



中央民族大学学士学位论文

Bachelor Thesis of Minzu University of China

我国人工智能技术发展及产业 应用趋势分析

姓 名： 王海林

学 号： 14037059 年 级： 2014 级

院 系： 理学院

专 业： 信息与计算科学

指导教师： 徐世英

2018 年 4 月 18 日

摘 要

随着人工智能技术的不断发展，其身影越来越多地出现在日常生活中。人工智能虽然起源于西方，但在中国得到了迅猛发展，中国正在创造着一个又一个奇迹，逐渐成为人工智能领域的领头羊。

目前，国外从整体上进行人工智能研究的文献十分丰富，但就中国人工智能研究来说，大多数研究者都是结合某一具体行业的应用进行研究，鲜少有总体性的研究。因此，本文从中国人工智能整体情况入手，深入研究了其发展脉络及产业的未来发展趋势，主要进行了以下工作：

首先，从人工智能的发展背景、历史、阶段、技术实现及其发展现状等方面入手，梳理了中国人工智能的整体发展情况；

其次，对目前在人工智能领域应用较为广泛的家居、医疗、金融、安防四个行业进行深入分析，分别得出了各行业的未来发展趋势；

然后，选取了中国人工智能行业十分具有代表性的公司（百度、小米、特斯联、旷视科技、科大讯飞），运用 SWOT 分析法分别从当前发展状况、代表产品以及商业发展模式等方面进行了详细分析；

最后，在行业应用领域和典型代表厂商的分析基础之上，进一步阐述了中国人工智能产业在未来的发展趋势以及需要注意的问题。

关键词： 人工智能；应用领域；SWOT 分析；发展趋势

Abstract

With the continuous development of artificial intelligence technology, more and more figures appear in daily life. Although artificial intelligence originated in the West, it has experienced rapid development in China. China is creating one miracle after another and has gradually become a leader in the artificial intelligence field.

At present, foreign literature on artificial intelligence research as a whole is very rich. However, as far as Chinese artificial intelligence research is concerned, most researchers are engaged in the research of specific industries and applications. There are few overall studies. Therefore, this paper starts from the overall situation of China's artificial intelligence, and deeply studies its development context and the future development trend of the industry. The following work is mainly carried out:

First of all, starting with the development background, history, stages, technology implementation and current development status of artificial intelligence, combing the overall development of artificial intelligence in China;

Secondly, in-depth analysis of the four industries of household, medical, financial, and security, which are currently widely applied in the field of artificial intelligence, has drawn the future development trends of various industries.

Then, selected the most representative companies in the artificial intelligence industry in China (Baidu, MI, Tslsmart, Megvii, and Iflytek) and applied the

SWOT analysis method from the current development status, representative products, and business development models. Conducted a detailed analysis;

Finally, based on the analysis of industry application fields and representative manufacturers, the future development trend of China's artificial intelligence industry and issues needing attention are further elaborated.

Key Words: Artificial Intelligence; Application Areas; SWOT Analysis;
Development Trends

目 录

前 言..... 1

一 人工智能概述..... 2

 (一) 人工智能概念的兴起..... 2

 (二) 人工智能发展历程分析..... 2

 (三) 人工智能发展阶段分析..... 3

二 人工智能技术实现..... 5

 (一) 人工智能技术图谱..... 5

 (二) 计算机视觉技术..... 5

 1. 计算机视觉定义..... 5

 2. 计算机视觉技术实现..... 6

 (三) 语音识别技术..... 7

 1. 语音识别定义..... 7

 2. 语音识别流程..... 7

 3. 语音识别实现核心技术..... 8

 (四) 自然语言理解技术..... 10

 1. 自然语言理解定义..... 10

 2. 自然语言理解技术实现..... 10

三 我国人工智能产业发展现状分析..... 13

 (一) 人工智能产业图谱..... 13

 (二) 国内人工智能产业链分析..... 14

 (三) 中国人工智能厂商投融资分析..... 14

 (四) 国内人工智能行业人才分析..... 16

 (五) 国内人工智能行业政策及环境分析..... 17

 1. 政策推动人工智能发展..... 17

 2. “中国制造”助力人工智能..... 18

 3. “互联网+”促进人工智能发展..... 18

 4. 消费升级和用户体验升级催化 AI 应用落地..... 18

四 中国人工智能技术主要应用领域分析..... 20

 (一) 人工智能+智能家居..... 20

 1. 智能家居领域人工智能应用分析..... 20

 2. “人工智能+智能家居”未来发展趋势..... 21

 (二) 人工智能+医疗..... 22

 1. 医疗领域人工智能应用分析..... 22

 2. “人工智能+医疗”未来发展趋势..... 24

 (三) 人工智能+金融..... 24

 1. 金融领域人工智能应用分析..... 24

 2. “人工智能+金融”未来发展趋势..... 24

 (四) 人工智能+安防..... 25

 1. 安防领域人工智能应用分析..... 25

 2. “人工智能+安防”未来发展趋势..... 26

五 中国人工智能典型厂商分析	28
(一) 中国人工智能代表公司—百度	28
1. 厂商介绍	28
2. SWOT 分析	28
3. 产品及商业模式分析	28
(二) 中国人工智能公司代表—小米	29
1. 厂商介绍	30
2. SWOT 分析	31
3. 产品及商业模式分析	31
(三) 中国人工智能公司代表—特斯联	32
1. 厂商介绍	32
2. SWOT 分析	32
3. 产品及商业模式分析	33
(四) 中国人工智能初创公司代表—旷视科技	34
1. 厂商介绍	34
2. SWOT 分析	35
3. 产品及商业模式分析	35
(五) 中国人工智能典型厂商代表—科大讯飞	37
1. 厂商介绍	37
2. SWOT 分析	37
3. 产品及商业模式分析	37
六 中国人工智能未来发展趋势	39
(一) 平台崛起, 技术、硬件、内容多方面资源进一步整合	39
(二) 人工智能技术继续向垂直行业下沉	39
(三) 厂商进入卡位战, 不断发掘新型商业模式	39
(四) 产学研相结合, 人才仍是抢夺重点	39
(五) 中国仍需加大在算力、算法、大数据领域的发展, 弥补技术弱势	40
(六) 伦理之争不止, AI 终将取代部分人工	40
参考文献	42
致 谢	45
外文文献翻译	46
外文文献原文	56

前 言

2017 年,人工智能在科技领域一路高歌猛进,其技术开始越来越多的应用到日常生活中的各个方面。AlphaGo ZERO 超越 AlphaGo,实现自主学习,iPhoneX 开启 Face ID,百度无人驾驶自动汽车上路,阿里、小米相继推出智能音箱,肯德基上线人脸支付.....这些背后无一不是人工智能技术的巨大驱动。

随着普通消费者对人工智能的广泛关注,人工智能领域的众多公司正借助势头迅速发展。谷歌、微软、苹果、IBM、英特尔等全球巨头加大研发力度,并通过收购、兼并等方式进一步领跑全球人工智能市场;百度、阿里巴巴、腾讯等公司纷纷从自身优势入手,通过建立实验室、布局生态链等形式入局人工智能领域;科大讯飞、思必驰、旷视科技 Face++ 等企业集中研究技术;特斯联、小米等公司搭建平台,推动 AI+IoT 的发展。

中国在人工智能的道路上逐步实现弯道超车,成为世界人工智能行业的引领者。因而,对人工智能行业进行深入研究就显得十分必要。但是国内大多数研究者都是从实用性角度入手研究人工智能在具体领域的应用,鲜少有研究者从总体性角度入手去研究人工智能。本文以中国人工智能整体情况为切入点,先后对中国人工智能的发展背景、历史、现状、环境进行了探讨,在此基础上,进一步详细分析了中国人工智能产业应用领域以及未来的发展方向,并且选取了中国人工智能领域最具代表性的企业,深入分析了它们的发展状况、机遇挑战以及商业模式,进而得出未来的发展趋势,最终总结得出中国人工智能未来的发展情况及其产业应用趋势。本文有助于了解中国人工智能发展的总体情况,对人工智能行业的发展具有一定的参考意义。

随着算法、计算能力和大数据技术的不断发展和完善,人工智能逐渐从神话科幻进入人们的日常生活当中,已经开始影响金融、安防、医疗、家电等一系列传统行业,并且不断提升各种场景下的智能化水平。现阶段的智能化水平仍处于相对“低智能”阶段,作为里程碑式的语音识别准确率达到 97% 也仅仅是在相对安静和清晰的实验室说话环境中才能实现。因此,我们离人工智能广泛应用于日常生活场景当中还有很大的差距,人工智能仍有巨大的发展空间。

一 人工智能概述

(一) 人工智能概念的兴起

在上世纪五十年代中期,人工智能学科伴随着计算机的不断发展而萌芽,人们开始对人工智能进行研究。1956 年夏天,麦卡锡(McCarthy)、罗切斯特(Lochester)、香农(Shannon)和闵斯基(Minsky)一起发起达特茅斯(Dartmouth)会议,在会议上,麦卡锡首次提出“人工智能”这一概念,标志着人工智能这门新学科的开端,具有十分重要的意义,这也是人工智能学科的一个里程碑事件^[1]。

人工智能(Artificial Intelligence, AI)是计算机科学的一个分支,是一门跨领域的综合性学科。由于很难给人工智能下一个准确的定义,所以目前并没有统一的定义。大家比较认可的定义是:人工智能是研究怎样让计算机完成需要人类智力才能完成的工作,也即是研究如何运用计算机软硬件模拟人类某些行为的相关理论和技术,包括计算机视觉、语音语义识别、机器学习等^{[2][3]}。

一般来说,人工智能按照广度可以分为狭义和广义人工智能。美国斯坦福大学尼尔逊(Nilsson)教授认为,狭义人工智能是研究知识的科学,也即是研究知识获取、知识表示和知识使用的科学^[4]。广义人工智能是指创造出一种可以像人类一样思考的机器,它不仅是科幻电影中最喜爱的主题,也是科学极客的终极梦想,更是不切实际、异想天开的技术代名词。

(二) 人工智能发展历程分析

从诞生到现在这60多年,人工智能的发展并不平坦,一直起起落落。它经历了黄金时期、第一低谷期、第二次繁荣期、第二次低谷期和现在的第三次浪潮^[5]。

最初的研究成果是上世纪30年代末到50年代初的一系列科学进展的综合产物。

1943 年,沃伦 麦卡洛克和瓦尔特 皮茨第一次提出“拟脑机器”(mindlike machine),这也是世界上神经网络模型的雏形^[6]。

1956 年召开的达特茅斯会议是人工智能萌芽的标志,人工智能的概念在会议上被正式确立,讨论的主要议题为:自动计算机、神经网络、编程语言、自我改造(即机器学习)、计算规模理论、抽象、随机性与创造性,由此掀开了人工智能领域各个研究方向波澜壮阔的历史画卷^[7]。

在达特茅斯会议之后的数十年中,人工智能迎来了第一次繁荣发展时期。

1957 年, Frank Rosenblatt 提出“感知器”(Perceptron),这是世界上第一个使用算法精准描述的神经网络^[8]。

在1959年,图灵提出了著名的图灵测试^[9]:如果计算机能在5分钟内回答一系列的测试问题,同时,超过30%的回答结果使得测试者无法区分是否为人类所回答,那么则称被测试的计算机具有智能。

从1974年到1980年,那时的单层神经网络无法解决不可线性分割问题、计算机能力不足以及传感器数据的缺乏等诸多问题限制了感知器的进一步发展,由于这些问题在当时无法得到很好的解决,感知器的发展几乎停滞,基于神经网络的人工智能研究开始由此步入低潮。

20世纪80年代,“专家系统”开始由理论研究转为实际应用,人工智能由此进入第二次繁荣^[10]。

1980年,卡内基·梅隆大学为DEC公司设计了一款名为XCON的专家系统,并取得了巨大的成功^[11]。在当时,它每年可为该公司节省高达四千万美元左右的费用。然而,像XCON这样的最初获得巨大成功的专家系统的有用性局限于某些具体场景、难以升级和高维护成本,从而导致第二波浪潮迅速由热转冷。

互联网兴起产生的海量数据以及摩尔定律所带来的计算能力的快速增长,推动了深度学习在人工智能领域的广泛传播,进一步促进了计算机视觉、语音识别和图像识别技术地迅速发展及其产业规模化。

1993年至今,人工智能快速发展。1994年,美国科学家乔纳森·斯卡费尔研究的人工智能程序Chinook第一次赢得世界跳棋冠军。1997年,“深蓝”击败国际象棋世界冠军加里·卡斯帕罗夫。2006年,Geoffrey Hinton提出了“深度学习”神经网络概念。2011年,IBM地沃森参加“Jeopardy!”节目,最终击败了人类选手。2016年3月,AlphaGo以4:1战胜世界顶级选手李世石九段,人类在围棋领域的不败神话被人工智能打破。2017年5月,AlphaGo再次以3:0击败世界第一的围棋大师柯杰九段,进一步激发了人们对人工智能的思考。

(三) 人工智能发展阶段分析

人工智能的最终目的是能够胜任通常需要人类智能才能完成的复杂工作,以便帮助人们以更加有效的方式思考和做出正确地决策。

按照人工智能的“智能”程度,人工智能分为三个主要发展阶段:狭义智能,广义智能和超级智能^[12]。狭义智能包括计算智能和感知智能两个子阶段。计算智能是指机器开始具有计算和传输信息的能力,感知智能是指机器开始具有“眼睛”和“耳朵”,即具备识别图像和识别语音的能力。广义智能是指机器开始具有认知能力,可以像人类一样思考,

并且在获取信息后主动采取行动。在这个阶段，机器可以全面辅助或取代人类的工作^[13]。最后，机器将发展到超级智能阶段，此时的机器已经完成了对人类现有工作的替代，甚至可能在多个领域超过人类。在现阶段，图像和语音识别的水平表明人类已经基本实现了狭义智能，正在向广义智能阶段迈进^[14]。

另一种发展阶段按照技术演进路线的方法可划分为：计算智能，感知智能以及认知智能^[15]。计算智能，是指机器具有快速计算以及强大的记忆能力，从海量数据中进行深度学习与积累，从过去的经验中获得解决方法并将其应用于当前的环境中。大多数人工智能技术现在都处于计算智能阶段，包括 Google AlphaGo 使用增强学习技术击败世界围棋冠军。感知智能，是指机器能说会听、能看会认，并且具有视觉、听觉、触觉等感知能力，可以将前端非结构化数据进行结构化，并以人类的沟通方式与用户进行互动^[16]。例如，苹果开发的 Siri，Google 的无人驾驶汽车通过各种传感器处理周围环境，以便有效避开障碍物迅速应对道路交通情况。认知智能，是指机器可以在计算、感知和认知的情况下做出决策，也即是“能理解，会思考”，以多种方式推理和预测结果，这也是人工智能领域正在研究的目标。

美国未来学家雷 库兹韦尔谈到：“大概在2045 年，人工智能可能会到达一个‘奇点’，如果超过临界点，人工智能将超越人类的智慧，到那时，人们必须重新审视自身和机器的关系。”^[17] 现阶段，人工智能在许多情况下取代了人力资源，增强了人类的听觉和视觉感知，发展了人类智能数字化，并进一步扩展了其能力。例如，传统计算机视觉已经取代了传统的安全检查、医疗判断程序已经成为专业医务人员专业知识的强化。人工智能究竟是人类智能的增强还是人类智能的替代，还有待进一步思考。

二 人工智能技术实现

（一）人工智能技术图谱

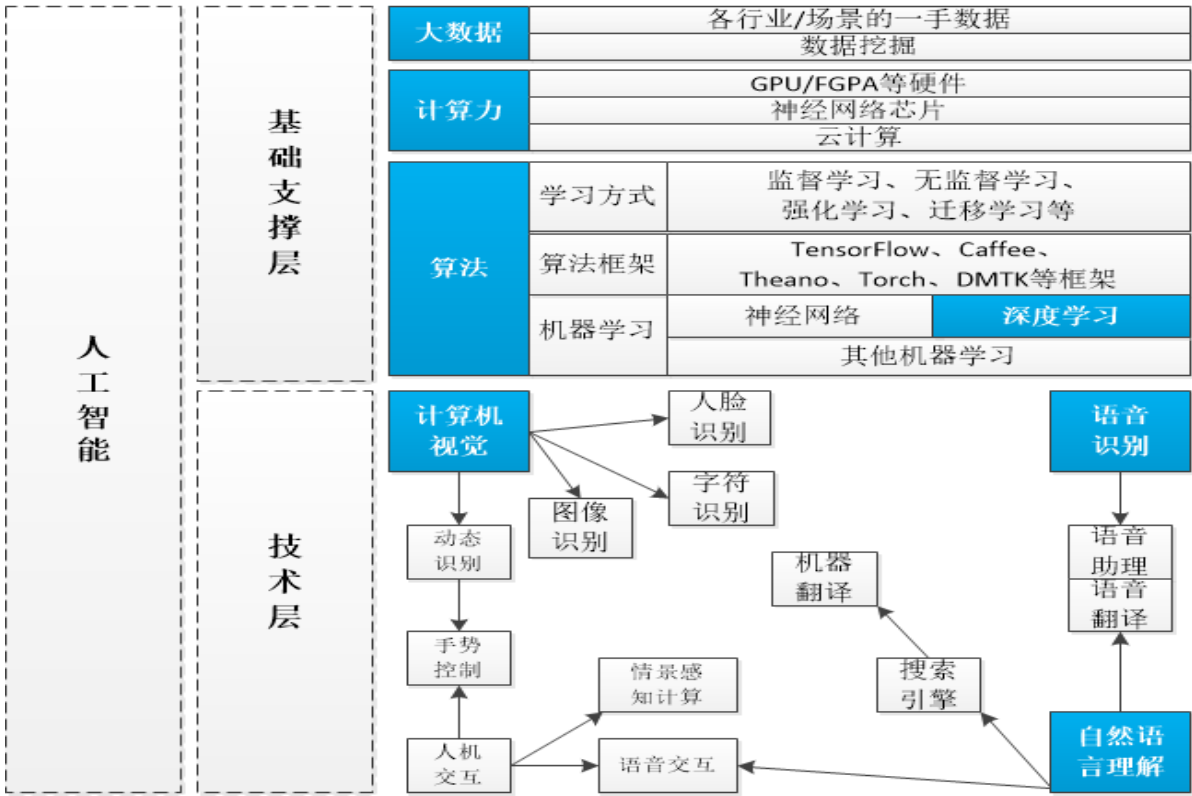


图 2-1 人工智能技术图谱

从上图可以看出，人工智能按照技术主要可分为三大部分：计算机视觉（Computer Vision）、语音识别（Automatic Speech Recognition）、自然语言理解（Natural Language Understanding），下面分别对其分析。

（二）计算机视觉技术

1.计算机视觉定义

科普中国给计算机视觉的定义是：这是一门研究怎样让机器“看”的科学，是以图像或视频为输入，以对环境的表达和理解为目标，研究图像信息组织、物体和场景识别、再对事件做出解释的学科^{[18][19]}。更进一步地说，它使用传感器而不是人眼去获取物体的图像，然后转换成数字图像，并使用计算机模拟人类判断标准以便理解和识别图像，进而

分析图像并得出结论。计算机视觉技术使用摄像机模拟人的眼睛、使用计算机模拟大脑、使用计算机程序和算法来模拟人们对事物的理解并对其进行思考，进而替代人类完成工作。

2.计算机视觉技术实现

1) 计算机视觉技术实现总览

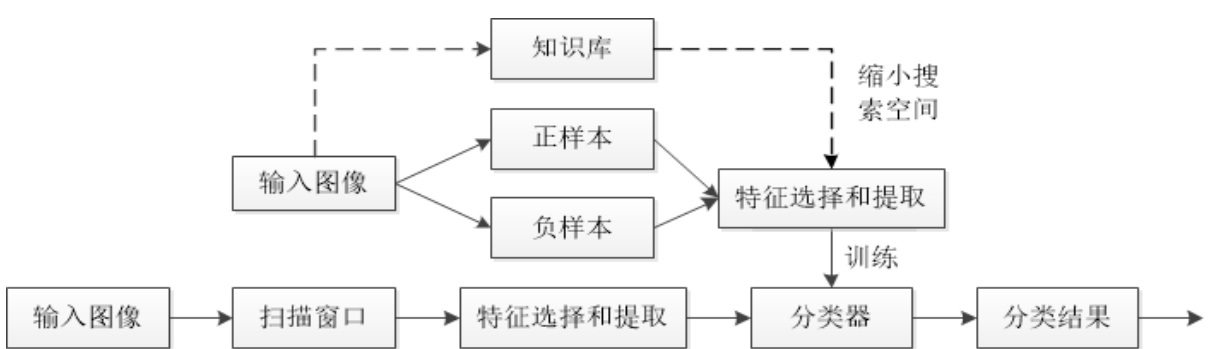


图2-2 计算机识别技术实现流程图

计算机识别流程分为两条路线：训练模型和识别图像。

训练模型：样本数据包括正样本（包含待测样本）和负样本（不包括目标的样本），视觉系统使用算法从原始样本中选择和提取特征来训练分类器（模型）；此外，为了缩短训练过程，人们通常会加入知识库（提前告诉计算机某些规则）或引入限制来缩小搜索空间。

