

IBM商业价值研究院

软件定义的全新供应链

为电子设计和制造的颠覆性转型做好准备



IBM商业价值研究院

在IBM商业价值研究院的帮助下，IBM全球企业咨询服务部为政府机构和企业高管就特定的关键行业问题和跨行业问题提供了具有真知灼见的战略洞察。本文是一份面向决策层和管理层的简报，是根据该院课题小组的深入研究撰写的。它也是IBM全球企业咨询服务部正在履行的部分承诺内容，即提供各种分析和见解，帮助各个公司或机构实现价值。

欲了解本IBM商业价值研究院调研的完整目录，请访问：ibm.com/iibv

欢迎订阅IBM商业价值研究院的电子月刊IdeaWatch：

ibm.com/gbs/ideawatch/subscribe

在iPad或安卓平板电脑上下载免费的“IBM IBV”应用即可以访问IBM商业价值研究院的执行报告。

作者：Paul Brody, Veena Pureswaran

适应能力强 是电子行业的特点。经历过多次渐进式或者剧烈的变革，传统制造业已经形成了全球范围的贸易流，建立了基于规模经济的行业结构，以及多层次和全球化的供应链。但如今，三次新技术革命 – 3D打印、智能机器人和开源电子 – 势必将带来前所未有的供应链剧变。在本报告中，我们展示了这些新技术将产生平均23%的单元成本收益，并且使进入门槛降低高达90%。然而，一半的受访企业并没有应对数字化影响的生产策略。为了在未来的环境中展开竞争，企业和政府必须了解这个由软件定义的全新供应链，并为此做好准备。

在二十世纪到来之时，福特汽车公司确立了现代化制造的规则。T型车的生产在装配线上采用了可互换的部件，开启了一个标准化时代，通过不断的改进，这个时代已经持续了一百多年。到20世纪20年代，竞争对手不断扩展福特的规模生产模式，并且在不同型号、甚至不同品牌间使用分包商、模块化和通用部件，从而增加了市场份额。

随着时间的推移，物理存在的工业供应链造就了三个主要的制造和产品设计趋势：部件的标准化程度持续提高；装配持续地从基本组件向模块转变；复杂的机械控制持续被简化的数字智能替代。一个多世纪以后，这些规则仍然推动着行业战略，不仅仅是在电子领域，而是跨越多个制造行业。

现在，经过一个世纪发展而不断固化的历史规则正在被三项新兴技术颠覆：3D打印、智能机器人和开源电子。这些新技术共同创造了一个受数字化数据推动的制造环境。我们将这种转变描述为从基于硬件的供应链向“软件定义”的供应链转变。

结果呢，一个重新配置的全球供应链将在未来十年出现。它将彻底改变电子行业的制造，转变全球贸易流，并且改变企业和政府决策人员的竞争形势。

为了解电子行业竞争形势未来的变化，以及这些技术如何影响企业的投资决策，我们进行了一项研究，其中包括两个主要方面：对10个国家中的55位高管进行了面对面调研，并采用定量模式衡量了当前行业变

革的潜在影响。我们研究了四个具有代表性的测试案例：拆开产品，分析其物料和装配单，然后确定这些产品如何采用软件定义的供应链制造和经销。

尽管媒体大量报道3D打印等技术，但我们发现，制造行业领导者仍未对这些转变做好准备。制造业的历史趋势仍在推动着电子行业的战略 — 例如，虽然3D打印机允许无限制的定制，但我们调查的大多数供应链高管仍然计划推动更多的标准化产品和组件。通过改变对规模、位置和数量的要求，软件定义的供应链不仅仅改变成本或制造流程，而是将有效地提升我们所知的行业结构。

在这个瞬息万变的环境中，希望在这一过渡阶段取得成功的企业需要改变产品设计和零售战略，准备好在新的行业形势下开展竞争，并且在自己的供应链中融入充足的灵活性。同时，电子企业并不是受这种革命影响的唯一群体。对于政府的决策者，这一革命对于劳动力套利、基础设施要求、技能培养、税务和知识产权等方面都具有重要影响。

尽管媒体大量报道3D打印等技术，但制造行业领导者仍未对这些技术的影响做好准备。

方法论：2013年IBM制造主管调研

我们的调研由两部分组成：

与亚洲、欧洲和北美洲的思想领袖、学者和行业分析家的一对一访谈，目的是揭示他们当前的理解以及未来是否准备好应对不断变化的电子行业供应链。调研包括对10个国家和地区中55位高管的访谈：奥地利、中国、芬兰、德国、日本、荷兰、瑞典、台湾、英国和美国。受访者来自各种规模的企业，包括从小企业到产值达数十亿美元的全球企业。

主要的研究是与一个全球专家小组一起，确定在三项信息技术(3D打印、智能机器人和开源电子)的影响下，制造流程和供应链位置的模式变化。我们建立了一个全球专家团队，对植入助听器、手机、工业显示屏和洗衣机四个产品共同执行数据寻源和建模测试。

产品设计和制造的三个规则

亨利·福特曾说过这样一句名言：顾客可以选择他想要的任何一种颜色，尽管它最初是黑色。他还做出了具有深远影响的贡献：标准化。在1907年推出时，装配一辆T型车需要14个小时。¹ 到1910年，生产被转移到装配线，到1914，一辆车的装配时间被压缩到仅1.5小时。²

