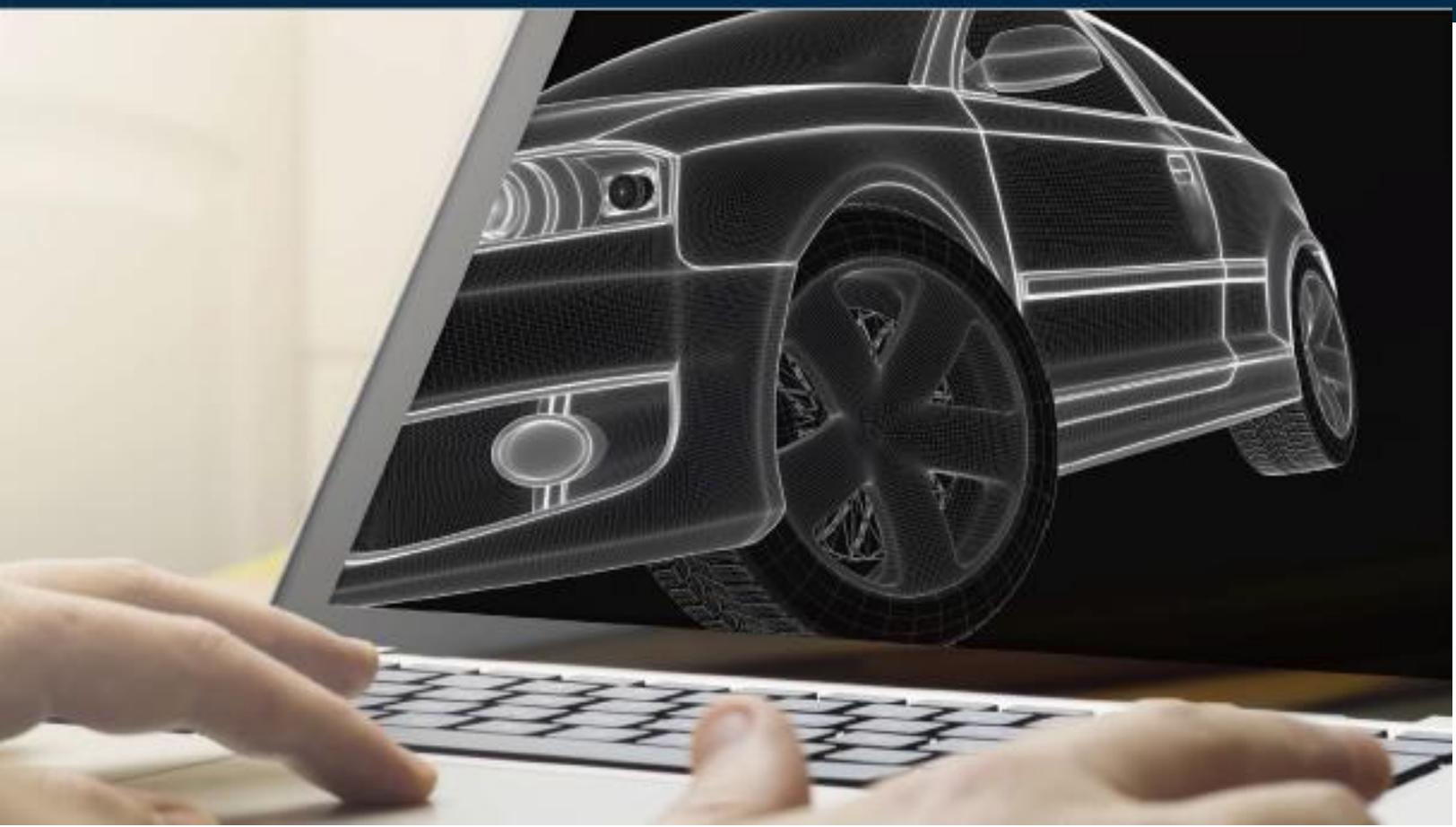
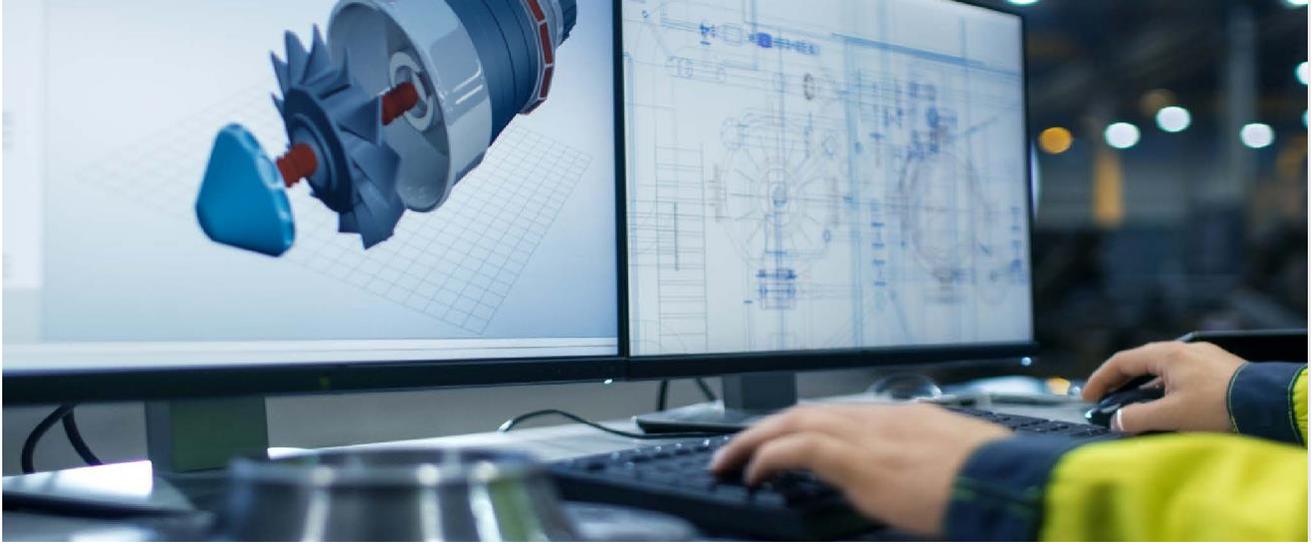




