

# 智能硬件产业发展白皮书

(2017 年)

CAICT 中国信通院

工业和信息化部电子信息司指导  
中国信息通信研究院  
2017 年 9 月

---

## 版权声明

---

本白皮书版权属于中国信息通信研究院，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院”。违反上述声明者，本院将追究其相关法律责任。



## 前 言

以智能手机为核心的移动互联网发展已迈入第十个年头，开源操作系统、低功耗芯片、应用程序商店、触摸屏与移动宽带技术犹如一个个马达，助推移动互联网飞跃桌面互联网极限，缔造了无处不在的信息消费经济和有史以来最具规模的终端产业。而自 2015 年起，移动互联网与智能手机的创新动力减弱，产业进入了有限创新、有限增长的成熟阶段，已成型的巨大产能迫切寻觅新的增长点，掀起了新兴智能硬件的创新浪潮。虽然智能手表、智能家居、VR/AR 陆续成为探索热点，也迸发出创新火花，但迄今为止，业界尚未出现一个媲美手机的新平台。2017 年，伴随着人工智能与专用器件技术的共同发展，从业企业在大众消费、行业应用市场中各施所长，打磨针对细分市场和特定场景的产品与服务，智能硬件的商业化前景更加广阔，智能手机、智能机器人、虚拟现实、无人机与智能家居纷纷迎来功能升级、市场扩张的发展机遇，智能应用服务也从大众消费步入行业应用。

中国信通院以 2017 版白皮书为载体，系统探讨智能硬件的现状、趋势与路径，向产业界分享已知，共同推动我国智能硬件技术产业迈向新高度。

# 目 录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 一、智能硬件技术产业总体进展 .....           | 1  |
| （一）以智能手机为突破点的移动互联网步入创新低谷 ..... | 1  |
| （二）人工智能成为重塑硬件智能的新动力 .....      | 4  |
| （三）硬件智能化转型对上游器件提出更高挑战 .....    | 10 |
| 二、全球智能硬件发展态势 .....             | 13 |
| （一）三大核心技术进入新一轮活跃创新期 .....      | 13 |
| （二）五大规模产品依托智能技术重塑核心价值 .....    | 19 |
| （三）“智能+”应用从消费领域向生产领域扩展 .....   | 33 |
| 三、我国智能硬件产业主要情况 .....           | 37 |
| （一）初步具备智能硬件核心技术体系化突破条件 .....   | 37 |
| （二）即将到达智能硬件市场和产品突破关键节点 .....   | 42 |
| （三）形成具备互联网特征的行业智能应用市场 .....    | 51 |
| 四、面临的问题与挑战 .....               | 54 |
| （一）补足基础智能芯片和基础软件短板 .....       | 54 |
| （二）建立基于智能技术的硬件产业生态 .....       | 55 |
| （三）打破应用渗透壁垒，扩大应用范围 .....       | 55 |
| （四）提高对硬件设备和数据安全的重视 .....       | 56 |
| 五、智能硬件产业链图谱 .....              | 58 |

## 一、智能硬件技术产业总体进展

### （一）以智能手机为突破点的移动互联网步入创新低谷

2017 年，以智能手机为突破点的移动互联网历经十年，步入巅峰。2017 年第 1 季度，全球移动用户已经达到 76 亿，较去年平稳增长 4 个百分点。全球联网智能硬件已达到 80 亿台<sup>1</sup>，人均拥有量为 1.1 部，未来 5 年将快速增长到 1.5 部。2016 年第三季度，采用手机和平板等移动设备访问互联网的总流量已超过桌面端，达到 51.2%，实现历史拐点。移动数据流量也有明显提升，至 2016 年末，移动联网速率已达到 6.8Mbps，5 年内还将增长 3 倍，移动宽带用户数已达到所有移动联网设备的 60%，并保持 25%左右的年增长水平<sup>2</sup>。从 2016 年到 2021 年，全球公共 WiFi 热点总量（包括家庭热点）将实现 6 倍增长，由 9400 万个增长到 2021 年的 5.416 亿个。全球 WiFi 家庭热点总量将从 2016 年的 8500 万个增长到 2021 年的 5.262 亿个，将为智能硬件的深化发展提供极好环境。

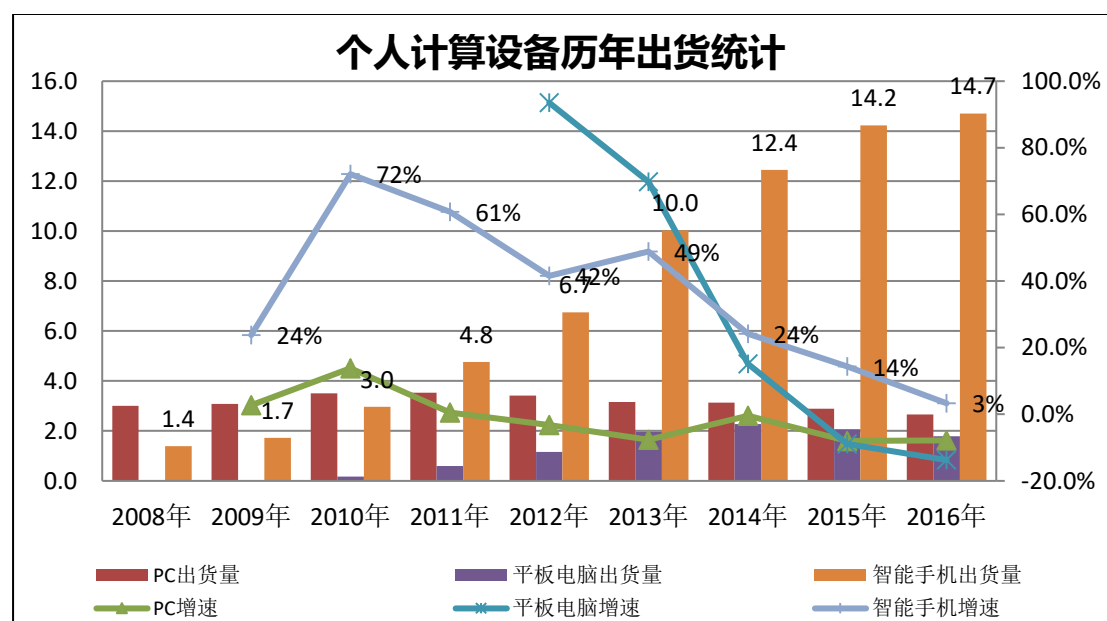
在 ICT 历史上，每一次产业升级都以计算技术与设备的革新为重要信号，也不断融汇新的通信、交互、感知技术，创造全新的终端能力与应用体系。追溯移动互联网自 2007 年以来的十年辉煌，不仅仅延续了以计算平台更替为升级起点的基本规律，更形成了以智能手机为突破点的三大创新。

一是重建更便携的个人计算设备，形成超于 PC 时代的便携计算体验。在智能手机时代，这种媲美 PC 的便携计算能力是通过基于 ARM

<sup>1</sup>数据来源：IHS

<sup>2</sup>数据来源：思科、爱立信、StatCounter

体系的低功耗计算平台、从 2.5G 陆续更替到 4.5G 的移动通信技术和从电压到电容的触摸式交互技术共同进步所达成的。发布三年后，智能手机年销量就超越过 PC，发布五年后超过了功能手机，至 2016 年，已经形成了年出货 14.7 亿部的顶级设备市场。



数据来源：IDC、Gartner

图 1 个人计算设备历年出货统计图（2008 年——2016 年）

二是不断打破应用创新枷锁，形成超越桌面互联网数据价值的移动互联网数据资源，并在消费时长和计算总量上实现对前几代终端产品（包括个人电脑、电视、功能手机）的超越。一是解锁了移动应用的后装模式，2007 年苹果公司发布的应用商店 App Store，极大降低了应用软件开发和分发门槛，发布 6 个月后就突破了亿级用户大关（Facebook 耗时 4 年），迅速引发了“操作系统+应用商店”的布局风潮；二是形成了超级应用等新的应用分发渠道。2011 年前后，以微信为代表的移动互联网平台型应用迅速发展，微信发布 5 年后日登

陆用户已达 7.68 亿<sup>3</sup>，超过同年中国手机网民总量（6.95 亿<sup>4</sup>），50% 的用户日均使用时长超过了 90 分钟。在社交、新闻和视频几大规模应用平台的带动下，中国手机网民日均使用时长已达 226 分钟，逼近电视人均观看时长（255 分钟<sup>5</sup>），超级应用媒体价值和分发价值双双提升。

三是以开放开源的移动操作系统为终端行业发展的核心和指挥棒。开放的系统生态建设模式使得硬件开发门槛进一步降低、研发汇聚速度进一步提升、功能创新步伐更趋于统一。2007 年，谷歌公司发布开源、免费的移动操作系统 Android，一方面降低了操作系统研发壁垒，激发了包括中国在内的广大 OEM 厂商创新热情，另一方面也使得当时林林总总的智能手机器件逐步归一、应用开发基于相对统一的生态体系发展。至 2011 年第三季度，搭载 Android 的智能手机超过新增市场的 50%；2015 年 1 月，谷歌应用商店（GooglePlay）的应用数量首次超过了 App Store，跃升全球第一的移动应用分发市场。

但自 2016 年以来，这三大创新活力式微，部分关键指标增长趋于停滞，预示着以智能手机为载体的移动互联网时代或进入尾声，或酝酿重大转折，值得业界关注：

一是终端市场出现了换挡空白，青黄不接。全球主要应用程序商店的 APP 总量和下载次数均呈现增长放缓，较多新增应用依托 HTML5 技术，以更轻量化方式发展，导致“软件吃硬件”所带来的换机动力减弱，而 4G 代通信制式升级的换机红利也基本耗尽。2016 年至 2017

<sup>3</sup>数据来源：腾讯微信数据报告

<sup>4</sup>数据来源：CNNIC

<sup>5</sup>数据来源：CSM



年上半年，全球智能手机市场增长过缓，没有出现复苏迹象。预估 2017 年智能手机全球市场增长率仍将保持在 3% 左右，与 2016 年基本持平，待印度等新兴市场初步饱和后，将转入负增长。而新兴智能硬件自 2015 年起步以来，虽然业界积极投入、产品繁多，但尚未出现任何一个具有普遍消费意义的拳头产品，终端市场正逐渐出现换挡空白。

## 二是应用平台过于集中，线上应用形态和消费市场趋于稳定。

2016 年至 2017 年上半年，以中国为代表的全球移动互联网应用先进国家，已经出现创新资源和应用分发过度集中在少数企业手中的现象，难以出现新型应用模式和独角兽企业。线上应用的使用时长逼近传统媒体后，也出现了天花板效应；线下应用虽然向较多领域渗透，但服务手段依然较为单一。

三是操作系统格局已定，开源开放的创新活力有所减缓。2017 年第 1 季度，WindowsPhone 基本退出手机操作系统市场，其他操作系统也难以打开局面，Android 市占率再增两个百分点，达到 86.1%<sup>6</sup>，与 iOS 共踞全球终端搭载系统的 99.8%，双寡头垄断的趋势日益严重。两大系统的版本更替也主导了终端软硬件功能的总体升级方向与节奏，智能手机发展初期的由 OEM 引领的单打独斗式创新模式已不复存在。

## （二）人工智能成为重塑硬件智能的新动力

### 1、智能硬件创新动力发生跳变

---

<sup>6</sup>数据来源：Gartner



伴随着智能手机基础技术创新放缓与移动互联网应用生态的固化，智能硬件自 2015 年进入大众视野，呈现多元创新的活跃状态。业界也倾注极高热情，试图在成百上千的新硬件中寻觅下一代 ICT 技术产业浪潮的核心载体、先发信号，但却迟迟未能迎来具备平台意义与规模市场的新终端。究其根本，过去两年中智能硬件创新较多落脚于“互联网+”社会各行各业服务发展，以专有领域的应用服务和终端设计为主，基础能力突破不足，始终没有打破智能手机所定义的上一代终端的创新范式：一是尚未出现在便携、计算和交互体验的综合能力上可以超越智能手机的产品，如可穿戴设备始终面临精准感知计算与便携体验的矛盾，VR/AR 依然无法实现对良好视觉体验与低功耗的兼顾；二是应用服务发展虽广，但没有衍生出新的应用模式和平台，线上移动互联网应用消费依然以社交、视频、游戏三大件为主，主要服务商市场份额相对稳固，线下应用极大依赖智能手机主流应用平台账号、支付和社交关系；三是鉴于一、二两点，智能硬件操作系统的探索虽多，也未能形成类 Android 的新系统生态。

在过去两年间，得益于计算、数据等关键要素的催化，人工智能步入技术拐点和布局关键期，发展势头迅速猛烈，是为经济社会运转的新能源、信息通信产业发展的新动力。得益于人工智能学家对神经网络的洞悉性理解，人工智能发展理念一直超前于同时代的计算、通信、自动化三大基础技术，也因此历经三次发展跌宕。本轮热潮已经是人工智能学科历史上的第四次涌动，以深度学习为基础理论，模拟人脑大量神经元的层级联结结构，训练计算机自己从大量数据中高效

地寻找模型和规律，其结果强烈依赖数据质量和计算能力。而移动互联网的十年发展，使得线上线下数据水乳交融，不仅带动数据总量激增，也在交通、医疗、家居、生产、城市管理形成了大量“数字孪生”资源和可描述、可标注、可解决的问题场景，更丰沛了以人为节点的综合类数据池，为实现“使能世界、服务人类”的人工智能技术提供了燃料。GPU 技术的跃升大幅降低了人工智能的使用成本，成为与数据并举的另一产业化要素。GPU 近年来严格因循摩尔速度向前演进，如 2017 年英伟达 TeslaV100 加速器核心晶体管数目已达 211 亿个，较一年前发布的 Pascal (153 亿个) 增长了 40%，针对深度学习打造，其训练的 Tensor 浮点运算性能达到 Pascal 的 12 倍；成本也有显著下降，如市场上采用较多的 GTX1080 芯片，依据其发布售价与标称峰值性能计算，十亿次浮点运算/秒的成本已经降至几美分。数据力与计算力的同步发展，使得人工智能技术在语音识别、图像处理、自然语言理解、翻译等方面取得实效，为形成新的信息入口、交互方式、应用场景至终端形态做好了技术储备。

