



## 人工智能时代的制造业 进展与期望

副总裁Julie Fraser

# 加快从数据到有效行动的周期

## 一个由人工智能驱动的制造业新时代

尽管在供应链端充满挑战，但制造商们依然阔步向工业4.0迈进。大多数制造商们都明白，人工智能（AI）和高级分析可以助力做出更好的决策，进而带来商业效益。然而，许多制造商们仍然在苦苦学习如何创建成功的数据管理结构。本项研究向您揭示，行业领导者是如何取得比其他公司更大进步的。简而言之，就是因为他们了解、投资并充分利用了人力、流程和技术的方方面面，而从大体来说，则是因为他们都完成了从数据到信息到洞察到决策再到可盈利且及时行动的这一重要过程，从而实现了整体闭环。





	页码		
工业4.0的进展	4	16	弥补技能短缺
时局不易	5	17	利用商业系统
成功的关键	6	18	更好的MES提升体验
实现从数据到行动的闭环	7	19	探索高级技术
多方面掌控	8	20	获取业务能力
制造数据管理中的挑战	9	21	加速改进
缺乏集成阻碍发展	10	22	实现降本目标
努力的成果：行业领先者	11	23	为什么要进行制造数据管理？
了解所有重要问题	12	24	为什么要转向人工智能？
启动解决问题的举措	13	25	高级分析的部分优势 -- 引言
改进组织结构	14	26	前进之路
赢在人员配备	15	27	关于研究
		28	致谢

# 工业4.0的进展

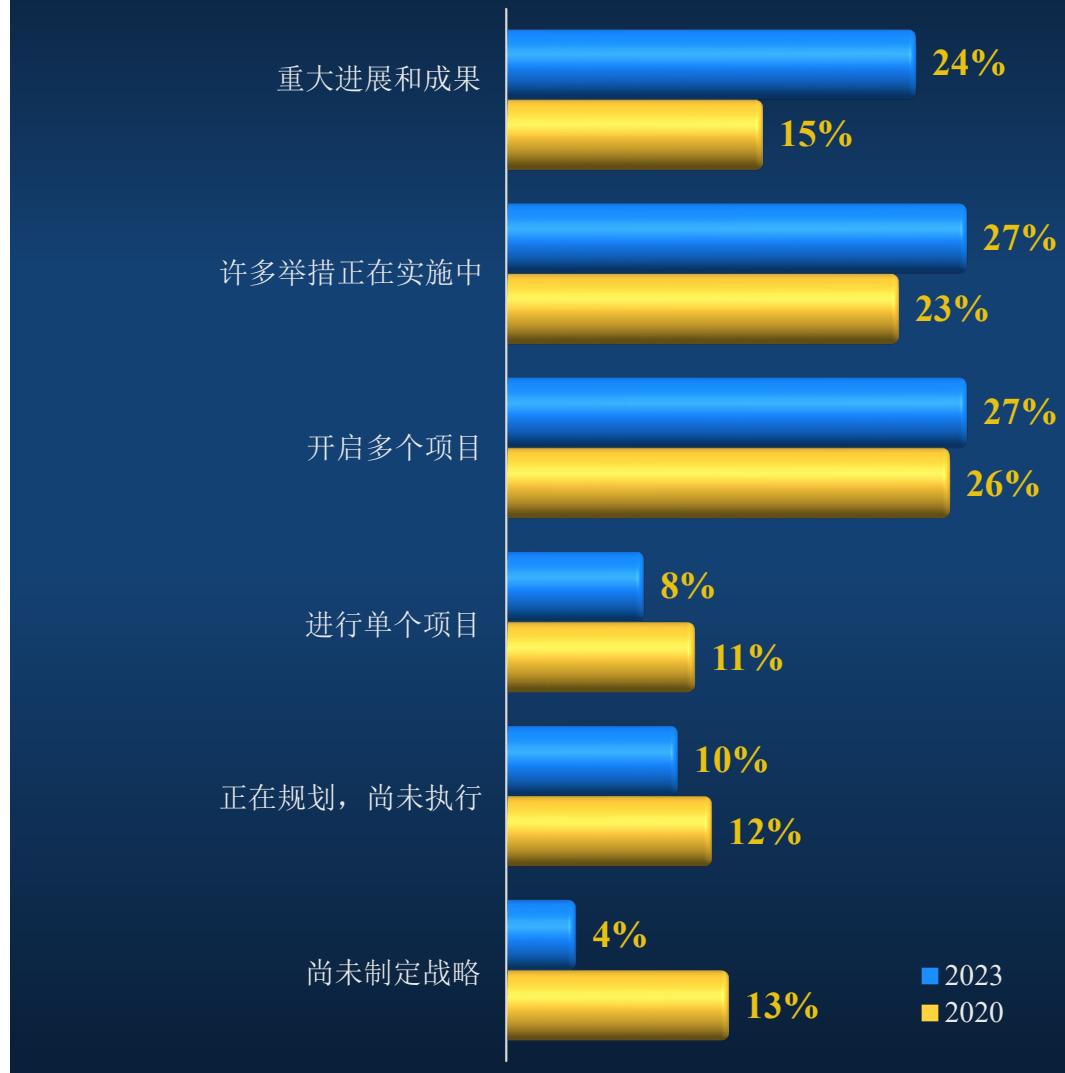
## 工业4.0愿景

未来的制造业将广泛采用更加灵敏的人工智能和智能自动化技术，使得制造过程变得更加迅速便捷。这就是工业4.0的愿景，它还包含其它广泛的含义，涉及了企业和供应链的方方面面，虽然在制造领域往往面临着严峻的挑战，但同时也面对着巨大的机遇！

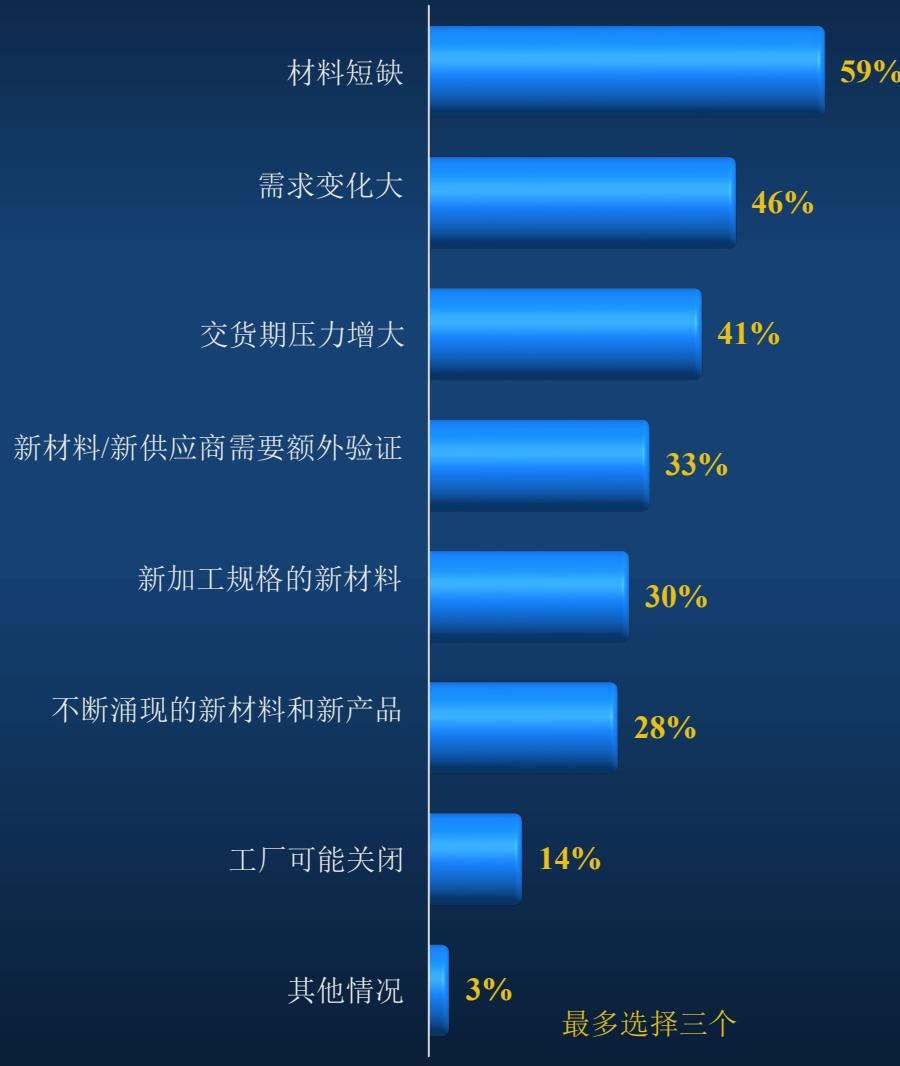
## 三年来的进展

当制造商开始实施工业4.0计划时，他们大都知道这将是一场历时多年的修炼。我们能看到，大多数企业的变革过程都很顺利。自2020年我们发布《制造数据管理挑战》（The Manufacturing Data Management Challenge）<sup>1</sup>调查报告以来，行业发展显著。许多受访企业在工业4.0方面取得了巨大进展，并已从中获益。

工业4.0的进展：2020年 vs 2023年



## 影响制造业的主要供应链问题



### 中断时间

上一次调查是在新冠疫情流行时进行的。本次调查则是在疫情终于开始消散时启动的。在大多数情况下，大多数制造商经历过的材料短缺问题依然存在。在地缘政治的压力下，许多企业纷纷选择以在岸外包、近岸外包或友邦外包的方式更换供应商。

### 压力下的制造业

外部供应链环境和内部调整都给生产运营带来了额外的挑战。作为供应商，许多制造商在交货期和客户期望方面，压力陡增。对客户来说，因为材料供应商会变，价格和供应情况也会随之波动，所以想让质量始终如一也并非易事。

### 在时局动荡时采取行动

很明显，供应链不稳定的问题不会显著缓解。鉴于需求波动大，供应链不确定等这样的客观情况，企业必须做好应对准备，以维持正常运营。企业可采取的措施包括改变产品组合、尝试使用新材料，以及快速、有效地解决质量问题。这时候仅有数据甚至信息是不够的。企业必须深入了解情况，做出决策并采取行动，以维护利润、保证品质，使客户保持信心。

# 成功的关键

## 数据管理

当被问及各类制造数据管理能力和技术对工业4.0转型的重要程度时，大多数制造商都认为它们是关键或重要的。普遍认为工业4.0转型后的必备能力是数据管理。制造业的数据类型和来源多种多样，收集和分析数据的实际难度比听起来更难，但对成功来说却是至关重要的。将OT数据与工厂IT数据融合起来的举措在榜单上排名也很靠前，体现了大家对其的认可度。