识别图像：首先对图像进行信号变换和降噪等预处理，然后通过分类器检测输入图像。

2) 计算机视觉核心技术具体实现

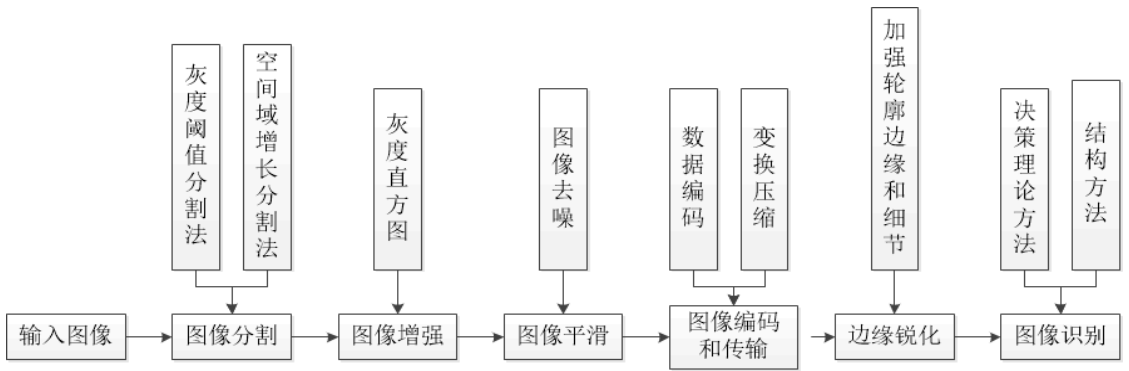


图2-3 计算机视觉核心技术流程图

计算机视觉信息处理技术主要依赖图像处理方法。经过处理后，输出图像的质量有了很大程度的提高，不仅提高了图像的视觉效果，而且便于计算机对图像进行分析、处理和

识别。

一般需要经过的步骤如图2-3所示。图像分割是将图像分割成几部分，其本质是对图像的像素进行分类。目前，图像分割方法主要有两种：一种是基于度量空间的灰度阈值分割，另一种是基于空间的增长区域分割。图像增强是指通过调整对比度从而突出图像的重要细节，以提高视觉质量。灰度直方图修正技术是图像增强中最常用的一种方法，灰度直方图是表示图像灰度分布的统计特征图，它与对比度紧密相关。图像平滑又称为图像去噪，主要是去除图像失真、提取有用信息和去除实际成像过程中的噪声。数字图像中的数据量非常大，这就意味着传输的难度加大。因而，在传输前必须对图像数据重新编码以达到压缩的效果，否则将加大处理的难度和资金的投入。边缘锐化的目的是使图像的轮廓边缘和相关细节更加突出，进而形成有助于中后期处理的完整边界，也是中后期视觉识别成功与否的关键所在。图像识别过程是在前面部分的基础上利用算法识别图像中已经分割好的各个物体，并且给这些物体添加特殊的标记。

（三）语音识别技术

1.语音识别定义

语音识别是通过信号处理和识别技术，自动识别和理解人类的语言，然后将语音信号转换成相应文字的技术，其目的是让机器能够“听懂”人类的语音，它是一个典型的跨学科任务，涉及模式识别、信号处理、物理声学、生理学、心理学、计算机科学和语言学等其他学科^[20]。

2.语音识别流程

在整个语音识别流程中，主要有以下几个步骤：对获取的语音信号预处理；计算语音的声学参数；提取特征参数；根据提取的特征参数进行语音识别^[21]。

实际上，语音识别是模式识别中比较特别的一类，其基本结构如下图所示。

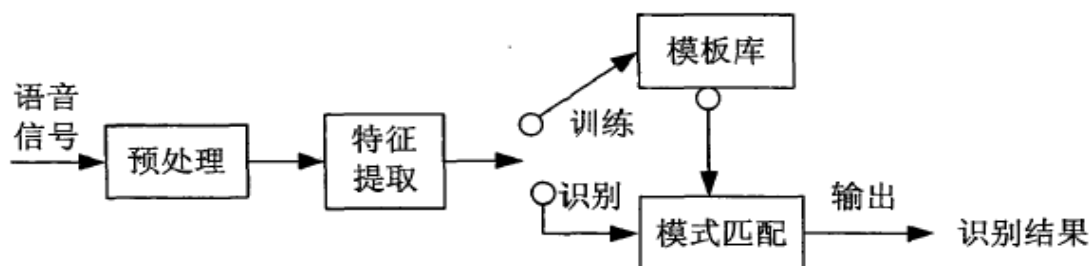


图2-4 语音识别系统框图

首先经过预处理，在这个过程中，如果噪声十分突出，那么语音信号还需要经过降噪处理；经预处理后的语音数据就可以用于提取识别特征参数，特征参数提取是提取反映信号特征的关键信息，以减少后续处理过程中的维数和计算量，这相当于是一种信息压缩；最后进行语音训练和识别。常用的特征参数包括平均能量、过零率、频谱、倒谱、线性预测系数、偏自相关系数等

3.语音识别实现核心技术

目前，在语音识别领域，主要的算法包括动态时间规整（DTW）方法、隐马尔科夫模型（HMM）方法、人工神经网络（ANN）方法以及混合型识别法^[22]。下面对几种方法分别介绍：

1) 动态时间规整(DTW)技术

DTW是一种结合时间调整和距离测量的非线性正则化技术，其思想是非均匀移动和弯曲处理语音信号，直到其特征参数与参考模板对齐，并连续计算匹配路径与它们之间的最小距离矢量，从而得到两矢量匹配中累积距离最小的规整函数。

假定参考模板 R 有 M 帧矢量 $R(1), R(2), \dots, R(m), \dots, R(M)$ ， $R(m)$ 为第 m 帧语音特征矢量，并且测试模板 T 具有 N 帧矢量 $T(1), T(2), \dots, T(n), \dots, T(N)$ ， $T(n)$ 是第 n 帧语音特征矢量^[23]。 $d[T(n), R(m)]$ 表示 T 中第 n 帧特征与 R 中第 m 帧特征之间的距离，通常用欧氏距离表示。DTW 算法的目的是寻找一个最佳时间规整函数 $\varphi(i_n)$ 使得测量的特征模板非线性地映射到参考模板 R 上，并且使得累计失真度 D 最小，即满足：

$$D = \min_{\varphi(i_n)} \sum_{i_n=1}^N d(T(n), R(\varphi(i_n)))$$

DTW 算法求最小失真如图 2-5 所示。

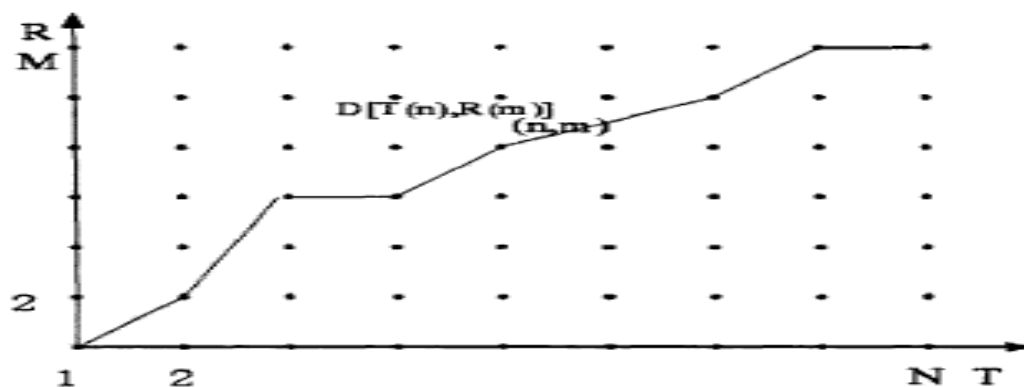


图 2-5 DTW 算法计算最小失真

由于DTW算法通过连续计算两个矢量之间的距离来找到最佳的匹配路径，因此得到的是两个矢量匹配的最小累积距离所对应的规整函数，确保两个矢量之间的最大声学相似性,该方法仍然是连续语音识别的主流方法.

2) 隐马尔可夫模型(HMM)技术

作为一种语音信号的统计模型，HMM在语音处理的各个领域得到了广泛的应用^[24]。HMM由两个随机过程组成：一个是状态转移序列，它对应于一个简单的马尔科夫过程；另一个是每次转移时输出的符号组成的符号序列。在HMM中，相邻符号之间是不相关的。这两个随机过程中的一个是观察不到的，只能通过另一个随机过程的输出观测序列观测。

假设状态转移序列为 $S = S_1 S_2 \dots S_T$, 输出的符号序列为 $O = O_1 O_2 \dots O_T$, 则在简单马尔科夫过程和相邻符号不相关的假设下 (即 S_{i-1} 和 S_i 之间转移时的输出观察值 O_i 和其他转移之间是无关的), 有下面的等式成立:

$$P(S) = \prod_i P(S_i | S_1^{i-1}) = \prod_i P(S_i | S_{i-1})$$

$$P(0|S) = \prod_i P(O_i|S_1^i) = \prod_i P(O_i|S_{i-1}, S_i)$$

对于HMM模型，把所有可能的状态转移序列都考虑进去，则有：

$$P(\theta) = \sum_S P(\theta|S)P(S) = \sum_S \prod_i P(S_i|S_{i-1})P(\theta_i|S_{i-1}, S_i)$$

由上式就能计算出输出符号序列的输出概率。

在 HMM 模型中，有三个亟待解决的问题：（1）识别问题，（2）找出对应于给

定观测字符序列的最优状态序列，（3）模型训练问题。相应的解决方法主要包括前向-后向算法、维特比算法和Baum-Welch 算法^[25]。

3) 人工神经网络(ANN)技术

人工神经网络是一种分布式并行处理结构的网络模型，在20世纪80年代应用于语音识别领域。基于人工神经网络的语音识别系统一般由神经元，训练算法和网络结构三部分构成^[26]。ANN 利用人脑神经元结构和连接机制，并通过大量简单的处理单元进行广泛连接，进而形成较为复杂的信息处理网络。这种网络具有与人类大脑相似的学习和记忆能力、知识总结和联想推理能力。虽然基于人工神经网络的语音识别系统具有很大的发展空间，但也存在一些缺点，如训练时间长、动态规律性差和实现过程较复杂等，并且不一定比基于统计模型的语音识别识别率高，因此该算法仍处于实验研究阶段。

4) 混合型识别技术

由于汉语语音的特殊性和复杂性以及语音信号的随机性，基于单一语音识别技术的语音识别率往往不是很高。为了提高语音识别率，通常采用的方法是结合不同的识别技术进而形成混合语音识别系统^[27]。

（四）自然语言理解技术

1.自然语言理解定义

自然语言理解是研究人与人之间交际中的语言问题以及人与计算机之间沟通的学科，它能理解口语或书面语^[28]。

自然语言理解也被称为自然语言处理或计算语言学。语言是知识的载体，承载着大量信息，而且是高度抽象的。对语言的理解属于认知层面，不能单纯依靠模式匹配完成。它涵盖了广泛的领域，包括分词、词性标注、句法分析、文本分类、聚类、信息提取等多个领域^[29]。

2.自然语言理解技术实现

从技术上来说，自然语言理解技术实现主要有五个部分：词典构造、词法分析、句法分析、语义分析、文本分析。

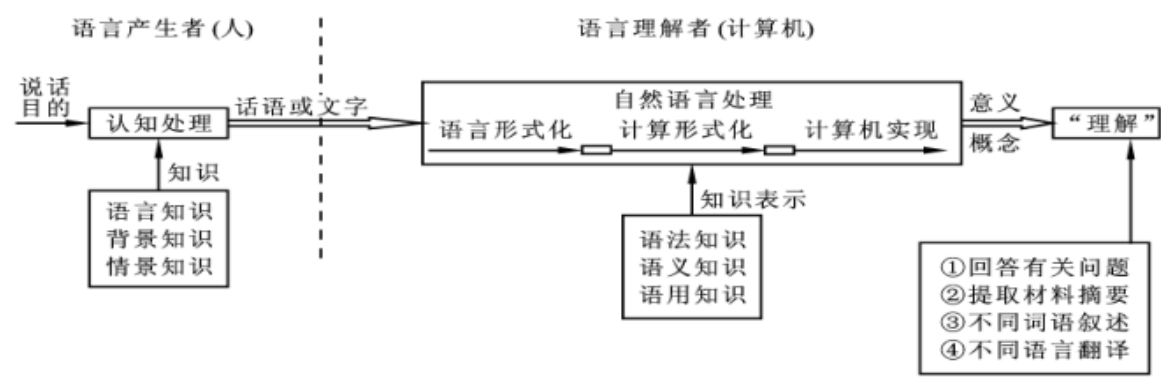


图2-6 自然语言理解基本模型图

1) 词典构造

语言词典是基于人类心理词典构造出来的，也是适用于计算机分析和“理解”地词汇知识库。自然语言理解系统平台的基础和关键是尽可能多地获得相关的语法信息、语义信息和语用信息。正如冯志伟先生所说：“机器词典是机器翻译的基础，没有一部好的机器词典，机器翻译就等于无米之炊，是根本无法进行的。”^[30]

2) 词法分析

词法分析是指对句子进行表面的形式化分析，然后再分割，并且为每个分割词添加词性标记，也即是自动分词和词性标注。自动分词是将输入“字符串”拆分为“词串”，它的主要目的时找出词汇中的各个词素，以便从中获得语言学信息^[31]。

3) 句法分析

句法分析是对句子和短语进行深层次结构分析。句法分析是自然语言理解过程中极其重要的一个环节，所以人们对于它的研究也是极其集中的。它的目的是找出词、短语等的相互关系以及它们在句子中的作用等^[32]。

4) 语义分析

语义分析是对整个句子语句含义的分析，即使句子的结构相同，它的意思却可能是不同的。语义分析的作用主要在于：弄清句子语义结构；全句的语义组合和表达；说明句子中词语搭配的语义约束^[33]。

5) 文本分析

文本分析，又称篇章分析和文本理解,是自然语言理解研究的一个重要组成部分^[34]。文本分析在自然语言理解中处于较高层面,它主要是研究句子之间的关系以及整个文本中包含的知识，一般来说,文本知识要远远大于构成文本的各句子知识的总和，并且自然语言理解研究的最终目的是让计算机理解相对完整的文本,而不单单是孤立的句子。所以,文本分析的研究是不可或缺的,并且具有极大的应用价值。

目前自然语言理解领域最为典型的两种应用是搜索引擎和机器翻译，在某些情况下，搜索引擎理解人类的自然语言，从自然语言中提取出关键内容并将其用于检索，最终达到搜索引擎和自然语言用户之间的良好衔接，可以在两者之间建立起更高效和更深入的信息传递。

实际上，搜索引擎和机器翻译是一体的，互联网和移动互联网地发展在丰富语料库的同时，也从根本上改变了原有的发展模式。它们除了将线下的信息（原有数据）在线化以外，还衍生出新的UGC模式：知识共享数据，如维基百科、百度百科等都是人工校准条目，噪声较低；社交数据，如微博和微信等，展示用户的个性化、主观化、及时性，可用于个性化推荐、情感倾向分析以及热点舆情的检测与跟踪等；社区以及论坛数据，像比如知乎和果壳等为搜索引擎提供了问答知识、问答资源等数据源。

三 我国人工智能产业发展现状分析

(一) 人工智能产业图谱



图 3-1 人工智能产业生态图谱

人工智能涉及的行业比较广泛，包括基础层、技术层和应用层，涵盖了许多不同的技术和应用场景。目前，国内人工智能领域产业结构还不成熟，上中下游都有较大的发展空间^[35]。

在核心基础层中，中国人工智能产业依然大量依赖国外市场，芯片、算法等核心技术掌握在国外厂商手中，但国内行业在看到市场中的不足后，北京中科寒武纪科技、地

平线机器人、图灵机器人等企业积极进军基础层，有望实现弯道超车。

在技术层中，大量创业公司深耕垂直细分领域，现阶段主要技术是机器学习、语音识别、自然语音处理和计算机视觉，创业公司与科技巨头一起努力推动技术升级，进而拓展人工智能行业应用场景^[36]。

在应用层中，涉及多个行业 and 多个场景，包括智能驾驶、智能家居、智能医疗等，人工智能技术将与传统行业结合，影响行业变革。

（二）国内人工智能产业链分析

互联网和科技巨头是人工智能产业发展最重要的力量，它们在数据、技术、资本等方面拥有重大优势，并结合自主研发和兼并收购，在AI领域进行全面和跨层次的布局，引领人工智能行业的发展。其中，Google、百度等具有综合数据优势的互联网公司全面布局人工智能产业；Facebook、苹果、亚马逊、阿里巴巴、腾讯等基于场景的互联网企业将人工智能与自身业务相结合，并不断产品功能和用户体验；IBM、微软等传统科技巨头企业为企业级用户建立了智能平台系统；Intel、NVIDIA 等硬件巨头企业拥有强大的行业壁垒，并积极布局产业链下游。

人工智能产业链可分为基础层、技术层、应用层。其中，基础层包括芯片、大数据、算法系统、网络等多项基础设施，为人工智能产业奠定网络、算法、硬件铺设、数据获取等基础，像NVIDIA等上游厂商正大力发展相关技术，从而入局人工智能产业并建立开源平台。更受用户熟知的是人工智能技术层，包括目前正在迅速发展的计算机视觉、语音语义识别、机器学习等，大多数人工智能技术公司以某一或多个技术细分领域为深耕技术实力切入点。然而，最终人工智能技术能否落地并产生巨大的商业效益，还需要应用层中多场景应用发力。目前，人工智能技术已经应用到多个场景中，覆盖多个行业，涵盖金融、安防、智能家居、医疗、机器人、智能驾驶、新零售等诸多行业^[37]。

在人工智能产业链中，基础层由巨头把控，占据着先发优势；技术层的竞争异常激烈，头部制造商之间的技术差别逐渐缩小，没有技术优势的企业逐渐被淘汰；在应用层，市场空间巨大，参与企业众多，它们通过整合技术、软件等资源，发展垂直应用，解决行业痛点，实现场景落地。其中以 Google、亚马逊、微软、百度为代表的科技巨头在上中下游产业链中都有所布局，它们利用本身的数据、技术、人才和资本优势，并且通过收购、投资、自主研发等形式实现全面和跨层次布局，这些巨头的入局将进一步盘活市场资源，打通行业壁垒，试验新的商业模式，从而推动整个行业的发展。

（三）中国人工智能厂商投融资分析



图 3-2 中国人工智能领域投融资事件分析

注：上图数据来源于《清科观察:中国人工智能行业投融资发展研究报告》

随着科技的飞速发展，人工智能领域投融资热度正在迅速上升，资本市场对人工智能的商业化前景持乐观态度，自 2015 年以来，人工智能产业的投融资进入快速发展阶段，据不完全统计，2017年 1-11 月，人工智能领域的相关投融资次数大约是 279 次^[38]。单次投融资规模过亿的事件比比皆是，例如 2017 年 10 月，旷视科技宣布完成 4.6 亿美元的 C 轮融资，成为目前全球人工智能领域单轮融资规模最高的公司，也成为全球融资额最高的人工智能独角兽企业^[39]。这种大规模投融资和高频率也从侧面反映出资本市场对人工智能行业发展前景的认可。

目前，机器学习、图像识别、智能机器人已成为最受产业资本青睐的三个细分领域，它们处于融资总量和企业融资平均金额的前列，而且这三个领域的公司成立时间短，技术成熟度不够高，在未来几年仍有巨大的发展空间，资本也将获得更大的投资回报。

虽然人工智能技术最早是从国外发展起来，但在互联网特别是国内移动互联网的发展推动下，中国与西方在人工智能领域的差距越来越小，甚至于中国新四大发明中的移动支付、共享单车等技术处于世界领先地位，中国将在现有成果的基础上继续大力发展人工智能。据腾讯研究院报告，美国人工智能企业的发展早于中国 5 年。美国最早从 1991 年萌芽；1998 进入发展期；2005 后开始高速成长期；2013 后发展趋稳。中国 AI

企业诞生于 1996 年，2003 年产业进入发展期；2015 年达到峰值后进入平稳期，中国在人工智能领域将会继续追赶发达国家^[40]。

（四）国内人工智能行业人才分析

人工智能产业正处于高速发展时期，行业巨头相继成立了人工智能实验室，包括腾讯的 AILAB、百度深度学习实验室（IDL）和阿里的人工智能实验室等，同时，垂直领域的公司也正在蓬勃发展，出门问问、旷视科技 face++、商汤科技、蓦然认知等企业纷纷成立。在市场的快速发展下，出现了巨大的人才缺口，人工智能技术具有较高的专业门槛，具有核心研发能力的行业领导者成为厂商追捧的重点。

领英全球人工智能人才报告显示，人工智能职位的数量从 2014 年的 5 万人跃升至 2016 年的 44 万，增长了近 8 倍。截止到 2017 年第一季度，全世界人工智能领域的专业技术人员总量超过 190 万人^[41]。其中，美国人工智能领域专业技术人才总数超过 85 万，位列第一。中国人工智能领域专业技术人才总数超过 5 万，排在第 7 位。目前，对人才最为旺盛的需求是人工智能基础层，特别是在算法、机器学习和智能芯片方面。科大讯飞总裁曾提到，目前中国人工智能技术人才缺口达到 100 万。

拉勾网数据显示，截至 2017 年 7 月底，拉勾平台上有关人工智能的工作岗位发布数量比 2016 年同期增长 25.8%，比 2015 年同期增长近 2.7 倍。从供给和需求的角度来看，在 2016 年，人工智能领域岗位与求职人数的比例比率为 0.39，2017 年职位与求职者数量的比例为 0.77。目前，人工智能领域存在的主要问题是人才培养速度远远落后于行业发展速度，由此造成了人才的巨大缺口。根据麦肯锡《中国人工智能的未来之路》报告，“在中国，只有约 30 所大学研究实验室专注人工智能，因此人才的产出远远低于人工智能企业对人才的需求，导致供应不足。此外，大多数中国的人工智能科学家都集中在计算机视觉和语音识别领域，导致其他领域人才相对短缺。”^[42]

从脉脉《中国人工智能人才分布简图》报告中可以看出，中国人工智能人才主要集中在哈尔滨工业大学、北京邮电大学、中国科学院等高校中，以硕士学历为主，其次是本科、博士；在地域上主要集中于北京、杭州、上海、深圳等一线城市；从 AI 人才工作年限来看，工作时间在 3 年以内的人才占比超过 5 年，达到 51.99%，3-5 年占比为 28.25%，5-10 年占比为 16.95%，10 年以上占比仅为 2.26%，反映出该行业发展正处于初级阶段，资深专家型人才缺口较大，且人才分布具有地域集中的特点。据脉脉数据研究院的数据显示，具体到 AI 行业的细分岗位的人才储备，百度在机器学习、数据挖掘、大数据架构和深度学习方面处于领先地位，吸引了大量人才。在语音识别领域，科

