

**移动智能终端暨智能硬件
白皮书
(2016年)**

中国信息通信研究院
2016年10月

版权声明

本白皮书版权属于中国信息通信研究院（工业和信息化部电信研究院），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（工业和信息化部电信研究院）”。违反上述声明者，本院将追究其相关法律责任。

前 言

2007年，苹果发布了第一代 iPhone 智能手机，开启了以开放式系统、第三方应用、友好交互和良好的无线数据接入能力为特征的移动智能终端时代。此后的九年中，智能手机历经了三个发展时期。2007年-2010年为其平台创新期，确立了软硬件基本架构与平台体系。2011年-2013年为其高速发展期，一是开源的 Android 生态加速手机智能化进程，二是基础器件创新活跃，三是应用服务由线上走向线下。我院于2013年初，首次发布移动终端白皮书（2012），以智能手机和平板电脑为蓝本厘清技术要素与产业发展规律。2014年以来，手机类成熟产品进入深度调整的转型期，一是软件开发架构趋向稳定，二是硬件能力相对饱和，三是整机市场即将步入零增长，既有技术成果、产能和资本加速溢出，成为智能硬件产品体系快速成型的市场动力。与此同时，新的万物互联与智能化时代正在到来，互联网、移动无线宽带和无线传感等多网络融合迈向下一代基础设施，终端系统与云侧的人工智能体系加速交融，成为智能硬件迅速步入技术平台确立期的内生动力。

在此转折期，我院以2016版白皮书为载体，面向产业界分享已知，共同推动我国移动智能终端暨智能硬件产业迈向新高度。

目 录

一、	移动智能终端暨智能硬件总体状况	1
(一)	移动智能终端产业发展面临深度调整和转型	1
(二)	智能手机市场进入供应链竞赛成熟期	4
1、	智能手机进入个位数增长阶段.....	4
2、	平板电脑市场空间下降明显.....	5
3、	操作系统平台稳中求变.....	6
4、	上游产业链配套能力成为企业提升关键.....	8
(三)	智能硬件迈向产品体系和技术平台构造期	9
1、	智能硬件产品创新呈爆发式增长.....	9
2、	继承、完善与创新现有智能手机技术体系.....	10
3、	多元化的产业链初步形成.....	11
(四)	万物互联、泛在感知的智能时代正在开启	13
1、	以端创新为原动力的传统生态.....	14
2、	“云化”+“感知”两大动因推动终端产业进入智能时代.....	15
二、	全球移动智能终端暨智能硬件发展趋势	17
(一)	成熟终端技术架构稳定，围绕七大器件加剧产业链博弈	17
1、	移动计算通信芯片技术升级与市场洗牌持续进行.....	18
2、	移动存储芯片设计制造一体化发展趋势明显.....	20
3、	移动传感芯片加速向微型化、集成化、智能化演进.....	21
4、	移动触控芯片产业整合加剧，3D 触控快速起步	23
5、	指纹芯片技术创新酝酿重大变革.....	23
6、	摄像头配置持续升级，组合技术快速商用.....	24
7、	显示屏从规模扩张走向高性能价值竞争.....	25
(二)	智能硬件产品体系初步形成，硬件功能与应用生态加速完善 ..	26
1、	可穿戴设备形态和功能初步成熟.....	26
2、	智能家居产品智能化和平台化同步发展.....	27
3、	VR 商用试水，技术成熟仍需时间	28

4、无人机围绕飞控和应用差异化发展.....	29
(三) 智能硬件技术创新多元化，五大关键技术进入平台布局期	30
1、智能硬件芯片趋向多元化集成方案.....	30
2、底层通信技术更加丰富，上层通信协议逐步整合.....	32
3、新型传感器快速推广，传统传感器创新应用.....	33
4、人工智能技术加速实现产业化应用.....	34
5、虚拟现实技术基本成型但仍需完善.....	36
三、 我国移动智能终端暨智能硬件主要进展与机遇.....	38
(一) 稳步提升成熟智能终端产业配套供给能力和技术水平	38
1、终端整机延续软硬件性能提升和功能创新，加速向高端化、品牌化突破.....	38
2、持续提升本土优势器件竞争力，推动技术产业协同发展.....	40
3、大力攻关薄弱环节技术瓶颈，增强关键器件研发配套能力.....	42
(二) 积极推动智能硬件产品向高端、智能、专业化发展	44
1、由市场规模化向产品高端化发展.....	44
2、由简单联网产品向智能化产品发展.....	45
3、由互联网基础应用向专业化深度应用发展.....	46
(三) 加速掌握新一轮技术创新要素与生态平台	47
1、智能硬件芯片需求多样化，为我国芯片产业创造机会.....	47
2、我国人工智能技术与全球同步成长，支持硬件智能化发展.....	48
3、围绕智能硬件操作系统发展我国智能硬件应用生态.....	49
四、 移动智能终端暨智能硬件面临的问题与挑战.....	51
(一) 终端安全形势严峻，生物识别带来全新挑战	51
(二) 上游配套能力仍显薄弱，阻碍整机产业发展质量提升	52
(三) 智能硬件创业创新环境产业转化机制薄弱，仍需进一步完善 ..	53
(四) 终端知识产权进步明显，但仍存在较大差距	53
(五) 终端代际更新催生海量电子垃圾，环境压力持续加大	54
(六) 前瞻布局和协同创新能力不足，制约核心技术体系化突破	55

一、移动智能终端暨智能硬件总体状况

(一) 移动智能终端产业发展面临深度调整和转型

全球互联网流量进入泽字节时代，移动智能终端成为流量增长的主要来源。当今社会，信息的生产速度已经超越了所有物质生产领域的生产速度。全球互联网总流量将在 2016 年跨过 1ZB，并有望在 3 年内实现翻番。互联网人均流量将从 2014 年的 6G，增长为 2019 年的 18G。移动互联网仍然是互联网流量增长的主要驱动因素。全球手机用户数已经超过了 71 亿¹，至 2020 年，移动流量仍将保持 45% 以上的年复合增长水平，移动终端（包括手机、平板电脑、智能手表等）带来的数据量将增长 8 倍。同时，移动流量质量不断提升，视频等富媒体业务已经占据移动流量的 66%²。

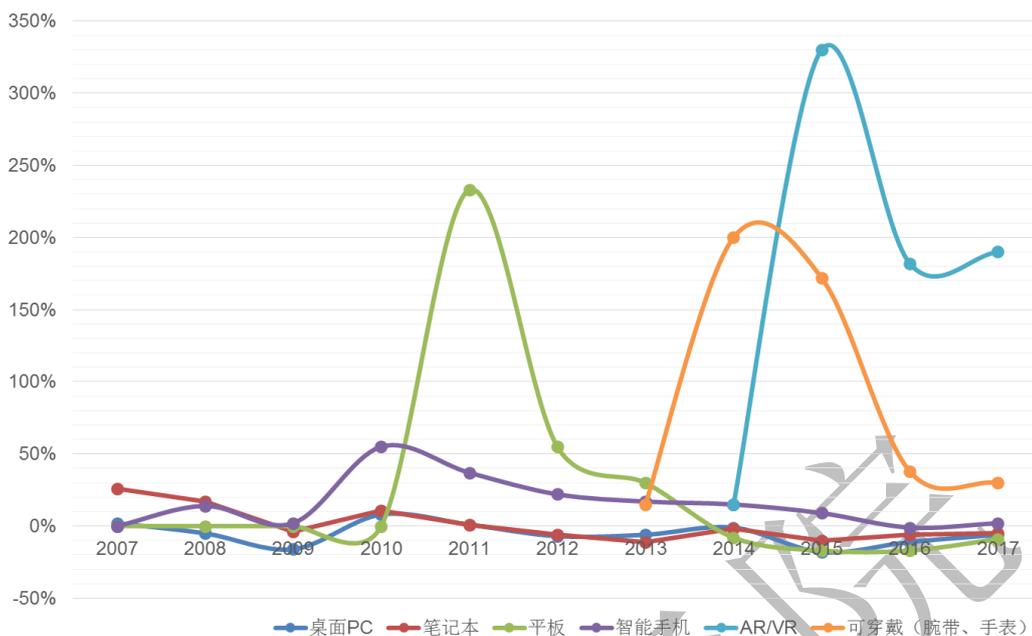
移动智能终端打破手机形态禁锢，多元创新发展。智能手机基础器件突破性创新减缓、操作系统新版本普及进度屡创新低，先进企业领跑优势与示范效应弱化，探寻新一轮创新机遇。互联网信息迅猛增长的同时也不断推升普通大众对智能终端的期望值，对信息获取手段与速度、认知水平与价值、展现形式与地点都提出了更高要求，推动着智能终端冲击手机桎梏，变换多种形态，润物细无声地融入生活、生产的各个流程中去，同时也缔造出全新的智能服务与感官体验。自 2015 年以来，面向智能硬件方向加快创新步伐：一是使简单的消费产品获得一定的智慧能力。如智能空调遥控器通过学习用户调温行为，完善起居习惯模型，最终实现如同本人的自主操作。二是弱人工智能已经达到实用水平，与多领域的生产型设备融合，缔造新的智能产品。

¹数据来源：ITU

²数据来源：思科

2016 年 Alpha Go 战胜人类职业选手；无论是沃尔沃、宝马、通用等汽车厂，亦或是谷歌、百度等互联网公司都加速了自动驾驶技术研发、路测和法律法规完善；适用于家居、办公、城市管理领域的机器人与智能机械手臂也有增多趋势，在模仿人类动作、表达人类情感、仿真人类手指精细动作等方面有显著进步。三是继续探索智能手机后的平台型个人智能终端。VR/AR 类产品通过对显示技术的颠覆性创新，具备了成为新一代平台型终端的发展潜力，在软硬件技术和产业供给皆不成熟的状况下，提前成为了资本市场与领先企业青睐的下一个风口。

终端市场总体进入平台期，价值结构虽未发生实质扭转，但增长态势已悄然变化。智能手机销售收入虽然在 2016 年将有所下降，但仍然是个人消费电子产品的中流砥柱，可穿戴与 VR/AR 产业贡献总额不足其 1/10。产品市场销量增长曲线却呈现此消彼长的发展态势：在全球市场中，桌面 PC、笔记本和平板电脑 2015 年的跌幅分别为-18%，-10%和-17%，智能手机出货增速持续减缓至个位数水平（9%）。2016 年，下降态势仍在延续，预估平板电脑降幅仍在 17%左右，智能手机则首次出现负增长，桌面 PC 和笔记本跌幅将逐步缩小，回归平稳。同期，智能硬件产品则蓬勃起步。可穿戴设备（手表、手环类）在连续两年翻番增长后，2016 年全年增幅将回落至 38%左右；VR/AR 仍处于起步期，未来两年将维持 100%以上的增长水平。



数据来源：IDC、摩根斯坦利

图1 智能终端全球市场 2007-2017E 增长情况

智能硬件发展浪潮，带动移动智能终端概念重塑。自 iPhone 诞生以来，移动智能终端定义便以智能手机为基础画像：移动，指具备移动互联网接入能力的便携终端；智能，指具有面向应用的操作系统和开发环境，可实现丰富便捷的应用下载和使用；终端，包括智能手机、平板电脑。而今，产品定义要素随着产品范畴变化，而更为包容、扩散。**移动智能终端暨智能硬件，是指具备信息处理和数据联接能力，可实现感知、交互和服务功能的产品。**

智能。从终端层面的智能(面向应用的操作系统和应用开发环境)，进入到“云端一体化”阶段，强调人工智能与感知交互的协同能力。

硬件。越来越回归其本来含义，作为互联网网络的最外侧设备，用于用户信息的输入以及处理结果的输出，而不是某几样产品的合集。

移动。不再强调终端尺寸是否足够小型便携，而是指具备无线数据接入与处理能力，包括蜂窝移动通信接入、WiFi 等固定无线宽带接

入、低功耗广域物联网接入多种接入形式。

随着人工智能、传感互联等新一代信息技术的不断突破，智能硬件从面向个人消费的先锋产品快速拓展到经济社会各个领域，赋予教育、医疗、零售、能源、建筑、汽车等诸多行业新的服务手段，支撑政府办公、公共安全、交通物流等城市基本职能的提升。在其融合发展过程中，实现了传统设备的智能化改造，也缔造了全新的产品形态，大大提升了原有产业附加值、延伸了产业链，加速推动了大规模个性化定制、网络化生产组织协同、制造业服务化等智能化变革，成为移动智能终端产业新的发展方向。

（二） 智能手机市场进入供应链竞赛成熟期

1、 智能手机进入个位数增长阶段

全球智能手机市场趋稳，部分海外市场显现成长动力。智能机作为全球第一大消费电子产品，随着功能机存量替换和智能机新机型升级换代的放缓，已进入成熟发展阶段，市场呈现四大明显特点。一是出货增幅明显回落。2016年上半年全球智能手机出货量为6.8亿部，同比增幅仅为0.2%，创下最小同比增幅记录。二是区域差异特征日趋明显。从全球不同区域发展情况看，美国、中国、西欧等成熟市场均进入个位数增长阶段，而印度、印尼、中东、非洲、东南亚等仍保持稳健的增长态势，部分地区增幅超过30%。三是品牌集中度日益提升。2016年上半年全球排名前五厂商出货占比达到56.3%³。四是市场洗牌仍在持续。2016年上半年，三星、苹果出货量均出现不同程度的下滑，华为稳居全球第三且差距在进一步收缩，第四和第五名仍

