

2023 年 08 月 16 日
电子

ESSENCE

行业专题

证券研究报告

高通等 IT 龙头布局终端生成式 AI，终端 AI 推理应用有望带动产业链升级

■ 高通、苹果、英特尔、Meta、微软、谷歌等龙头企业相继布局终端生成式 AI：

随着大模型参数规模的迅速增大，参数规模迈入千亿级和万亿级时代，通用大模型性能优秀，但也带来更大的硬件投入和功耗。近期 Meta、微软、谷歌、苹果、英特尔等科技龙头公司均加快部署生成式 AI，并探索在手机、PC 等终端的应用。高通在《混合 AI 白皮书》中提出，混合 AI 是 AI 规模化发展的必然趋势，混合 AI 是指终端和云端协同工作，在适当的场景和时间下分配 AI 计算的工作负载，模型训练在云端实现；根据模型复杂度，推理工作部分放在终端侧。能够带来成本、能耗、性能、隐私、安全和个性化优势，助力实现随时随地的智能计算。混合 AI 市场潜力巨大，有望在未来十年内为高通打开约 7000 亿美元市场。

■ 高通混合 AI 进展：

高通深耕 AI 研发 15 余年，拥有领先的边缘侧 AI 布局，终端侧 AI 处理器产品矩阵丰富，以 8550 为代表的高性能产品已广泛应用于多个终端，但传统 SOC 不适合生成式 AI。高通的混合 AI 工作致力于推进全栈 AI 策略，助力 AI 生态系统大规模快速商业化，具体工作如下：一是算法和模型开发，在不牺牲准确度的前提下提高效率。例如：基于 Q-SRNet 模型的算法、采用 INT4 量化的软件，以及支持 INT4 加速的第二代骁龙 8 硬件，与 INT8 相比，INT4 性能和能效提高 1.5 倍至 2 倍。二是提升软件和模型效率。高通 AI 软件栈全面支持主流 AI 框架，比如 TensorFlow、PyTorch、ONNX 等，旨在为开发者实现一次开发，即可跨高通所有硬件运行 AI 负载。三是硬件加速。高通 AI 引擎采用异构计算架构，包括 Hexagon 处理器、高通 Adreno GPU 和高通 Kryo CPU，通过异构计算，开发者和 OEM 厂商可以优化智能手机和其他边缘侧终端上的 AI 用户体验。高通 SoC 有望持续推陈出新，NPU 性能提高，AI 算力持续升维。据高通官网数据，骁龙 8Gen1 的 AI 算力为 9 INT8 TOPs，骁龙 8Gen2 的 AI 算力相比上一代约提升了 4.35 倍，新一代骁龙 8Gen3 算力有望持续提升。终端有望运行 100 亿及以上参数的模型。

■ 终端生成式 AI 带来的硬件变化及投资机遇：

混合 AI 或带来硬件终端的变化：1) 在功耗允许情况下，终端 SoC 算力持续提升，端侧软硬件一体框架加速优化；2) 模型参数的缓存量较大，DRAM 配置需根据模型大小同步递增，有望带动存储产业加速

投资评级 **领先大市-A**
维持评级

首选股票 目标价（元） 评级

行业表现



资料来源：Wind 资讯

升幅%	1M	3M	12M
相对收益	-8.3	1.7	-7.5
绝对收益	-9.6	-2.1	-15.6

马良 分析师

SAC 执业证书编号：S1450518060001

maliang2@essence.com.cn

相关报告

半导体设备国产化加速，生成式 AI 基建向前发展	2023-08-13
AI 服务器/EGS 平台升级拉动高速 PCB 需求，高速 PCB 产业链解析	2023-08-06
顺周期品种有望景气回升，先进封装有望持续受益 AI 需求	2023-08-06
政策利好叠加技术升级，智能驾驶行业迎关键窗口期	2023-07-30
存储市场前景向好，先进封装大有可为	2023-07-23

从周期底部走出；3) 未来的生成式 AI 软件安装包中有可能集成训练好的模型参数，NAND 配置需相应提高；4) 手机、PC 等终端的推理计算能耗增加，对产品的散热要求提高；5) 数据吞吐增加，总线通信模式或带宽改变。我们认为，近年来消费电子创新乏力，换机周期逐渐延长，智能手机、PC 的出货量有所放缓，终端生成式 AI 应用有望为消费电子产业链注入新动能：搭载高端 SoC 的机型渗透率有望持续提升，DRAM 和 NAND 等存储芯片单机用量增加，通信、散热等环节持续优化，智能手机和 PC 的换机周期有望缩短；生成式 AI 在自动驾驶/智能座舱、机器人、XR、AIoT 等领域的应用也有望提速。建议重点关注手机、PC、自动驾驶/智能座舱、机器人、XR、AIoT 等相关产业链投资机会。

■ 风险提示：行业竞争加剧；相关技术进展不及预期；商业变现能力不及预期。

目 录

1. 科技龙头加快布局 AI 市场，终端侧 AI 商业化应用落地加速.....	5
2. 高通有望引领混合 AI 发展，助力实现随时随地的智能计算.....	6
3. 高通持续提升终端硬件 AI 性能，终端侧全栈 AI 不断优化.....	8
3.1. 高通深耕 AI 研发 15 余年，不断突破 AI 可能性.....	8
3.2. 高通全栈 AI 策略指引下，终端 AI 性能和能效卓越.....	14
4. 混合 AI 有望率先给手机和 PC 端带来 AI 体验变革.....	15
4.1. 手机硬件结构复杂，APP 的运行涉及诸多硬件交互.....	15
4.2. SoC：面对生成式 AI 加速落地，SoC 算力提升潜力巨大.....	18
4.3. DRAM：生成式 AI 模型参数递增，DRAM 配置需同步递增.....	22
4.4. NAND：未来生成式 AI 软件较大，NAND 配置需相应提高.....	25
5. AI 行情由供给侧迈向应用侧，建议关注产业链投资机会.....	26
6. 风险提示.....	29

目 录

图 1. 不同领域的 AI 大模型参数规模演进.....	6
图 2. AI 大模型参数规模已经开始逐渐迈入千亿级和万亿级时代.....	6
图 3. 生成式 AI 大模型走向边缘终端是必然趋势.....	7
图 4. 为实现规模化扩展，AI 正向边缘转移.....	7
图 5. 未来 100 亿或更高参数的混合 AI 模型有望在终端上运行.....	8
图 6. 高通终端侧 AI 赋能智能网联边缘.....	8
图 7. 2016-2025 年间数字化转型有望带来超过 100 万亿美元的价值.....	8
图 8. 混合 AI 有望在未来十年内为高通打开约 7000 亿美元市场.....	8
图 9. 高通深耕 AI 研发超过 15 年，不断突破 AI 可能性.....	9
图 10. 高通 SoC 支持手机运行数十亿参数的 AI 大模型.....	9
图 11. 高通 SoC 支持手机 AI 大模型在 12 秒内生成图片.....	9
图 12. 高通拥有强大且丰富的智能手机 SoC 产品组合.....	10
图 13. 骁龙 8 Gen2 CPU 为八核心设计.....	10
图 14. 骁龙 8 Gen2 首批搭载于小米、红米、荣耀、iQOO、一加、OV 等厂商.....	10
图 15. 高通全栈 AI 研究和技术持续改进.....	14
图 16. 高通 AI 全领域引领研发.....	14
图 17. 高通 AI 软件栈将 AI 软件统一到一个软件包中.....	15
图 18. Snapdragon 865 在能效和性能方面有显著改善.....	15
图 19. 智能手机的主要结构.....	16
图 20. 智能手机的主电路板结构.....	16
图 21. SoC 包含一个或多个计算引擎，主、次存储器和输入/输出端口三个部分.....	16
图 22. SoC 集成了各种功能模块.....	16
图 23. 存储器有内存和闪存，分属于不同的存储器层次.....	17
图 24. 选择的内存类型取决于设计规范和应用程序.....	17
图 25. 系统总线结构图.....	18
图 26. I2C 总线结构图.....	18
图 27. Kryo CPU 相比骁龙 8 Gen 1 性能提升 35%，同时能效提升 40%.....	20
图 28. 骁龙 8 Gen 2 首次支持 INT4，提高了运算效率.....	20
图 29. 骁龙 8 Gen 3 和天玑 9300 在工艺制程及架构.....	21

图 30. 全球存储市场 DRAM 和 NAND Flash 为主.....	23
图 31. 全球存储市场在 2022 年小幅回落后或恢复温和增长.....	23
图 32. 2021 年 DRAM 市场规模约 961 亿美金, 以三星、SK 海力士、美光三家龙头为主..	23
图 33. DDR、GDDR、LPDDR 不断迭代.....	24
图 34. 手机与 PC 合计占 DRAM 终端产品份额一半左右.....	25
图 35. 2022 年第三季度全球 NAND 出货量占比.....	26
图 36. 2020-2023 年全球 NAND 下游需求占比.....	26
图 37. 近年来中国智能手机出货量有所放缓.....	26
图 38. 2023 年后全球智能手机出货量有望迎来改善.....	26
图 39. 2023Q1 全球畅销手机前 20 各价格段销量占比.....	27
图 40. 历年全球畅销手机前 20 各价格段销量占比.....	27
表 1: 各大科技巨头正在加速终端侧 AI 布局.....	5
表 2: 骁龙 800 系列高性能产品已广泛应用于多个机型.....	10
表 3: IP 核按照设计的程度不同, 可以划分为软核、固核、硬核.....	17
表 4: 高通为智能手机、PC、智能汽车等各类终端平台打造了 SoC.....	18
表 5: 对比高通终端算力和英伟达云端算力参数对比.....	21
表 6: DRAM 可以分为 DDR、LPDDR、GDDR.....	24
表 7: DDR5 与 DDR4 相比整体性能有较大改善.....	24
表 8: 华为 nova 6 5G 主要硬件配置.....	28
表 9: OPPO Reno4 Pro 主要硬件配置.....	28
表 10: 部分产业链上市公司.....	29

1. 科技龙头加快布局 AI 市场，终端侧 AI 商业化应用落地加速

AI 市场持续火热，科技龙头积极布局终端侧 AI。年初以来，以 ChatGPT 为代表的生成式人工智能带动了 AI 大模型的持续落地和商业化，IOS 版 ChatGPT 已于近期推出，不久的未来 OpenAI 或为安卓手机提供相应的服务。ChatGPT 应用的推出，无疑让更多人感受到了人工智能带来的便利，随着 AI 走进千家万户，终端 AI 算力和应用的发展是必不可少的。Meta、微软、谷歌、苹果、英特尔、联发科等各大科技巨头正在加速布局面向消费级和企业级的终端侧 AI。

表1：各大科技巨头正在加速终端侧 AI 布局

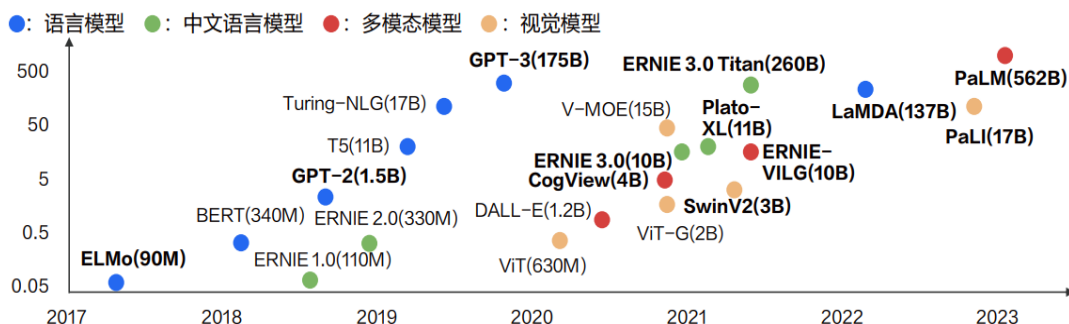
公司名称	时间	终端侧 AI 布局内容
Meta	2023 年 5 月	Meta 宣布将针对 AI 的基础设施建设进行改进，如用 RSC，第一代 ASIC 来加速研究
	2023 年 7 月	Meta 和微软发布了新一代 Llama，作为下一代开源大型语言模型。在此次之前，Meta 还发布了一系列 AI 模型，如 LLaMA, CM3leon 等
微软	2022 年 7 月	微软推出微软云合作伙伴计划
	2023 年 1 月	微软宣布与 OpenAI 扩大合作关系
	2023 年 2 月	微软推出全新的人工智能驱动的 Microsoft Bing 和 Edge
	2023 年 3 月	宣布为整个微软商业应用产品线，带来由全新一代人工智能驱动的产品升级，并正式推出国际版 Dynamics 365 Copilot
	2023 年 5 月	微软宣布正在转向下一代人工智能驱动的 Bing 和 Edge，来进一步改变搜索软件功能，并推出新的 Bing 预览版
		高通和微软在 Microsoft Build 开发者大会上携手推动终端侧 AI 规模化扩展
谷歌	2015 年 8 月	AlphaGo 进行首场比赛，赢得了历史上第一场与围棋职业选手的比赛，之后接连推出 AlphaZero 和 MuZero
	2017 年 5 月	宣布从 mobile-first 转向 AI-first 战略
	2023 年 4 月	宣布 DeepMind 和 Google Brain 合并，创建 Google DeepMind
	2023 年 5 月	在年度开发者大会 I/O 上推出了全新的大型语言模型，并将其集成到谷歌旗下各种产品中
苹果	2011 年	发布初代人工智能 Siri
	2017 年 9 月	发布 iPhoneX，装备 AI 仿生芯片 A11 Bionic
	2023 年 6 月	发布初代头显设备 Vision Pro
	2023 年 8 月	iPhone 15 或在 9 月 22 日上市，苹果正将生成式 AI 引入手机平板
英特尔	2017 年 3 月	组建超级 AI 部门，创建新的 AI 实验室
	2018 年	推出 AI 百佳创新激励计划、英特尔创新加速器、智慧未来城市、FPGA 中国创新中心等各项培养计划，以更好地培养 AI 人才、繁荣 AI 生态
	2023 年 8 月	有望在 9 月推出 Meteor Lake 新一代酷睿处理器，它将开创全新的 AI PC 时代，联想将首批发布
联发科	2017 年	公司战略调整，将重心由智能手机逐步转向了 AI 芯片
	2018 年 2 月	推出了 NeuroPilot 人工智能平台，希望通过整合硬件 APU 及软件，将终端 AI 带入各种跨平台设备；发布了首款 12nm 工艺、基于 NeuroPilot 平台、集成了多核 AI 处理器的 SoC——Helio P60
	2018 年 12 月	在 AI 领域进一步加码，推出了基于 APU 2.0 的 Helio P90
	2023 年 2 月	与英伟达合作，在联发科旗舰手机 SoC 上整合英伟达 AI GPU
	2023 年 5 月	与英伟达合作，共同为汽车提供 AI 智能座舱方案，联发科将开发集成英伟达 GPU 芯粒的汽车 SoC，搭载英伟达 AI 和图形计算 IP