大讯飞领跑，紧随其后的是百度和搜狗。在算法领域，阿里巴巴遥遥领先，其次是百度。从数据的角度来看，在算法领域，由于各家公司的发展起步都比较早，竞争较为均衡。

顶尖的 AI 人才基本上已经被巨头招入麾下，在花重金招揽专家的同时，巨头和创业公司纷纷采取定向培养的方式提前获取人才，包括与高校及科研机构合作的方式，建立联合实验室和研发中心，成立研究团队，掌握高校人才，这种合作模式能够保证稳定的人才队伍，同时利用高校科研的成果，迅速将研发成果商业化，从而形成系统的产学研体系。

（五）国内人工智能行业政策及环境分析

1.政策推动人工智能发展

人工智能的发展离不开政策支持，除了中国人工智能技术驱动的浪潮之外，也有赖于中国政府的积极推动。中国从国家政策角度先后出台了一系列推动国内人工智能产业发展的制度^[43]。

2015 年是机器人行业的元年，习近平主席提出工业 4.0 机器人革命，国务院发布《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》，提出将人工智能列为“互联网+”推进的11 个重要领域之一。

2016年，相继发布《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要（草案）》和《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》，提出重点关注新兴领域人工智能技术的突破，最终“形成千亿级别的人工智能市场应用规模”。

2017年3月，人工智能被写入《政府工作报告》，正式进入国家战略层面。

2017年7月，国务院发布了《新一代人工智能发展规划》，提出了“三步走”战略目标，宣布2030年我国人工智能产业竞争力达到世界领先水平。

2017年十月十九大召开，习近平主席再次提出加快建设制造业强国，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。

2018年3月，人工智能再次被写入国务院的《政府工作报告》，政府工作报告中提出，加强新一代人工智能在医疗、教育、养老、文化、体育等领域的应用，推进互联网+，促进智能产业发展，发展智能生活。

可以看出，自2015年以来，人工智能政策密集出台，在全球竞争的背景下，人工智能已经上升为国家意志。

2. “中国制造”助力人工智能

智能制造主要是指基于物联网、大数据和云计算的新一代信息技术，它贯穿于制造活动的各个方面，如设计，生产、管理和服务等环节。它是具有信息自我认知、智能优化自我决策、精确控制自我执行等功能的先进制造工艺、系统和功能等模型的总称^[44]。人工智能被称为第四次工业革命，驱动传统制造业更加趋向智能化。在国际金融危机之后，欧美先后将“再工业化”列为国家战略，美国率先制定了先进制造业国家战略规划，在美国之后，德国发布了“工业4.0”战略，将智能制造与工业生产相结合，从国家战略角度促进人工智能产业的发展。中国从国家战略的高度提出“工业4.0”和“智能制造”的发展方向，也将进一步推动“中国制造”向“中国智造”方向发展。

3. “互联网+”促进人工智能发展

在提出“互联网+”概念后，中国互联网发展势头愈加猛烈。随着手机、电脑等各种智能硬件的普及，众多行业正面临着互联网转型，互联网服务正从多个维度颠覆传统行业。

一方面，互联网的发展使用户从线下场景迁入到线上场景，进入流量为王、数据为王的时代。伴随着海量数据以及不断优化的服务，各种类型的 APP 和数据分析逐渐取代需要面对面调研才能获取数据的传统方式。数据的合理使用为人工智能的发展奠定了坚实的基础，通过数据分析可以更好地满足用户需求，实现个性化服务，这已经成为“互联网+”的主要途径。

另一方面，互联网化带来了产品的革新，在线上和线下服务结合的同时，智能化产品开始为用户提供越来越多的服务，用户对于智能化、个性化的需求越来越强烈。

用户诉求和产品创新共同促进互联网产品进入技术驱动、算法驱动的时代。例如，今日头条通过算法为用户提供千人千面的个性化推荐、特斯联智能通行等产品通过接入人脸识别和指纹识别等功能在办公楼及社区生活中提供安防服务。

在“互联网+”的推动下，越来越多的企业和行业进入到互联网化的浪潮中，大数据、传感器和人工智能技术的大力发展，物联网时代正逐步到来。

4.消费升级和用户体验升级催化 AI 应用落地

中国是一个人口众多的国家，其庞大的人口基数催生出海量多样化的用户需求。中国人口分布由金字塔型社会进入到纺锤体社会，具有一定消费能力和消费欲望的中产阶级逐渐崛起，他们对产品、服务提出更高质量的需求。从国民收入与国民支出的角度来

看，居民在食品、居住等方面的生活刚需逐年下降，相应的在教育、旅游、娱乐等领域中的品质型消费逐年增加，广大消费者正在从生活消费向品质消费过渡。近年来，中国的经济增长结构发生了根本性的变化，消费取代投资成为中国经济增长的第一推动力。

人工智能发展的另一个推动力是用户体验升级。人工智能技术能够提供更为自然的人机交互，从而实现产品、服务、内容与硬件的有效结合，满足移动互联网和物联网趋势下的各种活动。结合人工智能技术的新应用可以很好地提升用户体验，保持用户黏性。随着互联网的发展，80 后、90 后的年轻群体已经成为消费的主力军^[45]，他们习惯于追求高需求的互联网服务，对于智能化、个性化的产品也具有天然的诉求，并且能够快速响应且成为新产品、新服务的尝鲜者和意见领袖。

四 中国人工智能技术主要应用领域分析

人工智能各行各业带来了变革与重构。一方面,新技术应用于现有产品中创新已有产品,进而发展出新的应用场景;另一方面,技术的发展也对传统产业产生巨大影响,人工逐渐被人工智能替代成为不可逆转的发展趋势,特别实在金融、工业和农业等简单重复可程序化较高的行业,而在国防、医疗、驾驶等行业中,人工智能提供能够适应复杂环境、更为精准、高效的专业化服务,从而取代或者强化传统的人工服务,服务形式在未来将趋于个性化和系统化^[46]。

人工智能技术日益成熟,商业化情景逐渐显现,如何实现人工智能产业的创新并将其应用于特定的场景将成为各行业发展的关键点。对于人工智能在具体场景中的应用,产业应用环境、技术平台、市场、用户等因素都对其产业应用市场的影响很大。目前,人工智能技术主要应用于智能家居、金融、安防、医疗、服务业、制造业、教育、传媒、法律、农业、汽车等场景,但就其应用规模和商业化程度来看,智能家居、医疗、金融、安防等领域成为其主要的应用场景^[47]。

(一) 人工智能+智能家居

1. 智能家居领域人工智能应用分析

智能家居是指利用先进的信息技术,在符合人体工程学原理的情况下整合个性需求,从而将家居生活中各个子系统(如信息家电、制冷、取暖、健康保健等)相结合,以智能控制和网络化管理为基础,实现“以人为本”的全新家居生活体验^[48]。

在家居领域,一方面,人工智能将进一步推动家居生活产品的智能化,从而实现家居产品从感知到认知、再到决策的发展;另一方面,搭载人工智能的智能家居系统的建立,使得多种产品(包括机器人、智能音箱、智能电视等)都有望成为智能家居的核心,智能家居系统将逐步实现家居自我学习和控制,从而为不同的用户提供个性化服务。

2016 年中国智能家居市场规模达到 1140 亿元人民币,据易观千帆监测数据显示,2017 年第二季度智能家居活跃用户规模达到 4600 万。随着物联网和人工智能技术的不断发展,以及 90 后婚育潮的到来,智能家居将成为主流发展趋势。

目前,中国的智能家居市场处于起步阶段,尚未进入爆发期,智能家居产品普及率仍然较低。智能家居领域存在许多限制因素,例如,产品本身的智能性较低、大部分产品是按照既定程序完成的,主动感知、解决用户需求和人机交互的体验仍然比较初级,

消费者对智能家居产品持观望态度。此外，与亚马逊的echo和Google HOME相比，中国还没有成熟的智能家居控制中心，还处于移动应用向智能电子产品和机器人控制中心过渡的阶段。

智能音箱、服务机器人、智能电视等智能产品已经成为目前语音识别技术和自然语言处理技术的载体，它们作为潜在的智能家居入口，在提供原有服务的同时，也提供了更多的移动互联网服务，并实现对其他智能家居产品的控制。这些产品为付费内容、第三方服务、电子商务等资源开辟出了新的流量入口，厂商对用户数据记录和分析，将服务移植到不同场景中，使数据成为基础，服务变得更加人性化。

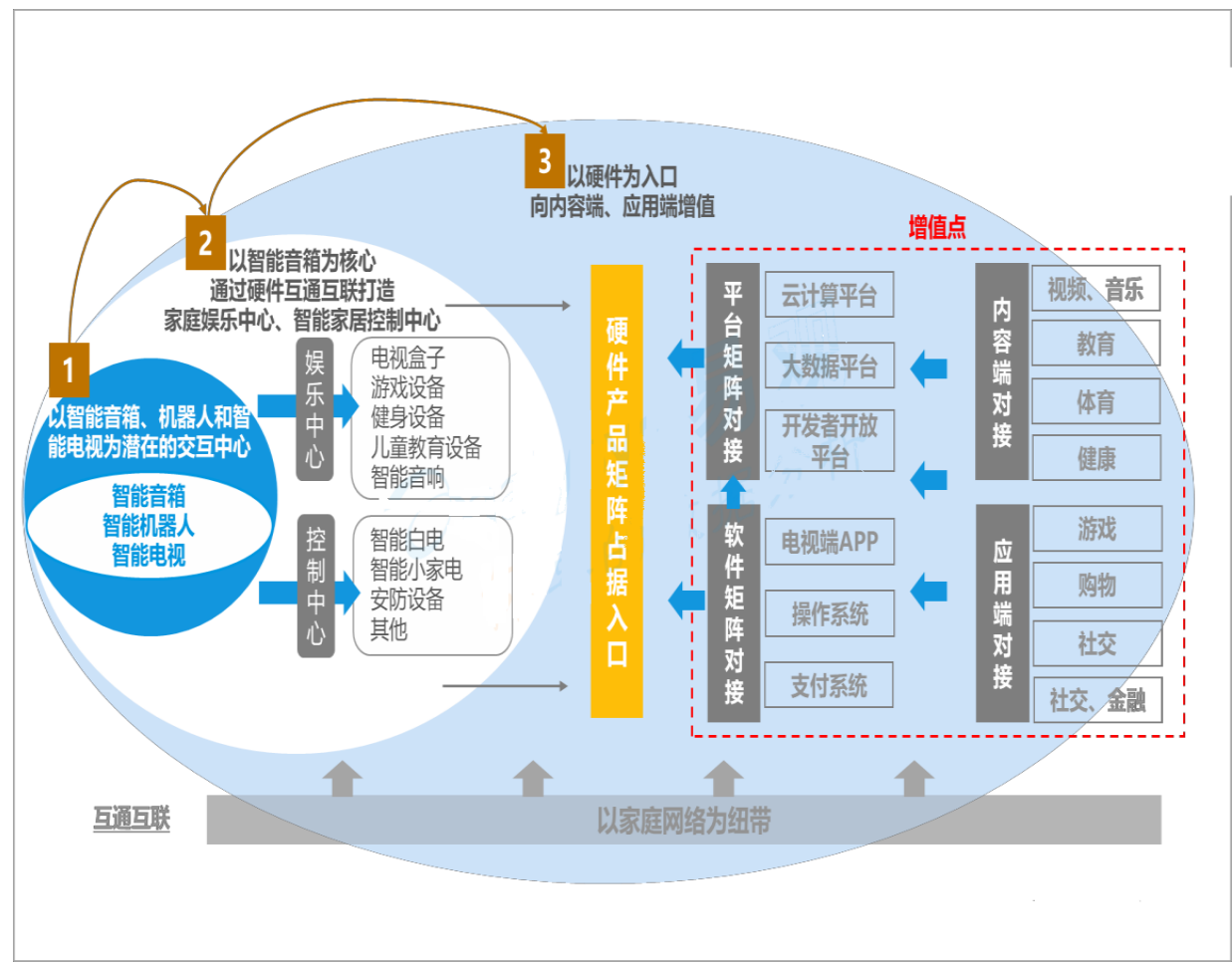


图 4-1 智能家居生态布局

2. “人工智能+智能家居”未来发展趋势

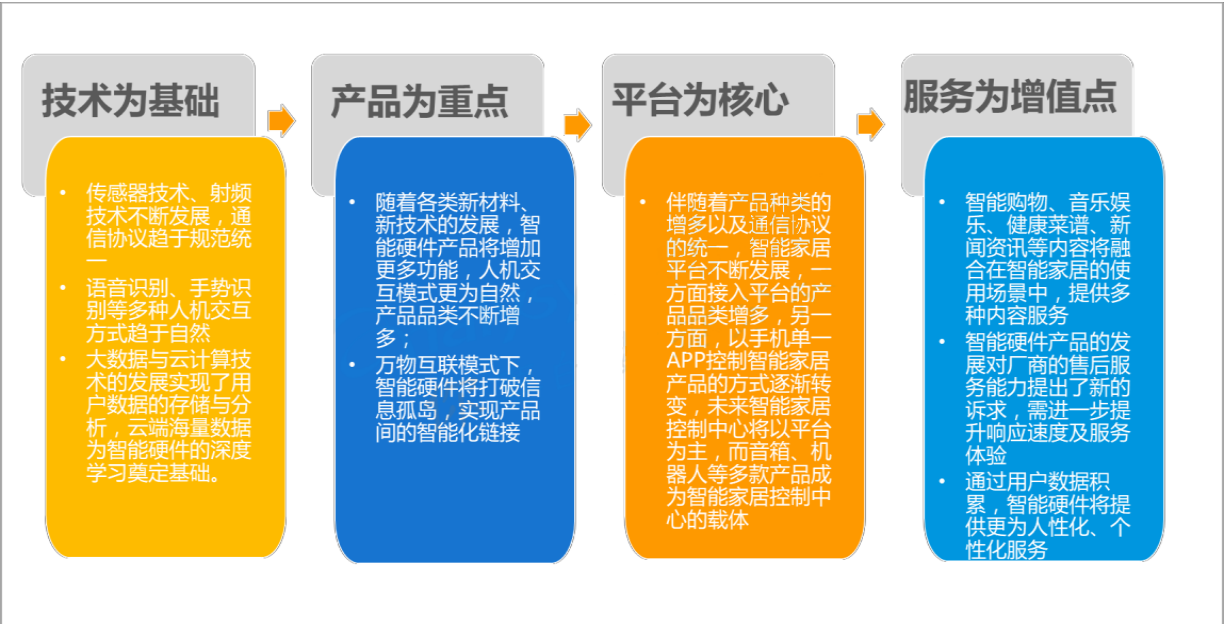


图 4-2 智能家居发展趋势分析

1) “人工智能+智能家居”将带来更好的智能化、更高的人机交互体验

从最早的 WiFi 联网控制到今天的指纹识别和语音识别，人机交互性能已经有了非常大的改进，智能家居产品也从弱智能化迈向智能化。智能家居产品的受众也将从早期尝鲜者转变为普通用户，甚至是老年人和儿童，更智能的技术应用、更复杂的用户结构和更广泛的用户覆盖将使智能家居产品趋于简单实用。

智能化和人机交互体验的提升将极大地拓展智能家居的应用场景。2016 年，智能安全产品如指纹锁、智能摄像头受到了广泛关注。随着智能感知、深度学习等技术的进步，智能照明、智能温度控制等产品逐渐成熟。2017 年，智能音箱成为爆炸性产品。随着用户需求的不断扩大，产品越来越丰富时，智能家居将渗透到家居生活的各个方面。智能家居市场将迎来爆发，数据显示智能家居市场规模预计将在2019年达到 1950 亿元。

2) 智能产品将继续抢占智能家居控制中心，智能家居趋于系统化

目前，智能家居仍处于从手机控制到多控制结合的过渡阶段，移动APP仍是智能家居的主要控制方式，但基于人工智能技术的语音助手和语音交互等软硬件产品已经开始进入市场化教育。通过语音控制，实现多产品联动的这一幕将逐渐成为现实。未来，人工智能将促进智能家居从多控制到感应式控制转变，再到机器自我学习和自主决策阶段发展。

(二) 人工智能+医疗

1.医疗领域人工智能应用分析

现阶段，医疗行业存在医疗资源不足、医疗资源分布不均、医务人员培养周期长、医疗费用高、医疗误诊率高、疾病谱快速变化等问题，增加了医疗服务需求。医疗痛点问题亟待解决，医疗服务需求日益增长，已经成为人工智能技术在医疗行业应用的实际需求。

在医疗领域，一方面，人工智能技术将在建立医学搜索引擎的基础上形成诊断专家系统,以帮助实现医疗诊断和健康管理，并通过图像识别、知识图谱和其他技术来辅助医生进行医疗决策，医学大数据的发展将患者信息数字化，提高发现潜在疾病的概率，并提供针对性的解决方案。另一方面，使用医疗和康复机器人来优化传统的手术和康复过程，人工智能技术将为医疗领域中的医生和患者带来新的治疗模式。

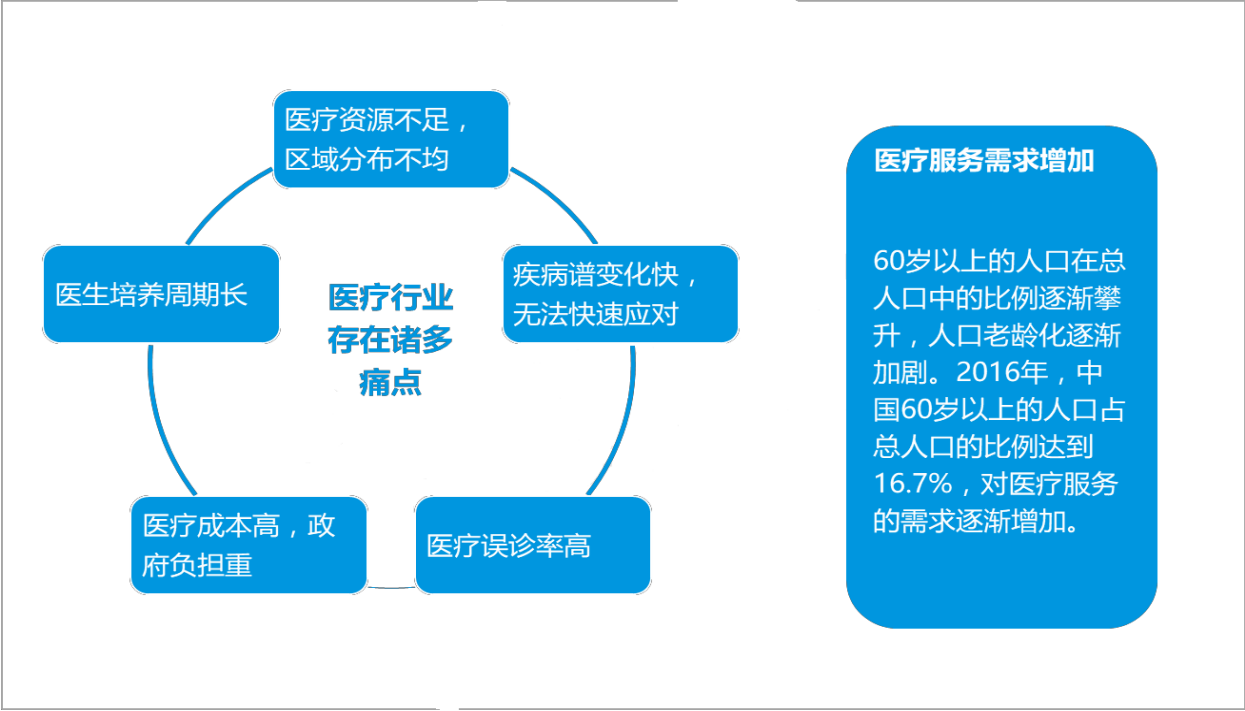


图 4-3 医疗行业发展背景分析

2017年7月8日，国务院出台的“新一代人工智能发展规划”，提出发展便捷高效的智能服务，重点关注教育，医疗和退休的需求，加快人工智能创新应用。提出促进人工智能治疗、建立智能医疗系统、开发人机协作手术机器人和智能诊疗助手等新方法，实现智能图像识别，病理分类和智能多学科会诊^[49]。

在医学领域，人工智能技术有着广阔的应用前景。从全球商业实践来看，“人工智能+医疗”的具体应用场景包括医学图像辅助诊断和治疗、新药研究与开发、健康管理、急救室和医院管理、营养管理及病理学、生活方式管理与监督等。

2. “人工智能+医疗”未来发展趋势

1) “人工智能+医疗”面临诸多挑战

首先,患者信任制度体系建立方面。患者的信任是人工智能在诊断和治疗环境中应用的主要阻碍,如何构建合理的伦理保障体系将成为业界的一个重要命题。其次,数据的采集与积累。机器学习对于数据的质量有一定的要求,人工智能在各个领域的发展与数据的积累,是人工智能在健康管理领域应用的又一大阻碍。最后,认证监管方面。CFDA认证周期长,医疗器械监管严格,在一定程度上阻碍了企业的技术创新和产品落地速度。

2) “人工智能+医疗”将有效解决医疗领域诸多痛点

人工智能在医疗领域的广泛应用,有助于解决目前医疗资源不足的核心痛点。在移动互联网时代,我国医疗行业的核心痛点已从信息不透明转移到了缺乏高质量的医疗资源。与此同时,人工智能的高效计算能力可以有效提高医疗行业的生产力,进而解决医疗成本高、人才培养周期长的问题。“人工智能+医疗”有望成为一种可复制的医疗资源,增加基层医生的诊断精准度。

(三) 人工智能+金融

1.金融领域人工智能应用分析

基于智能增强和简易劳动力替代的发展逻辑的人工智能可以满足金融业的多种需求,解决其多方面的痛点。它不仅可以提升金融企业的效率,而且还能进一步降低成本。近年来,传统金融机构、互联网巨头和创业公司都开始探索“人工智能+金融”的实践应用,摩根大通、花旗银行、招商银行、亚马逊、谷歌、蚂蚁金服、百度、京东金融等全球领先金融机构不断增加人工智能技术的使用,以改善用户服务,进而提高效益。

