

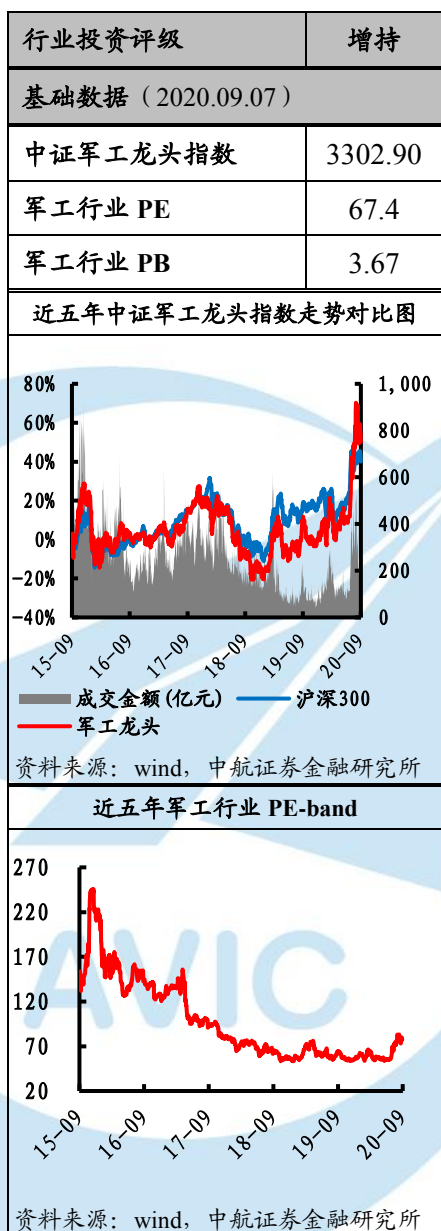
中航证券金融研究所
 分析师：张超
 证券执业证书号：S0640519070001
 研究助理：王宏涛
 证券执业证书号：S0640118100010
 电话：010-59562519
 邮箱：wanght@avicsec.com

军工行业深度报告

新时代的中国航天

行业分类：国防军工

2020年9月8日



航天产业是由导弹、火箭、卫星、空间飞船以及深空探测器等航天装备构成的高科技产业。目前，航天产业已经成为全面维护国家安全的战略基石，推动科学技术进步、服务经济社会发展的重要力量。不仅是国家意志和综合国力的集中体现，更是大国博弈的战略高地。

近年来，全球航天产业迎来了几个巨变：**航天产业与国防军工的联系变得空前紧密**，在技术成熟度不断提高的背景下，各国航天产业的性质迎来了巨大转变，美国、俄罗斯、法国及日本相继组建了太空军，以谋求制太空权；**商业航天开始逐步成为国际航天产业快速发展的新驱动力**，商业航天公司 SpaceX 的可回收运载火箭技术的成熟与完善直接重构了国际商业发射的市场竞争格局，龙飞船的成功发射与返回更是创造了全球商业载人航天产业的历史性突破；**卫星互联网建设下，商业卫星互联网公司彰显出两极分化的众生相**，如 SpaceX 的低轨卫星互联网星座 Starlink 正在密集地进行部署，而 OneWeb 以及 LeoSat 等公司却由于技术风险大、市场不清晰或资金不充足等原因相继破产。

中国航天产业在美国等西方发达国家的技术封锁下，始终坚持自主可控的发展方向。一方面，在航天强国的目标下，中国航天产业“国家队”不懈努力，取得了诸多成就。多款我国自主研发的航天武器装备在 70 周年国庆阅兵上首次亮相，表明了我国**导弹武器装备建设加速推进，武器装备实战化水平进一步提升**；航天发射次数近年来蝉联世界第一，进入空间能力跃居世界前列，**众多航天重大工程取得决定性成果**：2020 年长征五号 B 运载火箭首飞成功；我国第一个全球卫星导航系统北斗三号建设完毕，并正式开通；行星探测任务“天问系列”中的第一枚火星探测器“天问一号”成功发射，高分专项、探月工程三步走计划均进入收官阶段、天宫空间站将开始建设。另一方面，在商业航天相关支持政策的落地以及国家将卫星互联网纳入“新基建”战略的推动下，商业航天市场的“多娇”引无数商业航天公司竞折腰，**众多商业航天发射实验争相开展，大量商业卫星星座计划接连不断地被提出**。我们认为，以上现象都预示着，**一个中国航天产业的新时代即将来临，在这个征途是星辰大海的航天新时代中，航天防务装备需求有望出现高速增长**

股市有风险 入市须谨慎

中航证券金融研究所发布

证券研究报告

请务必阅读正文后的免责条款部分

联系地址：北京市朝阳区望京街道望京东园四区2号楼中航
 资本大厦中航证券有限公司
 公司网址：www.avicsec.com
 联系电话：010-59562524
 传真：010-59562637

时国家队与商业航天将携手并进，协同快速发展，拉动航天产业整体市场规模持续高速增长。

2020年8月，我国航天产业“国家队”的主体航天科技集团与航天科工集团签署了深化战略合作协议，将以建设世界一流航天企业集团和世界一流航天防务集团公司为目标，加速推动全领域深度融合，共同提升中国航天国际竞争力和国际影响力，共同维护国家安全和国家利益。两大航天央企深化战略合作，更加充分表明了**我国航天“国家队”将率先形成合力，引领我国航天产业的高景气发展。**

作为全世界最具挑战性和广泛带动性的高新技术领域之一，航天产业具有**高技术、高投入、高风险、高效益和长周期**“四高一长”的特点，且我国航天产业在政策背景以及市场需求上与国外航天产业存在较大差异，这直接决定了对我国航天产业的研究，需要在综合考虑我国航天产业的具体特点、我国航天产业市场状况以及技术发展趋势下，进行审慎客观地系统性研究，才可能获得更为接近实际的结论，提出更为可靠的投资建议。

值此我国航天产业迎来新时代之际，我们尝试系统性地对新时代背景下中国航天产业各细分领域产业做出深层次研究与分析，并提出对各细分产业的若干投资建议。



目录

(一) 航天产业概述.....	10
1.1 全球航天产业发展背景.....	11
1.1.1 国内外航天产业的发展历程及现状.....	11
1.1.2 国内航天产业市场参与主体.....	18
1.2 驱动航天产业发展的新引擎——商业航天.....	19
1.2.1 商业航天与传统航天的区别及发展背景.....	19
1.2.2 国内商业航天产业参与主体.....	24
1.3 航天产业整机系统分类及共同特点.....	25
(二) 战术战略武器——导弹.....	27
2.1 导弹系统概述.....	27
2.2 导弹装备产业市场现状.....	29
2.2.1 导弹装备整机市场规模.....	29
2.2.2 导弹各分系统市场情况.....	34
2.3 导弹装备产业链分析.....	36
2.4 导弹装备技术发展趋势.....	37
2.4.1 总体技术发展趋势.....	37
2.4.2 重点分系统技术发展趋势.....	38
2.5 导弹产业投资机会分析.....	46
(三) 航天运输工具——运载火箭.....	48
3.1 运载火箭系统概述.....	48
3.2 运载火箭产业市场现状.....	49
3.2.1 运载火箭整机市场规模.....	49
3.2.2 运载火箭各分系统市场情况.....	52
3.3 运载火箭产业链分析.....	52
3.4 运载火箭系统技术发展趋势.....	53
3.4.1 总体技术发展趋势.....	53

3.4.2 重点分系统技术发展趋势	55
3.5 运载火箭产业投资机会分析	58
(四) 天地一体化设施——卫星	60
4.1 卫星系统概述	60
4.2 卫星产业市场现状	64
4.2.1 卫星各细分产业市场测算	66
4.2.2 卫星各分系统市场情况	92
4.3 卫星产业链分析	93
4.4 卫星系统技术发展趋势	94
4.4.1 各类卫星通用分系统	95
4.4.2 卫星通信	96
4.4.3 卫星导航	101
4.4.4 卫星遥感	104
4.5 卫星通信的衍生应用产业——卫星互联网	107
4.5.1 卫星互联网系统概述及发展现状	107
4.5.2 卫星互联网的重点应用领域及发展趋势	110
4.6 卫星产业投资机会分析	112
(五) 载人航天飞行器——空间飞船	115
5.1 空间飞船系统概述	115
5.2 空间飞船产业市场现状	117
5.3 空间飞船技术发展趋势	117
(六) 无人探测航天器——深空探测器	119
6.1 深空探测器系统概述	119
6.2 深空探测器市场现状	120
6.3 深空探测器技术发展趋势	121
(七) 风险提示	123

图目录

图 1: 航天产业分类示意图	10
图 2: 航天产业与航天技术及其它技术关系图	11
图 3: 人类航天产业发展的各阶段及代表性成果.....	12
图 4: 各国早期成功研发的航天器的型号名称及时间对比.....	15
图 5: 1970 年以来中国航天器发射 (含失败) 数量统计 (单位: 颗)	15
图 6: 近十年来中国航天器发射 (含失败) 次数统计.....	16
图 7: 全球航天产业收入变化 (单位: 亿美元)	18
图 8: 各类航天产业市场参与主体概况及特点	18
图 9: 2000-2017 年全球初创航天企业成立数量增长情况 (单位: 家)	21
图 10: 中国商业航天企业所处细分行业分布情况 (单位: %)	22
图 11: 中国商业航天企业属性分布情况 (单位: %)	22
图 12: 2018 年中国商业航天各领域获得投资情况 (单位: 亿元)	23
图 13: 2018 年各商业航天企业各投资轮次的投融资情况 (单位: 亿元; %)	23
图 14: 航天系统工程示意图	25
图 15: 航天整机产业链基本框架	25
图 16: 导弹武器系统组成	26
图 17: 导弹按照飞行方式分类	27
图 18: 导弹武器系统组成 (AIM-9K 响尾蛇第三代空空导弹)	28
图 19: 导弹设计研制流程	29
图 20: 21 世纪全球军贸趋势 (单位: 亿 TIV)	30
图 21: 21 世纪全球导弹贸易趋势 (单位: 亿 TIV)	30
图 22: 2008-2017 年全球导弹武器装备 (含精确制导弹药) 交易订购量及订单量 (单位: 枚; 笔)	30
图 23: 2008-2017 年各类导弹武器装备订单量分布 (单位: %)	31
图 24: 2011-2025 我国军费中装备费用收入增速变化趋势及预测结果 (单位: %)	32
图 25: 20 世纪以来全球军品贸易额变化趋势 (单位: 百万 TIV)	33
图 26: 武器系统全寿命周期中各阶段投入成本占比 (单位: %)	35
图 27: 几种典型导弹各分系统成本占比 (单位: %)	35

图 28: 导弹制造产业链及各部分相关上市公司	36
图 29: 导弹制导控制技术图谱	41
图 30: 运载火箭系统基本组成	48
图 31: 运载火箭各组成部分结构示意图	48
图 32: 卫星发射市场变化及占比 (单位: 亿美元; %)	50
图 33: 中国卫星发射市场估算 (单位: 亿美元; %)	50
图 34: 一次性运载火箭发射成本构成 (单位: %)	52
图 35: 宇宙神 5 火箭硬件成本组成 (单位: %)	52
图 36: 运载火箭制造产业链及各部分相关上市公司	53
图 37: 航天装备数字化、智能化发展技术路线图	54
图 38: 单发运载火箭生产时箭体结构成本构成 (单位: %)	56
图 39: 大批量运载火箭生产时箭体结构成本构成 (单位: %)	56
图 40: 卫星按照应用领域分类	61
图 41: 卫星系统的具体构成	61
图 42: 卫星研制简略技术流程图	63
图 43: 近年全球卫星产业市场规模及构成 (单位: 亿美元)	65
图 44: 近 10 年卫星制造市场产值变化及美国卫星制造市场占比 (单位: 亿美元; 亿美元; %)	66
图 45: 2012-2019 年全球卫星发射数量及中国卫星发射数量占比 (单位: 颗; 颗; %)	66
图 46: 2013-2016 年全球卫星制造市场分布 (单位: %)	67
图 47: 2012-2019 年全球发射的卫星种类分布 (单位: %)	68
图 48: 2012-2016 年全球发射的各类卫星市场价值分布 (单位: %)	68
图 49: 2012-2016 年全球发射的各类卫星单颗市场价值分布 (单位: 亿美元)	69
图 50: 中美在轨不同种类卫星数量对比 (单位: 颗)	70
图 51: 美国卫星所属主体的性质分布 (单位: %)	70
图 52: 中国卫星所属主体的性质分布 (单位: %)	70
图 53: 近年来中国发射的各类卫星数量分布 (单位: 颗)	71
图 54: 近年来全球卫星地面设备市场规模及构成 (单位: 亿美元)	80
图 55: 2019 年全球卫星地面设备市场规模及构成 (单位: 亿美元; %)	81
图 56: 各国运营导航卫星数量分布 (单位: 颗; %)	81

图 57: 我国卫星导航与位置服务产业规模变化 (单位: 亿元; %)	82
图 58: 我国卫星导航与位置服务产业链中各部分产值占比 (单位: %)	83
图 59: 我国未来卫星地面设备市场规模及构成预测 (单位: 亿元)	85
图 60: 全球卫星服务市场规模及构成 (单位: 亿美元)	86
图 61: 2017 年全球卫星服务市场拆分 (单位: 亿美元; %)	87
图 62: 中国固定宽带用户数及普及率 (单位: 亿户; %)	88
图 63: 中国移动宽带用户数及普及率 (单位: 亿户; %)	88
图 64: 2019-2025 年大众消费通信服务市场规模预测 (单位: 亿元)	89
图 65: 2012-2016 年中国遥感卫星市场规模及构成 (单位: 亿元)	90
图 66: 2019-2025 年中国遥感卫星市场规模预测及构成 (单位: 亿元)	90
图 67: 2019-2025 年中国卫星服务市场规模及构成预测 (单位: 亿元)	91
图 68: 我国未来卫星产业市场规模及构成预测 (单位: 亿元)	92
图 69: 不同种类卫星空间段各分系统成本 (经费) 构成 (单位: %)	93
图 70: 卫星产业链及相关上市公司	94
图 71: 03b 中轨通信卫星星座	98
图 72: 希伯公司的 6U 立方体试验卫星	98
图 73: SES-12 高通量卫星在轨示意图	98
图 74: 互联网系统分类及构成	108
图 75: 卫星互联网发展的各阶段特点	108
图 76: 中国“天宫”空间站构想图	116
图 77: 嫦娥 4 号月球探测器	119
图 78: 旅行者号行星际探测器	119
图 79: 中国探月工程进展及规划	120

表目录

表 1: 中国航天产业发展大事记	13
表 2: “国家队”航天产业主体（不完全统计）	19
表 3: 传统航天与商业航天区别	20
表 4: 中国商业航天政策汇总	21
表 5: 2019 年以来商业航天卫星发射民营企业融资情况（不完全统计）	23
表 6: 2019 年以来商业航天卫星制造及应用民营企业融资情况（不完全统计）	23
表 7: “国家队”商业航天产业参与主体概况（仅考虑商业卫星制造及商业卫星发射）	24
表 8: 部分民营商业航天产业参与主体概况	24
表 9: 导弹各组成部分功能及分类	28
表 10: 2019-2027 年全球导弹市场产量预测（单位：枚）	31
表 11: 2019-2022 年全球导弹市场产值预测（单位：十亿美元）	32
表 12: 导弹武器系统全寿命周期划分	34
表 13: 运载火箭主要分系统功能	49
表 14: 2020-2025 年中国卫星数量及火箭发射次数需求预测	51
表 15: 2020-2025 年中国通导遥卫星部署数量及火箭发射次数需求预测	51
表 16: 地球人造卫星主要所处轨道	60
表 17: 卫星空间系统各组成部分功能及分类	62
表 18: 卫星地面测控系统各组成部分功能及分类	63
表 19: 各类卫星地面应用系统的应用领域及具体产品	64
表 20: 按照应用分类的各类卫星具体定义及包含对象	67
表 21: 国内主要在轨通信卫星系列	71
表 22: 国内未来通信卫星部署计划	72
表 23: 国内未来通信卫星（大卫星）需求测算	73
表 24: 国内未来通信卫星（小卫星及微小卫星）需求测算	73
表 25: 国内主要在轨导航卫星（截至 2020 年 6 月 30 日）	74
表 26: 国内未来导航卫星及相关星基增强系统部署计划	74
表 27: 国内未来导航卫星需求测算	74

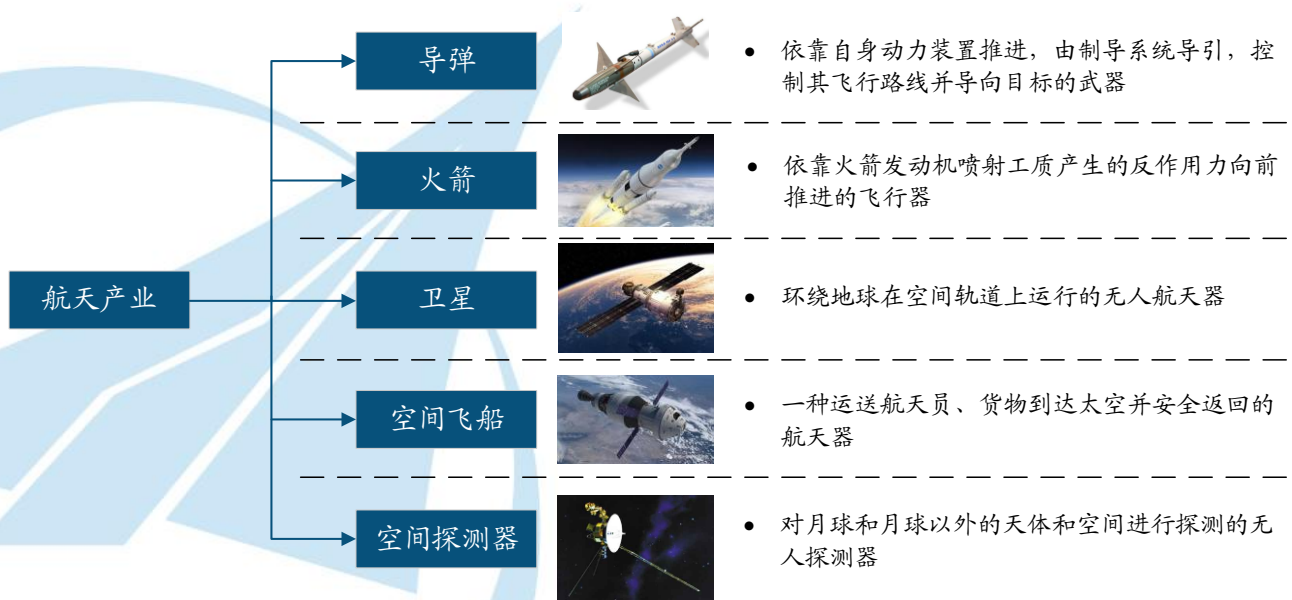
表 28: 国内星基导航增强系统空间段 (卫星) 需求测算.....	75
表 29: 国内主要在轨遥测卫星系列 (数据截至 2019 年 12 月 31 日)	75
表 30: 国内未来遥感卫星部署计划 (不完全统计)	76
表 31: 国内未来遥感卫星 (大卫星) 需求测算.....	78
表 32: 国内未来遥感卫星 (小卫星及微小卫星) 需求测算.....	78
表 33: 国内卫星主要细分市场测算	79
表 34: 全球主要卫星导航系统基本概况	81
表 35: 卫星移动通信终端市场预测	84
表 36: 美国军用卫星通信系统功能及代表	96
表 37: 全球四大卫星导航系统性能参数比较.....	101
表 38: 防御性导航战相关技术	102
表 39: 我国气象卫星需求短板及对应技术发展趋势.....	104
表 40: 我国陆地卫星需求短板及对应技术发展趋势.....	105
表 41: 全球几大卫星互联网 (宽带) 卫星星座计划及进展情况.....	109
表 42: 2015 年不同通信方式提供的宽带互联网服务的使用成本与时延对比.....	111
表 43: 高低轨高通量卫星互联网系统效率及单位成本对比.....	111
表 44: 高低轨高通量卫星互联网系统各项性能指标对比.....	112
表 45: 载人飞船发展历程	115
表 46: 中国天宫空间站建设时间表	116
表 47: 全球下一代载人飞船研发进展及未来计划.....	117
表 48: 深空探测器当前面临的短板及相关技术发展趋势.....	121

（一）航天产业概述

航天是指人类探索、开发和利用地球大气层以外宇宙空间的以及地球以外天体的活动，航天产业则一般是指利用火箭发动机推进的跨大气层和在太空飞行的飞行器及其所载设备、武器系统和各种地面设备的制造业，也包括各种飞行器的发射服务业和应用产业，是集合了设计、生产、测试与应用于一体的高新技术产业。

当前大多数国家的航天产业只是作为航空航天产业的组成部分，部分国家的航天产业则形成了独立的行业，并承担了大部分导弹武器的研制和生产。本报告中提到的航天产业范围将包含导弹武器、运载火箭以及卫星等空间飞行器。具体按照航天产业中的整机产品分类，**航天产业具体可以细分为导弹、火箭、卫星、空间飞船以及空间探测器五个细分产业**，如图 1 所示。

图 1：航天产业分类示意图



资料来源：《安全与环境学报》，《太空探索》，《现代物理知识》，《中国航天》，光明网，中航证券金融研究所整理

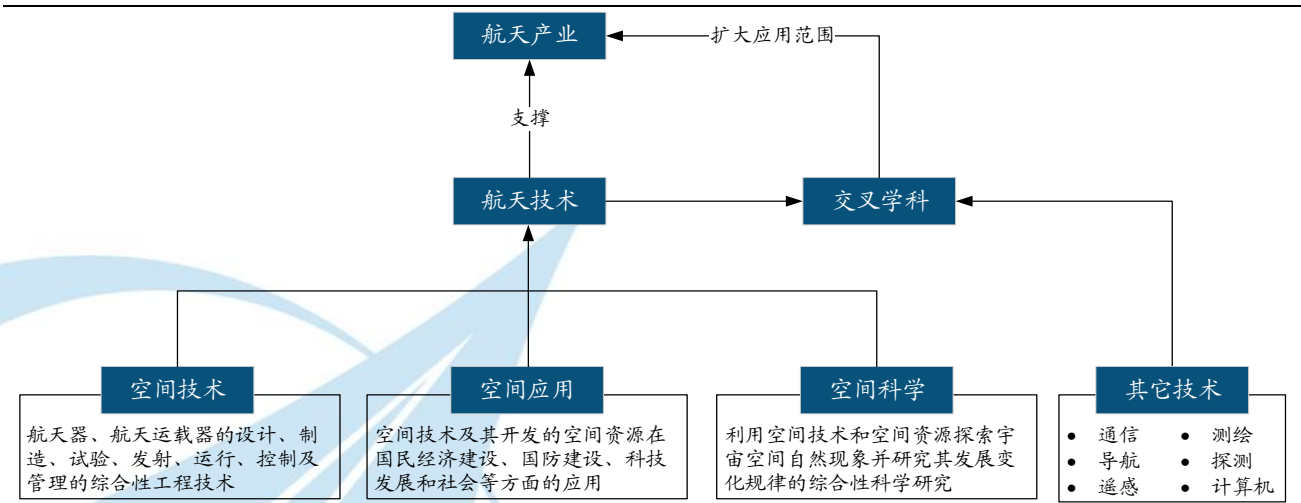
目前，航天产业技术和产品广泛应用于通信、气象、导航定位、农业、林业、渔业、地矿和海洋探测、交通管理、灾害监测与预报、国防等领域，对国民经济和社会文明的发展起着越来越重要的作用，是国家综合国力、国防实力、文明程度的重要标志，同时，航天产业的发展也将对国家产生巨大的社会效益及经济效益。

1.1 全球航天产业发展背景

1.1.1 国内外航天产业的发展历程及现状

航天产业的工程基础是航天技术，航天技术是以探索、开发和利用太空以及地球以外天体为目的，用于航天系统、特别是航天器和航天运输系统的设计、制造、试验、发射、运行、返回、控制、管理和使用等的综合性工程技术。航天产业与航天技术及其他技术的关系如图 2 所示。

图 2：航天产业与航天技术及其它技术关系图

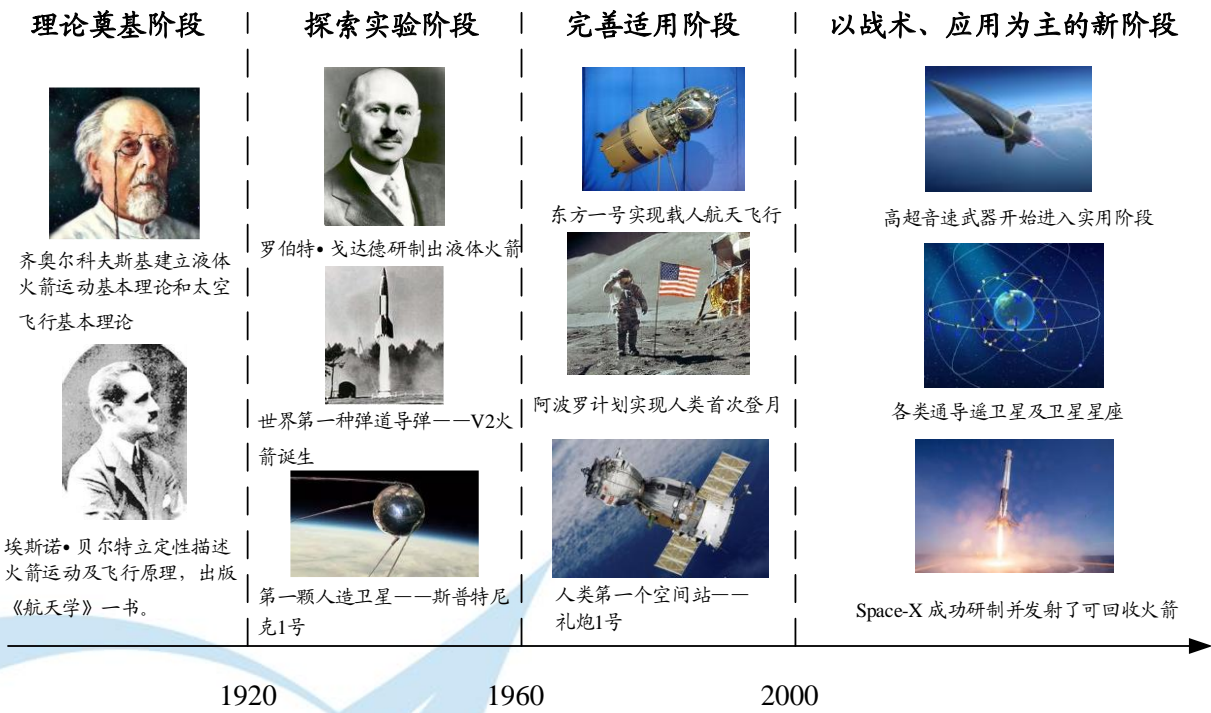


资料来源：《中国航天产业竞争力研究》，中航证券金融研究所整理

航天产业作为基于航天技术工程诞生的新兴产业，其发展与航天技术的发展密不可分。尽管航天产业是 20 世纪的产物，但航天技术中空间科学的基础却是在 19 世纪以前长达数千年间开始了积累，其发展存在两条清晰的脉络，一个是思想基础，包括源远流长的航天幻想文学，如嫦娥奔月的传说；另一个是科学技术基础，包括中国古代火箭的发明、运用、西传和进一步发展，以及天文学、物理学取得的成就。

在以上空间科学的积累下，20 世纪初火箭的理论及航天学的创立后仅仅经过 50 年，人类就实现了人造卫星的发射。总体来看，世界近代航天的发展可以基本划分为理论奠基阶段、探索实验阶段、完善适用阶段以及以战术、应用为主的新阶段，如图 3 所示。

图 3：人类航天产业发展的各阶段及代表性成果



资料来源：《世界航天发展史》，中航证券金融研究所整理

① 理论奠基阶段（19 世纪末-1920 年）

在近代物理学及化学等飞速发展基础上，火箭理论以及航天学理论的诞生和快速发展奠定了空间技术的理论基础。包括 1897 年俄国的齐奥尔科夫斯基推导出了著名的火箭运动方程式，同时又提出了大量火箭理论和太空飞行的论文，推导出了第一宇宙速度，建立起了航天学的理论基础；法国的埃斯诺·贝尔特立在 1907 年定性的描述了火箭的运动及飞行原理，推导了火箭在真空状态下的运动方程及第二宇宙速度等，以上理论都被视为航天学诞生的标志。

② 探索实验阶段（1920 年-1960 年）

伴随着前人建立起的火箭运动原理及航天学理论基础，液体火箭得到了发明及应用，美国的罗伯特·戈达德于 1926 年进行了世界上第一枚液体火箭的发射试验；1942 年德国发明了世界第一枚弹道导弹——V2 火箭，其在第二次世界大战中造成了 2511 人死亡，战后该型导弹被美国及苏联仿制，并以此为基础研发了多型导弹。

随着火箭技术的快速发展，人类开始通过发射探索卫星和探索装置，对太空环境、条件开始进行探测，并测定实验仪器设备的可靠性，为今后设计航天器提供可靠条件，并在地面建立各种环境模拟实验设备。1957 年苏联用卫星号运载火箭发射了世界第一个颗人造卫星；1959 年苏联成功发射了月球 1 号探测器；1960 年美国发射了第一颗实验型气象卫星、实验型导航卫星、实验型红外监测卫星、实验型无源通信卫星以及有源通信卫星。

③ 完善适用阶段（1960年-1990年）

从60年代到90年代初期，航天从各种航天器的探索实验开始向以战略应用为主的完善实用性系统过渡，发射了多种实用型卫星，1962年美国发射了第一颗实用通信卫星中继1号，苏联发射了火星探测器火星1号；1963年美国发射了第一颗同步通信卫星辛康1号。

载人航天及空间飞船开始进入实验阶段并逐渐成熟，1961年苏联发射了东方1号，宇航员加加林完成了人类首次进入太空；1965年美国宇航员怀特在乘坐双子座4号飞行期间，首次利用气体枪完成太空行走；1969年苏联联盟4号飞船与联盟5号飞船首次实现了载人飞船空间对接；1969年美国阿波罗11号登月成功；1971年苏联发射世界首个空间站——礼炮1号空间站；1972年美国发射第一个外太空行星探测器先驱者10号；1977年苏联发射第二代空间站——礼炮6号；1981年美国航天飞机哥伦比亚号进行了轨道飞行。

④ 以战术、应用为主的新阶段（1990年至今）

从90年代至今，航天进入了以战术、应用为主的新阶段。各种应用卫星开始向多功能、高效能、长寿命的方向发展，美国等航天大国开始强调军用航天系统的战术应用，并进行了大量载人航天飞行，航天技术逐步进入军事化，包括1993年美国导航星全球定位系统GPS部署完毕等等。同时，伴随航天技术的发展，小型器件和微电子技术的发展，造价低、重量轻、风险小的微小卫星（立方星）开始受到大学、公司及军方的重视，低成本小型火箭也逐步得到发展，如SpaceX公司的猎鹰系列运载火箭等。导弹武器装备也开始向高超音速武器方面过渡，2018年俄罗斯宣布已列装高超音速导弹“匕首”。

总体来说，**当前海外各国均高度重视航天重大战略地位，并高度重视航天产业发展，更加注重核心技术创新和能力水平的快速提升，同时开始加快形成国家主导的多元化发展模式，各国间航天产业开始呈现拥挤、竞争、合作的新常态。**

具体到中国航天产业发展，重大发展里程碑及事件可用表1概括。

表1：中国航天产业发展大事记

时间	重大事件
1956.02	钱学森向中央提出《建立我国国防航空工业的意见书》，为我国火箭和导弹技术的发展提出符合中国国情的实施方案，受到中央高度重视，同年4月正式成立了航空工业委员会。
1956.10	中国第一个导弹研究机构——国防部第五院正式宣布成立。
1957.12	苏联向中国提供两枚P-2导弹（V-2火箭改进型）并提供技术支持。
1960.02	第一枚实验型探空火箭“T-7M”发射成功。
1960.11	东风-1弹道导弹首次成功试射。
1970.01	中远程导弹试射成功，标志中国初步掌握多级火箭等技术。
1970.04	长征一号运载火箭成功搭载发射了中国第一颗人造卫星——东方红一号。
1975.11	长征二号运载火箭成功发射了第一颗返回式科学实验卫星，并成功回收。
1980.05	我国首次成功发射东风五号洲际导弹。
1981.09	我国用“风暴一号”运载火箭成功发射实践二号、实践二号甲、实践二号乙三颗科学实验卫星，成为第四个掌握“一箭多星”技术的国家。



1984.04	长征三号运载火箭成功发射第一颗地球同步轨道卫星东方红二号试验通信卫星。
1988.09	我国成功发射首颗气象卫星风云一号。
1990.04	长征三号运载火箭首次发射外国卫星亚洲一号通信卫星，我国在世界航天商业发射服务领域占有了一席之地。
1999.10	我国和巴西联合研制的第一颗地球资源卫星顺利升空，首次在空中技术领域实现全面国际合作。
1999.11	神舟一号飞船成功发射、返回舱成功着陆，标志我国首次完成载人航天工程首次飞行试验。
2000.10	我国成功发射第一颗导航定位卫星“北斗导航试验卫星”，使我国成为第三个拥有自主卫星导航系统的国家。
2003.10	神舟五号飞船成功发射，并于2003年圆满回收，我国成为世界上第三个独立掌握载人航天技术的国家。
2005.10	神舟六号载人飞船实现“多人多天”在轨飞行。
2007.05	中国成功将我国研制的大容量通信广播卫星尼日利亚一号送入预定轨道，实现首次整星出口。
2007.10	我国成功发射嫦娥一号，首次月球探测工程取得成功。
2008.04	我国成功将首颗中继卫星天链一号送入预定轨道，并于2012年完成三颗中继卫星系统的建设，使我国成为世界上第二个实现中继卫星系统三星组网、全球覆盖的国家。
2008.09	我国在神舟七号飞船上首次实现空间出舱活动，使中国成为世界第三个独立掌握空间出舱关键技术的国家。
2011.11	神舟八号飞船与天宫一号飞船成功实现我国首次空间交会对接。
2016.06	我国为空间站工程研制的中型运载火箭长征七号在文昌航天发射场首飞成功。
2016.08	我国成功将世界首颗量子科学实验卫星“墨子号”发射升空，使我国在世界上首次实现了卫星和地面之间的量子通信。
2016.10	神舟十一号飞船首次实现我国航天员中期在轨停留。
2016.11	我国最大推力新一代运载火箭长征五号首飞成功。
2017.04	我国首艘货运飞船天舟一号发射成功，标志着我国即将开启空间站时代。
2018.12	嫦娥四号发射成功，首次实现人类探测器在月球背面软着陆和巡视勘察。
2019.07	我国商业航天公司星际荣耀的双曲线运载火箭成功发射，实现了中国民营运载火箭零的突破。
2019.08	中国航天“国家队”首次采用纯商业化模式执行的商业航天发射，拉开了我国商业航天领域的新篇章。
2020.04	国家发改委明确“新基建”范围，卫星互联网首次纳入。
2020.05	为我国载人空间站工程研制的长征五号B运载火箭在海南文昌首飞成功，实现空间站阶段飞行任务首战告捷，拉开了我国载人航天工程“第三步”任务序幕。
2020.06	我国成功发射北斗系统第55颗导航卫星，暨北斗三号最后一颗全球组网卫星。至此，北斗三号全球卫星导航系统星座部署比原计划提前半年完成。
2020.07	北斗三号全球卫星导航系统建成暨开通仪式在北京举行，仪式上宣布了北斗三号全球卫星导航系统正式开通。
2020.07	中国第一架真正意义上的高速互联网飞机正式启航，同时开启了中国民航史上首次机载Ka卫星宽带互联网直播。
2020.07	我国在中国文昌航天发射场，用长征五号遥四运载火箭成功发射首次火星探测任务天问一号探测器成功将探测器送入预定轨道，开启火星探测之旅，迈出了我国行星探测第一步。

资料来源：中国军事网，《世界航天发展史》，中国新闻网，人民日报，中航证券金融研究所整理

综合全球航天发展历史，可以将美国、苏联/俄罗斯、欧洲其他国家地区组织与我国在导弹、火箭、人造卫星、空间飞船以及空天探测器上早期成功研发的航天器的发射时间进行对比，具体如图4所示。

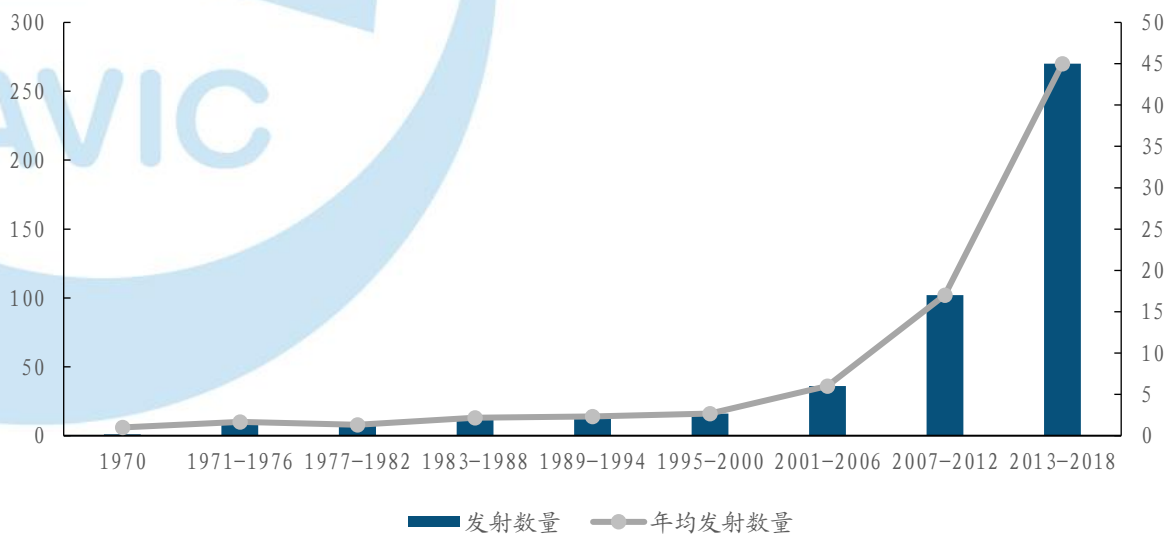
图 4: 各国早期成功研发的航天器的型号名称及时间对比

	导弹	火箭	卫星	空间飞船	空间探测器
美国	二等兵A (1944年)	液体火箭飞行器 (1926年)	探险者1号 (1958年)	“水星”号飞船 (1961年)	徘徊者号 (1961年)
俄罗斯/苏联	P-1导弹 (1948年)	Г И Р Д-Х (1933年)	斯普特尼克1号 (1957年)	卫星式飞船2号 (1960年)	月球1号 (1959年)
欧洲其他国家	V2火箭 (德国 1942年)	欧洲最早的液体火箭 (德国 1931年)	A-1号 (法国 1965年)	自动货运飞船ATV-1 (2008年)	乔托 (1985年)
中国	东风1号 (1960年)	T-7M (1960年)	东方红1号 (1970年)	神舟飞船 (1999年)	嫦娥1号 (2007年)

资料来源:《世界航天发展史》,《交通与运输》,科普中国,新浪网,新华网,中航证券金融研究所整理

可以看出,中国在建国早期,受限于经济实力及工业水平等因素影响,各航天细分领域的起步时间明显落后于欧美国家。但从图 5 所示的中国航天器(包括人造卫星,空间飞船及空间探测器)的发射数量变化可以明显看出,自 1970 年中国第一颗人造卫星东方红一号发射成功后,我国航天器年均发射数量均保持着稳定且快速的持续增长态势,表明了**我国航天产业正处于快速发展的阶段**。

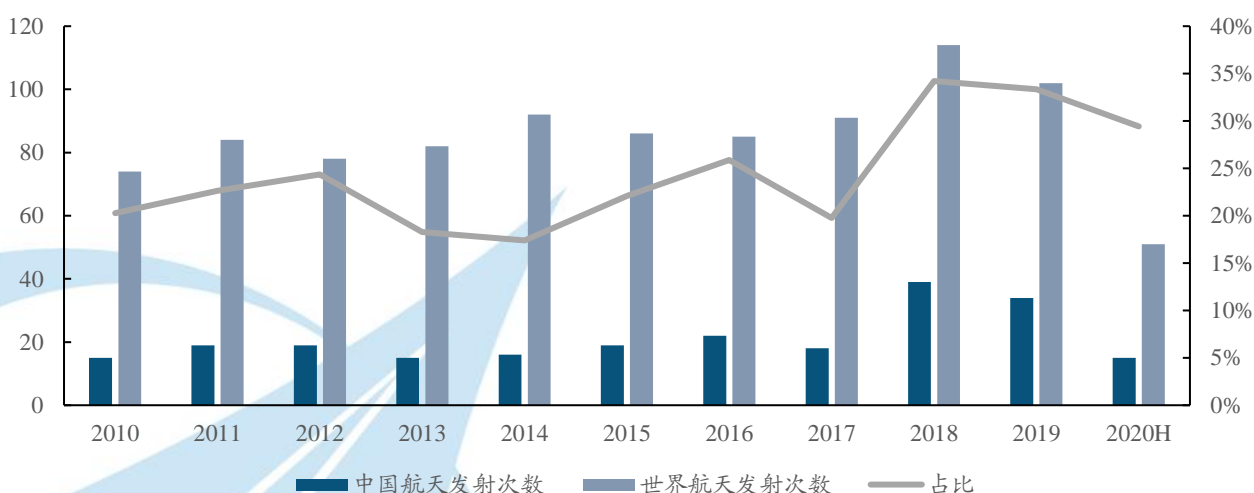
图 5: 1970 年以来中国航天器发射(含失败)数量统计(单位:颗)



资料来源:《航天返回与遥感》,《国际太空》,中航证券金融研究所整理

同时，从历年航天器发射次数（见图 6）上来看，中国在进入 21 世纪以后，发射次数总体保持增长，2009 年到 2018 年期间，中国航天发射次数占全球航天发射次数的比例从 7.69% 攀升至 2018 年的 34.21%，2018 年居全球第一位，但由于 2017 年我国长征五号遥二火箭发射失利导致多个航天重大工程的发射进度延迟，以及我国一箭多星发射技术逐渐成熟，我国 2019 年的航天发射次数有所下降，但根据航天科技集团在 2020 年初披露，2020 年仅航天科技集团的发射任务有望首次达到 40 次以上，再考虑到多家航天科工集团的快舟系列火箭发射以及多家民营商业航天发射企业预计在 2020 年下半年实现火箭的首飞，**我们判断 2020 年属于一个航天“大年”，发射次数有望创我国航天历史上的新高。**

图 6：近十年来中国航天器发射（含失败）次数统计



资料来源：《国际太空》，航天爱好者网，中航证券金融研究所整理

基于以上情况，**我国航天产业可以总结为起步较晚，但发展迅速。**根据《卫星与网络》中披露，吴伟仁院士在 2017 年在第三届中国航空科学技术大会上的报告《中国航天的发展与展望》中，提出在经过了 50 多年的拼搏后，中国的航天已经实现了众多转变：包括**自主创新能力显著增强**，部分领域如导航卫星，遥感卫星，载人航天技术领域已经实现从“跟跑”到“并跑”转变；**工业体系完整配套**，实现了从无到有，从小到大的转变；**研制生产体系基本完整配套**，发射测控整体布局不断优化，管理体系科学规范；**服务支撑能力大幅提升**，实现从技术验证向应用服务转变，向通过航天产业支撑国家安全，服务社会经济发展的目标前进。

同时，国家当前重视航天产业的开放合作深化拓展，实现了从相对封闭到协同共享转变。包括以航天科技集团、航天科工集团为主的军工集团，军队科研院所，中科院及高等院校等科研机构以及民营企业在内的多个力量全力协同，有力地保证航天持续快速发展；坚持“走出去”战略，拓展形成了商业发射、搭载服务、整星出口等多种国际商业服务模式；为 21 个国家和国际组织实施了 49 次商业发射服务，已出口整星 14 颗；各类宇航产品也出口到各大洲，成为我国高端装备“走出去”的新名片。

航天产业作为将以航天技术为主的多种科学、多种专业有机综合起来的综合技术经济产业，具有明显的技术特性以及经济特性。具体如下：

① 技术特性

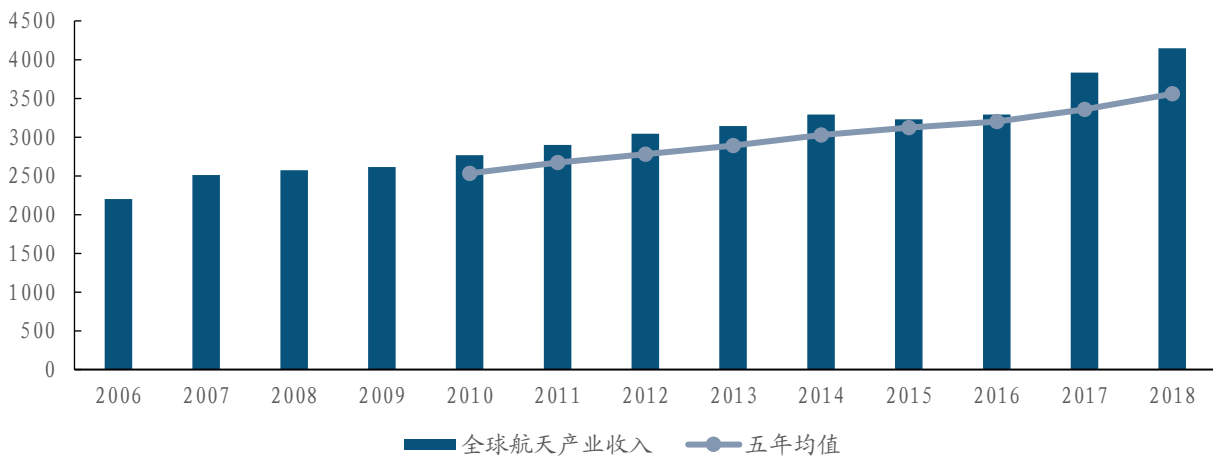
航天产业的技术特性包括：**技术规模大、复杂程度高**。航天产业依托于航天技术，而航天技术是典型的知识密集型高科技，集众多学科与新成就于一体；**高质量、高可靠性**。质量和可靠性在航天产业中非常重要，其直接关乎航天工程的成败；**系统性强、协作面广**。航天产业的产品往往为大规模系统工程，涉及到的部组件、零部件数量种类较多且复杂程度高。但我国由于受到国外航天技术封锁政策，导致在研制过程中的国际协作较少，目前的协作主要在于航天产业系统内部协作以及全国范围各产业之间的协作；**研制周期长**。由于航天产业的技术规模大、复杂程度高、系统性强、同时航天技术具有探索性特点，因此航天新产品新技术研制的时间较长；**技术发展的开拓性**。当前，随着航天技术的发展，大气外层空间正成为人类开发的新领域。

② 经济特性

航天产业的经济特性包括：**用途存在多重性**。航天产业在应用领域具有军用、民用和商用多重特性。军用航天主要为提高军事能力的航天活动，一般由政府投资，由军方提出目标和要求，并由军方或政府部门运作和管理。民用航天是国家开展的商业航天活动，主要以追求社会效益和经济效益为目的，包括对地观测、空间探索及载人航天等。商用航天主要即为商业航天，是以盈利为目的、独立的、非政府的航天活动，一般由企业投资，是航天产业中当前比较热门的投资方向；**高投资、高风险性**。航天产业资金和技术高度密集，投入规模大。当前世界上各国家发展航天产业的主要投资基本由国家承担。而航天产业由于具有开拓性，未知因素多、探索性强，工作环境条件恶劣，仿真实验无法完全模拟真实情况，航天产业研制周期长，合作部门和单位众多等原因造成航天产业经济活动同时具有高风险性；**高效益**。航天产业作为高新技术产业，对军事、政治、经济、科学、文化等领域均有着重大的影响，会产生巨大的社会效益和经济效益。

整体来看，**航天产业的经济效益巨大，市场规模庞大**。根据美国航天基金会发布的《航天报告》可以看出，全球航天产业收入保持了整体增长的趋势（见图7）。在2006年至2018年期间，全球航天产业收入从2200亿美元增长到4147.5亿美元，年复合增长率达到5.43%。

图 7: 全球航天产业收入变化 (单位: 亿美元)



资料来源:《国际太空》, 国防科技信息网, 中航证券金融研究所整理

特别是近年来, 随着航天产业的发展及技术门槛的降低, 国外投资界对于航天产业前景持乐观态度。高盛公司认为, 航天产业具有“长远而持久的机遇”; 摩根士丹利公司预测, 到 2040 年, 世界航天产业规模将增至 1.1 万亿美元; 美银-美林银行对航天产业的发展更为乐观, 预测到 2045 年, 世界航天产业市场规模将达到 2.7 万亿美元, 年均增长率增至 7.5%。

1.1.2 国内航天产业市场参与主体

如 1.1.1 节中所述, 航天产业具有系统性强, 协作面广的特点, 因此参与其中的主体众多, 按照单位性质可以分为两大类: 以航天军工央企、其他国企或国家科研机构为代表的“国家队”, 以及民营企业。各类市场参与主体的特点如图 8 所示。

图 8: 各类航天产业市场参与主体概况及特点



资料来源：《国际太空》，国防科技信息网，中航证券金融研究所整理

具体来看，部分具有代表性的航天产业市场“国家队”参与主体名单如表 2 所示。

表 2：“国家队”航天产业主体（不完全统计）

集团	相关二级单位	主要业务	关联上市公司
航天科工集团	中国航天科工防御技术研究院	航天器制造	航天长峰
	中国航天科工飞航技术研究院	航天器制造	航天科技
	中国航天三江集团公司	航天器制造	锐科激光
	中国航天科工动力技术研究院	航天器制造	-
	航天江南集团有限公司	航天器制造	航天电器
	航天工业发展股份有限公司	数字蓝军与蓝军装备、指控装备	航天发展
航天科技集团	中国运载火箭技术研究院	运载火箭技术的研发；航天设备研制；信息通信和卫星应用技术开发、计算机硬件和软件技术开发	航天工程、中国航天万源
	航天动力技术研究院	开展航天动力技术研究、促进航天科技发展；航天产品研制、航天技术民用产品开发、相关专业培训与技术服务	中天火箭
	中国空间技术研究院	外层空间技术开发；卫星、飞船及其他航天器的研制	中国卫星、康拓红外
	航天推进技术研究院	航天火箭推进技术研究、航天惯性器件技术研究	航天动力
	上海航天技术研究院	卫星应用设备研制、通信设备研制	航天机电
	中国航天电子技术研究院	惯性导航、测控通信、特种电子器件等产品研制	航天电子（托管）
	中国航天空气动力技术研究院	飞行器空气动力综合技术研究、空气动力技术应用与试验、空气动力相关设备设计制造、特种飞行器总体设计与制造	航天彩虹
中国卫通集团股份有限公司	卫星运营	中国卫通、亚太卫星	
中国科学院	长春光学精密机械与物理研究所	发光学、应用光学、光学工程、精密机械与仪器的研发生产	奥普光电
	空天信息创新研究院	空天信息研究	中科星图
	上海微小卫星工程中心	微小卫星及相关技术领域的总体单位	---
	上海微小卫星创新研究院		