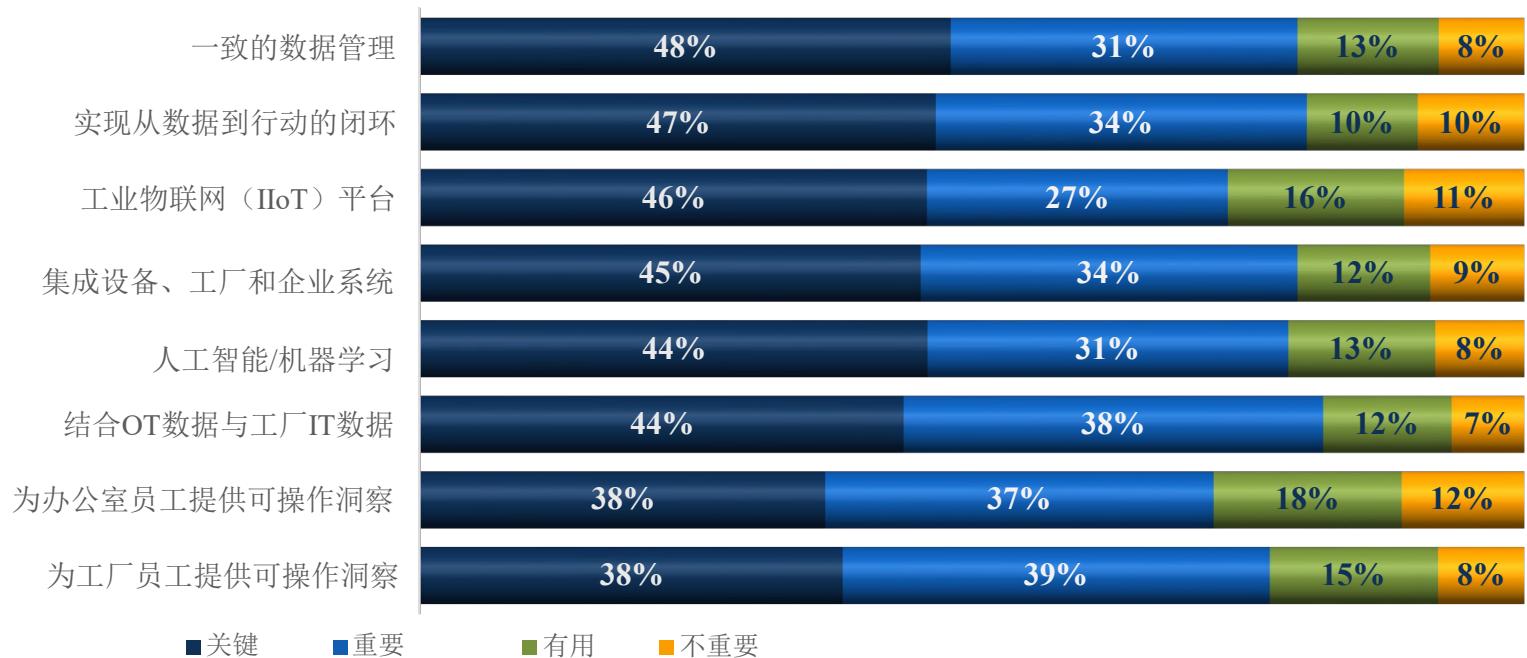
## 智能和分析

良好数据管理的一个关键优势是能实现从数据到信息再到见解再到决策再到行动的闭环。五分之四的受访者认为，这对他们成功完成工业4.0至关重要。其中体现在两个具体方面——即分别向工厂的员工和办公室的员工提供可操作的洞察，虽然得分不是很高，但仍然得到了广泛认可。

## 集成技术，有效行动

大多数制造商计划利用技术以实现高效、可靠、快速实现闭环的目的。工业物联网（IIoT）可以为搜集机器数据提供支持。几十年来，使用集成设备、工厂和企业系统一直是一个目标，而这个目标也将继续成为工业4.0成功的基石。人工智能（AI）和机器学习（ML）也可用于分析与制造成果相关的各种数据集。这些能力的得分也都很高。

各种要素对工业4.0成功的重要性



# 实现从数据到行动的闭环

## 数据管理：概念视图

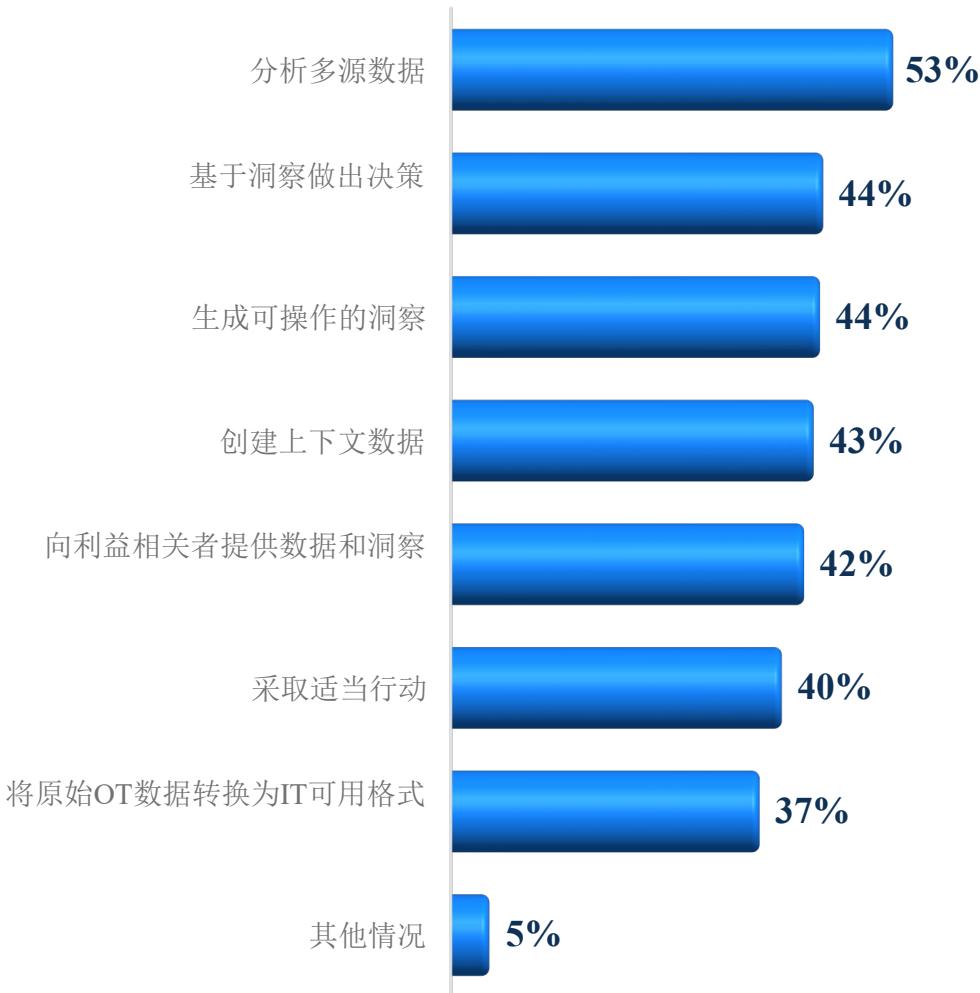
针对尚不熟悉制造数据管理的人员，我们在这里提供一种有关数据管理的可视化闭环。它从概念层面解释了制造业一致的数据管理系统的要素。

- 该图的底部中心是数据收集和提取。无论数据是来自IT还是OT，都是基础性的，也是IIoT、传感器和许多员工记录实际情况的系统发挥作用的地方。
- 这些数据需要经过结构化、协调化和存储才能发挥作用。考虑到庞大的机器阵列以及需要定期更改的系统数据格式，这一过程会非常复杂。
- 右下方是上下文数据和扩充。例如，机器数据读数为10；只有增加上下文信息，才能确定读数是否在预期范围内。
- 如果不在范围内，那么操作员、材料批次和环境条件等可能会提供有用的信息以更全面地描述情况。例如，该机器的操作员可能知道应该调整什么或向谁求助。
- 在进行分析时，它可能会有助于确定问题根本原因。这种洞察将更容易获得。
- 拥有洞察才能做出更好的决策。例如，你是否将使用该材料批次做所有的工作或者重新培训操作员？
- 最后一个方面是确保有效行动。将决策与相关制造应用中的行动触发因素联系起来能够确保采取敏捷、有效的行动，而这些都对盈利能力非常重要。

制造数据结构和活动的概念视图



## 数据流中的缺口



## 目标：闭环

如前页图表所示，一致、完整的制造数据管理涉及多个方面。理想情况下，信息流从源头到存储、协调、扩充，再到决策分析，最后进入应用，以供采取行动。我们将此过程称为“实现从数据到行动的闭环”，它确实非常复杂。