根据这一洞察力，通用汽车和克莱斯勒很快认识到，多个汽车型号可以采用许多标准化部件并通过少量改变而制造。根据标准化的基础，制造商加入了新的规则：模块化。来自标准组件的集成模块的装配进一步提高了生产效率。随着垂直整合的企业采用更广泛的供应商网络，它还引发了新一轮的供应链扩展。

最后，产品设计和制造方面出现了第三项最新基本规则：数字化。然而，在制成品中，数字系统的目的不是让产品智能化，而是让其变得简单。从燃料喷射装置到飞机控制装置中的数字控制系统显著简化了产品，提高了可靠性，并且进一步降低了成本。

这些规则不仅仅形成了产品设计和制造流程，而且创造了长达一个世纪的全球贸易、投资和就业。当然，供应链已经十分巨大，原因是标准化为实现更优秀的规模经济提供了支持。其复杂性来自于对更广泛的供应商网络的依赖，而且随着企业不断寻求低成本的装配劳动力帮助整合这些产品，供应链变得日益巨大、复杂且全球化。

在之后的几十年内，三个重大的制造和产品设计趋势相继出现 — 这些趋势在人们心中已经根深蒂固，甚至被视为“规则”。部件的标准化程度持续提高；装配持续地从基本组件向模块转变；而且复杂的机械控制持续被简化的数字智能替代(见图1)。



资料来源：IBM商业价值研究院分析。

图1. 工业供应链的物理现实形成的20世纪中三个传统产品设计和制造趋势。

我们的调研表明，企业多年持续推崇这些战略。受访者表示，在2007年，其产品中66%的部件实现了标准化，而34%采用定制形式。在2013年，这些受访者中有74%现在使用标准部件，而非定制部件(见图2)。与此相似，越来越多的企业采用模块化，并且迅速用数字控制装置代替机械部件。

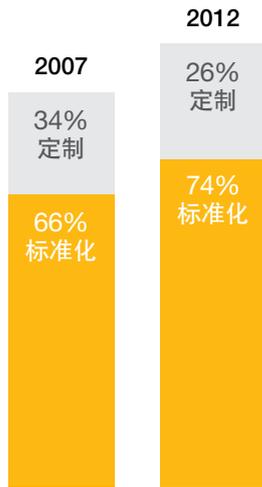
企业多年遵从这些历史制造规则促成了全球行业结构和贸易流。这一结构的三个主要特征包括：

- **越大越好。**行业规模不断扩大，主流企业的产量高达几百万个单位，而每个单位的平均成本不断下降。
- **供应链复杂且包含多个层次。**为了支持大规模的生产和经销，供应链变得更加复杂，并且包含多层供应商和分包商，他们分别执行专业的任务，例如原材料供应商、组件制造商、合同制造商/装配商或仓储。
- **生产分散于全球各地。**在1913年，全球75%的生产集中在五个国家：法国、德国、俄罗斯、英国和美国。³ 自那以后，制造业开始在全球广泛分布。现在，日本、中国和其他国家成为主要的制造中心。

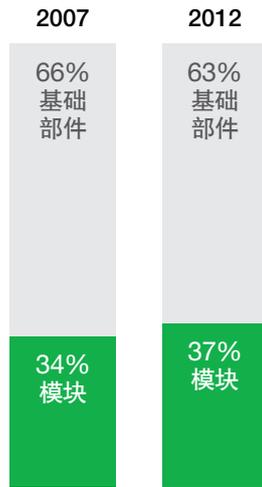
很明显，这三个制造规则大获成功，成就了几十年的全球繁荣 — 将这些规则作为电子行业的框架在如今仍具有明显的优势。

但是，新时代已经开启。与二十世纪相比，当前的技术革命速度要快得多，软件定义的设计和生产周期正重新定义传统以硬件为驱动的方法。

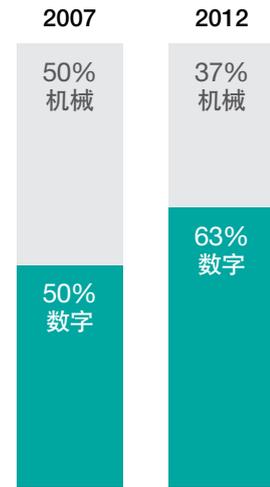
在您的产品中，多大比例的部件采用标准化部件，而非定制部件？



在您的产品中，多大比例的部件采用基础部件装配，而非采用模块？



在您的产品中，多大比例的部件采用机械化，而非数字化？



资料来源：IBM商业价值研究院。

图2. 电子行业高管表示他们将继续注重在一百多年内良好运行的制造方法。

三次技术革命

尽管曾经造就了极大的成功，但大型、复杂且全球化的供应链时代即将成为过去。3D打印、智能机器人和开源电子 — 这三项不断融合的新技术正在创造一个新的时代，并推动着多方面的行业变革。以下我们将更深入地探讨每项技术，以期了解它们对企业 and 政府造成的经济上的影响和其他方面的影响。

