



Research and
Development Center

卫星：大国科技竞技场，太空经济新引擎

——卫星产业深度系列报告（一）

2023年8月11日

张润毅 军工行业首席分析师
执业编号：S1500520050003
联系电话：+86 15121025863
邮箱：zhangrunyi@cindasc.com

任旭欢 军工行业研究助理
联系电话：+86 18701785446
邮箱：renxuhuan@cindasc.com

证券研究报告

行业研究

行业深度报告

卫星行业

投资评级

-

上次评级

-

张润毅 军工行业首席分析师

执业编号: S1500520050003

联系电话: +86 15121025863

邮箱: zhangrunyi@cindasc.com

任旭欢 军工行业研究助理

联系电话: +86 18701785446

邮箱: renxuhuan@cindasc.com

信达证券股份有限公司

CINDA SECURITIES CO., LTD

北京市西城区闹市口大街9号院1号楼

邮编: 100031

卫星：大国科技竞技场，太空经济新引擎

2023年8月11日

本期内容提要：

卫星产业蓬勃发展，开启“大航天”时代：1) 随着技术突飞猛进、大国博弈加剧，卫星在通信、导航、遥感等领域的应用场景亦正发生激烈变革，不仅是大国科技“竞技场”，关系国家安全，亦或成为拉动国民经济增长新引擎。2) 我们预计，随着低轨卫星互联网建设、“北三”产业化应用、遥感卫星商业化运营，我国卫星产业有望迎来黄金发展期。因此，我们推出“卫星产业研究”系列报告，深度梳理卫星产业的发展脉络、下游需求和市场规模，从产业链视角挖掘卫星产业投资机遇。

卫星产业是航天工业重要组成部分，已形成完整产业链，规模超万亿元：

1) 2022年全球卫星产业规模约占航天工业的73%：根据SIA数据，2022年全球航天工业规模达到约3840亿美元，其中卫星产业规模达2811亿美元。**2) 卫星产业链包括卫星制造、卫星发射、运营与服务 and 地面设备等环节：**据SIA数据，2022年全球各环节规模及占比为卫星地面设备(1450亿美元，51.6%)>卫星运营与服务(1133亿美元，40.3%)>卫星制造(158亿美元，5.6%)>卫星发射(70亿美元，2.5%)。

通信、导航、遥感是卫星应用的三大领域，发展卫星产业战略意义重大：

1) 全球通导遥卫星数量占比高达92%：据UCS数据，截至2022年，全球共有6718颗在轨卫星，其中6170颗为通导遥卫星。**2) 卫星互联网具有广覆盖、低延时、宽带化、低成本的优势，有望与5G/6G融合发展：**在军用领域或将对态势感知及作战模式具有颠覆性的影响，在民用领域有助于实现实时按需分配、信息互联互通。**3) 卫星导航系统是重要的军民两用设施：**解决了陆、海、空军事运载体、武器的定位和导航问题，并广泛应用于民用运输。**4) 卫星遥感可探测到地面遥感和航空遥感所不能及的区域：**可以充分发挥卫星轨道高、速度快、不受国界和地理的限制等优势。

①卫星通信：低轨卫星互联网建设紧迫，全球掀起“太空圈地战”：1) 据赛迪顾问物联网产业研究中心信息，近地卫星轨道、频谱资源有限，全球主要国家相继推出低轨卫星互联网计划：据美国SPACE X向FCC的申报信息，星链系统共规划3期4.2万颗；OneWeb、亚马逊等公司亦推出卫星互联网计划。**2) 我国卫星互联网星座建设有望提速：**2020年4月国家发改委将卫星互联网纳入“新基建”；2021年4月中国星网公司成立；2023年7月，我国首颗卫星互联网技术试验星成功发射。

②卫星导航：“北三”产业化应用提速，万亿产业链蓄势待发：1) 中国北斗进入规模化应用、产业化发展关键阶段：2020年7月，“北三”全球系统组网完成，特殊领域有望迎来“北三”换装周期，而“北斗”导航在智能终端导航、车载导航、共享经济等民用领域亦有广阔的应用前景。2) 据《2022卫星导航与位置服务产业发展白皮书》数据，2006-2021年我国卫星导航与位置服务产值自127亿元增至4690亿元，CAGR为27%；据《2021卫星导航与位置服务产业发展白皮书》数据，到2025年总体产值有望达到8000-10000亿元。

③卫星遥感：国家政策大力支持，市场规模或将持续扩大：1) 我国卫星遥感技术发展与应用从无到有实现跨越式发展：现阶段我国卫星遥感技术已达世界先进水平，形成了丰富的遥感卫星系列，截至2022年12月我国拥有在轨遥感卫星332颗，位居全球第二。**2) 我国卫星遥感产业的市场需求由政府主导，市场规模持续扩大：**据共研网数据，2015-2022年中国遥感卫星行业市场规 模由56.1亿元增至130.8亿元，CAGR达12.86%。

受益标的：卫星产业证券化率较低，相关上市公司按环节分类：**1) 卫星制造：**卫星总体(中国卫星)；T/R芯片、组件和微系统(铖昌科技/国博电子/雷电微力)；FPGA(紫光国微/复旦微电)；连接器(航天电器/中航光电)；元器件(振华科技/宏达电子/鸿远电子/火炬电子)。**2) 地面设备与终端：**海格通信/振芯科技/华力创通/盟升电子/七一二/合众思壮/华测导航等；**3) 卫星运营与服务：**中国卫通/航天宏图/中科星图/四维图新/航宇微等。

风险提示：卫星互联网建设不及预期，技术创新不及预期。

1 卫星产业蓬勃发展，开启“大航天”时代	5
2 卫星通信：大国博弈加剧，低轨卫星互联网建设或将提速	9
2.1 低轨卫星互联网：构建空天地一体化网络的重要一环	9
2.2 全球掀起“太空圈地战”，美国“StarLink”一马当先	11
2.3 首颗试验星发射升空，我国低轨卫星互联网建设或将提速	16
3 卫星导航：“北三”产业化应用或将提速，万亿市场蓄势待发	18
3.1 卫星导航系统：天空中的“指南针”，重要的军民两用基础设施	18
3.2 各国先后开展卫星导航系统建设	19
3.3 “北三”系统全面建成，引领万亿北斗新业态	20
4 卫星遥感：受益于政策支持，市场规模有望持续扩大	23
4.1 遥感卫星：动态感知“千里眼”，地表信息获取的重要手段	23
4.2 各国争相发射遥感卫星，中国“后来居上”打造强大对地观测体系	24
4.3 国家政策大力支持，卫星遥感市场规模持续扩大	27
5 产业链梳理及受益标的	28
5.1 卫星产业链梳理	28
5.2 全球卫星产业规模破万亿，地面设备与运营服务空间广阔	29
5.3 卫星产业相关受益标的	30
6 风险提示	34

[图表目录](#)

图表 1: 人造地球卫星的两种分类方法	5
图表 2: 不同功能的卫星类型及代表型号	6
图表 3: 人造地球卫星轨道的分类方法	6
图表 4: 三类轨道卫星的主要特性	7
图表 5: 截至 2022 年各国运营卫星数量和占比	8
图表 6: 截至 2022 年各类型卫星数量及占比	8
图表 7: 卫星通信用业务频段的频率范围	8
图表 8: 卫星通信用频段	8
图表 9: 卫星互联网发展历程	9
图表 10: 卫星互联网网络架构	10
图表 11: 卫星互联网组网方式	10
图表 12: “空天地海”融合通信网络示意图	11
图表 13: 6G 网络愿景示意图	11
图表 14: 星链星座分布组成	12
图表 15: “空天地海”融合通信网络示意图	12
图表 16: 6G 网络愿景示意图	12
图表 17: StarLink 与传统的 GEO 卫星相比，极大地缩短了通信时延	12
图表 18: 透明转发模式	13
图表 19: 星间链路传输模式	13
图表 20: StarLink 采用的关键技术	13
图表 21: 截至 2023 年 7 月 9 日 StarLink 卫星运行情况	14
图表 22: Falcon 9 飞行时间线示例（GTO 任务）	15
图表 23: Falcon 9 飞行时间线示例（LEO 任务）	15
图表 24: Falcon 9 & Falcon Heavy 发射能力与价格	15
图表 25: Merlin 发动机	15
图表 26: Merlin Vacuum 发动机	15
图表 27: 截至 2022 年 11 月我国主要 NGSO 卫星星座	16
图表 28: 2020 年卫星互联网首次被纳入“新基建”	16

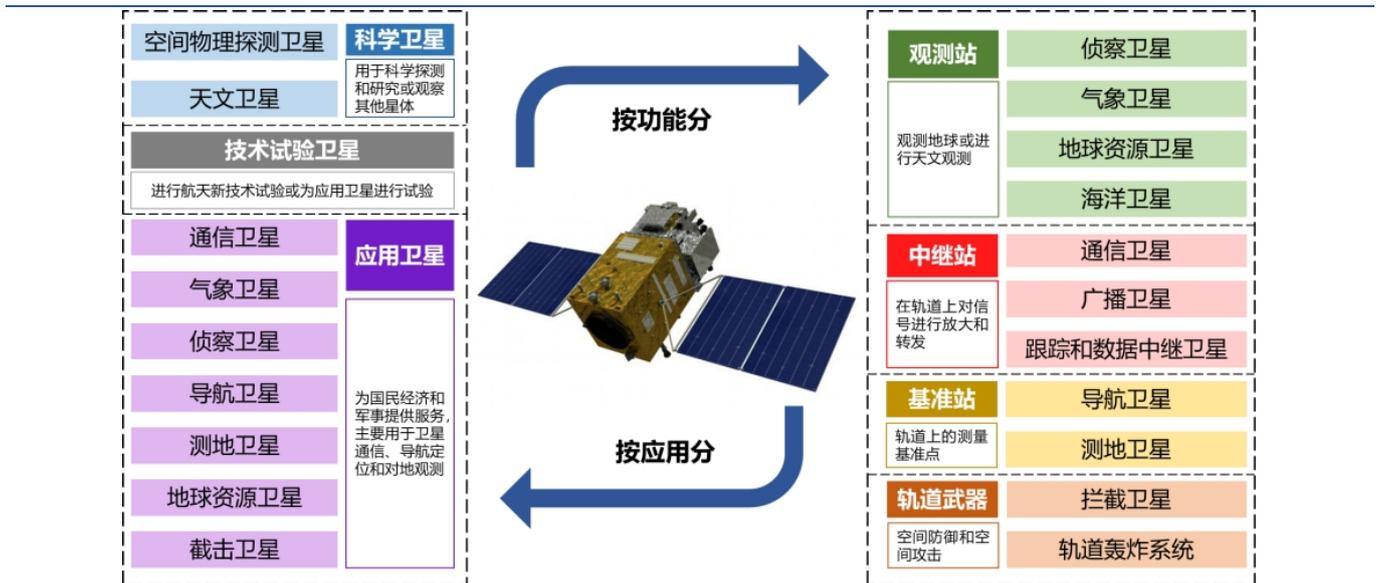
图表 29: 2023 年我国成功发射卫星互联网技术试验卫星.....	16
图表 30: 卫星通信不同应用场景产品类型设想.....	17
图表 31: 2021-2025 中国卫星互联网市场规模 CAGR 有望达到 11.18%	17
图表 32: 时间测距导航定位	18
图表 33: 卫星导航系统的基本架构	18
图表 34: 卫星导航系统的应用.....	18
图表 35: 四大全球卫星导航定位系统.....	19
图表 36: 卫星导航定位系统种类	19
图表 37: 全球卫星导航系统发展历程.....	20
图表 38: 北斗系统服务规划	21
图表 39: “北斗+”技术融合.....	21
图表 40: “+北斗”应用融合.....	21
图表 41: 北斗系统服务规划	22
图表 42: 我国卫星导航与位置服务产业重点应用场景产值分布.....	22
图表 43: 2006-2021 年卫星导航总体产值 CAGR 为 27%.....	22
图表 44: 卫星遥感系统组成.....	23
图表 45: 从目标信号、数据获取到信息应用的转化过程	23
图表 46: 常用卫星遥感技术应用对比.....	24
图表 47: 遥感卫星分类体系	24
图表 48: 中国、美国及全球遥感卫星发射数量对比	24
图表 49: 中国民用遥感卫星跨越式发展路径及里程碑事件.....	25
图表 50: 中国卫星遥感技术体系及遥感卫星系列	25
图表 51: 中国部分遥感卫星系列概况.....	26
图表 52: 截至 2022 年中国/全球各领域遥感卫星数量占比.....	27
图表 53: 遥感卫星及应用产业链结构图	27
图表 54: 卫星产业链分为卫星制造、卫星发射、卫星运营与服务、地面设备四大领域.....	28
图表 55: 卫星互联网技术成熟度与关注度示意图	29
图表 56: 2022 年全球航天产业规模达到约 3840 亿美元.....	30
图表 57: A 股卫星产业链公司梳理.....	33

1 卫星产业蓬勃发展，开启“大航天”时代

卫星的定义: 环绕地球在空间轨道上运行的无人航天器。据中华自然科学网(SCICN)介绍, 1)人造卫星基本按照天体力学规律围绕地球运动,但因在不同轨道上受非球形地球引力场、大气阻力、太阳引力、月球引力和光压的影响,实际运动情况非常复杂。2)人造卫星是发射数量最多、用途最广、发展最快的航天器,其发射数量约占航天器发射总数的90%以上。

卫星的分类方法: 赵文策、张平、高家智等《人造地球卫星轨道理论及应用》介绍了人造地球卫星的两种分类方法: 1) 基于用途,可以分为科学卫星、技术试验卫星、应用卫星。2) 基于功能,可以分为观测站、中继站、基准站、轨道武器四类: 其中,观测站包括侦察卫星、气象卫星、地球资源卫星、海洋卫星; 中继站包括通信卫星、广播卫星、跟踪和数据中继卫星; 基准站包括导航卫星、测地卫星; 轨道武器包括拦截卫星、轨道轰炸系统等等。

图表 1: 人造地球卫星的两种分类方法



资料来源: 赵文策、张平、高家智等《人造地球卫星轨道理论及应用》, 中工网, 人民网, 信达证券研发中心

通信卫星、导航卫星、遥感卫星是三类主要的卫星种类: 申志伟等《卫星互联网: 构建天地一体化网络新时代》根据卫星不同功能, 将卫星分为通信卫星、导航卫星、遥感卫星、侦察卫星、资源卫星和天文卫星等六大类。

- **通信卫星主要作为无线电通信中继站, 通过转发无线电信号, 实现卫星与地球站之间或地球站与航天器之间的无线电通信。** 1) 通信卫星可以传输音频、数据和视频等信息。对于整个卫星通信系统, 通信卫星和它的测控站称为通信系统的空间段。2) 按照不同的专业用途, 通信卫星主要分为直播卫星、海事通信卫星、跟踪和数据中继卫星、导航定位卫星。
- **导航卫星主要用于对地面、海洋、空中和太空用户进行导航定位, 具有通信属性。** 1) 卫星导航系统具有传统导航系统的优点, 可以实现全天候全球高精度被动式导航定位。2) 其中, 基于时间测距的卫星导航系统抗干扰能力强, 可以提供全球和近地空间连续立体覆盖、高精度三维定位和测速。
- **遥感卫星主要用作外层空间遥感平台, 可以在规定时间内覆盖指定区域。** 1) 常见的遥感卫星包括气象卫星、陆地资源卫星、海洋卫星。2) 气象卫星用于实时监视全球范围内大气、地面、海洋状况; 陆地资源卫星是利用星载传感器获取地球表面图像数据辅助进行资源测绘调查的卫星; 海洋资源卫星是探测海洋表面状况、检测海洋动态的卫星。

