

《航空航天产业链研究报告》

冯申汇编

2022 年 10 月

目录

目录	2
1. 航空航天板块背景	6
1.1 “十四五”以后的航空航天	6
1.2 军机——正式迈入“20 时代”	7
1.2.1 行业情况：军机产业链全面开花，配套日趋成熟	7
1.2.2 行业趋势：规模性增长和结构性转型的新时代	11
1.2.3 市场空间及产业链	19
1.3 航天产业：“十四五”迎来高光时刻	20
1.3.1 导弹：高消耗，高增长	21
1.3.2 北斗：日趋成熟，应用加速	26
1.3.3 卫星互联网：新领域，大空间	30
1.4 军工电子：装备信息化、智能化、国产化	35
1.4.1 军工电子是武器装备的“兵力倍增器”	35
1.4.2 行业趋势：三大“加速度”驱动高增长，供给侧呈现积极扩产态势	36
2. 航空航天产业链拆解	41
2.1 航空航天产业链上游	41
2.1.1 航天	41
2.1.2 航空	55
2.2 航空航天产业链中游	65
2.2.1 战术战略武器导弹中游产业	65
2.2.2 航天运输工具运载火箭的中游产业	73

2.2.3 天地一体化设施卫星的中游产业	76
2.2.4 2021 年中国航空装备产业链上中游市场分析	93
2.3 航空航天产业链下游	98
2.3.1 导弹	98
2.3.2 运载火箭	107
2.3.3 卫星	111
3. 财务分析（产业投融资分析）	127
3.1 2021 年业绩实现高增长，板块边际改善显著	127
3.1.1 航空航天板块业绩增速较高，航空装备表现亮眼	127
3.1.2 2021 年报兑现景气度，产业链景气度有序传导	131
3.2 2022 年航天航空上市公司中报表现回顾	139
3.2.1 2022 年航空上市公司中报表现回顾	139
3.2.2 2022 年航天上市公司中报表现回顾	145
3.3 航空航天产业估值水平	150
3.4 2022 年上半年航空航天公司持续上市	150
4. 竞品分析	153
4.1 航空发动机	153
4.1.1 航空发动机产业的特点：	153
4.1.2 航空发动机主要原材料：	153
4.1.3 航空发动机的主要结构：	154
4.1.4 航空发动机主要零部件：	154
4.1.5 航空发动机的发展历程：	156
4.1.6 国产航空发动机的自主之路：	156

4.1.7 新型号渐进推出，毛利率拐点可期	157
4.1.8 寡头垄断竞争格局：	158
4.2 低轨卫星	159
4.2.1 全球卫星发射情况	159
4.2.2 全球卫星互联网星座计划与进展	160
4.2.3 国外主要低轨卫星互联网星座计划	160
4.2.4 国内主要低轨卫星互联网星座计划	161
4.2.5 卫星互联网建设的必要性分析	162
4.3 军用芯片	164
4.3.1 军工芯片国产化率不足	164
4.3.2 逆向+自主双管齐下，军工芯片逐款逐系列替代	166
4.3.3 电子化为核心，军工芯片率先突围	166
4.3.4 保障国防安全，军工芯片自主可控志在必得	167
4.3.5 国外封锁，军工芯片国产问题迫切	168
4.3.6 受益于我军信息化建设，国产军工芯片将迎快速发展	168
5. 未来发展方向	170
5.1 信息化：优选国产化潜力大和竞争力较强公司	170
5.1.1 连接器：中航光电、航天电器积极扩产	170
5.1.2 特种芯片：装备信息化、国产化驱动行业发展	171
5.1.3 红外：应用场景丰富，发展前景广阔	172
5.2 商业航天：卫星遥感应用发展较快	173
5.3 航空产业投资：不断完善航空全产业链布局	174
5.4 未来我国低轨卫星通信产业规模将超千亿	174

5.4.1 未来 5 年低轨通信卫星组网建设规模将超百亿	174
5.4.2 低轨卫星通信全产业链市场规模将超千亿	175

1. 航空航天板块背景

1.1 “十四五”以后的航空航天

“十四五”及以后，航空航天板块有望迎来的是一个成长和价值兼备且景气度持续提升，高景气增长预期不断被巩固、兑现验证并强化的时期。在航空航天板块的量、价、效三因素已然共振，航空航天开始迈入高质量发展快车道之际，我们针对航空航天行业中迈入“20 时代”的军机，迎来高光的航天装备（导弹、北斗、卫星互联网）、军工三化催动下的军工电子以及行业基石军工材料等几个增速相对较快的赛道，在行业情况、发展趋势、市场空间和产业链等方面深度挖掘，把握其“十四五”的发展节奏与对市场产生的影响。

具体来看，在过去一年中，我国的军机行业由于政策上航空武器装备正式迈入“20 时代”的驱动力，需求变得较为明确，行业业绩也拐点向上。整个行业由于国家政策、外国环境和军备水平三个因素的合力推动，军机行业规模性增长并且进行了进一步的结构性转型。此外军机主机厂装备放量规模效应已体现，营收增速加快，盈利水平提升。同时军机的发动机自主能力大幅提升，自研型号逐步定型成熟，质量稳定性持续提升。零部件制造按照“小核心、大协作、专业化、开放型”的指导发展，配套层级也进一步提升。导弹行业方面，我国导弹武器装备建设加速推进，实战化水平进一步提升。在十四五的规划中我们不难发现，导弹的需求主要来自成熟型号装备的消耗与补充和新型号装备的定型量生产两个方面。整机制造领域，十四五带来的导弹方面的市场增速有望保持特在 40%以上，2022 年产业链中上游有望维持高业绩增速，具体产能爆发期则预计位于整个十四五计划的中后期。在卫星领域我国航天发射次数近年蝉联世界第一，进入空间能力跃居世界前列。北斗导航、高分工程、探月工程、行星探测等航天重大工程取得决定性成果。这些因素也进一步促进推动了我国在卫星领域的发展。在行业中具有代表意义的北斗卫星和互联网这两个领域，北斗三号应用端的市场尚未明显释放。但我们依然认为十四五对整个行业的增长确定性较强。此外北斗三代导航的市场推广有望在未来四年逐步成为支撑北斗应用市场进一步扩大的重要驱动力。卫星互联网方面，我国卫星互联网产业仍将处于空间建设阶段，空间段市场占比较大；高轨对应的服务市场将成为未来几年的主要增长点，十四五中后期，

低轨通信小卫星或微小卫星需求有望逐步放量；低轨则关注上游空间段建设，高轨关注中下游地面设备及运。

1.2 军机——正式迈入“20 时代”

随着歼-20、运-20、直-20 等“20 机型”的加速列装，我国航空装备正式迈入了“20 时代”。空军正在按照“空天一体、攻防兼备”的战略要求，加快实现国土防空型向攻防兼备型转变；海军方面也对舰载机型的需求也在快速提升；陆军由于加速迈进立体化作战时代，也需要军机带动陆军“飞起来”。军机发展迎来历史最好时代，需求明确且配套日趋成熟，行业业绩拐点向上。

1.2.1 行业情况：军机产业链全面开花，配套日趋成熟

军机是一种高科技、高投入、高度复杂的多系统集成产品，最大限度凝集了现代科技成果，属于技术密集型和资本密集型产业，受国家意志和计划经济主导，具有投入成本大、研制周期长、产业链条长、质量要求高、市场壁垒高、回报利润高的特点。

军机主要由机体、动力系统、航电系统、机电系统等部分组成。相较民机，军机的航电和动力系统的价值量占比更高，主要是由于军机更注重具体作战任务的执行能力与机动性能。

报告搜一搜

更多金融干货下载

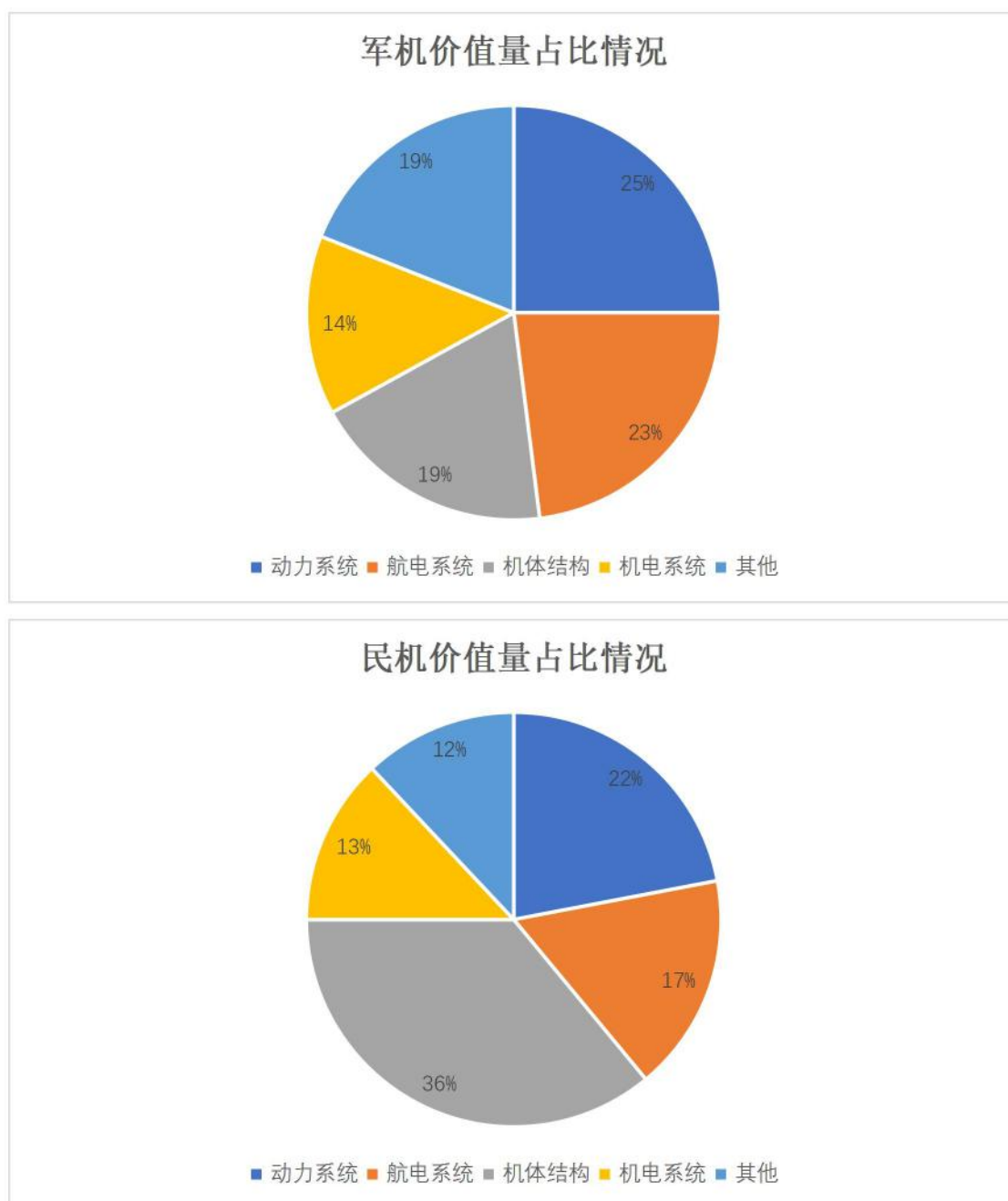
800000+份行业研究报告

长按识别关注公众号



ID: reportsys

图表：军机和民机价值量占比情况



一般而言，军机产业链包含制造、运营和综合保障服务三部分内容，其中，制造包括飞机制造、发动机制造等细分领域；运营涵盖国内业务及军贸，用户主要为空军、海军、陆军航空兵和海外客户；综合保障提供研制、检测、维修、咨询等服务。军机研制模式主要是院所主导研发，总装厂主导制造，民企进行配套，产业结构主要包含三个层次：主承包商（整机及发动机主机厂）、子承包商（部件和航电系统）、材料及零部件供应商和外协机加工。

主机厂：我国主机厂呈现以军工集团为主导，军机类别分类明确的特点。航空工业集团主导军机的研制与总装工作，旗下包括 8 大主机厂：成飞、沈飞、洪都、贵飞、西飞、陕飞、哈飞、昌飞。航天科技和航天科工集团涉及部分无人机型号，北航、南航、西工大等高校及部分民营企业亦进行中小型军机的研制及总装。

军机主机厂	成飞	歼 5、歼 7、枭龙、歼 10、翼龙系列等
	沈飞	鹞鹰飞机、J-15、J-16 等
	西飞	以运-20、轰 6、飞豹为代表的大中型运输机、轰炸机、特种飞机等
	陕飞	固定翼运输飞机、特种飞机、无人机等
	哈飞	直 5、轰 5、水轰 5、直 9、直 19、运 12 系列等
	昌飞	直 8、直 10、直 11 等
	洪都	以初教、K8、L15 等为代表的初、中、高级全谱系教练机产品
	贵飞	歼教 7、“山鹰”、FTC-2000G 等教练机和无人机产品
	航天三院	海鹰系列无人机等
	航天九院	飞鸿系列无人机等
	航天十一院	彩虹系列无人机等

航空发动机：航空发动机是军机的核心，为军机提供动力来源。航空发动机产业具有周期长，技术难度大，耗费资金多等特点。当下能够独立研制航空发动机并形成产业规模的也仅仅只有中、美、俄、英、法五国，是名副其实的强国象

征。经过 60 多年的发展，我国已具备涡喷、涡扇、涡轴、涡桨、活塞等全谱系军用航空发动机的研制生产能力，主要装配于歼击机、轰炸机、运输机等装备。目前，三代机工艺不断趋于成熟，四代机关键技术能力大幅提升，五代机预研技术持续突破瓶颈。具体到型号看，太行发动机已进入量产阶段，可装备于中国第三代战斗机，质量稳定性持续提升。在 2021 年珠海航展上，中国空军新闻发言人申进科也表示，歼-20 战机也已换装国产发动机。

从产业链来看，航空发动机主要包含整机厂、控制系统、原材料、零部件等。其中大型航空整机由航发集团旗下航发动力主导，航发动力是国内唯一全谱系军用航空发动机研制生产企业，也是航发集团旗下航空动力整体唯一上市平台公司。控制系统由航发集团旗下航发控制主导，航发控制是发动机控制系统龙头企业，市占率高达 99%。

航空发动机原材料主要包括高温合金、钛合金两大类，其中高温合金市场参与者主要包括抚顺特钢、钢研高纳、图南股份等；钛合金市场参与者包括宝钛股份、西部超导、西部材料等。零部件按照功能可分为叶片、轴、齿轮、机匣等，按照毛坯提供方式可分为锻件、铸件、钣金件，其中锻件市场参与者主要包括中航重机、航宇科技、三角防务、派克新材等，铸件市场参与者包括航发动力、中航重机、航材院（621 所）、应流股份、万泽股份等。

航电系统：航电系统是军机的神经、耳目、大脑，是作战效能的核心驱动，包括飞行控制系统、目标探测系统、通讯导航系统、火力控制系统、大气飞行数据系统、机电信息管理系统和航空照明系统等。目前主流的航电系统具有先进综合化的特点，采用开放系统和高速数据总线等多种互联方式，统一网络，实现信息、功能、硬件、软件和检测的数据信息综合。我国航电系统主要由航空工业集团和中国电科集团主导。

机电系统：机电系统是军机的血液和肌肉，包括电力、燃油、液压、环控、起落架、货运系统、应急设备、氧气系统、防火系统、除冰系统和座椅等。随着飞机性能的不断提高，机电系统所承担的飞行保障任务越来越重，使传统机电系统正从各自独立发展快速向机电综合方向发展。机电综合是指将提供二次能源的环境控制、第二动力、液压、电源、飞机燃油等机电电子系统进行物理、功能综合，

形成一个综合化系统。除此之外，多电化、能量优化也是机电系统的主要发展趋势。我国军机机电市场主要由航空工业集团主导。

航空零部件制造：航空制造技术体系涵盖了航空产品类别、制造技术领域和基础保障技术，其中各种专业制造技术是航空制造技术体系的核心，支撑着飞行器机体结构、航空发动机、机载设备和武器系统，目前航空零部件制造工序主要可分为锻铸造和机加工两大类，其中，锻造根据成形机理，可分为自由锻、模锻、辗环、特殊锻造等，机加工领域按照专业技术领域划分，包括数控加工、钣金、复材加工、特种工艺等多个方面。目前我国航空零部件制造行业产业格局较为清晰，形成了以航空工业集团内部配套企业为主，科研机构、民参军企业有效补充的市场竞争格局。

