

计算机行业深度报告

卫星互联网：6G 时代空天地一体化的关键

方正证券研究所证券研究报告

分析师

张初晨

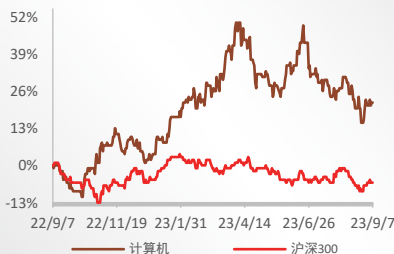
登记编号：S1220523070001

行业评级：推荐

公司信息

上市公司总家数	382
总股本(亿股)	3,445.02
销售收入(亿元)	10,457.87
利润总额(亿元)	-110.15
行业平均 PE	148.63
平均股价(元)	26.22

行业相对指数表现



数据来源：wind 方正证券研究所

相关研究

《算力服务：从“东数西算”到“东推西训”》2023.08.28

《具身智能浪潮将至，重视国内产业链机遇》2023.08.24

《数据库：行业景气百舸争流千帆竞，细分赛道长坡厚雪奋者先》2023.08.03

《AI 赋能之下，电力 IT 投资机会在何处？》2023.07.24

卫星互联网具有广覆盖、低时延、高网速、低成本的特点，是实现 6G 天地融合、万物互联的关键。卫星互联网是以大规模组网形式运行的低轨道卫星（LEO）星座，向地面和空中终端提供宽带互联网接入等通信服务的新型网络。6G 的关键特征之一即实现空天地一体融合。6G 的空天地一体网络架构将以地面蜂窝移动网络为基础，结合低轨道通信卫星的特点，通过多种异构网络的深度融合来实现海陆空全覆盖，为市场带来新的机遇。

欧美抢先布局规划，卫星互联网商业模式已得到初步验证。低轨卫星通信网络等领域是大国太空和军事战略博弈的必争之地。高科技企业纷纷通过 LEO 高通量卫星进入市场，仅在 2015 年年初 4 个月的时间内，ITU 收到的低轨互联网星座申请，已涉及卫星数量高达上万颗。OneWeb 和 Starlink 等低轨宽带星座已逐步开启商业服务。据 Starlink 官网，截至 2023 年 5 月，Starlink 用户数已达到 150 万以上，距 2021 年开启个人宽带商业服务以来实现了爆发式增长。我们认为，在卫星互联网相关商业模式已得到初步验证的情况下，具有一定的可复制性。

全球代表星座 Starlink 星链将部署超万颗的低轨卫星，资源整合、低成本、坚持技术驱动是星链保持领先优势的关键。美国 SpaceX 公司首席执行官埃隆·马斯克于 2015 年宣布 Starlink 星链项目，将向近地轨道发射星链卫星，组建一个巨型低轨道卫星星座。预计卫星发射总规模为 4.2W 颗。截止到 2023 年 7 月 30 日 Starlink 星链共有卫星 4784 颗，在轨 3885，392 颗 burned 降轨。星链在卫星设计方面采用模块化设计来提升生产效率，器件方面采用工规级器件大幅降低成本，通过低成本+高频率的发射卫星实现快速组网和技术迭代，“猎鹰 9”号运载火箭一次可发射 60 枚卫星。可回收技术降低单次火箭发射成本，多次后稳定在初次发射成本的约 1/3。通过整合资源、技术创新星链做到了商业环节的最优化，低成本火箭的研发成功促成“星链”计划的大规模建设。

我国正在加速推进卫星互联网部署，星网集团成立吹响“集结号”。2020 年 4 月，发改委明确“新基建”范围，包括以卫星互联网为代表的通信网络基础设施，作为“新基建”方向之一。“十三五”期间，以中国航天科技和中国航天科工为主的两大央企分别提出了“鸿雁星座”和“虹云工程”低轨卫星互联网计划，并发射了试验卫星。目前国内已发布的卫星星座项目计划中组网数量在 30 颗以上的低轨道卫星项目已达 10 个，项目规划总卫星发射数量超过 1 万颗，卫星发射将集中在 2022-2025 年。中国星网作为我国卫星互联网行业的“带头人”，是中央直接管理的唯一一家从事卫星互联网设计建设运营的国有骨干型企业。2020 年 9 月份，中国“国网”公司向国际电信联盟（ITU）递交了频谱分配档案，卫星数量为 12992 颗，力争实现 2024 年 6 月前首飞目标任务（即星网工程发射任务）。预计在 2029 年中国星网星座完成至少 1299 颗卫星的发射入轨；在 2032 年完成至少 6496 颗卫星的发射入轨；并在 2034 年底，中国星网星座有望建设完成并投入使用。

相关标的：信科移动，铖昌科技，华力创通，上海瀚讯，佳缘科技，航天宏图，霍莱沃，坤恒顺维，创意信息等。

风险提示：下游推广不及预期；技术迭代及创新风险；市场竞争加剧风险。

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

正文目录

1 卫星互联网概述.....	5
1.1 卫星互联网是基于卫星通信的互联网.....	5
1.2 低轨卫星是下一代空间信息基础设施发展趋势.....	7
1.3 卫星互联网优势.....	9
2 卫星互联网：6G 时代空天地一体化建设的关键.....	10
2.1 通信技术——每十年一次的巨变.....	10
2.2 卫星互联网与 5G 加速融合.....	11
2.3 发展卫星互联网，迎接 6G 时代.....	12
3 欧美具备先发优势，加速部署卫星互联.....	14
4 星链 Starlink：低轨卫星互联网领先者.....	15
4.1 卫星规划与部署情况.....	16
4.2 领先的星间链路技术.....	18
4.3 成本优势.....	19
4.3.1 制造成本的降低.....	20
4.3.2 发射成本的降低.....	21
4.4 商业模式.....	22
4.5 军事应用.....	24
4.5.1 星链在军事领域中的潜在应用.....	24
4.5.2 星链在俄乌军事冲突中的应用.....	25
4.6 资金情况.....	26
4.7 投资逻辑.....	27
5 我国加速推进卫星互联网部署.....	28
5.1 我国卫星互联网发展历程.....	28
5.2 中国航天企业快速布局.....	29
5.3 中国卫星互联网资本市场表现活跃.....	30
5.4 对标“星链”，中国星网蓄势待发.....	31
5.4.1 部署计划.....	31
5.4.2 战略地位.....	32
5.4.3 最新进展.....	33

图表目录

图表 1: 卫星不同应用类型	5
图表 2: 卫星遥感示意图	5
图表 3: 卫星导航示意图	5
图表 4: 卫星互联网解决方案	6
图表 5: 卫星系统构成	7
图表 6: 卫星轨道类型分类	8
图表 7: 卫星轨道示意图	8
图表 8: 低轨卫星 VS 高轨卫星	9
图表 9: 卫星互联网优势	10
图表 10: 移动通信技术从 1G 向 5G 演进	11
图表 11: 与 5G 融合的低轨星座网络架构示意	12
图表 12: 空天地一体化网络	13
图表 13: 6G 卫星通信接入网架构	14
图表 14: 低轨卫星互联网的发展阶段	14
图表 15: 海外主要卫星互联网星座部署计划	15
图表 16: 马斯克将星链计划定义为互联网的革命	16
图表 17: Starlink 计划关键事件	16
图表 18: 星链 Starlink 发射计划	17
图表 19: 星链 Starlink 在轨卫星分布	17
图表 20: 搭载“星链”(Starlink V1.5)的“猎鹰九号”运载火箭, 从加利福尼亚州发射升空	18
图表 21: 星间链路示意图	19
图表 22: 星链 Starlink 商业模式具备成本优势	19
图表 23: 星链 Starlink 降本的商业逻辑	20
图表 24: Starlink 生产制造成本优势分析	20
图表 25: 星链 Starlink 发射成本优势分析	21
图表 26: 星链 Starlink 发射成本对比	22
图表 27: 星链 Starlink 产品定价	23
图表 28: 2021 年推出的早期普通版本	23
图表 29: SpaceX 主管展示终端组装	23
图表 30: 美军 C-12 运输机已得到“星链”提供的网络服务	24
图表 31: 美国空军报道 F-35 战机与“星链”的融合测试	24
图表 32: 星链在军事中的潜在应用	25
图表 33: 星链介入俄乌军事冲突	25
图表 34: 星链 Starlink 在俄乌军事冲突中的应用	26
图表 35: 星链 Starlink 在俄乌军事冲突中的使用模式	26
图表 36: 星链 Starlink 融资情况	27
图表 37: 星链价值优势	27
图表 38: “新基建”中信息基础设施	28
图表 39: 中国卫星互联网发展里程碑	28
图表 40: 国内主要通信卫星星座计划	29
图表 41: 2015-2022 年中国卫星互联网行业整体融资金额(单位: 亿元)	30
图表 42: 2015-2022 年中国卫星互联网行业整体融资件数(单位: 件)	30
图表 43: 2019-2022 年卫星互联网行业融资热点变化	31
图表 44: 截至 2022 年底中国卫星互联网重点代表计划卫星数量份额	31
图表 45: 中国星网“GW”计划	32

图表 46: 中国星网集团所属企业	32
图表 47: 中国星网最新进展	33

1 卫星互联网概述

卫星互联网是基于卫星通信的互联网，通过一定数量的卫星形成规模组网，从而辐射全球，构建具备实时信息处理的卫星系统，向地面和空中终端提供宽带互联网接入等通信服务的新型网络。相比地面网络靠基站进行通信，卫星互联网则是将基站搬到了外太空，每一颗卫星就是一个移动的基站。

1.1 卫星互联网是基于卫星通信的互联网

卫星从具体应用类型上，主要分为：通信卫星、遥感卫星和导航卫星。

图表1:卫星不同应用类型

应用类型	简介
通信卫星	以卫星为中继站进行数据通信，可用于传输电话、电报、传真、数据和电视等信息。国内已应用的代表卫星如中星系列（广播业务）、天通卫星（移动业务）等。
遥感卫星	从高空通过传感器（光学/雷达）探测及接收来自目标物体所辐射及反射的电磁波信息，从而识别物体的属性及其空间分布等特征，应用于国防、自然资源、交通、气象、海洋、环保、应急等领域。国内已应用的代表卫星如遥感系列、吉林一号等。
导航卫星	提供基于全球卫星导航系统的绝对导航定位信息等基础信息服务以及相关的行业应用服务。目前全球四大卫星导航系统为 GPS、北斗、伽利略、格洛纳斯。

资料来源：雪球，方正证券研究所

图表2:卫星遥感示意图



资料来源：智慧城市解决方案，方正证券研究所

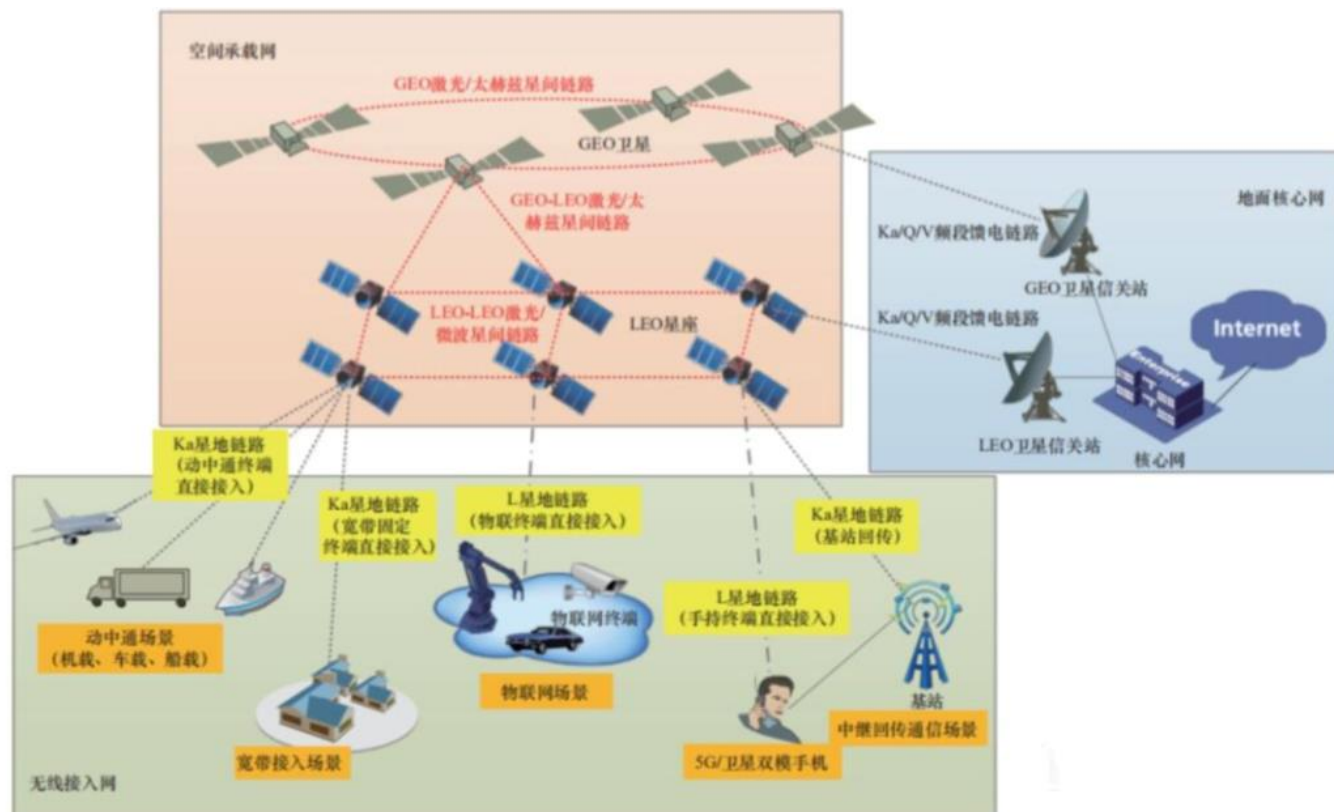
图表3:卫星导航示意图



资料来源：三体引力波，方正证券研究所

移动通信最关键的一个网络设备就是无线接入网，即基站，因此要实现无线通信，必须先要在地球上部署无线基站。传统无线通信由于电磁波在空间传输的损耗特性，决定了无线信号的覆盖距离受限，要想实现远距离覆盖则需要加建基站，而有些地区，如海洋、深山、森林、沙漠、高原、无人区等，建设通信基站的费用/收入极不成比例，此时，卫星通信的优势则凸显出来。所谓卫星通信，就是利用卫星作为无线信号的传输中继，从而扩大基站的覆盖距离。

