

中国智能制造产业发展报告

(2023-2024 年度)

2024 年 4 月

指导单位：

中国高科技产业化研究会

编写单位：

中国高科技产业化研究会学术交流部
中国高科技产业化研究会数字经济分会
中国高科技产业化研究会信息化工作委员会
中国通信学会通信设备制造技术委员会
中国信息产业商会大数据产业分会
东南数字经济发展研究院
北京信息产业协会

共同编写及鸣谢单位：

工业和信息化部电子第五研究所
中国科学院信息工程研究所
中国信息通信科技集团有限公司
浙江砖助智连科技有限责任公司
中国联通
西北工业大学
航空工业计算所
浙江英鸿新型建材有限公司
北京融安特智能科技股份有限公司
北斗长缨集团有限公司
神州灵云（北京）科技有限公司
长扬科技（北京）股份有限公司
北京北信源软件股份有限公司
北京思特奇信息技术股份有限公司
北京观安信息技术有限公司
北京神缘文化科技有限公司
北京嘉诚瑞杰信息技术有限公司
北京紫东谦华环保工程有限公司
北京昱栌技术有限公司

编委会顾问：

倪光南 中国工程院院士

肖龙旭 中国工程院院士

张宏科 中国工程院院士

梁小虹 中国高科技产业化研究会理事长

陈山枝 中国信息通信科技集团有限公司副总经理、总工程师

编委会主任：

邝世诚

编委会副主任：（排名按姓氏拼音为序）

胡延明 黄伟庆 康 军 牛少彰 戎 豫

王林波 王茂森 杨春晖

编委会成员：（排名按姓氏拼音为序）

金 鑫 凌 芸 罗森林 王宝会 王武魁

肖文栋 于力扬 於二军 张振江 张广艳

周香林 左兴权 邹建成

目 录

第一篇 智能制造总述	1
一、 第四次工业革命的发展	1
二、 智能制造概念	1
三、 人工智能融合智能制造发展	2
四、 智能制造系统	4
(一) 数字设计	4
(二) 智能制造单元	5
(三) 生产全过程数字化	5
(四) 智能物流仓储系统	6
(五) 大规模定制平台	6
(六) 产品远程运维服务	7
(七) 数字孪生与智能制造的结合	7
(八) 工业互联网赋能智能制造	8
(九) AI 大模型引领智能制造	9
五、 AI+智能制造总体架构	10
六、 AI+智能制造关键技术	10
(一) 5G 工业网络技术	11
(二) 数字孪生	12
(三) 区块链技术	14
第二篇 AI 赋能制造业转型升级	15
一、 人工智能在具体实践中的问题	15
二、 人工智能的优势	15
三、 人工智能推动制造业转型升级	17
四、 人工智能赋能制造业仍需多方面合作	18
第三篇 智能制造的全球发展形势	19
一、 全球智能制造发展现状	19
(一) 德国	19

(二) 美国	20
(三) 日本	21
(四) 欧盟	22
二、 全球智能制造业格局	22
第四篇 智能制造在中国的概况	24
一、 中国智能制造发展现状和形势	24
(一) 中国智能制造发展取得积极成效	26
(二) 中国智能制造发展面临的机遇和挑战	28
二、 中国智能制造政策措施	30
(一) 加强统筹协调	31
(二) 完善创新体系	31
(三) 强化人才支撑	31
(四) 提升公共服务	32
(五) 深化开放合作	32
(六) 加大财税金融支持	32
(七) 创新金融扶持方式	33
(八) 发挥行业组织作用	33
(九) 深化国际交流合作	33
三、 中国智能制造战略布局	34
(一) 研究制定智能制造发展战略	34
(二) 加快发展智能制造装备和产品	34
(三) 推进制造过程智能化	34
(四) 深化互联网在制造领域的应用	35
(五) 加强互联网基础设施建设	35
第五篇 智能制造在中国态势分析	36
一、 中国智能制造的优势分析	36
(一) 政策引领：顶层设计彰显制度优势	36
(二) 试点先行：发挥示范项目龙头作用	38

(三) 全面覆盖：推动各类主体跨域协同.....	38
二、 中国智能制造工程目标.....	39
(一) 坚持创新驱动，实现科技自立自强.....	39
(二) 强化数实融合，深化智能技术应用.....	40
(三) 探索特色路径，促进区域协调发展.....	41
第六篇 中国智能制造产业分析	43
一、 中国智能制造产业链分析.....	43
(一) 智能工厂.....	43
(二) 机器视觉行业	44
(三) 数控机床	45
二、 中国智能制造行业发展特点分析.....	47
(一) 制造流程智能化	47
(二) 3D 打印和工业软件市场规模增大.....	48
(三) 中国智能硬件市场规模持续增长.....	48
(四) 工业机器人应用成全球趋势.....	49
(五) 智能制造打造智能制造工厂.....	50
三、 AI+智能制造典型应用场景	50
(一) 大模型在医疗领域的应用.....	50
(二) 大模型赋能制造业升级.....	51
第七篇 中国智能制造的发展规划	53
一、 中国智能制造的指导思想和目标.....	53
二、 中国智能制造的重点任务.....	54
三、 智能制造部署的专项行动.....	55
四、 智能制造的保障措施.....	56
第八篇 全国各省市智能制造最新政策一览	57
一、 十一部门展开“携手行动”——促进大中小企业融通创新.....	57
二、 工信部会同有关部门起草了《“十四五”智能制造发展规划》	58
三、 工业和信息化部印发《新型数据中心发展三年行动计划（2021-2023 年）》	58

四、工业和信息化部、中央网信办出台《5G 应用“扬帆”行动计划(2021-2023 年)》	59
五、北京市印发《北京市制造业数字化转型实施方案（2024-2026 年）》的通知	60
六、上海市关于印发《上海市战略性新兴产业和先导产业发展“十四五”规划》的通知	61
七、江苏省印发《江苏省制造业智能化改造和数字化转型三年行动计划（2022—2024 年）》的通知	61
八、重庆市人民政府印发《重庆市工业企业以数字化为引领深化技术改造促进产业高端化智能化绿色化转型升级行动方案（2023—2027 年）》的通知	62
九、浙江省人民政府印发《2023 年全省经信系统技术创新和智能制造工作要点》的通知	63
十、福建省工业数字化转型三年行动计划（2023—2025 年）	63
十一、山东省政府印发《山东省制造业数字化转型提标行动方案（2023-2025 年）》的通知	64
十二、广东省人民政府关于加快建设通用人工智能产业创新引领地的实施意见	65
第九篇 中国智能制造优秀案例	66
一、工控安全网络安全产业	66
二、北斗长缨智能机器人打磨案例介绍	70
三、“5G+工业互联网”应用推广重点难题及中国联通 5G 智能云化工控典型案例	72
四、推进智慧档案馆室数字技术应用，助力发展新质生产力	75
五、工业数字孪生在生活用纸行业中的应用	79
六、计算所智能实践应用	82

第一篇 智能制造总述

一、第四次工业革命的发展

智能制造已成为公认的提升制造业整体竞争力的国家战略。以德国工业 4.0 为代表的智能制造集中于离散装备制造，过程工业智能制造的模式为智能优化制造，生产过程智能化是智能优化制造的关键。近年来，人工智能和工业互联网的发展为智能制造提供了新的技术基础，为实现生产过程智能化开辟了新的途径。

2016 年 10 月，美国国家技术委员会提出《国家人工智能研究与发展战略计划》，明确了 AI 在制造过程中的作用，包括改进制造过程调度、增强制造过程的柔性、改进产品质量并降低成本。2018 年 5 月，美国白宫举办“美国工业人工智能峰会”，发表声明，重点发展具有高影响、面向特定领域的 AI，用于增强美国劳动力素质，提高他们的工作效率并更好地服务客户。美国科学基金会也发表声明，指出人工智能可能改变美国工业的各个环节，为先进制造创造新的希望。2019 年，美国工业互联网联盟为了促进人工智能技术与工业领域的融合，将其工业分析任务组更名为工业人工智能任务组。美国政府在 2020 年和 2021 年的财务预算中，计划优先支持智能和数字化制造领域，尤其是基于工业物联网、机器学习和 AI 的制造系统。在提出“工业 4.0”平台之后，德国在 2017 年 9 月启动了名为“学习系统”的计划，旨在使未来工作和生产更加灵活和节省资源。德国 2018 年的人工智能战略指出了促进面向经济的 AI 发展和应用。中国工程院制造强国战略研究（三期）的“新一代人工智能引领下的智能制造研究报告”认为，新一代智能制造是我国智能制造的第二阶段(2025-2035)的战略目标，意在使我国智能制造技术和应用水平领先于世界。

二、智能制造概念

党的二十大报告提出了推动制造业高端化、智能化、绿色化协同发展的重

要任务，旨在构建智能制造（Intelligent Manufacturing, IM）产业发展新格局，高效实施供给侧结构性改革，并促进数字经济与实体经济的深度融合。在数字经济的背景下，随着大数据、人工智能、云计算等科技创新的不断发展，智能制造业蓬勃发展。《智能制造发展规划(2016—2020 年)》进一步明确了智能制造的内涵：它基于新一代信息通信技术与先进制造技术的深度融合，贯穿了制造活动的各个环节，具备自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等功能的新生产方式。智能制造推动着企业创新发展，改变了传统的生产方式，促成了新的产业形态和商业模式的形成。信息化与工业化的深度融合不仅提升了智能制造企业自身的创新发展能力，还破除了区域间、行业间制造业发展不平衡的现状。越来越多的专家学者开始关注智能制造企业的发展，并取得了丰硕的研究成果。

智能制造通过新一代信息技术、自动化技术、工业软件及现代管理思想在制造企业全领域、全流程的系统应用而产生。其应用使制造业企业实现了生产、管理、服务和产品智能化，促进了企业的创新发展。

智能制造具有自主化决策、灵活生产多样化产品、快速应对市场变化的特点。人工智能与制造系统结合，利用机器学习、模式识别等模型提升了工厂管理系统能力。物联网的应用将设备连接起来，实现了机器之间的通信和互相沟通，实现了人与机器的融合。整个流程都有数字孪生模型，系统包括现实世界的一切，如应用和操作指南手册等。

如今，智能制造已不仅限于生产过程或单体智能，而扩展到了产业价值链的各个环节，跨领域技术的深度融合和创新也变得更加重要。

三、人工智能融合智能制造发展

在人工智能发展上，未来数字化的高峰一定是大模型推动下的智能化，人工智能的指数级跃变将会给城市发展带来巨大机遇。

第一，ChatGPT 的出现，代表着超级人工智能时代的来临。原来的人工智能都是弱人工智能或垂直人工智能，带来的影响有限，而大模型属于通用人工

智能，在很多维度上已经超越了人类。ChatGPT 最大的意义是人类第一次把世界知识进行了重新编码、存储和推理，使得计算机能够对这个世界建立新的认知，现在 GPT-4 的出现是一个巨大的拐点。

第二，大模型是工业革命级的生产力工具，将会带来一场新工业革命。ChatGPT 不仅仅是一个聊天机器人，还是一个提高生产力的工具。它不只是公司间竞争的武器，更重要的是，它像发电厂一样把以前我们都有但很难直接使用的大数据“从石油变成了电”。电是通用的，可以赋能千行百业，因此通用人工智能将在实体经济数字化、智能化转型过程中发挥重要作用。例如，微软已经做出示范，所有的软件、APP 和网站都可以用大模型重塑。这场工业革命关系到国家生产力的发展，是百年未有之大变局下大国博弈的重要机会，中国一定要迎头赶上。

第三，中国做自己的大模型要坚持长期主义。中国发展大模型并没有不可逾越的技术障碍，OpenAI 公司的成功给我们指明了技术方向，点明了技术路线，中国科技公司在产品化、场景化、商业化方面有很大的优势，但我们也要清醒地意识到中国的大模型产品和 GPT-4 还存在较大的差距。因此，我们既不应该悲观放弃，也不应该盲目乐观、追求速胜，而是应该脚踏实地地补足短板。相信在未来的两三年时间里，中国的大模型发展将大有可为。

第四，未来中国不只会会有一个大模型。事实上，每个大城市，每个大一点的公司，包括每个政府部门都会有自己的专有大模型。但目前我们在使用大模型时，面临两个挑战。一是如果要真正发挥大模型的能力，就需要把自己的很多数据让渡给大模型，这时有可能造成数据泄漏问题。二是 GPT 的强大是因为它使用了很多通用知识、通用数据来进行训练，但其实际上缺乏行业知识。很多企业、政府部门、城市有自己多年积累的、专业的、保密的、专有的知识和数据，很难将这些知识和数据上传到公网上去训练一个公有的 GPT 模型。所以，在通用大模型基础之上，结合城市、政府、行业的专有知识去训练专有大模型，既符合国情，也符合城市发展的需要。

四、智能制造系统

智能制造系统是一个覆盖设计、物流、仓储、生产、检测等生产全过程的极其复杂的巨系统，企业要搭建一个完整的智能制造系统，最困难也是最核心的部分就是生产过程数字化。尤其是对于生产工艺复杂、原材料及原器件种类繁多的离散制造领域，产品往往由多个零部件经过一系列不连续的工序装配而成，其过程包含很多变化和不确定因素，在一定程度上增加了离散型制造生产组织的难度和配套复杂性，要做到生产全程数字化、可视化、透明化殊为不易。

与离散领域显著不同的是，流程领域的生产流程本质上是连续的，被加工处理的工质不论是产生物理变化还是化学变化，其过程不会中断，而且往往是处于密闭的管道或容器中，生产工艺相对简单，生产流程清晰连贯，生产全过程数字化难度相对较低。流程领域企业接下来要做的是在全面贯通整合各阶段数据的基础上，运用人工智能的深度学习、强化学习（主要是动态规划方法）进行实时数据分析和实时决策，并进一步将智能系统延伸至供应链、生产后服务等各个环节，最终实现全面智能化。

智能制造系统=自动化设备+智能“神经系统”。我们可以把智能制造理解为企业在引入数控机床、机器人等生产设备并实现生产自动化的基础上，再搭建一套精密的“神经系统”。智能“神经系统”以 ERP（企业资源计划系统）、MES（生产过程执行系统）等管理软件组成中枢神经，以传感器、嵌入式芯片、RFID 标签、条码等组件为神经元，以 PLC（可编程逻辑控制器）为链接控制神经元的突触，以现场总线、工业以太网、5G TSN、物联网（如 NB-IoT 等）等通信技术为神经纤维。企业能够借助完善的“神经系统”感知环境、获取信息、传递指令，以此实现科学决策、智能设计、合理排产，提升设备使用率，监控设备状态，指导设备运行，让自动化生产设备如臂使指。

（一）数字设计

数字化设计是智能制造系统的源头，是企业实现数字化、智能化道路上必须要突破的关键点。制造业中的设计包括产品设计、工艺设计、工艺优化、样品制造、检测检验等一系列过程。传统的研发设计流程是以模块分立形式，按

照顺序完成开发，产品开发周期长且质量得不到保证。而数字化设计借助计算机辅助设计软件（CAX）、三维设计与建模工具等技术能够赋予企业将研发过程全面数字化、模型化，实现研发设计流程的高度集成、协同与融合，大幅缩短产品开发周期，降低开发风险和开发费用。

目前 CAX 类软件在国内制造业企业中已有一定程度应用基础，但从发展趋势及与智能制造系统的契合程度来看，第三代产品设计语言 MBD（基于模型的设计）技术将成为数字化设计的主武器，MBD 的应用将打通数字化设计与数字化制造，使三维模型成为制造的唯一数据源，让产品模型在整个生命周期得到充分利用。

（二）智能制造单元

智能制造单元是针对离散加工现场，将一组能力相近的加工设备和辅助设备进行了模块化、集成化、一体化的聚合，使其具备多品种少批量产品的生产输出能力。对于离散制造领域的中小型企业来说，打造智能制造单元是开启智能化道路行之有效的切入点，其最大的作用在于提升设备开动率，加快生产节奏，“简单粗暴”的通过增加产出提升企业收益。

“智造单元”是一种模块化的小型数字化工厂实践，整个单元由自动化模块、信息化模块和智能化模块三部分组成，以“最小的数字化工厂”实现企业在多品种小批量乃至单件自动化的生产智能化。

（三）生产全过程数字化

打通数据→整合优化→互联互通→降本增效。生产全过程数字化是将“人、机、料、法、环”五个层面的数据连接、融合并形成一个完整的闭环系统，通过对生产全过程数据的采集、传输、分析、决策，优化资源动态配置，提升产品质量管控。生产全过程数字化需要企业在人员配备、自动化设备、设备连接、环境感知等各方面具备良好的基础，即前文中提到的智能“神经系统”包含的要素必须齐全。在此基础上，生产全过程数字化的重点工作是打通各种数据流，包括从生产计划到生产执行（ERP 与 MES）的数据流、MES 与控制设备和监

视设备之间的数据流、现场设备与控制设备之间的数据流。有条件的企业可以自主研发或委托开发生产数字化集成平台，将不同生产环节的设备、软件 and 人员无缝地集成为一个协同工作的系统，实现互联、互通、互操作。

(四) 智能物流仓储系统

让一切物理实体流动起来，节省空间、时间与人力资源。

物流仓储是制造业中极为重要的一环，如果说通信网络是智能制造系统的神经纤维，那么物流仓储则可视作智能制造系统的血管。智能物流仓储系统的应用能够使原材料、辅助物料、在制品、制成品等物理对象在各个生产工序间顺畅流转，并通过提升仓库货位利用效率、提高仓储作业的灵活性与准确性、合理控制库存总量、降低物流仓储人员需求数量等方式大幅压缩物流仓储成本。

智能物流仓储系统尽管不直接参与产品的生产，但作为整个智能制造系统中的重要子系统，其组成架构也与之类似，分为设备层、操作层、企业层，设备层包括仓储设备、物流设备、识别设备；操作层由 WMS、WCS、TMS 等软件构成；企业层则对接 ERP、CRM、SCM 等管理软件的采购、计划、库存、发货等模块，融入总系统的闭环中。

(五) 大规模定制平台

打造向大规模定制转型的入口，提升品牌价值与用户粘性。销售是所有企业的核心业务之一，智能制造系统中的销售智能化除了应用 CRM 等软件管理销售业务外，更为重要的是在订单获取层面发挥作用。在当前个性化需求日益旺盛的环境下，企业通过建立定制平台，能够将用户提前引入到产品的设计、生产过程中，通过差异化的定制参数、柔性化的生产，使个性化需求得到快速实现，以此提升品牌价值，增加用户粘性。与之相匹配的，企业应将定制平台与智能制造系统中的研发设计、计划排产、制造执行等模块实现协同与集成，实现从线上用户定制方案，到线下柔性化生产的全定制过程；在企业后台建立个性化产品数据库，应用大数据技术对用户的个性化需求特征进行挖掘和分析，并反馈到研发设计部门，优化产品及工艺，基于用户需求新趋势开展研发活动。

（六）产品远程运维服务

以智能化服务拓展商业模式，推动价值链向后延伸。智能制造视角下的产品服务是借助云服务、数据挖掘和智能分析等技术，捕捉、分析产品信息，更加主动、精准、高效的给用户提供服务，推动企业价值链向后延伸。远程运维服务即是典型的制造企业智能化服务模式，企业利用物联网、云计算、大数据等技术对生产并已投入使用的智能产品的设备状态、作业操作、环境情况等维度的数据进行采集、筛选、分析、储存和管理，基于上述数据的分析结果为用户提供产品的日常运行维护、预测性维护、故障预警、诊断与修复、运行优化、远程升级等服务。

远程运维服务可以有效降低设备故障率，提升设备使用率与使用寿命，既能减轻制造商的负担，又能显著提升产品价值。远程运维对于企业产品的智能化程度要求较高，产品必须配备开放的数据接口，具备数据采集、通信模块；企业还需建立远程运维服务前端平台与后端数据中心，采集产品数据并基于大数据分析与管理，向用户提供增值服务。

（七）数字孪生与智能制造的结合

数字孪生，即物理空间在信息空间的完全映射，信息在两个空间中交互和融合，由统一“软件”平台协调和安排资源、能源、时间的最优分配，并在反馈中不断升级。由于人工智能技术的应用，机器算法将替代人的决策过程，形成对资源、能源、时间等生产要素的动态配置，并在数据反馈中不断优化算法精度，提升决策水平，即智能制造系统相对传统制造具备自感知、自学习、自决策、自执行和自适应能力。

回溯工业革命发展历程，在机械化生产时期，信息技术尚未出现，所有生产要素都集中在物理空间中发生；到了电气化生产时期，机器大规模生产拓展了实体要素发生的物理空间，从小作坊变成了大工厂。伴随信息技术发展以及在制造领域的深入应用，相对于物理空间中的实体要素外，信息和数据作为新生产要素，在企业活动中扮演越来越重要的角色。

在当前高度信息化和集成化的工业生产模式，生产线发生意外故障时，很

容易致使全产线停机停产，例如高度精细化的汽车生产线，会造成每天数百万级的损失。对于一些特殊工艺生产线，比如高温高压下的化工生产线，甚至面临严重的安全风险和衍生灾害。因此工业生产过程中需要基于大量数据，在虚拟数字空间中进行例如设备诊断、化学类生产过程的模拟，以及对当前设备状态和生产工艺下结果的仿真预测等，从而防止现场故障、生产异常产生出严重后果。

