

以“星链”为鉴，国产卫星产业链投资拆解

通信行业

1、星载相控阵：相比于第一代系统仅采用 Ku、Ka 频段而言，第二代系统将使用 Ku、Ka 和 E 频段频谱。“一代星链”星载 4 副相控阵天线，“二代星链”星载相控阵天线数量达到 10 个以上。

星载相控阵芯片半导体材料原来用的是氮化镓、砷化镓，单通道成本几千美元，未来有望采用硅基芯片替代大幅降低单通道成本。

当前，我国互联网卫星系统建设工作的逐步推进，对于相控阵天线扁平化、低成本的设计需求将会日益强烈，未来的射频通道的设计将从当前化合物的多通道芯片逐步向低成本多通道硅基 CMOS 幅相芯片的过渡，组件的集成架构将完成从砖块式向瓦片式的过渡。

芯片及 T/R 组件相关产业受益标的包括：上市公司：铖昌科技、国博电子、臻镭科技、上海瀚迅、信科移动等。

热沉材料（钨铜合金）相关产业受益标的包括：安泰科技（上市公司）、升华微（非上市公司）。

星间激光链路：SpaceX 正在开发星间激光链路，并将其部署在 Gen2 系统上，以提供无缝的网络管理和服务连续性。

星间激光链路利用激光束作为载波在空间进行图像、语音、信号等信息传递，具有传输速率高、抗干扰能力强、系统终端体积小、质量轻、功耗低等优势，可以大幅降低卫星星座系统对地面网络的依赖，从而减少地面信关站的建设数量和建设成本。相关产业受益标的包括：航天电子（上市公司）、氮星光联（非上市公司）、英田光学（非上市公司）等。

相控阵终端天线：终端相控阵天线中数量最多的是带有 PA 和收发相位调整的功能 beamformer 芯片和射频前端 LNA 芯片、天线阵子，相关产业链包括：铖昌科技、国博电子、卓胜微等上市公司和天锐星通（非上市）、恪赛科技（非上市）等。

手机终端芯片：海格通信、华力创通等。

2、通信板块观点

当前时点，面临全球地缘政治冲突及中美科技博弈的多重不确定性情况，TMT 行业对国产替代、自主可控等政策发展具有阶段性影响，从而催化包括算力租赁、卫星通信、鲲鹏体系等热点主题；当前算力相关板块回调，市场分歧，中长期我们仍坚定看好相关行业的高成长与大空间。

1) 电信运营商：中国移动、中国电信、中国联通等；

2) 持续推荐算力&通信基础设施

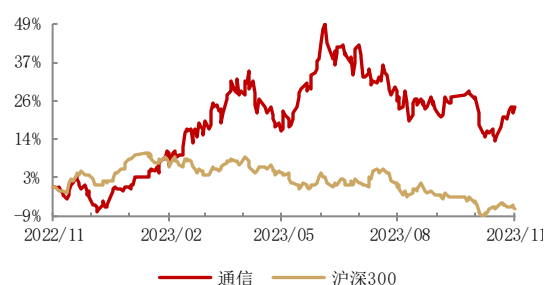
无线通信&服务器等设备商：中兴通讯、紫光股份（华西通信&计算机联合覆盖）等；

相关配套服务商：英维克（液冷）、新能源（电源）；

评级及分析师信息

行业评级：推荐

行业走势图



分析师：马军

邮箱：majun@hx168.com.cn

SAC NO: S1120523090003

联系电话：

分析师：宋辉

邮箱：songhui@hx168.com.cn

SAC NO: S1120519080003

联系电话：

分析师：柳珏廷

邮箱：liujt@hx168.com.cn

SAC NO: S1120520040002

联系电话：

算力第三方租赁：光环新网、奥飞数据、中贝通信、网宿科技、数据港等。

3) 光网络升级

光模块及光放大器：光迅科技、天孚通信、德科立、中际旭创、新易盛；

激光器受益标的：源杰科技、长光华芯。

4) 军工通信：烽火电子（华西通信&军工联合覆盖）、海格通信（华西通信&军工联合覆盖）、七一二等；

5) 工业互联：金卡智能（华西通信&机械联合覆盖）、威胜信息等；

6) 液晶面板：TCL 科技（华西通信&电子联合覆盖）等。

3、风险提示

底层相关技术发展缓慢，卫星应用发展不及预期。

1. “星链”演进关键词：多频段、大容量、低成本

通过梳理 SpaceX 给美国联邦通信委员会（FCC）提交的申请材料，星链目前规划了“一代星链”星座，“二代星链”星座，以及“V 波段星链”星座，共计 3 个星座建设方案。

