

# 商业航天行业研究系列 1 买入(首次评级)

## 行业深度研究

证券研究报告

前沿科技组

分析师：陈矣骄（执业 S1130525100001）

chenyijiao@gjzq.com.cn

## Starlink——低轨织网，独步苍穹，连接万物与万亿级 TAM 之路

- Starlink 是 SpaceX 的现金牛和核心增长引擎，代表了其母公司 4000 亿美元估值中的绝大部分。它不仅是一个卫星互联网服务提供商，更是一个高增长、高利润率潜力、且受到其母公司 SpaceX 发射护城河绝对保护的全球卫星 SaaS 平台。
- **发射端：依托发射霸权的降维打击。**当亚马逊的 Project Kuiper 或 OneWeb 需要支付昂贵的市场价格（7000 万美金）来发射卫星时，Starlink 仅需支付母公司 SpaceX 的内部边际成本（1500 万美金）。这种根本性的成本结构差异，使得 Starlink 能够在低轨卫星这场资本密集型竞赛中，以对手无法企及的速度和密度进行组网。这不仅是技术胜利，更是成本效率的胜利。
- **商业模式演进：三级火箭式的 TAM 扩张。**Starlink 已经从单一的 B2C 产品，发展为一个覆盖 B2C、B2B 和 B2B2C 的多层次 SaaS 平台。**阶段一 B2C 个人版：**农村与偏远地区的宽带替代。这是 Starlink 目前的基本盘，增长迅猛，但受限于特定地理区域的人口密度。**→阶段二 B2B 企业版：**高价值移动场景的垄断。航空、海事、陆地机动等高 ARPU 市场是 Starlink 利润率提升的关键。在这些领域，Starlink 的低延迟和全球覆盖能力几乎没有替代品，正在快速收割传统 GEO 卫星运营商（如 Viasat）的市场份额。**→阶段三 B2B2C：**直连手机的终极网络。这是 Starlink 估值进一步提升的关键。通过与 T-Mobile 等运营商合作，Starlink 将不再只是一个互联网服务提供商，而将成为全球电信运营商的太空基站和保底网络。这将使其用户基数从百万级跃升至亿级，彻底打破物理基站的覆盖边界。
- **技术端：**Starlink 的技术壁垒源于其极致的工业化制造能力与垂直整合的效率。**【平板堆叠与工业化量产】**Starlink 摒弃了传统卫星实验室定制的模式，采用独特的平板设计。这不仅实现了类似汽车流水线的自动化量产，将单星成本压低至行业平均水平的数量级以下，更极大地优化了整流罩内的空间利用率（单发 Falcon 9 可堆叠 60 颗），实现了发射端的极致降本。**【星间激光链路】**这是 Starlink 区别于 One Web 等竞品的杀手锏。通过全系标配光通信终端，Starlink 在太空中构建了一张光速网状网。这使其摆脱了对地面信关站的地理依赖，实现了真正的全球无缝覆盖和毫秒级低延迟，构建了军事与高端商业客户无法拒绝的用户体验壁垒。
- **Starlink 已经形成了强大的飞轮效应。**更多的用户带来更多的收入，更多的收入支持更多的卫星发射，更多的卫星带来更好的覆盖和体验，从而吸引更多的用户。在这个飞轮面前，竞争对手的追赶窗口正在快速关闭。Starlink 正在进化为全球通信基础设施中不可或缺的天基一极。

## 投资建议

- 基于 SpaceX 验证的发射端垄断地位以及 Starlink 巨型星座变现路径，A 股商业航天的核心投资逻辑可总结为：拥抱千帆星座基建爆发期，锁定高壁垒组件卖水人。从时间角度看，中国正处于类似 SpaceX 2018-2020 年的组网前夜。随着 G60 千帆与 GW 国网进入密集发射期，卫星制造正从**【实验室定制】**向**【汽车流水线式生产】**转型。在液体可回收火箭技术完全成熟前，产业链中最确定的 Alpha 收益来自高价值量、高准入壁垒的卫星核心单机与载荷。能提供通用化电源、通信、姿控系统的配套商将率先兑现业绩。

## 风险提示

关键人风险；Starship 研发受阻；地缘政治。

## 内容目录

1 Starlink: 全球最大 LEO 卫星互联网服务商 .....	5
1.1 发展历程: 十年磨一剑——技术与商业模式的双重迭代 .....	5
1.2 星链宏图: 解构 4.2 万颗卫星的“两代三步走” .....	7
1.2.1 总体蓝图: 两代星座, 分步实施 .....	7
1.2.2 一代星座 (Gen1): 奠基之作, 已完成部署 .....	9
1.2.3 V 频段插曲, 已获批但被弃用的补充计划 .....	9
1.2.4 二代星座 (Gen2): 扩容升级进行时, 部分获批 .....	9
1.3 服务覆盖全球: 用户与市场双重提速 .....	10
2 护城河-技术壁垒: 快速迭代铸就全球卫星通讯霸主 .....	12
2.1 产品进化: Starlink 卫星的版本迭代之路 .....	13
2.1.1 V2 Mini-当前的部署主力 .....	13
2.1.2 迭代之路: 从试验到商用 .....	14
2.2 三大基石: Starlink 核心技术 .....	16
2.2.1 相控阵天线-实现精准“空间波束锁定” .....	16
2.2.2 频谱利用: 高效的多维协同策略 .....	17
2.2.3 星间激光链路 (ISL): 构建太空高速网络 .....	18
2.3 天地之桥: Starlink 网关站 .....	19
2.4 连接末端: Starlink 的多元化用户终端 .....	20
2.5 可持续发展: Starlink 的星空保护方案 .....	22
2.5.1 卫星可持续设计 .....	22
2.5.2 星空保护方案 .....	22
3 护城河-极致的垂直整合、不可复制的规模效应、清晰的三步走扩大 TAM 战略 .....	23
3.1 共生护城河: 对 SpaceX 发射能力的独占性 .....	23
3.2 规模壁垒: 先发优势构建的时间高墙 .....	25
3.3 商业模式: 三阶段战略, 从专用设备到大众手机的范式转移 .....	26
3.3.1 个人版, B2C 模式 .....	26
3.3.2 企业版, B2B 模式 .....	27
3.3.3 Direct-to-Cell, B2B2C 模式 .....	28
3.4 定价策略: 溢价背后是差异化战场 .....	31
4 国内投资机会映射 .....	33
5 风险提示 .....	33

## 图表目录

图表 1: 马斯克在西雅图中心的一场私人活动中首次公开 Starlink 计划 .....	5
图表 2: Starlink 系统架构示意图.....	6
图表 3: 十年磨一剑——技术与商业模式的双重迭代，铸就全球卫星互联网巨头.....	7
图表 4: 星链各版本卫星情况对比 .....	8
图表 5: 星链轨道倾角以及地面站（GS）和入网点（PoP）的位置.....	8
图表 6: 一代星座最终方案 .....	9
图表 7: FCC 官方文件提到 SpaceX 将放弃 V 频段卫星的独立部署 .....	9
图表 8: 二代星座部署方案 .....	10
图表 9: Starlink 累计订阅用户数.....	11
图表 10: Starlink 增量订阅用户数.....	11
图表 11: Starlink 全球覆盖详览：北美欧洲为基，亚非拉新市场崛起.....	12
图表 12: Starlink 卫星关键技术特性.....	13
图表 13: V2 Mini 卫星堆叠在猎鹰 9 号火箭有效载荷整流罩上的照片 .....	14
图表 14: V2 Mini 卫星.....	14
图表 15: 运行轨道上的 Starlink V2 mini 卫星 .....	14
图表 16: 奠基阶段-早期试验与基础商用（V0.9-V1.0） .....	15
图表 17: 主力阶段-高效通信与全球覆盖（V1.5-V2 Mini） .....	15
图表 18: 未来阶段-星舰领航与千兆时代（V2.0-V3） .....	16
图表 19: Starship 搭载 V3 卫星发射示意图 .....	16
图表 20: 卫星相控阵天线工作原理示意图 .....	17
图表 21: SpaceX 向美国专利局提交的相控阵天线技术申请 .....	17
图表 22: 配备激光链路的 Starlink 卫星 .....	18
图表 23: Starlink 如何让你连上互联网 .....	19
图表 24: Starlink 网关站.....	20
图表 25: Starlink 设备终端一览 .....	21
图表 26: Starlink 遮阳板和介质镜薄膜 .....	22
图表 27: Starlink 第一、第二代薄膜对比 .....	23
图表 28: SpaceX 按年度的总发射数据和 Starlink 发射数据 .....	24
图表 29: 星舰第 11 次试飞升空瞬间 .....	24
图表 30: Starlink、OneWeb、Amazon Kuiper 卫星发射数对比 .....	25
图表 31: Starlink 及友商的频谱资源分析 .....	25
图表 32: 个人版与企业版硬件价格统计 .....	26
图表 33: Starlink 企业版产品收费标准 .....	27

图表 34: 企业版的典型客户与场景 .....	27
图表 35: Starlink 卫星 Direct-to-Cell 技术示意图 .....	28
图表 36: Direct-to-Cell B2B2C 模式优势 .....	28
图表 37: 带有 D2C 载荷的 V2 Mini 卫星数量（截止到 2025 年 5 月 30 日） .....	29
图表 38: Direct-to-Cell 业务合作伙伴 .....	29
图表 39: 全球移动网络物理覆盖率 vs. 人口覆盖率 .....	30
图表 40: Direct-to-Cell 市场空间阶梯预测 .....	30
图表 41: Direct-to-Cell 业务关键参与者对比 .....	31
图表 42: 美国知名电信服务商纽约地区收费标准对比（家庭宽带） .....	32
图表 43: 中国知名电信服务商部分产品收费标准 .....	32
图表 44: 运营商京东自营专区部分产品（北京地区） .....	32
图表 45: 赛道相关标的梳理 .....	33

## 1 Starlink：全球最大 LEO 卫星互联网服务商

Starlink 定位于成为全球领先的、基于近地轨道（LEO）卫星星座的互联网服务提供商。其核心使命是为全球（特别是那些传统地面网络无法覆盖或服务不佳的偏远和农村地区）提供高速、低延迟的宽带互联网连接。在组织结构上，Starlink Services 是 SpaceX 的全资子公司。

### 1.1 发展历程：十年磨一剑——技术与商业模式的双重迭代

星链是目前最大的现役卫星星座。截止至 2025 年 11 月 7 日，SpaceX 完成了 2025 年的第 102 次星链卫星发射。自 2019 年第一组卫星升空至今，SpaceX 累计发射 4 种版本卫星超过 10000 颗。除发射失败、运行故障、脱离轨道的部分卫星外，现有约 8900 多颗在轨运行。

Starlink 的发展历程是一个精心策划的、分为三个阶段的部署过程，每一阶段都伴随着技术和商业模式的重大迭代。

**阶段一：组网探索期（2015-2020）：**这一阶段的核心目标是测试卫星通信技术、火箭发射与入轨精度等关键技术，卫星发射频次低且规模小，验证“一箭多星”的发射可行性。

重要事件：

- 2015 年 1 月，马斯克首次公开星链计划，目标是发射一个庞大的低轨卫星网络，使全球都能享受到低成本的互联网；
- 2018 年 2 月，猎鹰 9 号火箭搭载首批测试卫星“TintinA”和“TintinB”升空，开启星链星座技术验证，为后续组网奠定基础；
- 2019 年 5 月，SpaceX 发射首 60 颗 V0.9 版本星链卫星，正式启动星座组网；
- 到 2020 年，通过约 600 颗卫星实现了对北美和部分欧洲地区的初步覆盖。

卫星技术：

- V0.9 (227kg) 和 V1.0 (260kg)。这些早期卫星没有配备星间激光链路 (ISL)。

图表1：马斯克在西雅图中心的一场私人活动中首次公开 Starlink 计划



来源：国金证券研究所，Geek Wire，

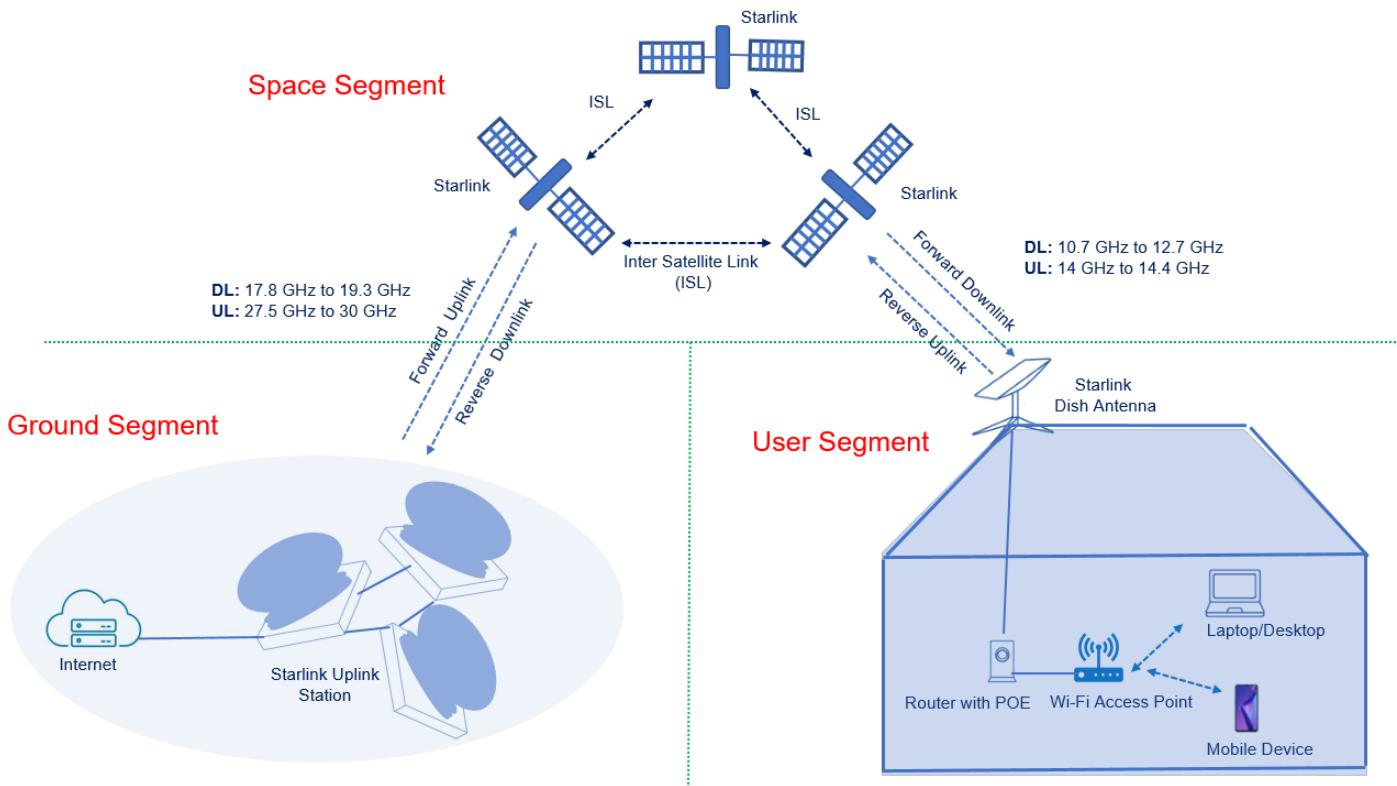
**阶段二：商业成熟期（2021-2022）：**2021 年 10 月，Starlink 正式开始商业运营。此阶段，公司迅速将其服务从固定的住宅用户扩展到房车 (RVs)、海事和航空等移动业务。

