

## 培育可持续发展的全球制造业优势

罗克韦尔自动化

### 前言

制造业作为实体经济的主体，对国家经济与民生的发展具有重要的支撑作用。当前，中国及全球其他主要经济体均高度重视制造业的发展和竞争，这对中国制造业提出了更高的要求——培育并巩固具备可持续发展能力的全球制造业优势。

当前，在供给侧改革和构建“双循环”新格局的大背景下，中国正处于从“制造大国”到“智造强国”转型的关键阶段。与此同时，在全球智能化趋势下，制造业模式和生态布局发生着迅猛变化。中国制造业需要抓住数字化转型的机遇，实现从产业中低端向产业中高端的升级和迁移，这也是培育可持续发展的全球制造业优势的目的所在。

制造业进行数字化转型创新的关键在于，结合企业和细分行业的具体情况，快速将制造业的实际需求和相适合的数字化能力进行匹配，并将由此带来的创新价值快速铺开，形成规模化效应；同时，通过合理的分步规划和快速迭代实现持续改善，快速应对市场需求的变化和波动。最后，还需要将数字化创新产生的价值向整个价值链的上下游进行传导，为全产业注入可持续、能跨界、敢竞争、无边界的创新动力，逐渐形成具有国际竞争力的先进制造业群体和生态。

此外，通过数字化转型塑造制造业的可持续发展优势，不能仅仅停留在技术层面上的升级，更关键的是来自于对传统商业思维和价值理念的突破。因此，宜引导企业重视数字化转型的战略价值和意义，充分发挥数字化和大数据优势，将原价值链打通，从而塑造出新的商业模式，产生新的价值；还应当重视数字化转型与制造业人才创新之间的有机联系，宜将数字化转型视为引导制造业人才结构升级、解放人才自主创新能力的颠覆性机遇。

基于以上建议，罗克韦尔自动化衷心希望能够和国内制造业通力合作，助

力更多中国企业成功转型，推动整体产业结构升级，助力“中国智造”在全球的竞争和长足发展。

## **一、 培育制造业可持续创新优势的重要意义**

### **（一） 全球制造业的可持续创新挑战**

随着全球经济的发展与社会生产力的提高，全球范围内的制造业竞争也步入了一个新的阶段。制造业作为实体经济的主体，具有强大的“造血”功能，对人民生活水平的稳步提升和经济的繁荣稳健发展具有至关重要的意义，也为新技术、新产业、新业态和新模式的不断催生提供了强劲的动力，因而也成为了全球各主要经济体角逐的重要舞台。

在全球化的机遇下，中国的快速发展和腾飞同样受益于制造业的强势崛起，“世界工厂”的地位和庞大的市场体量为经济的持续增长带来了源源不断的动力。与此同时，欧洲、美国、日本等传统制造业中心同样在不断调整其制造业战略，如美国“先进制造业领导力战略”、德国“国家工业战略 2030”、日本“社会 5.0”和欧盟“工业 5.0”等，意在加强或重塑在制造业领域的综合实力，促进和巩固经济的良性发展。

值得注意的是，在当前全球面临气候挑战、能源价格高企以及经济增长挑战不断上升的宏观环境下，注重制造业的可持续性发展正日益成为全球范围内制造业的关注重点。这里的可持续性，不仅仅指狭义上的在环境及能源消耗方面的可持续性，更广泛包含了在创新模式、竞争力塑造及产业生态布局等多个层面上的可持续性。

特别是当前以 5G、云计算、大数据、物联网等为核心的新一代信息通信技术得到极大发展的技术环境，也提供了有利于支撑制造业发展可持续性的前所未有的技术创新条件。如何抓住这样的有利条件，尽快实现制造业创新模式和体系的升级，形成系统性、可持续创新的产业进化能力，将成为各个制造业中心在未来争夺全球优势地位的关键。

### **（二） 中国制造业的可持续性优势发展方向及要求**

在塑造可持续性创新优势这方面，中国制造业与其他制造业中心在方向和要求上既存在一定的共性，又显现出很多独有的特征，这与中国制造业发展的独特环境和阶段性特点是密不可分的。

