

数字孪生 行业报告

高管洞察

96%

的领导者认为
数字孪生
值得投入



超越预期的变革性技术

领导者们对数字孪生的商业价值
做出明确而全面的评估



Burkhard Boeckem
海克斯康集团首席技术官

数字孪生：
行业发展驱动力还是新的技术炒作？

关于数字孪生技术，大家众说纷纭。然而，过往的讨论始终未能触及数字孪生的核心价值。

数字孪生难以定义。它既可以指代某款简单且独立演示的产品/方案，也可以指代某个实体乃至整个地区复杂且动态呈现的事项及资产情况。

本报告深入研究了数字孪生技术在11个行业中的应用现状，探讨了其对商业价值的深远影响。通过对660位C级高管及其团队的调

研，我们揭示了企业在数字孪生应用中的创新实践，以及技术成熟度与企业成功之间的联系。

从意想不到的隐性优势到行业先行者的经验总结，我们的洞察全面展现了数字孪生技术的应用现状及其未来趋势。

尽管数字孪生的广泛应用仍存在挑战，但已成功部署本项技术的企业正逐步获得显著成效。期待与大家共同探索数据的价值。

在研究中，
我们对数字孪生作了如下定义：

数字孪生 ——

用动态数据模拟、分析、
监控和优化性能，以数字
形式精确呈现真实世界的
技术

我们采访了

11

个行业的

660位

C级高管和高层领导

目录

4

数字孪生 驱动企业价值增长

96%的高层领导认可数字孪生的优势

6

现实超乎预期

仅19%未部署数字孪生的企业有望显著提升协同性；相比之下，在已部署数字孪生的企业中，有44%已实现了协同性的显著提升

10

人工智能的吸引力

80%的领导者表示，人工智能增强了他们对数字孪生技术的兴趣

12

澄清 五大误区

消除有关成本、数据、复杂性等方面的误解

14

数字孪生价值 成熟度矩阵

查看矩阵中的行业排名

20

步步增效

采用集成数字孪生的企业，相较采用独立数字孪生的企业平均多出三项优势

22

获取优质数据 面临的诸多困难

56%部署数字孪生的企业计划为其数据收集改进工作投资

24

中小企业 蕴藏巨大潜力

65%的中小企业在部署数字孪生之后，效率得到显著提升

数字孪生 驱动企业价值增长

有明确的证据表明：数字孪生能够为企业创造显著效益。

绝大多数企业高管深信数字孪生能够创造效益。在所有受访者中，62%的人认为数字孪生具有巨大价值。仅有2%的人认为数字孪生不能创造任何价值。

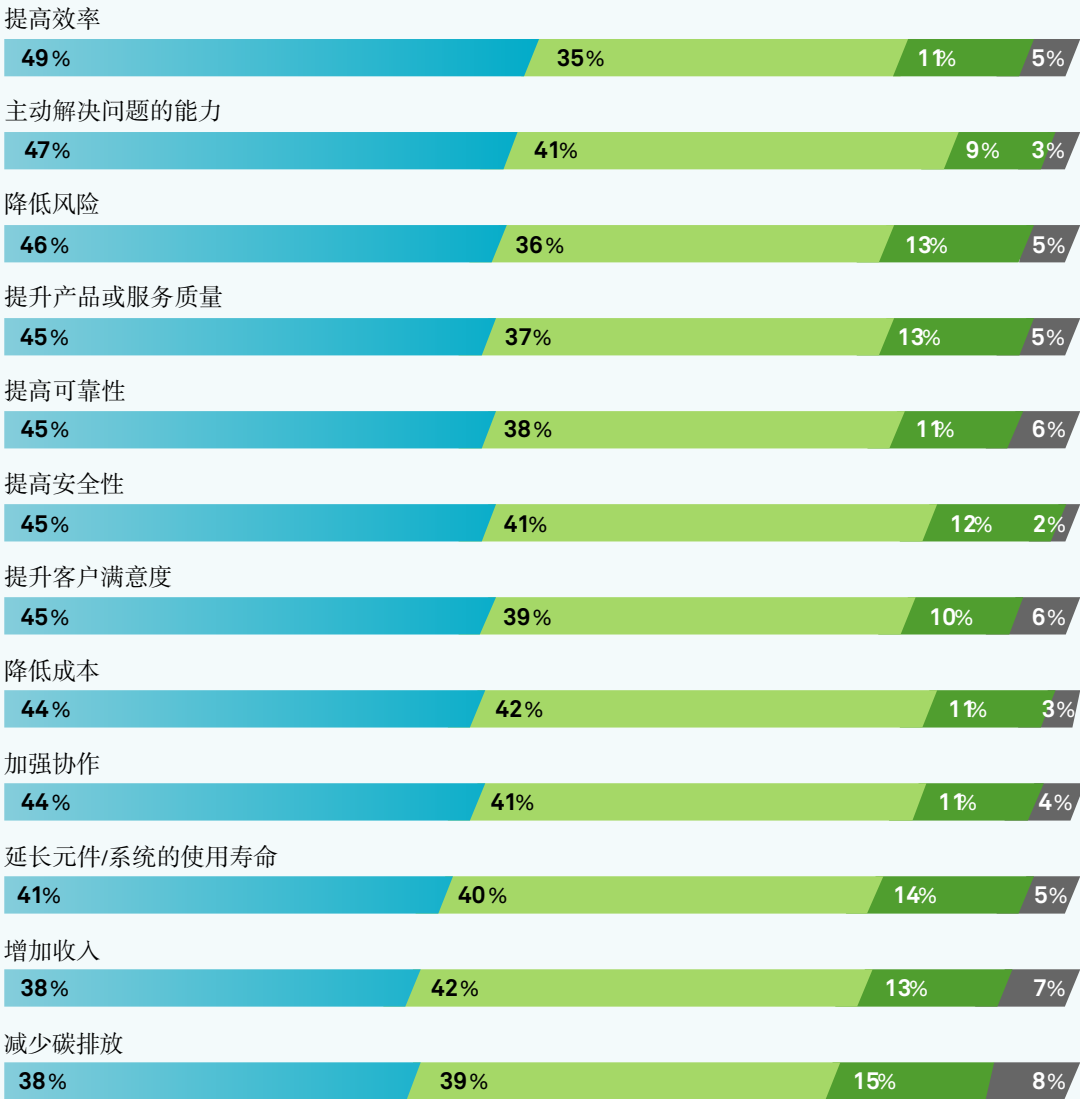
数字孪生对企业整体有益，尤其有助于提

升企业的运营价值，例如，49%的受访者认为提高效率是数字孪生的主要效益。

当然，盈亏状况也极为关键。虽然只有不到一半（46%）的企业建立了结构化的投资回报率（ROI）追踪系统，但从他们的实践中可以看到显著成效：而这其中92%的企业投资回报率超过了10%。