重要事件：

- 2021 年 9 月发射首批搭载星间激光链路的 V1.5 版本卫星，提升数据传输独立性；

- 2021年底累计发射33批次共1942颗卫星，初代星座框架初步成型；
- 2022年底，全球活跃用户数突破100万；
- 卫星技术：
- V1.5 (295kg)。这一代卫星引入了关键的技术创新：星间激光链路（Inter-Satellite Links, ISL）。这使得卫星可以在太空中直接相互传输数据，形成一个网状网络，减少对地面站的依赖，实现真正的全球覆盖（包括海洋和极地）。

图表2: Starlink 系统架构示意图



来源：国金证券研究所，Techplayon

阶段三：加速拓展期(2023-至今)：2023年，公司推出了革命性的 Direct-to-Cell (DTC) 业务。用户数呈指数级增长，从2022年的100万飙升至2024年底的460万再到2025年截至目前的800万。Starlink在2023年底首次实现盈利。

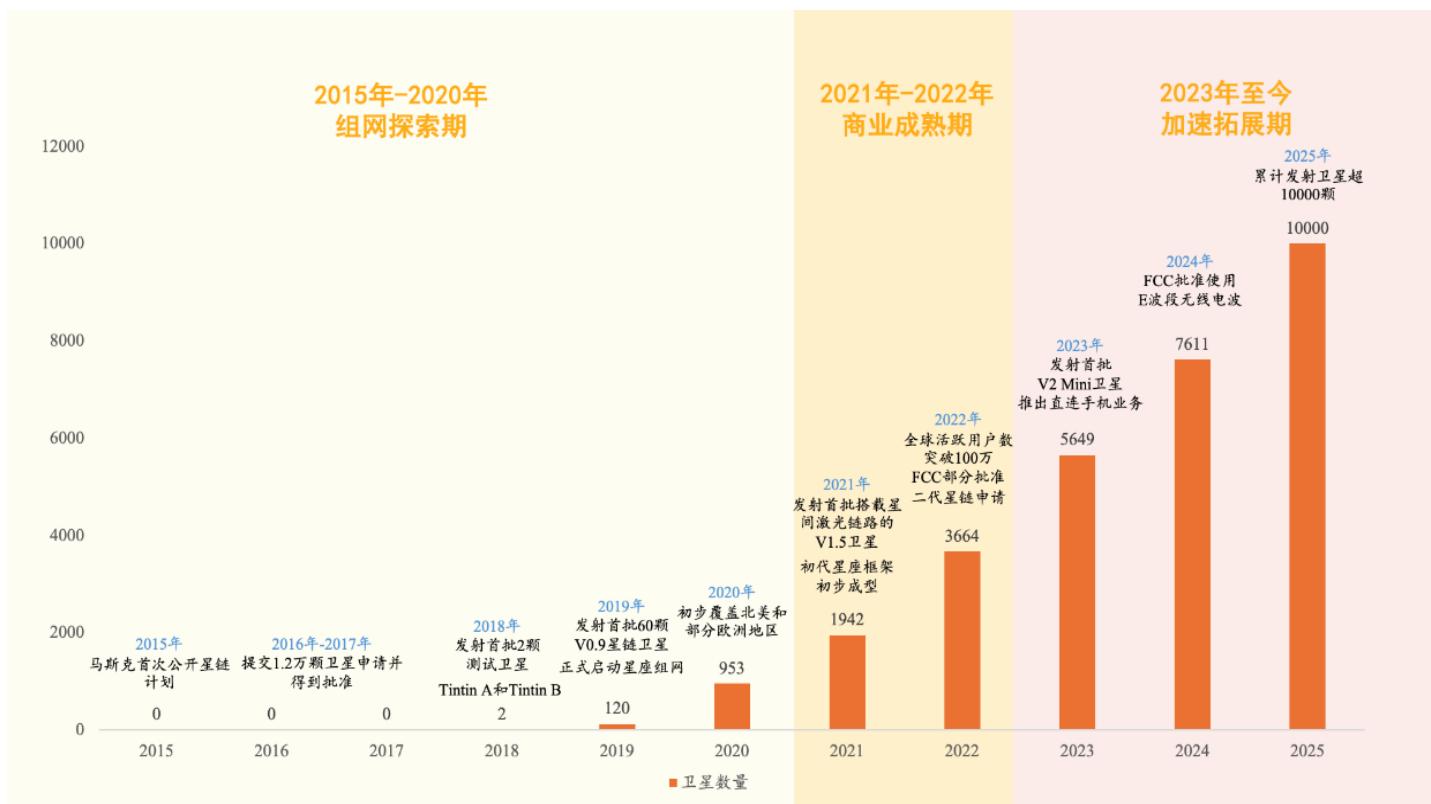
重要事件：

- 2022年12月，FCC部分批准二代星链申请，允许发射7500颗二代卫星；
- 2023年2月，首次发射V2 Mini卫星，其通信能力是V1.5卫星的4倍；
- 2024年，FCC再次部分批准二代卫星的补充申请，允许SpaceX有条件地使用E波段无线电波；同年开始部署具备Direct to cell功能的星链卫星，计划逐步实现短信、语音等功能；
- 2025年，Starlink卫星发射突破10000颗，现有约8900多颗活跃运行；服务范围覆盖150多个国家，Starlink商业版图正在高速稳定扩张。

卫星技术：

- V2 Mini (约800kg)，搭载了Ku、Ka和E波段天线，单星容量是V1.5的4倍。

图表3：十年磨一剑——技术与商业模式的双重迭代，铸就全球卫星互联网巨头



来源：国金证券研究所，《星链发展历程研究及电信运营商布局建议》申碧霄等，FCC 官网

## 1.2 星链宏图：解构 4.2 万颗卫星的“两代三步走”

### 1.2.1 总体蓝图：两代星座，分步实施

星链的宏伟蓝图是构建一个由约 4.2 万颗卫星组成的近地轨道（LEO）网络，部署高度主要集中在 300 至 600 公里。这一庞大计划主要分为两代（Gen1&Gen2）。

- 一代星座（Gen1）：规划发射 1.2 万颗卫星，旨在提供全球宽带中继网络服务。截至目前，已发射的 V0.9、V1.0 和 V1.5 版本卫星超 4700 颗，预计 2027 年前完成部署，建成后总容量将达百 Tbps 量级。
- 二代星座（Gen2）：规划发射 3 万颗卫星，致力于提供包括手机直连在内的多元化网络选项。其 V2.0 Mini 和 V2.0 版本卫星已发射超 4200 颗。

三步走设计，SpaceX 最初的计划分为三步：

- 第一步：发射 1584 颗卫星（550km 轨道）完成初步覆盖。
- 第二步：发射 2824 颗卫星（多轨道高度-550km、1130km、1275km、1325km）完成全球组网，使用 Ka 和 Ku 频段。
- 第三步：发射 7518 颗卫星（340km 轨道）实现全球覆盖，使用 V 频段。

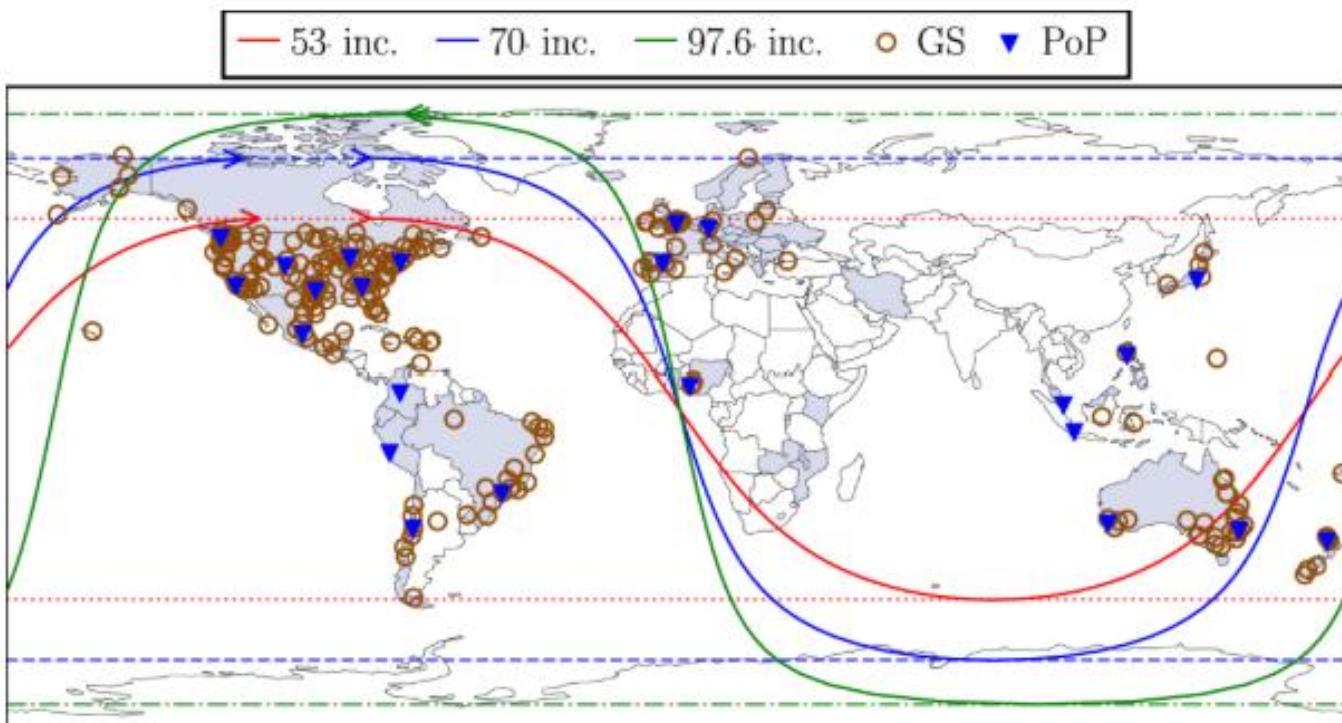
图表4：星链各版本卫星情况对比

星座	星链一代星座			星链二代星座	
卫星版本	V0.9	V1.0	V1.5	V2.0 Mini	V2.0
初次发射时间	2019年5月	2019年11月	2021年9月	2023年2月	FCC允许部署7500颗尚未发射
卫星重量(千克)	227	260	295	800	1250
推进	氪离子推进器	氪离子推进器	氪离子推进器	氪离子推进器	氪离子推进器
频段	Ku	Ku/Ka	Ku/Ka	Ku/Ka/E	Ku/Ka/E
星间通信	无	毫米波星间链路	激光星间链路	激光星间链路	激光星间链路
太阳翼	单板	单板	单板	2块	单板
单星生产成本(美元)	低于50万	约20万	约50万	50-100万	约80万
带宽(Gbps)	/	18	18-20	60-80	100
发射方式	一箭60星			一箭22星	预计一箭110至120星
轨道高度(公里)	550			530	/
在轨数量(颗)	60	约1700	约3000	超4200	/

来源：国金证券研究所，《星链发展历程研究及电信运营商布局建议》申碧霄等，《“星链”系统发展及发射部署情况分析》樊伟等

星链卫星在固定轨道层绕地球运行，轨道层由其与赤道的倾角定义。其中， $53^{\circ}$  倾角轨道层仅覆盖全球纬度相对较低的部分区域。 $70^{\circ}$  和  $97.6^{\circ}$  倾角轨道则用于服务极地附近地区，但这些轨道层的卫星数量相对较少。

图表5：星链轨道倾角以及地面站(GS)和入网点(PoP)的位置



来源：国金证券研究所，Apnic

### 1.2.2 一代星座（Gen1）：奠基之作，已完成部署

SpaceX于2016年11月向FCC（美国联邦通信委员会）提交了一代星座申请。历经多次修改，FCC于2017年3月首次批准4425颗卫星；9月，根据FCC要求，SpaceX向FCC提交太空碎片缓解方案作为补充材料。后于2018-2020年间，SpaceX申请将数量降至4408颗，并将轨道高度从1150km大幅降低至550km。目前，一代星链已全部获得FCC批准并已部署发射完毕。

一代星座的初始方案计划部署4425颗，分布在5个不同分组，经过修改后最终方案确定为将4408颗卫星部署在4个分组和一个补充分组，补充分组与组3轨道高度和倾角相同。分组1可以覆盖52°（S）到52°（N）纬度范围（约为地球表面的80%）；分组2大大增加覆盖区域，使“星链”覆盖全球约94%的区域；分组3部署优先级最低，所有部署到这一轨道的卫星都配备星间激光链路；分组4能够大幅增加星座的带宽；补充分组上的卫星均配备星间激光链路。

