



白皮书

# 工业 4.0 的崛起 推动制造 效率的提升

LECTRA

# 目录

## 第 1 部分

### 工业 4.0 的最新发展

- 03 简介
- 04 深刻变革
- 05 纵向和横向集成整合
- 06 嵌套模式
- 07 文化和方法与技术并重的方法
- 08 同一项目,同一愿景,同一目标
- 09 诸多切实好处
- 10 巨大发展前景

## 第 2 部分

### 释放工业 4.0 潜力的四大挑战

- 11 生成、整合和分析更多数据
- 13 重新连接脑力和体力
- 15 实现循环经济的机遇
- 16 再次回归敏捷

## 第1部分

# 工业 4.0 的最新发展



工业部门不断寻求优化其生产和性能。为了实现这一目标，它采用新的组织方法，例如敏捷项目管理方法（PERT、OPT 或看板）以及不断涌现的新技术。继电子产品、线控车辆和机器人出现后，现在是数字技术的高光时刻，它以各种形式在工厂和车间中大显身手。**互联对象、3D 打印、大数据、数据分析、云、虚拟现实和人工智能（AI）**正在改变所有行业的制造流程，同时帮助提高生产力并改善操作员的工作条件。

2010年代初期，工业 4.0 的概念首次出现于工业领域，将所有这些技术融合在一起。它被认为是继18 世纪末蒸汽机的引入、19 世纪末的电气化以及 20 世纪 60 年代开始的自动化之后，第四次重大的工业革命。这相当于工业领域的“数字化转型”，自21世纪初，数字化转型已应用于所有服务和商业活动。

这个概念在工业中的应用旨在将设计和生产链与其数字孪生体（一种虚拟“替身”）相结合，从而将物理系统和数字系统整合到单一生产价值链中。工业 4.0 的主要挑战仍然是将这条价值链中的所有利益相关者连通起来，超越孤立的工业设施，从而预测消费者需求。品牌、供应商、分包商和分销商——所有参与者都需要自动、透明地沟通，以提供满足消费者需求的产品。

毋庸置疑，这样的目标不可能一蹴而就！这就是为什么我们要审视工业 4.0 当前的发展状况并编制一份进展报告。其目的是了解我们**在采用不同技术方面取得的进展，评估这些技术使我们取得的进步，同时确定我们从现在到 2030 年之间将面临的挑战并找到应对的方法。**

”

继电子产品、线控车辆和机器人出现后，现在是数字技术的高光时刻，它以各种形式在工厂和车间中大显身手。

# 深刻变革

无论我们谈论的是**智能制造**、未来工业还是智能工厂,工业数字化的目标都是一致的:在保护环境的同时优化制造流程,以更低成本、更快的速度生产更多、更优质的产品。

**要实现这些目标,各种转型模式都将考虑以下六个阶段:**

- 01 流程数字化
- 02 系统与设备互联
- 03 整个生产链情况的实时可见性
- 04 实时了解现状
- 05 预期和可预测性
- 06 调整与优化

**“工业 4.0 通过添加数据、互联对象以及将人员置于流程的核心,正在促使生产方式发生更加深刻的变革。”**



Marco Taisch

20 世纪 80 年代出现了**自动化**和机器人化,有些人,特别是工人,对此持悲观看法,因为他们怀疑这些技术的最终目的是在生产链中取代人类。“但如今,生产成本最优化的国家是德国和韩国,它们因此在进入更大市场时具有更强的竞争力。这两个国家也是世界上机器人装备率最高和失业率最低的国家。”米兰理工大学 (PoliMi) 管理学院教授兼意大利工业 4.0 技能中心 (MADE) 主席 Marco Taisch 说道。对他来说,工业 4.0 通过添加数据、互联对象以及**将人员置于流程的核心**,正在促使生产方式发生更加深刻的变革。

他列举说,在瑞典的一条汽车装配线上,操作员只通过使用显示必要数据的联网手表,就将生产力提高了 20%。“他们没有被机器人取代!**相反,工业 4.0 重视人才。**