企业整体获益

- 很大程度
- 一定程度
- 无影响
- 不相关



80% 的

企业表示数字孪生技术有助于减少碳排放

数字孪生技术正极大地改善企业的财务状况

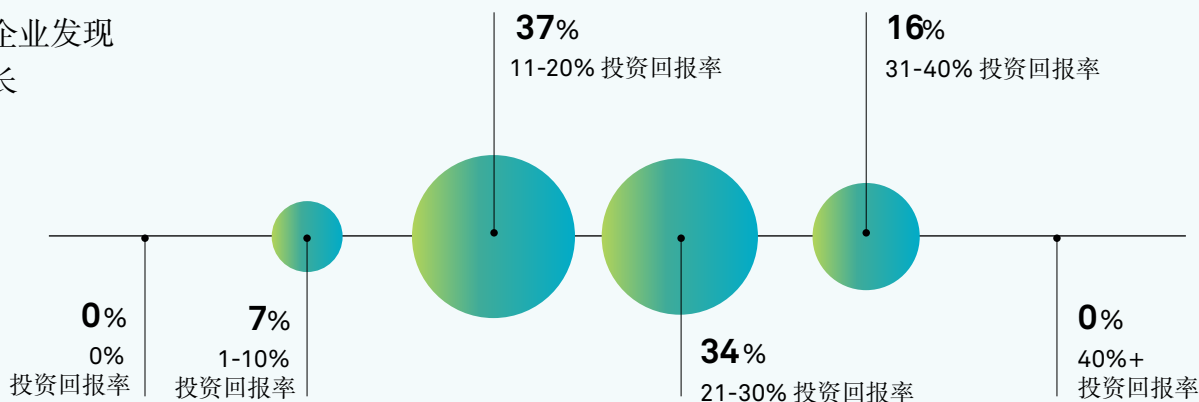
平均成本降低

19%

平均收入增长

19%

追踪投资回报率的企业发现
投资回报率显著增长



数字孪生创造的价值
在企业未来12个月的投资意愿中精准体现

56%

预计投资增长5%~25%

16%

预计投资增长25%以上

4%

预计投资减少5%~25%

19%

预计投资
规模基本持平

5%

未知

现实超乎预期

关于数字孪生技术带来的效益，大家的认知与实际情况存在明显差距



我们的研究结果明确显示，数字孪生所创造的价值远超企业领导者的预期。

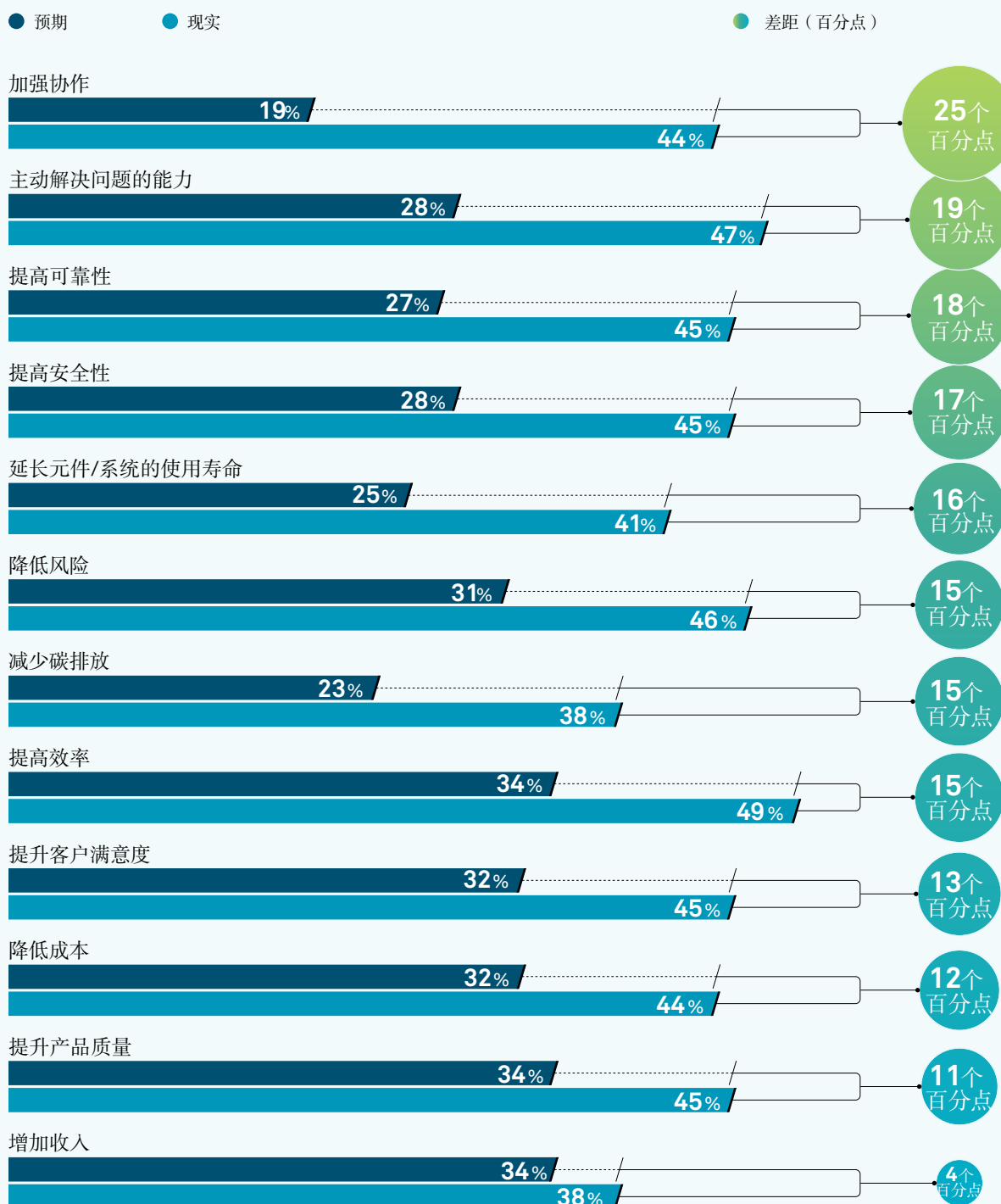
为探究数字孪生是否符合预期，我们请尚未采用数字孪生的受访者，对其观念里的数字孪生创造的效益进行评分。同步，我们也请采用数字孪生的企业高管对数字孪生所创造的效益进行评分。

结果显示，未采用数字孪生的企业普遍低估其潜在价值。例如，在未部署数字孪生的受访者中，仅有19%的人预计数字孪生可显著提高协作效率。而在已经采用数字孪生的受访者中，44%的人表示数字孪生已经提升了协作效率，两者之间的差距达到25个百分点。

同样，仅28%未采用数字孪生的企业预计数字孪生能显著提升企业主动解决问题的能力，而47%已采用数字孪生的企业的主动问题解决能力显著提升。

有意思的是，现实和预期之间的差距随着量化的效益提升而减小。例如，在降低成本、提高产品质量和增加收入方面，实际效果与预期之间的差距是最小的。就增加收入而言，现实与预期之间的差距仅仅为4个百分点。

数字孪生技术 为企业创造的整体价值远超预期



以上条形图显示了两组不同领导者的答复内容。

预期数据源于**106位尚未**采用数字孪生的企业领导者对数字孪生预期效益的答复。

现实数据源于**554位已经**采用数字孪生的企业领导者对数字孪生创造的各项效益的程度的答复。



真正的战略朴实无华：
行动总好过无休止的观望，
从跬步，至千里。”

Mark Cichy
HOK设计技术总监



75%

的受访者表示他们非常了解数字孪生，并且认为数字孪生能为其企业创造巨大的价值

这种认知差异源于可量化的效益空间。纵然解决问题的能力提升会带来显著成果，但难以精确衡量其投资回报率，导致企业在亲身体验前往往低估其实际影响。

有些行业可能普遍对数字化转型持谨慎态度。企业不满新技术炒作情有可原，毕竟当新技术被鼓吹得神乎其神，但无法达到预期效果时，企业必然会愈发失望。

这个话题相当复杂，企业自身情况的不同，也将造成其态度与答案的不同。

而管理咨询公司和行业媒体在谈及企业畏惧数字化转型的原因时，常常总结为失败风险较高、对变革存在恐惧心理以及缺乏紧迫感等。不管是出于何种原因，鉴于新技术可能带来失败并导致高额费用，部分

企业对其保持警惕也就不难理解了。

跨国设计、建筑、工程设计与规划公司HOK的设计技术总监Mark Cichy指出：“数字孪生技术目前存在一定的过度炒作现象，这引发了人们的疑虑，对其实际应用能力产生了困惑。”

在建筑工程领域，很多企业曾尝试部署一系列被过度宣传但实际效果不尽如人意的解决方案，最终多以失败告终。因此，这些企业在面对新的解决方案时往往持谨慎态度。

Cichy强调，与其依赖宣传来解决问题，不如通过大量实际案例来展示技术的真正优势。

他表示：“真正的战略朴实无华：行动总好过无休止的观望，从跬步，至千里。”

可持续发展潜力

鉴于可持续发展已成为众多行业的首要任务，
数字孪生技术在减少碳排放方面的成效令人振奋

38%

领导者称碳排放显著减少

15%

为平均减排量

数字孪生在减排方面同样能够发挥重要的作用，不过目前实际表现与预期效果之间仍存在着一定的差距。

在尚未采用数字孪生的受访者中，23%的人认为数字孪生能显著减少排放，25%的人则认为数字孪生无法带来减排效益。

现实情况比较乐观。在所有行业中，

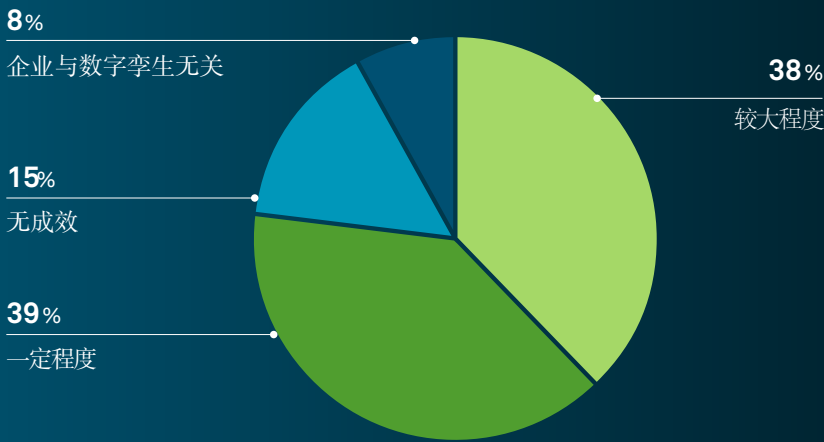
38%采用数字孪生的受访者表示碳排放显著减少。实现减排的受访者称碳排放量平均减少了15%。