军机维修：航空装备维修保障是提高综合使用效益的关键环节，是影响空中力量战斗力的重要因素。一般而言，军用飞机寿命约为 25-35 年，6-10 年会进入大修阶段，期间的维修活动主要包括整机大修、损伤修理、附件维修与快速修理、老旧飞机持续保障、修理建线等。据《新技术下我军航空维修保障体制研究》等文献统计，航空装备的使用维修费通常占寿命周期费用的比例约 50%-70%，美空军 70% 的全寿命周期成本来自于飞机的维修支持。我军航空武器装备的修理力量包括空海军所辖大修厂、航空工业主辅机厂和部分民营企业。

1.2.2 行业趋势：规模性增长和结构性转型的新时代

2021 年 11 月 25 日，国防部公开表示要在新的起点上推动我军武器装备建设再上一个大台阶，基本建成以三代为主体、四代为骨干的装备体系。其中，军机相关的骨干装备包括歼-20 飞机、歼-16 飞机、歼-10C 飞机和直-20 直升机。随着我国国防和军队现代化建设的进程提速，叠加中美关系不稳定因素增加，国家从数量上与性能上都对军机提出更为迫切的需求，合力推动军机市场空间的快速增长。作为“十四五”提出的跨越式武器装备之一，新一代航空装备是重点发展方向。

从国家政策方面看，作为“十四五”提出的时跨越式武器装备之一，新一代航空装备是重点发展方向。军机重要性提升，具有联合各军种的战略性地位。在

外围环境方面，受台海关系，中印边境等热点问题影响，使得作战环境日趋复杂多样，催生舰载机和航母组合实战，大航程巡航作战、高原作战，向高原运送物资的大型运输机等新需求。目前在军备水平上我国军机已经处于世界一流水平，但总体数量和代际更替都与军事强国有着不小的差距，存在装备总量少，各机型发展不均的问题。针对以上这些情况，需要整个航空产业加速迈进立体化作战时代，构建“空地一体，立体突击”的核心军事能力。同时按照“空天一体、攻防兼备”的战略目标，加快推进战略转型。

在陆军加速迈进立体化作战时代、海军要求以航母等新型作战力量建设为突破、空军加速“空天一体、攻防兼备”战略转型之际，军机都将扮演关键角色。与此同时，随着未来战争将实现陆、海、空、天、网、电的多军种多领域的深度联合作战，军机将成为关键枢纽和节点，在各军种内承担核心作战及协同任务，重要性不断提升。

图表：各军中对军机的需求情况和战略定位

	发展趋势	进展情况	军机类型
陆军	加速迈进立体化作战时代，构建“空地一体，立体突击”的核心军事能力	空中突击部队作为陆军新型作战力量编入建制，“融合编组、立体突击”成为训练常态	直升机、无人机等
海军	以新型战略核潜艇、国产航母、大型驱护舰等新型作战力量建设为突破和重点持续推进转型发展	舰载战斗机批量交付，新型反潜巡逻机补齐海军反潜作战的短板，预警机、舰载直升机再添新型号	舰载战斗机、直升机、运输机、预警机、无人机、教练机等
空军	按照“空天一体、攻防兼备”的战略目标，加快推进战略转型	新时代的人民空军历史性地跨入战略空军门槛。近年来，歼-20、歼-16D、运-20、空警-500、红-9B 等一大批新型国产主战装备投入实战化训练，空军战略预警、空中打击、防空反导、	战斗机、轰炸机、直升机、运输机、预警机、无人机、

		信息对抗、空降作战、战略投送和综合保障等能力不断提升。	教练机等
--	--	-----------------------------	------

另一方面，近年来台海关系、中印边境等地缘政治持续发酵，我国面临周边环境日益复杂化和多样化的趋势，舰载机和航母的组合实战、战斗机大航程巡航作战和隐身突防、适应高原环境的武装直升机、向高原运送物资的大型运输机等新需求亟待满足，这就对军机执行作战任务的能力提出了更高的要求，也构成了我国军机未来需要重点突破的发展方向，市场的空间不只是规模性的，结构性的转变也在同步推进。对于不同类型的军机，投向的重点将沿着优化武器装备规模结构以及发展新型武器装备的战略方向。

图表：主要军机类型的投资逻辑

类型	特性及用途	投资逻辑
战斗机	保护制空权，具有飞行性能优良、机动灵活、火力强大的特性	更新换代，形成以三代为主体、四代为主干的装备体系
轰炸机	轰炸，具有突击力强、航程远、载弹量大、机动性高的特性	对提高空军战略打击能力有重要作用
舰载机	在航母上起降，性能决定航母的战斗能力	形成舰载机和航母的组合实战能力具有重要作战意义
直升机	高性价比，运输、巡逻、救护等多种用途	多军种列装，军民两用属性较强
运输机	空运兵员、武器装备和军用物资等后勤保障力	我军后勤保障力重要性日益提升，同时可向民用拓展
无人机	平台属性强，可执行各类战略和战术任务，包括侦察预警、跟踪定位、特种作战、信息对抗、战场搜救等	军事智能化的重要发展方向，应用场景广阔，适于各军种
电子	专门对敌方雷达、电子制导系统和无线电通信	顺应军事信息化和智能化的发展

战 飞 机	设备进行电子侦察、干扰和攻击	趋势，填补空白
教练 机	训练飞行人员	满足日益增长的练兵备战的训练需求，以及建立完善的 战斗训练系统体系

在军机的技术水平和研发能力方面，美国一直走在最前端。从第五代战机的研发开始，相较于耗费巨资投入数十年研制新型战机，通过快速引入最新技术升级电子系统和机载武器成为机型迭代的新趋势。自 2016 年起，美空军不再纠结战斗机的代际划分，转向使用“穿透性制空”这一名称来代指下一代制空作战平台。这一转变颠覆了以往依赖“机型替换”进行单一平台更新换代的思路，转向提升飞机本身的强作战性能。强作战性能的特点一般可以用“4S”来概括，即 Stealth(隐形)、Super Sonic Cruise(超音速巡航能力)、Super Maneuverability(超机动能力)、Superior Avionics for Battle Awareness and Effectiveness(超级信息优势)。依托军机的平台属性，各类电子系统和武器系统的重要性和价值量占比持续提升。

目前我国军机已经处于世界一流水平，但总体列装数量和代际更替都与军事强国有着不小的差距，存在装备总量少，各机型发展不均的问题。与此同时，我国在航空装备领域的投入也与军事强国存在差距，例如美国在近十年内平均每年在航空装备领域投资在 500 亿美元左右，2021 年预算为 569 亿美元，折合人民币接近 3679 亿元。根据我国最新发布的国防白皮书，2013-2017 年间我国平均每年投入的装备费用为 3584.81 亿元。可以看出，美国在航空装备领域投资与我国装备总投入相当。由此可见，为提升技术实力和战斗实力，我国军机产业的放量增长和装备升级时不我待，尤其是先进战机的规模列装和填补空白的全谱系发展。

1.2.2.1 主机厂：规模效应逐步体现，营收增速加快，盈利水平提升

我国军机主机厂还处于增长放量阶段，营收规模还未达到成熟稳定的天花板，

盈利能力还有较大提升空间。选取中航沈飞和成飞为我国战斗机主机厂代表与美国战斗机主机厂代表洛马公司进行比较，2013 年至 2020 年，中航沈飞和成飞的合计营收复合增速为 19%，洛马为 5%。可以看出，相较营收水平趋于稳定的洛马，我国战斗机主机厂还处于快速增长的过程中，距离营收规模稳定的成熟阶段还有较大增长空间。与此同时，2020 年，中航沈飞和成飞的净利率水平不超过 6%，而洛马的净利率水平达到 10.45%，说明我国主机厂的盈利能力还有较大提升空间。

图表：中航沈飞、成飞和洛马营业收入增速及净利率水平对比（单位：本币，亿元；%）





在快速增长的过程中，主机厂呈现出营收增速加快、盈利水平提升的特点。2021 年前三季度，中航沈飞营收同比增长 31.76%，洛马仅为 1.96%，凸显我国主机厂营收增速的加速趋势明显。与此同时，主机厂的盈利能力水平也有所提升，2021 年前三季度的毛利率、净利率和 ROE 的平均值较去年同期分别增长 0.31pcts、0.34pcts 和 0.71pcts。

公司	毛利率			净利率			ROB		
	2020Q1-Q3 (%)	2021Q1-Q3 (%)	变化 pcts	2020Q1-Q3 (%)	2021Q1-Q3 (%)	变化 pcts	2020Q1-Q3 (%)	2021Q1-Q3 (%)	变化 pcts
中航沈飞	9.28	9.82	0.54	6.15	5.83	-0.31	12.52	13.64	1.12
中航西飞	6.45	6.67	0.22	1.95	2.63	0.68	2.74	3.92	1.18
洪都航空	3.49	2.14	-1.36	0.45	1.58	1.13	0.26	1.31	1.05
中直股份	11.05	11.94	0.88	3.96	4.29	0.33	5.88	6.82	0.95
航发	15.76	14.44	-1.32	4.26	4.49	0.23	1.97	2.15	0.18

动力									
航天彩虹	22.82	24.85	2.03	5.43	5.79	0.36	1.39	1.29	-0.10
航天电子	18.37	19.54	1.16	4.16	4.13	-0.02	2.75	3.33	0.58
平均值	12.46	12.77	0.31	3.77	4.11	0.34	3.93	4.64	0.71

2021 年以来，通过大幅增长的合同负债和预收款可以看出，航空装备订单或已进入放量阶段。其中，中航沈飞，中航西飞、航发动力和洪都航空均出现合同负债和预收款激增的情况，均反映出相关大额订单已落地。

代码	名称	2018 年同比增速	2019 年同比增速	2020 年同比增速	2019 年 Q3 同比增速	2020 年 Q3 同比增速	2021 年 Q3 同比增速
600760.SH	中航沈飞	-14.25%	-24.61%	-33.90%	12.83%	-86.57%	2904.15%
000768.SZ	中航西飞	18.81%	306.56%	176.04%	10.86%	23.69%	379.65%
600316.SH	洪都航空	21.45%	-81.35%	18.73%	-69.17%	-61.63%	25222.42x
600038.SH	中直股份	22.63%	3.34%	-13.45%	-4.87%	40.24%	-56.23%
600893.SH	航发动力	-1.58%	81.07%	-1.46%	15.63%	14.72%	965.48%
002389.SZ	航天彩虹	-7.13%	81.21%	242.68%	44.18%	2.67%	93.89%
600879.SH	航天电子	26.82%	10.89%	17.71%	42.70%	10.04%	50.75%

1.2.2.2 航空发动机趋势：今非昔比，国产化加速推进

我国航空发动机的国产化比例已得到较大提升，但和美、俄之间还存在着一定的差距，部分军机发动机仍依赖进口。随着军机换装列装提速，国产替代的进程进一步加快，自研型号的逐步定型成熟，航空发动机有望驶入发展快车道。同时，航空发动机从一定程度上具备消耗属性，在战机使用周期中，存在换发和维修的需求，足够支撑中长期增长逻辑，板块景气度持续性和确定性较强。此外，我国量产的军用发动机型号不多，新型号定型量产，将带来较大的增量空间。航发动力作为我国大型军用航空发动机整机制造唯一平台，航发控制作为航空发动机控制系统占据垄断地位的企业，将充分受益于行业高景气。

从航空发动机材料来看，高温合金、钛合金是发动机的主要构成部分。高温合金是推动航空发动机发展的最为关键的结构材料，其性能将直接影响航空发动机的推重比，进而决定航空发动机的水平。先进发动机对高温合金的用量有望进一步提升，同时目前仍有部分高端产品依赖进口。可关注高温合金企业的产能和技术能力，相关上市公司包括钢研高纳、抚顺特钢、图南股份等。钛合金因其良好力学性能和化学性能，可满足先进航空发动机的高可靠和长寿命要求，在压气盘、燃烧室外壳、压气机叶片、机匣等零件部位应用广泛，航空发动机钛合金主要由宝钛股份、西部超导、西部材料提供，建议重点关注产能扩产进度。

航空发动机的生产制造模式与主机厂类似，均以“小核心、大协作、专业化、开放式”为发展方向。未来发动机零部件将更多转为社会化配套生产，与主机厂零部件加工逻辑基本类似。在零部件中，航发发动机叶片制造量占整机 1/3 左右，是航空发动机数量最大的一类零件，其特点为薄壁易变性零件，是叶片制造行业中的重点和难点。民营企业在航空发动机叶片取得了一定成果，成功进入航空发动机领域，可关注应流股份、万泽股份、航亚科技等。

1.2.2.3 航空零部件制造趋势：天花板打开，规模上台阶

按照“小核心、大协作、专业化、开放型”发展策略，主机厂聚焦核心能力，由“飞机制造商”转变为“系统集成商”，并将通用性强、市场竞争充分的零部件加工、工装制造、部组件装配、设备维保等业务转向社会企业配套。在此背景下，航空零部件制造行业相关上市公司市场规模进一步打开。与此同时机体减重需求牵引数控加工与复材加工工艺水平也不断提升，随着目前飞机性能不断提高，减重需求也在逐步提升，从材料端来看高比强度、比刚度的钛合金、复材等需求上升，工艺端来看，飞机零部件的整体结构化可有效降低机身重量，综合来看，机体减重需求将推动锻造工艺、数控加工、复材加工等工艺水平持续提升。

总体来看，航空零部件制造企业大多只承担一般的配套产品，集中在三级供货商环节，配套层级较低。无论是从主机厂未来会进一步聚焦核心能力的强化，逐步退出一般能力制造业务等行业发展趋势考虑，还是从航空零部件制造企业自身核心研发能力与技术积累不断提升等内生动力出发，相关企业未来在承担任务的领域和层次方面都有望进一步拓展。短期来看，航空零部件制造工序相互渗透，

产业链纵向一体化或将成为行业未来主要商业模式；长期来看，航空零部件配套层级的进一步提升，即从零部件向部组件装配升级，将是行业发展的一个长期过程。预计“十四五”期间，航空零部件配套企业，集中度将逐步提升，且规模将再上台阶，成长起一批 5-10 亿甚至超过 10 亿体量的优秀企业。

1.2.3 市场空间及产业链

以中航沈飞、中航西飞、洪都航空、中直股份、航空工业成飞、航天彩虹、航天电子几家主机厂的航空业务营收规模，测算我国主机企业营收规模。如图表 55 所示，2020 年，我国主机企业市场营收规模合计约 1300 多亿元，较 2019 年增长 16.98%，2019 年较 2018 年增长 13.97%。

图表：近两年主机厂营收规模增速情况(单位:亿元)

公司代码	公司名称	2018/12/31	2019/12/31	2020/12/31
600760.SH	中航沈飞	201.51	237.61	273.16
000768.Sz	中航西飞	334.68	342.98	334.84
600316.SH	洪都航空	24.18	44.20	50.69
600038.SH	中直股份	130.66	157.95	196.55
/	成飞	267.65	305.00	411.69
002389.Sz	航天彩虹	12.88	16.23	14.73
600879.SH	航天电子	5.00	7.01	8.76
A21418.SH	中航无人机	0.47	2.51	12.17
合计		977.03	1113.49	1302.59
增速			13.97%	16.98%

长期来看，我们认为军机行业增长的驱动力为 2027 年建军百年和 2035 年基本实现国防和军队现代化建设的目标，以及规模列装后随之增长的军机维修、军贸和军转民市场。考虑“十四五”期间规模列装和更新换代的需求，未来五年军机行业整体将保持高增长。如图表所示，未来五年，若保持年复合 20%的增长率，

测算主机企业五年的市场营收规模为 11632 亿元；若保持年复合 25% 的增长率，测算主机企业五年的市场营收规模为 13363 亿元；若保持年复合 30% 的增长率，测算主机企业五年的市场营收规模达到 15313 亿元。

图表：近两年主机厂营收规模增速情况(单位：亿元)

