

数字化工厂2020

&

塑造制造业的新未来

联系方式

上海

夷萍

合伙人
+86-21-2323-5577
ping.yi
@strategyand.cn.pwc.com

黄敬义

执行总监
+86-21-2323-3651
tim.wong
@strategyand.cn.pwc.com

慕尼黑

Reinhard Geissbauer博士

合伙人
+49-170-939-1263
reinhard.geissbauer
@strategyand.de.pwc.com

Stefan Schrauf

合伙人
+49-151-4612-3326
stefan.schrauf
@strategyand.de.pwc.com

作者简介

夷萍女士(Ping Yi)是普华永道思略特合伙人，常驻上海办事处。她在中国和欧洲拥有15年以上的咨询经验，是工业4.0领域内的专家，曾为跨国企业和本土企业等不同类型的客户提供服务；擅长为各类工业品企业提供专业咨询方案，涵盖机械、大宗货物、建筑材料、工程服务等，相关专长包括战略制定、市场营销、品牌管理、组织架构、人力资源等。

黄敬义先生(Timothy Wong)是普华永道思略特常驻上海办事处执行总监，大中华区工业4.0咨询业务领导团队核心成员，在东南亚和中国地区拥有15年以上的项目管理及咨询经验。作为拥有多年工程技术工作背景的资深顾问，他擅长为工业品、制造业和工程等行业内的客户提供具有可实施性的战略、组织变革与运营优化等方面的服务。

Reinhard Geissbauer博士是普华永道思略特合伙人，兼工业品和工业4.0咨询业务负责人，常驻慕尼黑办事处。他拥有18年以上的行业和咨询经验，为工业设备、交通运输和汽车等领域的跨国企业提供服务，擅长供应链管理、运营战略制定、全球采购、流程成本优化等。

Stefan Schrauf先生是普华永道思略特合伙人，常驻慕尼黑办事处。他拥有10年以上的行业和咨询经验，是工业4.0咨询团队的核心成员，为各个行业的客户提供供应链战略及转型、运营模式重构、采购和产品开发等方面的服务。

数字化让制造型企业从根本上改头换面。随着企业对各类创新技术的采用以及对不同资质人才的聘用，新型的数字化工厂正悄然引领制造业的转型，并推动着制造业的中心迈向高度定制化的产品和系统。领先的制造型企业正采用一系列的先进技术实现生产乃至整条供应链的数字化。这些技术包括大数据分析解决方案、端至端的实时规划和互联、自控系统、数字孪生等。凭借这些技术，效率得以提升，企业能够批量生产高度定制化的产品。然而，想要完全发挥出数字化的潜力，企业仍需要与主要供应商和大客户实时互联。

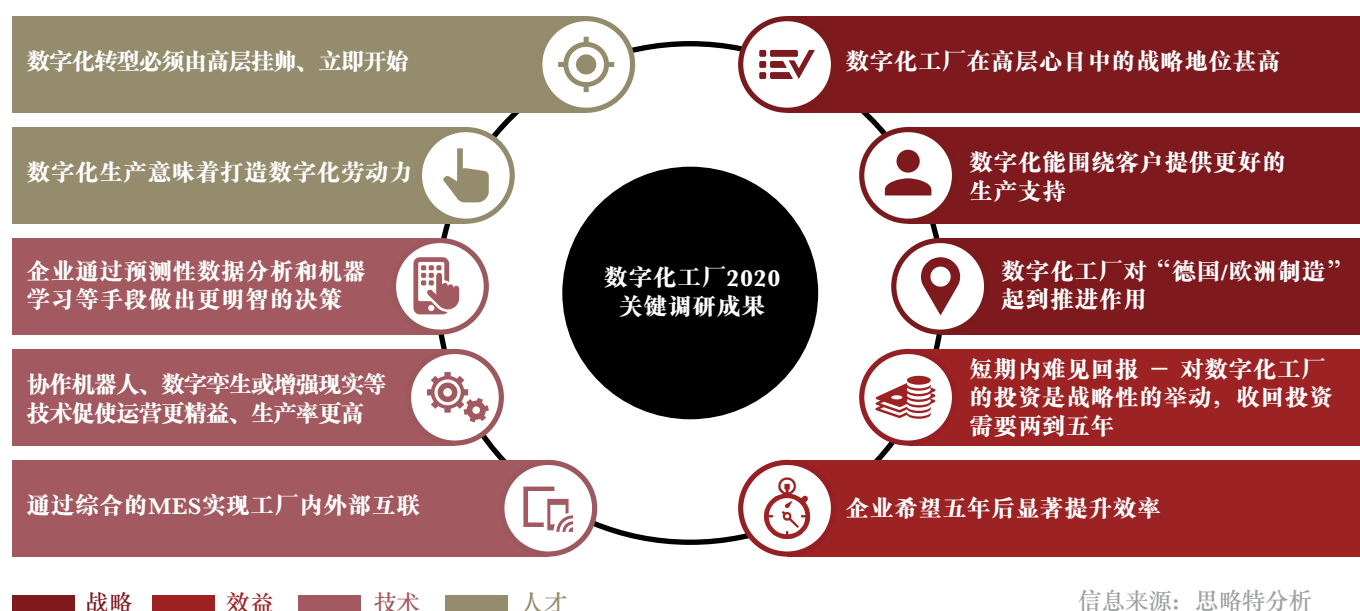
作为在电子商务和电子支付领域内全球公认的数字化领先者，中国在制造业领域内对数字化的应用却仍处于起步阶段。尽管“中国制造2025”战略的颁布为产业变革注入了强心针、突显了战略紧迫性，但只有在企业大胆拥抱数字化的情况下才能取得实质性的进展，并产生深远影响。在朝着数字化转型的道路上大步前行时，思略特从此次“数字化工厂2020 — 欧洲数字化工厂高管调研”中梳理出的关键发现以及提出的数字化工厂蓝图，将协助企业规避实施中的风险，成功达成既定的目标。