3D打印颠覆了标准化

第一项而且是最重要的一项技术革命是3D打印，也叫增量制造。简单地说，3D打印使用与激光和喷墨打印类似的技术，通过逐层打印的方式用材料构造成物体。在过去二十年间，这项技术很快成熟，现在已经足够廉价，消费者能够开始购买自己的3D打印机。

然而，对于企业来说，3D打印不仅仅是一种猎奇对象，而是一场革命。它使企业摆脱了为了构建标准化部件并且寻求规模经济的需求。要制造同样尺寸的部件，一个部件的一千个副本或者将同一个部件打印一千次所用的时间和成本相同。3D打印机也消除了对于大多数金属和塑料部件中间步骤的需求：昂贵且耗时的模具制作。借助3D打印，您可以直接将设计转变为一个部件。

3D打印技术已经到达了一个令人振奋的临界点，许多电子企业已经开始将其作为一项生产技术而投资。这样做的原因包括：

- **成本的快速降低** – 高分辨率桌面3D打印机目前的价格大约为3000美元。⁴ 3D打印机成本的下降和尺寸的减小、精确度和强度的提高以及支持材料的增多使其成为制造商和生产商可采用的技术。
- **精度提高** – 工业打印机通过更高的强度和表面质量的提高而实现了10微米的革命。⁵ 3D打印的几何自由度可实现更高效的设计、更轻的产品和更短的产品设计周期。
- **支持材料的多样性** – 尽管并非所有材料都能实现3D打印，但目前，3D打印支持大约30种工业塑料、树脂、金属和生物材料，而预计导体、非导体材料和绿色聚合物将在十年内可以打印。⁶
- **关键专利的到期** – 自从Chuck Hull的1984增强制造专利在2009年到期，开源社区采用了3D打印，从而带来了快速创新和改进。⁷ 行业中51项关键专利将在未来十年内到期。⁸

由于没有规模经济的要求，3D打印预计将从根本上改变全球批量生产的原则(见图3)。然而，仅17%的受访者称，3D打印对未来制造业具有巨大和“极大程度”的影响。也许同样令人惊讶的是，33%的受访者认为这项技术“不重要”，这表明很大一部分制造商可能没有对正在发生的快速变革做好准备。

3D打印技术已经在原型设计和专业生产领域广泛应用，例如航空和珠宝。随着成本的下降，我们预计这将成为一种广义的制造技术。我们的调研结果预测，3D打印成本将在未来五年内下降79% – 并且在未来十年下降92%，从而使其性价比较之最大规模生产的性价比更高。



规模经济

- 理想情况下，制造一个单元的成本 = 制造一百万个单元的成本
- 尽管许多行业从来没有实现规模经济，但3D制造将降低批量生产的最低经济规模



按需制造

- 快速原型设计将缩短产品设计周期
- 无库存模式将带来更智能的供应链，并降低制造风险



定制

- 3D打印将实现按照个人和人口统计特征需求进行产品定制
- 新零售模式将出现，让消费者参与到产品设计流程中



位置弹性

- 供应链将变得更加具有位置弹性，将制造与消费者更密切地联系在一起
- 运输更少的制成品将改变全球贸易流和物流行业

图3. 3D打印经济将彻底转变全球批量生产的原则。

智能机器人颠覆模块化

第二项技术革命是智能机器人。如果3D打印的意义最大，则机器人是最令人震惊的技术。早期的机器人只不过是昂贵的机器工具。然而，在过去十年间，新型、更灵活的一代机器人被集成到生产线中，并且针对新产品而不断调整。这些系统可以智能地拣选物品，正确地放置，适应不同的生产流程速度，并且采用机器“眼”挑出正确的物品。但灵活的机器人系统仍然很昂贵，在流程的每一步，其设计和配置要花费几个星期或者几个月，每个制造单元的成本高达200,000美元。⁹

最新一代的机器人 — 我们将其称为智能机器人 — 在过去几年已经出现。它的能力有了进一步的改变，而且必将会使机器人成为一种主流生产技术。最新一代机器人的部署费用可低至每台25,000美元，而且可以在短短一天内设置完成并投入运行。¹⁰

智能机器人不只是便宜，它比前几代产品更加先进。它们理解对象概念，例如生产线，而且可以无需编程而执行任务，并且在生产环境中，可以在人们的身边安全地工作。

对制造商来说，低价机器人系统简化了它们对低成本装配劳动力的搜寻。尽管机器人并不会取代所有 — 或者大多数 — 高技能劳动力，但它的确会以极低的成本完成简单的装配操作。这不仅使企业从过于冗长的供应链中解脱出来，而且可以采用组件装配产品，而无需运送到第三方再集成到模块中。

未来十年内机器人的先进程度将进一步提高，预计新一代机器人将成为制造流程中不可缺少的部分。随着成本的下降和能力的成熟，工业机器人的销量在近几年已经开始上升。

例如，据国际机器人联盟的研究指出，从2009年到2011年，机器人在电子行业中的使用率从18%提升到23%。¹¹ 机器人能力的多项逐步改进将持续提高其应用范围，包括：自适应和可配置的装配、安全性、敏捷的操作、通过设计校正的制造、非结构化环境和纳米制造。

