

王之盛宴 5G全景研究

——通信行业之 5G 深度报告之一——

2017 年 08 月 01 日

看好/维持

通信

深度报告

投资摘要:

新浪潮，新引擎：5G“三超”（超高速、超低时延、超大连接）的关键能力和万物互联的应用场景将开启新一轮信息产业革命，我们预计 5G 网络建设投资达到 1.29 万亿（同比 4G 增长超过 60%）。预计到 2035 年 5G 在全球创造 12.3 万亿美元经济产出（相当于 2016 年全美消费支出），至 2030 年我国 5G 直接和间接产出将分别达 6.3 万亿和 10.6 万亿元。

- **何时 5G：**2017 年外场测试，2018 年第一版标准落地，并将开启规模试验，2019 年预商用，2019 年或将为 5G 元年，2020 年正式商用。
- **5G 发展路径：**先网络建设，后信息服务；先运营商支出，后垂直行业融合，垂直领域融合的新增市场规模，将数倍于网络建设投资规模。
- **5G 全景研究：**我们将 5G 架构体系分为基站系统、网络架构、应用场景和终端设备四大部分，共对应 14 个产业链环节。各产业链环节投资占比不同，通信网络设备（SDN/NFV 解决方案）占比最大，将达 40%。
- **5G 投资时序：**我们认为，2019-2025 将是 5G 网络主建设期，基站天线最先受益，预计将 2019 年规模起量，投资规模近 700 亿；通信网络设备将最大受益，投资规模将达 5400 亿元。

投资策略：王之盛宴，不可缺席。

- 主题投资阶段（2017-2019），布局确定性标的，推荐龙头中兴通讯。
- 业绩释放阶段（2019 之后），我们看好：1、拥有大规模天线技术优势的通宇通讯、摩比发展；2、通信网络设备及 SDN/NFV 方案提供商中兴通讯、烽火通信和紫光股份；3、光纤光缆龙头地位的亨通光电、长飞；4、有高速光模块研发制造能力的中际装备、光迅科技和新易盛。5、具有物联网平台先发优势的宜通世纪，大数据应用的东方国信。

风险提示：5G 标准化进程和运营商投资不及预期。

行业重点公司盈利预测与评级

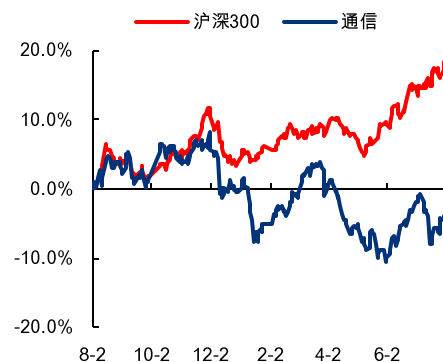
简称	EPS (元)			PE			评级
	16A	17E	18E	16A	17E	18E	
中兴通讯	-0.5	1.14	1.4	(40)	18	15	强烈推荐
烽火通信	0.73	0.84	0.99	34	29	25	推荐
通宇通讯	0.96	1	1.1	33	32	29	推荐
紫光股份	1.07	1.21	1.55	52	45	35	推荐
亨通光电	1.06	1.7	2.12	18	15	12	强烈推荐
中际装备	0.05	0.93	1.4	854	46	30	推荐
宜通世纪	0.39	0.26	0.36	28	41	30	推荐

资料来源：东兴证券研究所

细分行业	评级	动态
光通信	看好	维持
物联网	看好	维持
5G	看好	维持
IDC 及云服务	看好	维持
大数据	看好	维持

行业基本资料		占比
股票家数	110	3.33%
重点公司家数	-	-
行业市值	12841.63 亿元	2.13%
流通市值	9552.6 亿元	2.26%
行业平均市盈率	78.45	/
市场平均市盈率	20.59	/

行业指数走势图



资料来源：东兴证券研究所

相关研究报告

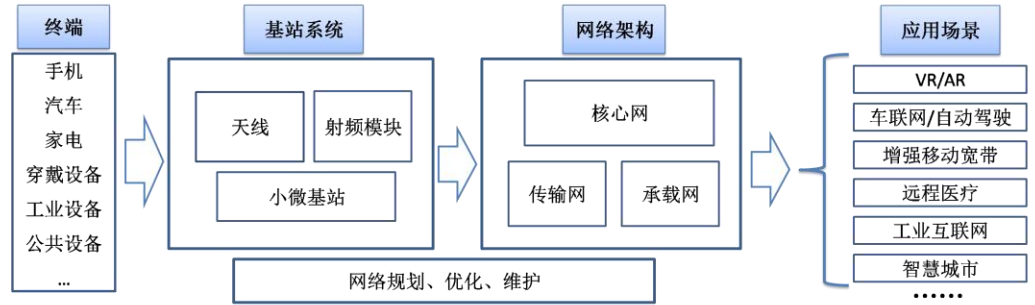
- 1、《通信行业光通信深度报告：春光无限正芳华》2017-06-12
- 2、《通信行业周报第 39 期：中移动省公司发布 NB-IoT 商用网络》2017-02-20
- 3、《通信行业周报第 38 期：行情回暖，关注光通信和物联网》2017-02-13
- 4、《通信行业周报第 37 期：重磅文件密集发布，行业景气可期》2017-01-23

5G关键技术

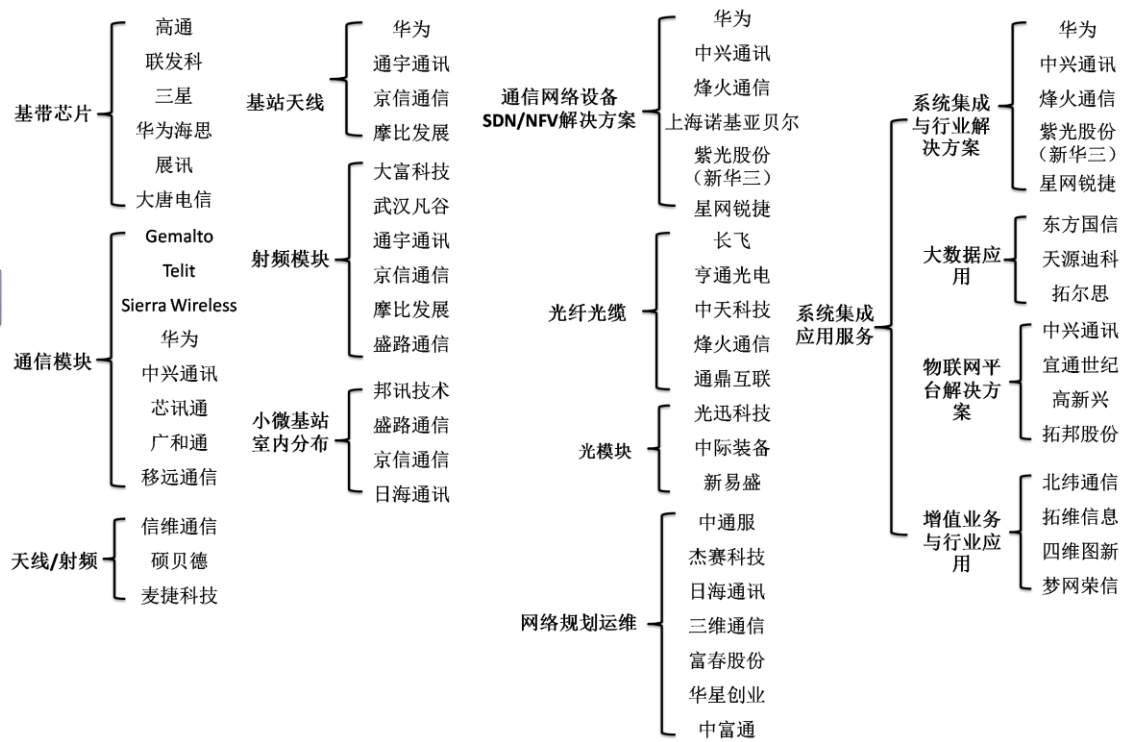
新空口技术
Massive MIMO
全频谱接入

SDN/NFV
网络切片
边缘计算

5G架构体系



5G产业链环节



目 录

1. 何为 5G: 科技革命新浪潮, 驱动经济新引擎.....	6
1.1 百川入海, 从“移动互联”到“万物互联”	6
1.2 5G, 驱动世界经济的新引擎	7
2. 何时 5G: 2018 标准落地与规模试验, 2019 或成 5G 元年	10
3. 5G 全景与投资时序	11
3.1 提纲挈领, 一张图看懂 5G 架构与产业全景	11
3.2 盛宴开席, 天线是“开胃”, 通信网络设备为“主菜”	13
3.2.1 投资规模测算: 总投资达 1.29 万亿, 同比 4G 增长超 60%.....	13
3.2.2 万亿投资, 通信网络设备 (SDN/NFV 解决方案) 占比最大	16
3.2.3 投资时序: 天线是“开胃”, 通信设备为“主菜”, 信息服务乃“甜点”	17
3.3 抽丝剥茧, 解构 5G 架构及其产业环节	18
3.3.1 基站系统: 大规模天线率先商用, 小微基站与室内分布将成为新常态	18
3.3.2 网络架构: 重构新大脑、新躯体, 通信网络设备及 SDN/NFV 最核心	21
3.3.3 应用场景: 垂直行业融合, 系统集成与应用服务最关键	23
3.3.4 终端设备: 顶端为基带芯片, 通信模块是“搬运工”	25
4. 投资策略及重点公司	27
4.1 投资策略	27
4.2 重点公司	28
4.2.1 中兴通讯	28
4.2.2 烽火通信	29
4.2.3 通宇通讯	29
4.2.4 紫光股份	29
4.2.5 亨通光电	30
4.2.6 中际装备	30
4.2.7 宜通世纪	30
5. 附录: 5G 标准研究与关键技术要点补充	31
5.1 5G 标准研究机构与职责	31
5.2 全球主流区域 5G 推进计划	32
5.3 5G 关键技术	33
5.3.1 空中接口关键技术: 新多址、新波形、新频段、Massive MIMO	34
5.3.2 全频谱接入: 5G 高低频混合组网	35
5.4 大规模天线 (Massive MIMO): 率先商用的 5G 技术	36
5.5 SDN/NFV 网络架构, 重构 5G 网络的新大脑、新躯体	37

表格目录

表 1:5G 各产业链环节投资规模的测算	14
表 2:5G 各产业链环节投资规模	17
表 3:基站天线与射频的主要供应商	20
表 4:网络架构产业链的主要供应商	22
表 5:系统集成与应用服务的主要供应商	24
表 6:终端设备产业链的主要供应商	26
表 7:历代移动通信关键技术	33

插图目录

图 1:移动通信系统演进历程	6
图 2:5G 关键能力指标	7
图 3:5G 与 4G 关键能力对比	7
图 4:ITU 定义的 5G 三大应用场景	7
图 5:面向 2020 年的典型 5G 场景	7
图 6:5G，驱动下个 10 年信息产业发展的引擎	8
图 7:2035 年 5G 全球经济产出	8
图 8:5G 对全球经济增长的贡献	8
图 9:5G 在中国的直接和间接经济产出	9
图 10:5G 直接经济产出结构	10
图 11:来自运营商和各行业 5G 网络设备收入	10
图 12:3GPP 标准化进程	10
图 13:中国移动 5G 计划	11
图 14:5G 架构与产业全景图	12
图 15:5G 全频谱接入组网方式	13
图 16:5G 与 4G 投资规模的比较	16
图 17:5G 各产业链环节投资占比	17
图 18:5G 产业链环节投资时序	18
图 19:天线和射频模块集成示意图	19
图 20:天线和射频模块集成原理图	19
图 21:Massive MIMO 原理示意图	19
图 22:中兴通讯 128 个通道天线示意图	19
图 23:5G 全频谱接入的组网方式	20
图 24:网络架构重构思想示意图	21
图 25:5G 实现端到端网络切片的目标架构	21
图 26:5G 三大场景的渗透应用	23
图 27:基于蜂窝技术的物联网垂直行业应用范例	24

图 28:芯片与模块的区别	25
图 29:通信芯片与通信模块的关系	26
图 30:5G 投资策略示意图	28
图 31:5G 标准研究机构	31
图 32:全球主流区域 5G 推进计划	32
图 33:中国 5G 进程	33
图 34:5G 关键技术概况	34
图 35:5G 空口关键技术	34
图 36:WRC 确定的 5G 新增候选频谱	35
图 37:5G 全频谱演进示意图	36
图 38:5G 高低频混合组网示意图	36
图 39:5G 全频谱接入满足差异化多样化的 5G 业务需求	36
图 40:Massive MIMO 优势示意图	37
图 41:C 波段与 Massive MIMO 提升下行容量	37
图 42:较低复杂度支持 Massive MIMO	37
图 43:SDN/NFV 的原理架构与关键特征	38
图 44:网络云化原理架构	38
图 45:5G 网络总体架构	39

1. 何为 5G：科技革命新浪潮，驱动经济新引擎

“5G 对于世界经济的影响，将类似于电力或汽车的引入。”这是对 5G 重大意义的最好形容。5G “三超”（超高速、超低时延、超大连接）的关键能力和万物互联的应用场景，将开启人类信息社会的新一轮变革，对社会各领域的渗透与影响也将前所未有的。

5G 将成为驱动经济发展的巨大引擎。据预测，到 2035 年 5G 在全球将创造 12.3 万亿美元经济产出（相当于 2016 年全美消费支出），全球年度 GDP 创造贡献达 3 万亿美元（相当于印度，全球第七大经济体）。而我国 5G 的直接和间接产出将分别达 6.3 万亿和 10.6 万亿元。