## 现实：数据流中的缺口

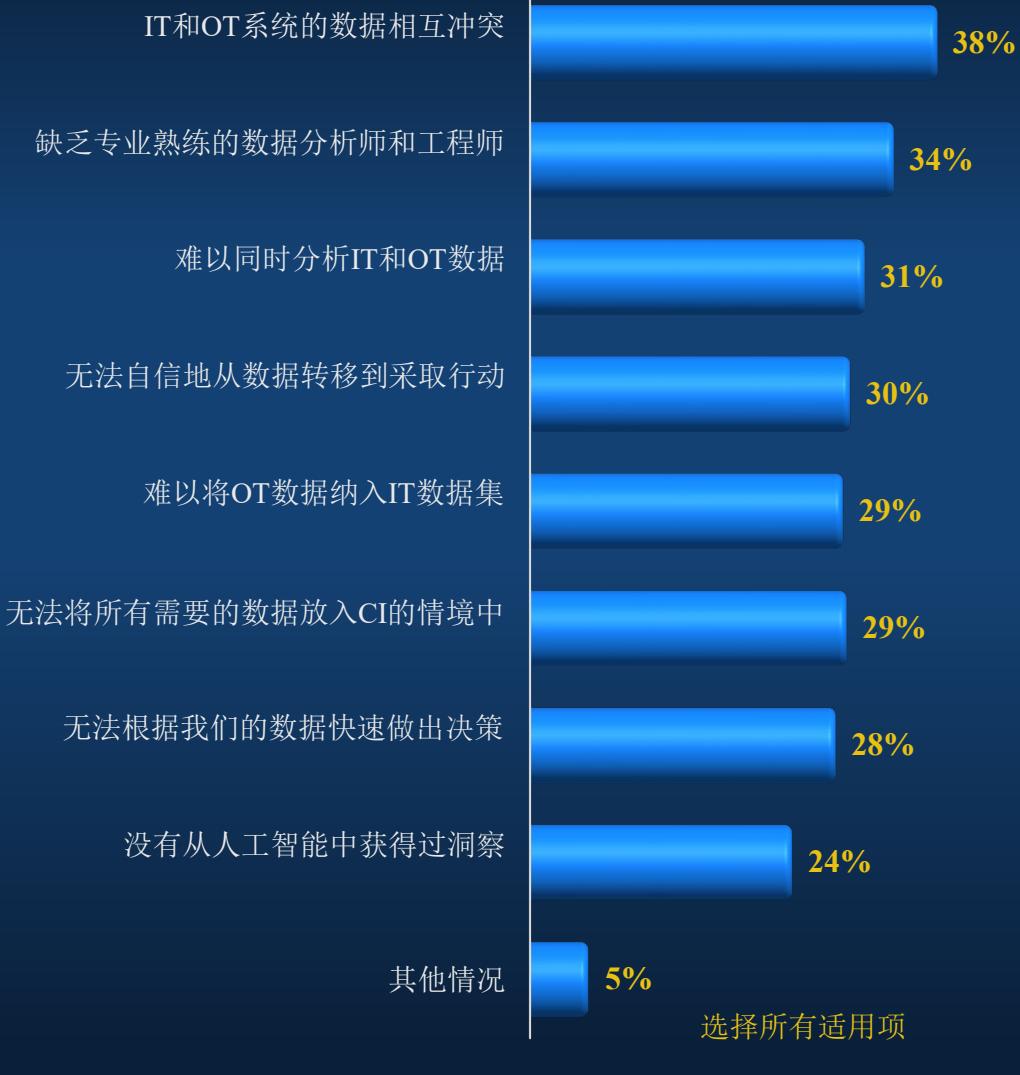
在现实中，大多数企业的数据流都存在缺口。我们的调查结果显示，在我们列出的七个环节中，只有5%的企业在任何一个环节都没有人工交接。在这个样本中，有一半以上的制造商表示在分析各种来源的数据时存在数据流缺口。这可能是企业开展高级分析和大数据项目时最关心的问题。从将OT数据转换为供IT使用的格式，到创建上下文数据、生成洞察、做出决策和采取适当行动，每个阶段都有待改进。

## 次优结果

每次人工交接数据或信息时，流程都会变慢，并有出错的风险。决策和行动一旦延误，往往会造成时间、材料和利润损失。在当今竞争激烈的市场中，制造商可能无法承受这些损失。

# 制造数据管理中的挑战

## 制造数据管理中的挑战



### 数据问题

制造商在制造数据管理和实现数据到行动闭环方面，面临着各种挑战。最常选择的问题是IT和OT系统有冲突数据。缺乏协调的方法会让所有相关人员有挫败感。受访者还写道：缺乏用于分析的实时数据收集，以及数据不一致。

### 人员配备

第二大常见挑战是更广泛的制造业技能短缺问题：缺乏专业熟练的数据分析师和工程师<sup>2</sup>。数据技能与理解制造业中对数据和分析具体需求的结合目前比较稀缺。其中一位选择“其他”的受访者写道：“各级人员配备欠缺。”

### 流程

大量的流程带来了许多问题，比如将OT数据纳入IT数据集中。其他挑战还包括添加上下文数据、同时分析IT和OT数据、从人工智能中获得洞察，以及自信地从数据转移至采取行动。一位受访者写道：“很难合并来自多个不同位置的数据以进行全局视角分析。”只有5%的受访者表示没有遇到这些挑战。

### 技术

在本问题的其他字段中，还有一些其他回答，包括难以迁移到新系统的旧系统。系统分散、系统升级以及实施新系统的成本。

# 缺乏集成阻碍发展

## 优化数据流

差距较大、挑战较多，说明制造系统之间需要集成。

遗憾的是，大多数企业在创建和维护集成方面，仍需耗费大量精力。

当系统没有完全集成时，人工处理是不可避免的。此外还有其他问题，如：不同系统的数据会相互冲突。

## 与2020年相比没有改善

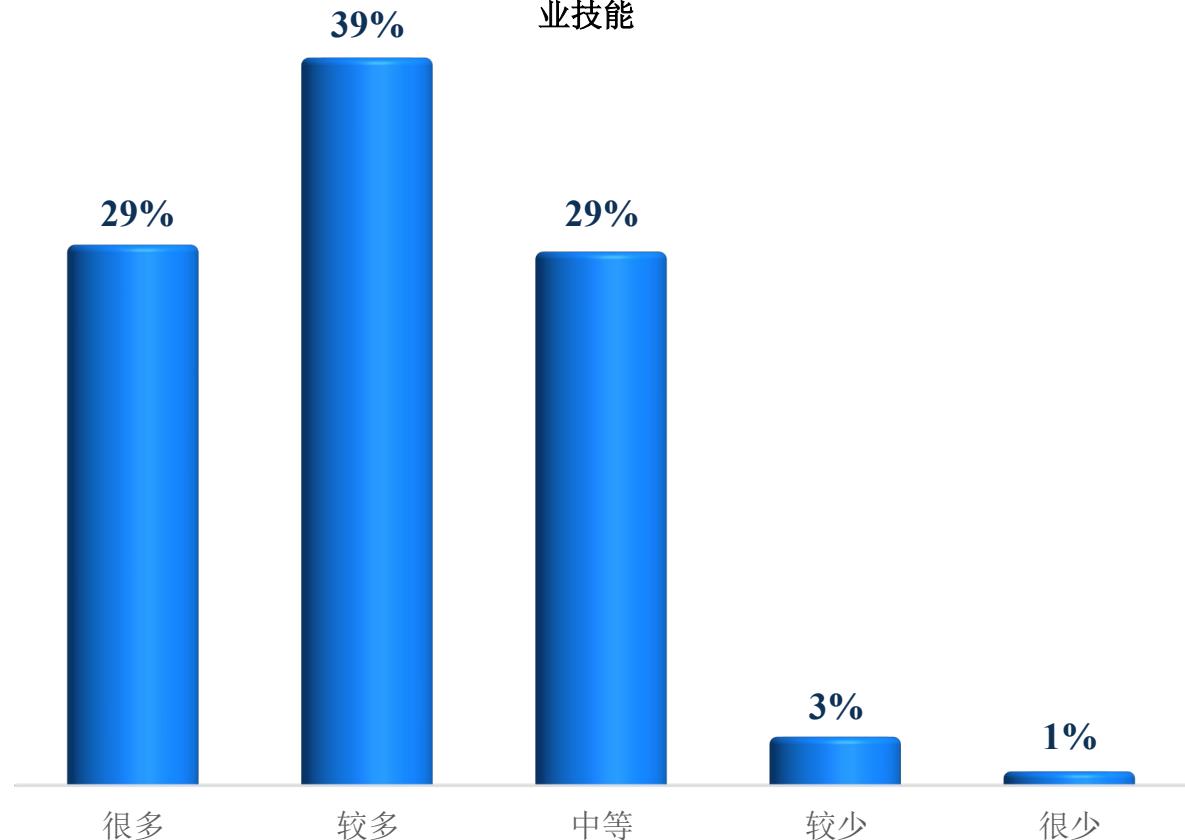
虽然企业正在向工业4.0迈进，但这并不是因为他们已经解决了集成问题。与上一次调查相比，本次调查的受访者大多认为集成是一项庞杂的工作。我们猜测，这是因为工业4.0项目正在推动他们更全面地进行集成，从而让企业更清晰地认识到了耗费的时间和精力。

