

上海科学技术情报研究所
上海市前沿技术发展研究中心
技术与创新支持中心(TISC)



2021 年
第01期

数字化城市

DIGITAL CITY BRIEFING



熄灯工厂在中国的萌芽

编者按

“熄灯工厂”，就是在生产场域采用熄灯状态下全自动化作业的工厂。随着自动化技术的快速发展和应用，“熄灯工厂”正在成为制造业的新趋势。美国、德国、法国、日本、英国等欧美地区国家政府先后推出一系列政策，布局工业互联网产业，“熄灯工厂”是对工业互联网的探索之一。目前，工业互联网领域开始成为我国政策的新焦点，中国的“熄灯工厂”也在全球制造业舞台上崭露头角。本期简报将介绍“熄灯工厂”的核心技术、中外政府的相关政策，以及两家典型企业的建设情况，探索“熄灯工厂”在中国制造业新趋势中的萌芽。



目 录

技术.....	3
“熄灯工厂” 中机器人的作用	3
支持 “熄灯工厂” 的人工智能技术.....	5
产业.....	7
中国部分企业开始智能化改造	7
“熄灯工厂” 推进制造业形态更新.....	8
政策.....	10
“中国制造 2025” 聚焦智能生产	10
德国 “工业 4.0” 提高中小企业竞争力	11
案例.....	14
富士康打造 “熄灯工厂”	14
小米成为自动化产线实验基地.....	16



技术

“熄灯工厂”中机器人的作用

按照德国工业 4.0 的描述，未来的智能工厂中，有一个关键要素不能缺少，那就是机器人。随着中国经济转型，人口老龄化以及人力成本的提升，机器人在中国制造中的作用越来越明显。在危险、有污染的环境中工作，让机器人在来代替部分工人，以及利用机器人提升效率，降低成本，对于中国制造业转型，帮助中国制造业从大到强的关键。要想让中国制造业从大做强，完成智能制造升级，智能机器人是产业发展的突破口。

一、机器人挺进 3C 制造领域

利用机器人承担搬运、分拣等工作，将人从重复、繁琐的劳动中解放出来，这与智能制造中的提高工厂效率、降低生产成本目标相一致。机器人在中国已经在半导体、汽车等传统行业中应用。奥迪长春工厂的喷涂和上胶的生产线上已经用上 ABB 机器人，在运用机器人之后，整个喷涂效率提高了 20%，可以满足年产 20 万辆新车的高强度生产需求。

除了传统的汽车装配领域，机器人逐渐进入到 3C、医药和食品领域。富士康、华为等公司都已经出现“熄灯工厂”，即完全由机器人来代替人工进行手机组装加工。在 3C 行业中，中国有大量的劳动力，用工一直是困难之一，机器人能改善用工难情况。新松公司的柔性协作机器人，已具备快速配置、牵引示教、视觉引导、碰撞检测等功能，未来也将应用到 3C 装配行业中。根据国际机器人协会（IFR）统计，2014 年全球工业机器人销量增长 27%，销量为 22.5 万台左右，受汽车及电子行业、特别是中国和韩国该行业需求的带动。随着中国在追赶工业化国家竞争对手，中国市场的工业机器人销量增长 54%，达到 5.6 万台左右。中国已经成为了全工业机器人的最大市场。目前全球工业机器人年销售额约为 95 亿美元。



二、人机协作是趋势，云端让机器人变得更加智慧

根据工业 4.0 的理念，未来工厂中，机器将变得智能，并且能与人类互联共通。在过去几十年的工业制造中，机器人与人类的工作范围相对独立。但这样的局面，在未来工厂中将得到改变，人机协作机器人成为未来工厂的趋势。

AMICO 机械臂已配有两个 SCHUNKSDH2 多关节叁指夹具系统，可以灵活抓取各种不同的对象；其中两个指状设备可以通过改变方向，使其适用于不同机器人工业应用中。夹具表面的传感器可以帮助 AMICO 识别不同对象表面并自动调整最佳抓取力度。做到人机协作后，如何将机器人进行互联，实时掌握工业数据和加工过程，是工业 4.0 的最终目标。