我们认为，5G 的发展进程必然是从基础网络到上层应用，研究逻辑坚持“两个先后”：先网络建设，后信息服务；先运营商支出，后垂直行业融合。

1.1 百川入海，从“移动互联”到“万物互联”

移动通信自 20 世纪 80 年代诞生以来，经历了大概每十年一代的革新，从八十年代的 1G “大哥大”时代（第一代蜂窝移动电话系统），直到现今的 4G 时代，经历了从模拟到数字技术，语音到数据业务的演进，实现了“人与人”“人与信息”互联，网络峰值速率从 2G 时代的 100Kbps 到 4G 时代的 1Gbps，实现了万倍的增长。

图 1:移动通信系统演进历程



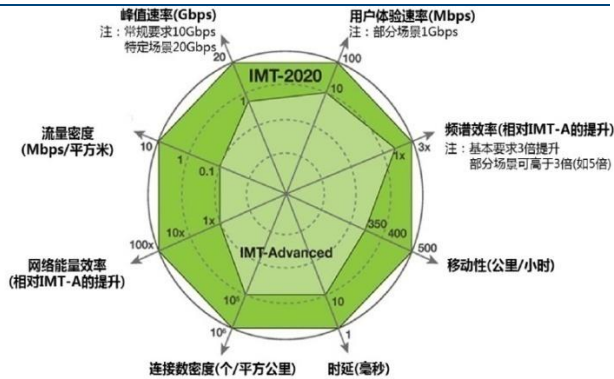
资料来源：公开资料，东兴证券研究所

即将到来的 5G 不仅是移动通信技术的升级，更是面向全新业务、智能生活、智能生产的网络变革。简言之，其变革体现在前所未有的关键能力和应用场景。

- ◆ **高速率：**峰值速率超过 10Gbps，用户体验速率可达 100Mbps-1Gbps，可实现移动高清、VR/AR 等极致体验。
- ◆ **低时延：**网络时延 1ms（4G 网络时延 50ms），满足车联网、工业物联网、远超医疗等严苛要求。

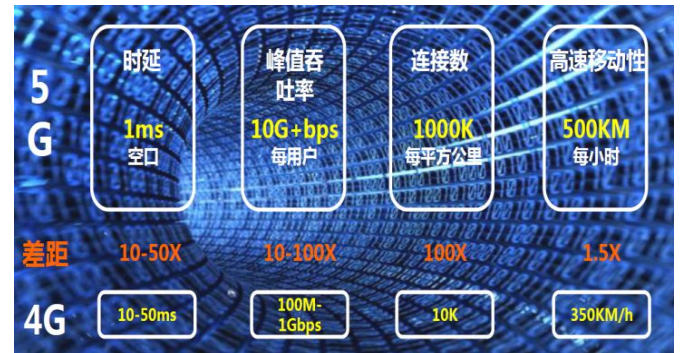
- ◆ 海量连接：100 万连接/平方公里的连接密度，实现千亿量级容量的连接。

图 2:5G 关键能力指标



资料来源：ITU，东兴证券研究所

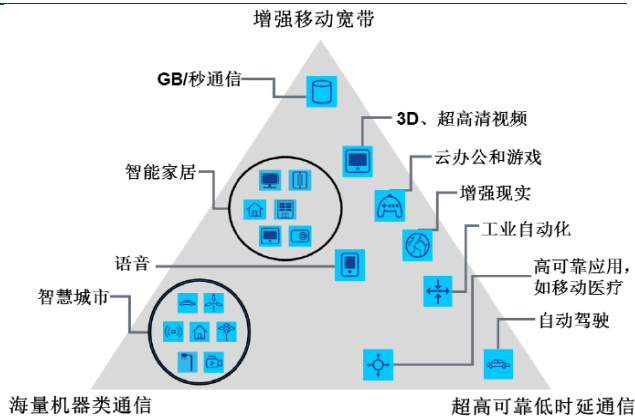
图 3:5G 与 4G 关键能力对比



资料来源：公开资料，东兴证券研究所

- ◆ 应用场景：ITU 给出的增强移动宽带 (eMBB)、海量机器类通信 (mMTC) 和超可靠低时延通信 (uRLLC) 三大应用场景，除了是对现有移动互联网的增强，更重要的是，将诞生更深刻更丰富的场景，如车联网、智能交通、智能电网、智能家居、工业互联网、远程医疗等都将得以实现。

图 4:ITU 定义的 5G 三大应用场景



资料来源：ITU，东兴证券研究所

图 5:面向 2020 年的典型 5G 场景

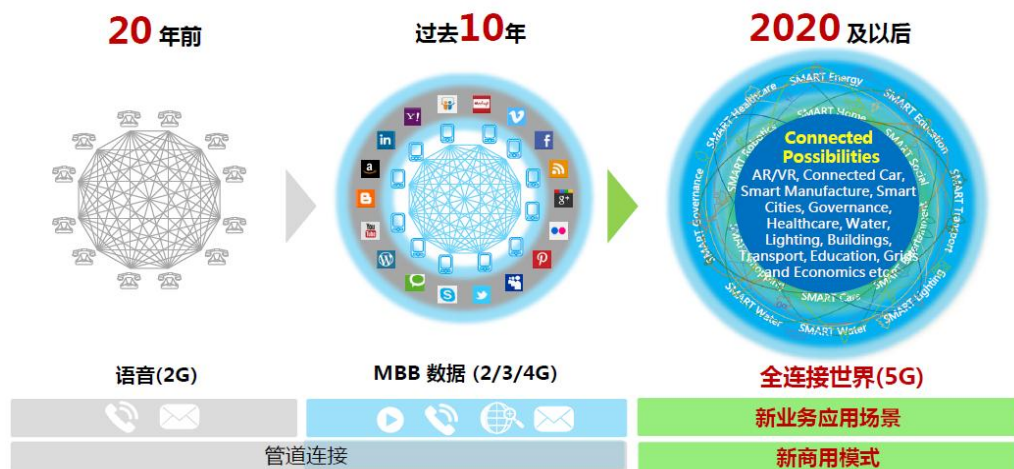


资料来源：公开资料，中兴通讯，东兴证券研究所

1.2 5G，驱动世界经济的新引擎

5G 将成为继蒸汽机、电力、汽车、互联网之后的新通用技术，是驱动下一个 10 年信息产业和社会经济发展的巨大引擎。

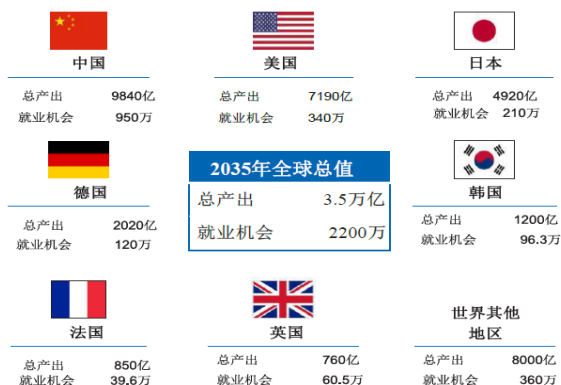
图 6: 5G, 驱动下个 10 年信息产业发展的引擎



资料来源：中国移动，华为，东兴证券研究所

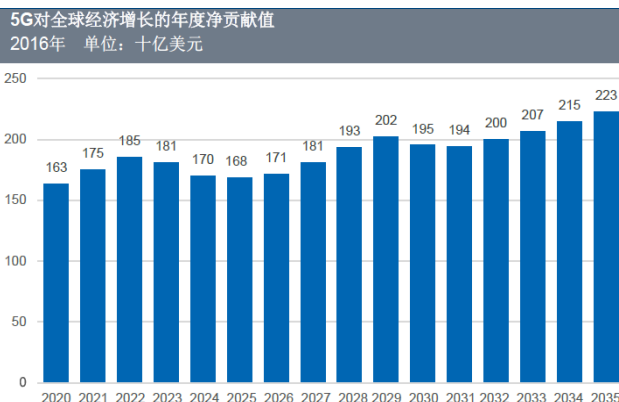
- ◆ **全球经济产出**：根据 IHS Markit 预测，到 2035 年 5G 将在全球创造 **12.3 万亿美元经济产出**（相当于 2016 年所有美国消费者全部支出，超过中国、日本、德国、英国和法国 2016 年消费支出总和）。
- ◆ **5G 价值链产出**：到 2035 年，全球 **5G 价值链将创造 3.5 万亿美元产出**，同时创造 **2200 万** 个工作岗位。5G 价值链平均每年将投入 2000 亿美元（相当于 2014 年美国联邦、州和地方政府交通运输基础设施支出总和的一半）。
- ◆ **第七大经济体的 GDP 贡献**：IHS Markit 预测，2020–2035 年 5G 为全球年度 GDP 创造贡献将达 3 万亿美元（相当于印度，全球第七大经济体），贡献全球 GDP 0.2% 的增长（预计全球实际 GDP 年平均增长率为 2.9%）。

图 7: 2035 年 5G 全球经济产出



资料来源：IHS，东兴证券研究所

图 8: 5G 对全球经济增长的贡献



资料来源：IHS，东兴证券研究所

对于中国，据统计到 2030 年中国 5G 直接产出和间接产出将分别达 6.3 万亿和 10.6 万亿元。2020-2030 年直接产出和在间接产出年均复合增长率将分别为 29%、24%。

图 9:5G 在中国的直接和间接经济产出

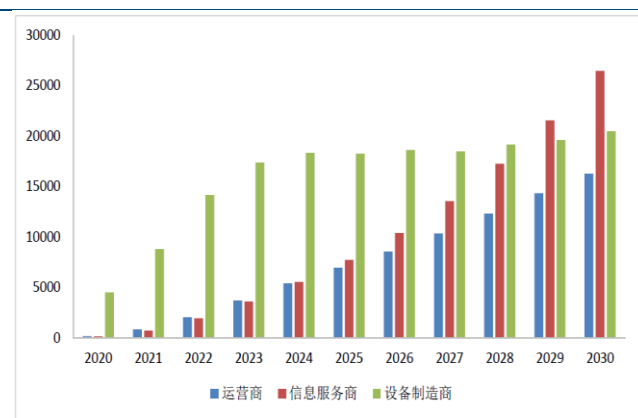


资料来源：中国信通院，东兴证券研究所

从产出结构看，拉动产出增长的动力随 5G 商用进程的深化而相继转换。

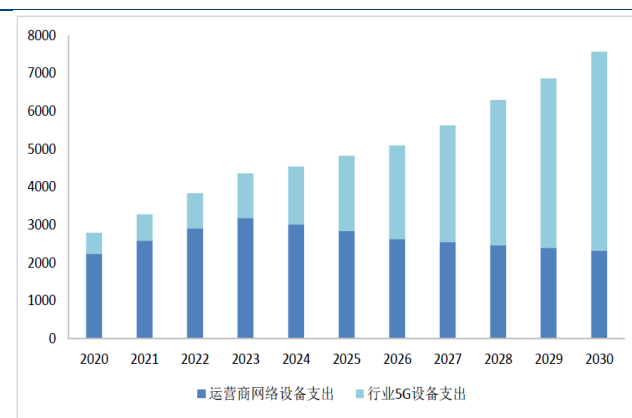
- ◆ **5G 商用初期：运营商网络建设拉动为主。**预计 2020 年网络设备和终端设备收入合计约 4500 亿元，占直接经济总产出 94%。
- ◆ **5G 商用中期：终端设备与信息服务放量。**预计到 2025 年将总计达 2.1 万亿元，占直接经济总产出 64%。
- ◆ **5G 商用中后期：信息服务占主导。**预计 2030 年互联网信息服务收入达到 2.6 万亿元，占直接经济总产出的 42%。

图 10:5G 直接经济产出结构



资料来源：中国信通院，东兴证券研究所

图 11:来自运营商和各行业 5G 网络设备收入



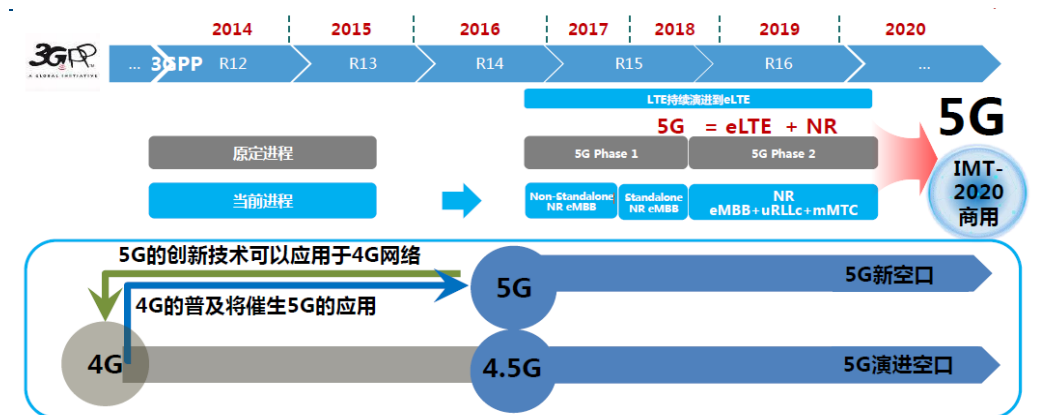
资料来源：中国信通院，东兴证券研究所

我们认为，5G 驱动作用主要体现在两方面，其一为 5G 网络建设投资，其二为基于 5G 网络，实现 5G 愿景的垂直行业深度渗透。对 5G 进程的研究，坚持先网络建设，后信息服务，先运营商支出，后垂直行业融合。

2. 何时 5G：2018 标准落地与规模试验，2019 或成 5G 元年

5G 标准制定以企业为主，通过区域性研究平台合作进行。各国研究机构、运营商、设备制造商、标准组织都积极参与技术研究、开发实践和标准制定。标准化进程已经加快，2017 年底将完成 5G 标准初稿，预计 2018 年 9 月正式确定第一版 5G 标准。