这就是我们所说的认知自动化,它会增强人类的能力。“这种‘增强’还让操作员拥有更多自由时间,可以将这些时间用于**具有更高附加价值的任务。**

**“事实上,要实现 100% 自动化是不可能的,这样做既不可靠、不经济,也不具备应变能力!”**



Tobias Helberg

保时捷的经验验证了这种方法。“重点在于找到人与机器人能力之间的最佳组合。事实上,要实现 100% 自动化是不可能的,这样做既不可靠、不经济,也不具备应变能力!”保时捷咨询合伙人 Tobias Helberg 说道。该公司致力于帮助汽车制造商在工厂实施**工业 4.0 模式。**

## 纵向和横向集成整合

随着所有活动加速实现数字化，制造业面临着新的挑战。无论是汽车、服装、家具还是配饰，消费者都希望以批量生产的价格获得定制化产品。而且要越快越好！新冠疫情即使没有使在线购物和送货上门服务常态化，也使之得到了普及，进一步加速了这种“我现在就要它！”的趋势。制造商在应对各种环境挑战的同时，还必须以更快的速度生产更多、更优质的产品。

要实现这一目标，他们必须优化流程，增加流程的灵活性，并在生产中与合作伙伴、供应商、分销商甚至客户进行密切合作。对于那些能够实现客户线上定制的产品而言，尤为如此。

工业 4.0 的原则是将共享数据流的两条轴线连接起来，并将客户置于该结构的核心：

- **纵向**整合，贯穿物流、规划和生产；
- **横向**整合，连通创作者和设计师与供应商和分销商。

这些预数字化系统之间的互连互通实现了畅通无阻的端到端流程，避免了信息孤岛。通过分析每个阶段收集的数据，我们可以清晰地了解已制造的产品，有助于优化业务流程并预测未来。

**“简而言之，最终目标是生产消费者想要购买的产品，并且确保高质量和适当数量。”**



**Maximilien Abadie**  
力克首席战略官 (CSO) 兼首席产品官 (CPO)。



## 嵌套模式

咨询公司 Kohler Consulting & Coaching 创始人 Dorothee Kohler 及其同事 Jean-Daniel Weisz 识别了**三种工业 4.0 模式**，通过数量和产品种类将这两个标准加以区分。

### 超自动化

该模式适合汽车行业机械零件或电路板等标准化产品的批量生产；

### “标准化定制”

生产是自动化的，但其组织形式更加分散，通常采用单元化的方式生产现有产品系列中的不同型号，例如在相同基础上制造的飞机或汽车，但下线的型号各不相同；

### 单元化

该模式包括以模块化生产组织形式生产定制的个性化产品。产品是与客户共同设计的，这意味着这是一个可以动态重新配置的按需生产系统。

**“阿迪达斯 Speedfactory (速度工厂) 可能是此模式最先进的例子，诠释了这种按需生产模式的优势。”**



Dorothee Kohler

**“从一开始，单元化模式就是工业 4.0 追求的目标”**，Dorothee Kohler 和 Jean-Daniel Weisz 说。此类例子极其罕见，而且往往处于原型开发或演示阶段。

标准运动鞋的鞋底是根据运动员的相关数据、脚部形态、跑步风格等实时设计和生产的，”Jean-Daniel Weisz 说道。未来，运动员的数字孪生体或虚拟人体模型将随着运动员本身的变化而改变，并将集成他们的更新数据，以根据每个参数的变化、运动员的体重、年龄等生产鞋底。“在这个模式中，各种职能的作用也在不断变化。最终消费者成为“制造者”。

消费者为现有产品的改进做出贡献，根据自己的需求对其进行个性化调整。这已经成为现实，这种模式将越来越多地扩展到珠宝、服装、医疗器械、化妆品、家具甚至食品领域，”Dorothee Kohler 补充道。

