

## 通信行业

### 回首十载潮汐更迭，后望 5G 山雨欲来

#### 核心观点：

##### ● 代际更替规律可循，5G 风口起势在即

在通信行业不同代际周期的更迭中，中国逐渐迎来了从 1G 落后、2G 跟随、3G 突破、4G 并跑，到 5G 领先可期的通信领域全产业链发展机遇。外因视角上，我国的用户红利叠加政策指导共同驱动移动通信产业迭代升级；内因视角上，通信技术的代际革新推动移动网络设施建设。从技术特点和产业变迁角度看，我们认为在 5G 将出现新频段、新空口、新构架、新场景、新业务这五个方面的投资热点。

##### ● 复盘 3G/4G 生命全周期，回溯产业链投资轨迹

回溯 3G/4G 生命周期中产业链投资的变化轨迹：1) 传输网、无线网结构化支出呈现不同的投资规律；2) 主设备商营收呈现稳定增长的特点，零部件商的受益时点则有先后；3) 5G 时代终端的成长将从“价”的增长逻辑切换成“量”的增长逻辑，出货量增长曲线会更加陡峭。展望 5G 建设我们预判：5G 初期将与 4G 建设协同演进，5G 的建设周期较 4G 持续时间更长；5G 基站数量将达 4G 的 1.3 至 1.5 倍，单基站造价达 21 万元，5G 投资规模将达 1.2 万亿。

##### ● 探寻 5G 时期产业链不同领域投资机会

- 1) **导热材料**：5G 浪潮下导热材料迎发展良机，看好国产供应链成长。
- 2) **PCB&覆铜板**：5G 带来 PCB/覆铜板的价值量显著提升和产业升级，中国大陆厂商积极研发与扩产，进口替代大幕开启。
- 3) **介质滤波器**：5G 滤波器行业壁垒升高，竞争环境改善，市场空间有望倍增，景气周期有望拉长。
- 4) **天线&OGM**：4G、5G 协同建设阶段，4G 馈电系统的劳动力密集型的要素特性及 5G 基站天线量价齐升，共同推动天线代工厂商由 OEM 模式转向新型 OGM 模式。

##### ● 按图索骥，通信周期视角下投资节奏变化

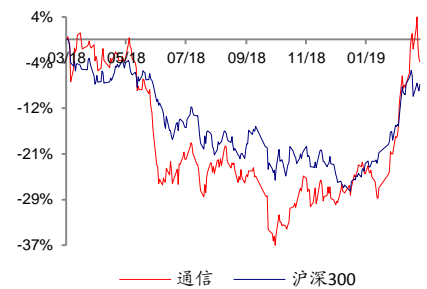
回看 3G/4G 的发展历程与通信板块投资节奏变化情况：3G/4G 时期，通信板块的超额收益表现紧跟 3G/4G 牌照发放节奏；对比 3G、4G 周期的上涨幅度可见，4G 周期通信板块表现强于 3G 时期。2019-2020 年或将迎来具备更高技术要求和更多行业应用空间的 5G 商用周期的关键节点，我们预计 2019 年通信板块行情可期。

##### ● 风险提示

5G 推进不及预期、运营商资本开支下降、行业景气度下滑的风险、新品研发进度不及预期的风险、新技术渗透低于预期的风险。

行业评级	买入
前次评级	买入
报告日期	2019-03-19

#### 相对市场表现



分析师：

许兴军



SAC 执证号：S0260514050002



021-60750532



xuxingjun@gf.com.cn

分析师：

余高



SAC 执证号：S0260517090001



SFC CE No. BNX006



021-60750632



yugao@gf.com.cn

请注意，许兴军并非香港证券及期货事务监察委员会的注册持牌人，不可在香港从事受监管活动。

#### 相关研究：

5G 系列报告四：天线 2019-03-11

&OGM:5G 天线量价齐升，  
新兴 OGM 模式崛起

5G 系列报告三：介质滤波 2019-03-08

器：市场空间有望倍增，行业  
格局面临重塑

联系人：谢淑颖 0755-82792502

xieshuying@gf.com.cn

联系人：滕春晓 021-60750604

tengchunxiao@gf.com.cn

## 重点公司估值和财务分析表

股票简称	股票代码	评级	货币	股价	合理价值	EPS(元)		PE(x)		EV/EBITDA(x)		ROE(%)	
				2019/3/19	(元/股)	2019E	2020E	2019E	2020E	2019E	2020E	2019E	2020E
东山精密	002384	买入	RMB	16.82	20.20	1.01	1.33	16.60	12.62	10.26	8.28	17%	18%
立讯精密	002475	买入	RMB	23.64	29.44	0.92	1.28	25.77	18.52	21.36	14.88	19%	21%
鹏鼎控股	002938	买入	RMB	27.54	35.50	1.42	1.73	19.34	15.91	8.95	6.77	15%	15%

数据来源: Wind、广发证券发展研究中心

## 目录索引

研究逻辑 .....	8
一、代际更替规律可循，5G 风口起势在即 .....	10
1.1 换道超车：从 1G 落后到 5G 超越 .....	10
1.2 外因视角：用户红利+政策指路，双轮驱动迭代升级 .....	12
1.3 内因视角：受益通信技术革新，网络建设动能强劲 .....	16
1.4 产业全景：从网络铺设到终端应用的 5G 生态链 .....	19
二、复盘 3G/4G 生命全周期，寻迹产业链投资轨迹 .....	21
2.1 运营商建设周期复盘：传输网建设期先行，无线网增长高弹性 .....	21
2.2 设备商营收周期复盘：主设备商营收稳增长，零部件商受益有先后 .....	25
2.3 终端换代周期复盘：紧跟通信周期步伐，技术革新驱动换代 .....	28
2.4 预判 5G 建设轨迹：5G 基站数达 500 万座，投资规模超 1.2 万亿 .....	30
三、探寻 5G 时期产业链不同领域投资机会 .....	33
3.1 导热材料：5G 浪潮下导热材料迎发展良机，看好国产供应链成长 .....	33
3.2 PCB/覆铜板产业升级，进口替代大幕开启 .....	45
3.3 介质滤波器：市场空间有望倍增，行业格局面临重塑 .....	56
3.4 天线&OGM：5G 天线量价齐升，新兴 OGM 模式崛起 .....	67
四、按图索骥，通信周期视角下投资节奏变化 .....	79
4.1 通信板块投资节奏与 3G/4G 周期强关联 .....	79
4.2 回顾细分板块涨落轮动及 5G 演进的投资建议 .....	80

## 图表索引

图 1: 从 1G 到 5G 的代际推进.....	10
图 2: 3G 到 5G 的商用进程中国逐渐与国际同步.....	11
图 3: 3G 到 5G 商用进程大事件.....	11
图 4: 移动通讯用户数量的代际推移.....	13
图 5: 移动互联网接入月度总流量及单用户月均流量剧增.....	13
图 6: 不断创新的 APP 索取海量数据.....	14
图 7: 运营商与互联网巨头合作推出套餐.....	14
图 8: 国家政策推动运营商资本开支逐年攀升.....	15
图 9: 从 1G 到 5G 的用户终端趋于多样化.....	17
图 10: 2009~2017 年通信基站数量迅速攀升 (左轴: 基站数, 右轴: YOY) ..	17
图 11: 光缆线路扩张式铺设 (左轴: 光缆长度, 右轴: YOY) ..	18
图 12: 海量数据存储催生国内 IDC 市场近千亿美元市场规模 (左轴: 市场规模, 右轴: YOY) ..	18
图 13: 5G 产业链全景推进图.....	19
图 14: 5G 应用场景搭建未来科技新生态.....	20
图 15: 2005 年至 2018H1 三大运营商资本总支出 (亿元) 及增速 (左轴: 运营商资本支出, 右轴: YOY) ..	21
图 16: 三大运营商在 3G/4G 投资建设周期资本开支的增幅对比.....	22
图 17: 2007 年至 2017 年运营商对传输网资本开支增速推移 (左轴: 三家运营商单独增速, 右轴: 总增速) ..	22
图 18: 2010 年至 2017 年三大运营商传输网资本开支 (亿元) 及占比 (左轴: 资本开支, 右轴: YOY) ..	23
图 19: 2010 年至 2017 年三大运营商无线网资本开支 (亿元) 及占比 (左轴: 资本开支, 右轴: YOY) ..	24
图 20: 2007 年至 2017 年运营商对无线网资本开支增速推移 (左轴: 三家运营商单独增速, 右轴: 总增速) ..	24
图 21: 主设备商华为及中兴通讯运营商业务营收 (亿元) 及增速 (左轴: 营收, 右轴: YOY) ..	25
图 22: 传输网零部件厂商的传输业务营收及增速 (左轴: 营收, 右轴: YOY) ..	26
图 23: 主要上市公司光纤光缆业务营业收入及增速 (左轴: 营收, 右轴: YOY) ..	26
图 24: 主要上市公司光模块业务营业收入及增速 (左轴: 营收, 右轴: YOY) ..	27
图 25: 主要上市公司天线射频业务营业收入及增速 (左轴: 营收, 右轴: YOY) ..	27
图 26: 终端换代周期紧跟通信周期步伐.....	28
图 27: 通信技术革命伴随着智能手机出货量的变化.....	28
图 28: 通信技术革命伴随着智能手机 ASP 的变化.....	29
图 29: 5G 业务发展三大阶段.....	30
图 30: 4G 阶段及 5G 阶段频谱分布.....	31

图 31: 密集城区及普通城区的 3.5 GHz/1.8 GHz 覆盖能力对比	31
图 32: 从 4G 基站数到 5G 基站建设推演 (万座)	32
图 33: 5G 基站投资规模的推演 (亿元)	33
图 34: 导热器件工作原理	34
图 35: 导热和其他相关材料及器件行业产业链	34
图 36: 材料企业相比器件企业毛利率较高	36
图 37: 从 1G 到 5G 的代际推进	37
图 38: iPhone XR/XS 双层主板表面的散热石墨片	38
图 39: 苹果 A12 芯片涂上了大量的导热硅脂散热	38
图 40: 5G 时代手机天线可能增加到 16 根	39
图 41: 智能手机热量两条传导路径——后盖和屏幕	39
图 42: 中小尺寸 OLED 面板需求 (单位: 百万 m <sup>2</sup> ) (左轴: 需求量, 右轴: YOY)	40
图 43: 中小尺寸 OLED 供需对比 (单位: 百万 m <sup>2</sup> ) (左轴: 产能/需求, 右轴: 供需差)	40
图 44: 三星在 19 年 2 月 20 日召开可折叠手机发布会	41
图 45: 外折式可折叠手机概念图	41
图 46: 智能手机无线充电市场规模将快速增长	41
图 47: iPhone X 的屏幕散热方案	42
图 48: iPhone X 在线圈上贴上铜箔石墨层	42
图 49: 从 4G 基站数到 5G 基站建设推演 (万座)	43
图 50: 5G RAN 对功能模块的重构	44
图 51: 从 4G 基站数到 5G 基站建设推演 (万座)	46
图 52: 基站天线变化	47
图 53: 移动基站结构变化	47
图 54: 4G 基站结构	47
图 55: 5G 基站结构的变化	47
图 56: 5G AAU PCB 面积约为 4G RRU 的 4.5 倍	48
图 57: 5G 向高频延伸	50
图 58: PCB 基材的分类	51
图 59: 深南电路各类覆铜板的采购价格 (元/平方米)	51
图 60: 覆铜板公司毛利率比较	51
图 61: PCB 产业东移趋势 (左轴: 产值, 右轴: YOY, 占比)	52
图 62: 中国大陆地区 PCB 产业已占半壁江山 (左轴: 产值, 右轴: 占比)	52
图 63: 中国大陆产值占比逐渐提升	52
图 64: 内资 PCB 厂商或将引领中国大陆下一阶段增长	52
图 65: 通信设备的 PCB 需求占比	52
图 66: 沪电股份和深南电路对华为销售额 (亿元, 左轴) 和占比 (右轴)	53
图 67: 中国大陆覆铜板进出口均价 (美元/kg)	54
图 68: 中国大陆覆铜板进出口情况	54
图 69: 2016 年全球 PTFE CCL 市占率	55
图 70: 生益科技和华正新材研发投入 (亿元, 左轴) 和占收入比例 (右轴)	55
图 71: RRU 的逻辑结构	57

图 72: RRU 的物理结构.....	57
图 73: 5G 时代下无线接入网的全新架构方式.....	58
图 74: Massive MIMO 技术将带来天线数量的指数级增长.....	58
图 75: 重量较大的 RRU 将上移与天线合设 AAU.....	59
图 76: Massive MIMO 技术导致射频单元数增加.....	59
图 77: 金属腔体滤波器、介质谐振腔体滤波器、介质滤波器对比.....	59
图 78: 大富科技收入变化 (左轴: 营收, 右轴: YOY).....	62
图 79: 武汉凡谷收入变化 (左轴: 营收, 右轴: YOY).....	62
图 80: 大富科技归母净利 (左轴) 及毛利率 (右轴).....	62
图 81: 武汉凡谷归母净利 (左轴) 及毛利率 (右轴).....	62
图 82: 介质滤波器的生产工艺.....	62
图 83: 介质滤波器工艺难点及其影响逻辑.....	63
图 84: 2017 年村田收入结构.....	64
图 85: 2017 年京瓷收入结构.....	64
图 86: 介质滤波器产业链.....	65
图 87: 5G 网络三大业务场景及其对于网络的不同需求.....	67
图 88: 5G 基站引入无线接入网的全新架构方式.....	68
图 89: 从 4G 基站数到 5G 基站建设推演 (万座).....	69
图 90: 传统 MIMO 较 Massive MIMO 的技术升级.....	69
图 91: 基站天线技术演进.....	70
图 92: 传统网络覆盖与 Massive MIMO 网络覆盖对比.....	71
图 93: 1990 年以来移动基站天线形态演变.....	72
图 94: 高频 PCB 板成为集成天线的馈电网络.....	73
图 95: 5G 天线中用高频 PCB 取代 4G 的馈电网络.....	73
图 96: OEM 模式、OGM 模式和 ODM 模式的分工对比.....	76
图 97: OEM 与 OGM 生产环节对比.....	77
图 98: OGM 模式与 OEM 模式的盈利空间对比.....	78
图 99: 行业目前估值 PE 处于相对低位.....	79
图 100: 通信板块表现随 3G/4G 技术推进起落.....	80
图 101: 2012-2017 年各细分板块累计涨跌幅情况.....	81
图 102: 2012-2017 年各细分板块逐渐涨跌变化.....	81
表 1: 5G 与 4G 关键技术指标对比.....	16
表 2: 2013 年以来光纤入户政策梳理.....	23
表 3: 5G 基站 AAU 射频端器件价值量预测.....	32
表 4: 不同导热材料产品技术特点一览.....	34
表 5: 2017 年合成石墨导热材料部分市场规模测算.....	35
表 6: 合成石墨导热材料部分市场规模测算.....	35
表 7: 国内外主要从事导热材料与其他相关材料的企业一览.....	37
表 8: 5G 与 4G 关键技术指标对比.....	37
表 9: 近年来主流手机厂商旗舰系列产品的屏幕种类情况梳理.....	40
表 10: 国内运营商主要频段划分.....	46

表 11: 4G 和 5G 基站 PCB 市场空间测算 .....	49
表 12: 5G 基站 AAU PCB 市场空间测算 .....	49
表 13: 5G 宏基站 AAU 覆铜板市场空间测算 .....	49
表 14: 多层板加工难度较高 .....	52
表 15: 全球覆铜板分类产值 .....	53
表 16: 全球刚性覆铜板的产值和产量 .....	54
表 17: 生益科技高频高速覆铜板系列 .....	55
表 18: PCB 产业链相关标的梳理 .....	56
表 19: 介质滤波器在国内宏基站端的市场空间测算 .....	61
表 20: 4G 时期滤波器在国内宏基站端的市场空间测算 .....	61
表 21: 介质滤波器的两类参与者 .....	65
表 22: 5G 与 4G 关键技术指标对比 .....	70
表 23: 5G 基站 AAU 射频端器件价值量预测 .....	71
表 24: 5G 基站 PCB 市场规模预测 .....	74
表 25: 5G 基站 AAU 中天线振子的市场空间测算 .....	75
表 26: 5G 基站 AAU 射频端增量市场规模测算 .....	75

## 研究逻辑

站在5G时代即将到来的风口，我们认为：在外因视角上，用户数据需求量的扩张和政策对于移动网络升级的推动导向，仍将继续驱动运营商积极建设新一代通信网络；在内因视角上，通信技术的代际革新推动移动网络设施建设。

**从技术特点和产业变迁来看，我们认为在5G时代将出现5个方面的投资热点：**

- 1) 新频段：5G采用高频段拉升高频PCB材料的市场需求。
- 2) 新空口：Massive MIMO是5G关键技术，预期将导入滤波器、连接器、天线阵子、导热材料的增量需求。
- 3) 新构架：网络切片化，SDN、NFV等架构，拉动电源、光器件、光纤光缆、网规网优的需求。
- 4) 新场景：5G的密集组网的形式对集成化有更高的要求，产品部件化、模组化，基于成本推进代工模式将是趋势。
- 5) 新业务：AI、云、边缘计算、物联网、大数据等技术融合进行垂直行业应用，带来应用终端更迭的需求。

回溯3G/4G生命周期中产业链投资的变化轨迹：1) 运营商资本开支周期影响通信行业的投资周期，传输网、无线网结构化支出呈现不同的投资规律；2) 主设备商营收呈现稳定增长的特点，但零部件商的受益时点则有先后；3) 5G时代终端的成长将从“价”的增长逻辑切换成“量”的增长逻辑，出货量增长曲线会更加陡峭。

**基于三大应用场景对5G部署的迫切性，及5G时期宏大的建设规模，我们认为5G将与4G协同演进，且5G的投资建设周期将比4G持续更长时间。**对于运营商的5G网络建设周期，我们三个阶段有如下预判：

- 1) 5G初期（预计2019-2020年）：以4G托底eMBB场景，做厚网络容量层。
- 2) 5G中期（预计2021-2022年）：局部建设部署5G网络，扩展URLLC业务至垂直应用领域。
- 3) 5G成熟期（预计2023-2025年）：超密集的独立组网全覆盖，万物互联成为可能。

**展望5G周期移动网络的建设轨迹，我们认为：**

- 1) 5G基站数量：运营商将采用SA和NSA混合的方案，我们预测5G基站规模将超过500万座，是4G基站数量的1.3至1.5倍。
- 2) 5G单基站价值量：5G单基站造价达21万元，其中AAU射频端价值增量达3-4万元、AAU端前传设备成本4万元、DU端设备成本5万元，而4G单基站平均造价为8.375万元。
- 3) 5G基站投资额：5G基站投资规模将达1.2万亿，大约是4G基站投资额的1.4至1.6倍。



纵观5G时期通信全产业链，主要存在以下领域的投资机会：

**1) 导热材料：**5G浪潮下OLED、可折叠设计、无线充电等创新应用以及基站端散热方案变革推动导热材料需求量增加，未来看好国产供应链成长。

**2) PCB&覆铜板：**5G推动PCB/覆铜板“量价齐升”，中国大陆厂商将积极研发与扩产，开启进口替代大幕。

**3) 介质滤波器：**5G时代，介质滤波器有望取代传统金属腔体滤波器成为主流方案，滤波器行业壁垒升高，竞争环境改善，市场空间有望倍增，景气周期有望拉长。

**4) 天线&OGM：**5G基站全新的AAU+CU+DU结构推动基站天线“量价齐升”。4G、5G协同建设阶段，4G馈电系统的劳动力密集型要素特性及5G基站天线量价齐升，共同推动天线代工厂商由OEM模式转向新型OGM模式。

回看3G/4G的发展历程与通信板块投资节奏变化情况：3G/4G时期，通信板块的超额收益表现紧跟3G/4G牌照发放节奏；对比3G、4G周期的上涨幅度可见，4G周期通信板块表现强于3G时期。2019-2020年或将迎来具备更高技术要求和更多行业应用空间的5G商用周期的关键节点，我们预计2019年通信板块行情可期。

按图索骥，依据4G时代不同细分板块的行情变化，我们认为在5G投资周期中：

**1) 主设备商将是受益于行情确定性最高的核心板块。相关标的：中兴通讯、烽火通信。**

**2) 天线射频板块投资首先启动。**

- ✓ 天线集成及OGM厂商。相关标的：具备天线OEM模式规模化生产优势、拥有上游部分AAU核心器件制造能力的盛路通信、东山精密、立讯精密，以及具有天线振子一体化设计能力的供应商硕贝德、飞荣达、信维通信。
- ✓ 滤波器。介质滤波器相关标的：东山精密、武汉凡谷、顺络电子。
- ✓ 高频PCB。相关标的：鹏鼎控股、东山精密、生益科技、奥士康、沪电股份。
- ✓ 导热材料。相关标的：中石科技、飞荣达。

**3) 前传网络投资节奏后发。相关标的：华工科技、光迅科技。**

**4) 小基站在5G时代将更值得关注。相关标的：邦讯技术、日海智能。**

**5) IDC/CDN行业在5G周期或将继续强势行情。相关标的：网宿科技。**

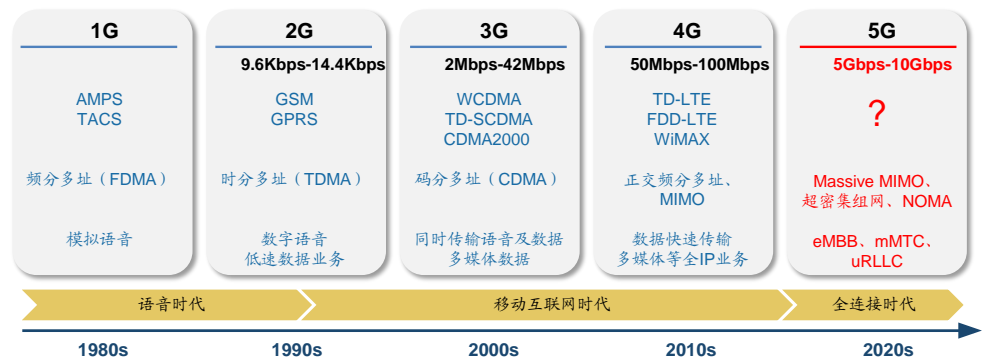
**6) AI、云、边缘计算、物联网、大数据等技术融合进行垂直行业应用，带来应用终端更迭的需求。相关标的：广和通、移为通信。**

## 一、代际更替规律可循，5G 风口起势在即

### 1.1 换道超车：从 1G 落后到 5G 超越

移动通信发展经历了1G到4G的迭代周期，即将迈向全新的5G赛道。在技术不断革新的过程中，市场话语权也发生了地域变迁，从以欧美主导，到欧美中三足鼎立，再到中国在5G技术的引领。在通信行业不同代际周期的更迭中，中国逐渐迎来了从1G落后、2G跟随、3G突破、4G并跑，到5G领先可期的通信领域全产业链发展机遇。

图 1：从1G到5G的代际推进



数据来源：IMT-2020(5G)推进组，广发证券发展研究中心

### Pre-4G时代：美欧接力主导通信标准

- **1G时代（以美国为主导）**：受传输带宽的限制，移动通信的长途漫游还未实现，通信标准局限于各国本国边界。美国以AT&T开发的AMPS系统为主，其他国家和地区也分别拥有各自适用的系统，包括北欧的NMT，葡萄牙、奥地利的C-Netz，非洲南部的C-450等。
- **2G时代（以欧洲为主导）**：欧洲率先启动GSM通信标准的研究，并大力投资GSM通讯网路，架设起国际漫游标准。欧洲占尽先发优势在全球范围内广布GSM基站，十年间GSM通讯网路在全世界162个国家建立，GSM标准的使用人数超过1亿、市占率高达75%。
- **3G时代（美欧中三足鼎立）**：多种标准在不同地区跨国界并行是3G时代的一大特征。欧洲主导设立的3GPP组织，开发出WCDMA的3G标准，是全球基站覆盖率最高的通信制式。美国则主导成立3GPP2组织加以竞争，推出了CDMA2000。我国亦推出了TD-SCDMA作为第三代通信标准。

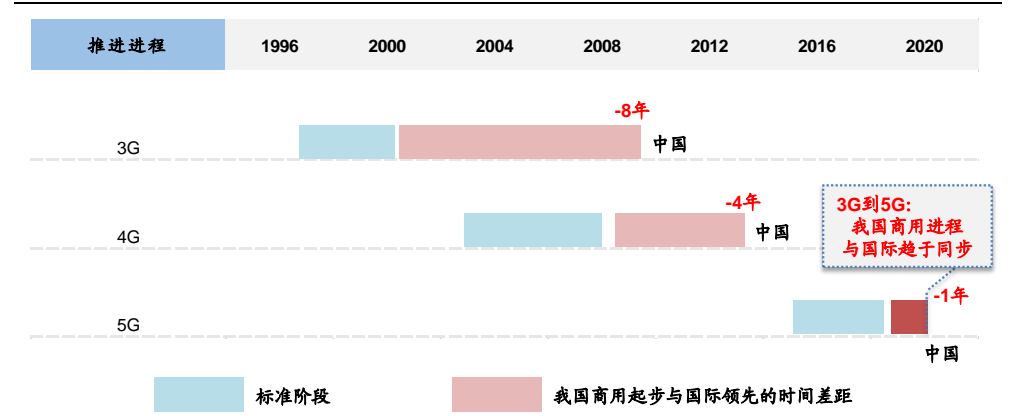
### 后4G时代：中国标准走向世界

- **4G时代（中国成后起之秀）**：在WCDMA高度覆盖的基础上，全球运营商纷纷决定采用LTE作为第四代通信标准。ITU正式审议将LTE-Advanced和IEEE 802.11技术规范确立为国际标准，中国主导制定的TD-LTE-Advanced同时成为国际标准。在4G周期中，中国逆转了长年在标准制定领域的弱势，实现了在国际通信界话语权的突破。

- **5G时代（中国超越可期）**：我国已全面开展5G技术研发，并在大规模天线、超密集组网等5G核心技术取得重要成果，编码技术也实现创新。2018年，华为主推的Polar码成为5GeMBB场景信令信道编码方案，在5G标准的制定上拥有国际话语权。在5G标准的研讨和制定中，我国提出的极化码控制信道编码、核心网SBA架构、承载网协议关键接口方案均被3GPP采纳，成为5G标准中国化趋势的关键指标。

技术进步与产业崛起是我国通信商用逐渐接轨国际的本质动因。我国通信行业商用进程与国际的差距经历了3G时代大约8年、4G时代大约4年的滞后期，在5G阶段预计将迎来与国际的逐步同步。国内企业在标准制定上的话语权提升缩短了我国商用起步与国际领先的时间差距，这一提升有两大原因，其一是技术进步：国外先进通信厂商的专业壁垒逐渐被华为等国内企业突破，中国技术与产品走向全球；其二是通信全产业链的崛起：华为与中兴跃居全球四大电信设备商，同时国内拥有大而全的通信产品线，涉及终端、基站、RNC/BSC、传输、光通信等。

图 2：3G到5G的商用进程中国逐渐与国际同步

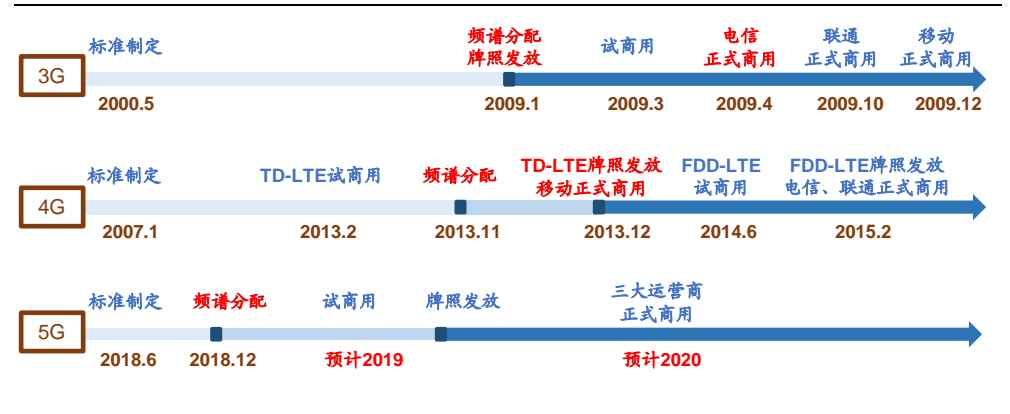


数据来源：3GPP，广发证券发展研究中心

### 5G展望：加快商用进程，实现弯道超车

过去二十年间，中国搭建了大规模通信网络基础设施，在摸索前行中逐渐体现出后发优势，每个代际的商用进程逐步加快，不断缩小与发达国家通信网络进程的差距。站在5G时代即将到来的关口，中国通信有望实现弯道超车。

图 3：3G到5G商用进程大事件



数据来源：工信部，腾讯科技，广发证券发展研究中心

### 1) 3G与4G时代：国内发展日渐成熟，商用进程不断加快

**3G牌照发放在先，正式商用落后。**2009年1月，国内3G频谱分配与牌照发放完成，三大运营商在2009年3月进行试商用，中国电信于2009年4月正式商用。对比国际进程，同年全球首个4G试商用网络已在瑞典展开。3G时代中国通信网络落后国际先进水平整整十年。

**4G通信设施完备，静等牌照发放。**2013年2月，中国移动TD-LTE的试商用在国际4G标准制定5年后展开，时间上领先于年底的牌照发放。不同于3G时代牌照发放与正式商用之间仍然存在着若干月的准备与试验期，通信基础设施建设与运行完备的背景下，发牌后运营商立即开展正式商用。

### 2) 5G时代展望：完备基础设施，预先进行试商用

**5G商用步伐加快，4G进入收尾阶段。**5G标准R15已于2018年6月制定，频谱分配在2018年底已完成。2019年，工信部下发5G临时牌照，重点城市的5G网络试商用预计于第三季度规模开展。5G将延续3G与4G不断加快的商用节奏，我们预计2020年5G将规模商用。**4G时代生命周期已经进入收尾阶段，5G的到来将掀起从设备到终端的换代高潮。**

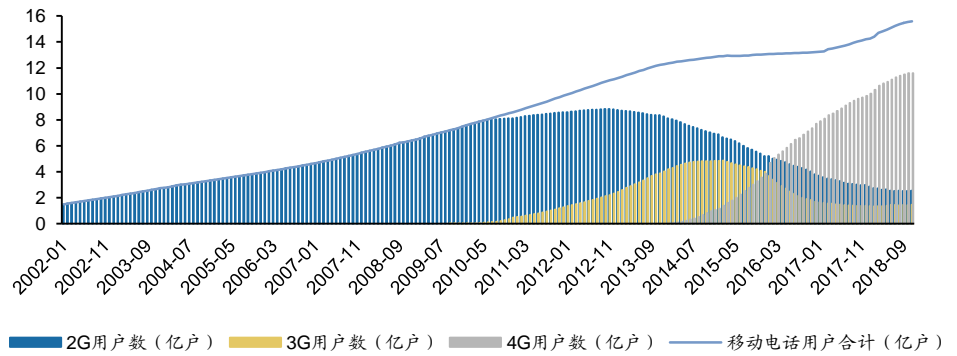
## 1.2 外因视角：用户红利+政策指路，双轮驱动迭代升级

### 1.2.1 用户数据需求量扩张

回顾2G-4G的用户生命周期，国内移动通讯用户呈现体量扩张和迭代更替的特点，带来用户数上的增量红利和单用户数据需求量的存量升级，驱动整体移动数据流量需求不断攀升。

**增量红利：移动通讯终端下沉普及，用户数量整体水位上移。**从移动通讯的用户体量视角来看，随着以智能手机为主的移动通讯终端的持续下沉普及，三四线及时代边缘年龄层人群逐渐加入移动互联网，为移动通讯用户体量注入增量。根据工信部的运营商用户数据，2002年初移动电话用户总数不足1.5亿户，而在2018年11月用户数高达15.6亿户，复合增速高达14.8%。**2G到4G每一代用户体量的递增反映了我国移动通讯基础设施逐步下沉：在经济领先的发达城市率先完成移动通信设施架构后，乡镇及村落也逐步规划铺设起移动通信网路。**

图 4：移动通讯用户数量的代际推移



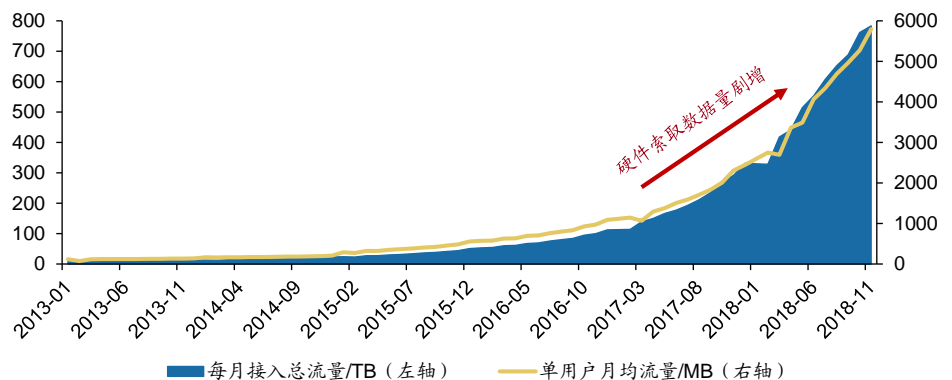
数据来源：工信部，广发证券发展研究中心

**存量升级：跨越代际降维打击，数据需求换代攀升。**从移动通讯的用户结构视角来看，新一代移动通讯技术凭借传输速度、频谱宽度、基站覆盖程度及终端智能化的优势，对上一代技术用户迭代明显。用户换代对单位数据流量需求的剧增主要来源于终端性能、软件应用和资费骤降三大动因：

### 1) 硬件升级驱动流量需求

从2G时代低速传输的功能机，到3G时代应用丰富的智能终端，再到4G时代多媒体数据体量剧增的高清终端设备，硬件上承载和索取的数据传输量剧增。相比于以短信和语音通话为主的功能机仅需Kbps级别传输速度，智能终端所需的数据传输数量级达到Mbps甚至Gbps，而未来可期的以车联网为代表的5G垂直行业应用正在谱写巨额流量时代的序曲。