调研成果综述

就数字化工厂这一热点话题，普华永道思略特德国公司2017年上半年对来自大型工业及制造业领域内的200位企业高管开展了一次定量市场调研，并对行业领先企业的多位高管进行了深度的访谈。参与此次调研的高管均为各自企业在产品开发、生产或技术领域的决策者。据调研结果显示，领先的工业企业已经完成了项目的试点工作，开始着手推广数字化解决方案。以成熟的数字化战略为依托，这些工业先驱者采用创新型的数字化战略，拥抱全面的数字化转型。此外，通过培训和沟通，他们让员工参与转型，为企业的数字化成功做出自己的贡献。

通过战略、效益、技术和人才这四个维度（见图一），我们详细探究了数字化工厂背后的推动力，或许能为计划建设数字化工厂的中国企业提供一些参考。

图一
“数字化工厂2020”关键调研成果



战略

- **数字化工厂在高层心目中的战略地位甚高：**调研结果显示，91%的工业企业正投资数字化工厂，但认为他们的工厂已经“完全数字化”的仅占6%。
- **数字化能围绕客户提供更好的生产支持：**在计划对数字化工厂追加投资的受访者中有四分之三的人表示，通过本地化制造来更贴近客户，以及个性化、灵活化的生产是促成投资的两大主要因素。
- **数字化工厂对“德国/欧洲制造”起到推进作用：**在计划对数字化工厂追加投资的受访者中总共有93%的人表示，有意在未来五年内将部分或全部的数字化工厂迁至德国。未来五年内的投资中有77%将用于新建数字化工厂或扩容。数字化正在强化欧洲工业中心的竞争力。

如果没有数字化工厂的打算，那么企业可能会在未来丧失竞争力。实现数字化工厂需要资金投入，需要携手内外部利益相关方来推行开放式创新。例如，飞利浦就在德拉赫滕工厂采用了这种方法（参见“飞利浦：创新与协作”）。此外，还需要聘请和培养人才，应对诸多变化，在员工间建立信任感并得到他们的全力支持和充分投入。有些企业在建设数字化工厂的问题上似乎准备浅尝辄止，并没有进一步追加投资的意愿。鉴于数字化工厂能够带来的巨大利益，这些企业可能会被积极实现数字化并不断改善的竞争对手抛在身后。

企业想要在如今竞争激烈的市场中生存，以客户为中心是一大关键要素。企业不断地贴近客户，能够更及时地对客户偏好的变化做出反应。此举还能有助于减少运输和物流成本，客户能以极小或者可以忽略不计的配送成本，从定制化的产品中获益。在部分行业中，受即时生产和即时供货等物流战略的推动，供应商更加贴近客户，整条价值链的本地化程度不断提升。

许多企业利用数字化来提升工厂柔性，更好地应对客户需求的波动。为了充分利用这些工厂的潜力，企业计划在占主要收入来源的市场中新建或扩建工厂。从推动生产决策的力度看来，对客户的聚焦远远大于劳动力成本。

效益

- **短期内难见回报 — 对数字化工厂的投资是战略性的举动，收回投资需要两到五年：**近半数的受访者希望能在五年内收回对数字化运营的投资，而仅有3%的受访者希望在一年内收回投资。
- **企业希望五年后显著提升效率：**几乎所有的受访者（98%）都将提升效率视为投资数字化工厂的主要原因。综合规划、资产利用率提升、质量成本降低以及自动化均有助于效率的提升。

飞利浦：创新与协作

飞利浦在德拉赫滕为全球市场开发高品质的创新产品。这些旨在让人们的生活变得更舒适、更健康的产品包括 Senseo 咖啡机、女士剃毛器、美发造型器、吸尘器、剃须刀、理发剪和唤醒灯。除此之外，飞利浦的德拉赫滕工厂自上世纪五十年代以来就是先进的飞利浦剃须刀的研发及生产中心，有来自35个国家、2000多位人才在此工作，是飞利浦在欧洲最大的研发及生产中心之一，也是先进产业创新的排头兵。

在该工厂，生产技术人员和作业工人并肩负责管理产品的开发和生产，通过自动化装配、数字孪生、机器人、3D打印和大数据分析等主要的数字化技术为联合开发和生产提供支撑。这些与众不同的创新型数字化技术实现了首次正确设计、零缺陷生产以及以需求为导向的供应链。飞利浦计划在未来继续朝着定制化的方向提升其生产运营，开展更灵活的研发。

飞利浦德拉赫滕工厂是德拉赫滕创新集群的代表成员之一，该集群由西北欧16家高科技制造型企业所组成，吸引着来自全球各地的人才和其他高科技企业。集群还与当地政府和科研院校密切协作，力争在未来保障并巩固德拉赫滕地区在荷兰北部工业重镇的地位。