开源电子加速数字化

最后一项革命是开源电子的兴起。在过去十年间，消费者和企业都已经适应了开源软件。实践证明，在创建基础能力时，共享工作在软件中非常有效，可这与大多数制成品的嵌入式芯片的制造商关系不大。要知

道，嵌入式芯片的目的是简化产品，而不一定是让产品“更智能”。此外，计算能力的高成本迫使制造商设计出定制电子器件，并最大限度降低嵌入式芯片的复杂度以降低成本。现如今，通过摩尔定律，将全面集成的计算机置入在每一台制成的设备，比开发专用的嵌入式芯片更为廉价，而且速度更快。

3D打印、智能机器人和开源电子，这三项新出现并不断融合的技术革命正在改变全球供应链。

消费者已经采用这些芯片上的系统平台创建开源硬件设计，使设备变得智能化 — 消费者用3D打印机可以制造其中很多产品。企业和个人采用标准化组件来发布开源硬件设计，并且开发能够复制典型嵌入式系统功能的开源软件平台。适用于开源软件的积极的同行评论和声誉树立流程也适用于开源硬件设计。的确，在几年前，消费者每个月仅分享20到50个新的开源产品设计，而如今，每个月分享的新设计数量超过30,000个。¹²

对于企业来说，开源电子的兴起提供了双重机会。我们有史以来第一次能够将设备的“大脑”从硬连线的芯片转变为在灵活平台上运行的软件。这意味着设计周期大大加快，同时，这还意味着实现简化的方式不再局限计算能力，为产品增加大量智能的边际成本已经接近于零。

在我们的调研中，26%的受访者表示，利用新兴技术是在开源模式中实现创新的主要推动力量。紧随其后的是，22%的受访者认为更低的研发成本和更短的上市时间是向外部(而非内部)寻求创新的主要推动力量。

行业中使用的开源组件数量稳步增多。据受访者称，在五年前，仅20%的产品为开源形式，而在2013年，这一比例已经攀升到33%。开源电子将把复杂控制系统的能力和灵活性带到所有的设备类型中(见图4)。

从受硬件约束到由软件定义

如今，尽管我们经常使用软件来设计产品，但现实情况是，供应链是由物理和运作约束条件来定义的。必须首先制作模具，然后经过测试并且用在专业机器中，才能最终制成组件。生产线是为满足产能和速度的要求而精心设计的，而且生产计划系统的设计宗旨是最大程度地减少重新配置的次数。即使控制许多现

代化设备的软件实际上也通过硬连线的方式提前几个月整合到定制的嵌入式系统中。产品通常要经过数千英里才能到达消费者手中。

与此相反，3D打印允许企业直接将设计转变为产品，所有这些都通过软件和一个按钮而实现。智能机器人使用软件简化并加快装配活动，而开源电子将硬连线的嵌入式芯片转变为智能软件平台。

本文描述的每项颠覆性技术都对全线的制造业务具有重大影响，重新塑造了定义当前全球供应链的某些制约因素。但这些技术不会独立地成熟 - 它们将互相融合，因为这些技术具有一个共同特征：它们都是软件定义(见图5)。

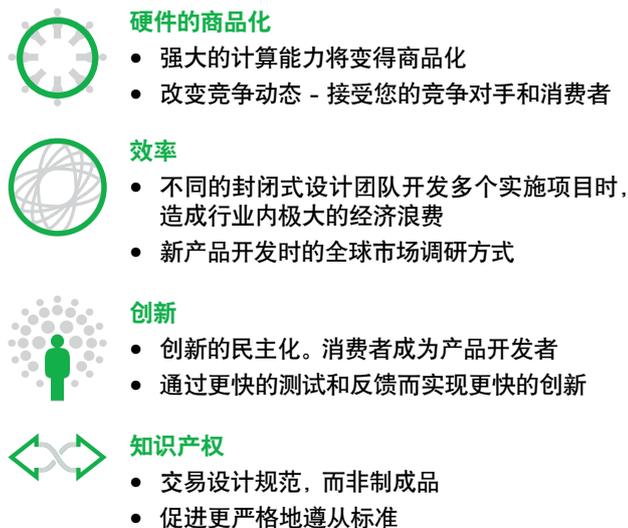
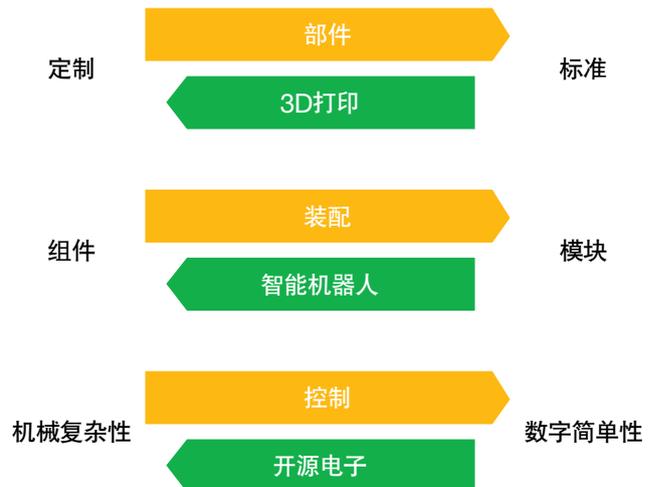