公司代码	公司名称	2018/12/31	2019/12/31	2020/12/31
600760. SH	中航沈飞	201. 51	237. 61	273. 16
000768. SZ	中航西飞	334. 68	342. 98	334. 84
600316. SH	洪都航空	24. 18	44. 20	50. 69
600038. SH	中直股份	130. 66	157, 95	196. 55
/	成飞	267. 65	305. 00	411. 69
002389. SZ	航天彩虹	12. 88	16. 23	14. 73
600879. SH	航天电子	5. 00	7. 01	8. 76
A21418. SH	中航无人机	0. 47	2. 51	12. 17
合计		977. 03	1113. 49	1302. 59
增速			13. 97%	16. 98%

1.3 航天产业：“十四五”迎来高光时刻

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。

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。“十三五”时期，多款我国自主研发的航天武器装备在国庆 70 周年阅兵上首次亮相，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；北斗导航、高分工程、探月工程、行星探测任务等众多航天重大工程取得决定性成果；空间站正式进入建设阶段，以上现象都预示着，一个中国航天产业的新时代即将来临。

“十四五”期间，航天防务装备需求有望出现高速增长，同时卫星应用市场进入一个快速发展期，一同拉动航天产业迎来高光时刻，共同迎来星辰大海的航天新时代。

我们从增长确定性较强的视角出发，遴选了导弹、北斗应用以及卫星互联网三个航天细分领域，分析产业现状、市场规模、发展节奏并给出“十四五”投资判断。

1.3.1 导弹：高消耗，高增长

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。而在 21 世纪以来的几次局部战争中，导弹武器以其高精度、远射程、综合效费比高等特点，仍是各国作战中不可或缺的核心武器装备，在国际军贸市场上也炙手可热。

根据蒂尔集团（Teal Group）发布的《2018 World Missile Briefing》对导弹（包括制导炸弹）的预测，2021-2025 全球导弹（含制导炸弹）的年均产值在 160 亿美元左右。其中，在“量”或“价”上具有优势的导弹种类包括空空导弹、空面导弹、面空导弹、反坦克导弹以及制导炸弹五类。

图表：2021-2025 年全球导弹市场年均产值有望维持在 160 亿美元左右（单位：亿美元；枚）

导弹类别	产值（亿美元）						产量合计（枚）
	2021	2022	2023	2024	2025	合计产值	
空空导弹	28.8	28.7	27.4	25.8	25.4	136.1	14610
空面导弹	9.5	10.8	11.0	10.5	6.9	48.7	53335
面空导弹	57.2	55.5	57.7	60.0	58.7	289.1	22730
反坦克导弹	30.4	26.3	25.7	27.9	27.7	138.0	84630
反舰导弹	11.9	15.9	14.5	14.2	14.1	70.6	3805

面导导弹	18.7	16.7	12.0	13.8	13.6	74.8	1209
制导炸弹	6.2	7.1	7.0	8.0	7.1	35.4	123520
合计	162.7	161.0	155.3	160.2	153.5	792.7	——

具体到我国导弹市场，十四五的需求主要来自成熟型号装备的消耗性补充以及新型号装备的定型量产。

成熟型号装备的消耗性补充主要由我国军队全面加强练兵备战工作、加大实战化演习背景驱动。近年来，在多个媒体报道的军队演习中，都密集提及到了导弹的发射演练，6月国防部例行记者会上，国防部新闻发言人任国强披露的2021年以来全军弹药消耗大幅增加。我们认为，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。新型号装备的定型量产方面，从我国近年来展出的部分导弹装备型号情况来看，2019年国庆阅兵时首次展出的国产现役主战导弹装备中，多个装备如东风-17、巨浪-2、长剑-100、YJ-18/YJ-18A均为首次亮相。在2021年11月国防部披露，“十三五”东风-17导弹、东风-26导弹等批量装备；根据导弹产业链中上游上市公司雷电微力在招股说明书披露，公司配套的多个项目也将有望在“十四五”时期定型，随后转入批产阶段。我们判断此阶段导弹新型号的批产需求有望延续至“十四五”持续释放。

导弹制造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；主要参与者包括航天科工、航天科技、航空工业以及兵器工业等军工集团所属相关企事业单位，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。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整机制造，即研制定型后的批量生产为主，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）主要由航空工业、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，同时也有少数民参军上市公司参与到军贸出口导弹型号的总装集成领域。产业链中游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。该部分占导弹产业总体市场规模的 20%左右。

导弹制造产业链中的相关上市公司情况如上图表所示，可以看出，多数上市公司集中在导弹产业链整机制造部分，特别是中上游的制导控制系统、其他系统（电源及线缆）配套以及上游的元器件配套领域。

导弹市场发展节奏方面，我们聚焦于市场规模占比最大的导弹整机制造领域。在该细分领域产业链中，我们选取了 11 家位于不同位置的上市公司，如下图表所示。

图表：部分导弹产业链上市公司“十三五”以来收入情况（仅统计导弹相关业务收入）

产业链位置	公司代码	公司名称	相关细分业务	收入（亿元）						
				2016	2017	2018	2019	2020	2020H1	2021H1
上游	002025.SZ	航天电器	连接器	14.42	16.16	16.50	22.15	27.28	12.58	15.50
上游	000901.SZ	航天科技	航天产品	6.20	5.65	6.24	7.50	7.41	2.59	3.73
上游	603267.SH	鸿远电子	自产业务	3.21	3.14	4.88	5.89	8.86	3.74	7.58
中	20664.SH	理	惯导器	一一	0.13	0.93	2.26	3.06	1.44	1.47

上游		工导航	件							
中上游	301050.SZ	雷电微力	精确制导	——	0.68	0.26	2.87	3.17	1.82	3.86
中上游	300123.SZ	亚光科技	军工电子（不含安防及专网通信）	——	3.31	6.18	9.53	11.33	4.81	4.76
中上游	300593.SZ	新雷能	航空航天及军工	1.61	1.51	2.43	4.58	5.42	1.96	3.97
中上游	688311.SH	盟升电子	卫星导航产品	1.28	1.29	1.22	1.53	3.01	0.58	1.26
中上游	002977.SZ	火箭科技	弹载固态发射机	1.42	1.49	2.55	2.17	2.19	0.90	1.66
下游	000515.SZ	中兵红箭	特种装备	17.62	19.81	22.80	26.62	38.14	11.70	11.46
下游	600316.SH	洪都航空	其他航空产品	——	10.18	——	13.31	26.90	12.24	13.88

参考以上导弹整机制造产业中部分上市公司“十三五”以及“十四五”的收

入变化，针对导弹市场发展节奏，我们有如下判断：

1. “十三五”末期（2019 年-2020 年），从下游收入增速来看，导弹产业已经出现高速增长态势，我们认为主要与 2018 年后，我军加大了练兵备战以及实战化演习的强度，导弹的需求量出现明显提升有关，同时，导弹上游与中上游上市公司的收入一般会先于下游总体优先释放体现。

2. “十四五”首年，2021H1 导弹产业链上游与中上游的收入增速均超过 40%。同时，2020 年以来，导弹产业链上游与中上游大多数上市公司密集通过资本运作等手段扩大产能规模，参考其扩产的时间节奏，我们判断，导弹整机制造产业的整体市场增速有望达到 40%以上，而各上市公司的收入有望在 2022 年维持高增速，产能高点或处于“十四五”中后期。

3. 游增速约为 5.87%，从下游上市公司洪都航空 2020 年导弹产业收入的高增速以及 2021Q3 末的合同负债占营业收入比例高达 158.80%来看，我们认为 2021H1 产业下游收入增速的显著下降更多与武器装备确认收入的季节性有关。

综合以上分析，在“成熟型号装备的消耗性补充”以及“新型号装备的定型量产”两方面需求带动下，导弹整机制造领域“十四五”市场增速有望保持在 40%以上，产业链中上游上市公司有望维持高增速，产能高点则位于“十四五”中后期。建议重点关注在“量”或“价”方面具有优势、进入批产阶段的导弹型号配套相关企业：

1. 整机层面：目前导弹产业的主要参与主体，航天科工集团及航天科技集团在导弹整机相关科研院所及制造厂；同时，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，导弹整机单位资质壁垒与技术壁垒均较高；导弹研发、集成、制造的投资项目的较少。建议重点关注军工央企所属企业，以及航天科技或航天科工集团所属相关企事业单位的资产证券化进程产生的投资机会。

2. 配套方面，市场更集中在先进弹体材料、惯性器件、光电制导设备、弹载电源及其对应的关键零部件领域，以上领域的上市公司较多，其中，重点关注符合技术发展趋势、与相关航天央企单位在重点放量型号上，具有稳定的供应配套关系的企业投资机会。

1.3.2 北斗：日趋成熟，应用加速

2020 年 6 月底，30 颗北斗三号全球组网卫星全部到位，标志着我国北斗三号全球卫星导航系统星座部署全面完成；2020 年 7 月 30 日，北斗三号全球卫星导航系统建成暨开通仪式在北京举行，标志着工程“三步走”发展战略取得决战决胜，我国成为世界上第三个独立拥有全球卫星导航系统的国家。目前，全球已有 120 余个国家和地区使用北斗系统。我们认为，当前北斗空间段已经完成建设，卫星应用开始向民用领域快速拓展，北斗应用产业在“十四五”快速发展确定性强，值得重点关注。

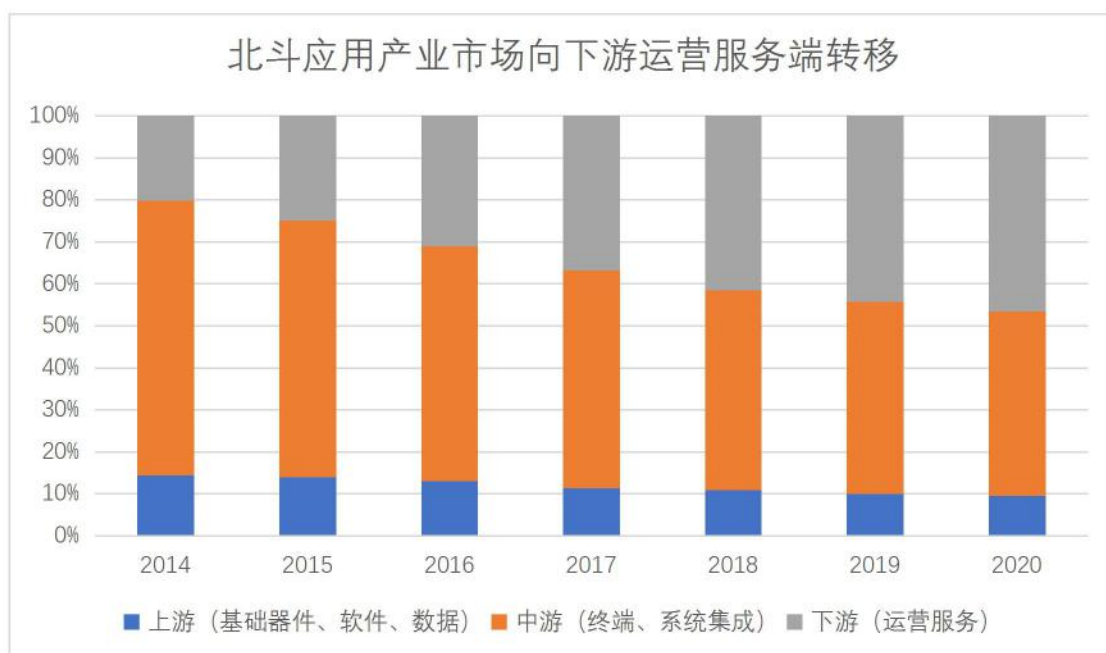
根据《2021 年中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书》统计，自 2012 年以来，北斗系统开始提供正式服务以来，我国卫星导航与位置服务产业规模以约 22% 的年增长率稳定增长，但受到宏观经济形势变化，以及国内改革调整、行业采购量下降、新增市场放缓、跨界竞争加剧等客观因素影响，自 2015 年起，我国卫星导航与位置服务产业产值增速一度放缓。

2020 年，新冠肺炎疫情对我国卫星导航与位置服务产业整体发展和产值增速未造成明显影响，且随着“北斗+”和“+北斗”的深化发展，在新应用、新业务、新模式方面，反而呈现出更加蓬勃发展的良好局面。

具体来看，我国卫星导航与位置服务产业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仍然低于应用和服务所衍生带动形成的关联产值增速，主要原因系交通、电力、铁路、石化、通信、军工等行业领域已经主动跨界进入北斗产业，相继成立了专门的北斗机构或企业，“+北斗”发展活跃带来的关联产值增速进一步提升所致。

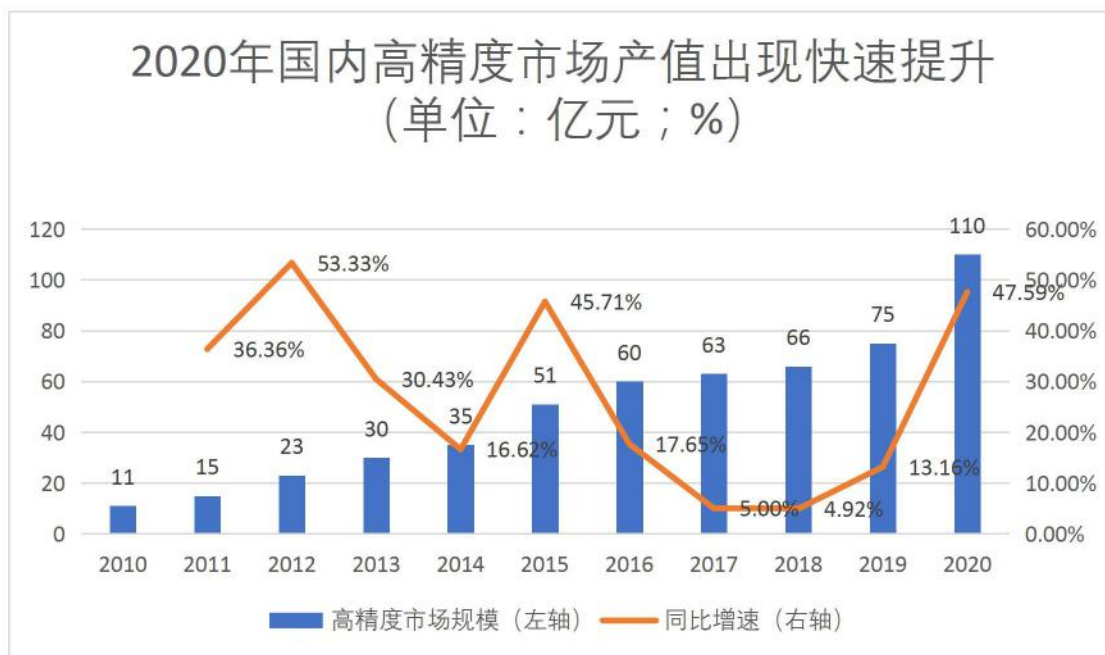
从近七年我国卫星导航与位置服务产业链上中下游各部分产值占比中可以看出，在卫星导航与位置服务产业链中，代表地面和终端设备制造的中上游的产值占比均在逐年缩小、而北斗导航系统下游运营服务市场规模在快速提升，也标志着随着未来时空服务和“+北斗”行业新业态新模式发展，以及投资推动，预期下游服务产值仍将保持快速增长，成为产值主要增长点。

图表：北斗应用产业市场向下游运营服务端转移



在北斗导航诸多应用领域中，高精度导航领域有望在“十四五”实现高速增长。随着卫星导航信号兼容协调的实现、多星多频功能的普及、PPP 等技术的成熟，高精度定位技术不再局限于专业应用领域，而是与大众的距离越来越近。高精度技术的大众化普及将形成更多的大众位置服务应用场景，进一步深化北斗应用，提升用户体验。高精度大众化应用服务创新已成为必然趋势。

高精度应用市场中上游的快速发展，将快速传导至下游运营服务领域。根据《2021 年中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书》统计，国内市场各类高精度应用终端（含测量型接收机）总销量接近 150 万台/套，其中应用国产高精度模块和板卡的终端已超过 70%；高精度天线出货量接近 150 万只。高精度相关产品销售收入从 2010 年的 11 亿元人民币已快速增长到 2020 年的 110.4 亿元，参考近年来我国卫星导航与位置服务产业链上中下游各部分产值的变化，我们判断，“十四五”我国高精度市场下游运营服务领域将实现高速发展。