人工智能在金融领域的应用主要集中在智能支付、投资决策支持与信用风险控制三个方面。首先,在智能支付领域,人脸识别和声纹识别技术可以实现刷脸支付和语音支付。其次,就投资决策而言,人工智能技术将帮助金融工作者从成千上万的信息中迅速获取有效信息并进一步分析数据,利用大数据引擎技术、自然语义分析技术等自动准确地分析预测各市场的市场趋势,从而实现信息的智能筛选与处理,协助工作人员进行决策。最后,人工智能还可以帮助金融机构建立金融风险控制平台,实现投资项目的风险分析和决策、个人征信评级、信用卡管理等。

2. “人工智能+金融”未来发展趋势

1) 金融服务企业向更高阶智能化方向演进

金融行业的特点是重复劳动多、数据分析工作量大和安全风险高。例如,数据整理、

资料归档、业务咨询、固定业务办理等简单、重复、固定程序的工作将消耗大量的人力和物力，造成不必要的浪费；在涉及数据分析相关业务工作中，有必要优化整合客户数据和行业数据，以提供更准确的金融服务；在安全工作中，银行网点等金融体系的风险监控不容忽视。随着人工智能技术的发展，人工智能在金融行业的应用也在不断深化。未来，金融服务企业将向更高智能化方向发展，计算机视觉、机器学习和语音交互等人工智能技术将被应用于风险监控、量化投资、精准营销、财务管理等各个金融服务环节。



图 4-4 金融服务企业演化方向分析

2) 金融科技能力保障数据资产价值挖掘，将成为金融企业核心竞争力

金融在风险定价和流程规范等许多方面都具有明显的数字特征，业务流程中产生的数据无疑是每家公司的基础资产。在此基础之上，通过量化金融模型和智能化算法可以更好地区分用户的真实风险承受水平、预期收益目标以及投资风格偏好等市场痛点^[50]，以满足当前用户对新型金融服务的需求，金融技术将成为移动金融平台的核心竞争力。

随着移动互联网的普及，在线交易逐渐增多，用户信贷资产的内涵逐渐扩大，涵盖大量在线用户群的平台将具有独特的优势，使用金融技术的公司最终目的是以数据为基础，以技术为手段，帮助优化成本结构和收入结构，而企业的金融技术能力将首先在内部应用中形成，并将在未来的开放平台战略下进一步服务输出。

(四) 人工智能+安防

1. 安防领域人工智能应用分析

安防应用场景较多,并且涵盖的范围也比较多,从身份识别到家居安防,再到反恐国防。现代社会人口流动性大,随着中产阶级的不断崛起,用户资产逐渐积累,在收入增多的同时财产风险也逐渐增加,用户的安全性不能得到有效保证,安防成为用户的刚需。多样性的身份识别手段对于安防具有重要意义,因此对于图像识别的要求越来越高,需要通过多维识别手段进行识别,AI 技术可以大大提高身份识别手段的多样性和准确性,对于安防的意义重大。

安防行业的发展经历了几个阶段,首先是传统的模拟监控安全系统,用户主要是政府部门,随着生活水平的提高,数字安防监控涌现出来,用户数量逐渐增加,实现了数字化图像储存,随后发展到高清化监控,视频监控系统和用户业务系统开始进一步发展整合。

随着物联网技术的发展,传统的、简单的和被动的安防形式已经不能完全满足生活和工作场景的多样性,在大数据、人工智能等技术的推动下,安防向城市化、一体化、主动化方向发展,智能安防已经成为当前发展的主流趋势,其应用范围涵盖金融、交通、教育等行业,包括银行机构、政府、学校等公共场所以及家庭。通过无线移动、跟踪和定位实现全方位的立体安防,同时与城市的总体管理系统、环境监控系统、交通管理系统、应急指挥系统等系统互动,最终实现物联网下的全方位安防系统。

从安防手段的应用角度来看,主要分为政府主导的公共安全监控、交通监控以及商业办公监控以及个人和家庭住宅的安防布局。例如,海关和机场等场所使用人脸识别技术来监控出入境人员和预防犯罪;在金融信贷领域,个人信用管理和交易通过人脸识别和指纹验证来保证客户的财产安全。以视频和光学为核心的安防技术已经被广泛应用于各行各业,泛安防时代已经到来。

2.“人工智能+安防”未来发展趋势

1) 安防产品不断迭代和创新,形成立体安防体系

门锁、摄像头和其他安防产品逐步变得更加智能化。芯片和人工智能技术的发展将推动现有安防产品的改进,包括智能 IPC、智能 DVR 和智能 NVR。设备的优化和组建网络的灵活性有利于安防产品的大规模部署,未来的安防体系将更加完善。智能门锁与警报、监控、门禁和其他安防产品相互配合并且共享数据,形成更加立体的实时安防系统。视频图像的网络调度和信息资源的共享将使促进安防从被动防范向提前预警方向发展。通过共享不同的安防云数据资源,安防产品将实现对危险分子的主动识别,安防行为从被动变为主动。

2) 智能安防将逐渐云端化

4K 摄像机和 4K 监控系统不断发展，安防系统使用特征识别和视频智能分析来提高安防系统的及时性、安全性和准确性。随着安防产品数量的增加和清晰度的提高，存储在安防系统中的信息将呈指数级增长，云端已经成为安防系统必不可少的基础设施。一方面，存储大量的视频和用户信息；另一方面，可以在云中只想诸如数据处理和图像识别优化的算法。

未来，通用型安防产品及服务逐渐兴起，智能化安防产品将以服务模块的方式服务于不同的行业和场景，从而实现资源按需分配，进而满足客户需求，提高资源利用率。

3) 平台初步搭建完成，市场进入洗牌阶段

在智能安防设备大量安装的背景下，海量的安防数据不断产生，各个安防厂商纷纷推出智能安防解决方案。因此，有必要整合软件平台和配套硬件设备。随着安防监控应用的成熟，各个平台的技术标准以及开发接口越来越统一，安防头部厂商占据先发优势，率先建立解决方案平台。阿里云、特斯联等安防平台已经搭建完成，长尾企业进一步兼容标准，从而推动行业进入成熟期，而在技术、资金和商业模式上无法站稳脚跟的企业将很快被市场淘汰。

五 中国人工智能典型厂商分析

(一) 中国人工智能代表公司一百度

1. 厂商介绍

百度是一家信赖科技的高科技公司，以技术创新为基础，专注于互联网核心技术的突破和人才培养。百度是较早部署人工智能的企业之一。自2013年以来，公司投资研发，挖掘专家，组建研发团队。基于海量数据和计算能力的优势，百度在搜索、人工智能、云计算和大数据等领域处于世界领先水平。

2017年，新一代人工智能发展规划和重大科技项目启动会议召开，第一批国家人工智能开放创新平台发布，百度将打造新一代全国人工智能自动驾驶开放式创新平台。如今，随着无人驾驶越来越热，百度的阿波罗Apollo平台已经上升为国家自动驾驶开放式创新平台。一方面，它肯定了百度现有的技术，另一方面，它将激励百度和多方合作伙伴，推动中国汽车行业产业在自动驾驶领域以及人工智能行业的发展^[51]。

2. SWOT 分析

优势：百度有着基于 CPU 的庞大云计算能力和资源，以及海量的用户数据信息积累，在大数据方面具有明显优势；百度建立了强大的研发团队和研究机构，致力于人工智能等相关前沿技术的研究和探索；百度人工智能布局广泛，包括机器学习、语音识别、云计算、智能感知、图像识别、自然语言处理等多方面的研究。

劣势：百度致力于搜索引擎和大数据积累，缺少硬件发展基因与其他应用层公司和垂直领域公司相比，百度在细分领域集中度不高，产品落地能力有限。

机会：政府给予高度支持，出台了一系列扶持政策，国内人工智能市场蓬勃发展；智能化生活方式受广大年轻群体推崇，一系列人工智能技术带来的便捷时尚逐渐成为时代潮流。

挑战：人工智能产业中，企业众多，行业竞争激烈；一些小而精的公司更侧重于技术开发，对百度来说，压力加大。

3. 产品及商业模式分析

目前，百度拥有众多不同类型的产品。在综合人工智能产品方面，包括百度机器学习平台、百度深度学习平台和百度大脑等；技术产品包括DeepSpeech2、百度识图等；应

用产品包括度秘、无人车、DuerOS、百度翻译等。

百度大脑是百度基于超级计算机和深度学习技术开发的综合应用平台，包括语音以及计算机视觉、自然语言处理、AR 等核心技术，可以快速接入全球领先的 AI 服务，并提供应用场景解决方案，如人脸验证、人脸会场签到和智能电销等。

度秘是基于语音识别、自然语言处理以及机器学习技术的对话式人工智能秘书。凭借百度强大的搜索功能和智能交互技术，度秘可以清晰地理解用户对话中的各种需求，并在对真实世界服务和信息进行广泛索引的基础上，为用户提供各种优质服务。目前百度已经接入百度多款产品中，包括百度地图、Raven H 智能音箱等，也将语音技术提供给其他合作商，实现 2B2C 的商业模式。



图5-1 百度度秘发展路径

随着 AI 及车载设备、无人驾驶的发展，车联网逐渐成型，在 AI 保障行驶安全的同时，将在车载环境中产生更多的需求和服务。2017年年底，百度宣布与小米联手打造 IOT+AI 产品和技术，百度计划利用小米的应用场景、智能硬件、大数据和智能设备生态链，与自身的 AI 技术、海量数据、知识图谱以及信息与服务生态相结合。基于百度及小米现有的人工智能与物联网布局，双方的结合将推动人工智能快速在家居和车联网等场景中的快速部署。

(二) 中国人工智能公司代表—小米

1.厂商介绍

小米作为国产智能手机的代表厂商，其极致性价比战略引发了年轻群体对于智能手机的追捧，在米粉的带动下，小米快速成长，已成为国内领先的互联网厂商，在智能手机市场中，小米体量已趋于稳定， 盈利规模有限，小米逐渐将触角伸到物联网领域，相

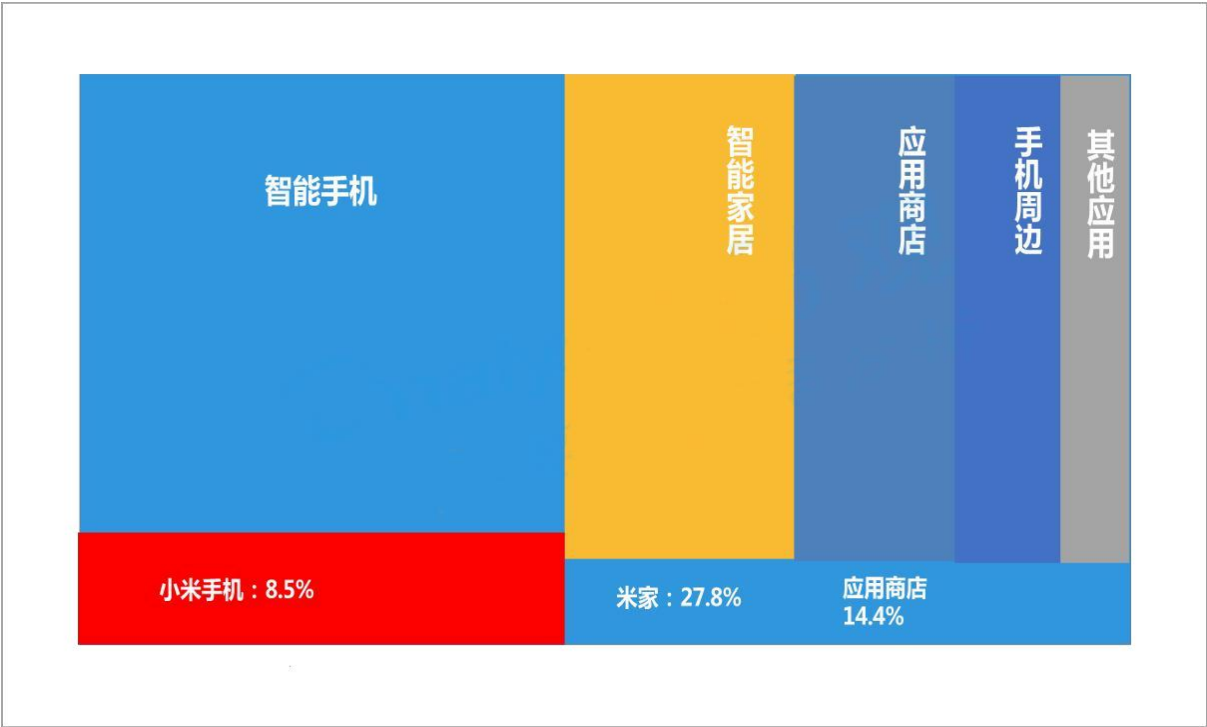


图 5-2 小米数字用户资产价值分析

继推出了手环、相机、净化器、平衡车、电饭煲等一系列智能硬件。2016 年 3 月，小米建立了以手机为中心的全新生态链品牌--“米家”，它可以通过手机连接所有的智能设备，从而建立小米智能生态圈系统。通过手机 APP 和云服务，小米可以获得大量智能家居用户行为数据，形成专属的用户资源^[52]。

目前，小米的产品品类众多，涵盖了市面上几乎所有的电子产品。小米除了构建硬件市场外，还建立了小米生态链体系，通过投资与合作，逐渐建立起了广泛的智能硬件产品和互联网内容生态链^[53]。小米在这些核心业务上的数字用户资产来源结构如图5-2所示，其中面积代表领域活跃用户资产规模。可以明显看出，智能家居已经成为仅此于小米手机的重要用户积累领域。

在万物互联模式下，智能手机逐渐去中心化，小米已经抓住智能家居的先机，利用庞大的兄弟公司团体，开发智能硬件，部署智能生态系统，积累用户数据，建立竞争壁垒。随着物联网布局的深入，人工智能带来的技术狂潮将为小米迎来新的发展机遇。

2.SWOT 分析

机会：随着人工智能的发展，物联网迎头向上，小米在 VR、智能机器人和无人机等领域都有动作，物联网布局已颇具规模。通过与百度的合作，人工智能技术的实力得到加强。

优势：利用自己投资的供应链公司，开发智能硬件，布局智能生态链，积累用户数据，建立起竞争壁垒。小米在硬件、平台和技术上都有布局，米家 APP、小米智能音箱的推出、米家产业链的完善都将推动小米在智能家居领域的发展。在视频、音乐、电商等领域上持续布局，建立智能家居产业生态系统。

劣势：硬件生产上纳入其他厂商进入“米家”，在品牌把控上需要加大努力。大型家电产能不足，家电品牌普及无法赶上传统家电品牌。

挑战：百度、海尔等厂商也进入智能家居，智能家居领域的竞争日渐激烈。小米智能手机作为拳头产品的优势不再明显，在性价比战略下，低端化品牌定位的用户印象一直无法扭转。

3.产品及商业模式分析

米家产业链：小米基于小米手机和米家 APP通过孵化、投资等方式将垂直细分领域中的佼佼者划入小米智能生态圈中，通过创建米家品牌，小米将最大限度发挥粉丝经济与营销策略的价值，通过打造爆款产品，小米率先将智能家居产品推广到普通用户家中，并建立米家智能家居平台，为各类智能家电产品提供系统解决方案，通过硬件和平台铺设，小米占领了智能家居市场。

小米人工智能实验室：小米通过建立人工智能实验室布局人工智能，在2013 年上线小米语音助手，将语音助理功能接入到智能手机、智能电视等产品中，并持续布局其他人工智能技术。2017 年小米推出小爱智能音箱，成为国内智能音箱热潮的一份子。在小米现有智能家居体系之下，小爱音箱将更多的发挥智能家居控制中心的作用。

通过“硬件产品--平台--数据--用户”的生态闭环，小米在智能家居领域已囊括大量的活跃用户，米家生态链的良好运作有力推动了智能家居系统的完善，伴随着更多智能家电产品的出现，小米有望率先实现智能家居系统化布局。同时在家电智能化的发展中，家电产品越来越多的接入 AI 技术，机器学习将推动智能家居实现个性化、管家式服务。

在小米物联网开发者大会中，小米宣布小米物联网平台拥有 8500多万台联网设备，800多种接入设备，400多家合作伙伴，从数据上可以看出，小米已经成为全球最大智能

硬件IOT 平台

(三) 中国人工智能公司代表—特斯联

1. 厂商介绍

特斯联科技是城市级智能物联网平台公司，建立“未来建筑”、“未来城市”、“未来金融”三大业务板块，其中未来建筑以智慧建筑操作系统 --ABAS BI 超级楼控平台为核心，打通楼宇的设备设施、通行、停车、能源以及物业管理等几大系统，以各个系统的运行数据为基础，利用机器学习实现建筑的自我学习，实现楼宇能源管理、物业管理、用户服务等功能。

在未来建筑的智能楼宇基础上，特斯联实现了建筑物间的互通互联，通过扩张连接规模实现“未来城市”，特斯联以自主研发的 DARWIOT 平台为核心，提供基于城市各级和各行业智慧应用平台的系统化解决方案，整合城市运行的各类数据，实现基于城市大数据的人口管理和安防管理。

“未来金融”为未来城市和未来建筑提供资金，拓展项目，连接特斯联的资产和资本，建立一个完整的闭环系统，并以辅助性服务渗透在特斯联体系中的各个方面，未来金融既包括金融产品、投融资行为，还包括面向 C 端用户的社区服务。

特斯联以物联网应用及人工智能技术为核心，提供“未来系列”多场景解决方案，覆盖安防、金融、交通、社区服务等多个行业。在成立的两年时间内，特斯联科技已覆盖全国 30 个省份、70 个城市，完成超 7500 个智慧项目，实现上百个案例落地，服务超过 1000 万人，为凯德置地、万达地产等房地产商以及上海、重庆、南京等多市、区政府机构提供服务^[54]。

目前，特斯联已完成 5 亿元的 A 轮融资，并在 2017 年下半年与商汤科技达成合作，实现 AI+IoT 的强强结合，与人工智能领域合作伙伴建立 AIoT 未来实验室。

2. SWOT 分析

优势：特斯联背靠光大集团，有着充足的资金优势，未来金融单元为未来城市、未来建筑两个业务单元提供资金支持，同时运用金融手段加强与其他企业的合作；特斯联搭建了“城市-行业-用户”为壁垒的开放性平台，率先发力物联网平台，实现控制场景、核心数据为一体，利用 IoT 和 AI 的精细化管理来实现应用场景落地。

劣势：特斯联在 AI 底层技术上并没有采取独立的研发路径。现阶段，它依赖技术

提供商，以落地场景、获取数据优先，后期再加强弥补劣势。

机会：国家推动大数据战略的实施，习近平总书记强调加快数字化中国建设，大数据地位持续提升，人口管理、智慧城市等项目成为发展重点；国内经济的高速发展带动了物联网产业落地，物联网产业遍地开花是大势所趋；特斯联通过落地项目已建立了一定的基础，预计未来将继续扩大优势。

挑战：在利益驱动下，未来可能会有越来越多的厂商加入，瓜分物联网产业蛋糕，市场竞争将会进一步加剧；基础设施的铺设速度将直接影响市场占有率，目前基建铺设速度有限，受人力成本、经济等诸多因素的制约；平台的生态布局也将决定企业的成败，这将给企业的平台运营、资源整合和服务能力带来新的挑战。

3. 产品及商业模式分析

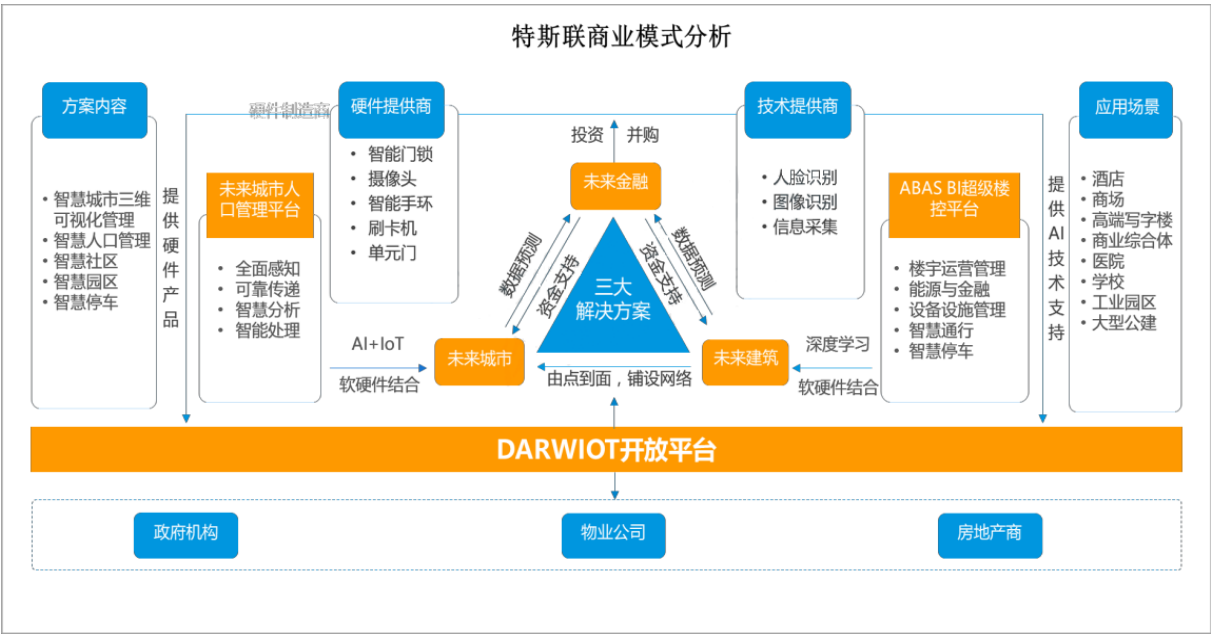


图 5-3 特斯联商业模式分析

特斯联构建了未来建筑、未来城市、未来金融三条业务线，设计了智慧建筑操作系统--ABAS BI 超级楼控平台用于未来建筑业务，针对未来城市自主研发了人工管理平台，并从公司底层业务开发了DARWIOT 开放平台来接纳生态链中的合作伙伴、链接未来建筑和未来城市两大业务平台，再通过未来金融板块为未来城市、未来建筑提供资金和拓展项目，三项业务互为辅助，组建了较为牢固的业务体系。同时特斯联以 DARWIOT 开放平台为基础，整合各个硬件制造商与技术提供商的产品，与政府机构、物业公司、房地产商展开合作，对网络内的居民信息进行收集整理，形成数据库，协助政府和企业达