**“最终消费者成为‘制造者’。他们为现有产品的改进做出贡献，根据自己的需求对其进行个性化调整。”**



Jean-Daniel Weisz



# 文化和方法与技术并重的方法

当被问到“工业 4.0 的进展如何?”时,科技信徒兼“The Manufacturing Millennial”(制造业的千禧年)播客博主 Jake Hall 毫不犹豫地回答,“有各种想法和工具可用,而且并不昂贵。但工业 4.0 不仅仅是一个技术问题,也是一个文化和目标共识的问题。许多公司尽管已经采取了各种措施,但仍有很长的路要走,特别是要摒弃孤岛式方法,并将其流程整合到一个全局解决方案中。”

技术可能是工业 4.0 项目的核心,但只是辅助手段。大型航空公司**空客**和**波音**使用相同的技术解决方案,但生产的飞机却不尽相同,这就是证明。

**“许多公司仍有很长的路要走,特别是要摒弃孤岛式方法,并将其流程整合到一个全局解决方案中。”**



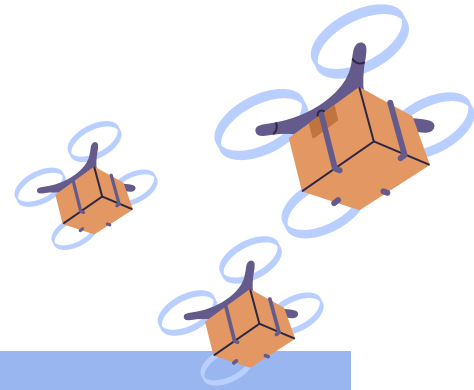
Jake Hall

**“这种转型还要求公司建立内部数字文化和组织结构。”**



Fabrice Nisol

汽车行业也是如此,汽车制造商共享一个技术平台,生产不同品牌和型号的汽车。咨询专家 Fabrice Nisol 正在协助汽车纺织品和座椅部件制造商 **Tesca** 进行数字化转型。他解释道:“除了采用新技术之外,这种转型还要求公司建立内部数字文化和组织结构,并制定选择、实施和采用这些数字技术和流程所需的治理和变革管理。”



## 工业 4.0 时代采用的技术

大数据和数据分析

云

人工智能和机器学习 (AI、ML)

仿真和数字设计 (数字孪生)

虚拟和增强现实

互联对象和 5G

网络安全

区块链

自主机器人

新材料

系统、机器和人员的整合



## 同一项目, 同一 愿景, 同一目标

**“首先必须对项目有清晰的认识和理解。”**



Frank McCleary

对于工厂来说, 数字化转型包括**整合并应用各种高度创新的技术**。每个工厂进行数字化转型的速度各不相同。如果是从头开始创建的新工厂, 例如电池超级工厂或半导体工厂, 他们会立即接受所有可用的创新技术。现有工厂倾向于根据自己的需求以及创新和适应能力逐步推行。

无论采用何种方法和节奏, 进行这些改革的公司都是分阶段实施。“我们首先必须对项目有清晰的认识和理解。”保时捷咨询合伙人 Frank McCleary 解释说。我们在起点和目标之间寻找最佳路线。在此过程中, 我们会发现问题所在, 然后要么找到变通方法, 要么找到解决方案。”

不出所料, 特斯拉、Johnson & Johnson 和 John Deere 等最先进的工业 4.0 工厂是规模最大的工业 4.0 工厂。他们拥有各种资源和技能来实现转型。