图4. 制造流程中基于开源电子产生的关键成果。



资料来源：IBM商业价值研究院分析。

图5. 传统产品设计和制造规则在当前的数字时代被改写。

四个产品测试案例：衡量软件定义对电子生产的影响

人们对技术驱动的革命预测总是过分乐观。对于这些互相融合的技术革命，制造企业需要提出的逻辑问题是：这些技术何时才能足够成熟，以具有成本竞争力的方式改变制造流程？

为了回答这一问题，我们启动了一个研究项目，旨在更具体地了解这些趋势的影响。我们没有关注通用的能力，而是详细考察了四种产品：助听器、手机、工业LCD显示屏和洗衣机。这四种产品的成本、体积、容量、个性化和复杂性各不相同，每种产品代表企业所面临的真正的、特定的制造和供应链挑战。总体来讲，这些包括小型个人产品到大型、标准化和机械结构复杂的产品，代表着电子行业为满足消费者和工业目的而制造的一系列产品。

对于每种产品，我们评估了使用新的软件定义的供应链制造这些商品的可行性。我们的评估方式是先将每种产品分解为组件，再识别每个组件的来源，然后整体查看供应和装配步骤。

对于每个组件，我们评估它是否能够3D打印，或者用开源选项替代嵌入式电子组件。我们以相同的方式评估每个装配步骤，确定是否需要高技能的劳动力，或者是否可以采用最新一代的机器人装配。

从使用当前3D打印、机器人和开源技术的2012年开始，我们以四个时间点进行这种评估。为了验证预期结果，我们使用2007年作为历史验证点，并使用了五年前的数据。对于最新的分析(2012年)，我们比较了现有的传统和数字制造工艺。然后，我们以领先制造商的技术路线图为准，对2017年和2022年的这些技术的成本和能力做出了预测。

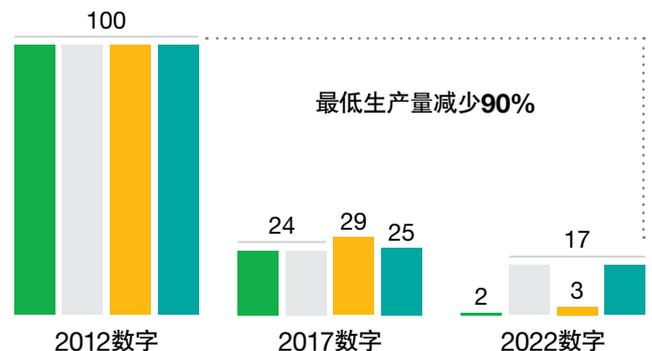
最后，我们对这一模式提出了一个简单的问题：要将每种产品提供给北美洲的消费者和企业，最佳的供应链是什么？

建模结果：小型、简单和本地化的时代

对软件定义的供应链进行测试，成本是最严峻的方面。在每个建模的案例中，我们发现在五年内，每种产品的很大一部分都可以用软件定义的供应链进行制造 - 而且这样做可以降低成本。

在五年内，成本会适度降低，而在十年内，成本平均下降23%(见图6)。然而，进入行业所需的最小生产经济规模会下降得更多，达到90%。但令人意外的是，新技术不会提供一致的“更绿色”结果。

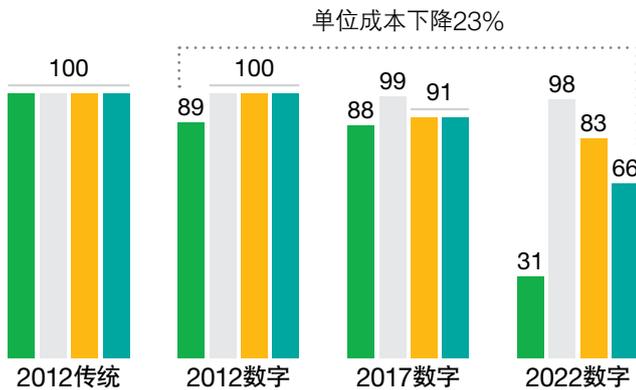
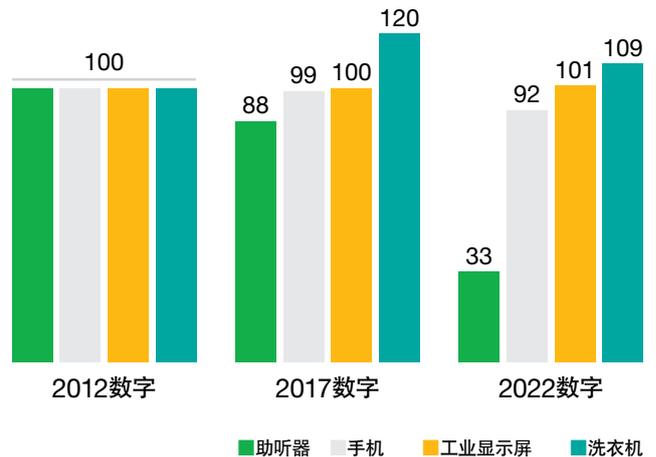
总体规范化最低经济规模分析(%)



