



卫星互联网专题：低轨卫星开启通信变革

中泰证券 通信首席分析师：陈宁玉 S0740517020004

中泰证券 电子首席分析师：王芳 S0740521120002

中泰证券 军工首席分析师：陈鼎如 S0740521080001

联系人：杨雷 余雨晴

中泰证券研究所
专业 | 领先 | 深度 | 诚信

手机直连卫星互联网应用开启C端大市场。10月11日，SpaceX星链官方网站全新推出星链直连手机业务（Direct to Cell），预计2024年实现短信发送，2025年实现语音通话和上网（Data），同年分阶段实现IOT（物联网）。8月29日，华为发布Mate 60 Pro 成为全球首款支持卫星通话的大众智能手机，即使在没有地面网络信号的情况下，也可以进行卫星电话工作。11月10日，中国电信发布5G卫星双模手机天翼铂顿S9，随时可拨打接听卫星电话、接发卫星短信。我们预计后续手机直连卫星互联网应用将进入加速阶段。

低轨卫星加速组网，卫星通信空间广阔。SpaceX于2023年11月初，发射了第119批星链，累计发射总数达到5399颗。国内2020年将卫星互联网首次纳入新基建，中国星网于21年4月成立，已完成实验星及部分组网低轨通信卫星招标发射。2021年11月"G60星链"计划发布，联合上海等长三角9个城市，打造国内首个卫星互联网产业集群，项目分三期建设，一期工程将建设数字化卫星制造工厂、卫星在轨测运控中心和卫星互联网运营中心。其中，产业基地设计产能将达300颗/年，单星成本下降35%，预计2023年投入使用，"十四五"期间将建成全球低轨卫星通信星座。

卫星互联网产业四大环节：卫星制造、卫星发射、地面设备、卫星运营及服务。卫星互联网早期阶段，空间段及地面段基础设施建设先行，上游卫星制造、卫星发射及地面设备中的地面站建设将率先受益，卫星平台和载荷是生产制造环节中两大核心部分，卫星平台包括结构系统、供电系统、推进系统、遥感测控系统、热控系统等，卫星载荷包括天线分系统、转发器分系统及其它金属/非金属材料 and 电子元器件等，地面设备主要包括固定地面站、移动式地面站及用户终端。从产业价值分布来看，中下游占比更高，随着技术及基础设施趋于完善，应用端相关环节将接力迎来快速发展阶段。

►**投资建议：**重点关注卫星通信载荷：上海瀚讯、创意信息、信科移动；相控阵雷达相关：铖昌科技、航天环宇、盛路通信、盟升电子等；信关站核心网：震有科技、信科移动；基站处理相关：复旦微电；星间激光器件：光库科技、长光华芯、仕佳光子、腾景科技等；火箭发射相关：航天晨光、航天动力、航天电子、思锐新材等；移动终端：信维通信、华力创通、海格通信等；卫星运营商：中国卫通、中国电信。

风险提示：低轨卫星组网建设进度不及预期风险；市场竞争加剧的风险；市场系统性风险等

目 录

CONTENTS

- 01. 卫星互联网商业与战略价值
- 02. Starlink等海外低轨星座启示
- 03. 卫星互联网产业结构分析
- 04. 国内低轨星座与产业链梳理
- 05. 投资建议
- 06. 风险提示



1

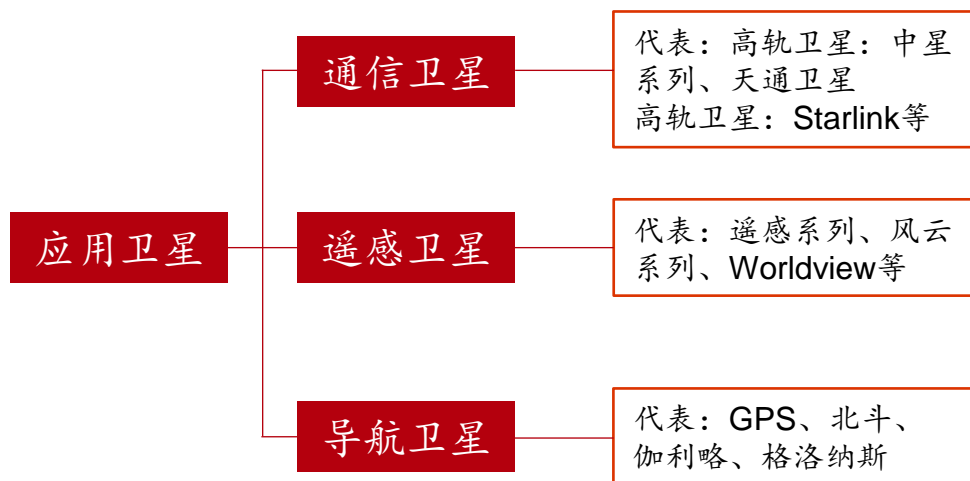
卫星互联网商业与战略价值

领先一步

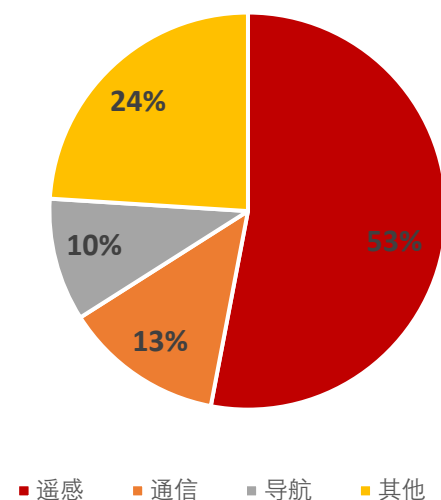
卫星分类：通信/遥感/导航三大类

- 根据具体用途类型划分，应用卫星主要可分为通信卫星、遥感卫星和导航卫星三类。
- 1) 通信卫星：用作无线电通信中继站，通过转发无线电信号传输电话、电报、传真和数据等，是世界上应用最早、最广的卫星之一。通信卫星又分为高轨卫星和低轨卫星，当前欧美及我国均已开启低轨卫星建设。
- 2) 遥感卫星：通过对地球系统或物体进行特定电磁波谱段的数字化成像观测，进而获取观测对象多方面特征信息。
- 3) 导航卫星：从卫星上连续发射无线电信号，为用户提供导航定位。
- 全球通信卫星数量最多，我国以遥感卫星为主。根据USC数据，截至2021年末全球在轨卫星共4852颗，其中通信卫星数目最多，占比64.4%；其次为遥感卫星占比21.0%。截止2022年更新数据，全球在轨卫星中美国有2994颗，中国499颗。2021年1-9月，我国遥感卫星占比超过一半，为53%，而通信、导航卫星分别占比13%、10%。

图表：卫星分类（按用途）



图表：2021年1-9月中国各类在轨卫星占比（%）



- **卫星互联网具有广覆盖、低延时、宽带化、低成本的特点。**卫星互联网不受空间限制、受自然灾害和战争影响小等特征，使其可以作为地面通信的有效补充，为各类用户提供互联网服务。传统地面通信骨干网在海洋、沙漠及山区偏远地区等苛刻环境下铺设难度大且运营成本高，低轨卫星通信核心商业应用场景主要包括偏远地区通信、海洋作业及科考宽带、航空宽带和灾难应急通信等，在出境人群中也将有较大便捷通信体验。
- **互联网覆盖存在盲区，卫星互联网可有效填补。**截止2022年1月，全球互联网用户数量达到49.5亿人，互联网用户占总人口比例为62.5%，且移动通信系统仅覆盖了20%陆地面积，约6%地球表面。随着低轨卫星互联网建设，未来可有效用于偏远地区、海洋作业及科考、航空等领域。卫星互联网是实现单一组网全球覆盖的唯一路径。

图表：卫星互联网四大特点



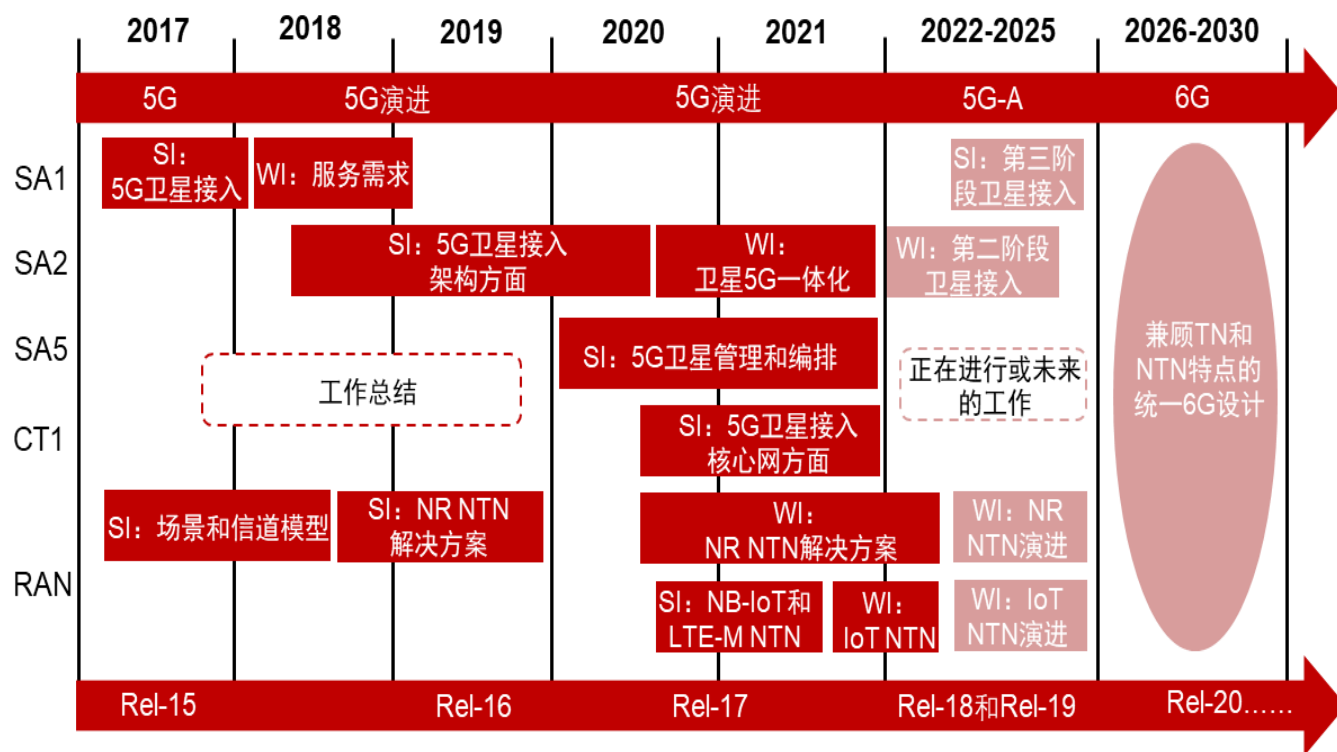
图表：低轨卫星商用场景（按用途）



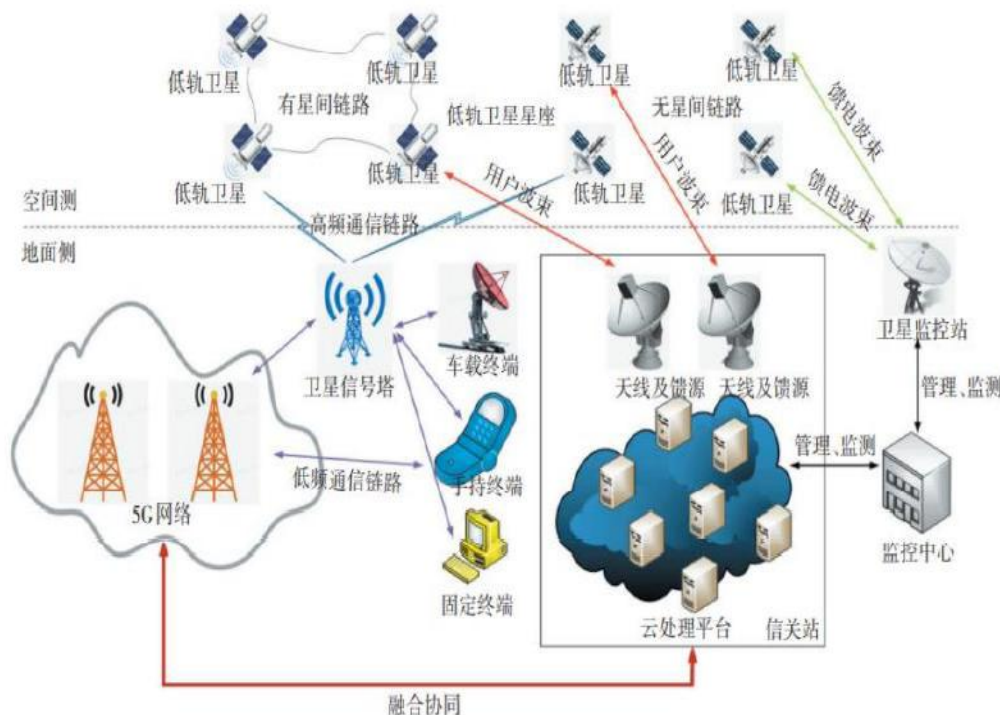
6G目标：构建天地一体融合通信

- **3GPP未来将向6G逐步演进。**3GPP的NTN标准是从2017年R15开始启动，一直在朝着将卫星纳入3GPP技术规范的目标前进着，这一目标将持续到R20的6G标准工作中。其中，非地面网络(Non-Terrestrial Network, NTN)被广泛认为是6G网络的组成部分。
- **6G通信架构包括低轨卫星及5G网络融合：**6G由天基平台、空基平台和地面平台组成，由此实现对5G无法触及的陆地与海洋、天空实现全域覆盖，构成一个地面无线与卫星通信融合集成的全连接世界。

图表：3GPP NTN 标准化时间表



图表：6G由低轨卫星与5G网络融合



- 低轨卫星的性能更适配卫星互联网发展。按照轨道高度，卫星主要分为低轨（LEO）、中轨（MEO）、高轨（GEO、SSO、IGSO）三类，其中低轨卫星由于传输时延小、链路损耗低、发射灵活、应用场景丰富、整体制造成本低，较为适合卫星互联网业务发展。根据UCS Satellite Database数据，截至2021年底，全球低轨道卫星共有4078颗，占比达80%以上；2020年以来，低轨道卫星发射数量快速增长。
- 稀缺轨道及频段资源“先占先得”，中美英等国均先后布局。ITU规定，对稀缺的轨道和频段资源按照“先登先占”的原则。根据赛迪顾问，地球近地轨道可容纳约6万颗卫星，而低轨卫星所主要采用的Ku及Ka通信频段资源逐渐趋于饱和状态，未来将逐步演进至Q/V频段。预计至2029年，地球近地轨道将部署总计约5.7万颗低轨卫星。

