

# 2022年数字化工厂 转型调研报告

数字主干、用例和技术、组织设置、  
战略和路线图，以及投资重点



## 普华永道2022年数字化工厂转型调研报告

由普华永道出版，作者是Reinhard Geissbauer, Michael Bruns和Jens Wunderlin

保留所有权利。未经编辑人员明确许可，不得以任何形式复制、复制到缩微胶片上或在任何数字媒体上保存和编辑本材料。

本出版物旨在为我们的客户提供资源，其中提供的信息以作者所具备知识在出版时尽可能保证正确。在做任何决定或采取任何行动之前，您应该咨询这里列出的来源或联系人。本文反映的是作者的观点。图表数据可能包含舍入差异。

# 危机时期，数字化工厂转型至关重要

工业制造企业正在经历一场前所未有的危机：从全球新冠肺炎大流行打乱现有供应链，造成广泛的交付挑战，导致需求波动性显著增加；到东欧政治危机给当地制造业带来额外的压力，因而需要重新分配产量。最终，微芯片和电子元件以及钢铁和基础材料等关键材料的短缺阻碍了完整产品的制造，大幅增加了投入成本。

这些运营挑战正在相互结合、相互影响，推动大型制造企业重新思考他们的运营模式，并推动数字化战略需求的转变：领先的制造商正在实施数字化解决方案，并推动更高的生产灵活性和更好的交付韧性。解决方案包括集成运营规划解决方案、质量和维护分析、数字孪生或先进的流程可视化和KPI展板。面对不稳定的需求和不断变化的供应链配置，交付能力正变得越来越重要。效率改进措施仍在数字制造冠军企业优先事项清单上享有高度优先级，具体包括通过工厂自动化或基于人工智能的效率解决方案等。

利用数字解决方案推动环境可持续性也愈发重要。全球范围内日益增多的环境立法、来自资本市场的压力和日益增长的客户需求，迫使企业作出飞跃式改革，并在降低二氧化碳排放方面实现进一步优化，例如通过基于人工智能的能源管理解决方案等。

普华永道2022年数字化工厂转型调研基于全球700多家制造企业的信息输入总结而来。结果表明，最有效的企业（我们称之为“数字冠军”）正在实施一整套工厂级别的数字技术以提高制造的灵活性和韧性，并通过工厂自动化降低运营成本。

根据调研结果，只有10%的企业已经完全实施数字化工厂解决方案或目前处于最后阶段，而近三分之二的企业只能看到部分成果，甚至还处于数字化之旅的开始阶段。与我们2016年的第一次调研相比，工厂数字化的进展比当时企业的预期要慢得多，原因包括复杂的系统环境和多样化的机器版图，以及在整个生产网络中推广单个解决方案的相关挑战。

调研结果还显示，这些数字运营解决方案需要一个符合目的的IT和数字主干，以确保互操作性和可延展性，实现预期效率增益和成本优化。它们由标准化的核心IT架构协调，包括集成企业资源规划（ERP）、制造执行系统（MES）或制造运营管理（MOM）、工业物联网（IIoT）和数字化产品生命周期管理（PLM）。

虽然领先企业专注于标准化核心IT架构与现代云服务相结合，但他们也在嵌入式团队驱动区域或业务单元特定实现的方式中构建了相当大的灵活性。这些企业成为了一种新的数字实体，即一种**嵌入式数字组织**，其系统、用例、技术和标准管理是集中和严格控制的，但执行足够灵活，且允许根据本地需要模块化或局部解决方案。对于领先企业来说，数字化转型总是人性化的：转型需要正确的组织架构，员工亦需要为数字化转型提供支持。

调研还显示，愿意投资数字化转型的企业享有更高的回报。我们发现，在全球范围内，工业企业每年在数字化转型解决方案上投资1.1万亿美元。作为回报，最专注、最先进的企业，即数字冠军企业，通过提升成本效率和更高的运营灵活性，正在创造两位数的回报。

今时今刻可能被证明是一个千载难逢的转折点。数字化转型需要基于强有力的IT和数据基础设施之上，并正确组合应用程序和实用技术——从协同机器人或自动导引车辆（AGV）集成到运营价值链，再到通过数字化规划工具提高运营灵活性和韧性。此外还需要说服员工和其他利益相关者，即通过向所有员工提供正确的技能组合，表明数字化转型不是威胁，而是个人发展的良好机会。

2022年的调研显示，面对前所未有的危机时刻，数字化转型是构建运营灵活性和韧性的可选路径，且将进一步推动卓越运营。

  
Reinhard Geissbauer 博士  
合伙人  
普华永道德国



  
Michael Bruns  
合伙人  
普华永道德国



  
Jens Wunderlin  
高级经理  
普华永道德国





# 中国市场数字化工厂实践洞察和启发

基于普华永道思略特在中国市场服务不同行业众多客户智慧工厂项目经验，我们认为成功的智慧工厂需要遵循以下三大原则：

## 一、运营管理基本原则是智慧工厂成功基石

智慧工厂智能解决方案是提升工厂运营效率的赋能手段，工厂运营管理基本原则是成功智慧工厂与实现卓越运营的基石。建设卓越运营的世界级领先工厂是长期且体系化的工程，企业应秉承精益原则，建立长效管理团队与运转机制，同时关注工厂运营诸多重点管理环节。工厂数字化、智能化固然重要，但更多的是承担赋能作用，协助企业更好地解决具体环节中的实际问题、提高管理效率，而并非违背或代替工厂管理的基本原则。

综合自身所处行业特征，践行精益原则、以人为本的全面运营管理，是推动智慧工厂实践的核心要素。脱离运营管理的智慧工厂解决方案往往使企业陷入“用更高效方式做效果欠佳工作”的困局，难以提升效率，甚至增加工厂运营的投入与管理难度，适得其反。

## 二、智慧工厂规划应基于工厂战略定位、赋能核心能力建设

打造标杆智慧工厂，建立企业内部可复制模板，是制造业企业推动工厂数字化转型的重要举措之一。智慧工厂的规划应基于工厂战略定位，围绕工厂发展所需建立与提升的核心能力，量身定制一系列匹配核心能力的智能解决方案，进一步增强企业核心竞争力。

在不同类型企业，对核心能力有着不同的关注重点。离散生产型企业，通常更加关注物料供应与计划执行管理能力，例如通过智能解决方案提升齐套管理、计划管理和生产执行，实现从计划到交付的核心能力提升；而对于连续生产型企业，则更关注设备预防性维护、设备效率管理和生产异常预警等赋能生产效率核心能力提升的智能解决方案；此外对于这两类企业，也存在诸多共同关注点，例如人员排班管理、能源管理、端到端的供应链可视化，供应风险管理等。

随着智慧工厂应用技术的逐渐成熟，涌现出例如设备预防性维护、在线质量监测、能耗管理等适用于众多行业，可产出可观投资回报的智能解决方案。但在智慧工厂规划阶段，决策者不应仅关注智能解决方案的投资回报表现，而应从工厂战略支撑、核心能力提升、投资回报以及实施难易度等多个维度进行综合评估与决策。

### 三、智慧工厂应结合行业、工厂及技术生态特性进行定制化建设

智慧工厂建设需要结合所处行业自身特点及需求，针对性定制智能解决方案，不同细分行业间业务流程、重点环节和常见问题各不相同，例如同属设备制造，以定制化精密设备加工与高度标准化设备制造为例，两者在供应链设置、生产模式、交付能力要求等方面都存在较大的差异性。

智慧工厂建设也要考虑工厂所处阶段场景的不同。例如现有工厂面临生产效率瓶颈是否亟待突破，或是对现有系统和数字化架构需要进行迭代优化，亦或是新工厂建设时同步进行智慧工厂建设。企业需要对不同场景下的智慧工厂解决方案进行定制化建设，而非简单为了数字化而数字化。

随着国内人工智能、大数据和云计算等技术发展速度的不断加快，外企或国内出海企业，需考虑国内外数字化技术生态的差异。在国内，区别于海外智能制造生态，从物联网传感器、云平台到网络安全等不同技术类别，中国具有不同的供应体系。此外，还需要考虑国内用户对于数字化工具的独特偏好和使用习惯，以及政府监管等要素。在技术生态差异化前提下，企业更应通过底层核心系统平台的统一规划，以保证对旗下工厂运营全局整体管理的透明度。

## 中国洞察作者



**沈宇峰**  
主管合伙人  
普华永道思略特中国  
工业产品及服务行业



**赵汀**  
合伙人  
普华永道思略特中国  
工业产品及服务行业



**浦鑫峰**  
业务总监  
普华永道思略特中国  
工业产品及服务行业

# 目录

危机时期，数字化工厂转型至关重要.....	3
中国市场数字化工厂实践洞察和启发.....	5
<b>A 执行摘要.....</b>	<b>8</b>
<b>B 战略路线图.....</b>	<b>10</b>
 1. 64%的受访企业仍处于 数字化工厂转型初期.....	11
 2. 转型当务之急已从提高效率 变为提高灵活性和韧性.....	13
 3. 数字化赋能的可持续性解决方案 越来越受到重视.....	15
<b>C 投资重点.....</b>	<b>20</b>
 1. 每年超过1.1万亿美元的工厂改造投资 重点在亚洲和欧洲.....	21
 2. 高投资带来高回报： 坚实的基础才能推动可扩展的数字化.....	23
<b>D 数字主干、用例和技术.....</b>	<b>25</b>
 1. 标准化的数字主干是 工厂成功转型的关键基石.....	26
 2. 质量分析、维护解决方案和 自动化KPI监测是实施最多的用例.....	29
 3. 包括无人机和5G应用在内的 回报周期相对较短的新兴技术.....	40
<b>E 组织架构.....</b>	<b>48</b>
 1. 敏捷运营模式支撑 数字化转型是重中之重.....	49
 2. 数字化冠军从集中式组织结构 发展到嵌入式组织结构.....	51
<b>F 数字化工厂成功转型蓝图.....</b>	<b>54</b>
方法论.....	59
术语表.....	61
联系人/贡献者/鸣谢.....	62

# A 执行摘要

图1 执行概要/重要发现

## 1. 64%的企业仍处于数字化工厂转型初期

在接受调研的全球制造商中，只有10%已经完成数字化转型计划或目前处于最后阶段；64%的企业只完成了最初的试点安装甚至更少，他们仍需大量资源来完成数字化转型。现在是加大实施力度的时间节点了。

## 2. 转型当务之急已从提高效率变为提高灵活性和韧性

新冠大流行和欧洲地缘冲突迫使领先制造商实施数字解决方案以提高生产灵活性和更好的交付韧性。在物料短缺和供应链不稳定情况下，交付能力的提升是推动针对运营韧性和工厂自动化投资的驱动因素。

## 3. 数字化赋能的可持续性解决方案越来越受到重视

不断增加的立法要求、来自资本市场的压力以及全球思维模式的转变，正在推动针对可持续性的投资。数字化解决方案包括减少二氧化碳排放的运输和物流系统、在制造过程中高效利用资源，以及引入可回收的“全循环”产品解决方案。

## 4. 每年超过1.1万亿美元的工厂改造投资重点在亚洲和欧洲

全球数字投资每年超过1.1万亿美元，其中工业制造和化工行业的企业花费了大部分数字资金。投资重点是欧洲方面的劳动力成本套利，以及亚洲方面的自动化和高质量产量增长。

## 5. 高投资带来高回报——坚实的基础才能推动可扩展的数字化

四分之一的受访企业将至少3%的净营收用于数字化解决方案，并获得了最高达两位数的回报，且投资回报很快。工厂转型不能三心二意，而是需要一个坚实的IT以及具备集中操作和自动化应用程序的数据主干。

■ 战略与路线图

■ 投资重点

来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告







## 10. 数字化冠军从集中式组织结构发展到嵌入式组织结构

在接受调研的全球制造商中，只有10%已经完成数字化转型计划或目前处于最后阶段；64%的企业只完成了最初的试点安装甚至更少，他们仍需大量资源来完成数字化转型。现在是加大实施力度的时间节点了。

## 9. 敏捷运营模式支撑数字化转型是重中之重

领先企业建立了一套敏捷的目标运营模型，以有效开发和实施数字化流程和解决方案。这种方法包括一流数字解决方案资产的标准化连接，以及基于用例的数字变革方法。

## 8. 包括无人机和5G应用在内的回报周期相对较短的新兴技术

在接受调研的全球制造商中，只有10%已经完成数字化转型计划或目前处于最后阶段；64%的企业只完成了最初的试点安装甚至更少，他们仍需大量资源来完成数字化转型。现在是加大实施力度的时间节点了。

## 7. 质量分析、维护解决方案和自动化KPI监测是实施最多的用例

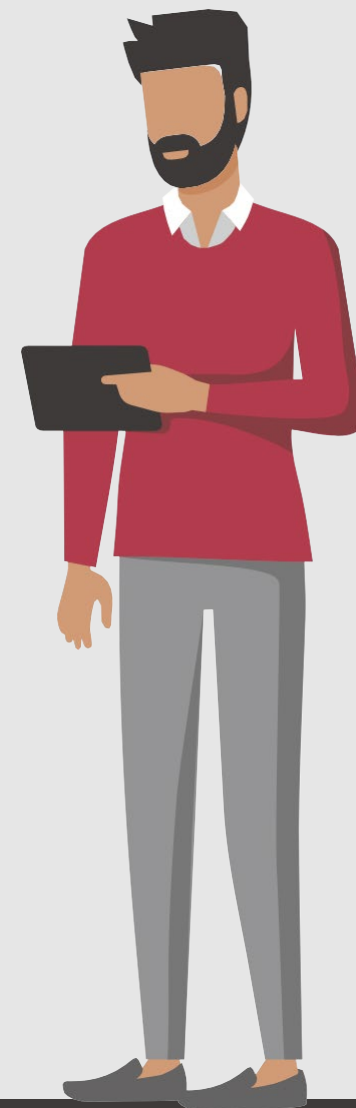
成功实施是关键：几乎一半的受访企业已经实施了有效的数字维护解决方案，其中约40%正在使用先进的高质量分析工具。其他技术，如数字产品孪生或数字精益解决方案则应用进程相对落后。

## 6. 标准化的数字主干是工厂成功转型的关键基石

数字冠军构建了全面的IT架构，拥有集成、标准化的ERP和集成核心运营应用，如MES/MOM、工业物联网或PLM。重点是标准化的核心IT架构，在每个工厂实现数字解决方案子集时具有区域或部门的灵活性。

■ 数字主干、用例和技术

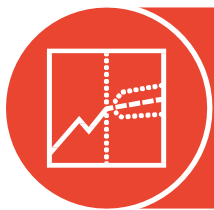
■ 组织架构



## B 战略路线图

大多数企业仍处于数字化转型初期，还没有实现数字化的规模化实施。数字化仍然是议事日程的重点，但当务之急已经改变。由于外部干扰，韧性和透明度现在是数字转型的关键驱动力，而成本和效率则不那么重要。另一个越来越重要并将在未来继续发挥作用的驱动因素是可持续性。企业已经意识到，数字化是应对可持续发展挑战的重要手段。





## 1. 64%的受访企业仍处于数字化工厂转型初期

数字化转型具有挑战性。早在2014年，当我们进行第一次普华永道工业4.0调研时，大多数受访企业告诉我们，他们的数字化转型故事刚刚开始，其中80%的企业期望通过垂直实现高度的端到端数字化，并在2019年实现全价值链覆盖。然而，这些乐观的期望并没有实现。如今，近8年过去了，在普华永道2022年数字工厂转型调研中，64%的受访企业仍位于数字化转型的初期。

数字“工业4.0”的概念首次出现已经有十多年时间，最主要的问题是，为什么数字转型要花这么长时间才能完成？根据普华永道更广泛的研究和客户经验，目前的调研表明，组织、技能、规划和授权投资皆是企业现在需要加强的领域，在被认定为数字冠军企业的企业中，80%已基本或完全完成转型项目。

我们认为这些问题阻碍了企业的发展。在接下来的章节中，我们将详细讨论每一个问题，并根据数字冠军的经验提供路线图，以帮助企业清除障碍，实现数字化转型的雄心。

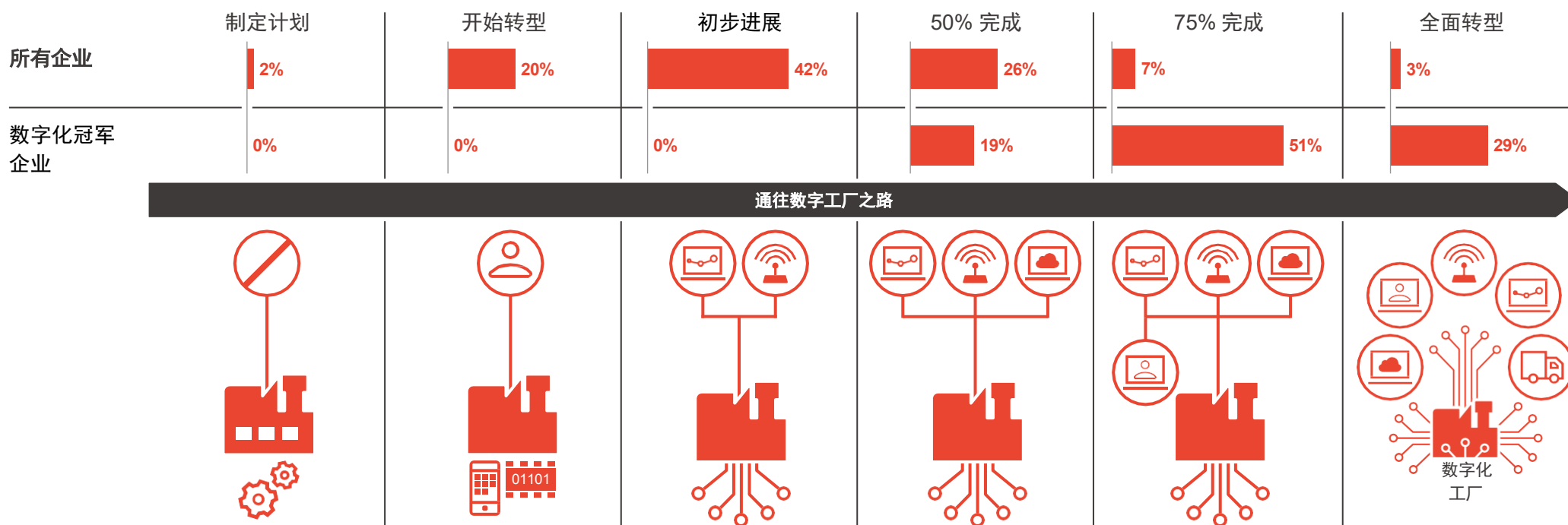
- ▶ 转型需要正确的组织架构，支持**敏捷的运营模式并增强的数字化能力**
- ▶ 从计划变革的第一天就应**预留可拓展性**
- ▶ 纵向和横向一体化的数字主干等关键**赋能因素**需要**高投资**作为支撑
- ▶ 系统、流程和连接性需要进一步**标准化和协调**，以支持企业范围的实施

“

为实现转型，您需要展示勇气，需要设定硬性目标并迅速采取行动。这比纠结于概念和过于详细的投资回报率计算更有效。”

某全球高科技和电子集团  
IT负责人

图2 漫长的转型之路



来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告





## 2. 转型当务之急已从提高效率变为提高灵活性和韧性

制造商正经历前所未有的混乱。他们所经历的困难由新冠所导致的供应和需求中断，慢慢变为材料与关键成品投入的短缺、通货膨胀和欧洲地缘危机。这让转型变得更加必要：成本优势和效率提高不再是数字化领导者的主要战略目标。在一个有着前所未有的压力和不确定性的时代，数字化赋予了企业灵活性和韧性，使其在面对破坏时能够繁荣发展。

调研结果显示，2022年，将成本和效率作为数字化转型主要驱动力的制造商数量下降了40%；韧性、灵活性和透明度已成为战略重点。三分之一的受访者现在表示，韧性和透明度是其数字化工厂转型的主要动力。可持续性也受到越来越多企业的关注，将可持续性作为数字化转型驱动力的受访者数量增加了一倍多。