**“最重要的是, 这些大公司中有一位转型领导者负责制定愿景、负责项目并进行管理, 如果想要成功转型, 这绝对是必不可少的。”**

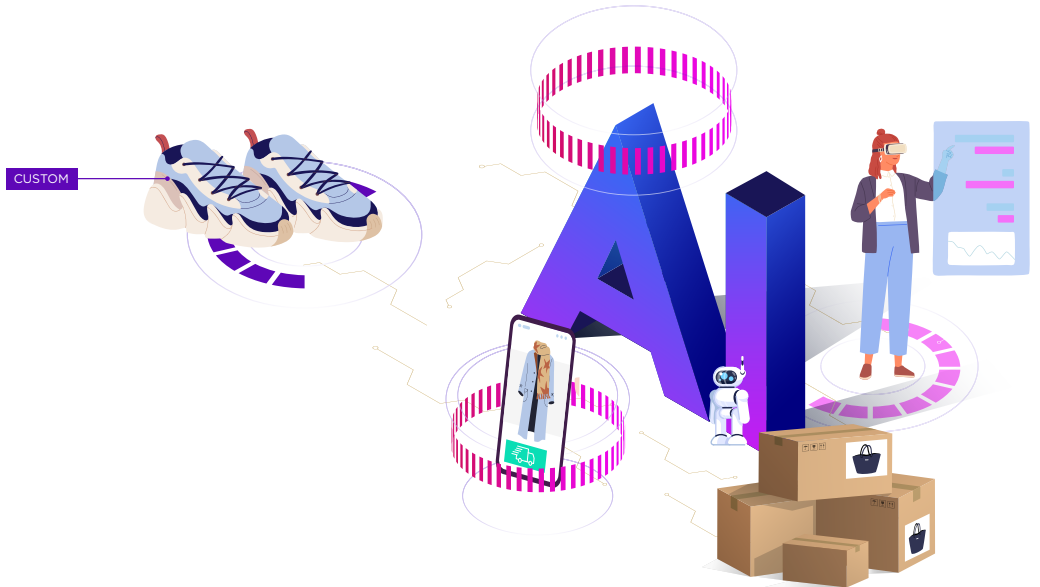


Jake Hall

对于 Marco Taisch 来说, 除了公司规模之外, 生产类型也具有重要影响。“规模最大的公司技术更加先进, 特别是在汽车、机械工程、工业品和包装领域, 因为它们拥有更多的资源。不过, 虽然规模较小的公司可能在技术上略为落后, 但这也是因为其产品的设计更重要, 且更容易受到时尚潮流的影响。家具和服装行业的中小企业尤其如此。”生产日趋复杂, 例如, 对于按需制造沙发, 不同的款式需要采用不同的材料和样版, 而在时尚领域, 原有产品系列频繁更新。工业 4.0 技术可帮助公司甚至是小公司, 以几乎透明的方式应对这些挑战。







## 诸多切实好处

工业 4.0 模式的诸多好处在许多领域都是显而易见的。主要包括：

01

大量数据的可用性和分析提供了**高水平的生产可视性**，有助于**确定需要改进的方面**并**提高组件和产品的可追溯性**。

02

流程数字化促进了**系统互联**，这不仅涉及产品生命周期的各个阶段，还包括所有营销活动和销售点。

03

得益于交货时间的缩短，**产品上市速度显著提升了 20% 至 50%**，具体取决于产品和行业（参见 2021 年 6 月力克工业 4.0 概念与案例研究文件第 17 页）。

04

反应更加敏捷的公司可以非常快速地调整或改进生产，甚至可以转向**按需制造**。

05

这有助于公司**减少原材料和成品库存**，并**降低仓储和运输成本**。通过降低产品的盈亏平衡点，企业可以以较小的产量实现规模经济。

06

通过数据的可用性和流程的数字孪生，企业能够实现预测性维护，**减少机器停机时间**。

07

数字设计和模拟可防止设计错误并为**创造新产品和服务打开大门**。

最后，提升员工参与度、减少浪费和不合格产品、提高质量以及控制整个生产运行而不只是样品批次，所有这些优势都能快速影响公司的收入。

采用按需生产解决方案后，室外泳池家具制造商 **Leisure Creations** 在多个方面实现了改进。例如，面料裁剪生产率提高了 20%，而面料浪费减少了 20%，相当于每米节省约 12 美元。其裁剪和缝纫精度得以提高，从而减少了错误和返工次数。总共减少了 200 个工时，使团队能够处理附加值更高的任务。在平均年增长率为 15%，且人才招聘持续存在困难的背景下，这一改进尤为显著！

## 巨大发展前景

各种可用且成熟的技术、流程文档、接口标准化以及数量不断增加的参与者(出版商、集成商、顾问)都在促使越来越多的公司实施工业 4.0 解决方案。“只需点击几下,便可从云端获取各种技术,用于处理数字孪生、执行预测或大数据分析、进行 3D 打印或使用增强现实技术,”Fabrice Nisol 说。