当前，在供给侧改革和构建“双循环”新格局的大背景下，中国正处于从“制造大国”到“智造强国”转型的关键阶段。《“十四五”智能制造发展规划》指出，随着全球新一轮科技革命和产业变革深入发展，新一代信息技术、生物技术、新材料技术、新能源技术等不断突破，并与先进制造技术加速融合，为中国制造业的高端化、智能化、绿色化发展提供了历史机遇。

而从全球制造业分工的维度来看，在全球制造业产业布局中实现角色转换，实现从产业中低端向产业中高端的“爬坡”和“攻坚”，则是中国制造业在可持续发展过程中的必经之途。这一要求的必然性，来源于全球智能化趋势下制造业模式和生态布局的迅猛变化。

以往，在社会信息化条件较为有限的条件下，国民经济产业结构中一、二、三产业之间的联系远没有今天这样紧密。主要居于第二产业位置的制造业，其核心价值主要来自藉由规模化生产实现的高效率和低成本，以及对人力资源等要素的优化整合，但很难将一、二、三产业的上下游价值打通，各个环节的价值仍保持相对独立。

但随着信息化技术的不断发展革新，全球化产业上下游价值链的整合能力不断得到加强，产品和服务的形态也在发生变化。自动化、数字化技术带来的产业价值正在越来越多地延伸至第一产业和第三产业，整个上下游的价值在互联互通的信息条件下不断走向融会贯通。

一个例子是，在数字化趋势迅猛发展的工商业环境下，基于实时大数据的全产业链协同和追溯、溯源能力大大提升。一方面，企业在面向消费者时，产品从设计开发、原材料供应、生产制造、物流分销一直到售后服务的全流程信息越来越透明化；与此同时，伴随着线上营销体验的日益完善，无论是一台机器、一辆汽车还是一款饮料、一罐奶粉，高度定制化、端对端的按需生产模式和按需服务正日益成为常态。这就意味着，企业从原材料的质量管控（第一产业）、生产制造（第二产业）到售后的增值服务（第三产业）环节，其价值将在产品的全价值链内高度贯通。

在这种趋势下，越来越多的消费品制造商，正试图更紧密地整合位于上游的原材料生产供应链，以实现产品质量、安全等价值的高度可控，满足消费者需求。例如，有的乳制品厂商正越来越多地自建奶源渠道，或是将第三方奶源供应商的质控环节纳入到自身的数字化管理体系当中，甚至从奶牛饲料的质量、来源等信息开始进行全流程追溯，以确保统一的产品品质和安全性。

另一个例子是，厂商交付商品（价值）的模式也在发生改变。以往，制造业厂商将有形的物理产品交付给用户，交易即告完成，用户直接享有产品的功能价值；而今天，厂商向用户交付物理产品，只是交易创建的第一步，后续，厂商可以以物理产品为载体，持续不断地向用户提供增值信息服务，实现持续的价值获取。

在这方面，一个典型的体现是近两年来新能源汽车“新势力”的强势崛起。在这一领域，竞争的格局几乎被完全颠覆，一些异军突起的新能源汽车厂商在与传统汽车厂商的竞争中实现了“弯道超车”，其中一个重要的因素正是产品的形态已发生了改变。与驾乘性能、舒适性等传统指标相比，自动驾驶、车载智能化服务等基于智能算法、大数据及移动互联技术的增值服务已经成为了消费者更加聚焦的核心价值，并越来越多地左右市场的竞争格局。

从以上两个典型的例子可见，未来制造业的创新固然具有广阔的空间，但势必要求企业充分打通和挖掘数字化创新条件下的全产业链价值，告别同质化、低附加值的制造业“红海”，从而具备瞄准产业链的高端持续发力的能力。

此外，在顶层规划层面，中国制造业要获取和巩固整体的可持续创新优势，除了鼓励、助推制造型企业自身的创新探索之外，还需要在产业层面建设全方位的跨界创新整合能力，打造系统性的创新模式，使得优异的价值和经验可以不断被用来赋能，从而打造产业整体创新的正循环，实现顶层设计、产业引导与企业自发创新的相辅相成，促进生产力的不断进化。

