



数字孪生

将智能引入现实世界

#GetTheFutureYouWant

Introduction 介绍

在美国田纳西州的查塔努加市,来自500个不同来源的信息都输入到该市的数字孪生系统中。这些信息来源包括交通摄像头、911紧急呼叫数据、雷达探测器和气象站。

在使用数字孪生进行缓解交通拥堵的试验后,该市的交通流量增加了30%,从而提高了能源利用效率并减少了乘客延误。在另一个例子中,新加坡南洋理工大学(NTU)利用数字孪生技术能够省去31%的能源消耗,减少9,600吨的碳排放。这些例子不仅说明了如今数字孪生的规模和其带来的效率,还强调了它可以提供的可持续性效益。

数字孪生是物理系统的虚拟副本,它可以对物理世界进行建模、模拟、监控、分析和不断优化。数字孪生旨在使用正确的频率和保真度弥合“物理和数字”的差距,从而提高性能和可持续性。数字孪生建立了一种闭环的方法来释放价值,带来数据、技术和业务流程之间的协同效应,是智能产业转型的核心。用数字孪生回答“什么是最好的?”,“如果...?”,还有“下一步是什么?”等问题,不仅可以让你看见动态、现实世界系统当前的运作情况和改进它们的建议,还可以预测它们在不同场景中的运作情况。一个产品或系统可以有一个或多个数字孪生,这取决于它不同生命周期阶段的要求。

数字孪生可以通过多种方式帮助企业实现其可持续性目标,并能促进它和已扩展的生态系统更轻松地协作。在构思阶段,设计孪生可以协助设计工作和测试新功能,并提高生产流程的效率,从而节省成本并缩短上市时间。在构建阶段,数字孪生可以帮助模拟培训和投产。之后,当产品/资产/系统正在运行和维护时,另一个数字孪生可以通过预测性维护减少停机时间,并通过优化提高性能提高流程的效率。此外,这些数字孪生还有助于企业引入新的业务模式或运营模式。

因此,企业对数字孪生解决方案的投资越来越多。2020年,数字孪生的市场规模超过50亿美元,预计在2021至2027年间,其复合年增长率将超过35%。为了了解领先公司如何将数字孪生技术整合到其数字转型计划中,我们调查了1000多个分布在世界各地和各个行业的企业,行业包括:生命科学,消费品,能源和公用事业,离散制造,以及基础设施所有者/运营商。为了获悉数字孪生计划实施过程中的价值和面临的挑战的一手资料,我们主要关注正在实施数字孪生计划的企业(占我们样本的80%),而其余的企业正计划启动数字孪生。此外,我们还对行业的高管和学者进行了深入的访谈。

Introduction 介绍

+ 本报告是我们智能产业系列报告的一部分，旨在回答以下几个问题：

01

企业是否充分准备好应对行业的变化趋势？

02

数字孪生如何帮助实现更高的性能和可持续性？

03

数字孪生如何在整个价值链中增加价值？

04

哪些企业成功部署了数字孪生？

05

企业如何加速他们的数字孪生之旅？

Executive Summary 概要

不断变化的客户偏好, 日益增长的监管压力, 以及对碳排放担忧的增加, 都迫使企业加快数字创新的步伐。与此同时, 产品、软件和服务日益融合, 正在为跨行业的下一个大转型创造机会。我们称这个转型的新时代为“智能产业”。虽然像人工智能、云技术、5G和边缘计算等技术是这一旅程的关键催化剂, 但数字孪生是转型的核心。数字孪生可以优化任何系统——无论是产品、相关服务、产品线、基础设施还是物流网络系统, 甚至是一个系统集群中的系统的设计、操作和服务阶段。它能够支持整个系统的生命周期和跨生态系统的协作, 从而优化运营, 甚至帮助企业重塑它们的业务模式。可是, 企业如何利用这种技术, 要达到什么样的目的? 他们会面临什么样的挑战? 他们又如何克服这些挑战?

我们的研究表明, 数字孪生的部署是被收入和利润驱动的, 同时也会被安全性、可持续性和品牌声誉所驱动。致力于数字孪生的企业已经发现, 其销售额、周转时间和运营效率等指标平均提高了15%, 系统性能也提高了25%以上。此外, 数字孪生将提供数字化和灵活的工作方式, 以降低风险并扩展协作, 使商业运营在变为实体操作之前先实现虚拟模拟, 并实现闭环反馈。因此, 在未来五年内, 各企业将平均增加36%的数字孪生的部署。数字孪生还提供了一个独特的机会来协调盈利增长和可持续发展。由于数字孪生的应用, 企业在可持续性方面平均提高了16%。然而, 成功部署数字孪生的道路仍然存在障碍; 近一半的组织缺乏清晰的愿景、管理的投入和必要的投资, 同时也缺少其员工的正确技能组合。

我们还发现, 13%的受访企业在6个领域表现出色: 愿景、领导力、生态系统授权、系统性能和智能系统的开发、数字化实践和协作平台部署, 这些领域的成功使他们成为数字孪生部署的领跑人。与其他组织相比, 这些组织通过销售额的增长、客户满意度的提升、成本的降低和可持续性的改进等形式实现了至少65%的更高收益。

由于数字孪生仍然是一项新兴技术, 它需要一个在价值和集成驱动上的逐步转变。为了在这种转变中逐步前进, 企业需要让在性能、方案和管理方法方面支持数字孪生, 同时预测端到端集成。基于这些要素, 我们强调出了企业为成功实现数字孪生部署而需要努力的五个关键领域。

其中最重要的是一个逐步将安全性和可持续目标一体化的长期路线图。此外, 为了大规模部署数字孪生并充分受益于系统, 从通过仿真实现系统工程和分布式架构到机器学习, 都需要一系列能力来设计、构建和操作数字孪生。数字孪生体系结构在连接性、数据模型、分布和访问方面提供端到端集成, 这是实现扩展的关键。然而, 由于数字孪生连接到许多系统, 因此开放了对大量敏感信息的访问, 在大规模部署之前, 组织还必须确保加强数据安全和隐私措施。数字孪生的最大价值在于能够预测或模拟特定变化对整个生态系统的影响。因此, 将关键合作伙伴纳入数字孪生愿景, 并与这些合作伙伴部署协作平台, 将大大增加这样的项目可以提供到的利益。

数字孪生

是物理系统的虚拟副本，
可以建模、模拟、
监视、分析
和不断优化物理世界。



01

企业在面临主要的行业趋势时感到力不从心

现如今,几乎所有的企业都直接或间接的受到服务化(从产品到基于服务的商业模式的转变)、可持续性和监管合规的影响。

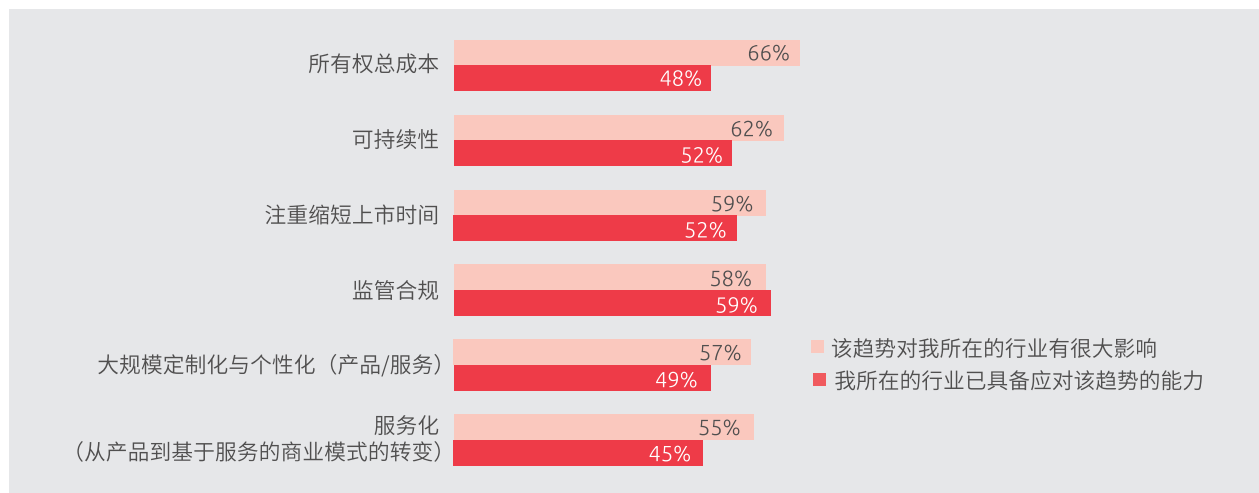
同时,企业还仍需不断地去优化所有权总成本、上市时间以及客户体验。然而我们的研究表明,只有不到一半的企业认为他们有能力去满足这些市场需求。举例来说,有多达66%的受访企业认为进行

所有权总成本优化是影响他们的一个重要因素,但却只有48%的企业声称自己具备该能力去做好这一点。

在接受调查的行业中,能源和公用事业行业最难以适应服务化和大规模定制化,这两个行业中分别仅有27%和22%的受访者认为他们有能力去应对这些新的行业趋势。

图1

不到一半的受访者认为他们能够应对以下影响他们的主要行业趋势



来源: 凯捷研究院, 数字孪生调查, 2021年9-10月, N=1000个企业。



生命科学行业在可持续性和优化所有权总成本 (TCO) 领域处于落后状态, 分别仅有26%和28%的生命科学公司表明对在这两个领域专业成熟度的信心。

消费品行业受到几乎所有这些市场因素最为严重的影响(服务化以及监管合规除外), 但仍不够成熟, 只有36%的受访者表示他们有能力去处理这些问题。

我们还发现, 企业正计划在未来三年内更深入地研究服务化趋势。各机构预计, 在此期间, 来自服务型企业的收入份额大约将从目前的41%上升到53%。在一个相关的预测趋势中, 我们的研究发现如今企业中29%的系统是智能互连的, 且预计在三年内这一趋势将增加到35%。