图表6：一代星座最终方案

参数	组1	组2	组3	组4	补充分组
轨道面数	72	36	6	72	4
卫星数（轨道面）	22	20	58	22	43
高度（千米）	550	570	560	540	560
倾角（°）	53	70	97.6	53.2	97.6
计划部署（颗）	1584	720	348	1584	172
发射数量（颗）	1668	408	230	1637	/

来源：国金证券研究所，《“星链”系统发展及发射部署情况分析》樊伟等

### 1.2.3 V频段插曲，已获批但被弃用的补充计划

2017年3月，SpaceX申请了7518颗V频段卫星，作为一代星座的补充。该计划于2018年11月获得FCC批准。然而，V频段与一、二代星座的Ka/Ku频段存在终端不兼容问题。因此，在2022年12月FCC批准二代星链时提到，SpaceX将放弃V频段卫星的独立部署，转而将V频段有效载荷整合至二代卫星上。

图表7：FCC官方文件提到SpaceX将放弃V频段卫星的独立部署

2. Interested parties raised a number of significant issues in the record regarding this application, and we have carefully considered these issues in arriving at our decision today. These issues include, but are not limited to, orbital debris mitigation and space safety, protection of systems licensed in previous NGSO FSS processing rounds and sharing of information with other operators, compliance with equivalent power-flux density (EPFD) limits and other issues involving protection of geostationary satellite orbit (GSO) space stations from harmful interference, protection of science missions using electromagnetic spectrum, as well as various concerns that parties deem to be environmental, such as potential atmospheric effects from launches and satellite reentries and potential effects on astronomy and night sky observation. To address these and other issues, we require that SpaceX comply with a series of conditions that are outlined below. To address concerns about orbital debris and space safety, we limit this grant to 7,500 satellites only, operating at certain altitudes, and note that SpaceX has committed to requesting modification of its previously-granted license for operations in the V-band so that it will incorporate those V-band operations into its Starlink Gen2 system, rather than operating a separate system in the V-band. This means our action today does not increase the total number of satellites SpaceX is authorized to deploy, and in fact slightly reduces it, as compared to the total number of satellites SpaceX would potentially have deployed otherwise. We also adopt requirements that require SpaceX to report

来源：国金证券研究所，FCC官方文件

### 1.2.4 二代星座（Gen2）：扩容升级进行时，部分获批

监管逐步审慎：2020年5月，SpaceX申请发射3万颗二代卫星。出于对频率干扰和轨道碰撞的担忧，FCC在2022年仅批准了其中的7500颗，轨道高度集中在525km、530km、

535km。为推进 4.2 万颗卫星的总目标, SpaceX 在 2023 年 10 月转而向国际电信联盟 (ITU) 申请了另外的 29988 颗卫星, 轨道高度集中在 350-615km, 预计于 2028 年 12 月建设完半程。FCC 目前仍未批准剩余 22488 颗卫星的部署申请。

功能升级获批:

- E 波段: 2024 年 3 月, FCC 批准 Gen2 卫星在二代星链卫星与地面网关之间使用 E 波段, 以提升通信容量。(批准附带条件要求当其他卫星运营商申请该频段时 SpaceX 需配合协调避免冲突。)
- 手机直连与降轨: 2024 年 11 月, FCC 有条件批准 SpaceX 使用 T-Mobile 的蜂窝频率以提供手机直连服务; 同时, 批准其将 Gen2 卫星高度从 525-535 公里降至 340-360 公里, 以减少延迟。

**图表8: 二代星座部署方案**

高度 (km)	轨道倾角 (°)	轨道面数	每个轨道面上卫星数 (颗)	卫星总数 (颗)
340	53	48	110	5280
345	46	48	110	5280
350	38	48	110	5280
360	96.9	30	120	3600
525	53	28	120	3360
530	43	28	120	3360
535	33	28	120	3360
604	148	12	12	144
614	115.7	18	18	324

来源: 国金证券研究所, 《“星链”系统发展及发射部署情况分析》樊伟等, FCC 官方文件

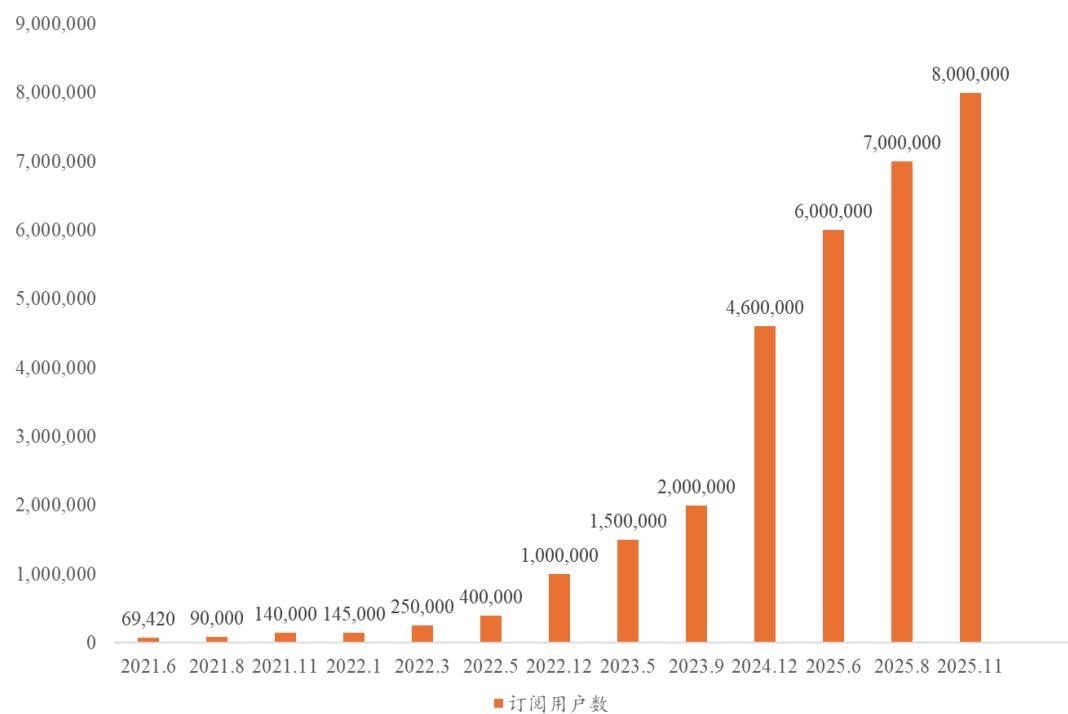
### 1.3 服务覆盖全球: 用户与市场双重提速

截至 2025 年 11 月, Starlink 的服务版图已成功覆盖全球 150 多个国家和地区, 触达将近 30 亿人口, 全球付费用户数已高达 800 多万。复盘数据, Starlink 呈现出用户与市场的双重提速。业务领域: 从设计到网页 UX、视频音频、数据分析、工作流数据化及整合。

#### 用户增长曲线陡峭

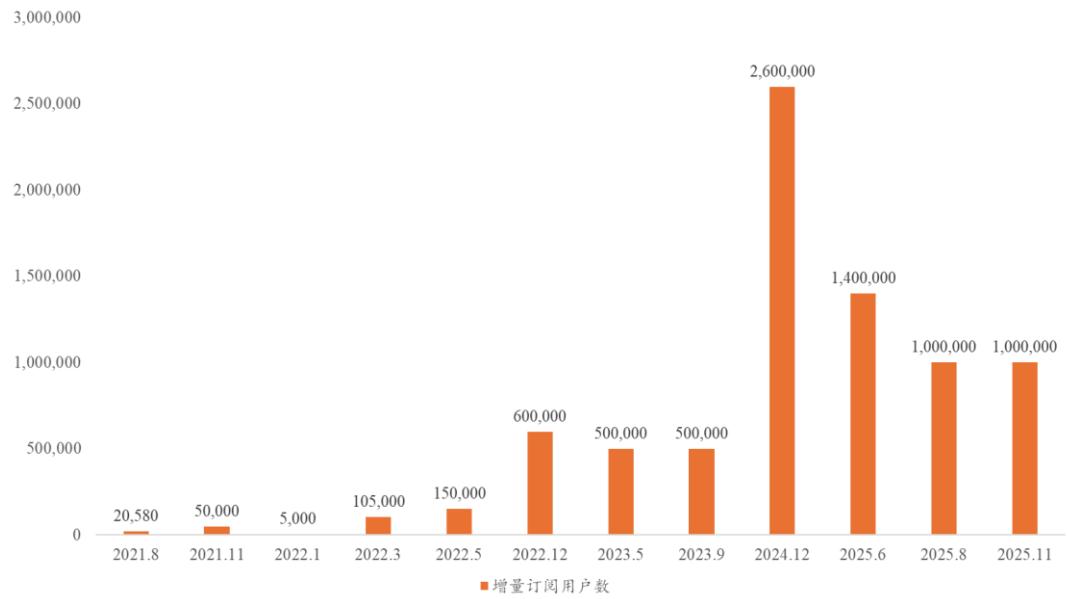
2024 年底全球用户约 460 万; 2025 年 6 月达 600 万, 8 月破 700 万, 11 月 6 日宣布突破 800 万。据此推算, 2025 年前 11 个月新增用户超 340 万, 预计年底有望冲击 900 万。

图表9: Starlink 累计订阅用户数



来源：国金证券研究所，Starlink insider，Next Big Future，Starlink 官方 X 账号

图表10: Starlink 增量订阅用户数



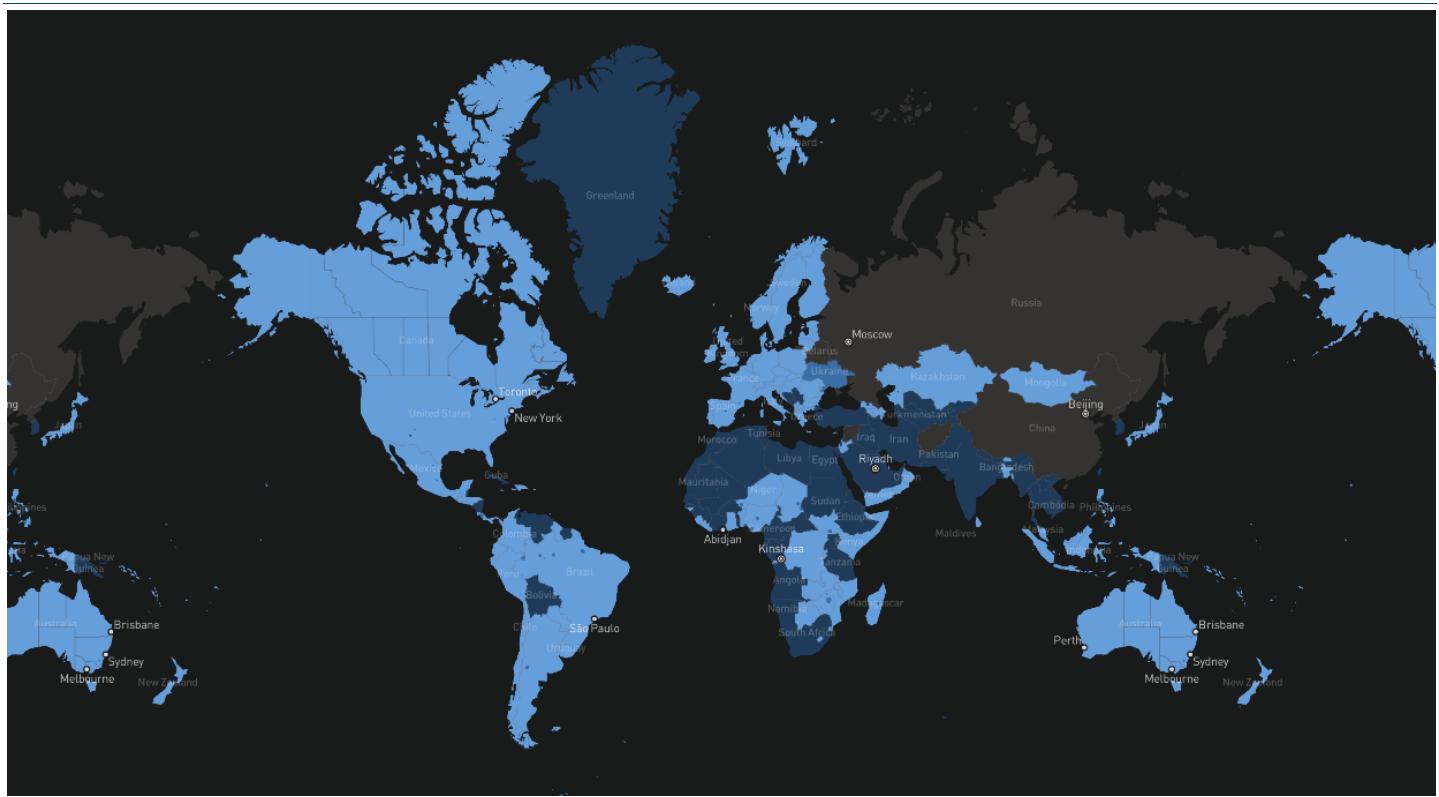
来源：国金证券研究所，Starlinkinsider，NextBigFuture，Starlink 官方 X 账号

市场扩张进度喜人，北美欧洲为基，亚非拉新市场崛起。目前，Starlink 服务已遍及亚洲、欧洲、非洲、北美洲、南美洲及大洋洲的 150 多个国家和地区。

- 成熟市场：北美洲、欧洲和大洋洲的覆盖密度较高，多数国家已实现全域商用。
- 新兴市场：非洲市场在 2025 年实现快速扩张，成为新增市场的核心区域之一。亚洲则主要覆盖东南亚及南亚部分国家。

截至 2025 年 10 月，Starlink 于当年新增 42 个国家、地区及其他市场。以非洲为例，Starlink 进入非洲始于 2023 年 1 月的尼日利亚，此后 Starlink 迅速扩展至至少 19 个非洲国家，包括肯尼亚、卢旺达和莫桑比克等。

