。”⁵

应该把注意力集中在客户身上, 而不是集中在竞争对手身上。弗朗西斯·高伊拉特还指出: “如果你根据竞争对手进行自我定义, 那么你就是正在使自己的产品变得毫无特色 (commoditize)。此时, 你已经处于跟随的地位。”将注意力集中在客户的需求上, 而不是集中在企业的计划、竞争或技术上。

在产品规划阶段, 企业应针对有潜力的产品的关键方面提出多方面的问题, 及早从客户那里获得反馈。新的计算机技术可以采用彩色的三维图形和图表、在便携式电脑上显示三维实体模型、在监视器上显示软件的客户界面、计算机仿真, 以及用“快速原型”技术制造实物模型等方法, 帮助企业获得客户的反馈意见, 其中的“快速原型”技术能够根据三维 CAD 信息输入, 以任意的比例做出零件或产品的模型。⁶请记住, 与样机模型阶段相比, 在这个阶段可以更容易、更迅速地进行大量的反复工作。

最后, 企业应该系统地定义产品族, 以满足“客户的呼声”。产品族导致了产品的分类, 设计团队将利用产品的分类作为设计目标和资源的优先次序, 从而实现最佳的资源配置。在第10章将讨论系统定义产品的技术。

大规模定制模式提供了一些巨大的营销机遇。约瑟夫·派恩二世在《哈佛商业评论》发表了关于如何永远留住客户

的文章，文章的结论是，通过与客户的合作，大规模定制企业能够与客户建立一种“获取联系” (learning relationships)：

在获取联系中，企业越来越多地了解各个客户的偏好和需求，使企业占有巨大的竞争优势。企业了解客户的内容越多，就越能够更准确地提供客户所想要的产品，其竞争对手就越难将这些客户拉走。⁷

8.2 订单处理

8.2.1 消极的过程

大规模定制过程中的一个关键要素，是客户和企业之间的对话。在消极的定制活动中，客户表达其偏好，然后通过销售人员而变成一种询问。客户的说法可能是：“我想要的是这个。我什么时候能拿到货？要花多少钱？”在消极的模式中，销售人员只能回答说：“我不知道。我到厂里查一查，然后告诉你。”于是由销售人员在客户和工厂之间进行若干个回合的沟通。

每个问题到达工厂后，工厂就开始进行调查，以便知道是否可以完成定制，将需要花多长时间和多少钱。通常，没有一个人或者一个数据库能够单独回答这些问题，于是，许多人牵涉其中，随之而来的是由这类扯皮而引起的司空见惯的延误。

如果客户的第一个要求得不到满足，工厂就通知销售人员，让他们告诉客户：“我们做不了那个，你看这个行不行？”经过协商之后，客户和销售人员达成了第二个意

见，把这个意见再传达给工厂。这种反反复复的过程可能要经过好几遍，有时候需要几个星期，甚至几个月。当工厂内所有相关的人员都认为可行之后，才能够给出报价和交货单。

这种完成“定制”订单的方法，在工厂中可能会引起许多其他的问题。通常情况下，每一个定制的产品都被当作一个独立的“产品”，被赋予一个独立的产品编号，有独立的物料明细表。其结果是在制造相同产品的不同型号过程中，发生“产品”种类和文档的激增。作者的一个客户有一个产品具有1700份物料明细表，这是一种过度的间接成本负担。

可以用“模块化的”物料明细表简化BOM问题，在模块化的物料明细表中，每个部件或选项都有其自己的BOM。产品引用所需的各个部件，把所需的各个BOM列入清单。这样，一台个人计算机的BOM只包含10个其他的BOM，即：一个是主板的BOM，另外是每块子板的BOM。但是，模块化的BOM只能解决出现在相对简单产品中的上述问题。

8.2.2 大规模定制的过程

在大规模定制模式下，包括报价和交货等问题的上述对话，大约几分钟内就可以完成，而用不了几个星期。已经针对大范围的定制需求并行地设计了产品和工艺，很好地定义了怎样的产品是可制造的，而且这些信息都可以迅速地传达给销售人员、援助人员、集成工程师，或最终的客户。采用标准的算法，就可以迅速确定出产品成本和交

货时间。

由于消极的过程速度太慢而且费用太高，所以这种能力是大规模定制模式和按订单生产模式的一个关键特性。对于那些只有有限的选择范围或只能进行有限定制的简单产品，也许可以在产品样本、计算机的电子表格或数据库中列出所需的信息。

但是，信息必须具有足够的完备性，从而能够当场确定系统的配置和提出报价及交货时间，而不需要上面提到过的“反反复复的”对话。此外，应给出可用的特征和选项。但是，某些选项有可能与其他的选项不兼容，所以应该考虑到某些“规则”。例如，如果选用大型的汽车发动机，就可能需要相应的大功率的传动部件，如传动轴和变速器。装有选项的计算机可能需要一个更大的电源，装有更高性能微处理器芯片的计算机可能需要一个更大的风扇。

大多数的定制产品会有过多可能的配置和规则，以至于无法以书面的形式加以说明。配置和规则之间的关系非常复杂，无法简单地在电子表格或数据库中加以描述。

8.2.3 配置器

幸运的是，信息系统近期的发展能够对此有所帮助。已经开发了称为“配置器”(configurator)的配置软件，用于跟踪所有的选项和特征，以及所有适用的规则。从本质上讲，配置器是一种专家系统，它“知道”在上述消极过程的反复对话当中所需要决定的所有内容。软件中集中了企业“专家”的知识，通过友好的用户界面，可以方便地

利用这些知识。但是，与其他专家系统不同的是，配置器可以被迅速地更新，甚至可以通过调制解调器对现场的单元(unit)进行更新。

所有的特征和选项及其价格，都设置在该系统中。配置器里还包括对相关性和、矛盾、约束和资源等方面进行管理的各项规则。配置“引擎”能够通过计算迅速地解决复杂的关系。客户也可以得知在多种假定条件下发生的情况。

在第1章中曾经提到，生产窗户的安德森公司开发了自己的配置器——知识之窗™，使分销商能够与客户一起在计算机上设计其自己的窗户，并可交互地审查预期的设计效果。

有4种类型的配置器，即：基于特征和选项的、基于规则的、基于知识的以及基于约束和资源的配置器。1994年5月的《AMR报告》(AMR Report)对各种类型的配置器进行了描述，引用了工业应用的案例，探讨了其优点和不足，并列出了各种类型配置器的供应商。⁸表8-1总结了配置的类型，说明了各种配置的用途，并列举了适用于各种配置的配置器类型。

下列单位提供配置器：科罗拉多州的Antalys of Golden公司，⁹加利福尼亚圣何塞(San Jose)的Calico Technology公司，¹⁰马萨诸塞州伯灵顿(Burlington)的Concentra公司，¹¹明尼苏达州曼凯托(Mankato)的CWC公司，¹²伊利诺伊州Barrington的Logia公司，¹³和得克萨斯州奥斯汀(Austin)的Trilogy Development Group公司。¹⁴

一些先进的配置器能够显示实体模型和高级的图形，

为客户演示预期产品的实际外观。例如对一辆汽车，根据所选的颜色和车轮，配置器能够显示出该汽车的侧面外观。还可以显示该汽车内部的模样，如选用了什么样的方向盘和仪表盘，正像订购的汽车所看起来的样子。这些图象可以与报价单一起用彩色打印机打印出来，交给客户，实质上，这是一个定制产品的一本定制的小册子。对于非常新的产品，这种可视化的能力能够帮助客户理解和领会新的观念和方法。这有助于尽早地从客户那里得到反馈信息。

表8-1 配置的价值链

配置类型	实例	配置的目的
营销配置	特征和选项	检查订单限制特征和选项的不合规的组合
工程配置	规则	在上述基础上，增加对元器件的装配进行实体仿真为制造服务
物理布置配置	规则知识	在上述基础上，增加检验工程条件，安装元器件（生成装配指令）
更新/附加配置	知识	在上述基础上，将售后服务增加到配置库中对系统进行更改并估计其变化
企业配置	知识 约束和资源	在上述基础上，增加多系统配置（其中元器件本身也是系统） 为通信的兼容性进行配置
方案配置	约束和资源	在上述基础上，增加来自客户需求的简单解决方案
多供货商配置	约束和资源	不同的供货商利用网络对多供货商数据库进行配置以实现价值或性能的优化

资料来源：“Configurators Provide a Tool for Cycle Time Reduction,” AMR Report, May 1994, p.4.

8.3 信息流

图2-2表示了一个大规模定制运作过程中的信息流。可以发现，与上面讨论的消极的过程不同的是，客户与便携式计算机中的配置软件之间的对话是整个系统里唯一的交互式对话，信息流的其余部分是单向的，所以信息的交换很迅速，而且成本很低。

图2-2所表示的模型使用了一个在便携式计算机上运行的配置器。典型的情况是，配置器是由销售人员使用的。另一种情况是，如果有友好的客户界面，而且产品的配置过程不是特别复杂的话，客户也可以直接使用配置器。这样的例子包括，第1章中提到过的霍尔马克触摸屏问候公司（Hallmark's Touch-Screen Greeting）和MusicWriter公司。

在罗斯操作阀门公司（Ross Operating Valve）的Ross/Flex单元，被称为“集成工程师”的员工经常通过电话接收客户的订单。集成工程师和客户一起利用标准的设计、模块和零件，通过参数化CAD系统（见下）“设计”定制的阀门。在这种情况下，CAD系统被当作配置器和订单登记数据库。沿着这条路发展下去，罗斯公司打算将来让客户通过调制解调器直接与CAD系统联接，这样，客户实际上就可以设计他们自己的阀门，再由罗斯公司进行制造。¹⁵

图2-2所示的“订单登录数据库”的功能，可以由配置器来完成，如Trilogy公司的SalesBuilder。像Ross/Flex所做的那样，可以将该配置器嵌入到CAD系统中。该功能可

以通过特殊用途的专用数据库来完成，或者在产品信息管理（PIM）或产品数据管理（PDM）系统的辅助下完成。EDS Unigraphics公司的PDM系统Information Manager，就是与其CAD系统集成的。惠普公司提供的PDM系统，称为“WorkManager”。AutoCAD提供了一个技术文档和 workflow 管理系统，叫做“WorkCenter”。¹⁶

8.3.1 参数化CAD

参数化CAD是大规模定制模式的强大工具，它能很方便地定制图纸。为了替换固定的尺寸，参数化CAD允许尺寸像“参数”一样地“变动”。然后，可以根据客户的需要，输入零件的实际尺寸，改变零件的形状并更新尺寸数值，从而对图纸进行定制。因为装配图是建立在零件图基础上的，所以，定制零件就可以实现装配的定制。

先进的应用软件可以提供这些参数化CAD功能，例如Parametric Technology公司的Pro/ENGINEER软件¹⁷和与AutoCAD¹⁹一起运行的Synthesis软件¹⁸就能够提供参数化的功能。Synthesis软件包含一个名为“SpecSheet”的电子表格，它的单元格与AutoCAD图形的尺寸相联接。²⁰可以在这些单元格中输入数据，或者由电子表格的公式对其进行计算，根据规则来控制计算公式，例如：A不能大于B。

参数化的图纸定制还可以自动地更新分析结果，例如：当有限元网格划分得合适的时候，可以自动更新原先利用有限元分析得到的应力分析结果。Parametric Technology公司的Pro/MECHANICA软件可以使工程师迅速地分析结构

性能、运动性能、振动性能和热力学性能。²¹

参数化的尺寸可以由手工输入，或者从数据库、电子表格或其他应用环节输入，例如，Intergraph公司的基于Windows的Solid Edge软件，²²使用OLE Automation将电子表格中的设计方程式与Solid Edge中生成的设计尺寸或参数联系起来。可以直接从配置器输入参数化的尺寸，Trilogy公司开发的模块CAD Pack，可以将SalesBuilder配置器和商业CAD系统集成在一起。²³

8.3.2 CAD/CAM

CAD和CAM（计算机辅助制造）的集成，是大规模定制信息流中的关键步骤。幸运的是，在开发专用的内部系统和商用软件解决方案方面已经取得了很大的进展。

Ross/Flex开发了专用的CAD软件，²⁴集成工程师用其开发CNC机床刀具路径程序，并将定制的程序以数字化形式传输给制造部门。新程序下载之后，CNC设备便可加工定制的阀体和其他零件。在这一过程中，没有图纸、制造工程师、机械师或检验员。²⁵

目前使用的主要CAD应用系统，要么如Parametric Technology公司的产品那样有其自己的CAD/CAM接口，要么有第三方的“介入”，如AutoCAD软件。Parametric Technology公司的Pro/MANUFACTURE应用软件，可以为CNC机床生成刀具路径。

卡麦克斯制造技术公司（Camax Manufacturing Technologies）²⁶是CAD/CAM软件的主要供应商，它提供30

种在Windows NT操作系统下运行的模块。位于马萨诸塞州施鲁斯伯里 (Shrewsbury) 的布里奇波特机械公司 (Bridgeport Machines) 开发了几个CAD/CAM程序。CAD系统输出的DXF²⁷文件, 可以生成用于三维铣削加工的EZ-Surf。用于三轴铣削加工的EZ-Mill, 可以以DXF或IGES²⁸文件传输格式从CAD读入几何信息。²⁹

可以从加利福尼亚州圣费尔南多 (San Fernando) 的 Surfware公司获得一些便宜的CAD/CAM软件, 该公司提供 SurfCAM两轴和三轴的表面加工系统, 其中包括基本的加工、铣削、EDM和火焰切割。“附加的”版本有参数化设计功能, 可以生成曲面。SurfCAM 3-Axis软件能够根据客户定义的允差, 自动生成最佳刀具路径。康涅狄格州 Tolland的CNC 软件公司 (CNC Software Inc.) 的 MasterCAM软件, 是一个廉价的用于铣、钻和EDM加工的软件包, 它可以在基于Intel的计算机上运行。CAD/CAM软件支持最多达五轴的加工, 可以以DXF和IGES格式输入CAD数据, 或者在MasterCAM中生成CAD数据。³⁰ CAD/CAM的新的文件传输方法包括微软公司的OLE (对象链接和嵌入)³¹ 和STEP。³²

也有针对特殊加工的CAD/CAM软件, 如惠普公司提供Sheet Metal Advisor软件, MetalSoft公司提供FabriWin软件。FabriWin是基于Windows的产品, 它将三维薄板图形“展开”为二维的形状, 以此来生成薄板CNC设备的加工程序, 例如冲压和激光切割的程序。Parametric Technology公司为其Pro/ENGINEER产品提供了Pro/WELDING模块。³³

8.3.3 手工装配指令

查找装配指令或图纸是一种生产准备工作，它可能妨碍大规模定制产品的柔性制造。为了消除这种准备工作，可以像图 2-1 所示及如第 1 章所讨论的那样，将手工装配指令显示在计算机的监视器上。

手工装配指令显示的内容，可以通过二维的 CAD 图形、三维的 CAD 实体模型、图解，或者数字照片来实现，该数字照片可以通过着色来突出某一点。最简单的方法是，在监视器上显示文本指令，这些指令可以由文字处理或数据库应用中适当的文档来输出。可以用多种语言显示指令，这有利于使用多种语言的工作人员，也有利于将试验性产品转移到其他国家的工厂进行生产。

当图形表达非常重要时，监视器可以显示 CAD 图形中被选中的某些“视图”，它们还可以用 CAD“阅读程序”来进行显示，如 Autodesk View，其售价仅为 AutoCAD 软件本身的 1/10。当前的“多媒体”工具，在有必要的时候甚至能够模拟重要的加工过程。

当工人在输入设备上按下“next”或“page down”键的时候，将显示下一条指令。可以用脚踏板做输入设备，以使双手能够不受影响地进行装配工作。跟踪这些步骤所花费的时间，能够为后续的任务分析提供有用的统计数据。

与印制电路板相关的指令，可以利用适当装配层上的板的 CAD 视图。可以将正在被插入的元件以高亮的黄色显示在彩色监视器上。

8.3.4 文档管理

与手工装配指令相类似，在线指令指挥文档管理员将特定文档同产品包装在一起。有两种类型的文档。标准的模块化文档是预先印刷好的，可用于最常用的需求。应当预先印好标准文档的不同版本，以适应不同的语言、不同的国家、不同的代理人以及各种不同的产品选项。

在邻近的激光打印机上打印定制的文档，然后将其与标准文档打包在一起。打印工作正好在产品到达之前开始，这样，打印工作能够及时完成，并保证文档与产品包装在一起。

8.3.5 包装和运输

然后，将打好包的产品和文档送到包装部门，在那里将它们与相应的电源线及所有其他附件包装在一起。监视器上再次显示在线指令，阅读产品的条形码并调出运输信息，用标签打印机把这些信息打印出来，将其贴在包装箱上。接着，这些贴了标签的包装箱被本地的快递服务人员取走，或者在第二天由空运服务人员取走。

在较小规模的操作中，利用一台计算机监视器显示在线指令，就可以在同一个区域完成文档管理、包装和运输。

注释

1. Charles J. Nuese, Building the Right Things Right , A New Model for Product and Technology Development (New York: Quality Resources, distributed by AMACOM book, American Management Association, 1995).
2. Robin Cooper and Robert Kaplan, “ How Cost Accounting Distorts Product Costs ” , Management Accounting, April 1988.
3. Rahul Jacob, “ Why Some Customers Are More Equal Than Others, ” Fortune 130, no.6 (September 19, 1994), pp. 215-224.
4. Tom Peters, Alfred A. Knopf, Liberation Management, (New York: 1992), pp.124, 728.
5. Jacob, “ Why Some Customers Are More Equal Than Others ” , p.222.
6. 有关快速原型技术的更多内容 , 请参见Paul F.Jacobs , “ Stereolithography and Other RP & M Technologies ” (Dearborn, MI: Society of Manufacturing Engineers, 1995) , 或由SME录制的录像带 “ Rapid Tooling, Rapid Parts ” (1994) 和 “ Rapid Prototyping for DFM ” (1991) 。加利福尼亚州的Valencia设备供应商3D系统 , 制造Stereolithography Apparatus (SLA) 产品。
7. B. Joseph Pine, II, Don Peppers, and Martha Rogers, “ Do You Want to Keep Your Customers Forever, ”

- Harvard Business Review, March-April 1995, p.103.
8. "Configurators Provide a Tool for Cycle Time Reduction," AMR Report, May, 1994, pp.1-12.
 9. Antalys, 1697 Cole Blvd., Golden, CO 80401; (303) 274-3000.
 10. Calico Technology, 4 North Second Street, San Jose, CA 95113; (408) 975-7400.
 11. Concentra, 21 North Avenue, Burlington, MA 01803; (617) 868-2800.
 12. CWC, 1983 Premier Drive, Mankato, MN 56002; (507) 388-5000.
 13. Logia, 290 Deer Trial Court, Barrington, IL 60010; (847) 382-0680.
 14. Trilogy Development Group, 6034 West Courtyard Drive, Suite 130, Austin, TX 78730; (512) 794-5900.
 15. "Creating a 21st Century Business," Industry Week, April 19, 1993, p.38.
 16. Sidney Hill, "Manufacturing Systems Software Top 50 - CAD/CAM," Manufacturing System 13, no.7 (July 1995), pp.84-99.
 17. Parametric Technology Corporation, 128 Technology Drive, Waltham, MA 02154; (617) 894-7111.
 18. The Synthesis Company, 2120 Ellis St., Bellingham,

- WA 98225; (206) 671-0417.
19. Autodesk, Inc., 111 McInnis Parkway, San Rafael, CA 94903; (800) 964-6432.
 20. Chris Cummings, " Inexpensive Knowledge Base Makes Drawings Fast, " Machine Design 67, no. 10 (May 25, 1995), p.106.
 21. Dan Deitz, " Customer-Driven Product Delivery, " Machine Design 117, no.12 (December 1995), p.74.
 22. Intergraph Corporation, Huntsville, AL, (800) 345-4856.
 23. Trilogy Development Group, 6034 West Courtyard Drive, Suite 130, Austin, TX 78730; (512) 794-5900.
 24. Mary Brandel, " One Pneumatic Valve to Go, " Computerworld, November 22, 1993, p.95.
 25. " Creating a 21st Century Business, " p.38.
 26. " CAD/CAM Industry Report 1995; Editors' Choice Awards for 1995, " Machine Design 67, no,10 (May 25, 1995), pp.82-96.
 27. DXF是由位于加州圣拉菲尔的 Autodesk公司为 AutoCAD软件开发的一种标准的 CAD文件转换格式。
 28. 中间图形交换标准 (IGES) 是CAD图形的一种通用文件转换格式。
 29. Michael Puttre, " CAD/CAM on a Budget, "

- Mechanical Engineering 117. No.12 (December 1994), pp.66-67.
30. Ibid.
31. Dan Deitz, " CAD/CAM Vendors Adopt OLE Standard, " Mechanical Engineering 117, no.6 (June 1995), p.24.
32. Davie Mattei, " CAD/CAM/CAE Vendors Get in STEP, " Computer-Aided Engineering 14, no.10 (October 1995), pp.88-90.
33. Dan Deitz, " PTC Adds Data-Transfer and Welding Modules, " Mechanical Engineering 117, no.11 (November 1995), p.24.

