

浙江大学

自动化导论结课论文



论文题目：工业互联网以及基于此架构的流程行业智能工厂的研究现状和发展前景

作者姓名：李丰克

作者学号：3230105182

所在学院：控制科学与工程学院

所在专业：自动化（控制）

摘要

本文主要是对工业互联网和智能工厂的概念，应用现状，遇到的困难以及发展前景做出了综述性介绍。介绍了工业互联网的边缘层、IaaS 层、PaaS 层、SaaS 层的发展现状，突出其数据整合，智能决策等特点；提出了目前数据技术仍需发展、难以适应复杂多变的应用场景等困难。介绍了智能工厂在智能设计、智能生产、智能运营、智能服务的发展现状，介绍其数字孪生技术应用、柔性化的优势，以及其在具体企业中难以落实的困难。

关键词：工业互联网，智能工厂，数据应用，数字孪生

目录

摘要	I
1 引言	1
1.1 为什么认可工业互联网及智能工厂	1
1.1.1 大势所趋	1
1.1.2 就业需求大	2
1.1.3 专业契合	2
1.2 工业互联网及智能工厂的优势	3
2 工业互联网	3
2.1 简介	3
2.2 工业互联网目前取得的进步	5
2.2.1 行业巨头	5
2.2.2 先进技术	6
2.2.2.1 边缘层	6
2.2.2.2 基础设施层（LaaS 层）	7
2.2.2.3 平台层（PaaS）	8
2.2.2.4 应用层（SaaS）	9
2.3 遇到的问题和发展前景	9
3 智能工厂	10
3.1 简介	11
3.1.1 离散型企业和流程型企业	11
3.1.2 智能制造与智能工厂	11
3.2 智能工厂的发展现状	13
3.2.1 智能设计，智能运营与智能服务	13
3.2.2 智能生产	14
3.2.3 小结	15
3.3 面临的挑战	16
4 工业互联网+智能工厂	17
参考文献	19

1 引言

1.1 为什么认可工业互联网及智能工厂

1.1.1 大势所趋

工业互联网，虽然是一个新兴的概念，但是早已有这方面的预测或者展望。

第一、二工业革命，是蒸汽机和电的革命，将人类从人力生产解放出来，第三次是信息革命，而第四次工业革命，就应该将信息技术回馈到提高生产力以及生产质量的环节了。事实也确实是这样的，即工业 4.0 概念。

工业 4.0 概念最早出现于德国，作为制造业大国，在工业化时代却面临着出口量下滑、劳动力成本提高等等问题，于是，为了保障自身的竞争力，他们提出了工业智能化的概念，也就是第四次工业革命。且一经提出，得到了各个国家的认可，其中我国“中国制造 2025”与“工业 4.0”计划早已进行合作对接，且在《中德合作行动纲要》中明确强调了工业生产的数字化的重要性。

智能工厂则是我们的建设目标，是理想化的工厂，在数字化工厂的基础上，不仅做到数据的实时收集，还要做到自主决策，自我规划，实现智能化。

人类科技的进步是循序渐进的，互联网和数字化作为一种工具，和电一样，背负着改变人类生活的使命。回顾历史，每一个新兴技术，都是诞生于工业世界的前沿，然后再自上而下地惠及，工业世界最后一个受到惠及的，就是作为基座的制造业，但是每次作用于制造业的改革，都使人类的生活生产方式发生了巨大变化。工业互联网将是下一改革。第四次工业革命开启了万物互联及全

面智能化时代^[1]。

1.1.2 就业需求大

据《2020 年工业互联网人才白皮书》测算：2017 年工业互联网带动总就业人数达 2172.19 万人；2018 年带动总就业人数达到 2367.41 万人；2019 年带动总就业人数超过 2679.61 万人。2020 年预计工业互联网带动的总就业人数将达到 2810.90 万人。产品的迭代更新，在消灭一些岗位的时候，相应的也会创造另一些，整体上呈增加趋势。

