人民日报海外版

2026年11月27日 星期五

责编：刘乐艺 邮箱：hwbjzb@126.com

从数字化到智能化，浙江制造业加快拥抱人工智能——

5G工厂迎来“二次升级”

本报记者 **窦瀚洋**



在湖州市长兴县诺力股份智能物流装备未来工厂，工人正在智能化生产线上赶制订单。 孙鑫琰摄（人民视觉）

前几年，浙江企业纷纷开启5G工厂建设，设备联网、数据上云，开启数字化生产新模式。眼下，人工智能快速发展，日益成为企业转型升级的重要选项。与数字化工厂相比，AI工厂依托数据驱动决策、全链智能控制，推动生产迈向智能制造新阶段。车间里不只有轰鸣的机器，还有会判断、会优化、会纠错的“AI厂长”上岗值守。

5G工厂能否抓住人工智能机遇，工厂如何再度升级？带着这些问题，记者奔赴一线车间工厂一探究竟。

从“设备联网”到“云端统筹”
“AI厂长”走上生产一线

走进湖州智芯动力系统发展有限公司未来工厂，车间多条产线高速运转，依托数字孪生、AI视觉检测与大数据调度平台，一套智能管控系统化身车间虚拟“AI厂长”，大屏上的数据实时跳动刷新，动态呈现整条产线的运行状态，同步完成生产线工艺参数自动调校、外观瑕疵判定，以及各工位物料调度指令下发。

“依托原有数字化底座，本次高阶AI调度系统迭代升级，重构了我们整套生产流程。”企业负责人周贤勇介绍，此前工厂已经完成5G数字化工厂改造，依托5G工业网络完成全生产线设备联网，打通各个生产单元，破除原先单机作业的数据孤岛，相比传统生产线实现效率提升。

但初代5G工厂更多聚焦数据采集与可视化监控，以事后问题追溯为主，尚不具备主动预判与自主调度能力。此次上线的“AI厂长”，不再局限于被动收集数据，依托工业大数据算法自主研判，预判设备潜在故障，自动优化工艺参数，动态调配物料流转。“5G工厂让数据有了价值，AI时代的到来则让工厂生产管控逐渐转向云端统筹，进一步赋能生产管理。”周贤勇说。

有类似体验的还有奥克斯集团。“如果说5G工厂解决的是‘连接’问题，让数据跑起来，那么AI则赋能机器自行判断、调整。”奥克斯宁波工厂相关负责人杨明星说，“5G是神经，AI是大脑，这是两者最本质的进步。”

走进位于宁波鄞州区的奥克斯宁波空调工厂总装车间，机械臂正在无声转动，检测工位上，AI视觉检测设备依次排开，“火眼金睛”扫过机身，判定结果“秒”上云端。

“以前靠人眼，夜班还得轮换休息。”杨明星指着屏幕上的实时数据，“现在黑灯工厂24小时运行，AI视觉+全自动检测，一次合格率提升30%。”

在杨明星看来，AI时代对制造业提出了新要求：小批量定制需要产线快速换型，AI视觉质检需要数据实时闭环……这些都不是传统刚性产线能解决的。AI赋能恰恰让传统产线第一次拥有了“感知”与“判断”的能力——机器能实时“看见”质量缺陷、设备状态和工艺偏差，能基于数据自行识别异常、辅助决策。

尽管所处生产领域不同，但经过各自探索，不少企业形成相似判断：5G工厂推动生产从传统模式迈向数字化模式，相关技术和路径已相对成熟；进入人工智能时代，5G工厂“二次升级”仍处于探索阶段。合作模式的变化即例证：过去多为“企业出钱、运营商建网”，如今更倾向于“企业出题、服务商共创”，即从传统“买卖关系”转向深度“共创伙伴”。这成为智能制造“二次升级”过程中的一个新特征。



在湖州智芯动力系统发展有限公司未来工厂，自动化产线正高效运转。 唐 辉摄

从“连得上”到“流得通”
数字底座夯实转型基础

在周贤勇看来，AI浪潮下，5G工厂的迭代升级之所以能够顺利落地，正是得益于前期已经建成投用的5G+工业互联网智能工厂底座，“前期改造已经完成全厂设备联网，实现生产数据全面上云，打下扎实的数字化基础。”

