



Research and  
Development Center

# 空天地一体，蓄势待发

——卫星互联网掘金系列（1）

2023年6月24日

蒋颖 通信行业首席分析师

S1500521010002

+86 15510689144

[jiangying@cindasc.com](mailto:jiangying@cindasc.com)

- ◆ **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，有望成为 6G 主流发展方向之一。**从产业链结构来看，卫星互联网主要由基础设施建设、卫星互联网运营以及终端用户三大部分组成，其中最为核心的为卫星制造、卫星发射、地面设备、卫星运营及服务四大环节。我们认为历经近 40 年的发展，目前卫星互联网正步入高速率宽带互联网阶段，卫星互联网技术持续升级：1) 低轨卫星互联网加速发展；2) Ka 等高频段成各国布局和竞争重点；3) 星上处理+星间链路促进星间组网逐渐普及；4) 高低轨异构星座趋向融合；5) 卫星互联网与 5G/6G 加速融合。
- ◆ **多环节共同推动全球卫星互联网发展。**1) 技术发展推进：低轨卫星星座相关技术、“一箭多星”和“可回收发射”的火箭发射技术不断发展成熟，有效降低卫星互联网建设成本；2) 频轨资源稀缺：由于国际电信联盟（ITU）规定轨道和频段资源获取遵循“先到先得”原则，低轨卫星所主要采用的 Ku 及 Ka 通信频段资源也逐渐趋于饱和状态，太空资源的争夺具有迫切性；3) 商业价值潜力：卫星互联网作为地面通信系统的有效补充和未来 6G 的重要组成部分，下游应用市场广阔，具有较大的商业潜力和前景；4) 军事意义重大：低轨互联网卫星系统得益于其全球化高带宽的波束覆盖，有望增强军队的信息化能力，具有重要军用价值。国外 SpaceX（美国）、OneWeb（英国）、亚马逊（美国）、Telesat（加拿大）、O3b（欧洲）、Viasat（美国）等多家欧美企业相继提出 Starlink、OneWeb、Project Kuiper、Lightspeed、O3b、Viasat 卫星互联网星座计划。
- ◆ **欧美领跑，我国加速推进卫星互联网部署。**虽然起步较晚，但随着 2020 年卫星互联网首次纳入新基建范畴，卫星互联网已经上升为国家战略性工程，有望迎来市场“破茧”和产业链“成蝶”的重要历史发展机遇期：1) 政策端：卫星互联网纳入“新基建”，政策持续大力支持；2) 技术端：我国技术储备基本完备，积极布局低轨卫星星座；3) 资本端：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；4) 产业链端：我国卫星互联网产业发展已经较为完善。其中（1）卫星制造环节：国家队领航，民营企业聚焦零部件制造；（2）卫星发射环节：国有企业为主，发射降本成发展重点；（3）地面设备环节：C 端市场广阔，民营企业参与众多；（4）卫星运营环节：中国星网成立，牵头统筹我国卫星互联网建设，通过集中力量办大事的制度优势，有望快速构建卫星网络，加强竞争实力。
- ◆ **投资建议：**建议重点关注铖昌科技、海格通信、光库科技、盛路通信、信科移动-U、华力创通、盛路通信、震有科技、振芯科技、新劲刚、欧比特、中国卫星、宏达电子、鸿远电子、臻镭科技、创意信息、天奥电子、霍莱沃等。
- ◆ **风险因素：**组网建设进度及投资规模低于预期；卫星频率和轨道资源竞争风险；各环节技术发展及降本不及预期风险；中美贸易摩擦加剧。

## 目录

一、卫星互联网：天地互联，渐行渐近	5
1、卫星互联网：基于通信卫星组网，有望成为主流通信方式之一	5
2、卫星互联网发展：步入高速率宽带互联网阶段	10
3、卫星互联网技术持续升级，有望成为 6G 主流发展方向之一	12
二、欧美领跑，我国加速推进卫星互联网部署	24
1、全球代表星座 Starlink：目标部署超万颗的低轨卫星	24
2、其他国外代表星座简介	29
三、我国卫星互联网起步较晚，年内有望取得突破	31
1、发展卫星互联网具备迫切性，我国积极推进中	31
2、我国已形成较完整的卫星互联网产业链	37
四、重点公司介绍	41
五、投资建议	46
六、风险因素	47

## 表目录

表 1：卫星互联网优点	5
表 2：卫星轨道分类	13
表 3：不同卫星波束参数对比	15
表 4：近年来不同轨道通信卫星采用的多波束天线配置	16
表 5：卫星通信使用无线电频率概况	16
表 6：典型卫星互联网使用频率	17
表 7：星间链路基本概况	19
表 8：高低轨卫星应用系统优缺点对比	20
表 9：Starlink 星座参数	25
表 10：Starlink 产品服务	27
表 11：我国卫星互联网相关政策	32
表 12：我国部分关键技术积累	33
表 13：我国低轨卫星星座建设	34
表 14：卫星通信产业链主要环节	37

## 图目录

图 1：卫星互联网一般组成	6
图 2：卫星互联网的组网方式	7
图 3：卫星互联网产业链	8
图 4：卫星系统分类	10
图 5：卫星互联网历史沿革	11
图 6：卫星互联网技术成熟度与关注度示意图	12
图 7：全球通信卫星发射统计（2001—2020 年）	13
图 8：全球 LEO 在轨卫星用途分类（截至 2021 年 12 月）	13
图 9：HTS 和 FSS 对比	14
图 10：卫星通信向高频发展	18
图 11：融合终端功能组成示意图	20
图 12：平台融合网络架构示意图	20
图 13：天地一体网络的系统结构示意图	22
图 14：6G 卫星通信网络三阶段演进路线	23
图 15：Starlink 发展历程	24
图 16：Starlink 卫星迭代演进过程	26
图 17：Starlink 卫星各版本设计	26
图 18：猎鹰 9 号火箭	26
图 19：猎鹰火箭回收示意图	26
图 20：Starlink 地面终端外形图	27
图 21：Starlink 地面关口站	27
图 22：OneWeb 卫星布局示意图	29
图 23：O3b 卫星系统	29
图 24：Kuiper 计划	30
图 25：2029 年全球近地轨道卫星布局及占比	31
图 26：我国卫星互联网行业融资情况(单位:亿元,起)	35
图 27：我国卫星互联网行业投融资轮次情况(单位:起)	35
图 28：我国卫星互联网行业融资产品变化(单位:%)	36
图 29：我国卫星互联网市场规模预测(单位:亿元)	37
图 30：2019 年全球卫星产业细分结构图	37

图 31: Starlink 单星及相控阵平板示意图 .....	38
图 32: 2021 年我国航天发射次数居世界第一 .....	38
图 33: 卫星互联网核心应用场景 .....	39
图 34: 中国星网落户雄安 .....	40
图 35: 中国国内卫星互联网相关公司 .....	41
图 36: 铖昌科技在相控阵系统所处位置 .....	42
图 37: 铖昌科技营收稳步增长 .....	42

## 一、卫星互联网：天地互联，渐行渐近

### 1、卫星互联网：基于通信卫星组网，有望成为主流通信方式之一

卫星互联网是基于卫星通信的互联网，是对传统地面通信的重要补充之一。根据《“新基建”之中国卫星互联网产业发展研究白皮书》，卫星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能力的大卫星系统，是一种能够完成向地面和空中终端提供宽带互联网接入服务的新兴网络。卫星互联网具有覆盖面积广、低延时、低成本等优点，尤其适用于无基站覆盖的海洋、沙漠及山区等偏远地区，可作为传统地面通信的重要补充，未来有望成为主流的通信方式之一。

表 1：卫星互联网优点

优点	具体描述
广覆盖	<b>实现全球宽带无缝通信：</b> 作为地面网络的补充和延伸，实现有线电话网和地面移动通信网均无法实现的广域无缝隙覆盖，有效解决通信基础设施匮乏地区互联网接入问题。
低延时	<b>实现延时与地面网络相当：</b> 卫星网络布置于近地轨道，数据信号在卫星与地面终端往返传输延时被大大降低，达到几十毫秒级别的较低延时。
低成本	<b>建设成本低于地面通信设施：</b> 与地面 5G 基站和海底光纤光缆等通信基础设施相比，具有显著成本优势。现代小卫星研发制造成本低，软件定义技术又可以进一步延长在轨卫星使用寿命。
宽带化	<b>高通量卫星技术日渐成熟：</b> 高频段、多点波束和频率复用等技术的使用显著提升了宽带能力，降低了单位宽带成本，能满足高信息速率业务的需求，极大地拓展了应用场景。

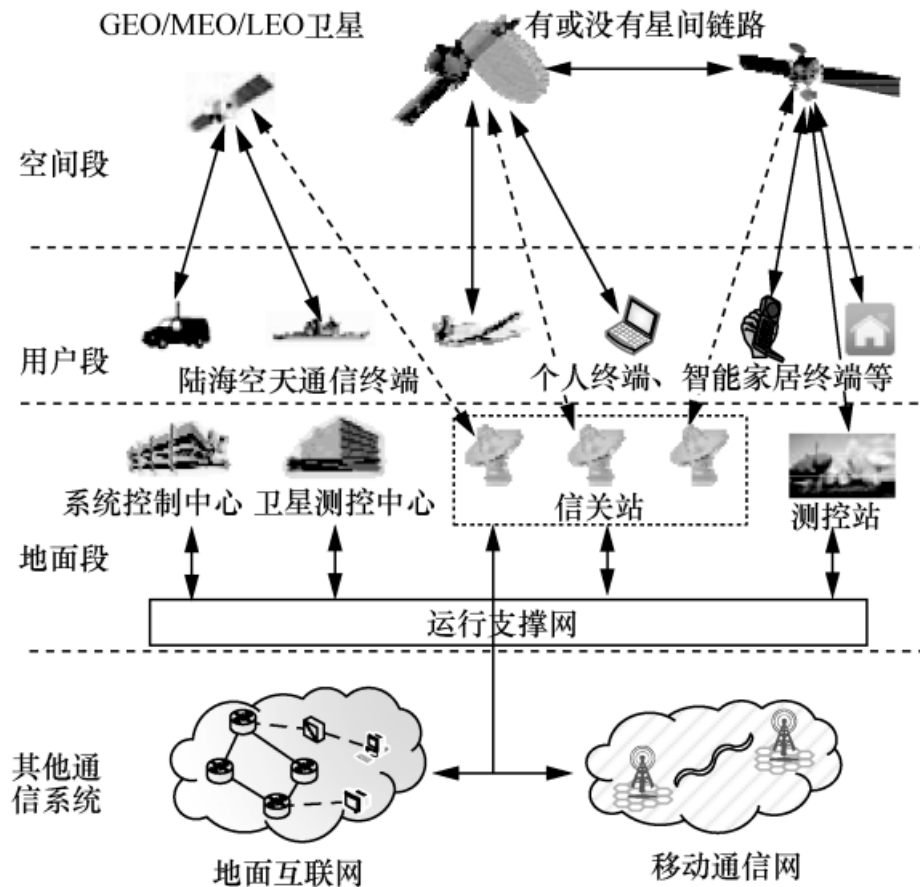
资料来源：《“新基建”之中国卫星互联网产业发展研究白皮书》，信达证券研发中心

**从构成上来看，卫星互联网一般由空间段、地面段和用户段构成：**

**空间段：**以通信卫星为主体，接收和转发卫星信号，提供用户链路承载功能。本段提供信息中继服务的卫星星座，包含一或多颗卫星，这些卫星可以工作在 GEO、MEO 或 LEO 轨道，也可以同时包括 2 种或 2 种以上轨道类型的卫星，卫星之间可以有或没有星间链路；

**地面段：**一般包括卫星测控中心及相应的卫星测控网络、系统控制中心及各类信关站（Gateway）等，提供供电链路，起到连接地面核心网的作用，实现卫星互联网与公共通信网的业务交互功能。其中**卫星测控中心及相应的测控网络**负责保持、监视和管理卫星的轨道位置和姿态、控制卫星的星历表等；**系统控制中心**负责处理用户登记、身份确认、计费和其他的网络管理功能等；**信关站**负责呼叫处理、交换及与地面通信网的接口等；

**用户段：**包括各类用户终端设备及应用场景的支持设施，如供用户使用的手持机、便携站、机（船、车）载站等各种陆海空天通信终端。

**图 1：卫星互联网一般组成**


资料来源：《卫星互联网若干关键技术研究》，信达证券研发中心

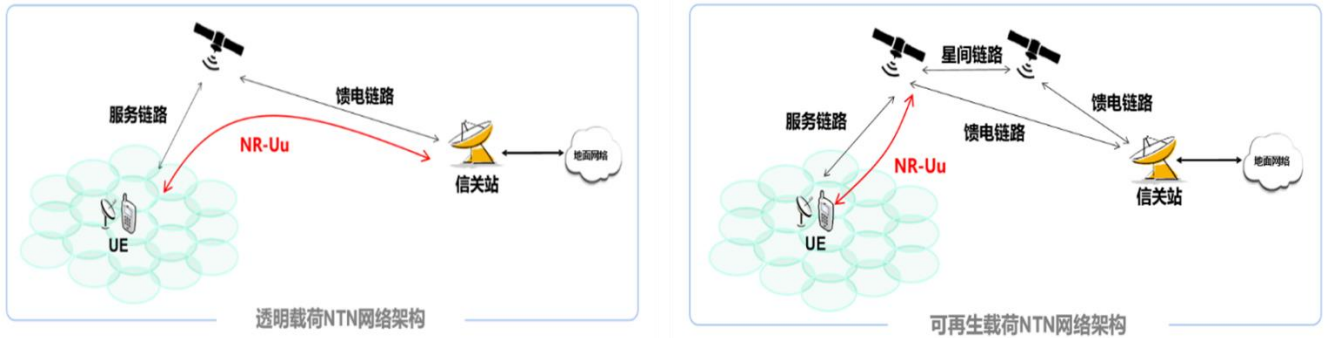
**从卫星互联网的组网方式来看**，在目前的非地面网络（NTN）相关协议中，根据星上载荷的不同，可以分为“透明载荷”的透明转发工作模式和“可再生载荷”的星上处理转发工作模式：

**透明载荷**：也称作透明转发，实际上把卫星仅当作信号中继的链路。用户终端只能通过卫星一跳与信关站建立连接，再经信关站连接到地面互联网。这种组网方式要求系统中设置非常多的信关站，各信关站可以独立工作，没有信关站覆盖的地方，用户终端无法接入互联网，因此透明载荷架构可以利用已有卫星，技术上实现起来较为容易，成本也低，但卫星和基站之间的路径长，时延大，不支持星间协作，需部署大量信关站；

**可再生载荷**：又称作基站上星，卫星具备星上处理和交换能力及星间通信能力。系统中不需要部署很多的信关站，用户终端可通过多颗卫星的中继建立与信关站的连接，从而访问地面互联网，但可再生载荷这种架构必须改造并新发射卫星，技术复杂，成本高，优点是终端和卫星基站之间的时延短，且由于有星间链路的存在，可以减少一些信关站的部署。

**卫星互联网的工作过程为**：用户终端开机后首先进行注册申请，注册成功后，如果用户有通信要求，就通过控制信道申请建立连接；如果连接申请被接受，系统就通过控制信道向用户终端分配资源，包括使用的卫星和信关站标识码、上下行点波束号、时隙、频率或码字信息等；收到资源分配命令后用户终端即可建立连接；由于用户和卫星都可能是移动的，通信过程中还需要进行星间或波束间切换；连接结束后，用户终端释放信道，系统收回分配的网络资源。

图 2：卫星互联网的组网方式



资料来源：《从 NTN 国际标准看 5G-A/6G 空天地一体化技术演进》，信达证券研发中心整理

从产业链结构来看，卫星互联网主要由基础设施建设、卫星互联网运营以及终端用户三大部分组成，其中最为核心的为卫星制造、卫星发射、地面设备、卫星运营及服务四大环节。卫星互联网与传统卫星通信产业类似，可以划分为上游、中游、下游，产业链上游包括卫星制造、卫星发射、地面基础设施等环节，构建了卫星通信的基础设施，达到卫星通信的基本条件；产业链中游是卫星通信运营商，提出卫星方案服务、资源服务、产品服务等，旨在实现客户卫星通信需求；产业链下游为卫星互联网的终端用户。

### 1) 基础设施又可以分为空间段和地面段：

基础设施的空间段包括卫星制造和卫星发射：

卫星制造环节主要包括卫星平台、卫星载荷。卫星平台包含结构系统、供电系统、推进系统、遥感测控系统、姿轨控制系统、热控系统以及数据管理系统等；卫星载荷环节包括天线分系统、转发器分系统以及其它金属/非金属材料 and 电子元器件等；

卫星发射环节包括火箭制造以及发射服务；

基础设施的地面段包括地面基础设施和用户终端：

地面基础设施包括固定地面站、移动式地面站（静中通、动中通等）：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；

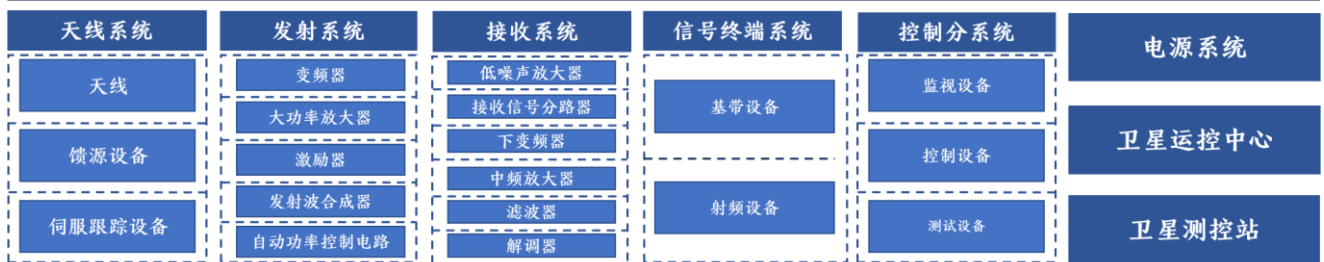
用户终端包含设备上游关键零部件及下游终端设备；

### 2) 卫星运营及服务主要包含卫星移动通信服务、宽带广播服务以及卫星固定服务等；

### 3) 终端用户可以分为特殊领域和民用领域，按照客户类型可以划分为海上用户、航空用户、陆地用户等。

**图 3：卫星互联网产业链**




**地面设备**
**固定地面站**

**移动站**

集成式天线

调制解调器

其他设备

**用户终端**
**零部件**

基带芯片

射频芯片

功率放大器

调制解调器

**终端设备**

卫星电视终端

卫星移动终端

卫星无线电视设备

物联网移动终端

卫星导航系统硬镜

**卫星运营及服务**

卫星移动通信服务

移动数据

移动语音

宽带广播服务

卫星电视服务

卫星广播服务

无线宽带服务

卫星固定服务

转发器租赁

管理网络服务

资料来源: 《“新基建”之中国卫星互联网产业发展研究白皮书》, 信达证券研发中心

## 2、卫星互联网发展：步入高速率宽带互联网阶段

卫星互联网属于卫星产业中卫星通信的重要组成部分，按技术领域和服务方式进行分类，卫星产业主要包括卫星通信、卫星导航、卫星遥感以及卫星综合应用等，随着航天技术的发展，与卫星产业相关的产品和服务已经广泛应用于各个行业：