大多数的受访企业将收回数字化工厂投资的期限定为五年。我们相信，决定的背后是翔实的商业论证和对投资的仔细考量。随着企业对各种数字化工厂解决方案的不断熟悉，他们对所需的实施时间和投入力度有了更清楚的认识，因而对收回投资的期限做出了较为保守的预测。

除了提升工厂效率之外，数字化工厂还能带来其他一些效益。例如，在航空领域，有些企业利用数字化工厂解决方案开展先进的飞机及发动机设计，打破了传统制造的局限性。此外，数字化工厂还能帮助企业减少能源和原材料的消耗，实现可持续发展的目标。企业正在利用数据来改善资源效率，让供应链更合理，实现按需订购原材料，减少库存。

但企业的目标远远不限于此。部分企业已经在规划无人值守工厂，在这些工厂中，电力将按需消耗。根据最新数据显示，自1990年起，工业品领域的能耗不断下降。但我们有理由相信，在数字化工厂的协助下，工业品企业在节能方面仍有潜力可挖。

技术

- **通过综合的制造执行系统 (MES) 实现工厂内外部互联：**数字化的第一步，是通过共用基础架构实现机器与其他资产间的互联。MES系统能实时规划和控制生产，提升效率、生产柔性和资产利用率。为了实现效益最大化，MES系统需要与ERP系统整合，从而让企业不仅实现内部流程的数字化，还能实现整条供应链的数字化。
- **协作机器人、数字孪生或增强现实等技术促使运营更精益、生产率更高：**能够协助工人提升生产效率和产量、改善流程和产品质量的数字化技术正在迅速普及 — 未来五年，采用这些技术的企业数量有望翻番。工人和机器间的协作是重点发展领域，并诞生了数字孪生这种虚拟工厂的表现形式。增强现实的相关解决方案协助员工生产零缺陷的产品。
- **企业通过预测性数据分析和机器学习等手段做出更明智的决策：**人工智能和数据分析是数字化工厂的推动力，半数以上的调研对象企业已经采用了智能化算法来做出更合理的运营决策。工厂内部和企业生态系统内部的全面互联，以及信息的智能化应用，对于保持竞争力而言将不可或缺。

利用MES实现工厂内外部互联

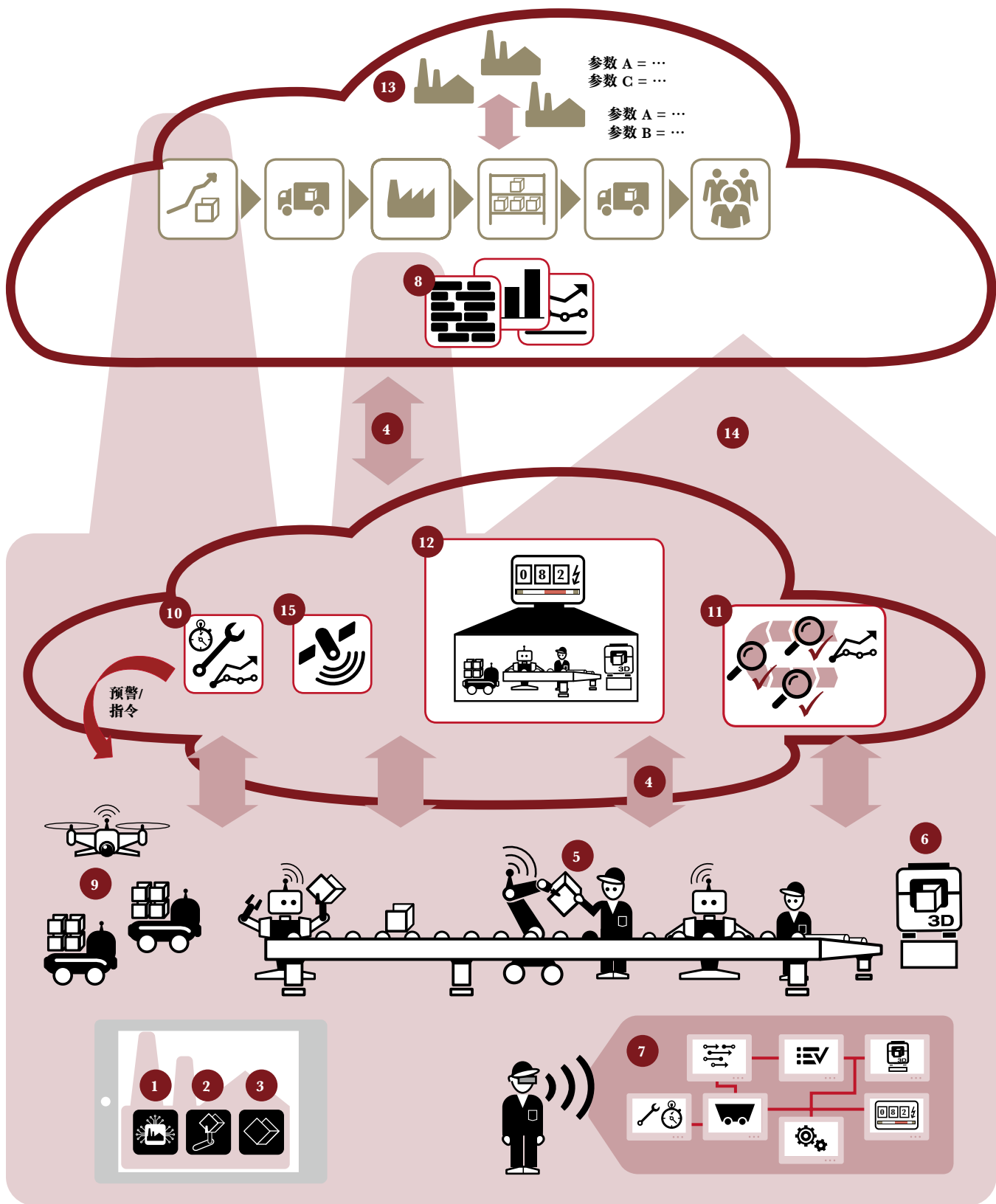
工厂智能互联的步伐正在加快。许多企业都已经采用了联网技术，通过MES等技术，以传感器读取频设识别芯片上的数据并传输到数据平台，将零部件、机器、生产管理、运输车辆、工人甚至产品相互连接（见图二）。例如博世力士乐在洪堡 (Homburg) 工厂开展了射频识别跟踪技术的全球试点（参见“博世力士乐：通过互联实现批量定制”）。

