

与麦肯锡公司合作撰写



# 全球灯塔网络： 续写工业4.0新篇章

白皮书

2023年1月



# 目录

前言	3
执行摘要	4
1 全球灯塔网络: 影响力与日俱增	5
1.1 网络成员总数升至132家	5
1.2 多元化用例讲述转型故事	12
1.3 可持续灯塔: 制造业的“绿色标杆”	20
2 灯塔新篇章: 加速工业4.0规模化转型	22
2.1 规模化转型: 实现发展要务的重要抓手	22
2.2 规模化转型: 实现发展要务的重要抓手	24
2.3 书写规模化转型故事	25
3 规模化的领先灯塔: 走进达能、西普拉和美的	29
3.1 达能: 以人为本扩大转型影响	30
3.2 西普拉: 七大核心动能实现全网络规模化转型	31
3.3 美的: 以强大的数字化转型治理机制为支撑, 规模化推动工业4.0转型	32
3.4 共谱工业4.0续篇: 与灯塔企业并航追光	33
贡献者	34

## 免责声明

本文件由世界经济论坛发布, 作为对项目、洞察领域或交流互动的贡献。本文所展示的调查结果、解释和结论是合作的成果, 获得了世界经济论坛的助力和认可, 但并不一定代表世界经济论坛或其全体会员、合作伙伴或其他利益相关方的观点。

© 2023 年世界经济论坛。保留所有权利。  
严禁以任何形式或方式 (包括复印和刻录) 或通过任何信息存储和检索系统复制或传播本出版物的任何内容。

# 前言



**Francisco Betti**

世界经济论坛“先进制造业与价值链”平台总监，执行委员会成员



**Enno de Boer**

麦肯锡  
全球资深董事合伙人

2018年，来自公私部门的政商领袖齐聚达沃斯世界经济论坛年会，提出了“全球灯塔网络”倡议，旨在甄选全球的领先制造企业，以肯定他们作为先行者，在第四次工业革命（Fourth Industrial Revolution，简称4IR）创新中彰显出的领导力。自世界经济论坛牵头并联合麦肯锡启动倡议后，专家评委会经过层层遴选，最终从全球数千家制造企业中锁定了首批16家灯塔工厂。这其中既有优质蓝筹企业，也有员工不足百人的本土小型企业。转眼五年过去，全球灯塔网络接续发展，逐步壮大。如今，它已成为全球认可的大规模数字化转型推广加速平台，通过经验分享、交流协作，以及跨行业学习来加速工业4.0规模化转型。

截至目前，全球灯塔网络共有132名成员，包括13家在绿色可持续发展领域卓有建树的“可持续灯塔”。通过在自身生产网络和价值链上下游积极部署4IR技术，灯塔企业不仅成功提升了生产力，创造了更多价值，还为可持续发展奠定绿色土壤。他们用实践向我们证明，坚守愿景、拥抱创新、勇担责任就能书写转型奇迹。灯塔企业始终“笔耕不辍”，令第四次工业革命的“第一章”笔酣墨饱。一路走来，灯塔企业执笔长抒的规模化转型故事，已成为供后进者参考的珍贵航标，助其推动进展、化解挑战。“下一章”聚焦

在工厂、企业和价值链上下游实现工业4.0规模化转型，也是本期白皮书的重点内容。我们认为，前路虽雄关漫漫，但精彩可期。

单一工厂层面的转型已经证实了4IR技术的巨大潜力，不少工厂都在产量、成本和交付时间等关键指标上实现了两位数的优化或提升。然而，企业若想让提升生产力、推进可持续发展、加码韧性这三大发展要务落实落细，便亟需在整个生产网络和端到端价值链实现规模化转型。这涉及企业的多个生产基地及成千上万名员工的转型是挑战也是机遇。此外，规模化转型还意味着将4IR技术扩展到上游供应商和下游客户，且覆盖研发、采购和物流等新职能。员工参与在此战略中举足轻重，是推进4IR技术的持续关键力量。

我们深度提炼总结了全球约132家灯塔成员的转型故事，其中的宝贵洞见已纳入本期全球灯塔网络最新的白皮书中。我们的调研结果表明，合理规划时间、持续关注资源分配和技术部署是灯塔加速规模化的关键。五年过去，扬帆远航的灯塔企业已为其他追随者照亮变革之路，引导他们在风暴中把握正确航向。制造企业若能充分借鉴灯塔企业的用例与方法，随航标而行，定能乘第四次工业革命之东风，充分释放自身潜力。

# 执行摘要

2018年，世界经济论坛牵头并联合麦肯锡启动了“全球灯塔网络”倡议。五年来，灯塔网络汇聚了一批来自各地各业的领先制造企业，在第四次工业革命技术的赋能下，积极推动工厂、价值链和商业模式的规模化转型。他们力抗不断演变的挑战，部署了139个用例，在财务、运营和可持续性指标上实现了两位数的提升。

第四次工业革命新篇章的主题是在整个生产网络和端到端价值链加速工业4.0技术规模化转型。但翻开新篇，迎面而至的，是气候变化、通货膨胀、能源价格飙升、供应链动荡和人才短缺等全球挑战。在此背景下，我们对全球来自不同行业的多家制造企业（包括灯塔与非灯塔企业）展开了调研，以深度洞悉其发展要务和实现手段。调研结果显示，生产力提升、可持续发展和加码韧性是各地各业受访者的头三大要务，而加速技术规模化转型是实现上述目标的重要抓手。

然而，规模化绝非易事。虽然大部分制造企业已走出试点陷阱多年，但能快速部署用例，转“愿景”为“现实”的企业仍相对较少。同理，企业若想跨越单一工厂，在整个生产网络中推广4IR技术，定将经受更多淬炼。与受访的非灯塔制造企业相比，灯塔企业更清楚成功的必要条件，对转型所需时间的评估也更为合理。这种认知上的差异带来了灯塔和非灯塔企业间的差距：88%的灯塔企业称，他们已如期或提前将4IR技术扩展到了生产网络的至少一半以上；而在受访的非灯塔企业中，如期实现目标的只有60%，提前完成的则为零。综上所述，当企业开始数字化转型之旅时，需要合理预判用时，并将各种意外因素提前纳入考量。在受访的非灯塔企业中，只有平均7%的企业内生产网络实现了4IR技术部署。相比之下，灯塔企业则达到了平均20%。

当被问及工业4.0规模化转型的主要掣肘因素时，多数非灯塔企业称，组织亟待加强领导层支持和投资力度，而更多灯塔企业则认为战略的缺乏是主要掣肘因素。围绕工业4.0规模化转型的核心动能这一问题，灯塔和非灯塔企业也有着截然不同的回答。绝大多数灯塔企业认为，员工参与和转型办公室是推动转型的首要动能。

很显然，两者对规模化问题的认知存在显著差异。非灯塔企业若能追随灯塔先辈留下的航标，与灯塔企业同向而行，并航追光，便能绕开暗礁，加速转型。为此，非灯塔企业需要明确推动转型的三大抓手。一是明确战略目标。缺乏由价值驱动清晰的战略，企业易在纷繁多样的用例与技术可能性中囿于“试点陷阱”；二是投资人力资本。缺乏确切的资源支撑和能力根基，转型将很快丧失动能；三是打造治理架构。缺乏有效的价值保障、治理框架以及执行动力，企业无法捕获转型潜力，实现转型落地。灯塔企业的案例无一不表明，上述抓手的助力能够成功加速技术规模化。

第四次工业革命已开启新篇。在端到端价值链实现规模化转型，让4IR技术覆盖上游供应商、下游客户和组织新职能，将成为制造企业下一章节的关注焦点。面向未来，企业需要再使劲，使巧劲，携责任同行，引领制造业可持续转型，在兼顾生产效率和可持续性提升的同时，提高员工参与度。我们在此呼吁世界各地的制造企业加入全球灯塔网络，或“以史为鉴，取长补短”，或“以己之力，促己之为”，聚焦变革之路，共谱转型华章。

1

# 全球灯塔网络： 影响力与日俱增

## 工业4.0转型加速规模化, 推动全球灯塔网络不断扩容

第四次工业革命开始后, 世界经历了天翻地覆的变化。2018年, 随着首批灯塔的甄选, 工业4.0转型的成果展开序幕。

每年, 我们都会深入分析灯塔企业的成功故事, 识别领先企业脱颖而出的秘诀。灯塔企业的转型经验告诉我们, 加速规模化转型是不变的制胜关键。当然, 面对日新月异的外部挑战, 制造企业也需灵活调整方式方法, 以保持强劲的增长势头。

众所周知, 若想在催生价值的同时坚持可持续发展, 制造企业需要着眼本地、放眼全球。全球灯塔网络的成员用亲身经历告诉我们, 4IR技术及相关工作模式能助力制造企业制胜内外, 以强大的韧性面对生产网络的变化与重构。

### 1.1 网络成员总数升至132家

2018年至今, 独立的专家评审团已甄选出了132家灯塔成员, 覆盖消费品行业、流程工业、先进工业, 以及医药和医疗产品。其中, 2022年新增29家灯塔和7家可持续灯塔。