到智能安防、人口精细化管理的目的，推动应用场景落地。

特斯联形成软件和硬件相结合的生态布局。一方面，特斯联在现有平台和系统的基础上，以智慧建筑为突破口切入点，以点带面，将不同的建筑进行关联，通过深度学习技术，大量数据被用于模型训练和分析，实现建筑的自我学习，并组建研发团队演技开发计算框架，保证数据处理能力，不断提升数据分析的准确性和效率；另一方面，在智能硬件方面，特斯联推出了无线智能通行门禁终端 TOUCH 系列、智能单元门 FUTURE 系列等产品加强基础硬件的铺设，同时通过与商汤科技合作的形式，保证基层核心技术的支持力度。

通过在 AI 技术、大数据、系统和硬件方面的布局，特斯联搭建起物联网平台，并进一步整合了多方力量实现物联网技术的落地。物联网市场巨大，单一企业无法贯穿全部产业链条，因此特斯联选择发力 B 端市场，帮助客户解决行业痛点，并逐步教育市场。尽管平台的建立在初期将面临资金、技术积累、市场拓展能力、运营能力的壁垒，但一旦该平台生态布局，该平台将会更加有利可图。

目前的特斯联处于产品的铺设期，利用 NB-IoT、eMTC 等多种物联网组网体系，完成了物联网的垂直打通。随着人工智能技术的发展和大数据的积累，万物互联的物联网时代已经到来，AI 应用的领域进一步扩大，并通过与 IoT 的结合，覆盖越来越多的应用场景。在物联网的发展带动下，传统的销量为王、流量为王已成为过去式，数据为王时代到来，海量数据喷涌，如何获取有价值数据并对数据进行价值的进一步挖掘成为关键，人工智能将有效助力数据分析与处理，同时也只有在万物互联的支撑下，AI 才会快速实现广泛地落地。与普通消费者息息相关的生活场景正逐渐受到 AI+IoT 的颠覆，特斯联通过现有的未来建筑业务和未来城市业务，利用 AI+IoT 技术，构建用户数据基础，基于现有数据,特斯联将进一步扩展应用场景和促进产业智能升级。

（四）中国人工智能初创公司代表—旷视科技

1. 厂商介绍

北京旷视科技有限公司以深度学习和物联网感知技术为核心，依托自有独创的深度学习算法引擎 Brain++，发力于金融安全、城市安防、手机 AR、商业物联、工业机器人五大核心行业，专门为企业级用户提供人工智能产品和行业解决方案。目前，旷视科技在北京、西雅图、南京设立了独立研究机构。通过打造 MegCity 城市大脑数据平台，构建了智能城市 and 平安城市基础设施，并促进了中国和全球人工智能技术的发展。

2017 年，旷视科技完成了由国有资本风险投资基金领投，蚂蚁金服、富士康集团战略投资4.6 亿美元的 C 轮融资。其核心技术已经广泛应用于互联网金融、娱乐、社交、出行、政务、公安、零售等行业，其合作伙伴包括支付宝、神州租车和优客工场等。在拓展 B 端业务的同时，旷视科技不断拓展新业务，在 2017 年向智能手机、机器人等消费级市场拓展，进一步丰富业务线^[55]。

2.SWOT 分析

优势：创始人团队拥有强大技术背景自主研发核心技术，搭建技术壁垒，并提供云+端全套解决方案；提供模块化定制服务，促进技术落地；发力智能手机刷脸解锁和机器人视觉交互等消费端， 最终实现差异化竞争。

劣势：业务线不断增多，运营压力随之加大，消费端市场不确定性较高，特别是在服务机器人市场上，爆发仍然需要时间，短期内难以看到收益；旷视科技缺乏硬件产品开发，技术更依赖于第三方。

机会：一系列扶持互联网与人工智能的国家政策相继发布，国内人工智能市场前景广阔，在此背景下，公司发展充满活力与希望；政府对人口智能化管理需求较高，对人脸识别、智能化管控等相关产业表现出很大支持，不断推动产业落地，并在国家机关投入使用；智能生活方式得到了广大年轻群体推崇，一系列人工智能技术带来的便捷时尚逐渐成为时代潮流。

挑战：包括互联网巨头 BAT 在内的许多公司陆续加入人工智能产业，行业竞争将会更加激烈；目前，做人脸识别技术的厂商较多，技术呈现出同质性，仅靠技术厂商无法继续发展；人工智能产业受经济发展等诸多因素影响，初创公司将无可避免的遇到众多难题，任重而道远。

3.产品及商业模式分析



图 5-4 旷视科技发展模式分析

旷视科技聚集了大量的技术爱好者来搭建新一代的图像识别和搜索引擎，实现垂直产品深度集成，横向品类打通，同时拓展2B 业务，将一系列计算机视觉技术通过云服务方式提供给开发者和企业级伙伴， 丰富业务线。

旷视科技目前经营 Face ID、Face++、智能安防和智能地产四项业务，以动态人脸识别、在线/离线活体检测、超大人像库实时检索、证件识别、实时监测与轨迹分析等五大技术为核心，开发人工智能云平台 and 物联网平台，涵盖了互联网金融、城市安防、机器人等多个领域，为企业级用户提供人工智能产品和行业解决方案，并逐步向智能手机、机器人等消费级市场拓展。通过在垂直领域提供从传感器硬件， 到云基础服务，再到上层应用的一整套解决方案，旷视科技形成链式闭环。

旷视科技的人工智能云平台（Face++人工智能开放平台）和智能物联平台（Megvii Sensor Network） 两大核心产品应用于金融、安防、房地产等企业级市场，涵盖重点场所管控、营区周边安全、商超、会议等使用场景，提供行业智能解决方案和智能数据服务。其中，Face++云平台日均调用量接近 2000 万次，并通过数据、技术、产品、用户使用这个循环不断增强人工智能平台的数据标识与分辨能力。

作为一家中国人工智能独角兽企业，旷视科技在深耕技术的同时，逐步探索商业路

径,从 2C 向 2B 及 2B2C 转移,通过为其他厂商提供技术及行业解决方案,推动技术的落地。计算机视觉几大关键应用领域已经催生了多家独角兽公司,与此同时,包括海康威视等行业技术公司以及 BAT 等互联网公司也在视觉领域加快布局,市场竞争愈加激烈,平台技术公司只有深扎行业才能形成壁垒。在技术、硬件、平台方面均有布局的旷视科技,有望在未来继续领跑金融安全、城市安防等赛道。

(五) 中国人工智能典型厂商代表—科大讯飞

1. 厂商介绍

科大讯飞是一家专业从事语音合成和语言识别技术研究、软件及芯片产品开发、语音信息服务和电子政务系统集成的国家级软件企业。

随着移动互联网时代的到来,科大讯飞率先推出了移动互联网智能语音交互功能的语音平台--讯飞开放平台,并在此平台的基础上不断升级和优化,相继推出了讯飞输入法、灵犀语音助手等应用^[56]。

2. SWOT 分析

优势:科大讯飞自主研发的主要核心技术过硬,包括语音识别、语音合成、自然语言处理、语音测评、声纹识别、手写识别等技术;已经成为国家首批智能语音开放创新平台,平台优势凸显。

劣势:以技术、平台作为切入点,硬件生产相对不足,产品必须与其他服务商连接。

机会:一系列国家支持互联网与人工智能政策相继出台,国内人工智能市场前景无限;语音将成为未来人机交互的主流,智能语音具有广阔的发展前景;喜欢探寻新鲜事物的 80 后 90 后已经成为主流消费人群,具有消费能力又偏好尝鲜的消费人群的兴起会进一步刺激人工智能市场发展;

挑战:无论是手机厂商、互联网厂商,还是越来越多的第三方厂商都加入人工智能语音交互服务行列,使得竞争日益激烈;人工智能类产品更新迭代速度更快,这对厂商的技术创新能力提出了更高的要求,在深耕技术的同时,需逐步扩展产业链,实现生态闭环。

3. 产品及商业模式分析

2010 年,科大讯飞推出开放智能交互技术服务平台--讯飞开放平台;2014 年,科大

讯飞推出“讯飞超脑计划”，搭建中国认知智能计算引擎；2015 年，科大讯飞推出人机交互界面——AIUI，提出人机交互标准。在为 B 端用户提供语音交互技术服务的同时，科大讯飞通过讯飞输入法、讯飞语记等触达 C 端用户，并布局家居、教育、客服、医疗等多个场景。

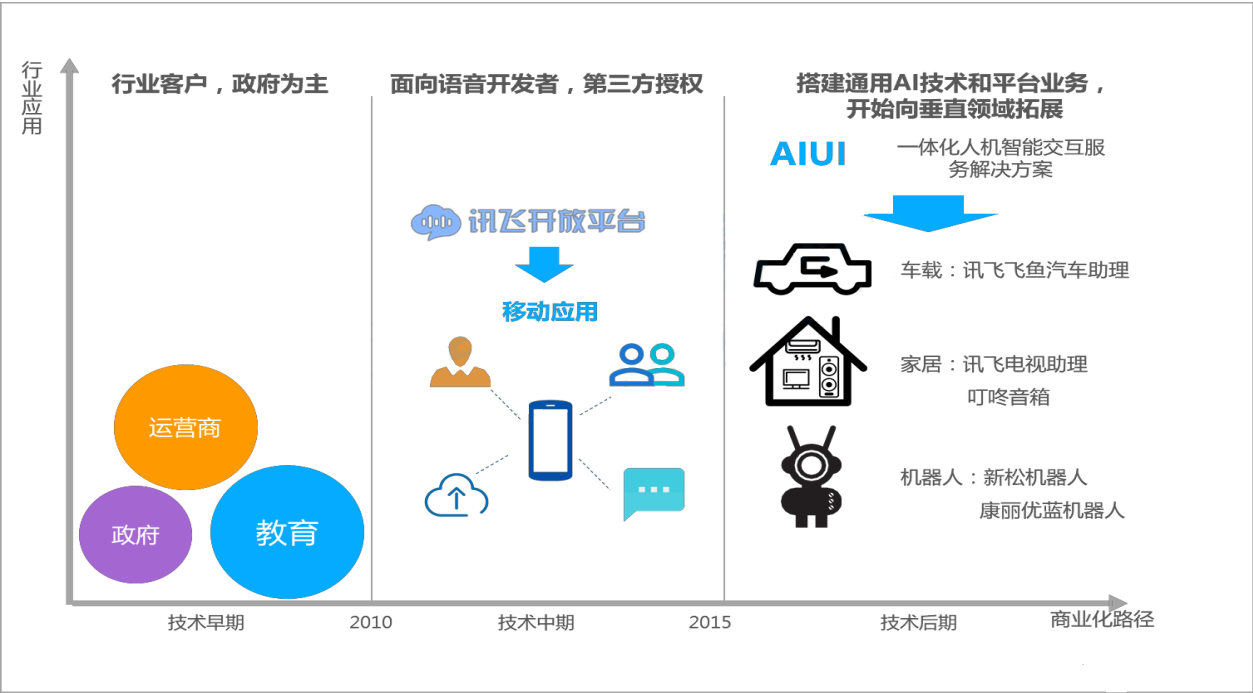


图 5-5 科大讯飞发展路径分析

讯飞开放平台是科大讯飞生态布局中的重要组成部分，它免费为开发者提供语音识别、合成等技术SDK；人脸识别、声纹识别等统一生物认证系统;智能硬件解决方案及行业解决方案，实现了对AI 技术的一键接入。科大讯飞计划支持开放平台上的 46 万开发团队，为创业团队提供全方位优质服务，如技术支持、市场拓展、产业链资源、资本对接等。

科大讯飞和京东联合推出的首款智能音箱产品--叮咚智能音箱，是国内市场中推出的早期智能音箱产品，叮咚已经迭代出多款产品并积累了大量的用户，在 Amazon Echo 和 Google Home 已经扮演好智能家居控制中心的角色之后，智能音箱的价值进一步凸显。

科大讯飞和中国移动联手推出了智能语音软件--灵犀语音助手，它使用语音识别和自然语言处理技术，并且各种内容服务整合在一起，用户可以通过语音完成拨打电话、发短信、设置提醒功能、查找美食等日常操作，已经成为语音助理市场中较为成熟的产品。

六 中国人工智能未来发展趋势

（一）平台崛起，技术、硬件、内容多方面资源进一步整合

人工智能所涵盖的行业和场景十分庞大，单一企业并不能涉及到人工智能行业的所有方面，厂商根据自身优势布局产业链，并与其他厂商合作，不断整合技术、硬件和内容多方面资源，共同推动人工智能技术落地。随着技术，硬件和内容的发展，平台将进一步崛起，生态化布局日益重要。

（二）人工智能技术继续向垂直行业下沉

通用型人工智能技术已经不能满足各行业的特定需求，不同行业有着不同的应用侧重点，拥有的数据资源以及自身优势也同样不同，需要市场从业者针对不同的行业特点设计相应的行业解决方案，人工智能技术将继续从应用场景出发实现技术落地，在垂直行业中，医疗、家居、安防、金融、教育等行业已初具规模，未来发展前景十分巨大^[57]。

（三）厂商进入卡位战，不断发掘新型商业模式

人工智能将通过 AI+ 的形式影响各行各业，虽然各大技术厂商不断崛起，但与具体场景应用才是技术落地的关键。技术被集成到各类产品中，技术厂商本身议价能力并不强，所获得的利益十分有限，因此技术厂商应该积极搭建平台，或者是发展硬件，布局生态，以集成商的角色获取更多的行业红利。

软件以及互联网对传统商业的冲击已是呈颠覆之势，而 AI 所覆盖的领域将会产生更为庞大的冲击。随着人工智能的发展，由软件和互联网打造的流量价值将会被打破，数据为王逐渐成为新趋势，用户更加追求场景化消费，云端服务、后端收费等依托智能硬件而发展起来的新兴服务模式逐渐兴起。人工智能产业中的入局者不仅需要推动技术落地，而且应该不断发掘新的商业机会。

（四）产学研相结合，人才仍是抢夺重点

AI、物联网成为主流发展趋势，人才在其中发挥的价值越来越大，而产业发展速度与人才培养速度之间的差距在产学研发展路径下将逐渐缩小，专业型人才开始增多，具有核心知识的专家仍然成为厂商抢夺的重点。

在人工智能领域中，国内人才集中在技术层及应用层，基础层人才薄弱，国内高校

在人工智能人才培养方面也持续缺失，专业布局较晚，专家有限，导致国内外在教育系统之间的差距较大，这也导致国内在人工智能领域基础层研究的薄弱。

在意识到人才方面的缺失之后，国家及企业采取各类措施进行追赶，比如“千人计划”、“新一代人工智能发展规划”等政策吸引优秀专业人才回国，“BAT”企业围绕其核心业务抢夺人工智能人才，百度成为国内人工智能人才的“黄埔军校”。未来需要继续建立核心技术人才培养体系，加强人工智能一级学科建设，实现产学研的有效融合，为人工智能产业持续不断输送优质人才。

（五）中国仍需加大在算力、算法、大数据领域的发展，弥补技术弱势

人工智能底层基础层技术仍旧掌握在欧美国家手中，尤其是芯片、先进半导体等核心零部件，以及算法、开源框架等核心技术，这些技术将直接影响人工智能技术的发展进程。虽然国家通过“中国制造2025”等战略推动先进技术的研发，但是国内研发基础相对薄弱，在基础算法研究领域仍处于劣势。教育不完善、人才短缺、研究领域集中、数据开放不足等问题成为限制中国人工智能发展的重要因素。因此中国仍需加大在算法、算力、大数据领域的布局，掌控核心技术。

（六）伦理之争不止，AI 终将取代部分人工

机器学习技术本身复杂无比，深度神经网络中包括着数以亿计的网点，而每个节点对结果的影响无从探究，从而导致算法黑箱的存在，这可能造成很多潜在问题，包括潜在偏见、对用户的不良引导等等。另一方面由人工智能引发的伦理问题，比如责任的承担方，对少数群体利益的无视等等，都成为AI 伦理探究的问题，并一直无法达成共识^[58]。

科大讯飞总裁刘俊峰提到，人工智能有三个时间节点，第一个时间节点是这一波人工浪潮，其产业红利在 3-5 年内会尘埃落地，第二个时间节点是 10 年之内，一半以上的现有工作会被人工智能替代，第三个时间节点是 30 年之内，人工智能将具备自我觉醒的能力。在硅谷备受推崇的观点也是在未来 30年内，90%的工作会因人工智能和机器人技术的进步而被淘汰。

伴随着人工智能的兴起，技术威胁论引发的一系列谈论从未停止，技术裹挟着变革力量推动时代向前发展，这也意味着与时代脱离的观念和行为将会被抛弃：工业革命瓦解小农经济，互联网时代颠覆线下经济实体，人工智能技术将会取代传统耗人时、重复性、机械化运动，机器成为生产主力，同时与之相对应的新兴职业增多，专业技术人才的竞争力加大。

在人工智能终将取代人类亦或是人工智能增强人类能力的讨论之余，我们所能做的只有强化自身能力，进而发挥主体的不可替代性。而在人工智能领域中的基因重组、机器人学等超人类主义项目，仍需要政府加大监管力度。

奇点临近，未来已来。

参考文献

- [1] The handbook of artificial intelligence[M]. Butterworth-Heinemann, 2014.
- [2] 顾泽苍.人工智能技术深度剖析[J].机器人技术与应用,2017(01):23-28.
- [3] 邹蕾, 张先锋. 人工智能及其发展应用[J]. 信息安全, 2012 (2): 11-13.
- [4] 苏俊.人工智能技术应用与发展趋势[J].电子技术与软件工程,2018(03):250
- [5] 孙晔,吴飞扬.人工智能的研究现状及发展趋势[J].价值工程,2013,32(28):5-7.
- [6] 谢承泮.神经网络发展综述[J].科技情报开发与经济,2006(12):148-150.
- [7] 阮晓钢.人工智能专题序言[J].北京工业大学学报,2017,43(01):3.
- [8] Rosenblatt, Frank. "The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain." Psychological review 65.6 (1958):386.
- [9] 陆汝钤,韦梓楚,张松懋,郑红,刘冷宁,刘红阁.图灵测试——机器是否有智能[J].创新科技,2008(12):52-53.
- [10] 朱福喜,朱三元,伍春香. 人工智能基础教程[M] 清华大学出版社, 2006 :5.
- [11] 熊辉.人工智能发展到哪个阶段了[J].人民论坛,2018(02):14-16.
- [12] 马宏宾,武玫,李楠楠.智能时代话智能[J].软件和集成电路,2017(04):30-37.
- [13] 王永庆, 智能. 人工智能原理与方法[M]. 西安交通大学出版社, 1998.
- [14] 蔡自兴, 徐光祐. 人工智能及其应用[M]. 清华大学出版社, 2004:15-17.
- [15] Stuart J.Russell,Peter Norvig.Artificial Intelligence:A Modern Approach[M].New Jersey Pearson Education,2009:120~ 125.
- [16] Bench-Capon T J M, Dunne P E. Argumentation in artificial intelligence[J]. Artificial intelligence, 2007, 171(10-15): 619-641.
- [17] 张善勇.2045:奇点临近[J].现代企业教育,2014(11):3.
- [18] 张波.数字图像处理技术的发展及应用[J].品牌(理论月刊),2011(Z2):158.
- [19] M. Leo,G. Medioni,M. Trivedi,T. Kanade,G.M. Farinella. Computer vision for assistive technologies[J]. Computer Vision and Image Understanding,2017,154.
- [20] 王海坤, 潘嘉, 刘聪. 语音识别技术的研究进展与展望. 电信科学[J], 2018, 34(2): 1-11
- [21] 马志欣,王宏,李鑫.语音识别技术综述[J].昌吉学院学报,2006(03):93-97.
- [22] 邵珊珊,孙丽君.基于 Elman 神经网络的燃气轮机功率预测方法研究[J].计算机科学与探索,2014,8(11):1358-1364.
- [23] 靳双燕. 基于隐马尔可夫模型的语音识别技术研究[D].郑州大学,2013:7-10.
- [24] 马亮. 智能遥控器语音识别模块的设计[D].东南大学,2015:35

- [25] 张慧敏.基于动态时间规整算法的语音识别技术研究[J].科技资讯,2017,15(26):28-31.
- [26] 胡磊. 基于隐马尔科夫模型的语音识别技术研究[D].武汉理工大学,2007:18-22.
- [27] 段谊海. 基于发育网络的语音图像双模态共发育系统研究[D].郑州大学,2015:9.
- [28] 刘小冬.自然语言理解综述[J].统计与信息论坛,2007(02):5-12.
- [29] 郭庆琳,樊孝忠.The question answer system based on natural language understanding[J].Journal of Harbin Institute of Technology,2007(03):419-422.
- [30] 冯志伟.计算语言学探索 7M).哈尔滨:黑龙江教育出版社,2001.1:392.
- [31] 余贞斌. 自然语言理解的研究[D].华东师范大学,2005:6.
- [32] 傅承德.自然语言理解的方法与策略[M].河南:河南人民出版社,2000:93,129.
- [33] 王小捷,常宝宝编著.自然语言处理技术基础[M].北京:北京邮电大学出版社,2002:6-7.
- [34] 文本分析及文本挖掘相关概念介绍
http://www.cbdio.com/BigData/2016-04/21/content_4824363.htm. 2018 年 3 月 20 日访问
- [35] 张洪国,陆平,邵立国,念沛豪.中国人工智能发展简史[J].互联网经济,2017(06):84-91.
- [36] 张婉涓.计算机人工智能的应用研究[J].电脑迷,2017(10):14.
- [37] 蔡自兴. 中国人工智能 40 年[J]. 科技导报, 2016, 34(15): 12-32.
- [38] 清科观察:中国人工智能行业投融资发展研究报告.
<https://cloud.tencent.com/developer/article/1052413>.2018 年 3 月 20 日访问
- [39] 全球人工智能发展报告 2017- 投资与融资篇.
<http://sike.news.cn/hot/pdf/24.pdf>.2018 年 3 月 20 日访问
- [40] 中美两国人工智能产业发展全面解读.
http://zhigu.news.cn/2017-08/15/c_129681210.htm.2018 年 3 月 20 日访问
- [41] 领英: 2017 全球 AI 领域人才报告.
<http://www.useit.com.cn/thread-15882-1-1.html>. 2018 年 3 月 20 日访问
- [42] 麦肯锡.中国人工智能的未来之路
http://www.cbdio.com/BigData/2017-05/08/content_5512576.htm. 2018 年 3 月 20 日访问
- [43] 易观数据.中国人工智能产业发展分析 2017
http://pg.jrj.com.cn/acc/Res/CN_RES/INDUS/2017/12/30/278173e5-d80f-4921-941b-3dc9eb39e67f.pdf. 2018 年 3 月 20 日访问
- [44] 秦业.互联网+协同制造:激发中国智造创新活力[J].世界电信,2015(08):47-49.
- [45] 于帅. 中小企业 B2B 电子商务使用行为深度探究[A]. 中国管理现代化研究会.第六届(2011)中国管理学年会——信息管理分会场论文集[C].中国管理现代化研究会:,2011:20.

