

【国信通信·卫星专题三】

星链 (Starlink)：引领卫星互联网革命

行业研究 · 深度研究

通信 · 通信设备

投资评级：超配（维持评级）

证券分析师：马成龙

021-60933150

machenglong@guosen.com.cn

S0980518100002

证券分析师：袁文翀

021-60375411

yuanwenchong@guosen.com.cn

S0980523110003

- 1. 星链（Starlink）是全球最大的低轨卫星星座，规模效应显著：**星链是SpaceX公司的四大项目之一，目前已发展成全球最大的低轨卫星互联网星座。2023年星链共发射1984颗卫星，累计已发射5650颗。星链卫星制造成本小于2000美元/kg，领先全球；猎鹰”9号是星链主力运载火箭，发射成本有望优化至1700万美元/次，领跑同行。低成本是规模效应的体现，也为后续国产低轨卫星互联网的部署梳理了价格标杆。
- 2. 星链已完成商业模式闭环，展现低轨通信卫星巨大的应用前景：**星链商业应用面向的C端应用包括住户、房车、游艇，B端应用包括固定位置、移动装备、海事和私人飞机，今年有望开通手机直连业务。截止2023年11月，用户数达230万户，服务全球60多个国家。收费方式为终端+流量套餐，基本终端599美元/台；基本流量套餐120美元/月，公司2023年11月宣布已实现盈亏平衡。根据我们测算，星链远期营收或超600亿美元，覆盖7000万用户。
- 3. 星链工作原理拆解：**星链卫星使用相控阵天线形成多波束可以助卫星连接多终端，终端聚焦波束投向卫星；二代星V2.0 mini配置4副相控阵天线，理论下行容量60-80Gbps，以及4个星间激光通信模块，2023年马斯克宣布V2 mini星网络容量或达到165Tbps。据NSR分析，一代星覆盖地面面积约1000km²，时延约40ms。未来V2.0星或重2吨，时延小于20ms，通信能力达170Gbps。地面侧，星链已部署150个信关站，二代终端内嵌了16通道。
- 4. 全球卫星运营商均在积极布局低轨通信星座：**目前全球低轨卫星互联网的星座主要有星链、亚马逊Kuiper、Eutelsat OneWeb、Telesat lightspeed；后三个星座分别规划了3236、648和198颗卫星。此外Intelesat、SES、Viasat等传统头部星座也在规划投入低轨。商业前景及稀缺的轨道资源是个主体加速布局的核心驱动力。
- 5. 我国加速布局低轨卫星互联网星座：**根据我们测算，卫星制造端全球市场空间超1000亿美元，应用端市场空间约2000亿美元。我国加速建设低轨卫星星座，2023年成功发射实验星多次、新规划“G60星链”且首星已下线生产、民营火箭技术不断突破、文昌商业发射场一号工位竣工、应用端多个手机厂商规划开通手机直连卫星；预计2024年国内开始规模发射低轨通信卫星，产业迎来0到1建设的高景气度发展大年，全产业链机会值得重视，其中建议关注国内相控阵芯片/组件供应商【**铖昌科技（001270.SZ）**】、【**国博电子（688375.SH）**】、卫星通信载荷核心供应商【**信科移动（688387.SH）**】、地面终端供应商【**海格通信（002465.SZ）**】。

风险提示：低轨卫星星座建设进度不及预期；卫星互联网发展应用场景开拓不及预期；频轨资源被大量占用；卫星通信与6G融合存在不确定性。

表：重点公司盈利预测及估值(截止2023年1月18日)

代码	简称	股价 (元)	总市值 (亿元)	投资评级	营收(亿元)			归母净利润(亿元)			PE			PEG 2023E
					2022	2023E	2024E	2022	2023E	2024E	2022	2023E	2024E	
002465.SZ	海格通信	11.4	282.4	增持	56.2	62.7	72.7	6.7	7.4	9.1	42.3	38.2	31.1	2.3
001270.SZ	铖昌科技	54.8	85.8	无评级	2.8	4.1	5.9	1.3	1.7	2.4	64.6	49.6	35.1	1.4
688375.SH	国博电子	70.8	283.2	增持	34.6	40.2	50.3	5.2	6.2	7.9	54.4	45.5	35.7	1.9
688387.SH	信科移动	6.3	214.7	无评级	69.2	87.0	109.0	-6.7	-3.0	1.0	-31.9	-	221.9	-

资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理和预测

- [01] 星链（Starlink）：卫星互联网领先者
- [02] 星链商业应用不断丰富
- [03] 星链通信系统原理
- [04] SpaceX 运载火箭研究
- [05] 全球卫星运营商加速布局低轨星座
- [06] 关注国产卫星互联网投资机会

一、星链：卫星互联网领先者

星链 (Starlink) 是全球规模最大的卫星互联网星座

星链 (Starlink) 是SpaceX推出的一项通过近地轨道卫星群，提供覆盖全球的高速互联网接入服务。星链虽然不是最早进入近地轨道宽带互联网领域，但却是迄今为止成功发射卫星最多最快、获得落地批准国家最多、用户数量规模最大、全球影响力最高的卫星星座。

SpaceX于2015年提出了大规模巨型星座计划，目标是为美国以及全球的消费者提供高速、低时延宽带接入服务。2018年星链2颗原型实验星送入预定轨道，同年3月、11月，星链第一代LEO星座计划和VLEO星座计划先后获得美国FCC批准。2019年，星链第一批v0.9卫星发射进入预定轨道，开启星座建设；2020年开始于北美启动公测服务，2022年10月进入亚洲，2023年1月进入非洲。截止2023年12月，SpaceX公司已在全球超65个国家/地区可以实现业务落地，并计划2023年之后提供全球手机服务。2023年星链共发射了63次共1984颗卫星，并首次推出了新版本的星链卫星Starlink v2 Mini。

图：Starlink服务图示



资料来源：Starlink Internet Broadband，国信证券经济研究所整理

图：星链卫星2023年最后一次发射更新(截止2023年12月29日)

	卫星发射细节	卫星发射打破的记录
时间	2023/12/29 4:01 UTC(北京时间23:01)	这是历史上： 猎鹰9号第285次发射
任务名称	Starlink Group 6-36 发射V2.0 mini星链卫星	猎鹰9号第217次使用经过飞行验证的助推器 助推器第231次重新飞行
火箭	猎鹰9 Block5 助推器代号：B1069-12	助推器第259次着陆(回收) 助推器连续第185次着陆(创纪录)
发射地点	范登堡SLC-40	这是2023年： SpaceX的第98次发射
轨道信息	530km LEO轨道，43°	助推器第97次重新飞行 全球轨道发射的第200次尝试

资料来源：SpaceX，Everyday Astronaut，国信证券经济研究所整理

星链是SpaceX公司的四大项目之一

SpaceX的业务范围主要包括火箭发射、低轨卫星通信、空间站运输和未来航天运输四大领域。通过设计与制造可重复使用的太空运载火箭，将货物、人员和卫星载荷运送至太空。

- **火箭发射：**SpaceX的火箭发射业务分为军方发射和商业发射。军方市场是SpaceX公司的重点目标，商业发射则作为公司树立低价发射形象的窗口，并为公司的重复使用技术提供试验田。
- **低轨卫星通信（星链）：**面向消费市场提供低轨互联网通信服务，还能面向军方用户提供全方位服务，具备通信、侦查和感知等多方面的应用潜力。星链在2023年9月达到200万用户，成为SpaceX最主要的业务之一。
- **空间站货物和乘员运输：**SpaceX在“商业轨道运输服务”计划（COTS）和“商业乘员计划”（CCP）中均获得NASA大力支持，主要提供猎鹰9火箭和“龙”飞船方案，官方披露每运输50kg费用\$275K。每年国际空间站货运任务大约3次，载人任务大约2次，截止2023年已运送42人到太空。
- **未来航天运输：**SpaceX计划用星舰来进行载人绕月飞行、前往火星等太空探索，该项目的超重-星舰仍在研制中。

图：SpaceX主要经营的四个项目

SpaceX火箭发射



Starlink卫星通信



SpaceX商业载人项目



SpaceX火星计划

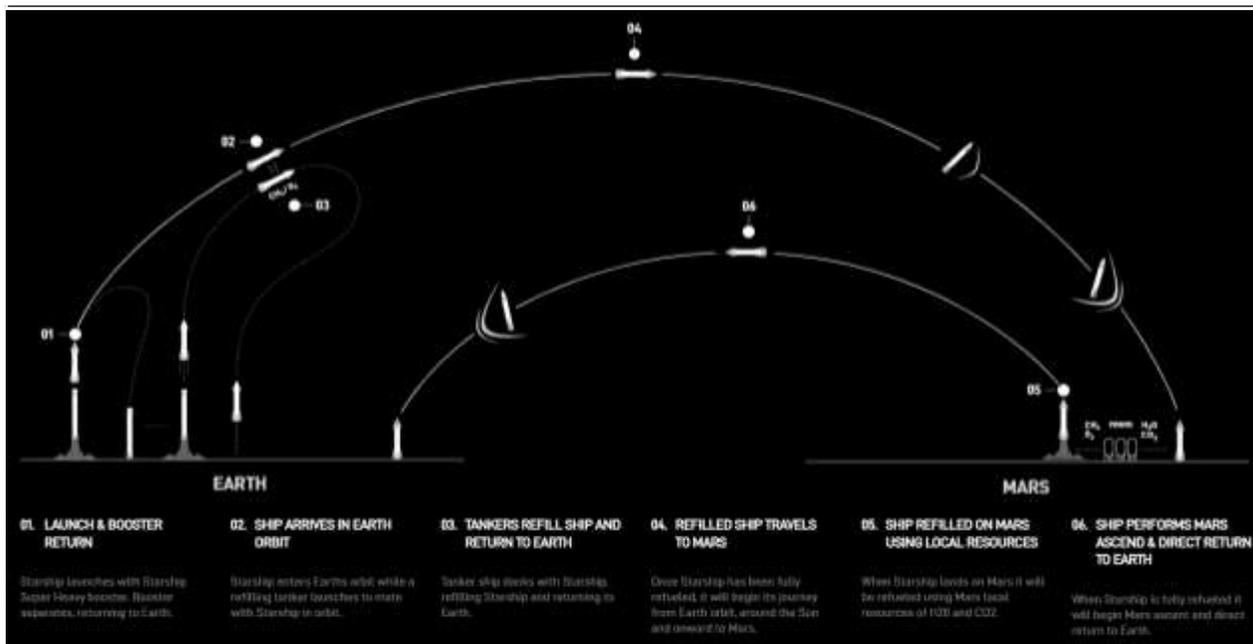


SpaceX愿景让人类走向多行星，星链是火星计划的重要资金来源

SpaceX的愿景是通过开发星舰实现星际移民，比如火星。SpaceX计划在火星上建立一个载人基地，并希望将其发展成为一个自给自足的殖民地。公司认为这对人类物种的长期生存是必要的，而且火星计划将降低太空运输成本，使火星旅行具有更现实的可能性。该项目计划在火星发射窗口期间发射1000艘星舰，将100万人送往火星。星舰代表了一个完全可重复使用的运输系统，旨在将机组人员和货物运送到地球轨道、月球、火星和更远的地方。马斯克预计将于2029年执行首次载人火星任务，届时将搭载12人登上火星。

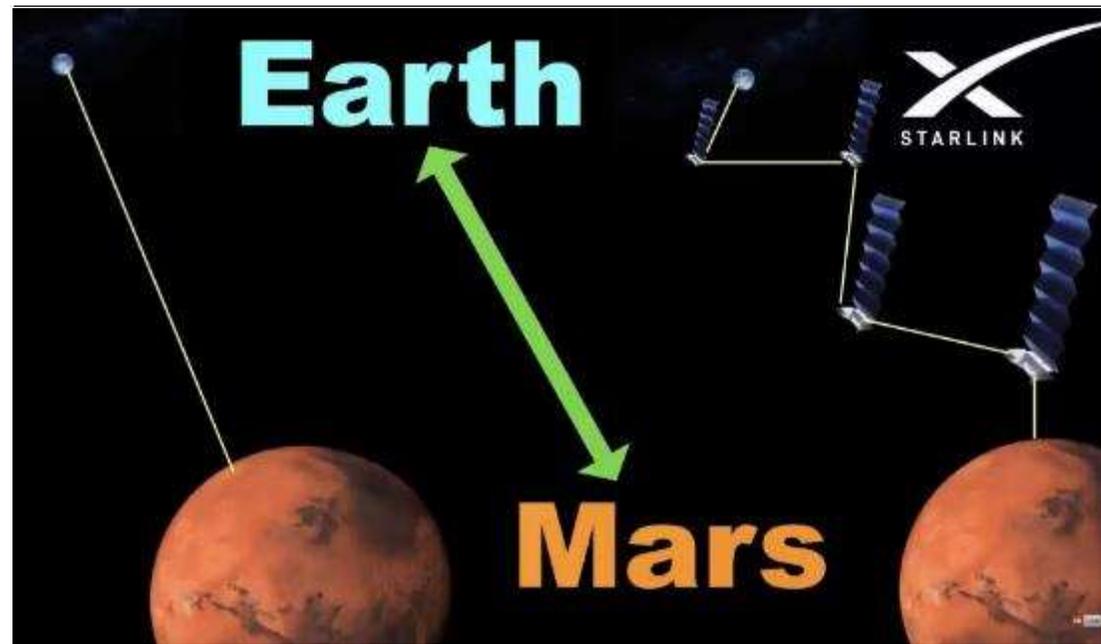
星链是SpaceX火星计划的重要资金来源，并能辅助部署火星上的卫星通信系统。马斯克曾表示“星链可以产生数十亿美元的收入，可用于资助火星上一座城市的发展”。据Euroconsult估计，2023年SpaceX公司40%以上的收入可能来自星链的宽带连接服务，这极大地支撑了星舰项目的推进。一旦火星移民成为现实，SpaceX计划将其星链卫星星座技术也应用于火星，从而为火星上的人们“提供沟通的方式”。

图：SpaceX的火星运输规划



资料来源：SpaceX，国信证券经济研究所整理

图：星链联通地球和火星的设想



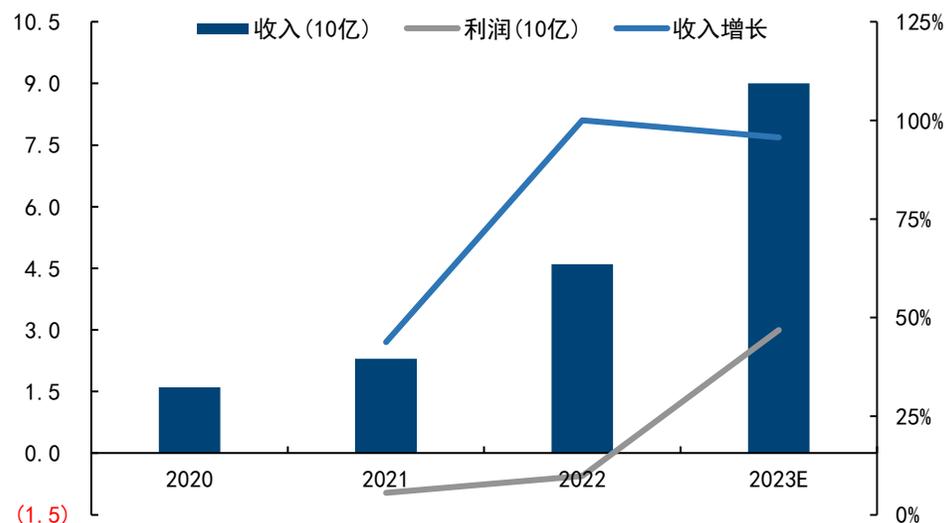
资料来源：Warren Redlich，国信证券经济研究所整理

SpaceX于2023年一季度首次盈利，预计2024年营收达150亿美元

2023年第一季度SpaceX公司的营业收入为15亿美元，首次实现盈利，总利润达到5500万美元。营收的快速增长是SpaceX扭亏为盈的关键，2022年SpaceX营收同比翻倍至46亿美元，利润从2021年的9.68亿美元下降至5.59亿美元，亏损大幅度收窄。SpaceX在投资者交流会上宣称今年收入或达到80亿美元。

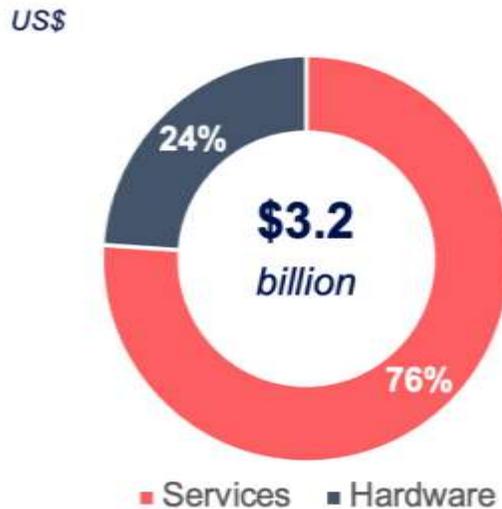
星链2023年收入预计或达32亿美元。 Euroconsult 预测，2023年星链收入或占到SpaceX收入的40%，达到32亿美元。11月2日，马斯克在过社交媒体宣布，SpaceX的星链（Starlink）业务实现了盈亏平衡的现金流。此外，华尔街分析师Edward Ludlow和Gillian Tan在今年11月7日预测，SpaceX的2024年收入将攀升至150亿美元左右，星链收入或将突破100亿美元。火箭发射业务一直在为SpaceX提供稳定的收入，而快速扩张的星链业务正在变成SpaceX第二大收入来源，有望在2024年成为最大收入板块。

图：SpaceX营收和利润（单位：十亿美元）



资料来源：SpaceX，国信证券经济研究所整理

图：Starlink 2023年营收分布(预计)



资料来源：Euroconsult，国信证券经济研究所整理

图：Starlink 已实现盈亏平衡



资料来源：X平台，国信证券经济研究所整理

SpaceX融资总额近百亿美元，估值已超1500亿美元

今年7月，SpaceX通过向新的投资者出售了价值750万美元的股票后（81美元/股），该公司估值接近1500亿美元。

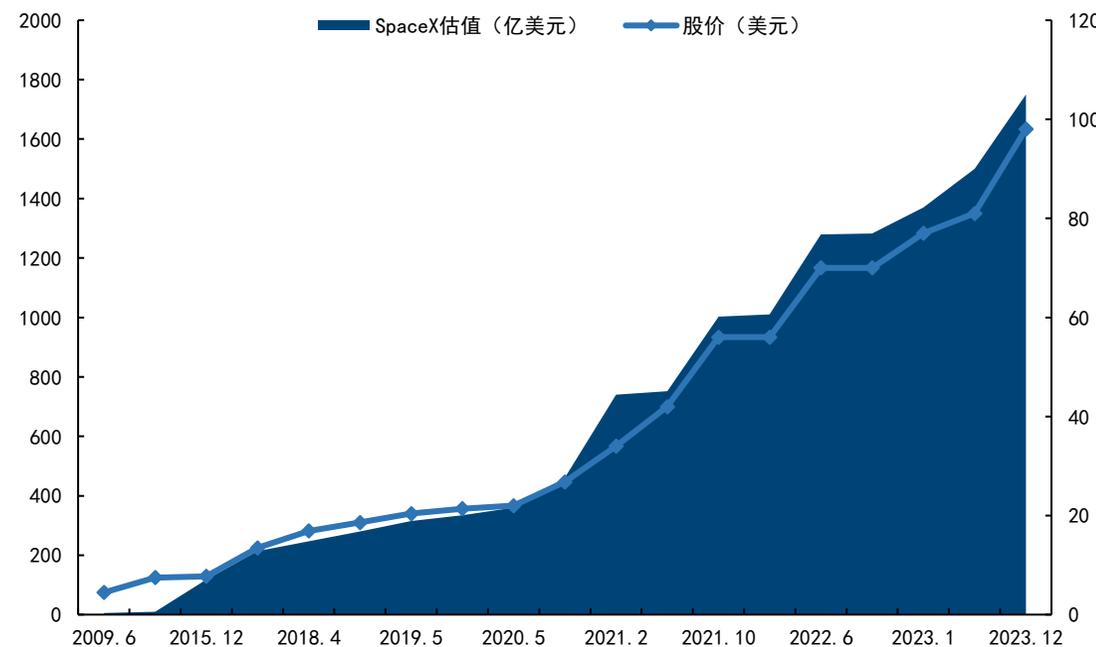
截止2023年12月，SpaceX公司已经进行了超30轮融资，筹集的资金总额达到98亿美元左右。根据彭博社12月7日的报道，SpaceX已开始讨论新一轮内部股票出售，考虑以每股约95美元的价格出售内部股票，按照售股价格，SpaceX的估值将升至1750亿美元。

表：SpaceX 历年融资金额及估值（单位：美元）

轮次	A轮	B轮	C轮	D轮	E轮	F轮	G轮
时间	2002. 12	2005. 3	2007. 3	2008. 8	2009. 6	2010. 10	2015. 12
投资金额	\$1210万	\$5000万	\$3000万	\$2039万	\$4725万	\$5020万	\$10亿
投后估值	\$0. 27亿	\$1. 63亿	\$2. 80亿	\$4. 17亿	\$5. 54亿	\$9. 73亿	\$117. 7亿
轮次	H轮	I轮	J轮	K轮	L轮	M轮	N轮
时间	2017. 11	2018. 4	2018. 12	2019. 5	2020. 1	2020. 5	2020. 8
投资金额	\$4. 5亿	\$2. 14亿	\$4. 86亿	\$5. 36亿	\$3. 14亿	\$3. 46亿	\$19亿
投后估值	\$213. 6亿	\$247亿	\$280亿	\$315亿	\$334亿	\$360亿	\$460亿
轮次	O轮	P轮	Q轮	R轮	S轮	T轮	最近一次
时间	2021. 4	2021. 11	2021. 12	2022. 6	2022. 7	2023. 1	2023. 7
投资金额	\$11. 64亿	\$3. 45亿	\$3. 37亿	\$17. 25亿	\$2. 5亿	\$7. 5亿	(未增发)
投后估值	\$752. 23亿	\$1006. 22亿	\$1010亿	\$1279. 5亿	\$1282亿	\$1417. 72亿	\$1491. 38亿

资料来源：SpaceX, Crunchbase, 国信证券经济研究所整理

图：SpaceX 历年估值及股价变化



资料来源：SpaceX, Craft, Bloomberg, 国信证券经济研究所整理

星链已经发射卫星超过5600颗，用户超230万户

截止2023年底，星链已发射卫星超过5600颗，用户数超230万。截止2023年底，SpaceX公司已发射130批次星链卫星，共计5650颗，工作中的卫星数量为5271颗。2023年以来，SpaceX明显加快了星链的发射部署进程，由2022年平均每10.7天发射一批，缩短至仅5.8天。星链用户也在迅速增长，从2022年12月的100万增长到2023年11月的230万仅用了不到一年时间，目前这一数字还在不断增加。

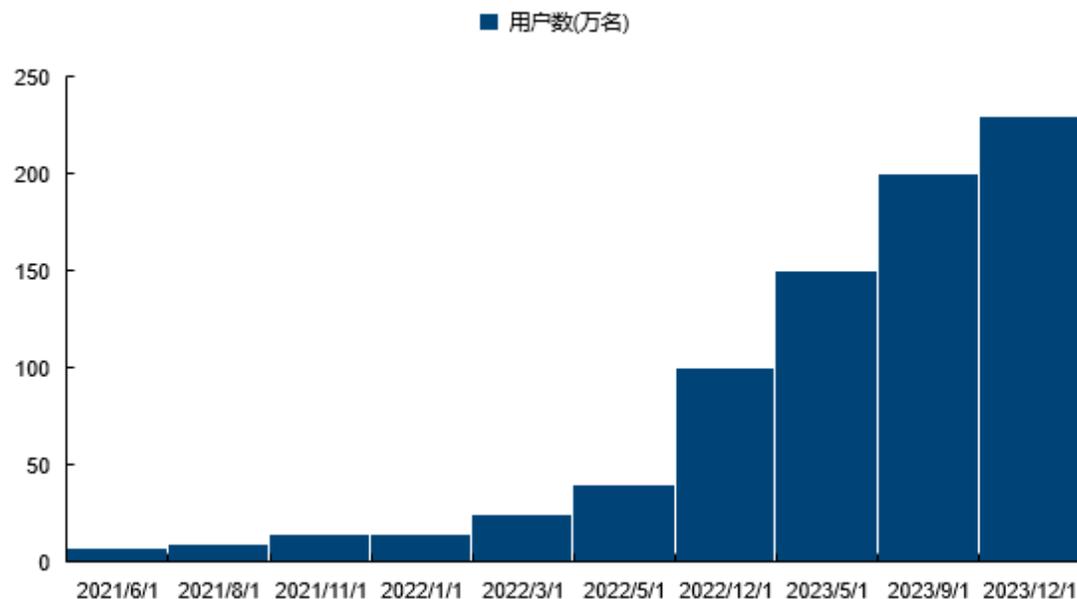
星链服务范围不断拓展，积极布局亚洲和非洲市场。2022年10月，日本成为首个开通星链服务的亚洲国家，随后菲律宾、蒙古国、马来西亚等国均开始使用星链网络服务。2023年1月，尼日利亚成为首个开通星链服务的非洲国家，随后卢旺达、莫桑比克、肯尼亚等国也陆续加入星链网络。星链系统凭借率先形成的全球覆盖优势和商业天基通信能力，正在成为全球最具竞争力的天基网络服务提供商。

图：星链发射卫星数量（单位：颗）



资料来源：Jonathan's Space Report，国信证券经济研究所整理

图：星链用户数（单位：万户）

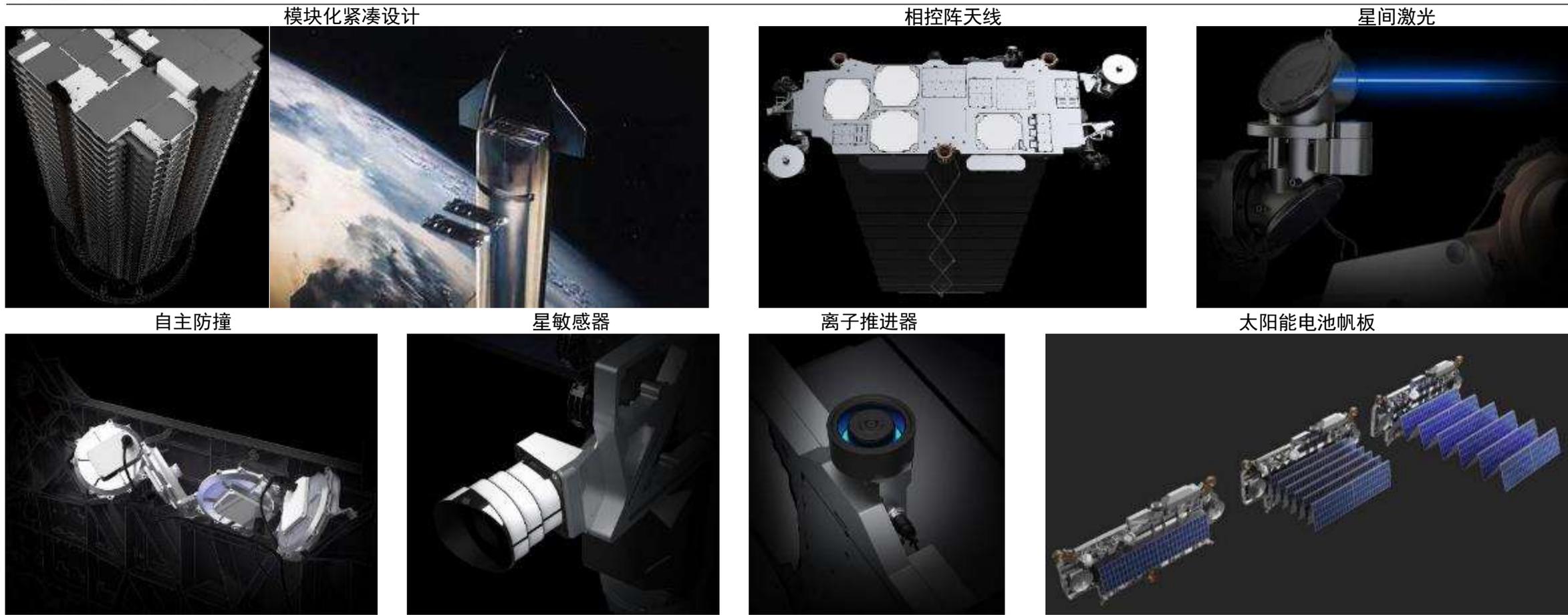


资料来源：FCC，Starlink，国信证券经济研究所整理

星链技术特点：相控阵天线、星间激光、离子推进器

星链卫星设计紧凑、重量轻，每颗卫星都采用紧凑的平板设计，最大限度地减少了体积，充分利用SpaceX猎鹰9火箭的发射能力。此外使用相控阵天线技术，配置 4 个强大的相控阵天线和 2 个抛物面天线来提供更大的容量。采用光学空间激光器（ISL），使得卫星能够在没有本地地面站的情况下传输数据，从而提供真正的全球覆盖。由氦提供动力的高效离子推进器使星链卫星能够进行轨道上升、在太空中机动以及脱离轨道，并推出氦霍尔推进器相比氦气体成本更低。采用单个太阳能电池阵列，大大简化了系统。

图：星链卫星主要技术特点



资料来源：Starlink官网，国信证券经济研究所整理

请务必阅读正文之后的免责声明及其项下所有内容

星链卫星成本小于2千美元/kg，配套火箭发射成本远低于同行

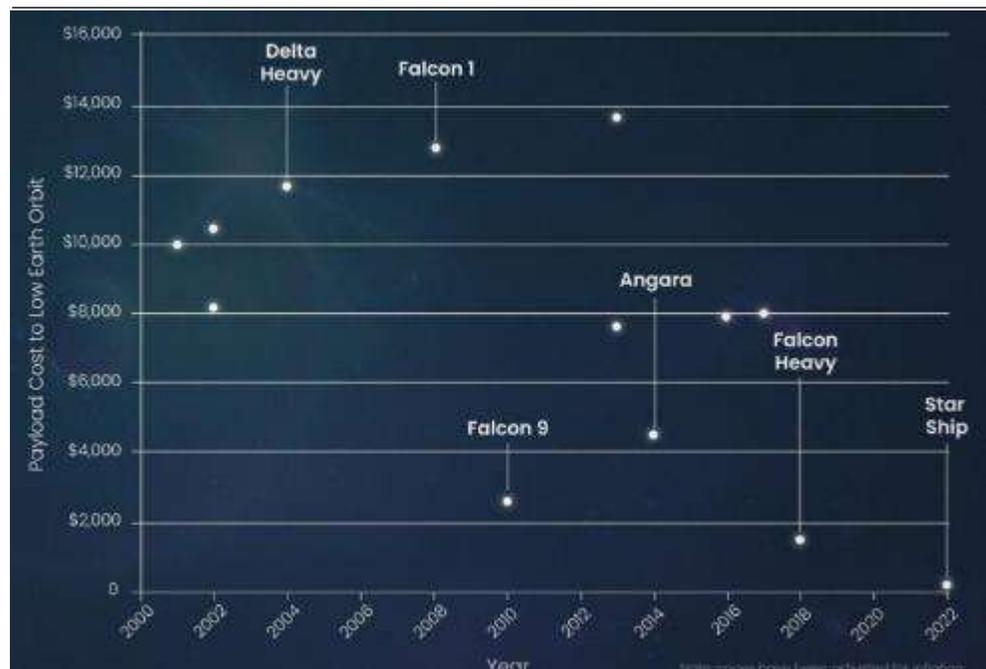
星链卫星造价在25万美元到50万美元之间，配合猎鹰9的助推器回收技术，星座部署成本显著低于同行。早在2019年5月，SpaceX发射首批60颗星链v0.9版本的卫星时，每颗星链卫星的成本已经远低于50万美元，这意味着猎鹰9号发射的内部成本不到3000万美元。演进到目前的V2.0 mini，单星成本低于2千美元/kg。未来如果使用完全可回收的星舰发射星链卫星，单次发射成本将降至1000~1500万美元。卫星数量仅次于星链的OneWeb星座，同样使用猎鹰9号发射卫星，成本约为6000万美元/次(对外发射价格)。

表：铱星、全球星和星链主要参数对比

时间	星座计划	单星容量	单星制造成本	单星发射成本	单箭运载能力/颗	单星重量/kg
1998年	铱星一代	-	5139万美元	-	7	670
2017年	铱星二代	-	3067万美元	680万美元	10 (猎鹰9号)	860
2000年	GlobalStar一代	-	3700万美元	-	6	450
2010年	GlobalStar二代	-	1700万美元	-	6-8	700
2019年	OneWeb	7 Gbps	50-100万美元	150万美元	40 (猎鹰9号)	150
2019年	星链 V1.0	18 GBps	25-50万美元	<50万美元	60 (猎鹰9号)	260
2021年	星链 V1.5	15 GBps	25-50万美元	<50万美元	54 (猎鹰9号)	306
2023年	星链 V2.0 mini	60~80 GBps	50-100万美元	<150万美元	约22 (猎鹰9号)	800

资料来源：SpaceX, Iridium, GlobalStar, 国信证券经济研究所整理

图：SpaceX 火箭发射成本



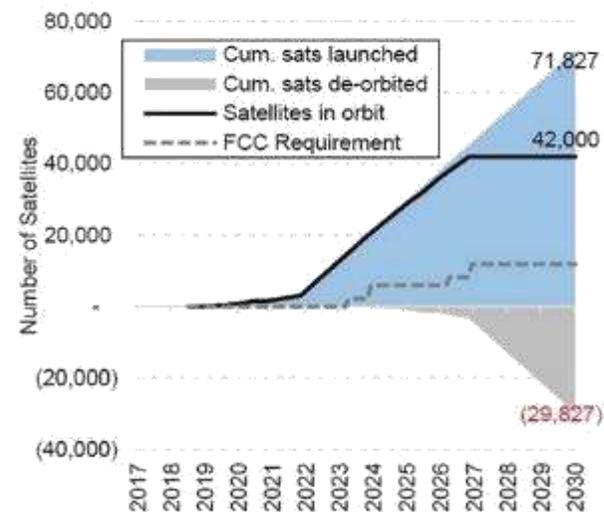
资料来源：Visual capitalist, 国信证券经济研究所整理

星链第一批的卫星已陆续步入生命尾期

星链卫星自火箭分离入轨至坠入大气层销毁，整个过程中会进行轨道爬升、低轨临泊、工作运行、工作备份接替等轨道变化历程。卫星19074AU，于2019年11月11日14时56分（国际协调时UTC时间）发射，是星链发射V1.0版本的第一批卫星，该卫星已于2022年3月27日坠入大气层，象征着生命周期的结束。根据Moffetnathanson预测，考虑到前期已发射卫星脱轨，至2030年若部署4.2万颗卫星预计需要发射约7.2万颗卫星。

随着首批卫星在轨时间的拉长，新旧壳层之间也在进行接替。一代星链星座的壳层1自2019年发射首批卫星以来，于2021年9月基本部署完成，是星链系统早期提供服务的主要星座。自2021年5月26日后，该壳层不再发星，壳层内在轨工作的卫星数量呈缓慢下降趋势。与之对比，壳层4自2021年11月首发后，于2023年3月基本实现全星座部署，成为星链系统提供服务的主要星座。

图：星链未来发射节奏预测



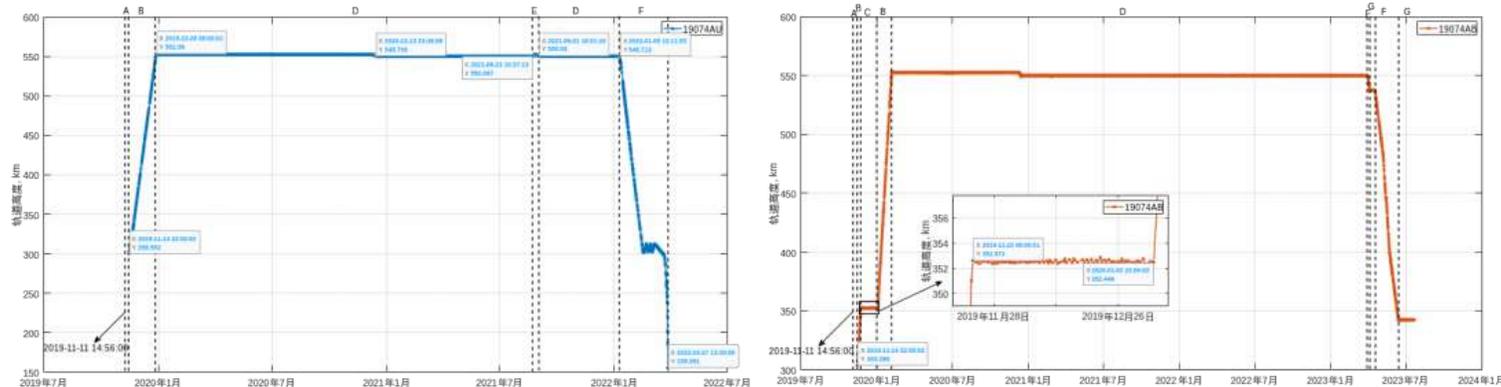
资料来源：FCC filings, SpaceX, Moffetnathanson 分析与预测，国信证券经济研究所整理

图：卫星在轨生命周期划分依据

	阶段内卫星状态	卫星19074AU
A阶段	入轨调整，指星链卫星发射至首条发布TLE的时间段	2019. 11. 11至2019. 11. 14
B阶段	轨道爬升，指星链卫星持续轨道高度升高的时间段	2019. 11. 14至2019. 12. 28
C阶段	升轨临泊，指星链卫星在较低轨道高度持续稳定运行的时间段	-
D阶段	工作运行，指星链卫星在预定工作轨道高度持续稳定运行的时间段	2019. 12. 28至2021. 08. 23 2021. 09. 01至2022. 01. 09
E阶段	变轨调整，指星链卫星离开原工作轨道高度至再次回到工作轨道高度的时间段	2021. 08. 23至2021. 09. 01
F阶段	轨道衰减，指星链卫星轨道高度持续降低的时间段	2022. 01. 09至2022. 03. 27
G阶段	降轨临泊，指星链卫星在轨道衰减过程中，位于较低轨道高度持续稳定运行的时间段	-
H阶段	坠入大气层，对应卫星末条TLE至该卫星衰变的时间段	2022. 03. 27至2022. 03. 27

资料来源：刘帅军等，StarLink卫星在轨生命周期的阶段划分探讨【J】，卫星与网络. 2023，中国科学院软件研究所，天基综合信息系统重点实验室，国信证券经济研究所整理

图：卫星19074AU（左图）、19074AB（右图）在轨生命周期的阶段划分



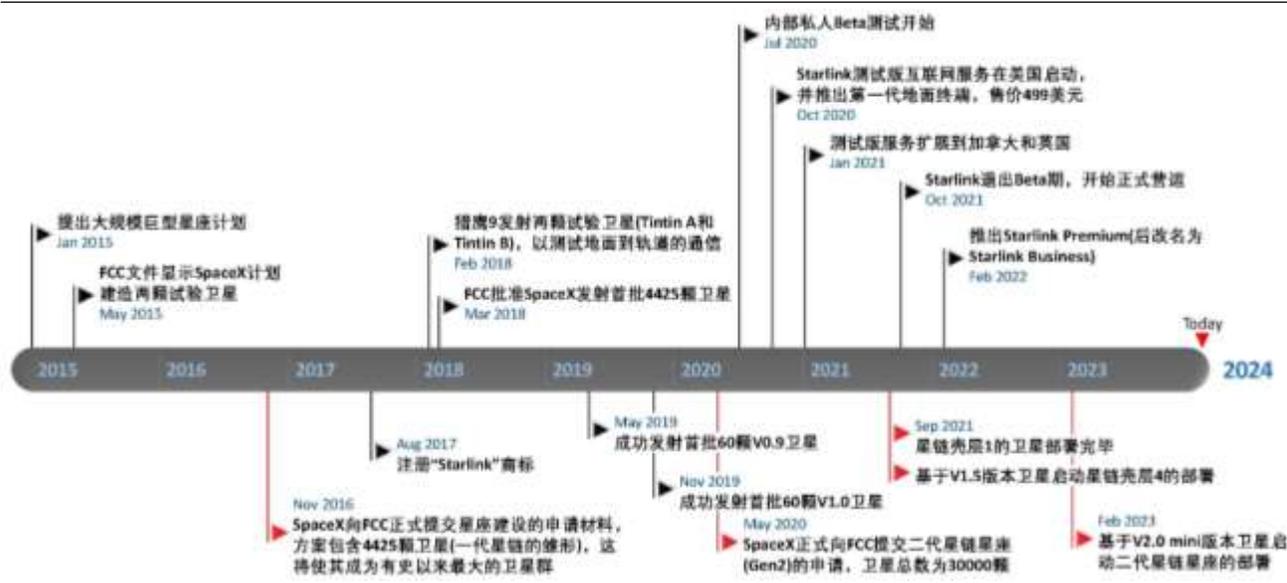
资料来源：刘帅军等，StarLink卫星在轨生命周期的阶段划分探讨【J】，卫星与网络. 2023，中国科学院软件研究所，天基综合信息系统重点实验室，国信证券经济研究所整理

