

## 持续工程的竞争优势



## 目录

- 1 执行概要
- 1 改变还是落后
- 4 物联网影响
- 6 成功需要持续工程
- 8 解锁工程知识
- 10 持续认证
- 12 策略复用
- 14 开启技术领先者之路
- 15 结论
- 16 有关更多信息

## 执行概要

工程产品从未如今日般复杂。曾经简单独立的机械产品，如今却由软件衍生出自身智能，从而实现与使用者之间、以及产品之间的沟通。比如，家用供暖和空调系统、照明和报警系统可感知环境并做出反应，还可进行远程控制和监控。不久之后，只需轻点应用，无人驾驶汽车即可将人们从一个地点送往另一地点。这些工程产品不仅是新奇事物。它们可执行关键的功能，例如向用户通知危险情况、判定交通事故原因，以及监测和改变城市交通。

当今的产品集物联化、互联化和智能化于一身。它们可传输和累积数据，而后利用这些数据改进自身性能。由于附带了巨大的功能可能性，这些产品既为制造商提供了机遇，也带来了挑战。通过提供软件升级和维护服务产生新收入便是其中一个机遇。

然而，由于这些产品使用软件并传输数据，且是系统中的系统以及不同生态系统的一部分，因此通常需要对传统工程过程进行修改，以便解决设计和开发问题。

持续工程可帮助制造商改变商业模式，充分利用这些产品所带来的机遇，同时为工程师解决开发难题。本白皮书所关注的，是您如何利用持续工程开发当今的智能产品，从而为营造竞争优势创造机遇。

## 改变还是落后

曾几何时，您仅可通过击败竞争对手、以较低成本交付货物或依靠高质量产生分化来建立市场领导地位。然而，如今智能产品的时代已然到来，这些赢取竞争优势的经典措施已被使用者视为理所当然。比如，Volvo 曾以汽车安全著称于世。而现在，该产品属性仅是一项基本需求，不再成其为区分元素。现在，区分元素处于技术增强的最边缘。谁能最先满足使用者不断变化的需求，这项设备和产品就能稳获竞争优势。

各个产品制造商不断努力，试图在这个新世界里力拔头筹。各家企业都在新技术上投入极大的赌注，那些为自身产品注入更多智能和复杂性的企业更是如此。然而，高投资必然带来高风险。随着产品中嵌入式软件的增多，设计错误可能出现漏检，直至产品发货和售出才为人所知。比如，由于用来预测温度需求的温度调节装置失效，导致人们半夜被冻醒。再比如，车辆突然无法控制地加速。

这些问题主要由复杂性导致，与产品所具备的软件定义功能和极端的连通性相关。事实上，产品复杂性可达到极高的程度，以至于不可能对所有可能的系统交互进行预测和测试。此外，制造商还在创造更加智能的产品，这些产品的设计宗旨为，利用制造商的运营环境或产品自身传输数据中的信息进行“学习”。这些信息包括操作和性能数据，以及其他产品和系统中的数据。

如今的很多产品将不再独立于世界。比如，怀俄明州中部某个旅行休息站中有一台自动售货机独自伫立于此。对于消费者而言，它仅可出售零食。但实际上它却可能被赋予更多的功能。只要装上传感器并连接至 IT 主干网，这台机器就可感知采购模式，监测库存，并在特定商品卖完之前下订单以补充库存。这个案例虽然简单，但其概念却可扩展至很多行业。一些快递公司、出租车公司和修理及维护公司在其车辆上装配精密电子设备，用以追踪员工，并对关键和复杂的路线进行规划。企业可借此提高效率，减少人为错误导致的损失。装载有网络传感器的飞机机身不断将飞机损耗的相关数据传送至制造商的计算机，协助开展主动维护，减少意外停机时间。人们对于产品智能化、物联化和互联化的期望是事实存在的。

---

### 连结世界的事实和数字

- 如今，全世界共有约 90 亿台设备与互联网相连接，其中包括传感器、RFID 阅读器、计算机和智能手机。
- 预计在今后的十年中，连接至网络的设备数量将显著上升，达到 500 亿到 1 万亿台。
- 到 2025 年，物联网每年可创造 2.7 万亿到 6.2 万亿美元的经济影响。<sup>1</sup>

---

为了进一步了解制造商和工程师在产品开发世界所面临的现实，让我们看看几个例子。通过市场上产品的复杂性，我们可以见微知著。现在，您可使用智能手机熄灭房间灯光，或当您身处千里之外时，仍可设定闹钟、发动汽车或设置室内温度。您可在手腕上佩戴数字设备，用以持续不断地测量健康状况，检测脉搏率或体温的变化。随后，该设备可上载信息至站点，显示您所消耗的热量，您行走的距离，等等。