图 12:3GPP 标准化进程



资料来源：3GPP，华为，东兴证券研究所

- ◆ **全球 5G 进程：**全球 5G 部署主要看四大主流区域（中国、日韩、美国、欧盟），其中日韩分别以东京奥运会和平昌奥运会为事件驱动，加快 5G 试商用部署。美国 Verizon 已经宣布完成 5G 规范制定，计划 2017 年进行商用部署。
- ◆ **中国 5G 进程：**我国工信部明确表示将于 2020 年实现 5G 商用。其部署进程将重

点看三大运营商推进计划，我们认为首看中国移动，据中国移动最新发布的 5G 推进时间表，2017 年开始外场试验，2018 年规模试验，2019 年预商用。

(5G 标准研究机构与全球主流区域推进计划，详见附录 5.1/5.2)

我们认为，2020 年是我国确定的 5G 最晚时限，最终商用只会提前，不可能延后。具体而言，2018 年运营商将开启规模试验和部署，2019 年启动预商用，2020 年左右正式商用，2019 年或将成为 5G 元年。

图 13:中国移动 5G 计划



资料来源：中国移动，东兴证券研究所

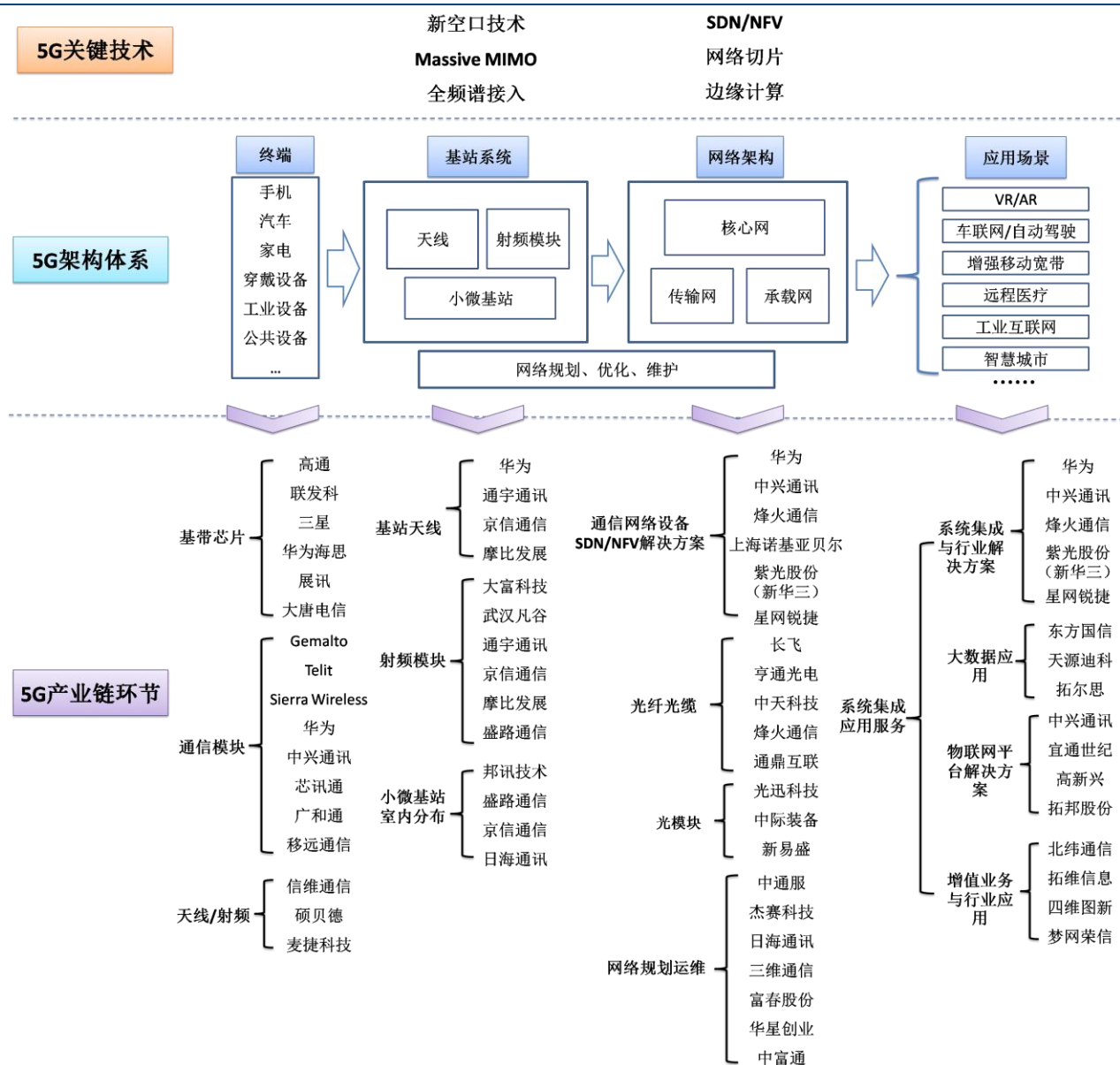
3. 5G 全景与投资时序

3.1 提纲挈领，一张图看懂 5G 架构与产业全景

5G 的关键技术概括而言，可分为空中接口和网络架构两大方面，即实现的统一空口技术和云化软件定义网络架构。基于此，5G 关键能力发生了颠覆性的变革，以实现超高速率，超低时延和万物互联场景的支撑。(5G 关键技术详见附录 5.3)

我们将 5G 架构体系划分为基站系统、网络结构、应用场景和终端设备四个部分，每部分都对应各自不同的产业链环节，依此绘制出了 5G 体系架构与产业全景图。

图 14:5G 架构与产业全景图



资料来源：东兴证券研究所

- ◆ **基站系统**：包括天线、射频、小微基站等部分，产业链环节主要涵盖基站天线、射频模块、小微基站与室内分布等。
- ◆ **网络架构**：由于 SDN/NFV 的应用，涉及核心网、传输网、承载网等架构将实行重构，其产业链环节主要包括通信网络设备及 SDN/NFV 解决方案、光纤光缆、光模块、网络规划优化和运维。
- ◆ **应用场景**：包括 VR/AR、车联网、增强移动宽带、工业互联网、远程医疗等各行业领域的渗透融合，其产业链环节主要为系统集成与行业解决方案、大数据应用、物

联网平台解决方案、增值服务与行业应用等。

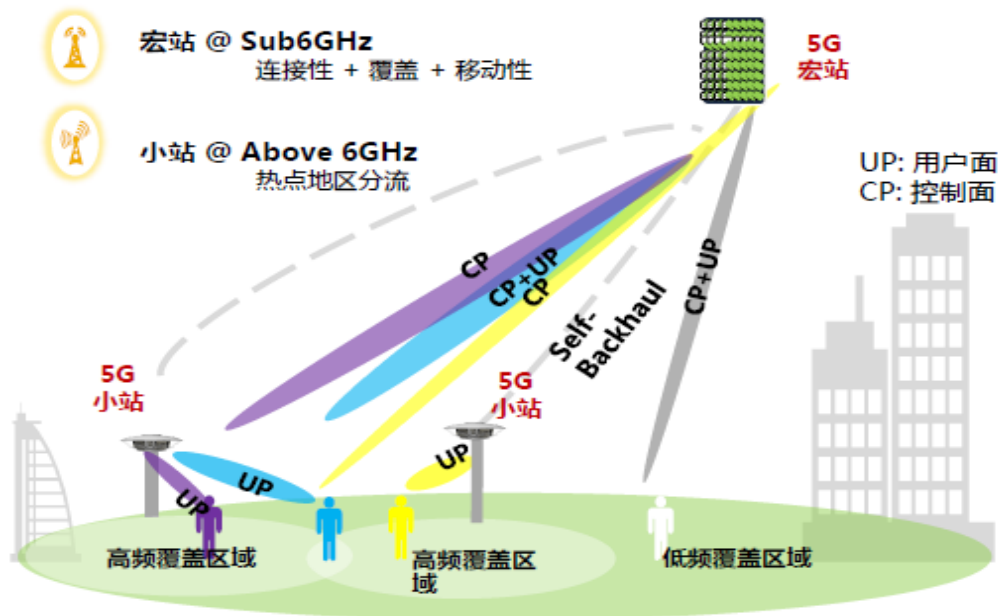
- ◆ **终端设备：**5G 时代的终端将不限于手机，其核心产业链环节为通信芯片、通信模块、天线和射频等部分。

3.2 盛宴开席，天线是“开胃”，通信网络设备为“主菜”

3.2.1 投资规模测算：总投资达 1.29 万亿，同比 4G 增长超 60%

5G 的无线接入将实现中低高频段的全频谱接入，6GHz 以下的中低频段将提供连续性覆盖（其中 3.5G/4.9G 将作为主频段），而如 28/39G 等毫米波高频段将作为热点区域或容量提升的覆盖。

图 15:5G 全频谱接入组网方式



资料来源：华为，中国移动，东兴证券研究所

5G 基站将包括中低频段（6G 以下）的宏站和高频段（6G 以上）的小站，我们对宏站和小站数量分别进行预估。

- ◆ **宏站数量：**中低频段的宏站可实现与 4G 基站相当的覆盖范围，我们预计，5G 宏站的数量将与 4G 基站数量相当。到 2017 年 4G 基站预计为 380 万个（覆盖 99% 人口），如实现相同的覆盖，预计 **5G 宏站将达 380 万个**。
- ◆ **小站数量：**毫米波高频段的小站，其覆盖范围是 10-20m，在应用于热点区域或更高容量业务场景，其数量保守估计将是宏站的 2 倍，由此我们预计 **5G 小站将达到 800 万个**。

基于基站数量（宏站 380 万个、小站 800 万个）的关键性假设，以及三大运营商与

主流设备商的相关统计，我们对 5G 各产业链的投资规模进行测算。

表 1:5G 各产业链环节投资规模的测算

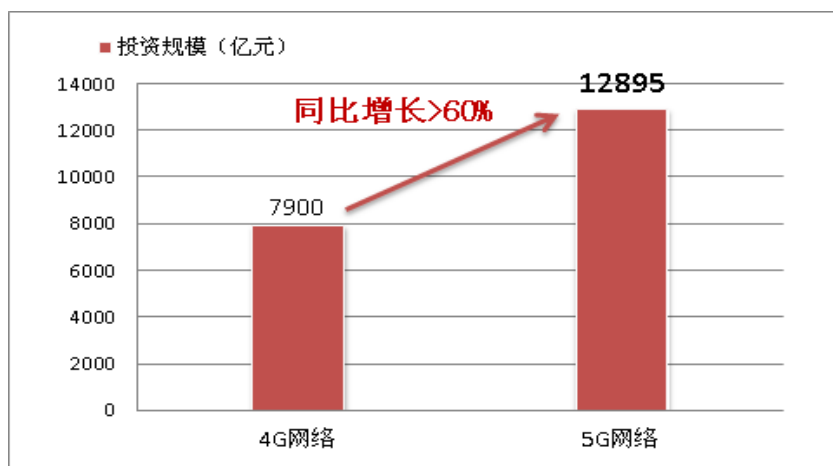
5G 产业链环节	测算依据 (关键预估：中低频宏站 380 万个，高频段小站 800 万个)	投资规模（亿元）
基站天线	<p>测算依据：</p> <p>每个基站 3 副天线，宏站每副天线预计 4000 元，小站每副天线预计 1000 元。</p> <p>总投资：380 万*3*4000 元+800 万*3*1000 元=696 亿元</p>	696
基站射频	<p>测算依据：</p> <p>每个基站 3 副天线对应 3 套射频模块，宏站每套射频模块预计 5000 元，小站每套射频模块预计 1000 元。</p> <p>总投资：380 万*3*2500 元+800 万*3*1000 元=525 亿元</p>	525
小微基站与室内分布	<p>测算依据：</p> <p>1、小微站：小微基站整体的价格预计为 1 万元，其数量为 800 万，预计投资：800 万*1 万元=800 亿元。</p> <p>2、室内分布：室内分布系统分为企业级和家庭级，预计我国 5G 企业级室内分布将成为主流，总数量预计保守估计为 1000 万，每个价格 1000 元，预计投资：1000 万*1000 元=100 亿元。</p> <p>总投资：800 亿+100 亿元=900 亿元</p>	900
通信网络设备 (SDN/NFV 解决方案)	<p>测算依据：</p> <p>通信网络设备是移动通信系统的核心环节，主要包括无线、传输、核心网及业务承载支撑等系统设备。依据运营商统计，在 4G 系统中通信网络设备的投资超过 4000 亿元，我们预计 5G 基于 SDN/NFV 重构的网络架构，将形成硬件设备和软件定义化解决方案的两大部分，预计整体投资将同比增长 30%。</p> <p>总投资：4000 亿*(1+30%)=5200 亿元</p>	5200
光纤光缆	<p>测算依据：</p> <p>基于 C-RAN 部署方式，RRU 到 BBU 及 BBU 到汇聚点的前传回传网络，预计平均每个宏站所需光纤约 2KM，每个小站所需光纤 0.5km，采用大芯数光缆（144 芯），宏站现有基站光纤复用率为 50%。</p> <p>·宏站所需光纤：380 万*2km*144*50%=5.472 亿芯公里</p> <p>·小站所需光纤：800 万*0.5km*144=5.76 亿芯公里</p> <p>总计 11.2 亿芯公里，光纤价格预计 65 元每芯公里。</p> <p>总投资：11.2 亿*65 元=728 亿元</p>	728