## **二、实现可持续创新转型的关键要素**

### **（一）以数字化驱动可持续创新转型，挑战在何方？**

从前文可以看到，以数字化为驱动力引导全价值链的升级和持续改善，是制造业实现可持续创新的关键。事实上，基于对制造业数字化转型趋势的洞察，近年来已经有大量的制造型企业基于各自的挑战和需求，启动了数字化转型的步伐，意图借此为持续创新打下良好的基础。但不得不承认，这一路径并非一帆风顺的坦途。调查显示，在实施数字化转型行动的制造业企业案例当中，有超过半数比例的案例未能达到预期的效果。

在以往一些类似的场合，很多人常常试图通过分析一些成功的企业案例，来探究制造业数字化转型的成功之道。但人们往往忽略了，由于不同行业、企业的具体情况不尽相同，很多企业在数字化转型上的成功，与当时当地具体的条件、环境和需求密切相关，并不一定具有良好的可复制性。我们不妨反其道而行之，通过分析制造型企业在数字化转型过程中一些具有共性的误区和挑战，为产业的数字化发展预先排除“雷区”，扫清阻碍。

那么，在数字化转型的过程中，制造型企业通常面临哪些挑战？罗克韦尔自动化认为，导致转型效果不佳的症结和挑战，往往来自三个方面。

首先，是来自制造业本身的复杂性而导致的挑战。与很多具有通用流程和管理运营模式的行业相比，制造业领域具有非常细致的分门别类，细分垂直行业数不胜数，而每一个细分垂直行业都具有独特的行业特点、工艺流程体系和管理运营模式。不仅细分行业之间差异显著，即便是同一行业的不同企业之间，其需求和现状也是各有千秋。因此，制造业企业在数字化转型过程中，对定制化的需求非常高。

而且，制造业产能过剩导致的资源浪费等问题，往往超出了企业自身数字化转型所能解决的范畴，但反过来却对企业的可持续性和经济效应造成很大阻碍，这常常令企业决策者感到，通过数字化转型难以获得立竿见影的效果，影响坚持推进数字化转型的决心。

其次，是企业对数字化转型缺乏准备而带来的挑战。一方面，制造业实施数字化转型的基础参差不齐，应用自动化、数字化的每个发展等级都有大量企业存在，往往需要以“一企一策”的视角具体分析。另一方面，很多企业在实施数字化转型之前，对数字化转型的价值和意义理解不甚到位，对于明确的数字化转型落地路径和规划更是缺乏认识，其方案执行下来的效果自然难以达到

预期。

最后，则是制造业和数字化两者的挑战交织，从而衍生出的新挑战。例如，很多制造型企业硬件系统的数据采集能力难以实际匹配数字化系统的要求，导致企业运营生产管理的数据难以实时采集，或者各部门、流程之间未能形成互联互通的信息流，造成了实质上的数据信息孤岛，使得数字化转型流于形式化。

此外，尽管有的企业通过数字化转型取得了一定的效果，但由于制造业不同企业和细分行业之间的“壁垒”，难以将获得的创新价值进行快速复制、移植，更难以依托这些创新经验推进行业内外的跨界创新。

再者则是企业极为看重的经济效益，很多数字化转型的方案未能结合企业的实际情况，提供可分段实施的路线图，以及明确的效果考核机制。这常常令企业的决策者难以对数字化转型的投入产出比和预期回报进行有效评估，或者由于整体方案投入过大而失去兴趣。

以上一系列错综复杂的挑战，概括了制造业数字化转型的常见难点。这也正是为何很多数字化转型的咨询和执行服务商在服务其他行业客户时如鱼得水，但往往面对制造型企业时就感到阻力重重的重要因素。

## **(二) 定义制造业数字化转型创新的关键因素**

上文概括了制造业在面对数字化转型创新时的重重挑战，这恰恰也有助于我们拨开迷雾，更透彻地洞察到制造业进行数字化转型创新的关键。那就是，结合企业和细分行业的具体情况，快速将制造业的实际需求和相适合的数字化能力进行匹配，并将由此带来的创新价值快速铺开，形成规模化效应；同时，通过合理的分步规划和快速迭代实现持续改善，快速应对市场需求的变化和波动。

罗克韦尔自动化认为，要实现这样的数字化转型和可持续创新路径，同样需要注意以下一系列关键的因素。

首先，要实现这样的数字化转型，需要解决的是“知己知彼”的问题，在现实中的很多案例表明，尽管企业用户是数字化转型需求的提出者和决策者，但用户局限于自身的经验和视野，其提出的需求和指标，往往并不能完全反映出企业深层次的、真实的需求。这时，需要真正定义出企业不同优先级的痛点