资料来源：各公司或集团官网，招股说明书，上市公司年报，中航证券金融研究所整理

而航天产业中的民营企业市场参与主体则比较分散且数量众多，此处不再一一列举，详情可参考 2.3 节、3.3 节以及 4.3 节中的导弹、火箭以及卫星产业链上相关上市公司的分布图。

1.2 驱动航天产业发展的新引擎——商业航天

1.2.1 商业航天与传统航天的区别及发展背景

顾名思义，商业航天产业包括了“商业”与“航天”两方面属性，其定义是在法律准许范围内，遵循

市场规律，设计航天领域的商品交换或服务的经济活动，并不限定主体。这也意味着无论是航天央企、其他航天产业相关国企或者民营企业均可参与其中。

回顾航天发展的历程，航天起源于国防，在国防建设中得到发展，而航天的发展带来了社会需求，促使航天出现了向商业化发展的方向。较传统航天产业而言，商业航天需要在市场环境中，兼顾“保成功”以及经济性，力求投资有回报。商业航天企业需要**在市场中以盈利为目标，公司主体自负盈亏，导致商业航天企业必须对成本加以控制、优化投资回报率，加强创新、降低成本、使得利益最大化。**从产业链、价值链、资金链和知本链（将知识资本按照一定逻辑的连接）的角度来看，传统航天与商业航天的区别如表3所示。

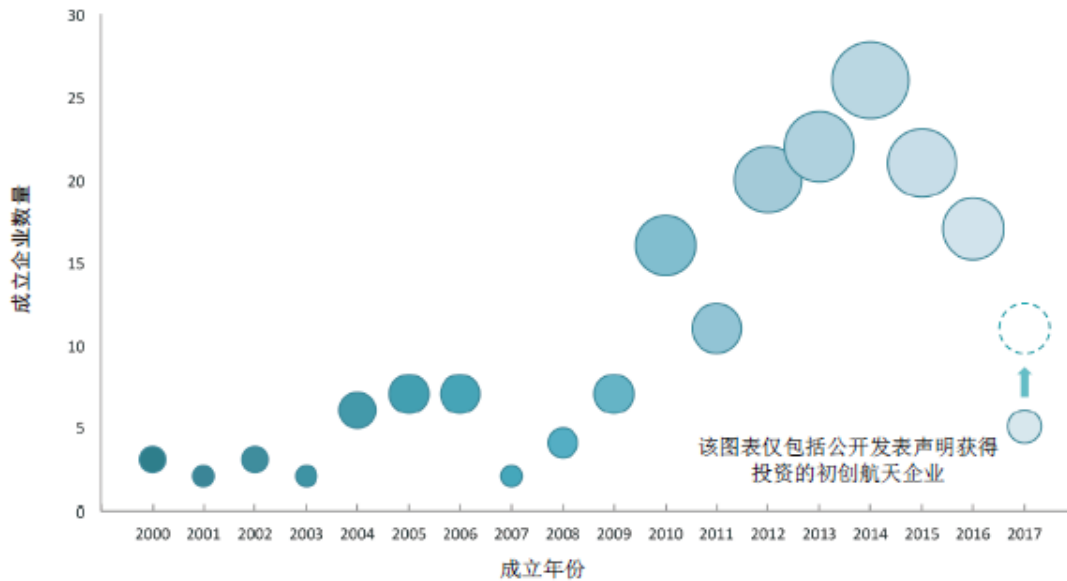
表 3: 传统航天与商业航天区别

发布时间	传统航天	商业航天
产业链	<ul style="list-style-type: none"> 大型航天集团公司负责承接各类国家级指令性任务，负责各类型号研制、可独立承担航天产业链大部分环节工作，在国家基础工业薄弱时期可以保障质量及进度。 一定程度上限制产业链提升，技术迭代不足，研发成本浪费，影响技术的可靠性和研制周期，缺乏创新。 	<ul style="list-style-type: none"> 产业链上游企业的可选性大为提高，研制方式多种多样。 高度的专业分工，重视细节领域（产业链的子环节）的价值创造，组织载体更为丰富。 更多的重复化工作促使技术迭代，提升产品可靠性，缩短研制及客户响应周期。 航天技术应用市场快速拓展，技术不断开放。
价值链	<ul style="list-style-type: none"> 价值链受市场影响较小，且市场影响相对滞后。 产业链上除参与市场的节点外，其他节点大多采用指令性计划生成，难以用市场经济手段调节以及市场竞争促进技术进步。 	<ul style="list-style-type: none"> 按价值链自动调节产业链，根据市场价值和用户需求调节企业策略，包括企业定位，客户确定、技术发展等。 优化产业链，缩短流程，从而促使技术进步、降低成本、在价值链上获得增值。
资金链	<ul style="list-style-type: none"> 资金来源单一，以政府和军方为主，资金链可随项目得到充分保障，但易出现重复研制等方面造成资源浪费。 在项目执行过程中的专项资金难以得到保障。 研制费用与技术改革费用严格控制混用，制约企业自主提升能力的积极性。 	<ul style="list-style-type: none"> 资金来源向市场的多元化转变，灵活性高，融资手段丰富，产业链、价值链以及有预期的制造等各个环节都可以进行融资。 易出现资金链断裂，前期需要通过资本途径筹措资金以保证研发上的持续投入和经费支持。
知本链	<ul style="list-style-type: none"> 重视知本集中于技术发展，不擅长将知本转化，甚至存在产业链中，由行政决策而非知本。 	<ul style="list-style-type: none"> 更看重以知本作为资本，把知本与资本等同。 通过提供充分的试错空间与物质激励，调动技术人员的工作积极性，更加快速高效地将“知本”转化为产品和利润，形成企业的核心竞争力，构成良性、稳定的知本和资金的回馈链。

资料来源：《致知商业航天》，中航证券金融研究所整理

值得注意的是，2017 年商业资本初创航天企业的投资额达到 25 亿美元，在大量商业资金的支持下，商业航天迎来高速发展时期。在进入 21 世纪以来，全球初创商业航天企业就开始迅速发展，在数量上 2000-2017 年全球共有约 180 家初创航天企业在天使投资和风险投资的支持下成立，其历年的成立数量变化如图 9 所示。

图 9：2000-2017 年全球初创航天企业成立数量增长情况（单位：家）



资料来源：《国际太空》，中航证券金融研究所整理

目前，商业航天企业主要集中在航天产业中的**火箭发射（卫星发射）、卫星制造及运营、下游应用拓展**等领域，部分初创航天企业已经快速成长为行业“巨头”，如 SpaceX 公司已经成为世界航天发射市场的重要力量。

在我国，对商业航天在开放航天领域的最早政策性依据来源于 2014 年的《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》，随后国家各部门也持续加大了商业航天领域的政策支持，如表 4 所示。2019 年国家航天局发布了《关于促进商业运载火箭规范有序发展的通知》等一系列国家顶层航天发展规划，规范商业运载火箭科研生产、试验和发射等工作，同时披露了航天法已经列入全国人大立法计划，力争在未来 3-5 年出台。

表 4：中国商业航天政策汇总

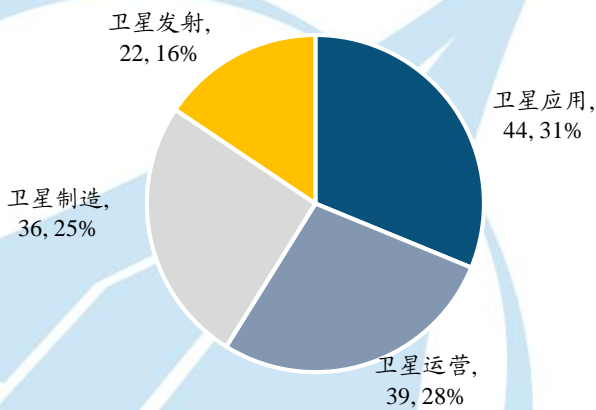
发布时间	发布单位	政策文件
2014.11	国务院	《国务院关于创新重点领域投融资机制鼓励社会投资的指导意见》
2015.08	财政部、国家税务总局	《关于航天发射有关增值税政策的通知》
2015.08	国防科工局	《高分专项卫星遥感数据管理暂行办法》
2015.10	国家发改委、财政部、国防科工局	《国家民用空间基础设施中长期发展规划（2015-2025 年）》
2016.03	中央政治局	《关于经济建设和国防建设融合发展的意见》
2016.05	国家发改委、工信部	《关于实施制造业升级改造重大工程包的通知》
2016.10	国家发改委、国防科工局	《关于加快推进“一带一路”空间信息走廊建设与应用的指导意见》
2016.12	国务院	《2016 中国的航天》白皮书
2018.01	国防科工局	《民用航天发射项目许可》
2019.05	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》

预计 2025 年前	全国人大	《中华人民共和国航天法》
------------	------	--------------

资料来源：中国政府网，人民网，中国航天报，国防科工局官网，中航证券金融研究所整理

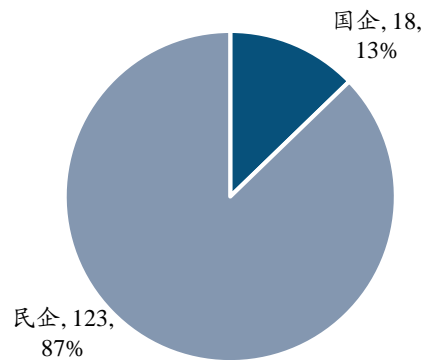
2015 年是中国商业航天的元年，经过近 5 年的发展，目前，国内商业航天企业发展速度迅速，同时商业航天领域的竞争也十分激烈，根据未来宇航研究院在《2018 年中国商业航天产业投资报告》中披露的统计数据，截至 2018 年年底，国内已注册的商业航天领域公司已达到 141 家。当前国内商业航天产业主要围绕航天产品中的火箭及卫星领域，具体可再细分为卫星制造、卫星发射、卫星运营、卫星应用等细分行业。其中，如图 10 和图 11 所示，**商业航天企业在卫星运营及卫星应用领域较多**。同时，在商业航天企业中，国企占比 18.13%，主要为航天科技集团公司以及航天科工集团公司两大航天集团所属企业；民企占比 87%，数量远超过国企，代表了在 2014 年我国逐渐放开民营航天机构发展的限制，鼓励民间资本研制、发射和运营商业遥感卫星，参与运载火箭的研制生产线等政策逐渐出台后，依靠国内具备的完备工业体系，**我国民营商业航天企业已经具有一定规模**。

图 10：中国商业航天企业所处细分行业分布情况（单位：%）



数据来源：未来宇航研究院，中航证券金融研究所整理

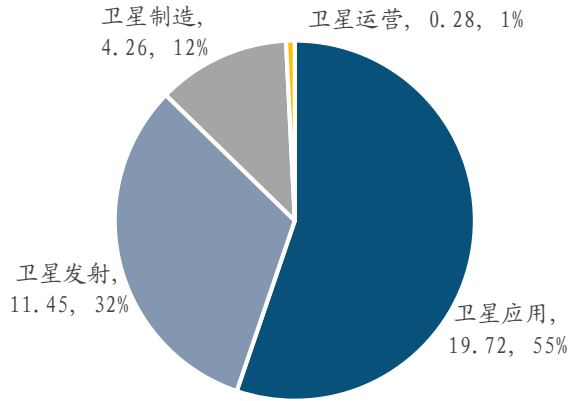
图 11：中国商业航天企业属性分布情况（单位：%）



数据来源：未来宇航研究院，中航证券金融研究所整理

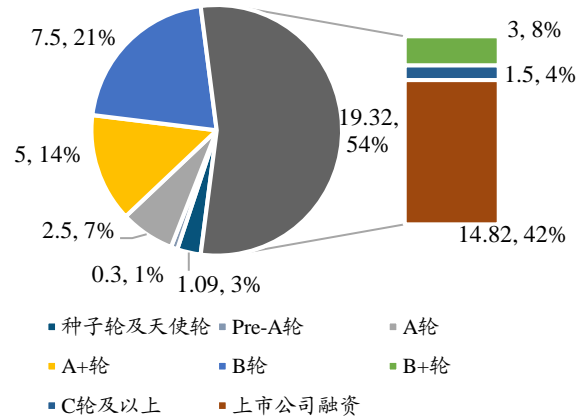
另一方面，从投融资角度来看，据未来宇航研究院发布的《2018 年中国商业航天产业年度投融资报告》中统计，2018 年中国商业航天产业年度投融资总额达到 35.71 亿元，具体各领域投资情况如图 12 所示，**商业航天产业中投资主要集中在卫星应用领域以及卫星发射领域**，卫星运营领域关注较小，我们认为主要原因为《2018 年中国商业航天产业年度投融资报告》中商业航天卫星运营主要特指卫星的测控运营企业，而目前该领域参与主体主要仍为体制内事业单位构成的航天测控网，尽管目前进入该领域商业航天企业较多，但获得资本方关注较弱。在投资轮次方面，如图 13 所示，商业航天产业中除去两家上市公司华力创通及欧比特通过定向增发股票方式募资 14.82 亿元，其余各非上市公司在 A+轮及 B 轮两个轮次中募集的金额最大，一定程度上表明了我国商业航天领域的一些公司经过几年的发展和积累后已经初具规模。

图 12: 2018 年中国商业航天各领域获得投资情况 (单位: 亿元)



来源: 未来宇航研究院, 中航证券金融研究所整理

图 13: 2018 年各商业航天企业各投资轮次的投融资情况 (单位: 亿元; %)



图片来源: 未来宇航研究院, 中航证券金融研究所整理

2019 年以来, 商业航天企业的融资热度依旧不减, 主要商业航天民营企业的融资情况如表 5 及表 6 所示。其中, 2019 年 9 月, 银河航天完成一轮融资后, 最新估值超过 50 亿元, 成为当时国内商业航天赛道估值最高的创业公司之一; 2019 年 12 月, 蓝箭航天完成 5 亿元人民币 C 轮融资; 2020 年 8 月, 星际荣耀完成了 11.93 亿元的 B 轮融资, 创下国内商业航天领域单轮融资的最高纪录。

表 5: 2019 年以来商业航天卫星发射民营企业融资情况 (不完全统计)

企业名称	投资轮次	披露时间	融资金额
星际荣耀	B 轮	2020/08	11.93 亿元
	A++ 轮	2019/06	未披露
凌空天行	Pre-A 轮	2019/12	近亿元
	天使轮	2019/03	数千万元
蓝箭航天	C 轮	2019/12	5 亿元
	B++ 轮	2019	1 亿元
星河动力	Pre-A 轮	2019/10	1.5 亿元
星途探索	Pre A 轮	2019/09	数千万元
天兵科技	天使+	2019/08	数千万元
	天使轮	2019/06	数千万元

资料来源: 36 氪, 中航证券金融研究所整理

表 6: 2019 年以来商业航天卫星制造及应用民营企业融资情况 (不完全统计)

企业名称	投资轮次	披露时间	融资金额
九天微星	B 轮	2020/05	2.7 亿元
微纳星空	A+++ 轮	2020/04	数千万元
	A+ 轮	2019/08	数千万元
航天驭星	A 轮	2019/12	亿元级
起源太空	天使轮	2019/12	5000 万元

银河航天	B轮	2019/09	未披露
智星空间	天使轮	2019/06	数千万元
国星宇航	A轮	2019/06	近亿元
国电高科	---	2019/04	1亿元
零重力实验室	Pre-A+轮	2019/02	数千万元

来源：36氪，中国证券报，中航证券金融研究所整理

综上，我们预计**我国在商业航天领域，未来将持续在火箭及卫星领域上快速发展**。同时，由于商业航天中的卫星发射以及卫星制造由于需要大量资金投入，整体的航天产业市场也更有望**在卫星发射、卫星制造以及重大航天工程相关的卫星应用领域，形成以航天科技、航天科工两大央企集团等国家队为主体参与者，以民营企业作为辅助补充的市场局面；而在部分较为市场化的卫星应用领域，以灵活度，成本控制以及市场拓展能力更胜一筹的民营商业航天企业为主**。

1.2.2 国内商业航天产业参与主体

我国商业航天企业近年来数量增长迅速，按照 1.1.2 节的分类方式，同样可以分为国家队与民营商业航天企业。部分国家队商业航天企业概况可如表 7 所示。

表 7：“国家队”商业航天产业参与主体概况（仅考虑商业卫星制造及商业卫星发射）

集团	相关二级单位	主要业务	成立时间
航天科工集团	航天科工火箭技术有限公司	“快舟”运载火箭制造	2016
	航天科工空间工程公司	“虹云工程”卫星研制	2017
	航天行云科技有限公司	“行云工程”卫星研制	2017
航天科技集团	东方红卫星移动通信	“鸿雁工程”建设及运营	2018
	中国长城火箭有限公司	“龙”系列商业运载火箭研制	1998
中国科学院	长光卫星技术有限公司	“长光”系列卫星研制	2014

来源：Wind，中航证券金融研究所整理

国内民营商业航天公司数量众多，部分相关企业概况可如表 8 所示。

表 8：部分民营商业航天产业参与主体概况

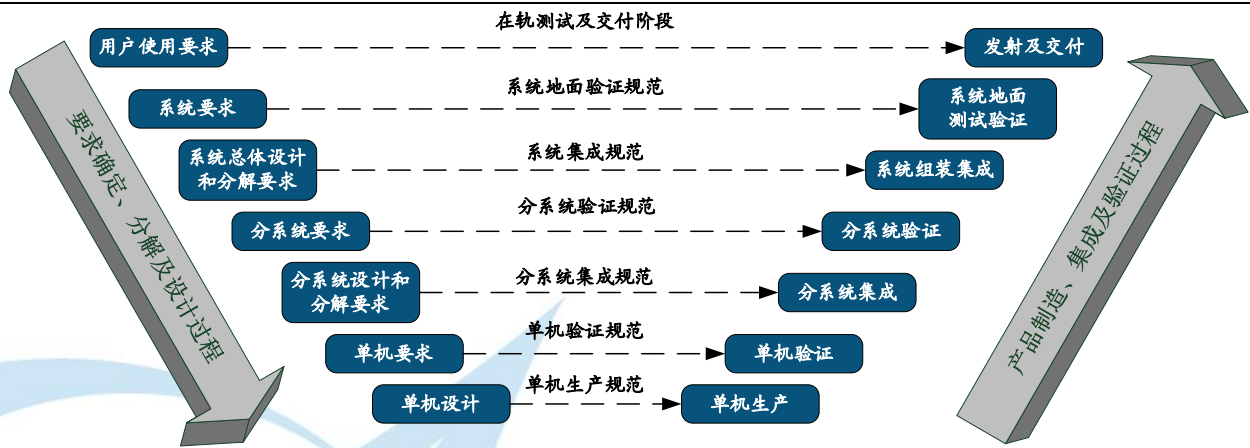
企业名称	业务类别	成立时间	企业名称	相关业务	成立时间
蓝箭航天	商业火箭	2015	欧比特	卫星制造	2000
星河动力	商业火箭	2015	银河航天	卫星制造	2016
星际荣耀	商业火箭	2016	千乘探索	卫星制造	2017
零壹空间	商业火箭	2015	欧科微	卫星制造	2014
九天微星	卫星制造	2015	零重空间	卫星制造	2017
天仪研究院	卫星制造	2015	未来导航	导航增强星座	2017

来源：Wind，中航证券金融研究所整理

1.3 航天产业整机系统分类及共同特点

如前文所述，航天产业按照整机产品系统分类可以分为**导弹、火箭、卫星、空间飞船以及空间探测器五个细分领域**。由于航天产品每一个型号的研究、设计、实验及生产都是一个复杂的组织管理过程，因此一般采用航天系统工程对航天产品型号系统研制工作进行组织管理，管理流程如图 14 所示。

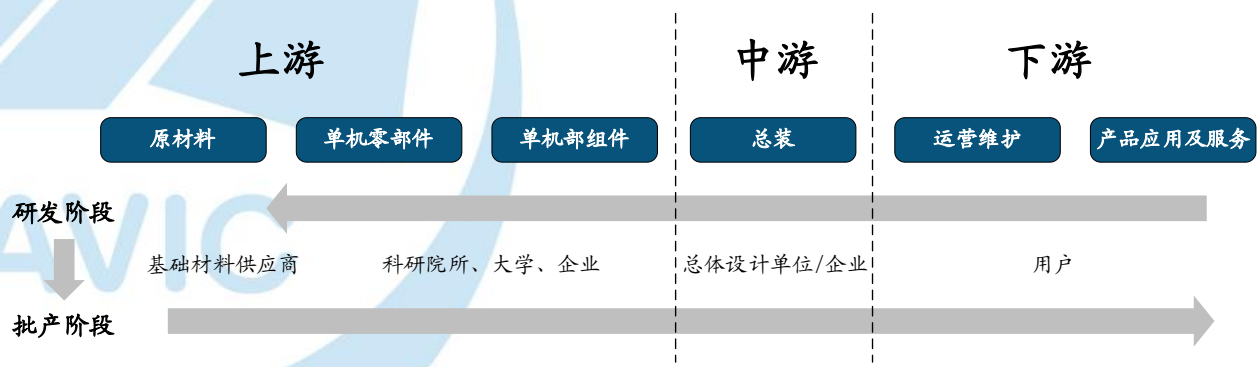
图 14：航天系统工程示意图



资料来源：《致知商业航天》，中航证券金融研究所整理

目前，航天系统工程在航天型号管理中已经得到了广泛的使用，而各航天产业整机系统的产业链受其影响，也具有一定的共性特点，主要表现为**航天产品产业链在研发阶段与批产阶段均可按照单机(零部件)生产、分系统(部组件)集成、总装(系统)集成，最终交付用户进行划分**，如图 15 所示。

图 15：航天整机产业链基本框架



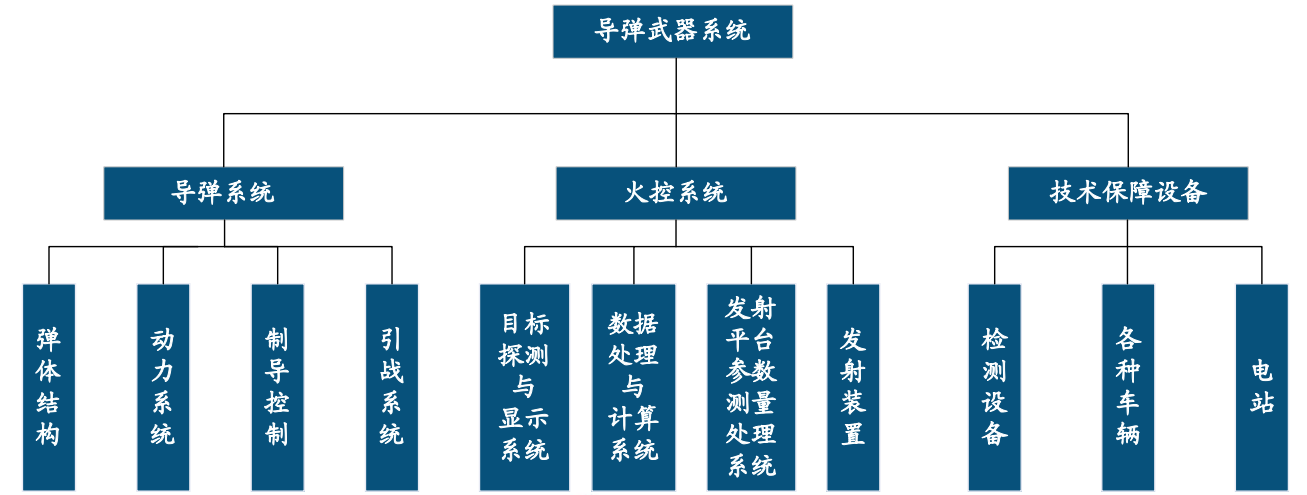
资料来源：中航证券金融研究所整理

航天整机研制的主要流程为在研发阶段，由用户提出总体系统需求指标，总体设计单位/企业将总体系统指标分解到各科研院所、大学或者企业进行单机部组件系统研发，随后可进一步根据部组件研发复杂程度拆分至零部件研发，完成研发过程后，通过实验等方式进行测试，定型后进入批产阶段，从上游的基础原材料开始，通过零部件制造、部组件集成、总装集成、最后批量交付。

每个航天产业的整机系统一般都具有产品技术组成复杂的特点，以导弹武器系统为例，其中包含了导

弹系统、火控系统以及技术保障设备三大组成，每一部分又可具体分为各子系统(部组件)，如图 16 所示。

图 16: 导弹武器系统组成



资料来源：公开资料汇总，中航证券金融研究所整理

因此本报告中，类似导弹武器系统中的火控系统、技术保障设备等并非航天核心产品或属于军工电子装备产品，将不做具体分析，而是**重点讨论导弹武器系统中的导弹系统（主要构成）及其下属子系统（主要部组件）等重点领域，火箭、卫星等其他航天产业装备同理。**

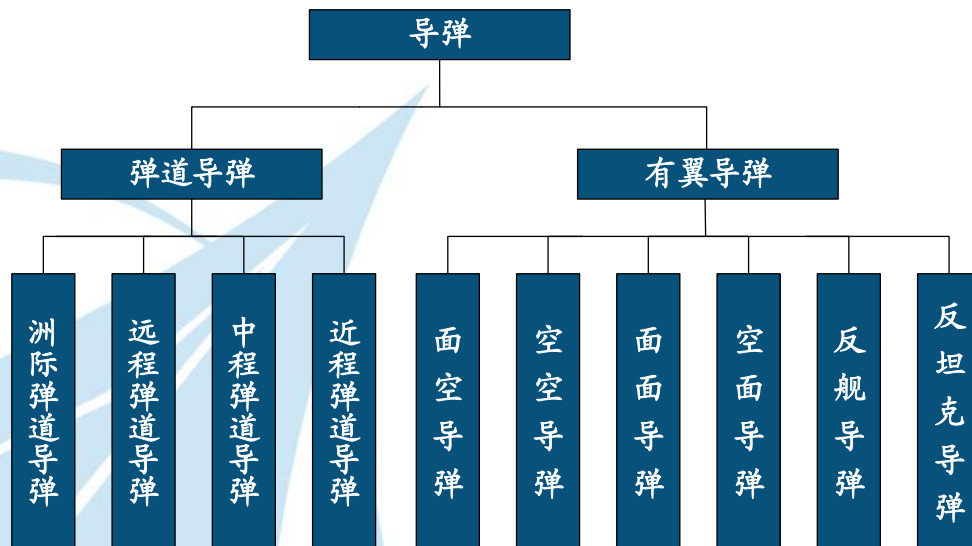


（二）战术战略武器——导弹

2.1 导弹系统概述

导弹的定义是依靠自身动力装置推进，由制导系统导引、控制其飞行弹道，将战斗部导向并摧毁目标的武器，属于精确制导武器，具有射程远、速度快、精度高、威力大等特点。导弹的分类方法繁多，使用较多的分类方式为按照导弹气动外形和飞行弹道分类，可分为弹道导弹与有翼导弹两大类，在每一大类下面又可以细分成诸多小类，如图 17 所示。

图 17：导弹按照飞行方式分类



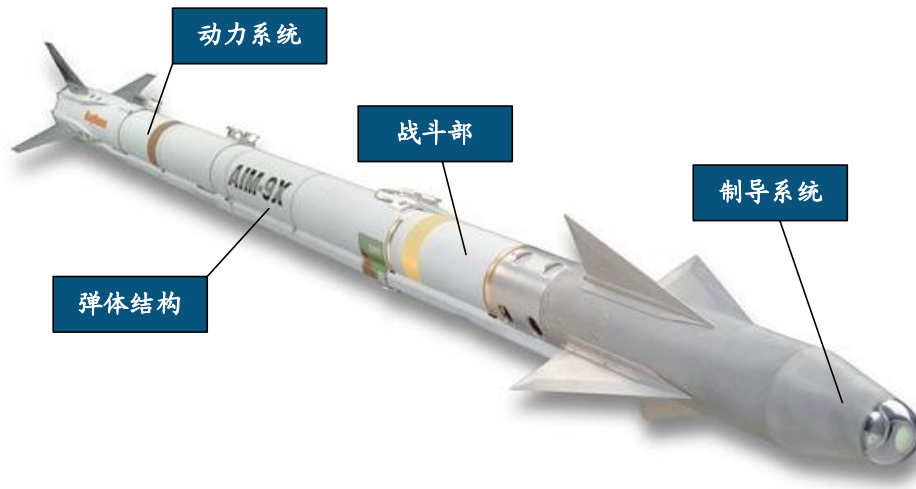
资料来源：公开资料汇总，中航证券金融研究所整理

其中，弹道导弹是一种沿预先设定的弹道飞行，将弹头投向预定目标的导弹。按照作战性质，弹道导弹又可分为战略弹道导弹以及战术弹道导弹两种，战略弹道导弹一般为中程、远程及洲际弹道导弹。战术弹道导弹一般为近程弹道导弹，未来弹道导弹的发展趋势主要为提高突防能力、提高命中精度、拓展全球打击能力及机动发射能力。

有翼导弹则是一种以火箭发动机或吸气式发动机为动力，机动飞行所需的法向力依靠升力部件的空气动力提供，装有战斗部的自控飞行器，按照目标种类及位置有翼导弹又可细分为面空导弹、空空导弹、空空导弹、空空导弹、空空导弹、空空导弹、空空导弹。特点是制导精度高、机动能力强、系统组成及结构复杂，未来有翼导弹的发展方向有拓展自主化、智能化、模块化和标准化、飞行空域扩大化等。

尽管导弹的种类众多，但几乎所有种类的导弹均由战斗部、动力系统、制导系统以及弹体结构四部分构成如图 18 所示，具体各部分的功能及具体分类可见表 9。

图 18: 导弹武器系统组成 (AIM-9K 响尾蛇第三代空空导弹)



资料来源:《导弹引论》, 中航证券金融研究所整理

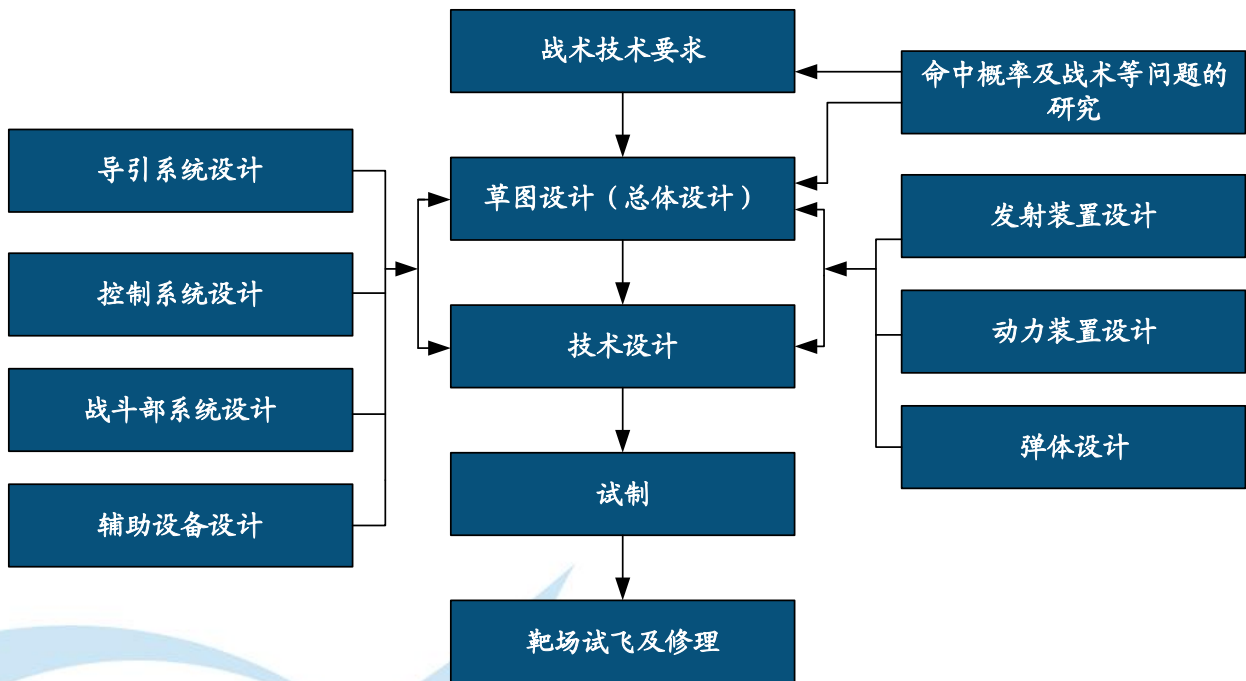
表 9: 导弹各组成部分功能及分类

组成部分	功能	分类
战斗部	摧毁目标的直接执行者	爆破战斗部、杀伤战斗部、聚能战斗部、核战斗部等
动力系统	导弹产生运动的动力来源, 二级导弹上包括主发动机及助推发动机 (一般采用固体火箭发动机)	火箭发动机 (固体火箭发动机、液体火箭发动机)、吸气式发动机 (包含涡轮发动机、冲压发动机等)、新体制组合发动机 (TBCC、RBCC) 等
制导系统	导引和控制导弹精准飞向目标的仪器、装置和设备的总称, 具体包括导引系统以及控制系统	自主式制导系统、遥控式制导系统、自主寻的式制导系统、复合制导系统
弹体结构	将组成导弹的各部分综合成一个整体, 并使导弹形成良好的气动外形。包括弹身、弹翼 (对有翼导弹) 和舵面等部分	---

资料来源:《导弹引论》, 中航证券金融研究所整理

由于导弹的组成复杂, 一般设计研制过程较长, 主要包括进行科学研究和试制两个方面。而要解决试制中出现的 key 问题, 发展新型的具有先进水平的导弹武器系统, 除了必须进行大量深入的科学研究工作, 还要在研制流程中不停的进行反复的迭代 (具体流程如图 19 所示), 因此**导弹整体从设计到装备部队的周期一般比较长, 全过程一般需要 5-15 年时间左右。**

图 19: 导弹设计研制流程



资料来源:《导弹引论》，中航证券金融研究所整理

导弹自身的性能指标主要包含三方面，飞行性能方面包括**射程**、**飞行速度**、**高度**以及**机动性**等方面；使用性能方面主要考虑**发射准备时间**及**可靠性**等；经济性要求主要涉及**导弹武器生产经济要求**及**使用经济要求**等。

2.2 导弹装备产业市场现状

2.2.1 导弹装备整机市场规模

当前，国际政治与安全局势复杂多变，不确定因素显著增加，国际安全形势面临新挑战，由于全球武器转让与政治经济、地区冲突、国际反恐等形式紧密相关，**国际军贸市场整体呈现一个上升的发展态势**，据瑞典斯德哥尔摩国际和平研究所(SIPRI)2019年发布的新版《全球军贸报告》披露，自21世纪初以来，全球主要武器出口国的出口额保持增长，2015-2019年全球武器交易量较上一个周期(2010-2014年)增长5.48%，较2005-2009年增长20%。

图 20: 21 世纪全球军贸趋势 (单位: 亿 TIV)

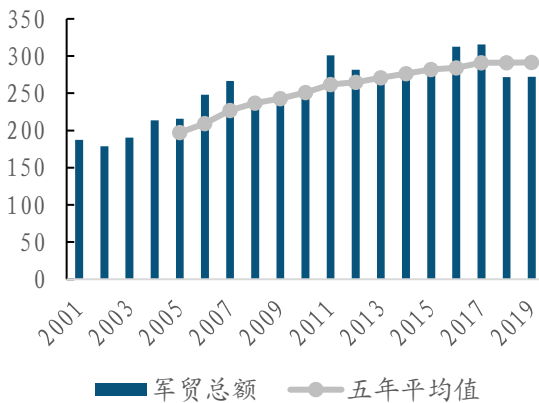
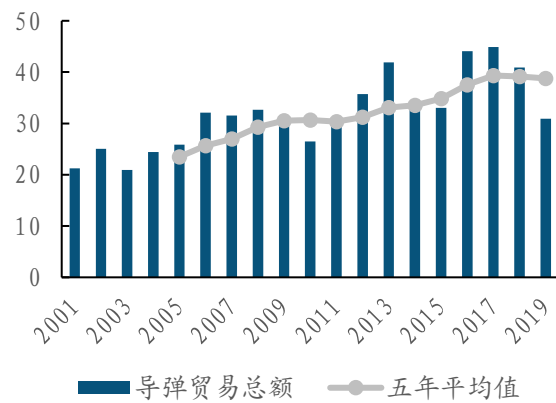


图 21: 21 世纪全球导弹贸易趋势 (单位: 亿 TIV)



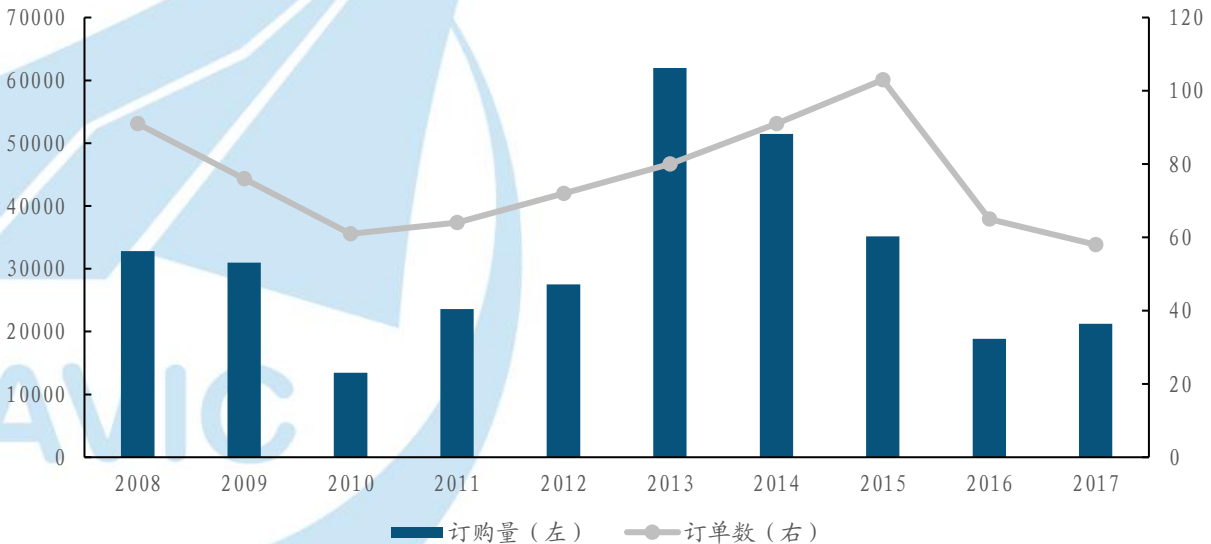
资料来源: SIPRI, 中航证券金融研究所整理

资料来源: SIPRI, 中航证券金融研究所整理

注: TIV 是 SIPRI 基于武器装备单价提出的一种衡量军事资源贸易的指标量, 可用于研究趋势。

导弹武器由于具有不同于一般进攻性武器的突出特点, 包括威力大、射程远、精度高, 因此一直是国际军贸市场中的重要组成部分。同时导弹武器装备贸易受多种国际环境因素影响和制约, 包括国际军贸政策法规、国际政治动向、国家安全环境和军事战略、进出口国之间的关系, 以及武器自身质量和价格等。2008-2017 年全球导弹 (包括制导弹药) 武器装备交易订购量及订单数可如图 22 所示。

图 22: 2008-2017 年全球导弹武器装备 (含精确制导弹药) 交易订购量及订单量 (单位: 枚; 笔)



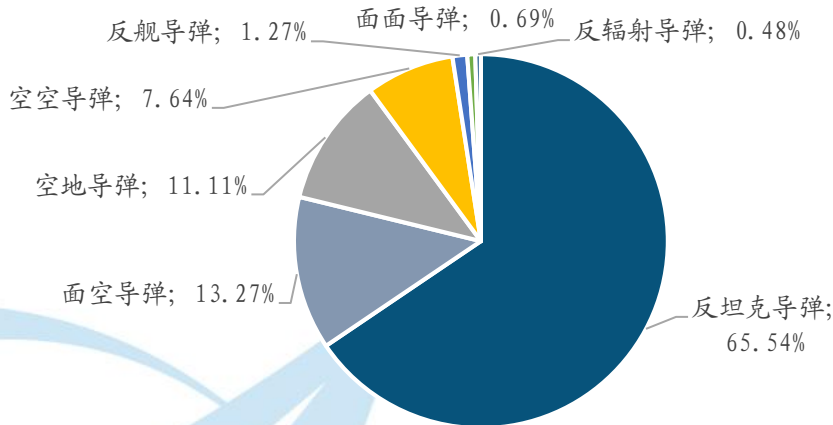
资料来源: 《飞航导弹》, 中航证券金融研究所整理

可以看出, 当前全球导弹武器装备交易存在一定的波动性, 年交易订单量基本处于 60-100 笔之间。自 2008 年全球金融危机爆发后, 导弹交易量出现下滑, 而后受到中东局势影响, 印度以及沙特、伊拉克及阿联酋的导弹武器进口规模快速提升, 全球导弹武器交易量也开始出现回升, 并在 2013-2014 年达到顶峰。尽管随后全球导弹的交易热度再次降温, 但自特朗普当选美国总统以来, 美国内政外交产生的重大转折、英国脱欧带来的新变数、叙利亚局势的持续动荡, 俄乌地缘政治冲突、也门地区沙特联军与胡赛武装

的冲突、难民危机、宗教冲突的加速蔓延，同时 **2020 年新冠疫情在全球的蔓延更是加剧了以上国际不确定因素，我们判断未来全球军贸市场交易得到进一步提高与巩固，全球导弹交易市场热度也将有望再次迎来恢复性增长。**

从 2008-2017 年全球各类导弹武器装备订单量分布（见图 23）来看，反坦克导弹由于一般具有价格低廉、作战灵活的特点，交易量最高，合计可占整体导弹武器装备订单量的 65%，伴随当前中东等局部冲突的恶化，**未来反坦克导弹有望继续保持导弹武器装备交易量占比最高的地位。**

图 23：2008-2017 年各类导弹武器装备订单量分布（单位：%）



资料来源：《飞航导弹》，中航证券金融研究所整理

根据蒂尔集团（Teal Group）发布的《2018 World Missile Briefing》对导弹（包括制导武器）的预测，2019-2027 年全球导弹产量预计共计可达到 31.79 万枚，产值可达到 1300 亿美元以上。具体情况如表 10 与表 11 所示。

表 10：2019-2027 年全球导弹市场产量预测（单位：枚）

导弹类别	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	合计
空空导弹	1,990	2,660	3,100	3,075	2,870	2,845	2,745	2,370	2,445	24,100
空面导弹	8,965	9,385	10,400	10,835	10,775	10,850	10,400	10,250	10,300	92,160
面空导弹	4,411	4,484	4,074	4,305	4,492	4,772	4,807	4,417	4,517	40,279
反坦克导弹	18,995	15,735	19,080	15,025	14,830	16,980	16,565	17,500	17,875	152,585
反舰导弹	680	475	675	875	770	755	745	645	705	6,325
面面导弹	495	362	315	260	219	226	182	172	172	2,403
合计	35,536	33,101	37,644	34,375	33,956	36,428	35,444	35,354	36,014	317,852

资料来源：《2018 World missile Briefing》，中航证券金融研究所整理

表 11: 2019-2022 年全球导弹市场产值预测 (单位: 十亿美元)

导弹类别	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	合计
空空导弹	1.77	2.29	2.88	2.87	2.74	2.58	2.54	2.36	2.38	22.41
空面导弹	0.97	0.97	0.95	1.08	1.1	1.05	0.69	0.71	0.74	8.26
面空导弹	5.36	5.66	5.72	5.55	5.77	6	5.87	5.85	5.91	51.69
反坦克导弹	2.79	3.09	3.04	2.63	2.57	2.79	2.77	2.74	2.78	25.2
反舰导弹	1.01	0.83	1.19	1.59	1.45	1.42	1.41	1.12	1.18	11.2
面面导弹	2.57	2.11	1.87	1.67	1.2	1.38	1.36	1.34	1.34	14.84
合计	14.47	14.95	15.66	15.40	14.83	15.23	14.63	14.13	14.34	133.64

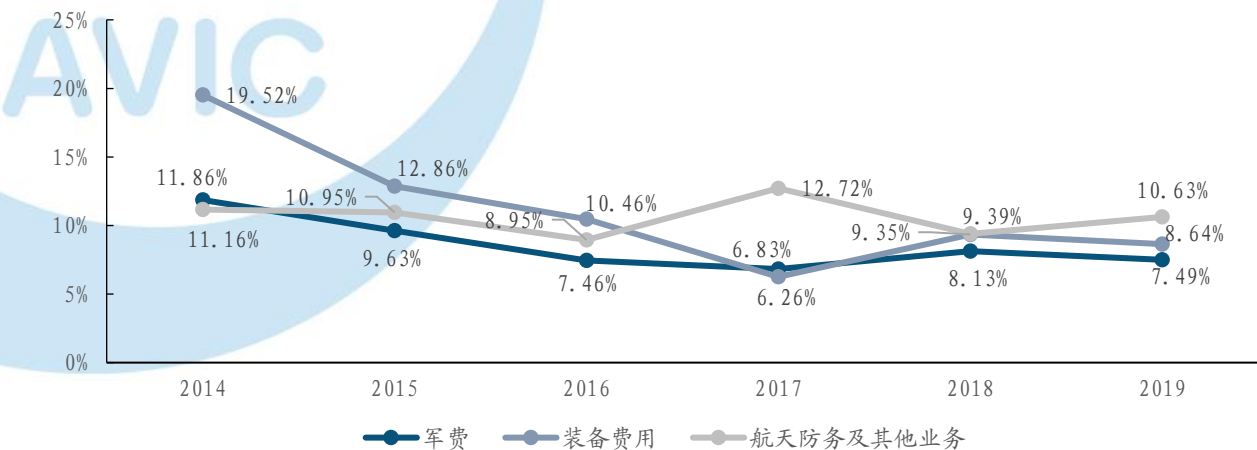
资料来源:《2018 World missile Briefing》, 中航证券金融研究所整理

具体到我国导弹市场, 需求主要来源于国防需求及军贸出口需求, 现状如下:

① 国防需求

国防需求方面, 在我国军费保持稳定健康的增长背景下, 我国武器装备已经取得了一定的进展, 但根据我国在 2019 年 7 月发布的《新时代的中国国防》中的披露, 我国机械化建设任务尚未完成, 信息化水平亟待提高, 军事安全面临技术突袭和技术代差被拉大的风险, 军队现代化水平与国家安全需求相比差距还很大, 与世界先进军事水平相比差距还很大。而军费构成中的装备费用占比逐年提升, 表明了我国在不断加大对推进国防和军队现代化建设, 深化国防和军队改革的力度。**在军队全面加强练兵备战工作, 加大实战化演习的背景下, 导弹作为现代化军队不可或缺的消耗性武器装备, 其需求有望伴随我国装备费用的稳定增长而保持稳定且持续的增长。**这点通过我国导弹武器系统的装备研发制造主体之一的航天科工集团披露的数据 (见图 24) 也能得到验证, 在 2016 年后, 航天科工集团的航天防务及其他业务收入增速已经超越我国军费增速以及军费中的装备费用增速。

图 24: 2011-2025 我国军费中装备费用收入增速变化趋势及预测结果 (单位: %)



数据来源: Wind, 《新时代的中国国防》, 中航证券金融研究所整理 (注: 2014-2019 军费数据及增速采用财政部公开的全国

国防支出决算数据)

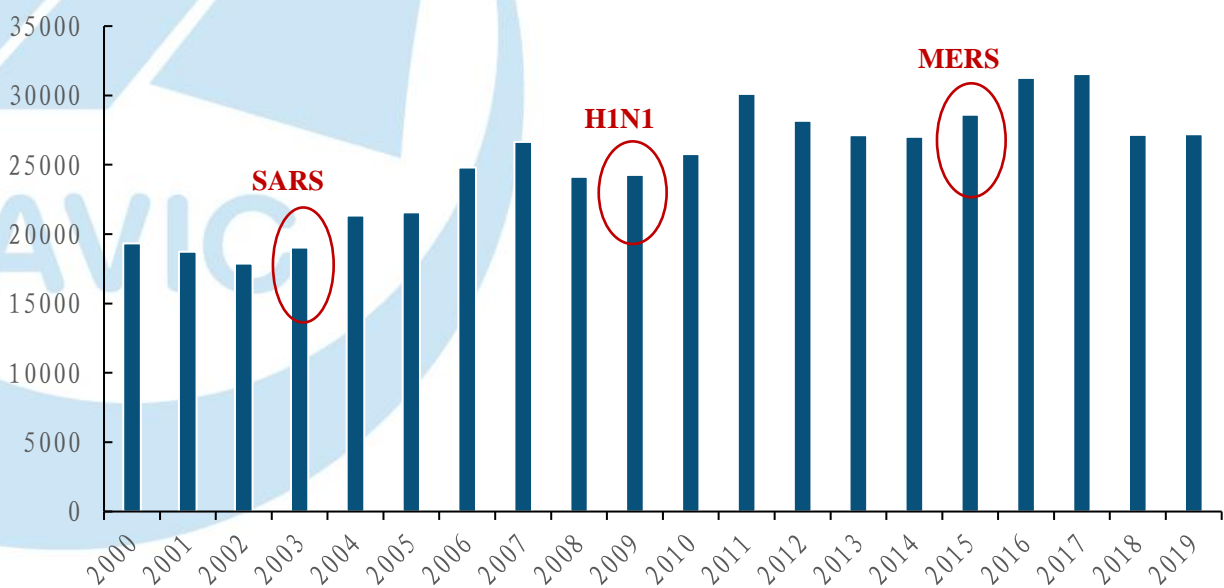
同时，在我国疫情已经取得阶段性胜利背景下，美国等少数国家一些政客或出于国内政治需要，试图转移视线、推卸责任，或者是出于意识形态的偏见等因素，将疫情政治化、污名化，制造舆论，对中国进行抹黑，中美关系持续紧张，在此背景下，我国以导弹武器装备为代表的武器装备需求也有望出现增长。

综上，我们判断，在我国武器装备研制投入大量军费，国产装备质量获得了显著的提升，并且军贸已经实现顺差，重点型号终于近年来逐步定型列装，未来十年有望成为武器装备建设的收获期；同时，伴随当前军队加大实战化演习力度，导弹武器作为消耗性武器，需求也将快速增长；另外，在中美关系紧张背景下，我国对现代化武器装备中的代表，导弹装备的需求量或将出现持续增长。