在第四次工业革命技术的助力下, 网络成员不仅极大提升了可持续性和生产效率, 还在敏捷度、上市速度、定制化等关键指标上创造了巨大价值。



图 1 | 截至2023年1月，全球灯塔网络共有132名成员



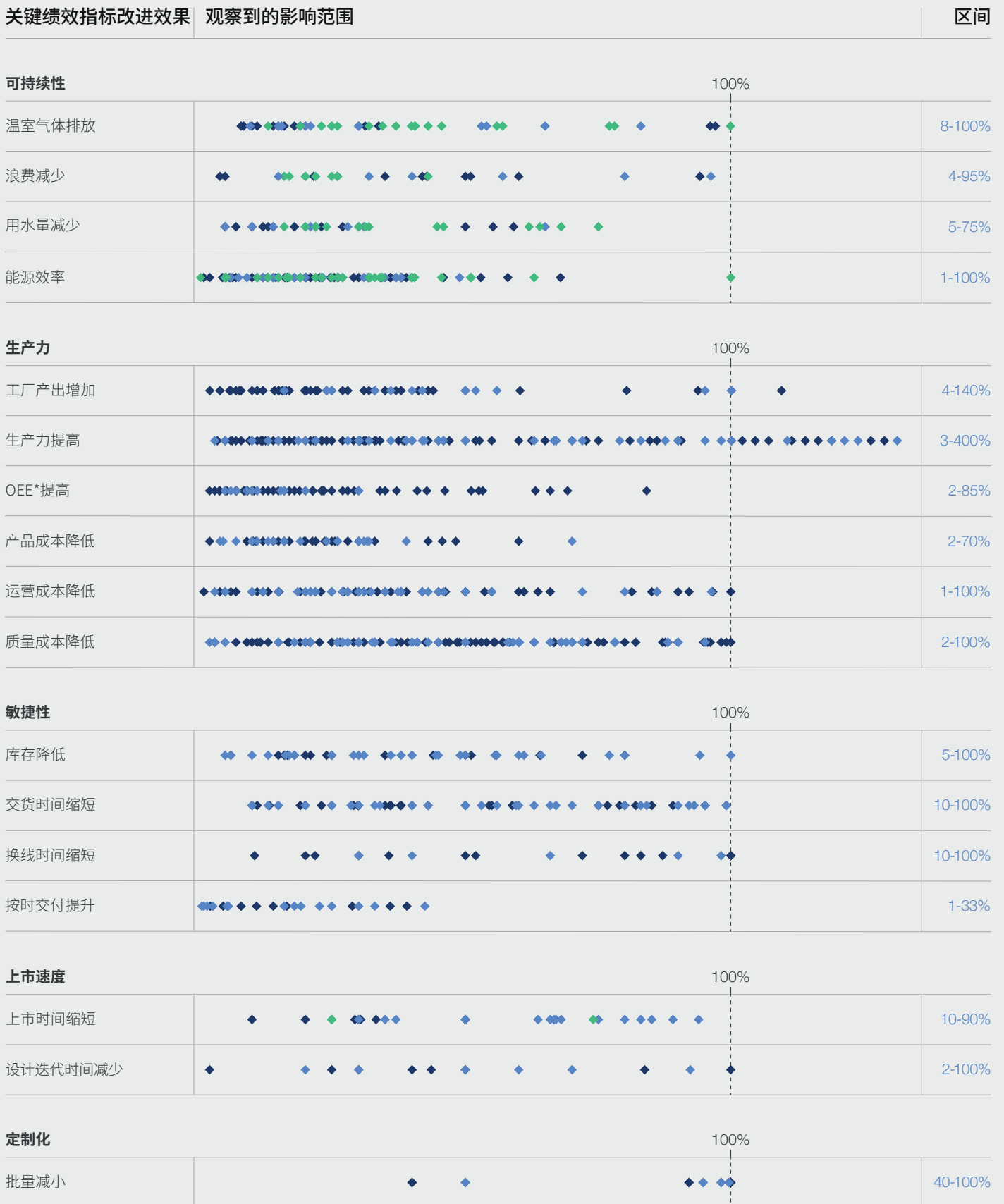
- 现有灯塔
- 新增灯塔
- 现有可持续灯塔
- 新增可持续灯塔

## 2022年新增灯塔

- |  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <p>1<br/><b>LG电子</b><br/>克拉克斯维尔, 美国</p>      | <p>11<br/><b>亿滋</b><br/>斯里城, 印度</p>    | <p>21<br/><b>海尔</b><br/>青岛, 中国</p>       | <p>1<br/><b>伟创力</b><br/>索罗卡巴, 巴西</p>      |
| <p>2<br/><b>联合利华</b><br/>因达亚图巴, 巴西</p>       | <p>12<br/><b>瑞迪博士</b><br/>海得拉巴, 印度</p> | <p>22<br/><b>西部数据</b><br/>上海, 中国</p>     | <p>2<br/><b>西门子</b><br/>安贝格, 德国</p>       |
| <p>3<br/><b>伟创力</b><br/>索罗卡巴, 巴西</p>         | <p>13<br/><b>宁德时代</b><br/>宜宾, 中国</p>   | <p>23<br/><b>亿滋</b><br/>苏州, 中国</p>       | <p>3<br/><b>Arçelik</b><br/>乌尔米, 罗马尼亚</p> |
| <p>4<br/><b>可口可乐</b><br/>巴利纳, 爱尔兰</p>        | <p>14<br/><b>三一重工</b><br/>长沙, 中国</p>   | <p>24<br/><b>上海华谊新材料</b><br/>上海, 中国</p>  | <p>4<br/><b>联合利华</b><br/>达帕达, 印度</p>      |
| <p>5<br/><b>MantaMESH</b><br/>弗勒特施泰特, 德国</p> | <p>15<br/><b>纬创资通</b><br/>中山, 中国</p>   | <p>25<br/><b>日月光半导体</b><br/>高雄, 中国台湾</p> | <p>5<br/><b>西部数据</b><br/>上海, 中国</p>       |
| <p>6<br/><b>达能</b><br/>奥波莱, 波兰</p>           | <p>16<br/><b>工业富联</b><br/>深圳, 中国</p>   | <p>26<br/><b>西部数据</b><br/>邦芭茵, 泰国</p>    | <p>6<br/><b>海尔</b><br/>天津, 中国</p>         |
| <p>7<br/><b>博世</b><br/>布尔萨, 土耳其</p>          | <p>17<br/><b>美的</b><br/>佛山, 中国</p>     | <p>27<br/><b>安捷伦科技</b><br/>新加坡</p>       | <p>7<br/><b>美光</b><br/>新加坡</p>            |
| <p>8<br/><b>西普拉</b><br/>印多尔, 印度</p>          | <p>18<br/><b>联想</b><br/>合肥, 中国</p>     | <p>28<br/><b>西部数据</b><br/>内湖, 菲律宾</p>    |   |
| <p>9<br/><b>CEAT</b><br/>哈洛尔, 印度</p>         | <p>19<br/><b>海尔</b><br/>合肥, 中国</p>     | <p>29<br/><b>宝洁</b><br/>高崎, 日本</p>       |   |
| <p>10<br/><b>强生消费品医疗</b><br/>穆兰得, 印度</p>     | <p>20<br/><b>联合利华</b><br/>天津, 中国</p>   |  |   |

资料来源: 世界经济论坛全球灯塔网络

图 2 依托工业4.0技术,灯塔企业在运营表现和可持续性等方面取得了显著成效



◆ 可持续灯塔      ◆ 单体灯塔      ◆ 端到端灯塔

\*设备综合效率

资料来源: 世界经济论坛全球灯塔网络, 2022

图 3 全球灯塔网络:一个覆盖各行各业的多元化网络



### 消费品行业

- 阿里巴巴**  
服饰, 杭州, 中国
- 可口可乐**  
饮料, 巴利纳, 爱尔兰
- 达能**  
食品, 奥波莱, 波兰
- 汉高**  
家居 / 织物护理产品, 杜尔塞多夫, 德国

- 汉高**  
家居 / 织物护理产品, 蒙托尔内斯, 西班牙
- 汉高**  
家居 / 织物护理产品, 托卢卡, 墨西哥
- 亿滋**  
食品, 斯里城, 印度
- 亿滋**  
食品, 苏州, 中国

- 宝洁**  
织物护理产品, 亚眠, 法国
- 宝洁**  
个人护理, 广州, 中国
- 宝洁**  
织物护理产品, 莱马, 美国俄亥俄州
- 宝洁**  
家居 / 织物护理产品, 拉科纳, 捷克
- 宝洁**  
个人 / 织物护理产品, 太仓, 中国

- 宝洁**  
家居 / 织物护理产品, 高崎, 日本
- 青岛啤酒**  
饮料, 青岛, 中国
- 联合利华**  
织物护理产品, 达帕达, 印度
- 联合利华**  
个人护理产品, 迪拜, 阿联酋
- 联合利华**  
护理产品, 合肥, 中国

- 联合利华**  
织物护理产品, 因达亚图巴, 巴西
- 联合利华**  
食品, 太仓, 中国
- 联合利华**  
食品, 天津, 中国



### 流程工业

- 宝钢**  
钢铁制品, 上海, 中国
- DCP Midstream**  
油气, 丹佛, 美国
- 上海华谊新材料**  
化工, 上海, 中国

- MODEC**  
油气, 里约热内卢, 巴西
- Petkim**  
化学品, 伊兹密尔, 土耳其
- Petrosea**  
采矿, 塔邦, 印度尼西亚

- 浦项制铁**  
钢铁制品, 浦项, 韩国
- Renew Power**  
可再生能源, 胡布利, 印度
- 沙特阿美**  
油气, 布盖格, 沙特阿拉伯

- 沙特阿美**  
油气, 胡赖斯, 沙特阿拉伯
- 沙特阿美**  
油气, 奥斯曼尼耶, 沙特阿拉伯
- STAR炼油厂**  
油气, 伊兹密尔, 土耳其

- 塔塔钢铁**  
钢铁制品, 艾默伊登, 荷兰
- 塔塔钢铁**  
钢铁制品, 詹谢普尔, 印度
- 塔塔钢铁**  
钢铁制品, Kalinganagar, 印度



### 先进工业

- 日月光半导体**  
半导体, 高雄, 中国台湾
- 爱科**  
农业设备, 马克特奥伯多夫, 德国
- Arçelik**  
家用电器, 埃斯基谢希尔, 土耳其
- Arçelik**  
家用电器, 乌尔米, 罗马尼亚
- 友达光电**  
光电子产品, 台中, 中国台湾
- 宝马集团**  
汽车, 雷根斯伯格, 德国
- 京东方**  
光电子产品, 福州, 中国
- 博世**  
汽车, 布尔萨, 土耳其
- 博世**  
汽车, 长沙, 中国
- 博世**  
汽车, 苏州, 中国
- 博世**  
汽车, 无锡, 中国
- 宁德时代**  
电子设备, 宁德, 中国
- 宁德时代**  
电子设备, 宜宾, 中国
- CEAT**  
汽车, 哈洛尔, 印度
- 中信戴卡**  
汽车, 秦皇岛, 中国
- 丹佛斯**  
工业设备, 天津, 中国

- 德龙集团**  
家用电器, 特雷维索, 意大利
- 爱立信**  
电子设备, 路易斯维尔, 美国得克萨斯州
- UPS参股的Fast Radius**  
增材制造, 芝加哥, 美国伊利诺伊州
- 伟创力**  
电子设备, 阿尔特霍芬, 奥地利
- 伟创力**  
电子设备, 索罗卡巴, 巴西
- 福田奥特桑**  
汽车, 科贾埃利, 土耳其
- 福田康明斯**  
汽车, 北京, 中国
- 富士康**  
电子设备, 成都, 中国
- 工业富联**  
电子设备, 深圳, 中国
- 工业富联**  
电子设备, 深圳, 中国
- 富士康**  
电子设备, 武汉, 中国
- 富士康**  
电子设备, 郑州, 中国
- 雷诺集团**  
汽车, 克里昂, 法国
- 雷诺集团**  
汽车, 库里提巴, 巴西
- 雷诺集团**  
汽车, 莫伯日, 法国

- 海尔**  
家用电器, 合肥, 中国
- 海尔**  
家用电器, 青岛, 中国
- 海尔**  
家用电器, 青岛, 中国
- 海尔**  
家用电器, 沈阳, 中国
- 海尔**  
家用电器, 天津, 中国
- 海尔**  
家用电器, 郑州, 中国
- 日立**  
工业设备, 日立, 日本
- 惠普**  
电子设备, 新加坡
- 英飞凌**  
半导体, 新加坡
- 群创光电**  
光电子产品, 高雄, 中国台湾
- 联想**  
电子设备, 合肥, 中国
- LG电子**  
电子设备, 克拉克维尔, 美国田纳西州
- LG电子**  
电子设备, 昌原, 韩国
- LS电气**  
电子元件, 清州, 韩国
- MantaMESH**  
工业设备, 弗勒特施泰特, 德国

- 美光**  
半导体, 新加坡
- 美光**  
半导体, 台中, 中国台湾
- 美的**  
家用电器, 佛山, 中国
- 美的**  
家用电器, 广州, 中国
- 美的**  
家用电器, 合肥, 中国
- 美的**  
家用电器, 荆州, 中国
- 美的**  
家用电器, 佛山, 中国
- 诺基亚**  
电子设备, 奥卢, 芬兰
- 菲尼克斯电气**  
工业自动化产品, 布隆贝格, 德国
- Protolabs**  
增材制造, 普利茅斯, 美国明尼苏达州
- Rold**  
电子元件, 切罗马焦雷, 意大利
- 上汽大通**  
汽车, 南京, 中国
- Sandvik Coromant**  
工业设备, Gimo, 瑞典
- 三一重工**  
工业设备, 北京, 中国
- 三一重工**  
工业设备, 长沙, 中国

- 施耐德电气**  
电子元件, 巴淡岛, 印度尼西亚
- 施耐德电气**  
电子元件, 海得拉巴, 印度
- 施耐德电气**  
电子元件, 勒沃德勒伊, 法国
- 施耐德电气**  
电子元件, 莱克星顿, 美国肯塔基州
- 施耐德电气**  
电子元件, 无锡, 中国
- 西门子**  
工业自动化产品, 安贝格, 德国
- 西门子**  
工业自动化产品, 成都, 中国
- 潍柴**  
工业机械, 潍坊, 中国
- 西部数据**  
电子设备, 邦芭茵, 泰国
- 西部数据**  
电子设备, 槟城, 马来西亚
- 西部数据**  
电子设备, 曼谷, 泰国
- 西部数据**  
电子设备, 上海, 中国
- 纬创资通**  
电子设备, 昆山, 中国
- 纬创资通**  
电子设备, 中山, 中国

资料来源: 世界经济论坛全球灯塔网络

图 3 全球灯塔网络:一个覆盖各行各业的多元化网络(接上页)