网络化道路、培训、出租车和工业传感器可在更大范围内将信息发送至系统，以管理能源使用，指导城市规划者，简化应急服务，改善本地业务。在墨西哥的某个城市，出租车司机可使用包含 GPS 功能的手机分享事故、路灯故障及其他工作相关的信息。另一个例子是 Google 注册表和留言板，它可利用第一位及其他响应者输入的信息，在灾难后普通通讯系统失灵时，帮助人们寻找和联系亲人。

这些产品听起来似乎如科幻小说般不可置信，但却已然上市或即将上市，而它们仅是未来产品的冰山一角。这些产品呈现出的新挑战就是，在这个操作环境和消费者需求变化如此快速的世界，如何避免被过时淘汰。为了应对这一挑战，制造商设计的产品本身包含较长的适用期，而其包含的嵌入式软件所控制的功能可不断进行改进和更新。可穿戴式健康和健身监控器便是一例。该设备的早期版本软件仅可监测和捕捉健康和健身信息。然而，型号更新的设备装载有软件更新，不仅可以生成数据，还能对这些数据进行分析并提供建议，如，“为了达到今天的健康目标，您需要对椭圆机进行如下特定设置，并锻炼 30 分钟。”

## 物联网影响

智能钻头（用于油气钻探）在每分钟钻井中可产生一百万个数据块。大数据技术可将数据分析输出分享至云，从而将智能钻头与其生态系统相连接，使数据清楚易懂。对于如此智能化、物联化和互联化的产品，企业如何进行设计和测试，同时降低产品功能不合原意的风险？互联化是一项严峻的挑战，因为产品功能能否获得成功，往往超出了初步设计团队的控制范围。产品可能与其他产品（机对机互连）相连接，也可与支持生态系统相连接，或两者兼备。这些产品真正成为了其他系统中的系统。

这种高度互联通常被称为物联网，现已在大多数行业广泛应用（图 1）。早在 2013 年，类似于 Forbes 等出版物以及 Cisco 和 IBM 等企业就曾宣称，物联网实质上就是万物互联，并预言其增长速度将超过原互联网的 10 倍。<sup>2</sup>

那么，既然互联化的环境不受制造商和工程师的直接控制，那么他们如何在此环境中进行设计？设计独立产品时，软件和硬件需同时变更，并运用多学科以制成最终产品，这已经是困难重重。然而，如需将这些产品连接起来并与其他产品和系统进行智能沟通，那么任务将更加艰巨，需要更多的协同工程和设计。

	银行业	保健业	汽车业	零售业	运输业	能源和公共事业
保健业	现金重置解决方案 移动银行	付费家庭护理服务	按次付费汽车租赁	现金重置 传感器启用的忠诚度卡	旅行者付费通知 交通拥堵收费	按次付费能源使用
优化	优化的现金管理	ER 床位资源管理	预测性零部件更换 车队管理	交货及库存补给优化 店铺布局优化	智慧城市交通管理 机场管理	高峰时段延迟非关键供应
扩展	吸纳无银行账户人群 生物统计学 更智能的津贴	生活习惯监控	车载电影、音乐和游戏 高度自动化驾驶	智能自动售货机 交货储物柜	移动化服务	智能家居服务
控制	远程 ATM 管理 动态授权	远程医院环境管理	远程驱动机构优化	店铺能源管理 店铺停车管理 动态定价管理	人群管理 时间表管理 资产管理	远程控制消费设备

图 1 - 主要行业和物联网

随着产品开发加速迈向未来，连续数据传输、互联性和频繁软件升级不断发展，制造商不得不面对的问题，便是如何以一种与新世界相异的业务模型维系收入增长。未来的事谁也无法保证。然而，当前趋势已向制造商道明了新机遇，比如，对于产品到达客户后这一愈见重要的过程，进行管理和优化。这种服务关系已逐渐为人们所发觉。Netflix 提供娱乐的服务，而 Dropcam 也提供视频录像的服务。在 IT 行业，企业不再依赖于硬件销售和软件采购，取而代之，它们付费使用软件或基础结构、甚至是平台和业务流程。