所以在各个岗位趋于饱和的就业大环境下，工业互联网无疑打开了一个缺口，将求职的人潮分担了些，而且有着大环境和若干政策的支持，其有着十分广阔的前景。

1.1.3 专业契合

新时代要求培养全方面发展的人才，要有学科交叉能力，工业互联网就是一个很好的例子。

工业互联网一方面关于互联网，需要互联网的知识，如云计算、物联网；另一方面立足于具体企业，尤其制造业，又对工业领域具体知识有要求，如自控原理、现控原理等等。另外还要有数据分析能力，编程能力，传感器技术等等。总之，在融会贯通各个学科的同时又恰好契合了自动化（控制）专业的培养方案，不至于说是量身定做，只能说大体上方向吻合。

同时，工业互联网又兼顾了工业世界的前沿和基底，向上可以吃到当下的

ai 潮的红利，向下又有坚实的实业为基础，实现将最前沿的技术应用于最基础的行业。

1.2 工业互联网及智能工厂的优势

工业互联网的普及，对制造业有巨大作用。第一，智能化生产，实现从单个机器到产线、车间甚至整个工厂的智能决策和动态优化。第二，个性化定制，基于互联网获取单个用户个性化需求，通过灵活组织生产资源，实现低成本大规模定制。第三，网络化协同，形成众包众创、协同设计、协同制造等新模式，降低产品开发制造成本，缩短产品上市周期。第四，服务化转型：通过对产品运行的实时监测，提供远程维护、故障预测、性能优化等一系列服务。

基于工业互联网的智能工厂相较于传统工厂，生产成本低，所需人员少，效率高，能更快做出决策，受环境影响小。总之符合新时代下对流程工业高质量发展的诉求。

2 工业互联网

2.1 简介

工业互联网，字面意义上理解，就是将工业系统与信息网络高度融合形成的互联互通网络。其概念最早由美国通用电气公司提出，意图打破各技术之间的壁垒，激活传统工业过程，促进物理世界和数字世界的融合，实现各设备厂商的信息集成和共享。

工业互联网融合了 CT（通信技术），IT（计算机技术）和 OT（经营、操作技术），其作用域涵盖了产品的原料原地、供给运输、生产设备、流水线、车间、工厂、经销商、客户、售后，堪称“一条龙服务”。能有效实现信息和资源的跨区域、跨行业共享，推动整个制造体系的智能化，驱动业务流程和生产服务模式的创新，为客户提供更优质的产品或服务。

工业互联网的基本架构可分为四层：边缘层，基础设施层，平台层和应用层。边缘层负责连接互联网与底层物理设备，实现从物理层到平台层的数据采集与传输。基础设施层搭建着与硬件服务器、数据存储、5G 网络及虚拟化技术相关的基础设施。平台层相当于一个开放、可扩展的工业操作系统，有着底层通用的资源、流程、数据管理模块，建立与开发工具、大数据和数据模型库相关的微服务组件，便于各类开发者快速开发测试各类 app。应用层将传统的工业软件部署到互联网平台中去。



工业互联网的运转方式基本上就是：边缘层收集数据，数据上传云端，云端解析数据，平台层开发相应程序，部署到应用层。

下文对应用现状的描述将按照基本架构和运转方式展开讲述。

2.2 工业互联网目前取得的进步

2.2.1 行业巨头

在全球范围内，工业互联网已初具雏形，其中美国、欧洲、亚太地区是工业互联网发展的重点区域。美国的 GE、微软、罗克韦尔、亚马逊，欧洲的西门子、博世、ABB、SAP 等企业都在着力于工业互联网的布局。我国也紧跟浪潮，涌现了一大批优秀企业参与工业互联网的布局，其中包括海尔、富士康、阿里等等。

其中处于领导地位的，当属是工业互联网三巨头：通用电气（GE），西门子和卡奥斯。

GE，是工业互联网概念的提出者。其实践最早可追溯到通用航空发动机可预测性维护的工业模式，即在自产的航空发动机上安装大量传感器，不断采集每次飞行数据，并且将数据实时传回数据中心并分析。符合工业互联网的概念。在互联网蓬勃发展的时代，GE 也在工业领域推出首个工业互联网平台 Predix，并且同时期其与 IBM、Cisco、Intel 等巨头联合，成立了世界上最大的工业互联网组织 IIC。但是由于工业互联网概念并不清晰，技术尚未成熟等因素，GE 并没有获得较好的发展前景，很快被各种后起之秀的光辉掩盖了下去。