本报告通过梳理“一代星链”和“二代星链”星座方案演化和发展的脉络过程，我们来看下星链技术发展趋势。

1.1. “星链星座”发展历程：技术逐渐成熟，规划数量快速增加

“一代星链”星座：SpaceX 在 2016 年 11 月正式向 FCC 提交“星链”星座建设的申请材料，并在 2017 年向 FCC 提交了补充材料。FCC 在 2018 年 3 月批准“一代星链”星座计划后，SpaceX 在 2018 年到 2020 年间，3 次申请对“一代星链”星座的方案进行调整，主要涉及将卫星数量从 4425 颗减少至 4408 颗，卫星轨道高度全部从 1000 千米以上降至 500 多千米。

表格 1 “一代星链”最终方案

参数	壳层 1	壳层 2	壳层 3	壳层 4	壳层 5
轨道面数	72	36	6	72	4
卫星数/轨道面	22	20	58	22	43
高度	550 千米	570 千米	560 千米	540 千米	560 千米
倾角	53	70°	97.6°	53.2°	97.6°
卫星总数	1584	720	348	1584	172
已发射数量	1725	51	13	862	0
工作卫星数量	1504	51	3	816	0

资料来源：ctfiot，华西证券研究所

2019 年 5 月，SpaceX 发射首批 60 颗“星链”V0.9 卫星；2019 年 5 月，首批 60 颗“星链”V1.0 卫星发射；2021 年 6 月，首批 3 颗“星链”V1.5 卫星搭载法尔肯 9 第 2 次共享任务入轨。

“一代星链”星座采用平板设计，尺寸大约为 3.2×1.6×0.2 米，安装有 4 部高通量相控阵天线和单翼式太阳能电池板。卫星自带霍尔推进器，用于轨道保持、位置调整与离轨，具备在轨碎片跟踪与自主避碰的能力。

V1.0 相比 V0.9 最大的提升是在 Ku 波段通信的基础上增加了 Ka 波段，卫星质量从 227 千克增加至 260 千克；V1.5 相比 V1.0 最大的提升是增加激光星间链路，卫星质量提升至 295 千克。

图 1 60 颗“星链”V0.9 卫星在发射前的堆叠状态



资料来源：SpaceNews，华西证券研究所

图 2 “星链”V1.0 卫星



资料来源：THE LIEBER INSTITUTE，华西证券研究所

“二代星链”星座：“星链”V2.0 卫星的主要参数包括：长度达到 7 米（比 V1.0 和 V1.5 的 3.2 米增加 1 倍多）；质量达到 1.25 吨（是 V1.0 的 5 倍）；性能提升 10 倍。

SpaceX 公司发展更为激进的“二代星链”星座，并研制性能更强大的“星链”V2.0 卫星，主要包括以下几个方面的原因：

1) 需求在持续增加。“星链”用户数量增长速度非常快，“一代星链”星座的容量上限很可能难以满足未来快速增长的需求。

2) 运载火箭-“星舰”项目进展速度很快，发射能力将大幅提升，能够为“星链”V2.0 提供快速（单次完成 1 个轨道面部署）、大批量（单次发射 110-120 颗）和高频率（快速重复使用）的发射机会。

2019 年，SpaceX 通过 FCC 向国际电联（ITU）申请总数量达到 3 万颗卫星的更大规模的低轨星座所需的频谱资源。2020 年 5 月，SpaceX 正式向 FCC 提交“二代星链”星座（Gen2）的申请，总数为 3 万颗。

表格 2 “二代星链” 初始方案（3 万颗）

高度/km	轨道倾角/°	轨道面数量	每个轨道面上的卫星数量
328	30	1	7178
334	40	1	7178
345	53	1	7178
360	96.9	40	50
373	75	1	1998
499	53	1	4000
604	148	12	12
614	115.7	18	18