利用数字孪生技术， 实现高性能制造



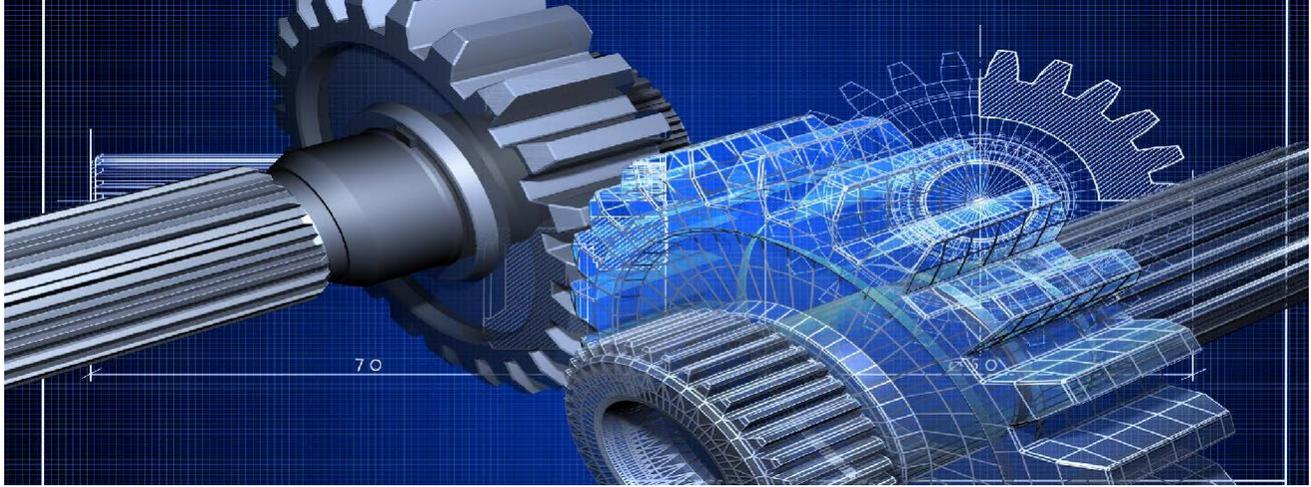
数字孪生技术可为制造工厂内进行中的工作提供实时交互模拟。这种技术可以整合制造和产品生命周期管理活动，改变团队用于处理产品和系统的方法。这些都是根本性的好处，将帮助制造商提高创新能力、效率、质量和产量，赢得更有利的地位，在当今竞争异常激烈的市场中取得成功。