因此，比起单独依靠销售产品，制造商在产品售出后可获得更大的利润。由于智能产品功能主要通过软件提供，制造商可在产品上市后提供功能升级服务，从而延续销售行为。例如，车载“资讯娱乐”系统每隔数月就需要更新一次，即使车辆已上路 10 年或更久。提供额外功能可帮助制造商“留住”客户。一旦产品过时，客户可能落入竞争者之手，购买其他产品。然而，如果产品不过时，客户对产品的满足感可持续更长时间，从而延长产品产生收益的时间。

智能产品为增加收入提供机遇的另一种重要方式是基于它们生成的数据。有了这种数据，制造商可利用分析学预测维护需求，从而降低保持产品功能相关的成本。其结果是，制造商可转换其业务模型以增加服务重点。他们能以更低的成本提供服务，这对于他们自身和客户而言是“双赢”的结果。客户免除了维护之忧，而制造商可在产品服务方面收取更多费用（或在同等收费下取得更高的收益）。

那么，制造商如何才能利用这些机遇？如何制造这些产品？这些问题的答案，牵涉到产品最初如何形成、具备哪些功能、以及如何设计才能有效融入物联网等问题。产品不仅需要生成数据，并且还需要生成正确的数据，该数据应支持建造产品的目标，如可维护性。并且，由于产品运营的环境十分复杂，不可预知的变化不断出现，因此产品必须充满弹性，以适应技术的发展和客户情绪的变化。因此，对于产品这个极其复杂的系统中的系统，工程师必须能了解其如何在一个生态系统中进行互操作，而该生态系统已然又是另外一个系统。这种复杂性相当广泛，要求对系统工程原理进行有效设计，以满足环境中的可操作性。

概念和愿景日趋成型，可帮助制造商应对挑战，改变业务模型，开发可生成正确数据的产品，融入复杂的生态系统。在企业从传统工程和产品生命周期管理过程转战更适于今日之智能连接产品的开发方面，有一个概念特别有帮助。那就是持续工程。

## 持续工程助成功

对于制造商企业而言，要想在智能产品时代获得竞争优势，其工程师需在设计系统中的系统时注入复杂性。传统工程实践已远远不够。产品或系统越复杂，传统工程过程就越不可能产生效果。将生产过程分割为独立的阶段——通常先进行需求定义，随后是设计、建造、测试等步骤——难免在过程中产生停止、跳跃和中断。设计人员、应用程序开发人员及产品开发过程中的其他人员往往需要等待新增信息才能继续开展工作，而这些信息通常锁于某个不可访问的系统，或藏于某封未送达的邮件。

使用大量反馈回路并行开展工作可能产生瓶颈和延迟，这些在需求不断加速的环境中无法获得容忍。此外，开发智能产品也包含了学习的过程，这就意味着整个开发过程也将不断变化。为了避免停止现象，应对变化，工程过程应成为一个持续流，整个过程应允许甚至欢迎反馈、学习和改变。在这个过程中，产品工程师和开发人员应该能够：

- 对跨传统工程学科（如软件、机械、电子等）的数据进行整合和分析。
- 在建造昂贵的实物产品用于测试前，验证系统是否在适当地工作。
- 当传统测试无法进行认证或满足复杂性时，运行不同类型的分析。
- 处理众多不同的需求，以及数以万计的平行产品变体。

目标是以更低的成本、更快的速度交付正确的产品，消除效率低下现象，避免错误的假设。简言之，由于变化持续发生，工程也永不能停止。唯有能够从事持续工程的制造商才可能取得成功。

**持续工程是一项企业能力，它可通过帮助企业发展工程实践，加速交付愈加复杂和互连的产品，应对不断加快的商业变化。**即使在工程过程中，世界也从未停止改变的步伐。因此，制造商和开发人员必须保持足够的灵活性，时刻注意吸收这些变化，不断前进。在变化速度更加缓和的年代，企业可以抢在重大变化发生之前制造和发布产品。然而，今天的世界却处于持续不断的变化当中。所谓持续工程，就是持续应用工程工具、方法和技巧，频繁地应对这一变化。

持续工程中的“持续”并不是说工程永不会停止。相反，其着重强调的是，对于产品和系统而言，重新考虑、重新设计、重新集成和重新创新的必要性永远存在。持续工程可为工程师提供所想要的工作方式——所有工具、数据和专业知识都更容易获取，工作起来更加如鱼得水。在这个不断发展的生态系统中，产品改进也在持续发生。由此，工程师可消除重新发明的相关成本以及高昂的下游成本，同时对跨学科决策和合作加以利用。借助持续工程，工程师在操作中无需受累于使用、学习和更新众多迥异的系统。相反，简化的系统可共同工作，让工程师使用起来更加得心应手。整个过程实现了从需求到概念，从概念再到设计的无缝对接。持续工程将工程师从陈旧的桎梏中解放出来，让他们得以放手设计和开发新的产品，这些产品即使售出，仍可通过提供升级和服务继续产生收入。