在一个混乱的时代，速度是最重要的。面对破碎的供应链、动荡的价格和地缘政治风暴，企业需要建立快速反应的能力。制造商认识到，数字化转型提供了多种途径来提高反应速度和适应性。这意味着，提高**透明度**，实现全面的实时运营可视性逐渐成为企业的核心能力之一，因为只有当企业了解自身价值链中业务中断的根本原因时，才有可能对中断本身作出快速而有效的反应。这也意味着增强系统、流程和资产部署的**灵活性**，使企业能够在其制造网络中调整产品和转移业务。企业还需要在当前的限制条件下，就下一步生产什么作出基于数据的决定，以便更好的管理成本、库存等方面，同时为客户提供最佳服务。这需要**标准化**的系统、技术和流程来支持，以使所有必要的调整无缝、快速、高效和有效。

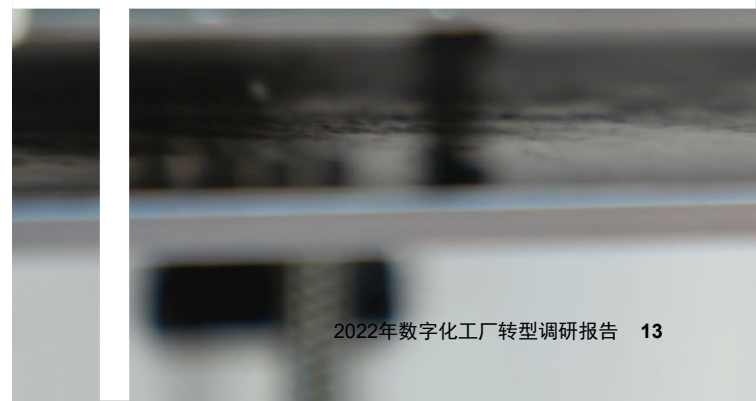
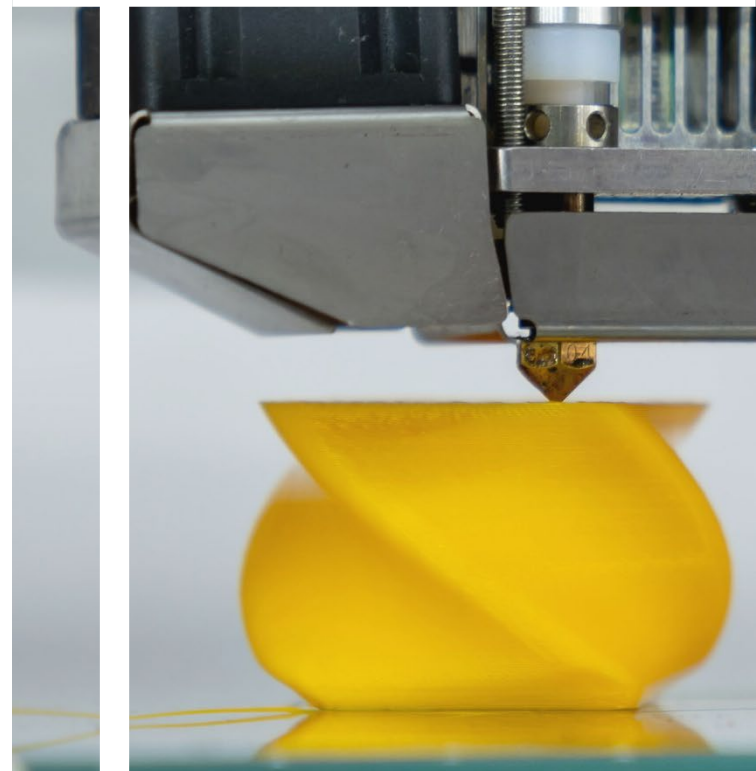
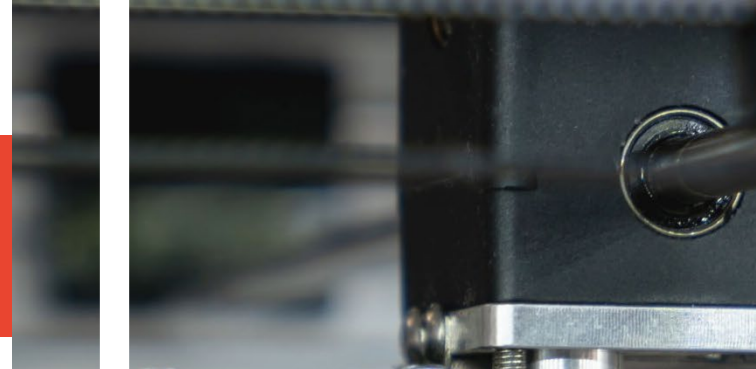
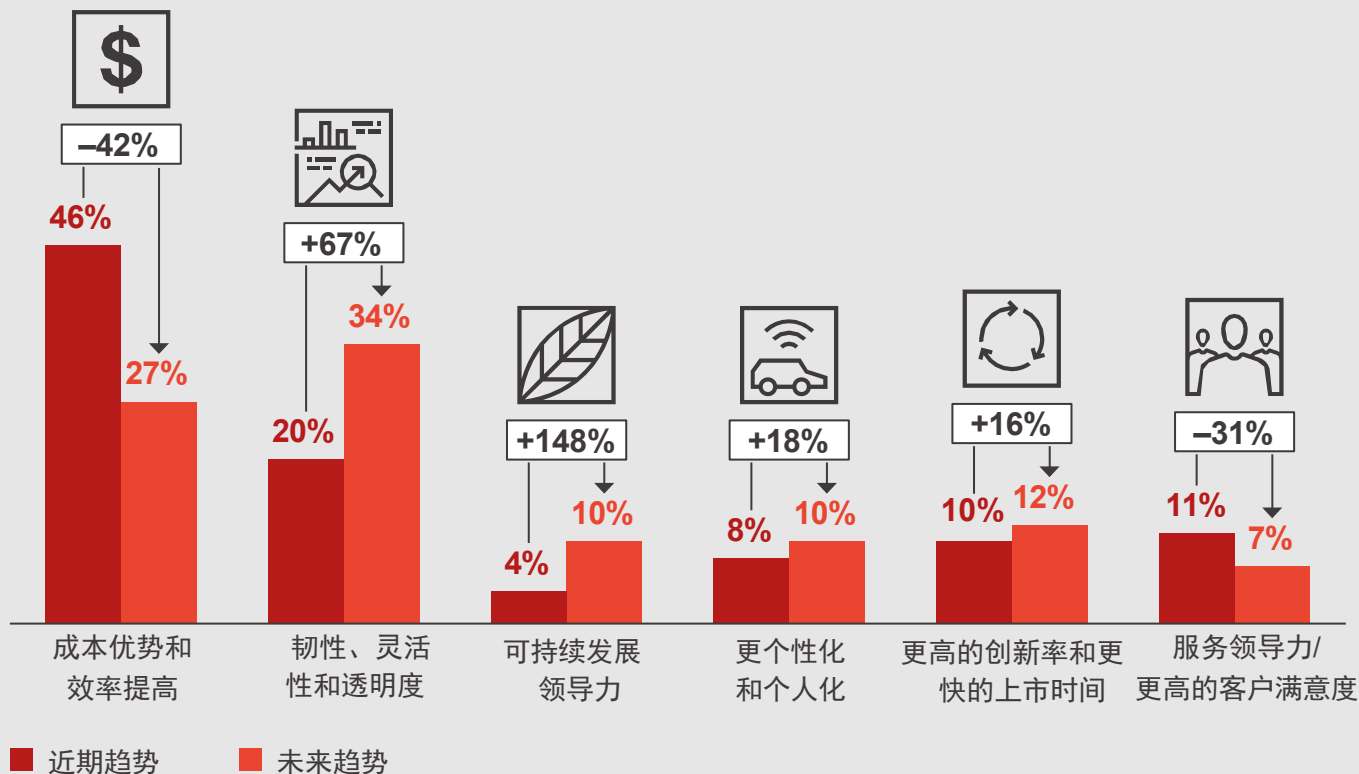




图3 新的优先事项：韧性、灵活性和透明度



来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告

“

韧性是为意外情况作准备。您需要迅速作出反应以减轻外部压力，而这正是数字化转型的目的。”

某全球化学品集团  
首席数字官



### 3. 数字化赋能的可持续性解决方案越来越受到重视

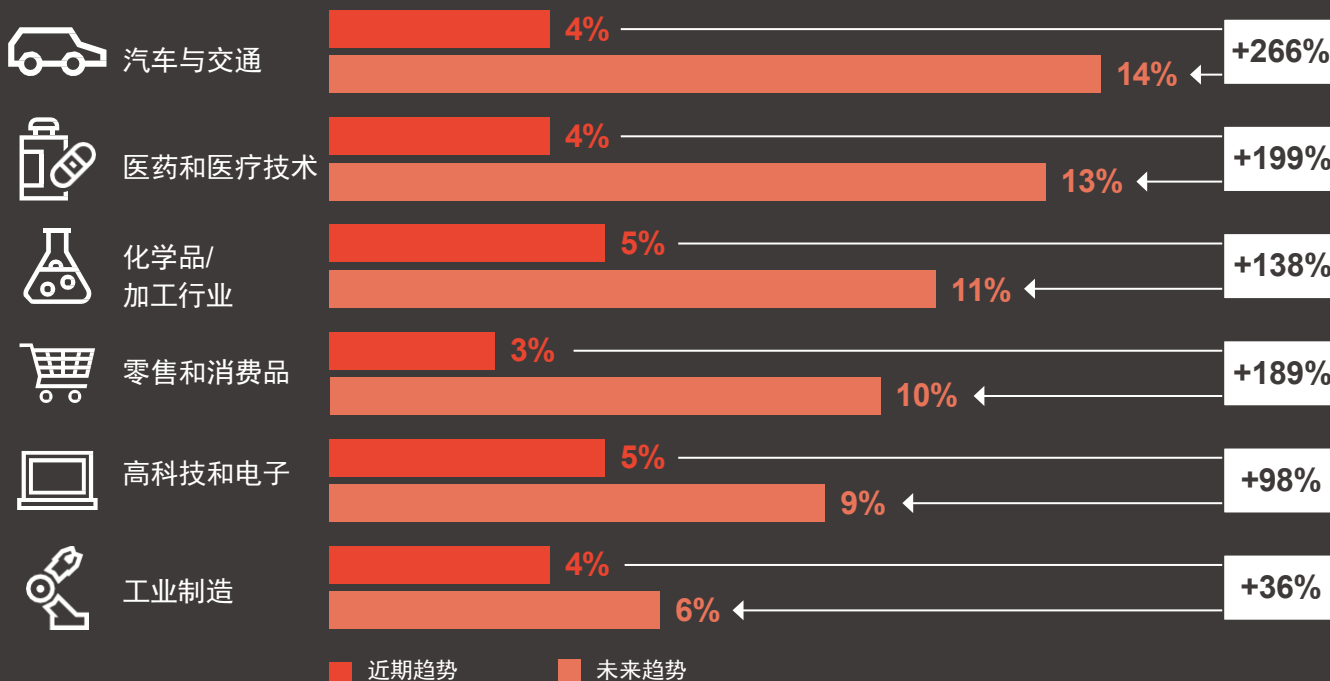
本次调研显示，数字化的可持续发展解决方案正日益成为企业的首选战略。作为数字化工厂转型过程的一部分，可持续发展举措受到越来越多的关注，这在全球和所有行业都是显而易见的。其中，汽车和制药企业最有可能增加其在工厂层面的可持续发展投资，在所有行业的转型战略中，其战略中的可持续发展部分都有显著增加。可持续性作为数字化转型的关键驱动力，其重要性平均上升了150%。对大多数企业来说，可持续性的重要性现在与成本优势和上市时间等战略目标相当或更重要。

普华永道的其他研究表明，可持续发展作用增强的背后有四个重要驱动因素：**客户需求**越来越重要：例如，第25期普华永道全球CEO调研显示，大多数企业的净零承诺由客户驱动；2021年关于ESG的消费者情报系列调研显示，**83%的消费者认为企业应该积极塑造ESG**。对人才的竞争也在推动可持续性的采用：我们的研究表明，86%的员工现在更愿意为优先考虑可持续性的企业工作。**投资需求**很高：对与ESG相关的资产有创纪录的需求（2021年第一季度，欧盟可持续基金的流入量同比增长18%）。最后，**监管的压力**

越来越大：在大多数大型经济体中，企业实现净零碳排放的道路已经成为立法现实，企业有义务在**2050年**或之前实现碳中和。监管部门对这些目标提出了报告要求，要求在整个价值链中实现数字化运作的透明化——例如，预计将

于2023年生效的欧盟《企业可持续发展报告指令》将对约49,000家企业提出详细的碳报告要求，而根据现有的非财务报告指令，这一数字为11,600。

图4 所有部门加强了对数字化可持续性的关注  
可持续性在数字化工厂转型中的重要性不断增加



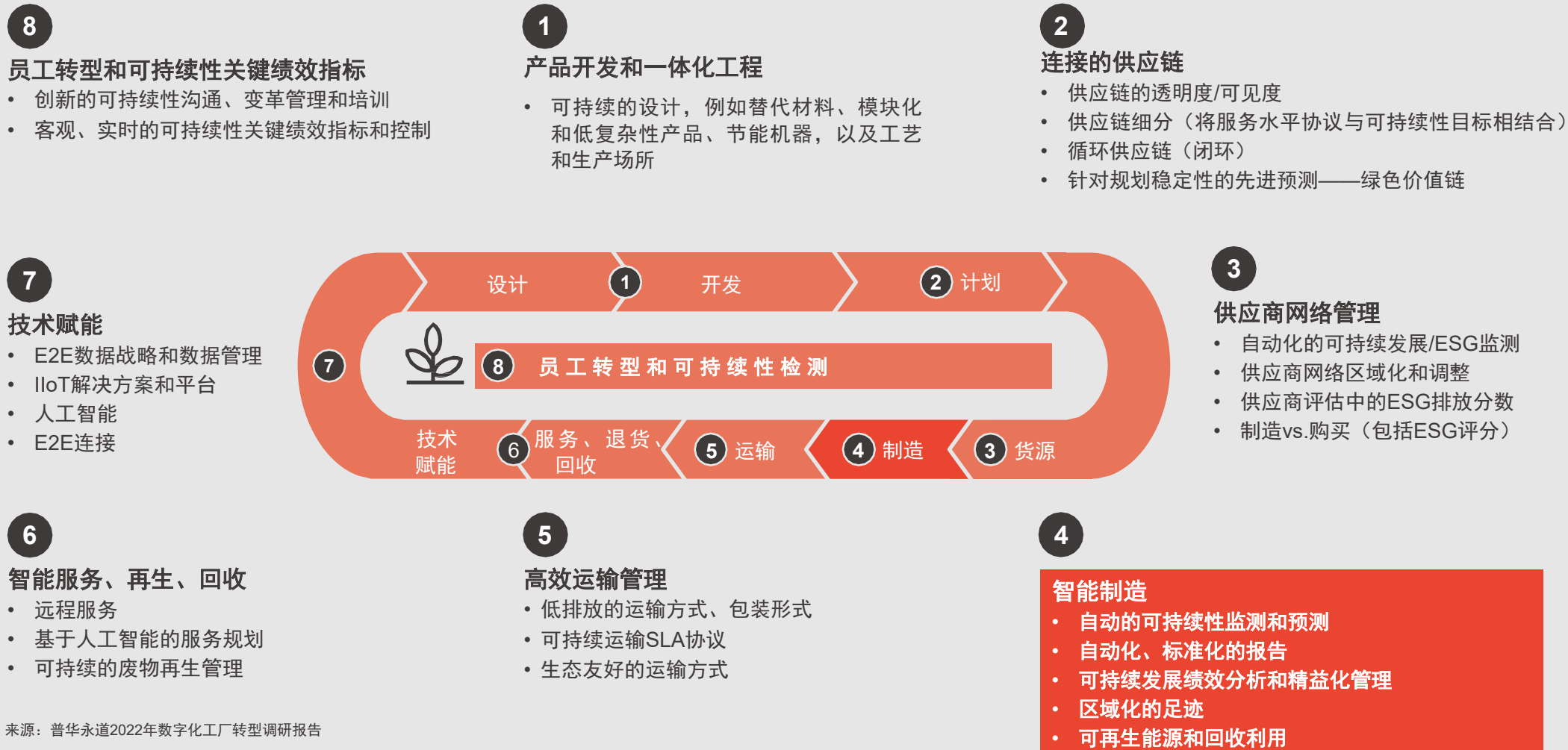
来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告

客户的经验告诉我们，近期和未来的可持续发展期望和要求只能通过以数字化为主导的、贯穿整个供应链的技术解决方案、正确的流程和正确的人员技能组合来促成。数字化还提供了一个机会，其不仅可以满足与可

持续性有关的外部期望和要求，还是企业推动变革、降低成本和获得竞争优势的工具。

下图表展示了提高企业可持续性的数字解决方案，包括从供应商和内部生产，再到服务和回收。在价值链的每个环节，都有多种数字解决方案以提高可持续性。

图5 数字化的可持续性越来越重要



来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告

“

可持续性不再仅仅是‘锦上添花’，而是不可或缺。因为这是客户、员工、投资者、政府和社会评判企业商业活动如何影响环境和社会的依据。”

---

Daniela Geretshuber  
合伙人, 普华永道德国







## 案例分析

# 西门子

西门子跟踪整个供应链的碳排放。数字解决方案可以帮助客户准确测量和安全共享产品碳足迹（PCF）数据。

西门子是一家专注于工业自动化和字化的科技企业，致力于房屋、分数散式能源系统、铁路和公路的流动性解决方案以及医疗技术。不管是资源效率更高的工厂和灵活供应链，还是更清洁和更舒适的交通以及先进的医疗保健，西门子创造的技术旨在为客户增加价值。通过结合现实世界和数字世界，西门子助力其客户改变行业和市场。西门子集团在德国拥有 125 家工厂，业务遍及 190 个国家和地区，在全球拥有约 293,000 名员工。

工业去碳化是一个复杂的挑战，因为大部分的排放在制造商更广泛的供应链中产生，而非其内部流程产生。这意味着，与供应商合作获得可靠数据是减少排放的关键。

然而，直到最近，还没有一个公认的解决方案可以准确测定供应链的总碳足迹。填补这一空白一直是西门子的使命。

作为自动化和工业软件领域的领先技术供应商，西门子正在推出一个产品碳足迹（PCF）解决方案，可以查询、计算和分享真实世界复杂供应链中生产的产品总碳足迹。为减少排放，制造商必须了解整个供应链中所有产生碳活动的位置和强度。

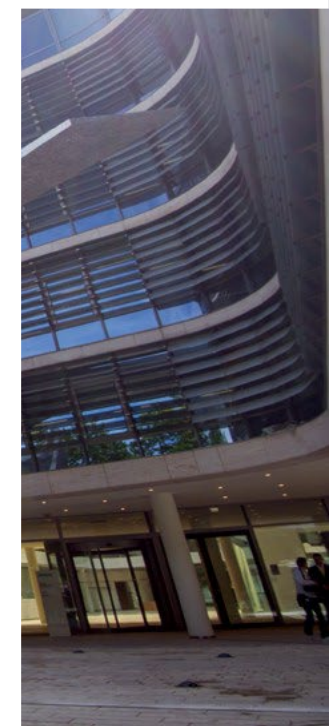
西门子的PCF解决方案是一种基于数字生态系统的排放数据获得方法。它有两个要素：第一是一个数据采集工具SiGreen，它可以计算多个供应商在多个点的实际排放量，而不是基于行业平均水平的估计。西门子将其称之为“范围3”排放，即由非报告组织拥有或控制的活动或资产产生的排放。拥有真实的数据便可以准确地测量和控制排放。

然而对于许多企业来说，排放数据也是敏感信息，数据共享需要严格的安全协议。为确保PCF解决方案中数据的安全性，西门子还推出了跨行业的Estainium网络，使制造商、供应商、客户和合作伙伴能够在不泄露各自主要数据来源的情况下交换碳足迹数据。这是PCF解决方案的第二个要素。

Estainium网络采用去中心化的分布式账本数据架构，这意味着通过SiGreen产生的任何数据都可以被验证为真实的，而不需要披露任何一家企业流程的敏感细节。加密证书可被创建和交换，以确保对信息的信任。通过这种方式，Estainium网络在整个供应链中提供值得信赖的汇总碳足迹，而不需要披露任何敏感信息。网络中的每一方都保留了完全的数据主权，因为数据不是集中存储的。



这简化了与供应链伙伴的沟通，改进了对所有相关排放的计算，大大减少了实时计算总碳足迹的工作量。SiGreen还使产品的碳足迹完全可追溯，并使制造商能够采取有针对性的减排措施，有着直接和可量化的效果，最终使制造和生产中的全面可持续性成为可能。