目录

导言	4
什么是数字孪生技术？它为何对制造商至关重要？	4
数字建模和数字主线：数字孪生解决方案的主要支持因素	5
三个用例：设计、构建、运维	7
用于实施数字孪生的集成框架	9
开放框架聚集技术和合作伙伴之力	10
实施方法和建构成本	11
如何开始	12
数字孪生技术与 IBM 的角色	14
致谢	14

以下内容旨在概述我们总体的产品发展方向。此信息仅供参考，不得纳入任何合同。此信息不承诺提供任何材料、代码或功能，也不应作为制定购买决策的依据。此处所述 IBM 产品的任何特性或功能的开发、发布及相应日程安排均由 IBM 自行决定。



引言

制造业遇到了至关重要的新机遇，可以通过“数字孪生”技术智能模拟在开发生命周期中的设备或产品，从而彻底改变运营状况和业务绩效。数字孪生技术可为工厂内进行中的工作提供实时交互虚拟表现形式，支持企业快速找到创新领域，调整设计或流程以实现针对性的改进。

制造商一直都在寻找提高绩效成果的技术，而数字孪生解决方案就是可以提高企业运营效率、产品质量和产量，同时降低成本的实用工具。数字孪生技术也能使员工受益，因为这类工具可以改变人机界面，支持员工通过前所未有的方式与制造设备和系统进行互动。所带来的便利正在激励着诸多企业重新构想团队在设计、构建和运维活动期间的创造与协作方式。

本文将主要阐释数字孪生技术的重要性，并突出强调一些典型的工厂用例；此外，还将描述在实施中使用的组件，并建议后续采用步骤，帮助企业在工厂中推广数字孪生技术。

什么是数字孪生技术？ 它为何对制造商至关重要？

数字孪生是物理实体或系统的虚拟表现形式。数字孪生不仅仅是图像、蓝图或原理图，而是在设计、构建和运维生命周期中不断更新的物理产品的动态模拟视图。数字孪生与其相应的物理对象并行存在，随着物理产品的发展和成熟而不断演变。

数字孪生对制造商来说是个强大的工具，因为它的背后是传感器数据，这些数据从数字孪生对应的物理对象收集而来，然后输送到物联网平台之中，而且还融入了人工智能，这是一种极大的丰富。物理对象的虚拟复制呈现在高度清晰的沉浸式显示屏上，而透过显示屏，制造团队和业务专家可以直观了解物理对象的状态，在不中断生产的情况下与之进行实时互动。

团队可以利用数字孪生来修改设计；在不构建物理原型的情况下，对新设计选项进行假设模拟；调整制造流程；或自动执行运营和维护工作。

针对不同的利益相关方可以创建不同的数字孪生视图，这样各个部门或团队就可以灵活使用这些模拟，满足他们的特定项目需求。

数字孪生在航天制造领域的应用

一家航空航天和国防行业的供应商利用数字孪生技术来支持 PLM 计划，提高生产线的生产效率，减少执行维护或返工的需要。该计划的主要内容包括设计产品、构建各种设计选项和版本的模型以及模拟生产环境。通过努力，该公司成功地在发布之前提高了产品质量，同时获得了源于设计环节的新竞争优势，并实现运营成本降低 7%。

这些令人兴奋的能力都是认知制造带来的，背后的逻辑在于认知制造可以利用认知计算、工业物联网 (IIoT)、数据科学以及高级分析，帮助企业优化制造流程。数字孪生是认知制造的一项有力应用，因为它不但可以优化制造过程，还能显著改变团队用于处理产品和系统的方法。

“数字孪生技术可以整合企业中的制造和产品生命周期管理活动，让企业有机会来重新构想团队与设计和设备进行互动的方式”，IBM 数字化战略和认知流程转型副合伙人 Anirban Bhattacharyya 说道。“这些都是非常根本性的好处，将帮助制造商占据有利地位，在当今竞争异常激烈的企业环境中取得成功，这就需要企业寻找创新方法，以提高效率、质量、产量，同时降低成本。”