星链已开始部署二代系统 (1/2)

2016年11月，SpaceX首次正式向FCC提交星链星座建设的申请材料，此后共提出了三个星座建设方案：一代星链、V波段星链(已撤回申请，由二代星链取代)、二代星链。除试验星 Tintin A/B外，星链星座包含4个版本的卫星：V0.9，V1.0，V1.5和V2.0。前三个版本用于一代星链星座，V1.5和V2.0用于二代星链星座。2019年5月，SpaceX发射首批60颗星链V0.9卫星，这也是唯一一批V0.9版本的卫星。

- V1.0版本卫星发射部署阶段：2019.05-2021.07。SpaceX于2019年5月至2021年7月，主要发射星链壳层1的V1.0版本卫星；期间，穿插着壳层3的少量V1.5版本卫星，用于星间激光链路测试。
- V1.5版本卫星发射部署阶段：2021.09-2023.07。2021年9月至2022年底，主要发射星链壳层4的V1.5版本卫星；壳层2、3、5的V1.5版本卫星主要于2023年上半年发射。期间，穿插着有少量V2.0 Mini版本的卫星发射，主要用于先期测试。
- V2.0 Mini版本卫星发射部署阶段：2023.07-至今。自2023年7月至今，发射的星链卫星均为V2.0 Mini版本，主要分布在距地面530km。

图：星链发展历程



资料来源：Starlink官网，Space Explored，国信证券经济研究所整理

图：星链卫星示例



资料来源：Spaceflight Now，国信证券经济研究所整理

星链已开始部署二代系统 (2/2)

2020年5月，SpaceX正式向FCC提交了二代星链星座(GEN2)的建设申请，作为对一代星链星座4408颗卫星的补充。根据FCC显示的构型方案，二代GEN2系统包括9个壳层，共29988颗星，其中壳层5卫星为V1.5版本，壳层6卫星为V2.0 Mini版本。

星链的一代LEO系统和二代系统均由多个轨道面组成，并采取分阶段部署方式。一代星座部署主要遵循：少量轨道面部署→轨道面逐层加密→所有轨道面部署完成。一代星座现已部署的4个壳层，多数都是轨道面数多而面内卫星少，如壳层1与4均为72轨道面、面内18颗星，这两个壳层基本上都是优先实现18个轨道面部署、进一步加密形成36个轨道面、最终形成72个轨道面。与之不同，二代星座优先在所有轨道面均进行部署，进而加密各面内的卫星。二代星座大多为轨道面数少而面内卫星多，如壳层6为28轨道面、面内120颗星。

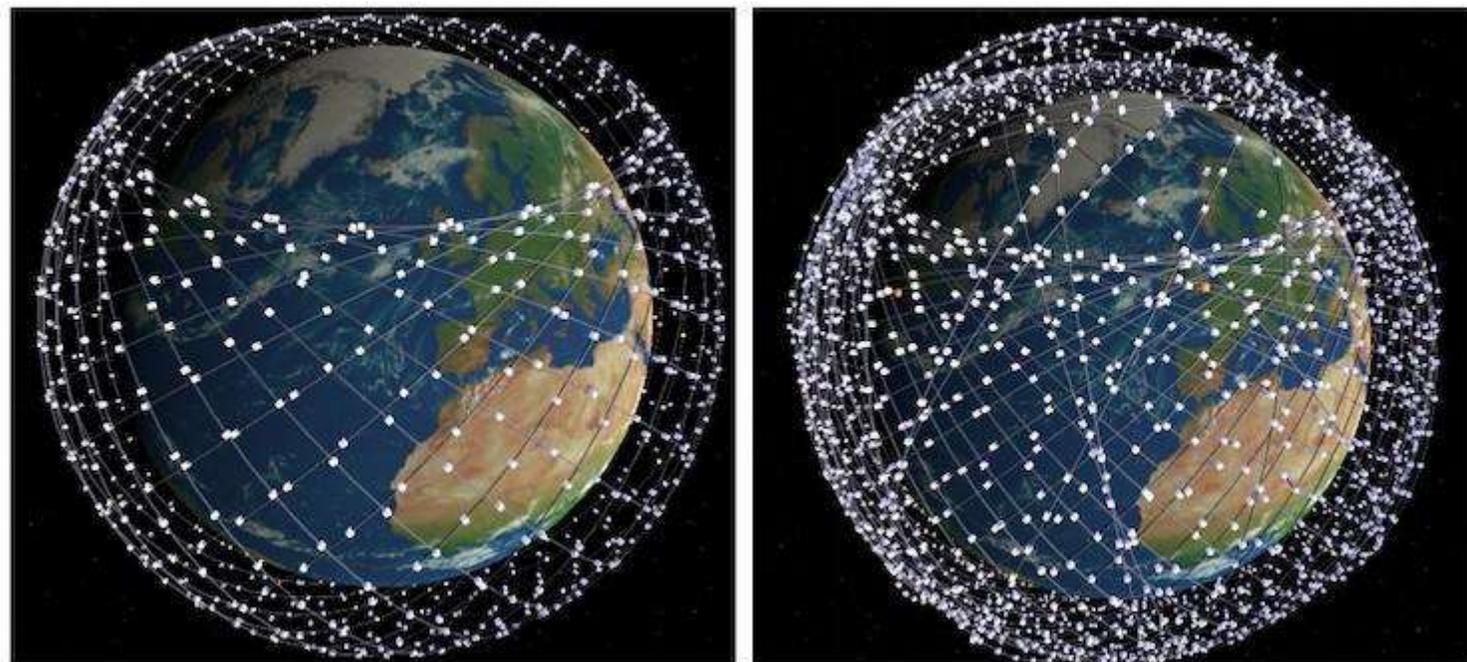
图：一代星座规划

轨道类型	轨道平面			轨道面数	每面卫星数	壳层卫星数	总卫星数
	海拔	轨道半径	倾角				
倾斜轨道	550km	6924km	53°	72	22	1584	4408
倾斜轨道	540km	6914km	53.2°	72	22	1584	
极地轨道	570km	6944km	70°	36	20	720	
极地轨道	560km	6934km	97.6°	6	58	348	
极地轨道	560km	6934km	97.6°	4	43	172	

图：二代星座规划

	轨道高度/千米	倾角/°	轨道面数	每面卫星数	卫星总数
壳层1	340	53	48	110	5280
壳层2	345	46	48	110	5280
壳层3	350	38	48	110	5280
壳层4	360	96.9	30	120	3600
壳层5	530	43	28	120	3360
壳层6	525	53	28	120	3360
壳层7	535	33	28	120	3360
壳层8	604	148	12	12	144
壳层9	614	115.7	18	18	324
合计	340~614	33~148	288	12~120	29988

图：一代星座(左)和二代星座(右)部署方式对比



资料来源：Jonathan's Space Report, FCC, 国信证券经济研究所整理

资料来源：Mark Handley, University College London, CC BY-NC 2.0, 国信证券经济研究所整理

星链已基本具备全球服务能力

图：Starlink 卫星全球覆盖现状



资料来源：Satellitemap, 国信证券经济研究所整理

图：GPS卫星全球覆盖现状



资料来源：Satellitemap, 国信证券经济研究所整理

图：Starlink 覆盖美国区域图示



资料来源：Satellitemap, 国信证券经济研究所整理

图：Starlink 覆盖东亚区域图示



资料来源：Satellitemap, 国信证券经济研究所整理

图：Starlink 在欧洲的网络性能



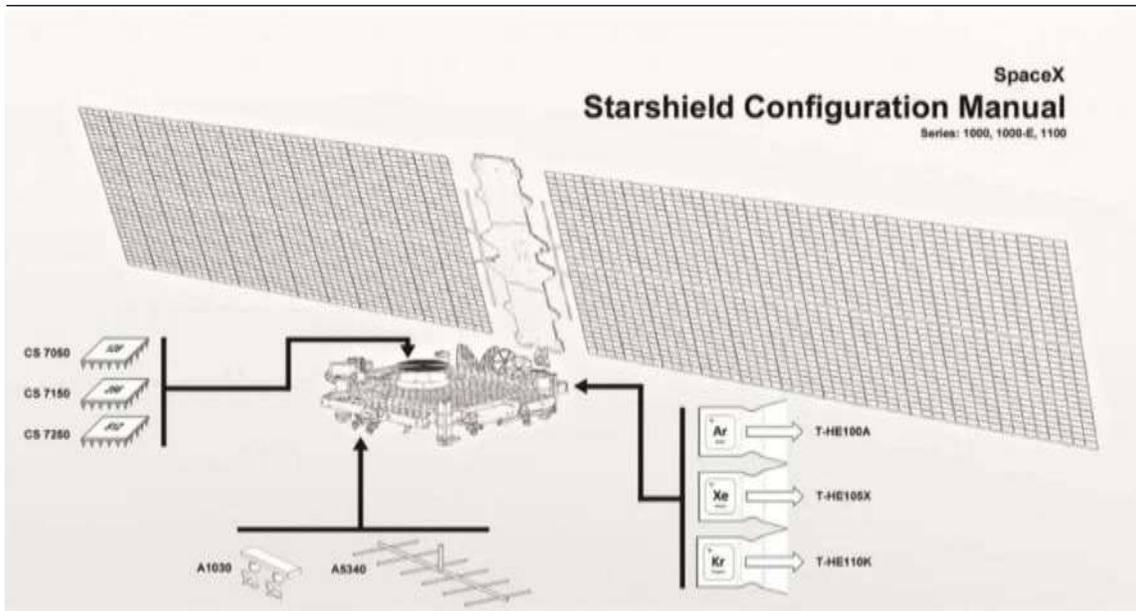
资料来源：speed test, 国信证券经济研究所整理

星盾项目是基于二代星链星座部署的军政安全网络

2022年12月3日，SpaceX官方网站发布星盾（StarShield）计划。SpaceX将星盾定义为服务于国家安全的卫星星座，区别于星链的商业化运行，星盾专为美军政部门服务，目前主要提供遥感、通信和载荷托管三方面服务，并且星盾在星链数据加密服务基础上使用额外加密技术来保证托管载荷数据处理的安全性，以满足官方需求。2023年9月28日，星盾赢得了美国太空部队（USSF）价值7000万美元的第一份合同。太空部队将在未来10年内分配价值高达9亿美元的合同，尽管有16家供应商参与角逐，但SpaceX的合同是迄今为止唯一已颁发的合同。

星盾计划主要依托二代星链星座的轨位和频谱资源实现功能，通过激光星间链路与现有商业星链卫星互连。星盾卫星的设计可能基于星链V1.5和V2.0的技术，面积是单个星链V1.5版卫星的两倍，可以根据任务需求集成各种有效载荷，提供独特的多功能性。

图：星盾卫星概念图



资料来源：SpaceX, Next Big Future, 国信证券经济研究所整理

图：星盾功能介绍

主要功能	详细介绍
地球观测	星盾系统可发射带有遥感设备有效载荷的卫星，并将处理后的数据直接提供给用户。星盾卫星可通过搭载先进的传感器，利用轨道低、重访周期短，且星间互连互通的特点，帮助美军实现近乎全天候不间断的侦察和监视。
通信	星盾系统可以为政府用户提供可靠的全球通信。星链计划将发射覆盖全球的互联网卫星，为用户提供25毫秒的低延迟传输，可使美国构建全球无盲区波束覆盖，进一步增强美军通信能力。
载荷托管	星盾系统通过打造强大的卫星总线，支持客户订制的有效载荷任务。主要应用场景可能包括：（1）特种通信；（2）导弹预警与拦截；（3）无人作战平台远程操控；（4）提升导航定位系统的精度和抗干扰能力；（5）数据融合。

资料来源：SpaceX, 国信证券经济研究所整理

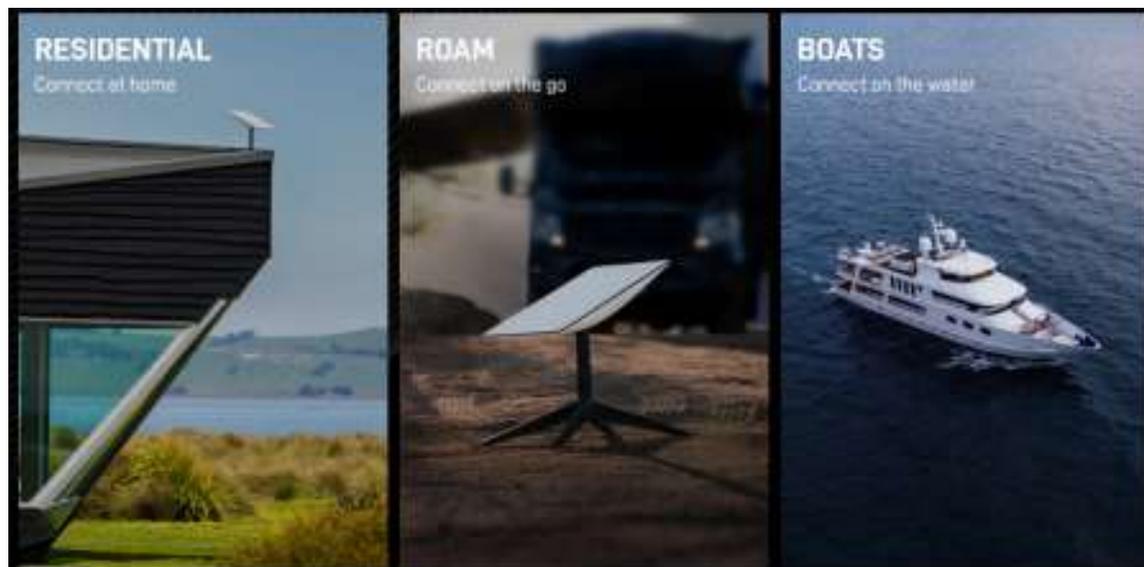
二、商业应用不断丰富

星链主要业务分个人版 (toC) 和商业版 (toB)

星链将服务划分为两个版本——个人版 (Personal) 和商业版 (Business)。个人版已经覆盖了超过53个国家，商业版没有那么大的覆盖范围。用户签约和取消较为灵活，在订购之前，用户拥有30天的试用期，如果不满意，可以退回设备并获得全额退款：

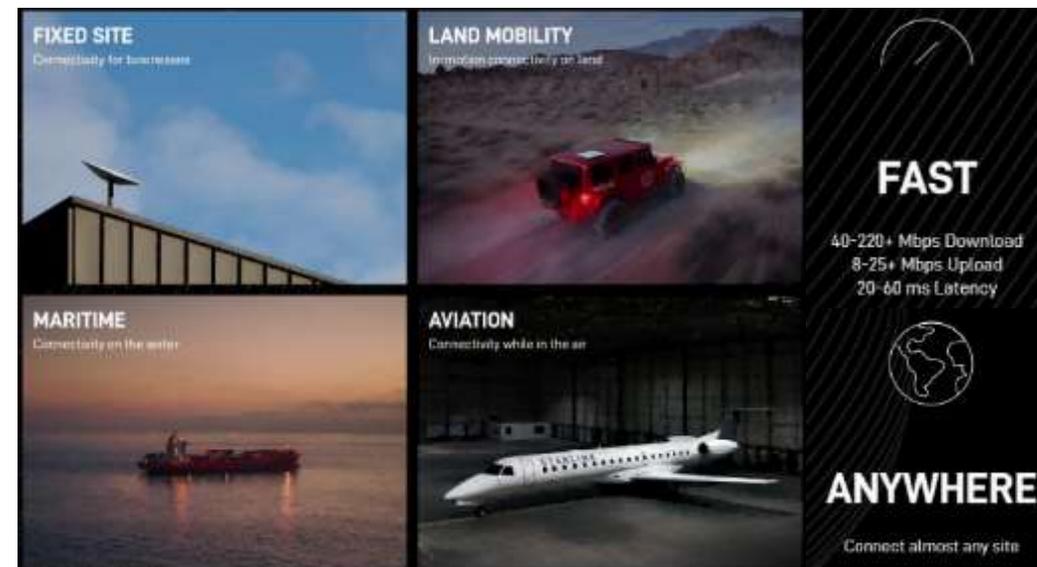
- **个人版为住户、房车、船艇提供服务。**个人版适用于普通家庭用户，可提供50-200Mbps的下载速度和10-20Mbps的上传速度，时延在20-40ms。
- **商业版为固定位置、移动装备、海事和航空提供服务。**商业版适用于大型组织和政府机构，提供业务速率能达到350Mbps的下载速度和40Mbps的上传速度，更安全可靠，有更多的卫星和更大的容量作为支撑，时延在20-40ms。

图：Starlink toC 业务



资料来源：SpaceX官网，国信证券经济研究所整理

图：Starlink toB 业务



资料来源：SpaceX官网，国信证券经济研究所整理

业务收入包括终端产品和订阅服务费，资费按场景差异化定价

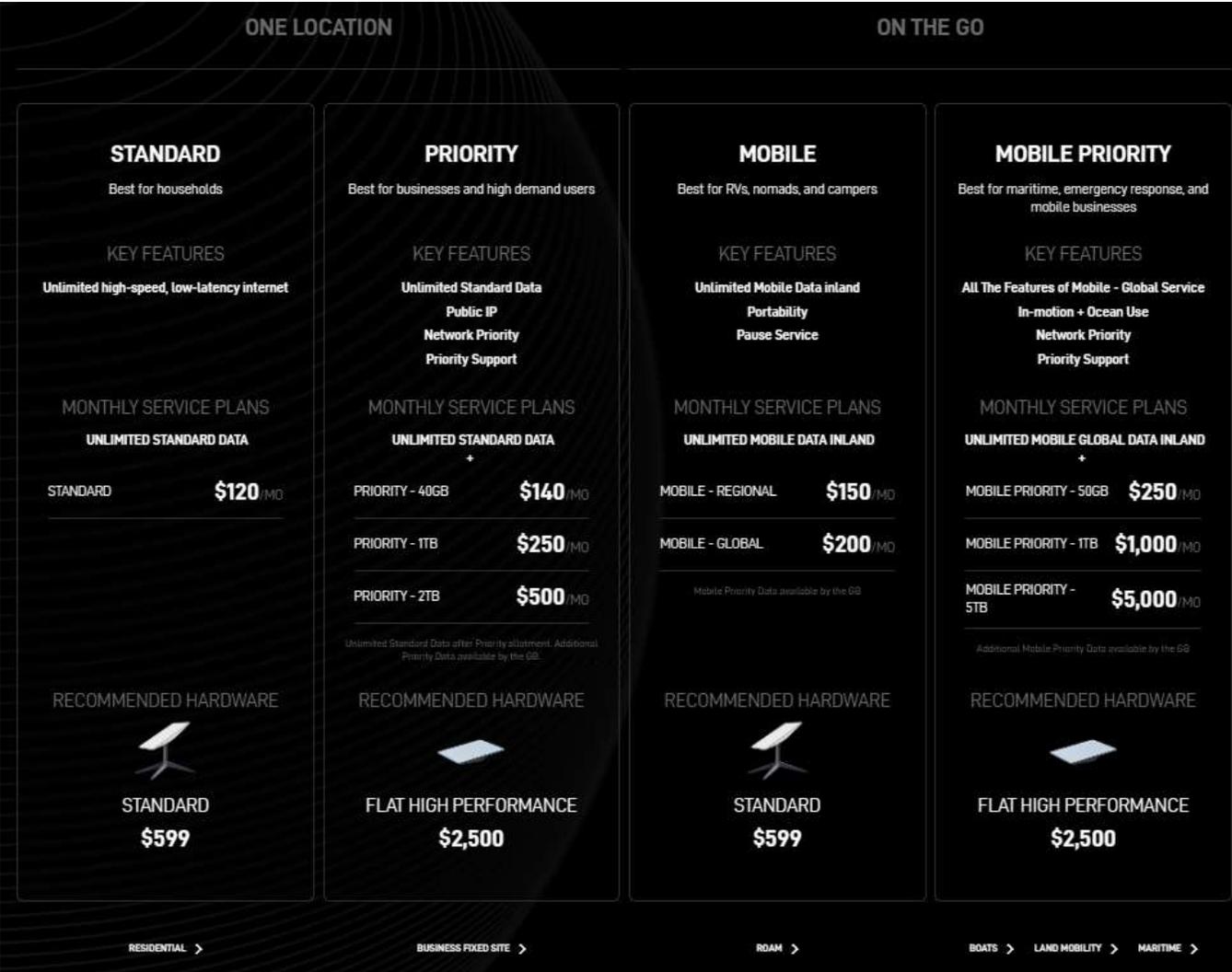
星链的服务费用包含两部分——订阅费和终端费。

- ▶ 终端主要分标准档和高性能档。对优先级 (Priority) 用户来说，硬件费用为2500美元，非优先级用户的硬件费用为599美元。标准款适合居家用户和日常互联网应用，如流媒体、视频通话、在线游戏等。高级款适合高需求用户、商业和企业应用。目前星链终端均为自研设备（下文有详解），手机直连将在今年开启。
- ▶ 订阅服务费根据流量分档。例如Mobile Priority的订阅费分为三档，50GB对应250美元/月，1TB对应1000美元/月，5TB对应5000美元/月。星链原本与其竞争对手最大的区别之一是承诺提供无限量的数据，但从2022年12月起，该服务开始限制流量上限，一旦达到数据限额就会降低连接速度。针对房车、露营这类场景，星链仍然是按月计费，但是允许用户随用随停，可以根据个人旅行需求定制服务。

标准版 (Standard)、移动版 (Mobile) 对应toC业务。

优享版 (Priority)、移动优享版 (Mobile Priority) 对应toB业务。

图：Starlink 收费标准



ONE LOCATION		ON THE GO	
STANDARD Best for households	PRIORITY Best for businesses and high demand users	MOBILE Best for RVs, nomads, and campers	MOBILE PRIORITY Best for maritime, emergency response, and mobile businesses
KEY FEATURES Unlimited high-speed, low-latency internet	KEY FEATURES Unlimited Standard Data Public IP Network Priority Priority Support	KEY FEATURES Unlimited Mobile Data inland Portability Pause Service	KEY FEATURES All The Features of Mobile - Global Service In-motion + Ocean Use Network Priority Priority Support
MONTHLY SERVICE PLANS UNLIMITED STANDARD DATA	MONTHLY SERVICE PLANS UNLIMITED STANDARD DATA	MONTHLY SERVICE PLANS UNLIMITED MOBILE DATA INLAND	MONTHLY SERVICE PLANS UNLIMITED MOBILE GLOBAL DATA INLAND
STANDARD \$120 /MO	PRIORITY - 40GB \$140 /MO PRIORITY - 1TB \$250 /MO PRIORITY - 2TB \$500 /MO	MOBILE - REGIONAL \$150 /MO MOBILE - GLOBAL \$200 /MO	MOBILE PRIORITY - 50GB \$250 /MO MOBILE PRIORITY - 1TB \$1,000 /MO MOBILE PRIORITY - 5TB \$5,000 /MO
RECOMMENDED HARDWARE STANDARD \$599	RECOMMENDED HARDWARE FLAT HIGH PERFORMANCE \$2,500	RECOMMENDED HARDWARE STANDARD \$599	RECOMMENDED HARDWARE FLAT HIGH PERFORMANCE \$2,500
RESIDENTIAL >	BUSINESS FIXED SITE >	ROAM >	BOATS > LAND MOBILITY > MARITIME >

资料来源：SpaceX官网，国信证券经济研究所整理

星链终端产品已发布第三代

表：Starlink 终端

	GEN 1 第一代终端	GEN 2 第二代终端			GEN 3 第三代终端
		标准版 (Standard)	高性能 (High performance)	平面高性能 (Flat high performance)	
尺寸	23.3英寸直径圆盘 (58.9cm)	513mm×303mm 高度：最大544mm，最小343mm	575mm×511mm 高度：最大613mm，最小440mm	575mm×511mm×41mm	23.4×15英寸矩形 (59×38cm)
实测网速 (1米范围)	436Mbps	570Mbps	-	-	864Mbps
防尘/防水	IP54：防尘5级；防水4级	IP54	IP56	IP56	IP67：防尘6级；防水7级
视野	100°	100°	140°	140°	110°
方向	电动自定向	电动自定向	电动自定向	固定方向	手动调整角度
融雪能力	-	高达 40 毫米/小时	高达 75 毫米/小时	高达 75 毫米/小时	高达 40 毫米/小时
能量消耗	-	50-75W	110-150W	110-150W	75-100W
定价	\$499 (成本高达\$3000, 后来降至\$1500以下)	\$599	\$2500	\$2500	\$599
上市时间	2020	2021	2021	2021	2023

适用场景

-

最适合住宅用户和日常互联网应用，如流媒体、视频通话、在线游戏等。

最适合高级用户、商业和企业应用程序。它可以在高温下实现更好的速度，可以连接到更多的卫星，并且对极端环境的适应能力更强。

专为移动应用和具有挑战性的环境而设计。凭借宽广的视野和增强的GPS功能，它可以连接到更多的卫星，从而在旅途中实现持续的连接。

星链还将推出“迷你星链”，可以装在背包里

示意图



toC版服务主要提供家庭、漫游、海上连接业务

星链个人版于2021年11月发布，具体分为3种应用场景：

- **住宅 (Residential)**：这是星链的旗舰计划，也称为星链标准版 (Standard)，允许位于偏远地区的用户访问高速和低延迟的互联网，目前该业务已经拥有签约客户超过100万户。订阅费120美元每月，在所有套餐中最低，用户可以期望下载速度高达220Mbps，上传速度为5-15Mbps，延迟为25-50ms。
- **漫游 (Roam)**：该服务允许用户在远离他们注册地址的地方连接互联网，星链最初命名它为星链房车版 (For RVs)。客户可以在星链获得运营许可的任何国家上网，但只限陆地上使用，主要针对房车或露营车等交通工具，目前该业务签约客户超过30万。
- **船舶 (Boats)**：该服务提供在水中的网络连接，覆盖地球上绝大多数的河流、湖泊、海洋，主要针对船只、石油钻井平台和游轮运营商。水上星链要求至少配备一个平面矩形终端，以确保冗余和减少阻塞，船载终端售价2500美元。

图：Starlink 个人住宅业务在德国传输速率测试



资料来源：Starlinkinsider，国信证券经济研究所整理

表：Starlink toC 版

场景	套餐分级	细分场景	订阅费	数据
Residential	标准版	家居	120美元/月	无限量基础数据
	地区版	房车、露营、跨州旅行	150美元/月	
Roam	全球版	全球旅行	200美元/月	无限量漫游数据，会员版享有定量的优先数据
	50GB会员版	全球范围内更高速稳定的网络	250美元/月	
Boats	50GB会员版	海上的低带宽活动，如导航、更新天气	250美元/月	
	1TB会员版	海上观看在线电影、拨打视频电话、游戏等	1000美元/月	无限量漫游数据 定量优先数据
	5TB会员版	拥有船员的大型船只上的高速网络	5000美元/月	

资料来源：Starlink，国信证券经济研究所整理

toB版服务主要覆盖航海、飞机、车、房屋（1/2）

星链商业版于2022年2月发布，同时还推出一款高性能矩形终端，售价2500美元。具体分为4种应用场景：

- **固定位置 (Fixed Site)**：该服务适用于在固定位置使用高速网络的用户，例如企业、政府、大型组织等。根据使用规模的大小，分为三档，备用网络或小型企业对应40GB \$140每月，拥有5-10个用户的中小型企业对应1TB \$250每月，拥有10-20个用户的中型企业对应2TB \$500每月。星链承诺提供不限量的标准数据量、40-220+Mbps的下载速度和8-25+Mbps的上传速度。
- **移动使用 (Land Mobility)**：该服务满足了用户在移动过程中使用高速网络的需求，配备的平面矩形终端具有更广阔的视野和增强的GPS功能，可以连接更多的卫星，在移动中也保持和静止使用时一致的吞吐量。主要针对移动企业和公共部门应用，包括应急响应、卡车运输、公共汽车、班车、移动医疗诊所和新闻广播等。
- **海事 (Maritime)**：该服务提供海洋和水道中的网络连接，覆盖国际水域。订阅费与移动使用 (Land Mobility) 是一致的。
- **航空 (Aviation)**：该服务为私人飞机提供高速网络，现已在部分机身上使用，订阅费为2.5万美元每月，机载终端售价15万美元。

图：Starlink 私人飞机业务图示



资料来源：Starlink，国信证券经济研究所整理

表：Starlink toB 版

场景	套餐分级	细分场景	订阅费
Fixed Site	40GB会员版	小型企业，或作为备用网络	140美元/月
	1TB会员版	拥有平均带宽需求的中小型企业（5~10个使用者）	250美元/月
	2TB会员版	拥有较高带宽需求的中型企业（10~20个使用者）	500美元/月
Land Mobility	50GB会员版	移动过程中的低带宽活动	250美元/月
	1TB会员版	重要的活动，如应急响应	1000美元/月
	5TB会员版	高带宽且重要的活动，如火车、应急响应	5000美元/月
Maritime	同Land Mobility	海洋上低带宽/中等需求/高带宽	同Land Mobility
Aviation	会员版	飞机上的高速网络	25000美元/月

资料来源：Starlink，国信证券经济研究所整理；注：toB版均含无限量漫游数据，优先数据则视套餐而异

toB版服务主要覆盖航海、飞机、车、房屋 (2/2)

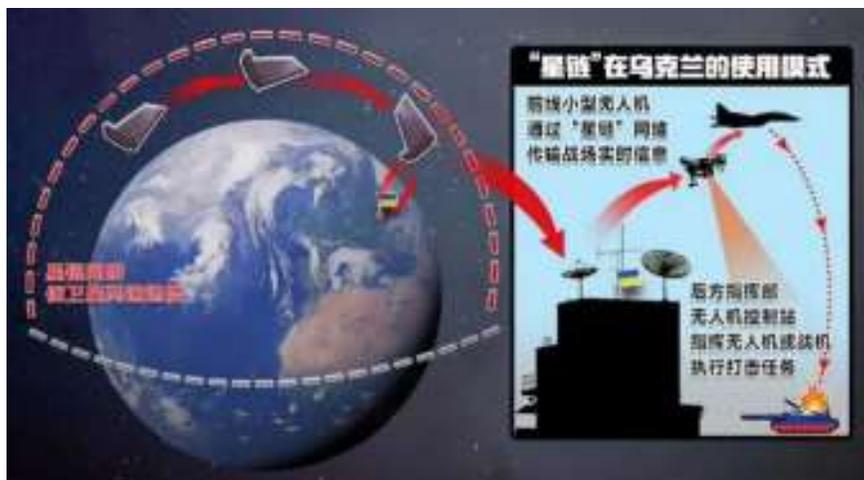
表：星链 toB 服务一览

	行业	具体应用	成功故事
固定站点 (Fixed Site)	建筑业	连接更多设备并与跨站点的员工和业务合作伙伴进行实时协调。	 <p>世界第二大鲑鱼养殖场 AquaChile在采用星链后，下载速度相比原来的GEO网络提高了110倍，延迟降低了12倍，可以进行高效的视频会议和通话。</p>
	零售与酒店业	集成销售点和后台系统，访问云应用程序并启用WiFi热点。	
	能源与公用事业	通过实时数据分析和高速互联网增强最偏远站点的运营。	
	农业	实时收集和分析物联网数据，以识别威胁并做出明智的决策。	
	金融服务业	实时保护数据管理和云业务应用程序，促进数字交易。	
陆地移动 (Land mobility)	教育业	连接整个教室并确保所有学生都能够访问学习内容。	 <p>铁路公司 Brightline 在其火车车队中部署了星链系统，使无形成本降低了60%，业务成本降低了80%，集体成本相比WiFi服务下降了70%。</p>
	应急服务	使应急响应人员能够协调和访问灾区的关键信息。	
	卡车运输	支持道路上车辆的导航、通信和流媒体服务。	
	健康服务	通过移动健康应用程序的优先连接来管理安全的患者健康数据。	
	建筑业	促进建筑工地的项目管理、数据传输和远程协作。	
海事 (Maritime)	能源业	为最偏远地区的服务车辆和临时现场站点提供高速连接。	 <p>全球最大邮轮公司 Carnival Corporation 采用星链使网络吞吐量提高了3倍，延迟降低了10倍，并提高了宾客和船员的满意度。</p>
	商业船只	无缝导航与实时天气更新和监控。	
	商业捕鱼	通过确定位置和适应天气来优化捕鱼产量。	
	海上探索	传输数据、上传图像和视频、实时分析以及保持远程区域的通信。	
航空 (Aviation)	海上能源	备份关键基础设施以防止停电，并支持物联网应用。	
	视频与会议	延迟低至20ms，乘客在飞行中可进行视频通话、在线游戏、私人热点等。	

资料来源：Starlink官网，国信证券经济研究所整理

星链在俄乌事件发挥特殊作用

图：乌方指挥控制系统获得通信方式之一



资料来源：环球网，凤凰网，国信证券经济研究所整理

图：乌克兰附近星链地面站分布



资料来源：太空与安全官微，国信证券经济研究所整理

图：乌方指挥控制系统获得通信方式之一



资料来源：Getty Images，国信证券经济研究所整理

图：SpaceX要求美国国防部承担“星链”在乌运行费用



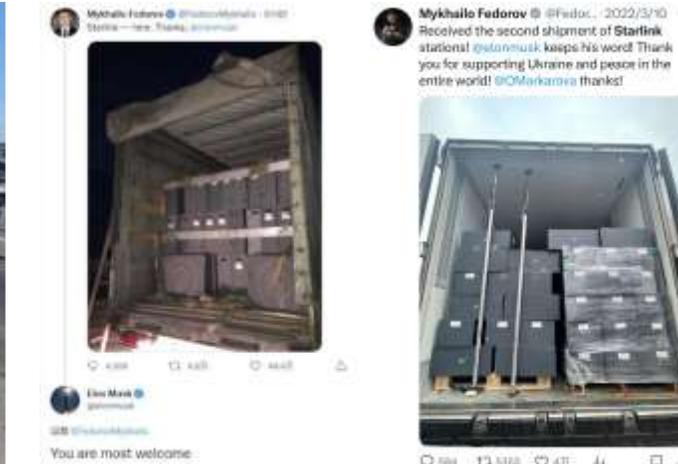
资料来源：CCTV4，国信证券经济研究所整理

图：美军方采购数百套星链终端援助乌



资料来源：CCTV4，国信证券经济研究所整理

图：乌克兰数字发展部部长感谢星链援助



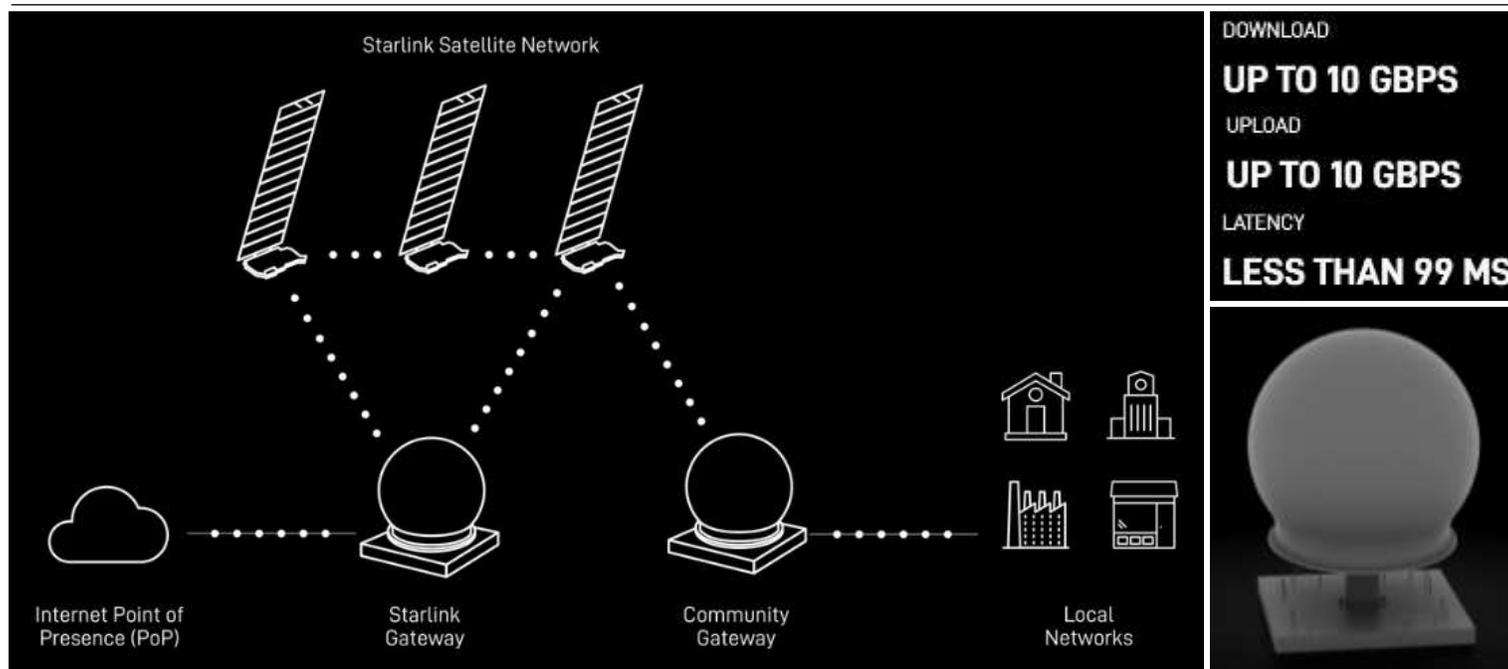
资料来源：X平台，Mykhailo Fedorov，国信证券经济研究所整理

2024年初新开设社区服务，实现10Gbps速率

2023年9月，星链宣布第一个社区网关已在美国阿拉斯加州的偏远岛屿部署完毕。该网关由四个6英尺宽的球形天线组成，连接速度最可、达10Gbps。SpaceX去年9月和电信运营商ISP OptimERA合作，在阿拉斯加一个偏远岛屿上部署首个社区网关Starlink网络，号称可支持数千家新客户，并表示网络接入能力可“显著改善偏远地区网络覆盖情况”。

2024年1月，星链正式在官网推出社区网关计划，起价为75000美元/Gbps/月，一次性预付费用为125万美元。支付预付费用后，星链将帮助建造整个网关设施，借助社区网关，星链卫星能够提供类似光纤的速度，使用最后一英里光纤、固定无线和移动无线向家庭、企业和政府提供网络服务。

图：星链Starlink社区网关架构及连接速度



资料来源：Starlink，国信证券经济研究所整理

请务必阅读正文之后的免责声明及其项下所有内容

图：星链Starlink第一个社区网关部署完成



资料来源：Starlink，国信证券经济研究所整理

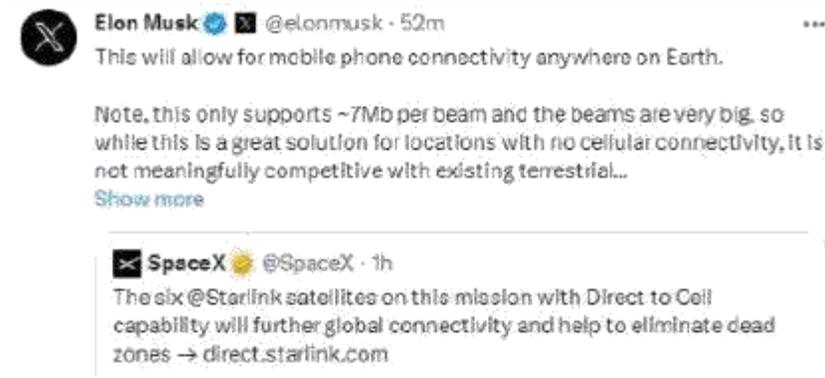
2024年将再开启手机直连卫星业务

星链于2023年10月在官宣将开启手机直连卫星功能。在2024年实现短信发送，2025年实现语音通话，2025年实现上网，并分阶段实现IOT（物联网）。公司官网宣称“卫星直连手机可以在偏远地区实现连接，只要你能看到天空，无须更改硬件、固件或特殊应用程序，即可无缝访问文本、语音和数据”。