资料来源：Meta 官网，微软官网，谷歌官网，苹果官网，英特尔官网，联发科官网，腾讯新闻，搜狐新闻，IT 之家，安信证券研究中心

AI 大模型参数规模增势迅猛，面对算力的巨大消耗，终端算力的发展或成为当务之急。从 2012 年的 AlexNet 的百万级参数开始，AI 大模型参数规模每年都以指数级的增长速度在扩大，如今不同领域的 AI 大模型参数规模已经开始逐渐迈入千亿级和万亿级时代。以自然语言处理 (NLP) 为例，经过十余年的发展，模型参数已经达到了千亿级别，数据量增长了数百万倍。AI 大模型可以从海量的数据中训练出通用的知识和能力，从而在不同的任务和领域中表现出强大的泛化性能，而 AI 大模型参数规模和训练、推理时所需要的算力呈正比关系，因

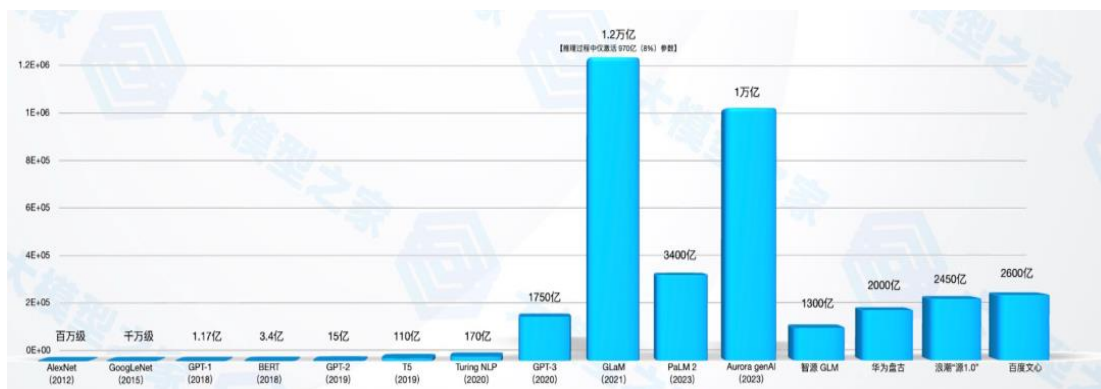
此可以推测未来随着大模型参数规模的增长，对算力的消耗加大，终端算力的发展或成为当务之急。

图1. 不同领域的 AI 大模型参数规模演进



资料来源：智算中心网络架构白皮书，安信证券研究中心

图2. AI 大模型参数规模已经开始逐渐迈入千亿级和万亿级时代

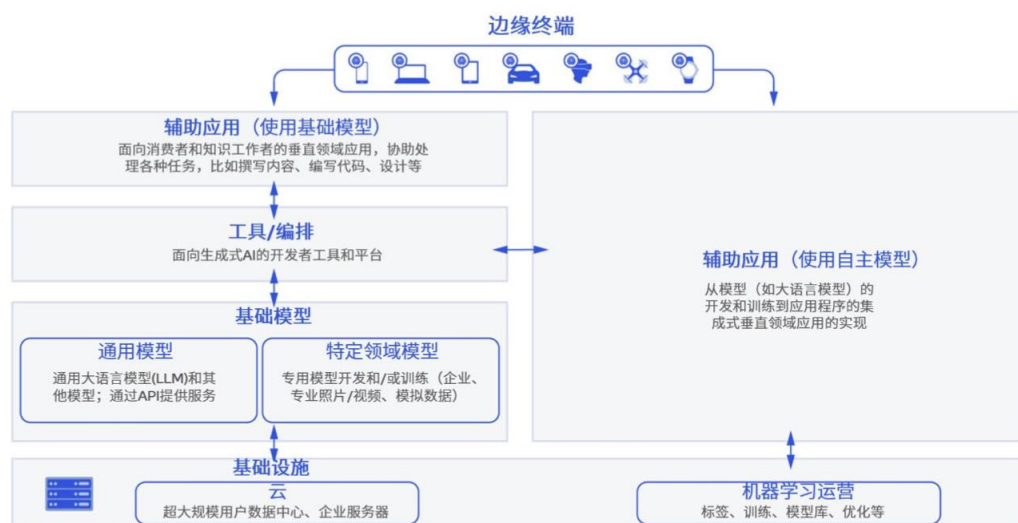


资料来源：大模型之家，速途元宇宙研究院，安信证券研究中心

2. 高通有望引领混合 AI 发展，助力实现随时随地的智能计算

大模型有望走向端侧，混合 AI 前景广阔。2023 年 5 月，高通发布了混合 AI 白皮书，指出混合 AI 是 AI 的未来。混合 AI 是指终端和云端协同工作，在适当的场景和时间下分配 AI 计算的工作负载。在一些场景下，计算将主要以终端为中心，在必要时向云端分流任务。而在以云为中心的场景下，终端将根据自身能力，在可能的情况下从云端分担一些 AI 工作负载。在以终端为中心的混合 AI 架构中，许多生成式 AI 模型可以在终端上充分运行，云端仅用于分流处理终端无法充分执行的任务。在基于终端感知的混合 AI 场景中，在边缘侧运行的模型将充当云端大语言模型的传感器输入端，以进一步分流计算任务并减少连接带宽，从而节省成本。终端和云端的 AI 计算也可以协同工作来处理 AI 负载，在性能和能耗上实现双赢。

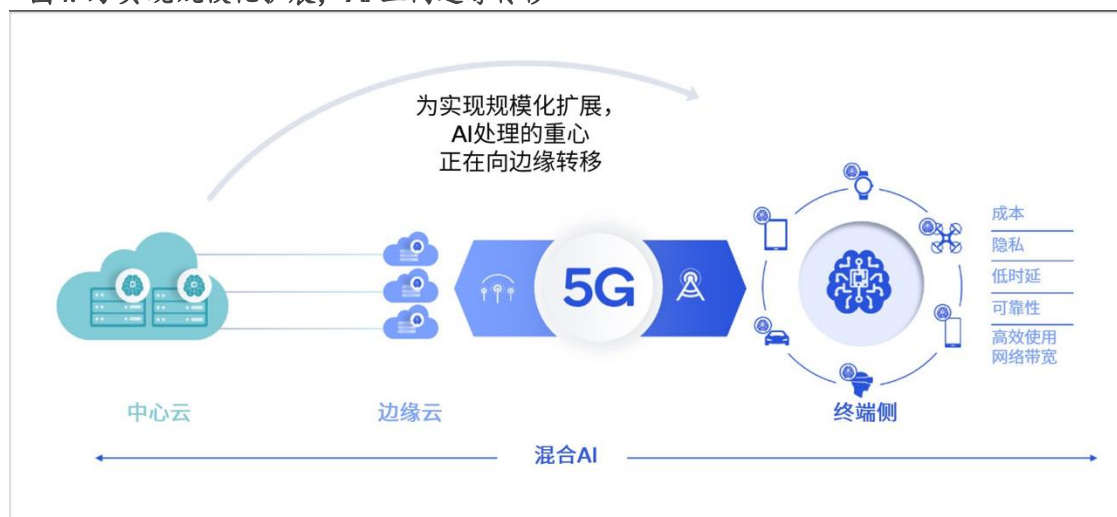
图3. 生成式 AI 大模型走向边缘终端是必然趋势



资料来源：高通混合 AI 白皮书，安信证券研究中心

混合 AI 能够带来成本、能耗、性能、隐私、安全和个性化优势。混合式 AI 能够解决大型生成式 AI 模型推理成本高的问题。仅在云端进行推理，数据中心基础设施成本会持续增加，而将一些处理从云端转移到边缘终端，云基础设施的压力能够减轻并且减少开支。边缘终端能够以很低的能耗运行生成式 AI，实现环境和可持续发展目标。在混合 AI 架构中，终端侧 AI 处理稳定可靠，可以防止云服务器和网络连接拥堵时出现大量排队等待、高时延和拒绝服务的情况。此外，用户无论身处何地都可以正常运行生成式 AI 应用。终端侧 AI 从本质上有有助于保护用户隐私，因为查询和个人信息完全保留在终端上，同时让更加个性化的体验成为可能，能够在不牺牲隐私的情况下，根据用户的个性进行定制。

图4. 为实现规模化扩展，AI 正向边缘转移

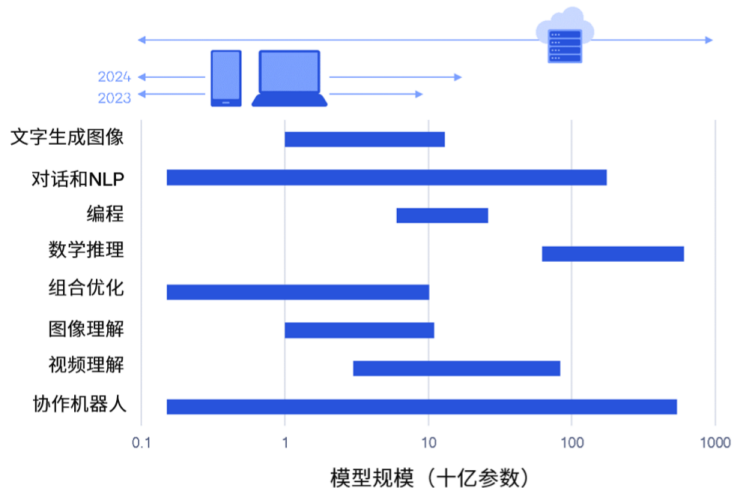


资料来源：高通混合 AI 白皮书，安信证券研究中心

混合 AI 将赋能生成式 AI，高通有望引领混合 AI 发展。当前具备 AI 功能的智能手机、笔记本电脑和 PC、汽车、XR 以及物联网等终端产品已达到数十亿台，混合 AI 架构将赋能生成式 AI 在上述这些终端领域提供全新的增强用户体验。目前可以在终端侧运行的生成式 AI 模型参数规模在 10 亿至 100 亿之间，随着生成式 AI 模型不断缩小，以及终端侧处理能力的持续提升，拥有 100 亿或更高参数的混合 AI 模型将能够在终端上运行。高通在终端侧 AI 优势的核心是其 AI 引擎，通过开发低能耗、高性能 AI，已经形成了一个跨智能手机、汽车、XR、PC、笔记本电脑以及企业级 AI 等领域的庞大终端 AI 生态系统。目前高通部署的边缘侧终端

规模已经十分庞大，截至 2023 年 5 月，搭载骁龙和高通平台的已上市用户终端数量已达到数十亿台，而且每年有数亿台的新终端仍在进入市场。

图5. 未来 100 亿或更高参数的混合 AI 模型有望在终端上运行



资料来源：高通混合 AI 白皮书，安信证券研究中心

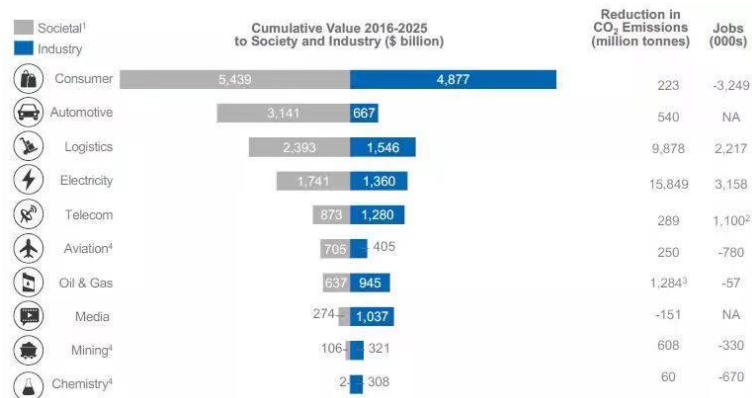
图6. 高通终端侧 AI 赋能智能网联边缘



资料来源：MEET2023 智能未来大会，安信证券研究中心

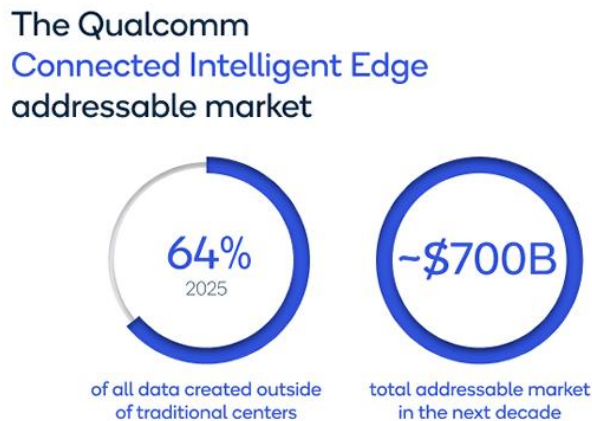
混合 AI 市场潜力巨大，有望在未来十年内为高通打开约 7000 亿美元市场。根据 IDC 预计，到 2025 年，64%的数据将在传统数据中心之外创建，这意味着更多的数据将采用混合 AI 的架构运行。高通是有能力打造云边缘融合的公司，根据高通公司官网的预测，混合 AI 有望在未来十年内扩大公司的潜在市场，达到约 7000 亿美元的市场规模。