图表4: 卫星互联网解决方案



资料来源：开运集团，方正证券研究所

卫星通信利用人造地球卫星作为中继站来转发微波无线电波，从而实现两个或多个地球站之间的通信。

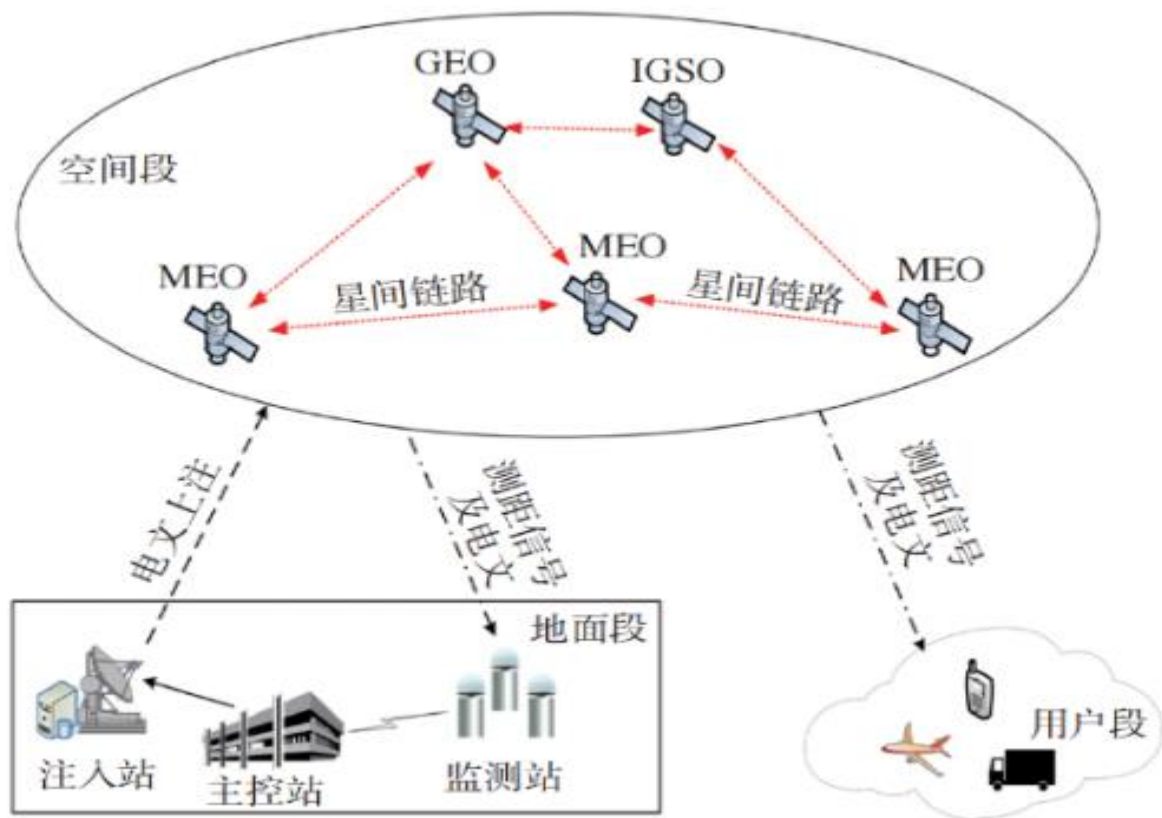
卫星通信系统由空间段、地面段和用户段三部分构成：

(1) 空间段：以通信卫星为主体，卫星上的转发器是通信卫星的主要有效载荷，也是卫星通信系统空间段最重要的功能组成，用于接收和转发卫星通信地球站发来的信号，实现地球站之间或地球站与航天器之间通信。

(2) 地面段：包括支持移动电话、电视观众、网络运营商地面用户访问卫星转发器，并实现用户间通信的所有设施，网关站是地面段的核心设备。卫星通信系统的地面段也包括地面的卫星控制中心和跟踪、测控及指令站，主要负责卫星发射阶段的跟踪和定位，下达变轨、太阳能电池板展开等动作指令，以及卫星在轨运行期间轨道监测和校正、干扰和异常问题监测与检测等。

(3) 用户段：主要由各类终端用户设备组成，包括 VSAT 小站、手持终端，以及搭载在车、船、飞机上的移动终端，以及基于卫星通信的各种应用程序和服务。

图表5: 卫星系统构成



资料来源:《卫星导航系统发展现状与未来趋势》, 方正证券研究所

卫星通信作为无线电通信形式的一种, 信号的中转和传输也要依赖与不同频段的无线电波。在地面雷达系统的应用中, IEEE 标准中将无线电波划分为 VHF、UHF、L、S、C、X、Ku、Ka 以及 EHF 等频段。

根据不同业务类型对无线电频段也有大致的划分: C 频段 (4GHz~8GHz)、Ku 频段 (12GHz~18GHz) 和 Ka 频段 (26.5GHz~40GHz) 是目前卫星通信系统中使用最广泛的频段, C 频段和 Ku 频段主要用于卫星广播业务和卫星固定通信业务, 带宽有限且利用较早, 目前频谱的使用已趋于饱和。Ka 频段主要用于高通量卫星, 提供海上、空中和陆地移动宽带通信。

1.2 低轨卫星是下一代空间信息基础设施发展趋势

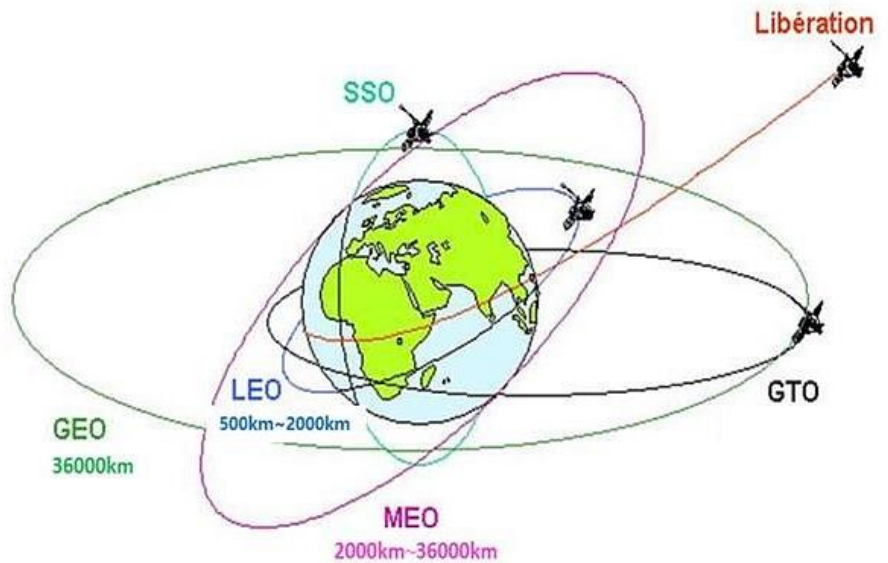
基于不同轨道构建的卫星通信系统, 在覆盖范围、系统容量, 传输延时、卫星寿命等方面, 具有不同特点。卫星根据轨道类型可以分为五种, 分别为 LEO (低地球轨道)、MEO (中地球轨道)、GEO (地球静止轨道)、SSO (太阳同步轨道)、IGSO (倾斜地球同步轨道)。

图表6: 卫星轨道类型分类

卫星轨道类型	卫星用途	轨道高度
LEO (低地球轨道)	对地观测、测地、通信等	300-2000 千米
MEO (中地球轨道)	导航	2000-35786 千米
GEO (地球静止轨道)	通信、导航、气象观测等	35786 千米
SSO (太阳同步轨道)	观测	< 6000 千米
IGSO (倾斜地球同步轨道)	导航	35786 千米

数据来源: 前瞻产业研究院, 方正证券研究所

图表7: 卫星轨道示意图



资料来源: 百家号, 方正证券研究所

按照轨道高度, 卫星主要分为低轨、中轨、高轨三类。GEO (地球静止轨道) 和 IGSO (倾斜地球同步轨道) 距离地面约 3.6 万公里, 被称为高轨道卫星, 不同点在于 GEO 的轨道倾角是 0 度, 而 IGSO 的轨道倾角是大于 0 度的任何轨道, 这两类卫星的轨道周期和地球自转周期严格一致, 相对地面保持“静止”, 覆盖区域固定, 因此建立通信服务比较容易, 且所需的卫星数量较少, 但与地面距离较远导致时延较高。

图表8:低轨卫星 VS 高轨卫星

	低轨卫星	高轨卫星
覆盖范围	单一卫星覆盖范围极小，多卫星组成的网络可覆盖全球，复杂地形区域的通信也将得到保障	单一卫星覆盖范围大，但复杂地形通信困难，且南北两极存在通信盲区
寿命	5-10年	15年
业务传输时延	时延短	时延长
成本	前期建设成本高，但带宽边际效用高，单位成本优势明显	前期建设系统成本低，但远距离通信成本高
终端协同	地面终端需配置伺服跟踪系统和抛物面形式的双天线或相控阵天线	地面终端已实现高度集成化、技术水平成熟，并向消费端加速渗透

资料来源：《高低轨宽带卫星通信系统特点对比分析》，方正证券研究所

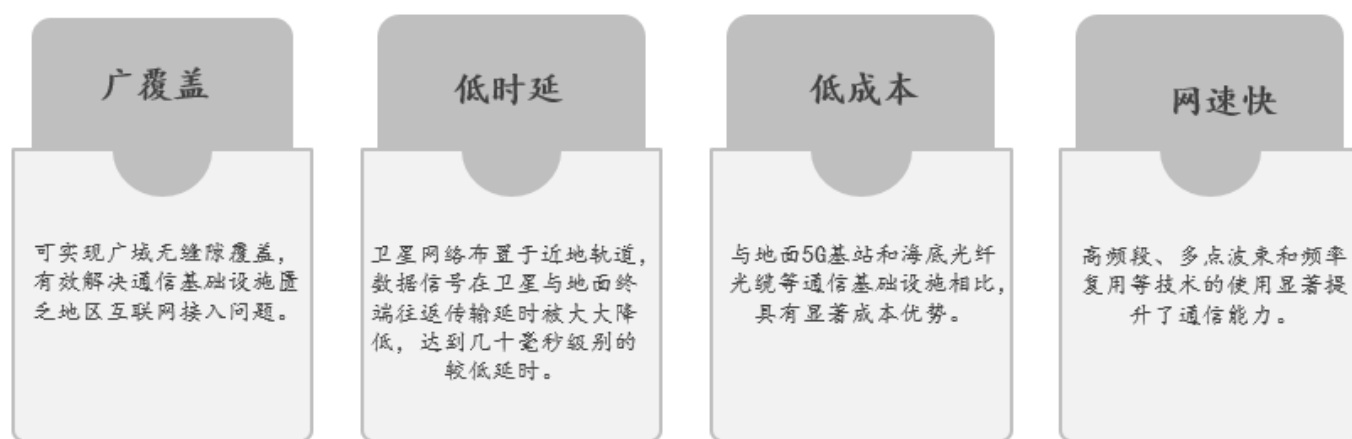
高轨卫星通信系统的优势在于频率协调简单，运行寿命更长，前期建设成本较低。高轨卫星的特点在于卫星数量较少，但单颗卫星的覆盖面积较广，单颗卫星发生损坏即有可能影响整个卫星通信系统的正常运作。而且存在两极覆盖盲区，在实现全球覆盖方面存在现实障碍，同时在特定地形与特定场景通信方面存在一定的难度。