移动互联网是通过移动通信和便携计算技术的升级，将互联网服务通过手机推送到每个人身边。而智能硬件浪潮不再局限于移动互联网的深化、泛化或内化，而是在刻画着智能时代信息感知、知识输出的终端雏形。未来三到五年内：

——智能手机依然是智能硬件体系中的核心终端、主要形态，并没有出现被新的终端取而代之的前兆，将成为较长代的计算平台；

——智能手机计算总量面临重新分配与分流。云端与终端就训练

与推理进行分工细化，主要训练在云侧完成，训练后的模型经过降维、减枝后在端侧完成推理，而智能家居、智能驾驶等新的硬件场景将进一步分流智能手机计算总量；

——包括智能手机在内的智能硬件动力升级，并非来自终端内部的某几个器件的自我改革、自我升华，而是来自于人工智能所带来全社会生产效率的提升，智能硬件既是这场技术变革的先发条件，也是智能服务提供所依赖的载体。

## 2、产业迈入真正的智能化阶段

虽然人工智能已经成为 2017 年产业投资、技术文化甚至是政治表述的热门词汇，但这一代人工智能技术尚存相当多的局限，与人类智力相伴相生关系极强，短期内不会出现非常独立于人类智慧的机器智能。但效仿人类感知、辅助人类计算和记忆、依赖人类知识模型和决策经验的专有领域智能硬件将大量出现，智能手机也将在感知智能方面有大幅提升。将对现有智能硬件和服务带来三方面的改变：

一是改变信息的获取方式，形成多维数据池，开拓新的应用场景和终端形态。在本轮人工智能应用技术中，语音识别与图像识别等感知智能技术发展最早也最为成熟，目前国际领先企业图像分类的错误率已降至 3.0%，人脸识别率达到 99%左右，准确率高于人眼辨识水平（错误率约 5.1%），语音识别的错误率更是显著下降到 5%左右，百度公司已经达到 3.7%，在方言识别上也更具优势。在无法长时间进行键盘输入、屏幕关注的场景中均可以使用语音识别、手势识别进行操作，极大拓展了家电、汽车、无人机、消费领域机器人的使用时长，

也可以开展大量基于图像和语音的应用设计，如辅助驾驶、食品标注、安保防爆等。

**二是改变信息的认知方式，帮助使用者完成任务和丰富经验。**在针对社会行为、经济行为和情感表达等综合性问题，人工智能技术将多模态行为数据集和以人为节点的知识图谱相结合，可实现对用户行为的综合认知，大幅提升金融风险、业务推荐、用户管理等分析的精准度。如，可以通过个人的互联网支付、消费和租借信用信息，来分析其偿债能力与偿债意愿，增强信贷、保险、共享经济等业务开展的准确性，降低运营成本与风险。也可以交叉使用社交网络、电子商务、地域、文化、性别等信息，综合判断某类用户对视频节目的喜好、对电子消费产品和汽车的消费决策点，做出更准确的推荐。

**三是改变智能能力和商业模式。**今天的“智能”已经升级，人们不是在已知计算逻辑的前提下让计算机来做计算实现，而是通过设定方法、调试参数，来帮助计算系统自己寻找解决问题的规则。如，今天的机器翻译无需人类亲自寻找不同语言浩瀚、细腻的语言规则，而是输入两种语言的对应语料，由机器自己建立翻译规则，输出结果。

这也使得在同代算法的前提下，数据（无论大数据、小数据）成为一种类似石油、核能的基础原料，不仅仅是产业发展的动力，也带来了新的开发需求、开发工具和安全标准。巨大的数据流动、提炼与存储也塑造着新的垄断企业、基础设施和商业规则，这些企业就像电厂，将智能输送给家中的电视、街上的路灯和工厂里的机床。人们使用着这些设备，并不必了解这能力从何而来。整个 ICT 产业在人工智

能技术的影响下可能发生轰然巨变：

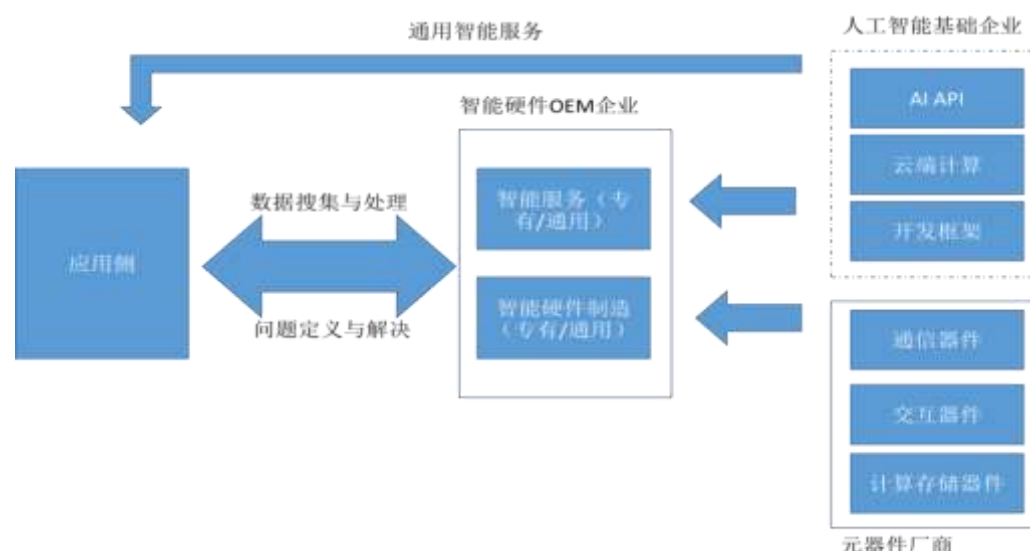


图 2 智能硬件产业生态示意图

一是基础智能服务商的出现。具备技术能力的人工智能基础企业通过提供 AI API、开源 AI 开发框架、开放云端计算能力等方式对下游企业提供智能服务，并与元器件企业、OS 企业一起成为终端产业链基础环节，进一步拉长产业链长度。人工智能是一个小学科里面扩出的大产业，人才有限，也非常依赖高质量、独特的数据集，这就决定了基础智能提供商数量较少。

二是智能服务商话语权将逐步增强。如同 OEM 厂商与上游存储、显示等器件厂的关系一样。虽然整机厂商是利润的直接来源，企业数目与体量也高于上游产业，但是少数器件大厂依然可以利用技术优势提升售价、限制供货、钳制实力较弱的整机企业。人工智能基础服务商也具有类似的能力，同时还可以直接面对消费者和开发者建立相对通用的智能应用生态。

三是智能硬件企业也因为具备通用数据的整合优势，专有领域的



硬件设计优势，比以往更接近用户的应用需求，可以开展更多的商业智能服务，收入结构将有所软化，有利于改善终端企业高流水、低利润的窘境。

### （三）硬件智能化转型对上游器件提出更高挑战

智能硬件在经历初期的激烈涌动后，一度步入服务定位不清晰、产品形态趋同、难以建立新的规模市场的窘境。2017 年，伴随着人工智能与专有器件技术的共同发展，从业企业在大众消费、行业应用中各施所长，打磨针对细分市场和特定场景的产品核心功能与价值，真正的智能硬件商品体系才刚刚成型，并出现了明显的分化发展迹象。在个人与家庭消费市场中，多项规模产品共同发展、协同创新的格局将逐步取代智能手机一枝独秀的局面，最主要的增长点来自于以智能语音为入口的家居和车载产品。而在专有领域市场中，智能硬件仍将维持原有的长尾化特征，并且随着云端人工智能功能的成熟、丰富，越来越多的渗入国民经济各大领域，长尾愈长，其价值将更多的体现在云端数据的开发和专有服务场景的设计上。因此，本次白皮书对智能硬件规模市场从产品层面展开论述，对专有长尾市场则主要从应用层面展开论述。

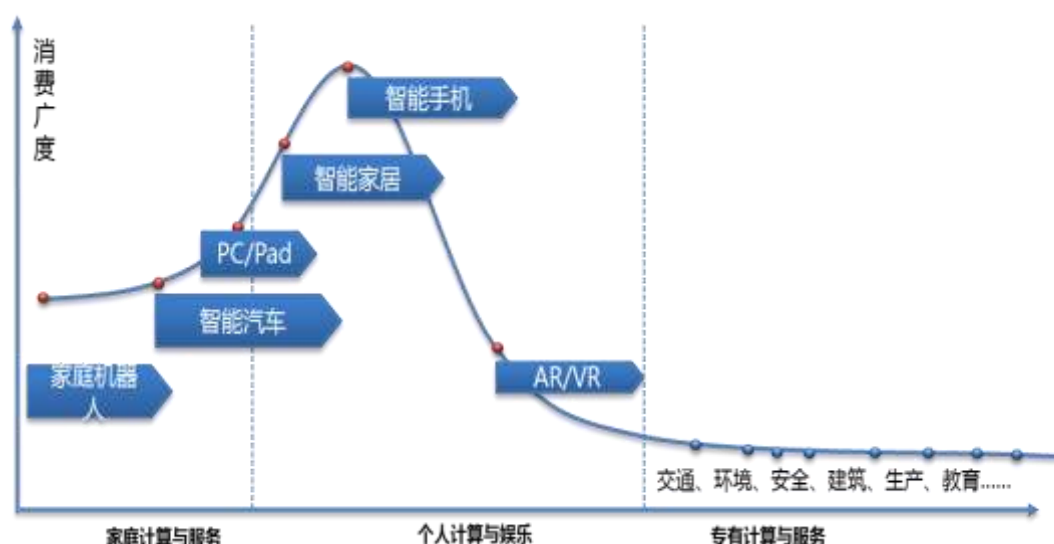


图3 智能硬件长尾曲线规模属性示意图

另一方面，人工智能与智能硬件还将进一步的拓展人类社会与互联网世界融合的长度、细化信息交互的颗粒度、提升信息融合的速度。

——扩展融合长度。人类对电子设备的可视时长是有限的，PC与电视每天消耗了7-8个小时，而智能手机又依托碎片化的观看方式，额外创造出3-4个小时，三者加总已近于顶峰。下一代智能硬件若仍基于可视经济谋发展，则必须在人体承受范围内提供超越现有显示体验的全新技术，这也是制约VR类设备成为智能手机后的规模终端的根本原因。随着智能语音技术的成熟，定位于以语音为单一应用场景入口的无屏/弱屏智能硬件开始发展，这类设备具备改写以可视时长为注意力经济基础单元的潜力，有望进一步加长人们停留在互联网世界总时长，预计至2020年，30%的网页都不再通过屏幕进行浏览<sup>7</sup>。未来的信息输入入口必将是多模态并存，语音与显示的价值互不可替，也各有法场，手机、平板等在公共场合使用、私密性高的终端中，以

<sup>7</sup> Gartner 预测



显示为主；而车载、家居等在私人场合使用、个性化强的终端中，语音为主。

——**细化融合粒度**。移动互联网以单个人为颗粒度，以手机号码或社交网络账号为个人的互联网标签；智能互联网时代这种颗粒度进一步细化，并能还原成更完整的个体数据拼图。如，智能家居设备搜集家庭中不同用户的声音和动作与控制设备行为，并将其还原为每个家庭用户的起居、娱乐、饮食和消费偏好；自动驾驶与各种无人系统则搜集个体的交通与物流信息，还原为每个社会人的物理行为轨迹。这些细颗粒度信息的融汇，是建立知识化、自动化、精细化的生产方式的基石，是比“人更了解人、更能服务于人”的“后智能硬件”的发展起点。

——**提升融合速度**。智能手机通过传感器和移动芯片创造了体感信息、位置信息等传统互联网无法提供的信息，但是在文字信息输入能力上并没有超越 PC。而智能互联网一方面通过语音识别技术加快了文字的输入速度，另一方面也通过机器视觉技术获得了自主、智能的读取富媒体信息的能力，倍增了信息输入速度，为自动驾驶、城市管理和工业生产控制等高数据吞吐量智能硬件设备创造了发展基础。

**智能硬件产品体系的扩充和信息融合的加速，使终端产业重现“马尔萨斯”陷阱，推动基础计算与主要器件开启智能化转型。**工业时代之前，世界经济一直面临人口学的马尔萨斯陷阱——粮食生产呈算数增长，而人口却呈几何数增长，缓慢的生产方式不敌广大人民群众日益增长的资源消耗。而工业革命通过对农业生产、资源开采和资

源配送等几方面的变革缓解了部分危机。当前的智能硬件浪潮下，几何级数增长的数据总量与线性增长的计算能力正在形成新的马尔萨斯陷阱，需要新的计算机理与器件来支持计算需求的增长。同时智能硬件渗透至社会生活的诸多角落，细分种类难以计数，形态、功能、服务的快速升级迭代，对前端器件性能不断提出智能化、集成化、柔性化需求，使得产业链上游之争越发关键，硬件门槛不降反升。这也是 2015 年以来，诸多试图以服务创新步入硬件市场的探索落败的原因，而 2017 年以后，因人工智能的发展，对基础器件的性能需求将被进一步推高，带动基础技术持续升级。

## 二、全球智能硬件发展态势

### （一）三大核心技术进入新一轮活跃创新期

智能硬件需要面对多元化的数据采集和交互场景、大规模低时延数据传送需求、端云深度协作数据处理模式、人工智能数据模型的高效推理等新课题，使端侧计算、感知、通信三大技术成为先期突破重点，以此为基础推动交互、控制、决策等整个智能硬件技术体系向智能化转型。在此过程中，人工智能作为基础性技术深刻影响着以上三大技术的发展需求和技术路线，成为智能硬件核心技术演进中的关键催化剂。