工业设备数字孪生系统是以具体应用需求为目标，基于实体数字建模、物联网、大数据、人工智能等多融合技术，通过构建物理空间与数字空间之间的闭环数据交换通道，实现数字空间和工业设备的虚实客观映射，在数字空间对物理设备的实时状态进行呈现，并对历史状态进行记录。基于其状态的映射和记录，面向具体应用需求，对物理空间的活动进行分析决策支持或闭环控制，并支持设备实体与数字孪生系统的双向迭代优化。其包括实现以上目标的物理设备、传感系统、计算系统、实体数字模型、数据模型、算法模型以及相应的应用软件。

（八）工业互联网赋能智能制造

工业互联网（Industrial Internet）作为新一代信息技术与制造业深度融合的产物，已成为推动智能制造发展的重要引擎。它将物联网、大数据、人工智能等技术与传统制造业深度融合，赋能制造业实现生产过程的智能化、网络化、数字化和高度柔性化。

首先，工业互联网为智能制造提供了强大的数据支撑。通过传感器、设备和系统的连接，工业互联网实现了对生产过程的实时监测、数据采集和信息传递。这些数据不仅包括设备的运行状态、工艺参数，还包括产品的生产轨迹、质量指标等信息。借助大数据分析和挖掘技术，制造企业可以从海量数据中发现潜在的生产优化点，提高生产效率和产品质量。

其次，工业互联网实现了制造资源的高度集成和共享。在传统制造模式下，企业往往存在资源孤岛现象，生产设备、信息系统之间缺乏有效的协同和集成。而通过工业互联网技术，不同设备、工序、企业之间可以实现信息共享和资源

整合，实现生产资源的最大化利用。这种资源共享模式既可以降低企业的生产成本，又可以提高资源利用效率，实现生产要素的优化配置。

第三，工业互联网赋能智能制造实现了生产过程的智能化和自动化。通过工业互联网平台的建设和数据分析，制造企业可以实现生产过程的智能调度、自动控制和远程监控。生产设备可以根据实时生产数据进行自适应调节，实现生产过程的优化和精益化管理。同时，基于人工智能和机器学习技术，工业互联网还可以实现生产过程的预测性维护和故障预警，提高设备的稳定性和可靠性。

最后，工业互联网为智能制造提供了开放和灵活的生态环境。通过工业互联网平台的建设，制造企业可以与供应商、合作伙伴、客户等各方建立起紧密的连接和协同关系。这种开放式的生态环境不仅可以促进创新和知识共享，还可以为企业提供更多的商业机会和增长空间。同时，工业互联网平台的灵活性和可扩展性也为企业未来的发展提供了更大的可能性和空间。

（九）AI 大模型引领智能制造

近年来，智能制造逐渐成为全球工业发展的重要趋势之一，而人工智能（AI）大模型的出现和应用正是智能制造向前迈进的重要驱动力之一。

首先，工业大模型的部署将成为智能制造的核心支撑。通过在工业生产和制造过程中应用 AI 大模型，可以实现更加智能化和灵活化的生产模式。这些大模型可以通过学习和分析大量数据，提高生产效率、优化生产流程，并且在预测性维护、质量控制等方面发挥重要作用。因此，加速工业大模型的部署将成为智能制造发展的重要推动力。

其次，建立完善的标准体系是智能制造发展的基础。随着智能制造技术的不断发展和应用，相关标准体系的建设变得尤为重要。这不仅包括技术标准，还包括安全标准、数据标准等方面。通过建立统一的标准体系，可以提高智能制造产品的质量和安全性，促进产业发展和国际交流合作。

此外，对龙头企业的支持和引导也是智能制造发展的关键。龙头企业在智能制造领域具有丰富的经验和技術积累，可以在关键技术装备的研发和应用方

面发挥重要作用。国家层面应设立智能制造发展基金，为企业的智能制造项目提供资金支持，推动智能制造技术的创新和应用。

综上所述，AI 大模型的应用将成为智能制造的重要驱动力，加速工业大模型的部署、完善标准体系建设以及支持龙头企业的发展，将为智能制造的发展奠定坚实的基础，助力中国智能制造走向更加智能化、高效化的未来。

五、 AI+智能制造总体架构

AI+智能制造方案构建了面向制造、能源电力、采掘等各垂直行业，以基础硬件设备、软件系统平台、解决方案三大层级为核心，生态协同为保障的技术架构。与主要依赖本地算力的传统工业架构相比，AI+智能制造方案通过软硬结合的方式，将成为未来智能化工厂的标准解决方案，提升产品质量检查和缺陷识别、生产作业过程识别以及安全行为等视觉识别的精准性、高效性。



图 1-1 AI+智能制造总体架构图

六、 AI+智能制造关键技术

“AI+”通过整合 5G、数字孪生、边缘计算、区块链等先进数字技术，凭借“全

面连接、信息共享、上下联动、资源整合”等优势，深度激活行业“脉络”，全面融入 45 个国民经济大类，对重塑工业体系、大力推进新型工业化的关键支撑效应正逐渐显现。

(一) 5G 工业网络技术

（1）5G 通信增强技术。5G TSN（时间敏感网络）技术通过高精度时间同步，实现工厂内无线 TSN，保障工业互联网业务端到端的低时延。5G 高频和多天线技术支持工厂内的精准定位和高宽带通信，大幅提高远程操控领域的操作精度。5G 边缘计算加速工业 IT 及 OT 网络融合，通过边缘数据处理、跟踪及聚合能力的增强，提升工业互联网业务的高可靠、低时延等性能指标，优化资源共享和用户体验。

（2）网络切片。5G 网络切片技术支持多业务场景、多服务和质量、多用户及多行业的隔离和保护。网络切片是提供特定网络能力的、端到端的逻辑专用网络。一个网络切片实例是由网络功能和所需的物理/虚拟资源的集合，具体可包括接入网、核心网、传输承载网及应用。

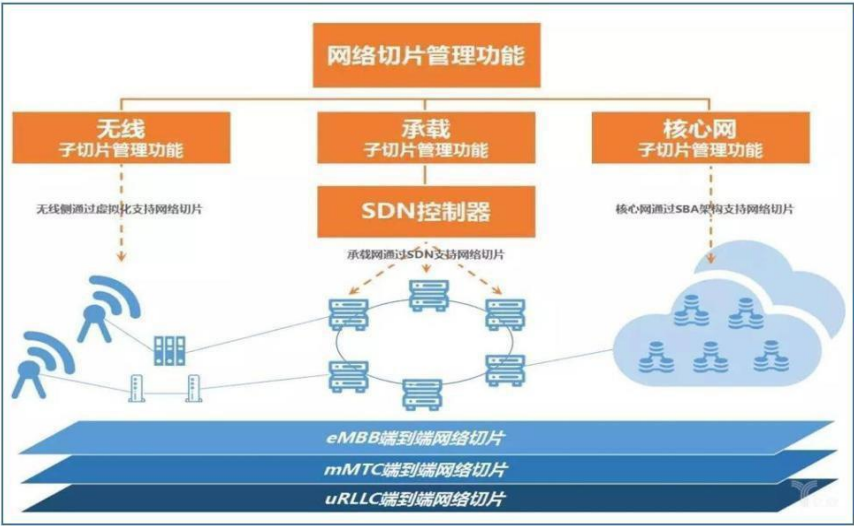


图 1-2 网络切片管理架构图

每个虚拟网络之间是逻辑独立的，任何一个虚拟网络发生故障都不会影响其他虚拟网络。依据应用场景可将 5G 网络分为 3 大类：移动宽带、海量物联网和任务关键性物联网。由于 5G 网络的 3 类应用场景的服务需求不同，且不同领域的不同设备大量接入网络，这时网络切片就可以将一个物理网络分

成多个虚拟的逻辑网络，每一个虚拟网络对应不同的应用场景，从而满足不同的需求。5G 网络切片技术可以为不同的应用场景提供相互隔离、逻辑独立的完整网络，从而实现 5G 网络共享，节约宝贵的频谱资源，建设行业虚拟专用网络。

（3）边缘计算。边缘计算在靠近数据消费者的地方提供计算、存储能力，以及边缘应用所需的云服务和基础设施环境。相比于集中的云计算服务，边缘计算解决了时延过长、汇聚流量过大等问题，为实时性和带宽密集型业务提供更好的支持。边缘计算与接入方式无关，5G 标准设计原生支持边缘计算，提供架构、移动性、会话管理等方面的灵活部署能力。应用功能随网络功能下沉，部署到靠近接入基站的位置。

5G 网络支持在转发路径上灵活的插入分流点，引导对应的数据流进入边缘节点。随着用户移动，可支持不同等级和方式的业务连续性保障。要求分流能力可向应用开放，提供转发路径优化和加速服务。

（二）数字孪生

数字孪生技术的发展源于新一代信息技术与不同领域技术的融合，是在 CPS、建模仿真、大数据与人工智能技术的基础上发展起来的一门新兴技术。

（1）物联网技术。数字孪生是物理世界在数字世界的孪生，如何实现数字孪生与物理世界的虚实映射是数字孪生实施的基础。物联网是以感知技术和网络通信技术为主要手段，实现人、机、物的泛在连接，提供信息感知、信息传输、信息处理等服务的基础设施。随着物联网的不断健全和完善，数字孪生所需的各种数据的实时采集、处理得以保障。在空间尺度上，由于物联网万物互联的属性，面向的对象由整个产业垂直细分至较小粒度的物理实体。同时，在时间尺度上，由于物联网实时性的提升，使得不同时间粒度的数据交互成为可能。以上使得数字孪生正在变得更加多样化和复杂化，使得数字世界和物理世界能够在物联网的支持下进行时间和空间上细粒度的虚实交互，以支撑不同尺度的应用。

（2） 大数据技术。数据是数字孪生系统动态运行的最重要的驱动力量。随着数据时代的到来，大数据分析应运而生。通过体现大数据海量、异构、高速、可变性、真实性、复杂性和价值性等特征，大数据分析面向解决具体问题提出相应的算法和框架模型。对数字孪生系统而言，大数据分析为深度探索物理空间事物提供可能，而通过数据可视化，为数字孪生系统揭示物理实体的隐性信息提供了有效工具。

（3） 多领域、多层次参数化机理模型建模技术。物理实体的机理模型是数字孪生系统的骨架。近年来，不同领域混合的多层次精准建模方法为数字孪生技术对物理世界真实描述提供了使能技术。首先，其综合复杂物理实体涉及的针对诸如机械、电气、液压、控制及具体行业特征进行综合建模的能力，为数字孪生系统对物理实体的有机综合分析提供了高可用技术；其次，物理实体机理模型的多层次表述能力，可使得模型在不同空间粒度上对实体进行客观真实表述；再次，参数化建模方法为数字孪生实体机理模型对物理实体在时间维度上变化的映射，即模型的动态更新能力，提供了有效手段。

（4） 人工智能技术。数字孪生系统对工程应用的重要意义在于其智能分析和自主决策能力。人工智能技术的发展，可通过和传统的建模仿真分析技术结合，有效赋能数字孪生系统，使得数字孪生系统可针对过去、现在的状况进行综合智能分析，并进行自主决策，对物理世界的变化进行准确判断和决策，对物理世界的活动进行智能化支撑。

（5） 云 / 边缘协同计算技术。数字孪生系统是庞大复杂的系统，然而其对物理世界的感知和决策支持往往具有时效性和个性化的特点。云 / 边缘协同计算技术，可有效地发挥云端强大的存储 / 计算能力和边缘端个性化实时感知和控制能力，为数字孪生系统的高效运行提供支撑。

综上，物联网、大数据、多领域 / 多层次 / 参数化实体建模技术、人工智能技术、云 / 边缘协同计算技术相互交互，相互融合，加速推动着数字孪生的落地应用。

(三) 区块链技术

工业互联网平台在部署过程中工业数据需要上云，企业对自身隐私数据泄露存在担忧而不愿参与其中，阻碍了工业互联网平台的推广。因此需要一项技术解决工业互联网中博弈多放的互信协作问题，以及各企业对自身数据的控制权问题。区块链是由多种技术集成创新形成的分布式网络数据管理技术，通过区块链的加密算法、访问控制、隐私保护、入侵检测等技术，可以实现工业企业内部各个环节的数据共享、网络加密及访问权限控制等功能，并且可以利用区块链分布式的特点促进产业链的协同和产融协同。

工业互联网平台下两种技术在兼容与调和过程中并不是简单的技术嵌入，而是需要在更多模式上进行升级。对于区块链如何同工业互联网平台进行业务上的集成与融合、各项标准制定也是未来需要研究的重点。随着“区块链+工业互联网”融合研究以及各项标准制度的发展与完善，再加上对区块链核心技术的不断研究和更多模式上的升级和探索，区块链技术将在工业互联网中网络安全保障、资源高效分配、制造数据追溯、智能协同制造等方面发挥更大的推动作用。

第二篇 AI 赋能制造业转型升级

一、人工智能在具体实践中的问题

随着人工智能在我国工业领域的逐步深入，在应用过程中还面临着诸多需要改善的问题。首先，我国制造业领域人工智能技术的基础架构仍不够完善。以物流零售新概念为例，人工智能为主要核心的新物流和新零售等实际应用，然而我国目前传统旧物流和旧零售的问题仍未能得到很好的解决。所提出人工智能的新概念没有实施的实践基础。虽然国家重视制造业公司的改革与发展。但是诸多制造企业仍处于 1.0 与 2.0 的工业前期阶段，无法快速进行工业 4.0 的改革。同时，我国的人工智能科研基地有待进一步完善。

作为大型科研国家与欧美等高端科研国家之间仍然存在很大差距。例如，学术论文的质量仍然存在重大问题。除此之外，中国需要在加强制造业方面进一步加强人工智能的创新意识。在我国的传统企业中，制造业在业务发展中的成功很大程度上取决于业务领导者自身的经验。至于现代人工智能技术的技术变革，并不是其核心竞争力。

在制造企业的管理层，公司的科研团队和公司的服务团队必须紧密合作，使智能系统在公司中发挥最大的作用。但是，传统的制造业公司需要实现自上而下对改革的理解与支持，以加强制造业的人工智能水平。人工智能在我国前景依旧光明。许多行业和领域都充分应用了人工智能技术。但是，人工智能技术在中国制造业中的应用仍然相对较少，需要进一步加强。我国制造行业对人工智能的应用占比非常小，还需要进一步加强。这也是我国在实行人工智能赋能在制造业转型升级过程中所遇到主要问题和阻力之一，只有我国的制造企业充分意识到人工智能技术的重要性，加强对于人工智能技术的重视，才能够有效地促进我国制造业实现人工智能的转型和升级。

二、人工智能的优势

“人工智能 + 制造业”不同于自动化或“互联网+制造”，自动化强调的是企业通过应用工业软件,实现离线环境下的自动生产，“互联网 +”则是利用

互联网工具对接供需关系。而人工智能与制造业融合需要在数字化及网络化的基础上，由机器基于生产数据及供需环境的实时反馈，实现自主调整，完全智能。一般来说，人工智能将为制造业带来以下升级方向：

1) 提升生产效率。随着我国制造业接近世界先进水平，依靠技术引进和管理变革等方式提高生产效率的空间已经很小。近年来，人工智能在制造业应用深化，生产函数中加入新要素，为制造业的效率提升创造新空间。与自动化设备相比，智能装备可以实现统一平台、统一指挥，通过自主优化减少停机时间，并随着数据积累，还可以自我学习辅助生产管理，从多个层面促进企业效率的提升。

2) 降低人力成本。我国正处于工业化中后期，也是进入发达国家行列的关键时期。但随着老龄化日益严重，人口红利逐渐消失，劳动力的优势被东南亚国家超越。寻找新的优势生产要素，是维持我国工业高质量发展的关键。人工智能作为新兴的投入要素，既可以在很多领域替代传统劳动力，还能在高精度条件下维持动作一致性，避免产品质量受工人情绪和精力影响。研究表明，智能机器人密度与产品的质量成正比。

3) 高效质量控制。将人工智能与物联网等技术相结合，可以实现制造业生产线全面、实时监控，不仅提高质检效率，还能通过智能学习改善工艺流程。对于精密仪器等规模生产，但结构复杂、工艺要求高的行业，人工智能可以显著提高其良品率。例如，江苏汇博机器人公司针对卫浴行业推出机器视觉检测系统，分辨水平远超人类肉眼，不仅能检测微小缺陷，还能分析故障原因，快速筛选出不合格品，并操控生产线进行分拣，提升产品的出厂合格率。

4) 优化供需管理。人工智能通过实时跟踪海量数据，并进行自我学习，从纷杂多变的市场信息中挖掘有价值的内容，建立精准匹配的供需关系，并给出最优建议，通过工业物联网将指令发送到价值链各个环节，尤其适合快速消费品、零配件等市场需求波动大、供应链复杂的行业。例如，江苏汇博机器人为某大客户提供机器人和 MES 生产管理系统，对生产环节实施了全方位智能化升级。MES 生产管理系统可以实时响应客户订单，并基于客户需求自动配置生产设备和功能参数，并在人工智能的协同下完成组装和测试。最终，企业通

过需求与生产的无缝衔接，不仅提升了产品质量，也缩短了产品交付周期。

三、人工智能推动制造业转型升级

我国作为传统制造大国，经过快速发展阶段，在工艺技术等方面已取得长足的进步，目前正向制造强国转变。但制造业在转型升级过程中遇到瓶颈，主要表现为效率提升放缓、人工成本攀升、质量控制不严等问题，阻碍我国制造业进入集约型的高质量发展阶段。

在我国制造业面临内外压力的背景下，智能制造成为新一轮产业变革的核心主题，而人工智能则是智能制造的核心技术。人工智能与制造业深度融合后，将改变制造业的业态，重构国际分工，工业强国向上下游争夺更多的价值空间，全球经济格局即将重写。

未来由科技创新驱动发展，人工智能已成为大国竞争的重要筹码。各国纷纷提出“人工智能 + 制造业”的战略，如美国的工业互联网与制造业回流，德国的工业 4.0。党的十九大报告指出“加快建设制造强国，加快发展先进制造业，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合”，明确将人工智能与制造业融合作为国家战略重点，中国正积极抢占人工智能领域制高点。

人工智能广义上是指对所有智能的模拟和应用，融合了计算机视觉、机器学习、大数据等多门学科。目前，人工智能已逐渐从技术研发阶段向产业化过渡，图像和语音识别等商业化较为成熟，应用领域也逐渐从服务业向制造业延伸，显示出人工智能技术的通用性。

长久以来，中国在技术层面一直在追赶世界先进水平，但在人工智能领域却异军突起，在部分领域达到全球领先。从技术研发看，在深度学习领域，我国在全球知名期刊上发表论文的数量已经超过美国，专利申请数量仅次于美国。从投资角度看，我国在人工智能领域的投资爆发式增长，2017 年人工智能初创企业的融资额已超过美国。

目前，在人工智能的核心技术领域，发达国家仍具有我国短期难以超越的优势，但作为全球人口最多、制造业规模最大的国家，我国拥有最大的人工智

能应用市场和最丰富的数据基础。人工智能将通过深度融合赋能制造业，助力实体经济创新转型。而我国在人工智能领域的领先布局及广阔的应用场景，为融合打下坚实的基础。

四、 人工智能赋能制造业仍需多方面合作

当前，我国将信息技术与制造技术进行有效整合，进而在整个制造业中实现了更深刻变革的智能制造模式。在硬件或软件方面，这种新型的中国智能制造模式具有良好的基础，可以促进多个行业的发展，并且有效地提升各个行业的发展动能。

在应用制造业转型升级的过程中，首先要加强对制造业人工智能基础设施的建设。只有加强企业人工智能基础设施的建设，才能克服我国制造业企业在信息技术中面临的技术瓶颈，促进制造业企业未来的可持续发展。

其次，需要加强对制造企业相关算法方向的基础研究。当前，随着人工智能的快速发展，各个领域对新算法的改进已经成为企业应用中人工智能的日常实践。例如，在企业设计集成电路板的过程中，可以通过强化算法学习，有效地加快集成电路板的设计和制造速度。在我国以人工智能为基础的制造业转型与转型中，人工智能的发展与应用不要实现弯道超车。制造企业需要提高整体工业质量。所有的科学系统，无论是硬件还是软件，都需要在许多方面进行协调，形成有效的系统，从而建立有效的模式，创建适用于工业和工厂的定制集成解决方案。最后，在开发人工智能的过程中，需要在各个领域进行联合开发。在制造企业的供应链中，首先需要驱动生产，然后供应链系统促进了复杂而智能的后端生产的实现。这些都需要整个供应链的协调发展和深度整合。

第三篇 智能制造的全球发展形势

一、全球智能制造发展现状

智能制造作为先进制造技术与信息技术深度融合的成果，已经成为制造业的发展趋势，《中国制造 2025》的颁布标志着智能制造成为我国制造业转型升级的主攻方向。大力发展智能制造不仅符合我国制造业转型升级的要求，而且是推动供给侧结构性改革、适应并引领“新常态”的重要抓手。20 世纪 80 年代末，Wright 和 Bourne 合著的《智能制造》一书的出版标志着智能制造概念的提出。经过了数十年的发展，智能制造的内涵逐渐丰富化，目前一般认为智能制造的含义是，在新一代信息技术的基础上，将产品制造流程和生命周期作为对象，实现系统层级上的实时优化管理，是成熟阶段的制造业智能化。相比于数字化和网络化阶段，智能制造全面使用计算机自动控制，并实现工业互联网、工业机器人、大数据的全面综合应用。智能制造可以大大缩短产品研发时间、提质增效、降低成本，体现了实体物理与虚拟网络的深度融合特征。