光模块	<p>测算依据：</p> <p>· 前传：每个基站覆盖三个扇区，每个扇区一个 BBU 和 RRU，每个基站需要 6 个光模块，故前传所需：(380 万+800 万)*6=7080 万个。</p> <p>· 回传：基站 BBU 回传需要 1 个光模块，基于 C-RAN，每个 BBU 对应 3 个 RRU，每个基站需要 1 个回传光模块，故回传所需：380 万+800 万=1180 万个。</p> <p>总计所需光模块：8260 万个，25G/100G 光模块量产后（达到运营商能承受规模替换的价格）1000 元/个。</p> <p>总投资：8260 万*1000 元=826 亿元</p>	826
网络规划运维	<p>测算依据：</p> <p>网络规划运维主要包括规划设计、网优和运维，依据运营商测算，投资规模约为 1200 亿元，5G 网络架构重构和集中化运维，虽然基站总数增多，业务复杂度提高，但集中化、智能化的趋势明显，预计总投资规模将小幅增长，达到 1300 亿元。</p> <p>总投资：1300 亿元</p>	1300
系统集成与应用服务	<p>测算依据：</p> <p>5G 面向物联网、远程医疗、工业网互联等场景的系统集成与应用服务，将不同于 4G 网络，包括行业解决方案、物联网平台、大数据应用等，依据运营商的测算，我们保守估计在 5G 网络主建设时期，其投资金额将达到 1600 亿元。</p> <p>总投资：1600 亿元</p>	1600
其他（配套设施及工程建设等）	<p>测算依据：</p> <p>4G 网络的配套设施与工程建设投资超过 1350 亿元，5G 将同比增长 15%-20%，预计达 1600 亿元。</p> <p>总投资：1600 亿元</p>	1600
平衡项（重复计算扣减）	<p>扣减“小微基站与室内分布”与“基站天线”和“射频模块”小基站部分的重复计算：800 万*3*1000 元+800 万*3*1000 元=480 亿元</p>	-480
总计		12895

资料来源：东兴证券研究所

由此，我们认为，我国 5G 网络建设总投资将达 1.29 万亿元，同比 4G 网络建设投资（7900 亿元）增长超过 60%。

图 16:5G 与 4G 投资规模的比较



资料来源：东兴证券研究所

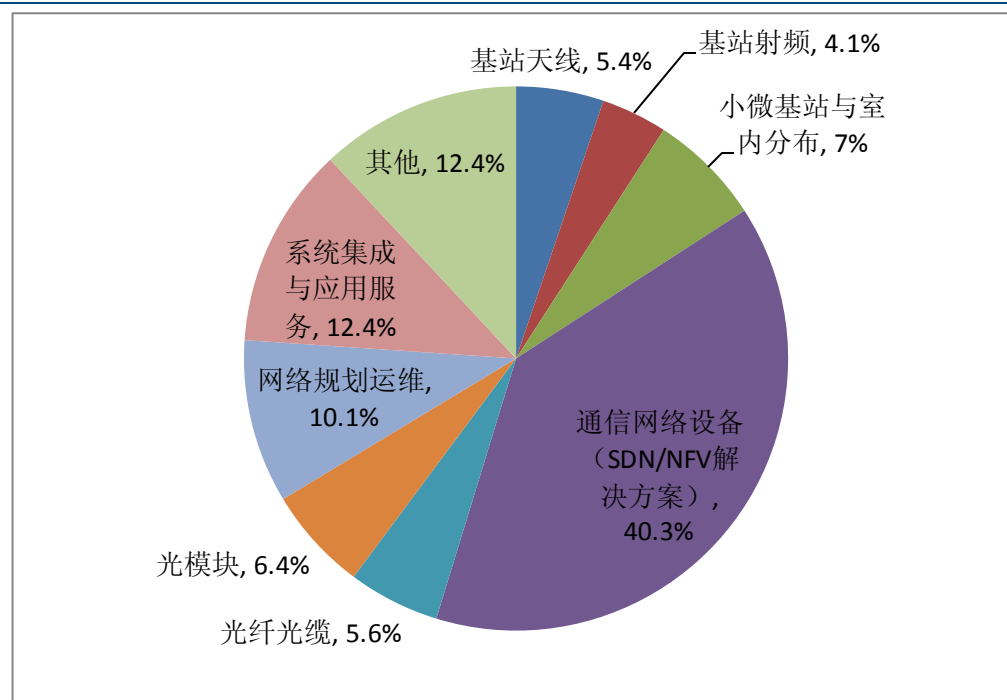
此仅为 5G 网络建设的投资，我们认为，未来基于 5G 网络的信息服务和垂直行业融合的新增市场规模将数倍于 1.29 万亿。

3.2.2 万亿投资，通信网络设备（SDN/NFV 解决方案）占比最大

在整个 5G 网络建设投资中，各产业链投入时序和投资占比有所不同，其中通信网络设备（SDN/NFV 解决方案）占比最大（40.3%），投资总额将达 5200 亿元。

- ◆ 基站系统部分的天线、射频、小微基站与室内分布将分别为 5.4%、4.1%和 7%。
- ◆ 网络架构部分的光纤光缆、光模块、和网络规划运维将分别占 5.6%、6.4%和 10.1%。
- ◆ 包括行业解决方案、大数据应用、物联网平台和增值业务等系统集成和应用服务将达 12.4%。

图 17:5G 各产业链环节投资占比



资料来源：东兴证券研究所

表 2:5G 各产业链环节投资规模

5G 产业链环节	投资占比	投资规模 (亿元)
基站天线	5.4%	696
基站射频	4.1%	525
小微基站与室内分布	7%	900
通信网络设备 (SDN/NFV 解决方案)	40.3%	5200
光纤光缆	5.6%	728
光模块	6.4%	826
网络规划运维	10.1%	1300
系统集成与应用服务	12.4%	1600
其他	12.4%	1600
总计		12895

资料来源：东兴证券研究所

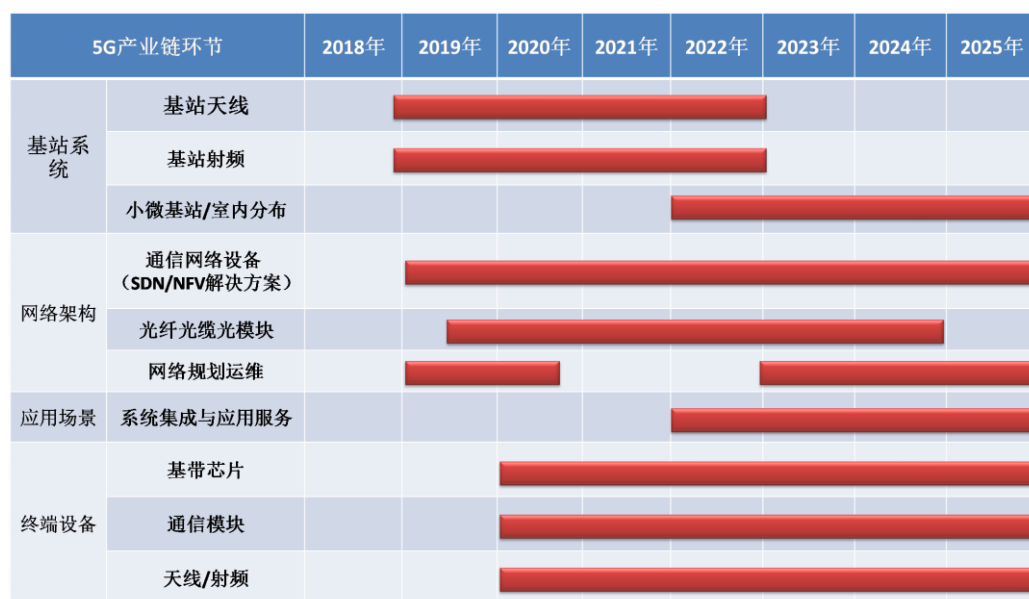
3.2.3 投资时序：天线是“开胃”，通信设备为“主菜”，信息服务乃“甜点”

5G 的建设周期将与 3G/4G 完全不同。从频谱接入的角度，先中低频段覆盖，后高频段接入；从应用场景的角度，先增强移动宽带 (eMBB)，再海量机器类通信 (mMTC) 和超高可靠低时延通信 (uRLLC)。

我们认为，5G 主建设期将持续 5-6 年，主建设期为 2019-2025 年。随着 5G 网络建设的进行，各产业链环节的受益时序各不相同。

- ◆ **最先受益：**建设初期（2019 年起）将是规模试验、4G 演进和预商用阶段，最先受益将是基站天线和射频模块。
- ◆ **最大受益：**在大规模接入网建设和网络架构重构阶段，最大受益环节将是通信网络设备及 SDN/NFV 解决方案。网络规划运维在建网的早期和建网完成后将受益，光纤光缆和光模块将在网络建设和升级中受益。
- ◆ **最长远受益：**随着网络基础的完善，基于 5G 网络的垂直行业融合和信息应用服务将层出不穷，包括系统集成与行业解决方案、大数据应用、物联网平台与解决方案、增值业务与行业应用等需求将规模放量，相应产业链环节也将持续受益。

图 18:5G 产业链环节投资时序



资料来源：东兴证券研究所

3.3 抽丝剥茧，解构 5G 架构及其产业环节

3.3.1 基站系统：大规模天线率先商用，小微基站与室内分布将成为新常态

基站是提供无线覆盖和信号收发的核心环节，包括基站主设备和室外天馈系统，其中基站主设备为 BBU（基带单元），室外天馈系统包括天线、RRU（远端射频单元）等。

由于 5G 高网络容量和全频谱接入需求，天线射频模块集成、大规模天线技术（Massive MIMO）、小微基站和室内分布是基站系统演进的主要方向。

- ◆ **天线射频模块集成：**通过射频模块与基站天线集成（如 RRU 与天线的集成），可以大大简化站点部署，降低馈线复杂度，减少传输损耗，提升网络覆盖性能。

图 19:天线和射频模块集成示意图



资料来源：公开资料，东兴证券研究所

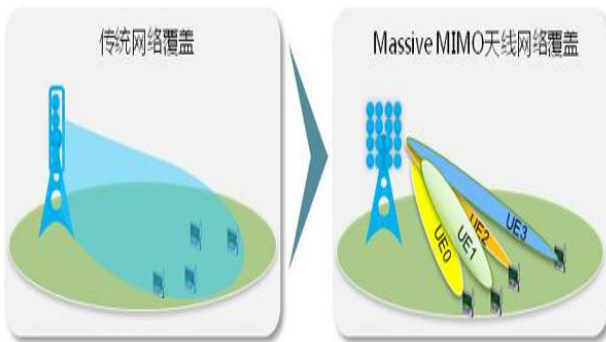
图 20:天线和射频模块集成原理图



资料来源：公开资料，东兴证券研究所

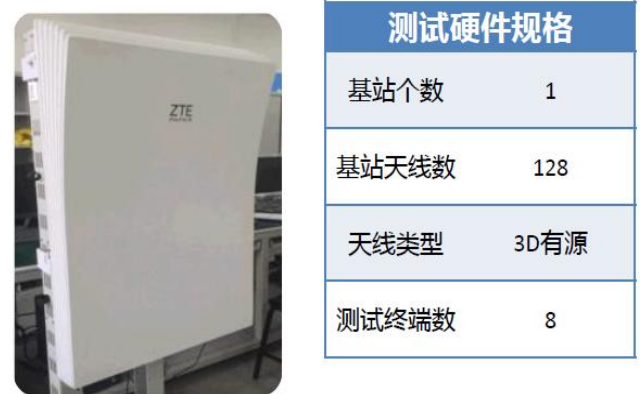
- ◆ **Massive MIMO:** 大规模天线技术即通过基站侧安装上百根天线，实现了大量天线同时收发数据，通过空间复用，极大提升系统容量，是 5G 容量提升的核心技术，也是现有网络实现 5G 升级的重要技术，4G 天线将从 8T8R 向 64T64R，甚至上百通道研究，网络容量将提升数倍以上。

图 21:Massive MIMO 原理示意图



资料来源：公开资料，东兴证券研究所

图 22:中兴通讯 128 个通道天线示意图



资料来源：中兴通讯，东兴证券研究所

- ◆ **小微基站与室内分布:** 5G 的全频谱接入，高频段密集组网将催生大量小微基站与室内分布，其将应用于人口密集区，覆盖大基站无法触及的末梢通信。我们认为，5G 网络建设中的小微基站和室内分布投资将实现了从 0 到 1 的突破，预计达到 900 亿。

图 23:5G 全频谱接入的组网方式



资料来源：华为，东兴证券研究所

目前主要的基站天线和射频模块厂商包括华为、京信通信、通宇通讯、摩比发展、大富科技（射频）、武汉凡谷（射频）等，小微基站厂商包括邦讯技术、京信通信、佰才邦等。我们建议重点关注拥有 Massive MIMO 技术优势，与中兴、华为等主设备商进行天线射频一体化深度合作的厂商，如通宇通讯、摩比发展、京信通信等，小微基站和室内分布布局较早较深的邦讯技术、京信通信、日海通讯（佰才邦合作）、盛路通信（室分天线）等。

表 3:基站天线与射频的主要供应商

产业链环节	企业名称	相关产品与业务
天线/射频	华为	大规模天线和天线射频一体化研发、制造
	通宇通讯	基站天线和射频模块研发、制造
	京信通信	基站天线和射频模块研发、制造
	摩比发展	基站天线和射频模块研发、制造
射频	大富科技	基站射频器件与模块研发、制造
	武汉凡谷	基站射频器件与模块研发、制造
小微基站与室内分布	邦讯技术	小微基站产品与解决方案
	京信通信	小微基站产品与解决方案
	日海通讯	合作佰才邦，拓展小基站市场
	盛路通信	室内分布天线、射频产品与解决方案