**卫星通信：**是利用卫星中的转发器作为中继站，通过反射或转发无线电信号，实现两个或多个地球站之间的通信，是现代通信技术与航天技术的结合，并用计算机对其进行控制的先进通信方式，是目前卫星技术最具产业化的应用方向之一，构成了卫星产业的最主要组成部分。卫星通信广泛应用于通信广播、数据传输、政府应急保障等方面，是信息化社会重要的基础设施；

**卫星导航：**产品和服务在车辆监控和导航、海上运输和渔业、大地测量（测绘、勘探）等领域具有广泛应用，导航卫星包括沿着地球静止轨道运行的卫星，也包括沿着倾斜地球同步轨道和中圆地球轨道运行的卫星；

**卫星遥感：**在国土资源监测、气象监测、防灾减灾等社会公益性服务方面提供了不可或缺的重要技术支持，遥感卫星通常是沿着地球同步轨道运行的。

图 4：卫星系统分类



资料来源：北斗卫星导航系统官网，信达证券研发中心整理

根据赛迪顾问的《“新基建”之中国卫星互联网产业发展研究白皮书》，从发展历程来看，卫星互联网相对地面通信，历经近 40 年发展经历了三个阶段：

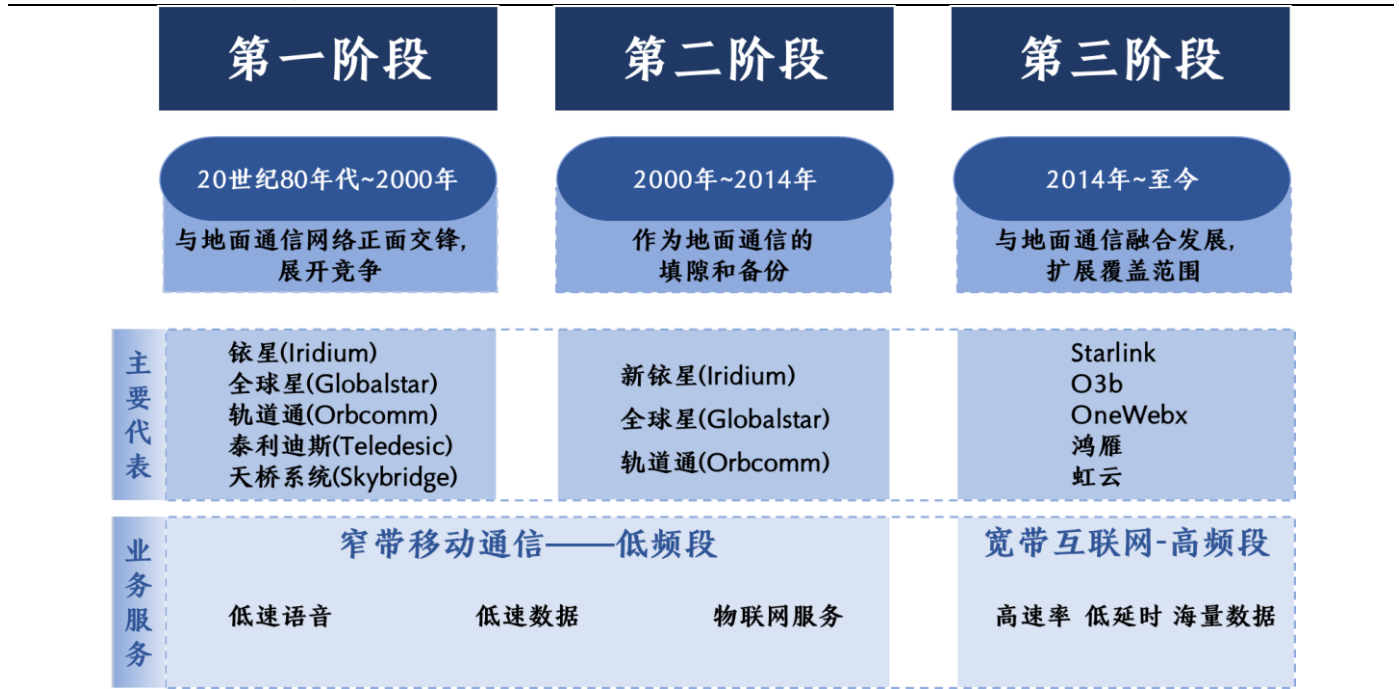
**与地面通信网络竞争阶段(20 世纪 80 年代~2000 年)：**以摩托罗拉公司“铱星”星座为代表的多个卫星星座计划提出，“依星”星座通过 66 颗低轨卫星构建一个全球覆盖的卫星通信网。这个阶段主要以提供语音、低速数据、物联网等服务为主。随着地面通信系统快速发展，其通信质量、资费价格等方面对卫星通信全面占优，卫星通信网在与地面通信网络的竞争中宣告失败；

**对地面通信网络补充阶段(2000~2014 年)：**以新铱星、全球星和轨道通信公司为代表，定位主要是对地面通信系统的补充和延伸；

**与地面通信网络融合阶段(2014 年至今)：**以一网公司(OneWeb)、太空探索公司(SpaceX)

等为代表的企业开始主导新型卫星互联网星座建设。卫星互联网与地面通信系统进行更多的互补合作、融合发展。卫星工作频段进一步提高，向着高通量方向持续发展，卫星互联网建设逐渐步入宽带互联网时期。

图 5: 卫星互联网历史沿革



资料来源: 《“新基建”之中国卫星互联网产业发展研究白皮书》, 信达证券研发中心

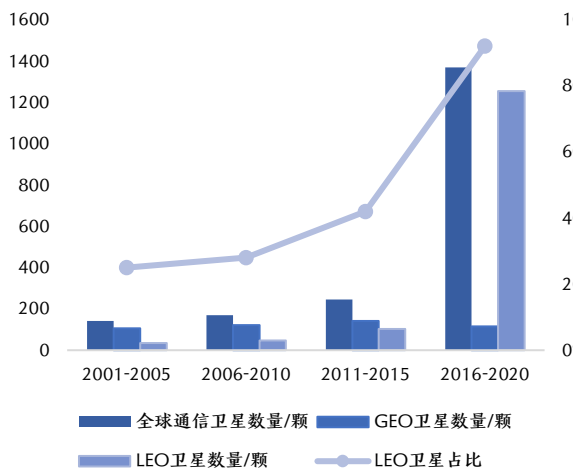
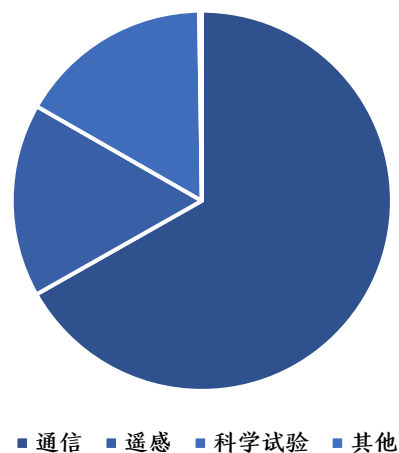


**表 2: 卫星轨道分类**

卫星轨道类型	轨道高度	特点	卫星用途
LEO (低轨道)	300-2000km	传输时延、覆盖范围、链路损耗&功率较小	对地观测、测地、通信等
MEO (中轨道)	2000-35786km	传输时延、覆盖范围、链路损耗&功率大于 LEO 但小于 GEO	导航
GEO (地球静止轨道)	35786km	存在较长传输时延和较大的链路损耗	通信、导航、气象观测等
SSO (太阳同步轨道)	< 6000 千米	轨道平面与太阳保持固定取向	气象观测、遥感等
IGSO (倾斜地球同步轨道)	35786km		导航

资料来源:《“新基建”之中国卫星互联网产业发展研究白皮书》, 信达证券研发中心整理

发射数量上,全球 LEO 轨道通信卫星数量实现快速增长。自 2001 年至 2021 年,低地球轨道 (LEO) 卫星在年度发射航天器数量占比从 57% 迅速攀升至 97%,截至 2021 年 12 月,全球在轨卫星已突破 5000 颗,其中,LEO 轨道卫星占比超过 83%。LEO 在轨卫星中,通信卫星占比达 66.80%,同时在巨型星座刺激下,相比 2001 -2005 年、2016 -2020 年,LEO 轨道通信卫星数量增长了近 40 倍。

**图 7: 全球通信卫星发射统计 (2001—2020 年)**

**图 8: 全球 LEO 在轨卫星用途分类 (截至 2021 年 12 月)**


资料来源:《国外低轨卫星互联网发展最新态势研判》, 信达证券研发中心

代表星座上,低轨卫星星座向着规模化发展。根据《低轨巨型星座网络:组网技术与研究现状》,其中认为:传统的低轨星座系统一般包含数十颗卫星,但新兴的低轨星座网络为满足系统容量的需求,将卫星数目扩增至上万颗。庞大的星座规模提高了地面终端通信仰角,减小了地面反射和多径衰落影响,也使系统具有更强的冗余性和抗毁性。

自 2015 年起,大批低轨巨型星座计划被提出,如 Starlink、OneWeb 和 Kuiper 等代表性计划,其中,**Starlink 计划**由 SpaceX 公司提出,受益于批量化卫星制造、火箭重复利用、一箭多星发射等领先技术,Starlink 已成为新兴低轨星座中的佼佼者,截至 2021 年年底,Starlink 已部署超过 1900 颗卫星,完成了 550 km 轨道层星座部署,其完整版 Starlink 计划的卫星总数将达到 12000 颗、远期规划达 42000 颗;**OneWeb 计划**发射 716 颗轨道高度为 1 200 km 的卫星,构成极轨道/倾斜轨道混合星座提供宽带网络接入服务。截至 2021 年年底,OneWeb 已部署近 400 颗卫星,且未来计划将星座扩充至 6 372 颗卫星,以提高中低纬度地区的覆盖密度;**Kuiper 计划**由亚马逊公司于 2019 年提出,旨在提供低成本的消费级和企业级宽带业务以及无线数据回程业务。星座包括工作在 590~630 km 高度的 3236 颗倾斜轨道卫星。系统将在全球部署大量地面站,可与亚马逊网络服务 (AWS, Amazon Web service) 系统和计算基础设施联合,构建亚马逊公司的全球云服务智能网络系统。

关键技术上，目前低轨卫星互联网关键技术聚焦在超大容量、组网优化、多网融合、高效运控方面。低轨卫星关键技术主要包括切换接入技术、星上转发器技术、星间链路技术、与地面技术融合等。其中切换接入技术主要针对低轨卫星移动速度较快，为保证卫星通信过程的连续性，需频繁地进行波束切换；星上转发器技术目的是实现低轨卫星间的双向通信，包括波束间、子信道间以及用户间的便捷通信；星间链路技术主要用于低轨卫星之间通信的链路，可促使多星互联，实现星间的信息传输和交换；与地面技术融合是利用低轨卫星的全球覆盖特性，弥补地面通信网络覆盖的不足。

### 3.2 高通量卫星+低轨星座实现大容量卫星通信

为实现卫星互联网的大容量需求，主要有高轨高通量卫星和低轨星座两种实现思路：

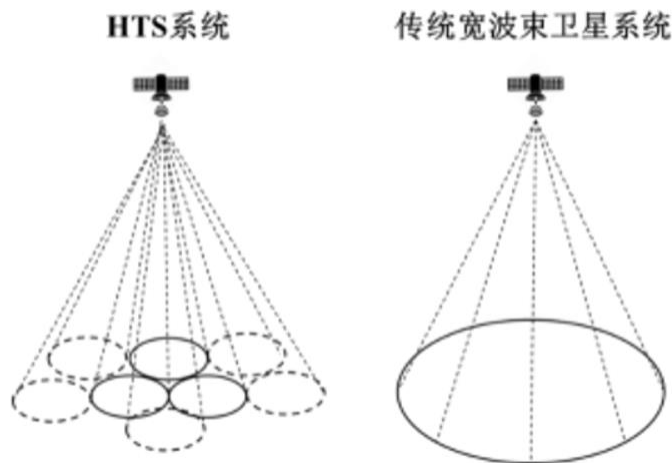
高通量卫星（High Throughput Satellite, HTS），也称高吞吐量通信卫星，2008年由美国北方天空研究所提出并定义，即采用多点波束技术和频率复用技术，在相同的频率资源下，整颗卫星的通信容量是传统卫星通信容量的数倍。为了实现通信容量的提升，高通量卫星在技术设计、使用频段和卫星轨道上具有显著优势：

在技术设计上，高通量卫星采用多点波束和频率复用技术。利用大量能量集中的高功率点波束实现广域范围覆盖，同时将卫星可用频段划分为若干子波段，大量的点波束之间可以实现子波段复用，从而提高了频谱利用率和卫星系统的容量。例如美国卫讯公司计划发射的ViaSat-3卫星单颗通信容量将达到1Tbit/s。2023年2月23日，我国发射首颗通信容量超过100Gbps的高通量卫星。

使用频段上，从C/Ku频段向频率更高的Ka频段扩展，未来高通量卫星将逐渐向更高的通信频段（Q/V频段）发展，与地面宽带紧密融合。

轨道资源上，从以静止轨道卫星为主导，到开始向中低轨道拓展。

图9：HTS和FSS对比



	传统卫星	高通量卫星
使用频段	C波段、Ka波段、Ku波段	Ka波段、Ku波段
使用波束	宽波束（覆盖范围2000km）	多点波束（单个波束覆盖范围300-700km）
系统容量	1-10Gbps	5-300+Gbps
系统评价	广覆盖，广播通信解决方案	高带宽/每比特成本降低/适用于点对点通信
缺点	系统容量限制供应，无法向大流量应用提供服务，流量价格高，频率利用率低（同等频率情况下）	系统建设资金量大；需要新的地面用户终端，每个波束很难被用户全部利用，初代使用率可能不高，目标填充率50-70%

资料来源：艾瑞咨询，中国电子科技集团有限公司官网，信达证券研发中心整理

低轨星座通过发射数百上千颗小卫星，形成一个大规模星座来实现全球范围内的高容量。低轨星座通常采用轻量级卫星，由于波束数目和功率的限制，单星容量比高轨卫星要低，低轨典型代表 StarLink 的单星容量约 21.6Gbit/s。但受益于其庞大的星座数量，低轨星座整体的系统容量可以达到很高的量级，例如 StarLink 的系统总容量可达 94 Tbit/s。

相比 GEO-HTS 系统，低轨星座系统在传输时延、路径损耗、入轨成本方面有优势。根据《卫星互联网若干关键技术研究》，GEO-HTS 系统往返时延约为 480 ms，而低轨星座系统一般只需 30 ms 左右，GEO-HTS 系统的路径损耗约为 210 dB，低轨星座系统只需 180 dB 左右；另外，低轨卫星单位质量入轨成本大概只有 GEO-HTS 的 1/10~1/5。但是在卫星寿命、地面终端和容量利用效率等方面，低轨星座系统的性能就不如 GEO-HTS 系统，GEO-HTS 系统的使用寿命一般为 15 年，而低轨星座系统受大气阻力等影响使用寿命为 5~8 年；同时低轨卫星的地面终端必须使用自动跟踪天线，制造成本高，并且地球表面 70%以上为海洋和荒野等无人区域，低轨卫星全球覆盖的特点造成系统容量利用效率较低，反观 GEO-HTS 系统，其可通过对覆盖区域进行预先设计，容量利用效率较高。

表 3: 不同卫星波束参数对比

类别	卫星/星座	下行带宽/GHz	频谱效率 /(bit·s·Hz) <sup>-1</sup>	波束数	频率复用因子	单星容量 /(Gbit·s <sup>-1</sup> )
低轨星座	OneWeb	2	2.4	16	2	9.6
	StarLink	2	2.7	8	4	21.6
GEO-HTS	Viasat-3	3.5	1.1	1000	250	1000

资料来源：《卫星互联网若干关键技术研究》，信达证券研发中心整理

高通量卫星采用多波束天线（MBA），多波束天线具有透镜式、反射面式和相控阵式三种基本类型。对于 GEO 通信卫星，由于所处轨道高，传输路径长，路径损耗大，要求用更窄波束来提高星载天线增益，所以一般采用反射面方案，但也有少数军用通信卫星开始采用相控阵天线配置。

LEO 通信卫星多采用相控阵多波束天线方案。根据《通信卫星多波束天线的发展现状及建议》，对于 LEO 通信卫星，由于轨道低，星上的用户端天线传输距离短，具有比 GEO 卫星更小的自由空间损耗，因此，从增益上来讲，反射面和相控阵配置都适合该轨道卫星，但由于卫星轨道太低，视角宽，要求天线具备较大扫描角，而反射面天线在这方面难以胜任，因此，该轨道上的卫星一般都采用相控阵配置，如处于 LEO 上的美国 Iridium-/NEXT 星座，其每颗卫星上都安装有三块工作于 L 频段的有源相控阵天线，每块相控阵均能产生 16 个波束。