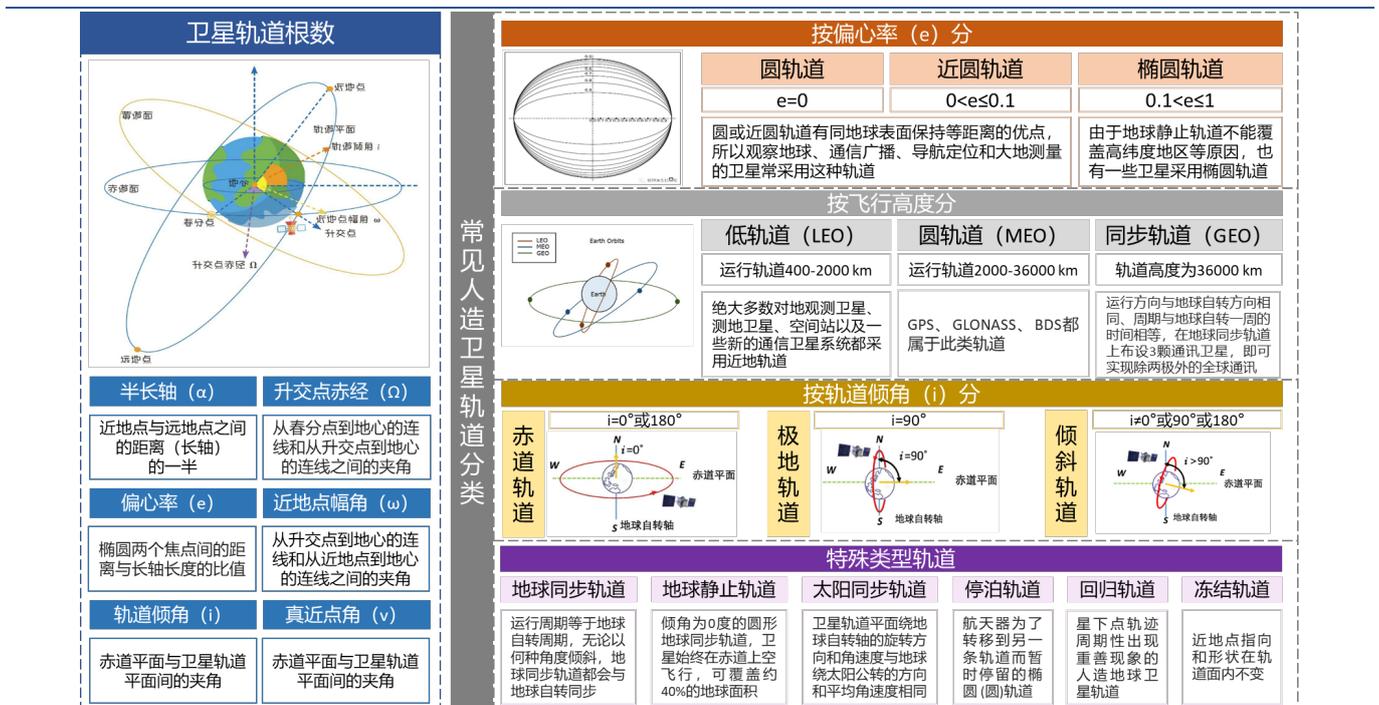
图表 2: 不同功能的卫星类型及代表型号

类型	主要功能	代表型号
通信卫星	通过转发无线电信号, 实现卫星通信地球站之间或地球站与航天器之间的无线电通信: 可以传输电话、传真、数据和电视等信息	美国 AMC、ICO、天狼星, 俄罗斯光子、快车, 中国中星 9A
导航卫星	从卫星上持续发射无线电信号, 为地面、海洋、空中和太空用户导航定位	美国 GPS、欧洲伽利略、俄罗斯格洛纳斯、中国北斗卫星
遥感卫星	搭载各种传感器, 接收和测量地球及其大气层的可见光、红外和微波辐射, 并将其转换成电信号传送给地面站	美国国防气象、泰罗斯 1 号俄罗斯流星, 中国风云 1 号
侦察卫星	携带高分辨率照相机、摄像机对地面目标进行拍摄, 分为照相侦察、电子侦察、导弹预警和海洋监视四类卫星	美国 KH-11、导弹预警 DSP 俄罗斯宇 1 号
资源卫星	利用搭载的多光谱遥感设备, 获取地面物体辐射或反射的各种频段电磁波信息, 并将信息发送给地面站	美国陆地 1 号、法国斯波特中国资源 1 号
天文卫星	观测宇宙天体和其他空间物质	国际红外线天文卫星、日本光壳号

资料来源: 申志伟、张尼、王翔、薛继东等《卫星互联网: 构建天地一体化网络新时代》, 信达证券研发中心

人造地球卫星的轨道, 指卫星质心的运动轨迹, 遍及其全生命周期: 据赵文策、张平、高家智等《人造地球卫星轨道理论及应用》介绍, 卫星的轨道包括卫星从起飞到入轨的发射轨道、卫星进入入轨点, 以及卫星入轨后开始的运行工作, 一直到工作寿命结束。

- **卫星轨道可以用六个轨道根数描述:** 包括轨道长半轴、轨道偏心率、轨道倾角、升交点赤经、近点角角距和近点时刻。
- **卫星轨道一般有三种分类方法:** 1) 按照卫星运行轨道的偏心率: 分为圆轨道 (偏心率为 0)、近圆轨道 (偏心率小于 0.1)、椭圆轨道 (偏心率大于 0.1, 小于 1); 2) 按照卫星运行的高度: 分为低轨道、中高轨道和高轨道; 3) 按照卫星运行轨道的倾角: 分为赤道轨道 (倾角等于 0° 或 180°)、极低轨道 (倾角等于 90°)、倾斜轨道 (倾角不等于 90° 、 0° 、 180°)。
- **人造地球卫星通常也采用一些特殊轨道形式, 以提升有效载荷的性能:** 包括地球同步轨道、地球静止卫星轨道、太阳同步轨道、停泊轨道、回归轨道、冻结轨道等。

图表 3: 人造地球卫星轨道的分类方法


资料来源: 赵文策、张平、高家智等《人造地球卫星轨道理论及应用》, 尹怀勤《人造地球卫星轨道的根数》, “临菲信息技术港”公众号, tutorialspoint, “宇航研究会”公众号, 太空与网络, 信达证券研发中心

卫星系统可按轨道高度分为低轨、中轨、高轨卫星系统：据申志伟等《卫星互联网：构建天地一体化网络新时代》介绍，按照卫星运行轨道距离地球表面的高度，卫星通信系统通常可以分为低轨道卫星系统（距离地球表面 700-1500km）、中轨道卫星通信系统（卫星距离地球表面 10000km）和高轨道卫星通信系统（卫星距离地球表面 30000km）。

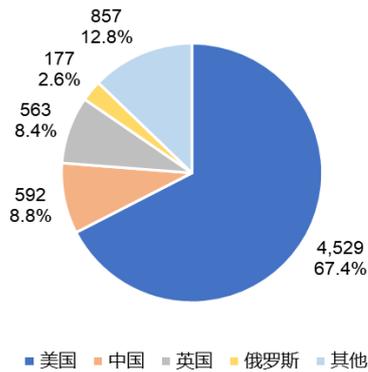
- **低轨道卫星系统：**目前最新、最有前途的卫星互联网移动通信系统。1) 低轨道卫星一般指由多个低轨道卫星构成的，可以实时进行信息处理的大型卫星网络系统，其中卫星的分布称为卫星星座。2) 蜂窝通信、多址、点波束、频率复用等新技术为低轨移动通信提供了强有力的技术保障。3) 低轨道卫星移动通信系统主要由卫星星座、地球站、系统控制中心、网络控制中心和用户单元组成。4) 通信链路将不同轨道平面、同一轨道平面内的卫星连接起来，形成结构一体化的大型卫星网络平台，在地球表面形成蜂窝状网格化服务区，服务区内的用户可以随时随地接入卫星系统。
- **中轨道卫星系统：**属于非同步地球卫星系统，主要与互联网有机结合，作为陆地移动通信系统的补充和扩展，实现全球个人移动通信；也可以用作卫星导航系统。中轨道卫星向全球用户实时提供手机移动通信，实现与地面互联网互联互通，实时传输数字语音、传真、数据、视频及定位等多种信号。中轨道卫星兼具高轨道和低轨道卫星的优点，可实现全球通信覆盖和有效频率使用，其主要缺点在于需要部署大量卫星，星间组网和控制切换比较复杂，投资高，风险大。
- **高轨道卫星系统：**依赖位于赤道上方的对地同步卫星，一颗卫星可以覆盖整个半球，构成一个区域性通信系统，该系统可以为其覆盖范围内的任何地点提供移动通信接入服务。高轨道卫星主要提供公共卫星电话和专用卫星电话两种业务，实现电话、寻呼和定位功能。高轨卫星具有覆盖性强的优势，但时延较高。

图表 4：三类轨道卫星的主要特性

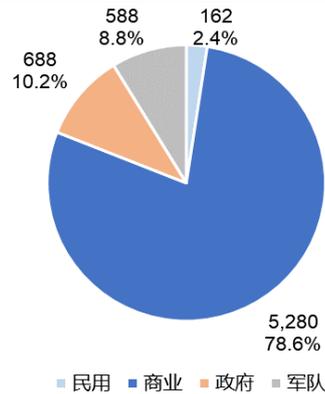
项目	轨道类型		
	低轨道卫星	中轨道卫星	高轨道卫星
卫星数量	数十至数百颗，甚至超千颗	十几颗	3颗
空间段成本	最高	最低	中等
卫星寿命/年	3-7	10-15	10-15
地面通路成本	最高	中等	最低
支持手持机工作	可以	可以	不能
传输延时	察觉不到	察觉不到	差
仰角	~ 10°	15°-30°	≥ 20°
链路余量/dB	10-16	7	6
操作	复杂	中等	最简单
呼叫转移	频繁	稀少	无
建筑穿透力	有限	有限	无
阶段性启用	无	可以	可以
开发时间	长	短	长
部署时间	长	中等	短
技术风险	高	低	中等

资料来源：申志伟、张尼、王翔、薛继东等《卫星互联网：构建天地一体化网络新时代》，信达证券研发中心

根据 UCS《Satellite-Database-Officialname-1-1-2023》数据，截至 2022 年 12 月 31 日，全球共有 6718 颗在轨运营卫星。1) 按照国别统计：美国 4529 颗（约占全球的 67.4%），中国 592 颗（约占全球的 8.8%），英国 563 颗（约占全球的 8.4%），俄罗斯 177 颗（约占全球的 2.6%）。2) 按照卫星用途统计：通信卫星 4823 颗（占 72%）、导航卫星 155 颗（占 2%）、遥感卫星 1192 颗（占 18%）。3) 按照轨道类型统计：LEO/MEO/GEO/Elliptical 轨道卫星分别有 5937/142/580/59 颗。

图表 5: 截至 2022 年各国运营卫星数量和占比


资料来源: USC 《Satellite-Database-Officialname-1-1-2023》, 信达证券研发中心

图表 6: 截至 2022 年各类型卫星数量及占比


资料来源: USC 《Satellite-Database-Officialname-1-1-2023》, 信达证券研发中心

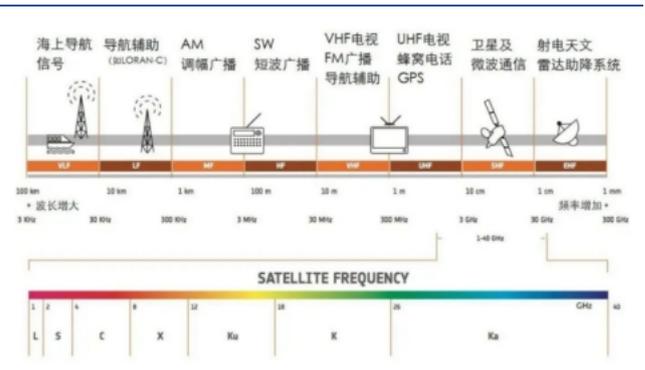
根据开运联合《卫星通信工作频段》介绍: ITU 定义频段中用于卫星通信的大致分为 3 类:

- **分米波频段 (UHF, Ultra High Frequency):** 频率范围为 300MHz-3GHz。该频率范围对应于 IEEE 的 UHF (300MHz-1GHz) 该频段对应于 IEEE 的 UHF (300MHz-1GHz)、L (1-2GHz), 以及 S (2-4GHz) 频段。UHF 频段无线电波已接近于视线传播, 易被山体 and 建筑物等阻挡, 室内的传输损耗较大。
- **厘米波频段 (SHF, Super High Frequency):** 频率范围为 3-30GHz。该频段对应于 IEEE 的 S (2-4GHz)、C (4-8GHz)、Ku (12-18GHz)、K (18-27GHz) 以及 Ka (26.5-40GHz) 频段。分米波, 波长为 1cm-1dm, 其传播特性已接近于光波。
- **毫米波频段 (EHF, Extremely High Frequency):** 频率范围为 30-300GHz。该频段对应于 IEEE 的 Ka (26.5-40GHz)、V (40-75GHz) 等频段。发达国家已开始计划, 当 Ka 频段资源也趋于紧张后, 大容量卫星固定业务 (HDFSS) 的关口站将使用 50/40GHz 的 Q/V 频段。

图表 7: 卫星通信用业务频段的频率范围

频段	频率大致范围/GHz	波长	应用领域
L	1-2	30cm-15cm	主要用于卫星移动和卫星导航系统
S	2-4	15cm-7.5cm	主要用于气象雷达、船用雷达和移动卫星通信 (天通)
C	4-8	7.5cm-3.75cm	更适于对通信质量有严格要求的业务, 比如电视、广播等
X	8-12	3.75cm-2.5cm	主要用于雷达及空间通信
Ku	12-18	2.5cm-1.67cm	更适于对通信质量有严格要求的业务, 比如电视、广播等
K	18-27	1.67cm-1.11cm	早期被划分用于雷达业务和实验通信
Ka	27-40	1.11cm-0.75	Ka 卫星的用户终端可使用更为轻便小巧的天线, 卫星通量更高, 但受雨衰影响也更严重

资料来源: 中国电信卫星网厅, 信达证券研发中心

图表 8: 卫星通信用常用频段


资料来源: “开运联合”微信公众号, 信达证券研发中心

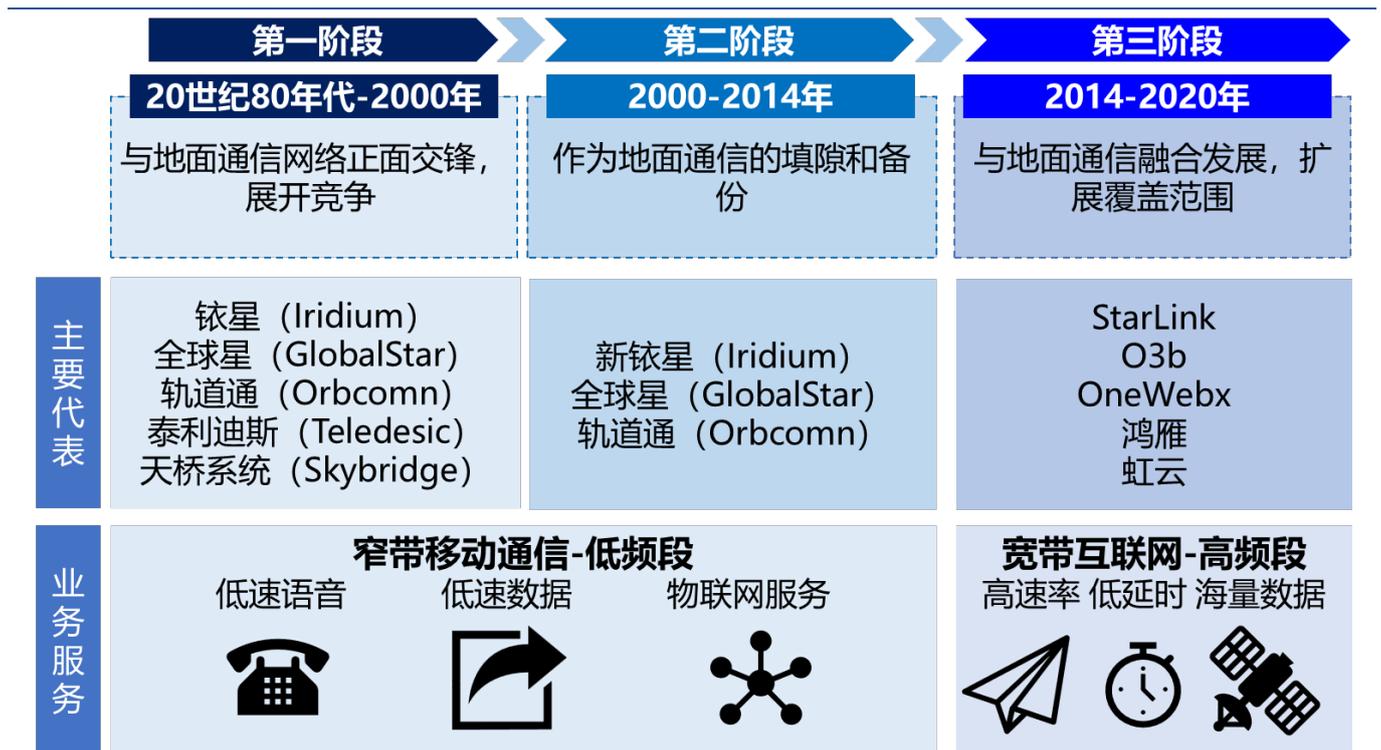
2 卫星通信：大国博弈加剧，低轨卫星互联网建设或将提速

2.1 低轨卫星互联网：构建空天地一体化网络的重要一环

据赛迪顾问物联网产业研究中心《“新基建”之中国卫星互联网产业发展研究白皮书》，全球的卫星互联网建设自 20 世纪 80 年代开始，大体经历了三大阶段：

- **第一阶段：与地面通信网络竞争阶段（20 世纪 80 年代-2000 年）。** 1) 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，“铱星”星座通过 66 颗低轨卫星构建一个全球覆盖的卫星通信网，以提供语音、低速数据、物联网等服务为主。2) “铱星”在与地面通信网络的竞争中宣告失败：地面通信系统快速发展，在通信质量、资费价格等方面相比卫星通信全面占优。
- **第二阶段：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。
- **第三阶段：与地面通信网络融合阶段（2014-2020 年）。** 1) 以一网（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。2) 卫星互联网步入宽带互联网时代：卫星工作频段进一步提高，向着高通量方向持续发展。