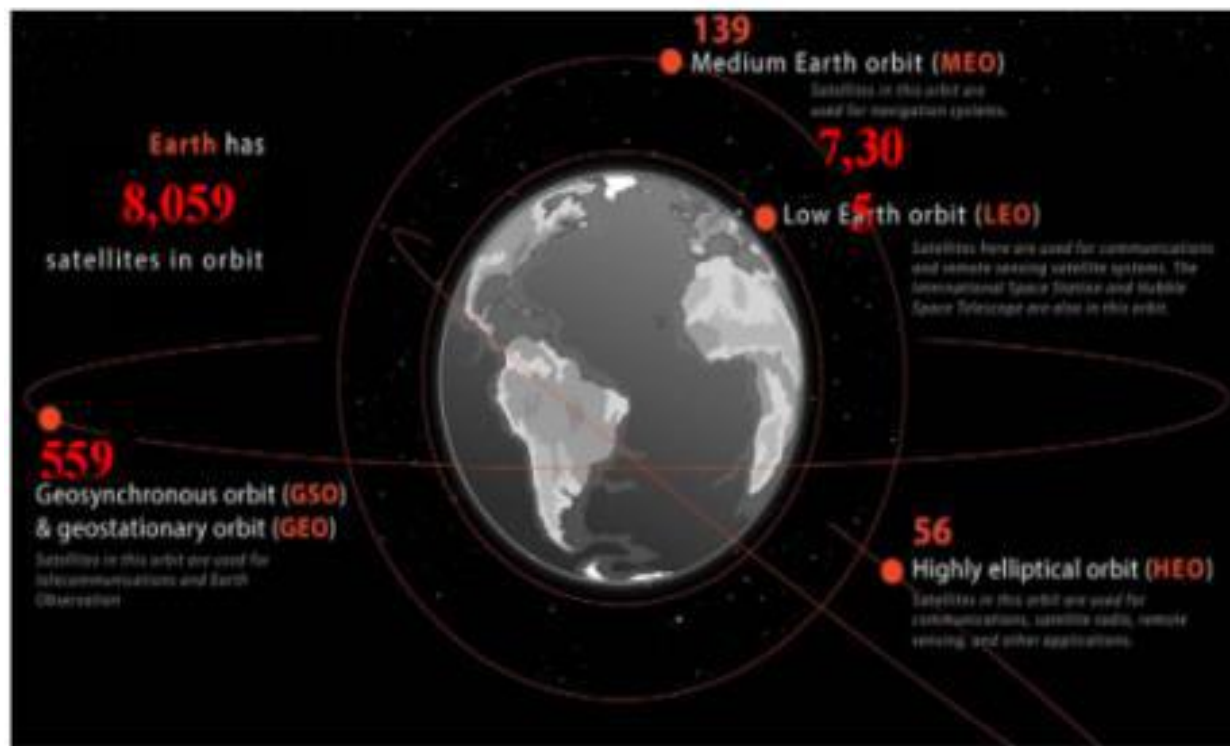
图表：卫星轨道类型

卫星轨道类型	轨道高度	特点	卫星用途	应用举例
低地球轨道（LEO）	500-2000km	单星覆盖面较小，但是传输时延低、链路损耗小、功率较小，绝大多数对地观测卫星、测地卫星、空间站以及一些新的通信卫星系统都采用近地轨道。	通信和遥感卫星系统	国际空间站 (ISS) 和哈勃太空望远镜
中地球轨道（MEO）	2000-35786km	单星传输时延、覆盖范围、链路损耗以及功率大于LEO但小于GEO，发射成本适中、传输延迟较低、覆盖区域更广，因此用于导航用途	高速数据和高带宽信号应用，导航系统	美国全球定位系统 (GPS)
地球静止轨道 (GEO)	35786km	单颗星覆盖区域广，在覆盖区域内，任何地球站之间可以实现24小时不间断通信，服务十分稳定。卫星系统构建简单，3颗同步地球卫星就可覆盖除两极外绝大多数区域，系统卫星数少，运营和在轨维护性价比高。不受大气影响，使用时间长。可用于通讯、气象、广播电视、导弹预警、数据中继等方面。	卫星电视，电信和地球观测	北斗卫星导航系统中的GEO星
倾斜地球同步轨道 (IGSO)	35786km	星下点是“8”字，高纬度地区不易受到多径效应和建筑物遮挡影响	卫星导航系统	北斗卫星定位系统
太阳同步轨道（SSO）	不超过6000km	覆盖范围较小，可于相同当地太阳时穿过任何给定位置	对地观测	ODIN卫星
高椭圆轨道（HEO）	—		通信、卫星无线电、遥感和其他应用。	—

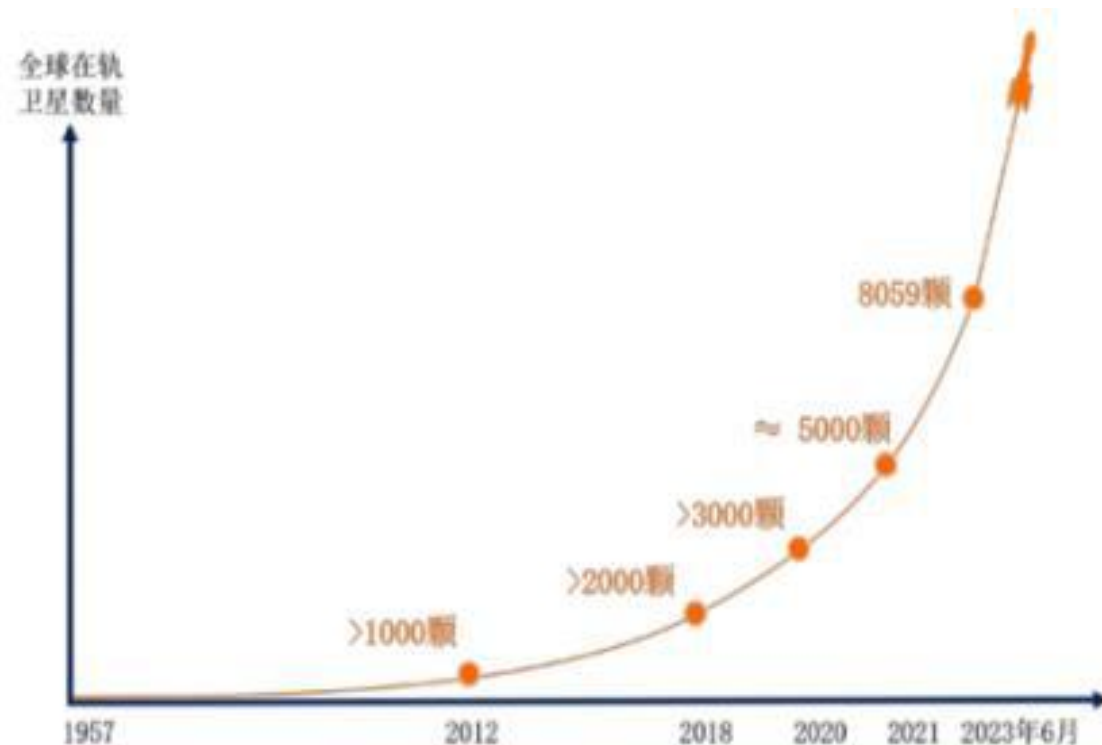
全球在轨卫星中低轨占比最高

- 根据UCS统计，截止2022年5月1日，全球运行卫星达5465颗，其中LEO轨道数量最大，占约86%。美国最多为3433颗，俄罗斯172颗，中国541颗。我国在LEO轨道上与美国相差较大，其他轨道差距较小。
- 截止2023年6月，全球在轨卫星共超过8000颗，低轨卫星为7305颗，占比约91.31%。当前，全球有7个百星以上规模的低轨卫星星座，其中Starlink超过5000颗，几乎占据了低轨卫星数量的三分之二。

图表：全球各轨道高度及卫星数量



图表：截止2023年6月全球在轨卫星数量

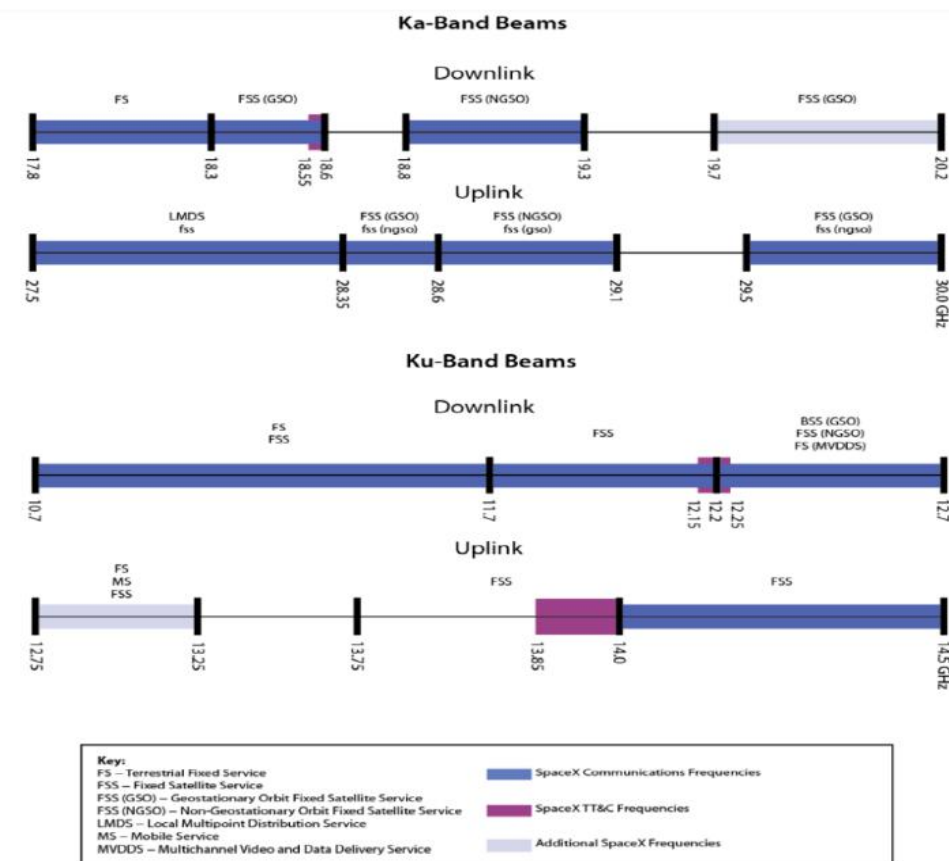


- **Q/V频段将成为下一代卫星主要发展方向：**随着大量在较低频率波段的规划使用，C、Ku、Ka等频段发展趋于饱和，早在2016年SpaceX提交频段规划时，Ka、Ku频段已经渐趋饱和。因而发展Q、V频段是未来卫星通信的重点。

图表：《无线电规则》频率划分情况

频段	频率范围	使用情况
L	1~2 GHz	资源几乎分配殆尽；主要用于地面移动通信、卫星定位、卫星移动通信及卫星测控等业务
S	2~4 GHz	资源几乎分配殆尽；段频率相对较低，信号覆盖大，受天气影响小，主要用于气象雷达、传统雷达、卫星定位、地面移动、卫星移动通信及卫星测控等业务
C	4~8 GHz	近乎饱和；主要用于雷达、地面移动、卫星通信等业务
X	8~12 GHz	受管制频段，通常被政府和军方占用；主要用于雷达、地面通信和卫星通信等业务
Ku	12~18 GHz	已近饱和；频率相对较高，容易受天线影响造成信号波动，但信号强度高于C频段，主要用于卫星通信和卫星电视直播等业务，支持互联网接入
Ka	18~30 GHz	正在被大量使用；主要用于卫星通信、地面移动、星间通信等业务，支持互联网接入
Q/V	36~46 GHz 46~75GHz	开始进入商业卫星通信领域
太赫兹	0.1~10 THz	正在开发

图表：SpaceX提交的关于Ka频段和Ku频段规划



- 国外以SpaceX为首的企业已申请大量轨道资源。SpaceX于2015年首次提出“Starlink计划”，2016年向ITU申请共1.2万颗卫星发射计划，并于2019年10月将星座总规模扩大至4.2万颗。波音、空客、亚马逊、Google、Facebook等企业均在ITU申报了大量的卫星频段资源。
- ITU规定了相关发星节奏及削减规则：ITU要求在提交申请后的7年内必须发射第一颗卫星，并在投入使用的监管期结束后两年内部署其星座的10%，然后五年内部署50%，再七年内完成星座部署。换言之，星座计划在9年内必须发射总数的10%，12年内必须发射总数的50%，14年内必须全部发射完成，否则需对申报的网络资料进行相应缩减。

图表：全球主要卫星星座情况及进度

星座计划	国家	卫星数量/颗	轨道高度/km	卫星频段	卫星质量/kg	进度
E-SPACE (Cinnamon)	卢旺达	327320	550-640	L/S	——	21年9月完成向ITU申请，计划2023年底开始发射
SpaceX公司 (starlink)	美国	一代：LEO4408颗； VLEO7518颗 二代：3万+	一代：LEO约550km，VLEO约340km 二代：328-614km	Ku/Ka/V/E	一代约260-300kg； 二代800-2000kg	已发射5399颗（截至23年11月初）
波音公司 (V-Band)	美国	147	1056km； 27355-44221km	V	——	2022年发射一颗试验星，23年11月宣布退出计划
亚马逊公司 (Kuiper)	美国	一代：3236颗；二代新增4538颗，累计7774颗	590~630	一代Ka；二代Ku/V	589-680	23年10月发射首批2颗原型卫星
Samsung 铱星 (Iridium)	韩国	4600	1400	——	——	方案设计阶段
OneWeb公司 (OneWeb)	美国/英国	66+备用星	780	Ka	670	截止2023年8月，在轨66颗
Astrome Technologies	印度	648	1200	Ku	约150	在轨超过500颗
电信卫星公司 (Telesat)	加拿大	150	——	——	120	方案设计阶段
低轨卫星公司 (LeoSat)	美国	198	1000/1248	Ka	约800	截止2023年8月，计划建造198颗先进卫星
全球星	美国	108	1400	Ka	——	方案设计阶段
o3b-mPOWER	卢森堡	48+8颗备用	1414	——	——	在轨48颗
Laser Light	美国	11	8000	——	——	已发射4颗
		12	——	——	——	——