02

数字孪生如何驱动更高性能和可持续性

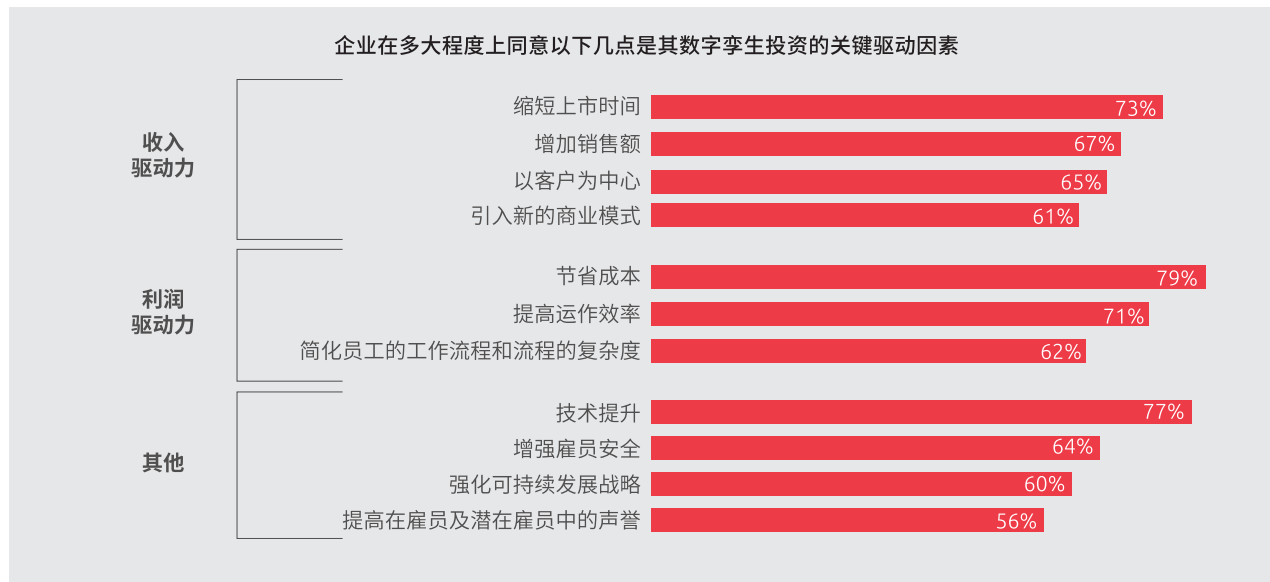
我们的研究表明,现在许多企业都将数字孪生作为他们解决各种挑战的方法。

数字孪生是实现盈利性和可持续性的真实催化剂。它可以作为一种工具来对不同的情景进行实验分析,并能在没有任何现实风险

的情况下评估每个决定的影响面,从而可以对关键业务指标产生积极影响。同时,它也可以保证一个高效的决策和战略部署,使利润最大化,维持可靠性,并提高可持续性。

图2

数字孪生投资由收入和利润驱动力以及安全性、可持续性和品牌声誉驱动



来源: 凯捷研究院, 数字孪生调查, 2021年9-10月, N=1000个企业。

数字孪生对收入和利润都有积极影响

数字孪生使组织能够改进许多指标，例如成本、运营效率、周转时间和可持续性。我们的研究表明，在数字孪生的各种使用案例中，组织平均降低了13%的成本，提高了15%的运营效率（参见图3）。

成本减少和紧随其后的技术进步，是数字孪生投资的主要驱动力——分别有79%和77%的企业将其列举如此。对于意大利跑车制造商玛莎拉蒂Ghibli车型的建造，汽车的数字孪生帮助开发人员提供了持续优化的信息，这反过来又帮助他们将开发成本和开发所需的时间降低了30%之多。Acciona是一家从事基础设施管理和可再生能源的西班牙集团公司，正在开发一个数字孪生，以改善其中东海水淡化厂的水处理。这个数字孪生在部署前将能在过程控制系统中测试操作数据，这可以简化工艺验证并能优化系统操作。

为阐明数字孪生的重要性，印度理工学院哈拉格布尔分校机械工程教授兼先进制造技术CoE的负责人Surjya Kanta Pal说：“数字孪生为你的系统提供完整的、实时的可见性。它可以提高你的系统和设备的

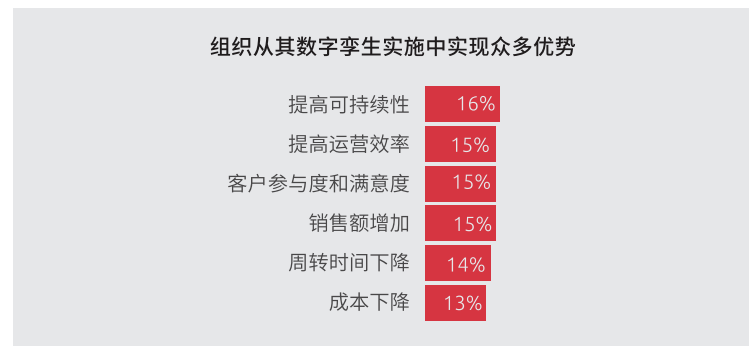
可靠性，因为它可以识别故障并预测可用性和剩余使用寿命。反过来，这使你可以提高系统性能并减少停机时间，从而提高生产率并降低成本。”

数字孪生还可以大大缩短上市时间，这是列在第三位的驱动因素，占73%。通过使用数字孪生，空客A330组装电缆线束所需的流程可以在以前所需时间的五分之一内完成。之所以能够实现这一点，是因为数字孪生可以提供自动生成制造指令的种子，这样一来通过平板电脑和增强现实（AR）眼镜，操作员就能够按照设备上的说明组装产品。数字孪生还可以进行虚拟测试，在制造之前检查错误，并改进设计和服务，从而进一步缩短开发时间。

数字孪生实施的另一个重要驱动因素是提高运营效率。一家工业铝制造组织的高管回应了这一观点：“我们根据两个基本KPI衡量一个新的数字孪生的实现。首先是它是否有助于客户，例如通过提高质量，从而降低拒绝率。第二个问题是它是否带来了卓越的运营，包括减少计划外的停机时间。这两个重点关注的领域有助于提高我们的资本回报率。”

图3

组织从其数字孪生实施中实现众多优势



来源：凯捷研究院，数字孪生调查，2021年9-10月，N=800正在进行数字孪生项目的组织，取各种使用案例中的平均收益。

“数字孪生为你的系统提供完整的、实时的可见性。它可以提高你的系统和设备的可靠性，因为它可以识别故障并预测可用性和剩余使用寿命。”



Surjya Kanta Pal

印度理工学院哈拉格布尔分校机械工程教授
兼先进制造技术CoE负责人

数字孪生使新的商业模式成为可能

如图2所示，引入新的商业模式是数字孪生投资的另一个主要驱动力。在跨行业关系来推动新商业模式的一个使用数字孪生技术的例子中，加拿大矿业初创公司The Metals Company (TMC)与瑞士建筑工程公司Allseas合作，正在开发一种深海结核收集系统，以负责任地从海底回收多金属结核10并将其转移到陆上加工厂。在测试此方案前，TMC和总部位于挪威的孔斯贝格数字公司正在联合创建一个数字孪生，以便在动态仪表板中实现深海作业的3D可视化，以供各利益相关者查看。虽然多金属结核位于4公里深处完全黑暗的海底，但数字孪生将使TMC能够在实验室条件下清晰地收集。

数字孪生还使得组织可以重塑其业务模式。通过先进的数字孪生技术，组织可以采用“平台即服务”(PaaS)模型，从而以新的方式为客户提供价值。例如，总部位于德国的压缩空气专家—凯撒压缩机，正在使用仿真的数字孪生系统，使公司能够将其销售流程数字化。为了提高其“配置、定价和报价”系统的效率，凯撒推出了“仿真即服务”(SimaaS)，用于对客户建议的配置进行技术验证。在客户可以从其产品配置的便捷视图和更可靠的购买体验中受益的同时，凯撒从其数字孪生实现中获得了更低的销售成本。



数字孪生如何连接 物理世界和虚拟世界

据阿尔托大学工程学院副教授Kari Tammi所说,“数字孪生可能是智能互联系统缺失的业务用例。它们可以利用从互联系统收集的数据的力量来调节产能,优化生产或使产品在现实世界中更有效率。”

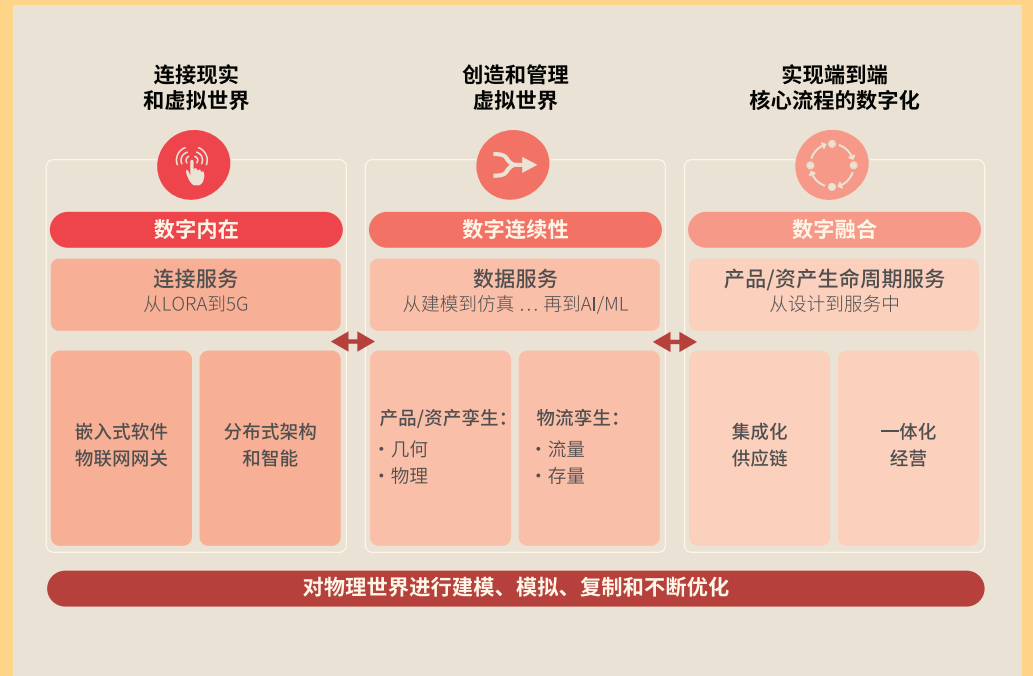
作为物理系统的虚拟副本,数字孪生是弥合“物理-数字差距”的可靠工具,可无风险、低成本地实现系统改进。

数字孪生提供了一体的协作方式。此外,物理系统的可修改虚拟副本使在整个系统生命周期和生态系统中持续监控和优化成为可能。在这种情况下,“系统”可以指产品及其相关服务,生产线,基础设施,物流网络,除此之外还可以指系统体系。

数字孪生为物理世界提供了一个与数字世界交互的平台。以下三个关键通道可实现物理和虚拟的连接:

- + **数字内在** 是通过充分利用分布式架构和智能的技术进行垂直整合: 软件, 连接性和安全性。
- + **数字连续性** 是流程的水平集成, 这些流程利用不断成熟的云平台的强大功能, 支持端到端流程, 如产品/资产生命周期管理、供应链管理以及资产或售后管理。
- + **数字融合** 是将系统建模、仿真、监控和分析集成到功能更强大的系统中。

图4
数字孪生连接物理世界和虚拟世界

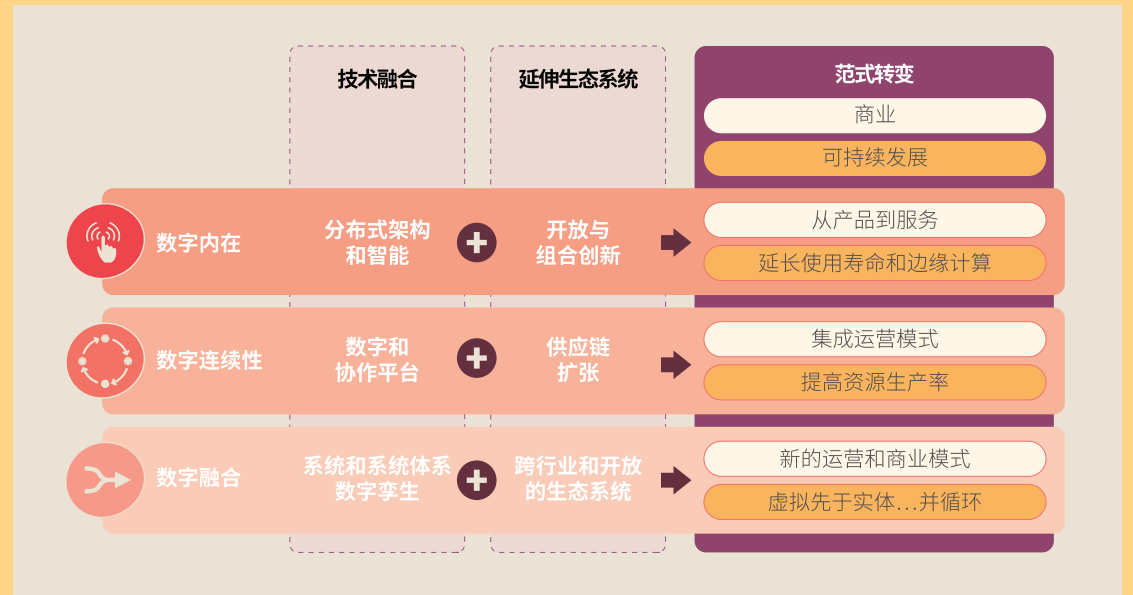


来源: 凯捷

开放的生态系统和组合创新将使组织能够充分利用分布式架构和智能来推动服务化战略。它们还将有助于延长硬件寿命,并促进边缘计算(硬件中的数据尽可能靠近源头进行处理),以提高可持续性。