由于高轨卫星的局限性，低轨卫星已成为当前卫星互联网建设最契合的卫星类型。低轨卫星则通常指的是距离地面 300—2000 公里范围内的近地轨道，单个卫星的覆盖范围一般在几百公里到上千公里直径的面积，大量卫星在这一轨道高度组成星座，从而实现对全域的无缝覆盖，同时地面和卫星之间的通信传输时延仅为几毫秒，足够满足自动驾驶、无人机遥控等实时性要求较高的应用场景。由于低轨卫星传输延时小、链路损耗低、发射灵活、应用场景丰富、整体制造成本低，适合卫星互联网业务的发展。

1.3 卫星互联网优势

目前卫星互联网多指利用地球低轨道卫星实现的低轨宽带卫星互联网，相比中高轨卫星，具有低延时、低成本、广覆盖、网速快等优点。针对地面网络的不足（如覆盖受限、难以支持高速移动用户应用、广播类业务占用网络资源较多、易受自然灾害影响等），利用卫星通信覆盖广、容量大、不受地域影响、具备信息广播优势等特点，作为地面通信的补充手段实现用户接入互联网，可有效解决边远散、海上、空中等用户的互联网服务问题。

图表9: 卫星互联网优势



资料来源：《“新基建”下中国卫星互联网产业发展白皮书》，方正证券研究所

广覆盖：卫星互联网的最终目的在于接入更多没有接入互联网服务的用户。与5G相比，卫星互联网可以为这些身处偏远和落后地区的互联网用户提供服务，也能够极端条件下向航空、航海等特殊用户提供移动通信服务，实现全球宽带无缝通信。

低时延：与传统光缆传输对比，卫星通讯的速度非常接近光速的理论值，比现在主流的光缆连接的解决方案相差近1/3的光速，能够达到几十毫秒级别的较低延迟，这在延时较为敏感的行业具有重要的现实意义。据专业的市场研究机构TABB评估，在全球跨境金融交易中，低时延至关重要，据模拟分析，“伦敦-纽约”线路采用Starlink星链卫星可比地面光纤快15ms，而这毫厘之间的通信时延领先将会为金融行业带来非常可观的收益。

低成本：与地面5G基站和海底光纤光缆等通信基础设施相比，卫星的研发制造成本低而且可控，软件定义技术还可以进一步延长在轨卫星的使用寿命，整体建设成本低于地面通信设施。比如光缆的铺设不仅仅是光缆本身的成本，还得考虑到海底和陆地的部署、维护、运营，尤其是考虑到一些偏远的国家和地区。

网速快：高通量卫星技术日渐成熟，高频段、多点波束和频率复用等技术的使用显著提升了卫星通信能力，降低了单位带宽成本，能满足高信息速率业务的需求，极大的扩展了应用场景。目前星链Starlink提供的下载速度均在30Mbps以上，最高甚至能达到60Mbps；上传速度波动较大，也基本能保证在10Mbps上下，这意味着用户不仅可以流畅观看超高清视频，同时还可玩网络对战游戏。

2 卫星互联网：6G时代空天地一体化建设的关键

2.1 通信技术——每十年一次的巨变

移动通信技术推动着信息技术产业的快速发展，改善了人们的生活水平，促进了社会的发展和繁荣。从上世纪80年代开始，移动通信技术每近十年就会出现一次新的变革。

图表10:移动通信技术从 1G 向 5G 演进

通信技术	产生时间	主要标准	主要服务项目	特点与不足
1G	20 世纪 70-80 年代	NMT, AMPS TACS, JTACS, C-Netz, RTML, Radiocom2000	模拟电话	特点: 移动性 问题: 频谱效率低; 安全问题
2G	20 世纪 90 年代	GSM, CDMA IS-95, ADC, PDC, IDEN, IS-136	数字电话、信息	特点: 漫游、大规模应用 问题: 有限数据传输速率, 难以支撑互联网和电子邮件需求
3G	21 世纪初	WCDMA, TD-CDMA, CDMA2000, WiMax	电话、信息、数据浏览	特点: 更好的互联网体验 问题: 采用 WAP 进行互联网接入, 存在部分限制
3.5G	2010 年	HSPA, HSPA+ (均为 WCDMA 基础演进)	电话、信息、宽带数据	特点: 宽带网络, 更多应用 问题: 与特定的移动通信体系和协议相绑定
4G	2013 年	LTE (包括 TD-LTE 和 LTE FDD), LTE Advanced	所有 IP 服务 (包括语音、信息)	特点: 更快宽带网络, 低时延 问题: 不使用物联网设备的规模部署, 对垂直行业定制化服务的支持受限
5G	2018 年	LTE, LTE-U 和 NB-IoT	视频、语音等	特点: 更大带宽、更低时延、更多连接 问题: 信号覆盖面积小

资料来源: 知识交易所, 方正证券研究所

1G 即第一代移动通信技术, 是以模拟技术为基础的蜂窝无线电话系统。起源于 20 世纪 80 年代, 完成于 20 世纪 90 年代, 主要采用的是模拟调制技术与频分多址接入 (FDMA) 技术, 这种技术的主要缺点是频谱利用率低, 信令干扰话音业务。FDMA 以载波频率来划分信道, 每个信道占用一个载频, 相邻载频之间应满足传输带宽的要求。在模拟移动通信中频分多址是最常用的多址方式, 每个载频之间的间隔为 30kHz 或 25kHz。

2G 即第二代移动通信技术, 主要采用数字的时分多址 (TDMA) 和码分多址 (CDMA) 技术。在 2G 技术下, 无法直接传送如电子邮件、软件等资讯, 只具有通话和一些如时间日期等传送的手机通信技术规格。第二代移动通信数字无线标准主要有: 欧洲的 GSM 和美国高通公司推出的 IS-95CDMA 等, 我国主要采用 GSM, 美国、韩国主要采用 CDMA。

3G 即第三代移动通信技术, 其最基本的特征是智能信号处理技术。智能信号处理单元将成为基本功能模块, 支持语音和多媒体数据通信, 它可以提供前两代产品不能提供的各种宽带信息业务, 例如高速数据、慢速图像与电视图像等。3G 系统的通信标准共有 WCDMA, CDMA2000 和 TD-SCDMA 三大分支。在中国, 中国移动采用 TD-SCDMA, 中国电信采用 CDMA2000, 中国联通采用 WCDMA。

4G 即第四代移动通信技术, 主要是以正交频分复用 (OFDM) 为技术核心。4G 技术是集 3G 与 WLAN 于一体并能够传输高质量视频图像以及图像传输质量与高清晰度电视不相上下的技术产品。正交频分复用 (OFDM) 是一种无线环境下的高速传输技术。OFDM 技术的特点是网络结构高度可扩展, 具有良好的抗噪声性能和抗多信道干扰能力。

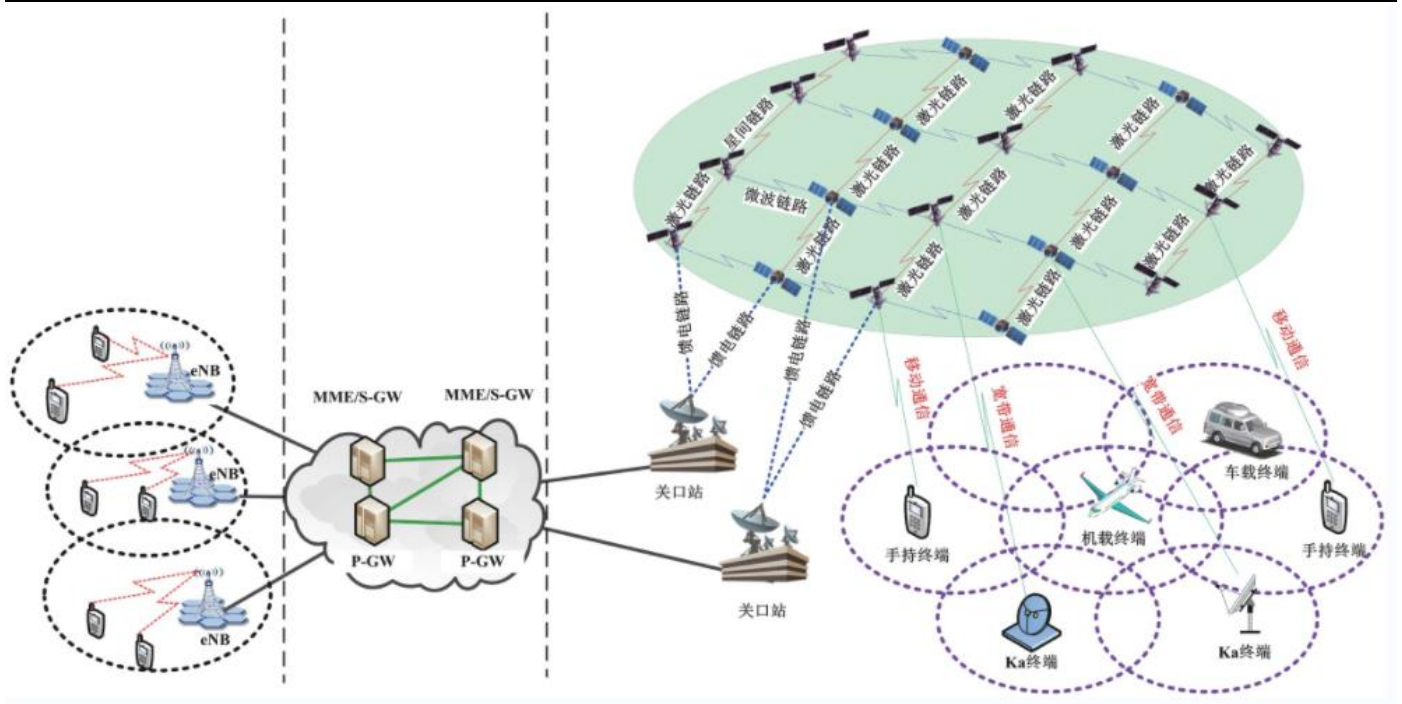
5G 是新一代蜂窝移动通信技术。5G 并不是独立的、全新的无线接入技术, 而是对现有无线接入技术的技术演进以及一些新增的补充性无线接入技术集成后解决方案的总称。5G 已开始实践非地面网络 (NTN) 应用。2022 年 6 月冻结的 5G R17 标准的一项新增特性为支持非地面网络 (Non-Terrestrial Networks, NTN)。通过卫星上的网络节点和通过馈线链路互连的 NTN 网关, 可以为 NB-IoT/eMTC 节点提供非地面接入, 相关终端通过服务链路能够访问 NTN 网络服务。

2.2 卫星互联网与 5G 加速融合

卫星互联网补充低密度用户接入场景，与 5G 取长补短互为补充。目前，5G 网络覆盖仍然以基站为中心，在基站所未覆盖的沙漠、无人区、海洋等区域内依然存在大量通信盲区，根据赛迪智库无线电管理研究所的《6G 概念及愿景白皮书》，预计 5G 时代仍将有 80% 以上的陆地区域和 95% 以上的海洋区域无移动网络信号。同时，5G 的通信对象集中在陆地地表 10km 以内高度的有限空间范围，无法实现“空天海地”无缝覆盖的通信愿景。

国际上，ITU、3GPP、Sa T5G 等主要标准化组织或研究机构已经启动卫星通信与 5G 的融合组网研究。ITU 提出了星地 5G 融合的 4 种应用场景，包括中继到站、小区回传、动中通及混合多播场景，并提出支持这些场景必须考虑的关键因素，包括多播支持、智能路由支持、动态缓存管理及自适应流支持、时延、一致的服务质量 (QoS)、网络功能虚拟化 (NFV) / 软件定义网络 (SDN) 兼容、商业模式的灵活性等。