产业链方面，卫星导航与位置服务产业属于卫星产业下游的卫星导航应用产业。当前，除航天科技、航天科工集团及中科院等所属相关企事业单位外，还有大量民营企业开始参与其中，市场竞争较为激烈。目前，我国卫星导航与位置服务产业链已形成了较为完整的内循环。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。中游是产业发展的重点，主要包括终端集成和系统集成。下游的解决方案和运维服务提供众多行业应用。

针对“十四五”北斗应用市场发展趋势判断，我们选取了 5 家覆盖北斗全产业链的典型上市公司，从其相关细分业务及财务情况可以看出，“十三五”期间，5 家上市公司北斗相关业务收入合计的复合增速为 25.29%，与我国卫星导航与位置服务产业规模 22.22% 的复合增速近似。2019H1-2021H1，5 家上市公司北斗相关业务收入合计的复合增速是 20.33%，我们认为，该增速的放缓其实表明了自 2019 年以来，我国北斗产业应用增速仍主要依赖于以北斗第二代导航系统为主的传统导航系统在中下游市场的拓展，北斗第三代导航系统替代、更新仍尚未对北斗应用市场发展提供明显的驱动力。

从北斗星通、海格通信、振芯科技等处于北斗产业上游的基带芯片研制生产上市公司的信息披露来看，各个公司的北斗三号基带芯片产品主要在 2021 年初进入量产并销售阶段，我们认为，随着北斗三代导航的市场推广拓展，北斗应用市场增速有望进一步提升。

图表:北斗卫星导航应用产业链部分上市公司细分业务收入情况

公司代码	公司名称	相关细分业务	收入（亿元）							
			2016	2017	2018	2019	2020	2019H1	2020H1	2021H1
002151.SZ	北斗星通	基础产品	9.61	13.38	14.17	12.52	13.28	6.42	6.20	7.70
002465.SZ	海格通信	北斗导航业务	4.15	2.65	3.15	3.56	4.04	1.42	1.81	1.85
300101.SZ	振芯科技	北斗终端及运营	3.15	2.50	1.66	1.56	2.51	0.57	0.61	1.45
002383.SZ	合众思壮	卫星导航系统技术开发与设备制造	10.65	21.97	22.00	15.49	16.90	6.74	6.92	9.07
300627.SZ	华测导航	卫星导航系统技术开发与设备制造	4.82	6.78	9.52	11.46	14.10	4.61	4.79	8.54
合计			32.38	47.28	50.50	44.59	50.83	19.76	20.33	28.61
CACR			25.29%					20.33%		

综合以上分析，在 2020 年北斗三号导航系统建设完毕的背景下，参考北斗应用产业“十三五”时期的增速，我们判断“十四五”北斗应用产业市场复合增速有望超过 25%，具体投资建议如下：

1. 北斗应用产业上游领域，芯片、板卡、模组、数据处理、天线等基础器件和基础软件作为各北斗应用终端的共同设备基础，需求将伴随北斗应用市场下游的拓展保持稳定的增长，尽管增速预计不及下游服务市场，但上游基础器件对企业在中下游市场拓展（价格以及性能层面）的影响重大，从当前各中下游厂商开始向上游拓展来看，北斗上游竞争会更加激烈，建议关注具有明确下游市场布局或拥有上游较大市占率的企业；地基增强系统相关设备作为基础设施已经开始建设，建议关注已经具有一定市场份额的企业。

2. 北斗应用产业中游领域，传统的北斗产业终端设备方面，“十四五”中

前期有望伴随北斗三号导航系统的替代更新再迎“第二春”，但当下仍建议关注头部企业；新拓展的“+北斗”或“北斗+”融合产业应用终端方面，建议关注在盈利模式清晰，在具有明确下游应用市场的领域积极布局，且向中上游拓展的企业。

3. 北斗应用产业下游领域，传统的北斗应用服务市场竞争或日益激烈，建议关注行业龙头企业，而新兴北斗应用服务市场方面，建议积极关注在“高精度北斗导航+”及“+高精度北斗导航”融合产业布局的企业，特别是“十四五”有望实现高速发展的高精度北斗导航下游运营领域。

1.3.3 卫星互联网：新领域，大空间

卫星互联网是以卫星为接入手段的互联网宽带服务模式，其本质是卫星通信领域的一个重要衍生应用。

卫星互联网系统主要包括空间段、地面段和用户段三部分。其中，空间段主要指分布太空的通信卫星构成的卫星星座（具有相似功能的卫星分布在同一轨道或者多个轨道面上，按照预先规划的分布规则运行，相邻卫星之间可通过透明转发、星上处理以及星上路由等技术实现数据传输，整个空间段卫星相互协作而形成“一张网”的网络系统）；地面段作为卫星互联网系统的重要组成部分，由运控中心和信关站组成，主要完成卫星星座的管理、业务处理、网络运维管理等功能，同时负责卫星互联网系统与其他系统的互联互通；用户段则主要由各类卫星互联网终端组成。根据卫星互联网系统中的空间段（通信卫星）高度，可以分为高轨卫星互联网以及低轨卫星互联网两大类。

卫星互联网在特种领域、商用宽带通信领域存在较大的应用价值，且卫星轨道及卫星频谱存在稀缺性特点，同时当代高通量卫星技术的发展促使卫星互联网通信的性能大幅提升和用户成本的快速下降，卫星互联网产业发展已经进入了一个快车道。全球各大航天企业，无论是老牌卫星通信运营商 Viasat、Telesat，还是新锐企业 SpaceX、OneWeb 公司纷纷入局；其中 SpaceX、OneWeb 公司已进入卫星互联网空间基础设施建设阶段，特别是 SpaceX 已经进入 Beta 测试阶段后期。

2021 年 4 月 29 日，国务院国资委发公告称，将组建中国卫星网络集团有限

公司，同时该新组建的中国卫星网络集团有限公司（下文简称“星网集团”）由国务院国有资产监督管理委员会代表国务院履行出资人职责，列入国务院国有资产监督管理委员会履行出资人职责的企业名单。结合多个军工企业高管针对星网集团的相关发言，我们判断，新成立的星网集团或将是我国低轨卫星互联网的“国家队”，将对我国卫星互联网产业的发展，特别是低轨卫星互联网领域的发展，起到统筹规划及带头引领的作用。

考虑到高低轨卫星互联网系统的差异及我国互联网用户的消费习惯，同时结合当前国际局势，我们认为，在“十四五”期间，我国低轨卫星互联网产业的发展将主要由“国家队”统筹规划，受抢占轨道资源及频谱资源需求驱动；卫星互联网下游市场的拓展或将以较为成熟的高轨卫星互联网为主。

目前，我国“国家队”在卫星互联网产业相关的星座布局情况如图表 74 所示，低轨卫星互联网方面，“国家队”包括航天科技集团的鸿雁计划与航天科工集团的虹云工程，二者未来或被统筹进卫星网络集团的国家卫星互联网计划中；而成功发射了试验卫星，进度较快的民企包括银河航天以及上海垣信等。高低轨联合组网方面，中国电科集团已经披露了天地一体化信息网络计划。高轨卫星互联网方面，国内市场的主要运营商为航天科技集团的中国卫通。

产业链方面，卫星互联网的产业链类似于传统的卫星通信产业。

1. 空间段

卫星互联网产业属于卫星通信产业的一种特殊应用，空间段建设与通信卫星制造产业链高度一致。产业链上游主要为通信卫星的工程研制，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。

通信卫星制造产业链中游主要包括卫星试样的设计、制造及生产。其中有效载荷、结构系统、测控系统、姿轨控制系统、热控系统、电源系统等对相关专业技术积累及资质要求较高，同时设计与卫星的总体论证、设计关联性强，行业壁垒较高。产业链中游仍主要以航天科技、航天科工集团及中科院等相关科研院所

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。同时，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。

通信卫星产业链下游主要包含为卫星互联网应用产业，可以再细分为包括卫星互联网应用地面终端设备制造、集成、运营服务等。

2. 地面段及终端设备

卫星地面站目前主要由航天科技集团所属单位及部分民营商业航天企业构成，而终端设备方面，主要可以细分为上游的基础软件及基础硬件、中游的终端及系统集成、以及下游的运营和解决方案提供。

上游方面，卫星互联网产业属于卫星通信产业的一种特殊应用，部分基础软件和基础硬件与卫星通信终端所使用的一致，所以相关企业与卫星通信终端企业的一致程度较高。

中下游方面，相关终端及系统集成与运营解决方案提供商存在一定关联性，伴随星网集团的成立，目前我国卫星互联网的运营商国家队或将主要以航天科技集团所属中国卫通（高轨）以及新成立的星网集团（可能为低轨）为主。部分其他国企及民营企业，也积极参与卫星互联网星座提供运营及解决方案服务。

2021 年 10 月 7 日，我国高轨卫星互联网运营商中国卫通与中国国航举行 Ka 卫星机载终端交付仪式，中国国航 Ka 验证飞行项目正式进入改装实施阶段，我国高轨卫星互联网在航空卫星互联网领域的拓展逐步落地且有序推进。

市场方面，我们测算了，“十四五”期间，我国卫星互联网产业中的空间段、地面段以及运营段的市场（详情请参考深度报告《新时代中国航天的投资机会：中国卫星互联网产业——浩瀚宇宙中的星辰“蓝海”》）。2025 年我国卫星产业总体规模将接近 450 亿元，其中，由于我国卫星互联网产业仍将处于空间建设阶段，导致我国卫星互联网产业市场规模中空间段市场占比较大，而我国卫星互联网运营段市场规模增速同样较快，我们判断卫星互联网运营段中的高轨卫星互联网对应的服务市场（特别是卫星电视广播、航空互联网以及海洋互联网市场）将成为

未来几年内我国卫星互联网产业市场规模的主要增长点。

发展趋势方面，考虑到我国高、低轨卫星互联网系统的差异，我国卫星互联网产业现状，结合我国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. 我国卫星互联网产业有望进入一个高、低轨卫星互联网两大技术途径并举的时代。其中，低轨卫星互联网由星网集团统筹规划，加速部署进度；高轨卫星互联网目前更为成熟，预计仍将由航天科技集团所属单位建设运营。

2. 低轨卫星互联网方面，短期来看，低轨卫星互联网星座下游或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地面通信覆盖程度不足、对网络实时性要求较高，且由国家政府需求驱动领域中。在此背景下，可回收运载火箭、终端小型化、集成化等能够降低低轨卫星互联网建设及运营成本的技术进程，将成为决定低轨卫星互联网星座向偏远地区通信、物联网、空域宽带通信等民用领域拓展的关键。

3. 高轨卫星互联网方面，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不敏感的场景中。伴随“十四五”中后期中星 9D、中星 26 号的发射，我国高轨卫星互联网有望在航空互联网、海洋互联网、应急领域等卫星互联网的商用化市场实现快速拓展。

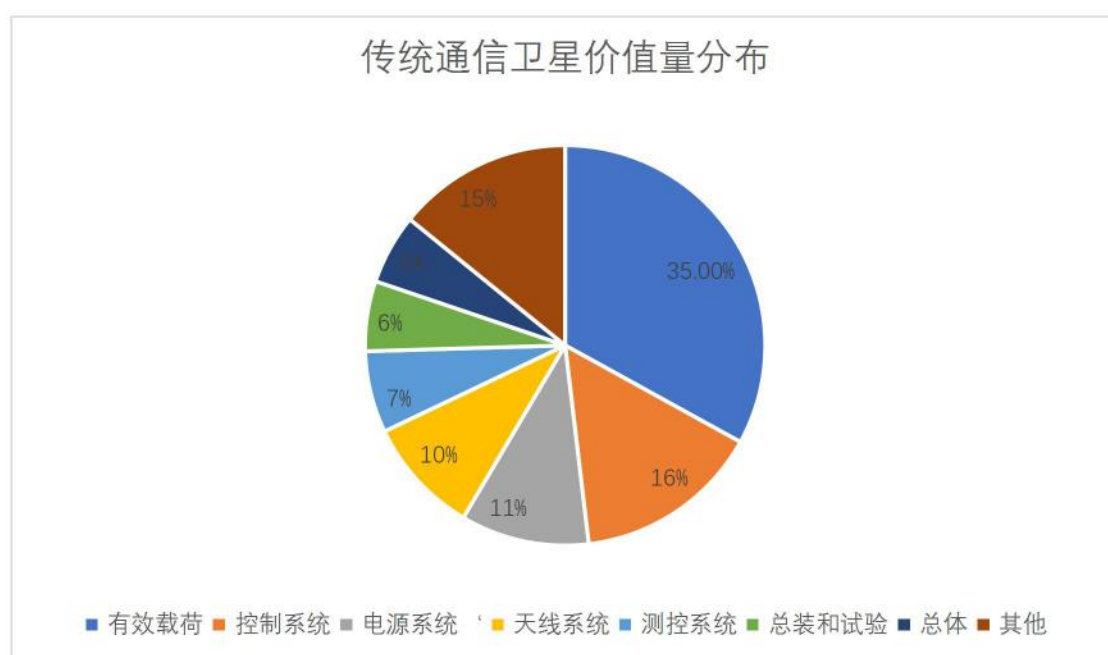
4. 受到可能存在的全球地面布站限制和频率资源匮乏限制，从我国实际情况出发，建设纯低轨的卫星互联网星座可能并不现实，通过高低轨星间链空间组网的方式可突破全球地面布站和频率资源匮乏限制，充分利用高轨卫星系统优越性，打破政治地缘限制，确保卫星互联网业务安全可靠，同时为用户提供更优质服务体验。在此背景下，星间链路通信技术将成为影响我国卫星互联网产业发展的核心技术。

我国卫星互联网产业整体尚属于发展早期阶段，但作为一片有待拓展的“蓝海”，蕴含着较大的市场空间，站在当前时点，我们对“十四五”期间卫星互联网产业发展中的投资机会，有如下观点：

1. 卫星互联网产业的空间段（卫星制造）领域：伴随我国对低轨卫星互联

网轨道及频谱资源的占领存在紧迫性，“十四五”中后期，低轨通信小卫星或微小卫星制造市场需求有望逐步放量。参考传统通信卫星各分系统价值部分，价值量占比较高的有效载荷、控制系统、电源系统、天线系统、测控系统、总装和试验及总体领域值得重点关注，对应的上市公司包括中国卫星（小卫星设计、总装及核心零部件生产）、康拓红外（宇航级微电子集成电路）、天奥电子（时频器件）、航天电子（有效载荷、卫星测控、控制系统）、海格通信（天线）、天银机电（恒星敏感器）等。

图表：传统通信卫星价值量分布



2. 卫星互联网产业地面段（地面设备）领域：短期内，高轨卫星互联网下游有望优先得到拓展，部分具有明确需求的领域，如航空互联网及海洋互联网等，对应的中上游终端设备需求也将率先释放，相关上市公司包括：中国卫星（卫星通信终端设备制造）、振芯科技（卫星互联网综合应用服务云平台）、海格通信（卫星互联网信息系统、终端、天线、终端里面的 TR 组件与芯片）、盟升电子（天线）等。

3. 卫星互联网产业中的运营段（运营服务）领域：“十四五”期间，空间基础设施已取得一定进展、且商业模式更为成熟的高轨卫星互联网领域市场预计将快速发展，相关上市公司建议重点关注我国高轨高通量卫星互联网运营商中国

卫通。

1.4 军工电子：装备信息化、智能化、国产化

1.4.1 军工电子是武器装备的“兵力倍增器”

机械化向信息化向智能化的逐次升级对国防建设的需求，正引发世界范围内全面而深刻的军事转型和改革，这也是我国军工电子在“十四五”乃至未来将维持高速发展的核心逻辑。《新时代的中国国防》白皮书中提到，中国特色军事变革取得重大进展，但机械化建设任务尚未完成，信息化水平急待提高，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和世界先进军事水平相比差距还很大。按照十九大国防和军队现代化建设三步走战略，2020 年基本实现机械化，信息化建设取得重大进展。2020 年，党中央再次明确提出了“加快机械化信息化智能化融合发展”。结合以上政策中的表述，我们判断，军工信息化作为承接机械化，引领智能化发展，并最终实现“三化”融合的关键纽带，将是“十四五”时期军工“三化”发展中增速相对较快的领域。