图2 - 持续工程所着重强调的是，对于产品和系统而言，重新考虑、重新设计、重新集成和重新创新的必要性永远存在。

**持续工程是一项企业能力，它可通过帮助企业发展工程实践，加速交付愈加复杂和互连的产品，以应对不断加快的商业变化。**

### 万物都在连接中.....

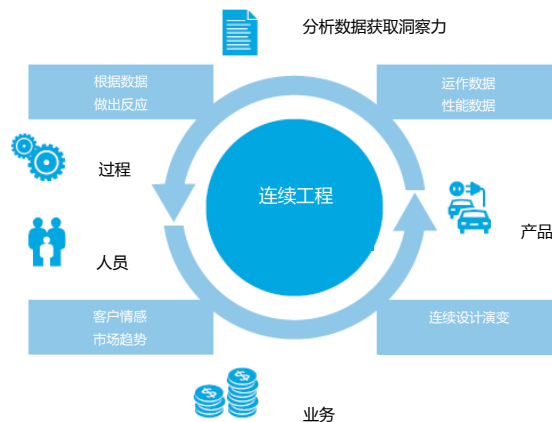


图3 - 持续工程适合产品不断演化的生态系统和物联网。



图 3 演示了在物联网环境中，持续工程如何支持持续设计演化。就其最简单的形式而言，物联网就是一件“东西”（一件产品），它可生成数据，而过程、人、业务或三者共同根据这些数据采取行动。持续工程确保工程师可以访问和使用产品所生成的数据，以做出正确决策。它同时也确保工程师使用客户情绪和市场数据，为产品设计创造正确的需求。并且，它还使通过软件更新或产品发布向市场持续交付产品改进成为可能。

而持续工程的核心是三个初步实践。其一，是**解锁对工程知识和信息的访问和理解**，无论这些知识和信息的来源为何处，以确保在正确的时间做出正确的决策。其二，是**将持续验证需求**和**设计**贯穿产品开发生命周期的各个阶段，以防止返工，以更快的速度向市场发布质量更高的产品。其三，是**工程生命周期内的策略复用**，以提升设计效率、设计产品线并控制复杂性。借助这些实践，您即可开始将持续工程注入您的产品开发过程中。随着这些实践在您的团队中得到深入开展，一段时间后您将其应用于更广泛的持续工程转换中。

这些实践并非新兴事物。了解您所工作的信息，验证您所完成的工作，尽量重复使用设计资产，这些早就被认为是完成工作过程中很好的理念。但在持续工程环境中，它们却已然变成了成功的关键因素。好消息是，您的开发团队无需抛弃他们业已知悉的信息和完成的工作。相反，他们可将重点聚焦于可利用持续工程赢得最大价值的领域。

## 解锁工程知识

您的工程组织存在大量的独特而来之不易的知识和信息，它们都被困于系统、数据库、邮箱、文件或其他地方，不得脱身。您的组织也使用数十或数百个工具和应用，它们都在收集数据，并以各自的格式存储于自身的数据库中。这些格式和数据库并非都容易进行访问。一旦关键信息无法访问或分享，就可能拖累最终结果，导致结果次优化甚至失败。

对于如何解决这一问题，人们已给出了一些简单的解决方案。例如，一种思想派别应集合所有的文件、规范、设计、图样、需求、代码和其他资产，并将其存放于一个大规模的集中数据库中。大数据库的问题起始于数据。产品工程生成大量的数据，其中很多是大文件和大格式。例如，您当前拥有非结构化数据，并将其存储于整个服务器、云和其他存储库中。这些数据包括 CAD 图样、蓝图、图标、录像、电子邮件等等。它们中甚至还不包括那些任何第三方项目干系人和开发团队都可能存储的非结构化数据。您如何移动所有这些数据，特别是在绝大多数时候，您甚至都无法对它们进行访问？

**大量独特而来之不易的知识和信息都被困于系统、数据库、邮箱、文件或其他地方，不得脱身。数十或数百个工具和应用都在收集数据，并以各自的格式存储于自身的数据库中。其中大多数都不易访问。一旦关键信息无法访问或分享，就可能拖累最终结果，甚至导致失败。**