第 9 章

大规模定制模式下的敏捷产品开发



“**敏捷**产品开发”一词可被解释为两种含义，这两种含义对广义的产品和行业来说都是正确和适用的：

(1) 指一种敏捷的产品开发过程，它能够把持续稳定地获得改进的产品以“新”产品的形式快速地引入市场，这些产品实际上是基于通用零件和模块化产品结构的、已经规划好的基本产品“在某一个方面的变型”。这种能力使新产品推向市场的速度非常之快，大大快于“独立”产品推向市场的速度，后者不能在设计和制造中利用产品族相似性的优点。

(2) 指敏捷产品的开发，这些敏捷产品可以在下列敏捷环境中制造：敏捷/柔性/连续流制造、准时制造、按订单生产和大规模定制。

大规模定制模式要求有坚实的产品开发方法学基础。设计能够以大规模生产的效率进行定制生产的产品，是最具挑战性的和最有价值的产品开发工作之一。因此，以大

规模定制模式进行生产的企业必须建立最有效的产品开发方法学。

9.1 产品开发的先进模式

领先的产品开发来自于整个企业的最佳协作。必须由多功能团队进行产品的开发，根据并行工程的方式并行地设计产品族和柔性的工艺。由于定制对工厂的工艺有要求，所以这一点对大规模定制模式更加重要。

但领先的产品开发，不仅仅是指工程师们并行地设计产品和工艺。多功能的产品开发团队中必须包括营销人员，以保证产品能够对“客户的呼声”做出响应。采购部门必须抛开“低价投标”的想法，并培育与供货商的伙伴关系，这样，供货商们才会愿意在相关产品的设计中予以帮助。只有当供货商确认他们的投资能够有所回报的时候，这种极具价值的“资源”才是可利用的。

财务是整个企业协作中的关键环节，它提供了用于计算产品总成本的有关成本信息，并鼓励人们根据总成本做出决定。同时，一些有关的成本统计数据可能是更好进行平衡补偿的基础。

人力资源部门的作用在于利用有关的成本统计数据，构造平衡补偿和奖励体系，以奖励团队合作，并确立企业的长远目标。在领先于时代的产品开发中，人力资源部门另外的几个重要作用包括：聘请和培养强有力的团队领导和团队成员，在先进的产品开发方法学方面进行培训，鼓励员工成为多面手，在低迷时期保留人才、信

息和完整的团队。

最重要的是，管理层应该创造一个支持这种整个企业协同工作的文化氛围。管理层必须将产品开发视为一种投资，这种投资能够从有力的竞争优势中获取回报。投资包括足够的可用资源，以保证多功能团队在早期就具有完整性和活力。

尤其是，管理层必须鼓励提前进行工作准备，并保证资源的可用性，这样，产品开发团队才能够在一开始工作时就具有多个专业相互补充的优势。管理层应该授权给项目负责人，项目负责人再授权给团队成员，而不是依靠设计评审对设计过程进行监督。

任何单一的“工具”或计划不会带来领先于时代的产品开发，这里的成功并不在于采用的工具或计划，而在于在整个企业内实施新的工具和计划，从而实现整个企业的协作。

成功的产品开发策略能够大大缩短产品开发的时间。1994年《工业周刊》为评选25家“最佳工厂”所做的调查表明，76%的被调查企业都大大缩短了产品开发周期。产品开发周期平均缩短了45%。

9.2 将产品开发视为一种投资

最高效的产品开发源于一种观点，即：将产品开发视为一种投资。像其他任何投资一样，投入产品开发的资金将能获得期望的回报。正确开展的产品开发，能够极大地影响产品的总成本、可销售性，并进而对利润产

生影响。产品开发工作（投资）做得越好，产品在投放市场的时间、总成本、质量和客户满意程度等方面的结果（回报）就越好。

对于大规模定制模式来说，将产品开发视为一种投资是至关重要的。应该坚持围绕通用模块和工艺来设计整个产品系列。期望通过某个单一的产品开发项目就能在一般的资金约束和规定期限内，设计出可用于产品系列中许多产品的一系列模块，是不现实的。

因此，企业应当投资于模块的开发，使这些模块能够用于许多后续的产品开发。一种协同性更强的做法是，制定一个大规模定制的规划，应用必要的模块和柔性工艺同时开发整个产品系列。

9.3 并行工程

产品开发团队可以通过应用并行工程的原理取得相当的成功。并行工程绝对不仅仅是指把制造工程师派到设计的审查环节，这样做已为时过晚，无法对设计产生影响。

多功能的设计团队是并行工程的基础。最成功的产品开发团队是那些最完整的团队，各方面的专业人员在项目的开始阶段即参与进来。日本多数成功的产品开发都可以归因于此，MIT的一项耗资500万美元的研究项目说明了这一点。该研究项目将日本的“精益”制造企业与采用旧的“大规模生产模式”的企业进行了对比：

在日本最好的“精益”制造项目中，参加的人数在项目刚开始时最多。所有相关专业人员都参与进来，（项目负

责人的) 职责就是要求项目小组面对所有那些他们将在项目中必须达成一致的、困难的协调问题。

与此相反, 在许多大规模生产的设计过程中, 在开始阶段参与的人员很少, 然后逐渐增多, 在接近产品上市的时候达到最多, “额外的” 成百上千的人牵涉进来以解决那些本应在开始阶段就解决的问题。¹

领先于时代的产品开发模式的许多成效来源于强大的团队领导, 该领导层能够最大限度地发挥多功能设计团队的效率。MIT的另一项研究, 深刻地分析了日本的产品开发项目管理, 《美国制造, 夺回生产优势》(Made in America, Regaining the Productive Edge) 一书指出:

在日本的汽车公司, 为每一种新产品都指派一位项目经理, 他作为产品的总负责人, 在公司拥有巨大的权力, 与其同事一道, 从产品的概念设计阶段一直到产品上市都参与其中。²

在产品开发团队领导者的早期任务当中, 最重要的一项任务是确认所有的问题都已被提出并得到了解决。虽然较早地解决这些问题可能需要费一些力气, 但尽早解决问题比在稍后解决要快速和廉价得多, 正如在同一篇参考文献中指出的:

项目经理的关键任务是, 确保所有不一致的意见都被提出来, 并在项目的开始阶段得到了解决。要达成一致的意見需要做大量的工作, 但是此时通过熟练的管理, 有可能使项目团队中所有的人员达成一致的意見, 从而使后续的工作得以非常迅速地进行。

不一致的意见或问题中包含技术的可行性问题，但还不尽如此。其他的关键问题是确认并尽早消除在产品开发、投产准备、生产、分销、使用和服务等过程中潜在的问题。此外，问题还包括把市场、客户、竞争对手和法规的变化所引起的风险和影响降到最小。

9.4 多功能设计团队

设计团队中应该包括设计工程师、制造工程师、服务代表、营销经理、客户、经销商、财务代表、工业设计师、质量和检验人员、采购代表、供货商、法规协调专家、生产工人、专业人员，以及其他项目的代表。首先，这有助于考虑到所有的设计因素；其次，这种多样化的人员构成能够从许多角度考虑问题，从而产生更好的设计方案。与仅仅由设计工程师或科学家组成的单一的设计团队相比，这种协同的合作能够设计出更好的产品。

十分重要的一点是，团队的所有成员都应尽早参与进来，并积极发挥作用。这样，他们就能够在设计团队中做出有意义的贡献。团队的成员不一定是专职的，但他们也不能承担过多的其他任务，以免他们不能够做出有意义的贡献。团队中所有的成员都应该积极地参加产品的开发，而不是等待“设计师”做出某些设计之后，再对这些设计做出反应。下面，讨论团队中一些关键的成员。

9.4.1 制造部门、服务部门和供货商

他们提供的信息是至关重要的，能够保证产品开发团

队在设计产品时考虑到可制造性和可服务性。制造工程师和供货商有责任弄清楚产品设计是面向已经在使用的、成熟的工艺，还是面向与产品设计并行的新的工艺设计。制造和服务代表一定不能等到图纸出来后再参与修改，他们的作用在于不断地影响产品的设计，以保证产品的可制造性和可服务性。制造代表不能老是被出现在制造中的日常“紧急情况”所困，因为“紧急的”事情的优先程度总是超过“重要的”事情。作者曾经发现这样的问题：当制造工程师把参加团队工作当成其调入设计部门的一个机会的时候，他把产品的某个部件的可制造性设计得非常好，但却忽视了产品中其余部分的可制造性。

9.4.2 供货商和采购部门

只有在供货商确认能够从他们的工作中获得回报的时候，他们才会加入到设计的行列中来。因此，采购部门有责任精选供货商，并考查所选择的供货商/伙伴的合格性，如《改变世界的机器》(The Machine That Changed the World)一书中指出的，在日本“对供货商的选择不是在投标的基础上进行的，而是根据过去的合作关系以及他们以往有据可查的成绩加以选择的。”如果不能建立与供货商之间的伙伴关系，可以聘请供货商的代表作为顾问，帮助设计团队进行相关的工艺设计。

1994年《工业周刊》为评选25家“最佳工厂”所做的调查表明，92%的企业强调供应商在产品开发中的早期介入。³

9.4.3 市场营销部门

市场营销部门是企业与客户之间的纽带，它必须协助产品的定义，以保证产品反映了“客户的呼声”。相对于大规模生产模式而言，这一点对于大规模定制模式显得更为重要。在本章稍后的部分将介绍产品的定义，并在下一章中进行深入的探讨。

9.4.4 客户

让客户参加到实际的产品开发团队中，这正在成为一种越来越普遍的做法。当波音公司（Boeing）开发777型客机的时候，公司邀请了其客户的代表—航空公司，来帮助他们进行产品的设计。一开始，波音公司的工程师们还心存疑虑，但他们很快就认识到在设计阶段听取客户的详尽需求的重要性。⁴ 例如，波音公司的设计团队了解到，当客户从安装在飞机地板下层空间墙壁上的仪器上读取信息的时候，他们感到很不方便。如果他们想从仪器上读取信息，他们的身体就会挡住安装在天花板上惟一的照明灯的光线。在接受了客户的提醒之后，工程师很容易地解决了这个问题，他们在上述空间的每一个角落都安装了一个灯。让客户参与到设计过程中来的另一个好处是，使他们与所设计的产品联系在一起，这样他们就很容易变成忠实的客户。

1994年《工业周刊》为评选 25家“最佳工厂”所做的调查表明，96%的被调查企业都请客户参加产品的设计工作。⁵

9.4.5 工业设计师

这些富于创造性的人员应该成为设计团队中的一部分。这样，产品造型不再是“抛过墙”给设计部门，它应该试图将所有东西安放在漂亮的机壳里面。一种值得鼓励的做法是，领先的工业设计公司不仅参与产品风格的确定，而且正逐步参与考虑产品的设计、可制造性和可使用性。⁶

9.4.6 质量和检验部门

对诊断测试的需求，取决于企业的质量文化（quality culture）。如果在设计时就考虑了产品质量，并且通过工序控制保证产品生产的质量，那么，“废品率”就非常低，以至于不需要进行诊断测试。在 IBM 公司位于肯塔基州列克星敦的工厂，预期一次性合格率超过 98.5% 的产品可以不进行相关的诊断测试系统开发，也不需要昂贵的自动检测设备（ATE）“钉床”检测仪。对于合格率在此之上的产品，扔掉印制电路板次品，比购买检测仪和进行测试系统开发更加经济。ATE 检测仪的价格可以高达 150 万美元。对某些印制电路板来说，测试系统的开发可能比产品开发还要更加费钱和耗时！

9.4.7 财务部门

通过提供那些不能由大多数的会计系统自动生成的相关成本数据，财务代表能够帮助做出正确的决策。如第 6 章所述，实施基于活动的成本管理，能够提供基于总成本的数据，这些数据可以引导人们在这些方面做出更加合理的

判断，例如，在质量与检测之间的权衡分析、制造还是购买的决策、逐项记录质量成本，以及定量统计从标准化、通用化及模块化中节约下来的间接成本等。

9.4.8 法规协调部门

每一个设计团队中都需要有人来保证所有的法规都得到了遵守，而且这种遵守是通过原始的产品设计来实现的，而不是通过既费资金又费时间的重复劳动来实现的。由于法规的改变速度可能比大多数制造企业对另一个产品开发周期做出反应的速度更快，所以还要考虑到未来的法规。一些企业的设计团队中拥有负责法律或环境方面问题的律师，以预见未来的法规变化。例如，为每个国家生产区域性的产品，是大规模定制模式的一个有前途的应用领域，这要求设计团队在设计过程中就充分考虑到各国的法规。

9.4.9 生产工人

不论是通过调查，还是直接让工人参加到设计团队中来，生产工人都可能是一种对设计非常有价值的资源。生产工人通常没有任何的反馈渠道，因而也就不能将他们在过去遇到的大量的可制造性方面的信息反馈回来。让生产工人加入到设计过程中，能够改善与他们的关系，从而使新产品在投入生产时能够被更容易地接受，并获得额外的效益。

9.4.10 专业人员

设计团队需要得到各种专业人员的帮助，这些专业人

员来自自动化、仿真、热流分析、实体建模、快速原形制造、试验设计、“健壮性”公差设计、实验室检测、安全性、产品负债处理和专利法等方面。

9.4.11 其他项目

由于必须使用通用的零件、模块、工具和工艺，多个产品开发项目之间的协作对大规模定制模式是非常重要的。在同一个大规模定制产品族内部进行多个产品开发项目的协作尤其重要。

9.5 团队的领导者

一个完整的多功能团队的早期组成，确定了先进产品开发的各个阶段。能否取得成功，将取决于团队的领导者如何领导这个团队。团队领导者的责任是确保由团队成员的知识和经验所带来的团队效益。前面已经提到过，在日本的开发项目中，团队领导者保证所有的问题都被提出，并得到了尽早的解决，所以，后续的进展就非常迅速。

多功能团队的管理要求有强有力的团队领导层，领导者应当理解上述的先进产品开发方法学，并得到管理层的支持，以便预先做好彻底的准备工作，从而保证后续工作的成功。

团队的领导者应该将团队的精力集中在这样一些方面，即：系统的产品定义，设计中各种因素的权衡（而不是通常主要针对产品功能性而进行的尝试），概念的简化，结构的优化，以及模块化和可定制性策略。

所以，团队的领导者必须具有经过证实的能力，能够领导团队，并激励团队成员以某种方式进行产品的开发，这些方式可能会是不同的、不熟悉的，甚至可能是不愉快的，例如：尽早地在一起工作、尽快地解决问题、在设计零件之前对结构进行优化，以及把注意力放在总成本和实际上市时间上。

团队的领导者还应该在技术、营销和管理方面具有很好的综合能力。他们必须具有管理上的威信，具有能够成功地保护资源、工具的能力，以及拥有成功所必需的权力。

选择产品开发团队领导者的趋势是，从注重资历转化为选择新的、有经验的领导者，他们应该掌握先进的产品开发方法学知识，并能够很好地理解技术和营销方面的问题。

9.6 组织结构

组织结构是从传统的功能模型演变而来的。在传统的功能模型中，营销部门把产品需求文件“抛过墙”给设计部门，设计部门在完成了产品的设计之后，将设计图纸“抛过墙”给制造部门，然后制造部门把产品“抛过墙”给分销部门和服务部门，最终将产品“抛过墙”给客户。

为了推倒各个部门之间的壁垒，需要各个职能部门派出代表，组成多功能团队。开始的时候，要用“矩阵”的结构来组织多功能团队，即：设计部门的工程师加入到各个产品的开发团队之中。

随着团队组织的继续变化，团队成员被从一些部门借调出来，参加某一个产品的开发项目，临时向团队的领导

者汇报工作，但仍归各个职能部门管理。这种变化的最后一步是团队的成员实实在在地在各个产品开发团队之间流动。⁷ 传统的功能性组织可能会变成“人员代理处”，其主要功能是为产品开发团队聘请、培训和储存人才。有许多公司，如苹果计算机公司，甚至有与专业人才、技能水平及人员可用性有关的计算机数据库。