#### 1、计算技术面向智能需求体系化创新

云端协同的计算能力升级是支撑本轮硬件智慧化升级前提条件。云端负责实现人工智能模型的训练，需满足不同算法的计算特点和需求；“端侧”负责运行模型实现并加速视觉/语言处理等智能应用，计

算需求的核心是高效能和低延时。因此需要通过芯片异构、系统集群等基础架构升级，以及指令集、专用函数库及软件框架等与特定应用深度融合，实现单芯片平台计算能力的提升，满足低功耗、实时性、可靠性等复杂的智能硬件应用场景需求。此外，基础计算体系的变革也在探索更为长远的升级路径，如模仿人脑计算模型的神经元芯片和类脑计算，以及更匹配深度学习所需的矩阵和张量处理需求的量子计算等。

**新架构、新器件加速应用于特定场景中的智能硬件之中。**一方面，智能硬件常规通用计算芯片正迎来新一轮架构创新浪潮，ARM 的新版 CPU 架构 Cortex-A75 和 GPU 架构 Mali-G72，较前代版本性能提升 15% 和 40%，引入的多核并行计算技术 DynamIQ，可灵活配置和调度 CPU 簇，提高对各类复杂任务的处理能力。另一方面，围绕特定计算需求的 ASIC（特定用途集成电路）计算芯片研发和应用逐步增多。尤其是面向神经网络所需的矩阵乘运算，ASIC 芯片通过与模型紧耦合能够提供比 CPU、GPU 更高的性能。安防、汽车等领域的智能硬件已开始应用 ASIC 芯片提高图像、语音等数据的处理能力。如 Mobileye 的第四代 ADAS 视觉处理器 EyeQ4 将于明年应用于商用车上。FPGA 在离线的 AI 推理中也正在成为 CPU、GPU 等通用架构之外的重要补充。此外，“即时启用”等高灵敏性硬件应用场景也在推动存储器件技术的换代，LPDDR4 等新一代存储技术的商用进程进一步加快。

**终端芯片的异构计算能力进一步提升，满足智能硬件多样计算需求。**CPU、GPU 等通用计算芯片加快完善对第三方加速器的接口和能

力共享，为丰富的异构计算框架体系的构建奠定基础。如 ARM 的新架构全面提升了对第三方加速器的接口支持，允许 A75 或 A55 核内的 L3 缓存与外部加速芯片实现共享，提高加速芯片与通用芯片之间的数据交换速度。多计算节点互联互通、内存计算、计算存储融合等异构计算新技术也在加快创新，提升系统内部及系统集群间的数据交互能力，缓解冯诺依曼瓶颈的局限性。在产业方面，各企业巨头加大对多元计算技术的整合并购力度，提升自身构建整体计算技术解决方案平台的能力。如高通收购多家专用计算技术公司，并将其技术整合进骁龙产品中，实现在无人机、VR、自动驾驶汽车等更多智能硬件产品和场景中的应用。

**强化软硬深度融合，助力新计算架构充分发挥效能。**一方面，从指令集和基础架构层面强化对人工智能等新计算需求的优化和支持，如 ARMV8.2 版本的指令集将支持神经网络卷积运算，可以极大的提升人工智能和机器学习的效率。基于 DynamIQ 技术的 Cortex-A 系列处理器，结合该类全新指令集可实现比现有的 Cortex-A73 的设备高 50 倍的人工智能性能。另一方面，企业通过为芯片产品提供专用能力接口和软件开发工具包，提升芯片在特定场景下的性能表现。如高通基于骁龙 820 平台推出骁龙神经处理引擎软件开发工具包，实现智能终端中增加图片识别等深度学习功能。

## 2、感知技术向主动式多模态感知发展

**智能感知技术增强智能硬件对外界的主动性、多通道观察能力。**

主动感知是指通过感知器官获取外界信号，通过大脑对信号进行思考



辨识后做出相应决策，是人类智慧的重要体现。传统电子设备以被动感知为主，即仅利用简单传感器采集数据，并不对数据做分析处理。深度学习技术的应用加快语音识别、图像识别等人工智能感知技术发展，使智能硬件初步具备视觉、听觉、触觉等主动观察感知能力，可通过摄像头、激光雷达、毫米波雷达、麦克风、融合传感器等设备，直接获取图像、视频、音频、位置等外部数据，进而实现人脸识别、语音识别、视频分析、语义理解等功能。多模态融合感知进一步增强了智能硬件感知能力。单特征识别技术受到算法和硬件的限制，容易遇到识别瓶颈。指纹、虹膜、声纹、眼纹等特征的融合感知和人脸识别、语音识别、步态识别、动作识别等方法的综合应用，使智能硬件在具体应用场景下的准确率和效率大幅提升，弥补了单特征识别技术的缺陷，同时也表现出较单特征识别更高的可靠性和安全性。在这种趋势下，传感器向多器件、多算法、多模块集成与创新发展的趋势下，传感器向多器件、多算法、多模块集成与创新发展的趋势下，为多模态感知提供器件基础。目前应用较广的包括视觉传感器与激光、红外等传感器的融合实现 3D 视觉，多麦克风阵列实现远场拾音等。

**计算机视觉技术的突破实现智能硬件的“看懂”能力。**人类 80% 的信息来源于视觉，图像或视频数据也将成为智能硬件的重要入口数据之一。计算机视觉方法主要由图像预处理、特征提取、特征筛选、推理预测与识别阶段组成，根据特征提取方法的不同分为知识驱动和数据驱动两条技术路线。基于知识驱动的机器视觉方法由于人工设计特征代表性不足，且易产生累积误差，导致图像识别准确率不能满足实用要求，目前尚无法大规模应用于智能硬件。现阶段智能硬件应用

的机器视觉以完全数据驱动的端到端深度学习模型为主，识别准确率远超传统算法。基于该类算法发展的人脸识别、图像识别、视频分析、图像搜索等视觉技术感知性能基本达到商用水平，为智能硬件拥有“看懂”能力提供了技术基础。

**自然语言处理技术提升智能硬件的“听清、听懂”能力。**自然语言处理技术，是机器通过识别和理解人类语言，把人类语音转变为计算机可读的输入，以方便人和机器设备进行交流。传统方法以基于语言规则的匹配分类技术为主，其识别性能严重依赖于规则和特征导致准确率较低。随着深度学习与长短时记忆网络等算法的应用，语音识别错误率已较 2012 年下降 30%以上。多轮对话、智能搜索、实时知识图谱等技术进一步提高“听懂”的能力，使自然语言处理技术从“识别”向“理解”迈进。当前，百度知识图谱“知心”已建立拥有上亿实体量的知识图谱，涵盖数十个领域和类别。谷歌的“Knowledge Graph”已包含超过 5 亿个事物和不同事物之间超过 35 亿条的关系。在具体场景的应用上，麦克风阵列、腔体分析、波束形成、回声消除、语音唤醒、远场识别等成为解决远场语音识别的关键要素。目前简单场景、单人的近场语音识别技术已比较成熟，在距离小于 1 米的场景下，字准确率已达到 97%以上。在复杂场景、多人、远距离的语音识别技术尚需进一步突破。

### 3、联网技术再次面临跨越式变革

**智能硬件及其应用场景的多样性需要联网技术的多方向创新。**智能硬件产品的多样化联网需求日益增加，第五代移动通信（5G）、低

功耗广域网（LPWAN）等智慧联网技术成为智能硬件拓展新功能和形态的重要支柱，连接数字与物理世界的桥梁。根据应用场景的不同，智能硬件的联网需求可分为高速率、短距离无线通信和低功耗广域网三个方向：VR/超清视频播放、视频监控、自动驾驶等场景要求智能硬件具有媲美光纤的接入速度、热点区域的连接能力、“零”时延的使用体验，加速 4G/5G 高速联网技术的发展；WIFI、蓝牙、ZigBee 等短距离无线技术在可穿戴、智能家居、电子广告、无线 ATM 等应用中加速更迭；智能抄表、环境监测、智慧城市、智慧物流等应用对网络覆盖、设备功耗较为敏感，推动 NB-IoT、Sigfox、LoRa 等 LPWAN 技术的普及。

**智慧联网技术在无线和网络技术方面的协同创新扩宽了智能硬件的网络入口。**目前 5G 通过引入大规模天线、超密集组网、全频谱接入、高频毫米波、新波形、新多址和新编码等关键技术，可以有效满足广覆盖、大连接及高速等多数场景下智能硬件的体验速率、时延、连接数以及能效等指标要求，如 IBM 和爱立信合作推出的 28GHz 毫米波相控阵技术，可为物联网、虚拟现实和互联汽车应用的超高数据传输提供更大带宽和极低延迟。LPWAN 技术主要面向小数据交换、低速率传输、广范围分布特征的智能硬件联网需求，其中 NB-IoT 采用授权频段部署并与蜂窝网络融合，可提供更好的信号质量与安全性，实现快速大规模部署；此外为满足智能硬件更多的应用场景和市场需求，3GPP 对 NB-IoT 进行了一系列增强技术，如增加了定位和多播功能，提供更高的数据速率，增强 NB-IoT 技术的移动属性，以支持多种移



动终端的网络连接。

**典型应用加速智慧联网技术的标准化和产业化进程，也推动智能硬件系统集成技术的发展。**技术标准方面，车联网以及在线视频、虚拟现实、3D 电影和游戏等高带宽的应用将加速 5G 技术标准的落地，全球领先的移动运营商和设备供应商纷纷宣布加快 5G 标准化进程，2017 年底提前完成 5G 非独立组网标准，2018 年完成首个 5G 标准以满足部分运营商在 2019 年实现 5G 商用的强烈需求。此外基于 LPWAN 的智能抄表、智慧城市等物联网行业应用的比例不断升高，推动 NB-IoT 技术标准的快速冻结以及在多个城市的规模商用部署。产业化方面，高通、英特尔、联发科等芯片巨头与行业领先的电信设备供应商和运营商合作，为移动终端开发基于 5G 连接技术的芯片集成系统，以提高频谱效率和数据速率。部分低功耗广域网终端系统模组已基本成熟，HopeRF、Microchip、Gemtek、ST 等公司开始量产 LoRa 模组，成本降至 5 美元以下；高通、华为、英特尔等 NB-IoT 标准主导企业已完成系统芯片的设计与研发，u-blox 与华为合作推出了全球首款 NB-IoT 智能电表。成熟的联网技术系统集成方案将进一步推动更多电子终端设备的接入网络、连接世界。

## （二）五大规模产品依托智能技术重塑核心价值

随着智慧计算、感知和联网技术的成熟和应用，硬件改造的方式从早期的“芯片+硬件”、“联网+硬件”的模式向新交互界面+新控制方式转变，如虚拟现实、智能家居在语音、图形交互界面上的创新，智能机器人、无人机在控制方式上的创新等。智能手机也与人工智能

技术结合形成许多创新功能。目前硬件的智能改造尚处于功能表层，尚未触及人类根本计算需求的变革，VR/AR、智能机器人、无人机等新型硬件在短期内还不能够挑战 PC、智能手机通用计算终端地位。

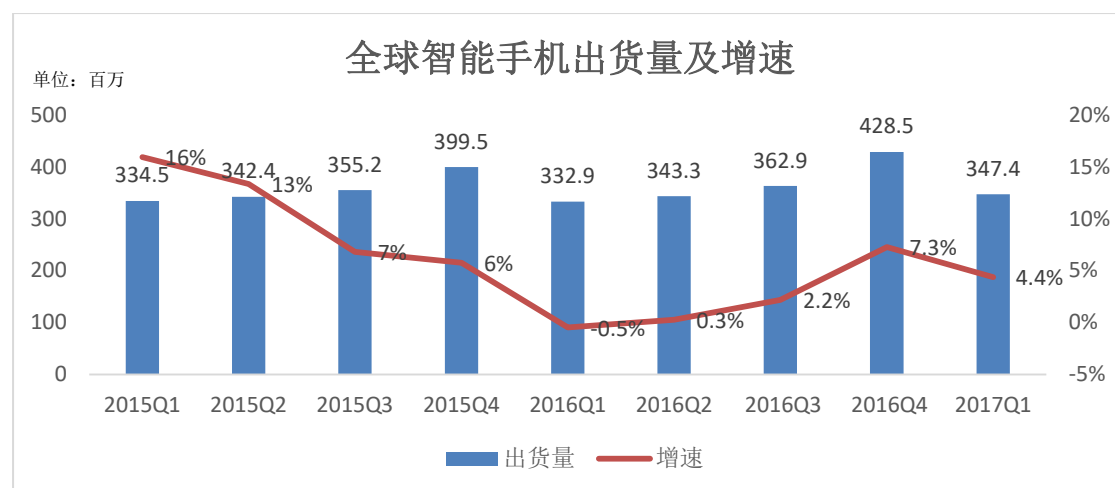
## 1、智能手机进入后智能时代，器件仍存升级空间

全球智能手机进入成熟市场的盘整阶段，中、美、印三大典型市场各具特点。截至 2016 年底，全球智能手机保有量已达到 28 亿，占全球总人口的 40%，仍存一定增长空间。全球智能手机出货量在 2016 年前三个季度的低迷后，逐步回暖，并在 2017 年第一季度实现了 4.4%<sup>8</sup> 的同比增长。以美国为代表的北美、欧洲市场已经进入智能手机发展的平稳期，智能手机仅占个人计算设备的 58% 左右并趋于稳定，高端智能手机占智能手机市场总比重在 70-80% 左右，也基本饱和。以中国为代表的亚太市场完成智能手机普及，进入产品结构升级阶段。2017 年中国智能手机约占个人计算设备的 61%，高端智能手机占比为 27%，未来三年仍存较高的产品结构升级动力。以印度为代表的新兴市场依托人口红利进入高速发展期，成为继中美后全球最大的智能终端市场。受到经济发展和消费水平制约，印度桌面计算设备发展程度不高，手机占个人计算设备的 95% 左右，手机智能化水平不高，智能手机出货占比不足 37%，未来三年总量与结构均将保持双快增<sup>9</sup>。