图表11: 与 5G 融合的低轨星座网络架构示意



资料来源:《低轨通信星座发展的思考》，方正证券研究所

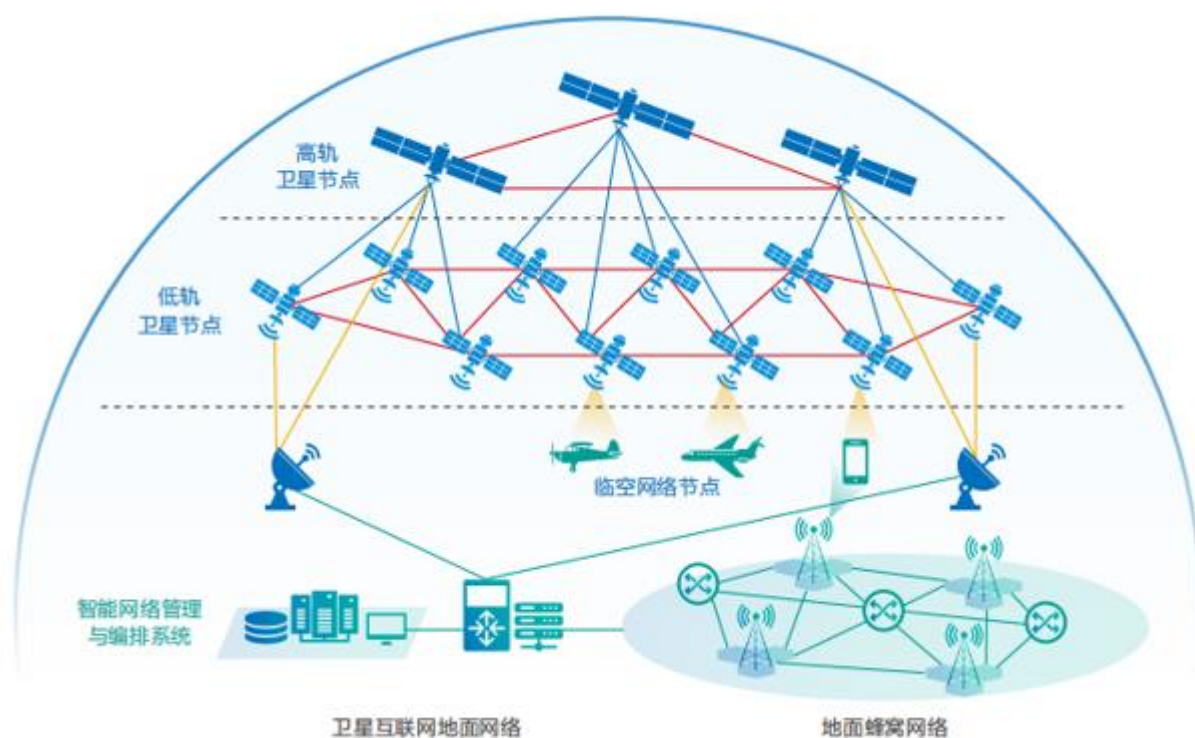
在体系架构设计方面，面对未来运营和应用，采用与 5G 兼容的“接入网+核心网+软件定义网络 (SDN) / 网络功能虚拟化 (NFV)”设计，与地面 5G 共用核心网，支持与未来地面 5G 移动通信网络的融合。可以认为低轨星座是 5G 接入网的一种，在星上主要部署物理层信号处理、链路层以及网络层路由交换等功能模块，实现空口协议处理和路由转发。在空口波形设计上，借鉴 5G 成熟的波形设计，如正交频分复用 (OFDM)、Polar 码等，针对低轨星座多普勒频移大、传输时延长等特点进行适应性改进，其中包括随机接入、闭环功控和混合自动重传等，降低研发成本。

2.3 发展卫星互联网，迎接 6G 时代

各国积极战略布局 6G 技术研究。随着大数据技术的持续演进和广泛化，频谱资源在不断的减少然而数据容量要求不断提高，更加先进的通信技术正在逐步提上日程。6G 核心技术已列入多国创新战略，成为大国科技博弈高精尖领域和全球抢占的战略制高点。2020 年 2 月，ITU 正式启动面向 2030 及 6G 的研究工作。中国、美国、韩国、日本和芬兰等国已启动 6G 研究。

空天地一体网络架构是 6G 的核心方向之一，被 ITU 列为七大关键网络需求之一。6G 有个愿景是泛在通信，即要实现空天一体通信。天地大融合技术通过建立弹性可重构的网络架构、高效的天基计算、空天地统一的资源管控机制、高效灵活的移动性管理与路由机制，进行天地的智能频谱共享、极简极智接入、多波束协同传输和统一的波形、多址、编码等设计。未来用户只需携带一部终端，便能实现全球无缝漫游和无感知切换。

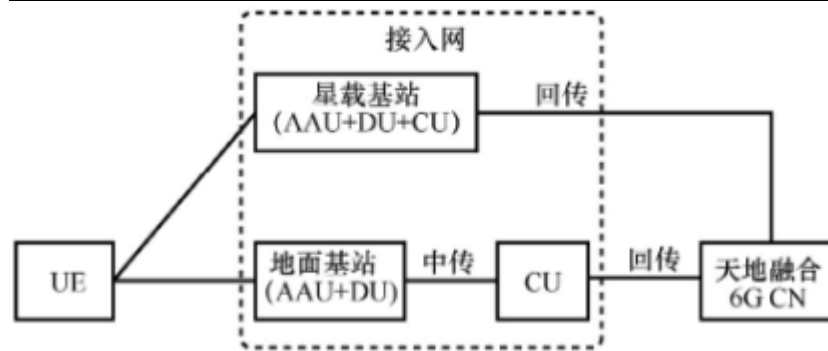
图表12: 空天地一体化网络



资料来源：《星地融合通信白皮书》，方正证券研究所

6G 时代空天地一体化，卫星互联网与地面移动通信网络充分融合。根据《6G 总体愿景与潜在关键技术白皮书》，6G 将实现地面网络、不同轨道高度上的卫星（高中低轨卫星）以及不同空域飞行器等融合而成全新的移动信息网络，通过地面网络实现城市热点常态化覆盖，利用天基、空基网络实现偏远地区、海上和空中按需覆盖，具有组网灵活、韧性抗毁等突出优势。

图表13:6G 卫星通信接入网架构



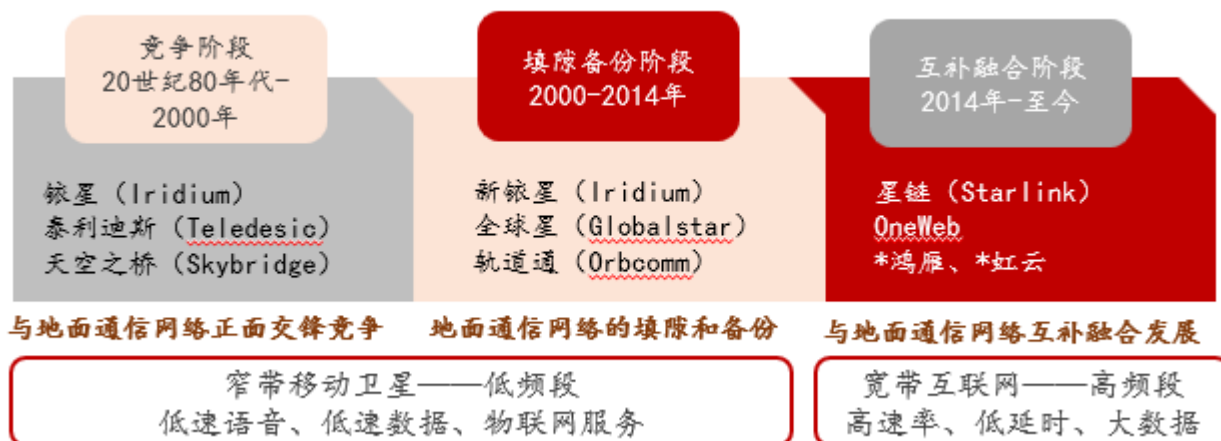
资料来源:《面向 6G 的卫星通信网络架构展望》, 方正证券研究所

6G 的空天地一体网络架构将以地面蜂窝移动网络为基础, 结合低轨道通信卫星通信的广覆盖、灵活部署、高效广播的特点, 通过多种异构网络的深度融合来实现海陆空全覆盖, 将为海洋、机载、跨国、天地融合等市场带来新的机遇。

3 欧美具备先发优势, 加速部署卫星互联

欧美以 OneWeb 和 SpaceX 为首的公司布局规划卫星互联网的建设, 并凭借自身技术和身处地缘的双重优势, 抢先于所在国家、周边国家或地区实现卫星互联网覆盖。

图表14:低轨卫星互联网的发展阶段



资料来源:《“新基建”下中国卫星互联网产业发展白皮书》, 方正证券研究所

卫星通信于上世纪八十年代起步, 由摩托罗拉的铱星计划引领行业变革发展。基于电视和广播信号转播以及电话、电报和传真需求, 卫星通信在上世纪八十年代得到了孵化。此时国际互联网尚未成型, 卫星互联网的概念仍局限于简易的模拟信号应用。基于偏远地区的通信业务难题, 1987 年摩托罗拉公司发起了铱星计划, 标志着卫星通信商业化的开始, 也标志着卫星互联网的开端。铱星计划于 1990 年对外公布, 1996 年开始进行试验, 1998 年正式投入运营。20 世纪 80 年代至 2000 年前后, 摩托罗拉公司的“铱星”计划提出通过发射 66 颗低轨卫星构建覆盖全球的卫星通信网。同时期天空之桥系统、全球星系统和泰利迪斯等也纷纷涌现。

但随着第一代低轨卫星通信系统“铱星系统”商业化的失败，低轨卫星互联网从 20 世纪 90 年代起进入了 20 年左右的发展低谷。进入 21 世纪以来，物联网、移动互联网的推广再次推动低轨通信星座的发展，铱星、轨道通和全球星三大系统完成了升级换代。

进入 2014 年以后，随着低轨星座的成本大大降低，高科技企业纷纷通过 LEO 高通量卫星进入市场，OneWeb、SpaceX、O3b 等以 Ku、Ka 甚至更高频段的新兴互联网星座进入爆发式增长，仅在 2014 年 12 月至 2015 年 4 月间，ITU 收到的低轨互联网星座的网络申请材料超过了 10 份，涉及卫星数量高达上万颗。

图表15:海外主要卫星互联网星座部署计划

国家	公司	星座名称	数量(颗)	建成年份	轨道高度	频段	用途
美国	Space X	StarLink	11,927	2027	1,130km	Ku, Ka, V	宽带
英国	OneWeb	OneWeb	2,468	2027	1,200km	Ku, Ka, V, E 宽带	宽带
美国	铱星公司	第二代铱星	75	2018	780km	-	宽带、STL
美国	波音	波音	2,956	2022	1,200km	V	宽带
美国	亚马逊	Kuiper	3,236	-	590km/610km/630k	Ka	宽带
美国	Facebook	Facebook Athena Project	77	-	1,200km	-	-
加拿大	Telesat	Telesat	298	2023	1,248km/1,000km	Ka	宽带
加拿大	AAC Clyde	Kepler	140	2022	-	Ku/Ka	物联网
印度	Astrome	Space Net	150	2020	1,400km	毫米波	宽带
俄罗斯	Yaliny	Yaliny	135	-	600km	-	宽带
德国	KLEO Connect	KLEO	624	-	1,050km/1,425km	Ka	工业物联网
韩国	三星	三星	4,600	-	1,400km	-	宽带

资料来源：浙江铖昌科技招股说明书，方正证券研究所

4 星链 Starlink：低轨卫星互联网领先者

美国 SpaceX 公司首席执行官埃隆·马斯克于 2015 年宣布 Starlink 星链项目，将向近地轨道发射星链卫星，组建一个巨型低轨道卫星星座。

图表16: 马斯克将星链计划定义为互联网的革命



资料来源: Tflex Tech, 方正证券研究所

图表17: Starlink 计划关键事件

时间	事件
2015年1月	马斯克公布低轨互联网星座项目——“星链” (Starlink)
2018年2月22日	马斯克创建的太空探索技术公司 (SpaceX) 利用“猎鹰9”火箭将两颗小型实验通信卫星送入轨道, 为“星链”计划拉开帷幕
2019年5月	星链第一批v0.9卫星发射进入预定轨道, 开启星座建设
2019年10月	公司宣布将向FCC追加申报3万颗卫星, 在完成1.2万颗卫星发射后, 在近地轨道上再发射3万颗卫星, 总数量将达到4.2万颗
2020年	北美启动公测服务
2022年12月19日	星链服务已进入40多个国家, 活跃用户超过100万

资料来源: 方正证券研究所整理

4.1 卫星规划与部署情况

Starlink 计划在 2019 年至 2027 年间向距离地表 330 km、550 km 和 1100 km 三个不同高度的轨道发射 11926 颗卫星, 并将其相互连通, 从而形成一个巨大的卫星星座。后将卫星发射总规模由 1.2W 颗扩容为 4.2W 颗, 分别部署在 1200 公里与 300 公里的高度。建成后的星座总容量将达到约 200Tbps~276Tbps, 单个用户链路的传输速率最高 1Gbps, 每颗卫星可提供 17Gbps~23Gbps 的下行容量, 链路时延约为 15ms~20ms, 其目的是形成覆盖全球的卫星网络, 为住宅

用户、商业用户、社会公共机构、政府以及专业用户等提供低时延的低轨道卫星宽带互联网服务，尤其是为光缆和地面基站无法到达的偏远区域提供低成本、高性能的互联网服务，构建天基 5G+6G 的无线网络能力。