三、“机器换人”的必然选择

富士康等公司的“机器换人”其实规划已久，且是制造业智能化时代的必然选择。早在 2011 年，富士康就宣布投入“百万机器人”计划，并有意识地培养员工转型。“机器换人”主要分为三个阶段：1）第一阶段首先是针对过于危险的岗位或员工不愿从事的工作设置自动化工作站；2）第二阶段是实现整个生产线的自动化；3）第三阶段则会实现整个工厂的自动化，只保留少数人类员工负责监督、测试及视觉检查工作。目前，富士康机器换人已进入第三阶段，并仍在稳步推进。

自 2010 年以来，富士康公司的劳动力成本增长超过一倍，员工人数曾一度达到 130 万，是全球员工人数最多的公司之一。在 2003 年到 2012 年期间，由于手机、电脑等电子产品的迅猛发展，富士康公司的营业收入的涨幅比较稳定，一直维持在两位数。但是自 2013 年开始，智能手机与 PC 市场的表现并不乐观，电子产品的订单及价格逐步缩水，富士康公司难以维持从前辉煌的收入涨幅，因此，一方面，在劳动力短缺和工人成本上涨等压力下，富士康希望通过机器人来减少员工数量或弥补用工空缺，摆脱对不可持续的廉价劳动力的依赖，目的是减少公司开支，提高公司利润；另一方面，工业自动化及产业转型升级是包括中国在内的各个国家大力推行的发展战略，自动化是大势所趋。在互联网业态下，电子智能必然朝着信息化、智能化、绿色化的方向发展，工业机器人、自动化设备是实现智能制造的重要载体。



资料来源: <https://robot.ofweek.com/2016-05/ART-8321202-8440-29099535.html>,
<https://www.xincanshu.com/a/54263.html>

支持“熄灯工厂”的人工智能技术

随着自动化技术的快速发展和应用,“熄灯工厂”正在成为制造业的新趋势:由于工业生产实现了高度自动化,而将人工干预降到最低,整个工厂可以在不用开灯照明的情况下进行生产。同时,众多投资机构、科技巨头、创业公司都纷纷进入工业机器人领域,希望通过人工智能技术与自动化设备的深度融合,推动“熄灯工厂”的实现。

1. 利用 VR 培训 AI 算法

美国加州创业公司 Covariant.ai (原名为 EmbodiedIntelligence),致力于开发“能够教会机器人新的复杂技能的人工智能软件。”公司基于深度模仿学习和深度强化学习技术,并利用虚拟现实(VR)技术,来训练机器人掌握复杂技能,例如完成组装电子设备等操作。公司的首席科学家 PieterAbbeel 是加州大学伯克利机器人学习实验室的主任,他与他的三位学生共同组建了该公司。

另一家初创公司 Kindred.ai 同样在用类似方法训练人工智能。该公司成立于 2014 年,总部位于加州旧金山。公司主要研发面向机器人的挑选、处理和放置任何物品的智能解决方案。公司开发了一种基于深度学习和强化学习技术的 AI 抓取技术 AutoGrasp™。当机器人在抓取、放置物品过程中遇到问题时,会请求人工帮助,工人佩戴 AR 头盔和手部运动追踪器,向机器人演示操作动作,而 AI 算法将切换到学习模式。通过这种反复学习,可以强化机器人的自主学习能力。目前公司已经推出了面向零售商的机器人系统 SORT,可以完成商品分拣、补货等工作。

2. 智能机器人即服务

旧金山创业公司 BrightMachines 成立于 2018 年,利用计算机视觉将生产数据和机器学习相结合,推动制造过程的全自动化。公司推出的软件解决方案通过



计算机视觉、云计算、边缘计算、机器人技术和机器学习，让生产机器人能够处理自动化程度更高的任务。公司最早来自于全球著名的电子专业制造服务商伟创力（Flex）的内部孵化项目。

3. 人工智能的强化学习

德国柏林创业公司 MicropsiIndustries 成立于 2014 年，推出了专为复杂的装配任务而设计的机器人控制系统 MIRAI。由 MIRAI 控制的机器人在执行任务过程中，可以通过相机或传感器感知周围环境的细微变化，并做出相应的反应。MIRAI 的技能无需编程，而是通过演示、纠正和重复训练来完成的。用户可以在不编写代码或对问题建模的情况下创建技能。公司的技术已经在制造业、电商和食品饮料行业中得到应用。