即使您找到简单易行的方法来移动数据，您仍需要构建和部署数据库。为了搜索您所需要的数据，您需要翻遍不同组织的系统和数据库，并将其转换成普通格式，以便使其进入数据库。并且，在此过程中您很容易弄丢不同数据元素间存在的重要关系。另外，就那些可为工程规程提供最有效支持的工具而言，单片存储库的使用妨碍工程师对其进行使用。

对于成功的工程而言，随时访问当前容纳的数据更为重要。这一策略可保护重要关系。以战斗机为例，如果安全标准改变，您应能够进行访问有助于您了解需求影响的数据。如果新变体仅为法国需要，那么问题就是哪部分数据无法继续复用。

---

#### 解锁知识：样本场景

一位产品经理正着手对手机的新变体进行界定，该手机设计用于新地理市场的一系列媒介物。搜索“carrier regulations Korea”，就会从一个索引和 Web 中返回重要内容，为产品经理指定新变体提供帮助。产品经理可将已发现的外部内容链接至新创建的产品定义中，确保有需要的团队人员可捕捉和获取其基本知识。

---

#### 访问工程信息

促进信息连接的开放标准已然存在。其原则是，将数据作为可链接处理，链接方式是一个 Web 页面的 URL 链接至另一 Web 页面。试想一个类似基于 Web 搜索引擎和查询的强大搜索引擎，它可使工程师提出问题并使用影响分析来支持其工程决策。

链接至数据的其中一个机制使用生命周期协作开放服务 (OSLC) 规范。使用这个规范，可通过查询和操纵工具获取链接数据——并且是所有数据，而不仅限于特定供应商的工具。OSLC 将数据、工作项、工具、设计和其他信息链接起来，且无需创造大量难以管理的存储库。各项目仍位于其原始存储库中，一个页面与 Web 上另一页面链接的方式也与此相同。“开放”是这一标准下最关键的词汇。受 OASIS 的开放标准协会影响，OSLC 包含针对多种规程的开放性规范，包括应用生命周期管理和 DevOps。它以解决为导向，由不同场景定义，灵感则来自于 Web。并且，工程数据索引由联合域工具创建而来。该索引允许进行跨域的生命周期查询，可跨越工程学科、生命周期阶段（测试和制造需求）和多厂商的应用程序。但它所解决的不只是访问问题；它还将这些数据转换成了可用的知识。

## 大数据分析

一个组织中的大部分数据（高达 85%）都是松散的。因此，大数据分析可用于增进对过剩工程数据的了解，特别是与复杂产品设计相关的数据。这些数据可能遍布于您的组织的数据库中，也可能是操作中产品生成的性能数据。增进了解的方法有多种。很多时候，工程师只想了解数据关系；比如，什么软件与什么硬件相关联。而有时，熟悉结构中的数据可视化（例如 ISO26262）是必须的。分析可帮助识别人类无法检测的趋势或不一致。

### 您如何能采用解锁工程知识

您如何着手为持续工程解锁工程知识？您必须探索将不同供应商、工具和版本的工程工件相链接的解决方案。通用平台上的世界级工具应实现在其存储地访问工程信息。您的解决方案还应包含分析工程关系的功能，及其对整个设计生命周期的影响。这些功能应跨越或甚至消除工具边界，以解锁工程洞察力。此外，您的组织应提供相应功能，帮助实现跨越工程域的合作。最后，您还需将来自大工程数据分析和操作数据的积极洞察力变成结果，并对大数据发现的模式加以利用，以优化产品工程。

## 持续验证

产品失败的代价可能十分昂贵。例如，最近某个导弹测试失败了，这将给制造商带来数亿美元的损失。如果能在早期发现失败的原因，就可大大降低损失。再想想近年来的汽车召回事件。如果制造商能在客户将车开走之前检测出设备中存在的问题并及时予以修复或更换，便可完全避免产生高额的损失。

借助持续验证，可在产品开发生命周期的早期对物理行为和系统行为进行建模。随后，该模拟和测试技术被持续应用于余下的各个阶段，直至设计成熟。在早期设计阶段，更改时常发生。因此，不论是在直接的产品设计层面，还是在需求和测试层面，都有必要对提议所涉更改可能产生的影响进行了解。这一过程迭代组合了多个工程规程的贡献，因此集成问题在早期未被揭露。

但持续验证包含的不只是模拟。它的内涵还包含，将客户情绪和市场趋势考虑在内，对产品的总体预期功能的适当性进行验证。

---

### 虚拟模型使早期验证和制造实际产品前的验证成为可能

虚拟模型可用于功能、行为、体系、结构、性能、可靠性、安全等方面的早期分析和权衡研究。这些模型可以：

- 提取机械技术、电子技术、软件实体，或其中两者或所有三者的组合，不管它们为独立操作还是集成操作。
- 对设计的系统及其测试台进行测试（工厂模型）
- 使您可将系统级别的用例用于分析。
- 提供不同配置以驱动当前分析。