资料来源：ctfiot，华西证券研究所

1.2. 相关技术变化：通信载荷规模增加，采用星间激光链路

“二代星链”有 30000 颗卫星，设计寿命为 5 年，Starlink Gen2 系统将在每个卫星有效载荷上利用先进的相控阵波束成形、数字处理技术，以便高效利用频谱资源，并与其他天基和地面许可用户灵活共享频谱。

图 3 “星链”发展路径



资料来源：ctfiot，华西证券研究所

星载通信载荷：相比于第一代系统仅采用 Ku、Ka 频段而言，Starlink 第二代系统将使用 Ku、Ka 和 E 频段频谱。“一代星链”星载 4 副相控阵天线，“二代星链”星载相控阵天线数量达到 10 个以上。

表格 3 Starlink Gen2 系统的频率

链路类型和传输方向	频率
用户链路下行 卫星发射用户终端接收	10. 7-12. 75GHz 17. 8-18. 6GHz 18. 8-19. 3GHz 19. 7-20. 2GHz
馈电链路下行 卫星发射关口站接收	17. 8-18. 6GHz 18. 8-19. 3GHz 71. 0-76. 0GHz
用户链路上行 用户终端发射卫星接收	12. 75-13. 25GHz 14. 0-14. 5GHz 28. 35-29. 1GHz 29. 5-30. 0GHz
馈电链路上行 关口站发射卫星接收	27. 5-29. 1GHz 29. 5-30. 0GHz 81. 0-86. 0GHz
TT&C 下行 卫星发射 TT&C 站接收	12. 15-12. 25GHz 18. 55-18. 60GHz
TT&C 上行 TT&C 站接收卫星发射	13. 85-14. 00GHz

资料来源：ctfiot，华西证券研究所

星间激光链路：SpaceX 正在开发星间激光链路，并将其部署在 Gen2 系统上，以提供无缝的网络管理和服务连续性。

星间激光链路利用激光束作为载波在空间进行图像、语音、信号等信息传递，具有传输速率高、抗干扰能力强、系统终端体积小、质量轻、功耗低等优势，可以大幅降低卫星星座系统对地面网络的依赖，从而减少地面信关站的建设数量和建设成本。

2. 产业链拆分

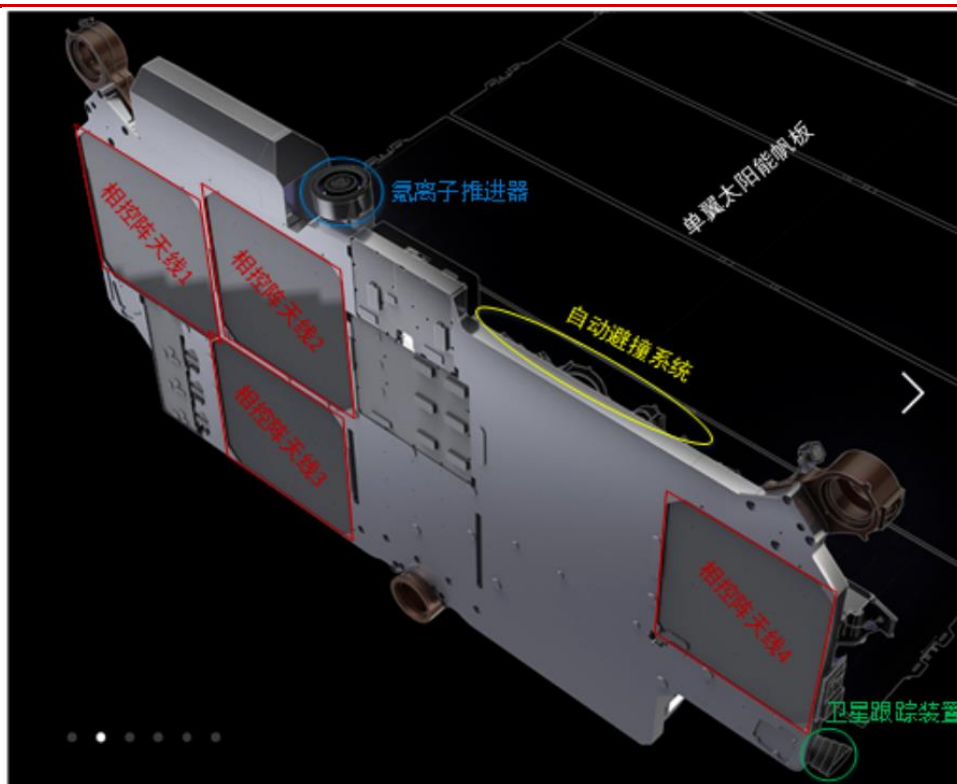
Starlink 系统作为卫星互联网，网络主要节点包括卫星、关口站和终端，本报告重点讨论 Starlink 星载天线、终端侧天线产业链构成。