数字孪生的显著优势在于能够依托数据驱动，精准洞察特定实体或系统的碳排放状况。以世界经济论坛上备受瞩目的数字孪生与人工智能结合应用为例，这种组合通过预测性维护、情景测试、风险管理以及实时自动化报告，促使各类建筑管理系统大幅减少碳排放。

减排效果因行业而异。零碳分析公司（Zero Carbon Analytics）的数据显示，石化和化学行业的碳排放量占全球终端用途碳排放量的6.1%，与钢铁行业的水平相当，几乎达到水泥行业碳排放量的两倍。随着石化产品需求量的上升，这一比例只会持续攀升。

在石化行业，将近一半的受访者称，企业在运用数字孪生之后，碳排放量大幅降低。对于越来越多注重可持续发展的企业来说，机会总是留给那些愿意投入的企业的。

企业实现的减排成效如何？



人工智能的吸引力

人工智能的发展助力 领导者开辟增长路径

人工智能是影响未来数字孪生投资的重要因素。多达**80%**的领导者表示，人工智能增强了他们对数字孪生的兴趣，两种技术之间似乎存在内在联系。

人工智能已然成为数字孪生的关键要素，最常见的应用场景为前端数据处理（占比**59%**）和提升用户体验（占比**56%**）。

80%



的受访者称，人工智能提升了他们对数字孪生的兴趣



海克斯康人工智能副总裁Johannes Maunz称，人工智能是数字孪生整个生命周期不可或缺的一部分。他指出了人工智能的三大功能：

1.创建数字孪生

“在构建数字孪生时，人工智能可辅助流程规划，或借助特定信息强化现实数据采集；同时还能够去除数字孪生中的冗余项目，例如建筑工地上的人员或工具。”

2.更新数字孪生

“人工智能节约了数字孪生的更新时间与成本。例如，无人机仅需**20分钟**就能飞越整个工地完成拍摄，随后进行后期处理即可。而以往，这项工作可能耗时数小时。”

3.简化访问

“人工智能让用户能够极为直观地查看结果——通过颜色编码，运用不同的图层或分屏显示。此外，我们还能利用元数据和语言模型确保用户在特定时刻精准获取所需信息。”

Maunz强调了最后一点——关键信息的访问。他说：“简化数据访问的重要性不亚于第一手的数据采集。数字孪生最强大的功能在于利用大型语言模型（LLM）为现场或野外工作人员提供更便捷的数据访问。”

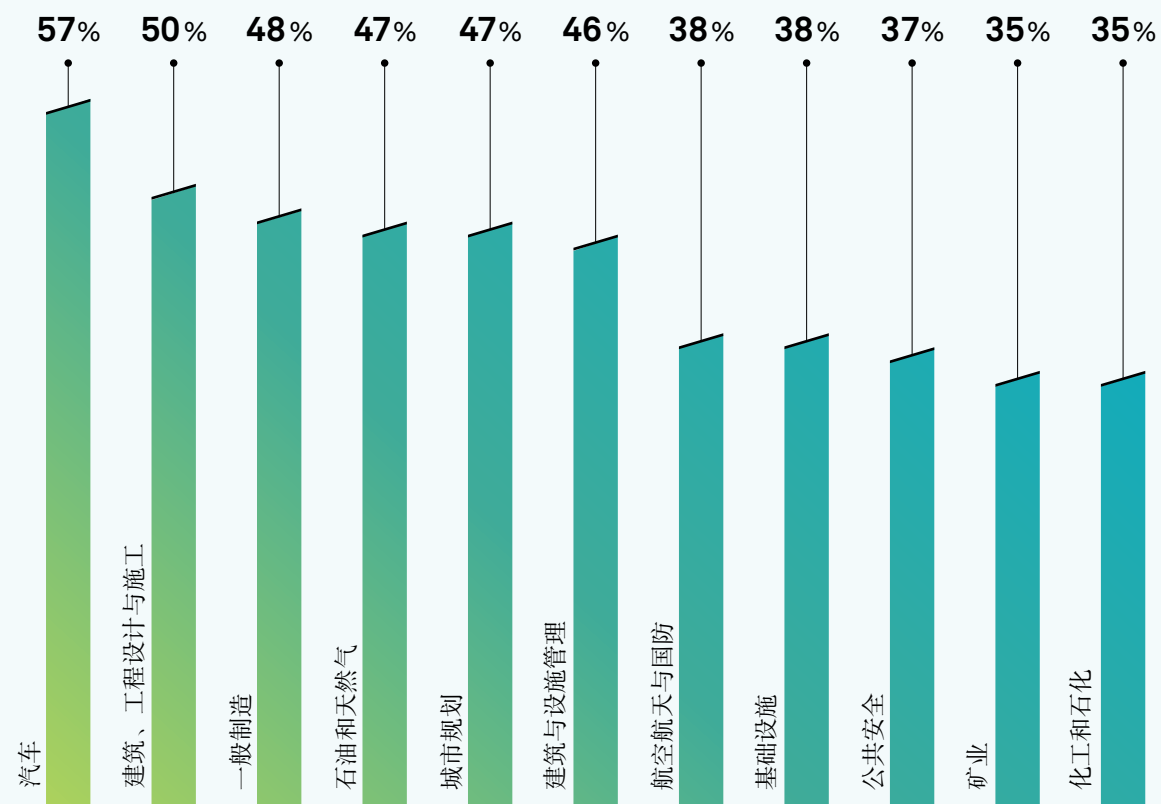
众多高层领导正积极投资于人工智能功能的建设，其中**43%**的领导者计划在未来一年内进一步提升其人工智能功能。

关于获取回报，Maunz给出了两点建议。

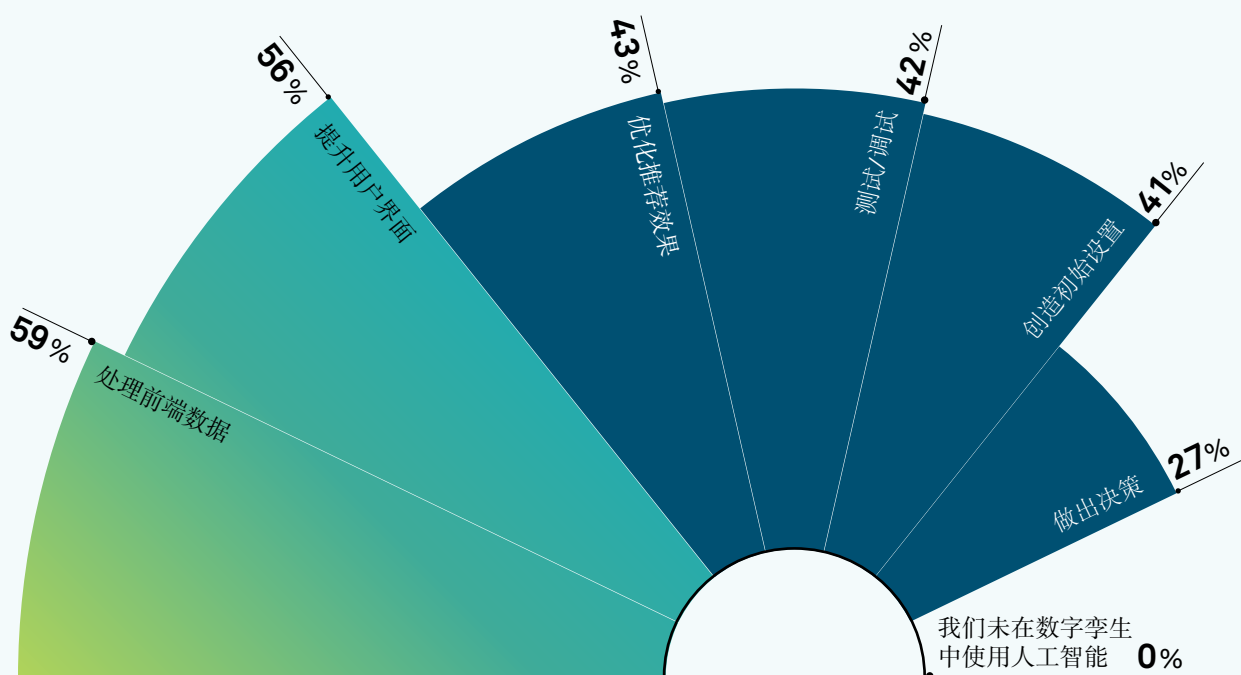
“其一，对人工智能的实际效用保持积极的思考。毕竟并非所有事物都具有同等价值。”