---

<sup>8</sup>数据来源：IDC

<sup>9</sup>数据来源：Gartner

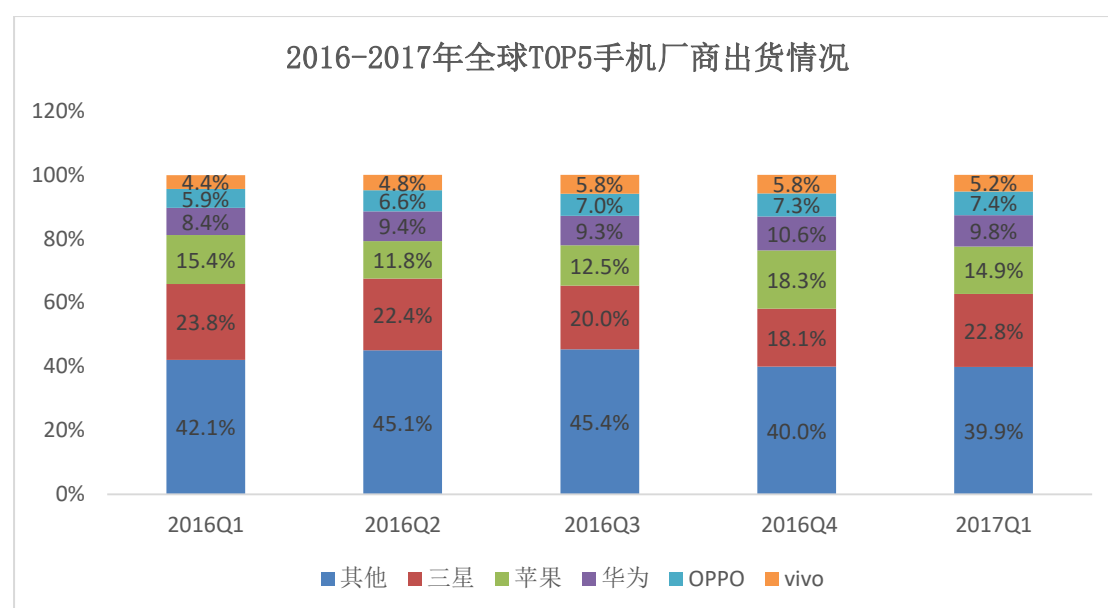


数据来源：IDC

图 4 全球智能手机出货量及增速图

全球智能手机形成相对稳定的新五强格局，中国品牌借助海外市场保持上升态势。2016 年第四季度，全球排名前五的厂商出货占比达到 60%，并保持至 2017 年上半年，这是继诺基亚时代后前五厂商市场份额首次超过 60%，预示着核心技术与市场双双重归少数企业手中。今年第一季度，华为、OPPO、vivo 分别实现了 21.7%、29.8%和 23.6%的同比增长，三星、苹果同期同比为 0.0%和 0.8%<sup>10</sup>。中国终端企业纷纷转入国际化发展阶段，今年第一季度，华为、OPPO 和 vivo 海外销量分别达到 1340 万、670 万和 350 万，三者合计 2360 万，实现 44%<sup>11</sup>的同比增长，远高于国内增速（18%），未来两年仍处于上升期。

<sup>10</sup>数据来源：IHS、IDC<sup>11</sup>数据来源：Gartner、IHS



数据来源：IDC、IHS

图 5 全球 Top5 智能手机排行榜（2016 年-2017 年）

### 图像类器件是整机创新的主要方向：

**一是双摄像头技术与应用加快完善。**搭载双摄像头的新上市手机款型比例从 2016 年的不到 10%，上升至 2017 年的 25%<sup>12</sup>，逐步由旗舰机型走向中低端。前后双置双摄机型增多，vivo、金立等厂商陆续发布相关产品，普遍实现了虚化背景、类光学变焦、像素叠加等功能。在双摄技术路线上，三种双摄配置方案（广角+长焦、大+小、彩色+黑白）匹配不同产品定位需要，均有大量采用；共支架实现方案因良品率更高，逐步超越共基板方案成为商用主流；联发科、高通、华为海思等芯片企业开始在 AP 中集成 DSP 满足双摄需要。

**二是全面屏成为创新热点，带动屏占比大幅提升，加速指纹识别、听筒等器件先进技术研发。**今年下半年，全面屏技术热度大增，成为各品牌旗舰机创新的新标杆。预计今年第四季度至明年上半年，全面

<sup>12</sup>数据来源：根据中关村在线的数据统计，数据截至六月底

屏手机会集中上市，在 2018 年快速渗透至新品半数，同时推动屏幕比例由 16:9 发展至 18:9 以上，屏占比达到 80%以上，屏幕平均尺寸提升 10%左右。全面屏的引入对其它相关部件的发展也产生一定影响。由于全面屏取消了实体 Home 按键，推动厂商探索超声波、光学等屏下指纹识别的先进技术研发。全面屏技术进一步挤压前侧听筒、距离感应器、摄像头的空间，使此类器件向小型化和隐形化发展，部分厂商发布了基于骨传导、压电陶瓷等新机理的产品，也出现了屏下超声波距离感应器代替传统的红外距离感应器的案例。

**三是基于人工智能算法的技术和器件布局成为热点。**在应用层面，智能手机企业正在基于人工智能技术盘活数据资源，丰富用户画像以带来性能提升和额外利润。利用 AI 算法学习数百项用户画像参数，可更好实现对不同用户、不同业务场景使用偏好的分析，从而根据需求智能调整 CPU 等元器件的运行模式，同时可与终端内置应用结合，形成“负一屏”等个性化智能应用。在软件层面，图像识别、人脸识别技术开始用于收集图片管理、应用鉴权之中。语音识别开始嵌入各类收集应用设置和信息搜索中，语音助手也逐步成为屏幕之外智能手机的核心交互通道。下一阶段，终端器件也将与人工智能深度耦合，摄像头将是先行者之一。3D 摄像头可获得拍摄对象的深度信息，使终端具备活体检测、手势识别、三维建模等多种功能，是实现 3D 人脸检测和 AR 功能的重要前提。目前基于结构光的 3D 摄像头得到了苹果、微软、谷歌等厂商的支持，预计将率先在前置摄像头中采用，实现准确人脸识别、手势识别等功能。



## 2、智能机器人核心价值提升，专用市场前景明朗

### 全球机器人市场稳步增长，服务机器人将成为未来主要增量市场。

根据应用领域不同，机器人可分为工业和服务机器人两大类，其中服务机器人又包括专业服务机器人和个人家庭服务机器人。据 IFR(国际机器人联合会) 预测显示，2014 年和 2018 年之间，全球工业机器人市场规模 320 亿美元，年均增幅将达 15%；服务机器人市场规模 318 亿美元，达到 2014 年的 5 倍以上。服务机器人作为主要增量市场，企业纷纷布局，凭借自身优势抢占先机，形成新生智能机器人企业、转型工业机器人企业、互联网巨头三方阵营。面向具体场景的细分产品品类众多，其中军用、医疗机器人和家政机器人是增长较快的细分种类。军用机器人市场规模较大，以 46.3% 的市场占比位居第一，如 BigDog 是目前军用移动机器人领域中为数不多的实用机器人，搭载 70 个传感器，最高速度可达 10km/h。；医疗机器人由于科技含量高，单价方面每台平均售价在 100 万美元以上，销售额为所有类型的专业服务机器人中最高，销售额占比高达 41%，其中达芬奇机器人是普及率最高的医疗机器人，系统主要分为患者侧手术平台、内窥镜视觉系统和操作主控台三大部分；个人/家庭服务机器人主要分为家务、教育娱乐和残障辅助三大类，虽仍处于发展初期，销量与市场规模尚小，但增长率高于同期工业机器人和专用服务机器人，其中家务机器人以 65.3% 占据主要市场份额<sup>13</sup>。

### 基于人工智能技术的智能机器人成为机器人演进的主要方向之

---

<sup>13</sup>数据来源：中研普华

一。相比于工业机器人，服务机器人所面临的工作环境未知因素较多。因此工业机器人侧重运行的精确度，而服务机器人更侧重于对环境的感知、控制和人机交互能力。人工智能技术的发展使服务机器人以上三种能力大幅提升，是服务机器人快速增长的重要原因。从技术的发展方向上看：

**感知技术方面**，一是传感器与上层算法紧耦合，提升传感精度与实时性，如以摄像头与激光雷达为基础，配合 SLAM 算法成为当前实现机器人实现感知及路径规划的主流方式；二是多传感融合技术开始应用于机器人多模态交互之中，如手术机器人通过力觉传感器和压力传感器等触觉传感器配合深度摄像头等视觉传感器，提升机器人“手感”，降低手术的不确定性和风险性。

**控制技术方面**，硬件上，减速器、电机和伺服器等器件的精度与稳定性不断提升，以小型化与灵活性的舵机也逐步成为热点。软件上，一方面，神经网络、进化计算、模糊逻辑与信息融合等人工智能技术逐步应用于行为决策与运动控制等算法，配合感知、反馈补偿等一同完成机器人的运动环节。另一方面，经典控制算法，如 ZMP 等，不断升级探索，进一步提高行走的稳定性。目前，波士顿动力的机器人与日本的 ASIMO 在控制稳定性上较为超前。

**交互技术方面**，智能机器人利用语音交互、视觉图像交互、动作交互等技术不断升级交互界面，如 Pepper 机器人可借助深度摄像头识别面部表情，借助语音识别模块判断情绪，同时集成 IBM Watson（沃森）平台，提升判断决策能力以调整自己的模式。当前大多数交



交互性机器人仍以语音交互为主，可实现简单场景、常规性问答的单轮对话。但随着语音识别、语义理解等技术的不断发展，复杂场景下的多轮对话将是未来交互性机器人的发展方向。

### 3、虚拟现实走出炒作期，基础能力提升仍需时日

**虚拟现实产业由炒作期进入能力提升期，产品销量平稳增长但低于预期。**2017 年以来虚拟现实产业发展逐渐平稳，新产品发布速度、社会关注度<sup>14</sup>均较 2016 年上半年有所下降。整体来看产品销量初具规模但增长低于预期，其中移动端虚拟现实产品增长较快。据统计<sup>15</sup>，2016 年三星 Gear VR 销量约为 231.6 万台，索尼 PSVR、HTC Vive、Oculus Rift 均不足百万台。**产业初步形成两大领先集团，产业事实标准正在酝酿。**虚拟现实产品处于发展初期，软硬件耦合比较紧密，产业以终端整机企业主导形成两大集团。一是以谷歌和三星为首的移动 VR 产业集团，借助智能手机平台优势搭建移动 VR 平台抢占规模优势。二是以 HTC、Oculus、索尼为首的主机 VR 产业集团，逐步建立高性能 VR 头显开发标准。**现阶段谷歌、三星的战略重心仍在智能手机，对于移动 VR 产业的推动并不坚决。**一方面推动力量不足，搭载 Daydream 平台的智能手机款型不足 10 款，除三星 Gear VR 外旗舰级移动 VR 产品也较少。另一方面发展路径不明，从 2017 年谷歌 I/O 大会来看，谷歌 VR 战略有向一体机方向转移的趋势。**主机 VR 企业对推动生态发展的意愿更加强烈。**由于已经找到游戏等应用变现渠道，主机 VR 企业加快推动技术和应用发展。英特尔、英伟达、AMD 等上游

<sup>14</sup>参考 VR 百度指数。

<sup>15</sup>数据来源：SuperData

企业逐步与 HTC、Oculus 等企业合作加强对主机 VR 的软硬件支持，Valve、迪士尼等下游企业对主机 VR 应用开发的兴趣也在逐步升温。

**核心技术仍未成熟，渲染和交互技术是下一步突破重点。**虚拟现实体验需要头部显示设备、主机设备、追踪系统、交互系统的协同工作，涉及近眼显示、处理渲染、追踪交互等多个技术模块。**近眼显示技术已经相对完善。**AMOLED 屏幕的分辨率、刷新率、视角和重量已经满足虚拟现实显示的基本要求，逐步取代 LCD 屏幕成为主要选择。**处理渲染和交互技术仍然存在较大瓶颈。**作为 VR 设备处理渲染的核心硬件，现阶段 GPU 处理能力仍需提高，满足 VR 级别高刷新率、高清晰度、低延迟计算建模和画面渲染要求。**一方面 GPU 硬件需要继续升级，新的工艺制程、GPU 架构和元器件进一步提高 GPU 计算性能。**另一方面图像引擎和渲染算法需要针对虚拟现实进行优化。如英伟达的 GameWorksVR 中采用的多分辨率着色技术，以及 Oculus 的异步时间扭曲算法等。**交互技术逐步从视觉向触觉、听觉、动作等多通道交互发展。**在 2017 年 CES、SVVR 等展会中，出现各类惯性动作捕捉服、光学跟踪系统、动作手套、触感反馈鞋等交互设备以及新的语音识别、眼球追踪、空间定位交互技术。但目前存在精度不足、设备兼容性差、便携性差以及技术整合等问题，需要系统性解决。

从应用来看，短期内 VR 设备难以成为通用设备，应用场景和种类的匮乏或在较长周期内制约产品上量。目前 VR 应用开发的主导力量以游戏厂商、娱乐厂商、影视公司为主，部分行业企业也在探索 VR 的应用。在个人消费市场上，主机 VR 应用发展速度较快。Oculus

Home、Steam、Viveport 以及 PlayStation Store 四个平台的 VR 内容在 2016 年底达到 2378 款，应用内容以游戏和影视为主。尽管单款应用变现能力较强（多款应用收入超过百万美元），但整体来看应用品类和数量难以满足用户需求。此外，VR 设备近眼显示的特点限制了它的应用场景，进一步限制了产品应用扩展的能力，使它很难成为 PC、手机一样的通用设备。因此，在中短期内个人市场 VR 设备扮演的角色将以游戏影音外设为主，设备体验和应用成熟后逐步向行业应用市场扩散是变现的现实路径。