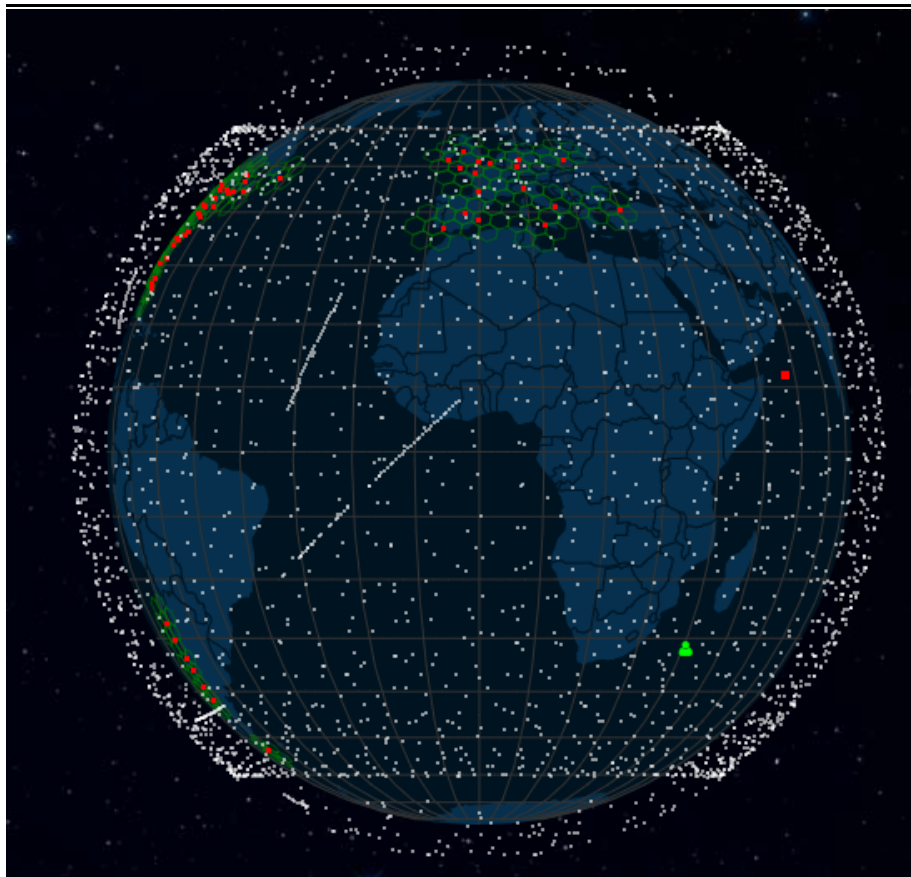
图表18:星链 Starlink 发射计划

	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	2026年	2027年
发射卫星数量 (颗)	1193	1193	1193	1193	1193	3180	3180	3180
运载火箭数量 (枚)	20	20	20	20	20	33	33	33
在轨卫星数量 (颗)	1193	2386	3579	4772	5969	7952	9939	11926

资料来源: 艾瑞咨询, 方正证券研究所

截止到 2023 年 7 月 30 日星链 Starlink 共有卫星 4784 颗, 在轨 3885 颗服务, 392 颗 burned 降轨。

图表19:星链 Starlink 在轨卫星分布



资料来源: satellitemap, 方正证券研究所

卫星发射方面, 多颗 Starlink 卫星预先按顺序部署于猎鹰 9 号火箭的整流罩中, 抵达预定位置后, “Starlink” 卫星利用火箭上面级转动逐个缓慢脱离, 最终部署于一条轨道的不同位置。

地面设备方面, 根据 Starlink 官网公布信息, 2020 年 7 月, SpaceX 公司完成第一代圆形相控阵 Starlink 地面终端研制, 工作在 Ku 频段。2021 年 11 月, SpaceX 完成 2 型第二代矩形相控阵 Starlink 地面终端研制。从天线射频到基带及协议处理, Starlink 地面终端采用了芯片化设计与实现方案, 降低了终端整机功耗和生产成本, 也实现了小型化, 为 Starlink 系统产业化及大规模应用铺平了道路。Starlink 地面终端采用了机械与相控阵电扫结合的波束跟踪技

术，基于机械调整能力，Starlink 地面终端开机后可根据地理位置自动将阵面调整到合适的方位和仰角。基于相控阵天线波束快速指向调整能力，在相控阵阵面电扫覆盖范围内，实现对卫星的精确指向跟踪和跨星切换下的波束指向快速调整。

卫星制造上，星链已经实现批量生产卫星，2020 年即达到了每月制造 120 颗星链卫星的速度。

图表20: 搭载“星链”（Starlink V1.5）的“猎鹰九号”运载火箭，从加利福尼亚州发射升空



资料来源：腾讯新闻，方正证券研究所

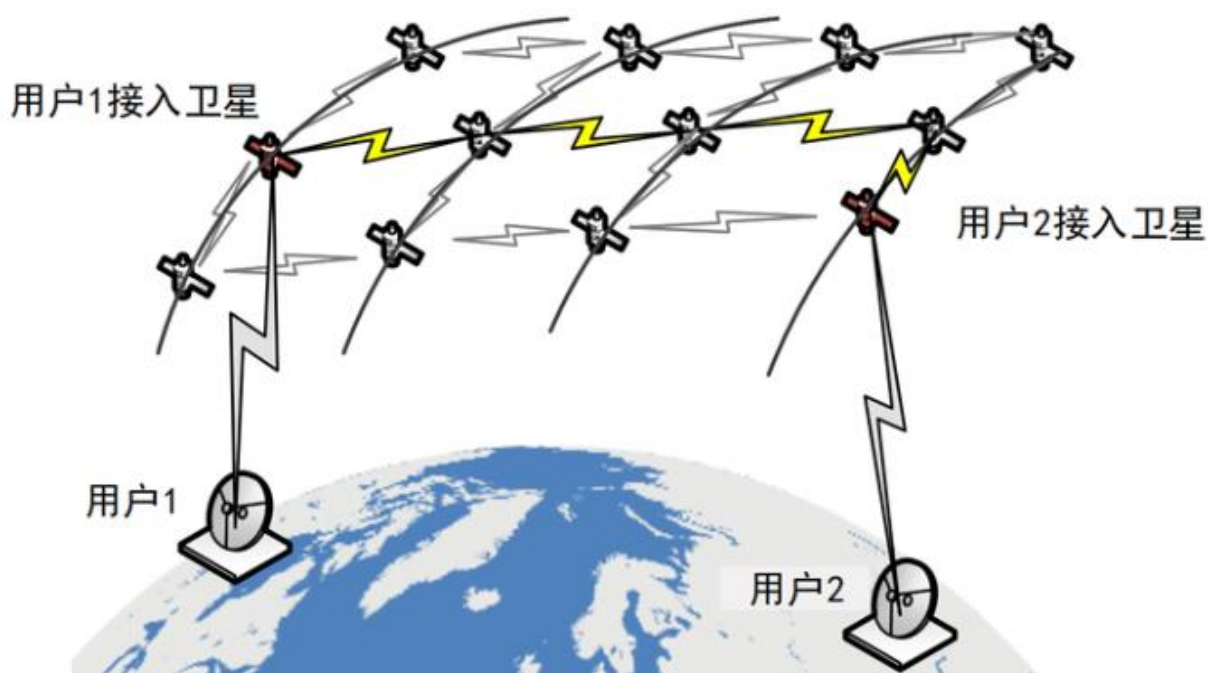
4.2 领先的星间链路技术

Starlink 将实现星间组网，太空中的卫星之间可以相互传输信息。星链卫星有透明转发和星上路由交换两种工作模式。早期版本的星链卫星没有安装激光通信链路，在 V1.5 版本的卫星实现星间组网之前，星链卫星只能使用透明转发的工作模式进行通信。Starlink 卫星间需要建立通信链路，这叫做星间链路。在透明转发模式下，地面用户终端只能通过地面关口站进行网络接入服务，如果附近没有地面关口站，则无法进行通信服务。这就使得 SpaceX 公司需要在全世界各地大量建造地面关口站来实现正常通信。在 V1.5 版本卫星部署完毕后，Starlink 将实现星间组网，通过星链卫星的星上路由交换模式，地面用户终端可以在全球范围内接入网络，无需在特定地区建造地面关口站，且传输速率更快，延迟更短。

目前的近轨卫星通信主要采用高频毫米波通信，基本主要采用 Ka、Ku 等波段，这种链路的好处是技术成熟度和通信可靠度都相对比较高；坏处是，受限于目前的器件发展，星间毫米波通信传输速度速率依然只徘徊在 10Gbps 左右。而在

未来的 Starlink 中，马斯克声称会将会采用激光星间链路来形成空间组网。激光相比毫米波的可用频段更宽，所以可以支持 10Gbps 以上的星间链路传输。

图表21:星间链路示意图



资料来源:《低轨巨型星座网络(星链)星间传输路径分析》, 方正证券研究所

4.3 成本优势

星链采用“火箭研制+卫星研制+发射服务”垂直整合商业模式，在业内具有明显的成本优势。

图表22:星链 Starlink 商业模式具备成本优势



资料来源: 方正证券研究所

“星链”卫星发射、制造成本较低。在“星链”计划实施的过程中，SpaceX 一直致力于降低卫星发射成本。

可回收技术则使得发射成本大幅降低。SpaceX 公司的“猎鹰 9 号”火箭是一种可重复使用的火箭，它可以在多次发射任务中进行回收和再利用。SpaceX 凭借技术突破，自研掌握了火箭回收技术等关键技术，于 2015 年 12 月成功回收“猎鹰 9 号”一级火箭，将“猎鹰 9 号”发射费用降至每千克 0.62 亿美元，约为同类型运载火箭发射价格的 30%，竞争优势明显。

图表23:星链 Starlink 降本的商业逻辑

模式	措施
优化产业链协同	SpaceX已形成集卫星研发制造、火箭发射、地面站建造和卫星运维于一体的产业链条，从根本上降低星链计划的成本，并通过星箭一体化业务降低了单次发射成本。
重视产品自主研制能力	SpaceX秉持“自给自足”的原则，80%的零部件均为自己生产，客观上强化了对产业链的掌控能力。
致力于突破颠覆性技术	SpaceX通过开展“新一代猛禽发动机”、“筷子发射回收系统”“空中加油”等多项颠覆式创新，实现商业火箭的快速可重复利用，进一步增强核心竞争力。

资料来源：《商业思维下 SpaceX 公司“星链”计划发射成本浅议》，方正证券研究所整理

4.3.1 制造成本的降低

图表24:Starlink 生产制造成本优势分析

项目	细节
卫星设计	星链卫星采取模块化设计，在集成各种有效载荷满足用户多样化需求的同时，极大的提高了生产效率，有效的降低了成本
器件生产	星链通过大量使用工规级器件大幅降低了生产成本，大量使用自主生产或管关联方产品，大幅降低了生产成本

资料来源：《商业思维下 SpaceX 公司“星链”计划发射成本浅议》，方正证券研究所

卫星设计方面，星链卫星采取模块化设计，在集成各种有效载荷满足用户多样化需求的同时，极大的提高了生产效率。在结构化、模块化思维下，SpaceX 减少执行发射任务的火箭型号，多种任务对接一型火箭，通过火箭的结构化设计，统一火箭构型，减少专用设计，优化资源配置，有助于产品通用性及互换性，促成模块化，提高了生产效率和可靠性，大幅降低了成本，并提升了规模化生产水平，从而促进产业化发展。比如“猎鹰”9 号和“重型猎鹰”共用梅林发动机，可以共线生产，SpaceX 具备年产 400 台梅林发动机能力，可实现年产 40 发“猎鹰”9 号或 14 发“重型猎鹰”，通过模块化组合生产可以满足多项任务的发射要求。

在器件方面，星链通过大量使用工规级器件大幅降低了生产成本。通过低成本的初代产品快速实现全球组网，大量占据轨道和频段资源，低组网成本带来的后续低运维费用也使得其更容易实现商业盈利。大量使用与其旗下其他公司已有的合作公司产品，大幅降低了生产成本。

高度自研，成本可控。Starlink 坚持独立研发路线，涵盖硬件侧的 PCB、FPGA 到平台、载荷子系统以及配套软件等环节。Starlink 星座建设过程中，SpaceX 公司已实现关键产品自主生产，80%以上硬件均由内部制造。通过全产业链布局，实现关键产品自主生产，确保整体建设、运营成本可控。自主的产业生态，使得卫星产能得到大幅度提高，目前已达到了每月可产出 120 颗，即平均每天 4 颗，单颗卫星的研制成本低于 50 万美元。这些优势为星链计划的商业化和全球覆盖提供了有力保障。

4.3.2 发射成本的降低

图表25:星链 Starlink 发射成本优势分析

项目	细节
星箭一体化	星箭一体化设计可以最大程度综合利用整流罩包络空间、火箭运载能力，使单发火箭可以发射更多的卫星，“猎鹰9”号运载火箭一次可发射60枚1.0版本卫星或53颗1.5版本卫星，大大降低了生产与发射成本。
可回收技术	可回收技术则使得发射成本大幅降低，SpaceX 2015 年12月成功回收“猎鹰9号”一级火箭，将“猎鹰9号”发射费用降至每千克0.62亿美元，约为同类型运载火箭发射价格的30%，竞争优势明显。