**“人工智能技术的出现,加上现有的数字产品和制造行业的机器人化能力,描绘出了壮阔的发展前景。我们只需要学习如何选择、组合和掌握各种技术!”**



Fabrice Nisol



## 第 2 部分

# 释放工业 4.0 潜力的四大挑 战

## 生成、整合和分析更多数据

**“您需要针对每件事情的关键绩效指标(KPI)\*和数据,包括每个流程步骤、所有合作伙伴和供应商的KPI和数据,以便了解可以采取的措施。”**



Miguel Angelo

数据、数据规模及数据在整个流程中的可用性无疑是工业 4.0 模式的典型特征。这也是未来几年工业领域进行数字化转型将面临的主要挑战之一。“数据是公司的命脉。”

只有在我们拥有、了解和理解数据时,我们才能成功实现行业的数字化转型。换句话说,您需要针对每件事情的 KPI\* 和数据,包括每个流程步骤、所有合作伙伴和供应商的 KPI 和数据,以便了解预期结果和可以采取的措施。我们取得进步的能力取决于我所说的“协作态度”,因为没有人能单打独斗地实现成长!”专门从事服装制造的葡萄牙集团 Valerius Texteis 的创新和工业工程主管 Miguel Angelo 说道。他目前主管的 Valerius 项目包括**创建一个集群,并与集群生态系统内的所有合作实体分享集团愿景。**

我们的目标就是创建一个**智能工厂**,以数字形式为每个实体提供即时可用的数据,而不是通过纸质表格或电话交换信息.....这不仅适用于生产数据,还适用于有关订单、客户、材料和组件的可用性等的信息。



从订单录入到交付和客户发票开具,从数字设计到生产线和制造管理,从原材料库存和供应管理到物流和运输,数据整合对于简化所有这些流程具有战略意义。在 Leisure Creations 决定采用按需制造解决方案的过程中,这种整合能力发挥了至关重要的作用。“我们想要一个从订单录入到将产品交付给客户全程通畅无阻的端到端流程。为了实现这一目标,解决方案必须与我们的Salesforce云订购系统相连接,且数据必须自动传输到裁床。我们将所有规划信息整合到一个简洁的看板上,”工程经理 Brent Collum 解释道。

在**保时捷**的智能工厂,自动化信息处理被作为优先事项。在其工厂中,生产采用单元化组织形式,汽车根据要执行的操作(从车身到喷漆和组装)在工作站之间转移。每个工作站都配有屏幕,方便操作员查看计划数据和待执行的操作。保时捷的生产线上安装了至少1000个屏幕,以便每个人可以随时获取所有必要的信息。

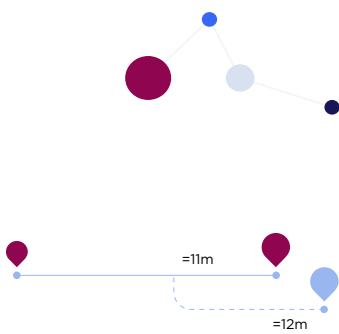
数据无处不在、数据量不断增加、数据在云端托管以及数据在生产流程平稳运行中发挥的战略作用,这些都**带来了网络安全风险**。过去,机器要遭到物理破坏才会停止运行,而现在,通过网络进行无形和匿名攻击就足以使整条生产线陷入停滞。在任何工业 4.0 项目中,这一点都不容忽视。

\* 关键绩效指标 (KPI)

“人们时刻基于数据做出决策,无论是分配员工,还是管理资源。”



Tobias Helberg



## 重新连接脑力和体力

**“工业 4.0 意味着系统和人之间的协作，甚至回归单元系列概念的工艺形式。”**



**Dorothee Kohler**

从一开始，工业 4.0 模式及其产生的自动化概念就加剧（重新燃起）了人们对机器人取代工厂工人的恐惧。“但我们看到的情况却完全相反。这个模式使原本因福特主义而脱节的**‘脑力和体力得以重新连接’**，”Dorothee Kohler 说道。“更好的是，工业 4.0 意味着系统和人之间的协作，甚至回归单元系列概念的工艺形式。那些需要重复和繁重动作的任务可以交给机器人，而技术工人则可以专注于附加值更高的任务。