增强现实或先于虚拟现实成为规模应用技术，改变智能手机应用服务模式。一是 AR 实现较好用户体验的技术门槛低于 VR。不同于 VR 产品存在眩晕、延迟等系统级技术难点，AR 的核心技术在于机器视觉以及定位追踪。随着图像库的扩大和深度学习框架的优化，机器视觉精度已达到应用水平，定位追踪技术也有了突破性进展。谷歌的 Project Tango 手机 AR 平台综合利用鱼眼相机、惯性传感器、RGB 相机等感应设备能够完成较高精度的运动追踪、深度测量和区域建模，能够初步支持 AR 技术在智能手机上的深度应用。二是 AR 应用场景较 VR 更加丰富。2016 年以来除 PokemonGo 等热门游戏外，AR 在电商、旅游、文化等行业均已有应用，如阿里、腾讯等企业推广的 AR 红包、多地景区推出的 AR 导游等。尽管应用水平仍处于较低阶段，但可以看到 AR 技术与移动互联网、物联网等成熟产业有更多结合点，能够快速形成多样化的商业模式，成长空间要高于 VR 产业。

#### 4、专业无人机规模增长，带动人工智能技术应用

**无人机市场整体稳步上升。**2017 年全球无人机产量将近 300 万架，比 2016 年增加 39%，市场规模将超过 60 亿美元<sup>16</sup>。**消费级无人机领域寡头态势已基本形成，市场开始步入红海阶段。**大疆作为消费级无人机领军企业，已占据全球无人机市场过半份额，业内尚未出现对其具有明显挑战能力的竞争企业。部分中小无人机厂商在竞争压力下出现倒闭、转型等现象。如 2017 年 1 月，美国无人机制造公司 Lily Robotics 停业倒闭；2016 年底美国无人机公司 3DRobotics 裁员并退出消费级无人机市场，向专业市场转型。市场格局的逐步形成也导致投资资本的大量退出，2016 年第三季度全球无人机行业融资规模大幅下降 59%<sup>17</sup>。**在消费领域之外，专业级无人机市场规模逐步增长。**受益于消费无人机的带动作用，专业级无人机技术逐渐成熟，成本显著下降，在植保、安防、电力巡检等众多领域的需求正加速释放，虽已出现细分领域龙头企业，但尚未形成寡头垄断，资本进入和技术创新的积极性处于较高水平，是无人机产业发展的新蓝海。

**无人机智能化进程加快，芯片、避障跟踪和集群空管等主要核心技术取得较大进展。**在芯片技术方面，飞控主芯片正由 MCU 向处理能力更强的移动处理器发展。高通发布 Snapdragon Flight 平台，以骁龙 801 芯片为核心，实现实时飞行控制，支持 GPS、4K 视频拍摄和快速充电技术。英特尔推出基于四核凌动处理器的解决方案，与 RealSense 技术深度耦合，实现室内环境下的避障功能。三星推出针对无人机的 Artik5 模块，搭载 1GHz 双核 ARM Cortex-A7 处理器，支

---

<sup>16</sup>数据来源：Gartner

<sup>17</sup>数据来源：CB Insights



持 802.11b/g/n 和蓝牙等无线通信协议，可针对 720p/30fps 的高清视频进行解码。在避障技术方面，目前避障跟踪技术已从超声波或者 TOF（飞行时间）等单一避障技术向单目结构光、视觉图象等多技术复合发展，Intel 的 RealSense 和大疆 Flight Autonomy 技术是其中的佼佼者，其中英特尔 RealSense 技术采用红外线搭配单目测距技术方案，有效感知距离达 10 米，可根据障碍物的 3D 图像实现动态避障；大疆 Flight Autonomy 基于视觉图象复合技术，感知距离最远可达 15 米，且可在强光环境下实现动态避障。在空管技术方面，各大公司正积极开发空管集群技术，如英特尔 Shooting Star 无人机利用集群技术自动规划创建空中图案，初创公司 SkyWard 正在与 FAA、大疆、3D Robotics 和 Parrot 等企业和组织合作研发无人机交通控制系统等。

**专业无人机加快拓展应用领域，丰富产品和服务。**核心技术的成熟从一定程度上加剧了无人机行业的内部竞争，各厂商为寻求差异化出路，聚焦不同应用场景推出针对性产品，从而导致了该行业的持续分化。如针对植保的产品价格相对低廉，维护简便且载重量较大；针对安防的产品则需要较长续航时间，并可在恶劣环境下工作且对图传效果要求较高。随着技术成熟和产品的丰富，行业应用瓶颈显著淡化，产业链重心逐步向 C 端迁移。一方面，部分企业深度挖潜无人机能力，向使用者提供数据采集服务、航拍服务和植保服务等专业服务。另一方面，部分企业聚焦于提升无人机的使用体验，垂直媒体、社区、金融等配套服务应运而生，如大疆打造交流社区、宇辰网等无人机垂直

资讯媒体和面向工业级无人机的融资租赁等服务。

## 5、智能家居重写以语音为核心的产品和服务模式

**功能型和控制型智能家居硬件均有所突破。**抛开智能家居应用平台、底层协议等互联互通层问题，从硬件产品创新角度来看智能家居产业发展。**一是以语音交互、自动控制功能为主的家居硬件创新逐步增多。**随着联网和远程控制功能成为智能家居产品创新的基本配置，智能照明、智能水电、智能安防等市场竞争日趋激烈。智能家居产品逐步进入功能创新的深水区，满足家庭便捷化、多样化需求的新型智能家居硬件逐步增多。尤其是扫地机器人、护理机器人、陪伴机器人等自动控制、语音交互设备，成为近期智能家居市场活跃的重要产品。**二是控制型硬件从环境感知类设备向语音控制类设备转移。**2014-2015 年以 Nest 公司为代表的智能家居企业曾尝试发展温度控制器、烟雾探测器等环境感知硬件作为家居控制中心。Nest 公司被谷歌收购后产品和市场表现均不尽如人意，该路线已经开始转冷。2016 年以来，智能音箱开始成为智能家居控制中枢热门产品，亚马逊、谷歌、微软等企业均推出搭载自有语音助手的智能音箱产品。**围绕智能音箱、智能语音的新型智能家居应用生态开始逐步建立起来。**

**智能音箱进入发布密集期，智能家居入口争夺逐步聚焦。**截至目前主要有亚马逊 Echo、谷歌 Google Home、苹果 HomePod、微软 Invoke、京东叮咚等产品，2016 年智能音箱全球出货量已达到 590 万台，其中亚马逊 Echo 市场份额达到 70.6%<sup>18</sup>。**相比传统入口，智能音箱具备**

<sup>18</sup>StrategyAnalytics、eMarketer 数据。

**智能家居控制中心的天然优势。**一是**音箱成本较低**。一般智能音箱的价格均在 100 美元左右，适合普通家庭购买尝试，也符合互联网企业在终端创新方面的特点。二是**音箱天然具备语音属性**。音箱本身即为音频设备，适合引入语音交互技术改变家居交互和控制界面。家庭私有空间的属性弱化了语音技术存在信息安全问题，使智能音箱可以利用语音唤醒技术实现永远在线，相比智能手机的控制操作更便捷性。

**三是智能语音芯片和语音处理算法进一步提高智能音箱应用能力。**通过 5 个左右麦克风阵列组成语音接收端，配合 ADC、DSP/CPU 运行降噪算法，能够极大提高智能音箱远场语音接收能力。部分芯片企业与语音技术企业合作将麦克风阵列、远场语音识别等功能集成为芯片模组，方便终端部署语音识别功能。如科大讯飞的离线语音识别模块支持初级语音识别功能。**智能音箱企业逐步加强与家电企业的合作实现家庭设备控制。**如亚马逊 Echo 能够控制飞利浦旗下的照明系统。从应用数量看，目前除亚马逊 Echo 的第三方应用插件数量超过 15000 款之外，其它音箱应用数量仍然较少。应用开发是下一步发展关键点。

**以智能音箱为代表的语音终端将进一步丰富智能家居服务模式。**

**一是大大扩展家居信息服务边界。**大量传统互联网服务能够通过智能音箱作为交互通道，进入和服务于家庭场景。目前主流智能音箱均加强与互联网服务深度整合，实现语音交互到信息服务的无缝衔接。如谷歌 Google Home 深度整合了谷歌搜索功能，叮咚音箱加入了京东商城购物，苹果 HomePod 提供高品质音乐服务等。

**二是推动家居信息服务从垂直模式向水平模式进化。**过去家居信息服务大多以终端厂商垂



直提供为主，少有跨终端、跨平台信息服务模式。智能音箱身兼互联网服务、O2O、控制中心等多重属性，具备打通不同终端、提供统一的服务和交互界面的潜力。目前由于自然语言处理技术的限制，智能音箱仍然以理解和处理简单句式、相对固定句式为主，服务内容相对受限。要实现真正智能、无缝的服务体验，一方面需要语音技术的进一步发展，提供更完善的语义理解能力，另一方面需要跨领域服务商的合作，共同完成对接整合的应用内容。

### （三）“智能+”应用从消费领域向生产领域扩展

个人消费领域的应用服务已经达到较为成熟和智能的阶段，智能硬件新应用显性化程度相对较弱。在行业应用中，智能硬件发挥无人作业、精细操作、便携采集、端云结合等优势，极大提高了人类的工作效率和操作可行性。相比于 PC、智能手机等传统设备，智能硬件在行业中应用中主要表现为三方面特征，**一是开辟新的虚拟空间**。相比网络虚拟空间，VR/AR 等硬件的应用使人们能够直接通过感官与虚拟空间交互，对虚拟空间进行观察、体验甚至直接作用，提高了虚拟空间的真实感。**二是扩展虚拟空间与物理空间接口**。可穿戴设备、智能语音设备等硬件进一步缩短了信息流与人体的距离，使信息内容能够更直接的接触到和服务于终端用户。**三是进一步替代人类在物理空间中的劳动**。自动化、智能化设备对人类的辅助逐步从复杂环境下的简单作业延伸到精细作业，使更多场景能够产生信息及其应用。在以上作用下，互联网、移动互联网应用更容易进入传统行业领域，利用云、大数据、人工智能等先进技术实现对传统行业的服务，并开创多

种新的应用模式。

互联网入口与信息层次的不断丰富，为人类个体智力和互联网智力的共生奠定了基础，赋予互联网高效提升社会生产与治理手段的能力，并缔造具备进化能力的“工业（行业）大脑”、“城市大脑”，是“互联网+”与“中国制造”升级的共性环节。2017 年起，诸多传统行业长尾市场中的智能硬件开始与人工智能应用服务相结合，将人工智能服务体系从社会服务业推进到社会生产和城市治理领域，在工业、农业、交通、物流、医疗、公共安全、金融、教育、养老等领域形成了一批智能化工农业装备、智能工厂/农场系统方案、信息遥感设备、智能装卸搬运/分拣包装/加工配送工具、各类城市监控设备与指挥系统、手术与康复仪器仪表、视听辅助设备、物理辅助设施等，产品种类不胜枚举。综合智能产品体系的成熟度和智能服务中人工智能的采用率，白皮书认为电子商务（含仓储物流）、医疗、交通三大应用领域将率先步入智能时代，并将带动大量智能硬件产品商用。此外，基于人工智能的机器视觉广泛渗透至多种行业，相关硬件产品成熟度也较高，但行业应用的系统性还有待提升。

在电商领域，智能硬件已在物流运输、用户导流、虚拟体验等重要环节形成初步渗透。在物流方面，无人机的引入促进物流自动化加速发展，互联网巨头谷歌与亚马逊均已在无人机项目上取得显著进展。2016 年谷歌便推出了“Wingmarket”以提供食品饮料快递试点服务，并与 Chipotle 合作测试开展业务。亚马逊 Prime Air 项目的运输无人机已迭代至第八代，目标是实现用户在网购 30 分钟内能收到不超

过 5 磅重的货物，2017 年 3 月已在美国完成首次包裹快递。**在线上导流方面**，互联网巨头依托智能家居方面的布局，为电商服务提供接口并形成导流。如亚马逊利用智能音箱将用户线上购物的需求导向其自有网站。**在线下虚拟体验方面**，互联网厂商利用虚拟现实、人机交互等技术，打造虚拟试衣镜，根据用户特点模拟着装情况。三星曾推出 Mirror Display，结合微软 Real Sense 技术，可将用户的虚拟试衣效果呈现在屏幕上。此外日本 MemoMi 公司也曾推出虚拟试衣镜 MemoryMirror，具备视频拍摄、360 度查看试衣效果以及社交分享等功能，并已于美国 Neiman Marcus 的加州核桃溪市分店投放使用。

**在医疗领域**，可穿戴设备、VR 设备和医疗机器人覆盖了从健康监护、医学辅助到临床手术等各个医疗环节。一是利用可穿戴设备进行预防性健康管理。利用可穿戴设备采集海量健康数据，与健康云平台结合对数据进行分析挖掘，通过数据提升产品服务价值，是逐步成熟的健康管理商业模式。如 FitBit 利用智能腕带采集的数据对用户提供健康管理服务。二是利用医学 VR 设备进行诊疗和临床辅助。根据预测，2020 年医疗保健 VR/AR 市场规模将达到 51 亿美元，是仅次于视频游戏的 VR/AR 第二大应用领域<sup>19</sup>。目前 VR 应用较多的医疗领域包括三类。**VR 治疗**，通过视觉再现与场景模拟等方式，解决患者心理障碍、视觉障碍等心理与生理疾病。**VR 临床辅助**，利用三维重构和虚拟现实技术帮助医生观测患者的血管和器官等状况，以协助术前诊断和术中治疗。**VR 医学培训**，利用 VR 技术建立解剖模型，辅助学