## 可行的解决方案

许多企业都有单独的系统，功能包括跟踪、操作员指导或工作指导、质量、维护、排产、物联网和设备数据收集。

制造软件套件的功能越是全面，就越可能出现此类问题。如果单一系统就能处理这些问题，那么集成的难度就会小很多。

集成MES、质量、维护、排产、物联网和机器或设备数据，并且维护集成所需的时间、精力和专业技能



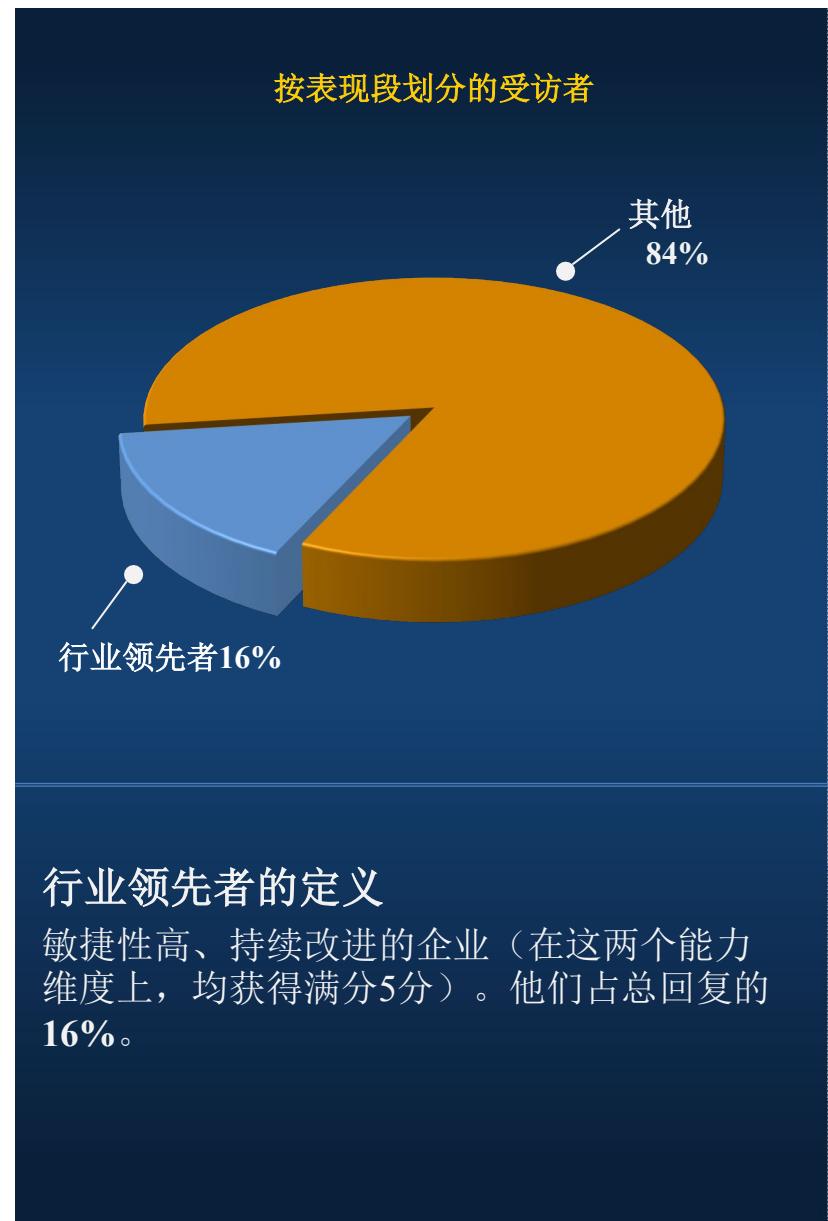
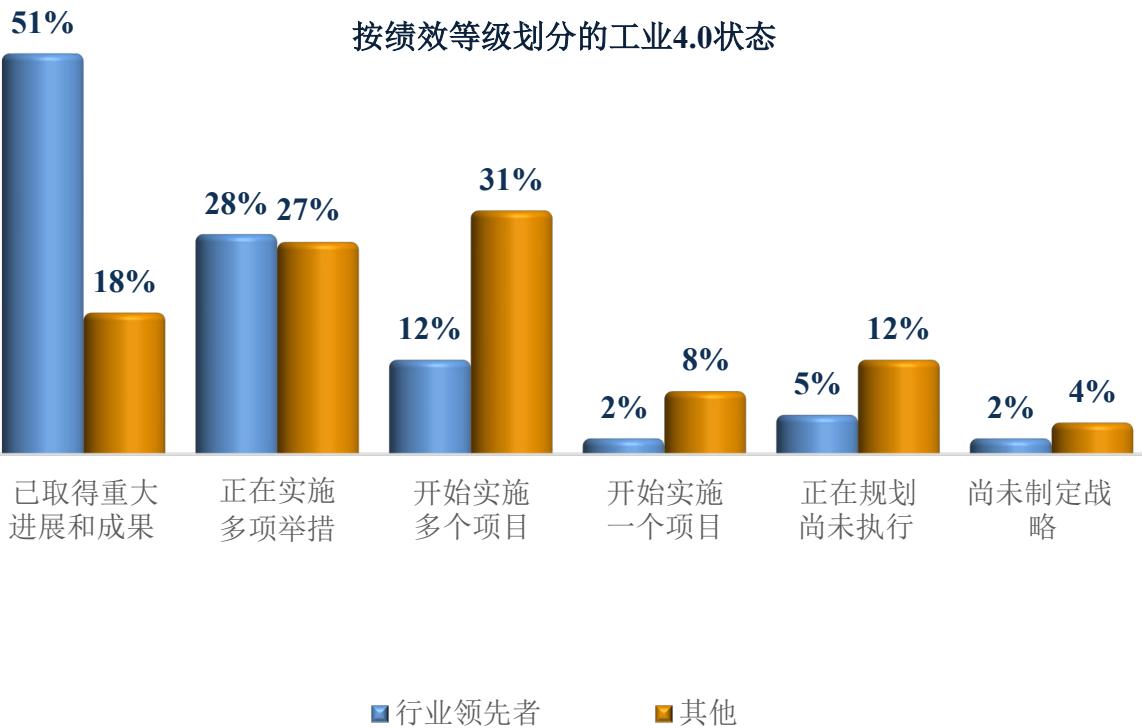
# 努力的成果：行业领先者

## 行业领先者引领前路

到目前为止，我们一直专注于迎接和克服通往成功之路上的挑战和障碍。一些公司正在取得显著的成功和快速的进展。侧边栏介绍了这些行业领先者。

## 工业4.0和数据管理进展

一半以上的行业领先者在工业4.0方面取得了重大进展，并且已初见成效。在这项研究中，他们还有许多将他们与其他企业区分开来的特征。下文将重点关注这些不同之处，以便每个人都可以思考如何在自己的公司里做出同样的成绩。



# 了解所有重要问题

按绩效等级划分，制造数据管理问题被评为“工业4.0成功的关键”



## 知识基础

工业4.0是一个愿景，这些行业领先者中的大多数都致力于实现这一愿景。为了达到目标，他们很可能要深入研究工业4.0要求的许多方面。教育和理解是工业4.0核心制造数据管理的重要起点。

## 不过度简化

如图所示，大多数行业领先者认为，我们提到的所有有关制造数据管理的问题，基本都是他们成功转型工业4.0的关键因素。大家的观念较为一致，这说明他们并没有试图只专攻一个方面或角度，他们知道需要统筹的方面很多。

# 启动解决问题的举措

## 确定目标后，果断采取行动

了解成功的因素是一回事，但采取行动解决问题又是另一回事。行业领先者更有可能具备解决他们认为引领工业4.0取得成功会遇到各方面的问题的能力。理解和采取行动之间总是有一定的滞后性，因此数字略低并不奇怪。

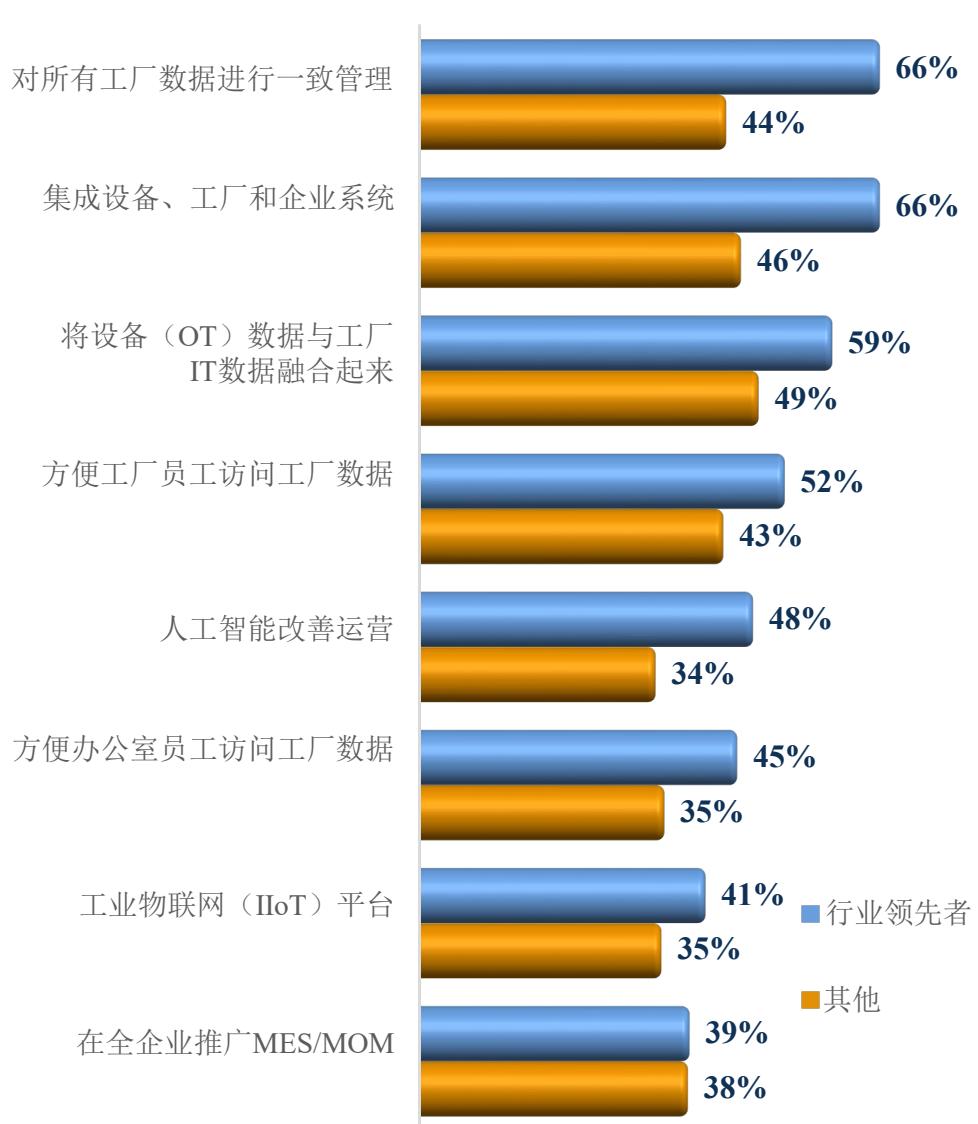
## 注重结果

最常见的四大举措均侧重于能力和集成。一致的制造数据管理、集成和数据访问项目能为工业4.0的成功奠定基础。将运营技术(OT)数据与工厂信息技术(IT)数据融合起来是数据管理的关键和具有挑战性的一面，其重点在于消除IT/OT鸿沟。

## 关键技术举措

针对特定技术的举措也很常见，如用于运营改进的人工智能、IIoT平台和MES/MOM推广。这些举措能够支持数据管理能力和员工对所需数据的访问。

## 按绩效等级划分的制造数据管理项目或举措



# 改进组织结构

## IT与OT的集成

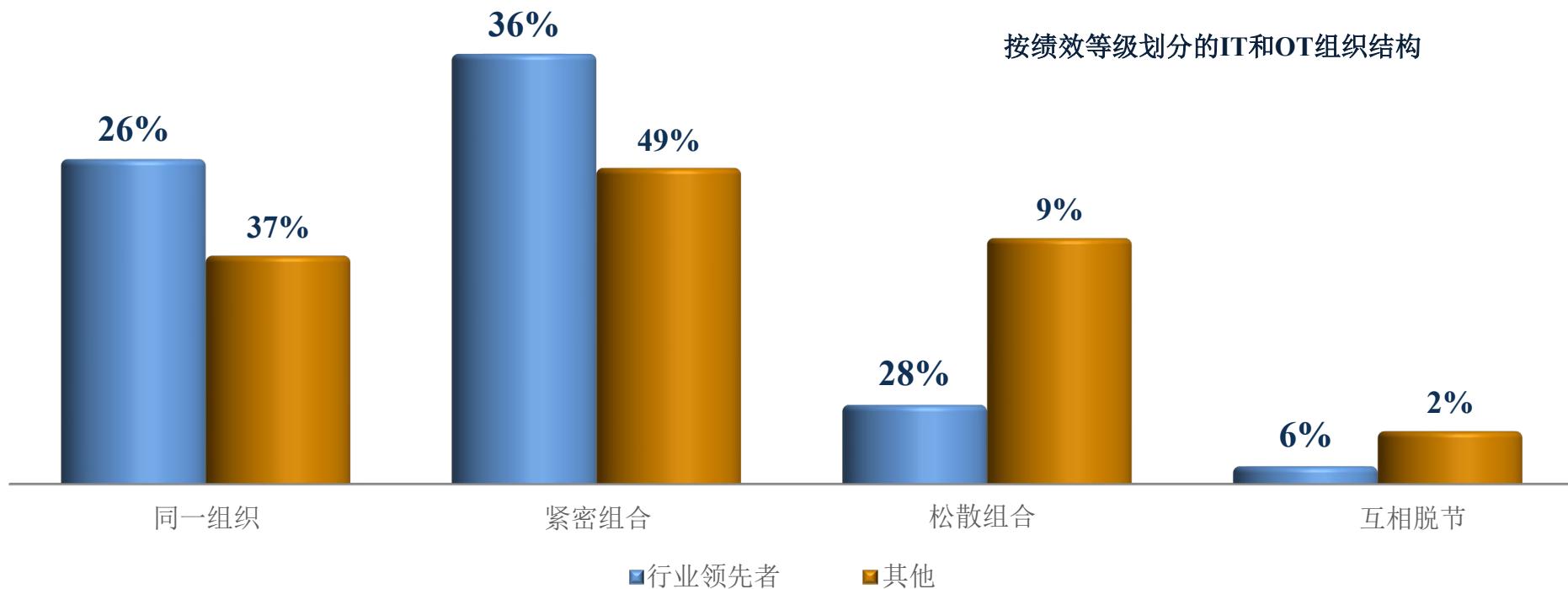
回顾历史，自动化或运营技术（OT）侧重于尽可能高效地保持生产流程的运转，而IT则侧重于技术本身的标准、升级和安全问题。数十年来，优先级和理解程度上的差异造成了分歧，这种分歧致使许多公司的OT团队有意让他们的IT团队远离工厂。这种做法已不再可行。