和需求，特别是以往被隐藏在表象下面的深层次问题和“短板”，为数字化转型开辟出真实的价值空间。

其次，在规划和实施时，需要企业在数字化合作伙伴的助力下，合理制定数字化转型的路线图，并制定相应的分段实施目标及方案；同时，还需要正确评估企业现有的自动化、数字化基础，避免出现数据采集、流通方式和协作流程的“水土不服”；此外，需要确保选用的解决方案经过验证，并符合今后可预见的技术发展趋势。

最后，还需要注意的一个关键问题是：为未来做好准备。正如本文讨论的核心话题，制造型企业进行数字化转型，本质上是为了构建和巩固可持续的创新优势，并推动形成产业的创新生态。这就意味着，适合用发展的眼光去看待数字化转型，相关的转型路线图不仅应该满足当前的需求，还应该充分考虑到企业在未来的迭代、扩展和持续改善，并需要为服务企业未来战略的跨界创新提供必要的支撑。

### **三、对培育制造业可持续创新优势的建议**

#### **（一）以数字化转型驱动可持续创新的方法论**

定义了一系列关键问题后，我们希望能够结合自身赋能和服务各个产业的丰富经验，为中国制造业提升可持续性创新能力贡献自身的一些见解。

在技术层面上，罗克韦尔自动化倡导制造型企业积极拥抱物联网技术，以“物理世界”、“数字世界”和“人”的三元逻辑为核心，将关注的重点放在三者之间的互动方式上，打造更符合现实工业企业的应用场景，从而让数字化转型更具可操作性，考核和衡量的标准更加可量化。

在这一基础上，宜将细分行业及其产业链的深入认知、专业知识，以及具备行业属性的技术洞察能力，与信息技术(IT)和操作技术(OT)深度融合，将数字化衍生的智慧价值延展到工业应用的最前端，实现数据和实体的全面链接，推进工业数据的互融互通，释放蕴藏在大数据当中的潜力，为实时决策的实现打造良好基础。

在方法论的层面，罗克韦尔自动化倡导“大处着眼，小处着手，快速复制”的方针。以现状诊断为起点，数字化转型蓝图为战略目标，试点速赢为着手点，帮助企业实现生产业务全局转型、数据要素全域赋能、理念技术全面重塑，从而形成业务及商业模式数字化“双轮驱动”的卓越格局。

罗克韦尔自动化倡导的方法论可以概括为“四步走”。在第一个步骤，当企业决定启动数字化转型的行动时，首先需要梳理好企业的“精益价值流”。建议企业自己做数字化转型项目之前，或依据自身企业能力，或依据第三方机构及合作伙伴，对企业内部展开详细的“望闻问切”。通过“精益价值流”的梳理，找到企业在数字化转型过程中最短的短板在哪里：是质量还是货期，是库存还是收款，或是供应链？通过“精益价值流”的梳理，找出企业的具体痛点和真实挑战，可以说是企业数字化转型的首要步骤。明确痛点后，还要量身定制“一企一策”的目标及合适的路线图。

在第二个步骤，建议企业进行自动化的优化和深造，弥补现存的自动化短板，用自动化提升现有的效率，以达到安全、节能、环保、高效的目的。如果企业不具备自动化基础，例如在数据的采集上仍采用手工作业，那么数字化转型或智能制造则无从谈起。如果企业现阶段的需求实际上是由于自动化程度过低而导致的，那么可以先从自动化的角度解决问题，避免急于求成。

在第三个步骤，则有针对性地进行数字化转型的实施。这需要基于清晰的顶层数字化蓝图，以及梳理好的“精益价值流”去构建企业的信息化系统架构。在这一阶段，企业重在与具备行业专业知识和数字化赋能能力的伙伴深入合作，共同解决一系列问题。如基于已明确的需求，采用哪些标准进行系统建设；构架怎样的平台以实现 OT 和 IT 打通融合；在工厂端如何实现多种冗余的信息化系统的互联互通；如何打造开放可控、可扩展的工业物联网基础，等等。