数字连续性将使供应链扩张成为现实,并通过公司内部和公司间的无缝协作优化运营模式,同时提高资源生产率。它还将允许回收稀缺资源和共享运输等运营资源,以及优化装载率。

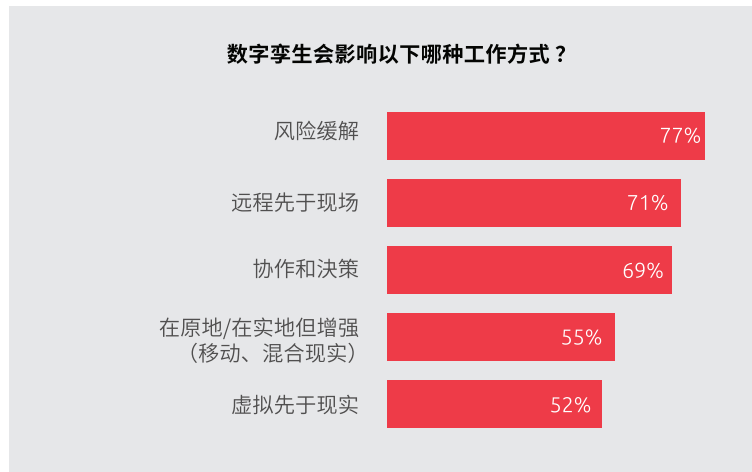
同时,数字融合将促进新的和可持续发展的业务和运营模式的发展,如端到端的灵活性、集成化供应链和循环经济。这是通过围绕系统增强跨行业和开放生态系统来实现的,同时优化整个价值链的现有功能。



来源: 凯捷

图6

数字孪生提供了数字化和灵活的工作方式



资料来源：凯捷研究院，数字孪生调查，2021，9-10月，N=1000家组织。

数字孪生通过提高安全性、允许协作的工作方式和补充培训来增强员工体验。

近五分之四的受访组织提到，数字孪生技术影响的一个关键因素是风险缓解（参见图6）。数字孪生使组织除了降低供应链风险外，还可以降低员工的健康和安全风险。

数字孪生可以通过支持远程操作和避免人员直接参与威胁人身安全的工作来提高员工的安全性。64%的受调查组织认为，其投资数字孪生的驱动因素是提高员工安全性。国际能源公司Equinor，通过使用数字孪生“回声”，能够将其在乔安·赛尔德鲁普的海上油田里的人工工时减少50%，显著降低了员工面临的风险。据一位在跨国能源公司工作的高管表示，“能源行业是采用最先进数字孪生技术的行业之一，因为能源相关工作可能不安全。如果你有一个需要员工的平台，并且存在很高的物理事故风险，那么你最想要实现的是该平台上的流程自动化。不仅如此，你还希望控制风险变量。对我们来说，这是数字孪生最强大的作用之一。”

数字孪生还允许团队以灵活的方式工作，实现远程访问和协作。日产汽车公司总经理ShawnSehy谈到了这一好处：“设计和工程是数字孪生技术实施非常成熟的领域，而新冠大流行实际上也大大加快了这一进程。虽然设计师们无法在现实中见面，但他们可以戴着Oculus眼镜（虚拟现实头戴设备）坐在自己的家里，与其他高管一起进入数字空间，检查整个汽车。它确实消除了差旅的需要，并使人们能够在同一个房间内进行设计和工程方面的工作。”

荷兰皇家壳牌公司正在其位于新加坡的毛广岛上建造一座数字孪生工厂。计划在2024年完工后，该公司预计的生产力，可靠性和安全性水平将提高约25%。壳牌公司将这个项目称为“改变工作方式”的一种手段。XR（包括AR，虚拟现实（VR）和混合现实（MR））以及连接的平板电脑将实现实时协作。Narayanan Valayaputtur作为项目和工程经理，评论道：“壳牌公司在毛广岛的数字化计划以数字孪生为基础，构成了该工厂的一次改组。通过数字孪生技术建立虚拟工厂，并为现场员工配备平板电脑，我们正在创造一种新的远程工作文化，员工动动手指就能产生复杂的数据。这是一个激动人心的时刻，因为我们不仅在构建数字资产，而且在构建一种新的数字文化。我们一直告诉员工们，在我们数字乐园的工厂中工作时，要去追求成为数据科学家或软件工程师的兴趣。”



**数字孪生系统使
通过设计提高效率的概念
更近乎成为现实**

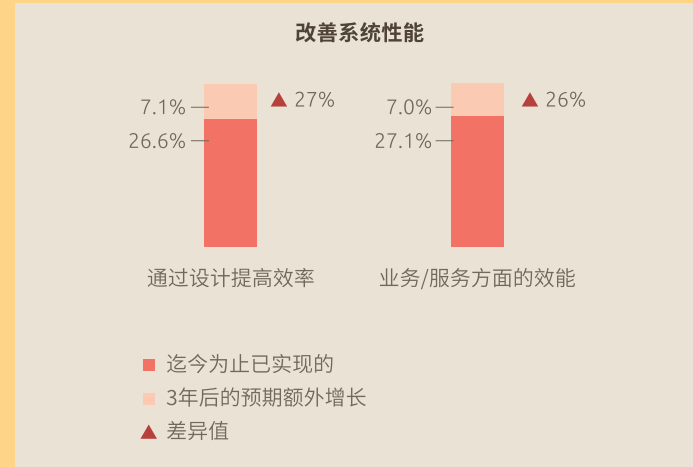
事实证明,支持数字孪生的XR对另一个关键领域——工业培训也很有帮助。配备了来自数字孪生的准确、详细、真实的数据,XR工具可以精确地复制工人可能遇到的场景,并帮助他们在安全环境中“边做边学”。霍尼韦尔的沉浸式现场模拟器是一种基于VR和混合现实的培训工具,它包含了物理工厂的数字孪生体,利用这一概念为工人提供有针对性的、按需的、基于技能的培训。

组织的目标是将系统性能 进一步提高25%以上

在设计效率和提高运营与服务效率的同等驱动下,组织希望将其系统性能再提高25%或更多,使整体改进达到30%以上。数字孪生系统使设计效率的概念更接近于成为现实。数字孪生技术本质上允许在数字设计阶段对运行效率进行全面测试,从而减少审查和返工的需要原型,节省时间和财务成本。在创建物理版本之前,生成新产品和系统的虚拟模拟,创造了“第一次就做对”的可能性。根据我们的研究,67%的组织认为模拟是数字双胞胎提供的有影响力的数据服务,证明其使用的合理性。

图7

组织希望将整体性能提高25%,这是由设计效率和运营效率同等驱动的

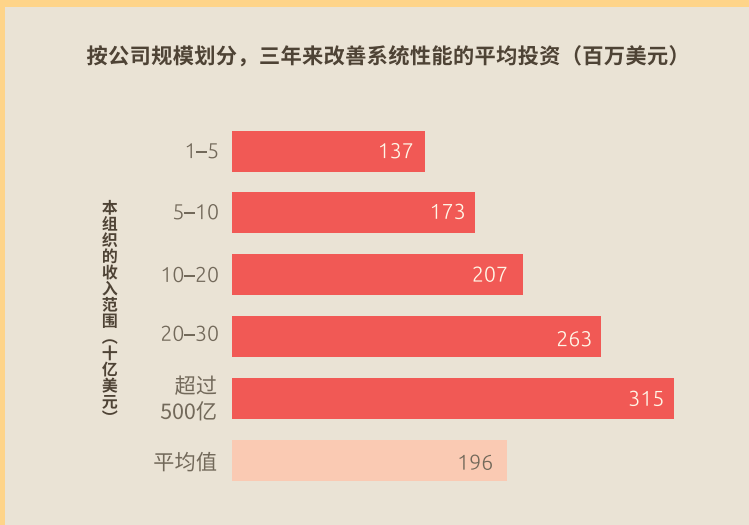


"差异值"代表"迄今取得的成就"与未来三年预期的总体增长之间的差异。
资料来源:凯捷研究院,数字孪生调查,2021年9月至10月,N=1,000个组织。

图8

组织正计划在三年内平均投资近2亿美元


为了努力提高系统性能,组织平均计划在未来三年内投资近2亿美元。计划的投资规模与组织的规模成正比,企业级收入超过500亿美元的组织平均为这些投资留出3亿多美元。



资料来源: 凯捷研究院, 数字孪生调查, 2021年9月至10月, N=1,000个组织。

数字孪生正在促进可持续发展未来的实现

数字孪生可以帮助组织理解和量化已经做出的决策的影响,以及比较有助于预测不同决策结果的各种场景。因此,它们可以帮助减少浪费、提高效率、提出干预措施,并可能使变革自动化——帮助组织和社会在变得更加数字化的同时变得更加可持续。此外,到目前为止,盈利增长和可持续发展大多是由不同的议程支配的,这些议程更多是平行的,而不是趋同的。然而,由于数字孪生是由数据和协作等无形资产提供支持的,它们提供了提高盈利能力的独特机会,同时限制了价值链上的资源使用。这是通过数字孪生的能力实现的,即先虚拟后实体,在原地实现之前先允许远程实现,在原地实现基础上进一步增强,并提供一个封闭的反馈回路。图9显示了可在不同行业实施并已确保拥有更可持续未来的数字孪生的使用案例。