资料来源：东兴证券研究所

3.3.2 网络架构：重构新大脑、新躯体，通信网络设备及 SDN/NFV 最核心

为适应不同应用场景，5G 网络架构需要进行颠覆性的变革，其关键在于利用 SDN（软件定义网络）/NFV（网络功能虚拟化）技术，形成包括基础设施、管道能力、增值服务、数据信息等不同的能力集，实现网络功能虚拟化、资源集中化、服务自动化、管理操作云平台化。从传输网、承载网到核心网，逐渐从“大”（性能、容量）转移到“快”（智能化、自动化），即快速业务创新、快速响应需求、快速故障定位。

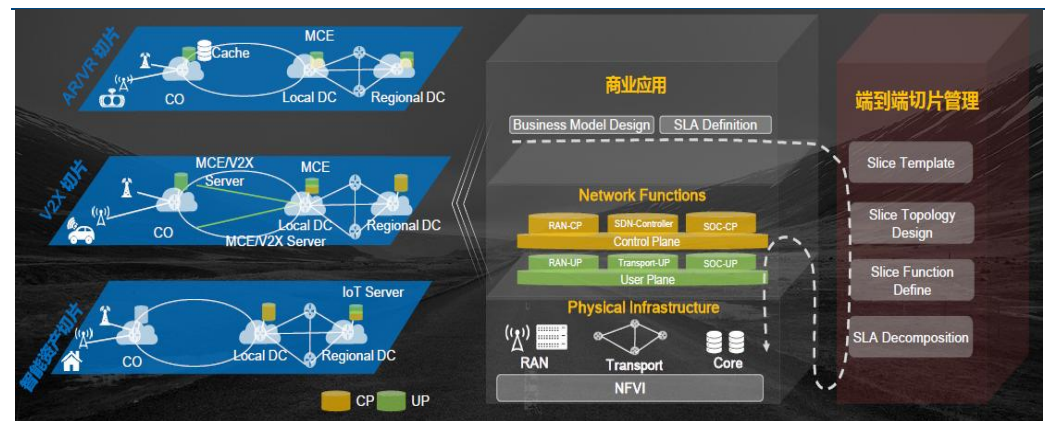
图 24:网络架构重构思想示意图



资料来源：华为，东兴证券研究所

SDN/NFV 解决方案即为重构的“新大脑”，最重要是基于不同的场景和流量的不同要求，灵活地来组合不同的功能模块，分配资源，以及提升网络的弹性。并且可以控制用户层，以及用户层的划分，实现网络切片的目标架构。

图 25: 5G 实现端到端网络切片的目标架构



资料来源：华为，东兴证券研究所

目前电信网络节点众多、结构复杂、设备多样且分布广泛，三大运营商也相继提出了网络重构转型计划，如中国电信提出的 CTNet2025 计划用十年的时间，预计至 2025

年实现网络重构。我们认为网络重构路径将从新建网络开始，存量网络的重构逐步从边缘走向核心。

5G 网络架构的产业链包括通信网络设备（SDN/NFV 解决方案）、光纤光缆、光模块、网络规划运维等环节，其中最核心环节为通信网络设备及 SDN/NFV 解决方案。

- ◆ **通信网络设备及 SDN/NFV 解决方案：**产业链最核心环节，市场集中度较高，主流的厂商包括华为、中兴通讯、上海诺基亚贝尔、烽火通信、新华三（紫光股份控股）、星网锐捷等。另外，值得关注的是，新华三等 IT 通用服务器厂商，将在新增的 SDN/NFV 网络重构产业环节中受益。
- ◆ **光纤光缆光模块：**光纤光缆将主要受益于基站前传和回传网络的建设，光模块将受益于 RRU 和 BBU 等设备从 6G/10G 向 25G/100G 光模块的升级。光纤光缆主要厂商包括长飞、亨通光电、中天科技、烽火通信、通鼎互联，光模块的厂商包括中际装备、光迅科技、新易盛等。
- ◆ **网络规划运维：**包括无线接入网、业务承载网等前期规划设计和后期优化运维，主要包括中通服、杰赛科技、日海通讯、三维通信、富春股份、华星创业、中富通等。

表 4:网络架构产业链的主要供应商

产业链环节	企业名称	相关产品与业务
通信网络设备 (SDN/NFV 解决方案)	华为	无线网络、云核心网、IT 基础设施等通信网络设备，业务云化、网络云化和运营云化等解决方案
	中兴通讯	无线网、接入网、核心网等通信设备，SDN/NFV 网络、未来网络演进、分组核心网等解决方案
	烽火通信	传送网、运营商 IP、宽带接入等通信网络设备，SDN/NFV 解决方案
	上海诺基亚贝尔	无线接入、光网络、IP 数据、核心网等设备产品与解决方案
	新华三	数据中心、城域网、IP 专用承载网、WLAN、SDN/NFV 等设备产品与解决方案
	星网锐捷	交换机、路由器、网关等网络设备，极简网络、物联网、呼叫中心等解决方案
光纤光缆光模块	亨通光电	光棒-光纤-光缆-光器件-通信服务的完整产业链
	中天科技	棒纤缆一体化，“棒纤缆+ODN”全产业链
	烽火通信	光纤、光缆、光器件一体化生产能力
	通鼎互联	光纤、普通光缆、室内光缆等线缆产业链
	光迅科技	光芯片、光模块、光器件研发与生产
	中际装备	高速光模块研发与生产
	新易盛	光模块的研发、制造和销售

网络规划运维	中通信	通信运营商、设备制造商、专用通信网及政府机关、企事业单位等网络建设与外包服务
	杰赛科技	通信网络与电子工程咨询、规划、设计和优化
	日海通讯	运营商、ICT 设备商、系统集成商通信网络解决方案、设备和服务
	三维通信	移动通信网络覆盖、网络优化与运维解决方案
	富春股份	通信网络的规划、设计等技术咨询服务
	华星创业	移动通信网络的规划设计、工程建设、室分工程、网络基础代维、网络测评优化、无线测试系统
	中富通	综合代维服务、无线网优服务

资料来源：东兴证券研究所

3.3.3 应用场景：垂直行业融合，系统集成与应用服务最关键

5G 最革命性的意义在于与工业设施、医疗仪器、交通工具等的深度融合，有效满足工业、医疗、交通等垂直行业的多样化业务需求，形成智慧城市、远程医疗、工业自动化、自动驾驶等垂直领域的典型应用，实现万物互联的愿景。

图 26:5G 三大场景的渗透应用



资料来源：中兴通讯，东兴证券研究所

5G 网络的建设，将为快速增长的物联网市场提供更佳网络连接服务，据 Machina 预计，到 2025 年物联网/机器对机器（IoT/M2M）蜂窝连接总数预计超过 50 亿。

图 27:基于蜂窝技术的物联网垂直行业应用范例



资料来源：Machina，东兴证券研究所

5G 面向应用场景的产业链环节在于**系统集成与应用服务**，主要包括**系统集成与行业解决方案、大数据应用、物联网平台解决方案、增值业务和行业应用**等部分。

各环节的主流厂商包括系统平台综合集成的华为、中兴通讯、烽火通信、新华三、星网锐捷，大数据应用的东方国信、天源迪科、拓尔思，物联网平台与解决方案的宜通世纪、高新兴、拓邦股份，增值业务服务与平台的北纬通信、拓维信息、四维图新、梦网荣信等。

表 5:系统集成与应用服务的主要供应商

产业链环节	企业名称	相关产品与业务
系统集成与行业解决方案	华为	企业/行业 ICT 系统集成与解决方案
	中兴通讯	企业/行业 ICT 系统集成与解决方案
	烽火通信	企业/行业 ICT 系统集成与解决方案
	新华三	企业/行业 ICT 系统集成与解决方案
	星网锐捷	智慧园区、安防监控等系统集成与解决方案
大数据应用	东方国信	企业级 BI (商业智能)、CRM (客户关系管理) 系统解决方案，行业大数据分析处理
	天源迪科	BOSS 系统、大数据分析、公安金融信息系统
	拓尔思	政务、媒体、金融等大数据分析管理系统
物联网平台解决方案	中兴通讯	物联网业务管理平台解决方案
	宜通世纪	物联网运营管理平台、通信网络技术服务和系统解决方案

增值业务与行业应用	高新兴	公共安全方案提供商和智慧城市运营商。
	拓邦股份	智能家居等智能控制解决方案
	北纬通信	移动增值业务、手机游戏发行运营、移动互联网业务
	拓维信息	在线教育、在线游戏等移动互联网业务
	四维图新	导航地图、交通地理信息服务、车联网平台与内容服务
	梦网荣信	移动互联网平台与增值业务

资料来源：东兴证券研究所

3.3.4 终端设备：顶端为基带芯片，通信模块是“搬运工”

5G 的终端设备将不局限于手机和电脑，还将涵盖家电、汽车、穿戴设备、工业设备等。据统计，到 2020 年广义的“联网终端”数量将达到 250 亿~500 亿部。

5G 终端的产业链主要包括基带芯片、通信模块、天线和射频等环节。基带芯片一般是集成电路的载体，是集成电路经过设计、制造、封装、测试后的结果。通信模块则是将信号处理的基带芯片、电源管理的电源芯片、无线收发信机芯片及外围电容电感电阻等集成到一个 PCB 板上组成一个无线的收发系统。终端与基站天线的交互需要通过射频接口和终端天线完成。

图 28:芯片与模块的区别



资料来源：公开资料，东兴证券研究所

基带芯片提供商处于终端设备产业链的顶端，决定着产业链发展与业务走势。通信模块提供商芯片厂商的“搬运工”，起承上启下与产业衔接的关键作用。

图 29:通信芯片与通信模块的关系



资料来源：公开资料，东兴证券研究所

5G 基带芯片的节奏决定了终端设备的产业进度，重点关注高通、三星、联发科、华为海思等研发进度。基于基带芯片的通信模块，技术复杂度相对较低，芯讯通、广和通、移远通信等国内厂商将成为未来的主要供应商。另外，终端天线和射频建议关注技术成熟度较高、工艺量产能力较强的信维通信、硕贝德和麦捷科技。

表 6:终端设备产业链的主要供应商

产业链环节	企业名称	相关产品与业务
基带芯片	高通	芯片设计（龙头地位）
	联发科	芯片设计
	三星	芯片设计
	华为海思	芯片设计
	展讯	芯片设计（中低端市场）
	大唐电信（联芯科技）	芯片设计（低端市场）
通信模块	金雅拓	通信模块开发、设计、生产
	Telit	通信模块开发、设计、生产
	Sierra Wireless	通信模块开发、设计、生产
	华为	M2M 模块的开发、生产
	中兴通讯	蜂窝通信模块的开发、生产
	芯讯通	M2M 模块及解决方案
	广和通	无线通信模块及解决方案
天线/射频	移远通信	无线通信模块及解决方案
	信维通信	移动终端天线与射频器件研发、生产
	硕贝德	移动终端天线与射频器件研发、生产
	麦捷科技	射频器件研发、生产

资料来源：东兴证券研究所

4. 投资策略及重点公司

4.1 投资策略

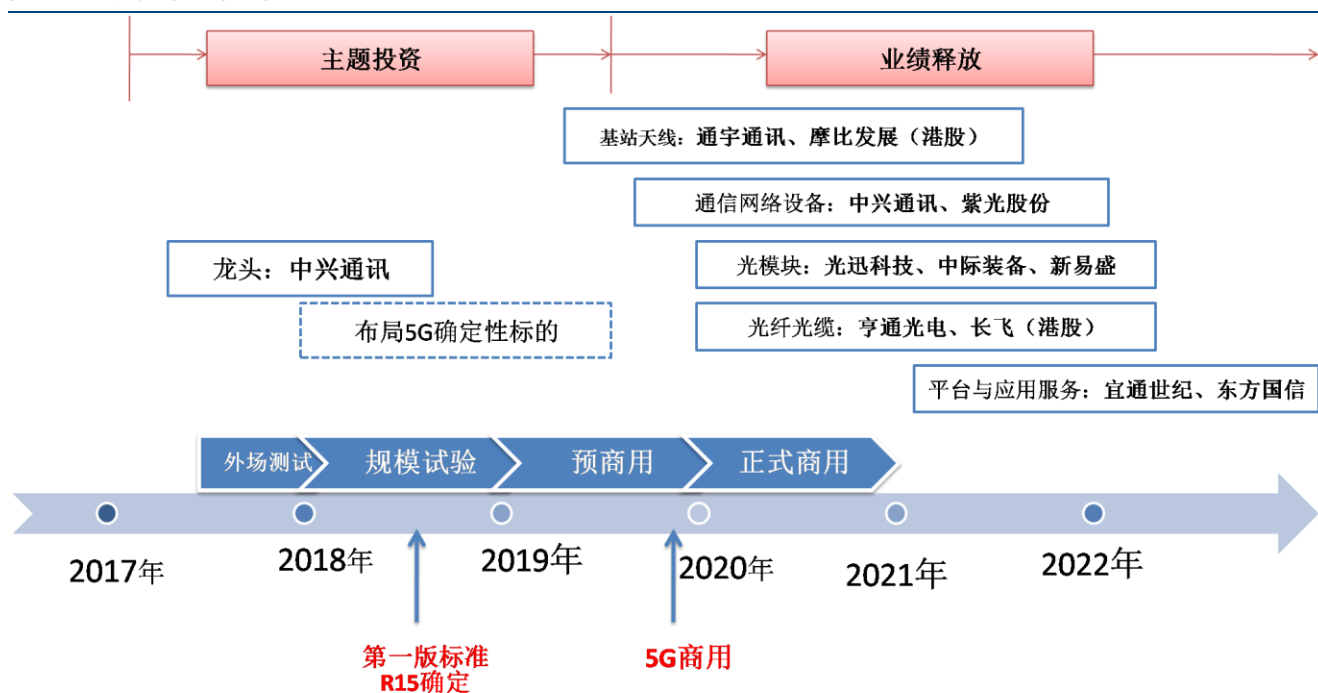
核心观点一：王之盛宴，不可缺席。我们认为，5G 是未来（至少 5-10 年）信息与通信领域最重要的投资方向，无论从网络建设的投资规模，还是未来垂直领域融合的增量市场，均堪称盛宴，我们坚持 5G 强烈推荐的行业评级。

