手机通信主天线产业链梳理　未来天线的主流方向是什么?

今天我们研究的行业，近几年迎来量价齐升。该细分领域龙头的收入增速，动辄 30%以上。同时，龙头公司走势也十分亮眼。其中，行业龙头 A 自 2020 年 4 月至今，其从 34.93 元上涨至目前的 62.05 元，涨幅达到 77.64%。如果再往前看，自 2019 年低位至今，已上涨 3 倍。



图：龙头 A 股价

来源：wind

行业龙头 B 自 2018 年 12 月至今，其从 7.55 元一路上涨至 55.04 元，涨幅达到 629%。如果再往前推，自 2019 年低位至今，其已上涨 6 倍。



图：龙头 B 股价

来源：wind

它，就是**手机通信主天线产业链。**

上述两家代表公司，分别为信维通信、立讯精密，受益于 5G 频段上升带来的天线数量和价值量双双上升，其也随之大幅度上涨。

对于通信主天线产业链，眼下我们需要解决的几个核心问题：

一是，该产业链的增长驱动力是什么？未来天线的主流方向是什么？

二是，该产业链核心赛道在哪里？竞争格局如何？各企业的市占率增长逻辑是什么？

三是，经历了前期的市值大幅提升后，未来还有继续增长的空间吗？

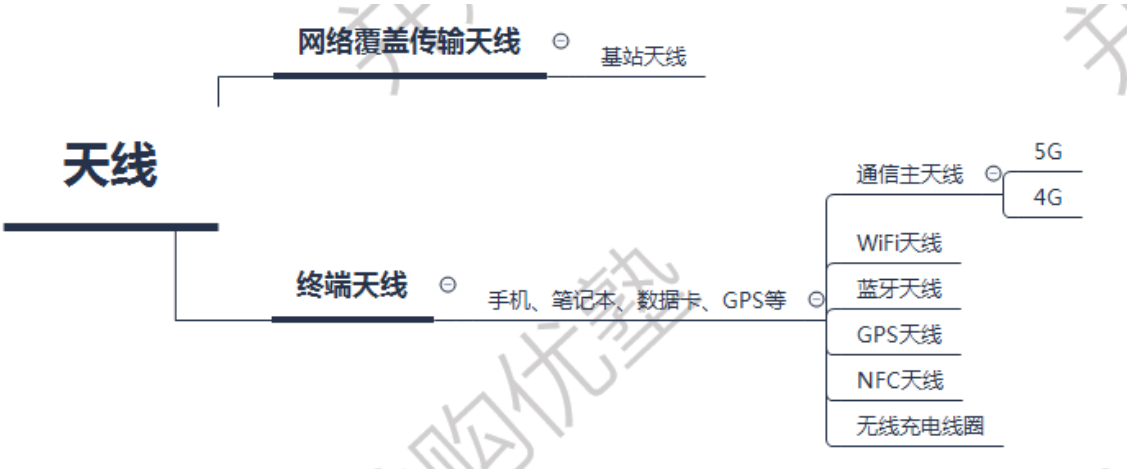
(壹)

天线，是用于收发射频信号的无源器件，其决定了通信质量、信号功率、信号带宽、连接速度等通信指标。因此，天线是通信系统的核心。

按照在通信网络中的应用，天线可以分为**网络覆盖传输天线**和**终端天线**。其中，网络覆盖传输天线主要为基站天线，而终端天线则为无线通信终端天线，包括手机天线、笔记本电脑天线、数据卡天线、GPS 天线等。

根据 Bcc research 的预测，2021 年，全球天线市场规模在 225 亿美元。而根据 Yole Development 的预测，终端天线市场空间将由 2018 年的 22.3 亿美元增加到 2022 年的 30.8 亿美元，复合增速达到 8.4%。网络覆盖传输天线的市场规模，远超终端天线。由于网络覆盖传输天线与终端所使用的天线种类、供应商均不同，我们本次主要研究终端天线。

就终端天线而言，根据不同的用途，天线又可以分为通信主天线、WiFi 天线、蓝牙天线、GPS 天线、NFC 天线、无线充电线圈等。不过，由于通信主天线与其他类型的天线存在较大差别，且价值量较高。因此，我们本次主要研究通信主天线。