- [46] Computational intelligence applications in modeling and control[M]. Springer International Publishing, 2015.
- [47] 中国信通院数据研究系列-2017 年中国人工智能产业数据报告.
<http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/qwsj/201802/P020180213603539476032.pdf>.2018 年 3 月 20 日访问
- [48] 薛震南. 基于物联网的智能家居研究[D].南京大学,2013:1-2.
- [49] 国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知.
http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm.2018 年 3 月 20 日访问
- [50] 魏珺.金融科技新蓝海:智能投顾[J].金融电子化,2016(09):15+6.
- [51] 中国信通院数据研究系列——2017 年中国人工智能产业数据报告
<http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/qwsj/201802/P020180213603539476032.pdf> 2018 年 3 月 20 日访问
- [52] 2015 年中国人工智能应用市场研究报告[A].艾瑞咨询系列研究报告（2016 年第 1 期）[C],2016:42.
- [53] 李红,项子晴.企业微博营销效果影响因素分析——以小米公司为例[J].价格月刊,2017(11):78-80.
- [54] 艾媒咨询.艾媒报告 | 2017 年中国人工智能产业专题研究报告.
<http://www.iimedia.cn/50460.html> 2018 年 3 月 20 日访问
- [55] 曹二二.人工智能行业研究报告(上)
<http://36kr.com/p/5064125.html>.2018 年 3 月 20 日访问
- [56] 艾媒咨询.艾媒报告 | 2017 年中国人工智能行业白皮书
<http://www.iimedia.cn/59710.html> 2018 年 3 月 20 日访问
- [57] 肖斌, 薛丽敏, 李照顺. 对人工智能发展新方向的思考[J]. 信息技术, 2009 (12): 166-168.
- [58] Gonenc Gurkaynak,Ilay Yilmaz,Gunes Haksever. Stifling artificial intelligence: Human perils[J]. Computer Law & Security Review: The International Journal of Technology Law and Practice,2016,32(5).

致 谢

时光飞逝，转瞬间本科生生涯即将结束。回顾在中央民族大学四年的学习和生活，我收获了很多，也成长了很多。一路走来，有太多的人需要感谢。

首先，我要向我的导师徐世英教授致以最诚挚的谢意!感谢徐老师对我的悉心指导和关怀。这篇论文的完成离不开徐老师的细心指导，从论文的选题、构思到撰写和修改，无不凝结着徐老师的心血，感激之情难以言表!徐老师严谨的治学态度、渊博的学术知识使我获益匪浅!师恩似海，学生将永生难忘!

其次，我还要感谢我的室友和同学，以及所有帮助过我的人们，没有你们我是无法完成我的毕业论文的。

最后，我要感谢我的父母。二十多年来，他们含辛茹苦，一直默默地奉献，承受太大的生活重担。正是他们无私的支持和鼓励，才使得我能专注于学习，顺利完成学业。

外文文献翻译

人工智能在智能制造中的应用综述

Bo-hu LI, Bao-cun HOU, Wen-tao YU, Xiao-bing LU, Chun-wei YANG

摘要：本文通过对近年来人工智能技术在制造业中应用的研究，分析了在新时代“互联网+人工智能”核心技术的快速发展，引发了制造业现有模式、手段和生态系统以及人工智能发展的重大变革。然后，在人工智能技术与信息通信、制造及相关产品技术相结合的基础上，提出了智能制造、智能制造系统体系结构和智能制造技术体系的新模式、新手段和新形式。此外，从智能制造应用技术、产业和应用示范的角度，对智能制造的发展现状进行了讨论。最后，提出了在中国智能制造中应用人工智能的建议。

关键词：人工智能 智能制造 智能制造系统

1 引言

众所周知，新的技术革命和新的工业革命正在蓄势待发。我们相信“互联网+人工智能(AI)”新时代即将到来，它的特点是无处不在的网络、数据驱动，共享服务、跨界融合、自动智能和大规模创新。基于互联网技术之上的人工智能技术、新一代信息技术、新能源技术、新材料技术和生物技术是这个时代的重要组成部分。反之，人工智能在国民经济，福祉和国家安全方面的广泛应用和发展将使得现有的模式、手段和生态系统发生巨大转变。

制造业是国民经济、人民生活和国家安全的基石。制造技术与信息通信技术、智能技术以及与产品相关的专业知识的深度融合，使得制造模式、制造方法和生态系统的改变游戏规则变为可能。

2 人工智能的新发展

目前，随着互联网的普及、传感器的普遍存在、大数据的出现、电子商务的发展、信息社会的崛起，互连、数据和知识与社会、物理空间和网络空间的融合，为人工智能发展的信息环境已经发生了深刻的变化，导致一种新的进化阶段。新技术的出现也开启了人工智能的新阶段。人工智能 2.0 的主要特点包括：基于数据驱动的深度学习、基于互联网的群体智能、面向技术的人机混合增强智能以及跨媒体推理的兴起。

智能城市，智能医疗、智能交通、智能物流、智能机器人、自动驾驶汽车、智能手机、

智能玩具、智能社区、智能经济等领域的不断发展，为人工智能技术和应用的新发展提供了广阔的市场需求和驱动力。

3 人工智能促进智能制造的发展

我们认为，智能制造是一种新的制造模式和技术手段，新的信息和通信技术、智能科学与技术、大型制造技术（包括设计、生产、管理、测试和集成）、系统工程技术及相关产品技术是整个系统和产品开发生命周期的集成。制造业的生命周期从而利用自主感知、互联、协作、学习、分析、认知、决策、控制和执行人、机器、材料和环境信息，使制造企业或集团各方面得到优化整合，包括三个要素（人/组织、运营管理、设备和技术）、五流（信息流、物流、资金流、知识流、服务流）。这些有利于生产，为用户提供一个高效率、高质量、高性价比、更加环保的服务，从而提高制造企业的市场竞争力。

人工智能技术促进了智能制造领域的新模式、方法和形式、系统架构和技术系统的开发。

3.1 智能制造的新模式、新方法和新形式

新模式：基于互联网的、面向服务的、协作的、可定制的、灵活的、社会化的智能制造系统，用于促进生产和为用户提供服务。

新方法：人机一体化的智能制造系统，包括数字化、物联网、虚拟化、服务、协作、定制、灵活性和智能。

新形式：智能制造生态具有无处不在的互联、数据驱动特性、跨界融合、自主智能、大规模创新等特点。

这些模式、方法以及形式的应用和深度整合，最终将形成智能制造的生态系统（Fig.1）。

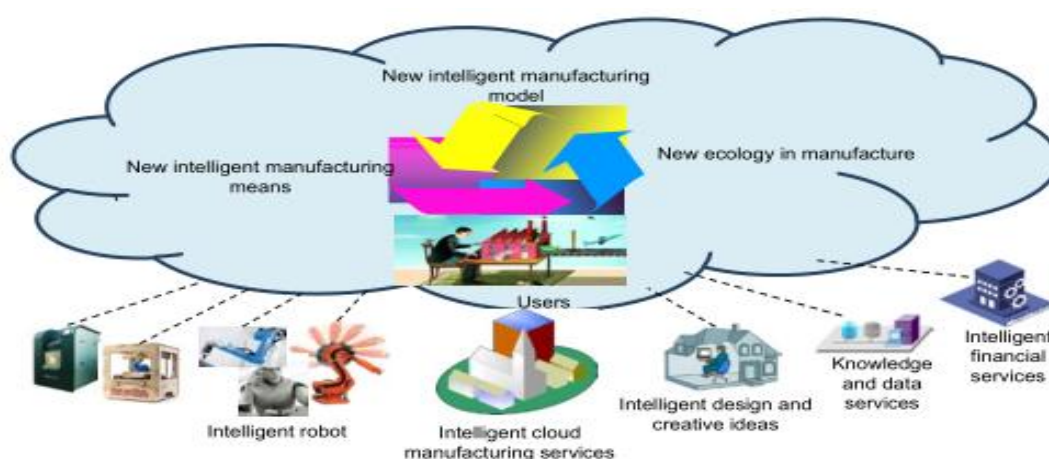


Fig. 1 New models, means, and forms of intelligent manufacturing

3.2 智能制造系统的体系结构

智能制造系统是智能制造的一个新领域。人工智能在智能制造系统之外的应用没有任

何意义。在“互联网+ 人工智能”的背景下，智能制造系统具有自主智能感知、互联、协作、学习、分析、认知、决策、控制以及真个系统和生命周期中人类、机器、材料、环境和信息的执行。该系统由资源/能力层、无所不在的网络层、服务平台、智能云服务应用层、安全管理和标准规范系统组成。(Fig.2)

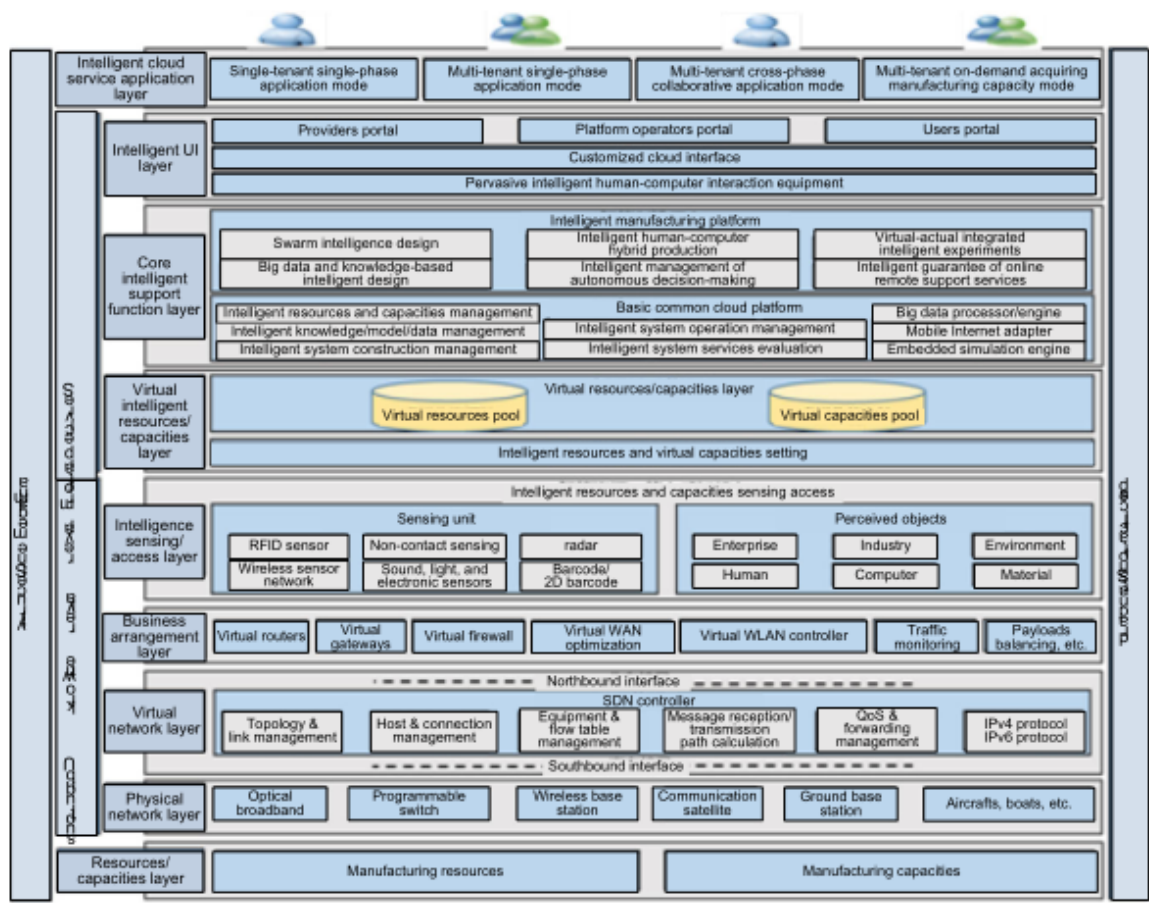


Fig. 2 Intelligent manufacturing system architecture

3.2.1 资源/能力层

资源/能力层包括制造资源和制造能力，包括：（1）硬制造资源，如机械工具、机器人、数控加工中心、电脑设备、模拟测试设备、材料和能源；（2）制造过程中的模型、（大）数据、软件、信息、知识等软制造资源；（3）制造过程中论证、设计、生产、试验、模拟、管理、销售、运营、维护和集成的制造能力，以及新的数字化、网络化、，智能化的制造互连产品。

3.2.2 无处不在的网络层

无处不在的网络层由物理网络层、虚拟网络层、业务布置层和智能感知/接入层组成。物理网络层主要包括光纤宽带、可编程交换机、无线基站、通信卫星、地面基站、飞机、船舶等。虚拟网络层实现一个开放的网络，通过南向和北向接口进行拓扑管理、主机管理、

设备管理、信息接收和传输、服务质量（QoS）管理和 IPv4/IPv6 协议管理。业务配置层以软件的形式提供网络功能，通过软硬件解耦功能抽象实现新业务的快速开发和部署，并提供虚拟路由器、虚拟防火墙、虚拟广域网（WAN）的优化和控制、流量监控、负载均衡等

智能感知/接入层通过无线射频识别（RFID）传感器、无线传感器网络、声音、光和传感器/电子设备、条码/二维条码和雷达，并通过网络传输数据和指令，感知企业、行业、人类、机器和材料等对象。

3.2.3 服务平台层

服务平台层由虚拟智能资源/能力层、核心智能支持功能层和智能用户界面（UI）层组成。

1.虚拟智能资源/能力层提供了一种智能描述和虚拟环境设置，以将物理资源/能力映射到逻辑智能资源/能力上，以形成虚拟智能资源/能力池。

2.核心智能支持功能层由一个基本的公共云平台和智能制造平台组成，每个平台分别提供基础中间件功能。如智能系统建设管理、智能系统运行管理、智能系统服务评价、人工智能引擎和智能制造等功能的智能设计、大数据和基于知识的智能设计、智能人机混合生产，智能实验虚实结合、自主决策的智能化管理以及在线服务远程支持智能保障。

3.智能 UI 层普遍支持服务提供商、运营商和用户的智能终端交互设备，以实现定制的用户环境。

3.2.4 智能云服务应用层

智能云服务应用层突出了人和组织的作用，包括四种应用模式：单租户单相应用模式、多租户单相应用模式、多租户跨阶段协同应用模式、多租户按需获取制造能力模式。在智能制造系统的应用中，它还可以实现人、计算机、材料、环境和信息的相互连接、协作、学习、分析、预测、决策、控制和执行。

3.2.5 安全管理标准规范

安全管理和标准规范包括自主可控的安全防护系统，以确保智能制造系统的用户识别、资源访问和数据安全，以及一个标准的规范系统来规范智能制造系统技术的应用和平台的访问、监控和评估。显然，智能制造系统是一种基于无所不在的网络及其组合的智能制造网络化服务系统。它将人、机、物、环境和信息相结合，在任何时间、任何地点为智能制造和按需服务提供资源和能力。它是一个基于“互联网（云）+资源和智能制造”的网络化智能制造系统，集人、机、物于一体。

3.3 智能制造技术系统

智能制造技术系统主要由通用技术、基础平台技术、智能制造平台技术、普适网络技术、产品生命周期智能制造技术、支撑技术等组成。（Fig.3）

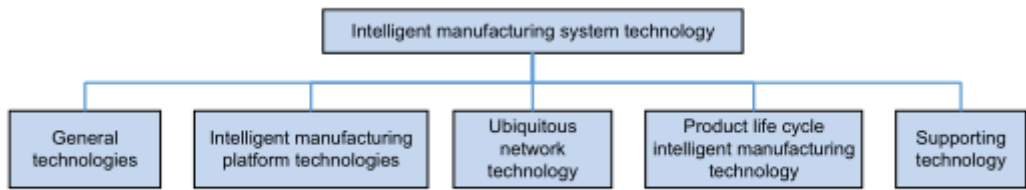


Fig. 3 The five types of intelligent manufacturing system technology

3.3.1 通用技术

通用技术主要包括智能制造架构技术、软件定义网络（SDN）系统架构技术、空间-地面系统架构技术、商业模式、企业建模与仿真技术、智能制造服务、系统开发和应用技术、智能制造安全技术、智能制造评估技术、智能制造标准化技术等。

3.3.2 智能制造平台技术

智能制造平台技术主要包括智能制造的大数据网络互联技术、智能资源/能力传感和物联网技术、智能资源/虚拟能力和服务技术、智能服务环境建设/管理/操作/评估技术、智能知识/模型/大数据管理、分析和挖掘技术，智能人机交互技术/智能设计技术、基于大数据的智能设计技术和知识、智能人机混合生产技术、虚实结合的智能实验技术、自主决策和智能在线远程支持服务保障技术的智能管理技术。

3.3.3 无处不在的网络技术

无所不在的网络技术主要由集成融合网络技术和空间空地网络技术组成。

3.3.4 产品生命周期智能制造技术

产品生命周期智能制造技术主要包括智能云创新设计技术、智能云产品设计技术、智能云生产设备技术、智能云操作与管理技术，智能云模拟与实验技术和智能云服务保障技术。

3.3.5 支撑技术

支撑技术主要包括人工智能 2.0 技术、和通信技术（如基于大数据的技术、云计算技术、建模与仿真技术）、新的制造技术（如 3D 打印技术、电化学加工技术）和制造应用领域的专业技术（航空、航天、造船、汽车等行业的专业技术）。

4 人工智能在智能制造中的应用评价

人工智能在智能制造领域的综合应用可以从应用技术、产业和应用效果三个方面进行评价。

随着应用技术的发展，基础设施的建设、单一应用、协同应用和业务发展的水平和能力需要评估。产业发展评价包括智能产品（产品，智能和自主完成任务）和智能连接产品（智能产品，可能会形成一个生态网络），智能工业软件、硬件支持智能设计/生产/管理/调试/安全的发展，智能制造系统运行在不同层次的智能制造单元、智能车间、智能工厂和

智能产业。对于应用效果,建议将评价重点放在对竞争力变化和对社会经济效益的变化上,以衡量智能制造系统对提高能力和经济效益的直接或间接影响。

5 当前全球智能制造业的发展

5.1 海外发展

发达国家,特别是美国和德国,已经起草了关于智能制造的创新战略和政策,如美国的“先进制造伙伴关系计划”(2011)和工业互联网(2012),以及德国的工业 4.0 计划(2013)。

2012 年,美国通用电气公司(GE)提出了“工业互联网”的概念,该概念指的是可以连接智能设备、人员和数据,并以智能方式分析这些数据,从而使人类和机器能够做出更明智的抉择。工业互联网的三大组成部分是智能设备、智能系统和智能决策。工业互联网可以被看作是数据、硬件、软件和智能之间交流和互动。它可以存储、分析和可视化通过智能设备和网络获取的数据,最终实现基于智能信息的智能决策。工业互联网的最大潜力将通过三部分智能设备、智能系统和智能决策的整体集成实现,包括机器、设备、基础设施和系统网络。

2013 年,德国启动了“工业 4.0”计划,提出了“一个核心、两个主题、三维一体化、八个计划”的战略构想,特别强调智能工厂和智能生产是研究的两大主题。网络物理系统(CPS)网络和通信智能设备系统的构建成为其主要关注点。在工业 4.0 中,智能制造系统可以感知和监控在生产过程中产生的大量实时数据,并实现智能分析和决策。传统的生产方式转变为智能制造、云端协同制造和客户定制生产,以更加科学的方式实现更多生产要素的整合。工业 4.0 的本质是以“网络物理系统”为基础实现“智能工厂”。生产设备通过将不同的传感器与精确的过程控制相结合,实现实时传感。对于生产管理,将采用一系列技术构成云服务,提供信息感知、网络通信、精确控制与远程协调能力的物理设备。

在智能制造的典型示范方面,德国和美国不遗余力地展示和推动他们的发展战略,以改造和升级制造业。在很大程度上,来自西门子、SAP、GE 等跨国公司的跨行业、全方位、全面的系统解决方案的示范和推广,在全球产业链、价值链和生态系统的重组过程中占据着主导地位。例如,德国 Amberg 是西门子公司智能工厂的一个模型。在 Amberg,真正的工厂是用虚拟工厂一起运作,真实的工厂数据和生产环境反映在虚拟工厂中,人们通过它可以管理和控制真正的工厂。将近 75%的生产作业是自动化的,产品可以与生产设备进行通讯。IT 系统承担了对所有流程控制和优化的角色,确保了 99.9988%的产品合格率。与 1989 年工厂刚建成时相比,员工数量基本保持不变,生产能力提高了八倍,100 万件电子产品的加工差错率降低到 1/40。