图表 9：卫星互联网发展历程

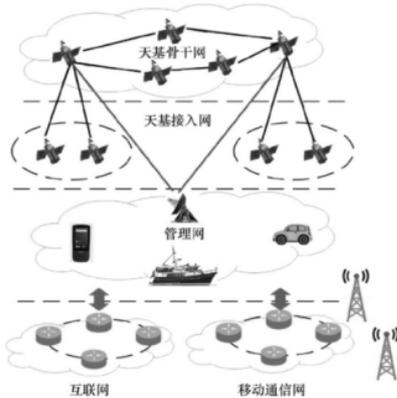


资料来源：赛迪顾问物联网产业研究中心《“新基建”之中国卫星互联网产业发展研究白皮书》，澎湃新闻，信达证券研发中心

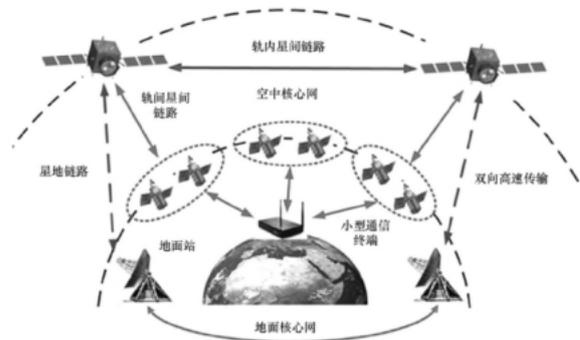
卫星互联网总体架构：据申志伟等《卫星互联网：构建天地一体化网络新时代》，其架构大体可以分为地基、天基两部分，卫星互联网由异构的天基网络和地基网络组成，采用统一技术体制和标准规范互联、融合。

- **天基网络由天基骨干网和天基接入网组成：** 1) 天基骨干网主要由若干个处于对地静止轨道上的高轨道卫星节点联网组成，承担卫星互联网网络系统中的数据转发/分发、路由、传输等重要任务，可实现网络的全球、全时覆盖。2) 天基接入网由若干个处于高、中、低轨道的卫星节点联网而成，为陆海空天多维度用户提供实时互联网接入服务。

- **地基网络由管理网和业务网构成：**1) 管理网主要由关口站、网络互连节点等地基节点联网组成，用于实现对天基网络的管理控制、信息处理，以及天基网络与地面互联网、移动互联网等地面网络的互联。2) 业务网即互联网和移动通信网等地面网络系统，主要为用户提供卫星互联网接入、业务服务等。

图表 10：卫星互联网网络架构


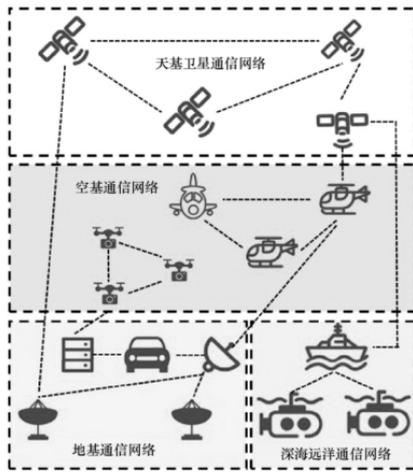
资料来源：申志伟、张尼、王翔、薛继东等《卫星互联网：构建天地一体化网络新时代》，信达证券研发中心

图表 11：卫星互联网组网方式


资料来源：申志伟、张尼、王翔、薛继东等《卫星互联网：构建天地一体化网络新时代》，信达证券研发中心

卫星互联网与 5G/6G 技术相融合是技术发展的必然趋势：据申志伟等《卫星互联网：构建天地一体化网络新时代》介绍，卫星互联网与 5G/6G 融合，1) 在民用领域有助于实现实时按需分配、信息互联互通；2) 在军用领域，对态势感知及作战模式具有较大影响。

- **卫星互联网与 5G 网络互为补充。**1) **卫星互联网可以解决 5G 网络的时空间隔问题。**
空间：在山区、荒漠、海洋、天空等区域，地面网络建设困难，卫星互联网具备无死角广域覆盖的优势，将地面、天空和海洋彼此孤立的网络系统连成融合网络。**时间：**卫星互联网可以提供连续不间断的网络连接服务，大幅度增强 5G 移动通信技术在物联网设备、飞机、轮船、汽车等移动载体用户端的应用。2) **卫星互联网需要借助 5G 网络的较高传输速率。**
- **在军事领域，5G 与卫星互联网是“黄金组合”，或将对作战模式产生颠覆性影响：**1) 卫星 5G 具有高速率、低时延的特性，可以高效采集、传输、处理海量战场数据，实现实时战场态势感知甚至超前感知。2) 卫星 5G 能使更多用户利用同一频率资源进行通信，从而在不增加基站密度的情况下大幅提高频率应用效率，有利于实现战场信息终端互联互通。3) 构建大容量、低时延、高速率作战通信网络是无人作战的前提，卫星 5G 令“无人军团”成为可能，在目标识别、指挥、战地医疗、后勤保障等方面均有应用场景。
- **卫星互联网或成为 6G 通信网络的重要组成部分：**1) 6G 将着力解决海、陆、空、天等地域覆盖受限的问题，拓展网络通信技术在人类生活环境空间方面的广度与深度，促进互联网技术进一步向空、天、地、海一体化方向延伸。2) **构建卫星互联网信息网络系统是 6G 时代的核心愿景：**该系统主要由卫星互联网、地面互联网、移动通信互联网互通形成，建成后将实现全球范围内的无间隙覆盖，形成人、事、物全面互联互通的互联网通信网络。
- **6G 或将集成整合诸多新技术：**1) 将云计算、大数据、人工智能等技术进一步集成整合。2) 为满足高度智能、高度数字化和高度信息化社会对未来无线传输速率的要求，6G 网络在无线连接的广度和深度上都将有较大提升，支持超大带宽视频传输、超低时延工业物联网，空天地海一体化通信等诸多场景。3) 为支持商业愿景和应用，6G 要求具有 1Tbps 超大峰值速率和 1Gbps 超高用户体验速率，超低时延和超高频谱利用率。

图表 12: “空天地海”融合通信网络示意图


资料来源: 申志伟、张尼、王翔、薛继东等《卫星互联网: 构建天地一体化网络新时代》, 信达证券研发中心

图表 13: 6G 网络愿景示意图


资料来源: 申志伟、张尼、王翔、薛继东等《卫星互联网: 构建天地一体化网络新时代》, 信达证券研发中心

根据申志伟等《卫星互联网: 构建天地一体化网络新时代》, 未来全球卫星互联网将向高频段化、网络安全化、标准化及新型应用落地发展的方向进一步发展。

- **高通量卫星向高频段发展。** 卫星网络需要更高的数据速率、更强的带宽接入能力: 1) 目前, 多数高通量卫星均采用 C、Ku、Ka 通信频段, 频段资源已接近饱和, 频段资源竞争激烈、轨道资源的稀缺; 2) 为满足未来大带宽的需求, 进一步提高卫星通信容量, 推动卫星通信向频率更高的 Q、V 频段(带宽可达 5GHz)发展是未来发展的必然之路。
- **构建卫星网络安全防护体系。** 通过地面站、移动站、不同轨道面上的卫星群的有机融合, 可构成卫星网络: 1) 卫星网络存在跨空域、跨地域的特殊性, 导致其面临来自不同方面和层次的网络安全威胁。2) 未来, 中国卫星网络应构建空天地网络安全保障体系, 有效应对身份认证、安全路由、安全传输等方面的多种威胁, 形成覆盖包括卫星、基站、系统、终端在内的一体化纵深防御体系。
- **助力万物互联, 实现全覆盖新型应用。** 1) 卫星网络是对我国没有网络接入能力区域的联网服务的必要补充。2) 区域覆盖将助力我国实现天空、水体、土壤等全生态环境保护, 实现对洪水农业灾害、森林火灾、地震等极端灾害的预警, 实现电力物联网在偏远无人地区的电力设施及线路的实时布控。

2.2 全球掀起“太空圈地战”, 美国“StarLink”一马当先

卫星通信系统具有广覆盖、大带宽、低成本等优势, 近年来世界主要大国都在大力发展卫星通信, 致力于建立覆盖全球的天基一体化通信系统, 对太空资源的争夺愈演愈烈。左海、郭洋、吴洪亮、吴巧玲《浅析“星链”卫星系统的发展及其影响》一文介绍了各国卫星互联网建设计划:

- 以西方为代表的一些公司, 包括太空探索技术公司 (SpaceX)、英国卫星通信公司 (OneWeb)、亚马逊等, 均推出了自己的低轨互联网卫星通信系统计划, 逐步建立低轨 (LEO) 卫星和中轨 (MEO) 卫星系统, 形成先发优势, 尤其以 SpaceX 公司的“星链”发展最为迅速。
- “星链” (StarLink) 系统是由美国 SpaceX 公司于 2014 年提出的低轨互联网星座计划, 旨在建立一个覆盖广、容量大、时延低的天地通信系统, 面向全球范围提供高速互联接入服务。
- 根据美国 SpaceX 公司向美国联邦通信委员会 (FCC) 的申报信息: 星链系统共规划 3

期，总规模近 4.2 万颗卫星，由 3 层卫星网络组成，包括距离地面 340km 和 550km 的极低地球轨道（VLEO，9102 颗），以及 1150km 的 LEO（2825 颗）。

图表 14: 星链星座分布组成

轨道种类	阶段	数量 (个)	轨道高度 (km)	工作频段	主要用途
LEO	一阶段	1584	550	Ku/Ka	除南北极外覆盖大部分地区
	二阶段	2825	1100	Ku/Ka	全球覆盖
VLEO	三阶段	7518	340	V	提升通信容量、降低时延

资料来源: 左海、郭洋、吴洪亮、吴巧玲《浅析“星链”卫星系统的发展及其影响》，信达证券研发中心

据左海、郭洋、吴洪亮、吴巧玲《浅析“星链”卫星系统的发展及其影响》，“星链”卫星系统采用 FDD 传输模式，主要采用 Ka、Ku 和 V 频段：

- 下行主要采用 Ku 频段（10.7-12.7GHz），总可用带宽达 2GHz，单载波带宽 250MHz；上行主要采用 Ka 频段（14.0-14.5GHz），总可用带宽 500MHz，单载波带宽 125MHz；V 频段主要在 VLEO 轨道使用。

图表 15: “空天地海”融合通信网络示意图

星座轨道	参数	详情					
		第一阶段	第二阶段				
LEO 第一、二阶段 4 408 颗	星座计划	1440	1440	720	336	172	
	卫星数	550km	540km	570km	560km	560km	
	高度	53°	53.2°	70°	97.6°	97.6°	
	倾角	10.7-12.7GHz					
	Ka 频段	用户下行链路卫星到用户终端	17.8-18.6GHz				
		下行馈电链路卫星到网关	18.8-19.3GHz				
	Ku 频段	用户上行链路用户终端到卫星	14.0-14.5GHz				
		上行馈电链路网关到卫星	27.5-29.1GHz				
	V 频段	遥控遥测跟踪下行链路	12.15-12.25GHz				
		遥控遥测跟踪上行链路	18.55-18.60GHz				
遥控遥测跟踪上行链路		13.85-14.00GHz					

资料来源: 刘豪、前盈帆、张曼倩、杨璐茜、余燕燕《卫星互联网: 助力新基建的硬科技》，信达证券研发中心

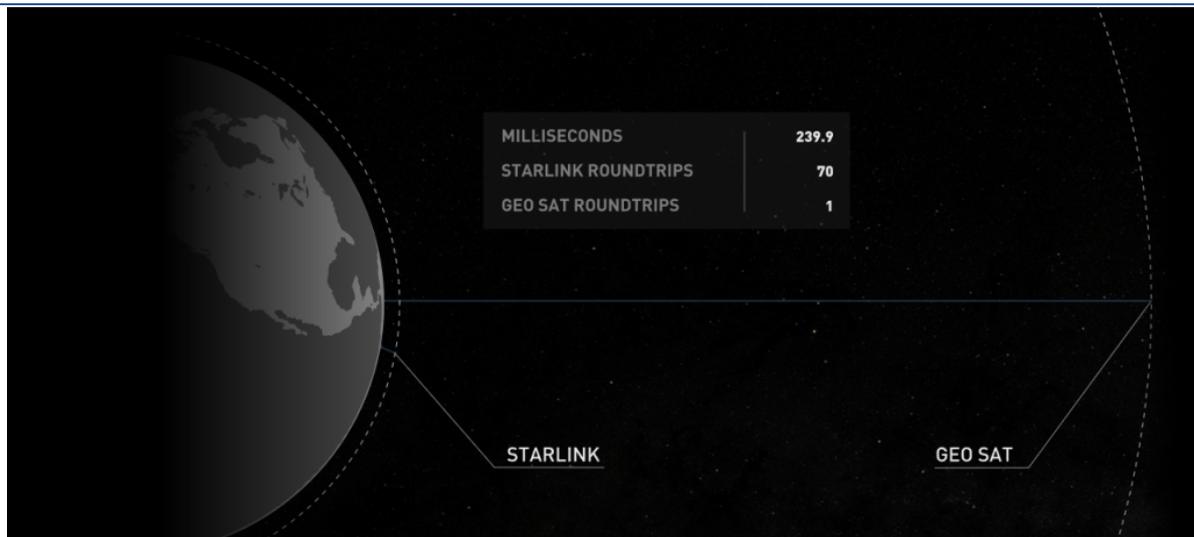
图表 16: 6G 网络愿景示意图

星座轨道	参数	详情			
VLEO 第三阶段 7518 颗	高度	345.6km	340.8km	335.9km	
	卫星数	2547	2478	2493	
	倾角	53°	48°	42°	
	V 频段	下行通道卫星到用户终端或网关	37.5-42.5GHz		
		上行通道用户终端或网关到卫星	47.2-50.2GHz		
		遥控遥测跟踪下行链路	50.4-52.4GHz		
遥控遥测跟踪上行链路		37.5-37.75GHz			
遥控遥测跟踪上行链路	47.2-47.45GHz				

资料来源: 刘豪、前盈帆、张曼倩、杨璐茜、余燕燕《卫星互联网: 助力新基建的硬科技》，信达证券研发中心

- 据左海、郭洋、吴洪亮、吴巧玲《浅析“星链”卫星系统的发展及其影响》数据，“星链”卫星单个用户链路的传输速率最高达 1Gbps，每颗卫星可提供 17Gbps-23Gbps 的下行容量，链路时延约为 15-20ms，极大缩短了传统卫星通信系统的链路时延。

图表 17: StarLink 与传统的 GEO 卫星相比，极大地缩短了通信时延



资料来源: StarLink 官网，信达证券研发中心

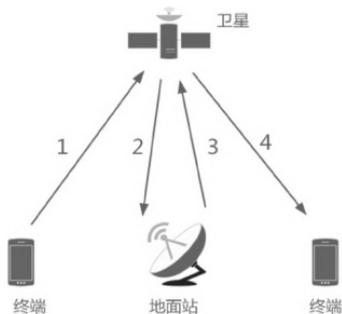
- “星链”卫星搭载 4 副高性能相控阵天线，借助相控阵天线良好的波束赋形特征，下行带