通过使用MES，利用信息进行实时规划和控制成为可能：根据数据分析，感知或预测意外事件，并生成应对或优化的相关行动。部分企业还开发出基于系统的贮存监控系统，防止库存缺货并优化库存水平。

许多企业还将眼光投向了数字化工厂之外的领域，力争横向整合从供应商、生产网络到客户的整条价值链。更先进的跟踪系统加上与ERP系统的动态连接，使得数据透明，能够使用数据分析来优化整条供应链的规划。如同工厂内部联网一样，这些流程也会利用传感器和射频识别芯片来生成数据并传递到中央规划平台（包括与主要价值链伙伴的接口）。单纯的系统互联并不足以支撑这一目标。为了实现真正的同步，打通客户需求、供应不足等外部因素与内部生产之间的对接，企业必须开发集成度更高的系统（MES、ERP、传感器），并且需要克服各自为政的企业文化。

通过使用MES，
利用信息进行实时规划和控制成为可能。

图二
数字化工厂的关键技术特点



1	工厂的数字孪生	工厂的数字孪生能够协助规划、设计和建设厂房和基础设施；能用于厂房的测试、模拟和试运行
2	生产类资产或设备的数字孪生	生产类资产或设备的数字孪生的数字孪生能用于设计、模拟启动和持续运转；主要是模拟生产类资产或设备的运转，设定和优化关键参数，实现预防性维护和增强现实等概念
3	产品的数字孪生	产品的数字孪生是对产品的数字化呈现，将产品工程设计和生命周期管理与工厂运营结合起来；作为研发的一部分，它实现了早期对产品的模拟和测试，有助于推动产品开发
4	互联工厂	互联工厂是指以控制和优化为目的，将资源、设备、运输工具或产品等相关对象连接起来，通常是利用与ERP系统结合的MES（参见“综合规划”）
5	模块化模块化生产类资产或设备	采用灵活的、模块化的生产类资产或设备，而不是传统的生产线；机器人、储存设备、固定装置等模块化生产类资产或设备灵活地按照当前生产流程的要求整合进生产环节
6	柔性生产方式	使用增材制造（例如3D打印）等柔性生产流程，此类生产流程能够支持多种产品变体，显著增加灵活性
7	流程可视化/自动化	工厂流程的可视化和自动化，例如以移动应用（APP）结合平板电脑或数字化眼睛等虚拟及增强现实解决方案，改善人机协作和创新型的用户接口
8	综合规划	工厂内部的综合规划及排产系统，从MES到ERP，涵盖供应商和客户等外部伙伴；综合规划能对资源可用性或需求的变化立即做出反应
9	无人值守的厂内物流	工厂系统能够在无人干预的情况下开展物流活动；这些系统实时感知和处理来自周围数字环境或现实环境的信息，安全地在室内外通行，同时完成指定的任务；相关解决方案包括自引导运输车以及用于执行特殊任务的空中无人机
10	预防性维护	在传感器数据和大数据分析的帮助下远程监控设备的动态情况，从而预测维护和维修；该技术有助于提高资源可用性，优化运维
11	大数据驱动的流程/质量优化	大数据分析有助于发现生产或质量数据中的规律，为流程或产品质量的优化提供洞察；可用的模式包括基于纯统计的“黑盒”模式，和以专业经验和知识为基础的“白盒”模式
12	基于数据的资源优化	通过智能化的数据分析和控制，优化能耗和资源消耗，例如根据实际的供需情况，开展对厂房能耗及压缩空气的管理
13	生产参数转移	完全自动地将生产参数转移到其他工厂，例如在某处工厂试点概念，然后在其他工厂复制优化的结果
14	完全无人值守的数字化工厂	工厂根据自主学习的算法，完全独立运作，人工介入仅在初期的设计和设立阶段，以及后续的监控和意外处理；该技术能减少运营成本，主要应用于危险品或远程生产设施
15	跟踪	通过传感器以及与MES或EPR系统连接的内部数据平台，对产品和原材料的位置进行跟踪；该技术让生产流程和库存水平透明化，对各个零部件/产品进行跟踪