³数据来源：IDC

处于洗牌热潮中，OPPO 和 vivo 异军突起超过小米和联想，开启全新格局。

我国整机产业迅速崛起，品牌影响力持续提升。一是国内新品牌四强格局确立，“中华酷联”退场，重新建立以“华米欧维”为代表的**第一梯队**。2016 年前三季度，国内智能手机市场累计出货**3.71 亿部**，同比增长**13.5%**，高于全球同期水平；其中华为、OPPO、vivo、苹果和小米位列国内市场出货量前五名，合计占据约**60%**的市场份额。二是本土厂商通过“创新刚需功能+深耕线下渠道”构建竞争新优势。由小米、乐视等引领的“性价比+互联网营销”模式受“凸显差异需求+线下实体推广”模式冲击明显，OPPO 通过主打极速快充、美颜相机，以及大规模扩充线下销售网点等方式获得极大的成功。三是国产品牌发力海外已形成差异化布局。因高性价比在印度、马来西亚、越南等亚洲多数地区有着较高占有率，目前 OPPO 和小米分别位居印度手机市场第二、线下品牌第三。此外，华为欧洲区域上半年出货规模也实现翻番，500-600 欧元档位市场份额由 2015 年底不到**1%**增至 2016 年 5 月的**14.3%**；联想借助并购 moto 赢得先机，在欧洲、中东和非洲同比上升**83%**，亚太地区同比增长**96%**。

2、平板电脑市场空间下降明显

平板电脑市场持续下滑，国际厂商领跑优势弱化。平板电脑因受应用场景重要性不足、存量市场换机周期过长和手机大屏化的影响，未能成为个人消费电子的平台型产品，市场空间进一步被挤压。2016 年上半年全球平板电脑出货量达到**7830 万台**，比去年同期下降**13.4%**。与智能手机相比，平板电脑品牌影响力较弱，用户选择逐步趋于多元

化。2016 年上半年，苹果和三星的出货量稳居第一和第二，但是领跑优势弱化，二者出货量分别为 2030 万台和 1200 万台，相比去年同期分别下滑 13.9%和 26%，合计市场份额从 45.2%降至 41.2%；联想以 470 万台的出货量位居全球第三，市场份额为 6%；华为在全球市场萎缩的情况下以 79.1%的同比增速实现逆势增长⁴，以 430 万台的出货量位居全球第四，市场份额为 5.5%。

二合一平板潜力逐步释放，大尺寸仍将成为未来发展方向。在苹果 iPad Pro、微软 Surface Pro4 等的引领下，全球二合一平板电脑出货量呈现明显上升态势，市占率达到 16%，其中 2016 年一季度西欧市场可拆卸和变形平板电脑出货同比增长高达 44.7%。此外，在平板手机出货快速增长的情况下，介于 7.0 寸和 8.9 寸之间的平板电脑市场出货快速下滑，2015 年同比降幅超过 20%；而 9 寸以上平板设备却逆势上涨，同比增长 11.6%，预计 2016 年 9 寸以上平板设备市占率和出货规模都将实现快速增长。

3、操作系统平台稳中求变

谷歌 Android 与苹果 iOS 继续巩固在智能手机与平板电脑等成熟移动智能终端产品中的占有率，主导基础软件与应用开发的演进方向。2016 年上半年，搭载 Android 与 iOS 系统的智能手机合计占据 98.9% 的市场份额，同比增加 2.2 个百分点。得益于搭载 Android 系统的经济实惠型手机增多和苹果手机销量的阶段性下滑，Android 在巩固市场占有率方面略胜一筹，2016 年上半年全球市占率达到 85.1%，同比增加 4.6 个百分点；iOS 市占率为 13.8%，同比下降 2.4 个百分点。存量市场中的 Android 版本分裂态势并未得到有效缓解，新版本更新速

⁴数据来源：IDC

度持续放缓，截至今年 8 月，Android 6.0 渗透率仅为 15.2%，与 2015 年同期 5.0 版本市占率相比下跌了两成。其他操作系统厂商的差异化突破路径未见明显成效：一是 2016 年上半年 Windows Phone 市占率仅为 0.6%，同比下降 1.8 个百分点⁵，微软逐步弱化移动消费手机平台的投入；二是基于 HTML5 技术的 Web OS 未取得实质进展，市场上最受关注的 Mozilla FireFox OS 由于无法提供最佳的用户体验已宣布停止系统开发及手机销售。

移动 OS 运行效率、安全水平持续提升，对 AR/VR、人工智能的支持不断增多。为打造更好的用户体验，主流移动 OS 厂商通过降低硬件开销、调整编译模式等方式对系统进行优化升级，如 Android 7.0 结合 JIT 实时编译和混合编译，使得软件运行速度提升 600%、应用安装提速 75%。此外，随着 AR/VR、人工智能技术应用的快速发展，移动 OS 厂商纷纷加大对新生态的布局力度。如率先应用于 Nexus 6P、5X 和 Pixel C 平板电脑的 Android 7.1 已能够支持 Daydream VR，并结合 Google Assistant 为用户提供更人性化的服务；苹果 iOS 10 系统也在其框架中添加可供开发者调用 VR/AR 功能的“头显渲染技术”引用文件，并将 Siri 开放给第三方开发者，构建深度学习的能力。

Web 化依然是改变现有操作系统格局的潜力路径。在原生平台适配硬件生态的基础之上，叠加 Web 技术构建应用服务生态的组织方式，仍是操作系统发展的可行路径。以 Yun OS 为例，通过提供类 Android 的虚拟机、本地应用框架以及完全自主的 Web 引擎等实现对云应用和安卓应用的兼容，不仅能够发挥 Web 跨平台优势，降低应用开发速度、开发成本和维护成本，同时还最大程度复用了既有成熟的应用生态。此外，阿里云以搭建开放平台的方式与芯片商、方案商、

⁵数据来源：Gartner

整机厂商、应用服务商等开展广泛合作，围绕 OS 构建云端一体化生态体系并取得较快发展，截至 2015 年底，Yun OS 份额达到 7.1%，已超过微软成为国内第三大移动操作系统。

4、上游产业链配套能力成为企业提升关键

上游产业链配套能力已成为终端成熟期制约品牌价值和竞争力提升的关键。凭借资本优势、技术积累和产业整合能力不断提升对整机全产业链的掌控力，已成为国际厂商打造品牌竞争优势、开发高附加值产品、引领终端功能形态演进的重要手段。一是采用垂直整合的发展模式打造纵向一体化产业体系，以硬件技术优势强化终端竞争优势。如三星基于在 NAND 闪存、DRAM 内存、显示屏、电池制造等元器件领域的技术领先，率先在整机产品中引入 20nm LPDDR4、14nm NAND、AMOLED 曲面屏、高分辨率摄像头等器件，强化在终端差异化、个性化中的竞争优势。二是依托对核心硬件、基础软件和应用生态的完全掌控，构建软硬一体的竞争策略。苹果在硬件方面，通过“自研+并购”强化对核心应用处理器、信息安全指纹芯片等的掌控力；在供应链方面，建立严格的淘汰性竞争机制，从交货时间、产能供应、良品率等多个方面进行层层选拔，对入围企业给予优先供货权；在技术研发方面，投入大量研发经费，全程参与上游器件研发，实现对终端底层硬件技术的深度定制和掌控，确保品牌和产品的绝对领先地位。

我国智能终端产业在核心芯片、关键器件领域仍面临长期挑战，同质化竞争形势严峻。当前国内智能终端关键元器件产业整体处于研发跟进的发展阶段，主流厂商旗舰机及高端款型在上游环节偏重于高通、美光、MTK、三星、SK 海力士、索尼、新思、FPC 等国际大厂，

进而导致硬件配置趋同、整机同质化竞争严重。此外，受国内智能机市场增速放缓、互联网品牌强势进入等因素影响，硬件成本价或负利润成为厂商竞争的噱头和手段。高配低价向产业上游传导，配件供应商不断压低生产成本，影响整机质量和用户体验，以屏幕为例，国内多家供应商可以提供与夏普、三星分辨率和像素密度相同的产品，且造价更便宜，但实际效果仍存在差距。

(三) 智能硬件迈向产品体系和技术平台构造期

1、智能硬件产品创新呈爆发式增长

智能硬件产业不断迎来来自政策、资本、技术等方面的利好，行业加速发展。2015年智能硬件出货量约达14亿台，且增长速度不断加快，由2014年的27%提高到2015年的35%⁶。从产品形态和功能的发展来看，智能硬件不断创新。当前智能硬件已经出现**智能可穿戴、智能家居、智能车载、智能无人机**等规模产品体系，涉及家庭、教育、安保、物流、政府办公等十余个行业领域。我国智能硬件产业与全球同步发展，产品和服务创新活跃，智能穿戴设备、智能家居设备等产品出货量规模均已超过千万部，部分产品市场增长快于全球。在智能穿戴设备、智能无人机等领域中已经出现小米、大疆等规模、技术具有领先优势的龙头企业。预计至2018年我国智能硬件产品和服务的总体市场规模约5000亿元，至2020年可达到万亿元水平。

注意力经济决定智能硬件产品的平台价值。虽然大量智能硬件进入商用领域，如手表、腕带、服装，却尚未成为新的计算中心和应用平台。究其原因，是交互能力有限的产品无法带来注意力经济的实质

⁶数据来源：根据 Gartner 物联网设备出货量数据估算

转移，在现有的带宽和计算能力下，这些产品普遍依赖手机、PC 进行信息处理，只能搜集、展现某一类特定信息。我们衡量智能硬件发展前景时主要考量其对特定行业能带来多少价值提升，重点考虑用户使用时长、开发者数量和广告收益等综合指标。与前者不同的是，VR/AR、智能机器人等硬件产品凭借全新的交互方式和智能服务，可搭载视频、游戏、本地信息服务和电子商务等多种应用，具有成为新一代个人计算设备和应用分发中心的潜力。

2、继承、完善与创新现有智能手机技术体系

智能硬件以人工智能、传感、物联、新型显示、异构计算等新兴技术为动力，继承、完善和创新现有智能手机技术体系。

继承。智能手机的充分竞争极大推动了关键元器件的小型化、集成化和智能化，加速无线互联、感知交互、人工智能技术的成熟和应用，为智能硬件发展奠定了良好的技术基础。大量智能手机的处理、传感和连接芯片方案可以直接应用于智能硬件之中。如高通骁龙处理器在智能手表、智能无人机等智能硬件中均得到广泛应用；主流智能家居产品中的 WiFi 模块也基本复用了低端智能机的解决方案。

完善。一是向超低功耗、多样集成方向演进，尤其是超低功耗的传感器和 MCU 组合，使可穿戴设备的续航时间达到数月。二是集成传感器、控制器、通信芯片、面向特定产品和应用的芯片模组不断推出，如 Intel 可穿戴模块、高通无人机主控模块的集成功能的丰富度都高出了现有手机方案。

创新。人工智能技术与智能硬件的融合将逐步提高终端产品的智能化水平。先进屏幕、传感器和图形计算芯片的发展刺激了 VR/AR

技术和产品的发展，并影响着手机整机设计、异构移动芯片和 3D 摄像头的发展走向。

产业生态模式更加多元化，生态布局制高点由操作系统（端）向应用（云）与通信协议（管道）扩散。虽然操作系统仍然是智能硬件生态布局的重要环节，但由于智能硬件产品普遍没有建立丰富、清晰的应用体系，操作系统的生态和核心意义也有所削弱。除 Watch OS、Android Wear 等少数案例外，大部分智能硬件产品领域中均没有形成优势操作系统产品。而整合通信协议和应用开发环境，成为巨头企业建设智能生态平台的共同选择。以智能家居为例，在众多生态平台中，发展较快的 Home Kit 平台一方面借势苹果的产业号召力，一方面较早形成了相对完善的标准协议体系和软硬件框架，包括通信协议（设备与 iOS 的连接、智能家居服务与第三方软件发现机制和器件）、数据库（在 iOS 上提供第三方 APP 查询修改接口）、开发框架、语音控制等。在智能可穿戴领域中，苹果 Health Kit、谷歌 Google Fit 也开展了类似工作，有效聚集了产业开发力量。人工智能平台则成为智能硬件长期发展的制高点。目前，主要人工智能企业纷纷通过开放底层计算平台，加快做大自有生态，建立长线技术优势。如 15 年 11 月谷歌发布 Tensor Flow 开源系统，可在 CPU、GPU 等跨平台运行，便于智能硬件产品和应用服务开发者迅速建立和训练神经网络。

3、多元化的产业链初步形成

智能硬件技术产业结构逐步形成，水平开放和垂直整合交错。ICT 主要企业以及传统行业企业均参与到智能硬件产业之中，新业态与新模式不断涌现。产业上游与智能手机相似，格局相对稳定。芯片、传

传感器、屏幕等基础元器件的市场结构与智能手机市场相似，产业主体以英特尔、ARM、博世、TI、瑞萨等巨头企业为主，格局相对稳定。VR、机器人、无人机等前沿智能硬件产品的发展为细分领域的中小元器件厂商带来发展或受大厂并购的机遇。**产业下游呈垂直整合、长尾化发展态势。**整机研发和应用服务已经形成智能可穿戴、智能家居、智能车载、无人机等垂直化趋势明显的产品领域，产品形态还在向生产生活各方面长尾化延伸。产业主体既包括苹果、谷歌、微软等大企业，也包括 Oculus、Fitbit、大疆、小米等独角兽企业，同时存在众多中小创新公司，极大活跃了整机创新迭代速度。产业链服务组织不断完善，除了传统的代工企业外，以创客空间、孵化器为代表的创新创业平台是支持初创企业的重要服务力量。以通信和连接为主的标准化组织开始初步建立，产品和应用的相关标准尚不成熟。线上和线下渠道均较为活跃，应用场景化促使政府、医院、房地产商、教育机构、工厂等其它行业主体也参与到产品研发和应用之中。众筹、众包等互联网新模式也被引入到智能硬件产业组织之中。