数字孪生提供了一个独特的机会来协调盈利性增长和可持续性。

01

能源与公用事业

数字孪生通过实现远程操作，减少了人员在危险的陆上油田的需要，从而提高了员工的安全。

02

汽车

数字孪生可以帮助设计和测试过程，并通过第一次实现建模和确保物理版本的正确性来减少浪费。

03

航空

利用电力推进系统的数据，在新飞机的设计阶段使用的数字孪生可以优化其在役性能和寿命稳定性。

04

制造

数字孪生提供了在特定环境下运行过程的“最佳方式”的模型，从而减少了产品浪费。

05

智能城市

在各种用途中，数字孪生可以通过管理交通减少排放，通过识别疾病热点使城市更加安全，并监测能源效率。

06

建筑

通过整合实时数据和从传感器收到的信息，数字孪生可以识别出能源被浪费的领域。

07

医疗保健

数字孪生通过精确模拟人体，支持更广泛的研究和更快的疗法开发。

08

地球

地球的数字孪生正在被全力创建，通过模拟大气、海洋和人类系统，帮助应对气候变化。

图9

数字孪生有助于推动各行业的可持续发展举措

数字孪生正在促成 一个可持续的未来

数字孪生有助于推动环境的可持续性（通过设计效率和运营效率）和社会的可持续性（通过药物开发、个性化医疗）

来源：凯捷

图10

超过半数的受访组织依靠数字孪生来提高其可持续性，并且有一些组织已经从中受益

其中好处包括, 从降低排放和废物的工艺效率, 到测试新的可持续材料的可行性

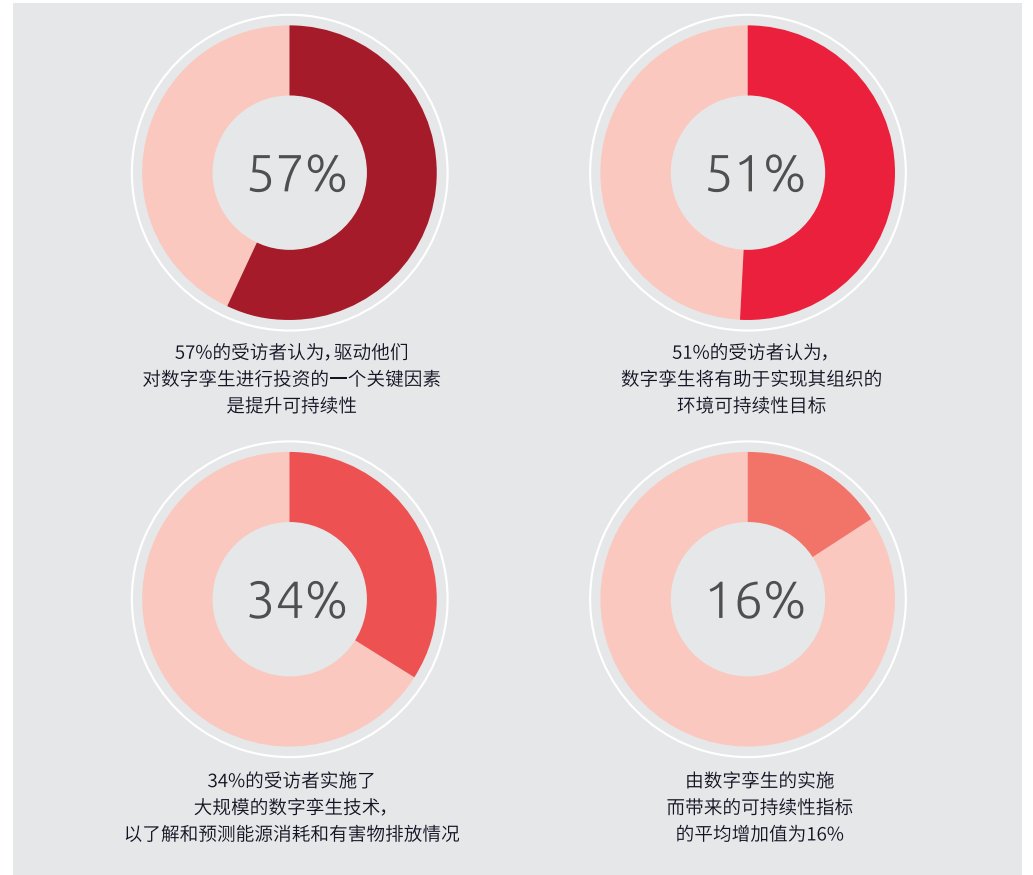
组织普遍认为, 数字孪生可以为其推进可持续性努力而提供优势; 51%接受调查的数字孪生实施者同意数字孪生将有助于实现其组织的环境可持续性目标。此外, 57%的受访者表示, 提升可持续性驱动他们对数字孪生进行投资的关键因素之一。

许多组织已经投入资金以寻求如何使用这项技术来推进其可持续发展议程, 其中34%的组织已经大规模实施了数字孪生, 以了解和预测其能源的消耗和有害物的排放情况。消费品行业、以及能源及公用事业行业在这类应用场景的实施处于领先地位, 在这两个行业的受访组织中, 利用数字孪生来实现其可持续性的占比分别为52%和50%。

即使在这些初始阶段, 通过跨应用场景的数字孪生实现, 组织已经开始观察到其可持续性指标平均提高了16%。随着未来越来越多复杂的数字孪生的出现, 预计这一比例会有所增加。

+57%

受访者认为, 驱动他们对数字孪生进行投资的一个关键因素是提升可持续性



资料来源: 凯捷研究院, 数字孪生调查, 2021年9月至10月, N=800家正在进行数字孪生项目的组织。



许多组织已经从数字孪生提供的可持续优势中受益。

城市规划:新加坡的数字孪生项目(被称为虚拟新加坡),正在被用来确定哪里最适合建造太阳能电池板(基于对全国各地的光照和温度变化的评估)。首相府副秘书长(智慧国家和数字政府)Tan Kok Yam解释道:“通过这种方式,建模和模拟可以帮助我们在土地稀缺和建筑密集的新加坡充分利用来源于太阳的清洁能源”。

基础设施:数字孪生可用于帮助商业建筑的业主们大幅减少碳排放。正如南洋理工大学的例子所示,它们还可以显著提高效率和降低运营成本。数字孪生的预测性质也可用于测试新材料的适用性。建筑公司Lendlease最近创建了一个数字孪生模型,以测试和确定在澳大利亚墨尔本使用可持续木材建造多层建筑群的可行性。虽然这种木材以前在建筑中使用

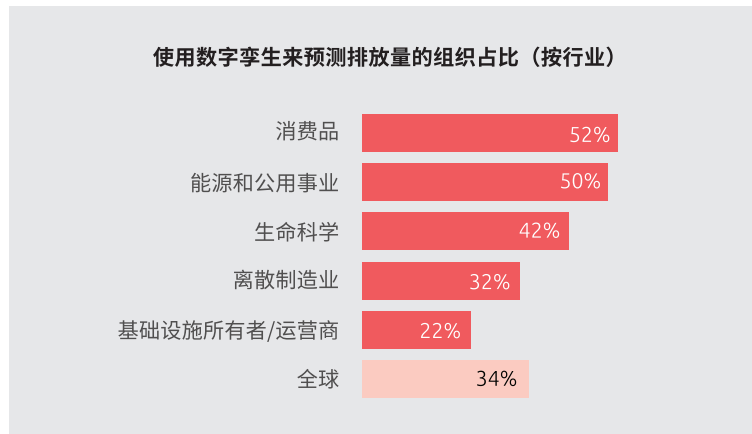
过,但还没有在高层建筑中进行过测试(本例中为29层公寓楼)。

在一个与一座拥有约20万居民的德国城市合作的项目中,西门子公司利用数字孪生模型模拟了该城市的能源需求和基础设施,并且发现截至2035年,将排放量减少70%将是一个完全可行的目标。

能源和公用事业:海王星能源公司(Neptune Energy)是一家国际石油、天然气勘探与生产公司,该公司专注于北海、北非和亚太地区,开发了五套数字孪生平台,预计这将使工程师和集成专家能够在陆地上开展约4100小时的工作,从而提高效率,并降低与海上活动相关的碳排放。此外,海王星能源公司最近还开发了两个新的数字孪生平台,这将支持公司主要的碳捕获和存储(CCS)项目的规划。该项目位于一个能够储存超过荷兰工业化部门制定的二氧化碳排放量的50%的地区。

图11

消费品行业、能源和公用事业以及生命科学行业领导实施数字孪生以了解和预测能源消耗和有害物排放情况



资料来源：凯捷研究院，数字孪生调查，2021年9月至10月，N=800家正在进行数字孪生项目的组织。

航空：劳斯莱斯的数字孪生可用平台帮助其将某些飞机发动机的维修间隔时间延长了50%，从而使其能够大幅减少零部件库存。也许更重要的是，它还通过这个平台大大提高了发动机的效率。劳斯莱斯首席信息和数字官Stuart Hughes表示：“自2014年以来，我们帮助我们的一家航空公司减少了8500万公斤的燃油使用量和超过2亿公斤的二氧化碳排放量。”

汽车：在凯捷研究院与雷诺首席信息官Frédéric Vincent的讨论中，Frédéric Vincent透露了汽车碰撞安全测试是如何通过在云中使用汽车的数字孪生模型来模拟碰撞并更新、升级和更改所需参数而变得更加高效的。之前，该测试是“多次将汽车撞到墙上”进行的。

医疗保健：关于社会方面的可持续性发展，葛兰素史克和西门子正在合作将疫苗开发和生产过程数字化，以缩短疫苗的开发时间，使疫苗能够以更快的速度、更佳的质量送达给人们。

在生命科学领域，数字孪生正在医疗设备制造、药物开发和个性化医疗中得到应用。西门子医疗高

级副总裁Gerd Hoefner，评论到：“[数字孪生]不仅可以用于诊断，还可以用于测试治疗的安全性。例如，我们可以评估某些心脏药物对数字孪生心脏的有效性。数字孪生还可以用于提前数字模拟心脏导管干预和心脏手术，以确定是否有实际的成功机会。”

另一项名为“活体心脏项目”的工作是，尝试开发和验证高精度的个性化人体心脏数字模型，该模型将为心血管电子医学奠定统一的基础，并作为教育和培训、医疗设备设计、测试、临床诊断和监管科学的通用技术基础（提供了一条能快速将当前和未来的尖端创新直接转化为改进病患护理状况的有效途径）。

消费品:金佰利的IT全球数字化供应链副总裁 Kim Kirkconnell, 在谈到他们在可持续性发展而作出的努力时评论道:“我们正在不同的领域使用科学技术和创新。例如, 在北美, Huggies品牌推出了由植物成分制成的尿布。另外, 我们已经在使用传感器分析法来追踪我们的能量和水消耗量, 以监控我们的足迹。未来, 我们将寻找机会来应用数字孪生技术, 致力于将我们的产品变得更具可持续性”。

在另一个例子中, 联合利华在巴西的一家工厂正使用数字孪生来提高生产效率。该公司使用数字孪生来设置制造参数; 例如, 肥皂被推出时的温度(在切成块状之前)。该项目通过减少能源使用和 提高1-3%的生产力, 节省了280万美元的成本。

各组织将显著增加数字孪生的部署

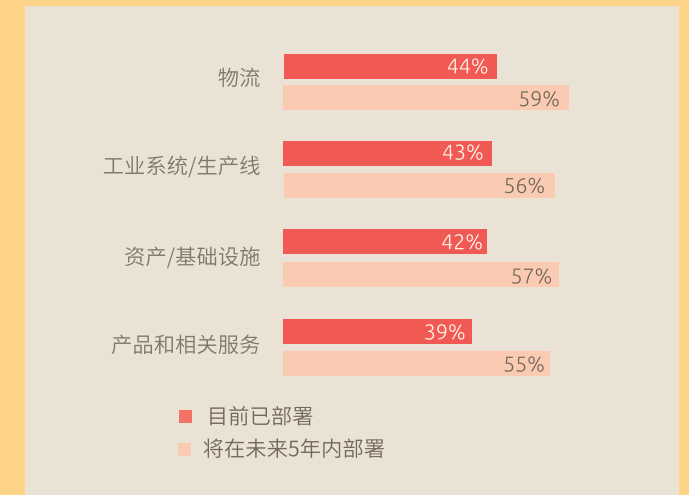
未来五年, 数字孪生的实施将平均增加 36%

组织渴望在不久的将来增加数字孪生的部署。在实施了数字孪生的组织内, 每100个物理“系统”中, 平均有42个已经在使用数字孪生。在接下来的五年中, 这个数字预计将增加到57个, 增长约 36%。由于我们的调查使用了已经制定了数字孪生计划的组织作为目标样本, 因此基数高于绝对市场采用数字。