这就提出了如何提升团队能力的问题，也意味着我们需要更多地思考职业发展，打破设计工作和体力劳动之间的障碍。脑力和体力的重新连接改变了劳动力成本和地理位置方面的数据。”

数字化转型打破了办公室和工厂车间之间的界限。打破两者之间的界限也就消除了两者职能的界限，扩展了每个人的能力。这反过来又促进了从体力劳动到更多脑力劳动的转变，Marco Taish 总结道：“蓝领正在承担一些白领的工作！”

这种技能迁移引发了许多有关员工培训和行为规范的问题。有些工作将会消失，很可能是对资格和文凭要求较低的工作。其他人，主要是承担支持职能的人员，将不得不重新思考自己的工作和在公司内的角色。

**员工需要接受新技能培训，而那些工作岗位将会消失的员工则必须接受再培训。**



## “年轻人将物理世界视为数字世界的表现。当他们走进工厂时，他们与上一代人看到的是完全不同的世界。”



Marco Taisch

与此同时，新的就业岗位将会出现。但从事新工作的人将不再是以前的工厂车间工人，因为这一转变也将是一种代际转变。“在美国，制造业约有 **600,000 个空缺职位**，”Jake Hall 说，“但人们不再愿意从事工厂生产工作，他们认为这种工作已经过时了！新一代具有互联能力，他们通过观看 YouTube 上的教程来学习，并且知道如何使用平板电脑和看板。”“老前辈”发现自己很难改变，很难适应这些新技术，因为他们是在物理世界中长大的。但对于年轻一代来说，世界是数字化的。“年轻人将物理世界视为数字世界的表现。当他们走进工厂时，他们与上一代人看到的是完全不同的世界。”Marco Taisch 说道。

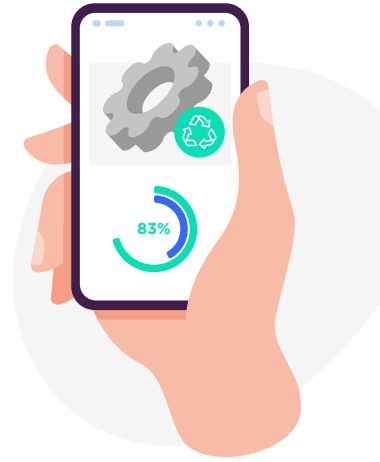
当技术更新换代的速度超过代际更替的速度时，人力资源经理就必须应对培训、招聘和留住人才的挑战，以满足工厂转型的需求。因为这种变革不可避免。技术改变了我们的工作方式，Jake Hall 说，“就像自动取款机改变了我们的取款方式一样，”他继而补充道：“人工智能将淘汰工作岗位，就像收割机之于农民、自动取款机之于出纳员一样！”

人力资源是保时捷经验的一个重要方面。

这家汽车制造商指出，无论是在工厂车间，还是在管理、沟通和其他职能部门，都需要新技能，而且新技能非常稀缺。对保时捷来说，缺乏训练有素的员工还存在另一个风险：公司不得不求助于公司外部的专家，并长期依赖他们。

### 我们看到，人的因素是工业 4.0 模式的必然结果，也是未来几年的主要挑战之一。





## 实现循环经济的机遇

**“我们希望工业 4.0 能够帮助我们快速收集所需的数据,并可靠地计算集团和工厂层面的碳排放量。”**



Fabrice Nisol

工业 4.0 可提高流程效率,在各个生产阶段提供准确的数据,并且有助于显著减少错误、不合格产品和浪费,因此,“可持续”是它引以为傲的优点。对于企业来说,面对提高能源效率、更加尊重环境和减少碳足迹的要求,这种生产组织方式非常良性。“借助工业 4.0 模式,我们将减少资源浪费,且不同部门将共享有关所有流程的准确数据。这不仅有助于企业减少潜在的错误,从而减少浪费、违规行为和不合格产品,还能帮助我们看到我们对环境的影响,以便我们采取行动减少影响。我们的目标是为了地球的利益,比昨天做得更好,比前几代人做得更好!”Miguel Angelo (Valerius) 说道。