图：天线分类

来源：塔坚研究

手机通信主天线产业链，从上游到下游，依次为：

上游：原材料厂商，其原材料包括 LCP 树脂、薄膜、FCCL（挠性覆铜板）、FPC（柔性电路板）。代表企业包括美国塞拉尼斯、日本宝理、日本可乐丽、罗杰斯、金发科技等。

中游，为天线模组，主要包括信维通信、硕贝德、立讯精密等。

下游，为终端厂商，主要包括苹果、华为、小米、HP、联想等。



图：产业链结构

来源：塔坚研究

由于上游受益于众多行业的增长，而下游收益的逻辑与手机通信主天线的增长不同。因此，我们主要来看中游组装。

（贰）

手机通信天线的市场规模的公式，可以简单表示为：

*手机通信天线市场规模增速=单机装载天线数量增速*ASP 增速*

先来看单机搭载天线数量增长：

随着 5G 的商用，为了提高速度，作为信号传输工具的天线，单机搭载主通信天线的数量也不断上升，**MIMO（Multiple Input Multiple Output）**多天线技术得到更广泛的应用。

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，使信号通过发射端与接收端的多个天线传送和接收，从而改善通信质量。可以在不增加射频资源和天线发射功率的情况下，成倍的提高系统信道容量。因此，其在 5G 中将大量应用。

MIMO 系统，一般写成 A*B MIMO，A 表示基站的天线数，B 表示手机的天线数。以 4*4MIMO 为例，即拥有 4 根发射端天线和 4 根接收端天线。

从目前手机搭载的主天线数量来看，4G 手机中主要搭载 2*2MIMO，即手机中有 2 根接收天线，只有部分旗舰机中搭载 4*4MIMO。未来，随着 5G 手机的不断上市，其至少搭载 4*4MIMO（增速 100%），而 8*8MIMO（增速 300%）也将成为标配。

以华为 Mate 30 搭载的天线数量为例，其共搭载了 21 根天线，其中，5G 天线共有 14 根，是目前市场上搭载天线数量较多的机型。

表 3-2：主流 5G 手机所用天线材质/设计方案整理

手机名称	华为 Mate30	VIVO NEX 3	小米 MIX Alpha	OPPO Reno3
天线工艺/设计方案	-	双侧边分布式天线技术	LCP 高整合天线设计	360 度环绕式天线设计
天线数量	21（5G 天线 14 根）	6 天线技术	8 个天线区域，5 种天线频段	11

资料来源：ifixit，民生证券研究院

图：主流 5G 手机天线方案

来源：民生证券

此外，未来随着万物互联时代的到来，将会有越来越多的设备需要配备 5G 通信天线。不过，由于目前较难估计，且市场空间可能远超过目前的手机市场。因此，我们此处暂时不做计算。未来随着物联网逐渐明朗，我们再进行跟踪。

综上，根据功能提升、主天线数量上升、以及我们此前预测的 5G 手机渗透率，至 2022 年，若 5G 手机搭载 4 根主天线，单机天线数量年复合增速约为 13.49%；若搭载 8 根主天线，则年复合增速约为 33.11%。

	2019年	2020年	2021年	2022年
4G手机渗透率	99%	83%	67%	52%
5G手机渗透率	1%	17.50%	32.57%	47.63%
4G主天线数量	2	2	2	2
5G主天线数量	4	4	4	4
天线总数	2.02	2.35	2.65	2.95
年复合增速	13.49%			

图：天线数量预测

来源：塔坚研究

（叁）

手机终端天线的价值量提升，主要在于产品升级。

从结构的不同，天线可以分为传统 **FPC 天线、LDS 天线、LCP 天线**（即将 FPC 基材换为 LCP）。据估计，目前市场上仍以传统 FPC 天线为主，渗透率约为 56%，LDS 天线的渗透率为 20%左右，LCP 天线则为 14%左右。*（此处没有准确的数据，我们根据不同类型天线适用的机型粗略估计，可能存在误差）*