图 5：移动互联网接入月度总流量及单用户月均流量剧增



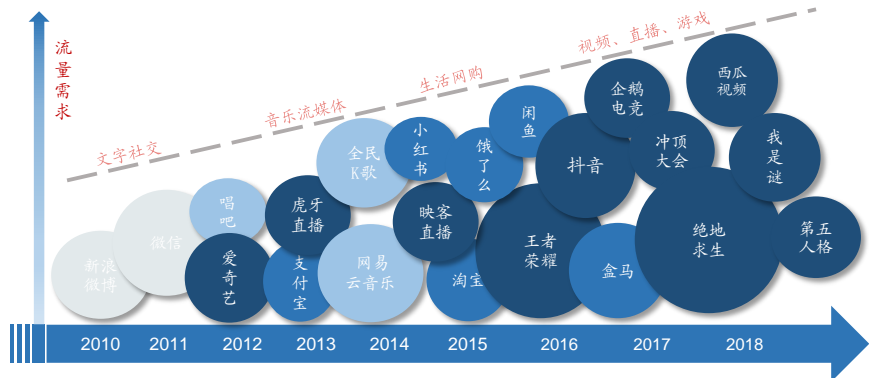
数据来源：Wind，广发证券发展研究中心

### 2) 内容应用创新索取海量数据

在内容应用层面来看，从最初的文字符号，到清晰度趋高的图片，再到画质精细的视频，内容应用作为流量输出口对数据的索取日益提升。2010年国内迈进移动互联网时代以来，APP迅速多样的发展态势持续催化用户流量需求。在3G时代初期，文字类的社交应用代替短信和通话逐渐兴起，而后音乐、生活及电商等应用对主流

媒体及高清图片浏览的索取助力流量需求提升；4G时代到来后，短视频和直播类App相继上线，引爆新一轮数据量攀升。

图 6：不断创新的APP索取海量数据



数据来源：App store，广发证券发展研究中心

### 3) 运营商提速降费松绑流量约束

自3G商用以来，国内三大运营商的数据资费整体下调趋势明确。一方面，2015年起三大运营商加大提速降费力度，2018年取消流量“漫游费”；另一方面，运营商与阿里巴巴、腾讯、百度等互联网巨头合作推出资费低廉的套餐，结合热门应用营销推广，有效捕捉流量高需求人群，进一步驱动流量需求充分释放。根据中国联通研究院的数据，截至2018年4月，腾讯与联通联合推出的大王卡的用户数量已突破8000万。

图 7：运营商与互联网巨头合作推出套餐

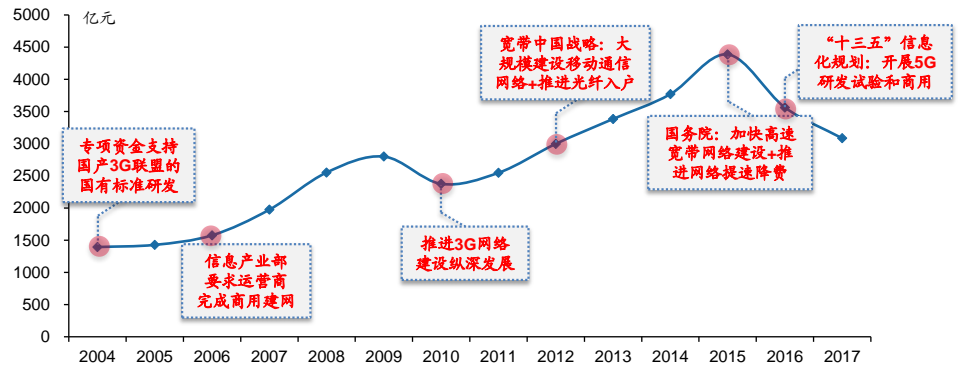
		百度圣卡	腾讯王卡	阿里鱼卡
合作运营商		中国电信	中国联通	中国移动
合作互联网巨头		百度	腾讯	阿里
免流量应用	社交	百度贴吧	微信	新浪微博
	游戏	阴阳师	王者荣耀	九游
	视频	爱奇艺	腾讯视频	优酷
	音乐	网易云音乐	QQ音乐	虾米
	搜索	百度	QQ浏览器	UC浏览器
	生活	百度地图	QQ邮箱/腾讯新闻	高德地图/支付宝
最低套餐资费		9元/月	19元/月	9元/月

数据来源：运营商官网，广发证券发展研究中心

### 1.2.2 政策导向推动网络升级

移动通信产业具有明显的规模效应，前期的基础设施搭建投入成本高，国家政策扶持为运营商大规模建设通信网络提供坚实后盾。自移动互联网问世以来，在每个代际更迭的窗口，国家均出台一系列政策扶持与指引三大运营商通信网络建设，运营商的资本开支也受政策影响而波动。

图 8：国家政策推动运营商资本开支逐年攀升



数据来源：运营商官网，广发证券发展研究中心

### 3G建设时期：专项基金助力开启3G建设，网络铺设延伸长尾用户

- 1) 2004年7月，信息产业部、发改委、科技部向国产3G联盟划拨7亿元专项资金用于支持国产标准的研发。
- 2) 2006年1月，信息产业部确立TD-SCDMA为国内标准，并要求三大运营商在当年上半年建设完成商用建设网，随着国内3G网络大规模建设的启动，运营商资本开支也自此开始了高速增长。
- 3) 2010年4月，3G发牌政策落地后，工信部《关于推进第三代移动通信网络建设的意见》提出：推进3G网络建设向县城、乡镇、高速公路和风景区纵深发展。通信网络继续延伸触及长尾用户，运营商资本开支总量韧性持续。

### 4G建设时期：宽带中国战略持续推动通信网络更新换代

- 1) 2012年，发改委等八部委起草“宽带中国”战略：大规模建设移动通信网络与推进光纤入户。运营商资本开支在TD-LTE发牌后依旧保持着高速增长，政策带来的设备采购潮使得资本开支增长韧性持续。
- 2) 2015年5月，国务院办公厅《关于加快高速宽带网络建设推进网络提速降费的指导意见》强调：适度超前建设高速大容量光通信传输系统，持续提升骨干传输网络容量。在移动网络基本搭建完成后，运营商以扩容为主，同时为下一轮通信网络建设升级蓄势储能。
- 3) 2016年12月，国务院“十三五”国家信息化规划提出：开展5G研发试验和商用，主导形成5G全球统一标准；推进下一代互联网演进升级，加快实施下一代互联网商用部署。对5G网络建设发展的规划开启了新一轮的通信网络建设周期。

站在5G时代即将到来的风口，我们认为：在用户方面，国内移动通讯用户仍然呈现体量趋于扩张和逐代积极更替的态势；在政策方面，国家对5G网络建设发展的规划和扶持政策将助力运营商大规模建设5G通信网络设施。用户数据需求量的扩张和政策对于移动网络升级的推动导向，仍将继续驱动运营商积极建设新一代通信网络。

### 1.3 内因视角：受益通信技术革新，网络建设动能强劲

从1G初期的语音通信，到如今4G手机的即时视频网络，再到未来5G的万物互联，移动通信技术在代际间不断提升迎合用户需求。移动通信的技术升级体现在三个方面：数据传输速度愈发迅速、传输信息多样化、终端场景更广阔。

**传输速度飙升开启信息时代。**通信技术每一次更迭换代都见证了传输速度的极大提升。1G时代的最高速度仅为2.4Kbps，2G达到9.6K-14.4Kbps，3G时代直线增长至2M-42Mbps，4G再度提升到50M-100Mbps。5G的峰值传输速度达到20Gbps，比4G网络快近百倍。在其他相关技术指标上，5G相较4G优越在于流量密度提升100倍、时延缩小10倍、移动性优化近1.5倍。

表 1：5G与4G关键技术指标对比

技术指标	4G 参考值	5G 目标值	提升倍数
用户体验速率	10Mbps	0.1-1Gbps	10-100 倍
峰值速率	1Gbps	20Gbps	20 倍
流量密度	0.1Tbps/km <sup>2</sup>	10Tbps/km <sup>2</sup>	100 倍
连接数密度	10 <sup>5</sup> /km <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup> /km <sup>2</sup>	10 倍
空口时延	10ms	1ms	0.1 倍
移动性	350km/h	500km/h	1.43 倍

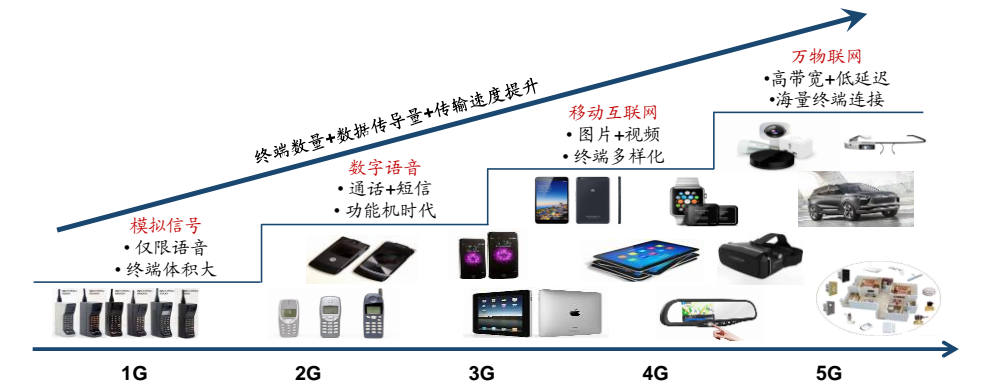
数据来源：前瞻产业研究院，广发证券发展研究中心

**传输内容从文字、语音向视频进化，信息量暴增。**1G时代传递模拟语音，2G时代传输语音和文本短信，3G开创移动互联网图片时代，4G升级为视频时代，5G使万物互联成为可能，通信技术的进步引领传输内容的不断拓展。5G优良的空口时延、频谱效率、连接数密度和网络能效将在4G的基础上巨幅扩大数据体量，大数据、云计算、VR/AR应用、智能家居/工厂等正加速推进物联网新世纪的到来。

**用户对内容实时性、高清化需求强劲，驱动终端多样化与多功能化。**在2G时代，终端以功能机为主，仅仅具备通话与短信功能；3G与4G时代的高带宽使用效率，高频宽和稳定传输使大量数据的传送更为普遍，智能机与平板电脑得以普及；5G通讯网络具有高速率、低时延的特点，推动通信进入海量数据+海量终端时代，手表、运动手环、车载终端、VR/AR设备、智能家居等新型终端普及。



图 9: 从1G到5G的用户终端趋于多样化



数据来源: C114 通信网, 广发证券发展研究中心

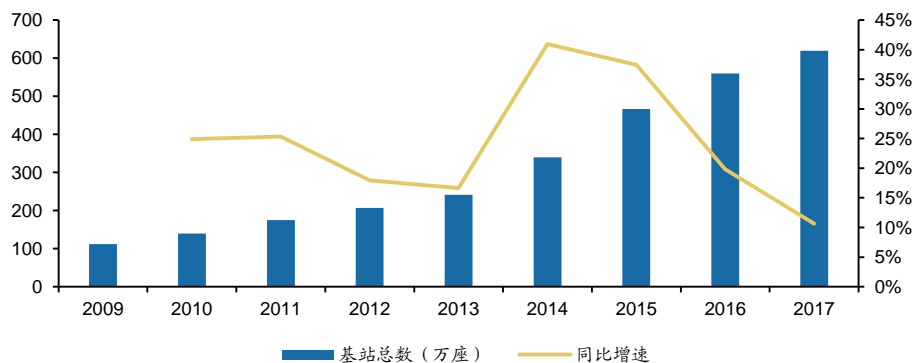
**通信技术革新推动通信网络基础设施建设。**通信技术升级的实现和推广需要依托大量的通信网络基础设施配合, 每一代通信技术迭代促进基站、光纤光缆、IDC等通信网络基础设施更新换代。

**1) 通信网络扩容驱动基站建设, 小基站超密集组网或成为未来主流架构**

**1G到4G时代, 扩容需求驱动传统基站网络铺设。**移动通信技术的进步与普及对通信网络提出了提升容量的需求, 其提升方式有两种: 一是横向小区分裂, 即提升宏基站密度; 二是纵向网络分层, 建立更多频段。在4G时代前, 我国通信网络容量的拓宽方式多以提高基站密度为主, 移动基站数量从2009年的111.9万座上升到2017年的619万座, 复合增速高达23.84%。

**5G时代, 微蜂窝小基站密集组网将大面积普及。**传统基站在密度提升上存在极限, 当密度足够高时, 同频信号干扰严重。新型微蜂窝小基站发射功率低, 干扰小, 可以实现更小区域内的频率复用与灵活部署。微蜂窝小基站密集组网或在将来成为主流架构。

图 10: 2009~2017年通信基站数量迅速攀升 (左轴: 基站数, 右轴: YOY)



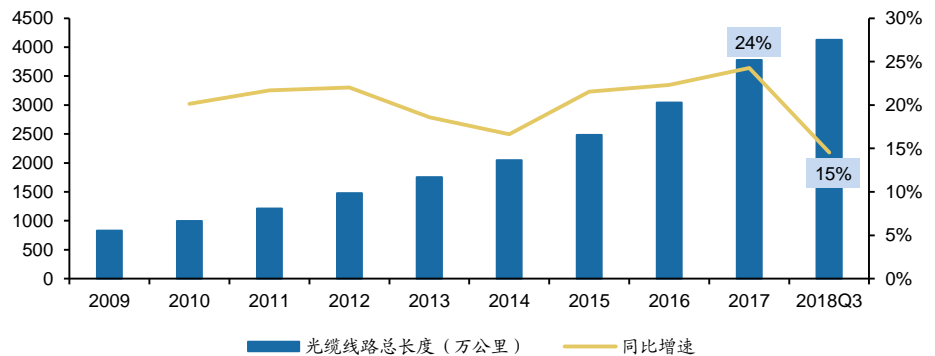
数据来源: 工信部, 广发证券发展研究中心

## 2) 数据需求叠加政策红利推动光纤光缆铺设里程

**数据传输需求促进光缆网络建设。**光通信相比于传统的电通讯，具有高带宽、低损耗、低成本和高保真等明显优势。通信网络要实现高质量数据传输，大面积的光纤光缆网路建设极其重要。

**政策红利刺激光纤光缆需求。**政府推出“宽带中国”、“提速降费”、“光纤入户”和“十三五”纲要等一系列政策，叠加三大运营商对骨干网的扩容升级，“光进铜退”效应显著。光缆线路总长度从2009年的829公里上升至2018年第三季度的4130公里，每年增速均高于15%。

图 11: 光缆线路扩张式铺设 (左轴: 光缆长度, 右轴: YOY)

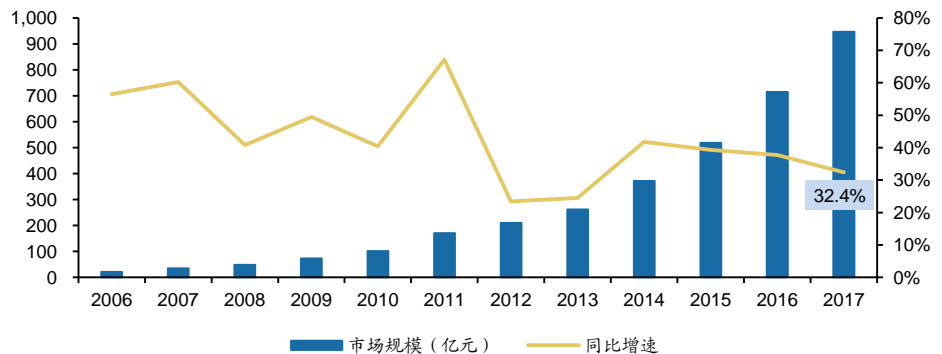


数据来源: 工信部, 广发证券发展研究中心

## 3) 海量数据存储与处理推动IDC行业兴起

互联网数据中心 (IDC) 是通信基础设施中为大型互联网公司、云计算企业、金融机构等客户提供存放服务器的空间场所。迈进互联网时代以来, 海量的信息存储、计算与处理需求催生了IDC行业。2006年以来, 我国的IDC市场规模迅速扩大, 从2006年的21.6亿元扩张至2017年接近千亿元。

图 12: 海量数据存储催生国内IDC市场近千亿美元规模 (左轴: 市场规模, 右轴: YOY)



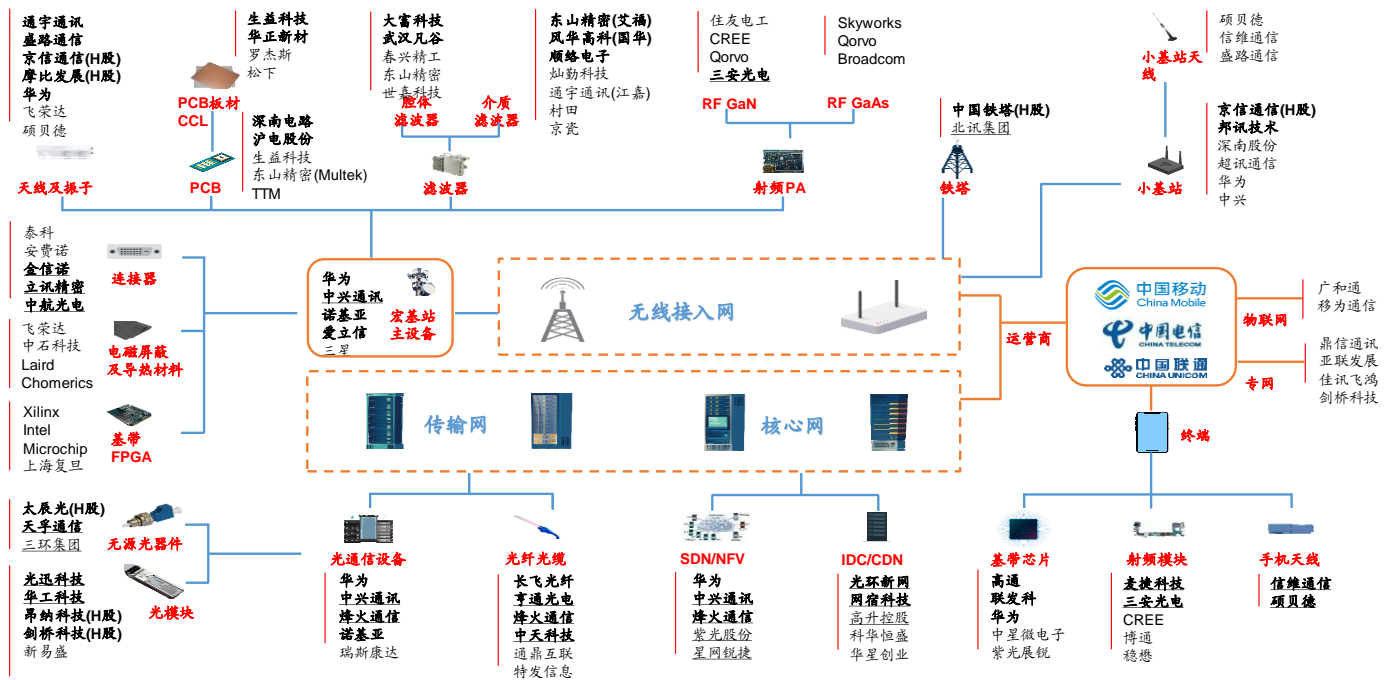
数据来源: 中国 IDC 圈, 广发证券发展研究中心

### 1.4 产业全景：从网络铺设到终端应用的 5G 生态链

对通信全产业链的投资周期进行拆解，从技术实现到推广商用可分为三大阶段：

1) 建设期：涵盖无线接入网与承载网的建设，无线接入网包括宏基站主设备及其电力配套、铁塔等，承载网包括SDN/NFV、传输网设备与IDC/CDN；2) 运维期：主要是电信服务外包；3) 应用期：涵盖了终端及其零部件与5G场景的搭建。

图 13: 5G产业链全景推进图



数据来源：Wind，广发证券发展研究中心

从技术特点和产业变迁角度看，我们认为在5G时代将出现5个方面的投资热点：新频段、新空口、新构架、新场景、新业务。

#### 1) 新频段：5G采用高频段拉升高频PCB材料的市场需求。

■ **高频PCB**：电磁频率较高的特种电路板，广泛应用于通信基站的建设。5G超密集组网和Massive MIMO技术带来基站数量和天线用量剧增，双轮驱动高频PCB需求量剧增。

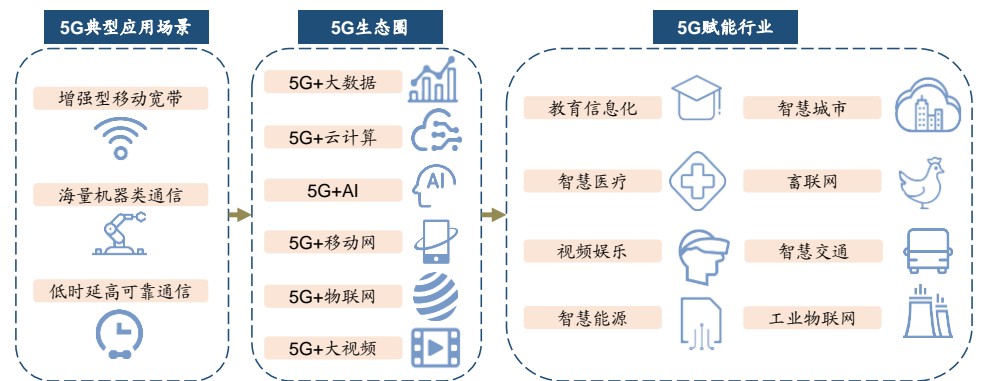
#### 2) 新空口：Massive MIMO是5G关键技术，预期将导入滤波器、连接器、天线阵子、导热材料的增量需求。

■ **滤波器**：主要应用于基站的射频前端。5G时代，为满足有源天线的重量和尺寸要求，陶瓷介质滤波器具有高抑制、低损耗、温度漂移特性好、体积小、重量轻的特点，有望取代金属腔体滤波器成为新主流方案。

■ **连接器**：射频连接器主要用于电缆接口。5G时代的数据传输速度是4G的十倍以上，并采用了波束赋形技术，5G对射频连接器高数据流量的要求，将为各个射频连接器生产厂家带来新的机遇和挑战。

- **天线振子**: 天线振子为天线上的元器件,具有导向和放大电磁波的作用。5G时代基站数量剧增和Massive MIMO技术驱动天线振子“量价齐升”。
  - **导热材料**: 5G时代的移动终端和基站均对电磁导热产品产生大量的增量需求,叠加工艺升级趋势将带来单机价值量的显著提升,进而推动导热材料产业市场规模迎来高速增长。
- 3) **新构架**: 网络切片化, SDN、NFV等架构, 拉动电源、光器件、光纤光缆、网规网优的需求。
- **基站分布式电源**: 5G时代, 运算量的上升驱动基站设备AAU和BBU功率单扇区输出功率提升, 引发基站供电功率大幅上涨, 刺激基站电源的扩容需求。
  - **光器件**: 光器件泛指光模块、光芯片等电子元件。5G基站传输架构由原来的前传和回传两级演变为前-中-后三级, 带来光器件的用量提升。而Massive MIMO技术对高速率光模块需求将进一步推动其价格上涨。
  - **光纤光缆**: 5G基站超密集组网将带来光纤光缆用量激增。
  - **网规网优**: 5G的超密集组网将催生海量通信服务需求, 网络组网和优化服务市场有望迎来春天。
- 4) **新场景**: 5G的密集组网的形式对集成化有更高的要求, 产品部件化、模组化, 基于成本推进代工模式将是趋势。
- **小基站和室分设备**: 5G将采用“宏站+小站”的组网模式。众多室内应用场景如办公室、电影院等的需求将刺激小基站和室内设备用量提升。
- 5) **新业务**: AI、云、边缘计算、物联网、大数据等技术融合进行垂直行业应用, 带来应用终端更迭的需求。
- **物联网模组**: 车联网通信模组, 智能制造、智慧交通、教育及医疗等产业互联网领域通信模组。
  - **边缘计算芯片**: 边缘计算作为5G催生的新兴产业, 采用网络、计算、存储、应用核心能力为一体的开放平台, 将依托5G大带宽、低时延的特性, 广泛应用于物联网领域, 驱动边缘计算芯片的海量需求。

图 14: 5G应用场景搭建未来科技新生态



数据来源: 中国移动官网, 广发证券发展研究中心

## 二、复盘 3G/4G 生命全周期，寻迹产业链投资轨迹

在3G/4G行业生命周期中，运营商爆发式增长的资本支出惠及通信全产业链供货商，每一轮资本开支的增加为通信设备及无线厂商创造更高的业绩空间，并最终驱动手机终端的更新换代。我们从运营商建设周期、设备商营收周期、终端换代周期三个视角进行复盘，回溯了3G/4G生命周期中产业链投资的变化轨迹。

### 2.1 运营商建设周期复盘：传输网建设期先行，无线网增长高弹性

国内三大运营商的资本总开支是通信产业链厂商争夺的“蛋糕”，运营商的资本开支周期影响通信行业的投资周期。通信行业资本开支可拆分为不同的细分领域，主要包括传输网和无线网，两项结构化支出呈现不同的投资规律。

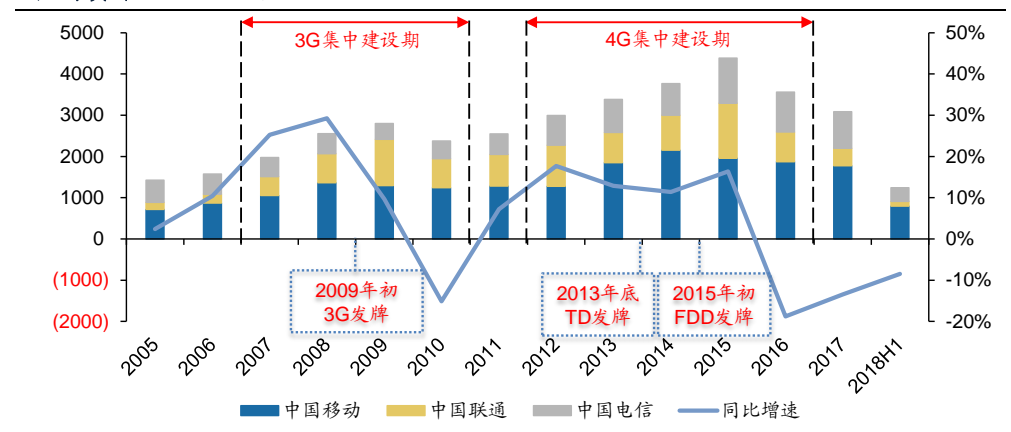
#### 2.1.1 运营商资本总开支分析

运营商资本总开支呈现周期变化，牌照发放前后达到投资期顶峰。国内通信行业经历了3G、4G的两个集中建设期。

**1) 3G集中建设期（2007年至2010年）：**我国于2007年开启的3G网络的集中建设期，期间运营商资本支出总额为9700亿元，2009年3G牌照发放后达到投资峰值2799亿元。

**2) 4G集中建设期（2012年至2016年）：**2012年开启的4G网络集中建设期，期间运营商的资本总支出高达18097亿元，相比3G集中建设期增长86.56%，在2015（4G-FDD发牌当年）达到年投资峰值4385亿元。

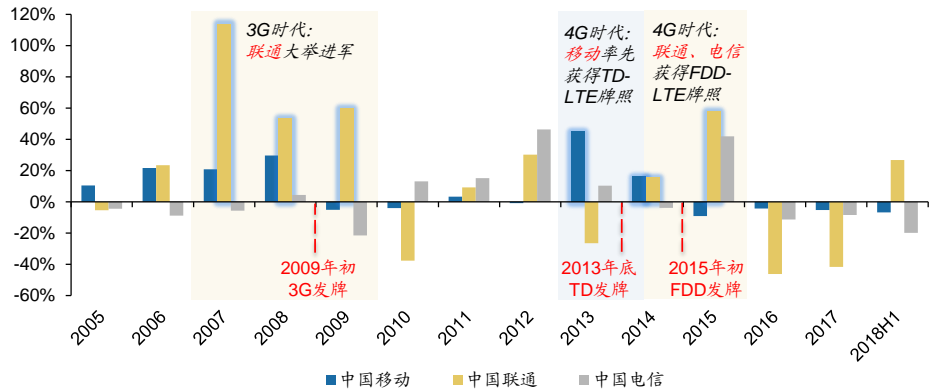
图 15：2005年至2018H1三大运营商资本总支出（亿元）及增速（左轴：运营商资本支出，右轴：YOY）



数据来源：三大运营商财报，广发证券发展研究中心

三大运营商先后发力，4G建设期运营商资本开支出现时间节点分化。2013年底，中国移动取得TD-LTE牌照，率先发力建设4G网络，运营商资本总开支大幅增加；2015年初，中国联通和中国电信获得FDD-LTE牌照后开始迅速扩建4G基础设施，将运营商整体资本开支推向高点。

图 16: 三大运营商在3G/4G投资建设周期资本开支的增幅对比



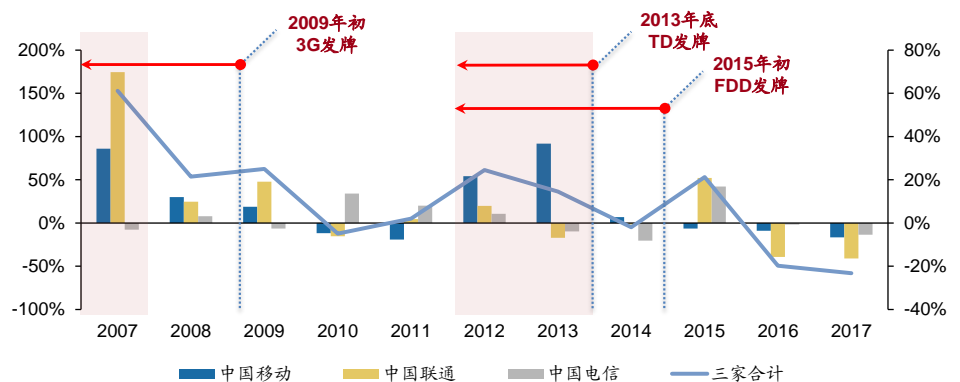
数据来源：三大运营商财报，广发证券发展研究中心

## 2.1.2 三大运营商资本开支拆分：传输网+无线网

### 1) 传输网

运营商抢跑发力，传输网建设领先牌照发放超过两年。传输网的搭建涵盖光通信设备组建与光纤光缆的铺设，从资本开支角度看，3G/4G时代传输网的大规模建设启动领先工信部发放牌照超过2年。运营商的传输网建设之所以能够抢跑牌照发放，其根本原因在于传输网的搭建不需要考虑频谱的分配情况与牌照发放许可，未雨绸缪的先行铺设有利于迅速占领下一代通信网络市场。中国联通在2007年的大规模传输网建设为其在3G时代的统治地位打下良好基础，中国移动则是在2012与2013年对传输网的大量投资，在4G时代取得先机。

图 17: 2007年至2017年运营商对传输网资本开支增速推移 (左轴: 三家运营商单独增速, 右轴: 总增速)

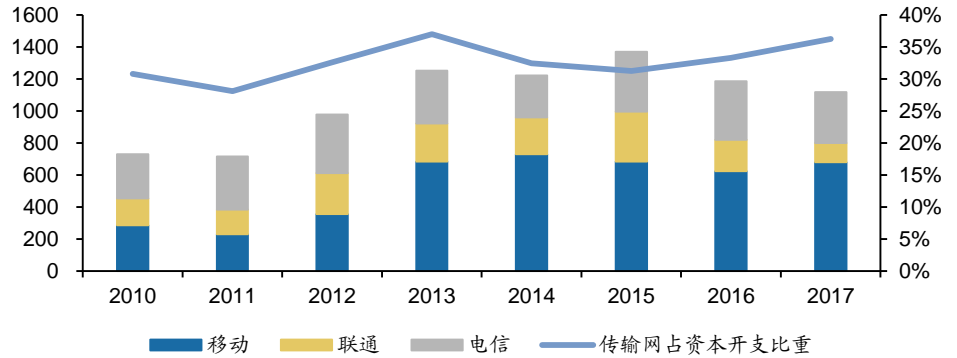


数据来源：三大运营商财报，广发证券发展研究中心

**4G基建叠加“光纤入户”政策，4G建设阶段传输网资本开支达到顶峰。**传输网作为电信网的基础，是基站与其他网络节点之间的有线网路架构，传输网络为无线及固网业务提供承载基础。由于4G基建期与“光纤入户”政策窗口期的叠加作用，2013年至2015年成为传输网资本开支的高峰期。2013年运营商传输网的资本开支达1252

亿元，占当年资本开支比例的37.0%；2015年传输网资本开支高达1370亿元，占资本总开支的31.2%。

图 18: 2010年至2017年三大运营商传输网资本开支（亿元）及占比（左轴：资本开支，右轴：YOY）



数据来源：三大运营商财报，广发证券发展研究中心

光纤入户政策极大拉动了传输网建设，固网建设已接近饱和。根据工信部数据，2018年7月全国光纤接入（FTTH/O）用户总数达到3.28亿户，占固定互联网宽带接入用户总数的86.8%，信息化强国基础建设取得阶段性成果。当前固网端建设已趋于完备，固网对传输网建设的增量贡献下滑，5G时代的传输需求增量将更大程度上兑现在无线端入口的引流。

表 2: 2013年以来光纤入户政策梳理

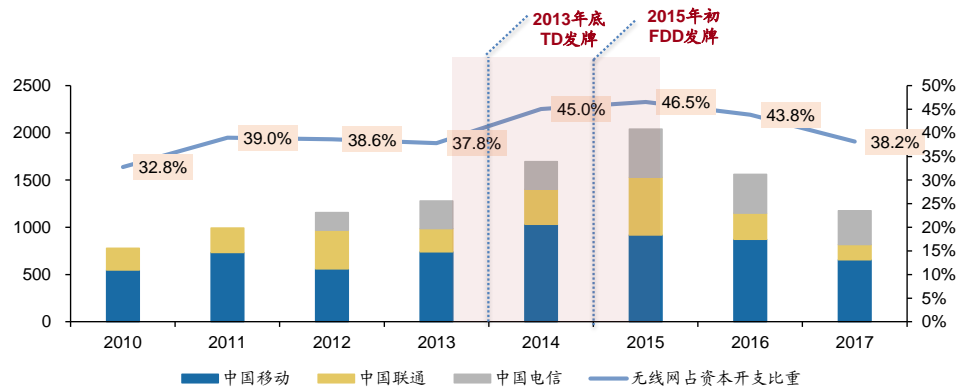
时间	文件	光纤相关政策
2017.12	《信息基础设施重大工程建设三年行动方案》	到 2018 年，新增干线光缆 9 万公里，新增光纤到户端口 2 亿个
2015.5	《关于实施宽带中国 2015 专项行动的意见》	新增光纤到户覆盖家庭 8000 万户；新增光纤到户宽带用户 4000 万户
2014.5	《关于实施宽带中国 2014 专项行动的意见》	新增光纤到户覆盖家庭 3000 万户；新增固定宽带接入用户 2500 万户
2013.8	《“宽带中国”战略及实施方案》	到 2020 年，固定宽带用户达到 4 亿，家庭普及率达到 70%，光纤网络覆盖城市家庭
2013.4	《关于实施宽带中国 2013 专项行动的意见》	新增光纤到户覆盖家庭超过 3500 万户；新增固定宽带接入互联网用户超过 2500 万户

