

1. 模块化时代的管理

卡利斯·Y·鲍德温 金·B·克拉克

作者简介

卡利斯·Y·鲍德温 (Carliss Y. Baldwin) 现在是哈佛商学院商业管理威廉·L·怀特 (William L. White) 基金教授, 她曾在麻省理工学院斯隆管理学院任助理教授。她现在和金·B·克拉克 (Kim B. Clark) 进行一项有关设计过程及其对计算机行业影响的研究, 这项研究已历时数年。她早期的研究包括对美国大公司资金预算体系的调查研究和对剥离公司财产的最佳出售方式的研究。除从事研究和教学外, 鲍德温教授还担任乡村卷帘有限责任公司 (Country Curtains Inc.) 的董事长, 曾任波士顿银行联合家庭贷款部经理以及美国经济顾问

原文发表于《哈佛商业评论》1997年 9/10 月号 重印号 97502。

议会经济政策顾问团的成员。她还出版过几本著作，包括最近和金·B·克拉克合著的《设计规则：模块化的影响力》。

金·B·克拉克 (Kim B.Clark) 是哈佛商学院的教务长和乔治·F·贝克 (George F.Baker) 基金行政学教授。他最近和卡利斯·Y·鲍德温合著了《设计规则：模块化的影响力》一书，该书集中讨论设计的模块化、行业演变中技术和竞争的整合，尤其是在计算机行业。他早期的研究领域包括技术、生产率、产品开发和经营战略。他在《哈佛商业评论》、《加利福尼亚管理评论》、《管理科学》和《行政科学季刊》等杂志上发表了許多论文，并且单独或与他人合著了 7 本著作。

内容提要

在计算机行业里，模块化是一个通用的原则，不同的公司能够独立地设计和生产诸如磁盘驱动器、操作软件等部件，这些模块可以组装成一台复杂的、平稳运行的产品，因为模块的制造者们遵循的是一套给定的设计规则。

在制造业中的很多公司里，模块化已经很普遍了。但是，其中的一些公司现在已经开始把模块化这一方法扩展到产品和服务的设计上了。如同它极大地提高了计算机行业的创新速度一样，设计的模块化应该能够极大地提高许多行业的创新速度。

作者断言，随着商业像汽车制造业和金融服务行业一样多样化，并且向着模块设计方向发展，竞争趋势将发生巨大的改变。产品的装配商将不再能控制最终的产品，关键模块的供应商将变得举足轻重，甚至有权制定模块的设计规则。公司的竞争将表现在两个方面：制定占优势地位的设计规则（如微软公司），或者生产优质的模块（如磁盘驱动器制造商昆腾公司）。

在一个模块化行业里，领导者的控制能力较弱。因此，他们不得不用心观察竞争环境，寻求和其他模块制造商联合的机会。他们还需要了解更多的东西，公司一级的工程细节在过去看似并不重要，但在现在的战略决策中却起着很大的作用。他们还需要成为了解公司内部情况的管理者，因为他们需要协调各个开发部门的努力以使他们集中精力追求公司的模块战略。

在 19 世纪，铁路从根本上改变了商业竞争，通过提供快捷廉价的运输，迫使原来地域性的公司和相隔很远的竞争对手互相竞争。铁路公司也设计了管理制度来解决自身的复杂性和固定成本高的问题，这深刻地影响了世纪之交（指 19 世纪末 20 世纪初——译者注）的第二次工业化浪潮。

今天，计算机行业正处于一种类似的领导地位。计算机公司不仅通过引入快捷、廉价的信息处理方法拓宽了市场的范围，而且还走出了一条通向建立最有效地利用信息处理能力的产业结构道路。这一产业结构具有非凡的先进性，其核心是模块化，即由小的子系统组建复杂的产品或工序，而这些子系统能够独立设计，并且当它们作为一个整体时能有效运转。通过广泛地应用模块设计，计算机行业的创新速度显著提高。确实，今天计算机行业的管理者面临的是变化速度的不断加快，而不是更快的处理、通信联络或其他技术的挑战，这就是模块化带来的结果。而建立在模块化基础上的战略是应对变化的最好办法。