该项业务合作的手机运营商及国家包括：T-MOBILE（美国）、OPTUS（澳大利亚）、ROGERS（加拿大）、ONE NZ（新西兰）、KDDI（日本）、SALT（瑞士）。

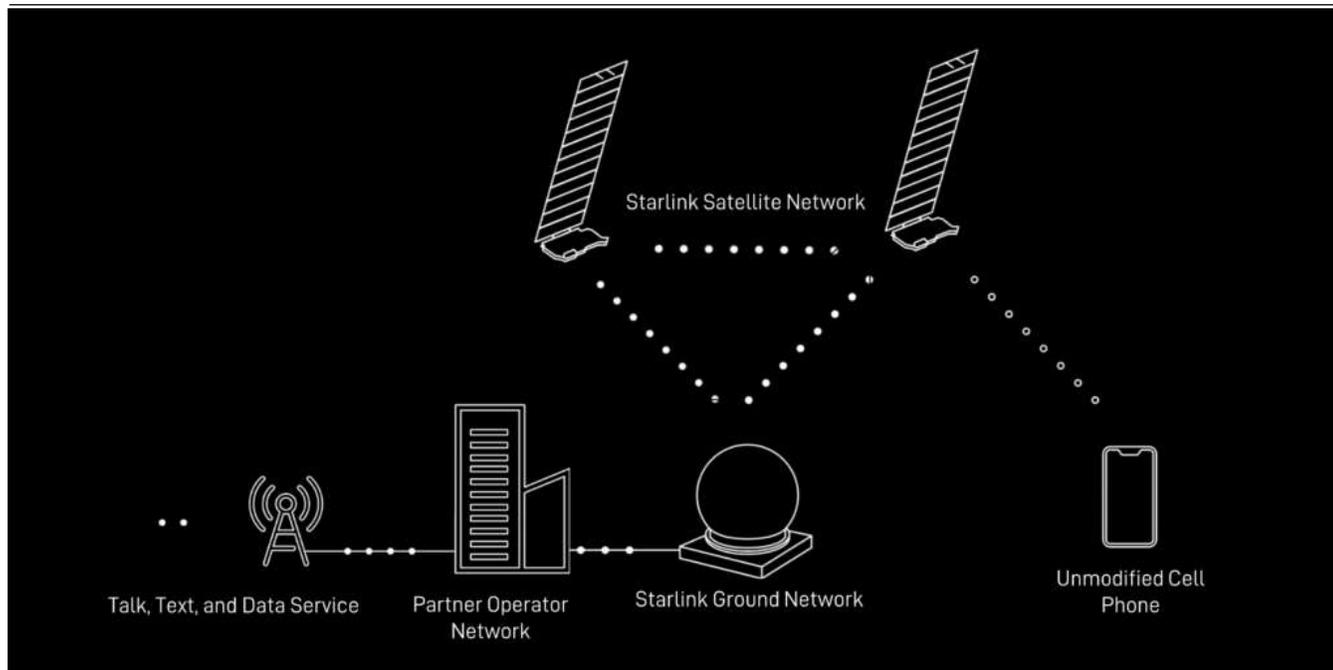
SpaceX在2024年1月3日发射了第131批、21颗星链卫星，其中包括6颗直连手机蜂窝的卫星。

图：SpaceX官宣6颗手机直连功能卫星发射成功



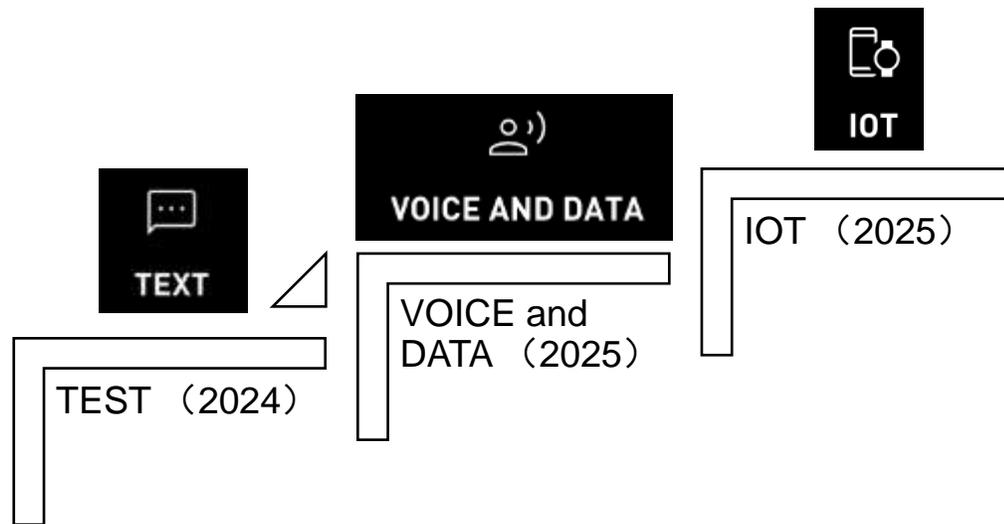
资料来源：X平台，国信证券经济研究所整理

图：星链Starlink手机直连卫星网络架构



资料来源：Starlink，国信证券经济研究所整理

图：星链Starlink手机直连业务规划



资料来源：Starlink，国信证券经济研究所整理

规划开启汽车直连卫星业务

星链的手机直连卫星功能或许会在将来应用于特斯拉汽车。星链软件开发师Julien Villa-Massone预计在2024年底，所有配备4G功能的特斯拉汽车能够获得基础的网络连接，网络速率会比较低，带宽大概是每150公里范围内共享18Mbps，可以用于应急通话。

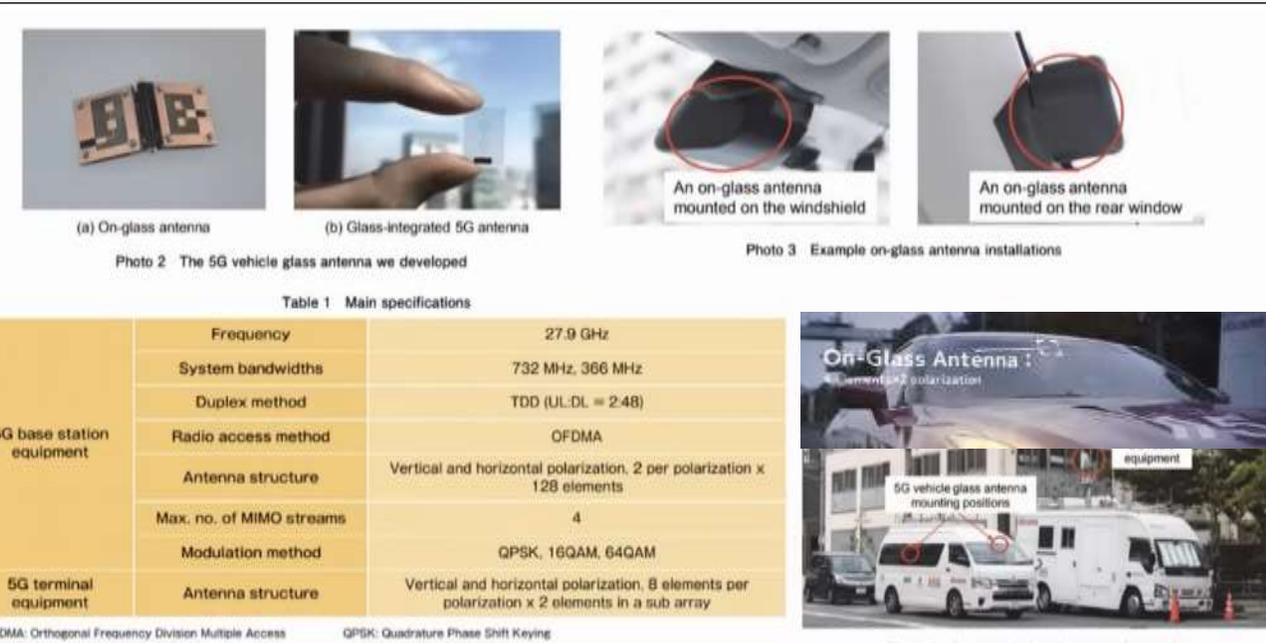
更进一步的网络应用需要较高的数据速率，星链可能尝试在汽车的前后挡风玻璃内部集成天线，这样将使每辆车获得超50Mbps的网速，足以进行视频通话和开启Wifi热点。目前已经有公司（AGC Technology）成功将天线嵌入玻璃中，考虑到特斯拉本身也生产玻璃，这种实现方式是极具可能性的。

图：星链-汽车直连卫星规划(预测)



资料来源：Julien Villa-Massone，国信证券经济研究所整理

图：嵌入玻璃中的5G天线以及安装位置示意图



资料来源：Julien Villa-Massone，国信证券经济研究所整理

星链与其他运营商业务对比，性价比整逐步显现

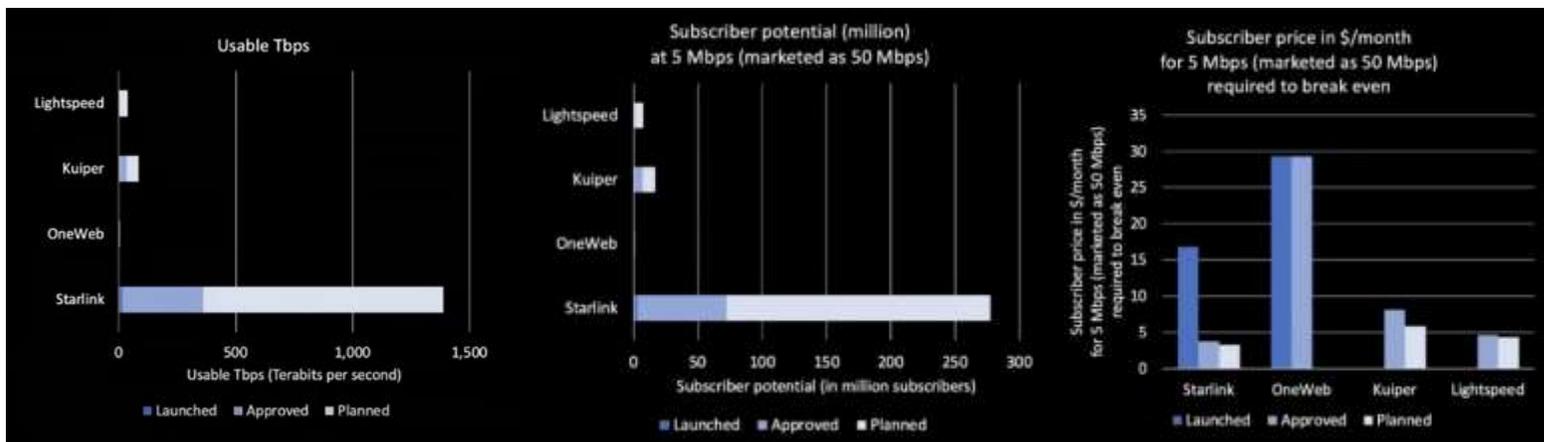
相比美国主要通信卫星，星链数据流量没有上限，下载速度更快。星链标准套餐仅需120美元每月，价格方面竞争优势大。通信延迟明显低于其他卫星运营商，使其参与到美国数字农村机会基金的竞争中。数字农村机会基金将耗费204亿美金对美国农村地区的宽带提供商进行补贴，星链可以充分受益该政策，对传统HTS运营商带来致命打击。此外，星链网络性能相比传统通信运营商如Verizon、T-Mobile等基本接近，随着其规模增大后规模效应逐步显现，其套餐价格在未来下降到通信运营商将更具市场竞争力。

相比全球卫星通信运营商，星链的网络容量、用户数以及月租费均领先同行。星链V2星座的网络容量超近1500Tbps、用户数或达到3亿户、用户月租费低于同行。

表：星链月租费与美国其他卫星及地面通信运营商对比

	流量套餐	价格 (美元/月)	设备费用	速率	时延
Starlink residential	Unlimited	\$120	\$599	25-220Mbps	25-50ms
Starlink Business	Unlimited	\$250	\$2,500	100-220Mbps	25-50ms
Starlink Roam	Unlimited	\$150	\$599	5-220Mbps	25-50ms
Starlink Mobility	Unlimited	\$250	\$2,500	100-220Mbps	25-50ms
Hughesnet	15-75GB	\$65-\$159.99	\$15/月 (早期 \$400/月)	25Mbps 超出套餐后 1-3Mbps	714ms
Viasat 25Mbps	60GB	\$50	\$10/月租	25Mbps 超出套餐后 1-5Mbps	672ms
Viasat 30Mbps	100GB	\$70	\$10/月租	30Mbps 超出套餐后 1-5Mbps	672ms
Viasat 40Mbps	150GB	\$100	\$10/月租	40Mbps 超出套餐后 1-5Mbps	672ms
Viasat 50Mbps	300-500GB	\$150-200	\$10/月租	50Mbps 超出套餐后 1-5Mbps	672ms
Verizon LTE	Unlimited	\$25-35	-	25-50Mbps	Sub-100ms
T-Mobile LTE	Unlimited	\$30	-	25-50Mbps	Sub-100ms

图：星链对比全球通信运营商网络容量（左图）、潜在用户数（中图）、月租费（右图）



资料来源：Julien Villa-Massone，国信证券经济研究所整理

资料来源：Starlink, Androidauthority, 国信证券经济研究所整理

星链未来可出售容量或远领先于同行



低轨卫星总带宽爆发性增长，全球卫星运营竞争已进入高通量时代，头部企业持续扩容。目前全球已有29家高通量卫星运营商，而面对新兴公司部署大量LEO卫星，传统卫星运营商也迅速作出反应，纷纷宣布各自的扩容计划，卫星总带宽将出现爆发式增长，行业全面进入高通量竞争时代。据Space Capital预测，2023年，卫星通信行业理论容量可达97Tbps，其中LEO卫星占比83%，MEO卫星11%，GEO卫星6%；到2026年，卫星通信行业的总理论容量将达218 Tbps，其中91%来自LEO，5%来自MEO，4%来自GEO，总可销售容量可能达到113 Tbps。

表：2023-2026年卫星运营商带宽竞争情况预测

运营商（轨道）	2023				2026			
	总容量 (Tbps)	可出售容量 (Tbps)	下行速率 (Mbps)	时延 (ms)	总容量 (Tbps)	可出售容量 (Tbps)	下行速率 (Mbps)	时延 (ms)
Starlink (LEO)	75.3	37.7	100-300	30-45	131.9	66.0	100-500	30-45
SES Global (MEO/GEO)	10.5	9.0	6-500 (03b mPower)	150 (MEO) ; 700 (GEO)	10.4	9.0	6-500 (03b mPower)	150 (MEO) ; 700 (GEO)
Viasat+Inmarsat (GEO→LEO/HEO/GEO)	4.0	3.4	20-100 (Viasat-3)	700	5.4	4.5	20-100 (Viasat-3)	50 (LEO)-700 (GEO)
Eutelsat (GEO)	0.7	0.6	22-100	650	1	0.6	22-100	650
OneWeb (LEO)	5.5	1.3	50-200	50-100	6	1.3	50-200	50-100
Echostar/Hughes (GEO)	0.8	0.6	20-100	724	0.7	0.6	20-100	724
Intelsat (GEO)	0.2	0.2	50	600	0.2	0.2	50	600
Telesat (GEO→LEO/GEO)	0.1	0.1	20	700	7.5	3.7	100-500 (Lightspeed)	40 (LEO) ; 700 (GEO)
Astranis (GEO)	0.1	0.06	30	700	1.3	0.7	30	700
Kuiper (LEO)					53.4	26.7	100-500	30-45
小计	97.2	53.0			217.8	113.3		

资料来源：Space Capital，国信证券经济研究所整理

星链今年收入或超60亿美元, 2030年或超过600亿美元

星链用户数快速增长, 其中仍然以C端用户为主, 2023年11月已经累计用户达230万用户, 2022年底用户数为100万户。根据我们测算, 2024年Starlink或实现营收64亿美元, 至2030年或实现营收或超过600亿美元。2026-2030年累计营收约2000亿美元, 其中终端和套餐费用分别占比约27%/73%。

表: Starlink 2023年9月用户分布情况

	Market	Focus/Priority	Footfall (activated & committed)
LAND	Consumer (incl. RVs)	✔	~1.75m subscribers
	USO / Civil Govt.	✔	~20k sites
	Enterprise Networks	✔	~200k subscribers
	Mobile Backhaul	✔	~1.5k sites
LAND/OCEAN	Military	✔	~5k sites
	Aero	✔	~200 planes
OCEAN	Passenger Vessels	✔	250+ vessels
	Yachts	✔	150+ vessels
	Merchant Shipping	✔	~3.5k vessels
	Oil & gas	✔	300+ vessels

资料来源: Euroconsult, 国信证券经济研究所整理

表: 星链营收预测 (单位: 万户、万美元)

	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
用户总数 (万户)	246	485	857	1489	2276	3373	4979	6903
用户新增数 (万户)	140	239	372	632	786	1097	1605	1924
C端用户数 (Residential+Roam)	210	410	710	1210	1810	2610	3710	5000
C端用户数新增 (Residential+Roam)	120	200	300	500	600	800	1100	1290
10亿家庭用户渗透率	0.21%	0.41%	0.71%	1.21%	1.81%	2.61%	3.71%	5.00%
船载用户数 (Boats+Maritime)	0.4	0.64	0.88	1.12	1.36	1.6	1.84	2.4
船载新增用户数 (Boats+Maritime)	0.2	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.56
8万船载用户渗透率	5.00%	8.00%	11.00%	14.00%	17.00%	20.00%	23.00%	30.00%
B端用户数 (Business Fixed Site)	31.5	61.5	106.5	193.6	307.7	469.8	704.9	1000
B端用户数新增 (Business Fixed Site)	18	30	45	87.1	114.1	162.1	235.1	295.1
B端用户相比C端用户比	15%	15%	15%	16%	17%	18%	19%	20%
车载用户数 (Land mobility)	3.6	12.6	39.6	84.6	156.6	291.6	561.6	900
车载用户数新增 (Land mobility)	2	9	27	45	72	135	270	338.4
9000万辆汽车卫星通信渗透率	0.04%	0.14%	0.44%	0.94%	1.74%	3.24%	6.24%	10.00%
私人飞机 (Aviation)	0.02	0.04	0.06	0.10	0.16	0.23	0.33	0.45
私人飞机新增 (Aviation)	0.02	0.02	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12
3万架私人飞机卫星通信渗透率	0.7%	1.2%	2.0%	3.2%	5.2%	7.7%	11.0%	15.0%
终端收入 (万美元)	124750	220500	345990	574216	715780	1005589	1499742	1664005
Residential/Roam单价	600	600	570	542	514	489	464	420
Residential/Roam收入	72000	120000	171000	270750	308655	390963	510695	541800
Business Fixed Site/Boats/Land mobility+Maritime 单价	2500	2500	2375	2256	2143	2036	1934	1750
Business Fixed Site/Boats/Land mobility+Maritime 收入	50500	98100	171570	298592	399408	605463	977556	1109605
Aviation单价	150000	150000	142500	135375	128606	122176	116067	105000
Aviation收入	2250	2400	3420	4874	7716	9163	11491	12600
服务收入 (万美元)	215760	429278.4	731907.36	1218197	1787347	2552715	3651929	4875529
Residential/Roam每月单价	70	70	67	63	60	57	54	51
Residential/Roam年收入	176400	344400	566580	917301	1303553	1785724	2411411	3087386
Business Fixed Site每月单价	80	80	76	72	69	65	62	59
Business Fixed Site年收入	30240	59040	97128	167735	253262	367349	523621	705688
Boats/Land mobility+Maritime每月单价	130	130	124	117	111	106	101	96
Boats/Land mobility+Maritime 年收入	6240	20654.4	59991.36	120685	211272	372549	680127	1034821
Aviation每月单价	12000	12000	11400	10830	10289	9774	9285	8821
Aviation年收入	2880	5184	8208	12476	19260	27094	36770	47634
总收入 (万美元)	340510	649778	1077897	1792413	2503127	3558304	5151671	6539534

资料来源: Euroconsult, 国信证券经济研究所整理; 备注: ARPU值与月租费差异主要系当年新增用户在网时间不同, 假设2030年家端用户达5亿

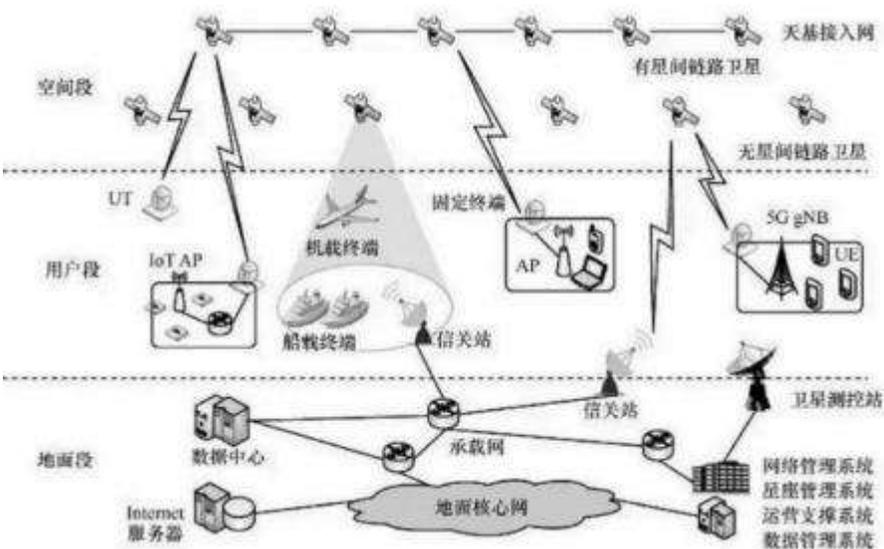
三、星链通信系统原理

低轨卫星与地面构成空天地一体网络架构，相控阵技术是核心

典型的低轨星座系统包括空间段、用户段和地面段3个部分：

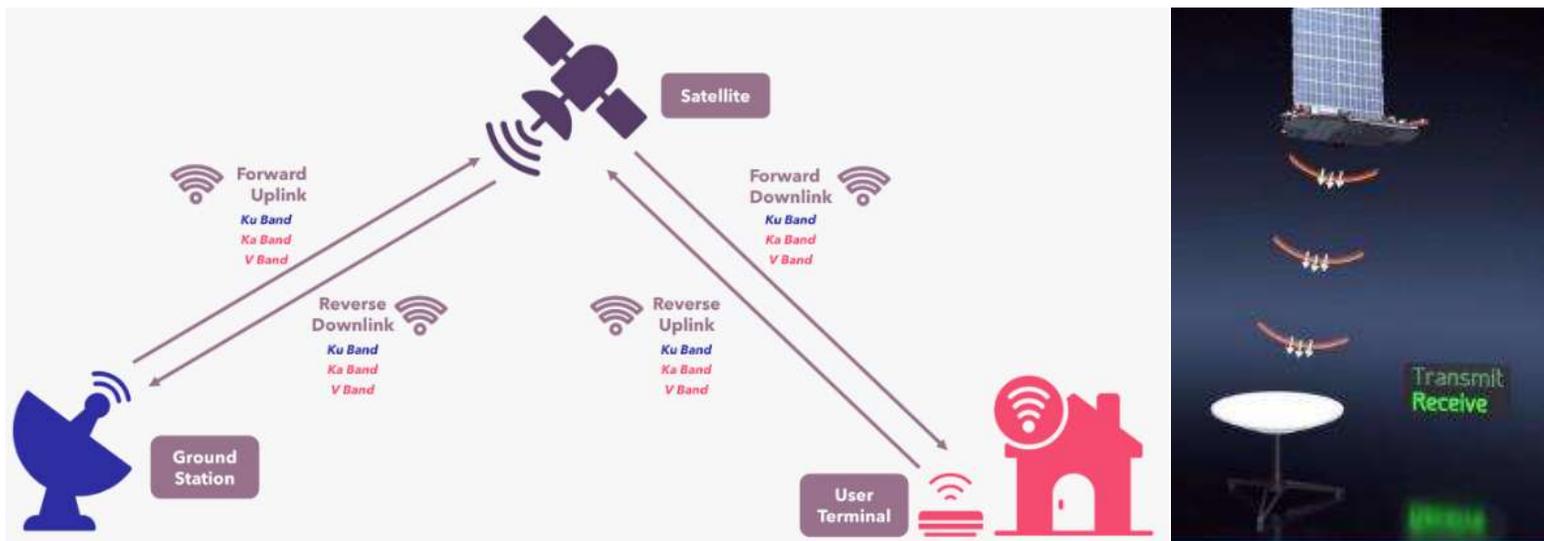
- **空间段**由低轨卫星和星间链路组成，形成空间传输主干网络。卫星在空间中均匀排布，普遍采用均匀对称的星座构型。卫星作为空间网络的接入节点，起到天基移动基站的功能。卫星间可建立微波或激光星间链路，实现数据包中继转发。
- **用户段**包括各类用户终端、综合信息服务平台以及业务支撑系统等。由于功率限制，目前低轨宽带通信必须采用固定终端（如Starlink地面天线+路由器）的形式建立局域网络以用于家庭接入；移动卫星终端主要用于卫星通话，远期集成于消费端应用或成为趋势。
- **地面段**包括信关站、综合运控管理系统以及连接地面核心网的基础设施。信关站起到连接卫星网络和地面网络的网关功能。综合运控管理系统包括网络、星座、数据、运营、数据等管理系统以及卫星测控站等，对全网进行综合管理和监控。

图：新型低轨星座网络总体架构



资料来源：陈全等，低轨巨型星座网络：组网技术与研究现状【J】，通信学报，2022, 43 (05)，国信证券经济研究所整理

图：星链网络工作架构



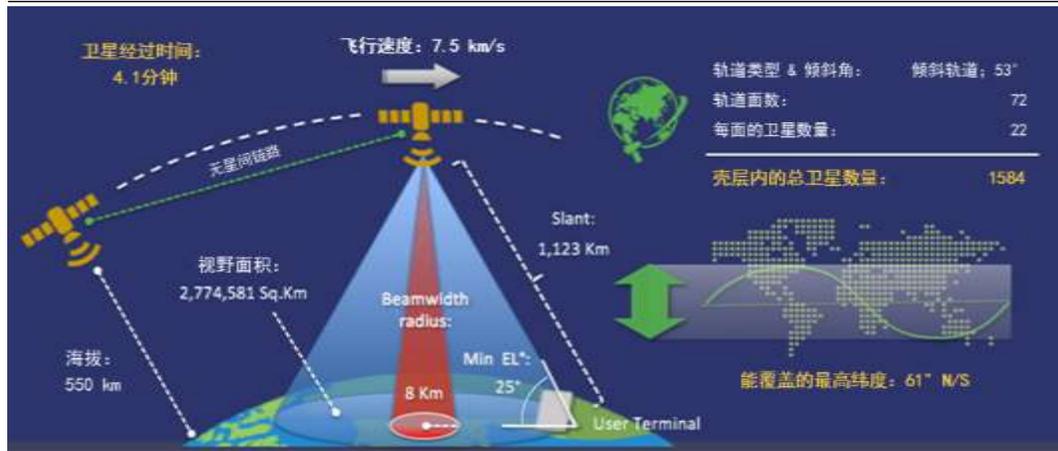
资料来源：Dgtlinfra, Tech Insights, 国信证券经济研究所整理

星链（约550km高度）覆盖面积约100万平方公里

在LEO星座中，卫星在550km左右的高度上运行，倾斜度在 $53^\circ \sim 97.6^\circ$ 之间，将具有相对较大的覆盖范围，其窄波束覆盖了约103万平方千米的相对较宽的服务区域。VLEO星座运行高度约为LEO星座高度的2/3，其卫星使用的点波束覆盖范围约为LEO星座波束面积的1/2。

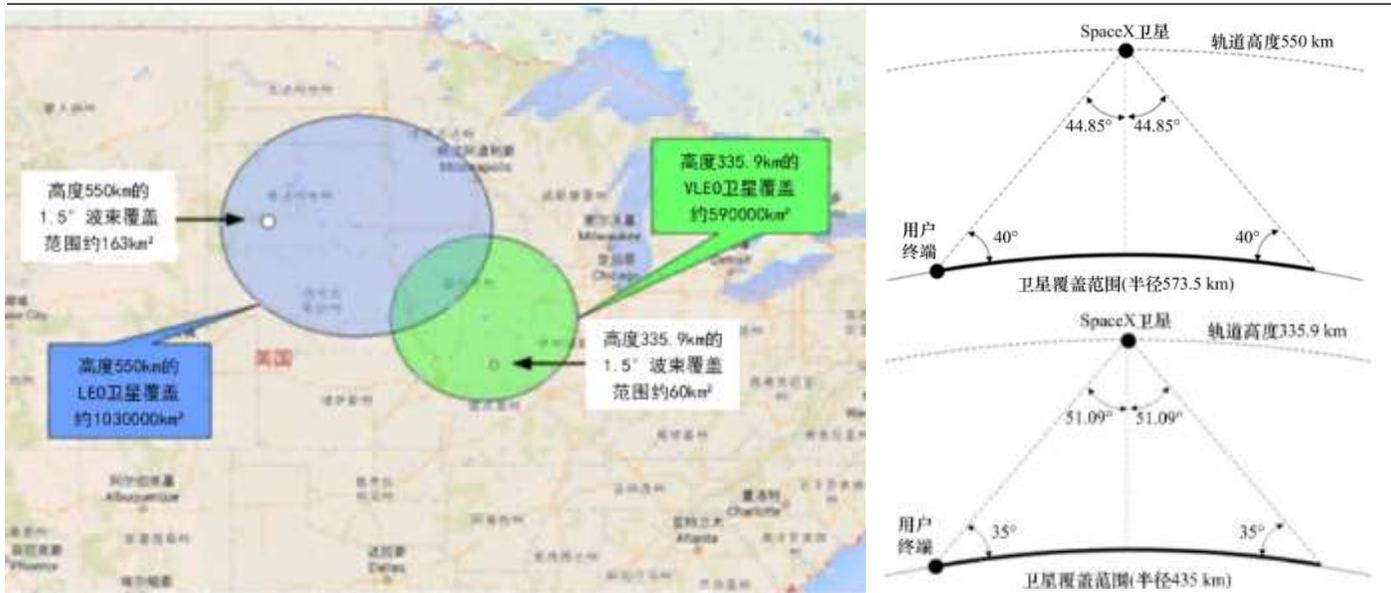
根据NSR分析，星链一代星的高度明显比OneWeb和Telesat的一代星更低，和亚马逊Kuiper星座的高度相近，在覆盖视图上也有一定重叠。星链一代星（壳层1部署550km高度）的卫星过顶终端切换时间约4分钟，一小时内固定位置过顶卫星切换约14.52次。飞行速度大约每秒7.5公里，一颗卫星绕地球一圈约90分钟。

图：星链一代星壳层1覆盖示例



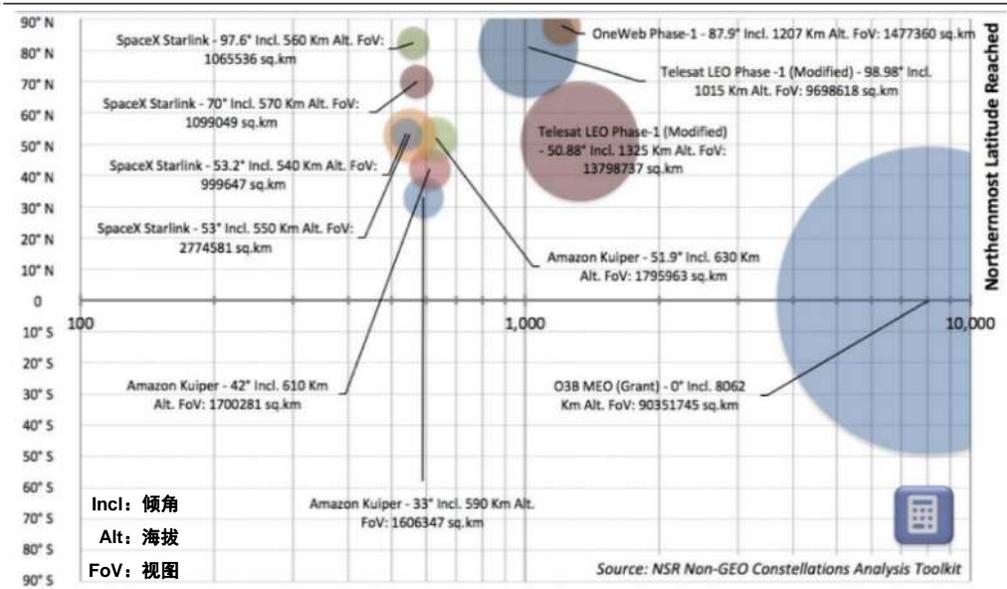
资料来源: Non-GE0 Constellations Analysis Toolkit, 国信证券经济研究所整理

图：LEO 和 VLEO 用户点波束比较覆盖范围及单个卫星覆盖面积



资料来源: 王迪等, Starlink卫星系统技术概要【J】, 航天电子对抗. 2020, 36(05), 国信证券经济研究所整理

图：星链一代星覆盖视图 vs. 其它低轨星座



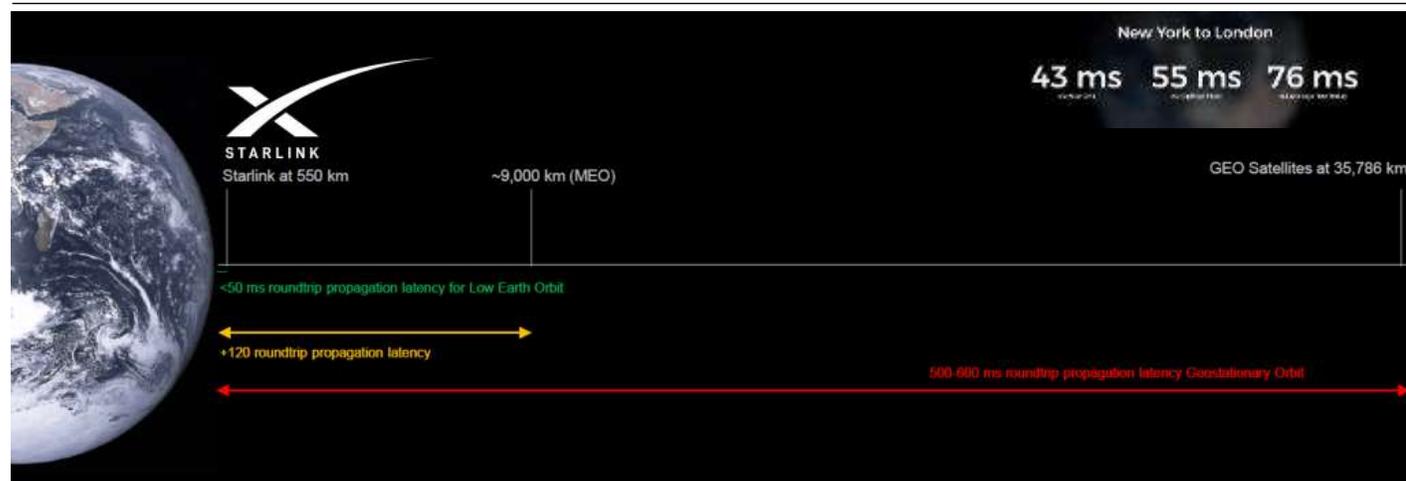
资料来源: NSR《Capabilities and Limitations of NonGEO Constellation》白皮书, 国信证券经济研究所整理

星链业务往返时延约40ms，跨区域网络通信优势明显

星链业务全球实测时延约40ms。目前星链网络在全球、北美、欧洲等地实测业务端到端往返时延约40ms。此外，根据刘帅军等学者在2020年的测算，星链在纽约到西雅图之间的端到端通信时间占比为98%，端到端往返时延仅为39.9ms，与地面光纤网络时延相当，两者相差仅7%。

理论物理距离上计算，如果由地面直接通信至550km轨道上的高架卫星，传输时间仅需1.8ms左右。测算方法为 $(550,000\text{m}) \div (299,792,458\text{mps}) = 0.00183460252359\text{s} \times (1000) = 1.83460252359\text{ms}$ 。

图：星链（GEO）与中轨、高轨卫星时延对比



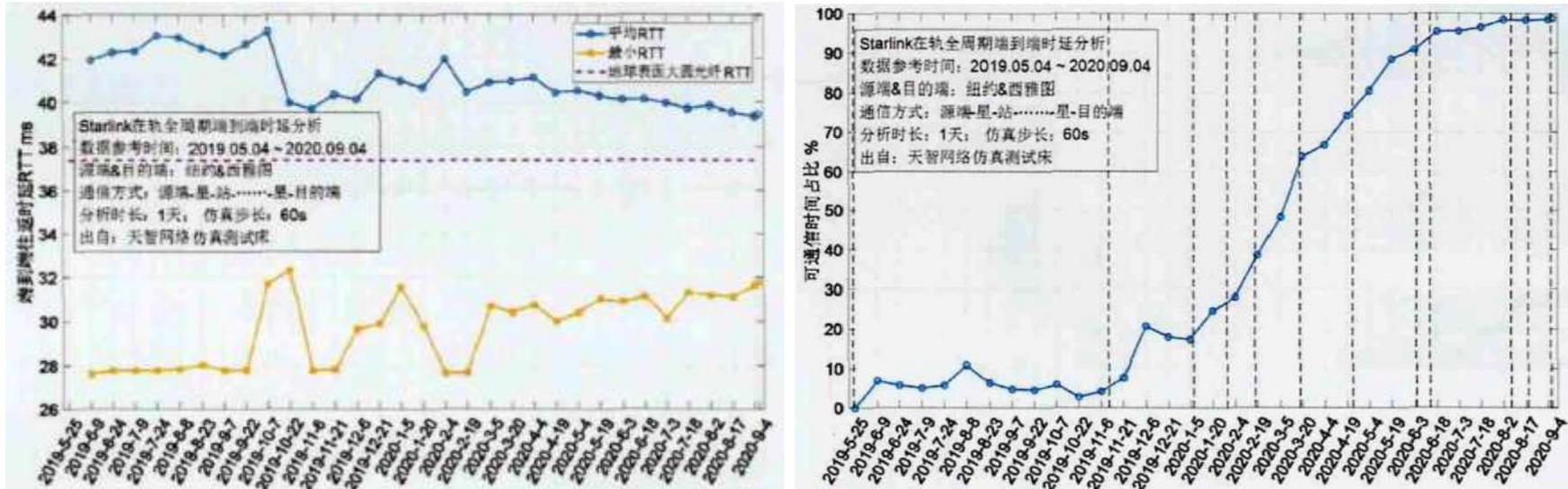
资料来源：Dgtl Infra，国信证券经济研究所整理

图：星链全球网络性能实测结果



资料来源：Wccftech，国信证券经济研究所整理

图：StarLink星座全周期端到端往返时延RTT分析和通信可用性分析(纽约到西雅图通信端到端)



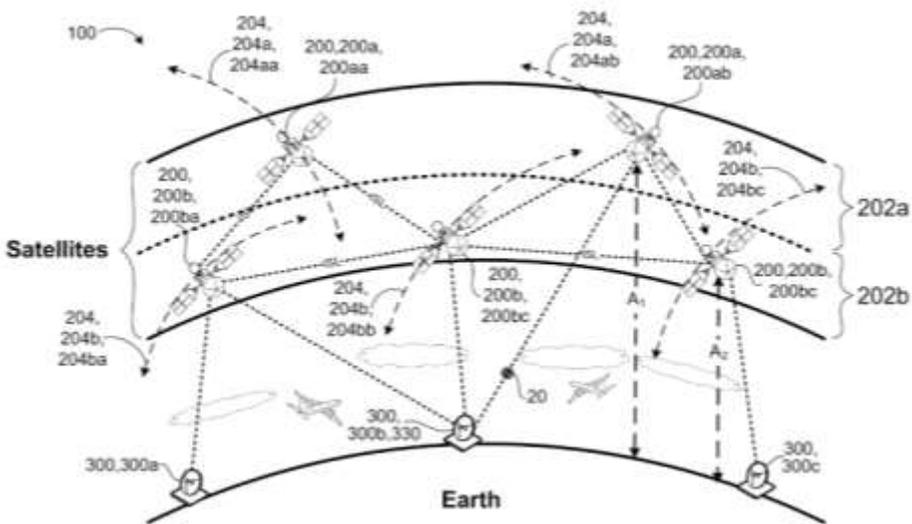
资料来源：刘帅军等，Starlink第一期星座发展历程及性能分析【J】. 卫星与网络, 2020(09):46-49, 中国科学院软件研究所, 天基综合信息系统重点实验室, 国信证券经济研究所整理