② 军贸出口

根据《中国社会科学院国际形势报告(2020)》判断，2020年全球形势和世界格局将表现出八大趋势：全球经济进入超低利率时代、全球治理中利益博弈日趋激烈、区域和双边合作快速推进、国际战略和安全领域的东西方割裂趋势加剧、各国在网络空间的角力更加凸显、科技竞争更加激烈、核扩散风险上升、极端主义行为呈国际化趋势。在新冠肺炎疫情背景下，美国对伊朗、委内瑞拉在疫情期间仍维持制裁等事件均表明疫情并未对地缘政治冲突起到明显的缓解作用，尽管国际军贸市场的推广方面可能会受到一定的疫情影响，但从20世纪以来的几次重大疫情期间，国际军贸市场仍保持增长的趋势来看(见图25)，我们判断，新冠肺炎疫情对国际军贸的负面影响有限，同时，世界面临不稳定及不明确因素的增加均可能会对国际军贸产生较大的正面刺激。总体来看，我们预计，20世纪以来全球军贸的稳定增长趋势有望在未来得到延续，全球军贸增速甚至可能会出现快速提升。

图 25: 20 世纪以来全球军品贸易额变化趋势 (单位: 百万 TIV)



资料来源: SIPRI, 中航证券金融研究所整理

注: TIV 是 SIPRI 基于武器装备单价提出的一种衡量军事资源贸易的指标量, 可用于研究趋势。

综上，我们认为，我国导弹武器装备市场需求无论从内需还是出口两方面看，都有望总体保持稳定且快速的增长。

2.2.2 导弹各分系统市场情况

由于构成导弹整机的部组件、元器件的种类及数量繁多，其研发生产属于系统工程。而一般属于系统工程的武器系统从研发生产到应用可以分为六个阶段，即可行性论证、方案设计、工程研制、生产定型、使用与保障以及退役与销毁六个阶段。各阶段具体工作如表 12 所示。

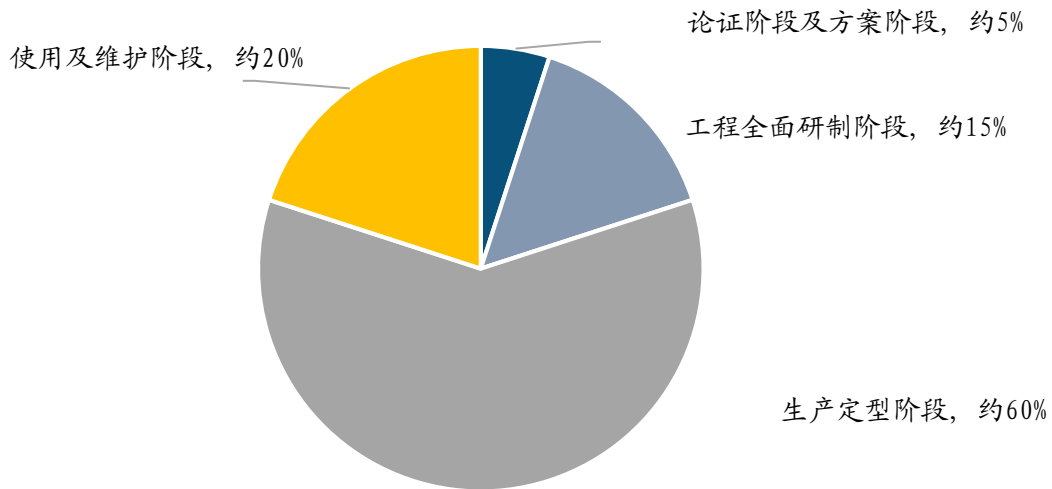
表 12：导弹武器系统全寿命周期划分

阶段名称	具体工作
可行性论证	依据武器发展规划或军方正式提出的武器需求来开展，把技术上能达到的指标与国内工业与科技水平融合起来进行分析与论证。该阶段的工作重点是方案的优化论证和编制好武器系统研制总要求和论证工作报告。
方案设计	在可行性论证阶段的基础上，以突破必须解决的重大关键技术为重点，以确定武器系统和各分系统的研制方案为标志的阶段。该阶段工作的重点是做好各项技术指标和要素之间的权衡，订好研制合同或研制任务书。
工程研制	是武器系统研制过程中 非常重要也相对历时较长的阶段 ，它是以接到上级批准下达的型号产品研制任务书或者是工业部门提交的武器系统设计方案通过评审为起点，直至研制部门完成整个武器系统的设计性能验证试验为止。该阶段工作的重点是对设计图样、生产工艺和材料规范审查和把关；完成技术手册的编写；完成武器系统和分系统的试验及评价，确定武器系统的作战效能和使用适用性。
生产定型	在型号产品的工程研制阶段已经结束，并明确了定型状态和技术指标之后，经上级部门同意，军工产品定型委员会认可，即可转入定型阶段，型号产品定型包括设计定型、工艺定型和生产定型。
使用与保障	型号产品交付部队后，即进入使用与保障阶段。产品使用与保障阶段是产品全寿命周期的一个重要组成部分。产品质量及售后服务的好坏，直接关系到顾客的满意度和产品使用价值的实现，产品质量与性能、维修能力、备件供应能力、对产品的培训、操作难易程度以及用户满意程度等又会直接影响售后服务成本。
退役与销毁	型号产品退役与销毁阶段是武器装备全寿命周期中的最后阶段，它直接关系到装备储备的合理布局和部队战斗力问题，应建立武器装备退役制度，加强退役及销毁装备的处理制度。

资料来源：《导弹武器系统全寿命周期成本控制问题研究》，中航证券金融研究所整理

具体到导弹装备，导弹全寿命周期中前五个阶段为需要投入成本阶段，其中可行性论证、方案设计、工程研制阶段投入的成本属于研发成本，而生产定型的投入成本属于生产成本、使用与保障的投入成本属于后期运维成本。从武器系统全寿命周期中各阶段投入成本的构成（见图 26）中可以看出，**导弹武器系统在生产定型阶段及使用维护阶段投入成本占比较大**（约 80%），而论证阶段、方案阶段及工程研制阶段（统称研发阶段）投入占比合计较小（约 20%），表明了导弹整机的研发成本仅占约 20%，而生产成本及运维成本可占到 80%。

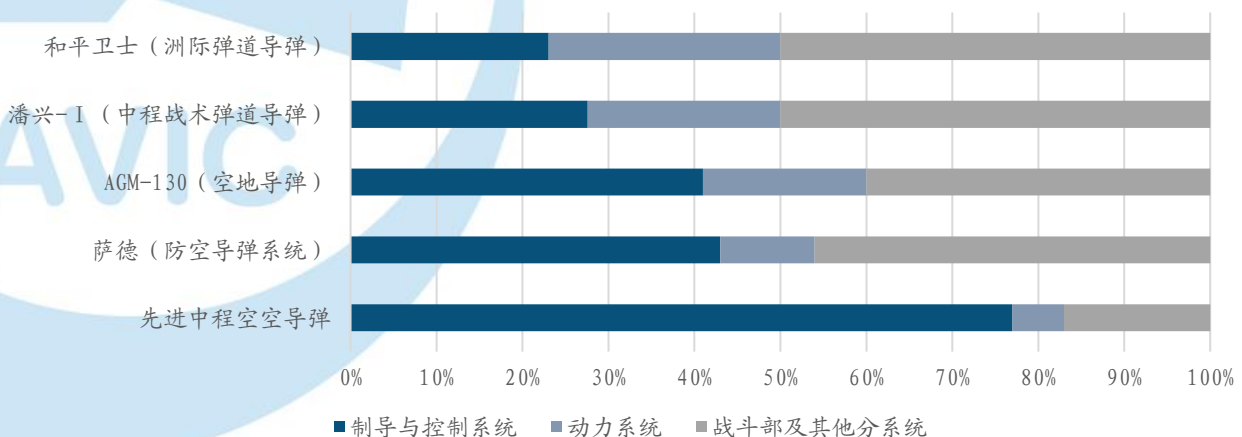
图 26: 武器系统全寿命周期中各阶段投入成本占比 (单位: %)



资料来源:《导弹武器系统全寿命周期成本控制问题研究》, 中航证券金融研究所整理

在生产定型阶段, 如 2.1 节中所述, 导弹整机主要由四部分构成, 即战斗部、动力系统、制导(与控制)系统及弹体结构。以上四个分系统在导弹整体的成本占比如图 27 所示, 可以看出, 弹道导弹制导系统、动力系统、战斗部及其他(包括弹体结构)比例较为接近; 而有翼导弹中, 特别是对空目标导弹, 制导控制系统成本占比较其他分系统明显更加突出, 表明了伴随当前战斗机、无人机等军用航空器性能(特别是机动性)的不断提高, 带动了决定导弹精确打击能力的制导系统性能要求指标的提高, 而性能的提高也就直接带动了制导控制分系统的成本占比提高, 我们预计, **未来制导控制分系统成本占比或将持续保持在高位。**

图 27: 几种典型导弹各分系统成本占比 (单位: %)



资料来源:《现代军事》, 中航证券金融研究所整理

2.3 导弹装备产业链分析

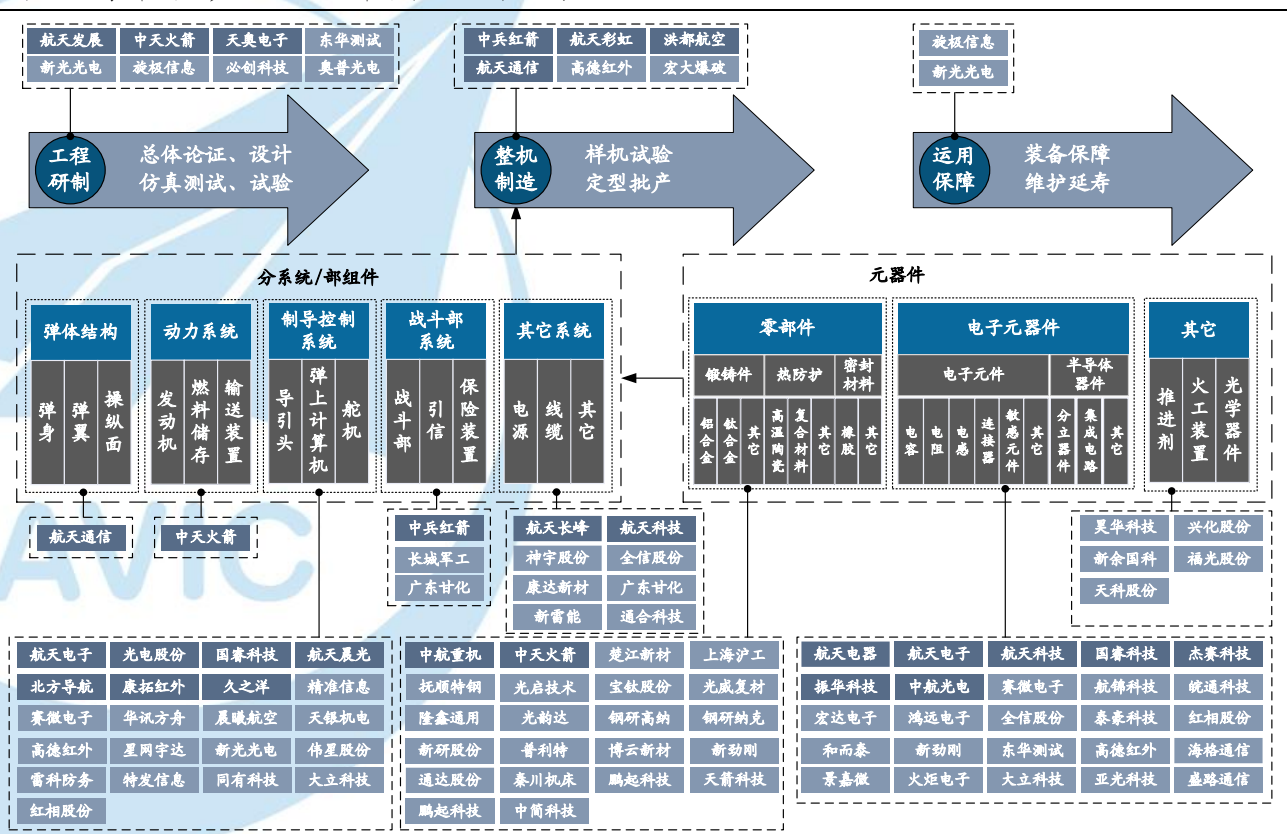
导弹研发生产的产业链上游主要为**工程研制**，具体涉及到导弹的总体论证、设计（包括导弹总体设计与分系统设计）、仿真测试、试验部分，主要由航空工业、航天科技、航天科工以及兵器工业等军工集团所属相关企业事业单位参与实施，同时部分科研院所、厂及民营企业参与样件的定制化研制、生产、实验，基于图 26 可以看出，**导弹制造产业链上游占导弹产业总体市场规模的 20%左右**。

产业链中游主要以导弹研制定型后的**批量生产**为主，其可按照元器件配套加工生产、分系统（部组件）集成、总装集成进行产业链的再次细分。其中，元器件配套加工生产及分系统（部组件）由航空工业、航天科技、航天科工、兵器工业及中国电科等军工集团所属企事业单位及民营企业参与，总装集成主要由军工集团或军方所属总装厂参与。基于图 26 可以看出，**该部分占导弹产业总体市场规模的 60%左右**。

产业链下游主要为导弹交付军队后的**装备保障，维护延寿**等构成，主要由军工央企所属企事业单位及部分民营配套企业参与。基于图 26 可以看出，**该部分占导弹产业总体市场规模的 20%左右**。

具体导弹研制产业链及各部分相关的上市公司可如图 28 所示。

图 28：导弹制造产业链及各部分相关上市公司



资料来源：wind，中航证券金融研究所整理

2.4 导弹装备技术发展趋势

导弹作为在当代信息化战争中的重要组成部分，导弹整机的技术发展趋势主要由导弹的作战指标需求的提升方向决定，并可以分解并建立到各个部组件、元器件配套加工生产的技术发展趋势上。

2.4.1 总体技术发展趋势

从导弹整机技术前景上来看，按照图 17 的分类方式，可分为弹道导弹（战略导弹）技术发展趋势以及有翼导弹（战术导弹）技术发展趋势两类去讨论。

首先，在弹道导弹方面，自海湾战争以来，弹道导弹在战争中表现出的重大功效促使世界各国高度重视并竞相发展弹道导弹制造和突防技术。参考国外弹道导弹的发展，可以将弹道导弹的技术发展趋势总结为以下几点：

- （1） 总体设计方面，导弹设计更加模块化、通用化，提升导弹可改进空间，满足更多作战要求；
- （2） 制导方面，通过采用复合制导方法，以继续提高弹道导弹的制导精度；
- （3） 开展延寿工作，使导弹服役期不断延长；
- （4） 通过使用隐身、速燃发动机、机动变轨等技术，增强导弹的突防能力；
- （5） 潜射弹道导弹由于具有隐蔽性好，机动能力强，生存概率大的特点，未来将成为战略导弹的主要力量。

有翼导弹方面，由于包含的导弹种类较多，各类导弹功能及目标特性差异较大，需要分类进行讨论，参考海外有翼导弹的技术发展趋势及国内相关学术文献研究成果，各类有翼导弹具体技术发展趋势如下：

- （1） 反坦克导弹方面，主要技术发展方向为发展先进的反坦克导弹制导技术；应用先进战斗部，以提高毁伤与突防能力；研究新的发动机推进技术；具备对多种目标的作战能力；实现软发射，以提高战场生存能力。
- （2） 面空导弹方面，主要技术发展方向为具备复杂战场环境下抗干扰、抗欺骗、高毁伤等能力；利用先进制造技术取代传统制造手段，以简化生产工艺，减少使用部件，缩短供应链与开发周期，加快零部件生产与系统集成速度。
- （3） 空空导弹方面，主要技术发展方向为从串行设计到一体化设计技术过渡，以更好的提高空空导弹的飞行性能；从单模导引到多模导引以提高导弹的探测能力以及抗干扰能力；从单机制导到网络制导，实现对目标实施快速精确攻击；从单一气动控制到异构多执行机构控制，提高控制响应速度及精度；提高发动机的性能；从独立制导引信到制导引信一体化。
- （4） 空地导弹方面，采用先进技术，进一步增大空地导弹射程；采用模块化设计，提高空地导弹的通用性和适应性，降低成本；多模复合以及加装电子战载荷和防御载荷，加强制导精度及抗干扰能力；具备网络化能力，提升空地导弹的协同作战能力；持续重点发展性能更为优异

的高超声速导弹技术。

- (5) 反舰导弹方面，以巡航导弹为主，射程和飞行速度需求越来越大，隐身能力、抗干扰能力进一步增强，多任务执行能力进一步增强，系列化、通用化和小型化程度进一步加强；反舰导弹智能化水平逐步提高；反舰导弹集群化作战能力逐步增强；反舰导弹作战信息保障能力不断提高；同时大力发展高超声速导弹技术。

2.4.2 重点分系统技术发展趋势

本节针对几个导弹技术的总体技术发展趋势，分解到资本市场相关性较强的部分部组件及元器件，包括弹体结构分系统相关的先进材料制造及相关加工工艺、制导控制系统及相关光电元器件、动力系统及其他系统中的弹载特种电源的技术发展趋势上。

2.4.2.1 弹体结构分系统（先进材料制造及加工）

弹体结构主要功能是将组成导弹的各部分综合成一个整体，并使导弹形成良好的气动外形，具体包括弹身、弹翼（对有翼导弹）和舵面等部分。传统弹体结构一般采用比重小且强度大的材料，传统的材料包括铝合金、镁合金、钛合金、以及复合材料等。

目前，如 2.4.1 节中所述，伴随当前国防对导弹实现速度、机动性、射程、生存能力及抗干扰能力等指标需求的提升，该需求分解至弹体结构分系统上，可归结为**对具有更耐高温、更高强度、具有良好的吸波特性的材料需求**，而这种材料相关的**合成及加工工艺等技术即为弹体结构分系统发展过程中的关键核心技术**，这类技术的具体发展趋势如下：

① 先进复合材料

先进复合材料（Advanced Composite Materials, ACM）在航空航天发展中具有举足轻重的地位，其主要特点是质量轻、高刚度、高强度、设计灵活等。作为主承力和次承力结构，ACM 结构件已成功应用在多种飞行器上，对飞行器的轻量化具有重要意义。据估计，21 世纪的导弹中复合材料占全弹的结构和质量的百分比为 79% 和 60%，ACM 主要包括**树脂基复合材料、金属基复合材料和陶瓷基复合材料**。

树脂基复合材料方面，作为目前应用在导弹结构中最多的复合材料，它的密度是钢的 1/5、铝的 1/2。如美国“三叉戟 -1”导弹仪器舱采用环氧树脂/碳纤维结构，共有 100 多个部件采用石墨烯纤维复合材料，比铝合金轻 30%，减重效果显著。而经过多年发展，我国的树脂基复合材料基本实现国产化，可以满足航空航天的发展需求，如神舟系列和风云卫星系列均使用了自主研发的环氧树脂基复合材料，减轻了整体质量，降低了发射成本。但是，**某些树脂基复合材料目前的技术仅限实验室合成，远没有达到量产阶段**。

金属基复合材料方面，可分为铝基、钛基、铜基、镁基和其他金属基复合材料。其中，铝基、钛基、镁基等 3 种轻金属基复合材料因为具有低密度、高比强度、抗辐射以及良好的耐磨性能和减振性能等特点，

在航空航天领域有广阔的应用前景。铝基复合材料可以用于制造导弹的导引头组件、推进器组件、弹体结构组件等主要部件，实现成本的降低；镁基复合材料因其尺寸稳定性等独特的性能得到了越来越多的重视，如 SiC_0/Mg 复合材料可用于导弹尾翼及内部加强汽缸， $\text{B}_4\text{C}_0/\text{Mg-Li}$ 复合材料用于航天器天线构件；钛基复合材料作为航空器主承力部件的理想候选材料，已成功应用在涡轮发动机的叶片、整体叶环、盘、轴、机匣、传动杆等部件。目前，我国开展的相关前沿研究包括用**铝基复合材料制备火箭和导弹制导系统的惯导平台构件以及用镁基复合材料制备航空航天用管接头部件等**。

陶瓷基复合材料，与树脂基和金属基复合材料相比，陶瓷基复合材料具有稳定的耐烧蚀、耐腐蚀以及强韧性特点，是某些航天器关键部件材料的不二选择。例如，高超音速导弹飞行速度大于 8 马赫时，头锥瞬时温度将达到 1000°C 以上。在如此极端环境下，导弹天线罩要求具备承载、透波等功能，超高温的陶瓷基复合材料则成为唯一的天线罩材料。我国在陶瓷基复合材料的研发和应用上一直处于世界前列，具有代表性的是西北工业大学为液体火箭发动机研制的 C/SiC 复合材料系列喷管已经成功通过考核，上海硅酸盐研究所研制出碳纤维增韧陶瓷基复合材料，已经用于导弹端头帽和卫星的天线窗框。针对我国在陶瓷基复合材料应用中的不足，研究重点包括：**开发优质的基体和增强体材料以提高产品的热力学性能；确定陶瓷基复合材料的疲劳性能以解决产品长期服役带来的时效问题；攻克陶瓷基复合材料与异质材料的连接难题以拓宽产品的应用领域等**。

② 轻质高强的金属材料

目前，弹体结构分系统涉及到的金属材料主要包含**高温钛合金、铝锂合金以及金属间化合物**。

高温钛合金方面，钛合金作为具有高比强度、高比刚度、耐腐蚀、结合性能好、耐高温、抗蠕变等特点的材料，被广泛用于航空航天等国防领域。针对当前导弹追求高速化和小型化引起的气动热问题，导致对钛合金等主要结构材料的耐热性提出了更高的要求，因此高温钛合金成为了重点研究方向。目前，高温钛合金主要应用于导弹的舱段壳体、舵面与翼面等。我国自主研制的高温钛合金使用温度大多在 $550\text{--}650^\circ\text{C}$ 之间。其中 TA12(Ti55)、Ti633G 和 Ti53311S 是 3 种具有代表性的国产 550°C 高温钛合金。中科院金属所、宝钛集团、北京航空材料研究院共同开发的 TA12A 合金，已经成功应用于国产先进航空发动机加力燃烧室筒体和巡航导弹弹体结构等。目前高温钛合金的研究重点在于其**疲劳特性等方面**。

铝锂合金方面，作为航空航天材料中发展最迅速的轻量化材料，铝锂合金的特点是低密度、高弹性模量、高比强度和比刚度。锂是最轻的金属，其与铝溶解度极高。铝锂合金代替常规铝合金，可使结构件质量减轻 10%–15%，弹性模量提高 6%，刚度提高 15%–20%。与先进复合材料相比，铝锂合金抗压强度较好，并且防雷击，造价低。目前，我国已经具备第三代铝锂合金 2195 的生产能力，基本能够满足航空航天的材料需求。目前的研究重点在于**研制新型高强、高损伤容限的铝锂合金，并解决复杂结构件的钣金成形和热处理工艺问题**。

金属间化合物方面，其性能介于金属与陶瓷之间，具有耐高温、抗腐蚀、抗氧化、高强度等特性，是一种新型的结构材料和结构涂层材料。金属间化合物种类繁多，在航空航天领域得到应用的主要有 Ti-Al

系、Ni-Al 系金属间化合物。目前，我国航天工业目前正试图采用 Ti_2AlNb 合金替代 Ni 基高温合金制作发动机热端部件。

③ 先进的工艺技术

目前，用于导弹结构分系统的先进工艺技术主要包括**近无余量成形技术、超精密加工技术、3D 打印技术及智能制造技术**。

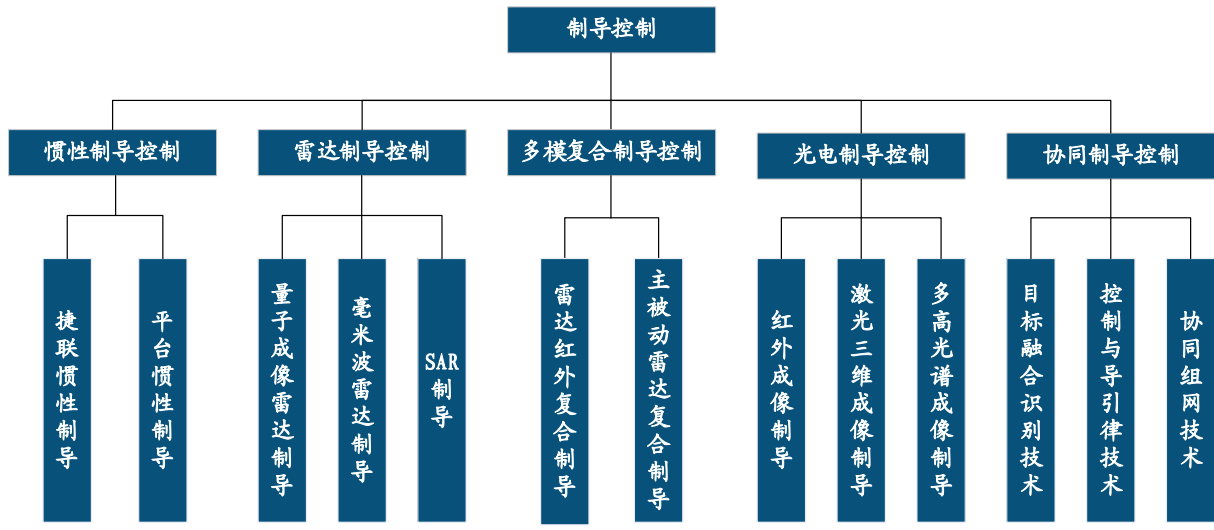
近无余量成形技术方面，是指零件在成形后，不需要加工或需很少加工就可用作结构件的成形技术。由于该技术在降低飞行器重量以及复杂零件整体化方面的独特优势，成为航空航天领域中复杂结构薄壁零件成形的关键技术。目前，比较成熟的近无余量成形技术有超塑成形（SPF）/扩散连接（DB）、熔模精密铸造等。在 SPF/DB 技术上，我国发展已有 40 多年的历史，基础研究和应用都已取得了很大发展。而熔模精密铸造方面，我国已形成了完整的铸造体系，但国内熔模精铸生产线使用的关键设备仍依靠进口，且大部分为西方国家 20 世纪 80 年代产品。因此，我国熔模精铸技术落后西方大概 30 年。因此，**研制长寿命、高可靠性的熔模精铸设备**是重点发展趋势。

3D 打印技术及智能制造技术方面，3D 打印用于导弹制造可以有效降低成本、提高效率。雷神公司已利用 3D 打印技术制造出 80% 的导弹部件；ATK 公司成功试验了 3D 打印的高超声速发动机燃烧室；美国海军“三叉戟-2”D5 潜射导弹在 2016 年首次测试了采用 3D 打印的导弹部件。同时，智能制造也对导弹生产制造产生重大影响，目前美国导弹防御局已启动“数字化推进器工厂”项目，支持从设计到生产的数字化工厂环境；洛马公司的新一代数字化制造系统已应用于导弹生产；雷神公司采用自动导引车实现导弹及零部件的自动搬运，使用六轴机器人完成导弹导引头光学系统的装配。

2.4.2.2 制导控制系统及相关光电元器件（光电元器件）

制导与控制系统是导弹精确命中目标的关键，随着信息技术的快速发展以及战场对精确制导武器的广泛需求，制导与控制技术有了长足的发展。目前国内外的导弹制导控制方式关键技术大体可分为惯性制导控制、雷达制导控制、多模复合制导控制、光电制导控制、协同制导控制等 5 个技术分支，各技术分支涉及到的具体技术如图 29 所示

图 29：导弹制导控制技术图谱



资料来源：《飞航导弹》，中航证券金融研究所整理

在制导与控制系统中，制导系统主要依靠制导设备，涉及到的零部件包括各类导引头及惯性仪表等，主要以军工央企所属企事业单位及民营企业参与研制，而飞行器控制系统则主要依赖于制导系统测量得到的飞行状态参数进行结算，以算法程序为主，主要以军工央企所属企事业单位设计为主。

基于各导弹制导技术相关专利发布数量来看，导弹制导控制技术发展经历了最早的惯性制导，而后出现了 SAR 制导、红外成像制导、激光三维成像制导，近年出现了目标融合识别、协同组网、量子成像雷达制导、主被动雷达复合制导的发展历程。其中，红外成像制导和激光三维成像制导是研究热点，协同制导的控制与导引律技术也是未来发展方向之一。

我们重点针对制导控制产业中的惯性制导控制以及光电制导控制，特别是制导系统部分进行详细技术发展及投资机会分析（雷达制导控制可详见报告《中航证券军工行业深度报告：电子探测系统，信息时代的“火眼金睛”》）。

① 惯性制导控制

惯性导航系统（INS）是一种不依赖于外部信息、也不向外部辐射能量的自主式导航系统，是以陀螺和加速度计为敏感器件的导航参数解算系统，该系统根据陀螺的输出建立导航坐标系，根据加速度计输出解算出运载体在导航坐标系中的速度和位置。

惯性制导控制相较于其他制导控制技术方向，具有自主隐蔽、实时连续、全天候、全时空、全地域环境敏感等特点，已成为天基、空基、海基和陆基武器装备导航定位、制导控制、瞄准定向及姿态稳定的通用核心装备，在惯性制导控制系统中，核心元器件为以陀螺仪、加速度计等为代表的惯性仪表，目前，**惯性仪表具有如下发展趋势：**

（1）新兴原子自旋陀螺、核磁共振陀螺、干涉原理样机陀螺、晶体光学陀螺和高端惯性传感技术已见高精度应用端倪。而 MEMS 技术作为原子惯性系统及其有效应用高精度、高动态有机融合的基础支撑技

术，同样是重点发展领域。

(2) 光学惯性传感技术以其成本寿命、精度可靠性优势已具备取代传统机械惯性陀螺传感技术倾向，采用三轴旋转调制可有效减小常值误差，提高光学捷联惯性系统应用精度。而传统高精度机械三浮陀螺、静电超导陀螺惯性仪表依然在战略和特种需求目标任务中仍具有独特需求，发展方向为高精度，长期稳定，基础微量量化深入综合性能提升等方面。同时，采用三轴旋转调制和电锁紧，实现不同任务剖面的平台捷联混合导航制导也可提升应用性能。

(3) MEMS 固体振动陀螺有望实现高精度极限和高端应用，成为未来高端 MEMS 惯性传感器发展趋势。多源复合、多元阵列式惯性微系统也有助于对实现不依赖 GPS 的自主导航、同时降低成本、提高精度，推动战术武器制导智能化的进程。

(4) 新功能材料的产生、新兴精密超精密制造的发展、人机智能微应力的集成以及微观量化标准规范，推动了高精度高可靠长寿命、快速反应、小型轻质低成本、大动态抗高过载、适应多元复杂苛刻环境的惯性传感器不断进步发展，从而满足智慧导航控制的需求。

(5) 动态、过载、电磁、温度等极端条件和多要素复合模拟仿真、综合激励测试试验，交付评估，加强试验理论、机理、方法、设备技术研究已成制约惯性技术发展的瓶颈和亟待解决的问题。

② 光电制导控制

如图 29 所示，当前光电制导控制主要构成包括红外成像制导、激光三维成像制导以及多光谱成像制导三部分。而在光电制导控制中，导引头是兼具自主搜索、识别与跟踪目标的复杂功能，能够持续输入目标信息并给出制导控制指令的核心部组件，其可以确保导弹武器系统不断地跟踪目标，进而实现对目标的精确打击。

在**红外制导控制**中，红外导引头可利用红外探测器识别、捕获和跟踪目标辐射能量实现自动寻的的制导装置，由于红外导引头在精度、抗干扰性、隐蔽性和效费比等方面具有很大优势，已经成为导弹广泛采用的目标敏感装置之一。近年来，随着以机器学习为基础的图像识别、目标跟踪等人工智能技术以及光电子技术、计算机技术和网络信息技术的深入发展，红外导引头在成像制导方面得到很大的提升，为了更好地适应未来信息化电子战环境，红外导引头目前的技术发展方向主要为具备更强的红外探测能力、更快的图像实时处理速度和更敏锐的电子感知能力。其中，**红外成像探视技术、自动目标识别技术、图像实时处理技术**等均是现阶段各个国家围绕提高导弹武器系统智能化水平和抗干扰能力的重点发展方向。另外，伴随海陆空天联合作战网络，各类导弹等精确制导武器都需要制冷和非制冷的先进红外传感器，共同的需求特点包括**更大规模的阵列、更小的像元间距、更高的灵敏度以及更低的功耗**，同时，**红外探测器低成本**也势在必行，所以非制冷红外探测器未来市场将更为广阔。

在**激光三维成像制导**中，主要采用主动成像制导方式，通过激光扫描，对目标进行成像，再与预先装在导引头中的待打击目标的激光成像特征进行匹配分析，自动识别并跟踪打击目标。主动式激光导引头独特的工作机制使其具备较高的角度、距离、速度分辨率，具有抗干扰能力强、获取信息量大、灵敏度高

等特点，但其受制于硬件发展水平，在武器装备的实际应用中并不多。其关键技术主要包括**高灵敏度探测接收、目标成像识别**等，同时，**非扫描成像技术**也可解决传统扫描成像帧率低、视场小、体积大等问题，其研究重点是 APD 阵列、PIN 阵列光电二极管探测器和集成信号处理器，以及利用其他成熟的阵列成像器件，采用新的工作体制实现非扫描三维成像。另外，激光导引头中的激光探测类器件在未来应用中，对于器件、技术单元**集成化**要求较高，构成激光光源、探测单元和信号处理单元**一体化**也是其重要的发展趋势。

多高光谱成像制导则主要应用于反隐身领域，通过采用多波段高光谱探测来更多地获取目标的多维度信息以实现目标识别，同时也有利于区分目标和诱饵，提高制导抗干扰水平，目前该项制导已应用于国内外新一代空空导弹等领域，多高光谱成像制导的核心技术在于**多传感器信息融合**，**发展趋势在于从硬件上采用高速微处理器和并行处理技术、软件上发展更加有效的特征级、决策级算法**等。

2.4.2.3 动力系统

导弹动力系统是提供导弹飞行动力的系统，动力系统主要由发动机及推进剂两部分组成，其中推进是能源，发动机是能量转化装置。本节将重点针对发动机的技术发展趋势进行分析，目前导弹的发动机主要可以分为应用于弹道导弹的大型固体火箭发动机、应用于战术导弹的中小型固体火箭发动机以及吸气式发动机（包含涡轮发动机、冲压发动机等）、新体制组合发动机（TBCC、RBCC）等。

① 大型固体火箭发动机

大型固体火箭发动机的应用领域主要包含弹道导弹及运载火箭中，技术发展具有共同性，本节将主要以运载火箭用大型固体火箭发动机的技术发展趋势作为主体进行分析，得到的结论对弹用大型固体火箭发动机技术发展趋势同样具有参考性。

大型固体火箭发动机是大型/重型运载火箭助推级的首选动力，也是固体运载火箭的主要动力装置，其发展一直备受各世界主要航天大国的关注。纵览世界各主要航天强国在大推力固体火箭发动机方面的研制历程，发展趋势包括：固体火箭发动机直接用作大型运载火箭芯级动力受到各国重视；整体式固体发动机发展取代百吨级装药量分段式固体发动机趋势明显；复合材料结构件在大型固体火箭发动机的应用日益加重。具体到我国大型固体火箭发动机技术发展上，虽然我国在大型固体火箭发动机方面已取得不错进展，但相较于美国、欧洲、印度均已实现直径 3m 级大型固体火箭发动机工程应用的现状，还有一定差距。国内已经试车成功的最先进固体发动机在外径、长度和整体质量上，均不如印度的 S-200 助推器，因此我国仍需在**装药技术、复合材料壳体技术以及喷管技术等三个方面进行技术攻关**。

装药技术方面，技术目标在于实现**创新装药技术，实现大吨位装药**。具体技术发展路径包括从设备入手，例如发展连续装药技术，建立连续装药生产线；或者从工艺入手，借鉴分段式装药的经验，在现有设备基础上，创新装药形式。

复合材料壳体技术方面，技术目标在于**大直径复合材料壳体技术，实现大尺寸壳体缠绕**。具体关键技术包括在于具有比强度大、比模量高以及材料性能的可设计性等优点的纤维增强复合材料研制上。

喷管技术方面，技术目标在于**长时间、大流量喷管技术，实现大尺寸喷管制造**。具体关键技术包括大型固体火箭发动机喷管的大尺寸喉衬的成型技术；柔性摆动喷管关键技术。

② 中小型固体火箭发动机

在战术导弹中，中小型固体火箭发动机是战术导弹飞行的主要动力装置之一，其质量和尺寸可以占到导弹质量和尺寸的 50%-80%，是导弹武器实现中、远程防空反导和精确打击的关键技术基础，其性能直接关系到导弹武器作战效能和威慑力。目前，防空反导、远程精打、未来智能导弹的发展对固体发动机的推进剂能量、质量比和调控能力等方面的要求越来越高，而发动机服役环境却越来越严酷，对固体发动机低易损性和环境适应性的需求日趋迫切，这都给固体发动机的研制提出了更高要求。目前，固体火箭发动机的发展可以归结为**高能化、轻质化、可控化和低易损** 4 个方向。

高能化方面，体现在固体火箭发动机能量水平仍需要提高，实现固体火箭发动机高能化的关键技术包括：推进剂采用新型高能或超高能物质；创新成型工艺，引入纳米含能材料；基于高比强度壳体材料和耐烧蚀喷管材料的高压强发动机技术；建立固体发动机高压强下的性能计算模型等。

轻质化方面，体现在基于轻质高效的能量管理能力上。关键技术途径包括：发动机燃烧室与封头或喷管一体化设计研究以及制造成型技术；固体发动机开展带装药缠绕一体化关键技术；高强碳纤维的工程化应用和新型壳体材料的开发；多脉冲固体发动机的柔性脉冲隔离装置（软隔舱）。

可控化方面，体现在固体火箭发动机可控化的发展正在从开环控制向闭环控制，从开关式向连续可调式方向发展，能量管理方式也从预设式到随控式方向发展，向着高精度、快响应的方向发展。具体技术途径包括：高功率密度驱动装置和高精度控制算法等方面；开展可多次启停固体发动机研究；装药结构优化设计、喉部调节装置研制、高压指数固体推进剂研制等。多脉冲发动机的多次点火技术。

低易损方面，体现在固体发动机低易损技术从组件级往整机级发展。关键技术包括有效集成钝感固体推进剂和复合材料壳体等组件级低易损性实施途径，开展固体发动机整机级低易损性研究；固体装药的尺寸效应和发动机组件间的相互影响研究；发动机整机层面的失稳机理研究以及扩稳技术；通过环境危险实时感知与主动扩稳相结合等技术，研制主动安全的固体发动机。

除此以外，为了支撑战术导弹实现智能化，固体发动机需要在智能可控、弹道最优、高安全性、能量自装配、状态感知、智能制造、免维护等方面深入发展。

目前，俄罗斯、美国等已经在可控化和低易损方面实现了战术导弹武器装备的服役，走在了中小型固体发动机发展的前列。尽管国内相关技术也日益成熟，但较之俄、美仍存在一定的差距，需要逐个突破**推进剂和热防护原材料、新型装药工艺、可调燃气阀门、压力闭环控制、有效扩稳**等关键技术，加速工程化进程，为我国战术导弹的跨越式发展提供技术支持。

③ 吸气式发动机

弹用吸气式发动机可以细分为亚音速导弹使用的涡轮喷气或涡轮风扇发动机（统称为涡轮发动机）、以及冲压发动机两大类。

涡轮发动机方面，小型涡轮喷气和涡轮风扇发动机可为高亚音速、中远程导弹提供理想的巡航动力，是各军事强国竞争的焦点。弹用涡轮发动机具有成本低、寿命短、尺寸小、转速高、增压比低、容积热强度大、起动和点火方式多样等特点，已被广泛应用于巡航、反舰和空地等多种战略与战术导弹。**针对这类传统涡轮喷气和涡轮风扇发动机，如何在最低限度满足性能要求的前提下，进一步降低成本、减少油耗、简化结构仍将是今后重要的发展方向。**另一方面，目前的涡轮喷气和涡轮风扇推进技术经过几十年的发展已日趋完善，在系统结构和材料耐温能力的制约下，欲大幅提升性能十分困难。以**螺旋桨风扇发动机、脉冲爆震涡轮发动机**为代表的新型动力装置，在循环效率、燃油消耗或系统结构等方面具有潜在优势，若能够突破现存的技术瓶颈，则有望取代涡轮喷气和涡轮风扇发动机，成为未来导弹的巡航动力。

冲压发动机方面，采用冲压式发动机的导弹由于可以实现全程有动力巡航，具有响应速度快、突防能力强、弹道机动不引起过大的速度损失、末端速度较高等独特优势，是未来飞行器的颠覆性发展方向之一。其中，超声速燃烧冲压发动机（简称超燃冲压发动机）被认为是目前实现飞行器在大气层内高超声速飞行的最佳动力装置，由于其良好的经济性与结构简单性，已经成为 21 世纪航空航天领域研究的重点之一。我国自 1980-1990 年中期就已开始超燃研究，90 年代后期至今，随着国家大量资金的投入，超燃冲压发动机的地面试验设施逐渐完善，超燃研究进一步深入与细化，涌现出大量研究成果，并突破了一些超燃冲压发动机关键技术。但同美国、英国、俄罗斯、法国、澳大利亚以及日本等国的研究状况相比，我国的高超声速推进技术在研究手段、设备建设、经费投入和人才培养等方面还有很大的差距，仍需要围绕超燃冲压发动机在推进系统设计、测量技术与飞行试验、材料与结构、飞行控制等关键技术上加强研究、寻求突破，为超燃冲压发动机的广泛应用铺平道路。总体来看，超燃冲压发动机技术发展上的关键技术主要仍在于对**相关基础科学的问题研究**。包括火、火焰传播与火焰稳定、碳氢燃料的详细化学反应机理及壁面热防护等。

2.4.2.4 弹载电源

导弹电源系统是导弹的重要组成部分，是导弹能够正常工作的保障。导弹电源系统通常由一次电源、二次电源以及电源控制电路等构成，具有响应时间快、功率密度大、高可靠、工作环境严酷、体积小、重量轻、耐贮存等特点。

目前，伴随热电池和电力电子器件水平的不断提高，为导弹电源系统的性能提高提供了有效的保证。电源系统性能的提高主要体现在**大功率、小体积、小质量、快速的起动反应时间、高效率、以及低噪声**等方面，同时，随着电源系统功能的不断增强，特别是涉及到火工品的点火控制功能，对导弹的安全性有至关重要的影响，因此需要电源系统具备自检功能。采用常规的模拟电路很难实现，同时会造成接口和电路的复杂性，降低可靠性。未来的导弹电源系统中将会采用智能化数字系统如 DSP，实现对电源系统的自检，保证电源系统安全、可靠。

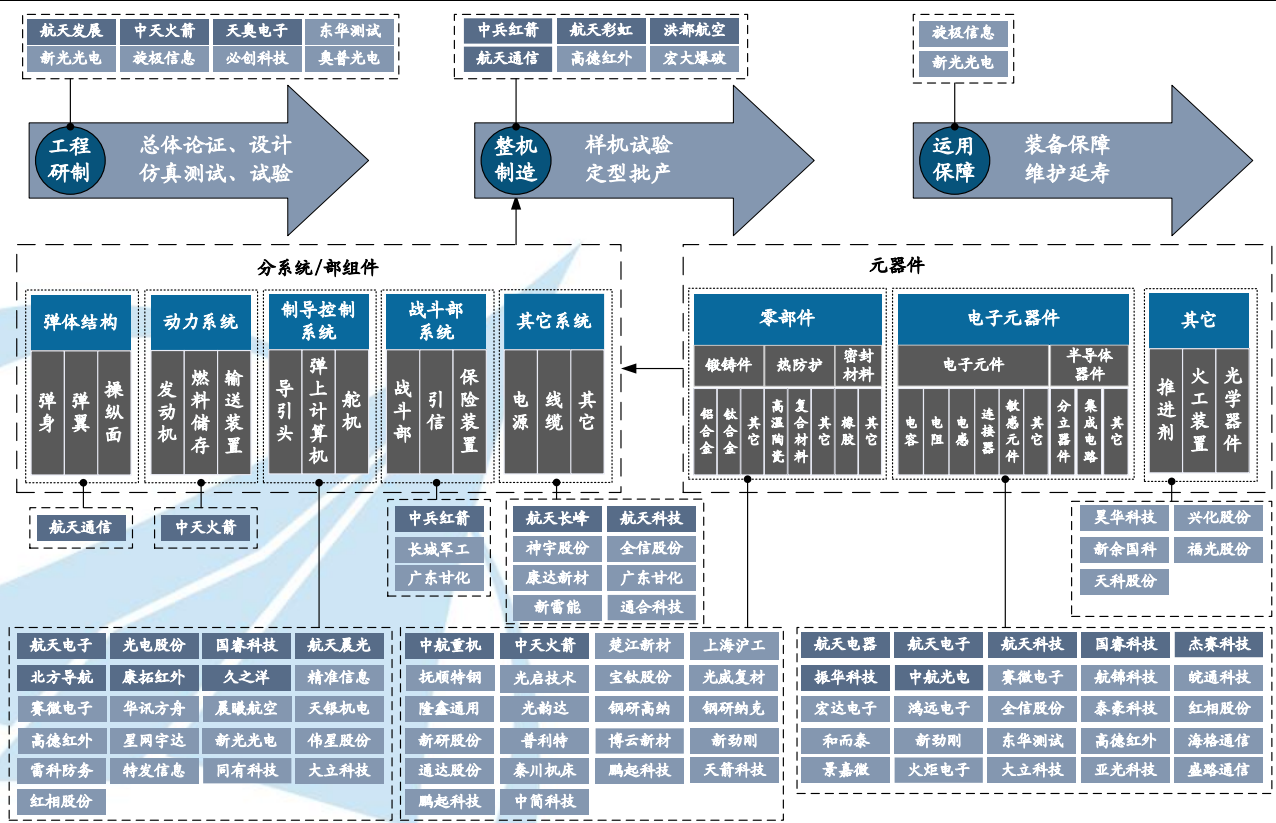
总体来看，随着导弹技术的不断发展和需求的不断提高，导弹电源系统将向**数字化、智能化、小型化、多功能**的方向发展。

2.5 导弹产业投资机会分析

综合以上分析，关于导弹产业投资，我们有如下判断及建议：

(1) 在当前国际形势处于百年未有之大变局背景下，全球新冠肺炎疫情的蔓延将加剧大国关系间的不确定性，而对导弹产业市场而言，**无论从内需还是出口两方面看，导弹装备都将保持稳定且快速的增长。该增长也将传导至导弹产业链中上游领域，兑现至相关企业业绩。**

图 28：导弹制造产业链及各部分相关上市公司



资料来源：wind，中航证券金融研究所整理

(2) 目前，导弹整机研发、集成、制造的投资项目标的较少，民营上市公司包括高德红外等。标的较少的主要原因为导弹产业参与主体，航天科工集团及航天科技集团在导弹整机相关科研院所、厂的资产证券化程度较低，同时，作为历史悠久的军工央企，我国导弹整机研发、集成、制造的核心技术基本沉淀于航天央企相关单位，导弹整机单位一般又属于国防军工中最高等级（一级）保密企业，资质壁垒与技术壁垒均较高。因此**建议重点关注伴随我国航天科技或航天科工集团所属相关优质企事业单位的资产证券化进程产生的投资机会。**

(3) 在各类战术导弹中，制导控制系统（及其相关零部件）成本占导弹总体成本比例较高，附加值较高，且涉及到的市场标的最多，上市公司包括高德红外、大立科技、新光光电及红相股份等。其中，应当重点关注 2.4.2.2 节中提出的，在**惯性器件及光电制导设备上拥有符合当前技术发展趋势，与相关航天**

央企单位具有稳定的供应关系、且能够切实解决与当前导弹产业中面临技术痛点相关核心技术的企业项目。

(4) 弹体结构、电源分系统产业中存在较多上市公司标的。其中，弹体结构标的主要集中在弹体结构用原材料领域，上市公司包括光威复材及中简科技等，建议可以重点关注**拥有 2.4.2.1 节中提到的弹用先进材料发展趋势相关核心技术的项目标的**；弹载电源产业上市公司包括航天长峰及新雷能等，**建议关注与相关航天央企单位存在密切、稳定供给关系、且成本控制良好的相关项目标的**。

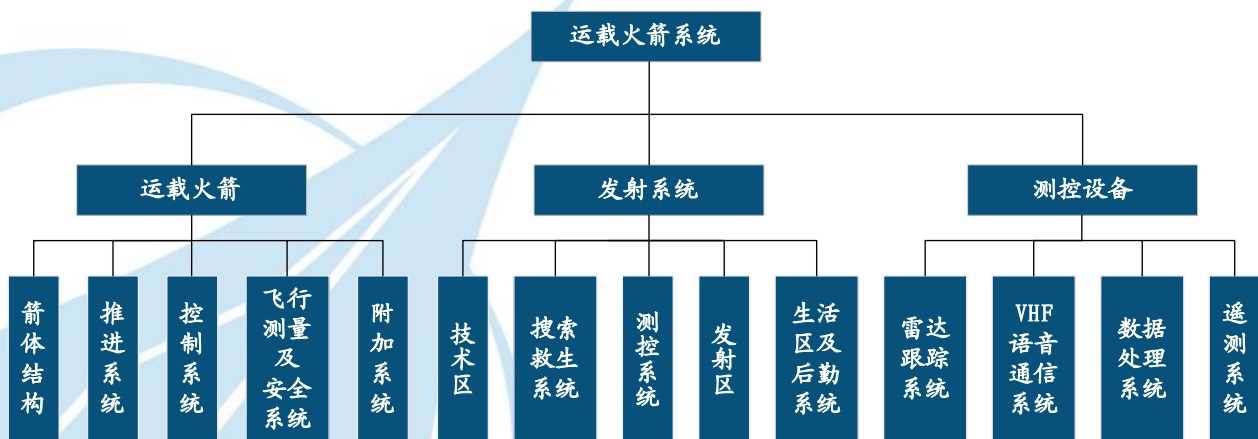


(三) 航天运输工具——运载火箭

3.1 运载火箭系统概述

火箭是依靠火箭发动机喷射工质（工作介质）产生的反作用力向前推进的飞行器，按照火箭用途分类主要包含运载火箭及探空火箭两种。在航天产业中得到较多应用的是运载火箭，运载火箭是能够将人造卫星、载人飞船、空间站或空间探测器等有效载荷送入预定轨道的航天运输工具，由单级或多级火箭组成。运载火箭与导弹尽管在任务目标、气动布局、结构与规模上存在一定区别，但主要组成的部组件类似，具体包括箭体结构、推进系统、控制系统、飞行测量及安全系统、附加系统等。运载火箭系统的基本组成可如图 30 所示。