数据来源：工信部，广发证券发展研究中心

## 2) 无线网

无线网投资启动早于牌照发放一年。2009年初3G发牌，中国联通的无线网资本开支增速在2008年达到101.9%，中国移动的无线网资本开支增速也于同期达到了53.36%。4G建设周期中，中国移动在TD发牌的2013年初率先进行无线网投资，而中国联通、中国电信的资本开支增速则在FDD发牌前一年大幅增加。

图 19: 2010年至2017年三大运营商无线网资本开支（亿元）及占比（左轴：资本开支，右轴：YOY）



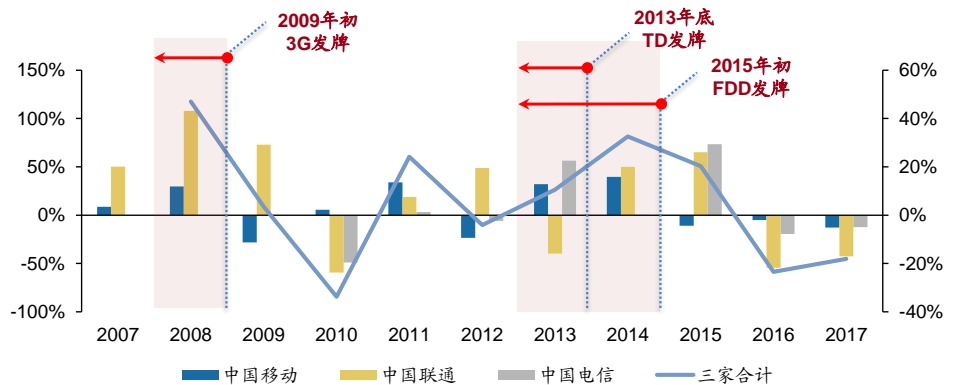
数据来源：三大运营商财报，广发证券发展研究中心

基站设备量价齐升，4G阶段无线网投资大幅增加。

小覆盖范围叠加高速数据需求提升4G基站数量：基站是通信无线网端的主要设备。1) 4G相比于3G的高频段决定了单个4G基站覆盖范围小，为保证信号覆盖面积充足，运营商大量扩建4G基站。2) 4G时期，运营商依靠增大基站覆盖密度提升室内信号水平，移动数据流量的高速增长对信号稳定性提出了更高要求。覆盖范围制约叠加高质量信号需求拉动4G时期的无线网建设，截至2017年底，4G基站数是3G基站数峰值的2.3倍。

射频器件增加提升基站单价：射频天线是基站升级时主要更换的设备。与3G时期的单个智能天线设备不同，在4G阶段，基站天线架构向MIMO升级。MIMO技术指在发射端和接收端分别使用多个发射天线和接收天线，在不增加频谱资源和天线发射功率的情况下，可以成倍的提高系统信道容量。传统3G基站只有一条智能天线，而4G基站MIMO一般为 2 天线、8 天线或 16 天线模式。天线数量的提升与架构上的集成提高了单个基站的价格。

图 20: 2007年至2017年运营商对无线网资本开支增速推移（左轴：三家运营商单独增速，右轴：总增速）



数据来源：三大运营商财报，广发证券发展研究中心

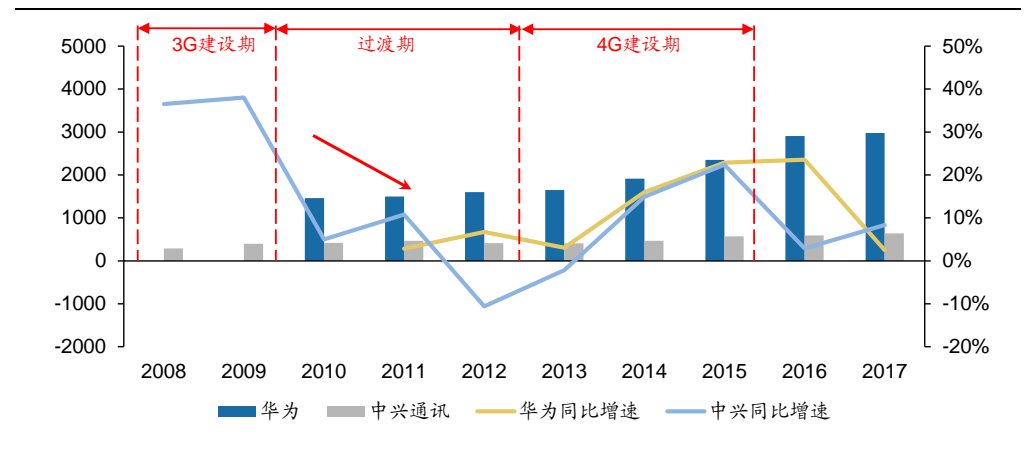


## 2.2 设备商营收周期复盘：主设备商营收稳增长，零部件商受益有先后

通信产业的供货商主要可分为主设备商和零部件供货商。主设备商包括华为、中兴通讯、爱立信等，负责组装基站天线、射频滤波器、PCB等零部件制成无线主设备。零部件供货商可大致分为传输网零部件和无线网零部件，传输网零部件包括光模块、光纤光缆等，无线网零部件包括终端天线、射频滤波器等。

1) 主设备商：收入增速顶峰出现在牌照发放完成未来一年。在4G网络建设周期中，2013年TD-LTE牌照发放后，华为和中兴运营商业务的营收增速显著攀升。华为的营业收入从2013年的1665亿元上升至2016年的2906亿元，年复合增长率达15%；中兴的营收增速在2015年达到了22.4%。长期来看，主设备商的营收受运营商资本支出拉动，增长较为稳定。

图 21：主设备商华为及中兴通讯运营商业务营收（亿元）及增速（左轴：营收，右轴：YOY）

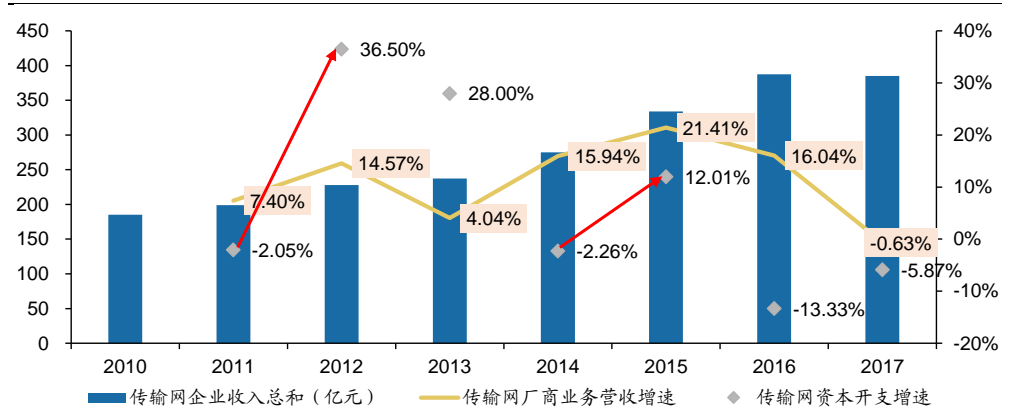


数据来源：三大运营商财报，广发证券发展研究中心

2) 零部件厂商：营收周期受运营商资本开支结构化影响。从零部件的主要应用领域来看，光模块、光纤光缆的业务营收与传输网资本开支相关，而基站天线和射频滤波器等部件则受无线网的资本开支影响。在建设次序方面，3G/4G阶段运营商的传输网投资总体先于无线网启动，零部件行业的总体特点呈现是光纤光缆铺设先行、光模块紧随，其次无线网（天线射频）启动。

(a) 传输网零部件厂商呈业绩启动早、订单传导时间长的特点。在运营商资本开支周期中，由于传输网的资本开支启动较早，传输网零部件厂商的业绩也较早启动。2012年中国移动的传输网资本开支增速高达54%，对应传输网零部件（光器件、光纤光缆）供给商的相关业务营收增速也迎来小高峰，达到14.57%。随后电信、联通在2015年大幅加大传输网投资，同期传输网厂商的传输网业务营收增速达到21.41%的峰值。传输网零部件供货商对订单消化的时间长，短时间内难以等比例消化运营商的大量资本支出，表现出较为持续的营收增长态势。

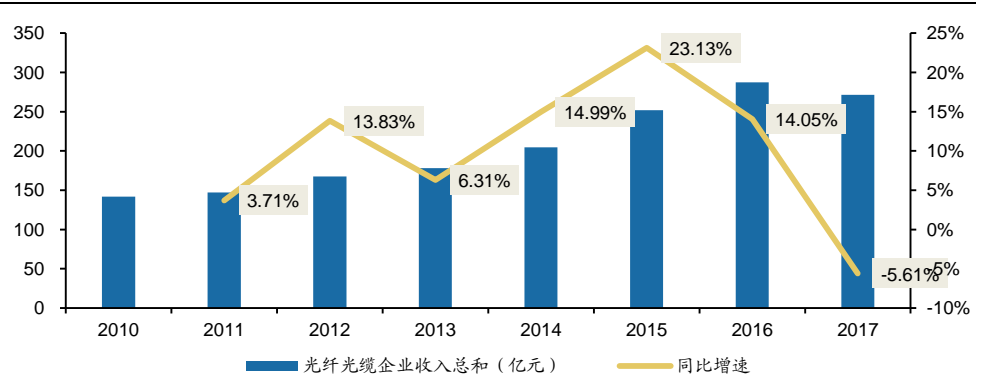
图 22: 传输网零部件厂商的传输业务营收及增速 (左轴: 营收, 右轴: YOY)



数据来源: Wind, 广发证券发展研究中心

光纤光缆行业在传输网建设中最先受益且景气度延续时间长。光纤光缆是传输网中衔接节点的线路, 主要包括光纤预制棒、光纤及光缆, 在网络建设中处于先行阶段。1) 我们选取计算国内上市公司中各大厂商光纤光缆业务模块营收及增速发现, 2012年运营商传输网资本支出的增速达到顶峰, 同期各厂商光纤光缆业务随即启动, 营收增幅达13.83%。2) 4G网络建设叠加光纤到户、反倾销政策促进2014年至2016年行业的持续景气, 2015年各厂商营收增速到达顶点23.13%。

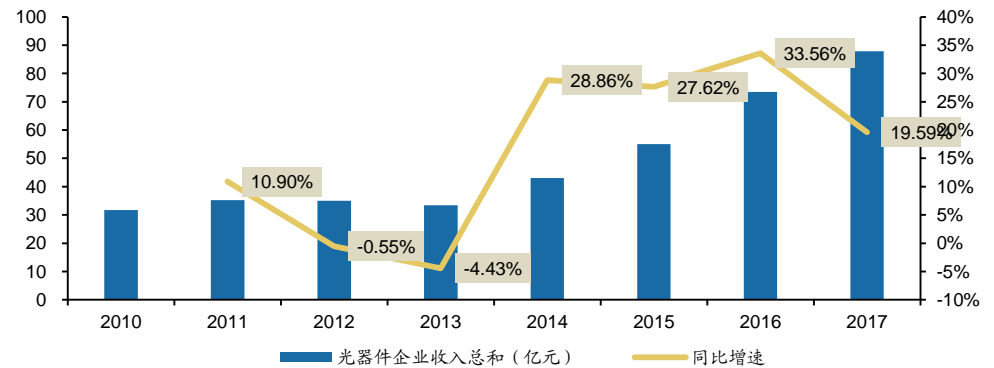
图 23: 主要上市公司光纤光缆业务营业收入及增速 (左轴: 营收, 右轴: YOY)



数据来源: Wind, 广发证券发展研究中心

光模块启动时间较晚, 换代周期即将到来。光模块是传输网中的重要零部件, 分为有源器件和无源器件。4G时代, 光模块需求的大幅增长主要基于互联网流量数据爆发及数据中心建设扩容, 处于4G建设的中期阶段。光模块各厂商光器件相关业务营收表现于2014年启动, 增速达到28.86%, 行业受益相对较晚。2014-2016年各厂商营收增速稳定保持在30%左右, 景气周期延续时间较长。根据Elecfans的数据, 光模块的使用寿命在5年左右, 因此2014年集采的光模块即将迎来更新换代。

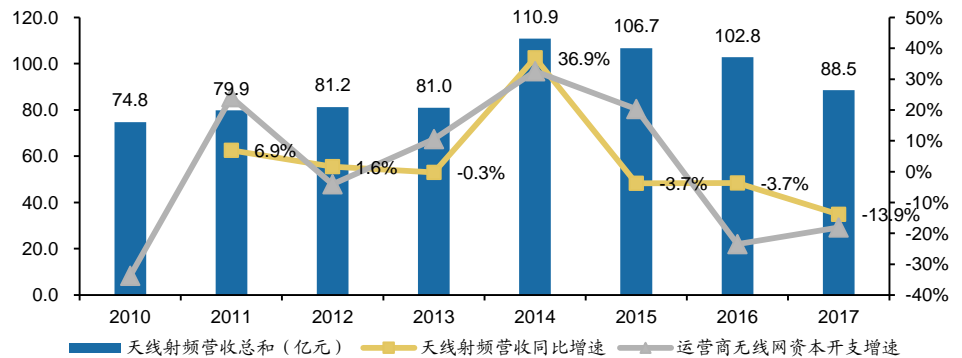
图 24: 主要上市公司光模块业务营业收入及增速 (左轴: 营收, 右轴: YOY)



数据来源: Wind, 广发证券发展研究中心

(b) 无线网零部件厂商的业绩兑现时间短。基站天线在无线电通讯中负责电磁波的发射与接收, 射频滤波器负责处理干扰信号, 两者是无线网中重要的零部件。天线射频供应商的业务营收增速在TD发牌后的2014年底触及增速高位, 与运营商资本开支的增势保持同步。相比于传输网建设对于下游资本开支的较长消化期, 无线网零部件商在当年即实现业绩兑现。在2015年后随着运营商资本开支增速下滑, 无线网零部件商的营收增速也大幅下降呈现负增长态势。

图 25: 主要上市公司天线射频业务营业收入及增速 (左轴: 营收, 右轴: YOY)



数据来源: Wind, 广发证券发展研究中心

天线射频行业启动紧跟发牌, 业绩弹性大。1) 天线射频行业的业绩有明显的周期性: 频谱分配完成后, 厂商才能开展天线射频的设计生产, 故天线射频的大量招标采购出现在发牌之后。2) 行业公司业绩弹性大: 2013年底发牌后, 三大运营商接入网的资本开支增速峰值出现在2014年, 而基站天线行业营收增速也于2014年迅速触顶达36.9%, 随后增速逐步回落, 2017年下降至-13.87%。

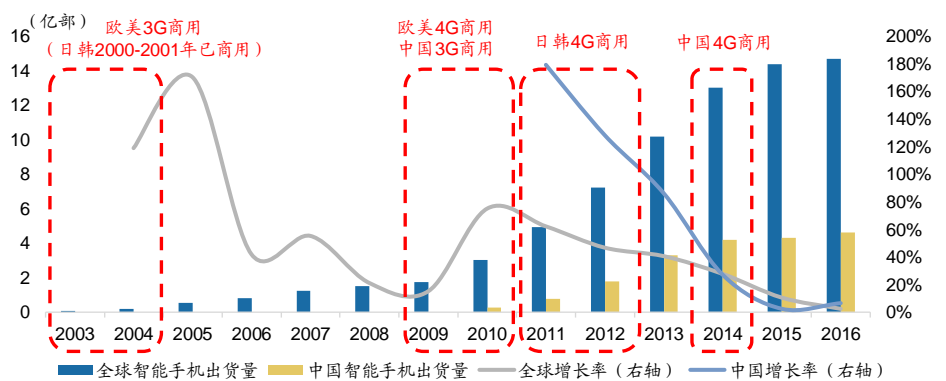
### 2.3 终端换代周期复盘：紧跟通信周期步伐，技术革新驱动换代

手机终端作为通信基础设施与用户之间的衔接，终端换代周期和通信周期紧密相关。我们从智能终端的“量”和“价”来观察终端与通信周期的关联性，智能手机共有两个高速渗透期：

1) 2003-2004年（技术变革+欧美3G商用）：该阶段欧美地区实现大规模3G商用，技术变革驱动全球市场上的智能手机问世并快速渗透，市场整体玩家少、供给少，智能手机定价高昂。

2) 2009-2010年（欧美4G商用+中国3G商用）：欧美地区实现4G商用，通信基础设施的更新换代驱动智能终端的升级和普及，同时基于人口优势、消费体量庞大的中国进入商用阶段，智能手机进入新一轮渗透期，但此时产品价格总体向下。

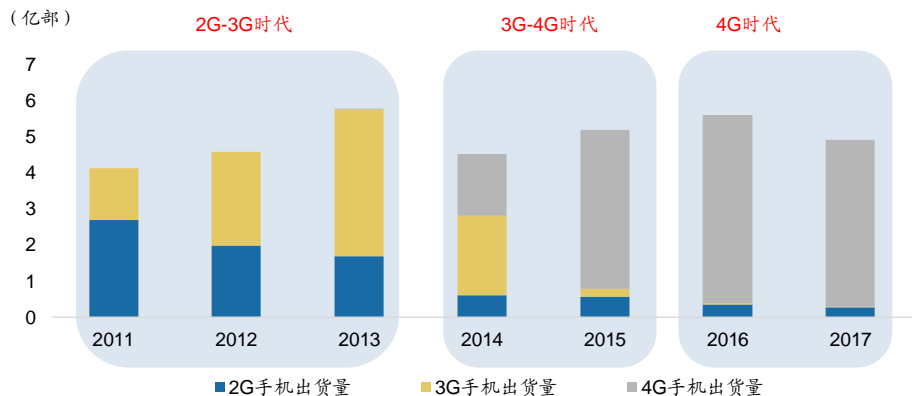
图 26：终端换代周期紧跟通信周期步伐



数据来源：IDC, Gartner, 广发证券发展研究中心

通信换代刺激换机需求，手机终端供货量紧跟通信周期的变化。每一次的通信技术革命的过渡时点伴随着智能手机的结构性变化，过渡时点过后新一代通信技术的渗透速度值得关注。从2G向3G时代跨越之际，3G手机出货量增长迅猛，而2G手机出货量则呈现负增长；3G到4G时代，4G手机出货量爆发增长，3G手机出货量萎缩。4G时代后，4G渗透率接近饱和，增长乏力。

图 27：通信技术革命伴随着智能手机出货量的变化



数据来源：工信部, 广发证券发展研究中心

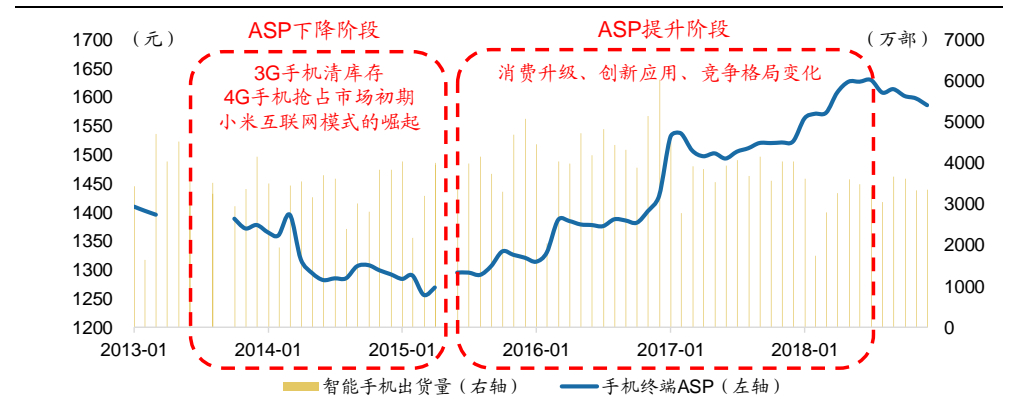
通信周期决定智能终端ASP的周期性趋势：过渡期ASP下降、成熟期ASP上升。

在智能手机的成熟期（存量市场）下，价格应当呈现不断上升的趋势，但实际上受移动通信周期的影响，价格在每一个周期内将呈现先下降后上升的趋势。以4G为例，智能终端ASP经历了先下降再上升的过程：

**1) ASP下降阶段：**在4G商用起始阶段，由于2G/3G手机不能支持4G，厂家紧跟技术变革和换代潮流，较低价清理库存；同时4G手机初期，厂家为了扩大市场份额也会采取低价销售的策略；中国市场还叠加小米互联网模式的崛起，线上营销与低价高配拉低了平均价格。

**2) ASP上升阶段：**当4G渗透率已到一定程度，手机的消费品属性便凸显，这一阶段消费者收入的提升、智能手机上搭载的创新应用、竞争格局的变化及技术迭代驱动的成本端的价格变化等因素催动ASP提升。

图 28：通信技术革命伴随着智能手机ASP的变化



数据来源：工信部，国家发改委，广发证券发展研究中心

展望5G时代，我们认为，终端的成长将从“价”的增长逻辑切换到“量”的增长逻辑，且由于5G全球化的特征，量的动能相比以往3G/4G时代会更大，出货量增长曲线会更加陡峭。以量化指标来看，我们应当乐观看待未来3-5年全球智能手机销量年均复合增速。

**1) 5G带来换机需求的释放，成长逻辑重回量的增长。**回顾中国手机的历史，3G/4G的商用均驱动了消费者的换机升级需求，也带来了手机销量的增长。我们认为，5G在4G的基础上进行了更大的升级，届时也将刺激消费者换机欲望，智能手机市场将在换机需求的驱动下迎来出货量的增长。而5G初期受制于2/3/4G手机清库存与当前智能手机市场竞争加剧等压力，整体ASP的提升受限。

**2) 5G全球同步特性带来更大的增长动能以及更加陡峭的增长曲线。**与4G时代全球各主要经济体相继4G商用化不同的是，全球5G商用化的进程是几乎同步的，因此与4G时代不同国家相继换机的情形不同，5G时代全球智能手机的存量将有望进行一次集中的替换需求释放，从而推动智能手机出货量再一次以超越4G时代的速度跨越目前的销量天花板。

**3) 结合5G商用时间的预期，我们乐观看待未来3-5年全球智能手机销量年均复合增速。**随着5G网络建设持续推进，终端也即5G手机亦将及时跟进与普及，19年各领先手机品牌有望开始陆续推出5G手机，20-21年将是5G手机的快速渗透期。反映到量化指标上，即是乐观看待未来3-5年全球智能手机销量年均复合增速。

## 2.4 预判 5G 建设轨迹：5G 基站数达 500 万座，投资规模超 1.2 万亿

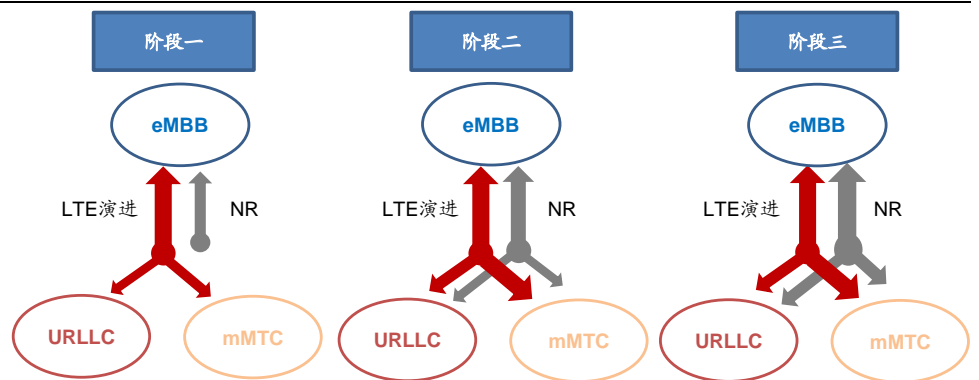
基于三大应用场景对5G部署的迫切性，及5G时期宏大的建设规模，我们认为5G将与4G协同演进，且5G的投资建设周期将比4G持续更长时间。对于运营商的5G网络建设周期，我们三个阶段进行预判：

**1) 5G发展初期（预计2019-2020年）：**以4G托底eMBB场景，做厚网络容量层。该阶段是4G周期的延续，以保障eMBB场景即移动宽带传输速度为主。依托于现有的站址资源，运营商利用新增的频谱资源和Massive MIMO等技术做厚网络容量层，用于分流LTE网络数据流量及满足内容应用由标清、高清、4K、8K到VR/AR等不断增长，避免因“容量瓶颈”而导致运营商流量收入和用户体验下滑。

**2) 5G发展中期（预计2021-2022年）：**局部建设部署5G网络，扩展URLLC业务至垂直应用领域。运营商在5G建设周期的不同时间点上将选择不同的网络部署路径。5G网络的初期需求主要集中在热点区域，运营商将通过精准覆盖、集中规划，以局部热点区域部署为主，加密补充基站网络的覆盖和容量。另一方面将同时支持eMBB和URLLC业务，将网络能力向智能驾驶、移动医疗等垂直领域逐步扩展，战略性进入行业应用业务领域。

**3) 5G发展成熟期（预计2023-2025年）：**超密集的独立组网全覆盖，万物互联成为可能。随着5G建设的推进，运营商将逐渐完成超密集的全覆盖独立组网。eMBB和URLLC业务进入成熟化阶段，新型mMTC业务逐步实现，并与AI、云、边缘、物联网、大数据等技术融合进而实现构建全连接的世界。

图 29：5G业务发展三大阶段



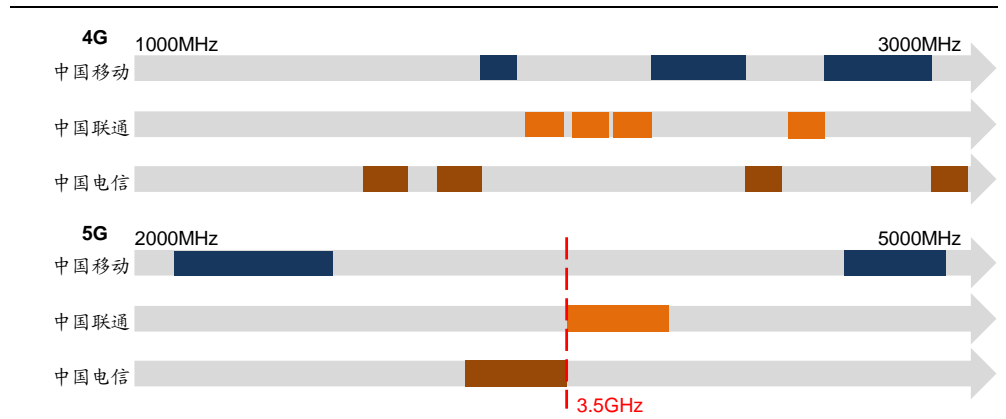
数据来源：《中国联通 5G 无线网演进策略研究》（移动通信 2017 年 9 期 于黎明、赵峰著），广发证券发展研究中心

展望5G周期移动网络的建设轨迹，我们认为：

**1) 5G基站数量：**5G基站规模将超过500万座，是4G基站数量的1.3至1.5倍。

5G通信频谱分布在高频段，信号衰减更快，覆盖能力大幅减弱。相比于4G，通信信号覆盖相同的区域，5G基站的数量将大幅增加。我们参考高低频段不同的覆盖能力，对5G基站的理论数量进行测算。

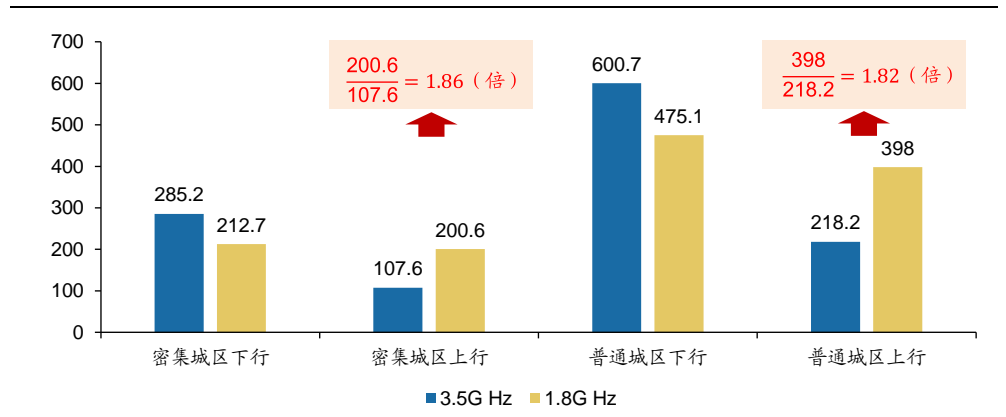
图 30: 4G阶段及5G阶段频谱分布



数据来源: 工信部, 广发证券发展研究中心

根据《中国联通5G无线网演进策略研究》(移动通信2017年9期 于黎明、赵峰著)中对3.5 GHz及1.8 GHz在密集城区和普通城区覆盖能力的模拟测算, 密集城区中3.5 GHz频段上行需要的基站数量是1.8 GHz的1.86倍, 普通城区中3.5 GHz频段上行需要的基站数量则是1.8 GHz的1.82倍; 2017年“面向5G的LTE网络创新研讨会”上, 中国联通网络技术研究院无线技术研究部高级专家李福昌预计, 从连续覆盖角度来看, 5G的基站数量可能是4G的1.5-2倍; 考虑到5G独立组网和非独立组网的结合, 我们预测5G基站总数将达到4G基站数的1.3至1.5倍。

图 31: 密集城区及普通城区的3.5 GHz/1.8 GHz覆盖能力对比

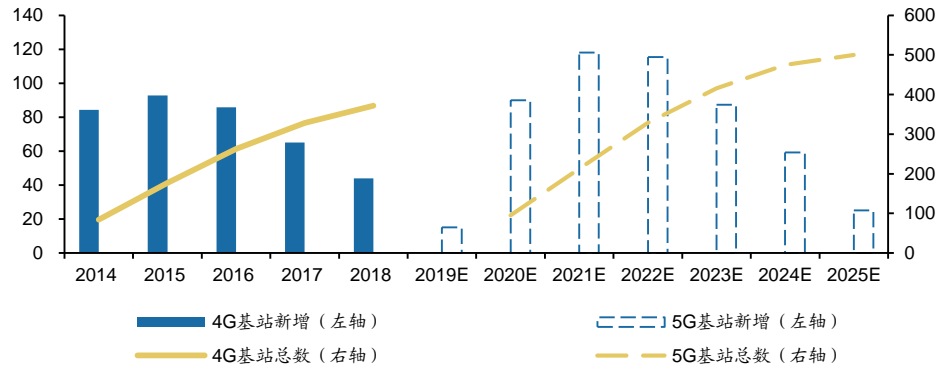


数据来源: 《中国联通 5G 无线网演进策略研究》(移动通信 2017 年 9 期 于黎明、赵峰著), 广发证券发展研究中心

运营商在5G建设初期将采用NSA部署策略, 推动LTE向5G平滑演进, 节约5G建设成本, 但将逐渐建设起SA方案。5G主要有两种部署方案: 独立组网(SA)和非独立组网(NSA)。SA将形成全新的5G网络, 包括新基站、回程链路和核心网。NSA则是借助已有的4G基础设施, 将5G小基站部署在高业务密度区域。制约SA覆盖能力的是上行覆盖能力, 若基于纯SA方案, 5G基站投资额将大大增加。同时NSA方案标准完成时间较SA方案早6~9个月, 采用NSA方案将能够更早提供5G网络服务。因此部分运营商在建设前期将采用NSA方案, 以低频作为上行频段、高频为下行频段, 弥补3.5G的覆盖不足, 在后期逐渐搭建SA方案。

现实的5G建设中，运营商将采用SA和NSA混合的方案，我们预测5G基站总数将达到4G基站数的1.3至1.5倍，根据工信部的数据，截至2018年底，我国4G基站数达到372万座，则我们预测5G基站总数将超过500万座。

图 32: 从4G基站数到5G基站建设推演 (万座)



数据来源: 三大运营商财报, 广发证券发展研究中心

2) 5G单基站价值量: 5G单基站造价达21万元, 其中AAU射频端价值增量达3-4万元、AAU端前传设备成本4万元、DU端设备成本5万元, 而4G单基站平均造价为8.375万元。

- **AAU射频端价值增量达3-4万元:** 5G基站与4G基站相比, 在AAU射频端的价值增量包括高频PCB、滤波器、天线振子、连接器及散热材料。我们估计, 5G宏基站将以64通道的大规模阵列天线为主, 通道数的增加对天线射频器件需求量的同比增加8-16倍。5G基站AAU的天线列阵中64个通道将对应64个天线振子、64个滤波器、64个PA及增量的高频PCB和连接器等器件。

表 3: 5G基站AAU射频端器件价值量预测

	2019E	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
国内新增 5G 宏基站数 (万站)	15.0	80.0	118.0	115.5	87.4	59.1	25.0
单个 5G 宏基站价值增量结构拆分 (万元)							
天线振子	0.20	0.17	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13
滤波器							
其中: 2.6G 滤波器	1.92	1.34	1.15	0.96	0.77	0.58	0.38
3.5G 滤波器	1.34	1.15	0.96	0.77	0.58	0.38	0.29
高频 PCB	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
PA	1.44	1.41	1.37	1.30	1.25	1.20	1.16
连接器	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
单基站价值增量下限 (万元)	3.58	3.33	3.07	2.79	2.55	2.31	2.16
单基站价值增量上限 (万元)	4.16	3.52	3.26	2.99	2.74	2.51	2.26
5G 基站 AAU 射频端增量市场规模 (亿元)	54	250	337	301	206	126	48

数据来源: 广发证券发展研究中心

- **4G单基站平均造价为8.375万元:** 根据中国联通在2019年2月的基站集采招标数据, 中国联通以348.4亿元的项目预算建设41.6万个LTE基站 (4G基站),



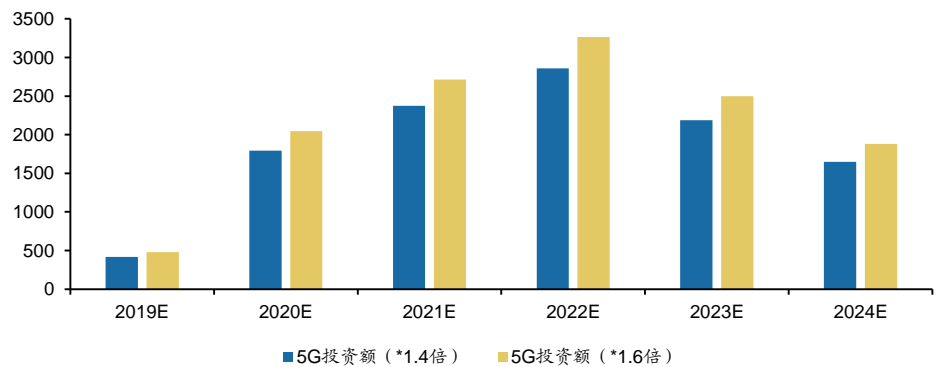
4G单基站平均造价为8.375万元。

- **AAU端前传设备成本4万元：**根据《5G前传传输解决方案对比及综合造价分析》（移动通信2018年11期 施家骅著）的造价建模分析，AAU端前传设备成本为4万元。
- **DU端设备成本5万元：**DU端设备有两种接入方案：DU端设备10下带端口成本是20万元、DU端设备30下带端口成本是40万元，计算得单基站对应的DU端设备平均成本为5万元。