随着功能性组织的重要性逐渐下降甚至消失，原来的职能部门经理可以变成团队的领导者。这在福特汽车公司正在成为一种趋势。

9.7 授权

先进的制造环境已经成功地完成了从依靠检验保证质量的旧模式，向将检验的需求降至最低的过程控制的新模式的转变。在产品开发中还有一种类似的趋势，这个趋势是从以设计评审形式出现的“检验”模式演变而来的。设计评审是对设计过程的定期的检验，它经常造成时间上的延误，而且还要耗费大量的时间来进行设计评审的准备工作。

授权是一种在产品开发中替代检验的办法，即：由高层主管授予项目负责人以领导设计团队的权力。在针对早期的产品性能、成本、质量、开发时间和开发成本等方面进行了调查之后，管理层授权给项目团队领导者，由他来实现这些目标。接着，团队的领导者可以授权给分团队的领导者，再由他们继续授权给团队成员。

传统的做法是，由管理层设定评审的期限和其他阶段

性目标，并通常将此作为早期的项目建议、评估或规划阶段的一部分。产品的发布日期一般都是根据商品交易会或暑假、圣诞节等季节性约束而确定的，这就给产品开发设定了一个固定的期限。然而，采用授权的方法，则鼓励团队根据其满足各种预期要求的能力，设定中间的里程碑。这种方法比由管理层来设定期限的做法要好，因为团队能够根据各个任务的重要性程度，以及团队完成这些任务的能力，将工作量分配到各个阶段。先进的产品开发模式更加强调彻底的预先准备工作的重要性，从而能够系统地定义产品、提出并解决问题、简化概念和优化结构。不仅如此，如果由团队自己设定中间里程碑，那么他们就可能重视这种安排。

1994年福特Mustang型汽车的开发就是采用授权的一个成功的实例。对产品开发的要求是具有挑战性的：要求开发时间为3年，这比福特公司最近以来所有新车的开发时间缩短了25%；预算为7亿美元，比典型的预算减少了30%。项目经理威廉·W·博迪（William W. Boddie）与福特公司的执行总裁哈罗德·波林（Harold “Red” Poling）签订了一份“合同”，其中确定了汽车的性能、质量、成本和预期的开发时间。博迪先生可以自行支配这7亿美元！没有用常见的堆积如山的文件来进行冗长的审查，只有一个5分钟的所谓“审查”，其中包括给执行总裁一盘录像带和一份5页的报告。协议达成之后，执行总裁对团队的领导者说，除非有什么问题，否则不要回来找他。事实证明，实际上那是没有必要的，所以，后来也就没有安排更多的审查。管

理层根本不想去影响设计，由设计团队自己确定中间的里程碑。从各个职能部门中抽调的人员，只向团队的领导者汇报工作。团队中有一位高水平的制造经理，他负责将现有加工设备的利用率调整到最高点，并告诉设计师们他们能够在现有设备的条件下做到什么程度。这个团队的 400 名成员，都在一个重新装修过的家具仓库里一起办公。团队中有一个高级“主管”，他负责与团队有关的部门（例如采购部门）进行协调，以保证迅速地克服官僚主义的障碍，并解决各种问题。这个开发项目达到了所有的目标，还提前一个月完成了任务。⁸

9.8 开发阶段

为了实现先进的产品开发，建议尽量缩短下列阶段。通过重要的、可交付的成果，每个阶段突出一个明确的中心。前面两个阶段提出了所有重要的预先准备工作，它将保证后续的进程能够迅速地完成，并保证能够一次性实现所有的设计目标。应尽早着手解决问题，而且不断地强调这一点，特别是在问题比较容易解决的早期阶段。

一些“阶段/入口”（phase/gate）的方法建议人们取消真正的“设计”阶段，而代之以“实验模型”（bread-board）和“样机”的阶段。这里，特别强调了实验模型和样机的建立，而不是彻底的产品设计。同样，应当强调产量的快速提升，而不是实验性的活动。如果新产品是围绕通用的零件、模块和工艺设计出来的，那么“新”产品实际上可能是“老产品的变型”，所以，向柔性的制造环境中引入新

的产品会比较容易。

最后，从每个产品开发中获得的经验和教训都应该保留和记录下来，并应用于将来所有的产品开发之中。

阶段	可交付的成果
1. 产品定义阶段	产品的规格说明和资源的优先顺序
2. 结构设计阶段	简化的概念和优化的结构，包括模块化和定制生产的策略
3. 设计阶段	完整的产品/工艺设计，从而将样机检测和实验性生产的需要减至最低或取消
4. 产量提升阶段	将产品平稳地引入生产，并使生产数量迅速增大
5. 后续的工作阶段	获取可应用于未来项目的经验和教训

9.9 产品定义

设计团队的第一步工作是定义产品，以满足“客户的呼声”。一般来说，好的产品定义对产品开发非常重要，对大规模定制的产品来说就更加重要。非定制产品的定义使得单个产品就能满足“足够多的”客户，从而具有竞争力。大规模定制产品的定义应该使所规划范围的产品品种能够满足许多单个的客户，或者至少能够满足特殊需求的市场的要求。下一章将讨论如何为大规模定制生成产品的定义。

在着手开发产品之前，应该充分认识产品定义的重要性，你会惊奇地发现，有那么多的产品开发项目只进行了粗略的产品定义就进入了设计阶段，它们通常都被那些自认为了解客户需求的人迅速地分派下去。有的时候，产品的定义被产品设计人员进一步地扭曲了，这些设计人员相信他们所想的就是客户想要的，或者认为客户出于技术本

身的原因，自然会喜欢所有最新的技术。

在圆满地完成了产品的定义之后，设计团队应该排列出所有合适的、在设计时需要考虑的因素。

9.10 设计时需要考虑的因素

采用多功能设计团队的要点在于，在全面权衡各个设计时需要考虑的因素的基础上进行产品的设计，而不是像只由设计工程师组成的所谓“团队”那样，仅仅考虑产品的功能特性。即使不考虑设计过程中一般的误解，也几乎没有产品能够仅仅依靠功能性来获得竞争力。对于大规模定制来说更是如此，在大规模定制中，必须将定制产品的设计和制造作为主要设计因素加以考虑。

下面列举了产品开发团队在设计时需要考虑的所有因素：

传统的因素

功能

成本

营销因素

客户的需求

定制

上市时间

产品系列的范围

扩展/更新

未来的设计

竞争

工厂的因素

是否易于制造和装配

生产现场定制产品的能力

质量和可靠性

(续)

- 是否易于服务和维修
- 运输/交货
- 社会因素
 - 人的因素和可用性
 - 外观/风格
 - 安全性
- 环境因素
 - 产品的污染
 - 污染的处理
 - 产品是否易于重复利用
 - 能源利用率
 - 规章制度

9.11 设计理念

非常重要的一点是，各方面的专业代表应该在设计的早期就加入到设计团队中来，而且，设计工作要在全面权衡上述因素的基础上展开。对于大规模定制模式来说，设计团队必须使所设计的产品满足所有这些因素之间的平衡关系，并且要额外地考虑那些使定制的产品能够高效地生产和销售所必需的因素。

先进产品开发的一条重要公理是：设计工作进行得越深入，就越难满足以后新增加的要求。一些设计人员可能会拒绝在早期权衡这些因素，如果他们认为这样会限制他们的“设计自由”的话。但实际上，约束过少可能会使产品的设计变成像是作家手里的单词一样，可以有多种组合。如果在做出每个设计决定的时候都有许多选择余地，那么整个设计就会有太多的不同选择的组合，

这将导致设计的瘫痪。

于是，设计人员就会做出想当然的决定，以打破这种僵局。每个想当然的决定都可能很难与后来设计时需要考虑的因素相协调，除非设计人员有令人难以置信的好运气。设计工作进行得越深入（做出想当然的决定越多），就越难满足以后新增加的要求。

产品开发中最常见的产生延误的原因，就是因为早期忽视了重要的设计时需要考虑的因素，如可制造性、需要遵守的法规、需要予以充分考虑的客户需求等等。忽视任何一个设计时需要考虑的因素都意味着不得不在后面进行协调，而这种协调可能是非常困难的。

通用的产品开发方案是从可行性研究、实验模型或者只考虑产品功能原理的实现开始的。因为它的目标仅仅是“看看我们能否让它工作起来”，所以这样做是正确的。一旦实验模型“工作起来”，就会有很大的压力将“它”（实验模型）投之于生产，而没有真正在产品设计中考虑到可制造性、可服务性、可定制性等。由于忽视了设计时需要考虑的因素，而且将可行性建立在一个实例之上，而不是建立在关于基本功能、制造工艺或零件/供应商的合作等问题的大量统计学样本之上，所以，在后续的生产中将会出现各种问题。

9.12 完善的产品结构的重要性

一个完整的、多功能的设计团队如果在早期就全面考虑了所有的设计时需要考虑的因素，就走出了获得最优产

品结构的第一步。这是产品开发过程中影响最大的活动，它对产品开发的成功具有最重要的意义。然而，与产品的定义一样，这个阶段的重要性常常被忽视，其原因是人们只是想当然地认为该产品结构应该与原先的或有竞争力的产品相同。

前面曾经提到，项目的概念设计或结构设计阶段决定了一个产品寿命期中 60% 的累积成本（见图 6-1）。到设计完成的时候，产品寿命中 80% 的累积成本就已经被决定。当产品进入生产阶段时，最多只能再影响总成本中的 5%。这就是为什么通常降低成本的努力总是没有效果的原因，因为实际上设计本身决定了成本，后来就很难再降低了。

同样，其他重要的设计目标，如质量、可靠性、可服务性、加工柔性、可定制性和对法规的遵守等，都最易于通过优化产品的结构来实现。

早期概念设计阶段的优化工作对产品上市时间的影响非常大，如图 9-1 的 Mentor Graphics 模型所示。图中节省下来的 40% 的实际上市时间归因于早期概念上的优化，这种优化将后来进行修改和反复的需要降至最低，并使制造过程加快了好几倍。请注意，被称为“概念设计”的结构化阶段在总的开发时间中所占的比例，从旧模型中的 3% 上升到新模型中的 33%，提高了一个数量级！这种更加彻底的早期准备工作，将设计阶段后期的修改、反复和补充等活动在产品开发周期中所占的时间，从 70% 减少到 27%。与后期进行设计变更、修改和反复相比，在设计初期全面权衡各项设计时需要考虑的因素的做法更加有效。

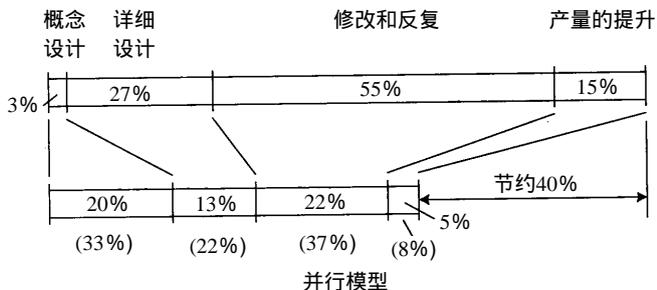


图9-1 改进上市时间的Mentor Graphics模型

© Copyright, Mentor Graphics Corporation.

当管理者们看到图9-1中概念设计的时间增加了一个数量级的时候，他们经常会问到这样一个问题：“在那段多出来的时间里，产品开发团队都做了些什么？”或者问到：“到底是什么活动把后续活动的时间缩短了那么多？”下面是最佳结构设计阶段的关键内容：

(1) 产品定义。确定客户真正的需求，尽量避免为了满足客户的那些在开始时没有考虑到的、所谓的“新”需求而对产品做出修改。

(2) 解决问题。提出所有的问题，并在设计进行得更加深入之前解决这些问题，从而避免在后期解决这些问题。因为在后期解决这些问题更加困难，而且每个修改都可能反过来引起更多的问题。

(3) 简化概念。利用巧妙而精致的概念、较少的零件、不同零件的组合、更高级的集成芯片和模块化等方法，全面简化产品的结构。

(4) 优化结构。从降低总成本，在设计中考虑质量和

可靠性、可制造性和可服务性、加工柔性和可定制性等方面出发，对产品结构进行优化。

在概念设计阶段创造性地简化产品结构能够实现概念的简化。下面是一些实例：

汽车。客车的制造一般是将薄钢板车身用螺栓固定在厚实的金属车架上。现在，大多数汽车将车架与车身结合在一起，形成一个整体的“车身单元”结构。在这个单元中，薄钢板的车身面板承受结构的负载，从而免掉了车架。这样就简化了装配，降低了汽车的重量，进而减少了材料成本和作业成本，从而大幅度降低了汽车的成本。

电子系统。如果能够把所有的电路集中在一块电路板上，避免使用需要中间连线或插件盒进行连接的多块电路板，那么，电子系统就能够得到极大的简化。

个人计算机。早期的DOS系统下的个人计算机需要有一个包含170个独立集成电路的“芯片组”，而非计数存储器。在当前的个人计算机（PCs）中则将更多的功能固化在若干块超大规模集成电路（VLSI）或专用集成电路（ASIC）芯片中。这种高层次的集成可以极大地简化电子系统，使它能够将几块印制电路板的功能集成在一块板上，从而消除了电路板之间的连线和插件盒。

装牛奶的屋形纸盒。装牛奶的屋形纸盒是用方形的纸板巧妙折叠而成的，一张纸板即可折成整个牛奶纸盒，上面还有可密封的牛奶灌注口。这种结构比原来用几张纸板做成的“上端开口的”纸盒更容易制造，而且性能更好。

汽车薄钢板的简化。30年以前，在客车的发动机罩壳

和挡风玻璃之间有一块复杂的薄钢板。这个零件很难制造，因为上面有许多通风系统所需要的通气孔，还有一些为挡风玻璃雨刷和清洗器准备的孔和凹槽。该零件也很难处理，因为将其焊接在车身上之前，它很容易被损坏。该零件必须与发动机罩壳配合得很好，否则会产生明显的错位。现在大多数汽车根本不用这个零件，而采用了一种令人满意的零件——“隐藏式”挡风玻璃雨刷。此外，人们在电视商业广告里可以看到演示的钢球准确地沿着车身外板的缝隙滚动，确实消除了与发电动罩壳的对齐问题。

9.13 产品结构

由于产品开发中的结构设计阶段决定了 60% 的成本，而且它对质量、可靠性、可服务性、加工柔性、可定制性，以及上市时间等方面都产生巨大的影响，所以，将早期概念的确定视为产品开发的关键内容是至关重要的。确定早期的概念，就是在硬件、软件及其交互作用的结构方面做出战略性的决策。

大规模定制的硬件结构非常依赖于通用的零件和模块，以及在模块化基础上定制产品的巧妙方法。大规模定制的软件结构可以建立在模块化策略的基础之上，例如建立在面向对象的软件基础上，或者如惠普软件重用集团公司（Hewlett-Packard's Software Re-use Group）所推荐的那样，建立在特定领域的“模块和模块集”的基础上，在此，每个产品系列的各模块集中都包含有若干个已定义接口的模块。

应该按照下列的战略性决策来确定产品的结构（包括括号中列出的一些常见的极端情况）：

- 产品定制/多样化/配置策略。
- 团队的组成和进度安排（整个团队在早期就进行了积极的参与，还是没有）。
- 产品定义方法学（系统性的，还是临时性的）。
- 零件的组合/集成策略（是有许多零散的零件，还是有很少的集成的零件）。
- 零件策略（是内部设计和制造，还是按清单采购）。
- 产品成本统计策略（是只注意零件/人工的成本，还是关注总成本）。
- 制造策略（是柔性制造的，还是批量生产的；是制造，还是采购；加工策略）。
- 质量策略（是通过检验保证质量，还是通过设计和对加工过程的控制来保证质量）。
- 可靠性策略（是产品本身固有的质量，还是与老化及冗余有关的质量）。
- 服务/维修策略（是设计者的责任，还是使用者的责任）。
- 供货商策略（是选择低价投标人，还是建立与供货商之间的伙伴关系）。
- 产品开发的度量（产品的上市时间是以有了第一个客户，还是以进入稳定生产为标准进行计算；中间阶段的进展是以设计质量为准，还是以预先确定的期限为准进行衡量；是用零件/人工成本，还是用总成本来计算产品的成本）。

例如，确定一个电子系统产品结构的早期概念性决策如下：

- 定制策略（模块化，主板 / 子板选项，在通用底板上的各种印制电路板的装配形式，在均衡器上的程序 PROMS，等等）。
- 产品配置策略（开关、跨接线、软件设置、自动的或通用的）。
- 集成的程度（许多零散的集成电路安装在许多块电路板上，还是安装在少数几块电路板上。安装在一块电路板上的超大规模集成电路，还是特殊用途集成电路）。
- 互连策略（采用插件盒、带连接接头的电缆，还是手工焊接的电线）。
- 机箱策略（自行设计和制造机箱、箱门、插件盒、风扇等，还是按照产品目录外购模块化的元器件）。
- 热流量/散热策略（风扇、热传导、热对流、冷却等）。
- 印制电路板规格和总线标准（采用带专用总线的特定规格，还是采用标准规格和标准总线；是为处理、输入/输出、存储等用途设计并制造专用电路板，还是采购现成的电路板）。
- 印制电路板装配策略（是否自动安装、焊接和清洁所有的元器件）。
- 电源（采用定制的，还是采用标准的外型、电压和功率；为不同的国家提供专用的电源，还是提供通用的电源）。

- 检测策略（采用自动检验设备“钉床”检测仪进行诊断检测，还是通过对加工过程的控制来保证质量，只在最后阶段采用“合格/不合格”的系统检测）。
- 可靠性策略（可靠性是产品本身就固有的，还是冗余性的；电路板和电源具有“很好的”可替换性，还是没有）。
- 法规遵循策略，包括所有现行的和预期的法规。

9.14 面向可制造性的设计

面向可制造性的设计（DFM）是为方便的制造而进行的产品设计。⁹狭义地讲，DFM将注意力集中在面向装配的设计（DFA）上，DFA的重点在于使设计出来的产品易于装配。例如，将许多独立的零件组合在一个集成的零件中，从而免去装配这些零件所必须的工作。

广义地讲，如我们在这里所论述的，DFM将设计工作的注意力集中在制造问题的各个方面，如制造、装配、质量、对法规的遵守、材料和供应链后勤、运输、分销、服务、维修等等。DFM的主要注意力集中在从一开始就要降低产品的成本。