## C 投资重点

我们估计企业每年在数字化转型方面的投资超过 1.1 万亿美元，但这可能还不够。根据我们的调研，如果企业希望在数字化投资中得到高额且快速的回报，投资率至少应占净收入的 3%（较企业平均转型投资高出50%左右）







## 1. 每年超过 1.1 万亿美元的工厂改造投资重点在亚洲和欧洲

制造商正在大力投资数字化转型——但本次调研的数据表明，大多数企业在向转型目标进展方面速度缓慢。尽管调研组中的六个行业代表企业计划在未来几年以相当于年净收入1.8%的速度进行投资（与普华永道最近的研究相比资本投入显著增加），有些企业仍可能需要进一步提高其投资率。因为本调研显示，更高的投资和更高的回报之间存在很强的正相关性（详见下一节）。

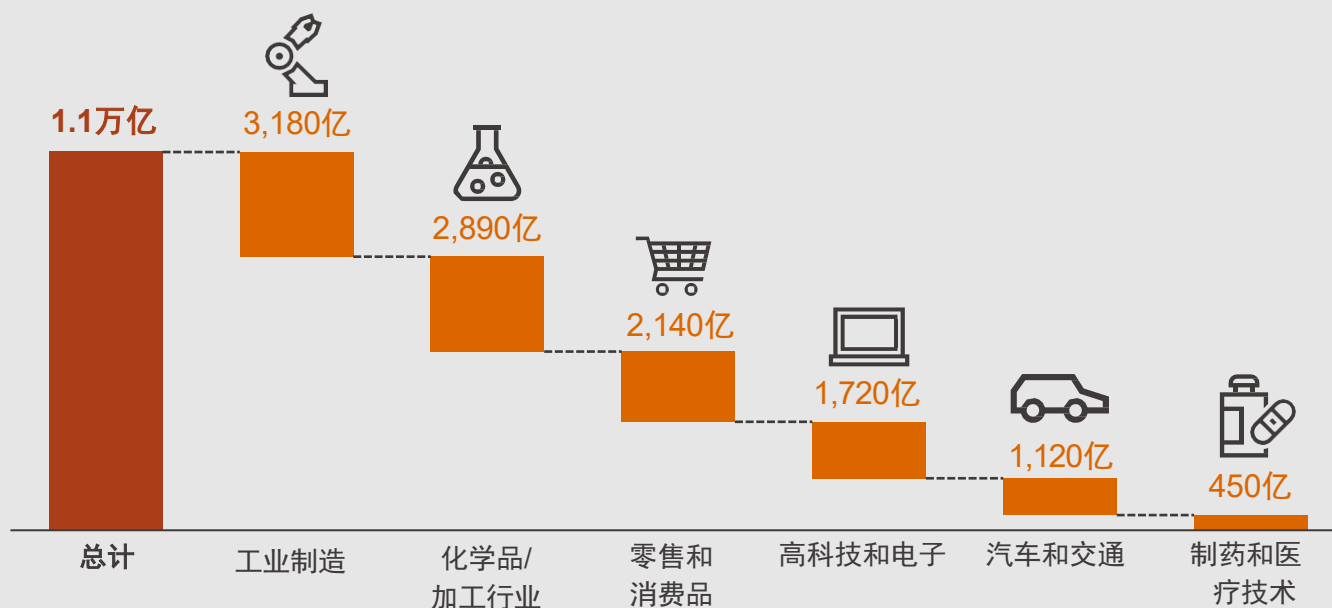
目前各行业的投资承诺是一致的：所有行业的平均投资范围为年净收入的1.6%至1.9%。客户企业告诉我们，最近在全球疫情影响下的工作经验再次表明，数字技术现在是应对外部运营压力的首选方式。

年均数字化转型投资：

**1.8%**  
的净收入

### 图6 不同行业的投入

六个不同行业的全球化转型花费（单位：美元）



来源：普华永道工业4.0：建设数字化企业；普华永道2022年数字化工厂转型调研报告；IHS Markit

“

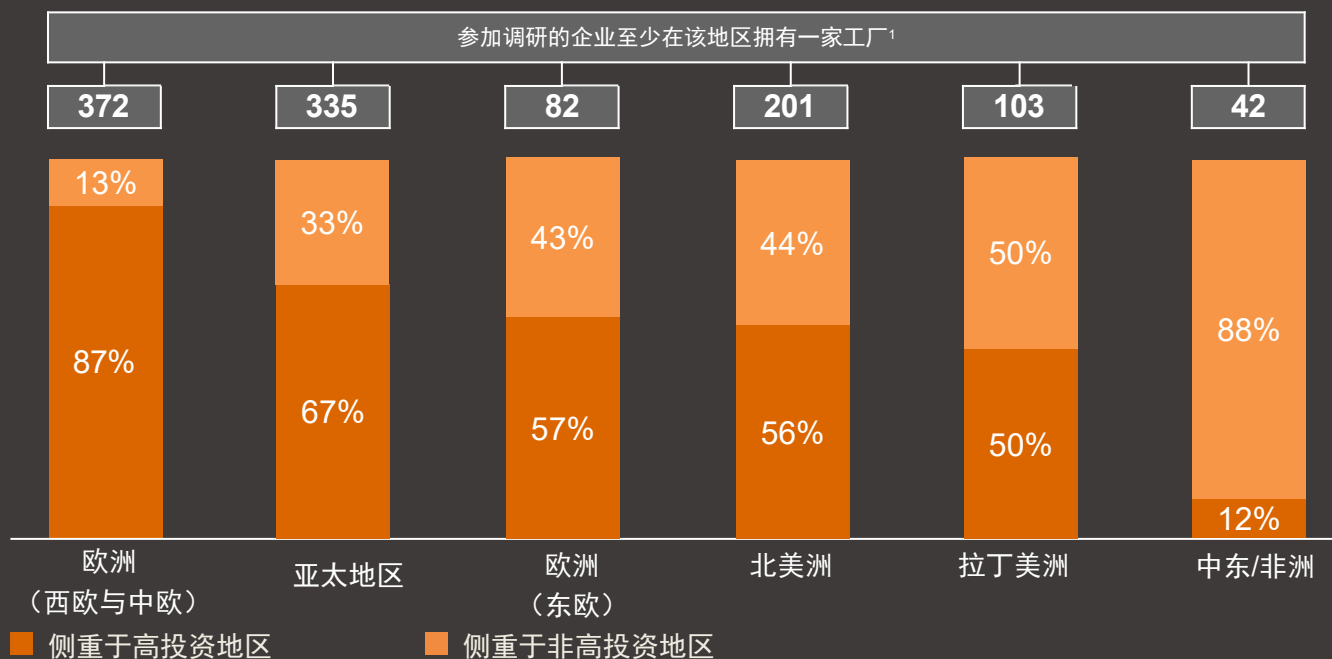
新冠疫情对全球影响如此之大，以至于几乎一夜之间，数字化转型对企业来说变得至关重要。”

某全球化学品集团  
首席运营官

数字化工厂转型以区域来划分。参与本次调研的企业中，只有5%在全球范围内推动其数字化转型计划；其中表现出色的企业更有可能放眼全球——11.5%的数字冠军企业推出了全球转型计划。

绝大多数企业的投资重点在欧洲和亚太地区。在西欧和中欧拥有制造业务的企业中，很大一部分 (87%) 将转型投资集中在该地区；而在亚洲开展业务的近 70% 的企业也在该地区投资于数字化转型。

图7 转型投资聚焦欧洲和亚洲



<sup>1</sup> 可能有多家

来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告



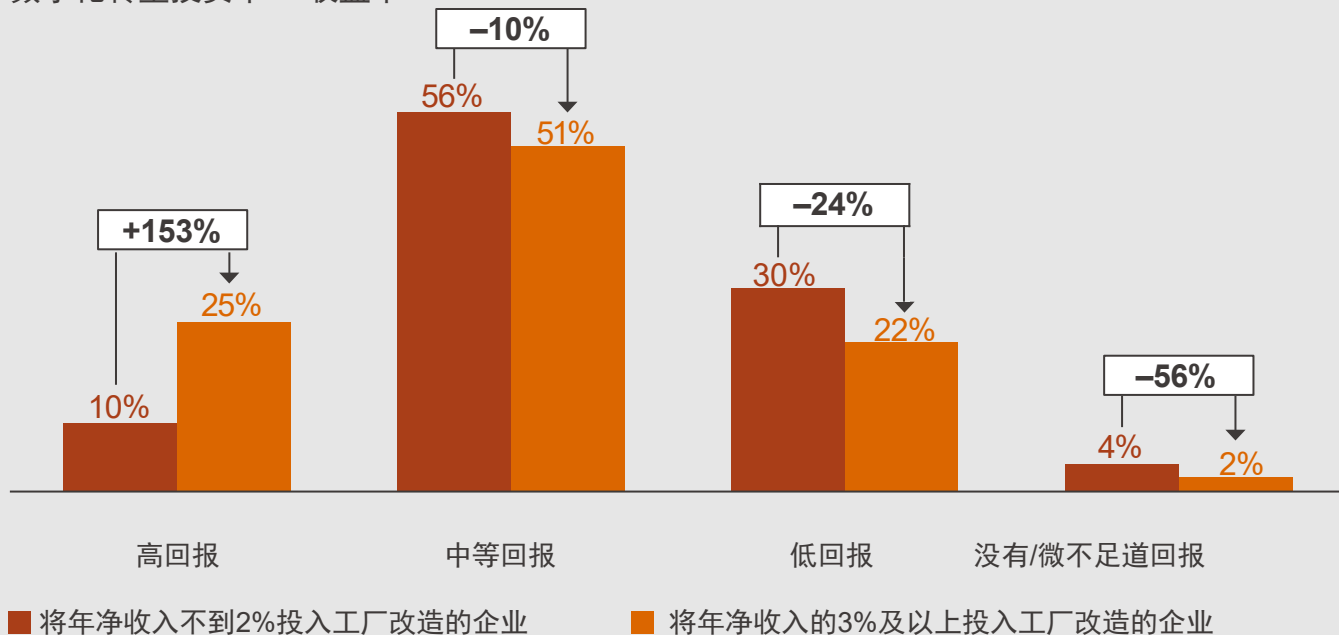
## 2. 高投资带来高回报 ——坚实的基础才能推动可扩展的数字化

普华永道2022年数字工厂转型调研结果证明，针对如数字主干和连通性的基本科技高额投资是必要的，它们可以使整个生产线发挥全部潜力。

相对更高的投资往往会带来更高的收益。调研显示，将年净收入的3%以上投入工厂改造的企业，获得高回报的可能性是投入不到2%的企业的2.5倍。

图8 投资回报率

数字化转型投资率vs.收益率



来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告



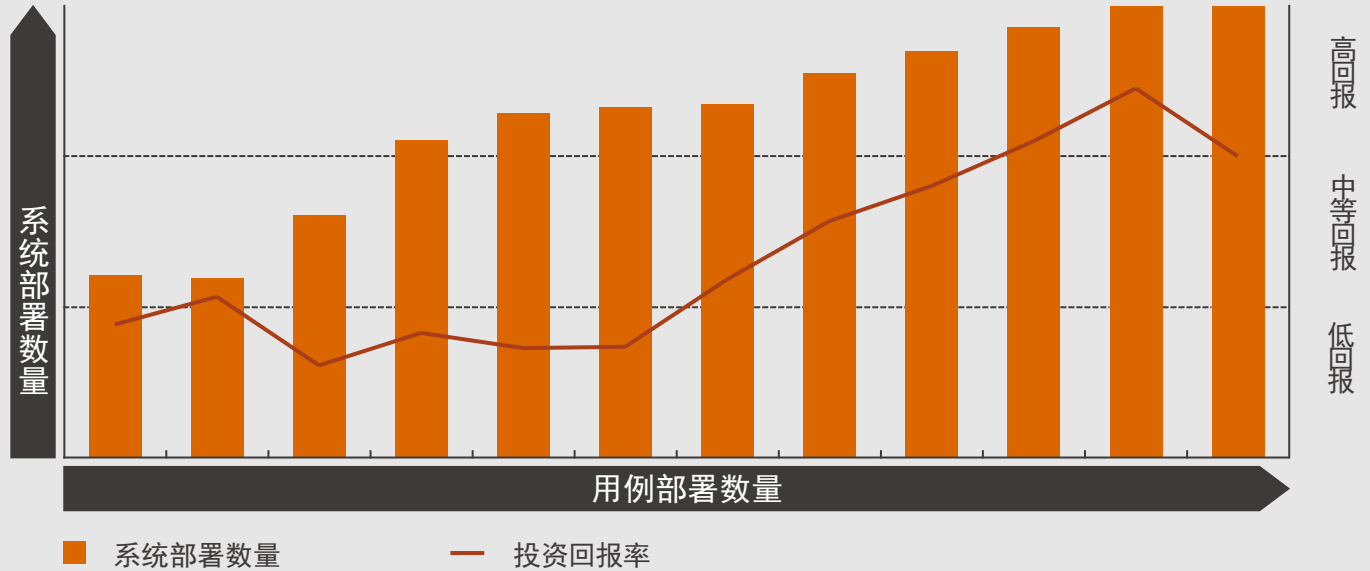
在分析系统和用例部署对投资回报率的影响时，很显然，规模才是使数字化投资得到高回报的关键。

在附图中，x轴描述了已在数字转换程序中部署的用例数量，y轴描述了数字主干网中正在使用的系统数量，而红线表示投资回报率。数据展示表明，转型计划在系统和用例部署达到一定规模时，可带来高额的回报。有一点很重要，数据还表明似乎存在一个理想的规模水平：超过某个点，仅通过添加更多系统和部署更多用例并不能提高回报率，因此选择正确的技术和实施规模化是优化回报的关键之一。

该分析也符合普华永道客户们的经验。然而，分析也表明用例需要一些数据的支持，诸如车间数据、从ERP中提取的业务线数据或数字主干网中的系统（如 IIoT 平台）。尽管如此，一旦解决方案和服务为一组用例和技术建立，便可以添加和实施更多用例，且无需重大基础支持和投资。一旦企业了解了底层促成因素和数字化应用之间的依赖关系，他们便可以得出使企业达到期望回报投资的“最佳投资额”，从而得到最高的投资回报率。在制定数字化转型战略、制定转型路线图和计算转型带来的附加值时，对这种模式的理解可谓至关重要。

图9 规模会影响投资回报率

投资回报率vs.系统和用例部署的数量



来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告

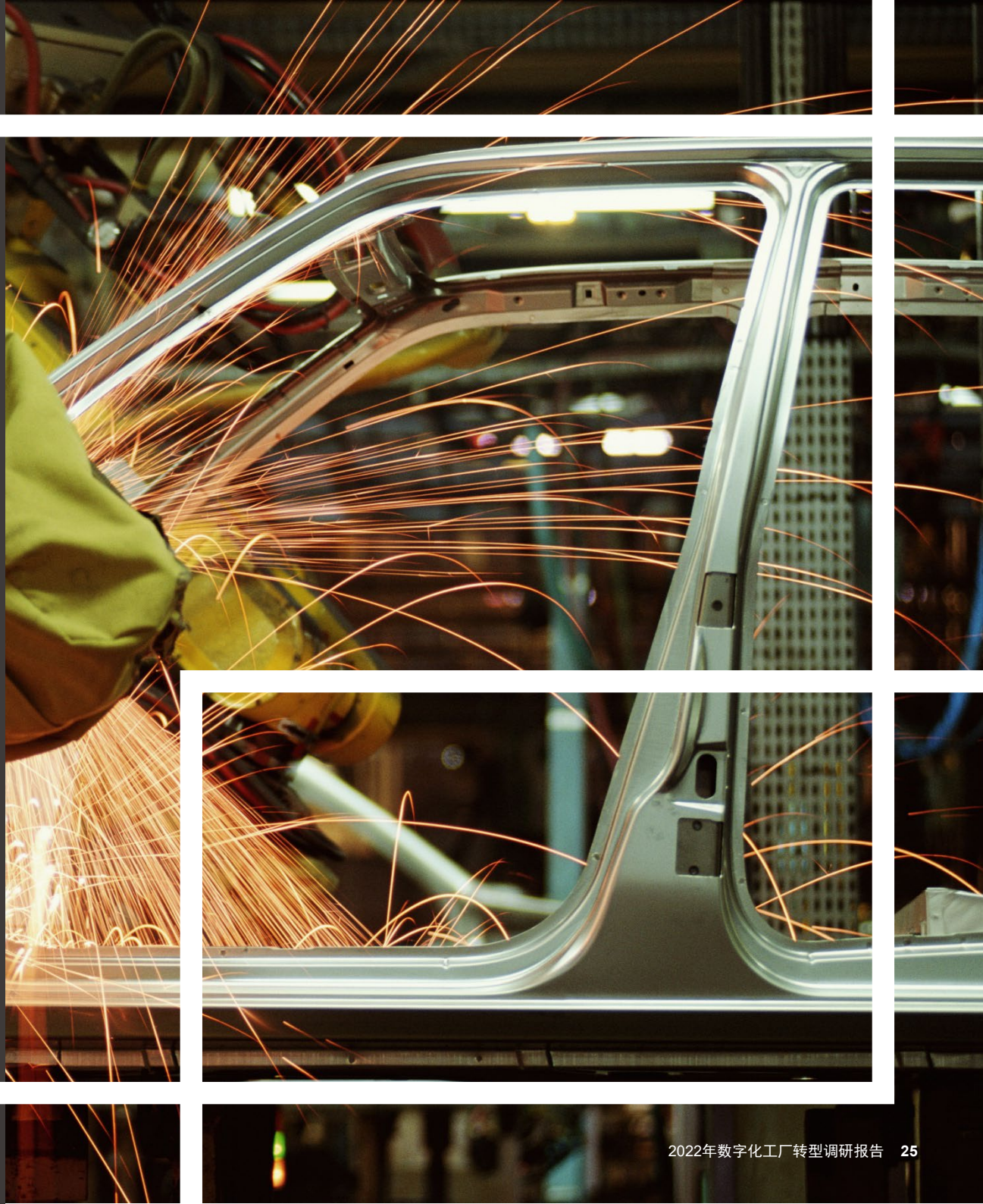
“

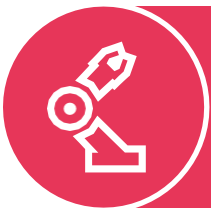
对先进技术的投资应被视为数字化的核心组成部分，而不是附加项。”

某工业制造集团  
首席财务官

## D 数字主干、用例和技术

成功的数字化工厂转型主要通过系统性的IT架构变化、业务用例阐述和特定技术的实施等复杂交互而实现。数字主干是转型的助推器，但构建或重建底层架构的方法多种多样。业务用例的范围包括从质量管理、维护、监测到数字孪生搭建，应用技术则包括设备、移动应用、机器人和人工智能。虽然每条转型之路皆有不同，但一个共同的关键因素是初始或持续投资后的预期和实际投资回报：尽管本次调研显示，数字转型没有一个放之四海而皆准的策略，但某些特定的系统和技术往往能带来更快的回报，在某些情况下，这个周期甚至会少于一年。