后起之秀就包括西门子，在 GE 提出此概念后，德国也提出了工业 4.0 概念，西门子顺势推出了 MindSphere 工业互联网平台，随后又研发了其数字孪

生平台 Simcenter。其将工业软件、边缘计算、人工智能、大数据、云计算等技术结合，将 IT 和 OT 融为一体，推进工业数字化和智能制造。葛兰素史通过 Simcenter 建立了新冠疫苗研发和生产的数字孪生，光刻机巨头 ASML 的工程师则通过 Simcenter 仿真优化晶圆工艺。可见其受到了业界的广泛认可。但是其更新迭代慢的缺点也导致了应用场景十分有限，难以广泛推广。

卡奥斯 COSMOPlat 工业互联网平台隶属于海尔集团，后来居上，其基于在智能制造领域近 20 年的探索，自主打造了 BaaS 数字工业操作系统与 BaaS 工业大脑，能够全面助力工业智能化转型。同时其跨行业、跨领域、跨区域的可复制赋能能力，也拓宽了应用场景，打破了“千企千面”的数字转型难题，形成了具备差异化的竞争优势。卡奥斯可以称作中国工业互联网行业的领军企业。

2.2.2 先进技术

2.2.2.1 边缘层

边缘层的功能再细分，有数据采集，协议转换（数据统一），边缘数据处理，网络数据传输和数据安全保护。对于数据采集，目前有传感器、嵌入式系统等设备；协议转换，有 OPC UA 统一架构；网络数据传输，有工业通信网络——NB-IoT，5G 等；数据安全，有工业防火墙，工业网闸等。而其中的边缘数据处理方面，是最受人们关注的。

边缘数据处理，即在边缘数据库中对数据进行第一次整理，对多源数据进

行预处理、聚类和分析，剔除冗余数据,完成数据的规整和分类，而后再将数据传入云端，其可以提升操作响应灵敏度，减少时延和网络拥堵，形成边云协同分析处理。与之相关的新兴技术则是边缘智能。

边缘智能在边缘计算的基础上，不仅可以规整数据，也可以智能分析数据并做出决策，其定义为：具备机器学习和高级网络功能，在网络边缘节点处理和存储数据的高级边缘计算^[2]。使得数据不必先上传到云端进行决策再做出调整，而是直接在边缘层做出决策，降低延迟，保证了实时性，也缓解了数据传输的宽带压力和能源消耗。

此外，AI + 边缘层的结合催生出了工业人工智能，利用积累的历史数据，通过深度学习等技术分析，使设备具有“自适应模式”，可实时感知环境变化并且做出调整。AR+AI 结合工业 AR 也是一项有实用价值新技术，集成工业 AR 的辅助眼镜，借助终端和边缘的计算资源在装配过程中智能识别零部件，通过文字、动态影像指导佩戴眼镜的装配工人开展组装^[3]，还可运用于远程故障检修等等。

2.2.2.2 基础设施层 (LaaS 层)

LaaS 层主要与 IT 有关，负责数据存储和云计算的基础设施搭建。其发展与负责云计算等的 IT 公司息息相关，阿里云、京东等企业都在 LaaS 行业中大放异彩。

我国的云计算技术有着巨大潜力，国家也相当的重视，因此我国在云计算

领域技术较为发达。云计算所依托的基础系统软件有三个：服务器操作系统，虚拟化软件和云资源管理软件。服务器操作系统目前占据垄断地位的是 linux 操作系统，虚拟化软件有 KVM 项目、Xen 项目、Hyper-V 项目、VMware 等等，资源管理软件代表性的有 Open Stack。我国在云计算相关的自主研发领域仍然很欠缺，但是对于其应用已经较为成熟，正是在这种云计算的基础上，我国的网络贸易、行业数字化领域才能如此发达。

到工业上来说，云计算等新技术强大的计算能力和资源管理能力，提高了业务的响应能力，成为工业互联网普及的重要保障。IaaS 层为数据的处理提供了坚实的设备基础。

2.2.2.3 平台层 (PaaS)