长期以来，许多行业越来越多的行业正准备把模块化的生产过程都存在着模块化扩展到产品的设计阶段不同程度的模块化。但是现在，越来越多的行业正准备把模块化扩展到产品的设计阶段。尽管它们很难像计算机行业那样广泛地采用模块化，但是，许多行业的管理者准备从计算机行业相关部分的经验中，学习一些关于采用模块化这一新技术的知识。

解决日益增加的复杂性

关于计算机技术令人敬畏的力量，新闻界和商业界已经有过很多评论了。计算机的存储能力和处理速度迅速增加，成本却保持不变甚至下降。这些进展依赖于产品的日趋复杂。当代计算机是令人目眩的大量元件的集合。这些元件集合就像音乐会上的乐团，能密切合作。

模块化使得公司能够控制日益增长的复杂技术，通过把产品分解成子系统，即模块，设计师、生产者和使用者都获得了很大的灵活性。不同的公司可以分别负责不同的模块，并且，它们确信，通过它们的共同努力可以生产出可靠的产品。

IBM 公司于 1964 年推出的 System/360 是第一台模块化的计算机，它可以作为一个实例来说明模块化这一技术。IBM 公司和其他计算机主机制造商以前所设计的模型都是独特的，各有各的操作系统、处理器、外部设备和应用软件。尽管仍然保留着老系统的软件和硬件，但当制造商每次引入新计算机系统以利用改进的技术时，都不得不为系统开发出特定的软件和硬件。当终端用户转向新机器时，他们不得不重写现有程序，否则就要冒很大的风险，如软件转换错误或关键数据丢失。结果，许多顾客不愿意租借或购买新设备。

System/360 的开发者解决了上面的问题，他们构思出一个计算机系列，包括适用于不同用途和不同尺寸的计算机，这些计算机使用相同的指令集并且能够共享

外部设备。为了实现这种兼容性，他们采用了模块化设计的原理，即 System/360 设计师把处理器和外部设备的设计分成标准的和非标准的两部分，IBM 公司设立了一个中央处理控制办公室，负责制定和执行标准的综合设计规则。这些规则决定了计算机的不同模块如何能一起运行。几十个分散在世界各地的设计小组都必须绝对遵守这些规则。但是，每个小组对模块非标准件部分的设计有完全的控制，这些部分对其他模块没有影响（参见后文“模块化指南”）。

当 IBM 公司采用模块化技术并使新系统和现有软件兼容（通过加入“竞争者”的模块）后，公司和客户都取得了商业和金融上的巨大成功。IBM 公司的许多主机竞争者被迫放弃市场或转而寻找合适的位置，集中服务于有高度专业化需要的客户。但是，模块也削弱了 IBM 公司的长期优势，因为，新的公司可以生产自己所谓的兼容插件，如打印机、终端、存储器、软件，甚至是中央处理器单元本身，这些部件可以通过电源插头和 IBM 公司的机器兼容。一些新兴公司依照 IBM 公司的设计规则在某一特定领域进行专业化生产，它们生产的模块常常比 IBM 公司内部生产的模块更好。最终，围绕这些模块，形成了一个充满活力的、具有强劲创新能力的产业，开发出了各种各样全新的计算机系统，抢占了 IBM 公司的大部分市场份额。

不同的公司（包括 IBM 公司的不同部门）独立生产模块这一事实极大地提高了创新的速度。通过集中于单个模块，每个部门或公司能够深入地研究它的产品。

为了集中生产单一模块，许多公司进行了大量相似的实验。在遵循设计规则以确保模块能够装配在一起的前提下，模块设计师可以在很大范围内自由地试验新的技术。计算机这个行业，存在着很高的技术不确定性，并且最佳方案总在不断地发展完善。设计师开发和测试各种试验模块的次数越多、灵活性越大，行业就越能更快地发展。