数字孪生的部署在绿地、棕地和两者的混合之间相当平衡, 大约30%的组织将每种方法都作为他们的首选方法。能源和公用事业行业在所有行业中的棕地部署比例最高, 该行业40%的实施者将其数字孪生部署归类为棕地, 33%的实施者采用绿地和棕地混合部署。

图12

已经实施过数字孪生的组织将增加其部署



来源: 凯捷研究院, 数字孪生调研, 2021年9月-10月, N=800个正在进行数字孪生计划的项目。

“未来，我们将寻找应用数字孪生技术的机会，以使我们的产品更具可持续性。”



Kim Kirkconnell

IT 全球数字供应链副总裁
金佰利

03

数字孪生为价值链整体注入价值

最简单的数字孪生是单个组件或单个设备单元(例如机械臂)的虚拟孪生。这是一个单元级的数字孪生。通过构建和连接这些更简单的孪生,可以构建系统级数字孪生,这将增加单个孪生实现的效率增益。例如,生产线的数字孪生和系统级孪生可以通过连接多台机器的数字孪生来创建。进一步而言,可以通过将多条生产线/工厂连接在一起创建工厂甚至网络的数字孪生(系统之系统级的数字孪生)。

当我们查看数字孪生用于模拟的内容时,广义上可以将其归类为产品、资产或网络孪生。事实上,一个产品或一个系统可以有多个数字孪生——例如,一个孪生覆盖设计,一个孪生覆盖生产,一个孪生用于维护部分。根据我们关注的是产品、资产还是物流网络的孪生,产生或增加价值的方式有很多种。根据使用场景,数字孪生可以大致分为以下几类:

产品孪生可加快上市时间并改善系统运营

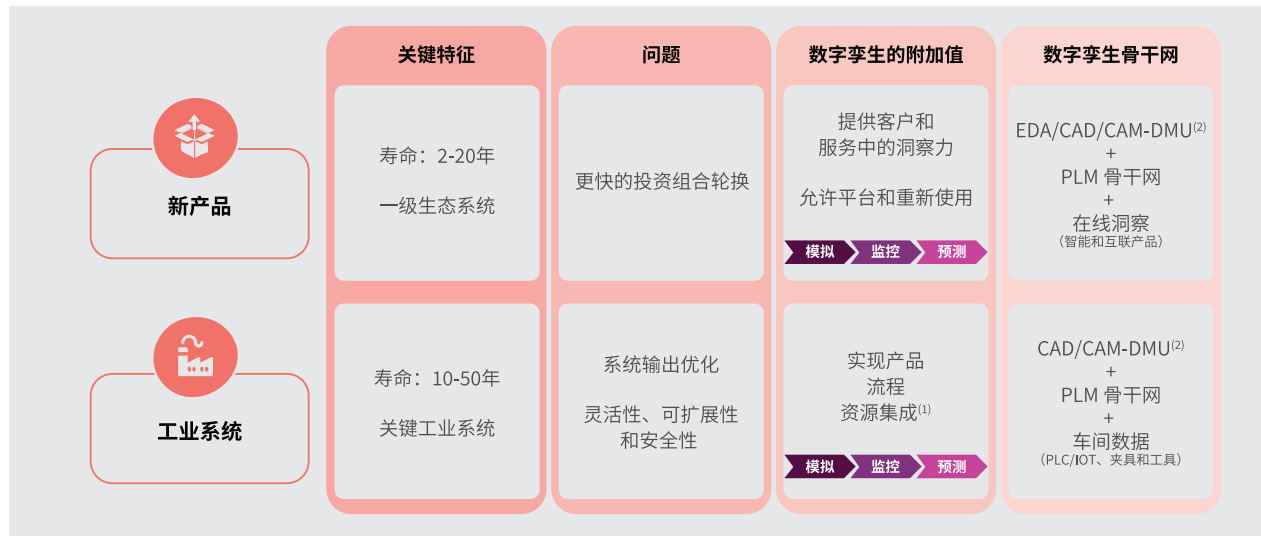
+ 新产品:在新产品的设计和开发过程中,数字孪生可用于改进产品设计并缩短上市时间,还可以保持工程制造的连续性。

+ 工业系统:工业系统的数字孪生允许产品、流程和资源的集成,从而提高系统输出并提供可扩展性。

十多年来,汽车行业一直在其设计(例如装配线的设计)和工程部门中使用数字孪生,但不一定以该名称命名。多年来,数字孪生的适用范围不断扩大,如今,数字孪生可以帮助汽车制造商实现端到端的数字连续性,从而为客户提供附加价值。例如,特斯拉依靠数字孪生来改善其客户体验。它为销售的每辆汽车创建了一个数字孪生;来自传感器的数据被输入到每辆汽车的模拟中,使用人工智能,特斯拉可以确定汽车是否需要维护或是否按预期工作。此外,特斯拉甚至可以通过OTA的方式远程进行汽车软件的升级。

图13

产品数字孪生解决的问题和增值



(1) 制造连续过程将会需要专门的设计和模拟工具

(2) CAD/CAM: 计算机辅助设计/制造; DMU - 数字样机; EDA——电子设计自动化
资料来源: 凯捷分析

进一步扩展之前的特斯拉案例,数字孪生甚至可以通过生成式设计来优化未来产品的设计。根据从现场产品中获得的数据,数字孪生与生成式设计相结合,可以迭代地用于修改产品设计并模拟真实条件下的寿命性能。

谈到可预测性的好处,一位在印度企业集团的能源和公用事业部门工作的高管说:“在电力行业,我们必须提交我们的发电计划,包括我们将提供多少电力到电网,以什么频率提交以及我们的备用方案(以应对如果无法实现原计划的情况)通过使用数字孪生,我们现在有了一个更加可预测的发电计划,潜在的偏差或差异非常小,从而避免了我们行业严格的监管和经济处罚。”

图13显示了产品孪生的关键特征、它可以解决的业务问题以及附加值。

在优化的基础上, 物流数字孪生还通过仿真模拟提供了敏捷性和弹性

+ 物流网络: 数字孪生提供对供需网络的模拟, 使组织能够以客户为中心提升整体表现、弹性和可持续性。

+ 仓库/配送中心: 数字孪生使针对仓库、配送中心的有效流程资源整合成为可能。

菲利普-莫里斯国际公司 (PMI) 已经为其全球制造足迹创建了数字孪生。这使得该公司可以评估产品组合的变化、市场法规、甚至业务中断的影响。该方案允许PMI运行前瞻性的优化方案, 考虑整个网络制造的成本、进口/出口税和运输成本。该公司基于电子表格的模拟因此减少了90%, 并可以将方案评估所需的时间从几周减少到几小时。



资料来源: 凯捷分析

图14

物流数字孪生解决的问题和实现的价值

资产孪生延长了资产的使用寿命,降低了总体拥有成本

+ **现有资产/基础设施:** 数字孪生可以通过其提供的单一信息源以及数据层降低现有基础设施或资产的总体拥有成本(TCO),使团队之间能够无缝协作。

+ **新资产的产生:** 对于新的资产,数字孪生将减少操作时间,同时优化总体拥有成本。宝马集团公布了整个工厂的数字孪生设计,来用于模拟现有31个场地的运作。

宝马集团管理委员会成员Milan Nedeljkovic说:"**整个工厂模型的所**

有元素——包括员工、机器人、建筑和装配部件——都可以被模拟各种支持人工智能的使用场景,如虚拟工厂规划、自主机器人、预测性维护和大数据分析。" 这种方式预计将规划流程效率提高30%以上。

澳大利亚软件公司Neara帮助公用事业公司设计、模拟和管理他们的资产(如电力线)。创始人兼首席执行官Daniel Danilatos解释说:"在过去,如果你想看看一根电线杆,了解它的表现,以及它是否需要更换,需要花费大量的精力才能准确地做出决策的。如果你想在数以百万计的资产在这种情况下是电线杆中做出这一决定,你就无法快速完成。我们的软件降低了理解深度和任务可扩展性之间的取舍。"



资料来源: 凯捷分析

图15

解决的问题和资产数字孪生实现的价值

数字孪生系统使在整个生命周期和跨生态系统中进行数据驱动的决策成为可能

数字孪生系统允许团队在不同类型的数据服务上进行协作。数字孪生技术最大的影响来自于它快速访问所需数据的能力，我们的调查中71%的组织提到了这一点。数据的量级和复杂度与日俱增，数字孪生技术帮助设计师、工程师和分析师以直观的方式理解这些数据，并获得有价值的洞察。一位来自全球能源组织的高管说：“数字孪生对像他们这样在世界各地拥有大量的资产组合的大型组织的一个重要的帮助是数据的标准化。数字孪生可以帮

助整合信息，并在保存和读取数据的方式上推动共同标准的形成。除了数据管理之外，这也有助于打破组织内部的孤岛，以更为整体的方式进行工作。”

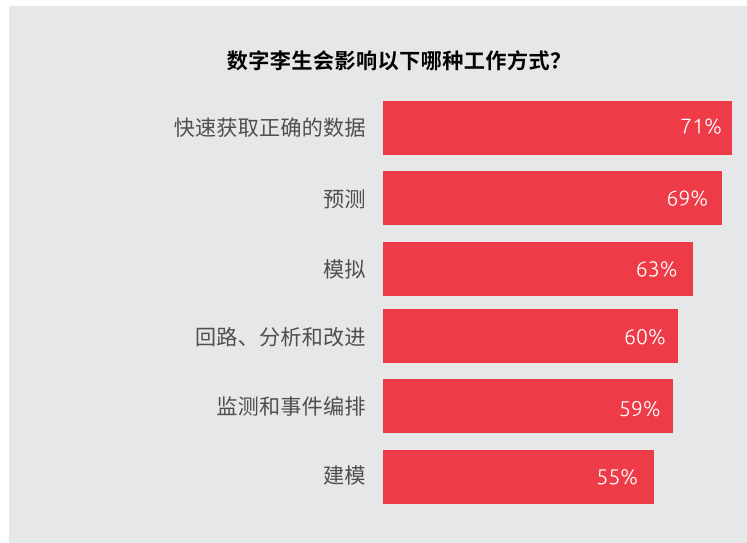
排在第二位的使用场景是它的预测能力，69%的人将此列为最具影响力的服务。如图16所示，数字孪生也可用于模拟以及反哺设计和开发。

+69%

将“预测”列为数字孪生提供的最具影响力的数据服务

图16

数字孪生可以实时从数据中获取洞察



来源：凯捷研究院，数字孪生调研，2021年9月-10月，N=800个正在进行数字孪生计划的项目。

数字孪生

一个产品或系统可以有多个数字孪生——例如，一个涵盖设计，一个涵盖生产，还有一个涵盖维护。



通往成功部署数字孪生的道路并非一帆风顺

尽管一些组织已经意识到应用数字孪生的好处，但想要实现成功部署仍面临着许多挑战。我们观察到以下四类挑战可能会延缓数字孪生的部署。

I: 宏大愿景、管理支持和均衡治理的缺失亟待解决

在某些情况下，管理支持的缺失以及运营问题会导致数字孪生实施失败。

- 尽管55%的组织将数字孪生视为其数字化转型战略的一部分，但其中近一半的组织(42%)对于如何部署它们缺乏清晰的愿景。
- 虽然59%的组织声称已经制定了开发数字孪生系统的长期路线图(五年或更长时间)，但大约一半(43%)的组织表示缺乏对数字孪生计划的管理承诺，并且有49%的组织面临着对数字孪生缺乏概念投资不足的挑战。