下面总结了DFM的一些关键原则。请注意，这些技术中的每一项都对降低产品的总成本具有巨大的作用。

9.14.1 零件的通用化

如第5章所述，DFM的一个关键原则是零件的通用化。零件的种类越少，越能够简化装配，进而减少零件被用错

的可能性，简化零件的采购和分销后勤。其结果是降低了装配成本、质量成本和材料的间接成本。

9.14.2 消除右手和左手零件的区别

如果将右手零件和左手零件设计成一样的，也能获得实施零件通用化类似的效果。一般都可以很容易地将左右手零件所需的特征结合到一个零件中。与之有关的原则是设计“成对”同样的零件，如公文箱和行李箱的顶部零件和底部零件。与为左右或上下使用不同的零件相比，这种技术有三个方面的好处：

(1) 零件种类减少了一半，从而简化了零件的采购过程，简化了将零件提交到工厂中各个使用地点、服务地点和备用零件的供货。

(2) 这些零件的数量增加了一倍，从而达到更大规模的经济性和采购的优势。此外，这些零件数量的加倍能够获得更好的交货，这对准时制造是至关重要的。

(3) 加工成本减少了一半，因为只需要一个冲模或铸型，而不再需要为左、右或上、下零件提供不同的工具。

9.14.3 对称的零件

设计对称的零件，这样，它们就不需要相关的定位。这简化了自动化的过程，并消除了手工装配的失误。一般都能够很容易地在零件两端加上相同的特征，使零件实现对称。因为已经设定了在零件一端加工孔或槽的生产工艺，所以，在另一端加工一个额外的孔或槽不会造成很高的成

本。即使制造对称零件的成本明显提高，如果在总成本统计的基础上进行计算，那么所获得的收益也足以补偿这部分提高的成本。毡制粗头记号笔 (felt-tipped pen) 是一个鲜为人知的例子，在笔的两端都加上毡尖，这样，自动装配设备就不需要对毡进行定位。

9.14.4 将零件的差异明显化

如果零件不能相同或者对称，就应确保零件（或端部）的差异是明显的。最不好的零件形状是近乎方形的，它容易造成错误的装配。如果带有不同的螺纹、不同等级或不同强度的零件外观看起来很相似，就应该用清晰的记号、字母或颜色加以区分。

9.14.5 零件的组合

如果能够把许多功能或“零件”组合成一个单一的零件，那么就可以把零件的数量降到最低。可以购买带有“经常配对使用的”垫圈和 / 或锁紧垫圈的螺纹紧固件，它们是永久性地连接在一起的，但在拧紧紧固件的时候可以转动。这样避免了螺钉和垫圈之间的装配，免得在装配螺钉的时候忘记装上锁紧垫圈。

铸造与锻造的创造性设计，可以把许多功能集成在一个单一的零件中，通常每个附加功能的费用都很低。惠普 DeskJet 打印机的主底盘具有 30 个功能，它将原来彼此独立的零件组合成固定齿轮、马达、轴、滚筒、控制机构、导纸机构、配线和机盖。

9.14.6 为零件和工具提供操作便利

有些零件（如紧固件）的体积很小，而用来安装它们的有效工具却可能很大。如果没有为工具的操作提供足够的便利，就必然会降低手工装配的效率。

9.14.7 使用目录中的零件

被称为“安德森法则”的通用法则是：“不要设计零件目录中已有的零件”。¹⁰有经验的目录零件供应商，通常在该零件的设计和制造方面的效率更高。这样不仅能够降低总成本，而且对质量和交货也有所改善。如果供应商已经设计了某种零件，那么该零件的开发时间和开发成本将变为零。客户们乐于从不同的供应商那里购买标准的替换零件。最后一点是，不必要的零件制造会使工厂忘记了自己的真正任务——生产产品。

但是，有许多工程师受到不全面的成本统计系统的误导，他们所查到的“成本”实际上只包括人工和材料的成本，于是他们便断定自己所在的企业能够比经验丰富的供应商设计和制造出更廉价的零件。

9.14.8 坚持设计准则

加工工艺有特定的设计准则，以确保设计出来的零件具有可制造性。¹¹诸如制模、铸造、锻压、成型、机加工和表面贴装等工艺，¹²都有许多必须遵守的、特定的设计准则，以降低成本。在许多情况下，必须严格遵守这些准则，才

能利用这些工艺。

9.14.9 公差优化

公差是成本和质量的关键决定因素。然而，大多数公差的确是拍脑袋的、不科学的。当许多设计人员不知道应该如何合理地确定公差的时候，他们会把公差“设定得过高”，以“保证安全性”。但是，这是一种费用极高的保证质量的方法！而其他的工程师，则甚至没有意识到确定一个平均的公差或印在图纸上的一个默认的公差对质量的影响会有多大。这会带来质量方面的问题，造成成本的提高，有时这些质量问题甚至是灾难性的。

有一种方法能够系统地确定公差，从而以低成本实现高质量。这种方法是由日本的质量专家田口玄一（Genichi Taguchi）发明的，被称为“健壮性设计”或“田口法[®]”。这种方法系统地分析了各个公差对整个系统的影响，从而系统地确定实现高质量所真正需要的公差。由于将公差进行了最优化处理，所以它们既不会过紧，使制造的费用很高，也不会过松，造成很高的维修费用。它运用了一种名曰“实验设计”的、有效的统计技术，来完成计算工作。一个名叫兰斯·伊利（Lance Ealey）的记者写了一篇题为《通过设计保证质量》（Quality by Design）¹³ 的文章，文中对这一主题进行了很好的介绍。

9.14.10 将与图纸和文档相关的成本降至最低

有效的文档控制能够以尽可能低的费用生成和管理文

档，从而节约成本。出色的文档能够鼓励设计细节、零件、模块和软件的重复利用，进而节约“重新发明轮子”的成本。

如果所有的设计文档都被很好地记录下来，使企业外部的供货商能够据此进行制造，这样还能够提高制造/采购的柔性。不良的文档管理会将生产局限在企业内部那些“仅仅知道如何制造它”的人身上，即使这样做并非是费用最低的解决方案。

迅速地更改文档能够降低由于重复出现的错误所造成的成本，或者降低查找未记录的更改所需的费用。采用积极的措施降低数据丢失的危险，可以避免高成本的延误。

如果用几何尺寸和公差标准（ANSI Y14.5）将图纸“无二义性地”用于生产，那么出现低成本错误和误解的可能性就会减少。如果图纸上按最佳的参考数据合适地标注了尺寸，车间就能够迅速地设计加工工艺，进行零件的制造，以及用坐标测量仪对第一个零件进行检验，从而节约生产成本。

9.14.11 防止错误的设计

“Poka-Yoke”是一个日本人提出的概念，它以前被用来防止在制造中出现失误。¹⁴ 可以把Poka-Yoke当作是一种“防止错误”设计的方法，以防止在设计中出现错误，这样，就不会错误地安装零件，也不会制造出有问题的产品。这些特征只需要设计一次，但却能够在产品的生命周期里防止在制造和服务中出现错误。设计对称的零件，可以避免零件被装反的可能性。将零件标准化，采用更少的零件品

种，将使零件被拿错的机会大大减小。巧妙设计的特征能够真正防止错误的装配。

9.14.12 在设计中考虑高效率的制造

在现有设备的加工能力基础上面向生产设计产品，能够节约购置新设备的开支，节约设备快速投产所需的及时运输和安装费用，并节约与新设备相关的一般调试费用。如前所述，福特公司开发1994年Mustang型汽车的团队中有一位高级制造经理，他的职责就是确保新产品没有超越现有设备的能力。¹⁵

如果设计人员在设计中考考虑采用最少的工艺步骤，他们就很可能把加工成本降到最低。例如，对于采用复合技术的印制电路板（既具有插入式元器件，又有表面贴装的元器件），必须使用一切所需的设备才能同时保证两种工艺的实施。这就是为什么在几年以前，个人电脑全部采用插入式元器件，而后来一下子全部采用表面贴装元器件的原因。

9.14.13 易于服务和维修

可以通过设计来降低产品的服务和维修费用。可以并行地设计产品、制造工艺及其服务和维修步骤。应该能够独立地更换零件，至少是独立地更换那些最容易失效的零件。工具的通用化能够减少现场维修所需工具的数量。设计容易获取的工具对装配、服务和维修同样重要。可以将产品设计成为带有自检和远程诊断的能力。通用零件将简化零件的维修，并能使客户方便地获得替换零件。

9.14.14 面向可靠性的设计

可以利用下列技术在设计时考虑产品的可靠性：

- 概念的简化是具有内在可靠性的关键，零件、接口、互相之间的连接和程序语句条数越少，内在的可靠性就越高。
- 将达到系统的可靠性视为设计时需要考虑的主要因素。
- 使用那些以前已经使用过的、经过验证的标准零件和设计特征。
- 在经过验证的可靠性数据基础上选择零件；与新零件和新设计相比，现有零件和原有的设计具有更多可用的可靠性数据。
- 使用那些经过验证的、能够组合成合格产品的模块；重新利用那些面向对象的、经过调试的软件。
- 在设计过程的早期阶段，模拟/预测可靠性的性能。
- 使用那些受控的、已经生产出可靠产品的制造工艺。
- 利用全面质量管理，提高质量/可靠性。
- 在设计中考虑将制造、装配和安装中的失误降到最低点。
- 在设计中考虑尽可能减少运输和安装对质量的影响。
- 尽量减少带电接头的机械接触，尤其是对低压电器产品，例如：将电路板合并，以取消电缆和连接器；使用机械接触最少的连接器（如电缆）；减少插座的使用。
- 取消对电缆连接或互连电路板的手工焊接。
- 使用“老化”或“试运行”，以引起产品的早期失效，

把它们当作一种诊断工具，而不是一个生产步骤，从而将问题隔离出来并加以解决。

9.15 大规模定制模式下的敏捷产品开发管理

上述原理的实行需要借助于强有力的产品开发方法学。大规模定制模式对产品开发过程提出了附加的要求。

模块化是任何一个大规模定制策略的关键要素。某些产品的模块化程度向来就比其他的產品高，如个人计算机，它可以将各种主板、存储芯片、硬件驱动器、电源、显示器、键盘、选项板和软件配置成完整的产品。但是，在大多数情况下，模块化并不是本来就有的，需要在设计产品系列时予以考虑。

大规模定制策略的另一个关键要素在可定制性方面，即产品中那些可以通过编程、配置、混合或变型来实现定制的部分。这也是在设计产品系列时应该考虑的。模块化和可定制的设计，是产品开发中“投资”的首要内容。

从组织上讲，最简单的办法就是建立一个单一的产品开发项目。该项目从产品族的定义开始，决定可以用模块化来实现的定制产品的数量，以及用第10章中讨论的、易于定制的特征来实现的定制产品的数量。然后，该项目同时进行模块和可定制特征的设计，以及装配这些模块的工艺设计，并“定制”其余的部分。

如果这个方案因为时间或项目的范围而无法实行，那么，多功能的产品开发团队就必须与从事模块化设计和标准化的中央任务组协调工作。后面将更加详细地探讨上述各种情况。

9.16 产品族的同步设计

本方案将着手开始对整个大规模定制的产品族进行同步设计。下面提出了主要的步骤（这些步骤将在下一章中进行详细的讨论）。

（1）在提供的定制范围内，根据客户的偏爱，为产品族做出系统的定义。

（2）确定如何通过模块化和快速定制（如编程、配置、混合和变型等）之间的最佳协调，实现定制的目标。

（3）建立一个最佳的产品族结构。

（4）同时设计以下内容：

- a. 具有标准接口的模块。
- b. 模块制造和装配的工艺过程。
- c. 可定制的特征。
- d. 可定制特征的加工工艺。

（5）同步设计基于上述结构的产品。

在产品开始设计之前，为了得到更好的结构，可能需要进行一些反复。在设计了标准模块之后，对所有的产品开发团队来说，重要的一点是要严格地遵守这些标准。单个产品的设计人员可能希望改变模块的标准，以使他们能够将当前特殊的产品设计得“更好”。如果仅仅为了一个产品或一个产品版本的微小改善，而偏离模块的标准化，那么就会破坏整个大规模定制的规划，从而给企业带来总体的损失。如果这种“改善”真的对所有产品都有好处的话，就应该在结构设计阶段予以考虑；如果在后来才发现这一

点，就应该在循环反复中将其合并到早期的步骤之中。一旦决定了模块化的结构，就应该在所有的产品开发活动中严格地遵守模块的标准。

当然，上述所有步骤的实施都应当在前面讨论过的、先进的产品开发方法学的范围之内。

9.17 协调的团队工作

这里，假定大规模定制产品族中的产品是由既独立、又协同工作的产品开发团队在不同的时期内开发的。理想的情况是，开发的过程尽可能严格地遵循上述模式，尤其是前4个步骤，同时特别强调在上述第5个步骤中的协同工作。

无论产品是如何开发出来的，都必须在所提供的大规模定制范围内满足客户的偏爱，从对产品族进行系统的产品定义开始启动产品开发的过程。定制的策略（步骤2）仍然需要在模块化和快速定制之间确定最佳的平衡关系。不仅如此，还应该在所有的产品/工艺设计中确保采用了最佳的结构（步骤3）。应该全面实施模块、可定制的特征及其加工工艺的并行设计（步骤4）。应该对模块的结构和接口进行完善的定义，从而为将来模块设计的成功提供最大限度的保证。然后，可以将产品的设计分解成一些平行的开发项目，其中某些产品的开发可能会被推迟进行。

如果关于产品结构和模块开发的准备工作做得不够，可能会造成耗费开发时间的潜在风险。当围绕定义得不好的模块或结构进行产品设计的时候，这种准备工作的欠缺将造成后续设计的困难。

平行开发必须很好地协调，以确保在项目中适当使用了标准模块，围绕标准工艺进行设计，并基本保证设计出来的产品与大规模定制规划的各方面要求相兼容。

9.18 围绕现有模块开发大规模定制的产品

在一些企业中，围绕现有的模块进行大规模定制产品系列的开发或许是有利的。已经设计出来且已经投入生产的模块，可能会有很大的数量，足以获得某种程度上的规模经济效益。然而，现有的产品、模块和工艺可能在一定程度上限制了定制的范围。如果设计的目标是将产品系列扩展到特殊需求的市场，那么，即使不能够为单个客户提供定制的产品，这种受限的定制也能够成功地得以实现。而且，这可以成为实现完全的大规模定制的一个中间过程。

那些已经拥有完善设计的模块和良好定义的接口的行业，可以利用现有模块获取效益。例如，开发一个大规模定制的汽车系列，可以利用现有的发动机和传动机构，其中可能有多种现有性能的选择项。电子系统（例如计算机、仪器和通信设备）可以利用现有的处理器和存储板，同时再增加一些配置选项和其他的选择（例如外加的插件板、软件和固件等等）。

再次重申，第1个步骤应该是系统地定义产品族，并且确定是否能够围绕现有的模块生产定制的产品族。这个决策的过程应落实在利用现有模块的最佳方案上。对于这个建立在原有设计基础上的实行大规模定制的决定，应该不断地对其进行重新的评价，以确保其始终是有意义的。否

则，就要对规划进行修正，以便将更新的模块包含进来。在极端的情况下，不得不废除原有的规划，或者将其推迟到一个更合适的时候。

接下来，应该在对现有产品进行最佳利用的基础上，建立最理想的产品族结构。这项工作的一部分是将所选择的模块及其接口的规格进行标准化，并保证这些标准不发生“进化”，除非这些改善能够与大规模定制规划相适应。应该将大规模定制产品族的需求与使用现有模块的产品协调起来。在对这种综合平衡进行评价的时候，应该把所有产品的整体利益作为决策的依据。如果现有的模块是在柔性的制造环境下生产出来的，那么就有可能有效地生产这些模块的不同变型，将某些模块应用于现有产品，某些模块则应用于新的大规模定制产品族。

或许应按照上述第4个步骤中的各项进行新模块及其制造工艺的设计。这样，产品族的设计就能够如上面所讨论的那样，由同时开始工作或工作内容在时间上具有平行性的设计团队进行。

有一种认识上的倾向，认为仅仅通过提供现有模块的各种组合，就能够将任何现有的模块化产品转变到某个大规模定制产品系列中。然而，必须仔细地审查制造工艺的可行性，从而确保有足够的加工柔性来按照订单进行产品的生产。可能出现的障碍是零件、模块和工艺过多的内部多样化。如果不同零件的种类太多，不能及时地分销到所有的使用地点，那么工厂就不是柔性的，从而也就不能按照订单生产大规模定制的产品。

注释

1. James Womack, Daniel Jones, and Daniel Roos, *The Machine that Changed the World* (New York: Rawson Associates, 1990; paperback edition, Harper Perennial, 1991).
2. Michael L. Dertouzos, Richard K. Lester, and Robert M. Solow, *Made in America, Regaining the Productive Edge from the MIT commission on Industrial Productivity* (New York: Harper Perennial, 1989).
3. Industry Week, "The Complete Guide to America's Best Plants," Cleveland, OH: Penton Publishing, 1995), p.12.
4. 资料来源为波音公司总裁菲利浦 M.康迪特 (Philip M. Condit) 于1993年5月7日在加州大学伯克利分校哈斯商业研究所 (Hass Graduate School of Business) 所做的一次讲演。
5. Industry Week, "The Complete Guide to America's Best Plants. "
6. Artemis March, " Usability: The New Dimension of Product Design, " *Harvard Business Review*, September-October 1994, p.144.
7. 1994年福特公司开发 Mustang型汽车时的情形就是这样的。在该项目的开发期间, 由 400人组成的产品开发团队中的成员实际上都是向团队的领导者汇报工作。(资料来源为项目团队领导者威廉 W.

- 博迪于1993年10月18日在加州大学伯克利分校哈斯商业研究所所做的一次讲演及研讨。)
8. 资料来源为项目团队领导者威廉 W.博迪，于1993年10月18日在加州大学伯克利分校哈斯商业研究所所做的一次讲演及研讨。
 9. David M. Anderson, *Design for Manufacturability, Optimizing Cost, Quality and Time-to-Market* (Lafayette, CA: CIM Press, 1990).
 10. *Ibid.*, p.82.
 11. Ramon Bakerjain, ed. *Tool and Manufacturing Engineers Handbook, Volume 6, Design for Manufacturability* (Dearborn, MI: Society of Manufacturing Engineers, 1992); and James G. Bralla ed., *Handbook of Product Design for Manufacturing, A Practical Guide for Low_Cost Production* (New York: McGraw-Hill, 1986).
 12. Ray P. Prasad, *Surface Mount Technology, Principles and Practice* (New York: Van Nostrand Reinhold, 1989); and Phil P. Marcoux, *Surface Mount Technology, Design for Manufacturability* (Sunnyvale, CA: PPM Associates, 1989).
 13. Lance A. Ealey, *Quality by Design, Taguchi Methods® and U.S. Industry* (Dearborn, MI: ASI Press, a division of American Supplier Institute, 1988).