## 医药和医疗产品

**安捷伦科技**  
医疗设备, 新加坡

**拜耳**  
制药部门, 加巴纳特, 意大利

**西普拉**  
制药, 印多尔, 印度

**瑞迪博士**  
制药, 海得拉巴, 印度

**通用电气医疗**  
医疗设备, 日野, 日本

**葛兰素史克**  
制药, 韦尔, 英国

**强生消费品医疗**  
个人护理品, 曼谷, 泰国

**强生消费品医疗**  
个人护理品, 赫尔辛堡, 瑞典

**强生消费品医疗**  
个人护理品, 穆兰得, 印度

**强生旗下德普辛迪斯**  
医疗设备, 布里奇沃特, 美国新泽西州

**强生旗下德普辛迪斯**  
医疗设备, 科克, 爱尔兰

**强生旗下德普辛迪斯**  
医疗设备, 苏州, 中国

**强生旗下杨森制药**  
制药, 科克, 爱尔兰

**强生旗下杨森制药**  
制药, 拉蒂纳, 意大利

**强生视力健**  
医疗设备, 杰克逊维尔, 美国佛罗里达州

**强生视力健**  
医疗设备, 伦敦, 英国

**诺和诺德**  
制药, 希勒勒, 丹麦

**赛诺菲**  
制药, 巴黎, 法国

**梯瓦制药**  
制药, 阿姆斯特丹, 荷兰

**Zymergen 生物科技公司**  
生物技术, 爱莫利维尔, 美国加利福尼亚州

资料来源: 世界经济论坛全球灯塔网络



图 4 | 灯塔工厂共部署了139个用例，侧重单个工厂或端到端价值链 (1/2)

## 灯塔工厂用例:单个工厂内部

### 数字装配与加工

工艺装备增材制造	人工智能驱动的过程控制	通过对线路PLC*进行大数据分析来优化周期时间	数字化赋能的柔性制造	通过混合现实实现数字培训
应用于流程优化的高阶工业物联网	材料处理自动化	数字工程	数字化赋能的模块化生产配置	用于制造关键零件的实时定位系统 (RTLS)
人工智能引导的机器性能优化	工具设计自动化	数字化精益工具 (例如, 电子看板)	数字化赋能的可变生产节拍时间	维修过程自动化
人工智能驱动的材料处理系统	协作机器人和自动化	使用数字孪生进行柔性生产	指示灯引导组装顺序	生产线平衡管理自动化

### 数字设备维护

识别偏差根因的分析平台	数字化赋能的管道泄漏预防和检测	基于历史和传感器数据的预见性维护数据整合	使用增强现实来进行远程支持
通过传感器分析实现操作的成本优化	机器报警集成, 实现报警的优先级判定和根因分析来支持解决问题	基于边缘传感器的实时综合成本优化	用无人驾驶车辆进行检测

### 数字化绩效管理

用于远程生产优化的高阶分析平台	数字工具来增强员工之间的互联	将机器数据与企业软件连接的集成平台	分析技术驱动的自然风险预测 数字仪表盘监测OEE性能
用于良率管理和根因分析的高阶分析平台	用于远程生产优化的数字孪生	实时资产性能监控和可视化	
用于监控OEE的数字看板	数字化赋能的人机匹配	基于传感器的生产KPI报告	
专为车间设计的数字化招聘平台	企业生产智能系统升级进行运营管理	智能劳动力提升工具	

### 数字质量管理

人工智能赋能的安全管理	数字线程赋能的自动检测	数字化赋能的质量故障诊断	物联网赋能的制造质量管理	扫描以替换并提高高成本三坐标测量仪的性能
人工智能驱动的光学检测	数字质量稽核	数字化具有集成工作流的生产线操作的标准程序	混合现实眼镜来指导操作员进行在线检查	人工智能驱动的噪声检查
人工智能驱动的自动化测试和维修	数字化的工作指导和质量功能	现场质量问题整合, 实现优先级判定和根因分析来支持解决问题	通过预测分析实现质量提升	人工智能驱动的测试优化
自动在线光学检测来取代最终产品手动检测	数字化赋能的批量放行			

### 数字化可持续发展

高级分析技术驱动的清洁水用量减少和污水水清洁优化	高级分析技术赋能的可持续性优化	针对能源、排放、废料和水管理的工业物联网实时数据整合	人工智能赋能的能耗预测与优化
端到端价值链的二氧化碳跟踪与报告	可持续性的数字孪生	基于工业物联网和高级分析技术的能耗优化	

\*可编程控制器

资料来源: 世界经济论坛全球灯塔网络

图 5 | 灯塔工厂共部署了139个用例，侧重单个工厂或端到端价值链 (2/2)

## 灯塔工厂用例:打通端到端价值链



### 供应网络连接性

通过价格预测实现敏捷购买	人工智能驱动的合同决策审查	基于数字化标签的表面扫描来实现零件可追溯性	用于投标的分析平台
通过端到端供应链网络整合需求	数字供应商绩效管理	对应该成本进行建模，以支持自产与购买决策	智能支出类别创建
由支出智能和自动支出多维数据集支持的高阶分析型采购	数字化赋能的自动叫料系统	供应商和材料质量跟踪	全球开支数据湖
分析技术驱动的供应链风险预测	数字化赋能的谈判	通过电子看板实现供应商材料交付	依托分析能力和价格预测降低物流成本
人工智能加速工厂间的数字应用推广	与设备OEM进行联合数据分析来实现流程优化	利用高级分析实现供应商材料质量预测	



### 端到端产品开发

利用高阶分析对从创意到上市全过程的绩效管理	众包与竞争来开发数字解决方案	快速外包样品设计	3D打印用于快速样品设计
自动化制造分析设计	通过产品全生命周期实施数字线程	测试自动化	用于产品设计和测试的3D仿真/数字孪生
大数据/人工智能赋能的产品设计和测试	使用机器人进行产品开发	虚拟现实支持样品设计	自动化产品设计



### 端到端规划

利用高级分析优化制造和分销布局	动态网络优化	无人工介入主生产计划(分配给工厂)	实时库存管理(内部/外部)
利用分析进行动态仓库资源规划和调度	使用数字孪生进行动态生产计划安排	需求预测	实时S&OP
闭环规划	动态仿真用于仓储设计	预见性库存补货	
数字化综合业务规划	端到端实时供应链可视平台	利用高级分析优化生产计划	



### 端到端交付

物流的资产利用和堆场管理	数字跟踪和追溯	机器人技术促进物流运营	区块链技术赋能的物流运营
基于实时约束条件的先进运输计划	动态交货优化	运输“滴滴化”	
数字化拣货和运输	无人工介入全自动订单管理	3D打印	
数字化物流控制塔	车队资产的预见性维护	材料运输系统数字孪生	



### 客户连接性

人工智能赋能的客户服务	用最终用户界面来配置和订购产品，同时跟踪配送	数字技术赋能的最后一公里定制	大规模定制和B2C在线订购
互联设备跟踪和衡量消费者行为	通过新的交付解决方案实现向各地的客户配送	数字技术赋能的实时客户系统互联	通过在线社区获取客户洞见
互联设备跟踪和衡量产品性能	客户系统的数字孪生	基于GPS的地图和客户定位	智能包装、自动发票开具、支付和收款系统
RFID支持的客户分析	数字技术赋能的客户绩效追踪	利用高级分析产生市场洞见	数字技术赋能的柔性制造

资料来源: 世界经济论坛全球灯塔网络, 2022

## 1.2 多元化用例讲述转型故事

图 6 新加入的灯塔工厂:新一代用例(1/8)

工厂	革新故事	五大用例	影响
日月光半导体 高雄, 中国台湾	为在日趋复杂的生产环境(超过100道工序)中提高生产力、缩短交货周期, 日月光的高雄凸块工厂在从检测到调度的多个环节部署了多项AI应用。最终, 该厂产量提高了67%, 质量成本降低了100%, 交付时间缩短了39%。	人工智能驱动的光学检测	↓ 67% 废品成本
		自动化虚拟测量	↑ 14% 产量
		智能良率管理平台	↓ 78% 等待澄清问题时间
		智能调度系统	↑ 4.5% 按时交付
		增强现实赋能的厂区安全巡视管理	↓ 100% 检测时间
安捷伦科技 新加坡	为简化小批量、高复杂度仪器的高科技制造过程, 以满足不断增长的客户需求, 安捷伦新加坡公司应用了物联网驱动的数字孪生技术、人工智能和机器人自动化解决方案以实现可持续增长, 克服了专业人力资源上的瓶颈, 并将劳动力转变为掌握第四次工业革命技术的通用可塑性人才。这使得产出增加了80%, 生产力提高了60%, 周期时间缩短了30%, 质量成本降低了20%。	柔性生产数字孪生	↓ 25% 整体制造成本
		通过对线路PLC进行大数据分析来优化周期时间	↓ 33% 端到端周期时间
		数字化赋能的质量故障诊断	↓ 75% 测试周期时间
		物联网赋能的制造质量管理	↓ 19% 废品成本
		人工智能驱动的光学检测	↑ 31% 劳动效率
博世汽车 布尔萨, 土耳其	为了确保氢燃料电池等新产品的资金投入和资源保障, 博世布尔萨工厂需要进一步加强了其成本优势。通过部署水力侵蚀闭环管理等人工智能用例, 并对全员开展技能培训, 其单位制造成本降低了9%, OEE也在原有优化的基础上提高了9%。	车间现场的异常检测引擎	↑ 30pp* 设备综合效率
		人工智能驱动的涂层缺陷光学检测	↑ 12% 生产效率
		加工工装寿命监测系统	↓ 10% 工装成本
		人工智能驱动的水力侵蚀过程控制	↓ 50% 缺陷率
		基于数字报警的物流	↓ 23% 库存
CEAT 哈洛尔, 印度	为了捕获更多市场份额, CEAT需要使用更加环保的材料并满足严格的工艺规范要求。通过高级分析技术优化周期时间、操作员触点数字化等第四次工业革命用例, CEAT的哈洛尔工厂将周期时间缩短20%, 工艺废品减少46%, 能耗降低15%, 两年内出口与OEM销售提升至原来的2.5倍。	混合阶段基于先进分析的周期时间优化	↓ 20% 周期时间(瓶颈)
		热压阶段物联网赋能的动态加热过程控制	↓ 20% 蒸汽消耗率
		通过预测分析优化压缩空气	↓ 25% 空气消耗率
		数字化赋能的废品监测与内置的根因分析平台	↓ 46% 废品总量
		机器学习驱动的轮胎库存管理可视化分析	↑ 29% 按时足额交付(OTIF)

\*百分点\*\*原始设备制造商

资料来源: 世界经济论坛全球灯塔网络, 2022

图 7 | 新加入的灯塔工厂:新一代用例 (2/8)

工厂	革新故事	五大用例	影响
西普拉 印多尔, 印度	为了在全球范围内保持高质量、实惠的药品供应, 同时应对材料和劳动力成本的增加, 西普拉在印度22个工厂同时部署了数字化、自动化和分析解决方案。印多尔口服固体制剂工厂通过实施30个第四次工业革命技术用例, 将总成本降低了26%, 质量提高了3倍, 同时减少了28%的温室气体 (GHG) 排放量, 引领了数字转型之旅。	由支出智能和自动支出多维数据集支持的高阶分析型采购	↓ 26% 制造成本
		应用于流程优化的高阶工业物联网	↑ 16% 良品率优化
		人工智能指导下的机器性能优化	↑ 37% 流程设备综合效率
		用于远程生产优化的高阶分析平台	↓ 22% 生产流程换线
		基于工业物联网和高级分析技术的能耗优化	↓ 34% 能耗
可口可乐 巴利纳, 爱尔兰	巴利纳工厂是可口可乐公司最大的浓缩液厂, 为68个国家提供超过3500个SKU*。为了实现增长, 加码韧性, 并满足多元产品组合的要求, 该工厂部署了数字和分析用例, 使成本效率提高了16%, 生产力提高了15%, SKU组合扩大了30%, 其工业4.0规模化转型速度在17家工厂中首屈一指。	生产和灌装的综合数字排程	↑ 11% 订单处理
		数字化绩效管理	↑ 53% 设备综合效率
		通过数据分析减少榨汁生产周期时间	↓ 17% 批次周期时间
		基于机器学习的灌装线工艺参数优化	↓ 15% 平均周期时间
		由物联网和自动化支持的“饮料即服务”	↓ 15% 交货短缺
宁德时代 宜宾, 中国	为了满足业务大幅增长和质量提高的预期并实现可持续性发展, 宁德时代在宜宾市建立了大型绿色工厂。该工厂在宁德时代总部灯塔数字计划基础上, 进一步深入应用人工智能、物联网和柔性自动化技术, 生产线速度提高17%, 产量损失减少14%, 并实现了零碳排放。	人工智能驱动的光学检测	↓ 63% 全职员工数量
		人工智能驱动的过程控制	↑ 100% 装配线效率
		针对能源、排放、废料以及水管理的工业物联网实时数据整合	↓ 13% 能耗
		柔性生产数字孪生	↑ 128% 自动化率
		人工智能赋能的安全管理	↓ 100% 生产安全事件
达能 奥波莱, 波兰	达能奥波莱工厂开启了数字化转型, 以更好地应对其生产产品的复杂性。工厂通过车间的互联互通、人工智能与自动化技术的大规模运用, 在进一步优化产品质量的同时, 成功降低了19%的成本, 实现了12%的效率提升, 并减少了近50%的温室气体排放。该工厂在数字化转型方面成为达能其他39家欧洲工厂的榜样, 并在波兰荣获“最佳雇主”的称号。	人工智能指导下的机器性能优化	↓ 40% 能耗
		数字化赋能的批量放行	↑ 50% 劳动效率
		数字看板监测OEE绩效	↑ 12% 流程设备综合效率
		数字化工具加强员工互联	↓ 28% 换线时间
		连接机器端数据和企业软件的集成平台	↑ 50% 劳动效率