资料来源：Econolyst、Mike Watson和Alex Scott。IBM商业价值研究院

图6-1. 我们的分析表明，平均而言，在电子行业中，软件定义的供应链预计提供23%的单位成本收益，对规模的要求降低90%，并在碳排放方面带来可变收益。

总体规范化单位成本分析(%)

总体规范化碳排放(kg CO₂e) 分析(%)

资料来源: Econolyst、Mike Watson和Alex Scott, IBM商业价值研究院

图6-2. 我们的分析表明, 平均而言, 在电子行业中, 软件定义的供应链预计提供23%的单位成本收益, 对规模的要求降低90%, 并在碳排放方面带来可变收益。

实现成本竞争力只是开始。本次研究得到的最令人吃惊的结果是在规模方面。软件定义的供应链在产量方面极具成本竞争力, 比传统供应链的成本下降98%。在我们的模型中, 五年内的成本平均下降75%, 而在十年内下降90%。

总体来讲, 我们预计全球制造业会发生彻底的“再本地化”。助听器的案例对这一观点给出了最好的证明。目前, 通过使用3D打印, 制作助听器主要部件的成本已经大大降低。到2022年, 利用开源电子和3D打印机制作助听器将比使用传统制造方法便宜65%。

这并不意味着每个组件都可以采用3D打印制作, 或者每个装配步骤都可以采用智能机器人完成。相反, 我们分别评估了每个组件和装配步骤, 而且采用供应

链模型选择最有效的选项。最低经济规模的迅速下降指出了这些新技术开始在全面供应链活动中占据极大比例。(更详细的组件和装配步骤分析可见补充建模信息, 地址是: <http://www-935.ibm.com/services/us/gbs/thoughtleadership/software-defined-supply-chain/>)。

3D打印和机器人装配将大大降低对于大型供应商网络或者大规模供应链的需求。对规模的较低需求也将对生产地点产生重大影响: 到2022年, 最佳的制造地点是地区或本地, 而非全球。

所有这些方面的结果是一个不再巨大、复杂且全球化的供应链。相反, 它将是一个相当小、简单且本地化的供应链。

变革会取得良好效果，您应当先行

的确，我们对全球50多家领先公司的供应链领导人进行调查而得知，他们应对变革的准备程度可以这样描述：表示想做出变革，但同时犹豫不决。70%的受访者承认，他们对软件定义的供应链几乎没有做准备。

在被问及他们在未来十年计划做什么时，情况似乎更糟糕。他们给出了相同的答案：更多地保持原样。更高的标准化和更高的模块化，这两大战略正在日益被废弃。

想要在新环境中继续繁荣发展，领先的全球化企业必须做出最彻底的变革。企业需要做出什么样的变革呢？我们所调研的一家公司可以为例。该公司是快速消费品(FMCG)生产商，一般会以数百万件为单位生产SKU，并且在采用机器人方面是领导者。

通过使用最新的机器人，这家FMCG公司削减了在欧洲的制造成本，使其成本非常接近在中国制造同样产品的水平。然而，比成本更重要的是公司的定制方法。该公司为每种产品数以百计或者数以千计(而非以百万件计)的时代做好了准备。公司积极地希望摒弃塑料注塑系统而采用3D打印机，并且确定产品设计如何更改才能发挥3D打印机的全部效力。产品设计和工程组织的每个部分都积极地思索在不断转型的行业结构中公司的未来。

受访的70%供应链领导人承认，他们对软件定义的供应链几乎没有做准备。

立即行动，在供应链颠覆过程中实现繁荣发展

毫无疑问，电子企业面临着巨大的行业颠覆。使用新技术的平均生产成本会降低，而且提高竞争力所需的规模要求也更低。对于以标准化实现方式设计的具有成本竞争力的产品，采用数字化制造能赋予其高度的个性化。廉价的机器人装配允许分段打印各部件 - 从而消除供应链的层次。

对于电子企业来说，向软件定义的供应链过渡需要了解其深远意义：

- 产品设计和零售将受到与客户交互的重大影响；
- 竞争动态将急剧变化；
- 供应链将变得更加简单、灵活且本地化。

那么，由于这些趋势的加速发展，电子企业现在应如何做？简言之，它们需要改变产品设计和零售战略；为在新的行业形势下开展竞争做准备；并且将巨大的灵活性融入到自己的供应链中。

改变您设计和销售产品的方式

随着在线生态系统的扩展，定制设计内容库也随之增大。另外，由于劳动力成本在选择制造位置时的影响力更小，产品需求将推动选择更靠近消费者的地点 - 使消费者比以往任何时候都更容易参与到产品设计中。经销中心可能变为不太复杂的小产品的制造中心。

由于客户参与度日益提高并且他们对技术的了解增强，企业的销售方式也将变得不同。例如，数字部件库有可能改变产品的销售方式，就如同MP3文件改变了音乐行业。由于产品设计和零售受到了更精细的市场细分的推动，电子企业需要：