14. Nikkan Kogyo Shimbun, Ltd./Factory Magazine, Poka-Yoke, Improving Product Quality by Preventing Defects (Portland, OR: Productivity Press, 1987).
15. 资料来源为项目团队领导者威廉 W.博迪于1993年10月18日在加州大学伯克利分校哈斯商业研究所所做的一次讲演及研讨。

第 10 章

大规模定制产品的设计



在 开始设计大规模定制的产品之前，很重要的一点是应确保所有的前提条件都已经得到了满足，或者在产品投入生产的时候得到了满足，其中特别是对相关的产品实行了合理化（第4章）；已经实施了标准化措施（第5章），并改进了制造的柔性（第7章），从而降低了多样化成本（第3章）；所有的决定都是在总成本的基础上作出的（第6章）；以及产品开发本身已经成为一种重要的核心能力（第9章）。

10.1 完善的产品定义的重要性

任何产品开发的第一步，都是要将客户的呼声转化为产品设计的详细说明以及资源的优选。对于大规模定制模式来说，这一步骤更加重要，也更加复杂，因为必须将客户的呼声转化为产品族，这些产品族应该能够界定为使客户满意而需要的可定制范围。

与通常的做法相反，这第1个步骤不是概念设计。然而遗憾的是，一些令人激动不已的概念经常将产品开发工作

启动起来，而这些概念可能能够，也可能无法满足客户的需求。

在一项对 12 家大型技术性企业的调查中，向企业经理们提出了这样的问题：“造成产品开发延误的原因是什么？”回答率最高的，71% 的经理的回答，是不良的产品定义。如果没有对产品进行完善的定义，那么，为了能够真正满足客户的需求，就要在后期对产品定义进行修改。产品定义的后期修改通常会造既费钱、又费时间的工程更改，这是因为有大量的设计和加工设备都是建立在原有的产品定义基础上的。对产品定义进行后期修改的另一个同样令人讨厌的结果是，根据不良的产品定义进行设计和制造出来的产品不能满足客户的需要。

一个完善的产品定义，将不断地强调整个企业的协作，而这正是在产品开发中取得竞争优势的源泉。如果一个企业直到将产品的样品投入市场的时候才被告知：“这不是我们想要的东西。”其结果是造成大量的返工，对产品进行重新设计，以反映出客户真正“想要的东西”。

对那些令人激动不已的概念或技术压力的适当的处理方法应该是，首先对市场潜力进行彻底的调查研究。在大规模定制模式中，应该为成功潜力最大的市场制定出最佳的定制程度和范围，即定制的可能领域，而不要为不必要的定制浪费精力。

10.2 QFD 综述

质量功能配置（QFD）是一种工具，它系统地将客户

的呼声转化为产品设计的详细说明和资源的优先顺序。² 其作用在于将客户主观的想法和要求，转化为客观的详细说明，使设计人员能够利用它来进行产品的设计。

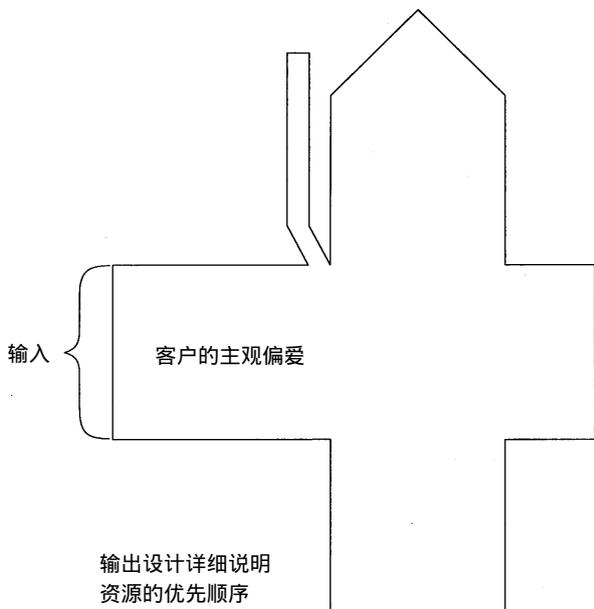


图10-1 QFD综述

一般说来，QFD的输入是一系列主观性的客户偏爱，其输出是产品详细说明和资源的优先顺序（见图 10-1）。图中“设计详细说明”一行的值是设计人员用来设计产品的实际数据，“资源优先顺序”一行显示的是设计团队应该在设计的各个方面分别投入的精力百分比。利用这个资源优先顺序，将保证设计团队把他们的精力投入到客户最需要的特性上，从而避免他们在“华而不实的”特性上所浪

费的精力比花在客户需要的特性上的精力还多。当设计人员本人对应用在产品中的新技术非常感兴趣的时候，他们很容易把精力花在“华而不实的”东西上。

10.3 离散产品的QFD

在产品定义过程中，使用一些系统的工具比压根儿不用任何工具要好。完整的QFD方法学表现出非常强大的优势，其前几个步骤也能够产生巨大的作用。

图10-2显示的是一张完整的QFD图，其中各个区域都根据其在QFD方法学中的作用做了标注。在图中使用客户能理解的语句，而非“专业的术语”，列出“客户的主观偏爱”，每个偏爱占一行。

QFD的一个最有价值的、也是最易于获得的成效是：它只要求客户将其偏爱按照“相对重要性”的顺序进行排列，最低值为1，最高值为10。其结果是排列出客户认为最重要的和最不重要的队列。这个队列非常重要，它能够抑制任何企业内部的偏爱，如设计部门对新技术的偏爱，或营销部门对“畅销商品”特性的偏爱。

然后，可以请客户将当前的产品与竞争对手的产品按竞争力大小进行排队，将排队的结果列在图中“客户的感受”栏目下面。将这个竞争力的队列与客户偏爱的“相对重要性”队列相比较，就可以得出颇有价值的资源分配依据。完善的QFD利用这些输入，计算用于各项任务的最佳的设计预算比例。即使是将客户偏爱的相对重要性与竞争力队列进行主观的比较，其结果也会是非常有说服力的。

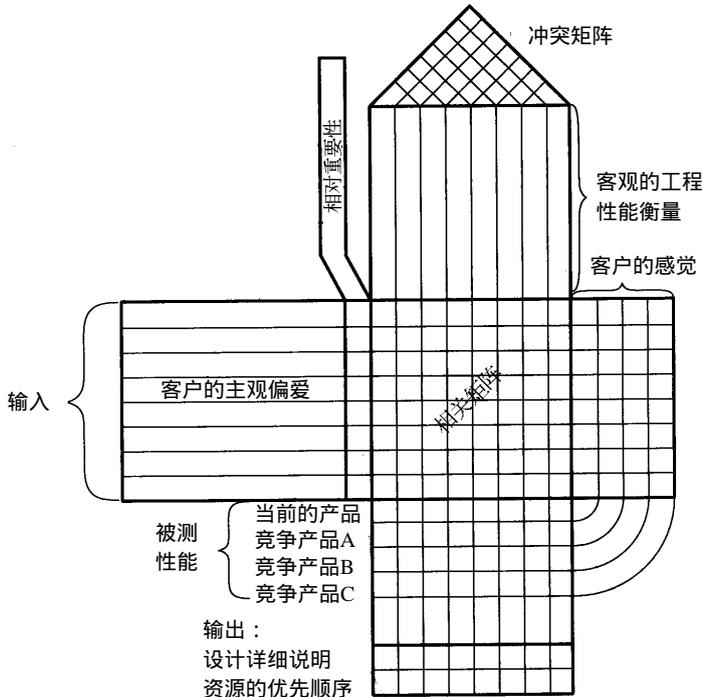


图10-2 离散产品的QFD

如果竞争对手的产品在某个方面被客户排在重要性的最前面，那么企业就要明智地衡量这个产品，并研究它是如何满足了客户需求的。需要衡量的内容列在图 10-2中标有“客观的工程性能衡量”栏目中。内容包括一些目标衡量值，如离散产品或大规模定制产品范围的目标参数。目标衡量应该用工程单位进行，定量地测量出尺寸、力、扭矩、能量和分贝等等。然后，用这些目标衡量项目，对企业现有的产品和一些竞争对手的产品进行同样的测量，并

将它们写在图中“被测性能”栏目中。

“相关矩阵”将客户的哪个偏爱受到哪个工程性能的影响关联起来，在各个方框中用不同符号表示各种关联关系的类型。一般列出2~4个等级，即：“积极的”或“消极的”联系；“强的”、“部分的”或“可能的”联系；或者“非常积极的”、“中等积极的”、“中等消极的”、“非常消极的”联系。通常要检查一半的方框。如果某种方案出现了极端的情况，即：要么检查了所有的方框，要么没有检查任何方框，那么，其结果是没有任何价值的。

“冲突矩阵”列出了那些与其他性能发生冲突的性能，其目的在于帮助设计人员将这个特性与其他的特性协调起来。例如，功率更大的发动机可能会妨碍汽车的操作，因为这个发动机的重量过重。

QFD图中的各个单元是用来计算的，并将它们规格化到有用的比例。“底线”之一是设计目标行（在图中标为“设计详细说明”），在这种情况下，离散产品（非定制产品）相应的是一个单一的数值。另一个“底线”是资源的优先顺序，它可以用达到各个设计目标的设计预算比例或者耗费的时间来表示。

10.4 大规模定制模式下的产品定义

对于大规模定制模式，其产品族中的所有产品都必须加以定义，这样，客户才能够真正获得定制的产品。所以，产品定义不是单一产品的定义，而是指产品定义的一个范围，它应表达出模块、标准零件、定制零件、定制配置和

定制尺寸的各种不同组合。

为了在大规模定制模式下设计产品和工艺，必须了解产品族的覆盖范围。确定产品族定制的最佳范围是十分重要的。提供产品族中每一种可能的产品形式或许是没有必要的，甚至是不可行的。由于客户可能仅仅需要产品的某些而非全部变型（如他们在“重要性”方面的输入信息所示），所以，提供客户实际上不需要的、更多种类的产品变型可能是一种浪费。因此，必须在定义大规模定制的产品族的同时，定义定制的最佳范围。

10.5 大规模定制模式下的QFD

大规模定制模式需要一种能够将客户的呼声转化为定制的产品族的方法。图 10-3表示了大规模定制的 QFD图，它将“设计详细说明”栏目扩展成 5行，其中新的第 1行“由谁来定制生产”指出产品是由哪个部门进行定制的，它包括以下的选择：在工厂（F）、在经销商或分销商处（D）、在销售点由客户进行定制（P）、由客户的技术人员进行（T）、由实际的使用者进行（U）、或者是由产品自行调节的（S）。只要适当，也可以用其他的符号代表其他的定制方案。可以用空格或问号表示“待决定”。

这些条目的目的在于确定在何处、由谁进行定制。设计团队必须使所设计的产品能够与这个定制策略相兼容。在工厂进行的定制将依赖于柔性的制造环境，从而能够迅速地完成客户要求的任何配置。由经销商和分销商进行的定制，必须考虑到所有的经销商和分销商的工具、零件、

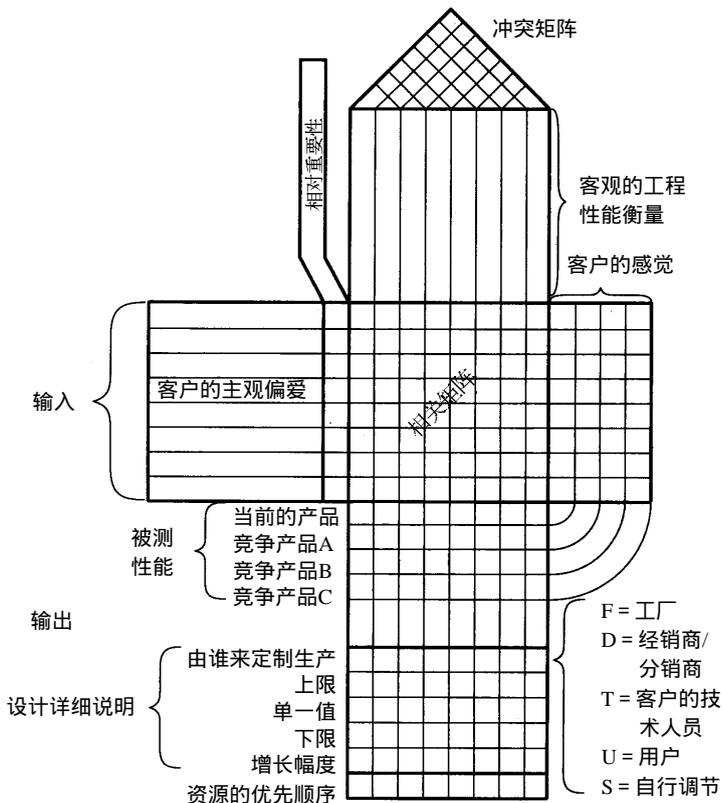


图10-3 大规模定制模式下的QFD

耐心和技术水平。对于由使用者完成的定制，在设计时必须在使用者的技术水平、耐心和必需的工具等方面做出预测。由使用者完成定制的另一种情况，可能是大企业常见的情形，在这些大企业中，技术人员或技术部门能够完成定制的工作，例如，为所有的办公室工作人员配备计算机，或者为

工厂定制生产工具。自行定制 (self-customizing) 的产品实际上能够进行自动的调节，以“适应”客户的要求。

图10-3中下面的3行包括：“单一值”行，它用于那些用一个单一的数值、而非一个取值范围来表达的设计详细说明；“上限”和“下限”确定可行的取值范围；“增长幅度”指定在取值范围内的合适的增加幅度（步数或增量），若该值为0，则表示取值可在上下限之间无级变化。

像对离散产品的 QFD 一样，设计团队应该将设计建立在设计详细说明的目标值、范围和增长幅度的基础上。了解在各个范围内如何定制，将有助于制定资源的优先顺序。

10.6 问题的解决方案

要想采用上一章中提到的日本模式，很重要的一点是，要在产品的整个开发过程中，一旦认识到有问题，就马上把它们提出来并加以解决。这在诸如产品定义等早期步骤中显得尤为重要。除了技术上的可行性之外，还有几个问题应该尽早地予以考虑（在它们尚易于解决的时候），而不要等到后来再考虑（在难以解决的时候）。由完整的多功能团队完成产品的开发的好处之一是，能够从具有各种背景、受过各种不同的教育和拥有不同经验的人们那里获得多方面的意见。

一般来讲，产品开发中的典型问题是这样的：我们所做的假设的正确性如何？我们如何才能更加相信这些假设？我们所做的产品定义的完善程度如何？以前获得成功的真正原因是什么？在以前的产品开发以及将产品引入生

产过程中存在的问题是什么？什么地方最容易产生错误？如果产生了错误，我们应该怎么办？从结果来看，可能产生错误的、最糟糕的情况是什么？如果真的发生了这种情况，我们的替代计划应该是什么？在市场、客户、竞争对手和法规等方面最可能发生变化的是什么？我们能否客观地证实自己的行动是正确的？

大规模定制模式中的一些关键问题可能是：如何高效地完成产品定义所规定的定制？潜在的模块化是什么？应该用怎样的机器、工具或人员来完成真正的“变型”定制？我们在文档和信息流方面的策略应该是什么？

10.7 早期的概念设计工作

在完善地进行了产品的定义之后，接下来开始进行产品开发中影响最大的活动，即概念的简化和结构的优化。如图6-1所示，这个阶段将决定产品生命周期中累积成本的60%，而且，还将对质量、可靠性、可服务性、制造灵活性和可定制性产生巨大的影响。对于大规模定制模式来说，这个阶段是决定能否顺利实现产品的定制，以及定制的效率如何的阶段。特别是，这个阶段将决定如何进行定制，以及由谁来完成产品的定制。

结构优化的一个重要部分，是确定如何及何时对产品进行定制。惠普公司利用“延期”的概念，尽可能向后推迟产品的定制。惠普公司的策略规划和建模小组的经理科里·比林顿（Corey Billington）博士对“延期”做出了如下的定义：“在其最简单的形式下，延期的意思是将产品以

普通的、未完成的形式进行储存，直到接受到客户的订单之后，在客户等待该产品的过程中，再将它们变成最终的产品。”³ 下面将讨论定制产品的各种方法。

10.7.1 定制产品的方法

为了在大规模定制模式下实现高效率，应该对以下定制类型的比例进行优化，即：模块化的定制 (modular)、可调节的定制 (adjustable，或称适应性定制) 和参数化的定制 (dimensional)。下面简单地描述一下这几种类型，每种类型在后面都有进一步的说明。

(1) 模块化的定制。模块是制造的基本组成元素。一般说来，模块是这样一些制造的基本组成元素，可以通过将它的各种不同组合装配在一起，实现产品的定制。汽车中的许多部件就是这样的例子，例如：发动机、传动机构、音响设备、轮胎与车轮的组合等等。在电子系统中，模块可能包括处理器插板、电源、插入式集成电路、子板、磁盘驱动器。在软件中，可以将编码写入模块（对象）中，再把它们集成到各种程序组合中去。

(2) 可调节的定制。调节是一种可逆的定制产品的方法，例如机械调节或电子调节。调节可以是无级变化的。不连续的调节或配置所提供的选择余地较少，例如电子开关、跳接器、电缆，或者不连续的软件控制的配置。调节和配置是可逆的。正如第1章中所指出的，这些调节和配置使产品具有可定制性。

(3) 参数化的定制。参数化的定制包括一种永久性的

适配、混合或裁剪。参数化的定制可以是无级变化的，或者是有一系列不连续的选择。无级的参数化定制的例子包括服装的裁剪、在保龄球上钻孔、打磨眼镜片、油漆或化学药品的混合、电线或管子的截断，以及金属零件的机加工。不连续的参数化定制的例子包括冲孔、把选择的电子元器件焊接在印制电路板上，以及将选中的软件编码下载到“只读”的固件（PROM）中。

在松下公司（Matsushita's National）定制的自行车中，模块化对定制的贡献包括车轮、脚踏板、链条、变速机构、车座、车把和控制器。可调节性的定制包括调节车座和车把的高度和角度。参数化的定制包括按照需要切割车架钢管的长度。

根据应用的不同场合，固件（firmware）可以是这三种定制类型中的任意一种。可编程的集成电路可以：预先编程，然后以模块的形式存储起来；用作可清除的可编程只读存储器（EPROM）中的配置元件；通过编程而永久地加以固化，就如同“可编程只读存储器”（PROM）那样。

10.7.2 虚拟的模块化

虚拟的模块化是模块化的一种变型，它不再将模块的定义仅仅局限于实体制造单元。虚拟模块的图形（即CAD中的组件、符号，或者模块）可以在CAD系统中组合或“装配”。实际上，在有些CAD系统，如Pro/ENGINEER中，使用装配命令对各个组件进行装配。可以将专用集成电路中的各层组合为CAD的模块，从而构造定制的产品。