星链通过大规模组网保障覆盖有效性

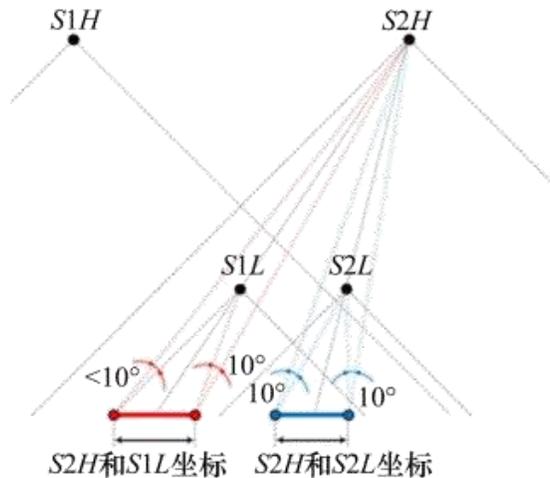
多轨道面组网，通过频段错位形成多层覆盖，可提升网络容量。系统将不同轨道高度的卫星与可操纵的窄点波束相结合，可优化频谱使用。系统可以将非“串连”卫星的波束定向到“串连”区域以提供服务，在满足服务需求的同时也防止了卫星容量闲置。

卫星规模组网，覆盖效率提升。卫星数量增加，可以降低星载相控阵天线和地面终端的波束扫描角度，有利于提高卫星及地面终端的相控阵天线功率效率，从而降低天线的功耗及重量。如下图所示，由于卫星数量的增加，星地链路传输距离变短，地面终端在高仰角工作，天线增益提升，提高了系统传输能力。

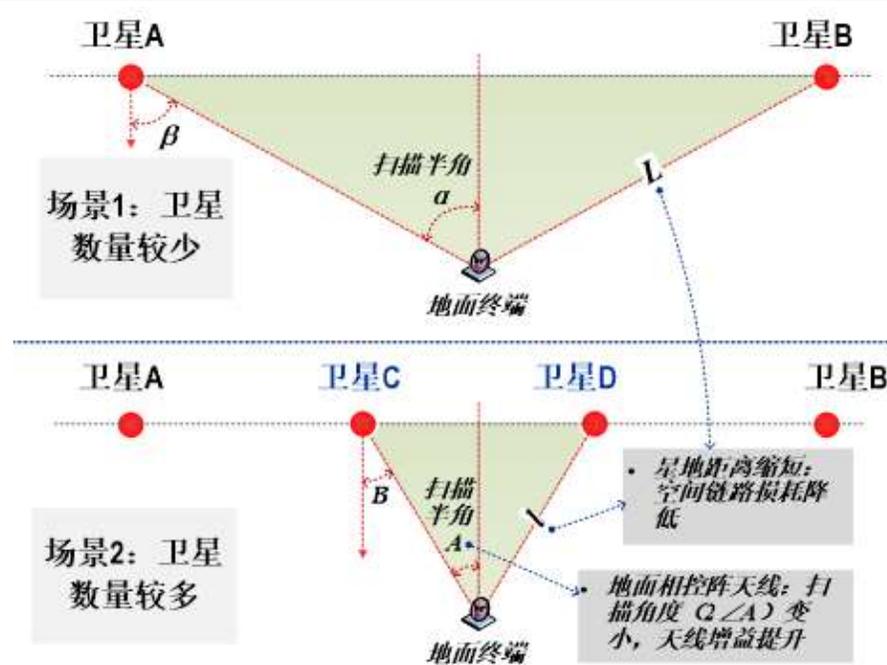
图：星链星座组网



图：LEO 星座与 VLEO 星座的协同工作



图：不同卫星规模下的地面终端波束扫描角度对比



资料来源：专利 US9973267B2，国信证券经济研究所整理

资料来源：王迪等，Starlink卫星系统技术概要【J】，航天电子对抗. 2020, 36(05)，国信证券经济研究所整理

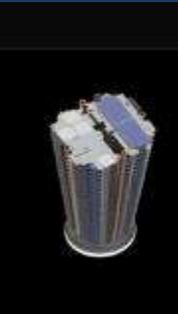
资料来源：肖永伟等，Starlink系统分析及对我国卫星互联网发展的启示【J】，卫星与网络. 2022，中国电子科技集团公司第五十四研究所，国信证券经济研究所整理

星链单星质量不断增长，通信能力日益增强

星链卫星迭代迅速，部署成本不断下降。自2019年发射首批V0.9测试卫星以来，星链卫星已经发展出了V1.0、V1.5、V2.0 mini等多种版本。随着星链卫星的重量不断增加，吞吐量也成倍地提升，单星带宽由V1.0版的18Gbps上升到现阶段V2.0 mini版的60Gbps，未来由星舰发射的V2.0 Starship版的带宽甚至达到170Gbps。卫星成本逐渐下降，星链V2.0 mini的单位带宽成本为35美元/Mbps，相较于V1.0下降了37.5%。

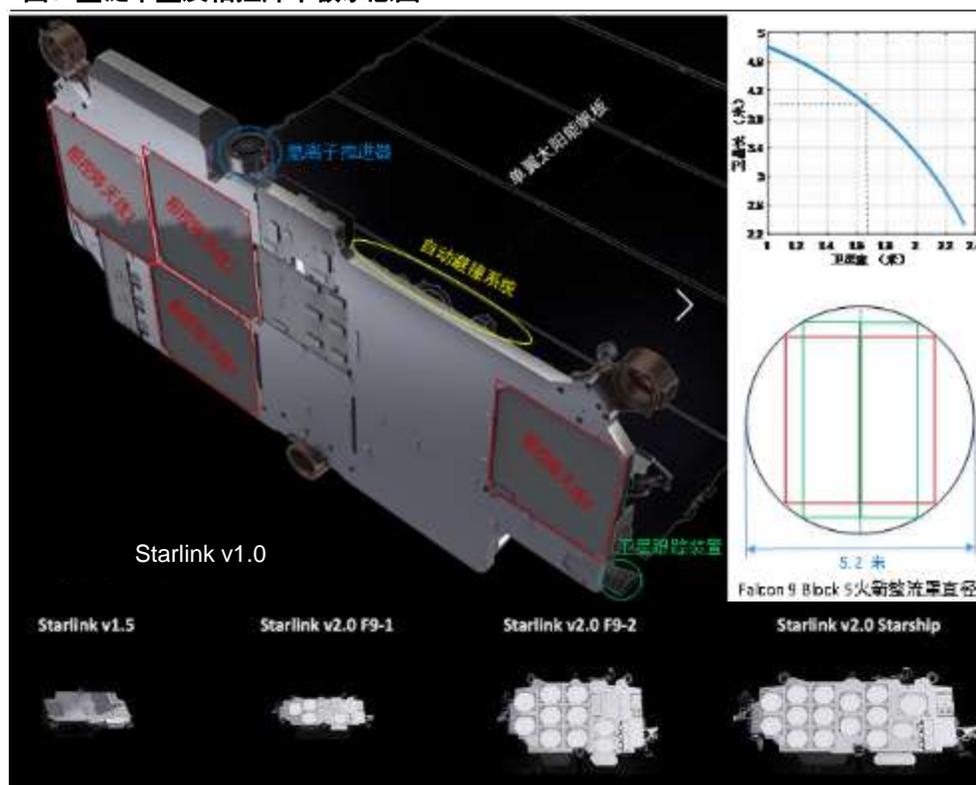
星链相控阵逐步变大，通信场景日益丰富。星链V1.0卫星采用了星上相控阵天线，且为4副平板相控阵，此后版本的相控阵数量均有所增加。据星链软件开发师Julien Villa-Massone透露，更大的相控阵可能是为了加入手机直连卫星的功能，为人口稀疏地区的通信提供保障。

图：星链卫星迭代设计及成本比较

设计	Starlink V1.0	Starlink V1.5	Starlink V2 F9-1	Starlink V2 F9-2	Starlink V2 mini	Starlink V2 Starship
卫星堆叠示意图						
状态	已发射	已发射	FCC备案 (可能不会实现)	FCC备案 (可能不会实现)	已发射	FCC备案
重量/kg	260	306	303	800	800	2000
单星尺寸/m	估计：长4×宽1.7	两者尺寸相近		-	长4.1×宽2.7	长6.4×宽2.7
Gbps/每颗卫星	18	15	18	70	60	170
发射方式	60颗（猎鹰9号）	60颗（猎鹰9号）	60颗（猎鹰9号）	16颗（猎鹰9号）	21颗（猎鹰9号）	50颗（星舰）
Tbps/每次发射	1.08	0.9	1.08	1.12	1.26	8.5
卫星制造+发射成本	卫星：3000万美元 发射：3000万美元	卫星：1800万美元 发射：3000万美元	卫星：1800万美元 发射：3000万美元	卫星：1100万美元 发射：3000万美元	卫星：1500万美元 发射：3000万美元	卫星：6000万美元 发射：1500万美元
总成本(万美元)	6000	4800	4800	4100	4500	7500
每Mbps的单位成本	56美元	53美元	45美元	37美元	35美元	9美元

资料来源：SpaceX, Julien Villa-Massone, 国信证券经济研究所整理

图：星链单星及相控阵平板示意图



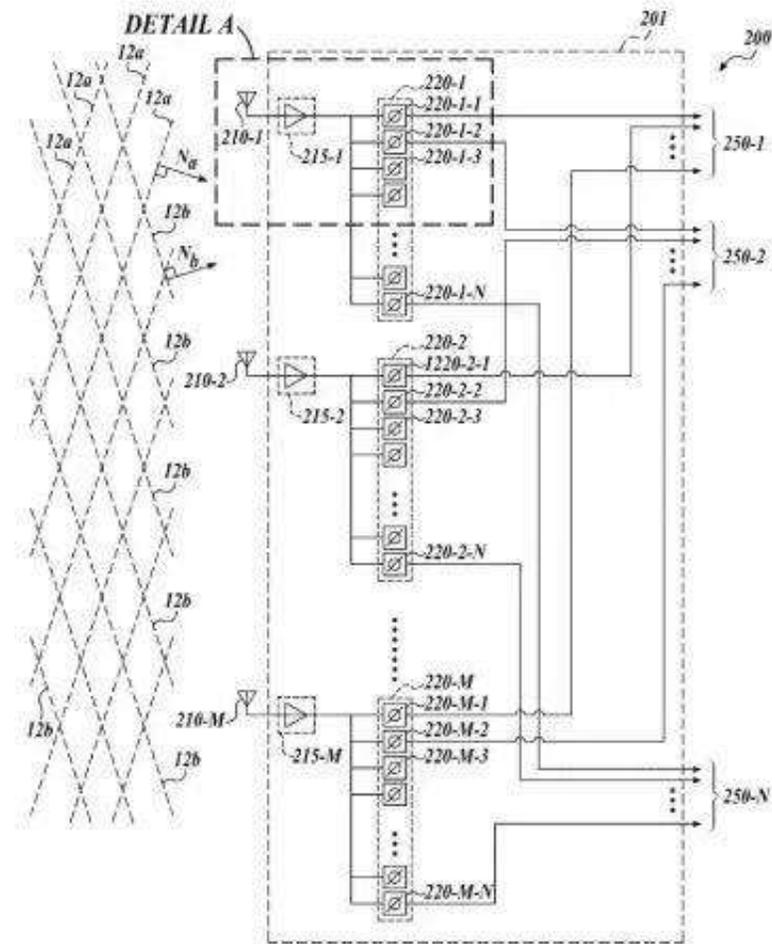
资料来源：刘帅军等，StarLink卫星/终端天线及星地链路协议探讨【J】，卫星与网络，2020，中国科学院软件研究所，天基综合信息系统重点实验室，国信证券经济研究所整理

星链卫星部署四副相控阵天线，形成多波束赋形

星链卫星配置4副相控阵天线。每颗卫星上都有4个Ku和Ka波段相控阵天线，其中两个用于和多个终端通信，另外两个用于与地面站通信以中继互联网流量。这些天线可以在短时间内处理和重定向大量吞吐量，从而降低一个数量级的成本。

星上相控阵天线形成多波束赋形。对收发端而言可采用同一套硬件平板结构，而在数字波束域进行不同信号处理。对于发送而言，可生成最多N个波束，即右图实现机制中250-1到250-N所示，此N路信号经过相位控制因子、低噪放/功放、M个天线阵子完成收发。

图：星链相控阵天线公布专利中实现机制

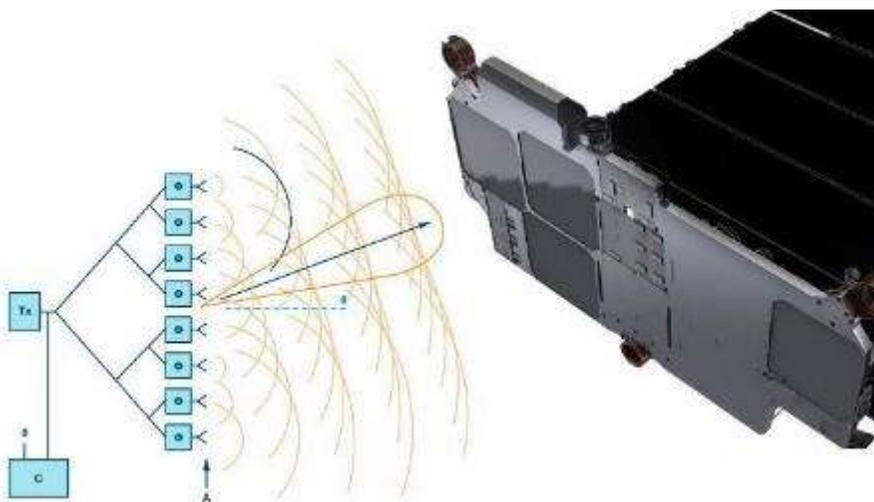


图：星链拥有4面相控阵天线连接地面信关站和终端



资料来源：Branch Education官网，国信证券经济研究所整理

图：星链相控阵信号辐射示意图



资料来源：Analog Devices & SpaceX, Alexcortieilla, 国信证券经济研究所整理

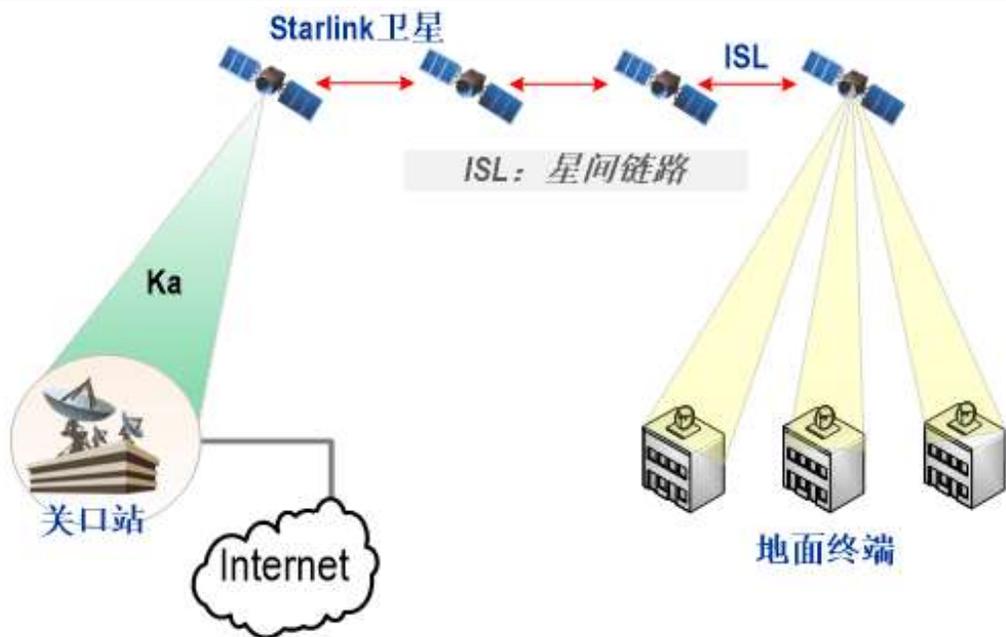
资料来源：专利US20210296789A1，国信证券经济研究所整理

星间激光已在星链V1.5配置，实现扁平化组网

星链采用激光星间链路 (Laser Inter-Satellite Link, LISL) 构建覆盖全球的卫星网络。这种链路分为两类：一类是轨道面内激光卫星间链路；另一类是轨道面间激光卫星间链路，其中包括相邻轨道面激光卫星间链路、邻近轨道面激光卫星间链路和交叉轨道面激光卫星间链路。

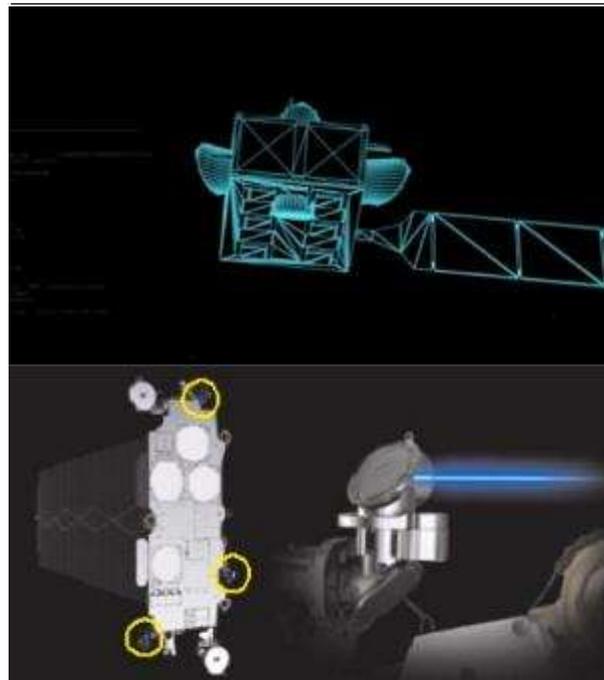
星链V1.5版的卫星均具有构建星间链路的4个激光通信模块，考虑到遮阳板会干扰激光通信终端，这些卫星不再有遮阳板，而是采用了改进的涂层避免对地面光照的影响。每颗卫星可以与同一轨道面的前、后的卫星以及邻近轨道面的左、右的（或它们之间的组合）卫星建立“永久的”激光通信链路。以编号49745的卫星为例，它与前面49742卫星和后面49740卫星构成同轨链路，前面卫星距离2348km，后面卫星距离2466km；与左边49761卫星和右边49762卫星构成异轨链路，左边异轨链的跟踪距离970~1370km，右边异轨链的跟踪距离1300~1630km。目前星链已经有9000个活跃的太空激光链路，链路可传输速率达到100Gbps。

图：基于星间组网的Starlink互联网接入服务架构



资料来源：肖永伟等，Starlink系统分析及对我国卫星互联网发展的启示【J】，卫星与网络. 2022，中国电子科技集团公司第五十四研究所，国信证券经济研究所整理

图：星链Starlink配置4个激光模块



资料来源：Starlink, Tesat, 国信证券经济研究所整理

图：单个卫星激光路径示意



资料来源：余舜京等，Starlink激光终端卫星现状分析【J】，无线电工程. 2023, 53(8), 国信证券经济研究所整理

星链V2 mini星座网络容量将达165Tbps

马斯克在2023年SpaceX总结会上表示，星链2023年部署的V2 mini星网络容量有望将现有网络容量从88Tbps提升至165Tbps。

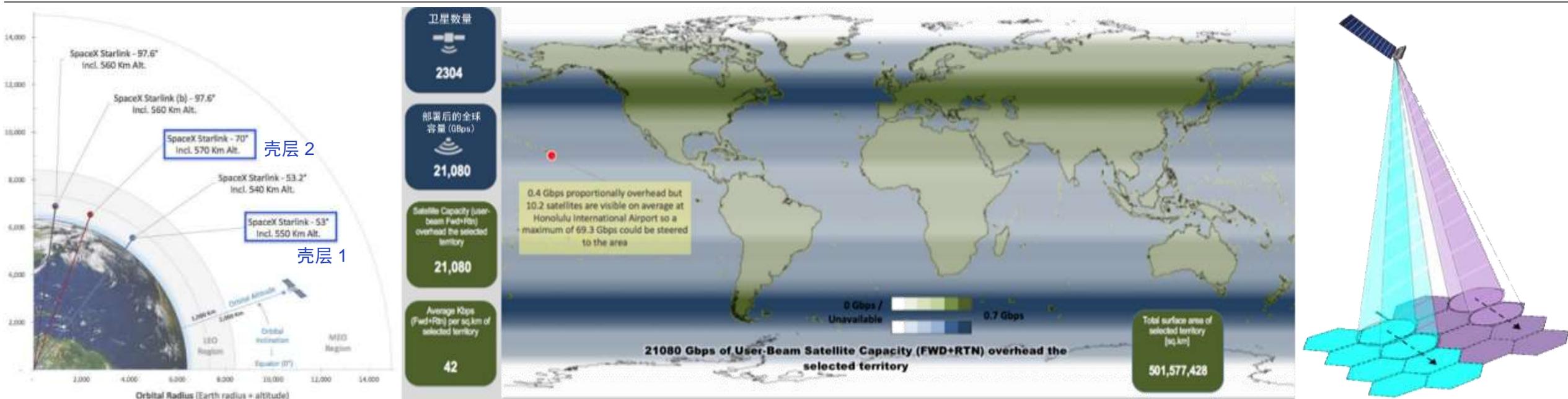
根据第三方机构NSA仿真评估，星链一代星在壳层1和壳层2完成组网部署情况下，整体2304颗星网络容量有望达到21Tbps。目前单星下行容量约10Gbps，双极化情况下约20Gbps。卫星下行带宽使用频段为10.7-12.75GHz，可用带宽约2GHz，64QAM的频谱效率约为5.11bit/Hz，则单星容量约10Gbps，若实现双极化，则单星下行容量约20Gbps。

图：星链系统工作频段

单位：GHz		Ku	Ka	V
用户	下行	10.7~12.7	-	37.5~42.5
	上行	14.0~14.5	-	47.2~50.2 50.4~52.4
网关	下行	10.7~12.7	17.8~18.6 18.8~19.3 19.7~20.2	37.5~42.5
	上行	14.0~14.5	27.5~29.1 29.5~30.0	47.2~50.2 50.4~52.4
TT&C	下行	12.15~12.25	18.55~18.60	37.5~37.75
	上行	13.85~14.00	-	47.2~47.45
信标	-	-	-	37.5~37.75

资料来源：SpaceX, FCC, 国信证券经济研究所整理

图：星链一代星（壳层1+2 2304颗星）网络部署容量、卫星载荷波束形态图示



资料来源：SpaceX, FCC, NSR, 国信证券经济研究所整理

星链未来V2星座容量或超1300Tbps，可容纳用户数约13亿户

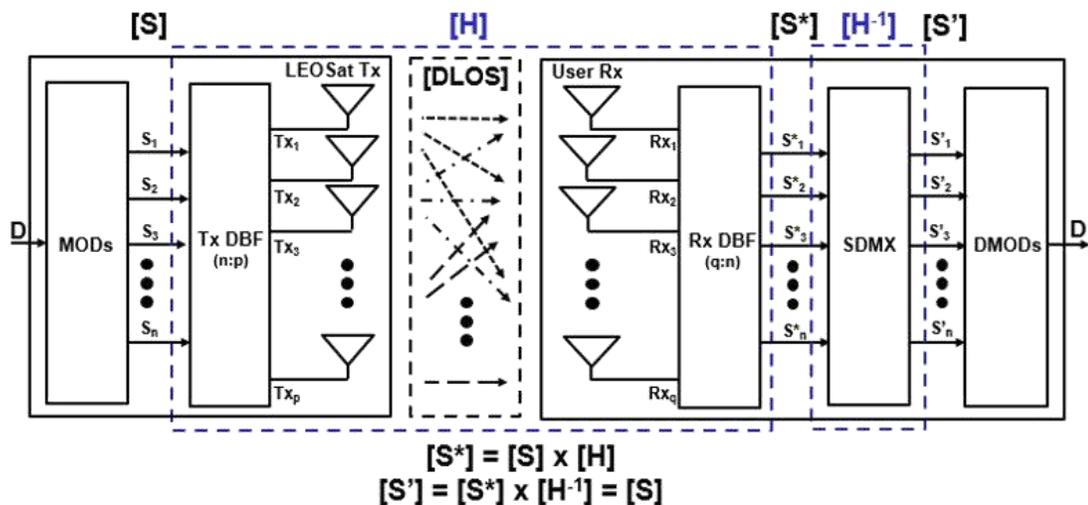
分析师Carlos A Rios模拟星链基于MIMO (Multiple Input Multiple Output) 空分复用机制形成多波束的网络容量仿真预测，假设星链卫星配置1024天线阵子下网络可容纳128流数据，二代星容量可达1.8Tbps，地面单个网关理论上行容量为15.5Tbps、地面单个用户理论承载速率为869Mbps；整体二代系统7158颗卫星组网状态下的网络容量或达到13372Tpbs，以单用户1.7M高清流媒体 (HD streams) 评估，整个系统可容纳用户数约13亿户。

图：星链V波段用户下行无线电路预算

Radio Specification	Legacy Starlink		Starlink2 DPSMXBF-128		
	Nadir	Slant	Nadir	Slant	Slant
Frequency (GHz)		41.9			41.9
Signal Bandwidth/Symbol Rate (MHz/Mbps)		225			225
Tx EIRP (p=256, dBW)	33.5		35.0	33.5	35.0
Path Distance (km)	320		431	320	431
FSPL (dB)	175.0		177.6	175.0	177.6
Rx Antenna Gain (q=1024, dBi)	35.6		33.4	35.6	33.4
Rx System Temp(K)		300.0			300.0
Available Rx C/N(dB)	14.4		12.2	14.4	12.2
64APSK 32/45 (4.21b/S) C/N (dB)	14.0			14.0	
32APSK 32/45 (3.51b/S) C/N (dB)			11.8		11.8
Link Margin(dB)	0.4		0.4	0.4	0.4
Single Stream Data Rate(Mbps)	947.3		789.8	947.3	789.8
Average Stream Capacity(Mbps)		868.9			868.9
Average Spotbeam Capacity (1/128, Gbps)		0.9			111.2
Max Satellite Capacity(16 SBs, Gbps)		13.9			1778.7
Max Constellation Capacity(7518 Sats, Tbps)		104.5			13372.2
Urban HH Constellation Capacity (2.5%, Tbps)		2.6			334.3
1.5Mbps Sessions av to 1300M Urban HHs (M)		1.7			222.9
Rural HH Constellation Capacity(17.5%, Tbps)		18.3			2340.1
1.5Mbps Sessions av to 63M Rural HHs (M)		9.1			63.0

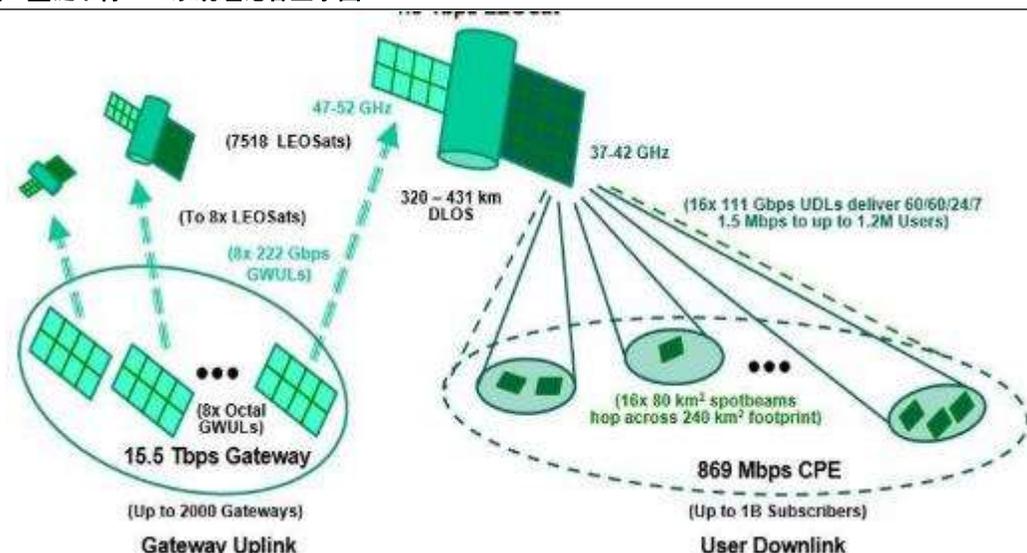
资料来源：Carlos A Rios, SPACENEWS, 国信证券经济研究所整理

图：星链下行MIMO矩阵示意图



资料来源：Carlos A Rios, SPACENEWS, 国信证券经济研究所整理

图：星链下行MIMO系统理论容量示意图



资料来源：Carlos A Rios, SPACENEWS, 国信证券经济研究所整理

星链信关站已部署150个

目前有150个正在运行的星链Starlink网关。另外13座在获得监管部门批准后仍在建设中。最后，另有19个地点正在等待开工。

图：星链信关站分布图(截止2023年10月26日)



资料来源：SpaceX, Starlink Insider, Nathan Owens, 国信证券经济研究所整理

信关站配置八个以上天线，处理速率可达100Gbps

星链拥有2GHz的运行带宽，目前每500MHz信道可达4Gbps，2GHz带宽的网关有4个信道的能力，Gateway V3 能够提供最大16Gbps速度。与现实的最大值12.8 Gbps基本相符。整个网关（通过8或9个天线罩）一次最多可与八到九颗卫星通信，处理速度可达100Gbps。

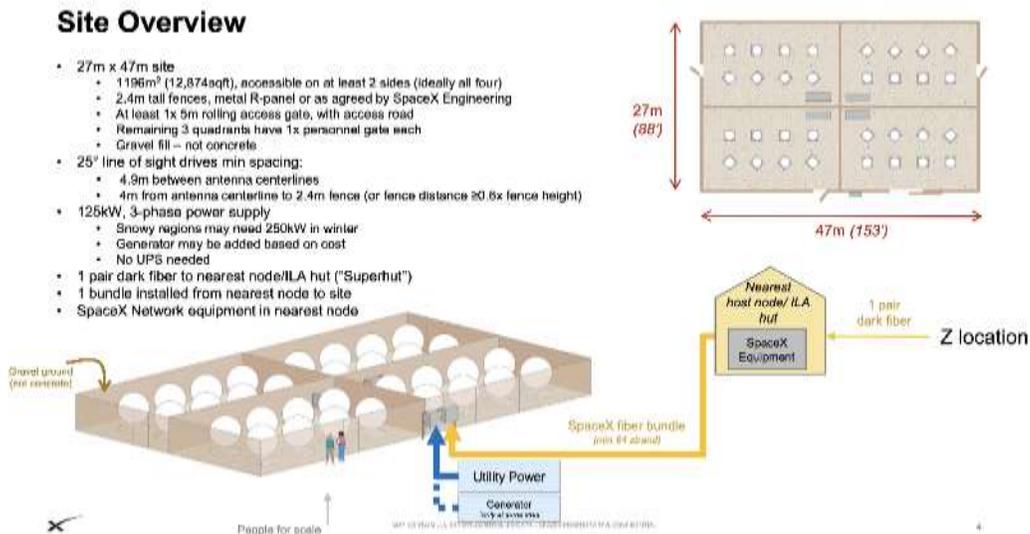
Starlink V3 网关是一个完全集成的Ka天线和运动平台，组装在一个耐候外壳（天线罩）中。网关是定制的可操纵抛物面天线，网关不放置在客户家中——它们位于电信站点的围栏后面。

图：星链信关站部署实景图

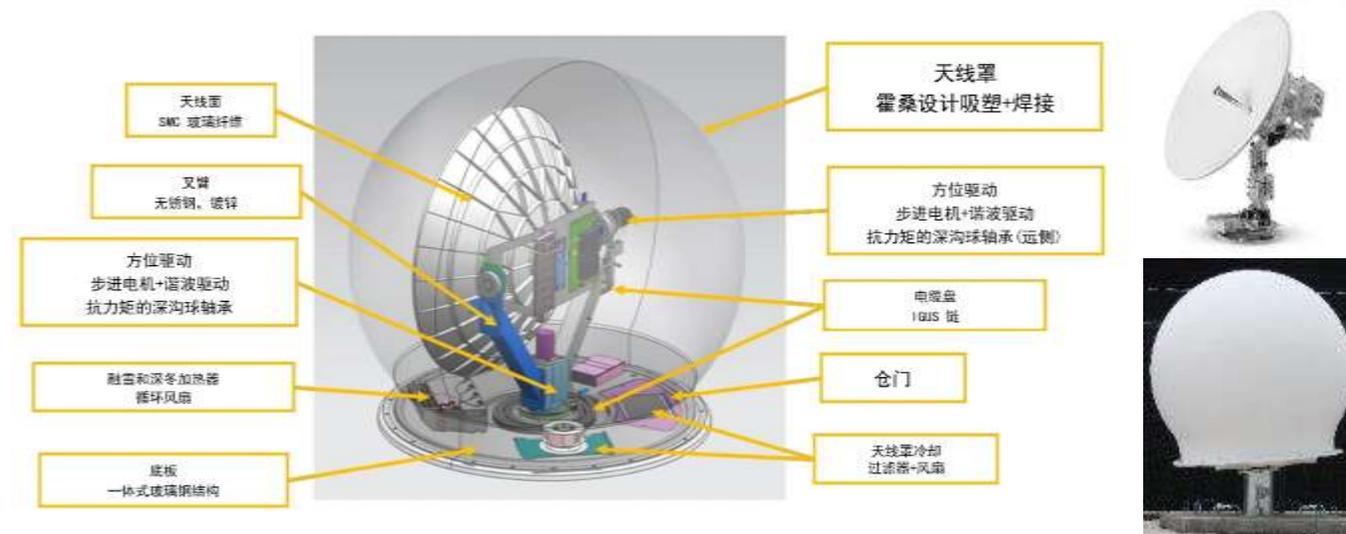


资料来源：SpaceX, Reddit, 国信证券经济研究所整理

图：星链信关站部署示意图



图：星链信关站解剖



资料来源：Starlink Gen2 Gateway “Megsites”，国信证券经济研究所整理

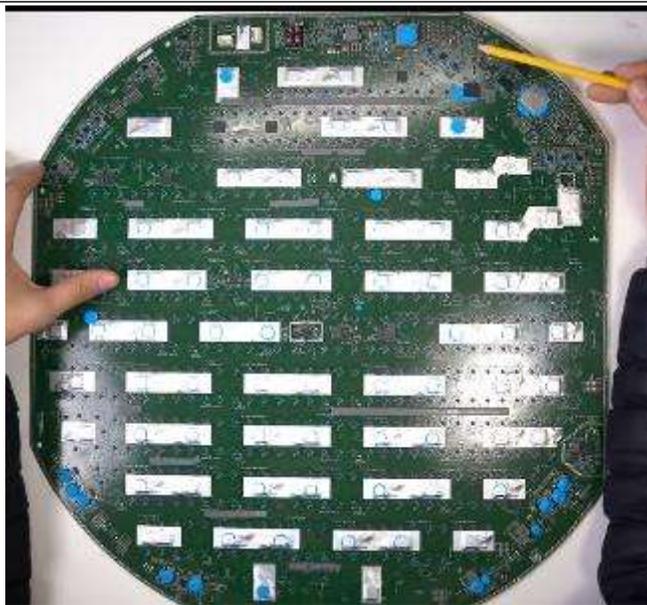
资料来源：SpaceX, Reddit, 国信证券经济研究所整理

地面终端由天线+路由器组成，二代天线内置16个通道

一代终端天线是一个圆盘状，直径约22英寸（56cm），射频链路部分由两种芯片构成。小的芯片应该是负责T/R的前端芯片，大的芯片负责8个小芯片，具有8通道，带有调幅、调相、混频等功能。芯片部分的比例是1:8，总共有79个大芯片，632个小芯片，结合阵面天线单元数量接近1300个阵元。

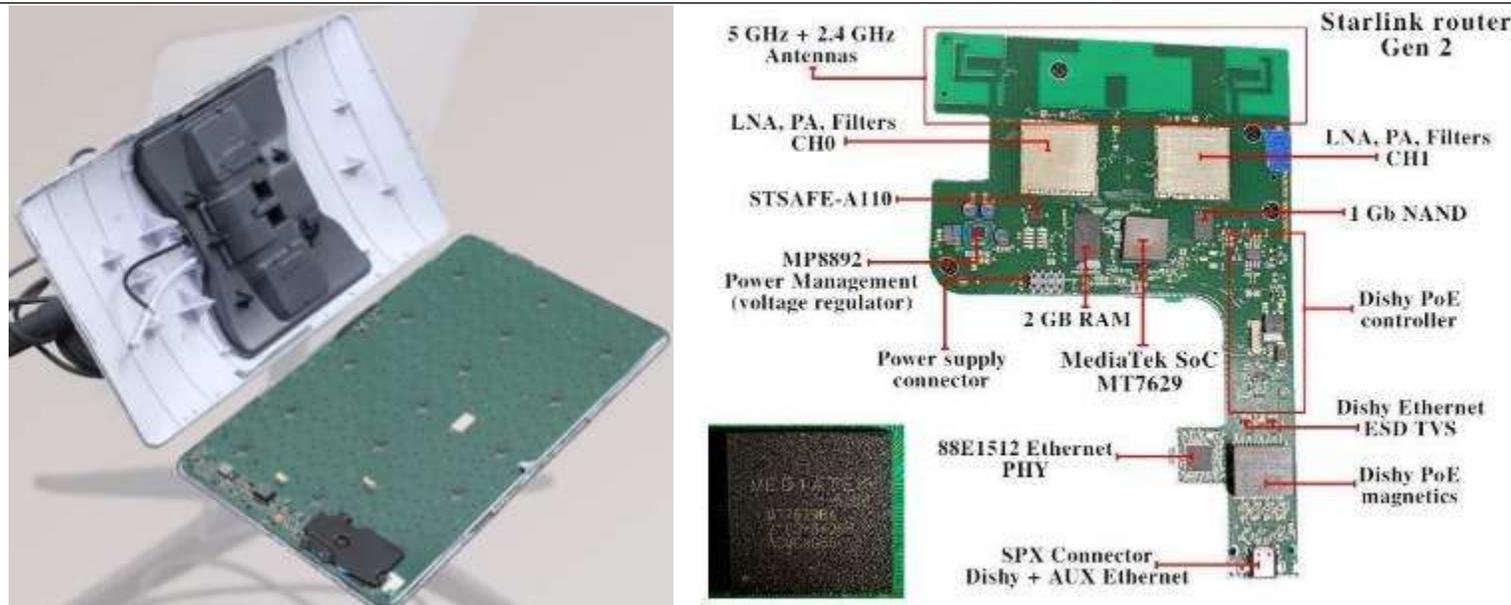
二代终端天线为方形，相比一代天线体积和高度有所缩小，重量降低40%。路由器主板上的核心芯片为联发科MT7629双核ARM路由器SOC，采用ARM Cortex-A7架构，天线设计为3x3（3个发送，3个接收）MIMO。波束赋形收发器总16颗射频模块（FEM），采用意法BiCMOS9工艺。