PaaS 层是工业互联网的核心，也是数据处理的主要处。云端大数据系统通过大数据建模与分析技术，基于各个基础场景、通用场景和专用场景，建立各实体、数据及过程之间的映射模型，构建可视化知识图谱，形成知识库并进行知识推理。不仅可以实时监控数据，做出决策；也可以为后续相关应用 app 的开发提供数据经验基础。

平台层的精彩之处，不仅在于其强大的数据处理能力，还在于其提供了一个巨大的、开放的、可拓展的工业操作系统。其提供通用的数据，开发工具。将不同行业、不同场景的工具/技术/知识/经验等资源以工业组件和微服务的形式提供给开发者，相当于提供了一间纸笔配备齐全的画室，各个开发者可以在这个平台上开发、定制、测试和部署他们的程序。

上文中提到的 Predix, MindSphere, COSMOPlat 平台都是指的这一层面, 可见已经有相当多的优秀工业互联网平台供开发者使用。以 COSMOPlat 为例, 其包括用户交互定制平台、精准营销平台、开放设计平台等七个模块, 使用户持续、深度参与到产品设计研发、生产制造、物流配送、迭代升级等环节, 满足用户个性化定制需求, 已较为成熟。

2.2.2.4 应用层 (SaaS)

SaaS 实现了与用户的对接, 将基于工业操作系统的程序 “云化”, 并且最终实现可在用户终端上完成程序操控。

SaaS 层主要与工业 app 开发有关, 这一方面美德拥有各自的工业软件龙头企业, 开拓了庞大的工业软件市场, 并有大量开发者进行工业 APP 的开发。我国受限于 PaaS 起步晚, 开发能力不足, 且开发者社区规模小, 导致了工业 APP 开发数量少。总之 SaaS 层国际发展较为完善, 但我国和其仍有一定差距。我国的 SaaS 市场有极大潜力, 应当提升 PaaS 的综合能力以提高 SaaS 的工业 APP 开发能力, 同时增加建设开发者社区。

2.3 遇到的问题和发展前景

在边缘层, 存在的问题有: 数据采集安全问题, 通信协议多样、数据格式各异, 数据采集实时性难以保证, 企业数字化发展水平参差不齐。

在大数据分析方面: 数据分析深度不够, 关于深层次的资源调度、决策优化方面的产品和服务较少, 缺乏成熟的数据建模与分析模块。

在数字孪生技术：工业机理复杂度各异，虚拟数字平台与物理产线生产过程映射比较粗糙；基于特定场景的虚实协同有待进一步加深。

此外还有：平台衍生出的产品和服务过于单一，无法满足多元化的行业需求；资源配置优化和生产过程管控方面的产品比较少；产品研发设计、制造、工艺等场景需要工业机理和数据的积累不足等等

另外在工业互联网浪潮中，小企业该何去何从，也是一个问题。尽管我国工业互联网平台蓬勃发展,但与高度差异化、个性化的企业数字化转型需求相比,平台供给能力仍远远不足。面对不同垂直行业的万千中小企业，各个工业互联网平台在对中小企业提供一站式解决方案方面还有一定的难度^[4]。

工业互联网由于其跨领域、跨行业、多技术集成等特点，是一种新型的基础设施，工业互联网的优势依赖于“规模效应”，短期内需要大量的资金和设施投入，进行平台的搭建、行业资源的引流和整合，单单依靠企业和个人是很难实现的。国家根据各区域的行业优势，通过相关政策进行必要的投资和引导是现阶段的必经过程。在此过程中，工业互联网相关规范和标准的制定，可以为需求企业接入工业互联网提供依据，有效实现企业需求的落地，为工业互联网的蓬勃发展奠定基础。工业互联网是一种历史必然性，若干年后，工业互联网将彻底惠及工业界。

3 智能工厂

3.1 简介

3.1.1 离散型企业和流程型企业

离散型企业的基本生产特征是机器(机床) 对工件外形的加工, 再将不同的工件组装成具有某种功能的产品。其特征为生产过程中基本上没有发生物质改变, 只是物料的形状和组合发生改变, 即最终产品是由各种物料装配而成, 并且产品与所需物料之间有确定的数量比例。如汽车制造厂、家电制造厂。其产品的质量 and 生产率很大程度依赖于工人的技术水平, 自动化主要在单元级。离散行业适用于按订单组织生产, 因此, 对采购和生产车间的计划就需要很好的生产计划系统。