---

### 持续进行验证

制成品的设计最初通常由用户的需要和需求引出。这些需要和需求有时基于大量文档，有时又来自市场营销或业务用例。验证与符合这些需求有关。验证的一个方面，就是判定产品或组件是否满足了这种需求。如果直至开发周期末期完成这一过程时才发现问题，重做或重建产品或组件就是一项艰巨的任务。为了解决问题，开发人员和设计人员可能需要再次检查大多数设计过程。

与之相反，持续验证在整个开发过程中对产品和组件进行测试，而非等到最后一步。在早期设计阶段，一些硬件和软件可能被模拟，这使得开发前测试成为可能。此外，每次集成后，工程师和其他人员都将各部分的不同组合集成并进行测试。在软件开发领域，持续验证已实施多年。每天，应用程序开发人员都试图建造整个软件项目，并让其运行。他们可更早发现软件中的缺陷并更早进行修正，而非等到软件已安装完成时才发现无法使用。

### 持续验证：将客户留在循环中

验证的过程，就是判定构建的产品是否适当的过程。不管产品是否符合要求，都存在是否满足客户需要的问题。二者并不相同。有时，构建的产品完全符合所有要求，但客户却无法使用，或产品无法为客户效力。在整个开发阶段，持续验证都将系统展现在客户和顾客面前，实时进行验证，保证产品始终能满足其需要。随着项目或程序的进展，客户和工程团队也在不断学习，因此验证包含了不断对需求开展进一步的深入阐述，确保始终将开发中的系统列为目标。验证可采取一系列方式完成。其中一种方式使用早期原型演示；另一种则在产品构建之前，采用模拟向客户传递一种构想，对产品进行说明。客户可对此提供反馈，诸如此类。

持续验证不仅限于客户演示。它是一个持续不断的过程，而客户始终未脱离这个循环过程。它还包含通过遍历博客、社交站点等互联网和 Web 站点，收集客户所处的社会内容。随后通过分析，了解客户对市场上的现有产品看法如何。

### 您如何采用持续验证

为采用持续验证，您需要寻找一个解决方案，可让您通过测试对需求覆盖进行演示。该解决方案应可自动测试，尽可能多地测试管理，并可发布警报，一旦测试失败或需求发生改变时，立即予以指明。您的解决方案应支持模型驱动的方法，可使用基于模型的系统工程，以达成需求规范中的需求和设计；可使用系统级别建模，以完成结构验证。最后，模拟功能十分重要——虚拟硬件和虚拟软件都不可或缺。这就包含了供应链中多企业、多畴的混合模拟、多平台或组件的集成，以及通过“模拟”进行“验证”——软件、硬件和信息物理。

### 策略性复用

在制造业早期，大多数产品的构建都完全相同。早期的福特汽车便是一个很好的例证，那时仅有一种颜色——黑色可供选用。仅制造一种产品变体是经济有效的，因为无需在过程中进行更改以适应不同的配置；然而，一个版本却不太可能吸引或满足每一位潜在客户的需求。与其相反，航空制造业却发展为根据每位客户的特定请求提供不同的产品变体。

然而，由于每件产品都彻底实行定制化，这种制造方式也相当昂贵。只有财力十分雄厚的客户才有能力为这种定制买单。如今，大多数客户想要以较低的价格享受定制。

当今制造业内的大多数产品拥有高度共性。比如，美国版本与英国版本的战斗机有大量的相同之处。它们之间仅存在少量区别，因此，从头开始建造两架战斗机就不太切合实际。可行的办法是，对于战斗机的核心部分，或两种版本机型的共同之处，可一同进行建造，而对于不同部分，则应分别建造。汽车更新也与此类似。应分别建造的，莫过于标准配置和豪华配置之间的相异之处，或为供应不同国家市场所做的调整部分，等等。

所谓策略复用，就是在整个产品开发生命周期涉及的规划、设计和执行中，尽可能多地利用知识资本。只需看看各类产品的众多变体，就能充分感受到这种策略的诸多好处。例如：

- **汽车产品线。**一种汽车拥有数十种主要变体。
- **移动设备。**智能手机平台存在 900 种变体。
- **航空航天业。**几乎每位客户都要求交付一种指定的变体。