产业价值呈现多期叠加的发展特征，多种开放平台正在建设。从PC、智能手机和物联网产业的发展规律看，早期终端产业发展中，基础硬件与上层软件结成牢不可破的轴心联盟，硬件销售是产业价值的主要来源。随着产业规模逐步扩大、参与主体增多、应用不断繁荣，终端软硬分离的趋势将逐步明晰，产业价值逐步由硬件平台向软件平台扩散。智能手机等产品逐步形成以操作系统为核心的生态模式；物联网终端产品则逐步走向大数据平台为核心的产业价值体系。智能硬件产业结构复杂，产品种类繁多，不同垂直领域与互联网、移动互联网、物联网产业价值链均有交叉，发展和成熟阶段各有不同，产业价

值体系呈现多期叠加的特征。其中，以智能手表、智能手环为代表的智能硬件产品沿袭智能手机生态模式，围绕操作系统形成与智能手机相似的产业生态圈，并逐步淡化与智能手机的从属关系。以虚拟现实、智能无人机、机器人等为代表的前沿智能硬件产品和技术尚处于发展初期，而且具备成为下一代计算终端的潜力，目前产业价值主要集中在硬件设备的研发上，软硬件耦合比较紧密，硬件企业对产业链的主导作用较强。预计随着产品和应用的成熟，智能控制、智能操作系统等软件系统的平台化作用和对产业的整合能力将会逐步增强。智能家居、部分行业智能硬件本属于物联网终端，产业组织和整合模式与物联网高度类似，产业价值竞争聚焦在底层设备的数据接入入口与上层应用平台/云平台两端。

(四) 万物互联、泛在感知的智能时代正在开启

过去十余年间，移动智能终端产业生态以开放的原生操作系统为轴心，关键器件与整机企业因循摩尔定律迭代创新。随着 ICT 技术发展，以特征尺寸等比例微缩为核心的摩尔定律不断逼近物理极限，传统信息系统技术迭代周期减缓，超越摩尔定律开启了计算、存储、传感、模拟芯片等多领域的集成创新，使得智能硬件具备泛在感知的数据捕获能力。传统操作系统加速向网络操作系统发展，促使移动智能终端产业加快多种接入技术融合步伐，赋予智能硬件万物感知的数据获取能力。而人工智能技术的发展，智能感知、智能分析、人机协同、智能应用等环节能力综合提升，将成为智能硬件具备真正智能的核心动力。随着人工智能技术由量变走向质变，由专用智能向通用智能演进，产业生态加速向云端一体化的数据服务提供者转移。国际领先企业积极围绕传感互联、人工智能两级展开布局，争先在 VR/AR、智能

汽车和智能制造等细分领域形成垂直优势，在云端协同的人机交互、虚拟现实等通用技术环节形成综合能力。

1、以端创新为原动力的传统生态

全球第一电子消费品换挡释放了巨大的创新能量。智能手机发展早期，其对功能手机替代所带来的巨大空间、开源系统所形成的蓬勃生命力，吸引了众多软硬件基础企业与人才投身其中，移动芯片、小尺寸屏等技术经历了快速创新定型的发展阶段。ARM、高通与联发科构建了“低功耗协议+SoC 架构+Turkey 方案”的创新公式，当前高端芯片产品已经达到七模全频 LTE、2.2Ghz、14nm FinFET 的水平，与 PC CPU 工艺性能差距缩小在一代以内，IP 核单线程处理能力基本相当。小尺寸显示屏在经历了分辨率、触控、色域、材质柔性化等多轮提升后，在不考虑 VR/AR 提前商用的条件下，也已经满足了用户需求。

整机行业的快速发展与充分竞争，促使智能手机较早进入了硬件架构定型、能力相对过剩的发展阶段，释放移动应用服务发展需求。自 2012 年起，移动互联网应用开始在多项表现上超过桌面互联网。移动应用缔造的数据总量较 2008 年增长了 9 倍，Facebook 移动用户占比达到 68%，并依靠移动端 ARPU 的上涨抵消了桌面端的下降，Groupon 移动平台交易占比达到 45%，Twitter、SnapChat、微信等社交应用高歌猛进。至 2016 年，移动互联网已经形成规模庞大，种类繁多的应用服务体系。全球移动用户人均安装 33 个应用，日均使用数超过 12 个，使用时间超过 4 小时。iOS 生态在智能手机与平板电脑平台上的 APP 总量达到了 150 万个，下载次数超过 30 亿次⁷。Google Play 季度 APP 下载总量约为苹果的一倍，指数收益约为其一半。

⁷数据来源：KPCB 2016 年移动互联网发展报告

移动互联网应用的爆炸增长，为移动通信网络升级注入无穷动力。

我国 GSM (2G) 技术自 1993 年开始实验建网，至 2009 年才正式发布 3G 牌照，历时 16 年；而由 3G 走向 4G 则仅仅用了 5 年。三大运营商自 2013 年底相继启动网络建设，至 2015 年中国移动已建成全球最大的 4G 网络，4G 用户在现有移动用户中的占比已经超过五成。在 4G 商用的两年间，中、美、日、韩纷纷加快对 5G 标准以及低功耗广域物联网标准的角逐，不断提前商用年限预期，VR/AR、智能网联汽车的出现也再次推高了产业界对新兴通信技术商用的期盼。

伴随终端、网络能力提升，移动应用走向了新的发展阶段。APP 规模增长引发流量入口的马太效应，原生应用商店渠道价值逐步下降，消息及社交类超级应用成为其他应用附着的新平台，产业生态重心向云端转移。2016 年，全球移动互联网用户 80% 的使用时长消耗在 3 个以下的超级应用上。在我国，排名前百名的应用占据了总下载的 69%，BAT 旗下应用占据用户 71% 的使用时长。移动应用平均生命周期在 10 个月左右，大量 APP 的使用率和留存率都较低，下载后“打开次数为 1 次”的应用占比 35%，“打开次数为 10 次”的占比也仅有 17.6%，85% 的用户会在 1 个月内删除已下载的应用⁸。未成规模的 APP 服务对已有的航母式平台不再热衷，已成规模的平台企业也不再企图通吃所有领域。应用创新趋势一是基于现有平台，做到术业有专攻，成为明星爆款；二是注重与智能手机、智能硬件的协同发展，建立以智能服务和新型交互为特色的新平台。

2、“云化”+“感知”两大动因推动终端产业进入智能时代

超级应用的发展使得移动互联网形成了少数企业掌握多数数据

⁸数据来源：艾媒咨询

的局面。文字、语音、图像、视频、地图等多种数据得以集中，云计算和大数据技术红利释放，带动了超大规模神经网络建设与训练。“得数据者得智能”成为现阶段人工智能竞争的基本法则，谷歌、Facebook 等企业数据优势相对明显，谷歌 AlphaGo 于今年 3 月击败了世界围棋冠军，并在多领域的人工智能研发中相对领先；Facebook 将发展基于人工智能的聊天机器人产品列入十年目标，重点突破对人类语言理解和预测学习的能力；亚马逊、微软、苹果和百度等公司也积极布局，基于人工智能的计算机视听觉、生物识别、复杂环境识别、新型人机交互、自然语言理解、智能决策控制、网络安全等应用技术均有所突破；领先企业近期相继开放智能算法源码，试图借助开源杠杆加速资本和智力的聚集。在此态势下，人工智能或将成为少数大型企业提供的基础服务，由硬件企业购买、加工，最终为一切电子产品赋能。

同时，感知和交互技术也以系统创新方式不断强化现有终端能力。支持增强现实的智能硬件产品，可以通过空间感知、计算机视觉、移动跟踪等技术的综合应用，倍增人类对物理空间的感知精度与速度，进一步创新生产生活方式。在新兴的交互技术中，语音交互将突破大规模商用节点，成为智能终端通用技术，“人机交互”还将向“脑机协同”升级转化。科大讯飞语音识别率已达到 96% 以上，谷歌公司 2016 年语音搜索量较 2010 年增长了 7 倍，美国智能手机中语音助手的使用率已经达到 65% 以上。

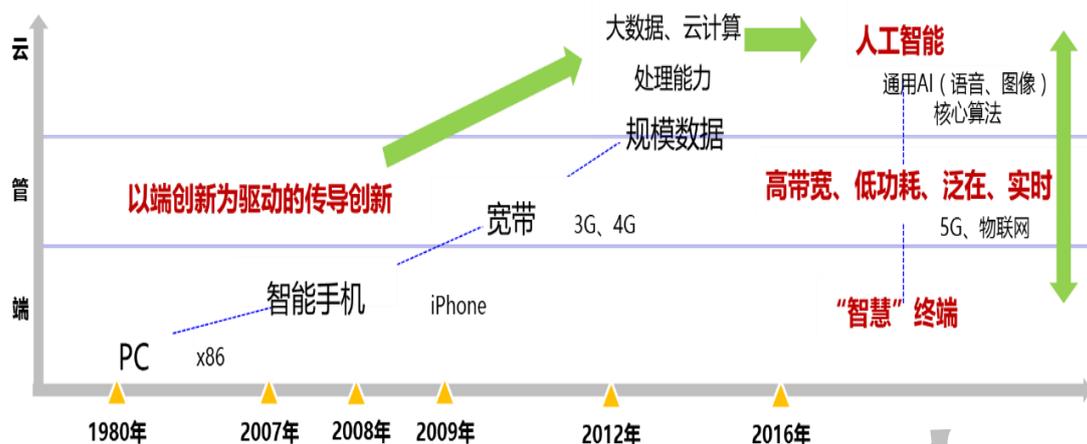


图2 移动智能终端产业生态变化示意图

终端感知与云端智能的同步创新，推动着人工智能因循指数曲线加快成熟，搭载终端桥梁渗透至日常生活、生产中，与人类智慧相伴相生，赋予智能硬件产品准确、高效、鲁棒的智慧能力，移动应用形态也将由传统的以内容盈利的模式，走向以设备控制和数据服务盈利的模式。

二、全球移动智能终端暨智能硬件发展趋势

（一）成熟终端技术架构稳定，围绕七大器件加剧产业链博弈

当前智能手机作为推动终端产业发展的最强动力，仍是技术创新、营收贡献的主要来源，在经历多模多频、多核 64 位、高像素、高分辨率、大屏窄边框、多点触控、指纹识别等重点技术突破之后，关键器件细微规格的优化提升成为市场竞争和产品迭代的重要支撑。

智能手机与人工智能、AR/VR 技术的结合将成为终端厂商发力的重点。一是引入人工智能技术重构智能化水平。目前已有多家厂商布局人工智能手机，如在 2016 年 10 月份的发布会上，谷歌推出了搭载

“谷歌助理”，集成语音识别、人工智能、搜索服务等多项功能的 Pixel 智能手机；三星通过收购 Viv Labs 加入人工智能竞赛。二是通过配备特制的传感器、摄像头、计算芯片和配套软件，结合用户周围环境进行实时 3D 建模，赋予智能手机运动追踪、深度感知和区域学习的能力，将给用户带来全新的增强现实应用体验。如联想和谷歌合作的全球第一款使用 Project Tango 技术的“Phab2 Pro”AR 手机已正式发布，产品将于下半年上市销售。

模块化手机从概念走向产品，呈现多路径并发的探索态势。为寻求产品形态和功能的创新突破，多家终端厂商先后布局研发模块化手机，因设计理念存在较大差异，产品形态及发展模式各不相同。一是以增加外设的方式引入各种功能模块，如 Moto Z 采用背部吸附的方式引入扬声器、投影、摄影、电池等不同功能的模块扩展，更换模块不会影响到手机本身的操作。二是通过机身拆卸更换新的功能模块，如 LG G5 底部的 Magic slot 可拆卸替换 HIFI 模块和拍照手柄。三是支持直接更换手机内部组件，如 Fair phone 2 支持升级手机屏幕、处理器、电池、内存等，但更换门槛和成本较高，需要专业的技术支持。

1、移动计算通信芯片技术升级与市场洗牌持续进行

产业集中化态势依然明显，但寡头垄断格局有所松动。2016 年上半年，受手机厂商积极拓展 4G 市场的影响，联发科移动芯片出货达到 5 亿片，首次超越高通位居全球移动芯片出货排名第一；高通一家独大的局面被打破，以 3.9 亿片的出货量屈居第二；三星也逐步加大自有 Exynos 系列芯片的应用占比，实现了出货水平的大幅提升。与此同时，国内移动芯片企业也实现快速崛起，2015 年海思和展讯

分别以 19%和 40%的高收入增长率进入全球芯片设计企业排名前十，位列第六和第十⁹。2016 年预估展讯智能手机芯片出货超过 2 亿片；海思芯片自给率逼近 50%，麒麟系列芯片累计出货超过 8000 万片。

暂时进入技术稳定升级周期，多模多频、自研架构和高工艺高集成设计成为业界共同发展方向。高通依然是领先技术水平的代表，其新一代芯片平台骁龙 830 采用三星 10nm FinFET 工艺，基于自研 64 位 kyro 架构并实现七模全频 LTE，最高主频逼近 3GHz；三星紧随其后，通过自有 14nm FinFET 工艺和自研 64 位架构 Mongoose 的结合，提升了 Exynos8 芯片的高端化水平；MTK 近期仍主要以高性价比为主，最新的 HelioX30 平台基于台积电 10nm 工艺。除通信基带芯片和应用处理芯片外，高通、联发科、三星等同步提供的 WiFi、蓝牙、FM、NFC 等短距离无线通信和 GPS、北斗等导航芯片也逐步进入成熟稳定阶段，WiFi 开始向 802.11ac 演进，蓝牙 4.0 成为标配，导航以兼容 GPS、GLONASS、北斗等多种模式为重点普及方向。

面向更多应用功能需求的全面优化成为竞争新优势所在。一是，通过强化多核异构动态调度实现计算能力的按需调用，如高通在骁龙 820 平台中，即专门配备 Qualcomm Symphony System Manager 智能资源管理器，管理整个 SoC 芯片的不同配置，将各项任务分配给 CPU、GPU、DSP、ISP 等执行，实现单线程性能优化并提升多线程执行效率。二是，通过定制模块实现个性化应用功能的增强，如联发科在 Helio X20 之中集成了 Cortex-M4 核心作为 CPU 的协处理器，侧重于音频处理和低功耗音频解码，此外还兼有语音增强和语音识别功能，在关闭屏幕播放音频时使用 M4 处理相关任务以节省电量。