图表：按ITU规则星链的发星计划

Starlink 1/2期

2016	2025	2028	2030
开始申请	10%	50%	100%

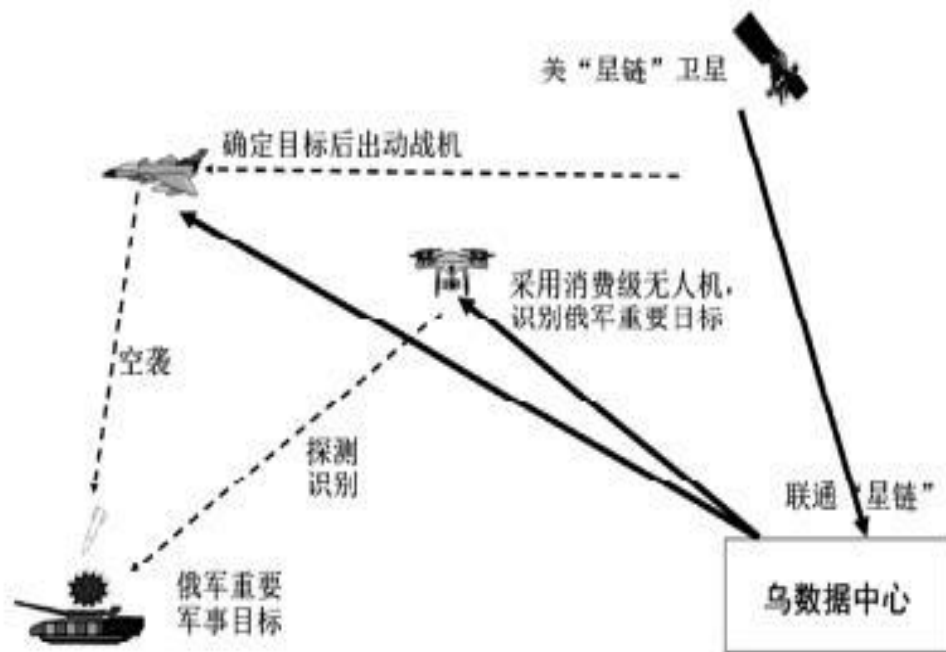
Starlink 3期

2019	2028	2031	2033
开始申请	10%	50%	100%

星链卫星军事用途重要性凸显

- 星链开始发挥军事用途潜力，战略重要性凸显。2019年，美国空军与SpaceX公司签订了高达2800万美元的订单，随后合作不断加强，双方签署了价值超过1.5亿美元的合同。在俄乌冲突中，“星链”带来的卫星网络支持，使乌军在通信、侦察等方面获得较大助力提升了其在网络通信、地面遭遇、情报信息、精确打击、无人机支援、反网络电子干扰等方面的能力。
- 星链计划为美军提供了多方面的军事优势。首先，它可协助美军抢占卫星轨道资源，部署数万颗卫星将影响其他国家的卫星发射计划。其次，星链运营服务可为部队提供全球覆盖的军事通信服务以及全天候、全天时的天基侦察监视能力，精确地了解战场情况。最后，美国航天发展局（SDA）提出了在外太空发展军事力量的建议，星链卫星可发射全向波束，进而对其他航天器进行遥测、跟踪和控制。作为天基长期驻留装备，星链其在战场侦察、电子对抗、反导拦截、通信保障四个方面表现出的了较大潜在能力。

图表：乌军利用星链打击目标



图表：加沙地带遭轰炸前后卫星影像



■ 手机直连卫星技术有3种路线：1) 双模终端，利用现有卫星移动通信系统，通过芯片小型化、射频天线优化等技术，在手机中增加传统卫星通信终端的通信功能（多用传统卫星L/S频段）。示例：天通、北斗、全球星、铱星。2) 基站上卫星（存量终端手机直连），复用现有4G/5G移动业务频率，关键技术挑战包括大面积相控阵天线、星上补偿多普勒频移及时延补偿/地面信关站定制化设计等。示例：Starlink、BlueBird、Lynk Tower。3) 基于3GPP-NTN（非地面网络）标准，5G-6G持续演进中，卫星与手机都要改变。示例：海事卫星、Ominispace。未来随着应用场景的逐步推广，手机直连卫星有望成为较为理想的解决方案。

图表：手机直连卫星的多种技术路线

技术路线	技术路线特点	关键技术路线	卫星运营商	典型卫星系统	手机形态	与其他卫星系统的兼容漫游能力
路线1：双模终端接入	使用现有卫星移动通信系统，通过双模手机终端适配星地通信需求	终端/芯片小型化、射频天线优化等	中国电信	天通卫星 北斗短报文 全球星	双模终端	手机需额外集成其他卫星移动通信系统的技术体制（多模终端）
路线2：存量终端接入	存量手机可以直接与卫星建立通信	大面积相控阵天线，星上补偿多普勒频移/地面信关站定制化设计等	SpaceX AST	Starlink V2.0 AST Bluebird	存量手机	可以接入采用相同技术路线的与运营商合作的卫星系统
路线3：已建成的卫星移动通信系统升级NTN体制	利用已建成的卫星移动通信系统的透明转发通道，需要集成相应卫星系统的相应卫星系统终端射频和天线，基带芯片设计简化	NTN核心网系统、SOC集成NTN基带	Skylo	海事卫星 铱星	集成卫星射频和天线的NTN手机	手机需额外集成其他卫星移动通信系统的射频和天线
路线4：基于5G NTN及其演进技术体制实现星地融合	在3GPP NTN技术体制上继续演进，并将关键技术纳入NTN技术演进，实现天地一体化设计	网络侧：跳波束技术、协议裁剪优化减低指令开销等增强技术方案 终端侧：一体化星地融合终端/芯片设计等	OminiSpace	/	支持3GPP NTN手机	符合相关 3GPP NTN标准的卫星系统

图表：低轨卫星技术与4G/5G能力对比

	Starlink	4G	5G
下行速率	50-150Mbit/s	100Mbit/s	1Gbit/s
带宽	1Gbps	100Mbps	1-2Gbps
用户容量	17-23Gbps/单星	1Gbps/单基站	20Gbps/单基站
覆盖距离	64平方km²	半径1-3km	半径300m
传输方式	长距离无线通信	无线+光纤	无线+光纤
应用场景	极地、海洋、航空、战争等特殊网络要求	移动互联网、流媒体、在线视频、移动支付等	高带宽、物联网、低时延应用场景

国内外手机直连卫星加速推进

■ 手机市场创新引领，多家厂商计划推出手机直连卫星，并探索大众消费卫星通信的模式。

1) 海外：22年9月苹果和Globalstar合作，iPhone14系列支持手机直连卫星通信功能，用户可通过卫星发送定制化应急救援信息。23年1月高通与铱星公司达成协议，将卫星连接纳入“下一代高级安卓智能手机”，联发科在MWC2023上公布其与Bullitt合作，推出采用3GPP NTN技术的商用智能手机摩托罗拉defy 2和CAT S75。

2) 国内：8月29日，华为发布Mate 60 Pro 成为首款支持卫星通话的大众智能手机。中国电信于2022年5月推出了天地翼卡，不换卡、不换号可随需接入地面4G、5G网络或天通一号卫星移动通信系统。2023年8月华为Mate 60 Pro 成为全球首款支持卫星通话的智能手机。

图表：国内外手机直连卫星进展



国内外手机直连卫星应用进展

	路线1：双模终端					路线2：存量终端接入		路线3：3GPP NTN	
项目	华为Mate50	iphone14	华为P60	高通	华为Mate60Pro	Starlink	AST SpaceMobile	联发科	紫光展锐
时间/进展	2022.09首发	2022.11首发	2023.03首发	2023.01发布 Snapdragon Satellite	2023.08首发	2022.08, 宣布与T-Mobile合作	2023.04, A&T和AST SpaceMobile手机制造商利用三星S22手机Bullitt合作推出直连卫星完成基于3GPP NTN V8821, 或BlueWalker3的天基双向通话	2023.03, 与英首颗卫星通信SoC芯片用于VIVO旗舰机型X100 Pro	2023.07, 推出首颗卫星通信SoC芯片用于VIVO旗舰机型X100 Pro
星座	北斗 GEO+MEO+ ISEO	GlobalStar LEO	北斗 GEO+MEO+ ISEO	铱星二代 LEO	天通一号 GEO	Starlink LEO	BlueWalker3 LEO	Inmarsat GEO	Inmarsat/天通一号 GEO
频段	L/S频段	L/S频段	L/S频段	L频段	S频段	Ka/Ku频段 手机直连为地面PCS频谱	800MHz	L频段	L/S频段
高度	21500/35786 km	1414km	21500/35786 km	780km	35815km	328-614km	375-425km	35000km	35000/35815 km
数量	30颗	48颗	30颗	66颗	3颗	V2, FCC已批复7500颗, 23年初首发	100颗	12颗	12颗/3颗
技术/业务特性	北斗短报文, 单向发送消息	SOS	北斗双向报文 SOS, 短消息	双向语音通话, 短信收发	双向语音通话, 短信收发	2024年短信, 2025年语音/数据/物联网	SOS/短信/语音/数据	SOS, 短消息	双向语音通话, 文字消息, 数据传输

图表：中国电信“手机直连卫星”服务价格





2

Starlink等海外低轨星座启示

领先一步

- 星链已开启规模发射低轨卫星计划，且版本逐步迭代。SpaceX于2015年提出Starlink计划，2019年5月23日猎鹰9火箭发射首批60颗卫星，申请星座总规模约4.2万颗，原规划一代星链部署LEO卫星4408颗，VLEO卫星7518颗，二代星链约3万颗。其中，二代星链较于一代星链增加了激光星间链路。
- 星链版本在逐步技术迭代。星链已发展出试验星（Tintin A/B）、V0.9、V1.0、V1.5和V2.0，共计5个版本“星链”卫星。其中，V0.9、V1.0和V1.5用于“一代星链”星座，V2.0用于“二代星链”星座。23年初首批V2 MINI版本发射，采用氦电推系统，拥有效率更高的天线阵列，使用71~86千兆赫无线电频率（E频段），容量为一代的4倍，可为用户提供高速上网服务。星链是全球首个成功开启卫星互联网大规模建设的企业。

图表：星链星座建设方案

项目	一代星链		二代星链
子星座	LEO	VLEO	
卫星数量	4408颗	7518颗	约3万颗，22年底FCC批复7500颗
轨道高度	550km左右	340km左右	328km-614km
频段	Ku/Ka	V	Ku/Ka/E
功能	实现全球覆盖	使用激光星间链路；提升网络进一步提升星座容量，降低通信时延，覆盖，满足偏远地区和军方用户需求	

图表：Starlink卫星迭代版本

	Starlink V1.5	Starlink V2.0 F9-1	Starlink V2.0 F9-2	Starlink V2 mini	Starlink V2.0 Starship
所处阶段	已发射	FCC申请	FCC申请	已发射	FCC申请
重量/kg	306	303	800	800	2000
单星容量/Gbps	15	18	70	60	170
发射火箭型号及单箭运输能力	60颗/Falcon9	60颗/Falcon9	16颗/Falcon9	21颗/Falcon9	50颗/Starship
单次发射运输容量/Tbps	0.9	1.1	1.1	1.3	8.5
单次发射成本/m\$	48 Sats 18+launch 30	48m Sats 18+launch 30	41 Sats 11+launch 30	45 Sats15+launch 30	75 Sats 60+launch 15
每Mbps发射成本/\$	53	45	37	35	9
是否直连手机	否	/	是	/	是

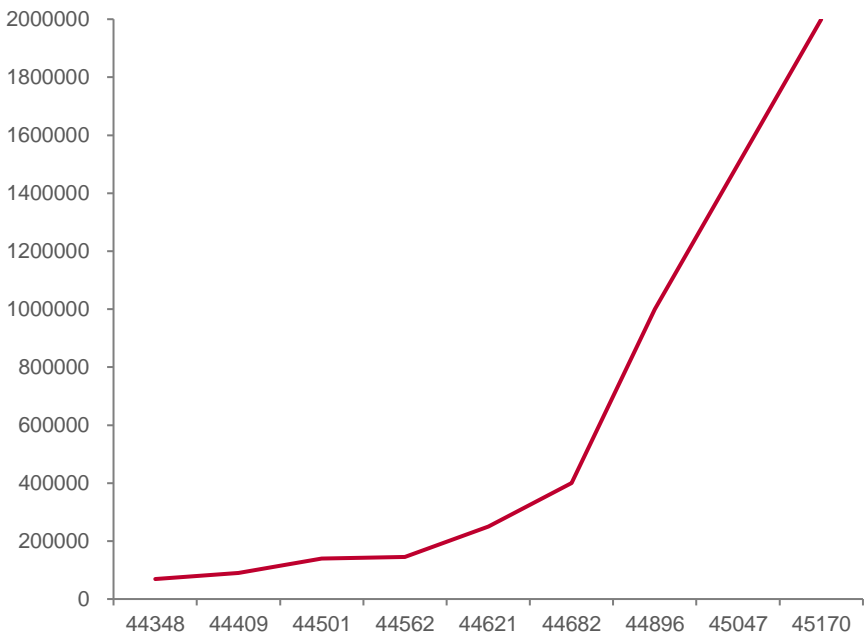
Starlink星链已实现现金流平衡

- **Starlink可提供多种用途付费版商业模式。**星链用户终端是一个相控阵碟形天线，它与Wi-Fi路由器一起工作，以无线方式连接到设备能提供50-250Mbps下行速率、10-20Mbps上行速率及延迟在20-40ms内的宽带接入服务。月租方面：可提供包括住宅、商用、房车、以及海事四个版本付费模式。
- **星链宣布已实现现金流平衡：**2023年9月，Starlink宣布已覆盖全球七大洲、60多个国家和更多市场，连接了超过200万活跃客户，预计在今年底用户数将升至350万-400万。2023年11月，马斯克宣布，其领导的SpaceX旗下的星链项目已实现现金流平衡。

图表：Starlink各版本付费模式

产品类型	产品介绍	延迟 (ms)	预计下行速率 (Mbps)	预计上行速率 (Mbps)	定价 (美国地区, 美元)
住宅版	普通版本, 主要给家庭用户使用	20~40	50~200	10~20	终端: 599; 运费和手续费: 50 月租费: 110
商用版	为小型商业用户和超级用户提供包括更大尺寸的天线以及升级版路由器, 同时承诺提供全天候优先服务	20~40	100~350	10~40	终端: 2500; 运费和手续费: 50 月租费: 500
移动版	允许用户支付更多费用跳过候补名单以在没有固定地址的情况下连接到其宽带卫星	20~40	50~200; 5~100	10~20; 1~10	终端: 599; 运费和手续费: 50 月租费: 135
海事版	海上应用	<99	100~350	20~40	终端*2: 10000; 运费和手续费: 100 月租费: 5000