宽可同时支持最少 8 个波束，在采用不同极化方式、空间复用等情况下，可进一步提升可用波束的个数，支持卫星极高数据量的发送和转发。

据左海、郭洋、吴洪亮、吴巧玲《浅析“星链”卫星系统的发展及其影响》，“星链”卫星采用透明转发和星间链路传输方式。

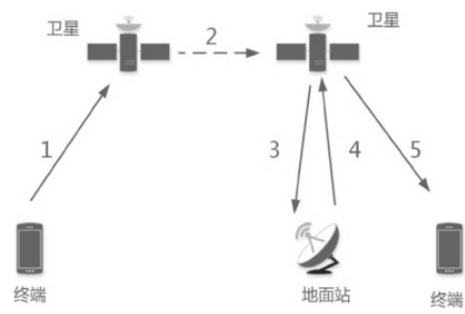
- 透明转发借助地球站实现数据转发，完成用户间通信，早期的星链卫星不具备星间链路，只能通过透明转发方式实现。
- 星间链路也称为星际链路或者交叉链路，实现卫星间的通信传输，包括处于同一轨道面上的卫星和处于相邻轨道面上的卫星。“星链”卫星采用激光实现卫星之间的信息传输与交换，一方面减少了传输“跳数”、降低了卫星传输时延，提高了通信速度和效率，另一方面实现了更广域的网络覆盖。

图表 18: 透明转发模式



资料来源: 左海、郭洋、吴洪亮、吴巧玲《浅析“星链”卫星系统的发展及其影响》，信达证券研发中心

图表 19: 星间链路传输模式

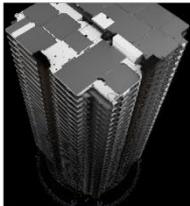
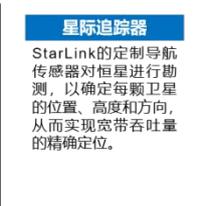
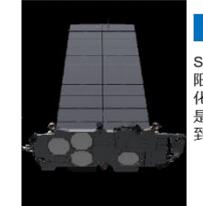
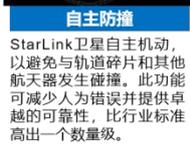
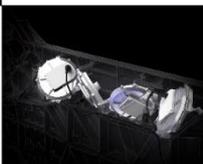
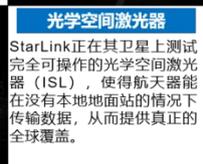
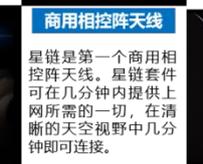


资料来源: 左海、郭洋、吴洪亮、吴巧玲《浅析“星链”卫星系统的发展及其影响》，信达证券研发中心

“星链”卫星系统地面部分包括关口地球站和用户终端。

- 地球站仍然搭载相控阵天线，通过阵列天线的波束特征产生多个窄波束，承载不同类型的业务，实现与多个卫星同时通信。
- “星链”用户终端需要外接相控阵天线，具备自动跟踪接入卫星的能力，在多波束情况下可支持与多颗卫星连接，实现星间切换时的无缝通信能力。同时星链类终端通过定向发射波束信号，实现高效利用 Ku 频段资源。

图表 20: StarLink 采用的关键技术

 <p>紧凑的结构设计</p> <p>每颗星均采用紧凑的平板设计，可最大限度减少体积，允许密集的发射堆栈充分利用SpaceX的猎鹰9号火箭的发射能力。</p>	 <p>自主防撞</p> <p>StarLink卫星自主机动，以避免与轨道碎片和其他航天器发生碰撞。此功能可减少人为错误并提供卓越的可靠性，比行业标准高出一个数量级。</p>	 <p>光学空间激光器</p> <p>StarLink正在其卫星上测试完全可操作的光学空间激光器 (ISL)，使得航天器能在没有本地地面站的情况下传输数据，从而提供真正的全局覆盖。</p>	 <p>星际追踪器</p> <p>StarLink的定制导航传感器对恒星进行勘测，以确定每颗卫星的位置、高度和方向，从而实现宽带吞吐量的精确定位。</p>	 <p>单向太阳能电池阵列</p> <p>StarLink卫星采用单个太阳能电池阵列，大大简化了系统，太阳能电池是标准化的，易于集成到制造过程中。</p>
 <p>天线</p> <p>每颗StarLink卫星使用4个强大的相控阵天线和2个抛物面天线来增加容量。</p>	 <p>商用相控阵天线</p> <p>星链是第一个商用相控阵天线。星链套件可在几分钟内提供上网所需的一切，在清晰的天空视野中几分钟即可连接。</p>	 <p>离子推进系统</p> <p>由氙提供动力的高效离子推进器，使StarLink卫星能够在其使用寿命结束时升轨，在太空中机动和脱离轨道。</p>	 <p>定期进入太空</p> <p>SpaceX是唯一一家有能力根据需要发射自己的卫星的卫星运营商。通过频繁、低成本发射，星链卫星不断更新最新技术。</p>	

资料来源: StarLink 官网，信达证券研发中心

“星链”单卫星采用可快速复制的模块化设计方式: 据左海等《浅析“星链”卫星系统的发展及

其影响》介绍，为满足“星链”多批次多卫星快速发射的需求，整个卫星系统主要包括氦离子推进器、自动避撞系统、卫星跟踪装置、相控阵天线和太阳能帆板。

- 采用氦气作为霍尔效应推进器的推进剂，进行卫星姿势调整、轨道运行和离轨等操作，对比传统的氙气，氦气价格优势明显，在庞大的星链卫星系统下，具有较为明显的成本优势。
- 通过搭载自动避撞系统，能够有效避免轨道碰撞。
- 卫星跟踪装置可以使卫星与地面段保持联系，也有助于建立星间链路。

根据 Jonathan's Space Pages 数据，截至 2023 年 7 月 9 日，StarLink 共计发射 4746 颗卫星，其中在轨卫星 4411 颗、运行中的卫星有 4375 颗。

图表 21: 截至 2023 年 7 月 9 日 StarLink 卫星运行情况

任务	卫星总数	提前脱轨	处置完成	失效后重新入轨	在轨总数	即将升轨	失败、失控	工作卫星总数	正在处置	脱离星座	异常	储备	漂移	上升	运行
		F	R	M		F	M		R	L	U	T	D	A	O
星链-第1代															
原型发射0 (Tintin)	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
原型发射1 (V0.9)	60	0	50	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星链组1 早期发射2-8 (V1.0 L1-7)	420	9	38	12	361	0	18	343	15	8	0	0	0	0	320
星链组1 Visorsat发射9-17 (V1.0 L8-16)	533	13	69	4	447	0	11	436	2	4	0	0	0	0	430
星链组3 发射18-31 (TSP-1/2)	712	20	14	1	677	0	2	675	3	3	0	0	0	0	669
星链组1 Visorsat发射19+ (V1.0 L17+)	408	3	0	0	405	0	1	404	0	0	0	4	151	79	170
星链组2 V1.5发射 (V1.0 L17+)	13	0	10	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
星链组4 V1.5发射	230	0	0	0	230	0	0	230	0	0	0	0	0	0	230
星链组3 V1.5发射	1637	64	2	2	1569	0	2	1567	2	7	2	3	9	0	1544
星链-第2A代															
星链组5 V2.0F9-1 发射 (V1.5, Gen2 G5 shell)	645	2	0	0	643	1	0	642	0	2	0	7	84	195	354
星链组6 V2.0F9-2 发射 (V2 Mini, Gen2 G6 shell)	86	10	0	0	76	1	0	75	0	4	0	0	16	8	47
总数	4746	121	185	29	4411	2	34	4375	22	28	2	14	260	282	3767

资料来源: Jonathan's Space Pages, 信达证券研发中心

“猎鹰 9 号”火箭&梅林发动机的研制成功使低成本、大批量发射卫星成为可能:

- **“猎鹰 9 号”是世界上第一个轨道级可重复使用火箭:** 1) “猎鹰 9 号”是由 SpaceX 设计和制造的可重复使用的两级火箭,用于将人员和有效载荷可靠安全地运送到地球轨道和更远的地方。2) 可重用性使 SpaceX 能够重复利用火箭中最昂贵的部件,从而降低卫星发射成本。3) 据 SPACEX 官网数据,截至 2023 年 7 月 31 日,“猎鹰 9 号”已累计发射 241 次、着陆 199 次,其中复用次数达 175 次。

图表 22: Falcon 9 飞行时间线示例 (GTO 任务)

任务时间轴 (s)	事件
T-3	发动机启动
T+0	起飞
T+74	最大动压载荷 (MAX Q)
T+147	主发动机分离 (MECO)
T+151	级间分离
T+158	二级发动机点火-1 (SES-1)
T+222	整流罩分离
T+484	二级发动机关闭-1 (SECO-1)
T+1636	二级发动机点火-2 (SES-2)
T+1696	二级发动机关闭-2 (SECO-2)
T+1996	星舰分离

资料来源: SpaceX: Falcon User's Guide, 信达证券研发中心

图表 23: Falcon 9 飞行时间线示例 (LEO 任务)

任务时间轴 (s)	事件
T-3	发动机启动
T+0	起飞
T+67	最大动压载荷 (MAX Q)
T+145	主发动机关闭 (MECO)
T+148	级间分离
T+156	二级发动机点火-1 (SES-1)
T+195	整流罩分离
T+514	二级发动机关闭-1 (SECO-1)
T+3086	二级发动机点火-2 (SES-2)
T+3090	二级发动机关闭-2 (SECO-2)
T+3390	星箭分离

资料来源: SpaceX: Falcon User's Guide, 信达证券研发中心

- **SpaceX 为其 Falcon 9 和 Falcon Heavy 的发射服务提供有竞争力的价格。** 1) 对于合同承诺的多次发射, 可提供适度折扣。2) SpaceX 还可以提供宇航员低轨道发射运送服务。

图表 24: Falcon 9 & Falcon Heavy 发射能力与价格

价格	Falcon 9	Falcon Heavy
标准目录价 (2022年)	6700万美元 (最大可将5.5吨载荷发射到GTO轨道)	9700万美元 (最大可将8吨载荷发射到GTO轨道)
目的地轨道	性能	
LEO	22.8吨	63.8吨
GTO	8.3吨	26.7吨
火星	4.02吨	16.8吨

资料来源: SpaceX, 信达证券研发中心

- **为了回收和再利用, SpaceX 设计开发了 Merlin 和 Merlin Vacuum 发动机。** 1) Merlin 主要用于猎鹰 1 号、猎鹰 9 号和猎鹰重型运载火箭, 使用火箭级煤油 (RP-1) 和液氧作为气体发生器动力循环中的火箭推进剂, 其海平面最大推力可达 845kN。2) Merlin Vacuum 具有更大的排气部分和膨胀喷嘴, 以最大限度地提高发动机在真空环境中的效率, 在全功率下, 其推力可达 981kN, 是美国火箭发动机史上运行效率最高的一款火箭发动机。

图表 25: Merlin 发动机


资料来源: SpaceX, 信达证券研发中心

图表 26: Merlin Vacuum 发动机


资料来源: SpaceX, 信达证券研发中心

2.3 首颗试验星发射升空，我国低轨卫星互联网建设或将提速

中国“星网”崛起，布局低轨赛道：刘爱国《中国“星网”迈向新轨道》一文梳理了我国卫星互联网的发展历程：

- 2016-2018 年间，航天科技、航天科工、中国电科、中国电信等企业纷纷提出了各自的低轨互联网星座建设方案，并陆续发射了试验星。

图表 27：截至 2022 年 11 月我国主要 NGSO 卫星星座

星座计划	所属公司	规划星座规模/颗	轨道高度/km	最新进展
鸿雁星座	航天科技	300	1100	发射完成首颗试验星
虹云工程	航天科工	156	1000	发射完成首颗试验星
行云工程	航天科工	80	800-1400	已发射2颗卫星
九天微星星座	九天微星	72	700	已完成系统级验证
翔云	欧科微	28	500	发射完成首颗试验星
吉林一号	长光卫星	138	500-700	已有29颗卫星在轨运行
天启	国电高科	38	900	已发射14颗卫星
银河Galaxy	银河航天	2800	500-1200	已发射7颗卫星
星网工程	中国星网	12992	500-1200	已向ITU提交了两个星座的频谱申请

资料来源：前瞻产业研究院，信达证券研发中心

- **卫星互联网被纳入“新基建”**：2020 年 4 月，国家发改委将卫星互联网列为新基建中的信息技术设施，意味着以低轨卫星通信系统为代表的太空基础设施建设上升到了国家意志层面。
- **“星网”公司破茧而出**：2021 年 4 月 28 日，国务院国资委发布关于组建中国卫星网络集团有限公司的公告，新组建的“星网”公司总部落地河北雄安新区，注册资本 100 亿元。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。
- **卫星互联网技术试验卫星成功发射**：据新华社消息，2023 年 7 月 9 日，我国在酒泉卫星发射中心使用长征二号丙运载火箭，成功将卫星互联网技术试验卫星发射升空，卫星顺利进入预定轨道，发射任务获得圆满成功。

图表 28：2020 年卫星互联网首次被纳入“新基建”

主要内容	具体类别	代表方向
信息基础设施	通信网络基础设施	5G、物联网、工业互联网、 卫星互联网
	新技术基础设施	人工智能、云计算、区块链
	算力基础设施	数据中心、智能计算中心
融合基础设施	智能交通基础设施	
	智慧能源基础设施	
创新基础设施	重大科技基础设施	
	科教基础设施	
	产业技术创新基础设施	

资料来源：光明网，中国发展网，国家发改委，信达证券研发中心

图表 29：2023 年我国成功发射卫星互联网技术试验卫星



资料来源：新华社，信达证券研发中心

我国新型卫星互联网布局已启动，低轨卫星通信行业处于稳步加速发展期。据赵鹏《我国低轨卫星通信产业发展现状及趋势分析》介绍：1) 近年来，国防科工局、工信部等密集出台支持性政策文件，积极部署卫星通信产业发展，鼓励和引导民间资本进入卫星通信领域。2) 众多企业纷纷布局卫星互联网星座，计划发射多颗通信卫星，建成覆盖范围广、价格有竞争力、安全有保障的卫星通信网络，促进卫星通信向个人消费和各垂直行业的加速渗透。在此背景下，通信小卫星研制、火箭发射、卫星通信系统终端设备与软件应用市场有望迎来快速增长。

低轨通信卫星的制造与运营企业迎来战略机遇。1) 据亿欧网介绍，单颗低轨卫星覆盖范围

请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com> 16

小，因此必须增加卫星的数量才能实现全球覆盖，面对有限的轨道、频谱资源，各大企业无不个个争先、跑马圈地。2) 据通信产业网介绍，我国疆域辽阔，自然地形复杂。与地面光缆相比，低轨卫星通信能以更低成本解决偏远地区通信问题。并且低轨卫星通信全区域覆盖特性也使得其在海洋、沙漠、抢险救灾等场景中有广泛的应用，行业端应用有望进一步拓展。