终端企业参与研发或深度定制芯片，已成为强化终端实力的有效

⁹数据来源：IC Insights

方式之一。苹果从 iPhone4 开始，就采用自研的 A 系列应用处理器芯片替代之前的三星芯片，并强调与其 iOS 系统的耦合优化以实现更好的终端性能表现；三星自 2009 年起在部分机型搭载自研 AP 芯片，Galaxy S6 和 S6 edge 更是首次采用其自有 14nm FinFET 工艺。预计未来终端企业对芯片的参与度仍然在深化，苹果近年来始终加大对芯片技术的投入，针对 WiFi、3D 影像、低功耗无线等芯片领域展开收购，扩大自有芯片版图。

芯片企业依托移动通信和计算基础技术，加快对智能硬件等更多应用领域的差异化布局。如高通基于骁龙 820 平台推出了 VR SDK 开发包，大大简化 VR 应用的开发，并为基于高通平台的 VR 设备提供更为优异的渲染和矫正能力。此外，还推出了 820A 和 820Am 两款车载芯片，除整合了移动 SoC 中已有的 X12 LTE 调制解调器和面向异构计算的高度优化定制内核外，还支持嵌入式 QNX、苹果和谷歌的智能汽车连接平台 CarPlay 和 Android Auto 等丰富的车载软件平台，为后续在智能汽车领域的应用奠定良好基础。

2、移动存储芯片设计制造一体化发展趋势明显

移动存储芯片主要存在 MCP、eMMC 和 eMCP 三种形态，eMMC 占据市场主流。MCP 将 NAND 与 DRAM 以水平或堆叠方式封装在一起，有利于节省空间、简化 PCB 和系统设计，但厚度和实际良率受限，制约内存空间提升，主要应用于功能机和低端智能机产品。eMMC 将 NAND、控制芯片封装在一起，有助于终端企业进一步节省研发测试成本、缩短产品上市及更新周期，广泛应用于追求效能的高端手机中，已成为市场主流方案。eMCP 结合 eMMC 与 MCP 优势，将 eMMC 与

DRAM 封装为一体，在减小体积的同时优化了电路连接设计，可大幅缩减手机研发测试时间，尤其受到联发科等公版客户青睐。

移动存储芯片市场高度集中，设计制造一体化为主导模式。移动 DRAM 芯片方面，市场呈现国际三大厂、台湾众小厂发展格局，2015 年上半年，三星、SK 海力士、美光合计占据移动 DRAM 市场约 98%¹⁰ 的份额，台湾南亚科、华邦电子等合计占据约 2% 的份额。LPDDR4 内存方面，LPDDR4 在提升频率、性能和吞吐能力的同时降低了功耗，随着 iPhone 6s 与部分高端 Android 机型的使用，2015 年市占率迅速扩大至 18.2%，预计 2016 年将达到 45%¹¹，与 LPDDR3 呈二分天下格局。NAND FLASH 芯片方面，市场几乎全部被三星、美光、东芝、闪迪和 SK 海力士所占据，接口标准和制造工艺升级成为厂商布局的重点。目前高端机 FLASH 数据接口在延续 eMMC 标准升级的同时，开始引入可同时执行读写操作、理论速率达到 1.4GB/s 的 UFS2.0 标准。此外，国际巨头以设计制造一体化的发展模式引领制造工艺快速升级。三星旗下移动 DRAM、NAND 芯片已分别进入 20nm 和 14nm 3D 工艺制程，其它国际厂商也加快新工艺开发与量产，纷纷进入 1ynm 时代。

3、移动传感芯片加速向微型化、集成化、智能化演进

移动传感器品类快速扩充，并加速向微型化、集成化演进。目前移动智能终端中应用较多的传感器包括运动传感、声音图像传感、环境传感和生物传感等四大类，其中加速计、陀螺仪、磁力计、重力、麦克风、图像、距离传感器的应用最为普遍，压力、温湿度、气体、有害辐射、指纹、心率、血糖血压等新型传感器正逐步向移动消费电

¹⁰数据来源：DRAMeXchange

¹¹数据来源：DRAMeXchange

子产品渗透。**MEMS** 组合传感器因具备小巧、低功耗、低成本等优势而备受青睐，集成化演进呈现三大发展方向：一是密闭封装组合，如集成加速计、陀螺仪、磁力计等的多轴传感器，通过密闭封装避免外界环境的干扰，进而实现精准的感测运动。二是光学窗口组合，手机摄像头的光学感测功能正在被开发利用，将集成现有的距离、环境光、**3D** 景深等光学传感器，以实现人脸识别、虹膜识别、**3D** 地图、测距、红外和多光谱成像等功能。三是开放腔体组合，如压力传感器、麦克风、湿度传感器、气体传感器等的集成，该类产品需要与外界联通以感知环境信息，因不同产品制造工艺的不同而主要采用系统级封装。从三大集成技术发展态势来看，密闭封装组合传感器已经大行其道，光学窗口组合传感器正在走向商用，多种开放腔体的环境传感器集成仍在探索中，市场商用需要一定时日。

Sensor Hub 技术广泛应用于传感控制，整合 MCU 和软件系统的智能传感器成为重要发展方向。MEMS 传感器的大量导入持续放大功能提升与耗电过快的矛盾，采用 **Sensor Hub** 技术集中控制传感器已成为市场主流，相关应用正加速从苹果、三星等高端机型向全行业扩展，据 **IHS** 发布数据显示，**2015** 年传感中枢市场出货量超过 **10** 亿颗，并将在三年内达到 **20** 亿颗。具备集成控制功能的传感器模组目前主要应用于物联网领域，未来将在可穿戴和中低端智能手机领域逐步商用。此外，传感器集成度提升促进平均售价急速下滑，整合软件系统提升传感器智能化水平和产品附加值已成为明显趋势。如传感器厂商 **InvenSense** 即通过收购运动数据融合公司 **Movea** 和室外定位软件商 **TPI**¹²，打造集传感器和软件系统于一体的运动传感解决方案，发力智能手机、可穿戴、智能家居等产品市场。

¹²数据来源：Trusted Positioning Inc.

4、移动触控芯片产业整合加剧，3D 触控快速起步

触控芯片与主控芯片、面板驱动芯片整合发展趋势明显。由于触控芯片利润薄、竞争激烈，且与主控芯片开发周期不相匹配，主控芯片商纷纷通过企业并购、投资入股等方式布局触控芯片，以提升整体打包服务能力，如联发科凭借入股汇顶科技、收购晨星半导体完善“交钥匙”方案，英特尔通过投资敦泰和禾瑞亚加强在移动领域的布局。此外，触控芯片与显示面板产业整合推动 TDDI 集成芯片快速发展，助力降低成本、简化电路设计、提升整机厂商采购效率，如新思收购瑞力、敦泰并购旭曜、谱瑞收购赛普拉斯移动触控芯片业务等。

ForceTouch、3D 触控快速商用，单芯片集成压感与触控成为主流实现方式。随着苹果在 apple watch、Mac Book 和 iPhone 6S 产品中陆续引入 Force touch 和对压力识别更精准的 3D 触控技术，华为、小米等终端厂商纷纷跟进，MATE S、小米 5 已率先引入 3D 触控功能。芯片实现压感与触控主要包括集成控制和分立控制两种方式，台湾和大陆厂商以提供单芯片集成控制方案为主，代表厂商包括 TPK、Betterlife、敦泰、汇顶和敏芯微电子；美系、韩系厂商对两种方案均有布局，如 CYPRESS 和 Synaptics 同时提供集成和分立控制芯片产品，HiDeep 的单芯片方案已在华为手机中实现商用。

5、指纹芯片技术创新酝酿重大变革

巨头引领构建两大阵营，软硬协同发展成为共识。一是苹果延续闭源生态路线，凭借技术体验优势开创指纹识别新局面。采用多种方式建立在指纹识别领域的技术优势，包括收购国际指纹识别芯片巨头奥森科技，掌控 220 余项基础性专利；采用 Home 键整合传感器设计，

支持 360 度、多个指纹的识别；支持指纹解锁、iTunes 与 App Store 的指纹支付，并联合第三方开展应用创新等等。二是非苹果阵营成立 FIDO 开源联盟，致力打通产业链上下游、构建统一行业标准。谷歌、微软、英特尔、ARM、三星、联想等为代表的 48 家科技公司已于 2012 年成立了 FIDO 开源联盟，负责协助界定市场需求并制定在线数码验证行业标准，目前 FIDO 联盟总计已有数百家公司或机构加入。

用户体验主导芯片产品形态，技术创新依然活跃。一是正面触控将成为手机指纹识别的主要方式，芯片设计企业占据主导地位。正面触控指纹识别因具备准确性高、操作简便灵活、响应速度快等优势，将成为越来越多智能手机的首选。二是新型指纹传感技术快速涌现，国际巨头以颠覆姿态强势进入。如高通力推的骁龙 Sense ID 超声波 3D 指纹识别方案已率先在小米 5 手机中使用，相较现有电容式传感方案，能够更加准确、整体化的捕捉指纹形态和纹路，且不受手指湿、脏等因素的影响；韩国 CrucialTek 和中国汇顶均发布了指纹识别芯片与触控屏幕一体化方案，确保用户直接在屏幕上完成指纹识别，已获得多家知名手机品牌的尝试。

6、摄像头配置持续升级，组合技术快速商用

图像传感器引领手机摄像头技术产业升级。手机摄像头上游环节主要包括图像传感器、镜头、音圈马达和模组封装。图像传感器作为摄像头最核心的组件，占据超过 60% 的产值份额；当前 800 至 1300 万像素中高端产品已成为市场主流，占比超过 50%，500 万像素以下市场快速萎缩，1600 至 2000 万像素高端产品开始量产，预计到 2018 年占比达到 20%；索尼、三星在中高端和高端规格优势显著，目前

主流智能机厂商的旗舰机型几乎全部采用上述两家图像传感器产品。随着像素的持续提升，单像素尺寸微缩、光学防抖、多层镜片等技术成为厂商角逐的焦点，基于 1.0um 像素尺寸的传感芯片已于 2015 年实现规模量产，光学防抖技术因具备运动防抖、增强暗态感光效率等优势率先在苹果、三星 GALAXY 等高端机型中商用。

后置双摄像头将逐步成为智能手机主流配置。双摄像头在不增加模组厚度的情况下大幅提升智能手机拍照的画质，并可实现景深效果、灵活焦距、弱光拍摄等多样拍摄效果，吸引越来越多的手机厂商开始引入。如 360 奇酷手机旗舰版采用“黑白+彩色智慧双摄”技术，配备两枚分辨率为 1300 万像素的摄像头分别用于实现轮廓、细节、亮度和色彩；HTC One M9+采用“主相机+景深探测镜头”实现 3D 立体拍摄，其中景深摄像头主要用来测算景深范围和空间信息等等。

7、显示屏从规模扩张走向高性能价值竞争

屏幕分辨率加速向“FHD+”演进，高性能 LCD 与 AMOLED 屏幕成为市场主流。2016 年“5.X 寸”智能手机占智能手机市场份额超过 60%，预计 2020 年可达 70%。伴随屏幕尺寸增大以及显示效果需求提高，屏幕分辨率不断攀升。2016 年 1080P 及以上分辨率屏幕在智能机市场占比已近 40%，预计 2020 年占比将达到 60%。在屏幕显示分辨率提升驱动下，采用 LTPS/Oxide 背板技术可实现“FHD+”分辨率的高性能 LCD 屏幕与 AMOLED 屏幕已成为市场的绝对主流。

触控显示一体化发展形成 OGS/TOL/GFF 与 In-Cell/On-Cell 两大技术阵营。触控显示一体化相较传统分离模式拥有更轻薄的屏幕和更清晰的显示效果，因贴合方式不同呈现两大阵营；触控屏厂商主导的

OGS/TOL/GFF 方案因成本相对较低，仍是当前市场的主流选择；显示屏厂商主导的 In-Cell/On-Cell 方案具有集成度更高、屏幕光学效果更好、更加轻薄等特点，但由于工艺复杂度与成本限制，目前只有少部分高端机型采用这一方案。随着两种方案成本差距的不断缩小，未来采用 In-Cell/On-Cell 技术的触控屏将持续增多。

柔性显示触发全新技术体系，规模商用逐步展开。柔性显示分为曲面、可弯曲、折叠、卷曲、拉伸等形式，涉及基板、TFT 背板、前板、触控线路等关键器件技术和柔性制备工艺技术。目前以苹果手表、三星 Edge 等为代表的采用曲面显示技术的产品市场已进入规模商用期，由三星、LG 主导的可折叠屏技术尚处于研发测试阶段，预计明年会有整机产品上市。

（二） 智能硬件产品体系初步形成，硬件功能与应用生态加速完善

当前，典型智能硬件产品包括基础智能硬件和新智能主机两类。基础智能硬件以可穿戴设备、智能家居、智能车机等为典型代表，其实质是电子信息技术对一般消费品的智能化升级。新智能主机以无人机、VR 等前沿智能设备为典型代表，实质是颠覆交互方式，延伸人类能力，具备替代、分流 PC 和智能手机等传统个人计算设备的潜力。两类产品功能、应用、技术与生态模式均处于博弈创新中。

1、可穿戴设备形态和功能初步成熟

2015 年全球智能可穿戴设备市场保持较高增速,全年出货量约为 7800 万件，同比增长 171.6%。主要产品形态从智能手环向智能手表

发展，全球智能手表季度出货量占比已接近 20%¹³。

智能手环功能未出现颠覆性变化，产品形态与功能界定已趋于成熟，外观设计、数据分析和大屏化成新产品探索方向。2015 年厂商更加重视手环的外观设计与材料做工，使智能手环更加精美。运动健康仍是智能手环的主流功能，数据分析能力有所提升。如 Jawbone 推出的 UP3 和 UP Move 利用新的检测芯片收集静止心率、呼吸频率、皮电反应、皮肤温度和环境温度等多种数据，对人体健康进行深度分析。从配置来看，温度、心率、环境等多种传感器的应用快速丰富手环的感知能力。旗舰手环有大屏化趋势，主流产品进入 1.5 英寸时代。