\*存货单位

资料来源: 世界经济论坛全球灯塔网络, 2022

图 8 | 新加入的灯塔工厂:新一代用例 (3/8)

工厂	革新故事	五大用例	影响
瑞迪博士 海得拉巴, 印度	面对严重的价格侵蚀和快速提升的质量预期带来的业务挑战, 这家有25年历史的工厂开始了大规模数字化之旅, 在仿制药市场上不断发展。该工厂通过利用灵活模式, 并利用物联网和民主化平台进行高级分析, 部署了40多个第四次工业革命技术用例。工厂由此将制造成本降低了43%, 同时积极主动地提高质量, 并将能源消耗减少了41%。	利用数字孪生技术进行动态生产调度	↓ 21% 整体制造成本
		物联网赋能的制造质量管理	↓ 52% 质量偏差
		用于良率管理和根因分析的高阶分析平台	↑ 22% 良品率优化
		通过现场质量故障汇总、优先处理, 以及高级分析技术解决问题	↑ 90% 劳动效率
		实时资产性能监控和可视化	↓ 20% 能耗
伟创力 索罗卡巴, 巴西	为了提高工厂竞争力、可持续性和员工健康水平, 伟创力在端到端价值链上应用了第四次工业革命技术, 例如物联网驱动的电子废品回收和供应链控制塔。数字化转型之旅使劳动成本降低50%, 物料损耗减少81%, 同时提高了客户满意度 (+18%) 和员工福祉。	数字化绩效管理	↑ 23% 流程设备综合效率
		人工智能赋能的安全管理	↓ 93% 损失工作日 (因伤病)
		数字化赋能的循环经济	↓ 94% 材料浪费
		数字技术提升办公效率	↓ 38% 非增值性工作
		数字化工具加强员工互联	↑ 18% 客户满意度
工业富联 深圳, 中国	为了快速发布新款智能手机, 满足消费者对产品质量的高要求, 工业富联规模化部署了37个第四次工业革命用例, 加快产品推出速度、大幅提升产能, 并实现智能批量生产。最终, 新产品推出速度加快29%, 产能提升速度加快50%, 质量不合格率降低56%, 制造成本节省30%。	人工智能驱动的新产品推出	↓ 29% 新产品推出时间
		下一代熄灯数控车间	↑ 313% 劳动效率
		具有先进控制功能的自主式阳极氧化处理	↑ 16pp 直通率
		高精度的自动化质量检测	↓ 54% 直接劳动力
		多工厂对标和能力优化	↓ 59% 在制品库存
海尔 合肥, 中国	随着供应商网络的不断扩大, 为了应对产品多样性、交付时间和产品质量的挑战, 该工厂利用定制化的工业物联网平台, 在供应网络、研发、制造和客户服务等领域部署了18个不同的第四次工业革命技术用例, 旨在加速人工智能、机器视觉和先进分析技术的大规模应用, 最终将订单交付时间缩短了一半, 并将现场缺陷率降低了33%。	工业物联网赋能的资源优化和供应风险预测	↑ 6% 按时交付
		设计故障检测加速与基于航空技术的优化	↓ 75% 质量故障损失率
		高级分析支持的生产线平衡和操作员调度	↑ 30% 劳动效率
		自适应光学检测	↑ 67% 检测效率
		“一键修复”: 一键自动解决售后根因问题	↓ 33% 现场缺陷率

资料来源: 世界经济论坛全球灯塔网络, 2022

图 9 | 新加入的灯塔工厂:新一代用例(4/8)

工厂	革新故事	五大用例	影响
海尔 青岛二号工厂, 中国	面对日益增长的定制化设计、快速交付和高品质的需求, 海尔冰箱工厂借助大数据、数字孪生和先进视觉检测技术, 加快研发、升级制造流程和物流调度模式。订单响应周期缩短了35%, 生产效率提高了35%, 质量性能提高了36%。	大数据/人工智能赋能的产品设计和测试	↓ 85% 市场调研时间
		人工智能驱动的过程控制	↓ 37% 能耗
		人工智能驱动的光学检测	↑ 50% 检测效率
		协作机器人和自动化	↑ 52% 装配线效率
		动态交付优化	↓ 52% 成品装货时间
上海华谊新材料 上海, 中国	为应对30%的产能过剩及因市场波动而导致的成本上升等外部挑战, 上海华谊新材料部署了28个第四次工业革命用例, 如机器学习赋能的流程优化和人工智能赋能的安全管理。最终, 劳动生产率提高了33%, 转换成本降低了20%, 能耗降低了31%, 且实现可记录事故“零报告”。	数字化赋能的全价值链利润优化	↑ 15% 库存周转率
		机器学习赋能的化学反应器优化	↓ 22% 材料浪费
		工业互联网赋能的设备监测和故障诊断	↑ 10% 设备综合效率
		人工智能赋能的安全管理	↓ 100% 整体可记录事故率
		基于高级分析技术实现蒸汽网络优化	↓ 38% 蒸汽消耗
强生消费者医疗 穆兰得, 印度	面对高度分散和复杂的经销商和供应商网络, 强生穆兰得工厂部署了需求传感、智能物流、机器人和3D打印等第四次工业革命解决方案。最终, 该工厂减少了66%的OTIF损失, 将新产品引进周期缩短了33%, 并将单件成本降低了34%。	基于人工智能/机器学习的需求感应和库存补给解决方案	↑ 4.5pp 按时足额交付
		智能物流提升敏捷性和实时可见性	↑ 14pp 车运输卡利用率
		机器人技术促进敏捷产品开发	↓ 87% 产品开发测试准备时间
		3D打印实现敏捷新产品引进	↓ 92% 设计迭代准备时间
		预见性维护提高资产可靠性	↓ 50% 非计划机器停工时间
联想 合肥, 中国	联想合肥工厂是全球最大的单体PC工厂。面对激烈的成本和质量竞争、显著的需求波动和日益增长的产品定制化需求, 该工厂部署了30多个第四次工业革命柔性自动化和高级分析用例, 将劳动生产率提升了45%, 供应商质量问题减少了55%, 同时每天处理大量小批量客户订单, 其中80%是5台以下的小订单。	基于人工智能的端到端生产计划和调度	↑ 20% 平均计划订单
		智能劳动力规划和优化	↑ 31% 工时利用率
		基于人工智能的“云”端到端供应质量管理	↓ 55% 供应质量废品率
		熄灯柔性装配测试自动化	↓ 80% 换线时间
		智能瓶颈识别和闭环问题解决	↑ 30% 单位人时产能 (UPPH)

资料来源: 世界经济论坛全球灯塔网络

图 10 | 新加入的灯塔工厂:新一代用例 (5/8)

工厂	革新故事	五大用例	影响
LG电子 克拉克斯维尔, 美国	<p>为了更加贴近客户, LG在两年前建立了美国工厂, 但很快遇到了人力资源风险和生产能力不足等问题。为了克服这些挑战, LG应用了深度学习、自动化和数字化转型等第四次工业革命技术。最终, LG美国工厂的销售额增长了68%, 净利润增长了703%, 巩固了其战略性生产基地的地位。</p>	产品设计自动化	↓ 30% 产品开发时间
		虚拟产品性能验证	↓ 61% 现场故障率
		智能注塑系统	↑ 21% 设备综合效率
		使用AGV*的无人驾驶物流系统	↑ 25% 生产能力
		通过部署人工智能自动化识别技术实现零质量缺陷	↓ 43% 过程缺陷率
MantaMESH 弗勒特施泰特, 德国	<p>大宗商品市场竞争激烈, 对中小企业而言, 保持成本领先是竞争的关键。位于弗勒特施泰特的MantaMESH工厂率先自行开发了一个可持续的4IR在线制造商业模式, 以实现客户订单的自动履行。基于数字技术, 系统能够自动在线处理所有订单, 并将相关信息实时传输到智能制造工厂。最终, 客户活动增加了261%, 产量增加了73%, 每公斤产量的能耗减少了32%。</p>	具有实时用户行为分析的自助式B2B客户门户网站	↑ 238% 交易数量
		在线产品设计和订购系统产生可供机器使用的数据	↓ 99% 报价到订购时间
		联网的数字化柔性制造	↓ 99% 换线时间
		数字化性能监控	↑ 53% 劳动效率
		自动发票开具、支付和收款系统	↓ 80% 应收账款天数
美的 佛山二号工厂, 中国	<p>为了满足在更短交货期内交付高质量产品的需求, 美的佛山顺德工厂在端到端价值链中应用了人工智能、数字孪生和其他第四次工业革命技术, 使单位生产成本降低24%, 交付时间缩短41%, 研发时间缩短30%, 缺陷率降低51%。</p>	使用高级分析方法优化制造和分销足迹	↓ 45% 仓库数量
		追踪和测量产品性能的联网设备	↓ 30% 市场调研时间
		利用高级分析技术实现供应商材料质量预测	↓ 63% 来料缺陷率
		现场质量故障汇总和优先处理, 以及高级分析技术赋能的问题解决	↓ 36% 过程中缺陷
		用于动态仓库资源规划和调度的分析技术	↓ 56% 库存周期
亿滋 斯里城, 印度	<p>为了保持卓越的批量交付数量, 实现成本领先, 并在动荡的环境中进一步增强韧性和多样性以超越市场, 亿滋的斯里城工厂部署了端到端数字化、应用预测分析、人工智能和先进的自动化技术, 将劳动生产率提高89%, 制造成本降低38%, 并将女性劳动力维持在50%。该工厂成为了亿滋在全球的标杆制造基地。</p>	实时资产性能监控和可视化	↑ 21% 生产力
		应用于流程优化的高阶工业物联网	↑ 31% 良品率优化
		基于历史和传感器数据的预见性维护数据整合	↓ 69% 平均故障间隔时间
		协作机器人和自动化	↑ 28% 生产力
		高级分析技术赋能的可持续性优化	↓ 11% 温室气体排放

\*自动导引运输车

资料来源: 世界经济论坛全球灯塔网络

图 11 | 新加入的灯塔工厂:新一代用例(6/8)