## 1. 标准化的数字主干是工厂成功转型的关键基石

工厂的数字主干对于协调和整合工厂内外所有数字解决方案至关重要，其主要由以下四个关键解决方案中的一个或多个组成：

1 ERP：企业资源规划解决方案

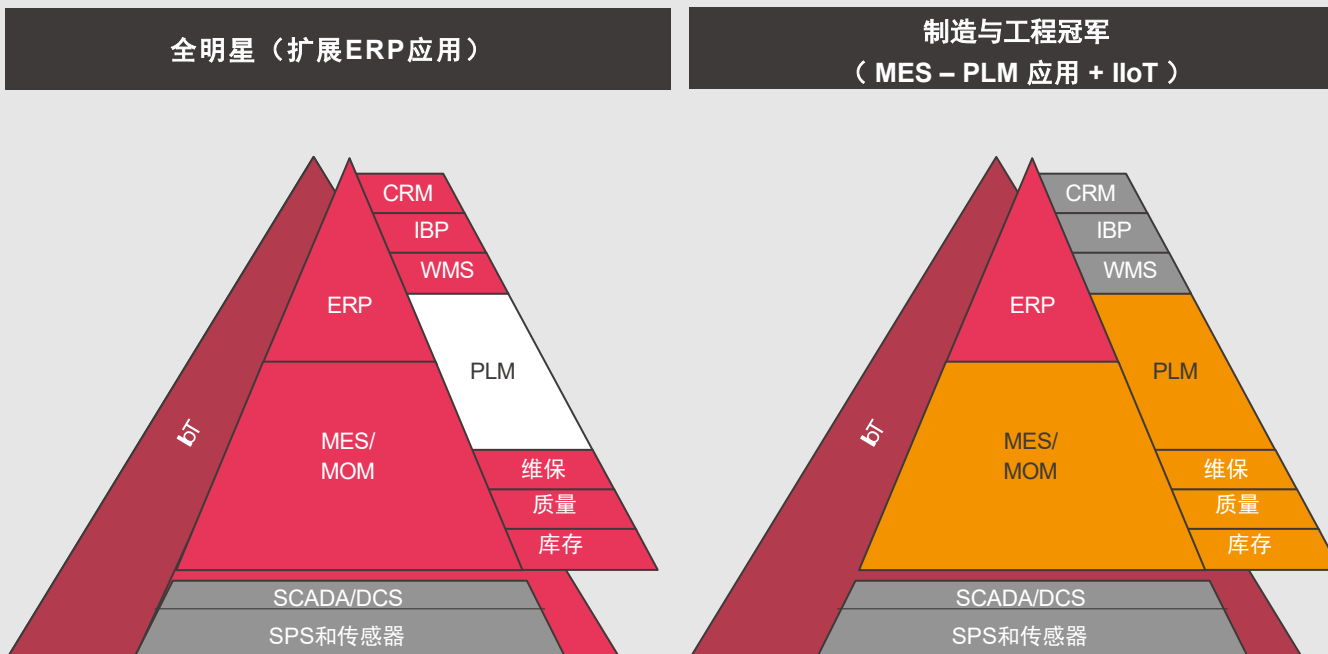
2 MES/MOM：制造执行系统/制造运营管理解决方案

3 IIoT：工业互联网平台

4 PLM：产品生命周期管理解决方案

调研显示，整合是取得优异成绩的基础：数字化冠军企业倾向于使用集成度更高、能够实现更多标准化的系统，甚至允许其制造网络的各个部分在如何实施系统和支撑的技术方面有一定的自由。

图10 数字主干原型及供应商



来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告



本调研根据五种主流数字主干原型对企业进行了分类：

我们将“**全明星**”企业认定为以ERP为核心的企业：他们已经实施或计划实施单一的增强型ERP解决方案，其中包括至少两个差异化系统，如PLM、MES和IIoT，且都来自于与ERP系统相同的供应商。参与调研的企业中有16%属于全明星，ERP亦是数字冠军和创新者倾向选择的方案（其中34%使用）。

**制造与工程冠军**企业将他们的数字主干集中在一个坚实的PLM系统上，以驱动其高度定制和技术驱动产品与服务的有效研发和工程进展，并集成MES，有时会以IIoT堆栈来强化其数字主干。这是所有企业中最常见的架构（25%使用），也是数字冠军和创新者的首选架构（38%使用）。

**创新跃进者**试图削减成本和时间密集MES/MOM，将精力集中于建立一个IIoT架构，以作为其主要使能系统，并伴随底层用例和可选的集成PLM解决方案。这是一种由少数对建立自己的应用程序感到满意的制造商所使用的创新的主干方法。所有受访企业中只有9%计划或已经实施了这种架构，只有3%的数字冠军和创新者使用。

**客户驱动型**将客户关系视为主要的价值焦点，并完全依赖于先进的ERP，以确保通过ERP中的客户关系管理（CRM）模块最大限度地覆盖客户。一些生产可能会外包给合作伙伴。这种模式有15%的企业计划或实施，数字冠军并未选择。

最后应该指出的是，少数企业既没有计划也没有实施任何数字主干原型；我们把这一群体称为**探索者**。在所有企业中，这一少数选择（18%）并非不重要。调研显示，在没有计划数字主干的情况下，通过使用专门的数字技术解决方案来开始数字化是可能的，尽管这种情况很少。

图11 五种系统原型

原型	MES	IIoT	PLM	单一增强ERP	全部企业	数字化冠军与创新者
全明星ERP方案	+	+	+	+	16%	34%
制造与工程冠军	+	(+)	+		25%	38%
创新跃进者		+	(+)		9%	3%
客户驱动型				+	15%	0%
探索者					18%	4%
其他原型					18%	20%

+ = 聚焦的解决方案

来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告



本次调研结果显示，大多数制造商采用了丰富的核心使能IT系统，选择以ERP为重点的解决方案或PLM/MES驱动方法，但这两种情况都是将一个或多个外部供应商系统进行整合，重点强调一致性。

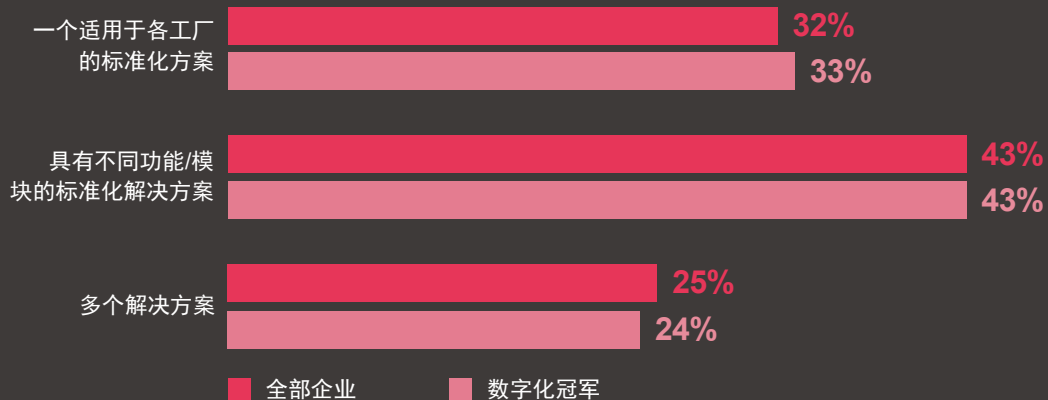
这些相关方法也是企业最有可能采用的解决方案（72%的数字冠军和创新者是全明星或制造和工程冠军）。相比之下，创新飞跃者专注于实现高频创新：他们不认为自己需要整体的MES解决方案或大规模的ERP系统，包括差异化系统，而是追求借助IIoT平台实现数字化转型阶段性的跃升。就客户驱动而言，客户是创新的源泉，ERP驱动的关系管理方法是首选的架构，而非一个由研发、制造、产品生命周期支持的方法。

调研还显示了IT主干设计的清晰模式：运营的复杂性催生了IT系统的复杂性，并反过来创造了对标准化的需求。一个企业的生产复杂性和横向范围越高，其将会更加依赖于针对具体工厂需求定制化的平台。然而，无论业务是相对复杂还是相对简单，企业都倾向于采用能够实现标准化的解决方案，以降低成本并简化实施：虽然32%的企业选择了整体标准化的系统，但更多的企业（43%）寻求在工厂层面的标准化和一定程度的实施灵活性之间取得平衡。数字化冠军企业和其他企业在采用标准化程度方面没有明显差异。



图12 数字主干目标状态

MES和IIoT系统的数字主干目标状态



趋势



来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告



## 2. 质量分析、维护解决方案和自动化KPI监测是实施最多的用例

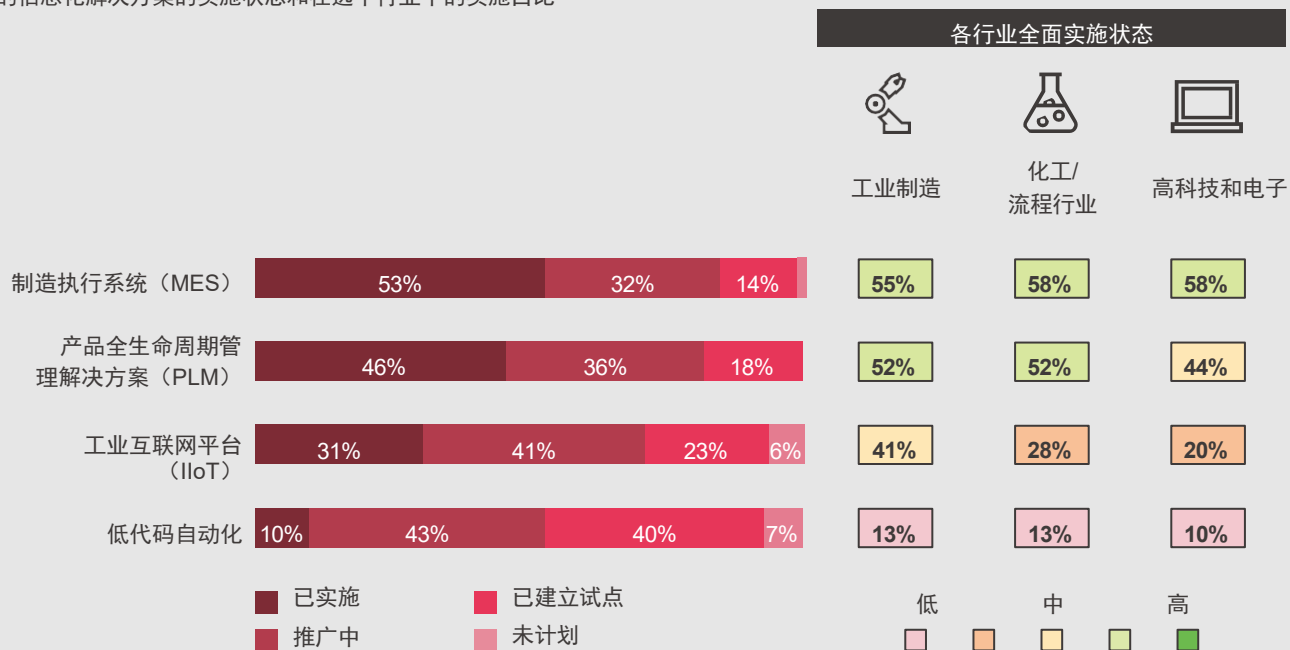
本节详细探讨我们三个重点领域的实施率调研反馈：数字主干、用例和技术。

### 2.1 数字主干实施

本次调研询问了企业目前数字主干的实施状况。虽然调研显示，几乎一半的制造商仍然没有完全实施MES，超过一半的制造商没有完全实施PLM、IIoT或低代码自动化系统，但也可说明这种基础性的IT主干系统正在各个地方开展。所有参与调研的企业都已经实施或正在实施至少一个使能IT系统。

图13 数字主干实施状态

选定的信息化解决方案的实施状态和在选中行业中的实施占比



来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告

仅有超过一半的企业完全实施了MES/MOM解决方案，但调研结果表明，实施的速度正在加快。在不久的将来，我们会看到无论是MES/MOM还是PLM解决方案，或两者都是大规模制造业的普遍特征。

尽管MES/MOM解决方案已经存在了几十年（这一概念和术语由制造企业解决方案协会在1992年提出），但只有53%的受访企业完全实施了MES。这种情况现在正在改变。MES解决方案已演变成MOM解决方案，在一个解决方案中涵盖了运营管理的全部内容（包括生产、维护、库存和质量运营管理）。此外，MES应用正在向云端转移，并变得更加模块化和可与云平台互操作，使企业能够选择（并支付）他们所需的特定功能。

同时，正在进行的ERP转型为企业创造了一个天然的机会，让这些企业得以审视其数字主干战略。因此，大约三分之一的企业（32%）正在进行MES的推广，更多的企业（14%）有计划这样做。

IIoT作为数字主干中的一个系统正持续受到关注，其与传统系统互补且正在突破传统的自动化金字塔。虽然调研中只有31%的企业已实施了IIoT解决方案，但仍有41%的企业处于推广阶段。汽车零部件制造商采埃孚的成功案例展示了这些解决方案的作用。

企业在实施IIoT时遵循两条广泛的路径——可以选择**购买**方案，利用市场上现有的平台解决方案和用例，这需要较少的内部资源，但限制了定制解决方案的开发和市场差异化。或者，他们可以寻求一个**自建**的解决方案，通过利用大型IIoT解决方案供应商的最新技术和模块，建立自己的平台和解决方案。后一种方法需要更多的内部资源，但也有更高的自由度。

对比各行业，工业制造企业在IIoT实施方面明显领先——41%的工业制造企业已经实施了IIoT平台。化工和流程行业以及高科技和电子企业在这一领域落后（分别有28%和20%的企业实施了IIoT）。

我们预计，随着IIoT和云计算的采用，低代码自动化的实施将会增多，因为它可以实现自助式应用开发，因此成为扩大用例开发规模的一个关键推动因素。目前，只有10%的受访企业完成了低代码自动化的实施，83%正处于推广或试点阶段。值得注意的是，最有可能采用低代码自动化的是数字化冠军，其中26%已实施了这一有利技术。

“

我们的全球业务在MES和ERP的帮助下进行整合，这提供了一个清晰的实时流程视图。”

某全球汽车集团  
质量管理负责人









# 采埃孚集团

采埃孚如何转型至全球数字化运营。科技企业的目标是到2025年节省数百万美元。

作为世界上最大的一级汽车供应商之一，采埃孚为乘用车、商用车和工业技术提供系统，促进未来出行发展。采埃孚使车辆能够看到、思考和行动。在车辆运动控制、综合安全、自动驾驶和电动交通等技术领域，采埃孚为成熟的汽车制造商和新兴的运输和移动服务供应商提供全面的产品和软件解决方案。采埃孚正在使各种类型的车辆电气化。该企业的产品为减少排放、保护气候和提高安全出行作出了贡献。采埃孚在全球拥有大约157,500名员工，2021财年的销售额为383亿欧元，在31个国家和地区拥有188个生产设施。

2020年，采埃孚开始了一项工作，即通过整合IIoT解决方案来降低工厂的可控成本，以提高质量和效率，并提高其全球制造产量。该企业寻求普华永道和微软帮助来建立一个可扩展的数字化制造平台（DMP），并推动全球188个生产基地的数字化。

数字化计划的第一阶段要求在该企业位于德国北部Diepholz的工厂开展一个初步试点项目。通过普华永道工厂智能和微软Azure技术，在这里建立了一个具有通用服务和商业应用的IIoT平台。

该项目遵循三个指导性原则。首先，平台和使能服务需要为规模化而建立。其次，建立在该平台上的业务解决方案需要与采埃孚的大多数工厂相关，使其也具有扩展性。最后，这些解决方案需求也可以被在数字化转型中处于没那么先进阶段的工厂所使用。业务应用和使用案例围绕三个重点领域展开：生产控制塔、端到端可追溯性和维护智能。

Diepholz被选为第一个试点工厂，因为这里的汽车底盘技术部门拥有一个基础良好的数字化组织，可支持转型。该工厂的团队也非常积极地成为该计划的先行者。Diepholz已经具备先进的连接水平，实施DMP则提供了相当大的商业潜力。

项目的第一个重点是改造生产，通过开发自动KPI监测解决方案和性能分析用例，实现表现更好的可视化。有了这些，采埃孚可以实时监测表现并作出反应。

第二个重点是端到端的可追溯性，这将使采埃孚能够在整个生产过程中快速、轻松地追踪单一产品和/或批次。这有助于该企业更准确地确定错误发生的位置。

第三个重点是监测制造资产的状况，以便最大限度地延长正常运行时间和优化维护成本。

DMP整合了多个来源的数据，包括机器层面和ERP系统的数据。

为了开发DMP，该企业采用了敏捷的交付和管理模式，将传统的IT组织变成了以产品为中心的敏捷组织。所有项目成员和工厂专家都在为期三个月的滚动规划阶段和每周冲刺的产品增量（PI）的基础上工作，允许定期审查、在团队之间定义责任归属，并可随着实施的进行调整与建立新的目标运营模式。

在Diepholz工厂证明了DMP的价值后，该平台现在是整个采埃孚全球制造业务应用多年的数字化战略基石和关键驱动。

然而，该平台并没有以传统方式推广到其他工厂。过去，有专门的团队从一个工厂到另一个工厂去实施软件解决方案，如MES，但现在工厂需要能够独立上岗并遵守其自身的DMP标准。在这个过程中，DMP组织与工厂一起工作，提供标准、指导、清单与支持。

这种启动方法更加简单，需要更少的人工，目标是在一周内让每个新工厂登录到该平台。

采埃孚还在寻求扩大数字化平台的功能，使DMP之外的团队能够在平台上开发解决方案。这将增加可供所有工厂使用的用例数量，并使工厂能够自由地开发符合其需求的解决方案。

当所有采埃孚集团的工厂全面部署完毕后，DMP预计将产生每年数亿美元的成本节约。

采埃孚交付的解决方案具有广泛的市场潜力，可以在各个制造行业中应用。DMP提供了一个蓝图和最佳实践，以推动汽车生产和一体化开放式制造平台社区的数字化转型，在采埃孚学到的经验可以用来推动任何一个规模化的智能工厂转型。





## 2.2 用例实施

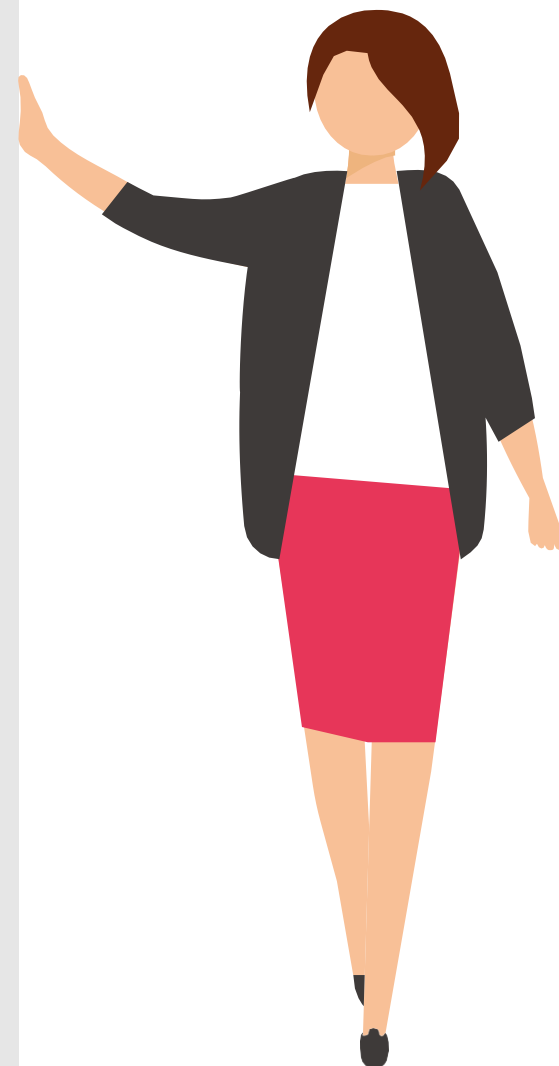
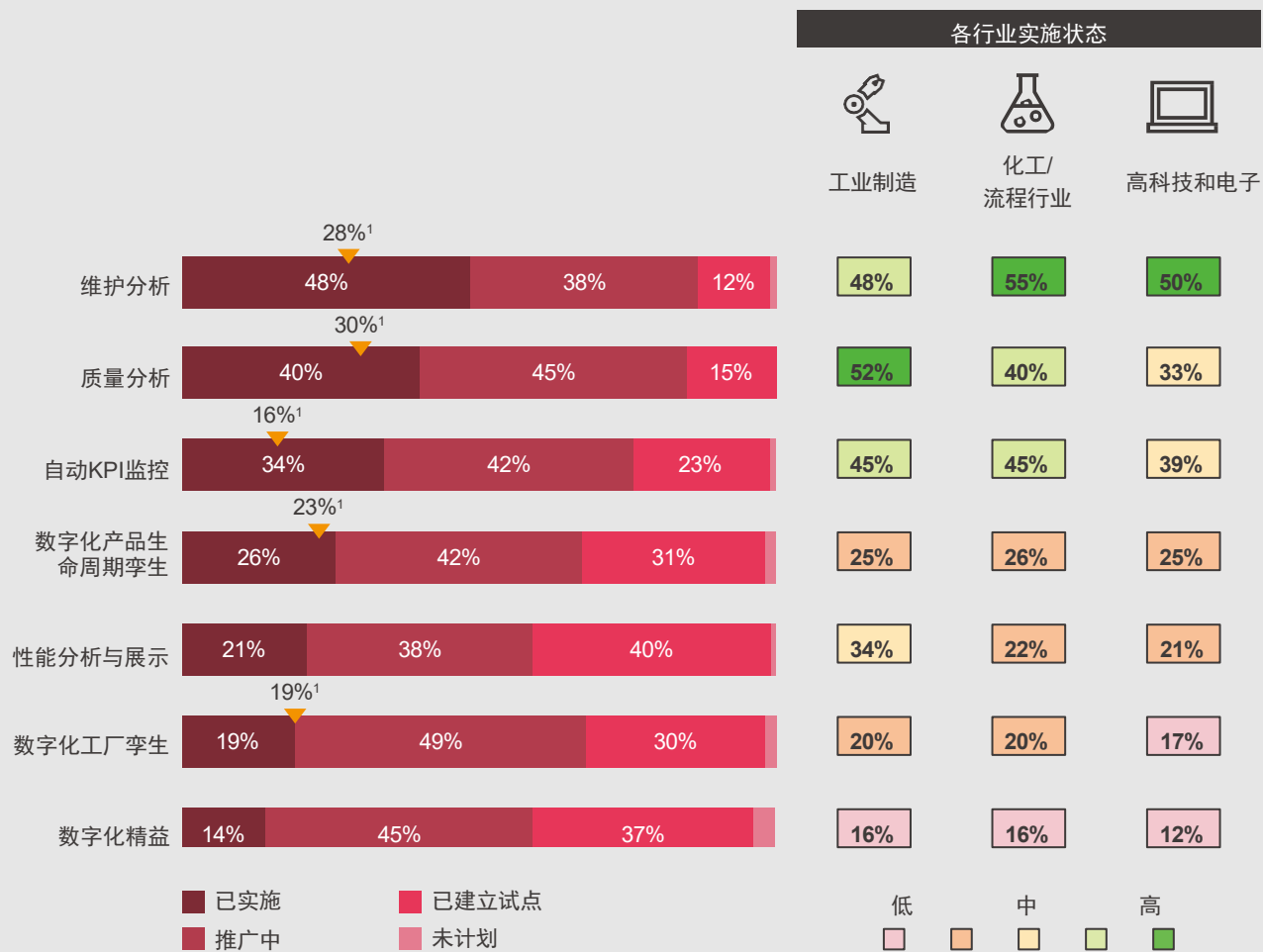
**普华永道数字化工厂转型调研 2017** 发布五年以来，用例实施的比率持续上升，在某些用例中达到了翻倍的程度。当前最常被实施的用例是维护、质量分析与自动化的KPI监控。例如，在化工和高科技行业，一半以上的企业已经完全实施了维护分析解决方案，以提高生产过程的效率和安全性，而大多数尚未完全实施维护分析和质量分析的企业目前正处于推广阶段。本次调研显示，工业制造领域的企业最有可能实施了这些用例。