**3) 5G基站投资额：**5G基站投资规模将达1.2万亿，大约是4G基站投资额的1.4至1.6倍。

基于以上测算可见，5G基站的“量价齐升”将拉动运营商5G建设投资额的大幅增长。参考工信部专家的推算，预计5G投资规模将达1.2万亿元，我们预计5G投资规模大约是4G基站投资额的1.4至1.6倍。

图 33：5G基站投资规模的推演（亿元）



数据来源：三大运营商财报，广发证券发展研究中心

### 三、探寻 5G 时期产业链不同领域投资机会

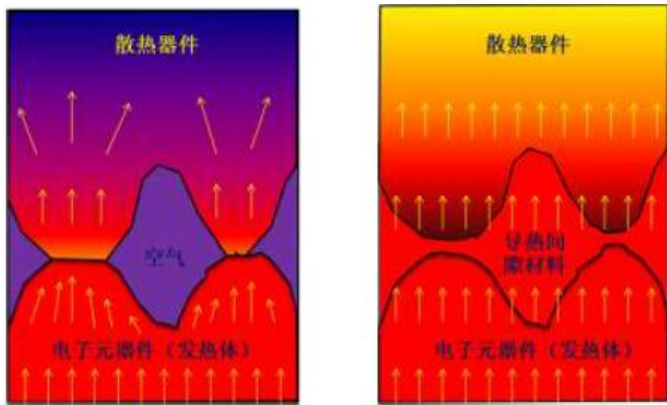
#### 3.1 导热材料：5G 浪潮下导热材料迎发展良机，看好国产供应链成长

##### 3.1.1 导热材料：壁垒高、应用广，国产力量近年快速成长

###### 导热材料行业下游空间广，未来增速快

导热材料与器件的功能是填充发热元件与散热元件之间的空气间隙，提高导热效率。未采用导热界面器件时，发热元件与散热元件之间的有效接触面积主要被空气隔开，而空气是热的不良导体，不能有效导热，采用导热界面器件后能实现热的有效传递，提高产品的工作稳定性及使用寿命。导热材料分类繁多，目前广泛应用的导热材料有合成石墨材料、导热填隙材料、导热凝胶、导热硅脂、相变材料等。

图 34: 导热器件工作原理



数据来源: 飞荣达招股说明书, 广发证券发展研究中心

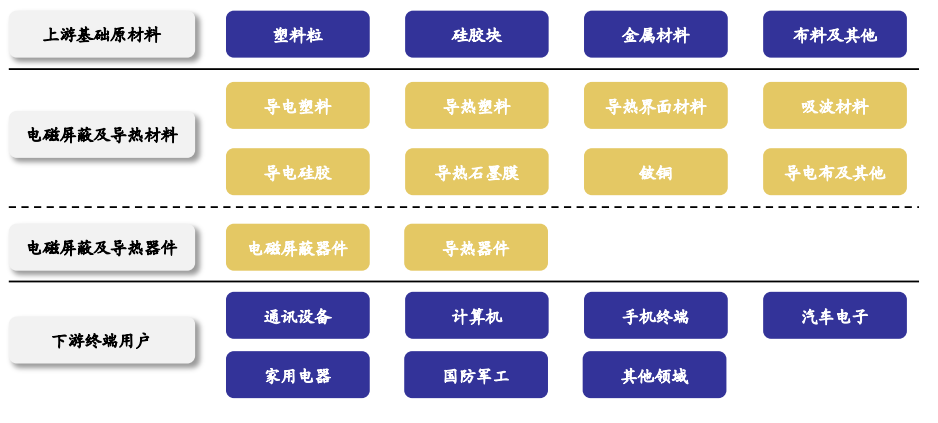
表 4: 不同导热材料产品技术特点一览

产品类型	技术特点
合成石墨材料	各向异性和均热性能优良, 平面方向的导热系数较高
导热填隙材料	导热系数范围广; 高粘性表面, 减少接触阻抗; 长时间工作导热稳定度好; 柔软, 并且有优秀的电绝缘性能
导热凝胶	质软且对器件反作用力较小, 低热阻, 优异的电绝缘性
导热硅脂	高导热系数, 低热阻, 优良的表面湿润性能
相变材料	低总热阻, 具有自粘性, 高可靠性, 固态易于处理

数据来源: 中石科技招股说明书, 广发证券发展研究中心






导热材料是导热器件的上游原料, 器件是在材料的基础上进行二次开发。同时导热材料及器件行业下游应用领域广泛, 包括通讯设备、计算机、手机终端、汽车电子、家用电器、国防军工等, 下游市场的快速发展将带来器件和材料的巨大增量需求。经测算, 2017年仅智能手机和平板电脑市场, 所需的合成石墨导热材料就达到将近百亿规模。根据BCC Research的预测, 全球界面导热材料的市场规模将从2015年的7.64亿美元提高到2020年的11亿美元, 复合增长率为7.1%。

图 35: 导热和其他相关材料及器件行业产业链



数据来源: 飞荣达招股说明书, 广发证券发展研究中心

表 5: 2017年合成石墨导热材料部分市场规模测算

散热方式	散热原理	示意图
石墨散热	手机工作发热时，大面积的热量会经过贴在手机背板内部的石墨贴片，并快速由石墨贴片传导至手机背板外部和周边。除了后盖上有石墨贴，手机的其他部位也会有石墨散热片。	
金属背板、边框散热	在使用石墨散热膜的基础上，在金属外壳的内部也设计了一层金属导热板，它可以将石墨导出的热量直接通过这层金属导热板传递至金属机身的各个角落	
导热凝胶散热	导热凝胶可以迅速吸收处理器上的温度，以更快的方式直接将处理器表面热量传递到散热辅件上，比石墨贴片更为直接，速度更快。缺点是粘接力较弱，不能用于固定散热装置。	
冰果散热-液态金属散热	主要是填充发热点与导热结构之间的缝隙，以达到帮助更快扩散热量的作用。典型应用：OPPO超薄手机R5搭载冰果散热（液态金属散热）技术。	
热管散热	将一个充满液体的导热铜管顶端覆盖在手机处理器上，处理器运算产生热量时，热管中的液体就吸收热量气化，这些气体会通过热管到达手机顶端的散热区域降温凝结后再次回到处理器部分，周而复始从而进行有效散热。	

数据来源：粉体圈，广发证券发展研究中心

表 6: 合成石墨导热材料部分市场规模测算

项目	合成石墨材料用量 (m <sup>2</sup> /部)	2017年全球出货量 (百万部)	导热材料总量 (万m <sup>2</sup> )	2017年市场规模 (亿元)	考虑多层次趋势，预计2020年市场规模 (亿元)
智能手机	0.022	1461.8	3215.96	86.83	260.49
平板电脑	0.025	163.5	408.75	11.04	33.12
合计			3624.71	97.87	293.61

注：粗略估算每部手机和平板电脑分别使用合成石墨导热材料0.022m<sup>2</sup>和0.025m<sup>2</sup>，单价以270元/m<sup>2</sup>计算

数据来源：中石科技招股书，IDC，广发证券发展研究中心

### 行业壁垒高企，国产力量快速成长

导热材料技术壁垒高、获利能力好，向下游整合可能性高。导热材料行业具有较高的进入壁垒，此类产品在终端中的成本占比并不高，但其扮演的角色非常重要，因而供应商稳定性较好、获利能力稳定，具备以下几个壁垒：

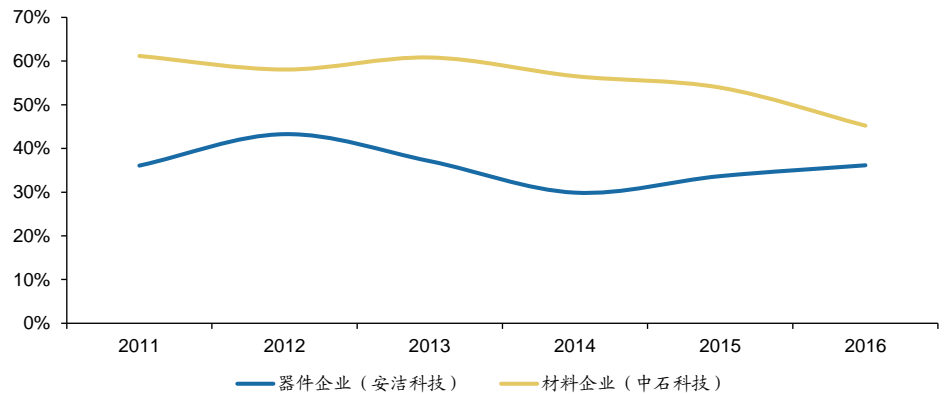
- **技术密集型：**该材料行业属于技术密集型行业，需要较高的研发投入和深厚的专利技术积累。技术壁垒主要体现在以下三个方面：基于不同行业应用的产品配方技术、研制实现配方成果的特殊工艺过程、专业的技术服务能力和丰富的现场应用经验。
- **供应商认证壁垒高：**一般大型消费电子（如手机、平板电脑、可穿戴设备等）品牌商基于对产品质量、成本控制等因素考虑，都建立了较完善的供应商认证体系，在合作开始之前对于潜在的零配件供应商进行严格的资质认证和产品质量的审核，要求供货企业具有ISO9001质量体系认证、ISO14001环境体系认证、OHSAS18001职业健康安全和社会责任等管理体系认证。同时，供应商一旦进入其体系，轻易不会更换。
- **跨区域销售需要通过国际认证：**不同国家和地区存在各自的强制性安全认证标准，其中欧洲地区设有CE认证、ENEC认证、TüV认证、RoHS认证等，美国设有UL认证、OUTGAS认证等。中国企业只有通过产品认证后方可进入国际市场销售。
- **资金密集型：**生产规模化的实现需要有众多专业设备与技术人才来作为支撑，因此需要大量且持续的资金投入。
- **产品升级快需要持续投入：**材料需要代代升级以适应客户产品不断的新增需求，早期智能手机发热严重，随着精密度的提高，这一问题的解决依赖于不断进化升级的新型导热材料，因此对于材料供应商而言需要不断升级自身产品，缺位于新性能材料布局的企业将会在不断的需求升级中掉队。

结合导热材料产品的特点，终端厂商无意于此类产品进行杀价，因此行业一直保持着较高毛利水平，同时也意味着认证通过较难。此外，导热材料的生产工艺核心

是配方，不存在加工制造业的良率爬坡等问题，因此一旦通过产品认证，其产能释放的速度将会很快，对后进者形成的壁垒也很高。

此外，对于材料供应商，整合产业链也相对较容易。具有进取心的导热材料供应商不仅以成卷的形式按平方米计算出货导热材料给下游模切厂，同时也会自主的尝试去对自由产品完成模切工作。由材料厂向下整合模切环节更有利于扩大材料厂的营收体量和增加获利环节，这将成为材料厂未来布局的方向之一。

图 36: 材料企业相比器件企业毛利率较高



数据来源: Wind, 广发证券发展研究中心

行业竞争格局以国际供应商为主，近年国产厂商进步明显。国际市场上，导热材料行业已经形成了相对比较稳定的市场竞争格局，主要由国外的几家知名厂家垄断，导热材料垄断企业是美国Bergquist和英国Laird，合成石墨产品的高端客户市场主要由日本Panasonic、中石科技和碳元科技支撑。

国内市场上，由于我国导热材料领域起步较晚，在巨大的市场需求推动下，近年来生产企业的数量迅速增加，但绝大多数企业品种少，同质性强，技术含量不高，产品出货标准良莠不齐，未形成产品的系列化和产业化，多在价格上开展激烈竞争。

但对于国内企业而言，一旦自主品牌通过终端厂认证，凭借成本优势，下游主流国内模切件的制造商将很有动力采用国产品牌材料，从而迅速提高产品市占份额，实现快速发展。目前少数国内企业如中石科技等逐渐具备了自主研发和生产中高端产品的能力，已经形成自主品牌并在下游终端客户中完成认证，近年在国际客户的供应体系中扮演着越来越重要的角色。

表 7: 国内外主要从事导热材料与其他相关材料的企业一览

地区	企业名称	公司简介
国外	Parker Hannifin Corporation	公司 Seal Group 的部门之一——Parker Chomerics是导电橡胶全球领导者，为客户提供电磁屏蔽材料、热界面材料、塑料以及光学产品。
	The Bergquist Company	Bergquist 是生产导热产品、薄膜开关的企业，导热材料全球领导者，其产品应用涉及汽车、消费品器、工业电子、LED 照明等领域。公司于 2014 年底被汉高（Henkel）收购。
	Laird Technologies	Laird PLC 的子公司，屏蔽簧片和导电布全球领导者，Laird Technologies 专业设计和供应电磁干扰屏蔽产品、导热产品、机械驱动系统、信号完整性部件和无线天线解决方案，以及无线电频率（RF）模块和系统。
	Nolato	聚合物部件生产商，流体导电橡胶的全球领导者，NolatoTelecom 部门产品中包括导电橡胶和导热材料。主要客户包括爱立信、华为等。
	Graf Tech International Ltd.	世界领先的石墨材料公司，天然石墨（非合成石墨）全球领导者，主要为高能量部件提供范围广泛的天然和合成石墨热管理产品。
	Panasonic Corporation	世界制造业 500 强企业之一，合成石墨材料全球领导者，从事各种电器相关产品的生产和销售等。石墨膜与电磁波屏蔽薄膜是公司材料类主要产品之一。
	Minnesota Mining and Manufacturing (3M公司)	世界著名的产品多元化跨国企业，涉及领域包括：工业、化工、电子、电气、通信、交通、汽车、航空、医疗、安全、建筑、文教办公、商业及家庭消费品等各个领域。
国内	中石科技	致力于使用自主研发的导热/导电功能高分子技术和电源滤波技术提高电子设备可靠性，产品涵盖热管理材料、人工合成石墨材料、电磁屏蔽及IP密封材料、EMI滤波器、信号滤波器、EMI/EMC设计咨询和整改等众多业务领域，可持续为客户提供有竞争力的热管理及电磁兼容全面解决方案。
	碳元科技股份有限公司	合成石墨的生产企业，其主要生产导热石墨膜，产品主要应用于智能手机、平板电脑。
	深圳市飞荣达科技股份有限公司	国内电磁屏蔽及导热应用解决方案提供商，产品包括屏蔽材料、导热材料、吸波材料和其它配套电子材料。
	江苏坚力电子科技股份有限公司	公司是一家 EMI/EMC 电源滤波器制造企业，已在全国中小企业股份转让系统挂牌。

数据来源：中石科技招股说明书，各公司官网，广发证券发展研究中心

展望未来，我们认为5G时代将是导热材料行业增长的最大驱动力。第五代移动通信技术（5G）相比4G，应用场景更加广阔，通信能力更加强大，预计将在2020年实现全面商用，届时消费电子终端和通信基站端都将迎来重要的变化，推动导热材料需求的发展。

图 37: 从1G到5G的代际推进

1G	2G	3G	4G	5G
AMPS TACS	9.6-14.4 kbps GSM GPRS	2-42 Mbps WCDMA TD-SCDMA CDMA2000	50-100 Mbps TD-LTE FDD-LTE WiMAX	5-10 Gbps ?
频分多址 FDMA	时分多址 TDMA	码分多址 CDMA	正交频分多址、MIMO	Massive MIMO、超密集组网、NOMA
模拟语音	数字语音 &低速数字业务	同时传输语音及数据 &多媒体数据	快速传输数据 &多媒体等全IP业务	eMBB、mMTC、uRLLC
1980s	1990s	2000s	2010s	2020s

数据来源：IMT-2020(5G)推进组，广发证券发展研究中心

表 8: 5G与4G关键技术指标对比

技术指标	4G参考值	5G目标值	提升倍数
用户体验速率	10Mbps	0.1-1Gbps	10-100倍
峰值速率	1Gbps	20Gbps	20倍
流量密度	0.1Tbps/km2	10Tbps/km2	100倍
连接数密度	10 <sup>4</sup> /km2	10 <sup>6</sup> /km2	10倍
空口时延	10ms	1ms	0.1倍
移动性	350km/h	500km/h	1.43倍

数据来源：前瞻产业研究院，广发证券发展研究中心

### 3.1.2 终端领域：5G时代到来与OLED、可折叠设计、无线充电等创新推动需求成长

#### 5G时代到来，终端功耗增加、机身非金属化，推动导热材料需求增长

5G时代对散热需求的变化主要来自于2方面：一方面，5G时代要求终端运算能力提升，带来功耗增加从而需要增加散热；另一方面，5G时代带来终端结构上的变化，无论内部空间更为紧凑的设计还是机身非金属化的趋势，都对散热提出了更高

的要求。

**5G时代功耗增加，带来散热新需求，散热片多层化趋势有望持续强化。**根据Digitimes的报道，华为的5G芯片消耗的功率将是当前4G调制解调器的2.5倍，届时需要更多更好的散热模块以防止手机过热。从手机结构上来看，目前苹果公司推出的旗舰机型iPhone XR/XS中，为了让双层主板更好的散热，主板正反面都贴有非常大块的散热石墨片，同时主板上的A12芯片也涂上了大量的导热硅脂进行散热。我们认为在5G时代来临时，这些导热材料的需求也会进一步增加，相应的石墨片有望持续强化目前的多层化趋势，从而推动单机搭载价值量持续提升。

图 38: iPhone XR/XS双层主板表面的散热石墨片



数据来源：集微拆评，广发证券发展研究中心

图 39: 苹果A12芯片涂上了大量的导热硅脂散热



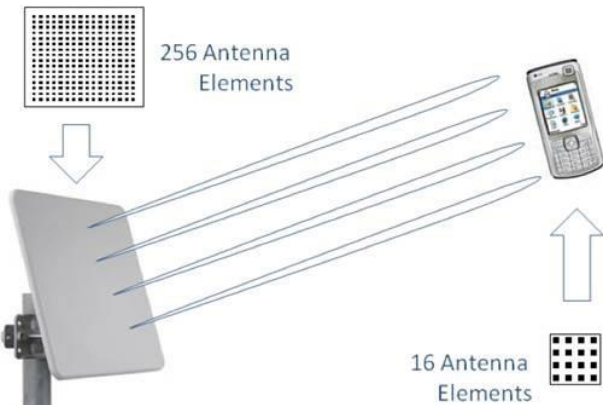
数据来源：集微拆评，广发证券发展研究中心

**5G内部结构设计更为紧凑，机身向非金属化演进，需额外散热设计补偿。**5G具体到技术层面上，一方面是通信频率需要进一步提升，届时波长变小，叠加空气吸收等其他因素，电磁波的传输距离变小，穿透能力变弱；另一方面5G将采用Massive MIMO技术，手机天线数量将从4G时代的2-4根变为8根甚至16根，天线数量增加可以在不需要增加信道带宽或者总发送功率损耗的情况下大幅地增加数据吞吐量以及发送距离，有效地提升了通信质量。而电磁波会被金属屏蔽，在5G天线数量增多以及电磁波穿透能力变弱的情况下，金属后盖已经不再适用。

而后盖是手机的两条重要传热路径之一，其传热能力是决定手机背面温度的重要因素。但和铝材质相比，玻璃材质的导热能力较差，所以5G机身非金属化时代下，后盖需要增加额外的散热设计，增加了导热材料的需求。

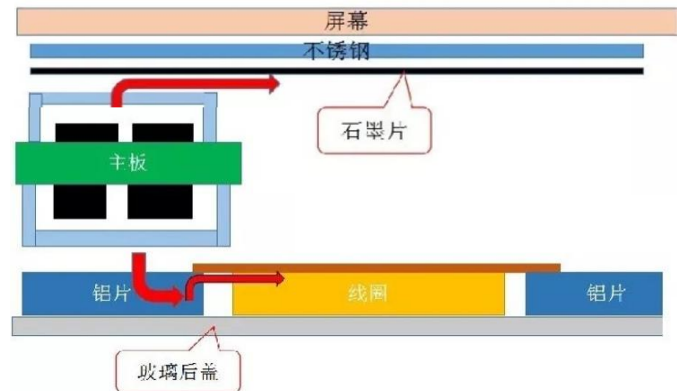
而同时，5G时代终端内部紧凑的结构设计令散热解决方案的设计更具难度，具有解决方案设计能力的散热材料企业将会在客户供应体系中担任更加突出的产业链角色。

图 40: 5G时代手机天线可能增加到16根



数据来源: 与非网, 广发证券发展研究中心

图 41: 智能手机热量两条传导路径——后盖和屏幕



数据来源: 微信公众号“手机技术资讯”, 广发证券发展研究中心

**OLED、可折叠和无线充电等创新应用引入将带来导热材料的显著增量**

**OLED渗透率快速提升, 针对其散热的需求将同步快速成长。** OLED屏幕相比LCD屏幕具备显示效果好、更轻薄、能耗低、可实现柔性效果等优点, 随着技术的逐渐成熟与成本的逐渐下降, 在智能手机中的渗透率不断提升。

通过梳理2018年前六大手机品牌旗舰机型的面板种类, 我们发现各大旗舰机种OLED的渗透率不断提升, 而最高端的柔性OLED面板仍有较大提升空间。根据IHS Markit数据, 2018Q3全球智能手机出货结构中, 采用柔性OLED面板的比例为10%, 渗透率处于低位。

基于强烈的需求, 柔性OLED产能近年来快速增长, 各大面板厂商纷纷加码布局柔性OLED产线, 三星快速扩大其产能, 韩国LG和以京东方为首的国内面板厂商也加速追赶。根据IHS Markit数据, 若按现有规划, 2016~2021年期间, 全球柔性OLED理论总产能面积将达到88%的复合增速, 呈现爆发式的增长。

而对于导热材料而言, **OLED的渗透率提升将对其助益明显。** OLED材料高温受热易衰退, 因此对散热要求大幅增加。苹果在iPhone X的OLED屏幕内侧贴了石墨片, 面积较大, 且要求非常平整, 厚度0.1mm, 为双层石墨。我们预计, 伴随OLED渗透率的提升, 导热需求将会得到不断释放。

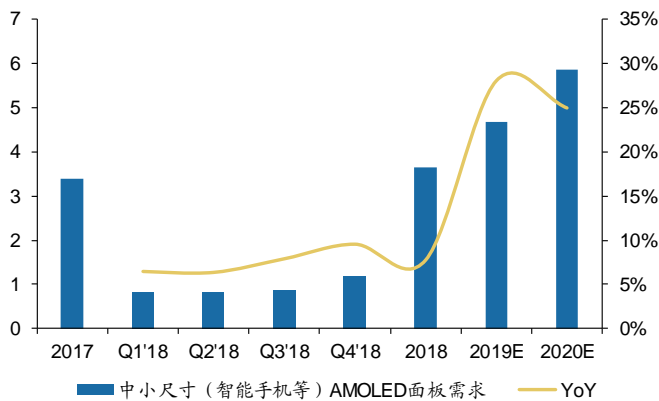
表 9: 近年来主流手机厂商旗舰系列产品的屏幕种类情况梳理

		2014			2015			2016			2017			2018								
三星	Galaxy	S5			S6	S6 Edge	S6 Edge+	S7	S7 Edge		S8	S8+		S9	S9+							
	Galaxy Note	3 Lite	4	Edge	5			7			8			9								
苹果	iPhone	6		6Plus		6S	6S Plus	SE	7	7Plus		8	8Plus	X	XR	Xs	Xs Max					
华为	Mate	2	7		S		8		9	9 Pro		10		10 Pro		20	20 X	20 Pro				
	P	P7			P8		P8 Max		P9	P9 Plus		P10	P10 Plus		P20		P20 Pro					
OPPO	R	R1S	R3	R5	R7	R7 Plus	R7S	R7S Plus	R9	R9 Plus	R9S	R9S Plus	R11	R11 Plus	R11S	R11S Plus	R15	R15X	R17	R17 Pro		
	Find	Find 7												Find X								
小米	Mi	3S		4					4S	5	5S	5S Plus	5X		6		6X		8			
	Mix							1			2			2S		3						
VIVO	X	3		5		5 Max	5 Pro	6	6S	6S Plus	7	7 Plus	9	9 Plus	9S	9S Plus	20	20 Plus		21	21S	23
	NEX																NEX		NEX 双屏版			

LCD
  硬屏OLED
  柔性OLED

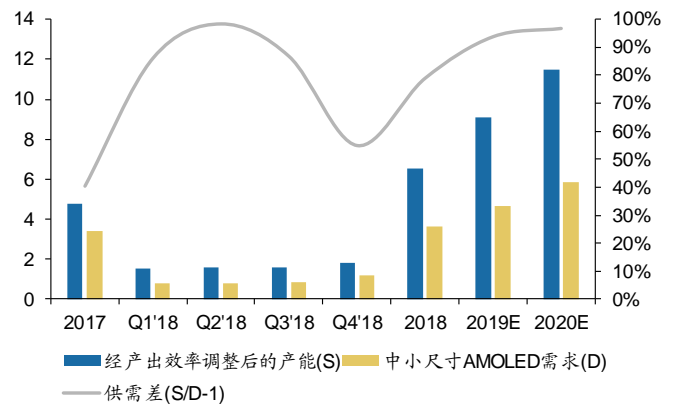
数据来源: 各品牌官网, 广发证券发展研究中心

图 42: 中小尺寸OLED面板需求 (单位: 百万m<sup>2</sup>)  
(左轴: 需求量, 右轴: YOY)



数据来源: IHS, 广发证券发展研究中心

图 43: 中小尺寸OLED供需对比 (单位: 百万m<sup>2</sup>)  
(左轴: 产能/需求, 右轴: 供需差)



数据来源: IHS, 广发证券发展研究中心

可折叠手机的问世大大强化了 OLED 的发展趋势，成为散热市场新增量。而可折叠手机有望进一步释放 OLED 需求，从而显著增加散热方案的市场增量。目前三星、华为等具备高端机定义能力的品牌厂商都积极布局可折叠手机，该领域有望助力散热材料市场成长。

三星已发布的“Galaxy Fold”采用内折式设计，首发备货预计百万台左右，“Galaxy Fold”配有 4.6 英寸外置小屏和 7.3 英寸内置可折叠大屏（命名为 Infinity Flex



Display) 两块屏幕, 内置可折叠大屏面积已经接近小型平板电脑, 可以像书本一样向内对折。根据Digitimes报道, “Galaxy Fold”预计首发备货一百万台左右, 发布后将视需求状况调整量产规模。我们认为, 三星“Galaxy Fold”作为全球首款量产商用折叠屏手机, 虽出于磨合用户需求、产业链配套尚不成熟的考虑备货量较少, 但有望点燃消费者对折叠屏设计的关注度, 为后续全面迭代奠定基础。

我们认为, 各大手机厂商对于折叠屏手机产品的积极规划布局直接印证了“折叠屏”将是下一代智能手机产品的确定性迭代发展方向, 而2019年将是折叠屏手机的爆发元年, 而相关的散热材料市场有望获得新动能, 从而得到快速成长。

图 44: 三星在19年2月20日召开可折叠手机发布会



数据来源: Samsung官网, 广发证券发展研究中心

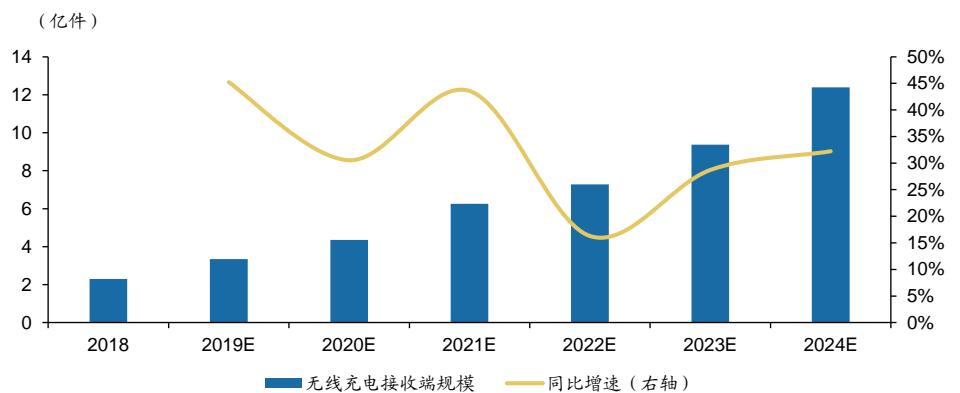
图 45: 外折式可折叠手机概念图



数据来源: 搜狐, 广发证券发展研究中心

**无线充电渗透率快速提升中, 推动对应散热材料市场的成长。**无线充电是指无需借助电导线, 在发送端(无线充电器)和接收端(位于智能手机等设备中)用相应的设备发送和接收产生感应的交流信号来进行充电的一项技术。其相比有线充电具有便利性、安全性和通用性的优势, 同时近年来充电功率和效率也不断提升。苹果、三星、华为等领先品牌都已在旗舰机型上积极推出无线充电, 预计未来渗透率将进一步提升, 根据Yole的数据, 预计2018-2024年智能手机无线充电接收端销量的复合增速将达32.4%。

图 46: 智能手机无线充电市场规模将快速增长



数据来源: Yole, 广发证券发展研究中心

由于手机中无线充电线圈的存在, iPhone X中的钢板中央开有大孔, 但其阻碍了

热量沿铝板传导，削弱了后盖的传热能力，因此苹果在线圈上贴铜箔石墨层来弥补。

据中时电子报报道，由于OLED屏幕、Force Touch、无线充电及部份晶片的散热需求，iPhone X对人造石墨散热片用量为iPhone 8的2-4倍。

图 47: iPhone X的屏幕散热方案



数据来源：微信公众号“手机技术资讯”，广发证券发展研究中心

图 48: iPhone X在线圈上贴上铜箔石墨层



数据来源：微信公众号“手机技术资讯”，广发证券发展研究中心

### 3.1.3 通信基站领域：5G时代散热方案变革延伸出增量市场空间

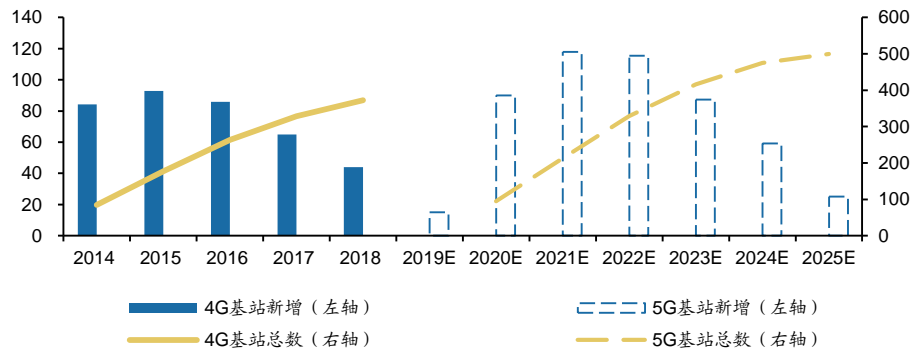
站在用户视角上，5G时代是通信产业的全新变革，可以承载三大应用场景：增强型移动宽带（eMBB）、超可靠低时延（uRLLC）和海量机器类通信（mMTC）。大规模天线阵列（Massive MIMO）、毫米波、超密集组网、新型多址、全频谱接入等关键技术为5G的网络建设提供新的架构，也带来大幅增长的导热需求。

#### 毫米波+超密集组网技术驱动5G基站数量大幅增加

5G通信采用毫米波技术，频谱分布在高频段，电磁波波长很短，信号衰减更快，覆盖能力大幅减弱。相比于4G，无线通信信号覆盖相同的区域所需5G基站的数量将大幅增加。同时，5G采用“宏基站+小站”的超密集组网模式，宏基站主要运用于大规模室外区域，而小站将广泛分布在室内场景。

现实的5G基站建设中，运营商将采用独立组网和非独立组网混合的模式。一方面，进行5G全新网络构建；另一方面则依托现有4G网络设施，在业务密集区域建立5G小基站。我们预测5G基站总数将达到4G基站数的1.3至1.5倍。根据工信部的数据，截至2018年底，我国4G基站数达到372万座，我们测算5G基站总数将超过500万座。

图 49：从4G基站数到5G基站建设推演（万座）



数据来源：三大运营商财报，广发证券发展研究中心

### 5G引领基站部件更新换代，导热材料需求同步上涨

由于4G时代基站各部件难以满足高频、高速和大容量的信号传输要求，为实现5G万物互联的愿景，5G基站各零部件亟需更新换代，新的架构下基站端对导热材料的需求量同步提升。

**高频PCB板：**陶瓷PCB板的应用及数量增长催生导热需求。Massive MIMO技术令单基站天线数量大幅增加，同时5G基站规模相对4G扩张，促进5G基站整体高频PCB板用量增加。为满足高频、高速的数据传输需求，5G基站采用介电常数低、高频特性好的高频陶瓷PCB板。陶瓷基板的导热性能不及金属基板，从而产生对高性能导热材料的增量需求。

**滤波器：**陶瓷介质滤波器替代金属腔体滤波器，射频前端导热性能弱化。4G基站射频前端的滤波器主要以金属腔体滤波器为主，而5G基站为满足有源天线的重量和尺寸要求，将以具有高抑制、低损耗、温度漂移特性好的陶瓷介质滤波器为新主流方案。普通陶瓷的导热系数只有1~2，即使是特种陶瓷，例如氧化铍（BeO）瓷的导热系数也仅为243，但金属铜的导热系数高达377。5G时代滤波器单位时间内将处理海量信号，器件功耗和发热增加，陶瓷材质难以快速的导热，必将对导热材料产生增量需求。

**天线振子：**天线数量的增加将带动导热材料用量增加。

5G基站的天线将迎来两大变化：1. Massive MIMO和波束赋形技术的应用，单面天线里将集成64、128甚至更多的天线振子。2. 从无源天线到有源天线系统，4G时代基站RRU与BBU分离，通过馈线与天线连接。而5G时代没有馈线需求，RRU与天线集成为AAU。两种变化中天线数量的增加将带动导热材料用量增加。

随着天线结构愈加复杂，天线呈现小型化、轻量化的发展趋势，以往金属材质天线重量大、成本高的问题凸现出来。并且5G采用了高频段，原有钣金、压铸工艺只能达到3.5GHz、4.9GHz的精度极限，难以承载6GHz及以上频段的工作需求。市场出现的全新工艺——3D选择性电镀塑料振子，凭借其重量轻、成本优、性能好、体积小等特点有望成为主流，而塑料的导热性能较差，由此带来导热材料需求大幅提升。