- 56%的组织正在处理系统和流程之间缺乏数字连续性的问题，55%表示组织内缺乏跨职能协作。
- 据报道，缺乏强有力的治理也会导致项目管理效率的低下：在三分之一的受访组织中，数字孪生治理还未完全规范化，甚至完全缺失规范化的意识。

II: 发展核心业务和协作技能

数字孪生的实施需要特定的技能组合,然而许多组织却缺少了这些能力。图17突出显示了数字孪生实施和维护所需的核心业务技能。

此外,58%的受访者认为跨职能协作是另一项关键技能;然而,只有50%的受访者确信他们拥有这样的能力。

III: 部署和集成一套安全的端到端架构

此外,许多技术挑战正在阻碍组织在其特定环境中实现数字孪生的全部潜力。由于数字孪生必须与许多系统“对话”(包括遗留系统在内),因此需要借助API集成、连通性和其他措施来完成数据采集。然而,内部数字基础设施的不足也进一步阻碍了这方面的进展;67%的组织表示,云部署和API集成不足是他们面临的主要挑战。

IV: 对生态系统的赋能仍然是一项重大挑战

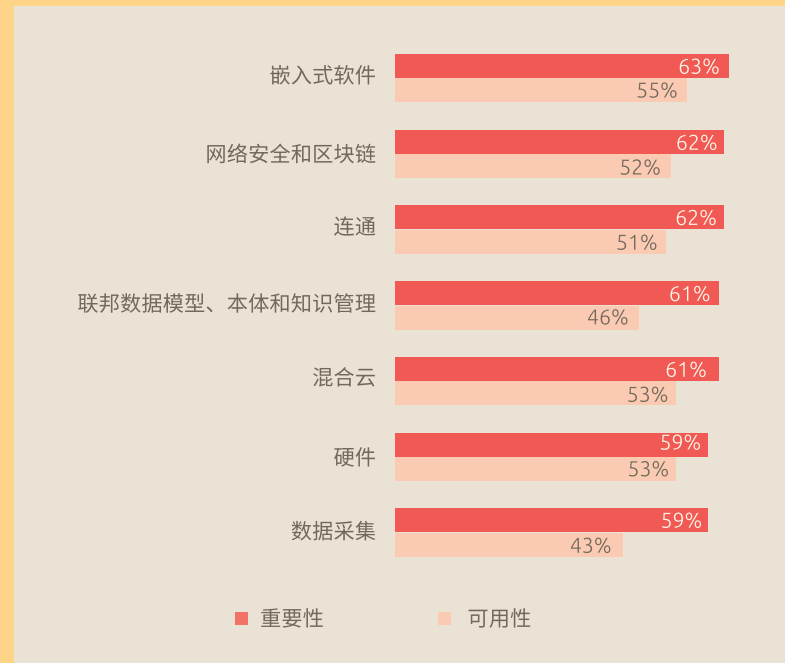
大型组织意识到自己正与数百甚至数千个供应商打交道。为了更有效地与这些供应商及其他商业伙伴合作,协作平台的搭建是必不可少的。然而,如下图19所示,只有不到一半的组织部署了这样的平台(尽管平均而言,预计未来三年内,这一比例将会增加到58%)。

+61%

组织普遍认为联邦数据模型和本体对于数字孪生的实施是必需的

图17

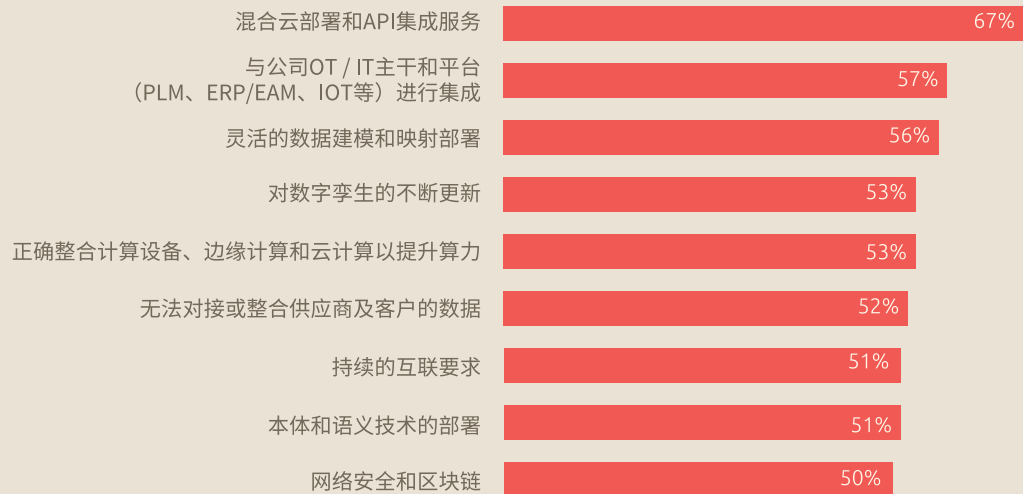
数字孪生实施所需的核心业务技能



来源: 凯捷研究院, 数字孪生调研, 2021年9月-10月, N=800个正在进行数字孪生计划的项目。

图18

阻碍数字孪生部署的技术挑战

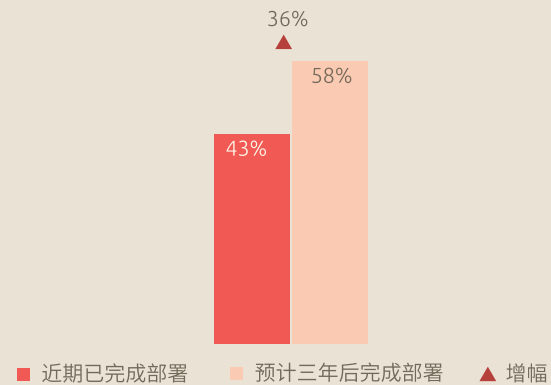


来源：凯捷研究院，数字孪生调研，2021年9月-10月，N=800个正在进行数字孪生计划的项目。

图19

生态系统内的协作和协作平台的部署将增加35%以上

您与合作伙伴共同部署数字协作平台的现况是如何的？



来源：凯捷研究院，数字孪生调研，2021年9月-10月，N=800个正在进行数字孪生计划的项目。



“‘数字孪生’不仅可以用于
诊断，还可以用于测试治疗的
安全性。”

- Gerd Hoefner, 西门子医疗 高级副总裁

04

数字孪生之旅的领跑者 赢得最大收益

谁是数字孪生转型的领跑者？

虽然数字孪生允许企业享受众多好处，但企业确实需要具备某些要素，以便充分利用系统增强功能。我们从六个受影响的领域对企业进行分析：

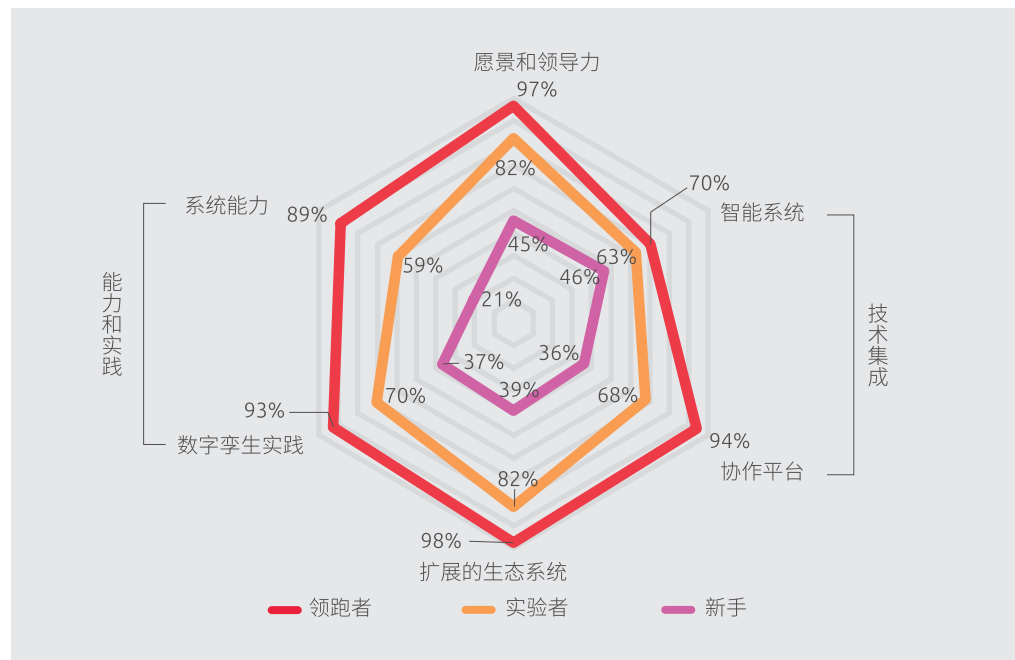
- 愿景和领导力
- 技术集成
 - 协作平台
 - 智能系统：智能、互联和可持续
- 能力和实践
 - 系统功能可用
 - 数字实践
 - 数据驱动和数字化工作方式
 - 在企业内
- 扩展的生态系统