调研结果表明，各企业对用例的实施有高度的共识。几乎所有企业都已经实施或正在推广维护分析和质量分析，没有计划实施这些用例的企业数量可以忽略不计。报告中显示的实施率与2017年数字工厂调研报告中的进展相比，有了很大的进步。变化最大的领域是维护分析，在过去五年里，企业的实施率提高了20个百分点。

就质量分析而言，较短的投资回报期是早期实施的重要驱动力（详见下文）；就维护分析而言，投资回报期较长，但企业清楚地认识到，数字维护解决方案对通过减少机器停机时间来降低运营成本至关重要。第三个广泛实施的用例是自动KPI监控，76%的受访企业已经实施或正在推广该解决方案，只有极少数企业没有试点或未计划实施，可以忽略不计。尽管绩效分析和仪表盘以及数字精益的完成实施率较低，但我们预计这些实施将在KPI监测完成后进行，因为它们是建立在KPI自动化基础上的逻辑延伸。

图14 用例实施状态

选定用例的实施阶段及其在选定行业的实施比例



<sup>1</sup> 普华永道2017年研究：数字化工厂2020—塑造制造业未来

来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告





# 雅苒

雅苒如何通过创新投资方法释放企业全部数字化潜力？持续不断的用例迭代和敏捷思维是转型关键，由此其2021年EBITDA得到显著增加，健康与安全得到很大改善。

雅苒是一家全球领先的作物营养企业，专注于精准农业，旨在使农业更加高效和可持续。雅苒总部位于挪威奥斯陆，在60多个国家和地区开展业务，拥有约17,000名员工，收入超过160亿美元，旨在利用自身业务的数字化转型，帮助推动作物营养的绿色转型。

雅苒已经在数字化运营方面进行了数年尝试，但最近仍决定加快数字化转型进程。通过与普华永道的合作，雅苒创建了一个以用例为导向的方案，可以在多元化的全球生产制造网络中进行快速开发和实施。

我们面临的挑战是为数字化应用建立商业投资案例，重点关注终端用户的需求和体验，并以适合数字技术和数字思维的方式来实现。雅苒的数字化转型团队首先选择了几个通常看起来很合适的领域，然后与普华永道团队合作，将这些领域的用例与工厂车间的实际操作联系起来。

“我们需要做的不是首先关注技术，而是关注价值，”普华永道领导该项目的Jonathan de Ramaix说，“从一开始，我们就需要从生产团队和维护技术人员所面临的现实问题的角度来开发用例，然后开始评估每个用例能在各个工厂实现多少价值（这可能是货币价值，也可能与健康、安全、员工参与和质量有关）。”

为了与终端用户建立联系，转型团队首先召开了技术人员研讨会，以了解他们面临什么样的生产问题，以及这些问题的解决方案会是什么样子。

“你需要知道维修技术人员一天的生活是什么样子的，”de Ramaix说，“你需要知道过程中的所有关键痛点是什么，什么样的数据能消除这些痛点？如果我们现在的数据是错误的，为什么会这样，我们该如何改变它？然后，你可以继续建立一个模拟或原型解决方案，这将让你深入了解数字化用例会对某一个具体的工作站产生什么样的影响。你还可以确定应如何帮助员工更安全、更聪明、更快速地工作，确定可靠性和停机时间，以及影响健康、安全和环境的因素。”

这样做是建立一个商业用例的开始，但只是一个开始。数字技术提供了大量潜在的应用和影响组合，其中一些甚至可能在用例开始时就没有想到过。这意味着作出投资决策的过程也需要同样的灵活性。

为了做到这一点，普华永道和雅苒采用了一种将敏捷思维与风险投资式的预算编制相融合的流程，以应对快速变化的环境。如果情况发生变化，或者应用没有达到预期效果，用例可以改变，甚至可以完全放弃。决策不是不可逆转的：决策门是双向的。

“这与为投资而创建商业案例的传统方式非常不同，” de Ramaix表示，“这更像是一种风险投资者的方法。我们看到什么是有效的，什么是无效的。这就是数字化的本质。如果想真正实现你的潜力，你需要拥有比很多企业习惯的那种僵化的投资-回报思维更加灵活的思维方式。你可能需要准备好沿途的一些失败和成本，但最终你将获得更多。”

有证据表明这种方法是有效的。与用户需求和行为相匹配的解决方案往往能产生购买力，并迅速获得投资回报。雅苒估计，新的数字化用例在其运作的第一年（2020年）将产生两位数的影响，2021年将增加一倍以上。



## 2.3 技术实施

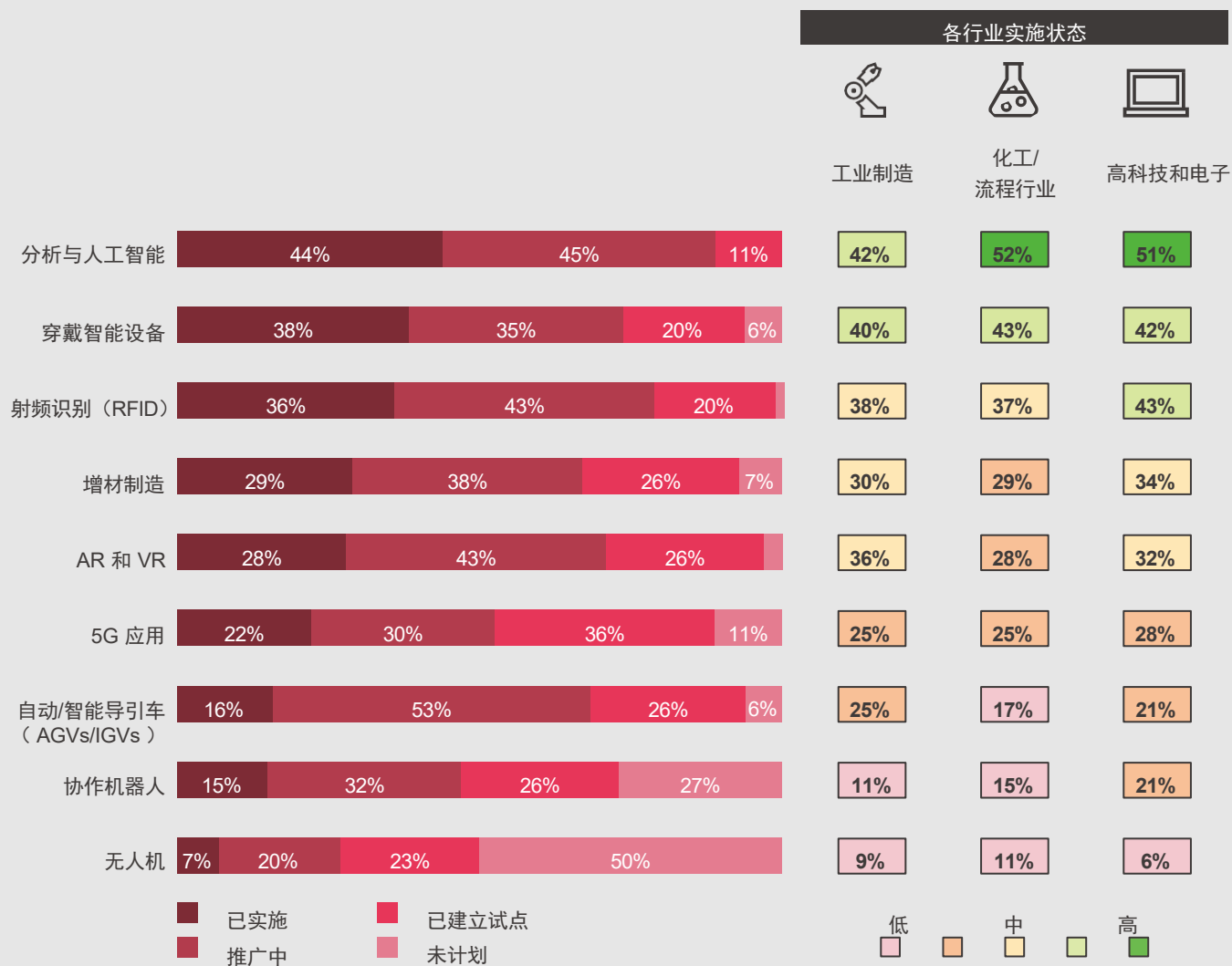
具有分析能力的技术实施是制造商数字化转型议程中的首要任务。分析和人工智能是实施最多的技术：在本次调研中，所有企业都已经实施了该技术，或者正在实施或正在试点中。在可预见的未来，人工智能AI的实施会更加普遍。

可穿戴设备和智能设备也是议程上的重要项目。38%的受访企业已经实施了可穿戴设备，与工厂的劳动力相连接。只有6%没有实施可穿戴设备或智能设备的计划。Signify的成功案例证明了实施可穿戴设备和智能设备的好处（见下文）。

然而，与用例实施相比，技术的投资回报时间似乎并不是一个重要的因素。投资回报时间最短的技术（如无人机和5G应用）是最不可能被实施的，例如，只有7%的受访企业已经实施了无人机，只有20%正在推广（毫不奇怪，化工和加工行业是无人机使用的领导者，11%已经实施了无人机技术，其在远程和有潜在危险的操作中有着明确的应用）。客户的经验告诉我们，无人机是利基技术，在无线或有线网络已经到位的情况下，实施5G应用并不是最优先的，且优先的用例并不能从低延迟和高数据带宽中受益。

图15 技术实施状态

选定技术的实施阶段和选定行业的实施占比



来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告



# 昕诺飞

使用一种生态系统方法来进行工业4.0创新。从一个实实在在的用户问题开始实施，并依靠中央协调者将生态系统的各个部分汇集在一起。

企业应如何在其数字化转型计划中寻找、评估和实施新技术？数字化转型通常是实验和学习的过程，企业将各种陌生的技术连接起来，以实现特定的业务目标。实现这一目标的强有力的方法是使用生态系统方法，正如普华永道在比利时特恩豪特的开放制造园区（OMC）与企业一起做的那样。生态系统是协作性的企业网络，制造商可以利用合作伙伴的技能和技术，并以新的方式将其投入使用。

OMC是飞利浦的前生产基地，现在仍然是昕诺飞的所在地，其前身是飞利浦照明。该企业总部设在荷兰，生产消费者和工业照明产品的相关产品，销售额达69亿欧元，在全球拥有超过36,000名员工。

最近，昕诺飞与普华永道合作，为其高强度气体放电（HID）照明生产线开发新的数字检测和维护应用程序，并与制造商的生态系统合作。为了将这些企业和技术结合起来，并产生和评估新的用例，普华永道承担了生态系统推动者的角色，将解决方案的各个环节结合起来。

普华永道比利时分公司的Johan Van der Straeten说：“这里的关键是，你如何知道那里有什么，什么是最先进的，什么是可能的。我想这是很多制造商仍然在努力解决的问题。他们知道他们的技术，但除非他们有专门的数字中心，积极寻找新技术，否则很难知道外面有什么以及如何使用。”

举例来说，昕诺飞希望其技术人员进行无纸化检查和维护，但也要保持他们的双手自由，因此随身携带平板电脑不是一个选项。该生态系统的解决方案在于可穿戴技术：数字化的智能眼镜。这些眼镜看起来很像普通的阅读眼镜，但有一个佩戴者可见的数字读数，为检查程序和补救措施提供指导。

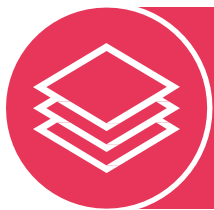
这款智能眼镜由总部位于比利时安特卫普的工业可穿戴设备专家Iristick公司生产，包括语音激活功能，允许用户实时记录检查和干预措施。

昕诺飞的生态系统合作伙伴意识到，通过与另一家恰好在OMC开展业务的公司合作，可以增强该技术。这家公司就是Luxexcel，世界上唯一一家提供按需3D打印矫正眼镜的制造商。这意味着，需要佩戴普通眼镜的技术人员也可以使用智能眼镜。

第四家公司Proceedix也是生态系统的一部分，该公司提供了一个IT平台，将工作指南和检查清单数字化，以让技术人员使用智能眼镜来遵循内容指引。

第四家公司Proceedix也是生态系统的一部分，该公司提供了一个IT平台，将工作指南和检查清单数字化，以让技术人员使用智能眼镜来遵循内容指引。





### 3. 包括无人机和5G应用在内的回报周期相对较短的新兴技术

本节详细探讨了针对数字主干、用户案例和技术的投资回报时间的调研

#### 3.1 数字主干回报

调研结果显示，在所有有利的IT架构方法中，PLM解决方案的平均投资回收期最短。大约59%的受访企业在不到三年的时间内实现或预计实现投资回报。以前，PLM系统被认为仅仅是一个产品开发的解决方案，如今PLM系统已经与生产系统（如MES）完全集成。完全集成的PLM解决方案有助于创建数字孪生或先进的制造模拟，因此不仅为产品开发而且还为生产增加了价值。

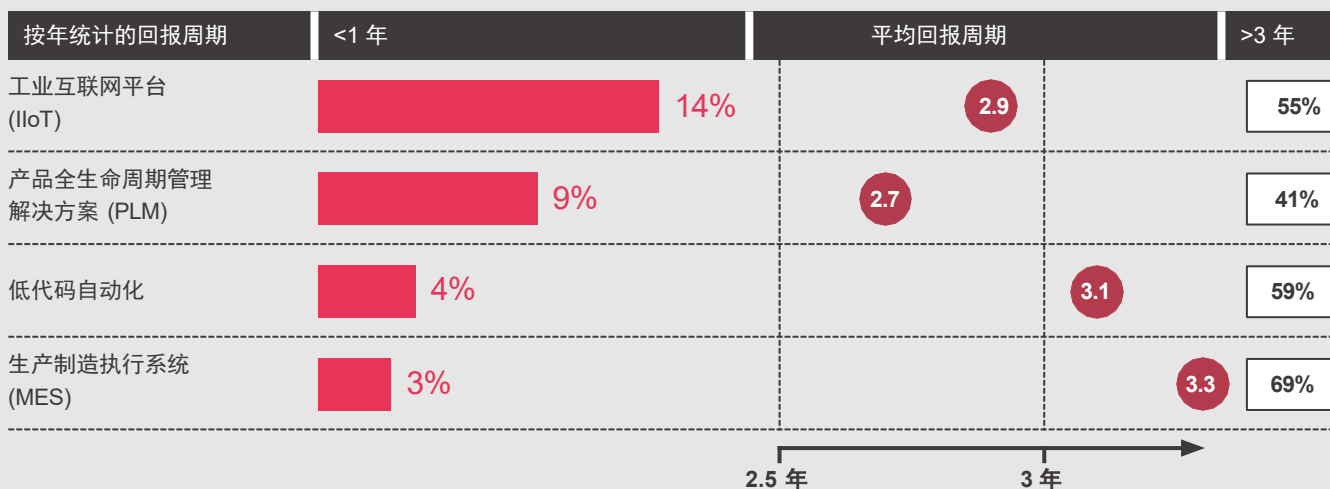
相比之下，受访企业表示MES的平均投资回收期最长，为3.3年；只有3%的企业在一年内实现或预计实现MES的投资回报，69%预计会在超过三年后实现回报。

MES是历史最悠久的制造业数字化解决方案，同时也是投资回收期最长的解决方案，这似乎有悖常理。我们的客户经验表明，这可能是由于许多MES解决方案在实施时没有首先协调和规范流程，从而增加了实施的成本和时间尺度。还有一种可能的情况，并非每个

工厂都需要MES：全面实施的ERP可以与IIoT解决方案配对，是一种更快、更具成本效益的数字主干方案。参与调研的企业表示，IIoT平台的平均投资回报期为2.9年，有相当一部分企业（14%）实现或预期实现投资回报期为一年以内。