工厂	革新故事	五大用例	影响
亿滋 苏州, 中国	为了让中国零售渠道增长3倍, 门店覆盖率从200万增加到400万, 并克服来自劳动力和物流的两位数通胀挑战, 亿滋苏州工厂对多个第四次工业革命解决方案进行了投入。最终, 该工厂成功将线性供应链转变为综合供应生态系统, 将OTIF提高了18%, 交货时间减少了32%, 并最终将亿滋的市场份额从23.4%增加到28.3%。	数字化赋能的客户持续补货系统	↑ 17pp 货架供货情况
		物联网赋能的智能物流/仓库平台	↑ 50% 仓库吞吐量
		机器学习驱动的奥利奥产品先进过程控制	↓ 78% 质量缺陷
		熄灯烘培车间	↓ 32% 生产转换成本
		数字技术赋能的端到端卓越材料供应	↑ 2.5pp 材料供应按时足额交付
宝洁 高崎, 日本	面对年均2%-3%的业务增长率和有限的工厂扩张潜力, 宝洁高崎工厂在端到端价值链(从研发到客户)部署了数据流整合、数字孪生、机器学习等第四次工业革命技术。如今, 该工厂已成功将新产品准备时间缩短了72%, 将试用的停工天数减少了21%, 并将客户的订单范围扩大至原来的14倍。	线性回归模型助力优化过剩库存	↓ 57% 库存废品
		通过数字骨干实现数据互联, 加速产品生产日期的配方变更执行	↓ 92% 人工劳动时间
		利用数字孪生和过程建模与仿真缩短研发中的鉴定试验过程	↓ 72% 配方变更研发准备时间
		用于工作流程优化和提高仓库空间利用率的RPA*	↓ 16% 内部仓库利用率
		利用机器学习提高预测准确性并缩短订单准备时间	↓ 31% 仓库空间
三一重工 长沙, 中国	为应对行业市场的周期性波动及产品复杂性(263个SKU)挑战, 三一重工长沙工厂充分利用柔性自动化生产、人工智能和规模化的IIoT, 建立了一个数字化柔性的重型设备制造系统。最终, 工厂产能扩大了123%, 劳动效率提高了98%, 单位制造成本降低了29%。	人工智能驱动的过程控制	↓ 60% 过程周期时间
		应用于流程优化的高阶工业物联网	↓ 73% 换线时间
		柔性生产数字孪生	↑ 44% 生产能力
		数字技术赋能的柔性生产	↑ 80% 装配线产出
		机器人技术促进物流运营	↑ 11% 按时交付
联合利华 因达亚图巴, 巴西	联合利华因达亚图巴工厂是世界上最大的粉末洗涤剂工厂, 在全球范围内生产力排名第一, 成本排名第二。此外, 该工厂也是联合利华温室气体排放量最大的工厂。面对市场规模的不断缩小, 该工厂部署了数字孪生和人工智能等用例, 以提高成本领先优势, 加快产品上市速度, 并最小化对环境的影响。最终, 联合利华因达亚图巴工厂将新产品准备时间缩短了33%, 每吨生产成本降低了23%, 并几乎消除了温室气体排放。	数字孪生技术快速实现产品创新	↓ 33% 创新准备时间
		使用生物质能的机器学习喷雾干燥塔	↓ 96% 二氧化碳排放(范围一)
		依托数字技术实现完美密封, 消除长期质量缺陷隐患	↓ 94% 因渗漏而引起的客户投诉
		利用人工智能对气动装置的生命周期管理进行预见性维护	↓ 45% 维护成本
		端到端智能供应链分配实现直接发货	↓ 15% 分销成本

\*机器人流程自动化

资料来源: 世界经济论坛全球灯塔网络, 2022

图 12 | 新加入的灯塔工厂:新一代用例(7/8)

工厂	革新故事	五大用例	影响
联合利华 天津, 中国	过去三年, 新冠疫情为餐饮业带来了诸多不确定性, 通过部署30多个第四次工业革命用例, 包括量身定制的全天候数字化销售、最优的端到端高级规划和人工智能赋能的质量保障, 联合利华加快了在低线城市的市场渗透。最终, 服务的客户数量增加了100%, 交货时间缩短了40%, 客户投诉减少了62%。	智能销售协助目标客户的探索与服务	↑ 100% 客户数量
		人工智能赋能的端到端最佳订单执行平台	↓ 91% 订单履行损失
		支持同步计划和自动订单分配的端到端供应商整合	↑ 5.5% 供应商按时足额交付
		参数闭环优化的人工智能技术实现品质保证	↓ 96% 每吨人工工时
		用于人员安全和食品安全合规的机器视觉监管平台	↓ 78% 非安全行为
西部数据 邦芭茵, 泰国	西部数据邦芭茵工厂生产的机械硬 (HDD) 对成本较为敏感。由于市场正在向固态硬盘 (SSD) 转移, 相关投资受限。此外, 全球供应的不确定性也带来了原材料成本的上升。为了克服上述挑战, 西部数据邦芭茵工厂部署了多个第四次工业革命用例, 最终, 工厂成本降低了33%, 每PB能耗也降低了40%。	机器学习助力部分条件下的硬盘测试优化	↓ 22% 测试周期时间
		机器学习赋能的资产利用率优化	↑ 7% 设备综合效率
		依托高级分析技术实现最佳良品率	↑ 2% 直通率
		机器学习助力硬盘自动修复	↑ 13% 修复精度
		依托分析能力和价格预测协助物流竞标	↓ 64% 运输成本
西部数据 内湖, 菲律宾	面对火山喷发、台风、材料的长交货期、波动显著的市场需求, 以及日益严格的产品规格要求, 西部数据菲律宾内湖工厂大规模部署了超过25个用例, 如高级分析支持的异常事件检测, 以及机器学习支持的端到端晶圆变化补偿。最终, 该工厂的非计划停机时间减少了82%, 生产成本降低了54%。	自然语言处理 (NLP) 赋能的自然灾难主动危机管理	↑ 100% 年度停工成本规避
		基于高级分析技术的大规模端到端事前事后异常事件检测	↓ 71% 客户质量警报
		基于端到端数据的机器学习晶圆变化补偿	↑ 7.6% 良品率
		依托机器学习模型预测实现测试人员异常检测	↑ 181% 异常检测精度
		基于运筹学模型的工厂产能优化	↓ 93% 产能优化时间
西部数据 上海, 中国	为应对250%的年增长率、短期18个月的技术转型周期以及劳动力挑战, 西部数据上海半导体后端工厂实施了多样化的第四次工业革命技术, 如自动化产品设计系统、基于机器学习的虚拟晶圆测试和智能规划系统。该工厂将产品上市时间缩短了40%, 产品成本降低了62%, 生产率提高了221%。	自动化产品设计	↓ 62% 市场调研时间
		人工智能驱动的光学检测	↓ 35% 能耗
		数字线程赋能的自动检测	↑ 221% 生产率
		用于良品率管理和根因分析的高阶分析平台	↑ 0.3pp 良品率优化
		数字化综合业务规划	↓ 94% 库存降低

资料来源: 世界经济论坛全球灯塔网络

图 13 | 新加入的灯塔工厂:新一代用例(8/8)

工厂	革新故事	五大用例	影响
纬创资通 中山, 中国	面对超过60%的订单需要在72小时内高质量交付的压力, 纬创资通需要提升端到端流程效率, 同时确保卓越的产品质量。依托33个自建用例, 纬创资通中山工厂在价值链上下游推行改革, 成功将生产率提高了32%, 将缺陷率降低了55%, 并在供应短缺的情况下, 将交货时间缩短到48小时以内, 最终, 单位生产成本降低了22%。	基于多目标优化的无接触端到端销售和运营规划	↓ 36% 交付时间
		基于最佳路径人工智能算法的印刷电路板 (PCB) 电源布线优化和质量检查	↓ 83% 每块印刷电路板的设计周期时间
		基于运动检测的人工智能线路平衡优化	↑ 29% 设备综合效率
		人工智能搜索引擎赋能的生产质量诊断系统	↓ 68% 维修时间
		基于自然语言处理的终端用户反馈挖掘, 用于3年的质量预测和改进	↓ 56% 售后缺陷率

资料来源: 世界经济论坛全球灯塔网络, 2022



## 1.3 可持续灯塔:制造业的“绿色标杆”

灯塔网络中的所有成员均在持续性等多个绩效指标上取得了令人瞩目的成绩,但部分灯塔企业通过大力推行第四次工业革命技术,在环保方面实现了质的飞跃,在灯塔网络中脱颖而出。他们被授予“可持续灯塔”的称号,是当之无愧的“绿色标杆”。

图 14 依托4IR技术,可持续灯塔极大提高了可持续发展水平(1/2)

工厂	革新故事	两大用例	影响
Arçelik 乌尔米, 罗马尼亚	Arçelik的乌尔米绿色工厂实现了100%绿电供应,成功开展了数个可持续发展用例项目,包括用于能源管理的数字孪生项目以及集成了先进水处理工厂的水资源闭环管理系统。在用水紧张背景下,该项目为每件产品生产节约25%用水量,降低17%能源消耗以及22%温室气体排放。	基于工业物联网实时传感器的能源、排放、废料和水资源管理的数据汇总	↓ 35% 能耗 - 锅炉
			↓ 35% 温室气体排放-范围1
		高级分析技术驱动的清洁水用量减少和污染水清洁优化	↓ 20% 取水量
			↑ 68% 水资源循环利用率
伟创力 索罗卡巴, 巴西	为了降低能耗、用水量及温室气体排放,伟创力的索罗卡巴工厂部署了智能公用设施管理体系,并利用物联网传感器,对供应链上的电子废弃物进行了优化管理,以实现循环经济。该工厂将范围1和2的温室气体排放量减少了41%,范围3的二氧化碳排放量减少了44千吨*,能耗和用水量减少了30%以上。	智能工厂公用设施管理	↓ 32% 能耗
			↓ 31% 用水量
		零废料和循环经济	↑ 321% 生产的可回收树脂
			↓ 44kt 温室气体排放-范围3
海尔 天津, 中国	为了应对不断上升的能源成本并降低碳排放,海尔的天津工厂依托大数据和人工智能技术,建立了设备的电力负荷模型和生产排程能耗优化系统。最终,该工厂将能耗减少了35%,温室气体排放量减少了36%	基于设备功率负荷模型的能耗优化	↓ 32% 能耗
			↓ 13% 能耗
		基于能耗的生产排程优化	
美光 新加坡	随着对内存和存储解决方案的需求不断增长,新加坡美光需要扩大和增加千兆字节产品的产量,同时减少对环境的影响。2018年到2021年,新加坡美光部署了可持续技术,通过跟踪环境足迹不断优化材料消耗,最终产量增加了约270%,同时每生产千兆字节的资源消耗减少了约45%。	高级分析技术赋能的可持续性优化	↓ 16% 浪费减少
			↓ 13% 温室气体排放-范围1和2
		用于良率管理和根因分析的高阶分析平台	↓ 26% 浪费
			↓ 24% 水

\*二氧化碳当量

资料来源:世界经济论坛全球灯塔网络,2022

图 15 | 依托4IR技术, 可持续灯塔极大提高了可持续发展水平 (2/2)

工厂	革新故事	两大用例	影响
西门子 安贝格, 德国	为了提前完成集团到2030年实现碳中和的承诺, 西门子安贝格工厂正在稳步提升其基础设施建设, 以期在2026年实现目标。通过分析和测量内部的数字化制程效率及文化, 该工厂成功将优化后的资产产出增加100%以上, 自2015年以来, 单位产出的二氧化碳排放量(吨)减少了69%。与此同时, 该工厂被用于孵化第四次工业革命产品, 以实现整个供应链脱碳(范围3), 例如, 数字化的产品通行证(每年节省17吨纸张和塑料), 或基于区块链技术的软件, 与占产品碳足迹90%以上的供应商交换二氧化碳排放数据。	智能、全面的能源管理体系	↓ 5% 能耗
			↓ 28% 上游温室气体排放(范围三)
		通过运营数据分析提高资源效率	↓ 16% 单位能耗
联合利华 达帕达, 印度	为了实现企业的可持续发展目标, 即到2025年将温室气体范围1和2的排放量减少70%(相较于2015年基线), 并在应对产量快速增长的同时减少用水量, 联合利华达帕达开展了14个使用案例, 如通过集成能源管理系统实现以机器学习驱动的能源优化, 运用数字孪生技术加速制定生态友好型配方生产策略。达帕达将范围1和2的排放量减少了54%, 范围3的排放量减少了43%, 用水量减少了36%, 提前实现了其减排目标。	高级分析技术赋能的可持续性优化	↓ 34% 能耗
			↓ 23% 温室气体排放-范围2
		预测性分析实现质量改进	↓ 22% 用水量
西部数据 上海, 中国	在需求不断增长的情况下, 西部数据在2017年至2021年期间将工厂拍字节(PB)产量翻了一番, 同时减少了每PB产品的环境足迹, 以实现企业的减排目标。这一结果由第四次工业革命的多项科技驱动, 如运用机器学习动态优化水循环工厂性能以及根据实时操作数据检测异常能耗预测系统。这些措施使每PB产品的用水量减少了62%, 能源消耗减少了51%。	高级分析技术驱动的清洁水用量减少和污染水清洁优化	↑ 30% 水资源循环利用率
			↓ 62% 归一化用水量
		人工智能赋能的能耗预测与优化	↓ 51% 归一化 能耗
			↓ 57% 归一化温室气体排放-范围2