图表11: Starlink 全球覆盖详览：北美欧洲为基，亚非拉新市场崛起



来源：国金证券研究所，Starlink 官方 X 账号，Starlink 官网

备注：浅蓝色：可使用 Starlink 地区；蓝色：等待列表地区；深蓝色：即将推出服务地区

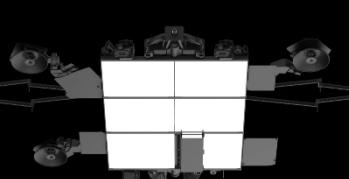
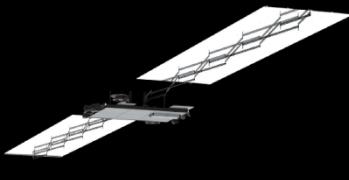
## 2 护城河-技术壁垒：快速迭代铸就全球卫星通讯霸主

自 2019 年首批 Starlink V0.9 卫星发射升空，正式启动星座组网部署以来，SpaceX 的近地轨道卫星互联网星座已发展成为全球规模最大的商业卫星网络，奠定了其在卫星通讯行业的龙头地位。

Starlink 计划启动短短十年内，卫星从初期的 V0.9 版本快速迭代至 V2 Mini，并已规划至 V3 版本。这一过程充分反映了 SpaceX 在航天工程、通信技术以及可复用运载火箭方面持续实现的技术突破。

Starlink 卫星的先进性体现在其高度集成的设计中，各项关键技术特性如图 14 所示：

图表12: Starlink 卫星关键技术特性

特征	补充说明	图片
更轻便、更紧凑	<ul style="list-style-type: none"> <li>每颗卫星都采用紧凑的平板设计将体积降至最小，实现密集的发射堆叠，从而充分利用猎鹰9号火箭的发射能力</li> </ul>	
光学太空激光器	<ul style="list-style-type: none"> <li>每颗Starlink卫星都配备3台太空激光器（即星间激光链路），运行速度高达200Gbps</li> <li>整个卫星星座通过这些激光器共同构成一个全球互联网网格，为世界上各地的用户提供连接服务</li> </ul>	
天线	<ul style="list-style-type: none"> <li>每颗卫星使用5个Ku波段相控阵天线和3个双波段（Ka波段和E波段）天线，为Starlink用户提供高带宽连接</li> </ul>	
离子推进系统	<ul style="list-style-type: none"> <li>Starlink是历史上首个采用氩离子推进并在太空运行的航天器</li> <li>高效的氩离子推进器使Starlink卫星能够进行轨道提升、太空机动，并在其使用寿命结束时脱离轨道</li> </ul>	
电力系统	<ul style="list-style-type: none"> <li>Starlink卫星配备了双太阳能电池阵和高容量电池，为有效载荷供电</li> <li>这两个太阳能电池阵还具有气动中性特性，能够实现更快的在轨机动</li> </ul>	
星跟踪器	<ul style="list-style-type: none"> <li>Starlink定制的导航传感器通过观测恒星来确定每颗卫星的位置、高度和方位，从而实现宽带吞吐量的精确部署</li> </ul>	
反作用轮	<ul style="list-style-type: none"> <li>四个反作用轮为飞行器提供灵活的姿态控制</li> <li>热备份配置确保了高可靠性运行，其铝制飞轮在使用寿命结束时可完全报废</li> </ul>	

来源：国金证券研究所，Starlink 官网

## 2.1 产品进化：Starlink 卫星的版本迭代之路

### 2.1.1 V2 Mini-当前的部署主力

SpaceX 发射的新一代卫星在尺寸和性能上均比前几代更强。新一代卫星设计为两个版本：

- 一是与猎鹰 9 号火箭兼容、尺寸稍小的 V2 Mini 卫星；
- 二是与星舰（Starship）兼容的全尺寸 V2 卫星。

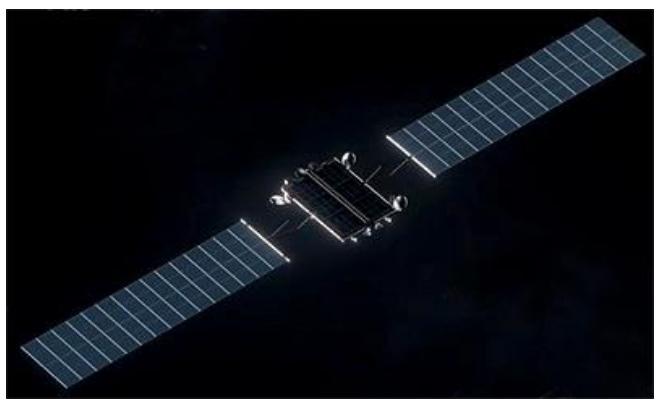
目前，Starlink 发射的均为 V2 Mini 卫星，其用户服务容量是早期 V1.5 卫星的四倍。V1.5 卫星（2021-2023 年的主力型号）已停止发射。未来，SpaceX 计划通过星舰部署更先进的 V3 卫星，每次发射的网络容量将是目前猎鹰 9 号发射容量的 20 倍以上。

图表13: V2 Mini 卫星堆叠在猎鹰 9 号火箭有效载荷整流罩上的照片



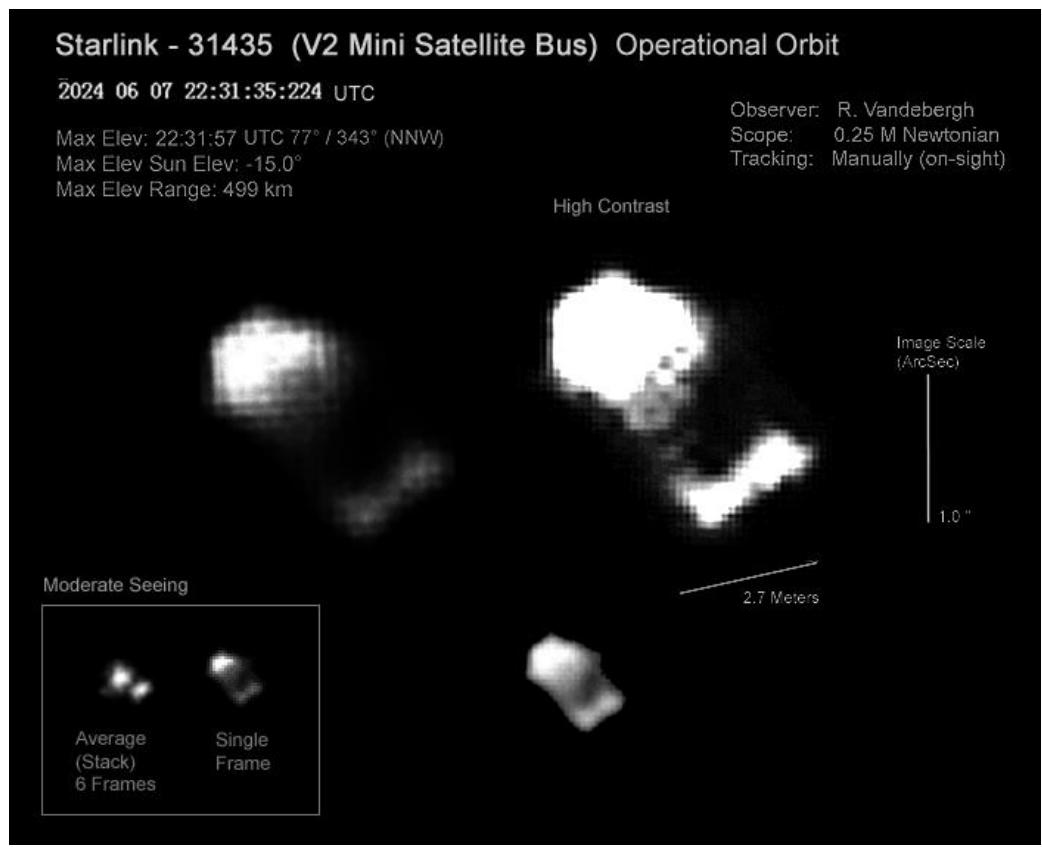
来源：国金证券研究所，SpaceX 官方文件

图表14: V2 Mini 卫星



来源：国金证券研究所，Gunter's Space Page

图表15: 运行轨道上的 Starlink V2 mini 卫星



来源：国金证券研究所，NSF

注：2024 年 6 月在运行轨道上拍摄的 Starlink-31435 图像，展示了实际的卫星平台。左边亮度较低的图像为实际拍摄效果，右边为经过高对比度处理后的卫星图像。

### 2.1.2 迭代之路：从试验到商用

#### 奠基阶段：早期试验与基础商用（V0.9-V1.0）

这类卫星主要用于技术验证和星座初步搭建，为后续版本迭代奠定基础，目前部分早期试验卫星已逐步离轨。

图表16：奠基阶段-早期试验与基础商用 (V0.9-V1.0)

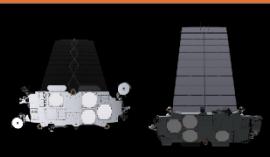
卫星版本	发射时间	核心特点	示意图
Tintin A和Tintin B	2018年2月	<ul style="list-style-type: none"> <li>Starlink计划最早的试验卫星，仅2颗</li> <li>用于对地通信基础测试，验证低轨卫星通信的可行性</li> </ul>	
V0.9	2019年5月	<ul style="list-style-type: none"> <li>共发射60颗，用于前期在轨试验</li> <li>单星重227kg</li> <li>配备Ku波段天线，带宽较低</li> <li>无激光星间链路</li> <li>目前已全部离轨</li> </ul>	
V1.0	2019年-2021年	<ul style="list-style-type: none"> <li>累计发射约1000颗</li> <li>单星重260kg</li> <li>在V0.9基础上升级，新增Ka波段天线，完善了全球宽带覆盖的基础功能</li> <li>无激光链路</li> </ul>	

来源：国金证券研究所，NSF，Gunter's Space Page，TESLARATI

### 主力阶段：高效通信与全球覆盖 (V1.5-V2 Mini)

此阶段是星链星座从“基础覆盖”向“高效通信”升级的核心组成部分。V1.5 卫星曾是2021-2023年的主力型号，后续因V2 Mini 通信容量更大、技术性能更优，V1.5 已逐渐被取代。V2 Mini 目前仍在持续密集发射。

图表17：主力阶段-高效通信与全球覆盖 (V1.5-V2 Mini)

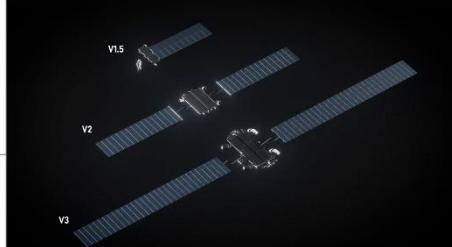
卫星版本	发射时间	核心特点	示意图
V1.5	2021年-2023年	<ul style="list-style-type: none"> <li>累计发射约3000颗</li> <li>单星重约295-306kg</li> <li>核心升级是首次集成星间激光链路，可实现卫星间数据直接传输，摆脱对地面站的部分依赖，填补海洋、极地等地区覆盖空白</li> </ul>	
V2 Mini	2023年起	<ul style="list-style-type: none"> <li>当前主力发射版本，累计发射超4000颗</li> <li>初期单星重约800kg，2024年升级后降至575kg</li> <li>通信能力是V1.5的3-4倍</li> <li>采用氪气霍尔推进器，推力和燃料效率优于前代，猎鹰9号单次最多可发射29颗</li> <li>部分批次支持Direct to Cell（手机直连）相关技术</li> </ul>	

来源：国金证券研究所，TESLARATI，Gunter's Space Page，《星链发展历程研究及电信运营商布局建议》申碧霄等，《“星链”系统发展及发射部署情况分析》樊伟等，Wikipedia，Spaceflight Now，Starlink官方文件，

### 未来阶段：星舰领航与千兆时代 (V2.0-V3)

Starlink 卫星经历了多次技术迭代，每一代都在性能、功能和可靠性方面实现了显著提升。未来，SpaceX 计划通过星舰发射 V2.0 和 V3 两个版本的卫星。

图表18：未来阶段-星舰领航与千兆时代（V2.0-V3）

卫星版本	核心特点	V2、V3示意图
V2.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>计划通过星舰发射</li> <li>性能是V1.0的10倍</li> <li>重量达1.25-1.35吨</li> </ul>	
V3	<ul style="list-style-type: none"> <li>计划通过星舰发射</li> <li>将为用户带来千兆连接，并旨在为Starlink网络增加每秒60太比特的下行容量(&gt;1000Gbps)</li> </ul>	

来源：国金证券研究所，SpaceX官方X账号

图表19：Starship搭载V3卫星发射示意图



来源：国金证券研究所，SpaceX官方X账号

## 2.2 三大基石：Starlink 核心技术

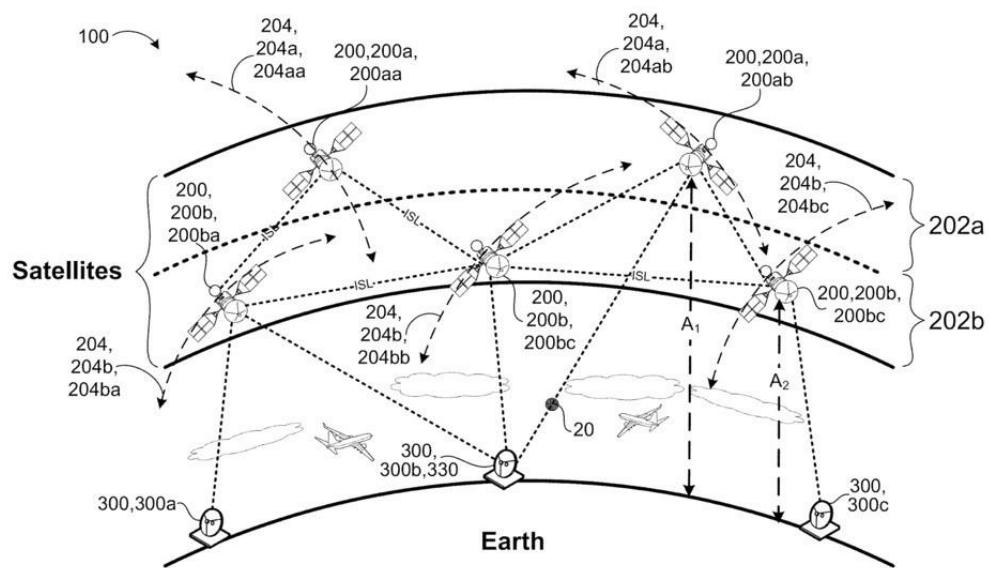
Starlink 的核心技术包括相控阵天线技术、频谱利用和星间激光链路三部分。

### 2.2.1 相控阵天线-实现精准“空间波束锁定”

相控阵是一种计算机控制的天线阵列，能产生一束无线电波束，无需移动天线即可通过电子方式控制其指向不同方向。在 Starlink 的应用中，其核心是实现“空间波束锁定”，即让从终端发出的信号精准指向目标卫星，避免能量分散或偏移。