<sup>19</sup>数据来源：高盛《VR 与 AR：解读下一个通用计算平台》

生学习牙科、骨科、兽医、物理治疗和护理等知识。**三是利用医疗机器人提高治疗和康复效果。**其中手术机器人主要应用于泌尿外科、心胸外科与妇科，能够大大缩减手术的时长，将 2-3 个小时的前列腺癌切除手术缩短至 80 分钟内。应用最广的达芬奇手术机器人在全球已装配 3000 多台，2016 年全年手术量达到近 1.8 万次<sup>20</sup>。诊疗机器人通过理解和学习医师专业知识，模仿专业医生判断过程，针对疾病做出诊断。如 IBM 的 Watson 已能诊断乳腺癌、肺癌、胃癌等九种癌症，覆盖全球 80% 的癌症病例。

**在交通领域，车辆自动控制和智能交互技术助推汽车产业的跨越式升级和跨界融合。**参与自动驾驶研发的企业数量不断增加，技术路线复杂多样。传统汽车企业、汽车零部件企业、芯片企业和互联网企业争先推出自动驾驶产品。奥迪在今年巴塞罗那首发的全新 A8 轿车具备第三级自动驾驶功能；宝马、英特尔和 mobileye 三家公司共同研发自动驾驶汽车，将于下半年投入 40 辆汽车进行路测。英伟达针对自动驾驶推出 DRIVE PX 2 系统和 AI Auto-Pilot 自动驾驶控制软件，为业界提供了完整的软硬件解决方案；德尔福、大陆集团的智能驾驶方案则更加落地，通过车身周围安装的摄像头、激光雷达与毫米波雷达等传感器，进一步提高自动驾驶汽车的准确性和安全性。**语音识别、手势操作与生物识别技术引发人车交互革命。**语音识别方面，汽车企业纷纷引入人工智能识别系统加强人机交互。福特和大众等车企整合亚马逊语音助手 Alexa 以实现声控的效果；谷歌(Google Now)、

<sup>20</sup>数据来源：ISRG 2016 Annual Report



苹果（Siri）、微软（Cortana）也在积极为车企提供解决方案。手势操作方面，宝马通过 HoloActive 触控技术实现悬浮式虚拟中控屏，加强了人机交互的易用性。生物识别方面，面部识别、眼球追踪、情感判断、行为分析等多种识别方式已成为可能。丰田开发出情感识别、智能学习等技术，通过理解人的情绪，调整、引导人的行为，获得更安全、更丰富的全新驾驶体验。本田研发的“情绪引擎”人工智能系统，能够根据表情读懂驾驶员情绪，判断驾驶环境。

### 三、我国智能硬件产业主要情况

#### （一）初步具备智能硬件核心技术体系化突破条件

在智能硬件关键技术上，我国努力突破 PC、智能手机历史短板，抓住新技术发展机遇力争同步起跑。计算技术的重要性因人工智能被提升到了新的高度，我国在多种先进计算芯片上都有创新企业涌现。网络技术延续了以标准带动产业的发展路径，处于世界前列。感知技术有极大突破，部分技术达到国际先进水平。

##### 1、智能芯片创新意识与能力显著增强

**专用芯片和异构能力创新较快，推动硬件计算能力体系化升级。**

在专用计算芯片方面，我国中国科学院计算机研究所自主研发了深度学习处理器架构寒武纪，在深度学习场景下的性能功耗比较传统 GPU 芯片可提升约 100 倍，已申请和获得约 200 个专利，具备一定领先优势；中星微发布了“星光智能一号”，主要用于视频监控领域，可以支持 Caffe、TensorFlow 等多种基础技术框架；地平线人工智能处理器“盘古”近日已流片成功，正在推进在自动驾驶、人脸图像辨识等



专用领域商用；全志基于图像技术的视觉智能芯片已取得广泛的运用，现正积极部署语音识别技术的相关芯片产品。在异构计算架构方面，百度凭借对大规模 GPU 及 FPGA 集群技术的深度掌握，自主研发出 GPU 高性能服务器 X-Man 和 FPGA 云服务器，前者是全球首款采用 PCIe Fabric 互联架构设计的产品；百度基于后者推出国内首例 FPGA 云服务，助力人工智能和大数据应用。

### **芯片与终端及应用企业深化联动，加快创新技术产品应用进程。**

在技术研发方面，寒武纪通过 IP 授权的模式与海思展开合作，其深度学习芯片已用于麒麟 970 中加速深度学习任务的处理。在产业化方面，国内产业链上下游加强协同创新，由 ARM 生态系统加速器安创空间联合全志科技、地平线机器人发起成立开放人工智能实验室 OPEN AI LAB，旨在探索新的合作模式推进嵌入式人工智能的软硬件和应用产业化协同发展，通过资源共享和优势互补，实现芯片、算法、应用在内的系统解决方案生态的不断丰富和完善。

## **2、智能感知应用技术位于国际先进行列**

**我国大型互联网公司凭借技术和数据优势，加快布局计算机视觉、自然语言处理等人机交互技术。**基于庞大的基础数据和计算能力，百度图像识别精度达 99%。用友百亿图片识别系统，云端识别速度达 300 毫秒，可支持更快的本地识别技术。百度基于深度学习的语音识别系统 DeepSpeech2，对于复杂中文识别准确率达到 97%。腾讯将海量的社交数据与业务场景相结合，推出绝艺围棋选手、微信语音识别、图像分析等技术和应用。在 2017 年 4 月国际权威人脸数据库 MegaFace

上，腾讯以 83.29% 的成绩在 100 万级别人脸识别测试中获得冠军。阿里云 ET 人脸识别技术在 LFW（户外脸部检测数据库）上识别率超过 99.5%。**初创企业凭借专用技术优势切入垂直领域，发力垂直行业应用。**旷视科技公司的人脸和图像识别技术应用于考勤、访客、监控、认证等服务，专攻金融、安防、商业等领域。云从科技为银行金融身份认证专门开发了人脸识别系统及 IBIS（Integrated Biometric Identification System）集成生物识别平台。**在核心算法研发方面，我国仍处于跟随阶段。**深度学习、增强学习、生成式对抗网络等人工智能核心算法理论研究仍由谷歌、斯坦福大学、麻省理工等大型公司和研究机构主导。近年来我国清华大学、南京大学、上海交通大学等机构在人工智能核心理论研究方面也相继取得一定的国际认可。南京大学周志华教授提出的 gcForest（多粒度级联森林）算法受到国际同行热烈讨论，并用于预测股指期货涨跌。

**国内企业通过开源平台提供人工智能基础服务，有利于感知技术的深化发展。**现阶段智能感知技术的进步离不开人工智能技术的发展。开源平台有助于建立技术生态，并帮助更多企业利用人工智能加快感知技术创新。百度于 2016 年 9 月开放异构分布式深度学习系统 Paddle Paddle，与谷歌的容器调度方案 Kubernetes 深度结合，具有与谷歌开源的 TensorFlow 相媲美的容错性和可扩展性，且运行速度高于 TensorFlow。阿里于 2015 年 8 月推出 DTPAI 平台，集成特征工程、大规模机器学习、深度学习等阿里核心算法库，并且能够兼容 TensorFlow。腾讯于 2016 年 12 月开放面向机器学习的分布式计算框

架 Angel，为企业级大规模机器学习任务提供解决方案，能够与 Caffe、TensorFlow 和 Torch 等开源框架良好兼容，并更侧重于数据运算。

### 3、引领全球智慧联网技术创新

我国成为 5G、LPWAN 等智慧联网技术标准的重要主导者，低功耗、高速率联网技术产业发展进入快车道。我国已于 2016 年 1 月正式启动 5G 技术研发试验，2016 年 9 月顺利完成 5G 技术研发试验的第一阶段关键技术试验工作，2017-2018 年将会全面推进第二阶段技术方案验证和第三阶段系统验证的技术研发试验并完成相关标准制定；目前我国在 5G 标准化工作取得重大突破，极化码、服务化网络架构等技术方案纷纷入选 5G 标准。在 LPWAN 方面，虽然 LoRa 等技术商业化较早，但授权频段内的 NB-IoT 技术能够基于现有蜂窝网络实现便捷的升级改造，更加受到华为及三大运营商的青睐。2016 年 6 月，受华为力推，NB-IoT 标准正式冻结。2017 年 1 月，全国第一张地市级全域覆盖的 NB-IoT 网络在鹰潭建成，标志着 NB-IoT 国内商用进程正式开启。

智慧联网技术标准化和产业化的推进带动国内无线网络和关键芯片器件的技术研发。华为、中兴、大唐、展讯等通信设备和芯片供应商以及移动联通电信三大运营商高度重视对 5G 和 LPWAN 技术的研发布局，在无线网络和关键芯片器件等方面已获得业界认可。5G 方面，华为联合众多厂商对 5G 新空口关键技术进行了深度的研究，极化码方案入选 3GPP 标准；中兴率先完成 Massive MIMO 基站的预商用测试和 26GHz 高频试验；大唐推出了业界规模最大的 256 有源天线阵

列，已形成完整的 5G 系统方案；展讯基于 FPGA 的 5G 原型机已完成与华为对接，商用基带芯片将于 2018 年推出；中国移动牵头 5G 系统架构设计研发，已在国内多个城市开展外场试验，2019 年实现预商用。LPWAN 方面，华为自研 NB-IoT 终端芯片已支持规模商用，具备每月 100 万片的发货能力；中兴目前也已经推出了 NB-IoT 芯片，预计将于 2017 年 9 月商用；中兴物联、移远、广和通等企业均已完成 NB-IoT 模组研发，未来伴随出货量的增大，模组成本有望进一步降低。

**我国智能硬件智慧联网应用在智能抄表、智慧城市等领域发展迅猛。**以 NB-IoT 为代表的 LPWAN 技术应用在我国呈现爆发性增长态势，目前国内智能抄表、智慧城市、智慧交通、智能家居等领域应用已经初具规模，2017 年全国智能电表渗透率已突破 90%，智能燃气表渗透率突破 50%<sup>21</sup>。智能抄表是最具代表性的应用之一，具有低成本、便于管理等优点，应用前景十分广阔，目前国内三川集团、秦川公司等传统水、气表生产制造企业抓住智能表应用快速发展机遇，积极投入智能表产品的研发与生产，智能表产品出货量不断攀升；同时，智能抄表应用也得到了各地国电、水务等部门的重视及推广，如四川省国家电网提出“十三五”期间将实现全省智能电表的全覆盖。智慧停车应用也在国内取得快速发展，包括乌镇、青岛、鹰潭等地的一批智慧停车示范应用已经建成并投入使用，实现了停车场管理的无人值守。此外，通过将门禁、环境传感器、照明、电器等电子设备接入广域网

---

<sup>21</sup>数据来源：全球物联网观察

络中实现实时监测与便捷管理，环境监测、智慧城市、智能家庭、智能楼宇等应用还将得到进一步普及。

## （二）即将到达智能硬件市场和产品突破关键节点

### 1、智能手机寻找新的硬件和应用驱动力

**国内智能手机市场趋于饱和，年内将进入负增长。**今年前 7 个月，国内智能手机出货量 2.66 亿部，同比下降 5.8%，第二季度更是经历了 12% 的同比下降，创下单季度降幅记录。4G 网络与终端历经三年充分发展，在手机出货的占比已达 95%，4.5G 代技术也不足以形成制式驱动的换机驱动。产品结构型升级动力尚不明显，2000 元以上的终端产品占比持续在 25%-28% 之间浮动。国内已经形成了典型的换机市场，用户产品关注度明显固定于少数品牌，智能手机企业数量已降至 192 家，前五企业出货占比已从 2016 年第一季度的 49.7%，增长至今年第二季度的 70.4%，高于国际水平近 10 个百分点。国内企业纷纷加快出海，迅速占据全球主要规模市场。今年第一季度，排名较前的 12 家厂商海外出货总量近六千万部，同比增长约 30%。中国品牌跻身各大规模市场前列，在印度市场前五席中占四席，在印尼市场中占三席，在美、俄两大市场中分别占两席<sup>22</sup>。

**手机硬件参数升级趋于稳定，存储、电池容量、网络能力升级需求依然明显。**屏幕尺寸、清晰度、像素、CPU 核数等参数趋于稳定，但存储、电池容量、网络能力、双摄像头升级需求依然明显：存储容量依然呈现快速发展之势，旗舰机型最高容量由 128GB 增长至 256GB，

---

<sup>22</sup>数据来源：IHS



内存向 6GB 升级；新上市手机电池容量 3000-4000mAh 成为主流；今年第二季度我国申请进网 4G 手机中，CAT6 的手机为 33 款，CAT7、CAT9 更高传输能力等级手机产品开始出现；国内品牌早在 2014 年就发布了双摄手机产品，目前内需市场搭载双摄像头的新上市手机款型比例已达 25%<sup>23</sup>，甚至出现千元机商用案例。全面屏将成为下半年旗舰机新热点，国内品牌小米已发布相关产品，预计年内华为、OPPO、Vivo、金立均将发布全面屏的标志性产品。

**关键器件国产化率有所提升。**一是 4G 芯片国产化率从 2016 年第四季度的 9%。迅速提升至 2017 年第二季度的 21%，展讯、海思的 4G 芯片出货量扩张明显。2017 年上半年内需市场中采用国产品牌显示屏的手机占比为 66.1%，较 2016 年提升 2.1 个百分点，较 2015 年提升了 14.1 个百分点。二是 LCD 屏依然是智能手机内需市场的主力（市场占比超过 80%），OLED 屏幕渗透率增速低于预期，今年上半年 OLED 和 AMOLED 手机出货同比下降了 35% 和 2.6%，全面屏爆发也将冲淡 OLED 升级热度，为国产 LCD 屏留出发展空间。同时，京东方、天马、和辉光电、华星光电均在加速推进 AMOLED 显示面板生产线。三是 3D NAND 取得一定进展。国内品牌手机产品均已加速 3D NAND 器件的应用。虽然目前国内企业尚无供货能力，但产业化已经提上日程。长江存储开展 NAND flash 产品研发，获得了赛普拉斯的技术授权，其 32 层 3D NAND 研发取得进展，性能、功能、可靠性等关键指标已达预期，年底或将实现供货。