资料来源: 世界经济论坛全球灯塔网络



# 灯塔新篇章：加速工业4.0规模化转型

也许各大企业都深谙规模化重要性，但只有灯塔企业真正理解实现规模化所需的核心动能。

自成立以来，灯塔网络不断壮大，其制造业成员如今已遍布世界各地。全球灯塔网络恪守初心，用行动证明，时间的淬砺足以让愿景成为现实。如今，全球灯塔成员总数已升至132家，他们所启用的139项用例覆盖各地各业的工厂和价值链上下游。

毋庸置疑，全球灯塔网络的第一章书写得道劲有力。在灯塔先例的指引下，成员又将如何续写新篇章？为了进一步探索，我们对全球多家制造企业（包括灯塔及其他企业）展开了调研，深度洞悉其发展要务和经验方法。调研结果及后续数据分析为我们提供了宝贵洞见。

## 2.1 规模化转型：实现发展要务的重要抓手

“值得一提的是，所有新入选的灯塔企业在可持续性方面均取得了惊人成效，如能耗降低。”

翻开第四次工业革命的第二章，气候变化、通货膨胀、能源价格飙升、供应链动荡和人才短缺等关键词层见叠出。面对满路荆棘，制造企业不仅需要自身生产网络展开转型，还需在端到端价值链上展开合作，才能加速规模化转型，实现工业4.0的“点线面”布局。

成功书写了第一章的灯塔先行者摆脱了“试点陷阱”，他们将想法快速落地，在单体工厂内实现用例效益的最大化。如今，灯塔企业面临的挑战，是如何在价值链上下游实现规模化转型，让4IR技术覆盖多个生产基地、供应商、客户，以及新的职能部门。

上文提到的调研结果表明，提升生产力、推进可持续发展、加码韧性是制造企业的三大战略重心。在被问及未来12个月战略重点时，近80%的受访者都将其中一项列为其头号要务，其中，提升生产力居于首位，占受访者的37%。灯塔先行者的经验向我们有力证明，加速工业4.0规模化转型是实现这三大发展要务的重要抓手。

此外，灯塔企业的故事告诉我们，绿色发展与业务增长及盈利并非“水火不容”。相反，基于先进数字化工具以及高级分析技术的第四次工业革命转型不仅能够催生绿色技术，还能提升效率，改进现有生产模式。

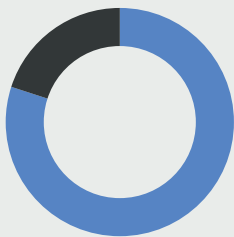
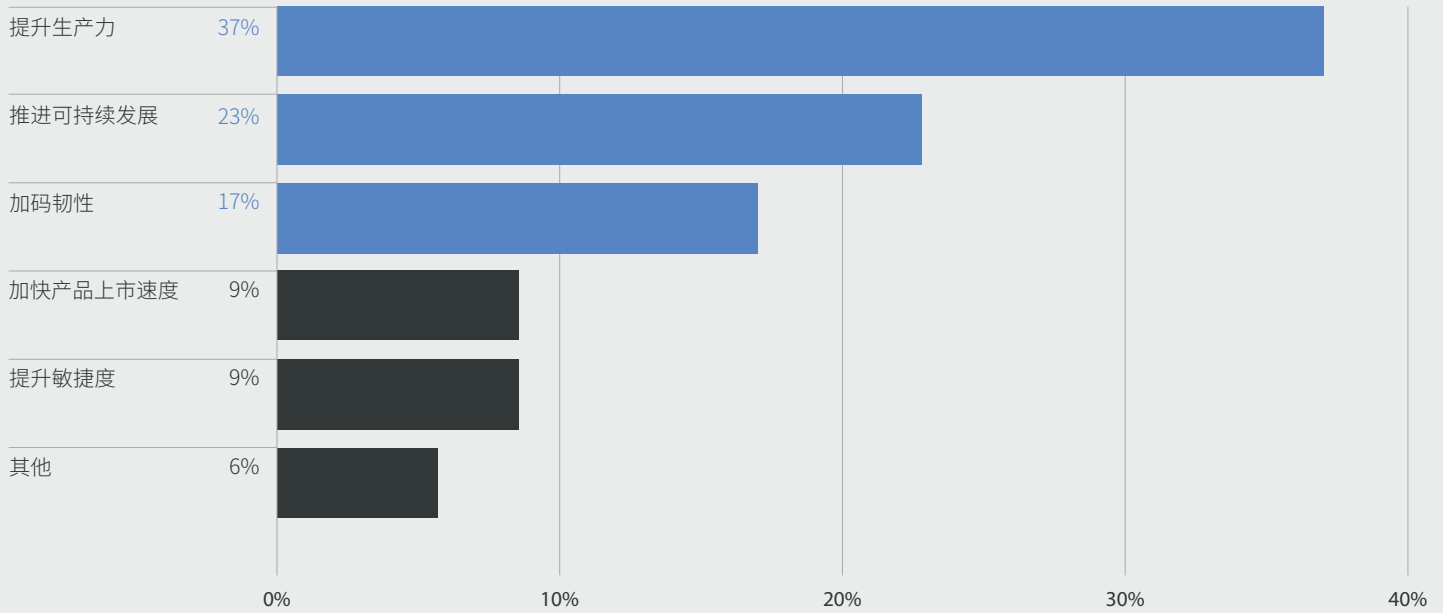
虽说推进可持续发展和加码韧性的重要性位于提升生产力之后，但众多企业都在对其大力倾注资源。值得一提的是，所有新入选的灯塔企业在可持续性方面均取得了惊人成效，如能耗降低。此外，部分灯塔企业也实现了供应链的韧性提升。例如，面对供应链中断、产品质量参差不齐、客户群体分散，以及产品多元性增加的挑战，美的合肥工厂搭建了一个端到端供应链控制塔。依托供应链的数字化管理，该工厂能够更好地预测供应链风险，并将交付时间缩短了56%。与此同时，强生消费品医疗泰国工厂部署了一个端到端协作式供应塔，旨在克服因供应商和客户脱节而产生的供应链风险可视性缺失，以及库存管理欠佳的挑战。该供应塔助力强生提高了供应链韧性，在新冠疫情期间，将营收提升了13%，并将库存降低了25%。

超过三分之二（67%）的受访者表示，加速工业4.0规模化转型是实现这三大发展要务的重要抓手。因此，规模化转型将成为第四次工业革命下一章节的“重点叙事”。

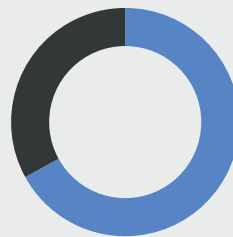
第四次工业革命（4IR）的巨轮正全速前进。在灯塔经验的指引下，成员将持续书写新篇章。因此，了解核心动能和重要抓手至关重要。

图 16 | 近80%的受访者认为提升生产力、推进可持续发展、加码韧性是他们的头号要务，而三分之二的受访者表示，加速工业4.0规模化转型是实现这三大发展要务的重要抓手。

## 未来12个月的发展要务排名<sup>1</sup> 占受访者的百分比



**80%**  
的受访者认为，提升生产力、推进可持续发展、加码韧性是他们的头号要务。



**67%**  
的受访者承认，加速推广4IR技术不仅能够提升生产力，还能推进企业的可持续发展，并加码韧性。

### 关键洞察：

- 所有新入选的灯塔企在可持续性方面均取得了惊人成效（如，能耗降低）。
- 为了加码韧性，美的合肥工厂搭建了一个端到端供应链控制塔，以管理国内外的订单交付。依托供应链的数字化管理，该工厂能够更好地预测供应链风险，并将交付时间缩短了56%。

注：1. 所有受访企业中引用最多的发展要务排名（例如，37%的公司将提升生产力视为头号发展要务，23%认为是推进可持续发展）。

资料来源：世界经济论坛全球灯塔网络，2022

## 2.2 规模化进程:现实中的差距

在第四次工业革命初期,不少高管都对规模化转型充满信心,但数据却让我们看到了现实中的差距。在受访的非灯塔企业中,只有平均7%的企业内生产网络实现了4IR技术部署。相比之下,灯塔企业则达到了平均20%,两者的转型进程存在显著差距。这些数据揭示了两大洞见:首先,规模化转型无疑是所有企业面临的挑战;其次,即便对领先企业而言,规模化转型也绝非易事。事实上,不少企业都面临着来自各方面的挑战。例如,有些灯塔企业的足迹遍布世界各地,拥有上百家工厂和上千名员工。他们需要大力投资能力建设,这样才能鼓励全员参与数字化转型征程。此外,很多卓有成效的用例缺乏标准化机制,难以在组织上下得到推广;最后,科技进步日新月异,技术架构的频繁更新也影响着用例的标准化进程。

此外,深入分析第二组数据后,我们进一步发现了两者的不同。灯塔企业不仅提前制定了转型目标,在目标的完成速度上也要快于非灯塔企业。例如,我们追踪了制造企业在工厂各层面的技术推广进程,发现灯塔企业的用时要显著短于非灯塔企业。比如,接近半数的非灯塔企业认为自身的规模化进程慢于预期,而

三分之二以上的灯塔企业认为自身的计划已如期实现。当然,最大的差异在于,五分之一的灯塔企业已提前完成计划,实现了这一点的非灯塔企业则为零。

面对相同的规模化目标,灯塔企业的员工在计划推进的时间规划上也更为合理。在评估将4IR技术推广到一半以上生产网络的用时方面,所有非灯塔企业给出的答案都在三年之内,其中,认为两年之内就能实现目标的高达80%。相比之下,只有62%的灯塔企业如此乐观。15%的灯塔企业认为,要想实现规模化转型目标甚至会超过三年。

这些数据揭示了两大洞见:一,灯塔企业的员工在计划推进的时间规划上更为合理;二,尽管灯塔企业预留的时间更为充分,但其规模化扩张速度几乎是非灯塔企业的三倍。能够证明这种差异的例子比比皆是,例如,跨国药企西普拉在短短两年内,在近一半的生产网络(47家工厂中的22个)中规模化部署了30多个数字化、自动化和分析用例。同时,机械工程制造商三一重工正在43家工厂中同时部署人工智能、工业物联网和自动化用例。

## 灯塔企业的规模化转型呈现出了以下几大特征...

## 规模化程度更高

规模化水平,先进4IR技术覆盖的生产网络占比

20%

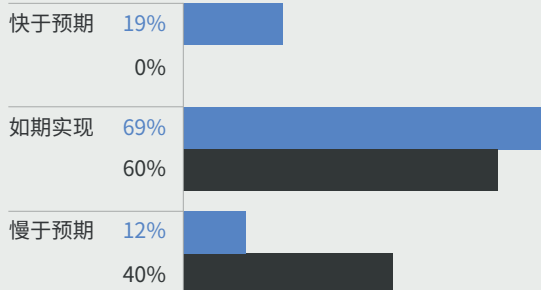
灯塔企业

7%

非灯塔企业

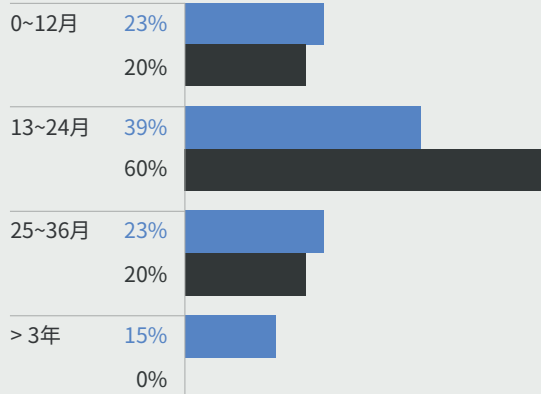
## 更能如期实现

在多个生产车间推广4IR技术的进度,占受访者的百分比



## 用时评估更为合理

将4IR技术推广到一半以上生产网络的用时评估,占受访者的百分比



● 灯塔企业 ● 非灯塔企业

## 灯塔案例:

- 药企巨头西普拉在短短两年内,在近一半的生产网络(47家工厂中的22个)中规模化部署了30多个数字化、自动化和分析用例。
- 机械工程制造商三一重工正在43家工厂中同时部署人工智能、工业物联网和自动化用例。
- 饮料制造商可口可乐计划在两年时间内,将关键用例扩展到17家工厂中。

资料来源:世界经济论坛全球灯塔网络,2022

## 2.3 书写规模化转型故事

多种挑战掣肘了制造企业的规模化转型进程。本次调研旨在识别这些掣肘因素,并明确它们对灯塔和非灯塔企业的影响。领先灯塔企业深知规模化转型的真正阻碍,也正因为此,灯塔企业才能力排万难,成功书写转型故事。