核心观点二：5G 投资坚持先网络建设，后信息服务的节奏，先看运营商资本性开支，后看垂直领域融合。网络建设首看运营商的推进节奏，我们预计 2018 年将开启规模试验，2019 年或将是 5G 元年，依据我们的测算，三大运营商网络建设的投资总额将达 1.29 万亿（同比 4G 增长超过 60%），基于 5G 的信息服务与垂直领域融合应用的新增市场，将是数倍于网络建设投资规模。

核心观点三：主题投资阶段（2017-2019）：重点推荐 5G 龙头（中兴通讯），建议开始布局受益产业链环节的确定性标的。**业绩释放阶段（2019 之后）：**基站天线最先受益（预计 2019 年规模起量），通信网络设备及 SDN/NFV 解决方案将是最大的受益环节。另外，重点关注光纤光缆与 40G/100G 光模块环节，以及面向 5G 应用场景的系统集成与应用服务环节。推荐标的如下：

- ◆ **基站天线：**我们看好拥有 Massive MIMO 技术优势的通宇通讯、摩比发展。
- ◆ **通信网络设备：**我们看好运营商市场地位稳固的中兴通讯、烽火通信，以及 IT 设备和 SDN/NFV 解决方案提供商新华三（紫光股份控股）。
- ◆ **光纤光缆光模块：**我们看好拥有光纤光缆龙头地位的亨通光电，以及拥有中高端光模块光芯片研发和量产能力的中际装备、光迅科技和新易盛。
- ◆ **系统集成与应用服务：**我们看好提早布局物联网平台业务，具有较强先发和卡位优势的宜通世纪，以及具有大数据内生外延优势的东方国信。

图 30:5G 投资策略示意图



资料来源：东兴证券研究所

4.2 重点公司

4.2.1 中兴通讯

中兴通讯是海内外运营商重要的通信设备供应商，国内第二大通信设备供应商（仅次于华为），各系列电信产品均处于市场领先地位，与三大运营商建立长期稳定的合作关系，长期致力于无线网、接入网、核心网等通信设备的研发生产，SDN/NFV 网络、未来网络演进、分组核心网等解决方案的研究应用。2009 年开始相关 5G 技术的研究，并每年将投资 20 亿元用于 5G 研发。公司深度参与 5G 标准化进程，提出了新波形技术 FB-OFDM，统一帧结构 UFS 和面向大连接的关键技术 MUSA。今年 4 月份在 3GPP 中兴通讯主导 5G NR 重量级核心项目 NOMA 立项成功，并担任了重要的领导席位。在 5G 的商用化产品开发方面保持了领先地位，与中国移动开通了我国首个 5G 预商用测试基站。

我们预计公司 2017-2019 年营业收入分别为 1164 亿元（同比增长 15%）、1350 亿元（同比增长 16%）和 1620 亿元（同比增长 20%），归属于上市公司股东净利润分别为 47.8 亿元（同比 2016 剔除赔偿影响后的净利增长 25%）、58.8 亿元（同比增长 23%）和 75.3 亿元（同比增长 28%）；摊薄后 EPS 分别为 1.14 元、1.4 元和 1.8 元，对应 PE 分别为 18、15 和 12 倍，维持“强烈推荐”评级。

4.2.2 烽火通信

烽火通信立足于光通信，并深入拓展至信息技术与通信技术融合而生的广泛领域，长期耕耘国内外的运营商和信息化市场。经过几十年的积累，掌握了光通信核心技术，实现了光通信设备、光纤光缆和光器件芯片的全产业链布局。坚持保持在高端、关键核心技术方面的研发力度，每年 10% 以上收入投入研发核心和前瞻技术。公司在超高速传输（400G/1T）、超大容量、超低时延、超高精度时钟同步、网络切片等多方面提前做好了布局，持续深耕网络承载解决方案，发布了面向 5G 时代的 FitHaul 解决方案，提前布局 5G 网络重构领域。

我们预计公司 2017-2019 年营业收入分别为 217 亿元（同比增长 25%）、273 亿元（同比增长 26%）和 350 亿元（同比增长 28%），归属于上市公司股东净利润分别为 8.8 亿元（同比增长 16%）、10.4 亿元（同比增长 18%）和 12.5 亿元（同比增长 20%）；摊薄后 EPS 分别为 0.84、0.99 和 1.19 元，对应 PE 分别为 29、25 和 21 倍，维持“推荐”评级。

4.2.3 通宇通讯

通宇通讯是国内较早涉足移动通信基站天线研发与生产的企业，基站天线为公司的主导产品，2016 年占总营收 77%，是国内天线的龙头企业。公司较早布局 Massive MIMO 大规模天线技术、有源天线等基站天线主要发展领域，具备基站天线、射频器件综合研发与生产能力，已成功将 RCU、合路器、SBT 等远端射频单元的组成部分集成到天线内部，满足未来基站天线发展要求，也是当前国内为数不多的具有 Massive MIMO 商用化产品的厂商。基于公司基站天线领域的重要地位，将最先受益于 5G 网络建设和 4G 网络升级。

我们预计公司 2017-2019 年营业收入分别为 13.4 亿元（同比增长 10%）、14.9 亿元（同比增长 11%）和 18.6 亿元（同比增长 25%），归属于上市公司股东净利润分别为 2.3 亿元（同比增长 8%）、2.5 亿元（同比增长 10%）和 3.2 亿元（同比增长 28%）；摊薄后 EPS 分别为 1 元、1.1 元和 1.4 元，对应 PE 分别为 32、29 和 23 倍，维持“强烈推荐”评级。

4.2.4 紫光股份

紫光股份聚焦于 IT 服务领域，致力于打造一条“云-网-端”产业链，向云计算、移动互联网和大数据处理等信息技术的行业应用领域全面深入。其控股子公司新华三是端到端新 IT 解决方案提供商，在国内企业级市场中，交换机、路由器、WLAN 产品的市场占有率分别为 32%、28%、27%，在 SDN、NFV 以及云计算为核心的网络重构研发中具有领先优势，是业内为数不多的在 IT 和 CT 领域均有雄厚实力的厂商，和中国联通、中国电信在多个地市进行了 vBRAS 实验，和中国移动在 vIMS 等领域开展了深入合作，有望运营商网络重构领域最佳战略合作伙伴。

我们预计公司 2017-2019 年营业收入分别为 355 亿元（同比增长 28%）、454 亿元（同比增长 28%）和 586 亿元（同比增长 29%），归属于上市公司股东净利润分别为 12.6 亿元（同比增长 55%）、16.1 亿元（同比增长 28%）和 21.3 亿元（同比增长 32%）；

摊薄后 EPS 分别为 1.21 元、1.55 元和 2.05 元，对应 PE 分别为 45、35 和 27 倍，维持“推荐”评级。

4.2.5 亨通光电

亨通光电是我国光通信产业链最为完整的主力供应商之一，包括光通信产业、电力电缆产业、新兴产业三大板块，拥有全球领先的光纤通信和量子保密通信核心技术，提供光纤光网、海洋光网、智慧海洋工程、量子保密通信系统解决方案及 EPC 总包服务。公司积极拓展光通信、电力电缆产业向新一代光棒、电力 EPC 方向发展，并积极培育海洋工程、新能源汽车、量子通信等业务，在海外并购了印尼 Voksel、南非 Aberdare、西班牙 Cablescom、葡萄牙 Alcobre 等公司，并于 2016 年先后完成股权交割；2016 年巴西工厂建成投产，向里约奥运供应光缆用于场馆通讯建设。公司初步形成了沿着一带一路的产业布局。公司将继续受益于 5G 无线基站前传和回传等网络建设的光纤光缆新需求。

我们预计公司 2017-2019 年营业收入分别为 247 亿元(同比增长 28%)、309 亿元(同比增长 25%)和 371 亿元(同比增长 20%)，归属于上市公司股东净利润分别为 23.4 亿元(同比增长 78%)、29.3 亿元(同比增长 25%)和 36.6 亿元(同比增长 25%)；摊薄后 EPS 分别为 1.72 元、2.15 元和 2.69 元，对应 PE 分别为 16、13 和 10 倍，维持“强烈推荐”评级。

4.2.6 中际装备

公司收购全球领先的高速光通信模块供应商苏州旭创，强势切入光模块领域。苏州旭创主要从事 10G/25G/40G/100G 等高速光模块的研发、设计和制造，开发大容量、小型化、低功耗、低成本的高速光模块，为云计算和数据中心、数据通信、长途传输、无线接入等领域提供光模块及相关解决方案，成立于 2008 年 4 月，初创团队包括美国著名的创投家、海归博士以及国内外优秀的科技和市场人员。40G/100G 高速光模块销售量占比近八成，在国内光模块市场具有明显的领先优势。应用领域主要为数据中心，70%收入来自海外 Google、Amazon 等云计算客户，将持续受益于数据中心扩建与升级的光模块需求。另外，5G 网络的建设将带来前传、回传和传输网络 25G/100G 高速光模块的新增需求。

我们预计公司 2017-2019 年营业收入分别为 23.7 亿元(同比增长 1700%，旭创并表)、37.9 亿元(同比增长 60%)和 58.8 亿元(同比增长 55%)，归属于上市公司股东净利润分别为 3.9 亿元(同比增长 3800%)、5.96 亿元(同比增长 52%)和 8.9 亿元(同比增长 50%)；摊薄后 EPS 分别为 0.93 元、1.4 元和 2.11 元，对应 PE 分别为 46、30 和 20 倍，维持“推荐”评级。

4.2.7 宜通世纪

宜通世纪深耕运营商市场，通信网络工程服务与网优运维服务的重要提供商。鉴于通信服务市场竞争日益激烈，毛利率下降的趋势，公司积极布局物联网、智慧医疗、基于运营商数据的大数据平台等领域，物联网业务通过与 Jasper 的战略合作，为中国联通提供的物联网连接管理平台，当前注册用户已经超过 4000 万，2017 年上半年预

计贡献净利两千万（毛利率 40-50%）。收购倍泰健康，开展社区端医疗平台与服务的布局，布局物联网战略转型的重要环节，在 5G 物联网平台解决方案的产业链环节中，具有较强的先发优势。

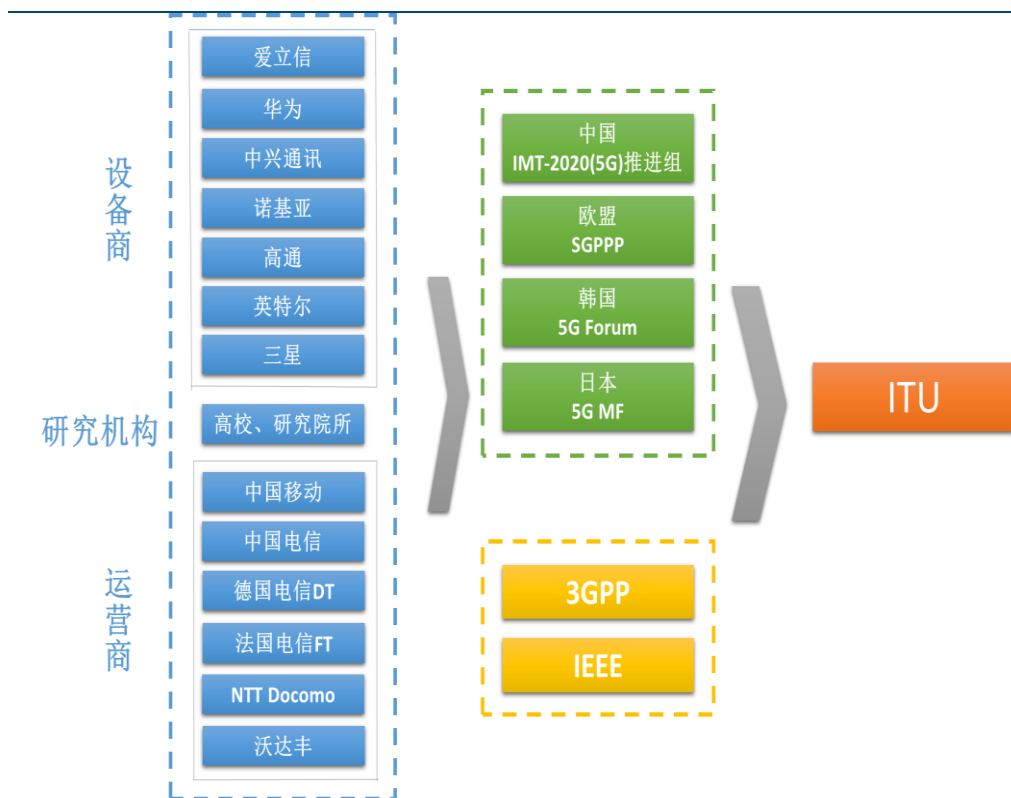
我们预计公司 2017-2019 年营业收入分别为 23 亿元（同比增长 25%）、30 亿元（同比增长 32%）和 41 亿元（同比增长 35%），归属于上市公司股东净利润分别为 2.3 亿元（同比增长 35%）、3.2 亿元（同比增长 38%）和 4.5 亿元（同比增长 42%）；摊薄后 EPS 分别为 0.26 元、0.36 元和 0.51 元，对应 PE 分别为 41、30 和 21 倍，维持“推荐”评级。