他说，如果缺少这套前置底座，想要实现AI自主调度，就要从零开始加装传感器、改造设备、打通数据链路、开发适配算法系统，不仅工程量浩大，投入成本高，建设周期也会大幅拉长。

同理，奥克斯对AI技术的探索也非临时起意或一蹴而就。早在2013年，集团就已将智能化确立为战略方向，目前全球已布局18家智能化生产基地；与此同时，专注自主研发设备智慧中枢平台，为每台机器建立“数字分身”，从而为人工智能应用打下坚实基础。

林晓是一位常年在工厂车间奔波的项目工程师，他的工作就是帮制造企业把AI能力“搬”进生产线。跑的地方多了，对比就出来了——有的工厂数据早打通，AI模型接进去就能跑，几天就能见效；有的工厂甚至连基础设备数据都没收集齐，想上AI就得先“补课”，光前期摸底排查就要耗费数月。

浙江移动副总经理徐孟强表示：“AI技术想要实现工厂落地，网联的底子得提前打好。”他说，浙江一批5G工厂，就是因为早几年把“数字地基”打扎实了，如今在AI转型的赛道上，明显跑在了前头。

“2019年5G商用刚起步时，我们一项重要工作就是帮助企业把5G专网铺进工厂车间，那时的目标很纯粹，让机器能上网、数据能传输，5G解决的是‘连得上’的问题。”徐孟强说，再利用5G切片、5G LAN、工业PON、边缘计算等技术，工厂底层网络架构得以重构，彻底打破传统工厂“有线僵化、Wi-Fi不稳、数据孤岛林立”的痛点。

当5G把设备连起来之后，工业互联网平台呼之欲出，把数据连接起来，让生产系统、仓储系统、销售系统不再“各说各话”。经过几年沉淀下来，这批5G工厂的数据通了、网络稳了、设备活了，数据不再“孤立无援”，就像血液一样，在工厂的每一个角落流动起来，5G铺好路、平台搭好桥，随后，AI才能正式升级为掌控生产、把控质量、把控安全、把控研发的“核心大脑”。

“在AI工厂，5G是路，AI是车，数据是油。”徐孟强形象地比喻道。他说，5G工厂为设备连接、数据上云打下了坚实基础；进入人工智能时代，企业的垂类大模型有了高质量数据集和高效灵活的算力调度，做到有数据可训、有算力可用，再结合老师傅的隐性经验、企业沉淀的标准规范等，就能逐步调优，形成符合生产要求的工业智能应用。

从“算得准”到“管得住”
破解智能工厂落地难题



在奥克斯智能生产车间，技术人员在检查集成电路板。 鄞州区委宣传部供图

从“浙江制造”到“浙江智造”，回过头看，浙江制造业的转型路径非常清晰：第一阶段，5G专网铺进车间，让设备“连得上”——这叫“网络连接赋能”；第二阶段，工业互联网平台搭起来，让数据“流得通”——这叫“数据贯通”；第三阶段，AI注入生产流程，让数据“想得通”——这叫“数据智能驱动”。

那么，迈向AI工厂，企业如何把握机遇，助力生产？

在浙江大学信息技术中心副主任李环看来，所谓“AI工厂”，从地方实践来看，就是让AI参与到生产判断和决策中，如果说过去做数字化，企业要花钱购买设备、软件，一次性投入后逐年折旧；现在则要为模型每次“思考”付款，也就是购买Token（词元），每做一次生产线规划或工序决策，都要计一次费。

为此，在AI时代，企业生产除了要考虑水电费等成本，还要将模型调用、Token消耗和算力资源纳入综合成本计算。李环强调，这些年，经历过数字化转型的企业积攒了不少数据，为AI转型打下底子，但要明确的是，这些数据想要变成AI“原料”，中间还差一道“处理”工序，比如数据要经历清洗、脱敏等步骤构建成为企业知识库，每次模型调用仅获取与当前任务相关的信息，从而实现降低Token消耗并确保数据合规可用。