5.2 国内发展

在中国的制造业正面临着一个关键和历史性的时刻，从低端到价值链的中低端，从制造业巨头到制造业大国，从“中国制造”到“中国创造”。中国政府提出了“中国制造 2025”、“国务院促进互联网+行动指导”、“国务院关于深化制造业和互联网一体化的指导”、“十三五”国家科技创新计划支持转变的战略规划。《中国制造 2025》明确了 30 年的战略目标、指导思想和路线图，提高了中国的制造能力、三个步骤和三个阶段。坚持创新驱动、质量为先、绿色发展，结构优化，人才为本的基本方针以及战略路线图：坚持走中国特色新型工业化道路、以创新发展为主题，注重提高质量和经济效益，推进科技成果产业化和加强标准体系建设和强调智能制造。其中包括以下内容：

九项任务：（1）：提高国家制造业创新能力，（2）促进信息化与工业化的深度融合，（3）强化工业基础能力，（4）加强质量品牌建设，（5）全面推行绿色制造，（6）大力推进重点领域突破发展展，（7）深入推进制造业结构调整，（8）积极发展服务型制造和生产性服务业，（9）提高制造业国际化发展水平。

十大发展方向：（1）新一代信息和通信技术行业，（2）先进的数控机床和机器人，（3）航空航天设备，（4）海洋工程设备和高科技的海军陆战队，（5）铁路运输设备（6）节能与新能源汽车，（7）电力设备，（8）新材料、生物医药、高性能（9）和（10）医疗设备、农业设备和机械。

五大项目：（1）国家制造业创新中心建设项目，（2）加强产业基础规划，（3）信息技术与产业化方案深度融合，（4）环境友好型制造项目，（5）高端装备创新项目。

八大战略支撑和保障：（1）加强改革行政机制，（2）建立一个公平竞争的市场环境，（3）完善金融支持政策，（4）加强财政和税收政策支持，（5）完善多层次的人才培训系统，（6）对小微企业提高（7）政策，对外开放的进一步深入，制造业，和（8）为实现提升组织机制。

近年来，中国在智能制造方面的技术、产业以及应用方面取得了令人鼓舞的进展。

关于智能制造技术，2009 年中国首次提出了基于云制造的智能制造模式、方法和形式。其成就已得到国际学术界的广泛认可和认可。此外，智能制造的关键领域也取得了重大突破，如高端计算机数控机床、工业机器人、智能仪器和添加剂制造，建立初始智能制造标准体系。

关于智能制造业的发展，网络基础设施建设已经进入一个更高的水平，在高性能计算、网络通讯设备、智能终端和软件等方面已经取得突破，形成了一系列的移动互联网。大数据、云计算龙头企业支持发展智能制造。在智能产品和智能互联网产品开发领域，近期的突破包括智能硬件和汽车互联网等产品和服务。以智能硬件设备为例，2015 的全球可穿戴

智能设备零售市场占有率为 7200 万，比 2014 增长了 132%。到 2020 年，预计总销量将达到 196.9 百万件，与 2013 年的 17.9 万相比，年增长率将达到 25%。在中国，2014 年的市场销量为 430 万台，2015 年增长到 1680 万台。中国的经济增长率基金全球市场的 1/4，远远高于全球平均水平。

由于典型的智能制造示范，在诸如研发设计、生产设备、过程管理、物流配送和能源管理等关键领域，正能水平一直在提高。数字设计工具在重点行业的普及率超过 85%。近年来，中国航天科工集团、青岛海尔集团、红领集团等中国企业实现了智能化制造应用。以 CASIC 为例，第一个云制造平台 CASICloud 已经上线一年，吸引了超过 23 万的注册，并释放了超过 430 亿元的业务需求，涉及到制造业的各个方面。1000 多个创新和创业项目上线，与国际智能制造和科学服务合作正在进行中。

然而，总的来说，中国的制造业正面临着艰巨的挑战，我们需要加速“五个转变”：（1）从技术跟随者转变为独立开发者，然后是技术领导者；（2）从传统制造业到数字化、网络化和智能化制造，（3）从大规模制造到高质量、高效率的制造，（4）从资源消耗和环境污染的制造到绿色制造，（5）从生产制造到产品+服务的制造。

6 智能制造业 AI 2.0 的研究方向

从应用技术、产业发展和应用示范的角度，提出了 AI 2.0 在智能制造业中应用的研究方向。

6.1 智能制造的应用技术

基于人工智能 2.0 技术、制造科学与技术、信息通信科学与技术、制造应用技术在制造业中的深度融合，本次研究重点关注智能制造应用技术的以下几个方面：

1. 智能制造系统的通用技术，包括智能制造技术框架，SDN 网络系统框架技术、空天地集成系统框架技术、智能制造服务的商业模式、企业建模与仿真技术、系统开发，应用和实现技术、智能制造安全技术、智能制造评估技术以及智能制造标准化技术。

智能制造系统平台技术：基于网络技术的智能制造大数据、智能资源/能力感知、物联网；智能资源/能力的虚拟化和服务技术；智能服务的建设/管理/评估技术；智能知识/模型/大数据的管理、分析和挖掘；智能人机交互技术；群体智能设计技术；基于大数据和海量知识的智能设计技术；人机混合智能生产技术；结合了活力与现实的智能实验技术；

自主决策的智能管理技术；具有在线服务和远程支持的智能支持技术。

3. 智能设计、生产、管理、实验的支持，以及参与真个智能制造过程的其他关键技术，

包括：智能云创新设计技术、智能云产品设计技术、智能云的生产设备技术、智能云操作和管理技术，智能云仿真、智能云服务和技术支持。

6.2 智能制造业的发展

对智能产品和智能互联产品进行研究。

作为智能制造的使能工具，需要进行以下研究：智能工业软件包括系统软件、平台软件和应用软件以及智能硬件支持智能设计、生产、测试和保证，包括智能材料、智能传感器、智能设备、智能机器人、新一代智能网络设备，面向服务的 SDN 控制平台和新的网络评价系统。

智能制造系统需要在不同层次上进行开发和操作，包括智能制造单元、智能车间、智能工厂、智能产业等，以支持创新的制造模式，包括智能制造、离散智能制造、网络化协同制造、远程诊断和维护服务。

6.3 智能制造的典型范例

研究和实施的示范包括：模型驱动的智能协作制造企业、知识驱动的企业云服务、人机材料协同智能车间云、自主智能制造单元。与此同时，需要在重点领域推广应用：

模型驱动的智能协同制造在企业间的范例。对于模型驱动的智能协同制造的企业，需要构建各种制造资源/能力的云池，需要利用智能云技术自动匹配资源/服务的需求与要求，以实现服务环境的自我构建、管理、运行和评价。智能制造云平台的运营中心需要建立以支持模型驱动、协作和全生命周期的活动，如研发、生产、管理、物流和支持性服务等。

企业知识驱动云服务的范例。至于知识型企业云服务，它是基于集成、管理、分析和企业数据、模型和知识挖掘，企业的云平台运营中心的建设需要提供企业服务，如智能设计、建模与仿真、测试、生产、管理、供应链、物流、销售、3D 打印，全面保证支持全生命周期的活动。

3. 人机合作车间云的范例。人-机-材料合作车间使用云技术和产品，如人-机-料合作智能机器人、智能优化技术进行处理的代码，智能设备保障、智能监控、智能物流、云质量保证、云管理、云调度建立智能设备、生产线、加工控制和车间决策系统实现人、一体机、材料与智能车间操作中心的帮助。

4. 自主智能制造单元的范例。自主智能制造单元使用智能制造技术和产品分布规划，如智能制造业分布和规划基于先进的自主无人系统，在线检查，零件的识别与定位、事故报警建立智能设备，加工设备，在线监测系统、智能化的工作场所，安全报警系统和自动装卸设备，借助基于一个先进的自主无人驾驶系统的控制中心。根据全生命周期活动和工艺发展过程的发展要求，在全生命周期活动、全流程和流程智能技术（包括基于 AI 2.0 的智能设计、生产、管理、测试和保障）的技术面需要取得突破。开发和实施的示范包括基

于互联网群体智能、协同研发空间、智能云生产、智能协同保证、供应/营销/服务链的可定制和创新设计，并且需要在关键行业中推广和应用：

（1）基于互联网的群体智能个性化创新设计范式。基于互联网的智能演示设计、产品和技术合作创新，如协同创新设计和定制的应用程序是基于互联网的群体智能来建立一个客户定制和创新设计平台，实现基于云的产品选择、体验、设计用户参与和重点行业的实时跟踪。

（2）协同研发群体智能空间范式。协作研发空间演示使用协作、并行和集成的系统方法来构建支持大数据处理、知识协作和创新聚合的群体智能空间。它以重要产业、企业和个人用户为中心，开发各种类型的协作研发空间，鼓励这些用户通过网络众包进行研发挑战，拓展研发任务。

（3）智能植物生产的范例。大数据和海量知识智能技术有助于实现智能调度与规划、工艺参数优化、智能化物流管理与控制、产品质量分析与改进、预防维护、生产成本分析与估算、能耗监控与智能配置、生产过程和工序监控，以及整个生产车间的综合性能分析与评估。工厂运行控制中心和智能调度系统的建立，可以促进灵活、抢占式云制造的实现，加速生产过程，实现企业和生产的智能化管理。感知、机器学习和跨媒体的智能过程可以使自主决策支持结合虚拟和现实的生产优化。

（4）智能协同保证与供应/营销服务的范例。需要构建一个知识驱动的协同保证和供应/营销/服务平台，以收集物流、供应链、仓库和营销数据。然后利用大数据技术对数据进行分析，优化供应链物流的路径规划，通过预交付、前仓库、匹配分析用户需求和产品特征，提高精细化物流和精准营销。

外文文献原文

Applications of artificial intelligence in intelligent manufacturing: a review^{*}

Bo-hu LI¹, Bao-cun HOU², Wen-tao YU^{†+2}, Xiao-bing LU², Chun-wei YANG² (¹*The Second Academy of China Aerospace Science and Technology Corporation, Beijing 100039, China*)
(²*Beijing Aerospace Intelligent Manufacturing Technology Development Co., Ltd., Beijing 100039, China*)

[†]E-mail: 09125035@bjtu.edu.cn

Received Dec. 14, 2016; Revision accepted Jan. 6, 2017; Crosschecked Jan. 8, 2017

Abstract: Based on research into the applications of artificial intelligence (AI) technology in the manufacturing industry in recent years, we analyze the rapid development of core technologies in the new era of ‘Internet plus AI’, which is triggering a great change in the models, means, and ecosystems of the manufacturing industry, as well as in the development of AI. We then propose new models, means, and forms of intelligent manufacturing, intelligent manufacturing system architecture, and intelligent manufacturing technology system, based on the integration of AI technology with information communications, manufacturing, and related product technology. Moreover, from the perspectives of intelligent manufacturing application technology, industry, and application demonstration, the current development in intelligent manufacturing is discussed. Finally, suggestions for the application of AI in intelligent manufacturing in China are presented.

Key words: Artificial intelligence; Intelligent manufacturing; Intelligent manufacturing system

<http://dx.doi.org/10.1631/FITEE.1601885>

CLC number: TP18

1 Introduction

It is known that the new technological revolution and the new industrial revolution are gaining momentum. We believe that the new era of ‘Internet plus artificial intelligence (AI)’, characterized by ubiquitous networks, data-drivenness, shared services, cross-border integration, automatic intelligence, and mass innovation, is coming. The rapid development and fusion of new AI technologies with Internet technologies, new-generation information technologies, new energy technologies, materials technology, and biotechnology is an essential part of this new era, which in turn will enable the game-changing transformation of models, means, and ecosystems in terms of their application to the national economy, well-being, and national security.

The manufacturing industry is a cornerstone of national economy, people’s livelihood, and national security. The deep fusion of manufacturing technology with information communication technology, intelligent technology, and product-related expertise in particular, is enabling a game-changing transformation in terms of manufacturing models, manufacturing approaches, and its ecosystems.

2 New development of artificial intelligence

With the current popularization of the Internet, the universal existence of sensors, the emergence of big data, development of e-commerce, rise of the information community, and the interconnection and fusion of

data and knowledge with society, physical space, and cyberspace, the information environment for AI development has been changed profoundly, leading to a new evolutionary phase: AI 2.0 (Pan, 2016).

The emergence of new technologies also enables a new phase of AI. The main features of AI 2.0 include the emergence of data-driven intuitive perception ability for intensive deep learning, Internet-based swarm intelligence, technology-oriented human-machine hybrid augmented intelligence, as well as the rise of cross-media reasoning (Pan, 2016).

The continuous evolution of smart cities, intelligent medical care, intelligent transportation, intelligent logistics, intelligent robots, self-driving vehicles, smart-phones, intelligent toys, smart communities, and smart economies, to name but a few, provides a broad market demand and driving force in terms of new development of both AI technologies and applications.

3 Artificial intelligence facilitates the development of intelligent manufacturing

We believe that intelligent manufacturing is a new manufacturing model and the technical means by which new information and communication technology, intelligent science and technology, large manufacturing technology (including design, production, management, testing, and integration), system engineering technology, and related product technology are integrated with the whole system and lifecycle of product development. The life cycle of manufacturing thus uses autonomous sensing, interconnection, collaboration, learning, analysis, cognition, decision-making, control, and the execution of human, machine, material, and environmental information to enable the integration and optimization of various aspects of a manufacturing enterprise or group, including three elements (people/organizations, operational management, and equipment and technology) and five flows (information flow, logistics flow, capital flow, knowledge flow, and service flow). This facilitates production and provides a high efficiency, high quality, cost-effective, and environment-friendly service for users, and therefore improves the market competitiveness of the manufacturing enterprise or group.

AI technology facilitates the development of new models, means, and forms, system architecture, and technology systems in the domain of intelligent manufacturing (Li *et al.*, 2014; NMSAC and SAC-CAE, 2016).

3.1 New models, means, and forms of intelligent manufacturing

New models: Internet-based, service-oriented, collaborative, customizable, flexible, and socialized intelligent manufacturing system that is used to facilitate production and provide services to users.

New means: human-machine integrated smart manufacturing systems featuring digitalization, Internet of Things, virtualization, service, collaboration, customization, flexibility, and intelligence.

New form: intelligent manufacturing ecology with the characteristics of ubiquitous interconnection, data-drivenness, cross-border integration, autonomous intelligence, and mass innovation.

The deep integration of the application of these models, means, and forms will ultimately form an ecosystem of intelligent manufacturing (Fig 1)

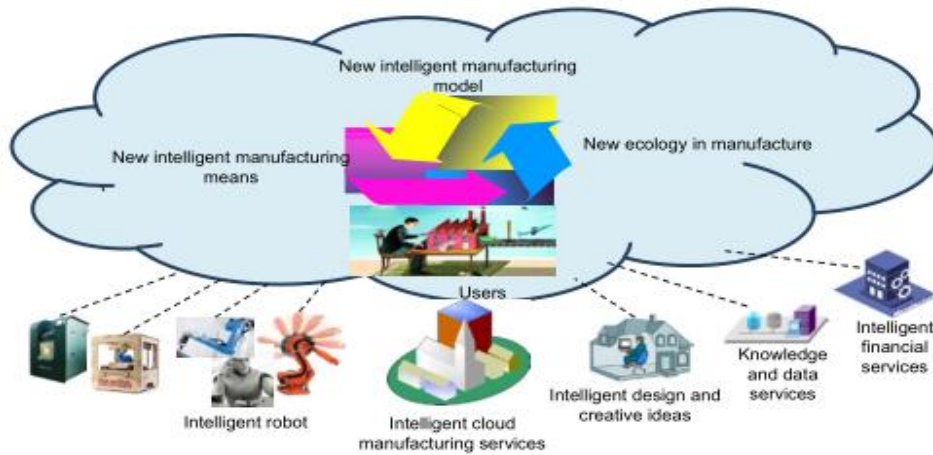


Fig. 1 New models, means, and forms of intelligent manufacturing

3.2 Intelligent manufacturing system architecture

AI is applied in the field of intelligent manufacturing through the intelligent manufacturing system. The application of AI beyond the intelligent manufacturing system does not make any sense. Against the background of ‘Internet plus AI’, the intelligent manufacturing system is characterized by autonomous intelligent sensing, interconnection, collaboration, learning, analysis, cognition, decision-making, control, and execution of human, machine, material, environment, and information in the whole system and life cycle. The system consists of a resources/capacities layer, a ubiquitous network layer, a service platform, an intelligent cloud service application layer, as well as a security management and standard specification system.(Fig 2)

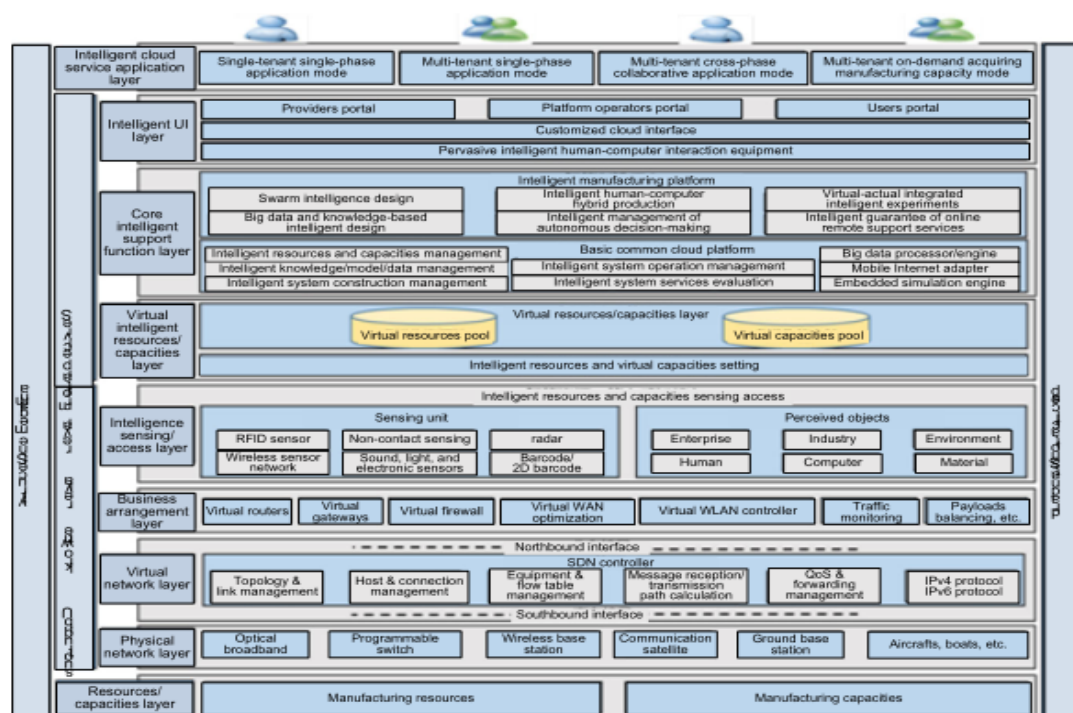


Fig. 2 Intelligent manufacturing system architecture

3.2.1 Resources/capacities layer

The resources/capacities layer includes manufacturing resources and manufacturing capacities, including: (1) hard manufacturing resources such as machine tools, robots, machining centers, computing equipment, simulation test equipment, materials and energies; (2) soft manufacturing resources such as models, (big) data, software, information, and know- ledge in the manufacturing process; (3) manufacturing capacities of demonstration, design, production, simulation, experiment, management, sales, operation, maintenance, and integration in the manufacturing process as well as new digital, networked, and intelligent manufacturing interconnection products.

3.2.2 Ubiquitous network layer

The ubiquitous network layer consists of a physical network layer, a virtual network layer, a business arrangement layer, and an intelligence sensing/access layer.

1. The physical network layer includes mainly optical broadband, programmable switches, wireless base stations, communication satellites, ground base stations, aircraft, boats, etc.

2. The virtual network layer achieves an open network through southbound and northbound interfaces for topology management, host management, equipment management, message reception and transmission, quality of service (QoS) management, and IPv4/IPv6 protocol management.

3. The business arrangement layer provides the network functions in the form of software, through software and hardware decoupling and function abstracting to achieve rapid development and deployment of new businesses, and provides virtual router, virtual firewall, virtual wide area network (WAN) optimization and control, traffic monitoring, payloads balancing, etc.

4. The intelligence sensing/access layer senses objects such as enterprise, industry, human, machine, and material through the intelligent sensing units of a radio frequency identification (RFID) sensor, wireless sensor network, sound, light and electronic sensors/ equipment, bar code/2D bar code and radar, and transferring data and instructions through a network.

3.2.3 Service platform layer

The service platform layer consists of a virtual intelligent resources/capacities layer, a core intelligent support function layer, and an intelligent user interface (UI) layer.

1. The virtual intelligent resources/capacities layer provides an intelligent description and virtual setting of manufacturing resources/capacities to map the physical resources/capacities onto logical intelligent resources/capacities to form a virtual intelligent resources/capacities pool.

2. The core intelligent support function layer consists of a basic common cloud platform and an intelligent manufacturing platform, each respectively providing the base middleware functions such as intelligent system construction management, intelligent system operation management, intelligent system service evaluation, AI engine, and intelligent manufacturing functions such as swarm intelligence design, big data and knowledge-based intelligence design, intelligent human-computer hybrid production, virtual-actual combination of intelligent experiments, intelligent management of autonomous decision-making, and intelligent guarantee of online service remote support.

3. The intelligent UI layer pervasively supports intelligent terminal interaction equipment for service providers, operators, and users to achieve a customized user environment.

3.2.4 Intelligent cloud service application layer

The intelligent cloud service application layer highlights the role of the human/organization including

four application modes: single-tenant single-phase application mode, multi-tenant single-phase application mode, multi-tenant cross-phase collaborative application mode, and multi-tenant on-demand acquiring manufacturing capacity mode. It also supports autonomous intelligent sensing, interconnection, collaboration, learning, analysis, prediction, decision-making, control, and execution of human, computer, material, environment, and information in the application of the intelligent manufacturing system.

3.2.5 Security management and standard specifications

Security management and standard specifications include an autonomously controllable security protection system to ensure user identification, resource access, and data security of the intelligent manufacturing system, and a standard specifications system to standardize the application of the intelligent manufacturing system technology and the access, supervision, and evaluation of the platform.