图16 回报周期：数字主干

特定IT解决方案实施的回报周期



来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告

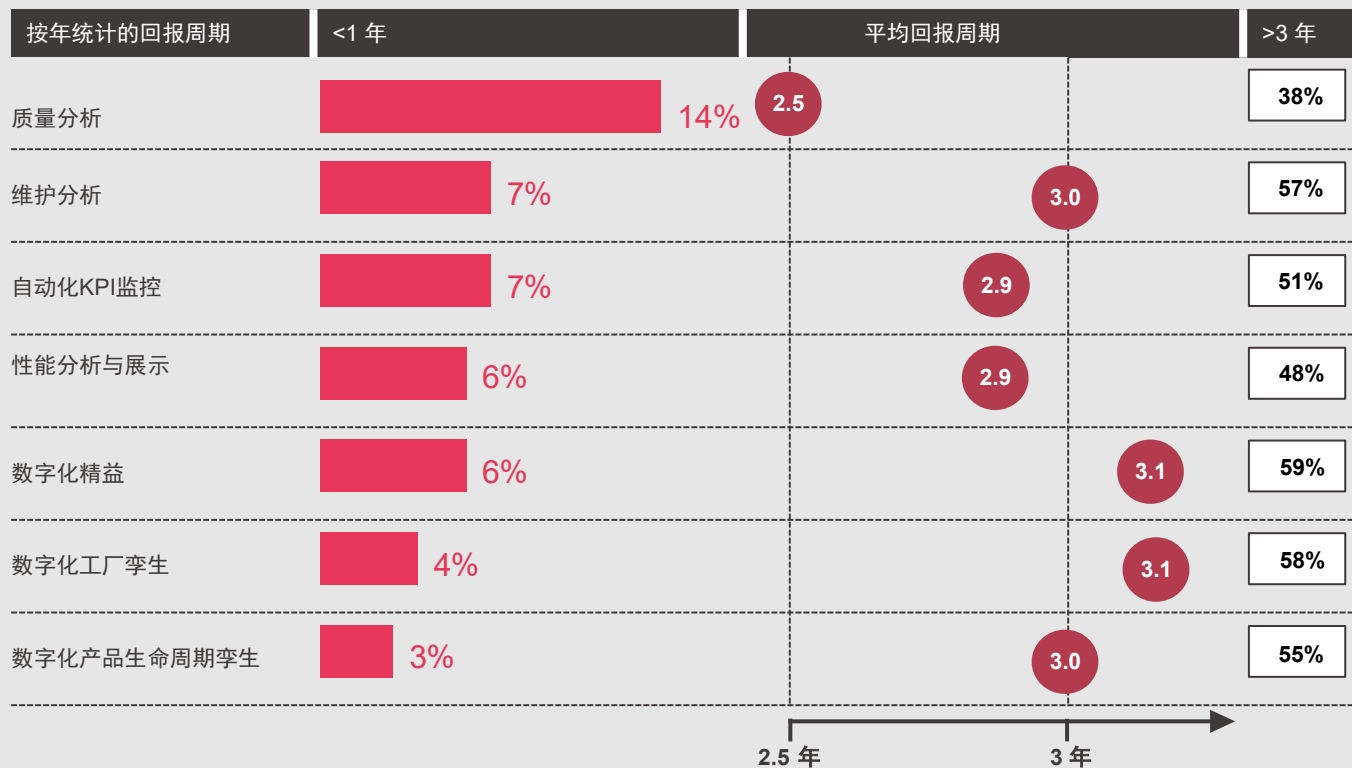
### 3.2 回报用例

投资回报方面，有一个用例在所有其他用例中脱颖而出：质量分析。与质量分析相关的用例的投资回报时间最短，平均为2.5年，调研中62%的受访企业实现或预期实现的投资回报时间少于3年，相当一部分企业（14%）实现或预期实现的投资回报时间少于1年。卡夫亨氏的案例（见下文）显示了一个大型企业如何通过集中利用最新的传感器和分析技术来促进持续的质量保证，并实现即时和完全自动化的干预，消除客户的质量投诉，从而改造其生产运营。

大多数使用案例平均在三年内实现投资回报，也就是说，至少有40%的受访企业（62%的质量分析和41%的数字精益）在所有的使用案例中实现了平均不到三年的投资回报时间。投资回报时间变化以及在一年或更短时间内实现投资回报的可能性表明，如果用例选择得当，执行得力，数字化用例可以在几个月内而不是几年内对底线产生积极影响。

图17 回报周期：用户案例

特定用户案例实施的回报周期



来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告

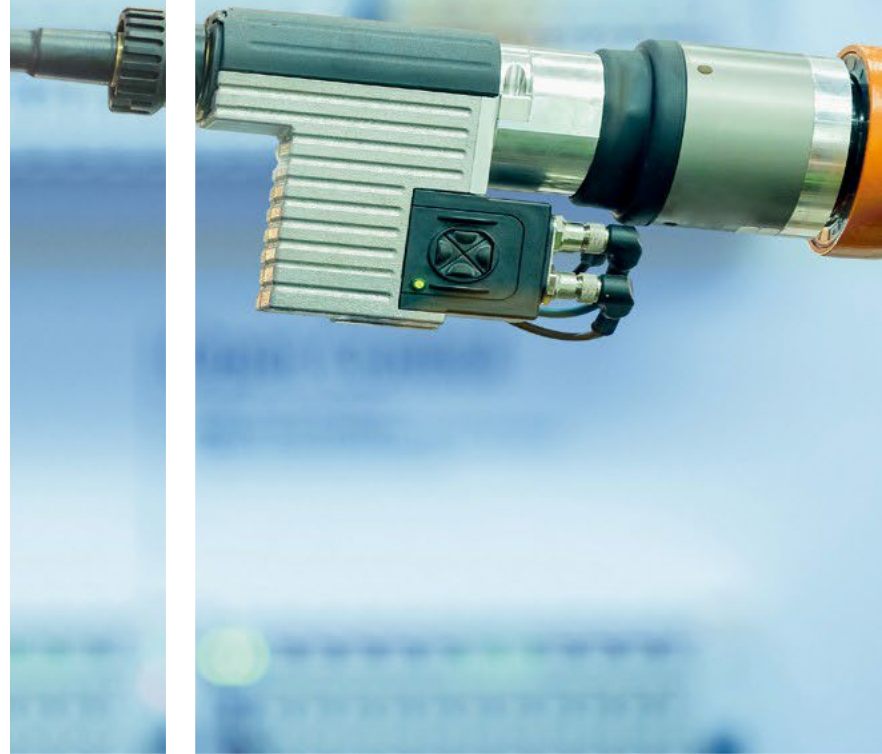
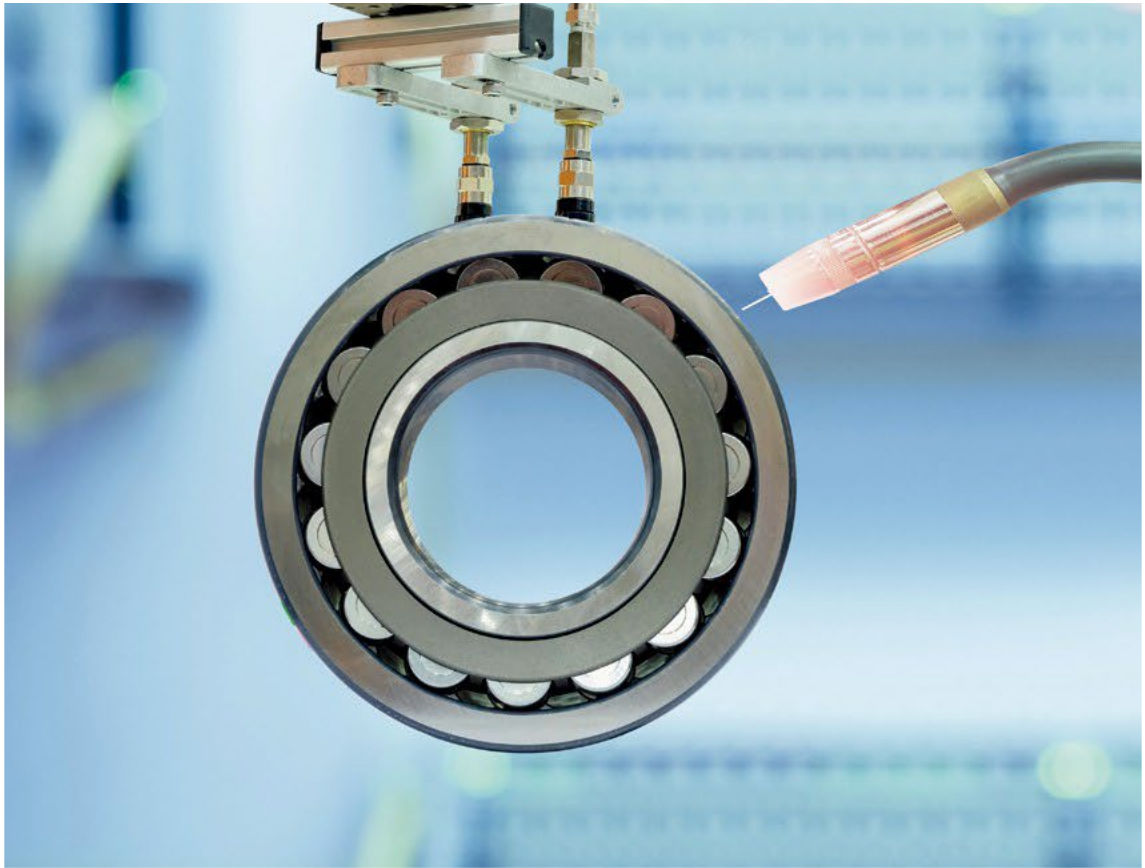


自动化KPI监控和绩效分析仪表板的平均投资回报率不到三年。后者可以说是前者的成熟阶段：通过自动化KPI监控和性能分析，企业现在能够根据实时KPI指导生产，实现实时响应。

维护分析用例的投资回报时间要长一些，平均时间为三年。经验表明，这是因为大规模提供解决方案的复杂性以及维护分析所需的辅助系统的复杂性。现有的资产可能会带来连接方面的挑战，这就增加了实施成本。如果机器被用来制造一系列不同的产品，可能需要定制算法来预测性能和故障点。然而，更快的投资回报是可能的：调研中7%的企业报告说已经实现或预期实现的投资回报为一年或更短。通过有选择地实施维护分析，根据机器是否需要基本的状态监测、预防性维护或全面的预测性管理，可以实现与质量分析用例相当的短时间投资回报。

数字化精益使用案例的实现和预期实现投资回收期出奇的长，平均为3.1年。通过数字化工厂状态的可视化，如Gemba板，可以实现快速的节约（在全球大流行期间，许多企业利用在线Gemba板实施了临时的数字化），但这种节约程度将取决于关键的使能服务是否已经到位。分析能力到位时，数字化精益可以持续地绘制和检测浪费的材料和资源，从而更快、更准确地检测浪费的根源。我们的客户经验是，一个完全支持的数字精益实施是许多数字冠军的必用用例。

数字孪生用例（工厂和产品生命周期孪生）也处于投资回报时间尺度的较长一端（3至3.1年），这反映了用例的复杂性和实施中的挑战。通常情况下，数字孪生建立在其他用例之上，并需要一个整体的数据战略，因为它们需要多个来源的数据，如ERP、PLM、MES、IIoT和独立资产。挑战在于如何将所有这些数据汇集在一起并付诸实施，因为数据源将有不同的成熟度，而实施需要一个非常明确的路线图，以达到最终的目标阶段。客户的经验告诉我们，最有希望的数字孪生实施是建立在IIoT平台上的。







# 卡夫亨氏

卡夫亨氏的目标是实现完全数字化生产。数据治理和组织是该全球食品巨头的关键挑战。

卡夫亨氏是世界上最大的食品公司之一，在40多个国家和地区拥有业务，销售额超过260亿美元。该公司正在实施一项转型计划，包括在2025年前过渡到完全可持续的产品和流程，并在其整个价值链中推出一个灵活的数字生态系统。作为转型的一部分，卡夫亨氏也正在将其在全球的所有生产流程数字化。

对于卡夫亨氏来说，通向全面数字化的道路从工厂层面开始，当涉及到质量分析时，公司有三个优先事项：零缺陷（“第一次正确”）、端到端的可追溯性，以及消除客户投诉或退货。

该公司表示，大多数产品质量问题的根本原因是人为错误，而不是机器故障，因此消除人为因素是实现零缺陷的明显途径。

卡夫的数字化计划旨在使生产线流程超越简单的监控管理。相反，其目的是要达到一个点，即来自传感器、照相机和X射线的数据可以在开始产生故障产品之前预测错误和缺陷。

举例来说，该公司大约在七年前开始在其生产线上安装X射线技术，如今其全球每家工厂都有X射线功能。这取代了过去通过打开选定的容器检查缺陷来进行抽查的人工系统。

卡夫亨氏现在还使用一层自动化和人工智能（AI）以增强这项技术，即通过机器视觉系统（MVS）分析来自生产线摄像头的的数据。MVS监督酱料袋等产品的生产线，这些产品看似简单，但实际上有多个潜在的失败点。更大的挑战是，如果只有一个小袋泄漏或出现其他故障，则整箱小袋就必须被拒绝。

卡夫亨氏的Lee Reece博士说：“要保持这些小袋酱料的密封性是非常困难的，但这是我们必须做的。实际上这一特定的制造过程可能出错的方式有大约50种，我们所做的是教MVS检测可能的泄漏或故障，即使在人眼看来并不像泄漏。”

“曾几何时，要做到这一点的唯一方法是让人类操作员站在生产线上，时不时地拿起一个小袋，好好地拧一下，看看它是否会泄漏。但今天，MVS将图像数据输入我们的人工智能系统，该系统不仅可以检测故障，还可以检测即将发生的故障。我们已经达到生产机械可有效进行自我检查的程度。”

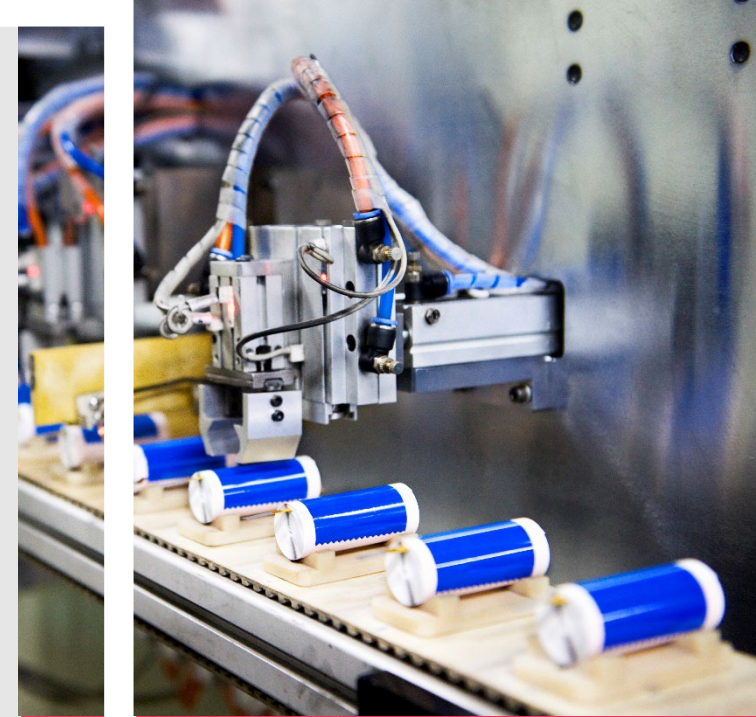
然而，监测生产质量和预测故障只是通往数字化组织道路上的第一步。“当我们第一次开始关注质量分析时，我们知道我们有具体的问题需要解决，例如根据单一生产线的错误而将大批量产品放入‘隔离区’所产生的成本。”里斯博士说，“在那个阶段，我们考虑的是诸如‘正确的成分、正确的地点、正确的时间’这样简单的问题。”

卡夫亨氏在质量分析中正在取代的另一个人工过程是通过品尝来保证质量。该公司的质量专家接受了培训，以品尝配方中的任何变化，但这种工作方式有其局限性：品尝不是连续进行的，人类无法检测随着时间推移而积累的盐含量的微小增量变化，机器则可以检测到这些微小的变化。通过使用最新的传感器和先进的分析技术，卡夫亨氏在持续监测其产品的质量并避免口味和质地变化方面取得了重大进展。

“我们开始意识到，这里会有更多的数字化控制的空间。这是可以应用于制造过程中几乎每一个步骤的事物。因此，它已经从一个单一的问题发展成为一个更大的运营层面的机会，我们已经把最初的想法集中在一个特定的领域，并把它扩展到端到端，以创建从投入到分配的数字化制造，”里斯博士说。

然而，该公司提醒说，技术、自动化和人工智能只是创建数字工厂的一个要素。数据治理、分析能力和组织响应可能是更大的挑战。

“你可以学习如何从你的生产线上获取数据。”Reece博士说，“随后的问题是你要用这些数据做什么？如何利用它进行智能决策？如何将其整合到不同的系统中？越早回答这些问题，数字化转型就越有效。”



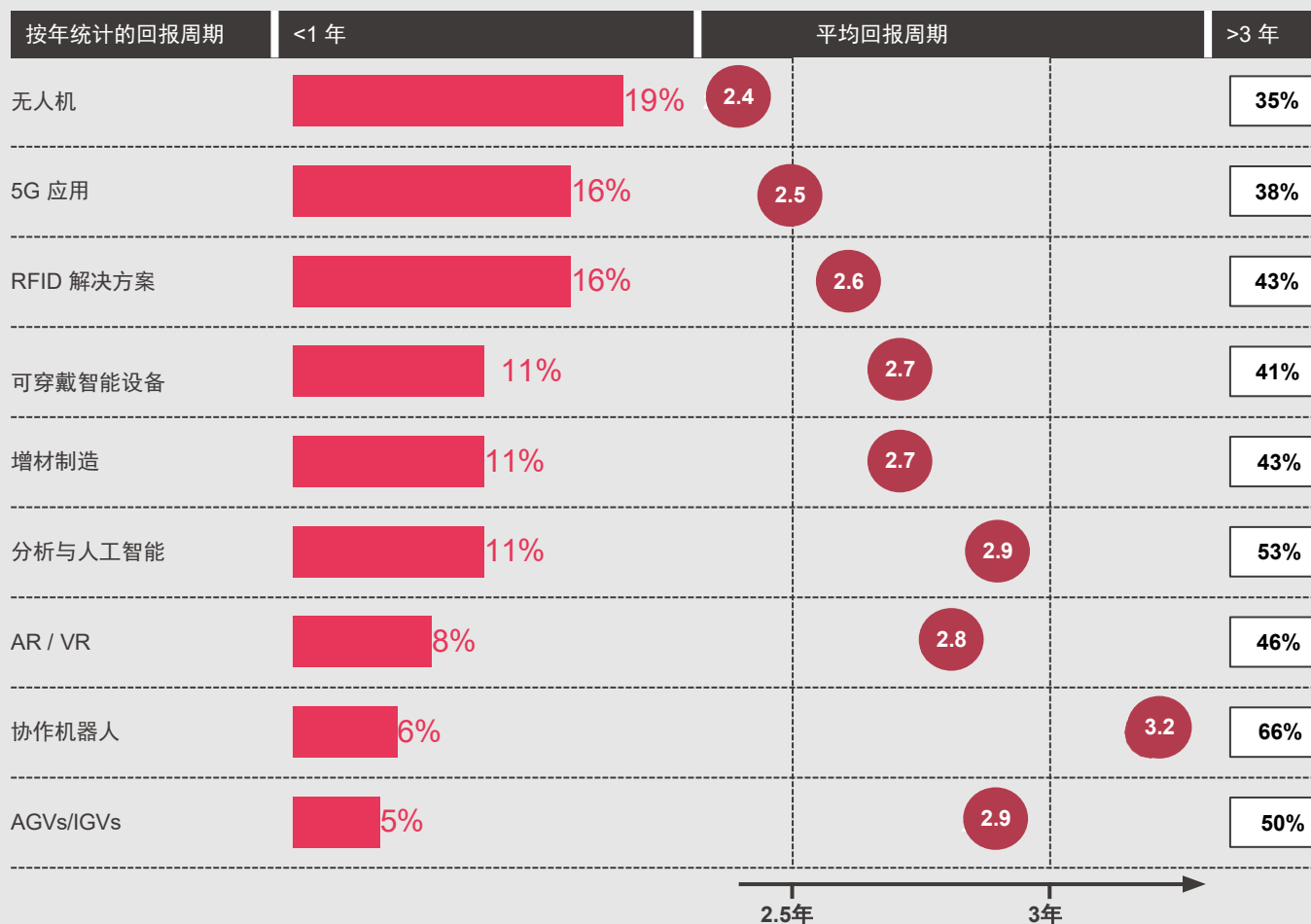
### 3.3 技术回报

无人机、5G应用和射频识别（RFID）解决方案的平均投资回收期最短，平均为2.4-2.6年。近五分之一（19%）的受访企业在无人机上的投资回收期不到一年，相当多的企业（16%）在5G和RFID上的投资回收期不到一年即实现或预期实现。每种技术的应用范围不同，这种快速回报在转型项目中尤为重要。

举例来说，无人机能够在危险或难以进入的地区进行库存监测和维护巡视。5G应用可以解决许多资产的连接难题，如自动导引车（AGV），并补充现有网络，如Wi-Fi。RFID解决方案创造了一种非接触式的信息交换，可用于对任何部件、材料或产品的生产、运输和接收进行单独标记和跟踪。这使得产品的个性化更容易，减少了手工作业，增加了可追溯性，并形成了多种数据喂养用例。

图18 投资回报时间尺度：技术实施

特定技术实施的投资回收期



来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告

可穿戴设备、智能设备和增材制造的平均投资回报期为2.7年，不过有11%的受访企业在一年内实现或预期实现投资回报。智能设备和可穿戴设备，如智能手表，可用于向维护人员发送机器突发故障的警报。任务完成情况亦可通过设备进行记录，无需再返回终端输入数据。

增材制造能够快速、廉价地生产单个零件和具有复杂几何形状的零件。这项技术还开辟了新的产品开发机会，因为企业可以开发出比传统制造技术更轻、更坚固的零件，突破了原型设计的界限，实现了灵活的短途产品个性化（更多细节请参考我们的增材制造调研报告[《备件的未来属于3D：看3D打印的挑战和机遇》](#)）。