对于印制电路板，可以把某些线路及元器件（如集成电路、电阻、电容等）当作是 CAD 系统中的虚拟模块，它们可以用 CAD 的层(layers)分隔开来。将各种虚拟模块组合起来，能够以最少的特殊设计工作完成 PC 板的定制。

10.7.3 隐藏模块化

在某些产品的市场中可能需要显而易见的模块化，例如被称为组件的立体声音响模块。客户可以选择他们喜欢的放大器、调谐器、CD 播放机和话筒，然后把它们简单地连接起来。

而在另外一些产品市场中，客户则希望得到集成好了的产品，或者至少是表面上集成好了的产品。内部的或隐藏的模块化对客户来说可能确实是显而易见的，但在整个价值链中却仍然是有价值的。可以通过选择各种模块将它们装配成产品，使其从外表上看起来就好像是集成好了的产品。电子系统可以以集成“系统”的形式出售，但在其机箱中却具有高度的模块化。OEM 的产品可以在现成的机箱或壳体内部装配标准的模块（如第 5 章所强调的）来生产定制的产品。例如，可以把定制的检验设备模块装在标准的机箱（“机架”）里，以生产定制的“机架系统”。

个人计算机中有一些显而易见的模块，如显示器、键盘和中央处理器，其中也包含有隐藏的模块，如主板、存储器、磁盘驱动器、视频控制器和可选插件板的各种组合。

10.7.4 模块的通用性

如同在第5章中所讨论的零件的通用性一样，模块的通用性也是一个应该考虑的重要因素，特别是当模块储存在仓库中的时候。如果模块是经过巧妙设计的，那么就可以把它们应用在许多的产品中。而且，在同一个产品中还可以多次使用同一个模块，例如计算机中重复使用的存储器。

尽量减少模块的种类，能够降低多种制造间接成本及供应链成本。同样，尽量提高模块的订货数量，能够获得规模经济效益。

10.7.5 可调节的定制

调节是可以自动进行的，约瑟夫·派恩二世在《大规模定制》一书中举了下面几个例子，如：吉列感应剃须刀、Schick Tracer牌绘图笔，以及始终保持剃刀端部与使用者的脸部成 90° 的百灵Flex电动剃须刀。⁴ 在第1章中曾经指出，松下公司开发了一种能够从600种清洗程序中自动选择清洗方式的洗衣机。

另一种情况是，调节可以由工厂、经销商或者客户设定。由使用者控制调节的例子包括汽车座椅位置的调节，或办公室椅子的调节，自行车座位和车把高度及角度的调节，锐步牌Pump网球鞋的调节，台式锯床的切割调节，以及机床上的所有调节。

在自动调节和手工调节之间可以存在一种最佳的平衡，即：一般的使用者可能要求自动调节，但是，高级的使用

者则可能希望能够亲自进行产品的配置，以满足他们的高级要求。许多 PC 机的应用软件都是通过最通用的“缺省”设置安装的，但高级的使用者可以对它进行重新设置。

在可调节性方面有一个需要注意的地方，即：要确保各种调节工作不要彼此“耦合”而相互干涉。如果相互联系的调节工作过多，很可能使经销商或使用者敬而远之，在极端的情况下，可能会使可调节性如同触犯了“第 22 条军规”一样，一些调节导致产品无法使用。多重调节的另一个问题，也可能是最糟糕的问题——没有兼容性：设计人员必须保证不能有与其他的调节项目不兼容的调节存在，以免降低产品性能。

10.7.6 参数化的定制

派恩在《大规模定制》一书中引用了一些参数化定制的例子，例如，位于康涅狄格州沃灵福德的恩格勒特公司 (Englert Inc.)，该公司经销用于生产定制的房屋用排水槽的机器。这种机器将铝制薄板卷材通过滚筒输出，形成所需的形状后，再根据房屋需要的长度进行切割。再如，定制裁剪技术公司 (Custom Cut Technologies) 通过对原料的适当裁剪，大规模地定制服装。其他的例子还包括：无敌锯业公司 (Peerless Saw Company) 开发了一套计算机控制的激光加工系统，它可以在切割锯上加工出特定的锯齿形状；松下自行车工厂为车架定制切割钢管，以适应客户的不同身高。⁵

可以用手工实现参数化的定制，但必须注意操作过程

的规划，从而避免准备工作的改变。例如，工人可以从计算机的显示器上读取尺寸，然后手工把钢管定位在切割锯上，按照要求的长度对钢管进行切割。

许多参数化的定制能够通过计算机数控（CNC）设备完成，例如机加工、冲孔、激光切割、金属线的切断以及电路板的装配。这种“可编程的定制”是用于快速定制零件或模块的重要工具。控制这些机器的程序可以不需要任何设置的变化而即时改变，从而允许柔性地制造这些零件或模块，如印制电路板。但是，为了实现柔性的制造，所有要用到的零件都必须驻留在加工机器上。这就更加突出了可编程自动化装配过程中所用零件的通用化的重要性。对于那些根据需要切割的材料来说，原材料应该具有通用性，例如相同规格的棒料或管料。如果材料具有通用性，就可以将一台机器设置好，通过编程来切割所需长度的棒料或管料，而不必为不同规格的材料改变设置。

另一个需要说明的地方是，夹具（用于定位和夹紧）对于被加工的零件和自动装配的产品来说应该是通用的。夹具的通用性来自于金属零件几何形状的通用性，以及印制电路板的通用“形状要素”（形状和尺寸）。

如第2章中所列举的产品例子所示，利用PC板装配设备的这种可编程性，可以将一块巧妙设计的印制电路板“底板”以各种不同的方式将不同的零件装配，从而生产出不同种类的印制电路板产品。这种方法的主要优点在于，可以将底板的种类降到最少，这一点非常重要，因为底板的采购提前期较长，而且所需的准备成本较高。如果提前

期过长和制造电路板的准备成本过高，那么，即使是在准时的“拉式”系统中，也不得不储存一些底板。因此，尽量减少通用底板的种类，能够在保证实行许多定制方案的条件下，降低未加工零件的库存。

10.7.7 由谁来完成定制的工作

大规模定制策略的一个重要组成部分是，在早期的设计阶段就确定实际上将由谁来完成定制的工作。应该对这个问题进行认真的思考，考虑到各种问题之间的平衡（见下一节），并且研究各种方案，这样做有助于定制策略的优化。

1. 模块化的定制

- 工厂通过构造基本模块来装配产品。
- 经销商/分销商将模块化的“选项”添加到基本的产品上（例如汽车里的音响设备，或者PC机里的插件板）。
- 使用者为自己的产品添加模块化选项（例如汽车里的羊毛椅套或镁铝合金车轮，或者PC机上扩展的存储器和选项板）。

2. 虚拟的模块化定制

- 工厂在CAD系统中的虚拟模块基础上生产产品（例如：“装配”CAD图形，或者在印制电路板上合并电路/元器件“组”）。
- 使用者/经销商在设计阶段向工厂的CAD系统中输入信息，从而定制工厂的产品。

3. 可调节的/可配置的定制

- 工厂为特殊需求的市场或单个客户配置或者调节产品；其操作过程既可以是可编程的，也可以是手工进行的。
 - 由经销商/分销商对产品进行配置或调节，以反映当地市场的要求，或者为单个客户实现定制（例如：在保龄球上钻孔，打磨眼镜片等等）。
 - 由使用者直接调节产品（如汽车座椅的位置）；产品是自动调节的（如各种各样的剃须刀）；或者由使用者进行产品的配置（如个人计算机的配置）。
4. 参数化的定制（按需要切割/混合/裁剪）
- 工厂可以利用可编程工具来切割材料、混合化学药品，或者为只读的固件编写程序。
 - 由经销商/分销商完成的产品定制，可以通过服装的裁剪或者在“flavors”产品中添加各种“香子兰香料”（就如同老式的苏打汽水店生产泡沫牛奶，或者像油漆店在白色油漆里混合其他颜色一样）来实现。
 - 使用者通过拔出插头（如拔掉房间的电线盒的插头）对零件进行永久性的适当“切割”或“配置”，或者是切除多余的长度（例如，悬挂式文件夹的支撑杆可以适用于各种文件柜抽屉的长度，使用者可以自行切断其多余的部分）。

10.7.8 平衡

下面从积极的（+）和消极的（-）两个方面，列举了关于模块化的、可调节的或参数化的定制的一些平衡问

题。可以把下表当作一份基本表，通过对其进行修改，从而更加准确地反映特定的产品。

1. 模块化的定制

+ 被广泛应用的模块所带来的规模效益降低了成本，改进了交货情况，并使得更有可能准时交货。

+ 在零件的采购、库存、厂房空间、生产规划等方面节约了间接成本。

+ 被广泛应用的模块降低了提前期延误的可能性。

+ 通过插接在一起完成的模块化能够简化某些装配操作。

+ 检验、故障诊断、维修和保养都更加容易。

+ 促进了JIT和柔性制造。

+ 模块的制造，甚至设计都更加容易实现。

+ 使用现有的模块，降低了产品开发的成本，缩短了开发时间。

+ 易于针对许多客户的需求对产品进行定制。

+ 隐式地扩展了产品系列。

+ 可以对模块化定制生产的产品进行重新配置。

+ 产品具有更新的可能性。

- 产品结构受到限制。

- 可能会增加接口设计和制造的成本。

- 由于增加了重量或者影响了结构，接口可能会对功能有所损害。

- 可能无法满足所有客户的需求。

- 与集成的设计相比较，可能需要更多的装配工作。

- 额外的接口可能对视觉上的美感产生影响（例如有接缝、结点等），或者产生令人不快的声音（如吱吱的声音和卡塔声）。

- 模块和接口需要非常精确地设计和协调地应用。

- 关键电路中如果有较多的连接点，可能会降低可靠性；最可靠的电路可能需要位于单一的电路板上。

- 如果模块之间的连接路径过长，那么，模块化电路的速度可能比较慢。

2. 可调节的定制

- + 易于按照客户的需求配置/调节。

- + 可以将定制工作沿价值链进一步后移（例如延至经销商处）。

- + 产品更加易于回收再利用，并将其转卖给能够重新对产品进行调节的其他使用者。

- 产品配置的步骤或选择可能只能够满足部分客户、而不能满足所有的客户的需求。

- 与不需要调节的产品类型相比，产品的调节可能会增加成本。

- 可能会因为增加了产品重量或影响了产品结构，而对功能造成损害。

- 由分销商进行的调节或配置可能需要很高的技术水平或者过多的设备。

- 由使用者进行的调节或配置可能需要很高的技术水平或耐心。

3. 参数化的定制

- + 可能是准确满足客户需求的最有效的方法。
- + 避免了模块接口和调节造成的功能方面的损失。
 - 可能不易按照要求进行切割或裁剪以完成定制，而且成本较高；但某些CNC设备能够自动完成这个加工过程。
 - 除了某些产品（如油漆颜色的混合）之外，可能不容易将定制作业推迟。
 - 定制是永久性的，不可逆的，不能回用的。

10.8 产品系列的结构

到了开发过程的这个阶段，应该已经对产品进行了系统的定义，从而反映了客户的呼声，每个人都不断地提出和解决问题，设计团队了解了定制产品的各种方法。下一个步骤，是为产品系列或者产品族建立一个最佳的结构。由于这个阶段将决定60%的产品成本，所以应该对产品系列的结构进行彻底的优化。为了实现这个目的，建立完整的产品开发团队，使之在早期即有所有专业人员的积极参与是极其重要的。

1. 产品定义

从产品定义过程中所生成的产品详细说明和资源优先顺序开始工作。可能有必要运用第4章里的技术，对产品详细说明和资源优先顺序进行合理化，以确保次要的市场机遇不会影响整个项目计划。

2. 确定范围

确定定制产品系列的最佳范围，包括：范围有多广；影响力有多大；是试验性的，还是将其集成到主要产品系

列之中；其发展前景如何。

3. 研究各种方案

如前面所讨论的那样，从如何进行产品的定制方面对各方案进行研究。利用人们的创造性和灵感来完成这种研究。有的时候，外部的推动会成为一种催化剂，使人们用新的方法进行思考。设计团队必须避免被最先出现的或者最明显的想法束缚住。目的是在模块化的、可调节的和参数化的定制方法之间找到最佳的平衡。有些人很自然地将大规模定制模式等同于模块化的设计，另外有些人则过于倾向可调节的定制。然而大多数人并没有充分重视参数化的定制，尤其是利用可编程设备完成的参数化定制。

4. 并行性

始终要考虑到包含制造和分销的“总体规划”，这是并行工程的最终的应用，此时，设计团队要设计一个完整的产品族以及生产这些产品的柔性加工工艺。各种方案都必须考虑到制造、采购和分销过程中的零件流、产品流和信息流。对于一些主要的方案，需要画出草图或者图纸，如图2-1和图2-2，这些图是在AutoCAD里以“实体模型”画出的。该过程中的第一步，是画出必要的模块（或者组成要素或符号），诸如普通的零件箱、某些大型零件、计算机符号、各种各样的机床以及手工工具等等。然后可以复制这些模块或者排列成方阵，并以图解的形式说明各种方案。这类图形的价值在于，它们可以成为零件通用的重点，供设计团队中的每一个人参考。

5. 设计的方法学目标

建立设计的方法学目标。这些目标不是设计目标本身，而是关于整个设计方案的目标，例如：尽可能利用通用零件；尽早确定关键的通用零件，并在一切可能的场合使用它们。将整个子装配所用的螺钉标准化为一种规格，或者为了促进自动送料改锥的使用，而将产品进行标准化，如图2-1所示。尽可能地使用现成的硬件，而不要“重新发明轮子”。应该尽早做出这类决定，因为有许多设计方面的问题都要与现成的硬件相协调。在附加孔、信号端口、电源端口、使用能力和安装空间等方面，进行柔性优化。对于电子产品，不允许有手工焊接，尽量少用或者取消连接线，尽可能减少电路板的数量，最好只使用一块电路板。

10.8.1 模块化设计的策略

对于大规模定制的产品来说，对产品进行优化分割是非常重要的。实体模块的定制装配，并不是唯一可用的大规模定制策略。有许多种分割产品的方法，后面将会分别予以讨论。

产品的某些分割准则甚至无法达到大规模定制的目的。许多关于产品开发方面的著作都建议把团队分割为几个子团队，从易于管理的角度将产品进行分割，这样，各个子团队就能够平行地设计各个子系统。但是，这种方法常常不能对系统结构进行优化。例如，当本书作者在对一个电子系统的设计方案进行可制造性复审的时候发现，成本最高的子装配是连接所有子系统的配线装置。由于各子团队独立地设计其自己的子装配体，并且简单地对配线提出其

特殊要求，而不是将产品的配线当作一个系统进行优化，所以使得配线非常复杂，而且成本很高。

如果从项目的角度对产品进行分割，很难为大规模定制生成优化的模块化产品结构。有一种方法能够将分割变成模块化的边界。所以，对于大规模定制来说，从项目管理角度分割的产品可能是分割得不太好的产品。应该由多功能团队，而不是松散联系的子团队，来进行大规模定制产品的设计。

传统的产品分割准则是按功能进行的，如（电子系统中的）输入/输出、处理、存储、电源、机箱和外设等。与从管理角度进行的分割一样，按功能进行分割，对于大规模定制来说也可能不是最佳的。汽车的车身和车架原来通常是由不同的设计小组设计的，直到 50年代，通用汽车公司才提出使用“费希尔车身”（bodies by Fisher）。然而，按照这种划分方法，人们怎么可能将车身和车架组合成当今的“车身单元”式的结构？

负责设计大规模定制产品的团队应该考虑其他的分割准则，例如下面所列举的各项准则。

1. 装配

产品可以被分割成各种实体模块，用这些模块能够组合成定制的产品。然而，一些其他的因素可能会影响这种模块设计策略。

2. 现成的零件

现成的零件本身可能就是模块，从而迫使其周围的设计特征与其保持一致，以保证这些零件确实是标准的。

3. 集成的子系统

对各子系统的集成进行优化，能够降低电连接部分的装配成本。例如，对于带有昂贵配线装置的电子系统，这种方法能够指定多个现成的标准电缆，完成所有子系统的互相连接。用几根20美元的电缆，当然要比用一个1800美元的配线装置更好。在大规模定制模式下，标准电缆可以像模块一样进行装配，相反，采用配线装置的方法则需要一种或多种配线方式，包括用于所有定制的所有配线。这种方法必须在系统层次上实施，并用适当的集线器将所有的子系统连接起来。

4. 维修服务

在决定产品的分割时，从维修服务的角度要求将容易失效的子系统作为能方便更换和维修的模块。容易失效的元器件甚至可以被集中到一个易于更换的模块内。可以把维修服务频率最高的模块设计成最易接近和最易更换。

5. 故障风险和调试

通过把新的和未经试验的技术置于易于更换的模块中，模块化的设计能够将故障风险降到最低。如果问题暴露在产品上市之前，就可以把工程方面的修正局限在一个模块的设计和制造范围之内。如果在现场出现了问题，可以采用相同的做法，通过更换出问题的模块而获得相当可观的效益。这是面向对象的软件的最大优势之一，即：程序中的错误被限制在单个模块内部，而不是涉及到整个编码。

6. 可升级性和老化

制订模块化设计策略时，应该考虑升级的便利性以及

把某些零件和技术老化的影响降至最低。模块的升级可以由客户、经销商或者生产企业作为现场的升级来完成。可升级性对于客户和经销商来说是显而易见的，通过把新的设计局限在某些模块上，可以使制造企业更方便地引入一些“新的”（实际上是升级的）产品。

7. 零件的可用性和成本

如果在设计中考虑到零部件在可用性方面的意外情况，那么，就可以把可能产生可用性问题的零部件在其变得可用的时候再添加进来。这样做能够保证即便重要零件出现紧急短缺的时候，制造过程也不至于中断。同样，如果产品的结构允许到以后再加入高成本的零件，就将缩短工厂“承担”这些零件费用的时间。

10.8.2 模块的设计

现在，可以在上述分割准则以及各种其他已确认的相关要素的基础上，开发模块化的结构。应该从客户的满意程度、可制造性、成本、可维护性、故障风险、分销、销售和未来的潜力等方面，对模块化的结构进行优化。

约瑟夫·派恩二世在《大规模定制》一书的第8章中，⁶引用了MIT的卡尔·乌尔里克（Karl Ulrich）的工作，⁷探讨了各种不同类型的模块化方法。⁸在共享元器件的模块化方法中，通用模块被用于许多不同的产品（或称被许多不同的产品所共享）。第5章讨论的通用零件和通用部件，鼓励共享元器件的模块化。在交换元器件的模块化方法中，可以通过元器件的各种不同选择实现某个产品的定制，这