**海量运算和Massive MIMO技术提高5G基站功耗，散热需求显著增加**

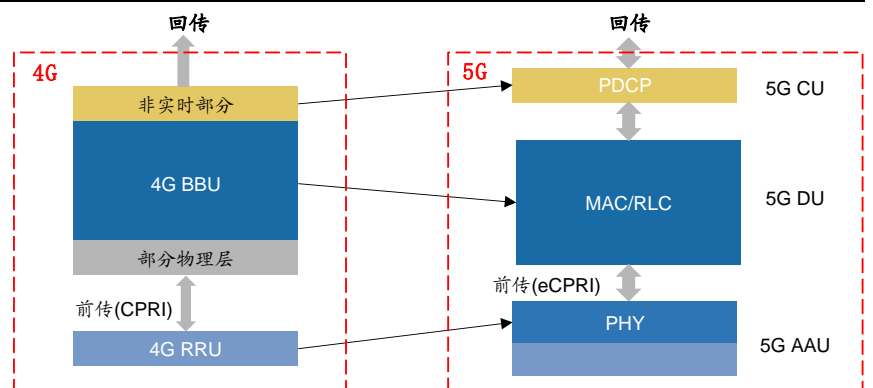
通信基站主要由基带处理单元（BBU）、射频处理单元（RRU）和天馈系统三大部分组成。根据功耗的主要来源不同，基站总功耗可以分为传输功耗、计算功耗和额外功耗。由于基站设备产生的热量与功耗成正比，单个基站的功耗越大，产热越多，散热需求越大。

**传输功耗：**即电信号在传输过程中因传输介质等因素引起的损耗，并转化为热量散失。5G基站中的传输损耗主要存在于功率放大器（PA）和射频（RF）部分所消耗的电量，用于执行基带信号与无线信号之间的信号转换，也包括馈电线的功耗。由于5G基站承载的数据量大幅增加，RRU接收和传输信号的速度和容量剧增导致设备功耗增加，产生的热量变多。由于滤波器将采用陶瓷材质，导热性能下降，并且基站数量大幅增加，也会带来传输总功耗上升。

**计算功耗：**集中在基带处理单元（BBU）消耗的电量，包含数字部分处理、管理和控制、与核心网和其他基站间通信等功耗。5G时代，由于单基站的计算能力大幅提升，BBU的计算功耗将远远超过射频器件的传输功耗。5G基站计算总功耗的增加主要来源于小微基站部署数量剧增和Massive MIMO（大规模天线阵列）技术的应用。

- **密集部署的小基站将带来总功耗的增量。**据赛迪咨询的预测，我国未来5G时期的小微基站总数量将达到950万个，密集部署带来数量的增加将大幅提升小微基站的总功耗。
- **Massive MIMO技术的数据传输大幅提高了基站的计算功耗。**Massive MIMO技术通过大幅增加天线数量来扩大信号容量，提高频谱资源利用率，基站的天线数量由4G时代的2、4、8天线剧增到64、128或256个，使得基带处理单元（BBU）能在单位时间内接收并处理海量的数据。大带宽、高速率的数据传输大幅提高了基站的计算功耗。
- **5G基站的BBU功耗大幅抬升。**根据C114的数据，华为5G基站BBU的功耗为1400W，而4G时期平均功耗则在250W左右，5G高出了4G时期近6倍。而大唐5G BBU的功耗更高，达到了1850W，相比于4G时期高出7倍多。

**图 50：5G RAN对功能模块的重构**



数据来源：《5G时代光传送网技术白皮书》（中国电信 CTNet 2025 网络重构开放实验室，2017年9月），广发证券发展研究中心

**额外功耗:** 是指从市电引入到基站直流供电的过程中的额外损失的电量, 同时包括机房空调、制冷设备所消耗的电量。相对于4G LTE接入网的BBU和RRU两级构架, 5G RAN采用DU-CU-核心网的三级网络架构, 5G时代更复杂的网络架构不可避免的会带来传输过程中的电量消耗。

根据设备功耗和发热的关系, 5G基站功耗的大幅增加将导致设备发热过度, 催生散热需求, 触发导热材料产业的新行情。

### 3.1.4 相关标的: 关注导热材料行业产业链相关标的

总结来看, 导热材料行业有以下2个特点:

一方面, 在整机中, 导热材料成本占比低但是重要性突出, 故而供应链的稳定性很高; 另一方面, 导热材料属于典型的研发驱动型产品, 因而利润水平高, 对下游亦具备整合的可能性。

目前来看, 海外材料大厂仍在市场中占据重要的地位, 但是以中石科技为代表的国产品牌正在快速成长。

**展望未来, 在5G时代作为最为重要的产业背景下, 我们从终端应用和通信基站领域两方面来看, 导热材料正迎来发展的重要机遇期。**

1) 从终端领域来看, 5G时代智能手机的变革(功耗增加、内部结构紧凑、外观非金属化)和新型创新(OLED和无线充电等)渗透率的增长都推动导热材料需求的成长;

2) 从通信基站领域来看: “宏基站+小站”的超密集组网模式带来巨大应用基数, 而基站的结构变化(陶瓷PCB板、陶瓷介质滤波器替代金属腔体滤波器、天线数量增加等)和功耗增长(海量运算和Massive MIMO技术)也带来了大量新需求, 且由于新型导热方案在4G时代未采用, 故而对行业推动明显。

**我们认为, 导热材料正迎来发展的重要机遇期, 而国产力量的快速成长将会分享行业成长的红利。** 我们看好拥有导热材料自主研发能力、积极布局打造自主材料品牌和平台的本土企业通过不断发展逐步展开国产替代, 进而切入高端供应链体系, 分享下游行业发展红利的。

**产业链相关标的: 消费电子领导品牌导热材料龙头企业中石科技**(公司立足于自身研发能力, 目前在A客户供应链中承担着导热材料供应商的重要角色, 2018年公司业绩实现快速增长, 根据业绩预告, 公司2018年归母净利润同比增加58%-82%)。同时还有**碳元科技、飞荣达**以及**下游模切环节供应商领益智造**。

## 3.2 PCB/覆铜板产业升级, 进口替代大幕开启

**3.2.1 高频趋势+Massive MIMO, 5G建设带来基站PCB/覆铜板数量+面积双重提升**

**5G基站向高频段发展, 基站数量显著提高**

**5G基站向高频段发展，基站数量将会显著提高。**由于低频率无线电波（3kHz-300MHz）日益拥挤，通信传输向更高频率发展，而且高频频率带宽容量相对更大，5G时代为实现系统容量的提升，各国频谱规划都在向更高的频段（3GHz以上）延伸，单个基站覆盖的范围将会变小，因此为达到同样的覆盖范围，5G的基站数量将会比4G更多。

表 10: 国内运营商主要频段划分

运营商	制式	上行频率	上行频率	频宽
中国移动	4G	1880-1890MHz	1880-1890MHz	130MHz
		2320-2370MHz	2320-2370MHz	
	5G	2575-2635MHz	2575-2635MHz	260MHz
		2515-2675MHz 4800-4900MHz		
中国联通	4G	2300-2320MHz	2300-2320MHz	50MHz
		2555-2575MHz	2555-2575MHz	
	5G	1755-1765MHz	1850-1860MHz	100MHz
		3500-3600MHz		
中国电信	4G	2370-2390MHz	2370-2390MHz	55MHz
		2635-2655MHz	2635-2655MHz	
	5G	1765-1780MHz	1860-1875MHz	100MHz
		3400-3500MHz		

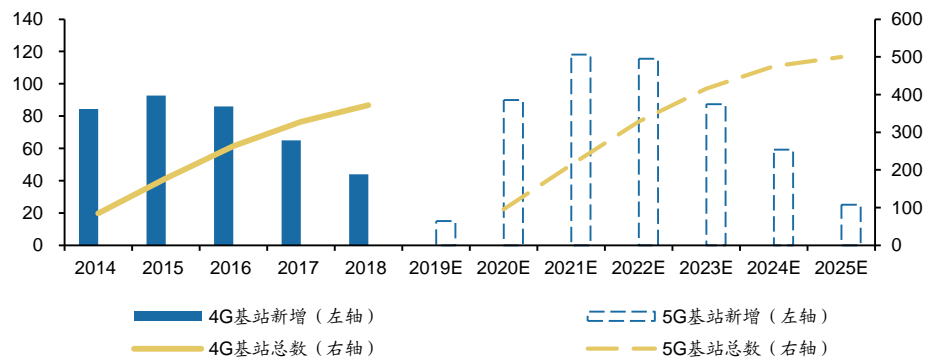
数据来源：工信部，人民邮电报，广发证券发展研究中心

展望5G周期移动网络的建设轨迹，我们认为：

1) **5G基站数量：5G基站规模有望超过500万座，是4G基站数量的1.3至1.5倍。**

现实的5G建设中，运营商将采用SA和NSA混合的方案，我们预测5G基站总数将达到4G基站数的1.3至1.5倍，根据工信部的数据，截至2018年底，我国4G基站数达到372万座，则我们预测5G基站总数将超过500万座。

图 51: 从4G基站数到5G基站建设推演（万座）



数据来源：三大运营商财报，中国 IDC 圈，DOIT，广发证券发展研究中心

**Massive MIMO为基站结构带来显著变化，PCB/覆铜板面积明显提升**

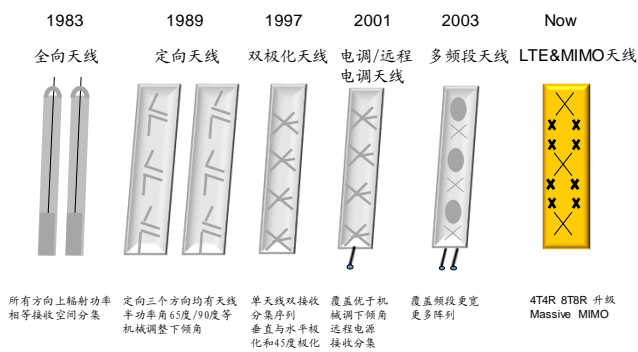
**5G时代Massive MIMO的应用，为基站结构带来显著变化。移动基站天线经历了**

一体化宏基站天线、基带处理单元和射频拉远模块分离、MIMO天线、有源天线、Massive MIMO等发展阶段，传统的TDD网络的的天线基本上是2天线、4天线或8天线，而Massive MIMO的通道数达到64/128/256个。随着Massive MIMO的应用，5G基站的软件和硬件架构出现了显著变化：

- **4G基站（天馈系统+RRU+BBU）**：标准的宏基站通常包括BBU（主要负责信号调制）、RRU（主要负责射频处理）、馈线（连接RRU和天线）和天线（主要负责线缆上导行波和空气中空间波之间的转换）。
- **5G基站（AAU+CU+DU）**：AAU是有源天线单元，负责射频处理功能与天线收发空间波的功能，由原天馈系统和RRU合设组成；CU是中央单元，由原BBU中的非实时部分分割出来，负责处理高层协议功能并集中管理多个DU；DU是分布式接入单元，负责处理物理层协议和实时服务，由原BBU的实时功能分割出来。

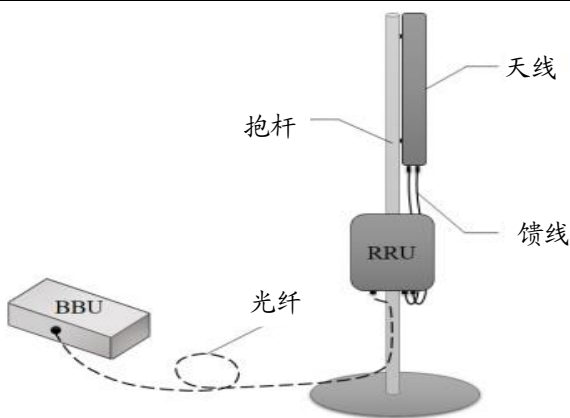
考虑到5G对天线的集成度要求显著变高，AAU需要在更小的尺寸内集成更多的组件，需要采用更多层的印刷电路板技术，因此单个基站的PCB用量将会显著增加。

图 52：基站天线变化



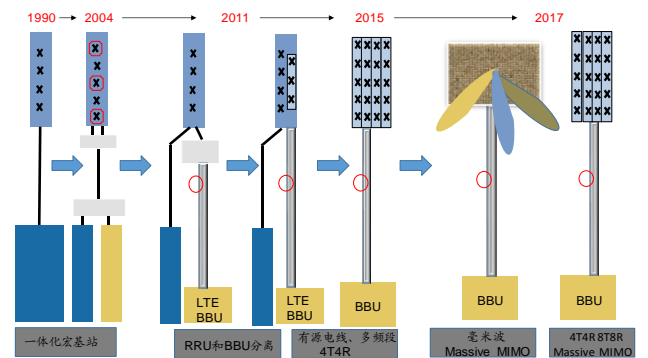
数据来源：中国联通网络技术研究院，广发证券发展研究中心

图 54：4G基站结构



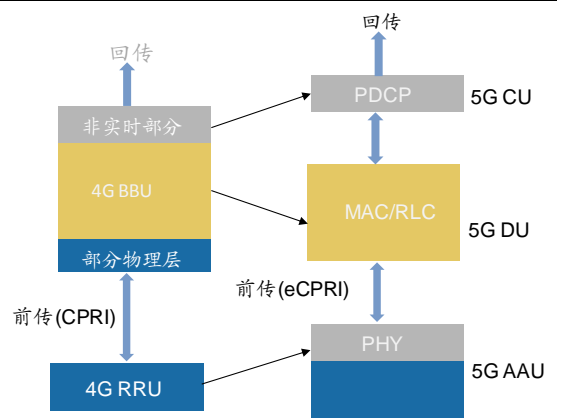
数据来源：中英科技招股说明书，广发证券发展研究中心

图 53：移动基站结构变化



数据来源：GSMA，中英科技招股说明书，广发证券发展研究中心

图 55：5G基站结构的变化



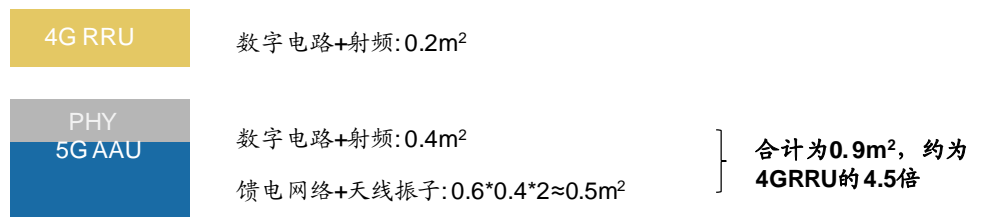
数据来源：中国IDC圈，广发证券发展研究中心

5G时代基站AAU PCB面积明显提升。

- **4G时代:** 数字电路和射频约占RRU面积的6成，我们以中兴某型号RRU为例，长和高约为0.5m和0.3m， $0.5*0.3*0.6*2\approx 0.2m^2$ 进行计算，4G基站RRU中数字电路和射频所用PCB面积约为0.2m<sup>2</sup>；
- **5G时代:** 首先，考虑到5G基站AAU对于传输处理数据的增加，我们假设数字电路和射频PCB的面积增大至原来的两倍，约为0.4m<sup>2</sup>；其次，由于基站中的馈电网络和天线振子都集成在PCB上，而天线振子、馈电网络的面积约等于主板面积，根据华为在5G发布会上展示的64T64R基站为例，长和高约为0.6m和0.4m，因此天线振子+馈电网络的面积约为 $0.6*0.4*2\approx 0.5m^2$ ，整体来看5G基站AAU中PCB面积约为0.9 m<sup>2</sup>；

从面积上来看，5G时代基站AAU PCB面积约为4G时代RRU PCB面积的4.5倍。

图 56: 5G AAU PCB面积约为4G RRU的4.5倍



数据来源: ZTE 官网, 华为官网, 广发证券发展研究中心

### 3.2.2 5G带来PCB/覆铜板价值量提升，高频/高速趋势引领产业升级

#### 国内5G基站AAU PCB需求量有望达到255亿，约为4G时代的6倍

5G时代国内5G基站AAU PCB的价值量为255亿元。5G的基站数量和单个基站所用PCB面板增加，将带来基站所用PCB需求量增加，DU、CU和背板等均需要使用PCB板，这里我们仅考虑AAU的PCB需求量。

- **基站数量:** 我们预测5G基站规模是4G基站数量的1.3至1.5倍，根据前文的推算，2019-2025年新增5G基站数量为550万；
- **PCB面积:** 5G基站AAU中数字电路和射频PCB的面积增大至0.4 m<sup>2</sup>，馈电网络和天线振子所用PCB的面积约为0.5m<sup>2</sup>；
- **PCB单价:** 数字电路（多为8层板）和射频PCB（多为双层板）的单价与4G末期相同，约为2000元/平米，馈线网络和天线振子（多为双层板）由于原材料进口替代带来的单价降至1800元/平米，因此考虑3个扇区的情况下单个5G宏基站AAU所用PCB的价值量约为5100元。

总体而言，我们假设国内5G基站数量是4G的1.3倍，面积为原来的4.5倍，单价整体来看略有下降，则我们预测5G时代国内5G基站AAU PCB的价值量为255亿元，约为4G时代的6倍，5G建设高峰期的市场规模有望达到60亿元。如果考虑到全球5G基站数量、DU、CU和背板的需求，以及小基站和剩余部分4G基站的建设，则用量将更大。



**表 11: 4G和5G基站PCB市场空间测算**

	4G	5G
基站数量 (万)	372	500
AUU或RUU PCB面积 (m <sup>2</sup> )	0.2	0.9
PCB单价 (元/m <sup>2</sup> )	2000	数字电路, 射频 2000 馈电网络, 天线振子 1800
单个基站PCB价值量 (元)	1200	5100
PCB价值量 (亿元)	45	255

数据来源: 中国 IDC 圈, 通信产业网, 通信世界, 广发证券发展研究中心

**表 12: 5G基站AAU PCB市场空间测算**

项目	2019年	2020年	2021年	2022年
国内5G宏基站建设数量 (万)	15.0	80.0	118.0	115.5
单个5G宏基站PCB价值量 (元)				
数字电路+射频	800	800	800	800
馈电网络+天线振子	900	900	900	900
合计	5100	5100	5100	5100
国内5G基站PCB市场规模 (亿元)	7.7	40.8	60.2	58.9

数据来源: 中国 IDC 圈, DOIT, 广发证券发展研究中心

### 国内5G基站AAU覆铜板需求量有望达109亿元, 高频/高速覆铜板需求量增加

**5G时代国内5G基站AAU 覆铜板的价值量达到109亿元。**基站数量和PCB面积与前文相同, 覆铜板单价: 数字电路和射频PCB的单价与4G末期相同, 约为700元/平米, 馈线网络和天线振子考虑到进口替代带来的单价下降至600元/平米, 3个扇区AAU所用覆铜板的价值量约为1740元, 再考虑20%的损耗率, 则单个5G宏基站AAU覆铜板价值量为2175元。因此, 我们预测5G时代国内5G基站AAU 覆铜板的价值量达到109亿元, 建设高峰期对于AAU 覆铜板的需求量有望达到26亿元/年。

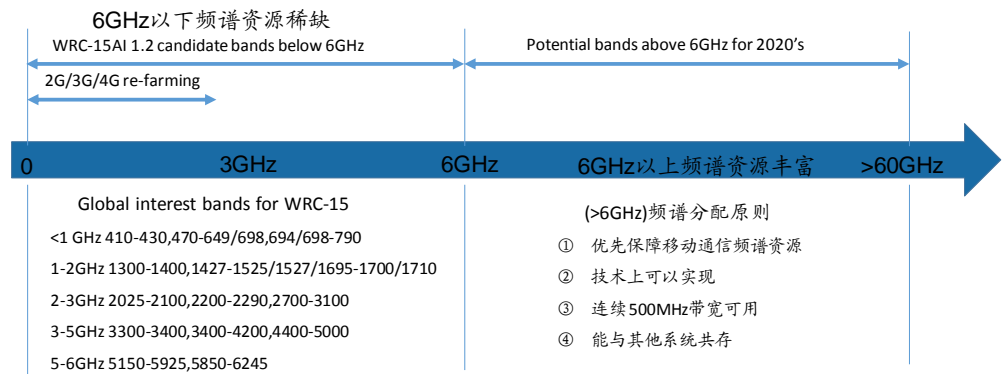
**表 13: 5G宏基站AAU覆铜板市场空间测算**

项目	2019年	2020年	2021年	2022年
国内5G宏基站建设数量 (万)	15.0	80.0	118.0	115.5
单个5G宏基站覆铜板价值量 (元)				
数字电路+射频	280	280	280	280
馈电网络+天线振子	300	300	300	300
合计	2175	2175	2175	2175
国内5G基站覆铜板市场规模 (亿元)	3.3	17.4	25.7	25.1

数据来源: 中英科技招股说明书, 华正新材招股说明书, prismatic, 广发证券发展研究中心

**5G向高频延伸，对于高频/高速覆铜板的需求增加。**由于5G时代各国频谱规划都在向更高的频段延伸，PCB 需要根据商业场景的需求引入高频、高速电路专用材料，以减少电路在相对高的频率下信号的损耗，同时要在更宽的带宽下保持电气性能的稳定，对于高频/高速覆铜板的需求增加。

图 57: 5G向高频延伸



数据来源：中国 IDC 圈，广发证券发展研究中心

**高频/高速覆铜板的核心要求是低介电常数 (Dk) 和低介电损耗因子 (Df)。**高速和高速覆铜板是在玻璃纤维布基CCL的基础上，通过使用不同类型的树脂实现的，其核心要求是低介电常数 (Dk) 和低介电损耗因子 (Df)：介电常数 (Dk) 越小越稳定，高频高速性能越优；介质损耗 (Df) 越小越稳定，高频高速性能越优。一般来说可以根据 Dk 与 Df 两个参数将覆铜板划分为六层，其中应用于微波与毫米波频段的基材主要采用低介电常数树脂 (PTFE、碳氢化合物以及 PPE 树脂)，介电损耗  $Df < 0.005$ 。

目前高频/高速覆铜板的主流方案是采用PTFE和碳氢化合物树脂。一般而言，降低Dk和Df通过树脂材料、基板材料及基板树脂含量来解决。目前PCB中广泛使用的大多为环氧树脂玻璃布基CCL (FR-4)，但Df值在0.01以上，而PTFE (聚四氟乙烯) 和碳氢化合物树脂的Df值在0.002以下，是高频材料的两种主流形式。

**5G基站PCB所用基材高频覆铜板将有望逐步实现对传统FR-4覆铜板的替代。**传统的通信业务中，主要使用FR-4覆铜板，高频覆铜板在上世纪主要用于军工、卫星导航等特殊领域。在3G通信业务兴起后，由于FR-4覆铜板的介质损耗大，基站中电磁信号传输精度较高的部件逐步转向采用高频覆铜板；4G通信中，基站天线的PCB振子、天线馈电系统、功率放大器、滤波器等成为高频覆铜板市场需求的最主要部分；而5G基站的PCB中，高频覆铜板将有望逐步实现对FR-4覆铜板的替代。

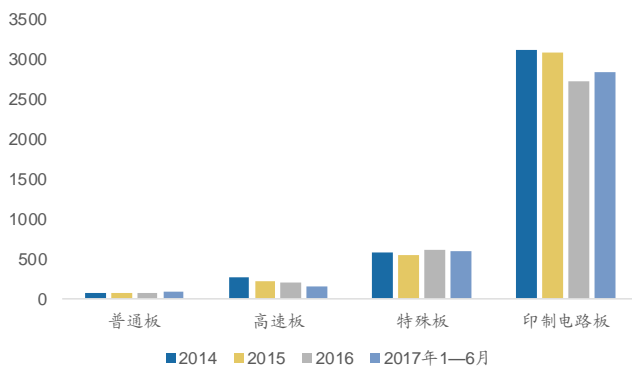
图 58: PCB基材的分类

基材用树脂	基材损耗正切Df	
PTFE、碳化物树脂、PPE树脂	微波/毫米波领域应用 高频电路基材	Df < 0.002
		Df = 0.002 to 0.005
特殊树脂、环氧改性特殊树脂	中等损耗 高速电路基材	Df = 0.005 to 0.008
		Df = 0.008 to 0.01
环氧树脂	常规电路 基材	Df = 0.01 to 0.02
		Df > 0.02

数据来源: Prismaark, 中英科技招股说明书, 深南电路招股说明书, 广发证券发展研究中心

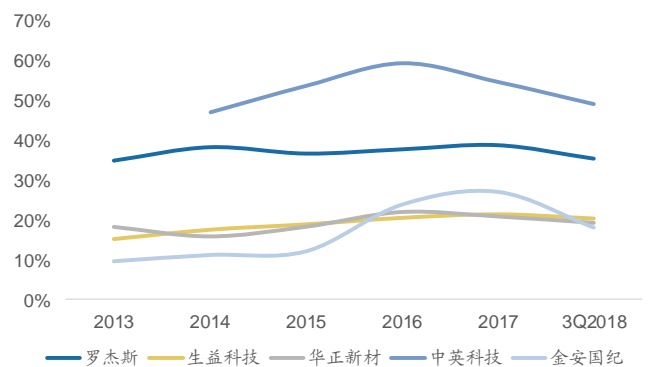
高频/高速覆铜板的产品盈利能力高于传统覆铜板。根据电路各类覆铜板的平均采购单价可知, 高速版、特殊版(主要是高频覆铜板)的单价远高于普通的单价, 特殊板的采购价格达到普通板的10倍; 同时, 通过对比主营特殊板材的美国罗杰斯与中国大陆其他覆铜板企业的毛利率可知, 高频/高速覆铜板的产品盈利能力高于传统覆铜板。

图 59: 深南电路各类覆铜板的采购价格(元/平米)



数据来源: 深南电路招股说明书, 广发证券发展研究中心

图 60: 覆铜板公司毛利率比较



数据来源: Wind, Bloomberg, 广发证券发展研究中心

### 3.2.3 中国大陆厂商积极研发与扩产, 进口替代大幕开启

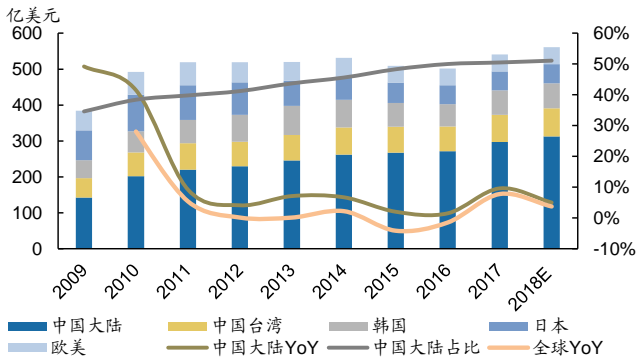
#### PCB产业东移趋势持续, 内资厂商积极配合5G相关研发与扩产

中国大陆地区PCB产业已占半壁江山。根据市场调研机构Prismaark的数据, 2017年中国大陆的PCB产量占据了全球PCB产量的50%以上, 已然成为PCB行业的半壁江山, 并且美、日、欧等地区的PCB产业规模还在缩减当中, 中国大陆凭借较低的人力成本, 政府招商引资鼓励政策, 未来中国大陆占比还将继续提升。

PCB产业东移趋势持续。随着中国大陆PCB厂商技术实力进步, 将逐步缩小与境外企业的差距; 从PCB厂商的扩产节奏来看, 未来1~3年大部分的产能释放将主要由内资厂商所带来, 中国台湾PCB企业在这次扩产过程中扩充的产能相对来说较少,

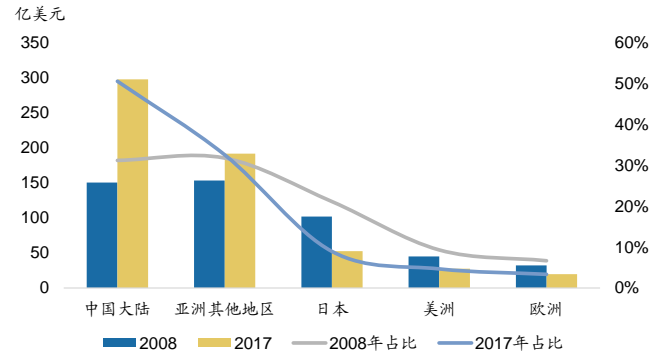
内资龙头厂商或将引领中国大陆PCB产值增长。

图 61: PCB产业东移趋势 (左轴: 产值, 右轴: YOY, 占比)



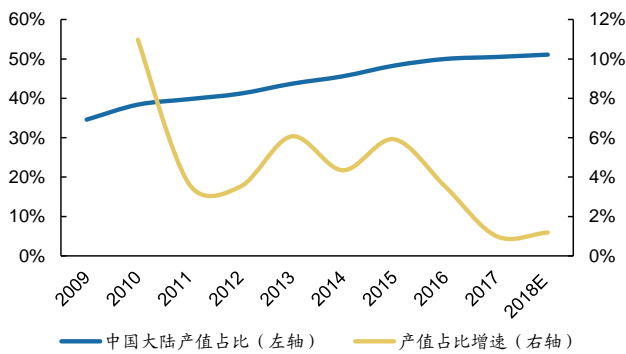
数据来源: Prisma, 健鼎科技, 广发证券发展研究中心

图 62: 中国大陆地区PCB产业已占半壁江山 (左轴: 产值, 右轴: 占比)



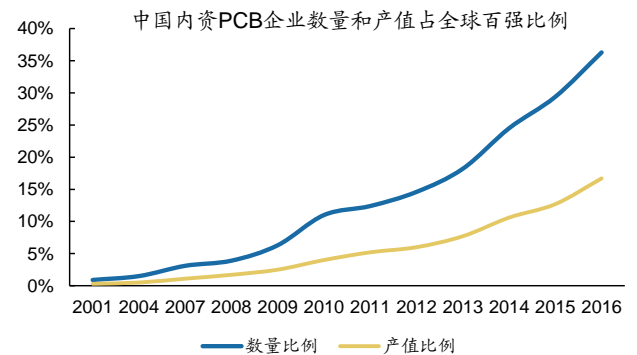
数据来源: 中国产业信息网, 广发证券发展研究中心

图 63: 中国大陆产值占比逐渐提升



数据来源: 健鼎科技, 广发证券发展研究中心

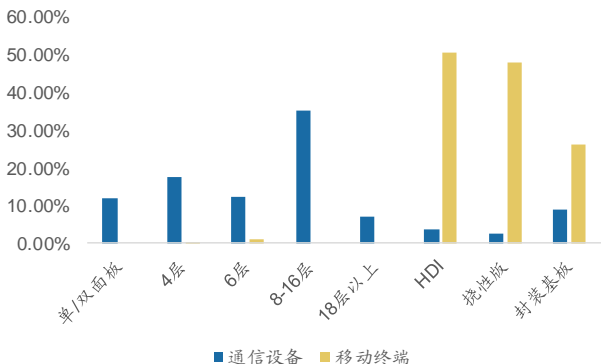
图 64: 内资PCB厂商或将引领中国大陆下一阶段增长



数据来源: 《印制电路信息》2018年第5期 杨宏强著, 广发证券发展研究中心

通信设备对于PCB加工企业的技术要求较高。刚性板领域, 通信设备的PCB需求主要以高多层板为主 (8-16层板占比约为35.18%), 在对准、压合、钻孔、内层线路等多方面体现出加工难度较高, 对于PCB加工企业的技术要求较高。

图 65: 通信设备的PCB需求占比



数据来源: 深南电路招股说明书, 广发证券发展研究中心

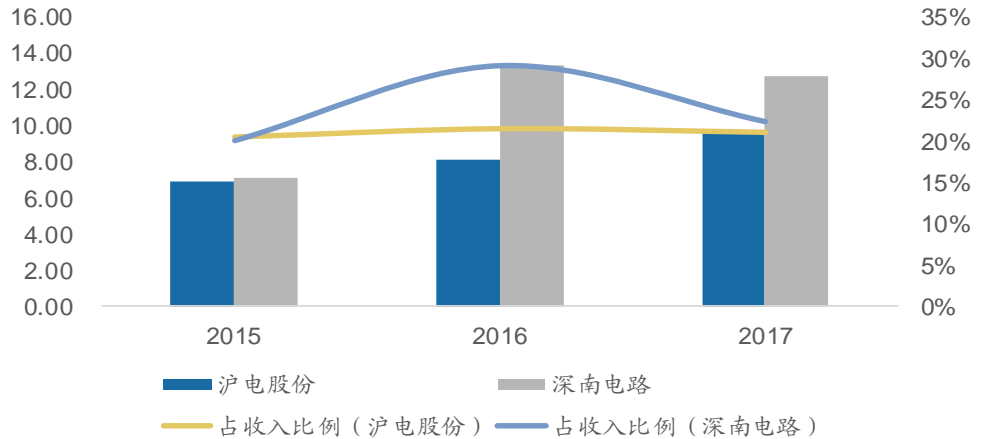
表 14: 多层板加工难度较高

对准		考虑图形转移车间环境温湿度, 以及不同芯板层涨缩不一致带来的错位增加、层间定位方式等因素, 多层板的层间对准控制难度大
压合		多张内层芯板和半固化片叠加, 压合生产时容易产生滑板、分层、树脂空洞和气泡残留等缺陷
钻孔		采用高TG、高速、高频、厚铜类特殊板材, 增加了钻孔粗糙度、钻孔毛刺和去钻污的难度, 钻孔易断刀, 因板厚导致斜钻等问题、
内层线路		多层板信号层较多, 内层AOI漏检的几率加大, 内层芯板厚度较薄, 容易褶皱导致曝光不良, 刻蚀过激时容易卷版

数据来源: 中国产业信息网, 广发证券发展研究中心

内资龙头厂商积极配合5G相关产品的研发与扩产，有望充分受益。4G时代，以深南电路和沪电股份为代表的PCB厂商已为华为、中兴等客户提供通信板，5G带来PCB需求量大幅增加，内资龙头厂商也配合积极研发与扩产，有望充分受益。

图 66: 沪电股份和深南电路对华为销售额 (亿元, 左轴) 和占比 (右轴)



数据来源: Wind, 广发证券发展研究中心

中国大陆覆铜板公司有望获得PCB本土厂商认可，抢占高频/高速覆铜板市场

根据Prismark的分类，高频覆铜板属于刚性覆铜板中的特殊覆铜板类。2017年，全球刚性覆铜板市场总产值为101亿美元，其中特殊覆铜板市场总产值约为22亿美元，根据我们的测算，5G仅考虑宏基站AAU的覆铜板的需求量为20亿元，约等于2017年全球特殊覆铜板市场的1/6，如果考虑到全球5G基站数量、DU、CU、馈电网络以及背板的需求，以及小基站和剩余部分4G基站的建设，则用量将更大。