图：星链终端一代天线结构图



资料来源：iczhiku，国信证券经济研究所整理

图：星链终端2代路由器主板（右图）、连接卫星天线（左图）



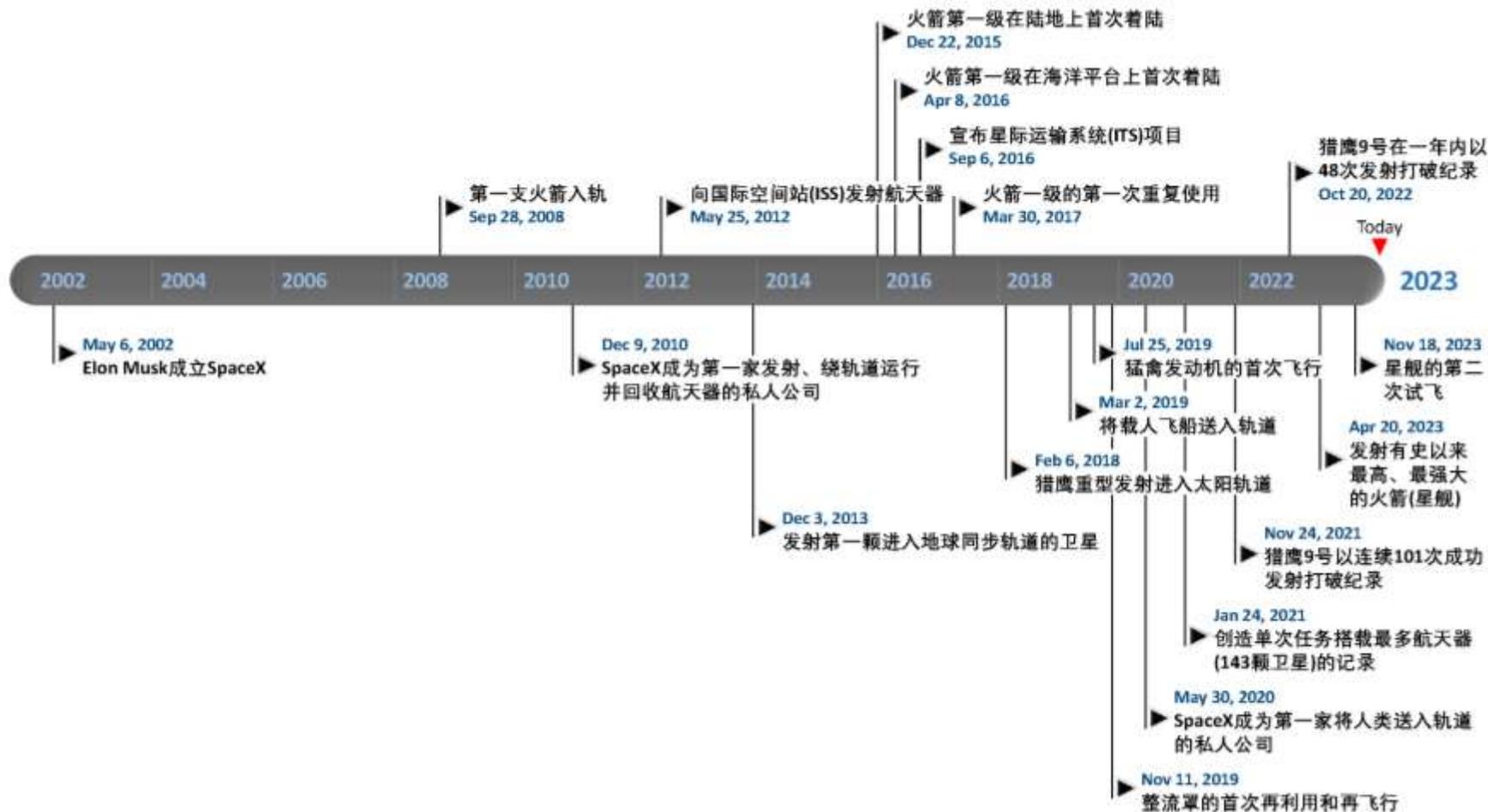
资料来源：olegkutkov，国信证券经济研究所整理

四、SpaceX 运载火箭研究

SpaceX火箭已发展20年，早期主要是NASA项目支撑为主

SpaceX成立于2002年5月6日，迄今为止已经实现了多个里程碑式的成就，彻底改变了太空探索的历史。这一发展史离不开NASA的支持，早在2006年，NASA就授予了SpaceX价值2.78亿美元的商业轨道运输服务合同(COTS)。随着SpaceX星舰计划的推进，NASA计划在2030年代末之前前往火星，而不是原来所预计的2033年。

图：SpaceX发展历程



图：NASA资助的商业项目

项目	企业	合同	任务
COTS 1 (2006)	Space X	2.78亿美元	开发龙飞船(货运)
	RpK	2.07亿美元	2009年合同终止
COTS 2 (2008)	轨道科学	1.7亿元	开发天鹅座飞船
CRS1 (2008)	Space X	16亿美元	12次空间站补给
	轨道科学	19亿美元	8次空间站补给
CRS2 (2014)	Space X	140亿美元	6次空间补给
	内华达山脉		7次空间站补给
CCP Dev1 (2010)	蓝色起源	370万美元	Push发射中止系统 复合压力容器
	波音	1800万美元	CST-100星际飞船、 可重复使用
	模范太空开发	140万美元	即插即用的环境控制和生命支持系统 (ECLSS) 空气制动系统 (ARS)
	内华达山脉	2000万美元	追梦者(航天飞机)
	联合发射联盟	670万美元	紧急检测系统 (EDS)
CCP Dev2 (2011)	蓝色起源	2200万美元	轨道飞行器关键技术 (发射终止系统、发动机)
	内华达山脉	8000万美元	追梦者补充资金
	Space X	7500万美元	二代龙飞船发射终止系统
CCP Dev3 (2012)	波音公司	9230万美元	CST-100补充资金
	内华达山脉	2.125亿美元	追梦者、Atlas V
	SpaceX	4.4亿美元	龙2、猎鹰9
CCP CPC1 产品认证协议 (2012)	波音公司	4.6亿美元	CST-100、Atlas V
	内华达山脉	1000万美元	
CCP CPC1 产品认证协议 (2012)	Space X	960万美元	标准、测试、设计的系列认证
	波音	990万美元	
CCP CPC1 产品认证协议 (2012)	Space X	5500万美元/席	空间站载人运输
	波音	9000万美元/席	

资料来源：SpaceX，国信证券经济研究所整理

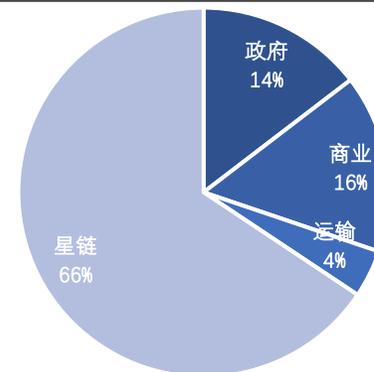
资料来源：科技小沙弥官微，国信证券经济研究所整理

SpaceX占2022年全球发射30%，2023-2024年规划发射96/150次

2019-2022年，SpaceX火箭发射次数的复合增速达到67%，占全球发射次数的比例也逐年提升。2022年，全球的20家火箭制造企业共进行了187次发射活动，其中美国火箭发射87次，SpaceX的发射数量占全球发射总数的32.6%，占美国发射总数的70.1%。

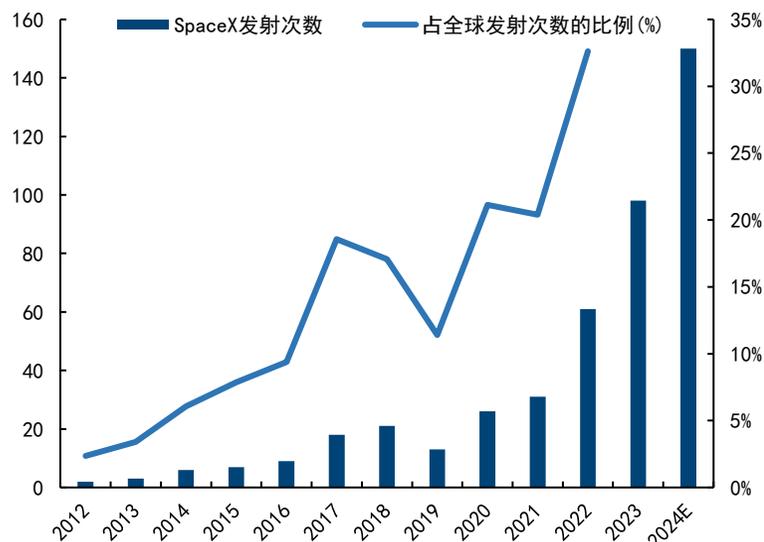
2023年，SpaceX一共成功发射了96次（猎鹰9发射91次，猎鹰重型发射5次。已经打破它在2022年创造的年度61次轨道发射任务的记录。96次发射中，包含了63次星链发射，占据了66%，共发射了1984颗星链卫星，截止2023年底累计发射了5650颗星链卫星。按照马斯克的规划，SpaceX在2024年平均每月要发射12次，全年预计150次。

图：SpaceX 2023年发射任务分布情况



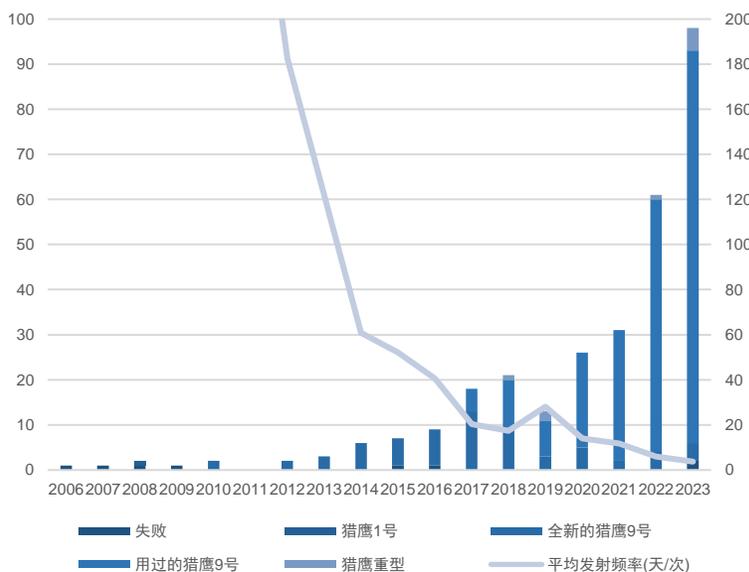
资料来源：SpaceX，国信证券经济研究所整理

图：SpaceX 历年发射次数



资料来源：SpaceX，国信证券经济研究所整理

图：SpaceX 分火箭类型发射统计



资料来源：SpaceX，国信证券经济研究所整理

图：SpaceX 2023发射集锦



资料来源：SpaceX，国信证券经济研究所整理

猎鹰9是目前主力运载火箭，单箭已实现重复发射最大19次

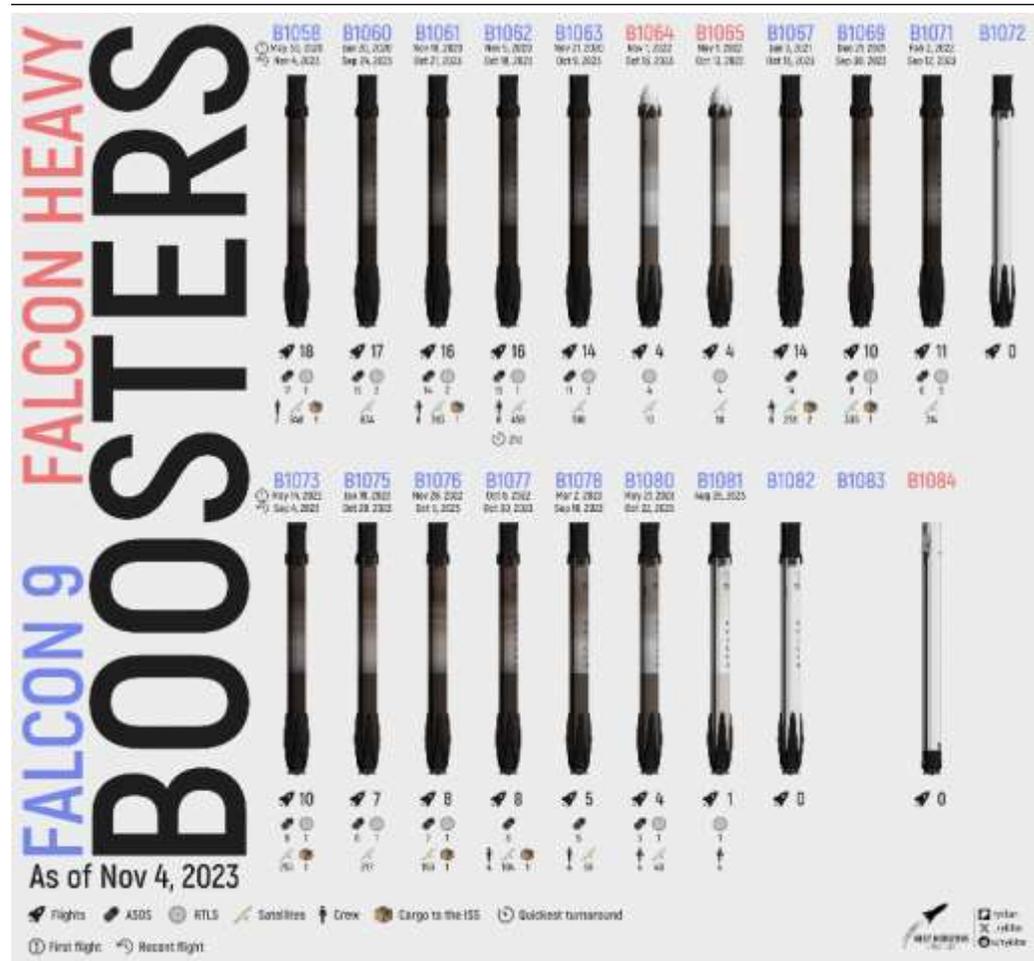
截止2023年12月10日，猎鹰9号系列火箭已发射289次，其中287次任务成功，活跃版本猎鹰9 Block5已执行231次飞行任务，全部成功。猎鹰9号第一级助推器在266次尝试中成功着陆253次(95.1%)，而猎鹰9 Block 5的第一级则在234次尝试中成功着陆229次(97.9%)。除了12月底由于风浪在回港途中倾倒而毁坏的B1058(发了860颗卫星，将260公吨重量送入轨道)完成了19次回收以外，B1060、B1061和B1062等助推器也飞行了17次。

表：SpaceX 火箭发展历程

	猎鹰1	猎鹰9 v1.0	猎鹰9 v1.1	猎鹰9 Block5	猎鹰重型	星舰
示意图						
火箭一级	1×梅林1C	9×梅林1C	9×梅林1D	9×梅林1D++	9×梅林1D++	6×猛禽(含3个真空)
火箭二级	1×Kestrel	1×梅林真空	1×梅林真空	1×梅林1D真空	1×梅林1D真空	33×猛禽
助推器	-	-	-	-	2个助推器 2×9×梅林1D++	-
最大高度	21.3m	54.9m	68.4m	70m	70m	121m
直径	1.7m	3.6m	3.7m	3.7m	12.2m	9m
初始推力	318kN	4900kN	5885kN	7607kN	22819kN	74400kN
起飞质量	27.2吨	333吨	506吨	549吨	1420.8吨	5000吨
LEO运力	570kg	10450kg	13150kg	22800kg(消耗) 17600kg(重复)	63800kg(消耗) 27500kg(重复)	≤250吨(消耗) 100-150吨(重复)
GTO运力	-	4540kg	4850kg	8300kg(消耗) 5500kg(重复)	26700kg(消耗) 9500kg(重复)	21吨 150吨(补充燃料)
成功率	2/5	5/5	14/15	231/231	8/8	0/2

资料来源：SpaceX，清芬之声官微，国信证券经济研究所整理

图：猎鹰9和猎鹰重型发射总结



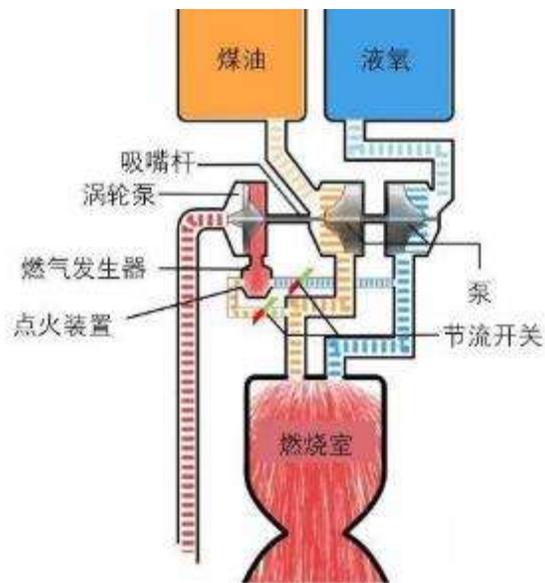
资料来源：SpaceX，rykllan，国信证券经济研究所整理

猎鹰9突破一：强大的梅林发动机推力达百吨

猎鹰之所以强大，是因为发动机强大。猎鹰1和猎鹰9全系列均采用梅林（Merlin）发动机，梅林发动机以液氧和RP-1火箭煤油为推进剂，采用开式循环。发动机启动时，加压装置向燃料罐和氧化剂罐加压，少量燃料和氧化剂流入燃气发生器，燃气发生器点火，产生高压气体驱动燃料泵，推进剂进入燃烧室，燃烧室装置启动，形成初始推力，以此循环逐步达到100%推力。

梅林发动机持续迭代演进十多年，实现推力近百吨。自2005年Merlin-1A发动机试车成功算起，到2018年为Block5搭配的Merlin-1D++为止，SpaceX先后开发出了Merlin-1A、Merlin-1C、Merlin-1D、Merlin-1D+、Merlin-1D++等发动机型号。Merlin发动机的喷注形式选用阿波罗登月舱登陆发动机的针栓式喷注器。发动机的冷却方式，Merlin-1A采用低成本的碳纤维复合材料喷管进行烧蚀冷却，后在Merlin-1C与Merlin-1D中改进成再生冷却的燃烧室及喷管。2018年搭载Falcon Heavy和Falcon9 Block5的Merlin-1D++，海平面推力将近100吨，推重比达到200左右。

图：Merlin发动机原理



资料来源：科技小沙弥官微，国信证券经济研究所整理

图：Merlin 发动机历次型号改进参数

引擎	Merlin-1A	Merlin-1Ci	Merlin-1C	Merlin-1C+	Merlin-1D	Merlin-1D+	Merlin-1D++
搭载型号	-	Falcon 1	Falcon 1e Falcon V1.0	Falcon9 V1.0 -Block2	Falcon9 V1.1 -Block3	Falcon9 V1.2 -Block4	Falcon9 V1.2 -Block5
发动机							
推进剂混合比	2.17	2.17	2.17	2.17	2.34	2.36	>2.36
净流量	130.5	134.4	161.5	202.4	236.6	298.7	317.5
推力(海平面)	33.1吨	35.6吨	43.1吨	55.7吨	66.8吨	86.3吨	92.2吨
推力(真空)	37.7吨	40.3吨	49.3吨	63吨	75.8吨	93.3吨	99.9吨
比冲(海平面)	253.7	264.5	267	275	282	288.5	290
比冲(真空)	288.5	299.2	304.8	311	320	312	314.3
燃烧室压强	5.39Mpa	6.08Mpa	6.14Mpa	6.77Mpa	9.72Mpa	10.8Mpa	-
发动机重量	-	476kg	-	473kg	468kg	-	450kg
推重比	-	75	-	96	160	180	199

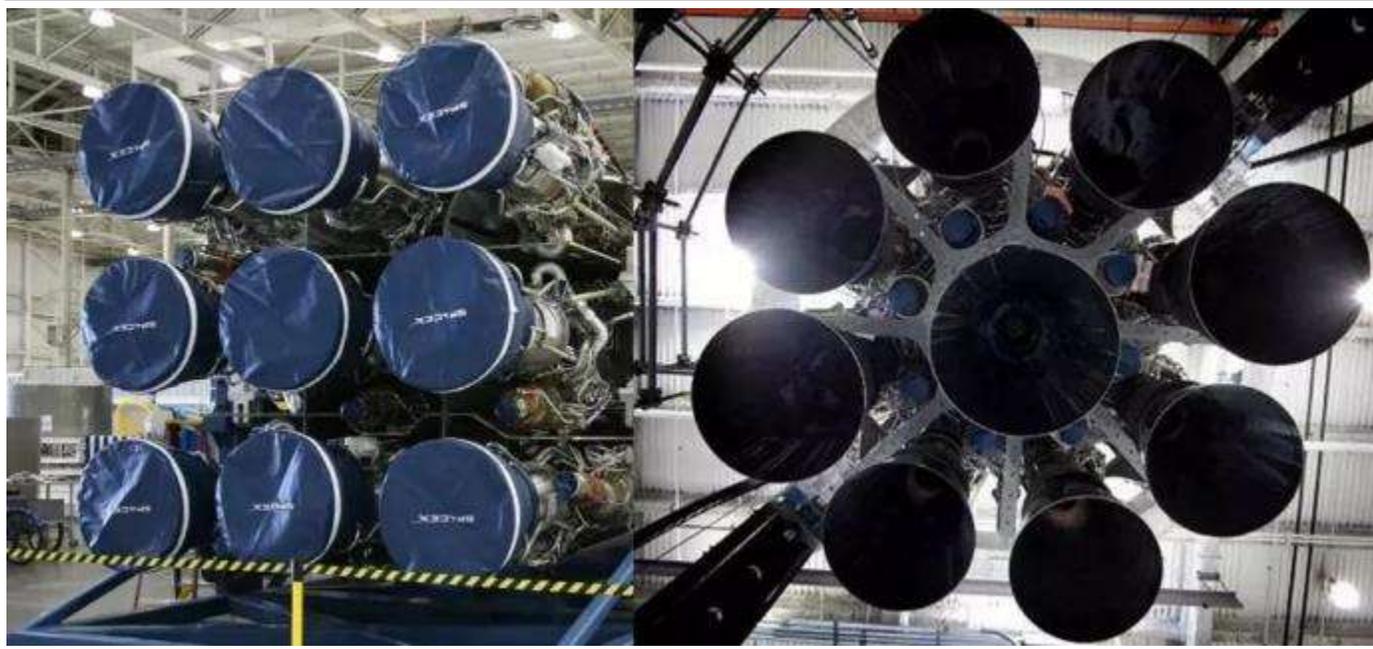
资料来源：鲍丙亮等，梅林和猛禽液体火箭发动机技术与启示，中国航天科工集团第九总体设计部，SpaceX，国信证券经济研究所整理

猎鹰9突破二：Octaweb布阵，提升运载能力

猎鹰9号的第一级配套9枚梅林发动机，因此得名猎鹰9。发动机数量的增加使得火箭的初始推力大大提升，仅是v1.0的猎鹰9推力就达到4900kN，比猎鹰1号的318kN提升了10倍不止，最终版本的猎鹰9 Block5推力更是达到了7607kN。

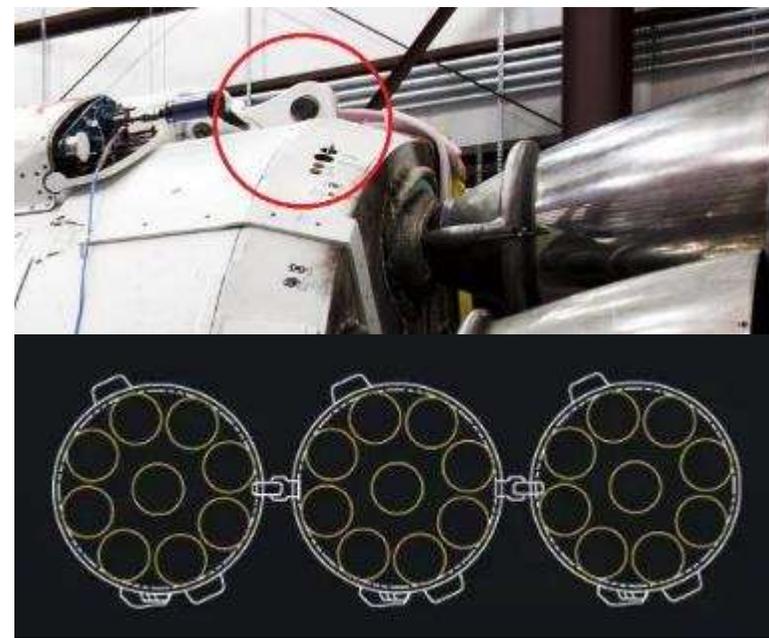
- 猎鹰9 V1.0版的9台发动机采用“九宫格”布阵方式，实现并联。该版本采用了降落伞式的回收方案。
- 猎鹰9 V1.1 将发动机布局升级为“Octaweb”，即中心1台，周围8台。该版本采用了技术难度较大的动力反推垂直回收技术。“Octaweb”布局，优化了系统的力学设计、火箭高度和重量，提高单台发动机故障的冗余度，最大支持2台发动机故障，提高了系统的可靠性。

图：发动机排列方式由“九宫格”升级为“Octaweb”



资料来源：SpaceX，国信证券经济研究所整理

图：“Octaweb”承力结构适配火箭牵制释放以及猎鹰级联助推



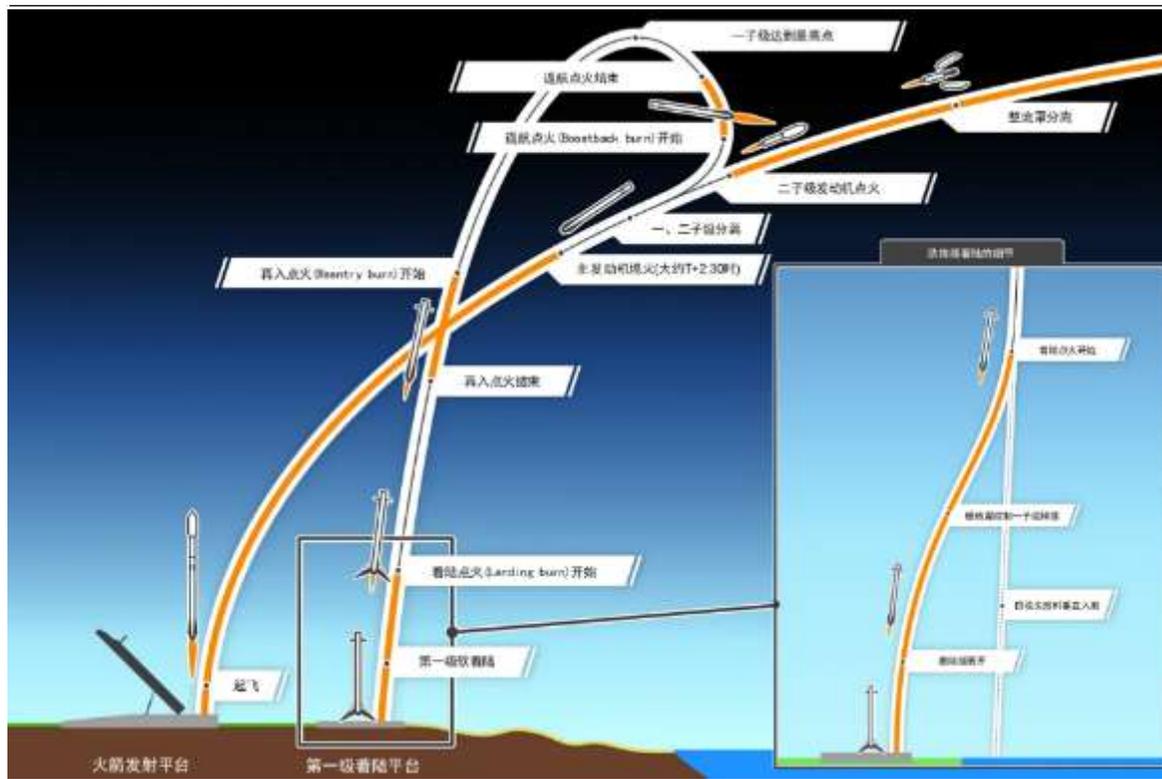
资料来源：航天爱好者官微，国信证券经济研究所整理

猎鹰9突破三：实现可回收功能（1/2）

在两级火箭分离后，一级会利用冷气推进器来调整姿态(Flip Maneuver)，开启回程。

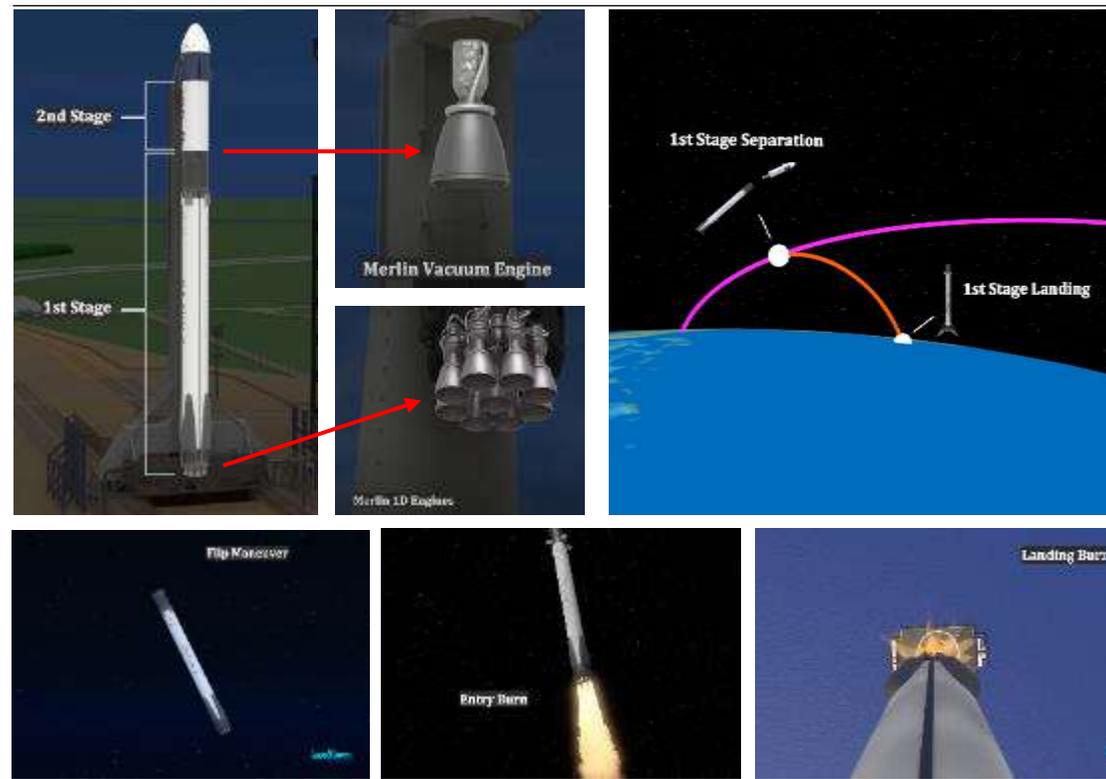
在回收过程中，第一级会进行三次发动机点火。第一次是在大气层外进行返航点火(Boostback burn)，目的是减小第一级相对于地球的速度，并改变其下降方向。在该过程中，栅格翼(Grid Fins)也会伸展开，帮助一级火箭维持稳定姿态。第二次是在大气层内进行再入点火(Reentry burn)，目的是减小第一级的速度和温度，防止其在大气层中过热或解体。第三次是在着陆前进行着陆点火(Landing burn)，目的是进一步减小第一级的速度，并使其垂直降落。同时展开着陆腿，进行最后的着陆。

图：猎鹰9号着陆轨迹



资料来源：SpaceX, zlsa design, 国信证券经济研究所整理

图：一级火箭回收动画示意



资料来源：Jared Owen, 国信证券经济研究所整理

猎鹰9突破三：实现可回收功能（2/2）

Block5是猎鹰9号的最终版本。Block5起飞质量约549吨，起飞推力约7607kN，其标准LE0运力22.8吨。

- 在结构设计上：采用了可修复性更好的黑色级间段、着陆架、燃料管线（黑色涂层可以大大提高再入大气层时的耐高温特性），以及可回收的着陆架（以前版本为一次性消耗品）。
- 在回收和复用的设计上：采用了无涂层的钛制栅格翼、箭体底部隔热材料升级以及可伸缩着陆腿设计，是Block5最为重要的升级；与Block4中采用的白色防护漆涂制的铝制栅格翼相比，钛具有更好的耐高温特性，支持多次重复使用。
- 再次提升了发动机的推力：一级单台推力至845KN，二级提升至981KN；重新设计COPVs（碳纤维缠绕压力容器），以避免静态点火爆炸；重新设计涡轮泵，以提高发动机复用的可靠性，前期回收和高强度测试过程中发现，部分火箭的涡轮泵叶片上存在裂纹。

图：Block5与前期版本的技术指标对比

版本	Falcon 9 V1.2 Block 5		Falcon 9 V1.2 Block 4	
	一级	二级	一级	二级
属性	一级	二级	一级	二级
回收/复用	采用黑色耐高温的级间材料、可伸缩着陆腿、发动机底部防护罩		采用白色防热漆涂层的级间材料、不可伸缩着陆腿	
栅格翼	黑色钛制栅格翼		白色防热漆、铝制栅格翼	
引擎代号	Merlin 1D++	Merlin 1DV+	Merlin 1D+	Merlin 1DV+
推力	7607kN (海平面)	981kN (真空)	6800kN (海平面)	934kN (真空)

图：栅格翼、回收腿、猎鹰9级间黑色设计示例



资料来源：科技小沙弥官微，国信证券经济研究所整理

资料来源：科技小沙弥官微，国信证券经济研究所整理

猎鹰重型：级联三个猎鹰9，史上最经济“通天塔”

猎鹰重型火箭的设计以加强版的猎鹰9作为核心，以两个猎鹰9的一级火箭作为助推器，配备28台发动机，在海平面上的推力将近22.82MN。在现役运载火箭的有效载荷能力中排名第二，仅次于NASA的太空发射系统(SLS)。猎鹰重型的第一级火箭由三个核心单元组成，每个核心单元有9个Merlin发动机。级间是一个复合结构，包含了释放和分离系统，装有12个高超音速栅格翼，每个单元4个。第二级火箭由一个Merlin真空发动机推动，推力是981 kN，燃烧时间为397秒。整流罩是一个碳复合材料制成的外壳，成本大约是600万美元/个，可以回收再利用。

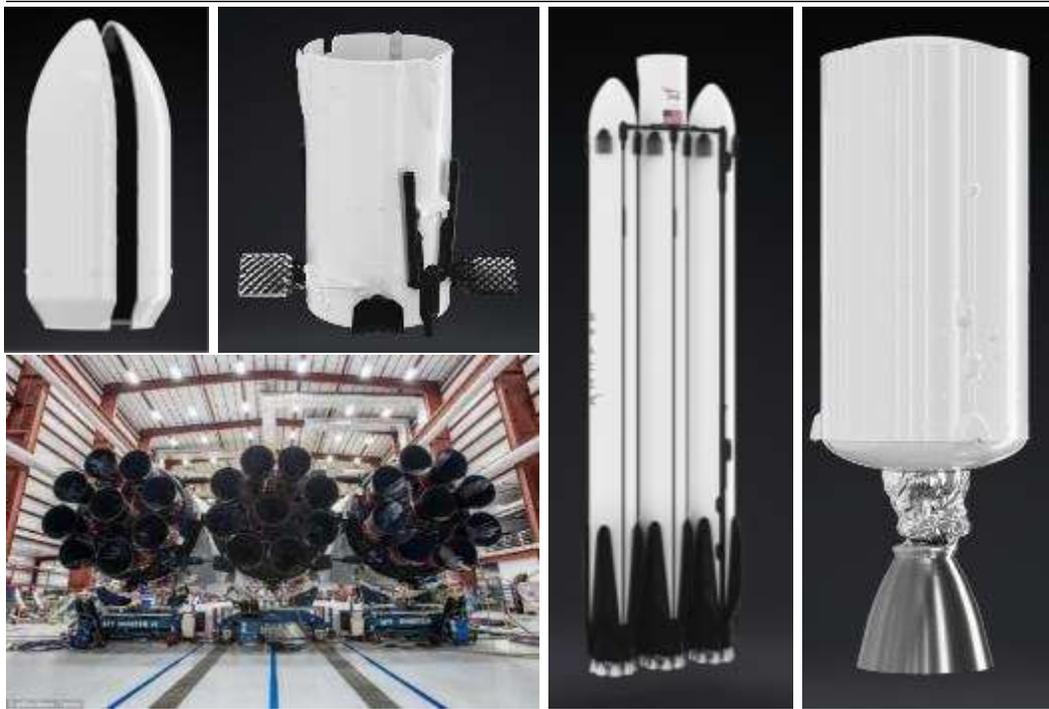
猎鹰重型火箭的助推器和中间核心的第一级全部是可以回收利用的，每千克入轨成本显著降低。2022年，SpaceX公布的猎鹰重型发射价格为9700万美元，每千克近地轨道运输成本是1520美元，比猎鹰9下降了48%；每千克地球同步转移轨道运输成本3630美元，比猎鹰9下降了55%。

图：猎鹰9 vs. 猎鹰重型



资料来源：SpaceX，国信证券经济研究所整理

图：猎鹰重型一级、二级、级间、栅格翼设计



资料来源：SpaceX，国信证券经济研究所整理

星舰 (Starship)：史上最大火箭，目标星际移民

星舰由第一级超重级助推器 (Super Heavy) 和第二级太空飞船组成。高120米，直径9米，起飞质量5000吨，是史上最大的火箭。星舰的有效载荷能力是150吨到低地球轨道，不重复使用则是250吨。第一级使用了33台猛禽发动机，外层20台采用“Raptor Boost”配置，去掉了节流阀执行器以减轻重量，并且修改了喷嘴，降低了节流性能，以换取更高的推力，内层13台是普通配置，所有发动机在全功率下能够产生7590吨的推力。在2023年11月18日的第二次星舰试飞中，第一级的33台猛禽发动机全都成功启动，并且首次在上升过程中完成了全程燃烧。

星舰飞船可以在低地球轨道上通过加油星舰补充推进剂，从而实现到更高能量目的地的转移，比如地球同步轨道、月球和火星。未来规划，在2023年底或2024年初进行第一次载人飞行，届时将搭载日本亿万富翁前泽友作和一些艺术家绕月飞行。在2024年或2025年之间开始执行火星任务，为建立火星城市做准备。

图：星舰的组成结构及性能



资料来源：SpaceX，国信证券经济研究所整理

请务必阅读正文之后的免责声明及其项下所有内容

图：星舰在轨加注燃料

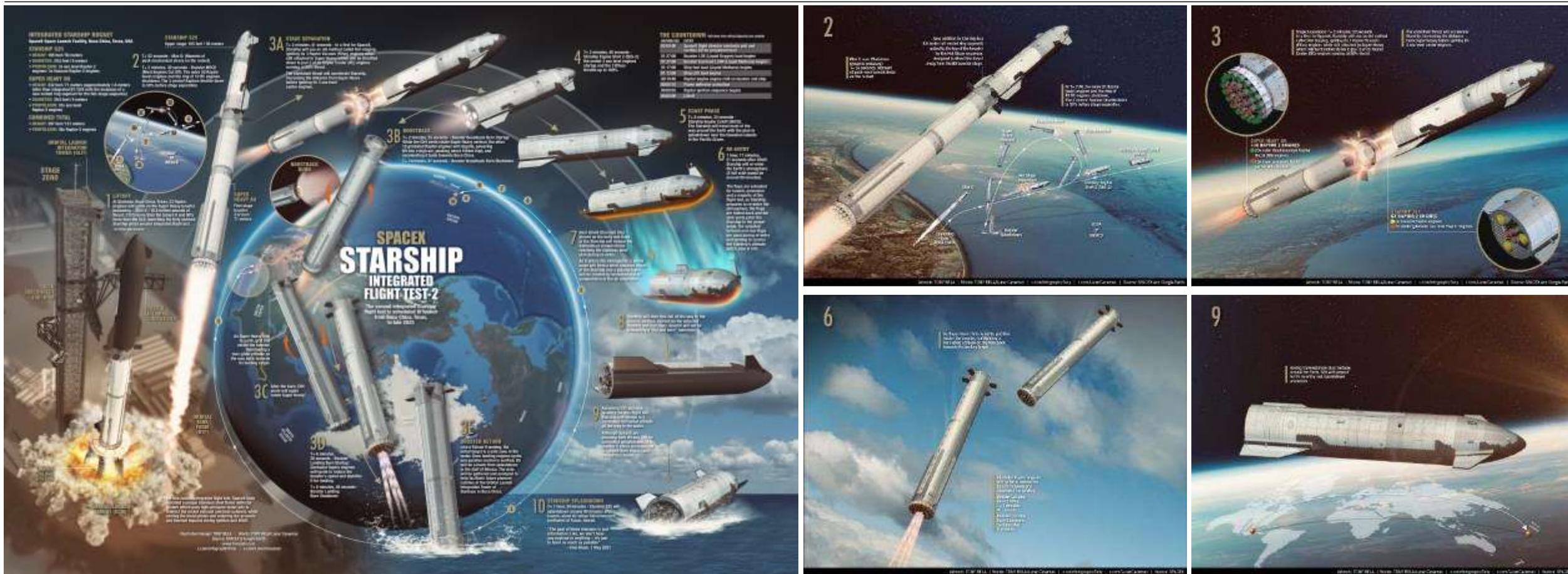


资料来源：SpaceX，国信证券经济研究所整理

星舰 (Starship) : 实现火箭全回收

星舰为两级全部可回收的复用型火箭。星舰第二次飞行计划模拟：Starbase发射场，超重助推器上的33台猛禽发动机点火，产生约7600吨推力；升空2分49秒，外围20台固定式猛禽发动机和中部10台可偏转猛禽发动机关机，准备级间分离；升空2分57秒，分离后的超重推进器B9开始返航流程，栅格翼将调整方向；9分20秒，星舰飞船关闭发动机；星舰将绕地球飞行大半圈，在太平洋夏威夷群岛附近降落。