- **采纳客户的意见，针对新的、不断变化的目标细分市场调整您的产品。** 消费者可以更早、更容易、更密集地参与到设计流程中，从而导致产品设计和产品营销之间的界限日益模糊。现有的客户细分可以改变他们的需要，而企业也应发现全新的细分。您需要跟上不断变化的技术和客户要求，实现产品组合创新，这样才能生产出有客户或目标消费者希望购买的产品。
- **充分发掘生产定制的、个性化产品的潜力。** 产品设计过程可以接受变化，并且更具性价比，因为任何人都可以有设计想法，而且大规模生产的需求显著降低。此外，全新的平台可能会出现，以实现高效、个性化的产品创建、营销和销售。企业需要调整营销战略和未来投资，以满足新的消费者需求，还要重新审查您的产品组合，以找出定制机会。
- **识别新的和正在消失的制造利润来源。** 随着基本设计蓝图可以通过公开来源广泛获取，企业从专有设计和部件生产中获得的竞争优势预计将消失。相反，众包和开源却可能带来对潜在产品的有价值的新想法。您需要识别与行业或新进入者合作的机会，因为这些参与者可能会成为制造业中“新的零售面孔”。另外，维修件业务将导致数字化转型，使企业无法从销售备件中获得利润。

对政策决策者的影响

行业结构的转型不仅仅影响电子企业。政府也需要在多个前沿领域采取行动，以应对广泛的全球性变革：

- **寻找新的竞争优势来源。** 由于低价劳动力的竞争优势下降，必须寻找新的来源。教育和技能培养政策可以为向供应链两端的转变提供支持。
- **重新评估当地经济发展政策。** 随着新的价值链出现，制造业将更靠近消费市场。政府应评估新的制造企业和行业在其自己区域内的机会。通过重新分配和重新部署工业基础设施与资本支出而支持更小型的企业(而非大规模制造中心)。
- **重新审查现有的税务和海关政策。** 全球贸易的物理特征将减少，而数字特征将增加。新的全球贸易流需要评估进口、关税、税款和海关，包括数字化数据的跨国界销售。评估行业面临的机会，例如交通和物流在新的行业结构中向不同角色的演变。
- **优化关于数字制造可持续性的政策。** 增量制造预计将减少浪费，而更多采用本地和地区性交通会造成整体交通成本下降。然而，并非所有可打印的材料都能实现生物降解。向能够回收利用的技术投资，提供材料处置，并且推动关于数字化制造的行业标准，包括鼓励采用更绿色的方案。
- **应对潜在的知识产权(IP)挑战。** 数字化数据的交换使得每个人的设计都有可能投入生产，而且如今，知识产权保护在各个国家的情况大不相同。一方面企业要为知识产权改革和数字权利管理做好准备，保护业务发展，同时，企业还要运用颠覆性技术和开源平台驱动创新 - 起点可以从考虑修改严苛的旧有法规开始。

为新的竞争形势做好准备

与传统制造相比，产量的显著降低必将带来高效的运营。资本支出的要求会降低。以前阻止新竞争对手进入的障碍消除，这意味着电子行业的地理集中程度将下降。随着大量更小型的竞争对手在全球出现，希望增强竞争优势的电子企业可以：

- **分析并指定业务的最佳生产规模。**使用建模工具评估各种可选方案，因为过去的大规模要求不再是障碍。制定场景，研究调整计划在未来多个时间点对生产计划的影响。
- **识别必要的内部重组和准备程度。**评估并满足在与更小的本地制造企业竞争方面的劳动力需求。在新的竞争形势下，制定出在需要的时候和地点培养或获取关键技能的计划。
- **决定您在何处需要更强大的本地存在。**创新规划并创新分配工业基础设施和投资，以支持更加分布式的行业结构。了解不断变化的行业结构如何影响您未来的工厂规模和位置计划。

将巨大的灵活性融入到您的供应链结构中

供应链由于层次减少而变得更加“中空”，更多的价值将与两端的技术创新和客户亲密度相关：设计和零售。为了充分利用这些变革，电子企业应集中精力简化其供应链，并且使其尽可能地灵活。

- **确定哪些新技术将颠覆您的业务，如何颠覆。**例如，先进的自动化将使制造业在选择地点和前期成本投入方面极为灵活。使用建模工具去了解对企业物料单和装配单有潜在影响的因素。

- **重新考虑未来技术投资和设备投资的目标。**由于制造流程变得更加不连贯，在满足模块化和标准化等传统要求方面的投资将不再重要。生产地点的选择将越来越多地基于地区或当地需求，而不是劳动力成本因素。
- **确定您在软件定义的全新价值链中的最佳位置。**如今，成为组件制造商很重要，但如果您为一个特殊的领域服务，这种情况可能会逐步改变。您需要找到一个在生态系统中具有至关重要作用的角色。CPU和LCD等专业部件将继续在全球生产，而其他许多部件将在本地打印或装配 — 从而将集成与模块化装配从价值链中剔除。

自评估问题

电子企业必须抓住机会，准备应对制造业正在发生的三次技术革命的影响。以下问题可帮助企业为实现这一目标而确定有效的未来举措：

- 在这三项技术中，哪一项对您的业务影响最大？哪一项将最快产生影响？
- 不断变化的生产规模要求如何影响您的产品组合？定制和个性化的新机会在何处？
- 您以哪些方式确定在哪个业务部分，利润会随着软件定义的供应链的变化而逐步削减？您如何发现新的制造利润来源？
- 您在何处、何时以及如何向新技术和未来工厂投资最有意义？
- 您如何理解新的竞争环境带来的劳动力技能的变化？