5. 附录：5G 标准研究与关键技术要点补充

5.1 5G 标准研究机构与职责

5G 标准制定以企业为主，通过区域性研究平台合作进行。世界各地的研究机构、运营商、设备制造商、标准组织都参与相关技术研究、开发实践和标准制定工作。

图 31:5G 标准研究机构



资料来源：公开资料，东兴证券研究所

- ◆ 5G 需求、技术趋势和技术方案的研究包括爱立信、华为、中兴、高通、英特尔、三星等设备商，全球高校及研究院所，以及中国移动、中国电信、中国联通、AT&T、Dpocomo、德国电信、法国电信、沃达丰等运营商。

- ◆ 中国 IMT-2020 推进组、欧盟 5GPP、韩国 5G Forum、日本 5GMF 等区域组织，以及 3GPP、IEEE 是凝聚力量的主要平台，企业与研究机构将观点输入到区域性研究组织，形成在 5G 需求和技术方面的共识。
- ◆ ITU 是定义 5G 的主要战场，以区域性研究组织或以国家名义将观点输入到 ITU，最终形成官方文件。

5.2 全球主流区域 5G 推进计划

全球范围内有实力致力于推进 5G 研究部署的，只有中国、日韩、美国、欧盟等四个主流区域，其各大运营商的 5G 节奏不一。

图 32:全球主流区域 5G 推进计划



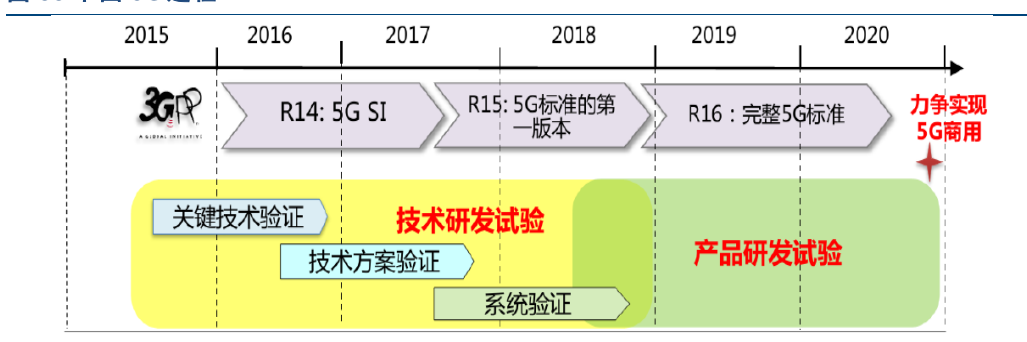
资料来源：公开资料，东兴证券研究所

- ◆ 日本计划在 2020 年东京奥运会之前实现 5G 商用，5GMF 于 2014 年 9 月建立，是一个在政府、研究机构、产业三者之间推进 5G 协同合作的重要力量。NTT DoCoMo 是引领 5G 技术研究的运营商，组织了十多家主流企业验证 5G 关键技术及频段筛选。
- ◆ 韩国(KT)将于 2017 年部署试验网，与全球主流供应商进行 5G 开放生态系统合作，计划在 2018 年初开展 5G 预商用试验，支持平昌冬奥会。
- ◆ 欧盟政府通过设立 H2020 计划、组建 5GPPP 联盟、推动 METIS 研究项目，主导着 5G 标准节奏，无线移动通讯一直由欧洲产业主导，欧洲阵营技术积累丰厚，运营商、供应商等技术能力强劲。欧盟也正积极推动 5G 垂直行业的应用（如车联网、物联网等）。
- ◆ 美国以 Verizon 引领 5G 研究并完成 5G 规范制定，计划 2017 年进行商用部署。Verizon 5G 技术论坛成员包括思科、爱立信、英特尔、LG、诺基亚、三星和高通。Verizon 希望成为首个推出 5G 服务的美国运营商，在美国多个地点一直在进行预商用 5G 试验，包括新泽西州、马萨诸塞州和得克萨斯州。与此同时，AT&T 在实

实验室进行大量 5G 测试工作，Sprint 在 16 年美国美洲杯足球赛演示 5G 技术。

- ◆ 中国政府积极推进 5G 于 2020 年商用，工信部从 2015 年 9 月至 2018 年 10 月主导 5G 技术试验，试验包含关键技术验证、技术方案验证和系统验证三个阶段，由运营商、设备商及科研机构共同参与。2018 年至 2020 年的产品研发试验阶段，由国内运营商牵头，设备商科研机构共同参与。

图 33:中国 5G 进程



资料来源：公开资料，东兴证券研究所

5.3 5G 关键技术

历代移动通信的发展,都以标志性的核心技术革新为代表,1G 的 FDMA(频分多址),2G 的 TDMA(时分多址)和 FDMA,3G 的 CDMA(码分多址),4G 的 OFDM(正交频分复用)和 MIMO(多输入多输出),每一次关键技术的革新带来了业务的变革。

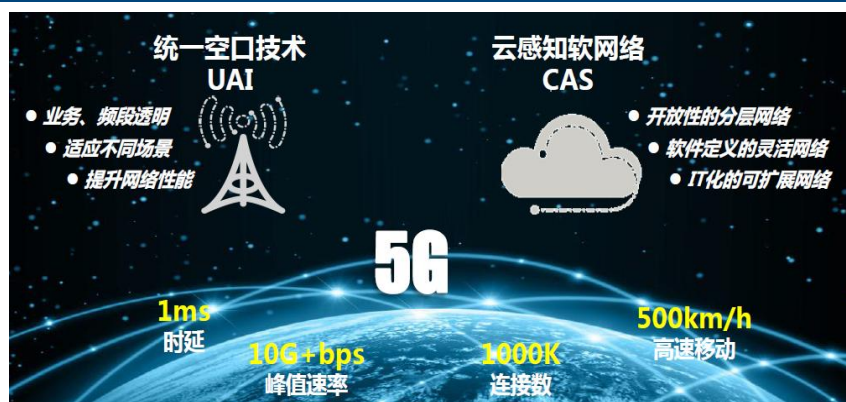
表 7:历代移动通信关键技术

移动通信时代	核心技术
1G	FDMA(频分多址)
2G	TDMA(时分多址)和 FDMA
3G	CDMA(码分多址)
4G	OFDM(正交频分复用)和 MIMO(多输入多输出)

资料来源：东兴证券研究所

5G 关键技术主要包括新空中接口和网络架构重构两个方面，即实现的统一空口技术和云化软件定义网络。

图 34:5G 关键技术概况

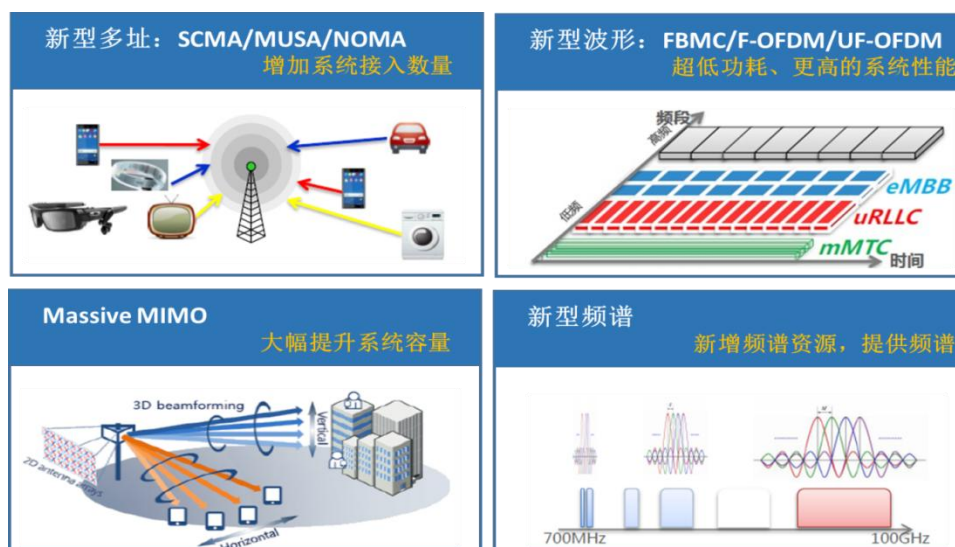


资料来源：公开资料，东兴证券研究所

5.3.1 空中接口关键技术：新多址、新波形、新频段、Massive MIMO

5G 空中接口关键技术，主要包括新型多址技术、新型波形等物理层技术，以及新频段（全频谱接入）和大规模天线（Massive MIMO）技术。

图 35:5G 空口关键技术



资料来源：公开资料，东兴证券研究所

- ◆ 多址技术是无线物理层重要的核心技术，基站通过多址技术识别同时接入的多个终端。5G 旨在通过时域、频域、码域的非正交，实现在相同资源上接入更多的用户，从而提升系统容量。目前研究的 5G 多址技术包括华为的稀疏码分多址技术（SCMA）、中兴的多用户共享接入（MUSA）、日本 NTT DOCOMO 的非正交多址接入（NOMA）和大唐的图样分割多址技术（PDMA）。最终标准方案将结合不同场景，选取最优的多址技术方案。
- ◆ 波形是无线通信物理层最基础的技术，5G 海量物联网连接、超高速率的场景需要

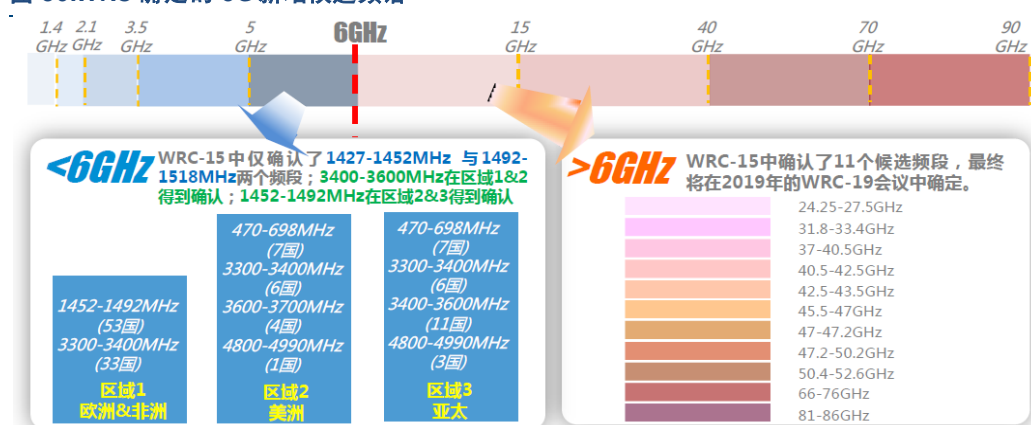
超低功耗、更高的系统性能，需要寻求新的多载波波形调制技术。目前研究的波形技术包括 FBMC（基于滤波器组的多载波技术）、F-OFDM（可变速子载波带宽的非正交接入技术）、UF-OFDM（基于通用滤波的正交频分复用技术）等，在提升频率利用率、降低开销、支持海量终端接入等方面都有了较大提升。鉴于 5G 应用场景的多样性，未来 5G 的实现需要灵活、弹性的空口技术，需要依据不同业务和场景自适应地选择合适的波形。

5.3.2 全频谱接入：5G 高低频混合组网

目前频谱的划分，已经无法满足 5G 时代的频谱需求，据统计，我国移动通信 2020 年面临的带宽缺口为 1GHz。在频谱资源的分布中，6GHz 以上的频谱资源丰富，当前的移动通信系统频段主要在 3GHz 以下，十分拥挤，而且带宽有限，高频段频谱资源的利用能有限缓解频谱资源的紧张，并满足 5G 大容量和高速率的需求。

根据 WRC（世界无线通信大会）研究确定，5G 将首先部署在新增候选频段，随着网络发展和需求的变化，现有频段可逐步释放给 5G。

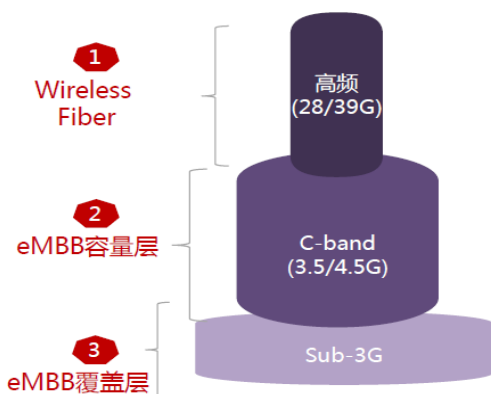
图 36:WRC 确定的 5G 新增候选频谱



资料来源：公开资料，东兴证券研究所

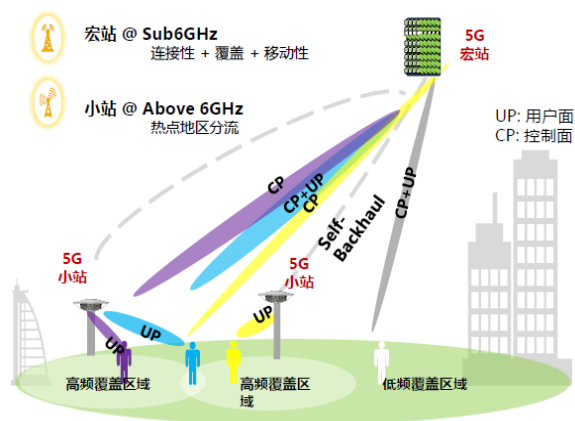
5G 频谱将实现全频谱接入，满足差异化多样化的 5G 业务需求，Sub6GHz 提供覆盖，毫米波提供超高容量。