图表：星链用户数增长（户数）



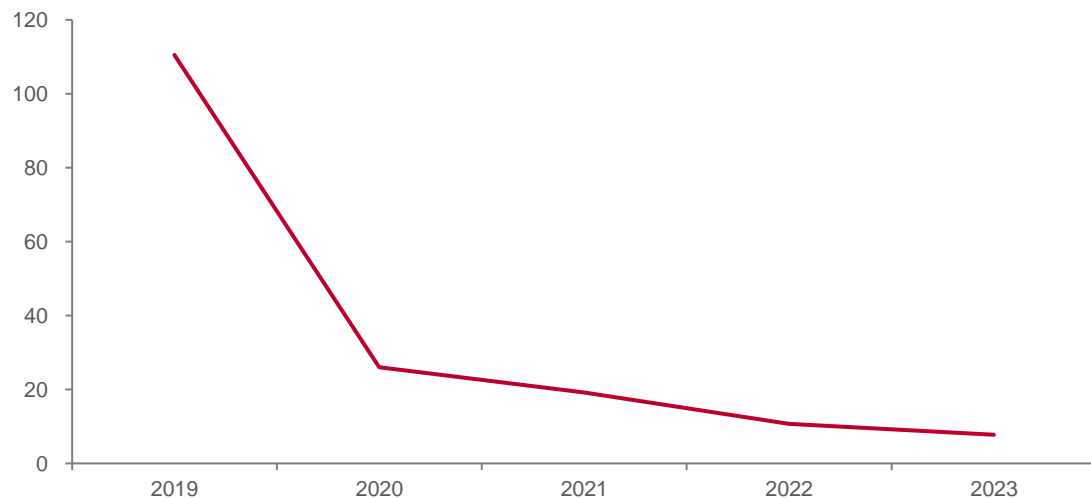
SpaceX优势：低成本发射与造星能力

- **卫星制造及发射环节构筑星链成本优势。**Starlink单颗卫星造价约50万美元，主要通过使用减少零部件、简化优化设计，部分采用“消费级”元器件，规模化生产降低制造成本，并通过“一箭多星”和可重复使用技术减少发射成本。SpaceX公司建立了自己的卫星制造流水线，2020年7月份提交给美国联邦通信委员会的报告中，位于西雅图的雷德蒙德制造厂每月至少生产120颗星链卫星，另外德州奥斯汀也在建设一座崭新星链制造基地。
- **星链通过缩短发射间隔，加快部署节奏。**23年11月初，SpaceX发射了第119批星链卫星，星链发射总数目达到了5399颗，平均每3.92天完成一次，马斯克表示预计接下来3个月每月发射10次以上，到2024年频率将提高至每月12次，全年发射次数达到144次。

图表：猎鹰9号火箭一级复用情况及占比

时间	2018	2019	2020	2021	2022.01-08
发射次数	21	13	26	31	39
新火箭一级数量	10	7	5	2	2
复用一级火箭数量	11	6	21	29	37
新火箭一级占发射次数比重	47.6%	53.8%	19.2%	6.5%	5.1%

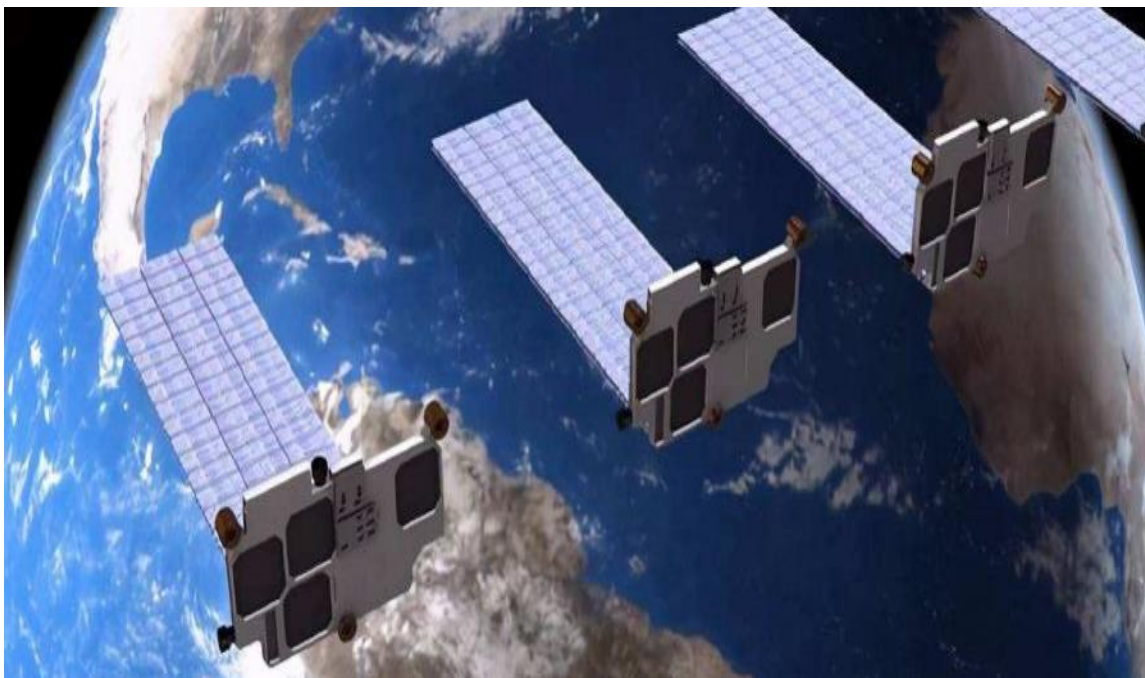
图表：Starlink卫星历年发射间隔天数统计（天）



卫星扁平状设计有利于一箭多星

- 星链卫星扁平状设计，发射时便于堆叠，增大相控阵天线。星链卫星迭代升级：V0.9版（2019.5）- V1.0版（2019.11）- V1.5版（2021.9）- V2.0 Mini版（2023）- V2.0版，v1.0版升级Ku波段硬件增加Ka波段天线，V1.5版卫星加装卫星激光星间链路，最新V2.0 Mini版增强相控阵天线，并为网关站回程链路增加E波段，整星宽度超过4.1米，太阳翼向两侧展开，展开之后长约30米，是V1.5表面积的4倍多，V2版总表面积将再翻一倍。对主体力学结构和电子元器件有更高要求。
- 使用星际飞船发射星链V2之前，猎鹰九号开始发射星链V2 Mini版。火箭负责将卫星送入440公里的轨道上，火箭的第二级在释放载荷时，会慢慢自转，堆叠颗卫星在制造时，就通过调整内部元器件而拥有不同的惯量，像洗衣机脱水一样，通过旋转将卫星甩离火箭。卫星在440公里的轨道上进行检测后，使用霍尔推进器升高到550公里高的轨道。以往的霍尔推进器使用氙气作为燃料，星链为了降低成本先后使用氦和氩为燃料。

图表：Starlink卫星形状



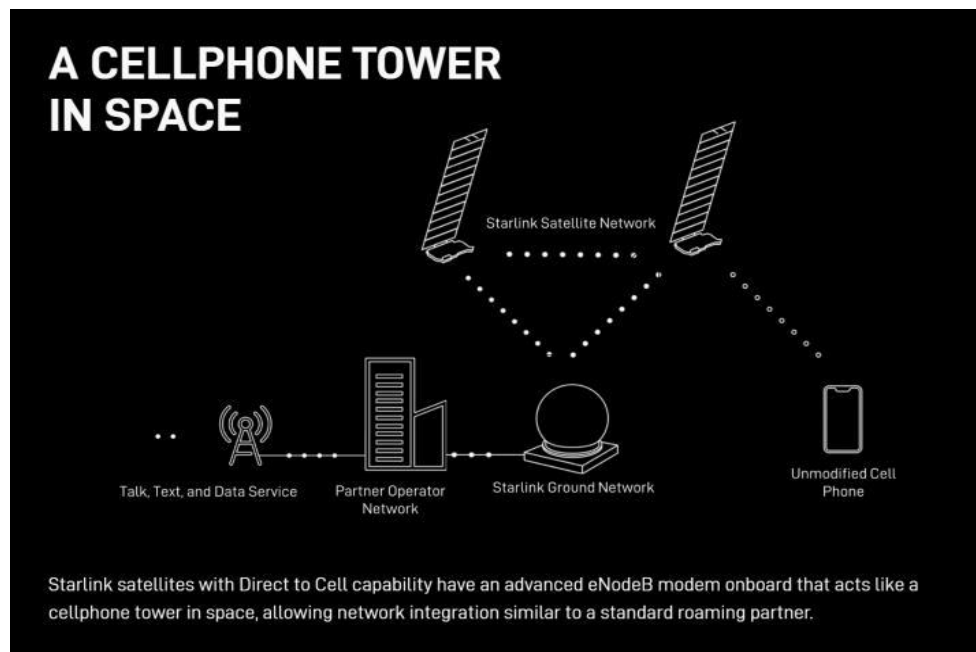
图表：SpaceX火箭上堆叠的卫星



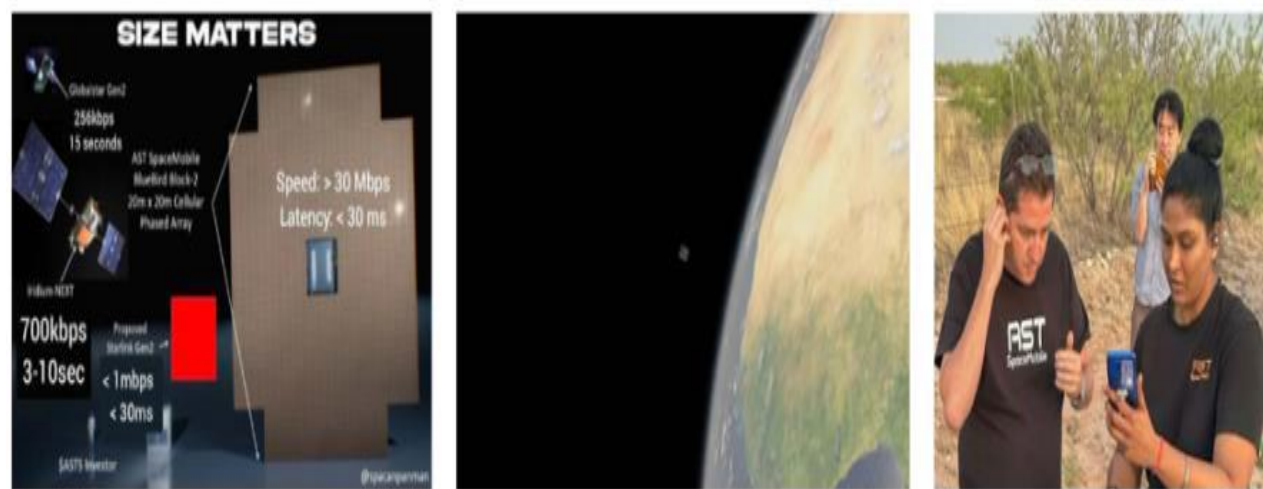
星链将推出直连手机业务

- 星链官网推出“Starlink Direct to Cell（星链直连手机）”业务。2023年10月，手机直连卫星于星网官网推出，预计2024年实现短信发送，2025年实现语音通话和上网（Data），同年分阶段实现IOT（物联网）。直连手机的卫星最初将在猎鹰9上发射，此后是星舰。在轨卫星将立即通过星间激光链路接入星座，以提供全球覆盖。初期支持的运营商：T-MOBILE（美国）、OPTUS（澳大利亚）、ROGERS（加拿大）、ONE NZ（新西兰）、KDDI（日本）、SALT（瑞士）。
- 卫星直连、星地一体化融合4G/5G宽带通信可行性得到验证：AST SpaceMobile公司成功研发出一颗装备有64平方米相控阵天线的试验星，名为蓝行者3号（BlueWalker 3）。今年4月，AST用普通的GalaxyS22手机成功地与其试验星通话，实现通信速度可以达到10Mbps。

图表：星网手机直连卫星业务



图表：卫星直连得到现网验证



扩大卫星天线面积，验证了卫星直连、星地一体化融合4G/5G宽带通信的可行性

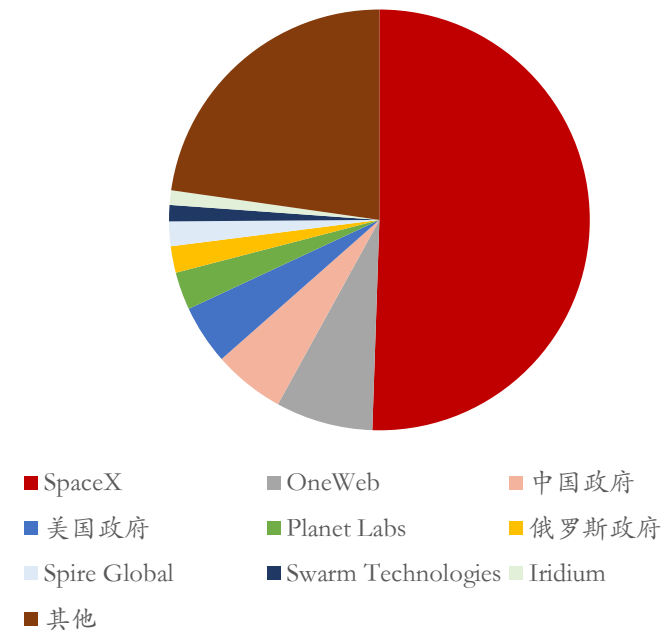
全球主要低轨星座比较

- 星链卫星参数相较于其他卫星星座具备优势：Starlink已成为目前规模最大、发射最频繁、技术最先进的卫星星座系统，与Oneweb、Telesat、Kuiper等其他低轨星座相比，Starlink在单星容量及造价成本上具有明显优势。
- 星链在全球卫星运营方中占据比例较大。分运营商来看，Starlink在轨数量3395颗，约占全球总数的50%，占低轨卫星数量的近60%，OneWeb在轨数量502颗，占全球总数的约7.5%，铱星二代75颗，国内已运行商用低轨通信卫星主要为天启、银河，在轨数量分别为6颗、7颗。星链卫星商业化运营优势明显。

图表：Iridium Next、One Web、Starlink卫星参数对比

	Iridium Next	Oneweb	Starlink
重量 (kg)	860	147	260
使用天线	相控阵天线	缝隙阵天线	相控阵天线
参数			
单星容量 (Gbps)	/	7.5	17.5
寿命	设计10年，计划15年	7年	5-7年
造价 (万美元)	3067	100	<50
使用火箭	猎鹰9号Block5型	联盟号2.1b	猎鹰9号Block5型
发射价格 (万美元)	6375	8000	3692
单次数量 (颗)	9-10	34	60
发射成本			
单颗卫星发射价 (万美元)	680	235.29	61.53
平均发射成本 (万美元/kg)	0.79	1.6	0.24