“其二，别老想着独自包揽所有工作。要做好研究，寻找合作伙伴。考虑一下自身需求，想要的是一套现成的、无定制的产品，还是像海克斯康现实云工作室（Reality Cloud Studio）这样的方案——能够配合企业发展而不断增添新功能，提升数据价值，提高企业洞察能力？”

不同行业在部署人工智能功能的计划方面存在很大差异



人工智能主要用于处理前端数据并增强用户体验



澄清五大误区

作为一项快速发展的变革性技术，数字孪生常常遭到误解。
下面我们来探讨五个主要误区

越来越多的企业通过数字孪生来获取信息，而不是期待其自主决策

195

获取信息

130

两者皆而有之

165

期待数字孪生自主决策

误区 1

数字孪生取代人类专业知识

数字孪生是否注定会演变为几乎无需人类干预的完全自主实体？我们的数据表明并非如此。超过半数（53%）的受访者称，数字孪生至少能在某些方面代替人工做出决策；而较大比例（59%）的受访者表示，数字孪生正在为人类决策者提供信息。

数字孪生是一种非常先进的数据可视化技术，能够实时模拟物理实体、地点或者过程。数字孪生与人工智能（详见第10页）相结合，[可实现数据驱动的智能决策](#)，使用户得以更深入地洞悉情况，增强监控、分析以及优化能力。然而，就现阶段而言，这些技术进展尚不足以完全取代人类在决策过程中的关键作用。

误区 2

必须进行彻底的数字化转型

企业并不需要为了适配数字孪生而对流程和运营进行全盘变革，很多企业都是从小处切入，分阶段引入数字孪生。

最初可能只是针对某个组件或者应用场景，随后再逐步扩大规模。海克斯康视觉计算高级副总裁Frank Suykens指出，数字孪生的每一步部署都会增加价值。他解释道（详见第20页）：“企业通常从小处开始，创造价值，之后再扩大使用规模。在看到价值之后，企业就会探索可扩展数字孪生应用的领域。”

误区 3

数字孪生在初始阶段就需要大量精确的数据

企业能够依据当前已有的数据开发数字孪生，[先从小规模起步，再逐步拓展](#)。正如本报告下文所阐述的那样，数据质量可以随着时间推移逐步提升。

一味追求数据生成并非正确之举。通常来说，运营数据是已经存在的，即便是纸质记录的形式：难点在于数据的数字化、索引编制和验证。

误区 4

数字孪生 仅适用于设备

这种误解普遍存在：认为数字孪生仅适用于“物体”，比如飞机发动机、风力涡轮机或其他类型的机器。尽管数字孪生在预测性维护等领域已展现出显著价值，但众多受访者认为其潜力远不止于此，在更广泛的应用场景中同样具有巨大前景。

例如，数字孪生技术可扩展至供应链管理、生产线优化以及质量控制系统。此外，在公共安全领域（详见第18页），数字孪生还可用于模拟人群管理等非工程类复杂系统。

误区 5

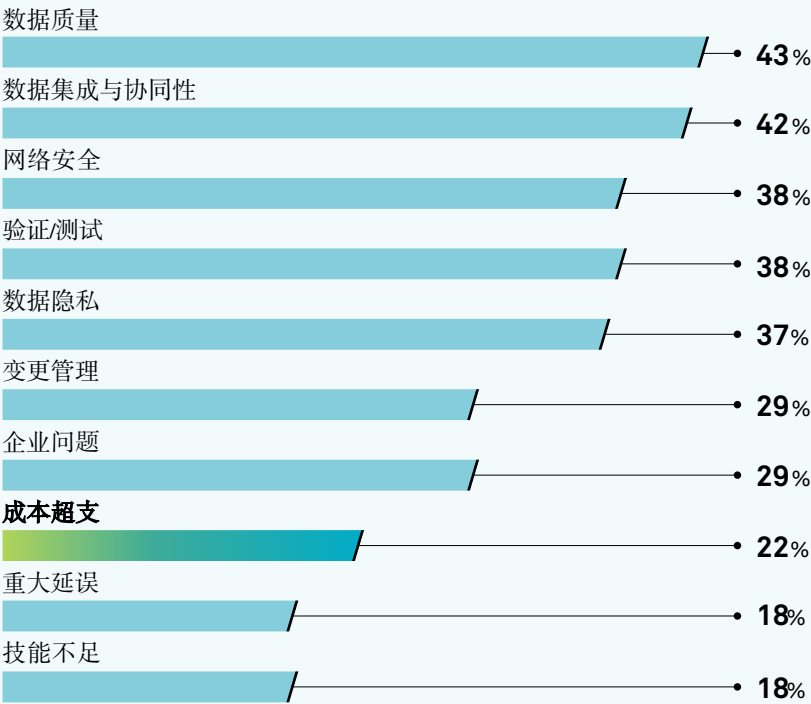
数字孪生的部署 会大幅超支

很多人认为，数字孪生和众多新技术一样昂贵，会导致预算超支。不过，我们的调查结果表明并非如此。

在部署面临的挑战方面，数字孪生成本超支在所有行业的常见挑战中位列第八。部分行业的成本控制较为出色：22%的受访者认为成本控制是个问题，在石油和天然气行业（13%）、公共安全行业（13%）和采矿行业（18%）中，持这种观点的受访者比例更低。

而城市规划、建筑等行业声称成本超支略高，但持这种观点的受访者占比仍不到三分之一。

企业构建数字孪生时会遭遇哪些挑战？



海克斯康观点： 科技推动人类进步

我们认为，数字孪生技术会推动人类进步，而非取代人类。

数字孪生通过实时洞察与预测能力，赋能企业领导者优化运营效率。在某些特定行业，数字孪生能够提供实时动态信息，模拟以往需要人员在危险环境中执行的任务，从而提升

整体工作安全性。

数字孪生的核心价值在于为各行各业提供精准信息，助力决策优化。企业领导者及其团队作为最熟悉公司运营的核心力量，能够借助数字孪生更高效地引领企业迈向成功。

数字孪生 价值成熟度矩阵

了解行业的技术熟练度
和商业价值现状

尽管在应用速度上存在天然差异，但数字孪生能够为各行各业的企业创造价值。海克斯康数字孪生价值-成熟度矩阵，为衡量各行各业的企业通过数字孪生获取商业价值的现状提供了量化基准。

关于数字孪生价值成熟度矩阵

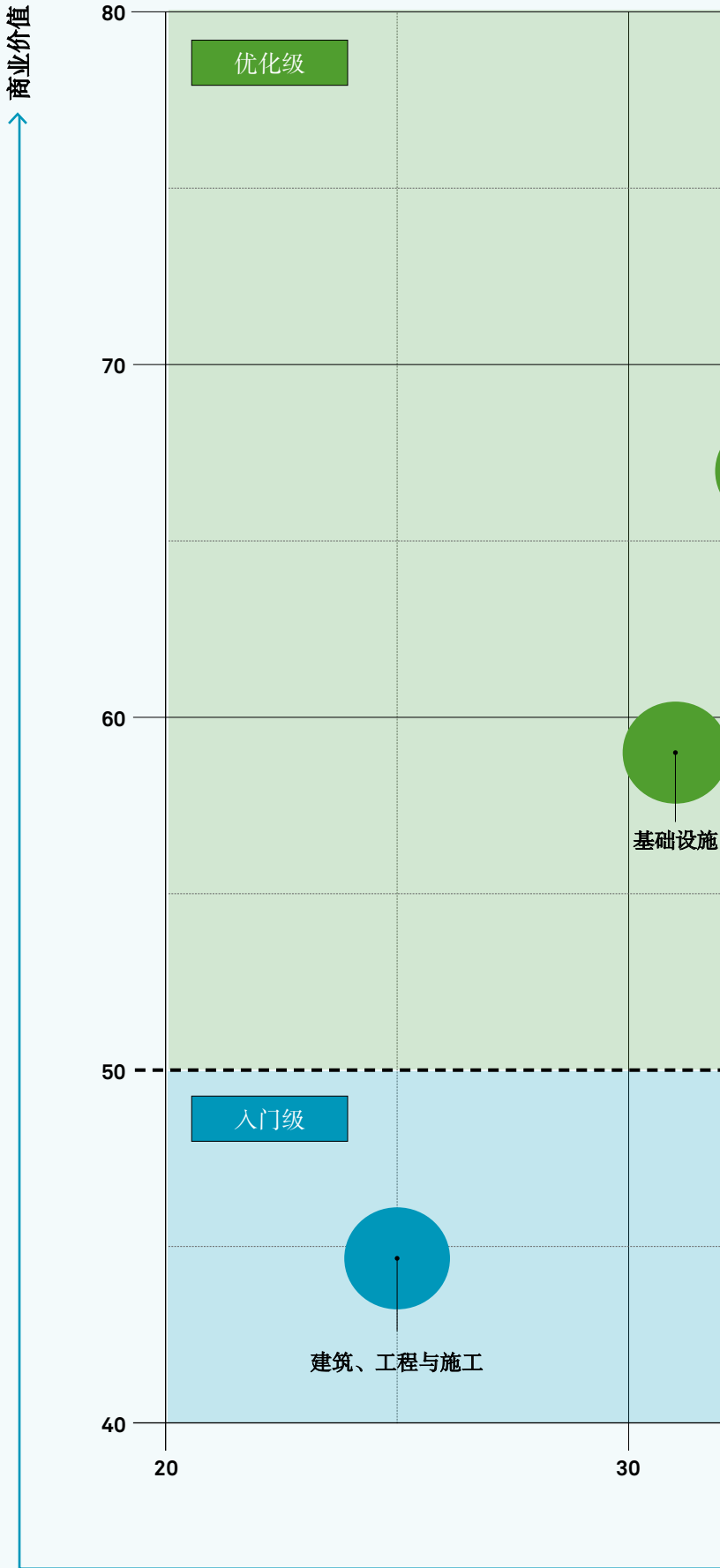
数字孪生价值成熟度矩阵直观体现数字孪生的价值产出和企业技术成熟度的关系，通过对技术成熟度和商业价值产出进行评分，确定行业的发展现状。