**表 4：近年来不同轨道通信卫星采用的多波束天线配置**

卫星轨道	卫星/星座名称	采用的多波束天线方案
IGEO	Inmarsat-4/-5(星座)、MUOS(星座)、Thuraya-2/-3、DBSD-G1、SkyTerra-1/-2、Alphasat-I-XL、TeereStar-1/-2、MEXSAT-1/-2/-3	单口径大型展开式反射面天线
GEO	DireCTV-14/-15、EUTELSAT-65WestA、ABS-2/-3A、Eutelsat-3B、AsiaSat-6/-8、MEXSAT-3b、Express-AM5/-AM7、Amos-3/-4、Intelsat-19/-22、SATMEX-7、Astra-2E/-5B、YahSat-1A/-1B	多口径反射面天线
GEO	WINDS、WGS(星座)、AEHF(星座)、Space-way3	相控阵天线
MEO	O3b(星座)、ICO(星座)	反射面天线
LEO	Iridium-NEXT(星座)、Globalstar-1/-2(星座)、Orbcomm2(星座)、“灵巧”通信试验卫星	相控阵天线

资料来源：《通信卫星多波束天线的发展现状及建议》，信达证券研发中心

### 3.3 Ka 等高频段成各国布局和竞争重点

**Ka 频段成卫星互联网发展重点，并向高频 Q/V 发展。**卫星通信业界常将特高频以上频段大致划分为 L（1-2GHz）、S（2-4GHz）、C（4-7GHz）、X（7-12GHz）、Ku（12-18GHz）、Ka（26.5-40GHz）等频段。

频段越高，其带宽资源越多，能支持的业务容量也越多。低于 2.5GHz 的 L 和 S 频段主要用于卫星移动通信、卫星无线电测定、卫星测控链路等应用；C 和 Ku 频段主要用于卫星固定业务通信且已近饱和。

Ka 频段可用带宽达 3.5GHz，由于 Ka 波段的波长与雨滴直径相近，相比 Ku 频段更易受天气影响，雨衰最严重，但其更大的工作带宽，更高的信号强度、更小的天线口径、更好的指向性及增益效果等优点，使其可为高速卫星通信、千兆比特级宽带数字传输、高清晰度电视(HDTV)、卫星新闻采集(SNG)、VSAT 业务、直接到户(DTH)业务及个人卫星通信等新业务提供一种崭新的手段。目前与多点波束组合应用，已成为高通量卫星的首选频段，且资源日益紧张。

为了满足日益增加的频率轨道资源需求，目前行业已着手开发 Q（36-46GHz）、V（46-56GHz）等更高的频段资源。“Starlink”“OneWeb”等系统均有 Q、V 频段星座规划。

**表 5：卫星通信使用无线电频率概况**

频段	频率范围	使用情况
L	1~2GHz	资源几乎殆尽;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链路等
S	2~4GHz	段频率相对较低，信号覆盖大，受天气影响小，资源几乎殆尽;主要用于气象雷达、船用雷达、卫星定位、卫星移动通信及卫星测控链路等
C	4~8GHz	随着地面通信业务的发展,被侵占严重,已近饱和;主要用于雷达、地面通信、卫星固定业务通信等
X	8~12GHz	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、卫星固定业务通信等
Ku	12~18GHz	频率相对较高，容易受天线影响而造成信号波动，但其信号强度相比 C 频段的高，因此地面接收天线的口径也小得多，通常可以小至直径 0.35 米，已近饱和;



		主要用于卫星通信,支持互联网接入
Ka	26.5~40 GHz	正在被大量使用;主要用于卫星通信,支持互联网接入
Q/V	36~46 GHz 46~75 GHz	正在进入商业卫星通信领域
大赫兹	0.1~10 THz	正在开发

资料来源: 德恒律师事务所官网, 信达证券研发中心

**低轨卫星轨道和频谱资源具有战略稀缺性, 欧美多企业领跑卫星部署。**国际电信联盟(ITU)对卫星轨道/频率的分配有规划和登记两种方法。对于非规划的卫星轨道/频率, 遵循“先登先占”原则, 即先申报、先登记者有优先权。根据《“新基建”之中国卫星互联网产业发展研究白皮书》, 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 通信频段资源也逐渐趋于饱和状态。到 2029 年, 地球近地轨道将部署总计约 57000 颗低轨卫星, 轨位可用空间将所剩无几。空间轨道和频段作为能够满足通信卫星正常运行的先决条件, 已经成为各国卫星企业争相抢占的重点资源。

全球范围内, SpaceX (美国)、OneWeb (英国)、亚马逊 (美国)、Telesat (加拿大)、O3b (欧洲)、Viasat (美国) 等多家欧美企业相继提出 Starlink、OneWeb、Project Kuiper、Lightspeed、O3b、Viasat 卫星互联网星座计划, 使用频段主要集中于 Ku/Ka 频段。

我国卫星互联网虽起步较晚但发展迅速, 自 2017 年以来多个近地轨道卫星星座计划相继启动, 主要包括行云工程、鸿雁星座、虹云工程、天象星座等。据国际电信联盟 (ITU) 披露, 2020 年 9 月, 中国以“GW”为代号申报了两个低轨卫星星座, 共计 12992 颗卫星, 分布在距地面 590 公里至 1145 公里的低轨轨道, 频段为 37.5GHz—42.5 GHz 及 47.2GHz—51.4GHz。2021 年 4 月底, 中国卫星网络集团有限公司 (简称“星网”) 成立, 有望以“国家队”身份进行统筹、规划及运营我国卫星互联网, 加速我国卫星互联网产业链上下游协同发展。

表 6: 典型卫星互联网使用频率

链路类型	频率范围		
	SpaceX	One Web	O3b
信关站-卫星	27.5-29.1 GHz	27.5-29.1 GHz	27.5-30 GHz
	29.5-30 GHz	29.5-30 GHz	
卫星-信关站	17.8-18.6 GHz	17.8-18.6 GHz	17.7-20.2 GHz
		18.8-19.3 GHz	
	18.8-19.3 GHz		
		19.7-20.2 GHz	
用户终端-卫星	14.4-14.5 GHz	12.75-13.25 GHz	27.5-30 GHz
		14.4-14.5 GHz	
卫星-用户终端	10.7-12.7 GHz	10.7-12.7 GHz	17.7-20.2 GHz

资料来源: 《Ka 频段的特点与应用研究》, 信达证券研发中心

### 3.4 星上处理+星间链路促进星间组网逐渐普及

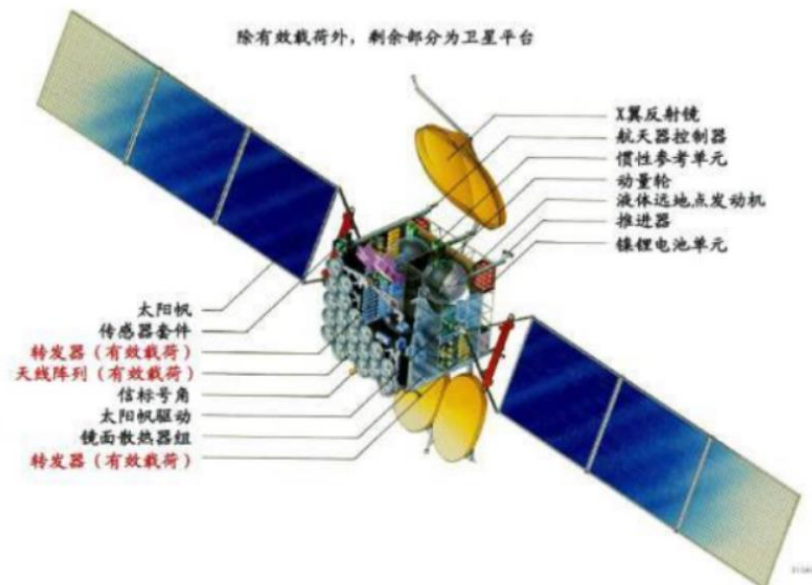
目前新兴巨型星座大多具有星上处理能力，可对接收的数据包进行解析、存储和转发，而不局限于透明转发的工作模式。卫星间可建立微波或激光链路，并且在运动过程中保持连接，实现数据包在卫星间的转发；星上处理和星间链路使系统可工作在天网地网架构中，增强了系统独立性和灵活性；半导体技术的进步使卫星具有更强的星上处理和存储能力，而激光星间链路技术可大幅提升星间通信速率，适应宽带业务需求。

星载转发器是星上信号处理和交换技术中的核心模块，也是宽带卫星通信网络中的关键技术，其性能的优劣决定了整个通信系统的性能。星载转发器通过控制信号的发送、处理和接收方式，直接影响整个通信卫星系统的可靠性、容量、重量、体积、功耗等关键参数。对应透明载荷和可再生载荷，星载转发器可分为透明转发器和再生式转发器两种。

透明转发器的主要部件是高功率放大器，容量大且结构简单，它具有完整的上行链路和下行链路，由终端来决定频带的划分，但是它的抗干扰能力弱，终端与终端之间的信息传输需要两跳来完成。

再生式转发器采用了再生式星上处理技术即对所有需要处理的用戶信号进行解调译码，交换后再重新进行编码调制。与透明转发器相比，它的上行链路和下行链路分开设计，并且通过解调译码的操作，消除了噪声积累，具有较强的抗干扰能力、较高的频谱利用率和通信质量等优点。具有代表性的再生式转发器主要有北美地区 SpaceMux、欧洲的 Skyplex 以及日本研制的 WINDS。

图 10：卫星通信向高频发展



资料来源：开运集团官网，信达证券研发中心

在卫星互联网中，卫星之间的链路叫做星间链路（Inter-Satellite Link, ISL）；卫星和用户之间的链路叫做服务链路（Service Link）；卫星和信关站之间的链路叫做馈电链路（Feeder Link）。星间链路包括四个子系统：接收机、发射机、捕获跟踪子系统以及天线子系统。

我们认为星间链路的引入具备以下的优点：1）扩大了系统的覆盖范围；2）减少传输时延，满足多媒体实时业务的 QoS 要求；3）使得低轨卫星移动通信系统能够更少地依赖于地面网络，能够更为灵活方便地进行路由选择和网络管理；4）减少了地面信关的数目，可大大降低地面段的复杂度和投资；5）可以独立组网，卫星网不依赖于地面网提供通信业务，作

请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com>18

为地面网的备份；6）可以在一定程度上解决地面蜂窝网的漫游问题。

为满足卫星移动通信系统大业务量，星间链路势必采用较高的工作频段或采用激光星际链路。目前多个主流低轨星座系统均提出发展星间链路能力，同时激光星间链路技术不断成熟，促进传输延迟降低，传输效率和数据安全性提升，根据王韵涵等的《国外低轨卫星互联网发展最新态势研判》，10Gbit/s 星间传输能力成为标配，远景目标将达到 100Gbit/s。中国的“星网”、“鸿雁”、“虹云”、“行云”以及“天地一体化”星座和国外的“Kuiper”、“Telesat”、“Starlink”网络等已经将激光星间链路作为其核心传输链路的方式之一。我国于 2020 年 8 月 13 日在“行云二号”双星搭载的激光通信载荷技术得到成功验证，已实现卫星物联网星座实现星间激光通信的突破。

激光通信具备高信道吞吐率、高传输带宽、强抗干扰能力、高保密性和安全性等优点。对比传统基于无线电波的卫星通信，卫星激光通信具有频率更高且方向性更强的特点，因此可以实现更快、更高体量的数据传输。其次，星间激光通信不需要向国际电联申请特定频段，使得频道使用更加便捷。此外，卫星激光通信频谱属于不可见光频段，通信时不易被发现，其波束比微波更窄，发散角更小，指向性好，从而使得通信获得很好的抗干扰能力和抗截获能力，提供了更高的安全性和可靠性。最后，星间激光通信具有很高的能量集中度，当需要很高的链路通信速率时，激光通信终端在体积，重量和功耗方面的优势便可以体现，而这也符合当今卫星平台对有效载荷的要求。目前卫星激光通信的正向着标准化、兼容化、网络化和商业化发展趋势；激光终端产品向着弹性化和模块化方向发展。

表 7：星间链路基本概况

星间链路		
子系统	接收机	完成对接收信号的放大、变频、检测、解调和译码等，提供星间链路 with 卫星下行链路之间的接口
	发射机	负责从卫星的上行链路中选择需要在星间链路上传输的信号，完成编码、调制、变频和放大
	捕获跟踪子系统	负责使星间链路两端的天线互相对准（捕获），并使指向误差控制在一定的误差范围以内（跟踪）
	天线子系统	负责在星间链路收发电磁波信号
传输介质		微波、毫米波和激光
种类		同种轨道类型的星间链路
		不同轨道类型的星间链路
		同轨道面星间和异轨道面星间链路

资料来源：中国集群通信网，信达证券研发中心整理

### 3.5 高低轨异构星座趋向融合

随着低轨星座快速发展和普及应用，高中低轨竞争、联合并存的新业态正在逐步形成。

除了前文提到的覆盖范围、系统容量、传输时延、路径损耗、入轨成本方面的区别外；在终端方面，GEO 卫星相对地面静止，地面终端实现相对简单，可以使用静态抛物面天线或机械调向抛物面天线，目前已经发展较为成熟且达到消费级价格，而低轨卫星相对于地球表面高速运动，对用户终端的波束跟踪性能要求更高，其地面终端一般要采用相控阵平板天线，目前生产成本还比较高。在空口体制协议方面，目前 GEO 卫星主要采用 DVB-S2X/DVB-RCS2 协议标准，LEO 卫星对动态性、移动性管理要求较高，可采用 DVB 协议或借鉴地面移动通信的 3GPP 协议。虽然高低轨卫星系统在覆盖范围、系统容量、时延、终端等方面存在差异，但 GEO 高通量卫星和低轨互联网星座的网络架构基本相同，具备融合的基础。

**表 8: 高低轨卫星应用系统优缺点对比**

卫星轨道	系统规模	容量	运行寿命	覆盖范围	传输时延	带宽成本	系统建设维护成本
高轨	适中	单星容量较高	较长 (15 年)	单星覆盖范围大, 但存在两极覆盖盲区, 特定地形通信困难	较长	较高	较低
低轨	庞大	单星容量小, 系统容量高	较短 (5~10 年)	单星覆盖范围较小, 多星组网可实现全球覆盖, 保证复杂地形区域通信不间断	短	较低	较高

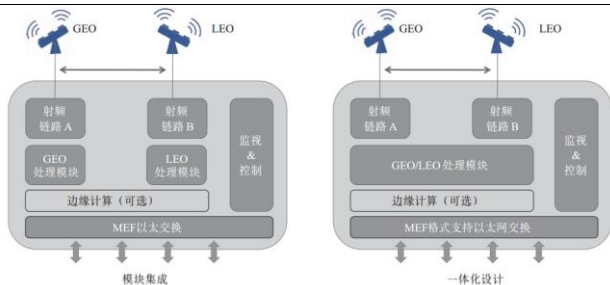
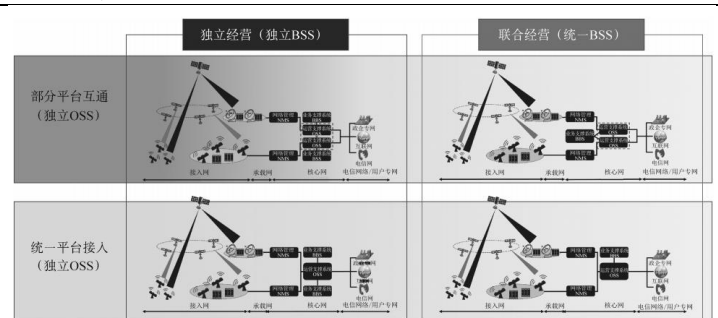
资料来源: 《卫星互联网的技术体系、发展趋势与应用》, 信达证券研发中心

结合当前行业发展情况和卫星/地面应用系统、应用终端等方面的技术发展趋势, 高低轨卫星网络融合主要针对终端应用融合、网络管控融合、体制协议融合。

**终端应用融合**主要通过多模终端的方式进行, 通过在用户终端进行集成或一体化设计, 兼容 GEO 和 LEO 多体制、多协议的方式, 实现多模终端与 GEO 网络或 LEO 网络的互联互通。在此种模式下, 高、低轨卫星网络可以进行独立的建设与运营;

**网络管控融合**是在终端应用融合的基础上, GEO 和 LEO 网络通过运营中心进行互联互通或统一实现管控结合;

**体制协议体系融合**是指考虑到未来 GEO 和 LEO 的通信协议很可能会趋同, 可以通过设备虚拟化技术实现信关站基带池化(基带设备高度通用)。GEO 和 LEO 按照新的协议标准开展网络架构设计, 接入网、核心网进行深度融合, 实现卫星网络资源的高效管控。体制协议体系融合可确保网络的灵活拓展性, 在站网、设施层面实现资源共用与统筹, 运行管理能力衔接。通过统一的运营管理、网络架构和技术体制, 可实现天地融合一张网络、星地资源一体化统筹管理、用户动态优化接入。此种融合方式的可实施性取决于空间段、地面段和用户段的整体路线选择, 融合难度最大, 需要较长实施时间。但此技术路线的用户体验和后期的运营商管理体验最好, 是高低轨融合的根本目标。

**图 11: 融合终端功能组成示意图**

**图 12: 平台融合网络架构示意图**


资料来源: 《高低轨卫星网络融合路径分析》, 信达证券研发中心

资料来源: 《高低轨卫星网络融合路径分析》, 信达证券研发中心

**高轨卫星与低轨星座按需协同发展。**另外考虑到地球表面 70%以上为海洋和荒野, 这些区域对信息容量的需求十分有限, 若低轨星座按照热点区域的峰值容量需求来规划和建设, 则会造成整体系统容量的利用效率较低, 产生极大的资源浪费。**未来有望实现高轨卫星与低轨星座协调发展, 采用按需建设的方式, 发挥高轨系统和低轨系统在覆盖、容量等方面的互补优势。**

**在覆盖内容方面,**利用高轨来覆盖深耕国内及周边等重点区域, 用低轨来实现全球均匀覆盖, 重点聚焦国际市场。高轨卫星相对静止、广播优势突出, 广播电视、内容分发等应用仍然应当坚持选择高轨卫星。在机载、船载、单点互联网接入等高低轨业务重叠市场, 低轨可作为“覆盖接入层”提供广泛的接入服务, 高轨可作为“容量层”提供热点区域的增强覆盖, 用户可以在高低轨卫星之间按需切换, 实现机载、船载市场的“全球范围”服务能力;