信息来源：思略特分析

博世力士乐 (Bosch Rexroth): 通过互联实现批量定制

在拥有50年历史、约700名员工的洪堡基地，博世力士乐为工业4.0方案建设了领先的工厂，是首批践行工业4.0的企业之一。

在洪堡工厂不断开发新的解决方案并开展试点的过程中，对于人才和大胆创新的重视，是其成功的关键。在这里，岗位涉及的学科越来越多，对人才的素质和能力也提出了同样的要求。传统的制造岗位外，该工厂还需要更多的软件开发人员和其他IT相关的人才。

作为工业和移动控件、液压设备的生产商以及博世集团内部的小规模试点企业，洪堡工厂是工业4.0方案的用户，同时也是供应商。该工厂围绕高层的核心战略，为成功地实施和利用数字化和互联奠定了坚实的基础。洪堡工厂与集团其他的试点工厂、博世力士乐产品区域装配技术和“博世互联产业” (Bosch Connected Industry) 项目组通力合作，整合并协调，确保效率并消除冗余。在这些技术的指引下，各工厂制定各类解决方案，负责建立起能够在其他工厂推广的标准。每家工厂也充分利用博世网络中的博世云或企业IT架构等全球服务，实现规模经济。

博世力士乐采用各类创新技术，其中包括无纸化的动态看板、自我制导产品、独立工作单元、员工和产品自动识别、实时质量检测等。通过配合基于无线射频识别的电子看板和拣选等成熟技术，洪堡工厂能提升效率和产量，同时在流水线上生产更多的产品变体。

通过在生产线上利用这些技术并提升柔性，使得批量定制从经济上成为可能。工业制造企业等客户目前在自己的生产线上对博世的液压运动控制单元进行后期的定制化，确保后续生产。博世力士乐通过更紧密地融合产品区域装配技术和移动控件，奠定了从零件供应商向灵活的模块供应商转型的基础，使其不仅能够纵向整合供应链，还为将来开发远程诊断、预测性维护或按使用付费等增值服务提供了机遇。

利用数字化技术提高生产效率并改善流程

许多企业还计划采用各类数字化技术来协助工人提高生产效率并改善流程。毫无疑问，数字化工厂的工作环境将发生天翻地覆的变化，而且一切已经悄然发生。企业为工人提供了包括移动APP在内的各种工具，使其在需要的时候能够访问各类信息。实时质量检测也日益普及，这项技术使得工人能够及时认识到错误并进行纠正，而生产流程的准确性也会自动地进行反复核查。此外，部分企业正采用移动APP来协助员工更好地开展远程协作。机器人和其他数字化技术还使得工人更加轻松、安全和高效。协作机器人不仅只是完成预先编程所规定的任务，工人们还能通过交互的方式“训练”这些机器人。他们无需耗费大量时间进行编程，只需重复自己的动作即可。我们发现，人机协作是发展的重点领域，也是企业需要密切关注的领域。尽管许多企业聚焦于提升流程的可视化和自动化，但却很少有企业计划采用相应的技术来提高对于人机协作的接受程度。

随着无人驾驶技术的成熟和相关成本不断下降，部分企业已准备利用这项技术来提升效率并减少错误。如今的系统已远非按照预定路线进行自动循环取货那么简单，物流环节不仅朝着真正的无人化方向发展，而且还能通过互联系统识别需求，向自我制导的运输系统传达指令，实现实时响应。这些系统之间以及与联网的工作台和仓库之间互相传递信息数据，动态地应对供需的变化。

目前，将产品、设备、整条生产线和工厂基础设施以数字化的方式呈现，即所谓的“数字孪生”已经成为可能。这项技术主要用于产品开发或生产规划阶段，能够让提升开发流程的效率，改善质量，有助于利益相关方之间的信息共享。通过结合产品和生产线的数字孪生，能够在实际启动前模拟测试新的生产流程并进行优化。如果能与合作伙伴共同使用数字孪生，则能够让他们更好地优化自己的流程进行匹配。数字孪生也是虚拟现实、增强现实、远程维护等多种应用的基础。值得注意的是，目前最受欢迎的数字化工厂技术甚至是五年后最有可能采用的技术，仍然是以传统模式下的流水线为基础。在这种情况下，或许需要从根本上反思制造战略甚至是企业的生产模式（如模块化生产设备、柔性生产流程等），但许多企业都不愿承担这种风险。我们认为，企业需要根据整体的业务战略和技术发展的情况，从全局的角度制定数字化战略。

通过数据分析支持决策

数据是数字化工厂的根本所在，需要投入巨资打造数据分析和系统整合方面的能力。通过传感器，未来的数字化工厂能够产生海量的数据。随着数据整合和内存方面的技术能力不断完善，数字化工厂与供应链生态体系的实时整合成为了可能。通过机械设备产生的数据传输到MRS和ERP系统，甚至是供应商和客户，企业能够在整条供应链中实现关键供需数据的实时交互。在未来，数字化工厂将能够在客户需求不足的生产期间规划各类维护和停工检修安排，实现利润率的最优化。

实现工厂和整个企业生态体系内部的全面互联，以及对信息的智能化使用，将成为企业保持竞争力不可或缺的选项。我们欣喜地看到，许多企业都已经认识到了这一点，并大力发展他们的大数据能力。