4. 自主商用机器人

英国伦敦创业公司 MOV.ai 成立于 2016 年，是一家商业自动机器人操作系统研发商。公司研发的 AI 系统允许机器人通过机器视觉进行定位和导航，并识别对象。该系统可以与机器人操作系统 (RobotOperatingSystem, ROS) 相兼容，实现自主机器人的行业级部署和应用，简化了研发和现场实施流程，大幅降低了机器自动化的成本。目前公司的 AI 系统主要用于货物搬运车、医院推车、升降设备等小型机械设备。

5. 面向机器人和无人机的空间 AI

英国伦敦创业公司 SLAMcore 成立于 2016 年，是一家面向地面和飞行机器人提供空间 AI 解决方案的服务商，专门为机器人和无人机提供实时 3D 定位、绘图和空间理解算法。公司的技术平台可通过机器视觉，将传感器信息转换为空间智能，让机器人和无人机进入完全不熟悉的区域，并通过导航完成任务。

资料来源：https://www.sohu.com/a/277947346_99950936

中国部分企业开始智能化改造

2021年3月20日，在由国务院发展研究中心主办、中国发展研究基金会承办的中国发展高层论坛2021年会上，中国上市公司协会会长、中国企业改革与发展研究会会长宋志平介绍，其最近在调研富士康时发现，过去因“人海战术”被大家熟知、一度被称为“血汗工厂”的富士康工业富联建设了大量“熄灯工厂”，过去一个工厂需要几百人，现在只需要30多人。

智能化大规模的使用可以提高作业效率60%，减少人工成本20%以上，提高管理效率50%，这解决了中国制造业向中高端升级的问题，巩固了中国作为全球制造业中心的基础。而2020年上市的396家A股公司中约有33%是数字产业领域的上市公司。

目前，中国企业正加快数字化转型，尤其在智能化方面进展非常迅速。除了富士康，全国最大的牙膏企业——云南白药牙膏厂也全是通过机器人来进行智能化操作，工厂已很少见到工人。类似的变化也发生在江中制药等企业之中。今天中国的制造企业都在发生着深刻变化，“数字战斗力”成为企业的核心竞争力。

如今，连最传统的行业——水泥企业都在发生着超前的智能化改造。建国初期，中国一个年产200万吨的水泥厂需要12000人，20年前需要2000人，现在的工厂大约只需要200人，而最新建设的智能化工厂仅需要50人，而且还三班倒，也就是说每班只需要十几人，即使这十几人都离厂，工厂还能继续运转。美的的机器人使用密度已达到300左右，也就是每万人配套机器人的数量能够到达300台，而且正朝着每万人使用机器人500台的目标发展。

过去工厂里都有“中央控制室”，现在完全是靠智能化模拟系统的控制。过去水平高的水泥厂，每生产1吨熟料大约消耗110公斤标准煤，而现在的智能化水泥工厂，每吨熟料消耗的标准煤只有85公斤，下降二十多公斤。



制造业的人工成本是回避不了的问题，智能化恰恰解决了这个最棘手的问题，这对中国来讲意义尤其重大。未来中国是一个消费大国，同时中国制造还会供应全球。

资本市场在企业数字化转型过程中发挥了极大的支持作用。统计数据显示，目前在 4 200 多家 A 股上市公司里，数字产业的上市公司大约占 17%。

资料来源：https://www.sohu.com/a/456891563_198937

“熄灯工厂”推进制造业形态更新

2018 年是我国工业互联网发展的元年，市场规模为 4 501 亿元。工业互联网热度不断升高，在政策与市场的双重驱动下，产业步入快车道，发展工业互联网既是两化融合大势所趋，又是国家战略中重要的组成部分。2019 年我国工业互联网产业市场规模达 4 800 亿元，较 2018 年增长 6.64%。

工业互联网是互联网从消费领域向生产制造领域的延伸，当前阶段，工业互联网在制造企业设备/产品管理、业务与运营优化、社会化资源协作等场景中已有相应的案例应用，如工业富联的“熄灯工厂”，不仅利用数字化技术实现了工厂效益的提升，同时还入选 2019 达沃斯世界经济论坛“制造业灯塔工厂”。

目前工业富联已经在深圳、成都、郑州、太原等地运行了 7 座试点“熄灯工厂”，包括了精密机构件加工工厂，精密刀具加工工厂，精密组装、测试及包装工厂等，以工业富联深圳龙华园区某项目为例，整个项目导入 108 台自动化设备，并完成联网化。整体项目完成后，人力节省 88%，提升效益 2.5 倍。“熄灯工厂”并不是无人工厂，而是在前端进行决策，工厂内生产线全程由 AI 机器人完成，将工人从流水线上解放出来。