## 灯塔企业深知推动规模化转型的必备要素

从新冠疫情到供应链中断,再到通货膨胀等经济因素,一系列“外忧”正在掣肘生产网络的规模化转型。这一点在受访者中已形成共识。然而,灯塔企业和非灯塔企业在列举规模化转型的“内忧”时,出现了极大的分歧。

几乎所有受访者(62%的灯塔企业员工和70%的非灯塔企业员工)都将缺乏资源和能力视为主要挑战。然而,来自灯塔企业的受访者更为肯定战略的重要性。他们认为,制定与商业目标一致的规模化转型策略,并坚定执行,是克服挑战的关键。

面对转型挑战时,灯塔企业更加深知缺乏战略的危害。在此,灯塔企业和非灯塔企业展现出了惊人的差异。调研结果显示,将缺乏战略视为关键挑战的灯塔企业受访者数量,是非灯塔企业的近三倍(分别为27%和10%)。这是否意味着灯塔企业缺乏规模化战略?恰恰相反,灯塔企业所推广的4IR技术数量,是非灯塔企业的三倍。

从中可以看出，灯塔企业更加深知制定最优战略的重要性。

鉴于只有10%的非灯塔企业将缺乏战略视为主要掣肘因素，我们有理由相信，灯塔企业和非灯塔企业之间存在认知差异。也许多数公司不太了解战略的真正含义。例如，部署4IR技术是企业的战略之一，但这些技术也需作为抓手，帮助企业实现业务战略。如果自身战略定义模糊，企业很难看清战略弱点，从而忽略真正的掣肘因素。

在投资和领导层支持这一点上，灯塔企业和非灯塔企业也存在巨大的认知差异。20%的非灯塔企业视缺乏投资和领导层支持为规模化转型的主要掣肘因素，而只有4%的灯塔企业这样认为。灯塔企业对投资和领导层支持的提及相对较少，因为他们深知战略的重要性，以及制定和实施战略的难度。显然，企业需要制定一个明确的战略，这样才能得到投资和领导层的支持。

伟创力索罗卡巴工厂部署了多项4IR倡议，并得到了区域层面的支持。这为该工厂建立起了清晰的问责制，并带来了资金支持和路障清除，为工厂的成功转型铺平了道路。

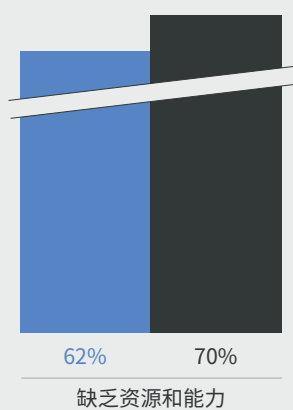
在战略制定方面，达能结合了企业的整体目标及工厂层面的案例实施情况，在工厂层面推广4IR技术的同时，以价值为导向，在整个生产网络快速实现规模化转型。

在规模化的核心挑战上，灯塔企业和非灯塔企业拥有不同的见解。这意味着灯塔企业更加明白规模化转型的本质，且对核心挑战有着更清晰的认知。他们十分清楚技能和战略的重要性，并始终在发现不足之处并予以改正和提升。相反，非灯塔企业可能还需加深对规模化转型的理解。

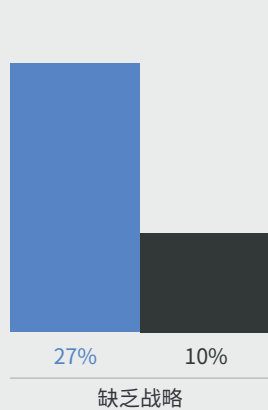
图 18 灯塔企业和非灯塔企业对掣肘工业4.0规模化转型的原因存在认知差异

## 掣肘第四次工业革命技术规模化的主要原因 占受访者的百分比<sup>1,2</sup>

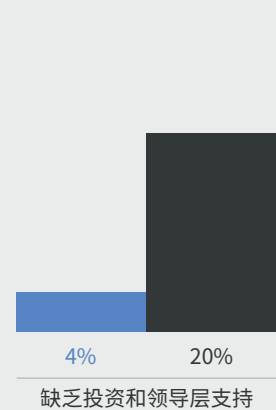
所有企业都认可资源和能力建设的重要性...



但灯塔企业更加重视战略...



而非灯塔企业则更加重视投资和领导层支持



● 灯塔企业      ● 非灯塔企业

灯塔企业和非灯塔企业在规模化转型的核心掣肘因素上存在认知差异  
这表明，灯塔企业和非灯塔企业对规模化转型的理解不同

灯塔案例：  
达能结合了企业的整体目标及工厂层面的案例实施情况，在工厂层面推广4IR技术的同时，以价值为导向，在整个生产网络快速实现规模化转型。

注：1. 规模化转型的主要掣肘因素排名；2. 灯塔企业共计占比93%（7%列举了其他掣肘因素）

资料来源：世界经济论坛全球灯塔网络，2022

## 识别核心动能

围绕工业4.0规模化转型的核心动能这一问题，灯塔和非灯塔企业有着截然不同的回答。换言之，灯塔企业和非灯塔企业拥有截然不同的“秘密武器”。

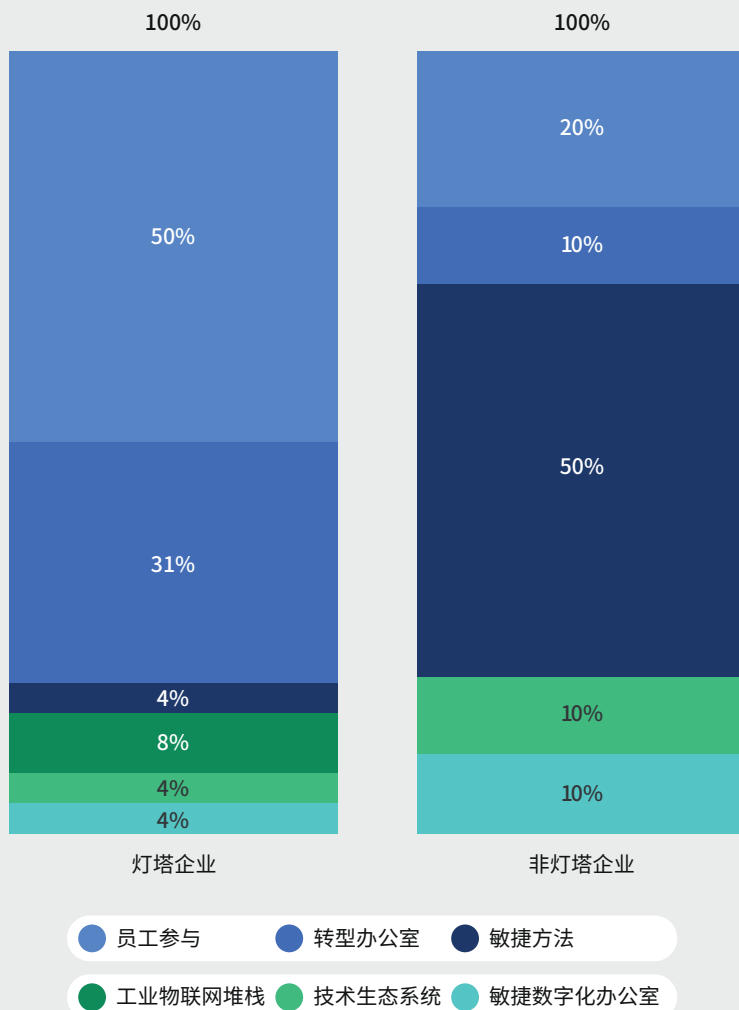
对绝大多数灯塔企业的受访者而言，“人”无疑发挥着首要作用。将员工参与列为首要动能的灯塔企业受访者占50%，将敏捷办公室列为首要动能的员工则占31%。这意味着灯塔企业了解“人”在数字化价值捕获中的重要性。在他们看来，工业物联网(IOT)堆栈、敏捷方法、技术生态系统、敏捷数字化工作室，以及工业物联网学院这五大动能的影响相对较小，不到五分之一的灯塔员工将它们列为首要动能。

相比之下，在接受调查的非灯塔企业中，50%的员工都视敏捷方法为第一动能。选择技术生态系统和敏捷数字化工作室的员工各占10%，选择员工参与度和转型办公室的分别占20%和10%。

虽说所有核心动能都扮演着关键角色，但对核心动能的认知差异，才是造成灯塔企业和非灯塔企业之间鸿沟的主要原因。想要进行能力建设、推动规模化转型的非灯塔企业可以借鉴灯塔企业的经验，大力投资员工，并快速进行技术部署。

图 19 灯塔和非灯塔企业对规模化转型核心动能的理解也大相径庭

## 规模化转型的核心动能<sup>1</sup> 占受访者的百分比



### 灯塔企业主要关注两大维度：

- 广邀员工参与技术部署 (50%受访者选择此项)
- 建立转型办公室 (31%受访者选择此项)，确保第四次工业革命技术的价值捕获

虽说50%的非灯塔企业受访者将敏捷方法列为核心动能，但多数非灯塔企业还是缺乏对核心动能的清晰认知。

### 灯塔案例：

亿滋斯里城工厂助力全体员工实现了技能提升，帮助他们依托第四次工业革命技术进行决策，不仅提升了透明度，建立起问责制，还实现了流程精简。

海尔青岛工厂建立起了一个转型办公室，由“数字化转型委员会”和一支约45人组成的研究团队共同组成，支持最佳实践的交流分享，并专注于解决方案的开发。

注：1. 所有受访企业中引用最多的核心动能排名。

## 航标引路, 未来可期

毋庸置疑, 全球灯塔网络的第一章书写得遒劲有力。经过五年的探索与实践, 灯塔企业的熠熠航标可指引非灯塔企业向工业4.0规模化转型加速航行。

灯塔企业的五年征程也不乏挑战。然而, 即便深陷试点陷阱, 灯塔企业也从未放弃希望。他们化创新和恒心为动力, 化岁月为经验, 在沿途留下了宝贵的航标。

世界各地的制造企业既可自寻航道, 孤勇渡海, 也可追随航标, 与灯塔企业同向而行, 并航追光, 以成功的用例与方法为鉴, 加速转型, 长风破浪。

第四次工业革命提供了千载难逢的价值机遇, 非灯塔企业亟需采取行动, 加速规模化转型。以下三大航标可以助力非灯塔企业向着正确的航线前进:

1. **明确战略目标。**缺乏清晰的战略方向, 企业易在纷繁多样的用例与技术可能性中被“试点陷阱”所困。灯塔企业的经验表明, 数字化转型需从客户价值出发, 并紧跟企业战略目标。
2. **投资人力资本。**缺乏确切的资源支撑和能力根基, 转型将很快丧失动能。
3. **打造治理架构。**缺乏有效的价值保障、治理框架以及执行动力, 企业无法捕获转型潜力, 实现转型落地。其中, 制定并锚定新标准是灯塔企业的制胜关键。

3

# 规模化的领先灯塔： 走进达能、西普拉和美的

领先灯塔企业留下的航标正在引领其他制造企业不断前进。



## 3.1 达能:以人为本扩大转型影响

达能十分重视倾听员工声音,这使其能够基于工厂的实际情况来调整自身做法,进而实现组织自上而下设定的明确目标。

企业如何兼顾自上而下的战略和自下而上的员工力量?单一工厂层面迸发出的能量与创新,又能否被总结运用,再进一步推广至企业的全球生产网络?乳品制造企业达能拥有40多家工厂,每个工厂的数字化成熟度和IT/OT架构都不尽相同。此外,其单个工厂的最小可行产品(MVP)也并未推广至公司层面,因此达能在4IR的规模化转型上面临重重挑战。

达能拥有数以百计的供应商,要想识别最佳解决方案十分费时。因此,达能需要锁定成功的MVP,在各个工厂之间推广,并选择一套合适的数字化制造解决方案,以实现整个公司层面的部署。此外,达能还需与供应商开展合作,在全公司范围内定制解决方案,并加快解决方案的开发、测试和确认,以便将部署时间从几个月缩短到几周。达能深知,自身需要清晰明确的战略和强有力的治理,这样才能成功实施大规模的数字化转型。