制造业企业的报告表明，分析和人工智能的投资回报时间较长，超过一半的受访企业（53%）看到三年以上的投资回报；增强/虚拟现实技术、机器人和自动/智能导引车（AGVs/IGVs）的投资回报时间仍然稍长，平均为2.8至3.2年；只有不到10%的企业在一年内实现或期待实现快速投资回报。

客户的经验告诉我们，人工智能需要广泛的内部能力建设，因为企业要学习如何利用他们的数据。AGV/IGV实施的挑战是不同的：企业一直在努力定义AGV的内部标准，并将其整合到协调系统中，而必要的车间调整需要高度的灵活性。可比的挑战是由机器人引起的，将机器人轻松整合到现有生产流程中的期望并不总是能够实现。

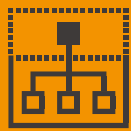




## E 组织架构

如果没有合理的组织架构规划和可适应数字化转型所需的企业运营模式，数字化转型很少会有效发生。高效转型落地的前提条件是企业拥有灵活的运营模式制度来匹配。然而，在转型过程中，企业运营需要从“集中式”调整到相对分散的管理模式，也就是嵌入式方法。





## 1. 敏捷运营模式支撑数字化转型是重中之重

在方法论上，已经实施各种技术解决方案的成熟数字化冠军和数字化转型刚起步的新手存在着鲜明的差异。数字化转型领先企业倾向于强调其组织对数字化变革的适应性，以及对其所追求的最终运营模式的清晰把控的必要性。数字化新手则更关心他们转型的细节问题。总的来说，数字化冠军们更关心他们要去哪里，而不太关心他们如何到达那里。

数字化冠军更有可能将“合理的组织结构”和“目标运营模式”作为其最重要的两个成功因素：22%的数字化冠军如是说，而该比例在新手中只有9%。数字化冠军也更有可能选择标准化的整体转型方法论和机器连接方式；相比之下，新手更有可能强调资金和路线图等问题，这可能反映出新手处于转型的早期阶段，这些问题具有更大的意义。

组织架构和运营模式是转型的基础。因此，在业务部门和IT部门之间组建联合团队尤为关键，必须腾出合适的人员来推动转型，填补通过外部招聘无法获得的能力。

从转型之初即需要仔细规划资源需求，特别是在招聘过程较长的企业或某些资源稀缺的国家和地区。客户经验表明，缺乏适当的人力资源是有效的数字化转型的一个重大障碍。

敏捷的运营模式也必须尽早解决。企业需要决定他们是想采纳传统的“瀑布式”还是敏捷运营模式来推动数字化转型。我们相信，对于许多企业和转型战略来说，敏捷运营模式是正确的方法。然而，这需要培训并成立专门的转型团队。针对习惯于传统“瀑布式”规划的企业，采埃孚集团的成功案例就如何能够高效地转换到以用户为中心的敏捷运营模式给出了标准示范。

最终结论是，经验告诉我们标准化的重要性，以及使用像SCRUM和SAFe这样的敏捷框架展开转型，再加上由商业用户、开发人员和IT运营专家（BizDevOps）组成的跨学科团队，实现持续的价值创造。

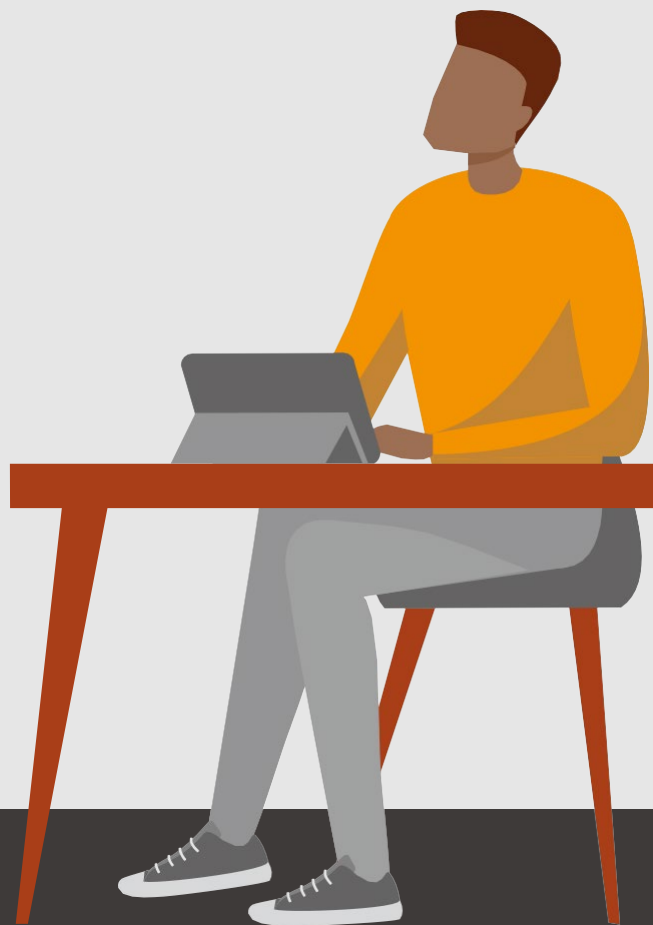
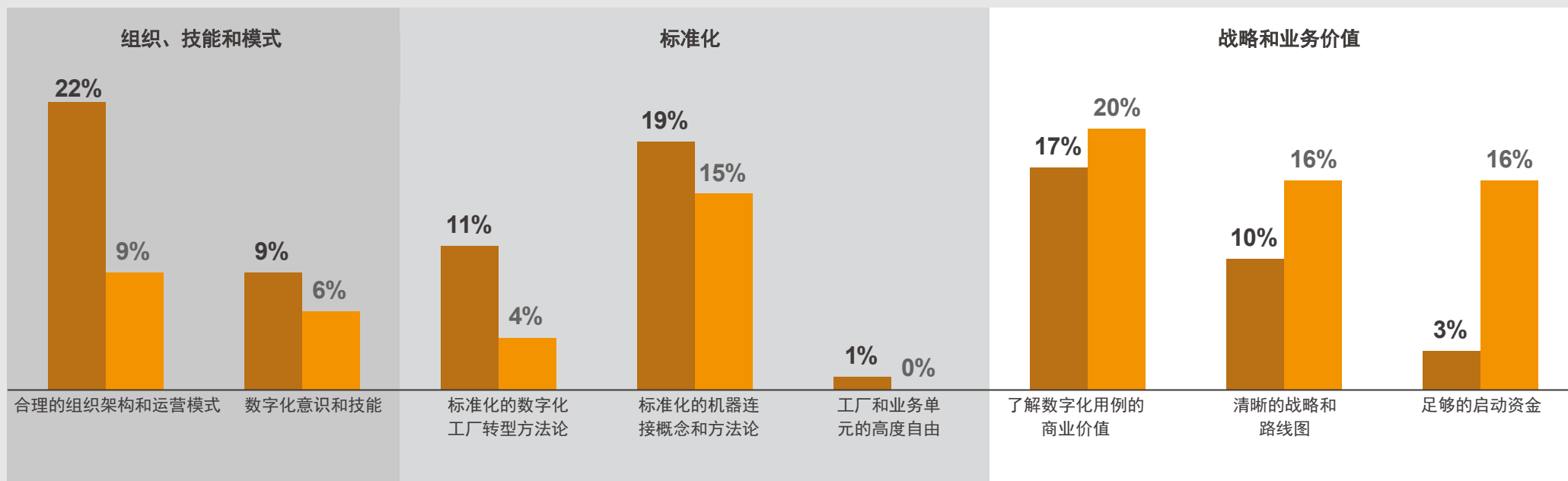


图19 数字化工厂转型的关键成功因素



■ 数字化冠军      ■ 数字化新手

来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告

“

当大多数企业领导人专注于处理眼前的挑战时，  
是我们需要拥抱数字化并确保长期业务连续性的  
的时候了。”

某全球制药集团  
首席财务官





## 2. 数字化冠军从集中式组织结构发展到嵌入式组织结构

正如我们已经看到的，数字化冠军们认为在数字化工厂转型时，规划合理的组织架构和明确的运营模式是最重要的成功因素。然而我们的调研也显示，组织架构需要在转型过程中不断发展，以获得组织的最大收益，并促进数字化转型快速推广及落地。

普华永道本次调研显示，大多数企业在开始转型之旅时都采用了“集中式”的数字化方法。

这意味着他们集中管理、开发和实施其数字系统、用例和技术：近40%的受访新手企业采用这种方法。然而，许多企业很快就了解到，僵化的集中化治理并不是在各种业务中实现有效转型的最佳手段，值得注意的是，只有15%的数字化冠军继续采用集中化治理模式。

超过80%的数字化冠军已经从“集中式治理”转向更平衡的模式，强调原则、标准和数字主干的发展，在地方一级管理用例和技术实施的同时利用中央资源的规模化和高效性。仅有3%的企业在有限资源的协调下以分散模式推动其数字化转型。

嵌入型组织有一个明显的优势，其可以让核心转型团队以外的职能部门也能够利用中央管理层制定的指导原则来推动数字化转型。通过这种方式，企业可以充分利用员工创新能力，同时保持必要的标准化和协调性。这有利于以更快的速度扩大数字化规模，同时通过标准化和统一化避免不必要的成本。

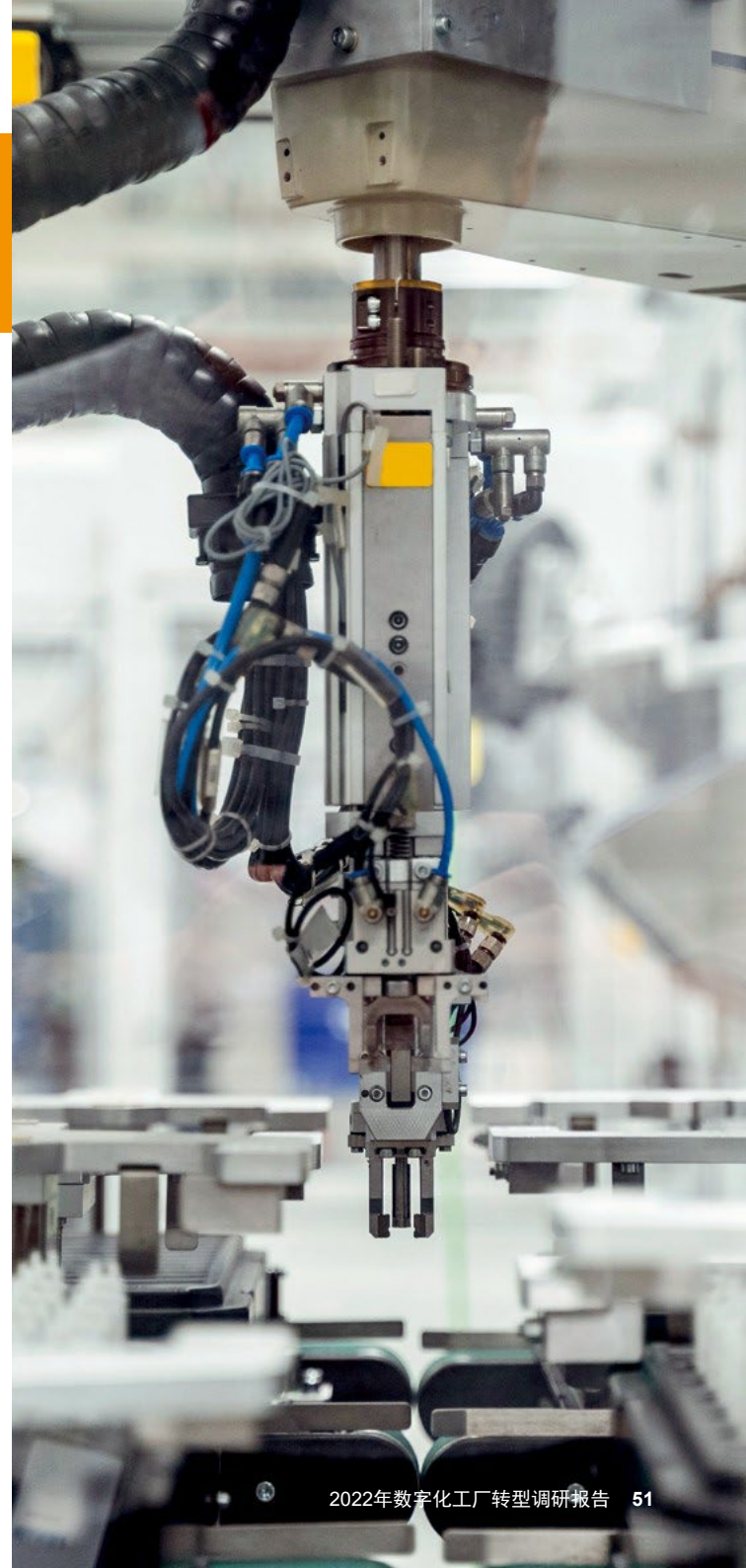
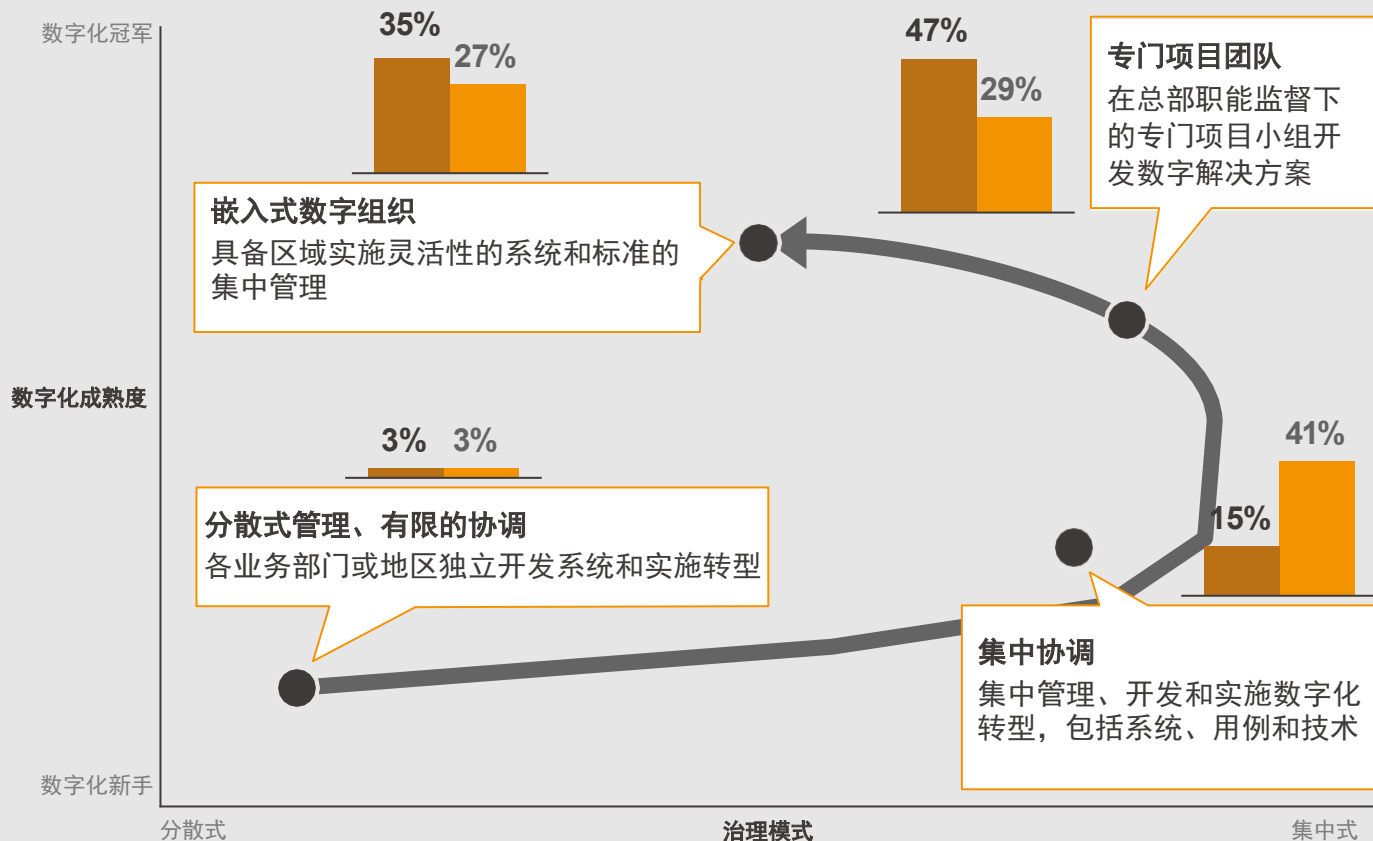




图20 数字化成熟度发展路径



来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告

“

技术提供的力量使数字转型成为可能。但在我看来，转型更多的是关于企业文化、员工和消费者的变化。”

某高科技和电子集团  
IT负责人

本次调研的教训是，成功的数字化转型需要集中式的标准制定，以建立最佳实践和准则，并伴随分散的团队工作，以确保本地实施和落地。过度集中的做法无法高效利用组织内所有的潜在资源；缺乏集中化会破坏大规模

和快速转型的机会。确保转型成功的良方是：数字主干、标准和原则应集中开发、管理和协调，而个别解决方案和与工厂相关的实施应嵌入业务中。

## 资源和治理分配指南

### 中央治理

---

- ▶ 数字化战略、愿景和总体价值主张
  - ▶ 数字主干和相关系统的协调、管理和发展
  - ▶ 平台和授权服务
  - ▶ 核心系统功能的模板管理
  - ▶ 流程协调和标准化
  - ▶ 连接标准的管理
  - ▶ 指导原则和标准的定义
  - ▶ 计划管理和控制
  - ▶ 预算管理
  - ▶ 大数据和卓越分析中心
  - ▶ 新兴技术调研
  - ▶ 数字化变革和培训
  - ▶ 初创企业孵化、数字实验室、保护主意和想法
  - ▶ 战略伙伴关系和生态系统的协调
- 

### 嵌入式业务

---

- ▶ 数字化领导/建设者和社区
  - ▶ 基于用例的设想和开发
  - ▶ 技术实施
  - ▶ 低代码自动化解决方案的开发
  - ▶ 主题事项专家
  - ▶ 开发符合中央治理要求的工厂附加组件和模板
  - ▶ 资产连接性
  - ▶ 特定行业的数字化平台和市场准入策略
-

## F 数字化工厂成功 转型蓝图

数字化工厂转型基于各企业运营目标或组织DNA的不同，对各企业来说都具有特殊性。一般来说，成功的数字化转型没有单一的成功模式，但有相对既定的转型蓝图，其中包括各企业在致力于数字化转型道路之前应该回答的关键问题。掌握成功数字化转型要诀的企业不仅专注于一流的技术解决方案，还花费了大量精力来建立有效的转型组织和治理原则。此外，他们把与员工的沟通和充分的培训放在首位，并在不同的实施阶段反复触达此类沟通，确保转型高效落地。







下列是各企业在数字化转型进程中应该回答的一些关键问题：

- 根据企业的数字化成熟度，发展**组织架构**以实现工厂转型的最佳方式是什么？
- 企业如何确定各职能和IT职位的**资源**需求，包括在转型各个阶段需要的资源大小与时间段？
- 最佳的运营**交付**模式是敏捷式还是瀑布式，企业应该如何确定交付模式中任务的优先次序？
- 在整个转型过程中，**推动**企业变革并与关键员工保持沟通的最有效方式是什么？
- 企业应该如何制定**培训**和外部**招聘**机制来实现转型？
- 在整个转型过程中，企业如何更好地**支持**员工？

下列问题的答案将有助于确定数字化转型的设计和实施：

#### ► 数字化战略、愿景和路线图

企业首先应该清楚战略目标和数字愿景。战略目标和愿景在选择数字化用例、应用程序和技术时应作为基本指导方向。企业应该从一开始就考虑到数字化战略的可扩展性，思考其对潜在的服务、资源和数据要求的依赖性，以满足可能的用例和技术。一旦用例、技术和应用被定义，就应该开发一个详细的商业案例来验证可能需要转型的重点领域。此外，还需要验证所需的资源和员工资质。