图：星舰发射及全回收流程



资料来源：TONY BELA，国信证券经济研究所整理

请务必阅读正文之后的免责声明及其项下所有内容

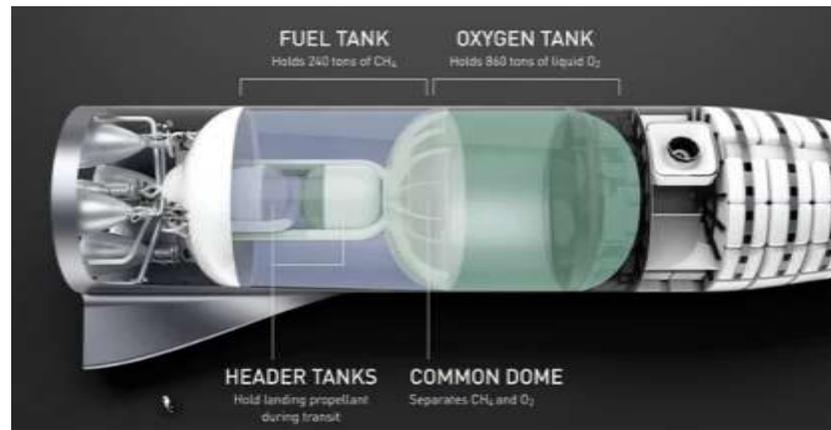
星舰（Starship）：使用猛禽发动机，性能跨越式提升

猛禽发动机是一款大推力发动机，其在海平面上的推力约为1650kN，在真空中的推力约为1800kN，是梅林发动机的两倍。

猛禽发动机使用液甲烷。液态甲烷燃烧起来比RP-1更清洁。此外，液态甲烷的温度是-165℃，液氧是-183℃，温差小，可以把燃料罐做成一体式，即共底储箱。

SpaceX自从2012年开始研制猛禽发动机，历经整整十年，从猛禽V1.0，V1.5，V2.0，V2.5，一直到最新版V3.0，性能提升都是跨越式进化。最突出的是推力陡增，从185吨增加到269吨，这意味着45%的性能提升。

图：共底储箱



资料来源：SpaceX，国信证券经济研究所整理

图：猛禽与梅林发动机性能对比



资料来源：Everyday Astronaut，国信证券经济研究所整理

表：三代猛禽发动机主要参数

	第一代V1	第二代V2	第三代V3
首次试射	2016	2021	2023
首次试飞	2019 Starhopper	2023 B7	
重量	2吨	1.6吨	
喷口直径	1.3米	1.3米	
长度	3.2米	3.2米	
推力	185吨	230吨	269吨
比冲	330秒	327秒	
燃烧室压力	250巴	300巴	350巴
推重比	1.25	1.5	1.77
点火模式	燃烧室火花器点火	高温高压作用下形成自燃推进剂	高温高压作用下形成自燃推进剂
内部设计	复杂的双涡轮机构造	优化涡轮机	进一步简化内部构造
外观设计	形如圣诞树	简洁优化	更简洁
造价	200万美元	25万美元	略高于25万美元

资料来源：Everyday Astronaut，三体引力波，国信证券经济研究所整理

SpaceX拥有5个发射场

SpaceX运营着5个主要的发射场：卡纳维拉尔角 SLC-40、范登堡空军基地 SLC-4E/SLC-6、肯尼迪航天中心 LC-39A、德克萨斯州南部布朗斯维尔发射场(Starbase)。这些发射场各司其职：LC-39A用于NASA发射，SLC-40用于美国太空部队 (USSF) 国家安全发射，SLC-4E用于极地发射，Starbase用于商业发射。

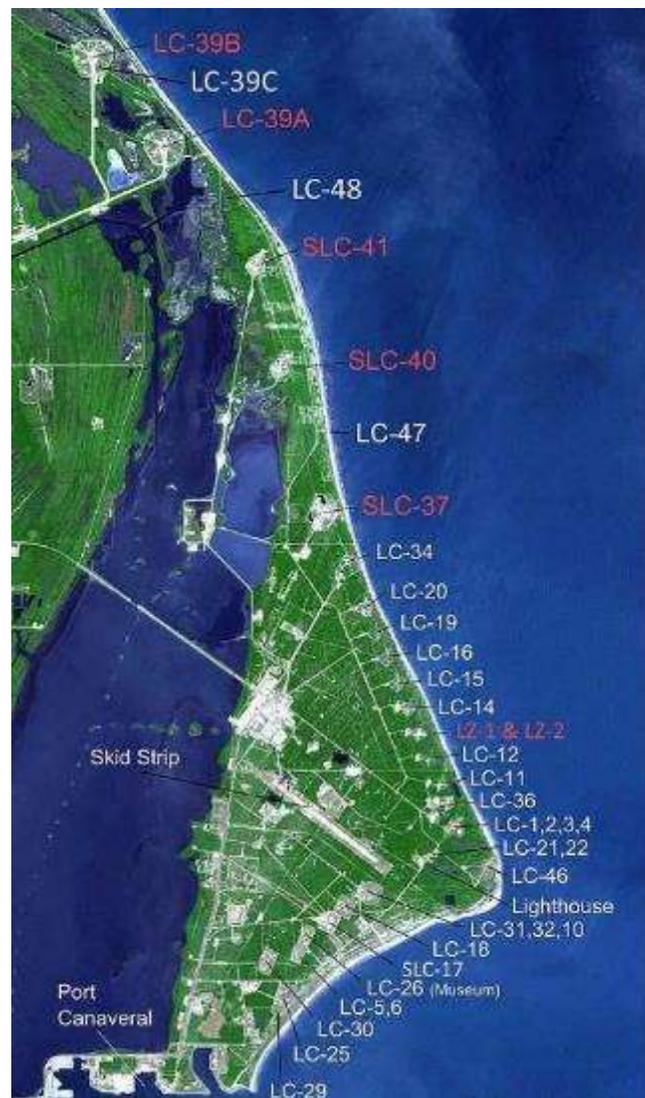
SpaceX拥有3条着陆船，目的是在海上回收运载火箭助推器。SpaceX拥有3个着陆区：LZ-1、LZ-2和LZ-4。2015年2月，为了筹备火箭的回收着陆。

2024年SpaceX将再为星舰建设2座发射塔。

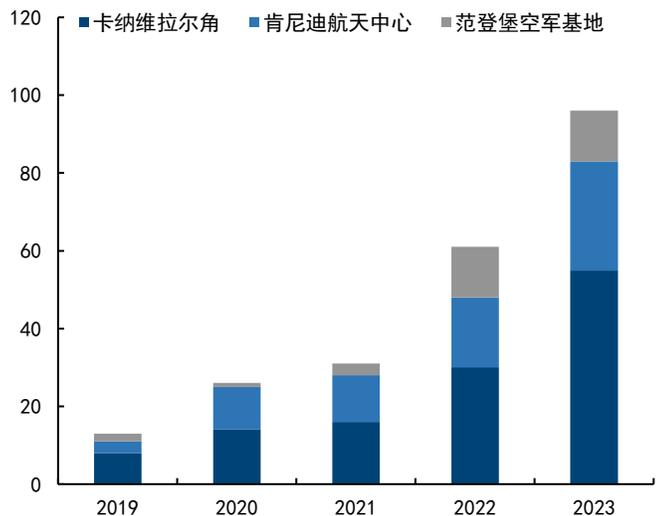
图：SpaceX发射场分布（上图）和2024年规划的星舰发射塔（下图）



图：SpaceX卡纳维拉尔角发射和着陆工位示例



图：SpaceX发射次数分布



资料来源：SpaceX，国信证券经济研究所整理

资料来源：SpaceX，国信证券经济研究所整理

资料来源：SpaceX，国信证券经济研究所整理

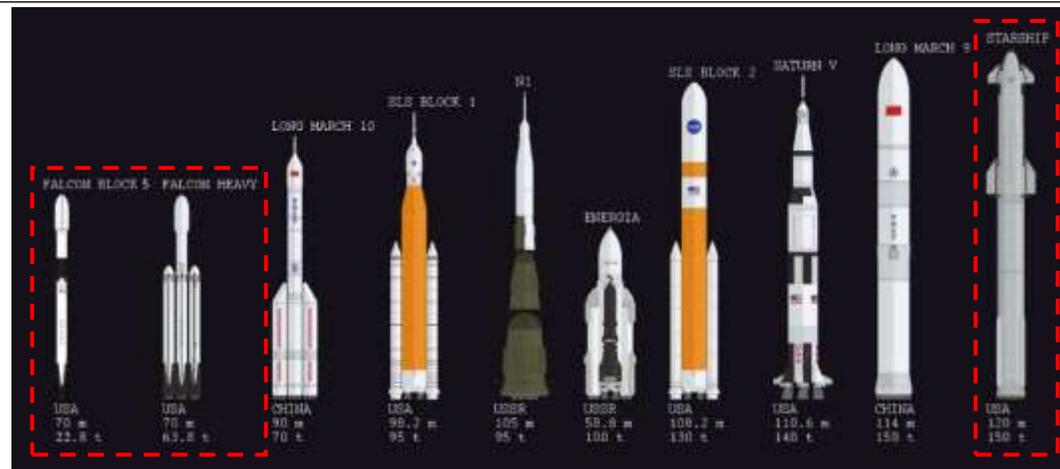
对比全球火箭，SpaceX入轨质量大幅提升

2023年SpaceX运载火箭入轨质量占有所有运载火箭入轨质量的80%。分类看：

星舰运力领先于同行。鉴于其搭配的发动机数量，很少有火箭与其运力相当。我国规划的长征九号运力有望达到150吨。美国火箭SaturnV执行了“阿波罗计划”登月计划，运载能力仅次于星舰，美国返月计划“阿尔忒弥斯”重启，SLS火箭运力达到130吨。

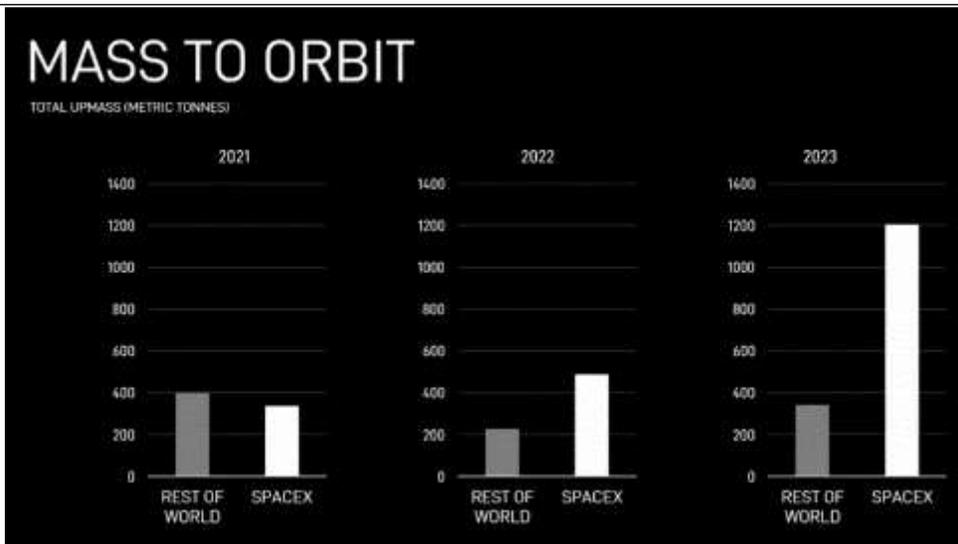
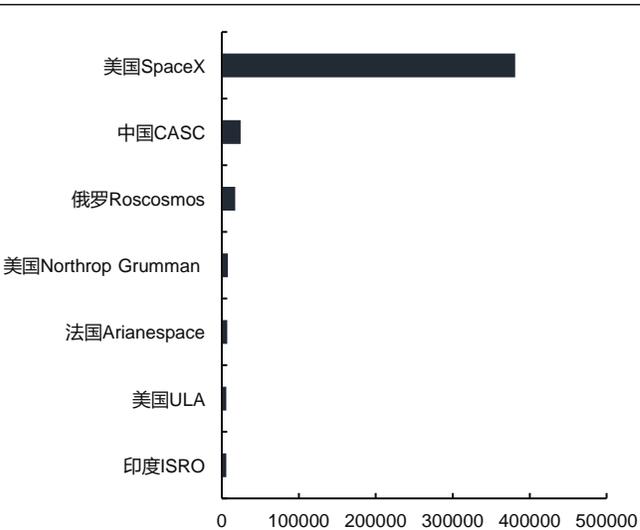
猎鹰9和猎鹰重型商业化最成熟，发射数量较大。2022年，SpaceX通过60次猎鹰9号和1次猎鹰重型任务共发射航天器2024个。在2023第三季度，SpaceX公司发射载荷总重量超过380吨，占全球载荷重量的80%。

图：各种重型火箭对比



资料来源：FloraFallenrose，国信证券经济研究所整理；注：猎鹰9 Block5不属于重型，仅为对比才加入

表：2023Q3发射入轨的载荷质量比较（单位：kg）（左图）以及SpaceX对比全球火箭入轨质量（右图）



资料来源：BryceTech，国信证券经济研究所整理

表：2022年全球大型运载火箭发射统计

火箭名称	国别	年发射次数	LEO运力(吨)
SpaceX Falcon Heavy	美国	1	63.8
ULA Delta 4 Heavy	美国	1	28.8
长征五号B	中国	2	25
Khrunichev Angara	俄罗斯	2	24.5
Khrunichev Proton	俄罗斯	1	23
SpaceX Falcon 9	美国	60	22.8
Ariane 5	欧洲	3	20
ULA Atlas V	美国	7	18.85
长征七号甲	中国	1	17
长征七号	中国	2	14

资料来源：Everyday Astronaut，Spaceflight Now，国信证券经济研究所整理

SpaceX发射成本显著领先于行业发展 (1/2)

猎鹰系列火箭重复使用技术的成熟应用，有效降低了进入太空的成本，以2022年官网公布的价格来计算，猎鹰9发射至近地轨道的平均价格约为2940美元/kg，猎鹰重型则只需1520美元/kg。Atlas 5、Ariane 5、Soyuz 2等传统一次性运载火箭，其高、低轨任务的发射价格水平分别在12000美元/kg和7700美元/kg以上。

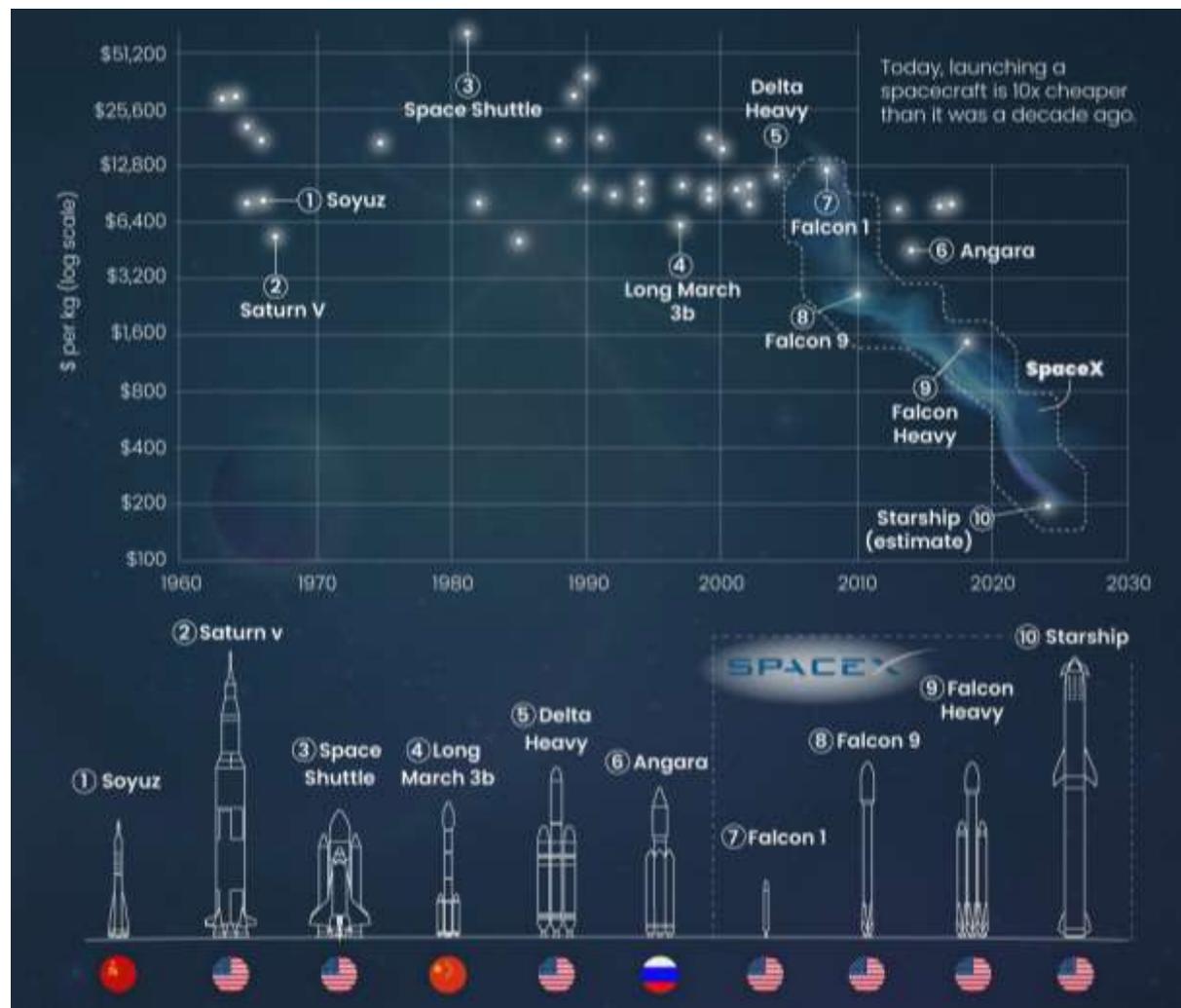
若星舰研发成功，发射价格将在几年内降到1000万美元以下，发射至LEO的平均价格会低于100美元/kg。SpaceX的整体发射成本会变得更低，它将处于和整个火箭发射行业不同的成本曲线上。

表：2022年国外主流运载火箭发射服务价格

国家	运载火箭	运载能力/kg	发射服务价格/万美元
美国	Falcon 9	LEO:22800 GTO:8300	6700
美国	Falcon Heavy	LEO:63800 GTO:26700	9700
美国	ULA Atlas V	LEO:19000 GTO:8800	16400
美国	ULA Delta 4 Heavy	LEO:28000 GTO:14000	35000
俄罗斯	Khrunichev Proton M	GTO:6270	6500
俄罗斯	Soyuz 2	LEO:8200 GTO:3250	8000
欧洲	Ariane 5 ECA	GTO:10500	13700
欧洲	Vega C	SSO:2200	4000

资料来源：乔夏君等，国内外运载火箭发射服务价格分析及启示[J]，中国航天. 2022 (08) :37-41，国信证券经济研究所整理

图：SpaceX 火箭发射成本



资料来源：visualcapitalist，国信证券经济研究所整理；注：纵坐标经过对数调整

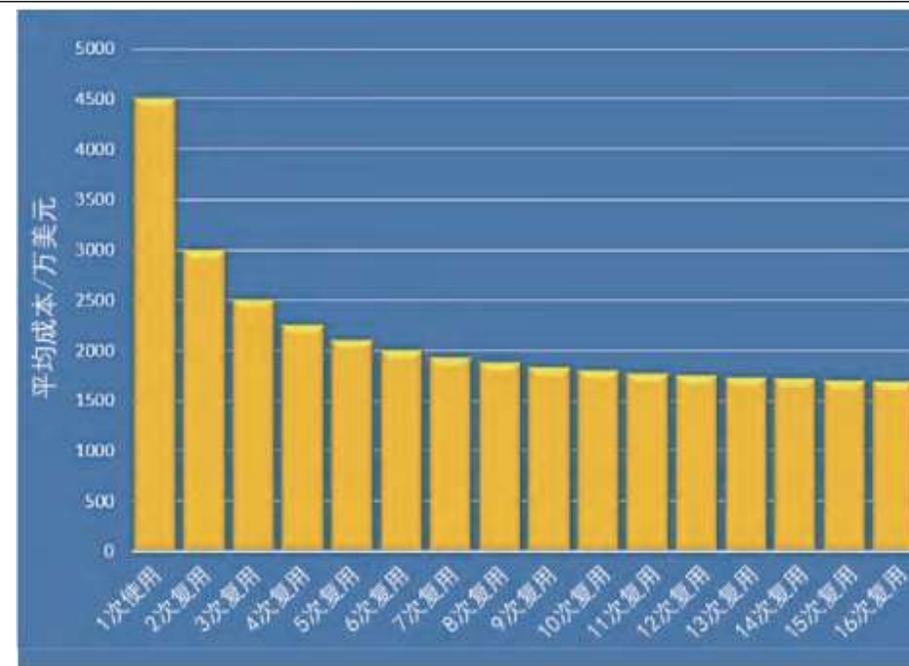
SpaceX发射成本显著领先于行业发展 (2/2)

SpaceX “猎鹰” 9目前实现一级回收一级整流罩回收。在一次使用情况下猎鹰9运载火箭的成本为4500万美元，在复用情况下，一子级不需额外投入，仅需投入二子级和整流罩等，因此随着复用次数的增加，其总体上平均成本应逐渐降低。猎鹰 9运载火箭的平均成本在复用初期降低幅度较大，当复用次数10次以上时平均成本降低较少，后面逐步稳定在约1700万美元。如若按照1700万美元的平均成本来测算，猎鹰9的发射成本将降低至约 0.5 万元 /kg，该成本远低于世界上现役运载火箭的发射成本。

表：猎鹰9火箭成本分析（单位：万美元）

猎鹰9		全新火箭成本	复用成本
硬件	一级	3000 (60%)	-
	二级	1000 (20%)	1000 (66.6%)
	整流罩	500 (10%)	-
软件	推进剂	40 (0.8%)	40 (2.6%)
	发射测控、翻修等	460 (9.2%)	460 (30.6%)
总计		5000	1500

表：猎鹰9火箭成本分析



资料来源：朱雄峰等，猎鹰-9运载火箭发射成本研究【J】，国际太空. 2023(11):35-40，国信证券经济研究所整理

资料来源：刘洁等，“猎鹰”9火箭的发射成本与价格策略分析【J】，中国航天. 2022(12):34-37，国信证券经济研究所整理

五、全球卫星运营商加速布局低轨星座

全球卫星互联网运营商陆续投入LEO星座建设

全球计划部署卫星互联网星座公司近30家，部署卫星数量超万颗。继SpaceX在2015年推出StarLink计划，目的是提供覆盖全球的高速互联网服务后，全球互联网巨头、初创公司等纷纷申请各自的卫星互联网星座，抢占轨位和频段。据不完全统计，全球宣布部署卫星互联网星座的公司近30家，部署卫星计划达3万颗以上。NASA预测，按照现有发展速度，70年后低轨道碎片密度将达到临界值，业界预计最终全球低轨卫星星座不会超过5个，未来将形成寡头垄断格局。

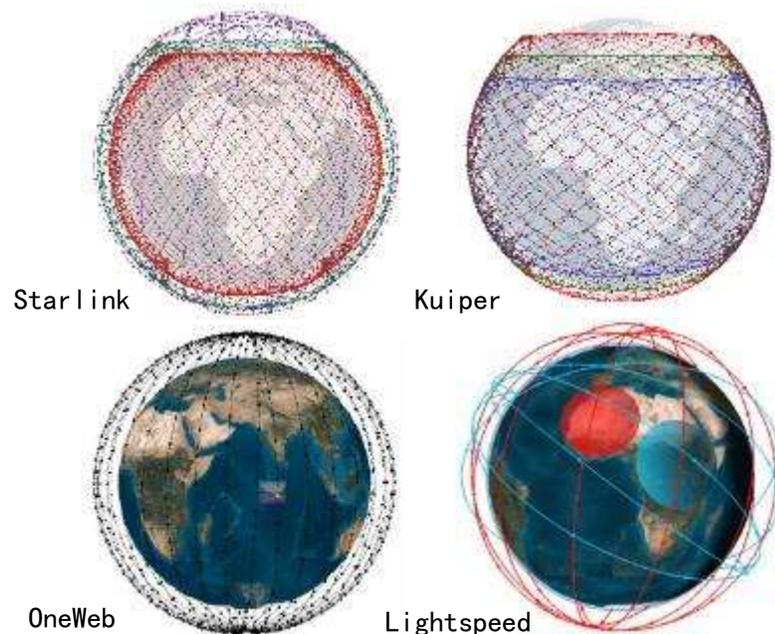
卫星星座建设存在明显的先发优势。第一个卫星互联网星座StarLink于2019年底开始发射卫星，并于2020年底开始对网络进行Beta测试，截止2023年12月已经有超5000颗在轨卫星。OneWeb紧随其后，于2020年上半年开始发射卫星，目前已完成一代星部署。一些原来专注GEO、MEO轨道的卫星运营商也开始投资低轨互联网星座，如Eutelsat、Intelsat、Telesat等。

表：部署中的低轨卫星互联网星座（不完全，截止2023年12月）

	SpaceX Starlink	Amazon Kuiper	Eutelsat OneWeb	Telesat Lightspeed
卫星总数（已发射数）	一代：4408 (4015) 二代：29988 (1612)	3236 (2)	648 (640) 后修改总数至6372颗	198 (1) 后修改总数至1600颗以上
海拔高度/km	540-570	590; 610; 630	1200	1015; 1325
星间链路	光学星间链路	光学星间链路	无	光学星间链路
单星下行吞吐速率	20 Gbps	16 Gbps	8.8 Gbps	60 Gbps
用户下/上行吞吐速率	100/40 Mbps		50/25 Mbps	
延迟/ms	20-60	30-60	30-60	30-60
用户下/上行波段	Ku/Ku	Lower Ka/Upper Ka	Ku/Ku	Lower Ka/Upper Ka
用户下/上行带宽 (MHz)	2000/500	1300/600	2000/500	3600/4200
覆盖范围	57° S-57° N	56° S-56° N	全球	全球
轨道类型	倾斜	倾斜	极地和倾斜	极地和倾斜
单星覆盖半径	573.5km	704.7km		
生命周期	5年	7年	10年	10年

资料来源：Frank Rayal，国信证券经济研究所整理

表：四种低轨星座构型



资料来源：Leosatsim, ResearchGate，国信证券经济研究所整理

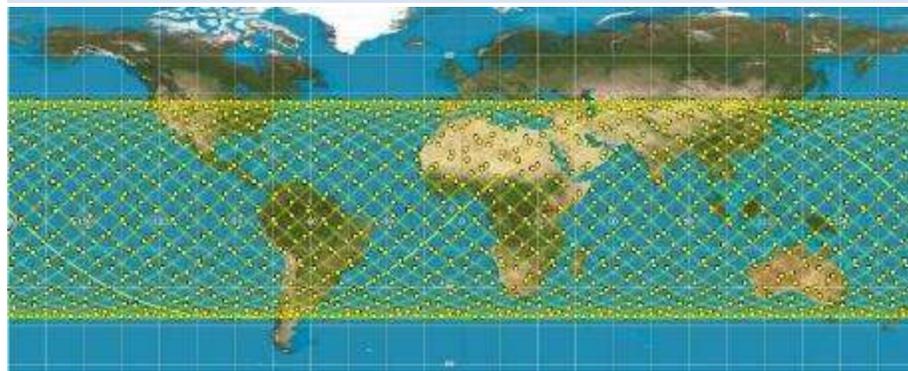
Amazon Kuiper: 投资超百亿元的最新巨型低轨星座

柯伊伯计划 (Project Kuiper) 是亚马逊在2019年提出的大型宽带卫星互联网星座，该项目在2020年获得FCC的批准，预计发射3236颗卫星到近地轨道。部署计划分五个阶段进行，首批578颗卫星发射后将开始提供互联网服务。2022年4月，亚马逊与联合发射联盟 (ULA)、阿丽亚娜集团和蓝色起源签署了价值超百亿美元的发射合同，在未来十年内总共进行92次火箭发射，以建设整个星座。

原型卫星成功发射，星座部署任重而道远。2023年10月7日，柯伊伯计划的两颗初始原型卫星“KuiperSat-1”和“KuiperSat-2”搭乘ULA的Atlas V运载火箭发射升空，这次发射标志着亚马逊“原型飞行”(Protoflight)任务的开始。FCC要求亚马逊必须在2026年7月30日之前发射其50%的卫星，在2029年7月30日之前发射其余卫星。亚马逊计划在2023年末启动航天器的大规模生产，在2024年开始发射生产版本，并在同年年底前至少让一些客户获得服务，预计在2020年代中期达到较高的发射节奏。

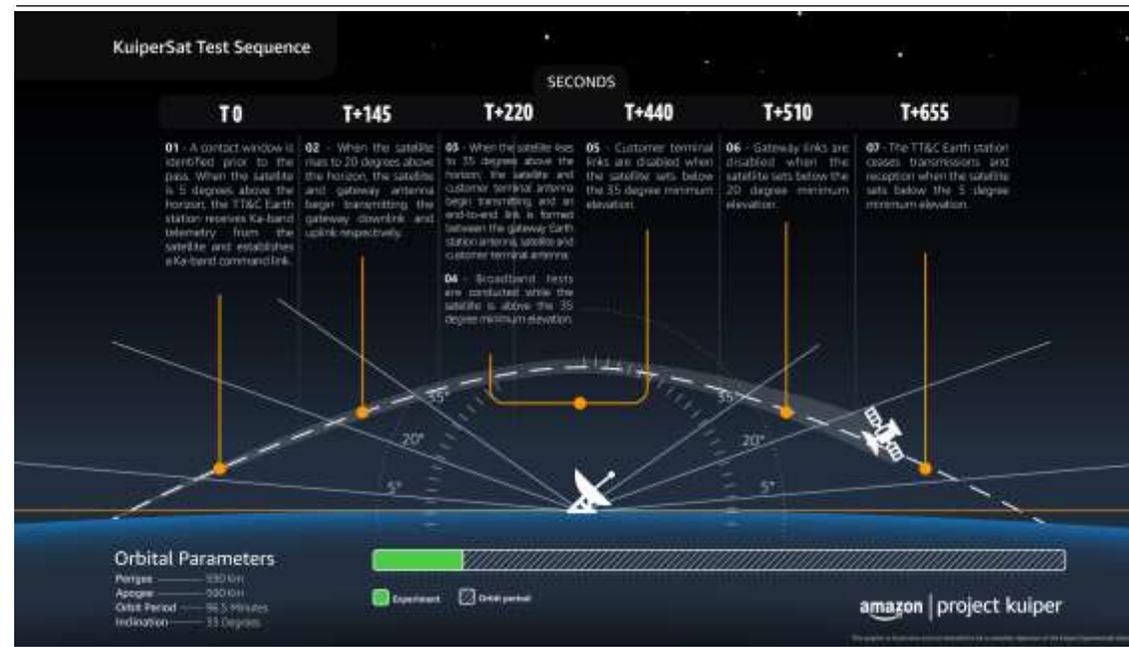
表: Kuiper星座部署计划和覆盖范围

阶段	轨道集	轨道面数	每面卫星	部署卫星数	总卫星数
1	630km/51.9°	17	34	578	578
2	610km/42.0°	18	36	648	1226
3	630km/51.9°	17	34	578	1804
4	590km/33.0°	28	28	784	2588
5	610km/42.0°	18	36	648	3236



资料来源: Amazon, NSR, 国信证券经济研究所整理

表: Kuiper原型卫星通信测试示意图



资料来源: Amazon, 国信证券经济研究所整理

Amazon Kuiper：为无网络地区提供快速低价的宽带

终端设计便携化，搭载亚马逊自研芯片。2023年3月，亚马逊推出了三种原型终端，承诺速度分别在100/400/1000Mbps，适用于不同的场景。其中的一款超小型终端，大小与Kindle阅读器相当，成本低且可以随身携带。所有终端都由亚马逊自行设计的基带芯片“普罗米修斯”提供通信支持，其设计将允许在每颗卫星上处理高达1Tbps的流量，有助于处理高网络需求。

2023年12月，两颗原型星成功完成了激光星间链路测试，有效提高网络吞吐量。不仅如此，柯伊伯计划将提供与Amazon Web Services (AWS) 的私有连接，云服务能进一步降低网络延迟。未来，Kuiper将实现真正的全球网络覆盖，并可以服务偏远地区的用户。

图：Kuiper终端、芯片、激光星间链路、地面站



资料来源：Amazon，国信证券经济研究所整理

图：Kuiper应用场景



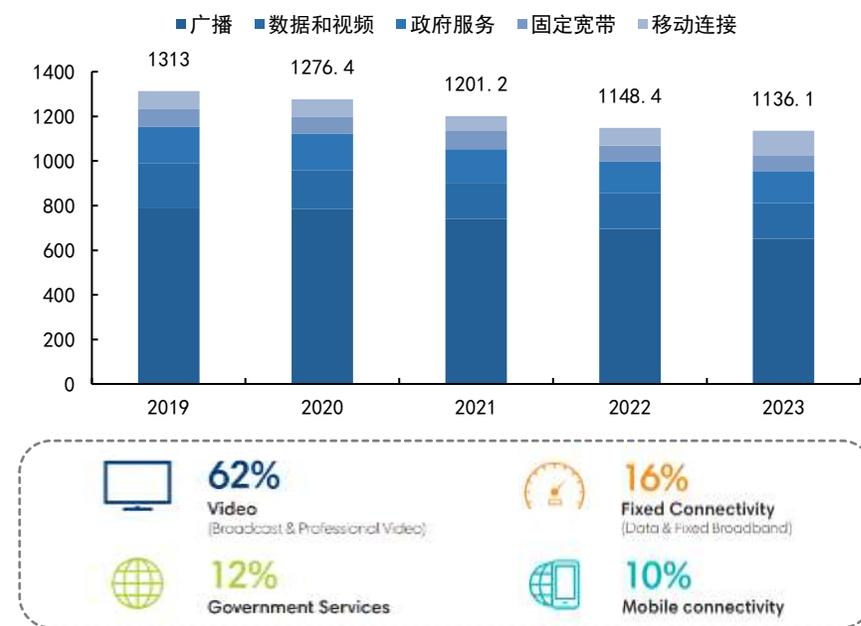
资料来源：Amazon，国信证券经济研究所整理

Eutelsat：全球收入第三的卫星运营商，合并带来新机遇

欧洲通信卫星公司 (Eutelsat) 成立于1977年，公司业务覆盖欧洲、中东、非洲、亚太和美洲地区，为将近7000家电视台和1100个广播电台提供服务。公司于2005年在巴黎泛欧交易所上市，2019-2023财年的收入均超10亿欧元。2022年7月，Eutelsat宣布与LEO卫星互联网运营商OneWeb合并，合并于2023年9月完成，并组成了新实体“Eutelsat Group”。

Eutelsat Group拥有来自Eutelsat的36颗对地静止 (GEO) 卫星和来自OneWeb的600多颗近地轨道 (LEO) 卫星。公司计划从2023年底开始，打造具有显著附加值的GEO-LEO组合产品，这将使其获得卫星行业的独特领先优势。公司官网显示未来有两颗新部署的卫星，预计在2024年上半年发射Eutelsat 36D，以接替位于东经36° 的Eutelsat 36B，并将在2026年交付具有GEO-LEO联合服务功能的“Flexsat”。

图：Eutelsat 近五年收入构成（单位：百万欧元）



资料来源：Eutelsat，国信证券经济研究所整理

图：Eutelsat LEO/GEO规划

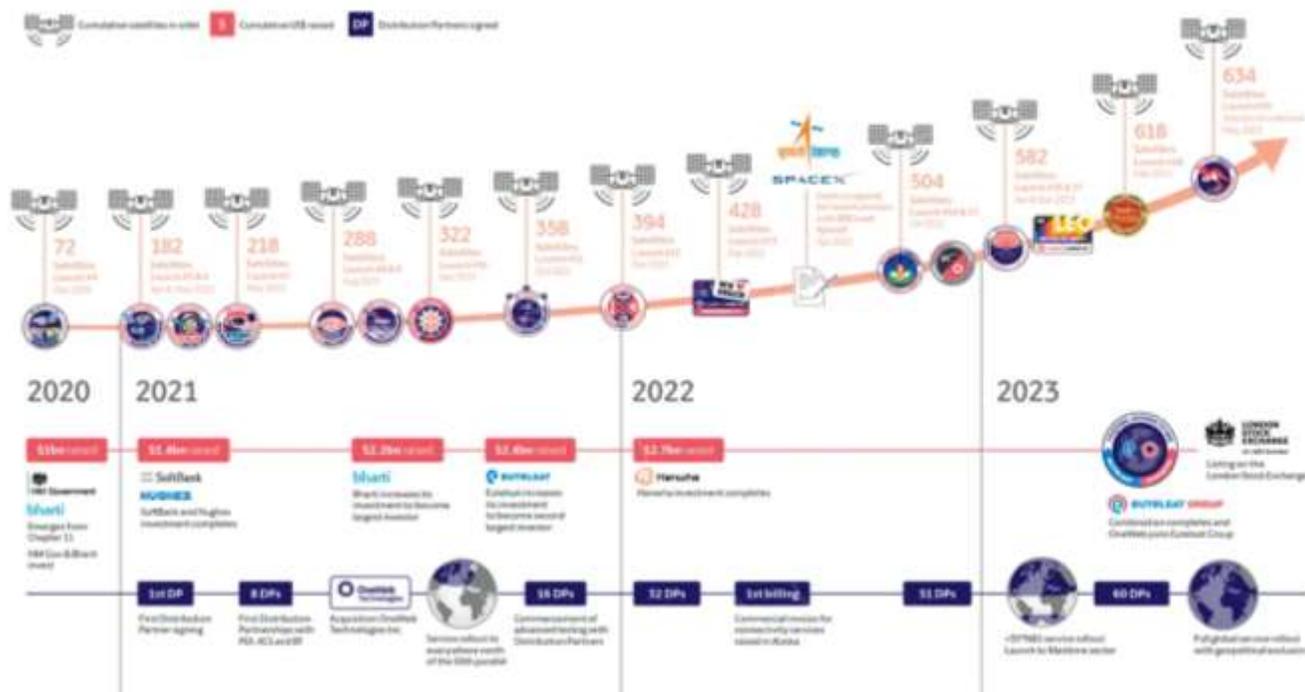


资料来源：Eutelsat，国信证券经济研究所整理

Eutelsat：合并OneWeb，延伸低轨卫星网络布局

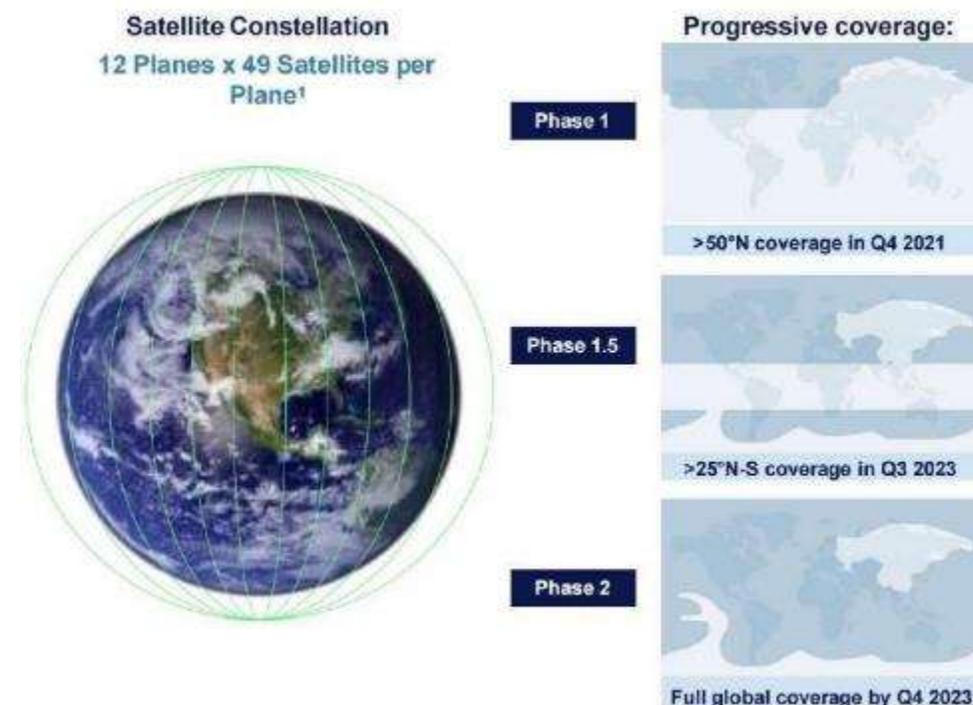
2022年7月，Eutelsat与OneWeb宣布达成协议，通过一次全股票交易实现合并。合并后Eutelsat将拥有OneWeb的100%股份，OneWeb股东将获得2.3亿新发行的Eutelsat股票，占扩大后股本的50%。OneWeb创始人为Greg Wyler（即03b创始人，被SES收购），星座规模规划为648颗，设计总带宽容量达到1.1Tbps，2019年首次发射，预计23Q4完成全球部署。