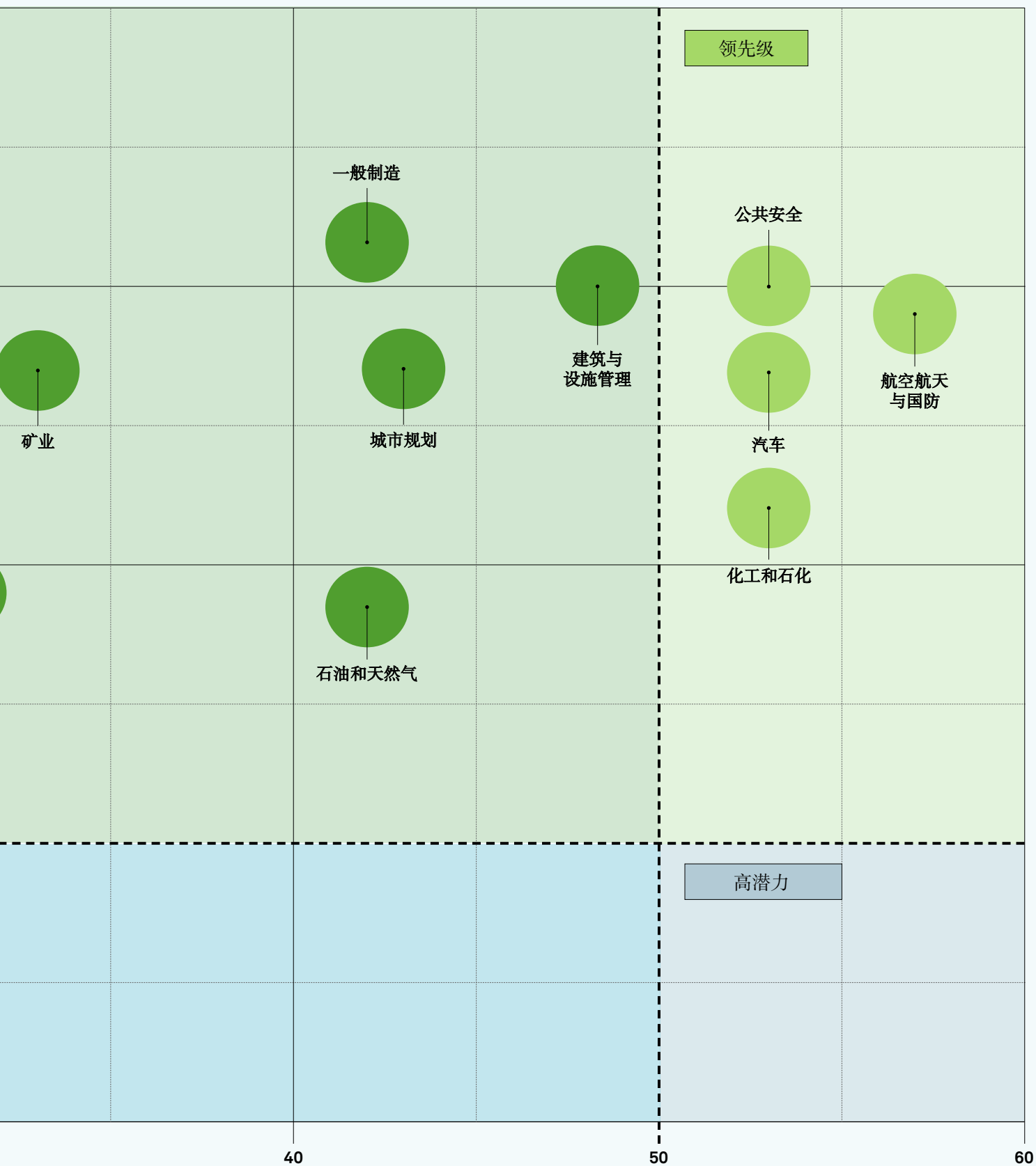
技术成熟度依据部署规模、与其他数字孪生的集成以及人工智能部署等因素判定。对于尚未采用数字孪生且无试点项目的受访者，其得分为0。

商业价值则根据受访者反馈中所表达的认知，具体包含投资回报率、实际收益等业务数据确定。

如需了解企业在矩阵中的排名，
请进行海克斯康数字孪生
价值成熟度评估

评估数字孪生的影响





技术成熟度

数字孪生成熟度： 入门级、优化级及领先级

各组的企业领导者围绕问题解决、价值创造及未来规划展开了讨论

入门级： 建筑、工程与施工

技术成熟度和商业价值均较低

Weitz（美国历史第六悠久的建筑、工程与施工（AEC）公司）的虚拟设计与施工总监Joshua Marriott表示，该公司已在建筑信息建模（BIM）等多个项目中成功部署了数字孪生“可视化”技术。

Marriott指出，数字孪生能创造诸多效益，尤其让决策者对数据充满信心。作为总承包商，Weitz公司通常在单个项目中协调50至100家分包商，现场工人数量可达1000人。对于事务繁忙的管理人员而言，“及时提供所需的数据是一项极为强大的功能，能避免管理人员因查找信息和过时计划而浪费时间。”

然而，建筑、工程与施工行业在数字孪生技术的应用上仍处于起步阶段。Marriott认为，这一现象的部分原因在于建筑师、工程师、建筑公司和客户等各方对数字孪生功能的认知存在差异。这种认知脱节可能在一定程度上延缓了技术的普及速度。

HOK的Mark Cichy进一步指出，建筑行业与航空航天或汽车等行业存在本质区别。在建筑领域，许多性能因素可以在事后进行分析，而无需对建筑物进行实时主动监控。他补充道，许多建筑物年代久远，“其复杂性远不及汽车”，且缺乏用于采集动态数据流的传感器。

尽管存在疑虑，Marriott对未来仍持乐观态度。他相信，“随着可视化技术、现实捕捉和机器人技术的发展，建筑行业正在经历变革，且变革的趋势正在加速。”

“

建筑行业正在经历变革，
且变革的趋势正在加速。”

Joshua Marriott

Weitz公司虚拟设计与施工总监

优化级：一般制造

技术成熟度较低，商业价值较高

总部位于美国加利福尼亚州的国家医疗器械公司（National Medical Products）批量生产其无针注射器J-Tip的组件。先利用数字孪生技术对整个工具制造流程进行模拟，然后再启动实际加工。

国家医疗器械公司的运营工程师兼战略发展经理Harit Patel认为，数字孪生提升了公司的制造能力。“数字孪生不仅提高了流程效率，还使我们能够精准控制机器操作，优化加工和切割流程。只需轻点按钮，即可高效完成90%的工作，且效果令人满意。”

对于使用重型四轴车床的制造过程而言，一旦出现错误，代价将极其高昂。因此，数字孪生的高效性显得尤为重要。Patel强调：“一旦出错，后果不堪设想，成本将非常巨大。”

数字孪生在制造业有着广阔的发展前景。制造业一直以来都是创新与变革的摇篮，对颠覆性变革的接受程度较高。在工厂和产品线中应用数字孪生技术能够显著提高

生产线的灵活性，满足日益严格的质量要求。根据麦肯锡关于工厂优化新前沿的报告，86%的高级管理人员认为数字孪生技术适用于自己所在的企业。

在一般制造业中，数字孪生通常用于特定场景，例如提升供应链效率、优化资产管理以及提高能效。尽管这些应用场景较为有限，技术复杂程度也有限，但仍然能够创造显著的价值。

然而，制造业涉及复杂的机械和物理系统，向数字化优先转型的策略需要投入大量时间和资金，这延缓了全面技术成熟的进程。Patel指出，目前制造业对数字孪生潜力的认知仍然不足，但随着行业意识的提升，这一现状有望改变。