通过结合产品和生产线的数字孪生，能够在实际启动前模拟测试新的生产流程并进行优化。

人才

- **数字化生产意味着打造数字化劳动力：**数字化工厂需要全新的工作方式。劳动力的组成将会发生变化，企业需要招聘和挽留相应的人才。数据科学家需要发现智能算法来提升运营表现，而人机智能交互也需要全新的技能。数字化培训项目以及招聘外部的“数字原住民”能确保成功打造数字化工厂。
- **数字化转型必须由高层挂帅、立即开始：**企业的数字化转型需要高层的领导和指导。随着全球范围内的竞争对手迈上数字化之路，企业需要立即行动起来。

数字化工厂需要截然不同的工作方式，企业因此也需要打造数字化的劳动力。企业需要调整员工的组成，需要相应地招聘和挽留人才。随着我们步入人机交互的新时代，人才对数字化工厂的影响力不容低估。

数字化工厂能协助企业面临老龄化社会的挑战。随着大批技术工人退休，大多数行业可能面临熟练劳动力短缺的局面。数字化能够从一定程度上弥补这种短缺。

为了确保有足够的工人具备数字化工厂所需的技能，企业需要与商界、政界和学术界积极合作，解决合格人才短缺的问题。当然，在培训和教育方面的投入代价不菲，但通过效率改善所带来的收入提升能抵消这方面的投入，而且还能让员工享受到由此带来的涨薪等福利。此外，人才所需具备的素质也在发生显著的变化。数字化工厂对流水线工人的需求将降低，转而需要更多的数据分析师和程序员。

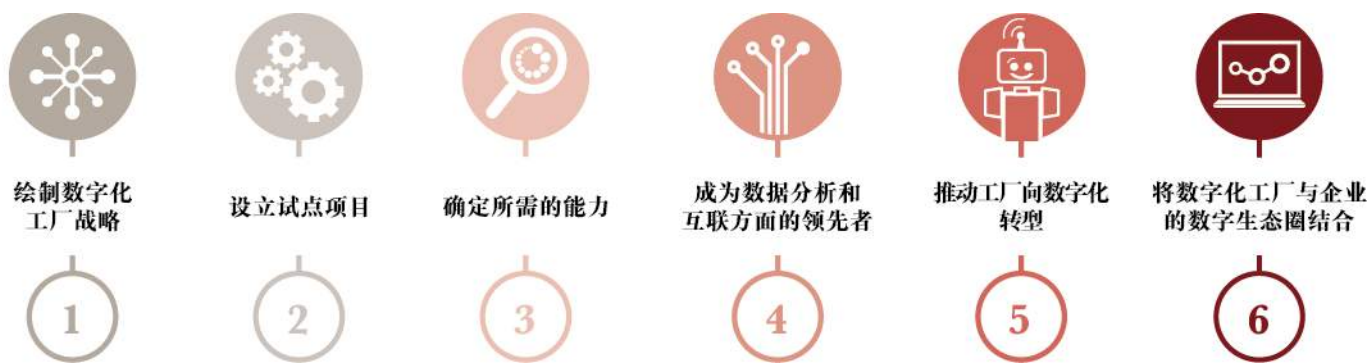
问题的解决不仅仅是招聘更多的人才和培训现有员工这么简单。高层应该以身作则地领导整个数字化转型，并在整个企业中贯彻持续学习的精神。员工依然是整个生产环节的关键，在开展数字化转型的过程中，企业领导人需要与员工并肩战斗保持沟通，选择员工接受程度高的新技术进行推广，让他们摆脱高强度的重复劳动或减少错误的发生，从而赢得他们对新技术的信任，确保他们欣然使用这些新技术，并从上到下建立起以数字化为导向的企业文化。

通向数字化工厂的蓝图

领先的工业企业已经在数字化工厂的建设和发展方面迈出了坚实的步伐，在提升生产效率的同时，能够迅速可靠地生产出更多定制化、高质量的产品服务于市场。

对于许多没有打算建设数字化工厂的企业而言，缺乏一套数字化的愿景和企业文化是让他们裹足不前的最大阻碍。在我们看来，这正是数字化工厂先行者们不可获取的一大要素。数字化愿景不仅只是考虑各项技术，而且还定义了这些技术如何在整个产品生命周期和企业生态圈中相互配合。阻碍企业制定数字化工厂计划的其他因素还包括机会不定、经济效益不明、投资代价不菲。综合考虑这些因素，企业所需要的不仅仅是一套清晰的愿景，更需要一张切实可行的数字化路线图。我们制定了一套由六个环节组成的蓝图，协助企业制定或优化路线图，成功应对通向数字化工厂和工业4.0道路上的各项挑战（见图三）。

图三
数字化成功的蓝图



信息来源：思略特分析

绘制数字化工厂战略

制定一套连贯的战略绝对是重中之重。数字化工厂涉及不同技术的采用，许多技术很容易临时仓促上马。对于各项技术如何匹配整体战略和运营目标，如何与其他现有技术配合，企业需要有明确的想法，数字化愿景也应该涵盖整个组织，让数字化工厂应该发挥 $1+1>2$ 的作用。制定数字化工厂战略前，企业需要认识到自身目前的成熟度，确保人才和技术得到同等的重视，聚焦能够带来价值最大化的项目。最后，需要组建起一支由高层、中层以及车间工人组成的支持者队伍，共同推进战略的落地。

设立试点项目

数字化的经济效益有时并不容易量化，而且在初始阶段，团队只能提供非常有限的技术概念和演示，因此可能导致难以争取到资金和利益相关方的认可。

解决这些问题的手段就是试点。通过试点，企业能发现最适合自身的方式，将速赢的成效展现给整个组织并获得他们的认可，进而争取到资金用于大规模的推广。由于数字化工厂可能会给整个劳动力带来深远的变革，所以需要让工人加入到试点工作中。