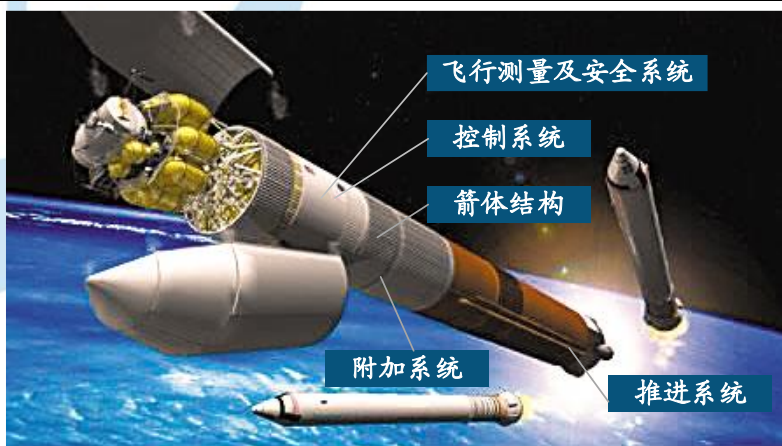
图 30: 运载火箭系统基本组成



资料来源：《运载火箭工程》，中航证券金融研究所整理

其中，运载火箭是运载火箭系统的核心组成，其各组成部分结构及功能如图 31 和表 13 所示。

图 31: 运载火箭各组成部分结构示意图



资料来源：中航证券金融研究所整理

表 13: 运载火箭主要分系统功能

分系统	功能
箭体结构	火箭各个受力和支撑结构件的总称
控制系统	控制火箭姿态稳定，使其按预定轨道飞行，并控制火箭发动机关机，达到预定的速度、将有效载荷送入预定的轨道
推进系统	产生推力，为火箭提供能源
飞行测量及安全系统	测量火箭飞行过程中的各种关键参数，并判断其是否安全飞行

资料来源：《运载火箭工程》，中航证券金融研究所整理

运载火箭整机的主要技术指标为**运载能力、入轨精度和可靠性**等，其中，运载能力代表了可以送入预定轨道的有效载荷的重量；入轨精度代表了有效载荷实际运行轨道与预定轨道的偏差，是运载火箭控制系统的重要指标；可靠性是衡量火箭系统工作过程中可能出现故障概率的重要指标。以上技术指标在一定程度上代表了人类自主进入太空的能力。而在当前商业航天发展过程中，**成本特性以及快速响应特性**（发射准备时间）也成为了重要的核心指标，以上各核心指标与运载火箭整机未来发展趋势也具有不可分割的联系，将在 3.4.2 节中详细分析。

3.2 运载火箭产业市场现状

3.2.1 运载火箭整机市场规模

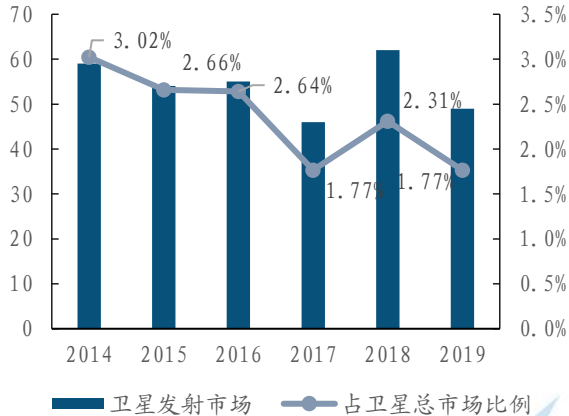
在航天发射次数方面，近 10 年来，全球及我国的火箭发射次数整体保持上升趋势（见图 6），2019 年，全球发射次数合计为 102 次，其中商业发射 78 次，占比超过 75%。

市场规模方面，**卫星发射一直是航天火箭发射的主要下游应用领域**。根据美国卫星工业协会（SIA）发布的统计数据（见图 32），全球当前卫星发射市场在每年 45-65 亿美元之间波动，仅占卫星产业总市场的 2% 左右，主要原因为尽管当前卫星市场受到组网、星座化的影响而快速增长（详见 4.2 节），部分卫星星座甚至拥有上万颗卫星的高密度部署计划，但受到微小卫星或小卫星占比的提高，运载火箭也同时在向“一箭多星、星多箭少”的趋势发展。综合以上，**我们预计，未来全球航天发射的年度总次数在中短期仍将保持在 100-160 次左右，而火箭发射在航天产业市场中的占比或将维持在 2% 左右。**

具体到我国火箭发射市场，根据中国与全球卫星发射次数的比例，可以测算得到我国火箭发射市场近年来的变化（见图 33）。可以发现，**2018 年我国卫星发射市场出现了较大幅度的增长，这主要是由于我国“通导遥”卫星星座部署数量及完成度较国际航天强国均具有一定差距**，而 2018 年我国卫星部署频繁，包括北斗三号系统、鸿雁及虹云工程的验证星发射等，导致 2018 年我国卫星发射次数达 39 次，较 2017 年增长了 1 倍以上，在世界各国航天发射次数中居首位。但由于 2017 年我国长征五号遥二火箭发射失利导致多个航天重大工程的发射进度延迟，以及我国一箭多星发射技术逐渐成熟，2019 年我国航天发射次数

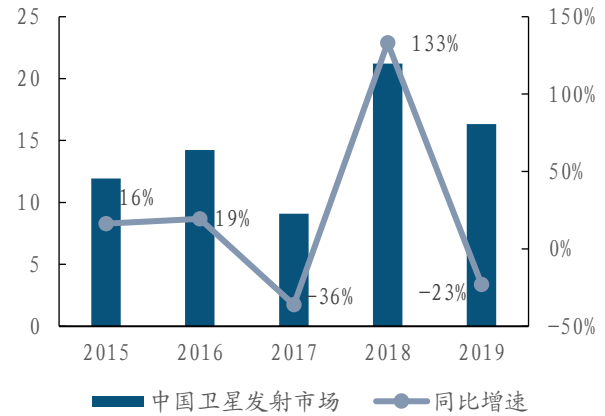
有所下滑，当前，截至 2020 年 6 月 30 日，我国 2020 年已实现卫星发射 15 次，基于航天科技集团在 2020 年计划发射超 40 次，在我国新冠肺炎疫情防控已经取得阶段性成果背景下，我们预计 2020 年全国航天发射将集中在下半年，发射次数有望超过 50 次。

图 32: 卫星发射市场变化及占比(单位: 亿美元; %)



资料来源: SIA, 中航证券金融研究所整理

图 33: 中国卫星发射市场估算(单位: 亿美元; %)



资料来源: 中航证券金融研究所整理

目前，以美国商业航天火箭发射行业龙头 SpaceX 为代表的商业航天发射企业，凭借可重复使用火箭等核心技术，在商业发射单位报价等方面形成了强大的竞争力，2018 年 SpaceX 预测其在全球商业发射市场份额将达 60% 以上。

反观国内，根据航天爱好者网披露的中国航天发射记录，我国 2012 年以来在海外商业航天发射市场方面，火箭发射载荷中包含海外卫星次数合计不超过 20 次，年均不超过 3 次，充分表明了**当前我国商业航天发射主要以国内市场为主**。我们认为，出现该情况的主要原因有两方面，一方面是成本问题，由于我国商业航天发射产业目前主要以航天科工集团所属火箭公司的“快舟”系列以及航天科技集团的“长征”系列为主，尚未有进入应用阶段的可重复使用火箭型号，发射成本较高（快舟 11 号（2020 年 7 月首飞失利）LEO 轨道发射成本目标为不高于 1 万美元/kg，长征 11 号甲运载火箭（预计 2022 年首飞）重视经济性，预计发射成本达到 1 万美元/kg，而猎鹰 9 在 2020 年 3 月披露发射成本约为 0.40 万美元/kg），在国际市场上缺少竞争力；另一方面是技术问题，美国在 2011 年通过了沃尔夫法案，基本全面禁止了中国商业火箭发射的国际合作，导致我国航天产业的国际化和国际交流遭遇了极大的困难，为我国商业航天发射技术的发展和商业推广都增添了大量阻碍，研发成本及时间成本有所提高，竞争力有所下降。

另外，我国 2020 年长三乙发射印尼卫星失利以及快舟 11 号的发射失利，也将对我国商业航天发射在国际上的品牌产生一定的负面影响。综合以上考虑，**可以推断我国未来短期内的航天发射市场仍将主要集中于国内卫星发射市场，而未来伴随成本控制能力较强的民营商业航天发展以及国家队技术水平的提高，该情况有望逐渐改变。**

卫星按照应用领域可以分为通信卫星、导航卫星、遥感卫星、科学实验卫星以及技术验证卫星等，由于卫星发射时实现“一箭多星”时所需的火箭数量既受卫星自身的种类、所处轨道、质量等多因素影响，同时也受不同火箭可以携带的运载能力影响。为实现对我国 2020-2025 年火箭发射次数的需求进行较为合

理的测算，我们忽略科学实验卫星以及技术验证卫星等商业价值不大的卫星，仅考虑未来即将部署，实用价值较大的通信卫星、导航卫星、遥感卫星，并按照重量将其为大卫星与小卫星（包含微小卫星）两类进行统计（统计过程详见 4.2.1.1 节卫星制造市场测算部分），具体结果如表 14 所示。

表 14：2020-2025 年中国卫星数量及火箭发射次数需求预测

卫星种类	尺寸	增量需求 (颗)	更新需求 (颗)	合计需求 (颗)
通信卫星	大卫星	5-6	7	12-13
	小卫星（含微小卫星）	1631	33	1664
导航卫星	北斗第三代导航卫星网络	3-4	2	5-6
	星基导航增强系统	620	—	620
遥感卫星	大卫星	76-78	7-8	83-86
	小卫星（含微小卫星）	433	17	450

资料来源：中航证券金融研究所整理

基于《欧洲咨询报告》中对 2012-2020 年各类卫星实现“一箭多星”时的卫星发射数量及卫星发射次数的比例，我们对单次火箭发射各类卫星的效率进行了测算（向上取整），忽略当前未统计的卫星部署计划及发射失败等情况，**2020-2025 年的运载火箭发射次数需求将超过 180 次**，具体结果如表 15 所示。

表 15：2020-2025 年中国通导遥卫星部署数量及火箭发射次数需求预测

卫星种类	尺寸	合计卫星部署需求 (颗)	单次运载火箭发射卫星效率 (颗/次)	发射需求 (次)
通信卫星	大卫星	12-13	1.14	11-12
	小卫星（含微小卫星）	1664	36.65	46
	合计			
导航卫星	北斗第三代导航卫星网络	5-6	1.87	3-4
	星基导航增强系统	620	36.65	17
	合计			
遥感卫星	大卫星	83-86	1.19	70-73
	小卫星（含微小卫星）	450	12.71	36
	合计			
合计				183-188

资料来源：中航证券金融研究所整理

注：考虑到星基增强系统卫星与低轨通信卫星重量相似，假设发射效率与通信小卫星发射效率相同

考虑到我国每年运载火箭发射次数与美国接近，按照美国卫星工业协会（SIA）发布的 2014-2019 年全球火箭发射单次市场规模的均值（5931.25 万美元）测算，**2020-2025 年的中国火箭发射次数市场合计为 108.54-111.51 亿美元（约 759.79-780.55 亿元），平均每年 18.09-18.58 亿美元（约 126.63-130.09 亿元）。**

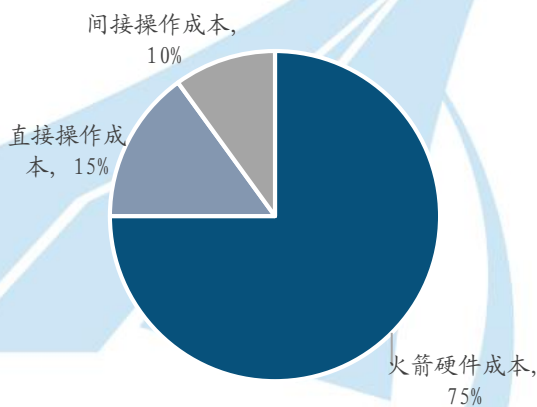
3.2.2 运载火箭各分系统市场情况

类似于导弹，运载火箭也是一个由若干个相互联系、相互作用、相互依存的分系统结合而成的复杂系统，其研发生产同样属于系统工程。具体各分系统概念及功能见于 3.1 节。

参考国外运载火箭发射成本，主要由火箭硬件成本、直接操作成本和间接操作成本组成。如图 34 所示，火箭硬件成本占发射成本的 75%，发射操作、推进剂等直接操作成本约占 15%、行政管理、发射场工程支持与维护等间接操作成本占 10%。按照上节中的测算，即 **2020-2025 年间每年火箭硬件市场规模约为 94.97-97.57 亿元**。

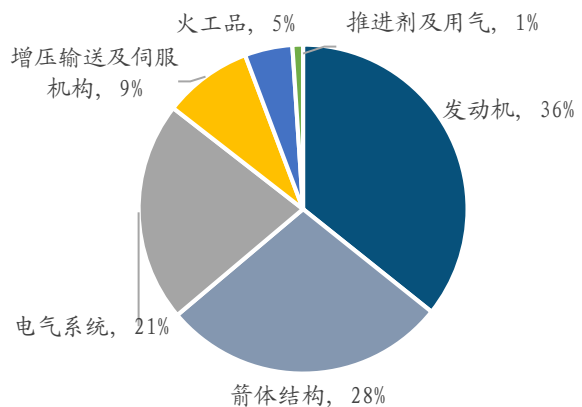
美国政府及军方发射诸如第三代 GPS 导航定位卫星、军用侦察卫星以及 X-37B 飞行器、“好奇号”火星探测器等高价值卫星或有效载荷，采用了美国 ULA 公司旗下最具竞争力的运载火箭——宇宙神 5 系列运载火箭，从该系列运载火箭的成本构成（见图 35）来看，火箭发动机成本占比达到 36%，其次为箭体结构及电气系统（此处的电气系统为广义的电气系统，概念包含了 3.1 节提及的运载火箭控制、飞行测量安全系统中的遥测系统、附加系统中的狭义电气系统等），分别占比为 28%及 21%。可以发现，**以上三大部组件合计占比达到火箭硬件总成本的 75%，是运载火箭硬件成本的主要构成**。

图 34：一次性运载火箭发射成本构成（单位：%）



资料来源：《中国航天》，中航证券金融研究所整理

图 35：宇宙神 5 火箭硬件成本组成（单位：%）



资料来源：《中国航天》，中航证券金融研究所整理

3.3 运载火箭产业链分析

运载火箭研发生产的产业链与导弹武器系统近似，产业链上游主要为**工程研制**，具体涉及到运载火箭的总体论证、设计（包括运载火箭总体设计与分系统设计）、仿真测试、试验部分，主要由航天科技、航天科工集团所属企事业单位以及部分商业火箭企业参与实施，同时部分科研院所、厂及民营企业参与样件的定制化研制、生产、实验。

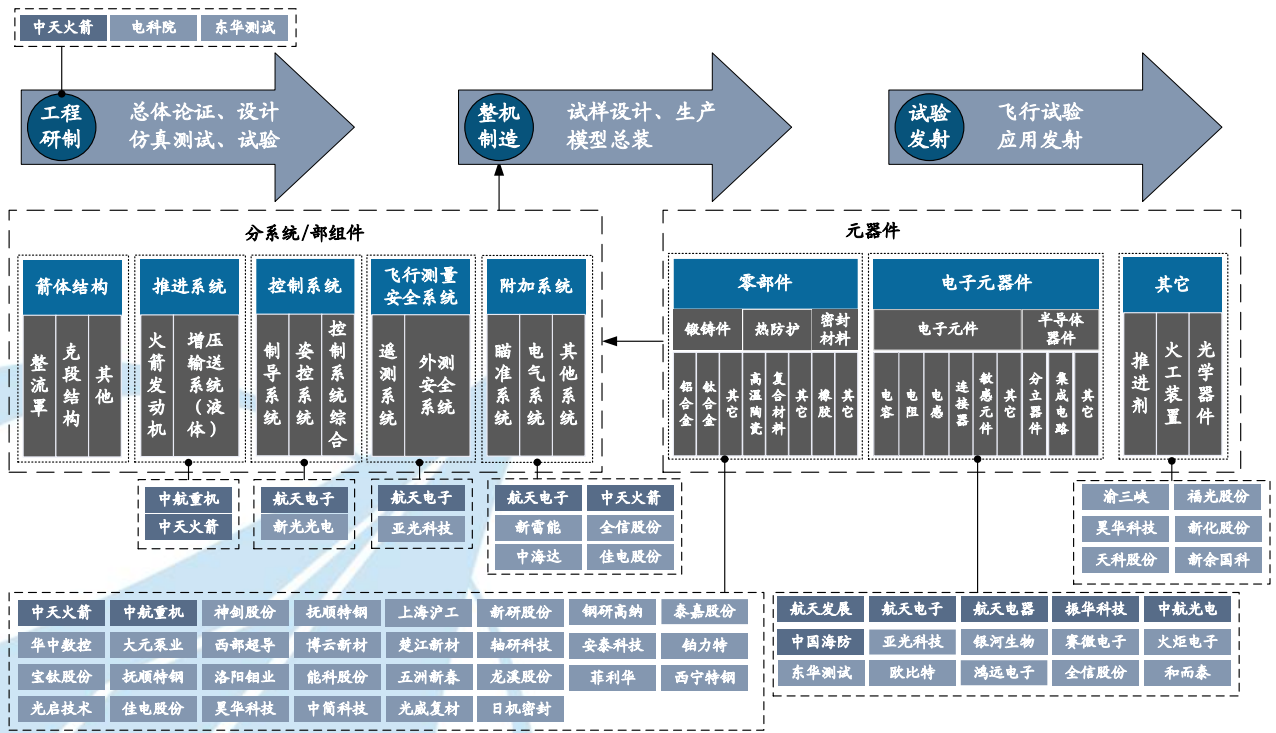
产业链中游主要以运载火箭研制定型后的**试样设计、生产制造及模型总装**为主，其可按照元器件配套加工生产、分系统（部组件）集成、模型集成进行产业链的再次细分。其中，元器件配套加工生产及分系

统（部组件）由航天科技、航天科工、中国电科等军工集团所属企事业单位及民营企业参与，总装集成主要由航天科技、航天科工集团所属总装厂以及部分商业运载火箭企业参与。

产业链下游主要为运载火箭的**飞行试验及应用发射**，由运载火箭总体设计单位主要负责运抵发射场，同时航天测控网相关单位也要参与进火箭的正式发射过程。

具体运载火箭研制产业链及各部分相关的上市公司可如图 36 所示。

图 36：运载火箭制造产业链及各部分相关上市公司



资料来源：wind，中航证券金融研究所整理
注：图中包含探空火箭等其他火箭相关上市公司

3.4 运载火箭系统技术发展趋势

3.4.1 总体技术发展趋势

与种类繁多的导弹整机相比，运载火箭整机方面的技术发展趋势更为明确，2017 年 11 月中国运载火箭技术研究院发布了《2017-2045 年航天运输系统发展路线图》，系统规划了航天运输系统的能力建设前景与发展蓝图。

根据路线图中的规划，到 2020 年，长征系列主流运载火箭达到国际一流水平，同时面向全球提供多样化的商业发射服务。其中，低成本中型运载火箭长征八号实现首飞，在役火箭实施智能化改造，商业固体运载火箭与液体运载火箭可为用户提供“太空顺风车”、“太空班车”及“VIP 专车”等商业发射服务。

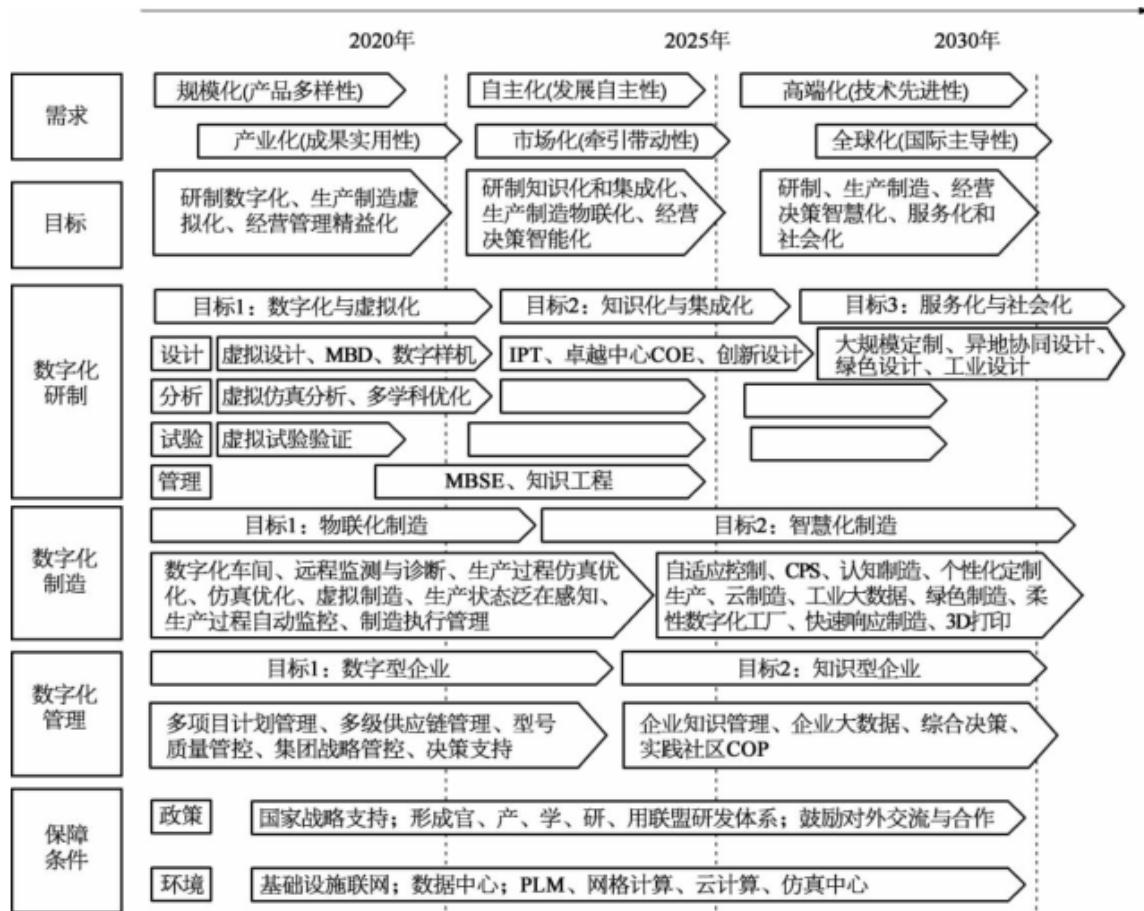
2025 年前后，可重复使用的亚轨道运载器研制成功，亚轨道太空旅游成为现实。同时，空射运载火箭

将快速发射能力提升到小时级，智能化低温上面级投入使用，运载火箭将有力支撑空间重大基础设施建设、空间站运营维护、无人月球科考站建设，商业航天建成集地面体验、商业发射、太空旅游、轨道服务为一体的系统体系。

具体来看，从近年来我国运载火箭整机的研制发展方向上看，**运载火箭当前的发展趋势主要为无毒、无污染、低成本、高可靠、大推力、适应性强、安全性好等**。除此以外，未来伴随航天发射任务多样化的需求，**运载火箭发射快响应也将成为重要的技术发展趋势**。

在总装技术方面，由于运载火箭总装一般为先将除动力系统以外的各分系统的设备、仪器、阀门、导管、电缆及零部件装入相应部段后，再进行各部段和发动机的对接，当前装配以手工操作为主，因此**柔性、数字化自动装配技术是运载火箭总装的发展方向**，同时相关文献也总结里了我国航天装备总装技术发展路径图（见图 37）

图 37：航天装备数字化、智能化发展技术路线图



资料来源：《航天航空智能制造技术与装备发展战略研究》，中航证券金融研究所整理

参考近 30 年来，美俄欧日等主要航天国家，按照模块化、通用化、系列化的发展思路，研制的宇宙神 5、德尔它 4、安加拉、阿里安 5、H-2A 等主力运载火箭，成功率均都达到 95%以上，部分超过 97%，表明当前各航天大国主力运载火箭的可靠性已达到较高水平。然而随着航天发射市场竞争程度日渐激烈，以

上主力火箭的发射价格大部分超过了 1 亿美元，对下游航天发射市场的拓展产生了较大不利影响。目前，国外航天研发机构和商业公司纷纷提出了新一代大型主力运载火箭的研制计划，都把**降低发射成本作为一个主要的目标**，如 SpaceX 通过可重复使用火箭降低成本、轨道 ATK 计划进一步优化“飞马座”XL 空射运载火箭的发射价格等，在我国商业航天发射仍处于较早期的阶段，**我们认为，我国无论是航天央企、其他国企还是民营商业航天企业均会将在保证发射成功率前提下，降低成本都将成为最重要的发展重点之一。**

3.4.2 重点分系统技术发展趋势

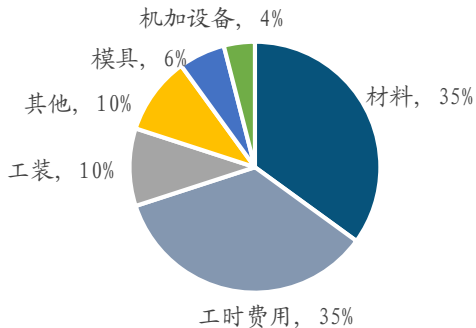
如 3.4.1 节中分析，运载火箭作为复杂系统工程的产品，其整机的性能发展趋势主要为无毒、无污染、低成本、高可靠、大推力、适应性强、安全性好、发射快响应、数字化以及智能化等，**其中低成本是商业航天发射领域考虑的最主要因素之一。**以上整机发展趋势对以运载火箭产业链中上游的各分系统（部组件）、元器件（零部件）的发展趋势产生了重要影响，本节将主要针对几个运载火箭成本主要构成，且与资本市场相关性较强的部分部组件及元器件进行深入的技术发展趋势及投资机会分析。具体包括箭体结构中的**运载火箭材料及相关加工工艺、推进系统**、以控制系统中的**制导系统**及其附加系统中的**电气系统**。

3.4.2.1 箭体结构分系统（材料制造及加工）

运载火箭的箭体结构是火箭的主体。主要包括整流罩、级间段、尾段等部段，而液体运载火箭还包括压力容器部件即推进剂贮箱等。其中，贮箱主要采用铝合金材料。推进剂贮箱的成形工艺主要包括钣金成形工艺、拼焊工艺以及铣削工艺。整流罩、级间段、尾段等干部段结构大多采用铝合金铆接结构、整体铸造后机加结构或复合材料夹芯结构，主要涉及到的成形工艺包括铆接、铸造、钣金成形、热压罐固化等工艺。

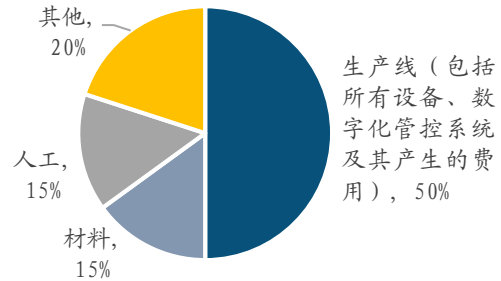
箭体结构生产成本主要取决于材料、工装模具、人工工时以及设备损耗等其他费用。以某型固体运载火箭为例，其箭体结构成本构成如图 38 及图 39 所示。可以看出，在单发生产时的情况下箭体结构主要成本取决于人工工时、原材料以及模具工装的成本。而在系列定型后，大批量运载火箭生产时生产线等固定资产投资占比将达到箭体结构成本的一半，材料成本及人工工时费用将下降至 15%。由于我国运载火箭当前仍以单发生产为主，未来有望转入大批量商业运载火箭生产，因此，目前**材料成本及工时费用（受加工工艺影响）等仍是箭体结构的主要成本构成。**

图 38: 单发运载火箭生产时箭体结构成本构成 (单位: %)



资料来源:《航天制造技术》, 中航证券金融研究所整理

图 39: 大批量运载火箭生产时箭体结构成本构成 (单位: %)



资料来源:《航天制造技术》, 中航证券金融研究所整理

目前, 普通高性能金属材料仍是航天结构材料的重要组成部分, 但其应用已基本接近技术的极限, 随着航天飞行器迫切的减重需求, 具有优异力学性能的轻质结构材料, 尤其是以**铝合金、镁合金、钛合金及复合材料等材料为代表的轻质结构材料成为航空航天研究的热点。**

轻质合金结构材料方面, 涉及到的技术发展重点包括超高强铝合金, 在力学性能的大幅度提升造成相应的塑性降低、淬透性差、淬火残余应力大、机加工难度大等一系列问题; 耐高温高强镁合金中, 工业化变形镁合金总体强度水平不高、塑性较差, 大尺寸结构件抗拉强度和延伸率有待提高, 高强耐热变形镁合金大尺寸铸锭的熔铸技术和加工成型技术有待提高、镁合金结构件全生命周期防护技术; 大多耐高温高强钛合金工程化应用水平不成熟。

轻质复合材料方面, 发展趋势为提高结构复合材料的耐高温性能、力学性能, 掌握耐高温树脂基结构成型技术, 降低制造成本, 形成具有自主知识产权的结构复合材料体系。

3.4.2.2 推进系统

火箭推进系统是产生火箭推进力的系统, 是火箭中最重要的分系统之一。火箭推进系统主要包括主动力系统、辅助动力系统及增压输送系统三部分, 我们着重分析主动力系统, 即为运载火箭提供飞行主推力的发动机系统。目前, 运载火箭主动力系统主要采用火箭发动机, 具体可分为固体火箭发动机以及液体火箭发动机。总体来看, **发展大型、重型运载火箭及可重复使用火箭是一个国家迈向航天强国的必然途径, 大推力、低成本、高可靠和使用维护方便是动力系统的重点发展方向, 同时, 在高可靠的基础上实现低成本是重中之重。**

① 固体火箭发动机

固体火箭发动机方面, 目前, 运载火箭固体火箭发动机主要为大型 (大推力) 固体火箭发动机, 其技术发展趋势类似于导弹大型固体火箭发动机发展趋势, 详情可见 2.4.2.3 节。

② 液体火箭发动机

液体火箭发动机方面。由于我国新一代中型运载火箭和重型运载火箭对大推力液氧/煤油发动机和液氢/液氧发动机提出了新的研制需求，对比冲、推力、推质比等性能的需求有所提升，还需要具备推力调节、故障诊断等功能，并大幅优化使用维护条件，因此需要发动机大范围节流技术；同时需要对现有液氧/煤油发动机和液氢/液氧发动机改进，以便将为新一代火箭适应未来任务提供强有力支撑；加大对具有系统结构简单、组件相互独立性好、研制周期短、研制费用低等优点的开式循环液氧/煤油发动机的相关研究。

③ 航天推进系统其他技术发展方向（可重复使用、核动力、电推进）

针对航天推进系统还有其他技术发展趋势，中短期来看，包括具有良好的机动性、灵活性，可实现快速进入空间的先进空射动力系统技术，远期来看还包括：比冲可达千秒量级，推力可达百吨量级，可在发射后半小时内载人登陆火星，是可预见的未来太空探索的首选推进系统的核热推进系统；使用起来类似液体推进剂，可有效提高使用维护性的凝胶推进系统；低成本、无毒、无污染、高可靠、使用维护方便的可重复使用火箭发动机，特别是液氧/甲烷推进剂组合的可重复使用火箭发动机，是可重复使用火箭发动机的重要发展方向之一。

3.4.2.3 制导系统

类似于导弹制导系统，运载火箭控制系统中的制导系统是由测量、控制装置和箭载计算机等组成。其功用是测量和计算火箭的位置、速度、加速度、轨道参数等，与预先装定的参数比较，形成制导指令。考虑到中国长征火箭系列的制导系统一般采用惯性制导，而控制装置及箭载计算机主要为军工央企相关企业事业单位为参与主体，相关投资标的较少。

具体到惯性制导方面，我国运载火箭主要采用激光惯性测量单元和光纤惯性测量单元互为主备份，测量箭体转动角速率、平移加速度。光纤速率陀螺和横法向加速度计组合正用于火箭稳定系统和姿态控制系统，测量箭体的偏航、俯仰和滚动角速度，以及箭体线加速度和姿态信息。目前，宇航用惯性技术的发展趋势集中在如何**进一步提高惯性仪表和系统的精度；实现惯性仪表和系统的高可靠、长寿命、长期免标定；以及实现轻质化、低功耗和低成本。**

3.4.2.3 电气系统

运载火箭电气系统主要负责实现飞行过程及地面测试过程中的导航制导控制、参数测量、遥测遥控、供配电管理以及故障诊断功能，是运载火箭的重要组成部分之一。目前运载火箭整机对电气系统的研制需求可以分解为大结构尺寸对轻量化需求、大功率负载对能源需求、全天候无依托测控需求、高智能的飞行故障适应性需求以及子级独立应用/测试需求。

综合国内外的技术发展差距和火箭发展需求，后续运载火箭电气系统发展主要瞄准集成化、轻质化、智能化、便捷化发展方向。涉及到的相关技术包括**综合电子类技术（模块化集成技术、高速实时总线技术、**

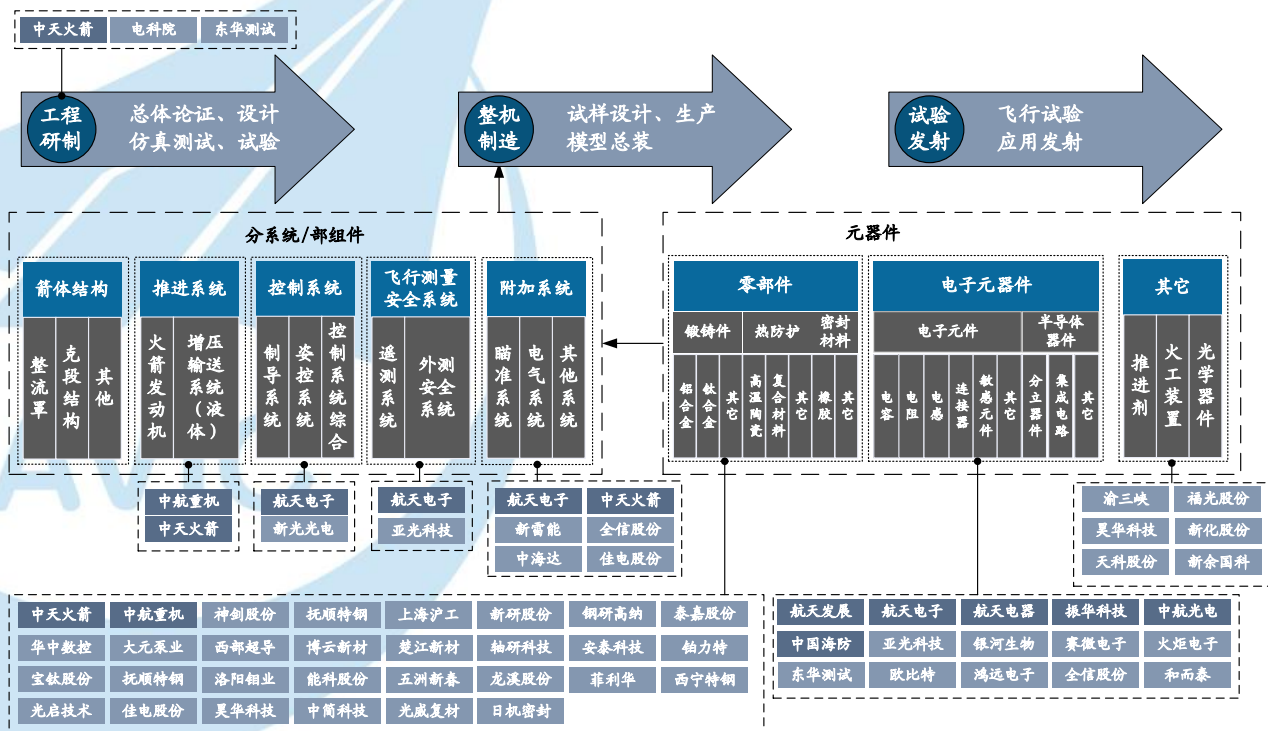
分时分区操作系统）、轻质化技术（光纤互联技术、箭地无线供电、无线传感技术以及高压供电体制）、多电火箭技术（电静压伺服机构及流体动力电源技术）、智能化技术（智能测试技术及智能控制技术）以及便捷化技术（远程异地实时交互、子级独立测试、高码率天基测控及推进剂液位测量技术）等。

3.5 运载火箭产业投资机会分析

综合以上分析，关于运载火箭产业投资，我们有如下判断及建议：

（1）在当前“一箭多星”发射技术的日益成熟背景下，我们测算出中国未来运载火箭产业的市场规模将处于每年 128 亿元左右，由于运载火箭产业需要前期大量的研发投入以及生产线的固定资产投资，因此我们判断，航天发射市场规模或难以同时承载以航天科工所属火箭公司和航天科技集团所属运载火箭研究院等为代表的商业航天“国家队”，以及众多民营商业航天发射企业。考虑到大量民营商业航天发射企业的运载火箭所用元器件、部组件均需要采购自航天央企所属的相关单位，我们预计，**运载火箭市场整体将由以航天科工、航天科技所属商业航天企业（如航天科工火箭及长城火箭）以及少数民营商业航天公司龙头占据、大量的民营商业航天发射企业或将会在竞争过程中被整合或淘汰。**

图 36: 运载火箭制造产业链及各部分相关上市公司



资料来源：wind，中航证券金融研究所整理

注：图中包含探空火箭等其他火箭相关上市公司

（2）当前业务包含火箭设计为主业的上市公司仅为航天科技集团所属中天火箭（主要为探空火箭），类似于导弹产业，**建议关注在运载火箭领域具有深厚技术积淀的航天科工及航天科技集团相关科研院所、**

厂的资产证券化。

(3) 在运载火箭中，发动机、箭体结构及相关加工工艺、控制系统中的制导系统及其附加系统中的电气系统是运载火箭成本的主要构成。其中，动力系统方面，上市公司包括中天火箭，**建议关注航天科工六院、航天科技四院、航天科技六院相关资产证券化情况，以及部分拥有先进动力系统技术且具有良好成本控制能力的民营商业航天公司**；箭体结构方面，上市公司包括光威复材及中简科技等，**建议重点关注拥有 3.4.2.1 节相关航天用先进材料制造加工技术的标的**；电气系统方面，上市公司包括航天电子及中天火箭等，**建议重点关注航天军工央企所属相关上市公司以及与航天央企相关单位存在稳定供应关系的相关项目目标的**。



（四）天地一体化设施——卫星

4.1 卫星系统概述

卫星是数量最多的空间飞行器，是利用空间资源环境，为经济社会各领域用户提供通信广播、导航定位授时、地球综合观测及其他产品与服务的天地一体化设施。卫星的分类方式较多，可以按照所处轨道、应用领域以及重量进行分类。其中，人造卫星主要所使用的主要轨道如表 16 所示。

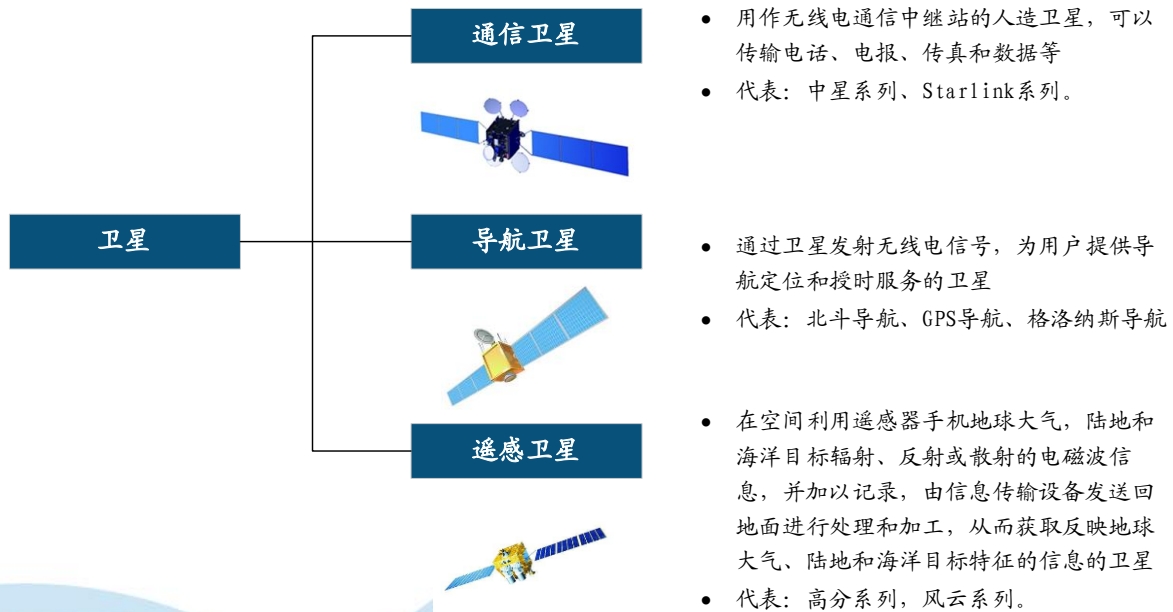
表 16：地球人造卫星主要所处轨道

轨道名称	简称	高度 (km)	轨道特点
低地球轨道	LEO	200-2000	存在稀薄大气，航天器会受到微弱的阻力，导致运行轨道高度会逐渐衰减，需要定期或不定期进行轨道维持； 典型航天器：载人飞船，空间站、对地观测卫星以及新型通信卫星系统
中地球轨道	MEO	2000-30000 (远地点)	典型航天器：导航卫星
地球同步轨道	GEO	36000	轨道周期等于地球自转周期； 典型航天器：通信、气象、导航以及军事情报搜集
太阳同步轨道	SSO	600-800	轨道平面始终与太阳保持固定的取向； 典型航天器：气象卫星，光学遥感卫星

资料来源：《航空航天技术概论（第二版）》，中航证券金融研究所整理

同时，卫星可以按照应用领域分类，当前应用较为广泛的卫星主要为**通信卫星**、**导航卫星**以及**遥感卫星（对地观测卫星）**。其他还包括一些教育、科研用卫星等，但由于数量占比较少，本报告不做过多分析。卫星按照应用领域分类如图 40 所示。

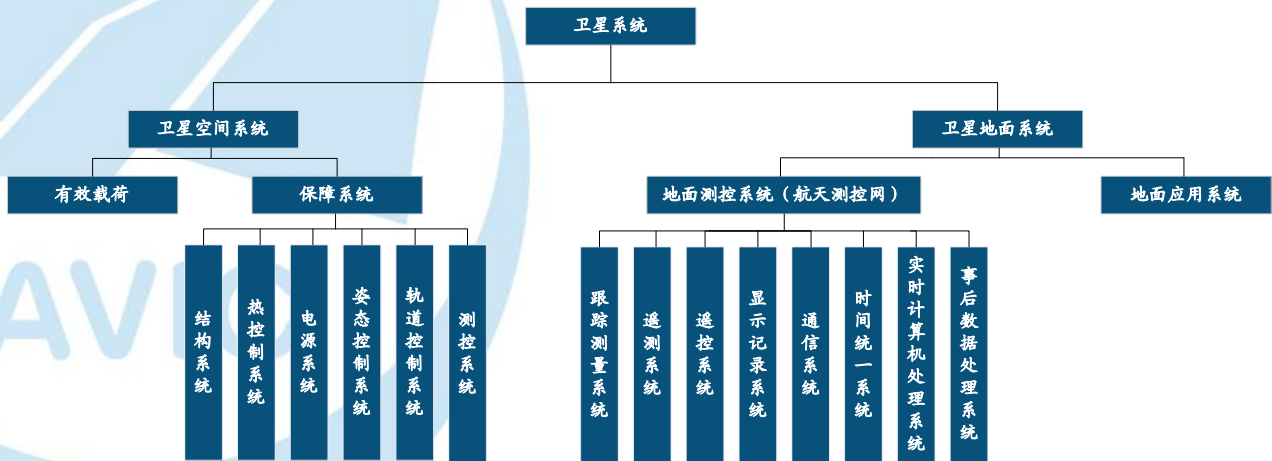
图 40: 卫星按照应用领域分类



资料来源：《致知商业航天》，中航证券金融研究所整理

一套完整的卫星系统由功能配套、长期持续稳定运行的空间系统与地面系统组成。具体各分系统构成情况如图 41 所示。

图 41: 卫星系统的具体构成



资料来源：《空间飞行器设计》，《航天测控系统》，中航证券金融研究所整理

① 空间系统

在空间系统方面，尽管卫星按其应用领域分类众多，但空间系统一般均由**有效载荷**和**保障系统**两大类分系统构成。有效载荷用于直接完成特定的航天任务，保障系统用于保障卫星从火箭起飞到工作寿命终止星上所有分系统的正常工作，其中各种卫星的保障系统基本均由**结构系统**、**热控制系统**、**电源系统**、**姿控**

系统、轨控系统 & 测控系统构成，卫星空间系统各分系统的具体功能如表 17 所示。

表 17: 卫星空间系统各组成部分功能及分类

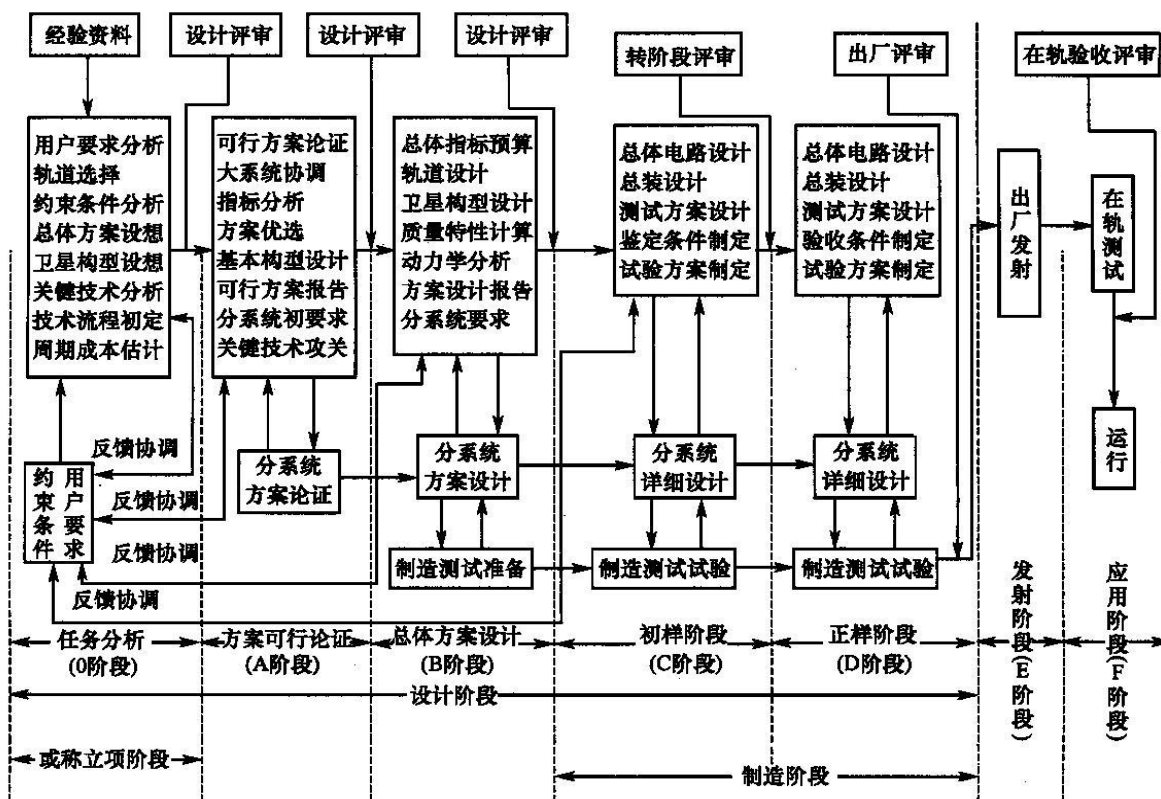
组成部分	具体功能	具体分类或构成
有效载荷	用于直接完成特定的航天飞行任务	通信卫星：转发器及天线
		导航卫星：低轨测速导航系统，全球导航定位系统，全球同步卫星无线电测定系统
		遥感卫星：各类传感器、合成孔径雷达（地面资源卫星）及数据传输设备等
结构系统	用于支撑和固定卫星上的各种仪器设备，使他们构成一个整体，以承受地面运输、运输器发射和空间运行时的各种力学环境和空间运行环境	整体结构、密封舱结构、公用舱结构、有效载荷舱结构和展开结构
热控制系统	用于保障各种仪器设备在复杂的环境中处于允许的温度范围内	被动热控制，主动热控制
电源系统	用来为卫星所有仪器设备提供所需的电能	一般采用太阳电池及蓄电池联合供电系统
姿控系统	用来保持或改变卫星的运行姿态	重力梯度稳定、自旋稳定和三轴稳定
轨控系统	用来保持或改变卫星的运行轨道	——
测控系统	遥测部分：用于测量并向地面发送卫星的各种仪器设备的工程参数和其他参数	由传感器、调制器和发射机组成
	遥控部分：用于接收地面测控站发来的遥控指令，传递给有关系统执行	由接收机和译码器组成
	跟踪部分：接收地面测控站发来的遥控指令	由信标机和应答机组成

资料来源：《空间飞行器设计》，中航证券金融研究所整理

与导弹及火箭整机系统类似，卫星的设计、研发及制造也属于系统工程，研制一颗传统的新型卫星周期可达 5-8 年（小卫星或微小卫星研制周期有所不同，一般较短），而在研制发射成功后，其结构、电源、姿态和轨道控制等分系统构成的保障系统平台一般可继续用于其他新研制的相同类型及规模的卫星，缩短未来型号的研制周期及降低成本。卫星研制的简略技术流程如图 42 所示。



图 42: 卫星研制简略技术流程图



资料来源:《空间飞行器总体设计》, 中航证券金融研究所整理

卫星所处的在轨工作环境一般为真空、高低温交变、强电磁辐射等恶劣环境, 因此卫星具有不可维修性、自主工作性的特点。在此条件下, 卫星保障系统的性能指标主要包括**尺寸、质量、功耗、寿命、可靠性、遥测参数、遥控指令等**, 而在有效载荷方面, 其性能指标与卫星的应用领域有关, 如遥感卫星中的对地观测卫星有效载荷要考虑相机分辨率、数据传输速率、数据压缩比、信息存贮容量等。

以上卫星空间系统部分的性能指标均可拆解到各分系统上, 其与卫星整机、各分系统未来的技术发展趋势密不可分, 细节将分别在 4.4 节中详细分析。

② 地面系统

卫星地面系统则主要由地面测控系统及地面应用系统构成。其中, 地面测控系统由跟踪测量系统、遥测系统、遥控系统、实时计算机处理系统、显示记录系统、时间统一系统、通信系统以及事后数据处理系统各分系统共同组成。具体各分系统的具体功能及构成如表 18 所示。