数字孪生技术能让制造商预见潜在问题并分析故障原因，同时支持产品设计与测试，甚至可以通过虚拟沙盘模拟整条生产线。随着数字孪生技术的日益普及，其在制造业中的应用范围也将不断扩大。

高潜力

技术成熟但价值有限

“高潜力企业”是指已经构建强大的数字孪生技术能力，但尚未实现显著价值的公司。值得庆幸的是，除了个别受访者符合此特征外，并没有哪个行业属于这一类别。那么，高潜力企业有哪些共同点？

管理层的态度是一个关键问题。尽管这些企业已经对数字孪生进行了投资部署，但管理层对数字孪生的信任程度低于平均水

平。在高潜力企业中，仅有7%的管理人员对数字孪生满怀热情。而在其他应用了数字孪生的企业里，这一比例接近45%。

值得关注的是，高潜力企业并未放弃。大约62%的企业计划在未来12个月内增加支出。数据是关键因素：超过半数的企业计划改进数据收集工作。

领先级：公共安全

技术成熟度和商业价值均较高

Kelly Robertson是加利福尼亚州富勒顿学院的司法行政教授兼系主任，主要负责教授和培训司法与行政部门的学生掌握技术应用，其中，数字孪生是课程的主要内容。

公共安全行业在海克斯康数字孪生价值成熟度矩阵中处于领先地位，业内的数字孪生应用场景不断增加。Robertson指出，数字孪生能够让探员模拟犯罪现场，还能让消防部门依据天气等变化因素对野火进行预测性模拟。

此外，数字孪生还能支持企业开发事故管理系统，有效管理突发事件，并精准评估和预测潜在风险。

通常情况下，公共安全行业不会率先采用新技术，且很多机构对技术信息的共享持谨慎态度，但数字孪生的认可度正在逐步提升。Robertson认为，这源于行业对态势感知的迫切需求。

她解释道：“公共安全机构长期以来一直处于劣势。例如，执法部门常常因预算控制者的阻挠而难以推进工作，最终导致公共安全受损。对态势感知的刚性需求，使得该行业处于领先级地位，毕竟这些技术应用直接关乎生死存亡。”

Robertson称，数字孪生的成功采用和显著影响力，得益于公共安全行业能够证明数字孪生对人们生活的实际影响。她说：

“官员们看到了数字孪生的实际效果，随后公众也逐渐了解了数字孪生的运行方式。”

“我们必须有能力展示并证明，科技是保护公众和一线救援人员的附加工具。例如，在犯罪现场或事故重建中使用三维扫描仪，可以显著提升公共安全专业人员的工作效率。执法部门和一线救援人员可以利用无人机、机器狗、实时调度、记录、分析和指挥中心等技术，建立高效的管理系统，从而对服务的社区产生积极影响。”

展望未来，Robertson预计越来越多的公共安全部门将扩展数字孪生技术的应用场景。然而，她也指出，外部沟通同样至关重要。她表示：“关键在于提升公众认知。我们的下一步是让公众明白，我们存在的意义就是为了帮助他们。”

“

公共安全行业之所以处于领先地位，是因为其经常面对生死攸关的情况，而这种情况下，对于现场信息的把握至关重要。”

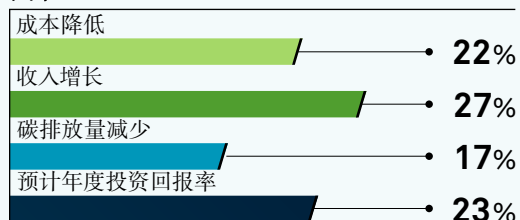
Kelly Robertson

加利福尼亚州富勒顿学院的司法行政教授兼系主任

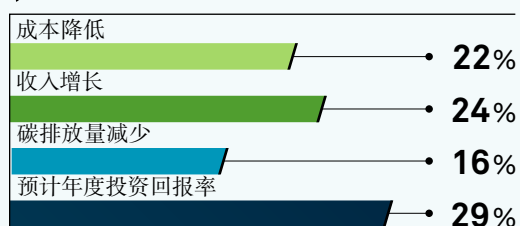
行业基准： 各行业创造的平均价值是多少？

下图按行业展示了数字孪生技术带来的可量化效益，包括平均成本降低、收入增长、碳排放量减少以及预计年度投资回报率。数据表明，数字孪生技术能够为所有行业创造显著效益。

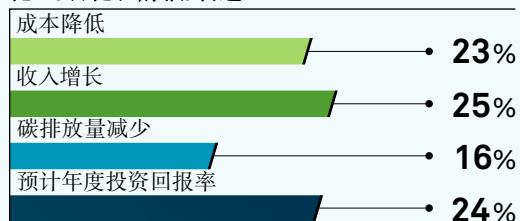
汽车



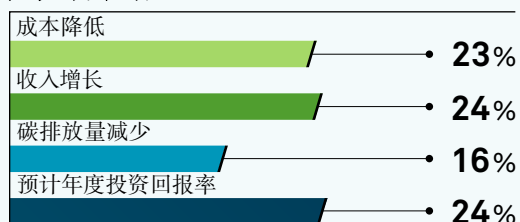
矿业



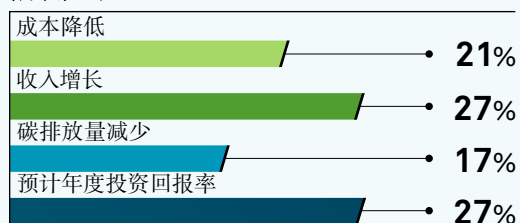
化工/石化和炼油/制造



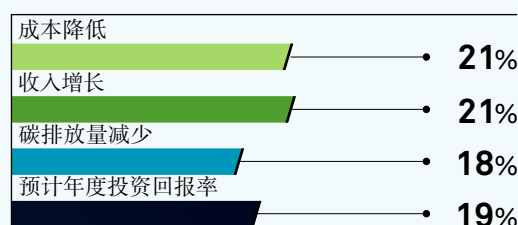
建筑与设施管理



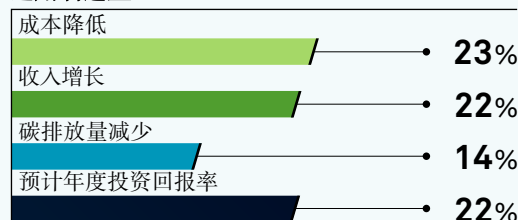
城市规划



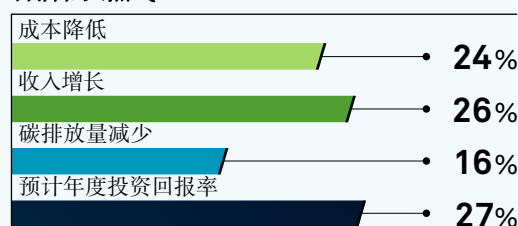
航空航天与国防



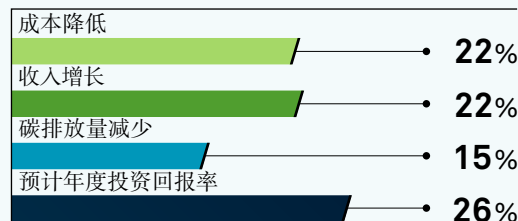
通用制造业



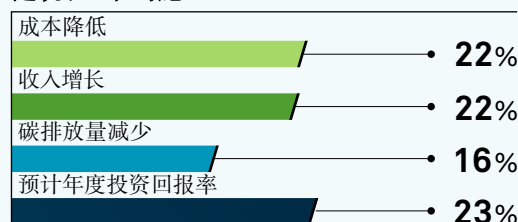
石油和天然气



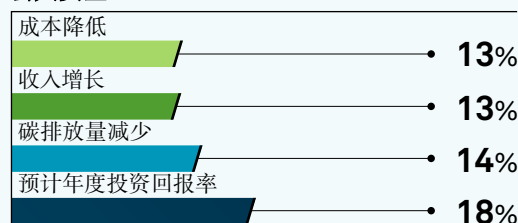
基础设施



建筑、工程与施工



公共安全



步步增效

企业在发展的每一个阶段收获效益



Frank Suykens
海克斯康集团视觉计算高级副总裁

即使是小规模地部署数字孪生，也能够产生巨大效益。按照企业的发展节奏，逐步强化部署，可不断提升其价值。

数字孪生的价值贯穿全周期，无论在什么阶段和规模之下均能创造价值。随着数字孪生与企业业务融合程度的不断加深，所创造的价值也会持续增长。在海克斯康，部分客户需要部署整套CAD系统，用于实时呈现工程师在现场作业的精准定位、特定建筑内的资产分布以及其它实时信息。