在一两处生产基地纵向整合从数字化工程设计到以实时数据为支撑的生产规划，是一种可行的试点方案。在主要的生产设备上安装传感器和执行装置，或者使用数据分析来探索预测性维护方案，也能取得初步的成效。还可以在特定的工厂中实现特定产品线的数字化，将其作为不断学习和优化的契机。当然，企业还可以考虑与初创企业、高校或行业组织等外部的数字化领先者合作，加快数字化创新的步伐。

确定所需的能力

生产环节中什么最重要？更完善、自动化程度更高的物流？为工人提供及时、定制化的信息？传感器集成网络？我们认为，从能力的角度出发考虑这个问题能带来更大的价值。数字化工厂的目标并不是实施最酷炫的新装置，而是达成提升效率、改善质量或增强业务本身等特定的目标。应该根据试点中汲取的经验，从组织、人才、流程和技术四个战略的维度，结合企业的生产战略和整体业务目标，详细勾勒出数字化工厂所聚焦的能力以及工厂体系的架构。

由于数字化工厂可能会给整个劳动力带来深远的变革，所以需要让工人加入到试点工作中。

成为数据分析和互联方面的领先者

流程及质量改善、资源管理、预防性维护，在数字化工厂里，这些解决方案几乎总是与互联息息相关。传感器协助收集数据，在信息层进行分析，然后传回联网的物流设施和生产设备上实时调整生产。每家企业都需要熟练掌握能生成和传输数据的互联工具与系统，以及用于改善效率和质量的分析工具。

推动工厂向数字化转型

通向数字化工厂之路是一条转型之路。如同其他转型一样，管理变革及其对员工的影响，是成功的关键。难以发现合格的人才、缺乏数字化的企业文化、部分员工不愿拥抱数字化变革，这些都是常见的挑战。

这些问题的解决之道在于及早与员工携手合作，对培训和继续教育开展投资，而这些投入会因为数字化工厂所带来的效率提升而被抵消。

数字化环境的培育必须要有领导层的全力支持。高层必须将数字化工厂战略视为工作的重点，摒弃保守主义的姿态加快项目的审批流程，从而让数字化团队加快推进转型进程。同时，还需要设计简练的汇报渠道，确保数字化团队侧重于各类增值活动而不是疲于应付各类行政要求。

将数字化工厂与企业的数字生态圈结合

在推动数字化工厂的过程中，许多企业都将精力集中在各个工厂内部的纵向整合。在工厂内部实现MES和ERP系统的连接，确实能实现显著的改善。但作为数字化生态体系中的一部分，数字化工厂应该发挥更大的作用。当企业横向地将整条供应链上的供应商和客户信息与数字化工厂进行整合时，将能带来更大的效率提升。试想一下：你可以利用实时的短期客户需求调整规划和生产情况，灵活地根据客户的要求做出调整，以最小的成本换取最大的客户满意度。这种利用跟踪技术实现的纵向和横向整合战略不仅能让企业优化规划流程和生产执行，还能深化企业与具有战略意义的供应商和客户之间的纽带。

然而，这些工作只是一个起步。如果企业能在产品中整合数字化功能，就有可能打造出一系列的服务，将抽象的数据转化成具体的价值。生产流程本身也能通过多种途径将收集起来的数据转化为收入。在数字化工厂的深远影响下，企业能够拓展甚至是彻底改变目前的业务模式，不再只是注重生产环节，还能有机会在利润丰厚的售后市场中扩大份额，提升利润率，并进军全新的业务领域。

国内数字化工厂的省思

国务院于2015年审议通过了由百余名院士专家起草的“中国制造2025”，为中国实施制造强国战略做出了顶层计划和路线图。数字化工厂通过新一代信息技术，贯穿了流通、生产、管理等制造活动的各个环节，深度融合了工业化和信息化，是中国制造2025的重点发展方向之一。由于各级政府提供的财政激励和支持，企业对于数字化工厂的投资兴趣日益浓厚。近年来，中国在家电、工程机械、石化、消费品等众多行业涌现出了一大批数字化工厂的应用实例。

中国数字化工厂的蓬勃发展固然可喜，但我们也发现了一些问题。当我们与希望建设数字化工厂的客户接洽时，通常能听到他们表示：“我们想造一座类似于某企业的全自动工厂或‘智能化’工厂”。而我们接下来抛出的问题自然是“贵公司如何定义‘智能化’？是否有清晰的数字化工厂战略？是否有明确的各项评估指标？”然而，大多数企业并不能明确阐述他们希望中的数字化工厂，而是寄希望于有现成的智能化工厂定义，能够毫不费力地直接照搬。在我们看来，数字化工厂的定义以及对成功的评判指标建立在多种因素之上。

战略：自上而下

我们观察到不少项目由于缺乏整体性的战略规划，导致对未来数字化的具体需求不甚明晰，对企业当前数字化水平认知不足，从而无法客观地判断两者间的差距，确定所需补强的能力。许多中国企业从软件（技术）和硬件（设备）的角度考虑数字化工厂的开发建设，依靠内部经验丰富的工程师和专业人员与外部供应商合作，通过对各类解决方案的整合来实现生产线上特定环节的自动化和跟踪。此举虽然有效，但在很多情况下并未解决“为什么要建设数字化工厂”这个根本性的战略层面问题。