策略复用使得产品建造由特征集开始，可用于数十、数百甚至数千种产品变体。您管理的是产品组件版本及其各种形式的组合，并且在很多情况下，您管理的是一个产品线。

### 汽车公司利用复用实践产品开发效率

欧洲某主要汽车公司曾寻求方法，试图在降低开发成本的同时，加速新型号产品的发布。达成这一目标的关键就是跨越车辆平台，提高组件的复用率。作为其全球卓越计划的一部分，公司对传动系及零部件实施了跨品牌模块设计。借此，公司将其全球引擎平台从 8 个降低至 3 个，而未更改任何典型的品牌特征。

### 从特别复用到战略复用

已有很多不同方法可促进工程资产的复用。历史上曾用到的一种方法是“克隆并拥有”。这种方法意味着新所有者复制资产，然后对其进行维护。然而，随着原版本和新复印版本更改的逐渐增多，其传播也越来越困难，这是由于通常未对克隆次数进行跟踪，而克隆资产的位置也无从知晓。此外，这种方法的扩展性也不佳，因此需要更有效的方式，以对产品线中的普通资产进行管理和复用。

另一种复用示例是跨域产品结构界定，它可促进多个不同产品的组件复用。在跨域产品结构中，您为所有域创造和管理产品配置：需求、测试、工作项及其他资产。可跟踪性、导航、查询和报告均可支持。如果在一个版本或核心组件中发现了工程问题，自动化可使修订传播（并跟踪）至其他受影响的版本。

### 基本战略复用级别

为复用设计的工程产品线体系结构可通过任意数量的方法完成，并且这些方法之间互不排斥；它们可根据特定需求进行混合、配对和定制。然而，有三种比较常用的模式：

- 多流变体管理。第一种基本模式提供配置管理的核心机制，它包含多个工程规程和工具。这一功能使用产品和组件版本以创造配置，该配置代表的是产品线中不同的产品变体，或产品线中同一产品的不同发布。
- 参数化复用。第二种模式使用参数将产品变体创建过程自动化。这些参数让您能在产品定义中条件性地选择组件，并将参数值应用至特定工程工件中。在这一级别，工件复用通过维持产品设计的单一来源得以实现，无需维持手工分支。
- 特征驱动产品线工程。第三级应用特征模型，它包含特征组及其关系、而非设计中的所有细节的表达。组合创建和组织核心资产。从这些核心资产和核心体系结构，您可衍生出新增产品。此时，您为平台创建一个特征可变性模型，然后将特征映射至产品。特征选择使您可衍生出组件配置。

在所有这些模式中，版本和变体适用于所有工程信息，包括需求、设计、模拟、校准、测试、变更请求等等。这些活动降低了工程水平，但维持了同样的定制水平，而这正是策略复用的目标。

这几种模式如何实现？让我们来看看为世界各国运输公司制造集装箱运货船的企业。这些船中，有一艘船的客户为美国公司，而另一艘的客户为中国公司。企业将美国集装箱运货船中的一些组件复用，用于建造中国客户的集装箱运货船。在产品线模式，企业工程师从两艘船的共性中提取一个核心平台。工程师以该核心平台出发，分别为地中海航运公司、日本航运公司等其他公司建造船只。核心组件的任何更改都将传播至所有市场的船只。

### 您如何采用战略复用

为采用战略复用，您应寻求一种解决方案，该方案可帮助您实施专为您的特定市场、产品和业务策略进行了优化的复用模式。它应提供需求、设计、模拟、校准、测试和实施工件的配置管理。同时，它也应帮您界定产品线中的变体，并随着时间的推移不断发展。

## 开启技术领先者之路

持续工程是一个广泛而诱人的愿景。工程师不应受制于工具、基础结构或信息访问；相反，工程是一个无缝的迭代流，需求、概念、设计、模拟、制造和测试应一气呵成。工程规程间的协作和知识共享唾手可得。因此，思想、创造和分享没有边界，焦点应放于工作，而非工具。

IBM 致力于实现这一愿景，并已拥有相应的技术和平台，可帮助制造商在智能产品时代赢得竞争优势。IBM 是生命周期协作开放服务 (OSLC) 的先驱之一。OSLC 是 IBM 持续工程承诺的基础；然而，我们也开发了其他技术用以实现这一愿景。IBM® Rational® Engineering Lifecycle Manager 是一个查询和数据操作工具，它可进入关联数据——不仅是 IBM 数据和工具，也包括其他供应商的工具，甚至是您内部开发的工具。工程师可发现整个企业内部的信息，以获取新知识和内容，助益工程决策。