资料来源：方正证券研究所整理

星箭一体化设计可以最大程度综合利用整流罩包络空间、火箭运载能力，使单发火箭可以发射更多的卫星，从而降低成本。Starlink 抛弃了实验星的箱式设计，在 v0.9 及随后的卫星版本中采用平板式设计增加单次发射卫星数量，使“猎鹰-9”号运载火箭一次可发射 60 枚 1.0 版本卫星或 53 颗 1.5 版本卫星，大大降低了生产与发射成本。

在 2021 年 3 月 14 日的一次发射任务中，SpaceX 使用一枚猎鹰 9 号火箭共发射了 60 颗星链卫星，平均每颗卫星发射成本 61.53 万美元。Starlink V1.0 版本卫星重量 260kg，Starlink 系统每公斤发射成本 0.24 万美元。相较之下，Iridium Next 建设过程中，八次发射总金额 5.1 亿美元，系统共计 75 颗卫星，每公斤发射成本 0.79 万美元。Onweb2020 年上半年发射两次，使用联盟号 2.1b 火箭，单次发射 34 颗卫星。根据 FAA 年度报告的数据 Soyuz 2.1b 火箭发射价格为 8000 万美元，Onweb 系统每公斤发射价格 1.60 万美元。

可回收技术则使得发射成本大幅降低。SpaceX 公司的“猎鹰 9 号”火箭是一种可重复使用的火箭，它可以在多次发射任务中进行回收和再利用。SpaceX 公司掌握火箭回收技术，大幅降低 Starlink 卫星发射成本，以猎鹰 9 号火箭为例，发射成本从最初 6000 多万美元/次，其二次发射成本约为第一次的 70%，第三第四次发射成本约为第一次的 50%，在发射 10 次以上后，其单次发射成本约为首次发射的 1/3，可降到 50 万美元/颗以下。

图表26: 星链 Starlink 发射成本对比

时间	oneweb	Iridium Next	Starlink
火箭型号	联盟号2.1b	猎鹰9号Block5	猎鹰9号Block5
发射价格/万美元	8000	6375	3692
单次载星/颗	34	9-10	60
单颗卫星发射价/万美元	235	680	61.5
卫星重量/kg	147	860	260
平均发射成本/(万美元/kg)	1.6	0.79	0.24

资料来源：艾瑞咨询，方正证券研究所

4.4 商业模式

据 Starlink 官网，截至 2023 年 5 月，Starlink 用户数已达到 150 万以上，距 2021 年开启个人宽带商业服务以来实现了爆发式增长。2019 年 10 月 22 日 Starlink 正式进入运营状态，经过几年发展完善，于 2022 年 7 月 11 日公开了提供海上联机服务的海域范围，包括北美、欧洲、大洋洲及南美地区的海岸及海域。2022 年 2 月 15 日，星链公司总裁埃隆·马斯克在推特上公开发布，星链用户终端数量增长至 25 万。

截至 2023 年 7 月 30 日，官网公布了 residential（住户版）、business（商业版）、roam（旅行版）、mobility（动态版）和 maritime（海事版）、aviation（航空版）、IOT（物联网版）7 种版本。提供的 7 种业务类型，除硬件终端一次性收费外，均采用订阅制的月租费为主要盈利模式。

图表27:星链 Starlink 产品定价

版本	简介	价格
residential (住户版)	基本版本, 提供Starlink的高速、低延迟服务。用户可用于流媒体、视频通话、在线游戏等, 且易于个人用户自行安装。	服务费: 120美元/月 终端硬件: 599美元 运费: 50美元
business (商业版)	借助网络优先级, 用户可以期望高达220 Mbps的下载速度、高达25 Mbps 的上传速度和 25-50 毫秒的延迟, 从而为全球20+用户的办公室、店面和要求苛刻的工作负载提供高吞吐量连接。凭借更高的增益天线、额外的吞吐量分配和更好的极端天气性能, 企业可以确保全天候关键操作。	服务费: 250美元/月 终端硬件: 2500美元 运费: 50美元
roam (旅行版)	允许用户在运动时享受高速、低延迟的互联网。凭借广阔的视野和增强的GPS功能, 高性能Starlink可以连接更多的卫星, 从而在旅途中保持一致的连接。硬件是永久安装用户您的车辆上而设计的, 并且在恶劣的环境中具有弹性。	服务费: 150美元/月 终端硬件: 599美元 运费: 50美元
mobility (动态版)	是roam (旅行版) 的升级, 高速全球互联网, 高达220 Mbps下载。非常适合移动业务和公共部门使用, 包括卡车运输, 公共汽车, 班车和应急响应。Starlink Mobility在网络中具有最高的优先级, 这意味着即使在网络拥塞时, 该用户的连接也会被优先考虑, 对应应急响应人员尤为重要。	服务费: 250美元/月 终端硬件: 2500美元 运费: 100美元
maritime (海事版)	各种尺寸船只的全球海事覆盖, 海上下载速度高达220 Mbps。除了承受极端寒冷、炎热、冰雹、雨夹雪、大雨和大风外, Starlink还可以抵御火箭发动机。	服务费: 200美元/月 终端硬件: 2500美元 运费: 100美元
aviation (航空版)	Starlink可以为每架飞机提供高达350 Mbps的速度, 使所有机上乘客能够同时访问支持流媒体的互联网。由于延迟低至20毫秒, 乘客可以从事视频通话、在线游戏、虚拟专用网络和其他高数据速率活动。	服务费: 取决于机型 终端硬件: 15万美元 押金: 5000美元
IOT (物联网版)	为物联网设备提供全球成本最低的全球连接。	暂未发布

资料来源: Starlink 官网, 方正证券研究所

发送给客户的“Starlink 套件”包括四个重要部分: 用户终端 (也称为天线), 三脚架安装架, Wi-Fi 路由器和电源。

图表28:2021 年推出的早期普通版本



资料来源: 维基百科, 方正证券研究所

图表29:SpaceX 主管展示终端组装



资料来源: 维基百科, 方正证券研究所

4.5 军事应用

4.5.1 星链在军事领域中的潜在应用

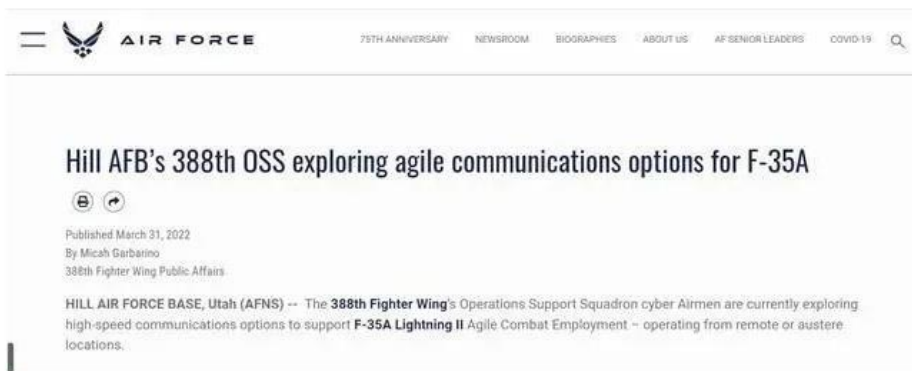
SpaceX 与美军展开了合作，其合作范围广、内容丰富、进展快，为“星链”的军事化应用提供了便利的试验环境。从与军种合作的角度看，美国陆军一方面表示正在探索卫星引导攻击目标的方案，另一方面与 SpaceX 签订“合作研究与开发协议”，并给出“星链”成本低、不易被干扰、可替代全球定位系统、精度更高的结论。美国空军与 SpaceX 合作开展了“全球闪电”项目、军事服务演示验证项目、低轨技术验证试验、商业太空互联网国防实验、“高级战斗管理”系统支撑验证、高速通信等项目。

图表30: 美军 C-12 运输机已得到“星链”提供的网络服务



资料来源：凤凰网新闻，方正证券研究所

图表31: 美国空军报道 F-35 战机与“星链”的融合测试



资料来源：凤凰网新闻，方正证券研究所

根据专家研究，星链在军事中的潜在应用可分为四个大类：

通信：星链凭借其低时延、高速、高可靠的全球卫星通信能力，可为机动部队提供超视距联通服务，控制远程传感器与飞行器，或实时传输战场信息，打通传感器与攻击平台的连接壁垒。“星链”卫星不仅可以降低延时，只有 15 ms~25 ms 左右的延时。此外，还可以提供高通量、覆盖全球、不存在死角的高速卫星互联网波束，可极大增强美军的通信能力。

侦察：“星链”实现了星间通信连接，“星链”的星座布局使得每个地区上空每隔很短一段时间就会有几颗卫星过境，多颗搭载侦察载荷的卫星可以彼此配

合，实现对特定目标的全天候侦察，或者与地面站、预警机、侦察机等结合，形成空天地一体的纵深侦察体系，大幅提升美军的全球感知能力。

导航：“星链”成功组网后，能够进一步提升美军 GPS 系统的精度。“星链”不仅传输速率可以达到 1Gbps，还可以通过软件升级实现与 GPS 信号的兼容。此外，由于低轨卫星信号较强，不易受地面信号干扰，在一定程度上提高了美军 GPS 系统的抗干扰能力。

攻击：“星链”搭载机械臂、弹头、激光、微波等攻击性载荷，可形成对天、对空、对地、对海等空间领域的多维度打击能力。

图表32:星链在军事中的潜在应用

军事功能	说明
军事通信	为运输机等作战单位提供通信网络
军事侦察	对全球军事节点进行侦查与监视
导航定位	为军事作战提供精准导航定位
防御预警	提升弹道导弹拦截能力
增强卫星弹性	面对反卫星武器供给容错率更高
无人机装备	指挥与控制无人装备

资料来源：《“星链”计划在俄乌军事冲突中的应用与启示》，方正证券研究所

4.5.2 星链在俄乌军事冲突中的应用

构建基于国家安全的卫星组网通信系统有重大军事战略意义。在俄乌冲突中，俄罗斯对乌克兰地面网络通信系统进行了摧毁，但 SpaceX 公司很快为乌克兰开通了 Starlink 星链网络服务，帮助乌克兰指挥战场上的无人机对俄军坦克装甲地面部队实施侦察和打击。

图表33:星链介入俄乌军事冲突

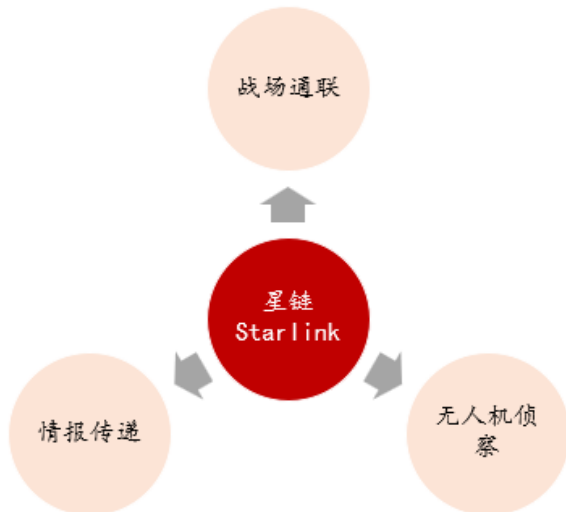


资料来源：中国经济观察网，方正证券研究所

星链在此次俄乌军事冲突中发挥了重要作用，帮助维持网络连接，感知战场态势，获取情报支援，保证指挥链路正常运转。2022 年 2 月，俄罗斯军队进入乌克兰开展特别军事行动。由于俄乌军事冲突导致乌克兰地区网络中断，为维持乌克兰网络连通，乌克兰副总理向埃隆·马斯克求助，希望其能为乌克兰提供

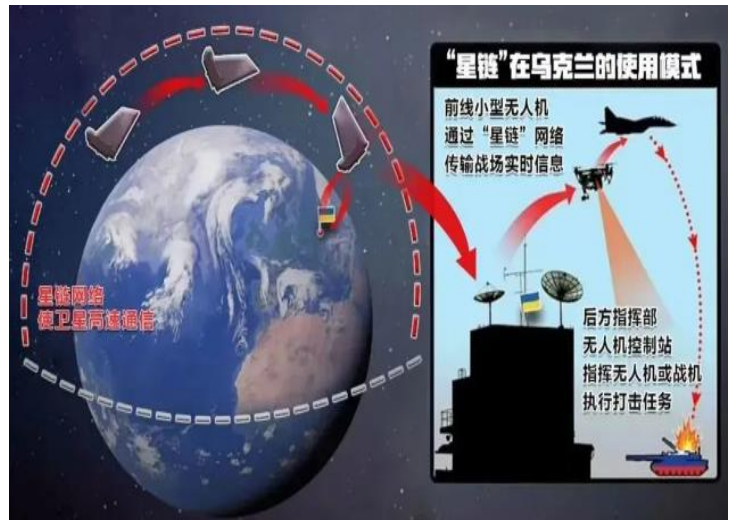
星链。随后，马斯克回应请求。截至 2023 年 4 月底，马斯克已向乌克兰提供超 1 万台星链终端。星链使得乌方信息通信始终没有全部中断或瘫痪，即使在乌克兰境内军事基础设施和重型武器装备基本被毁灭的情况下，乌军仍使用“标枪”反坦克导弹、“毒刺”防空导弹等单兵武器和“化整为零”的游击策略，在人员和武器装备方面均给予俄军打击。