些元器件可以被“换进”或者“换出”，就像汽车里的收音机一样。在组合式模块化方法中，可以通过模块的适当组合构成整个产品或系统，例如，可以利用软件对象、管路装置，或者任何一种类型的“积木块”模块（最简单的例子是Lego™玩具）。在总线式模块化方法中，可以把带有标准接口的元器件附着或者插入到一种标准结构中，例如，能够接受任何兼容电路板的计算机总线。

如果某个模块化结构是大规模定制策略的关键要素，那么，就应该为该模块的设计配备必要的人员，并且给予资助。模块可能会具有超出当前产品开发工作的、通用的用途。单一的产品开发过程，在其预算和开发时间的约束之下，可能无法“从企业的利益出发”来设计通用的模块。因此，模块设计团队需要得到资助，而且该团队应该由具有广泛的产品开发经验的设计人员组成。模块的设计，必须与所有当前或未来可能要使用这些模块的产品相协调。

除了进行优化的模块分割之外，还必须尽可能地将模块设计成通用的，从而促进其在尽可能多的产品中得到应用，甚至将这些模块应用到大规模定制的产品族之外。这种扩展了的模块应用，增大了订单的数量，并为所有的客户创造了规模经济效益。通过提供附加孔、信号端口、电源端口和使用能力，可以以不太高的附加成本，为未来的市场机遇提高模块的多功能性。如果已经为钻 0.25 英寸的孔调整好了一台机床，那么，再钻另外的 0.25 英寸孔的成本相对就比较低。

除了多功能性以外，还必须使硬件和软件模块的设计

具有“健壮性”，以便能够仔细地确定制造公差和加工参数，进而尽量降低在最不利的公差组合情况下产生问题的可能性，或者发生模块之间任何形式的不兼容。

硬件和软件的模块接口，必须设计良好而且具有“健壮性”。硬件模块应该是易于装配和拆卸的，软件模块则应该在不需要额外的模块接口程序、调试或“修补”的条件下，能够被容易地组合。具有良好定义的接口的实例包括：国家电气制造业协会（National Electrical Manufacturers Association）规定了用于安装发动机的标准接口，并将其用螺栓固定在齿轮箱上；在音响设备的前置放大器、放大器和话筒之间有标准的电信号器和标准的接线器；计算机的“总线”有信号器和接线器的标准，该标准允许将很多种类的印制电路板插接在一起；电话机在话机与墙上的插座之间以及话机与听筒之间都有标准的接口。

模块及其接口必须是标准的。各设计团队必须避免为了某个项目而对模块进行“改进”，除非这种改进非常出色，以至于在考虑到它对那些正在应用或准备应用这个模块的所有产品的影响之后，仍能保证实现通用模块的升级和标准的转变。

如果模块之间的可变性问题有可能危害到模块化的策略，那么可以用模块间的适配器进行各个模块之间的协调。例如，造船业中的模块都很大，而且很昂贵，为了补偿“公差叠加”（tolerance stack）和其他一些接口问题，就使用较为便宜的模块间的适配器，用它来“填充缝隙”。对于汽车来说，发动机和传动机构的设计和加工都非常昂贵，在

这些非柔性的模块之间的接口则是一个比较便宜的“钟形机架”(用于手工传动)或者转接板。实际上,那些经销用于产品维修的零件的销售商,销售各种各样的钟形机架和转接板,以此来满足其客户“更换”发动机的要求。

10.9 大规模定制产品系列的开发

最前面的两个步骤是由一个多功能任务组来完成的,该任务组中至少要包括设计、制造、财务、采购和物料管理部门。其他的步骤则由一个完整的多功能产品开发团队来执行,该团队负有开发产品系列的责任。

(1) 产品系列合理化。运用第4章中提出的方法,取消某些产品,其中包括:与柔性生产环境不相适应的产品,销量低的产品,间接成本过高的产品,客户并不真正喜欢的产品,未来潜力有限的产品,或者实际上亏本的产品。

(2) 运用第5章中提出的方法,对用在新设计中的零件、工艺、特征、夹具、工具和原材料进行标准化。对于现有的产品,如第7章中讨论的那样,取消重复的零件,用“更好的”标准零件和材料取代原有的零件和材料。

(3) 全面了解客户在其环境中是如何使用产品的。从客户的角度研究定制生产的潜在可能性。客户在表达自己的想法和要求的时候,可能会将这些想法和要求限制在他们自认为可能实现的范围之内,所以,大规模定制企业有必要提出诸如“如果是这样,你需要什么?”之类的问题,并且推测客户对那些他们尚不理解的定制会喜欢到什么程度。

(4) 在对营销/分销、设计和制造之间的能力与机会进行权衡的基础上，确定需大规模定制的产品族。提出下列问题：

- 我们的核心竞争力和实力是什么？寻找利用这些实力的机会，尽量减少增加新实力的需要。
- 怎样的定制是现在必需的，或者是客户将喜欢的？集体讨论各种定制的可能性；问一问：如果我们能够提供……，那么会怎么样？保证将这些集体讨论与设计、制造及分销的可能性联系在一起。
- 怎样的定制在设计和制造上是可行的？再问一次：如果我们设计、生产和分销……，那么会怎么样？思考一下技术和改进项目会如何影响下列工作的可行性：
 - 零件、工艺、特征、夹具、刀具和原材料的标准化。
 - 适用于多种产品的硬件和软件模块的开发。
 - 敏捷制造的能力：JIT，批量为1的制造，按订单生产。
 - 配置器。
 - 参数化CAD。
 - CAD/CAM。
 - 计算机数控（CNC）设备：通用的还是专用的。
- 如果我们能够按订单生产，将产品直接运输到商店或客户手中，取消大部分现行的分销环节，那么其结果会是怎样？客户能够从中获利吗？那些节省下来的分销成本对价格和利润有多大的影响？

(5) 从客户的角度决定应该定制什么产品。集中考虑在未根据可行性排除各种意见的情况下，还需要些什么。可行性的判断可能是基于对现实的直觉，新的技术和发展可能在某些方面改变可行性。

(6) 集中讨论如何实现定制。提出几种方案，确定定制在模块化、可调节性以及参数化方面的情况。针对各种方案，将确定的需求转化为设计、制造、营销和分销方面的具体要求。

(7) 寻找主要的方案，并缩小选择范围。

- 画出产品的草图，或者生成产品的基本图纸或实体模型，这有助于方案的分析，并产生共识。
- 草拟操作过程的示意图或实体模型，用其说明零件流和信息流，如图 2-1、图 2-2、图 7-1 所示，它们是以 AutoCAD 三维实体模型的透视图表示的。请注意，实体模型中的元素（模块、符号）可以方便地移动、复制和修改，从而可对许多方案进行描述。
- 如第 9 章中讨论的那样，组织完整的团队，提出并解决各种问题。
- 评价生产周期和交货的可能性。能否实现按照订单制造产品的运作，并且迅速地交付给客户，或者甚至比现在从成品库中提货更快？
- 研究营销、广告和订货的可能性。确保客户相信企业确实有能力做到。
- 运用第 6 章中提出的总成本统计的理念和工具，估算主要方案的总成本。记住，要考虑到所有的分销成

本，不论这些分销成本是否发生在制造厂内部。

- 尽早获取客户的反馈，一定要向客户提出可信性的问题，即：如果我们真的能够……，你会购买吗？
- 选择最有希望的方案。在最佳方案出现之前，可以同时跟踪多个方案。

(8) 系统地定义产品族，以生成能够反映客户呼声的资源分配方案和设计详细说明。第9章提出了QFD的方法。

(9) 优化产品系列的结构。如图6-1所示，在产品的概念/结构设计阶段至少决定了产品寿命成本的60%，并且对功能需求、质量、可靠性及上市时间也具有很大的影响。投入与这一个阶段的效果成比例的大大的工作量。

- 对于模块化的定制，投资于与模块化产品结构相一致的通用模块的开发。
- 对于可调节的定制，确定可调节性的最佳程度，确定目标范围/步骤，确定如何实现可调节性定制，以及确定概念设计和制造的内容。
- 对于参数化的定制，研究根据适当的要求进行适配(fit)、混合(mix)或裁剪(tailor)的各种方法，这些工作既可由手工操作(实时)CNC设备完成，也可由分销商进行混合，或者由客户“不费吹灰之力”地完成。

(10) 设计自制零件，并确定可以外购的零件，从而既使零件的制造过程具有足够的柔性，又使外购零件的获取速度足够快，进而保证能够根据要求将这些零件及时地“拉入”装配操作中。

对于批量生产方式，没有必要将自制零件以批量为 1 的形式进行制造，以支持按订单生产的产品的装配。如果零件比较小，比较便宜，而且也不太容易损坏或老化失效，那么就可以对它们进行批量生产，将其作为看板补充系统中的零件（见第 7 章中步骤 9）。用于存放小型、廉价、用量稳定的零件的看板箱，其尺寸的确定依据是保证箱中有足够的零件，使得即便在零件需求的高峰期，也不会造成生产的中断。因为只需要对这种需求的高峰期做一个粗略的估计，所以零件补充系统不必进行预测和基于 MRP 的零件采购过程。

大型的、昂贵的或者易于损坏或老化失效的零件，则必须根据需要进行柔性的制造，以尽量减少空间的占用，降低成本或减小风险。

通过“按要求切割”棒料、管材、薄钢板、布料和皮革等等，可编程的加工机床可以作为进行参数化定制的一种通用资源。

为了取消生产准备时间，并实现机器的柔性，必须对夹具的几何形状和原材料进行标准化。不仅如此，生产所有零件的所有操作还都必须在机器的加工能力之内，例如，对于加工中心和冲压机床来说，要包括自动换刀装置。

多功能的可编程机床能够将若干功能在一台机器上完成，例如在一台机器上完成薄钢板的激光切割，利用加工中心完成钻孔、攻丝和铣削加工，这样能够减少加工步骤。

柔性的操作必须具有快速而方便地生成 CNC 程序的能力，有时利用 CAD/CAM 系统为每一个零件生成 CNC 程序。

如果看板供应系统不能提供注塑零件和铸造的金属零件，或者不能在一定程度上提供参数化定制的话，那么，这些零件的模制或铸造加工工艺就必须是柔性的。

首先要将模制和铸造零件的形状统一到最少种类，这些零件在最大数量的产品中使用。为了尽量提高通用性，这些零件可能会有冗余的材料、功能、“吊钩”或者电路。

表10-1 统一零件形状的成本权衡

增加的成本：

- 某些零件额外的材料、电路等所需的额外成本
- 进行更改的一次性成本

节约的成本：

- 由于不必以各种类型零件总数 $1/n$ 的数量订购 n 次，由此而节约的规模效益（采购的影响）
 - 如果可以将 n 种零件形状统一成 1 种，则加工成本就可以降低到 $1/n$
 - 零件种类减少到小于 n 所节约的材料间接成本
 - * BOM / MRP 的费用
 - * 订货费用
 - * 原材料入库 / 储存费用
 - 由于不必为那些被取消的零件进行生产准备而节约的生产准备成本
 - * 减少了生产准备的人工
 - * 提高了机器的利用率
 - 由于加工较少种类的零件而节约的在制品库存
 - 由于取消了某些零件而节约了相应的新设计成本
 - 由于减少了新设计而节约了样机成本
 - 由于取消了某些零件而节约了相应的新设计和已有设计的文档费用
 - 由于零件种类减少，使得零件短缺的可能变小所带来的价值
 - 统一零件形状提高了加工的柔性所带来的价值
-

如果成本统计系统没有计算总成本，那么这种对零件形状的统一就会很困难。那些额外的特征立刻就会明显地

表现出“额外的”成本。但是，实际的利润却不会在当前的成本统计系统中表现出来。只有应用了总成本统计系统，表10-1才能有助于详细地列出由于零件形状的统一所带来的效益，从而也才能作为量化的基础，或者至少通过学习提高了认识。

实现柔性模制/铸造的一个方法是利用 Shigeo Shingo 所倡导的“一分钟换模法”(SMED)，通过模具的快速更换，从而缩短生产准备时间。

有许多种方法能够缩短模具的更换时间，例如：利用巧妙设计的、通用的安装/定位几何形状，促进模具的快速更换；以及利用机械化的方法将模具快速地移进/移出压力机和成型机。

如果模具的形状种类过多，也可能造成其制造成本过高，并减慢更换模具的操作。可以用老式的莱诺整行铸排机(Linotype machines)那样的机器，制作单一用途的模具，该机器为报纸的每一行浇注铅制的字块，然后再将其熔化，以便再次利用。可以用CNC设备加工这种模具的模型或者模具本身，然后在下一次铸造中重复利用。

如果模具中只有一部分是随着各个客户的差异而不同，那就可以把定制的“插件”用模具中的标准型腔进行替代。这种办法还可以使模具的快速更换成为可能，因为可以保持加工的体积是固定的。

如果零件和材料满足上述的条件，则其最好由看板系统进行补充。如果用看板系统进行补充会造成交付时间过长，那么对于这些零件和材料就要采取以下处理方式：

- 确定交付时间过长的零件。

——研究缩短交付时间的方法（按照先易后难的顺序排列）。

——加速交货；施加压力；提出激励机制；将交货作为商务活动的关键条件。通用化工作使零件种类减少，订货数量增加，使得人们将精力更加集中于加速交货的工作，并使之最终得以实现。

——寻找交货更加迅速的供应商。

——与供应商一起改善其交付时间。大多数交货延误是由于文书的延误和低效率的加工造成的。

——以迅速交货作为关键评价标准，建立与供应商之间的伙伴关系。

——将生产转移到工厂内部。这样做可能是在柔性操作中缩短交付时间的惟一办法，并且可能使其中“被疏忽的环节”得到完善。

- 最后一种办法是，为那些交付时间长的零件预备库存，库存的规模应该建立在销售预测的基础之上。与其他任何预测模式一样，这种办法依赖于预测的准确性，而预测的准确性则是变化的。因此，这种方法更适合于廉价的零件，这种零件即使过量储存，也不会有太大的损失。虽然储存昂贵的零件可能引起较高的库存维持成本，还可能带来零件损坏和老化失效的风险，但是，生产规划人员却可能不得不抵御将库存量降至最低的诱惑，特别是当降低库存增加了零件短缺和生产停顿的可能性的时候。生产

停顿所造成的费用，可能比保持原材料可用性所需的额外的库存维持成本更高。

(11) 设计产品的装配形式，使之能够装配 / 配置产品族中的所有产品类型，而且此时无需诸如查找零件、定位零件、下载程序、校准或者查找并理解指令等生产准备工作。在某些子装配或总装配的过程中，有可能需要同时进行装配、调节和配置。对于柔性的装配要做到以下几点：

- 在所有的使用地点必须能够获得所有的零件。这突出了零件标准化的重要意义。如果不同的零件太多，就可能无法在每个使用地点获得所有的零件，或者，要想在每个使用地点都能够得到所有的零件，就不得不使装配区域变得非常拥挤和混乱。
- 使用看板系统自动地补充零件，无需任何零件查找或订购方面的生产准备工作。对于紧固件这类廉价的零件来说，还有一种比较节约成本的方法，就是采用“面包车”的补充方式，即：与供应商签订合同，让他们保证零件箱始终保持满的状态，就像在食品店里补充面包一样（见第 7 章中的步骤 8）。供应商定期到工厂为零件箱补充零件，然后在每个月的月底向企业报告零件消耗量的清单。
- 对夹具和装夹的几何形状进行标准化，从而消除与装夹有关的生产准备工作。通用的安装 / 定位几何形状既适用于零件，也适用于夹具。零件方面的例子包括，铸件上的定位销和印制电路板上的工艺孔。夹具方面的例子包括，机床夹具的定位表面和印制

电路板加工托台或棘爪上的工艺销。请注意，可以巧妙地设计夹具，使之能够适应很大范围内的各种形状和规格。

- 对加工工具进行标准化，从而使每一项装配操作所需的工具都易于获得。如果每个装配工作站都只使用一种形式的螺钉，那么，就可以使用“自动送料”改锥，将下一个螺钉自动地输送到改锥头部（参见图 5-2）。
- 对工艺步骤实行标准化，从而避免混乱，消除相应的生产准备工作，如：设置扭矩、分销商的数量、浪费时间的步骤、校准的操作，等等。日本人称之为“poka-yoke”。
- 实时地显示装配/配置操作的指令，从而消除查找和理解指令的加工准备工作。这尤其适用于维修服务的操作。

所显示的手工装配指令可以从二维 CAD 图形、三维 CAD 实体模型、绘制的插图或者数字化照片中生成，可以对它们进行着色，以突出其中的某一部位。最起码，显示器应该能够显示文本指令，这些文本指令可以从文字处理软件或者应用数据库的适当文件中输出。可以为使用多种语言的工作小组生成多种语言的指令，这也有利于将试制工作转移到其他国家的工厂中。

如果图形化的表达非常重要，那么显示器可以显示 CAD 图形中某个被选中的“视图”。这些视图的显示可以通过 CAD 的浏览程序实现，如 Autodesk View，该程序的售价只有 AutoCAD 本身售价的 1/10。如果有必要的话，现在的

多媒体工具甚至能够以动画的形式表示重要的加工过程。

当工人在输入设备上按下“next”或者“page down”按钮的时候，显示器应该能够显示下一条指令。输入设备可以是脚踏板，以腾出双手从事装配的工作。对完成这些步骤所消耗的时间进行跟踪记录，能够为后续的任务分析精确地提供有益的统计学数据。

必须迅速地更换装配指令。在“拉式”（命令流）系统中，通过读取关键零件（如电路板）、托台或者某种“移动”的卡片或文档的条形码，可以触发指令的改变。这比在键盘上输入工作命令编号更好，因为这样做的速度更快，而且不容易出现输入错误。在“推式”系统中，各项工作都已列入进度表并排好了顺序，所以当前面一项工作完成之后，下一条指令就能够显示出来。

（12）如第8章中所述，开发柔性的CAD和CAD/CAM能力，从而使CAD“模板”能够随着客户或者特殊需求的市场的输入而及时地更新。然后，用更新后的零件图去更新装配图，以及更新相关的制造程序。

（13）如第8章中所述，建立订单登录规程，以此来规范各种允许的模块组合方式，以及可调节的和参数化的定制的范围/步骤。创建一个订单登录数据库或者配置器，用它来协调所有的规则和约束，而且及时地生成有效的订单指令并将其传达给工厂。

（14）开发打印定制文档的功能，为各个行业、各个市场领域、各个国家、各种语言或者各个单独的客户打印定制文档。

(15) 实现柔性的加工过程和柔性的运输功能，例如，根据条形码触发文件服务器来确定零件或产品在工厂中的流动路线或打印运输标签。

(16) 将最佳零件流和产品流的规划融合到一个真正具有柔性的工厂中，如图2-2所示。

10.10 实施

以上介绍的各个步骤是按照逻辑顺序排列的，这并不意味着产品开发团队只需要按照所有这些步骤走一遍。像在所有的产品开发过程中一样，设计是一个交互的过程。应该针对许多方案对所有的这些步骤进行研究，然后，当设计团队一致认为某个方案是最佳方案时，再用所有这些步骤来改善这个方案。

上述工作属于结构设计阶段的一部分。在进行任何零件的设计之前，必须在确定对哪些零件进行外购的同时，确定产品的结构。对上述过程进行彻底的优化，应该将在后期需要对该结构进行修改的可能性减到最少。

注释

1. Ashok K. Gupta and David L. Wileman, "Accelerating the Development of Technology-Based New Products," California Management Review, Winter 1990.
2. John Hauser and Don Clausing, "House of Quality," Harvard Business Review, May-June 1988; reprint number 88307.
3. Dr. Corey Billington, "Strategic Supply-Chain Management," OR/MS Today, April 1994, (published jointly by the Operations Research Society of America and the Institute of Management Sciences), pp.20-27.
4. B. Joseph Pine, II, Mass Customization, The New Frontier in Business Competition (Boston: Harvard Business School, 1993), p.180.
5. Ibid., p.203-204.
6. Ibid., chap.8.
7. Karl T. Ulrich and Karen Tung, "Fundamentals of Product Modularity," working paper 3335-91-MSA, Sloan School of Management, MIT, September 1991.
8. 本书将“按要求切割的模块化”和“混合式模块化”归类为参数化的定制，而不是模块性。
9. Shigeo Shingo, A Revolution in Manufacturing, The SMED System (Portland, OR: Productivity Press, 1985).