图7. 2016-2025 年间数字化转型有望带来超过 100 万亿美元的价值



资料来源：腾讯研究院，世界经济论坛，安信证券研究中心

图8. 混合 AI 有望在未来十年内为高通打开约 7000 亿美元市场



资料来源：高通官网，安信证券研究中心

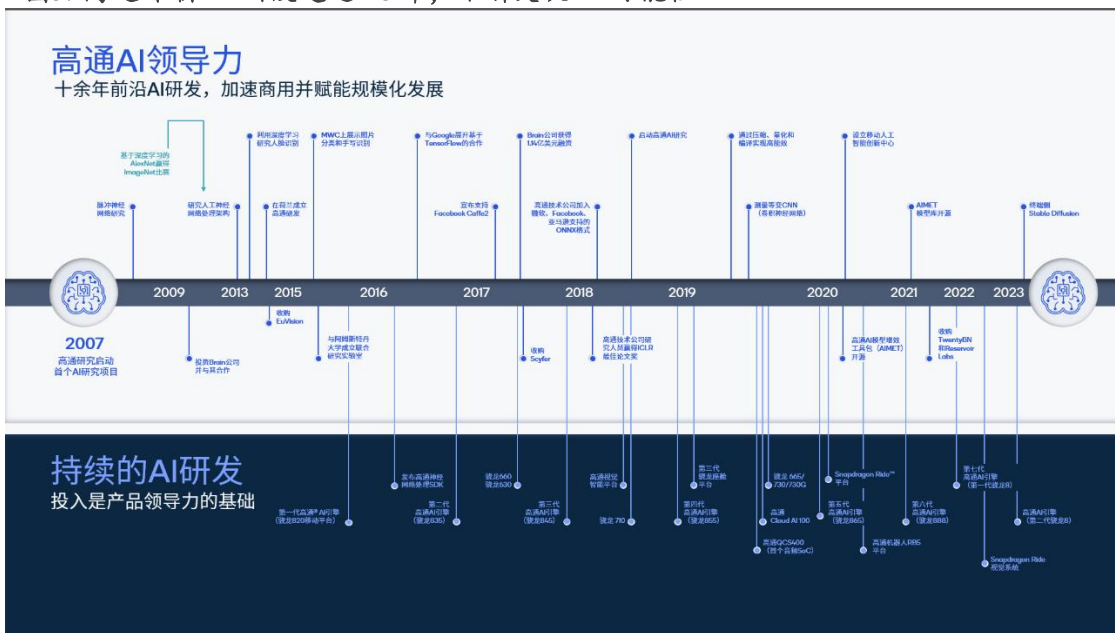
3. 高通持续提升终端硬件 AI 性能，终端侧全栈 AI 不断优化

3.1. 高通深耕 AI 研发 15 余年，不断突破 AI 可能性

高通重视前沿 AI 研发，拥有领先的边缘侧 AI 布局。高通由无线通信领域起家，自 2007 年启动首个 AI 研究项目，深耕 AI 领域已超过 15 年。高通拥有行业领先的 AI 硬件和软件解决

方案，开发的低功耗、高性能 AI，已经形成了一个跨智能手机、汽车、XR、PC、笔记本电脑以及企业级 AI 等现有市场和新兴领域的庞大终端 AI 生态系统。

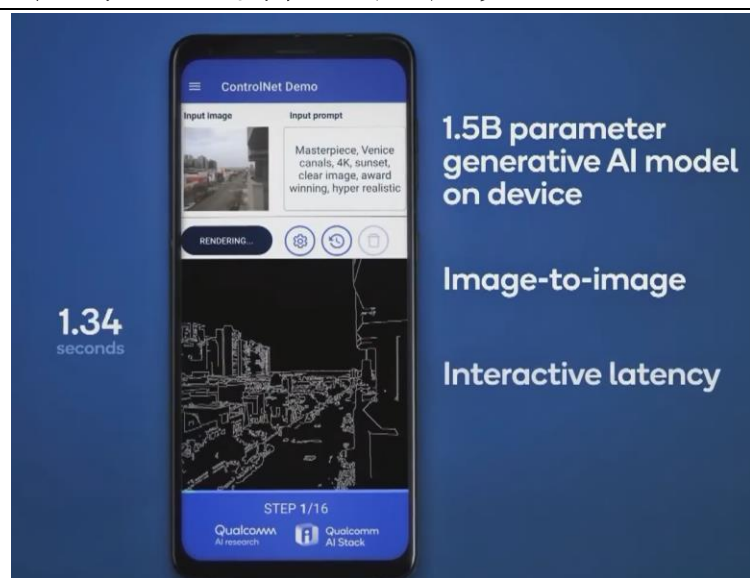
图9. 高通深耕 AI 研发超过 15 年，不断突破 AI 可能性



资料来源：高通混合 AI 白皮书，安信证券研究中心

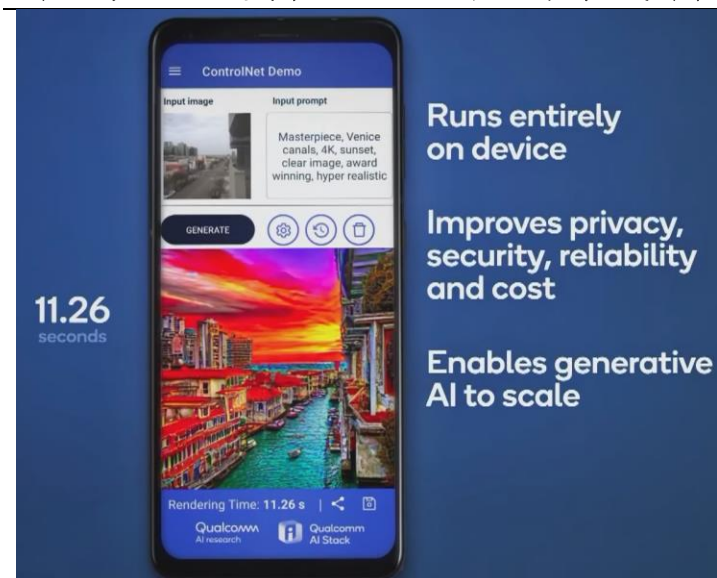
混合 AI 在各终端陆续落地，应用场景或将不断涌现。根据高通 CEO 在彭博技术峰会上的发言，预计到 2024 年，高通公司将推出最新版 AI 处理器，在手机端可支持 10B 参数的大模型，在笔记本端可支持 20B 参数的大模型，在汽车端可支持 40-60B 参数的大模型。手机端将会出现越来越丰富的 AI 内容生成场景，笔记本端微软 Copilot 也将高通 SoC 上运行。

图10. 高通 SoC 支持手机运行数十亿参数的 AI 大模型



资料来源：彭博技术峰会，安信证券研究中心

图11. 高通 SoC 支持手机 AI 大模型在 12 秒内生成图片



资料来源：彭博技术峰会，安信证券研究中心

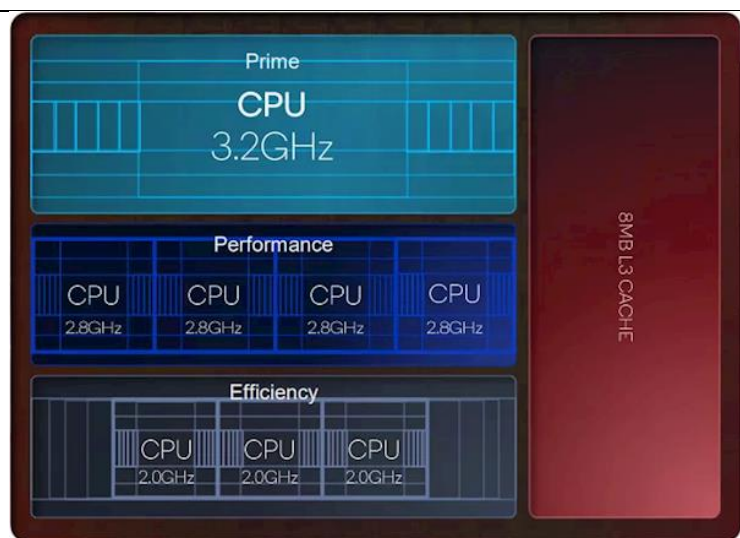
高通终端侧 AI 处理器产品矩阵丰富，高性能产品已广泛应用于多个机型。高通处理器通常利用芯片的数字命名来划分产品档次，骁龙系列产品为例，大致可划分为四个等级：入门级、中级、高级和顶级。其中，骁龙 400 和 200 系列属于入门级，骁龙 600 系列属于中级，骁龙 700 系列属于高级，骁龙 800 系列属于顶级。在高通旗舰处理器骁龙 800 系列中，最新的骁龙 8 Gen2 具备突破性的 AI 性能，采用了台积电 4nm 工艺制程，CPU 为八核心设计，分别为一个 X3 大核、两个 A720 中核、两个 A710 中核以及三个 A510 小核，GPU 的规格为 Adreno740，首批产品将搭载于小米、红米、荣耀、iQOO、一加、OV 等厂商。

图12. 高通拥有强大且丰富的智能手机 SoC 产品组合

	Production			2H 2017	2018		1H 2019
800	<div>8996</div> <div>Snapdragon 820 X12 LTE</div>	<div>8996Pro</div> <div>Snapdragon 821 X12 LTE</div>	<div>8998</div> <div>Snapdragon 835 X16 LTE</div>	<div>SDM845</div> <div>X20 LTE</div>		<div>SM8150</div> <div>X24 LTE</div>	
700					<div>SDM710</div> <div>X15 LTE</div>		
600	<div>8976</div> <div>Snapdragon 652 X8 LTE</div>	<div>8953</div> <div>Snapdragon 625 X9 LTE</div>	<div>8953Pro</div> <div>Snapdragon 626 X9 LTE</div>	<div>8976Pro</div> <div>Snapdragon 665 X9 LTE</div>	<div>SDM660</div> <div>X12 LTE</div>	<div>SDM670</div> <div>X12 LTE</div>	<div>SM6150</div> <div>X15 LTE</div>
	<div>8956</div> <div>Snapdragon 650 X8 LTE</div>			<div>SDM630</div> <div>X12 LTE</div>	<div>SDM636</div> <div>X12 LTE</div>	<div>SDM632</div> <div>X9 LTE</div>	
400	<div>8916</div> <div>Snapdragon 410/412</div>	<div>8937</div> <div>Snapdragon 430 X6 LTE</div>	<div>8917</div> <div>Snapdragon 425 X6 LTE</div>	<div>8940</div> <div>Snapdragon 435 X9 LTE</div>	<div>8920</div> <div>Snapdragon 427 X9 LTE</div>	<div>SDM450</div> <div>X9 LTE</div>	<div>SDM439</div> <div>X6 LTE</div>
						<div>SDM429</div> <div>X6 LTE</div>	<div>SDM455</div> <div>X9 LTE</div>
200	<div>8909</div> <div>219/212 X5 LTE</div>	<div>8905</div> <div>QM 205 X5 LTE</div>					<div>QM215</div> <div>QM 215 X5 LTE</div>

资料来源: CSDN, 安信证券研究中心

图13. 骁龙 8 Gen2 CPU 为八核心设计



资料来源: 快科技, 安信证券研究中心

图14. 骁龙 8 Gen2 首批搭载于小米、红米、荣耀、iQOO、一加、OV 等厂商



资料来源: 快科技, 安信证券研究中心

表2: 骁龙 800 系列高性能产品已广泛应用于多个机型

处理器型号	制造工艺	CPU 架构	核心频率	GPU	内存	基带	出货时间	代表机型
骁龙 800 (MSM8x74)	28nm HPM	四核 Krait 400	2.26GHz	Adreno 330 450MHz	双通道 LPDDR3-800	HSPA+, CDMA, LTE	2013 年 Q2	LG G2、三星 Galaxy S4 LTE-A、索尼 Xperia Z Ultra、三星 Galaxy Note 3 (LTE 版)、Xperia Z1、宏碁 Liquid S2
骁龙 801 (MSM8x74AA)	28nm HPM	四核 Krait 400	2.26GHz	Adreno 330 450MHz	双通道 LPDDR3-800	HSPA+, CDMA, LTE	2013 年 Q4	Vivo Xshoot Elite、IUNI U3、BlackBerry Passport、Oppo N3、OnePlus X
骁龙 801 (MSM8x74AB)	28nm HPM	四核 Krait 400	2.36GHz	Adreno 330 578MHz	双通道 LPDDR3-933	HSPA+, CDMA, LTE	2013 年 Q4	MSM8974AB: HTC M8、Vivo Xplay 3S、Nubia Z5S LTE、索尼 Xperia Z2、OPPO Find 7 轻装版; MSM8674AB: 小米 3 电信版; MSM8274AB: 小米 3 联通版
骁龙 801 (MSM8x74 AC)	28nm HPM	四核 Krait 400	2.45GHz	Adreno 330 578MHz	双通道 LPDDR3-933	HSPA+, CDMA, LTE	2014 年 Q1/Q2	Galaxy S5、OPPO Find 7 标准版、Nubia X6、小米 4、LG G3