图表：全球卫星所有者/运营商分布（截至2022年）





3

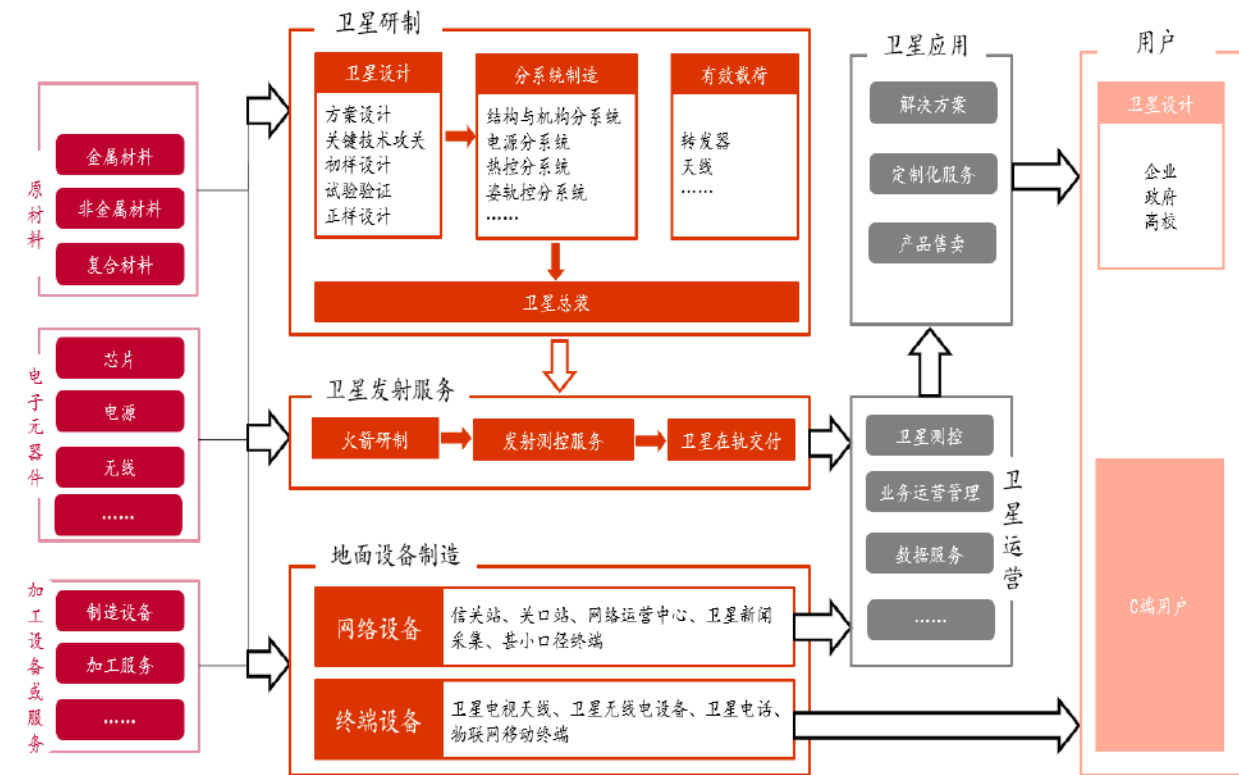
卫星互联网产业结构分析

领先一步

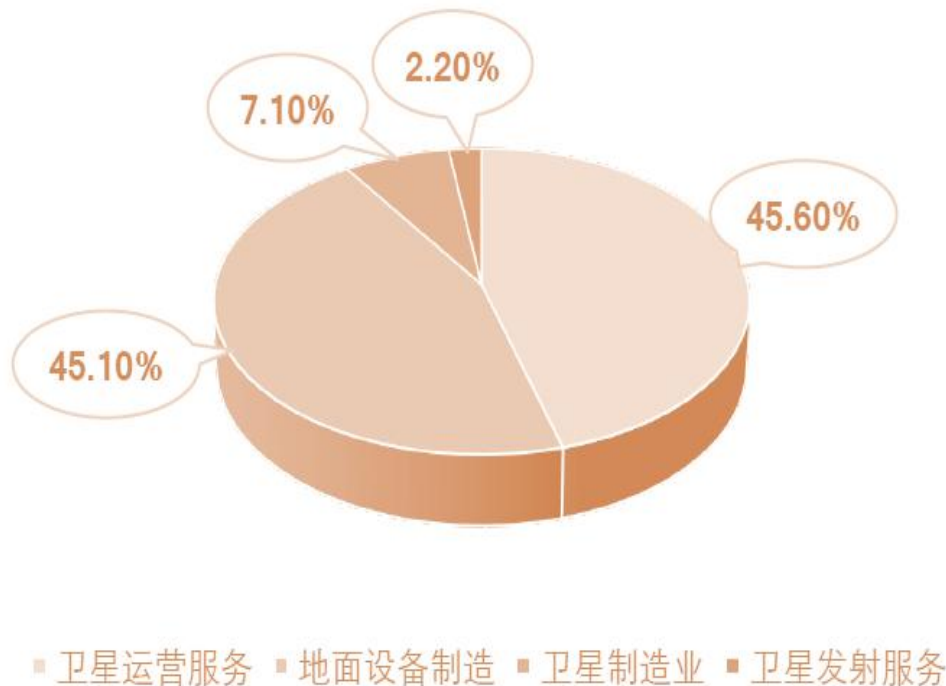
卫星互联网产业链结构

- 卫星互联网产业链主要包括：空间段建设与运营、地面段建设与运营和终端市场，具体包括卫星/火箭零部件和元器件制造、卫星/火箭研制、卫星发射服务、地面网络设备制造、卫星运营、终端设备制造、应用与服务。
- 成熟的星座中卫星运营和地面设备制造业是卫星产业的主要组成部分，而全球低轨卫星处于组网阶段，产业链价值将集中在卫星制造与卫星发射，以及地面终端制造领域。

图表：低轨通信卫星产业链



图表：2019年全球卫星产业细分结构



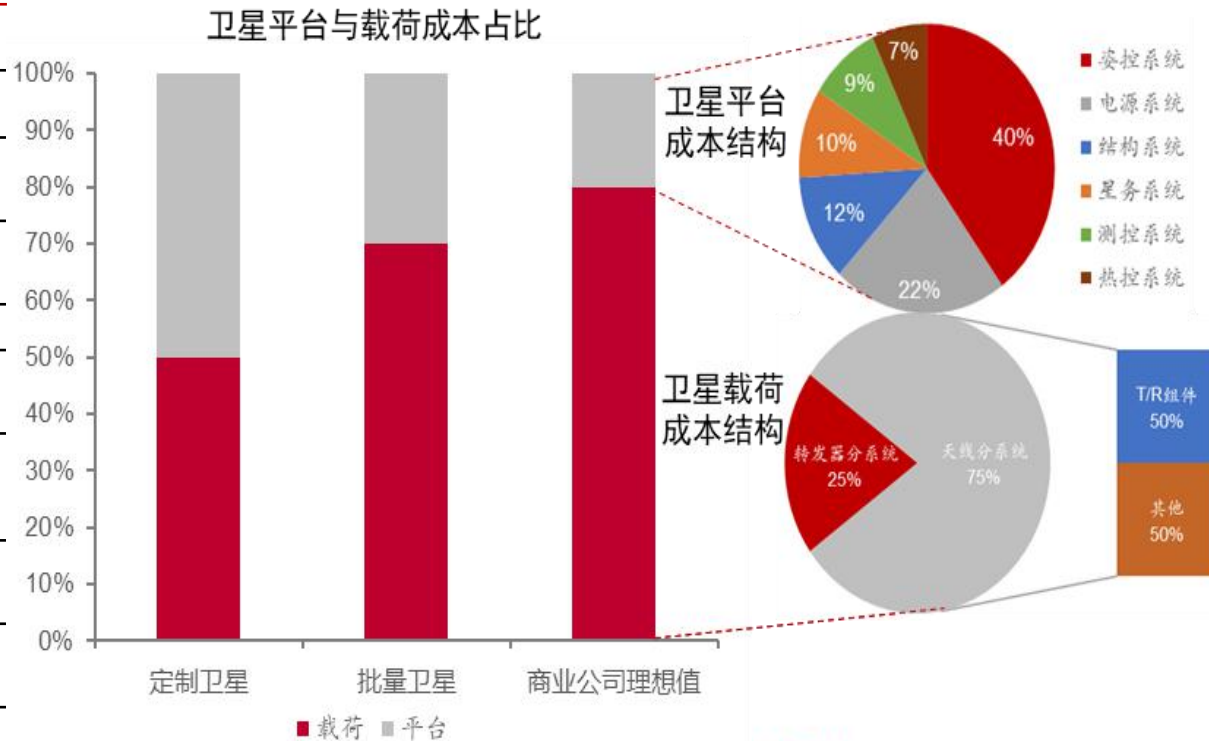
卫星产业链价值量拆解

- **通信卫星主要由卫星平台和卫星载荷组成。**通信卫星平台包括遥感测控系统、供电系统、结构系统、推动系统、数据管理系统、热控系统、姿轨控制系统。通信卫星载荷包括天线系统和转发器系统。
- **卫星各部分价值占比分析：**随着卫星通信技术的迭代升级，整体载荷在卫星中的价值量占比有望逐步提升。据艾瑞咨询，一般情况下定制卫星平台和载荷成本占比约为1:1，批量卫星中平台成本占比下降到接近30%。卫星平台结构成本中，姿控系统占比最大为40%，其次为电源系统占比为22%。卫星载荷中，相控阵天线是低轨通信卫星的核心部分，T/R组件占载荷成本比重约50%，占卫星制造成本比重约20%。

图表：通信卫星组成结构

卫星平台	遥感测控系统	遥测/遥控天线、测控接收机、测控发射机、遥测/遥控单元、功率放大器
	供电系统	电源：太阳能电池、化学燃料电池、核电源；电源控制器；电源转换器；电缆
	结构系统	主平台结构：承力桶、承构架桶；次级结构：仪器设备支撑连接结构、电缆管路支撑连接结构；特殊功能结构：防热结构、密封舱体
	推动系统	化学推进系统：电弧推进、电阻推进、磁等离子体推进、脉冲等离子推进、离子电推、霍尔电推
	数据管理系统	数字处理单元、固态存储单元
	热控系统	主动热控：电加热器、制冷器；被动热控：热控涂层、热管、隔热材料、导热填料、相变材料
	姿轨控制系统	敏感器：红外地平仪、磁强计、星敏感器、陀螺仪、角加速度计、频射敏感器；控制器：SoC芯片、SIP模块微系统；执行部件：偏置动量轮、磁力矩器和推力器等
卫星载荷	天线系统	多波束天线：多波束反射面天线、多波束透镜天线、多波束相控阵天线；波束形成网络；处理器(DSP/FPGA)
	转发器系统	分路器、低噪声放大器、微波接收机、功率放大器、输入/输出多工器、星上处理器
	其他组件	金属原材料、非金属原材料、电子元器件

图表：通信卫星核心系统价值拆解

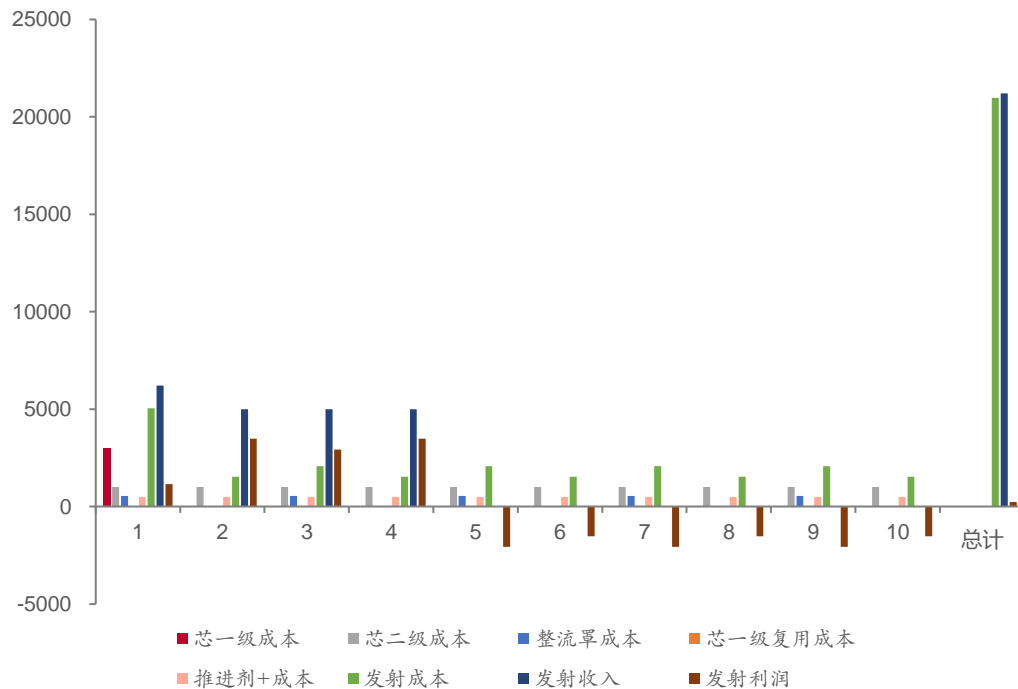


- **Space X主导全球卫星发射市场。**我国火箭发射成本相较美国有较大差距，降本路径主要受限于低成本推进剂、回收复用和“一箭多星”等技术难点。根据BryceTech数据，23H1，SpaceX共实施43次发射，占全球发射总数的近50%，从发射质量看，上半年发射447.2吨载荷，第二名为中国航天科技集团，发射47吨载荷。马斯克曾在10月初表示SpaceX计划今年将1600吨有效载荷送入预定轨道，占全球的80%，而目前SpaceX占全球发射总量177发的44%，意味着其以更少发射量实现更多运力。
- **我国与SpaceX火箭发射成本比较：**SpaceX成本曲线一直往下降，单星发射成本约为50万美元，国内的火箭发射6-10万/KG，大概是国外的2-3倍。