传统 FPC 天线，一般指柔性电路板，主要是以聚酰亚胺（PI）为基材制成的可挠性印刷电路板。其具有配线密度高、重量轻、弯折性好等特点，在 5G 时代之前是主流的天线种类。

不过，由于其基材 PI 的介电常数和损耗因子较大，吸潮性较大，可靠性较差。因此，PI 软板的高频传输损耗严重，其电磁损耗在 0.02。并且，该损耗会随着 5G 的频率提高而增大（2020 年达到 6GHz，2020 年后达到 30-60GHz）。加之，其结构特性较差，无法作为 5G 天线的基材。

因此，苹果在 iPhone X 中率先使用了新型 LCP（液晶聚合物）天线，来替代传统 FPC 天线。

LCP 天线相对于传统 FPC 的优势，一方面，体现在其整体性能上；另一方面，体现在其高集成性上。

先来看性能优势：

其使用的 LCP，是一种新型热塑性有机材料，其在 110GHz 频段的损耗仅为 0.0045，远低于 PI 材料；具有较好的可弯折性，易于制作成小尺寸零件；由于热膨胀性小，尺寸的稳定性较好。

图表 32：LCP 性能更优

基板材料	射频参数		
	介电常数（ε）	损耗正切角（tanδ）	操作频段
FR-4	3.9-4.3	0.02-0.025	<10GHz
PTFE	2.17-3.20	0.0013-0.009	<20GHz
LTCC	5.7-9.1	0.0012-0.0063	<12GHz
PI	4.0	0.004-0.007	<10GHz
LCP	2.9-3.16	0.002-0.0045	<110GHz

来源：murata，杜邦，国金证券研究所

图：各材料射频参数

来源：国金证券

不过，LCP 的耐热性较差，较难加工，从而提升了成本。除此之外，其在各项性能上均优于 PI 基材。

表 5：LCP 软板相比 PI 和改性 PI 软板更适合高频高速和小型化需求

	传输损耗	可弯折性	尺寸稳定性	吸湿性	耐热性	成本
PI	较差	较差	较差	较高	较好	1 倍
改性 PI	一般	一般	一般	一般	一般	1-2 倍
LCP	较好	较好	较好	较低	较差	2-2.5 倍
意义	LCP 适合高频高速	LCP 适合小型化	LCP 可靠性好	LCP 性能更稳	LCP 难加工	LCP 更昂贵

