

# 浙江大学

## 自动化导论结课论文



论文题目：工业互联网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、LaaS 层、PaaS 层、SaaS 层的发展现状，突出其数据整合，智能决策等特点；重点对边缘层的边缘智能技术进行阐述。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。

关键词：工业互联网，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 .....	1
1.1.3 专业契合 .....	2
1.2 工业互联网及智能工厂的优势 .....	2
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（IaaS 层） .....	7
2.2.2.3 平台层（PaaS） .....	8
2.2.2.4 应用层（SaaS） .....	9
2.3 遇到的问题和前景 .....	9
3 工业互联网+智能工厂 .....	11
参考文献 .....	13

# 1 引言

## 1.1 为什么认可工业互联网

### 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。

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<sup>[1]</sup>。

### 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，通过实施先进的自主学习技术，实现从生产流程、生产设备、以及整体工厂的智能决策与动态优化。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，，通过网络化协作，推动众包众创、协同设计、协同制造等新型模式的发展，以提升企业效率和竞争力，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：通过实时监控，可以为用户提供远程维护、故障诊断、性能改进等多项服务。

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<sup>[2]</sup>。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<sup>[3]</sup>，还可运用于远程故障检修等等。

#### **2.2.2.2 基础设施层 (IaaS 层)**

IaaS 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 IaaS 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, 缺乏完善的数据建模和分析系统。

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的精度不够高；在特定情境下，虚拟与现实之间的协作还有待提高。

此外还有：平台衍生出的产品和服务单一性较高，无法满足不同行业的多样性需求；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, 企业数字化转型的需求也在不断增长，但是，由于其差异化和个性化的特点，这一需求仍然很难实现。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<sup>[4]</sup>。

工业互联网以其跨越多个领域、跨越行业、融合多种技术的特性，已经成为一种全新的基础架构。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，仅凭企业个人的力量是不够的。根据地区的特色，国家采取有效措施，制定适当的政策，加大对投资和引导的力度，以促进经济发展与社会进步。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 工业互联网+智能工厂

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。

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。另外在产品的设计，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，答案肯定是不行的。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.