#### ► IT架构设计

IT架构原型（或数字主干）是实现目标的关键。底层IT架构既是一个解决方案，也是风险领域，企业可能会失去快速和大规模实施数字化的IT架构能力。对于某些能力如既定的MES解决方案，IT架构的决策相对简单；而对于其他能力，如定制的可追溯性解决方案、绩效分析或数字孪生应用，决策则更具挑战性，因为这些应用针对的是具体案例。企业还应该解决车间内部各设备的连接问题，如各业务线数据和资产的连接和标准。此类问题越早解决，实施就越容易。

#### ► 用例/技术要求的详细说明

用例和技术应根据关键业务需求来选择。企业应该预先选择那些可以在多个工厂中标准化和扩大规模的应用和技术。他们还需要严格区分哪些是必须拥有的应用，哪些属于锦上添花。

锦上添花的应用经常被证明是成本的驱动因素，而非韧性、灵活性、透明度或效率。数字化要求不是选择用例和技术的唯一标准：支持流程、人员技能和终端用户的需求和能力也很重要。流程、系统和人员需要同步进行，才能实现成功转型。

#### ► 供应商战略

企业应该首先考虑的是应制造还是购买一个数字解决方案。对于第三方解决方案来说，最大的成本驱动因素是决定现有的标准解决方案是否足够，或者是否需要高水平定制来达到目的。解决方案供应商的决定往往是对需求的满足和对总拥有成本的简单计算。系统集成带来了更大的挑战：如何与当前和未来的内部能力和资源相匹配，以及如何管理系统集成商的职责和责任？企业可以选择内部管理以加强控制，或外包给一个总的系统承包商以获得更明确的责任分工。

#### ► 平台、系统、用例和流程开发

在开发阶段，关键问题是究竟使用敏捷交付模式还是传统的瀑布模式。内部开发或定制的部分越大，敏捷交付模式就越有利。这个阶段从基于冲刺的系统、模板和流程蓝图开始，一直到各工厂定制化，因此不断的反馈和敏捷的需求调整是很有必要的。经验表明，不断与内部终端用户测试解决方案的价值，更有利于确保用户接受和全面实施解决方案。





# 舍弗勒集团

为实现端到端的数字化，机器和设备的连接性是舍弗勒数字化工厂转型的关键。

舍弗勒是全球领先的汽车和工业供应商，总部位于德国巴伐利亚，是全球最大的家族企业之一。该集团采用一系列创新技术和数字化工业4.0流程提供动力总成和底盘以及高精度部件和系统，并为大量的工业应用提供滚子轴承和滑动轴承解决方案。舍弗勒的使命是成为使汽车、轨交等领域更高效、更智能、更可持续的首选合作伙伴。

舍弗勒对2030年有一个清晰的愿景：在整个生产运营中采用模块化、灵活和数字化的端到端（E2E）生产模式。

实现这一愿景的基础是连接。舍弗勒一开始就把重点放在全球范围内的机器和设备的连接上，目标是在今年年底前连接约2,500台额外的机器，在2023年底前再连接3,500台，同时确保最高的运营技术（OT）安全标准。

该公司的管理原则是遵守单一的连接、数据收集和OT安全标准，用一个连接层连接所有系统，包括该公司的制造执行系统（MES）和工业物联网平台。该标准必须能够交换在分布式系统中执行常见任务的信息，如询问和回答问题、制作和处理报表以及各种流处理。

舍弗勒的目标是为制造过程的所有部分创建一个单一源，并生成可由智能算法分析的数据以帮助决策。

然而，在现实世界中，理想的数据和连接模式不可能在某个多样化的制造网络中一蹴而就地推广，实际情况是必须开发新的技能和支持性的组织结构，使人们能够实施连接项目。为了实现这一目标，舍弗勒一直在通过连接性培训和OT安全培训等手段增强员工的能力。

连接机器并建立正确的技能和组织结构是舍弗勒明确的战略承诺。前期投资将促使更多成功案例，也将使公司新的MES的推广变得非常容易。因此，投资会有回报——只是不在短期内。

在这一连接性倡议的基础上，舍弗勒已经确定需要使基于云的生产IT基础设施为其全球生产网络提供可扩展性，该网络在不同产品领域运行，由生产环节且成熟度不同的设施组成。

为了在这个多样化的网络中实现有效推广，舍弗勒采取了自下而上/自上而下的组合方式来实现公司愿景。自上而下的部分是将技术分布在整个设施网络中，以实现个别使用案例；在自下而上的层面上，各个工厂创造了具体的用例，并对该工厂的投资回报（ROI）进行评估。如果投资回报率是积极的且用例是可扩展的，它们就会被添加到整个网络的实施组合中。

例如，已经实施的一个用例是舍弗勒的生产工时分析工具，它让生产供应链完全透明并可被生产计划员、供应链经理和管理委员会使用。这是一个基于云的工具，能够分析全球500多万个投入品的真实端到端生产工时，每月连接MES和ERP系统中的4亿多个数据点和车间控制系统，支持缩短生产工时并可帮助减少库存。

第二个例子是数字化车间管理（SFM），其活跃在八个生产基地。SFM消除了手工数据处理和所涉及的行政负担，以近乎实时的机器和员工数据自动整理取代了基于纸张的车间管理。这些数据被分发到被称为SFM板的屏幕上可视化。除了纸张替代的环保优势外，还有成本和质量优势。数字化的SFM工具加强了标准化的SFM流程，使问题在出现时就能得到经济有效的解决，而不是在事后花钱解决，且有助于创建最佳实践模式。

舍弗勒认为，如果没有结构化的组织支持在全球70个生产基地规划推广和分配资源，转型是不可能实施的。企业围绕“怎么做”的结构设计对转型项目有三层组织控制：业务需求协调和数字化能力部门与工厂经理合作，决定需要什么资源；运营IT治理部门决定如何实施用例；IT解决方案和服务部门负责具体的委托开发和实施。

舍弗勒的愿景是希望未来所有工厂都成为其全球供应链网络的集成和智能部分，动态地相互连接、相互作用。其目的是发展供应商与客户的关系，使其对不断变化的市场需求更有韧性和反应能力，所有的产品和工艺都变得可持续，所有的工厂都能灵活地根据市场需要快速改变产品规格。

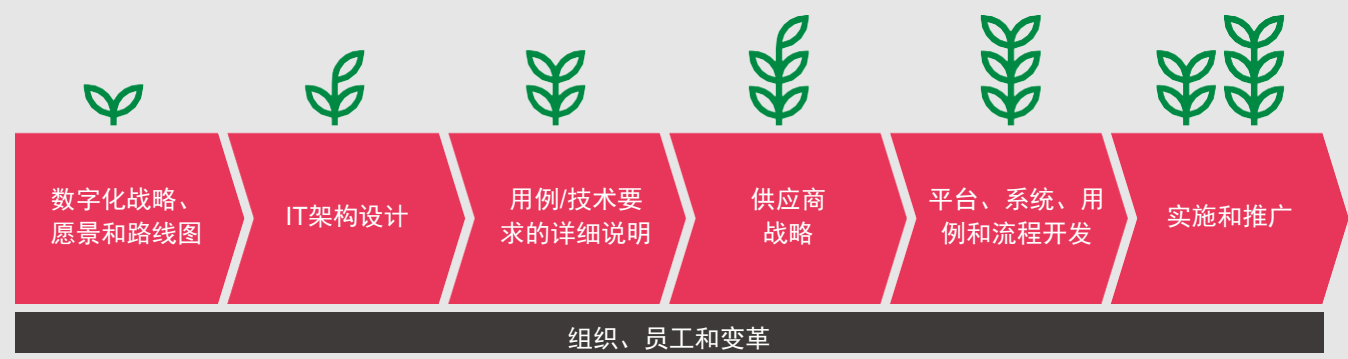


“

即使有最好的技术和流程，如果领导者不能明确和频繁地传达目标，或者如果转型不能让受影响的团队充分参与，那么转型步伐就难以维持。”

某高科技和电子集团  
首席运营官

图21 工厂数字化转型的较短路径



来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告

► 实施和推广

数字化解决方案的标准化和协调程度决定了用例数量和实施的复杂性。数字化推广可以逐个系统、逐个用例或以“大爆炸”的方式同时实施，但同时推广的速度有其自身风险，企业应事先进行风险与效益评估。在各工厂升级推广解决方案也很关键：在试点工厂实施的基础上，在全公司推广之前，应在第二波解决各地区或业务单位的关键工厂。此外每个工厂需要决定在经济性上全面实施所有用例是否可行，或者部分或基本版本的工厂智能对某些地点来说是否足够。单独的用例解决方案应保持在最低限度，但同时，全面的“黄金”实施与部分“白银”实施相比，可能是最经济的决定。

► 组织、员工和变革

与所有员工共同推动数字化转型并确保员工接受是最重要的任务。忽视积极的变革管理是导致数字化转型计划缓慢或失败的根本原因。数字化倡导者花费大量资源制定数字化培训计划，为员工提供足够的时间参加培训，并在内部无法开发某些能力的情况下聘请选定的外部人才。此外，还需要建立一个有效的转型组织以确保充分的指导和治理。大多数数字化冠军都建立起一个集中的组织，以提供标准、共同的方法论和技术选择，同时允许各地区或业务单位的授权团队在工厂中负责有效的解决方案实施。



# 方法论

普华永道2022年数字化工厂转型调研于2021年下半年进行，收集了来自至少23个不同国家和地区、700家全球各类企业的答复，以了解其智能工厂转型的状况、在技术和用例方面的优先事项以及转型方法论。

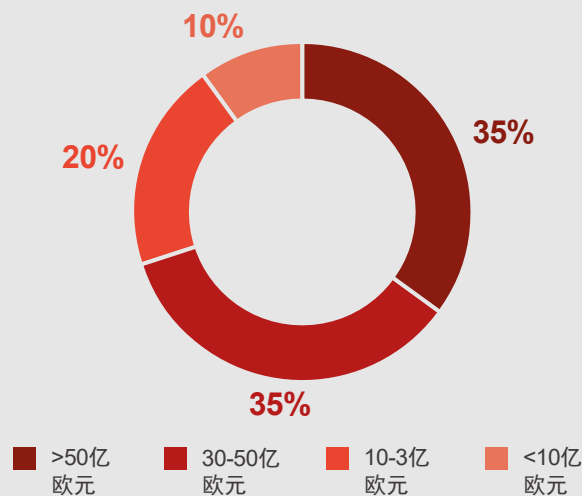
受访企业主要来自六个行业：零售和消费品、高科技和电子、化学品和加工工业、制药和医疗技术、汽车和运输，以及工业制造。受访者皆是首席执行官或运营领导人，其中70%的受访企业收入超过30亿欧元。

该调研根据企业数字化转型成熟度和技术实施程度，将企业分为四类：得分最高的10%的参与者被认为是数字化冠军，他们已经完全或基本完成数字化转型；其次是创新者（30%），即在其转型计划中取得了实质性进展；追随者（40%）则已经制定了转型路线图并处于早期实施阶段，新手（19%）则仍处于概念化和规划阶段。



图22 我们在全球范围内对各行业进行了700次采访，以提供数字工厂转型的最新状况并凸显最佳实践

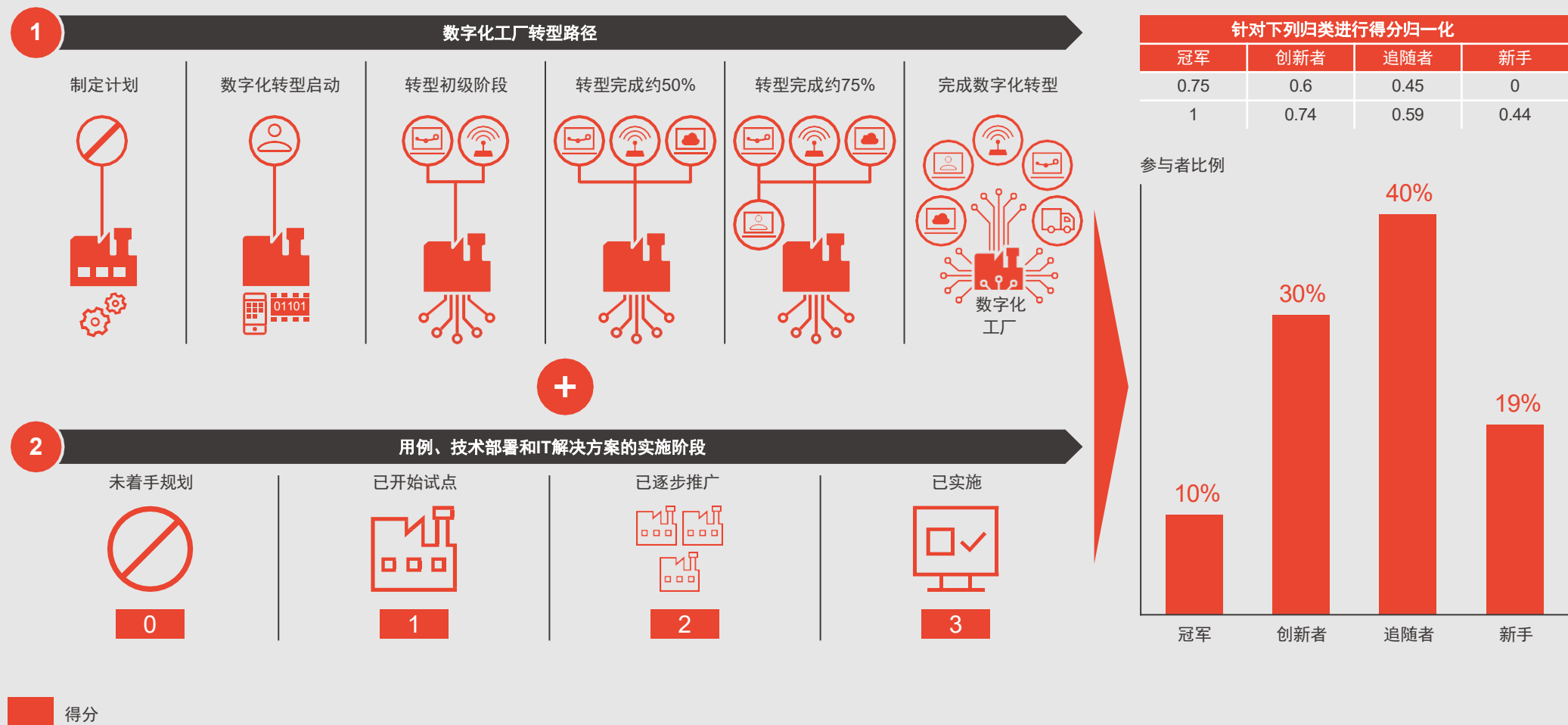
按全球总收入计算的企业规模



来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告



图23 数字化冠军分类



来源：普华永道2022年数字化工厂转型调研报告

# 术语表

<b>MES/MOM – 制造执行系统/制造运营管理</b>	工厂的运营控制要素，将工厂顶层、车间整合在一起，并对生产、库存、质量和维护等方面的操作进行安排、执行和指导。
<b>Cobots: 协作型机器人</b>	允许与人类直接协作的机器人，被设计为与人类共享工作空间。与传统的工业机器人不同，它们不与人类隔离且很容易训练，使用起来更灵活。
<b>E2E: 端到端</b>	端到端涵盖了整个过程，从开始到结束，提供完整的结果。
<b>ERP: 企业资源规划系统</b>	工厂的战略/业务控制系统。ERP管理企业各类资源，如资本、人员、材料和运营，与其他功能相连接，并提供沟通渠道和基本信息，如需求、收到货物、财务、采购数据和人力资源细节。
<b>IIoT: 工业物联网</b>	推动工业界高级监测与分析，如数据挖掘、人工智能或机器学习，并整合多种功能/解决方案，如MES、ERP或整个价值链的控制系统。
<b>PLM: 产品生命周期管理</b>	在一个集成的IT系统中管理端到端（E2E）的产品生命周期，囊括企业的整个价值链，整合推向市场的任何产品的整个E2E生命周期中产生的所有必要流程和信息。
<b>低代码自动化</b>	低代码自动化使得工作流程自动化只需有限编程技能，使业务部门变得更加灵活，并使用可视化界面和编码部门的组合开发自动化工作流程，而不需要IT部门的参与。
<b>SLA: 服务等级协议</b>	供应商和客户之间的承诺，记录了供应商提供哪些服务以及必须满足哪些标准。

# 联系人



**Dr Reinhard Geissbauer**  
合伙人，普华永道德国办公室  
电话: +49 170 9391263  
[reinhard.geissbauer@pwc.com](mailto:reinhard.geissbauer@pwc.com)



**Michael Bruns**  
合伙人，普华永道德国办公室  
电话: +49 160 2600192  
[michael.bruns@pwc.com](mailto:michael.bruns@pwc.com)



**Jens Wunderlin**  
高级经理，普华永道德国办公室  
电话: +49 160 5045420  
[jens.wunderlin@pwc.com](mailto:jens.wunderlin@pwc.com)



**Jens Fath**  
合伙人，普华永道德国办公室  
电话: +49 160 92620568  
[jens.fath@pwc.com](mailto:jens.fath@pwc.com)



**Stefan Schrauf**  
合伙人，普华永道德国办公室  
电话: +49 151 46123326  
[stefan.schrauf@pwc.com](mailto:stefan.schrauf@pwc.com)

## 关于我们

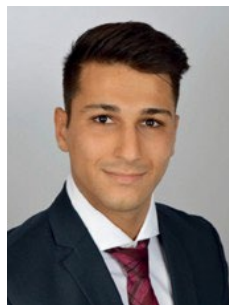
我们的客户面临各种挑战，并努力将新想法付诸实践，寻求专家意见。客户向我们寻求全面的支持和实用的解决方案以实现最大价值。无论是为全球企业、家族企业还是公共机构，我们都会利用所有的资产，即我们的经验、行业知识、高标准、高质量、对创新的承诺以及我们在156个国家和地区的专家网络资源。对我们来说，与客户建立信任和合作关系尤为重要，越是了解和理解客户的需求，越能有效地支持他们。

普华永道德国办公室在德国21个地点有超过12,000名专职人员和24亿欧元营业额，是德国领先的审计和咨询公司。

# 贡献者



**Niklas Droste**  
顾问, 普华永道德国  
电话: +49 160 1194979  
[niklas.droste@pwc.com](mailto:niklas.droste@pwc.com)



**Ugur Dayan**  
顾问, 普华永道德国  
电话: +49 151 25842146  
[ugur.dayan@pwc.com](mailto:ugur.dayan@pwc.com)



**Tony Riegler**  
顾问, 普华永道德国  
电话: +49 151 54396688  
[tony.riegler@pwc.com](mailto:tony.riegler@pwc.com)



**Christian Schuster**  
顾问, 普华永道德国  
电话: +49 151 19102120  
[christian.schuster@pwc.com](mailto:christian.schuster@pwc.com)



**Jan Schäfer**  
高级顾问, 普华永道德国  
电话: +49 151 51031793  
[jan.schafer@pwc.com](mailto:jan.schafer@pwc.com)



**Leila Fathallah**  
高级顾问, 普华永道德国  
电话: +49 175 9951798  
[leila.fathallah@pwc.com](mailto:leila.fathallah@pwc.com)

# 鸣谢

**卡夫亨氏**  
Oliver Ganschar  
全球数字制造部主管

**舍弗勒**  
Roberto Henkel  
数字化和运营IT高级副总裁

**西门子**  
Tilmann Kloppe  
数字化转型经理

**昕诺飞**  
Lars van der Meulen  
制造业数字解决方案主管

**雅苒**  
Alexander Højby  
数字化生产部副总裁

**采埃孚集团**  
Ruediger Ammann  
Systemhouse I4.0负责人

**普华永道芬兰**  
Sami Karttunen, 总监

**普华永道比利时**  
Johan Van der Straeten, 总监  
Jonathan De Ramaix, 总监



# 中国联系人



**沈宇峰**

普华永道思略特中国工业产品及服务行业  
主管合伙人

电话: +86 (21) 2323 2273

[julius.shen@strategyand.cn.pwc.com](mailto:julius.shen@strategyand.cn.pwc.com)



**赵汀**

普华永道思略特中国工业产品及服务行业  
合伙人

电话: +86 (21) 2323 2256

[ting.zhao@strategyand.cn.pwc.com](mailto:ting.zhao@strategyand.cn.pwc.com)



**浦鑫峰**

普华永道思略特中国工业产品及服务行业  
业务总监

电话: +86 (21) 2323 2629

[leon.x.pu@strategyand.cn.pwc.com](mailto:leon.x.pu@strategyand.cn.pwc.com)