2.1. 星载：相控阵规模大幅提升，低成本化

关于 Starlink 星载天线采用了星上相控阵天线，相控阵天线支持对地 Ku、Ka 频率。

Starlink 一代单星及相控阵平板相关尺寸如图 4 所示，可看出其主要包含 4 副相控阵平板天线、氦离子推进器、卫星跟踪装置、自动避撞系统及单翼太阳能帆板。

图 4 Starlink 单星及相控阵平板示意图

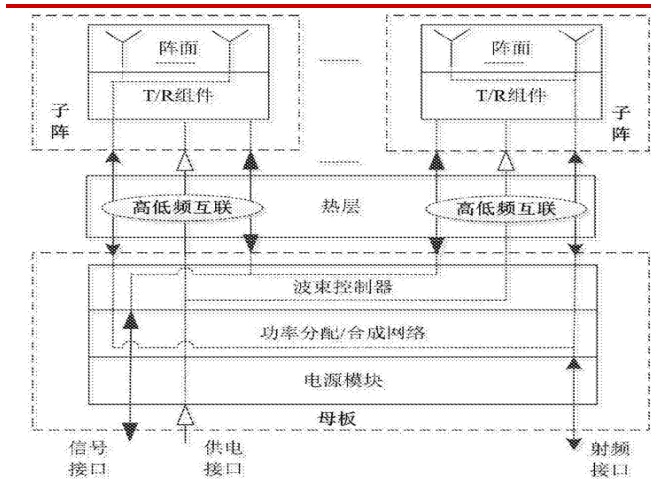


资料来源：ctfiot，华西证券研究所

星载相控阵天线中的关键环节为 T/R 组件及天线振面，尤其是 T/R 组件，T/R 组件作为有源相控阵天线最核心的部分，直接决定了相控阵天线的性能。

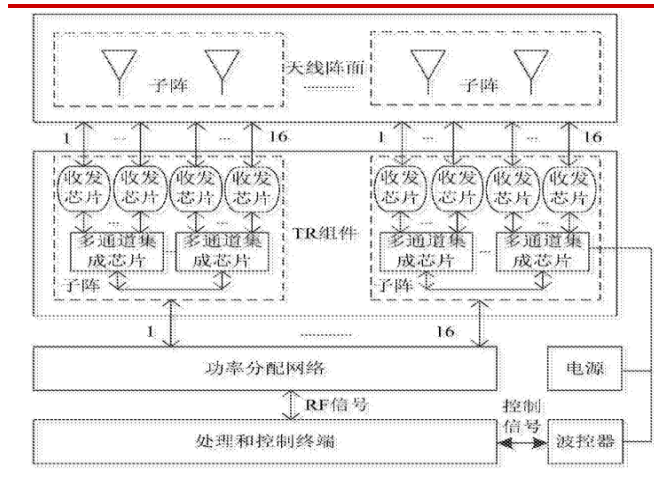
有源射频模块中集成了功放芯片、低噪声放大器芯片、射频开关、移相器以及控制电路等，芯片数量多，互连工序多且复杂，是射频信号处理的核心部件。

图5 星载相控阵天线原理



资料来源：中电科10所，华西证券研究所

图6 星载相控阵天线 TR 组件及振面原理



资料来源：中电科10所，华西证券研究所

一般而言，星载相控阵天线所用的收发射频芯片，用的是氮化镓、砷化镓等化合物半导体材料，单通道成本几千美元，而一颗卫星需要相控阵天线芯片的成本就需要几千万，Starlink 用硅基芯片替代，将成本降到了单通道几十美元的量级。