数字建模和数字主线：数字孪生解决方案的主要支持因素

数字孪生解决方案的背后支撑是两个关键的支持功能：数字建模和数字主线。

数字建模

数字建模用于对数字孪生进行试验。团队可以使用数字建模来测试或验证由数字孪生所呈现的新设计；执行设计选项假设分析；了解设计、



构建和运维决策的原因和结果；排除不合需求的方法。所有这些无需构建物理原型即可完成。这个流程可以简化创新过程，同时节约时间并降低成本。

数字建模 + 数据科学：当使用数据科学工具来支持建模流程时，数字建模尤为有用。从数据驱动的建模获得的洞察将提供无可比拟的优势，帮助企业解决客户需求和制造问题。实际应用可以处理项目生命周期管理 (PLM)、车间和资产维护活动。

例如，通过数据科学而得到丰富的数字建模可以与 PLM 工具结合使用，在产品的数字设计过程中，考量来自供应商、保修条款以及客户反馈计划的洞察。这种方法能够优化产品设计，确保产品质量和产品功能符合客户的期待。

在制造过程中，数据丰富的模拟通过认知计算洞察和预测性分析得到增强，可用于在各种假设情况下对工厂设备的性能进行建模和重新建模。这种技术可以帮助找到改善制造流程和

产品质量关键性能指标 (KPI) 的最佳方法。

资产维护作为运维周期的一部分，是从数据驱动型建模中获益的另一个活动。在这种情况下，机器学习、深度学习以及人工智能可以用于开展动态流程监控和理解机器运行状况数据，从而更好地检测异常情况并预测故障。这些方法可以将维护工作转变为一项主动的活动，甚至支持反馈环路自动执行解决维护问题的流程。

数字主线

数字主线是可追溯的数据流，可以将产品生命周期中涉及的所有相关系统和功能流程都连接起来，并为数字孪生和数字建模活动提供信息支持。

数字主线是整体全面的，有助于监控物理对象和相应数字孪生的传感器进行实时的数据交换；与公司的物联网平台实现集成，在设备和数字孪生应用之间传输信息；包含来自企业应用、业务运营以及管理活动的的数据；提供数据和上下文来支持可视化工具。

由于具有全面覆盖的特征，数字主线可以针对生产生命周期中可能出现的问题生成端到端视图。PLM 变得更加灵活和敏捷，支持企业生产高质量的产品，同时提高生产效率。数字主线还可以消除业务或工程孤岛，因为它支持不同的利益相关方群体访问和使用数字孪生以及底层数据。

数字主线使用 ISA-95 标准在控制系统和企业系统之间自动进行通信。这种方法可让制造商

数字孪生技术改进持续工程实践。团队可以使用这些工具在整个开发生命周期中创建和改进产品。

更加轻松地部署数字孪生技术，同时促进企业与数字孪生生态系统中的合作伙伴开展合作。

三个用例：设计、构建、运维

数字孪生技术可为持续工程实践提供信息支持和指导。这些工具能帮助个人和团队在产品生命周期的所有阶段 - 设计、构建和运维 - 创建和改进产品。

设计 — 精简具有复杂要求和较快设计周期的项目

数字孪生技术革新了产品设计环节。团队可以了解各种设计方案对于产品性能的影响；使用数字建模来确保设计满足产品或监管要求；根据模拟改善设计。所带来的便利性可缩短开发周期，加快上市速度，同时提高制成产品的质

量。企业可以通过构建数字主线，连接来自相关物理组件和流程的数据，并将主线和设计模拟整合起来，从而建立数字孪生功能。这些功能建立之后，团队就可以应用“认知传感”，分析从传感器收集到的原始数据，不断更新数字孪生。团队也可以生成自动制定设计决策或采取行动来促进自我恢复的规则。虚拟现实或增强现实可以增强可视化工具，为设计人员提供沉浸式模拟工作环境。

构建 — 优化制造流程，提高质量、效率和产量

制造商一直在努力优化质量、效率和产量。现在，他们可以使用数字孪生技术来了解制造流程中的潜在变化可能会如何影响生产结果，并相应地调整生产条件，以实现有针对性的改进。