## 组合数据管理

当拥有IT和OT数据及流程的人员为同一个主管工作或紧密合作时，他们更有可能开始了解彼此的需求，并成功地将IT和OT数据相结合并一致且智能地管理数据。

## 随着时间的推移不断改进

自2020年以来，将IT和OT集成进一个组织的企业比例大幅增加（行业领先者比例分别为37%和20%，其他企业比例分别为26%和14%）。所有人都朝着工业4.0学习和迈进，因此这样的变化在情理之中。在新冠疫情期间，人们期望用最少的现场工作人员实现智能化运营，这可能也是推动变革的一股力量。



# 赢在人员配备

## 打造工业4.0团队

工业4.0通常又称为数字化转型，制造商要想取得成功，员工就必须经历一次这样的转型。如果目标是获得流畅的数据，将其置于上下文数据情境中，并利用人工智能或机器学习进行分析，那么就需要新员工来承担此前未出现过的新职责。

角色	行业领先者满员运作	行业领先者增编招人	其他企业满员运作	其他企业增编招人
数据科学家	38%	45%	18%	35%
数据工程师	48%	38%	26%	32%
MES专家	38%	45%	19%	37%
生产专家	48%	33%	26%	31%
IT/OT联络员	46%	41%	25%	30%
CDO/4.0 Lead	50%	40%	24%	26%
变革管理	46%	39%	24%	33%

# 弥补技能短缺



## 行业领先者人员配备更合理

我们询问了一些特定职位的人员配备情况。行业领先者更有可能为这些岗位配足人手或扩编招人。这些企业的能力出众，了解致胜工业4.0所需的各方面条件，因此比其他企业更能吸引人才。

## IT角色

第9页曾提到，第二大挑战是缺乏熟练的数据科学家和工程师。这两种角色对成功都至关重要，行业领先者在这方面的人员配备要比其他制造商完善得多。MES专家是我们熟悉的一个类别，但这种专家在全球范围内都很缺乏。IT和OT之间的联络可为尚未集成或已集成的团队提供支持。

## 其他技能

最高层是首席数字官或工业4.0领导者，他们负责制定工业4.0的愿景，确定活动和投资的优先次序。半数行业领先者为这些岗位配足了人员，比例是其他企业的两倍（24%）。许多制造商试图将工业4.0作为一个IT项目来推进，但收效甚微；现在他们明白了：生产专家是成功的关键。许多行业领先者发现的另一项支持他们转型的稀缺技能是变革管理。

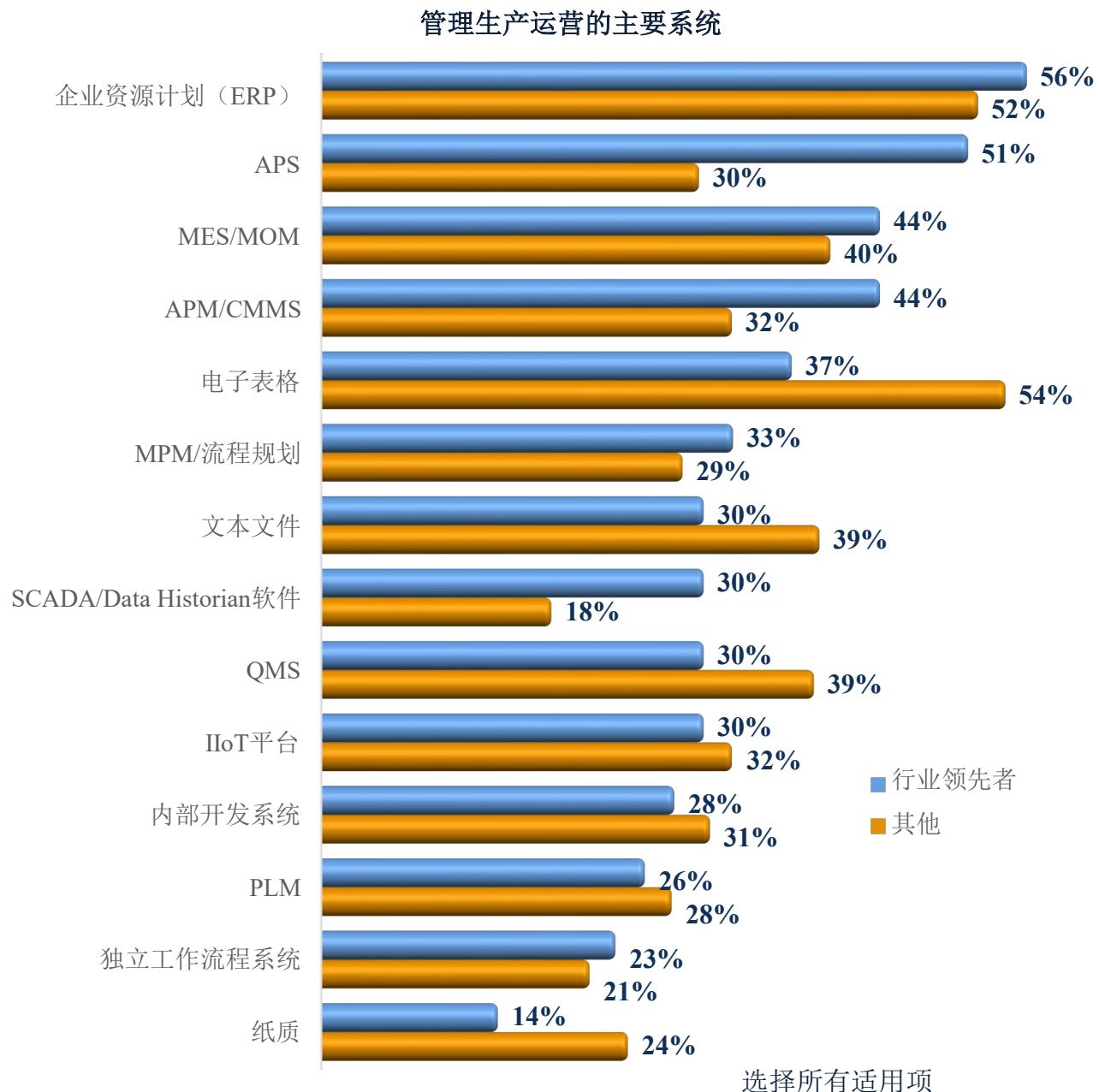
# 利用商业系统

## 软件支持

虽然工业4.0的转型需要组织、人员和流程的变革，但这些都是通过技术实现的。持续性的流程和举措在成功的专用系统已就位的情况下容易进行得多。如果软件足够灵活，能够支持持续改进，则效果会更好。

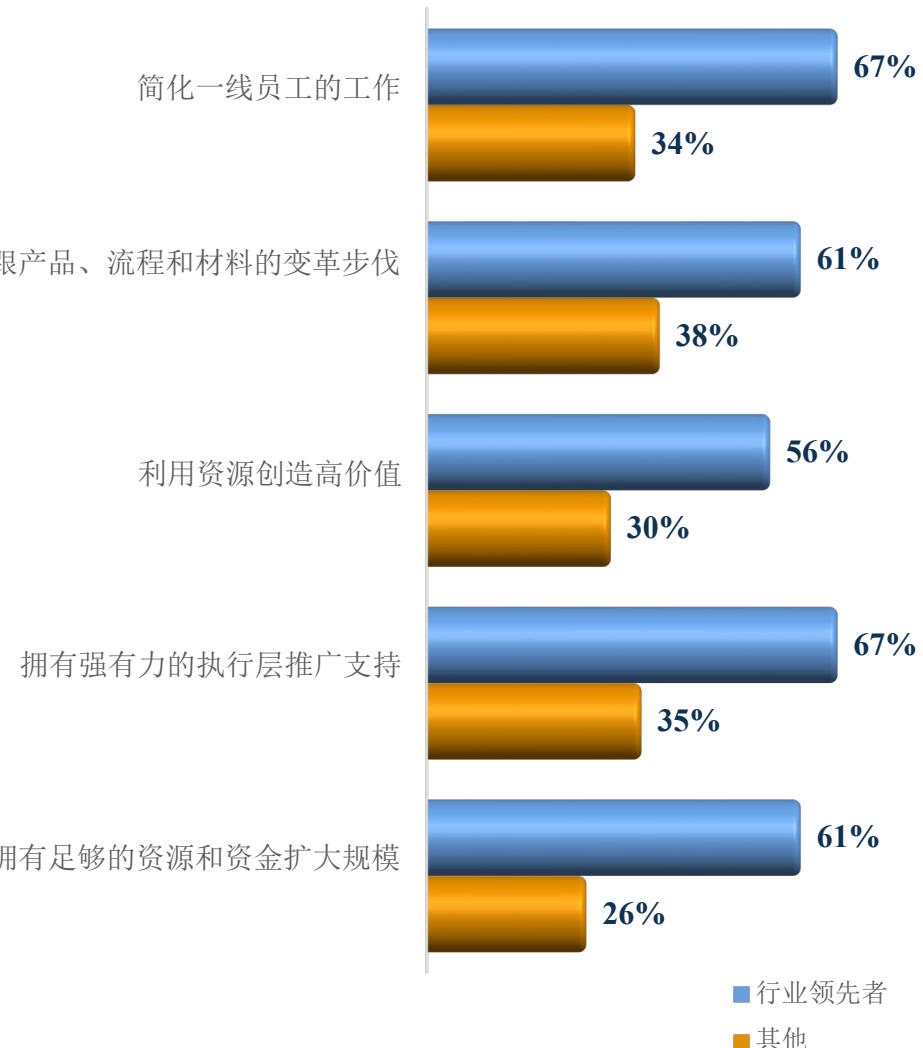
## 无纸化及更多亮点

行业领先者利用各种系统来管理其生产运营。与其他制造商相比，行业领先者不太可能使用纸质、文本文档、电子表格或本土系统。他们也较少使用以文档为中心的系统，如传统的质量管理系统（QMS）。