这种对产品设计进行试验的自由度，使模块供应商不同于普通的转包商。举例来说，一个磁盘驱动器的设计小组不得不遵循个人计算机的全面要求，如数据传输协议、硬件尺寸和形状的规范、接口标准等，以确保模块在系统内作为一个整体能有效工作。否则的话，小组成员可以用他们自己认为最有效的方式来设计磁盘驱动器。他们的决定不需要向其他模块设计师传达，甚至也不需要向系统的整体设计师以及可见部分设计规则的制定者传达。同理，竞争者的磁盘驱动器设计师只要遵循同样的可见部分设计规则，就能够实验完全不同的工程技术，以便得到各自模块的版本。^[1]

计算机行业以外的模块化

作为生产的一个原则，模块化具有很长的历史。制造商采用这一原则已有一个世纪，甚至更久了，因为，把制造过程分为模块或单元总会使复杂产品的生产更容

易进行。例如，小汽车的生产厂商总是在不同的地点生产汽车的部件，最后进行装配。由于小汽车的每个部件都有精确完整的设计，因而可以这么做。在这里，一个部件的工程设计（它的尺寸和承受能力）相当于制造系统中的标准化部分，这样使得复杂的过程可以分解到许多下属的工厂，甚至外包给其他的供应商。这些供应商可以对生产过程或细节安排进行试验。但是，与计算机行业不同，历史上，供应商在部件设计上的投入一直很少，甚至根本没有。

模块化不仅在产品的实际设计上比较少见，在产品的使用上也是如此。使用的模块化允许消费者混合和拼装元件以得到适合自己口味和需要的最终产品。例如，消费者要得到一个床铺，他会从不同的制造商，甚至零售商那儿买来床、床垫、枕头、被单、被褥等。因为不同的制造商是根据标准尺寸来生产的，这些东西可以组合在一起。使用的模块化能够鼓励设计的创新：制造商能够独立地对新产品或构思（如铺在地上的床垫或不同质地的混合产品）进行试验，只要它们的模块与标准尺寸一致，就能够找到乐于接受它们的消费者。

既然模块化能带来这么多好处，那么，为什么不将所有的产品（和生产过程）都模块化呢？原因是，模块化系统的设计比非模块化系统的设计要难得多。模块化系统的设计师必须对整个产品或生产过程的内部运作有相当多的了解，才能开发出标准的设计规则，使模块作为一个整体有效运行。他们一定要预先对那些规则作具体说明。在模块这一层次上尽管看似独立运行得很好，

但是，只有在模块装配起来，作为一个整体运行不佳时，模块的不完全或不完备的问题才会显示出来。

IBM 公司发现了 System/360 存在的问题，即开发花费的资源比预期的花费要多得多。事实上，如果开发人员最初意识到了保证模块一体化的困难，他们也许根本不会追求模块化这一技术。但他们也低估了 System/360 的市场价值，顾客是非常需要这种技术的，他们甚至愿意支付高昂的价格，而这足以抵消 IBM 公司增加的成本。

现在，我们已经进入了模块化高速发展的时期。材料科学和其他领域的重大进展，使我们很容易获得与具体设计规则相关的产品的更多知识。例如，现在，工程师们对于金属在压力下的反应情况已相当了解，这足以确保模块在形体设计上的一致性，从而使他们对小汽车以及其他大型装置的金属制品的形成过程也相当了解。当然，计算技术方面的进展已经极大地降低了知识的获取、处理和储存的成本，同样，也减少了不同模块的设计成本和测试成本。金融市场和创业风险投资方面的发展也帮助了小公司发现资源，结成联盟，进行新产品或模块的实验和营销。在某些行业，如电信和电力等，行业限制的减少使公司可以自由地按不同的模块来共享市场。