图表 30：卫星通信不同应用场景产品类型设想

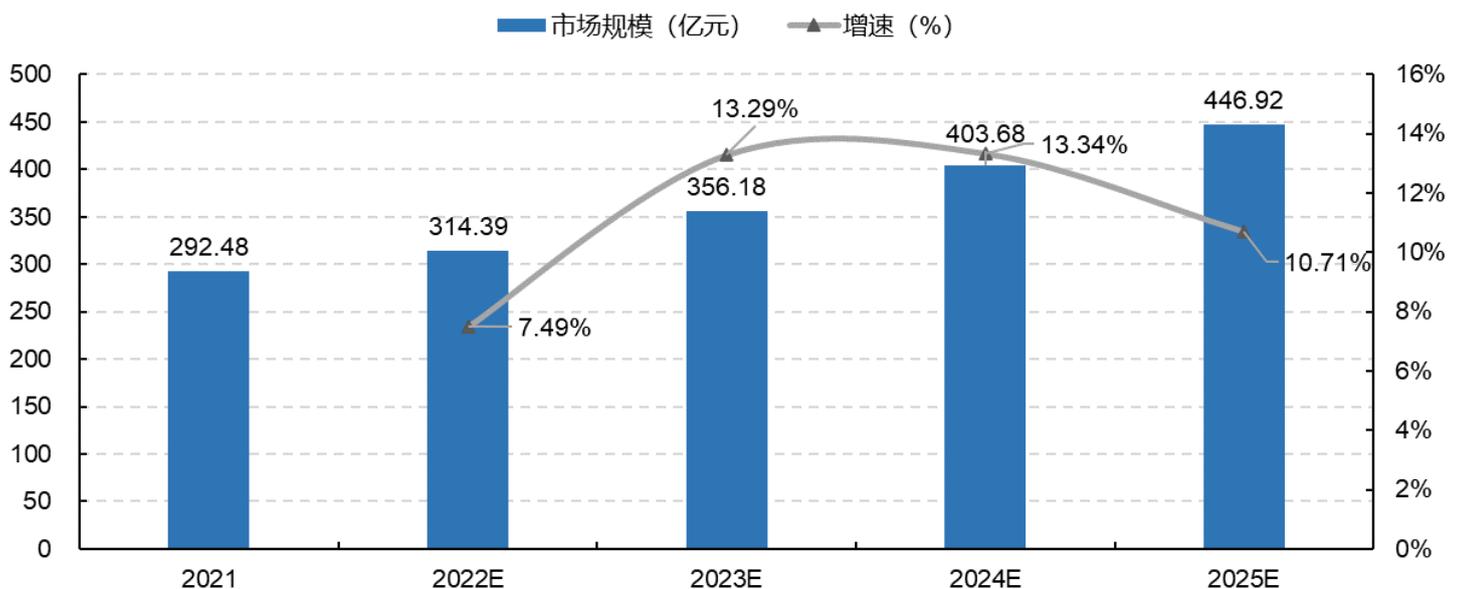
应用场景	连接方式	优先级	产品类型	时延	实时性	地理分布
陆地应急指挥通信	点对点	高	流量短期包（不限定应用，可传输语音、视频、文件等多媒体数据）	50-400ms	较高	城市
救援医疗警务航空联网应用	点对点	高	按流量计费（不限定应用，可传输语音、视频、文件等多媒体数据）	400ms	一般	城市、景区
运输飞机联网娱乐	互联网	中	流量长期包（不限定应用，可传输语音、视频、文件等多媒体数据）	50ms	高	飞机航线
通用航空飞机联网娱乐	互联网	中	流量长期包、按流量计费（以传输语音、视频、监测数据为主）	50ms	高	飞机航线
远洋船舶宽带通信	互联网、点对点	中	流量长期包（不限定应用，可传输语音、视频、文件等多媒体数据）	400ms	一般	远洋船舶航线
铁路互联网接入	互联网	中	流量长期包（不限定应用，可传输语音、视频、文件等多媒体数据）	50ms	高	非洲、南美洲、亚洲、一带一路铁路
车辆互联网卫星接入	互联网	中	流量长期包（不限定应用，可传输语音、视频、文件等多媒体数据）	51ms	高	全球各国人群聚集区、沙漠、山区
陆地互联网接入	互联网	中	流量长期包（不限定应用，可传输语音、视频、文件等多媒体数据）	50ms	高	非洲、南美洲、西亚、一带一路、沙漠、山区
极地科考通信	互联网、点对点	低	流量长期包（不限定应用，可传输语音、视频、文件等多媒体数据）	50ms	高	南极
政府和企业海外机构通信链路	点对点	低	流量长期包（以文件等数据为主）	2000ms	低	城市、工地

资料来源：许幼成、陈涤非、孙强《低轨宽带通信卫星应用浅析》，信达证券研发中心

政策和资本双重驱动下卫星通信市场规模稳步提升。

- 根据前瞻产业研究院援引美国卫星产业协会（SIA）2022年7月发布的《卫星产业状况报告》数据，2021年全球卫星通信行业市场规模达到1816亿美元，2017-2021CAGR达到11.98%。
- 根据中商产业研究院预测，2021-2025年我国卫星互联网市场规模有望自292.48亿元增至446.92亿元，2021-2025CAGR有望达11.18%。

图表 31：2021-2025 中国卫星互联网市场规模 CAGR 有望达到 11.18%



资料来源：中商产业研究院，SIA，信达证券研发中心

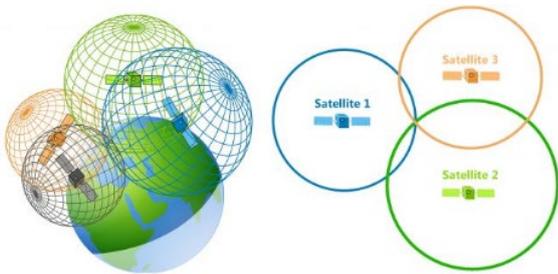
3 卫星导航：“北三”产业化应用或将提速，万亿市场蓄势待发

3.1 卫星导航系统：天空中的“指南针”，重要的军民两用基础设施

卫星导航是指采用导航卫星对地面、海洋、空中和空间用户进行导航定位的技术。据“广东自然资源”微信公众号介绍，卫星导航以人造地球卫星作为导航台的星基无线电导航系统，利用无线电到达时间来进行测距、定位，为全球海、陆、空、天的各类军民载体提供全天候、高精度的位置、速度、时间信息。

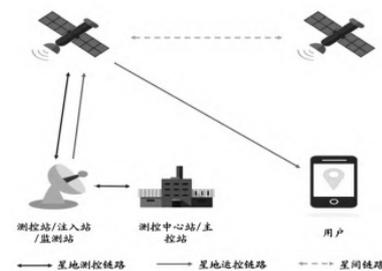
- **时间测距定位技术是卫星导航系统应用的主流技术：1) 原理：**用户接收设备精确测量由系统中不在同一平面的 4 颗卫星发来信号的传播时间，然后完成一组包括 4 个方程式的模型数学运算，就可算出用户位置的三维坐标以及用户钟与系统时间的误差。**2) 卫星导航系统技术还包括测角法、组合法、多普勒测速定位等：**其中测角法和组合法因精度较低没有实际应用，多普勒测速定位法由于不能连续实时导航、两次定位时间间隔太大、只能提供二维定位、对高速移动物体测量误差较大等缺点，目前也不再应用。
- **卫星导航系统由导航星座、地面段地面台站和用户定位设备三部分组成：1) 导航星座：**是卫星导航系统的空间部分，由多颗卫星构成空间导航网；**2) 地面台站：**跟踪、测量和预报卫星轨道并对卫星上设备进行控制管理，通常包括跟踪站、遥测站、计算中心、注入站及时间统一系统等部分。**3) 用户定位设备：**根据载具不同，一般分为船载、机载、车载和单人背负等多种形式。

图表 32：时间测距导航定位



资料来源：“鲜枣课堂”微信公众号，信达证券研发中心

图表 33：卫星导航系统的基本架构



资料来源：刘通、李仲林、孙长麟《北斗卫星导航系统的应用分析》，信达证券研发中心

- **卫星导航系统已成为重要的军民两用设施：**据赵宇昕《卫星导航的应用》介绍，**1) 民用：**卫星导航系统已渗透国民经济各部门，广泛应用于海洋、陆地和空中运输的导航。**2) 军用：**卫星导航系统从根本上解决了空中、陆地和海军军事运载体、武器的定位和导航问题。GPS 在海湾战争、美国对伊拉克实施“沙漠之狐”行动中都发挥了重要的作用。

图表 34：卫星导航系统的应用

卫星服务		主要应用
位置服务	地面位置服务	智能运输、林业保护、精细农业、电网运检、应急救援、个人导航定位等，这是发展最快的卫星导航产业
	海洋位置服务	渔船监控、船舶离港和进港、航路规划导航等
	航空位置服务	飞机起飞与着陆、航路位置服务、无人机位置服务等
	太空位置服务	人造卫星、飞船、太空舱定位、避开卫星与太空垃圾等
授时服务		卫星导航系统在提供位置信息的同时，可输出同步时间信息（绝对时间与脉冲信号），在全球范围内提供高精度授时服务
通信服务		利用人造地球卫星作为中继站来转发无线电波，从而实现两个或多个地球站之间的通信

资料来源：“广东自然资源”微信公众号，信达证券研发中心

3.2 各国先后开展卫星导航系统建设

据北斗卫星导航系统网站介绍，全球导航卫星系统（GNSS）是一个多系统、多层面、多模式的复杂组合系统，涵盖所有的卫星导航系统，包括全球卫星导航系统、区域卫星导航系统和增强卫星导航系统，此外还涵盖在建和以后建设的其他卫星导航系统。

- **全球卫星导航系统：**包括美国 GPS、俄罗斯格洛纳斯（GLONASS）、欧洲伽利略（Galileo）和中国的北斗卫星导航系统（BDS）。
- **区域卫星导航系统：**包括日本准天顶卫星系统（QZSS）、印度区域导航卫星系统（IRNSS）。
- **天基增强系统：**包括美国广域增强系统（WAAS）、欧洲静地导航重叠系统（EGNOS）、日本的多功能运输卫星增强系统（MSAS）等。

图表 35：四大全球卫星导航定位系统



资料来源：央广网，信达证券研发中心

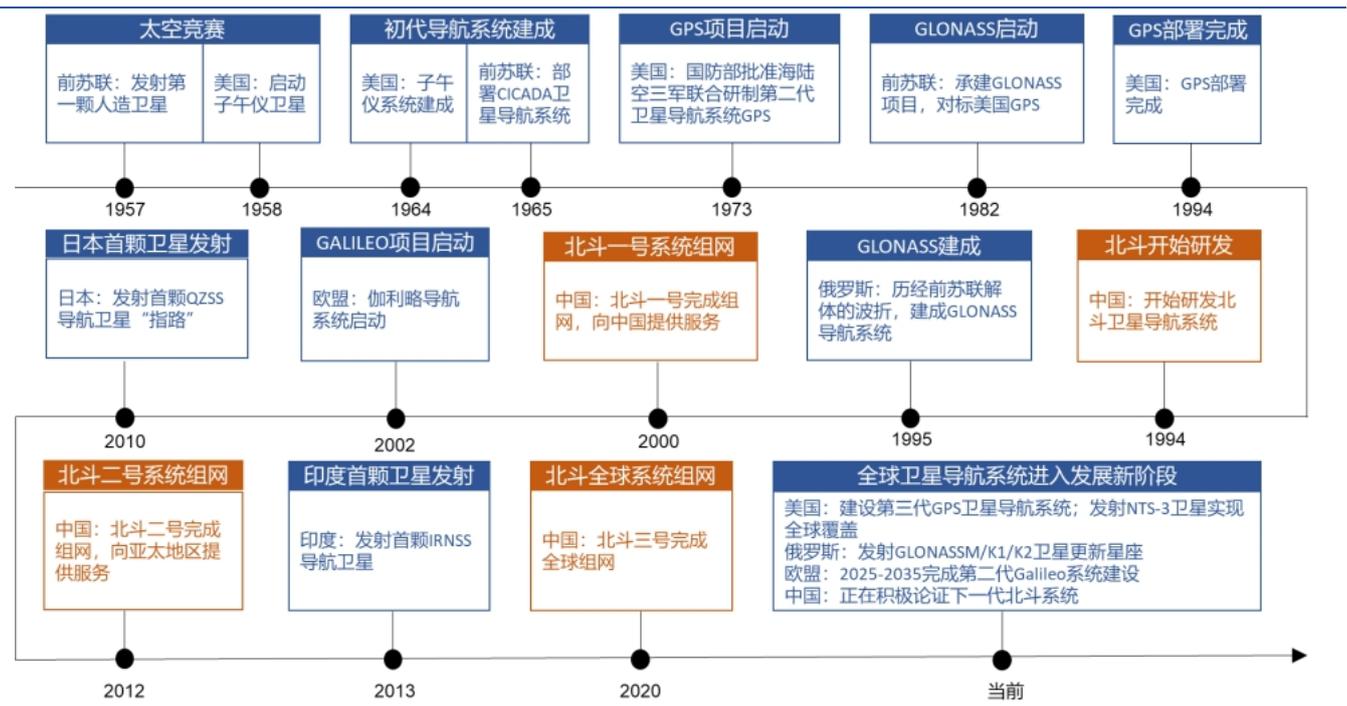
图表 36：卫星导航定位系统种类



资料来源：北斗卫星导航系统，信达证券研发中心

全球卫星导航系统自 20 世纪 60 年代中期起，至今已有近 60 年历史。纵观其发展历程，大致可以分为四大阶段：

- **第一阶段（20 世纪 60 年代中期-20 世纪 90 年代）：**基于多普勒定位的第一代卫星导航系统。美国和前苏联为了给远洋航行的军舰和潜艇提供精度比较高的定位数据和修正其惯导系统，分别建成了 NNSS（美国）和 CICADA（前苏联）。
- **第二阶段（20 世纪 90 年代）：**基于时差测距的第二代卫星导航系统：第一代卫星定位难以满足连续实时定位以及三维导航的要求，因此美国和前苏联（后俄罗斯）分别在 20 世纪 90 年代建成了 GPS 和 GLONASS 卫星导航系统，它们均由各自国家的国防部管理，以军事应用为主，适当兼顾民用市场。
- **第三阶段（21 世纪初）：**世界主流国家先后推进卫星导航系统建设：**1）欧盟：**于 2022 年启动“伽利略”导航系统建设。**2）中国：**基于国家战略与安全的需要，于 2003 年建成了“北斗一号”定位系统。**3）日本：**QZSS 首颗卫星“指路（Michibiki）”于 2010 年发射升空。**4）印度：**太空研究组织（ISRO）于 2013 年发射了 IRNSS 的首颗卫星。
- **第四阶段：新一代卫星导航系统。**1）美国：建设第三代 GPS 卫星导航系统；2）俄罗斯：发射新一代 GLONASS K 和 K2 卫星；3）欧盟：建设第二代伽利略卫星导航系统。4）中国：积极论证下一代北斗系统。

图表 37：全球卫星导航系统发展历程


资料来源：行行查，新华社，“兵器知识杂志”微信公众号，谢军、郑晋军、张弓、马福建、赵兴隆《卫星导航系统发展现状与未来趋势》，信达证券研发中心

3.3 “北三”系统全面建成，引领万亿北斗新业态

据北斗卫星导航系统网站介绍，北斗卫星导航系统（BDS）是中国自主建设运行的全球卫星导航系统，为全球用户提供全天候、全天时、高精度的定位、导航和授时服务。

- **通过北斗建设“三步走”战略，北斗三号全球卫星导航系统于2020年7月全面建成：**根据北斗卫星导航系统《北斗卫星导航系统发展报告》，我国卫星导航系统采取“三步走”的发展战略，即1) 2000年年底，建成北斗一号系统，向中国提供服务；2) 2012年年底，建成北斗二号系统，向亚太地区提供服务；3) 2020年，建成北斗三号系统，向全球提供服务。
- **“北三”系统可提供七种服务：**根据张奋、贾小林、姬剑锋、王龙《北斗系统应用趋势分析》一文，北斗三号全球卫星导航系统具备导航定位和通信数传两大功能，提供七种北斗系统应用服务。具体包括：**1) 面向全球范围提供三种服务：**包括定位导航授时、全球短报文通信和国际搜救；**2) 在中国及周边地区提供四种服务：**包括星基增强、地基增强、精密单点定位和区域短报文通信。

图表 38: 北斗系统服务规划

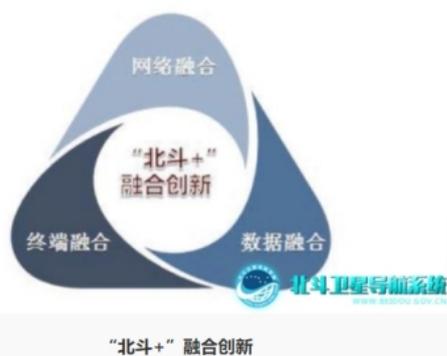
服务类型		信号/频段	播发手段
全球范围	定位导航授时 (RNSS)	B1I、B3I	3GEO+3IGSO+24MEO
		B1C、B2a、B2b	3IGSO+24MEO
	全球短报文通信 (GSMC)	上行: L 下行: GSMC-B2b	上行: 14MEO 下行: 3IGSO+24MEO
		国际搜救 (SAR)	上行: UHF 下行: SAR-B2b
中国及周边地区	星基增强 (SBAS)	BDSBAS-B1C、BDSBAS-B2a	3GEO
	地基增强 (GAS)	2G、3G、4G、5G	移动通信网络 互连网络
	精密单点定位 (PPP)	PPP-B2b	3GEO
	区域短报文通信 (RSMC)	上行: L 下行: S	3GEO

注: 中国及周边地区即东经75度至135度, 北纬10度至55度。

资料来源: 北斗卫星导航系统, 中国卫星导航系统管理办公室《北斗卫星导航系统应用服务体系》, 信达证券研发中心

中国北斗已进入规模化应用、产业化发展的关键阶段:

- **“北斗+”与“+北斗”业态方兴未艾:** 1) 随着北斗三号全球系统完成组网, 高精度位置服务已经深度融入各行各业, 与大数据、物联网、人工智能等新兴技术深度融合。2) **“北斗+”技术融合创新:** 全面推动北斗技术产品及其服务, 与其他技术和服务的融合发展, 尤其是网络融合、终端融合、数据融合, 这也是北斗应用创新发展的源动力。3) **“+北斗”时空信息应用:** 以北斗技术为赋能手段, 以时空信息为应用方式, 与其他产业原有技术、原有业务相结合或替代传统应用方案, 促进传统经济模式、传统产业发展的转型升级, 催生众多北斗市场新业态。