（一）德国

德国作为全球制造业中最具竞争力的国家之一，德国的西门子、奔驰、博世、宝马等品牌以其高品质享誉世界。为了保持德国制造在世界的影响力，推动德国制造业的智能化改造，在德国工程院及产业界共同推动下，德国在 2013 年正式推出了德国工业 4.0 战略。工业 4.0 的内涵是凭借智能技术，融合虚拟网络与实体的信息物理系统，降低综合制造成本，联系资源、人员和信息，提供一种由制造端到用户端的生产组织模式，从而推动制造业智能化的进程。德国智能制造以信息物理系统为中心，促进高端制造等战略性新兴产业的发展，大幅减少产品生产成本，构建德国特色的智能制造网络体系。德国工业 4.0 战略的智能化战略主要包括智能工厂、智能物流和智能生产三种类别。总而言之，德国制造业的智能化过程以工业 4.0 战略为依托，顺应第四次工业革命的历史机遇，通过标准化规范战略部署，重视创新驱动，实现制造业智能化转型升级的战略目标，使德国在全球化生产中保持科研先发优势。

工业 4.0 发布后，德国各大企业积极响应，产业链不断完善，已经形成工业 4.0 生态系统。德国的工业 4.0 平台还发布了工业 4.0 参考架构。

2014 年 8 月，出台《数字议程(2014-2017)》，这是德国《高技术战略 2020》的十大项目之一，旨在将德国打造成数字强国。议程包括网络普及、网络安全及“数字经济发展”等方面内容。

2016 年，发布《数字化战略 2025》，目的是将德国建成最现代化的工业化国家。该战略指出，德国数字未来计划由 12 项内容构成：工业 4.0 平台、未来产业联盟、数字化议程、重新利用网络、数字化技术、可信赖的云、德国数据服务平台、中小企业数字化、进入数字化等。

2019 年 11 月，发布《德国工业战略 2030》，主要内容包括改善工业基地的框架条件、加强新技术研发和调动私人资本、在全球范围内维护德国工业的技术主权。德国认为当前最重要的突破性创新是数字化，尤其是人工智能的应用。要强化对中小企业的支持，尤其是数字化进程。

(二) 美国

美国是智能制造的重要发源地之一。早在 2005 年，美国国家标准与技术研究所提出“聪明加工系统研究计划”，这一系统实质就是智能化，研究的内容包括系统动态优化、设备特征化、下一代数控系统、状态监控和可靠性、在加工过程中直接测量刀具磨损和工件精度的方法。2006 年，美国国家科学基金委员会提出了智能制造概念，核心技术是计算、通信、控制。成立智能制造领导联盟 SMLC，打造智能制造共享平台，推动美国先进制造业的发展。

2017 年，美国清洁能源智能制造创新研究院（CESMII）发布的《智能制造 2017—2018 路线图》指出，智能制造是一种制造方式，在 2030 年前后就可以实现，是一系列涉及业务、技术、基础设施及劳动力的实践活动，通过整合运营技术和信息技术的工程系统，实现制造的持续优化。该定义认为智能制造有四个维度，“业务”位于第一位，智能制造最终目标是持续优化。该路线图的目标之一就是工业中推动智能制造技术的应用。

2018 年，发布《先进制造业美国领导力战略》，提出三大目标，开发和转

化新的制造技术、培育制造业劳动力、提升制造业供应链水平。具体的目标之一就是大力发展未来智能制造系统，如智能与数字制造、先进工业机器人、人工智能基础设施、制造业的网络安全。

2019 年，发布《人工智能战略：2019 年更新版》，为人工智能的发展制定了一系列的目标，确定了八大战略重点。

(三) 日本

日本在智能制造领域积极部署。积极构建智能制造的顶层设计体系，实施机器人新战略、互联工业战略等措施，巩固日本智能制造在国际上的领先地位。

日本提出以工业互联网和物联网为核心的协同制造发展策略。事实上，日本智能生产起步很早，在上世纪 70、80 年代，日本就提出柔性制造 FMS()。1989 年，日本率先提出了智能制造系统 IMS()的概念，主要关注工厂内部系统智能化，并没有加入互联网因素。2015 年起，日本开始发力智能制造。2015 年 1 月发布“新机器人战略”，其三大核心目标分别是世界机器人创新基地、世界第一的机器人应用国家及迈向世界领先的机器人新时代。2015 年 10 月，日本设立 IoT 推进组织，推动全国的物联网、大数据、人工智能等技术开发和商业创新。之后，由 METI（日本经济贸易产业省）和 JSME-MSD（日本机械工程师协会）发起产业价值链计划，基于宽松的标准，支持不同企业间制造协作。2016 年，日本提出 IVR，开始推动信息技术在工业领域的应用，并发布相应的体系架构。2017 年 3 月，日本明确提出“互联工业”的概念，安倍发表《互联工业：日本产业新未来的愿景》的演讲，其中三个主要核心是：人与设备和系统的相互交互的新型数字社会，通过合作与协调解决工业新挑战，积极推动培养适应数字技术的高级人才。互联工业已经成为日本国家层面的愿景。在《制造业白皮书(2018)》中，日本经产省调整了工业价值链计划是日本战略的提法，明确了“互联工业”是日本制造的未来。为推动“互联工业”，日本提出支持实时数据的共享与使用政策；加强基础设施建设，提高数据有效利用率，如培养人才、网络安全等；加强国际、国内的各种协作。2019 年，日本决定开放限定

地域内的无线通信服务，通过推进地域版 5G，鼓励智能工厂的建设。

(四) 欧盟

欧盟委员会于 2020 年 3 月发布了面向 2030 年的《欧盟新工业战略》，与《欧盟数据战略》《人工智能白皮书》共同构成欧盟“数字化转型计划”的重要组成部分。《欧盟新工业战略》旨在推动欧盟工业在气候中立和数字化的双重转型中保持领先，意图抢占数字化工业主导地位、提升全球数字竞争力、释放数字经济潜力，以应对全球经济前景的不确定性。战略提出，绿色、循环、数字化是工业转型的关键驱动因素，并提出了一系列具体行动计划，特别是在新冠肺炎疫情爆发的背景下，强调借助数字基础设施、数字技术等手段提高欧盟工业竞争力和战略自主性至关重要，值得深入思考。

通过观察，各国在推动本国制定的战略的同时，也在积极开展合作。比如美国和德国在积极对接后，提出工业 4.0 平台和 IVC 进行合作，因为他们认为彼此的架构是相互呼应的，可以融合发展，在一系列产品解决方案、参考架构对接和标准化工作方面进行全方位的合作。此外，德国在对各国智能制造战略进行系统性研究后，明确了自己的国际化战略。即不管是对美国还是对中国，一方面强调通过贸易和设备供应的方式，与不同国家进行合作；另一方面又非常强调在技术和标准上以“我”为主，强化合作。

二、全球智能制造业格局

当今世界的很多工业强国都在将人工智能看成是下一个发展风口。日本、德国、美国自不必说，巴西、印度等新兴经济体同样把人工智能看做是一个新兴领域不断加持。它作为全球下一轮科技革命与产业革命的关键领域，对整个世界的发展具有重大意义。

根据《全球智能制造发展指数报告》评价结果显示，美国、日本和德国名列第一梯队，是智能制造发展的“引领型”国家；英国、韩国、中国、瑞士、瑞典、法国、芬兰、加拿大和以色列名列第二梯队，是智能制造发展的“先进型”国家。目前全球智能制造发展梯队相对固定，形成了智能制造“引领型”与“先

进型”国家稳定发展，“潜力型”与“基础型”国家努力追赶的局面。

新一代信息技术与制造业深度融合，正在引发影响深远的产业变革，形成新的生产方式、产业形态、商业模式和经济增长点。各国都在加大科技创新力度，推动三维（3D）打印、移动互联网、云计算、大数据、生物工程、新能源、新材料等领域取得新突破。基于信息物理系统的智能装备、智能工厂等智能制造正在引领制造方式变革；网络众包、协同设计、大规模个性化定制、精准供应链管理、全生命周期管理、电子商务等正在重塑产业价值链体系；可穿戴智能产品、智能家电、智能汽车等智能终端产品不断拓展制造业新领域。我国制造业转型升级、创新发展迎来重大机遇。

当前，智能制造已经成为全球价值链重构和国际分工格局调整背景下各国的重要选择。各发达国家纷纷加大制造业回流力度，提升制造业在国民经济中的战略地位。德国的“工业 4.0”，美国“工业互联网”战略、日本《机器人新战略》、法国“新工业法国”方案，均在积极部署自动化、智能化。

除了国家以外，企业也在进行积极的探索。例如相当一部分的传统制造业基于传统制造能力的优势，着重提升数字化的能力，推动智能制造。西门子着手智能制造的推进，依托自己在装备和自动化技术上的优势，通过合作、并购不断补齐数据、软件等信息技术的短板，打造了一个全面化智能制造解决方案体系。这是非常传统经典的提升路径。还有一些老牌装备企业，利用互联网技术重构生产体系，推动智能制造。以 GE 为例，通过构建工业互联网平台 Predix，将传统层级制造体系转化为以平台为核心的网络制造体系，通过开放平台，引入产业合作力量，塑造产业竞争新优势。这是非典型的工业企业的转型发展路径。还有一些互联网企业通过引发产品变革乃至颠覆原有产业形态，来推动智能制造。以谷歌为例，其不断将其互联网技术和思维传递至工业领域，促进工业企业推出智能化产品，并使得原来以产品销售为核心的产业形态转化为以智能服务为核心的新形态。

第四篇 智能制造在中国的概况

一、中国智能制造发展现状和形势

智能制造装备产业在我国的发展历史较短，随着上世纪 80 年代中期，发达国家开始大量生产自动化生产设备，我国也开始逐步加大对工业机器人的研究支持。1985 年，我国将工业机器人列入科技攻关发展计划，成为智能制造装备产业在我国发展的重要里程碑。经过 30 多年的发展，我国智能制造装备行业已初步形成了以新型传感器、智能控制系统、工业机器人、自动化成套生产线为代表的产业体系。近年来，中国的经济发展已由高速增长阶段逐步转入高质量发展阶段，政府更加关注于优化经济结构、转换增长动力。在新型工业化加速发展的大背景下，我国高度重视智能制造装备产业的发展。对制造业企业而言，构建智能制造系统的核心价值主要体现在降低生产成本、提升生产效率和重塑管理方式。在此背景与国家政策的双双驱动下，我国智能制造行业规模快速增长。

随着我国经济发展进入新常态，经济增速换挡、结构调整阵痛、增长动能转换等相互交织，长期以来主要依靠资源要素投入、规模扩张的粗放型发展模式难以为继。加快发展智能制造，对于推进我国制造业供给侧结构性改革，培育经济增长新动能，构建新型制造体系，促进制造业向中高端迈进、实现制造强国具有重要意义。

随着新一代信息技术和制造业的深度融合，我国智能制造发展取得明显成效，以高档数控机床、工业机器人、智能仪器仪表为代表的关键技术装备取得积极进展；智能制造装备和先进工艺在重点行业不断普及，离散型行业制造装备的数字化、网络化、智能化步伐加快，流程型行业过程控制和制造执行系统全面普及，关键工艺流程数控化率大大提高；在典型行业不断探索、逐步形成了一些可复制推广的智能制造新模式，为深入推进智能制造初步奠定了一定的基础。经过几十年的快速发展，我国制造业规模跃居世界第一位，建立起门类齐全、独立完整的制造体系，但与先进国家相比，大而不强的问题突出。

目前我国制造业尚处于机械化、电气化、自动化、数字化并存，不同地区、

不同行业、不同企业发展不平衡的阶段。发展智能制造面临关键共性技术和核心装备受制于人，智能制造标准/软件/网络/信息安全基础薄弱，智能制造新模式成熟度不高，系统整体解决方案供给能力不足，缺乏国际性的行业巨头企业和跨界融合的智能制造人才等突出问题。

从我国制造业发展整体水平来看，地区间、行业间以及企业之间智能制造发展不平衡，一些企业已开始智能化探索，但更多企业尚处于电气化、自动化甚至机械化阶段，半机械化和手工生产在一些欠发达地区仍然存在。

根据两化融合服务联盟、国家工业信息安全发展研究中心发布的《中国两化融合发展数据地图（2018）》的数据显示，截至 2018 年，我国两化融合水平达到 53.0，智能制造就绪率为 7%，制造业全面实现数字化、网络化、智能化还有很长的路要走。我国欠发达地区智能制造水平在国内相比也往往较低。

相对工业发达国家，推动我国制造业智能转型，环境更为复杂，形势更为严峻，任务更加艰巨。我们必须遵循客观规律，立足国情、着眼长远，加强统筹谋划，积极应对挑战，抓住全球制造业分工调整和我国智能制造快速发展的战略机遇期，引导企业在智能制造方面走出一条具有中国特色的发展道路。我国经济正处在转变发展方式、优化经济结构、转换增长动力的攻关期，制造业是实体经济的主体，是关系到我国经济高质量发展的重要战略领域。党和国家领导人对工业智能制造高度重视，并对制造业与互联网等新型产业的融合做出多次指示。2018 年 4 月 20 日，习近平总书记在全国网络安全和信息化工作会议上强调，“信息化为中华民族带来了千载难逢的机遇。”在十九大报告中，习总书记也强调了“加快建设制造强国，加快发展先进制造业，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合”的重要意义。

网络强国是技术强、基础强、内容强、人才强、话语强为核心的国家信息化发展战略。党的十八届五中全会通过的“十三五”规划《建议》，明确提出实施网络强国战略以及与之密切相关的“互联网+”行动计划。国务院在 2016 年 12 月 19 日印发《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》中，发展新一代信息产业成为五大领域之首，其中大力推进第五代移动通信（5G）联合研发、试验和预商用试点成为构建网络强国的重要基础。2018 年 4 月，在全国网络

安全和信息化工作会议上，习总书记深入阐述了网络强国战略思想，系统明确了一系列方向性、全局性、根本性、战略性问题，对当前和今后一个时期网信工作做出重要战略部署。

制造强国战略是中国立足新工业革命趋势下，深化工业化进程、实现工业化梦想的必然要求。2015 年 5 月 19 日，国务院正式发布《中国制造 2025》，意味着我国全面部署实施制造强国战略。2017 年 10 月，《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》发布，指出要形成实体经济与网络相互促进、同步提升的良好格局，推动实体经济转型升级，打造制造强国、网络强国。系列文件的出台为我国工业智能制造提出了要求和方向，未来产业链在互联网化过程中有效把控和使用数字化资源的能力，关系到一国核心竞争力，同时也是我国经济转型升级的助推器。

（一）中国智能制造发展取得积极成效

我国于 2015 年出台《中国制造 2025》十年战略规划，目前规划实施已经近半，我国智能制造进入高速成长期，发展取得明显成效，主要体现在以下方面：一是我国工业企业数字化能力素质提升，为未来制造系统进一步向智能化发展奠定基础。二是中国已成为工业机器人第一消费大国，需求增长强劲。

在“十三五”规划等文件中提到当前各国都将制造业放到非常重要的战略位置，智能制造已成为制造业竞争的主战场。我国高度重视智能制造发展，随着制造业智能化的升级改造，我国智能制造产业呈现较快的增长。2017 年，中国智能制造产业产值规模将近 15000 亿元，预计到 2020 年产值规模将超 27000 亿元。

从 2021 年我国智能制造业的发展情况看“十三五”已实现目标：十三五末智能制造产值将超 27000 亿元，期间同步实施数字化制造普及、智能化制造示范，构建新型制造体系。

“十三五”以来，通过试点示范应用、系统解决方案供应商培育、标准体系建设等多措并举，我国制造业数字化网络化智能化水平显著提升，形成了央地紧密配合、多方协同推进的工作格局，发展态势良好。供给能力不断提升，

智能制造装备 国内市场满足率超过 50%，主营业务收入超 10 亿元的系统解决方案供应商达 43 家。支撑体系逐步完善，构建了国际先行 的标准体系，发布国家标准 285 项，主导制定国际标准 28 项； 培育具有一定影响力的工业互联网平台 70 余个。推广应用成 效明显，试点示范项目生产效率平均提高 45%、产品研制周 期平均缩短 35%、产品不良品率平均降低 35%，涌现出离散 型智能制造、流程型智能制造、网络协同制造、大规模个性化定制、远程运维服务等智能制造业。

从各个方面的统计数据看，中国智能制造业稳步提升：

1.制造业数字化网络化智能化水平持续提升

据工信部材料，截至 2019 年 9 月，企业数字化研发设计工具普及率和关键工序数控化率分别达到 69.3%和 49.5%。

2. “互联网+制造业”新模式不断涌现

截至 2019 年 9 月，开展网络化协同、服务型制造、个性化定制的企业比例分别达 35.3%、25.3%、8.1%。大规模个性化定制在服装、家具等行业加快推广，协同研发制造在汽车、航空、航天等高端制造领域日益兴起。

3.工业互联网发展已迈出实质步伐

工业互联网已经广泛应用于石油、石化、钢铁、家电、服装、机械、能源等行业，国内具有一定行业和区域影响力的工业互联网平台总数超过了 50 家，重点平台平均连接的设备数量达到了 59 万台。

根据世界银行的统计，按现价美元测算，2010 年我国制造业增加值首次超过美国，占全球比重为 17.6%，位列世界第一。联合国统计司的数据显示，截至 2016 年，我国制造业增加值规模达 3 万亿美元，占世界的比重为 24.5%。到 2018 年，这一比重增长到 28%以上，工业增加值规模首次超过 30 万亿元。这些变化，深刻改变了全球制造业乃至全球经济发展的格局。

统计显示，2020 年，中国智能制造产值有望超过 3 万亿元人民币，年均复合增长率约 20%。前瞻产业研究院分析，到 2024 年，我国智能制造业产值规模将超过 4.5 万亿元。

（二）中国智能制造发展面临的机遇和挑战

作为国家间经济竞争的主战场，制造业在中国经济转型升级以及国际分工重新划分中占据着至关重要的地位，决定了这次“史诗级”战役的成败。在高新技术密集爆发的大背景下，智能制造无疑是制造业发展的重要驱动力，是推动制造业高质量发展的主攻方向。大力推进智能制造发展，是创造新动能、打造新优势，不断增强核心竞争力，推动我国产业迈向中高端的关键举措。

智能制造是基于新一代信息技术与先进制造技术深度融合，贯穿于设计、生产、管理、服务等制造活动各个环节，具有自感知、自决策、自执行、自适应、自学习等特征，旨在提高制造业质量、效益和核心竞争力的先进生产方式。作为制造强国建设的主攻方向，智能制造发展水平关乎我国未来制造业的全球地位，对于加快发展现代产业体系，巩固壮大实体经济根基，构建新发展格局，建设数字中国具有重要作用。

在政府层面，国家和地方一起发力，积极制定政策驱动智能制造，为我国智能制造发展把握好大方向。国家层面，2015 年，国务院发布实施制造强国战略第一个十年行动纲领《中国制造 2025》，提出实现制造强国的战略任务和重点之一是要推进信息化和工业化的深度融合，要把智能制造作为两化深度融合的主攻方向。2016 年，工信部、财政部发布《智能制造发展规划（2016-2020 年）》，提出智能制造发展“两步走”战略。2017 年 11 月，国务院发布《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网指导意见》，提出要加快建设和发展工业互联网，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合，发展先进制造业，支持传统产业优化升级。2019 年政府工作报告中，习近平总书记提出，要推动传统产业改造提升。

同时，中央经济工作会议于 2018 年首次提出“新基建”这一概念，至今已有 7 次中央级会议或文件明确表示加强“新基建”。“新基建”提出的 5G、特高压、城际高速铁路和城际轨道交通、新能源汽车充电桩、大数据中心、人工智能、工业互联网七个方向的建设内容，适应中国当前社会经济发展阶段和转型需求，在补短板的同时将成为社会经济发展的新引擎。特高压、城际高速铁路、轨道交通、新能源汽车等应用行业的竞争力建设依赖于智能制造相关技术的快

速发展，而 5G、大数据中心、人工智能、工业互联网等基础性技术的进步，又将持续推动我国智能制造技术升级的脚步。新基建目标的提出，为我国智能制造升级进一步明确了方向，提升了内在推动力，夯实了技术基础。作为数字经济的发展基石、转型升级的重要支撑，新一代信息技术引领的新型基础设施建设已成为我国谋求高质量发展的关键要素。

2021 年 4 月 14 日，工业和信息化部发布了《“十四五”智能制造发展规划》

（征求意见稿）（以下简称《规划》），明确提出了我国“十四五”智能制造发展路径、具体目标、重点任务，对新时期我国推进数字化转型和智能化升级、促进制造业高质量发展，具有重要意义。《“十四五”智能制造发展规划》是为贯彻落实《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《“十四五”制造业高质量发展规划》，加快推动智能制造发展，编制的规划。《规划》为我国“十四五”智能制造发展指明了方向，各部门、各地方、各企业要根据自身特点与发展需求，找到符合自己的发展路径和发展模式。