骁龙 805 (APQ8084)	28nm HPM	四核 Krait 450	2.7GHz	Adreno 420 600MHz	双通道 LPDDR3- 800	——	2014 年 Q1	三星 Galaxy S5 LTE-A (Korea)、LG G3 Cat. 6、三星 Galaxy Note 4 LTE、三星 Galaxy Note Edge、Amazon Fire HDX 8.9、摩托罗拉 Droid Turbo、Nexus 6、三星 Galaxy Note 4 Duos
骁龙 808 (MSM8992)	20nm HPM	双核 A57+四 核 A53	2.0+1.44G Hz	Adreno 418 600MHz	双通道 LPDDR3- 800	骁龙 X10 LTE Cat. 9	2014 年 Q3	LG G4、Moto X Style/Pure Edition、宏基 Jade Primo、三星 SM-9198、联想 Vibe X3、夏普 Aquos Compact SH-02H、夏普 Aquos Zeta SH-01H、小米 4C、小米 4S、Nexus 5X、LG V10、微软 Lumia 950、黑莓 Priv
骁龙 810 (MSM8994)	20nm HPM	四核 A57+四 核 A53	2.0+1.55G Hz	Adreno 430 650MHz	双通道 (LPDDR4- 1600)	骁龙 X10 LTE Cat. 9	2014 年 Q3	LG G Flex 2、小米 Note 高配版、HTC One M9/Butterfly 3/Bolt、乐视乐 Max、乐视乐 1 Pro、努比亚 Z9/Z9 Max、索尼 Xperia Z4 Tablet、一加 2、中兴 Axon、摩托罗拉 Droid Turbo 2、Vertu Signature Touch、索尼 Xperia Z3+/Z4/Z5/Z5 Compact/Z5 Premium、Nexus 6P、微软 Lumia 950 XL
骁龙 820 降 频版 (MSM8996)	14nm FinFET	双核 Kryo+ 双核 Kryo	1.8+1.36G Hz	Adreno 530 510MHz	双通道 LPDDR4- 1333	骁龙 X12 LTE Cat. 12 600Mbps /Cat. 13 150Mbps	2015 年 Q4	小米 5 标准版、联想 Moto Z
骁龙 820 (MSM8996)	14nm FinFET	双核 Kryo+ 双核 Kryo	2.15+1.59 GHz	Adreno 530 624MHz	双通道 LPDDR4- 1866	骁龙 X12 LTE Cat. 12 600Mbps /Cat. 13 150Mbps	2015 年 Q4	乐视乐 Max Pro、LG G5、三星 Galaxy S7/S7 Edge/Note 7、小米 5 高配版/尊享版、HTC 10 (国际版)、索尼 Xperia X Performance/Xperia XZ、惠普 Elite X3、Vivo Xplay5 旗舰版、乐视乐 Max 2、联想 ZUK Z2 Pro/Z2/Z2 里约版/Moto Z Force、努比亚 Z11/Z11 黑金版、中兴天机 Axon 7、360 Q5 Plus、vivo Xplay6
骁龙 821 (MSM8996 Pro)	14nm FinFET	双核 Kryo+ 双核 Kryo	2.34+2.19 GHz	Adreno 530 653MHz	双通道 LPDDR4- 1866	骁龙 X12 LTE Cat. 12 600Mbps /Cat. 13 150Mbps	2016 年 Q3	华硕 ZenFone 3 Deluxe、乐视乐 Pro 3、小米 5S (2.15+2.0GHz 降频版)/5S Plus/Note 2/MIX、Google Pixel/Pixel XL (2.15+1.65GHz 降频版)、锤子 M1/M1L、一加 3T、ZUK Edge、华硕 ZenFone AR、LG G6/G7 Fit/Q9
骁龙 835 (MSM8998)	10nm FinFET	四核 Kryo 280+ 四核 Kryo 280	2.45+1.9G Hz	Adreno 540 670/710MHz	双通道 LPDDR4X- 1866	骁龙 X16 LTE Cat. 16 1Gbps/Cat. 13 150Mbps	2017 年 Q1	三星 Galaxy S8/S8+/Galaxy Note 8/W2018/Galaxy Tab S4、小米 6/小米 MIX 2、索尼 XZ Premium、一加 5/一加 5T、努比亚 Z17/红魔电竞、Essential Phone、HTC U11、联想 Moto Z2/Z2 Force/Moto Z 2018、诺基亚 8/8 Sirocco、华硕 ZenFone 4 Pro、LG V30/V30S ThinQ、Google Pixel 2/Pixel 2 XL、雷蛇 Razer Phone、8848 M5、Moto Z3
骁龙 845	10nm FinFET	八核 Kryo 385	2.8GHz	Adreno 630 710MHz	LPDDR4X- 1866	骁龙 X20 LTE Cat. 18 1.2Gbps /Cat. 13 150Mbps	2018 年 Q1	三星 Galaxy S9/S9+/Note 9/W2019、小米 8/MIX 2S/MIX 3、索尼 Xperia XZ2/Xperia XZ3、黑鲨游戏手机/黑鲨游戏手机 Hello、一加 6/一加 6T、锤子坚果 R1、夏普 Aquos R2/Aquos zero/Aquos R2 Compact、LG G7 ThinQ、OPPO Find X、华硕 ROG 游戏手机、雷蛇 Razer Phone 2、Google Pixel 3/Pixel 3 XL、努比亚 Z18/X、中兴 AXON 9 Pro、AGM X3/X3 极客版、魅族 16th/16th Plus/zero、HTC Exodus 1、美国 V7、vivo NEX 高配版/NEX 双屏版、红魔 Mars、诺基亚 9 PureView、

								iQOO Neo
骁龙 855	7nm	一大核 Kryo 485 (A76)+三 中核 Kryo 485 (A76)+四 小核 Kryo 485 (A55)	2.84+2.42 +1.8GHz	Adreno 640 585MHz	LPDDR4X- 2133	外挂骁龙 X50 LTE Cat. 20 2Gbps/Cat. 13 316Mbps	2019 年 Q1	联想 Z5 Pro GT 855/Z6 Pro/Z6 Pro 5G 探索版、小米 9/小米 9 透明尊享版/小米 MIX3 5G、红米 K20/K20 Pro、vivo APEX 2019、魅族 16s/16T、黑鲨 2、努比亚红魔 3、LG V50 ThinQ/G8 ThinQ/G8X ThinQ/V50S ThinQ、OPPO Reno 10 倍变焦版/Neo 855、iQOO、三星 Galaxy S10/S10e/S10+/S10 5G/Fold/A90 5G/Galaxy Fold/S10 Lite、索尼 Xperia 1/Xperia 5、中兴 Axon 10 Pro、华硕 ZenFone 6、一加 7/一加 7 Pro/一加 7T/一加 7T Pro、坚果 Pro 3、Google Pixel 4/Pixel 4 XL、微软 Surface Duo
骁龙 855+	7nm	一大核 Kryo 485 (A76)+三 中核 Kryo 485 (A76)+四 小核 Kryo 485 (A55)	2.96+2.42 +1.8GHz	Adreno 640 672MHz	LPDDR4X- 2133 12GB	集成骁龙 X24、 外外挂骁龙 X50 LTE Cat. 20 2Gbps/Cat. 13 316Mbps	2019 年 Q3	ROG 2、黑鲨 2 Pro、努比亚 Z20、iQOO Pro/iQOO Pro 5G/Neo 855 竞速版、魅族 16s Pro、努比亚红魔 3S、一加 7T、三星 W20/Galaxy Z Flip、OPPO Reno Ace、realme X2 Pro/X3/X3 SuperZoom
骁龙 860	7nm	一大核 Kryo 485 (A76)+三 中核 Kryo 485 (A76)+四 小核 Kryo 485 (A55)	2.96+2.42 +1.8GHz	Adreno 640 672MHz	LPDDR4X- 2133 16GB	集成骁龙 X24、 外挂骁龙 X50 LTE Cat. 20 2Gbps/Cat. 13 316Mbps	2021 年 Q1	POCO X3 Pro
骁龙 865	7nm	一大核 Kryo 585 (A77)+三 中核 Kryo 585 (A77)+四 小核 Kryo 585 (A55)	2.84+2.42 +1.8GHz	Adreno 650	LPDDR4X- 2133 LPDDR5- 2750	外挂骁龙 X55 5G 7.5Gbps /3Gbps	2019 年 Q4	小米 10/小米 10 Pro/小米 POCO F2 Pro/小米 10T/小米 10T Pro/小米 10 至尊纪念版、Redmi K30S 至尊纪念版、realme 真我 X50 Pro/X50 Pro 玩家版、魅族 17/魅族 17 Pro、红魔 5G、黑鲨 3/黑鲨 3 Pro、一加 8/一加 8 Pro/一加 8T、8848 M6/超跑限量款 5G、三星 Galaxy S20/S20 Plus/S20 Ultra/S20 战术版/S20 FE、Redmi K30 Pro、柔宇柔派 2、vivo NEX 3S 5G/X50 Pro+、OPPO Find X2/Find X2 Pro/Ace2/Reno5 Pro+、iQOO Neo 3/iQOO 5、LG V60 ThinQ、索尼 Xperia 1 II/Xperia 5 II、腾讯黑鲨 3S、红魔 5S、华硕 ZenFone 7、坚果 R2
骁龙 865+	7nm	一大核 Kryo 585 (A77)+三 中核 Kryo 585 (A77)+四 小核 Kryo 585 (A55)	3.1+2.42+ 1.8GHz	Adreno 650	LPDDR4X- 2133 LPDDR5- 2750	外挂骁龙 X55 5G 7.5Gbps /3Gbps	2020 年 Q3	ROG 游戏手机 3、联想拯救者 Pro、三星 W21/Galaxy Note 20/Note 20 Ultra/Z Fold 2/Z Flip 5G、一加 8T
骁龙 870	7nm	一大核 Kryo 585 (A77)+三 中核 Kryo 585 (A77)+四 小核 Kryo 585 (A55)	3.2+2.42+ 1.8GHz	Adreno 650	LPDDR4X- 2133 LPDDR5- 2750	外挂骁龙 X55 5G 7.5Gbps /3Gbps	2021 年 Q1	摩托罗拉 edge s/edge s pro/edge s30、三星 Galaxy S21 FE、iQOO Neo5/Neo5 SE/Neo6 SE、小米 10S/小米 POCO F3/小米 12X、Redmi K40/K40+、一加 9R、黑鲨 4/黑鲨 4S/黑鲨 5、OPPO Find X3/Reno 6 Pro+、realme GT 大师探索版/realme GT Neo2/realme Q5 Pro、中兴 Axon 30/Axon 40 Pro、格力 TOSOT G7、魅族 18X、vivo S15/S16
骁龙 888	三星 5nm	一大核 Kryo	2.84+2.4+	Adreno	LPDDR4X-	集成骁龙	2020 年	小米 11/11 Ultra/11 Pro/MIX

		680 (X1)+三 中核 Kryo 680 (A78)+四 小核 Kryo 680 (A55)	1.8GHz	680	2133 LPDDR5- 3200	龙 X60 5G 7.5Gbps /3Gbps	Q4	FOLD、iQOO 7/iQOO 8/iQOO Neo 5S、vivo X60 Pro+、三星 Galaxy S21/S21+/S21 Ultra/Galaxy Z Fold 3/Galaxy Z Flip 3/W22/Galaxy S21 FE、Redmi K40 Pro/K40 Pro+、华硕 ROG 游戏手机 5/ZenFone 8/ZenFone 8 Flip、realme GT/GT2、中兴 Axon 30 Pro/Axon 30 Ultra、联想拯救者 2 Pro、一加 9 Pro/一加 9/一加 9RT、红魔 6 Pro/红魔 6R、黑鲨 4 Pro/黑鲨 4S Pro、OPPO Find X3 Pro/Find N/KO Pro、魅族 18/魅族 18 Pro、努比亚 Z30 Pro、索尼 Xperia 1 III/Xperia 5 III、荣耀 Magic 3/荣耀 X40 GT、华为 P50/P50 Pro/P50 Pocket 海外版/Mate Xs 2、 微软 Surface Duo 2、华硕 8z
骁龙 888+	三星 5nm	一大核 Kryo 680 (X1)+三 中核 Kryo 680 (A78)+四 小核 Kryo 680 (A55)	3.0+2.4+1 .8GHz	Adreno 680	LPDDR4X- 2133 LPDDR5- 3200	集成骁 龙 X60 5G 7.5Gbps /3Gbps	2021 年 Q2	小米 MIX 4、荣耀 Magic 3 Pro/至臻 版、腾讯 ROG 游戏手机 5s/5s Pro、 iQOO 8 Pro、魅族 18s/魅族 18s Pro、vivo X70 Pro+、红魔 6S Pro、 OPPO Find X5、moto S30 Pro
8550	台积电 4nm	单核 X3+双 核 A715+双 核 A710+三 核 A510						
骁龙 8 Gen1	三星 4nm	单核 X2+三 核 A710+四 核 A510	3.0+2.5+1 .7GHz	Adreno 730	LPDDR5- 3200	集成骁 龙 X65 5G 10Gbps/ 3Gbps	2021 年 Q4	摩托罗拉 edge X30/X30 Pro/X30 冠 军版、小米 12/小米 12 Pro/小米 POCO F4 GT、Redmi K50 电竞版/冠军 版、iQOO 9/iQOO 9 Pro/iQOO Neo6/iQOO 10、realme GT2 Pro、荣 耀 Magci V/Magic4/Magic4 Pro/Magic4 至臻版、一加 10 Pro、 红魔 7/红魔 7 Pro、三星 Galaxy S22/S22+/S22 Ultra、vivo X80 Pro 骁龙版/X Fold/X Note、中兴 Axon 40 Ultra/天机 A41 Ultra、夏普 AQUOS R7、索尼 Xperia 1 IV/Xperia 1 IV Gaming Edition/Xperia 5 IV、黑鲨 5 Pro、联想拯救者 Y90、 努比亚 Z40 Pro、OPPO Find X5 Pro 骁龙版/Reno9 Pro+
骁龙 8+ Gen1	台积电 4nm	单核 X2+三 核 A710+四 核 A510	3.2+2.8+2 .0GHz	Adreno 730	LPDDR5- 3200	集成骁 龙 X65 5G 10Gbps/ 3Gbps	2022 年 Q2	小米 12S/12S Pro/12S Ultra/12T Pro/MIX 2 Fold/POCO F5 Pro、腾讯 ROG 游戏手机 6/6 Pro、红魔 7S/7S Pro、realme GT2 大师探索版/GT Neo5、Redmi K50 至尊版/K60、vivo X Fold+/X Flip、华为 Mate 50/Mate 50 Pro/Mate 50 RS 保时捷设计 /P60/P60 Pro/P60 Art/Mate X3、三 星 Galaxy Z Fold4/Z Flip4、联想拯 救者 Y70、moto razr 2022/X30 Pro/40 Ultra、一加 Ace Pro/一加 10T/一加 Ace 2、努比亚 Z40S Pro、 iQOO 10 Pro/iQOO Neo7 竞速版/Neo 8、华硕 ZenFone 9、荣耀 Magic Vs/ 荣耀 80 Pro/荣耀 80 GT/荣耀 90 Pro、OPPO Find N2/Reno10 Pro+
骁龙 8 Gen2	台积电 4nm	单核 X3+双 核 A715+双 核 A710+三 核 A510	3.2+2.8+2 .8+2.0GHz	Adreno 740 680MHz	LPDDR5X- 4200	集成骁 龙 X70 5G 10Gbps/ 3.5Gbps	2022 年 Q4	vivo X90 Pro+/X Fold2、iQOO 11/iQOO 11 Pro、小米 13/小米 13 Pro/小米 13 Ultra、moto X40、努比 亚 Z50/Z50 Ultra、Redmi K60 Pro/K60 冠军版、红魔 8 Pro/红魔 8 Pro+、一加 11、荣耀 Magic5/5 Pro/5 至臻版、三星 Galaxy S23/S23+/S23 Ultra、腾讯 ROG 游 戏手机 7、魅族 20/魅族 20 PRO/魅族

20 INFINITY、OPPO Find X6 Pro、
索尼 Xperia 1 V、夏普 AQUOS R8
Pro

资料来源：高通官网，快科技，安信证券研究中心

3.2. 高通全栈 AI 策略指引下，终端 AI 性能和能效卓越

高通持续推进全栈 AI 策略，助力 AI 生态系统大规模快速商业化。高通专注于研究跨应用程序、神经网络模型、算法、软件和硬件的优化技术，以及跨公司内部的跨学科工作，持续推进全栈 AI 研究和技术优化。该策略帮助高通在 AI 全领域创新，助力 AI 生态系统大规模快速商业化。