工业富联对于无人化熄灯工厂的推进始终不遗余力。基于工业富联三四十年来在工业方面生产数据、生产场景、生产内容的积累，2018 年工业富联在“熄灯工厂”方面的尝试是内部的一个试验，公司已经在精密工具和通讯设备制造板块完成“熄灯工厂”的样板改造，2018 年旗下“熄灯工厂”实现营收 47.66 亿元。



智能制造+工业互联网，工业富联的“熄灯工厂”将开创一个全新的制造业形态。而未来，整个 3C 电子行业的头部企业，还将强化 5G 业务，持续摸索工业互联网如何赋能制造型企业并推进智能制造。

同工业富联一样，3C 行业头部客户对于 AGV 的应用在各类行业中也属前列。同时，如中兴、富士康等对于 AGV 供应商的挑选也十分严格，对于大型制造企业而言，安全性和稳定性是十分重要的，因此，要进入富士康、华为等 3C 行业头部客户的工厂，AGV 产品必须要经过多轮的验证。不过同华为等品牌商有所区别的是，由于企业性质的不同，富士康等代工厂对于产品的柔性化需求会更高。

工业富联计划在未来两到三年内，在现有生产线基础上，更新 IT 系统架构，升级自动化流水线，达到工厂车间的进一步智能化和熄灯作业目标，实现机器与机器之间、机器与人之间及人与人之间的互联互通。

由于技术、部署、运营等多方面的限制，我国的工业互联网产业仍处于发展初期，但随着工业互联网行业的不断发展进步，在降低成本、提高效率、提升产品和服务品质、创造新价值等方面将逐渐发挥出积极的作用，未来将对我国制造业的发展产生深远的影响。

资料来源：<https://xueqiu.com/9909407656/150713021>,

<http://www.3c-ate.com/cn/show.php?itemid=538>

“中国制造 2025”聚焦智能生产

以制造业为核心的实体经济才是保持国家竞争力和经济健康发展的基础——这是世界各国的共识。特别是在经历了 2008 年全球金融危机之后，实体经济的重要性被重新认知，美国、德国、英国、法国等发达国家相继提出“再工业化”战略。印度等发展中国家也在加快谋划和布局。2015 年，中国提出了“中国制造 2025”战略规划，着力推进制造强国建设。如今，随着“熄灯工厂”的萌芽，“中国制造 2025”已经开始从概念走入实际。

熄灯工厂，以车间熄灯作业为特征，是指全部生产活动由电子计算机及工业人工智能进行控制，生产第一线配有机器人而无需配备工人的工厂。熄灯工厂的运作，以自动化导入为前提，以数据采集为基础，以工业大数据为核心，以实现无忧生产为最终目的。

其中，工业富联的精密工具熄灯工厂，成为全球首个工具行业离散制造、无忧生产的智能工厂，形成了智能工厂建设及改造的整体解决方案，具有较强的可复制、可应用、可推广示范效应。2018 年，工业富联率先在精密工具和通讯设备制造领域完成了熄灯工厂的样板改造、验证，实现了离散制造及无忧生产，营业收入 47.66 亿元，管理效率及毛利率水平大幅提升。工业富联凭借深圳“熄灯工厂”入选达沃斯世界经济论坛“全球制造业灯塔工厂”网络，成为全球表率的先进制造基地。

“中国制造 2025”指出，随着新一代信息技术与制造业的深入融合，制造业生产方式、企业组织、产品模式等都将发生巨大变化。生产方式趋向智能化、网络化，生产过程将由新型传感器、智能控制系统、机器人、自动化成套生产线组成，“熄灯工厂”数量将不断增加。

智能工厂和智能生产是“中国制造 2025”的两大主题。“中国制造 2025”指出，要以推进信息化和工业化深度融合为主线，大力发展智能制造，构建信息化条件下的产业生态体系和新型制造模式。建立智能工厂，实现智能生产是实现新型制造模式的主要途径。



工业互联网领域开始成为我国政策的新焦点，政策利好特征显著，从 2017 年年底开始，国家层面的政策不断利好。我国平台发展取得显著进展，平台应用水平得到明显提升，多层次系统化平台体系初步形成。