2.2. 终端天线：射频芯片为重要成本来源

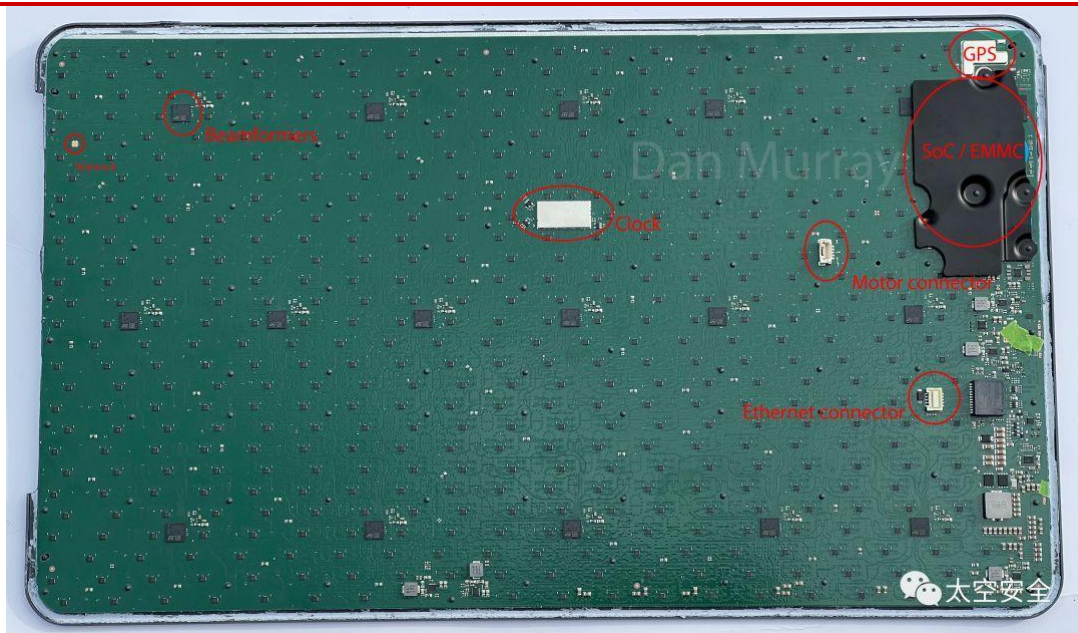
SpaceX 提供了 Starlink Internet Kit 整体解决方案，其中包含卫星地面系统（相控阵天线）、控制器和电缆等。

集成电路芯片包括：基带部分（波控和应用单元的功能）、射频芯片；其他模块包括：时钟模块、GPS 模块、POE 电源电路、电机驱动电路（驱动两个电机）、电源模块（给板卡中间的供电）。

板卡中间的大面积规则重复电路，均为射频芯片电路，Starlink 相控阵天线 RF 射频芯片二代 16 颗，一代 20 颗。

图 7 中，数量最多的大芯片是多通道的带有 PA 和收发相位调整的功能 beamformer 芯片，周围小芯片是射频前端 LNA 芯片。其对应数量关系为 1:32，大芯片一共有 16 颗，小芯片一共 512 颗。