武器装备信息化是军工信息化建设过程中的重要结果体现。而军工电子元器件作为武器装备信息化中的核心组成，直接决定了武器装备信息化的性能，也将充分受益于“十四五”军工“三化”融合，实现快速发展。从具体案例来看，信息化战争中，衡量武器装备性能优劣和现代化水平高低的最重要指标不再是其物理性能，而是武器的信息含量和外围的信息支撑系统，因为兵器效能的提高主要不是依靠物理性能的提高，而是信息能力的提高。计算表明，导弹战斗部爆炸威力提高一倍，杀伤力提高 40%；而目标的精确识别和制导水平导致的命中率提高一倍，杀伤力提高 40%。

军工电子产业主要承担武器装备的配套作用，产业链集中于军工产业链中上游环节，中游环节通信设备、雷达、红外设备，是军工电子整机的重要子系统；上游环节分为电子元器件、集成电路、PCB、嵌入式计算机模块、微波器件、连接器等，是信息化装备发展的基石。

相比与军机、导弹、卫星等总体装备，军工电子不仅独立作为一个产业集群存在，同时也服务于航空、航天、兵器和船舶等其他产业集群，为军用飞机、卫

星、舰船和车辆由机械化向信息化向智能化转型提供技术支持，是军工武器装备的兵力倍增器。

1.4.2 行业趋势：三大“加速度”驱动高增长，供给侧呈现积极扩产态势

“十四五”期间，军工电子行业将在武器装备中信息化水平提升、信息化武器装备批量列装以及国产化替代提速三大“加速度”驱动下，迎来高速增长的黄金时期。

1.4.2.1 第一加速度：武器装备中信息化水平提升

“十四五”我军武器装备中信息化水平提升，直接带来的军工电子在单个信息化装备中价值量占比的提升。当前，世界各国在通过信息化建设推动各种作战力量系统集成水平提高的同时，更注重单项武器系统信息技术含量的提高和在关键技术领域的重点突破。武器装备的电子信息技术含量已经成为衡量其性能优劣和现代化水平高低的最重要标志。美国等发达国家信息化武器装备已经成为军队的主序列装备，武器装备的信息技术含量越来越高。例如，美国 B-52 战略轰炸机的信息技术含量高达 60%，隐身飞机则已经超过 60%；现代舰艇为 25-30%；火炮和主战坦克已超过 30%，今后有望达到 35%；天基武器装备更依赖信息技术，二十世纪 80 年代初信息技术含量就已经达到 65%，80 年代末为 70%，现已达 73%；指挥控制系统的信息技术比重则高达 80%。反观我国，武器装备信息化程度较发达国家仍有差距，例如，我国军事通信仍以 2.5G 窄带通信为主。我国装备信息化程度依然存在较大提升空间，也正是军工电子的发展机遇所在。

图表：美军武器装备中信息化含量水平

装备	信息化含量
B-52 战略轰炸机	超过 60%
隐身飞机	超过 60%
舰艇	25%-30%
火炮、坦克	超过 30%

天基此器装备	73%
指挥控制系统	高达 80%

1.4.2.2 第二加速度：信息化武器装备的批量列装

“十四五”我军大量信息化武器装备的批量列装，直接催生了军工电子需求量的提升。在 2021 年 11 月的国防部例行记者会中，披露了“十三五”时期，我军海上航母编队、两栖编队装备系列化发展，空中制空作战、电子对抗、运输投送等装备体系不断完善，中远程精确打击能力不断增强，基础信息网络覆盖国土。15 式新型轻型坦克、远程箱式火箭炮、直-20 直升机列装部队，首艘国产航空母舰、075 两栖攻击舰、055 万吨驱逐舰下水入役，歼-20 飞机、歼-16 飞机、歼-10C 飞机代次搭配、形成实战能力，东风-17 导弹、东风-26 导弹等批量装备。

可以看出，以上航空、航天、船舶等批量列装新型号，相较于我军早期的传统武器装备，信息化程度均存在大幅提升，“十四五”放量军机型号的航电系统，导弹型号的制导控制系统，C4ISR 中的指挥、控制、通信、计算机、情报及监视与侦察系统等相关电子信息系统等等军工电子领域将充分受益。

1.4.2.3 第三加速度：军工电子国产替代

“十四五”我国加大自主可控推进力度，军工电子替代空间广阔。2018 年 4 月的“中兴事件”，美国以高科技垄断产品为要挟，通过实体名单制裁中国企业，让我国在这场博弈中一定程度处于被动，使得一些产业和企业面临“休克”的危险。目前，我国军工电子，尤其是电子元器件国产化仍面临四个问题，包括核心元器件仍以进口为主、进口元器件选型分散、信息沟通工具不完善、新器件新工艺验证存在较大的风险四个方面。

图表：我国电子元器件国产化面临的问题

我国电子元器件国产化面临的问题	具体内容
核心元器件仍以进口为主	国产化程度较高的主要还是集中在电阻器、电容器、电连接器、频率控制器件和简单数字电路，这些元器件的国产化率通常在 90%以上
	以现场可编程门阵列（FPGA）、微处理器（CPU）、数字信号处理器（DSP）、大容量存储器 and 高速 M/D 等为代表的高端集成电路的国产化率相对较低，不足 60%
	进口元器件占装备全部元器件采购费用占 70%~75%，显示采购的装备电子元器件多 为高价值量
进口元器件选型分散	进口元器件本身生产厂家多、产品体系复杂和质量水平不一，装备的承研单位多，以及 各单位、各设计师选型控制水平和习惯不同等原因，导致存在同一功能选用多种规格产 品的问题，从而使得进口元器件选型较为分散，不利于装备的持续保障。
信息沟通工具不完善	国内电子元器件研用双方的沟通主要依托产品推介会、发布产品手册和优选目录等方式，渠道相对缺少；由此导致了研用双方信息沟通不及时、供需关系不顺畅等问题，存 在“研而不用、用而未研”的现象。
新器件、新工艺验证存在较大的风险	美国军用标准率先引入“新技术验证（NTI）”要求，对于元器件新技术，生产厂应建 立 NTI 程序，对新技术进行确认、管理和跟踪，从而保证新技术的成熟性和可用性。而 我国军用大规模集成电路行业起步晚、底子薄，尚未在装备中形成成熟的新器件、新工 艺等的验证程序，验证平台的建立还不完善，因此在信息装备中应用时需花费较大的人 力、物力和财力进行验证，验证效率较低，诸如性能不稳定、机械应力释放不足等问题 无法全面暴露，

军工电子领域持续受益于国产替代。根据上市公司科思科技招股书披露，2017-2019 年，公司在生产指挥控制信息处理设备、软件雷达信息处理设备、便携式无线指挥终端、其他信息处理终端及专用模块等一系列信息化装备中，芯片的境外采购比例为 73.94%，82.72%和 75.86%；上市公司智明达则披露，2017-2019 年，在嵌入式计算机产品生产中，芯片境外的采购比例则为 51.56%，50.62%和

45.31%；另外，上市公司七一二（军工专网无线通信）和大立科技（非制冷焦平面探测器、红外热像仪）也均在招股书中披露公司原材料仍需进口，部分芯片依赖国外的情况。在这种情况下，伴随我国军工电子元器件国产化率在“十四五”的逐步提高，军工电子相关企业也将有望在武器装备信息化过程中享受“质”与“量”带来的增速外，额外受益于国产替代这一第三加速度。

图表：军工电子上市公司原材料进口情况

公司	原材料进口情况			
	原材料类别	2019 年	2018 年	2017 年
科思科技（指控系统）	芯片	75.86%	82.72%	73.94%
	接插件	4.96%	7.13%	8.50%
	电源模块	40.67%	91.78%	33.15%
智明达（嵌入式计算机）	集成电路、接插件、电阻、电容	45.31%	50.62%	51.56%
七一二（军工专网无线通信）	2018 年公司招股书披露，公司原材料采购存在多品种、小批量的特性，部分原材料发行人向最终供应商的代理商进行采购，最终生产商均为 JVC 建伍株式会社等国外知名的电子生产商			
大立科技（非制冷焦平面探测器、红外热像仪、红外热成像系统）	2020 年年报披露，公司光电产品整机中的图像处理、系统控制等电路中需采用的部分进口芯片，目前国内部分科研院所及厂家虽已研制成功，但整体性能和产能尚不能完全满足市场需要，因此，公司部分芯片仍需进口，存在部分芯片依赖国外进口的风险。			

另外，军工电子具有较高的军民通用性，在国产替代过程中，还可以横向拓展至民用和其他专用领域。以 GPU 领域为例，过往党政军领域有相当一部分比例芯片使用欧美系厂商产品，但随着国家对自主可控的不断重视，近年来我国开始逐步实现国内军用装备上芯片的国产替代，值得注意的是，由于部分军工电子细分领域产品还具有“军民两用”的特点，这些领域中的细分龙头企业在军工电子元器件国产替代的同时，还可以在信创、网安、甚至是部分民用领域享受到额外的红利。

“十四五”期间，军工电子行业在以上三个加速度驱动下的高需求背景下，供给侧也将呈现积极扩产态势。

上游电子元器件公司业绩呈现加速趋势，复合增速高于军工其它子领域。“十四五”我国武器装备加速建设，新型号军机的快速列装，以及导弹“数量级”增

量建设等都对上游电子元器件形成了强劲的需求。叠加国产化替代、信息化含量提升逻辑以及新型号装备中对国产化电子元器件的强烈需求，目前军工产业链中，上游军工电子元器件呈现出较为强烈的“供不应求”，表现出相较于下游更高的业绩增加弹性。产业链上主要上市公司业绩呈现加速趋势，在军工细分领域中业绩增速位于前列，我们选取军工电子（20 家）、军工材料（10 家）、机加工（6 家）、主机厂（5 家）代表公司，如图表 81 所示，2019 年前三季度至 2021 年前三季度净利润合计复合增速依次是 56.02%，49.85%，53.67%和 44.07%，军工电子领域公司增速高于其它领域。

图表:主要军工电子公司军工材料、机加工、主机厂业绩增速对比

细分领域	归母净利润合计（亿元）			归母净利润合计复合增速
	2019Q1-Q3	2020Q1-Q3	2021Q1-Q3	
军工电子	41.89	64.18	101.97	56.02%
军工材料	16.94	23.82	38.04	49.85%
机加工	5.75	6.98	13.57	53.67%
主机厂	17.01	27.53	35.31	44.07%

企业扩产积极，景气度无忧。在目前军工电子整体供不应求的环境下，军工电子产业链公司相继出台了扩产计划，我们统计了军工电子领域上市公司的扩产计划及 IPO 募投情况，其中包括连接器、电容器、集成电路、红外、红外系统、微系统领域均出现公司扩产。在考虑到新产能爬坡的情况，我们预计军工电子“十四五”期间景气度整体无忧。

2. 航空航天产业链拆解

2.1 航空航天产业链上游

2.1.1 航天

2016 年以来，中国航天进入创新发展“快车道”，空间基础设施建设稳步推进，北斗全球卫星导航系统建成开通，高分辨率对地观测系统基本建成，卫星通信广播服务能力稳步增强，探月工程“三步走”圆满收官，中国空间站建设全面开启，“天问一号”实现从地月系到行星际探测的跨越，取得了举世瞩目的辉煌成就。

中国发展航天事业服从和服务于国家整体发展战略，坚持创新引领、协同高效、和平发展、合作共赢的原则，推动航天高质量发展。

由于航天产业兼具技术规模大，复杂程度高的技术特性与多重用途，高投资高风险高效益的经济特性，以导弹、运载火箭、卫星为基础的航天产业经济效益巨大，市场规模庞大，具有较高的投资价值。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。

从产业链的角度来说，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。

2.1.1.1 导弹

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。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。

从需求端看，我国装备的国际差距和结构优化尚有较大差距和提升空间。在我国军费保持稳定健康的增长背景下，依据在 2019 年 7 月发布的《新时代的中国国防》中的披露，我国军队的现代化水平与国家安全需求相比差距还很大。随

着军费构成中的装备费用占比逐年提升，导弹作为现代化军队不可或缺的消耗性武器装备，其需求有望伴随着我国装备费用的稳定增长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题之一的航天科工集团披露的数据也能得到验证。

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。

我国军贸已经实现顺差，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。

从供给端看，商业航天对传统航天的冲击，使产业链上游企业，特别是原材料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。这些都在一定程度上扩大了可选范围与供给额。

导弹的核心部件主要是导弹制导系统和导弹发动机。其中导弹上游主要包括研发设计，电子元器件配套，导弹材料等。传统弹体结构一般采用比重小且强度大的材料，诸如铝合金、镁合金、钛合金、以及复合材料等。随着导弹工艺技术的发展，以及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，这类技术有三个发展趋势，分别是先进复合材料，轻质高强的金属材料以及先进的工艺技术。

2.1.1.1.1 弹体结构分系统——先进材料及加工

1. 铝合金

铝合金凭借其低密度、高强度、高模量、耐腐蚀等特点，在航空航天等军事工业中成为应用最广泛的金属结构材料。是整机设备向更轻质化发展的重要途径。目前，我国航天航空领域和船舶制造领域的高端铝合金已经可以实现自主生产，不过由于技术积累薄弱、生产工艺控制不够等原因，产品性能均匀性较差或者合格率偏低，相较于国外成本控制还存在差距。但随着经验积累、关键技术的逐步突破，产业链正不断向高端领域深化发展。

2. 镁合金

镁合金作为最轻的工程金属材料，具有比重轻、比强度及比刚度高、阻尼性及导热性好，电磁屏蔽能力强、以及减振性好等一系列独特的性质，极大的满足了航空航天、现代武器装备等军工领域的需求。

镁合金重量轻、比强度和刚度好、减振性能好、电磁干扰、屏蔽能力强等特点能满足军工产品对减重、吸噪、减震、防辐射的要求。在航空航天和国防建设中占有十分重要的地位，是飞行器，卫星，导弹，以及战斗机和战车等武器装备所需的关键结构材料。

镁合金在军工装备上有诸多应用，如变速箱箱体、发动机机滤座、进出水管、空气分配器座、机油泵壳体、水泵壳体、机油热交换器、机油滤清器壳体、气门室罩、呼吸器等车辆零部件；战术防空导弹的支座舱段与副翼蒙皮、壁板、加强框、舵板、隔框等弹箭零部件；歼击机、轰炸机、直升机、运输机、机载雷达、地空导弹、运载火箭、人造卫星等飞船飞行器构件。

3. 钛合金

钛合金凭借其密度低、比强度高、耐蚀性好、导热率低等特点，在航空航天、船舶军舰等领域中广泛应用。目前，我国钛行业结构性调整已初见成效，已由过去的中低端化工、冶金和制盐等行业需求，快速转向中高端的军工、高端化工（PTA 装备）和海洋工程等行业。行业利润由上述中低端领域正逐步快速向以军工为主要需求的高端领域转移。伴随着“十四五”的到来，高端军用钛合金在下游需求旺盛的环境下，供不应求，行业迎来高端产能快速扩张的窗口期。

钛合金的优势性能体现在：

（1）．比强度高：钛密度为 4.5 g/cm^3 ，比钢轻 43%，而机械强度却与钢相差不多，比铝大两倍，比镁大五倍，因此表现出较高的比强度（抗拉强度与材料表观密度之比）；

（2）．耐蚀性好：常温下，钛表面易生成一层极薄的致密的氧化物保护膜，可以抵抗强酸甚至王水的作用，表现出强的抗腐蚀性。钛合金制成的潜艇，既能抗海水腐蚀，又能抗深层压力，其下潜深度比不锈钢潜艇增加 80%。此外，钛无磁性，不会被水雷发现，具有很好的反监视、监测作用。

材料类型	密度	抗弯强度	弹性模量	比强度
高强度钛合金	4.5	1646	11.76	366
超硬铝合金	2.8	588	7.154	210
耐热铝合金	2.8	461	7.154	165
高强度镁合金	1.8	343	4.41	191
高强度结构铜	20.58	1421	20.58	178
超高强度钢结构	20.58	1862	20.58	233

（3）．具有超导性：钛具有超导性，纯钛的超导临界温度为 0.38-0.4K。常用的铌钛合金超导体是超导工业的“先导材料”，其成本远低于其他超导材料，同时还具有如屈服强度与钢材接近等优点，保证了铌钛超导合金的应用优势。

4. 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 SiCp/Mg 复合材料可用于导弹尾翼及内部加强汽缸，B4Cp/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℃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。