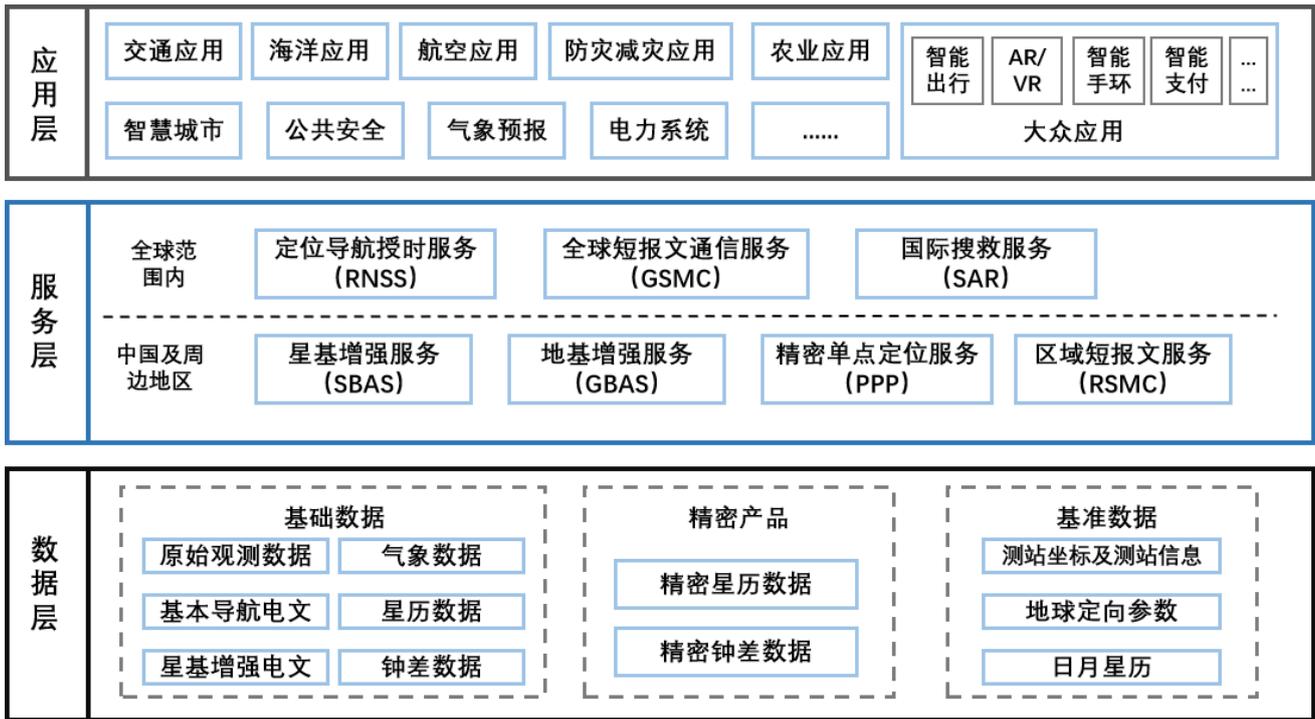
图表 39: “北斗+”技术融合


资料来源: 北斗卫星导航系统, 信达证券研发中心

图表 40: “+北斗”应用融合


资料来源: 北斗卫星导航系统, 信达证券研发中心

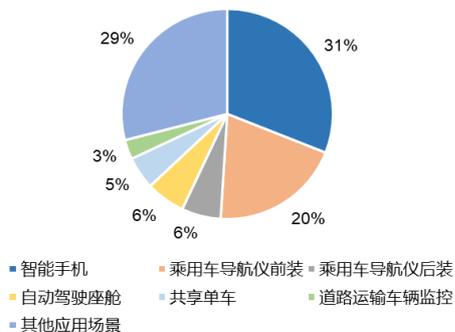
- **特殊机构市场进入北三换代周期, 市场需求旺盛:** 据观研报告网介绍, 1) 特殊机构市场目前正处在从北斗二号到北斗三号的换代期, 其大规模换装将贯穿整个“十四五”时期, 相关需求有望出现一轮快速增长。2) 综合终端、无人平台和各类武器平台将是特殊机构市场最大的三个应用领域, 相关市场空间分别达百亿。
- **民用市场的繁荣是北斗系统发展的长期驱动力:** 据孙启明、李栩、王君鹏《北斗卫星民用市场现状与发展前景》, 1) 民用市场前景主要体现在**智能终端导航服务、车载导航服务、共享经济**等方面; 2) 据中国卫星导航定位协会《2022 卫星导航与位置服务产业发展白皮书》数据, 2021 年智能手机和乘用车导航仪占据北斗应用产值的 57%。

图表 41: 北斗系统服务规划


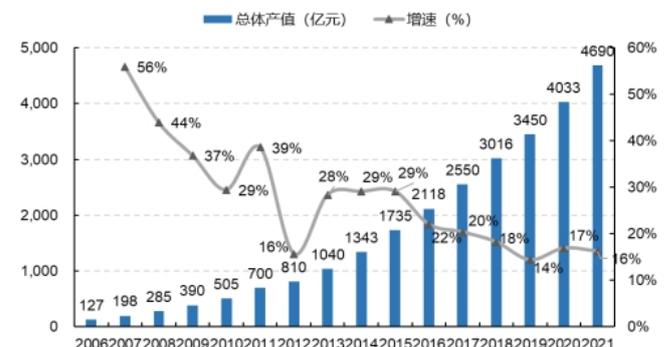
资料来源: 张奋、贾小林、姬剑锋、王龙《北斗系统应用趋势分析》, 信达证券研发中心

“十四五”末我国北斗产业总体产值有望达到 8000-10000 亿: 据中国卫星导航定位协会《2022 卫星导航与位置服务产业发展白皮书》数据:

- 2006-2021 年, 我国卫星导航与位置服务产业整体产值自 127 亿元增至 4690 亿元, CAGR 为 27%;
- 据中国卫星导航定位协会《2021 卫星导航与位置服务产业发展白皮书》数据: 到 2025 年, 总体产值有望达到 8000-10000 亿元; 到 2035 年, 总体产值有望超过 3 万亿元, 届时有望构建智能信息产业体系, 形成中国服务品牌;
- **核心产值与衍生关联产值带动比达 1:2.33, 与全球 GNSS 平均比例 1:3 相比, 仍有较大提升空间:** 1) 2021 年我国卫星导航与产业服务核心产值达 1454 亿元(同比+12.28%), 关联产值为 3236 亿元(同比+18.2%)。2) 核心产业包括卫星导航技术研发和应用直接相关的芯片、器件、算法、软件、导航数据、终端设备、基础设施等。

图表 42: 我国卫星导航与位置服务产业重点应用场景产值分布


资料来源: 中国卫星导航定位协会《2022 中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书》, 信达证券研发中心

图表 43: 2006-2021 年卫星导航总体产值 CAGR 为 27%


资料来源: 中国卫星导航定位协会《2022 中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书》, 信达证券研发中心

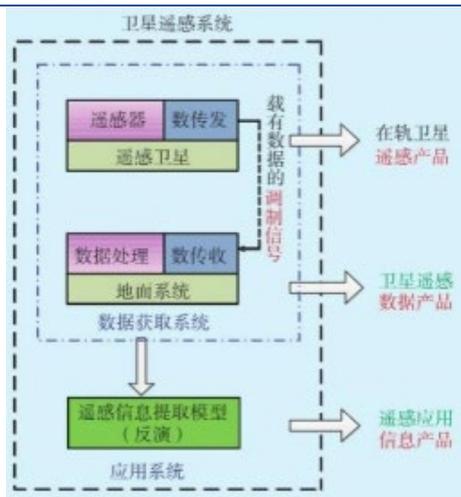
4 卫星遥感：受益于政策支持，市场规模有望持续扩大

4.1 遥感卫星：动态感知“千里眼”，地表信息获取的重要手段

卫星遥感定义：以人造地球卫星为遥感平台，利用无线电、雷达等技术手段，从太空直接对地表目标实施观测、感知的综合性探测技术。

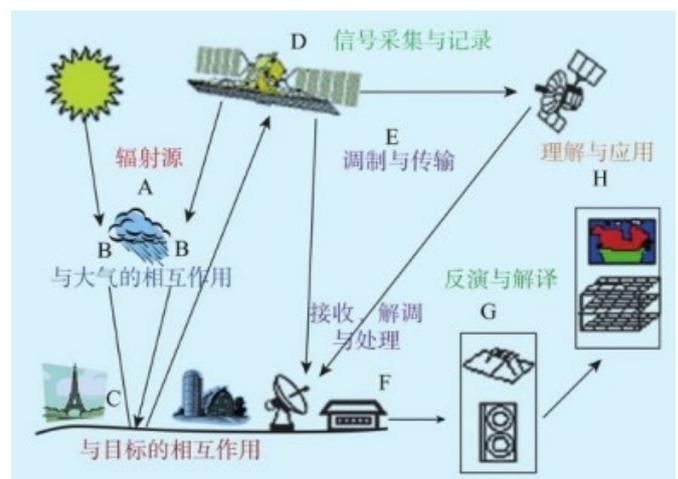
- **卫星遥感能探测到地面遥感和航空遥感所不能及的区域：**可充分发挥卫星轨道高、飞行速度快、不受国界和地理条件的限制等优势，观测幅宽可达数千千米甚至上千千米，能在短时间内获得大面积数据。
- **组成：**主要由用于获取遥感数据的传感器，装载传感器并保障其正常工作的卫星平台，以及对遥感数据进行接收、处理、完成信息提取和生成遥感信息产品的设施共同组成。
- **卫星遥感的工作原理**围绕着“电磁波-信号-数据-信息”的数字化转换过程展开：1) 自然界电磁辐射源（如太阳光）或卫星主动发射电磁波与目标发生相互作用；2) 遥感卫星对电磁波进行采集与记录，形成数据，通过数据传输分系统或者中继卫星把载有数据的调制信号发送到地面；3) 地面系统接收、解调和处理之后，输出得到不同级别的数据产品；4) 经过应用系统的反演和解译，提取得到遥感应用信息产品。

图表 44：卫星遥感系统组成



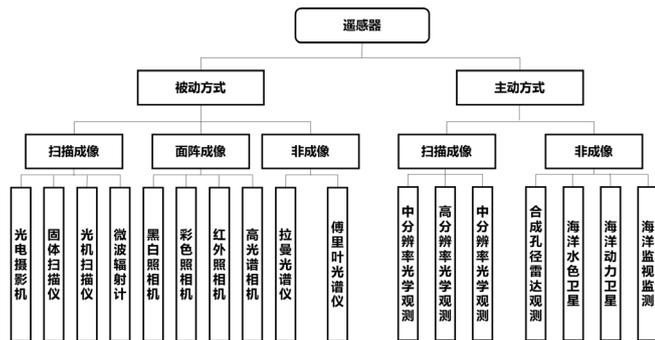
资料来源：罗格《感知地球——卫星遥感知识问答》，中国测绘学会，信达证券研发中心

图表 45：从目标信号、数据获取到信息应用的转化过程

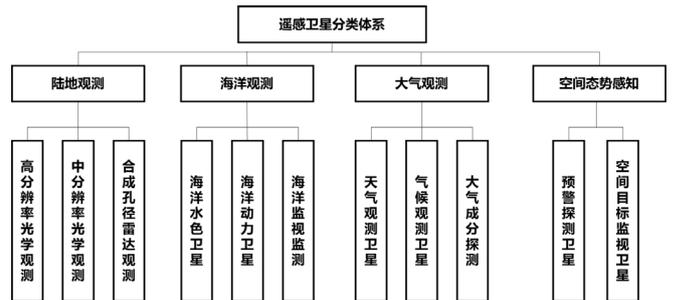


资料来源：罗格《感知地球——卫星遥感知识问答》，中国测绘学会，信达证券研发中心

- **技术路线：**包括光学卫星遥感（可见光、红外、高光谱等）与微波卫星遥感技术路线，1) **卫星遥感的功能主要通过传感器实现：**传感器是装载于遥感卫星上的有效载荷，决定着卫星系统的水平，根据其探测手段可分为被动式和主动式；2) **被动式：**通过遥感传感器对被探测物体发射的电磁波特征进行感知，包括可见光、红外、高光谱、微波辐射计等；3) **主动式：**通过遥感传感器发射电磁波到被探测物体表面，然后对物体的散射信号进行探测，常用的有合成孔径雷达、微波散射计等。
- **遥感卫星的分类：**1) **根据应用对象：**可以分为陆地观测卫星、海洋观测卫星、大气观测卫星、空间态势感知四种类型；2) **根据观测对象、观测范围和观测频次的要求，遥感卫星在设计时会选择不同的轨道：**常用的轨道包括太阳同步轨道和地球同步轨道。

图表 46: 常用卫星遥感技术应用对比


资料来源: 高耀南、王永富《宇宙概论》, 信达证券研发中心

图表 47: 遥感卫星分类体系


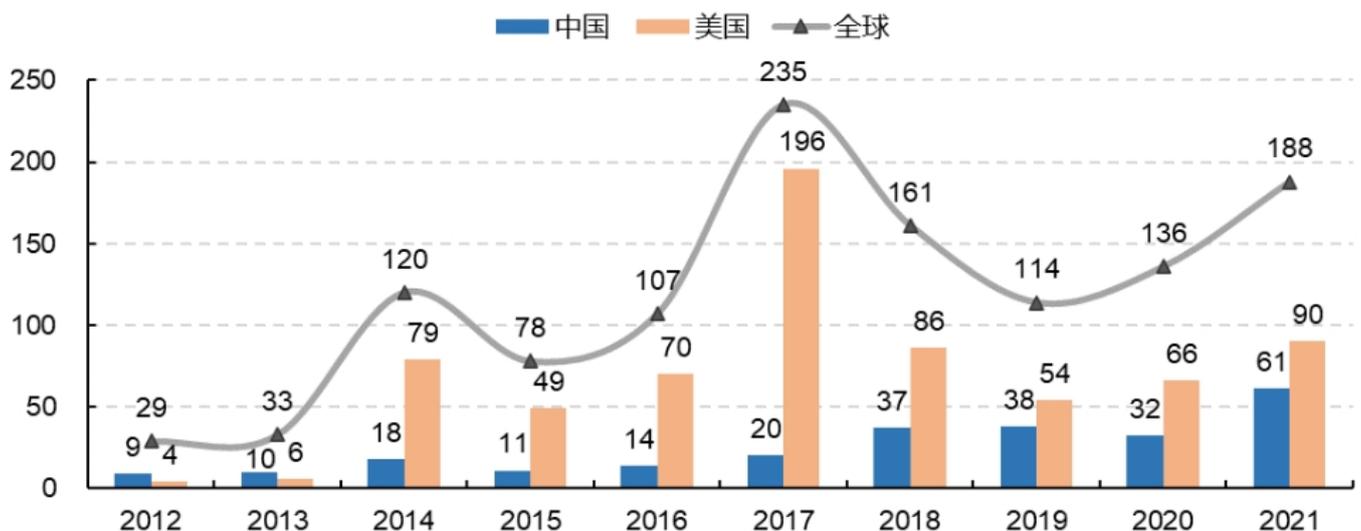
资料来源: 高耀南、王永富《宇宙概论》, 信达证券研发中心

4.2 各国争相发射遥感卫星, 中国“后来居上” 打造强大对地观测体系

战争促进了遥感技术的发展: 据童庆禧、孟庆岩、杨杭《遥感技术发展历程与未来展望》, 1) 一战促使遥感从地面走向空中, 萌发了红外技术探测; 2) 二战使遥感走得更高和更远, 促进了雷达技术的发展; 3) 冷战期间, 超级大国激烈竞争, 空间技术的发展为遥感技术的突破提供了重要的条件。

遥感技术在民用领域发展空间广阔: 据李劲东《中国高分辨率对地观测卫星遥感技术进展》, 光学成像卫星于 20 世纪 60 年代进入太空; 1972 年美国发射了第一颗具有业务性质的地球资源技术卫星 (后更名为陆地卫星), 开启了常态化遥感对地观测的先河; 第一颗民用合成孔径雷达 (SAR) 卫星 Sea sat 于 1978 年绕轨运行; 随后许多国家开始效仿和跟进, 自 1980 年起, 日、法、印、俄、德、中等国家相继发射遥感卫星。