**在建设运营方面**，高、低轨卫星可独立建设运行，在运营中心的业务支撑系统互联互通，实现对高、低轨网络资源的统一管控，形成“广域宽带覆盖+全球均匀覆盖”的优势互补网络格局，优化整体网络的资源配置；

**在业务运营方面**，可以通过地面系统的平台化来集成各类网络运营系统和互联网综合信息应用服务，用户当前可以选择高轨卫星进行应用，为将来的低轨星座培育市场，以推进高低轨业务系统未来的协调发展。

### 3.6 卫星互联网与 5G/6G 加速融合

**星地一体融合组网为未来移动通信网络重要发展方向之一。**随着全球 5G 网络规模化商用持续推进，星地融合演进从 5G 体制融合走向 6G 系统融合。5G 体制的卫星通信系统是星地独立网络，卫星通信体制借鉴 5G，随着 6G 的研发演进，面向 6G 的星地融合系统将实现星地一体，提供无感知一致服务。卫星互联网和地面移动通信网络的融合也有望从覆盖融合、业务融合走向体制融合、系统融合。终端也在向低成本、小型化、轻量化、一体化方向发展。

**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% 以上的陆地地区和 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 10 km 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。低轨卫星通信面向特定区域、特定用户群和特定应用，对于低密度用户接入场景下的宽带互联和通信更具优势，特别是接入点分散时的低成本优势。

**万物互联应用场景：**低轨卫星充分显示其低功耗、全覆盖的特征。针对沙漠与海洋等油井和天然气井、采矿等野外作业、环境和气候监测、货运与交通长距离监测跟踪、边境和边防的电子围栏等行业应用场景，低轨卫星具有全球覆盖和成本比较优势。面向低时延高可靠应用场景，5G 通信具有绝对的优势。5G 的空口时延是毫秒级；而低轨卫星的空口时延达数十毫秒，5G 通信可充分满足对于低时延、可靠性要求高的车联网、工业互联网等应用场景的要求；

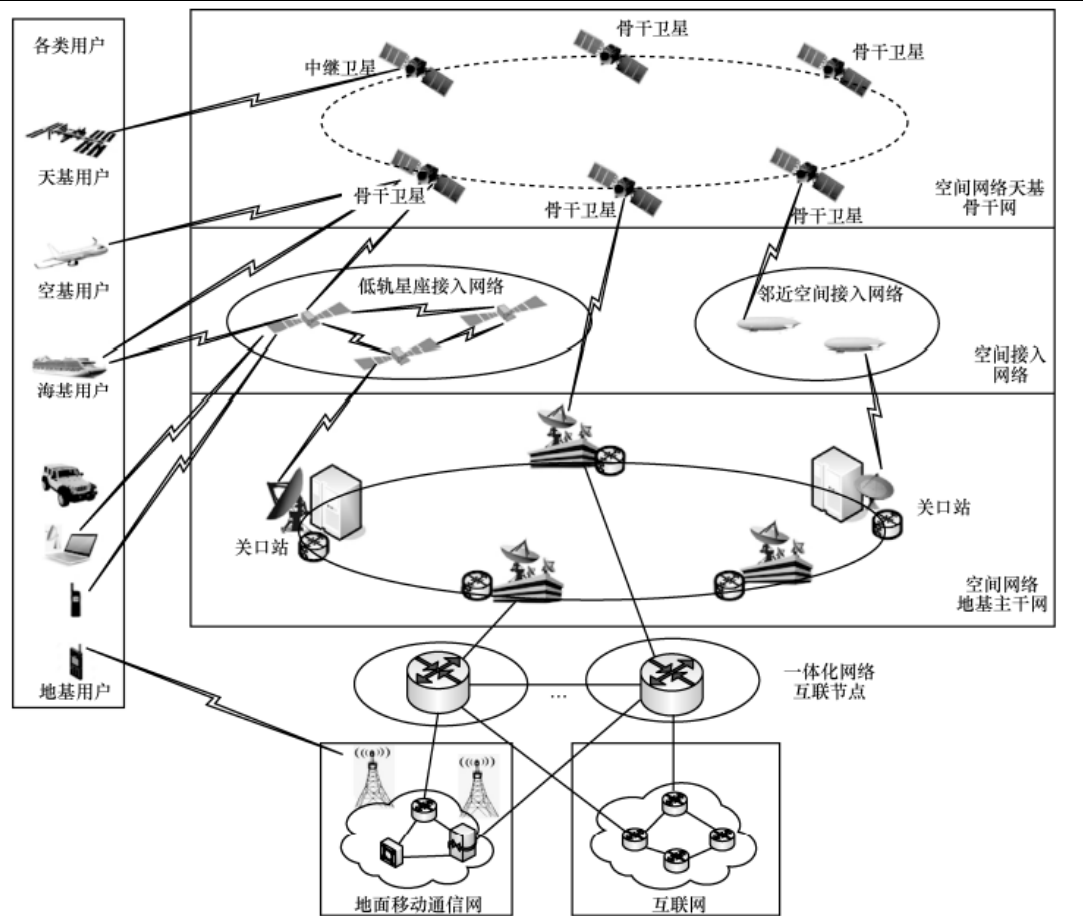
**增强型移动宽带应用场景：**低轨卫星和 5G 通信各有优势和侧重。以“Starlink”为代表的低轨卫星优势主要是服务于偏远地区的住户、空中的飞机乘客、海洋与大湖中船舶的船员和乘客、穿越荒漠的火车乘客、野外科考者等。大多数的卫星终端形态是机载、船载、车载的客户端设备（CPE），提供 WiFi 接入；

**基于 5G 的低轨卫星通信系统关键技术：**主要集中于突破高动态快速切换、高多普勒频移同步、大容量寻呼等关键技术，设计基于 5G 的低轨卫星互联网通信体制、信关站，为面向全球的低延时、高带宽、灵活组网的低轨通信提供技术支撑。

**全球推动 5G 与卫星互联网融合。**国际电信联盟（ITU）、第三代合作伙伴计划（3GPP）、欧盟 5G 系统中卫星与地面网络融合联盟（SaT5G）等标准化组织组建了专业团队对卫星通信与 5G 融合组网相关问题进行深入研究，推动卫星互联网在 5G 融合中的角色定义。其中：ITU 提出卫星与 5G 融合的 4 类应用场景，包括小区回传、中继到站、动中通和混合多播场景；我国于 2021 年 11 月 16 日发布《“十四五”信息通信行业发展规划》，其中提出加快卫星通信建设，完善高中低轨卫星网络协调布局，实现 5G 地面蜂窝通信和卫星通信融合，初步建成覆盖全球的卫星信息网络，开展卫星通信应用开发和试点示范；2023 年 3 月 8 日，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，五大运

运营商已开始联手构建基于 5G 的卫星互联网技术标准体系。

图 13：天地一体网络的系统结构示意图



资料来源：《卫星互联网路由技术现状及展望》，信达证券研发中心

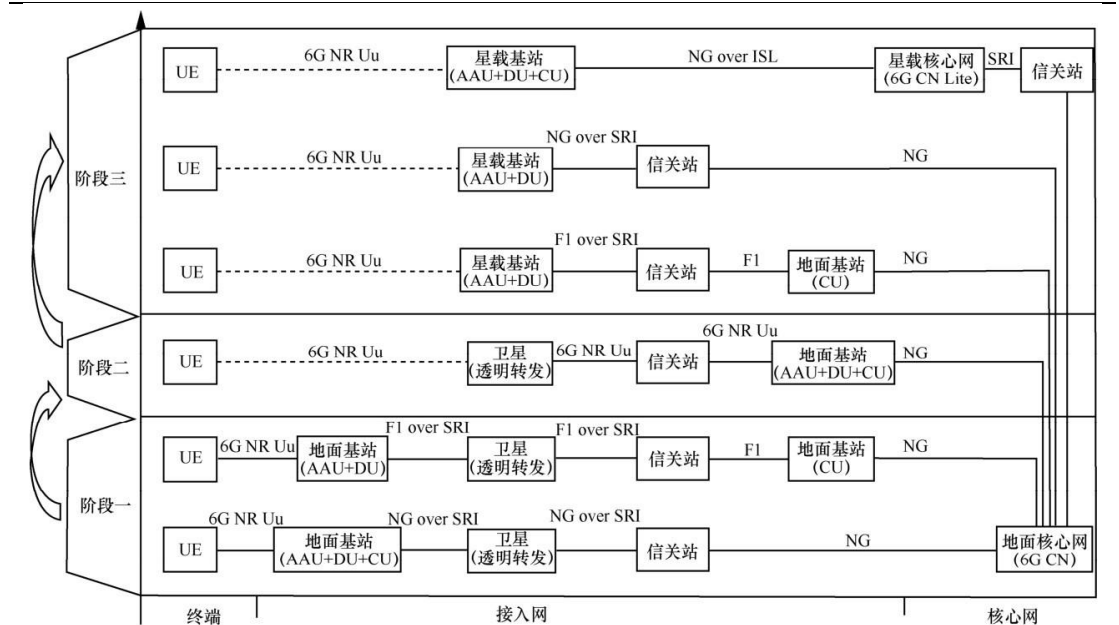
**6G 时代空天地一体化，卫星互联网与地面移动通信网络充分融合。**6G 总体愿景是 5G 愿景的进一步扩展和升级，其特征是全覆盖、全频谱和全应用。根据《6G 总体愿景与潜在关键技术白皮书》，6G 将实现地面网络、不同轨道高度上的卫星（高中低轨卫星）以及不同空域飞行器融合而成全新的移动信息网络，通过地面网络实现城市热点常态化覆盖，利用天基、空基网络实现偏远地区、海上和空中按需覆盖，具有组网灵活、韧性抗毁等突出优势。星地一体的融合组网将不是卫星、飞行器与地面网络的简单互联，而是空基、天基、地基网络的深度融合，构建包含统一终端、统一空口协议和组网协议的服务化网络架构，在任何地点、任何时间、以任何方式提供信息服务，实现满足天基、空基、地基等各类用户统一终端设备的接入与应用。

**6G 时代星地一体组网需要多技术融合发展。**通过开展星地多维立体组网架构、多维多链路复杂环境下融合空口传输技术、星地协同的移动协议处理、天基高性能在轨计算、星载移动基站处理载荷、星间高速激光通信等关键技术研究，解决多层卫星、高空平台、地面基站构成的多维立体网络的融合接入、协同覆盖、协调用频、一体化传输和统一服务等问题。由于非地面网络的网络拓扑结构动态变化以及运行环境的不同，地面网络所采用的组网技术不能直接应用于非地面场景，需研究空天地一体化网络中的新型组网技术，如命名/寻址、路由与传输、网元动态部署、移动性管理等，以及地面网络与非地面网络之间的互操作等。天地一体化网络需要拉通卫星通信与移动通信两个领域，涉及移动通信设备、卫星设备、终端芯片等。

**各国积极战略布局 6G 技术研究。**目前全球 6G 技术研究处于探索与起步阶段，技术路线尚不明确，关键指标和应用场景还没有统一的定义，正处于“场景挖掘”和“技术寻找”阶段。尽管如此，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。美国已发布第一份 6G 报告，欲将美国确立为 6G 理念、开发、采用和快速商业化的全球领导者，特别在卫星互联网方面，凭借强大的卫星设计、制造和发射能力，已经抢得不少先机。我国于 2019 年 11 月 3 日成立了国家 6G 技术研发推进工作组和总体专家组，标志着我国 6G 技术研发工作正式启动。

国外企业包括爱立信、高通、泰雷兹、联科发，以及我国的紫光展锐、中兴通讯、中国移动等均开展相关技术研究和测试验证，共同推动卫星移动通信业务与地面移动通信融合发展。终端融合、无感接入的技术路线是目前卫星与地面融合发展的重点方向，也是业界关注的焦点。

**图 14：6G 卫星通信网络三阶段演进路线**



资料来源：《面向 6G 的卫星通信网络架构展望》，信达证券研发中心

## 二、欧美领跑，我国加速推进卫星互联网部署

随着太空空间探索的逐步深入，多环节共同推动卫星互联网发展，国内外加速卫星互联网部署。SpaceX（美国）、OneWeb（英国）、亚马逊（美国）、Telesat（加拿大）、O3b（欧洲）、Viasat（美国）等多家欧美企业相继提出 Starlink、OneWeb、Project Kuiper、Lightspeed、O3b、Viasat 卫星互联网星座计划，据统计，截至 2021 年 11 月，全球至少有 20 家公司对外公布了覆盖全球低轨星座计划，其中，中国 5 家、美国 5 家、俄罗斯 1 家、英国 1 家、加拿大 1 家、韩国 1 家、卢森堡 1 家、印度 1 家。排头雁为 SpaceX 公司的 Starlink 项目和 Oneweb 公司项目，其中 SpaceX 公司已经成长为全球迄今为止拥有卫星数量最多的商业卫星运营商。

**1) 技术发展推进:** 低轨卫星星座相关技术不断发展成熟，特别作为可模块化、批量化生产的小卫星平台，不断成熟的“一箭多星”和“可回收发射”的火箭发射技术，有效降低卫星互联网建设成本；

**2) 频轨资源稀缺:** 由于国际电信联盟（ITU）规定轨道和频段资源获取遵循“先到先得”原则，低轨卫星所主要采用的 Ku 及 Ka 通信频段资源也逐渐趋于饱和状态，太空资源的争夺具有迫切性；

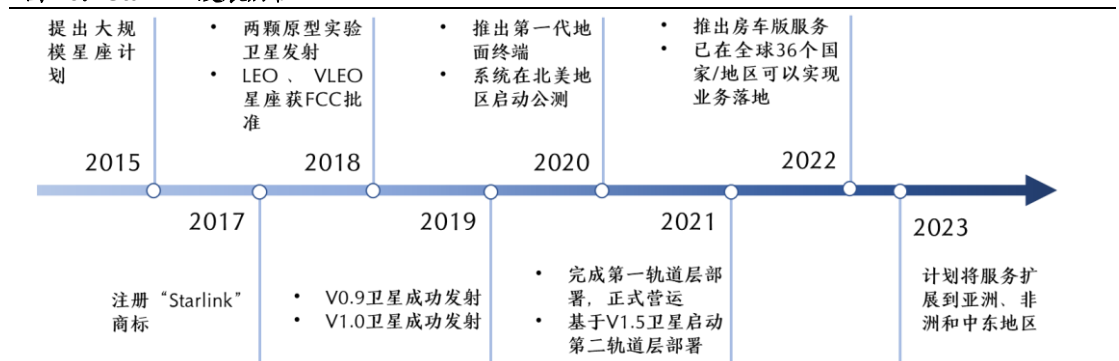
**3) 商业价值潜力:** 卫星互联网作为地面通信系统的有效补充和未来 6G 的重要组成部分，凭借广覆盖、低延时、低成本和大宽带的互联网接入优点，下游应用市场广阔，具有较大的商业潜力和前景；

**4) 军事意义重大:** Starlink 等一批低轨互联网卫星系统不仅可以提供宽带化的低成本、全球覆盖的互联网服务，若将其应用于军事领域，得益于其全球化高带宽的波束覆盖，将大幅增强军队的信息化能力，具有重要的军用价值。

### 1、全球代表星座 Starlink：目标部署超万颗的低轨卫星

Starlink 是 SpaceX 公司 2015 年提出的一个低轨卫星互联网系统，目标部署超万颗的低轨卫星，提供覆盖全球的高速互联网接入服务。SpaceX 公司掌握火箭回收技术后，利用“猎鹰 9 号”重型运载火箭以“一箭多星”的发射方式发射“Starlink”卫星，大幅降低发射成本，完成近地轨道和轨位频率资源的占据，使得“Starlink 计划”在众多巨型星座项目中脱颖而出，“Starlink 计划”具有大规模、全球无缝覆盖、低时延、大容量，商业价值大、军事应用前景广阔的特点。

图 15: Starlink 发展历程



资料来源：《Starlink 系统分析及对我国卫星互联网发展的启示》，云脑智库、面包板，信达证券研发中心整理

### 1.1 Starlink 基础设施建设

**轨道建设方面，Starlink 星座规模大，轨道层数多、卫星数量多。**轨道建设计划了 Starlink

请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com>24



Gen1 和 Starlink Gen2 两代星座，卫星数量总计达到约 4.2 万颗：

**Starlin Gen1:** 包括 Ka/Ku 频段的 LEO 星座和 V 频段的 VLEO 星座：

LEO 星座经过多次调整，分为五个壳层，大致对应原计划 I、II 期工程，整体向更低轨道发展。壳层 1 主要内容是将 1725 颗 Ka/Ku 频段卫星部署于 72 个 550km 角 53° 的轨道面上；截止到 2021 年 5 月底，基于 V0.9 版及 V1.0 版 Starlink 卫星，SpaceX 公司完成 550km 轨道高度的第一个轨道层部署，参考原计划，星座容量可达 30TB/s、时延 15ms，传输速度最高可达 1GB/s，前 800 颗卫星能够为美国、加拿大等北美地区提供高速卫星互联网服务。壳层 2-5 主要内容是将 2824 颗 Ka/Ku 频段卫星部署于 570 km、560 km、540 km、560km 轨道上，轨道面分别为 36、6、72、4，计划实现全球组网；

VLEO 星座大致对应原计划的 III 期工程，主要内容是将 7518 颗 V 频段卫星部署于 340km 轨道上，最终实现“Starlink 卫星”覆盖全球。

**Starlink Gen2:** 2019 年“Starlink 计划”又向美国联邦通信委员会（FCC）提请准备加 3 万颗第二代“Starlink”卫星，分布在 328km~614km 轨道高度的 75 个轨道面上。

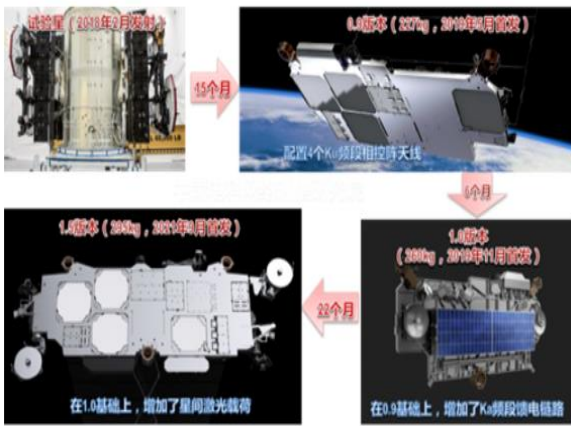
表 9: Starlink 星座参数

	Starlink Gen1					Starlink Gen2			
	LEO 星座 (Ka/Ku 频段)					VLEO 星座 (V 频段)			
壳层	壳层 1	壳层 2	壳层 3	壳层 4	壳层 5				
轨道高度(km)	550	570	560	540	560	335.9	340.8	345.6	328~614
轨道倾角(°)	53	70	97.6	53.2	97.6	42	48	53	
轨道数量(轨)	72	36	6	72	4				75
每轨道卫星数(颗)	22	20	58	22	43				
合计(颗)	1725	720	348	1584	172	2493	2478	2547	30000