5. 轻质金属材料

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 550-650℃ 之间。其中 TA12 (Ti55)，Ti633G 和 Ti53311S 是 3 种具有代表性的国产 550℃ 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 Ti2AlNb 合金替代 Ni 基高温合金制作发动机热端部件。

2.1.1.1.2 制导控制系统及相关光电元器件的上游

进入“十四五”我国军工装备加速建设，新型号军机的快速列装，以及导弹“数量级”增量建设等都对上游材料形成了强劲的需求。叠加“自主可控”增量以及新型号装备中高端高性能材料应用比例增加，目前军工产业链中，上游材料呈现出较为强烈的“供不应求”，同时也表现出相较于下游更高的业绩增加弹性。企业积极扩产，“十四五”期间军工材料产能至少翻番增长。

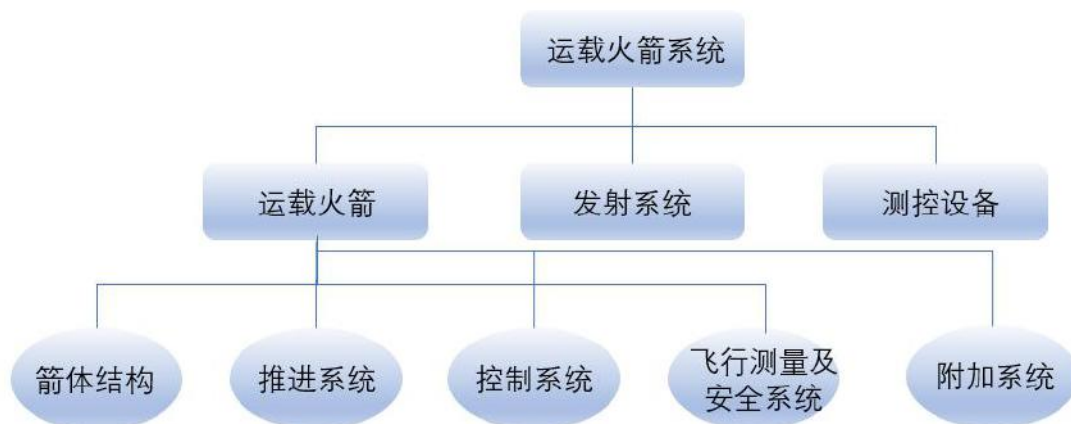
“十四五”期间，钛合金、高温合金、碳纤维等市场需求有望维持稳定高速增长，市场空间逐渐打开。导弹产业“十四五”规划下需求量持续走高。产业链中上游公司有望维持高增速，产能高点则在“十四五”中后期。建议重点关注“量”或“价”方面具有优势，即将定型或已经进入批产阶段的导弹型号相关配套企业；利润空间较大且处于积极扩产阶段的中上游元器件及微系统继承相关配套企业；在导弹分系统价值量占比较高或存在国产替代需求的领域，具有配套产品“少数供应”甚至“独供”属性的企业。

金属材料	高性能纤维及其复合材料	其他功能性新材料
•宝钛股份 •西部超导 •西部材料 •金天钛业 •长城特钢 •宝钢特钢 •北京航材院 •抚顺特钢	•光威复材 •恒神股份 •中航高科 •江苏天乌 •中复神鹰	•光启技术 •华泰科技 •火炬电子 •中瓷电子 •鸿远电子 •宏明电子

2.1.1.2 运载火箭

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。



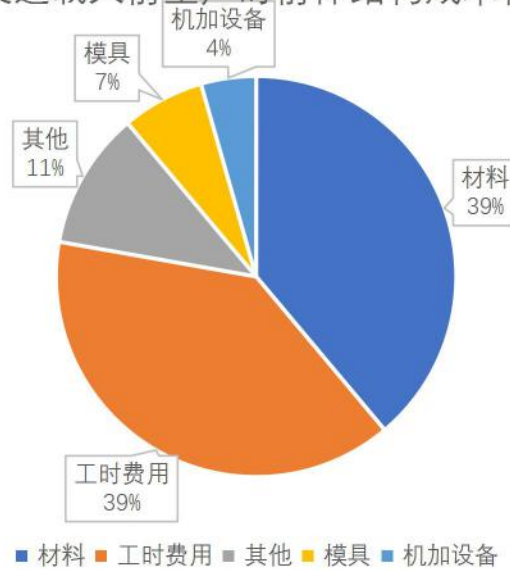
运载火箭研发生产的产业链与导弹武器系统近似，产业链上游主要为工程研制，具体涉及到运载火箭的总体论证、设计（包括运载火箭总体设计与分系统设计）、仿真测试、试验部分，主要由航天科技、航天科工集团所属企事业单位以及部分商业火箭企业参与实施，同时部分科研院所、厂及民营企业参与样件的定制化研制、生产、实验。

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、低成本也将成为重要的技术发展趋势。

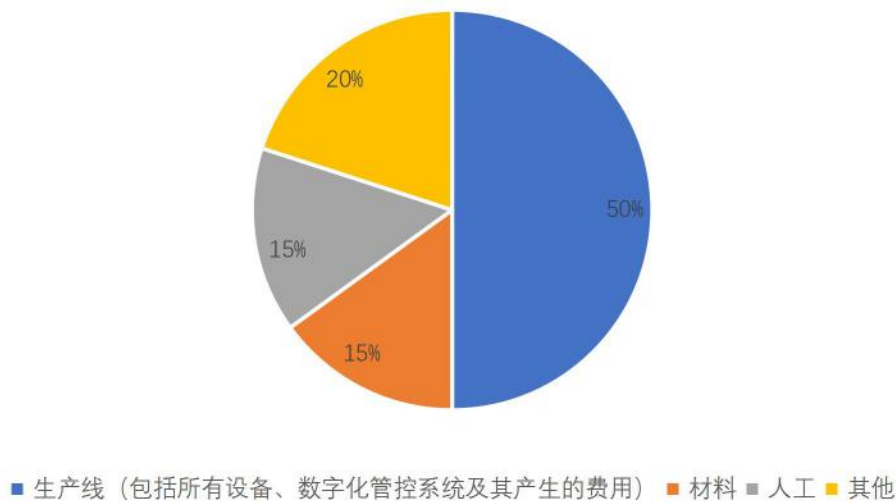
2.1.1.2.1 箭体结构的材料制造及加工

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。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。

单发运载火箭生产时箭体结构成本构成



大批量运载火箭时箭体结构成本构成



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。

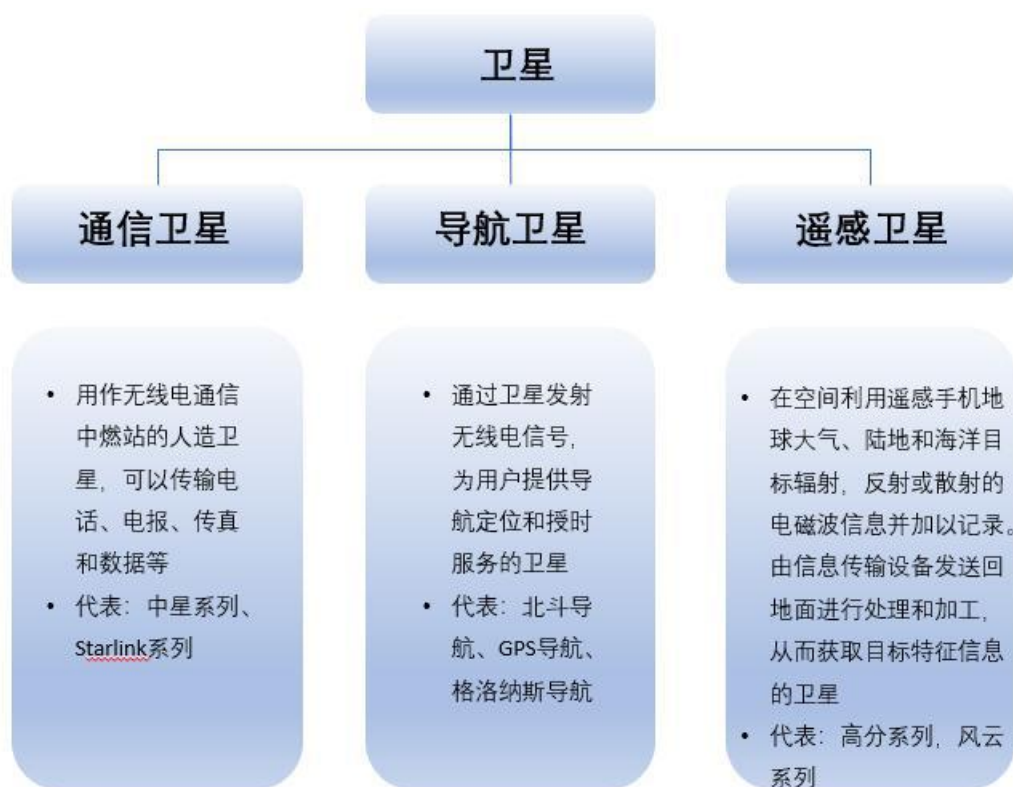
轻质合金结构材料方面，涉及到的技术发展重点包括超高强铝合金，在力学性能的大幅度提升造成相应的塑性降低、淬透性差、淬火残余应力大、机加工难度大等一系列问题；耐高温高强镁合金中，工业化变形镁合金总体强度水平不高、

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。

2.1.1.3 卫星

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）。



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。

2.1.1.1.1 低轨卫星的产业链上游

低轨卫星（LEO）的轨道高度范围为 500-2000km，低轨道卫星通信系统由于卫星轨道低，信号传播时延短，其链路损耗小，卫星和用户终端的要求低，可以采用微型/小型卫星和手持用户终端。但由于轨道低，每颗卫星所能覆盖的范围比较小，要构成全球系统需要更多的卫星，主要包括海外的铱星系统、Starlink、Oneweb，以及国内的航天科工集团的虹云工程和行云工程、航天科技集团鸿雁工程、中国电科的天地一体化信息网络。

1. 复合材料（碳纤维）

碳纤维（Carbon Fiber，简称 CF）是由有机纤维（粘胶基、沥青基、聚丙烯腈基纤维等）在高温环境下裂解碳化形成碳主链结构，含碳质量分数在 95%以上的特种无机纤维，以其优异的物理化学性能被誉为“黑色黄金”。碳纤维一般不会直接使用，通常以碳纤维为增强体，与树脂、金属、陶瓷等为基体结合形成成为碳纤维复合材料。

碳纤维及碳纤维复合材料属于战略性先进原材料，是国防装备的关键材料，在航空航天、轨道交通、风力发电、新能源汽车、建筑补强等领域具有广阔的应用空间。碳纤维材料的优异性能主要包括：（1）质量轻，强度高：密度为 $1.5-2\text{g/cm}^3$ ，相当于钢的 $1/4$ 、铝合金的 $1/2$ ；强度比钢大 4-5 倍、比铝大 6-7 倍，弹性回复为 100%；（2）耐高温、低温：在 3000°C 非氧化气氛下不融化、不软化，在液氮温度下依然很柔软、不脆化，热弹性系数小；（3）导电性能好： 25°C 时高模量碳纤维的比电阻为 $775\ \Omega\cdot\text{cm}$ ，高强度碳纤维为 $1500\ \Omega\cdot\text{cm}$ ；（4）耐酸性好：对酸呈惰性，耐浓盐酸、磷酸、硫酸等侵蚀；还具有耐油、抗辐射特性；（5）摩擦系数小：自身具有润滑性。

2020 年航天领域的碳纤维需求量占航空航天领域碳纤维需求的比例为 1.80%，需求基数不大但高性能需求强，应用广泛，同时随着我国远程战略

武器的快速发展，有望扩大碳纤维复材的应用占比。根据碳纤维强度和模量特点可应用于不同领域，目前碳纤维复合材料已经广泛应用于导弹武器、运载火箭、卫星和航天飞机等航天领域。一般来说，标准模量通用型 T300 级碳纤维主要应用导弹主次承力结构件和防隔热部件。高强中模 T800 级和高模碳纤维主要用于飞行器和导弹等主承力结构件，而高强高模碳纤维主要应用于卫星承力结构件。

用于卫星，目前国外应用较多的碳纤维包括 M40、M40J、M55J 和 M60J 级碳纤维，由这些高模碳纤维制备的复合材料主要应用于卫星和飞船的承力筒、蜂窝面板、基板、相机镜筒、抛物面天线等结构。

结构件名称	产品结构要素
波纹承力网	碳纤维波纹筒，对接框，环框
夹层结构板	碳纤维面板，铝蜂窝芯子
太阳能电池降基板	碳纤维网络面板尧，铝蜂窝芯子
连接架	碳纤维方管，钛合金接头
支架	碳纤维型材，铝合金接头
消旋支架	8 根碳纤维管，铝合金接头
电池梁	碳纤维和钛合金混杂结构
喇叭天线	CFRP 本体，镀铜，金等
支撑筒	CFRP，双锥两端法兰

全球碳纤维及复合材料快速发展：2020 年全球碳纤维市场需求约 10.69 万吨，较上年提升 3.05%。其中，风电占比 29%，航空航天占比约 15%，体育休闲占比约 14%，汽车占比约 12%。预计到 2025 年，全球碳纤维市场需求量有望达到 20 万吨，年复合增速在 13%。

2020年全球碳纤维需求应用（万吨）



国内碳纤维需求国产替代空间巨大。国内市场方面，2020 年国内碳纤维市场总需求为 4.89 万吨，同比增长了 29%，增速远超全球。约占全球 46% 的市场。但可以发现进口量为 3.04 万吨（占总需求 62%），国产纤维供应为 1.85 吨（占总需求 38%），总体仍然呈现出国内产能存在巨大的供不应求。但随着近几年的发展，我国国产碳纤维比重在不断提升，增长速度也持续加速，给予国内碳纤维需求增速 25%，国产碳纤维增速 35%，预计到 2025 年我国碳纤维需求将达到 14.9 万吨，国产碳纤维占比有望超过 55%。

我国航空航天应用占比急需提升。我国的碳纤维应用主要集中在体育休闲、风电等领域，二者合计占据了约 3/4 的市场需求。国内航空航天领域碳纤维需求低于全球平均水平，2020 年航空航天市场碳纤维需求量约为 1700 吨，占国内市场碳纤维总需求量的 3.50%，远低于全球市场 15.00% 的占比，一方面是国产高性能碳纤维产品供给不足制约了航空航天市场的大规模应用，另一方面是由于我国民用航空市场的缺失，未来随着 C919 等的批产落地，有望通过民机带动我国航空航天碳纤维市场快速提升。

碳纤维及其复合材料凭借其低密度、高强度、高模量、高稳定性的特点，在航空航天、汽车船舶等领域应用广泛，引领材料轻质化的浪潮。碳纤维产业的发展受到国家政策的大力扶持，碳纤维在中国制造 2025 中被列为关键战略材料之一。

2. 钛合金

钛（Ti）位于元素周期表中IVB族，是一种银白色的金属，钛合金是以钛为基础加入铝、锡、钒、钼、铌等其他元素组成的合金，由于其优秀的物理性能，被广泛用于航空航天、船舶、海洋工程、兵器、汽车、医疗、化工、冶金、体育休闲等高端工业制造中，有着“第三金属”、“空中金属”、“海洋金属”等美誉。

航天飞行器结构与制造中考虑最多的就是减重问题，提高结构效益是关键，同时要求结构材料具有良好的环境适应性，如适应高温、高湿、高盐等腐蚀性服役环境等。钛合金材料代替传统的钢制材料，在大幅度降低航空航天飞行器的结构重量的同时可提高航空航天飞行器结构的抗腐蚀损坏能力，对增加航空航天飞行器航射程、降低燃料消耗、延长服役寿命、提高服役可靠性等方面均具有重要意义。

为了实现空间飞行器的发射减重及有效降低在轨调姿的动能惯性，目前卫星、宇宙飞船等空间飞行器的推进动力系统大量采用钛合金材料制造其推进剂储箱、推进喷管支撑壳体等。

3. 隐身材料

隐身技术是在一定的探测环境中，通过缩减、控制目标的各种特征信号，降低其可探测性，使其难以被发现、跟踪、识别和攻击的综合性技术。隐身技术能有效地提高武器装备的生存、突防能力和作战效能。武器装备的隐身能力可以通过外形设计、使用隐身材料以及电子干扰等手段来实现。外形设计是通过武器装备的外形设计尽量降低其雷达散射截面，但因受到战术技术指标和环境条件的限制，进行理想设计有相当大的难度，因此隐身材料成为隐身技术的重要技术途径，隐身材料的研制和应用也成为评价一个国家隐身技术先进性的主要指标。