应对前所未有的剧变

我们的研究表明，电子行业目前必须为行业结构和全球贸易流的大规模转型做好准备。与最近几十年的渐进式变化不同，这种正在发生的阶跃式变化 — 是制造业前所未有的。

希望保持竞争力的企业需要识别新的利润来源，并根据新的、不断变化的目标市场的要求而定制产品。保持竞争优势所需的生产规模在减小，这要求企业了解新的行业结构，并重新思考最佳的制造地点选择。企业需要重新评估在软件定义的全新供应链中的价值主张。

关于作者

Paul Brody, IBM公司副总裁兼IBM全球电子行业服务组织的全球行业领导人。Paul负责将IBM全球战略方向、项目规划和产品战略结合在一起。他的联系方式是: pbrody@us.ibm.com

Veena Pureswaran, IBM商业价值研究院的全球电子行业领导人，负责为行业开发思想领袖。她的联系方式是: vpures@us.ibm.com

合作者

Leo Bonanni, Sourcemap公司首席执行官

John Cohn, IBM院士, IBM公司企业战略

Joni McDonald, IBM销售与经销业务部ITSO全球内容服务部内容战略家

Phil Reeves, Econolyst董事总经理

Alex Scott, 宾夕法尼亚州大学博士

Mike Watson, 西北大学客座教授

David Zaharchuk, IBM商业价值研究院政府行业领导人, IBM全球企业咨询服务部(前身为IBM Plant Location International)

致谢

本研究报告的作者希望感谢许多客户合作伙伴的贡献，以及麻省理工学院的Neil Gershenfeld教授和参与到本次研究中的以下IBM同事：

Naguib Attia、Steve Ballou、Marni Barrett、Martin Fleming、Kal Gyimesi、Dan Kamerling、Juergen Koehl、Eric Lesser、Kathy Martin、Tarun Mishra、Ganesh Ramakrishna和Raj Teer。

选对合作伙伴，驾驭多变的世界

IBM全球企业咨询服务部积极与客户协作，为客户提供持续的业务洞察、先进的调研方法和技术，帮助他们在瞬息万变的商业环境中获得竞争优势。从整合方法、业务设计到执行，我们帮助客户化战略为行动。凭借我们在17个行业中的专业知识和在170多个国家开展业务的全球能力，我们能够帮助客户预测变革并抓住市场机遇实现盈利。

参考资料

- 1 IBM Institute for Business Value analysis of “Ford - Model T Facts.” http://media.ford.com/article_display.cfm?article_id=858
- 2 *ibid.*
- 3 Bairoch, Paul. “Globalization Myths: Some historical reflections on Integration, Industrialization and Growth in the World Economy.” United Nations Statistics Division – National Accounts Main Aggregate Database. www.unctad.org/en/Docs/dp_113.en.pdf
- 4 IBM Institute for Business Value analysis of Econolyst data.
- 5 *ibid.*
- 6 *ibid.*
- 7 Wohlers Associates, Inc. “History of Additive Manufacturing.” 2011. [www.wohlersassociates.com/history2011](http://wohlersassociates.com/history2011)
- 8 IBM Institute for Business Value analysis of Econolyst data.
- 9 IBM Institute for Business Value analysis of *Robotics Business Review*. “Perspectives for 2013.” www.roboticsbusinessreview.com
- 10 *ibid.*
- 11 International Federation of Robotics. 2012 Industrial Robots Statistics. [www.ifr.org/uploads/media/WR_Industrial_Robots_2012_Executive_Summary.pdf](http://ifr.org/uploads/media/WR_Industrial_Robots_2012_Executive_Summary.pdf)
- 12 IBM Institute for Business Value analysis of Econolyst data.



© Copyright IBM Corporation 2013

IBM, the IBM logo and ibm.com are trademarks or registered trademarks of International Business Machines Corporation in the United States, other countries, or both. If these and other IBM trademarked terms are marked on their first occurrence in this information with a trademark symbol (® or ™), these symbols indicate U.S. registered or common law trademarks owned by IBM at the time this information was published. Such trademarks may also be registered or common law trademarks in other countries. A current list of IBM trademarks is available on the Web at “Copyright and trademark information” at ibm.com/legal/copytrade.shtml

Other company, product and service names may be trademarks or service marks of others.

References in this publication to IBM products and services do not imply that IBM intends to make them available in all countries in which IBM operates.



Please Recycle

北京总公司

北京朝阳区北四环中路27号
盘古大观写字楼25层
邮编：100101
电话：(010)63618888
传真：(010)63618555

上海分公司

上海浦东新区张江高科技园区
科苑路399号10号楼6-10层
邮政编码：201203
电话：(021)60922288
传真：(021)60922277

广州分公司

广州天河区珠江新城
花城大道85号
高德置地广场A座9层
邮政编码：510623
电话：(020)85113828
传真：(020)87550182