图15. 高通全栈 AI 研究和技术持续改进

图16. 高通 AI 全领域引领研发



资料来源：高通混合 AI 白皮书，安信证券研究中心

资料来源：高通官网，安信证券研究中心

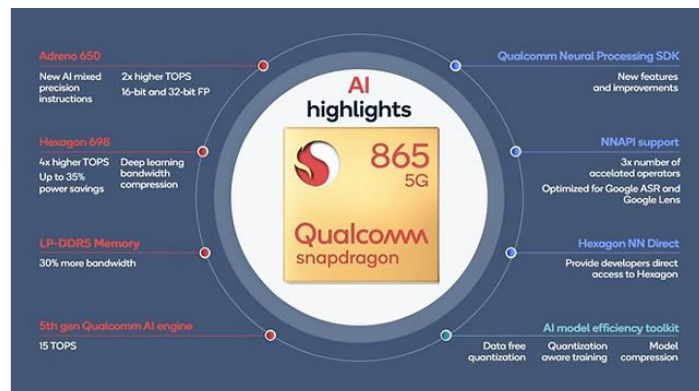
高通终端侧全栈 AI 具备行业领先的性能和能效优势。近期高通在其官网发布了相关视频，演示了全球首个在 Android 智能手机上运行的 Stable Diffusion 技术。突显了全栈策略的优势。Stable Diffusion 是一种全栈研究和优化技术，使终端侧运行的操作能在仅 15 秒内完成。这项技术已经成功集成进入高通的 AI 软件栈，预计将在未来的硬件设计中发挥重要作用。此外，Stable Diffusion 能够在手机上高效运行的优化方式也可以用于笔记本电脑、XR、汽车、智能耳机等其他终端。通过在高通 SoC 中已有的计算引擎（如 CPU、GPU 和 DSP）上运行各种机器学习任务，为边缘 AI 提供了最高效的解决方案。以高通的 Hexagon DSP 为例，它最初是为多媒体工作而设计的，但它的性能已经进一步优化，以有效地运行人工智能的工作负载。与在 CPU 上运行相同的工作负载相比，Snapdragon 865 上带有的 Hexagon DSP 已被证明在能效和性能方面有显著改善。

图17. 高通 AI 软件栈将 AI 软件统一到一个软件包中



资料来源：高通官网，安信证券研究中心

图18. Snapdragon 865 在能效和性能方面有显著改善



资料来源：高通官网，安信证券研究中心

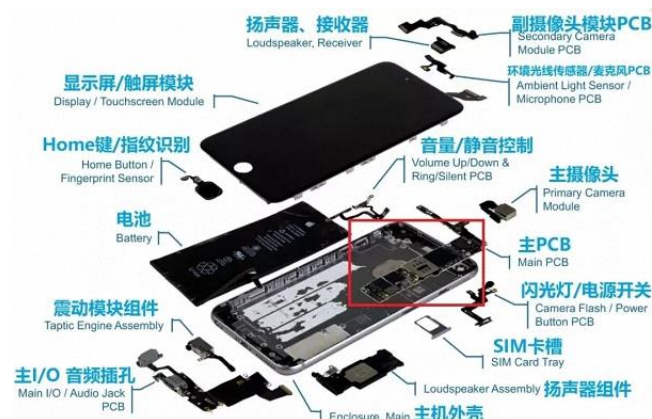
4. 混合 AI 有望率先给手机和 PC 端带来 AI 体验变革

4.1. 手机硬件结构复杂，APP 的运行涉及诸多硬件交互

智能手机相当于袖珍的计算机。智能手机包含处理器、存储器、输入输出设备（显示屏、USB 接口、耳机接口、摄像头等）及 I/O 通道。它通过空中接口协议（GSM、CDMA、PHS 等）和基站通信，既可以传输语音，也可以传输数据。

主电路板是智能手机的核心，负责手机的供电、控制以及各种功能的实现。智能手机的主电路板包括：射频电路、处理器及存储器电路、电源及充电电路、操作及屏显电路、接口电路，以及其他功能电路。其中，射频电路主要用来接收、发射射频信号，包括射频接收电路和射频发射电路，射频接收电路完成接收信号的滤波信号放大、调制等功能，射频发射电路完成语音基带信号的调制、变频、功率放大等功能。处理器及存储器电路是手机的核心电路，主要负责各种数据信号的处理、存储，向其他电路模块发送控制信号控制整机工作等。电源及充电电路主要负责将电池的供电转换成各个电路模块需要的工作电压，同时负责对电池的充电工作进行控制。操作与屏显电路主要用来驱动液晶显示屏显示图像，同时识别输入的人工指令，并将指令送到处理器电路进行处理。接口电路主要包括 USB 接口、耳机接口、蓝牙接口等，可以通过数据线与电脑、耳机或充电器连接。

图19. 智能手机的主要结构



资料来源：澎湃新闻，安信证券研究中心

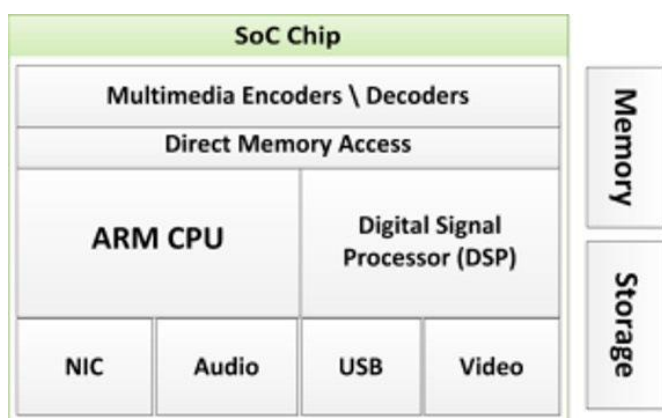
图20. 智能手机的主电路板结构



资料来源：CSDN，安信证券研究中心

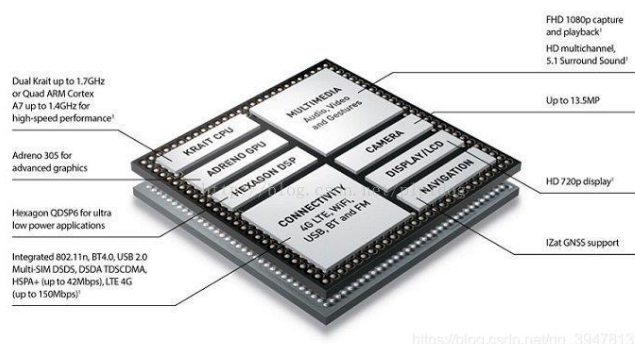
处理器芯片是智能手机的大脑,集成了众多功能模块。手机处理器芯片 SoC (System On Chip), 即系统级芯片, 它集成了各种功能模块, 每一种功能都是由硬件描述语言设计程序, 然后在 SoC 内由电路实现的。SoC 包括一个或多个计算引擎(微处理器/微控制器/数字信号处理器), 主、次存储器和输入/输出端口三个部分。相比于电脑的中央处理器 (Center Processing Unit), 手机的 SoC 集成了 CPU、DSP、数字电路、模拟电路、存储器及片上可编程逻辑等多种电路。SoC 可以分为专用 SoC 和通用 SoC 两类, 专用 SoC 是专用于集成电路向系统级的发展; 通用 SoC 是将 MCU、DSP、RAM、I/O 等集成在芯片上。

图21. SoC 包含一个或多个计算引擎, 主、次存储器和输入/输出端口三个部分



资料来源：EEWORLD，安信证券研究中心

图22. SoC 集成了各种功能模块



资料来源：CSDN，安信证券研究中心

IP 核 (Intellectual Property Core), 即知识产权核, 是满足特定规范并能在设计中可复用的功能模块, 构成了 SoC 的基本单元。IP 核可以应用在包含该电路模块的其他 SoC 设计

中，从而缩短设计周期，提高复杂 SoC 设计的成功率。一个复杂的 SoC 通常是由芯片设计企业自主设计的电路和多个外购的 IP 核连接构成的。IP 核按照设计的程度不同，可以划分为软核、固核、硬核。其中，软核以加密源代码的形式提供，芯片设计企业可以根据自研芯片情况调整和优化代码，软核灵活性高，对芯片设计企业的技术要求高。硬核相当于一块通过了验证的完整设计模块，可以直接取用，可靠性高，但灵活性相对较低。固核介于软核和硬核之间，它完成了比较关键的路径，并做好了预先的布局布线，其他部分仍可以通过编译器进行优化处理。

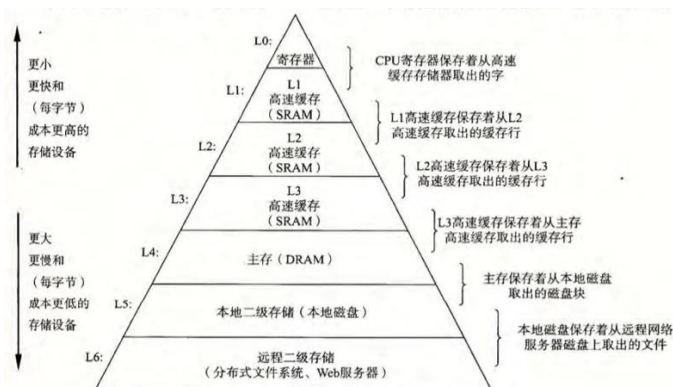
表3：IP 核按照设计的程度不同，可以划分为软核、固核、硬核

分类	定义	特点
软核	以加密源代码的形式提供，芯片设计企业可以根据自研芯片情况调整和优化代码	灵活性高，对芯片设计企业的技术要求高
固核	完成了比较关键的路径，并做好了预先的布局布线，其他部分仍可以通过编译器进行优化处理	灵活性介于两者之间
硬核	一块通过了验证的完整设计模块，可以直接取用	可靠性高，但灵活性相对较低

资料来源：安信证券研究中心

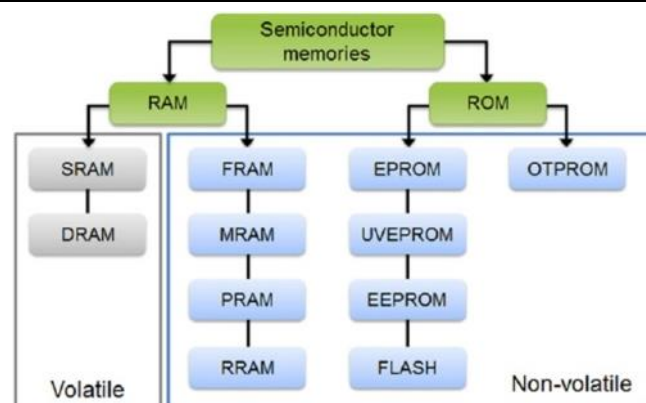
智能手机的存储器有内存和闪存，分属于不同的存储器层次。智能手机的存储器主要包括 RAM（Random Access Memory，随机存取存储器）、ROM（Read-Only Memory，只读存储器）。其中，RAM 是随机存取存储器又称为内存，用于存储智能手机运行时的程序和数据，最常用的 RAM 是 SRAM 和 DRAM。如果有缓存层次结构，SRAM 通常被用于缓存，DRAM 通常被用于主存储器。ROM 是只读存储器，只能从设备中读取数据而不能往里面写数据，ROM 中的数据是由手机制造商事先编好固化在里面的，使用者不能随意更改，ROM 主要用于检查手机系统的配置情况，并提供最基本的输入输出（I/O）程序。

图23. 存储器有内存和闪存，分属于不同的存储器层次



资料来源：《深入理解计算机系统（第三版）》，安信证券研究中心

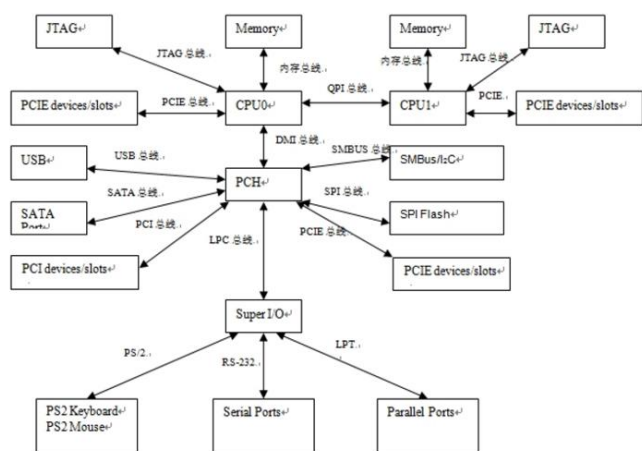
图24. 选择的内存类型取决于设计规范和应用程序



资料来源：EEWORLD，安信证券研究中心

总线是连接手机各芯片有关部件的公共信号线，是芯片间传递指令代码和通信信号的载体。按照数据传输的方式，总线分为串行总线与并行总线，串行总线的代表是 I2C 与 USB，并行总线的代表是 SDRAM 的总线、NAND Flash 的总线等。总线的作用是用来传输信号，为了各子系统的信息及时有效地传送，避免信号的相互干扰和物理空间上的过于拥挤，总线在通信时通常采用多路复用技术。评价总线性能主要关注宽度、频率和带宽这三大指标。其中，总线宽度是并行总线宽度，即能同时传送数据的二进制位数，单位为 bit。在传输速率相同的情况下，并行总线数据线根数越多，则单位时间内的传输数据量越大，总线宽度越大。总线频率是总线一秒能够传送数据的次数，单位为 Hz。总线带宽即总线的数据传输速率，是指每秒总线上可传送的数据总量，单位为 MB/s，总线带宽由总线宽度与总线频率共同决定。

图25. 系统总线架构图



资料来源：CSDN，安信证券研究中心

图26. I2C 总线结构图

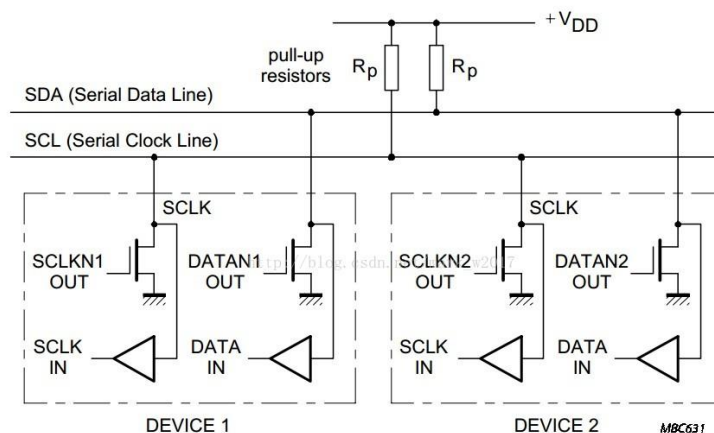


图3 标准模式器件和快速模式器件连接到I²C总线

资料来源：CSDN，安信证券研究中心

APP 在智能手机上的运行离不开内存、闪存和处理器的交互。当用户点击手机上的 APP 图标时，手机闪存接收到启动指令，将包含该程序的所有信息发送到内存中。内存接收到数据后，以极快的速度进行运算和处理，处理完毕的数据会再次传回内存中。此时，手机上的 APP 程序已经完成了开启过程，但并不会立刻回到闪存。相反，它会一直驻留在内存中，这是因为处理器需要随时准备接收来自用户操作的指令和数据。用户在操作 APP 期间，处理器会根据用户的操作不断处理数据，并将新产生的数据保存在内存中。最终，当用户关闭 APP 时，内存将会把原本的数据和用户操作产生的新数据一起保存，并将最终结果写回闪存中，以保证数据的更新和完整性。