隐身材料的功能或者分类主要针对探测技术而言，可分为雷达隐身、红外隐身、可见光隐身、激光隐身、声隐身、磁隐身以及多频谱隐身等。对于目前的主要作战装备而言，重点是雷达隐身和红外隐身。

隐身卫星或成为未来太空对抗中的重要技术方向。随着卫星技术迅猛发展，在轨卫星数量剧增，对于军事战略而言，太空已成为新的战场，与制海权、制空权一样，制天权已成为目前发达国家军事战略中的重要组成部分。欧美等发达国家的太空发展计划中，防御性对抗在整个攻防体系中发挥着重要作用，具有隐身功能的卫星已经成为防御性对抗的重要组成部分。随着针对太空目标的探测识别和监视技术的不断发展，卫星的安全和生存能力将面临严峻的挑战，为了降低在轨卫星的可探测性，增强对敌方探测和监视系统的抵御能力，迫切需要在卫星上应用隐身技术。而这也必将带动卫星隐身材料的研究与应用。

相比较其他武器装备，卫星隐身材料的要求更高。卫星在轨飞行过程中，暴露在紫外线辐射以及高真空度的极端环境下，要求隐身材料具备较强的耐空间环境能力。同时对隐身材料工作温度提出了较为严苛的要求。此外，由于任务需求，要求隐身卫星具备长时间在轨潜伏的能力，且卫星上隐身材料的修补或更换等工作极难展开，因而对卫星隐身材料提出了寿命的需求。

隐身材料产品形态主要可分为涂层材料和结构材料两种，下游具体应主要是国防军工领域。随着武器装备侦查手段以及现代电子战的快速发展，新型武器装备对应的雷达、红外隐身材料应用无论是从深度还是广度都有所提升。

2.1.2 航空

2.1.2.1 背景

自 2020 年世界经济发展受到疫情不断冲击以来，全球主要国家经济增长低迷曲折，但是军费开支却维持上涨。一方面，疫情造成的供应链瓶颈对原有的全球化贸易分工体系扰动较大，在供应链安全权重上升的导向下，各国纷纷加大本土供应链重塑；另一方面，全球通胀中枢水平不断抬升，地缘动荡事件频发，各国纷纷提高军费支出应对大国博弈中孕育的潜在挑战。

2011-2020 年之间，中国国防支出保持合理增长，基本与 GDP 增速保持一致，在 GDP 中占比在 1.23%-1.27% 之间波动。2020 年中国国防支出增速 6.55%，在 GDP 中占比提高到 1.27%。2020 年，受新冠疫情影响，GDP 增速放缓，而国防支出在 GDP 中占比提高，也反映出国防支出的相对刚性的特点。2022 年，新冠疫情持续影响经济，国防支出相对刚性的特点使得军工板块需求具有相对确定性。

2020 年，中国国防开支在 GDP 中占比 1.27%，这一比例在国防开支前十国中仅高于日本。反映出中国在国防支出占 GDP 比重方面或尚有提高的空间。今年以来，受俄乌战争影响，多个国家计划未来增加国防开支，计划上调国防开支在 GDP 中的占比。

国防开支由人员生活费、训练维持费、装备费几个方面构成。其中装备费支出占比从 2010 年的 33% 持续提高到 2017 年的 41%。

结合全球军费支出高增及其投向来看，未来全球或进入一轮军备竞赛周期，这种新一轮军事科技研发投入的比拼亦或催生一轮相关产业的技术创新周期。而纵观历史，每一轮大国博弈下的科技竞争均会集中到对战略性产业控制权的争夺。在军民融合的大背景下，我国军事科技已经过长足的发展，但横向对比来看，我国航空制造业这一战略性产业的“短板”依然十分明显，通航产业亦是明显的“卡脖子”领域。

更为重要的是，另一方面，当代航空工业是知识密集、技术密集的军民结合的高科技产业。航空制造业具有高技术附加值与低劳动密集的产业特征，航空产业覆盖机械、电子、材料、化工等几乎所有工业门类，涉及空气动力学、人机工程学及系统工程等众多学科，产业链长且辐射领域广泛。因此，民用大客机 C919 的成功研制代表着我国在航空制造领域的技术突破，也意味着我国制造业具备了向高端化奋进的能力。

从通用航空产业的产业链来看，上游中的核心原材料除金属原材料、燃料等基础原材料外，还包括核心零部件的供应，如发动机、机翼等；以及各种软硬件的供应，主要为通用航空器制造提供资源保障和技术基础。

中游主要为通用航空运营，主要包括通用机场建设、服务、人员培训、航空器的维修保养等。一般来讲，通用机场建设主要依赖于国家及地方政策的推动。

从下游应用领域来看，通用航空应用范围较广，主要是通用航空作为生产工具或消费物品服务于国民经济三次产业。若从航空器的用途分类来看，可根据下游应用的不同大致分为公务包机、短途飞行、航空作业、飞行训练和娱乐运动五大类，分别应用于公/私务飞行、工农业应用、人员培训、搜索救援、娱乐活动等领域。



目前，我国通用航空产业企业主要包括航空飞机核心零部件提供商及各大航空运营公司等。其中，在上游的代表性企业中，核心部件提供商有中航工业、中国航发等；整机制造商主要有、等。在中游代表性企业中，川大智社、主要提供机场设备与空管配套设施；中信海直及航信科技主要提供通航运营与维修服务；各大航空公司主要负责通用航空的运营服务。下游则最终应用于公务包机、短途飞行等多个领域。

2.1.2.2 以 C919 发动机为例分析航空领域产业链

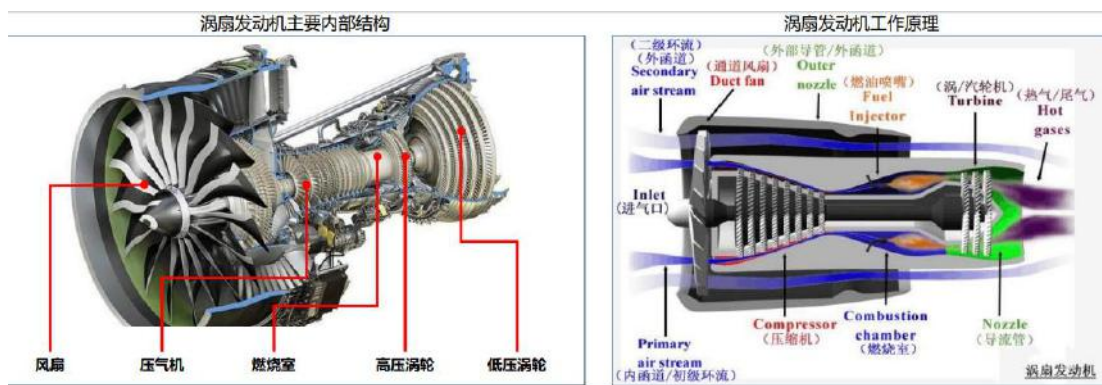
C919 飞机，全称 COMAC919，是中国按照国际民航规章自行研制、具有自主知识产权的大型喷气式民用飞机，座级 158-168 座，航程 4075-5555 公里。2022 年 5 月 14 日，中国商飞公司即将交付首家用户的首架 C919 大飞机首次飞行试验圆满完成。

C919 大型客机整条生产线全长 290 米，可以完成包括系统件和成品件的安装、全机通电通压测试、分系统测试、内饰安装等全部总装工作。同时，以中国商飞为牵引，国家深入推动大飞机产业合作和布局，形成了以上海为龙头，四川、江西、江苏等 22 个省份、200 多家企业、近 20 万人参与的民用飞机产业链。2021 年，东方航空与中国商飞签订 C919 购机合同，其中 4 架将于 2022-2024 年交付。根据中国商飞官网信息，目前 C919 订单已经达到 1000 架左右。

由于历史原因，我国的航空发动机产业长期以军用领域为重点，民用航空发动机几乎为一片空白，国产大飞机发动机“CJ1000A”仍在研制路上。国内巨大的民用航空发动机市场全部被国外产品垄断，即使国内研制的民用机型，也只能选用国外的发动机。其中，C919 的发动机采用 CFM 国际的 LEAP-1C 发动机；新舟 60 采用的是加拿大普惠公司的 PW127J 涡桨发动机；ARJ21 采用的是 GE 公司的 CF34-10A 发动机。

航空发动机是飞机的“心脏”，通过将化学能转化为燃气的热能为飞机提供飞行动力，在高温、高压、高转速等恶劣环境条件下长期反复使用的高度复杂和精密的热力机械装置，被誉为“工业皇冠上的明珠”。航空发动机产业是关系国家安全、经济建设和科技发展的战略产业，其发展水平已经成为衡量一个国家军事装备水平、科技实力和综合国力的重要标志，具有极高的军事价值、经济价值和政治价值。按燃气发生器出口燃气可用能量利用方式的不同，燃气涡轮发动机分为涡轮喷气、涡轮风扇、涡轮螺旋桨、涡轮轴和螺旋桨风扇发动机。

涡轮风扇发动机是当前航空发动机的主流。涡扇发动机由于其推力大、推进效率高、耗油率低等特点，广泛应用于战斗机、运输机、客机、无人机，占比在 95% 以上，是目前最为广泛的航空发动机。涡扇发动机内部结构主要由风扇、压气机、燃烧室、涡轮和尾喷管等部件组成。



基于核心机系列化研制模式，军民一体化推动航空产业发展。在产品研发中，可采用在核心机平台上验证过的新技术来改进已有型号，满足新的需求；也可选择合适的验证核心机平台研制型号核心机，进而衍生发展系列发动机，满足广泛的动力需求。航空发动机高技术、寡头垄断下的衍生化发展模式，确保了一旦以一款成熟的系列产品进入市场，接下来就有望长期的持续稳定盈利，其间面临的竞争威胁小，制造商可以安心收获技术和产业带来的收益。

航发产业链主要由设计研发、加工制造、试验和运营维修四大环节构成。同时航空发动机加工制造产业链可分为4个层次：发动机主承包商、子系统供应商、小部件及零组件供应商、原材料供应商。发动机主承包商负责为飞机提供完整的发动机或动力装置，具有研制、生产发动机整机的能力，负责发动机设计、总装、市场开发、销售以及售后服务；子系统供应商具备发动机大部件/组件和关键分系统的研发和制造能力，通过与主承包商建立风险合作关系，在关键分系统和部件设计方面具备核心竞争力，这类供应商生产大型复杂分系统和重要结构件；我国目前已基本建立了完整的航空发动机研制和生产体系。

发动机产业链如图所示：



作为主战装备的核心，自主可控和国产替代是发动机发展的必由之路。从国内航发产业链来看，上游原材料主要涉及钛合金、高温合金和复合材料等，以航发集团下属科研院所和企业为主，新兴民营企业如宝钛股份、西部超导、钢研高纳、抚顺特钢等均具备很强的竞争力。

国内航发制造产业链如图所示：



1. 高温合金

高温合金一般以铁、镍、钴为基，是一类既能在 600℃ 以上的高温下抗氧化、抗腐蚀、抗蠕变，又能在一定高强机械应力作用下长期工作的合金材料。高温合金在需要材料承受高温的环境中有广泛的应用。全球约 55% 的高温合金用于航空航天等领域，而我国约 80% 高温合金用在航空航天领域。

按照基体元素种类，高温合金可以分为铁基、镍基和钴基，目前市场需求占比最大的为镍基高温合金，达 80% 以上。镍基高温合金的含镍量超过 50%，适用于 650~1000℃ 高温。

高温合金重量占航空发动机 40~60%，主要用于燃烧室、导向器、涡轮叶片和涡轮盘四大热端部件制造。提高航空发动机的工作温度，是提升发动机推重比的关键手段。

2020 年，我国高温合金市场规模为 187 亿元，预测规模将于 2025 年达到 314 亿元，2020~2025 年 CAGR 为 11%。2020 年，我国高温合金消费量为 5.5 万吨；产量为 3.3 万吨，尚有部分航空航天、燃气轮机、核电等领域的高温合金需要从海外进口。随着国内高温合金企业产能的不断扩充，同时伴随其生产工艺和技术的提升，国内产量有望实现快速提升。

2. 钛合金

由于钛合金具备密度低、比强度高、耐蚀性好、导热率低等特点，因此广泛的应用于飞机结构件（如蒙皮、管材零件、紧固件、各种钣金件和承力构件等）和发动机（如压气盘、静叶片、动叶片、机壳、燃烧室外壳、排气机构外壳、中心体、喷气管、压气机叶片、轮盘和机匣等零件）等部位。

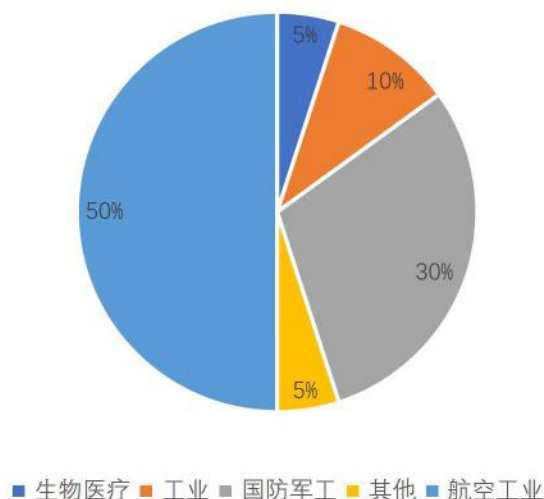
钛合金在航空领域应用的必要性：目前新一代飞机的最高航速是音速的 3 倍以上，会使飞机与空气摩擦而产生大量的热，一般在音速 2 倍以下时机身可以用铝合金，当飞行速度达到 2 倍以上时，就必须采用耐高温和性能更好的钛合金，当飞行速度超过音速的 3 倍时，机身就要使用更多的钛合金。这也是为什么钛合金的应用水平是衡量飞机选材先进程度的重要标志。在国外第三代战斗机上，钛合金用量占机体结构重量比为 10%~15%，在第四代战斗机上，用量超过 25%，其中 F-22 高达 41%。航空发动机的用钛量也在逐步增加，国外先进航空发动机的钛用量已达 30%左右，例如 V2500 发动机的钛用量就高达 31%，第四代发动机 F119 的钛合金用量为 40%。在民用飞机方面，空中客车的钛用量已从第三代 A320 的 4.5%增至第四代 A340 的 6%，而 A380 中用钛量占总重量的 10%，单机用钛材约 60 吨。

中高端领域的钛材需求量呈加速增长势头：2020 年，我国钛工业不论在产量、产能和经济效益上都取得了突飞猛进的发展，其中，高端化工、航空航天、海洋工程、船舶和体育休闲等中高端领域的钛材需求量呈加速增长势头，平均增长幅度在 20%以上，医疗行业受疫情影响需求有所回落，低端的电力和制盐等行业也有一定的增长，但增幅不大，行业整体盈利能力进一步增强。以军工为代表的高端行业需求拉动下，促使我国钛材产量连续第 6 年呈稳步快速增长。

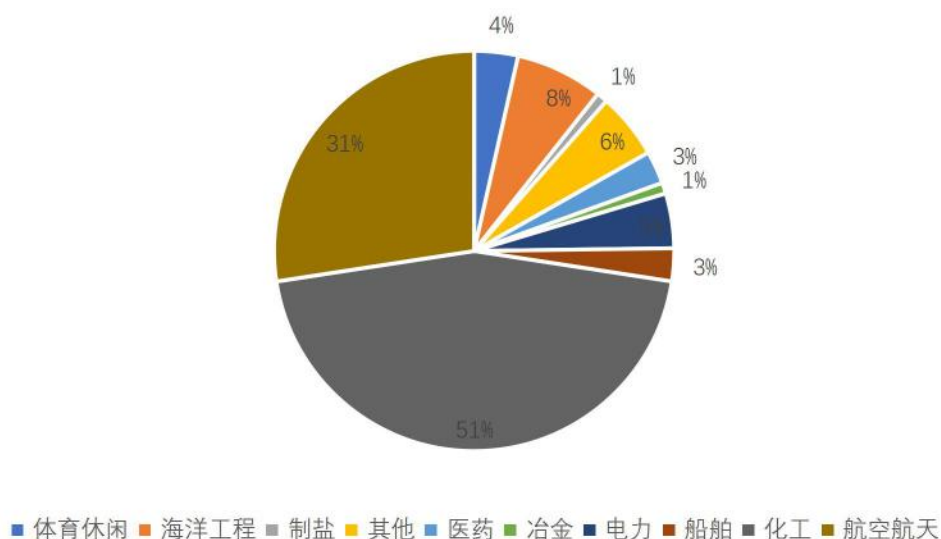
高端用钛占比依旧偏低，未来增长空间广阔：从全球市场需求结构来看，钛合金主要应用于航空工业、国防军工以及其他工业。其中，在航空工业的应用需求最大，约占 50%，主要是用于飞机和发动机的制造。但是对比国内来看，钛制品需求结构存在明显差异，在拥有发达的航空航天和军工国防工业的北美和欧盟地区，尤其是美国，50%以上的钛制品需求来自于