- 每颗 Starlink 卫星配备 5 个先进 Ku 波段相控阵天线和 3 个 Ka/E 双波段相控阵天线。
- 其中，部分天线负责与多个地面用户终端通信，部分对接地面信关站，通过多波束设计可同时连接大量终端，大幅提升单星通信容量。
- 同时，相控阵天线技术可在毫秒内动态调整卫星波束，使其偏离望远镜，从而减少对天文研究造成严重的干扰风险。

图表20：卫星相控阵天线工作原理示意图



来源：国金证券研究所，Linkedin

注：相控阵天线技术能够改变所发射信号的波峰和波谷的时序，从而调整波束角度，实现波束的扫描移动，使波束角度正对Starlink 卫星。

图表21：SpaceX 向美国专利局提交的相控阵天线技术申请

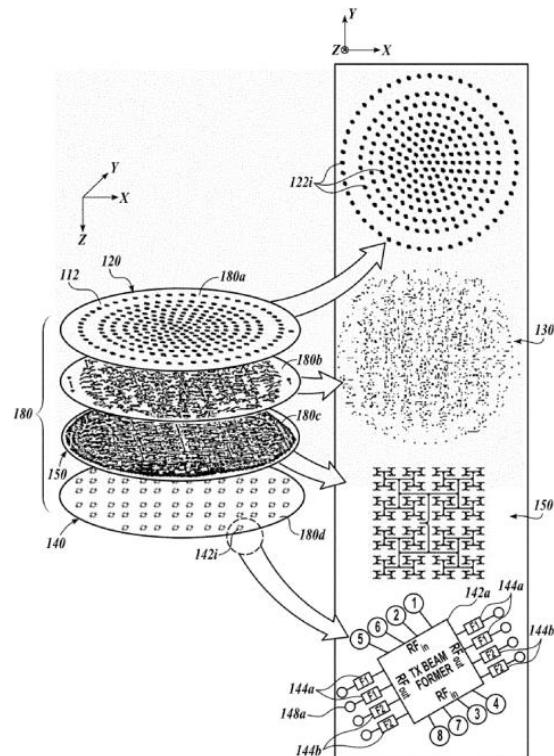


FIG. 1G

来源：国金证券研究所，Linkedin

### 2.2.2 频谱利用：高效的多维协同策略

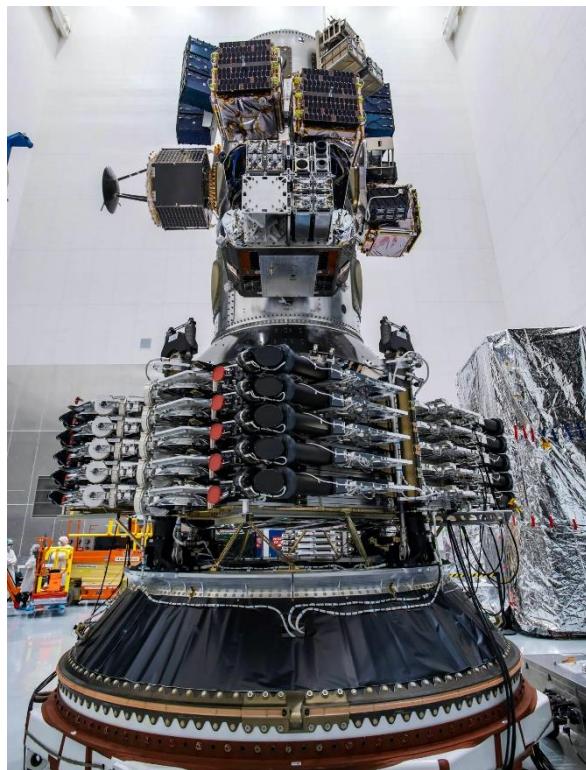
当信号通过相控阵锁定卫星后，系统将通过空间（集中信号能量）、频率（灵活切换信道）、时间（优化传输模式）的多维度协同策略，最大化频谱利用率并应对网络堵塞。

在多维度抗干扰与资源调配方面，相控阵把能量集中在几度量级主瓣并通过阵面加权控制旁瓣谱泄漏，减少信号被截获的风险，通过空间隔离避免用户间的频谱干扰；上下行分别划分为多组信道实现频域动态规避，降低信号截获或干扰概率，波束可根据用户位置和流量需求动态调整，卫星能集中波束资源向流量高峰区域倾斜，避免频谱在低需求区域闲置。

### 2.2.3 星间激光链路（ISL）：构建太空高速网络

SpaceX 首次将卫星的光学激光链路技术投入使用。ISL 的价值在于，它们在星链卫星网络内部构建了一条低延迟、高带宽的路径。

图表22：配备激光链路的 Starlink 卫星



注：中间黑色圆圈部分为星间激光链路。

来源：国金证券研究所，arstechnica

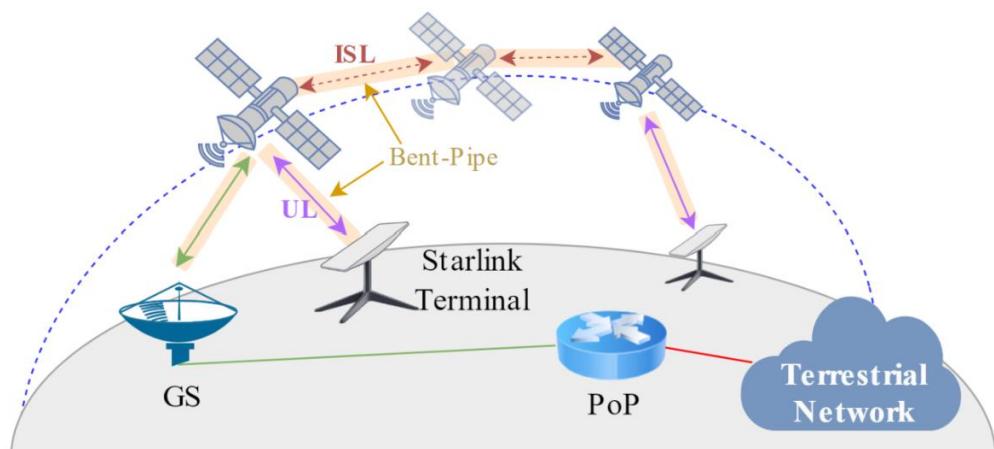
旧的连接模式：

- 弯管架构（The Bent-Pipe）。这是星链最初期、最基础的工作方式。用镜子发射光来做比喻：用户在家里（用户终端）射出一道光（数据），天上的卫星是一面镜子，这面镜子必须把光直接反射到附近的地面站。流程就是：用户 → 卫星 → 地面站。数据就像流过一根弯曲的水管，上天，转个弯，立马下来。
- 弯管架构有一个核心限制：就像反射光一样，用户和地面站必须同时被这面卫星看到。这个范围大约是 1000 公里，如果方圆 1000 公里内没有星链建立的地面站，卫星收到用户信号后找不到地面站，就无法上网。这就是为什么非洲和南美洲偏远地区很难连网，因为那里没建地面站（或者没通光纤，建不了）。

新的解决方案：

- 星间激光链路（Laser ISLs）。星链升级了卫星，装了激光。上面的游戏现在变成了“空中接力”：用户把数据发给头顶的卫星 A，卫星 A 发现下面没有地面站，于是通过激光，把数据传给前面的卫星 B，卫星 B 再传给卫星 C，以此类推，直到卫星 D 发现下面有一个地面站，才把数据传回地面。
- 在 ISL 技术应用之前，每颗 Starlink 卫星只能直接与地面终端通信（包括用户终端、中转终端或 SpaceX 控制终端）。长距离传输（如洲际传输）则可能需要在地面和太空之间进行多次往返跳转。ISL 技术极大改善了这一状况，它实现了路由和回传功能上移至天基，不仅可摆脱对地面信关站的依赖，还能强化网络抗毁性与全球覆盖能力。

图表23: Starlink 如何让你连上互联网



来源：国金证券研究所，apnic

### 2.3 天地之桥：Starlink 网关站

网关站（Gateway）是Starlink卫星与地面互联网骨干网之间的重要桥梁。

**核心功能：**网关站是一个数据交换点，建立双向通信链路：它接收来自为特定区域用户服务的卫星信号，通过光纤电缆将流量路由至全球互联网；同时，它从互联网接收数据并将其传输至卫星，再由卫星转发给终端用户。

**部署策略：**要维持不间断的数据流，需要依靠全球范围内战略部署的网关网络，因为卫星群正以每小时 17000 英里的速度移动。网关站的部署位置取决于用户密度、光纤骨干网的接入情况以及当地监管部门的批准。目前有超过 150 个信关站正在运行或建设中。

#### 核心组件

- **天线系统：**网关站最显眼的特征是其收集的雷达罩，每个雷达罩内部都有一个相控阵天线。这对于跟踪快速划过天空的卫星，以及无缝、即时地将信号切换到下一颗即将出现在地平线的卫星至关重要，能够避免通话中断或视频缓冲。
- **跟踪与定位系统：**每个网关站持续计算其视野内每颗卫星的精确位置和轨迹。系统利用这些遥测数据预测卫星的路径，并为下一次切换预先定位天线波束，确保连接保持稳定且可靠。
- **信号处理单元：**信号处理单元是整个系统的核心，它们接收来自天线的原始、复杂信号，并承担起数据包的解调、解码和纠错等繁重工作。这里也是管理网络资源的地方，以确保带宽的高效利用，并减少网络中数千个波束运行时的相互干扰。
- **遥测与控制系统：**操作员使用遥测与控制系统来监控卫星群的健康状况。他们会分析有关功率水平、温度和系统状态的实时数据，以便在潜在问题导致中断之前识别出这些问题。
- **网络管理软件：**网络管理软件提供了一个集中式平台，用于管理整个网关网络。它采用智能路由算法，通过最有效的路径动态发送数据，实时分析拥塞和延迟情况，以优化性能并提供流畅的用户体验。
- **电源和备份系统：**为确保 99.9% 的运行时间，网关站配备了强大的电力系统。

图表24: Starlink 网关站



来源：国金证券研究所，StarlinkSpot

#### 2.4 连接末端：Starlink 的多元化用户终端

在用户终端方面，Starlink 目前推出 8 种规格供用户选择。

图表25: Starlink 设备终端一览

种类	简介	图片
标准版	<ul style="list-style-type: none"> <li>无内置自动定向电机和支架底座的矩形终端</li> <li>电子相控阵天线</li> <li>配备第3代WiFi路由器</li> </ul>	
迷你版	<ul style="list-style-type: none"> <li>无内置自动定向电机和支架底座的矩形终端</li> <li>主打便携性，适合露营、旅行等移动场景，占用空间小，适配空间有限的使用环境</li> </ul>	
高性能版（第一代）	<ul style="list-style-type: none"> <li>专为更高性能而设计，内置用于自动定向的电机</li> <li>可观测到的天空范围增加了35%，这使其能够连接到更多卫星，从而更好地服务于那些安装方式特殊、存在不可避免的遮挡物的用户以及位于极地、赤道地区的用户</li> </ul>	
高性能版（第二代）	<ul style="list-style-type: none"> <li>旨在实现更高性能，没有内置的自动定向电机</li> <li>卫星的可见性更佳，能多看到35%的天空，并且具备增强的GPS功能</li> <li>船只上表现更出色：拥有最佳的网络体验和更长的运行时间</li> <li>高温天气下性能更优：在高于35°C的环境中，下载速度通常能提升3倍</li> <li>雪地性能更出色：融雪能力提升1.7倍</li> </ul>	
高性能版（第三代）	<ul style="list-style-type: none"> <li>峰值吞吐量：475Mbps下载/75Mbps上传</li> <li>视野：140°</li> </ul>	
标准驱动版	<ul style="list-style-type: none"> <li>内置电机和桅杆</li> <li>电子相控阵天线</li> <li>配备第2代WiFi路由器</li> </ul>	
标准圆形版	<ul style="list-style-type: none"> <li>圆形终端，内置用于自动定位的电机</li> </ul>	
企业版	<ul style="list-style-type: none"> <li>最适合高级用户和固定站点的商业应用</li> <li>更长的线缆提供了安装灵活性，能够直接连接第三方路由器和自定义设置</li> </ul>	

来源：国金证券研究所，Starlink 官网

## 2.5 可持续发展: Starlink 的星空保护方案

### 2.5.1 卫星可持续设计

星链卫星运行于 600 公里以下的近地轨道，确保大气阻力会在卫星失去机动能力后，使其在五年或更短时间内自然脱离轨道。星链最初将星链卫星部署到较低的轨道，这样任何在任务早期失去机动能力的卫星都会在几天或几周内重返大气层。