资料来源：印制电路信息，中信建投证券研究发展部

图：各软板基材性能对比

来源：中信建投证券研究发展部

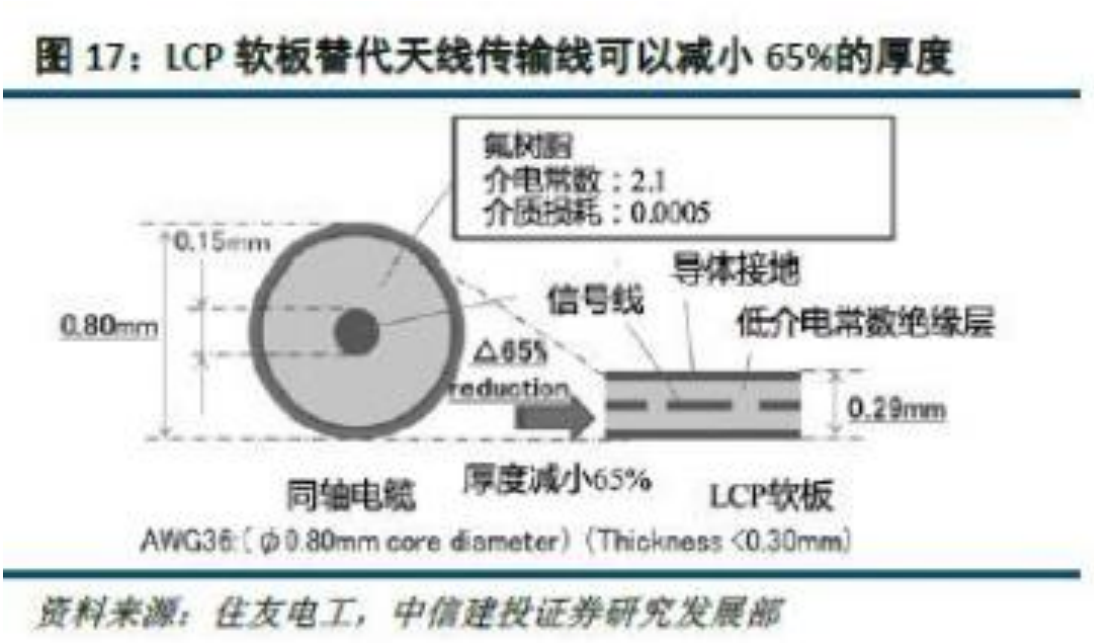
再来看集成度：

随着全面屏、功能组件增加、摄像头数量增加、电池容量提高等趋势，导致留给天线的空间保持不变甚至被压缩。因此，天线小型化是必然趋势。

相比于 PI，LCP 可以耐受更多的弯折次数和更小的弯折半径。并且，LCP 可以自由设计形状，从而充分利用智能手机的空间，提高空间利用率。

同时，传统的信号传输主要依靠天线传输线（同轴电缆），不过随着多模多频技术的发展，需要在手机中放置更多的天线传输线，造成占用空间较大。

而 LCP 拥有与天线传输线同等优良的传输损耗，可在仅 0.2 毫米的 3 层结构中携带若干根传输线，并将多个射频线一并引出，从而取代厚重的天线传输线和同轴连接器，减少 65%的厚度。



图：LCP 减少厚度

来源：中信建投

综上，由于 LCP 更好的性能，且能够节省天线占用的空间，未来 LCP 天线将逐渐替代传统的 FPC 天线，成为 5G 时代的核心天线之一。

不过，需要注意的是，由于 LCP 材料的价格昂贵，且加工工艺相对复杂，良率较低，导致 LCP 天线的成本也较传统 FPC 更高。根据中信建投的数据，LCP 的成本是 PI 的 2-2.5 倍。目前，LCP 天线基本仅在苹果手机中应用。

同时，由于 LCP 天线的核心工序薄膜制造的技术，仅掌握在日本村田、本可乐丽等少数企业中。并且，薄膜级树脂的产量有限，且同样掌握在日本企业中。因此，短期来看，LCP 天线价格下降的可能性不高。

因此，苹果在 iPhone 11 中使用了性能在 PI 和 LCP 之间的 PI 升级材料 MPI，来替代部分 LCP 天线。

不过，MPI 在高频段下损耗较高，未来随着 5G 频段的提升，其无法长期作为 LPC 的替代品存在。预计未来苹果手机将形成以 LCP 为主，MPI 为辅的格局。由于其各项指标均介于 PI 和 LCP 之间，对于 MPI 天线，我们此处不再详述。

那么，除了 LCP 天线外，是否还有其他的天线可以适用于 5G 手机?

（肆）

另一种未来可能成为主流天线的结构，就是 LDS 天线，目前主要在安卓手机中应用。LDS 天线，主要利用激光镭射技术，直接在支架上镀化形成金属天线，从而实现将天线直接打印于手机外壳的目的。



图：LDS 天线工艺流程　来源：平安证券

由于 LDS 天线不占用手机内部空间，从而提升了空间使用率；同时避免了内部元器件的干扰，保证手机信号；同时，其天线性能较为稳定，精确度较高。因此，也是未来 5G 时代的主流天线结构之一。

不过需要注意的是，LDS 仅能加工特殊的激光改性材料，材料可选范围有限。而从损耗较低的 LCP 的材料特性，以及加工流程上来看，不能用 LDS 技术进行加工。因此，未来在高频段下，LDS 将向 LCP 天线转移。

通过上面的对比，随着未来 5G 频段不断提升，以及手机空间逐渐压缩，未来的天线结构，将由 LDS 天线、LCP 天线逐渐替代传统的 FPC 天线。

同时，从价格角度来看，LDS 天线和 LCP 天线的价格，较传统 FPC 天线也有较大幅度的提升。根据平安证券的数据，传统 FPC 天线的价格在 4-10 元，而 LDS 天线则为 5-15 元，LCP 天线则高达 10-30 元，分别为传统 FPC 天线的 1.5 倍和 3 倍左右。