在汽车制造业，大的装配商正在渐渐舍弃其在 20 世纪所主要依赖的紧密围绕中心的设计系统。在降低成本、加快创新步伐和提高质量的重压之下，汽车设计师和工程师正在寻求分散复杂的电力机械系统的设计方法。

第一步是重新定义生产过程单元。例如，当梅塞德斯 - 奔驰公司 (Mercedes-Benz) 的管理者计划在亚拉巴马开办新的赛车装配工厂时，他们意识到，汽车的复杂性要求这个工厂根据一项复杂的计划控制数以百计的供应商网络，并且保持相当的存货为将来的发展做缓冲。他们没有试图直接管理整个供应系统，取而代之的是，他们把这个供应系统分解成一套大的生产模块。例如，梅塞德斯公司新赛车的驾驶室(包括安全气囊、加热系统和空调系统、仪表盘、操纵系统、电路)，这个独立模块是在附近的一个隶属于通用汽车公司 (General Motors Corporation) 德尔菲汽车系统分公司 (Delphi) 的工厂生产的。根据某些详细的说明书和计划的要求，德尔菲汽车系统分公司对驾驶室的生产负全部责任，因此，它能够形成关于这一模块的几十家自己的供应商的网络。梅塞德斯的详细说明书和计划信息成为了标准化规则，模块供应商可以用它来协调和控制供应商部分的网络，并生产最终产品所需的模块。

大众公司 (Volkswagen) 在巴西的热森德开办新的卡车工厂中，进一步发展了这种方法。公司只提供生产所有模块和装配卡车的工厂，但是，各个供应商们要自己去获得原料、雇用工人以建造各自的模块。从生产装配的意义来说，大众公司并不是“制造”汽车，但它确实建立了生产过程的结构和各单元之间的连接，它设立

了每个供应商必须达到的质量标准，它还在各个阶段对模块和卡车整车进行测试。

到目前为止，这种供应商责任的转移与许多行业经历的供应链管理的改变并没有大的区别。通过把制造过程授权给许多独立的供应商使他们逐步增加价值，使装配商运作灵活并且降低了成本。因此，梅塞德斯和其他汽车厂商希望有实力的模块厂商承担大部分设计责任，这正是模块化最为成功的地方。当模块化成为一种固定的商业方式时，模块供应商之间的竞争变得激烈了。装配商寻找最优质的模块或者成本最低的模块，这激励着那些日益成熟的供应商们彼此展开创新竞赛，这与计算机行业中的情况很相似。而计算机辅助设计则推动了实验的新发展。

有些汽车的供应商正朝着这一方向发展，他们围绕某一特定模块巩固自己的行业。利尔坐套集团（Lear Seating Corporation），马格纳国际公司（Magna International）和约翰逊控制系统公司（Johnson Controls）已经收购了相关的供应商，它们都试图成为整个汽车制造行业的全球霸主。最大的汽车制造商间接地鼓励供应商参与模块的设计工作。确实，通用公司近来让马格纳国际公司负责新一代凯迪拉克轿车的产品模块设计工作。

除了产品之外，许多服务行业也正在进行模块化。最值得一提的是金融服务业。在金融服务业内，这一进程发展得很快。没有什么比股票和证券更容易模块化的了。金融服务业完全是无形的，没有坚固的外形，没有复杂的形状，没有钉子或电线，也没有复杂的计算

机代码。由于金融学复杂多变、发展迅速，这些服务相对而言容易定义、分析和分离。制定金融事务的规则起源于有着上百年历史的簿记，这种传统方式已经与现代法规、行业标准以及证券交易的惯例结合在一起了。

这种模块化的结果是金融服务的提供者不必对金融服务所传送的各方面承担责任。证券组合的经营责任，如选择资产、处理交易、维护记录、转移所有权、汇报和发表声明等，都能很容易地分离，并能由供应商各自实施。一些重要的机构选择在某一领域提供专门服务，如波士顿国民街道银行（*Boston's State Street Bank*）提供托管服务。