4.2. SoC：面对生成式 AI 加速落地，SoC 算力提升潜力巨大

高通为智能手机、PC、智能汽车等各类终端平台打造了 SoC。在智能手机端，高通最初将骁龙处理器划分成 S1、S2、S3、S4 四个层级，层级内又包含 Play、Plus、Pro 和 Prime 四个子系列号。但复杂的编号不利于消费者记忆，于是 2013 年起，高通为骁龙处理器引入了如今的数字命名方式和层级。目前智能手机端的高端算力芯片以骁龙 888、骁龙 888+、8Gen1、8+Gen1、8550、8Gen2 为主，为后续混合 AI 算力提升奠定了基础。在 PC 端和智能汽车端，高通的高端算力芯片性能同样表现出色，在 PC 端主要有 8cx、8cxGen2、8cxGen3，在智能汽车端主要有 6155、8155、8295。

表4：高通为智能手机、PC、智能汽车等各类终端平台打造了 SoC

平台	型号	发布时间	制造工艺	CPU 架构	核心频率	GPU	内存	算力	价格	搭载品牌
手机	骁龙 888	2020 年 12 月	三星 5nm	单核 X1+	2.84+2.4+1.8GHz	Adreno 680	LPDDR4X-	2133	LPDDR5-	小米 11/11 Ultra/11 Pro/MIX FOLD、iQOO 7/iQOO 8/iQOO Neo 5S、vivo X60 Pro+、三星 Galaxy S21/S21+/S21 Ultra/Galaxy Z Fold 3/Galaxy Z Flip 3/W22/Galaxy S21 FE、Redmi K40 Pro/K40 Pro+、华硕 ROG 游戏手机 5/ZenFone 8/ZenFone 8 Flip、realme GT/GT2、中兴 Axon 30 Pro/Axon 30 Ultra、联想拯救者 2 Pro、一加 9 Pro/一加 9/一加 9RT、红魔 6 Pro/红魔 6R、黑鲨 4 Pro/黑鲨 4S Pro、OPPO Find X3 Pro/Find N/KO Pro、魅族 18/魅族 18 Pro、努比亚 Z30
				三核 A78+四核 A55			LPDDR5-			

								Pro、索尼Xperia 1 III/Xperia 5 III、荣耀Magic 3/荣耀X40 GT、华为P50/P50 Pro/P50 Pocket 海外版/Mate Xs 2、微软Surface Duo 2、华硕8z
骁龙888+	2021年6月	三星5nm	LPDDR5-3200"	3.0+2.4+1.8GHz	Adreno 680	LPDDR4X-2133	LPDDR5-3200	小米MIX 4、荣耀Magic 3 Pro/至臻版、腾讯ROG游戏手机5s/5s Pro、iQOO 8 Pro、魅族18s/魅族18s Pro、vivo X70 Pro+、红魔6S Pro、OPPO Find X5、moto S30 Pro
								摩托罗拉edge X30/X30 Pro/X30冠军版、小米12/小米12 Pro/小米POCO F4 GT、Redmi K50 电竞版/冠军版、iQOO 9/iQOO 9 Pro/iQOO Neo6/iQOO 10、realme GT2 Pro、荣耀Magic V/Magic4/Magic4 Pro/Magic4 至臻版、一加10 Pro、红魔7/红魔7 Pro、三星Galaxy S22/S22+/S22 Ultra、vivo X80 Pro 骁龙版/X Fold/X Note、中兴Axon 40 Ultra/天机A41 Ultra、夏普AQUOS R7、索尼Xperia 1 IV/Xperia 1 IV Gaming Edition/Xperia 5 IV、黑鲨5 Pro、联想拯救者Y90、努比亚Z40 Pro、OPPO Find X5 Pro 骁龙版/Reno9 Pro+
8Gen1	2021年12月	三星4nm	单核X1+三核A78+四核A55	3.0+2.5+1.7GHz	Adreno 730	LPDDR5-3200	9 INT8	128美元 (2022年7月)
8+Gen1	2022年6月	台积电4nm	单核X2+三核A710+四核A510	3.2+2.8+2.0GHz	Adreno 730	LPDDR5-3200		小米12S/12S Pro/12S Ultra/12T Pro/MIX 2 Fold/POCO F5 Pro、腾讯ROG游戏手机6/6 Pro、红魔7S/7S Pro、realme GT2 大师探索版/GT Neo5、Redmi K50 至尊版/K60、vivo X Fold+/X Flip、华为Mate 50/Mate 50 Pro/Mate 50 RS 保时捷设计/P60/P60 Pro/P60 Art/Mate X3、三星Galaxy Z Fold4/Z Flip4、联想拯救者Y70、moto razr 2022/X30 Pro/40 Ultra、一加Ace Pro/一加10T/一加Ace 2、努比亚Z40S Pro、iQOO 10 Pro/iQOO Neo7 竞速版/Neo 8、华硕ZenFone 9、荣耀Magic Vs/荣耀80 Pro/荣耀80 GT/荣耀90 Pro、OPPO Find N2/Reno10 Pro+
								vivo X90 Pro+/X Fold2、iQOO 11/iQOO 11 Pro、小米13/小米13 Pro/小米13 Ultra、moto X40、努比亚Z50/Z50 Ultra、Redmi K60 Pro/K60 冠军版、红魔8 Pro/红魔8 Pro+、红魔8S Pro/红魔8S Pro+(领先版)、一加11/一加Open、荣耀Magic5/5 Pro/5 至臻版、三星Galaxy S23/S23+/S23 Ultra、腾讯ROG游戏手机7、魅族20/魅族20 PRO/魅族20 INFINITY、OPPO Find X6 Pro、索尼Xperia 1 V、夏普AQUOS R8 Pro、华硕ZenFone 10
PC	8cx	2020年9月	7nm	八核Kryo495	2.75GHz	Adreno 680	LPDDR4X-2133	
	8cxGen2	2020年9月	7nm	八核A76	2.84GHz	骁龙8cxGen2 Adreno	LPDDR4X-2133	

	8cxGen3	2021年12月	三星5nm	四核X1+四核A78	3.0GHz+2.4GHz	骁龙8cxGen3 Adreno	8个LPDDR4x-4266	30TOPS	280美元 (2023年4月)	Surface Pro 9、ThinkPad X13s
	6155	2019年	11nm	双核+六核	1.9008+1.5936GHz	Adreno612 845MHz	LPDDR4X-1555			
汽车	8155	2019年	台积电7nm	单核+三核+四核	2.96+2.42+1.8GHz	Adreno640 700MHz	LPDDR4X-2092		40美元 (2022年7月)	蔚来、小鹏、理想、上汽、长城、广汽、吉利、长安等
	8295	2021年1月	三星5nm	四核+四核	2.5+2.05GHz	Adreno690	LPDDR4X-2092	30TOPS	150美元 (2021年11月)	

资料来源：高通官网，快科技，安信证券研究中心

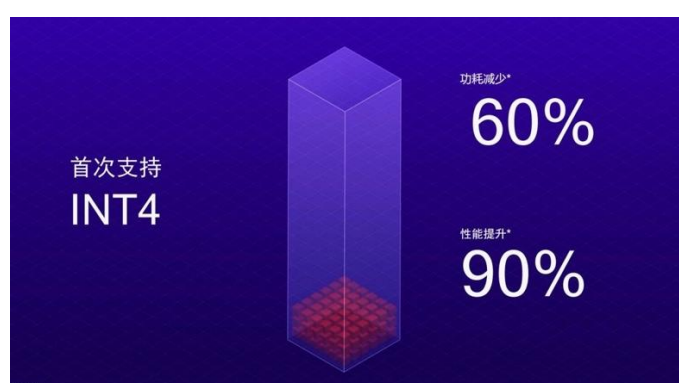
高通 SoC 推陈出新，AI 算力持续升维。据高通官网数据，骁龙 8Gen1 的 AI 算力为 9INT8，骁龙 8Gen2 的 AI 算力为 48INT8，骁龙 8Gen2 的 AI 算力相比上一代约提升了 4.35 倍。2022 年 11 月，高通在 2022 骁龙峰会上正式发布了骁龙 8 Gen2 SoC，作为第二代旗舰级产品，骁龙 8 Gen 2 在 CPU、GPU、AI 和网络连接、影音素质和游戏体验、网络安全等方面都有明显提升。骁龙 8 Gen2 不但在算力和能耗上提升明显，还搭载了高通旗下速度最快、最先进的高通 AI 引擎。此外，骁龙 8 Gen 2 采用了 Hexagon 处理器，这是全球首个支持 INT4 运算单元的处理单元。INT4 由于数据量很小，所以在处理一些轻度的、或者精度要求不高的运算时拥有明显的效率优势，因此极大程度上提高了运算的效率。此外，高通预计在 2023 年 10 月 24 日举行骁龙技术峰会并推出骁龙 8 Gen 3，而联发科预计在 2023 年 10 月上旬或者中旬推出天玑 9300，二者在性能上都有望得到大幅提升。

图27. Kryo CPU 相比骁龙 8 Gen 1 性能提升 35%，同时能效提升 40%



资料来源：2022 骁龙技术峰会，安信证券研究中心

图28. 骁龙 8 Gen 2 首次支持 INT4，提高了运算效率



资料来源：2022 骁龙技术峰会，安信证券研究中心

图29. 骁龙 8 Gen 3 和天玑 9300 在工艺制程及架构



资料来源: 36 氪, 安信证券研究中心

对比高通终端算力和英伟达云端算力, 未来高通 SoC 算力提升仍有巨大潜能。当前高通 QCS 8550 IN8 算力约是英伟达 A10 算力的五分之一, 未来伴随终端算力提升有望加速 AI 落地。高通的手机芯片分为多款, 以最新的手机 SoC 高通 QCS 8550 为例, 据官网数据, 它的算力达到 48 INT8 TOPS, 而用于云端生成式 AI 推理的英伟达 A10 算力达到 250 INT8 TOPS。

表5: 对比高通终端算力和英伟达云端算力参数对比

项目	英伟达 A40	英伟达 A800	英伟达 SXM4 A800	英伟达 A30	英伟达 A10	英伟达 A2	英伟达 A16	高通 QCS8550
GPU 架构	Amphere	Amphere		Amphere	Amphere	Amphere	Amphere	Adreno 740 680MHz
NVIDIA Tensor 核心数量	336	432		224	288	40	-	-
NVIDIA CUDA 核心数量	10752	FP64: 3456 FP32: 6912		3584	9216	1280	-	-
RT Cores 光线追踪核心数量	84	-		-	72	10	-	-
双精度性能 FP64	-	9.5TFLOPS FP64 (Tensor cores): 19.5T		5.2TFLOPS FP64 (Tensor	-	-	-	-

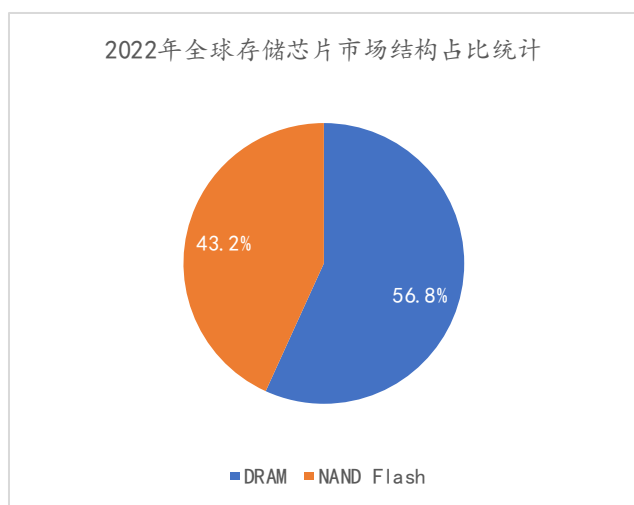
单位： FLOPS 单精度性能 FP32 单位： FLOPS 半精度性能 FP16 (Tensor 性能) 单位： FLOPS 整数运算能力 单位：OPS	37.4 T/ TF32: 74.8T/149.6 T	19.5T/ TF32: 156T/312T		cores): 10.3T 10.3TFLOPS/ TF32: 82T/165 T	31.2T/ TF32: 62.5T/1 25T	4.5T 9/18 T	-	-
	149.7 T/299.4T*	312/624T*		165/330 T*	125 T 250 T*	18T 36 T*	-	12 T
	INT8 299.3 T/598.6 T* INT4 598.7 T/1197.4 T*	INT8 624 T/1248T* INT4 1248 T/2496T*		INT8 330 T/661 T* INT4 661 T/1321 T*	INT8 250 T/500 T* INT4 500 T/1000 T*	36T/72T* 72T/144 T*	-	INT8 48 T
内存	48 GB	40GB	40G/80G	24GB	24GB	16GB	4*16 GB	4*16 GB
存储类型	GDDR6	HBM2	HBM2/HBM2E	HBM2	GDDR6	GDDR6	GDDR6	LPDDR5/5x @4200MHz
显存位宽	696 GB/s	1555 GB/s	1555 GB/s 2039 GB/s	933GB/s	600 GB/s	200 GB/s	4*232 GB/s	-
显存位宽	384 bit	4096 bit	4096 bit	4096 bit	-	-	-	-
系统接口 和带宽	PCIe Gen4, 31.5GB/s	PCIe Gen4, 64GB/s		PCIe Gen4, 64GB/s	PCIe Gen4, 64GB/s	PCIe Gen4, 64GB/s	PCIe Gen4	Pcie Gen4/Pcie Gen3/UFS4.0/U SB3.1 Gen2
P2P	112.5GB/s	400GB/s	400GB/s (8 卡间 可达 3.2TB/s)	225GB/s	112.5GB/s	-	-	-
功率	300 W	250W	400W	165W	150W	40-60W	250W	-
MIG	-	各种实例 大小 (最 大为 7 MIG@5GB)	各种实例大小 (最大为 7 MIG @ 10B)	4 MIGs @ 6GB each 2 MIGs @ 12GB each 1 MIGs @ 24GB	-	-	-	-