图表44 不同结构手机天线的对比分析

特点	螺旋式外置天线	不锈钢天线	陶瓷天线	FPC 天线	LDS 天线	LCP 天线
RF 性能	良	良	良	良	优	优
空间利用率	低	低	高	中	高	高
批量生产难度	易	易	易	易	难	难
成本	低	低	中	高	高	极高
单价	0.2-0.5 元	0.2-0.5 元	2-4 元	4-10 元	5-15 元	10-30 元

资料来源：百度百科，平安证券研究所

图：手机天线对比

来源：平安证券

综上，未来 5G 高频段下，天线的种类将由 LDS 天线向 LCP 天线倾斜。而 MPI 天线由于在高频段下损耗仍然较高，只能作为目前控制成本用的折中选择。

不过注意，上述几类天线，只是在目前 5G 频段不高的情况下适用的天线。

而随着 5G 应用越来越深，信号频率会越来越高。目前，我国 5G 布局主要分为三个阶段：

4.5G 阶段——4G 向 5G 过渡阶段；

5G 初步阶段——以 Sub-6GHz 频段为主，频率范围 450MHz-6GHz；

5G 深入阶段——mmWave(即毫米波)商用时期,此阶段频率范围为 24GHz-86GHz（也与 Sub-6GHz 共存）

目前，我国仍处于 5G 初步阶段，频段以 Sub-6GHz 为主。

天线的尺寸与工作频率成反比，频率越高，天线尺寸就越小。由于在 Sub-6GHz 频段下，其频率与 4G 相差不大，因此在 Sub-6GHz 频段下，仍然可以应用传统的天线（即上面提到的 FPC、LCP、LDS 等）。

不过，由于毫米波阶段，频率上升较大，因而要求天线的尺寸变小，简单的加工形式无法达到要求的精度，因此，需要借助其他的加工方式。

那么，未来的毫米波时代，天线可能的技术方向是什么？

（伍）

答案就是：AiP。

当频率高至毫米波时，信号的衰减会变得十分严重。例如在 40GHz 频率下，基底厚度为 2mil（mil 是一个长度的单位，千分之一英尺）的 LCP 材料中，衰减高于 1dB/cm，远高于在低频段下的衰减。

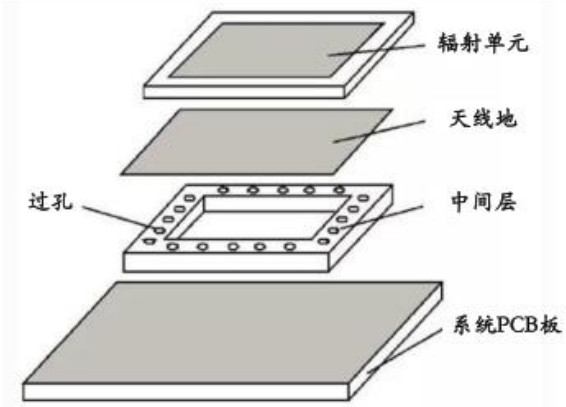
因此，对于毫米波天线来说，天线到射频前端电路尽可能近距离，以减少衰减和实现实时的波束跟踪和控制。简单来说，就是需要将天线和射频进行高度集成化。

而小型化的毫米波天线可能会采用 AiP（Antenna in Package）封装天线技术和其他零件共同整合在同一个封装中。

因此，AiP 天线很可能成为毫米波下主流的天线种类。

AiP 天线，将射频原件与天线整合在一体，再透过 LCP 材料加以封装，从而实现缩减 PCB 板面积、缩小天线尺寸、提升手机屏幕的使用面积等性能。简单理解，AiP 天线就是"天线模块+HDI 类载板+IC 芯片"。