图：Eutelsat OneWeb 发展历程



资料来源：Eutelsat OneWeb，国信证券经济研究所整理

图：OneWeb星座规划



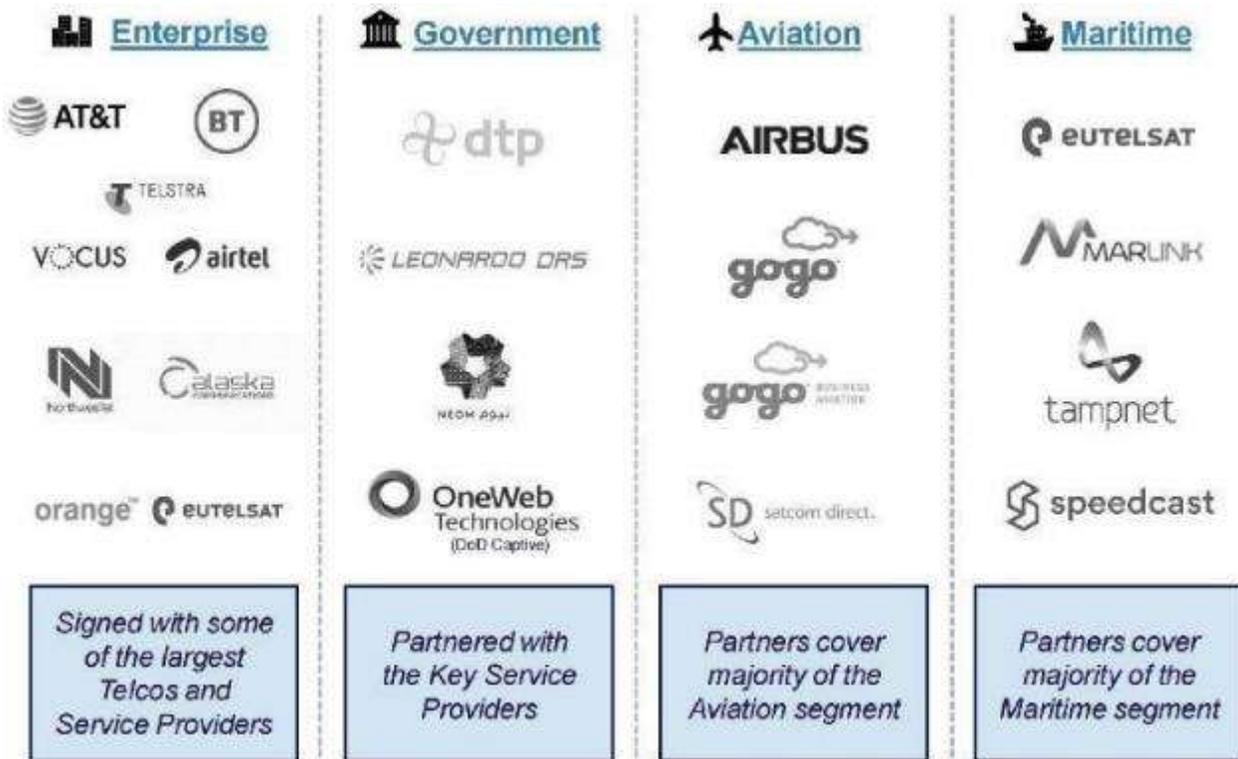
资料来源：Eutelsat，国信证券经济研究所整理

OneWeb：在轨第二大卫星群，仅次于星链

一网 (OneWeb) 成立于2012年，2019年2月开始发射卫星，初始计划的星座规模为648颗，后在2021年修改FCC申请到6372颗。2020年3月公司宣布破产，同年7月Bharti Global和英国政府竞标破产公司成功(各投资5亿美元)，2022年7月宣布与Eutelsat合并，成为Eutelsat OneWeb。

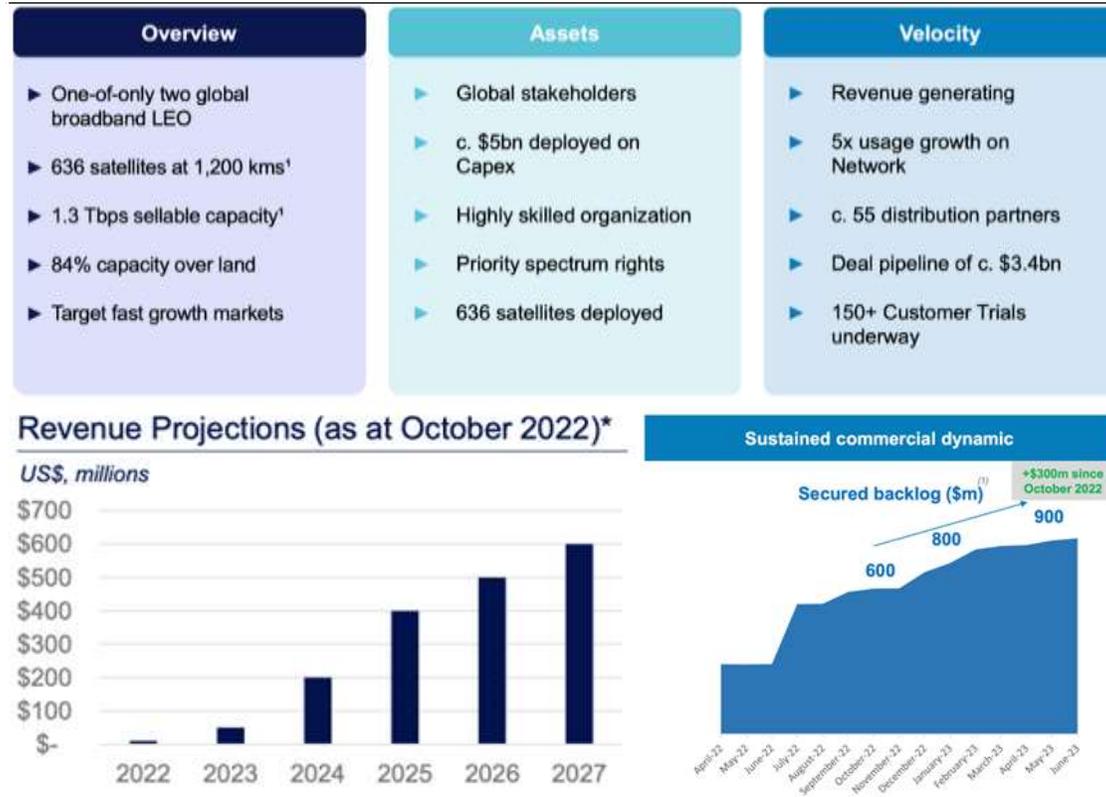
一代星座部署完成，二代星座首颗测试星已发射。2023年3月，OneWeb的36颗卫星搭乘印度运载火箭LVM-3升空，使OneWeb入轨卫星总数达到618颗，超过全球覆盖所需的588颗，5月又搭乘猎鹰9号发射了16颗卫星(包含一颗名为“JoeySat”的二代试验星)，使OneWeb成为目前在轨卫星数量第二的卫星群。公司计划在2023年第四季度开始商业服务，预计该年度收入5000万美元，2027年预计收入超过6亿美元。

图：OneWeb已与44家渠道伙伴签署合作协议



资料来源：Eutelsat，国信证券经济研究所整理

图：Eutelsat OneWeb 概况及收入预测



资料来源：Eutelsat OneWeb，国信证券经济研究所整理

Telesat: 已获得低轨星座全球服务的全部启动资金

Telesat成立于1969年，前身是加拿大皇家公司Telesat Canada，于1972年发射了Anik A1号卫星，这是世界上第一颗由商业公司运营的地球静止轨道(GEO)国内通信卫星。直到1979年2月，Telesat一直合法垄断着加拿大的地面站，任何希望发送或接收卫星信号的实体都必须与其签订地面站长期租赁合同。截止2023年12月，公司官网显示的卫星有14颗分布在GEO轨道，以及正在建设中的LEO星座“Lightspeed”。

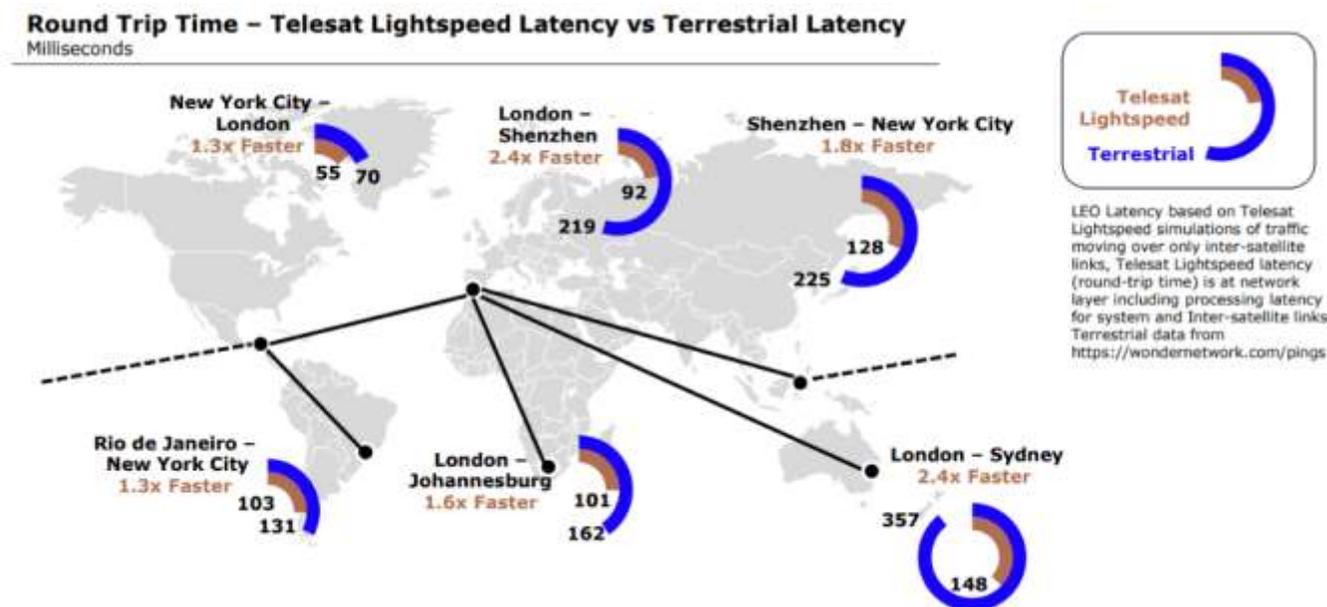
Telesat Lightspeed在2016年被提出，2018年1月发射了首颗试验卫星，2020年将星座规模扩大到1600颗以上。2023年8月，Telesat宣布空间技术公司MDA将为其建造首批198颗卫星，且Lightspeed星座已经获得了来自公司自身股本、供应商融资、加拿大联邦和省政府合作伙伴的资金，将为全球服务提供充足的现金流。公司计划卫星发射于2026年年中开始，极地和全球服务计划于2027年年末开始。

图：Telesat Lightspeed 应用场景



资料来源：Telesat，国信证券经济研究所整理

图：Telesat Lightspeed 延迟测试



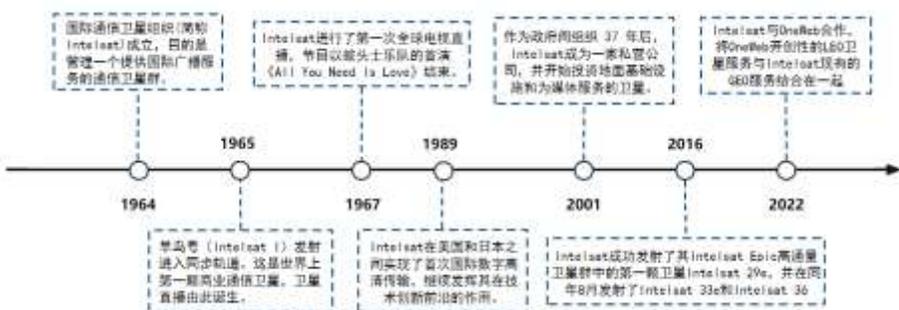
资料来源：Telesat，国信证券经济研究所整理

Intelsat: 全球最大的GEO卫星通信提供商, 进军低轨市场

Intelsat前身为国际通信卫星组织, 国际通信卫星公司(Intelsat)在1964年-2001年间是一个由约翰·肯尼迪发起的政府间联盟, 在2001年被私有化为一家跨国卫星服务提供商。2020年12月, Intelsat完成了对Gogo公司商业航空(CA)业务的收购。截止2023年12月, Intelsat运营一支约60颗通信卫星组成的舰队, 向全球超20亿人提供电视和广播, 为23家商业航空公司和近3000架飞机提供机上连接。

进军低轨卫星互联网, 布局卫星通信新应用。2022年, Intelsat和OneWeb达成合作, 利用自身的GEO服务和OneWeb的LEO服务提供多轨道解决方案。2023年9月, Intelsat的CEO Wajsgras表示准备押注那些考虑手机直连卫星技术、频率扩展、信关站和地面终端的新技术公司。目前, Intelsat已经参股了四家专注低轨星座的企业, 价值在500万美元到2500万美元之间。

图: Intelsat 发展历程

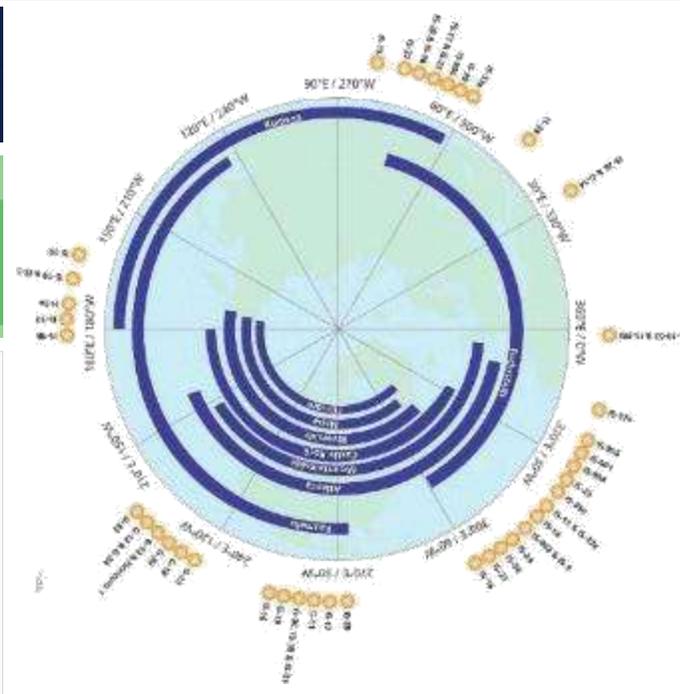


资料来源: Intelsat, 国信证券经济研究所整理

图: Intelsat 服务场景及卫星分布情况



资料来源: Intelsat, 国信证券经济研究所整理

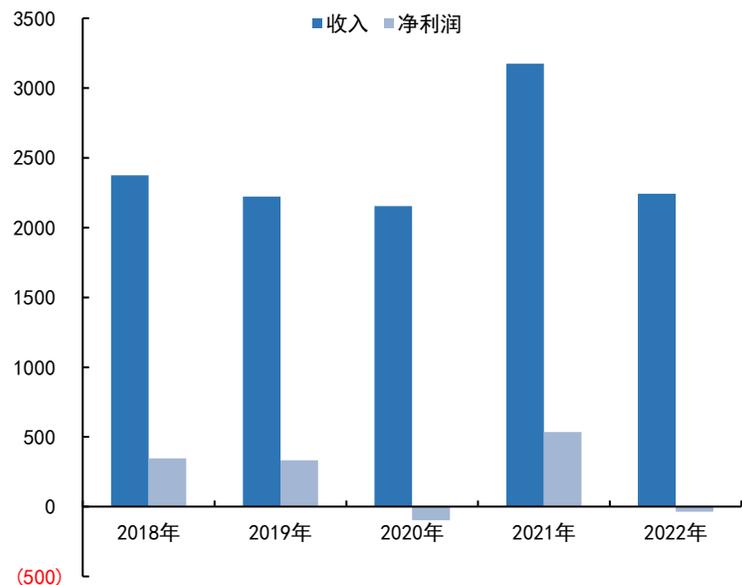


SES Global：收购03b完成ME0布局，新布局LE0卫星

SES Global成立于1985年，是欧洲第一家私营卫星运营商，于1998年在卢森堡证券交易所上市(代号SESG)。SES在地球静止轨道(GEO)和中地球轨道(MEO)这两个不同轨道上拥有70多颗卫星，其中包括Astra系列卫星、03b一代星和03b mPOWER二代星等。03b星座最初由03b Networks拥有和运营，该公司于2016年成为SES的全资子公司，星座所有权移交给SES旗下部门SES Networks。

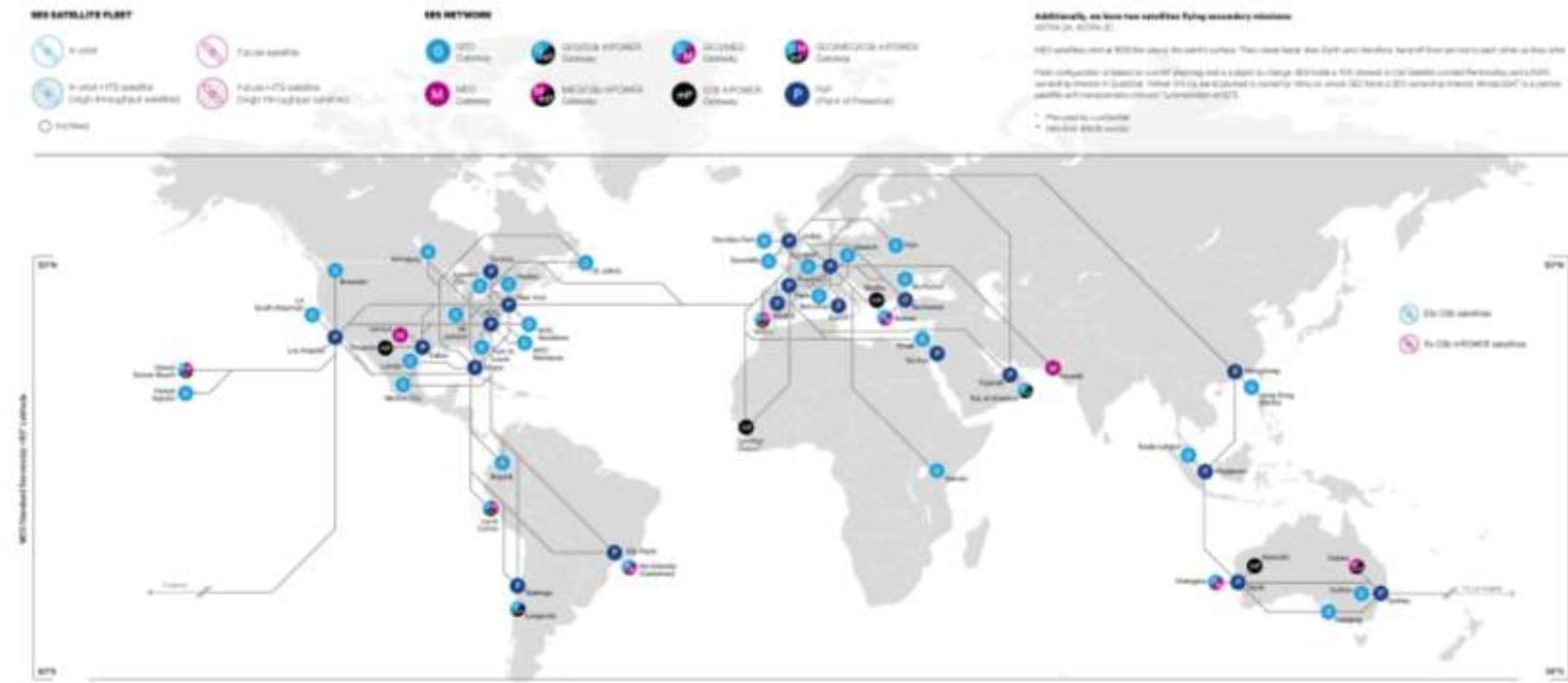
2022年12月，SES公司的首批2颗03b mPOWER卫星成功发射。03b mPOWER是SES的第二代中轨道(MEO)卫星系统，该星座由13颗卫星组成，截止2023年12月已发射6颗，预计于2024年第二季度开始商业服务。SES在2020年曾向FCC提交36颗LEO卫星的申请，但近几年没有进一步的规划。

图：SES 近五年收入和净利润（单位：百万美元）



资料来源：SES S. A.，国信证券经济研究所整理

图：SES 服务覆盖范围



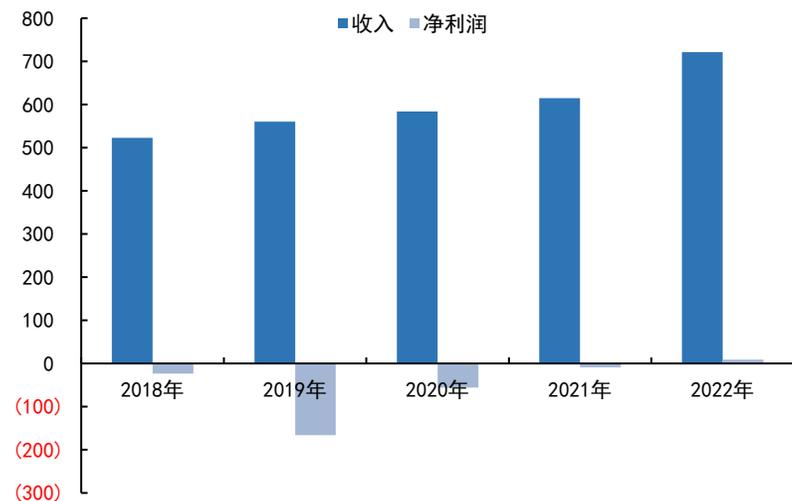
资料来源：SES S. A.，国信证券经济研究所整理

Iridium: 全球首个大型低轨卫星通信系统, 2022年扭亏为盈

铱星星座(Iridium)由Motorola的三位工程师在1987年末提出, 在1998年开始运行并投入商业使用。第一代星座在1997年-2002年部署并完成全球覆盖, 但并未获得成功, 导致公司破产。2007年, 铱星推出了第二代星座“Iridium NEXT”计划, 该星座目前拥有80颗卫星, 这些卫星在2017年-2019年期间由SpaceX猎鹰9号火箭发射升空, 取代了原来的所有铱星卫星。

据2022年报显示, 铱星星座的用户数量已经达到了199.9万, 并完成了扭亏为盈。2023年1月, 铱星宣布将与芯片巨头高通公司合作, 为安卓智能手机提供名为“Snapdragon Satellite”的双向卫星消息服务, 但这项合作在12月终止了。铱星公司表示仍将与其他芯片制造商、智能手机制造商和操作系统开发商接触合作, 其首席执行官预计到2030年, 铱星将产生约10亿美元的年服务收入。

图: Iridium 近五年收入和净利润 (单位: 百万美元)



资料来源: Iridium Communications, 国信证券经济研究所整理

图: Iridium 服务场景



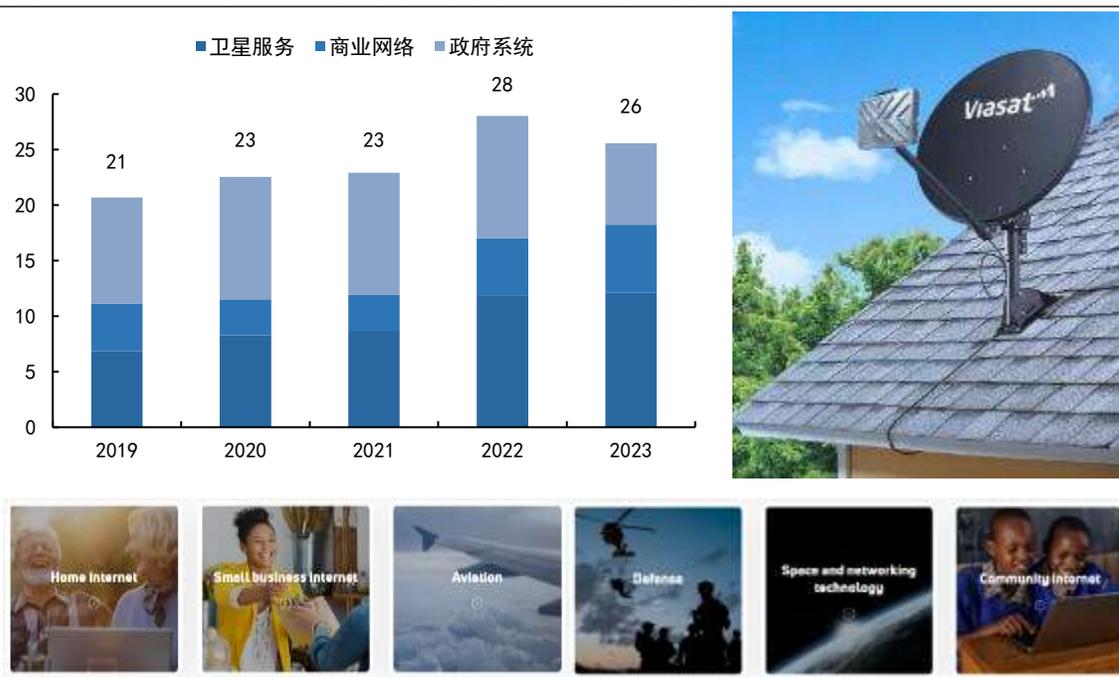
资料来源: Iridium Communications, 国信证券经济研究所整理

Viasat: 高通量GEO卫星运营商, 垂直整合卫星全产业链

卫讯公司(Viasat)成立于1986年, 是一家卫星宽带服务和安全网络系统提供商, 覆盖军事和商业市场。Viasat运营着五颗卫星: Anik-F2、WildBlue-1、KA-SAT、ViaSat-1和ViaSat-2, 后两颗卫星由Viasat参与建造, 容量为140G和260G。2015年, 公司提出了由三颗容量近1TB的卫星构成的Viasat-3星座, 该星座建成后, 其容量将超过世界其他航天器的总和。2023年5月, 第一颗卫星Viasat-3 Americas搭载猎鹰重型升空, 但在运行过程中出现天线故障, 目前尚未解决。消息传出后, Viasat股价遭遇单日最大跌幅。

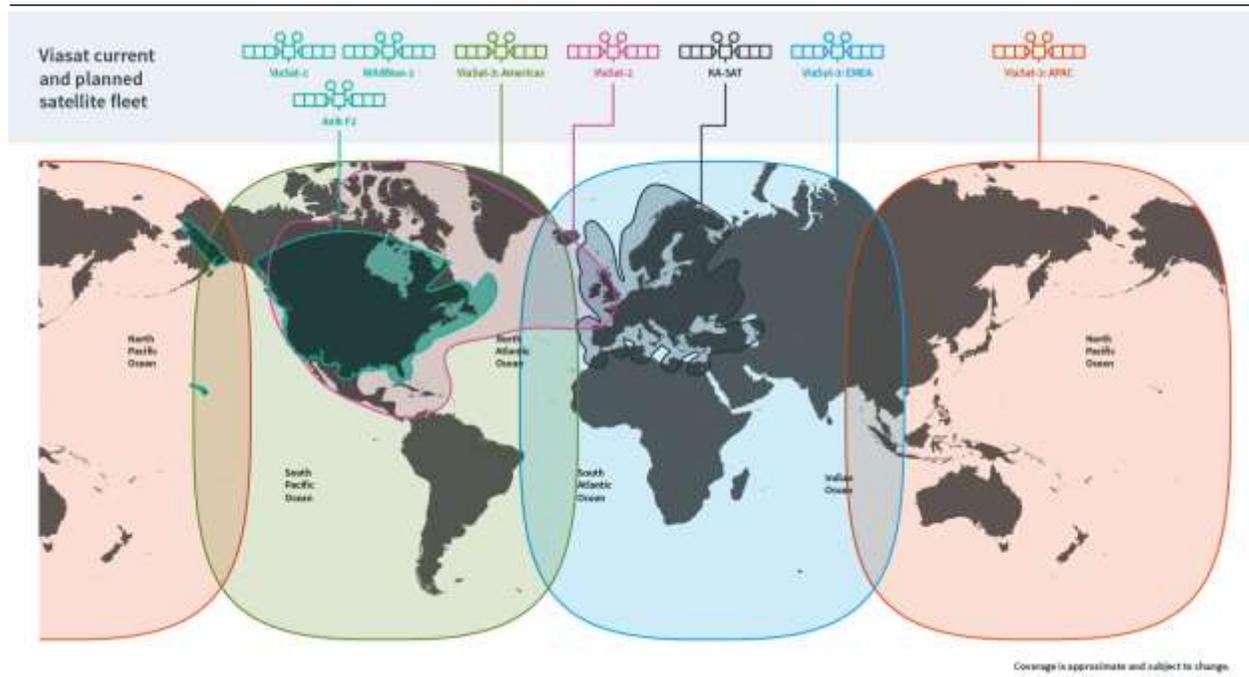
频繁收购价值链相关企业, 推进垂直整合。据Tracxn统计, Viasat在近年共有12起收购, 花费超78亿美元, 对国际海事卫星组织(Inmarsat)的收购规模最大, 花费73亿美元。其收购分为两种类型: 一是针对客户资源的收购, 以收购WildBlue公司为代表; 二是针对技术和产品的收购, 以收购Scientific Atlanta公司为代表。通过这些收购, Viasat从一家纯粹的卫星设备制造商转型为了卫星全产业链业务的操盘者。

图: Viasat 近五年收入构成(单位: 亿美元)、终端及服务场景



资料来源: Viasat, 国信证券经济研究所整理

图: Viasat 卫星覆盖范围



资料来源: Viasat, 国信证券经济研究所整理

Inmarsat: 全球最大海事卫星公司, 垄断GMDSS服务20余年

国际海事卫星组织 (Inmarsat) 于1979年由国际海事组织 (IMO) 建立, 目的是发展一个保护海上生命的卫星通信网络。公司曾在伦敦证券交易所上市, 直到2019年12月被财团Connect Bidco收购。2021年11月, Inmarsat宣布被Viasat收购, 此次收购于2023年5月完成。

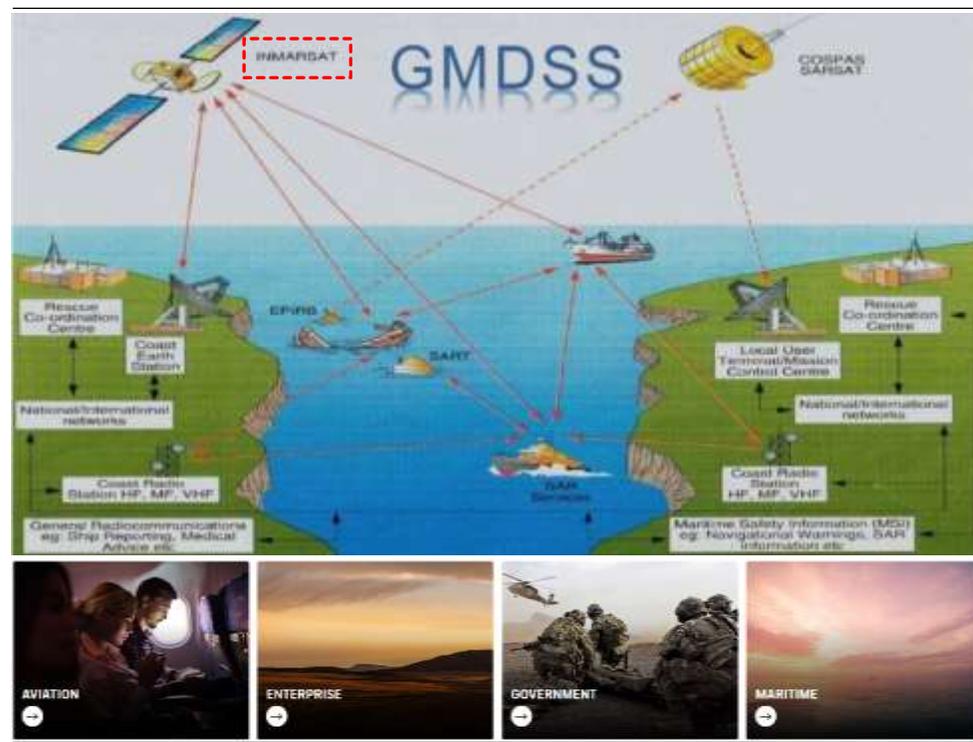
Inmarsat主营海事卫星, 是第一个满足全球海上遇险和安全系统 (GMDSS) 要求的卫星运营商。GMDSS是所有SOLAS船舶 (总注册吨位超过300吨的货船以及远洋客轮、渡轮和游轮等客船) 都必须遵守的一套协议, 还有数以万计的非SOLAS船舶也使用GMDSS。Inmarsat是GMDSS的重要组成部分, 负责卫星通信和搜索传播海上信息, 每天保护着160万海员的生命。自GMDSS在1999年全面实施以来, Inmarsat一直是唯一获得认证的卫星服务提供商, 直至2020年铱星公司 (Iridium Communications) 获得认证, 才打破了20年来的垄断局面。

图: Inmarsat 运营的卫星 (已发展至第六代)

	卫星	搭乘火箭	发射日期	服务/备注
Marisat系列	三颗: Marisat F1/F2/F3	Delta 2914	1976年	均已退役
MARECS系列	三颗: MARECS-A/B/C	Ariane 1 / Ariane 3	1981年-1984年	A、C已停用, B发射失败
Inmarsat-2系列	四颗: Inmarsat-2 F1/F2/F3/F4	Delta II 6925 / Ariane 44L	1990年-1992年	均已退役
Inmarsat-3系列	Inmarsat-3 F1	Atlas IIA	1996年4月	2020年调任海事安全后备服务
	Inmarsat-3 F2	Proton-K/DM1	1996年9月	2019年调任海事安全后备服务
Inmarsat-3系列	Inmarsat-3 F3	Atlas IIA	1996年12月	仅现有和演进的服务
	Inmarsat-3 F4	Ariane 44L	1997年6月	2016年退役
	Inmarsat-3 F5	Ariane 44LP	1998年2月	各种租赁服务
Inmarsat-4系列	Inmarsat-4 F1	Atlas V 431	2005年3月	BGAN, SPS和租赁服务
	Inmarsat-4 F2	Zenit-3SL	2005年11月	
	Inmarsat-4 F3	Proton-M / Briz-M	2008年8月	
	Inmarsat-4A F4	Ariane 5ECA	2013年7月	
Inmarsat-5系列 (Global Xpress)	Inmarsat-5 F1 (GX-1)	Proton-M / Briz-M	2013年12月	Ka波段全球数据服务, Global Xpress
	Inmarsat-5 F2 (GX-2)	Proton-M / Briz-M	2015年2月	
	Inmarsat-5 F3 (GX-3)	Proton-M / Briz-M	2015年8月	
	Inmarsat-5 F4 (GX-4)	Falcon 9 Full Thrust	2017年5月	
	Inmarsat-5 F5 (GX-5)	Ariane 5ECA	2019年11月	
欧洲航空网络	Inmarsat S EAN	Ariane 5	2017年6月	为欧洲航空业提供S波段服务
Inmarsat-6系列	Inmarsat-6 F1	H-11A F45	2021年12月	Failed in orbit
	Inmarsat-6 F2	Falcon 9 Block 5	2023年2月	

资料来源: Inmarsat, 国信证券经济研究所整理

图: GMDSS工作示意图及Inmarsat的服务场景



资料来源: Inmarsat, GMDSS, 国信证券经济研究所整理

六、关注国产卫星互联网投资机会

全球卫星互联网市场空间广阔，我国仍处在加速发展期



卫星制造空间：星链卫星制造商业模式成熟，目前V2 mini星近100万美元/颗，V2标准星或达到120万美元/颗（单星质量增大），考虑到卫星5年左右迭代周期，星链实现前期规划的4.3万颗卫星预计累计需要发射超过7万颗卫星，若以100万美元/颗计算，星链卫星制造市场空间约为700亿美元。我国“GW星座”和“G60星座”分别规划了1.2万颗卫星，Amazon Kuier星座规划了3600颗卫星，整体全球低轨卫星互联网市场空间超过1000亿美元。

地面终端空间：星链应用商业模式成熟，下游应用中全球10亿住户卫星连接渗透率达5%、至2030年新增约5亿台车卫星连接渗透率达10%、船只保有量8万艘卫星连接渗透率达30%、私人飞机约3万架卫星连接渗透率达30%，若按照星链500美元标准终端（高端版2000美元），120美元/月租费（高端版250~1000美元/月）标准测算，下游全球卫星应用市场空间约2000亿美元；以上测算参考各卫星运营商自研终端，若考虑今年将开启的手机直连卫星业务，市场空间或更大。

我国正加速布局低轨卫星互联网星座，2023年成功发射实验星多次、新规划“G60星链”且首星已下线生产、民营火箭技术不断突破、文昌商业发射场一号工位竣工、应用端多个手机厂商规划开通手机直连卫星；预计2024年国内开始规模发射低轨通信卫星，产业迎来0到1建设的高景气度发展大年，全产业链机会值得重视，其中建议关注国内相控阵芯片/组件供应商【**铖昌科技（001270.SZ）**】、【**国博电子（688375.SH）**】、卫星通信载荷核心供应商【**信科移动（688387.SH）**】、地面终端供应商【**海格通信（002465.SZ）**】。

表：重点公司盈利预测及估值(截止2023年1月18日)

代码	简称	股价(元)	总市值(亿元)	投资评级	营收(亿元)			归母净利润(亿元)			PE			PEG 2023E
					2022A	2023E	2024E	2022A	2023E	2024E	2022A	2023E	2024E	
002465.SZ	海格通信	11.4	282.4	增持	56.2	62.7	72.7	6.7	7.4	9.1	42.3	38.2	31.1	2.3
001270.SZ	铖昌科技	54.8	85.8	无评级	2.8	4.1	5.9	1.3	1.7	2.4	64.6	49.6	35.1	1.4
688375.SH	国博电子	70.8	283.2	增持	34.6	40.2	50.3	5.2	6.2	7.9	54.4	45.5	35.7	1.9
688387.SH	信科移动	6.3	214.7	无评级	69.2	87.0	109.0	-6.7	-3.0	1.0	-31.9	-	221.9	-

资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理和预测

请务必阅读正文之后的免责声明及其项下所有内容

我国多地政策大力支持卫星互联网发展



表：近期部分卫星互联网产业政策

实施时间	城市/地区	文件名称	主要内容
2022年10月	河南	《河南省卫星及应用产业发展行动计划（2022-2025年）》	主攻卫星运营服务、卫星制造及配套、地面设备制造、融合应用等方向，目标到2025年，卫星及应用产业发展体系基本建立，产业综合实力在中西部地区领先，建成立足中部、服务全国、面向全球的卫星运营和应用服务中心，形成国家级商业空间信息枢纽，成为特色领域卫星应用的策源地。
2022年11月	深圳	《深圳市支持新型信息基础设施建设的若干措施》	布局卫星互联网设施。支持企业推进全球高通量卫星宽带通信系统、低轨星座及配套地面系统建设，探索卫星通信与地面5G、物联网融合发展，形成全球覆盖的宽带通信、物联网运营服务及重要区域手机直连能力。深化北斗系统推广应用。支持“深圳星”等本地卫星资源以及国家自主卫星资源在交通物流、海洋经济、自然资源、城市安全、环境保护等领域综合应用与创新示范。
2022年11月	北京	《北京市数字经济促进条例》	信息网络基础设施建设应当重点支持新一代高速固定宽带和移动通信网络、卫星互联网、量子通信等，形成高速泛在、天地一体、云网融合、安全可控的网络服务体系。
2023年2月	重庆	《关于加快推进以卫星互联网为引领的空天信息产业高质量发展的意见》	到2025年，重庆将构建空天地一体化、通导遥深度融合的空天信息服务体系，创建国家级卫星互联网产业创新中心，卫星互联网产业园形成品牌和规模效应。到2030年，重庆卫星互联网服务能力将进一步提升，全面建成卫星互联网综合应用示范区，推动3-5家企业上市，引进培育上百家“专精特新”企业，形成千亿级空天信息产业集群，成为具有全国影响力的空天信息产业基础设施主阵地、原始创新策源地、产业发展集聚地、应用服务新高地。
2023年10月	工信部	《关于创新信息通信行业管理优化营商环境的意见（征求意见稿）》	统筹推进电信业务向民间资本开放，加大对民营企业参与移动通信转售等业务和服务创新的支持力度，分步骤、分阶段推进卫星互联网业务准入制度改革，不断拓宽民营企业参与电信业务经营的渠道和范围。
2023年11月	上海	《上海市促进商业航天发展打造空间信息产业高地行动计划（2023-2025年）》	到2025年，以商业航天跨越式发展为牵引，围绕卫星制造、运载发射、地面系统设备、空间信息应用和服务等环节，加强卫星通信、导航、遥感一体化发展，推动空天地信息网络一体化融合。探索星箭一体新模式，构筑技术驱动新格局，建设数智制造新高地，开拓应用示范新场景，引领长三角区域空间信息一体化发展，为航天强国建设提供有力支撑。
2023年11月	成都	《成都市卫星互联网与卫星应用产业发展规划（2023-2030年）》	聚焦抢抓整星制造产业链关键环节、卫星数据应用价值链高端环节，着力推动卫星互联网与卫星应用产业高质量发展。到2025年，核心产业规模达300亿元，争创国家卫星互联网与卫星应用产业示范基地，基本建成卫星互联网与卫星应用示范城市。到2030年，力争打造千亿级卫星互联网与卫星应用产业集群，全面建成卫星互联网与卫星应用标杆城市。