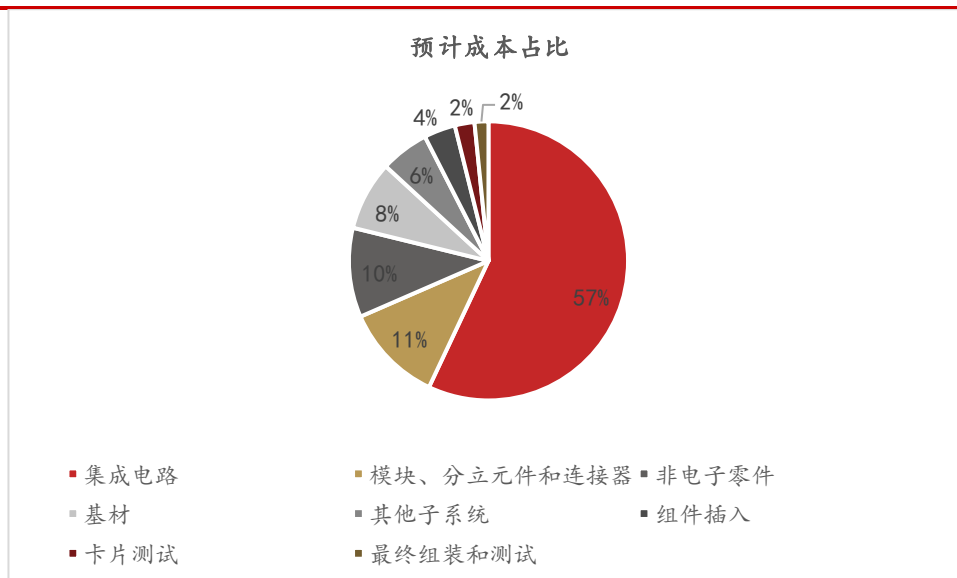
图 7 Starlink Internet Kit 内部组件的拆解。



资料来源：太空安全，华西证券研究所

通过天线板、电源板、路由主板对二代 StarLink 路由器进行制造成本评估，其中集成电路芯片成本占比 60%以上，天线阵列等成本超过 10%。

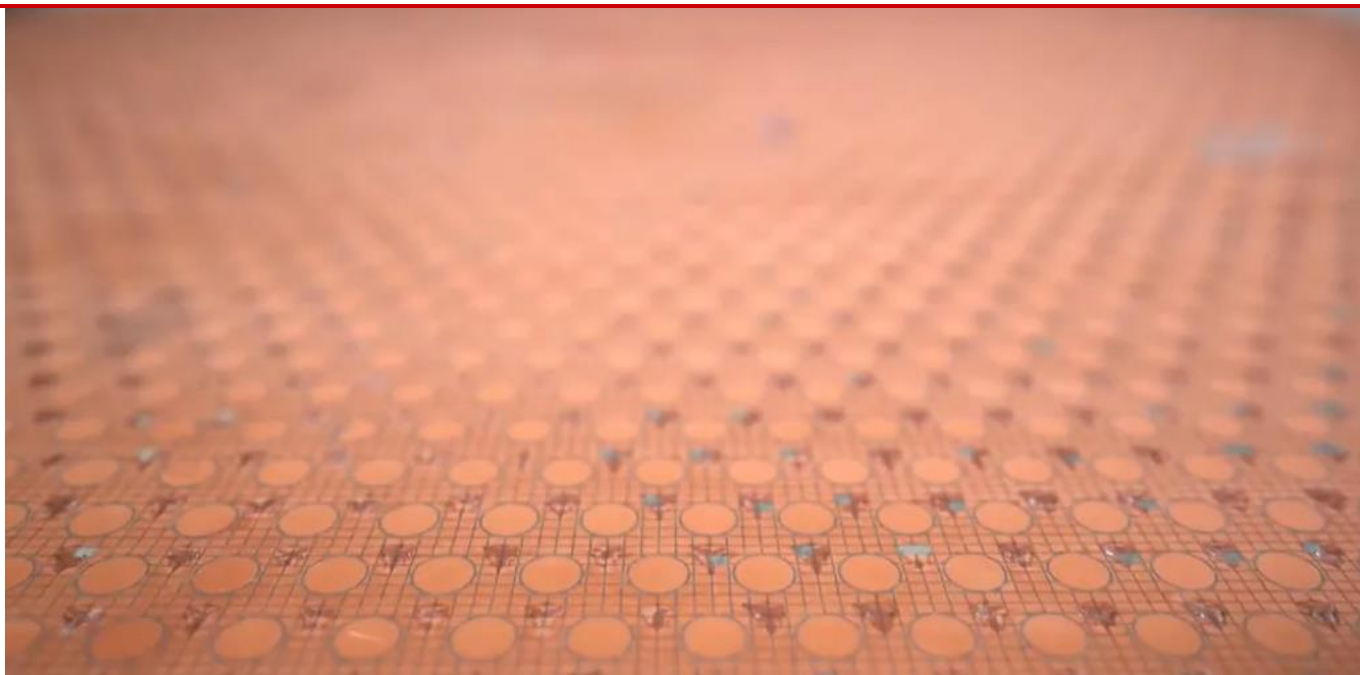
图 8 Starlink 天线板、电源板、路由主板制造成本明细评估



资料来源：太空安全，华西证券研究所

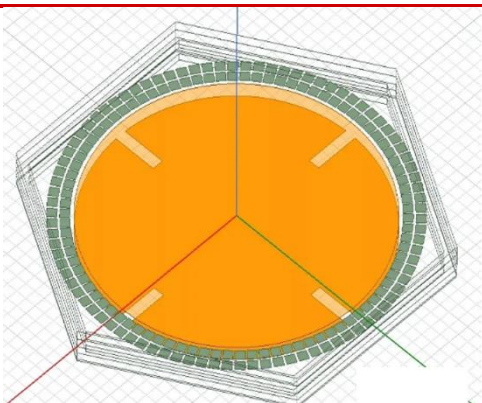
天线阵子：1 个小芯片（射频通道）对应 2 个天线辐射单元即 1 拖 2 的方式，主要是能够减少有源通道数量，最终降低成本。

图 9 表面寄生辐射单元



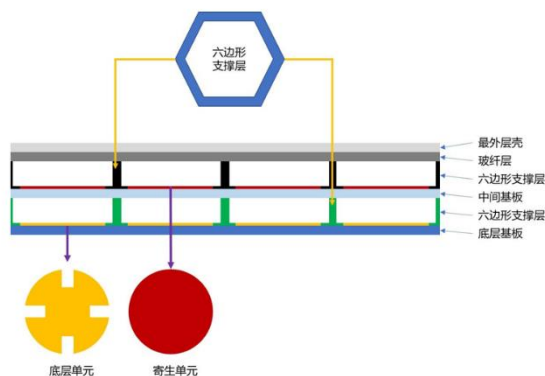
资料来源：知乎，华西证券研究所

图 10 天线阵列单元结构



资料来源：知乎，华西证券研究所

图 11 天线阵列单元原理



资料来源：知乎，华西证券研究所

3. 投资机会及逻辑

星载相控阵：相比于第一代系统仅采用 Ku、Ka 频段而言，第二代系统将使用 Ku、Ka 和 E 频段频谱。“一代星链”星载 4 副相控阵天线，“二代星链”星载相控阵天线数量达到 10 个以上。