第四个步骤，也是要实现可持续性创新的关键步骤——数字洞察，即将现有的数据转换成真正有价值的数据，并从中发掘创新的机遇。制造型企业运作过程中会产生大量的数据信息，通过大数据、人工智能、自学习和自感知的方式，将如此大量的数据变成一些有价值的情报，辅助企业进行决策和创新开发，将持续为企业提升竞争力和创新力带来新的视野。

概括来说，制造型企业利用数字化转型实现持续创新的方法论，即做好经

验价值流梳理、自动化优化和深造、数字化转型实施以及数字洞察。这是根据罗克韦尔自动化多年的实践和积累，总结出的比较合理的企业数字化转型方法论。

## （二） 以“四步走”战略激活可持续发展及自主创新力

上文建议的“四步走”战略，其价值不仅仅在于作为数字化转型的方法论，更在于其在各个可持续发展维度上具有经过验证、可量化考核等优势，为一系列有决心、有意愿但缺乏实践经验的企业提供了“从零到一”的决策动力和信心。

一旦制造型企业找到了适合行业及自身特点的转型路径，其在提升可持续性和自主创新等方面的潜力往往不容低估。从来自各行业的一组真实案例可以看到，不少制造型企业已经受益于这一方法论，纷纷在安全、节能、环保、高效等可持续发展维度上实现了质的提升。

此前，罗克韦尔自动化借助自主研发设计的由工业物联网、人工智能、AR/VR、大数据分析、预测性维护等技术支撑的智能运维 Rockii 解决方案，以“授人以渔”的方式，助力南昌矿山机械有限公司（简称“南昌矿机”）开启了智能运维新模式。

经过此次战略转型，南昌矿机获得了“自我造血”的可持续创新力，其团队不但掌握了智能运维平台的自主开发能力，同时还藉由创新的数字化服务业务，开发出新的 PaaS 商业模式。依托这些新的能力，南昌矿机得以向工程机械行业的终极目标——“0 排放，0 事故，0 停机”发起极限挑战，极大推动了企业的绿色、智能、可持续发展。

在聚焦“双碳”的动力电池及能源互联行业，同样不乏通过主动转型推进可持续发展及创新的突出实例。近期，罗克韦尔自动化与蜂巢能源科技有限公司（简称“蜂巢能源”）开展战略合作，携手打造动力电池及能源互联行业 AI 智能制造生态圈，共同研发面向动力电池及能源互联行业的 AI 智能制造综合解决方案，为动力电池及能源互联全产业链的转型升级注入智慧动能，并合力打造世界级灯塔工厂，以绿色能源转型推动碳达峰、碳中和目标的加速落地。

在挑战全球公共卫生能力的疫情之下，生物医药行业同样在寻求以创新促进可持续发展的途径。某全球领先的生物医药企业承载着来自全球 30 多个国家

的 4,400 多家合作伙伴的研发创新项目，借助罗克韦尔自动化 IT/OT 轻量化平台部署的实验室自动化解决方案，该企业的研发人员得以轻松管理配方、人员、设备状态、批次、检验报告等，并实现了各类高精尖检测设备的无缝集成，从而提高了 20% 的研发实验室设备利用率，减少了 15% 的差错，并实现了实验数据的全流程追溯，总体效益提升了 25%。

对食品及其原材料行业而言，“从农田到餐桌”的全程控制与管理是保障食品安全的根本。在这一领域，罗克韦尔自动化依托联合国工业发展组织平台，与农业部合作开展了南昌智慧土壤项目。通过将工业的精细化管理嫁接到农业，该创新解决方案可以利用数据监测和大数据技术，破解农药残留及重金属污染困局，改善土壤质量，提高 15% 的土壤修复利用率，有效提升了农作物的生产管理水平和抗灾减灾能力。

### **（三）打造颠覆式跨界创新，提前培育创新人才**

事实上，通过数字化转型，塑造制造业的可持续创新优势，不能仅仅停留在技术层面上的升级。制造业的创新，更关键的是来自于对传统商业思维和价值理念的突破和颠覆。

因此，宜引导企业重视数字化转型的战略价值和意义，这一过程绝非只是软硬件的叠加，而重在塑造开放兼容、持续拓展、自主可控等关键能力，尤其是企业与供应链上下游，以及在行业内实现价值贯通和联动的能力，眼界不仅要放在企业内部，更要着眼于颠覆性创新价值在未来产业生态中的拓展空间。