资料来源：《Starlink 系统分析及对我国卫星互联网发展的启示》，《“星链计划”及其军事应用潜力研究》，《“星链”卫星系统及国内卫星互联网星座发展思考》云脑智库、面包板等，信达证券研发中心整理

**卫星制造方面，Starlink 卫星迅速迭代，成本较低。**从 2018 年 2 月的原型试验星（MicroSat2A、2B）到 2022 年 5 月在轨最新的 V1.5 版本，卫星经历 4 次迭代，以 V1.5 版本为例，采用平板结构设计，重量提高到 295kg，搭载有 Ku/Ka 相控阵天线、单个太阳能电池阵列、激光星间通信系统、霍尔效应推进器、Star tracker 导航系统、自主避撞系统等。

Starlink 卫星属于小卫星，寿命较短，仅为 5-7 年，成本方面，马斯克则曾公开透露单颗卫星的成本可以下降到 50 万美元。

**图 16: Starlink 卫星迭代演进过程**


资料来源:《Starlink 系统分析及对我国卫星互联网发展的启示》, 云脑智库、面包板, 信达证券研发中心

**图 17: Starlink 卫星各版本设计**

版本	首发日期	结构设计	重量 (kg)	配置及特点
试验星	2018.02	箱体结构	400	Ku 频段相控阵天线载荷, 支持开展星地宽带体制的测试, 下行达 1440Mbps, 上行达 720Mbps
V0.9	2019.05	平板结构	227	搭载 1 副太阳能电池阵列、4 副 Ku 频段相控阵天线
V1.0	2019.11	平板结构	260	增加了 Ka 频段星地通信能力
V1.5	2021.02	平板结构	265	增加了星间激光链路载荷
V2.0			1250	V2.0 版卫星通信能力比 V1.0 版卫星高出 10 倍

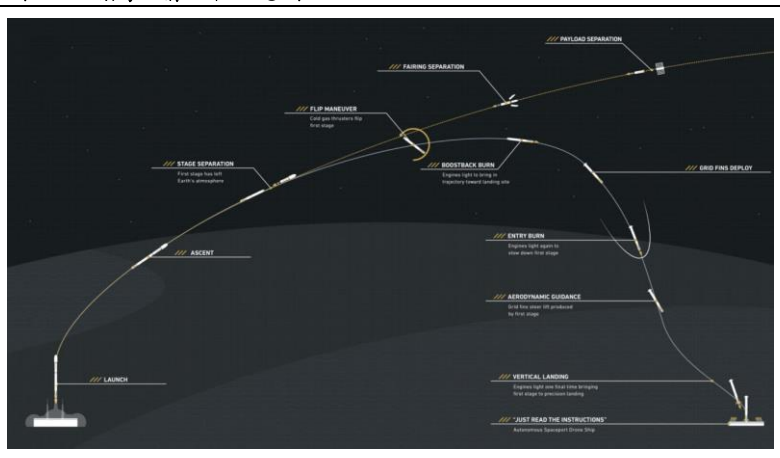
资料来源:《Starlink 系统分析及对我国卫星互联网发展的启示》, 云脑智库、面包板, 信达证券研发中心

**卫星发射方面**, 在向星座部署卫星时, 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。

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, 降到 50 万美元/颗以下, 单个猎鹰 9 号一级助推器目前保持着发射 11 次的发射纪录; 与此同时, “一箭多星”的发射方式也大幅降低了发射成本。

**图 18: 猎鹰 9 号火箭**


资料来源: IT 之家, 腾讯网, 信达证券研发中心

**图 19: 猎鹰火箭回收示意图**


资料来源:《Falcon User's Guide》, 信达证券研发中心

**地面设备方面**: 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, 根据 Starlink 官网公布信息, 一代 Starlink 地面终端直径 58.9cm, 重量 7.3kg。2021 年 11 月, SpaceX 完成 2 型第二代矩形相控阵 Starlink 地面终端研制。一款为能力增强地面终端, 尺寸为 57cm×51cm, 重量 7.2kg; 另一款小型化地面终端, 尺寸为 50cm×30cm, 重量 4.2kg。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。根据《“星链”卫星系统及国内卫星互联网星座发展思考》, Starlink 终端设备可能具备美国空军的 C4ISR 军用接口, 该用户终端体积较小, 安装简单, 可放置在各种移动载体上。

典型的 Starlink 地面关口站工作在 Ka 频段，配置 8 个 1.52m 口径天线，同样应用相控阵技术，通过产生多个指向性较强的窄波束来实现单个网关站点与多个卫星进行通信。卫星可以通过这种技术直接与卫星用户终端或网关（地面站）进行通信。SpaceX 已经在美国申请了一共 27 个 Ka 频段网关（地面站），分别位于得克萨斯州、佛罗里达州、加利福尼亚州、俄克拉荷马州、北达科他州（2 个）、密歇根州和阿拉斯加。阿拉斯加北海岸的地面站将如何进行使用尚未确定，随着 SpaceX 公司获得更多的建站许可，星链可以实现更大地区的覆盖。

图 20: Starlink 地面终端外形图



资料来源：《Starlink 系统分析及对我国卫星互联网发展的启示》，云脑智库、面包板，信达证券研发中心

图 21: Starlink 地面关口站



资料来源：《Starlink 系统分析及对我国卫星互联网发展的启示》，云脑智库、面包板，信达证券研发中心

## 1.2 Starlink 商业运营

据路透社 2021 年 6 月 29 日消息，Starlink 计划正在快速增长，预计总投资在 200 亿至 300 亿美元之间，自 2015 年大规模星座计划提出，其卫星互联网系统发展获得大规模融资。

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，目前官网公布了 Starlink 住户版、商业版、旅行版和海事版 4 种产品。

表 10: Starlink 产品服务

产品	服务内容
Starlink 住户版 (Starlink Residential)	普通版本的月租费用为 99 美元，硬件费用为 499 美元。Starlink 在全球范围内提供高速、低延迟的宽带互联网。在每个覆盖区域内，订单以先到先得的方式完成
Starlink 商业版 (Starlink Business)	提供全天候、恶劣气象环境下的通信保障，下行速度为 150~350 Mbit/s，延迟为 20~40 ms。该服务的月租为 499 美元，配套的硬件费用为 2 500 美元，天线容量是 Starlink Residential 的两倍多，可提供更快的互联网速度和更高的吞吐量
Starlink 旅行版 (Starlink RV)	为经常外出旅行或露营的用户服务，该服务的月租为 135 美元，配套的硬件费用为 599 美元。目前该服务的覆盖范围为美国南部、澳大利亚南部、欧洲南部等地区，并预计于 2023 年一季度覆盖全球大部分国家和地区，该服务的下行速度为 5~100 Mbit/s
Starlink 海事版 (Starlink Maritime)	推广 Starlink 的海上应用场景和配套的 Starlink Maritime 服务。该服务的月租为 5 000 美元，配套的硬件费用为 1 万美元，该服务的流量不受限制，下行速度为 100~350 Mbit/s，上行速度为 20~40 Mbit/s，但该服务的网络延迟较普通 Starlink 服务高，为 99 ms。邮轮、船舶运输从业者如果需要 Starlink 宽带服务，可以直接在官网上订购卫星接收器，安装在邮轮或船上

资料来源：《“星链”计划给国际通信运营商带来的挑战和机遇》，信达证券研发中心整理

## 1.3 Starlink 军事应用潜力

根据《“星链”卫星系统及国内卫星互联网星座发展思考》，其中认为：美军在 Starlink 发展建设阶段就与其合作，探索开发能够军用的“Starlink”卫星及相应设施，得益于其全球化高带宽的波束覆盖，有望大幅增强美军的信息化能力。Starlink 具备着重要的军事应用潜力和军事战略价值，主要表现在以下几个方面：

- (1) 系统远期计划布局 4.2 万颗的卫星，抢占大量军用卫星轨道资源；
- (2) 通过搭载光学、红外探测等载荷，在配备激光通信功能情况下，可构建成为最强大的全天候无缝情报监听侦查网、可靠的导弹预警及动能拦截网和高可控的指挥通信网；
- (3) 卫星轨道高度低、覆盖广，既能够增强处于更高轨道的 GPS 卫星的信号，也有能力独立构建导航定位系统。能够取代导弹最贵的制导部件，导致导弹价格降低；
- (4) 天基目标探测和打击能力或将发生质的变化。

## 2、其他国外代表星座简介

OneWeb 公司成立于 2012 年，计划发射 648 颗低轨卫星，并于 2019 年 8 月进行了高清视频流测试，证明其卫星可提供 40ms 以内的低延迟高带宽服务。公司自成立以来已获得 34 亿美元融资，主要投资方日本软银公司为其融资 20 亿美金，其他投资方包括维珍集团、高通、可口可乐等。由于面临卫星成本控制不力和资金储备告急等棘手问题，OneWeb 公司于 2020 年 3 月 28 日宣布申请破产保护，进入破产保护司法程序，2020 年 7 月，由英国政府与 Bharti 赢得了竞拍而获得了这家公司的所有权，双方各出资 5 亿美元，合计 10 亿美元。2021 年 5 月，该公司已经解雇原有雇员 531 人中的 85%，但仍表示将维持卫星运营。2021 年 4 月 28 日，欧洲卫星通信公司 (ETCMY.EU) 宣布将以 5.5 亿美元现金收购低地球轨道卫星初创公司 OneWeb 24% 的股份。

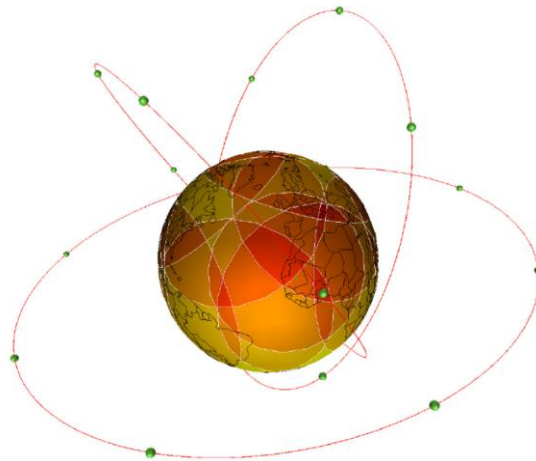
图 22: OneWeb 卫星布局示意图



资料来源: OneWeb 官方、Youtube, 信达证券研发中心

O3b 网络公司是由互联网巨头 Google、媒体巨头马隆(John Malone)旗下的海外有线电视运营商 Liberty Global 和汇丰银行联合组建的一家互联网接入服务公司。O3b 星座于 2007 年创立，与 OneWeb 公司为同一创始人，现已被欧洲卫星公司 SES 公司收购，是第一个成功的非地球静止轨道宽带系统。O3b 第一代星座采用中轨(MEO)卫星，卫星星座高度为 8062km，工作于 Ka 频段，共计 16 颗，已完成部署，正在推进部署第二代高通量中轨卫星，预计部署 22 颗，可成为一个全球性系统。另外，O3b 星座无星间链路，需要在全多地部署地面站，目前已对外提供服务，主要面向运营商，政府机构和美军方也是重点客户。

图 23: O3b 卫星系统

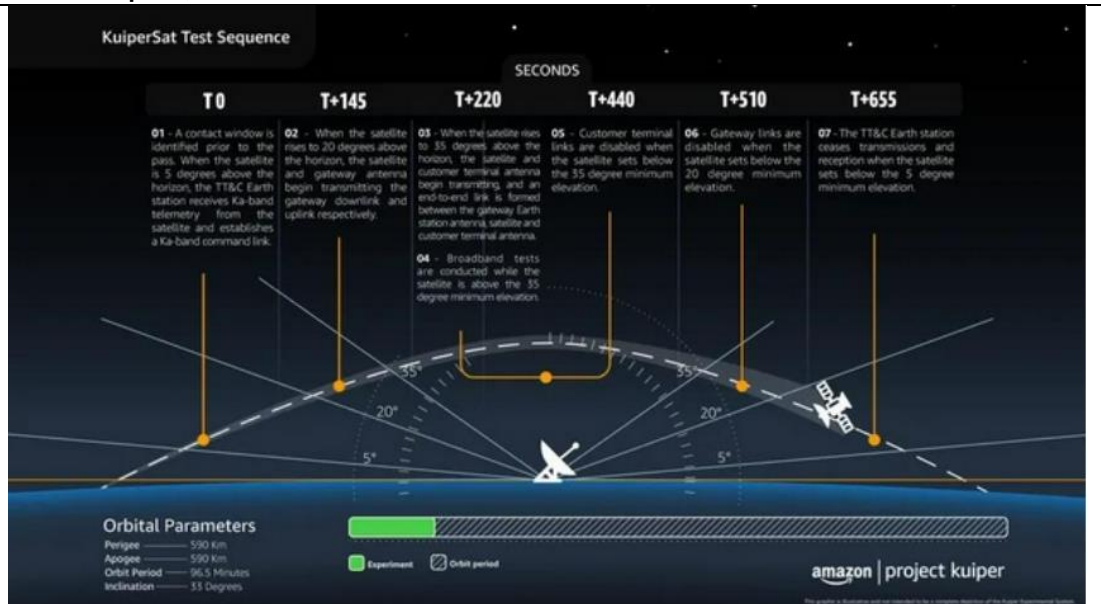


资料来源: 《Revisiting elliptical satellite orbits to enhance the O3b constellation》，信达证券研发中心

Kuiper 计划是亚马逊旗下太空互联网项目，计划在近地轨道部署 3236 颗卫星建成卫星互联网，为全球提供高速网络连接。该卫星星座包括 3 个轨道层共 98 个轨道面，对应轨道高度分别为 590km、610km 和 630km 的轨道。2022 年，亚马逊宣布，公司向法国阿丽亚娜太空（Arianespace）、美国联合发射联盟（ULA）以及蓝色起源三家企业预定了 83 次火箭发射，计划在五年时间内将 Kuiper 计划的几千颗卫星送入地球轨道，前两颗原型卫星计划于 2023 年 5 月发射。

2023 年 3 月 14 日，亚马逊在太空卫星会展 Satellite 2023 上公布其卫星互联网计划的用户终端，三套卫星天线的网络速度从每秒 100 兆到每秒 1Gb 不等，据美国消费者新闻与商业频道（CNBC）报道，“标准”版卫星天线设计尺寸小于 11 平方英寸（约 71 平方厘米），重量小于 5 磅（约 2 千克），可提供每秒 400 兆的速度，生产成本预计将低于 400 美元。“超小型”版本是亚马逊最小最实惠的版本，尺寸 7 平方英寸（约 45 平方厘米），重约 1 磅（约 0.45 千克），网速可达每秒 100 兆。亚马逊预计，一旦卫星制造设施完全建成，每天将大规模生产 3-5 颗卫星，明年开始从近地轨道提供卫星互联网的测试服务。

图 24: Kuiper 计划



资料来源：通信世界，新浪科技，信达证券研发中心

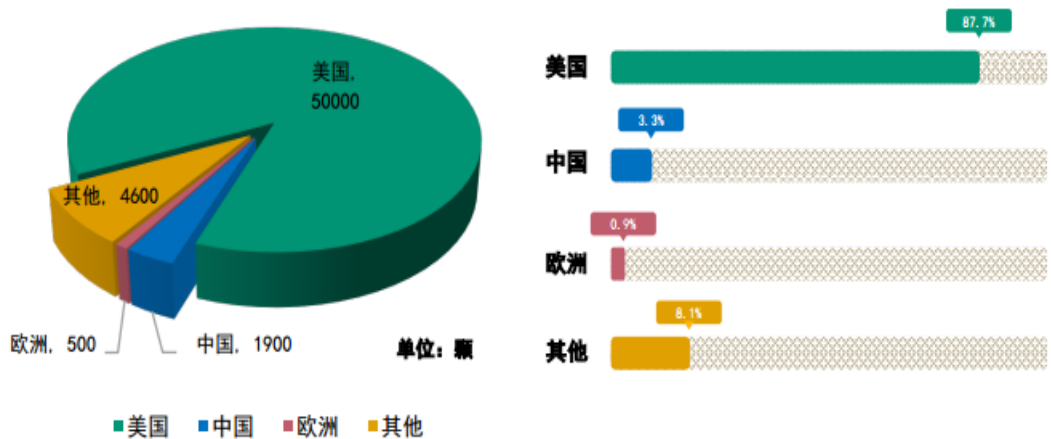
### 三、我国卫星互联网起步较晚，年内有望取得突破

#### 1、发展卫星互联网具备迫切性，我国积极推进中

**卫星互联网发展具有紧迫性。**我国一直十分重视空间基础设施建设，已成为第五个独立把卫星送入空间的国家、第三个掌握卫星回收技术的国家、第五个独立研制和发射地球静止轨道通信卫星的国家，但在卫星互联网建设方面与欧美较有差距：

- 1) 尚未形成全球覆盖的卫星通信网络，高轨窄带、高轨宽带卫星通信系统主要覆盖亚太部分区域，低轨卫星互联网系统处于规划、研发和验证阶段；
- 2) 技术差距导致当前成本偏高，成本主要集中于卫星制造和卫星发射环节，对比 SpaceX 规模化卫星制造、一箭多星和火箭回收技术，我国低轨卫星互联网星座空间基础设施建设总成本偏高，影响整体低轨卫星互联网商用化进程的落地或推广；
- 3) 产业市场化程度不高。卫星系统作为航天产业重要的组成部分，传统上主要服务支撑特定需求、专属客户，关键资源、核心技术相对封闭运作，市场化程度不够，客户导向、应用驱动、迭代创新的产业生态暂不够健全，同时我国地面光纤互联网的工作推进非常迅速，低轨卫星互联网作为地面补充，商业化需求较低。