还有部分客户需要构建单一使用的数字孪生。这类数字孪生是基于某个工厂或车间等场景，通过激光雷达（LIDAR）或者其他类型的扫描技术构建而成，并且能够依据实际需求通过新增数据实现动态更新。

数字孪生的实施路径具有高度可定制性，切入方式取决于企业的需求以及所拥有的数据类型。随着数据量的增加以及数字孪生与企业融合的进一步深入，数字孪生所创造的价值也会日益增多。

从小规模开始部署

以全球化工巨头巴斯夫为例，巴斯夫运用Luciad和HxGN Smart Sites解决方案，[为其占地6平方公里的安特卫普基地构建了数字孪生系统](#)，通过生成动态综合态势图，实现了从现场施工规划到不同办事处打印机定位等多维数据的可视化呈现。

虽然项目整体规模庞大，但采取了循序渐进的实施策略，从较小规模起步。目前已成为基地员工日常运营的重要工具。

逐步添加数据源

即便项目初始规模较大，添加新的数据源也能够实现更多效益。例如，我们与[奥地利克拉根福市开展合作，为该市构建了数字孪生系统](#)，彻底改变了该市的城市规划。

大部分数字孪生与其他数字孪生集成





数据的连接规模越大，
实现的应用场景越多。”

Frank Suykens

海克斯康集团视觉计算高级副总裁

该模型的构建，基于历时四个半小时的城市航拍采集的19,000张独立影像。项目的第一步是构建城市三维模型，然后不断添加基础设施、植被等数据，使应用范畴持续扩展。

这种分阶段实施策略具有多重优势。从小规模试点起步，在充分验证价值后逐步扩展，更易获得各层级决策者的认可与支持。

集成度越高，回报越大

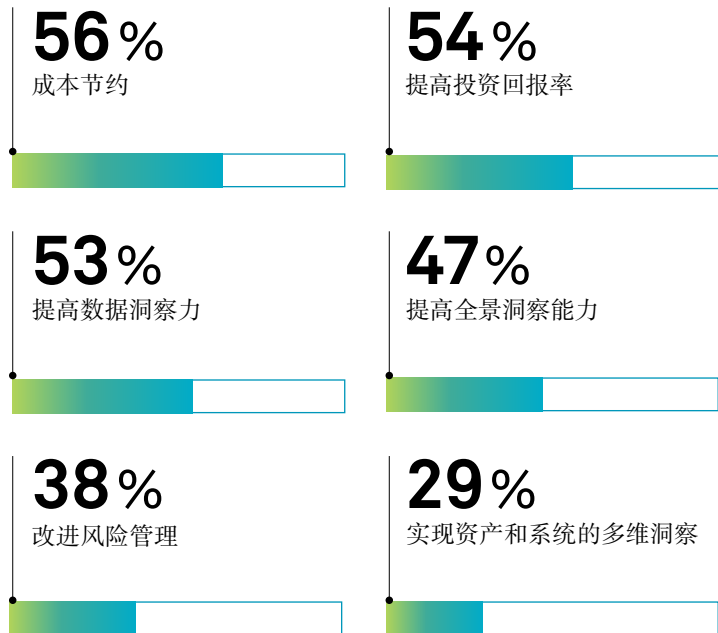
随着企业对于数字孪生的不断应用，数字孪生与企业业务体系以及其他数字孪生系统之间的融合程度也会不断提高。调查数据表明，63%的数字孪生已经实现了系统间的集成，在这些企业当中，有56%的企业实现了成本节约，53%的企业提高了数据洞察力。

数据的连接规模越大，实现的应用场景越多。不过，在数据连接过程中必须秉持审慎的态度，以避免信息过载所带来的潜在风险。

本项目再一次验证了分阶段实施策略的优势：通过渐进式部署路径，企业能够根据自己的业务发展节奏，释放数字孪生集成的价值。

集成度越高 = 效益越大

受访者表示，采用数字孪生平均可获得三重效益。以下是最主要的效益：



获取高质量数据 面临的诸多困难

准确的数据是释放数字孪生价值的关键要素
——企业正着力提升数据质量，以充分发挥数字孪生的潜力

数字孪生的构建与实施面临多重挑战。调查数据显示，数据问题已成为企业部署数字孪生的核心障碍。

在数字孪生实施过程中，高管和企业面临的数据相关挑战尤为突出，即数据质量问题（43%）和数据集成与协同性问题（42%）。确保数据的准确性和实时性，是数字孪生系统发挥最大效能、创造最大价值的关键所在。并且，这一问题的解决已迫在眉睫。

HOK的Mark Cichy表示，在建筑、工程与施工行业中，主要的挑战或许在于缺乏提取、利用以及组织数据的知识与经验。承包商、工程师和建筑师“并非数据科学家，而且由于企业的利润普遍十

分微薄，所以通常不会专门安排人员来梳理那些极为杂乱的信息。”

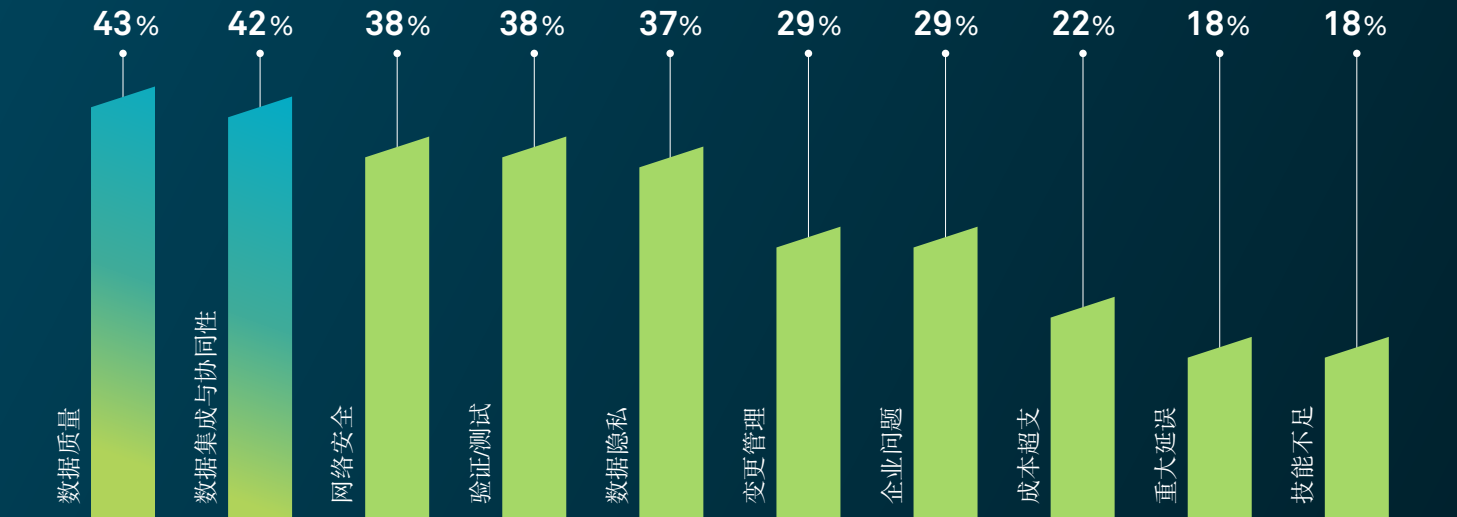
不过，情况正在发生转变。Cichy所在的公司正在依据各个项目的具体情况制定不同的策略，对数据进行挖掘、分类和整理，同时运用一系列技术发挥信息的潜力。

“我们正在多项举措中应用人工智能，将无序数据转化为可用的信息资源。”

这些举措彰显了行业积极应对数据挑战的决心。调查表明，众多企业正在不断加大投入以解决数据方面的难题。完善数据采集是各企业明年投资改进的主要方向。实际上，在各个行业的受访者中，有56%的人将完善数据采集列为首要任务。

数据问题成为企业目前面临的首要挑战之一

构建数字孪生体时遇到的痛点



值得一提的是，企业虽然面临众多挑战，但仍然持续运用数字孪生并从中获取效益。即便数字孪生存在“不完美”的情况，它依旧能够创造出显著的价值。有四成高管遇到了数据质量问题，不过其中大部分（71%）依旧认为数字孪生极具价值，这一比例和未遭遇数据问题的高管比例相当。