星载相控阵芯片半导体材料原来用的是氮化镓、砷化镓，单通道成本几千美元，未来有望采用硅基芯片替代大幅降低单通道成本。

当前，我国互联网卫星系统建设工作的逐步推进，对于相控阵天线扁平化、低成本的设计需求将会日益强烈，未来的射频通道的设计将从当前化合物的多通道芯片逐步向低成本多通道硅基 CMOS 幅相芯片的过渡，组件的集成架构将完成从砖块式向瓦片式的过渡。

芯片及 T/R 组件相关产业受益标的包括：上市公司：铖昌科技、国博电子、臻镭科技、上海瀚迅、信科移动等。

热沉材料（钨铜合金）相关产业受益标的包括：安泰科技（上市公司）、升华微（非上市公司）。

星间激光链路：SpaceX 正在开发星间激光链路，并将其部署在 Gen2 系统上，以提供无缝的网络管理和服务连续性。

星间激光链路利用激光束作为载波在空间进行图像、语音、信号等信息传递，具有传输速率高、抗干扰能力强、系统终端体积小、质量轻、功耗低等优势，可以大幅降低卫星星座系统对地面网络的依赖，从而减少地面信关站的建设数量和建设成本。相关产业受益标的包括：航天电子（上市公司）、氮星光联（非上市公司）、英田光学（非上市公司）等。

终端天线：终端相控阵天线中数量最多的是带有 PA 和收发相位调整的功能 beamformer 芯片和射频前端 LNA 芯片、天线阵子，相关产业链包括：铖昌科技、国博电子、卓胜微等上市公司和天锐星通（非上市）、恪赛科技（非上市）等。