星链卫星的设计使其完全可分离，这意味着它们会在重返大气层时烧毁，不会对地面、空中或海上人员构成任何风险。

在轨道上，星链卫星利用其自身的位置和速度估算以及“星际迷航”相机获取姿态信息进行导航。通过掌握每颗星链卫星的位置以及碰撞风险点，每颗星链卫星都能自主规划未来的机动，从而确保星链星座和其他运营商卫星的安全。

### 2.5.2 星空保护方案

卫星发射将在一定程度上影响夜空，阻碍人类天文观测活动。因此 SpaceX 实施创新的技术解决方案，最大程度地实现亮度缓解，降低 Starlink 卫星对夜空的影响。

卫星光线污染来源：

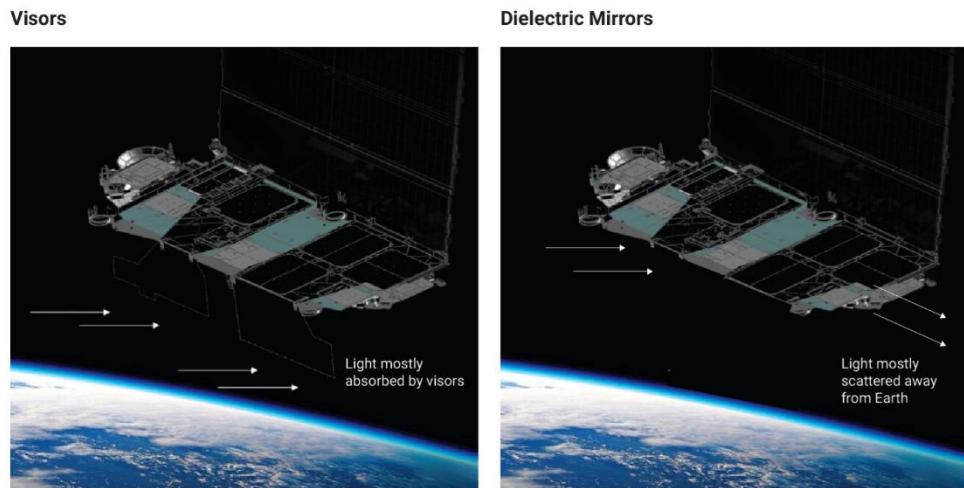
- 轨道高度：卫星被太阳照亮并向地球观测者散射光线，就会在夜间被观测到。高轨道卫星在夜间被照亮的时间更长，低轨道卫星在日落或日出后不久，入射阳光就会被地球遮挡。Starlink 卫星因其轨道高度较低，被照亮时间更短，比起其他高轨卫星更不容易造成光污染。
- 卫星表面材料：镜面反射对天文观测较小，漫反射因会扩散开来而更有可能被看到。所有材料都有不同程度的反射率、不同比例的镜面反射和漫反射成分。

SpaceX 的创新解决方案：致力于投资镜面反射吸收性材料的研究。

一代卫星：

- 遮阳板：曾使用“遮阳板”阻挡阳光照射到卫星底盘的底部。但该方案会阻挡激光链路，并给卫星带来显著阻力。
- 替代方案：研发了射频透明镜面薄膜。此外，在太阳能电池阵列正面的太阳能电池之间使用颜色更深的材料以降低电池阵列的亮度。

图表26: Starlink 遮阳板和介质镜薄膜



注：左边为遮阳板示意图，光线主要被遮阳板吸收；右边为电介质反射镜示意图，光线主要被散射到远离地球的地方。Starlink 卫星通过这两种不同的光抑制技术减少卫星对天文观测的光污染。

来源：国金证券研究所，SpaceX 官方文件

二代卫星：

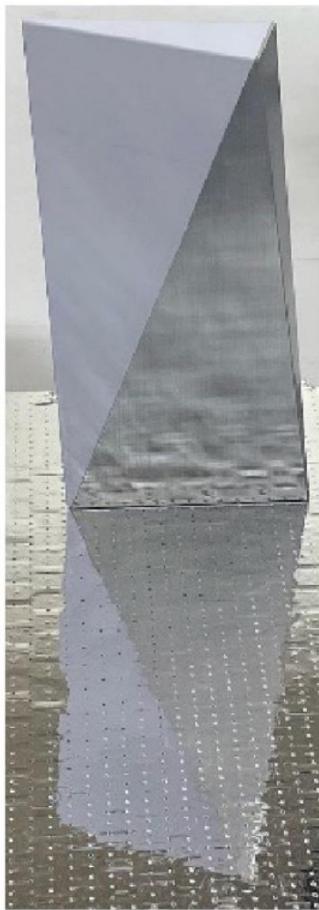
- 第二代薄膜：卫星底部覆盖了第二代介电反射镜薄膜，这种薄膜在降低观测亮度方面的效果是第一代薄膜的 10 倍。

- 低反射率涂料：在平坦表面使用介质镜以降低亮度，对于几何形状复杂的组件则采用自主研发的“低反射率黑色”涂料，其镜面反射峰值比现有的最暗航天稳定涂料降低了五倍。

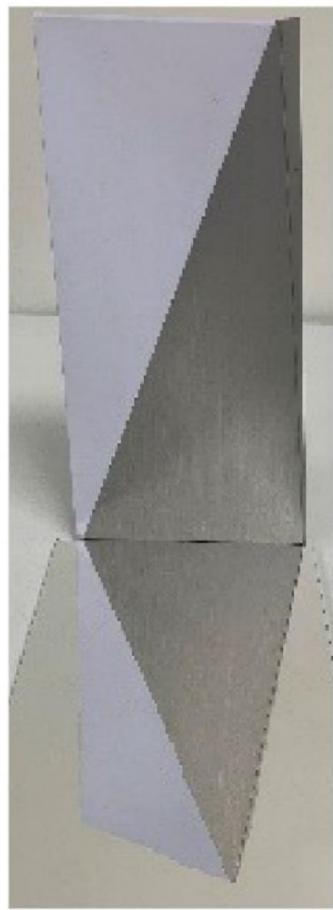
图表27：Starlink 第一、第二代薄膜对比

#### Dielectric Mirrors

Gen1



Gen2



来源：国金证券研究所，SpaceX 官方文件

### 3 护城河-极致的垂直整合、不可复制的规模效应、清晰的三步走扩大 TAM 战略

#### 3.1 共生护城河：对 SpaceX 发射能力的独占性

Starlink 的护城河是其母公司 SpaceX 护城河的延伸，两者共同构建了一个在可预见的未来中几乎无法被攻破的商业壁垒：SpaceX 的发射垄断地位。

自有运力与成本控制：

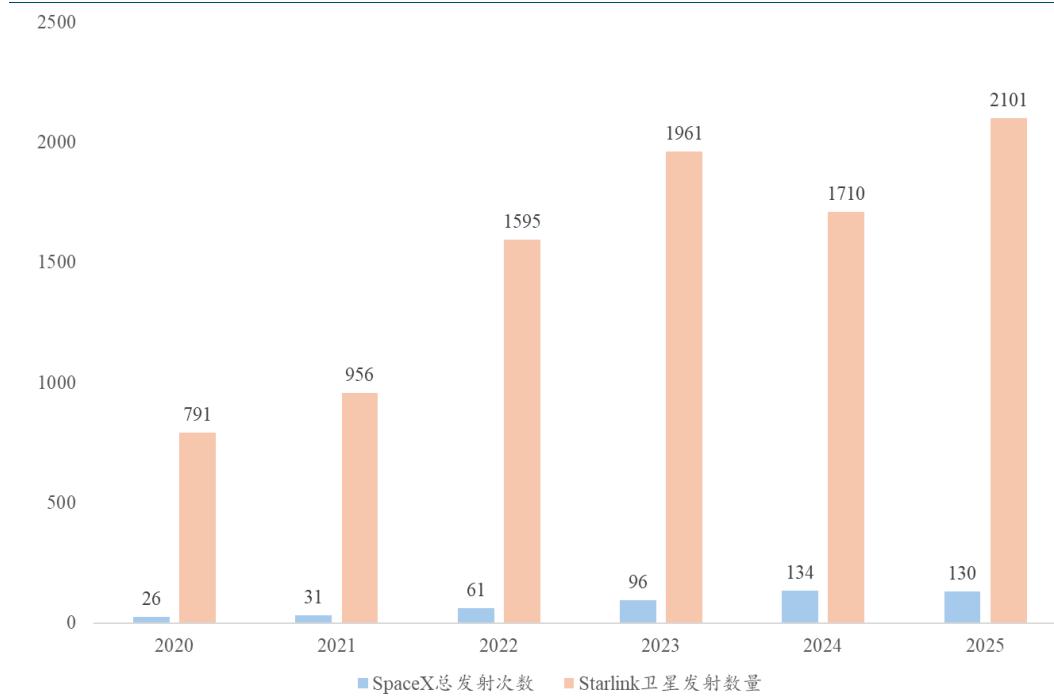
- 其它卫星运营商（如 OneWeb、Amazon Kuiper 等）必须向火箭公司支付昂贵的发射费用(通常包含火箭公司的利润)来发射卫星。每次的发射费用根据 2025 年 Falcon 9 的报价，将达到接近 7000 万美元。
- 而 Starlink 使用自家的 Falcon 9 火箭发射，仅需承担内部边际成本（燃料、整流罩回收复用成本等），仅为接近 1500 万美元。

高频发射节奏：

Starlink 能够以每周甚至更短的频率进行发射。SpaceX 为 Starlink 提供了按需发射的特权。2024 年，SpaceX 执行了 89 次 Starlink 专属发射任务。截止 2025 年 10 月 31 日，SpaceX 执行了 100 次星链专属发射任务。这种能力使其能以竞争对手无法企及的速度部

署、迭代和替换卫星。

图表28: SpaceX按年度的总发射数据和Starlink发射数据



来源：国金证券研究所，satellitemap

#### Starship（星舰）的潜在统治力：

一旦 Starship 完全投入商业运营，其单次发射部署数百颗 V2/V3 卫星的能力，将把每公斤入轨成本降低一个数量级，从而彻底切断后来者通过价格战进入市场的可能性。

2025 年星舰进入密集试飞期，助推器回收技术逐渐成熟，但飞船部分仍偶发故障，最终在第 11 次试飞中完成里程碑式突破。第 11 次试飞中，星舰成功完成着陆翻转、着陆燃烧和软溅落，成功部署 Starlink 模拟器，飞船最终在印度洋溅落。

图表29：星舰第 11 次试飞升空瞬间



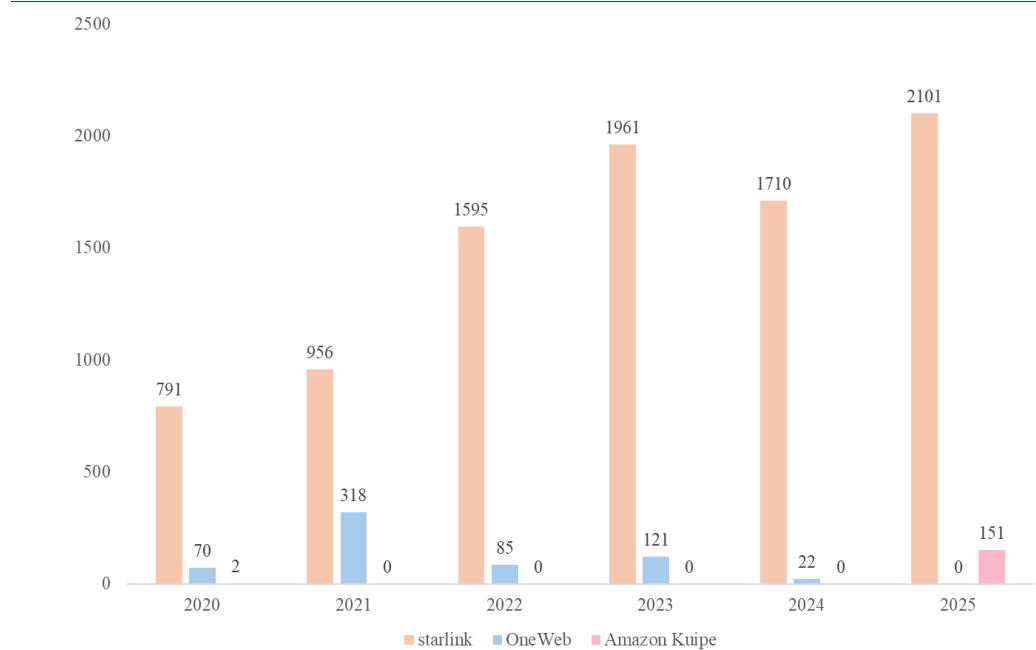
来源：国金证券研究所，SpaceX 官方 X 账号

### 3.2 规模壁垒：先发优势构建的时间高墙

**在轨卫星数量级差异：**Starlink 目前在轨卫星已超 9100 颗。相比之下，竞争对手多处于数百颗卫星的状态。要追平这一数量差距，竞争对手不仅需要资金，还需要时间（数年的发射窗口期）。

**动态网络效应：**卫星越多，网络覆盖越好，容量越大，用户体验越佳，从而带来更多用户和现金流，反哺更多的卫星制造与发射。这一正向循环 Starlink 已经形成。

图表30: Starlink、OneWeb、Amazon Kuiper 卫星发射数对比



来源：国金证券研究所，satellitemap

**全球频谱与轨道资源：**ITU（国际电信联盟）的规则是“先到先得”。Starlink 已经占据了极佳的轨道高度和频谱资源，后来者只能在次优轨道上寻求生存空间。

图表31: Starlink 及友商的频谱资源分析

运营方 / 星座	用户侧频段（典型）	网关频段（典型）	高频扩展频段（V/E 等）	频谱层级数	粗略频段总宽度（量级）
Starlink	Ku: 10.7–12.7 GHz 下行，13.85–14.5 GHz 上行	Ka: 17.8–18.6、18.8–19.3、19.7–20.2 下行；27.5–29.1、29.5–30.0 上行	V: 37.5–42 下行；47.2–50.2、50.4–51.4 上行；E: 71–76、81–86 点对点回传	Ku + Ka + V + E (4 层)	≈ 25 GHz 级别
OneWeb	Ku: 10.7–12.7 下行，14.0–14.5 上行	Ka: 17.8–18.6、18.8–19.3 下行；27.5–29.1、29.5–30.0 上行	有有限的高频规划，公开信息中规模明显小于 Starlink	Ku + Ka (2 层)	≈ 6–7 GHz
Project Kuiper	以 Ka 为主：17.7–18.6、18.8–20.2 下行；27.5–30.0 上行，也规划给用户侧使用	同样使用 Ka 做网关回传	有申请部分 V/E，但公开信息显示规模和进度仍落后 Starlink	Ka + 少量 V/E (2–3 层)	≈ 5–10 GHz