近年来全球遥感卫星发射数量快速增长: 1) 美国商业航天部门敏锐捕捉到高质量地理空间数据的需求, 从 20 世纪 90 年代起持续不断发射了大量商业遥感卫星, 其他航天大国亦竞相发射。2) 2012-2021 年, 全球遥感卫星发射数量由 29 颗上升至 188 颗, 呈现上升态势。

图表 48: 中国、美国及全球遥感卫星发射数量对比


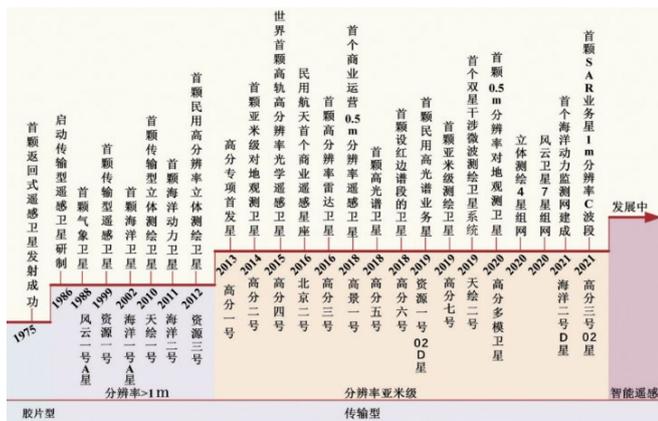
资料来源: 李劲东《中国高分辨率对地观测卫星遥感技术进展》, 信达证券研发中心

我国卫星遥感技术发展与应用从无到有，从小到大，从弱到强，实现了跨越式的发展。据江碧涛《我国空间对地观测技术的发展与展望》，自 20 世纪 70 年代以来，我国卫星遥感技术发展历程大致可分为 3 个阶段：

- **探索与起步阶段（1965 年-20 世纪 90 年代中期）：**1) 我国于 1975 年成功完成首型返回式对地观测卫星发射入轨；2) 1999 年我国与巴西共同研制的“中巴地球资源卫星”01 星于 1999 年成果发射，顺利实现返回式至传输型卫星跨越。3) 随着 3 颗风云一号、2 颗风云二号卫星陆续发射，我国第一代气象观测卫星系统初具雏形。
- **快速发展阶段（20 世纪 90 年代中期-2015 年）：**1) 2008-2013 年，我国陆续发射 3 颗风云三号卫星，我国气象卫星技术迈入世界先进行列。2) 2012/2011 年，海洋-1A/2A 发射，我国海洋系列卫星系统初步建成。3) 随着遥感、高分、资源等多系列卫星同时大跨步建设，我国空间基础设施框架基本建成，总体性能迈入世界先进行列。
- **创新发展阶段（2016 年至今）：**1) 总体呈现体系化建设加速、多要素协同观测、多手段融合应用的发展特征。2) 在国家政策牵引下，商业航天快速发展，我国空间对地观测系统建设主体由政府投资向多元投入过渡。

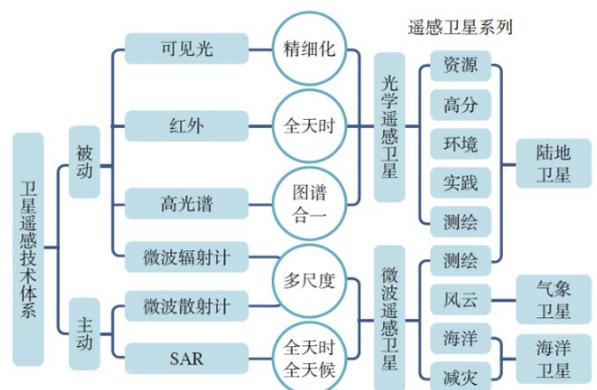
现阶段我国卫星遥感技术已经达到世界先进水平：1) 形成了丰富的遥感卫星系列：海洋、测绘、气象、高分辨率对地观测卫星和商业遥感卫星分别实现多星小型星座组网观测；2) 高分辨率对地观测遥感与国际领先水平的差距显著缩小，高分辨率光学、SAR 遥感技术发展总体达到国际先进水平，基础设施发展规模和部分核心技术国际领先。

图表 49：中国民用遥感卫星跨越式发展路径及里程碑事件



资料来源：李劲东《中国高分辨率对地观测卫星遥感技术进展》，信达证券研发中心

图表 50：中国卫星遥感技术体系及遥感卫星系列



资料来源：李劲东《中国高分辨率对地观测卫星遥感技术进展》，信达证券研发中心

根据 UCS 数据，截至 2022 年 12 月我国拥有在轨遥感卫星 332 颗，位居全球第二，仅次于美国（499 颗）。国内对地观测卫星体系包含“高分”、“风云”、“海洋”、“资源”等多个国家日常观测和应急观测骨干卫星遥感网络，同时借助“北京”、“吉林”、“高景”、“巢湖”等商业卫星服务系统对骨干网进行填充与补强。

图表 51：中国部分遥感卫星系列概况

类别	卫星	概况	
骨干卫星网	“高分”系列	高分一号	是我国民用空间基础设施规划的首批业务化应用卫星，服务于环保、农业、林业、海洋、测绘等行业，正式开启了国产高分辨率卫星为国土资源管理提供遥感数据支撑的新时代
		高分二号	民用光学遥感卫星，标志着国内遥感卫星进入了亚米级“高分时代”，主要服务于国土资源部、交通运输部、林业局等部门
		高分三号	国内第一枚C波段多极化SAR卫星，标志着国内雷达成像卫星技术的飞跃
		高分五号	满足环境综合监测等方面迫切需求
		高分六号	有力支撑农业资源监测、林业资源调查、防灾减灾救灾等工作
		高分七号	填补了国内亚米级卫星立体测绘空白，实现1:1万比例尺的重大技术跨越
		高分八号	
		高分九号	
	高分十一号	为“一带一路”等国家重点战略和国防现代化建设提供信息保障	
	“风云”系列		广泛服务于天气预报、气候预测、灾害监测、环境监测、军事、航天气象保障等重要领域，在国内灾害应急管理工作中发挥着重要作用
	“海洋”系列	海洋	海洋水色卫星
		海洋二号	海洋动力环境卫星
		海洋三号	海洋监视卫星
“资源”系列	资源一号01、02、02B、03、04、04A	与巴西共同研制	
	资源一号02C、02D、02E星	我国自主研制	
	资源二号		
	资源三号	高分辨率三维测绘卫星，服务于基础测绘、国土、农业、环境、减灾、规划等各行业影像数据需求	
商业卫星网	北京21世纪空间公司“北京”系列	北京一号	全色分辨率4m，多光谱分辨率32m，主要应用于为北京市城市规划、生态环境监测、土地利用监测提供优质服务
		北京二号	由3颗高分辨卫星组成的民用商业遥感卫星星座，全色分辨率0.8m，多光谱分辨率3.2m，应用于国土资源管理、城市综合应用等领域
		北京三号A星	是中国航天与世纪空间首次合作的高性能新型光学商业服务遥感卫星，采用太阳同步轨道，可获取全色0.5m、多光谱2m分辨率的卫星影像
	吉林长光卫星公司“吉林一号”	光学遥感卫星星座，采用太阳同步轨道，计划2025年左右实现138颗卫星组网，具备全球任意地点10min内重访能力	
	中国航天科技集团“高景一号”	全色分辨率0.5m，多光谱分辨率2m，4星组网，全球任意地点重访时间1天，是国内首个具有高敏捷、多模式成像能力的商业卫星星座，应用对象涵盖测绘、国土资源调查、城市建设、农林水利、地质矿产等行业	
	广东珠海航空微公司“珠海一号”	是国内首家由民营上市公司建设并运营的遥感微纳卫星星座，总体规划由34颗卫星组成，包括视频卫星、高光谱卫星、雷达卫星、高分光学卫星以及红外卫星。	
	天仪研究院“海丝一号”	是天仪研究院研究的国内首颗商业SAR卫星，基于C波段，重量小于185kg，成像最高分辨率1m，可全天时、全天候、全透明对陆地、海洋、海岸港口进行成像观测	
	天仪研究院“巢湖一号”	标志着国产商业SAR卫星批产组网和在轨商业运营的开始。“巢湖一号”在成像幅宽、分辨率、成像时间等方面进行了进一步的改进；同时引入了对多个区域的连续成像、精密轨道定轨能力和在轨AI运算等新技术、新手段	
	微纳星空“泰景”系列	泰景三号01星	0.5m分辨率可见光遥感卫星
		泰景四号01星	是国内首颗X波段商业SAR卫星
	文昌一号01/02		广域的遥感卫星，其质量为62kg左右，主要任务是对地观察、海洋成像、船舶信息的获取
	银河航天首发星		全球首颗Q/V频段的低轨宽带卫星，由国内自主研制，通信能力可达10Gbit/s，单星覆盖30万km²，轨道高度1200km，构建太空互联网及5G卫星网络的连接
	山东产研院“齐鲁”系列	齐鲁一号	Ku波段高分辨率雷达卫星
齐鲁二号		高分辨率敏捷光学卫星，具有热红外谱段	
齐鲁三号		宽幅光学卫星，幅宽120km	
齐鲁四号		多模式高分辨率光学实验卫星	
航天宏图“宏图一号”01		主要用于提供商业遥感数据服务	

资料来源：信晟、杨超、张悦、刘祺《地球观测卫星发展现状分析》，李栋、董正宏、刘晓昂《遥感卫星应用发展现状及启示》，信达证券研发中心

5 产业链梳理及受益标的

5.1 卫星产业链梳理

根据赛迪顾问物联网产业研究中心《“新基建”之中国卫星互联网产业发展研究白皮书》，卫星互联网产业链主要包含卫星制造、卫星发射、地面设备、卫星运营及服务四大环节。

卫星制造环节主要包括卫星平台和卫星载荷。

- **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 & 数据管理系统等。
- **卫星载荷**：包括天线分析图、转发器分系统、其他金属/非金属材料、电子元器件等。

卫星发射环节主要包括火箭制造和发射服务。

地面设备主要包括固定地面站、移动式地面站（动中通、静中通等）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、控制分析图、电源系统及卫星测控站、卫星运控中心等。
- **移动站**：包括集成式天线、调制解调器、其他设备。
- **用户终端**：包括上游关键零部件和下游终端设备。

卫星运营及服务主要包括卫星移动通信服务、宽带广播服务及卫星固定服务等，一般可分为空间段卫星运营服务和地面段卫星应用服务两部分。

- **空间段卫星运营服务**：通信、导航及遥感等各类卫星转发器租赁业务。
- **地面段卫星应用服务**：包括专用通信网络、空间信息供给、定位路线规划等应用解决方案、各类卫星互联网定制化服务以及软件系统应用服务等。

图表 54：卫星产业链分为卫星制造、卫星发射、卫星运营与服务、地面设备四大领域

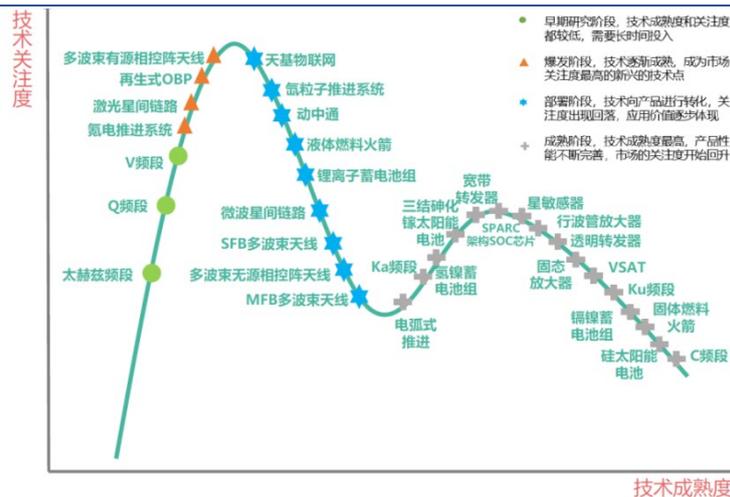


资料来源：罗德与施瓦茨，信达证券研发中心

当前卫星互联网处于空间段和地面段的基础设施建设阶段，上游卫星制造发射和地面站建设是技术发展的焦点。

- **卫星通信能力不断提升：**随着卫星向高通量的方向发展，目前全球卫星制造商正在积极开拓 Q、V 频段，而太赫兹频段正处于规划阶段；宽带转发器开始广泛应用，作为转发器重要部件的行波管放大器由于在高带宽、高频段方面的优异性能已经成为主流产品；多点波束技术是提升卫星通信能力的重要手段，多波束相控阵天线使用电子手段实现快速扫描，已经成为天线发展的重要方向。
- **各类新兴星载硬件产品逐步得到应用：**星载计算机是卫星的运控中心，基于 SPARC 架构的 SOC 芯片已经广泛应用于宇航级芯片产品，而各类高精度星敏感器产品也是卫星产品也是卫星制造的关键环节，备受关注。
- **航天推进系统持续迭代：**随着卫星制造和发射向低成本化方向发展，包括更高转换效率的三阶砷化镓太阳能电池、锂离子蓄电池、比冲高价格低的氦电推进系统、可重复使用的液体火箭未来发展前景广阔。
- **新兴技术推动天基组网。**以激光星间链路技术的推广可以进一步降低对地面网络的依赖。随着组网形成，动中通移动站、天基物联网也将迎来更大的发展空间。

图表 55：卫星互联网技术成熟度与关注度示意图



资料来源：赛迪顾问物联网产业研究中心《“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

5.2 全球卫星产业规模破万亿，地面设备与运营服务空间广阔

根据美国卫星工业协会（SIA）数据：2022 年全球航天产业规模达到约 3840 亿美元（约 2.7 万亿人民币，汇率按 1:7）。2）其中，全球卫星产业规模占航天产业的 73%，达 2811 亿美元（约 2.0 万亿人民币，汇率按 1:7）。

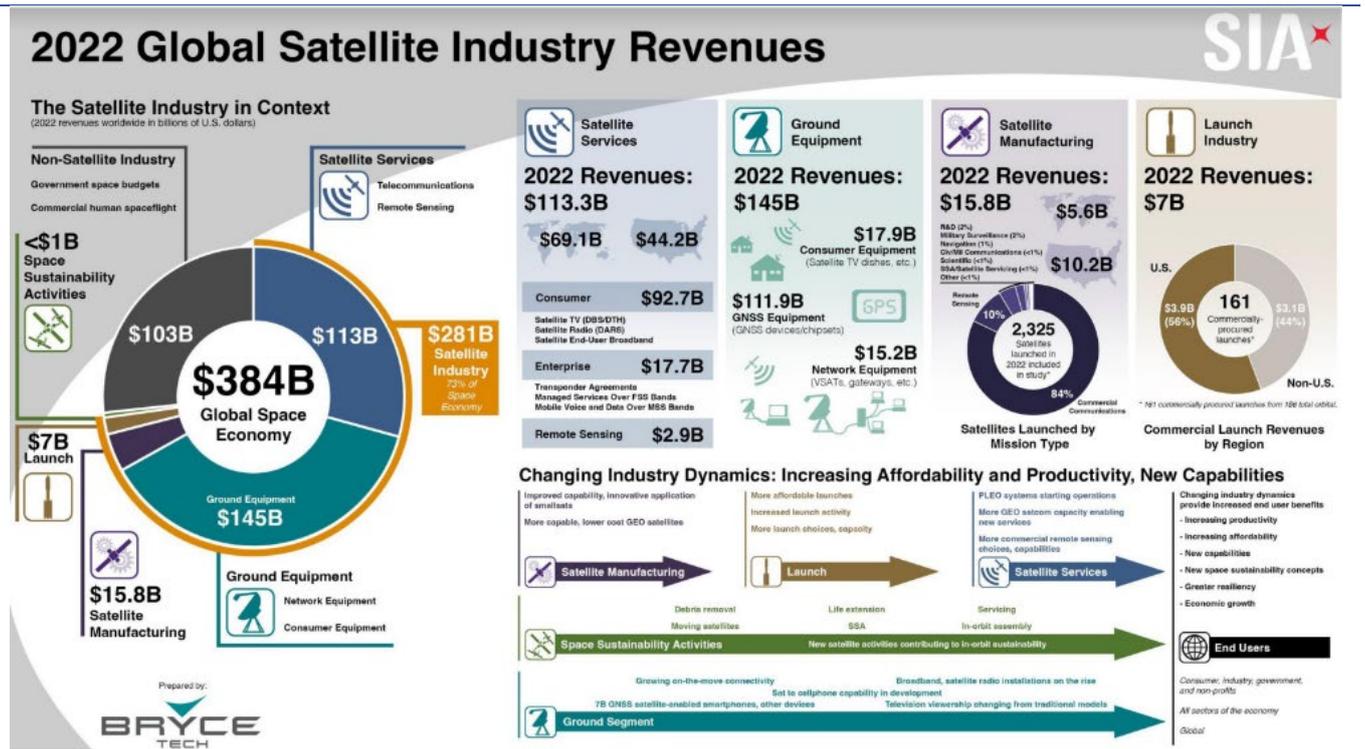
运营与服务、地面设备是卫星产业价值链的主要环节，合计市场规模在卫星产业规模中的占比达 91.9%。