智能手表应用多样化，细分于运动、儿童安全、和老人护理等三大领域。以 Apple Watch 为代表的运动类智能手表除了监测睡眠、记步等运动健身功能之外，通过与手机的连接逐步扩展短信收发、远程拍照、地图定位等信息功能。儿童智能手表以多重定位、双向通话、SOS 求救、远程监听等功能为主，功能定位于孩子的远程通信和安全监护。老人智能手表侧重于老人的疾病监护和走丢处理，有亲情通话、紧急呼救、久坐提醒、吃药提醒等定制功能。整体来看智能手表根据不同细分领域不断丰富产品功能，增加独立的基带和传感器等元器件配置，有望摆脱智能手机成为独立终端，但目前屏幕大小和续航时间是限制智能手表性能和功能提升的重要因素。

2、智能家居产品智能化和平台化同步发展

智能家居市场持续火热，各大企业生态化布局加快。2015 年全球智能家居市场规模达到 680 亿美元，中国智能家居市场规模超过

¹³数据来源：IDC 数据

400 亿元人民币，预计未来五年全球市场复合增长率超过 10%¹⁴。传统产品主要通过增强感知交互、控制和互联网功能实现智能化，大企业聚焦产业链和应用生态的资源整合。

传统家居产品加快智能化改造，新型智能家居产品不断出现。一是插座、茶杯、电灯等家居基础设施产品通过增加远程控制等方式实现智能化改造。二是机顶盒、冰箱等日常家用电器通过嵌入独立的操作系统，提升处理芯片能力提升智能化水平。三是以感知交互功能为主，作为其它家居设备附属设备的新型家居智能硬件产品逐步增多，为传统家居产品提供新的智能化选择。在单品智能基础上，互联网企业、家电企业通过智能家居平台整合统一的接口、标准、协议，实现智能家居产品的互联互通，如苹果智能家居平台 HomeKit、三星 SmartThings 等。随着连接的产品数量逐渐增多，开始出现专门用于智能控制的中枢产品，如 LG 的智能家居控制中心 SmartThinQ Hub 和谷歌的 Google Home 能够连接其它家居设备，通过语音识别用户指令，实现对其它设备的控制。

3、VR 商用试水，技术成熟仍需时间

VR 头戴设备呈现三种产品形态。目前在售的 VR 头戴设备分为三种类型：一是直接插入手机作为显示屏的 VR 眼镜，由手机负责头部感知、计算和图像展现，物理结构简单，成本相对较低。二是 VR 头盔，搭配 PC、游戏机使用，计算和图像渲染由 PC、游戏机完成，头盔负责头部感知和图像展现。三是 VR 一体机，头部感知、计算、图像渲染和展示均在眼部设备中完成，具备较强大的计算能力。

VR 眼镜和 VR 头盔将是中长期内主要的产品形态。从产品成熟情

¹⁴数据来源：艾媒咨询

况看,受益于智能手机市场高度成熟以及低成本带来的价格优势,VR眼镜是近期VR头戴设备的主流形态,部分产品出货量达到百万级别。GearVR针对三星旗舰手机专门设计优化,产品性能最好,国内产品均为兼容所有手机的产品。受手机软硬件限制,当前VR眼镜仅能做到90度视角、60Hz刷新率、延迟20ms以上,无法提供优秀体验。VR头盔已有商用产品,配合2K以上OLED屏幕,Oculus Rfit等领先产品能够达到100度视角、75Hz以上刷新率、延迟20ms以下。但由于VR头盔便携性能不佳,对PC配置要求较高,设备的普及速度缓慢。VR一体机受限于计算、存储、电源和显示模块无法同时满足便携与高性能间的基本矛盾,产品定位相对尴尬,发展较慢。

4、无人机围绕飞控和应用差异化发展

消费级无人机快速增长,应用范围逐步扩大。2012年至今,多旋翼无人机销量爆发式增长。2015年全球消费级无人机市场规模约17亿美元,增幅达到167%,销量超过430万架¹⁵。

核心功能架构基本成熟,围绕飞行控制能力差异化创新。当前消费级无人机以航拍应用为主,形成“飞行平台(机身)+飞行控制系统+任务设备+地面设备”的基本软硬件架构。飞行控制核心技术是各家无人机创新的主要方面。一是智能化操控模式不断拓展。大疆等无人机操控均开发手机端的操控模式,亿航Ghost 2.0创新性的推出体感操控模式,通过倾斜、旋转手机等动作,改变无人机的飞行角度与方向;Apple Watch可通过软件改造成为无人机远程控制器,通过手势控制无人机的飞行动作。二是增加避障、自主飞行、跟随等智能飞行能力。大疆的Guidance系统采用超声波传感器和立体视觉系统实

¹⁵数据来源: MaryMeeker'InterTrends'报告

现避障功能；英特尔的 Real Sense 技术采用光学传感器和红外摄像头构成的动作捕捉系统，实现自主避障和自动跟随；零度在 CES 2016 上发布的 Xplorer 2，采用 TOF 测距方案，具备 6m 的有效避障距离。

应用能力是产品生态化的重要突破口。在提高飞控能力的同时，无人机不断拓展产品应用。一是发挥无人机的地理数据采集能力。如大疆与百度深度学习研究院合作，为其 3D 空中测绘系统提供飞行平台和技术支持。二是与互联网内容应用结合，丰富数据应用手段，如将航拍视频可以一键上传至优酷平台。三是加快行业应用探索，逐步由个人消费市场走向行业市场。通过搭载特殊设备以及面向应用升级飞行平台，无人机可以实现在物流、农业、搜救等行业的应用。

（三） 智能硬件技术创新多元化，五大关键技术进入平台布局期

智能硬件要实现更多的感知、交互等智能化功能，技术体系较智能手机更加复杂，云、管、端各层的技术创新要素不断出现。其中，微处理芯片+连接芯片构成智能硬件底层元器件基础，与操作系统共同向低功耗、开源化、解决方案化发展；新型传感、虚拟现实、人工智能等前沿技术不断发展和应用，提高了智能硬件感知交互能力和智能水平，是驱动智能硬件产品和服务创新的重要力量；国内外领先企业已经通过软硬件标准制定和开源方案服务，加快对虚拟现实、人工智能等新技术领域的生态化布局。

1、智能硬件芯片趋向多元化集成方案

工艺升级在智能硬件芯片发展中的作用相对弱化。除 VR、智能无人机等少数终端外，大部分基础智能硬件对传感和连接技术需求比

较高，而不具有智能手机一样高的计算和图形化需求。现有成熟的芯片制造工艺在成本和量产能力上较最新工艺有优势，成为该类智能硬件应用的主流工艺。如英特尔 Edison 智能硬件芯片采用 22nm 工艺，高通在无人机、智能穿戴上推出的骁龙芯片也采用成熟的 28nm 工艺，均未采用同期最先进的工艺制程。

多样化集成的解决方案成为智能硬件芯片发展主要趋势。智能硬件形态和功能的多样化，对于元器件的集成需求具有明显差异性。一是面向不同应用整合多种元器件和扩展接口的集成芯片平台。国外芯片设计厂商纷纷推出整合 MCU、传感器、连接芯片的芯片平台，强化功能集成。如联发科 Aster2502 智能硬件芯片集成了 MCU、动态随机存取存储器以及传感器、GPS、低功耗蓝牙等器件，高通为无人机推出的芯片骁龙 Flight 芯片平台，整合了处理、陀螺仪和通信等多种器件。二是单芯片 SOC 的解决方案。单芯片 SOC 解决方案灵活性和功耗更低，便于传统硬件的智能化升级。其中 WiFi 连接模组是重要的单芯片 SOC 市场，通过 MCU 与 WiFi 的集成减少芯片面积，同时降低芯片成本。随着智能硬件的创新，底层芯片细分定制、多样集成的趋势可能更加明显。

前沿智能硬件产品对芯片高并行、高密度计算能力的要求不断提高，促使 GPU、异构计算芯片的创新。GPU 不断优化对 VR、机器视觉等应用的软件算法支持，同时基于 GPU 运算和深度学习算法的各种智能芯片模组在无人机、机器人等产品上开始探索应用。基于 FPGA 的 SOC 芯片成为高端智能硬件产品中支持机器视觉和控制的重要发展方向。从更长远的角度看，人工智能技术对底层芯片的影响将逐步增强，芯片计算架构和控制算法将突破现有的通用计算模式，不断面

向人工智能应用进行优化。

2、底层通信技术更加丰富，上层通信协议逐步整合

低功耗广域网迅速发展，补齐长距离通信短板，为智能硬件提供更丰富的应用能力。目前全球低功耗广域网技术主要包括 NB-IoT、LoRa、SigFox、LTE-M、NWave 等标准。其中，国内主推以授权频谱为基础的 NB-IoT 和以非授权频谱为基础的 LoRa。NB-IoT 构建于蜂窝网络，只消耗约 180KHz 的频段，具有覆盖广、连接多、速率低、成本低、功耗少、架构优等特点。目前 NB-IoT 协议已经制定完毕，华为已完成首个 NB-IoT 商用测试。LoRa 融合了数字扩频、数字信号处理和前向纠错编码等技术，兼备低功耗、低成本与传输距离远等特点，支持 0.3kbps 至 50kbps 的数据传输速率。目前思科、IBM 等企业组成的 LoRa 联盟推广该技术。低功耗广域网技术极大提高了智能硬件的长距离通信能力，尤其是对智能可穿戴、智能电表水表等高续航要求的应用发展有重要意义。目前低功耗广域网技术在智能硬件中已有应用探索，但尚未形成规模。

短距离无线通信上层协议逐步整合。一是 AllSeen 联盟推出 AllJoyn 协议，具有开源的灵活性，物理层支持 Wi-Fi、Thread、PLC、以太网、蓝牙等多种技术，并解决 Wi-Fi 的自组网等问题。目前微软 Windows10 已经支持 AllJoyn 协议。近期 AllSeen 和 OCF 宣布合并，进一步扩大了 AllJoyn 的兼容和支持能力。二是谷歌的 Thread 通信协议，与 ZigBee 同属 802.15.4，使用 6LoWPAN 个人局域网技术。Thread 更具开放性和互通性，侧重于网络层设计，兼容任何使用 IPv6 标准的协议标准（如 ZigBee 和 CoAP），且与苹果 HomeKit、微软 AllJoyn 等

应用层协议兼容。目前支持 Thread 的芯片已经开始应用于智能家居产品中。

eSIM 为智能硬件的蜂窝网络连接提供便捷的鉴权手段。eSIM(嵌入式 SIM 卡)可呈现多种物理形态,包括现有的贴片式 SIM 卡,或直接固化封装在电路板上,未来还有可能直接将模组集成在基带芯片中。eSIM 具有生产成本低,抗震性能好,体积小,灵活配置,安全可靠等优点,适配智能硬件的蜂窝网连接鉴权加密需求。目前,GSMA 已完成了对智能手表、健身记录设备等智能穿戴产品和平板电脑的 eSIM 规范制定工作。eSIM 在智能硬件中的应用正在快速发展,如三星 Gear S2 Classic 3G 智能手表率先支持 eSIM 规范。预计 2018 年 eSIM 卡出货量规模将超过 1.4 亿,年增长率约 60%。

3、新型传感器快速推广,传统传感器创新应用

生物、环境等多样化的新型传感器快速推广。一是以血糖、血氧传感器为代表的生物传感器在可穿戴设备中的应用。三星推出的全球首款智能生物处理器芯片,集成的新型传感器可以监测包括体脂率、骨骼肌含量、心率、体表温度以及压力程度等健康数据。二是以气体、温度传感器为代表的环境传感器在智能家居中的应用。

传统传感器拓展新的应用场景和应用方法。一是传感器小型化、低功耗、高精度的趋势在智能硬件中仍在继续。传统手机的 6 轴、9 轴组合传感器延续到智能硬件之中。二是 VR/AR 等创新设备对感知能力有更高要求,为传统传感器带来更广阔的应用空间。如谷歌眼镜内置了 10 多种传感器,包括陀螺仪传感器、加速度传感器、磁力传感器、线性加速等传感器。HTC Vive 在头盔上集成了包括陀螺仪、加速

度计等超过 30 个传感器。三是激光、红外、超声波等传感器的综合应用极大提高了智能硬件三维感知能力。

前沿智能硬件产品进一步提高对传感器能力的要求。智能手机由于应用场景需求和平台限制，搭载的传感器精度相对宽松。机器人、无人机、VR 等前沿智能硬件产品需要较高的安全性、精确性和使用体验，提升了对传感器的可靠性、感知精度、智能化水平的需求。如手机传感器寿命一般为 3-5 年，智能机器人传感器寿命一般在 5 年以上，且抗冲击能力达到 2000g。在感知精度上，为实现精确抓取机器人的力觉传感器需要能够检测 0.1N 的力量；VR 头盔能够接受的最大延迟不超过 20ms，对传感器的处理和传输速度有极高要求；无人机悬停需要惯性测量单元能够实现分米级以下的定位精度。这些需求提高了高端传感器的创新和应用水平。在智能化上，除温度、压力、光电等基本感知功能，前沿智能硬件产品对人体和空间进行探测的需求不断增多，智能传感器的品类不断丰富。如上文提到的 3D 传感器、深度传感器，以及动作捕捉传感器等。领先企业也加快了在智能传感器上的布局，如微软掌握了深度传感器 Kinect；苹果收购了深度传感器 PrimeSense；索尼收购了收购比利时传感器技术公司 Softkinetic Systems SA，拥有全世界最小的带精细化手势识别功能的深度摄像头。可以预见随着人工智能技术的发展以及相关设备的推广，智能化传感器的创新应用还将进一步加快。