<sup>23</sup>数据来源：根据中关村在线的数据统计，数据截至六月底

国产品牌人工智能技术升级驱动力强，或将在基于用户画像、图像处理的人工智能应用中发展出自有特色。我国终端企业虽然连续多年在海内外市场上攻城拔地，但受制于产业链上游主要器件供应制约，一直存在利润之殇，探索应用营收的意愿强烈且迫切。我国终端企业虽然匮乏原生系统优势，不具备由下至上整合数据的先天条件，但通过产业上下游协作方式，建立了兼顾终端、互联网应用和线下信息的用户画像体系，并在利用人工智能技术进行参数调优上开展了大量有益的尝试，已实现非常个性化的多媒体/新闻信息整合推送、出行服务、线上线下商务/广告推送、分场景的显示/计算资源动态调配等特殊应用，并结合各自品牌定位，加大对全面屏、麦克风阵列、摄像头、图像处理单元的硬件研发力度，在基于双摄的图像处理、人脸识别、语音交互方面形成软硬结合的发展优势。

## 2、智能机器人突破高端市场和核心技术

国内服务机器人从消费市场开始率先突破，专业市场需要进一步拓展。中国本土机器人相关企业超过 1000 家，主要集中于广东、江苏、上海、北京等地，产量占中国机器人产品一半以上<sup>24</sup>，但生产企业大部分以组装和代加工为主，处于产业链低端，普遍存在进入时间短、产业集中度低、技术基础薄弱、总体规模小等问题。从市场结构看，中国市场的服务机器人以进口为主，占据了超过 82% 的市场份额，其中来自日本的服务机器人最多，高达 78.36%，共计 2.4 万台。本土产品中，个人/家庭服务机器人市场较大，专业服务机器人尚有待

---

<sup>24</sup>数据来源：中研普华

**突破。**国内家政机器人、医疗机器人和军用机器人三大细分种类中，家政机器人销量稳步提升，2015 年市场规模在 50 亿元左右<sup>25</sup>。参与企业不断增多，领先企业深度参与家政服务机器人的研发和生产过程，与国内高校、科研院所等合作日益紧密。产品性能快速提升，如科沃斯扫地机器人搭载 LDS 雷达测距系统和 SLAM 算法，首次实现全屋巡航建图、“弓”字形规划清扫的新模式。医疗机器人技术发展相对缓慢，与发达国家有较大差距。目前国内医疗机器人应用市场整体仍以达芬奇机器人为主<sup>26</sup>，但在政策支持下，部分手术机器人市场开始取得初步成果。如天智航的骨科手术机器人已在 10 多家医院投入临床应用。我国军用机器人核心及关键技术的原创性研究、高可靠性基础功能部件的批量生产应用等方面，同发达国家相比差距很大，基本没有完全自主的生产商，仅新松等少数企业具备一定的技术实力。

**不同于传统机器人，我国智能服务机器人技术初步形成散点突破态势。**感知技术方面，国内市场主要应用的传感器绝大部分依赖进口，高端产品尤为显著。但在激光雷达领域，服务机器人的大多以单线束激光雷达配合其他传感器为主，该需求正好与国内激光雷达的精度较差但价格较低的特点相符，因此国内企业以低价优势占据一定市场。**控制技术方面**，我国服务机器人的舵机等硬件技术虽然发展相对落后，但近几年国内企业自主创新，以算法创新和低价优势逐步扩大市场占有率，如优必选公司开发的舵机自主改进 PID 算法，价格仅为国外同参数产品的三分之一。**交互技术方面**，百度、腾讯、阿里巴巴、科大

---

<sup>25</sup>数据来源：GFK

<sup>26</sup>数据来源：ISRG 2016 Annual Report

讯飞等企业积极布局人工智能领域，建立语音、图像等交互平台，抢占产业发展制高点。受此影响，国内机器人与科技企业合作逐步加强，提升服务机器人智能化程度，如康力优蓝推出 U05 类人型服务机器人，采用科大讯飞语言引擎，实现 5 米内的 360° 全向拾音，识别率达到 95%。

### 3、虚拟现实立足手机 VR 和内容服务起步

我国虚拟现实以手机 VR 模式为主快速起步，在 VR 关键技术和系统工程方面有所不足。自 2015 年起，我国虚拟现实产业火爆发展，新成立的 VR 企业超过 100 家<sup>27</sup>。2016 年国内 VR 头戴设备线上出货量超过 540 万部，款型达到 896 款，其中手机 VR 产品占出货量的 90% 以上，一体机、主机 VR 占比低于 10%<sup>28</sup>。尽管产品规模增长较快，我国 VR 产业在产品整体体验和关键技术等方面的存在较大短板。一是产品片面追求单一性能，系统整体性能与国外先进水平仍有差距。部分企业过分夸大屏幕分辨率、屏幕刷新率等显性参数作用，却缺乏定位追踪、眩晕控制、视点渲染等 VR 人机交互核心技术的系统性研究储备，导致产品整体体验较差。二是高端元器件以及核心系统技术仍受国外垄断。除了体感交互、跟踪定位等部分技术国内具备一定散点优势之外，国内 VR 技术整体受国外先进企业的垄断制约。在硬件上，AMOLED 屏幕受三星垄断，国内短期内尚未有成熟产品；高性能 GPU 被英伟达、ARM、高通、Imagination Technologies 等企业垄断，国内产品差距较大；高精度惯性传感器、红外传感器、激光传感器等感

---

<sup>27</sup> 易观智库

<sup>28</sup> GFK

应器件也以欧美、日本进口产品为主。在软件算法上国内很多企业采用 Oculus 等企业的开源算法。**三是产业核心生态建设瓶颈非常突出。**VR 产业处于发展初期，软硬件耦合紧密是主要特征，这也决定了产业生态发展需要由具备技术优势的终端企业来引领。遗憾的是目前国内缺乏主机 VR 领先企业，难以制定有影响力的产业标准。移动 VR 又受制于安卓生态难以突破，导致国内 VR 产业面临核心能力缺失的困境，产业链组织和应用开发均处于零散、孤立以及跟随状态。

**借助互联网和行业市场，我国 VR/AR 应用服务已经开始初步探索。**

**一是互联网企业开始尝试利用 AR 技术开展特色服务。**一方面利用 VR/AR 的技术新鲜感促进线上线下社交，如 2016 年阿里巴巴、腾讯发动的 AR 红包“大战”，腾讯、乐视、暴风等企业也在推动 VR 直播应用。另一方面利用 VR 技术的虚拟场景提供电商体验，如京东线上 VR 购物，URANUSVR 在泰州建设的 VR 跨境电商交易中心等。**二是垂直领域服务开始出现应用案例。**“VR+”概念在国内房地产、医疗、旅游、教育、线下体验等行业均已有尝鲜应用。如无忧我房推出的 VR 样板间，用户可以参观虚拟样板间里的各个房间，体验虚拟的户型设计、家装家具风格、窗外景观、小区建设等等。从国外发展趋势看，军事、工业等传统领域也将是 VR 应用服务进一步渗透的重点领域。

#### 4、无人机产品和技术引领全球产业创新

**中国无人机市场体量持续扩大，市场总体已步入快速成长期。**我国民用无人机市场规模快速提升，2018 年市场规模预计达到 110.9



亿元人民币<sup>29</sup>。今年 1 至 8 月我国 16 家无人机企业共计获得 17 次融资，累计融资额约 5.2 亿元<sup>30</sup>。资本的投入进一步推动无人机产业的规模化发展。无人机关键技术和元器件工艺进一步成熟和智能化，使整机成本和价格逐步降低，技术红利开始从消费领域向其它领域溢出。在消费无人机市场带动下，行业无人机产业链条也逐步完善，整机产品和应用规模得到了较大提升。

**国内消费级无人机技术已处于引领地位。**在数据传输方面，大疆 OcuSync 技术远超一般图传的链路性能，其利用高效的数字压缩和信道传输技术速度可达 40Mbps，并可实时回传关键飞行参数。**在悬停避障方面**，大疆基于双目立体视觉技术的 FlightAutonomy 系统由视觉摄像头、主相机、GPS/GLONASS 定位系统、超声波模组、传感器和高性能处理器等 7 个部件所组成，可实时检测飞行环境生成三维深度图，避障性能处于业内领先水平。**在视频拍摄方面**，大疆三轴机械增稳云台可对相机的角度进行高精度控制，根据飞行姿态实时调整方向消除相机的晃动和抖动，同类产品中体积最小。除此之外，在飞控、电池等其它技术上国内企业也有诸多亮点。

**在消费级无人机之外，行业市场将是国内无人机下一个竞争焦点。**消费级无人机市场加快红海化，企业需要找到更多突破口。国内参与消费无人机市场竞争企业越来越多，尤其是互联网大企业加快对无人机布局，使产业快速从高端小众市场向成熟大众市场转化。如小米投资“飞米”无人机、腾讯和九星科技合作研发四旋翼无人机；传统无

<sup>29</sup>数据来源：中投顾问

<sup>30</sup>数据来源：前瞻产业研究院《2017-2022 年中国无人机行业市场需求预测及投资战略规划分析报告》

人机厂商零度智控、极飞科技等也在加快差异化创新。虽然竞争者短期内难以撼动大疆的领先地位，但将导致整个行业尤其是中低端市场竞争加剧和利润下降。**农林、安防、电力等行业领域将是无人机企业下一步发力重点。**农林植保无人机目前已逐步成熟，发展方向渐趋明朗，除传统的极飞、汉和等企业外，大疆也已开始积极布局该领域。安防无人机对续航、图传和恶劣环境下的适应能力要求较高，国内安防企业海康威视正在加快相关技术研发。电力无人机对载重、抗风和抗干扰能力要求较高，且行业壁垒较强，目前竞争尚不激烈，领军企业易瓦特已在新三板上市。此外，物流、测绘等其他领域也已受到关注，受限于应用需求不足等因素目前尚未形成规模。

## 5、国内智能家居产业化应用快速发展

**我国传统家电企业加快智能家居创新步伐。**得益于我国传统家电企业技术实力和市场规模的优势，我国消费市场智能家居产品和平台创新速度处于全球先进水平。2016 年前十个月各类智能家电产品占比进一步提升，其中智能洗衣机占洗衣机销售额 22.50%、智能空调占空调销售额 18.54%、智能冰箱占冰箱销售额 10.30%<sup>31</sup>。智能炒菜机、智能扫地机器人等智能小家电的创新也是层出不穷。在单品智能基础上，海尔、格力、美的等家电企业均搭建智慧家居平台，使旗下产品可以进行统一控制和智能交互。其中典型平台海尔 U+ 已具备较强的行业影响力，形成底层芯片+操作系统+互联协议+IOT 平台的生态体系，接入用户数超过 1.3 亿<sup>32</sup>。

<sup>31</sup>数据来源：AVC 奥维云网

<sup>32</sup>海尔 2016 年 3 月公开发布

我国智能家居 2B 市场应用和变现能力逐步增强。一是智能家居整体解决方案逐步成为高端商业地产项目的主流配置。如绿城集团全国范围内采用了基于 TCP/IP 的智能家居设备。霍尼韦尔等企业也在相继出台智能家居整体解决方案系统。特斯联等企业搭建跨系统平台，逐步打通不同商业集团之间的智慧家居平台。二是互联网企业与房地产企业合作加快商业智能家居方案的开发。受“互联网+”智慧社区市场的吸引，腾讯、阿里巴巴、小米、360 等互联网企业均在深化与房地产企业的合作，小米与华润置地开发的智慧家居样板间、360 与华远合作开发的家庭安全智能产品均取得较好的效果。三是智能照明、智能门锁等商业解决方案快速增长。自海尔介入智能锁领域以来，创维、荣事达、TCL 等家电企业以及安防领域的海康威视、大华股份等企业也进军智能锁领域。智能电表以 5% 以上的增速保持增长，在智能电表相关技术方面，南方电网公司的安全费控密钥管理、智能电表安全自动检测技术达到国际领先水平。

国内互联网企业紧跟全球趋势布局智能音箱，软硬件技术水平接近先进水平。据统计，目前国内智能音箱企业已经接近 50 家<sup>33</sup>，包括阿里巴巴、京东、百度等大型互联网企业。软硬件技术上，一是基础语音识别技术达到国际先进水平，远场识别率不断提高。二是元器件解决方案逐步丰富，芯片、麦克风等供应链不断完善。国产智能音箱芯片多采用 ARM Cortex-A7 双核、四核架构，瑞芯微、全志科技等国内芯片企业也纷纷推出语音识别专用芯片解决方案。应用服务仍需继

---

<sup>33</sup>数据来源：智东西

续深化。一是应用数量明显低于国外同类产品。大部分企业的智能音箱以整合自有服务为主。相比亚马逊 Echo 应用数量超过一万款，国内智能音箱第三方应用数量明显不足。国内出货量较大的京东叮咚音箱的第三方应用也仅支持滴滴出行、百度地图、中通快递等少数平台。在家居控制方面，国内智能音箱支持的家居设备也非常有限。二是应用类型比较单一。国内智能音箱初期以音乐服务内容为主，配合唤醒、定时、搜索等语音服务，智能音箱与互联网服务的融合创新相对较少。

### （三）形成具备互联网特征的行业智能应用市场

我国庞大的市场优势和日益紧张的人力成本推动智能硬件快速应用于各行各业。从垂直领域看，电子商务、医疗、交通等领域已经形成较为成熟的智能硬件应用模式。从技术维度看，机器视觉技术在行业中快速渗透，形成“视觉+”行业应用模式。目前部分行业应用已经在龙头企业尤其是大型互联网企业引领下走向平台化、生态化发展。

电子商务领域智能硬件应用紧跟国际步伐。在智慧物流方面，京东、顺丰等企业均已尝试无人机送货，以增强仓库辐射能力，降低库存成本，提升物流服务水平。京东在今年 6 月宣布试飞成功的的无人机已开始正式运营，首批加入京东无人机正式常态化运营的城市包括西安和江苏宿迁。顺丰也已开始运输无人机的内测，其只需预先设置目的地和路线便可自动到达，且误差不超过 2 米。在线上导流方面，我国电商企业发布智能音箱，积极争夺电商导流入口。阿里和京东分别发布智能音箱“天猫精灵 X1”和“叮咚音箱”，借由语音交互能力