图 37:5G 全频谱演进示意图



资料来源：华为，东兴证券研究所

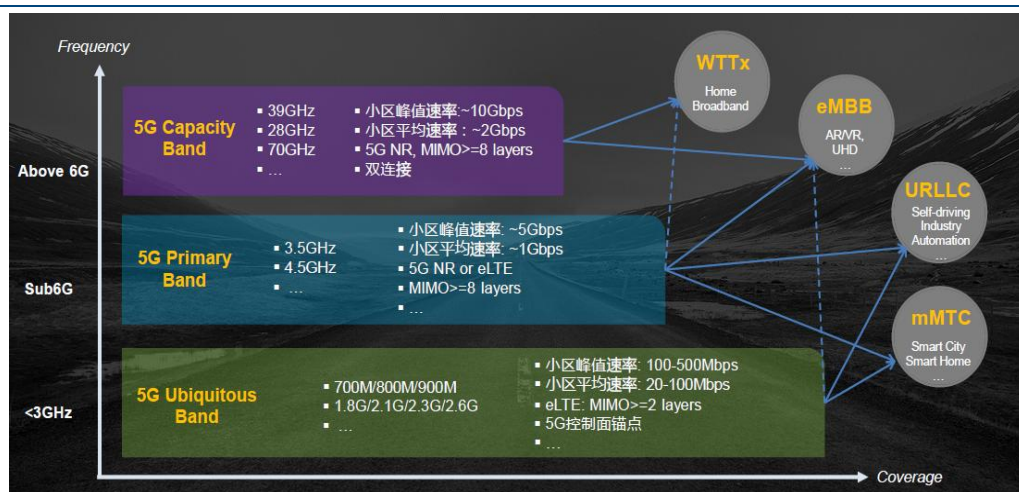
图 38:5G 高低频混合组网示意图



资料来源：华为，东兴证券研究所

- ◆ C 波段 (3.5/4.5GHz): 5G 主要频段, 通过大规模天线技术, 达到容量和覆盖要求。
- ◆ 3GHz 以下: 提供覆盖、链接和移动性管理, 可实现海量连接和高可靠低时延场景。
- ◆ 6GHz 以上: 实现超高容量, 支撑 eMBB 中 VR/AR、超高清等场景需求。

图 39: 5G 全频谱接入满足差异化多样化的 5G 业务需求



资料来源：华为，东兴证券研究所

5.4 大规模天线 (Massive MIMO): 率先商用的 5G 技术

多输入多输出 (MIMO) 天线技术通过发射和接收端多个天线, 成倍增加无线信道容量, 在不增加带宽和天线发射功率的情况下, 充分利用空间资源, 大幅提高频谱效率。

采用了 MIMO 和波束赋形技术的大规模多天线系统称为 Massive MIMO。Massive MIMO 不但利用了大规模单元天线来补偿传播损耗, 扩展覆盖范围, 还同时连接多个

用户，利用多用户复用来提升系统容量。同时，Massive MIMO 还能通过空间复用的方式，将多个数据流从不同的天线发射出去，提升单个用户的传输速率。

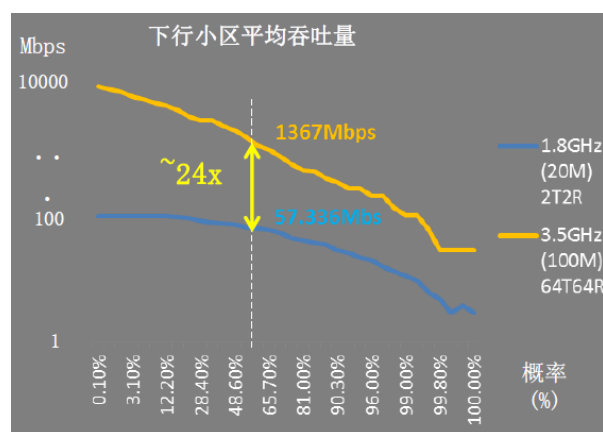
图 40:Massive MIMO 优势示意图



资料来源：中兴通讯，东兴证券研究所

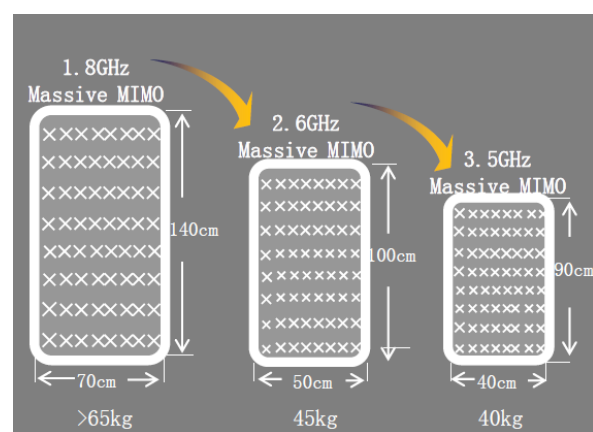
nTnR 将是 5G 基站天线的主要形态，可提前用于 4G 网络，TD-LTE 从 8T8R 向 64T64R 演进，可提升网络容量数倍以上，而且工程复杂度较低。

图 41:C 波段与 Massive MIMO 提升下行容量



资料来源：中国移动，华为，东兴证券研究所

图 42:较低复杂度支持 Massive MIMO



资料来源：中国移动，华为，东兴证券研究所

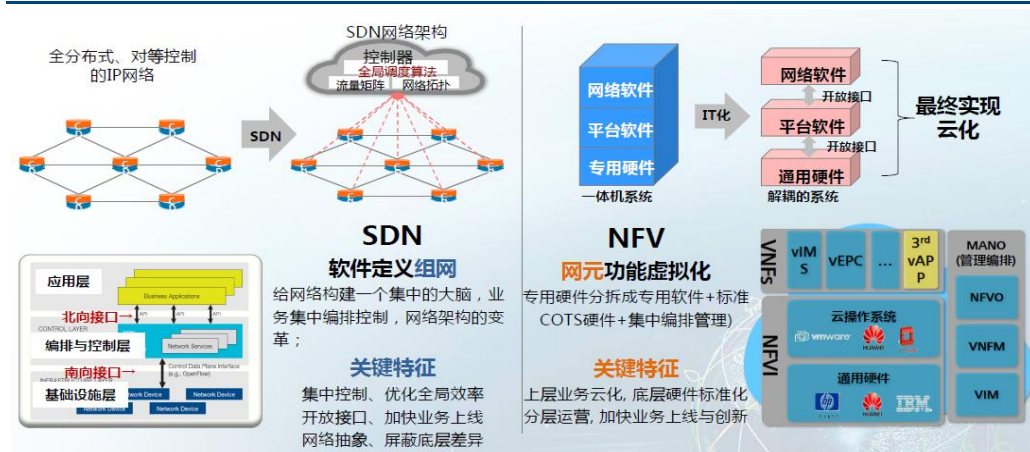
5.5 SDN/NFV 网络架构，重构 5G 网络的新大脑、新躯体

5G 网络将实现包括宏基站覆盖、超密集组网、宏微结合组网等多种部署场景，同时不同的业务应用场景实现车联网、NB-IoT、M2M 等网络的融合。

实现灵活、高效、支持多样业务、网络即服务是 5G 网络架构的总体目标，关键技术在于网络软件化（SDN/NFV）和网络云化。网络软件化是利用 SDN/NFV 技术实现网络架构解耦，其中 SDN 是面向网络架构的创新，NFV 是面向设备形态的创新。

- ◆ SDN: 通过网络控制从设备的分离，进行集约化管理，实现网络的全局可视化、开放和可编程，业务的按需定制和自助服务。
- ◆ NFV: 网络功能软件从专有硬件解耦、虚拟化承载，网络功能可以快速部署、扩容、升级，网络能力可以统一调度和自动化编排。

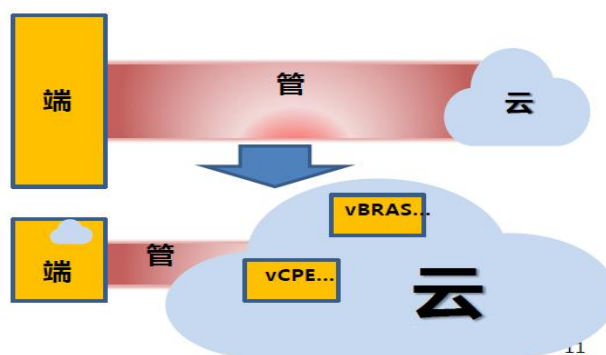
图 43:SDN/NFV 的原理架构与关键特征



资料来源：中国移动，华为，东兴证券研究所

- ◆ 网络云化: 通过网络基础设施通用化、标准化、虚拟化，业务、IT 云化到网络云化，以及云延伸到网络管道和终端，实现云管端协同。

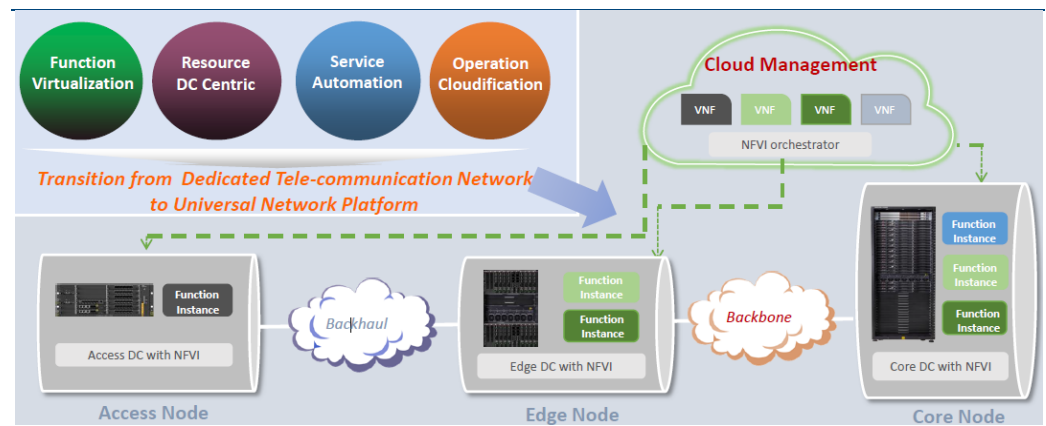
图 44:网络云化原理架构



资料来源：中国电信，东兴证券研究所

云化和软件化的 5G 网络将形成基础设施、管道能力、增值服务、数据信息等不同的能力集，实现网络功能虚拟化、资源集中化、服务自动化、管理操作云平台化，从传统封闭式转变成广泛的网络接入，适应 5G 时代不同的应用场景。

图 45:5G 网络总体架构



资料来源：中国电信、中兴通讯、东兴证券研究所

分析师简介

郑冈钢

房地产行业首席研究员（D），基础产业小组组长。2007 年加盟东兴证券研究所从事房地产行业研究工作至今，之前在中国东方资产管理公司从事债转股工作八年。获得“证券通-中国金牌分析师排行榜”2011 年最强十大金牌分析师（第六名）。“证券通-中国金牌分析师排行榜”2011 年度分析师综合实力榜-房地产行业第四名。朝阳永继 2012 年度“中国证券行业伯乐奖”优秀组合奖十强（第七名）。朝阳永继 2012 年度“中国证券行业伯乐奖”行业研究领先奖十强（第八名）。2013 年度房地产行业研究“金牛奖”最佳分析师第五名。万得资讯 2014 年度“卖方机构盈利预测准确度房地产行业第三名”。

联系人简介

朱型楠

通信本硕，6 年中国电信和中国移动网络规划、流量经营、产品经理、市场运营和战略规划等工作经历，主导或深度参与了 3G/4G、移动互联网等重大项目研究，2017 年 5 月加盟东兴证券研究所，专注于 5G、光通信、物联网、大数据等领域研究。

分析师承诺

负责本研究报告全部或部分内容的每一位证券分析师，在此申明，本报告的观点、逻辑和论据均为分析师本人研究成果，引用的相关信息和文字均已注明出处。本报告依据公开的信息来源，力求清晰、准确地反映分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

免责声明

本研究报告由东兴证券股份有限公司研究所撰写，东兴证券股份有限公司是具有合法证券投资咨询业务资格的机构。本研究报告中所引用信息均来源于公开资料，我公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。我们已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，报告中的信息或意见并不构成所述证券的买卖出价或征价，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。

我公司及其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头寸并进行交易，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。本报告版权仅为我公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用、刊发，需注明出处为东兴证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

本研究报告仅供东兴证券股份有限公司客户和经本公司授权刊载机构的客户使用，未经授权私自刊载研究报告的机构以及其阅读和使用者应慎重使用报告、防止被误导，本公司不承担由于非授权机构私自刊发和非授权客户使用该报告所产生的相关风险和责任。

行业评级体系

公司投资评级（以沪深 300 指数为基准指数）：

以报告日后的 6 个月内，公司股价相对于同期市场基准指数的表现为标准定义：

强烈推荐：相对强于市场基准指数收益率 15% 以上；

推荐：相对强于市场基准指数收益率 5% ~ 15% 之间；

中性：相对于市场基准指数收益率介于-5% ~ +5% 之间；

回避：相对弱于市场基准指数收益率 5% 以上。

行业投资评级（以沪深 300 指数为基准指数）：

以报告日后的 6 个月内，行业指数相对于同期市场基准指数的表现为标准定义：

看好：相对强于市场基准指数收益率 5% 以上；

中性：相对于市场基准指数收益率介于-5% ~ +5% 之间；

看淡：相对弱于市场基准指数收益率 5% 以上。