呼应中央政策，围绕推动制造业高质量发展，强化工业基础和技术创新能力，促进先进制造业和现代服务业融合发展，加快建设制造强国。地方层面，各省市利好政策不断出台，催生了大批智能制造产业链企业。广东、福建、安徽、江苏、北京、天津等省市结合自身发展情况，纷纷提出了地方智能制造发展规划，推动智能制造发展，并在智能制造链条上建设了大量的产业园区，孕育了一大批智能制造产业链企业，成为中国智能制造产业的重要承载地和孵化器。根据《世界智能制造中心发展趋势报告（2019）》统计，我国共有 437 家智能制造类产业园区，覆盖全国 27 个省市。与此同时，《中国制造 2025》、工信部《智能制造发展规划（2016-2020 年）》等一批规划纲要也提出把全面推行绿色制造作为实现制造强国战略目标的重要内容，积极追求绿色、智能、可持续的发展，实现与智能制造相互补充，相互促进。

然而，我国工业化和经济现代化起步较晚，制造业总体水平不一，创新研发实力相对薄弱，智能制造发展面临诸多挑战。

首先，工业基础设施和核心技术创新能力不足，对外依存度高。与欧美等

发达国家相比，我国在传感器、高端芯片、基础软硬件等方面瓶颈突出，关键核心技术受制于人，严重制约了我国智能制造的发展。以传感器举例，作为工厂智能化转型的基础条件，传感器在汽车、电子等离散行业的数据采集上拥有大规模应用。然而，全球电子传感器市场被博世 BOSCH、MEAS、罗克韦尔 ROCKWELL 等国外企业垄断，国内传感器大多依赖进口，自产传感器几乎全是低端产品，难以跻身高端市场竞争。

其次，信息化、智能化水平整体滞后。由于我国制造业体量庞大，一些先进的制造业企业正积极探索从机械化、自动化向智能化、信息化发展，但是很多企业仍然未完成数字化升级，与人工智能等前沿技术的融合还处于初级阶段，我国制造业距离真正的智能制造还有很长距离。再次，产业结构待改善，低端制造业市场同质化竞争严重。我国低端产业产能过剩，先进装备、核心部件、高性能材料等中高端产业的保障能力不能得到有效满足，导致我国装备制造业低端市场同质化竞争严重，中高端市场发展缺乏技术和基础设施支持。

最后，专业人才数量欠缺。智能制造产业相对于传统制造业对于高素质人才的需求更为明显，而且更需要懂得多方面知识与技能的复合型人才，对于高端专业人才的需求更是极为迫切，但是我国在高端、复合型人才数量上严重欠缺，难以满足智能制造领域的扩张需求。面对上述问题，我国要推动智能制造快速发展，需要从基础软硬件、核心技术、网络、生态等各方面入手，扎扎实实做强根基。

二、中国智能制造政策措施

加快发展智能制造，是培育我国经济增长新动能的必由之路，是抢占未来经济和科技发展制高点的战略选择，对于推动我国制造业供给侧结构性改革，打造我国制造业竞争新优势，实现制造强国具有重要战略意义。

中国政府将智能制造作为制造业高质量发展的主攻方向，围绕生态体系建设，深入实施智能制造工程，推动制造业智能化转型。一是坚持示范引领，深化行业应用及推广。二是坚持创新驱动，打造智能制造创新生态体系。三是坚

持融合发展，培育带动新兴产业发展。四是坚持开放合作，深度融入全球供给体系。

从顶层设计来看，有《智能制造装备产业“十二五”发展规划》《智能制造发展规划（2016-2020）》等规划。在具体政策上，《智能制造发展规划（2016-2020）》、《工业互联网发展行动计划》《国务院关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》《关于促进人工智能和实体经济深度融合的指导意见》《国家智能制造标准体系建设指南(2018年版)》《中小企业数字化赋能专项行动方案（工信厅企业〔2020〕10号）》等指引也陆续发布。

（一）加强统筹协调

发挥国家制造强国建设领导小组作用，有效统筹中央、地方和其他社会资源，协调解决智能制造发展中遇到的问题，形成资源共享、协同推进的工作格局。发挥国家制造强国建设战略咨询委员会作用，为把握技术发展方向提供咨询建议。加强规划与其他专项、工程有机衔接。

（二）完善创新体系

在智能制造领域研究建立若干制造业创新中心，建立市场化的创新方向选择机制和鼓励创新的风险分担、利益共享机制，解决技术研究与产业化应用的鸿沟。围绕重点领域智能制造发展需求，建设重大科学研究和实验设施。支持智能制造公共服务平台建设，增强为行业服务能力。鼓励企业加大研发投入力度，加强智能制造关键技术与装备创新。

（三）强化人才支撑

定期编制智能制造人才需求预测报告和紧缺人才需求目录，出台智能制造从业人员能力要求等行业标准。支持建设智能制造高技能人才实训基地。加强在职人员、转岗人员的数字化技能培训，促进从业人员技术和知识结构升级，推进产教融合型企业建设。深入推进新工科建设，建设一批智能制造现代产业学院，加强相关学科专业和课程体系建设，加快高端人才培养。弘扬企业家精

神和工匠精神，鼓励开展智能制造创新创业、技术技能大赛。

(四) 提升公共服务

鼓励行业组织、地方政府、产业园区、科研院所、龙头企业等建设智能制造公共服务平台，支持标准试验验证平台提升检验检测、咨询诊断、培训推广等服务能力。制定智能制造公共服务平台规范，构建优势互补、协同发展的服务网络。建立长效评价机制，鼓励第三方机构开展智能制造能力成熟度评估，研究发布行业和区域智能制造发展指数。

(五) 深化开放合作

加强与相关国家、地区及国际组织的交流，开展智能制造技术攻关、标准研制、示范应用、检测认证、人才培养等合作。鼓励跨国公司、国外科研机构等在华建设智能制造研发中心、示范工厂、人才培训中心等。依托共建“一带一路”倡议、金砖国家、区域全面经济伙伴关系协定(RCEP)等国际合作机制，鼓励智能制造装备、软件、标准和解决方案“走出去”。

(六) 加大财税金融支持

加强国家科技重大专项、重点研发计划、产业基础再造工程、增强制造业核心竞争力专项等对智能制造领域的支持。优化首台（套）重大技术装备保险补偿和激励政策，促进智能制造装备推广应用。鼓励国家制造业转型升级基金、先进制造业投资基金、国家中小企业发展基金及各类社会资本加大对智能制造领域投资力度。引导金融机构为企业智能化改造提供中长期贷款支持，开发符合智能制造特点的供应链金融、融资租赁等金融产品。

充分利用现有资金渠道对智能制造予以支持。按照深化科技计划（专项、基金等）管理改革的要求，统筹支持智能制造关键共性技术的研发。完善和落

实支持创新的政府采购政策。推进首台（套）重大技术装备保险补偿试点工作。落实税收优惠政策，企业购置并实际使用的重大技术装备符合规定条件的，可按规定享受企业所得税优惠政策。企业为生产国家支持发展的重大技术装备或产品，确有必要进口的零部件、原材料等，可按重大技术装备进口税收政策有关规定，享受进口税收优惠。

（七）创新金融扶持方式

发挥国家财政投入的引导作用，吸引企业、社会资本，建立智能制造多元化投融资体系。鼓励建立按市场化方式运作的各类智能制造发展基金，鼓励社会风险投资、股权投资投向智能制造领域。搭建政银企合作平台，研究建立产融对接新模式，引导和推动金融机构创新产品和服务方式。依托重点工程项目，推动首台（套）重大技术装备推广应用，完善承保理赔机制。支持装备制造企业扩大直接融资，发展应收账款融资，降低企业财务成本。

（八）发挥行业组织作用

发挥行业协会熟悉行业、贴近企业优势，推广先进管理模式，加强行业自律，防止无序和恶性竞争。各相关行业协会要指导企业深化改革、苦练内功，抓好技术创新、人才培养，及时反映企业诉求，反馈政策落实情况，积极宣传和帮助企业用足用好各项政策。鼓励行业协会、产业联盟提升服务行业发展的能力，引导企业推进智能制造发展。

（九）深化国际合作交流

在智能制造标准制定、知识产权等方面广泛开展国际交流与合作，不断拓展合作领域。支持国内外企业及行业组织间开展智能制造技术交流与合作，做到引资、引技、引智相结合。鼓励跨国公司、国外机构等在华设立智能制造研发机构、人才培训中心，建设智能制造示范工厂。鼓励国内企业参与国际并购、

参股国外先进的研发制造企业。

三、中国智能制造战略布局

加快推动新一代信息技术与制造技术融合发展，把智能制造作为两化深度融合的主攻方向；着力发展智能装备和智能产品，推进生产过程智能化，培育新型生产方式，全面提升企业研发、生产、管理和服务的智能化水平。

（一）研究制定智能制造发展战略

编制智能制造发展规划，明确发展目标、重点任务和重大布局。加快制定智能制造技术标准，建立完善智能制造和两化融合管理标准体系。强化应用牵引，建立智能制造产业联盟，协同推动智能装备和产品研发、系统集成创新与产业化。促进工业互联网、云计算、大数据在企业研发设计、生产制造、经营管理、销售服务等全流程和全产业链的综合集成应用。加强智能制造工业控制系统网络安全保障能力建设，健全综合保障体系。

（二）加快发展智能制造装备和产品

组织研发具有深度感知、智慧决策、自动执行功能的高档数控机床、工业机器人、增材制造装备等智能制造装备以及智能化生产线，突破新型传感器、智能测量仪表、工业控制系统、伺服电机及驱动器和减速器等智能核心装置，推进工程化和产业化。加快机械、航空、船舶、汽车、轻工、纺织、食品、电子等行业生产设备的智能化改造，提高精准制造、敏捷制造能力。统筹布局和推动智能交通工具、智能工程机械、服务机器人、智能家电、智能照明电器、可穿戴设备等产品研发和产业化。

（三）推进制造过程智能化

在重点领域试点建设智能工厂/数字化车间，加快人机智能交互、工业机器人、智能物流管理、增材制造等技术和装备在生产过程中的应用，促进制造工艺的仿真优化、数字化控制、状态信息实时监测和自适应控制。加快产品全生

命周期管理、客户关系管理、供应链管理系统的推广应用，促进集团管控、设计与制造、产供销一体、业务和财务衔接等关键环节集成，实现智能管控。加快民用爆炸物品、危险化学品、食品、印染、稀土、农药等重点行业智能检测监管体系建设，提高智能化水平。

(四) 深化互联网在制造领域的应用

制定互联网与制造业融合发展的路线图，明确发展方向、目标和路径。发展基于互联网的个性化定制、众包设计、云制造等新型制造模式，推动形成基于消费需求动态感知的研发、制造和产业组织方式。建立优势互补、合作共赢的开放型产业生态体系。加快开展物联网技术研发和应用示范，培育智能监测、远程诊断管理、全产业链追溯等工业互联网新应用。实施工业云及工业大数据创新应用试点，建设一批高质量的工业云服务和工业大数据平台，推动软件与服务、设计与制造资源、关键技术与标准的开放共享。

(五) 加强互联网基础设施建设

加强工业互联网基础设施建设规划与布局，建设低时延、高可靠、广覆盖的工业互联网。加快制造业集聚区光纤网、移动通信网和无线局域网的部署和建设，实现信息网络宽带升级，提高企业宽带接入能力。针对信息物理系统网络研发及应用需求，组织开发智能控制系统、工业应用软件、故障诊断软件和相关工具、传感和通信系统协议，实现人、设备与产品的实时联通、精确识别、有效交互与智能控制。

第五篇 智能制造在中国态势分析

一、中国智能制造的优势分析

党的二十大报告（以下简称《报告》）提出“高质量发展是全面建设社会主义现代化国家的首要任务”，并把“经济高质量发展取得新突破，科技自立自强能力显著提升”置于今后五年主要目标任务的首要位置。在实现高质量发展过程中，作为新一轮科技革命核心技术范式的智能制造，是经济高质量发展的破题之举，是提升科技自立自强能力的主阵地，是通过“数实融合”建设制造强国的主攻方向。党的十八大以来，以习近平同志为核心的党中央高瞻远瞩，高度重视科技创新和产业升级，我国 2015 年制定了《中国制造 2025》，连续出台了“十三五”“十四五”时期的《智能制造发展规划》以及其他相关中长期战略规划。十年来，我国工业领域深入贯彻新发展理念，全面探索、加快推进智能制造进程，无论是顶层设计还是企业实践，都取得了举世瞩目的显著成效。党的二十大再次强调“坚持把发展经济的着力点放在实体经济上，推进新型工业化，加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、数字中国。实施产业基础再造工程和重大技术装备攻关工程，支持专、精、特、新企业发展，推动制造业高端化、智能化、绿色化发展”。这无疑赋予了智能制造在高质量发展过程中的新使命和新作用。

（一）政策引领：顶层设计彰显制度优势

习近平总书记指出“用中长期规划指导经济社会发展，是我们党治国理政的一种重要方式”。智能制造的发展需要国家自上而下的政策支持。党的十八大以来，我国高度重视推动智能制造发展，不断出台发展与智能制造相关的战略规划 and 政策条例（详见图 2），引导和支持攻关智能制造技术攻关智能制造技术、培育建设智能制造产业，体现了卓越的制度设计智慧，彰显了统一组织领导的巨大政治优势，使我国智能制造事业发展更具有长远性、持续性、系统性，体现了中国特色社会主义市场经济下制造业发展的特点。

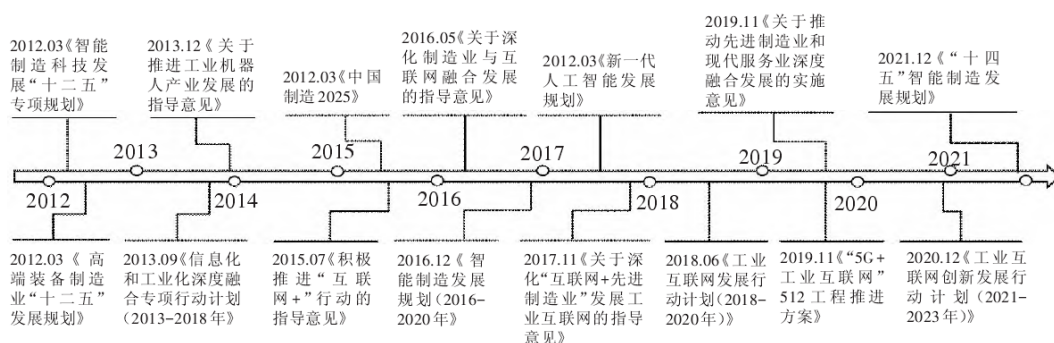


图 5-1 2012-2021 年中国推动智能制造发展的相关政策梳理

1.我国智能制造取得的重要成就离不开一系列前瞻性的宏观发展规划。党的十八大以来，党中央高瞻远瞩，不断加强对智能制造中长期规划的制定、落实和全面领导。从党的十八大首次提出“实施创新驱动发展战略”，到《中国制造 2025》《智能制造发展规划（2016—2020）》《“十四五”智能制造发展规划》等战略部署的相继出台，我国智能制造事业始终在战略设计上先行一步，为智能制造的中长期发展定目标、把方向。

2.相较于西方多党竞争带来的“人走政息”，党中央领导下的智能制造事业发展更具有连续性。党的十八大以来，我国根据智能制造的实际技术需求和开展情况，在智能制造发展的不同阶段实施具体制度安排，如 2017 年针对智能制造的关键核心技术需求，发布《新一代人工智能发展规划》加快技术攻关，2018 年在全球工业互联网建设起步阶段，国务院出台《工业互联网发展行动计划（2018—2020）》抢先进行战略布局，等等，通过建体系、聚资源、定标准等手段有针对性地连续推进发展智能制造的步伐。

3.政策引领展现了强大的统筹动员和组织执行能力。党的十八大以来，面对不同阶段的智能制造发展任务，顶层设计始终发挥着总揽全局、协调地方、组织动员、合力攻坚的核心领导作用，统筹整合资金、人力资本等

各项资源要素，避免了不同区域区域、细分领域内的同质化竞争，形成地方与中央上下联动、“全国一盘棋”的发展格局。

（二）试点先行：发挥示范项目龙头作用

充分发挥试点企业与示范项目的典型示范和辐射作用充分发挥试点企业与示范项目的典型示范和辐射作用，是加快制造强国建设，探索制造业转型升级新路径转型升级新路径、新模式的重要举措和先进经验。2015 年，为深入实施“中国制造 2025”，工信部确定并公布了首批 94 个智能制造专项项目和 46 个智能制造试点示范项目。自此之后，工信部于 2015—2018 年连续 4 年遴选“智能制造试点示范项目”总计 305 项，2017—2020 年连续 4 年遴选“制造业与互联网融合发展试点示范项目”总计 467 项，2018—2021 年连续 4 年遴选“工业互联网试点示范项目工业互联网试点示范项目”总计 355 项，项目牵头单位多为行业龙头，产业链长、带动性强，分布遍及全国。除此之外，2017 年国务院部署创建年国务院部署创建“中国制造 2025”国家级示范区，聚焦重点领域和各地优势产业完善简政放权、财税金融、土地供应、人才培养等政策措施。2019 年，在全国遴选出海尔 COSMOPlat、东方国信 Cloudiip 等首批“跨行业跨领域工业互联网平台”，并于 2020 年、2022 年陆续新增 5 项和 14 项，加快标杆示范引领作用，依托工业互联网等基础设施的建设，形成了以龙头企业带动，以重大项目引领，中小微企业积极跟随，通过头部企业带动上下游产业链发展的格局。随着试点示范工作的持续开展，各地区结合当地产业实际情况，从营造智能制造良好政策环境、创新智能制造业态模式、提高产品服务供给质量、拓展产业合作和消费新空间等方面，加大政策引领和财政扶持力度，以点带面，逐步形成了一些可复制推广的智能制造新模式，为进一步推动智能制造发展奠定了坚实的基础。

（三）全面覆盖：推动各类主体跨域协同

党的十八大以来党的十八大以来，国家本着统筹兼顾、分类指导的发展原则，坚持制造业发展“全国一盘棋”和“因企施策”相结合，有效促进了不同

类型、不同发展阶段的企业主体协同一致、优势互补、共同进步。

1.国有企业、民营企业协同发展。一方面，在企业智能化转型的进程中，国有企业充分发挥海量生产数据和丰富应用场景的优势，系统布局新型基础设施，聚焦国家重大战略需求和产业发展瓶颈，发挥了国有企业在新一轮科技革命和产业变革浪潮中的引领作用；另一方面，国家始终支持、保护、扶持民营经济发展。2017 年，《国务院办公厅关于进一步激发民间有效投资活力促进经济持续健康发展的指导意见》中指出，“鼓励民营企业进入轨道交通装备、“互联网+”、大数据和工业机器人等产业链长、带动效应显著的领域，在创建“中国制造 2025”国家级示范区时积极吸引民营企业参与”，并在基础设施、融资服务等方面提供制度支持，引导民营企业聚焦主业和核心技术，涌现出以格力、美的、比亚迪、吉利为代表的一批民企智能制造排头兵，有力加快了整体的数字化、智能化转型步伐。

2.大中小企业融通创新大中小企业融通创新。一方面，发挥龙头企业的引领作用。针对具备较好数字化基础的大型企业，在进行示范项目专项支持的同时，鼓励其立足行业优势和上下游配套资源，搭建跨行业跨领域和特定行业区域工业互联网平台，推动产业链供应链深度互联和协同响应，为上下游中小企业的数字化转型起到带头支撑作用。另一方面，印发了《中小企业数字化赋能专项行动方案》《关于开展财政支持中小企业数字化转型试点工作的通知》等引导性政策文件。鼓励中小企业上平台，借助平台工业 APP 和解决方案和解决方案，发挥龙头企业带动链上带动作用；加快培育“专精特新”企业和制造业单项冠军企业，为大企业、大项目和产业链提供配套支持。从而形成一批智能制造引领新成一批智能制造引领新工业模式，探索出智能制造各方联动、潜力释放的长效机制和有效路径。

二、中国智能制造工程目标

（一）坚持创新驱动，实现科技自立自强

党的十八大以来，我国智能制造以工业强基示范项目为抓手，解决了一批核心基础零部件、关键基础材料和先进基础工艺的“卡脖子”问题。但我们应

当清醒地认识到，与部分发达国家相比，我国智能制造领域的科技创新能力还不强，芯片、传感器、工业机器人等核心技术装备与软件系统仍然依赖进口，“技术短板”制约了我国智能制造的发展。《报告》提出，要“完善科技创新体系”“坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位”“加快实施创新驱动发展战略”“加快实现高水平科技自立自强”，这也是我国智能制造发展一以贯之的关键任务。第一，完善科技创新体系，把科技自立自强作为智能制造发展的战略支撑。健全新型举国体制，围绕重大工程和重点领域急需的关键技术，面向国家重大科技需求进行“有组织科研”，集聚力量进行关键核心技术攻关，突破一批“卡脖子”的基础零部件和技术工艺。第二，加快基础研究的产业转化。针对典型场景和细分行业的实际需求，鼓励装备制造商、高校、科研院所、用户企业、软件企业供需互动、协同创新，推进工艺、装备、软件、网络的系统集成和深度融合，推动工业知识软件化和架构开源化，研制面向细分行业的嵌入式工业软件、集成开发环境和工业软件平台。第三，强化企业科技创新主体地位。正如《报告》指出，“发挥科技型骨干企业引领支撑作用，营造有利于科技型中小微企业成长的良好环境，推动创新链产业链资金链人才链深度融合”。