打造智能家居中枢，通过交互的便利性完成对用户线上购物的有效导流。**在线下体验方面**，部分厂商利用混合现实技术打造虚拟试衣镜，提升用户线下购物体验，已取得初步成效。北京太阳花互动科技、武汉世纪炎龙和 JOS 等初创公司均已在此展开初步创新探索，线下实体店优衣库也已引入“搭出色”虚拟试衣设备，通过智能化手段提升用户线下购物体验。

**在医疗领域**，围绕机器人和可穿戴设备的智慧医疗模式正在形成。**国内医疗机器人有较大的市场需求**。我国医疗机器人应用主要以手术机器人为主，装机量虽然较低但使用率很高。如国内达芬奇机器人仅有 62 台，但年手术量近 1.8 万次。2016 年浙江大学医学院附属第一医院利用达芬奇机器人完成 888 台手术，成为全球单台达芬奇机器人手术量最多的医院<sup>34</sup>。由于医疗人员数量与医疗需求的巨大矛盾，我国医疗机器人有较大市场。**以可穿戴设备为核心的健康监护市场正在成长**。如阿里健康平台联合乐心等数十家移动医疗设备品牌共同推出的智能健康管理计划，借助可穿戴设备和大数据技术形成健康趋势报告，并反馈给医疗服务商以提供增值服务。相比于发达国家，目前我国医疗可穿戴企业的盈利模式仍然相对单一，除了收取用户设备费的 2B 模式外，从医院、第三方平台的分成极少。

**在交通领域**，国内汽车企业、互联网公司、高校等积极开展自动驾驶汽车研究。中国上汽集团基于名爵 GS 研发无人驾驶，成为第 35 个拿到加州自动驾驶测试牌照的公司。广汽在自动驾驶和车联网等方

<sup>34</sup>数据来源：ISRG 2016 Annual Report



面已形成了自主技术积累，研发的 In-Joy 交互系统拥有远程控制、车况定位、紧急救援等 18 项强大功能，已实现自动驾驶、自主泊车功能。长安汽车实现了 2000 公里长距离真实路面自动驾驶测试。百度推出阿波罗自动驾驶开放式平台推动技术和产业发展，并在百度大会进行了自动驾驶的演示。福田汽车与百度公司跨界合作，发布国内首款自动驾驶卡车。围绕汽车后装市场的产品和服务模式更加丰富，通过智能后视镜、智能车机等硬件提供多样化服务。捷渡携手阿里 YunOS 推出的智能后视镜，拥有语音智能交互系统和主动安全行车系统等特色功能。百度推出了智能后视镜方案，通过语音交互，结合百度地图导航、智能管车、远程监控、辅助驾驶等功能实现智能语音副驾。70 迈智能后视镜集成 ADAS 高级驾辅，支持前方碰撞预警 FCW、前车启动提醒 PVS、车道偏移预警 LDW，通过配备高德地图，提供优化路线，还可以利用语音交互查询天气等。科大讯飞与滴滴打车、高德等软件合作，提供车载智能硬件的嵌入式语音识别功能。

从技术维度看，我国在视觉行业应用创新方面与国际基本保持同步，在部分领域形成行业亮点。在视觉+金融领域，蚂蚁金服率先实现人脸支付功能，能够高可靠、高安全地应对遮挡、眼镜、活体攻击等问题。在视觉+医疗领域，应用场景包括医疗影像、远程问诊等，高质量的医疗数据是主要制约因素，目前国内电子病历的推动处于初期阶段。科大讯飞与协和、301 等多个医院开展合作，在医疗影像场景已取得一定突破。在视觉+交通领域，百度运用图像智能识别技术实现地图数据采集，将单车每天数据采集量提升至 10TB 以上，形成

高精地图规模化生产能力，全流程生产自动化程度达 90%，应用于无人驾驶的长期发展。**在视觉+安防领域**，利用 500 多个监控点长达 250 个小时的视频数据抓取嫌疑人，采用传统人力分析方法需至少 30 天时间，而采用海康基于深度学习的视频分析技术则需不到 5 秒时间，大大提升破案效率。

## 四、面临的问题与挑战

### （一）补足基础智能芯片和基础软件短板

PC、智能手机等终端产业发展规律告诉我们，芯片和基础软件的成熟是驱动产业从小到大、从专用到普及的核心要素。智能硬件在人工智能技术发展的影响下，基础软硬件将逐步与人工智能紧密耦合，需要全新的智能芯片和基础软件架构予以支持。目前来看，虽然我国在智能芯片和基础软件这一新领域中取得了一定基础，但与国际先进水平仍有差距。**从产业链整体布局来看**，受制于我国集成电路产业基础薄弱，我国智能芯片和支持软件整体缺乏系统化架构能力与长期积淀的设计经验支持，缺少先进成熟的代工工艺支撑，技术积累不足致使我国智能芯片技术与产业先天发展不足。**在软件接口和生态上**，国内人工智能芯片企业对配套软件工具和生态兼容重视不足，产品缺乏扩展性和易用性导致实际应用难。**从市场来看**，产业巨头已凭借完备的软硬件协同生态优势布局人工智能芯片市场，尤其是高端市场形成的优势难以撼动。而我国智能芯片参与者多为初创公司和中型企业，对前期产品研判定位以及后期市场化推广运作缺少经验。这些问题需要在长期的技术研发创新中予以解决。

## （二）建立基于智能技术的硬件产业生态

传统的 PC 或手机终端，其产业生态主要以基础芯片+基础软件+核心应用为生态核心。而基于智能技术的智能硬件产业生态，芯片、数据、算法、开发框架、应用平台均是重要生态环节，要素更为复杂且耦合性强。我国虽在各个环节均有布局，但对比先进国家仍处于跟随者角色，尚未在国际上具备较强的生态话语权。**从底层硬件来看**，我国在通用芯片（GPU）及类脑架构的神经网络芯片方面基本处于空白，在专用芯片（FPGA、ASIC）技术研究方面具备一定的研究实力，但尚未大规模商用；**从数据来看**，我国虽拥有大国大数据资源优势，但在教育、医疗、社保、养老等领域的行业信息化水平还较低，以电子形式存储的数据量较少，且由于格式不统一、数据模糊等因素导致可用数据占比不高，而且各领域数据未能形成数据共享资源打通的局面；**从核心算法来看**，深度学习、增强学习、生成式对抗网络等人工智能核心算法理论研究仍由谷歌、斯坦福大学、麻省理工等大型公司和研究机构主导，我国在核心理论突破和核心算法研究方面尚需加大探索；**从开发框架来看**，我国虽具备自有开源平台 PaddlePaddle、Angel 和企业开放平台 DuerOS、讯飞云等，但仅在国内有一定应用，在社区建设、工业能力方面较 TensorFlow、Caffe 等有一定差距；**从应用平台来看**，我国智能语音、图像处理已经初步具备一定的开放平台能力，但在场景开发、服务体验和推广程度方面还需进一步探索。

## （三）打破应用渗透壁垒，扩大应用范围

除了产品本身的功能、性能问题外，智能硬件的广泛应用还面临

数据、政策等壁垒问题，需要从政策、法律、机制、模式多个层面解决。**一是数据壁垒。**基于人工智能技术的智能硬件应用极度依赖大量数据训练模型，提升应用效果。在医疗健康、城市管理、安全防护等垂直行业领域中由于数据封闭难以获取，智能硬件的应用能力受到较大影响。从国家层面看，数据开放在“十三五”期间已受到政府重视和推动，数据交易市场、开放数据集等数据开放模式也在不断探索，但开放范围、开放频次、开放内容均难以满足快速增长的应用需求。从市场层面看，大企业对数据的垄断日益严重，也是影响产业整体发展和创新创业的重要问题之一。**二是新技术产业的政策设计挑战。**新技术的发展不可避免要面临法律、伦理、制度等新课题。如目前国内外大部分地区无人驾驶的测试、运营、监管、赔付等方面的法律法规均处于空白状态，难以跟进技术的快速发展和应用需求。由于这些基本问题的论证和解决周期一般较长，一方面政府需要加快论证和立法进程，推动相关技术标准的建立，为新技术研发和应用提供基础保障；另一方面新技术企业需要与政府加强沟通合作，通过建立实验基地、区域性试点、开放测试路段等方式加快技术产品的发展和成熟。

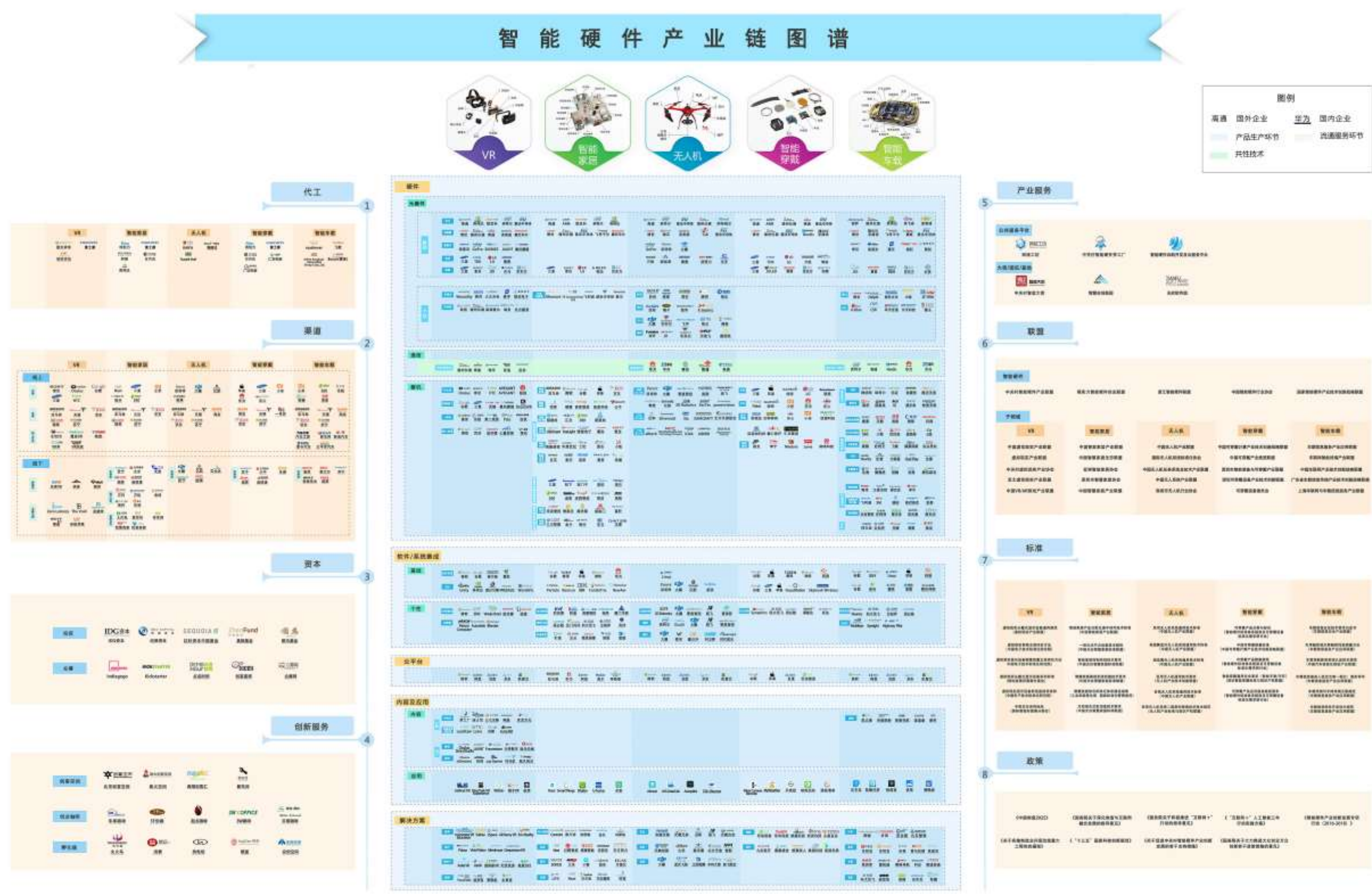
#### （四）提高对硬件设备和数据安全的重视

智能技术的发展促使智能硬件终端“智慧化”、网络“多样化”、云端数据中心“大型化”，可编程、可通讯、智能化、网络化的特征要素愈加明显，数据安全问题亦随之而来。**一是终端数据采集安全。**作为“近人型”“数据入口型”设备，智能硬件的数据采集与存储数量巨大，且内容大多与使用者日常生活相关，私密性强，一旦遭受攻

击，将导致大量隐私数据泄露，如小米手环在蓝牙的有效范围内，攻击者可以读取小米手机中用户的运动、身体等数据，还原用户的运动轨迹等。**二是数据传输安全。**自动化与远程控制性逐步加强，大大提升了智能硬件信息数据、控制数据的传输需求，传输协议漏洞易受攻击，传输安全受到极大挑战。在 GeekPwn 极客大赛中，攻击者攻击了遥控器与大疆无人机之间的射频通讯协议漏洞，使无人机根据攻击者发出的射频指令工作。**三是云端数据应用安全。**智能化技术使数据变现成为可能，同时也将大数据、人工智能等云端平台的安全问题引入智能硬件领域，云端漏洞等存在于数据整个生命周期之中，安全的重要性愈加凸显。**四是设备安全问题。**随着智能化程度不断提升，部分智能硬件开始从事高精度、高复杂、高风险等作业领域，设备稳定性、精准性、可靠性的缺乏将随时威胁生命财产安全，对设备安全风险的预警和管控能力提出了更高的要求。



五、智能硬件产业链图谱





中国信息通信研究院

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮政编码：100191

联系电话：010-62304839、62302672

传真：010-62304980

网址：[www.caict.ac.cn](http://www.caict.ac.cn)