数字孪生技术可以分阶段引入到构建流程中。企业可以通过配备适用的认知传感和数字主线功能来奠定基础。来自数字主线的数据可用于持续监控制造流程，并执行流程选项的数字建

模。智能的可视化工具具备触屏 UI、3D 影像和增强现实或虚拟现实功能，将会增强数字建模和相关分析能力。从这些方法得来的洞察可用于提高产品质量和产量，或制定出能够优化制造并降低成本的制造计划。该解决方案还可以用于指导与供应链合作伙伴开展合作。

数字孪生在汽车制造领域的应用

一家摩托车制造商在生产车间安装了巨型荧幕，以显示工厂中正在制造或被制造的机器、流程和产品的数字孪生。团队可以使用数字孪生体来揭示制造流程的实时状态，找出生产瓶颈，并找到质量问题。相关联的仪表盘支持团队使用数字孪生数据来预测交付和销售情况，并与供应商和分销商进行互动。通过采用数字孪生技术，该制造商成功降低了成本，同时提高了产品质量和产量。通过这个应用案例，我们可以看出企业应该如何与供应商和合作伙伴协力利用数字孪生解决方案来改进制造流程和产品。



运维 — 增加正常运行时间，同时最大限度减少维护和检修需求

“运维”指的是运营、检修和维护活动。企业可以在这些活动中应用数字孪生解决方案，增加运行时间，提高运营效率，同时确保设备和产品功能处于最佳水平。

数字孪生解决方案在此用例中可以带来前所未有的便利，因为这种技术可让技术人员“看清”设备的虚拟表现形式，找出潜在的问题。数字孪生还可以整合来自企业资产管理 (EAM) 软件和自动化程序的信息，这样一来，技术人员就可以获得关于机器的运行状态、最新警报以及维护活动的实时消息。该解决方案还可以为技术人员提供建议，指导他们针对正在解决的问题执行维护流程。

制造商可以通过将认知传感融入到仪表和监控系统当中，并建立数字主线来将数据与 EAM 和其他适用软件整合起来，从而实现这些功能。这些功能建立之后，团队可以使用数据丰富的数字建模来诊断问题，执行设备故障根本原因分析，预测运维问题，或改进设计和构建流程。

用于实施数字孪生的集成框架

数字孪生的实施使用一种技术框架，这些技术可作为系统体系进行协同工作，帮助企业转变和优化他们的设计、构建和运维流程。关键组件包含以下内容：

认知传感： 认知传感应用分析和机器学习，将智能融入从传感器上收集而来的原始数据，而这些传感器负责监控执行数据和图像处理的物理对象和系统。基于传感器的智能通过物联网平台融入数字孪生解决方案之中。

物联网平台： 物联网平台可连接至传感器，并与这些设备进行数据传输，以供数字孪生应用分析和计算。数据成为数字主线的组成部分，而数字主线可以将数字孪生架构中的组件连接起来。

软件工具： 数字孪生工具包括用于构建数据孪生、执行数字建模和管理项目的软件。这些工具包括

计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助制造 (CAM)、各种模拟程序以及资产生命周期管理 (ALM) 和产品生命周期管理 (PLM) 程序。

企业应用：这个框架能够利用来自企业应用的实时数据，支持工作人员在车间和企业销售、战略及运营部门办公室制定决策。典型的应用包括预测性维护工具、企业资源规划 (ERP) 程序、企业资产管理 (EAM) 程序、供应链管理软件、制造执行系统 (MES) 以及客户关系管理 (CRM) 解决方案。

智能的可视化工具和仪表板：数字孪生技术的特色在于高科技显示设备和可视化工具，这些设备和工具可以提高产品模拟的准确性并激发创新活力。团队可以使用增强现实、虚拟现实、触摸互动、捏拉缩放以及其他用户界面功能来与数字孪生进行互动。仪表板视图可以在产品生命周期的任何阶段，向屏幕实时交付切实可行的洞察，这样团队就可以立即做出响应，调整环境或解决问题。