为此,达能开始自上而下地确定每个工厂的关键价值,然后结合本地实际情况来判断价值的解锁方式。在建立标准化解决方案时,达能统一制定了一份面向全公司的方案清册,以便快速在所有工厂中推广落地。当然,部分工厂也会结合MVP和试点项目进行定制化方案。

入选的解决方案将被编入册,并说明使用方法及如何从中获取价值。通过不断丰富更新这份标准化解决方案清册,达能的单个工厂无需再测试各种无法大规模推广的解决方案,进而节省了大量时间成本。价值驱动是该做法的一大核心特征,换言之,工厂会针对当前面临的问题,寻求合适的技术解决方案,而非一开始就紧抓技术。达能锁定了一些现存的优质解决方案,其中,有些用例虽然只能满足80%的要求,却能在全球范围内快速规模化部署;有些用例虽然能够满足全部要求,但部署过程过于耗时。达能最终决定优先发展前者,并迅速将相关方案策略编入清册。

在这种方法的指导下,达能十分重视倾听员工声音,这使其能够基于工厂的实际情况来调整自身做法,进而实现组织自上而下设定的明确目标。这种“以人为本”的方法能让员工团结一致,聚心聚力,进而在单个工厂,乃至整个生产网络层面奠定创新文化的根基。达能做法的核心,是不断提升员工技能,鼓励他们持续参与转型。迄今为止,已有超过150名数字化负责人接受了技能培训,而针对具体解决方案的技能培训项目也已覆盖800多名员工。除了员工层面的提升,达能部署的解决方案有望在两年内创造超过1亿美元的价值。

图 20

乳品制造企业达能凭借清晰的企业战略和强大的本土能力,成功在40多家工厂中实现了规模化

### 愿景:全球战略,本地部署

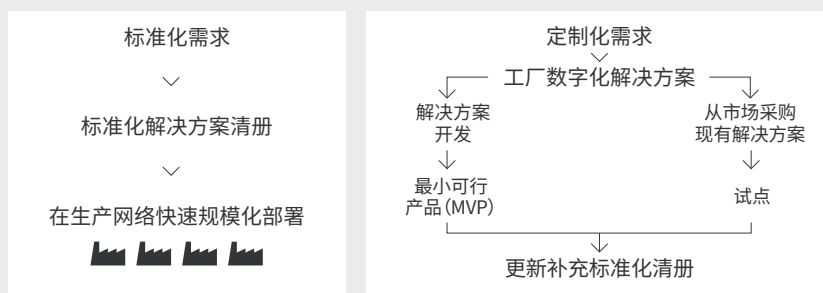
自上而下,确定公司层面的关键价值,后结合本地实际情况制定工厂具体目标

自下而上,以工厂为中心确定实际需求,释放价值

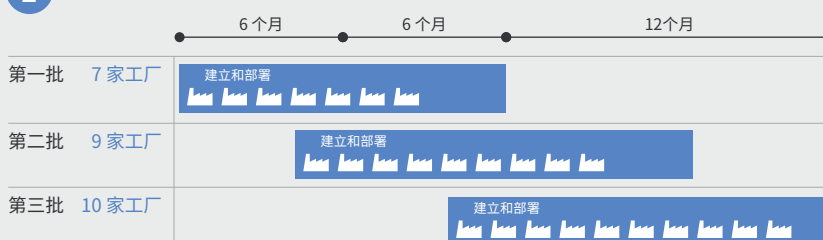
通过标准化的解决方案和各工厂间的协作,在工厂层面实现解决方案的规模化实施

### 如何打造并扩展解决方案

1 基于工厂具体需求,系统性丰富标准化4IR解决方案清册,加快规模化部署



2 生产网络的指数型扩展



### 影响

€100 亿  
EBITDA提升

15+个  
数字化用例被编入标准化清册,不断丰富内容,实现快速扩展,并在

40+家  
拥有不同技术成熟度和IT/OT架构的工厂,针对

150+名  
工厂数字化负责人开展全方位的技能培训,包括集训营及每周的固定培训

资料来源:世界经济论坛全球灯塔网络,2022

## 3.2 西普拉:七大核心动能实现全网络规模化转型

“西普拉在劳动生产率、机器效率和质量偏差等运营绩效方面实现了20%~80%的改进。”

西普拉是一家位于印度的跨国制药公司，短短两年时间内，其20多个工厂均成功实现了运营转型。西普拉的领导层深知，制造目标的实现离不开数字化技术。因此，他们锁定了七大核心动能，以实现转型目标。围绕数字化、自动化和分析技术的部署，西普拉在两年时间内，实现了印度22个工厂在端到端成本、生产力和质量方面的优势提升。该公司针对良品率、设备效率和动态人员配置开发了40多个数字化和分析用例。其中，已有18个用例在印度所有工厂中推广，28个用例在5个以上的工厂中推广。

西普拉的成功可归功于其在各大工厂部署的敏捷团队。在组织层面的统一赋能下，他们可快速实现用例

的规模化部署。在此基础上，西普拉还打造了物联网学院，通过招募新人才、提升现有人才的技能水平来丰富其数字化能力。

部署了30多个智能自动化应用后，西普拉在劳动生产率、设备效率和质量偏差等运营绩效方面实现了20%~80%的改进。

西普拉成功转型的关键，是打造了一个面向未来的企业级数据技术架构，通过实时数据传输，提升可视化水平并赋能决策。这些举措带来了显著影响：起初，只有不到20%的运营数据被用于数字化技术和分析决策，如今这一数字已经超过90%。

图 21 印度跨国药企西普拉依托七大核心动能，成功在其22个工厂规模化推广第四次工业革命技术



- 1 员工参与** 多措并举提高所有员工的参与度(例如,每两周一次的运营人员全体会议、专项培训,以及内部工厂参观等)
- 2 转型办公室** 创建公司层面的变革指挥中心(从首席经验官到工厂层面)
- 3 工业物联网学院** 打造数字化和分析学院,寻找新的数字化人才并提高现有人才技能(通过虚拟现实、游戏化学习和学术合作,为50多名管理人员、110多名转译员和400多名操作员提供技能培训)
- 4 工业物联网堆栈** 部署了一个依托边缘计算和数据采集与监控系统(SCADA)的可扩展工业物联网技术架构,将全网络90%以上的关键设备数据推送到一个安全的企业级云端
- 5 技术生态系统** 与50多家供应商伙伴合作,共同推动西普拉的第四次工业革命转型,并在能力建设上与30多个战略伙伴建立了合作
- 6 敏捷方法** 在20多家工厂中部署了70多个敏捷团队,利用最小可行产品,以两周为周期快速冲刺,实现用例的迭代开发
- 7 敏捷数字化工作室** 为产品团队搭配跨专业团队,建立实体与数字结合(phygital)的“敏捷数字化工作室”,推动有效的跨职能合作

### 影响

**20-80%+**

在劳动生产率、设备效率和质量偏差等运营绩效方面实现了20%~80%的改进。

**90%+**

起初,只有不到20%的运营数据被用于数字化技术和分析决策,如今这一数字已经超过90%

**20+家工厂**

在两年的时间内经历了数字化转型

### 3.3 美的：以强大的数字化转型治理机制为支撑，规模化推动工业4.0转型

企业若想加速转型进程，大规模推广数字化技术，便可积极投资员工，战略化部署4IR解决方案和工作模式。对中国家电制造企业美的而言，其领导层在着手推动生产网络的工业4.0转型之前，就对资源投入有着清醒认识和规划。我们的调查表明，灯塔企业在规模化转型上，有着充分的投资和领导层支持，而美的的故事更有力地证明：组织投入和领导层支持可极大推动数字化的战略部署。

美的的领导层深谙治理模式的重要性。他们知道，优先考虑能够产生积极影响的解决方案，并交流最佳实践，而非仅关注技术本身，才能够大力推动企业转型。为此，美的打造了一个强大的数字化转型治理机制，并投资了25亿美元来助其发挥作用。

数字化转型治理机制主要包括三大核心要素：一是一所负责设计开发创新解决方案的智能制造研究院，该院共有140多名专家，年度预算约为2200万美元；二是创新的全球联合管理模式，美的在制造体系建立了15个专家协同组，他们是由1000多名资深工程师及变革骨干组成，致力于对最佳实践进行系统性地创新和总结，以便在各业务条线和工厂中推广和持续迭代；三是一项数字精益成熟度指数评估工具，在其助力下，美的可对标9大业务条线下34家工厂的数字化精益成熟度，以评估数字化转型业务的效果和效率。

在该转型机制的引领下，美的对数字化转型的投资已卓有成效。该公司的利润已经翻了两番，旗下已有5家工厂被评为世界经济论坛灯塔工厂。

图 22 家电制造企业美的打造了强大的治理架构，规模化推动生产网络的工业4.0转型

#### 中国家电制造企业美的在海内外拥有15万名员工

面对缩短交付周期、改进产品质量的需求，美的开始推广数字化转型。当前，美的已在34家工厂实现了第四次工业革命技术的规模化扩张



智能制造研究院

该院共有140多名专家，年度预算为2200万美元，旨在为制造、数字化、自动化、分析技术和可持续发展开发新技术



全球联合管理模式

在制造体系建立了由1000多名资深工程师及变革骨干组成的15个专家协同组，致力于对最佳实践进行系统性地创新和总结，以便在各业务条线和工厂中推广和持续迭代



数字精益成熟度指数评估工具

对标9大业务条线下34家工厂的数字化精益成熟度，以评估数字化转型业务的效果和效率

#### 影响

5家

世界经济论坛灯塔工厂

4.3 倍

盈利提升

25 亿美元

数字化转型投资

资料来源：世界经济论坛全球灯塔网络，2022

## 3.4 共谱工业4.0续篇:与灯塔企业并航追光

第四次工业革命的第一章已经画下完美句点。新篇章的基调与挑战十分明确:制造企业若想书写新的转型奇迹,引领下一波变革,在单一工厂或部分生产网络中实现规模化转型已然不足,而是要在全组织上下实现规模化部署。

为了实现这一目标,制造企业需加大投资力度,携责任同行,用魄力、创造力和动力大规模推动第四次工业革命转型。制造企业要对前方的挑战有着清醒客观的认识,在核心动能的助力下,牢记“以人为本”的原则,争取在实现生态效益的同时,大幅提升组织运营效率,并斩获丰厚经济效益。

随着全球灯塔网络的不断扩大,全球制造业企业可追随航标,与灯塔企业同向而行,并航追光,共同踏上这条可持续的转型征程。以《灯塔实践指南》为开篇的灯塔故事也将不断续写,帮助制造企业在兼顾社会责任的同时,推动规模化转型。

### 行动呼吁

全球灯塔网络仍在扩容,欢迎领先企业申请加入。与此同时,可持续灯塔的甄选也向新老灯塔网络成员开放。欲了解更多详情,欢迎致信 [LighthouseNetwork@weforum.org](mailto:LighthouseNetwork@weforum.org).

# 贡献者

## 世界经济论坛

Francisco Betti

世界经济论坛“先进制造业与价值链”平台总监，执行委员会成员

Vincent Desnos

麦肯锡项目经理兼世界经济论坛项目研究员

Yves Giraud

麦肯锡资深专家兼世界经济论坛项目研究员

Federico Torti

世界经济论坛“先进制造业与价值链”平台主管

## McKinsey & Company

Martin Becker

麦肯锡资深顾问

Youssef Benkhaira

麦肯锡资深顾问

Enno de Boer

麦肯锡全球资深董事合伙人，全球运营技术业务负责人

项目团队感谢外部作者和编辑顾问Paul Cumbo为白皮书提供的支持。

## 编辑与设计

Laurence Denmark

Studio Miko 设计师

Martha Howlett

Studio Miko 编辑

George Messer

Studio Miko设计师



---

COMMITTED TO  
IMPROVING THE STATE  
OF THE WORLD

---

世界经济论坛是推动公私合作的国际机构，致力于改善世界状况。

论坛汇聚政界、商界等社会各界重要领袖，共同制定全球、区域和行业议程。

---

**世界经济论坛**

91-93 route de la Capite  
CH-1223 Cologny/Geneva  
Switzerland (瑞士日内瓦)  
电话: +41 (0) 22 869 1212  
传真: +41 (0) 22 786 2744  
邮箱: [contact@weforum.org](mailto:contact@weforum.org)  
网址: [www.weforum.org](http://www.weforum.org)