表 15: 全球覆铜板分类产值

产值 (百万美元)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2017增长率
纸基覆铜板	841	759	745	659	606	636	731	14.9%
复合基覆铜板	536	577	599	792	756	875	1066	21.8%
普通FR-4覆铜板	4510	4284	4085	4167	3869	4005	4904	22.4%
高Tg FR-4覆铜板	1229	1142	1121	1057	954	1054	1087	3.1%
无卤覆铜板	1369	1428	1467	1533	1149	1686	2102	24.7%
特殊基板及其他	1505	1362	1469	1655	2072	1932	2249	16.4%
合计	9990	9552	9486	9863	9406	10188	12139	19.1%

数据来源: Prismark, 广发证券发展研究中心

覆铜板行业集中度高，中国大陆产值占全球66%。根据Prismark的统计，中国大陆

厂商建滔、生益分别占据全球刚性覆铜板前二，2017年全球刚性覆铜板产值为121亿美元，其中中国大陆产值达到80亿美元，占全球的66%，但单价远低于美洲、欧洲、日本地区。

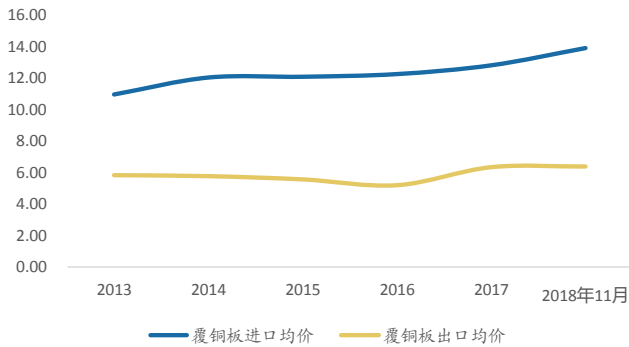
表 16: 全球刚性覆铜板的产值和产量

地区	产值 (百万美元)			产量 (百万平方米)			单价 (美元/平方米)	
	2016	2017	增长率	2016	2017	增长率	2016.0	2017.0
美洲	306	313	2.30%	8.9	8.8	-1.10%	34.4	35.6
欧洲	218	229	5.00%	8.5	8.6	1.20%	25.6	26.6
日本	538	574	6.70%	19.6	20.4	4.10%	27.4	28.1
中国大陆	6614	8037	21.50%	410.4	445.5	8.60%	16.1	18.0
亚洲其他	2512	2986	18.90%	129.5	141	8.90%	19.4	21.2
合计	10189	12139	19.10%	576.9	624.3	8.20%	17.7	19.4

数据来源: Prisma, 广发证券发展研究中心

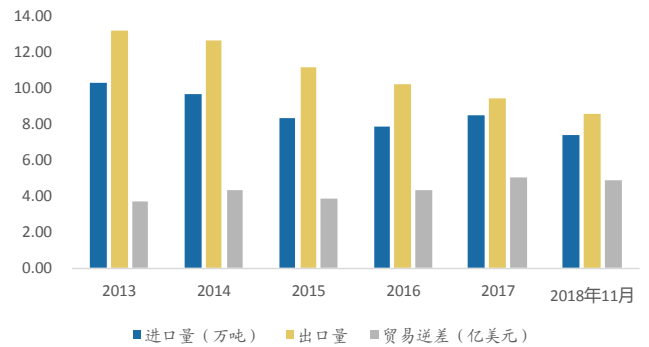
由于中国大陆的覆铜板主要是低附加值的普通覆铜板，高端的高频覆铜板依然大量依赖进口。中国大陆是全球覆铜板最主要的出口国之一，2016年中国大陆覆铜板净出口2.37万吨。但由于中国大陆出口的覆铜板产品主要为低附加值的普通覆铜板产品，而高端的高频覆铜板、封装基板等大量依赖进口，中国大陆也一直处于贸易逆差状态，且近年来呈不断扩大的趋势，2016年贸易逆差高达4.26亿美元。2016年，中国大陆出口覆铜板均价约6.28美元/kg，进口均价为13.06美元/kg，进口价格为出口价格的两倍。

图 67: 中国大陆覆铜板进出口均价 (美元/kg)



数据来源: Wind, 广发证券发展研究中心

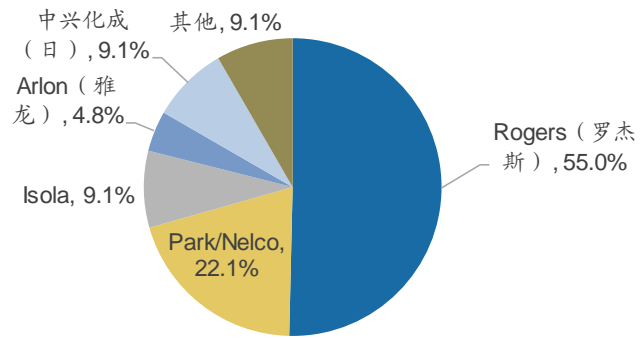
图 68: 中国大陆覆铜板进出口情况



数据来源: Wind, 广发证券发展研究中心

高频覆铜板大部分市场份额长期以来被境外企业所占据。主要生产厂家包括三菱瓦斯、日立化成、罗杰斯、Isola、Nelco、松下电工、斗山电子、Taconic、南亚塑胶等。目前，中国大陆只有少数企业开始了高频覆铜板的研发和生产。以PTFE CCL为例，2016年罗杰斯占全球PTFE CCL的55%，前五大厂商占比高达90%。

图 69: 2016年全球PTFE CCL市占率



数据来源: Prisma, 广发证券发展研究中心

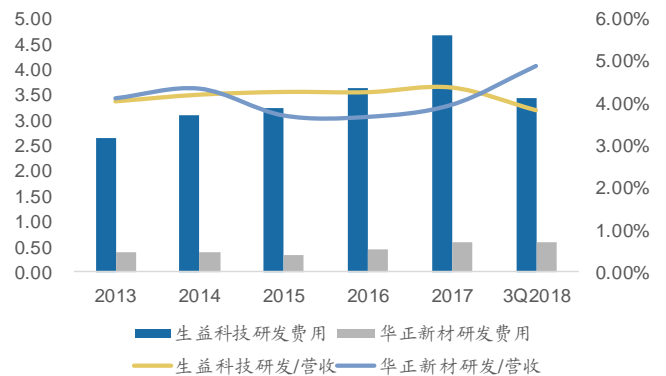
中国大陆覆铜板公司有望凭借性价比优势获得PCB本土厂商的认可, 抢占高频/高速覆铜板市场份额。中国大陆覆铜板厂商生益科技、华正新材等在高频/高速覆铜板领域布局, 其中生益科技的高频高速产品体系已经逐步成型, 陆续推出多款PTFE和碳氢覆铜板, 公司每年研发费用也部分用于高频基材的研究。在5G建设中, 中国大陆覆铜板公司有望凭借性价比优势获得PCB本土厂商的认可, 抢占高频/高速覆铜板市场份额。

表 17: 生益科技高频高速覆铜板系列

产品名称	产品简要描述	Dk	Df
SCGA-500 GF220	天线射频电路用玻璃布增强PTFE覆铜板	2.20	0.0009
SCGA-500 GF225	天线射频电路用玻璃布增强PTFE覆铜板	2.55	0.0014
SCGA-500 GF265	天线射频电路用玻璃布增强PTFE覆铜板	2.65	0.0017
SCGA-500 GF300	天线射频电路用玻璃布增强PTFE覆铜板	3.00	0.0023
LNB33	高频头, 卫星天线电路用碳氢覆铜板	3.30	0.0025
S7136H	射频电路用碳氢陶瓷基填充覆铜板	3.42	0.0030

数据来源: 生益科技官网, 广发证券发展研究中心

图 70: 生益科技和华正新材研发投入 (亿元, 左轴) 和占收入比例 (右轴)



数据来源: Wind, 广发证券发展研究中心

产业链相关标的包括PCB领域的东山精密、景旺电子、鹏鼎控股、深南电路、沪电股份和胜宏科技, 覆铜板领域的生益科技和华正新材。

表 18: PCB产业链相关标的梳理

产业链环节	相关标的	主营业务
覆铜板	罗杰斯	高频覆铜板/层压板、高弹体/聚合物解决方案、高性能材料和电力电子元器件
	生益科技	覆铜板、粘结片、PCB
	华正新材	复合材料、电子绝缘材料、覆铜板材料
PCB	东山精密	PCB、FPC、LCM、LED
	景旺电子	PCB和FPC
	鹏鼎控股	PCB和FPC
	深南电路	PCB、电子装联、封装基板
	沪电股份	PCB（通讯、汽车、消费电子）
	胜宏科技	PCB产品线覆盖广泛

数据来源：公司年报，广发证券发展研究中心

### 3.2.4 相关标的：5G为PCB产业链带来的投资机会

数量方面，5G基站向高频段发展，基站数量将显著提高，中国联通网络技术研究院专家李福昌在2017年“面向5G的LTE网络创新研讨会”上表示，5G的基站数量可能是4G的1.5-2倍，我们预测5G基站总数将达到4G基站数的1.3至1.5倍，根据工信部的数据，截至2018年底我国4G基站数达到372万座，则我们预测5G基站总数将超过500万座；

面积方面，Massive MIMO的应用为基站结构带来显著变化，从4G时代的天馈系统+RRU+BBU变为AAU+CU+DU的形式，其中AAU需要集成更多的组件，根据我们的测算，5G时代基站AAU PCB面积约为4G时代RRU PCB面积的4.5倍；

价值量方面，我们预测5G时代国内5G基站AAU PCB的价值量为255亿元，约为4G时代的6倍，如果考虑到全球5G基站数量、DU、CU等需求，以及小基站和剩余部分4G基站的建设，则用量将更大；同时，我们预测国内5G基站AAU覆铜板需求量有望达到109亿元，且随着5G向高频延伸，高频/高速覆铜板将有望逐步实现对传统FR-4覆铜板的替代；

随着中国大陆PCB厂商技术实力进步，将逐步缩小与境外企业的差距，内资PCB厂商积极配合下游5G相关研发与扩产，有望充分受益；覆铜板领域，中国大陆厂商在高频/高速覆铜板领域加速布局，有望凭借性价比优势获得PCB本土厂商的认可，抢占高频/高速覆铜板市场份额。

## 3.3 介质滤波器：市场空间有望倍增，行业格局面临重塑

### 3.3.1 5G时代陶瓷介质滤波器有望成为主流方案

#### 滤波器是RRU中的核心器件

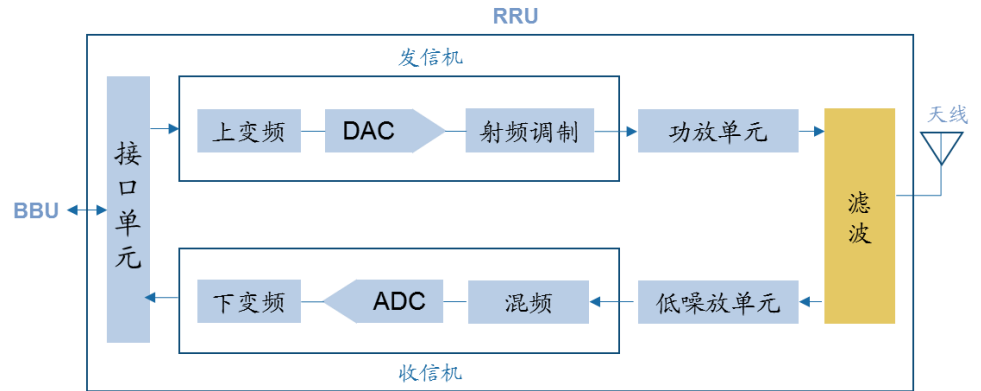
滤波器，是可以使信号中特定频率成分通过，并极大地衰减其他频率成分的电子元件。射频信号在产生、转换、传输的每一个环节都有可能因为环境的干扰产生畸变，以至于信号所携带的信息存在噪声。为了消除噪声，保证射频的稳定性，通信系统中需使用滤波器去除噪声干扰，以保证通信正确而有效的进行。

滤波器是射频模块中的关键一环。RRU（远端射频模块）由收发信机、功放、滤波



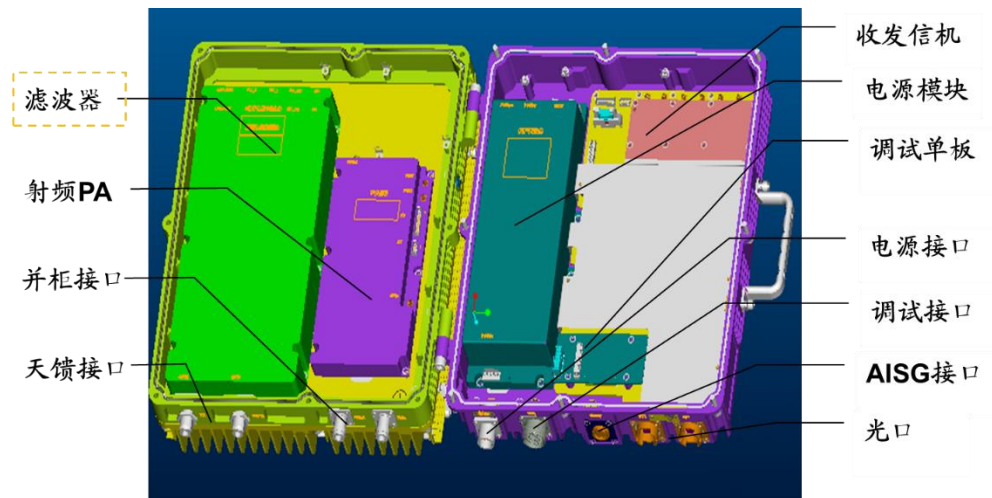
器、电源等子系统构成。射频通信系统在收发系统的每一步调试前后，都需要滤波器的作用。从物理结构上来看，4G时期的主流方案金属腔体滤波器一般占RRU体积的四分之一左右。

图 71: RRU的逻辑结构



数据来源：《基站架构及面向 5G 的演进研究》（吕婷等），广发证券发展研究中心

图 72: RRU的物理结构



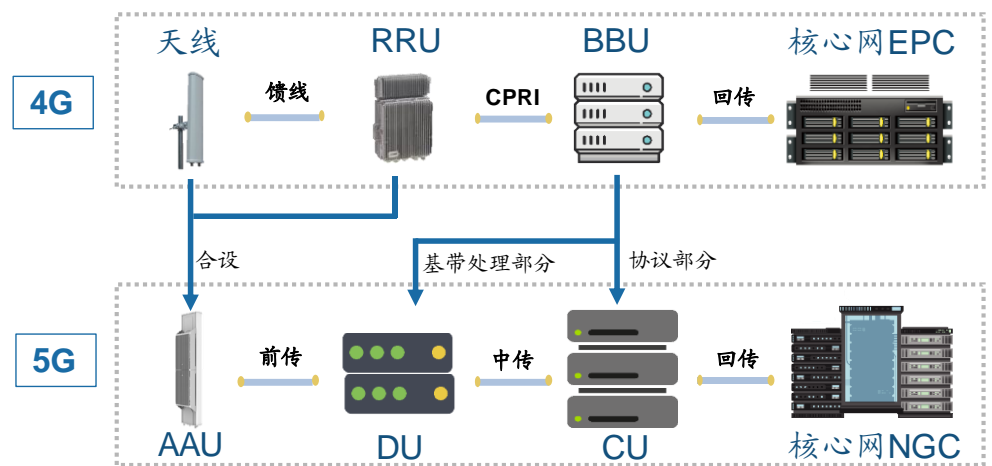
数据来源：《LTE RRU 与射频原理介绍》（季中兴等），广发证券发展研究中心

### 5G对滤波器提出小型化、轻量化要求

为满足5G的多样化需求，3GPP提出重构方案，引入CU-DU-AAU架构。以往4G接入网主要由BBU（基带处理单元）、RRU（射频拉远单元）、馈线、天线组成。而5G的接入网将引入CU-DU-AAU构架，其中：

- CU是中央单元，负责处理高层协议功能并集中管理多个DU，由原BBU中的非实时部分分割出来；
- DU是分布式接入单元，负责完成基带处理功能，由原BBU的剩余功能分割出来。
- AAU是有源天线单元，负责射频处理功能与天线收发空间波的功能，由原RRU上移与天线合设组成。

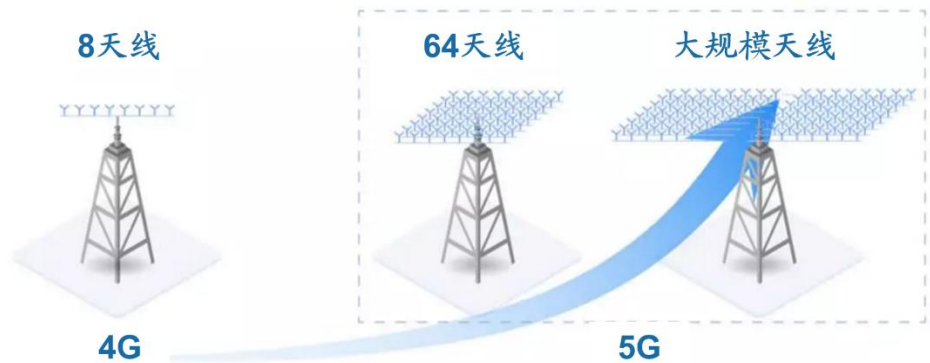
图 73: 5G时代下无线接入网的全新架构方式



数据来源: 广发证券发展研究中心

同时, 大规模天线阵列技术(Massive MIMO)是5G的关键技术之一。4G时期TDD网络天线通道数为2/4/8个, 而Massive MIMO技术下的通道数将达到64/128/256个。为实现提高系统频谱效率、保证高频频段的有效传播、提高信号可靠性等目标, Massive MIMO成为了5G的关键技术之一。Massive MIMO可以提供丰富的空间自由度, 实现空分多址, 提升小区峰值吞吐率、降低周边干扰等。

图 74: Massive MIMO技术将带来天线数量的指数级增长

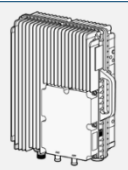
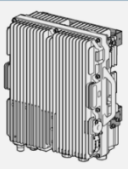
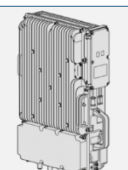


数据来源: 广发证券发展研究中心

AAU、Massive MIMO两个技术同时对滤波器提出了小型化、轻量化的性能要求。

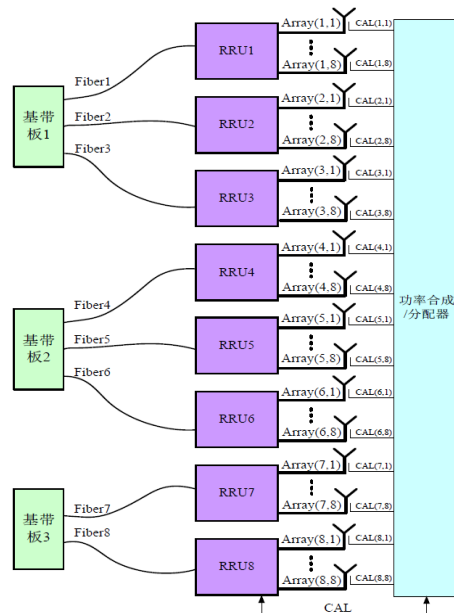
- 一方面, Massive MIMO AAU技术将带来天线阵面成指数级增加, 且RRU上移至天面 (4G RRU一般重20-30kg, 最轻的为10kg), 导致了基站天面承载数量与重量的增加, 对滤波器提出了减轻重量的要求;
- 另一方面, Massive MIMO带来通道数激增, 原先的2/4/8通道将扩展为64/128/256通道, 所需滤波器单元相应增加, 对滤波器提出了减小体积的要求。

图 75: 重量较大的RRU将上移与天线合设AAU

	产品型号	ZXSDR R8962 L23A
	外形尺寸	380*280*122 mm
	重量	10 kg
	产品型号	ZXSDR R8882 L268
	外形尺寸	380*320*140 mm
	重量	<18 kg
	产品型号	ZXSDR R8968
	外形尺寸	530*320*145 mm
	重量	24 kg

数据来源: 中兴通讯官网, 广发证券发展研究中心

图 76: Massive MIMO技术导致射频单元数增加

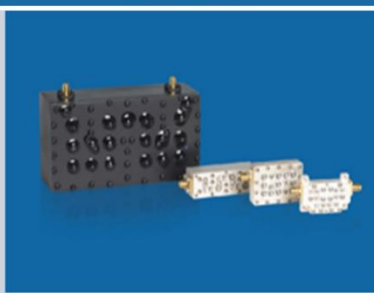
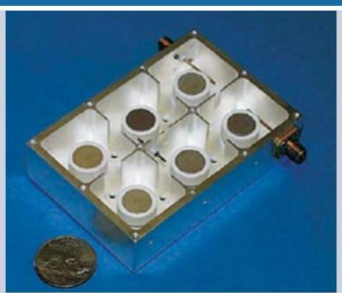
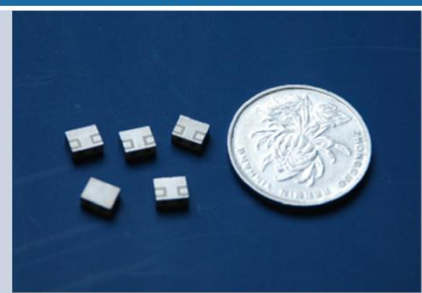


数据来源: IMT-2020(5g)推进组, 广发证券发展研究中心

未来介质滤波器将成主流, 中短期内腔体与介质共存

**5G时代, 滤波器将向小型化、轻量化发展。**由于5G时代, Massive MIMO AAU技术将成为天线射频的主要方案, 铁塔的天面资源将变得稀缺。考虑到铁塔迎风面积、载重的限制, 射频器件将向小型化轻量化发展。作为射频重要器件的滤波器, 同时也将向小型化、轻量化发展。

图 77: 金属腔体滤波器、介质谐振腔体滤波器、介质滤波器对比

	金属腔体滤波器	介质腔体滤波器	介质滤波器
示意图			
原理	电磁波在金属腔体中振荡, 谐振频率的电磁波得以保留, 其余频率电磁波在振荡中耗散掉	结构类似金属腔体滤波器, 但电磁波在介质材料制成的谐振器中振荡	电磁波在介质材料内部发生谐振, 无金属腔体
尺寸	大, 相对介电常数小 举例: 98.6mm * 63.5mm * 28.7mm	大, 相对介电常数适中 举例: 70.6mm * 55.8mm * 18.7mm	小, 相对介电常数大 举例: 12.1mm * 8.1mm * 4.5mm
温度稳定性	差	好	好
插入损耗	大, Q值适中	中, Q值较大	小, Q值大
工艺	技术成熟 主要制造流程: 将金属胚料冲压形成腔体-电镀-将金属胚料冲压成盖子并电镀-组装谐振杆-测试	技术成熟 主要制造流程: 与金属腔体滤波器类似	技术尚不完全成熟 主要制造流程: 陶瓷块烧成型-高度研磨-蘸银-顶部打磨-印银层丝-调试-测试-包装
前景	3G/4G国内主流选择	3G/4G海外公司主流选择	5G时代将成为发展主流
成本	高	高	低于前两种

数据来源: 灿勤科技, 国华新材, EMC RFlabs, Lorch Microwaves, 广发证券发展研究中心

**腔体滤波器，正在进一步探索极限化小型腔体设计。**腔体滤波器的一大特点是易实现，主要通过金属切割或冲压完成，工艺较为成熟。因此若腔体设计满足使用需求，工艺制造方面则较容易实现。为满足5G对于滤波器小型化、集成化的要求，腔体滤波器将进一步向小型化腔体设计发展，成为中短期内的补充方案。

**介质滤波器有望成为市场主流方案。**由于介质滤波器具有体积小、Q值大、插损低、稳定性好、承受功率高的特点。为满足阵列天线的要求，5G滤波器的尺寸要求在50\*30\*30mm以下，介质滤波器有望在5G时代成为市场主流方案。此外，由于介质滤波器以陶瓷粉体为原材料，将使得介质滤波器的成本与售价相比传统腔体滤波器更低。

**我们认为：中短期来看，腔体滤波器与介质滤波器将共同存在；长期来看，陶瓷介质滤波器会成为主流方案。**由于介质滤波器工艺尚不完全成熟，仅有少数企业能够提供经过主设备厂商认证的介质滤波器。因此，中短期看，小型化腔体滤波器仍然会占据一定市场，形成腔体与介质滤波器共存的情形；但长期来看，由于介质滤波器在5G领域的应用拥有绝对优势（尺寸小、重量轻，Q值大等），将成为主流方案。

### 3.3.2 新技术引领行业变革，市场空间有望倍增

**市场空间：宏基站端滤波器行业市场空间有望倍增**

**5G时期，滤波器需求量将随着Massive MIMO的应用而大幅增加。**4G时期，主流的宏基站天线方案为8T8R的8通道方案；进入5G时期，主流的宏基站天线方案或将为单面天线集成64通道的Massive MIMO方案，而且部分场景下可能使用更大规模的天线阵列。

**经过我们的测算：5G时期滤波器在国内基站端的市场空间有望达到445亿，相比于4G时期的弹性将达2.5倍。**测算的假设与推断：

- 根据5G采用频率与组网方式，我们认为5G宏基站数量将为4G时期的1.3-1.5倍，假设5G基站建设节奏与4G时期类似，则5G宏基站建设将在2025年基本完成，届时总基站数量将达500万站；
- 每个基站设立3个天线扇面；
- 主流天线方案为64通道，若后续采用更大规模天线阵列，则实际市场空间将比测算值更大；
- 根据5G频谱划分，中国移动主力频段为2.6GHz、中国联通与电信主力频段为3.5GHz。参考4G时期的基站数量比例，移动与联通+电信的基站比例约为1:1。
- 长期来看介质滤波器是主流方案，当前2.6GHz介质滤波器单价为100元，3.5GHz介质滤波器为70元。参考4G时期滤波器厂商毛利率下降的趋势，两类滤波器价格按照一定速度下降。

**表 19: 介质滤波器在国内宏基站端的市场空间测算**

	2019E	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
新建基站 (万)	15	80	118	115	87	59	25
单个基站天线扇面 (个)	3	3	3	3	3	3	3
天线通道数量 (个)	64	64	64	64	64	64	64
介质滤波器需求量 (万个)	2880	15360	22656	22168	16774	11355	4807
其中: 用于 2.6GHz (万个)	1440	7680	11328	11084	8387	5677	2404
用于 3.5GHz (万个)	1440	7680	11328	11084	8387	5677	2404
2.6GHz 滤波器单价 (元)	100	70	60	50	40	30	20
3.5GHz 滤波器单价 (元)	70	60	50	40	30	20	18
2.6GHz 滤波器市场空间 (亿元)	14	54	68	55	34	17	5
3.5GHz 滤波器市场空间 (亿元)	10	46	57	44	25	11	4
当年市场空间 (亿元)	24	100	125	100	59	28	9
5G 介质滤波器市场空间 (亿元)	445						

数据来源: 广发证券发展研究中心

**表 20: 4G时期滤波器在国内宏基站端的市场空间测算**

	4G 时期
	腔体滤波器
基站总量 (万)	372
天线扇面 (个)	3
天线通道数量 (个)	8
滤波器需求量 (亿个)	0.89
平均单价 (元)	200
市场空间 (亿元)	179
5G 相比 4G 弹性 (倍)	2.5

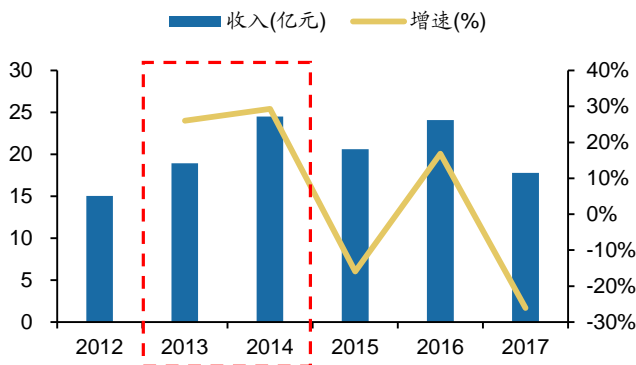
数据来源: 三大运营商年报、广发证券发展研究中心

**景气周期: 行业壁垒升高, 景气周期将至少维持2年以上**
**4G复盘: 滤波器行业的景气周期为建设启动后的2年左右**

**4G时期**, 滤波器企业的景气周期体现为建设启动后的前2年。4G时期, TD-LTE的正式牌照放时间为2013年12月, 但考虑到4G时期运营商的预商用建设规模较大 (5G工信部已明确表态限制预商用建设规模), 可以认为2013年初运营商已经开始了规模化建设。从大富科技、武汉凡谷的收入、利润、毛利率各方面可以看出, 滤波器企业的景气周期为建设启动后的前2年。

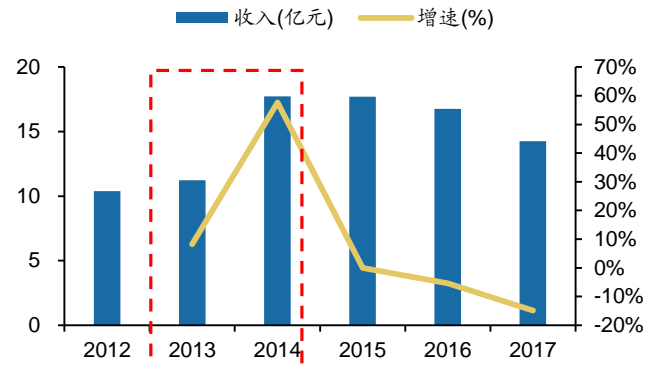
**4G景气周期后**, 迫于市场竞争、产品降价压力, 毛利率有加速下滑趋势。经过2年的景气周期后, 由于基站建设增速放缓, 市场空间增速下降, 叠加产品降价压力, 滤波器厂商的毛利率呈现加速下滑趋势, 最终导致利润的下滑。

图 78: 大富科技收入变化 (左轴: 营收, 右轴: YOY)



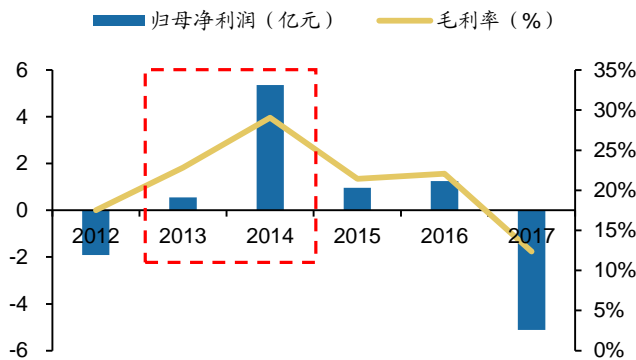
数据来源: wind, 广发证券发展研究中心

图 79: 武汉凡谷收入变化 (左轴: 营收, 右轴: YOY)



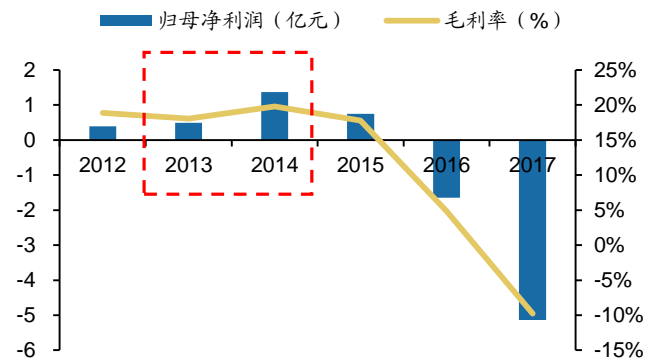
数据来源: wind, 广发证券发展研究中心

图 80: 大富科技归母净利润 (左轴) 及毛利率 (右轴)



数据来源: wind, 广发证券发展研究中心

图 81: 武汉凡谷归母净利润 (左轴) 及毛利率 (右轴)

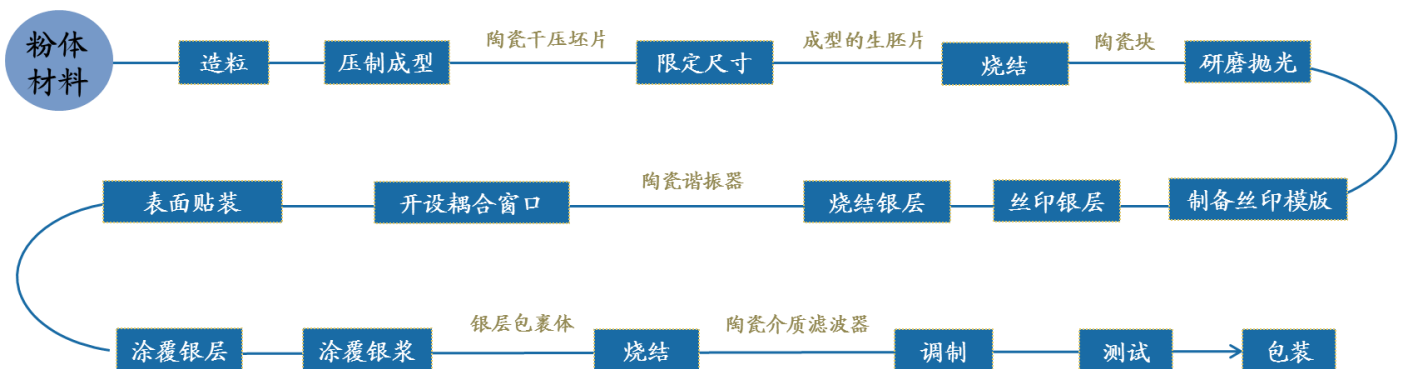


数据来源: wind, 广发证券发展研究中心

**5G 前瞻: 行业壁垒高企, 竞争环境改善, 景气周期有望拉长**

一个典型的纯陶瓷介质滤波器的生产工艺包含陶瓷粉体造粒、压制成型、保温烧结、印制银层、开设耦合窗口陶瓷谐振器、表面贴装、涂覆银层、再烧结、调制、测试与包装等步骤。

图 82: 介质滤波器的生产工艺



数据来源: 《一种基于陶瓷介质滤波器的制备工艺的制作方法》(韩巍等), 广发证券发展研究中心

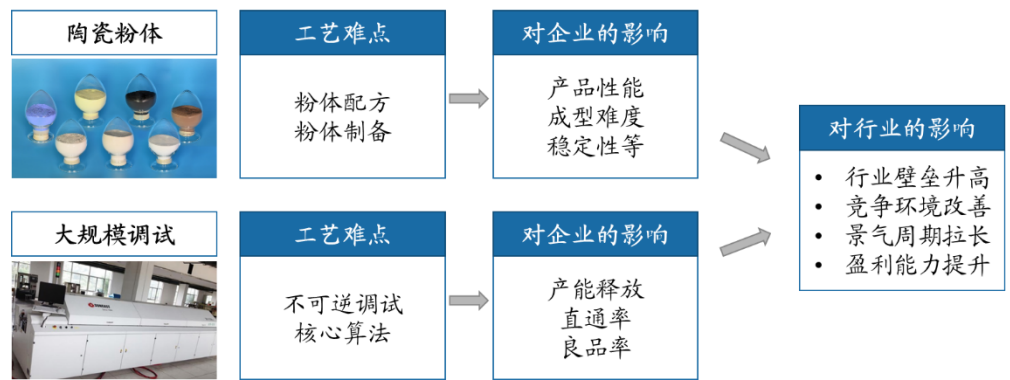
与腔体滤波器相比，5G主流采用的介质滤波器技术难度更高，其难点主要在于陶瓷粉体材料的配方、制备与大规模自动化调试技术。