资料来源：高通官网，英伟达官网，It server，安信证券研究中心

4.3. DRAM：生成式 AI 模型参数递增，DRAM 配置需同步递增

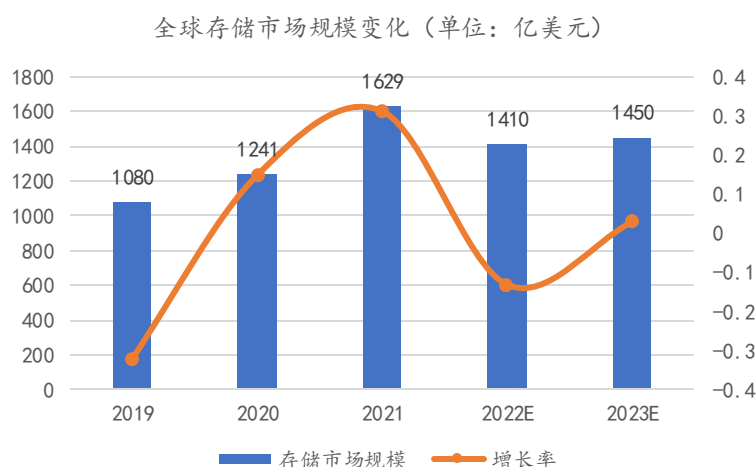
全球存储市场以 DRAM 和 NAND Flash 为主，市场规模在 2022 年小幅回落后或恢复温和增长。根据中商产业研究院统计，2022 年，全球 DRAM 市场规模为 790.61 亿美元，占比 56.8%；全球 NAND Flash 市场规模为 601.26 亿美元，占比 43.2%。据 CFM 闪存市场统计，2022 年全球存储市场规模下跌 13%，DRAM 和 NAND Flash 价格均大幅下降，其中 Flash Wafer 512Gb TLC 价格已经跌至 1.9 美元，年内跌幅达 54%。在终端厂商去库存和降成本的努力下，2023 年存储市场规模有望恢复温和增长，整体规模达到约 1450 亿美元。

图30. 全球存储市场 DRAM 和 NAND Flash 为主



资料来源：中商产业研究院，安信证券研究中心

图31. 全球存储市场在 2022 年小幅回落或恢复温和增长

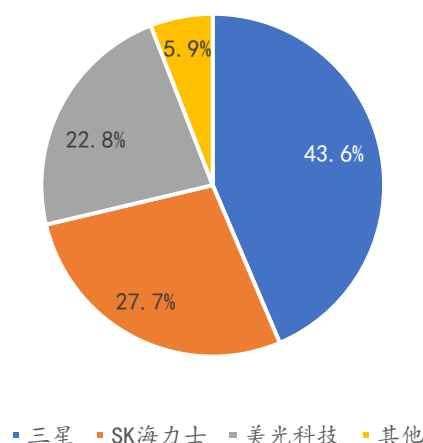


资料来源：CFM 闪存市场，安信证券研究中心

2021 年 DRAM 市场规模约 961 亿美元，市场集中度较高。据 IC Insights 统计，2021 年 DRAM 市场规模约 961 亿美元，以三星、SK 海力士、美光三家龙头为主。2021 年三家龙头共占有 94% 的 DRAM 市场份额，其中三星占比约 43%，SK 海力士占比约 28%，美光占比约 23%。

图32. 2021 年 DRAM 市场规模约 961 亿美金，以三星、SK 海力士、美光三家龙头为主

2021DRAM市场份额（\$96.1B）



资料来源：IC Insights，安信证券研究中心

根据产品特性和应用场景的不同，DRAM 可以分为 DDR、LPDDR 和 GDDR 三大类。DDR（Double Data Rate）是个人计算机和服务标准内存，具备内存密度较大和传输速率较快的优势。LPDDR（Low Power DDR）具备低功耗、小体积的优势，主要应用于智能手机、平板等便携式终端。GDDR（Graphics Double Data Rate）一般称之为显存，是针对图形显示卡所特化的一种 DDR 内存，适合高速图像处理，主要应用于显卡和游戏主机。

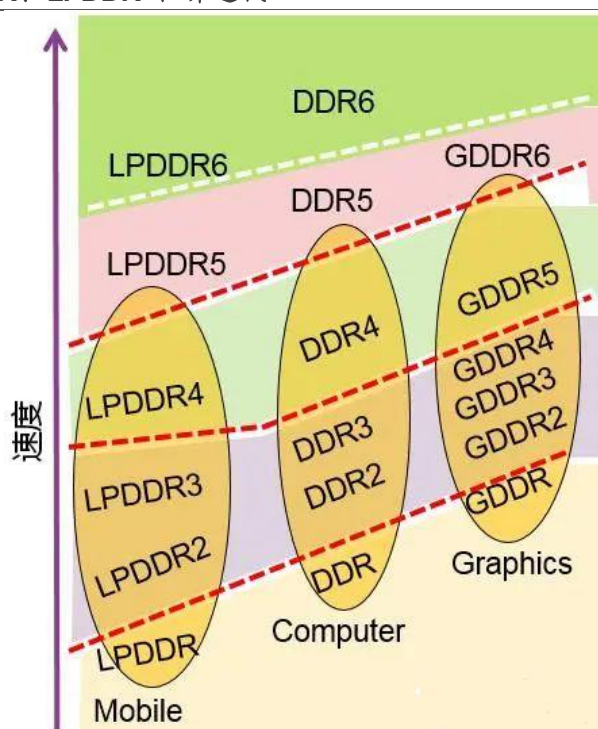
表6: DRAM 可以分为 DDR、LPDDR、GDDR

分类	产品特性	应用场景
DDR	内存密度较大和传输速率较快	个人计算机、服务器
LPDDR	低功耗、小体积	智能手机、平板
GDDR	适合高速图像处理	显卡、游戏主机

资料来源: 安信证券研究中心

DDR 版本不断迭代, 目前已经发展至第五代。DDR 后续迭代版本采用数据读写速率作为命名标准, 依次划分为 DDR2、DDR3、DDR4、DDR5。DDR5 从 2022 年开始量产, 与上一代 DDR4 相比整体性能有较大改善。

图33. DDR、GDDR、LPDDR 不断迭代



资料来源: FoneArena, 安信证券研究中心

表7: DDR5 与 DDR4 相比整体性能有较大改善

特性/选项	DDR4	DDR5	DDR5 优点
数据速率	1600-3200 MT/s	3200-6400 MT/s	提升性能和带宽
VDD/VDDQ/NPP	1.2/1.2/2.5	1.1/1.1/1.8	降低功耗
内部 VREF	VREFDQ	VREFDQ, VREFCA, VREFCS	优化电压裕量, 减少 BOM 成本
DRAM 容量	2Gb-16Gb	8Gb-64Gb	支持更大的单一器件
预取	8n	16n	保持低的内核时钟
数据通道接收器均衡	CTLE	DFE	提升 DRAM 内 DQ 数据眼的打开度
占空比调节	无	DQS 和 DQ	提升传输的 DQ/DQS 引脚上的信号质量
内部 DQS 延迟监控	无	DQS 间隔振荡器	提升应对环境变化的鲁棒性
片上纠错码	无	128b+8b 单位纠错, 错误勘查和清理	强化片上 RAS
循环冗余校验	写	读/写	通过保护读取数据加强系统 RAS
Bank 组 (BG)/banks	4 BGx4 banks (x4/x8) 2 BGx4 banks (x16)	8Gx2 banks (8Gb x4/x8) 4BGx2 banks (8Gb x16) 8BGx4banks (16-	提升带宽/性能

64Gb x 4/x8) 4B x 4banks (16-64Gb x 16)			
命令/地址接口	ODT, CKE, ACT, RAS, CAS, WE, A<X:0>	CA<13:0>	大大减少了 CA 引脚数
片内端接	DQ, DQS, DM/DBI	DQ, DQS, DM, CA 总线	提高信号完整性, 降低 BOM 成本
突发长度	BL8 (以及 BL4)	BL16, BL32 (以及 BC8 0TF, BL32 0TF)	仅用 1 个 DIMM 子通道就可实现 64B 高速缓存线提取

资料来源: CSDN, 安信证券研究中心

随着生成式 AI 模型参数递增, DRAM 配置也需提高。在 INT8 下, 保守估计模型参数每增加 10 亿, DRAM 需要增加 1GB。在手机端, 分析荣耀、三星当前最高端手机配置发现, 当前部分旗舰手机内存配置大多为 8GB 或 16GB, 考虑到操作系统等对内存的占用, 需要增加 DRAM 容量, 以支持在手机上进行 100 亿参数推理。在 PC 端, 分析联想、苹果最高端笔记本配置发现, 部分旗舰机型内存为 32GB, 苹果可选配为 64GB 或 96GB。

混合 AI 有望提升手机销量, DRAM 厂商受益较大。据 TrendForce 统计, 2022 年全球 DRAM 各类终端产品份额占比中, 手机端占比为 38.5%, PC 端占比为 13.2%, 二者合计占比为 51.7%; 2023 年全球 DRAM 各类终端产品份额占比中, 手机端占比为 36.9%, PC 端占比为 12.4%, 二者合计占比为 49.3%。手机与 PC 合计占 DRAM 终端产品份额一半左右, 市场空间大, 因此混合 AI 提升手机与 PC 销量及单机用量, 则有望进一步带动 DRAM 需求增长。

图34. 手机与 PC 合计占 DRAM 终端产品份额一半左右

Year of 2023		% of Total Supply 各产品的份额比重	
	YoY(%)		
PC	3.7%		12.4%
Server	17.2%		37.0%
Mobile	6.2%		36.9%
Graphics	7.7%		5.2%
Consumer	16.1%		8.5%
Year of 2022		% of Total Supply 各产品的份额比重	
	YoY(%)		
PC	19.1%		13.2%
Server	22.7%		34.9%
Mobile	15.3%		38.5%
Graphics	18.7%		5.3%
Consumer	18.6%		8.1%

资料来源: TrendForce, 安信证券研究中心

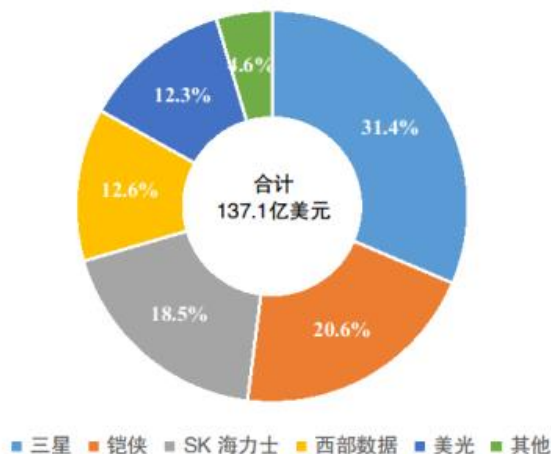
4.4. NAND: 未来生成式 AI 软件较大, NAND 配置需相应提高

NAND 市场规模与 DRAM 相近, 预计 2025 年有望首次超越 DRAM 市场规模。根据市场研究公司 Omdia 预测, 2023 年全球 NAND 闪存市场规模约为 585.13 亿美元, DRAM 市场规模约为 595.82 亿美元, 二者当前市场规模趋近。预计到 2025 年, NAND 闪存市场规模将首次超越 DRAM 市场规模达到 843.78 亿美元, 而 DRAM 市场规模约为 833.97 亿美元。

NAND 市场主要有五大巨头, 下游市场需求以手机端为主。根据国家发改委数据, 2022 年第三季度全球 NAND 出货量前五家企业市场份额总和为 95.4%, 市场占比从高到低分别为三星、铠侠、SK 海力士、西部数据、美光。根据 Trendforce 统计, 2020 年 NAND 的下游市场需求以智能手机端为主, 预计到 2023 年, 智能手机端的 NAND 需求将小幅上涨。

图35. 2022 年第三季度全球 NAND 出货量占比

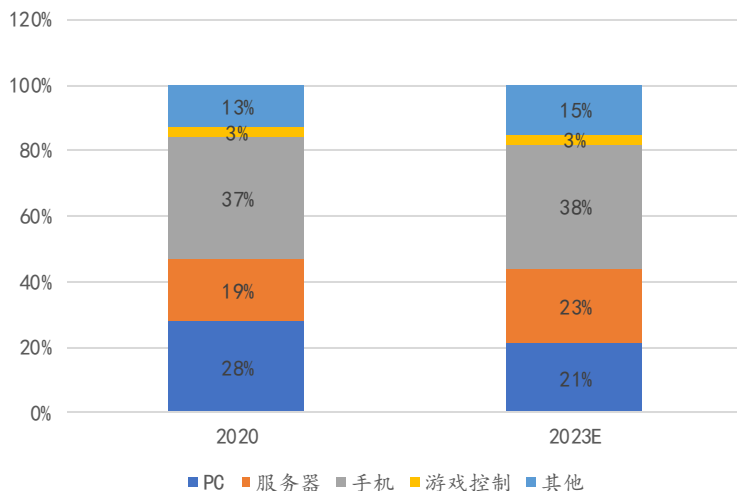
2022年第三季度全球NAND闪存出货情况



资料来源：国家发改委，安信证券研究中心

图36. 2020-2023 年全球 NAND 下游需求占比

2020-2023年全球NAND下游需求市场格局变化 (%)



资料来源：Trendforce，安信证券研究中心

未来集成多个 APP 的生成式 AI 软件或较大，当前 NAND 配置需相应提高。手机端以荣耀、三星当前最高端手机配置为例，荣耀 Magic5 至臻版闪存为 1TB，而三星 GalaxyS23 Ultra 闪存为 256GB。PC 端以联想、苹果当前最高端笔记本配置为例，联想 Legion Pro 7i Gen8 的闪存为 2TB，而苹果 MacBook Pro M2 的闪存为 1TB。由于 NAND 需要根据软件大小增加而增加，预计未来集成了生成式 AI 的 APP 大小将会提高，NAND 容量也需要相应提高。