# 更好的MES提升体验

## MES得到强烈认可和良好背书



## MES的质量

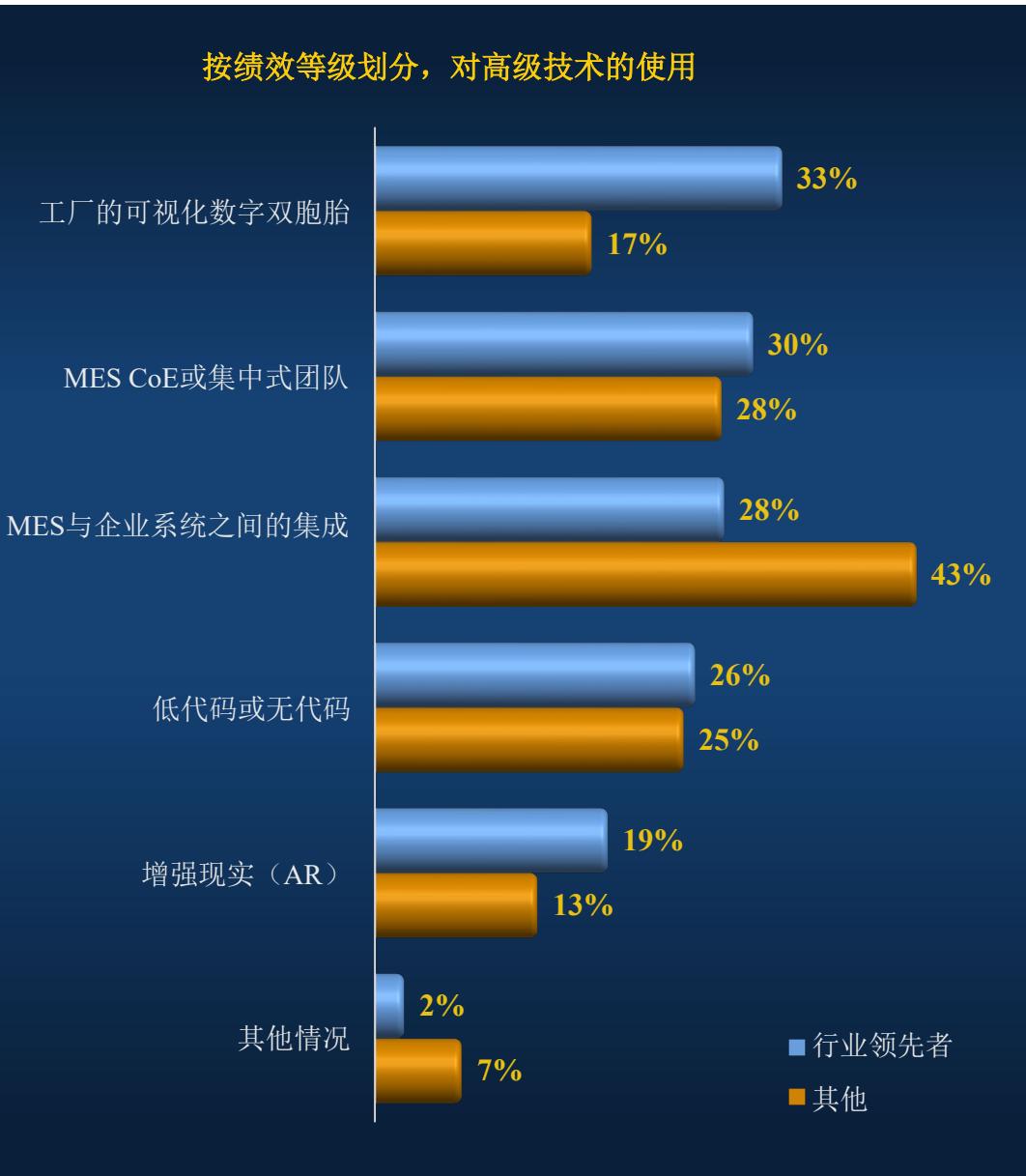
行业领先者使用MES的数量（44%）与其他制造商（40%）相似。然而，质量的差异却很大。行业领先者企业对MES的看法非常不同。似乎MES更有可能成为行业领先者受人重视的企业系统。

## 支持MES

超过三分之二的行业领先者感受到他们的MES拥有强有力的执行支持。超过60%的行业领先者则感觉到MES拥有足够的资源和资金来扩大规模。有了这些支持，他们更有可能成功扩大规模并进行推广。

## MES的优势

大多数人认为MES可简化一线工人工作，并带来高价值，因此自然会得到支持。面对制造业技能短缺的问题，MES必须确保工厂和IT人员得到充分利用。2020年以来的另一个明显趋势是：干扰和变化不仅没有减少，反而在增加。因此，MES能否做到与时俱进，也是成功的关键。



## 自动化、分析及更多

在我们的“高级技术”列表中，大多数行业领先者使用了多种技术。智能仪表自动化-用于制造数据管理的OT数据源名列榜首。高级分析，如AL和ML能以更自动化的方式分析各种数据，从而做出更好的决策。集成工厂数据存储可支持跨一个或多个站点进行一致的IT和OT数据管理。

例如包括仪表盘和高级分析工具等更多系统。IIoT平台可能内置于MES中，部分系统还包含低代码或无代码元素。

## 是否属于高级集成？

在我们列出的10种方法中，只有一项是其他制造商比行业领先者使用更多的方法，就是MES和企业系统之间的集成。这可能是因为，集成到ERP，甚至PLM、供应链和其他系统，对于更现代MES实施来说属于是既定的。

## 无需分离系统

请注意，这个问题询问的是关于高级技术和方法的使用。其中有些可能是同一系统或其他未命名系统的一部分。

# 获取业务能力

## 从实践中获益

行业领先者正在不断获得坚实的能力，这是他们采取举措、人员配备和技术投资的成果。正如他们在MES方面取得的成果一样，他们正在从各种各样的活动中获益价值。

## 满足当今需求

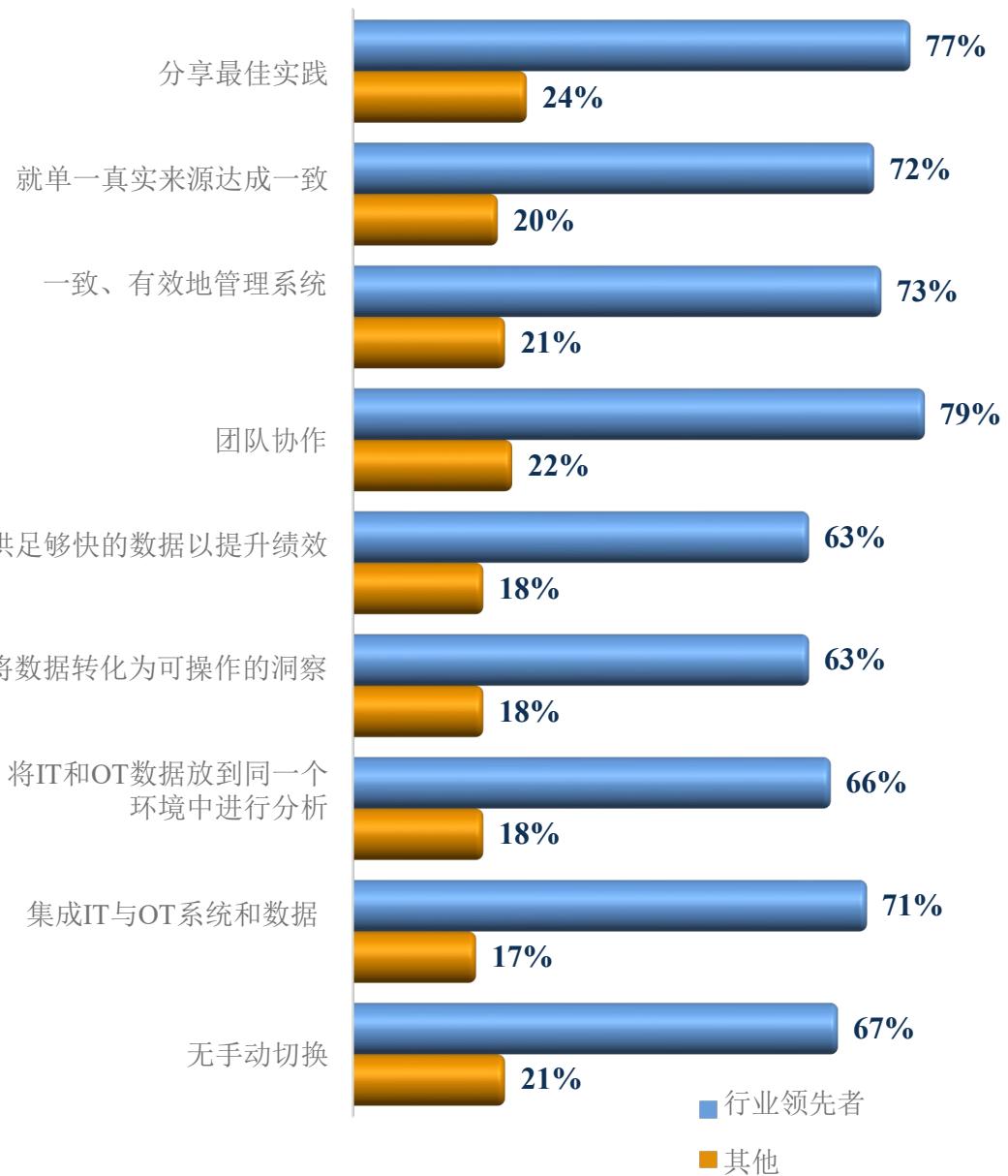
如前所述，准备好使用人工智能和高级分析来实现数据和行动之间的闭环是涉及多方面因素的，它需要能够足够快地捕获、商定和构建数据，从而影响生产绩效。分析是将数据和信息转化为洞察的关键步骤。采取行动时要求协作和共享最佳实践，并将其集成到相应的系统中。