图表34:星链 Starlink 在俄乌军事冲突中的应用



资料来源：《“星链”计划在俄乌军事冲突中的应用与启示》，方正证券研究所

图表35:星链 Starlink 在俄乌军事冲突中的使用模式



资料来源：《美国星链：全域覆盖，全时高效；冗余分布，抗毁力强》，方正证券研究所

利用星链技术维持战场通联。星链技术能维持战场通联，为无法接入互联网的区域提供通信链接，帮助乌军在蜂窝通信或光纤基础设施被俄军毁灭时，仍能实现乌克兰前方作战人员和后方指挥部的作战信息交互。

利用星链技术进行情报传递。在乌方持续获取情报链中，星链起到了极其关键的作用，事实是乌方曾用军用直升机将星链卫星地面终端设备运送给“亚速营”的乌克兰海军和武装人员，并在亚速钢铁厂利用该设备与乌总参谋部及时通信和传递情报。

利用星链技术实施无人机侦察。乌军在战时采用大量星链卫星终端保持指挥链正常运转，实现作战部队打击和无人机侦察有效配合。为及时掌握俄军动态，美空军多次出动 RQ-4B 全球鹰无人机开展侦察任务。乌军空中侦察部队则融合星链系统和美国协助开发的“德尔塔”（Delta）情报系统，采用改装或商用无人机对俄军事行动采取监视和高频侦察，协助乌军炮火主力对俄军阵地和战车进行有力打击，侦察效能和打击精度均大幅提升。

4.6 资金情况

星链 Starlink 拥有丰富的资金储备。马斯克曾公开表示，SpaceX 有足够的资金可满足星链计划第一阶段的需要。

Starlink 从全渠道寻求支持，同时全力拓展美国政府支持渠道。马斯克一方面正在寻求获得美国面向农村的宽带业务补贴资格。该计划由美国联邦通信委员会倡导提出，第一阶段提供 160 亿美元补贴资金，用于支持中标企业。

而且 Starlink 的营收反哺前景可期，星链预计未来向 3% 的美国偏远地区用户提供服务，预计资费为 80 美元/月。按此价格标准，3% 的美国用户约为 1000 万

人，每人每月 80 美元的资费，意味着其一年仅卫星互联网的收入就为 96 亿美元。

Starlink 基于“火箭+卫星+发射服务”的成熟商业模式，成功开展了多轮以亿美元计的融资，吸纳了谷歌母公司 Alphabet Inc 和富达投资（Fidelity Investments）等外部投资，并长期与 NASA 密切开展合作，获得了军方和 NASA 的大量资金和订单支持。

图表36:星链 Starlink 融资情况

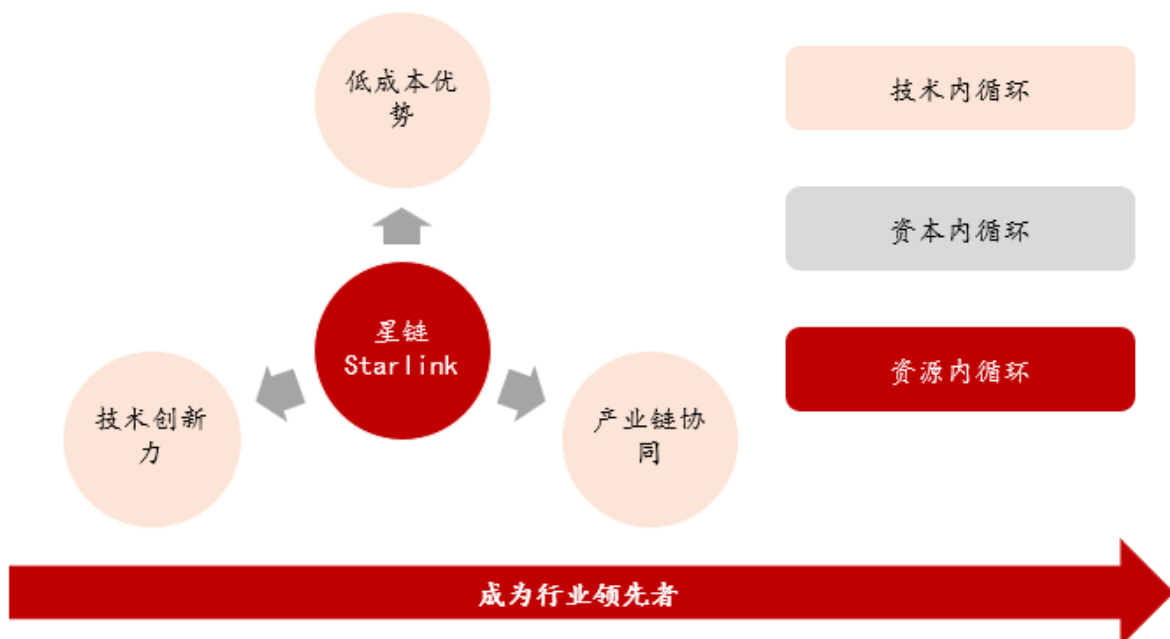
时间	融资情况
2012年	估值13亿美金
2015年	富达和google投资10亿美金，估值120亿美金
2019年	获得10亿美金融资，估值333亿美金
2022年	以77美金一股出售内部股权，估值1400亿美金
2023年	未透露融资资金来源，估值超1500-1600亿美金

资料来源：雪球，方正证券研究所

4.7 投资逻辑

资源整合、低成本、坚持技术驱动是星链保持领先优势的关键。通过整合资源，SpaceX 做到了商业环节的最优化，低成本火箭的研发成功促成“星链”计划的大规模建设。“星链”计划的收入重新投入到可重复使用等技术的研制中，通过技术迭代，研制更低成本的火箭，技术、资本和资源形成了内循环，消除了科技创新中的“孤岛现象”，促成了产业链和创新链双向融合，最终形成了显著的技术优势、资本优势和管理优势。

图表37:星链价值优势



资料来源：方正证券研究所

5 我国加速推进卫星互联网部署

5.1 我国卫星互联网发展历程

自 2020 年启动的新基建计划，卫星互联网首次被纳入通信网络基础设施范畴。近年来，我国航天、电子等部门分别启动了鸿雁、虹云等低轨星座卫星互联网工程建设计划。卫星互联网作为国家重要战略出现在公众视野，标志着中国卫星互联网踏上了新的征程，也激励着民营商业航天企业砥砺前行。

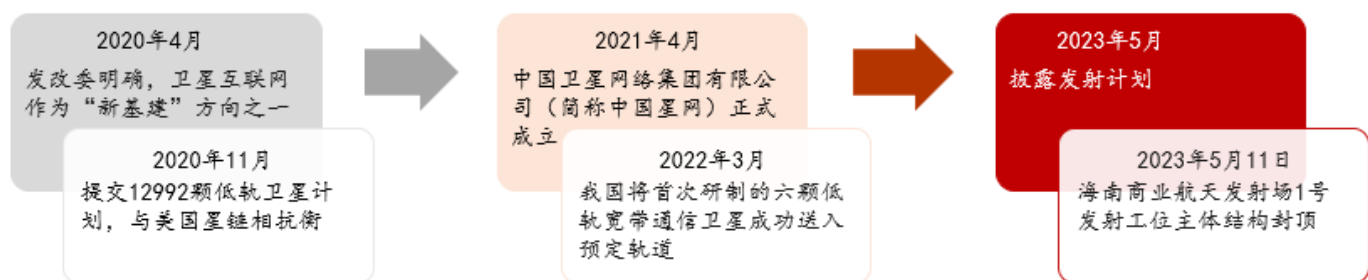
图表38：“新基建”中信息基础设施



资料来源：商务部，方正证券研究所

我国已经在卫星通信系统方面开始全面布局。中国航天科技和航天科工集团，二者分别启动了“鸿雁星座”和“虹云工程”。2021 年我国已经圆满完成低轨宽带卫星与灵巧 5G 专网融合试验。未来，我国将用 12992 颗卫星打造太空“国网”。

图表39：中国卫星互联网发展里程碑



资料来源：方正证券研究所

我国加速推进卫星互联网建设，关键节点包括：

2020 年 4 月，发改委明确“新基建”范围，包括以卫星互联网为代表的通信网络基础设施，作为“新基建”方向之一，国内卫星互联网产业迎来快速发展机遇。

2020 年 11 月向 ITU 提交 12992 颗低轨卫星的“GW”计划，与美国星链计划相抗衡。

2021 年 4 月，中国卫星网络集团有限公司（简称中国星网）正式成立，卫星互联网作为国家重要战略出现在公众视野，标志着中国卫星互联网踏上了新的征程，也激励着民营商业航天企业砥砺前行。

2022 年初，由我国自主研制的 6 颗低轨宽带通信卫星正式出厂。这标志着我国首次批量研制低轨宽带通信卫星，其单星研制成本对比银河航天首发星已下降一半以上。

2023 年 5 月，披露发射计划，星网计划有望加速落地。5 月 11 日，海南商业航天发射场项目 1 号发射工位主体结构封顶，海南商发预计年底完成所有建设工作，全力实现 2024 年 6 月前首飞目标任务（即星网工程发射任务）。

5.2 中国航天企业快速布局

我国卫星互联网处于前期建设阶段。卫星互联网产业发展受国家和地方政策大力支持，我国通过设立星网公司统筹建设，推动产业链成熟。随着星网星座拉开建设大幕，我国卫星互联网正处于腾飞前夕。“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星座计划，并发射了试验星。目前国内已发布的卫星星座项目计划中组网数量在 30 颗以上的低轨道卫星项目已达 10 个，项目规划总卫星发射数量超过 1 万颗，卫星发射将集中在 2022-2025 年。

图表40: 国内主要通信卫星星座计划

属性	星座名称	运营方	用途	卫星数量
国有	中国星网	中国卫星网络集团有限公司	卫星互联网（宽带）	12,992
	鸿雁星座	中国航天科技集团有限公司	卫星互联网（宽带）	324
	天基互联星座	上海蔚星数据科技有限公司	卫星互联网（宽带）	186
	虹云工程	中国航天科工集团有限公司	卫星互联网（宽带）	156
	天地一体化信息网络	中国电科 38 所	卫星互联网（宽带）	100
	行云工程	航天行云科技有限公司	卫星互联网（宽带）	80
	“瓢虫系列”卫星	西安中科天塔科技股份有限公司	卫星互联网（宽带）	72
民企	银河 Galaxy	银河航天（北京）科技有限公司	卫星互联网（宽带）	1,000
	天启	北京国电高科科技有限公司	卫星互联网（宽带）	36

资料来源：浙江铖昌科技招股说明书，方正证券研究所

鸿雁星座：由中国航天科技集团于 2016 年底发起，并在重庆成立东方红卫星移动通信有限公司负责运营，2018 年 12 月完成技术验证星发射入轨标志着该星座建设全面启动。按照规划，鸿雁一期由 60 颗卫星组成；鸿雁二期预计 2025 年建设完成。整个系统由 324 颗卫星组成，可实现覆盖全球的互联网接入。

虹云星座：由中国航天科工集团发起，计划发射 156 颗卫星实现全球组网，2018 年 12 月完成技术验证星发射入轨。整个“虹云工程”分三步完成，第一步计划在 2018 年前，发射第一颗技术验证星，实现单星关键技术验证，现已完

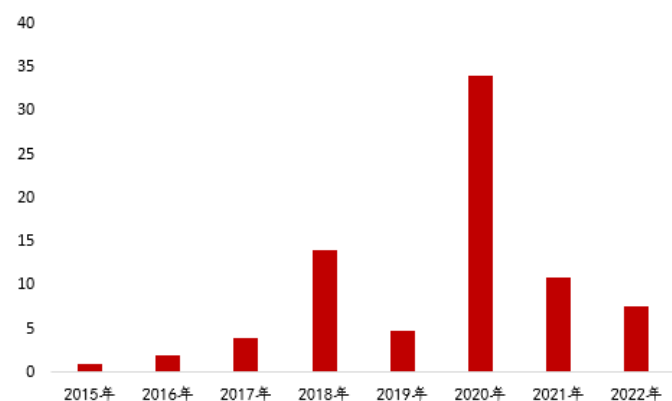
成；第二步发射 4 颗业务试验星，组建一个小星座，让用户进行初步业务体验；第三步到 2025 年左右，实现全部 156 颗部署，完成星座构建。