（二）强化数实融合，深化智能技术应用

当下，数字经济的消费互联网阶段红利逐渐消退，数字技术开始从消费端向生产端全面渗透，将成为实体经济高质量发展的关键支撑。《报告》指出，要“加快发展数字经济，促进数字经济和实体经济深度融合，打造具有国际竞争力的数字产业集群”。智能制造是数字技术与实体经济深度融合的核心技术范式，通过数据要素与组织各层级业务活动及流程进行差异化动态匹配，将驱动生产方式的智能化转型，巩固实体经济根基。目前，制造业整体上仍处于从机械自动化向数字智能化过渡的阶段，强化数实融合，普及智能制造应用是未来一段时间的重要任务。第一，推动数字化、智能化技术与制造装备、生产流程深度融合。通过智能车间、智能工厂建设，开发面向特定场景的智能成套生产线以及新技术与工艺结合的模块化生产单元，推动数字孪生、人工智能等技术创新落地应用。第二，深化智能化技术推广应用。当前，制造业的低端程控

软件和企业管理软件得到了很好普及，但复杂产品设计和智能化生产的高端软件缺失，尤其是在中小企业中仍未得到广泛普及，需要进一步推进各行业各主体的数字化转型。引导龙头企业发挥带动作用，依托工业互联网、集成式工业软件带动产业链上下游企业同步实施智能制造，并且充分考虑不同层次企业的投入成本和转型效果的关系，针对典型应用场景，根据企业行业属性、规模体量、技术优势、地区差异、资源禀赋、产权属性等特征，推广一批符合企业需求的数字化设备和服务。第三，进一步完善基础设施建设。梅特卡夫曾指出，政府技术政策的任务不是预测哪种创新将会胜出，而是应当通过构建基础设施来支持企业，创造条件使创新涌现更为容易。一方面，继续推进工业互联网、物联网、5G 等新型网络基础设施规模化部署，鼓励各行各业围绕资源配置、供应链协同、产品全生命周期管理等构建各具特色的工业互联网平台；另一方面，发展智能制造、构建工业互联网需要强大的算力支撑数据超大容量和算法的复杂性，因此需要加快工业数据中心、智能计算中心等算力基础设施建设，以支撑新技术应用。

（三）探索特色路径，促进区域协调发展

《报告》指出，要“促进区域协调发展”“构建优势互补、高质量发展的区域经济布局和国土空间体系”。当前，我国智能制造区域发展仍不平衡，智能制造试点示范项目分布主要集中在长江三角洲、珠江三角洲、环渤海地区，而吉林、甘肃、青海、西藏等东北、西部地区项目则相对较少，急需深入实施区域协调发展战略，促进东北、中西部等地区的智能制造加快崛起。第一，因地制宜探索各具特色的区域智能制造发展路径，制定差异化数字化转型方案，鼓励地方创新完善政策体系，引导各类资源聚集，如利用当地能源优势，因地制宜依托水电、风电主攻绿色智能生产；面向“一带一路”，加快装备制造企业国际化进程，等等。第二，在国家智能制造的顶层设计下，引导各省（区、市）跨区域协同发展，推动跨地区开展智能制造关键技术创新、供需对接、人才培养等合作，鼓励地方、行业组织、龙头企业等联合推广先进技术、装备、标准和解决方案。第三，加大对欠发达地区的信息基础设施建设和数字化普及力度，

并适当予以财政金融支持，强化指导监督和跟踪检测，解决数字壁垒造成的空间发展失衡问题。

（四）实施人才强国，弥补数字人才缺口

习近平总书记在党的二十大中做出了“科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力”的重要论断，指出要“深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略”。面对我国智能制造的迅猛发展和巨大潜力，我国目前智能制造人才缺口巨大。国家人力资源和社会保障部发布的数据表明，2020 年我国智能制造领域的人才缺口为 300 万人，到 2025 年人才缺口将达到 450 万人。为此，在智能制造的新征程中，需要加强智能制造专业人才培养，调整优化专业队伍结构，完善专业人才保障和激励机制，提升专业队伍能力。第一，以智能制造发展需求为导向、实务培养为原则，建立健全智能制造人才培养体系。继续贯彻落实《中国制造 2025》提出的“完善从研发、转化、生产到管理的人才培养体系”的要求，响应《报告》中“加强基础学科、新兴学科、交叉学科建设，加快建设中国特色、世界一流的大学和优势学科”的指引，加快培养智能制造急需的专业技术人才、经营管理人才、技能人才，尤其注重新工科背景下交叉学科复合型人才培养。第二，推进产教融合建设。推动智能制造的人才链、教育链同产业链、创新链有机衔接，引导智能制造企业与高等院校、职业教育互通培养模式，加强应届毕业生、在职人员、转岗人员数字化技能培训，打破产业人才需求与院校教育之间的壁垒，探索中国特色学徒制。第三，加大智能制造人才的吸引力度，实施“政策引才”。鼓励智能制造企业多形式、多渠道引进优秀专业人才，有针对性地实行人才梯队配套、科研条件配套和管理机制配套等特殊政策。

第六篇 中国智能制造产业分析

一、中国智能制造产业链分析

智能制造是基于新一代信息技术，贯穿设计、生产、管理、服务等制造活动各个环节，是先进制造过程、系统与模式的总称。其中智能制造过程是指通过自动化装备及通信技术实现生产自动化，并能够通过各类数据采集技术，以及应用通信互联手段，将数据连接至智能控制系统，并将数据应用于企业统一管理控制平台，从而提供最优化的生产方案、协同制造和设计、个性化定制，最终实现智能化生产。

智能制造发展需经历自动化、信息化、互联化、智能化四个阶段。我国智能制造进入到深化应用、全面推广阶段，智能制造水平明显提升。智能制造产业呈现“东强西弱”态势，未来越来越多的制造企业意识到智能制造是提升核心竞争力的关键，智能制造人才缺口大。

智能制造发展需经历不同的阶段，每一阶段都对应着智能制造体系中某一核心环节的不断成熟，分为四个阶段。

分别为自动化（淘汰、改造低自动化水平的设备，制造高自动化水平的智能装备）、信息化（产品、服务由物理到信息网络，智能化元件参与提高产品信息处理能力）、互联化（建设工厂物联网、服务网、数据网、工厂间互联网，装备实现集成）、智能化（通过传感器和机器视觉等技术实现智能监控、决策）。

我国目前仍处于“工业 2.0”（电气化）的后期阶段，“工业 3.0”（信息化）还待普及，“工业 4.0”正在尝试尽可能做一些示范，制造的自动化和信息化正在逐步布局。

（一）智能工厂

智能工厂是利用各种现代化的技术，实现工厂的办公、管理及生产自动化，达到加强及规范企业管理、减少工作失误、堵塞各种漏洞、提高工作效率、进行安全生产、提供决策参考、加强外界联系、拓宽国际市场的目的。智能工厂实现了人与机器的相互协调合作，其本质是人

机交互。

近年来，我国重视智能制造产业发展，支持举措正密集出台，强化资金、技术、支撑平台等举措，推进新一代信息技术和制造业融合发展，加快工业互联网发展，培育智能制造特色产业集群，进一步驱动产业变革，推动制造业转型升级。

在主要国家大力推动下，全球智慧工厂行业市场规模稳步扩大。据 Market sand Markets 发布的报告显示，2021 年全球智能工厂市场规模预计达到 801 亿美元，到 2026 年这一数据有望增至 1349 亿美元，期间年复合增长率达到 11%。报告认为，推动市场增长的关键因素包括新冠疫情危机中保持制造设施正常运转的财政政策，资源优化以及生产运营成本降低，从而使市场增长工业机器人的需求，工业环境中对物联网和人工智能等技术的需求不断增长，以及对能源效率的日益重视。

智慧工厂是现代工业、制造业的大势所趋，是实现企业转型升级的一条优化路径。2020 年中国智能工厂市场规模 8560 亿元。根据当前各行业建设智慧工厂的热情及扩张速度，预计未来几年中国智慧工厂行业仍将保持 10%以上的年均增速，到 2025 年，中国智慧工厂行业市场规模有望超 1.4 万亿。66%的标杆智能工厂建设投资总体规模超亿元，45%的智能工厂建设项目资金总体投入在 1 亿-5 亿区间。亿元以下的项目多以智能化改造、信息化升级、工业大数据应用等单点应用为主。

2020 年中国百家“中国标杆智能工厂”分布在中国的 21 个省区市，多集中在中东部和沿海地区。江苏、山东、浙江、广东这四大工业强省，是全国标杆智能工厂分布最为集中的地区，数量占比过半。江苏、山东、浙江、广东标杆智能工厂数量超 10 家，江苏标杆智能工厂数量最多达 17 家。西部地区标杆智能工厂数量数量较少。

（二）机器视觉行业

2010-2020 年，全球机器视觉行业专利申请人数及专利申请量均呈现增长态势。整体来看，全球机器视觉技术处于成长期。

目前，全球机器视觉第一大技术来源国为中国，中国机器视觉专利申请量占全球机器视觉专利总申请量的 57.71%；其次是日本，日本机器视觉专利申请量占全球机器视觉专利总申请量的 18.14%。美国和韩国排名第三和第四，机器视觉专利申请量占比分别为 13.87%和 3.87%。

在专利类型方面，目前全球有 11987 项机器视觉专利为发明专利，占全球机器视觉专利申请数量最多，为 77.12%。实用新型机器视觉专利和外观设计型机器视觉专利数量分别为 3354 项和 204 项，分别占全球机器视觉专利申请数量的 21.58%和 1.31%。

从技术构成来看，目前“G06T7 图像分析[2017.01]”的专利申请数量最多，为 2792 项，占总申请量的 22.94%。其次是“G06K9 用于阅读或识别印刷或书写字符或者用于识别图形，例如，指纹的方法或装置(用于图表阅读或者将诸如力或现状态的机械参量的图形转换为电信号的方法或装置入 G06K11/00；语音识别入 G10L15/00)〔1， 7〕[2006.01]”，专利申请量为 2349 项，占总申请量的 19.30%。

全球机器视觉前十大热门技术词包括位置信息、图像采集、视觉检测、图像识别、测量的方法、检测系统、双目视觉、机器人、控制系统、自动化。进一步细分来看，机器视觉技术热门词包括机器视觉、图像数据、图像处理、定位方法、识别方法、检测方法、检测装置、监测设备、单目视觉、双目立体视觉、控制器、处理器等。

中国方面，广东为中国当前申请机器视觉专利数量最多的省份，累计当前机器视觉专利申请数量高达 2429 项。江苏当前申请机器视觉专利数量

超过 2000 项。中国当前申请省(市、自治区)机器视觉专利数量排名前十的省份还有北京、浙江、上海、湖北、山东、四川和安徽。

目前国内机器视觉行业的上市公司主要有天准科技、美亚光电、精测电子、赛腾股份、矩子科技、先导智能、康鸿智能、劲拓股份等。

(三) 数控机床

目前我国数控机床已有较高产量水平。数控机床是一种装有程序控制系统

的自动化机床,该控制系统能够处理具有控制编码或其他符号指令规定的程序,通过信息载体输入到数控装置,经运算处理由数控装置发出控制信号,控制机床动作,从而自动进行零件加工。

从数控机床产业链上下游来看,上游主要包括各类钣金件、铸件、精密件、功能部件、数控系统、电气元件的供应。产业链中游主要是各类数控机床的制造,从数控机床种类来看,具体包括金属切削机床、特种加工机床、成型机床以及其他类型机床的生产制造。在下游应用市场,数控机床广泛的应用于国防军工、石油化工、汽车产业、机械行业以及其他工业制造等众多领域。

在上游领域,数控机床行业上游行业主要是制造数控机床所需零部件、功能部件、电器元件以及数控系统等供应。机床主体零部件供应商包括盛特机械、北重机械、久升机械等;功能部件供应商包括恒锋工具、汉江工具、科拓智能、元景机床等;数控系统供应商包括华中数控、广州数控、埃斯顿、雷赛智能、华兴数控等。

在中游数控机床制造领域,目前,国内数控机床制造代表企业有北一机床、重庆机床、沈阳机床、秦川机床、环宇数控、国盛智能等。

在下游应用市场,数控机床作为制造业的工作母机和工具机,用途十分广泛,涵盖国民经济的多个重要领域,下游应用领域较为分散,包括国防军工、石油化工、汽车产业等工业制造领域。

数控机床主要用于金属切削和金属成形,从结构上来看,2015 年 1-10 月中国数控金属切削机床、数控金属成形机床(数控锻压设备)产量分别为 19.7 万台、2.0 万台,同比下降 7.1%、4.6%,但仍保持较高产量水平。

根据中国产业信息网统计,我国 2017 年数控金属切削机床、数控金属成形机床(数控锻压设备)产量分别达到 25.3 万台、2.76 万台,未来年均复合增长率约分别为 3.47%、6.33%。

高端数控仍处于起步阶段。我国目前处于数控机床的智能化技术起步阶段,现阶段大部分的数控机床还不具备智能化功能,自主生产的数控机床主要以中低端产品为主,高端数控机床(数控系统)主要依靠进口,2016 年我国数控机床进口额约 26 亿美元。

国内机床行业市场集中度并不高，主要的市场参与者包括沈阳、大连、济南、秦川等机床厂，进口数控机床主要来自西门子、发那科、三菱等外企；数控系统方面，国产数控系统厂家主要为华中数控、广州数控、大连光洋、沈阳高精和航天数控等。

目前这 5 家数控企业均对数控系统软硬件平台等一批高端数控系统关键技术有所突破，高端数控机床被列入“中国制造 2025”目标，到 2020 年，国内市场占有率超过 70%。

目前该行业的示范效用已取得了一定成果，由云南 CY 集团承担的工信部《高档数控车床制造数字化车间的研制与示范应用》于 2016 年 8 月通过验收，该项目的关键设备数控化率 100%。

二、中国智能制造行业发展特点分析

（一）制造流程智能化

智能制造行业在生产各个方面全方位地推动制造业智慧化转型，包括连接消费者和制造商、连接产品和设备等的智能连接服务，RFID 等智能产品、提供质量监测和机台数据监测等的智能传感、提供设备自诊断和自配置服务、以人为中心，包含虚拟现实、增强现实等的数字化辅助系统、流程工件等精准定位的 LBS 位置服务，包含生产 KPI 实时监控、实时报警等的实时生产监控服务等

“十九大”报告指出，要加快发展先进制造业，加快建设制造强国。推动流程制造业智能化发展是顺应制造强国战略的必然选择，也是适应新时代流程制造业发展数字化、网络化、智能化趋势，推进我国供给侧结构性改革、支撑经济高质量发展的重要途径。

2025 年，全国重点流程制造企业普及数字化、网络化制造并开展深度应用，部分领域试点示范流程制造智能化工厂应用，在取得显著成效的基础上进一步扩大应用范围，使我国进入世界流程制造业智能制造的先进行列。在钢铁工业方面，建立覆盖不同流程结构的钢铁企业示范智能化工厂，应用水平达到世界

先进，示范企业实现流程数字化设计、生产智能化管控、企业精益化运营、系统开放性架构。在石化工业方面，推广应用数字化、网络化智能工厂，启动数字化、网络化、智能化智能工厂试点示范，进入世界智能制造先进行列。

2035 年，数字化、网络化、智能化智能工厂完成试点示范并开始推广应用，使得我国流程制造业实现转型升级，部分企业进入世界领先行列，为 2050 年我国建成世界一流的制造强国奠定坚实基础。在钢铁工业方面，面向钢铁企业推广应用智能化技术和新模式，全行业智能化水平获得根本性提升，整体达到世界先进水平，部分企业达到世界领先水平。在石化工业方面，推广普及数字化、网络化、智能化石化工厂，促进我国石化工业实现整体转型升级，智能制造整体达到世界先进水平，部分企业进入世界领先行列。

（二）3D 打印和工业软件市场规模增大

数据显示，2020 年全球 3D 打印、材料与服务全球市场规模达到了 127.6 亿美元，预计将在 2025 年暴增至 491.0 亿美元；而全国工业软件市场规模增长势头强劲，从 2014 年的 695 亿元上升至 2020 年的 1974 亿元。3D 打印可以在智能制造的定制化生产、供应链管理、产品设计、提高上市速度等方面发挥作用，目前已经在智能医疗、智能新零售、智能设计等领域应用；工业互联网主要是由工业平台为企业定制化的服务，帮助企业上云，是实现智能制造的发展模式和现实的路径。随着 3D 打印和工业互联网的规模进一步扩大，中国制造业智能化也将蓬勃发展。

（三）中国智能硬件市场规模持续增长

中国智能硬件行业利用传感器等硬件技术对工业设备进行智能改造，赋予设备大数据等附加价值，市场规模逐步上涨，从 2018 年的 5132.7 亿元上涨至 2019 年的 6430.4 亿元。2020 年，新冠疫情的爆发，使得市场对智能硬件终端设备的需求达到近几年高点，市场规模以同比 67.1% 的增长率扩张至 10747.0 亿元。

智能硬件行业细分为智能移动通信、智能机器人、智能家居设备、智能可

穿戴设备、智能车联网设备、智能大屏设备、智能医疗设备、智能家庭健康设备、智能安防设备等。2020 年，中国智能硬件行业以智能家居设备为主，占比 30.6%；其次为智能穿戴设备，占比 20.0%。随着国家大力推进“中国智造”，一系列政策利好，前瞻认为，未来增长空间较大的细分领域为智能可穿戴设备、智能家居设备等。

2014-2020 年，我国智能可穿戴设备市场规模逐年递增，2020 年达 559 亿元，同比增长 2%。前瞻认为，智能可穿戴设备属于弹性需求，2020 年疫情导致大部分需求被暂时抑制，2021 年将是新一轮需求爆发点。

2015-2020 年，我国智能家居市场规模逐年递增，2019 年，达到 1530 亿元，增速为 18.4%，预计 2020 年，智能家居市场规模达 1820 亿元。另外，IDC 数据显示，2020 年中国智能家居设备出货量为 2 亿台，同比下降 1.9%，预计 2021 年将迎来反弹。

从企业来看，目前智能家居以美的、海尔等老牌企业为主，以其国民度以及丰富的产品线取胜，但前瞻认为随着更多的专注单品的企业进入市场，以及国家扩大内需，国际国内双循环政策的引导，智能家居细分领域新兴势力企业的增长空间较大。

(四) 工业机器人应用成全球趋势

工业机器人是广泛用于工业领域的多关节机械手或多自由度的机器装置，具有一定的自动性，可依靠自身的动力能源和控制能力实现各种工业加工制造功能。工业机器人被广泛应用于电子、物流、化工等各个工业领域之中。2019 年 9 月中共中央、国务院颁发《交通强国建设纲要》，要完善交运行业基础设施布局以支撑国家现代化建设；到 2035 年实现“全球 123 快货物流圈”，并加强新型载运工具的研发；发展智慧交通，推动大数据、AI、区块链等新技术与交通行业深度融合。

我国是工业机器人应用第一大国，近年来，我国工业机器人行业迅猛发展，产量持续增长。数据显示，2020 年 10 月全国工业机器人产量为 21467 台，同比增长 38.5%。2020 年全国工业机器人产量为 237068 台，同比增长 19.1%。

销售额方面，经初步统计，2019 年我国工业机器人市场规模达到 57.3 亿美元，中商产业研究院预测，2021 年我国工业机器人销售额将达 66.3 亿美元。24 小时高效工作、智能化、数字化的工业机器人的应用逐渐成为制造业产业的主流趋势。

（五）智能制造打造智能制造工厂

随着中国各个产业的数字化，传统人口密集型的制造业工厂也在逐渐往数字化、智能化的“智能工厂”的方向发展。智能工厂具有机器间互相通信并通过机器管理应用程序被管理、由信息物理融合生产系统(CPPS)进行统筹、接入基于云计算的安全互联网工业平台的特点。

随着中国人口结构逐渐呈现老龄化的格局，数字化、高效的智能工厂的竞争力越来越强。首先智能工厂可以使得生产过程透明化，在帮助企业实时掌控、监管生产流程情况的同时，也为企业在应用虚拟现实生产上提供了信息和数据基础；其次智能工厂可以帮助企业降低人力成本；生产数据的可视化在大数据的辅助下也给企业决策提供了数据分析方面的便利；智能工厂也可以 7*24 小时全天候工作，不但提高效率，也增加了工作时长，同时也保证了生产过程无纸化。

三、AI+智能制造典型应用场景

在人工智能发展上，未来数字化的高峰一定是大模型推动下的智能化，人工智能的指数级跃变将会给城市发展带来巨大机遇。

大模型的应用具有广泛的前景和潜力，有望在医疗、制造业等领域取得重大创新发展，帮助企业生成更加丰富、动态和交互式的内容，从而实现更好的用户体验。随着技术的不断进步，大模型将为数字化转型和创新发展做出重要贡献。