- **卫星制造产业规模达 158 亿美元，约占卫星产业规模的 5.6%：**1) 据统计，2022 年全球共发射 2325 颗卫星，其中，商用通信卫星占 84%，是卫星制造的绝对大头；遥感卫星占 10%，位列第二。3) 技术试验、军用监控、导航卫星分别占比 2%/2%/1%。4) 美国卫星制造产业规模达 102 亿美元，约占全球的 64.6%。
- **卫星发射产业规模达 70 亿美元，约占卫星产业规模的 2.5%：**1) 据统计，2022 年全球商业卫星发射次数达 161 次。2) 其中美国卫星发射产业规模达 39 亿美元，约占全

球的 55.7%。

- **卫星运营与服务产业规模达 1133 亿美元，约占卫星产业规模的 40.3%：** 1) 其中美国卫星运营与服务产业规模达 442 亿美元，占比 39.0%。2) 卫星电视、广播、终端用户宽带产业规模达 927 亿美元，约占卫星服务与运营产业规模的 81.8%。
- **地面设备产业规模达 1450 亿美元，约占卫星产业规模的 51.6%：** 1) 客户终端设备（卫星电视天线）产业规模达 179 亿美元（占 12.3%）。2) 卫星导航终端（设备&芯片）产业规模达 1119 亿美元（占 77.2%）。3) 互联网设备（VSATS、网络关口等）产业规模达 152 亿美元（占 10.5%）。

图表 56: 2022 年全球航天产业规模达到约 3840 亿美元



资料来源: SIA, 信达证券研发中心

5.3 卫星产业相关受益标的

我国卫星互联网产业链不断完善，在卫星制造、卫星发射、地面设备、运营服务等环节均有相关的企业布局。赛迪智库无线电管理研究所李雨凌在《卫星互联网产业链分析及发展趋势研判》中对产业链各环节进行了介绍，由于卫星产业证券化率较低，我们主要梳理了相关上市公司：

①**卫星制造：产业支撑体系不断完善。** 1) 卫星试样的研制：主要以航天科技集团、航天科工集团、中科院及相关附属研究机构为主，在重大项目布局、资金配套、技术及产品研发方面具备突出优势；航宇微、九天微星、天仪研究院、银河航天、微纳星空等企业在微小卫星制造业务也取得了一系列突破；2) 上游配套支撑：国内涌现出一批零部件及电子元器件等产品配套供应企业，包括振华科技、航天电器等。

■ 卫星总体：

◇ **【中国卫星】**我国卫星应用产业领军企业，专注于宇航制造和卫星应用两大主业，形成了航天东方红、北京恒星、深圳东方红等一系列知名品牌，拥有 CAST968 等系列先进的小卫星、微小卫星公用平台，研制有鹊桥号中继星、鸿雁卫星星座等产品。

■ T/R 芯片、组件及微系统:

- ◇ **【铖昌科技】**公司是国内从事相控阵 T/R 芯片研制的主要企业，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，研制的多通道多波束幅相多功能芯片为代表的 T/R 芯片，在集成度、功耗、噪声系数等关键性能上具备一定的领先优势。
- ◇ **【国博电子】**公司是国内能够批量提供有源相控阵 T/R 组件及系列化射频集成电路产品的领先企业，一直保持着星载领域研发跟进和相关技术储备，已根据市场需求开发相关产品。
- ◇ **【雷电微力】**公司主要从事毫米波有源相控阵微系统研发、制造、测试和销售，是国内少数能够提供毫米波有源相控阵微系统整体解决方案及产品制造服务的企业之一，产品技术性能达到国内一流、国际先进水平。

■ FPGA:

- ◇ **【紫光国微】**我国集成电路设计龙头企业，包括基于 FPGA 的 SoPC 产品系列。
- ◇ **【复旦微电】**国内 FPGA 芯片设计领先企业，主要终端客户为高可靠领域客户。

■ 连接器:

- ◇ **【航天电器】**我国高端连接器、微特电机、继电器和光电子行业的核心骨干企业，从事高端连接器、微特电机、高端继电器、光通信器件（光电模块）等产品的研制、生产及销售，产品用于航空航天、电子、兵器、船舶、通信、轨交、能源装备等高技术领域。
- ◇ **【中航光电】**专业为军工防务及高端制造领域提供互连技术解决方案的高科技企业。公司产品广泛应用于航空航天和军事领域、通讯网络与数据中心、轨道交通、新能源汽车、电力、石油装备、医疗设备以及智能装备等民用高端制造领域。

■ 元器件:

- ◇ **【振华科技】**我国高新电子元器件领先企业，以新型电子元器件为核心业务，主要产品包括电阻器、电容器、电感器、滤波器、熔断器、继电器等，广泛应用于航空、航天、电子、兵器、船舶及核工业等重要领域。
- ◇ **【宏达电子】**国内高可靠钽电容器生产领域的龙头企业，主要产品为非固体电解质钽电容器、固体电解质钽电容器、陶瓷电容器、微电路模块等，主要应用于航空、航天、船舶、地面装备、指挥系统及通信系统等领域。
- ◇ **【鸿远电子】**国家级高新技术企业，以研发、生产、经营电容器等电子元器件为主营业务，公司核心产品在卫星、航天、航空领域均有应用。
- ◇ **【火炬电子】**专业从事陶瓷电容器研发、生产、销售和技术支持的企业，产品在航空航天、通讯、电力、汽车等高端领域广泛应用。

②卫星发射：航天国企为主力，商业发射成为热点。1) 运载火箭研制与发射主要由航天科技集团和航天科工集团承担：航天科技集团旗下的长征系列火箭拥有近 20 个具体型号，可以承担从小型到重型航天器的各种发射服务；航天科工集团旗下的开拓者系列火箭、快舟系列火箭是小型固体发动机火箭，可以承担近地轨道发射任务。2) 建设商业发射台和发射场以满足不同的商业需求成为行业关注热点：海南文昌发射场是我国第一座商业航天发射场，计划于将 2024 年实现常态化发射。

③地面设备：优化统筹布局，各类企业积极参与。1) 卫星地面站生产制造的主要参与者有航天科技集团所属单位及部分民营商业航天企业；2) 相关终端及系统集成与运营解决方案提供商存在一定关联性，卫星互联网的运营商或将进一步优化统筹布局，以中国卫通及星网

集团为主，部分其他国企及民营企业也积极参与卫星互联网星座提供运营及解决方案服务。

■ 地面设备:

- ◇ **【海格通信】**公司是全频段覆盖的无线通信与全产业链布局的北斗导航装备研制专家，主要从事主营业务为通信设备、导航设备的研制、生产、销售和服务。
- ◇ **【振芯科技】**国内卫星导航、宽带通信、视频图像处理、接口等芯片领域的核心供应商，主要从事北斗卫星导航“元器件—终端—系统应用”全链条核心产品的研制、生产及销售运营等，主要产品包括北斗关键器件、转换器、软件无线电、时钟、视频接口、硅基多功能 MMIC 等。
- ◇ **【华力创通】**公司是国内少数同时掌握“卫星通信+卫星导航”核心技术的企业之一，相关产品和解决方案在应急管理、地灾监测、交通运输、民用航空、国防装备等领域得到广泛应用。
- ◇ **【盟升电子】**公司专注于卫星应用技术领域相关产品的研发及制造，主要产品包括基于北斗卫星导航系统的导航终端设备以及核心部件产品和卫星通信天线及组件等，目前主要应用于海事、航空市场。
- ◇ **【七一二】**公司是我国专网无线通信产品和整体解决方案的核心供应商，主要从事应用于军民领域的专网无线通信产品的研发、生产与销售，主要产品包括专用无线通信终端产品、系统产品和其他产品等。
- ◇ **【合众思壮】**具备全球竞争力的北斗导航龙头企业，面向行业市场提供北斗高精度产品和服务和时空信息“云+端”全方位行业解决方案。
- ◇ **【华测导航】**我国北斗高精度卫星导航领域领先企业，主要从事北斗高精度卫星导航定位相关软硬件技术产品的研发、生产和销售，主要产品包括高精度 GNSS 接收机、GIS 数据采集器、三维激光产品、无人机遥感产品等数据采集设备及位移监测系统、农机自动驾驶系统、驾考驾培系统等数据应用及解决方案。

④卫星运营与服务:运营服务行业集中，卫星应用参与者众多。空间段卫星运营服务主要有中国卫通、亚太卫星、亚洲卫星等。地面段卫星应用运营服务涉及的行业应用公司较多，主要有中国卫星、中国直播卫星公司、中国电信卫星公司、众多 VSAT 运营商，以及航天宏图、华力创通等。

■ 卫星运营与服务:

- ◇ **【中国卫通】**我国唯一拥有自主可控通信广播卫星资源的基础电信运营企业，主要产品是卫星空间段运营，截至 2022 年底，公司拥有 15 颗商用通信广播卫星，是我国唯一拥有自主可控通信广播卫星资源的基础电信运营企业，广播通信服务覆盖中国全疆域、周边及“一带一路”主要区域，是亚洲第二大、世界第六大固定通信卫星运营商。
- ◇ **【航天宏图】**公司是国内领先、国际先进的智慧地球时空大数据服务商，主要产品有遥感图像处理、基础软件平台 PIE、北斗地图导航基础、软件平台 PIE-Map、遥感行业应用系统、北斗行业应用系统，2023 年 3 月公司“女娲星座”首颗卫星“航天宏图一号”成功发射升空。
- ◇ **【中科星图】**公司长期专注数字地球行业，面向政府、企业、特种领域及大众用户提供软件销售与数据服务等，主要产品有数字地球基础平台产品、数字地球应用平台等。
- ◇ **【四维图新】**公司聚焦汽车智能化主赛道，基于我国北斗卫星导航定位系统，兼容 GPS、格洛纳斯、伽利略和准天顶，依托自主研发的核心设备与数据解算平台，建设北斗地基增强系统“全国一张网”，组成高精度定位能力基础设施，为用户提供高可靠、高稳定、

可扩展的高性能高精度定位服务。

◇ **【航宇微】**公司是我国卫星大数据行业引领者之一，拥有全球领先的高光谱卫星星座“珠海一号”。

图表 57: A 股卫星产业链公司梳理

细分板块	证券代码	公司简称	当前股价 (元)	总市值 (亿元)	2022年营收 (亿元)	2022年归母净 利润(亿元)	EPS			PE		
							2022A	2023E	2024E	2022A	2023E	2024E
卫星总体	600118.SH	中国卫星	27.20	322	82.42	2.86	0.24	0.29	0.35	113	94	78
T/R芯片、组件 及微系统	001270.SZ	铖昌科技	89.96	141	2.78	1.33	1.33	1.24	1.67	68	73	54
	688375.SH	国博电子	78.47	314	34.61	5.21	1.38	1.71	2.25	57	46	35
	301050.SZ	雷电微力	60.41	105	8.60	2.77	1.59	2.27	2.98	38	27	20
FPGA	002049.SZ	紫光国微	92.70	788	71.20	26.32	3.09	4.05	5.32	30	23	17
	688385.SH	复旦微电	53.61	337	35.39	10.77	1.31	1.75	2.22	41	31	24
连接器	002025.SZ	航天电器	57.08	261	60.20	5.55	1.23	1.73	2.36	46	33	24
	002179.SZ	中航光电	42.60	903	158.38	27.17	1.72	1.61	2.03	25	27	21
元器件	000733.SZ	振华科技	86.99	453	72.67	23.82	4.60	5.84	7.33	19	15	12
	300726.SZ	宏达电子	39.12	161	21.58	8.52	2.07	2.51	3.08	19	16	13
	603267.SH	鸿远电子	61.49	143	25.02	8.05	3.48	4.15	5.05	18	15	12
	603678.SH	火炬电子	35.30	162	35.59	8.01	1.69	2.33	2.84	21	15	12
地面设备与终端	002465.SZ	海格通信	10.32	238	56.16	6.68	0.29	0.35	0.42	36	30	24
	300101.SZ	振芯科技	20.95	118	11.82	3.00	0.54	0.74	1.00	39	28	21
	300045.SZ	华力创通	10.14	67	3.85	-1.10	-0.17	0.02	0.10	-	463	97
	688311.SH	盟升电子	52.30	60	4.79	0.26	0.23	2.10	2.94	227	25	18
	603712.SH	七一二	27.46	212	40.40	7.75	1.00	1.26	1.65	27	22	17
	002383.SZ	合众思壮	6.93	51	19.24	-2.40	-0.32	-	-	-	-	-
	300627.SZ	华测导航	31.38	169	22.36	3.61	0.67	0.87	1.14	47	36	28
卫星运营与服务	601698.SH	中国卫通	17.30	731	27.33	9.21	0.23	0.20	0.23	76	87	75
	688066.SH	航天宏图	63.92	166	24.57	2.64	1.43	1.58	2.30	45	40	28
	688568.SH	中科星图	47.82	175	15.77	2.43	1.04	0.95	1.32	46	51	36
	002405.SZ	四维图新	11.31	269	33.47	-3.36	-0.15	0.01	0.07	-	905	156
	300053.SZ	航宇微	11.25	78	4.25	-5.72	-0.82	-	-	-	-	-

资料来源: WIND, 信达证券研发中心 注: 当前股价选取 2023 年 8 月 10 日收盘价, eps 选取万得一致预期

6 风险提示

1) 卫星互联网建设不及预期

卫星互联网属于重资产建设，前期研发投入较大、后期回收周期长，需求存在一定的不确定性，其市场拓展、形成大众化的消费和普及化应用所需时间较长，若其建设和应用拓展速度不及预期，或对行业发展造成不利影响。

2) 技术创新不及预期

宇航制造和卫星应用是涉及多门类学科的综合性高科技产业，对技术创新的要求较高。宇航制造领域，面对未来小卫星需求增长、成本降低、生产的快速响应等发展要求，技术革新正在加速；卫星应用方面，随着在轨运行应用卫星数量的持续增加，我国空间基础设施的不断完善和天基系统的投入使用，应用领域和应用场景正在不断拓宽。上述发展趋势对参与者的技术研发能力要求也日益提高，如相关公司不能及时适应市场对技术研发能力的要求，或是技术研发不能达到预期效果，不能及时研发出适应市场需求的新产品并不断迭代，将对相关公司的生产经营和业绩实现产生不利影响。

研究团队简介

张润毅 (S1500520050003)，信达证券军工&中小盘首席分析师，上海交通大学硕士，证券从业经验10年。2020年4月加盟信达证券，2013-2020年先后供职于国泰君安证券、国盛证券，担任军工首席分析师；曾荣获2014年新财富最佳分析师第4名、金牛奖第1名；2015年新财富第2名、金牛奖第3名；2016年新财富第4名、金牛奖第1名、第一财经最佳分析师第1名；多次入围新财富、水晶球等奖项，具备扎实的航空航天+金融数学复合专业背景、机械/能源/军工等行业研究经验，善于把握行业发展趋势和重大拐点。

任旭欢 (S1500121120018)，信达证券军工&中小盘研究助理，同济大学硕士，西北工业大学学士，CMA，中级会计师，COMAC注册系统工程师。曾供职中国商飞公司，从事成本工程工作，5年产业工作经验。2021年11月加入信达证券研究开发中心，从事军工&中小盘行业研究工作。

祝小茜 (S1500122080010)，信达证券军工&中小盘研究助理，本硕均就读于中央财经大学，经济学硕士。具备扎实的国防军工、经济学基础，曾在国家财政部有关军人事务财政支持的委托性课题中承担重要角色。2022年7月加入信达证券研究开发中心，侧重军工电子研究。

冯钰博 (S1500123010012)，信达证券军工&中小盘团队成员，美国伊利诺伊大学香槟分校硕士，西南财经大学学士。2023年1月加入信达证券研究开发中心，从事军工&中小盘行业研究工作。

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。	买入 ：股价相对强于基准 20% 以上；	看好 ：行业指数超越基准；
	增持 ：股价相对强于基准 5%~20%；	中性 ：行业指数与基准基本持平；
	持有 ：股价相对基准波动在±5% 之间；	看淡 ：行业指数弱于基准。
	卖出 ：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。