表 18: 卫星地面测控系统各组成部分功能及分类

组成部分	具体功能	具体分类或构成
跟踪测量系统	用于获取轨道参数和物理特性参数, 拍摄和记录目标的飞行状态(含姿态)图像	光学测量系统和无线电外测系统

遥测系统	用于接收、解调从目标上下发的遥测信号，获取目标的工作状态参数和环境数据	卫星数据采集设备、编码器、调制器、发射机和地面接收、解调、记录显示等设备组成
遥控系统	用于对卫星的轨道控制、姿态控制以及卫星上仪器、设备的工作状态控制，向目标上的计算机注入数据	地面控制指令产生器、编码器、调制器、发射机、发射天线和卫星上指令接收机和译码器等设备
实时计算机处理系统	用于实时计算测量系统所获取的信息，为指控中心提供显示数据，为测控设备提供引导信息。	中心计算机、测控站计算机和设备微机以及相应的软件和外部设备
显示记录系统	用来指挥人员观测航天器的发射、飞行实况、以便实施指挥控制	监视显示台、大屏幕、电视监视器和各种记录设备
时间统一系统	向各种测控设备提供统一的时间基准和频率基准	定时接收机、标准频率源、时间码产生器等
通信系统	用于将各级指挥中心、测控站点联系起来，完成各种数据、语音、图像等信息的传输	信源终端、用户终端、数据传输设备、通信线路和交换设备
事后数据处理系统	用于精确处理轨道数据和遥测数据，向各型号研制部门提供处理结果报告。	计算机、判读设备、磁带（盘）记录重放设备、打印显示设备、频谱分析设备、数据存储设备以及相应的软件组成

资料来源：《航天测控系统》，中航证券金融研究所整理

卫星地面应用系统根据卫星应用领域差异而有所不同，本报告将重点分析当前应用市场规模较大的**卫星遥感应用系统、卫星导航应用系统以及卫星通信应用系统**。各类卫星地面应用系统的具体应用领域及具体设备产品如表 19 所示。

表 19：各类卫星地面应用系统的应用领域及具体产品

各类应用系统	应用领域	具体产品
卫星遥感应用系统	服务于军事侦察、环境监测、国土测绘、森林检测、精细化农业、气象预报等领域	卫星固定接收处理站、机动接收处理站、业务运行管理系统、遥感影像处理平台等
卫星导航应用系统	服务于航空、船舶、气象、林业、减灾、地震、物流、旅游公共安全等多个行业	高动态定位导航、高性能定姿定向、高精度测量授时三大类系列化导航芯片及终端产品
卫星通信应用系统	服务于公安、军队、武警、消防、石油、电信、气象、广电、海洋等多个行业	VSAT 通信系统、移动终端、单兵检测终端等

资料来源：中国空间技术研究院官网，中航证券金融研究所整理

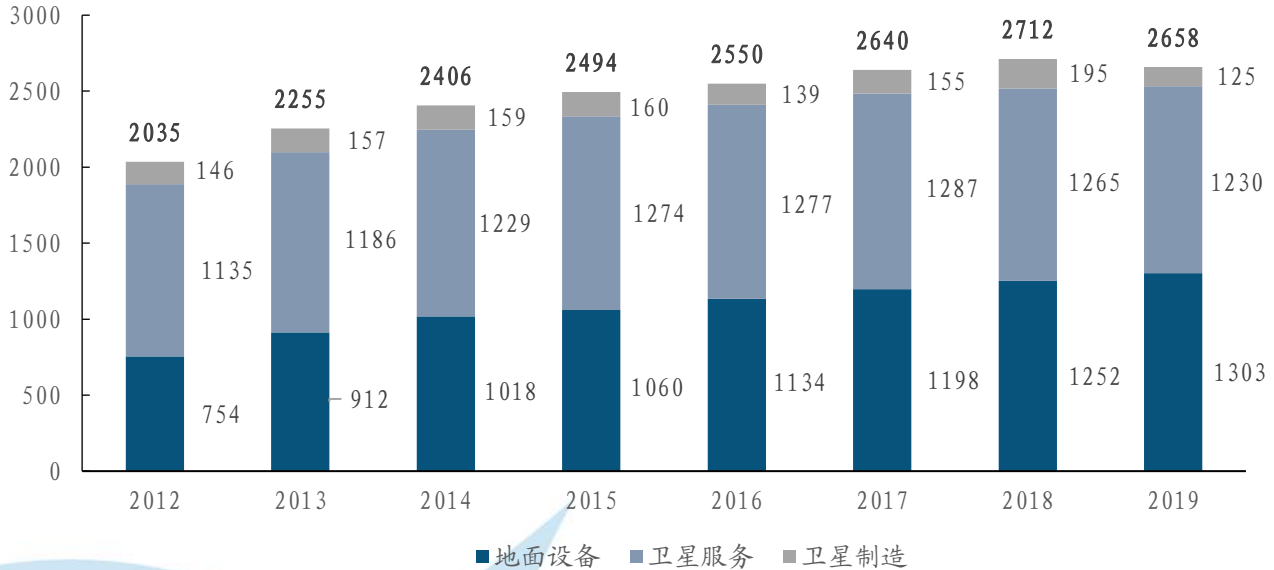
4.2 卫星产业市场现状

按照美国卫星工业协会（SIA）的统计口径，卫星产业由卫星发射、卫星制造、卫星服务以及地面设备四部分组成。由于卫星发射市场基本等同于运载火箭市场，卫星测控运营主要由国家建设的航天测控网构成，与资本市场关联度较弱，**本报告中涉及的卫星相关市场仅包括卫星制造、地面设备以及卫星服务三部分，也对应了 4.1 节中卫星系统的卫星空间系统研发设计制造、卫星地面系统研发设计制造以及卫星应用。**

根据 SIA 的统计数据，近年全球卫星产业市场规模及构成如图 43 所示。可以看出，卫星产业市场中，地面设备及卫星服务的市场占比均超过 40%，卫星制造市场占卫星产业市场总体不足 10%，2019 年甚至不

足 5%，我们认为主要原因为**当前用于 LEO 轨道组网的低成本小卫星或微小卫星数量占比有所提高导致。**

图 43: 近年全球卫星产业市场规模及构成 (单位: 亿美元)



资料来源: SIA, 中航证券金融研究所整理

值得注意的是, 目前市场上针对卫星产业市场规模的预测方法众多, 且测算结果差异巨大, 我们认为主要原因为**部分机构所用的测算方法直接参考了海外卫星产业的相关数据导致的偏差所致。**具体偏差来源包括:

1. 我国下游用户需求与海外的差异, 部分测算方法直接通过参考或采用了美国 SIA 报告中针对卫星产业中的各细分领域市场的数据, 而并未考虑我国卫星下游应用市场由于政策、用户需求差异而从导致的与航天发达国家在需求端的差异性。
2. 我国卫星制造技术及产业规模与国外的差异。区别于我国在火箭发射次数与美国发射次数相近, 我国卫星装备发射数量与美国相差较大, 而部分测算方法在假设国内卫星装备制造成本上, 直接采用海外如 SpaceX 等商业航天公司的卫星装备制造成本, 并未考虑我国现阶段与国外成熟商业航天公司在商用卫星制造产业规模化和技术水平差异导致的成本差异。
3. 部分测算过程中对卫星产业概念不清, 如将卫各类卫星不区分大小规模, 应用类型, 均按照同一制造成本进行市场预测, 甚至有机机构将卫星发射费用与卫星制造成本费用概念混淆, 引用数据错误。

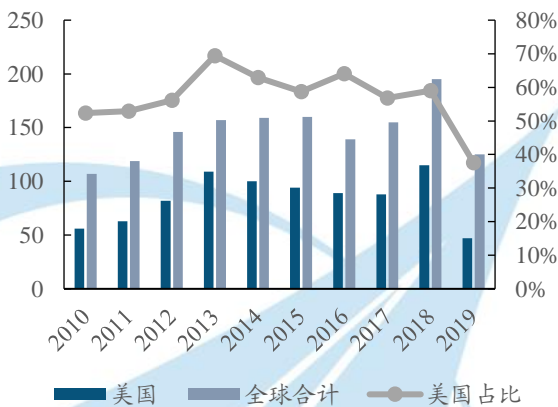
我们认为, 以上均将导致对我国卫星产业细分市场预测产生巨大的偏差, 有可能引起投资者对该产业的判断错误。因此本节**将采用按照卫星大小规模进行分类, 并基于我国国内公开披露的部分数据及合理假设对我国各类卫星成本的进行判断, 以得到更为贴近我国实际的卫星产业市场规模测算结果。**

4.2.1 卫星各细分产业市场测算

4.2.1.1 卫星制造

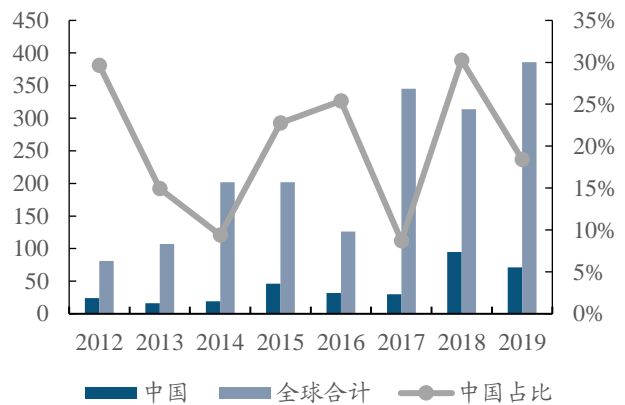
卫星制造主要是卫星空间系统制造的市场，据 SIA 公开的数据，近十年来全球卫星制造市场保持了总体缓慢增长的趋势（见图 44），而 2019 年则出现了明显下滑，参考对应的全球卫星发射数量变化（见图 45）可以发现，市场规模的波动原因主要是卫星发射数量存在波动，而卫星发射数量的波动主要是受统计年度前几年卫星需求（由于卫星从研制到发射存在几年的延迟）以及卫星替换更新周期影响。

图 44：近 10 年卫星制造市场产值变化及美国卫星制造市场占比（单位：亿美元；亿美元；%）



资料来源：SIA，中航证券金融研究所整理

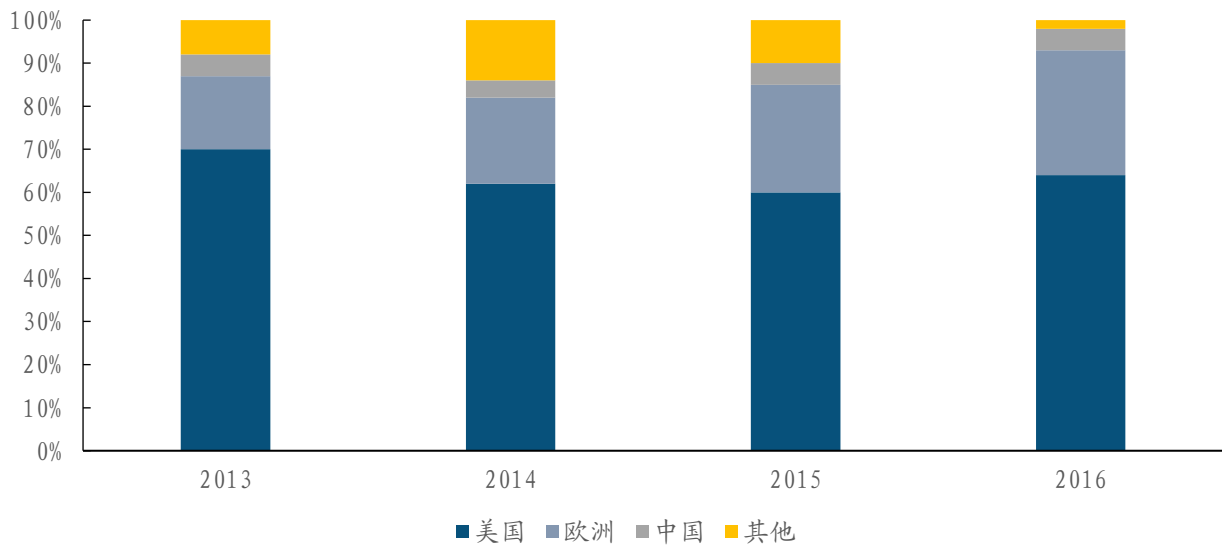
图 45：2012-2019 年全球卫星发射数量及中国卫星发射数量占比（单位：颗；颗；%）



资料来源：SIA，航天爱好者网，中航证券金融研究所整理

而从 SIA 公布的 2013-2016 年各国（区域）在全球卫星制造市场的组成（见图 46）中可以看出美国在全球卫星制造市场中始终占有最大的比例，稳定在 50%到 70%之间波动，而中国与美国在卫星制造市场上的差距明显，中国 2013 年到 2016 年卫星制造市场仅占全球的 4%到 5%，同时，美国、欧洲及中国市场规模占全球比例由 2013 年的 92%增至 2016 年的 98%，表明了全球卫星制造市场有向头部集中的趋势，我们预计，主要原因可能是由于部分航天产业不发达的国家对卫星应用的需求有所增长，但受限于自身技术原因，而更多的向航天产业发达的国家订制卫星所致。

图 46: 2013-2016 年全球卫星制造市场分布 (单位: %)



资料来源: SIA, 中航证券金融研究所整理

由于应用于不同领域的卫星的空间系统有效载荷一般不同, 因此其对应的卫星产值也存在较大差异, 不可一概而论, 为对未来卫星制造产业市场规模进行更好的测算, 我们需要对卫星制造市场中应用于不同领域的各类卫星进行单独讨论, 结合 4.1 节中按照应用领域对卫星种类的分类, 将卫星可以分为**遥感卫星、通信卫星、导航卫星、科学实验卫星、技术验证卫星以及其他卫星**。各类卫星的具体定义及包含对象如表 20 所示。

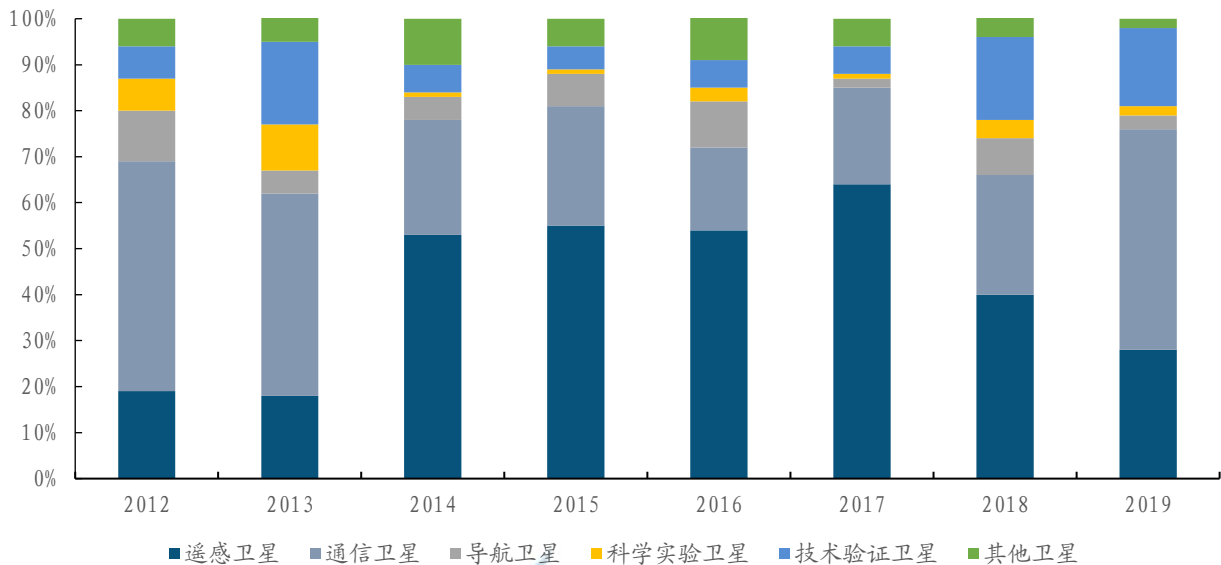
表 20: 按照应用分类的各类卫星具体定义及包含对象

卫星种类	定义及包含对象
遥感卫星	各种对地观测卫星、气象卫星以及资源卫星等
通信卫星	各种商用通信卫星以及政府、高校使用的公共事业通信卫星等
导航卫星	各大卫星导航系统 (如 GPS、格洛纳斯、北斗) 使用的导航卫星等
科学实验卫星	各种以地球理论科学或空间理论科学实验为目的的卫星等
技术验证卫星	各种以验证工程技术在空间卫星平台上特性为目的的卫星等
其他卫星	军事监控卫星或其他未公开具体用途的卫星

资料来源: 中航证券金融研究所整理

按照以上标准, 从 2012 年到 2019 年全球历年发射的各种卫星数量占比 (见图 47) 来看, 2014 年全球发射的卫星中遥感卫星的数量占比较 2013 年比出现了显著增长, 并一直持续到 2017 年, 主要原因是 2014-2017 年, **研发周期短, 响应速度快且成本较低的立方星发射数量快速增长, 而大部分立方星均属于对地观测卫星**。

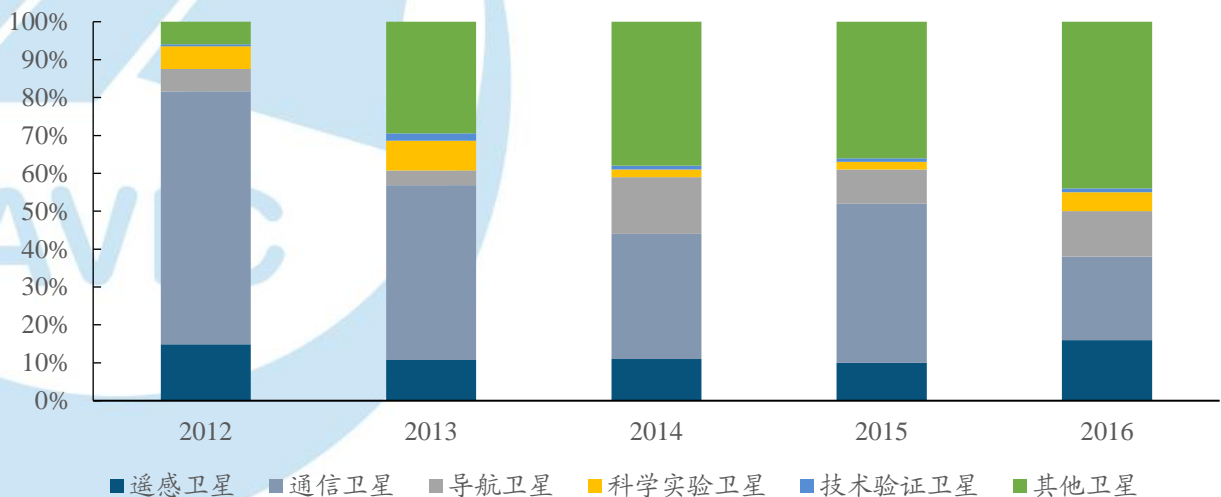
图 47: 2012-2019 年全球发射的卫星种类分布 (单位: %)



资料来源: SIA, 中航证券金融研究所整理

市场规模方面,从 2012 年到 2016 年全球发射的各类卫星市场价值分布(见图 48)来看,立方星数量较多的遥感卫星尽管发射数量较高,但市场规模占比始终低于 20%。技术验证卫星由于应用领域主要为验证一些设备以及工程技术在空间中的应用,并未开展实际服务,市场规模较小。**我们认为其他类卫星的数量较少,市场规模占比却较大的主要原因是军用卫星一般采用了尖端的技术、可靠性高、价值高的设备器件导致。**

图 48: 2012-2016 年全球发射的各类卫星市场价值分布 (单位: %)

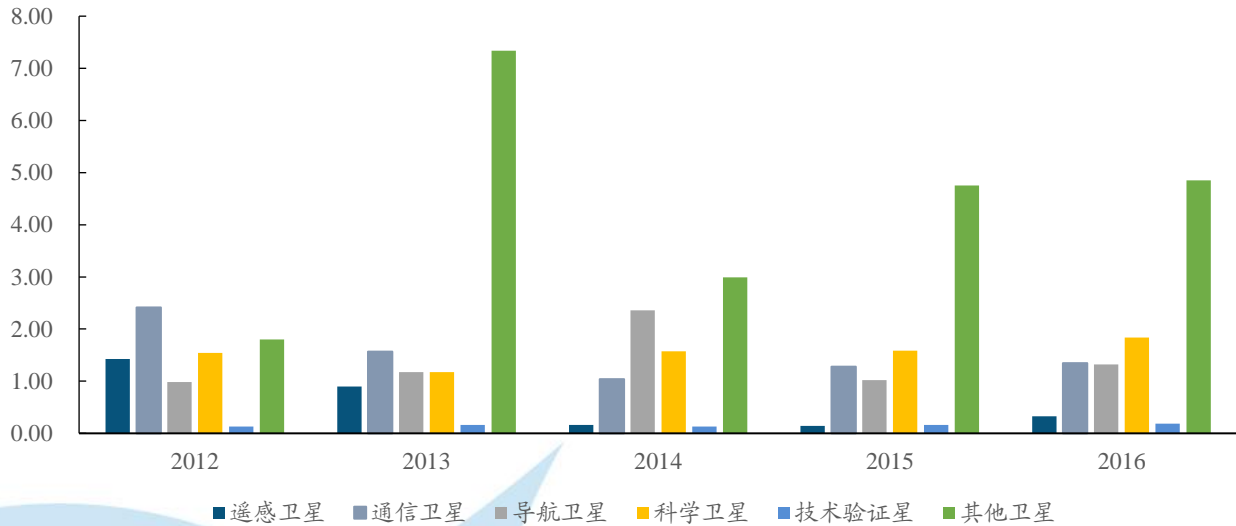


资料来源: SIA, 中航证券金融研究所整理

基于以上数据,我们测算了全球各类卫星单颗市场价值(此处只为做出定性判断,因此未区分卫星大小区别),如图 49 所示。可以定性判断**遥感卫星的平均市场价值远低于通信卫星及导航卫星,通信卫星的**

平均市场价值一般大于导航卫星，可以看出，该判断也解释了 2014-2016 年遥感卫星数量占比较大，但市场规模却低于数量占比较小的通信卫星及导航卫星的原因。

图 49：2012-2016 年全球发射的各类卫星单颗市场价值分布（单位：亿美元）



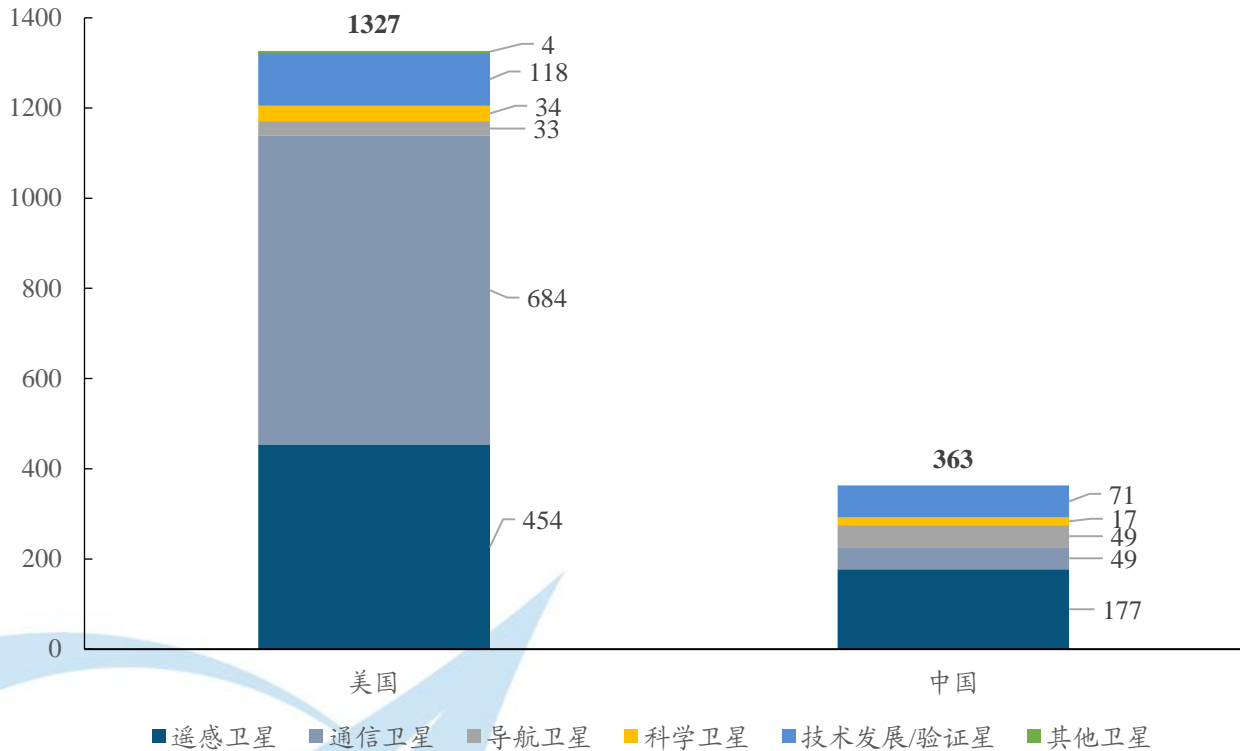
资料来源：SIA，中航证券金融研究所整理

在各类卫星数量变化趋势方面，根据 UCS (Union of Concerned Scientists) 卫星数据库中的统计数据，截至 2020 年 4 月 1 日，全球在轨正常工作的卫星共计 2666 颗。其中美国运营卫星数量居首位，达到 1327 颗，占全球在轨卫星数量的 49.77%，中国运营卫星数量居次位，达到 363 颗，占全球在轨卫星数量的 13.62%。

具体对比中美在轨卫星种类分布（见图 50），可以看出，截至 2020 年 4 月 1 日，中国在轨正常工作的遥感卫星数量最多，通信卫星数量占比低于美国，这与我国在政策上对商业通信卫星管制较严格有关，同时我国科学实验卫星数量占比较低，表明了在当前我国航天产业体系整体落后美国背景下，加大卫星空间基础设施的建设仍将是中短期的主要工作，因此卫星发射及制造数量未来均有望保持增长。



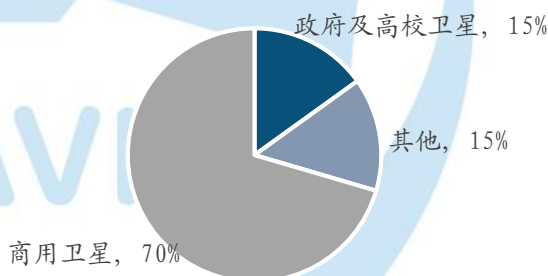
图 50: 中美在轨不同种类卫星数量对比 (单位: 颗)



资料来源: UCS (数据采用 2020 年 4 月 1 日正常在轨工作卫星数), 中航证券金融研究所整理

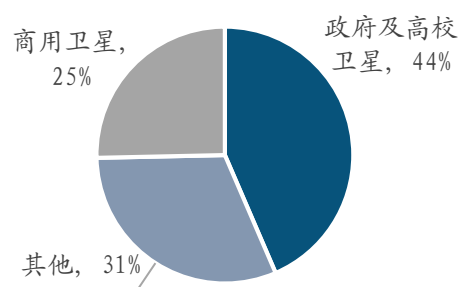
从我国与美国卫星所属主体的性质对比 (见图 51 及图 52) 来看, 我国卫星中的商用卫星数量占比远小于美国, 而政府及高校运营的公共事业类卫星占比数量较大, 我们判断, **伴随未来我国航天法的建立与完善, 以及我国在新基建战略中对“卫星互联网”的推进, 商用卫星的数量占比有望提高。**

图 51: 美国卫星所属主体的性质分布 (单位: %)



资料来源: UCS (数据采用 2020 年 4 月 1 日正常在轨工作卫星数), 中航证券金融研究所整理

图 52: 中国卫星所属主体的性质分布 (单位: %)

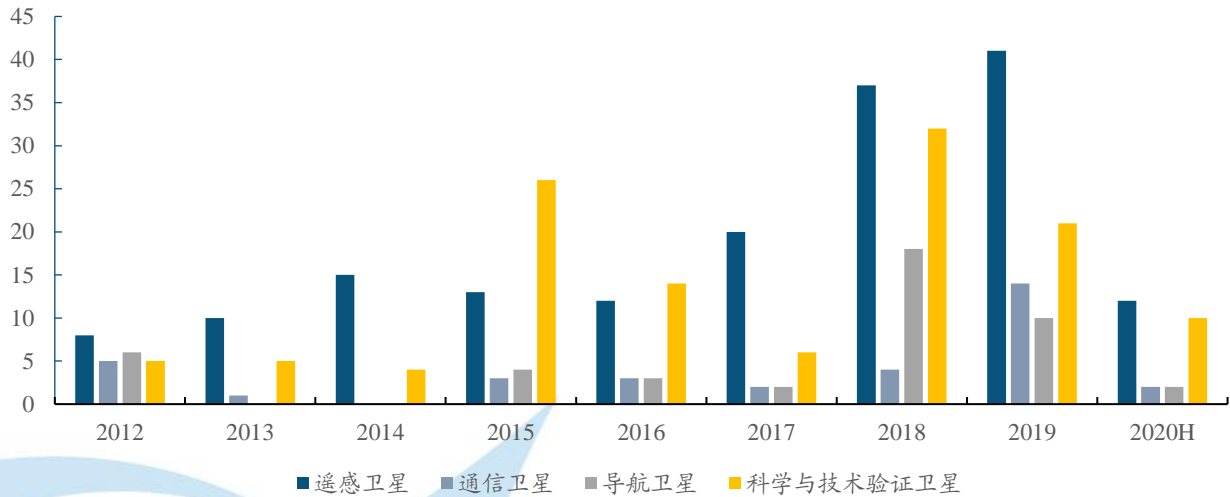


资料来源: UCS (数据采用 2020 年 4 月 1 日正常在轨工作卫星数), 中航证券金融研究所整理

按照我国公开披露的航天发射记录来看, 2012 年以来我国发射的各类卫星数量如图 53 所示。可以明显发现, 自 2016 年起, 我国发射了大量应用于国土资源勘测、气象及灾害监控的遥感卫星, 且其数量总体保持高速增长; 我国在加速建设第三代北斗卫星导航系统的背景下, 近两年北斗导航卫星发射量较大; 在 2015 年技术验证卫星 (遥感技术验证卫星占比较大) 发射数量达到一个峰值下, 2018 年及 2019 年遥感

卫星的数量出现高速增长，因此我们判断，在 2018 技术验证卫星发射数量达到 2015 年后的峰值后，2020 年后遥感卫星或通信卫星星座组网将进入密集部署阶段，特别是在卫星互联网被纳入国家“新基建”战略背景下，通信卫星的发射数量有望达到一个新的高点。

图 53: 近年来中国发射的各类卫星数量分布 (单位: 颗)



资料来源:《中国航天科技活动蓝皮书》, 航天爱好者网, 中航证券金融研究所整理

注: 数据截止至 2020 年 6 月 30 日, 包含发射失败的卫星, 不包含出口的卫星

未来中国卫星数量测算方面, 我们主要对**当前在轨正常工作卫星的退役更新以及未来卫星星座的新部署计划两部分构成分别进行测算**。值得注意的是, 由于市场规模测算区间为 2020-2025 年, 因此本报告中各类卫星的新增需求测算时将包含 2020 年上半年已经发射的卫星。

① 通信卫星

通信卫星方面, 目前在轨的通信卫星主要包括航天科技集团的中星卫星系列、亚太卫星系列、天链一号、中信集团的亚洲卫星系列以及中国电信运营的天通一号卫星系列, 具体情况如表 21 所示。而以上通信卫星一般为大型卫星, 寿命基本为 15 年左右 (天链一号为 5 年左右), 同时该类卫星基本功能为传统的广播电视信号传输、手机移动通信、应急通信以及转发器租赁等。

表 21: 国内主要在轨通信卫星系列

计划名称	卫星功能	在轨情况	制造商
中星卫星系列	广播电视信号传输 卫星通信专属服务 重大活动和抢险救灾等应急通信	中星 6C、中星 6A、中星 6B、中星 9 号、中星 9A、中星 10 号、中星 11 号、中星 12 号、中星 15 号、中星 16 号	法国泰雷兹阿莱尼亚宇航公司/航天科技集团
亚太卫星系列	提供一站式的卫星转发器服务以及广播、卫星通信、电信港、数据中心服务	亚太 6 号、亚太 7 号、亚太 9 号、亚太 5C 以及亚太 6C 卫星	法国泰雷兹阿莱尼亚宇航公司/航天科技集团 (亚太九号)
亚洲卫星系列	卫星容量租赁 卫星数据传输	亚洲 3 号 S、4 号、5 号、6 号、7 号、8 号和亚洲 9 号卫星	美国劳拉空间系统公司

天通一号	移动通信	天通一号 01 星	航天科技集团
天链一号	为卫星提供数据中继服务	天链一号 02, 03, 04 星	航天科技集团

数据来源：相关公司官网，中航证券金融研究所整理

未来，我国还将开展新的通信卫星部署计划，包括航天科技集团的鸿雁计划、航天科工集团的虹云工程及行云工程等。具体部署数量及部署计划如表 22 所示。可以看出，我国未来**三大通信卫星星座组网均计划在低轨轨道部署，且数量庞大，参考海外该类卫星特点及相关的披露信息，我们判断该类卫星均属于小卫星或微小卫星，成本较低。**

表 22：国内未来通信卫星部署计划

计划名称	研制单位	卫星功能	部署数量 (颗)	部署计划
鸿雁计划	航天科技集团	移动终端通信、宽带互联网接入、物联网、热点信息推送、导航增强、航空航海监视	300 (LEO)	2018 年底首发星发射； 2022 年完成 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
虹云工程	航天科工集团	天地一体化信息系统	156 (LEO)	2018 年底，发射 1 颗技术验证星； 2020 年底，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； 2022 年：实现全部 156 颗卫星组网运行，完成业务星座构建
行云工程	航天科工集团	天基物联网	80 (LEO)	2019 年底左右完成 01, 02 颗验证 (实际于 2020 年 5 月发射)； 2023 年，完成构建由 80 颗低轨通信卫星组成的天基物联网信息服务系统
翔云工程	上海欧科微航天科技有限公司	天基物联探测	28 (LEO)	2018 年发射了翔云星座首发星“嘉定一号”，2021 年前计划发射 28 颗卫星。
连尚蜂群星座	上海连尚网络科技有限公司	通信卫星星座	272	2020 年完成第一批十颗卫星的发射 (已推迟)，终极目标是在 2026 年完成发射计划
银河 Galaxy	银河航天 (北京) 科技有限公司	宽带通信卫星星座	>1000 (LEO)	2022 年左右完成第一批 144 颗卫星部署，随后从 144 颗卫星会升级到 800 多颗卫星，再升级到 2800 多颗卫星
九天微星星座	北京九天微星科技发展有限公司	窄带物联网星座	72	2022 年前完成部署，首批 4 颗卫星，预计将于明年年初进行正式发射 (已推迟)
天启星座	上海埃依斯航天科技有限公司 (研制)	低轨窄带卫星星座	38	2020 年完成 20 颗卫星组网 (已完成 6 颗)，最终 38 颗

数据来源：公开资料，中航证券金融研究所整理

注：部分暂无明确计划的低轨通信卫星星座暂未列入，如上海蔚星的 186 颗天基互联星座项目

综上，我们可以对 2025 年前已公布的我国通信卫星需求做出测算，如表 23 及表 24 所示，预计 2025 年前，我国通信卫星中大卫星需求 12-13 颗、小卫星或微小卫星需求 1664 颗。

表 23: 国内未来通信卫星（大卫星）需求测算

卫星系列名称	增量需求 (颗)	更新需求 (颗)	合计需求 (颗)	预测依据
中星卫星	2-3	2	3	中国卫星公告披露中星 18 号将分配至原计划建设的 2-3 颗卫星中，中星 20A（2010 年发射）、中星 9A（2017 年）存在故障，寿命仅为 4.04 年，假设以上两颗卫星需要更新
亚太卫星	1	0	0	亚太 6D 待发射
亚洲卫星	0	1	1	假设亚洲 5 号（2009 年发射）需要更新
天通一号	2	0	2	天通一号计划三颗卫星组网
天链一号	0	4	4	预计天链一号 04（2016 年）替代天链一号 01 星（2008 年），未来天链一号 02 星（2011 年），天链一号 03 星（2012 年）及 04 星预计均需要在 2020-2025 年内进行替换
合计	5-6	7	12-13	—

数据来源：公开资料，中航证券金融研究所整理

注：卫星需求均以 2020 年初起进行测算

表 24: 国内未来通信卫星（小卫星及微小卫星）需求测算

卫星系列名称	增量需求 (颗)	更新需求 (颗)	合计需求 (颗)	预测依据
鸿雁计划	300	—	300	计划 2022 年完成 60 颗，2025 年全部完成
虹云工程	156	—	156	计划 2020 年底完成 4 颗，2022 年完成全部
行云工程	80	—	80	2019 年底计划完成 2 颗（已推迟），2023 年完成全部
翔云星座	27	28	55	2018 年完成 1 颗，2021 年完成全部，寿命 3 年
连尚蜂群星座	163	—	163	2020 年完成第一批十颗卫星的发射（已推迟），终极目标是在 2026 年完成发射计划，假设 2025 年前完成 60%
银河 Galaxy 星座	800	—	800	2022 年左右完成第一批 144 颗卫星部署，随后从 144 颗卫星会升级到 800 多颗卫星，再升级到 2800 多颗卫星，假设 2025 年前完成二阶段 800 颗卫星部署
九天微星星座	72	—	72	2022 年前完成部署，首批 4 颗卫星，预计将于明年年初进行正式发射（已推迟），假设 2025 年前部署完毕
天启星座	33	5	38	2020 年完成 20 颗卫星组网（已完成 6 颗），最终 38 颗
合计	1631	33	1664	—

资料来源：公开资料，中航证券金融研究所整理

② 导航卫星

导航卫星方面，我国主要以北斗导航卫星为主。该卫星组成的北斗卫星导航系统是继美国的 GPS 和俄罗斯的格洛纳斯之外第三个成熟的卫星导航系统。其目前在轨情况如表 25 所示。

表 25: 国内主要在轨导航卫星 (截至 2020 年 6 月 30 日)

计划名称	卫星功能	在轨情况	制造商
北斗二号	为亚太地区提供快速定位、短报文通信以及精密授时服务。	14 颗卫星 (第 1、2、14 颗北斗卫星已退役, 第 22、23、32、45 颗、北斗卫星为北斗二号系统备份星)	航天科技集团
北斗三号	面向全球用户提供全天候、全天时、高精度、高可靠的定位、导航、授时服务、短报文服务。	30 颗卫星	中科院, 航天科技集团

数据来源:《北斗卫星导航系统发展报告(4.0版)》, 中航证券金融研究所整理

当前, 北斗二号卫星导航系统已无补充发射及更新计划, 北斗三号系统全球卫星组网空间段已经完成, 未来我国导航卫星的新增需求将主要来自下一代北斗卫星组网部署计划, 同时, 北京未来导航有限公司以及吉利科技孙公司时空道宇也提出将建设星基导航增强系统, 具体部署数量及部署计划如表 20 所示。

表 26: 国内未来导航卫星及相关星基增强系统部署计划

计划名称	研制单位	卫星功能	部署数量 (颗)	部署计划
下一代北斗系统	航天科技集团 中国科学院 (预计)	进一步提高基本导航, 星基增强, 短报文通信、国际搜救、精密定位、星间链路六个方面能力, 同时更好的融入国家网络信息体系	—	2020 年完成设计和论证; 2025 年完成整个框架设计并且进行初步的性能试验; 2035 年完成下一代北斗系统的组网工作
微厘空间一号系统	北京未来导航科技有限公司	导航通信一体化增强系统	120 (LEO)	120 颗低轨微纳卫星构成的导航通信一体化增强系统, 2018 年已发射一颗技术验证 S1 星 (微厘空间一号系统 S2 星在 2020 年 7 月发射失败)
时空道宇低轨导航增强系统	吉利科技集团	商用低轨导航增强系统	可能不低于 500 颗 (LEO)	吉利为台州卫星项目将投资 22.7 亿元, 并计划到 2025 年, 实现年产卫星 500 颗

数据来源: 公开资料, 中航证券金融研究所整理

综上, 我们可以对 2025 年前已公布的我国导航卫星需求做出测算, 如表 27 及表 28 所示, 预计 2025 年前, 我国导航卫星需求约 5-6 颗, 国内星基导航增强系统用卫星 620 颗左右。

表 27: 国内未来导航卫星需求测算

主要组成	增量需求 (颗)	更新需求 (颗)	合计需求 (颗)	预测依据
北斗三号	2	2	4	截至 2019 年 12 月 31 日, 北斗三号 GEO 完成 2 颗, ME0 完成 24 颗, IGSO 完成 2 颗, 2020 年预计发射 GEO 轨道卫星两颗。北斗三号卫星寿命为 10-12 年, 按照 8 年周期发射备份星
下一代北斗系统	1-2	—	1-2	可能于 2025 年左右发射技术验证星
合计	3-4	2	5-6	—

资料来源: 公开资料, 中航证券金融研究所整理

表 28: 国内星基导航增强系统空间段(卫星)需求测算

主要组成	增量需求 (颗)	更新需求 (颗)	合计需求 (颗)	预测依据
微厘空间一号系统	120	—	120	120 颗低轨微纳卫星构成的导航通信一体化增强系统, 2018 年已发射一颗技术验证 S1 星(微厘空间一号系统 S2 星在 2020 年 7 月发射失败)。
时空道宇低轨导航增强系统	500	—	500	计划到 2025 年, 实现年产卫星 500 颗, 假设最低需求为 500 颗
合计	620	0	620	—

资料来源: 公开资料, 中航证券金融研究所整理

③ 遥感卫星

遥感卫星方面, 作为我国所有卫星种类中数量占比最高的一种卫星, 当前各遥感卫星星座组网部署众多, 主要在轨正常工作的遥感卫星系列如表 29 所示。

表 29: 国内主要在轨遥测卫星系列(数据截至 2019 年 12 月 31 日)

计划名称	卫星功能	在轨情况	制造商(主要)
遥感系列	实时对地成像观测	56 颗(遥感 10-遥感 32)其中部分为多颗组成	航天科技集团/中科院
环境系列	环境和灾害监测	2 颗光学卫星(环境 1 号 A 和环境 1 号 B)以及 1 颗雷达卫星(环境 1 号 C)	航天科技集团
海洋系列	全天候定时提供全球海洋信息	海洋一号 C, 海洋二号 A, 海洋二号 B	航天科技集团
天平系列	在轨标较	天平一号 A, 天平一号 B	航天科技集团
资源系列	为国土资源、农业、林业等领域提供服务	资源一号 02D, 资源三号 01, 02 星	航天科技集团
风云系列	地球同步轨道气象卫星	静止卫星: 风云 2 号 F、G、H; 风云 4 号 A。 极轨卫星: 风云 3 号 B、C、D; 碳卫星	航天科技集团
天绘系列	科学研究、国土资源普查、地图测绘	天绘一号 01, 02, 03 星; 天绘二号 01 组(2 颗)	航天科技集团/中科院
高分系列	实现高分辨率对地观测系统	高分一号至七号, 高分一号 02, 03, 04 星, 高分八号、高分九号、高分十号、高分十一号、高分十二号	航天科技集团
商业遥感系列(包含高景系列)	0.5 米级高分辨率商业遥感卫星系统	高景一号 01, 02 星(未成功入轨), 高景一号 03, 04 星, 寿命 8 年	航天科技集团
云海系列(小)	大气海洋环境要素探测、空间环境探测、防灾减灾和科学试验	云海一号 01, 02 星; 云海二号六颗卫星组网	航天科技集团
张衡一号(小 730kg)	收集地震产生的电磁信息, 进而为地震机理研究提供重要数据支撑	张衡一号 01 星	航天科技集团
北京二号	为国土资源管理、农业资源调查、	三颗组网运行	英国萨里卫星技术公

	生态环境监测、城市综合应用等领域提供空间信息支持		司设计制造
吉林一号	为农业、林业、资源、环境等行业用户提供更加丰富的遥感数据和产品服务。	15 颗吉林一号卫星组网	吉林长光卫星
捕风一号	测量海面风场信息,实现台风预报	捕风一号 A/B 双星	航天科技集团
珠海一号	为国土资源、农林牧渔、环境保护、交通运输、智慧城市、现代金融、个人消费等领域提供高效的卫星大数据产品及服务	珠海一号 01 组 (2 颗)、02 组 (5 颗)、03 组 (5 颗), 共计 12 颗	欧比特 (哈尔滨工业大学负责研制生产)
宁夏一号	遥感探测	宁夏一号 5 颗卫星	航天科技集团
珞珈一号	监测中国和全球宏观经济运行情况,为政府决策提供客观依据	珞珈一号 01 星	武汉大学等
陆地勘查系列	陆地资源遥感勘查	陆地勘查卫星一号至四号	航天科技集团
天行者星座	卫星空间物联网数据、全球 AIS 船只数据采集及 ADS-B 航班数据监测等	和德一号、和德二号 (A/B) 试验星	北京和德宇航技术有限公司
千乘一号	基于千乘探索自建的地面服务网络,为全球用户提供快速安全、从空间到用户端的数据融合服务	千乘一号 01 星	千乘探索公司 (有效载荷为航天科技集团所属 508 所研制)

数据来源: 公开资料, 中航证券金融研究所整理

我国未来遥感卫星的部署计划也多于通信和导航卫星星座未来部署计划数量 (见表 30), 主要原因为**遥感卫星作为小卫星及微小卫星数量占比最多的卫星类型, 具有低成本和研发响应快的特点, 同时遥感卫星下游应用市场广阔, 以上均导致其近年来数量上成为了商业航天领域中发展最快的领域。**

表 30: 国内未来遥感卫星部署计划 (不完全统计)

计划名称	研制单位 (预计)	卫星功能	部署数量 (颗)	部署计划或进展
海洋系列	航天科技集团	首个海洋民用业务卫星星座	4	十二五计划中有海洋一号 D, 海洋二号 C 待发射, 寿命 5 年
风云三号	航天科技集团	极地轨道气象卫星星座	4	2019 年 11 月风云三号 03 批气象卫星工程 E 星地面系统研制招标完毕
风云四号	航天科技集团	第二代静止气象卫星	3	首星已发射, 其余 2020 年搭建完毕
风云五号	航天科技集团	新一代极轨卫星	4	2030 年开始研制, 2035 年替代风云三号
风云六号	航天科技集团	新一代静止卫星	3	2030 年开始研制
天绘二号	航天科技集团 中国科学院	替代天绘一号	多组	已完成 01 组发射
高分系列	航天科技集团	高分辨率对地观测系统	10 余颗	已完成 15 颗
商业遥感卫星系统	航天科技集团	0.5 米级高分辨率商业遥感卫星系统	16+4+4+X	16 颗 0.5 米分辨率光学卫星、4 颗高端光学卫星、4 颗微波卫星以及若干颗视频、高光谱等微小卫星组成, 目前发射了高景

				一号4颗卫星,其中2颗未成功入轨。预计2022年完成。
冰路卫星三极遥感星座观测系统	航天科技集团	极地连续遥感星座	24(以及高轨极地SAR卫星和迷你SAR卫星星座,数量未公开)	试验卫星京师一号已发射。计划2030年前完成最终部署
“灵鹊”星座	北京零重空间技术有限公司	高时间分辨率对地观测星座	132(微纳卫星)	目前发射了灵鹊1号A/B两颗验证星。计划2025年前完成星座一期组网,一期计划132颗6U立方星
张衡一号	航天科技集团	地震立体观测体系地基观测平台	3	张衡一号首星已发射在轨,预计到2022年,3颗电磁监测卫星将在轨运行。除张衡一号外,还包括张衡一号02星、澳门首颗科学卫星项目
珠海一号	欧比特	卫星空间信息平台	34	已完成12颗卫星在轨运行,时间节点未公开
深圳一号	航天科技集团	SAR新型卫星星座	8	2021年前逐步完成卫星星座建设目标
吉林一号	中国科学院长春光机所	光学遥感卫星星座	138	当前已发射15颗,计划2020年前完成60颗“吉林一号”卫星在轨组网;2030年前建成由138颗卫星组成的“吉林一号”星座等
海南卫星星座	中国科学院空天信息研究院	低成本地球观测卫星系统	10(海南一号系列6颗,三亚一号系列2颗,三沙一号系列2颗)	2020年上半年发射“海南一号”一期4颗光学卫星;2021年发射“海南一号”二期2颗光学卫星和“三亚一号”2颗高光谱卫星;2022年发射“三沙一号”2颗SAR合成孔径雷达星
珞珈一号	武汉大学	新体制遥感卫星星座	3	珞珈一号01星已发射,02星和03星均已进入工程研制阶段,并计划于2020年发射
天行者星座	北京和德宇航技术有限公司	微小卫星星座	48	已发射和德一号、和德二号(A/B)实验卫星,未来将发射48颗卫星完成部署。
齐鲁星座	---	星间激光互联遥感卫星星座	10	2020年7月披露将用3-5年时间,发射10颗左右遥感卫星,其中2020年10月发射2颗
天鸿祥云小卫星星座	陕西天鸿祥云卫星应用产业研究院有限公司	气象小卫星星座	12	计划发射12颗携带传感器的微纳卫星组成“星座”

数据来源:公开资料,中航证券金融研究所整理

注:部分近年无消息的卫星星座暂未统计(如丽水一号,浙江天地经纬科技的60颗卫星计划,河北一号)

基于当前在轨遥感卫星和未来遥感卫星星座部署的计划,我们可以对2025年前已公布的我国通信卫星需求做出测算,结果如表31及表32所示。**我们预计2025年底前,我国遥感卫星中大卫星需求约为83到86颗、小卫星或微小卫星需求约为450颗。**