图表 53. AiP 封装结构天线结构示意图



资料来源：微波射频网，中银国际证券

图：AiP 结构

来源：中银国际证券

目前，能够制作 AiP 的国产企业较少，仅有**环旭电子、长电科技、立讯精密**等。不过，需要注意的是，目前还没有已上市机型搭载 AiP，未来的市场格局也并不清晰。因此，此处我们不再做过多的分析讨论。

综上，未来随着 5G 手机的渗透率逐渐提升，天线的升级将拉动其整体的 ASP。

据此测算，我们假设至 2022 年，LDS 天线的渗透率维持目前水平，LCP 天线的渗透率逐渐提升至 56%（达到目前 FPC 目前渗透率）。据此测算，天线的市场规模从产品升级角度来看年复合增速约为 15.59%。

综上，通过计算，预计至 2022 年，手机天线市场规模增速在 33.46%-56.52%。增速很快，是受益于量价齐升，不过，天线在手机配件领域的价值量占比其实较低。对其他价值量较高的领域，如芯片、面板等，我们后续会陆续分析。

（陆）

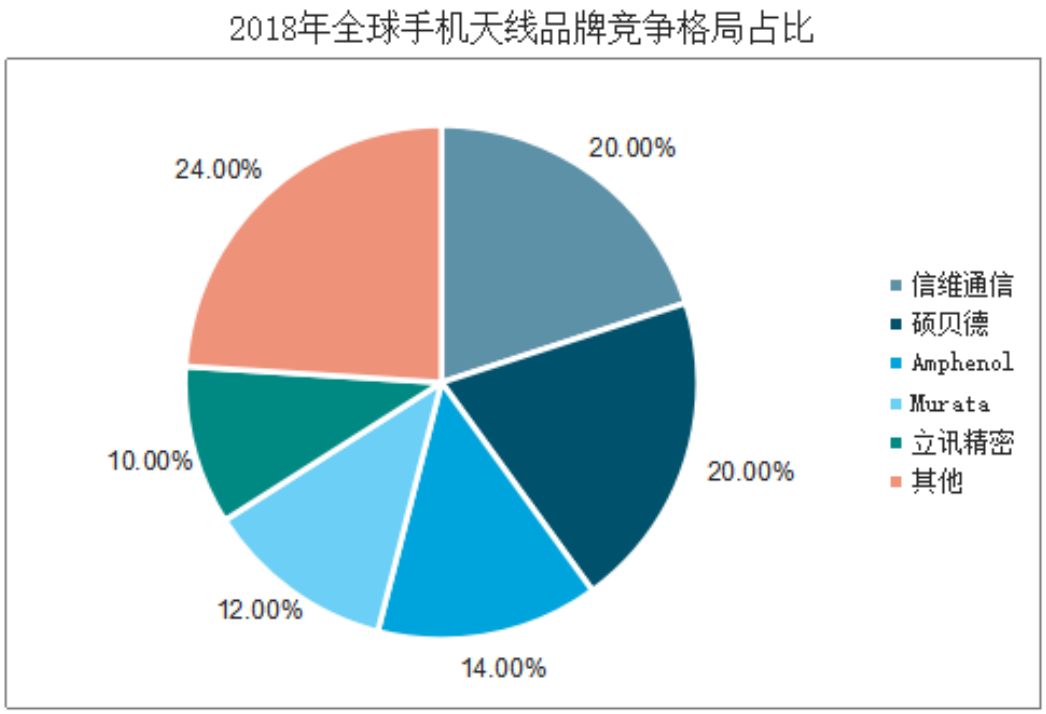
对于行业高频指标，我们需要跟踪 5G 手机的出货量情况。此前已经在玻璃盖板等行业报告中提到过，我们在此处不再赘述。

下面，我们来看看这条产业链中游的竞争格局。

以未来发展空间较大的 LCP 天线来看，天线模组的价值占整个天线的 25%左右，是除 LCP 软板外，价值量第二大的工艺流程。其主要负责弯折、测试、SMT（BTB）等环节，其技术难度主要体现在**工艺精度**上。

其中，由于 LCP 材料较脆，制造模组环节中，做弯折测试时容易折断，影响模组制造的良率。同时，BTB 连接器需要用专门的 LCP 粒子注塑而成，技术难度较高。因此，能够做 LCP 天线模组的企业相对较少。