手机终端芯片：海格通信、华力创通等。

4. 近期通信板块观点及推荐逻辑

4.1. 整体行业观点

结合业绩确定性及估值两方面因素考虑，我们建议关注包括电信运营商、军工通信、面板以及低估的算力基础设施及工业互联网个股：

1) 电信运营商估值提升：中国移动、中国电信、中国联通等；

2) 持续推荐算力&通信基础设施

无线通信&服务器等设备商：中兴通讯、紫光股份（华西通信&计算机联合覆盖）等；

算力中心：光环新网；

算力硬科技产业链：新雷能（服务器电源）；

3) 军工通信：烽火电子（华西通信&军工联合覆盖）、海格通信（华西通信&军工联合覆盖）、七一二等；

4) 工业互联：金卡智能（华西通信&机械联合覆盖）等；

5) 液晶面板拐点：TCL 科技（华西通信&电子联合覆盖）等。

4.2. 中长期产业相关受益公司

1) 设备商：中兴通讯、烽火通信、海能达、紫光股份、星网锐捷等；

2) 军工通信：新雷能、七一二、上海瀚迅、海格通信等；

3) 光通信：中天科技、亨通光电、中际旭创、天孚通信、新易盛、光迅科技等；

4) 卫星互联网：雷科防务、震有科技、康拓红外等；

5) 5G 应用层面：高鸿股份、光环新网、亿联网络、会畅通讯、东方国信、天源迪科等；

6) 其他低估值标的：平治信息、航天信息等。

5. 风险提示

底层相关技术发展缓慢，卫星应用发展不及预期。

分析师与研究助理简介

马军：曾任工信部电信研究院规划所主任工程师，主要从事电信产业政策研究与运营商战略规划，支持和参与的项目包括通信业“十一五”、“十二五”规划，三网融合、信息产业、物联网等“十二五”规划，3G业务规划、3G 发展评估、金融危机对中国电信业影响及对策等多项课题，获得多项奖励，在多种刊物发表论文20多篇。12年证券研究经验，专注TMT领域研究。

宋辉：3年电信运营商及互联网工作经验，6年证券研究经验，主要研究方向电信运营商、电信设备商、5G产业、光通信等领域。

柳珏廷：理学硕士，5年证券研究经验，主要关注云和5G相关产业链研究。

分析师承诺

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

评级说明

公司评级标准	投资 评级	说明
以报告发布日后的6个月内公司股价相对上证指数的涨跌幅为基准。	买入	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数达到或超过15%
	增持	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数在5%—15%之间
	中性	分析师预测在此期间股价相对上证指数在-5%—5%之间
	减持	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数5%—15%之间
	卖出	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数达到或超过15%
行业评级标准		
以报告发布日后的6个月内行业指数的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测在此期间行业指数相对强于上证指数达到或超过10%
	中性	分析师预测在此期间行业指数相对上证指数在-10%—10%之间
	回避	分析师预测在此期间行业指数相对弱于上证指数达到或超过10%

华西证券研究所：

地址：北京市西城区太平桥大街丰汇园11号丰汇时代大厦南座5层

网址：<http://www.hx168.com.cn/hxzq/hxindex.html>

华西证券免责声明

华西证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司签约客户使用。本公司不会因接收人收到或者经由其他渠道转发收到本报告而直接视其为本公司客户。

本报告基于本公司研究所及其研究人员认为的已经公开的资料或者研究人员的实地调研资料，但本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载资料、意见以及推测仅于本报告发布当日的判断，且这种判断受到研究方法、研究依据等多方面的制约。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及预测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息始终保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者需自行关注相应更新或修改。

在任何情况下，本报告仅提供给签约客户参考使用，任何信息或所表述的意见绝不构成对任何人的投资建议。市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告视为做出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在任何情况下，本报告均未考虑到个别客户的特殊投资目标、财务状况或需求，不能作为客户进行客户买卖、认购证券或者其他金融工具的保证或邀请。在任何情况下，本公司、本公司员工或者其他关联方均不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告而导致的任何可能损失负有任何责任。投资者因使用本公司研究报告做出的任何投资决策均是独立行为，与本公司、本公司员工及其他关联方无关。

本公司建立起信息隔离墙制度、跨墙制度来规范管理跨部门、跨关联机构之间的信息流动。务请投资者注意，在法律许可的前提下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的前提下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为华西证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。