表 31: 国内未来遥感卫星（大卫星）需求测算

卫星系列名称	增量需求 (颗)	更新需求 (颗)	合计需求 (颗)	预测依据
遥感系列	28	—	28	2012-2018 年共计 32 颗，假设保持同等年均发射量
海洋系列	2	4	6	十二五计划中有海洋一号 D，海洋二号 C 待发射，寿命 5 年。未来还有新一代极轨海洋水色卫星海洋一号 E 及海洋一号 F 将在 2025 年前在轨运行。
资源系列	0	3	3	资源一号 03 计划 2020 年发射（替换 01 星），后续还有 04 星（替代 02 星），03 星寿命 5 年，未来仍需更新。
风云系列	9	0	9	风云四号（两颗待发射）将替代风云二号，风云五号替代风云三号，风云三号寿命 5 年左右。风云三号发射 03 批进行更新（4 颗，追加晨昏轨道卫星）。科技日报公开报道风云系列 2025 年还有已规划的 9 颗卫星陆续发射也可验证以上结论。
天绘系列	2	0	2	寿命未知，假设天绘二号将逐渐替代天绘一号
高分系列	1-3	0-1	1-4	高分专项计划共计十余颗卫星，该系列卫星一般寿命 8 年，预计可以超期服役，高分二号可能需要更新
商业遥感卫星系统（部分）	22	0	22	仍需要 14 颗 0.5 米分辨率光学卫星（高景一号 01, 02 需补发）、4 颗高端光学卫星、4 颗微波卫星。
张衡一号	2	0	2	2022 年，我国将有 3 颗电磁监测卫星在轨运行。除张衡一号外，还包括张衡一号 02 星、澳门首颗科学卫星项目。张衡一号预计任务寿命 5 年，暂无更新计划
其他	10	0	10	十二五计划中 16 米红外高光谱光学卫星（2 颗）尚未发射；十三五计划中，新一代海洋水色卫星（2 颗）、倾斜轨道海洋动力卫星（2 颗）、海风海浪探测卫星（1 颗）、海洋盐度探测卫星（1 颗）、2.1 米立体测图卫星（1 颗）、高分辨率多模综合成像卫星（1 颗）尚未发射。以上卫星均假设为大卫星。
合计	76-78	7-8	83-86	—

资料来源：公开资料，中航证券金融研究所整理

表 32: 国内未来遥感卫星（小卫星及微小卫星）需求测算

卫星系列名称	增量需求 (颗)	更新需求 (颗)	合计需求 (颗)	预测依据
“灵鹊”星座	132	—	132	目前发射了灵鹊 1 号 A/B 两颗验证星。计划 2025 年前完成星座一期组网，一期计划 132 颗 6U 立方星
商业遥感卫星系统（部分）	16	—	16	计划发射多颗视频高光谱等微小卫星，参考珠海一号星座中的视频微小卫星及高光谱微小卫星数量，假设为 16 颗。
冰路卫星三极遥感星座观测系统	24	—	24	目前还有高轨极地 SAR 卫星、迷你 SAR 卫星星座 2030 年前完成
珠海一号	22	—	22	星座计划为 34 颗卫星构成
深圳一号	8	0	8	2021 年前逐步完成卫星星座建设目标
吉林一号	114	15	129	2020 年前：完成 60 颗“吉林一号”卫星在轨组网等；

				2030年前建成由138颗卫星组成的“吉林一号”星座等。假设二阶段在2025年前完成一半，当前15颗，寿命3年左右
河北一号	16	—	16	2016年项目启动，后续进展未公开，假设2025年前可完成
海南卫星星座	10	0	10	2020年上半年发射“海南一号”一期4颗光学卫星；2021年发射“海南一号”二期2颗光学卫星和“三亚一号”2颗高光谱卫星；2022年发射“三沙一号”2颗SAR合成孔径雷达星
珞珈一号	2	1	3	珞珈一号02星和珞珈一号03星均已进入工程研制阶段，并计划于2020年发射。
千乘星座	19	—	19	千乘星座由“千乘一号”和“千乘二号”两个星座共20颗卫星组成，计划五年内部署完成。其中千盛一号01星2019年入轨。
齐鲁星座	10	—	10	2020年7月披露将用3-5年时间，发射10颗左右遥感卫星，其中2020年10月发射2颗
天鸿祥云小卫星星座	12	—	12	计划发射12颗携带传感器的微纳卫星组成“星座”，先导星预计2020年下半年首发
“天行者”星座	48	—	48	和德宇航将陆续发射48颗近地轨道卫星，完成“天行者星座”的部署建设
其他	0	1	0	碳监测卫星待更新
合计	433	17	450	—

资料来源：公开资料，中航证券金融研究所整理

除了通信、导航以及遥感卫星外，科研卫星尽管市场价值较高（见图49）和技术验证卫星发射数量较多，但由于我国科研卫星数量相对全球发射较少，同时技术验证卫星实际价值较小，因此本报告中暂未将其计入卫星制造市场规模测算中。

综上，结合以上对三大主要种类的卫星在2025年前已经披露的需求数量，我们对各类卫星测算基本假设以及测算的结果如表33所示。可以看出，我国2020-2025年卫星市场规模可超过3150亿元，年均市场不低于520亿元。其中，80%以上市场将来自于部署在LEO的通信小卫星（或微小卫星）以及星基导航增强系统所使用的小卫星（或微小卫星）。

表33：国内卫星主要细分市场测算

卫星系列名称	卫星单价（亿元）	卫星需求（颗）	合计市场规模（亿元）	假设条件
通信卫星（大卫星）	15	12-13	180-195	单价采用中国卫通公告的中星18号卫星项目投资额
通信卫星（小卫星或微小卫星）	1.15	1664	1913.60	2018年，根据业内人士的测算，以国内目前的人力资源成本和技术发展水平，研制宽窄带结合，并拥有舰艇自动识别（AIS）和民用航空自动识别功能（ADS-B）的星座，单星成本约为2亿元。考虑到未来批量生产等因素，我们假设单星成本可下降50%，参考中国卫星毛利率为13%左右，卫星单价预计为1.15亿元/颗
导航卫星	10	5-6	50-60	DeepTech深科技称北斗卫星单颗造价超过10亿元

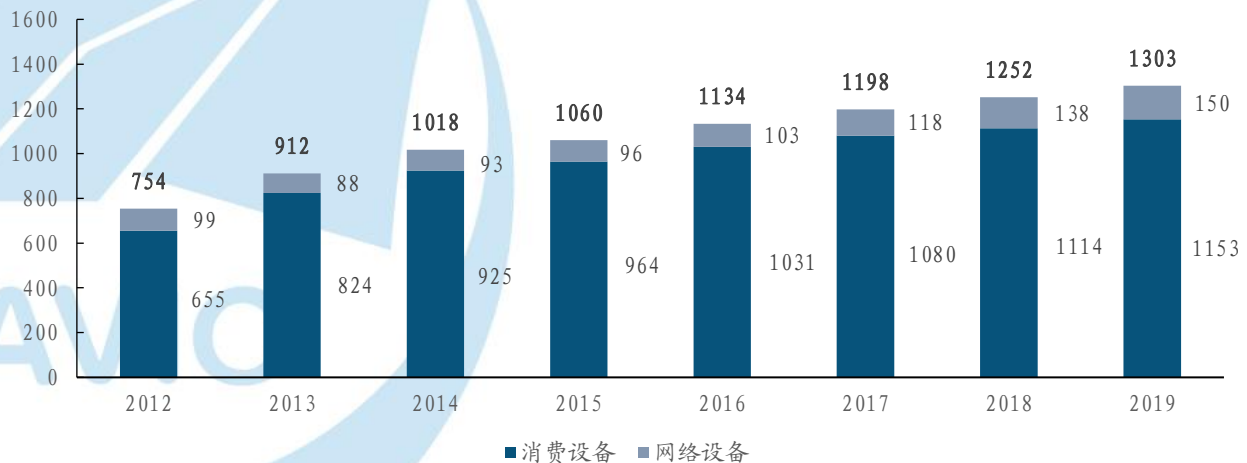
星基导航增强系统	1.15	620	713	该类卫星有效载荷为转发器，暂时参考小型通信卫星单价，即每颗 1.15 亿元
遥感卫星 (大卫星，气象卫星)	15	9	135	遥感卫星中气象卫星（风云系列）价值较高，预计达到 15 亿元
遥感卫星 (大卫星，光学卫星及其他)	1.72	74-77	127.28-132.44	吉林省委书记接受采访时称传统 500kg 的遥感卫星的成本达 1.5 亿元，基于此假设其市场单价达到 1.72 亿元
遥感卫星 (小卫星或微小卫星)	0.09	450	40.50	吉林一号遥感小卫星成本约为 800 万元，参考中国卫星毛利率为 13% 左右，基于此假设市场单价为 920 万元
合计	—	—	3159.38-3189.54	—

资料来源：中航证券金融研究所整理

4.2.1.2 地面设备

卫星地面设备主要包含了网络设备和大众消费设备两部分，网络设备主要包括了卫星信关站、控制站、网络运营中心（NOCs）、卫星新闻采集（SNG）以及甚小天线地球站（VSAT）；大众消费设备主要包括卫星导航设备（GNSS）、卫星电视、广播、宽带以及移动通信设备等。从 SIA 发布的近年来全球卫星地面设备市场规模变化及构成（见图 54）可以看出，**相较于卫星制造，全球卫星地面设备市场规模增长快速，从 2012 年的 754 亿美元增长到 2019 年的 1303 亿美元，年复合增长率为 8.13%，**

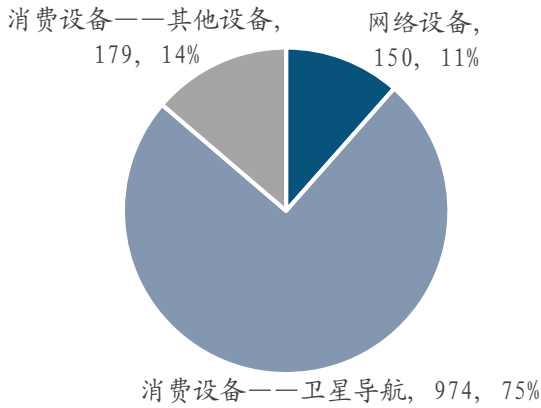
图 54：近年来全球卫星地面设备市场规模及构成（单位：亿美元）



资料来源：SIA，中航证券金融研究所整理

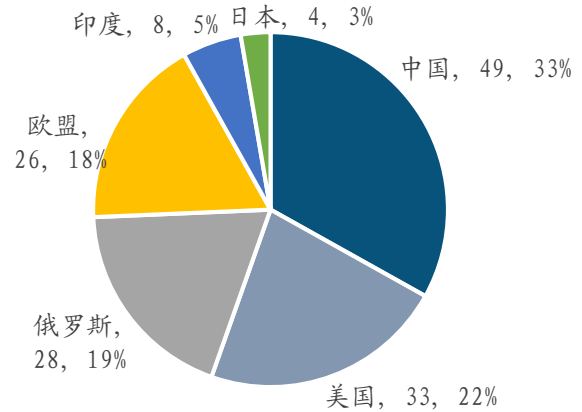
根据 SIA 发布的 2019 年全球卫星产业报告中披露的 2019 年全球卫星地面设备市场规模及构成中（见图 55）可以看出，在全球卫星地面设备市场中，**消费设备里的卫星导航设备市场占比最大。**

图 55: 2019 年全球卫星地面设备市场规模及构成 (单位: 亿美元; %)



资料来源: SIA, 中航证券金融研究所整理

图 56: 各国运营导航卫星数量分布 (单位: 颗; %)



资料来源: UCS (数据采用 2020 年 4 月 1 日正常在轨工作卫星), 中航证券金融研究所整理

① 卫星导航设备市场测算

根据 UCS 统计, 截至 2020 年 4 月 1 日, 各国具体运营导航卫星的数量分布如图 56 所示, 可以看出, 有 6 个国家 (或地区组织) 当前运营着导航卫星, 其中我国运营的导航卫星数量最多。在这 6 个国家 (或地区组织) 建设 (或正在建设) 的卫星导航系统中, 包含四个全球卫星导航系统 (以下简称 GNSS), 包括: GPS 卫星导航系统 (美国)、北斗卫星导航系统 (中国)、GLONASS 卫星导航系统 (俄罗斯) 以及伽利略卫星导航系统 (欧盟)。四大卫星定位系统即将部署完成的卫星的参数如表 34 所示。可以看出, **尽管我国的北斗卫星导航系统起步最晚, 但实现功能上较其它三大全球卫星导航系统相比多出了全球短报文通信服务。**

表 34: 全球主要卫星导航系统基本概况

系统名称	历史渊源	覆盖范围	卫星数量	实现功能	用户范围
GPS 卫星导航系统	1994 年建设完毕	全球	32	基本导航 国际搜救服务	军民两用 军用为主
GLONASS 卫星导航系统	20 世纪 80 年代初开建, 1995 年投入使用	全球	24	基本导航 国际搜救服务	军民两用 军用为主
伽利略卫星导航系统	2008 年开建, 2016 年开始运营	全球	30	基本导航 国际搜救服务	军民两用 民用为主
北斗卫星导航系统	2003 年建成第一代, 2012 年底完成第二代, 2020 年上半年完成第三代	全球	30	基本导航 全球短报文 国际搜救服务	军民两用 民用为主

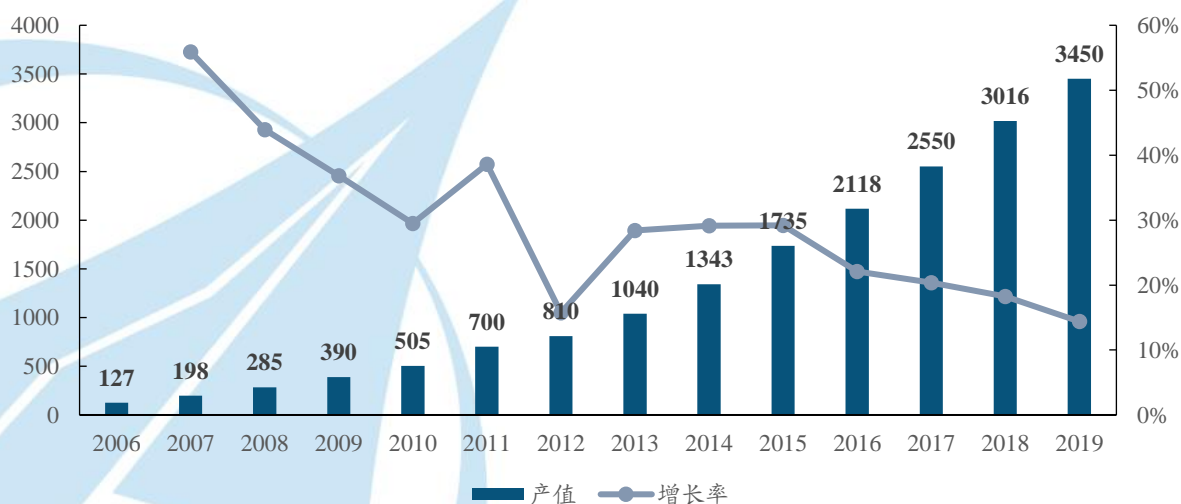
资料来源: 《致知商业航天》, 新京报, 中航证券金融研究所整理

根据 2019 年 10 月欧洲 GNSS 管理局发布的《GNSS 市场报告 (2019)》披露。全球宏观趋势带动产业和个人 GNSS 应用, 延续了近几年的显著增长, 包括设备和服务在内的全球 GNSS 市场未来十年将继续扩展。2019 年全球 GNSS 设备总销量超过 17 亿台 (套), GNSS 终端社会保有量为 64 亿台 (套), 全球 GNSS 市场

服务总收入达到 1500 亿欧元。并预计 2029 年，GNSS 设备销量会达到 28 亿台（套），保有量达到 95 亿台（套），设备和服务收入增长到 3244 亿欧元。同时，**2019 年，GNSS 产业的价值创造仍主要集中在北美、欧盟 28 国和以中国、日本和韩国为代表的亚洲。**

中国从 2012 年北斗系统开始提供正式服务以后，卫星导航与位置服务产业规模以约 20% 的年增长率稳定增长（见图 57），2019 年，我国卫星导航与位置服务产业规模达到了 3450 亿元。但受到宏观经济形势变化，以及国内改革调整、行业采购量下降、新增市场放缓、跨界竞争加剧等客观因素影响，2019 年产值增速进一步放缓。其中，与卫星导航技术研发和应用直接相关的，包括芯片、器件、算法、软件、导航数据、终端设备、基础设施等在内的产业核心产值增速下降明显，为 1166 亿元（+9.07%），占总产值的 33.87%（-1.64pcts），而伴随北斗应用进一步普及，对核心产值的贡献率已经超过 80%。**按照《GNSS 市场报告（2019）》中对 2019-2029 年复合增速 8.02% 估算，我们预计到 2025 年，我国卫星导航与位置服务产业总市场规模可以达到 5480.80 亿元左右。**

图 57：我国卫星导航与位置服务产业规模变化（单位：亿元；%）



资料来源：《中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书》，中航证券金融研究所整理

另外，从图 57 可以看出，在进入 2016 年后，我国卫星导航与位置服务产业规模增速呈现逐年下滑趋势，《中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书》披露主要原因为**受我国宏观经济形势变化，以及国内改革调整、行业采购量下降、新增市场放缓、跨界竞争加剧等多重因素影响，特别是从国家和各地方政策及项目支持情况来看，政府对战略新兴产业政策支持方向有所调整，对北斗领域的扶植项目数量明显减少**，据不完全统计分析，2017 年 - 2019 年期间总体支持降低 57% 左右。仅从政府公开采购招标数量来看，2017 年涉及北斗的政府采购标的数量为 1677 个，2018 年为 1064 个，2019 年只有 639 个。另据经营军工业务的部分北斗企业披露数据显示，2019 年军工订单数量和合同金额也下降明显，普遍减少在 20% 以上，个别企业甚至减少 70% 以上。

据北斗卫星导航系统总设计师杨长风对当前北斗系统建设、应用推广和国际化发展情况的详述，**在北斗第三代卫星导航系统建设过程中，就已经开始着力打造基础产品，推动多领域应用，带动“北斗+”融**

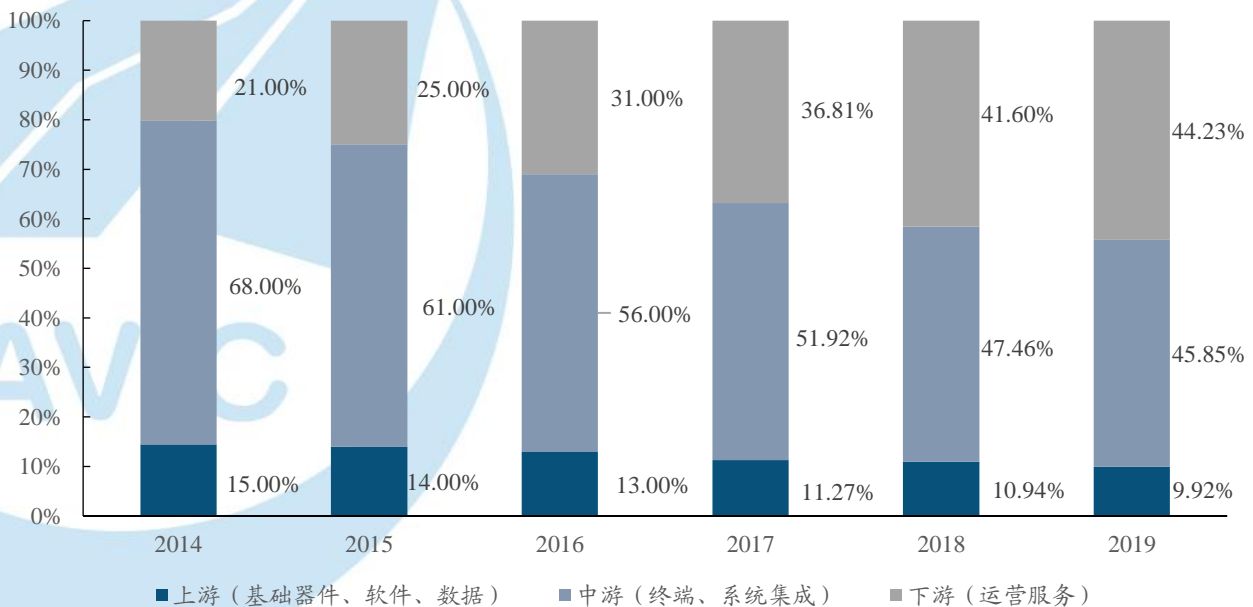
合应用发展，促进卫星导航产业增长。

综合以上形势，我们判断，在 2009 年起北斗三代工程开始启动的十余年间，受到北斗二代及未完整建成的北斗三代导航系统在定位精度及技术成熟度上均落后于其他全球导航系统，且国内卫星导航下游服务仍为传统的卫星导航位置服务，较其他先进的卫星导航系统缺少竞争力，因此市场推广上主要需要政策支持。而在近三年来，经过技术的积累，市场已经孵化出一批具有一定规模的北斗导航应用下游的企业，国产替代带来的市场空间逐渐减少，传统的卫星导航位置服务市场已经逐步进入成熟期，部分“+北斗”产业开始进入萌芽阶段。伴随 2020 年北斗三号导航系统建设完毕，我们预计国内传统的卫星导航产业传统应用下游市场增量空间将逐渐缩小，而“北斗+”和“+北斗”两种融合创新的推进将替代成为卫星导航应用市场规模的主要增长点，但需要注意，在北斗导航产业下游催生的产业融合在带来增量市场的同时，跨界竞争也将持续加剧。

目前，我国卫星导航与位置服务产业链已形成了完整的内循环。上游基础部件是产业自主可控的关键环节，主要由基带芯片、射频芯片、板卡、天线等构成。中游主要包括终端集成和系统集成，是产业发展的重点。下游的解决方案和运维服务提供众多行业应用。

近五年，我国卫星导航与位置服务产业链上中下游各部分产值占比如图 58 所示，可以看出，在当前导航与位置服务产业链中，代表地面设备制造的中上游的产值占比均在缩小，而北斗导航系统下游运营服务市场规模在快速提升。

图 58：我国卫星导航与位置服务产业链中各部分产值占比（单位：%）



资料来源：《中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书》，中航证券金融研究所整理

将我国卫星导航与位置服务产业链的上游及中游定义为我国卫星地面设备领域，下游定义为卫星导航服务领域。基于当前卫星地面设备领域占比逐渐下滑趋势，我们假设 2025 年我国地面设备领域市场规模占比为 45%，则 2025 年卫星导航地面设备领域市场规模预计可以达到 2481.16 亿元。

除卫星导航外，卫星地面设备其他的应用领域在于卫星通信以及卫星遥感领域，包括了除导航应用的其他消费类设备，以及网络设备。

② 其他消费类设备市场测算

除卫星导航的其他消费类设备中，卫星移动通信设备终端为主要构成。据工信部统计，截至 2020 年 7 月末，我国地面移动通信用户达到 15.97 亿户，4G 用户超过 12.88 亿户。按照国际咨询公司的测算方式，卫星移动通信用户数一般取地面移动通信系统用户数总量的 0.2-1%，取下限计算，国内卫星移动通信市场的潜在用户数将达到 319.4 万户，按占该市场的 1/3 计算，保守估计直接使用卫星移动系统的活跃用户数量可超过 100 万户，按照一户一台测算，个人直接使用的卫星手持移动通信终端需求为 100 万台。而移动互联网的发展，卫星移动培育了大量潜在的使用多模终端配置用户，即使按 1% 计算，多模终端数量也有望达到 1600 万台。

假设民用卫星移动通信终端价格 5000 元，多模移动互联网智能手机价格 1 万元，单兵手持终端价格 2 万元，车载和便携式终端价格 20 万元进行测算，我国卫星移动通信终端总需求量可达 2151 万台，总市场规模可以达到 2012 亿元，具体测算如表 35 所示，但根据天通一号网披露，截至 2018 年 12 月，国内只有 8-10 万卫星通信用户，不超过国内卫星移动通信终端总需求的 0.5%，假设 2025 年卫星移动通信终端用户可以达到总需求的 8%，即终端数量可以达到 172 万台，**2020 年-2025 年期间，每年卫星移动通信终端市场增量空间平均约为 21.66 亿元左右。**

表 35: 卫星移动通信终端市场预测

应用领域	终端数量 (万台)	产品单价 (万元)	市场规模 (亿元)
民用			
个人手持终端	100	0.50	160
多模移动互联网终端	1600	1.00	1600
森林防火	50	0.50	25
户外探险	75	0.50	37.5
减灾救灾	45	0.50	22.5
海洋渔业	30	0.50	15
民用合计	2120	—	1860
军用			
军队	20	2.00	40
武警	6	2.00	12
武器平台	5	20.00	100
军用合计	31	—	152
总计	2151	—	2012

资料来源:《电信网技术》，中航证券金融研究所整理

③ 网络设备市场测算

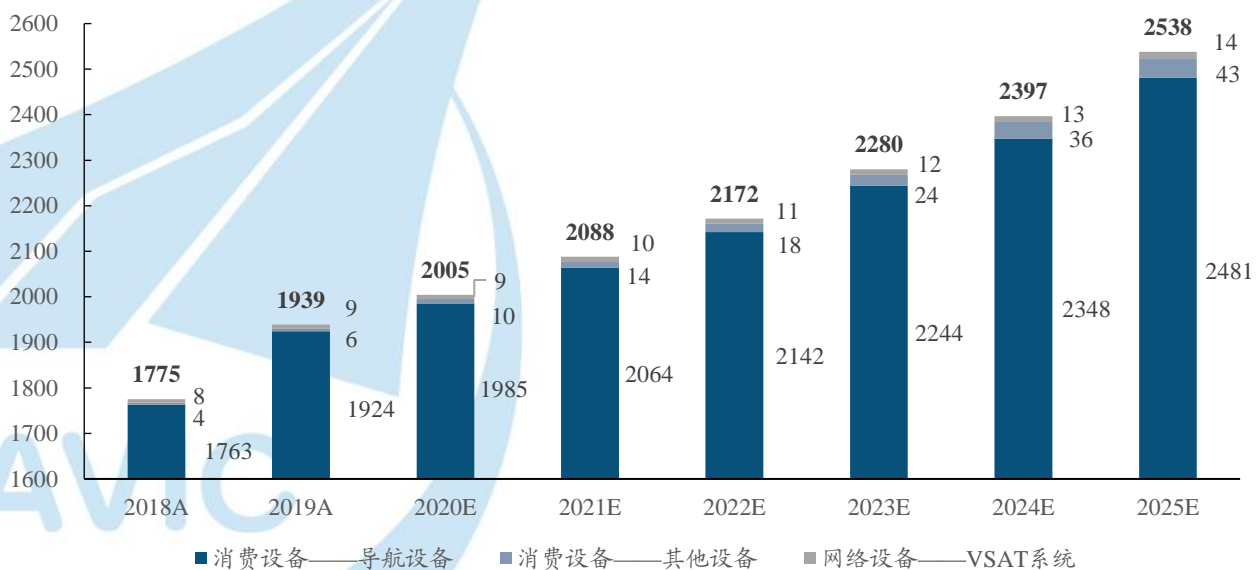
卫星地面设备中的网络设备，主要由卫星通信及卫星遥感应用，接收、传输卫星空间段数据的卫星数据接收站设备构成。其中，VSAT 系统是重要的组成部分。一套完整的 VSAT 系统由通信卫星上的转发器，地面大口径主站（中枢站）以及众多小口径的小站构成，根据恒州博智（QYResearch）分析，2017 年全球企业 VSAT 卫星通信系统市场总销售额约 11.53 亿美元，**中国企业 VSAT 卫星通信系统市场为 7.56 亿元，按照年复合增长率 7.71% 测算，2025 年中国 VSAT 卫星通信系统市场预计可以达到 13.70 亿元。**我们认为当前国内 VSAT 系统市场规模较低的原因主要为我国卫星电视直播业务目前未能得到政策完全放开，尚未实现产业化发展。VSAT 系统的应用领域当前主要集中于政府机构等公共服务部门。

另外，由于卫星通信、卫星遥感大型地面站一般为国家政府建设，市场增量较少且数据较难获得，暂未详细测算。卫星地面设备中的网络设备暂以 VSAT 设备代替。

综上所述，我们对卫星地面设备市场的各领域进行了测算，具体结果如图 59 所示。我们对未来卫星地面设备市场规模有如下判断：

（1）2025 年我国卫星地面设备市场规模总体可以达到 2538 亿元（见图 59），其中导航设备终端市场占比最大，占比超过 97%。

图 59：我国未来卫星地面设备市场规模及构成预测（单位：亿元）



资料来源：中航证券金融研究所整理

（2）消费设备中的导航设备终端方面，伴随 2020 年上半年北斗三号全球卫星导航系统空间段建设完毕，地面应用将持续推广，我国卫星导航终端设备的市场有望保持稳定的增长。

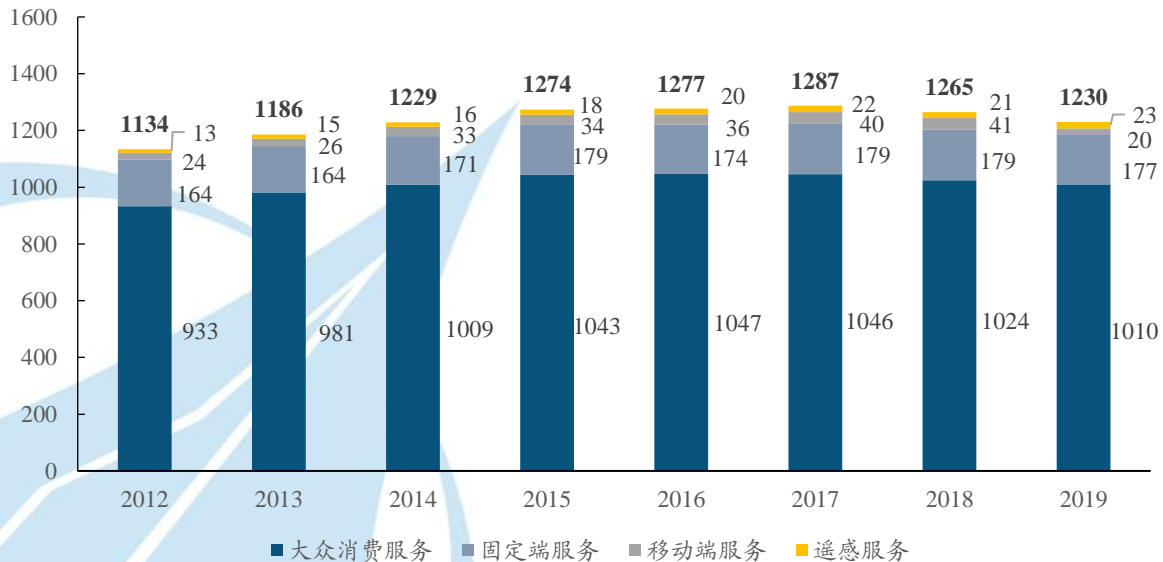
（3）消费设备中的其他设备（卫星移动通信设备）方面，伴随我国推进鸿雁星座、虹云工程等低轨通信卫星的部署建设，未来卫星通信终端设备的市场需求有望增长，但受限于当前卫星通信终端设备较为昂贵、5G 移动通信将迎来快速的拓展、光纤通信的地位短时间内较难撼动等因素影响，消费设备中的其他设备市场规模占比短期内可能较难取得明显的提高。

(4) 网络设备中的 VSAT 系统方面，尽管据航天科技集团披露，我国约有 1.7 亿户家庭卫星电视直播的市场需求，但受到我国对卫星电视等 VSAT 系统重点应用领域在政策上存在不明确性，保守估计我国未来 VSAT 市场规模仍将保留在较低水平，在卫星地面设备市场规模中占比最低。

4.2.1.3 卫星服务

按照近年来美国卫星协会（SIA）的统计方式，全球卫星服务主要由各类卫星通信服务以及遥感服务构成，近年来全球卫星服务市场规模及构成如图 60 所示。可以看出，**尽管大众消费通信服务占卫星服务市场规模比例有所下降，但始终是全球卫星服务市场的主要构成，其次为卫星固定通信服务。**

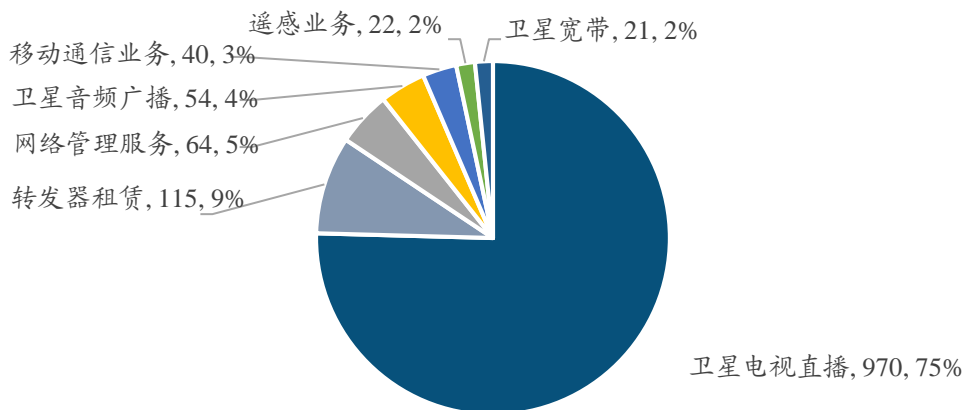
图 60：全球卫星服务市场规模及构成（单位：亿美元）



资料来源：SIA，中航证券金融研究所整理

其中，大众消费通信服务由卫星电视直播、卫星音频广播以及卫星宽带服务构成；卫星固定通信业务主要由转发器租赁协议和网络管理服务构成。2017 年卫星服务市场的拆分如图 61 所示。可以看出，在卫星服务的各项具体业务中，卫星电视直播业务占据了 75% 的比例，其次为通信卫星转发器租赁业务，占比 9%。主要原因为国外通过卫星电视收看电视节目的现象较为普遍。而 SIA 的卫星服务市场统计中未考虑卫星导航服务市场，我们认为主要原因**一方面为国际当前主流的 GPS 卫星导航系统中的民用 GPS 信号可任意接收，不收取费用，因此未被计入卫星服务市场；另一方面 GPS 卫星导航系统通过出售手机芯片、信号接收终端等方式取得的收入被计入了卫星地面设备市场中。**

图 61: 2017 年全球卫星服务市场拆分 (单位: 亿美元; %)



资料来源: SIA, 中航证券金融研究所整理

在对我国卫星服务市场进行分析时, 除需考虑大众消费通信服务、卫星固定通信服务、卫星移动通信服务以及遥感服务等细分市场之外, 还需考虑我国卫星导航中的 GNSS 下游各类“北斗+”应用领域的运营服务市场。因此, **本报告中对我国卫星服务市场的测算将主要考虑大众消费通信服务、卫星固定通信服务、卫星移动通信服务、遥感服务以及卫星导航服务。**

① 大众消费通信服务市场测算

大众消费通信服务方面, 主要由卫星电视直播服务、卫星音频广播以及卫星宽带业务。

卫星电视直播方面, 根据《我国卫星直播电视业务发展研究》中的分析, 我国在 2008 年 6 月成功发射了中星 9 号卫星标志着我国直播卫星系统的建成并投入使用。截至 2018 年年底, 我国卫星直播电视“户户通”开通用户数量总计 1.1 亿用户, 我国的卫星直播电视已经成为了全球用户规模最大的平台。然而从经济效益上来看, 卫星直播电视项目绝大部分时间处于亏损状态, 主要根源为当前卫星直播电视平台未能实现商业化运作, 国家对其定位仍是有线电视的补充, 主要覆盖边远农村地区, 实行免费服务, 靠政府每年的财政经费维持终端最基本的收视功能以及各省市的基本节目。

在此背景下, 我们认为国内卫星电视直播业务与卫星音频广播的市场规模可以参考中国卫星通信集团 (以下简称“中国卫通”) 的广播电视业务收入, 2018 年中国卫通广播电视业务营业收入为 10.17 亿元, 按照中国卫通在《招股说明书》中披露了公司在国内的市占率约为 80% 测算, **2018 年我国卫星电视直播与卫星音频广播整体业务规模约为 12.71 亿元。政策未出现大规模变动前, 未来几年广播电视业务收入的增长率取 2014-2018 年中国卫通广播电视业务的复合增长率 1.01% 测算, 2025 年, 我国卫星电视直播与卫星音频广播整体业务规模可以达到 13.63 亿元。**

卫星宽带业务方面, 下游的市场需求主要在于陆地卫星宽带通信、航空卫星宽带通信以及海上宽带卫星通信。伴随未来鸿雁星座及虹云工程两大低轨宽带通信星座的建设, 我国自主可控的卫星宽带系统接入或将在 2025 年前将有稳步增长。

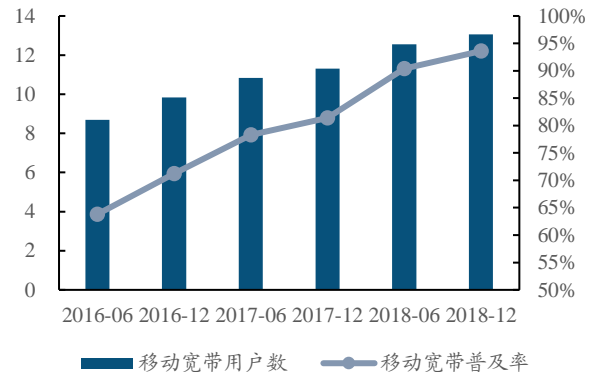
陆地卫星宽带通信方面，根据宽带发展联盟统计，截至 2018 年末，我国宽带普及率已到达较高水平，如图 62 及图 63 所示，而卫星宽带收费价格相对较高（天海世界卫星海洋宽带套餐：1519 元/全年 18G 流量），而当前高铁、动车宽带通信大多采用沿线设立 4G、5G 基站的形式，而非成本较高的卫星通信方式，因此我们认为，**未来几年内，陆地卫星宽带通信较难在我国推广，其市场规模相较于航空卫星宽带通信以及海上宽带卫星通信可忽略。**

图 62：中国固定宽带用户数及普及率（单位：亿户；%）



资料来源：宽带发展联盟，中航证券金融研究所整理

图 63：中国移动宽带用户数及普及率（单位：亿户；%）



资料来源：宽带发展联盟，中航证券金融研究所整理

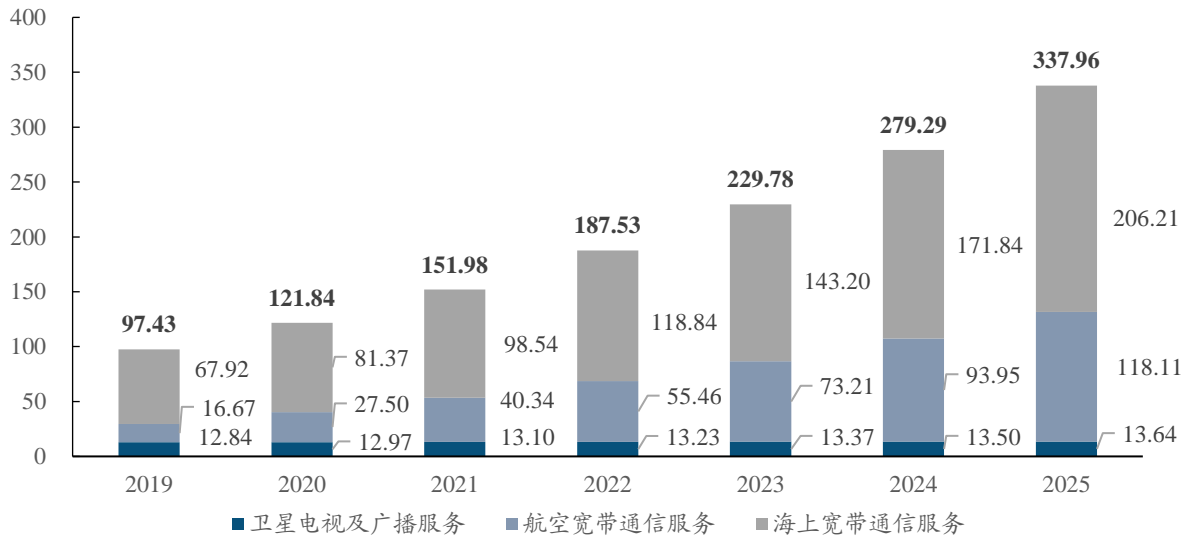
航空卫星宽带通信方面，主要用于机上 WiFi 通信。2014 年 11 月 11 日，我国首个空中互联网产业联盟在珠海航展宣布成立，2019 年 6 月东方航空电子商务有限公司副总经理张弛在 2019 民航趋势论坛上披露：我国航空企业旗下机队已有 140 架开通机上 WiFi，中国的航空互联网市场渗透率刚刚超过 5%，而美国航企的互联网机队占比已超过 80%，未来中国民航的航空互联网将处于一个非常重要的基础建设投入阶段，2020 年 7 月 7 日，中国第一架国产高速互联网飞机正式启航（青岛航空 QW9771 航班，基于中星 16 号高通量通信卫星），同时开启了中国民航史上首次机载 Ka 卫星宽带互联网直播。

基于第三方调研机构 CAPSE（民航旅客服务测评）2018 年的调查研究显示，92% 的国内旅客认为需要配备机上 WiFi，27% 的乘客愿意为此付费。据《2018 年民航行业发展统计公报》中披露，2018 年我国民航旅客运输量达 6.1 亿人次，假设航空互联服务 100 元/人/次，可以测算出当前我国潜在航空卫星宽带市场规模可达 151.52 亿元。**按照每年我国民航旅客运输量每年增长 10%、航空互联网市场渗透率每年扩充 5% 来测算，2025 年我国航空卫星宽带通信市场规模将达到 118.11 亿元。**

海上宽带通信方面，根据观研天下测算，2018 年我国海上宽带卫星通信市场规模已经达到 56.11 亿元，同比增长 22.2%，随着我国政策的鼓励，加大了建设海洋信息化的进程，另外，海上宽带卫星通信的迫切需求，将不断带动我国海上宽带卫星通信市场规模的扩大，**预计到 2025 年其市场规模将达到 206.21 亿元。**

综上，我们测算出 2025 年前卫星服务中大众消费通信服务的市场规模，如图 64 所示。

图 64：2019-2025 年大众消费通信服务市场规模预测（单位：亿元）



资料来源：中航证券金融研究所整理

② 卫星固定通信服务市场测算

卫星固定通信服务方面，航天科技集团所属上市公司中国卫通作为世界第六大固定通信卫星运营商，其业务包含了卫星固定通信服务、转发器租赁等，据公司统计，公司业务国内市占率达到 80%，根据 2018 年中国卫通通信、应急保障业务收入为 14.63 亿元测算，我国 2018 年固定通信服务市场规模约为 18.29 亿元，**假设不考虑中国卫通再次发射通信卫星对公司利润的影响（即仅考虑需求端增速），且国内政策未出现大规模变动，未来几年固定通信服务业务收入的增长率取 2014-2018 年中国卫通通信、应急保障业务收入的复合增长率 1.01% 测算，2025 年我国卫星固定通信服务市场规模可以达到 20.75 亿元。**

③ 卫星移动通信服务市场测算

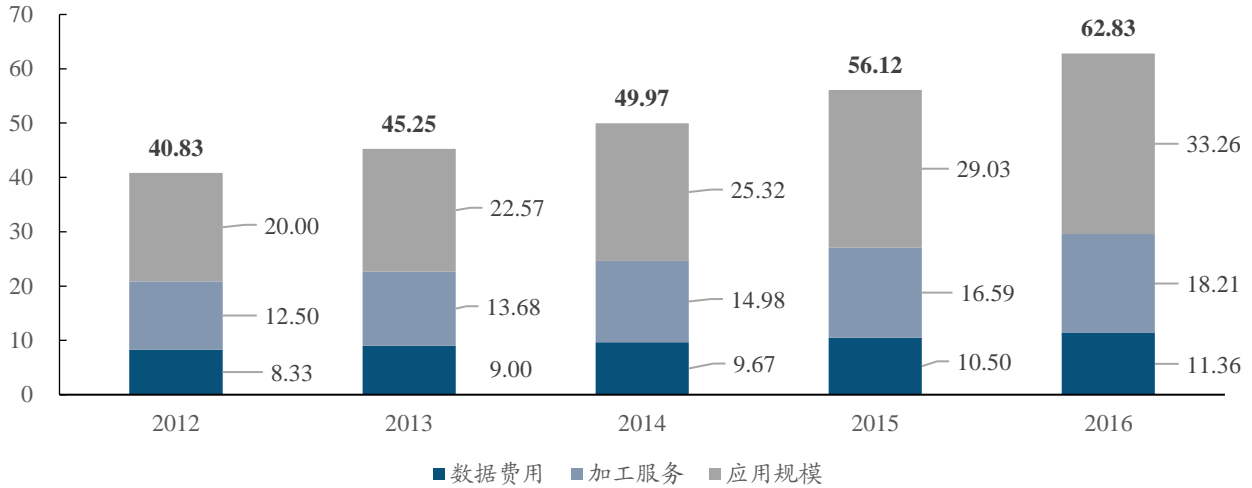
卫星移动通信服务方面，截至 2019 年 12 月 25 日，天通一号网披露的天通一号通信卫星语音年卡销量 649 张，套餐费及服务费合计 1700 元；数据年卡销量 205 张，套餐费及服务费合计 3900 元。按照二者销量加权测算的天通一号用户年套餐及服务费合计 2528.10 元。参考卫星移动通信地面设备用户数量，**我们预计 2025 年我国卫星移动通信服务市场可以达到 40.69 亿元。**

④ 卫星遥感服务市场测算

卫星遥感服务方面，我国的市场需求主要集中在国防和政府类需求、商业化需求两方面。政府方面，对于遥感数据服务的采购商包括：国家安全、农业、林业、国土、水利、环境监测、防灾减灾、测绘、交通、气象、海洋、地球科学研究等行业用户，以及各级政府机关、以卫星遥感数据为基础的施工单位等；商业方面，应用领域包括了精准农业、立绘测绘、智慧城市、车联网、船联网以及大众应用等。卫星遥感服务可以细分为卫星原始数据直接消费、基于遥感数据的后续处理加工服务以及后续应用市场，根据立鼎

产业研究院测算，2012-2016 年我国遥感卫星各领域的市场规模如图 65 所示。

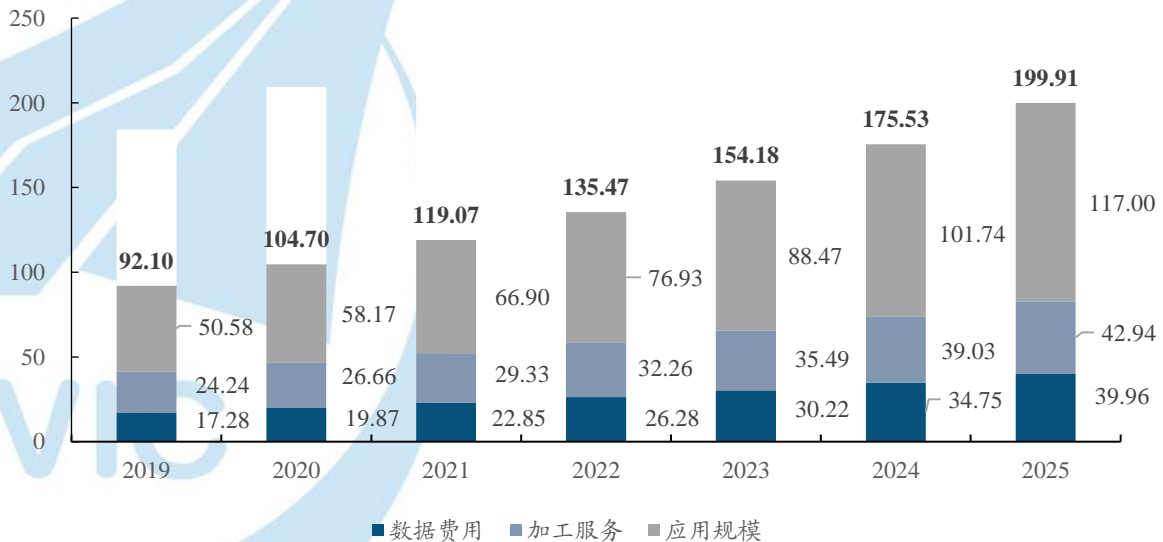
图 65: 2012-2016 年中国遥感卫星市场规模及构成 (单位: 亿元)



资料来源: 立鼎产业研究中心, 中航证券金融研究所整理

数据费用按照年平均增长率 15%、加工服务按照年增速 10%、应用规模按照年均增速 15%测算, **我国 2025 年遥感卫星服务市场规模可达近 200 亿元**, 具体市场测算如图 66 所示。

图 66: 2019-2025 年中国遥感卫星市场规模预测及构成 (单位: 亿元)



资料来源: 中航证券金融研究所整理

⑤ 卫星导航服务市场测算

卫星导航服务方面, 基于 4.2.1.2 节中对我国卫星导航与位置服务产业市场规模及其产业链下游产值的测算, **我们预计 2025 年我国卫星导航运营服务市场规模可以达到约 3000 亿元**。

综上, 我们对卫星服务市场的各领域进行了测算, 具体结果如图 67 所示。我们对未来卫星地面设备

市场规模有如下判断：

(1) 2025 年我国卫星服务市场规模总体接近 3600 亿元，其中卫星导航服务市场占比最大，占比超过 80%。

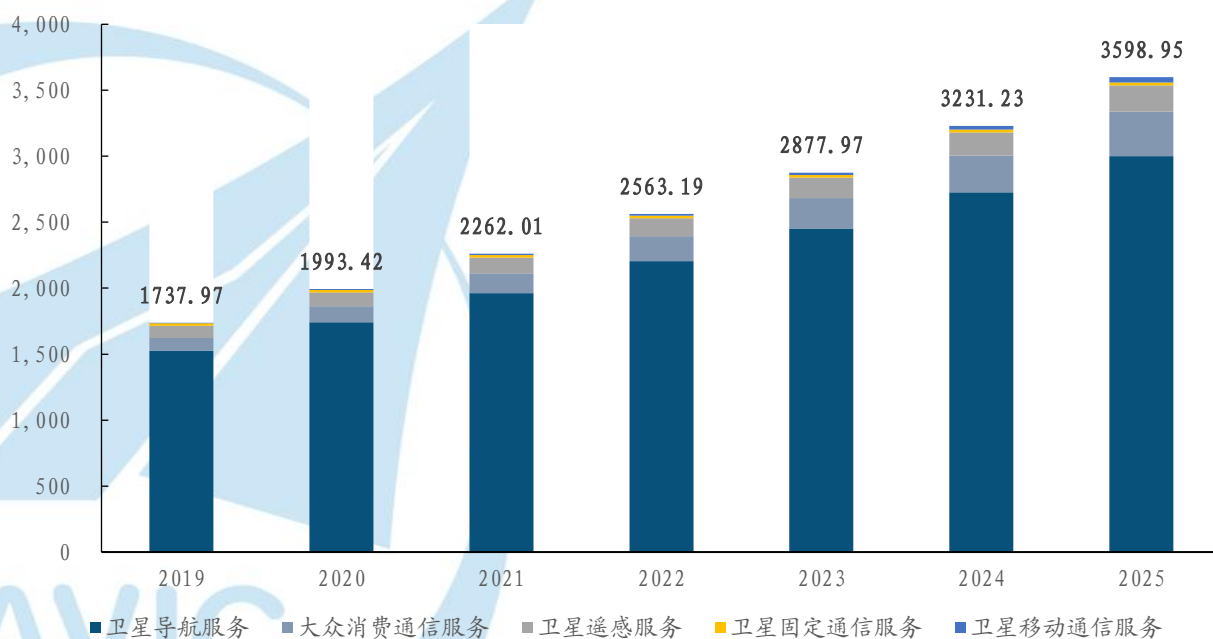
(2) 大众消费通信服务方面，未来市场中增速最快的细分领域在于海上宽带通信服务，其次为航空宽带通信服务，而卫星电视广播服务在我国未放松相关政策前，市场仍将维持在 15 亿元以下。