## 行业领先者表现卓越

纵观各种数据管理能力和流程，大多数行业领先者将其能力评为“优秀”。这一占比相较于其他企业而言大不相同。行业领先者为：

- 在集成IT与OT数据和系统方面，其出色的表现可能性是其他企业的4倍
- 在制造数据管理和卓越运营的所有其他方面，其出色表现可能性是其他企业的3倍以上

## 按表现等级划分的卓越能力



## 一直在进步

持续改进能力是我们定义行业领先者的因素之一，此外还包括敏捷性。因此，毋庸置疑的是，这些行业领先者的大多数均表示其制造绩效指标都在不断地改善。在所有的调查结果中，大多数企业都表示在过去三年中，他们在我们列出的许多关键绩效指标（KPI）上的表现都有所提升。

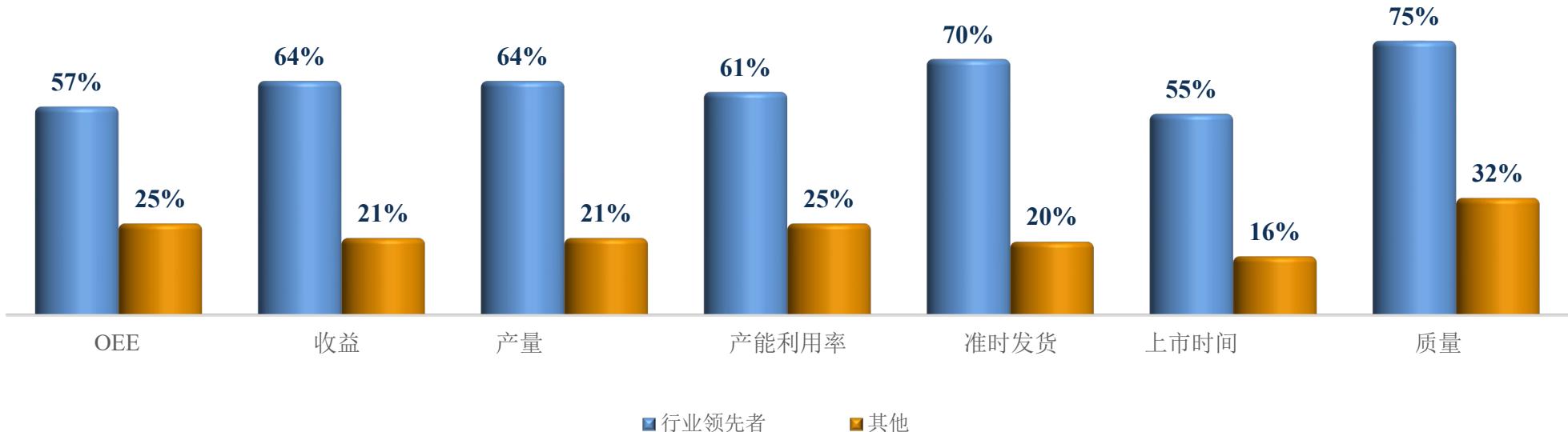
## 明显更好

行业领先者的不同之处在于，他们中的大多数都明显变得更好。（其他回答选项包括“更好”、“略好”、“无变化”或“更差”。）相比之下，其他企业中，只有不超过三分之一的企业在我们的每项关键绩效指标上都有明显改善。现在，显著改善的情况可能因起点而异。由于每家企业的生产运营情况都不尽相同，我们所能做的就是尽力改善，而显著改善与这些企业所报告的投资和能力情况相符。

## 攻坚克难

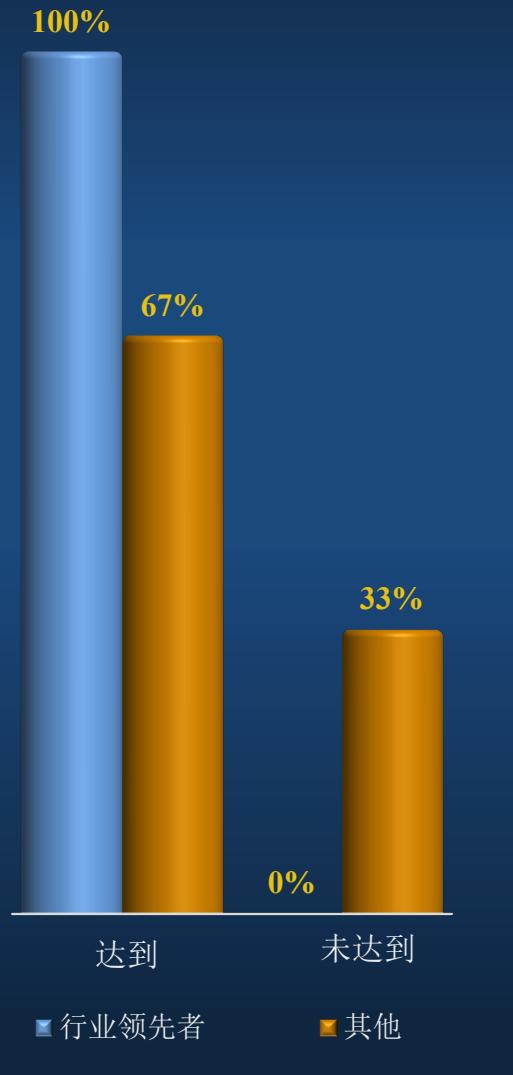
前面我们指出，本调查中的大多数企业都面临着材料短缺的问题，许多企业还面临着计划之外的需求模式和到期日压力。介于过去三年的全球形势以及新冠疫情肆虐、地缘政治动荡和冲突加剧以及自然灾害频发等对制造业的影响，KPI可能已说明盈利能力与灾难之间的区别。

按绩效等级划分，过去三年中绩效显著改善



# 实现降本目标

按绩效等级划分，实现成本降低目标



## 盈利能力取决于成本

所有制造商的首要目标都是盈利，而与定价相比，大多数企业更能干预的是成本。大多数企业都设定了产品和生产运营的成本目标。运营部门一直面临着实现或超额完成成本目标的压力，这意味着实际成本甚至要低于目标值。

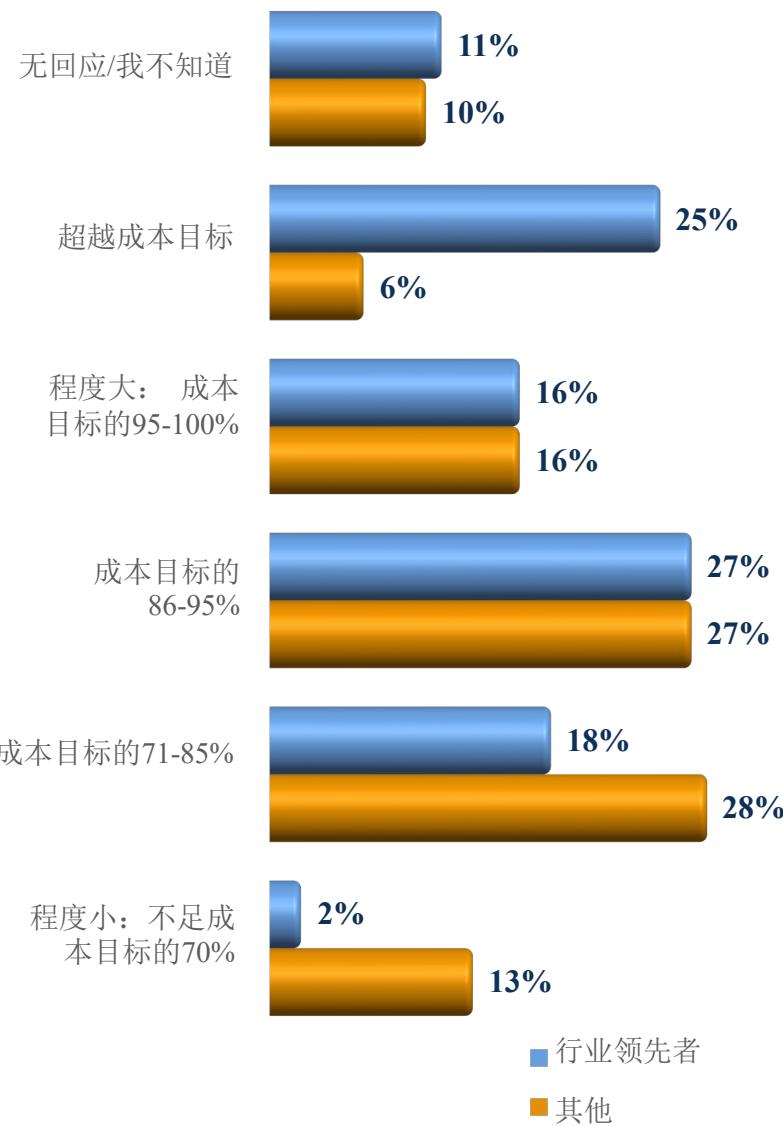
## 成本目标

过去的几年时局动荡，供应链问题频发，大多数企业都在努力控制成本。然而，四分之一的行业领先者不仅实现了成本目标，而且超额完成了目标。相比之下，这个比例在其他企业中只有6%。制造业关键绩效指标大幅改善后，企业有望利用更高的效率来抵消材料和其他成本。

## 降本目标

除总体成本目标外，许多企业还设定了降本目标。持续改进的另一项能力，便是实现降本目标的能力。几乎所有的行业领先者都实现了降本目标，而这个比例在其他企业只有三分之二（93%和57%）。

## 按绩效等级划分，实现成本降低目标的程度



# 为什么要进行制造数据管理？

## 智能投资

企业发现，要在工业4.0方面取得进展并获得优势，就必须掌握制造数据管理。从数据到信息、智能和可操作洞察，其中涉及数据管理的方方面面。理想情况下，这是一种支持生产运营和业务的一体化方法。