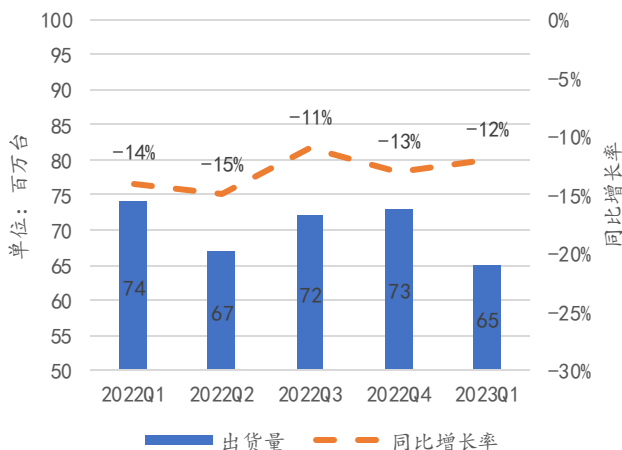
5. AI 行情由供给侧迈向应用侧，建议关注产业链投资机会

近年来消费电子换季周期逐渐延长，智能手机出货量有所放缓。根据 IDC 统计数据，2023 年 Q1 中国智能手机市场出货量约 6544 万台，同比下降 11.8%，延续了 2022 年的消费低迷状态。与海外市场类似，中国手机市场需求也并未出现明显的反弹，消费电子整体行情仍然受到经济低迷、消费信心等因素的影响。消费者换机周期不断拉长，消费者对于手机更新换代的需求较弱，根据 IDC 统计，一部智能手机使用 3-4 年越来越普遍。

图37. 近年来中国智能手机出货量有所放缓

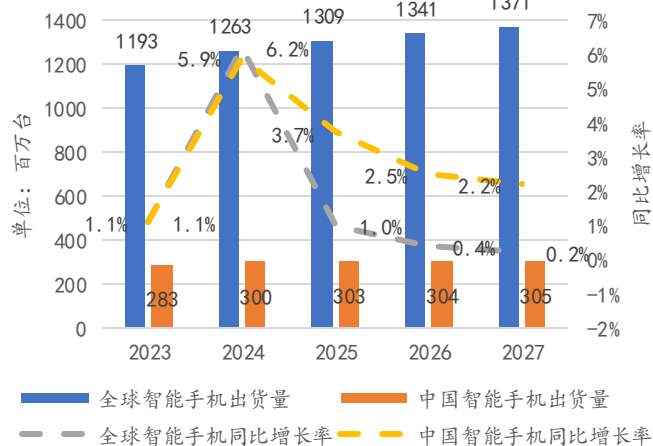
图38. 2023 年后全球智能手机出货量有望迎来改善

中国智能手机出货量、增长率，2022Q1-2023Q1



资料来源：IDC，安信证券研究中心

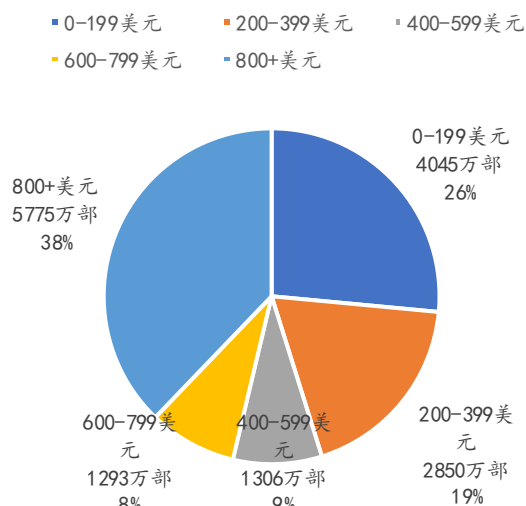
全球和中国智能手机出货量、增长率，2023-2027



资料来源：IDC，安信证券研究中心

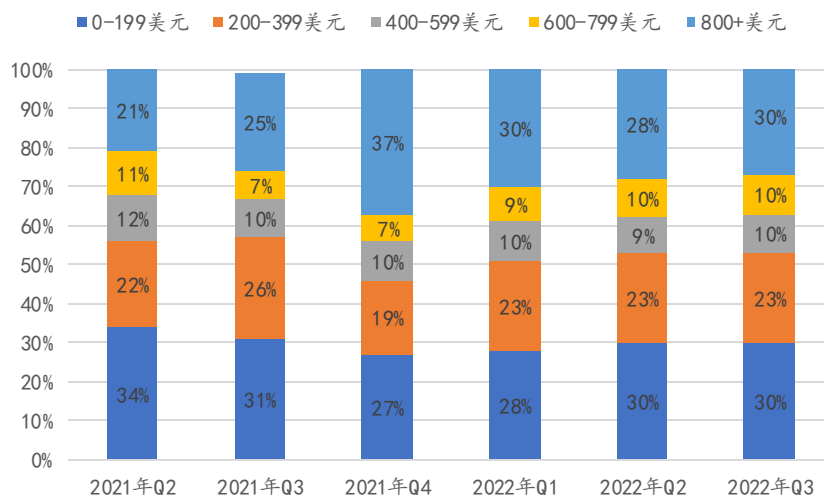
智能手机高端机型市场韧性较强，混合 AI 有望继续带动高端机型需求增长。将售价在 800 美元以上的智能手机机型划分为高端机型，售价在 400-799 美元的智能机划分为中端机型，售价在 399 美元的智能机划分为低端机型。根据潮电智库统计，2023 年第一季度全球畅销手机前 20 高端机型总销量为 5775 万部，同比 2022 年第一季度总销量的 5260 万部增长了 9%。高端机型手机销量每季度占比约在 30% 水平，2023 年第一季度高端机型占比 38%。相比之下，中低端机型的总销量都有所下降。未来混合 AI 或率先布局在高端机型市场，各大手机厂商的旗舰机型销量有望进一步提升。

图39. 2023Q1 全球畅销手机前 20 各价格段销量占比



资料来源：潮电智库，安信证券研究中心

图40. 历年全球畅销手机前 20 各价格段销量占比



资料来源：潮电智库，安信证券研究中心

我们预计消费电子产业链有望受益于海外此轮混合 AI 趋势，在 AI 行情由供给侧迈向应用侧之时恢复上行趋势。SoC、DRAM 和 NAND 用量或增加，未来智能手机和 PC 的换季周期或缩短，有望带领行业加速走出周期底部，建议关注相关产业链投资机会。

表8：华为 nova 6 5G 主要硬件配置

元器件	厂商	型号	国家	预估成本
SoC	海思	Hi3690	中国	60 美元, 423.72 元 人民币 (下同)
RAM	三星	K3UH7H70MM-EGCL	韩国	32 美元, 225.98 元
ROM	三星	KLUDG4UHD-B2D1	韩国	15 美元, 105.93 元
5G 基带芯片	海思	Hi9500	中国	55 美元, 388.41 元
功率放大器芯片	村田制作所	未知	日本	0.8 美元, 5.65 元
电源管理芯片	海思	Hi6562	中国	0.6 美元, 4.24 元
音频解码芯片	海思	Hi6405	中国	1.6 美元, 11.3 元
功率放大器芯片	海思	Hi6D05	中国	1.8 美元, 12.71 元
功率放大器	海思	Hi6D22	中国	0.8 美元, 5.65 元
快充管理芯片	海思	Hi6526	中国	1.1 美元, 7.77 元
高效 D 类音频放大器	NXP	TFA9874C	荷兰	0.5 美元, 3.53 元
WiFi/BT 芯片	海思	Hi1103	中国	4 美元, 28.25 元
3GB 内存芯片	SK 海力士	H9HZNNHWMML	韩国	11 美元, 77.68 元
CPU 供电芯片	海思	Hi6421	中国	2 美元, 14.12 元
基带供电芯片	海思	Hi6421	中国	2 美元, 14.12 元
电源管理芯片	海思	Hi6422	中国	0.5 美元, 3.53 元
低噪放芯片	海思	Hi6H11	中国	0.25 美元, 1.77 元
射频开关芯片	海思	Hi6H12	中国	0.25 美元, 1.77 元
电源管理芯片	海思	Hi6562	中国	0.6 美元, 4.24 元
功率放大器芯片	海思	Hi6D03	中国	0.8 美元, 5.65 元
前端模块芯片	高通	QDM2305	美国	0.5 美元, 3.53 元
射频收发芯片	海思	Hi6365	中国	4 美元, 28.25 元
屏幕	天马	TL068FVMH02-00	中国	18 美元, 127.15 元

资料来源：华为官网，集微拆评，安信证券研究中心

表9：OPPO Reno4 Pro 主要硬件配置

元器件	厂商	型号	国家和地区	预估成本
主芯片	高通	骁龙 765G	美国	41 美元, 285.20 元
内存+闪存	三星	8GB RAM+128GB ROM	韩国	40 美元, 278.24 元
NFC 控制芯片	NXP	SN***	荷兰	0.8 美元, 5.56 元
音频解码器	高通	WCD***	美国	1.6 美元, 11.13 元
电源管理芯片	高通	PM7***/PM7***	美国	3 美元, 20.86 元
射频收发器	高通	SS***	美国	4.3 美元, 29.91 元
三轴电子罗盘	美新半导体	MM***	中国	0.2 美元, 1.39 元
Wi-Fi 蓝牙芯片	高通	WCN***	美国	3.5 美元, 24.34 元
6 轴 (陀螺仪+加速度计)	博世	未知	德国	0.5 美元, 3.48 元
前端模块	QORVO	QM***	美国	2.5 美元, 17.38 元
射频前端模块	Skyworks	Sky7***	美国	1.6 美元, 11.13 元
激光聚焦传感器	意法半导体	未知	瑞士	0.8 美元, 5.56 元
麦克风	歌尔	未知	中国	0.2 美元, 1.39 元
屏幕	三星	AM***	韩国	65 美元, 452.06 元
后置摄像头传感器	索尼/三星	IMX***/IMX***/S5***	日本/韩国	35 美元, 243.41 元
前置摄像头传感器	未知	未知	未知	5.5 美元, 38.25 元

资料来源：OPPO 官网，集微拆评，安信证券研究中心

表10：部分产业链上市公司

产业链环节	公司名称
品牌	华为、荣耀、小米、传音控股、苹果、三星、Oppo、Vivo、联想等
内存+存储	三星，美光科技，SK 海力士，西部数据，长江存储，合肥长鑫，兆易创新，北京君正，澜起科技，聚辰股份，中微公司，国科微，江波龙，佰维存储，香农芯创，普冉股份，恒烁股份，深科技，东芯股份等
屏幕面板	三星，京东方 A，深天马 A，长信科技，维信诺，同兴达，蓝思科技，TCL 科技，奥来德，精测电子等
PCB	迅达科技，弘信电子，鹏桑控股，深南电路，兴森科技，鹏鼎控股，东山精密等
摄像头	索尼，舜宇光学科技，豪威科技，三星，佳能，联创电子，水晶光电，韦尔股份，思特威，丘钛科技，高伟电子，蓝特光学，三利谱，欧菲光，立景，格科微等
电池	欣旺达，德赛电池等
SoC/CPU	高通，英伟达，联发科，苹果，三星，英特尔，华为海思，紫光展锐，翱捷科技，瑞芯微，晶晨股份，全志科技，台积电，中芯国际等
外壳/机构件	比亚迪电子，工业富联（富士康）等
射频/天线	Skyworks，Qorvo，立讯精密，卓胜微，唯捷创芯，东山精密，信维通信，硕贝德等
触控/指纹传感	韦尔股份，汇顶科技，新思等
精密结构件	领益智造，长盈精密，安洁科技等
连接器	立讯精密，电连技术等
滤波器	卓胜微，麦捷科技等
被动元器件	顺络电子，声光电科，风华高科等
电容	微容科技等
陶瓷盖板	三环集团等
模拟芯片	圣邦股份，艾为电子，南芯科技，美芯晟，思瑞浦，中颖电子等
声学零部件	瑞声科技，歌尔股份等

资料来源：安信证券研究中心

6. 风险提示

- 1) 行业竞争加剧：终端 AI 迎来发展浪潮，若后续参与者增加，存在竞争格局恶化风险。
- 2) 相关技术进展不及预期：终端 AI 技术尚未完全成熟，存在研发投入不足导致技术进展滞后的风险。
- 3) 商业变现能力不及预期：混合 AI 相关产品仍处于研发期，后续产品拓展需要公司进一步挖掘客户需求。

■ 行业评级体系 ■■■

收益评级：

领先大市 —— 未来 6 个月的投资收益率领先沪深 300 指数 10%及以上；

同步大市 —— 未来 6 个月的投资收益率与沪深 300 指数的变动幅度相差-10%至 10%；

落后大市 —— 未来 6 个月的投资收益率落后沪深 300 指数 10%及以上；

风险评级：

A —— 正常风险，未来 6 个月的投资收益率的波动小于等于沪深 300 指数波动；

B —— 较高风险，未来 6 个月的投资收益率的波动大于沪深 300 指数波动；

■ 分析师声明 ■■■

本报告署名分析师声明，本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，勤勉尽责、诚实守信。本人对本报告的内容和观点负责，保证信息来源合法合规、研究方法专业审慎、研究观点独立公正、分析结论具有合理依据，特此声明。

■ 本公司具备证券投资咨询业务资格的说明 ■■■

安信证券股份有限公司（以下简称“本公司”）经中国证券监督管理委员会核准，取得证券投资咨询业务许可。本公司及其投资咨询人员可以为证券投资人或客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或间接的有偿咨询服务。发布证券研究报告，是证券投资咨询业务的一种基本形式，本公司可以对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向本公司的客户发布。

■ 免责声明 ■ ■ ■

何机构或个人接收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但本公司不保证该等信息及资料的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映本公司于本报告发布当日的判断，本报告中的证券或投资标的价格、价值及投资带来的收入可能会波动。在不同时期，本公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息及资料保持在最新状态，本公司将随时补充、更新和修订有关信息及资料，但不保证及时公开发布。同时，本公司有权对本报告所含信息在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以本公司向客户发布的本报告完整版本为准，如有需要，客户可以向本公司投资顾问进一步咨询。

在法律许可的情况下，本公司及所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务，提请客户充分注意。客户不应将本报告为作出其投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代客户自身的投资判断与决策。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，无论是否已经明示或暗示，本报告不能作为道义的、责任的和法律的依据或者凭证。在任何情况下，本公司亦不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告版权仅为本公司所有，未经事先书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表、转发或引用本报告的任何部分。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“安信证券股份有限公司研究中心”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

本报告的估值结果和分析结论是基于所预定的假设，并采用适当的估值方法和模型得出的，由于假设、估值方法和模型均存在一定的局限性，估值结果和分析结论也存在局限性，请谨慎使用。

安信证券股份有限公司对本声明条款具有惟一修改权和最终解释权。

安信证券研究中心**深圳市****地 址：**深圳市福田区福田街道福华一路 19 号安信金融大厦 33 楼**邮 编：**518026**上海市****地 址：**上海市虹口区东大名路 638 号国投大厦 3 层**邮 编：**200080**北京市****地 址：**北京市西城区阜成门北大街 2 号楼国投金融大厦 15 层**邮 编：**100034