资料来源：

http://pg.jrj.com.cn/acc/Res/CN_RES/STOCK/2020/2/23/b6117784-1586-42d7-a535-93c51a09a185.pdf, <https://www.ibm.com/downloads/cas/GADEORPW>

德国“工业 4.0”提高中小企业竞争力

德国“工业 4.0”是德国政府提出的一个高科技战略计划，是德国高科技战略的重要组成部分，也是德国引领新的产业变革的关键政策，其目的是为了提高德国工业竞争力，在新一轮工业革命中占领先机。为了让这一战略计划落地落实，2015 年，德国联邦教育和研究部发起“‘工业 4.0’：从科研到企业落地”计划，旨在帮助中小企业解决“工业 4.0”在实际生产中的应用问题，取得了积极进展，有效推动了德国“工业 4.0”战略实施。

关注数字融合，探索产业升级。数字化是实现“熄灯工厂”的基础条件。只有数字化进程得到推进，未来无人化的生产网络才能得以建立。德国“工业 4.0”强调利用信息技术和制造技术的融合，来改变当前的工业生产与服务模式，既能使生产和交付更加灵活，又有助于提高能源利用效率、优化人才结构。德国企业善于紧跟新技术，通过对新技术新趋势的跟进，确定下一步产品方向，确定企业战略目标，由此发展出大量中小企业“隐形冠军”。这些企业通过建立健全知识和技术转化机制，加速创新成果的商业化。

推进智能制造，强化柔性生产。智能制造是“熄灯工厂”的核心。通过嵌入式的处理器、存储器、传感器和通信模块，把设备、产品、原材料、软件联系在一起，使得产品和不同的生产设备能够互联互通并交换命令。未来工厂能够自行优化并控制生产过程。自动化和信息化是实现柔性定制个性化生产的重要手段。



根据生产计划，企业将各种生产所需信息提前写入客户端，生产过程中再将相应工序所需要的相关生产信息读取出来，进行生产操作，从而实现对整个车间工件物流的跟踪和生产过程控制。多种型号产品共线生产的柔性化生产方式，可以大大提高生产效率。

注重标准制定，巩固领先优势。统一的标准是德国“熄灯工厂”得以落地的基本保障。为了保障“工业 4.0”的顺利实现，德国把标准化排在第一位，在“工业 4.0”平台下成立一个工作小组，专门处理标准化问题，以巩固和提升行业领先优势。德国正是通过标准的推广和应用，技术创新得以迅速扩散，并转化为现实的生产力提升。在德国，政府用标准推广先进，淘汰落后；企业用标准取得发展，赢得竞争；消费者用标准保护权益，指引生活。这就启示我们，要加强与发达国家在标准制定方面的沟通协作，鼓励支持已具有较强国际竞争力的产业在标准国际化方面有更大突破，在国际产能合作和对外援建中推广中国标准，增强在技术标准领域的国际话语权和影响力。

重视教育培养，提高员工能力。培养人才是实施“熄灯工厂”落地的重要环节，也是企业发展的核心要素。在传统生产流程中，工业技师负责产品设计方案和质量的审核，对一般技术人员拥有绝对的指挥权，但在“熄灯工厂”建成之后，工业技师需要更强的协调和领导能力。受此影响，德国技师培训进行了相应变革，重点培养工业技师生产流程优化、新产品研发成本评估、企业人员规划及培训等能力。人才培养团队围绕智能制造趋势，结合自身实践，针对如何建立属于自己的创新体系，重组学校、科研院所、生产企业在交叉融合领域的组织体系和运行机制等进行深入讨论，注重将员工个人发展目标和企业商业目标进行深度融合，切实提升培训的针对性和有效性。这就启示我们，借鉴德国企业对新员工培养方面的经验，采取多种形式、多种渠道，努力提高员工技能素质和水平，努力打造属于自己的优秀人才团队。

“熄灯工厂”是“工业 4.0”概念的重要组成部分。目前，德国人工智能研究所的智能工厂（Smart Factory Living Lab）正与众多与信息技术、机器人技



术、激光感应技术相关企业合作，进行“熄灯工厂”的技术试验。其中部分研究成果已开始在德国的大企业，如博世（Bosch）、西门子（Siemens）、巴斯夫（BASF）的个别产品生产流水线上进行尝试性实施。

资料来源：http://www.cac.gov.cn/2019-08/16/c_1124882615.htm

案例

富士康打造“熄灯工厂”