4、人工智能技术加速实现产业化应用

基础理论由有监督深度学习向多技术融合发展。大数据与有监督深度学习相结合的人工智能技术，已在语音识别、人脸识别等部分特

定领域初步商用。基于大数据和深度学习的计算机视觉、自然语言理解、文本检索等理论模型仍在探索并逐步成熟，在机器人、无人机、智能头盔等终端中创新应用。同时，人工智能向多技术融合的深入化、系统化和集成化方向创新发展。认知科学、仿生科学、脑科学等理论与大数据、集成电路深度结合的研究逐步兴起，从人脑神经元模拟和人脑认知过程来探索成为人工智能发展的另一条路径。

部分应用技术已经成熟，在智能硬件中得到规模商用。语音识别是产业化水平最高的人工智能技术，苹果的 Siri、谷歌的语音识别均实现了规模化应用。图像识别技术已在产业化推动当中，目前谷歌的图像识别准确率可达到 95%，人脸识别准确率超过 99%。无人驾驶技术产业化前景广泛。谷歌于 2014 年 5 月首次公开无人驾驶原型车，目前已在美国的 4 座城市开展实路测试。语音识别、图像识别、无人驾驶等技术加速智能硬件的智能化进程，在智能家居、智能交通等领域广泛应用。

技术开源和平台构建成为国际巨头竞争的重要手段。国际巨头竞相布局开源平台，意在加快掌握技术产业组织的主动权，占领客户、应用和数据资源，逐步建立新的产业格局和技术标准。Facebook 的 Torch 开源工具有助于提升神经网络性能，并可用于计算机视觉和自然语言处理；微软最新开放的 Project Malmo，帮助开发者对其人工智能算法和程序进行测试。

人工智能企业布局加快，可能颠覆传统生态格局。一是通过投资并购整合，加快技术储备。据统计，人工智能领域投资从 2012 年的 17 亿美元提高到 2014 年的 149 亿美元，2016 年第一季度投资笔数达到历史最高的 143 笔。二是利用智能化技术向产业链上下游渗透。

如谷歌积极推进无人驾驶汽车、智能家居等领域发展。IBM 则推动脑芯片、认知计算系统在医疗、金融等行业的应用。三是通过技术开源和平台建设，打造产业生态。可以预见，人工智能将围绕“基础资源-AI 技术-AI 应用”逐步形成新的产业生态，对以智能终端为核心的传统 ICT 生态产生巨大冲击。

5、虚拟现实技术基本成型但仍需完善

虚拟现实(VR)技术已经基本成型,但系统性能需要进一步优化。虚拟现实设备的核心是计算芯片、传感器、光学设备以及软件建模算法。目前已有多款头戴 VR 设备商用,整体来看计算能力、显示性能和建模算法仍有瓶颈,产品沉浸性不足,眩晕问题仍未完全解决,需要关键元器件和算法的进一步突破。

处理芯片面向虚拟现实应用加快优化升级。一方面已有 GPU 面向虚拟现实优化图像渲染能力。在 PC 端英伟达为 GeForce 系列图形处理器增加 VR Direct 技术,通过多分辨率着色、VR SLI 等方法改善图像延迟,并推出 Gameworks VR 套件提高开发效率。在移动端高通为骁龙 820 移动芯片(图形处理器为 Mali T880)推出 VR 软件开发包。另一方面虚拟现实/增强现实特有的计算架构崭露头角。动作感知、虚拟环境建模、空间定位等部分虚拟化计算任务可能从 CPU、GPU 中独立出来,形成专门的计算单元。如微软 HoloLens 增强现实眼镜中配备独立的 CPU、GPU 和协处理器 HPU,其中 HPU 专门负责处理传感数据、语音命令、定位以及虚拟环境建模。

先进屏幕技术加快推广应用。有机发光显示 OLED 与 LCD、LED 相比,具有面板薄、视角宽、余晖低、延迟低、功耗低等优势,性能

指标已经达到 90Hz 刷新率和 2K 分辨率，开始成为旗舰 VR 设备的主流配置。未来虚拟现实 OLED 显示屏幕将继续向 4K 分辨率和 120Hz 以上更高刷新率发展。虚拟现实 OLED 面板供应商以韩国企业为主，其中三星和 LG 已加大 OLED 屏幕产能，强化对产业链创新的支持。

图像算法与硬件解决方案相互配合，逐步完善。反畸变、反色散、时间扭曲是 Oculus 及同类 VR 设备中采用的三种主要图像算法，Oculus 等领先 VR 企业通过开源加快其 VR 技术推广。目前来看 VR 软件算法与硬件高度耦合。采用开源算法只能实现基本的 VR 效果，需要算法与硬件共同配合逐步完善。反畸变、反色散算法是为了解决球面镜片引起的图像畸变，部分企业利用硬件解决方案进行优化，如微软利用无畸变光学镜片加以改进。时间扭曲算法是在头部运动过程中通过“插帧”的方式降低 VR 成像模糊抖动、提高图像帧数的核心算法，在简单场景（固定、缓慢运动、平移等）下运行良好，但在复杂场景（头部快速转动、3D 场景复杂）下仍需要进一步优化。Oculus 的异步时间扭曲算法是目前最优算法，但在复杂场景下或屏幕刷新率超过 90Hz 后表现仍不尽如人意。

虚拟现实技术的平台化建设刻不容缓。Oculus、谷歌等国际企业从软硬件技术平台、开源算法等方面加强技术标准的竞争。**在硬件平台上**，通过与主机系统厂商合作，VR 头盔企业提供更丰富用户体验。如 Oculus 与 PC 厂推出的 Oculus Ready 项目。华硕和 DELL 高端 PC 已获认证，可全面支持 Oculus Rift。谷歌的 Daydream 平台为手机 VR 提供软件、硬件参考设计，未来借助 Daydream 的生态环境和技术支持，预计智能眼镜性能和应用能力将进一步提升。**在软件平台上**，目前形成从底层渲染算法到上层操作系统、开发平台的系统化创新和开放的

格局。如：Oculus 很早就开源了图像畸变校正渲染算法；近期雷蛇也在推出 OSVR 开源虚拟现实系统，支持不同引擎和硬件的在虚拟现实开发中的应用。

三、我国移动智能终端暨智能硬件主要进展与机遇

（一） 稳步提升成熟智能终端产业配套供给能力和技术水平

1、终端整机延续软硬件性能提升和功能创新，加速向高端化、品牌化突破

持续强化智能终端硬件配置升级和个性化、差异化功能创新。随着八核 64 位、多模多频、高清大屏、高像素摄像头、指纹识别、3D 触控等的快速普及，智能手机硬件变革明显放缓、整体进入微创新发展阶段，为本土品牌从“跟跑”向“并跑”迈进提供了前所未有的发展机遇。以 2016 年前三季度中国市场出货情况为例，采用 5.X 寸及以上屏幕的智能机市占率达到 87%，已成为市场绝对主流；采用八核应用处理器的智能机市占率达到 47%、同比增长近一倍，加速替代四核、双核手机。未来本土智能终端产品将逐步向高清 2K 屏、最大屏占比、全网通等方向演进，其中屏占比 70%以上、PPI 400 以上将成为手机屏幕的新门槛；全网通手机市场出货将快速增长，并由高端向中低端市场渗透。此外，新型元器件引入、外观设计创新和基于硬件的应用微创新等能有效提升用户体验，将成为本土品牌打造差异化竞争优势的利器，如无边框设计、FiT 边缘触控、眼纹识别等均博得众多消费者的青睐。

积极推动智能终端产业由规模扩张向价值提升转变，努力实现高端突破。目前国产智能机进军中高端市场已取得初步成效，华为 Mate 系列/P 系列、OPPO R 系列、vivo X 系列中高端机型的热销带动本土终端产品结构快速优化，千元以下智能机出货占比从 2013 年一季度的 73% 降至 2016 年第一季度的 44%，两千元以上手机出货量则从 5% 增长至 19%。未来在硬件软件化、软件服务化、服务智能化、消费移动化的演进趋势下，移动智能终端正逐步成为信息消费的主要内容和重要驱动力量，应加大智能终端产业协同创新能力，鼓励整机厂商与元器件、基础软件、应用服务提供商开展深度合作，加强协同研发设计和应用功能创新，共同强化品牌影响力、节约运营成本、增加赢利途径、创造竞争优势，进而推动形成我国智能终端产业与信息消费相互促进、协同升级的良好局面。

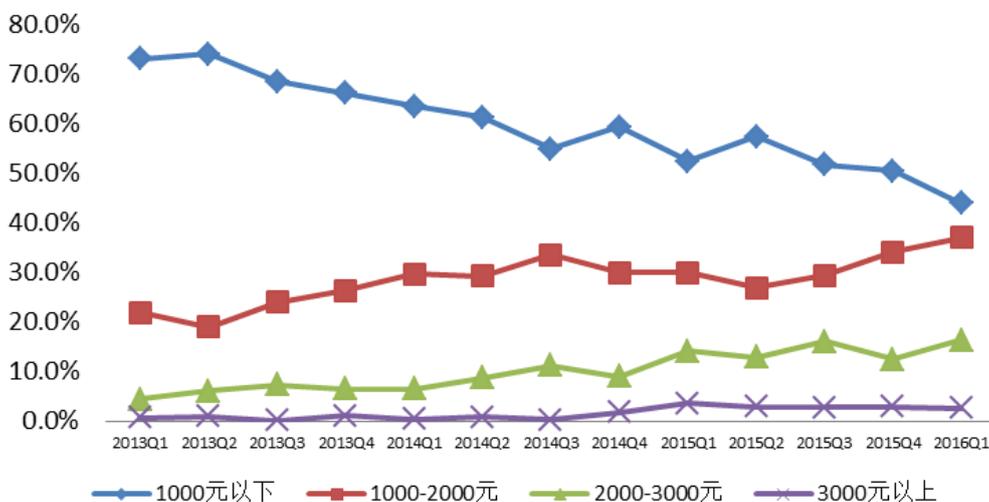


图3 2013-2016年国产智能机价位变化

推动本土企业加强操作系统生态聚合及泛终端市场布局。当前操作系统已由功能累积迭代逐步演化为承接软硬件服务的系统平台，并面向应用服务和芯片硬件逐步调整系统架构。面向泛终端领域的智能操作系统在系统安全、新型硬件适配、硬件性能差异化、功耗匹配、

人机交互及环境感知等关键技术领域都存在着巨大差异，将不断重塑操作系统架构与技术体系。本土厂商应坚持开源开放、软硬协同和差异化定位原则，在充分共享国际开源成果的基础上，大力推进关键技术模块的自主研发；加强系统与硬件的协同优化；基于泛终端差异化应用场景、技术及形态，全力推动新型操作系统研发及应用。

2、持续提升本土优势器件竞争力，推动技术产业协同发展

我国在手机 SoC 芯片、触控芯片、指纹芯片等领域基础相对较好，技术积累和产业实践成效显著，应加快升级步伐、缩小与国际厂商的差距。

积极推动移动芯片架构升级，支持产业链协同创新。当前国内移动芯片在市场应用和技术突破已取得较大进展，2016 年前三季度国内智能机出货中芯片国产化率达到 13.5%，其中 2G、3G 市场国产占比分别为 26.6%和 40.2%，4G 市场国产占比快速增长至 11.7%。紧抓 4G 发展浪潮实现技术水平的进一步提升，海思基于台积电 16nm FinFET 工艺设计的麒麟 950/955 在华为自有高端机型 Mate8、P9 中得到应用，且能够支持 LTE cat12、cat13UL 网络标准。围绕产业链上下游的合作不断增多，展讯在八核五模 LTE 芯片底层进行了多重加密后，同时对接基于 linux 开源项目的国产操作系统“元心”和普通 Android，推出可兼顾安全需求和日常使用的双系统安全手机解决方案“紫潭”。未来我国应面向差异化应用场景推动移动芯片架构持续升级，加强产业间的融合创新。一是积极研发单领域加速器技术，以满足人工智能所带来的对各种专业算法的特殊计算需求，同时加大与 SoC 间的协同融合；二是加快布局 GPU 及其与 CPU 异构融合技术，以更好实现

VR/AR 应用需要更快更逼真的实时渲染,同步加大 VR 应用算法的协同优化。三是积极拓展新领域,支持本土芯片商与系统集成商、应用提供商合作,面向无人机、智能机器人等方向打造一体化解决方案。

基于指纹芯片软硬件基础,着力提升核心技术、行业标准和产能规模的发展水平。我国手机指纹识别发展基础良好、产业链较为完备。汇顶、思立微、集创北方、比亚迪等基于原有触控芯片技术基础切入技术原理相近的指纹芯片领域,凭借前期的客户积累迅速成为指纹识别领域的主力军。国内目前汇顶分别面向高中低市场发布了 IFSTM 指纹与触控一体化、蓝宝石指纹识别、玻璃指纹识别和 Coating 指纹识别芯片产品,获得三星、联发科、高通、东软、握奇、天喻等的支持,并完成在银联、支付宝、微信等的认证工作,产业生态趋于完备。未来我国应加大核心技术攻关,推动行业标准成熟,并适度提升芯片制造产能。一是把握手机指纹识别芯片发展机遇,支持芯片设计企业联合产业链上下游协同攻关高效精准的芯片设计技术、指纹加密算法和安全软件架构,提升国产指纹识别综合技术竞争能力。鼓励布局超声波 3D 指纹传感芯片、超薄光学指纹传感芯片等趋势型芯片技术方案的研发,力争在更高安全水平的手机指纹识别领域占据发展先机。持续跟踪指纹与触控一体化设计方案在安卓阵营的应用情况,及时引导本土厂商研发相关融合技术产品。二是引导支持指纹识别产业链上下游企业、科研机构加入国际 FIDO 和国内 IFAA 联盟组织,加快推动行业标准的统一和技术应用解决方案的成熟。三是切实加大手机指纹识别芯片及模组制造能力,鼓励芯片设计企业与模组厂商通力合作,在确保品质的前提下提升大批量、稳定的芯片模组交付能力。