图 25：2029 年全球近地轨道卫星布局及占比



资料来源：《“新基建”之中国卫星互联网产业发展研究白皮书》，信达证券研发中心

**卫星互联网纳入新基建，我国卫星互联网市场有望迎来重要历史发展机遇期。**2020 年，卫星互联网首次纳入新基建范畴，已经上升为国家战略性工程。我国将从整体战略统筹部署，打造完善的卫星互联网产业链。我国卫星互联网迎来了市场“破茧”和产业链“成蝶”的重要历史发展机遇期，自身优势与政策红利将逐渐呈现叠加效应，有望加速我国卫星互联网建设发展。

**1) 政策端：卫星互联网纳入“新基建”，政策持续大力支持。**2020 年 4 月 20 日，卫星互联网首次被纳入“新基建”范畴。2021 年 1 月 4 日，上海发布《关于全面推进上海城市数字化转型的意见》，提出加快建设数字基础设施，推动千兆宽带、5G、卫星互联网等高速网络覆盖。2021 年 3 月 13 日发布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出要建设天地一体、集成互联、安全高效的信息基础设施。2023 年 2 月 6 日，工信部发布《关于电信设备进网许可制度若干改革举措的公告》，将卫星互联网设备、功能虚拟化设备正式纳入进网许可管理。

**表 11: 我国卫星互联网相关政策**

发布时间	发布单位	文件名称	政策相关内容
2014年11月	国务院	《国务院关于创新重点领域投融资机制鼓励社会投资的指导意见》	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
2015年5月	国务院	《中国制造 2025》	加快构建国家民用空间基础设施, 加速北斗、遥感卫星商业化应用, 完善空间信息地面应用服务设施, 而向“一考一路”空间信息开放服务和集成应用需求, 进一步完善国家统筹建设的数据中心和应用服务平台。
2015年10月	发改委	《国家民用空间基础设施中长期发展规划(2015-2025年)》	加快国家民用空间基础设施建设, 发展新型卫星等空间平台与有效载荷、空天地宽带互联网系统, 形成长期持续稳定的卫星遥感、通信, 导航等空间信息服务能力。
2016年3月	国务院	《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》	加快构建国家民用空间基础设施, 加速北斗、遥感卫星商业化应用
2016年5月	国务院	《国家创新驱动发展战略纲要》	党的十八大提出实施创新驱动发展战略, 强调科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑, 必须摆在国家发展全局的核心位置
2016年11月	国务院	《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》	战略性新兴产业代表新一轮科技革命和产业变革的方向, 是培育发展新动能、获取未来竞争新优势的关键领域。
2016年11月	国防科工局发展改革委	《关于加快推进“一带一路”空间信息走廊建设与应用的指导意见》	完善空间信息地面应用服务设施, 而向“一考一路”空间信息开放服务和集成应用需求, 进一步完善国家统筹建设的数据中心和应用服务平台。
2016年12月	国务院	《2016中国的航天》	鼓励引导民间资本和社会力量有序参加航天活动, 大力发展商业航天, 完善卫星应用产业发展道路, 建立健全卫星数据共享等配套机制, 实现卫星数据和资源共享共用,
2017年1月	工信部	《信息通信行业发展规划(2016-2020年)》	“十四五”时期是我国全面建成小康社会之后, 乘势而上开启全面建设社会主义现代化国家新征程的第一个五年, 也是建设网络强国和数字中国、推进信息通信行业高质量发展的关键时期。
2017年11月	国务院	《关于推动国防科技工业军民融合深度发展的意见》	加强太空领域统筹, 以遥感卫星为突破口, 制定国家卫星遥感数据政策, 促进军民卫星资源和卫星数据共享。探索研究开放共享的航天发射场和航天测控系统建设
2018年11月	工信部	《工业和信息化部关于工业通信业标准化工作服务于“一带一路”建设的实施意见》	到2020年, 基本形成开放包容、互联互通、成果共享的“一带一路”标准化合作新局面, 中国标准与国际标准和各国标准体系兼容水平不断提高, 中国标准品牌效益明显提升。
2019年2月	发改委	《鼓励外商投资产业目录(征求意见稿)》公开征求意见的公告	鼓励外商投资商业航天产业的上下游各领域, 包括: 航空航天用新型材料开发生产, 运载火箭地面测试设备、运载火箭力学及环境实验设备, 民用卫星设计与制造, 民用卫星有效载荷制造, 民用卫星零部件制造, 星上产品检测设备制造, 卫星通信系统设备制造, 民用卫星笔应用技术等。
2019年6月	国防科工局中央军委装备发展部	《关于促进商业运载火箭规范有序发展的通知》	鼓励商业运载火箭健康有序发展, 以进一步降低进入空间成本, 补充和丰富进入太空的途径; 通知就商业运载火箭企业在科研、生产、试验、发射、安全和技术管控等多个环节做出了具体明确的要求和指示。
2019年7月	工信部	《工业和信息化部关于规范对地静止轨道卫星固定业务Ka频段设置使用动中通地球站相关事宜的通知》	使得动中通地球站的应用前景十分广阔, 尤其是在航空、船舶等通信服务领域, Ka频段动中通地球站已成为宽带卫星通信的必备设施。
2020年4月	发改委	国家发改委召开例行在线新闻发布会	首次明确新型基础设施的范围, 卫星互联网与5G、物联网、工业互联网一并纳入通信网络基础设施, 低轨卫星互联网进入高速发展阶段。
2019年7月	工信部	《关于2019年国民经济和社会发展计划执行情况与2020年国民经济和社会发展计划草案的报告》	支持商业航天发展, 延伸航天产业链条, 扩展通信、导航、遥感等卫星应用。
2021年3月	发改委	《第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》	打造全球覆盖、高效运行的通信、导航、遥感空间基础设施体系, 建设商业航天发射场。
2021年4月	发改委	《关于支持海南自由贸易港建设放宽市场准入若干特别措施的意见》	运营的航天发射场系统; 推动卫星遥感、北斗导航、卫星通信、量子卫星、芯片设计、运载火箭、测控等商业航天产业链落地海南。



2021年2月	国务院	《国家综合立体交通网规划纲要》	推动卫星通信技术，新一代通信技术，高分遥感卫星，人工智能等行业应用，打造全覆盖、可替代、保安全的行业北斗高精度基础服务网，推动行业北斗终端规模化应用。
2022年1月	国务院	《“十四五”数字经济规划的通 知》	加快建设信息网络基础设施。建设高速泛在、天地一体、云网融合、智能敏捷、绿色低碳、安全可控的智能化综合性数字信息基础设施。有序推进骨干网扩容，协同推进千兆光纤网络和5G网络基础设施建设，推动5G商用部署和规模应用，前瞻布局第六代移动通信（6G）网络技术储备，加大6G技术研发支持力度，积极参与推动6G国际标准化工作。积极稳妥推进空间信息基础设施演进升级，加快布局卫星通信网络等，推动卫星互联网建设。提高物联网在工业制造、农业生产、公共服务、应急管理等领域覆盖水平，增强固移融合、宽窄结合的物联接入能力。
2022年6月	国务院	《制造业技能根基工程实施方案》	各地突出“高精尖缺”导向，结合新一代信息技术和航天航空装备、关键软件等领域以及工业和信息化职业技能提升培训指导目录，优先将相关工种纳入补贴范围，打造数量充足的制造业人才队伍。
2022年1月	国务院	《计量发展规划（2021 - 2035年）》	"建立完善航空、航天、海洋等领域计量保证与监督体系。为航空装备发展提供一体化计量测试技术支撑。

资料来源：中央人民政府网、国家航天局、国家发改委，信达证券研发中心整理

**2) 技术端：我国技术储备基本完备，积极布局低轨卫星星座。**卫星互联网建设的关键技术包括产业链多个环节，如卫星制造方面的高通量卫星、星上转发器技术、星间链路技术等，发射环节的一箭多星和火箭回收等。我国在关键技术方面均有所布局。

表 12：我国部分关键技术积累

技术名称	代表事件	事件时间
高通量卫星	中星 26 号（中国首颗超百 G 容量高通量卫星）成功发射	2023 年 2 月 23 日
	中星 16 号（首颗我国完全自主研发的高通量卫星）成功发射	2017 年 4 月 12 日
低轨星座	首颗“虹云”工程技术验证卫星在酒泉乘坐长征十一号运载火箭升空，成功进入预定轨道	2018 年 12 月 22 日
	中国星网公司成立，建设 GW 星座计划	2021 年 4 月 28 日
星上处理	哈工大自主研发的星上智能处理载荷随星升空	2023 年 1 月 15 日
星载激光通信	北斗卫星与地面之间使用激光信号进行了开创性的高速通信实验	2021 年 11 月
	我国首次开展空间高速相干激光通信试验	2016 年 8 月 16 日
一箭多星	长征八号遥二运载火箭搭载 22 颗卫星	2022 年 2 月 27 日
	中国用长征六号火箭将一次送 20 颗卫星上天	2015 年 9 月 20 日
火箭回收	130 吨级重复使用液氧煤油补燃循环发动机 YF-100N 二次起动试验取得圆满成功	2023 年 5 月 12 日
	RLV-T5 首次点火试验成功	2018 年 10 月 6 日

资料来源：中国卫通、新华社、人民网、中国青年网、央视网、中国信通院、国资委、成都信息工程大学、东北网、网易新闻、财先说、新华网、中国科学院、中国政府网、新华社、京华时报、西安航天动力试验技术研究所，信达证券研发中心整理

其中在低轨卫星星座建设方面，在相关政策的鼓励下，2017 年以来多个近地轨道卫星星座计划相继启动。

**天地一体化信息网络项目：**由科技部牵头负责，中国电科集团负责实施，是国家“科技创新 2030 重大项目”之一。天地一体化信息网络建设分三个阶段，预计 2030 年建设完成。2019 年 6 月完成试验 1 星、2 星发射。星座采用星间链路和星间路由技术，可实现少量地面站支持下的全球数据服务。

**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 300 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。

**银河航天：**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，为我国首颗低轨宽带 5G 卫星。其公司研发人员由航天、互联网、通信或电信以及工业生产等四大块组成，与 Starlink 项目人员结构安排类似。

表 13: 我国低轨卫星星座建设

性质	类型	星座名称	研制单位	计划颗数	进程
国有	通信/卫星互联网/物联网	鸿雁星座	航天科技集团	300LEO	2018 年底首发星发射;2022 年完成一期 60 颗卫星组成的“鸿雁卫星”星座通信系统;2025 年，建成完成二期建设，共计 300 颗运营组网
	卫星互联网	虹云工程	航天科工集团	156LEO	第一阶段，2018 年底发射首星；第二阶段，“十三五”未发射 4 颗业务试验星；第三阶段，到“十四五”中期完成天地融合系统建设，实现全部 156 颗卫星组网运行
		中国天地一体化信息网络	中国电科集团	60 综合+60 宽带(LEO)	2019 年，天象 1 星、2 星入轨，构建开放式验证平台；2021 年底前发射三颗高轨卫星和四颗低轨卫星，建设五个地面节点。作为重大项目先行部分。
	通信	行云工程	中国航天科工四院	80LEO	计划分 α、β、γ 三个阶段。2020 年，α 阶段完成：首批两颗 100 千克量级卫星“行云二号”01 星与 02 星完成初样研制；计划于 2021 年完成行云工程 β 阶段组网建设，届时将实现小规模业务运营，初步实现天基物联网服务。
	遥感	微景一号	中国航天科技集团	80LEO	第一阶段 2018-2019 年部署 3 颗首发星，第二阶段 2020-2021 年部署 20 颗卫星，第三阶段 2020-2025 年部署 60 颗卫星。
民营	通信	银河 Galaxy	银河航天	2800	预计 2022 年完成第一批 144 颗卫星部署，随后从 144 颗卫星升级到 800 多颗卫星，最后再升级到 2800 颗卫星。
	卫星互联网	全球多媒体卫星系统	上海垣信卫星科技有限公司	300LEO	2019 年发射了 α 阶段两颗试验卫星；2021 年底转入组网和产业化阶段；力争到 2023 年底完成初步组网并投入商业运营
		连尚蜂群星座	上海连尚网络科技有限公司	200LEO+7 2GEO	计划 2026 年，发射由 272 颗分布于中、低轨道的卫星。(20 年后未跟进)
	物联网	“瓢虫系列”卫星	九天微星、中科天塔	72LEO	2018 年瓢虫系列 7 颗卫星入轨，2022 年完成 72 颗物联网卫星星座的部署。
天启星座		国电高科	38LEO	计划于 2022 年年底前完成全部 38 颗卫星的组网（已发射 15 颗）	

	翔云星座	欧科微	28LEO	2018年“嘉定一号”入轨（18年后未跟进）
通感	灵鹊星座	零重空间、华讯方舟	378	2019年1月成功发射技术验证星灵鹊一号A星；2022年12月发射金紫荆一号05/06星；2025年初计划132颗，后期计划378颗（在轨8颗）
	吉林一号	长光卫星技术有限公司	300LEO	2018年增至10颗；预计2023年底前实现138颗卫星在轨，具备全球任意点10分钟的重访能力；2025年底前实现300颗卫星在轨（截止至22年底有70颗在轨）
	星时代AI星座	国星宇航	192LEO	2018年首发星时代-4发射；2022年星时代-17发射，在轨11颗
	天行者星座	北京和德宇航	48LEO	2017首发和德一号发射；22年发射交通五号（在轨7颗）

资料来源：中央网信办、中国政府网、国资委、中新网、新华社、地理监测云平台、泰伯网、21财经、国防科工局、国家航天局、人民日报、国际自然科学基金委员会、中科院网信工作网、上海市科学技术委员会（上海市外国专家局）、上观新闻、国际科技创新中心、北京日报、四川省人民政府、四川日报、和德宇航、新华财经、央视网，信达证券研发中心整理

**资本端：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。根据IT桔子数据库，2016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，2017年开始卫星互联网资本市场逐渐活跃，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。

图 26：我国卫星互联网行业融资情况(单位:亿元，起)

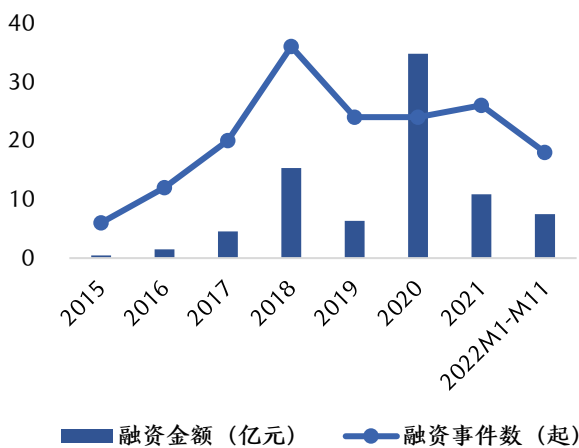
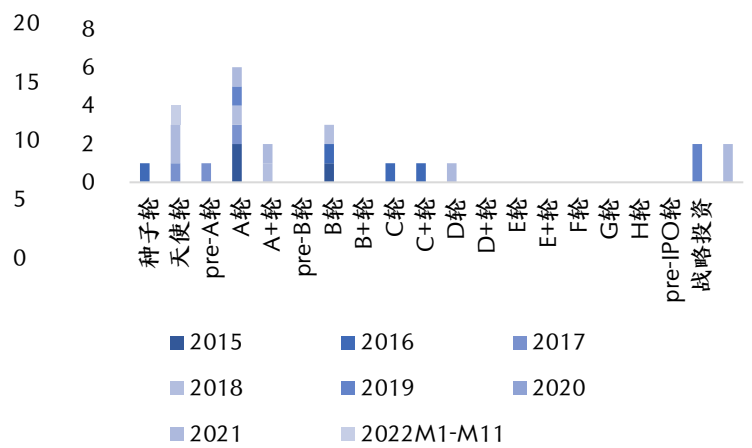


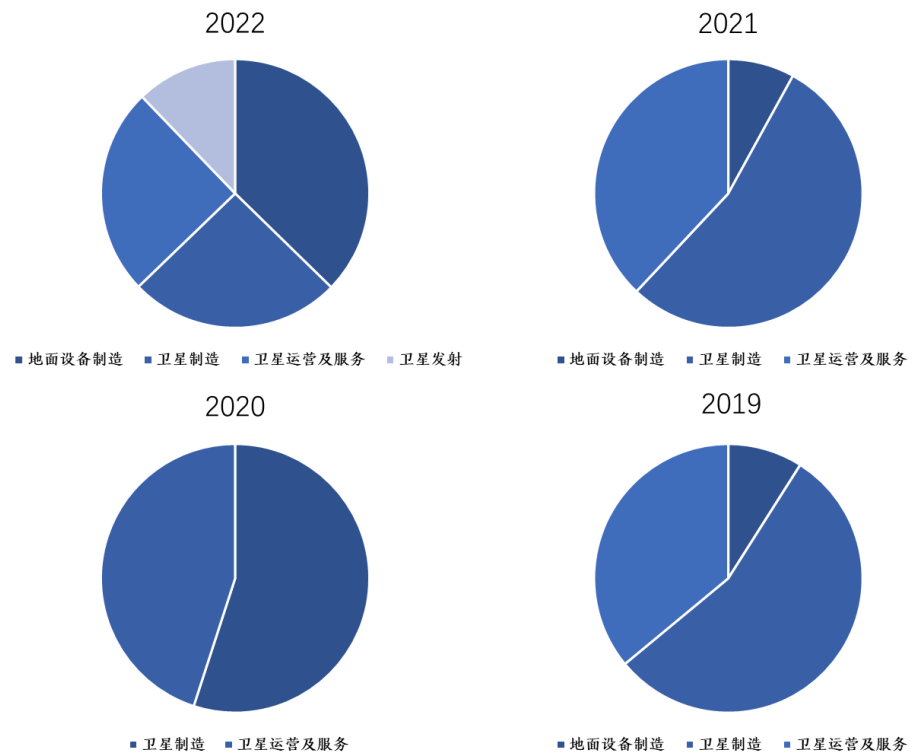
图 27：我国卫星互联网行业投融资轮次情况(单位:起)