其他的一些机构在对产品进行模块化的同时，仍然坚持拥有和控制模块，这如同 IBM 公司控制着 *System/360* 一样。例如，一家大型的、面向普通大众的货币管理服务商忠诚公司（*Fidelity*），在传统上，其大部分业务是着眼于内部管理的。但是，在降低成本的压力下，最近，它放弃了这种方式，宣布银行家信托公司（*Bankers Trust Company*）将代表它管理 11 亿美元的股票指数基金。指数基金是一种绩效容易衡量的低利行业。在这种新的安排之下，银行家信托公司的指数基金管理服务成为忠诚公司提供的组合投资产品的隐形模块，正像大众公司的供应商成为热森德工厂系统的隐形模块一样。

金融工具的模块化带来的另一个结果是它极大地推动了创新。例如，通过计算机并利用先进的科学方法加以分析，设计师能够把证券分割成更小的单元，这些更

小的单元可以被重新构造为衍生金融产品。这样的创新使得全球金融市场运行更加通畅，资本可以在各国之间通过不同的金融业务顺利地流动。

在模块化环境中竞争

模块化不只是加速了改变的步伐或增加了竞争的压力，它还改变了公司之间的关系。在残酷的创新竞争中，模块设计师快速地进行着形形色色的联合投资、技术联盟、转订契约、雇用契约和金融安排。在这样的市场中，收益和利润比传统行业中要分散得多。甚至像英特尔（Intel）和微软这样的公司，尽管由于它们控制了标准部件的关键部分从而对市场有很大的影响力，但在整个计算机行业中，它们所占的份额仍比典型的行业领导者要少。

从英特尔和微软的绩效，可以看出公司应该控制可见的规则这一说法是极具诱惑力的。身处于一个经常创新的行业，作为数以百计的模块化公司群体中的一分子与一个稳定行业中的领头羊是不同的。没有一种战略或行动方案总是行之有效的。如同下棋一样，能否走出好棋取决于布局、己方的实力及对手的情况如何。不过，一个模块市场的两重结构要求管理者在两种主要的战略中

细心选择。公司可以作为整体设计者参与竞争，制定标准，或为模块化的产品设计规则；公司也可以作为遵循体系结构、接口标准及其他模块测试协议的模块设计师参与竞争。两种战略都要求公司深层次地理解产品并且能够预期模块如何发展，但是，它们在许多方面是不同的。

对一个整体设计者来说，优势来自于吸引模块设计者遵循其设计的规则，这需要说服他们相信该种设计将在市场上取得成功。对一个模块制造者来说，优势来自于掌握设计的标准和对将模块投入市场的良好控制。当机会出现时，模块制造者必须迅速行动以满足市场需要，然后向其他领域转移，或者当市场饱和时能改进产品使之上一个新台阶。

根据英特尔公司和微软公司的例子，下面的这一说法是很有诱惑力的，即公司应该通过开发专有的体系结构控制标准设计规则，而把非标准模块的一般细节问题留给其他公司。标准制定者对本行业很有影响力并且利润很大。但是，挑战者能够依赖模块化生产使自己的生产能力达到一定规模，从而可与其他的生产者竞争；同时，围绕标准制定者做一些末端整合的工作。

下面是 20 世纪 80 年代工作站市场发生的情况。阿波罗计算机公司（Apollo Computer）和太阳微系统公司（Sun Microsystems）这两只领头羊都严重依赖于其他公司，这些公司控制着构成这两家公司工作站的大部分模块的设计和生產。但是，阿波罗公司的创立者们更强调产品的高性能，他们设计了一种特殊的构造，这种构造

基于他们自己拥有的操作系统和网络管理系统。尽管像微处理器等模块是标准化的，但多数硬件都由公司自己设计。这种设计的每个部分都是高度独立的，阿波罗公司的设计师们相信，为了达到最终产品的高性能，这种高度独立的设计是必要的。