2012 年，富士康开始修建第一座配备了智能终端的熄灯工厂，即关灯也能正常运转的高度自动化工厂。经过八年发展，如今已建成第三代。

“熄灯工厂”指的是从自动上料、零件加工、智能补正、自动检测到智慧物流的完整生产流程均由机器人自主操作，可实现关灯状态下的全自动化作业。熄灯工厂是富士康对工业互联网的探索。2019 年，富士康工业互联网主营业务近 4100 亿元，富士康打造的熄灯工厂以“三硬三软”为特征。“三硬”指的是云网端，即云服务器、网络设备和智能终端；“三软”是工业大数据、人工智能和 App，共同构成了工业互联网的生态。

2012 年的第一代熄灯工厂，以自动化为主，此后逐渐过渡到数字化、网络化和智能化。2019 年，富士康在深圳打造的柔性制造生产线，已经是第三代熄灯工厂。第一代是用机器替代传统的操作者；第二代开始运用数据；第三代则实现可感知、可预测、可控制，将一条生产线从 318 名操作员减少到 28 名。2020 年 1—2 月疫情爆发时，富士康开始生产口罩，并借助工业互联网平台，实现了上百万员工的互联互通，同时还实现了园区内员工零感染。

一、富士康熄灯工厂生产线

1. 数字化刀具切削生产线

在富士康熄灯工厂，数字化刀具切削生产线既用于生产，也作展示之用。整条产线一百余把刀具，每把都装了传感器，能实时采集及分析不同种类数据，可实现过程参数的统计，以便实时监控，达到产品质量变化趋势预测预警，及时发现及预防产品品质异常。在每把刀具上加装传感器，得益于所用刀具都由富士康自己生产。富士康拥有智能手机加工精密刀具制造的生产链条，称能够研发制造电子行业的所有刀具，其年产能 1800 万支，居世界第一。

在刀具产业上，富士康已不满足于手机加工刀具，而向另一市场发力——高铁钢轨铣刀。虽然高铁是中国制造业走向世界的“黄金名片”，但目前轨道铣磨



车上用的核心部件——钢轨铣刀均依赖国外进口。富士康的精密刀具团队已研发出掌握多项核心技术的高铁钢轨铣刀。目前富士康高铁钢轨铣刀及智能控制项目正在与轨道交通相关公司及院校开展合作，将逐步推向产业化。

2. 精密组装生产线

经数字化改造后，每件产品从原材料起就有一个专属“身份证”，全流程监控，每台机台的进程、良品率等信息清晰显示，生产线线长人手一只装有相应 APP 的手机，随时决策。

精密组装工厂由于许多设备都是富士康自主研发生产，因此工厂改造费用较低。改造后 6 个月即可收回设备更新的成本，而一次改造至少能生产二年以上。二、三年后生产需求变化，经微调即可升级。

二、熄灯工厂的经济效益

根据工业富联官方微信公众号提供的数据显示，熄灯工厂的推广带来了显著的经济效益。以精密组装工厂为例，整个项目导入 108 台自动化设备，并完成联网。整体项目完成后，人力节省 88%，提升效益 2.5 倍。

数字化制造收到了提质增效、降本减存的效果。首先是效率提升、用时减少。贴片机的核心部件吸嘴，一天制件 2.5 万次。过去生产线每 24 小时需停机保养一次。停机保养需拆机、清洗、安装，一条生产线有 188 支吸嘴，每次保养至少需要半小时。对于拥有 1700 条贴片生产线的富士康来说，每天停机保养时间需 850 小时，时间成本极高。但经数字化改造，如今每支吸嘴都加上了传感器，显示使用过程中的堵塞程度、故障预判，如今吸嘴保养可延长至制件 8 万次（约 76 小时）才进行一次。其次是提高良品率。数字化改造使生产更精准、高效。该产线上某产品的行业抛料率（即不良率）标准为 0.3%，而富士康的抛料率仅为 0.04%。极高的良品率保证了高产能的实现。

三、熄灯工厂的适用性

自 2012 年第一座熄灯工厂在成都园区投入使用以来，富士康已经在深圳、成都、郑州、太原等地运行了 6 座熄灯工厂，包括了精密机构件加工工厂、智能刀具加工工厂、精密组装、测试及包装工厂等。目前富士康集团内有 6 万台工业