这意味着，伴随着数据的持续收集与集成，数字孪生的功能会不断优化，充分展现了持续改进的理念。随着企业数据质量逐步提高，数字孪生所创造的效益也会日益增加。

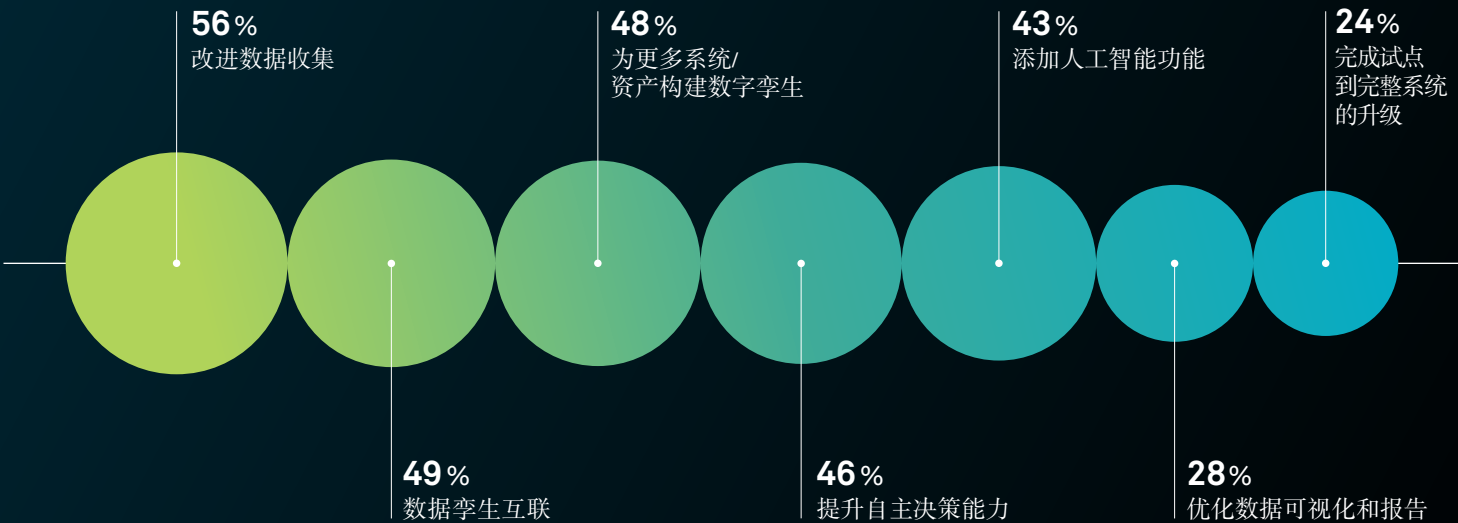
海克斯康观点： 优质合作伙伴的价值

数据管理方面所面临的难题，恰恰凸显了选择合适的技术合作伙伴以支持数字孪生进程的重要性。

海克斯康的软件平台和硬件解决方案能够最大程度地提升数据的准确性、质量以及可操作性，从而使企业充分利用收集的数据形成洞察与分析，为关键业务决策提供信息支撑。

企业已经充分意识到这一问题，正在制定数据收集优化计划

企业未来12个月的重点改进方向



中小企业尚未开发的潜力

变革性的数字孪生技术并不仅适用于大型企业。

我们在研究中将年收入低于5000万美元的企业定义为中小企业。数字孪生能充分释放中小企业的潜力，只不过很多中小企业尚未采用数字孪生。

1 中小企业尚未充分认识数字孪生的影响力

近半数（49%）未听说过数字孪生的高管来自年收入低于5000万美元的企业。这种较低的认知程度表明数字孪生在中小企业中的应用相对不够成熟，也意味着目前数字孪生主要面向大型企业。但对中小企业而言，数字孪生意味着重大机遇。

不足半数的中小企业已集成数字孪生

贵公司的数字孪生是否进行集成？

是 否 本质上独立



2 数字孪生在中小企业同样发挥重要作用

采用数字孪生技术的中小企业已经开始获得回报，所取得的商业效益涵盖效率提升、延长元件和系统的使用寿命以及提高客户满意度等。

在采用数字孪生技术的中小企业里，**96%**已经实现了价值，这一比例与大型企业相当，说明数字孪生适合各类规模的企业。

数字孪生还能显著提升投资回报率。在对数字孪生投资回报率进行追踪的中小企业中，**44%**预计年度投资回报率在**11~20%**之间，**50%**预计年度投资回报率达到**21~30%**，两者均高于大型企业，表明企业规模不会对数字孪生技术的应用效果产生影响。

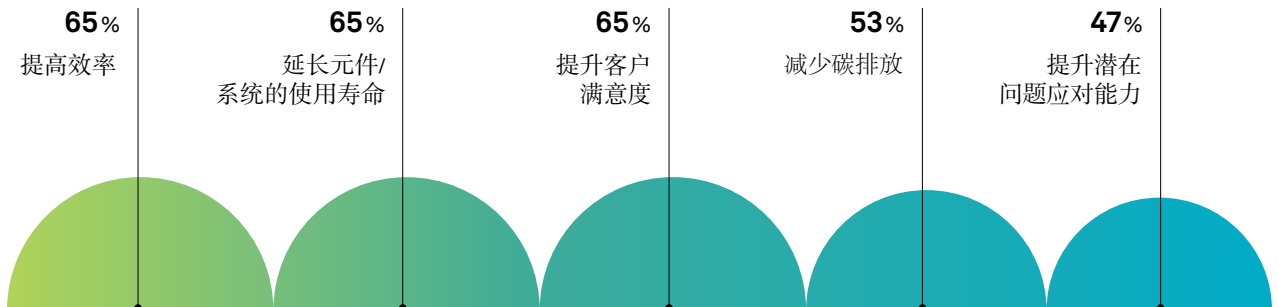
3 未来的挑战 包括集成与数据收集

中小企业面临特殊挑战，部分原因在于资源限制，包括资金短缺和人力匮乏的双重制约。

与大型企业相比，中小企业的数字孪生与整体业务系统的集成程度较低。在年收入低于**5000**万美元的企业中，仅有**47%**的企业达成了数字孪生的集成；而在年收入处于**5000**万至**2.5**亿美元的企业中，集成数字孪生的企业比例为**70%**。

数据的质量与一致性也是重大挑战。**53%**的中小企业将其列为构建数字孪生的首要挑战，高于**43%**的平均占比。

中小企业正广泛实现多重效益



调查方法

全球调研实施流程

本报告数据源自海克斯康的数字孪生价值成熟度调查。调查涵盖660位C级高管及其直接下属；重点调查了数字孪生在相关企业中的应用情况。

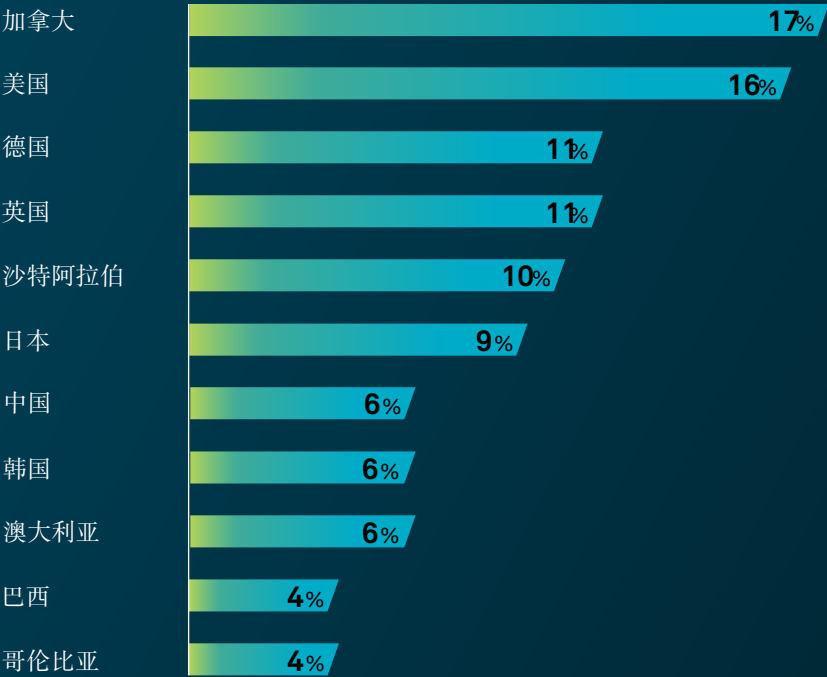
受访者来自澳大利亚、巴西、加拿大、哥伦比亚、中国、德国、日本、韩国、沙特阿拉伯、英国、美国等国家和地区。

调查聚焦11个行业领域：建筑、工程与施工、航空航天与国防、汽车制造、建筑/设施管理、化工/石化、城市规划、一般制造、基础设施、矿业、油气（开采与管道）以及公共安全，每个行业均有60位受访者。

本次调研工作为期三个月，以电话或线上访谈形式进行；调查对象均为高层决策者或者直接向高层决策者汇报工作的人员。

调查问题主要围绕数字孪生的技术成熟度及其创造的商业价值展开。

地理分布



公司年收入概况