依托触控芯片产业链配套优势,加强高端化布局。目前中国大陆

和台湾企业合计占据全球触控芯片市场约 60% 的份额，在中低端智能机市场优势尤为显著；拥有一大批芯片封装、配套马达和触摸屏等上下游厂商。以 3D 触控为例，本土企业环旭电子、金龙机电、歌尔声学、TPK 均是 iPhone 6s 和 apple watch 3D 触控的主力供应商。未来应围绕高端突破、配套软件和和应用生态进行重点布局，持续缩小与新思、ATMEL 等国际厂商的技术差距，同时推动 3D 触控相关的线性编码、矢量动量计算、同步协处理等软件算法和应用生态的创新发展，深化本土触控芯片的国际竞争优势。

3、大力攻关薄弱环节技术瓶颈，增强关键器件研发配套能力

我国在移动存储芯片、移动传感芯片、近距离通信芯片、手机摄像头、手机屏幕等领域技术水平较为薄弱，有待加强布局、重点攻关。

我国围绕整合并购、投资建厂加速布局移动存储芯片，产业面临重大发展机遇。武岳峰资本联合清芯华创、华清基业等斥资 6.4 亿美元收购美国存储芯片设计公司芯成半导体；国家集成电路产业基金、武汉新芯、湖北基金公司和北京亦庄开发区共同出资 240 亿美元在武汉建设存储芯片制造基地；合肥政府投资 135.3 亿元与台湾力晶科技合资建设存储芯片晶圆制造工厂；武汉新芯与 Spansion 建立技术合作关系，共同开发 3D NAND FLASH 技术等。借助资本的大力布局，未来国内企业应持续加大对存储芯片技术工艺研发、专业人才培养等的投入力度，逐步缩小技术差距、降低对外依存度。

以图像传感器升级为引领，持续提升本土手机摄像头技术水平。我国手机摄像头产业链完备，拥有以豪威、格科微、思比科为代表的图像传感器厂商，以舜宇为代表的高像素镜头提供商，以贵鑫、鑫诚

泰、金龙机电、中南电子、美拓斯等为代表的音圈马达厂商，和以欧菲光、舜宇等为代表的模组厂商。未来应推动我国手机摄像头产业链加快向高端市场演进，加强在 800 万、1300 万及更高像素图像传感器领域的研发投入，逐步缩小与索尼、三星等国际厂商的差距，抢占苹果、华为、OPPO、小米等主流厂商的供货市场；加强产业链之间的协同合作，推动本土单圈马达厂商快速成长、提升市场份额，逐步摆脱对 ALPS、MTM、TDK、Jahwa 等日韩厂商的依赖；支持舜宇等厂商加速研发推广自主高像素镜头，强化对自主中高端机型的配套能力。

加强移动传感器基础技术研发，助力本土品牌高端化、规模化发展。近几年国内以清华大学、北京大学、中科院、电子 26 所等为代表的科研机构，和以美新半导体、敏芯微电子、深迪半导体等为代表的海外归国人员创办企业快速发展，已初步形成从传感器研发、设计、代工、封测到应用的完整产业链。但由于厂商起步晚、产品种类单一、技术工艺先进性不足，我国大部分 MEMS 及传感器仍依赖进口。未来应支持本土企业开展基础共性和前瞻性技术研发，重点攻关传感器可靠性设计与试验、模拟仿真、信号处理、无线通信、EDA 工具、软件算法等设计技术；着力突破硅基 MEMS 加工技术、MEMS 与 CMOS 集成等工艺技术，持续提升工艺的一致性水平；支持企业探索研发基于新型敏感材料、新型工作原理的 MEMS 传感器设计技术，面向未来发展的 NEMS 制造工艺技术、集成创新与智能化技术等，持续提升原创性发明能力，逐步构建高水准技术创新体系。

加快手机显示屏技术创新和产能升级，提升本土品牌在高端市场的竞争力。当前我国液晶屏厂商在规模竞争中表现优异，本土厂商京东方、天马、龙腾分别占据全球手机屏幕出货量第 2、7、8 位，三家

市场占比总和接近三成且呈现持续增长态势。未来应加大高性能 LCD 和高性能 OLED 显示屏、触控显示一体化技术、柔性屏技术的研发布局，加快推动“FHD+”、“AMOLED”等新型显示屏的规模量产。

（二） 积极推动智能硬件产品向高端、智能、专业化发展

1、由市场规模化向产品高端化发展

我国智能硬件产业规模和参与企业数量逐步扩大，终端产品品类快速创新。智能穿戴领域，我国企业小米、步步高的设备出货量市场份额居全球前五¹⁶，蚁视、暴风科技等 VR 企业数量众多；智能家居领域，以海尔为首的传统企业与百度、阿里、京东等行业巨头纷纷布局；无人机领域，大疆已占据全球出货量的 70%，亿航、零度智控等多家企业也积极探索；车载智能硬件产品也在不断创新。整体来看我国智能硬件产业已经初步实现规模化发展。

加强产品功能和工艺创新，推动产品高端化发展。在规模化发展的背后，我国智能硬件产业也出现了低端化、同质化等问题。一方面是由于部分产品发展过快，企业为了降低开发成本、缩短研发周期，直接采用公版或开源方案，忽视了产品功能设计和工业设计的积累；另一方面是上游元器件企业针对细分市场产品的个性化、定制化设计能力不足，很多整机只能在低端智能手机的解决方案上进行开发，性能水平和功能差异化都不尽如人意。因此需要从优化工业设计、提高硬件配置、强化服务能力入手，推动我国智能硬件产品的高端化转变。在工业设计上，通过优化产品外观设计和用料材质，给予用户更好的视觉体验和使用体验。如阿里与飞亚达推出的智能手表采用高档石英

¹⁶数据来源：IDC 数据

表外观设计，AMAZFIT 的月霜手环具有很高的时尚佩戴价值。在硬件配置上，从屏幕、芯片、电池等方面提高硬件配置水平，如华为 Watch 采用 1.4 寸 AMOLED 屏幕和高通骁龙 400 处理器，硬件配置上已达到国际智能手表的高端水平。在软件功能上，通过探索用户痛点的应用和功能来实现细分市场定制化。

2、由简单联网产品向智能化产品发展

为产品增加联网控制功能是产业发展初期的重要特点。如智能家居产品大部分利用 WiFi 实现联网，可穿戴设备、车载设备等产品多利用蓝牙实现联网。在联网的基础上企业逐步为产品加载数据分析、位置跟踪、内容推送等应用。一是引入互联网内容资源，扩展智能硬件的应用服务能力。如智能无线音箱通过 WiFi 直接接入互联网音乐源，通过云服务实现内容订阅、智能推送等功能；部分智能自行车引入微信、导航、语音识别等功能。二是利用联网发展数据分析和远程控制功能。如大部分手环的主要功能都是运动数据的采集和分析，智能插座的功能也以远程遥控和定时开关为主。目前联网功能的开发相对成熟，可以通过加装 WiFi 模块实现，或采用类手机的处理器+连接芯片+操作系统的方式实现。但整体来看该类产品智能化水平较低，部分产品联网后提供的功能并非用户必需，无法产生使用粘性。

围绕人工智能从三个方向探索智能化功能创新。与国际发展趋势相同，国内智能硬件产品智能化功能逐步由简单联网向感知控制、人机交互和大数据的智能化发展。一是综合利用传感器的数据实现自感知、自控制。如国内智能家居中发展较快的扫地机器人，通过前方设置激光传感器侦测障碍物并自行转弯。大疆、零度智控的无人机产品

也在逐步增加自主避障功能，实现的方式包括超声波、激光雷达等。

二是增加语音识别等交互能力。如科大讯飞的灵犀 3.0 已经用于操控各种智能家居设备，小智 wifi 音箱采用思必驰提供的语音控制技术实现语音控制。

三是加强数据深度分析和控制。利用产品产生的数据进行大数据分析，提前预测并进行相应控制。如阿里巴巴推出空气净化器，利用传感器实时获取室内湿度、温度、PM2.5 等数据并传输到智能云控制中心，根据分析结果实时控制室内温度湿度，并提前对空气污染区用户进行预警。

3、由互联网基础应用向专业化深度应用发展

我国智能硬件内容应用与互联网深度融合、快速繁荣。目前国内智能硬件产业中已经出现智能硬件+内容、智能硬件+数据增值、智能硬件+广告增值等多种盈利模式，互联网应用服务在智能硬件中得到全面发展，以智能手表为代表的传统移动互联网应用商店模式也逐步建立起来。**互联网企业是推动智能硬件应用发展的重要力量。**互联网大企业自研或合作开发智能硬件承载自有服务，音乐、视频、位置、支付等互联网应用快移植到智能硬件之中。**专业化应用是智能硬件服务的重要发展方向。**医疗、交通等行业领域的应用市场是智能硬件拓展的新蓝海。智能硬件+数据增值的模式在专业医疗智能硬件已开始探索，如获得国家药监部门医疗器械认证的 Cardio Watch 利用心电、血压、脉搏、体温数据开展专业的医疗服务。**跨平台、跨产品的应用生态仍需健全。**除手环、手表等少数规模化产品外，大部分长尾产品的应用开发仍然以生产厂商为主，应用与产品耦合度高，缺少第三方应用，需要逐步探索跨平台、跨产品的应用生态建设路径。

以 VR/AR 为代表的智能硬件新应用正在形成。我国在 VR 应用领域积极探索，从内容生产、分发到行业应用都有较好的发展。内容生产方面以影视和游戏为主，全景拍摄设备和动作捕捉设备等 VR 内容生产技术已经初步成熟。国内互联网企业在 VR 内容运营上持续发力，与 IP 提供商、行业应用方等多方合力推动内容壮大。内容分发方面目前还附着在 VR 硬件产业上。目前国内外 VR 内容分发模式仍以线上的应用商店为主，具备影响力的应用商店均为硬件厂商建设。预计随着产业不断壮大，VR 内容分发将逐步从硬件中脱离出来，成为产业重要入口环节，为 VR 设备提供内容服务。

（三） 加速掌握新一轮技术创新要素与生态平台

从上文可见，在传统移动芯片、传感器、存储芯片、显示器件等基础技术方面我国虽然快速进步且有散点突破，但与国际领先水平仍有一定差距，短期内仍然处于跟跑状态。智能硬件的技术产业生态在传统智能手机生态上有了新的外延，一是基于云计算技术发展的人工智能技术加快应用，二是底层芯片的发展路径更加多样化，三是产业生态打破重构。我国与全球处于同一起跑线上，需加快布局。

1、智能硬件芯片需求多样化，为我国芯片产业创造机会

智能硬件的发展释放我国产业链上下游的芯片设计能力。智能硬件多样化的产品需求也有助于破解 PC 芯片、移动芯片产业中的传统垄断局面，对芯片工艺要求的弱化有助于释放我国芯片设计与整体解决方案服务能力优势。我国芯片企业、互联网企业逐步加快智能硬件芯片上的研发，从底层芯片研发和集成芯片模组设计上纷纷发力。在底层芯片的研发中，君正、炬力、华芯飞、瑞芯微等企业均具备较强

的智能硬件芯片设计能力。其中北京君正拥有可穿戴芯片设计的自主知识产权，旗下的 Newton 芯片集成了 CPU、WIFI、Bluetooth、NFC、PMU、9 轴 MEMS 传感器等器件，在可穿戴产品中已经规模应用。在芯片模组的集成设计上，很多产业链下游企业通过合作、自主研发等方式向芯片领域跨界，设计满足个性化需求的芯片模组。如在智能家居的 WiFi 模块产业中，小米、360、南方硅谷、乐鑫等互联网、芯片企业纷纷基于国际大厂的芯片推出 WiFi 模组，降低企业芯片开发成本。在无人机产业中，大疆也在与芯片企业合作研发无人机的控制芯片。

新应用加快产业裂变，为我国芯片产业发展提供机遇。一是支持低功耗广域网应用的通信芯片。随着 NB-IoT 协议的落地，芯片企业也加快 NB-IoT 通信芯片的研发。受益于在 NB-IoT 技术推动中的主导地位，我国在通信芯片开发上也处于领先水平。华为 NB-IoT 芯片预计于今年第三季度推出，中兴微等国内芯片企业也已经研发出 NB-IoT 的原型芯片。预计 NB-IoT 的推广对我国智能硬件通信芯片的发展将产生进一步利好。二是以虚拟现实应用为主的移动图形芯片。我国企业目前针对智能眼镜等简单虚拟现实设备的芯片研发已有基础，瑞芯微、盈方、炬芯、全志等企业均推出集成较强 GPU 的 VR 处理芯片，但大部分是基于 ARM 架构和 Mali 图形处理器。下阶段我国还需补足通用移动处理和图形芯片短板，加快发展虚拟现实的专用芯片技术。

2、我国人工智能技术与全球同步成长，支持硬件智能化发展

我国人工智能基础技术与全球基本同步发展。目前国际巨头在人工智能技术上还没有完全形成垄断，我国基础技术研究和生态建

设与发达国家基本同步起步。百度、阿里巴巴等企业不断加强人工智能基础理论、应用技术的研究，高校和科研院所在类脑计算、认知科学等前沿技术上也有较大突破。在产业生态上，百度、阿里巴巴、旷视科技、科大讯飞等企业先后推出开放平台推动产业各层面的整合。

入口级人工智能技术发展较好，加快提升硬件智能化水平。语音识别、图像识别已逐步成为设备感知和认知世界的重要入口，是人机交互的重要手段，受到人工智能产业各方的广泛重视。我国语音识别、图像识别技术水平和应用情况均处于世界前列。在语音识别上，科大讯飞的产品已经商用于智能音响、智能空调的控制，目前用户数已超过千万。在图像识别上，百度的图像识别准确率已经达到世界前五，人脸识别准确率也达到世界先进水平，目前正在逐步探索商业化应用。