银河 Galaxy：成立于 2018 年，是一家民营初创型公司，该公司计划发射上千颗低轨 5G 通信卫星，在 1200km 的近地轨道组成星座网络，让用户可以高速灵活地接入 5G 网络。2020 年 1 月完成首颗 200kg 量级卫星发射并进入预定轨道，是我国首颗低轨宽带 5G 卫星。

5.3 中国卫星互联网资本市场表现活跃

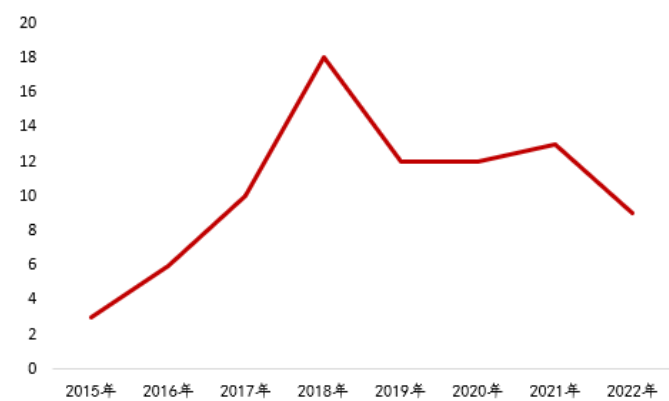
民间资本助力卫星互联网发展，市场融资集中卫星制造领域。2014 年国务院出台了《关于创新重点领域投融资机制鼓励社会资本的指导意见》，首次鼓励民间资本进入卫星研制、发射和运营商业遥感卫星，提供市场化、专业化服务，引导民间资本参与卫星导航地面应用系统建设。近几年来，Starlink 星座建设突飞猛进，进一步验证了大规模低轨通信卫星星座组网建设的可操作性，为国内资本市场对包括卫星互联网在内的商业航天领域的投资布局形成了良好的示范效应和带动作用。

图表41:2015-2022 年中国卫星互联网行业整体融资金额
(单位: 亿元)



资料来源: IT 桔子, 前瞻产业研究院, 方正证券研究所

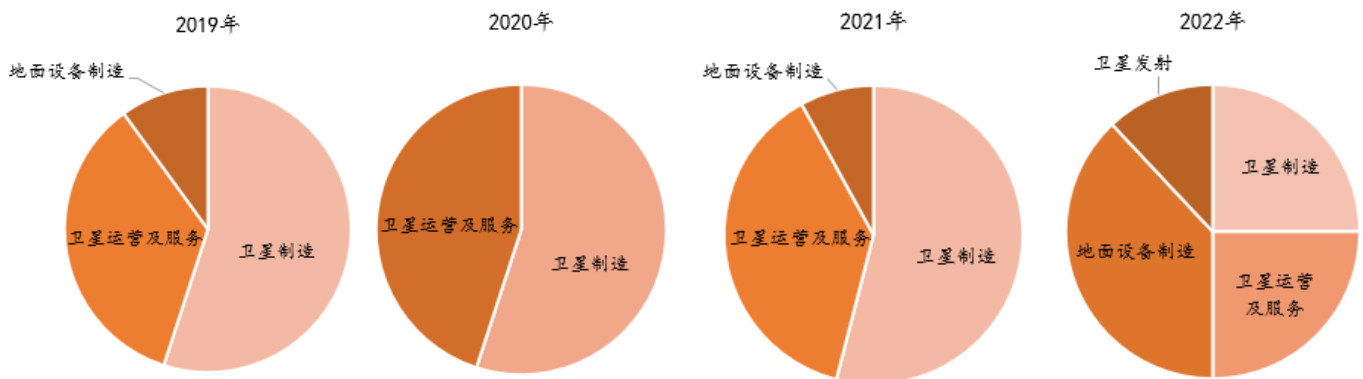
图表42: 2015-2022 年中国卫星互联网行业整体融资件数
(单位: 件)



资料来源: IT 桔子, 前瞻产业研究院, 方正证券研究所

2018 年我国卫星互联网资本市场开始逐渐活跃。根据 IT 桔子数据库, 2017 年以前我国卫星互联网行业融资金额和事件数量规模均较小, 2021 年我国卫星互联网行业发生融资事件共 13 起, 融资金额共 10.92 亿元。截至 2022 年 11 月 8 日, 我国卫星互联网行业发生融资事件 9 起, 融资金额为 7.53 亿元。从卫星互联网行业的投资轮次来看, 目前卫星互联网行业的融资轮次仍然处于早期阶段。根据对卫星互联网行业投资主体的总结, 目前我国卫星互联网行业的投资主体主要以大型私募股权投资类为主, 代表性投资类主体有红杉资本中国、同创伟业、奇绩创坛等。

图表43:2019-2022年卫星互联网行业融资热点变化



资料来源：IT 桔子，前瞻产业研究院，方正证券研究所

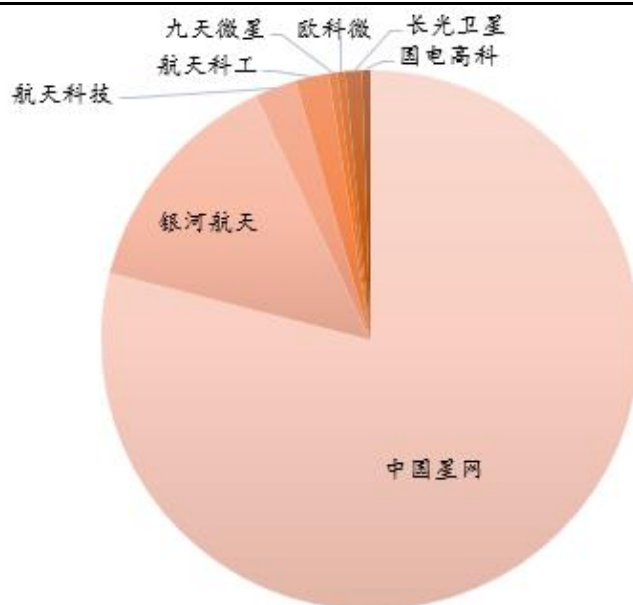
卫星制造领域一直是卫星互联网行业的投资热点。从 2019-2022 年融资企业的主营产品分析，2019 年-2021 年卫星制造领域投资事件占总投资事件的比重超过 50%。到了 2022 年，新涌现出地面设备制造和卫星发射两个赛道。

5.4 对标“星链”，中国星网蓄势待发

5.4.1 部署计划

2021 年 4 月，国资委发布公告宣布组建“中国卫星网络集团有限公司”，中国星网在雄安新区揭牌。根据中国星网向 ITU 提交的星座频谱申请，中国星网计划建设一个包含 12992 颗卫星的庞大星座系统。从目前已经发布规划的星座计划数量来看，未来中国星网将成为我国卫星互联网行业的“带头人”。

图表44:截至 2022 年底中国卫星互联网重点代表计划卫星数量份额



资料来源：前瞻产业研究院，方正证券研究所

目前我国已经发布计划的星座项目大部分已经发射了试验星，从已经发布计划的卫星星座规划来看，卫星互联网卫星规划总数量超过 1.6 万颗，其中中国星网的星网工程计划占到绝大多数。

根据 ITU 公开资料显示，中国星网“GW”星座申请于 2020 年 11 月 9 日被正式接收，包含两个子星座 GW-A59 和 GW-2，总卫星数 12992 颗。轨道高度属于 500km~2000km 低轨区域。轨道倾角范围为 30°~85°。使用频段范围为 37.5~51.4 GHz，分布在 Ka 和 V 频段。

图表45:中国星网“GW”计划

中国星网项目	数量(颗)	使用频段	轨道
GW-A59	6080	Ka、V	500KM 极低轨道
GW-2	6912	Ka、V	1145KM 近地轨道

资料来源: NewSpace Index, 方正证券研究所

ITU 要求，卫星星座申请后必须在一定时限内完成星座建设。根据 ITU 最新的里程碑规则，在监管日期之后的 2 年/5 年/7 年内，必须将整个星座的 10%/50%/100% 的卫星发射并正式投入使用，逾期将对星座资源予以削减或取消。以此日期推断，在 2029 年 GW 星座要完成至少 1299 颗卫星的发射入轨；在 2032 年完成至少 6496 颗卫星的发射入轨；并在 2034 年底前，GW 星座有望建设完成并投入使用。

5.4.2 战略地位

中国星网统筹规划我国卫星互联网领域发展。中国星网是中央直接管理的唯一一家从事卫星互联网设计建设运营的国有骨干型企业，致力于打造卫星互联网产业发展的核心力量和组织平台，成为具有全球竞争力的世界一流卫星互联网公司。

图表46:中国星网集团所属企业



资料来源: 爱企查, 方正证券研究所

公司董事长为张冬辰，曾任中国电子信息产业集团总经理。从国资委官网目前中央企业名录中可以看到，中国电信排列序号为 23，中国联通排列序号为 24，中国移动排列序号为 25，中国卫星网络集团排列序号为 26，这也是国资委公布的央企名单中仅次于电信、联通、移动之后的又一家通信运营商。目前中国星

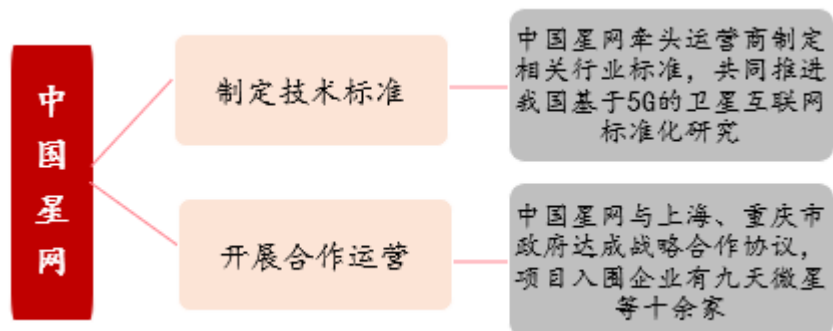
网集团已经在北京、上海、重庆、成都等四地建立了七家所属企业，涵盖了网络系统、创新、应用多方面维度，未来将继续加快产业布局，进一步完善卫星通信领域的研究与应用。

5.4.3 最新进展

技术标准方面，中国星网牵头运营商制定相关行业标准。2023年3月，据中国通信标准化协会消息称，由中国卫星网络集团有限公司总体牵头，中国电信集团有限公司、中国移动通信集团有限公司、中国卫通集团股份有限公司、中国联合网络通信集团有限公司、中国信息通信研究院联合牵头，十余家相关单位参加，共同推进我国基于5G的卫星互联网标准化研究，该标准项目预期完成基于5G的卫星互联网总体技术规范。该标准的研究有望推动移动终端直连卫星、物联接入等重要场景的规模应用，切实指导卫星互联网的建设和运营。

运营平台方面，目前中国星网与上海、重庆市政府达成战略合作协议，项目入围企业有九天微星等十余家。2021年12月，中国星网网络应用有限公司和重庆星网网络系统研究院有限公司在重庆两江新区揭牌。前者承担卫星互联网应用产业发展任务，与重庆共同构建卫星互联网产业体系；后者则致力于卫星互联网地面系统建设及运行维护仿真系统建设。

图表47:中国星网最新进展



资料来源：爱企查，方正证券研究所

分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，保证报告所采用的数据和信息均来自公开合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地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。研究报告对所涉及的证券或发行人的评价是分析师本人通过财务分析预测、数量化方法、或行业比较分析所得出的结论，但使用以上信息和分析方法存在局限性。特此声明。

免责声明

本研究报告由方正证券制作及在中国（香港和澳门特别行政区、台湾省除外）发布。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告内容仅供我公司适当性评级为 C3 及以上等级的投资者使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。若您并非前述等级的投资者，为保证服务质量、控制风险，请勿订阅本报告中的信息，本资料难以设置访问权限，若给您造成不便，敬请谅解。

在任何情况下，本报告的内容不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求，方正证券不对任何人因使用本报告所载任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。

本报告版权仅为方正证券所有，本公司对本报告保留一切法律权利。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处且不得进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

评级说明：

类别	评级	说明
公司评级	强烈推荐	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数有20%以上的涨幅。
	推荐	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数有10%以上的涨幅。
	中性	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数在-10%和10%之间波动。
	减持	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数有10%以上的跌幅。
行业评级	推荐	分析师预测未来12个月内行业表现强于同期基准指数。
	中性	分析师预测未来12个月内行业表现与同期基准指数持平。
	减持	分析师预测未来12个月内行业表现弱于同期基准指数。
基准指数说明		A股市场以沪深300 指数为基准；香港市场以恒生指数为基准，美股市场以标普500指数为基准。

方正证券研究所联系方式：

北京：西城区展览馆路 48 号新联写字楼 6 层

上海：静安区延平路71号延平大厦2楼

深圳：福田区竹子林紫竹七道光银行大厦31层

广州：天河区兴盛路12号楼隼峰苑2期3层方正证券

长沙：天心区湘江中路二段36号华远国际中心37层

网址：<https://www.foundersc.com>

E-mail：yjzx@foundersc.com