第五部分
结束语

第 11 章

大规模定制产品的前景

B. 约瑟夫·派恩二世
策略前景LLP公司创始人



对于真正想采用大规模定制模式的企业来说，高效的产品开发不仅是当前的重要因素，而且还是决定未来的商业竞争将向何处发展的关键因素。让我们回顾一下第1章中给出的框架结构（见图1-1）。可以注意到，这个框架结构通过工业革命，将人们从手工操作的模式带入大规模生产的模式；又通过历时数十年的质量革命，将我们从大规模生产模式带入持续改善的模式；接着，随着近几年市场分化的不断加剧，以及客户需求的进一步提高，进而进入到大规模定制的模式中。但是，发展的脚步并不会停留在大规模定制模式：一旦这种新的经营模式被人们掌握，商业的竞争就会超越这种模式。而且，从图中我们可以推测出，制造的模式将返回到发明模式！商业竞争的下一个合乎逻辑的阶段将具有显著的、更高层次的创造力，它建立在大规模定制技术的基础上，能够迅速、持续和有效地创造出新的、变革性的产品，而不仅仅是定制现有产品的各种不同形式。我们可以将其称为“连续创造”模式。

实际上，对于大规模地定制给定产品结构中的不同产品变型来说，采用虚拟快速产品开发和进行高效生产的目标已经实现。¹ 然而，要想快速建立产品结构、快速发明新的产品种类，或者在很完善的产品基础上快速地做出重大的革新，这可能还仅仅是科学上的设想。但是，现在已经有许多行业进行了诸多有希望的研究和实践，这些研究和实践将在当前或者未来在这个方向上取得显著的进步。下面对其中的几种进行探讨。

11.1 模块化的设计

建立在实体要素基础上的元器件模块化，已经被广泛地应用于大规模定制产品的结构开发中。伦斯勒工艺学院（Rensselaer Polytechnic Institute）的苏珊·沃尔什·桑德森（Susan Walsh Sanderson）描述了模块化的设计——她称为“虚拟设计”——能够如何对功能元器件进行模块化，然后将其进行跨产品族的重复使用。² 模块化的程度越来越高，革新的程度也将越来越高。可以想象，跨越非常不同的产品重复使用的某些“功能”族，通过将工具放在适当的位置，进行快速、高效率 and 富有成效的重复使用。

实际上，应该感谢面向对象的编程系统（OOPS），在软件开发中，这种情况正在迅速地成为一种现实。软件对象基本上是一些特殊的函数，它们具有某些特性，使之能够与其他的对象迅速地集成起来，生成越来越复杂的、不同的程序。其他的行业也应用了类似的概念。位于佛罗里

达州博卡拉顿的计算机产品有限公司 (Computer Products, Inc.), 向它的客户提供不断扩大的模块库, 使客户能够迅速地自己设计功能强大的应用系统, 缩短了各种产品的开发时间。同样, 位于加利福尼亚州 Milpitas 的大规模集成电路逻辑公司 (LSI Logic Corporation), 开发了 CoreWare 积木块, 它使客户能够根据他们正在开发的产品, 迅速地设计出所需要的定制集成电路模块。软件、电源和特殊用途集成电路 (ASIC) 只是模块化设计的开始, 由于模块化的设计, 这类元器件产品反过来又能大大缩短那些将它们当作零部件的产品的开发周期, 如个人计算机、机顶盒、无线发报机以及其他尚待发明的新产品。

对于模块化的设计来说, 基本的要点是要将越来越多的产品信息技术内在要素集成起来, 就像摩托罗拉公司对其融合工厂所做的巨大改进一样。大规模定制的一个关键原则是, 任何能够被数字化的东西都可以被定制。一旦它以二进制的形式——0和1——存在, 那么根据要求, 立刻就可以将其转化成不同的、然而是有意义的 0和1的序列。在某些情况下, 产品本身就可以被数字化, 例如贺卡、活页乐谱, 以及其他一些基于信息的产品 (不是指完全以信息为基础的无线电通信、保险和金融服务等)。在其他情况下, 例如摩托罗拉寻呼机, 通过对产品设计和制造的详细说明的数字化, 几乎可以立即完成实体产品的定制。将来, 随着信息技术的不断发展, 将会有越来越多的功能能够被数字化, 从而实现虚拟设计以及某些能很方便完成的“连续创造”的设计。

11.2 发明数据库和专家系统

然而，许多功能不能实现数字化或模块化，而且或许永远也不可能。例如，许多棘手的开发问题需要解决难以解决的基本设计冲突。但是，如果能从各种可能的角度去思考这些问题，迅速地应用手头的各种创造性规则和实物的效果，如果有一个专家系统能提出建议以供选择，并且能够从数千种创造性方案中获得一些借鉴，那么，其结果将会怎样呢？

这正是已经面市的、名为“发明机器实验室”（Invention Machine Lab）的软件所要做的。该软件是由位于马萨诸塞州坎布里奇市的发明机器公司（Invention Machine Corp.）开发的。³ 它有3个模块，第1个模块IM：规则（Principles），该模块通过提供对250多万项专利的分析获得的创造性规则，帮助产品的开发人员找到解决设计问题的方案。第2个模块IM：效果（Effects），该模块包含一个知识数据库，其中有1350多种实体的、几何形状的和科学工程的效果，能够帮助客户理解各种选择方案的分支走向。第3个模块IM：预测（Prediction），该模块有助于产品开发人员预见其发明可能带来的技术革新，引导他们沿着创造全新产品的道路前进。例如，摩托罗拉公司使用了1000多套“发明机器实验室”软件，用来促进其各个研究和开发实验室创造出新的、革命性的产品。

然而，这种软件确实还处在初级阶段。快速传输技术——包括用于查找位于因特网上任何地方的正确信息的智能代理（intelligent agents），例如及时传送信息的光纤、用

来储存信息的 CD-ROM 驱动器、获取和应用信息的多媒体系统——是将以前的革新经验和当前的新的创造几乎即时地广泛用于开发项目的希望所在。正如 MIT 的媒体实验室负责人尼古拉斯·内格罗蓬特（Nicholas Negroponte）喜欢说的那样，如果你能够想象到以某种方式应用信息和通信技术的可能性，而此时此刻还不能做到的话，那么“只要再等几个月（就可以了）！”

11.3 协作的技术

当然，借鉴原有的解决方案或技术不能解决所有的问题。大多数真正的创造性设计之关键并不在于对原有方案的借鉴，而需要与那些具有相应的技巧、经验和专门技术的人员进行协作才能完成。在此，新技术再次以在线方式迅速地出现，它能够在提高协作效率的同时，极大地缩短产品的开发时间。MIT 媒体实验室的研究人员迈克尔·施拉格（Michael Schrage）在他的著作《不再有团队！》（No More Teams）一书中，广泛地探讨了将组件、活动板（liveboard）、讨论用（argumentation）电子数据库和快速原形制造等技术综合到协作环境中的时候，它们是如何隐藏在随之而来的效果后面的。迈克尔·施拉格在书中写到：

在会议桌的中央，展示一个新产品（一辆汽车、一个谷类食品盒、一台采购现场指示器）的全息投影图，使参与讨论的人能够根据他们希望的设计准则，对投影图进行旋转、缩小、放大、细化、操作、更换、修改、扩展和复制。对键盘的每一次敲击、每一条口头命令和每一次交谈

都可以实现各种方案的并行显示。敲击其他的键，这一组参与者简直就可以进入到用激光方式生成的产品内部，从以前不可能的角度和视图来观察该产品。这个会议室使人产生虚拟现实的感觉……

运用高带宽的人造卫星和光纤的无线通信能力，将这些三维的图像同步传送到纽约、伦敦和东京，很显然，这种技术是为了促进协作的一致性而开发的——而不仅仅为了网络本身。此时，空间的距离变得不再那么重要，人们可以选择实时协作方式，或者选择离线协作方式，在屏幕上对自己做出的修改给出注释文字或者进行相应的编辑表示，并请其他人在其方便的时候对这些修改给予评议。

这就是协同交互工作的真正价值之所在。为这种共享提供了可能性的发明以及这里的共享透视图，使这种全球性的小组有了能够以原来不可能的方式去解决问题的机会。⁴

协作技术将在两个方面对产品开发的过程产生影响：它们可以完成许多以前从来没有完成过的工作，而且，它们可以用更快的速度、更高的效率和更好的效益来圆满地完成工作。⁵ 后一种情况中包含了这样一种能力，即通过虚拟现实和其他仿真技术，在不需要生产元器件实物的情况下，迅速地检查和测试新产品的概念设计。如果与模块化的设计相结合，那么它在新产品开发的检验阶段所节约下来的时间可能是非常可观的。正如一个将各种可能性迅速转化为现实的例子，伊利诺伊大学（University of Illinois）的教授们开发了一个虚拟现实系统，他们称之为“CAVE”（即CAVE自动虚拟环境），该系统使研究工作能够在产品

的三维模型的基础上进行。⁶通用汽车公司、卡特皮勒公司（Caterpillar）以及其他一些公司，已经在它们的新产品开发活动中使用了CAVE系统。

但是，从虚拟现实和其他协作技术中所能够获得的最大好处可能是拥有这样一种能力，即能够在定制产品的营销、设计以及生产方面直接与客户一起工作。当客户能够进入到一个协作环境中触摸和感受、使用和创造正好是他们自己的产品的时候，信息超载和缺乏竞争空间的问题就能迎刃而解。

11.4 崩溃和突破

综上所述，最能显著、持续地缩短重大革新周期的仍然是人们的责任感及其创造力。需求仍是创造的源泉。不论是迫于竞争的压力、内在的信念，还是出于满足某些市场需求的考虑，如果人们确信他们必须在某一个特定的期限内做出某些特殊的改进，那么，无论这个任务实际上是多么艰巨，他们通常都能够想出办法加以完成。

这并不仅仅是一厢情愿的想法，而是事实。阿伦·谢尔（Allan Scherr）原来是IBM公司的雇员，现在任职于马萨诸塞州Hopkinton的EMC公司，他研究了一个用于获得突破性进展的框架结构，即：在特定的时间和成本的限制之内，进行重大的革新。⁷ 其中一个关键的认识是产生突破的原因在于崩溃：

所谓崩溃是指周围环境中与某人想要达到目标相冲突的因素而又缺乏实现该目标所需要条件的情况。无论任

什么时候，只要在希望得到的结果与当前的环境等存在差距，就出现了崩溃。

崩溃要求采取特别的行动。它促使人们转移注意力，以不同的方式看待问题。这种认识上的变化，常常是使人们看到这种机会的开端，即采用以前从来没有想到过的行动。⁸

解决崩溃问题的方法只有两种，一个是改变设定的目标，另一个是实现突破。如果人们维持其设定的目标，那么，确实可能会发生遵循一定规律的突破。在谢尔负责过的设计和编程项目中有 20 多个具有这种模式，它们的生产能力平均增长了将近 3 倍，同时保持了相同的质量。⁹ 如果更多的管理人员和专业技术人员都能够直觉地理解这种模式，那么这种模式被接受的程度就会更高，在革新的程度及其所需时间两个方面所获得的突破也将越大。

让我们列举这样一个被经常引用的例子，想一想英特尔公司的戈登·穆尔（Gordon Moore）博士在 1965 年提出的穆尔定律（Moore's Law），该定律描述了半导体技术的特别无情的发展。在《电子学》（Electronics）杂志的一篇著名文章中，穆尔博士指出，存储芯片的复杂度在每 18 ~ 24 个月内就增长一倍，并推测说这种趋势在可预见的将来还将继续。¹⁰ 对微处理器和其他类型的半导体产品来说，该定律也通常成立，并且迅速地在行业里得到了普遍的认同。该定律得到了如此广泛的应用，以致于我相信穆尔定律变成了一个自我实现的预言！一旦确信了这个定律真实的真实性，半导体企业的领导——最著名的是英特尔公司

本身——就开始在计划中应用这个定律，并为其设计团队界定那些实际上遵循该定律的目标。为达到由这些设计团队制定的目标产生了无数的崩溃情况，从中出现了大量的突破，这些突破产生于各个行业中最具创新性的领域。如果戈登·穆尔博士在30多年以前没有明确地阐述这个定律，那么，进步是否能够达到我们今天所看到的程度还很难说。

11.5 前景的展望

当然，崩溃并不总是能够产生突破，技术不能解决所有发明或协作中的问题，也不是所有的革新都适合于数字化或模块化的设计。无论将来会开发出怎样的技术或技能，许多开发项目——当然包括最重要的和最具创造性的项目——仍然需要花费大量的时间才能完成。而且，在几乎所有产品的开发时间都比现在所需要的时间大大地缩短的同时，它们往往不可能突飞猛进而不带来一点不利的后果。¹¹这种不利的后果，一定比没有将葡萄酒在其过期之前卖出去要大得多。

然而尽管如此，沿着“连续创造”方向仍然能够取得巨大的进步。在新的系统、新的技术和新的技能的支持下，确实可以想象，在不远的将来，即21世纪的某个时候，大多数新产品的开发时间和寿命周期将是如此之短。例如，人们将以月来计算汽车和计算机的开发时间和寿命周期，而消费类电子产品则以星期计算，许多产品甚至以天来计算。到那时候，就像现在的许多大规模定制的产品一样，在几分钟之内生成定制的产品变型将是一件非常普通的事

情。如果在达到上述数字所述的方面存在某些问题的话，它将——正如它应该的那样——来自于客户，而不是制造企业实现它所需要的能力上的不足。

尽管真正的“连续创造”模式还是遥远的将来的事，还有许多设计问题有待解决，但是直接通向“连续创造”模式的惟一途径来自于大规模定制模式，同时这也是我们现在所真正能够做的。通过将大卫·安德森在本书中提出的观念和技术付诸于实践，你就可以开始走上一条漫长而有利可图的旅程，实现高效地为客户提供独一无二的服务。现在还没有人真正知道这个旅程将止于何处。

注释

1. 参见 Christoph-Friedrich von Braun, "The Acceleration Trap," Sloan Management Review, Fall 1990, pp.49-58, 以及 "The Acceleration Trap in the Real World", Sloan Management Review, Summer 1991, pp.43-52。文中饶有兴致而且颇具鼓动性地认为,降低新产品的寿命周期对企业的正常发展是非常有害的。这一论点本身是合理的,但其所做的假设:对如何迅速地开发新产品总是存在着一种自然的限制,因此对寿命周期降低的程度也就始终存在着一种自然的限制。根据这里所讨论的技术,我认为这种假设是错误的。不过, von Braun的工作明显表明,这种越来越扰动的环境在收入和利润方面是大起大落的(新产品在没有替代品之前对客户很有吸引力,后来的收入将逐渐降低)。
2. Susan Walsh Sanderson, "Cost Models for Evaluating Virtual Design Strategies in Multicycle Product Families," Journal of Engineering and Technology Management 8 (1991), pp. 339-358.
3. Bryan Mattimore, "The Amazing Invention Machine: Software for Creative Geniuses," Success, October 1993, p.34, 和 Audrey Choi, "Invention Machine's Software Wins Orders for Picking Brains of Inventors," The Wall Street Journal, February 12,

1996, p.B10a. 根据后一篇文章，发明机器实验室“针对大约200万项国际专利和世界上一些大发明家的技术发明，整理了发明的规律。”

4. Michael Schrage, *No More Team! Mastering the Dynamic of Creative Collaboration* (New York: Currency Doubleday, 1995), pp.185, 186-187.
5. 当然，用于完成新的活动的时间将不包括在它相对于原有活动而言所节约下来的时间中。无论是在家的休息时间，还是在办公室的工作时间，抑或是在路上，只要技术为我们从更加平凡的任务中节约时间，我们总能不断地发现新的可做的事情。
6. 参见Carolina Cruz - Neira, Daniel J. Sandin, Thomas A. Defanti, Robert V. Kenyon, et al, "The Cave: Audio Visual Experience Automatic Virtual Environment," *Communications of the ACM* 35, no.6, (June 1992), pp. 64-72; 和Gene Bylinsky, "The Digital Factory," *Fortune*, November 14, 1994, pp.92-110.
7. Allan L. Scherr, "Managing for Breakthroughs in Productivity," *Human Resource Management* 28, no.3, (Fall 1989), pp. 403-424.
8. *Irid.*, pp.407-408.
9. *Irid.*, p.403.
10. 有关微芯片的发展历史及其对当今的影响（包括它与大规模定制的兼容性）的精彩叙述，请参见Michael S. Malone, "Chips Triumphant," *Forbes*

ASAP, February 26, 1996, pp.52-82.

11. See J. Utterback, M. Meyer, T. Tuff, and L. Richardson, "When Speeding Concepts to Market Can Be a Mistake," *TIMS Interfaces* 22, no.4, (July-August 1992), pp.7-13.