流程型企业指被加工对象不间断地通过生产设备, 其特征有通过一系列的加工装置使原材料进行规定的化学反应或物理变化, 最终得到满意的产品。如医药、电力、钢铁等领域。流程工业企业采用大规模生产方式, 生产工艺技术成熟, 控制生产的工艺条件的自动化设备比较成熟, 流程企业由于主要是大批量生产, 订单通常与生产无直接关系。企业只有满负荷生产, 才能将成本降下来, 在市场上具有竞争力。

本文主要谈流程型企业。

3.1.2 智能制造与智能工厂

进入二十一世纪, 互联网、新能源、大数据等技术的迅猛发展, 从而使得社会发生巨大的改变, 人类生产工业发生变革, 使人类社会生活水平更上一个

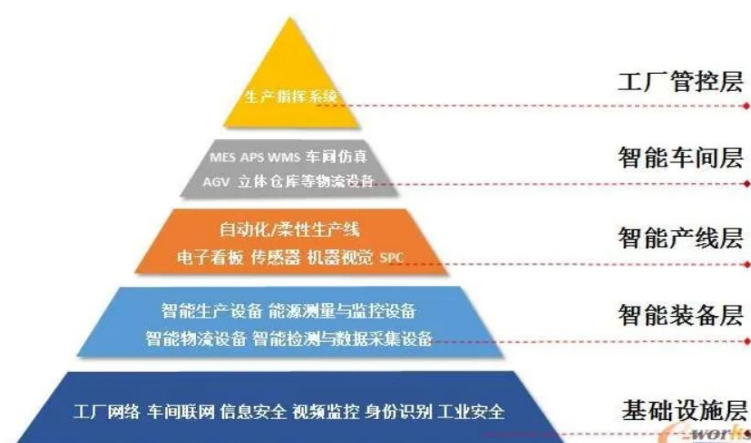
台阶，商品经济的突飞猛进不断提高着人们对于高质量产品的诉求，使制造业面临着前所未有的挑战。智能制造是一种由智能机器和人类共同组成的人机一体化智能系统，其具有高度集成化，包含智能制造技术和智能制造系统。毋庸置疑，智能制造必定是世界制造业今后的发展趋势。

近几年来，我国科技飞速发展，逐步从“中国制造”转型为“中国智造”，中国随着生产成本的不断上升，传统制造业的优势不断削弱，中国如何实现从制造向创造的转变，提高自己的国际竞争力，将长期成为我国制造业内思考的问题。面对新一轮科技革命和产业变革，我们必须抢抓机遇，加大创新力度，培育壮大新兴产业，超前布局建设未来产业完善现代化产业体系^[5]。

我国已经出台了一系列政策来支持智能制造，如《中国制造 2025》，足以见得我国对智能制造的重视程度。

智能工厂是智能制造的生产过程智能化具体体现。是在传统工厂的基础上辅以数字化、智能化等技术，以实现流程工业高质量发展。其特征包括但不限于：设备互联，广泛应用工业软件，充分结合精益生产理念，实现柔性自动化，注重环境友好，实现绿色制造，可以实现实时洞察等等。

智能工厂的功能架构可分为智能设计，智能生产，智能运营，智能服务四个方面，同工业互联网一样，覆盖了产品从原料到售后的整个生命周期。其中智能生产又可细分为基础设施层、智能装备层、智能产线层、智能车间层和工厂管控层五个层级。



3.2 智能工厂的发展现状

3.2.1 智能设计，智能运营与智能服务

智能设计满足客户需求为目标，采用数字孪生、大数据等新一代技术，结构化模型文件描述和传递等功能，实现基于三维模型的制造产品设计、试验验证、工艺全要素的仿真分析和迭代优化。保证产品和工艺的功能，提升产品质量、缩短研制和制造周期，降低制造成本。