(3) 卫星固定及移动通信服务方面，卫星固定通信的市场规模较小且增速较低，2025 年市场规模预计在 20 亿元左右，卫星移动通信方面市场规模预计可以超过 40 亿元。

(4) 卫星遥感服务方面，作为我国政府对遥感数据需求的提升，以及商业卫星遥感市场开始形成，预计可以进入一个稳定的成长期，2025 年市场规模在 200 亿元左右。

(5) 卫星导航服务方面，伴随未来北斗第三代导航系统的组网完成，将带动下游多个应用领域市场的拓展。其核心及相关的下游运营服务市场规模占比也将在导航产业链中占比规模逐渐提高。

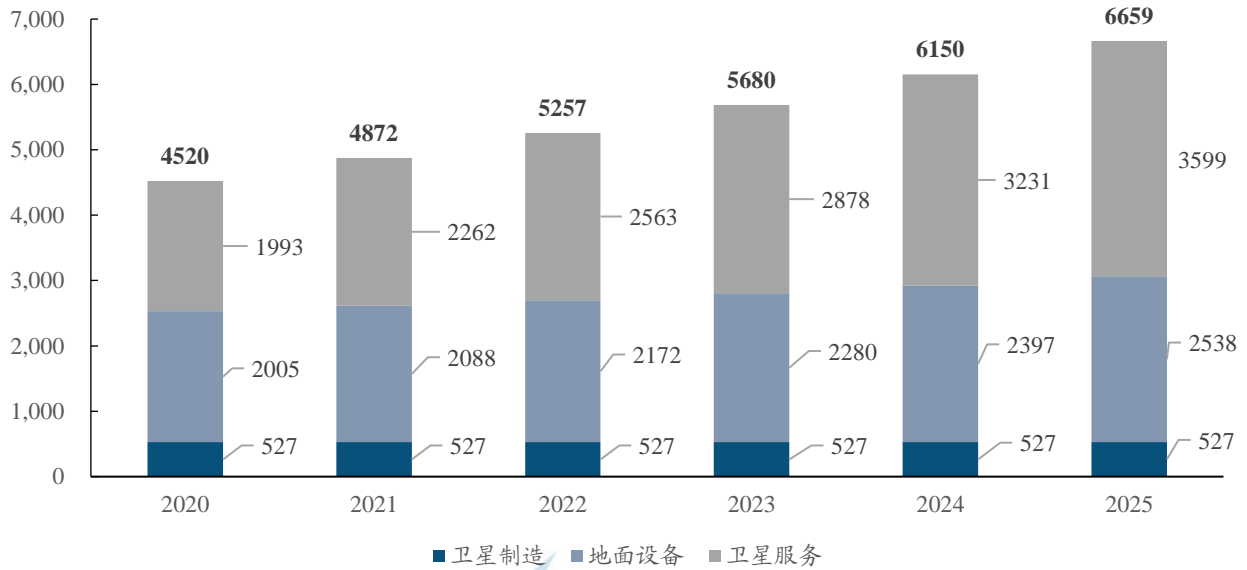
图 67：2019-2025 年中国卫星服务市场规模及构成预测（单位：亿元）



资料来源：中航证券金融研究所整理

汇总 2020-2025 年我国卫星制造、地面设备以及卫星服务的市场测算结果，可以得到在忽略技术验证卫星、科学研究卫星以及教育用卫星的其他卫星及卫星制造的时间波动性情况下，我国卫星产业总体市场规模预测如图 68 所示。可以看出，2025 年我国卫星产业总体规模将超过 6650 亿元，其中伴随着我国多个卫星星座部署完成，卫星产业市场中卫星服务市场的占比将逐步提升，卫星服务市场将成为未来几年内我国卫星产业的主要增长点。

图 68: 我国未来卫星产业市场规模及构成预测 (单位: 亿元)



资料来源: 中航证券金融研究所整理

4.2.2 卫星各分系统市场情况

目前, 卫星作为最为广泛应用的无人航天器, 其研发过程同样适用于图 14 所示的航天系统工程流程, 而完整卫星系统由地面段、空间段以及下游应用相关设备 (或服务) 构成。

① 卫星地面段

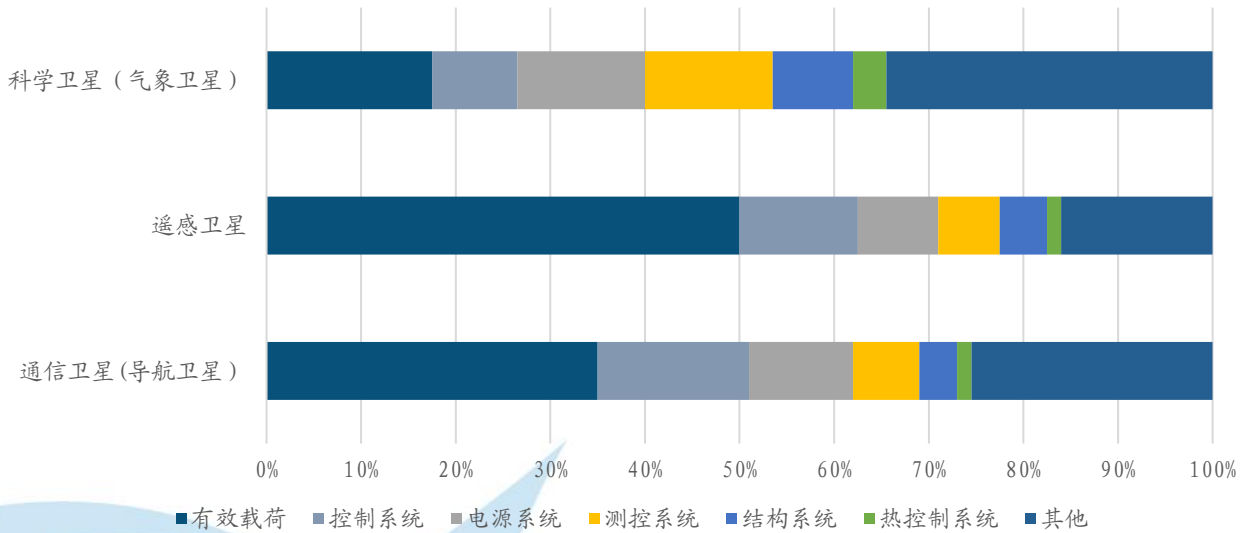
卫星地面段方面, 主要由跟踪测量系统、遥测系统、遥控系统、实时计算机处理系统、显示记录系统、时间统一系统、通信系统以及事后数据处理系统各分系统共同组成。目前, 我国卫星地面设备中的地面站主要用于航天测控, 其中商业航天测控仍主要以国家建设的中国航天测控网为主, 另建有部分行业测控站和民营测控站, 目前仍处于政策和能力的成长期, 与资本市场关联度不强, 从图 59 也可以看出, 卫星地面设备中的网络设备市场占比较低。同时, 尽管在商业航天热潮背景下, 部分民营企业成立了多家民营地面站, 但其主要是为立方星或微小卫星等提供测控支持, 市场规模仍较小, 综合以上两点, **本节将不对卫星地面设备进行深入分析, 而是主要对卫星产业中的空间段及相关下游应用端进行分析。**

② 卫星空间段

卫星空间段方面, 主要由结构系统、热控制系统、电源系统、姿控系统、轨控系统及测控系统构成。从图 69 所示的不同种类卫星空间段各分系统成本 (经费) 的构成中可以看出, 各类卫星空间段成本构成差异较大。我们认为, 主要原因是由于不同种类的卫星的成本构成差异不单单仅存在于不同的有效载荷上, 其工作轨道带来的环境差异等也将会对卫星空间段其他分系统的性能需求产生较大影响, 进而促使其成本

构成较大。总体来看，**各类卫星空间段分系统成本构成的共性主要在于有效载荷、控制系统、电源系统以及测控系统成本占比均超过50%以上。**

图 69：不同种类卫星空间段各分系统成本（经费）构成（单位：%）



资料来源：公开资料，中航证券金融研究所整理

注：有效载荷、控制系统（包括姿控系统及轨控系统）、电源系统、测控系统、结构系统及热控制系统采用资料所述经费范围均值。其中，按照资料中提到的导航卫星总经费估算类似于通信卫星，气象卫星估算总经费近似于科学卫星，我们假设气象卫星各分系统成本构成占比近似于科学卫星，导航卫星各分系统成本构成近似于通信卫星。

③ 卫星下游应用

卫星下游应用中，卫星通信主要以卫星移动通信设备及服务（大众消费通信、卫星固定通信及卫星移动通信服务）为主；卫星导航主要以北斗兼容型芯片及其相关模块（板卡、天线及地理信息系统等）、终端集成、系统集成以及相关服务为主；卫星遥感主要以相关遥感数据加工处理、提供具体应用场景相关解决方案等服务为主。

4.3 卫星产业链分析

不考虑卫星地面站，卫星制造产业链上游主要为卫星的工程研制，包括卫星的总体论证、设计、仿真测试及试验。卫星总体论证设计、仿真测试及试验主要由航天科技、航天科工集团及中科院所属卫星相关研究所或所属企业、相关高校参与，此外当前也有部分微小卫星（立方星）的总体设计、仿真测试及试验由高校、相关商业卫星企业参与。

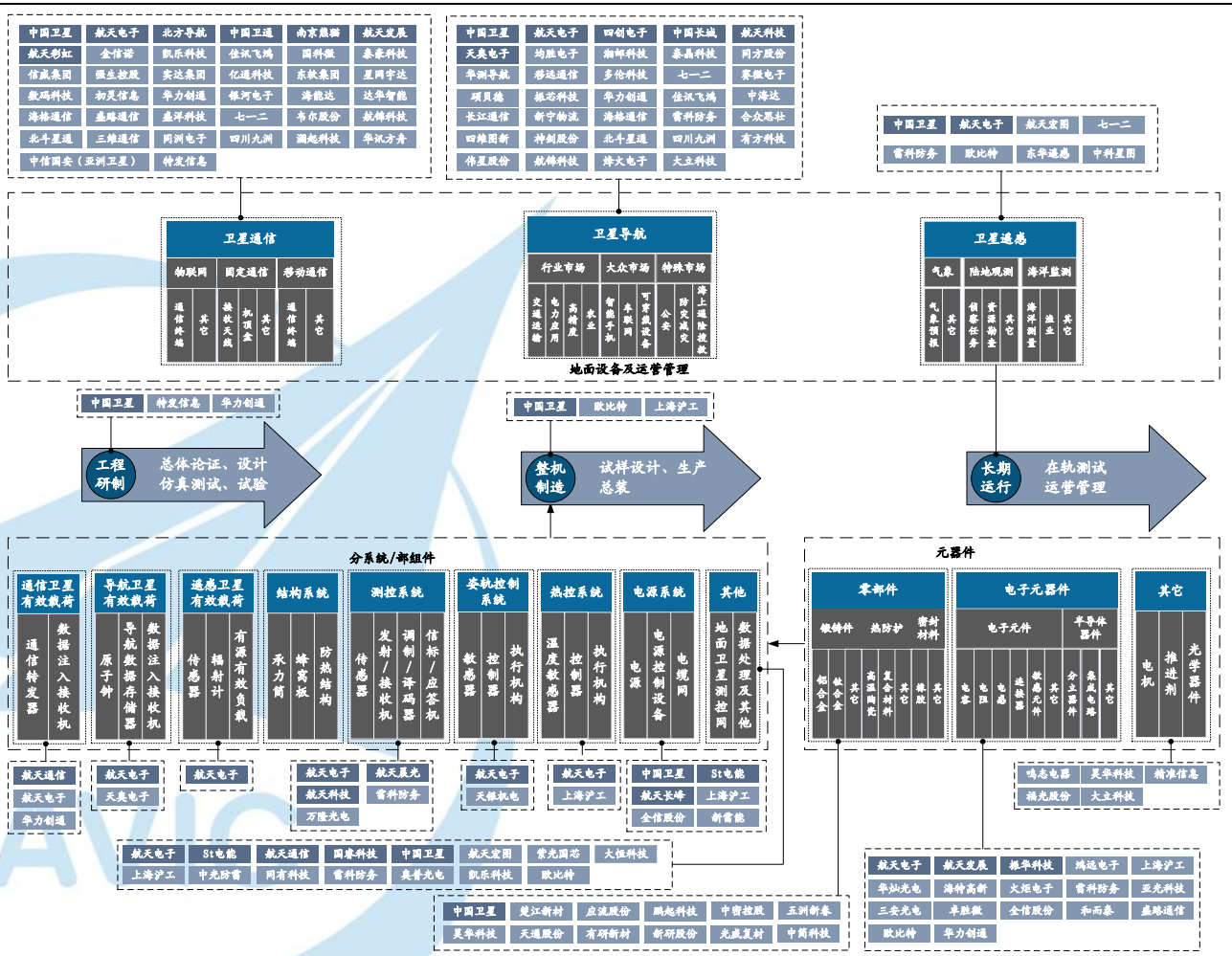
卫星产业链中游主要包括卫星试样的设计、制造及生产，其中涉及到的通导遥卫星有效载荷、结构系统、测控系统、姿轨控制系统、热控系统、电源系统由于对相关专业技术积累及资质要求较高，同时与卫星的总体论证、设计关联性强，因此行业壁垒较高，主要仍以航天科技、航天科工集团及中科院等相关科

研究所或所属企业参与，民营企业主要集中于零部件及电子元器件等配套产品供应。而目前参与卫星地面测控网及数据处理的参与者已开始由航天科技集团、航天科工集团及中科院等相关科研院所或所属企业向部分具有相关资质的民营企业拓展。

卫星产业链下游目前主要由卫星通信、卫星导航及卫星遥感三方面构成，伴随卫星产业链下游应用向民用领域快速拓展背景下，航天科技、航天科工集团及中科院等所属相关企业事业单位外的大量民营企业开始参与其中，市场竞争较为激烈。

卫星产业链及相关上市公司情况具体如图 70 所示。

图 70: 卫星产业链及相关上市公司



资料来源: wind, 中航证券金融研究所整理

4.4 卫星系统技术发展趋势

由于卫星下游应用领域繁多，受各类卫星有效载荷的差异以及应用领域的需求差异影响，通信卫星、导航卫星以及遥感卫星的技术发展趋势存在较大区别，因此我们先对卫星通用分系统中与资本市场关联较为密切的测控分系统、电源系统进行技术发展分析，同时再以卫星通信、卫星导航及卫星遥感应用为代表

的航天产业下游进行技术发展趋势深入探究。

4.4.1 各类卫星通用分系统

4.4.1.1 测控分系统

卫星测控分系统是航天测控通信系统的重要组成部分，航天测控系统是指对航天器进行跟踪测轨（即外测）、遥测（即内测）、遥控和通信（传输数据、图像和语音等）。卫星空间段上的航天测控通信系统是航天器与地面联系的生命线和天地信息的传输线，也是航天工程和空间基础设施的重要组成部分。由于卫星空间段的测控分系统与卫星地面段测控网存在密切联系，因此本节将卫星地面段测控网技术发展与卫星空间测控分系统技术发展合并进行分析。

我国的航天测控通信主要由近地轨道测控网、深空测控网和天基测控网。近年来，我国在近地测控网建设方面，增加了 Ka 频段、扩频测控体制，实现了天线与机房拉远、多天线共用基带池、多频段测控系统与测量雷达共用天线、卫星数据接收与测控一体化等；在深空测控网建设方面，66m S/X 双频段深空测控通信系统、35m S/X/Ka 三频段深空测控通信系统和深空干涉测量系统已投入使用，3 个深空站对深空目标的覆盖率达到 90%以上；在天基测控网建设方面，“天链一号”中继卫星系统实现了三星组网运行。整个测控网具备了“有人值班、无人操作”“远程监控、自动运行”能力。

参考国内外测控通信系统建设和先期技术研发情况，近期**测控通信技术的主要发展方向主要包括：**

（1）打破测控与运控系统的“烟囱”式格局，利用通用的多功能地面站、通用用户接口、多任务操作中心、航天数据中心和通信网络，实现航天地面站网融合和测运控业务操作自动化，以提高航天地面资源的利用率和安全性，降低运行维护成本；

（2）在中低轨航天器测控通信和卫星数据接收方面，全空域多目标光控相控阵天线将取代抛物面天线；在深空测控通信方面，中、小天线组阵将代替超大口径天线；

（3）跟踪与数据中继卫星将向提高 S 频段多址能力、开发 Ka 频段多址技术、建立星间和星地激光链路、提供“增强业务”、打造众多微小用户服务能力，以及融入天地一体化网络等方向发展；

（4）星间射频和光学链路将成为星座、星群测控通信的重要手段，可大幅减轻对地面测控站的依赖，也可以看作是天基测控通信手段（跟踪与数据中继卫星、卫星导航应用）的拓展；

（5）在轨维护与服务技术将带动星间高精度相对测量技术、细胞卫星协同组网、精密遥操作、可拆解卫星的地基观测技术的发展；

（6）空间移动网络将作为全新的近地空间通信与导航体系的载体，可为航天器提供按需、随时随地接入服务，并具有与地面移动无线网智能手机用户一样的用户体验；

（7）数字化、软件化、综合化、光子化将不断深入，网络化和智能化将加速发展；

（8）太赫兹、涡旋电磁波、X 射线等新技术的实用化将不断推进。

4.4.1.2 电源分系统

卫星电源系统作为卫星的重要分系统，在卫星全寿命期内为整星提供稳定的能量来源，其性能直接决定着卫星平台的功率能力以及卫星寿命两个关键技术指标，是整星不可或缺的组成部分。在全世界发射的众多卫星中，95%以上均采用太阳电池阵组合蓄电池组作为电源系统的电能来源。

国外航天器电源技术迅速发展，根据 NASA 的发展路线图，未来呈现向“大”和“小”两个极端发展。“大”是指空间站、大容量地球同步轨道通信卫星、雷达星以及一些特殊用途飞行器趋于大型化、长寿命，功率超过 20kW；“小”则是指针对月球、火星的一些科学探测卫星要求供配电系统体积小、质量轻，向高比能量、高比功率等方面发展。一些新技术如多结太阳电池、锂离子电池、新型核电源技术的应用，推动了空间电源技术的发展。

过去十年来，我国的卫星电源技术有了很大的发展。太阳电池阵-蓄电池组技术不断发展，日益成熟。其中地球同步轨道卫星寿命可达到 8 年，近地轨道卫星寿命 3 年以上。高轨通信卫星平台设计寿命 15 年，寿命末期输出功率 10kW，相当于国际上 20 世纪 90 年代中期水平。与国外先进技术相比，我国的空间电源技术还有不小的差距，无论电源部件还是整个电源系统的性能，都远低于国际先进水平。而伴随随着我国探测卫星任务的发展，大容量通信卫星、新一代深空探测任务、空间站和微小卫星发展需求对空间电源技术提出了新的要求，即**更高的功率；更高的效率；更高的功率密度；更高的可靠性、更长的寿命；更低的成本；更小的质量与体积；满足远日宇航探测任务的特殊需求**等。从国内的科研院所已经给出了未来空间太阳电池和太阳电池阵的发展目标来看，目前卫星平台电源发展目标为**效率达到 17.5%的高效硅电池、效率达到 34%的砷化镓电池以及应用于大型卫星，质量比功率达到 240W/kg 的折叠式柔性太阳电池阵**。

4.4.2 卫星通信

4.4.2.1 通信卫星

通信卫星当前的应用领域可以分为军用领域及民用领域。

① 军用领域

在军用领域中，作为卫星通信使用最早、装备最完善也是应用最广泛的国家，美国已经构建了较为完善的军事卫星通信系统。在美国搭建的新一代卫星通信系统之中，将卫星通信分为宽带卫星通信系统、窄带卫星通信系统以及受保护安全抗干扰卫星通信系统三类，其主要特点如表 36 所示。

表 36：美国军用卫星通信系统功能及代表

军用卫星通信系统类别	主要功能	工作频段	代表系统
宽带卫星通信系统	执行任务指挥、危机管理、情报数据传输提供支持。	3-30GHz	WGS 宽带全球卫星系统

窄带卫星通信系统	为全球战术通信，包括途中紧急通信、战区 内通信、情报广播和战斗网无线电的距离扩展等 提供支持	225-400MHz	移动用户目标系统（MUOS）
受保护安全抗干扰 卫星通信系统	用于最关键的战略级部队及人物指挥系统	3GHz-300GHz	先进极高频（AEHF） 卫星系统

资料来源：《无线电工程》，中航证券金融研究所整理

由于各国已经意识到战争期间军事卫星通信的重要性，未来卫星通信势必面临愈加激烈的范围性威胁和竞争，而美国目前建立的军用卫星通信系统对各国均具有一定指导意义。

同时，美军在上述新一代军用卫星通信系统建立过程中，提出了未来 10 年的军用卫星通信体系和发展方向，主要包括以下三方面：

（1）启动宽带卫星通信备选方案分析（AoA）工作，即更广泛的使用现有商用技术，设计和构建一个新的专用卫星星座，手段主要包括纳入商用卫星公司、卫星行业组织和国际合作伙伴；纳入商业卫星技术和基础设施；授予宽带通信架构研究合同，确立弹性安全的宽带卫星通信运行和服务体系。

（2）开展受保护卫星通信服务（PSCS）体系研究，主要计划将受保护战略战术卫星通信任务分解，以更好地实现受保护卫星通信的弹性容量、采购灵活性以及行动灵活性。

（3）开启商业卫星通信探路者计划，重点解决均商用系统不兼容的问题，探索利用商业卫星能力的新方式，以利用相对低成本、可快速交付的商业通信卫星服务。

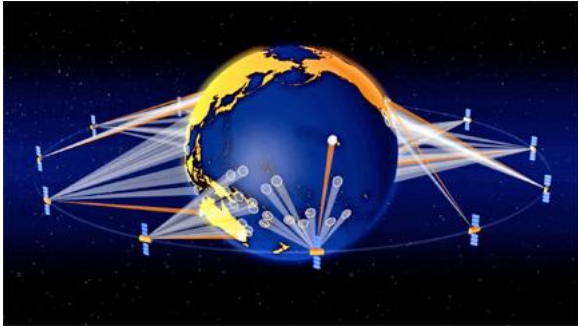
综合分析当前美国的发展思路，可以发现，美国未来军事卫星通信的重点在于实现整体卫星通信系统的**综合一体化**，加大商用卫星和运营商的参与度，通过分散式体系将少数大型卫星实现的通信功能分解到**大量功能单一的小型卫星**上，以实现系统的**弹性抗毁伤**（信息系统出现故障或遭到攻击时维持或恢复功能的能力）和**高可用性**。

② 民用领域

在民用通信卫星领域，从近年全球新发射的通信卫星的轨道结构来看，商业中低轨通信卫星占比持续提高，特别是在移动宽带星座和物联网星座领域。

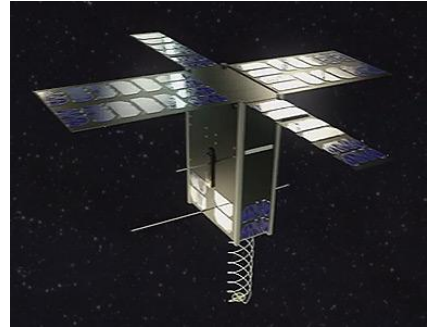
移动宽带星座方面，中低轨移动宽带卫星代表有“下一代铱星”、欧洲卫星公司（SES）的 03b 卫星、SpaceX 的“星链计划”等等，美国联邦通信委员会 2018 年先后为 SpaceX，SES 公司等计划超过 12000 颗卫星办理审批许可，将进一步的激发市场活力，推动行业内的市场竞争；低轨物联网星座方面，通过低轨立方卫星星座满足机器人和物联网市场需求成为了资本力量关注的重点，包括希伯公司、舰队空间技术公司、阿斯特罗宇航公司等新兴低轨物联网星座运营商均发射了其首发实验星。

图 71: 03b 中轨通信卫星星座



图片来源: SES 官网, 中航证券金融研究所整理

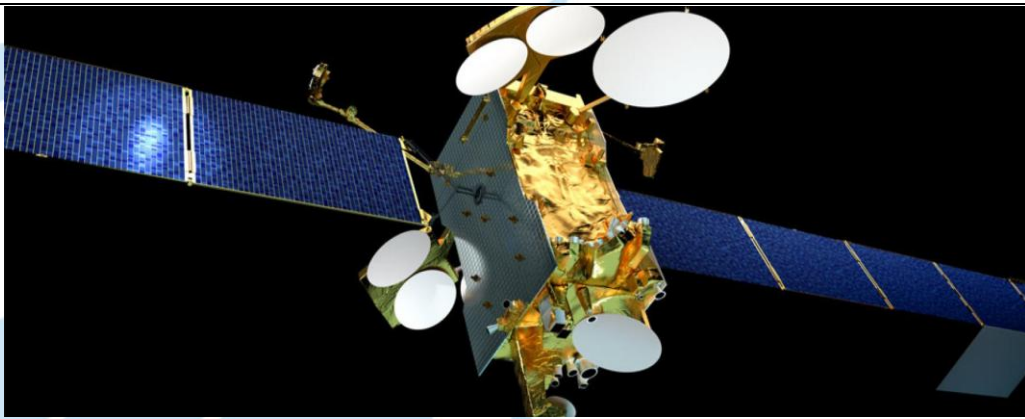
图 72: 希伯公司的 6U 立方体试验卫星



图片来源: 公开资料, 中航证券金融研究所整理

另外, 2018 年, 美、欧等世界多国开始发射具有大容量、低成本的特点的高通量卫星 (HTS), 如 SES 公司的 SES-12 高通量卫星等。高通量卫星是使用相同带宽的频率资源, 但数据吞吐量是传统通信卫星数倍甚至数十倍, 可服务于视频市场、固定和移动数据连接、补充地面通信网络等领域。

图 73: SES-12 高通量卫星在轨示意图



图片来源: SES 官网, 中航证券金融研究所整理

具体到我国, 商用卫星通信下游的需求导向是面向大众对何时何地何种情况下均可实现高性价比、低时间延迟、高速的通信服务需求以及物联网对全天候、应急情况下可实现低时延、低成本的通信需求。可以看出, **无论是大众或物联网的需求, 均围绕“高性价比”展开**。而针对以上需求, 目前全球主要存在两大技术发展方向, 即**高通量卫星与中低轨卫星星座组网**。而二者的关系并非独立, 而是相互渗透。

首先, 解决高性价比需求的一个重要解决途径就是使用**高通量通信卫星**, 通过多波束和频率复用的高通量通信卫星技术来提供更大的带宽和降低单位带宽成本, 为用户提供更经济的连接。从商业灵活性来看, C 波段用来提供高接通率的强健网络; 具有强大区域波束和点波束的 Ku 频段用于广播和宽带数据传输; Ka 波段服务则刚刚展开, 主要用于宽带服务。

同时, 另一个实现卫星通信高性价比的途径即合理选择**最低成本方式组网**, 目前地球的通信卫星轨道主要由地球同步轨道 (GEO)、中地球轨道 (MEO) 及低地球轨道 (LEO) 构成, 通信卫星在这三种的组网具有如下特点:

- ① GEO 方面, 全球大部分商用卫星通信都是同步轨道卫星提供的, 主要原因为同步轨道的轨道高, 容

易实现**广域覆盖**，理论上 3 颗卫星即可覆盖全球，**全球组网成本较低**。高通量卫星技术出现后，多波束频率复用后能够实现非常大的总容量，每比特传输成本大大降低。但由于星站距离较大、时延长、空间损耗较大，导致**终端成本上升**。

② MEO 方面，全球市场上的 O3b 系统采用了该轨道，通过 14 颗中轨卫星提供窄波束通信，因为轨道高度只有 8063km，所以**时延比较小**，可以与地面通信比拟，最大程度上解决了卫星通信的长时延、低信噪比的问题，但由于**带宽有限**，目前主要作为地面的补充网络。

③ LEO 方面，主要包括国际的铱星、Oneweb、Starlink 和国内的鸿雁、虹云星座等卫星星座。低轨卫星由于轨道低，组网所需卫星数目庞大，如 Starlink 就制定了上万颗卫星的星座计划。而庞大的卫星数目将导致两个问题：一是**完成组网资金耗费巨大**，且低轨小卫星寿命有限，更新星座需要持续投入资金，如 Oneweb 就因耗费巨大导致资金链断裂而破产；二是**旷日持久，如不能每年发射成千上万颗卫星，则不能在早期卫星寿命到期前完成组网**。同时，高昂的组网成本也对中低轨卫星的商业利润有较高要求，当前还没有低轨星座成熟的商业模式。值得注意的是，截至 2020 年 9 月 3 日，SpaceX 已累计发射 715 颗“星链”卫星，而据外媒报道，SpaceX 近日与美国军方达成协议，使用 SpaceX 的“星链”卫星群为美国陆军进行通信测试。结合以上，我们推测 SpaceX 的星链计划在中短期内的主要应用领域可能在于为美国军方（包括陆军、海军、空军及太空军）全球指挥通信作战提供支持，从而满足早期的组网资金需求。

综合以上使用高通量卫星及通过轨道选择等两种途径实现卫星通信高性价比来看，高通量卫星与建设面向全球的高通量卫星系统是大势所趋，而 GEO 轨道、MEO 及 LEO 轨道星座均是运营商的重要选择。从国外的发展经验来看，**GEO 高通量卫星系统由于前期部署成本较小，较为适宜系统部署前期、市场需求较小、盈利模式不清晰的市场；而中低轨系统由于单颗卫星部署成本较低，卫星数量庞大，系统容量较高，对于全球覆盖具有巨大优势，同时显著降低用户的容量使用成本和传输时延，在商业模式和服务模式方面易于推陈出新，是最符合成熟市场或市场潜力较大的解决方案。**

就我国而言，伴随 2017 年我国成功发射并应用了中星 16 号（实践十三号）高通量卫星，我国在高通量卫星技术方面已经进入了实际应用阶段。目前，我国在轨运行的高通量卫星只有中星 16（2019 年发射的中星 18 号入轨成功，但工作异常，已宣布失败），由于其最初为试验而研制，有效载荷数量较少、覆盖区域较小，实际开展业务时受限较多，而在 2020 年下半年，我国另一颗全商用设计、容量远超中星 16 号的全球高通量宽带卫星通信系统的首发星亚太 6D 也已经发射，可形成从东印度洋到太平洋的全视场覆盖，促使我国高通量卫星应用进入新阶段。

综合来看，未来我国民用卫星通信方面，从中星 16 号、亚太 6D 均采用了 GEO 轨道来看，我国卫星通信国内市场仍尚属部署前期，**通过 GEO 轨道的高通量卫星开展卫星通信业务可能仍将是当前航天产业“国家队”的主流发展方向**。而由于 LEO 轨道资源及频谱资源存在稀缺性，在我国卫星互联网等新基建战略的推动（详见 4.5 节）下，**短期我国对低轨卫星通信组网也同样具有较强的“卡位需求”，由于该需求具有急迫性，投资周期较长，因此短期内或同样由技术积淀深厚的航天“国家队”来参与**。未来伴随我国物联网或大众需求增长激发出更多国内卫星通信下游新应用市场，**卫星通信系统中长期将有望向高性价比的高**

通量卫星以及中低轨卫星网路组网技术融合发展，实现中低轨高通量卫星通信组网。同时结合 5G 移动通信网络的落地，卫星通信在 5G，甚至是 6G（地面无线与卫星通信集成）的融合应用也有望被卫星通信运营商视为开辟新业务的重要方向。

4.4.2.2 卫星通信应用

卫星产业链下游的卫星通信应用主要由卫星移动通信设备及大众消费通信、卫星固定通信及卫星移动通信为代表的运营服务组成，而卫星移动通信设备的技术发展本质上是由下游大众消费通信、卫星固定通信及卫星移动通信需求驱动的运营服务需求所影响的。结合上节中的论述，我国商用卫星通信，短期内**通过 GEO 轨道的高通量卫星开展卫星通信业务，同时布局低轨卫星通信组网实现“卡位”可能仍将是当前航天产业“国家队”的主流发展方向，未来中长期卫星通信将有望向高性价比的高通量卫星以及中低轨卫星网路组网技术融合发展，实现中低轨高通量卫星通信组网。同时结合 5G 移动通信网络的落地，卫星通信在 5G，甚至是 6G（地面无线与卫星通信集成）的融合应用也有望被卫星通信运营商视为开辟新业务的重要方向。**在此基础上，卫星通信地面系统、终端设备及运营存在如下技术发展趋势：

① 地面系统（关口站）

关口站作为卫星通信网与国际互联网的接口设施，高通量卫星关口站的主要特点是大规模的路由交换和大吞吐量。关口站终端设备包括射频和基带部分的集成。

基带设备方面，主要由调制和解调设备、系统时钟单元、中频分配单元、切换开关、关口站服务器以及与地面互联网之间的接口设备等构成。目前，为了支撑高通量卫星通信系统的高速率链路，基带设备需要采用更先进的技术以**提高频率利用率、极端特殊场景的适应性和对大量用户组网的支撑能力。**

射频系统方面，主要由卫星终端射频系统由大口径天线、上变频器（BUC）、HPA 安装、低噪声放大器（LNA）等组成。其核心任务是**提高发射和接收增益**，同时研究**小型化便携天线**，以适应未来个人用户的需求。通过采用新材料和工艺，在不断提升性能的同时，也有效**降低天线的制造成本**。目前，一个重要的技术发展方向即**成本低，并且散热少从而使系统更容易稳定的液晶相控阵卫星天线终端。**

② 通信终端

通信终端的研制思路应当设计以互联网为基础的网络应用方案，而不是传统卫星的网状网或星状网的思路，终端的能力成为整个应用的核心，既要在高频率段上降低成本，同时在吞吐能力上要有所提升。具体包括**以氮化镓管芯为基础的 Ka 频段宽带功放模块等关键部件的集成化以及宽角扫描技术，以及研制支持超过 100Mbps IP 数据吞吐的高度集成调制解调器。**

③ 运营模式

传统的封闭式卫星网络运营方式由一个实体运营商运营卫星，构建地面系统，再直接向最终用户提供服务，也可以通过一个或多个零售合作伙伴向最终用户提供服务。在这样的“Mbps”模型中，卫星运营商

通过各种服务产品出售 Mbps，最大限度提高投资回报率。而一个或多个服务提供商从卫星运营商购买卫星物理带宽来提供其卫星通信服务给用户。这种运营模式下，产业的利润来源于流量费用，随着我国通信业不断提速降费，这种封闭式经营思路会面临利润下降甚至亏损。同时，由于服务模式被固定在资源流量上，难以激发创新服务模式。

为了避免卫星通信管道化，激发运营商和中间环节服务商探索创新应用和服务模式的动力，应转变为更加开放的卫星运营方式。包括**卫星运营商在提供带宽等物理资源外，同时向服务提供商提供系统能力的服务**，在这种模式下，卫星运营商通过合理的资源管理和动态调配，可以为远大于封闭模式下数量的服务商提供通信能力，也增加了运营商的利润。

4.4.3 卫星导航

4.4.3.1 导航卫星

从当前全球四大卫星导航系统性能上比较（见表 37）来看，我国 2020 年上半年即将建成的第三代北斗卫星导航系统的性能在亚太地区基本可以达到，甚至超越全球其他三大卫星导航系统的性能参数。但自 2018 年底，美国便开始建设下一代（第三代）GPS 卫星导航系统，据美联社披露，第三代 GPS 卫星导航系统将由 32 颗卫星组成，单星造价 5 亿美元，定位精度较第二代系统提高 3 倍，达到 1 米，抗干扰能力提高 8 倍，卫星使用寿命也将提高到 15 年，计划 2034 年完成部署组网。

表 37：全球四大卫星导航系统性能参数比较

系统名称	空间信号测距误差 (米)	定位精度 (米)	测速精度 (米/秒)	授时精度 (纳秒)	星座构型
GPS 卫星导航系统	0.6	2-3	0.2	20	6 个轨道面，每个轨道面 4-6 颗卫星
GLONASS 卫星导航系统	0.9	3-5	0.2	30	3 个轨道面，每个轨道面 8 颗卫星
伽利略卫星导航系统	—	4	0.2	20	3 个轨道面，每个轨道面 10 颗卫星
北斗卫星导航系统 (第三代)	<0.5	<10 (全球) <5 (亚太)	<0.2 (全球) <0.1 (亚太)	<20 (全球) <10 (亚太)	24 颗 MEO/3 颗、GEO/3 颗、IGSO 卫星混合星座

资料来源：《致知商业航天》，《北斗卫星导航系统发展报告 4.0》，中航证券金融研究所整理

卫星导航技术同样在现代战争和国民经济发展中都具有日益重要的作用。

① 军用领域

在军事领域，从美国对下一代 GPS 卫星导航系统的性能改善侧重点可以看出，**军用卫星导航的发展方向主要包括提高定位精度、抗干扰性、可靠性及鲁棒性。**

定位精度方面。作为卫星导航系统的核心指标，为进一步提高定位精度，卫星导航系统可以通过在地

面加强地基增强系统。用地面基准站消除卫星导航系统的区域误差。

抗干扰性、可靠性及鲁棒性方面，自海湾战争以来的几次局部战争实践表明，卫星导航是当前实现精确打击的重要依托手段，其已成为海陆空天武器系统以及构造全数字化战场的关键技术。1997 年美军就已经正式提出了“导航战”概念，即阻止敌方使用卫星导航信息，保证己方和盟友部队可以有效地利用卫星导航信息，同时不影响战区以外区域和平利用卫星导航信息。因此，伴随现代导航定位技术的不断发展，针对导航系统及无线电频谱的争夺和控制正愈发激烈，导航战极有可能成为现代电子战中的重要作战样式。

提高卫星导航系统抗干扰性的技术主要为防御性导航战技术，可分为三个方面，具体如表 38 所示。

表 38: 防御性导航战相关技术

技术门类	具体技术
导航系统空间段	(1) 导航卫星星座优化设计; (2) 可提升导航卫星防护性能的电磁或激光加固技术; (3) 星间链路、导航卫星系统多节点设计; (4) 变频发射技术
导航系统地面段	系统的遥测和通信链路加密技术
导航系统用户端	(1) 系统信号体制优化技术; (2) 各类导航终端的抗干扰技术, 包括射频干扰检测技术、前端滤波技术、抗干扰滤波技术、天线增强技术、空时自适应技术等

资料来源:《卫星与网络》,《国防科技》,中航证券金融研究所整理

② 民用领域

在民用领域，卫星导航系统发展集中在**消除定位盲区、多系统融合发展、通导一体化融合以及拓展新应用**。

消除定位盲区方面，我国的当前正在建设广域室内外**高精度定位导航系统**，即羲和系统，可有效解决卫星导航存在的室内定位盲区，实现室内、地下等卫星信号屏蔽地区的导航需求。

多系统融合发展方面，主要在于全球几大卫星导航系统的合作兼容，用户可以根据不同需要切换到不同卫星导航系统，充分体现不同卫星导航系统的互补性，也能为系统的精度和可用性带来更好的改善。目前我国已与美国于 2017 年 11 月签订协议，实现了北斗卫星导航系统与 GPS 卫星导航系统在信号领域的射频兼容，同时于 2019 年 8 月与俄罗斯签订协议，表明了北斗卫星导航系统也将与格洛纳斯卫星导航系统的兼容与互操作。

通导一体化方面，在智能融合发展的自动化时代背景下，导航与通信的融合成为一个重要发展趋势，其实质上是实现时空信息的智能服务。伴随当前全球众多低轨宽带通信卫星星座计划路线的开展，存在数百颗或者几千颗卫星的星座开始把通信与导航作为一体化载荷加以设计。所以**天基的导航与通信的一体化融合**有望最先开展，其次就是**地基的通信与导航融合**，**5G 及 WiFi 网络的通导一体化运作**均可能成为未来的发展趋势。

拓展新应用方面，在 2020 年我国北斗三号全球组网完成后，我国将由导航系统的建设发展阶段进入

应用与服务的强势发展期和全盛期。卫星导航产业或将从“北斗+”时期转折性地发展到“+北斗”时期，即**重点从新兴技术的引领作用转向与产业融合发展**，发挥其对于传统产业改造和整合的强大作用，包括**无人系统和物联网等可以基于卫星导航实现智能融合、万物互联的新时空技术及其服务产业**。

4.4.3.2 卫星导航应用

卫星产业链下游的卫星导航应用主要以装载了卫星导航终端以及导航与位置相关服务为主。结合在上节中论述中，**军用卫星导航的发展方向主要包括提高定位精度、抗干扰性、可靠性及鲁棒性，民用卫星导航系统发展集中在消除定位盲区、多系统融合发展、通导一体化融合以及拓展新应用**。在此基础上，卫星导航地面系统、终端设备及运营存在如下技术发展趋势：

① 卫星导航终端

尽管卫星导航下游不同应用的用户终端设备存在一定差异，但各类终端的共同点即装载了卫星导航定位模块以及天线等器件。

卫星导航定位模块方面，其包括芯片、板卡等元器件。技术发展上具体涉及低成本、提高抗干扰技术、发展终端与高精度定位的实时动态测量、环境智能化技术以及多模跨界深度融合集成技术。具体来看，据中移（上海）产业研究院相关研究人员的行业调研数据结果，在高精度卫星导航系统终端中，定位模块及高性能天线价格较高，导致终端价格成为高精度终端推广受阻，目前，国产高精度板卡在国内的市占率仅为 30%，成本成为制约高精度定位产业发展的一个关键因素，因此国内**高精度板卡降低成本**是主要的发展方向之一；同时卫星导航应用中的无人系统对卫星导航精度、可靠性及智能性具有较高要求，涉及到卫星导航**终端接收机的抗干扰技术，与高精度定位的实时动态测量和环境智能化技术**；同时，**多模跨界深度融合集成技术**则体现在多技术多产业之间的深度融合，是发挥高新技术引领性、推动社会产业转型、实现应用与服务产业升级换代和跨越发展的革命性工具手段。

天线方面，作为北斗导航系统中最重要的重要组成部分之一，它的特性将直接影响到设备终端的信号质量与重量体积。随着卫星导航定位技术的发展，集成天线技术发展集中在**高精度、高增益和小型化**上。例如具有高介电常数、低介电损耗、近零温度系数等特点的微波介质陶瓷材料技术等，同时，高性能天线价格较高，也是制约高精度定位产业发展的一个关键因素，因此**低成本**也是卫星导航天线方面的重要发展趋势。

② 导航与位置相关服务

如 4.2.1.2 节中分析，卫星导航下游的导航与位置相关服务面临传统应用市场空间增速放缓，“北斗+”向“+北斗”的产业发展转变将促使卫星导航下游服务商机遇与风险将并存，机遇来源于产业融合及竞争发展将促使卫星导航下游产生更多的增量市场，而风险来自于跨界竞争将加剧行业的洗牌。

《中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书（2020 年）》中提出了**基于北斗三号导航系统的导航与位置相关服务发展重点**：

① 基于北斗三号的技术优势，将全面推进七大服务：基本导航服务、地基增强服务、星基增强服务、全球短信通信服务、区域短报文通信服务、搜索救援服务和精密单点服务。

② “+北斗”将以各行各业的需求为前提，充分利用北斗技术为产业转型、升级改造、换代更新、跨越发展服务，在十年内逐步推进时空信息服务产业全面发展。

③ 导航与通信的融合将进入实操期。特别是在 5G 的部署发展过程中，既可通过充分利用现有的，包括导航和通信资源在内的各种资源，着力打造时空多信源、感知、传输、服务一体化网络，运用众筹众创模式，群策群力地推进基础设施建设，将服务提供商、消费用户群纳入进来，实现共建共享共赢。

4.4.4 卫星遥感

4.4.4.1 遥感卫星

遥感卫星当前是我国在轨工作卫星中数量最多的一类卫星，按照具体应用可再细分气象卫星、陆地卫星以及海洋卫星。

① 气象卫星

气象卫星方面，我国的风云气象卫星观测体系已经基本形成，且国策精度不断提高、业务能力日趋增强，但伴随经济、社会的发展和技术的进步，气象服务、环境保护、资源开发等对卫星观测提出的需求也阻碍逐渐提高，风云气象卫星的需求短板及对应技术发展趋势如表 39 所示。

表 39：我国气象卫星需求短板及对应技术发展趋势

需求短板	具体情况	对应技术发展趋势
探测要素有限	缺少气象全要素探测能力，特别是大气风场探测、云雨区探测、大气成分和气溶胶探测领域	加强新型探测方法、探测技术研究，逐步实现对气象全要素，特别是 3 维大气风场及平流层气象要素的遥感探测
垂直分辨率低	缺少垂直探测能力或垂直探测分辨率、精度不高	提高卫星观测的连续性和稳定性；增强多源数据综合应用能力
全球观测时空分辨率低	静止气象卫星具备高时间分辨率观测能力，但空间分辨率低，星上有效载荷少，探测能力有限，而且不具备全球观测能力；极轨气象卫星具备全球观测能力，且星上有效载荷多，空间分辨率相对较高，但时间分辨率低。两者以上均不能满足全球高时空分辨率、多要素综合探测需要。	优化高、中、低气象卫星轨道配置，建立包含小卫星在内的多星联合组网观测体系，增强全球监测能力，提高时空分辨率
探测精度低	目前中国气象卫星虽然定位精度可以达到 1 个像素，辐射定标偏差可以控制在 5%（太阳反射波段）和 0.5K（红外波段）以内，而国际先进气象卫星定位精度可以达到 0.5 个像素，定标精度可以达到 2%（太阳反射波段）和 0.2K（红外波段），差距较大	发展先进的卫星平台，发展高精度星上定标、定位系统，提高观测仪器的精度和稳定性，发展先进的卫星数据处理技术和产品反演算法等
应急响应能	部分气象灾害尺度小、持续时间短，造成的危害大，当前对	需要解决机动观测、多星联合观测、星上快

力差	类似气象灾害监测能力不足	速数据处理、星—地快速数据传输、地面快速数据处理等诸多关键技术问题
----	--------------	-----------------------------------

资料来源：《遥感学报》，中航证券金融研究所整理

② 陆地卫星

陆地卫星方面，自1999年发射第一颗传输型陆地卫星资源一号以来，我国先后发射了10余颗陆地卫星，具备可见光、红外、合成孔径雷达（SAR）等多手段观测能力，开发了大、中、小等多个陆地卫星序列，建造了卫星图像数据地面处理系统，形成了较完整的陆地资源卫星监测体系。

全球遥感卫星的趋势则是“更快、更广、更精细”：2013年DigitalGlobe发射了拍摄分辨率46cm的GeoEye，2015年发射了云平台，2016年发射的World View 4号卫星，分辨率达到了30cm。而我国市场上国外卫星数据的价格也开始大幅降低，分辨率低于2米的卫星数据已基本退出市场。

同时，在实际应用中，我国陆地卫星光学图像暴露出了谱段数量少、辐射定标精度不高等短板，影响了其在地物参量定量反演方面的应用，在可反演参量类型、参量反演精度及数据产品标准化等方面均与国外存在较大差距。当前国内卫星图像辐射定量应用研究仍较多依赖中等分辨率成像光谱仪（MODIS）、先进甚高分辨率辐射计（AVHRR）等国外图像数据。我国陆地卫星需求短板及对应技术发展趋势如表40所示。

表40：我国陆地卫星需求短板及对应技术发展趋势

需求短板	技术发展趋势
图像定位精度差	提高相机光轴指向测量精度、结构在轨稳定性、导航定位精度等环节。相关技术涉及： （1）指向测量方面，角秒级星敏感器、高精度陀螺技术； （2）结构稳定性方面，用于光学相机和星敏感器的支撑结构的树脂碳纤维复合材料相关技术、C/SiC等低膨胀率材料，结构热变形数值分析与结构微变形地面试验技术； （3）导航定轨方面，采用北斗第三代卫星导航系统提高定位精度
传统被动光学成像手段在垂直向探测能力的不足	采用激光雷达，在卫星发射后将可以极大提升地表地物及大气的垂直向位置与结构反演能力，提高光学图像高程精度，为地理测绘、林业调查、碳源碳汇等行业应用提供丰富数据
谱段数量少	采用8谱段多光谱探测技术以及高光谱观测技术
图像质量低	多角度偏振成像技术，能够提供丰富的多角度偏振信息，提升图像数据在环境监测、生态保护、碳循环监测等行业中的应用，提高定量处理与应用水平
辐射定量反演精度低	陆地卫星辐射定标将朝着高精度、高频次、高可靠、低成本、低复杂、新手段等方向发展。通过控制外部环境和内部因素提高定标精度，通过高频次定标降低遥感器响应波动对定标精度的影响，实现全生命周期高可靠设计，降低定标复杂度，控制定标成本，拓展新型定标手段

资料来源：《航天器工程》，中航证券金融研究所整理

③ 海洋卫星

海洋遥感卫星方面，近年来，我国制定了长远的自主海洋卫星发展规划，发展了海洋水色、海洋动力环境和海洋监视监测三大系列海洋卫星，正逐步形成以中国自主卫星为主导的海洋空间监测网。

而短板方面，考虑到目前的海洋动力环境观测载荷均为传统载荷，海面高度测量仅为星下点观测、海

面风速测量范围为 2~24m/s、海面温度测量精度为 0.8℃，不能完全满足业务、科学研究等方面的需要。

针对以上问题，我国计划在“十四五”期间，继续研制和发射新一代海洋水色卫星、新一代海洋动力环境卫星、盐度卫星、1m 分辨率 C-SAR 卫星、高时间分辨率静止轨道海洋卫星等。技术上具有如下发展趋势：

(1) 新一代海洋水色卫星将进一步**优化波段设置、增加可编程高光谱传感器，提高水体观测光谱分辨率和信噪比、丰富观测要素，以及提高海岛海岸带观测的时空分辨率**。同时发展**小时级高时间分辨率的静止卫星海洋水色观测技术，以及具有探测海洋次表层信息的激光雷达遥感技术**；

(2) 新一代海洋动力环境卫星方面，将增加海面高度和海浪谱的宽刈幅观测，同时发展全极化微波散射计和海洋盐度计，构成对海洋温、盐、流、浪、海面风等动力环境多要素的精细观测；

(3) 海洋监视监测卫星方面，发射高分辨率 SAR 业务化极轨卫星，同时发展静止卫星 SAR 观测技术。

4.4.4.2 卫星遥感应用

卫星产业链下游的卫星导航应用主要以卫星遥感数据处理与信息提取、提供具体应用场景相关解决方案的服务为主。目前，伴随国家民用空间基础设施规划中的遥感卫星体系稳步推进，以及商业卫星遥感的蓬勃发展，我国的卫星遥感数据获取能力呈现质量齐升之势，但在卫星遥感下游应用中，遥感图像处理系统平台作为卫星遥感应用的基础设施和关键工具，已经逐渐成为制约自主卫星数据应用和空间信息业务发展的重要因素之一。因此本节将重点从卫星遥感数据处理与信息提取、遥感图像处理平台两个方向阐述卫星遥感应用下游技术发展趋势。