图表：Space X火箭发射成本全球最低

火箭	国别	首飞	单发费用/ 万美元	单发费用/ 亿人民币	每公斤成本/ 万美元	每公斤成本/ 万人民币	LEO运力/ kg
猎鹰9重型	美国	2018	9500	6.08	0.15	1.02	63333
猎鹰9号	美国	2010	6500	4.2	0.26	1.77	25000
质子	俄罗斯	1965	6500	4.2	0.28	1.9	23000
安加拉	俄罗斯	2014	11600	7.4	0.45	3.06	25778
长征3B	中国	1997	7400	4.7	0.62	4.22	11935
长征4B	中国	1999	3100	2	0.76	5.17	4079
长征七号	中国	2016	10700	6.8	0.79	5.37	13544
长征五号	中国	2016	18200	11.6	0.79	5.37	23038
LVM3	印度	2017	6300	4.03	0.8	5.44	7875
AtlasV	美国	2002	18900	12.1	0.81	5.51	23333
PSLV	印度	1994	3200	2	0.85	5.78	3765
长征2D	中国	1992	3100	2	0.91	6.19	3407
长征六号	中国	2015	2000	1.3	1	6.8	2000
GSLV	印度	2001	4900	3.1	1	6.8	4900
Ariane5G	欧洲	1997	26300	16.8	1.02	6.94	25784
H-II	日本	1994	12300	7.9	1.05	7.14	11714
快舟一号	中国	2013	300	0.19	1.06	7.21	283
长征十一号	中国	2015	500	0.32	1.06	7.21	472
Delta IV Heavy	美国	2004	26100	16.7	1.16	7.89	22500
猎鹰1号	美国	2008	800	0.51	1.26	8.57	635
Antares	美国	2013	9200	5.9	1.36	9.25	6765
谷神星一号	中国	2020	550	0.35	1.56	10.61	350
联盟v2	俄罗斯	19	8000	5.1	1.6	10.88	4850
双曲线1号	中国	2019	500	0.32	1.73	11.76	289
Vega	欧洲	2012	3900	2.5	2	13.6	1950
电子号	美国	2018	500	0.32	2.31	15.71	216
Epsilon	日本	2013	4100	2.6	3.45	23.46	1188

图表：猎鹰9号10次重复使用发射成本（万美元）



主要低轨星座上下游合作模式

- **SpaceX覆盖卫星产业链较深较全：**星链的卫星研制、生产、发射、网络运营目前都由SpaceX公司独自承担。且SpaceX亦加大上游产业链垂直整合，并与下游领域如大型企业Azure、T-mobile等公司积极合作。
- **“协同作战模式”亦较为普遍：**Oneweb即是从卫星制造、火箭发射到网络渠道分销者有战略合作伙伴支持。未来，Oneweb持续加强产业链协同，在卫星制造、发射以及地面站和终端开发等领域与头部公司加大合作。当前，产业链上下游合作模式呈现多样性，给与我国相关参考性。

图表：Starlink合作相关方

合作公司	合作公司主营业务	合作方式	合作内容
Swarm	在近地轨道上建立由纳米卫星组成的物联网（IoT）网络，提供全球任何地方的移动宽带数据	全资收购	加强合并后公司提供创新卫星服务的能力，服务于公众利益，建立起物联网网络系统
Azure	为开发者提供一个平台，帮助开发可运行在云服务器、数据中心、Web和PC上的应用程序使云计算的开发者使用微软全球数据中心的储存、计算能力和网络基础服务	项目合作	微软将使用SpaceX大量低轨道卫星，以及多在更高轨道绕地球飞行的传统卫星，帮助连接和部署新的（云计算）服务，以此提供基于卫星的云服务
T-mobile	在西欧和美国运营GSM网络，并通过金融手段参与东欧和东南亚的网络运营	项目合作	通过SpaceX的第二代星链（Starlink）为T-Mobile用户提供额外的连接能力。补充地面基站的覆盖盲区，同时通过与其他国家通讯商的互惠服务，让全球用户实现星链互联
LeoLabs	主要进行太空航天器检测、避障和变轨的技术研究，致力于打造清洁的太空环境	项目合作	LeoLabs将在Space X的Starlink卫星初始部署和轨道运行期间对其进行跟踪。实现新卫星的批量发射在短期内使地面获得有关位置和轨道的信息

图表：Oneweb合作公司概况

	合作公司	合作领域
1	空中客车	卫星制造
2	阿里安、维珍银河	卫星发射
3	卫讯	地面信关站建设
4	高通	终端设计开发
5	休斯	终端设计开发及产品分销
6	洛克威尔柯林斯	航空终端
7	汉尼维尔	航空终端
8	可口可乐	市场分销
9	巴帝集团	印度市场分销及服务
10	墨西哥通信	墨西哥市场分销及服务
11	软银集团	日本市场分销及服务
12	国际通信卫星公司	共享用户及服务

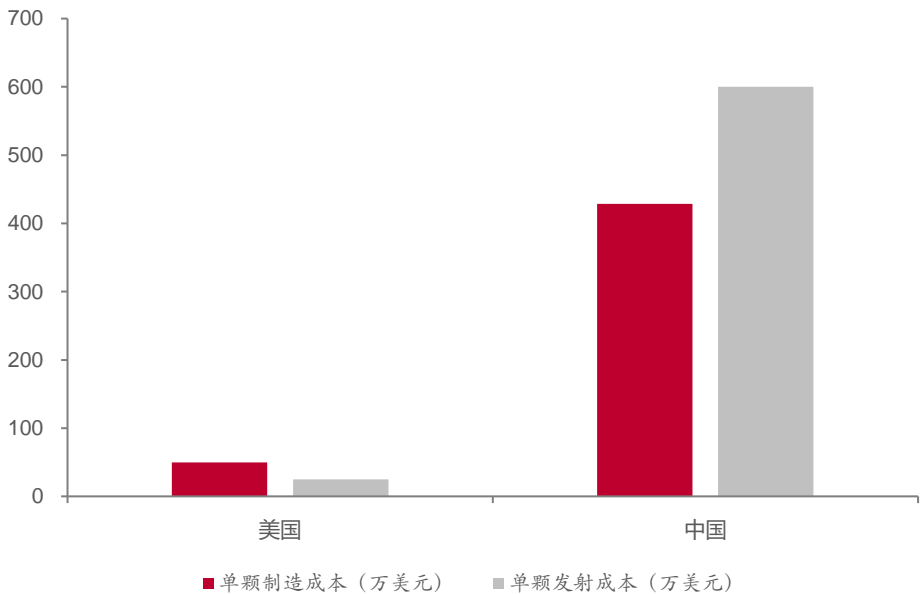
全球部分卫星制造成本比较

- **星链全球造星成本最低优势：**此前马斯克曾透露，星链卫星制造成本约50万美元/颗，预计国内低轨通信卫星目前的平均造价约在3000万。即使与同时代的其他海外低轨星座计划比，Starlink计划的卫星性价也处于领先地位。
- **我国卫星制造发射成本仍有待下降，民营企业参与将有助于降低成本：**我国最具商业优势之一的快舟一号甲火箭卫星发射成本1万美元/公斤，运载能力等同于1颗Starlink卫星/次，对比猎鹰9卫星发射成本0.22万美元/公斤，25万美元/颗，单颗发射成本仅为我国的1/24。目前卫星产业以体制内公司为主，同时民营航天和造星产业链也迎来了快速发展，预计未来将有更多军民融合企业参与，更好的降低产业链综合成本。

图表：Iridium Next、One Web、Starlink卫星参数对比

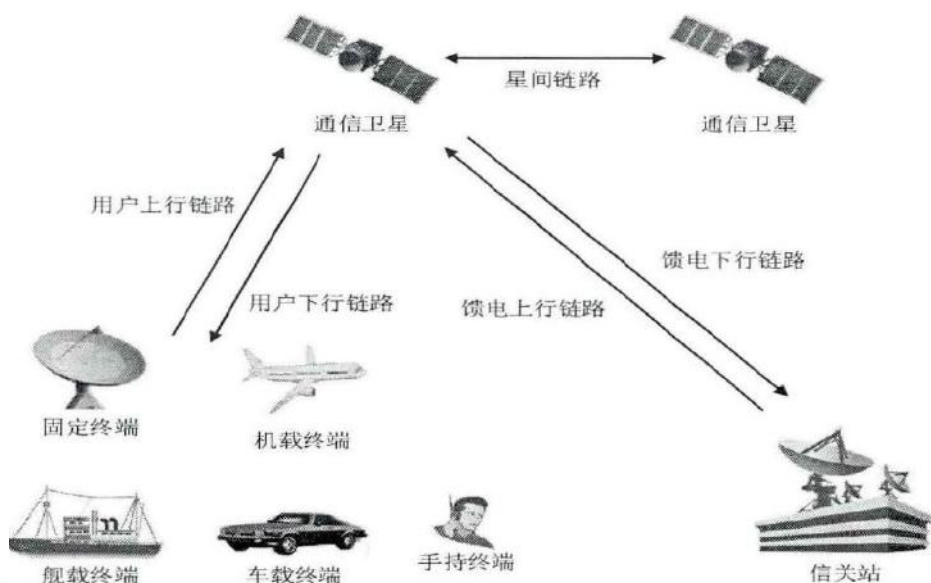
	Iridium Next	One Web	Starlink
重量	860千克	147千克	260千克
使用天线	相控阵天线	缝隙阵天线	相控阵天线
单星容量	—	7.5Gbps	17.5Gbps
寿命	设计10年，计划15年	7年	5-7年
造价	3067万美元	100万美元	低于50万美元

图表：中美低轨卫星制造及发射成本对比

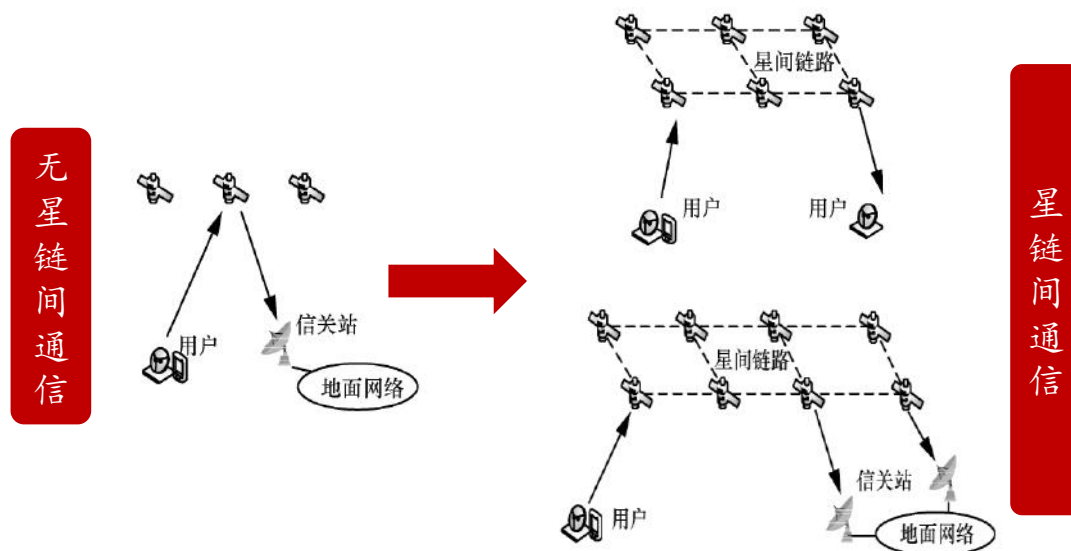


- 卫星互联网链路结构可以分为：用户链路、馈电链路和星间链路，其中前两者必备，星间链路是未来发展方向。当前大部分卫星系统主要依靠地面通信站来进行信息中继服务，如果地面站发生故障或被摧毁，卫星系统将整体陷入瘫痪状态。
- 星间链路的建设可降低地面段的复杂度和投资成本。在网状组网方式架构下，卫星间架设星间链路，用户无需经过地面网络系统，可直接接入卫星互联网络，从而降低对地面网络的依赖，实现空中网络节点的连接和组网，将多颗卫星有机地组合为一个整体，形成星座系统，达到网络优化管理以及连续性服务的目标。
- 第一阶段：无星链间通信。本质上是“天星+地网”模式，卫星星座是一个有卫星全球覆盖能力的局部通信系统，卫星业务能否全球开展取决于能否在全球范围内部署信关站。
- 第二阶段：有星链间通信。本质上是“天网+地网”模式，是一个有全球覆盖能力的卫星通信系统，卫星业务的全球开展从技术上看不依赖于全球布站，仅需部署少量信关站即可开展业务。

图表：卫星链路结构



图表：星座组网方式向星链间通信升级



增加星间链路：激光通信是未来趋势

- 星间链路包括激光通信和微波通信两种方式，微波通信技术成熟，激光通信效果更佳。
- 激光通信：通过星间激光通信技术构建星间通信骨干网，卫星激光通信系统为光机电系统，包括光学、跟瞄、通信三个基本分系统和热控、配电等配套系统。它以激光为信息载体，首先完成两个卫星之间高精度建链，建链成功后再进行高速数据通信。将有望变革未来空间通信技术，为未来高速、高通量天地一体化通信网络的建设奠定基础。
- 微波通信：星间微波链路具有成本低廉、测距方式灵活、组网灵活方便、跟瞄捕获容易、技术比较成熟、系统可靠性较高等优点，但由于微波通信频段的容量有限，难以满足信息技术高速增加的空间卫星通信需求。同时，微波通信系统之间的干扰问题随轨道内的卫星数量的增加不断突显。目前微波通信主要用于用户链路和馈电链路。

图表：星间链路方式优劣势比较

	频率	频率许可	传输速率	带宽容量	抗干扰	加密型	设备体积	功耗	成本
微波通信	300MHz-300GHz	需要	慢	小	弱	弱	大	高	便宜
激光通信	190THz~560THz	不需要	快	大	强	强	小	低	高昂