**陶瓷粉体决定了介质滤波器的性能，粉体的配方与制备的难度较高。**介质滤波器原材料是陶瓷粉体，需要由多种化学原料按照科学的比例进行合成，陶瓷粉体决定了介质滤波器的最终性能，只有拥有好的材料配方才能获得在一定使用条件下的高Q值介质陶瓷。除了配方以外，粉体材料加工过程也具有复杂性，例如以碳酸钡为原料的水热法包括溶解、钛酰化、干燥、水热、再次干燥等过程，酸碱控制不合理、生成杂质等都将损害粉体质量。

**大规模调试技术是滤波器生产的重点，或将成为制约介质滤波器供应商产能的关键。**不论何种滤波器，调试向来是滤波器生产工艺中的重点。与腔体滤波器相比，陶瓷介质滤波器的调试更为困难：

- 一方面，陶瓷介质滤波器的调试是对陶瓷谐振体进行调试，与腔体滤波器调试需调谐螺钉不同，陶瓷介质滤波器的调试中某些环节存在不可逆操作。若完全采用手工调试，则很难保证一次调试成功，从而影响生产节奏。
- 另一方面，为了保证陶瓷介质滤波器的大规模产能，需要进行大规模调试，则需要自动化调试设备，当前只有少部分厂家拥有陶瓷介质滤波器的自动化调试设备与技术。
- 最后，自动化调试设备的核心算法目前并不完善，仍需进一步研究。

图 83：介质滤波器工艺难点及其影响逻辑



数据来源：国华新材、灿勤科技官网，广发证券发展研究中心

**我们认为：5G时期滤波器行业的景气周期有望拉长，将至少维持2年以上。假设2019年底发放牌照，规模化建设正式启动，则景气周期将至少维持至2021年底。同时，相关企业的盈利能力也将得到提高。**

- 由于陶瓷粉体配方与制备难度大，将导致行业壁垒升高；由于介质滤波器大规模调试的要求更高，将一定程度上限制行业产能的过度释放。进而导致行业竞争环境与4G时期相比得到明显改善，景气周期拉长。
- 同时，虽然原材料价格下降，使得介质滤波器的单价与腔体滤波器相比明显下降。但在生产工艺难度加大，生产技术含量更高，竞争环境明显改善等预期

下，介质滤波器厂商的盈利能力有望提高。

**行业格局：掌握微波陶瓷生产和调试技术的国产企业更具竞争力**

**5G时期国产企业的全球竞争力将快速提升**

全球优秀的介质滤波器供应商主要有日本的村田、京瓷，以及美国的CTS、康普。在介质滤波器领域，由于美国公司产品价格相对较高，此前国内主设备商在滤波器领域的海外供应商主要为日本的村田、京瓷。

图 84：2017年村田收入结构

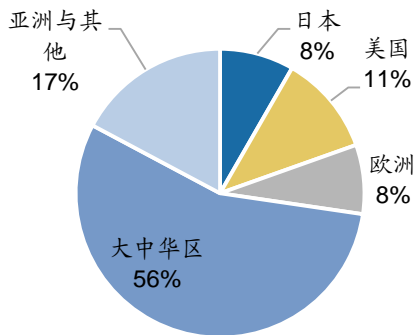
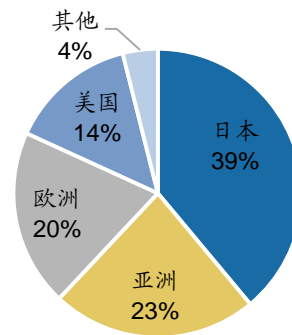


图 85：2017年京瓷收入结构



数据来源：彭博，广发证券发展研究中心

数据来源：彭博，广发证券发展研究中心

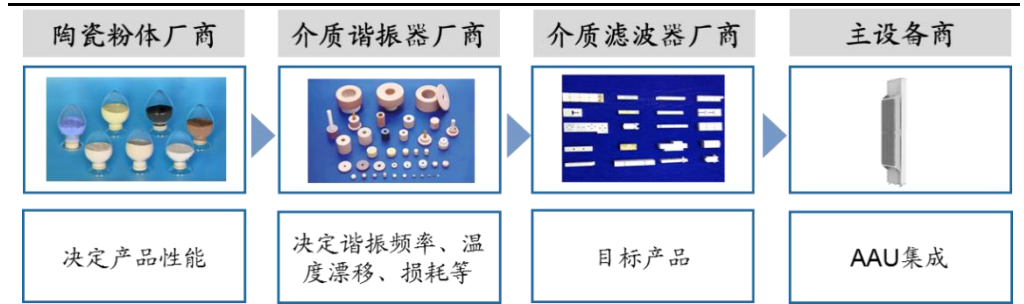
**5G时期，中国企业的全球竞争力将快速提升，提升国产品牌国内占有率的同时，有望走出国门。**4G时期，国内企业与海外公司相比尚存在差距，部分市场空间被日企村田、京瓷占据。但从近年的情况来看，从技术方面，国内企业与海外公司的差距快速缩小，已经形成赶超之势；从价格方面，国产企业由于在成本端具有优势，价格与海外企业相比具有明显的优势。预计5G时期国产品牌的市场占有率将得到大幅提升。此外，随着中国在5G技术方面贡献度的大幅提升，中国主设备企业有望走出国门，相应的上游配套行业（如滤波器等）也有望享受主设备商海外市场占有率提升的红利。

**陶瓷粉体受重视，多数企业布局全产业链**

介质滤波器的产业链主要分为陶瓷粉体、介质谐振器、介质滤波器、主设备商四个环节。其中：陶瓷粉体是工艺难点所在，粉体配方与制备决定了介质滤波器的最终性能，一般来说，滤波器厂商所用陶瓷粉体材料需要得到主设备商的认证与许可；介质谐振器，介质谐振器的谐振频率、温漂、损耗参数直接决定介质滤波器的质量和工作性能；介质滤波器，多个模式相同的介质谐振器贴装为介质滤波器，最终供应给主设备商。



图 86: 介质滤波器产业链



数据来源: 广发证券发展研究中心

当前多数企业布局介质滤波器产业链多个环节，原材料陶瓷粉体决定了产品的性能，受到企业的高度重视。原材料陶瓷粉体的配方和烧结是工艺难点，也是整个产业链高附加值环节之一，多数公司希望在该领域具备自主知识产权，以提升产品供应实力。

在介质滤波器的产业链中，灿勤科技、艾福电子（东山精密子公司）、顺络电子、国华新材（风华高科子公司）、大富科技、武汉凡谷等公司进行了全产业链布局，且多数企业参与了多个环节。各个环节参与者具体如下：

- **陶瓷粉体**：国华新材（风华高科子公司）、灿勤科技、艾福电子（东山精密子公司）、顺络电子、大富科技、武汉凡谷。
- **介质谐振器**：灿勤科技、艾福电子（东山精密子公司）、顺络电子、国华新材（风华高科子公司）、大富科技、武汉凡谷、波发特（世嘉科技子公司）、国人通信。
- **介质滤波器**：灿勤科技、艾福电子（东山精密子公司）、顺络电子、国华新材（风华高科子公司）、大富科技、武汉凡谷等。上述企业研发制造进度不尽相同，并且预计未来还会有更多企业加入介质滤波器的生产阵营。

表 21: 介质滤波器的两类参与者

类型	公司	腔体滤波器	介质滤波器产业链			2017 收入规模	相对优势
			陶瓷粉体	介质谐振器	介质滤波器		
微波陶瓷领域，向介质滤波器切入	灿勤科技		√	√	√	4880 万元 (2016 年)	·微波陶瓷技术先发优。
	艾福电子		√	√	√		
	顺络电子		√	√	√		
	国华新材		√	√	√		
腔体滤波器领先供应商，布局新技术	大富科技	√	√	√	√	17.79 亿元	·滤波器设计的经验； ·多年合作的客户资源。
	武汉凡谷	√	√	√	√	14.25 亿元	
	波发特	√		√	研发认证	6.85 亿元 (2018 年)	

数据来源: 各公司年报、各公司官网, 广发证券发展研究中心

**掌握微波陶瓷技术的企业成为滤波器行业新进入者。**由于微波陶瓷技术（包括陶瓷材料配制、烧结等）是介质滤波器核心技术之一，由此也为掌握微波陶瓷技术的企业带来了进入介质滤波器市场的机会。

这类企业中，有**国华新材、灿勤科技、艾福电子、顺络电子**。其中，国华新材是基于原材料陶瓷粉体技术，逐步向下游扩展，最终进入介质滤波器领域并形成全产业链覆盖；灿勤科技与艾福电子，则是由提供介质谐振器开始，逐步进行技术扩展，最终进入介质滤波器领域；顺络电子是基于片式电子元件研发的经验，进行了LTCC（低温共烧陶瓷）微波器件的技术积累，产品包括天线与滤波器。这些公司由陶瓷产品逐步切入无线和滤波器领域的路径，与海外公司村田、京瓷类似。

为了顺应变化，**4G时代的主流滤波器供应商大富科技、武汉凡谷等此前也进行了布局**。4G时代的滤波器供应商大富科技、武汉凡谷等公司，面对5G对小型化、高Q值滤波器的需求，也在此前进行了相关产业的布局。大富科技，自2011年起建立了介质材料博士后工作站，拥有具备介质材料研发、配方工艺、介质射频产品整体设计能力和相关技术；武汉凡谷，2013年成立陶瓷材料公司，致力于微波陶瓷材料、微波陶瓷介质谐振器、微波陶瓷介质滤波器的研制。

**我们认为：两类企业各有优势，掌握微波陶瓷生产和大规模调试技术的国产企业将在5G浪潮下更具竞争力。**行业新进入者进入介质滤波器领域，初期可能在微波陶瓷技术方面具有一定优势；4G时代滤波器主流供应商也同样在若干年前对介质滤波器技术进行了布局，在滤波器设计、行业经验、客户资源等方面可能具有一定优势。可以关注相关企业在**客户认证、订单规模、以及产能提升等方面的进度**。

### 3.3.3 相关标的：关注介质滤波器行业相关标的

进入5G时代，由于Massive MIMO、AAU技术的需要，滤波器向着小型化、轻量化方向发展。介质滤波器有望取代传统金属腔体滤波器成为主流方案。

**总结来看，滤波器行业将成为极具市场空间弹性的5G细分领域。**考虑到Massive MIMO技术带来通道数的激增、5G宏基站数量增加等因素，5G时期宏基站端介质滤波器市场空间有望达445亿元，有望达到4G时期的2.5倍。若再考虑到后续小基站的建设，滤波器行业的市场空间将会更大。

同时，**5G时期滤波器行业的景气周期有望拉长，将至少维持2年以上。假设2019年底发放牌照，规模化建设正式启动，则景气周期将至少维持至2021年底。**由于工艺难度的加大，介质滤波器行业壁垒升高；由于介质材料大规模调试的要求更高，也将一定程度限制产能的过度释放，进而使得行业竞争环境改善，景气周期拉长，盈利能力提升。

面对一个更有吸引力的市场，国内参与介质滤波器生产的公司主要有两类：

- 一是基于原有技术拓展进入介质滤波器领域的企业，如灿勤科技、艾福电子（东山精密子公司）、顺络电子、国华新材（风华高科子公司）等。
- 二是3G/4G时期主要生产腔体滤波器的企业，如大富科技、武汉凡谷等。这些企业也都在多年前开始研究微波陶瓷技术，布局介质滤波器产业链。

两类企业各有优势，掌握微波陶瓷生产和大规模调试技术的国产企业将在5G浪潮下更具竞争力。

我们认为，滤波器行业将充分受益于5G技术带来的变革，市场空间有望倍增，景气周期有望拉长，优秀国产企业在全局视野下将更具竞争力。我们看好覆盖介质滤波器全产业链、掌握介质滤波器自主研发能力、规模化生产能力的企业，看好国产介质滤波器企业在5G变革中的发展前景。相关公司有东山精密、顺络电子、风华高科、大富科技、武汉凡谷以及世嘉科技等。

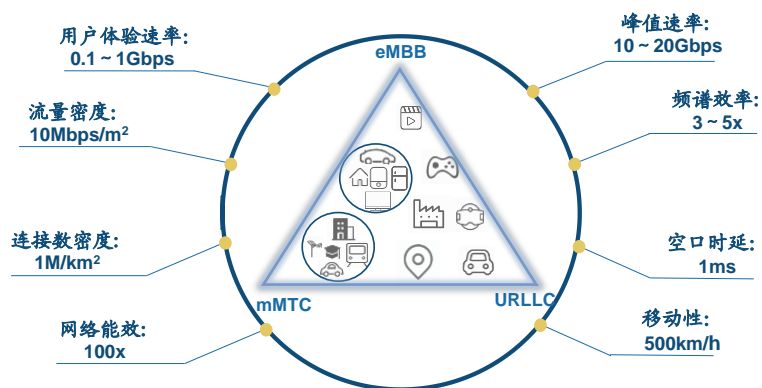
### 3.4 天线&OGM: 5G 天线量价齐升，新兴 OGM 模式崛起

#### 3.4.1 5G网络架构升级，基站天线量价齐升

##### 5G建设规划：重塑三大业务场景，推动网络架构升级

5G标准规范了三大业务场景，催生5G基站系统新架构下的技术演进。站在用户视角上，5G是通信产业的全新变革，可以承载三大应用场景：增强型移动宽带（eMBB）、超可靠低时延通信（uRLLC）和海量机器类通信（mMTC）。不同的业务场景催生对5G网络功能的新需求，为构建一个能够同时满足三个场景且综合成本较低的网络系统，5G基站系统的网络架构将重塑和升级。

图 87: 5G网络三大业务场景及其对于网络的不同需求



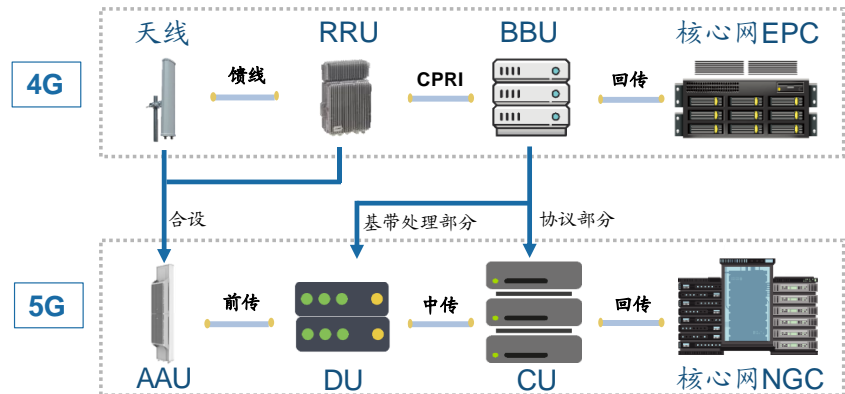
数据来源：IMT-2020(5G)推进组，广发证券发展研究中心

5G基站将天馈系统和RRU一体化集成AAU，引入AAU+CU+DU的全新接入网架构。5G时代3GPP提出基站的重构方案，将以往4G基站由天馈系统、RRU（射频拉远单元）、BBU（基带处理单元）组成的网络结构，升级为5G基站全新的AAU+CU+DU架构。

- 4G基站（天馈系统+RRU+BBU）：标准的宏基站通常包括BBU（主要负责信号调制）、RRU（主要负责射频处理）、馈线（连接RRU和天线）和天线（主要负责线缆上导行波和空气中空间波之间的转换）。
- 5G基站（AAU+CU+DU）：AAU是有源天线单元，负责射频处理功能与天线收发空间波的功能，由原天馈系统和RRU合设组成；CU是中央单元，由原BBU中的非实时部分分割出来，负责处理高层协议功能并集中管理多个DU；

DU是分布式接入单元，负责处理物理层协议和实时服务，由原BBU的实时功能分割出来。

图 88: 5G基站引入无线接入网的全新架构方式



数据来源：广发证券发展研究中心

### “量”：高频驱动基站规模扩张，Massive MIMO助力天线列阵演进

高频推动5G基站数量大幅增长，Massive MIMO助力拓展网络容量。5G网络的基站建设是基于Massive MIMO、毫米波、超密集组网、新型多址、全频谱接入等关键技术的新架构，多重技术革新将重塑天线产业格局。

根据香农公式：信道容量=信道带宽\*log<sub>2</sub>(1+信号传输功率/高斯噪声功率)。

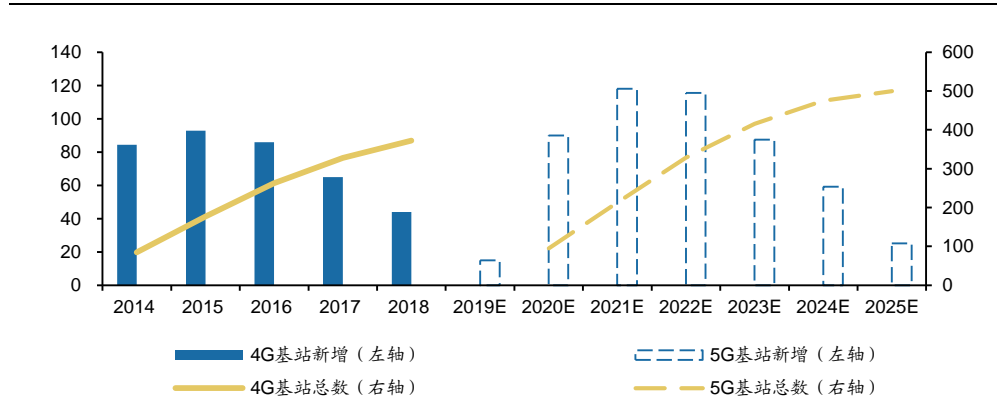
为满足5G网络的容量需求，同时受限于天线的发射功率，提高信道带宽是扩大5G网络容量的主要途径。拓展信道带宽的主要途径有：1) 扩大频谱资源范围；2) 提高频谱利用率；3) 抑制干扰。全频谱接入带来5G频段的提高，使基站数量成倍上涨，天线用量同步提升。Massive MIMO推动天线小型化、集成化，单基站天线数量远超4G。

- **毫米波技术扩大频谱范围。**为同时实现移动信号的无缝覆盖和传输速率的提升，5G将采用低频（6GHz以下）和高频（6GHz以上）的混合组网模式，丰富可利用的5G频谱资源。由于5G的核心频段高于4G，且毫米波的波长更是达到毫米量级，信号传输损耗衰减更快，覆盖能力减弱。相比于4G，5G无线通信信号覆盖相同的区域所需5G基站的数量将剧增。
- **Massive MIMO技术提高频谱利用率和抑制传输干扰。**基于空分复用和波束赋形的Massive MIMO技术可实现基站在同一时间和频率资源下与多位空间上分离的用户通信需求。各天线单元能自动调整幅度和相位，使信号精准聚焦，提升信号质量。基于同时同频，频谱资源可实现用户间的重复利用。大规模天线列阵作为Massive MIMO技术的硬件支持，单基站天线用量规模将大幅扩张。

**5G基站数量：5G基站规模将超过500万座，是4G基站数量的1.3至1.5倍**

现实的5G建设中，运营商将采用SA和NSA混合的方案，我们预测5G基站总数将达到4G基站数的1.3至1.5倍，根据工信部的数据，截至2018年底，我国4G基站数达到372万座，我们预测5G基站总数将超过500万座。

图 89: 从4G基站数到5G基站建设推演 (万座)



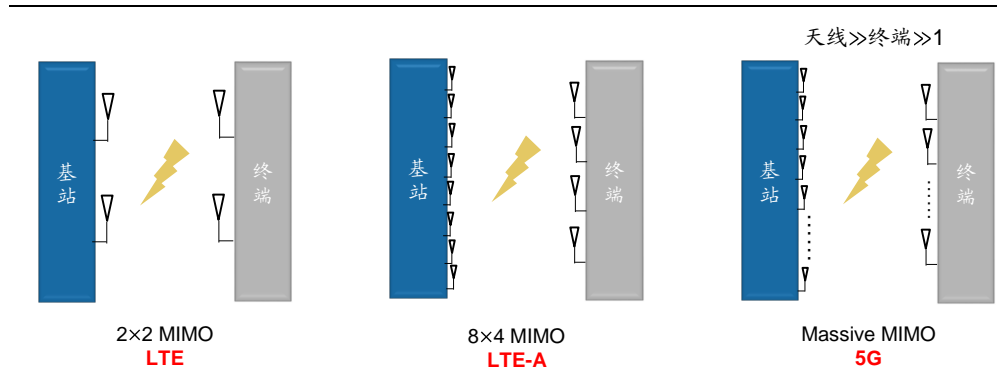
数据来源: 三大运营商财报, 广发证券发展研究中心

单基站天线用量: 5G基站将以64通道的大规模阵列天线为主

4G基站中天线的形态基本是4T4R-FDD或者8T8R-TDD, 而5G基站中将以64T64R的大规模阵列天线为主, 通道数同比增加了8-16倍。5G基站的列阵天线将从传统的MIMO升级为Massive MIMO, 从2D-MIMO向三维全方位覆盖转变, 单根天线的振子数天线振子数从2/4/8个跃升至64/128/256个, 大幅提升通信信号的覆盖能力。

技术迭代驱动天线射频组件需求的提升。为提高频谱利用率、降低干扰, 实现5G网络容量要求, Massive MIMO下空间分集、空分复用及波束赋形技术的运用至关重要。而大规模天线作为技术的硬件支持, 天线射频组件需求的提升将大幅提升基站天线射频行业的市场空间。

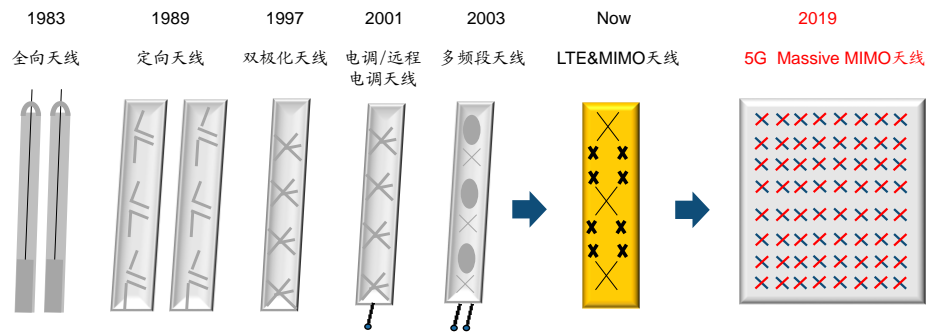
图 90: 传统MIMO较Massive MIMO的技术升级



数据来源: EE World, 广发证券发展研究中心

基站天线逐代演化, 移动通信技术同步发展。随着2G到4G的代际推移, 基站天线从全向天线逐步演变为定向单/双极化天线、电调双极化天线、双/多频电调双极化天线。4G时代无线通信领域首次引入MIMO技术, 通过多个发射端和接收端传递信号, 从最初的单个天线进化成阵列天线和多天线。MIMO技术得到规模化应用, 实现多个天线同时发射或接收多个空间流, 无线信道容量随着天线数量的增加而扩张。

图 91: 基站天线技术演进



数据来源: EE World, 广发证券发展研究中心

基于5G时代扩充网络容量的需求, 天线阵列从MIMO技术升级为更先进的Massive MIMO技术。网络容量由频谱带宽、小区数量、频谱利用率和信噪比等因素决定, 受限于稀缺的频谱资源和紧张的基站选址空间, 提高频谱利用率、抑制传输干扰成为网络扩容的主要途径。为满足5G网络容量的要求, 传统的MIMO技术将升级为Massive MIMO, 助力提升频谱利用率和降低干扰。

表 22: 5G与4G关键技术指标对比

指标	4G 参考值	5G	提升倍数
用户体验速率	10Mbps	0.1-1Gbps	10-100 倍
峰值速率	1Gbps	20Gbps	20 倍
空间容量	0.1Mb/m2	10Mb/m2	100 倍
频谱效率	1X	3X	3 倍
连接数密度	10 <sup>5</sup> /km2	10 <sup>6</sup> /km2	10 倍
空口时延	10ms	1ms	0.1 倍
移动性能	350km/h	500km/h	1.43 倍
网络能效	1X	100X	100 倍

数据来源: IMT-2020(5G)推进组, 广发证券发展研究中心

Massive MIMO采用空分复用和波束赋形两大关键技术, 能够有效提高频谱利用率、抑制传输干扰。

### 1) 波束赋形技术

- **抑制用户间传输干扰。**波束赋形技术通过调整各天线收发单元的幅度和相位, 使天线阵列在特定方向上的发射或接收信号相干叠加, 而在其他方向上的信号则相互抵消。与传统MIMO相比, Massive MIMO实现了从2D到3D的全面升级。当基站端天线数量远大于用户终端天线数量时, 各用户的信道将趋于正交, 用户间的干扰趋于消失, 从而带来网络容量的扩大。
- **扩大信息覆盖范围。**通过大规模天线, 基站可以在三维空间形成具有高分辨能力的高增益窄细波束, 阵列上的多个用户和天线能够同时交换更多的信息, 因

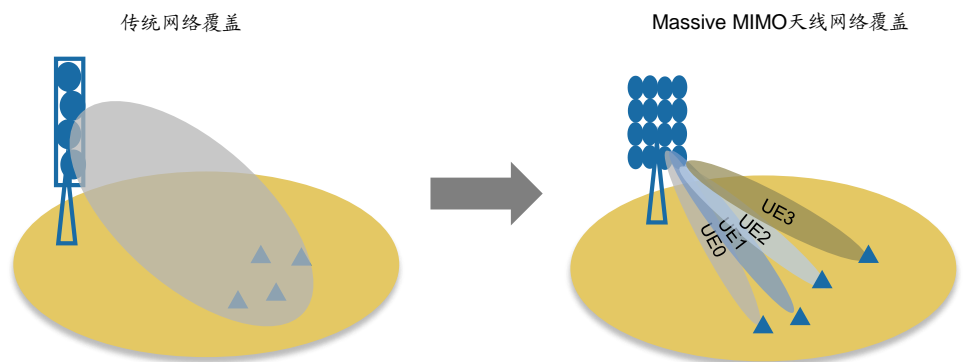
此在相同的时频资源上支持更多的用户传输成为可能。

## 2) 空分复用技术

- **提高频谱利用率。**空分复用技术是通过自适应天线阵列将空间进行分隔，在不同方向上形成不同的波束，每个波束提供一个无其他用户干扰的唯一信道，从而使相同频段在不同空间得以重复使用，使无线传输流数增加，网络容量得以提升。

波束赋形和空分复用技术的实现需要大规模天线阵列的硬件支持。空分复用技术在传统4G MIMO中已经得到广泛的运用，但仅仅支持2/4/8通道，5G Massive MIMO技术下的天线数量将呈几何级数增加，达到64/128/256个，驱动单基站天线数量剧增。

图 92: 传统网络覆盖与Massive MIMO网络覆盖对比



数据来源：天线系统产业联盟，广发证券发展研究中心

我们估计，5G宏基站将以64通道的大规模阵列天线为主，通道数的增加对天线射频器件需求量的同比增加8-16倍。5G基站AAU的天线列阵中64个通道将对应64个天线振子、64个滤波器、64个PA及增量的高频PCB和连接器等器件。

表 23: 5G基站AAU射频端器件价值量预测

	2019E	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
国内新增 5G 宏基站数 (万站)	15.0	80.0	118.0	115.5	87.4	59.1	25.0
单个 5G 宏基站价值增量结构拆分 (万元)							
天线振子	0.20	0.17	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13
滤波器							
其中: 2.6G 滤波器	1.92	1.34	1.15	0.96	0.77	0.58	0.38
3.5G 滤波器	1.34	1.15	0.96	0.77	0.58	0.38	0.29
高频 PCB	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
PA	1.44	1.41	1.37	1.30	1.25	1.20	1.16
连接器	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
单基站价值增量下限 (万元)	3.58	3.33	3.07	2.79	2.55	2.31	2.16
单基站价值增量上限 (万元)	4.16	3.52	3.26	2.99	2.74	2.51	2.26
5G 基站 AAU 射频端增量市场规模 (亿元)	54	250	337	301	206	126	48

数据来源：广发证券发展研究中心

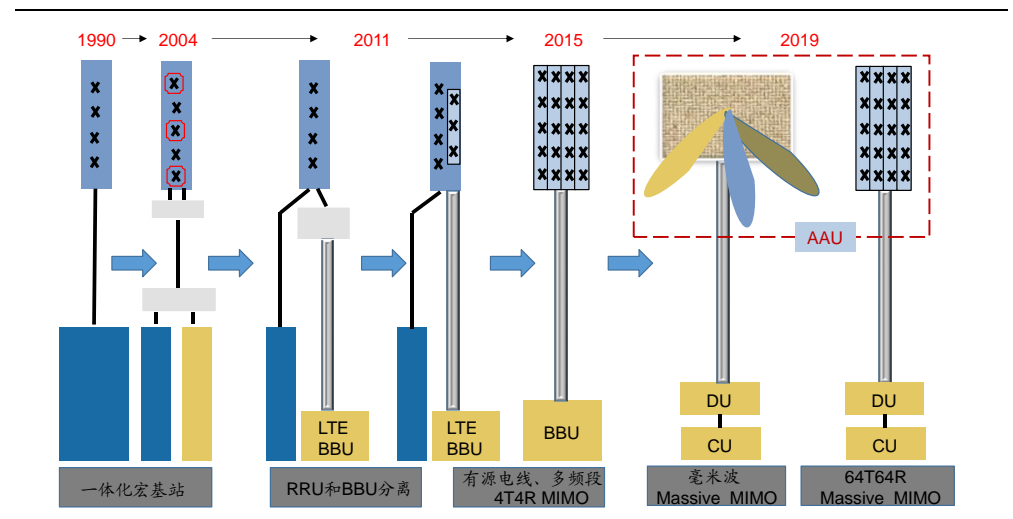
“价”：基站结构及零部件材料工艺变迁，推动天线附加值攀升

5G时代基站天线结构变化及零部件工艺升级将为天线带来更高的附加值。集成化与零部件工艺双重变化将使得单体天线价值大幅攀升：1) 分离式无源天线向一体集成化有源天线 AAU 发展促使单个天线整体价值量提升；2) 5G大规模天线阵列及高频传输要求促使天线零部件从材料到制造工艺的全方面升级，主要包括高频PCB以及3D塑料振子的引入。

无源天线向有源天线 AAU 集成化演进抬升天线价值量

基站构架从分离式无源天线向一体化有源天线 AAU迭代，向集成化、轻型化演进。2G~5G的推进中，随着频段要求的升级与天线技术的突破，基站天线整体构造形态变化明显，向集成化、轻型化演进。在2G-4G阶段，基站天线架构主要为无源形态，4G基站中RRU与BBU分离并通过馈线与天线相连。迈向5G阶段，为简化大规模阵列天线的密集连接，为了降低安装损耗和后期的维护成本，基站天线和滤波器等射频器件的融合与小型化成为天线技术发展的趋势。同时天线有源化、小型化可以极大简化天面、提升部署效率及网络性能。

图 93：1990年以来移动基站天线形态演变



数据来源：搜狐网，广发证券发展研究中心

4G基站：天馈系统+RRU

射频拉远单元（RRU）负责在远端将基带光信号转成射频信号放大进行传送，包含了射频收发和处理模块。RRU部署在靠近天线的位置，通过射频电缆与无源天线连接以减少馈线损耗。RRU和BBU之间由光纤连接，一个地面基站塔底或者机房中的BBU可以支持多个RRU。

天馈系统是电路信号与电磁波辐射之间的转换器件，而天线单元安装于蜂窝基站塔顶部。4G天馈系统是无源天线，由辐射单元（振子）、反射板（底板）、功率分配网络（馈电网络）和封装防护（天线罩）四部分构成。

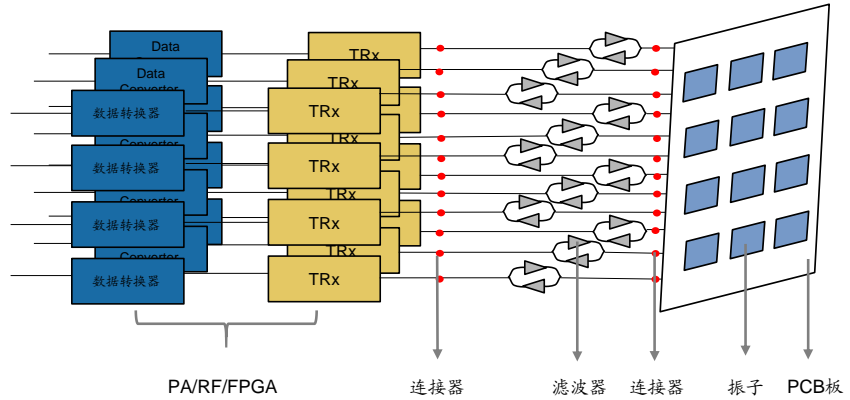
5G基站：一体化有源天线AAU

天馈系统+RRU向一体化有源天线AAU转变：在4G的分布式基站中RRU与BBU彼



此分离由馈线相连，5G的一体化有源天线AAU集成了RRU与天线的功能。AAU是有源天线单元，负责射频处理功能与天线收发空间波的功能，由原天馈系统和RRU合设组成，直接通过光纤连接BBU。

图 94：高频PCB板成为集成天线的馈电网络



数据来源：CNKI，广发证券发展研究中心

AAU集成化带来加工工艺难度与附加值的同步提升。5G的AAU中集成了天馈系统和RRU，将天线振子、滤波器、PA、连接器等器件集成在高频PCB上。器件集成度、小型化的提高对制造工艺精度有更高的要求，促进AAU加工工艺附加值的大幅提升。