（一）大模型在医疗领域的应用

通过文本生成技术，ChatGPT 可以用于生成个性化的医疗报告、制定个性

化的治疗方案、提供个性化的医疗建议等。OpenAI 大模型与 Kepro 公司合作，助力医疗记录审查，提高医疗记录审查准确性，未来预计将缩短多达 30% 的临床审查时间，实现在线医疗咨询。其次，通过对话机器人技术，ChatGPT 可用于实现在线医疗咨询、远程医疗诊断、自动医疗指导等。ChatGPT 还可利用患者的健康状况包括生活习惯、运动情况、饮食习惯等实现自动医疗指导。这些指导可以为患者提供个性化的健康指导与提醒，提高患者用药治疗的依从性，从而保障患者的健康状况。同时，通过自我理解和自我修正技术，ChatGPT 可用于实现医疗数据挖掘、疾病预测、诊断推理等。就行业落地情况来看，目前，GPT-4 已实现医疗领域商用合作。微软旗下 Nuance Communications 公司发布与 GPT-4 集成的支持语音的医疗病历生成应用程序 DAX。GPT-4 对于事实的阐述精度对比 GPT-3.5 高出 40%，在医学知识自测考试表现更优秀，且支持多模态输入，预计会对医疗信息化、互联网医疗、公卫、医保信息化细分领域产生变革性的推动。百度文心一言前期将互联网医疗、医疗信息化、创新药械、医保等信息接入，进行内测和工具开发，预计随着百度千帆的企业服务大模型发布，将会进一步推动医疗 AI 的发展。

(二) 大模型赋能制造业升级

伴随以 ChatGPT 为首的生成式 AI 同工业领域深度融合，工业或将成为大模型重点应用垂直领域。生成式 AI 从研发设计、生产制造等角度为工业全环节赋能。在工业研发设计环节，生成式 AI 可以与 CAD（计算机辅助设计）、EDA（集成电路设计）、CAE（计算机辅助工程）等工业设计软件融合，连接云计算数据库，更好地调用已有的设计模块，有效提升研发效率和开发精度。例如：Cadence 公司推出了新一代系统芯片设计技术（Allegro X AI technology），研发人员运用其生成式 AI 功能可简化系统设计流程，将 PCB（印刷电路板）设计周转时间缩短至原来的十分之一。在工业生产制造环节，ChatGPT 可以帮助机器像人类一样交流，并执行大量任务。西门子将 ChatGPT 技术与现有的自然语言技术相结合，有效实现了操作者与系统自然语言的交互；BMW 依靠英伟达 Omniverse 平台，以虚拟方式优化生产线、机器人和物流系统的布局，

加强全球工厂联系，提升服务效率。国内，创新奇智发布了奇智孔明 AIGC 引擎，该产品将提升工业生产制造环节的生产效率，降低生产成本。

第七篇 中国智能制造的发展规划

近日，工业和信息化部、国家发展和改革委员会、教育部、科技部、财政部、人力资源和社会保障部、国家市场监督管理总局、国务院国有资产监督管理委员会等八部门联合印发《“十四五”智能制造发展规划》（以下简称《规划》）。

一、中国智能制造的指导思想和目标

《规划》以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的十九大和十九届二中、三中、四中、五中、六中全会精神，立足新发展阶段，完整、准确、全面贯彻新发展理念，构建新发展格局，深化改革开放，统筹发展和安全，以新一代信息技术与先进制造技术深度融合为主线，深入实施智能制造工程，着力提升创新能力、供给能力、支撑能力和应用水平，加快构建智能制造发展生态，持续推进制造业数字化转型、网络化协同、智能化变革，为促进制造业高质量发展、加快制造强国建设、发展数字经济、构筑国际竞争新优势提供有力支撑。

《规划》提出推进智能制造的总体路径是：立足制造本质，紧扣智能特征，以工艺、装备为核心，以数据为基础，依托制造单元、车间、工厂、供应链等载体，构建虚实融合、知识驱动、动态优化、安全高效、绿色低碳的智能制造系统，推动制造业实现数字化转型、网络化协同、智能化变革。未来 15 年通过“两步走”，加快推动生产方式变革：一是到 2025 年，规模以上制造业企业大部分实现数字化网络化，重点行业骨干企业初步应用智能化；二是到 2035 年，规模以上制造业企业全面普及数字化网络化，重点行业骨干企业基本实现智能化。

《规划》提出了 2025 年三项具体目标：

（1）转型升级成效显著。70%的规模以上制造业企业基本实现数字化网络化，建成 500 个以上引领行业发展的智能制造示范工厂。制造业企业生产效率、产品良品率、能源资源利用率等显著提升，智能制造能力成熟度水平明显提升。

（2）供给能力明显增强。智能制造装备和工业软件技术水平和市场竞争力

显著提升，市场满足率分别超过 70%和 50%。培育 150 家以上专业水平高、服务能力强的智能制造系统解决方案供应商。

（3）基础支撑更加坚实。建设一批智能制造创新载体和公共服务平台。构建适应智能制造发展的标准体系和网络基础设施，完成 200 项以上国家、行业标准的制修订，建成 120 个以上具有行业和区域影响力的工业互联网平台。

二、中国智能制造的重点任务

结合我国智能制造发展现状和基础，《规划》紧扣智能制造发展生态的四个体系，提出“十四五”期间要落实创新、应用、供给和支撑四项重点任务。

任务一：加快系统创新，增强融合发展新动能

一是攻克 4 类关键核心技术，包括：基础技术、先进工艺技术、共性技术以及人工智能等在工业领域的适用性技术。二是构建相关数据字典和信息模型，突破生产过程数据集成和跨平台、跨领域业务互联，跨企业信息交互和协同优化以及智能制造系统规划设计、仿真优化 4 类系统集成技术。三是建设创新中心、产业化促进机构、试验验证平台等，形成全面支撑行业、区域、企业智能化发展的创新网络。

任务二：深化推广应用，开拓转型升级新路径

一是建设智能制造示范工厂，开展场景、车间、工厂、供应链等多层级的应用示范，培育推广智能化设计、网络协同制造、大规模个性化定制、共享制造、智能运维服务等新模式。二是推进中小企业数字化转型，实施中小企业数字化促进工程，加快专精特新“小巨人”企业智能制造发展。三是拓展智能制造行业应用，针对细分行业特点和痛点，制定实施路线图，建设行业转型促进机构，组织开展经验交流和供需对接等活动，引导各行业加快数字化转型、智能化升级。四是促进区域智能制造发展，鼓励探索各具特色的区域发展路径，加快智能制造进集群、进园区，支持建设一批智能制造先行区。

任务三：加强自主供给，壮大产业体系新优势

一是大力发展智能制造装备，主要包括 4 类：基础零部件和装置、通用智能制造装备、专用智能制造装备以及融合了数字孪生、人工智能等新技术的新

型智能制造装备。二是聚力研发工业软件产品，引导软件、装备、用户等企业以及研究院所等联合开发研发设计、生产制造、经营管理、控制执行等工业软件。三是着力打造系统解决方案，包括面向典型场景和细分行业的专业化解决方案，以及面向中小企业的轻量化、易维护、低成本解决方案。

任务四：夯实基础支撑，构筑智能制造新保障

一是深入推进标准化工作，持续优化标准顶层设计，制修订基础共性和关键技术标准，加快标准贯彻执行，积极参与国际标准化工作。二是完善信息基础设施，主要包括网络、算力、工业互联网平台 3 类基础设施。三是加强安全保障，推动密码技术应用、网络安全和工业数据分级分类管理，加大网络安全产业供给，培育安全服务机构，引导企业完善技术防护体系和安全管理制度。四是强化人才培养，研究制定智能制造领域职业标准，开展大规模职业培训，建设智能制造现代产业学院，培养高端人才。

三、智能制造部署的专项行动

围绕创新、应用、供给和支撑等四个方面，《规划》部署了智能制造技术攻关行动、智能制造示范工厂建设行动、行业智能化改造升级行动、智能制造装备创新发展行动、工业软件突破提升行动、智能制造标准领航行动等六个专项行动：

一是开展智能制造技术攻关行动，重点突破基础技术、先进工艺技术、共性技术以及适用性技术等 4 类关键核心技术，生产过程数据集成、业务互联、协同优化以及仿真优化等 4 类系统集成技术。

二是开展智能制造示范工厂建设行动，面向企业转型升级需要，打造智能场景、智能车间、智能工厂和智慧供应链，形成多场景、全链条、多层次应用示范。

三是开展行业智能化改造升级行动，针对装备制造、电子信息、原材料、消费品等四个传统产业的特点和痛点，推动工艺革新、装备升级、管理优化和生产过程智能化。

四是开展智能制造装备创新发展行动，加快研发基础零部件和装置、通用

智能制造装备、专用智能制造装备以及新型智能制造装备等四类智能制造装备。

五是开展工业软件突破提升行动，加快开发应用研发设计、生产制造、经营管理、控制执行、行业专用及新型软件等六类工业软件。

六是开展智能制造标准领航行动，从标准体系建设、研制、推广应用和国际合作等四个方面，推动智能制造标准化工作走深走实。

四、智能制造的保障措施

为确保各项目标和重点任务的顺利实施，《规划》提出了四个方面的保障措施：

一是强化统筹协调，加强部门协同和央地协作，充分发挥专家、研究机构和智库作用等，鼓励企业结合自身实际加快实施智能制造，形成系统推进工作格局。

二是加大财政金融支持，加强国家科技重大专项等对智能制造领域的投入，鼓励产业基金、社会资本加大投资，积极拓宽企业融资渠道。

三是提升公共服务能力，鼓励各方建设智能制造公共服务平台，支持第三方机构开展智能制造能力成熟度评估，研究发布行业和区域智能制造发展指数。

四是深化开放合作，加强国际交流和知识产权保护，鼓励国外机构在华建设智能制造研发中心、示范工厂、培训中心等，推动智能制造装备、软件、标准和解决方案“走出去”。

第八篇 全国各省市智能制造最新政策一览

在国家政策推动，制造业技术转型升级等背景下，中国智能制造产业发展迅速，逐渐成为制造业的主要驱动力之一。智能制造装备行业作为实现产品制造智能化、绿色化的关键载体，其产业链涵盖智能装备，工业互联网、工业软件、3D 打印以及将上述环节有机结合的自动化系统集成及生产线集成等。近年来，受到国家政策支持以及数字化的不断推行，中国智能制造业产值规模一直保持增长趋势。2020 年中国智能制造业产值规模达 2.51 万亿元，同比增长 18.96%。预计 2022 年产值规模将进一步增长至 3.31 万亿元。

随着智能制造领域政策的持续出台，中国制造业逐渐向智能制造方向转型，并开始大量应用 5G、云计算、大数据、机器人、数字孪生、工业互联网等相关技术。利好政策的不断出台，行业将持续稳定增长，中国制造业中所起到的地位将会越来越重要。因此，我国各省市也在相继推进政策加快智能制造行业对地区经济的贡献。随着人口红利消失制造业成本上升，国家近年发布多项政策支持制造业智能化转型。智能制造行业作为中国制造业的主要驱动力之一，在国家政策推动下，中国智能制造产业发展迅速，对产业发展和分工格局带来深刻影响。各省市利好政策的不断出台，加快智能制造行业将持续稳定增长，中国制造业中所起到的地位将会越来越重要。

一、十一部门展开“携手行动”——促进大中小企业融通创新

2022 年 5 月 12 日，工业和信息化部会同国家发展改革委、科技部、财政部等十一部门共同印发《关于开展“携手行动”促进大中小企业融通创新（2022—2025 年）的通知》（以下简称《携手行动》），提出到 2025 年，引导大企业打造一批大中小企业融通典型模式；激发涌现一批协同配套能力突出的“专精特新”中小企业；推动形成协同、高效、融合、顺畅的大中小企业融通创新生态，有力支撑产业链供应链补链固链强链。

《携手行动》行动目标为：到 2025 年，引导大企业通过生态构建、基地培育、内部孵化、赋能带动、数据联通等方式打造一批大中小企业融通典型模式；

激发涌现一批协同配套能力突出的专精特新中小企业；通过政策引领、机制建设、平台打造，推动形成协同、高效、融合、顺畅的大中小企业融通创新生态，有力支撑产业链供应链补链固链强链。

二、工信部会同有关部门起草了《“十四五”智能制造发展规划》

2021 年 4 月 14 日，工信部会同有关部门起草了《“十四五”智能制造发展规划》（征求意见稿），面向社会公开征求意见。从设计、材料、生产制造、装备、供应、管理、标准以及相关软件、硬件等方面，提出了重点任务和明确的目标。提出了“六大行动”，即智能制造技术攻关行动、智能制造示范工厂领航行动、行业数字化网络改造行动、智能制造装备创新发展行动、工业软件突破提升行动、智能制造标准引领行动。提出了“两大目标”，即到 2025 年，规模以上制造业企业基本普及数字化，重点行业骨干企业初步实现智能转型。到 2035 年，规模以上制造业企业全面普及数字化，骨干企业基本实现智能转型。这份征求意见稿充分体现出了政府未来将加大发挥统筹规划、引导力度，进而实现智能制造高质量发展的决心。

三、工业和信息化部印发《新型数据中心发展三年行动计划（2021-2023 年）》

当前，随着 5G、云计算、人工智能等新一代信息技术快速发展，信息技术与传统产业加速融合，数字经济蓬勃发展，数据中心作为各个行业信息系统运行的物理载体，已成为经济社会运行不可或缺的关键基础设施，在数字经济发展中扮演至关重要的角色。

党中央、国务院高度重视数据中心产业发展。2020 年 3 月，中共中央政治局常务委员会明确提出“加快 5G 网络、数据中心等新型基础设施建设进度”。国家“十四五”规划纲要从现代化、数字化、绿色化方面对新型基础设施建设提出了方针指引，党中央、国务院关于碳达峰、碳中和的战略决策又对信息通信业数字化和绿色化协同发展提出了更高要求。

对标党中央、国务院的部署要求,当前我国数据中心还面临布局建设不优、算力算效不足、能源利用不充分、技术水平不高等问题,迫切需要引导传统数据中心向具备高技术、高算力、高效能、高安全特征的新型数据中心演进。在上述背景下,工业和信息化部出台《行动计划》,切实贯彻落实国家战略部署,统筹引导新型数据中心建设,推动解决现阶段短板问题,打造数据中心高质量发展新格局,构建以新型数据中心为核心的智能算力生态体系。

《行动计划》以 2021 年和 2023 年两个时间节点提出了分阶段发展量化指标,引导传统数据中心向新型数据中心演进。为科学衡量数据中心产业发展水平,加快把体量优势变为质量优势,《行动计划》强化了新型数据中心利用率、算力规模、能效水平、网络时延等反映数据中心高质量发展的指标,弱化了反映体量的数据中心规模指标。

四、工业和信息化部、中央网信办出台《5G 应用“扬帆”行动计划(2021-2023 年)》

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,全面贯彻党的十九大和十九届二中、三中、四中、五中全会精神,立足新发展阶段,贯彻新发展理念,构建新发展格局,面向实体经济主战场,面向经济社会数字化转型需求,统筹发展和安全,遵循 5G 应用发展规律,着力打通 5G 应用创新链、产业链、供应链,协同推动技术融合、产业融合、数据融合、标准融合,打造 5G 融合应用新产品、新业态、新模式,为经济社会各领域的数字转型、智能升级、融合创新提供坚实支撑。

到 2023 年,我国 5G 应用发展水平显著提升,综合实力持续增强。打造 IT(信息技术)、CT(通信技术)、OT(运营技术)深度融合新生态,实现重点领域 5G 应用深度和广度双突破,构建技术产业和标准体系双支柱,网络、平台、安全等基础能力进一步提升,5G 应用“扬帆远航”的局面逐步形成。

五、北京市印发《北京市制造业数字化转型实施方案（2024-2026 年）》的通知

为落实首都功能定位，加快首都新型工业化建设，推动制造业高端化智能化绿色化发展，使北京制造业率先完成数字化转型，全面达到基本智能化水平要求，市经济和信息化局编制了《北京市制造业数字化转型实施方案（2024-2026 年）》（以下简称《实施方案》）。

《实施方案》主要内容：

以智能制造为主攻方向，以数字化赋能为重要手段，在“新智造 100”工程实施的基础上，构建北京市制造业数字化转型“三转、两选、两示范”体系，加速国际科技创新中心建设，力争实现规模以上制造业企业全面数字化达标，助力探索具有北京新时代特征的新型工业化道路。

到 2026 年，力争实现规上制造业企业数字化全面达标；打造 20 家国家级智能制造标杆企业、示范工厂或“世界灯塔工厂”；新认定北京市智能工厂和数字化车间 100 家；重点产业领域关键工序数控化率达到 70%；培育 100 项智能制造优秀产品，培育 20 家市级及以上工业互联网平台；推动京津冀三地建设工业互联网标识二级节点 60 个，服务企业节点 6 万个。

《实施方案》共推进三大任务。

一是全面开展数字化达标。制定并持续优化数字化转型评估指标体系，提出企业数字化转型“达标线”，鼓励企业通过多种形式改造升级，满足达标要求。

二是采取平台赋能、产业链带动、产业园区推动三条路径服务推动企业数字化转型。包括培育工业互联网平台，支持标杆企业、工业互联网二级节点建设企业赋能产业链供应链上下游，鼓励产业园区组织园区内企业开展数字化改造。

三是遴选推广两类优秀产品，打造两类示范。包括推广数字化转型优秀解决方案，推广自主创新智能装备、工业软件创新应用，打造人工智能创新应用示范，打造北京市数字化转型标杆示范。

六、上海市关于印发《上海市战略性新兴产业和先导产业发展“十四五”规划》的通知

到 2025 年，技术创新能力显著提升，关键技术攻关取得重大突破，产业基础高级化、产业链现代化水平明显提高，战略性新兴产业成为现代产业体系新支柱，谋划布局一批面向未来的先导产业。初步建成带动长三角新兴产业协同发展的技术策源地，引领全国新兴产业发展的战略创新高地，培育一批具有国际竞争力的龙头企业，打造一批世界级新兴产业集群。

产业规模迈向新台阶。到 2025 年，战略性新兴产业增加值占全市生产总值比重达到 20% 以上，增加值超过 1 万亿元，经济发展主引擎作用更加突出，具有全球影响力的集成电路、生物医药、人工智能上海高地基本形成。

重大创新实现新突破。建成一批重大产业创新平台和基础设施，在集成电路、生物医药、人工智能、空天海洋、新材料等领域实现重大技术突破，掌握一批具有自主知识产权的关键核心技术，参与制定一批国际标准，涌现一批填补国内空白、具有世界级影响力的创新成果。

结构优化呈现新水平。到 2025 年，战略性新兴产业工业总产值占全市规模以上工业总产值比重进一步提升，全市高新技术企业数量突破 2.6 万家，形成一批百亿销售、千亿市值的领军企业。数字技术全面赋能传统产业发展，新业态、新模式持续涌现，发展质量和效益显著提升。

集聚发展形成新格局。推动战略性新兴产业集群化发展，基本形成全域协同、重点突出的空间布局，打造若干个各具特色、优势互补、结构合理的新兴产业集聚区。在集成电路、生物医药、人工智能、新能源汽车等领域形成若干千亿级的战略性新兴产业集群。

七、江苏省印发《江苏省制造业智能化改造和数字化转型三年行动计划（2022—2024 年）》的通知

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的十九大和十九届历次全会精神，深入贯彻落实习近平总书记关于制造强国战略重要论述、

网络强国重要思想和对江苏工作重要指示精神，完整、准确、全面贯彻新发展理念，以深化新一代信息技术与制造业融合发展为主线，以智能制造为主攻方向，以工业互联网创新应用为着力点，加快推动制造业质量变革、效率变革、动力变革，着力提升产业链供应链现代化水平，为加快建设制造强省和网络强省提供有力支撑。

通过三年的努力，全省制造业数字化、网络化、智能化水平显著提升，新业态、新模式、新动能显著壮大，制造业综合实力显著增强，率先建成全国制造业高质量发展示范区。到 2024 年底，全省规模以上工业企业全面实施智能化改造和数字化转型，劳动生产率年均增幅高于增加值增幅；重点企业关键工序数控化率达 65%，经营管理数字化普及率超过 80%，数字化研发设计工具普及率接近 90%。

八、重庆市人民政府印发《重庆市工业企业以数字化为引领深化技术改造促进产业高端化智能化绿色化转型升级行动方案（2023—2027 年）》的通知

为全面贯彻党的二十大精神，认真落实全市推动制造业高质量发展大会工作部署，进一步推动全市工业企业以数字化为引领深化技术改造，一体推进数智赋能、创研赋能、生态赋能、平台赋能、金融赋能“五个赋能”，贯通实现技术工艺、产品体系、产品质量、产业链条、经济效益“五个优化”，促进产业高端化、智能化、绿色化转型升级，结合我市实际制定本方案。

力争到 2027 年，全市规上工业企业和高成长性规下工业企业均至少开展 1 次技术改造，累计新实施技术改造投资项目 1 万个以上，技术改造投资占全市工业投资比重提高至 40%，促进全市制造业质量竞争力指数提高至 92、全员劳动生产率提高至 50 万元/人、单位工业增加值能耗较 2022 年累计下降 13%，全市企业营业收入利润率进一步提高，有力支撑全市制造业高端化、智能化、绿色化转型发展。