开放框架聚集技术和合作伙伴之力

因为数字孪生需要访问来自多个来源的数据，所以底层框架必须是开放的，可以容纳来自解决方案生态系统中许多参与者的数据。开放框架可让运营、IT 和业务团队通过数字孪生协调工作，消除过去阻止数据整合与协作的信息和业务孤岛。开放的生态系统也可以促进和鼓励与相关供应商的合作。

数字孪生的实施使用一种
可以作为系统体系协同工
作的技术框架。



开放框架应当包含以下内容：

应用：生态系统必须能够将物联网平台、传感引擎、数字孪生、数字建模工具和数字主线以及内部和第三方软件、企业应用、虚拟化工具和仪表盘集成起来，并在它们之间进行数据交换。鼓励使用开放 API 来促进集成。

工程组织：向制造企业供应设备、传感器和其

他重要系统的企业在生态系统中扮演着重要的角色。他们的组件和解决方案必须能够与应用相集成。

连通性：一家工厂需要实现可靠的连通性，以便在架构组件和各种生态系统参与者之间交付和获取数据。不管他们是使用以太网电缆还是 Wi-Fi 或 LTE 等无线方法来实现连通性，企业都将需要足够的容量和带宽，支持实时访问大量数据文件，以及由数字孪生解决方案所使用的功能丰富的软件应用。

实施方法和建构成本

由于数字孪生高度特定于每个工厂和组织，制造商需要定制实施方法，以服务他们的特殊用例和业务需求。

企业可以通过使用 API 来配置和定制应用，并将应用集成到物联网平台，从而构建数字孪生。另一种方法就是使用统包式即服务解决方案，精简硬件和软件部署、系统集成以及数字孪生应用的

持续管理工作。企业可能使用内部部署、云端或混合基础架构。最佳实施方法将取决于制造商拥有或需要的数据中心资源的类型、资本支出和运营支出预算、部署的范围和规模、参与生态系统的供应商数量，以及未来几年扩展数字孪生应用的企业计划。

即服务模式的重要优势就在于收费结构的灵活性，这种结构有助于制造商管理和控制成本。制造商可以从多种定价选项中进行选择，包括免费增值模式、阶梯式订购、基于连接或按使用付费模式等等。随着制造商不断扩大部署规模，费用结构也可以进行修改和调整。

如何开始

以下是帮助企业部署数字孪生技术的一些实用技巧：

选择一个项目：选择将会快速产生价值的项目，以便您的企业可以尽快实现数字孪生效益。找到

最佳项目的好办法就是确定您希望实现的制造 KPI 或其他成果，在您的工厂和流程中寻找将有助于实现目标成果的机会。选择跨越整个产品生命周期的项目，这样数字孪生技术的实施就可以满足您的团队在设计、构建和运维活动所有阶段的需求。

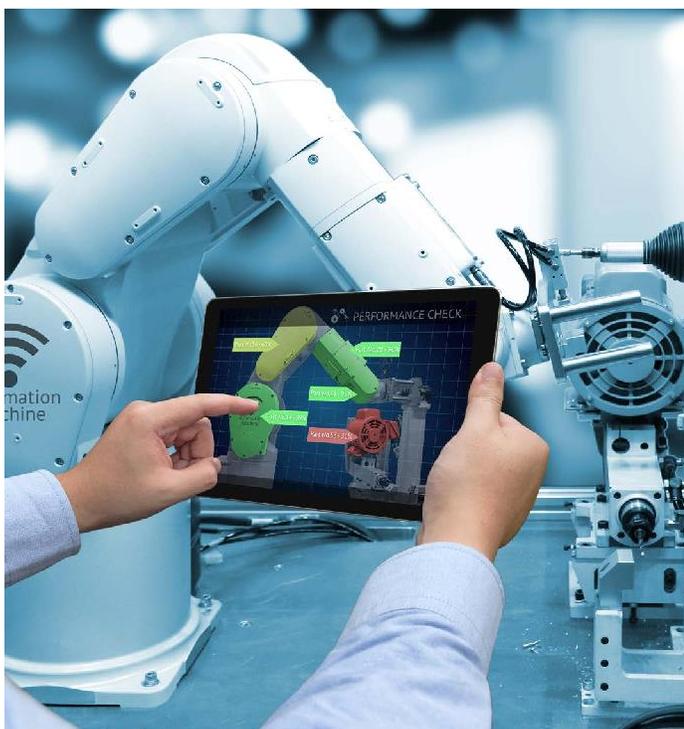
实施数字孪生：与许多运营和 IT 项目一样，数字孪生解决方案可以逐步实施。采取以下这些步骤来构建解决方案：