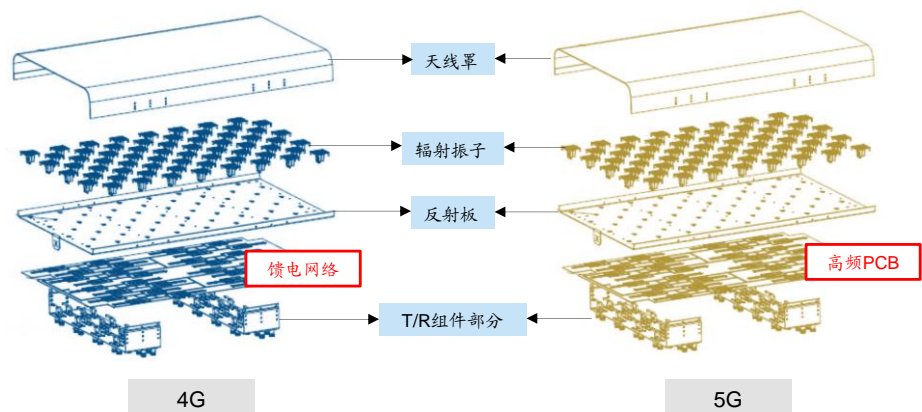
零部件材料+工艺升级促使天线附加值大幅提高

技术迭代催生高频PCB及塑料振子新需求，材料和工艺升级促使附加值大幅提高。

1) 催生大量高频PCB的用量需求。2G~4G阶段，天线的架构仍然为无源天线，由振子、反射板、馈电网络和天线罩四部分构成，天线材料基本是金属和塑料。5G基站中AAU有源天线是将RRU与天馈系统集成在高频PCB上，PCB成为连接RRU和天馈系统的新媒介。因此，有源天线AAU将促进高频PCB的用量剧增。

2) 3D塑料振子取代传统金属振子成为主流方案。5G基站结构中大规模天线阵列的应用让传统金属振子无法适应5G需求，塑料振子兴起并有望成为主流。5G时代原料及工艺全方位升级，将促进天线价格进一步上涨。

图 95：5G天线中用高频PCB取代4G的馈电网络



数据来源：CNKI，广发证券发展研究中心

国内5G基站AAU中PCB需求量有望达到60亿元/年，约为4G时代的5倍。

4G时代末期，设备商对射频PCB的采购价格约为2000元/平米，数字电路和射频所用PCB面积约为0.2m<sup>2</sup>，考虑到5G基站AAU中数字电路和射频PCB的面积增大至0.4 m<sup>2</sup>，则数字电路+射频的PCB价值量约为800元；再考虑到5G基站中馈电网络和天线振子所用PCB的面积约为0.5m<sup>2</sup>，由于原材料国产化带来的单价降至1800元/平米，则馈电网络+天线振子的PCB价值量约为900元，因此考虑3个扇区的情况下单个5G宏基站射频侧所用PCB的价值量约为5100元。

表 24: 5G基站PCB市场规模预测

	2019E	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
新建基站 (万)	15.0	80.0	118.0	115.5	87.4	59.1	25.0
单个基站天线扇面 (个)	3	3	3	3	3	3	3
5G宏基站单面 PCB 价值量 (元)							
数字电路+射频	800	800	800	800	800	800	800
面积 (m <sup>2</sup> )	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
ASP (元/m <sup>2</sup> )	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
馈电网络+天线振子	900	900	900	900	900	900	900
面积 (m <sup>2</sup> )	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
ASP (元/m <sup>2</sup> )	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
单基站价值量合计 (元)	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100
国内 5G 基站 PCB 市场规模 (亿元)	7.7	40.8	60.2	58.9	44.6	30.2	12.8

数据来源：广发证券发展研究中心

5G时代仅在国内AAU PCB市场规模将达到4G时代的5倍。国内4G基站投资建设期主要为2013年-2017年，其中2016年三大运营商新建基站达到最高峰112万个，单个天线PCB的需求量约为0.2 m<sup>2</sup>，则大致可计算出国内4G建设高峰期基站RRU PCB市场规模为13亿元/年，因此5G基站仅在AAU PCB市场规模将达到4G时代的5倍。

国内5G基站建设周期天线振子市场规模超过88亿元。

振子材料工艺更迭，传统工艺振子无法适应5G天线阵列需求。振子是天线收发信号的核心部件，主要负责将信号放大和控制信号辐射方向。当前市场上5G基站的天线振子主要有三种备选方案：1) 钣金振子；2) PCB贴片振子；3) 3D塑料振子。

3D塑料振子有望成主流，天线附加值进一步提升。由于5G频段高，传统的金属工艺振子将无法到达相应精度要求，且5G大规模天线阵列的应用使得振子形态趋于小型化并且数量大幅增加。高精度、低重量和低成本等优势将推动3D塑料振子逐步取代传统金属振子，成为市场主流。

**表 25: 5G基站AAU中天线振子的市场空间测算**

	2019E	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
国内新增 5G 宏基站数 (万站)	15.0	80.0	118.0	115.5	87.4	59.1	25.0
单基站天线振子价值量 (元)	2016	1728	1440	1440	1440	1440	1325
单面天线振子价值量(元)	672	576	480	480	480	480	442
振子市场规模 (亿元)	3.0	13.8	17.0	16.6	12.6	8.5	3.3

数据来源: 广发证券发展研究中心

从“量”和“价”两个角度，我们对5G基站AAU射频端市场规模的增量进行测算：在整个5G建设周期中，振子的市场规模达75亿元、滤波器的市场规模达445亿元、高频PCB的市场规模达255亿元、连接器的市场规模达39亿元、PA的市场规模达511亿元，5G基站AAU射频端增量市场规模高达1322亿元。

**表 26: 5G基站AAU射频端增量市场规模测算**

	2019E	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E	合计
振子市场规模	3.0	13.8	17.0	16.6	12.6	8.5	3.3	74.9
滤波器市场规模	24.5	99.8	124.6	99.8	58.7	28.4	9.1	445
高频 PCB 市场规模	7.7	40.8	60.2	58.9	44.6	30.2	12.8	255.0
连接器市场规模	1.3	6.6	9.3	8.9	6.7	4.5	1.9	39.2
PA 市场规模	17.3	89.1	126.9	117.5	83.9	54.5	21.6	510.7
5G 基站 AAU 射频端增量市场规模	53.56	249.85	337.49	301.18	206.09	125.88	48.01	1322.1

数据来源: 广发证券发展研究中心

总体而言，我们认为，基于5G时代扩充网络容量的需求，考虑到国内5G基站数量是4G基站的1.5倍，单基站中天线振子、滤波器、高频PCB、连接器及PA等零组件随着通道数增加而需求扩充，单基站中搭载的数量对应增长8-16倍；在价值量上，分离式无源天线向一体化有源天线AAU集成，技术迭代催生高频PCB及塑料振子新需求，双重因素共同驱动天线价值量大幅提高。

- 天线振子：单基站中天线振子随着通道数增加而需求扩充，搭载的数量对应增长8-16倍，同时3D塑料振子取代传统金属振子，原料及工艺的升级将促进天线价格进一步上涨。国内5G基站建设周期内天线振子的价值量达到75亿元，建设高峰期的市场规模达到17亿元。
- 滤波器：随着Massive MIMO的应用，主流天线射频方案的通道数将从8通道激增为64通道，滤波器市场有望打开新空间。经过我们的测算，滤波器市场空间有望达到445亿，是4G时代的2.5倍。若再考虑到后续小基站的建设，滤波器行业的市场规模还将更大。
- PCB：5G单基站中PCB的面积为原来的4.5倍，单价整体略有下降，则5G时代国内5G基站AAU PCB的价值量为285亿元，为4G时代的6.4倍，5G建设高峰期的市场规模达到60亿元。如果考虑到全球5G基站数量、DU、CU、馈电网络和背板的需求，以及小基站和剩余部分4G基站的建设，则用量将更大。

### 3.4.2 4G、5G协同建设，新兴代工模式OGM崛起

#### OGM模式：介于OEM与ODM之间的代工模式

OGM模式是指委托方负责设计开发产品，但将产品的规模化制造环节委托给OGM厂商，OGM厂商在完成制造后，将成品交付给委托方的代工模式。产品的生产流程可分为三个阶段：1) 研发设计；2) 规模化生产；3) 交付下游或直接销售。

- 研发设计：从概念到产品形态形成的过程，在对新产品进行初步设计后，经过小批量生产并不断测试、优化产品方案，最终实现产品研发。
- 规模化生产：制造商依据样品方案模板，在原材料、厂房、人工等要素配备齐全后，按照固定模式进行大批量的生产。
- 交付下游或直接销售：将制造成品交付给下游客户或直接销售。

对委托方而言，委托方在完成产品研发设计和样品测试之后，将规模化生产的环节交给OGM厂商，最后从OGM厂商处得到批量的产品。对OGM厂商而言，OGM厂商负责从原材料的采购、运输到新产品的大规模制造、组装及内部测试，最后将通过委托方测试的成品交付给委托方。

OGM模式的分工环节介于OEM模式与ODM模式之间。产品批量生产的代工模式主要有以下三种形式：

- **OEM**：纯粹的代工生产或贴牌生产。OEM厂商只负责纯粹的加工流程，既不负责产品的设计，也不负责原材料采购和产品测试。
- **OGM**：产品的研发设计仍由委托方负责，OGM厂商负责从原材料的采购、加工制造到成品的封装测试的全套生产流程。
- **ODM**：厂商根据委托方的要求来设计和生产新产品，并配上委托方的品牌进行销售。根据设计的版权是否买断，分为买断式和非买断式ODM，非买断式ODM可以将产品设计卖给其他品牌，买断式ODM则具有排他性。

图 96： OEM模式、OGM模式和ODM模式的分工对比

	研发设计	小批量制造	样品测试	物料采购	规模化生产	产品测试
OEM					✓	
OGM				✓	✓	✓
ODM	✓	✓	✓	✓	✓	✓

数据来源： 搜狐网， 广发证券发展研究中心

与ODM相比，OGM厂商不负责产品的设计和研发，只负责按照委托方的样品方案模板，实施完整的产品生产流程。与OEM相比，OGM厂商除了提供厂房和劳动力之外，还负责原材料的采购和新产品的封装测试等全套生产服务，向下游交付的是

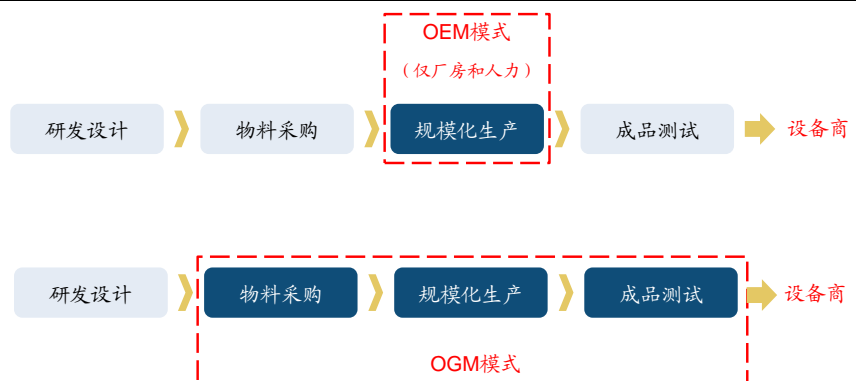
可被检测的产品，而OEM则仅仅负责生产加工这一道工序。

### 5G初期4G、5G协同建设，OGM模式代工诉求趋强

**4G、5G协同建设期，主设备商新增OGM代工需求。**运营商在5G建设初期将采用NSA部署策略，借助已有的4G基础设施，将5G基站逐步部署在高业务密度区域。同时依托于现有的站址资源，以4G基站托底eMBB场景，做厚网络容量层，推动LTE向5G平滑演进，节约5G建设成本。

- **4G天馈系统的制造呈现劳动力密集的特点，存在代工需求。**4G天馈系统主要由反射板、振子、馈电网络和防护罩组成，其中馈电网络部件的加工制造依赖大量劳动力，人力成本高昂，且天线的单体价值量不高，导致天线制造环节呈现毛利率低。主设备商专注于研发设计和营销等高附加值业务，有意愿将低附加值生产制造交给代工企业。
- **5G天线量价齐升，OGM承担分离制造业务缓解集成方资金压力。**在天线数量上，5G基站总数将达到4G基站数的1.3至1.5倍，Massive MIMO技术驱动天线数量剧增。在天线价值量上，5G天线向有源化发展，RRU与天馈系统集成成为AAU，带来制造工艺和用料的全方位升级，天线单体价值量增加。设备商要构建5G天线生产线需要大量的资本投入，资金压力驱动其将天线制造业务分离给OGM企业。

图 97: OEM与OGM生产环节对比



数据来源：搜狐网，广发证券发展研究中心

### 站在主设备商视角：

- **在资源分配方面，大型主设备商将持续专注于有源天线的研发设计、服务营销等高附加值领域。**在4G时代，主设备商为加大其拥有资源在创新能力方面的配置，释放承担设备折旧和自建工厂的负担，采用将加工环节导外、只支付加工费用的OEM模式。在5G时代，由于订单规模及价值量的扩张，主设备商有向上游传导资本压力的诉求，愿意将占用资本资源的物料采购、生产组装和测试等工序交由OGM企业完成。
- **在技术协作方面，天线结构的有源化要求天线厂商与设备商进行联合测试，推动OEM将向OGM转型。**4G时代，天线与RRU分离，天线模组厂商直接将天线成品交付给运营商或设备商，产品测试由设备商完成。而5G时期，天线与

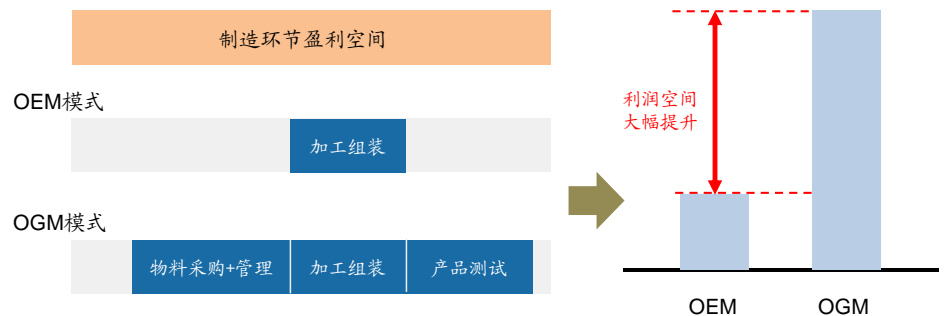
RRU集成为AAU实现天馈一体化，天线厂商需要和设备商对AAU进行联合研发测试，OEM企业在技术层面有向OGM转型的内在动力。

### 代工环节向上游延伸，OGM提升厂商获利空间

**OGM模式延伸受托方的业务范围，扩大厂商获利空间。**在产品研发设计成型后，中游的制造流程可分为：物料采购、加工组装和成品检测。OEM模式中，受托方收入来源单一，仅由加工组装环节的加工费组成；OGM模式中，受托厂商掌控的生产环节涉及整个中游的制造流程，增加获利环节，扩大利润调配空间。

- **OEM厂商获利空间只有加工费，利润来源单一。**传统的OEM厂商存在技术水平上的劣势，难以胜任研发设计、产品测试等业务。产品加工作为一项劳动密集型产业，OEM企业接到代工订单后，只需提供生产线和组织人力进行产品的加工组装，创造的产品价值有限，获利空间也只有加工费。
- **OGM厂商掌控增量的生产环节，提升获利空间。**OGM厂商不但需要拥有厂房及人工等资源要素，还对供应链管理及工艺技术水准设置门槛。在成本控制上，OGM厂商向上游整合物料供应链，通过库存管理及供应链管理压缩成本端。在利润空间上，OGM厂商凭借技术工艺门槛承接产品测试业务，获取产品业务附加值的提升。

图 98：OGM模式与OEM模式的盈利空间对比



数据来源：广发证券发展研究中心

相比OEM厂商止于提供产品制造环节的厂房及人力，OGM厂商将分工环节延伸至上游高附加值领域。OEM厂商由于只负责生产制造（不包括产品测试）环节，只需要提供厂房和人力，资本和技术要求较低，创造价值的空间有限。而在OGM模式中，受托方占据价值链中原材料管理和生产制造两大环节，既可通过优化物料采购和库存管理方案来节省成本，也可借助通过测试的高品质成品在生产环节中获得更高的收益。因此，除了加工组装的代工费，物料管理和成品检测两大环节助力OGM厂商的利润规模远超OEM。

### 3.4.3 相关标的：建议关注产业链相关标的

总结来看，为构建满足三大应用场景且综合成本较低的移动网络系统，传统4G基站的网络架构将升级为5G基站全新的AAU+CU+DU结构，由此推动基站天线实现

“量价齐升”。在天线数量的角度，5G网络的频段上移、单站覆盖能力减弱，基站数量增加，天线用量同步攀升；基于5G时代扩充网络容量的需求，5G基站通道数同比增加了8-16倍。在天线价值量的角度，5G时代基站天线结构变化及零部件工艺升级将为天线带来更高的附加值。

新型代工模式OGM介于OEM模式与ODM模式之间。与OEM相比，OGM厂商除了提供厂房和劳动力之外，还负责物料采购和产品测试等服务；与ODM相比，OGM厂商则不负责产品的设计和研发。从主设备商的角度来看，OGM代工模式符合主设备商向上游传导资本压力及将附加值不高的加工环节导外的诉求。从天线生产商的角度来看，而OGM模式下，受托厂商掌控的生产环节涉及整个中游的制造流程，增加获利环节，扩大利润调配空间。

我们认为，在当前4G、5G协同建设的阶段，4G馈电系统的要素特性及5G基站天线量价齐升共同推动天线代工厂商由OEM模式转向OGM模式，为代工厂商扩展增量生产环节，大幅提升获利空间。

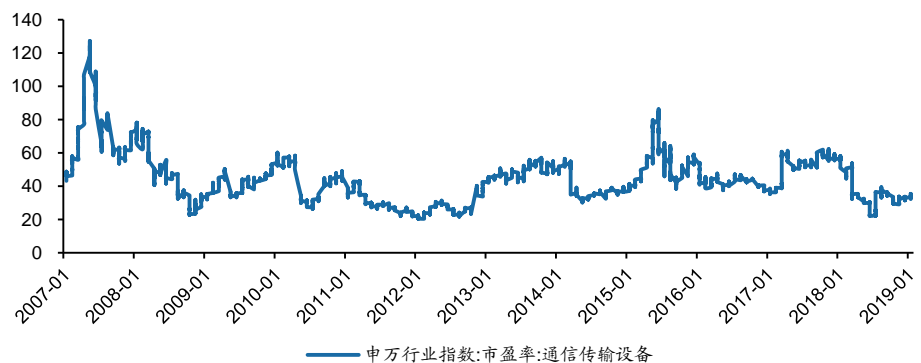
**产业链相关标的：**具备天线OEM模式规模化生产优势、拥有上游部分AAU核心器件制造能力的盛路通信（002446.SZ）、东山精密（002384.SZ）、立讯精密（002475.SZ），以及具有天线振子一体化设计能力的供应商信维通信（300136.SZ）、硕贝德（300322.SZ）和飞荣达（300602.SZ）。

## 四、按图索骥，通信周期视角下投资节奏变化

### 4.1 通信板块投资节奏与 3G/4G 周期强关联

**当前所处阶段：**周期拐点将至，估值即将回升。回顾历史行情，2013年-2015年经历4G行情后行业估值上升至相对高点（约65倍PE）；2016-2017年进入4G-5G过渡期，通信行业整体盈利预期不佳，行业整体估值大幅下滑；2018年行业受到中美贸易战、中兴通讯事件的压制，整体估值水平处于相对低位（35倍PE）。我们认为2019年在市场对5G牌照发放预期的持续升温及5G商用进程的推进下，通信行业的估值将趋于向上攀升，有望迎来周期拐点的投资机会。

图 99：行业目前估值PE处于相对低位



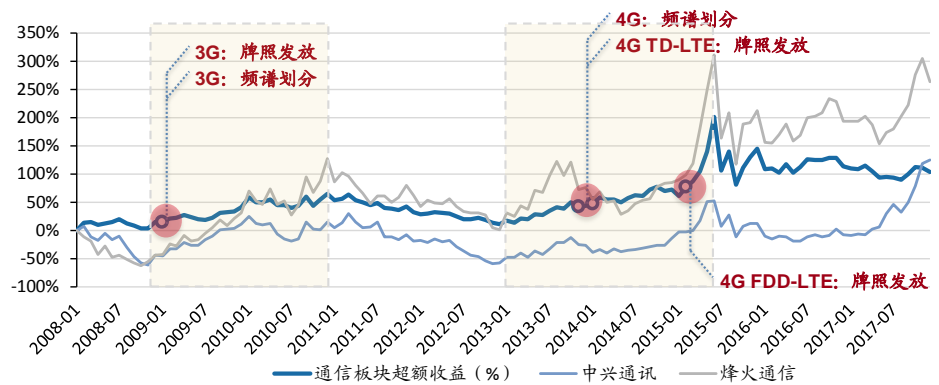
数据来源：Wind，广发证券发展研究中心

为了剔除大盘整体表现对于通信板块的影响，我们选用SW通信板块指数及沪深300指数作为通信板块超额收益的衡量指标。回看3G/4G的发展历程与之对应时期股价变动情况，主要有两次上涨阶段：

1) 2008年11月-2010年12月 (3G行情)：2009年1月，3G牌照发放，我国正式进入3G建设期，通信板块行情在2008年10月起发力，至2010年12月超额收益达76.5%；

2) 2013年1月-2015年6月 (4G行情)：2013年12月，4G TD-LTE牌照发放，我国正式进入4G商用期。通信板块自2013年1月 (约发牌前1年) 展开反弹，至2015年6月，超额收益达200.1%。

图 100：通信板块表现随3G/4G技术推进起落



数据来源：Wind，广发证券发展研究中心

通信板块在3G/4G周期内的特点主要有两方面：

- 1) 时间维度上，通信板块的超额收益表现紧跟3G/4G牌照发放节奏。在3G/4G建设期通信板块迎来整体股价的大幅上涨，通信板块整体强于沪深300指数。
- 2) 涨幅维度上，4G周期通信板块表现强于3G时期。对比3G、4G周期的上涨幅度可见，4G周期通信板块的超额收益是3G周期的2.6倍。

按图索骥，我们对5G时代通信板块行情的预判是：1) 5G将延续3G与4G不断加快的商用节奏，牌照发放的时点是5G时代通信板块行情投资节奏的参考坐标。2) 5G周期中通信板块的行情将远强于3G/4G周期。

2018年底5G的频谱分配已完成，2019年工信部下发5G临时牌照，重点城市的5G网络试商用预计于第三季度规模开展。2019-2020年或将迎来5G商用周期的关键节点，根据3G/4G周期内通信板块行情提前发力的经验，我们预计2019年通信板块行情可期。

## 4.2 回顾细分板块涨落轮动及5G演进的投资建议

### ■ 4G周期板块整体强势，IDC整体累计涨幅最大

我们观察4G产业链建设周期（2012-2017年）各细分行业的市值涨跌幅变化：



### 从绝对收益的视角

- 1) 通信全产业链均实现正收益，且各大板块累计涨幅在76.3%-688.9%之间。
- 2) IDC/CDN板块的累计涨幅领先，高达688%，其次是光纤光缆、天线射频模块，期间板块市值也分别实现4-5倍的涨幅。

### 从投资节奏的视角

- 1) 2013-2015年是产业股价集中上涨期，各细分板块均在此期间达到最佳涨幅。
- 2) 各板块最佳投资期：2013年为IDC/CDN、光模块、射频和微基站板块；2014年是光纤光缆、网络优化及工程板块；2015年除了光纤光缆板块依然维持高景气度之外，云计算、北斗导航、广电设备等终端应用涨幅最大。

图 101：2012-2017年各细分板块累计涨跌幅情况

	累计涨幅	涨跌幅走势	涨跌变化	
			(蓝色上涨, 绿色下跌, 红色增幅高点)	
IDC/CDN	688.9%			
光纤光缆	551.3%			
基站天线	453.9%			
射频模块	439.4%			
专网通信	269.6%			
光器件	222.5%			
云计算大数据	174.4%			
北斗导航	170.4%			
主设备商	145.4%			
广电设备	98.5%			
网络优化及工程	92.6%			
微基站	76.3%			

数据来源：Wind，广发证券发展研究中心

### ■ 细分板块：IDC及无线零部件先行，光纤光缆较晚启动

我们将各细分板块整体市值涨跌幅与沪深300比较，得到各细分板块超额收益情况。由于4G牌照分别在2013年与2015年两次发放，因此各板块在二级市场总体表现为两次发牌、两次行情。

图 102：2012-2017年各细分板块逐渐涨跌变化

超额收益	2012	2013	2014	2015	2016	2017	累计涨幅
IDC/CDN	-4.2%	222.3%	-23.8%	180.6%	13.9%	-57.2%	688.9%
光纤光缆	-12.9%	46.5%	20.6%	138.4%	7.3%	1.0%	551.3%
天线射频模块	-6.6%	76.9%	-18.3%	91.2%	-2.7%	18.2%	439.9%
专网通信	-12.3%	63.5%	-22.9%	85.4%	-2.1%	-4.8%	269.6%
光器件	-33.8%	70.2%	-12.4%	72.9%	4.9%	-6.1%	222.5%
云计算大数据	-23.4%	87.3%	-6.0%	130.2%	-18.1%	-46.9%	174.4%
北斗导航	-4.5%	53.8%	-21.5%	105.4%	-12.1%	-36.4%	170.4%
主设备商	-40.0%	42.8%	-23.0%	36.3%	-6.1%	56.4%	145.4%
广电设备	-10.5%	71.0%	-6.6%	107.9%	-11.2%	-69.6%	98.5%
网络优化及工程	-31.8%	44.9%	24.1%	65.3%	-5.6%	-47.6%	92.6%
微基站	-42.5%	87.3%	-37.9%	46.6%	4.8%	-28.6%	76.3%
最佳投资期	IDC/CDN	IDC/CDN 天线射频 光器件	光纤光缆 网络优化	IDC/CDN 光纤光缆 云计算	IDC/CDN	主设备商	

数据来源：Wind，广发证券发展研究中心

依据4G时代不同细分板块的行情变化，在5G投资周期中，我们认为：

- 1) 主设备商将是受益于行情确定性最高的核心板块。在通信网络换代升级的驱动下，5G基站数量和单基站价值量将相对4G出现大幅上涨，催生主设备商的广阔市

场空间。国内主设备商的市场地位逐代提升，5G时代有望在全球竞争中贡献更突出的业绩。**相关标的：中兴通讯、烽火通信。**

**2) 天线射频板块投资首先启动，推荐PCB及天线相关标的。**天线射频板块在无线网络建设中受益直接：

- **天线集成及OGM厂商：**当前4G、5G协同建设的阶段，4G馈电系统的劳动力密集型的要素特性及5G基站天线量价齐升，共同推动天线代工厂商由OEM模式转向新型OGM模式。**相关标的：具备天线OEM模式规模化生产优势、拥有上游部分AAU核心器件制造能力的盛路通信、东山精密、立讯精密，以及具有天线振子一体化设计能力的供应商硕贝德、飞荣达、信维通信。**
- **滤波器：**滤波器主要应用于基站的射频前端。5G时代，为满足有源天线的重量和尺寸要求，陶瓷介质滤波器具有高抑制、低损耗、温度漂移特性好、体积小、重量轻的特点，有望取代金属腔体滤波器成为新主流方案。**介质滤波器相关标的：东山精密、武汉凡谷、顺络电子。**
- **高频PCB：**高频PCB是指电磁频率较高的特种电路板，在5G超密集组网和Massive MIMO技术的革新下，将为高频PCB厂商带来巨大增量市场。**相关标的：鹏鼎控股、东山精密、生益科技、奥士康、沪电股份。**
- **导热材料：**5G时代基站对电磁导热产品产生大规模的增量需求，叠加工艺升级趋势将带来单机价值量的显著提升，推动导热材料市场规模迎来高速增长。看好拥有导热材料自主研发能力、积极布局打造自主材料品牌和平台的本土企业通过不断发展逐步展开国产替代，进而切入高端供应链体系，未来分享下游行业发展红利的成长逻辑。**相关标的：中石科技、飞荣达。**

**3) 前传网络投资节奏处于后发，涉及光模块及激光器相关标的。**

受益于基站数量的增加，以及25G/50G/100G高速光模块的使用，5G时期光模块的数量以及价值量将显著增加，前传网络中光传输设备的激光器存在阶段性投资机会。**相关标的：华工科技、光迅科技。**

**4) 不同于4G投资周期中微基站的涨幅靠后，小基站在5G时代将更值得关注。**在5G超密集组网下，小基站起到辅助覆盖热点区域作用。当前小基站参与者以室分系统供应商为主，但华为中兴等主流设备商也正在积极布局。**相关标的：邦讯技术、日海智能。**

**5) 海量数据需求利好，IDC/CDN行业在5G周期或将继续强势行情。**基于光传输的高质量与高速度，5G时代的海量数据云计算需求拉动大型数据中心行业发展。IDC在云计算领域提供从基础设施（IaaS）到业务基础平台（PaaS）再到应用层（SaaS）的系统性服务，是云计算发展的重要基础。**相关标的：网宿科技。**

**6) AI、云、边缘计算、物联网、大数据等技术融合进行垂直行业应用，带来应用终端更迭的需求。****相关标的：广和通、移为通信。**

## 风险提示

5G推进不及预期、运营商资本开支下降、行业景气度下滑的风险、新品研发进度不及预期的风险、新技术渗透低于预期的风险。

## 广发证券通信研究小组

许兴军：资深分析师，浙江大学系统科学与工程学士、浙江大学系统分析与集成硕士，2012年加入广发证券发展研究中心。  
余高：分析师，复旦大学物理学学士、复旦大学国际贸易学硕士，2015年加入广发证券发展研究中心。  
谢淑颖：研究助理，厦门大学电子工程学士、上海财经大学金融硕士，2018年加入广发证券发展研究中心。  
滕春晓：研究助理，南京大学工业工程学士、上海交通大学工业工程硕士，2017年加入广发证券发展研究中心。

## 广发证券—行业投资评级说明

买入：预期未来12个月内，股价表现强于大盘10%以上。  
持有：预期未来12个月内，股价相对大盘的变动幅度介于-10%~+10%。  
卖出：预期未来12个月内，股价表现弱于大盘10%以上。

## 广发证券—公司投资评级说明

买入：预期未来12个月内，股价表现强于大盘15%以上。  
增持：预期未来12个月内，股价表现强于大盘5%-15%。  
持有：预期未来12个月内，股价相对大盘的变动幅度介于-5%~+5%。  
卖出：预期未来12个月内，股价表现弱于大盘5%以上。

## 联系我们

	广州市	深圳市	北京市	上海市	香港
地址	广州市天河北路183号大都会广场5楼	深圳市福田区益田路6001号太平金融大厦31层	北京市西城区月坛北街2号月坛大厦18层	上海市浦东新区世纪大道8号国金中心一期16楼	香港中环干诺道中111号永安中心14楼1401-1410室
邮政编码	510075	518026	100045	200120	
客服邮箱	gfyf@gf.com.cn				

## 法律主体声明

本报告由广发证券股份有限公司或其关联机构制作，广发证券股份有限公司及其关联机构以下统称为“广发证券”。本报告的分销依据不同国家、地区的法律、法规和监管要求由广发证券于该国家或地区的具有相关合法合规经营资质的子公司/经营机构完成。

广发证券股份有限公司具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，接受中国证监会监管，负责本报告于中国（港澳台地区除外）的分销。

广发证券（香港）经纪有限公司具备香港证监会批复的就证券提供意见（4号牌照）的牌照，接受香港证监会监管，负责本报告于中国香港地区的分销。

本报告署名研究人员所持中国证券业协会注册分析师资质信息和香港证监会批复的牌照信息已于署名研究人员姓名处披露。

## 重要声明

广发证券股份有限公司及其关联机构可能与本报告中提及的公司寻求或正在建立业务关系，因此，投资者应当考虑广发证券股份有限公司及其关联机构因可能存在的潜在利益冲突而对本报告的独立性产生影响。投资者不应仅依据本报告内容作出任何投资决策。

本报告署名研究人员、联系人（以下均简称“研究人员”）针对本报告中相关公司或证券的研究分析内容，在此声明：（1）本报告的全部分析结论、研究观点均精确反映研究人员于本报告发出当日的关于相关公司或证券的所有个人观点，并不代表广发证券的立场；（2）研究人员的部分或全部的报酬无论在过去、现在还是将来均不会与本报告所述特定分析结论、研究观点具有直接或间接的联系。

研究人员制作本报告的报酬标准依据研究质量、客户评价、工作量等多种因素确定，其影响因素亦包括广发证券的整体经营收入，该等经营收入部分来源于广发证券的投资银行类业务。

本报告仅面向经广发证券授权使用的客户/特定合作机构发送，不对外公开发布，只有接收人才可以使用，且对于接收人而言具有保密义务。广发证券并不因相关人员通过其他途径收到或阅读本报告而视其为广发证券的客户。在特定国家或地区传播或者发布本报告可能违反当地法律，广发证券并未采取任何行动以允许于该等国家或地区传播或者分销本报告。

本报告所提及证券可能不被允许在某些国家或地区内出售。请注意，投资涉及风险，证券价格可能会波动，因此投资回报可能会有所变化，过去的业绩并不保证未来的表现。本报告的内容、观点或建议并未考虑任何个别客户的具体投资目标、财务状况和特殊需求，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的投资建议。本报告发送给某客户是基于该客户被认为有能力独立评估投资风险、独立行使投资决策并独立承担相应风险。

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被广发证券认为可靠，但广发证券不对其准确性、完整性做出任何保证。报告内容仅供参考，报告中的信息或所表达观点不构成所涉证券买卖的出价或询价。广发证券不对因使用本报告的内容而引致的损失承担任何责任，除非法律法规有明确规定。客户不应以本报告取代其独立判断或仅根据本报告做出决策，如有需要，应先咨询专业意见。

广发证券可发出其它与本报告所载信息不一致及有不同结论的报告。本报告反映研究人员的不同观点、见解及分析方法，并不代表广发证券的立场。广发证券的销售人员、交易员或其他专业人士可能以书面或口头形式，向其客户或自营交易部门提供与本报告观点相反的市场评论或交易策略，广发证券的自营交易部门亦可能会有与本报告观点不一致，甚至相反的投资策略。报告所载资料、意见及推测仅反映研究人员于发出本报告当日的判断，可随时更改且无需另行通告。广发证券或其证券研究报告业务的相关董事、高级职员、分析师和员工可能拥有本报告所提及证券的权益。在阅读本报告时，收件人应了解相关的权益披露（若有）。

## 权益披露

- (1) 广发证券在过去 12 个月内与广和通(300638)公司有投资银行业务关系。
- (2) 广发证券在过去 12 个月内与立讯精密(002475)公司有投资银行业务关系。

## 版权声明

未经广发证券事先书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、刊登、转载和引用，否则由此造成的一切不良后果及法律责任由私自翻版、复制、刊登、转载和引用者承担。