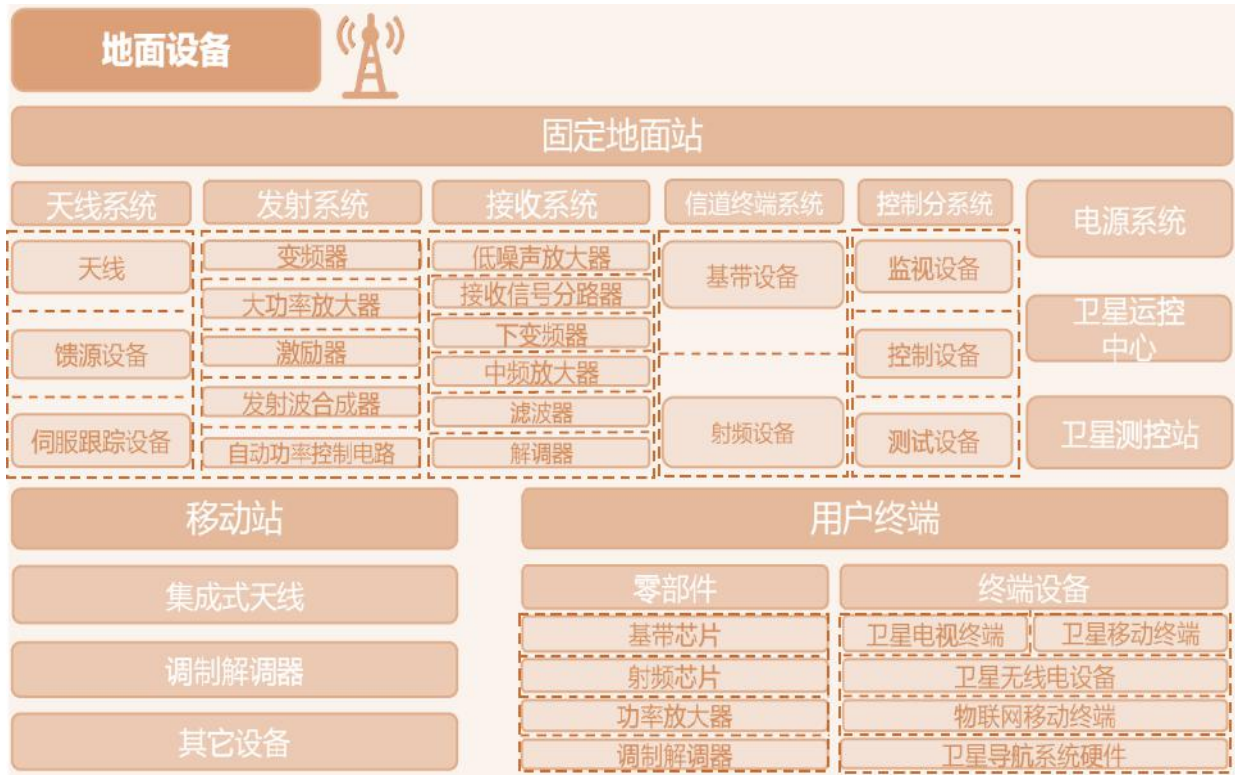
注：上述指标系两种模式比较

图表：多个低轨星座计划采用星间链路技术

项目名称	频段申请	是否使用星间链路技术
Starlink	ku, ka, V, E	是（激光）
OneWeb	ku, ka	否
O3b	ka, V	否
Iridium	ka, V	是（微波）
鸿雁星座	L/ka	是
虹云工程	ka	是（激光）
Telesat	V	是（激光）
Kepler	ka	是（激光）
Leosat	ka	是（激光）

- 地面设备主要包括固定地面站、移动式地面站（静中通、动中通等）以及用户终端。固定地面站包括天线系统、发射系统、接收系统、信道终端系统、控制分系统、电源系统以及卫星测控站和卫星运控中心等；移动站主要由集成式天线、调制解调器和其它设备构成；用户终端包含设备上游关键零部件及下游终端设备。
- 在卫星互联网投入运营后，接收终端与卫星运营将迎来更大的市场机会。预计卫星互联网应用前期仍以专用卫星移动接收终端为主（用户、车载、船载、机载等多种类型），随着手机直连卫星技术迭代，手机也将成为C端主要的卫星终端之一。终端产业链包括：基带芯片、射频芯片、功率放大器、调制解调器、卫星天线等。Starlink用户套件包括户外相控阵天线、三脚架、电源和Wi-Fi路由器。

图表：卫星地面设备产业链



图表：Starlink专用接收终端





4

国内低轨星座与产业链梳理

领先一步

■ 我国多个低轨卫星星座计划相继启动。近年来，中国低轨通信卫星发展布局呈现快速发展态势。“十三五”期间，以航天科技、航天科工为首的央企卫星集团分别提出了自己的卫星互联网计划，并发射了试验星。当前，中国商业航天已经起步，多家卫星制造企业纷纷推出了商业卫星星座计划，部分公司已发射了数颗卫星。我国前期类似Starlink、OneWeb等计划的项目是由我国中国航天科技和航天科工两大集团组建的低轨通信星座“鸿雁星座”和“虹云工程”。此外，还有“行云工程”、“银河5G”、“天象星座”等卫星星座计划正在建设中。

图表：国内主要低轨互联网星座计划

单位	卫星星座	卫星规划数量	计划及当前进度
中国航天科技集团公司	鸿雁星座	300	2018年底发射首发星；一期60颗，二期300颗卫星运营组网
中国航天科工集团有限公司	虹云工程	156	2018年底发射1颗技术验证星，预计“十四五”末，实现156颗卫星和组网运行
中国航天科工集团有限公司	行云工程	80	2017年初发射1颗技术验证星，目前在轨2颗卫星
中国电子科技集团有限公司	天象星座	120	/
银河航天	银河5G	650	/
北京未来导航	微厘空间	120	/

- **中国卫星网络集团有限公司的成立整体统筹GW星座建设。**2021年4月26日，中国卫星网络集团有限公司以新央企的身份在京召开成立大会，4月28日在雄安正式揭牌。中国星网是由中国电子信息产业集团、中国航天科工集团等国资牵头，划归国务院国资委管理。中国星网负责统筹规划我国卫星互联网领域发展，其成立是中国卫星通信、卫星应用产业的一个里程碑。
- **“GW”巨型星座计划已完成01/02卫星招标。**2022年2月，星网集团的“星网工程”（GW）正式批复立项。同年10月，星网集团通信卫星01/02已经完成招标，中标人包括中国空间技术研究院（航天五院）、上海微小卫星工程中心/中电科五十四所及银河航天。

图表：星网集团股权架构（认缴出资日期2022-12-31）



图表：中国星网通信卫星01/02招标结果

项目名称	中标单位
通信卫星01	中国空间技术研究院
通信卫星02	中国空间技术研究院 上海微小卫星工程中心 银河航天科技有限公司

- “GW”星座计划部署1.3万颗卫星。2020年9月，我国正式向国际电信联盟ITU提交了低轨互联网星座的轨道和频率申请资料，档案中包含GW-A59和GW-2的两个宽带星座计划，计划发射卫星总数达12992颗。其中，GW-A59子星座的卫星分布在500km以下的极低轨道，共6080颗卫星，GW-2子星座的卫星分布在1145km的近地轨道，共6912颗卫星。从中国星网向国际电信联盟提交档案的时间来看，预计会在2027年11月前完成部分卫星发射并验证通信。
- “GW”星座可以提供覆盖全球的高速网络通信，在航海、航空，以及信息安全、金融安全、军事安全、导航定位、气象研究、灾害预警等诸多领域都会给我国带来全方位的升级，同时可以开拓全球卫星互联网接入市场。

图表：国际电信联盟（ITU）关于GW-A59的档案

ITU e-Submission of Satellite Network Filings		
Home	As-Received	Help
Published	Comments	
CHN2020-33663		
Details Frequencies		
Notice ID	Administration / Network Org.	Satellite Name
120545227	CHN	GW-A59
Submission Reference Number	Act. Code	Type of Submission
CHN2020-33663	A	Advance publication information
Provision	Orbital Position	Reference Body
9.1/A	NGSO	T
Number of Planes	BR registry date	Date of Receipt
116	11.09.2020	11.09.2020

图表：星网“GW”星座构型分布

星座计划	星座子计划	轨道高度	轨道倾角	轨道面数	卫星个数/轨道面	卫星总数
GW-A59星座	GW-A59/1	590km	85°	16	30	6080
	GW-A59/2	600km	50°	40	50	
	GW-A59/3	508km	55°	60	60	
GW-2星座	GW-2/1	1145km	30°	48	36	6912
	GW-2/2	1145km	40°	48	36	
	GW-2/3	1145km	50°	48	36	
	GW-2/4	1145km	60°	48	36	
GW						12992

G60星链开拓商业化运营新市场

- **G60星链由上海市牵头，开启低轨星座“双子星”战略。**“G60星链”主要为打造低轨宽频多媒体卫星，当前实验卫星已完成发射并成功组网。未来规划一期实施1296颗，远期计划完成一万两千多颗卫星组网。“G60星链”的落地意味着国内卫星互联网产业链的进一步扩容以及在制造端和应用端的更进一步。
- **上海垣信是G60星链的主要参与方。**上海垣信卫星科技有限公司由上海联和投资有限公司和上海市信息投资股份有限公司于2018年3月发起设立，系上海市国资委下属控股企业，致力于成为全球领先的卫星产业集团及卫星通信服务商。公司首批两颗试验卫星已于2019年11月顺利发射并成功进入预定轨道运转。根据垣信公司发射规划，每次发射任务将以1箭18星方式进行，在2025年底前完成648颗GEN1卫星发射任务，在2026~2027年完成后续648颗GEN2卫星发射任务。

图表：“G60”产业基地启航仪式



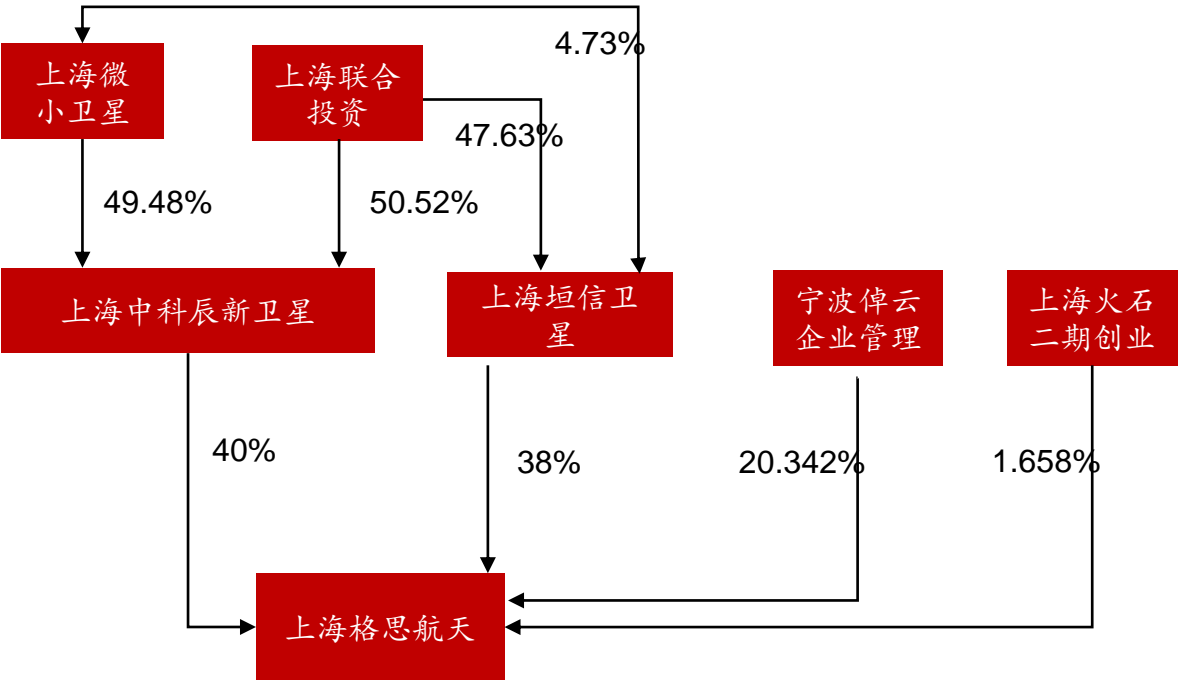
图表：上海垣信股权出资比例（认缴出资日期2023-10-12前）

序号	股东名称	出资比例 (%)
1	上海联和投资有限公司	47.63
2	上海市信息投资股份有限公司	28
3	北京大华宏泰投资有限公司	8
4	上海垣天咨询管理合伙企业（有限合伙）	6
5	上海垣网咨询管理合伙企业（有限合伙）	6
6	上海微小卫星工程中心	4.37

格思航天：垣信与小卫星所合资公司

- 上海联合通过中科辰星及上海垣信共计占比格思航天股权比为**38.31%**，是上海格斯航天的第一大股东。格思航天主要聚焦民商卫星研发设计与智能制造整体解决方案，作为卫星ODM厂商承接量产卫星设计制造，卫星核心组部件研发设计业务。
- 格思航天深耕卫星装备产业链，业务从目前处于产业链条中段的整星研发制造，向上开展关键单机和零部件的自研及核心技术攻关。此外，公司还拥有完善的卫星设计与制造方面的技术资源，具备整星、分系统及单机的设计、卫星装配、卫星集成、卫星测试与试验等各项专业技术能力。

图表：上海格思航天股权投资穿透图（截止2023-08-04）



图表：上海格思航天关于卫星相关专利列示

序号	专利名称	公布/公告号	专利类型	公布/公告日期
1	一种面向堆叠发射卫星的分离前自主上电系统及其控制方法	CN116834981A	发明专利	2023-10-03
2	一种自动精测系统与数字化生产管理系统信息交互方法	CN116757434A	发明专利	2023-09-15
3	一种商用批产卫星单机智能化测试方法	CN116599572A	发明专利	2023-08-15
4	面向低轨卫星星座的高精度时间稳定和保持系统及方法	CN116540267A	发明专利	2023-08-04
5	一种卫星智能化故障系统诊断评估的方法	CN116451016A	发明专利	2023-07-18

■ 国内体制内相关单位及民营企业积极参与各有偏重：卫星制造发射服务环节主要由体制内单位主导，如航天科技、航天科工、中国电科、航天五院、中科院微小卫星所等国有企业在卫星/火箭等环节技术积累深厚。随着大规模低轨卫星产业发展，将有越来越多混合所有制和民营企业在卫星制造和下游终端设备产业链环节起到重要作用，考虑到我国有大量成熟的通信、电子制造产业，民营企业的积极参与将有利于技术创新和降低产业链成本。

图表：国内主要卫星建造基地

国内卫星基地	产线情况	产线产能
航天五院卫星柔性智造中心	已经通过验证星对卫星生产流程进行验证，预计可实现每周出厂4~5颗小卫星。	200颗以上/年
中国航天科工空间工程总体部国内首条小卫星智能生产线	相对传统小卫星制造，该生产线已将部总装自动化率提升至超六成，单星生产成本降低50%至60%。	240颗/年
中国科学院微小卫星创新研究	临港园区能够同时承担30到50颗吨级卫星的研制，张江园区能够同时承担10颗吨级卫星的研制，松江工厂园区可承担500千克以下卫星星座的批产任务。	600颗/年
格思航天卫星数字工厂	项目是国家卫星组网系统工程中重要生产制造环节，计划在2023年底投产。	500颗/年
银河航天卫星智能超级工厂	具备卫星总装集成、环境试验综合测试等功能以及太阳翼、电缆等单机组件研制配套能力，可实现多种类型卫星的高效批产。	300-500颗/年