因此，企业应该以自上而下的方式推进数字化工厂的建设，从战略、产品设计、运营模式变化等整体的角度考虑问题，根据自身的实际情况和目标来挑选合适的技术，而不是盲目地追求所谓的尖端技术。例如，海尔以互联工厂为核心的发展战略，既符合集团大规模定制的发展方向，同时契合海尔在模块化和数字化的丰富经验，从而成功打造出了互联工厂的生态体系。

效益：走出误区

在某些特定的行业，尤其是在离散制造领域，数字化和自动化的程度取决于当前的基础设施、所生产的产品以及整个生产流程。要实现高度数字化或自动化，技术方面可能需要很长时间的积累方才可行。而从成本效益角度考虑，收回投资也需要很长一段时间。因此，如果纯粹从投资回报的角度考虑效益问题，将使得企业在面对数字化工厂时踌躇不前。在可持续发展日益受到重视、生产安全不断规范、劳动力红利逐步消失的今天，数字化工厂所实现的节能减排、人机交互、远程控制等紧跟当前形势下的要求，能带来显著的社会效益。

企业可以将一些定量指标，例如生产效率、单人产出、能耗、质量控制（次品率）、生产周期等，用于评估数字化工厂的效益。而减少人工作业、提升员工士气（工作不再无聊，而是更加有趣、附加值更高）和加大员工忠诚度等定性指标也能用于辅助评估。行业和企业本身诉求的不同也会对指标的选择产生一定的影响。除了生产效率、良品率、生产周期等常见指标外，某领先的纺织企业还选择了换产时间、用工人数量等指标来衡量其数字化工厂的成效，而某工程机械巨头针对其示范车间则加入了生产误操作、物流效率等指标，解决其自身痛点。

技术：全局考虑

中国制造业的自动化和数字化发展时间相对较短，即使是在同一行业内，企业的自动化程度和技术路线也大相径庭。数据分布较为分散，难以获得数字化工厂所需要的产品全生命周期的系统性数据，同时使得标准的制定变得困难。在部分较为传统的行业中，中国企业争相计划实现数字化工厂的跨越式发展。但是工厂车间里的设备落后，难以实时抓取和传输数据，是中国企业不得不面对的主要问题。尽管如此，仍然有以安灯系统为代表的解决方案能够为人工作业提供补充，并有效地整合进工厂自动化。

同时，中国企业往往更注重单体设备的自动化率，忽略了生产体系是一个有机的整体，而且在ERP、MES和PLM等不同系统间的打通和整合方面也有待改进，能做到不同工厂间互联的更是凤毛麟角。因此，企业需要根据自身的数字化工厂战略制定技术路线图，分阶段地推行各种技术转型举措，从而将实施的风险降至最低，避免对业务和运营造成冲击。

人才：产教融合

数字化和自动化毫无疑问地会减少人工重复作业，改善工作环境，保障人身安全。我们认为，制造业能够抓住此次机遇一改传统以来“工作环境欠佳”的形象，通过升级来吸引更多新型人才。数字化工厂将生产运营流程高度一体化，由此对技术人才提出了更高的要求，过去单一领域的专才将不再适用，取而代之的将是横跨多领域、学习能力更强、懂得数字化交付的复合型人才。

参照国外的先进经验，以课堂教育与实际工作相结合的职业教育体系能为产学合作制定数字化工厂培训项目指明了道路。例如，某领先的机床企业直接与当地的工科院校建立起联合学院，通过产教融合和资源互补，为其数字化工厂的建设定向培养和输送人才。除了教育机制，职业培训课程本身也需要做出调整，实现课程培训的标准化，并在商业、自然科学和工程等传统领域加大人才培养力度，培育出熟练掌握数据分析、产品管理、项目管理、IT架构或者信息安全的跨学科数字化工程师。

最后，由于数字化工厂的转型需要多部门协调，往往需要顶层决策者对数字化有着较强的决心和较深的认识，能够指导整个企业制定数字化战略，带领企业顺利度过转型，打造出成功的数字化工厂。

鸣谢

感谢以下高管为文中所介绍的数字化工厂案例分析提供素材：

博世力士乐洪堡工厂：Günter Krenz, Frank Hess

飞利浦德拉赫滕工厂：Rob Karsmakers

我们是由注重实效的战略家组成的全球团队，致力于与您携手解决最棘手的问题，掌握最佳的机遇。

这意味着协助您开展复杂、充满风险的变革。我们在协助客户解决最棘手的问题上不断传承的优良传统，加之普华永道网络的广度和深度，使我们能够迅速实现既定的影响。

无论是筹划企业战略，还是推动职能部门和企业转型的方式打造相关能力，我们都能为您创造您所预期的价值。

我们是普华永道网络中的一员，普华永道各成员机构组成的网络遍及158个国家和地区，有超过23.6万名员工，致力于在审计、税务及咨询领域提供高质量的服务。业务垂询或了解更多，敬请访问我们的网站
www.strategyand.pwc.com

www.strategyand.pwc.com

© 2018 普华永道版权所有。普华永道系指普华永道网络及/或普华永道网络中各自独立的成员机构。详情请进入 www.pwc.com/structure。免责声明：本文件内容仅作参考提供信息之用，不能用于替代专业咨询顾问提供的咨询意见。