基于上述情况，可以将企业分成三个队列：

- 领跑者：在所有领域都表现良好（占受访企业的13%）
- 实验者：在这六个领域中，有一些表现良好（10%）
- 新手：在所有领域表现不佳（77%）

图20

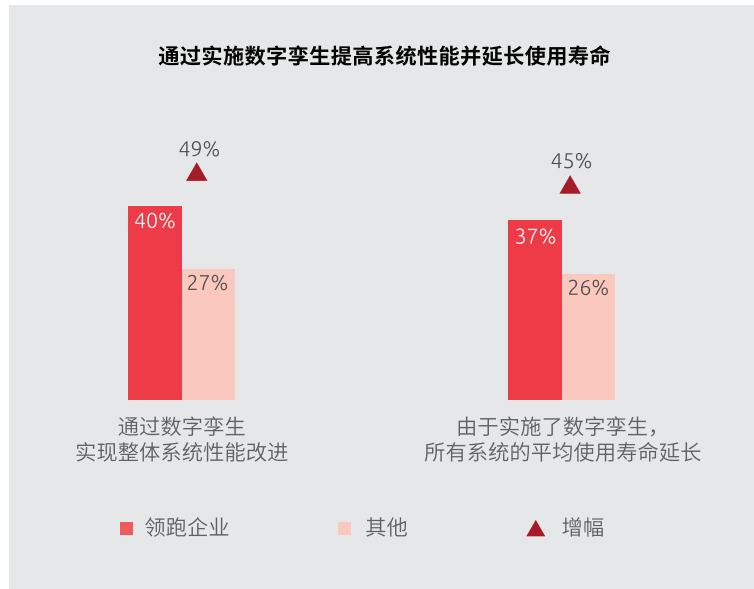
领跑企业在所有六个转型领域都优于其他企业



注意：每个轴上的分数从0到100%的评分，100%是满分。
资料来源：凯捷研究院，数字孪生调查，2021年9月至10月，N=1,000个企业。

图21

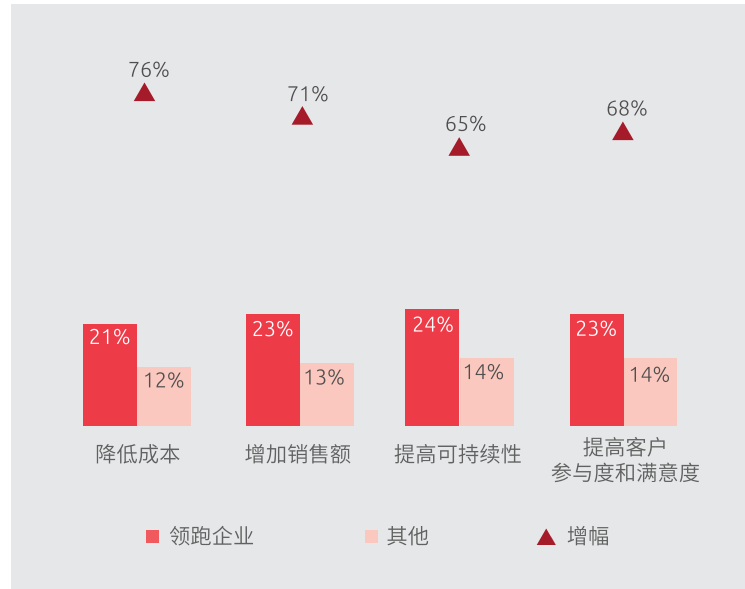
与其他企业相比，领跑企业实现了40%以上系统性能的提升和更长的使用寿命



五个类别的平均收益：产品和相关服务、工业系统/生产线、资产/基础设施、物流以及售后支持和服务。“增幅”代表了领跑者在改进方面的差异。
资料来源：凯捷研究院，数字孪生调查，2021年9月至10月，N=131个领跑企业，N=869个其他企业。

图22

领跑企业实现的收益比其他企业高出65%到75%



“增幅”代表领跑企业在获得的利益方面的差异。
资料来源：凯捷研究院，数字孪生调查，2021年9月至10月，N=131个领跑企业，N=869个其他企业。

领跑企业能明显地实现更高的收益

在我们的分析中，我们发现领跑企业能够实现更高的收益。由于数字孪生的实施，领跑企业报告整体系统性能平均提高了40%，而其他企业则提高了27%。其中一个原因是领跑企业能够通过设计来利用效率，并在更大程度上提高运营效率。

同样，报告中称，与其他企业相比，领跑企业的成本降低了76%，客户参与度提高了68%（参见图22）。

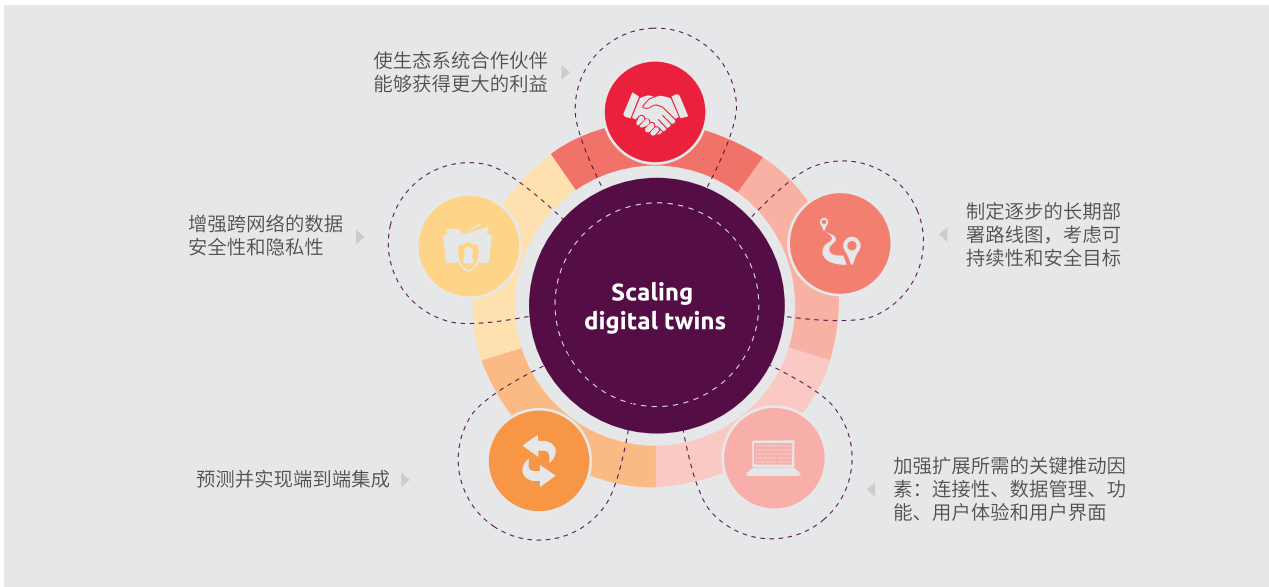
05

如何通过数字孪生加速企业转型？

各行各业的企业都依靠数字孪生来缩短上市时间,提高运营效率,实现可持续发展计划并改善客户体验。然而,许多公司尚未成功配备扩展数字孪生所需的基础设施,从而未能享受到数字孪生带来的全部好处。根据早期采用者采用的最佳实践、我们的调查结果和我们的市场经验,我们确定了企业需要投资的以下领域,以推动大规模的数字孪生转型。

图23

加速数字孪生转型



资料来源: 凯捷研究院分析

基于对可持续性和安全目标的考量， 来制定逐步的长期部署路线图

企业通常由试点或概念验证开始他们的数字孪生之旅。而重要的则是要有一个扩展数字孪生部署的路线图。领跑企业中的97%都拥有数字孪生的长期路线图(五年或更长时间)，而其它企业之中只有58%拥有这类路线图。路线图可以帮助企业明晰其在每项职能上存在的差距，以及填补这些差距所需要的推动因素(如数据管理、能力组合等)。路线图也有助于将必要的资金引导至上述的举措中。当数字化转型项目和其它正在进行的项目的预算有限时，企业还可以考虑通过虚拟，远程和增强的数字孪生方法带来安全效益(见第2节)，以及通过最佳资源利用，提高运营效率和整个价值链中节省成本来实现的可持续性效益。企业在决策数字孪生的业务的案例时需要考虑的另外一个要点是，数字孪生不仅有助于现有系统，而且还允许企业引入新的业务模型并释放收入机会。

首先部署将解决重复痛点或战略问题的用例

全面的数字孪生的部署需要在软件、时间、技能资源和预算方面进行大量投资。因此，一旦排除了概念验证，采用数字孪生则被证明是有益的建议，并且其应用将解决一些痛点或战略性问题。金佰利的前数字技术全球总监Amy Sausen在详细阐述了他们的数字孪生计划时评论道：

“经过深思熟虑的数字孪生设计尤为重要——它相当于是一个指南针，而且你也希望从一开始就朝着正确的方向前进。”



Sacha Porges

吉凯恩汽车客户质量与项目
全球总监

“[数字孪生]技术尚未准备好来帮助我们进行产品创新,因为在数字环境中使用流体动力学(例如,尝试去模拟Kleenex品牌的纸巾或Huggies品牌的尿布如何吸收水分)可能会变得非常复杂。但是,我们可以使用数字孪生来创建一个实时监控系统的环境,我们再从中学习,并将这些学习到的内容转换为预测性或规范性操作将是一种更强大的应用,因为制造业会有大量的可用数据。目前,我们正在试验机器的预测性维护用例,从而了解机器何时可能发生的故障以及发生故障的原因。”

立竿见影的效果让员工相信附加价值

无论数字孪生的类型是什么,只有当与数字孪生进行交互的员工能够使用该数字孪生应用程序进行分析、校正或预测时,才能解锁数字孪生的价值。致力于产生立竿见影的效果,例如跟踪车间的资产流动,将有助于说服员工相信数字孪生的价值,并充当灯塔项目。

定义良好的服务架构还有助于确定业务中的哪

个服务拥有从每个数字孪生生成的数据,以及哪些服务将负责维护数据卫生(即,数字孪生与物理源的同步,数据质量,防止未经授权的数据更改等)。

治理团队的一个关键因素是确保让使用数字孪生的员工意识到数字孪生可以增强他们的工作能力并帮助进一步决策。这意味着,为了确保给员工提供的沉浸式体验与他们的运营保持一致,企业可以通过为员工提供测试应用程序所需的平台和工具来实现这一目标,同时在鼓励员工提高技能和创新的鼓励性文化中学习。

加强扩展所需的关键推动因素

为了大规模部署数字孪生系统并从中获得全部收益,企业必须确保某些基础到位。

+ 安全连接:在当今的业务环境中,系统、企业和流程的联系越来越紧密。需要连接性和安全性来确保整个供应链中从边缘到云,从设计到运营和服务的信息的连续性。只有这样,

才能实现系统的全部好处。

+ 数据管理:为了使数字孪生能够有效地建模、模拟、预测和监控,数据的连续性以及与多个数据源的集成是必要的。为了让数字孪生模仿操作行为,快速计算至关重要。此外,需要对来自各种系统的数据进行分析和解释。这可以通过本体或一系列本体事先地建立数据互操作性来快速完成。这有助于管理数字孪生的复杂性,并使关系明确。一些本体还可以帮助数据建模并解

通过实体或一系列实体 事先建立好数据互操作性 能帮助管理数字孪生的复杂性。

决诸如丢失数据和数据安全性之类的问题。领跑企业识别出了这些挑战,其中95%的企业提到统一的数据平台对于成功实施数字孪生很关键,而非领跑企业只有54%的企业提出同样的看法。

“由于有海量的可用数据，使用数字孪生系统来创建一个用于实时监控系统的环境是一种更为强有力的应用方式。”



Amy Sausen

前金佰利数字科技部全球总监



随着数字孪生的规模化，这一挑战变得更加巨大，企业必须确定如何开发这些本体，是使用任何当前本体还是创建新的本体，以及如何验证和维护这些本体。为了从数字孪生中充分受益，企业必须设计和发布一个数据管理策略，由于数字孪生的构建也属于计算密集型的任务，企业还需要扩展起自身基础设施的能力并能伸缩至云端。