机械，有一千多条经数字化改造的生产线，有 17 万条智能模具加工设备，均已全部联网，可以做到智慧感知、智慧分析、智能网络、智慧接车以及整个控制与配置。

熄灯工厂的改造需工业工程师与大数据、人工智能专家合作。企业建设工业互联网，设备无需进行大更换，最重要的是加上传感器和数据处理系统，所以投入并不会很大。但就目前来看，在加装传感器这项工作上，对许多工厂就有难度。同时，并非所有企业都适合建设工业互联网。以企业的产量和产品种类为要素进行考量：多量少样的，适合自动化；少量多样的，适合智能化；多量多样的，自动化与智能化宜混合；少量少样的，适合专家和工匠。

工业互联网中的五大要素 ABCDE 分别是 AI（人工智能），BigData（大数据），Cloud（云与网络）DomainKnowhow（专业知识与经验）和 Evidence（获取的内容）。有了这些必备要素，才能真正实现工业智能化，让工业无忧。除了实现自身的蜕变，富士康还计划将工业互联网服务体系做成新的商业模式，即对外构建工业互联网技术体系和标准，以及应用解决方案的矩阵。

资料来源：<https://www.163.com/dy/article/FSFKOUG20511L0V1.html>,

http://www.zjsr.com/zszz/zs_zz1903s/201903/t20190318_299143.shtml

小米成为自动化产线实验基地

成立于 2010 年的小米从操作系统切入手机，2011 年 8 月 16 日发布第一款手机，之后不断拓展边界，将业务扩张到电视、笔记本、智能手环等。2018 年 7 月，小米集团在港交所挂牌。如今，小米已经是一家营收破两千亿、市值 3608 亿港元的科技公司。目前，小米已经进入了全球 90 多个国家和地区，手机业务在 50 个国家和地区中位居前五。最近两年小米主攻欧洲市场。小米于 2020 年第三季度重回智能手机全球市场份额第三的位置，得益于小米产品线的大幅精简、梳理，以及延续的性价比优势。

小米智能工厂总建筑面积 1.86 万平方米，投资金额 6 亿元，已经成为智能化“熄灯工厂”。所谓“熄灯工厂”，是可实现全厂生产管理过程、机械加工过程和包装储运过程的全程自动化无人熄灯生产。小米熄灯工厂内部采用高度自动化



生产线、AI 机器人、大数据等前沿科技精密配合，熄灯环境下也能 24 小时高效运转，无人干预，配备智能地面、AGV 运输系统，支持微米级除尘科技，未来甚至可能每秒生产一台手机。位于北京亦庄的小米智能工厂是小米用互联网赋能制造业的产物，目前承担三个角色：1）年产百万台高端手机的“熄灯工厂”；2）新工艺、新材料和新技术预研的“大型实验室”；3）制造设备和自动化产线的“实验基地”。工厂目前只生产超高端的小米手机，小米 10 至尊纪念版便由其打造，全程由两个机械手完成。

要达成“熄灯工厂”，最重要的就是自决策判定系统。普通工厂的决策支持系统作为辅助决策工具非常成熟，但是这些决策的最终主体还是人，机器只是一种处理数据辅助建模的手段。而自决策判定系统则是利用大数据、分析引擎、动态知识图谱、自然语言理解、自适应能力，在动态和多维信息收集的基础上，对复杂问题进行自主识别、判断、推理，并作出前瞻性、实时性的决策过程，同时系统要具有自优化、自学习、自适应的能力。小米熄灯工厂拥有多项核心自研技术，包括自研板测系统、中央调度控制平台、自动标定视觉算法、自研整测系统、并行软件系统、智能控制中心等。正基于此，小米才可在 SMTPCB 表面组装、板测、主板加工、预组装、整机测试实现自动化无人生产。

小米熄灯工厂设计年产能达到百万级，除了作为小米高端旗舰专用生产线，还在新工艺试制开发、预研项目、标杆标准工艺输出、自动化装备研发等方面发力。下一个十年，智能制造将进一步助力中国品牌的崛起，小米产业基金已投资了超过 70 家半导体和智能制造的公司，小米未来要做的是“制造的制造”，帮助更多制造型企业实现智能制造。

资料来源：https://www.sohu.com/a/412795261_100203690,

<http://www.xda.cn/keji/2020812/0801495.html>, <http://www.ynnle.com/?p=53914>