资料来源：工信部，各地政府政务平台，国信证券经济研究所整理

卫星部署：我国已加速部署星网（GW）和“G60星链”两个星座

星网（GW）已申请1.3万颗卫星，力争“占频保轨”。并于2022年10月首次开始规模集采，航天五院、中科院上海微小卫星工程中心、银河航天中标。2023年星网试验星成功发射，下一代卫星研制设计已启动。今年以来，我国已发射数次卫星互联网技术试验卫星；同时银河航天正在开展新一代通信卫星的研制工作，将实现相控阵天线和太阳翼一体化，支持手机直连卫星。

“G60”星链推动低轨通信卫星行业快速发展。上海市松江区委书记在今年7月25日“高质量发展在申城·松江区”新闻发布会上公示打造低轨宽频多媒体卫星“G60星链”，未来将实现1.2万多颗卫星的组网。

表：星网卫星网络资料申报情况（上表）及ITU对NGSO卫星星座建设要求（下表）

卫星网络	申报日期	卫星总数	轨道面数量	每轨卫星数	轨道高度 (km)	轨道倾角 (deg)	频段	申报阶段
GW-2	2020.09.11	6912	36	48	1145	30	L/S/C/X/Ku/Ka/Q	C阶段
			36	48	1145	40		
			36	48	1145	50		
			36	48	1145	60		
GW-A59	2020.09.11	6080	16	30	590	85	L/S/C/X/Ku/Ka/Q	C阶段
			40	50	600	50		
			60	60	508	55		

部署周期	7年内	7+2年	7+5年	7+7年
部署要求	首颗卫星发射	完成10%部署	完成50%部署	完成100%部署

资料来源：ITU，国信证券经济研究所整理

表：2023年星网卫星技术试验星发射

时间	发射详情	图示
7月9日	火箭：长征二号丙运载火箭 地点：酒泉卫星发射中心	
11月23日	火箭：长征二号丁运载火箭 地点：西昌卫星发射中心 火箭和上面级均由中国航天科技集团八院抓总研制，卫星分别由中国航天科技集团八院和中国科学院微小卫星创新研究院抓总研制。	
12月6日	火箭：捷龙三号运载火箭 地点：太原卫星发射中心在广东阳江附近海域	
12月30日	火箭：长征二号丙运载火箭 地点：酒泉卫星发射中心	

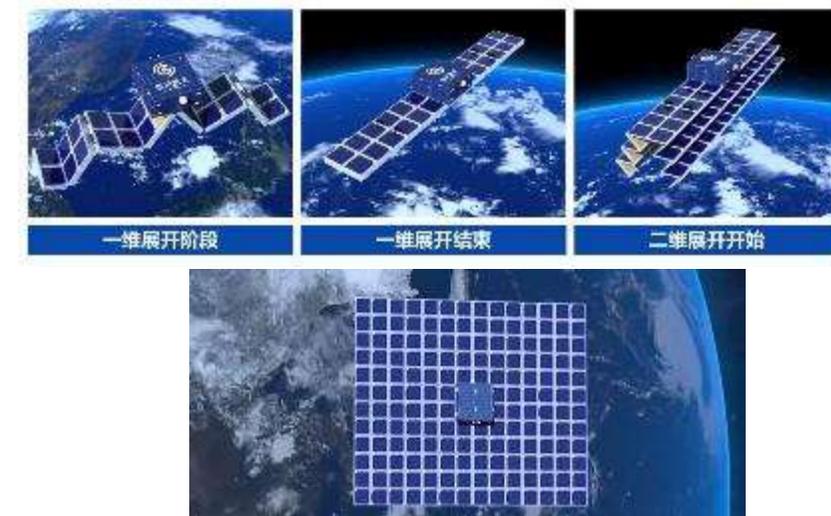
资料来源：新华社，央视新闻，国信证券经济研究所整理

图：上海市松江区“G60星链”产业基地启航



资料来源：东方卫视，国信证券经济研究所整理

图：银河航天正在开展新一代通信卫星的研制工作



资料来源：银河航天，国信证券经济研究所整理

运载火箭：民营公司在可回收、燃料、运力等领域不断突破

2023年7月12日，蓝箭航天研制的朱雀二号遥二运载火箭在我国酒泉卫星发射中心发射升空，成为全球首款成功入轨飞行的液氧甲烷火箭，将1.5吨重的航天器送入距离地球500公里的太阳同步轨道，后续改进型可将运载能力提高到4吨。2024年1月19日蓝箭航天在酒泉卫星发射中心完成了朱雀三号VTVL-1可重复使用垂直起降回收火箭首次飞行，使用了自研TQ-12液氧甲烷火箭，飞行高度约350米，落点偏差2.4米。

2023年12月13日，星际荣耀的“双曲线二号”验证火箭，成功进行了首次垂直起降飞行试验。该火箭代号SQX-2Y，采用3.35m全尺寸的箭体直径，全长17米。装配星际荣耀自主研发的焦点一号深度变推力液氧甲烷发动机。

2024年1月11日，东方空间自主研发的引力一号火箭首次飞行，创造全球最大固体运载火箭、中国运力最大民商火箭纪录。火箭高30米，芯级直径和助推器直径同为2.65米，起飞重量405吨，起飞推力600吨，近地轨道运载能力6.5吨，500公里太阳同步轨道运载能力4.2吨，

图：朱雀二号遥三运载火箭



资料来源：蓝箭航天，国信证券经济研究所整理

图：星际荣耀双曲线二号



资料来源：星际荣耀，国信证券经济研究所整理

图：东方空间引力一号



资料来源：东方空间，国信证券经济研究所整理

地面终端：多厂商陆续规划支持手机直连卫星，行标指日可待

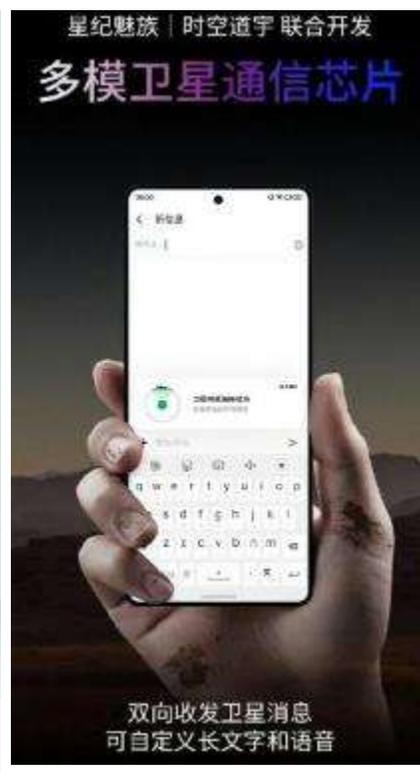
多厂商陆续公布2024年将支持手机直连卫星：在2023年11月“中国电信2023数字科技生态大会”上，中国电信公布将支持直连卫星旗舰机型优先集采合作，集采量超过500万台；Mate60 Pro于2023年8月29日发布直连“天通一号”卫星；MEIZU于2023年3月30日发布多模卫星手机。魅族在2023年3月30日发布 20 infinity 手机，内置了一颗和时空道宇联合研发的天问S1芯片，可以双向收发卫星消息；OPPO、中兴、小米、VIVO等厂商均表示将实现手机直连卫星，产业规模有望持续扩大。

我国正积极推进手机直连卫星功能标准化。近日中国通信标准化协会发文，在最近召开的TC5WG10的第46次会议上，与会专家对天通公众型多模手持终端多项技术及性能要求进行了深入讨论，天通公众型多模手持终端设备行标制定步入最终完善阶段。

图：中国电信发布5G卫星手机系统和天翼铂顿S9手机

图：2023年华为Mate60Pro手机（左图）和魅族20 Infinity 系列手机（右图）

图：OPPO下一代find系列手机



资料来源：中国电信，国信证券经济研究所整理

资料来源：华为，魅族，国信证券经济研究所整理

资料来源：OPPO，国信证券经济研究所整理

2024年卫星互联网产业各环节整装待发

G60星座卫星工厂于2023年底下线。2023年12月27日上午，上海格思航天G60卫星数字工厂投产暨G60卫星互联网首颗商业卫星下线仪式在长三角G60科创走廊顺利举办。工厂启用后，在卫星互联网批量化的生产情况下，可在1.5天左右生产1颗卫星，年产预估达到300颗。

海南文昌商业航天发射中心一号发射工位于2023年底正式竣工，2024年择机完成星网工程。该工位是国内新一代中型CZ-8火箭专用工位。航天科技集团一院海南商业航天发射场建设项目专项总设计师吴义田曾在去年5月该工位封顶时表示，“我们会在2024年上半年的6月份之前择机完成星网工程的发射任务，星网工程也是我们海南商业航天发射场首次执行的发射任务，也是我们国家的重大工程任务。”

今年预计我国将有8型新运载火箭进行首次发射，其中6型均为民营火箭公司研发。谷神星一号计划6次发射，力箭一号计划5次发射，双曲线一号计划3次发射，朱雀二号改型计划3次发射；再加上6型火箭首发，中国民营商业航天年度发射数量将首次超过20次。

图：格思航天卫星制造工厂首星下线



图：文昌商业航天发射中心一号工位竣工



表：2024年我国民营火箭发射规划

公司	火箭发射规划和技术介绍
东方空间	引力一号全固体捆绑式运载火箭，1月11日发射成功
航天科技	长征八号改，二级从基本型的3米直径增加到3.35米，整流罩从4.2米增加到5.2米，计划6月在海南商业航天发射场一号工位首飞。
航天科技	XLV—上海八院研制的直径3.8米火箭，将成为5米直径芯级的长征5号系列外中国直径最大火箭之一。计划下半年在海南商业航天发射场二号工位首飞。
天兵科技	天龙三号，国内首型猎鹰九级别的可重复使用液氧煤油火箭。直径3.8米，总长71米，起飞质量590吨，起飞推力770吨。计划年中首飞(不回收)。
星河动力	智神星一号液氧煤油可重复使用火箭，高52米，直径3.35米，起飞重量257吨，近地轨道运载能力5吨，700公里太阳同步轨道运载能力3吨，计划下半年酒泉首飞。
深蓝航天	星云一号液氧煤油可重复使用火箭，直径3.35米，整流罩长度4米、运载能力500公里太阳同步轨道1吨，计划在海南商业航天发射场进行一子级陆上回收、海上回收飞行验证，年底完成入轨发射回收。如果成功，将成为中国首款入轨可回收火箭。
蓝箭航天	朱雀三号VTVL-1可重复使用垂直起降回收验证。朱雀二号改型，二级取消TQ-12加TQ-11游机方案，改为可多次启动变推力泵前摆TQ-15A发动机，性能有所提高。
星际荣耀	双曲线二号Y海上回收验证箭，在海上着陆平台重复垂直发射回收试验。

资料来源：央视新闻，国信证券经济研究所整理

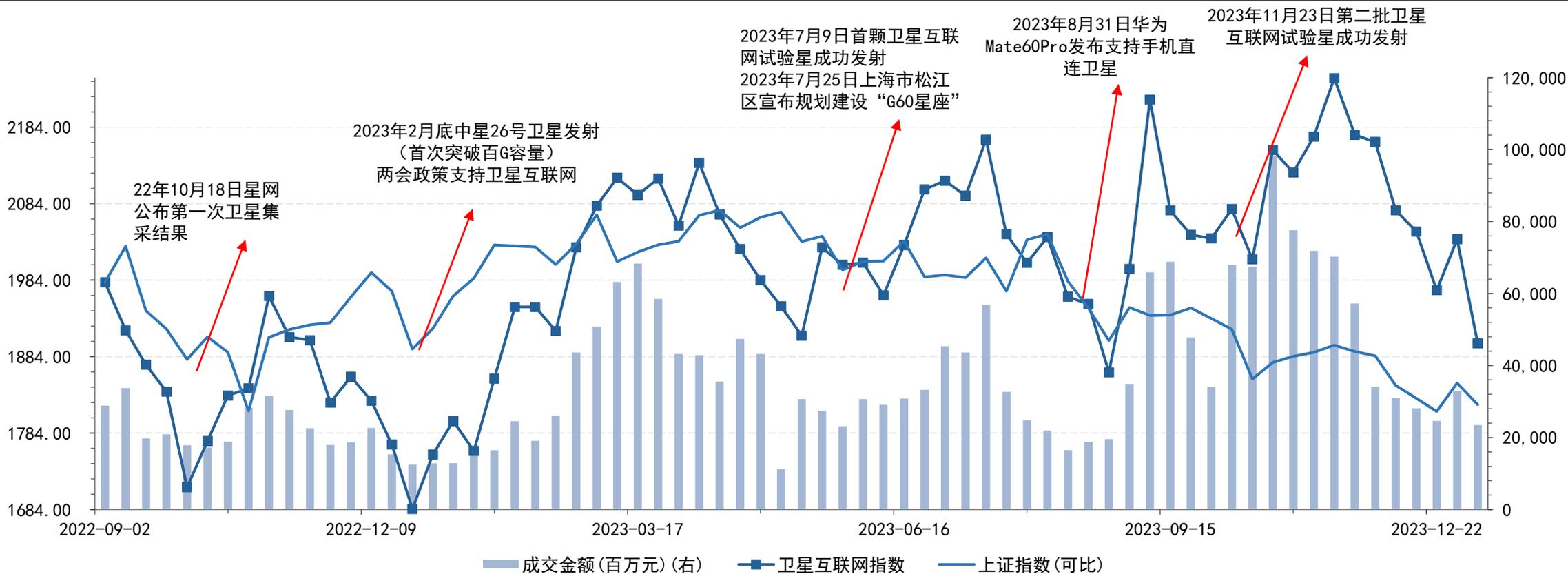
资料来源：海南商发官微，国信证券经济研究所整理

资料来源：各公司官网，各公司官微，第九届中国商业航天高峰论坛，风清颂官微，国信证券经济研究所整理

2023年事件催化驱动卫星互联网板块多轮行情

我国大力发展卫星互联网，标志性事件驱动相关公司大涨。2021年5月中国卫星网络集团有限公司成立，隶属国资委，正式规划GW星座（1.3万颗卫星）；该公司于2022年10月公示第一批卫星采招结果。2023年7月和11月卫星互联网试验星成功发射，同年7月上海市松江区公布规划建设“G60星座”，同年8月底华为发布Mate60Pro手机支持直连卫星功能。几个标志性事件均驱动卫星互联网板块行情大涨。

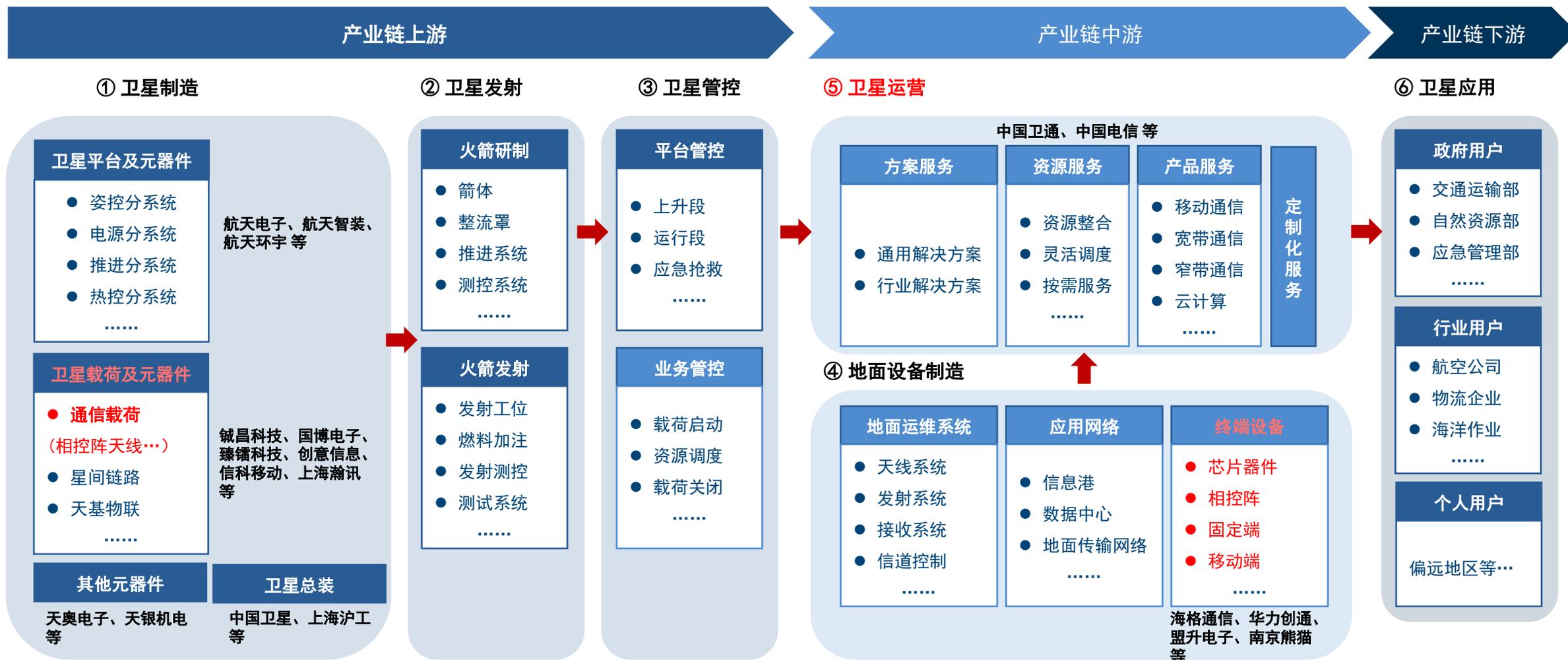
图：卫星互联网指数（8841289.WI）过去一年行情



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

请务必阅读正文之后的免责声明及其项下所有内容

图：低轨卫星互联网产业链一览及部分上市公司



资料来源：各公司公告，国信证券经济研究所整理

卫星互联网建设产业链相关公司一览



表：卫星互联网产业链一览及部分上市公司

产业链环节	证券代码	证券简称	相关业务	产业链环节	证券代码	证券简称	相关业务
卫星制造-载荷	688375.SH	国博电子	有源相控阵T/R完整组件	卫星总装	600118.SH	中国卫星	卫星总装、卫星平台分系统等
卫星制造-载荷	001270.SZ	铖昌科技	T/R芯片如射频放大类芯片、低噪声放大器芯片、射频幅相控制芯片	卫星总装	603131.SH	上海沪工	卫星总装集成
卫星制造-载荷	688387.SH	信科移动	通信载荷基带及标准	卫星总装	000547.SZ	航天发展	子公司制造遥感小卫星
卫星制造-载荷	688270.SH	臻镭科技	终端射频T/R微系统与模组、电源等	卫星终端	002465.SZ	海格通信	卫星通信终端
卫星制造-载荷	688776.SH	国光电气	行波管	卫星终端	300045.SZ	华力创通	卫星通信基带芯片、天通通信终端
卫星制造-载荷	002446.SZ	盛路通信	卫星天线	卫星终端	688311.SH	盟升电子	卫星终端相控阵天线
卫星制造-载荷	688385.SH	复旦微电	宇航级FPGA芯片	卫星终端	600775.SH	南京熊猫	卫星终端
卫星制造-载荷	300366.SZ	创意信息	基于5G通信载荷的转发器	卫星终端	300136.SZ	信维通信	终端相控阵天线
卫星制造-载荷	300620.SZ	光库科技	星间通信激光器	卫星运营	601698.SH	中国卫通	中星系列及亚太系列卫星运营商
卫星制造-载荷	002281.SZ	光迅科技	星间通信激光器	卫星运营	601728.SH	中国电信	天通系列卫星运营商
卫星制造-载荷	300762.SZ	上海瀚讯	卫星通信载荷	卫星运营	1045.HK	亚太卫星	亚太系列卫星运营商
卫星制造-平台	300102.SZ	乾照光电	太阳翼电池	卫星运营	688418.SH	震有科技	地面核心网
卫星制造-平台	300342.SZ	天银机电	星敏感器、太阳敏感器	卫星测试	301306.SZ	西测测试	卫星组装测试
卫星制造-平台	688523.SH	航天环宇	卫星天线系统、太阳能翼板	卫星测试	688053.SH	思科瑞	卫星射频模块的元器件测试
卫星制造-平台	300455.SZ	航天智装	SoC、SiP模块等微系统及控制部件	卫星加密	301117.SZ	佳缘科技	卫星数据安全
卫星制造-平台	600879.SH	航天电子	测控通信系统、导航、载荷、激光等				
卫星制造-平台	002935.SZ	天奥电子	时钟				

资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理；备注：本表未加入运载火箭环节

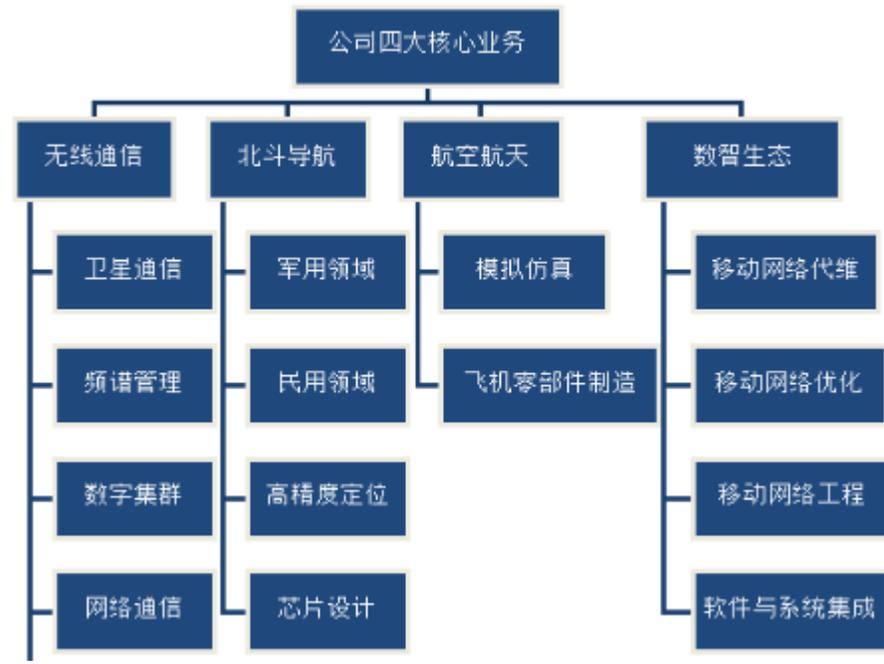
海格通信（002465.SZ）：大力发展卫星互联网业务

海格通信是国家火炬计划重点高新技术企业，主营“无线通信、北斗导航、航空航天、数智生态”四大领域。秉承60年的特种应用产业历史，公司已由原来单一为海军提供舰用短波通信、导航的整机设备厂，快速发展成为行业内用户覆盖最广、频段覆盖最宽、产品系列最全、产业链布局最深、最具竞争力的重点军工信息化企业之一，行业领先的软件和信息服务供应商，是我国军用通信、导航及信息化领域最大的整机和系统供应商和北斗导航装备研制专家。公司是全国电子信息百强企业广州无线电集团的主要成员企业。

海格通信于2023年10月完成新一轮18.6亿元定增，大力发展卫星互联网相关和无人信息系统项目。定增项目中的天枢研发中心建设暨卫星互联网研发项目是对现有无线通信业务底层技术的研发升级，研发课题主要包括导航增强芯片技术、卫星互联网窄带基带芯片技术、卫星互联网手持终端技术、卫星互联网宽带通信终端技术等方向。

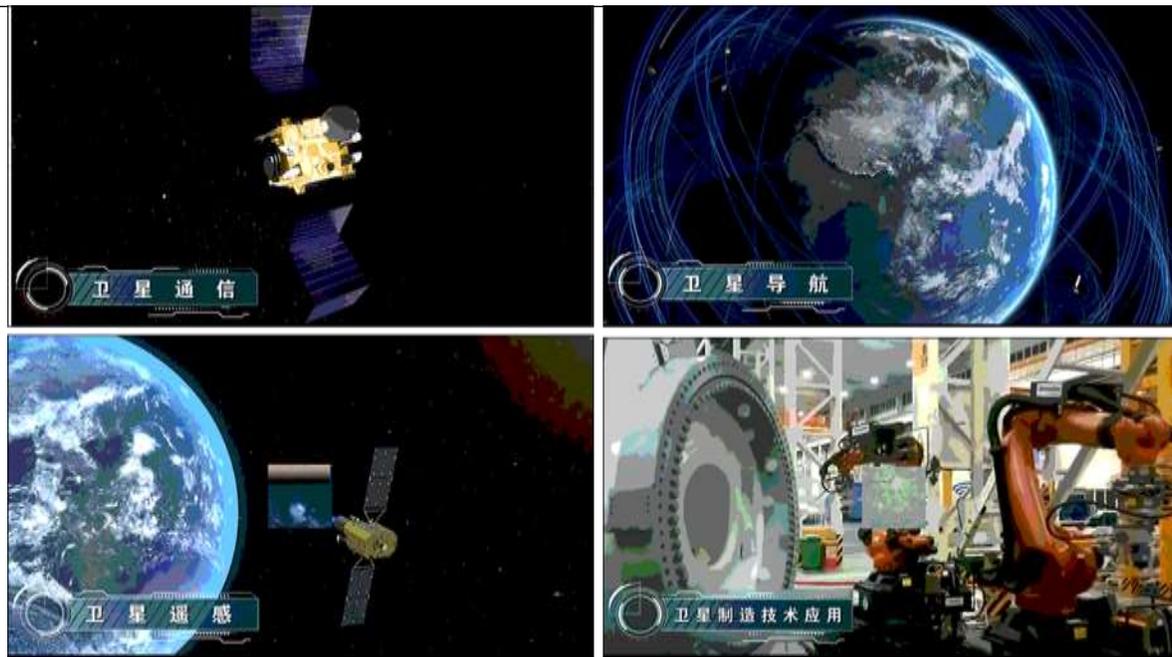
投资建议：维持盈利预测，预计2023-2025年收入分别为 65.6/81.3/101.3 亿元，归母净利润分别为 7.2/8.9/11.0亿元，维持“增持”评级。

图：海格通信公司业务结构



资料来源：海格通信官网，国信证券经济研究所整理

图：定增发行对象之一的国华卫星应用产业基金布局四大领域



资料来源：卫星应用官网，国信证券经济研究所整理

铖昌科技（001270.SZ）：星载相控阵射频芯片核心供应商

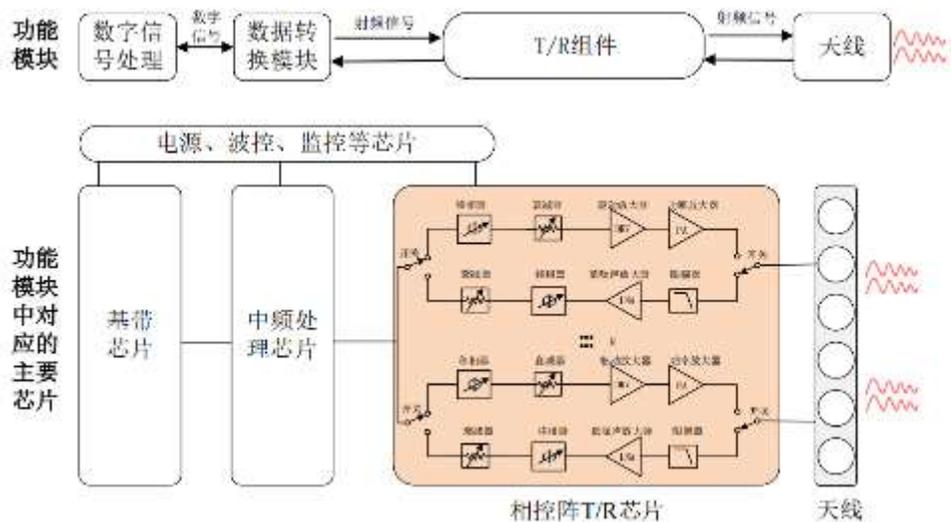


公司是国内民营有源相控阵收发（T/R）芯片自主研发领军企业。T/R芯片是相控阵雷达核心元器件，公司拥有完整的T/R芯片自主设计技术，产品已在卫星领域形成规模应用，并逐步延展到军用雷达等领域。公司产品在星载等领域应用已形成较高的技术与客户壁垒，产品毛利稳定在70%以上。2017年成功推出星载相控阵T/R芯片，在某型号卫星中已实现大规模应用。

竞争优势：一、公司是国内稀缺主营相控阵T/R芯片公司，同行业竞争对手仅有中电科55所和中电科13所。二、公司自研射频芯片，且具有较为完备的射频芯片生产制造流程。三、公司在高分系列积累深厚，已形成较高技术与客户壁垒。四、公司民营优势明显，产品性价比高、迭代能力强。

投资建议：维持盈利预测，预计2023-2025年收入分别为4.4/6.4/9.2亿元，归母净利润分别为1.9/2.6/3.5亿元，推荐关注。

图：相控阵系统示意图



表：铖昌科技主要产品分类、竞争力及优势

芯片种类	主要产品	产品工艺	产品优势
放大器类芯片	低噪声放大器芯片	GaAs、GaN工艺	公司研制的放大器类芯片产品有宽禁带、高电子迁移率、高压高功率密度的优势，具备高性能、高集成度和高可靠性等特点。
	功率放大器芯片		
	收发多功能芯片		
幅相控制类芯片	数控移相器芯片	GaAs、硅基工艺	公司研制的幅相控制类芯片产品分别具备不同的技术特点，可适应于客户的各类应用场景：GaAs工艺芯片产品在功率容量、功率附加效率、噪声系数等指标上具备优势；硅基工艺芯片产品则在集成度、低功耗和量产成本方面具备显著优势。
	数控衰减器芯片		
	数控延时器芯片		
	模拟波束赋形芯片		
无源类芯片	开关芯片	-	公司研制的无源类芯片产品具备尺寸小、插损低等特点。
	功分器芯片		
	限幅器芯片		

资料来源：铖昌科技招股说明书，国信证券经济研究所整理

资料来源：铖昌科技公司公告，国信证券经济研究所整理

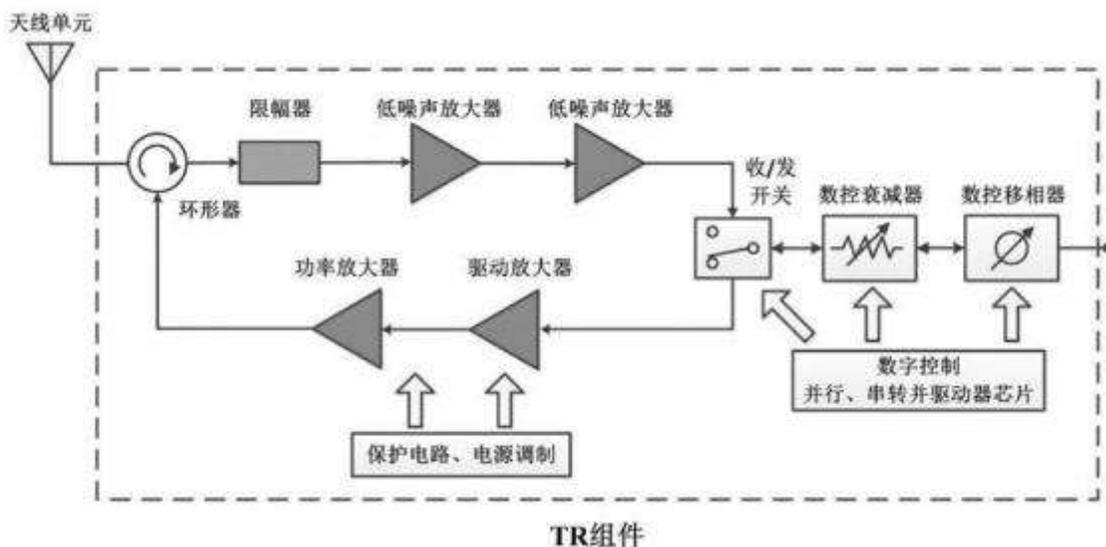
国博电子（688375.SH）：稀缺相控阵T/R组件供应商

国内稀缺有源相控阵收发（T/R）组件和射频集成电路供应商，已深耕行业20多年。T/R组件是相控阵雷达核心元器件。公司拥有完整的T/R组件各模块产研技术，该产品经营规模大幅领先同行业上市公司；其射频集成电路已进入通信设备龙头企业供应链，与国际大厂同台竞争。公司继承了中电科55所核心技术和客户资源，正受益军用雷达、卫星、移动通信等行业景气发展。

竞争优势：产品具有稀缺性、工艺领先，芯片自主可控，股东55所实力雄厚。 1) 稀缺高频、完整T/R组件供应商。公司Ku/Ka高频产品差异化定位，设计与生产工艺领先，产品性能好、单品价值高。2) 上游芯片自主可控且产能有保障。公司目前自研芯片(Fabless模式)，新基地投产后可自主组装芯片，产能将大幅扩充。3) 创新力强，定型批产型号多，下游应用广。公司不断迭代和突破新技术，新品与下游需求高度耦合，研制了数百款产品。4) 背靠55所，在客户、技术等方面形成协同。

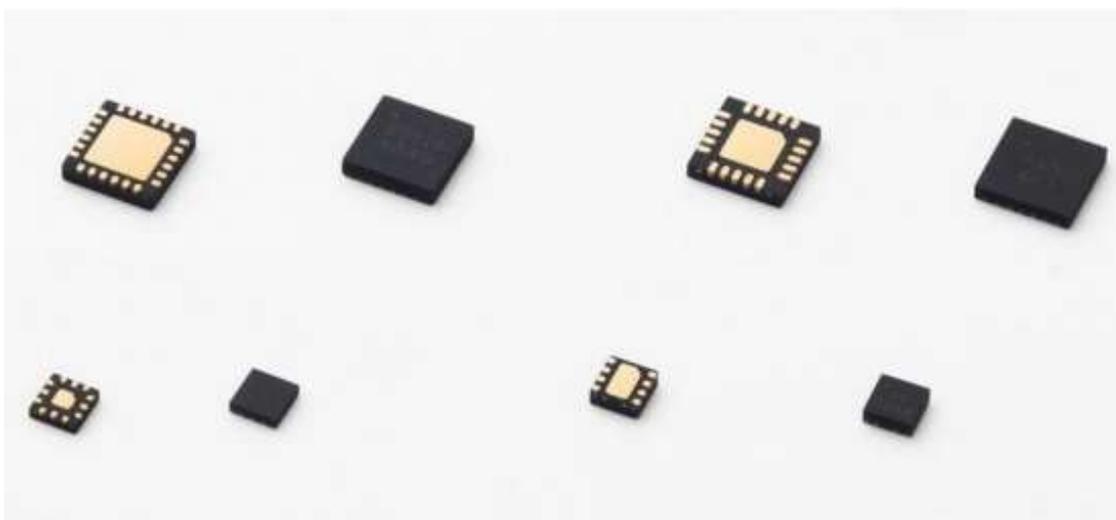
投资建议：维持盈利预测，预计2023-2025年收入分别为 40.4/51.0/60.3亿元，归母净利润分别为6.6/8.6/11.2亿元，维持“增持”评级。

图：典型有源相控阵T/R组件工作原理示意图



资料来源：国博电子招股说明书，国信证券经济研究所整理

图：国博电子自研射频芯片产品



资料来源：国博电子招股说明书，国信证券经济研究所整理

行业报告：

《【国信通信·卫星专题一】卫星互联网开始加速，关注低轨卫星产业链机会》——2022-10-30

《行业快评-马斯克官宣“星盾”计划，低轨卫星有望加速推进》——2022-12-07

《【国信通信·卫星专题二】-卫星应用潜力充足，运营环节大有可为》——2023-03-13

《行业点评-通信卫星芯片现2亿订单，低轨卫星模拟验证首次完成》——2023-09-08

《行业点评-多厂商首发5G卫星双模手机，卫星应用扬帆起航》——2023-11-12

个股深度：

《国博电子（688375.SH）-稀缺相控阵收发组件供应商，迎民品军品需求共振》——2022-10-11

《铖昌科技（001270.SZ）-星载相控阵芯片核心供应商，受益卫星互联网快速发展》——2023-04-25

《海格通信（002465.SZ）-特种应用无线通信龙头，新布局卫星互联网业务》——2023-12-15

全球各国卫星互联网行业发展正在激烈竞争，空间轨道和频段资源是共享资源，行业技术以及产业规模化发展节奏均存在较大不确定性，所以行业发展存在风险如下：

- 低轨卫星星座建设进度不及预期，卫星及火箭大规模量产能力如遇到瓶颈，成本不能持续优化，网络建设节奏或存在一定风险
- 低轨卫星技术发展不及预期，比如星上相控阵技术、星间激光技术、火箭回收等技术
- 空间轨道资源和频谱资源被大量占用
- 卫星互联网运营商与地面电信运营商合作模式仍然存在较大不确定性
- 低轨卫星通信与5G-A以及6G技术融合的不确定性
- 卫星互联网发展应用场景的开拓，目前仍然在C端为主，B端未来发展仍然需要重点突破

国信证券投资评级

投资评级标准	类别	级别	说明
报告中投资建议所涉及的评级（如有）分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后6到12个月内的相对市场表现，也即报告发布日后的6到12个月内公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。A股市场以沪深300指数（000300.SH）作为基准；新三板市场以三板成指（899001.GSI）为基准；香港市场以恒生指数（HSI.HI）作为基准；美国市场以标普500指数（SPX.GI）或纳斯达克指数（IXIC.GI）为基准。	股票投资评级	买入	股价表现优于市场代表性指数20%以上
		增持	股价表现优于市场代表性指数10%-20%之间
		中性	股价表现介于市场代表性指数±10%之间
		卖出	股价表现弱于市场代表性指数10%以上
	行业投资评级	超配	行业指数表现优于市场代表性指数10%以上
		中性	行业指数表现介于市场代表性指数±10%之间
		低配	行业指数表现弱于市场代表性指数10%以上

分析师承诺

作者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，力求独立、客观、公正，结论不受任何第三方的授意或影响；作者在过去、现在或未来未就其研究报告所提供的具体建议或所表述的意见直接或间接收取任何报酬，特此声明。

重要声明

本报告由国信证券股份有限公司（已具备中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）制作；报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有。本报告仅供我公司客户使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司可能随时补充、更新和修订有关信息及资料，投资者应当自行关注相关更新和修订内容。我公司或关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。本公司的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告意见或建议不一致的投资决策。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询，是指从事证券投资咨询业务的机构及其投资咨询人员以下列形式为证券投资人或者客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或者间接有偿咨询服务的活动：接受投资人或者客户委托，提供证券投资咨询服务；举办有关证券投资咨询的讲座、报告会、分析会等；在报刊上发表证券投资咨询的文章、评论、报告，以及通过电台、电视台等公众传播媒体提供证券投资咨询服务；通过电话、传真、电脑网络等电信设备系统，提供证券投资咨询服务；中国证监会认定的其他形式。

发布证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。



国信证券
GUOSEN SECURITIES

国信证券经济研究所

深圳

深圳市福田区福华一路125号国信金融大厦36层

邮编：518046 总机：0755-82130833

上海

上海浦东民生路1199弄证大五道口广场1号楼12楼

邮编：200135

北京

北京西城区金融大街兴盛街6号国信证券9层

邮编：100032