运营方	E-band (71–76/81–86)	V-band (37–52 GHz)	Ka-band (17–21 / 27–31 GHz)	Ku-band (10–14 GHz)
Starlink	已布局网关回传	大规模规划	用户+网关主力	用户主力
OneWeb	无明显大规模应用	有少量 / 规划有限	网关+部分用户	用户主力
Project Kuiper	规划中 / 有部分申请	有规划，但细节少	用户+网关主力	暂以 Ka 为主

来源：国金证券研究所，FCC 官方文件

### 3.3 商业模式：三阶段战略，从专用设备到大众手机的范式转移

Starlink 已经从单一的 B2C 产品，发展为一个覆盖 B2C、B2B 和 B2B2C 的多层次 SaaS 平台。

#### 3.3.1 个人版，B2C 模式

- 住宅 (Residential): 目标客户为有固定场所的家庭用户，分成三种收费模式：100 Mbps 版月收费 40 美元、精简版月收费 80 美元、普通版月收费 120 美元。100 Mbps 版下载带宽上限为 100Mbps，精简版用户在高峰时期速度更低，同时 100 Mbps 版和精简版仅适用于特定区域。
- 漫游 (Roam): 目标客户为场所不固定的房车、旅行者、露营者以及需要移动办公的人群等，使用方便、即插即用，覆盖乡村、近海等区域，在 150 多个国家和地区均可使用。漫游版分为两种收费模式：50GB 流量版月收费 50 美元，无限量流量版月收费 165 美元。
- Starlink Mini: 2025 年推出的最新硬件。这是一个紧凑、可放入背包的便携式套件，内置 WiFi 路由器，功耗更低，提供超过 100Mbps 的下载速度。

图表32：个人版与企业版硬件价格统计

套餐名称	硬件构成	硬件价格
个人版：Starlink Residential / Standard Kit	标准相控阵终端（圆盘或矩形碟）、Wi-Fi 路由器、电源适配器、支架与线缆	349 美元
个人版：Starlink Roam Standard Kit	与 Residential 相同的标准终端 + 同款路由器及线缆	349 美元
企业版：Starlink Business / High Performance Kit	高性能相控阵终端（High Performance Dish）、企业级路由器、安装配件等	1999 美元
企业版：Starlink Mobility – Flat High Performance	低高度平板高性能阵列天线（适配行进中使用，车顶 / 车身安装）、配套路由器与线缆	1999 美元
企业版：Starlink Maritime Kit	2 × Maritime / Flat High Performance 终端 + 船载路由器和安装组件	4000 美元
企业版：Starlink Aviation Kit / Aero Terminal	机身外部平板阵列天线（一或两块）、机载调制解调器、机舱网络设备、配套布线和支架	145000 美元

来源：国金证券研究所，Starlink 官网

### 3.3.2 企业版，B2B 模式

此业务线是 Starlink 提升 ARPU (每用户平均收入) 和利润的关键。

- **本地优先版 Local Priority:** 目标客户为陆地上的固定和移动业务用户，适合单一国家土地使用，分成四种收费模式：50GB 版本月收费 65 美元、500GB 版本月收费 165 美元、1TB 版本月收费 290 美元、2TB 版本月收 540 美元。
- **全球优先版 Global Priority:** 目标客户为海事与全球通讯用户，可在海洋和全球陆地上使用，分为四种收费模式：50GB 版本月收费 250 美元、500GB 版本月收费 650 美元、1TB 版本月收费 1150 美元、2TB 版本月收 2150 美元。

图表33: Starlink 企业版产品收费标准

企业版 To B								
	本地优先版				全球优先版			
版本	50GB	500GB	1TB	2TB	50GB	500GB	1TB	2TB
目标客户	陆地固定和移动用户				海事与全球通讯			
下载带宽 (Mbps)	135-310 Mbps				135-310 Mbps			
上传带宽 (Mbps)	20-44Mbps				20-44Mbps			
月收费 (美元)	65	165	290	540	250	650	1150	2150
描述	单一国家土地利用与区域旅行网络优先级。 可靠的固定及移动使用。 公共IP与仪表盘。				海洋与全球土地利用。 网络优先级。 可靠固定及移动使用。 公共IP与仪表盘。			

来源：国金证券研究所，Starlink 官网

图表34: 企业版的典型客户与场景

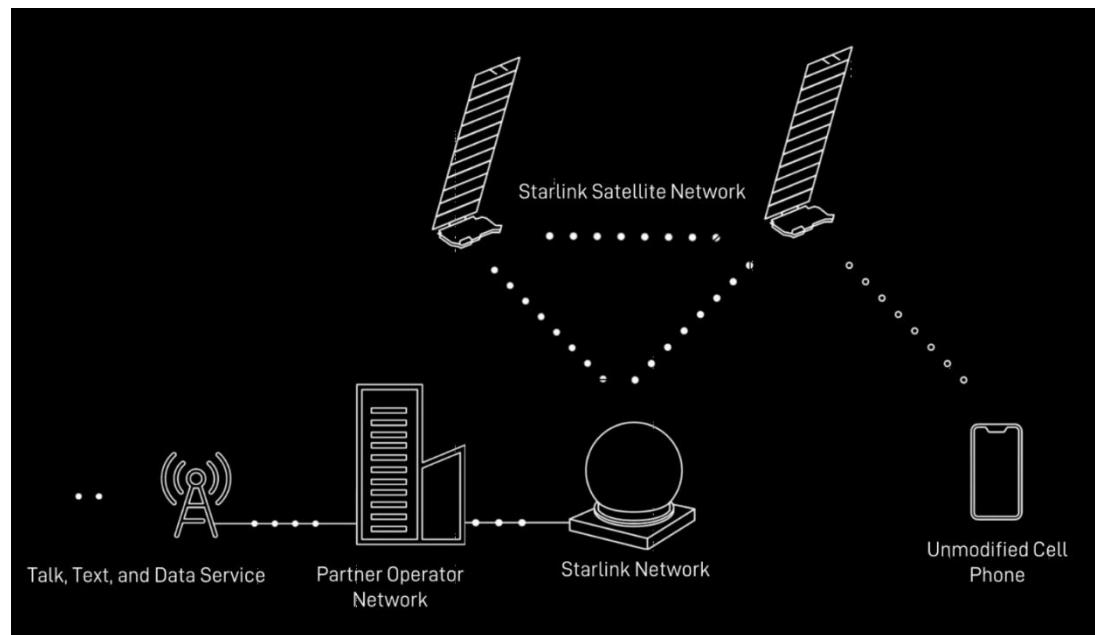
业务场景	典型客户	主要应用需求	对应企业版产品解决方案
海事 Maritime	货船、游轮运营商；嘉年华集团 Carnival；海上石油钻井平台	全球海域持续覆盖、船员上网、乘客娱乐上网、 船岸数据回传、海上安全与应急通信保障	海事企业版终端 + 海上专用套餐： 为商船、邮轮、海上平台提供全球卫星宽带接入，可作为主 链路或传统卫星系统升级方案
航空 Aviation	民航与公务机航空公司；机上互 联网服务提供商	高速、低时延的机上Wi-Fi、满足乘客办公/娱乐 需求、飞机与地面运行数据实时回传、支持航 电系统的云化应用	航空企业版终端 + 机载方案： 为航空公司提供星链机载天线与机上 Wi-Fi 接入服务，实现 空地一体的高速宽带连接
陆地机动性 Land Mobility	铁路运营商（如 Brightline 高铁/ 城际铁路）、卡车车队、应急救 援与公安消防车辆	移动过程中的不间断连接- 列车/车队运行数据实 时上传、车载办公、乘客上网	车载/机动性企业版终端： 为铁路列车、卡车、救援车辆提供在途宽带连接，可叠加专 用 QoS 与应急优先级策略
固定场所 Fixed Site	大型企业园区、校园与学校、远 程工地；农业企业（如 约翰迪 尔 John Deere）、能源矿场、光 伏/风电场等	远程地区的主用网络、关键业务的高可靠备份 链路、视频监控、物联网设备数据回传、农业 与能源场景中的智能化运维	固定站企业版终端 + 专线/备份方案： 为企业、学校、农场、能源基地提供固定卫星接入，可作为 主链路或与光纤/5G 组成双路冗余

来源：国金证券研究所，Starlink 官网

### 3.3.3 Direct-to-Cell, B2B2C 模式

传统的卫星通信需要用户购买专用终端，因为普通手机的天线增益无法捕捉微弱的卫星信号。Starlink 的 Direct-to-Cell 革命性在于太空基站的概念。通过在 V2 Mini 和未来的 V3 卫星上搭载极高灵敏度、大面积的相控阵天线，SpaceX 能够克服多普勒频移（当发射源和接收者之间有相对运动时，接收到的波的频率会发生变化。）和信号衰减，让卫星直接模拟成地面基站。

**图表35: Starlink 卫星 Direct-to-Cell 技术示意图**



来源：国金证券研究所，Starlink 官方文件

B2B2C 商业模式的精髓在于：

- 以前，B2C: Starlink 直接卖 Dishy 给用户，面临硬件补贴高、获客成本高、物流难的问题。
- 现在，B2B2C: Direct-to-Cell 业务是 Starlink 从互联网服务提供商向全球基础电信运营商转型的关键一跃，他成为了地面运营商（如 T-Mobile）的漫游合作伙伴。

**图表36: Direct-to-Cell B2B2C 模式优势**

用户端	运营商端
无需换手机、换卡、下载APP，只要走进无信号区，手机自动切换至卫星网络	如T-Mobile等，提供特定的LTE/5G频段，SpaceX则提供基础设施。收入分成通过运营商向用户收取增值服务费或包含在高端套餐中，然后与SpaceX分成
1. 极佳的商业模型：零获客成本（T-Mobile有一亿多用户），高毛利 2. 规模效应的极致体现：只有拥有超大规模星座才能保证手机随时随地都能连接到卫星，Starlink领先对手 3. 不可替代性：对于自驾游、航海、野外作业以及自然灾害场景，这是刚需中的刚需	

来源：国金证券研究所，T-Mobile 官网

Starlink 在 Direct-to-Cell 领域的进展十分迅速：

- 在技术验证层面：2024 年初，SpaceX 已成功通过卫星向地面普通手机发送了第一条短信，并随后验证了 X、WhatsApp 等数据传输以及语音通话能力。
- 在星座部署层面：目前 Starlink 的发射重心已全面转向带有 D2C 载荷的 V2 Mini 卫星。
- 在频谱资料层面：2025 年 9 月 8 日，SpaceX 斥资 170 亿美元收购 Echo Star 的无

线频谱，获得 Echo Star 持有的全部 AWS-4 和 H 波段频谱许可证，以此完善下一代手机直连星座。

- 在商业落地层面：Starlink 已与 T-Mobile 等运营商合作开发 Direct-to-Cell 业务，在偏远地区提供文本和语音，但数据速率较低，仅支持简单浏览。全球合作伙伴已囊括 Rogers（加拿大）、KDDI（日本）、Optus（澳大利亚）等各区域龙头。

**图表37：带有 D2C 载荷的 V2 Mini 卫星数量（截止到 2025 年 5 月 30 日）**

卫星名称	星座状态	首次发射时间	计划发射总数（颗）	已发射数量（颗）
Starlink V2 Mini DTC	发射进行中	2024年	840	635

来源：国金证券研究所，NewSpace Index

**图表38：Direct-to-Cell 业务合作伙伴**

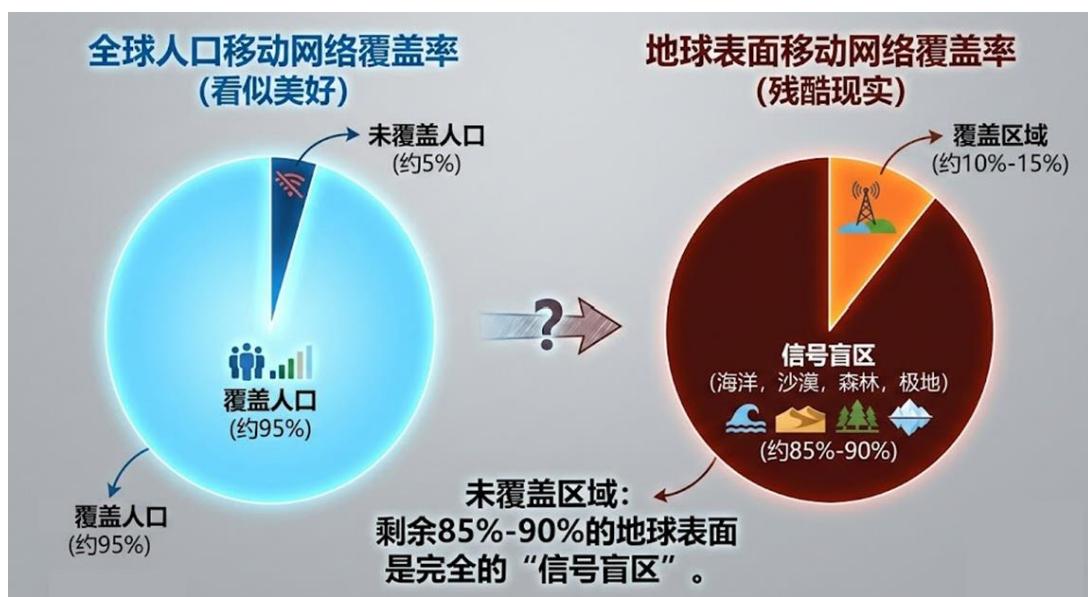
频谱合作商	社交媒体合作商	导航与户外合作商	移动网络运营合作商
ECHOSTAR	X	Google Maps	T OPTUS Telstra ROGERS
	WhatsApp	AccuWeather	one.nz KDDI Salt. entel КИЇВСТАР