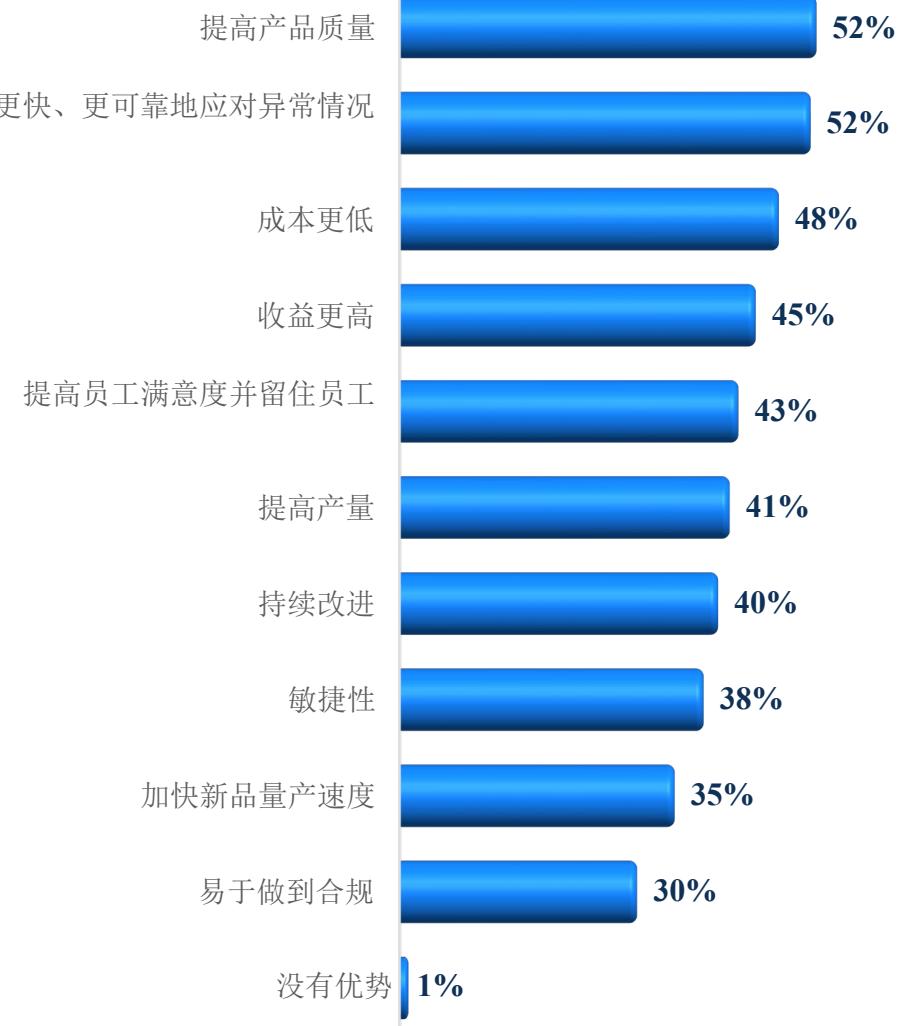
## 广泛的商业优势

我们想了解企业从更好、更统一的制造数据管理中获得或期望获得哪些优势。问题是：“您认为或期望从更好、更统一的工厂数据管理中获得哪些优势，这种工厂数据管理在上下文数据情景中提供OT和IT数据，可供即时分析和采取行动模式有哪些优势，或期望从中获得哪些优势？受访者可选择所有适用选项。受访者的选项较为分散，只有两个选项被超过半数的受访者选中：提高产品质量和更快、更可靠地应对异常情况。

## 人工智能和分析的基础

任何尝试过人工智能或高级分析项目的人人都知道，完善的数据管理是前提条件。制造数据管理的任何方面出现问题，都会影响分析结果和人工智能的工作质量。分析结果可用于深入了解所列的任何改进领域。

## 统一数据管理的优势



# 为什么要转向人工智能？



## 众多应用

这是人工智能的时代。正如人类智能可以解决许多问题一样，人工智能也可以。我们问：“贵企业预计在工厂中使用人工智能（AI）、机器学习（ML）、预测性分析或规范性分析等高级分析技术，能带来哪些优势？（列出所有流程、领域或学科）。如词云所示，大家提及的内容很多。

## 核心词汇

受访者认为最主要的优势围绕生产展开：质量、生产力、效率、产量、维护、安全、成本和控制。他们还提到了防错、速度和效率。此外，他们还提到了管理、培训、供应链、收入、工程变革、营销、欺诈检测和客户服务等整个业务领域的优势。

# 高级分析的部分优势 – 引言

## 预期优势

这些优势能减少开发新品时的信息误差，缩短产品从设计到上市的准备时间，并增加成功的机会。

企业使用高级分析工具的主要动机包括预测未来结果、为客户提供个性化体验、降低风险和应对挫折。

人工智能将大大提高数据和分析输出的速度和质量。它能降低达到相同分析质量所需的工作量。

我的企业已经在人工智能和机器学习方面取得了良好的成果和经验。

我们的分销额和销售额增长了37%。人工智能的实施效果非常好，对我们的企业来说它非常具有价值和重要性。

使用高级分析技术的企业可以迅速采取行动，并能更准确地预测未来结果。

我们希望几乎所有部门都能从中受益，包括信息技术、财务、人力资源和运营。它能帮助我们更好地管理流程，减少低效流程，避免影响利润。

减少人为错误、执行重复性工作、无偏见决策、数字协助、全天候可用性、零风险等。

为企业运作带来创新和动力。

减轻分析负担，实时无延迟行动。

有助于分析传感器数据、预测故障和事故、提高安全性并跟踪库存。

使用这些技术的成效显著。

人工智能和机器学习有助于监控环境条件，提醒工人注意潜在的健康和安全风险。

# 前进之路

## 下一步

本次调查中的制造商，包括行业领先者，都知道他们正处于一场持续向前发展的进程中。每家企业都必须问问自己，下一步该怎么走。不同企业的发展路径不尽相同，主要取决于企业的能力和流程状况。

## 建议

- 要认识到工业4.0是一段旅程，制造商只有在取得重大进展后才能从中受益。
- 面对复杂、不可预测的外部环境，企业应投资于内部理解、举措和项目、员工和技术。
- 确保从顶层到车间的每个人都了解工业4.0有许多成功的关键，一个核心要素是制造数据管理。
- 从各个方面评估您的数据管理不足，并着手加以改进。
- 不仅要通过数据流缺口确定项目的优先级，还要优先考虑有可能在公司范围内大幅提高收入和成本的项目。
- 评估具有更广泛功能的系统是否会减少您的集成资源和努力，同时仍然足够深入以满足您的需求。
- 对团队开展数据管理和分析的全面教育培训，确保他们了解项目如何融入更大的愿景中。
- 启动有助于您学习的举措和项目，需要行动力。
- 为一系列支持数据管理、人工智能和转型的新职位，打造具有吸引力的工作场所并进行人员配备。
- 加强对可能会取代本土系统、电子表格和Excel的商业技术的评估。
- 利用人工智能和分析工具提升效益，并重点关注对业务成功至关重要的领域。



## 数据收集

Tech-Clarity于2023年年初，通过直接发送电子邮件、社交媒体和在线问询等方式收集了调查问卷。Tech-Clarity收集并分析了300多份有关制造业的网络调查问卷。

## 行业

受访者主要代表离散制造业。排名前几位的依次是：占比23%的工业设备和机械行业，占比21%的汽车和运输行业，占比18%的电子和高科技行业，占比18%的建筑产品和制造行业，占比14%的医疗设备和生命科学行业，占比13%的消费品包装行业，占比11%的耐用品行业。<sup>\*</sup>

## 企业规模

受访者的企业规模呈钟形曲线分布，其中11%来自规模较小的企业（1亿美元以下），1亿至2.5亿美元的占15%，2.51亿至10亿美元的占31%，11亿至50亿美元之间的占25%，超过50亿美元的占17%。

企业规模以美元等值表示。

## 地理区域

受访企业的生产基地分布在北美（58%）、西欧（50%）、东欧（22%）、中国和东南亚以外的亚洲地区（20%）、东南亚（16%）、拉丁美洲（16%）、中国（11%）、澳大利亚（11%）、中东（9%）和非洲（6%）。<sup>\*</sup>

## 供应链角色

51%为原始设备制造商。27%为合同制造商，20%为子组件或零部件供应商，2%为其他。

## 角色

受访者中，35%为经理级，24%为总监级，20%为副总裁级，11%为高层，10%为团队领导、主管或个人。

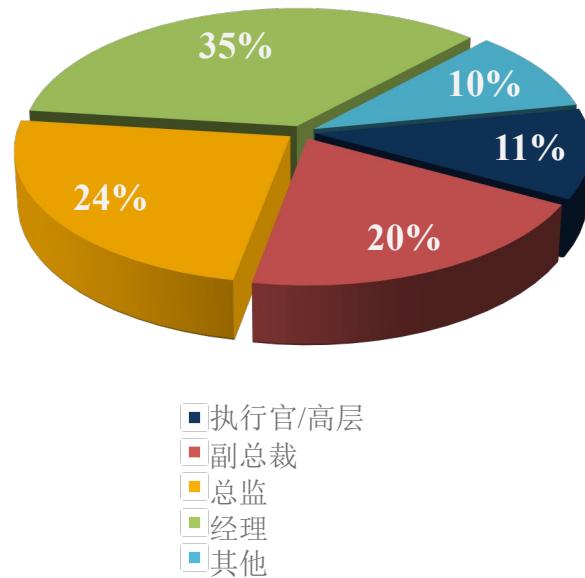
## 组织职能

在受访者中，15%的人从事制造工作；15%的人从事信息技术（IT）工作，13%的人从事运营技术（OT）工作，12%的人从事综合管理工作，12%的人从事制造IT工作。其余的受访者来自其他部门，包括产品设计、工厂管理、项目管理、产品管理、数据科学或工程、质量、设施工程和持续改进。

\* 请注意，由于企业在多个行业和地区开展业务，因此总值可能大于100%。

受访者的背景涉及众多行业、企业规模、地域、学科和角色。

按角色分类的受访者



# 致谢



## Julie Fraser

副总裁  
Tech-Clarity, Inc.

### 作者简介

Julie Fraser于2020年加入Tech-Clarity，已在制造软件行业深耕逾35年，经验丰富。她也是一位积极热情的研究员、作者兼演讲人。她对通过工业4.0战略和配套的软件技术取得制造进展和绩效增益充满着激情。

Julie正在积极研究制造业数字化转型和技术融合的影响，重点关注供应链和工厂车间，以及如何将制造数据与办公室、实验室和生态系统的数据结合使用。



Tech-Clarity.com



TechClarity.inc



@TechClarityInc



Tech-Clarity

### 参考资料

- 1) Fraser, Julie, "The Manufacturing Data Challenge" © 2020 Tech-Clarity, Inc.
- 2) 数据工程师和分析师的定义：
  - 数据工程师负责开发、构建、测试和维护数据库和大型处理系统等架构。
  - 数据科学家对（大）数据进行清理、加工和组织，以获得洞察。

Tech-Clarity版权声明，2023年 未经Tech-Clarity, Inc.明确及事先书面同意，严禁未授权使用和/或复制本材料。本电子书已授权给凯睿德制造使用。  
[www.criticalmanufacturing.com](http://www.criticalmanufacturing.com)



Critical  
manufacturing  
an ASMLT company