资料来源：前瞻产业研究院，新浪财经，信达证券研发中心

资料来源：前瞻产业研究院，新浪财经，信达证券研发中心

目前，国内的民间资本和社会力量正在有序参与商业航天领域，从2019-2022年融资企业的主营产品分析，卫星制造领域一直是卫星互联网行业的投资热点。2021年卫星制造领域投资事件占总投资事件的比重超过50%。

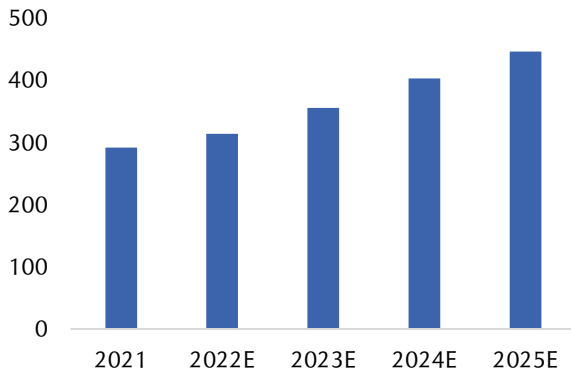
**图 28: 我国卫星互联网行业融资产品变化(单位:%)**


资料来源: 前瞻产业研究院, 新浪财经, 信达证券研发中心

## 2、我国已形成较完整的卫星互联网产业链

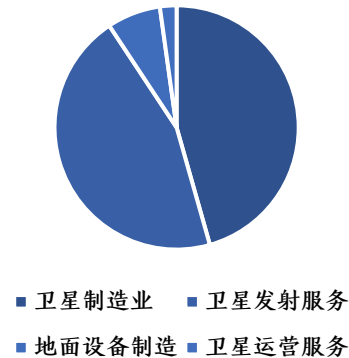
我国卫星互联网市场稳步发展，产业链价值集中于卫星制造和卫星发射。我国卫星互联网作为国家新型基础设施建设的重要组成部分，在国家政策法规、技术升级、产业资本的多重驱动下，产业发展迅速。根据 SIA 数据，2021 年中国卫星互联网行业市场规模达到 292.48 亿元，预计 2025 年市场规模将达到 446.92 亿元，2021-2025 年复合增长率达到 11%。根据《“新基建”之中国卫星互联网产业发展研究白皮书》，2019 年卫星产业链中卫星制造、卫星发射、地面设备和卫星运营占总市场规模的比例分别为 7.10%、2.20%、45.10%和 45.60%。

图 29：我国卫星互联网市场规模预测(单位:亿元)



资料来源：SIA，中商产业研究院，信达证券研发中心

图 30：2019 年全球卫星产业细分结构图



资料来源：《“新基建”之中国卫星互联网产业发展研究白皮书》，信达证券研发中心

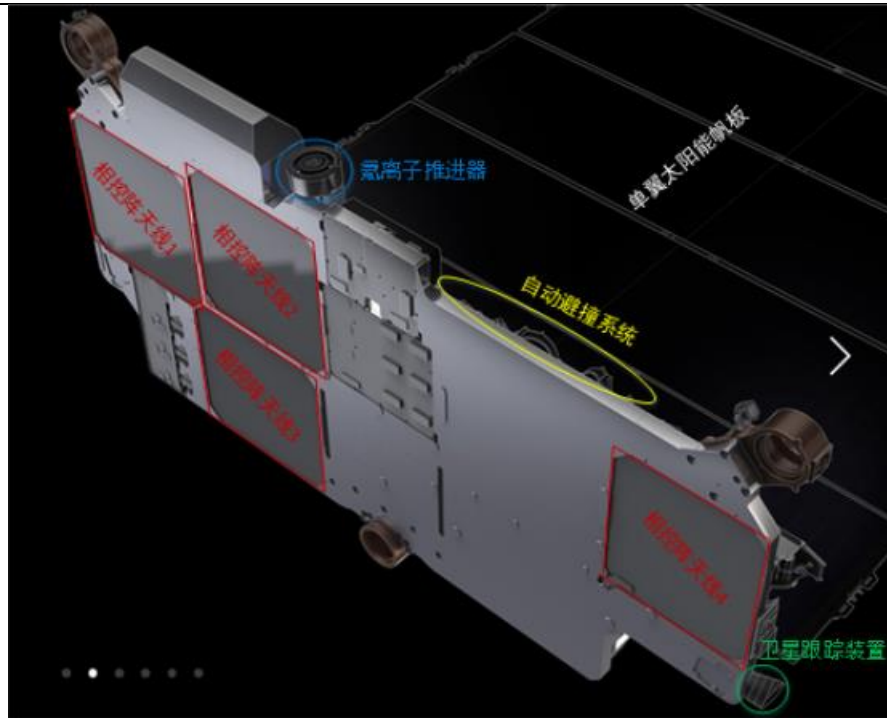
我国已经形成了较为完整的卫星互联网产业链，在卫星制造、卫星发射、地面设备制造和运营服务等重点环节形成了有效的布局。

表 14：卫星通信产业链主要环节

产业链	细分领域	主要内容
卫星制造	有效载荷	是执行通信任务的分系统，主要包括天线和转发器
	卫星平台	由保障系统组成的可支持一种或几种有效载荷的组合体
卫星发射	发射服务	包括卫星发射及发射跟踪测控服务以及发射场建设等
	运载火箭服务	运载火箭一般由 2-4 级火箭组成，整个火箭主要由箭体结构、推进系统、制导和控制系统、安全自毁系统、外测、遥测系统等构成
地面设备	网络设备	包括信关站、控制站和甚小孔径终端 (VSAT)、网络运营中心 (NOCs)、卫星新闻采集 (SNG)
	用户终端设备	包括卫星电视天线、卫星无线电设备、卫星宽带天线、卫星电话和移动卫星终端、卫星导航单机硬件等
运营服务	空间段运营服务	卫星固定 (FSS) 服务：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
	地面段运营服务	卫星广播 (BSS) 服务：利用卫星发送或转发信号，给公众直接接收的无线电广播业务 卫星移动 (MSS) 服务：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

资料来源：《我国低轨卫星通信产业发展现状及趋势分析》，信达证券研发中心

**1) 卫星制造环节：国家队领航，民营企业聚焦零部件制造。**卫星整机制造门槛较高，投资大，整机制造未来仍将以国家队如中国航天科技集团、中国航天科工集团领航。其中在卫星各分系统的设计研发上，一些民营企业储备了较强的技术实力，随着低轨卫星星座建设发展，星载核心硬件有望直接受益，如通信卫星中有效载荷的转发器和相控阵天线，用于激光通信的激光器件、电推系统、太阳能帆板加蓄电池组的组合构成的能源系统及管理系統等；

**图 31: Starlink 单星及相控阵平板示意图**


资料来源:《StarLink 卫星/终端天线及星地链路协议探讨》, 商业新知, 太空与网络, 信达证券研发中心

**2) 卫星发射环节: 国有企业为主, 发射降本成发展重点。**我国作为航天大国, 拥有西昌、酒泉、文昌、太原四大发射基地, 2022 年, 中国航天全年实施发射任务超过 60 次, 长征系列火箭年发射次数再创新高。其中, 火箭研制和发射服务行业壁垒高, 研发周期长, 投资大, 主要负责单位为航天科技集团和航天科工集团。从商业模式来看, 商业火箭本质上就是运载工具, 未来的主要盈利模式是按公斤收费, 并发展广告命名、文旅等延伸服务, 因此降低发射成本为未来发展重点, 如液体、大推力、可回收火箭制造。

**图 32: 2021 年我国航天发射次数居世界第一**


资料来源: 中国航天科技集团, 人民日报, 信达证券研发中心

**3) 地面设备环节：C端市场广阔，民营企业参与众多。**卫星互联网地面设备包括信关站在内的网络设备和各类用户终端，随着卫星互联网建设和各类应用场景下客户接入，相关地面设备有望进入规模放量环节，市场广阔，其中各类零部件及系统软件等涉及厂商众多。

图 33：卫星互联网核心应用场景



资料来源：《“新基建”之中国卫星互联网产业发展研究白皮书》，信达证券研发中心

**4) 卫星运营环节：中国星网成立，牵头统筹我国卫星互联网建设。**2021年4月28日，国务院国有资产监督管理委员会发布《国资委关于组建中国卫星网络集团有限公司（简称：中国星网）的公告》，经国务院批准，中国星网由国资委代表国务院履行出资人职责，列入其职责企业名单，中国星网正式成立。卫星互联网的建设作为复杂的系统工程，面临着卫星的规模化生产、快速批量发射部署、巨型星座的运行管理等问题，都亟需改变当前航天工程任务的生产、运作模式。中国星网的组建，作为国家战略，有望对我国卫星互联网产业进行整体统筹规划，通过集中力量办大事的制度优势，有望快速构建卫星网络，加强竞争实力。

**星座建设方面，**中国星网将整合“鸿雁”和“虹云”低轨星座工程，主导承担大型卫星通信工程“GW”星座计划。根据ITU公开资料显示，“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，其中GW-A59（6080颗卫星）分布在500km附近极低轨道，GW-2（6912颗卫星）分布在1145km近地轨道。轨道倾角范围为30°~85°。使用频段范围为37.5~51.4GHz，分布在Ka和V频段。

**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8日，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，将以地面移动通信网络技术标准、3GPP R17 NTN 技术标准等为标准基线，形成包括核心网、承载网、接入网，以及操作维护系统等在内的总体技术规范。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。“GW”星座不仅提供覆盖全球高速网络通信服务，而且加速我国信息安全、导航定位、气象研究、灾害预警等诸多领域升级，还能拓展全球市场给卫星制造、运载火箭、地面基站、用户设备、网络应用等全产业链带来更多发展机会。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。它们都是中国星网集团的应用平台，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 34：中国星网落户雄安



资料来源：成都信息工程大学官网，信达证券研发中心



## 四、重点公司介绍

我国卫星互联网产业较为完善，价值集中于卫星制造和卫星发射。其中，1) 卫星制造环节：国家队领航，民营企业聚焦零部件制造。2) 卫星发射环节：国有企业为主，发射降本成发展重点。3) 地面设备环节：C 端市场广阔，民营企业参与众多。4) 卫星运营环节：中国星网成立，牵头统筹我国卫星互联网建设。

图 35：中国国内卫星互联网相关公司

卫星制造				地面设备			
振华科技	国博电子	中国卫星	航锦科技	国博电子	海格通信	信科移动	普天科技
航天电器	航天电子	火炬电子	宏达电子	铖昌科技	雷科防务	震有科技	
鸿远电子	航天发展	北斗星通	铖昌科技				
雷电微力	臻镭科技	灿勤科技	光库科技	卫星运营	用户终端		
创意信息	欧比特	亚光科技	奥普光电	中国卫通	国博电子	航锦科技	信科移动
康拓红外	雷科防务	天奥电子	佳缘科技	欧比特	铖昌科技	雷电微力	海能达
国机精工	霍莱沃	新劲刚		盟升电子	海格通信	华力创通	

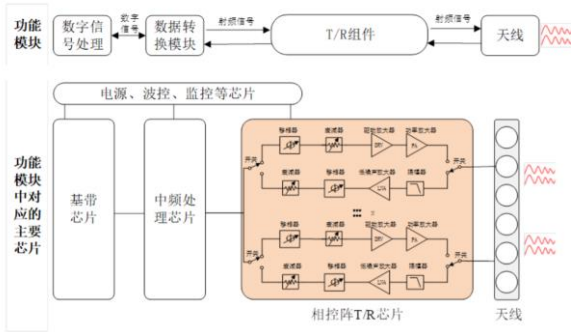
资料来源：公司财报，信达证券研发中心整理

### 1、铖昌科技：国内稀缺的相控阵 T/R 芯片解决方案提供商

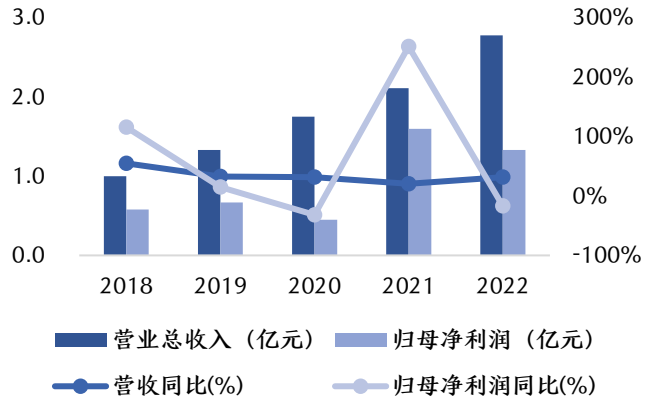
公司是国内少数能够提供相控阵 T/R 芯片完整解决方案的企业之一。公司产品涵盖整个固态微波产品链，包括 GaAs/GaN 功率放大器芯片、GaAs 低噪声放大器芯片、GaAs 收发前端芯片、收发多功能放大器芯片、幅相多功能芯片、模拟波束赋形芯片、数控移相器芯片、数控衰减器芯片、功分器芯片、限幅器芯片等十余类高性能微波毫米波模拟相控阵芯片，频率可覆盖 L 波段至 W 波段。由于射频电路受限于摩尔定律程度较小，强调的是高输出功率、高可靠性和稳定性，公司产品的工艺制程属于成熟制程范围，能够提供各典型频段的微波毫米波模拟相控阵系统芯片解决方案。

目前公司产品已批量应用于星载、地面、机载、车载相控阵雷达及卫星互联网等领域，并逐步拓展至 5G 毫米波通信等领域。其中公司产品相控阵 T/R 芯片是相控阵系统最核心的元器件之一，负责信号的发射和接收并控制信号的幅度和相位，从而完成波束赋形和波束扫描，其指标直接影响系统的指标，对整机的性能起到至关重要的作用。

在卫星互联网方面，公司提前布局低轨卫星领域。公司早期致力于星载相控阵领域的技术研发和市场开拓，星载雷达主要用于地面成像、高程测量、洋流观测及对运动目标的实时监测等，对相控阵 T/R 芯片的性能、稳定性、可靠性要求极高。公司领先推出星载和地面用卫星互联网相控阵 T/R 芯片全套解决方案，从元器件层面助力我国卫星互联网快速、高质量、低成本发展，并基于在星载领域的技术积累，拓展产品应用领域进展可观，2022 年公司地面相控阵用 T/R 芯片增速较快，地面产品主要以各类型地面雷达为主，已成为公司的重要收入来源之一。

**图 36: 铖昌科技在相控阵系统所处位置**


资料来源: 铖昌科技公司年报, 信达证券研发中心

**图 37: 铖昌科技营收稳步增长**


资料来源: wind, 信达证券研发中心

## 2、海格通信: 国内无线通信和北三领域领军企业, 积极布局卫星互联网

公司是国内无线通信和北三领域领军企业, 积极参与卫星互联网重大工程。公司主导产品覆盖短波通信、超短波通信、卫星通信、数字集群、多模智能终端和系统集成等领域, 实现天、空、地、海全域布局, 是国内拥有全系列天通卫星终端及芯片的主流厂家, 正积极参与当前国家快速推进的卫星互联网重大工程项目, 全方位布局卫星通信领域。

在卫星互联网领域, 公司通信、导航终端项目悉数竞标入围, 实现良好布局, 正式成为主流研制厂家之一; 新款芯片研制迈出坚实一步, 某终端射频芯片成功拓展到下一代卫星通信导航领域, 是业内唯一获得部委和行业双双认可的唯一厂家。

## 3、光库科技: 国内稀缺宇航级光纤激光器件供应商

公司光纤激光器件技术实力雄厚, 积极参与卫星互联网建设。光纤激光器目前已经在汽车、电子、航空航天、机械、冶金、铁路、船舶、激光医疗等领域有着广泛的应用, 公司作为光纤激光器领域领军企业, 在宇航级光纤激光器件方面也深耕多年。

继嫦娥三号与嫦娥四号等国家重大项目之后, 在嫦娥五号探测器探月任务中, 公司为着陆器内的两大光纤激光器提供了多项宇航级核心无源器件, 其中, 公司为三维成像传感器激光器提供关键的无源器件, 使得在着陆过程的悬停阶段能够运用高重频和窄脉宽脉冲激光, 对月球表面进行瞬间的高精度三维扫描, 为选取精确降落位置奠定基础。此外, 还首次在着陆器上应用了测速模块, 从月球着陆阶段就开始运作, 通过分析激光回波的频率数据来测算着陆器相对于月面的速度。这两项技术从远至近相辅相成, 确保嫦娥五号顺利、安全地降落在月球表面。

## 4、信科移动-U: 战略布局卫星互联网, 深度参与 5G 卫星通信标准制定

公司战略布局卫星互联网, 深度参与 5G 卫星通信标准制定。公司是从从事移动通信国际标准制定、核心技术研发和产业化的唯一一家央企控股的高新技术企业。企业公司依托在移动通信标准制订、技术开发及产业化上积累的核心优势, 聚焦产业数字化转型, 赋能垂直行业数字化、智能化升级, 重点布局能源、交通等市场, 为垂直行业客户提供综合解决方案; 公司紧密跟踪、积极参与我国卫星互联网建设, 深度布局通信仪器仪表业务, 推进通信仪器仪表的国产化替代工作。

在星地融合及卫星互联网方面, 公司在星地融合与卫星互联网方向进行了战略布局。推动 5G NTN 的国内外标准制定, 牵头多个标准立项项目, 是 5G 卫星通信标准的重要贡献者, 并深度参与我国卫星互联网建设。面向未来的手机直连卫星技术愿景, 开展了场景指标、

无线空口、网络架构等多项关键技术研究，对部分关键技术进行了仿真评估与原理验证，为手机直连的产业落地奠定了基础。

#### **5、华力创通：具备终端应用侧具备芯片到终端一体化能力**

**公司具备终端应用侧具备芯片到终端一体化能力。**公司深耕国防及行业信息化领域，主营业务涵盖卫星应用、仿真测试、雷达信号处理、无人系统等业务方向，为我国航空航天、国防电子、特种装备等国防市场提供自主可控的核心器件、终端、系统和解决方案；公司还积极面向行业和地方经济发展，在智慧城市、卫星大数据、应急通信、安全监测、海洋工程等领域，为广大用户提供产品、解决方案及运营服务。经过持续的科研投入和经验积累，公司在卫星导航与通信、雷达信号处理、仿真测试领域形成一定规模的科研生产能力。