例如，当前在数字化转型的指引下，越来越多企业在价值扩展方向上已经具有了“颠覆性”思维。其业务和价值扩展的方向，已经从传统的“横向”——扩大规模、并购竞争企业，转为“纵向”，即主动转变自身在价值链上的角色，向产业更高端迁移和升级。

在这方面，罗克韦尔自动化依托智能运维 Rockii 解决方案，已经助力国内冰淇淋制造设备龙头企业南京浦园冰淇淋机械有限公司，打造出行业领先的数智标杆工厂，并借助 IT 通信技术升级 OT 运营技术，搭建起智能产线。该产线不仅是国内首条从灌浆到出库的全自动智能冰淇淋产线，也是国内唯一一条全自动智能 3D 冰淇淋产线。实现数字化升级后，该企业人力成本节省 90%，废

料减排 122 吨/年，产能提升超过 30%。

更重要的是，经过数字化改造后，该企业改变了以往聚焦设备和产线的商业模式，其行业角色由 OEM（原始设备生产商）转向 ODM（原始设计制造商），成为目前国内唯一一家全自动化、全智能化冰淇淋制造企业，在实现营业额跨越式增长的同时，还为冰淇淋行业进一步加快内循环、促进产业转型升级树立了标杆。

这样的角色转变，其效应不仅仅体现在行业之内，更有利于满足全社会蓬勃而生的创新需求。随着信息化背景下社会产业分工的进一步细化完善，国内已涌现出了众多以创意设计开发为核心竞争要素的轻资产创新品牌，这样的趋势在电动汽车、快消、食品饮料等行业都非常显著。这样的下游业态，恰恰需要制造业通过数字化转型，对自身角色和核心能力进行重新定义及跨界创新，才能够更好地适应这些新兴的创新合作模式，满足消费市场的多样化、个性化需求。

同样的颠覆创新，还体现在充分发挥数字化和大数据优势，将原有价值链打通、吃透，从而塑造出新的商业模式，产生新的价值。例如，罗克韦尔自动化通过智能运维 Rockii 解决方案，助力全球蛋白质市场领先品牌泰森食品打通了从农业到工业再到消费品的三大产业，实现了从养殖到生产、包装，再到物流、销售的产业闭环，构建出“从农场到餐桌”、“从产品到原料”的双向追溯体系，打造出敏捷、智能、高效、低碳的供应链，真正意义上实现了“从 To B 向 To C”的商业模式转变，为重塑产业生态价值链、加速产业数字化升级提供了有益的借鉴。

此外，要做到提升中国制造业的整体，应当重视数字化转型与制造业人才创新之间的有机联系，宜将数字化转型视为引导制造业人才结构升级、解放人才自主创新能力的颠覆性机遇，而绝非对人工劳动的简单替代。以前，不少制造型企业简单地将自动化、数字化改造升级，视为对人力劳动岗位的替换，将智能制造理解为“机器换人”，实际上是存在一定的误区的。

在这方面，宜从相关高校、专业技术院校的专业课程设置做起，打破原有的、着眼于垂直专业技术的学科壁垒，更多地在与制造业相关的专业当中纳入数字孪生、物联网技术、大数据应用等前瞻性学科，以及数字化营销、商业模

式创新等课程，提前培育制造业人才的跨界创新思维。罗克韦尔自动化非常乐于与相关院校进行深入、紧密的校企合作，自 1998 年我们就启动了“与中国大学共勉”项目，已覆盖 20 余个省市自治区和香港特区，超过 70 所大学；累积捐赠的设备、奖学金等超过 2.5 亿元。同时，基于罗克韦尔自动化智能运维 Rockii 联盟生态体系，我们致力于打通集产学研于一体的创新路径，帮助国内孵化更多制造业跨界人才，并加速推动智能制造的创新和落地。

#### **四、总结**

风物长宜放眼量，我们衷心希望以上建议和分享，能够助力中国的制造型企业成功转型，培育出可持续、能跨界、敢竞争、无边界的创新动力，推动整体产业结构升级，为“中国智造”在全球的竞争和长足发展提供源源不断的支撑。