与此相对应的是，太阳微系统公司的创立者们强调的是低成本和快速投入市场。他们依赖于一种简化的、标准的构造，这种构造可以直接使用标准的硬件和软件，包括广泛使用的 UNIX 操作系统。由于它的模块制造者无需设计特别的模块以适应它的系统，太阳微系统公司节省了大量的设计投资，并且能在保持低成本的同时，迅速将产品投放到市场。为弥补由于使用普通模块导致的损失，太阳微系统公司开发出了两种专有的、非标准硬件模块，它可以有效地把微处理器和工作站的内存连接起来。

就性能而言，阿波罗公司的工作站要稍好一些，但是，太阳微系统公司则有成本优势。太阳微系统公司依赖于其他模块制造商，这在某些方面是有好处的。许多终端用户在其他网络或应用中使用 UNIX 操作系统，因而，他们偏好使用 UNIX 操作系统的工作站而不是使用有特殊操作系统的工作站。利用资本生产率方面的优势，太阳微系统公司决定采取更大胆的战略以快速发展和改进产品。

不久以后，阿波罗公司发现自己资金短缺，产品的绩效越来越落后于太阳微系统公司。通过使用标准技术以及经营灵活的优势，太阳微系统公司超过了阿波罗公

司采用专有性战略获得的性能优势。太阳微系统公司能够以具有诱惑力的价格为顾客提供优质产品并获得可观的利润，而且，在生产过程中只需投入较少的资金。

然而，太阳微系统公司的设计并没有持久的竞争优势。由于太阳微系统公司仅仅控制了工作站的两个非标准模块，它不能使顾客限于使用自己的特殊操作系统和网络协议。关于如何将现有模块组合成一个有效的系统，太阳微系统公司的确对原来的构想有所发展，但是，由于体系结构（隐蔽于工作站设计后面的标准部分）容易被模仿并且不能获得专利保护，因而，任何竞争者都可以这么做。

果然，当小型计算机制造商看到工作站威胁到了他们的生意和市场后，很快就推出了竞争产品，而个人电脑制造商（他们的设计已经极端模块化）则看到了获得更高利润的机会。为保护自己，太阳微系统公司改变了经营方式，并寻求对自己的操作系统中的标准部分更多的控制。太阳微系统公司希望向控制着 UNIX 的美国电话电报公司（AT&T）出售股票，通过这种方式可以使自己在操作系统未来版本的设计中处于有利地位。如果太阳微系统公司能够控制 UNIX 的发展，它就能比竞争对手们更快地把下一代工作站投入市场。但是，那些获得了现存系统的 UNIX 使用许可权的小型计算机制造商马上看到了 Sun-AT&T 公司联盟带来的威胁，于是他们就向 AT&T 公司施加压力使其退出联盟。这样，工作站市场依然是开放的，当太阳微系统公司在为生产新一代工作站而犯难时，竞争者们的产品已经获得

了市场。这场竞争还在进行，而且还将继续下去。

急需的人才：知识丰富的领导者

由于模块化推进了创新的速度，使得企业领导者对竞争者的举动作出反应的时间大大缩短。我们也许会笑话“因特网年”（Internet year）的概念，但这绝不是玩笑。当越来越多的行业追求模块化时，这些行业的管理者就不得不像计算机行业的管理者一样，对更快的创新速度和变化作出反应。

管理者一定要更加适应产品设计的各种发展，这已成为一条规则

作为一条规则，管理者不得不更加适应产品设计上的各种发展，不论这种发展是公司内部的，还是外部的。仅仅了解直接竞争厂商在做什么是不够的，其他模块和整个产品构造的创新以及行业内部易变的联盟，都可能招致麻烦或者带来机会。在市场上的成功将取决于两个因素：开发更有竞争力的领域，以及如何把自己的能力和对融资方式的选择与那些新兴的、可能与自己的业务相差很大的公司结合起来。

能力和对融资方式的选择不仅包括产品技术，也包括融资资源和员工的技能。致力于模块设计工作的管理者，必须擅长发展新的金融关系和雇用契约，还必须进