IBM 也联合了广泛的功能，可用于为持续工程开发平台。这个开放的解决方案已实现广泛连接、集成和索引，可帮助促进与现有产品开发技术投资进行交互。方案还包含最新的社会媒体技术，以及产品开发应用的大数据。智能产品制造商可达成更高的精确性、速度和完整性，同时实现对一致性更灵活的管理。



IBM 愿景和持续工程平台可作为构建块，将您的业务模型转换为适应最初的产品销售、持续客户契合和服务交付的模式。该构建块可帮您步入此类转变之路，并在整个过程中为您提供必要的指导，协助您赢得竞争优势，让您在这个制造和工程新世界中独占鳌头。

## 结论

制造业的转变令人欣喜。如今，让自己制造和建造的产品区别于竞争者的挑战更加艰巨，原因在于，原先的很多区分元素现在已被视为理所当然。同样，软件也在创新中占据了更大的分量——在很多情况下成为了驱动性力量——同时也在满足客户和使用者需求方面起到更重大的作用。此外，产品不断生成数据，这些数据积累并存储于云和硬件中，可用于提升性能，降低维护成本。因此，制造业正全速前行，迎接我们的，将是在销售产品之外，服务也可驱动收入的全新世界。

转换业务模型并将服务涵括在内，这是一项巨大的任务。由于将服务和软件提供作为制造成功关键元素的这种概念尚处于起步阶段，因此一旦开始转变就必将势不可挡。持续工程大有可为。持续工程是一项企业能力，它可通过帮助企业发展工程实践，加速交付愈加复杂和互连的产品，以应对不断加快的商业变化。其目标是确保设计系统和现实世界需求之间没有差距。

持续工程有三个初步实践领域：解锁工程知识、持续验证和策略复用。这些工程实践可助您坚定地前行于持续工程之路，不断赢得竞争优势。IBM 开发了持续工程平台，可帮您将这些原理吸收到业务转型中。

当今的制造业环境中竞争激烈，要想获得成功，需要跨越整个开发生命周期对可跟踪性和协作进行集成，并采取分析以了解更改的含意。企业让工程师采用工具和数据单打独斗的时代已经远去——我们即将迎来的是持续工程的未来。

## 有关更多信息

如欲了解有关持续设计的更多信息，请访问以下网站：

<http://www-03.ibm.com/software/products/zh/category/continuousengineering> ,

或拨打IBM咨询热线：8008101818 (手机请拨4008101818) 转2393 ,

或扫描二维码关注IBM大数据与分析微信，随时随地掌握IBM大数据资讯：



© IBM Corporation 2014 版权所有

IBM Corporation  
Software Group  
Route 100  
Somers, NY 10589

2014年8月 编制于美国

IBM、IBM 的标识、ibm.com 及 Rational 是国际商业机器公司在世界各地司法辖区的注册商标。其他产品和服务名称可能是 IBM 或其他公司的商标。若要获取 IBM 当前的商标列表，请访问 [ibm.com/legal/copytrade.shtml](http://ibm.com/legal/copytrade.shtml) 网站的“版权和商标信息”部分。

本文档截至最初公布日期为最新版本，IBM 可随时对其进行修改。IBM 并非在 IBM 运营所在的每个国家/地区提供全部产品。

客户示例引用仅供说明之用。实际性能结果可能因特定的配置和操作条件而有所不同。用户需通过 IBM 产品和项目评估和验证其他任何产品或项目的运行情况。

本文档中的信息均为“按现状”提供，我们不对其作出任何明示或暗示的保证，包括其是否适合购买或是否适合特定用途的任何保证，或者非侵权性保证。IBM 产品保证符合随附提供的协议中的条款和条件。

客户应负责确保与适用法律和法规的合规性。IBM 并不提供法务建议，亦不承诺或保证其服务或产品可确保符合任何法律或法规。

<sup>1</sup> McKinsey Global Institute, 2013. 《破坏性技术：改变生活、商业和全球经济的进展 (Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy)》, McKinsey and Co., May. 资料来源：  
[http://www.mckinsey.com/insights/business\\_technology/disruptive\\_technologies](http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/disruptive_technologies)

<sup>2</sup> Evans, Dave, 2006. 《物联网：技术和创新如何结合以创造更好的世界 (The Internet Of Everything: And Innovation Meet To Make The World A Better Place)》, 福布斯, 11月14日。  
<http://www.forbes.com/sites/skollworldforum/2013/11/14/the-internet-of-everything-where-technology-and-innovation-meet-to-m>



请回收利用