智能运营包括智能研发、采购、产销、供应链、财务、能环、办公等。智能运营为智能生产服务，通过对供应链的协同管理、以客户和市场为中心的产品开发、销售管理，以财务、办公、能环等综合管理为生产保障，实现制造企业的产销供一体化管理。

智能服务通过建立远程运维服务平台，为关键工序设备提供远程监测和远程诊断功能，预测性维护等服务，对装备上传的运行参数，维保、用户使用等数据进行挖掘分析，并于产品研发管理集成实现产品性能、工艺过程优化和创新。

3.2.2 智能生产

基础设施层包括工厂的网络线路、生产设备、视频监控等基本的设施。负责不同通讯协议的设备之间，以及 PLC、CNC、机器人、仪表/传感器和工控/IT 系统之间的联网问题。利用视频监控系统对车间的环境，人员行为进行监控、识别与报警。对工厂的适度、温度、清洁度也有智能的把控。

智能装备层是智能工厂运作的工具层，其中包括了数据采集设备、智能生产设备、智能物流设备等等。智能化的加工中心具有误差补偿、温度补偿等功能，能够实现边检测、边加工。工业机器人通过集成视觉、力觉等传感器，能够准确识别工件，自主进行装配，自动避让人，实现人机协作。金属增材制造设备可以直接制造零件，DMG MORI 已开发出能够实现同时实现增材制造和切削加工的混合制造加工中心。智能物流设备则包括自动化立体仓库、智能夹具、AGV、桁架式机械手、悬挂式输送链等。

智能产线的特点是，在生产和装配的过程中，能够通过传感器、数控系统或 RFID 自动进行生产、质量、能耗、设备绩效（OEE）等数据采集，并通过电子看板显示实时的生产状态；通过安灯系统实现工序之间的协作；生产线能够实现快速换模，实现柔性自动化；能够支持多种相似产品的混线生产和装配，灵活调整工艺，适应小批量、多品种的生产模式；对于人工操作的工位能给予一定的智能指示。

智能车间层是对整个产线的整体管控层。要实现对生产过程进行有效管控，需要在设备联网的基础上，利用制造执行系统、先进生产排产、劳动力管理等

软件进行高效的生产排产和合理的人员排班，提高设备利用率，应用人机界面，以及工业平板等移动终端，实现生产过程的无纸化。还可以利用数字映射技术将制造执行系统采集到的数据在虚拟的三维车间模型中实时地展现出来，不仅提供车间的 VR 环境，而且还可以显示设备的实际状态，实现虚实融合。

工厂管控层主要是实现对生产过程的监控，通过生产指挥系统实时洞察工厂的运营，实现多个车间之间的协作和资源的调度。流程制造企业已广泛应用 DCS 或 PLC 控制系统进行生产管控。

3.2.3 小结

总的来讲，智能工厂的发展现状及未来趋势主要集中体现在以下几个方面。

数据驱动。工业数据与人工智能大数据等技术融合，构建“采集、建模、分析、决策”数据优化闭环，应用“数据+模型”对物理世界进行状态描述、规律洞察和预测优化，已成为智能化实现的关键路径。

数字孪生，虚实融合。数字传感、物联网、云计算、系统建模、信息融合、虚拟现实等技术推广应用，实现物理系统和数字空间的全面互联与深度协同，以及在此过程中的智能分析与决策优化，使得能够在数字空间中对现实生产过程进行高精度刻画和实时映射，以数字比特代替物理原子更高效和近乎零成本的开展验证分析和预测优化，进而获得较优结果或决策来控制 and 驱动现实生产过程。

柔性化。消费方式正逐步由标准化、单调统一向定制化、个性差异转变。

因此，工厂亟需通过构建柔性化生产能力，以大批量规模化生产的低成本，实现多品种、变批量和短交期的个性化订单的生产和交付。智能工厂可以实现产品模块化，基于数字化建模工具和数据管控平台，依托产品模块库、设计知识库和配置规则库等，根据设计需求，选择、配置和组合产品模块，并通过参数化设计快速修改模块设计，进而产生定制化产品设计方案、工艺方案等。此外智能工厂还可以实现柔性资源配置与动态调度，合理分配生产资源，打破传统供应链，提高企业的适应变化的能力。