该观点得到了 **Leisure Creations** 的认同,该公司利用按需制造解决方案将面料余料减少了 20%,**Tesca** 也对此产生了共鸣,该公司通过部署解决方案来解决质量问题、控制能源消耗并显著减少环境足

迹。“我们希望工业 4.0 能够帮助我们快速收集所需的数据,并可靠地计算集团和工厂层面的碳排放量,”Fabrice Nisol 说。

可持续和尊重环境是进入就业市场和消费市场的年轻一代的主要关注点。“他们是**有意识的、消息灵通的消费者**。他们对这个话题非常敏感,不会被‘漂绿’所愚弄,”Marco Taisch 说道。在这一代人中,还出现了一个新的轴心,即循环经济。

“如果没有数字技术和工业 4.0,雄心勃勃的回收和再循环目标将更难实现。”Jean-Daniel Weisz 表示。他以一家生产用于运输产品的热成型托盘的公司为例,这种托盘很少被重复使用或回收。“借助 RFID 芯片,该公司可以跟踪托盘,在循环结束时对托盘进行回收、检查并重新投入流通,如果托盘无法再使用,则将其压碎以生产新的托盘。这种可追溯性还帮助我们为客户提供有关其产业内部物流的信息。”此外,流程数字化提供的可追溯性还能够为工业 4.0 的良性发展锦上添花。前提是您应用数字化……且应用得当!

**“如果没有数字技术和工业 4.0,雄心勃勃的回收和再循环目标将更难实现。”**



Jean-Daniel Weisz

## 再次回归敏捷

数字技术的优点之一是它提供的灵活性。因此，在工业 4.0 模式中，流程可以根据业务需求进行调整、模块化处理和重新配置。这种优势在如今的经济环境下尤其宝贵，因为利率攀升、通货膨胀、价格上涨并由此而导致成本上涨，这些因素可能让市场在瞬间发生翻天覆地的变化。工业 4.0 模式能够增加企业的韧性，恢复其敏捷性，增强其抵御市场风险的能力。它能够帮助企业应对订单突然减少或恢复的情况，调整产品供应，尽可能增加供应链的敏捷性，按需制造并将合作伙伴和供应商整合到企业生态系统中。

这种模块化和适应性也正在推动商业模式开发的变革。

**工业 4.0 领域的先驱企业已经开始出售其服务和建议，这是他们分享经验并从中获利的一种方式。**

这不仅适用于大型工业集团，也适用于中小型企业。**JPB Système** 就是这方面的典范，它为航空航天工业生产自动制动系统。“在建立了满足自身需求的模式后，该公司现在转售其开发的工业 4.0 解决方案，”Jean-Daniel Weisz 说道。有些企业则在市场上销售他们通过流程数字化开发的新产品或解决方案。例如，在珠宝或化妆品领域，客户可以使用公司网站上提供的基本款式创建自己的产品。





# 总结

所有经济活动(数字、生态、能源)正在经历变革,消费者需求和要求持续快速变化,这一切都要求工业部门优化所有流程,特别是**实现生产方式的彻底重组**。

而这正是工业 4.0 模式所能提供的。

它的成功实施取决于公司能够将其价值链中的所有参与者整合到**一个扩展的数字化生态系统中**。

这个生态系统必须将产品设计师、品牌商、创造者以及供应商、合作伙伴和客户纳入一个良性连续体,以便在恰当的时间以合适的质量和合理的价格为消费者制造符合要求的产品。

成功实现这种整合的制造商将不仅能够生产更多更优质的产品,而且还能优化交货时间和成本。在本白皮书中分享经验的公司就是最好的例证!

LECTRA

We pioneer. You lead.