① 遥感数据处理和信息提取技术

得益于我国卫星遥感技术的整体进步和开源思想的驱动，我国遥感数据处理和信息提取技术已取得长足进展，技术能力正在从追赶世界先进技术为主向自主创新为主转变。

从遥感数据定量化角度来看，我国目前发布的遥感数据以 1 级相对辐射校正产品为主，需用户自行生产标准产品，使得不同用户反演的反射率、温度等定量参数存在差异。

从遥感数据信息提取角度来看，国内的技术发展与国外齐头并进，受益于大数据、云计算、人工智能技术等现代技术的发展，国内遥感信息提取技术已从传统的统计学方法向**数据驱动型、人工智能方法转变**，但整体而言对行业先验知识的应用还存在不足，数据驱动和知识驱动方法论的融合将是技术产业化落地的关键问题之一。

② 遥感数据处理和信息提取技术

与国外相比，由于国内遥感数据处理平台发展相对较晚，整体水平仍然落后于 ERDAS IMAGEINE、ENVI 等软件，特别是在新型计算架构(分布式计算、云计算)、全面性(对 SAR、高光谱、Li DAR 等数据的支持)、二次开发能力(函数接口、流程定制)等方面存在差距。

同时，国内受自主遥感业务应用重视程度不够、成果市场化和产业推广不足等问题影响，通用平台软件的主体单位没有形成稳定盈利模式，国产遥感图像处理通用系统平台整体缺乏自主创新和长期稳定发展，国产遥感图像处理软件只能在教育、培训等方面发力，面向客户需求开展定制以争取市场，目前尚不能与对标的国外商用卫星图像处理系统平台产品展开全面竞争。在面向专业化处理、新型载荷数据应用的专题技术及软件工具也有欠缺。已有专题软件工具的业务成熟度和功能性能方面不能满足自主遥感数据获取和处理应用的需求，能规模化应用的专业软件少，尚未能形成以遥感技术和应用服务为核心的信息产业和产业化基地。

另外，在与新兴技术结合方面，遥感数据云平台也存在显著差距。Google Earth Engine 可提供对全球尺度海量卫星数据的在线可视化计算分析处理，而国内由于受遥感数据规范化、统一产品体系等机制制约以及集群计算、网络服务等技术储备不足影响，总体而言规模小、应用面窄，距离面向多行业形成大规模云计算系统需求还有一定距离。

综上，考虑到我国国民经济建设对卫星遥感数据的潜在需求很大，因此在遥感图像处理平台的技术研发、成果转化和推广应用方面需要**基于国产卫星星群资源，建立面向全球标准和规范的产品和技术体系，充分融合通信、导航、网络、GIS等相关领域技术成果，构建高性能、智能化的实用软件工具和平台，提供更广泛和更深入的业务服务，并通过市场机制的逐步开拓完善，建立可持续发展的产业发展能力**，以上将是卫星遥感未来的重点发展趋势。

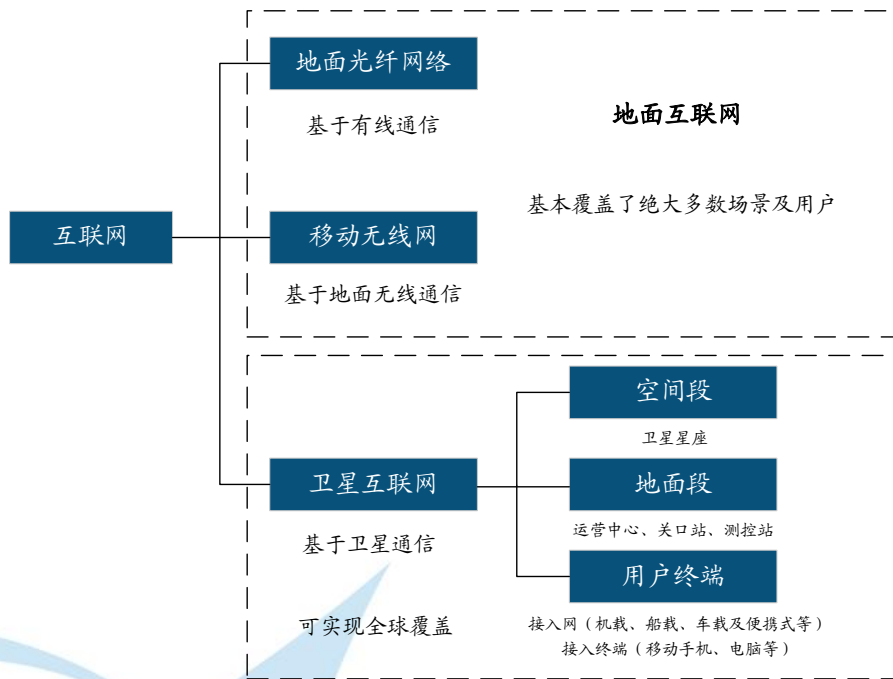
4.5 卫星通信的衍生应用产业——卫星互联网

2020年4月，卫星互联网被国家发改委划定为“新基建”信息基础设施之一。在此背景下，我们针对卫星互联网发展现状及趋势进行了深入分析。

4.5.1 卫星互联网系统概述及发展现状

卫星互联网实质上是一种在**卫星通信基础上建立的一种重要衍生应用**。在当前，互联网作为基础设施愈发渗透并影响人民的生活，通过改变人们的生活状态和生活方式，带来巨大的经济、政治与军事影响。互联网发展至今基本形成了**地面光纤网络、移动无线网与卫星互联网**三种形态（见图74），其中，卫星互联网顾名思义，就是靠卫星来提供互联网服务。因此我们认为，从卫星互联网系统相关构成与4.4.2.2节中的卫星通信系统相关设备高度相似一点来看，卫星互联网实质上是一种基于卫星通信基础设施，发展出的一种重要衍生应用。

图 74: 互联网系统分类及构成



资料来源:《电子技术应用》, 中航证券金融研究所整理

如果将卫星互联网服务范畴扩大到语音通信服务, 卫星互联网星座的发展历史最早可以追溯到 20 世纪 80 年代末摩托罗拉公司发展的铱星 (Iridium) 系统。卫星互联网的发展历程有别于卫星导航及卫星遥感, 近 30 年来卫星互联网星座建设的参与主体主要由以盈利为目的的商业企业。卫星互联网系统发展的三个阶段如图 75 所示。

图 75: 卫星互联网发展的各阶段特点

	与地面互联网的关系	主要服务	代表系统
20世纪80年代末 第一阶段	与地面电信运营商竞争客户, 最终替代地面通信网络	通过重建地基网络、销售独立的卫星电话或上网终端, 面向个人消费者提供全球化音通信和网络接入	<ul style="list-style-type: none"> 语音和低速数据服务: 铱星及全球星系统 (2000年前后宣告破产) 互联网接入服务: 轨道通信 (2000年前后宣告破产)、“泰利迪斯”以及“天空之桥”系统 (未发射、2002年宣布项目中止)
2000年 第二阶段	作为地面通信手段的“填补”, 规模有限	为电信运营商提供一部分补充和备份, 也在海事、航空等极端条件下面向最终用户提供移动通信服务	<ul style="list-style-type: none"> 新铱星、全球性和轨道通信公司
2014年 第三阶段	作为地面网络的补充	为全球用户提供干线传输和蜂窝回程业务, 地面电信运营商是其客户和合作伙伴, 为地面通信设施覆盖不到的地区提供服务	<ul style="list-style-type: none"> 03b Networks

资料来源:《科技导报》, 中航证券金融研究所整理

在卫星互联网发展的第一阶段中, 卫星互联网曾企图替代地面通信网络 (特别是移动无线网络), 希望设计一款具有星间链路和星上处理能力的低轨通信卫星星座, 相当于把地面蜂窝网倒置在太空, 面向全球提供移动语音服务, 但由于当时在卫星互联网系统设计初期, 地面通信还未兴起, 导致各系统错误的估

计了市场，企图替代当时并不发达的地面通信网络，市场定位与用户选择不清、同时，各大系统技术复杂度较大，投入成本过大，研发周期较长，系统能力欠缺导致了卫星互联网发展初期五大系统的集体失败。

在 2000 年后，卫星系统虽然在与地面系统的竞争中失利相继破产，但不少企业却巧妙地利用破产摆脱了前期系统建设所欠下的巨额债务，反而重新寻找到了市场机会。如铱星将市场重新定位为偏远地区的专业用户，通过以象征性的价格买断了老铱星系统，将老铱星系统债务全部剥离，减少了系统成本，将实现通话和数据使用费用降低至与地面通信接近的价格水平，最终实现了扭亏为盈，同时卫星系统的升级使卫星网络系统能力接近了地面网络系统。

2007 年新成立的 O3b 卫星网络系统，作为一个真正的宽带卫星系统，通过采取与电信运营商合作，为地面通信设施无法覆盖到的岛屿或船舶提供服务，同时选择了卫星星座部署数量需求较少的 MEO 轨道来降低系统成本，在 2014 年开始提供商业服务以来，仅用半年时间就达到了原计划 1 年 1 亿美元的收入水平。

我国卫星互联网卫星星座部署较国外存在一定滞后性，亟需加速建设卫星互联网空间基础设施以占据频率及轨道。从全球几大卫星互联网宽带卫星星座计划及进展情况来看（见表 41），当前各企业在 GEO、MEO 以及 LEO 等不同轨道上均有所布局，海外企业 SpaceX、OneWeb 公司、O3b 网络公司以及 Viasat 公司的卫星互联网公司已经进入应用组网阶段，而国内的鸿雁计划及虹云工程等几个具有代表性的卫星互联网星座仍均处于实验验证阶段。同时，由于相近频率间会产生信号干扰，原则上不同的卫星通信系统不能使用相同频率，而低轨卫星覆盖全球，频率协调难度较大，可用频段较少。按照频谱资源先用先得的国际惯例，一旦一个公司的大规模卫星网络组网完成，如 Starlink，那么留给其他卫星网络计划的频谱和空间就会大幅减少，因此低轨卫星通信频谱资源的竞争问题日益加剧，在此背景下，我国卫星互联网建设具有较强的紧迫性。

表 41：全球几大卫星互联网（宽带）卫星星座计划及进展情况

卫星互联网星座	相关企业	卫星数量	工作频段	计划及当前进展
Starlink	SpaceX（美国）	4425（LEO） 7518（甚低轨道）	Ku/Ka	首先发射 800 颗卫星，开始提供商业服务（计划在 2020-2021 年）； 截至 2020 年 9 月 3 日，已累计发射 715 颗（其中包含 2 颗原型卫星）
OneWeb	OneWeb 公司 （英国）	近 3000（LEO）	Ku/Ka	2020 年 3 月，OneWeb 公司破产，目前已发射 74 颗卫星，已被英国政府收购
O3b 增强	O3b 网络公司（欧洲）	11（MEO）	-	计划 2021 年底前发射 3 颗、2022 年发射 6 颗、2024 年发射最后 2 颗
Viasat-3	Viasat 公司 （美国）	3（GEO）	Ka	计划 2021 年初发射首颗卫星；2022 年下半年完成部署
鸿雁计划	航天科技集团	300（LEO）	L/Ka （实验星）	2018 年底首发星发射；计划 2022 年完成 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
虹云工程	航天科工集团	156（LEO）	Ka	2018 年底，发射 1 颗技术验证星；计划 2020 年底，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；2022 年，实现全部

				156 颗卫星组网运行，完成业务星座构建
低轨宽带通信卫星星座（未命名）	银河航天（北京）科技有限公司	>1000 (LEO)	Q/V/Ka（首颗星）	首发星于 2020 年 1 月发射，计划 2022 年左右完成第一批 144 颗卫星部署，随后从 144 颗卫星会升级到 800 多颗卫星，再升级到 2800 多颗卫星

资料来源：《中国电子科学研究院学报》，深科技、新华网、中航证券金融研究所整理

值得注意的是，我国在卫星互联网宽带卫星星座的布局主要集中在 LEO 轨道，同时，我国航天科技集团也已在 GEO 轨道发射了中星 16 号及亚太 6D 卫星等高通量卫星，但尚未有明确的 GEO 轨道卫星星座组网计划。我们认为这可能是由于 2019 年中星 18 号 GEO 轨道卫星工作异常对我国 GEO 轨道高通量卫星部署计划产生了一定延误影响，**但我们预计，我国未来仍有可能在 GEO 轨道部署高通量卫星星座。**

4.5.2 卫星互联网的重点应用领域及发展趋势

从图 75 所示的卫星互联网系统的三个发展阶段中可以看出，卫星互联网与地面互联网系统存在一定的竞争及互补关系。**因此，我们判断，能否准确定位市场及用户以便实现差异化竞争，或者找到与地面互联网系统协同发展的应用领域，是决定卫星互联网星座成败的核心因素，同时投入成本以及系统性能也是决定卫星互联网市场参与主体盈利能力及市场拓展能力的重要因素。**

以下我们从市场及用户背景、投入成本以及系统性能两大方面对当前我国卫星互联网产业进行分析：

① 市场及用户背景

尽管目前地面互联网中的地面光纤网络以及移动无线网络已经覆盖了绝大多数应用场景及用户，但根据中国卫通集团有限公司副主任沈永言发表在《卫星与网络》中的《互联网、移动互联网和卫星互联网发展简史》披露，尽管地面互联网非常发达，但仅覆盖了地球陆地面积的 20%，地球表面的 5.8%。同时，伴随着智能移动终端功能日渐丰富、成本不断降低，应用蓬勃发展，建设融语音、数据、视频为一体，覆盖广泛、经济适用的互联网，将有助于推动经济的快速增长，在 5G 时代即将迎来到来之际，真正 5G 时代的万物互联和随遇接入的愿景，也有望为可以实现全球覆盖的卫星互联网带来新的市场及用户需求，在此背景下，2015 年起，谷歌等互联网巨头的推动和支持下，OneWeb、SpaceX、Samsung 以及 Leosat 等多家企业提出打造由低轨小卫星组成的卫星星座，为全球提供互联网接入服务，在短期内就聚集了大量人气，引发全球强烈关注。

② 投入成本及系统性能

纵观全球，高通量卫星系统（HTS）构成的卫星互联网在性能上具有巨大优势，而各轨道高度的卫星互联网在投入成本及系统性能上各有优劣。从 2015 年不同通信方式提供的宽带互联网服务的使用成本和时延（见表 42 **错误!未找到引用源。**）中，可以看出，采用高通量卫星系统（HTS）较传统的固定卫星服务（FSS）尽管在系统建造成本上存在劣势，但在系统容量，用户月支出和时间延迟等性能方面均具有较

大优势；相比于 GEO 轨道，部署在 LEO 轨道的卫星互联网星座由于轨道高度较低，实现卫星组网的卫星数量较大，系统总体容量得到大幅提升，同时系统建造成本也快速增长，但是受到与地面站距离的缩短，时间延迟也将快速下降。

表 42：2015 年不同通信方式提供的宽带互联网服务的使用成本与时延对比

通信手段	系统建造成本 (亿美元)	系统容量 (Gbps)	用户月支出 (美元/Mbps)	时延 (ms)
GEO-FSS	1	1.2	500	250
GEO-HTS	3.5	100	25	250
MEO-HTS	11	80	150	150
LEO-HTS	100	7000	20	30-50
光纤	按需	按需	5	10-20
地面蜂窝通信	按需	按需	0.5	10-50

资料来源：《科技导报》，中航证券金融研究所整理

从高低轨高通量卫星互联网系统容量及单位成本对比可以看出，由于 GEO 轨道高通量卫星互联网系统单行设计容量大，可以针对服务地区需求定制容量，因此利用效率高，且卫星数量较少可以降低地面关口站数量，因此综合来看，所需总体资本投入更小，较 LEO 轨道高通量卫星互联网系统的有效单位成本也可以做到更低，考虑到 GEO 轨道卫星寿命一般在 15 年左右，而 LEO 轨道卫星寿命一般在 5-10 年，**GEO 轨道卫星互联网在投入成本方面将较 LEO 轨道更具有显著性优势。**

表 43：高低轨高通量卫星互联网系统效率及单位成本对比

典型系统	轨道	单星设计容量 (Gbps)	卫星数量 (颗)	系统理论容量 (Gbps)	资本成本 (亿美元)	理论单位成本 (美元/Mbps)	利用效率	有效容量 (Gbps)	有效单位成本 (美元/Mbps)
Viasat-3	GEO	1000	3	3000	62.5	2100	50%	1500	4200
OneWeb	LEO	8	648	5184	350	6800	5%	259	135000
Starlink	LEO	23	4425	101775	1500	1500	5%	5089	29000

资料来源：《无线电通信技术》，中航证券金融研究所整理

注：为简便运算，表中 Tbps, Gbps 与 Mbps 的单位换算比例均采用 1000，而非 1024。

GEO 轨道卫星互联网系统方面的传输延时缺点对其客户的需求影响有限，同时在地面终端成本具有优势。尽管 LEO 轨道的卫星互联网系统较 GEO 轨道卫星互联网系统具有更低的端到端业务传输延时，但对于时间敏感性要求较高的应用主要为在线实时游戏、高频次电子商务等。根据腾讯杰出科学家、多媒体实验室总经理刘杉在 2019 年末首届 Techo 开发者大会上披露，2019 年视频流量在整个互联网的占比已从 2017 年的 75% 增长到约 80%，预计再 2022 年超过 82% 的互联网流量将来自视频或包含视频的应用，而视频类应用对时间敏感性要求不高，因此 GEO 轨道卫星系统的传输延时缺点对大部分市场客户的需求影响有限。另外，由于 GEO 高通量卫星互联网系统数较少，地面终端实现简单，终端已经实现高集成度和小型化，达到消费级价格，而 LEO 高通量卫星互联网系统由于卫星数量众多，地面终端成本仍偏高。

综上，卫星互联网中的 GEO 轨道卫星互联网以及 LEO 轨道卫星互联网的应用优劣可以归结如表 44 所

示。可以看出，GEO 轨道以及 LEO 轨道的卫星互联网系统在不同的性能指标上各有千秋。

表 44: 高低轨高通量卫星互联网系统各项性能指标对比

卫星互联网系统所处轨道	系统容量	利用效率	单星容量	运行寿命	单星覆盖范围	全球覆盖所需数量	传输时延	维护成本	有效单位成本	终端成本
GEO 轨道	适中	高	大	长 (15 年)	大, 但存在两极覆盖盲区, 特定地形通信困难	小	高	较低	较低	较低
LEO 轨道	庞大	低	小	较短 (5-10 年)	小, 但保证复杂地形通信不间断	大	低	较高	较高	目前较高

资料来源:《中国电子科学研究院学报》, 中航证券金融研究所整理

考虑到以上高低轨高通量卫星互联网系统的差异, 结合我国移动互联网用户的消费习惯以及当前国际局势, 我们有如下判断:

(1) LEO 轨道卫星互联网星座方面, 未来的主要应用领域短期内主要集中在应急通信、海洋及科考作业、军用武器装备通信等对网络实时性要求较高, 且主要由国家政府需求驱动, 而非以盈利为目的应用领域中, 在此背景下, 可回收运载火箭技术、实现终端小型化、集成化等能够降低 LEO 轨道卫星互联网建设及运营成本的技术, 将成为能够决定何时 LEO 卫星互联网星座能够向偏远地区通信、物联网、空域宽带通信等民用领域拓展的关键因素。

(2) 以 SpaceX 的星链计划为代表的海外巨型低轨卫星互联网计划, 近年来正在不断密集部署, 抢占轨道及频谱资源, 在此背景下, 我国将卫星互联网纳入新基建战略, 表明了我国将加速 LEO 轨道卫星互联网星座的部署进度。

(3) GEO 轨道卫星互联网星座方面, 未来的主要应用领域将集中在空域宽带通信、海洋游轮等所处地区没有复杂地形, 对高轨卫星互联网延时大等缺点不敏感的场景中。

(4) 受到可能存在的全球地面布站限制和频率资源匮乏之限制, 从我国实际情况出发, 建设纯低轨的卫星互联网星座可能并不现实, 我国或考虑通过高低轨星间链空间组网的方式突破全球地面布站限制和频率资源匮乏之限制, 充分利用高轨卫星系统优越性, 打破政治地缘限制, 确保卫星互联网业务安全可靠, 同时为用户提供更优质服务体验。在此背景下, 星间链路通信技术将成为影响我国卫星互联网产业发展的核心技术。

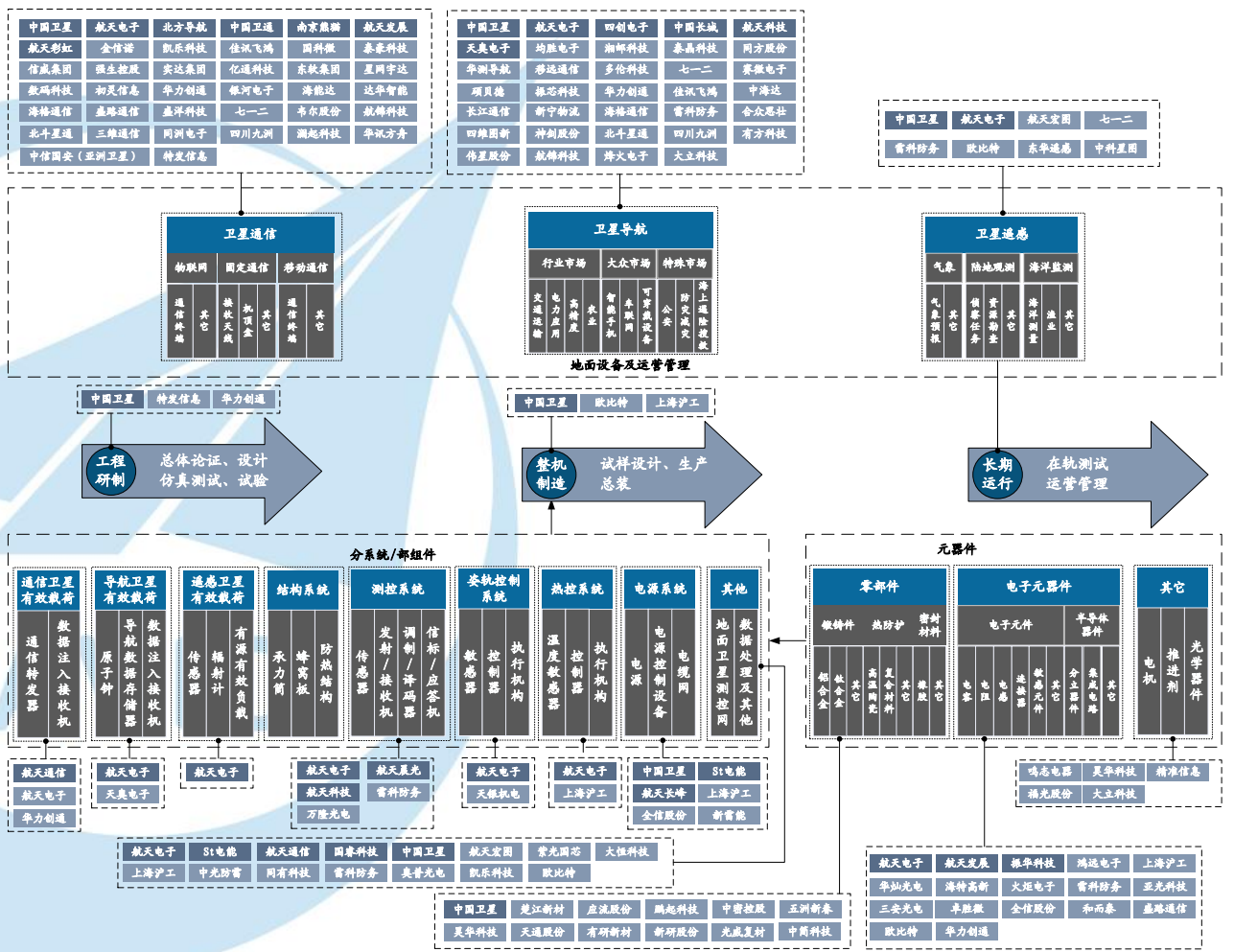
4.6 卫星产业投资机会分析

综合以上分析, 关于卫星产业投资, 我们有如下判断及建议:

(1) 在当前卫星互联网被纳入我国“新基建”战略以及北斗三号全球卫星导航系统空间段建设完毕的背景下, 卫星产业是我国航天五大细分产业, 即火箭星船器中规模最大的产业, 同时也是国家队与商业航天企业云集的一个产业。

(2) 卫星制造方面，经测算发现，受益于我国通信卫星、卫星导航星基增强系统以及遥感卫星有望进入密集部署阶段，卫星制造市场规模预计每年可以超过 520 亿元。目前，我国卫星制造技术积淀最深厚的包括航天科技集团所属五院及八院，但由于早期商用卫星规模不大，导致航天科技集团所属卫星国家队的技术优势主要集中于通导遥大卫星研发设计制造领域。但从 4.2.1.1 节中可以看出，我国未来超过 80% 以上的卫星市场将来自于部署在 LEO 的通信小卫星（或微小卫星）以及星基导航增强系统所使用的小卫星（或微小卫星），考虑到小卫星或微小卫星的技术难度相较于大型卫星的技术难度低，我们判断，**航天科技集团以外的国企（如航天科工集团所属空间公司、中科院所属上海微小卫星研究院及长春光学精密机械与物理研究所子公司长光卫星等）及部分民营商业卫星制造企业有望通过成本控制、专注差异化领域等方式不断提升自身竞争优势，逐步缩小与航天科技集团所属企业的竞争差距，未来小卫星及微小卫星制造产业中将蕴含大量的投资机会。**

图 70: 卫星产业链及相关上市公司



资料来源: wind, 中航证券金融研究所整理

(3) 具体卫星制造分类来看，大卫星的研发制造方面，由于目前该领域在市场上缺少相关标的，**建议重点关注航天科技集团所属上市公司中国卫星、航天机电股东航天五院及航天八院相关的航天科技集团所属相关科研院所、厂的资产证券化；小卫星及微小卫星研发制造方面，上市公司包含相关中国卫星及欧**

比特等，**建议关注航天央企所属相关企业（如航天科工空间工程公司、航天科行云科技有限公司以及中国卫星）以及具有良好成本控制，或者在市场参与者较少的应用卫星领域具有差异化竞争优势的相关企业（如长光卫星及天仪研究院等）**；卫星制造配套方面，上市公司包括如航天电子、康拓红外、航天电器、雷科防务及上海沪工等，**建议关注航天科工集团与航天科技集团所属上市公司、相关科研院所的资产证券化情况，以及符合 4.4.1 节中介绍的相关分系统技术发展趋势的民营企业。**

（4）卫星通信领域，高通量卫星研制单位航天科技集团所属五院相关科研院所尚未实现完整的资产证券化，投资标的较少。航天科技集团卫星通信运营上市公司平台**中国卫通是我国唯一的固定卫星通信运营商**，以及 2019 年末航天科技集团成立的**东方红卫星移动通信有限公司**，未来均有望承担航天科技集团低轨通信卫星星座“鸿雁工程”的运营商；同时也建议关注**其他航天央企低轨卫星通信星座工程的相关企业资产证券化，如航天科工集团所属空间工程公司及行云科技有限公司等**；以及关注拥有 4.4.2 节相关卫星通信先进技术的项目标的，如**中国卫星、海格通信**；另外，在卫星通信下游应用领域，拥有灵活商业模式，能发掘拓展传统卫星通信应用之外增量市场的**民营商业航天企业也将具有较大投资价值。**

（5）卫星导航领域，2020 年 6 月底，我国已经完成了北斗三号全球卫星导航系统空间段的建设，未来 5 年内，我们认为卫星导航的市场将主要集中在**星基/地基导航增强系统以及“北斗+”和“+北斗”产业融合带来的增量市场**。其中，卫星导航下游应用及终端设备相关上市公司将面临机遇与风险将并存，机遇来源于产业融合及竞合发展将促使卫星导航下游产生更多的增量市场，而风险来自于跨界竞争将加剧行业的洗牌。卫星导航应用相关上市公司较多，包括华测导航、北斗星通等。其中，**更建议关注满足 4.4.3 节中的卫星导航技术发展趋势，同时在卫星导航产业链下游拥有较强终端设备相关核心技术竞争力、增量市场挖掘、商业模式创新以及抗风险能力的项目标的。**

（6）卫星遥感领域，根据我们测算，其应用端的市场规模或小于卫星通信及卫星导航，目前在卫星遥感下游应用中，遥感图像处理系统平台上存在一定的国产替代市场空间，相关上市公司包括中科星图、航天宏图及欧比特等。**建议重点关注满足 4.4.4 节中卫星遥感技术发展趋势，与国家对卫星遥感应用需求存在稳定供应关系、同时能够挖掘卫星遥感增量市场的相关项目标的。**

（7）卫星通导遥应用以外的领域，**建议重点关注能够在卫星通信、导航、遥感等主流应用外领域（如教育、科研等领域），拥有先发市场优势或具有相关下游应用协同资源、盈利能力较强的相关项目标的。**

（8）卫星互联网领域，需要紧跟我国未来在卫星互联网建设上的发展布局及需求变化。目前，低轨卫星互联网星座方面，建议重点关注**融资能力及抗风险较强，技术较为成熟，即将进入应用组网阶段的卫星互联网星座基础设施建设单位**，如卫星制造方面的航天科工集团的空间工程发展有限公司、航天科技集团所属上市公司中国卫星以及银河航天等，卫星运营方面的航天科工集团所属海鹰集团，航天科技集团所属东方红移动通信公司。高轨卫星互联网星座方面，建议关注**抗风险较强，技术积淀深厚的卫星制造公司，以及具有良好市场及客户定位及拓展能力的卫星运营商标的**。如参与中星 16 及亚太 6D 卫星的相关研制企业（中国空间技术研究院所属相关企业）及运营企业（航天科技集团所属上市公司亚太卫星及中国卫通）；高低轨星间链空间组网方面，建议关注在**星间链路通信等方面，具有较强技术竞争力的标的**，如哈工大卫

星激光通信股份有限公司等。



（五）载人航天飞行器——空间飞船

5.1 空间飞船系统概述







空间飞船是人类进入太空乘坐的空间飞行器、在太空进行各种科学研究活动的实验平台和进行空间开发与军事活动的飞行平台。当前全球主要使用的空间飞船主要可以分为载人飞船及空间站两类。

① 载人飞船

载人飞船是一种用运载火箭发射到近地轨道作短期飞行，执行特定航天任务后再返回地面的载人航天器，通常是一次性使用的航天器。载人飞船的主要构成类似卫星空间系统中的保障系统，包括结构系统，热控制系统，电源系统、姿控系统、轨控系统及测控系统，除此以外，空间飞船还需要环境控制和生命保障系统，为座舱内提供足够的氧气，一定的压力和适当的温度等。

按照载人飞船发展的技术水平和结构特点，载人飞船已经经过了三代的发展，具体发展过程如表 45 所示。

表 45：载人飞船发展历程

发展历程	特点	型号示例	
第一代载人飞船	两舱式结构（返回舱和服务舱），是人类进入空间的探索性型号，主要任务是实现飞船进入太空，探索人在太空生存、工作能力和检验飞船能否安全地把人送回地面		
		东方号（苏联）	水星号（美国）
第二代载人飞船	在满足第一代飞船的要求外，执行航天员出舱行走，完成一些空间科学实验等任务		
		上升号（苏联）	双子座号（美国）
第三代载人飞船	三舱式结构（轨道舱或登月舱，返回舱和服务舱），可执行任务增加，在太空飞行事件不断延长，甚至可以实现载人登月等复杂任务		
		联盟号（苏联）	阿波罗号（美国）

资料来源：《导弹与航天技术导论》，环球网，中航证券金融研究所整理

当前，载人飞船一般由轨道舱、服务舱及返回舱三个主要舱段构成。其中返回舱是飞船的核心部分，是整个飞船的控制中心，供宇航员在上升和返回时乘坐；轨道舱是宇航员在轨道上的工作场所，安装有各种实验仪器设备；服务舱通常安装电源系统、生命保障系统等。

② 空间站

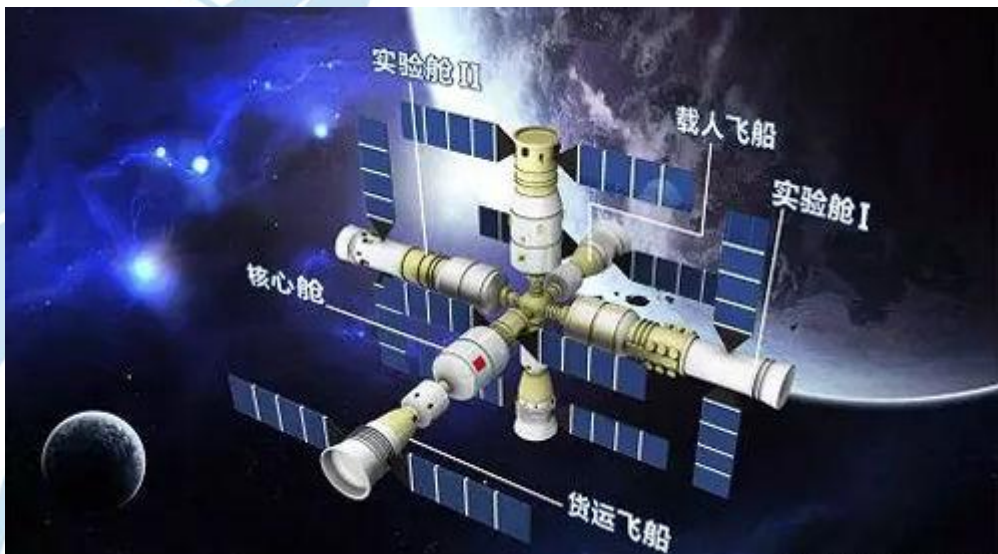
空间站则是一种在近地轨道长时间运行，可供多名航天员在其中生活和工作的载人飞行平台。小型空间站一般可一次发射完成，大型空间站通常分批发射组件，在太空中进行组装。空间站设有不同用途的舱段，如工作实验舱、科学仪器舱等，空间站外部装有太阳能电池板 and 对接舱口，保证站内电能供应和实现与其他航天器的对接。

空间站的发展可以分为四代，第一代特点为单舱，仅有一个对接口，型号包括苏联的礼炮 1 号到礼炮 5 号以及美国的天空实验室；第二代空间站的特点为单舱，有两个对接口，型号包括苏联的礼炮 6 号和礼炮 7 号；第三代空间站的特点为多舱，采用了积木式结构，代表型号为和平号空间站；第四代空间站的特点为多舱，同时采用了桁架结构和积木式的“混血”结构，代表型号为国际空间站。

空间站的核心子系统包含**电力系统、热控系统、环境控制与保障系统以及姿态与轨道控制系统**。

当前，在轨服役的空间站仅有美国主导建设的国际空间站，并计划于 2024 年退役。而 2019 年 11 月 17 日，中国载人航天工程总设计师周建平宣布中国将在 2022 年前后完成空间站建造并开始运营，空间站的近期规模为 66 吨，可载 3 人，舱段包括“天和”核心舱、“问天”实验舱 I 及“梦天”实验舱 II。

图 76：中国“天宫”空间站构想图



图片来源：央视，中航证券金融研究所整理

“天宫”空间站未来建设如表 35 所示，若项目进展顺利，中国届时将成为世界上唯一一个拥有独立空间站的国家。

表 46：中国天宫空间站建设时间表

时间	具体功能
2020 年	发射核心舱“天和”
2022 年	发射实验舱 I“问天”及实验舱 II“梦天”，并将三个舱段进行组合，形成一个 T 字构型，构成完整的空间站
2022 年后	开始运行空间站，预计在轨时间十年以上

资料来源：观察者网，中航证券金融研究所整理

空间站的技术指标主要包含**增压仓容积、总质量、电功率、结构尺寸、轨道参数、成员人数、数据传输率及运行寿命等**。

5.2 空间飞船产业市场现状

空间飞船项目多数为国家行为，由政府投入经费并将市场大部分用于研制过程，市场化程度较弱，因此本报告未针对空间飞船市场规模进行分析。

5.3 空间飞船技术发展趋势

载人飞船方面，作为体现一个国家自由进出空间的水平，开发和利用空间的重要前提，载人飞船技术已经成为航天强国未来载人航天技术发展新的竞争焦点。当前各国对下一代载人飞船的研发进展如表 47 所示。

表 47: 全球下一代载人飞船研发进展及未来计划

国家	飞船名称	特点	进展及计划
美国	载人龙飞船 (Space X)	用于运送乘员到达国际空间站以及地球轨道以远的太空区域,具备支持月球、近地小行星和火星探测能力	2020年5月底成功完成进行第一次载人发射,并于8月成功返回;未来还计划多次空间站往返飞行任务
	星际客机(波音)	用于将宇航员送进和送出空间站	2019年12月无人试飞失败;2020年可能展开载人试飞
	猎户座多用途飞船 MPCV (洛马)	用于美国“阿尔忒尼斯登月计划”	2014年12月完成首次无人试飞;2019年7月完成发射中止测试;计划2022年实现首次载人飞行,2024年前开展登月计划
俄罗斯	联邦号飞船	可重复使用的载人飞船,用于取代“联盟”号系列载人飞船和“进步”号系列自动货运飞船	计划2025年4月前飞往国际空间站
中国	新一代载人飞船	面向中国载人航天未来发展需求而论证的新一代载人天地往返运输飞行器	2020年5月新一代载人飞船已成功发射并返回

资料来源：腾讯科技，中国新闻网，北青网，人民网，新华网，央视网，中航证券金融研究所整理

根据中国空间技术研究院相关研究人员在《新一代多用途载人飞船概念研究》披露，新一代载人飞船的技术发展呈现出如下特点：

- (1) 适应多任务，模块化设计。

- (2) 较低的制造和运营成本。
 - (3) 气动外形以钝头体为主。
 - (4) 自身动力逃逸是提高安全性和系统性能的有效手段。
 - (5) 采用新型材料和结构降低飞船质量。
- 空间站方面，由于资料来源较少，本报告暂不做详细分析。



（六）无人探测航天器——深空探测器

6.1 深空探测器系统概述

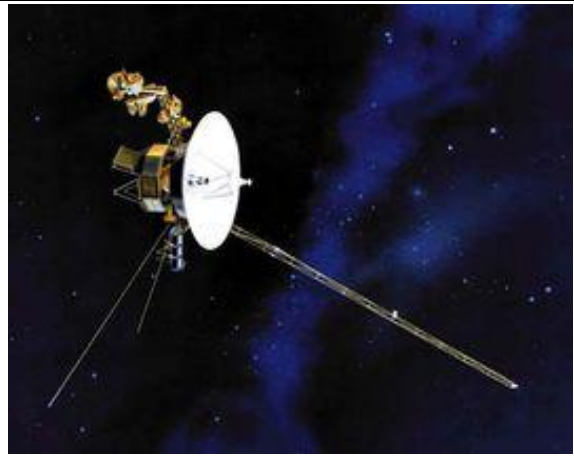
深空探测器是对月球及以远的天体和空间环境进行探测的无人航天器，按探测目标具体可以将深空探测器分为月球探测器、太阳探测器、行星及行星际探测器等。

图 77: 嫦娥 4 号月球探测器



图片来源：公开资料，中航证券金融研究所整理

图 78: 旅行者号行星际探测器



图片来源：公开资料，中航证券金融研究所整理

深空探测器一般由科学载荷及平台构成，探测器的科学载荷一般由探测器的观察目标及探测任务决定。探测器的平台与地球轨道上的卫星系统空间段的保障系统相似，由推进系统、电源系统、通信系统、导航控制系统、指令和数据处理系统、结构及热控制系统等构成。

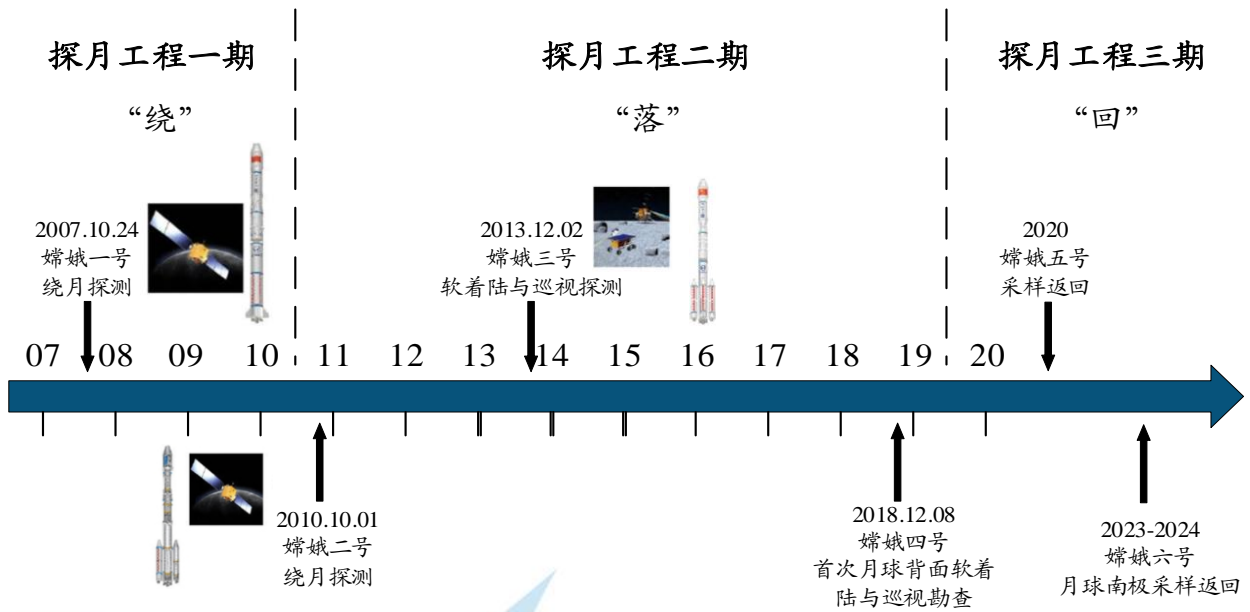
而深空探测器的测量方式存在两类，即遥感测量和原位测量。

遥感测量不受目标和探测器之间介质的影响，早起遥感测量采用成像测量法，现在则主要采用高光谱测量，从紫外光谱到红外光谱，为了提供更全面的信息，X 光，伽马射线、中子核谱也用于遥感测量。通过图像和光谱测量，深空探测器能提供在地球轨道上无法得到的精度和试点的观测结果。

原位测量则注重于测量探测器的环境条件，环境的变化会导致探测器特性发生显著变化，这种测量包括电磁场及其波动测量、高能粒子、等离子体、中性粒子等环境测量。

我国深空探测主要由中国探月工程以及火星探测计划组成，其中，我国探月工程进展及未来规划如图 79 所示。

图 79: 中国探月工程进展及规划



资料来源: 中国探月与深空探测网, 新京报, 中航证券金融研究所整理

火星探测器计划方面, 2020年7月23日, 我国在中国文昌航天发射场, 用长征五号遥四运载火箭成功发射首次火星探测任务天问一号探测器, 天问一号火星探测器将在地火转移轨道飞行约7个月, 到达火星附近, 通过“刹车”完成火星捕获, 进入环火轨道, 并择机开展着陆、巡视等任务, 进行火星科学探测。

同时, 我国于2019年4月发布了小行星探测任务合作机遇公告, 向国内院校、民营企业和国外科研机构征集。小行星探测任务拟采用一次发射实现一颗近地小行星取样返回和一颗主带彗星绕飞探测。对近地小行星开展绕飞探测, 择机附着小行星表面、采集小行星样品, 返回地球附近释放返回舱, 将样品送回地球; 探测器再经地球、火星借力飞行到达小行星带, 对彗星开展绕飞探测。任务总计历时约10年。探测器配置相关科学载荷, 以飞越、伴飞、附着、采样返回等方式, 对目标小行星进行遥感探测、就位探测和采样返回。

性能参数方面, 深空探测器的性能指标与卫星空间系统整机类似, 但在具体总体参数要求存在一定差异, 如深空探测器的控制导航系统精度要求更高, 通信系统中无线电发射机的功率及天线口径更大。

6.2 深空探测器市场现状

深空探测器项目多数为国家行为, 由政府投入经费并将市场大部分用于研制过程, 市场化程度较弱, 因此本报告未针对深空探测器市场规模进行分析。

6.3 深空探测器技术发展趋势

与近地轨道航天任务相比，由于深空探测时间跨度大，工程系统的研制过程和运行管理体系更为复杂，当前，深空探测器性能受包含深空测控通信、空间核动力系统、自主控制系统（自主导航、自主制导与控制、自主任务规划、自主故障诊断与重构）等几方面的短板限制，具体各短板方向、具体涉及的问题以及相关技术的发展趋势如表 48 所示。

表 48: 深空探测器当前面临的短板及相关技术发展趋势

短板方向	具体问题	相关技术发展趋势
深空测控通信	探测距离遥远 信号传输困难	①下行，上行天线组阵技术 ②大功率发射技术
	探测形式丰富 导航需求较高	①行星进入下降段超高动态测控技术 ②干涉测量技术 ③测定轨技术
空间核动力系统	运行条件苛刻 核能利用效率低， 转化效率低	①小功率同位素电源技术 ②空间反应堆电源技术 ③空间聚变能技术
自主导航	目标天体的先验知识缺失或者不完备； 自主导航功能性能要求高	①多维、多尺度天体表面图像稀疏表征方法； ②导航图像特征提取与匹配方法； ③基于惯性和序列图像的融合自主导航方法； ④多源异构通用化自主导航架构设计； ⑤导航敏感器自主快速配置； ⑥异步时延数据融合； ⑦故障后滤波重构技术。
自主制导与控制	制导与控制方法的自主性和鲁棒性低	①姿轨强耦合情况下的一体化建模和分析方法； ②多约束条件下的轨迹在线生成方法； ③大不确定性、多约束条件下的非线性制导与控制方法； ④输入受限情况下的制导与控制方法； ⑤执行机构故障情况下制导控制一体化容错设计方法等。
自主任务规划	存在复杂的资源约束和时间约束、活动之间并发性约束、探测环境不确定性等问题	①建立一种准确又完整的规划知识描述方法，方便各种知识的统一描述，缩小问题空间，提高规划效率； ②在由不同子系统特性集中形成的多维规划知识空间内，利用星上有限的计算资源，研究高效的知识搜索和推理方法，实现快速、正确的任务规划； ③考虑因果关系和活动之间的多种约束条件，研究约束处理方法和定量定性信息处理方法。
自主故障诊断与重构	现有方法难以满足故障诊断重构所需的时效性、安全性和可靠性	①针对多因素耦合作用下系统诊断能力的精准度量与综合优化等难题，研究基于解析冗余关系与相似度的可诊断性评价； ②系统配置与诊断方法一体化设计等方法； ③针对多因素约束下系统重构能力的精细评价与强化实现等难题，研究面向多目标的可重构性评价； ④执行器配置与重构策略协同设计等方法。

资料来源：《国际太空》，《深空探测学报》，中航证券金融研究所整理

同时，深空探测器平台与载荷的融合程度越来越高，难以采用通用平台设计，**存在一体化设计的发展趋势。**



（七）风险提示

（1）航天产业中，导弹、火箭、卫星、空间飞船及深空探测器等细分产业相关项目一般均具有资金投入大、研制周期较长的特点，存在研发进展不及预期的风险，同时由于项目投资回收期一般较长，项目相关企业存在资金链断裂的风险；

（2）航天产业中，涉军企业存在军队改革进度不及预期、型号研发和生产进展不及预期、订单释放进度低于预期、应收账款回款较慢、军工资质申请或延续过程中出现障碍、泄密等风险；

（3）航天产业中的国有企业存在国企改革进度不及预期风险；

（4）航天产业中，包括且不限于航天发射、卫星入轨等航天活动均存在技术引发的失败风险；

（5）卫星产品研制周期较长，卫星入轨存在技术引发的失败风险；

（6）卫星各应用市场均存在波动性风险，相关企业存在市场推广不及预期的风险；

（7）卫星互联网涉及到的卫星轨道资源及频谱资源竞争激烈；

（8）商业航天相关支持政策、配套政策存在推出进度不及预期的风险；

（9）新冠肺炎疫情存在不确定性，对航天产业的发展存在多方面潜在风险。



AVIC

投资评级定义

我们设定的上市公司投资评级如下：

- 买入：未来六个月的投资收益相对沪深 300 指数涨幅 10%以上。
- 持有：未来六个月的投资收益相对沪深 300 指数涨幅-10%~10%之间
- 卖出：未来六个月的投资收益相对沪深 300 指数跌幅 10%以上。

我们设定的行业投资评级如下：

- 增持：未来六个月行业增长水平高于同期沪深 300 指数。
- 中性：未来六个月行业增长水平与同期沪深 300 指数相若。
- 减持：未来六个月行业增长水平低于同期沪深 300 指数。

分析师简介

张超，SAC 执业证书号：S0640519070001，清华大学硕士，中航证券金融研究所首席分析师。

分析师承诺

负责本研究报告全部或部分内容的每一位证券分析师，在此申明，本报告清晰、准确地反映了分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

风险提示：投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

免责声明：

本报告并非针对意图送发或为任何就送发、发布、可得到或使用本报告而使中航证券有限公司及其关联公司违反当地的法律或法规或可致使中航证券受制于法律或法规的任何地区、国家或其它管辖区域的公民或居民。除非另有显示，否则此报告中的材料的版权属于中航证券。未经中航证券事先书面授权，不得更改或以任何方式发送、复印本报告的材料、内容或其复印本给予任何其他人。

本报告所载的资料、工具及材料只提供给阁下作参考之用，并非作为或被视为出售或购买或认购证券或其他金融票据的邀请或向他人作出邀请。中航证券未有采取行动以确保于本报告中所指的证券适合个别的投资者。本报告的内容并不构成对任何人的投资建议，而中航证券不会因接受本报告而视他们为客户。

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被中航证券认为可靠，但中航证券并不能担保其准确性或完整性。中航证券不对因使用本报告的材料而引致的损失负任何责任，除非该等损失因明确的法律或法规而引致。投资者不能仅依靠本报告以取代行使独立判断。在不同时期，中航证券可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告仅反映报告撰写日分析师个人的不同设想、见解及分析方法。为免生疑，本报告所载的观点并不代表中航证券及关联公司的立场。

中航证券在法律许可的情况下可参与或投资本报告所提及的发行人的金融交易，向该等发行人提供服务或向他们要求给予生意，及或持有其证券或进行证券交易。中航证券于法律容许下可于发送材料前使用此报告中所载资料或意见或他们所依据的研究或分析。