李环认为，当前企业想要善用AI赋能生产，阻力不仅在于“智能化大脑”，更在于“神经网络”——即大模型的决策判断能力已较为成熟，难点在于如何将指令毫秒级、零差错地下发至底层设备并转化为执行动作。

其核心痛点在于工业现场通信协议的碎片化与存量改造的高昂成本。若要强行统一“语言”，企业不仅面临硬件加装与协议转换的直接投入，还要承担停线改造的隐形成本，改造性价比往往成为AI落地工厂的“最后一公里”卡点。

不同于办公场景对容错度的相对包容，工业生产对系统确定性与实时可靠性的要求极高。“办公时AI输出有误，尚可重新生成；但若在自动化流水线上产生一次误判，就可能引发整条产线停机甚至大规模产品报废。”李环强调，因此AI能否真正贯通智能工厂，相较于“模型智商的高低”，更取决于系统的安全冗余与容错兜底能力——即系统能否在模型发生异常或越界时，实现毫秒级捕获、安全收敛，并无缝切换为人工接管。

把经验翻译成电力求解器听得懂的语言

彭超逸

每天清晨，南方五省区数以千计的发电机组都面临一道“必答题”：怎样安排出力？如何在保障电网安全的同时，让发电成本更低、清洁能源得到更充分利用？

解开这道题，离不开一款叫“求解器”的基础软件，它能把复杂现实问题抽象成数学模型，在海量方案里快速找出最优解。我们团队研发的“大瓦特·天权”电力求解器，就是为此而生的“智慧大脑”——综合考虑不同发电机组的成本、出力和启停限制，以及输电通道的承载能力，找出经济合理的方案。如今，它正支撑着南方区域电力市场稳定运转。

这道题有多难？南方区域电力市场覆盖广东、广西、云南、贵州、海南五省区，涉及火电、水电、新能源等多种电源，模型节点超过7000个，出清变量约450万个，测算下来可选方案的组合数为万亿级。要从中挑出安全又经济的最优解，对求解器的性能提出了极高要求。

2018年，我们组建了一支年轻的攻关团队，向电力求解器发起攻关。难题随之而来：面对如此庞大的计算规模，怎样才能让求解器既算得快，又算得准？

起初，我们尝试从已有研究中寻找答案。团队翻阅数万页论文资料，验证各种优化方法。但不少方法放到南方区域电力市场的实际场景中，效果却十分有限。第一次用“天权”原型计算一个案例，竟花了2万多秒。看到这个结果，大家心里都压上了一块大石头。

难道只能在通用方法上反复尝试吗？长期与电网打交道的经历给了我们启发：电力系统有自身的运行规律，调度人员积累了丰富经验，能否把这些经验“翻译”成求解器听得懂的数学语言，帮“天权”少走弯路？

知易行难，要把调度经验拆解成计算机能理解的模型和算法，电力、数学、计算机等不同领域的人得反复磨合。我们一边请教一线调度人员，梳理电网运行规律，一边让“天权”反复计算真实案例，找到哪里慢、为什么慢，再逐行检查代码、优化算法。

在一次次测试、分析和修改中，团队逐渐找到了电力专业知识与数学算法的结合点：“天权”的性能累计提升11倍，达到了国际一流！看到多年的积累转化为实实在在的进步，我们倍感振奋。

算得快只是第一步，能不能稳定用于生产，还要经受更严格的检验。我们从南方电网各级调度机构、电厂、变电站的真实数据构造案例，让“天权”先在一线“陪练”，再双轨运行、持续优化。历经近两年，“天权”正式转为主用求解器，自2025年6月起支撑南方区域电力市场24小时不间断运行，经受住超强台风、超长假期、负荷新高等考验。2026年10月，南方区域电力市场转入正式运行，“天权”也迎来新的考场。

这颗“智慧大脑”，一头连着电网安全，一头连着能源转型。随着新能源加快发展，电力系统的运行条件更加复杂，市场出清对计算规模、速度和可靠性的要求也在不断提高。我们将继续从生产实践中寻找问题，把电力专业知识与先进计算技术结合起来，让“智慧大脑”释放更大能量。

（作者为**中国南方电力调度控制中心自动化处主管，王云杉、薛子怡**采访整理）