在卫星应用领域，公司积极开展北斗三号、北斗+5G、低轨卫星互联网等多个领域的前沿技术研发、产品应用研究和跟踪，致力于北斗+5G 室内外融合定位芯片研发及产业化、卫星互联网高低轨协同通信芯片研发及产业化等方向。公司研发项目还包括低轨卫星互联网原型验证平台，瞄准我国低轨卫星互联网通信系统的设计需求，研究满足低轨卫星互联网通信系统基带芯片的设计架构，突破宽带数字信号处理技术，研制低轨卫星互联网芯片原型验证平台，为基带芯片的设计提供解决方案，并为系统原型终端提供基带处理平台。目前已完成原型验证平台的设计，并基于该验证平台完成数字信号处理关键技术的验证。

#### **6、盛路通信：深耕军民两用通信领域，积极研发 6G 低轨卫星互联网技术**

**公司聚焦军工电子和民用通信两大主营业务发展，6G 低轨卫星互联网。**公司围绕自身的专业技术和资源优势，聚焦军工电子和民用通信两大主营业务发展，充分利用军民产品在微波技术领域的高度协同，在超宽带上下变频系统、毫米波通信、6G 低轨卫星互联网系统等关键技术上继续保持竞争优势。

微波/毫米波、有源相控阵技术是移动通信网络向超高速率、超低时延、超大规模机器连接数发展的核心技术之一，也是未来 6G 网络发展的关键技术之一，公司按照“天基组网、地网跨代、天地互联”的思路，积极步开展相关技术的深入研究和产业化应用。在民用领域，公司的微波/毫米波技术早已在 2005 年与日本 NEC 开展合作，至今已有数十年技术积累，逐步形成了公司独有的技术优势。目前，公司已成功自主研发 28G 毫米波有源相控阵天线、毫米波无线点对点及点对多点系列传送网产品，产品出货量累计达到了 120 万套以上，出口至全球 100 多个国家和地区。在军用领域，公司致力于微波/毫米波技术及有源相控阵技术在雷达、电子对抗、遥感遥测、卫星通信等领域的研究，目前产品已广泛应用于机载、舰载、弹载等各种作战平台。

#### **7、震有科技：卫星通信核心网供应商**

**公司是国内首个卫星核心网供应商，深度布局卫星通信技术。**公司主要提供卫星通信的核心网业务，2019 年，震有科技承建天通一号卫星核心网并顺利开通，成为国内首个卫星核心网建设并成功商用的供应商。

在核心网领域，公司发布基于国产化软硬件平台的 5G 核心网商用版本、发布支持卫星通导一体增强、卫星物联网、多种体制卫星接入网、卫星安全加密等丰富卫星业务的 5G 核心网商用版本；在境内市场的公网领域，公司与国内电信运营商紧密合作，中标并交付低轨卫星核心网的原型系统项目，与中国电信卫通公司成立联合实验室，支持中国电信发布“天地翼卡”，助力卫星通信系统建设。

## 8、中国卫星：聚焦于卫星通导遥一体化产业发展

公司作为央企控股上市公司，围绕宇航制造和卫星应用主责主业，聚焦于卫星通导遥一体化产业发展，具有天地一体化设计、研制、集成和运营能力。公司依托“小卫星及其应用国家工程研究中心”和“天地一体化信息技术国家重点实验室”两个国家级平台，同时具备关键系统、核心部组件与产品的研制交付能力以及为用户提供系统解决方案和信息/数据服务能力。

**在宇航制造方面**，公司开发了覆盖 1kg 至 1000kg 完整序列的小卫星/微小卫星公用平台型谱，产品涉及光学遥感、电磁与微波遥感、通信、科学与技术试验等领域，具备复杂星座系统设计、全链路仿真、自主任务规划、星上智能处理、AIT 一体化管控、组批生产等核心技术能力，可为航天器提供星上导航接收机、空间太阳电池片、星上电子通信设备等产品，产品质量稳定、性能可靠。

**在卫星应用方面**，公司业务产品主要包括卫星通导遥终端产品制造、大型地面应用系统集成、无人机系统集成、卫星综合运营服务、信息系统及综合应用平台建设等领域，在目标特性识别、抗干扰、高精度时间同步、高通量卫星通信波束无缝切换等技术方面具有竞争力，打造了 Anovo 卫星通信系统、北斗三代宇航级芯片、高通量机载卫星通信终端、北斗导航终端、信息链终端、遥感卫星地面站、民航机载追踪监视设备等一批具备竞争优势的核心产品，具备设计、建设和运营大型地面应用系统的核心能力，能够为行业、区域用户和国际市场提供卫星广播电视传输服务、卫星测控及遥感数据运营服务和增值服务、天空地一体综合信息系统及信息化解决方案。

## 9、宏达电子：国内军用钽电容龙头

公司是国内军用钽电容龙头。在高可靠领域，公司具备行业准入的多种主体资质及业务认证；公司拥有高能混合钽电容器生产线、非固体电解质钽电容器生产线、片式固体电解质钽电容器生产线、固体电解质钽电容器生产线、多层片式瓷介固定电容器生产线、片式电感器生产线、片式膜固定电阻器生产线、射频隔离器和环形器生产线等 12 条高可靠贯标认证生产线，相关产品已列入电子元器件 QPL 目录；公司实验中心通过了 CNAS 和 DILAC 能力认可，公司高可靠产品全部按相关的要求进行质量一致性检验；公司产品已被纳入多项科研项目的优选目录，公司已成为大部分高可靠钽电容器用户的合格供应商；2020 年公司通过了航天客户 PCS 建设认证。

## 10、鸿远电子：国内 MLCC 领军企业

公司是国内 MLCC 龙头之一，自产产品广泛用于航天领域。公司自产电子元器件主要为瓷介电容器、滤波器、微波模块、微控制器及微处理器等电子元器件产品，下游集中在以航天、航空、电子信息、兵器等为核心的高可靠领域。2022 年，公司自产业务实现收入 137,302.19 万元，较上年同期增加 1.89%，自产业务前五名客户分别为中国航天科技集团有限公司、中国航天科工集团有限公司、中国航空工业集团有限公司、中国电子科技集团有限公司以及中国兵器工业集团有限公司，合计实现销售收入 96,447.81 万元，占本期自产业务收入比例为 70.24%。

## 11、臻镭科技：深耕特种射频集成电路，积极布局卫星互联网

公司深耕特种射频集成电路，积极布局卫星互联网领域。公司专注于集成电路芯片和微系统的研发、生产和销售，并围绕相关产品提供技术服务。公司主要产品包括终端射频前端芯片、射频收发芯片及高速高精度 ADC/DAC 芯片、电源管理芯片、微系统及模组等，为

客户提供从天线到信号处理之间的芯片及微系统产品和技术解决方案。公司产品及技术应用于无线通信终端、通信雷达系统、电子系统供配电等特种行业领域的基础上，2022年内重点拓展了卫星互联网等民用领域。

**在卫星互联网的应用方面**，为推动我国卫星互联网的发展，公司在2022年内获得了国家某部委支持的地面宽带终端研制合同，将在2023年主导研发一款高集成度高速高精度ADC/DAC芯片，应用于我国卫星互联网的地面设施建设；公司研发的负载点电源芯片C42111RHT、低压差线性稳压器芯片C41101RHT、电池均衡器C41815RH等芯片已大量应用于卫星互联网产业中，未来公司将研发更多具备高效率、小体积、耐辐射等优点的电源管理芯片应用于卫星互联网和其他小卫星产业；公司微系统事业部已服务客户近十家，产品可广泛应用于新一代的卫星互联网通信和目标探测雷达等领域，其中针对卫星互联网研发的16通道SIP组件产品CSIP-Ka-16-03，尺寸仅为14.4mm\*14.4mm\*3.2mm，重量仅为1.9g，体积重量较传统方案均下降了90%以上。

## **12、创意信息：重点布局卫星互联网主要的5G通信载荷**

**公司重点布局卫星互联网主要的5G通信载荷**。公司一方面开源了5G核心技术促进5G生态繁荣，另一方面赋能相关垂直行业，如：智慧工厂、卫星互联网等领域，特别是打造了5G卫星通信载荷产品，正力争成为卫星互联网主要的5G通信载荷供应商。

在卫星互联网市场，公司重点布局低轨宽带卫星互联网，成为国家首批试验星的5G载荷承制厂家，首批参与中国卫星网络集团有限公司卫星标准研究并提案的厂家之一。目前已实现星载低轨卫星5G体制方案设计与系统演示验证。

## **13、天奥电子：国内航天时频行业龙头企业**

**公司是国内航天时频行业龙头企业，卫星互联网发展带来发展新契机**。公司是国内主要的铷原子钟批量生产企业，技术性能达到国际先进水平。先后推出了满足航空航天、卫星导航以及通信需求的系列化铷原子钟，国内率先推出了激光抽运小型铯原子钟。公司研制生产的星载原子钟物理系统已应用于北斗三号导航卫星系统；芯片光钟完成关键技术验证，在该领域处于国内先进水平，进一步巩固公司在时频领域的领先地位。

公司时间频率产品主要应用于航空航天、卫星导航、军民用通信及国防装备等领域，为国家时频体系建设、载人航天、探月工程、北斗卫星导航系统、火星探测、空间站等国家重大工程提供重要保障。随着我国大力推进新基建，5G、物联网、卫星互联网等新一代通信网络基础设施建设对时间同步需求更为广泛，有望拉动时间频率产品的民用市场需求。

## **14、霍莱沃：射频测量系统有望充分受益卫星互联网发展**

**公司射频测量系统有望充分受益卫星互联网发展**。公司长期聚焦于电磁仿真及测量技术的自主研发及应用，致力于成为“电磁技术的领航者”，依托自主研发的算法技术体系，构建了电磁仿真验证、电磁测量系统、相控阵产品三大业务板块，主要服务于国防军工、航空航天、通信、汽车等高端制造业的产品研发、生产及应用。公司曾参与嫦娥探月、北斗卫星、高分卫星等多项国家知名工程，为中电科、航天科技、航天科工、中船集团、航空工业、中国电子、中科院下属的多家单位以及中兴通讯、大唐移动等客户提供了坚实的仿真及测量技术保障。

公司子公司弘捷电子重点面向卫星有效载荷领域，在射频微波部组件测量、微放电测量等领域拥有国内领先的技术优势。随着低轨卫星建设工作的逐步开启，服务于低轨卫星有效载荷研发生产的射频测量系统的市场需求已逐步显现，并有望保持快速增长态势。

## 五、投资建议

---

建议重点关注铖昌科技、海格通信、光库科技、盛路通信、信科移动-U、华力创通、盛路通信、震有科技、振芯科技、新劲刚、欧比特、中国卫星、宏达电子、鸿远电子、臻镭科技、创意信息、天奥电子、霍莱沃等。

## 六、风险因素

---

### 1、组网建设进度及投资规模低于预期

卫星互联网产业链发展与我国卫星互联网组网建设及市场投资直接相关，受实际技术发展及建设进度，有可能面临建设发展不及预期风险。

### 2、卫星频率和轨道资源竞争风险

卫星互联网建设具有重要的商业和军事价值，各国正在加速布局抢占轨道及频率资源，由于频率轨道资源的稀缺性，我国作为该领域后发国家，存在较高的资源竞争风险。

### 3、各环节技术发展及降本不及预期风险

卫星互联网建设技术门槛高且投资大，各环节涉及技术研发及成本直接影响建设进度及规模，因此存在相关技术发展及降本不及预期风险。

### 4、中美贸易摩擦加剧

卫星互联网建设具有重要的商业及军事价值，涉及众多技术设备、零部件生产、国际合作及市场竞争，未来若中美贸易摩擦加剧，多环节发展可能受到影响。

## 研究团队简介

**蒋颖**，通信行业首席分析师，中国人民大学经济学硕士、理学学士，商务英语双学位。2017-2020年，先后就职于华创证券、招商证券，2021年1月加入信达证券研究开发中心，深度覆盖智能制造&云计算IDC产业链、海缆&通信新能源产业链、智能汽车&智能电网产业链、5G产业链等。曾获2022年wind“金牌分析师”通信第4名；2020年wind“金牌分析师”通信第1名；2020年新浪金麒麟“新锐分析师”通信第1名；2020年21世纪“金牌分析师”通信第3名；2019年新浪金麒麟“最佳分析师”通信第5名。

**石瑜捷**，通信行业研究助理，北京外国语大学金融学硕士，英语专业八级。曾就职于上海钢联MRI研究中心，负责汽车板块研究。2020年12月加入信达证券研究开发中心，从事通信行业研究工作，主要覆盖物联网、车载导航、智能电网、运营商、5G应用等领域。

**陈光毅**，通信组成员，北京大学物理学博士，凝聚态物理专业。2021年12月加入信达证券研究开发中心，从事通信行业研究工作，主要覆盖海缆&通信新能源、激光雷达、车载控制器、云计算&5G等领域。

## 机构销售联系人

区域	姓名	手机	邮箱
全国销售总监	韩秋月	13911026534	hanqiuyue@cindasc.com
华北区销售总监	陈明真	15601850398	chenmingzhen@cindasc.com
华北区销售副总监	阙嘉程	18506960410	quejiacheng@cindasc.com
华北区销售	祁丽媛	13051504933	qiliyuan@cindasc.com
华北区销售	陆禹舟	17687659919	luyuzhou@cindasc.com
华北区销售	魏冲	18340820155	weichong@cindasc.com
华北区销售	樊荣	15501091225	fanrong@cindasc.com
华北区销售	秘侨	18513322185	miqiao@cindasc.com
华北区销售	赵岚琦	15690170171	zhaolanqi@cindasc.com
华北区销售	张澜夕	18810718214	zhanglanxi@cindasc.com
华北区销售	王哲毓	18735667112	wangzheyu@cindasc.com
华东区销售总监	杨兴	13718803208	yangxing@cindasc.com
华东区销售副总监	吴国	15800476582	wuguo@cindasc.com
华东区销售	国鹏程	15618358383	guopengcheng@cindasc.com
华东区销售	朱尧	18702173656	zhuyao@cindasc.com
华东区销售	戴剑箫	13524484975	daijianxiao@cindasc.com
华东区销售	方威	18721118359	fangwei@cindasc.com
华东区销售	俞晓	18717938223	yuxiao@cindasc.com
华东区销售	李贤哲	15026867872	lixianzhe@cindasc.com
华东区销售	孙瞳	18610826885	suntong@cindasc.com
华东区销售	王爽	18217448943	wangshuang3@cindasc.com
华东区销售	石明杰	15261855608	shimingjie@cindasc.com
华东区销售	粟琳	18810582709	sulin@cindasc.com
华东区销售	曹亦兴	13337798928	caoyixing@cindasc.com
华东区销售	王赫然	15942898375	wangheran@cindasc.com
华南区销售总监	王留阳	13530830620	wangliuyang@cindasc.com
华南区销售副总监	陈晨	15986679987	chenchen3@cindasc.com
华南区销售副总监	王雨霏	17727821880	wangyufei@cindasc.com
华南区销售	刘韵	13620005606	liuyun@cindasc.com
华南区销售	胡洁颖	13794480158	hujieying@cindasc.com
华南区销售	郑庆庆	13570594204	zhengqingqing@cindasc.com
华南区销售	刘莹	15152283256	liuying1@cindasc.com
华南区销售	蔡静	18300030194	caijing1@cindasc.com
华南区销售	聂振坤	15521067883	niezhenkun@cindasc.com
华南区销售	张佳琳	13923488778	zhangjialin@cindasc.com
华南区销售	宋王飞逸	15308134748	songwangfeiyi@cindasc.com



## 分析师声明

负责本报告全部或部分内容的每一位分析师在此申明，本人具有证券投资咨询执业资格，并在中国证券业协会注册登记为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告；本报告所表述的所有观点准确反映了分析师本人的研究观点；本人薪酬的任何组成部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体分析意见或观点直接或间接相关。

## 免责声明

信达证券股份有限公司(以下简称“信达证券”)具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本报告由信达证券制作并发布。

本报告是针对与信达证券签署服务协议的签约客户的专属研究产品，为该类客户进行投资决策时提供辅助和参考，双方对权利与义务均有严格约定。本报告仅提供给上述特定客户，并不面向公众发布。信达证券不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。客户应当认识到有关本报告的电话、短信、邮件提示仅为研究观点的简要沟通，对本报告的参考使用须以本报告的完整版本为准。

本报告是基于信达证券认为可靠的已公开信息编制，但信达证券不保证所载信息的准确性和完整性。本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告最初出具日的观点和判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会出现不同程度的波动，涉及证券或投资标的的历史表现不应作为日后表现的保证。在不同时期，或因使用不同假设和标准，采用不同观点和分析方法，致使信达证券发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告，对此信达证券可不发出特别通知。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测仅供参考，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人做出邀请。

在法律允许的情况下，信达证券或其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，并可能会为这些公司正在提供或争取提供投资银行业务服务。

本报告版权仅为信达证券所有。未经信达证券书面同意，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发布、转发或引用本报告的任何部分。若信达证券以外的机构向其客户发放本报告，则由该机构独自为此发送行为负责，信达证券对此等行为不承担任何责任。本报告同时不构成信达证券向发送本报告的机构之客户提供的投资建议。

如未经信达证券授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。信达证券将保留随时追究其法律责任的权利。

## 评级说明

投资建议的比较标准	股票投资评级	行业投资评级
本报告采用的基准指数：沪深 300 指数（以下简称基准）； 时间段：报告发布之日起 6 个月内。	<b>买入</b> ：股价相对强于基准 20% 以上；	<b>看好</b> ：行业指数超越基准；
	<b>增持</b> ：股价相对强于基准 5%~20%；	<b>中性</b> ：行业指数与基准基本持平；
	<b>持有</b> ：股价相对基准波动在±5%之间；	<b>看淡</b> ：行业指数弱于基准。
	<b>卖出</b> ：股价相对弱于基准 5% 以下。	

## 风险提示

证券市场是一个风险无时不在的市场。投资者在进行证券交易时存在赢利的可能，也存在亏损的风险。建议投资者应当充分深入地了解证券市场蕴含的各项风险并谨慎行事。

本报告中所述证券不一定能在所有的国家和地区向所有类型的投资者销售，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专业顾问的意见。在任何情况下，信达证券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，投资者需自行承担风险。