Obviously, the intelligent manufacturing system is a kind of intelligent manufacturing networked services system based on a ubiquitous network and its combination, which integrates human/machine/goods/environment/information and provides resources and capacities for intelligent manufacturing and on-demand services at any time and any place. It is a networked intelligent manufacturing system based on Internet (Cloud) plus resources and capacities for intelligent manufacturing' that integrates human, machine, and goods.

3.3 Intelligent manufacturing technology system

The intelligent manufacturing technology system consists mainly of general technology, basic platform technology, intelligent manufacturing platform technology, ubiquitous network technology, product life cycle intelligent manufacturing technology, and supporting technology. (Fig. 3)

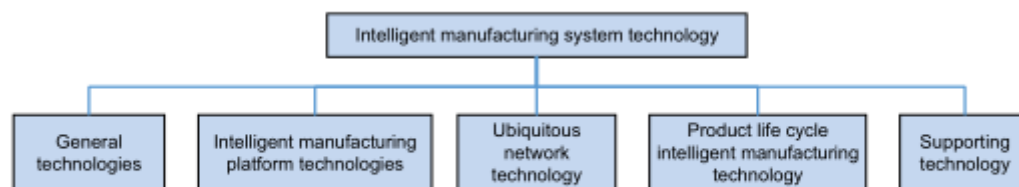


Fig. 3 The five types of intelligent manufacturing system technology

3.3.1 General technology

General technology includes mainly intelligent manufacturing architecture technology, software-defined networking (SDN) system architecture technology, space-air-ground system architecture technology, business model, enterprise modeling and simulation technologies of intelligent manufacturing services, system development and application technology, intelligent manufacturing security technology, intelligent manufacturing evaluation technology, and intelligent manufacturing standardization technology.

3.3.2 Intelligent manufacturing platform technology

Intelligent manufacturing platform technology includes mainly intelligent manufacturing oriented big data network interconnection technology, intelligent resources/capacity sensing and Internet of Things technology, intelligent resource/virtual capacity and service technology, intelligent service environment construction/management/operation/evaluation technology, intelligent knowledge/model/ big data management, analysis and mining technology, intelligent human-computer interaction technology/ swarm intelligence design technology, intelligent design technology based on big data and knowledge, intelligent

human-computer hybrid production technology, virtual-actual combination intelligent experiment technology, intelligent management technology of autonomous decision-making and intelligent guarantee technology of online remote support services.

3.3.3 Ubiquitous network technology

Ubiquitous network technology consists mainly of integrated fusion network technology and space air-ground network technology.

3.3.4 Product life cycle intelligent manufacturing technology

Product life cycle intelligent manufacturing technology consists mainly of intelligent cloud innovation design technology, intelligent cloud product design technology, intelligent cloud production equipment technology, intelligent cloud operation and management technology, intelligent cloud simulation and experiment technology, and intelligent cloud service guarantee technology.

3.3.5 Supporting technology

Supporting technology consists mainly of AI 2.0 technology (Pan, 2016), information and communication technologies (such as big-data-based technology, cloud computing technology, modeling and simulation technology), new manufacturing technologies (such as 3D print technology, electrochemical machining technology), and professional technology of the manufacturing application area (professional technology of aviation, aerospace, ship-building, automobile, and other industries).

4 Evaluation of the application of AI in intelligent manufacturing

The integrated application of AI in the area of intelligent manufacturing may be evaluated by considering three aspects: application technology, industry, and application effect.

With application technology, the level and capacity of infrastructure construction, single applications, synergy applications, and business development need to be assessed. The evaluation of industry development covers intelligent products (products that may complete their tasks intelligently and autonomously) and intelligently connected products (intelligent products that may form an ecological network), intelligent industrial software, the development of hardware that supports intelligent design/production/management/commissioning/security, and the development and operation of intelligent manufacturing systems at different levels of the intelligent manufacturing unit, intelligent workshop, intelligent factories, and intelligent industry. For application effects, it is suggested to focus the evaluation on the changes to competitiveness and the changes to social and economic benefits in order to measure the direct or indirect effects of the intelligent manufacturing system on enhancement of capability and economic benefits.

5 Current global development of intelligent manufacturing

5.1 Overseas development

Developed countries, such as the US and Germany in particular, have drafted innovative strategies and policies on intelligent manufacturing, such as the ‘Advanced Manufacturing Partnership Plan’ (2011) and ‘Industrial Internet’(2012) in the US, and the ‘Industry 4.0 Plan’ (2013) in Germany.

In 2012, GE in the US proposed the concept of ‘Industrial Internet’, which can connect intelligent equipment, people, and data and analyze such data in an intelligent manner to enable smarter decision-making

by humans and machines. The three major components of the Industrial Internet are intelligent equipment, intelligent systems and intelligent decision-making. The Industrial Internet may be seen as the circulation among, and interaction between, data, hardware, software, and intelligence. It can store, analyze, and visualize data acquired through intelligent equipment and networks for final intelligent decision-making based on intelligent information. The maximal potential of the Industrial Internet will be realized through the holistic integration of the three components intelligent equipment, intelligent systems, and intelligent decisions-with machines, equipment sets, facilities, and system networks (Evans and Annunziata, 2012).

In 2013, Germany launched its Industry 4.0 plan, where the strategic idea of ‘one core, two topics, three-dimensional integration, and eight plans’ is proposed, with special emphasis on intelligent factories and intelligent production as the two major themes’ for research. Cyber physical system (CPS) networks and the construction of correspondent intelligent equipment systems became its main concerns. In Industry 4.0, intelligent manufacturing systems can perceive and monitor massive data in real time, generated in the process of production, and realize intelligent analysis and decision-making so as to transform production mode into intelligent manufacturing, cloud-end collaborative manufacturing, and customer tailored production, and realize the integration of more production factors in a more scientific manner. The essence of Industry 4.0 is to realize the intelligent factory based on the cyber physical system’. Production equipment will implement real-time sensing by integrating different sensors with precise process control through the network and data. For production management, a series of technologies will be adopted, which will constitute a service cloud and provide physical equipment with information perception, network communication, precise control, and remote coordination capabilities (Drath and Horch, 2014; Lasi *et al.*, 2014; Wang, 2015; Ivanov *et al.*, 2016).

In terms of the typical demonstration of intelligent manufacturing, Germany and the US spared no effort in demonstrating and promoting their development strategy to transform and upgrade their manufacturing industries. To a large extent, the demonstration and promotion of cross-industry, chain-wide, and comprehensive system solutions from multinational enterprises such as Siemens, SAP, and GE enable these enterprises to take a leading position in the restructuring process of global industry chains, value chains, and ecosystems. For example, the Germany Amberg factory is a model of an intelligent plant of the Siemens company. At Amberg, the real factory is operated together with the virtual factory, and the real factory data and production environments are reflected by the virtual factory, through which people can manage and control the real factory. Nearly 75% of the production operations have been automated. Products can communicate with the production equipment. IT systems take the role of controlling and optimizing all processes, ensuring a 99.9988% product qualification ratio. Compared to 1989 when the factory was first built, the number of employees remains basically unchanged, while production capacity has been increased by eight times, and the error rate per processing of a million electronic products has reduced to 1/40.

5.2 Domestic development

The manufacturing industry in China is facing a critical and historical moment in terms of the transformation from low end to the middle and high end of the value chain, from manufacturing giant to manufacturing power and from ‘made in China’ to ‘created in China’. The Chinese government has proposed strategic plans of ‘Made in China 2025’, ‘Guidance of the State Council on Promoting Internet+ Action’, ‘Guidance of the State Council on Deepening Integration of Manufacturing and Internet’, and the ‘13th Five-Year Plan on National Program for Science and Technology Innovation’ to support the transformation. ‘Made in China 2025’ has clarified the strategic goals, guidance, and road map for 30 years, three steps and three stages to raise the country’s manufacturing power. It sets the principles for becoming

the second tier of the powerhouse in manufacturing: innovation-driven, quality first, environment-friendly development, structural optimization, talent-centric, as well as the strategic road maps: stick to the new model road to industrialization with Chinese characteristics, with the theme of innovative development, the focuses on enhancing quality and improving economic benefits, the main aim of accelerating deep penetration between new-generation informative techniques and manufacturing, and the highlights on smart manufacturing. The following are included therein:

Nine missions: (1) increasing innovative capability in national manufacturing, (2) promoting the deep fusion of information and industrialization, (3) strengthening the basic industry capacity, (4) booming the quality brand-building, (5) popularizing environment-friendly manufacturing, (6) advancing breakthroughs in key areas, (7) pushing forward further the structural adjustment to the manufacturing industry, (8) advancing services for manufacturing and production, and (9) increasing international involvement in manufacturing.

Ten major development fields: (1) the new-generation information and communication technologies industry, (2) advanced numerically controlled machine tools and robots, (3) aviation and aerospace equipment, (4) ocean engineering equipment and high-tech marines, (5) railway transportation equipment, (6) energy-saving and new energy vehicles, (7) electric power equipment, (8) new materials, (9) biomedicine and high performance medical apparatus, and (10) agricultural equipment and machinery.

Five major programs: (1) a national innovation center construction program for the manufacturing industry, (2) a program of strengthening the industrial base, (3) deep integration of information technology and the industrialization program, (4) an environment-friendly manufacturing program, and (5) a high-end equipment innovation program.

Eight strategic supports and assurance: (1) strengthening reform in governance and administrative mechanisms, (2) building a fair competitive market environment, (3) improving financial support policies, (4) enhancing fiscal and tax policy support, (5) perfecting multi-level training systems for talent, (6) improving policies on small and micro businesses, (7) opening up further the manufacturing industry, and (8) enhancing the organizational mechanisms for implementation.

China has witnessed encouraging progress in technologies, industry, and applications in terms of intelligent manufacturing in recent years.

With regard to intelligent manufacturing technology, China first proposed models, approaches and forms of intelligent manufacturing based on cloud manufacturing in 2009 (Li *et al.*, 2010). Its achievements have been popularly referred to, and recognized by, the international academic community (Ren *et al.*, 2013). Furthermore, key areas of intelligent manufacturing have made significant breakthroughs, such as high-end computerized numerical control (CNC) machine tools, industrial robots, intelligent instruments, and additive manufacturing, establishing an initial intelligent manufacturing standard system (Miao, 2016).

With regard to intelligent manufacturing industry development, network infrastructure has stepped into a higher level and, according to Miao (2016), breakthroughs have been made in high performance computing, networking communication equipment, intelligent terminals, and software, forming a series of mobile Internet, big data, and cloud computing leading enterprises, which support the development of intelligent manufacturing. In the field of intelligent products and intelligent Internet product development, recent breakthroughs include products and services such as intelligent hardware and the Internet of Vehicles. Taking intelligent hardware devices as an example, the volume of global retail market for wearable smart equipment is 72 million in 2015, with an increase of 132% compared with that in 2014. The overall volume is expected to reach 196.9 million by 2020, and compared to 179 000 in 2013, the annual growth rate will be 25%. As for China, market volume was 4.3 million units in 2014, growing to 16.8 million units in 2015. Close to 1/4

of the global market volume, the growth rate in China is significantly higher than the global average.

Thanks to typical demonstrations of intelligent manufacturing, intelligence levels have been improving in key areas such as research and development design, production equipment, process management, logistics and distribution, and energy management. According to Miao (2016), the penetration rate of digital design tools in key industries is over 85%. In recent years, Chinese enterprises such as China Aerospace Science and Industry Corp., Qingdao Haier Group, and Red Collar Group have implemented intelligent manufacturing applications. Taking CASIC as an example, CASICloud, the first cloud manufacturing platform, has been on-line for over a year, attracting more than 230 000 registrations and releasing over 43 billion CNY CASIC business demands regarding all aspects of the manufacturing industry. Over 1000 innovation and entrepreneurship projects have been released on-line, and cooperation with international intelligent manufacturing and scientific services is underway.

In general, however, the manufacturing industry in China is facing some arduous challenges, and we need to accelerate ‘five transformations’: (1) the transformation from a technology follower to an independent developer and then a technology leader; (2) from traditional manufacturing to digital, network, and intelligent manufacturing, (3) from extensive manufacturing to high quality and efficient manufacturing, (4) from resource consumption and environment pollution manufacturing to green manufacturing, and (5) from production manufacturing to production+service manufacturing.

6 Research direction of AI 2.0 in intelligent manufacturing industry

From the perspective of application technology, industry development and application demonstration, we propose the following research directions for the application of AI 2.0 in the intelligent manufacturing industry.

6.1 Application technologies of intelligent manufacturing

Based on the deep integration of AI 2.0 technology, manufacturing science and technology, information communication science and technology, and manufacturing application technology in the manufacturing industry, this research focuses on the follow aspects of intelligent manufacturing application technologies:

1. General technology of intelligent manufacturing systems, including intelligent manufacturing framework technology, SDN network system framework technology, air-space-ground integrated system framework technology, business models of intelligent manufacturing service, enterprise modeling and simulation technology, system development, application and implementation technology, intelligent manufacturing security technology, intelligent manufacturing assessment technology, and intelligent manufacturing standardization technology.

2. Intelligent manufacturing system platform technology: big data of intelligent manufacturing based network technology, intelligent resources/ capacity perception, Internet of Things; intelligent resources/capacities virtualization and service technology; construction/management/assessment technology for intelligent service; management, analysis and mining of intelligent knowledge/model/big data; technology for intelligent man machine interaction; swarm intelligence design technology; intelligent design technology based on big data and massive knowledge; man-machine hybrid intelligent production technology; intelligent experiment technology that combines vitality and reality; intelligent management technology of independent decision-making; intelligent support technology with online service and remote support.

3. Intelligent design, production, management, experiment, support, and other key technologies involved in the entire circle of intelligent manufacturing, including: intelligent cloud innovation design technology,

intelligent cloud product design technology, intelligent cloud production equipment technology, intelligent cloud operation and management technology, intelligent cloud simulation and experiment technology, and intelligent cloud service and support technology.

6.2 Development of the intelligent manufacturing industry

Intelligent products and intelligent interconnected products are to be researched.

As for intelligent manufacturing enabling tools, the following research needs to be conducted: intelligent industrial software including system software, platform software, and application software, as well as intelligent hardware that supports intelligent design, production, test, and assurance, including intelligent material, intelligent sensors, intelligent equipment, intelligent robots, new-generation intelligent network devices, service-oriented SDN control platforms, and new network evaluation systems.

Intelligent manufacturing systems need to be developed and operated on different layers, including intelligent manufacturing unit, intelligent workshop, intelligent factory, and intelligent industry, to support innovative manufacturing models, including process intelligent manufacturing, discrete intelligent manufacturing, networked collaborative manufacturing, and remote diagnosis and maintenance services.

6.3 Typical paradigms of intelligent manufacturing

Demonstrations to be researched and implemented include model-driven intelligent collaborative manufacturing across enterprises (businesses), knowledge-driven enterprise cloud services of intelligent manufacturing, human-machine-material cooperative intelligent workshop cloud, autonomous intelligent manufacturing units. At the same time, demonstrations need to be promoted and applied in key areas:

1. Paradigm of model-driven intelligent collaborative manufacturing across enterprises. As for model-driven intelligent collaborative manufacturing across enterprises (businesses), the cloud pool of all kinds of manufacturing resources/capacities needs to be built, and intelligent cloud technology needs to be used to automatically match demands and requirements of resources/services and realize self-construction, management, operation, and evaluation of the service environment. Operation centers of intelligent manufacturing cloud platforms need to be built to support model-driven, collaborative, full life cycle activities such as R&D, production, management, logistics, and supportive services.

2. Paradigm of knowledge-driven cloud service for enterprises. As for knowledge-driven enterprise cloud services, which are based on integration, management, analysis, and mining of enterprise data, models, and knowledge, the operation center of the enterprise cloud platform needs to be built to provide enterprise services such as intelligent design, modeling and simulation, testing, production, management, supply chain, logistics, sales, 3D printing, and comprehensive assurance to support full life cycle activities.

3. Paradigm of human-machine-material cooperative workshop cloud. Human-machine-material cooperative workshop cloud uses technologies and products such as human-machine-material cooperative intelligent robots, intelligent optimization technology for processing code, intelligent equipment assurance, intelligent monitoring, intelligent logistics, cloud quality assurance, cloud management, and cloud scheduling to build intelligent equipment, production lines, processing control and workshop decision-making systems to achieve the integration of human, machine, and material with the help of an intelligent workshop operation center.

4. Paradigm of autonomous intelligent manufacturing units. Autonomous intelligent manufacturing units use technologies and products such as intelligent manufacturing distribution and planning based on advanced autonomous unmanned systems, online inspections, parts recognition and positioning, accident alarming to build intelligent devices, processing equipment, online monitoring systems, intelligent workplaces, security alarm systems, and automatic loading and unloading devices, with the help of a control center based on an

advanced autonomous unmanned system. Breakthroughs need to be made in technologies of full life cycle activity, full processes and flow intelligence including intelligent design, production, management, testing, and assurance based on AI 2.0 according to the requirements of developments in full life cycle activities and processes. Demonstrations to be developed and implemented include customizable and innovative designs based on Internet swarm intelligence, collaborative R&D spaces, intelligent cloud production, intelligent collaborative assurance, and supply/marketing/service chains, and need to be promoted and applied in key industries:

1. Paradigm of Internet-based swarm intelligence customized innovative design. As for customer-tailored and innovative design based on Internet swarm intelligence demonstrations, products and technologies such as collaborative innovation and design and tailored applications are used to build a customer-tailored and innovative design platform based on Internet swarm intelligence, enabling cloud-swarm-intelligence-based product selection, experience, user involvement in design, and real-time tracking in key industries.

2. Paradigm of collaborative R&D swarm intelligent space. Collaborative R&D space demonstration uses collaborative, parallel, and integrated system methods to build a swarm intelligence space that supports big data processing, knowledge collaboration, and innovation aggregation. It develops various types of collaborative R&D space focusing on important industries, enterprises, and individual users, and encourages these users to collaborate on R&D challenges through Internet crowd sourcing, spreading out R&D tasks.

3. Paradigm for intelligent plant production. Big data and massive knowledge-based intelligent technology may help realize intelligent scheduling and planning, process parameter optimization, intelligent logistics management and control, product quality analysis and improvement, preventive maintenance, production cost analyses and estimates, energy consumption monitoring and intelligent allocation, monitoring of production processes and procedures, and comprehensive workshop performance analysis and assessment for the entire production circle. The establishment of a plant operation control center and an intelligent scheduling system may facilitate the realization of flexible, preemptive cloud manufacturing to accelerate the production process and implement intelligent management over the enterprise and production. Intelligent processes of perception, machine learning, and cross-media may enable autonomous decision-making to support production optimization that combines the virtual and reality.

4. Paradigm of intelligent collaborative assurance and supply/marketing service. A knowledge-driven collaborative assurance and supply/marketing/service platform needs to be constructed to collect logistics, supply chains, and warehouse and marketing data. The data will then be analyzed with big data technology to optimize path planning for supply chain logistics, and to improve refined logistics and precision marketing through pre-delivery, front warehouse and matching analysis of user needs and product characteristics.

References

- Drath, R., Horch, A., 2014. Industrie 4.0: hit or hype? *IEEE Ind. Electron. Mag.*, **8**(2):56-58.
<http://dx.doi.org/10.1109/MIE.2014.2312079>
- Evans, P.C., Annunziata, M., 2012. Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines. General Electric.
http://www.ge.com/docs/chapters/Industrial_Internet.pdf
- Ivanov, D., Dolgui, A., Sokolov, B., *et al.*, 2016. A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0. *Int. J. Prod. Res.*, **54**(2):386-402.
<http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2014.999958>

- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.G., *et al.*, 2014. Industry 4.0. *Business Inform. Syst. Eng.*, **6**(4):239-242. <http://dx.doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Lee, J., Bagheri, B., Kao, H.A., 2015. A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manuf. Lett.*, **3**:18-23.
- Li, B.H., Zhang, L., Wang, S.L., *et al.*, 2010. Cloud manufacturing: a new service-oriented networked manufacturing model. *Comput. Integr. Manuf. Syst.*, **16**(1):1-7.
- Li, B.H., Zhang, L., Chai, X.D., *et al.*, 2014. Smart cloud manufacturing (cloud manufacturing 2.0)-a new paradigm and approach of smart manufacturing. *Proc. Int. Intelligent Manufacturing Conf.*, p.26
- Li, P., 2016. Accelerate the construction and application of industrial intelligent cloud platform. *High Technol. Ind.*, (5):84-88 (in Chinese).
- Miao, W., 2016. Speech at the National Meeting to Exchange Pilot and Demonstration Experiences on Intelligent Manufacturing (in Chinese). <http://mt.sohu.com/20160728/n461524353.shtml>
- National Manufacturing Strategy Advisory Committee (NMSAC), Strategy Advisory Center of the Chinese Academy of Engineering (SACCAE), 2016. Intelligent Manufacturing. Publishing House of Electronics Industry, Beijing (in Chinese).
- Pan, Y.H., 2016. Heading toward artificial intelligence 2.0. *Engineering*, **2**(4):409-413. <http://dx.doi.org/10.1016/J.ENG2016.04.018>
- Posada, J., Toro, C., Barandiaran, I., *et al.*, 2015. Visual computing as a key enabling technology for industrie 4.0 and industrial Internet. *IEEE Comput. Graph. Appl.*, **35**(2):26-40. <http://dx.doi.org/10.1109/MCG.2015.45>
- Ren, L., Zhang, L., Zhao, C., *et al.*, 2013. Cloud manufacturing platform: operating paradigm, functional requirements, and architecture design. ASME Int. Manufacturing Science and Engineering Conf. collocated with the 41st North American Manufacturing Research Conf., p.1-10. <http://dx.doi.org/10.1115/MSEC2013-1185>
- Wang, X.W., 2015. Industry 4.0: Road to the Future Industry of German Manufacturing Industry 2025 (Diagram). China Machine Press, Beijing (in Chinese).
- Winnig, L.W., 2016. GE's big bet on data and analytics. *MIT Sloan Manag. Rev.*, **57**:5.
- Yang, T., 2015. Predix: the stage pillar of Industrial Internet. *China Ind. Rev.*, (10):76-81 (in Chinese).