九、浙江省人民政府印发《2023 年全省经信系统技术创新和智能制造工作要点》的通知

2023 年全省经信系统技术创新和智能制造工作要以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻落实党的二十大和中央经济工作会议精神，全面落实省第十五次党代会和省委经济工作会议精神，深入实施数字经济创新提质“一号发展工程”，加快构建产业科技创新体系，前瞻布局发展未来产业，深化未来工厂建设，深入实施智能制造工程，推动工业质量品牌建设，打造“单项冠军之省”，为制造强省、数字经济强省建设贡献力量。

通知主要包括如下四个方面：

1. 强化企业创新主体地位，加快构建产业科技创新体系
2. 培育建设未来产业先导区，抢占未来产业发展制高点
3. 创新深化未来工厂建设，深入实施智能制造工程
4. 推进工业质量品牌建设，培育单项冠军和浙江制造精品

十、福建省工业数字化转型三年行动计划（2023—2025 年）

为深入贯彻党的二十大精神，落实国家和省委、省政府关于深化新一代信息技术与制造业融合发展工作部署，全面推进工业数字化转型，持续增强工业核心竞争力，打造全方位高质量发展超越新引擎，制定本行动计划。

工作目标：坚持以高质量发展为主题，坚持问题导向、需求导向，着力工业数字化转型，着力工业互联网创新，着力提质、降本、增效、绿色、安全，创新新应用，构建新体系，创造新供给，夯实新支撑，推进新时代新征程新福建跃上新型工业化高水平发展之路。到 2025 年底，以 5G、大数据、人工智能、区块链、VR/AR/MR 等为代表的新一代信息技术与制造业融合发展成为制造强省重要支撑，推动工业生产效率提升、质量改善、能耗降低，形成一大批数字车间、无人工厂、智慧园区、未来产业，全省关键业务环节全面数字化的企业比例达 66%以上，重点企业关键工序数控化率达 60%以上，经营管理数字化普

及率达 85%以上，数字化研发设计工具普及率达 88%以上，数字技术供给充分迸发，新模式新业态蓬勃兴起，数字安全保障坚实有力，工业数字化总体水平位居全国前列。

十一、山东省政府印发《山东省制造业数字化转型提标行动方案（2023-2025 年）》的通知

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的二十大精神，认真落实习近平总书记关于推进新型工业化的重要指示要求，以新一代信息技术与制造业融合发展为赋能主线，聚焦制造业重点行业和标志性产业链数字化转型需求，实施转型路径优化、基础设施强化、服务供给深化“三化”专项行动，加快打造点上企业有标杆、线上行业有示范、面上区域有样板的一体化格局，引领带动制造业数字化转型实现提效、提速、提质“三提”目标，推动产业数字化、数字产业化协同发展，为建设先进制造业强省提供有力支撑。力争到 2025 年，全省制造业数字化、网络化、智能化水平明显提升，新模式、新业态广泛推广，产业综合实力显著增强。

融合应用赋能全面提效。推动规模以上工业企业加速数字化转型，评估诊断和服务体系基本建成，实现标志性产业链和重点产业链工业互联网平台全覆盖，建设 50 个以上省级“产业大脑”，打造一批对标领先水平的标杆示范，两化融合发展指数达到 125 左右，走在全国前列；制造业数字化转型指数保持全国领先。

数字基础设施有序提速。建设开通 5G 基站 25 万个以上、力争达到 27 万个，上线运营标识解析二级节点 35 个以上，建成“星火·链网”济南超级节点，推动国际通信业务出入口局落户青岛，加快算网一体化发展，总算力规模超过 12EFLOPS（百亿亿次）。

转型服务供给持续提质。以“工赋山东”为牵引，打造具有核心竞争力和生态主导力的“领航型”工业互联网平台企业、培育 40 家以上深耕行业的特色专业型平台；引进培育 300 家以上中小企业数字化转型服务商；工业软件、智

能硬件、人工智能等供给能力和赋能作用进一步增强，全省信息技术产业营收突破 2 万亿元，年均增长 10% 以上。

十二、广东省人民政府关于加快建设通用人工智能产业创新引领地的实施意见

为贯彻落实习近平总书记关于人工智能的系列重要论述精神，落实国家发展新一代人工智能的决策部署，抢抓通用人工智能发展的重大战略机遇，充分发挥广东在算力基础设施、产业应用场景、数据要素等方面的优势，加快建设通用人工智能产业创新引领地，现提出以下意见。

总体目标：到 2025 年，智能算力规模实现全国第一、全球领先，通用人工智能技术创新体系较为完备，人工智能高水平应用场景进一步拓展，核心产业规模突破 3000 亿元，企业数量超 2000 家，将广东打造成为国家通用人工智能产业创新引领地，构建全国智能算力枢纽中心、粤港澳大湾区数据特区、场景应用全国示范高地，形成“算力互联、算法开源、数据融合、应用涌现”的良好发展格局。

第九篇 中国智能制造优秀案例

一、工控安全网络安全产业

当前，中国经济正在进入由高速度向高质量转型的关键时期。在以数字中国、双碳、安全生产为代表的政策驱动，以云大物移智为代表的技术驱动，以及以降本增效为代表的企业发展内生驱动的共振合力下，工业互联网相关领域正在迎来广阔的发展空间。而在市场催生出大量新场景、新机遇的同时，也对安全提出了更高要求。随着相关政策的落地实施，网络安全合规和安全生产已然成为工业企业、政府客户的刚性需求和一把手工程。那么，企业如何在数字化转型过程中规范化地进行安全建设和安全管理？目前存在的痛点难点又该如何解决？

以电力行业为例，电力行业像一条无形的血脉，将能源源源不断地输送到每一个角落，而电厂作为核心枢纽，为国家工业、商业、农业、交通等支柱经济提供持续而强大的动力。随着数字化技术在发电领域中的广泛应用和深度融合，电力行业的整体技术发展路线将以智慧电厂为总体目标，逐步实现电厂生产经营的数字化、网络化和智能化。然而，随之而来的是电厂生产控制大区网络从封闭走向开放的趋势，这使得现有的防护措施和手段难以应对日益复杂的网络攻击。电力网络作为国家关键基础设施，一旦受到网络攻击可能带来严重的后果，包括停电、设备损坏、数据泄漏等。因此，确保电力网络的安全性和可靠性是所有发电企业亟待解决的问题。

1. 以合规建设为起点，保障工业关键基础信息设施网络安全

1.1. 前期调研

前期的技术交流和现场深度调研，需与客户一起明确以下核心需求：

系统兼容性：安全建设的前提，对 DCS 系统不产生任何影响，由于电厂日立 DCS 建设时间较早，考虑到生产系统的特殊性，需对 DCS 进行融合性测试，针对性地制定测试方案及应急方案。

安全能力提升：通过对电厂 DCS 系统等关键业务系统构建纵深防御体系，使工业网络可以有效防护内部、外部、恶意代码、ATP 等攻击，安全风险降低到可控范围内，减少安全事件的发生，保护生产网络能够高效、稳定运行，减少因为系统停机带来的生产损失。

国家合规要求：目前电厂已经依据国家能源局印发的电力监控系统安全防护总体方案（国能安全[2015]36 号）进行安全建设，通过网络分区，加装电力专用正、反向隔离装置和纵向加密装置等安全措施建立基础的安全防护体系，但现有的防护措施无法应对日趋复杂的网络安全形势和政策标准要求。按照电力监控系统的安全防护体系需要满足国能安全[2015]36 号文中综合防护和等保 2.0 “一个中心，三重防护”的安全防护要求，企业需对通信网络、区域边界、计算环境等层面进行安全加固。

1.2. 安全设计：构建“一个过程，四个体系”综合保障体系

长扬科技通过为该发电企业建设“一个过程，三个体系”的综合保障防护体系，协助其实现持续性防御和动态防御，具体可分为两步：

一个过程：事前防御，事中控制和事后溯因

三个体系：安全技术主动体系，安全管理体系和安全运维体系、产教融合人才共建体系。

长扬科技为企业全面进行风险评估、资产安全漏洞检查、异常行为及流量安全检测等，输出专业化的差距分析和评估报告，并对检查结果中的不合规项进行整改建设，向客户提供工业监测审计、工控主机卫士、入侵检测系统、日志审计系统、态势感知、工业互联网安全靶场平台等产品，配套建设工控网络安全体系。

2. 实施与验证

2.1. 解决方案设计

安全合规：长扬科技凭借在电力行业持续深耕的经验，针对该发电企业的已有情况进行精准需求分析，提供了一份基于合规的网络安全架构设计解决方

案与实施验证计划，并得到客户的认可。

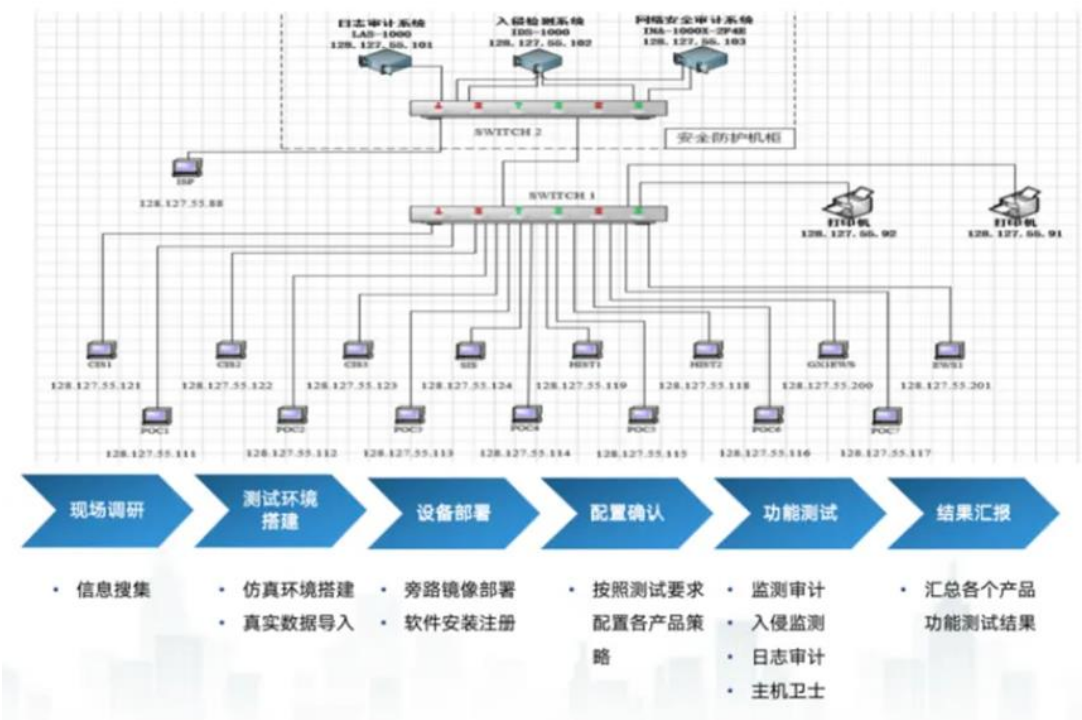


图 1 网络安全架构设计解决方案与实施验证计划

2.2. 实施与验证

长扬科技的专家团队，通过现场网络调研进行方案建设设计，增加了相关产品，并做拟出验证与测试方案与实施计划，按客户真实安全需求配置安全策略。进行的各项高压测试与验证。

2.3. 安全运营

在集团总部部署工业互联网安全监测分析系统（集团级态势感知系统），在场站侧部署厂级工业安全流量审计与日志分析系统（厂级态势感知系统）以及智能采集器。通过智能采集器、主机数据代理等软硬件产品，搜集各单位工控系统资产信息，实时监测资产漏洞、违规操作、安全事件告警等信息，通过各厂级分析平台关联分析后，将结果汇总到集团侧平台。

长扬科技协助用户在集团侧成立了网络安全运营工作小组，以集团级态势

感知系统为抓手，负责平台监测运营工作，主要包括安全协同、实时监测、运营分析、通报整改等。

2.4. 产教融合，人才共建

长扬科技为客户提供打造的业务场景的仿真沙盘，提供石油石化、火力发电、风力发电、太阳能发电、轨道交通、城市综合能源站、燃气共 10 个场景模型，内含仿真装置与真实自控设备，与工业互联网安全靶场平台实现联动，扎根行业，与客户一起建立完善的网络安全人才培养体系。

3. 工控安全方案建设护航关键信息基础设施

长扬科技的解决方案成功响应解决了客户对于关键基础设施的无缝结合的问题，在不影响生产前提下，提升企业的工业网络安全监测、防护能力。

该方案采用主机环境安全加固、通信过程恶意行为监控以及安全日志集中分析、态势分析与预测等先进技术手段，解决了工控系统存在的高风险问题，进一步提升企业专工的安全能力和运维水平，通过辅助客户建立管理制度、安全运营体系，保障安全的持续性。

最后，该方案通过靶场平台建设实现了人才本地化留存，满足高质量人才供给，为人才培养提供了宝贵经验，有效推动客户的网络安全落地建设的高质量发展。

二、北斗长缨智能机器人打磨案例介绍

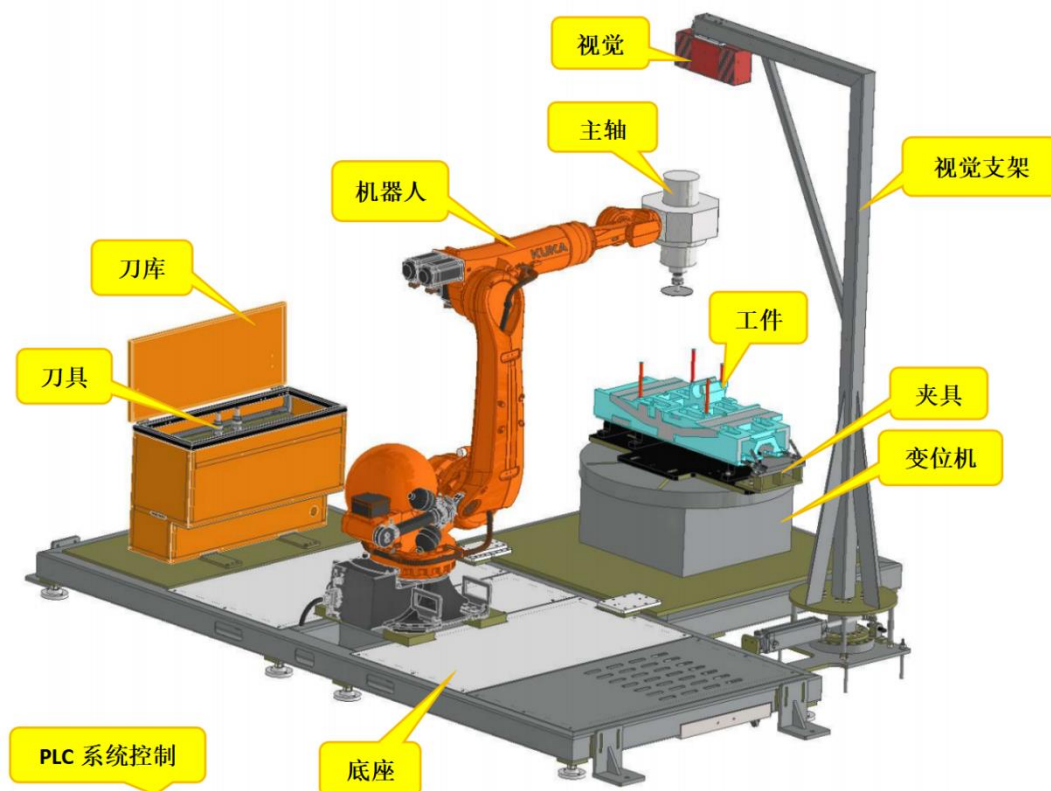
传统的铸件打磨耗费时间长，存在产品质量问题，且作业环境中产生的火花、粉尘、噪音严重影响作业人员的身心健康。

纵观全球产业化发展，随着人口红利的消失、产品成本降低和产品质量提高的要求等因素，智能打磨机器人的市场前景广阔。

智能机器人打磨的特点：

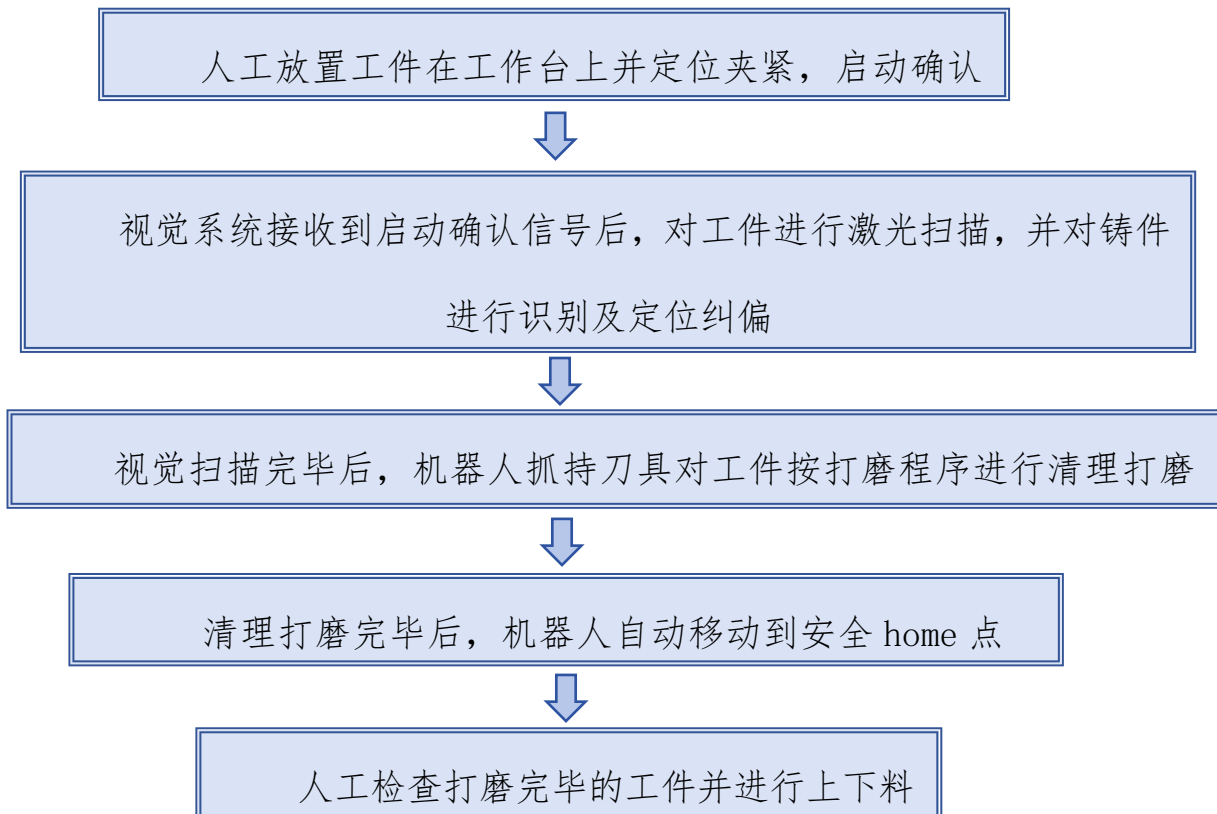
- 1、密闭式机器人工作站，将高噪音和粉尘与外部隔离，减少环境污染。
- 2、操作工人不直接接触危险的加工设备，避免工伤事故的发生。
- 3、机器人能保持产品加工精度的一致性，不仅保证了质量的可靠，而且降低了废品率。
- 4、机器人替代熟练工，不但降低人力成本，而且也不会因为操作工人的流失而影响交货期。
- 5、机器人可24小时连续工作，生产效率大幅提升。
- 6、可再开发性，用户根据不同类型的铸件进行二次编程，只需要更换铸件相应夹具，缩短产品改型换代的周期，减少相应的投资设备。

北斗长缨智能机器人打磨设备，是根据用户需求，为用户特定设计的打磨单元。以下为其中的一个案例，因项目工件较重，故采用机器人抓持打磨动力装置，工件定位固定于独立旋转工作台上进行清理打磨，并通过工作台的旋转对工件的五个面进行全方位清理打磨。智能机器人设备主要包括机器人、柔性动力头、变位机、刀库、刀具、视觉、PLC控制系统、底座、防护房、除尘设备等组成，见下图。



智能机器人打磨设备

工艺流程图为：



三、“5G+工业互联网”应用推广重点难题及中国联通 5G 智能云化工控典型案例

当前，我国“5G+工业互联网”发展取得了显著成效。一方面，5G 超大带宽、超低时延、海量连接的特性，高度契合工业数字化、网络化、智能化的发展需求，能够为工业互联网发展注入强大驱动。另一方面，面向工业互联网的应用对 5G 提出新要求，反向驱动 5G 及未来通信技术实现再创新、再突破。

自 2019 年 5G 商用牌照发放以来，工业互联网已经成为了 5G 规模化应用的主阵地，然而，随着“5G+工业互联网”融合发展逐渐走向深水区，仍然存在一些亟需重视及解决的关键难题。以破解发展难题为突破口，驱动“5G+工业互联网”实现更深层次、更高程度、更广范围的融合。中国联通将 5G 与工业互联网深度融合，推出了 5G 智能云化工控平台，并在电子、汽车制造、钢铁等行业打造了多个典型应用案例。