图表：低轨通信卫星产业链相关主要单位和企业

产业链环节	释义	优势参与者
原材料	运作火箭和卫星结构件生产所需的金属、非金属和复合材料及其他材料。	航天科技、中铝集团、有研院等
电子元器件	组成分系统、有效载荷的宇航级电子元器件产品。	航天科技、航天科工、中国电科、中国电子、中国科学院
加工设备及服务	特种加工设备，零部件加工或代加工。	航天科技、航天科工、有研集团和部分民营企业
卫星研制	卫星总体设计、总装、测试	航天科技、航天科工、中国科学院和部分高校
运载火箭研制	运载火箭等运载工具总体设计、总装、测试	航天科技、航天科工
卫星发射服务	航天器贮存、检测、发射及测控	军方、中国科学院
地面设备	地面站、网络设备、终端设备等地面设备生产。	航天科技、航天科工、中国电科、中国电子
卫星运营	提供航天器运营和管理服务。	军方、航天科技
卫星应用	包括通信、导航、遥感等卫星的应用。	航天科技、民营企业

- 中国星网和星链计划有着较为相似的轨道规划，目前差距主要有造星、发射成本等。“GW”星座申请提交的轨道卫星计划对比星链计划第一期（星链1.2万颗卫星计划）网络资料申报情况情况，两者卫星数目近似，轨道组成也有些相似。目前国内火箭发射成本总体仍不及星链。
- GW星座空间段市场规模预测：按照单颗卫星均价3000万元，部署12992颗，卫星制造市场空间约为3900亿元，如若按照“G60”发星数量等同GW，则国内双星座卫星制造空间约为7800亿元。

图表：国内火箭发射与星链成本对比

	国内	星链
发射技术	长征-3乙	猎鹰9号
发射成本	7000万美元	6700万美元
平均发射成本	14000美元/公斤	3000美元/公斤

图表：GW星座卫星制造成本测算

子星座	轨道高度	单轨星数	卫星数量	单价	卫星制造市场空间（千万）
GW-A59	1	590km	30	3kw	1440
	2	600km	50		6000
	3	508km	60		10800
	小计		6,080		18240
GW-2	1	1145km	36	3kw	5184
	2	1145km	36		5184
	3	1145km	36		5184
	4	1145km	36		5184
小计			6,912		20736
总计			12,992		38976

- 按终端应用，低轨卫星运营业务可分为：卫星移动通信业务、卫星固定通信业务和卫星中继业务。
- 卫星移动通信业务：舰船、飞机、车辆等移动载体利用卫星进行的无线电通信业务。
- 卫星固定通信业务：利用卫星，给处于固定位置的地球站之间提供的无线电通信业务。
- 卫星中继业务：利用卫星在地球站和用户航天器之间，或是多个用户航天器之间的通信业务。
- 牌照是国内开展相关卫星互联网运营服务的前提。卫星通信属于资金、技术密集型产业，在国内也属于高度管制的行业，需要获得工信部牌照才可以展开商业经营活动。牌照主要包括了电信业务资质和无线电频率使用许可，随着国内卫星互联网发展，相关运营方有望逐渐清晰。

图表：卫星互联网运营业务分类

业务	概念	案例
卫星移动业务	舰船、飞机、车辆等移动载体利用卫星进行的无线电通信业务	天通卫星
卫星固定业务	利用卫星，给处于固定位置的地球站之间提供的无线电通信业务	Starlink
卫星中继业务	利用卫星在地球站和用户航天器之间，或是多个用户航天器之间的通信业务。	-

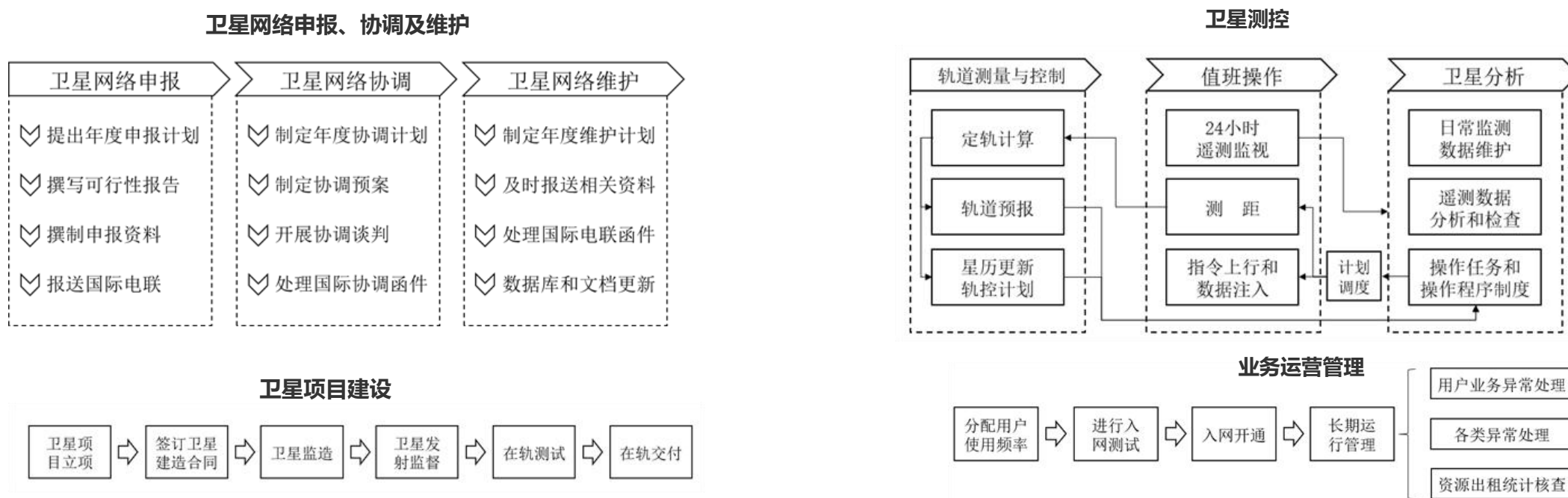
图表：国内通信业务相关牌照

卫星通信业务	介绍	分类	企业
	卫星移动通信业务		中国卫通、中国电信、中国移动、中国联通、中信卫星
卫星通信业务 A-13	卫星固定通信业务	基础电信业务	中交通信
	卫星转发器出租、出售业务		中国卫通、中国电信和中信卫星
卫星通信业务 A-23	国内甚小口径终端地球站通信业务	基础电信业务，参照增值典型业务管理	企业数量较多

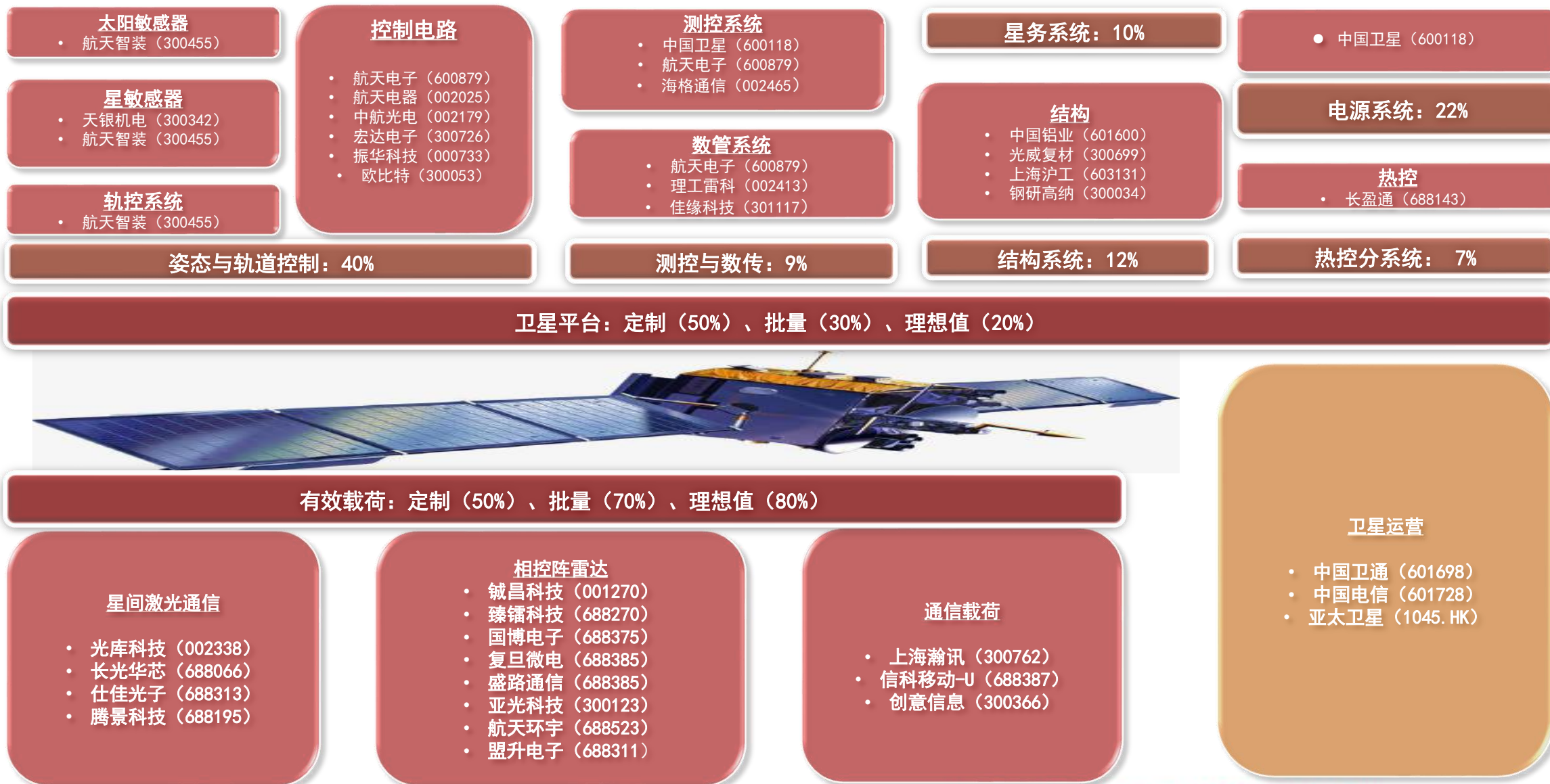
卫星通信运营模式：自建与租用

- 从运营商角度，卫星运营企业模式可分为：自建星座和租用星座。
- 自建星座：运营商通过运营低轨卫星容量、管理和运营地面网络/网关基础设施，直接面向终端用户提供卫星服务并收取相关费用。
- 租用星座：运营商租赁卫星宽带，卫星运营商减少了卫星运营业务量，并按照自身的业务需求、客户类型、Hub 技术对服务进行包装，同时可以自定义服务级别，自主选择网络设备。
- 国内牌照稀缺，应用落地需要对应牌照许可。未来，运营端可能仍由头部运营商掌握，卫星发射运营维护则由星座方负责。

图表：卫星空间段运营服务业务流程



卫星制造与运营产业链各环节梳理





5

投资建议

领先一步

- 全球低轨卫星处于组网阶段，产业链价值将集中在卫星制造与卫星发射，以及地面终端制造领域。建议重点关注：
- 通信载荷：上海瀚讯、创意信息、信科移动等
 - 相控阵雷达相关：铖昌科技、航天环宇、盛路通信、盟升电子等
 - 星间激光器件：光库科技、长光华芯、仕佳光子、腾景科技等
 - 火箭发射相关：航天晨光、航天动力、航天电子、思锐新材等
 - 地面段：信关站/核心网：震有科技、信科移动等；基带处理相关：复旦微电等
 - 移动终端：信维通信、华力创通、海格通信等
 - 卫星运营商：中国卫通、中国电信等

产业链	细分环节	标的	代码	市值（百万）	2023E营收（百万）	2023E净利润（百万）
卫星制造	测控与数传 热控	佳缘科技	301117.SZ	6,476.88	434.50	122.67
		长盈通	688143.SH	4,561.97	370.52	108.96
通信载荷	相控阵	铖昌科技	001270.SZ	13,740.92	409.68	188.82
		盛路通信	002446.SZ	9,202.13	1,761.89	335.67
	协议标准	信科移动	688387.SH	25,914.13	8,936.36	-312.00
		上海瀚讯	300762.SZ	11,397.58	732.67	187.52
	星间激光器件	仕佳光子	688313.SH	6,726.04	913.91	61.01
		腾景科技	688195.SH	4,588.04	415.60	70.50
卫星运营	运营商	中国卫通	601698.SH	83,811.81	/	/
		中国电信	601728.SH	451,556.67	521,659.63	39,939.05
地面段	信关站	震有科技	688418.SH	4,758.93	834.01	35.26
	基带处理	复旦微电	688385.SH	31,368.95	3,866.00	1,037.72
手机终端	终端	华力创通	300045.SZ	18,607.92	558.00	26.60
		海格通信	002465.SZ	31,040.92	6,319.88	828.75



6

风险提示

6.1 风险提示

- **国内卫星互联网政策推进不及预期。**如若国际国内环境发生变化，卫星互联网相关产业政策或产生变更，将影响卫星部署与发射节奏。
- **国内低轨卫星制造成本过高风险。**如若卫星成本不能有效降低，将会影响整体卫星发射数量以及国内卫星互联网商业模式有效变现风险，
- **国内运载火箭运力不足风险。**如若国内火箭发射成本过高，将会影响整体卫星升空部署以及国内卫星互联网商业模式有效变现风险。
- **研发不及预期风险。**如若低轨卫星制造、星载相控阵等研发不及预期，将会影响卫星整体发射节奏。
- **市场、运营不及预期风险。**如若不能在国内找到有效的商业模式并变现，将会出现组网成本、运营成本过高等风险。
- **国际竞争加剧等风险。**如若星链等国外具备领先效应星座以规模效应进行商业竞争和打压，有望产生国际业务竞争加剧等风险。
- **行业及公司数据更新不及时的风险**

重要声明

- 中泰证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证券监督管理委员会许可的证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。
- 本报告基于本公司及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响。本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，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，可能会随时调整。本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。本报告所载的资料、工具、意见、信息及推测只提供给客户作参考之用，不构成任何投资、法律、会计或税务的最终操作建议，本公司不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。
- 市场有风险，投资需谨慎。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。
- 投资者应注意，在法律允许的情况下，本公司及其本公司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投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。本公司及其本公司的关联机构或个人可能在本报告公开发布之前已经使用或了解其中的信息。
- 本报告版权归“中泰证券股份有限公司”所有。事先未经本公司书面授权，任何机构和个人，不得对本报告进行任何形式的翻版、发布、复制、转载、刊登、篡改，且不得对本报告进行有悖原意的删节或修改。