从集中度角度来看，中游天线模组的竞争格局较集中，CR3 为 54%，信维通信、硕贝德为该行业龙头，市占率均在 20%左右，立讯精密排名第五，市占率为 10%。



图：竞争格局

来源：中国产业信息网

移动终端天线的设计更加复杂，通用性更低，且由于天线的价值量在整个手机中占比较低，往往需要根据其他零部件的设计和占用空间程度，来调节天线的

设计。因此，移动终端天线厂商与声学、电池等手机元器件不同，天线的设计需要与手机厂商深度绑定，客户黏性更大，行业进入壁垒更高。

从客户布局上来看，信维通信目前主要以 LDS 天线为主，客户包括苹果（主要在 iPad、Mac、Apple Watch 中使用）、华为、OPPO、vivo 等。其已经具备 LCP 天线的设计、制造能力，目前正在建设一条中规模的 LCP 生产线（包含 LCP 前道和后道工艺），预计 2021 年能够投入生产。

硕贝德主要布局 LDS 天线，其客户包括华为、三星、OPPO、vivo 等手机厂商。而其 LCP 天线目前正在产品测试和样品交付中，进度较信维通信略快。

立讯精密，其天线产品主要为 LCP 天线以及传统天线（FPC、LDS），是全球主要的 LCP 天线模组供应商，其客户主要以苹果为主。

综上，从短期来看，随着安卓机中 LDS 天线渗透率的提升，加之 LDS 天线的价值较传统 FPC 天线更高，主营 LDS 天线的信维通信、硕贝德的市占率还有一定的增长空间。

不过，从长期来看，未来 LCP 天线由于在高频下具有更优良的性质，且能够替代射频同轴线缆，从而减少空间并中和一部分成本，未来存在向安卓机下沉的可能。因此，在 LCP 天线领域布局较早的立讯精密长期增长空间较大。

同时，从各家厂商布局 AiP 天线的情况来看，立讯精密、硕贝德的布局较早。其中，硕贝德和中芯长电，合作打造了全球首个 5G 超宽频毫米波 AiP 天线，不过并未量产。而信维通信此处的布局进度相对慢一些。

除了原本的天线厂家外，一些封装厂商如环旭电子等，也可能会加入未来 AiP 天线的竞争，使竞争格局变得更加激烈。同时，据称苹果公司可能会自己搭建 AiP 产线，如果属实，可能会对相关厂商造成一定影响。 不过，由于目前尚未有搭载 AiP 的机型上市，竞争格局尚不明确。

(柒)

好，行业增长驱动力看完后，我们再继续深入，梳理一下这条产业链图谱.....

以上，为本报告部分内容。近期我们新开辟了基金笔记、宏观笔记、产业链梳理笔记三个研究系列。如需获取全部行业笔记、基金笔记、宏观笔记、建模笔记，请扫描下方二维码订阅专业版报告库。一分耕耘一分收获，只有厚积薄发的硬核分析，才能在关键时刻洞见未来。

扫码阅读优塾核心产品

专业版报告库

如需了解更多，请添加工作人员微信：ys_dsj

【版权与免责声明】1）关于版权：版权所有，违者必究，未经许可，不得以任何形式进行翻版、拷贝、复制。2）关于内容：我们只负责财务分析、产业研究，内容观点仅供参考，不支持任何形式的决策依据，也不支撑任何形式的投资建议。本文是基于公众公司属性，根据其法定义务内向公众公开披露的财报、审计、公告等信息整理，不为未来的变化做背书，未来发生的任何变化均与本文无关。我们力求信息准确，但不保证其完整性、准确性、及时性。市场有风险，研究需谨慎。3）关于主题：财务建模报告工作量巨大，仅覆盖部分重点行业及案例，不保证您需要的所有案例都覆盖，请谅解。4）关于平台：优塾团队所有内容以微信平台为唯一出口，不为任何其他平台内容负责，对仿冒、侵权平台，我们保留法律追诉权力。

【参考资料】【1】兴业证券：兴业证券医疗器械行业深度报告：黄金十年，谁执牛耳.20190319