1、“5G+工业互联网”应用推广重点难题

在 5G 建设方面，主要问题在于 5G 建设成本高、难度大，工业客户改造意愿受限。对于企业来说，部署 5G 专网的成本不仅包括专网本身，还包括需要联网的传感器适配的网络模块，以及将 5G 技术集成到工厂基础架构过程中所要解决的成本。目前运营商也在逐步探讨多量纲的计费模式、网络成本分摊方式，希望通过探索更多的商业模式来解决 5G 专网部署面临的成本问题。同时，运营商也在引领行业推出轻量化 RedCap 及无源物联网络模组，逐步对专网设备进行小型化、低规格化，并提供多种灵活部署方案，以便让企业可以根据自身需要，选择适合自己的网络设备、网络能力，从小容量网络起步，以灵活化部署的方式，逐步随着业务发展进行完善、增强、扩容、升级，避免一次完成过高能力的建设，从而降低企业网络建设成本。

在 5G 网络能力开放方面，5G 网络能力开放缺乏统一标准，未能满足客户自主运维需求。目前 5G 网络开放程度、开放内容尚未完全标准化，没有提炼出普适性的、统一的网络能力，导致行业无法根据业务需要进行网络能力选择或

管理，开放数据与客户真实需求无法完美匹配，客户自服务、自运维需求未能得到满足。目前业内多位学者提出了基于 5G 网络的能力开放体系分层架构、自服务平台架构方案。未来需要根据企业和业务需求，对网络能力进行获取、管理，推动标准化的 5G 自服务能力平台构建，开放更多自主权给企业。

在 5G 满足工业特定场景需求及深度融合工业核心环节方面，现阶段 5G 时延、抖动、稳定性等性能及安全指标不能完全满足工业客户生产现场特定场景高质量网络需求，5G 尚未深度融入工业客户生产高价值核心环节，仍然存在碎片化、浅层化、边缘化问题。目前，随着 5G-A、5G URLLC、5G LAN、5G TSN 等技术演进、标准完善和落地应用，5G 将进一步满足企业核心生产场景对商用 5G 网络更为严格的生产要求，从而实现在工业核心生产场景中 5G 网络的规模化使用。

2、典型案例：中国联通 5G 云化工控平台助力打造工业智能产线

中国联通基于 5G 与第四代工控技术的深度融合，以自主可控云化 PLC 及实时操作系统为核心，将工控组件与 AI 智能化组件等深度集成。底座操作系统以高算力一体化承载云化工业控制与智能化应用，兼顾稳定性与低成本，实现业务的灵活编排，形成新一代高质量网络下的云化智能化工业控制体系。

中国联通 5G 云化工控平台具备三大创新点，一是 5G 智能云化工控技术，将传统的 PLC 控制器及驱动器的专用设备软硬件解耦，实现工控设备资源的弹性供给和高效配置，利用移动 5G 高可靠低时延特性，为 AI 无人化场景的快速运算提供能力基础。二是 OT/IT/AI 深度融合的边缘实时虚拟化操作系统，在边缘处以高算力一体化承载实时自动化控制逻辑与智能化创新应用。承载与算力高出同类设备 10 倍，实时操作系统延时小于同类技术 40 余倍。三是一站式工业数字化产品体系，通过云化 PLC、云化 SCADA、云化协议网关、低代码平台、信息模型库、行业智能应用等核心能力，在 5G-MEC 边缘节点提供工业 L1-L3 层的从工控、到监视的全流程智能服务及管理能力，南向驱动 9 类协议 2000 余种设备，北向提供 22 种智能应用，面向智能化的移动、广域、协同控制场景具备显著优势。

核心技术成果已产品化赋能全行业，形成核心专利 20 项、软件著作权 38 项。支撑全国 40 余个项目，在电子、汽车、冶炼等多个行业稳定支撑生产应用，创造商业价值，累计新增销售额 1.4 亿元、新增利润 2300 万元。打破外国技术壁垒，推动工业控制、AI 智能、5G 通信等多领域发展，创造网络化智能工控产业生态，推动工业控制向智能化、网络化发展，推动工业控制全面国产化，实现智能工控领域的弯道超车。

中国联通基于 5G 智能云化工控平台打造三一重工桩机工厂智能生产线，实现空压机、风机智能控制、机加刀具远程智能运维、焊接 AI 质量检测、焊接机器人协同、涂装时长智能监控、AGV 智能协同运载、智能拧紧工艺等生产环节的，赋能三一智能化升级，解决了一三组装机效率低，成本高的问题。案例落地后，提升工厂生产效率 24%、产品品质提升 14%、达到 30 余种型号智能混装、提升无人化水平 30%，总体节省成本一亿元，支撑产值 100 亿，实现六个行业首创，助力三一进一步提升市场竞争力。后续推广到全国 30+灯塔工厂，覆盖泵送、起重、桩机、专汽、减速机、油缸等 6 大领域，提升三一的智能化、自动化、数字化水平。

四、推进智慧档案馆室数字技术应用，助力发展新质生产力

1. 项目背景

党的二十大报告提出，加快发展数字经济，促进数字经济和实体经济深度融合，打造具有国际竞争力的数字产业集群。数字产业集群是从事数字产品制造、提供数字产品服务、开展数字技术应用、通过数字要素驱动的相关机构组成的集群。数字技术的快速发展与广泛应用为新质生产力提供了核心动力，加强数字技术创新与应用是形成新质生产力的关键。

随着数字技术与国家治理体系的深度融合及实践应用场景的逐步深入，昭示着我国正在迈入智慧治理新时代。智慧治理作为社会治理重要发展趋势，逐步成为理论界与实践界的共识。档案数据治理、智慧化建设是我国档案馆（室）发展的新方向和重要建设目标。

2. 解决方案介绍

当前，档案馆室管理普遍面临空间利用不充分、档案查找效率低下、环境监控不足、安全防范措施落后等难题。虽然部分档案库房已经尝试引入密集架等设备，但系统集成度较低，且缺乏统一的智能化管理平台，难以实现资源的高效配置和安全风险的有效防控。此外，实体档案与信息的同步管理、环境的智能化调控也是亟待解决的问题。因此，构建一个高度集成、智能化的档案库房管理系统成为行业迫切需求。

本方案践行“智慧档案，极致安全”融安特核心理念，综合运用 3D 数字孪生技术、物联网、人工智能等前沿科技，构建了一套涵盖 3D 数字孪生安全管控平台、智能密集架及其管理系统、档案库房环境管理系统及设备、安全防范管理系统及设备、RFID 管理系统及设备的综合性智能化管理体系，旨在打造一个高效、安全、节能的档案存储与管理环境。通过一体化方式管理平台，集中管理智能存储设备、库房环境管理设备、安防设备、实体档案设备等，实现分散控制统一管理，而非单独的多套系统，解决“经验管理”和“低效管理”带来的弊端，满足档案室建设规范“八防”要求。

3. 创新点

3.1 虚实融合

档案库房 3D 数字孪生安全管控平台采用数字孪生技术,将实体档案库房映射到虚拟数字档案库房中,还原库房真实比例,还原库房设备。使用第一人称浏览虚拟库房,通过键盘按键控制移动以及鼠标控制方向,在 3D 库房中漫游。



3.2 安全电压供电

智能密集架采用电源安全可视管理系统统一供电,采用 DC 24V 集中供电,统一进行动力环境的管控,220V 不再接入密集架,降低了漏电、火灾等风险,提高了档案库房的安全性。

3.3 双向映射

建立物理世界和数字世界之间的双向映射关系,使得数字模型能够反映物理实体的状态和行为,实现实体档案和数字档案的有效链接。

3.4 智能化决策

实现智能化决策,通过数据分析,对库房设备的运行状态、性能和故障进行预测,以保障设备安全、稳定运行和提高库房设备运行效率

3.5 档案出入库双重安全控制

本方案对档案出入智能密集架以及档案库房进行了双重安全控制保障。档案密集化集中存放,管理员单独打开智能密集架时,须通过人脸识别/指纹/密码/九宫格方式验证。智能档案存储设备运行时监控视频同时显示库房中档案存

储区域的实时情况，结合 RFID 射频技术，通过在档案库房门口安装 RFID 通道门，实时收集标签信息，未经授权的档案出库，系统立刻与安防系统联动抓拍，并报警保证档案的出入库安全。

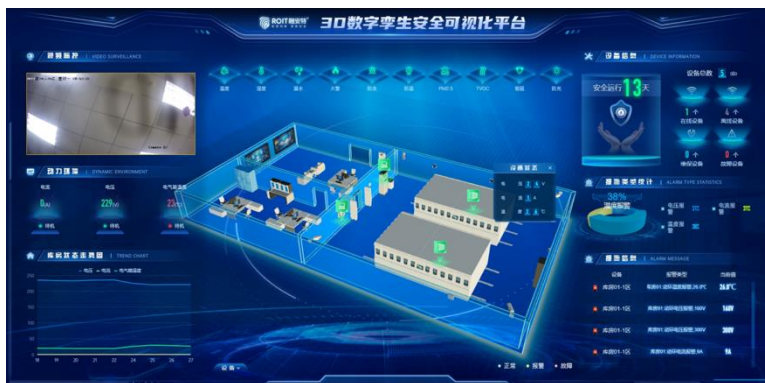
3.6 档案业务数据可视化管理

3D 数字孪生数据可视化平台采用数字孪生技术将实体档案库房进行仿真建模，利用各种传感器、物联网设备在档案库房中采集到的档案库房环境、设备运行的动态数据，以及平台系统中的档案数据，将档案库房实体与数据完美结合起来，进行同步虚拟展示。平台通过可视化技术对实体档案的收、管、存、用进行可视化展示，并提供了档案增长预测、档案馆藏统计、库房容量分析及业务办理数据统计等功能。



3.7 档案安全数据可视化管理

3D 数字孪生安全可视化平台采用数字孪生技术将实体档案库房进行仿真建模，通过各种传感器、物联网设备等采集库房运行的实时数据并同步在平台系统进行虚拟展示，将库房电气设备的运行数据完美的结合起来，平台系统通过传感器采集库房设备的电气运行数据，对数据进行智能化分析，提前发布设备报警信息以及库房安全警告，保障库房档案存储安全和库房设备运行安全。



4. 应用前景

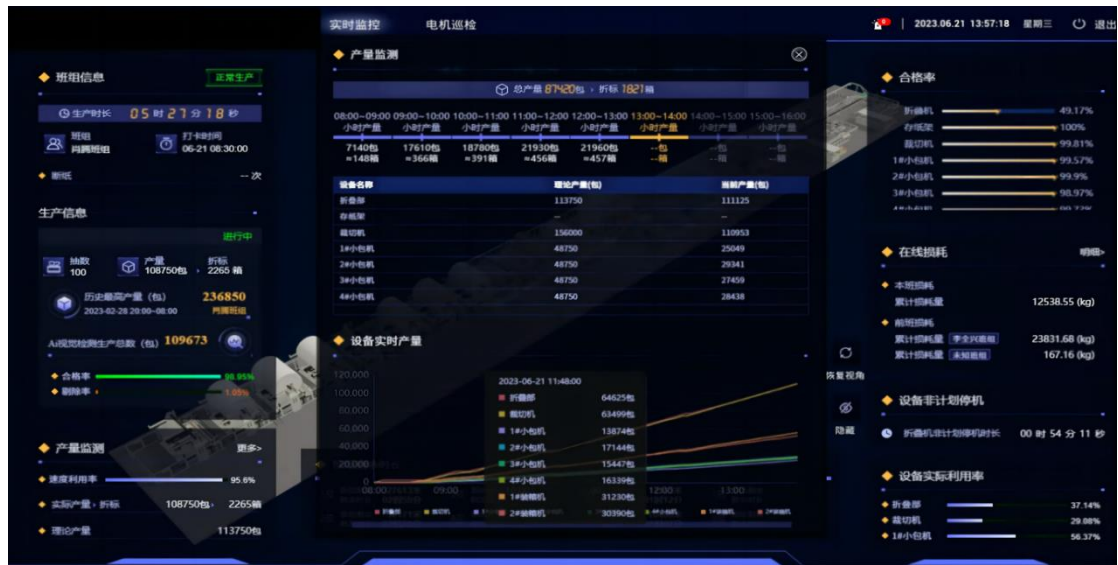
该方案相关产品已经成功应用到中国三峡集团有限公司成大中心档案馆、四川中烟工业有限责任公司什邡卷烟厂、中国烟草总公司广东省公司、广东烟草佛山市有限责任公司等项目，实现了档案库房的智能化管理，不仅显著提升了档案存取效率与安全性，有效延长了档案寿命，降低了运营成本。通过 3D 数字孪生技术的应用所构建的智能化档案库房模式，作为行业智能制造体系的重要组成部分，不仅提升了行业档案管理的智能化水平，还为行业档案管理带来了更高的效率，是驱动行业档案库房向数字化、智能化转型的有效途径。同样，该方案可广泛应用于党政机关、国家部委、金融银行、航空航天、公检法司、电力能源、科研院所、钢铁水利、文化教育等相关领域的智慧档案馆室，加快形成和发展新质生产力。

五、工业数字孪生在生活用纸行业中的应用

生活用纸主要包括卫生纸、面巾纸、餐巾纸等日常生活中所使用的纸制产品，属于轻工造纸业的重要子行业之一，其生产工艺可分为前段原纸生产以及后段纸制品加工。作为典型的传统高能耗生产型行业，生活用纸企业在运营管理中普遍存在原纸生产能耗成本过高、前后段设备运维管理难以及后加工产线利用率低等重点瓶颈问题，而普通的生产管理系统（MES）、仓储管理系统（WMS）仅可实现基础的数据采集和分析，无法真正帮助企业发现根因并提供优化决策能力。利用工业数字孪生技术，通过对生活用纸产线车间进行孪生建模还原，构建面向行业各类重点需求场景的仿真智能模型，可帮助企业在能耗成本优化、设备维护成本降低、和产线生产效率提升等方面实现价值赋能，典型应用场景包括：

面向原纸生产环节，构建制浆峰谷智能调度优化场景，节约企业生产能耗成本。原纸生产环节的制浆工段主要是为造纸工段提供足够的浆液原料，因此在制浆时碎浆机、磨浆机等高能耗设备存在间歇生产的可能性。基于产线制浆生产能力，结合企业工单生产需求，通过数字孪生技术，构建制浆峰谷调度智能模型，在满足造纸纸机生产的前提下，通过推荐最佳的碎浆机和磨浆机的开停机时间指导制浆生产，帮助企业最大化实现错峰用电，减少能耗用电成本。

面向后加工生产全流程工段，构建后加工产线产效协同优化场景，提升企业生产产能效率。后加工生产包括折叠、裁切、小包（中包）、装箱等多个离散型工段，由于产线各工段设备生产速率受人工现场配置及设备运行故障等因素影响，存在各工段间产能节拍不一致的情况。通过构建成品纸产线产效协同分析智能模型，对成品加工环节存纸架、存包架的存纸/包率，以及各工段生产设备的当前节拍速度进行实时监测，通过模型仿真计算全线最佳生产节拍，并提供优化调整决策意见，帮助生产人员及时调整节拍速率，确保产线各工段及设备生产协同一致，实现生产效率最优化。



面向后加工小包加工工序，构建小包机质量参数优化场景，提升产线小包生产质量。小包工序主要针对产品进行封包处理，由于小包设备参数设置及不同批次包装差异，造成每批次均存在一定数量的封包不良。通过对成品加工环节从包装到质检环节的全面动态在线监测，统计所有剔除产品产生的问题类型、数量以及强关联的设备运行参数，构建成品纸产线包装质量优化智能模型，为当批次小包机提供最优参数建议，辅助提升小包质量。



面向前后段主要生产设备，构建各类设备预测性维护模型，减少设备运维及故障成本。重点针对生产电机设备以及后加工折叠工序重点设备裁切机大圆刀，构建电机设备预测性维护以及大圆刀寿命预测智能模型，减少电机设备故障非计划性停机，以及裁切机在正常生产过程由于大圆刀问题导致的裁切质量

异常等问题，提前发现设备可能存在的异常风险，减少设备故障所导致的生产损失。



由浙江砖助智连科技有限责任公司所开发的造纸行业数字孪生产品，覆盖特种纸、生产用纸以及工业用纸等多个造纸细分行业，已在行业内十余家企业 30 余条线体应用。以国内生活用纸大型企业某达纸业为例，企业在两年内先后上线应用制浆峰谷调度优化、设备机理仿真培训、产线产效协同、立库运行监测、小包机设备 AI 质检优化和裁切机大圆刀寿命预测等多个数字孪生场景应用，在能源成本、人力投入、生产过程以及设备管理等方面折合累计为企业带来经济效益逾千万元。

六、计算所智能实践应用

为大力推进现代化生产体系建设，加快发展新质生产力，形成“高质量、低成本、绿色、敏捷”的制造能力。计算所近几年不断通过产线优化、信息化集成，在生产线局部开展智能实践。

一、 计算所智能制造应用难点

计算所生产模式具有多品种小批量、快速迭代、边研边产等典型特征，制造成熟度较低决定了计算所科研、批产共用一套生产资源的混线管理模式，生产过程跨多个部门，涉及生产工艺流程环节多、过程长、专业跨度大，更加剧了生产组织的复杂性。

二、 计算所智能制造实践应用

计算所近几年尝试在试验、检验环节开展智能实践，另外建设三防自动化产线和安全生产智能监管平台，取得一定成效，为后续智能制造提供经验。

（一）智能试验系统

智能试验系统整体构建思路是通过网络连接所有测试设备、温箱以及服务器，将试验环境和试验任务集中管控，试验数据集中管理和存储，最终能够从总控端集中控制试验、查看试验结果、测试设备全自动化试验的实现。同时采用以太网，为整个网络系统提供网络环境。

目前计算所环境实验室对现场的 48 台温箱进行全部联网和数据采集，可实现其中 44 台温箱的控制，初步实现了所有温箱的互联互通。

同时根据方案设计，对存量测试设备进行改造，试验开始前，系统可对测试设备下发试验任务和试验工艺；试验过程中，测试设备根据工艺要求，按照控制产品进行加电测试和下电操作，自动完成试验控制过程；试验完成后，测试设备将测试结果自动上传到服务器，方便后续的数据归档。此外，在实验室现场部署了大屏，对实验室整体的试验进度等信息进行展示，现场的值守人员可以随时清晰的获取到实验室的整体状况。

（二）智能质检系统

通过引入先进检验设备和检测技术，完成印制板检验和电装检验环节的智能质检实施工作，两个检验环节的所有检验工序实现自动化、数字化作业，印

制板外观缺陷检测、电装可视焊点检验场景实现智能化检验，检验技术能力获得实质

性提升，实现从人工目检到智能检验技术体系的转变。以 PCB 外观缺陷检测典型场景切入，建立起 AI 检验模型本地化训练公共能力，实现从设备/模型采购向能力建设转变。完成检验环节基于二维码的无纸化交互方案验证，实现从手抄笔录向无纸化交互转变。质检数据全过程精细化管理，实现从离散无序向透明可控转变。同时建立所有过程检验环节的自动化、数字化与智能化检验能力，全面记录检验过程和结论，充分积累检验数据资产，持续优化智能检验算法，常态化自查自纠，不断提升检验的过程质量。

（三）三防涂覆自动化建设

一是改造自动涂敷生产线：在单台涂敷机上加装在线轨道和自动在线感应措施，同时加装连接、检测、固化等相关设备。二是设计自动涂敷工装、换液管路：设计同轨道宽幅一致的载板、工装，调整生产线轨道至最大轨道的 80%，使装夹样件在线上的每台设备上宽度调整一致，实现多次重复运转。同时优化涂敷换液过程，通过在涂敷前端输液管路设计 2 路并行料液输送管路和设计内嵌套料罐，换液时直接换料灌，减少换液复杂度。此外设计重量感应装置，与设备报警装置连接，当料罐及其内部三防漆的重量低于感应装置设定值时，装置便会立即发出警报，及时提醒操作者加料。三是优化涂敷工艺参数和固化工艺参数。三防涂覆自动化建设项目属于航空电子组件涂覆工艺提升，该项目技术水平已达到国内领先。该涂覆技术现已攻破多项工艺技术难关，解决实际产品涂覆效率、质量问题，实现全过程密闭操作，玻璃隔离，降低人员职业危害接触等级。

（四）安全生产智能监管平台建设

以“三违”智能监管为切入点，累计投入 1000 余万元研发安全生产信息化智能监管平台，配置 106 个智能监测点和 60 个安全报警提示终端实现危险点及生产现场覆盖率达到 100%，开发部署 30 余种算法实现典型违章行为清单覆盖率达到 80%，平台识别违规行为准确率达到 90%。

通过采取强化培训教育、进入区域前安全提醒、违规实时报警、数据智能

统计、人工审核分析、通报整改等多种举措，生产现场“三违”治理成效显著，数据审核效率大幅度提升，违规数据呈现断崖式下降趋势，违规数据累计下降达 95%以上，初步形成规范作业的良好氛围，安全生产管理效能逐步提升。