来源：国金证券研究所，SpaceX 官网

绝大多数人可能都会认为移动网络已经无处不在，但数据揭示了移动网络依然存在巨大的覆盖缺口。这是 DTC 业务存在的物理基础。全球约 95% 的人口居住在有移动网络信号的范围内，但地球表面仅有约 10%-15% 区域被地面基站覆盖，剩余 85%-90% 的地球表面是完全的信号盲区。

地面基站的资本开支决定了其只能追随人口密度，在人口稀疏区建设基站的资本开支与运营成本远超潜在收益。因此，这 85%-90% 的地理空白，就是卫星直连手机的天然垄断市场。

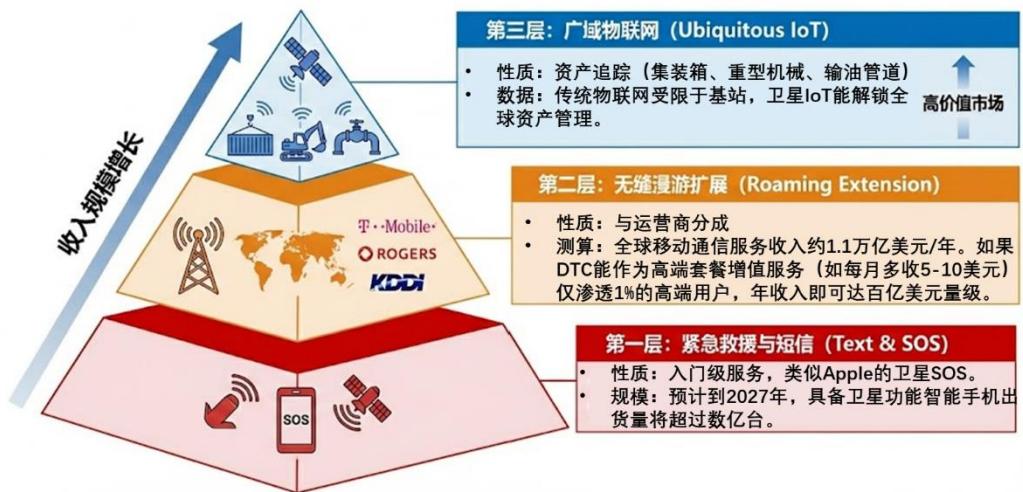
图表39：全球移动网络物理覆盖 vs. 人口覆盖率



来源：国金证券研究所，GSMA, Telecomtv

图表40：Direct-to-Cell 市场空间阶梯预测

### Direct-to-Cell 市场收入阶梯预测 (TAM Breakdown)



来源：国金证券研究所，PR Newswire

图表41: Direct-to-Cell 业务关键参与者对比

核心阵营	公司	技术路径&核心能力	关键合作伙伴	核心优势	风险点
真直连派 (无需换手机, 覆盖广)	SpaceX(Starlink)	垂直整合霸主 利用V2Mini/V3卫星携带大型天线; 复用地面运营商频谱 (LTE/4G)	T-Mobile(美国) Rogers(加拿大) KDDI(日本)等	1.发射能力: 自有火箭, 发射成本低, 组网速度快 2.规模效应: 卫星数量最多, 重访时间 (Revisit Time) 最短, 用户体验最流畅	1.信号干扰: 在现有频谱上处理卫星与地面基站的干扰技术难度大 2.监管壁垒: 需要在全球逐个国家申请频谱落地权
	AST Space Mobile(ASTS)	高性能技术流 拥有巨大的展开式相控阵天线 (BlueWalker3), 号称能支持5G宽带速度, 而非仅仅是短信	AT&T(美国) Google Verizon	1.性能指标: 单星容量大, 理论网速超Starlink (主要做宽带而非仅SOS) 2.运营商支持: 获得了美国两大巨头的背书和注资	1.资金与进度: 依赖融资, 且发射依赖 SpaceX (竞争对手) 2.制造瓶颈: 卫星体积巨大, 生产和折叠技术复杂, 量产速度慢。
	Lynk Global	早期试水者 技术相对简单, 主要提供空中基站服务, 侧重短信和低速数据	全球多家小型运营商	1.先发优势: 较早进行了技术验证 2.成本较低: 卫星设计相对简单	1.规模掉队: 资金体量太小, 难以跟上 SpaceX 的“下饺子”速度 2.市场挤压: 容易被巨头边缘化, 沦为利基市场玩家
改手机派 (需专用芯片, 目前已商用)	Globalstar(GSAT)	绑定巨头 利用L/S波段, 通过iPhone内置的高通定制射频芯片连接	Apple独家且深度的绑定	1.现金流稳健: 苹果为了功能独占, 支付了巨额建设费和路费 2.商业化最早: 已经随iPhone14普及, 拥有千万级潜在用户	1.性能天花板: 受限于卫星容量和老旧频段, 主要仅限SOS和短文本, 难做宽带 2.封闭生态: 安卓用户无法使用
	Iridium(铱星)	老牌强者转型 拥有覆盖全球的低轨网络 (L波段), 提供高可靠的SOS和IoT服务	曾与高通合作(已终止) 现转向标准GSO模式	1.真正全球覆盖: 极地、海洋无死角 2.抗干扰强: 专用频段, 雨衰影响小, 主要在专业领域 (航空/航海) 地位稳固	1.消费级受挫: 在大众手机市场的尝试进展不如预期 2.成本高: 专用终端成本较高
国家队/特种	中国星网(GW) 含华为产业链	举国体制 正在建设的1.3万颗低轨星座; 配合华为等国产手机实现直连 (目前华为主要连天通/北斗)	中国电信 中国移动 华为/荣耀/小米	1.政策壁垒: 独占中国这一巨大市场, SpaceX进不来 2.产业链协同: 终端 (手机厂) 与网络 (星网) 配合紧密	1.落地权限制: 很难进入欧美市场 2.建设初期: 低轨组网尚未完成, 目前体验依赖高轨卫星 (延迟高)
IoT/企业级	Viasat/Orbcomm	垂直行业应用 侧重于高吞吐量的企业连接、飞机WiFi、海运集装箱追踪	航空公司 物流巨头	1.高ARPU值: 企业客户付费能力强 2.技术成熟: 在特定垂直领域 (如机上WiFi) 是垄断级的	1.非大众市场: 与普通人的手机直连业务交集较小, 不具备手机直连的爆发性增长故事

来源: 国金证券研究所, SpaceX 官网, AST 官网, PCMag, SpaceNews, Technical.ly, Lynk Global 官网, Apple 官网, LightReading, Iridium 官网, Access Partnership, ITU 官方文件, Viasat 官网, Via satellite

### 3.4 定价策略: 溢价背后是差异化战场

在美国电信市场, Starlink 的定价策略呈现出明显的非对称竞争特征, 用一句话来概括, 可以称为: 在蓝海中垄断、在红海中突围。

- 城市核心区的防御战: 与 AT&T、Verizon 等传统地面运营商相比, Starlink 在具备完善有线宽带接入条件的城市区域, 暂不具备性价比优势。地面光纤网络在带宽上限、月费成本、及光纤稳定性上依然筑有较高护城河。
- 偏远地区的进攻战: 对传统地球静止轨道卫星服务 (如 Hughesnet、Viasat) 属于降维打击。凭借低轨星座的低时延与广覆盖特性, Starlink 成功在光纤难以触达的偏远地区、海洋及空中航线构建了连接。对于这部分刚需用户而言, Starlink 并非昂贵的替代品, 而是性能与价格的最优解。

图表42：美国知名电信服务商纽约地区收费标准对比（家庭宽带）

服务商类型	服务商	套餐带宽	月服务费(美元)	卫星类型	硬件设备价格(美元)	属性分析
LEO卫星	Starlink	135-305+ Mbps	120	LEO	无	低时延，覆盖无死角，适合郊区/户外
地面光纤/5G	AT&T	300Mbps	55	非卫星	无	城市首选，性价比高
地面光纤/5G	Verizon	300Mbps	35	非卫星	99	城市首选，价格优势明显
GEO传统卫星	Hughesnet	50Mbps	49.99	GEO	无	时延高，流量受限，正被Starlink替代
GEO传统卫星	Viasat	25-150Mbps	69.99	GEO	15(月租)/250(购买)	时延高，流量受限，正被Starlink替代

来源：国金证券研究所，Starlink & AT&T & Verizon & Hughesnet & Viasat 官网

对比中国市场，目前我国商业航天正处于起步阶段，我国互联网服务商暂时还未使用卫星支持互联网宽带服务。但我国电信基础设施建设具有显著的普惠性特征。得益于提速降费政策与国资主导的基建投入，中国联通、移动、电信三大运营商已将宽带资费压低至极具竞争力的水平（年费仅需 500-800 元人民币），且覆盖深度远超全球平均水平。同时，产品选项多元化，用户可根据自身需求选择不同的带宽套餐。

因此，未来卫星互联网在中国的商业逻辑将不同于美国的“大众宽带替代”，而更多聚焦于 B 端特种行业、应急通信及远洋航空等高附加值场景的补盲与增值。

图表43：中国知名电信服务商部分产品收费标准

服务商	套餐带宽	年服务费(元)	卫星类型	安装调试费(元)
中国联通	200M（上行30Mbps，下行200Mbps）	780	无	无
中国移动	300M	549	无	无
中国电信	500M	828	无	100

来源：国金证券研究所，运营商京东自营专区

图表44：运营商京东自营专区部分产品（北京地区）



来源：国金证券研究所，运营商京东自营专区

## 4 国内投资机会映射

中国商业航天正处于从技术验证向规模化组网跨越的关键窗口期。从海外大厂的先行路径来看，可回收液体火箭是当前最紧迫的瓶颈，而卫星工业化制造与高价值载荷是确定性最强的长坡厚雪。通过海外大厂的研究，我们可以提炼出中国商业航天产业链未来演变的可能逻辑：

- **运力是第一生产力** → SpaceX 的护城河不仅是 Starlink，更是 Falcon 9 低成本、高频次发射能力。中国目前最大的痛点是运力缺口。千帆星座 (G60) 和国网 (GW) 数万颗卫星的组网需求，仅靠不可回收的长征系列火箭无法满足成本和频次要求。在火箭发射端，我们需要关注谁先在中国实现中大型液体火箭的入轨与回收。
- **发射+应用的双轮驱动** → SpaceX 证明了更强大的现金流来自于发射构建出的低轨卫星通信网络。从市场空间来看，低轨卫星通信业务以及向 C 端拓展的逻辑具备更大的市场空间。在卫星应用端，我们需要关注千帆星座和星网的组网进程与背后的供应链链条。
- **垂直整合与卖水人模式** → 美股上市公司 Rocket Lab 证明了在 SpaceX 巨头竞争下，通过垂直整合（载荷业务、卫星组件如能源系统、姿态控制系统、通信系统、分离系统等）并将这些组件外售，可以走出差异化竞争道路。纵观海外商业航天竞争格局，我们判断，国内最终的火箭发射巨头的可能只有 2-3 家。但供应链环节有望诞生一批隐形冠军，服务于所有主机厂。

基于上述逻辑，我们将中国商业航天产业链划分为三个梯队，投资价值逻辑如下：

- 第一梯队（最紧迫）：可回收液体运载火箭。这是卡脖子环节，也是估值弹性和稀缺性最高的环节。
- 第二梯队（最确定）：卫星工业化制造与核心载荷。随着千帆星座 (G60) 和国网 (GW) 进入密集发射期，卫星制造从实验室定制转向汽车流水线生产，投资需把握供应链核心环节。
- 第三梯队（最长远）：地面终端与数据应用。对标 Starlink 的 Dish（地面接收锅）和手机直连卫星业务。目前处于起步阶段，但未来用户基数最大。

图表45：赛道相关标的梳理

一级分类	二级分类	相关标的
火箭发射与配套		铂力特、斯瑞新材、超捷股份、高华科技、航天环宇、华曙高科
卫星工业化制造与核心载荷	卫星平台	中国卫星、天银机电、航天电子、航天动力
	卫星载荷	臻镭科技、上海瀚讯、国博电子、佳缘科技、复旦微电
	贯穿性环节及地面端	陕西华达、西测测试、震有科技、思科瑞
卫星应用		中国卫通、中科星图、星图测控、航天宏图

来源：国金证券研究所

## 5 风险提示

### ■ 关键人风险

埃隆·马斯克的个人影响力与公司品牌深度绑定。其在其他公司（如 X/Twitter）的争议言论或潜在的法律纠纷可能波及 SpaceX 的政府合同关系。

### ■ Starship 研发受阻

如果 Starship 未能解决隔热瓦脱落或在轨加油技术难题，Starlink V2.0 卫星将无法大规模部署，公司增长逻辑将被打断。

### ■ 地缘政治

随着 Starlink 军事化（Starshield），它可能成为敌对国家的打击目标。

**行业投资评级的说明:**

买入: 预期未来 3 - 6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上;

增持: 预期未来 3 - 6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5% - 15%;

中性: 预期未来 3 - 6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5% - 5%;

减持: 预期未来 3 - 6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。

**特别声明：**

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”（以下简称“国金证券”）所有，未经事先书面授权，任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级(含 C3 级)的投资者使用；本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。

**上海**

电话：021-80234211

邮箱：researchsh@gjzq.com.cn

邮编：201204

地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号

紫竹国际大厦 5 楼

**北京**

电话：010-85950438

邮箱：researchbj@gjzq.com.cn

邮编：100005

地址：北京市东城区建内大街 26 号

新闻大厦 8 层南侧

**深圳**

电话：0755-86695353

邮箱：researchsz@gjzq.com.cn

邮编：518000

地址：深圳市福田区金田路 2028 号皇岗商务中心

18 楼 1806