关键元器件产业的发展将进一步助推人工智能在智能硬件中的应用。我国人工智能关键元器件技术积极跟进国际前沿方向。一是为机器提供视觉、听觉的感知器件。如在上文提到的深度传感器技术上，国内图漾、奥比中光等初创企业均在积极跟进。二是为机器提供信息处理和决策的处理器。该领域存在基于 FPGA 或 GPU 的半定制、神经网络芯片等多个方向。我国中科院针对神经网络算法深度定制的“寒武纪”芯片处于业内领先水平。初创企业地平线基于 FPGA 面向智能驾驶、智能家居等应用研发的半定制人工智能芯片也有初步应用。

3、围绕智能硬件操作系统发展我国智能硬件应用生态

传统嵌入式操作系统制约智能硬件产业发展。据统计当前嵌入式设备中约 40% 的操作系统为私有操作系统或小众操作系统。传统的嵌入式操作系统虽具备智能硬件设备驱动、任务调度的基本功能，但市

场碎片化严重，不利于数据和应用整合。同时传统嵌入式操作系统对连接性、交互性、模块化等智能硬件特殊要求支持不足，难以支持系统快速开发和广泛移植，无法满足产业创新需求。

智能硬件操作系统兴起，具备两种发展路线。当前正在发展的智能硬件操作系统介于 PC、手机等复杂操作系统与传统简单嵌入式操作系统之间，运行的 CPU/MCU 主频在 500MHz-1GHz 左右，具备一定的用户交互能力和支持丰富的网络连接协议，同时有模块化、内核可伸缩、自组网等技术特征，方便进行二次开发。智能硬件操作系统的形成包括两种技术路线，一是从智能手机操作系统衍生，系统具备较强的应用能力，同时获得智能手机生态的强大支持，如 Android Wear。二是针对基础智能硬件、物联网产品特点开发的轻量级系统，对手机、PC 应用生态的依赖性较弱。如 ARM 的 mbed、国内的华为 LiteOS、庆科 Mico、百度 IoT OS 等系统。此外，**云端协同成为智能硬件操作系统功能的重要特点。**基础智能硬件产品由于资源受限，产业价值转向云端连接。很多智能硬件操作系统加强了云端互联的原生支持。如我国阿里巴巴的 YunOS 基于 HTML5 提供便捷的云应用开发框架，庆科 Mico 也包含了云计算平台应用程序框架。

我国智能硬件操作系统积极探索自主生态发展路径。一是**主动参与全球开源生态竞争。**大部分新兴智能硬件操作系统采取开源策略扩大生态化能力。我国华为的 LiteOS、庆科 Mico 除了安全部分和自有组网通信协议外，也采用开源模式参与全球开源生态竞争。二是**通过协议兼容等方式加快不同系统的整合。**在智能家居、智能车载等相对封闭的行业领域，智能硬件操作系统普遍采用协议兼容、系统共生等迂回的方式实现开放合作。我国智能家居等产品领域已开始探索互联

互通的合作模式。如海尔智能家电产品的通讯模块和芯片兼容华为 LiteOS 的 HI-LINK 通信协议，实现产品的联动。

四、移动智能终端暨智能硬件面临的问题与挑战

(一) 终端安全形势严峻，生物识别带来全新挑战

恶意软件和病毒威胁不断加剧，生物识别带来新的安全风险。一是恶意程序、手机病毒的数量和种类快速增加，对用户信息安全的威胁不断升级。2015 年 Android 平台新增恶意程序样本 1874 万个，同比增长 5.7 倍；感染恶意程序的安卓用户数量达 3.7 亿人次，同比增长 110%。二是以指纹为代表的生物识别技术带来更多潜在安全隐患。指纹识别与传统加密方式不同，个人指纹信息一旦泄露或被破解之后将无法弥补，随着其在身份认证、金融支付、隐私保护等应用领域的快速发展，个人指纹信息外泄或被窃取将给用户带来更大的危害。

面对智能终端安全问题，可从强化法律监管、提高安全意识、完善技术安全保障三个方面强化安全屏障构筑。一是通过法律法规约束手段为消费者提供安全的消费环境，严格对开发者资质和程序内容进行审核，加大对恶意软件、手机病毒制作、传播人员惩处力度；二是向公众积极宣传手机安全知识，使公众提高对高危手机软件、手机网站的警惕性，培养正确的手机使用习惯；三是鼓励企业联合产业链上下游协同攻关加密算法及安全软件架构，强化生物信息安全保障，并将指纹等生物识别软硬件安全方案纳入信息安全审查范畴，严格把控第三方应用对用户指纹信息的获取权限及认证流程。

（二） 上游配套能力仍显薄弱，阻碍整机产业发展质量提升

智能终端上游配套和技术创新能力仍存在较大提升空间。一是移动传感芯片种类单一、技术工艺落后、高端完全依赖进口，国内品牌在下游整机设计环节的认可度和影响力偏低。二是移动存储芯片仍处于初级发展阶段，目前仅能批量生产 55nm 级别的 NOR FLASH，用于主板 BIOS 等小容量、写入慢的逻辑芯片；3D NAND FLASH 芯片仍处于 9 层结构的实验室验证阶段，而国外已实现 48 层结构的规模量产；国内 DRAM 仍处于 55nm 技术储备、规划当中，相较国外 20nm 规模量产差距较大。三是指纹芯片产业化进程面临多重问题，如标准推广进度缓慢制约产业生态的推进，指纹信息引发的安全隐患依然严峻等。四是本土厂商在高端图像传感芯片、液晶显示屏、多层 PCB 板等方面仍存较大差距，在无线充电、柔性电池等领域处于跟随发展阶段。

满足自主可控发展的上游产业链供给结构仍需持续优化。一是存储芯片、移动传感等环节基础较为薄弱，产品空白和技术差距依然存在。仍需持续研发集成化、智能化、小型化、低功耗的新型移动传感器产品及融合软件算法的整体性解决方案，大力攻关新型敏感材料及 MEMS 制造工艺，逐步构建良性发展的自主传感器产业生态。二是本土摄像头、显示屏技术水平仍需继续提升，高端化配套能力尚待增强。对高端图像传感芯片、高像素镜头、光学防抖技术、高端模组等趋势型技术产品的布局略显不足。三是移动芯片等已有的优势领域仍需继续深化，支持国产厂商加快应用处理芯片、LTE 通信芯片及 SoC 芯片的技术升级步伐，并加快与 WiFi、导航等的集成一体化发展。

(三) 智能硬件创业创新环境产业转化机制薄弱，仍需进一步完善

我国智能硬件创新孵化力量仍然薄弱。2014 与 2015 年国内智能硬件行业投资额较 2013 年增长 500%，投资次数翻一番。国内以众创空间、公共服务平台为载体的智能硬件创新生态在逐步完善，智能硬件创新服务链逐步形成。但与国外相比，国内创客空间刚刚起步，不同地区创客群体生存发展状况不平衡。目前国内初步形成了以北京、上海、深圳为三大中心的创客文化圈，初具规模的创客空间约 20 家，与国外尚存一定差距。

产业化支持薄弱是双创企业做强做大的瓶颈。智能硬件创业创新处于市场启动期，在产品原型阶段企业缺少小批量开模制版、原型机快速生产的制造支持；在量产阶段销量小、现金流等因素往往导致上游元器件供应不足，下游销售缺乏有效的推广渠道，限制产品快速上量。这些问题均需有能力的大企业、公共服务机构予以帮助解决。一是继续强化敏捷制造服务的公共服务平台能力，整合产品设计、测试到样机加工的整个流程，缩短创新企业样机生产时间，降低过程成本。二是推动大企业加快对智能硬件创新供应链和大数据分析支持，为初创智能硬件企业提供供应链支持、产品宣传销售、大数据分析等服务。

(四) 终端知识产权进步明显，但仍存在较大差距

我国终端知识产权竞争力不断提升，但相较国际厂商仍存在较大差距。智能终端创新涉及移动通信、基础软件、关键元器件等多个领域，知识产权的竞争已经成为 ICT 综合实力的较量。本土厂商自主知识产权数量和质量快速提升，如华为公司截止 2015 年底累计申请专

利 83163¹⁷件，包括中国专利 52550 件，外国专利 30613 件；其中发明专利占比达到 90%以上，高于国外平均水平。但与三星等国际巨头仍存在明显的差距，截至去年底三星累计申请中国专利 54991 件，超出华为 2441 件；获得美国专利授权 5072 件，是华为的 6.3 倍；占据四国及以上国家注册的最高级别专利总量的 16.4%，是华为的 3.7 倍。此外，在新型智能硬件领域，本土厂商因基础技术缺失导致专利布局较为分散，如我国可穿戴设备专利整体排名靠前，但缺乏能与三星、飞利浦、LG 等相抗衡的领军企业。

国产移动终端厂商应进一步深化专利技术布局，强化专利环境分析，完善产业链供给能力。一是支持本土终端厂商通过技术研发、战略并购、组建专利联盟等方式加强专利布局，提升发明专利、国际专利和高级别专利的规模，为终端产业的海外拓展奠定基础。二是鼓励本土企业利用终端和通信技术专利组合主动发起诉讼，通过交叉许可或专利授权增强自身防御能力，提升专利产业化运作水平和自身品牌价值。三是加强终端知识产权风险评估，针对终端关键技术领域进行知识产权跟踪分析，为本土企业提供必要的风险评估和应诉指导。

（五）终端代际更新催生海量电子垃圾，环境压力持续加大

移动智能终端快速普及和更新迭代周期的缩短，导致废旧电子垃圾数量与日俱增，给自然环境带来严重的危害。目前我国每年淘汰的手机、平板等电子产品达到数亿部，形成数万吨的电子垃圾，且保持高速增长态势。但本土电子垃圾回收、资源化处理产业才刚刚起步，在无害化、减量化和资源化处理方面与欧洲为代表的发达国家存在较大差距；简单的旧货回收、拆解利用模式对环境造成了极大的破坏，

¹⁷数据来源：IDC 数据

严重危害着人民的身体健康。

我国应加快推动移动智能终端产业绿色化发展。一是支持终端厂商开展废旧产品回收再利用。二是加强对绿色环保理念的宣传推广，充分发挥市场机制作用，夯实民众参与环保的社会基础，形成民众与绿色生产之间的良性互动。

(六) 前瞻布局和协同创新能力不足，制约核心技术体系化突破

随着智能硬件的发展，围绕着单一器件的创新规律已经转换为面向人工智能、泛在传感和后摩尔器件的系统化、体系化的协同创新。做好前瞻布局，形成多链条整合能力成为我国终端产业能否实现加速追赶、并肩发展甚至部分超越的关键。

一是，围绕计算通信泛在化走向智能化的大趋势，加快人工智能技术体系布局和在终端上的应用探索。以特征尺寸微缩为核心的摩尔定律不断逼近物理极限，超越摩尔定律使终端的计算、存储、传感、模拟器件等多领域进行集成创新，并在人工智能技术的作用下推动终端核心能力由信息处理转向泛在感知和泛在智能。在这一趋势下，我国在补足芯片、传感器等终端产业既有短板的同时，需要提前布局人工智能软硬件技术产业生态，以此引领智能终端未来的发展方向。

二是，跨界融合推动 ICT 产业加速重构，需要重视新模式对终端产业和技术创新的带动作用。移动互联网加速与物联网的融合，互联网对接家居、金融、交通、制造等传统行业，云计算和大数据催生新业态的加速分化，带来终端产业生态范畴的快速扩张与重构，为我国终端产业技术生态带来新的突破机遇。

三是，面向前沿需求，推动多学科融合的集成式、交叉式创新。

应用创新对终端技术升级的倒逼作用日益凸显，无人机、VR/AR 等推动传统信息技术与语音图像识别、智能感知、海量数据处理、深度学习等多类技术的系统化、集成化创新加速。工业互联网、能源互联网、生物芯片等新的终端技术和应用层出不穷，使信息技术与先进制造、新材料、能源技术、生物技术等多学科的交叉渗透日益深入。从长远来看，跳出移动智能终端既有技术框架束缚，加快终端技术与多学科技术统筹布局和融合创新，是智能终端产业未来可能面临的重大挑战。

结 语

过去的十年里，移动智能终端产业已经成为 ICT 技术产业发展的核心驱动力之一，推动技术升级、服务创新和模式变革。快速的产品技术迭代和高强度的市场竞争使移动智能终端市场逐步成熟，硬件能力已经趋于相对饱和，软件开发架构也已趋向稳定，市场增长速度放缓。在此背景之下，成熟的互联网/移动互联网技术产业成果、新兴的物联网技术和应用需求以及人工智能、新型交互技术等前沿学科交叉融合，寻找新的物理载体，为智能硬件产业的兴起提供了深厚的技术和产业基础，使移动智能终端概念进一步泛化。在这个错综复杂的产业中，产品的多样化发展、技术的继承和创新，产业生态的形成和完善，创业创新模式的不断加载等多种产业要素快速并行发展和变化，成波次推动产业的升温。可以预见以智能硬件为前驱的智能化浪潮将深刻影响终端乃至整个 ICT 技术产业的发展方向，进一步重构产业图景，加快向人们生活和生产渗透，为经济社会创造更多的产业价值。

新的产业变革带来新的发展机遇。我国移动智能终端基础技术和产业配套供给能力稳步提升，为成熟产品的发展提供保障。在以人工智能为代表的智能硬件前沿技术产业中，我国与全球同步成长，具备从“跟跑”走向“并跑”的机会。后续需要加快前瞻性布局和产业上下游的协同创新，优化产业创新和创业环境，推动移动智能终端暨智能硬件产业迈向新高度。

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

传 真：010-62304980

网 址：www.caict.ac.cn