- 从创作原始设计的团队或工程合作伙伴获取机器或产品的 CAD/CAM 版本。
- 创建机器的新数字模型，考虑机器的内部结构，以及机器与工厂中其他设备、正在生产的产品以及相关的运营或企业软件应用之间的互动情况。
- 确保正在建模的物理机器受传感器的监控，并连接到与物联网平台集成的网关。
- 特别关注设计、构建和运维的每个阶段的数据质量。

- 应用认知分析和机器学习来处理传感器数据（认知传感），为数字孪生提供实时的上下文和特征信息。
- 实施数字主线功能，促进数据源和应用之间的信息流动。
- 确保解决方案可以在生命周期的每个阶段都生成分析，以便您可以在项目的每个阶段和整个过程中进行改进。
- 提供显示设备，支持团队在车间或企业部门办公室查看数字模型，并与之进行互动。
- 使用开放方法，避免将数据集中在专用系统上，以便所有利益相关方都可以使用您的数字孪生解决方案。
- 使用一台机器或一个操作，执行概念验证项目。在该项目部署并运行之后，将其扩展到整个生产线。
- 获得并展示管理层对于数字孪生计划的支持。
- 解释数字孪生技术在认知制造中扮演重要角色。
- 同时说明数字孪生技术如何帮助重塑员工队伍。它可以改善员工与电脑化和自动化的系统之间的合作。
- 鼓励员工提供意见和支持。促使运营和企业团队成立实施规划委员会。
- 为员工提供培训，帮助他们掌握技能，确保在您推出数字孪生解决方案时，员工已经做好使用这种应用的准备。

让销售部门参与数字孪生计划：数字孪生不仅可以造福于制造团队，公司的销售部门在与业务客户和合作伙伴进行互动，也可以使用这种尖端模拟技术，为供应链流程提供信息支持和指导。让销售部门参与制定变革管理战略，以尽早获得他们的支持。这有助于让您的计划获得认可，迎来一个良好的开端。

促进数字制造文化建设：数字孪生是一个新概念。虽然它所带来的便利和好处得到了广泛认可，但是企业仍需要进行员工培训，告知他们数字孪生在工厂中的作用以及这项技术对于企业的价值。采取以下这些步骤来强调您要传达的消息：



数字孪生技术与 IBM 的角色

IBM 通过 IBM GBS 数字化运营和物联网服务向制造商提供 IBM 数字孪生解决方案，这将帮助企业通过由物联网支持、以分析为导向的业务和运营模式，转变运营方式，从而提升效率，改善以客户为中心的战略，促进经济效益增长，并最大限度提高资产生产力。

IBM 数字孪生解决方案使用 IBM 认知制造技术和 IBM Watson IoT 平台。IBM 将广泛的领域知识运用到所有的客户互动当中。IBM 数字孪生解决方案能够与制造商的内部系统和工具以及制造商的工程合作伙伴提供的设备相互集成，提供针对特定工厂、流程、产品和企业需求定制的端到端综合解决方案。

此外，IBM 还积极帮助制造行业营造全新的数字经济，支持数字孪生和其他认知制造应用的落地和发展。IBM 正在与多家企业开展合作，创建可以企业内外部带来经济效益的数据即服务功能，从而促进企业对数据驱动型应用和工具的采用和支持。

致谢

本文在 IBM 数字化战略和认知流程转型副合伙人 Anirban Bhattacharyya 以及 IBM 认知制造、数字化战略和运营经理 Ece C. Izgi 的共同指导下编制完成。



Copyright IBM Corporation 2017. IBM、IBM 徽标和 ibm.com 是 IBM Corporation 在全球许多司法管辖区域的注册商标。其他产品和服务名称可能是 IBM 或其他公司的商标。Web 站点 ibm.com/legal/copytrade.shtml 上的“Copyright and trademark information”部分中包含了 IBM 商标的最新列表。