+ 能力：企业还需要加强某些技能组合，以便设计和运营数字孪生。

设计能力：在设计数字孪生系统时，系统工程、建模和多维仿真等技能是必需的。

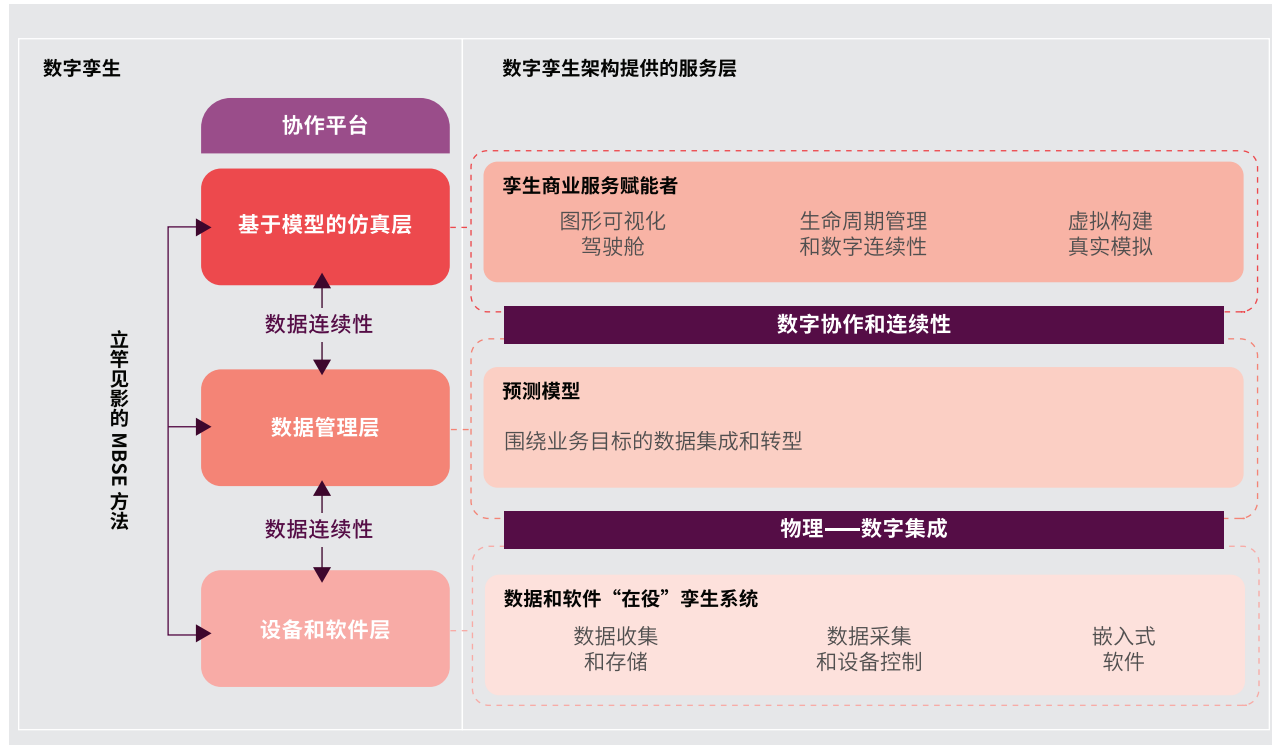
运营和服务能力：包括数据采集、分布式架构、人工智能/机器学习以及事件管理

能力。

协作技能：在整个价值链中，跨越内部和外部生态系统的协作能力。

+ 用户体验和用户界面：最后，直观的用户体验/用户界面是充分挖掘智能互联系统和流程潜力的必要条件。使用数字孪生的员工必须能够使用、导航和沉浸在应用程序中，为了实现这一点，用户体验和用户界面必须经过深思熟虑的设计，因为它们对于用户来说是非常直观的。

GKN汽车客户质量和计划全球总监Sacha Porges强调了这些推动因素的重要性：“经过深思熟虑的数字孪生设计尤为重要——它相当于是一个指南针，而且你也希望从一开始就朝着正确的方向前进。你需要了解能够将物理资产与数字孪生集成的使能技术：如何将物理资产连接到虚拟，以及需要什么技术来做到这一点。同样，为了实现来自物联网设备的实时数据流，并与来自其他企业系统的运营和事务数据集成，你必须定义所需的设备类型和软件。”



来源：凯捷

设计和实施数字孪生架构

数字孪生架构有助于以稳健的方式交付数字孪生项目。图24展示了顶层架构，其包含交付所需的三个主要技术基础，以及支持数字孪生的服务。

如前面的建议中所述，数据管理层使得数据分析变得轻松。设备层和软件层让员工和团队和数字孪生系统进行交互。对于简单的场景用例，所提到的这三个层都可以单独进行处理，也可以通过基于模型的系统工程（MBSE）来处理。MBSE还提供了复杂用例需要的这三层之间的互用性。

该图还显示了数字孪生架构提供的服务层。它通过数据收集和存储、数据采集和设备控制以及嵌入式软件实现物理—数字集成。此外，数据集成确保实现了数字协作和连续性。为了成功实现所有以上功能，企业应该关注生命周期管理，数字连续性，仿真模拟以及驾驶舱和仪表盘服务。

图24所示的底层物理—数字集成层

负责数据收集，以构建单一且最新的事实来源，联合“冷”数据（如历史系统规范和模型等）和“热”数据（如IOT、OT、实时事件消息），以及“描述性”数据（如GIS、BIM、CAD/CAM等）和“交易性”数据（如PLM、ERP、MES等）。数字孪生的建模过程应该是弹性的，并且能够提供高级数据服务，例如建模和模拟、直观的可视化、分析与人工智能/机器学习，以及事件编排，以有效地管理预测/预防性警报和实时事件。

+47%

47% 的企业正在考虑为数字孪生项目建立战略合作伙伴关系

+38%

38%的企业愿意与新/现有的合作伙伴合作实施数字孪生

然而,事实来源并不一定意味着所有数据源和计算活动都需要集中在一个地方;在这种情况下,数据一致性和性能将无法保障。因此,在数据规模、同步和计算方面取得适当的平衡对于扩展伸缩至关重要。

增强跨网络的数据安全性和隐私性

由于数字孪生连接到多个系统,可以访问大量敏感信息,因此入侵不安全的数字孪生系统可以立即访问整个业务系统的内部数据。

确保只有获得授权才能访问系统设施和数据,这对于保护商业和个人信息的机密性至关重要。

此外,还必须防止在处理、传输中或存储过程中对数据/操作进行未经授权的修改或破坏。必须维护系统的完整性,以保证对其生成的数据的可靠性,并确保命令/操作的不可否认性和真实性。显然,这需要在数字孪生与其物理对应体之间进行安全通信。

影响数字孪生或其物理对应体的对手可能

会在两个实体的行为或状态中引入差异。鉴于两者之间的双向链接,攻击者可能会通过更改其中任何一个来对两者产生负面影响。

与数字孪生部署有关的隐私和安全风险是多方面的。因此,在数字孪生部署之前,加强数据安全和隐私措施是不可或缺的——69%的受访企业对此表示赞同,这些企业正计划对其端到端网络安全进行重大更改。

与合作伙伴合作,获得更大的利益

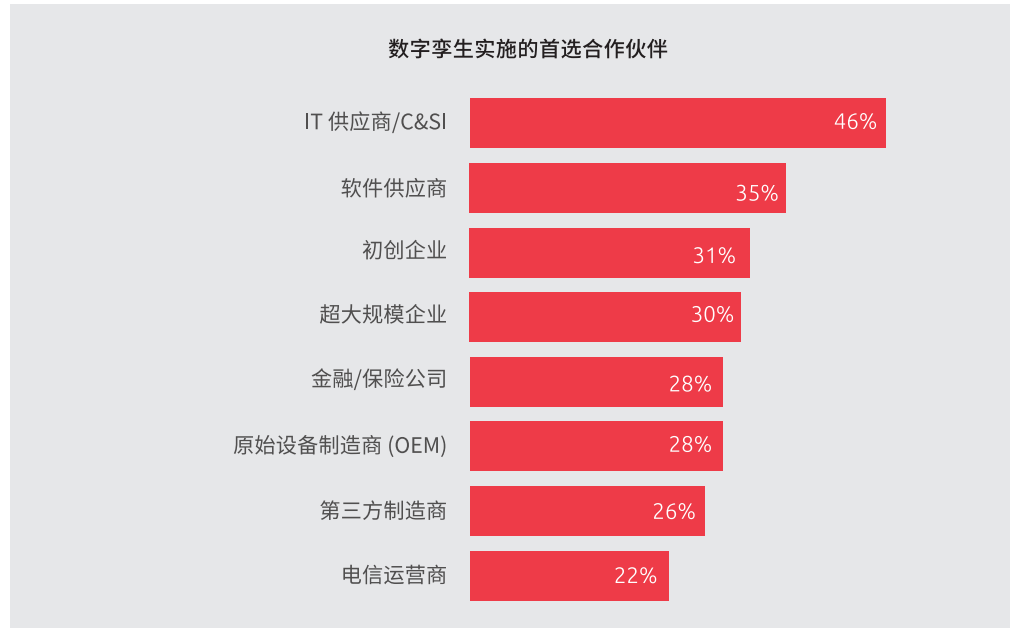
数字孪生的最大价值在于能够预测或模拟特定变化对整个合作伙伴生态网络的影响。这只能通过将来自合作伙伴的数据投喂或输入到数字孪生系统中来实现。为了构建这种远远超出单个企业边界并进入更广泛生态系统的复杂孪生体,企业需要将其关键合作伙伴纳入数字孪生愿景中并部署到协作平台。

企业还意识到他们需要与技术公司协作或合作来推动数字孪生的实施。例如,Johnson Controls、HVAC(供暖、通风和空

调)和建筑安全设备制造商宣布将Azure数字孪生物联网平台与其自己的OpenBlue数字孪生平台集成,以在管理物理存储空间的同时最大限度地提高效率。除了供应商和客户之外,企业还与各种合作伙伴合作,其中可能包括IT供应商或咨询和系统集成商(C&SI)、软件公司、初创公司、超大规模企业、金融机构、原始设备制造商(OEM)和电信运营商。此外,47%的企业正在考虑数字孪生项目的战略合作伙伴关系,而另外38%的企业愿意与新的/现有的合作伙伴合作实施数字孪生。在各种潜在合作伙伴中,46%的企业将IT供应商/C&SI列为他们的三大偏好,其次是软件供应商(参见图25)。

图25

C&SI合作伙伴和软件公司仍然是数字孪生项目的首选合作伙伴



资料来源：凯捷研究院，数字孪生调查，2021年9月-10月，N=800个正在实施数字孪生项目的企业。

能源和公用事业部门热衷于利用数字孪生的潜力。然而，虽然他们专注于小规模孪生系统，但为电网或核反应堆构建数字孪生肯定很复杂，而且这些企业通常很难自行开发这些高级的孪生系统。因此，我们看到企业与软件供应商和设备提供商合作。例如，E.ON正在通过一个财团与多个行业合作伙伴合作，创建一个数字孪生模型，以监控其110KV电力变压器的资产健康状况和性能。另外，法国公用事业巨头EDF还计划与各种学术和行业合作伙伴合作，为其56座核反应堆部署数字孪生系统。

同样，财团们会帮助数字孪生的设计和开发。它们有助于数字孪生标准化并为企业提供资源或指导，从而扩大使用规模。例如，Microsoft、GE Digital和诺斯罗普·格鲁曼(Northrop Grumman)的创始人之一的数字孪生系统Consortium正在努力进行数字孪生的最佳实践和标准要求。成员们渴望推动数字孪生技术达成在词汇、架构、安全性和互动上的一致性。

关于译者

凯捷中国数字化研发团队有超过1200名专业顾问致力于数字化相关项目，分布在北京、天津、沈阳、呼和浩特、上海、昆山、杭州、广州、深圳等地，运用 Rightshore 交付模式和通过专业顾问为客户提供专业服务，主要专注于汽车、消费品零售、商业地产、金融、生命科学和高科技行业。团队终端能力涵盖：数字创新与规划、数字化转型咨询与实施、微服务架构设计与实现、质量保证与测试工厂、基于敏捷和 DevOps 方法的应用等。

主要译者

吴怡，王梦然，吕征达，富子龙，杨超，姚青青，熊泽林，朱伟章，李欣琳，刘睿哲，刘小雪，黎声

Get the Future You Want | www.capgemini.com