3.3 面临的挑战

尽管技术已经如此发达了，但是智能工厂具体的落实，仍存在巨大的困难。

盲目购买自动化设备和自动化产线。很多制造企业仍然认为推进智能工厂就是自动化和机器人化，盲目追求“黑灯工厂”，推进单工位的机器人改造，推行机器换人，上马只能加工或装配单一产品的刚性自动化生产线。只注重购买高端数控设备，但却没有配备相应的软件系统。

尚未实现设备数据的自动采集和车间联网。企业在购买设备时没有要求开放数据接口，大部分设备还不能自动采集数据，没有实现车间联网。目前，各大自动化厂商都有自己的工业总线和通信协议，OPC UA 标准的应用还不普及。

工厂运营层还是黑箱。在工厂运营方面还缺乏信息系统支撑，车间仍然是一个黑箱，生产过程还难以实现全程追溯，与生产管理息息相关的制造 BOM 数据、工时数据也不准确。

设备绩效不高。生产设备没有得到充分利用，设备的健康状态未进行有效管理，常常由于设备故障造成非计划性停机，影响生产。

依然存在大量信息化孤岛和自动化孤岛。智能工厂建设涉及到智能装备、自动化控制、传感器、工业软件等领域的供应商，集成难度很大。很多企业不仅存在诸多信息孤岛，也存在很多自动化孤岛，自动化生产线没有进行统一规划，生产线之间还需要中转库转运。

对于大部分企业，智能工厂概念仍然很模糊，只是纸上谈兵，由于各大大小小的工厂水平参差不齐，导致智能化进程极其困难，根据《The Lean Turnaround Action Guide, Art Byrne》,美国有 40%左右的企业做过精益转型，只有 7%左右获得了成功，可见，智能工厂的更新不是想不想问题，而是能不能的问题。但是智能工厂的前景，仍然是光明的。

4 工业互联网+智能工厂

从本质上，工业互联网是工具，智能工厂是结果，工业互联网和智能工厂所要求的和追求的技术都是不谋而合的。所以以工业互联网驱动智能工厂也是必然趋势。

除了上文所提到的其优势及发展现状，两者结合碰撞出的新的火花还有协调制造和人机结合。

协同制造包括协同设计、协同生产、协同供应链和协同服务，意在应对越来越多的个性化定制服务，不同的公司通过互联网联合生产，共享供应链，最

大程度上降低生产成本，保证产品质量，相应顾客需求，实现共赢。

智能工厂时代并不像人们所理解的那样，ai 和机器人取代人类，造成失业潮。而是人机结合，因为具体生产环境复杂且突发情况多，还不能做到完全脱离人类。另外在产品设计，销售和服务这几个领域，人类终究是无法被 ai 替代的。至于智能工厂会不会提高工人的入行门槛，答案肯定是不会的。和传统工厂一样，包括基础岗和技术岗位等等，对于技术岗位，他们需要时时刻刻接受技术革新；对于基础岗位，技术革新他们应该是受益者，新技术对于使用者应该有亲和性，工人只需接受简单的培训便可入手，不必担心因技术门槛提高而造成的失业问题。

本文主要是对网络上这些方面的文章进行了归类汇总，查阅信息过程中引用到了许多网络用户的观点，具体出处不详，在此对传播知识的网络用户表示感谢，通百家之义，成拙之一文。非常感谢。

参考文献

- [1] 肖鹏: 工业互联网白皮书 (2021) [R].中国企业数字化联盟,2021:1
- [2] 任姚丹琚,戚正伟,管海兵,等.工业互联网边缘智能发展现状与前景展望[J].中国工程科学,2021,23(02):104-111.
- [3] 任姚丹琚,戚正伟,管海兵,等.工业互联网边缘智能发展现状与前景展望[J].中国工程科学,2021,23(02):104-111.
- [4] 刘旭.接入工业互联网, 中小企业顾虑什么[N].工人日报,2024-04-02(006).DOI:10.28277/n.cnki.ngrrb.2024.001616.
- [5] 吴喆,唐小未. “智改数转” 为产业提供新质生产力[N].成都日报,2024-03-09(003).DOI:10.28063/n.cnki.ncdrb.2024.000920.