航空航天和军工国防领域。我国虽然全球最大的钛金属生产国和消费国之一，但是我国钛制品需求大部分来自化工领域，应用主要为抗腐蚀材料，技术含量相对不高，航空航天领域高端需求，虽然近两年占比有所提升，但仍只占 18.4%（1 万吨）左右，远不及国际平均水平。

2019年全球钛合金市场需求结构



2020年国内钛加工材需求结构



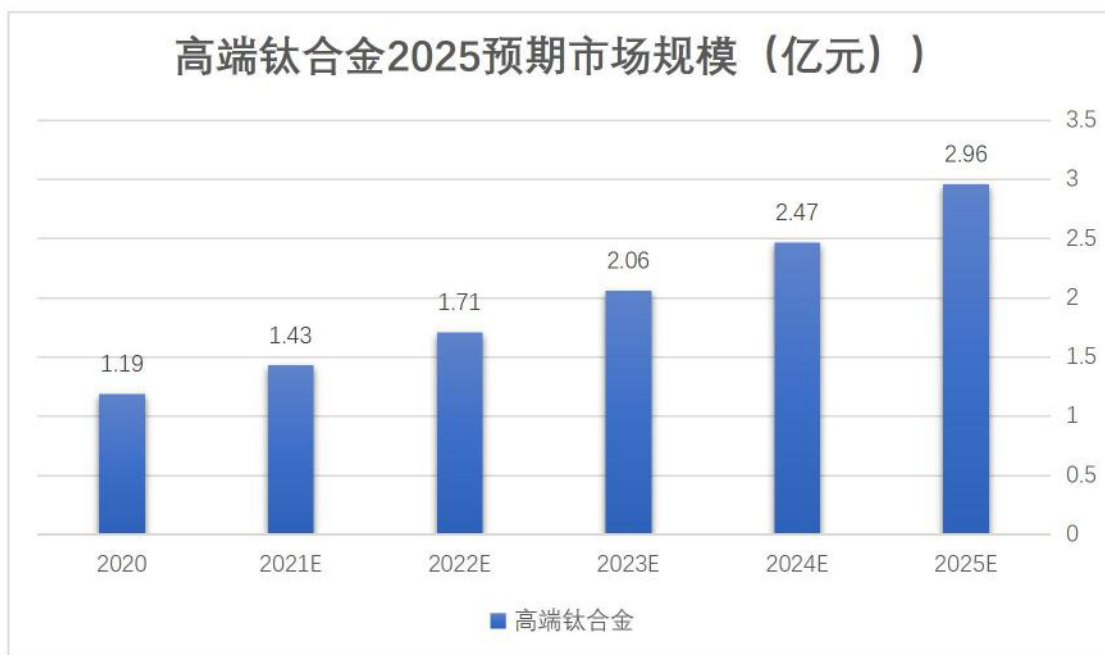
“十四五”军队加速建设，航空航天领域将进一步拉动钛合金行业景气度：2021年起中国“十四五”规划和军队现代化建设正式进入加速期，有望进一步促进航空航天、军工装备等高端领域用钛的大幅提升。尤其是在

航空领域，随着我国大飞机自主建设和军机迎来快速换代窗口期，军民两方面的飞机需求将会持续放量。我国航空领域的大跨越式发展将带动产业链相关公司加速转型和成长，航空需求放量将大幅带动高端钛材需求，拉动行业高景气发展。

从钛合金在飞机中应用来看，民机约为 5%-15%、军机约为 10%-30%。根据《WORLD AIR FORCES 2022》报告，中美之间军用飞机的数量仍有较大差距，假设中国未来 10 年各类军机建设数量可以达到中美差值的 50%，那么预计军机钛合金需求可以达到 4.6 万吨，而军机发动机方面，在不考虑备换的情况下，预计 10 年总需求量大概在 2.2 万吨，以 1.5 的备换系数来看需求量可以达到 3.3 万吨，那么预计 10 年航空钛合金需求有望达到 8 万吨，涉及市场规模在 280 亿元。

10 年军机建设速度假设	中美军机差值比例		
	30%	50%	70%
飞机钛合金需求	28000	46000	65000
发动机钛合金需求	20000	33000	46000
钛合金总需求	48000	79000	11000

民机方面，根据中国商飞公司市场预测年报（2021-2040），预计高端钛合金“十四五”期间市场需求的复合增速在 20%，假设价格为 35 万元/吨，到 2025 年预计高端钛合金市场需求有望达到 3 万吨，市场规模将突破 100 亿元。



3. 复合材料（碳纤维）

由于碳纤维复合材料具有低密度、高强度、耐高温腐蚀的特点，是应用于航空航天领域的理想材料。碳纤维复合材料不仅应用于机身，也逐渐成为喷气飞机发动机、涡轮发动机、涡轮的主要结构材料。此外，飞机的抗氧化碳-碳鼻锥帽和机翼前缘、超音速飞机的刹车片等都使用碳纤维复合材料。航空器对于减重有强烈的需求，商用飞机每减重一公斤，一年就能节约 3000 美元的燃料。

自国务院 2010 年发布《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》，大力发展碳纤维以来，国家出台一系列扶持政策，支持碳纤维产业的快速发展。

其中，《中国制造 2025》将碳纤维列为关键战略材料之一，要求到 2020 年国产碳纤维复合材料要满足大飞机技术要求，国产碳纤维用量要达到 4000 吨以上，到 2025 年高性能纤维基本实现自主保障。

由于碳纤维用途及客户的敏感性，以日本东丽为代表的国际碳纤维生产巨头利用其技术垄断和规模化生产优势，在我国高端碳纤维领域采取严格的技术垄断和禁运，低端碳纤维领域采取低价倾销和恶性竞销的策略，使得国内大部分碳纤维生产企业技术水平落后，经营业绩长期处于亏损状

态，严重制约了国内碳纤维企业的发展。2018 年我国国内碳纤维需求量约为 3.1 万吨，而我国碳纤维进口量就高达 2.2 万吨，自给率只有 29%。而我国从 2008 年至 2018 年碳纤维累计产量仅仅只有 2.83 万吨。

在碳纤维及应用领域，我国的企业主要有光威复材、中简科技、江苏天鸟（楚江新材的子公司）、山西钢科、江苏恒神、中复神鹰、西安鑫垚等。

2.2 航空航天产业链中游

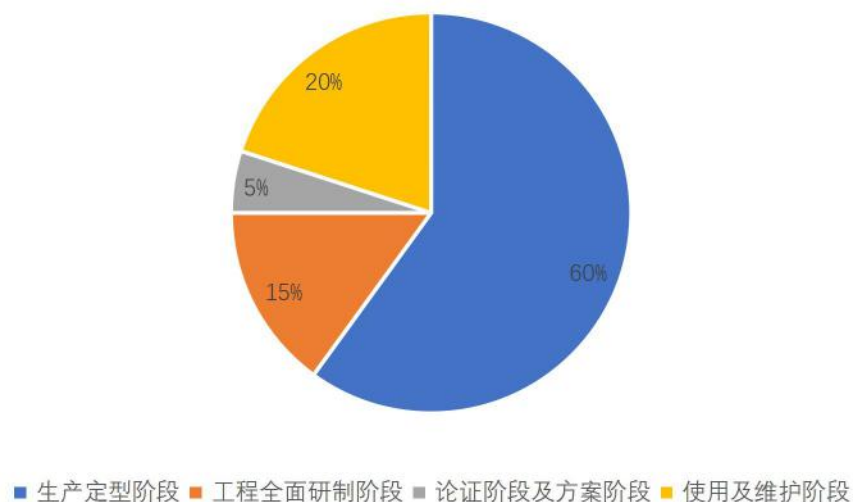
2.2.1 战术战略武器导弹中游产业

导弹中游主要以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。该部分占导弹产业总体市场规模的 60%左右。总体来看导弹的中游产业出现短期波动，中长期景气度无忧。

2.2.1.1 导弹的生产定型

从武器系统全寿命周期中各阶段投入成本的构成图中可以看出，导弹武器系统在生产定型阶段的投入成本在整个导弹的上下游产业中占比最大（约 60%）。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。

武器系统全寿命周期中各阶段投入占比



在生产定型阶段，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。其中弹道导弹制导系统、动力系统、战斗部及其他（包括弹体结构）的成本占比较为接近；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，这一现象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。

2.2.1.2 弹体结构前沿的工艺技术

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。

2.2.1.3 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所示。

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：

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。

2. 光电制导控制

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制导装置，由于红外导引头在精度、抗干扰性、隐蔽性和费效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，再与预先装定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。

多光谱成像制导则主要应用于反隐身领域，通过采用多波段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。

2.2.1.4 导弹的核心部件——导弹动力系统

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撑。

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。

2.2.1.5 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、质量轻、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。

2.2.2 航天运输工具运载火箭的中游产业

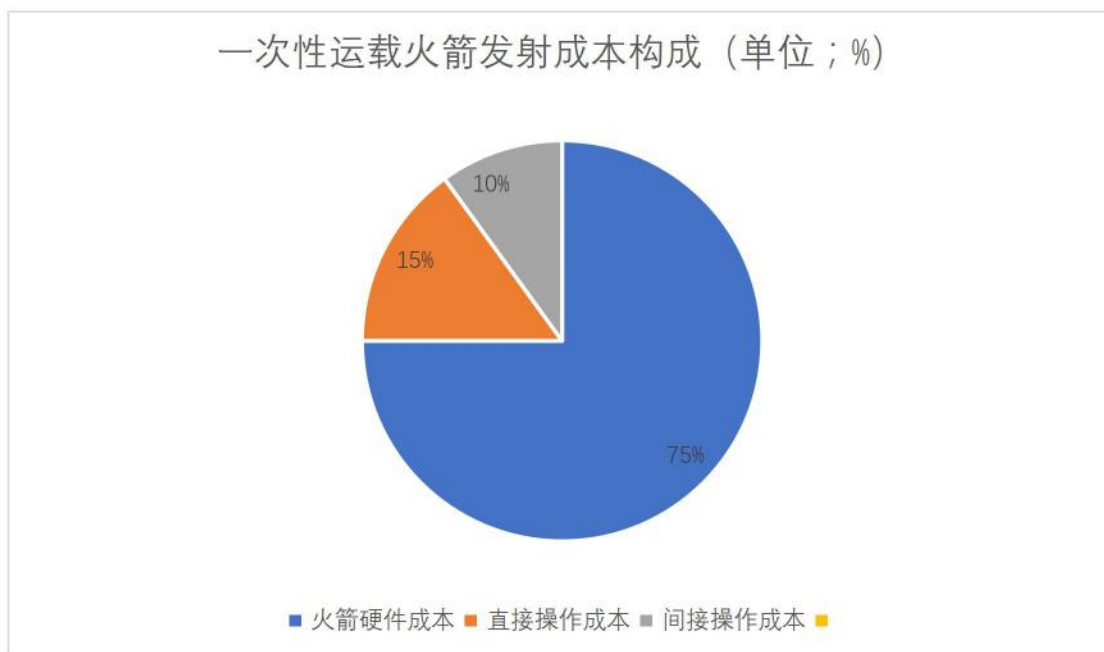
运载火箭的产业链中游主要以运载火箭研制定型后的试样设计、生产制造及模型总装为主，其可按照元器件配套加工生产、分系统（部组件）集成、模型集成进行产业链的再次细分。其中，元器件配套加工生产及分系统（部组件）由航天科技、航天科工、中国电科等军工集团所属企事业单位及民营企业参与，总装集成主要由航天科技、航天科工集团所属总装厂以及部分商业运载火箭企业参与。

2.2.2.1 运载火箭各分系统市场情况

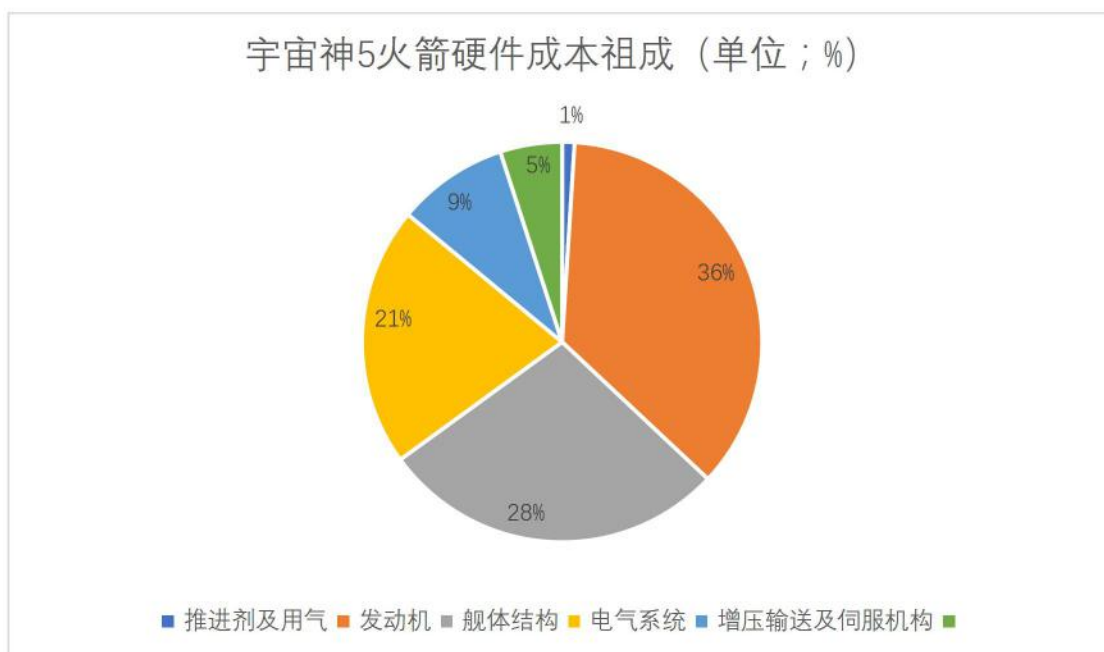
类似于导弹，运载火箭也是一个由若干个相互联系、相互作用、相互依存的分系统结合而成的复杂系统，其研发生产同样属于系统工程。参考国外运载火箭发射成本，主要由火箭硬件成本、直接操作成本和间接操作成本组成。如图所示，火箭硬件成本占发射成本的 75%，发射操作、推进剂等直接操作成本约占 15%、行政管理、发射场工程支持与维护等间接操作成本占 10%。按照上节中的测算，即 2020-2025 年间每年火箭硬件市场规模约为 94.97-97.57 亿元。美国政府及军方发射诸如第三代 GPS 导航定位卫星、军用侦察卫星以及 X-37B 飞行器、“好奇号”火星探测器等高价值卫星或有效载荷，采用了美国 ULA 公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图来看，火箭发动机成本占比达到 36%，其次为箭体结构和电气系统（此处的电气系统为广义的电气系统，包含了火箭控制、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%和 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。

图表：一次性运载火箭发射成本构成（单位：%）



图表：宇宙神 5 火箭硬件成本组成（单位：%）



2.2.2.2 运载火箭的推进系统

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。固体火箭发动机由药柱、燃烧室、喷管组件和点火装置等组成。固体推进剂点燃后在燃烧室中燃烧，化学能转化为热能，生产高温高压的燃烧产物。燃烧产物流经喷管，在其中膨胀加速，热能转变为动能，以高速从喷管排出而产生推力。

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，可在发射后半年内载人登陆火星，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。

2.2.2.3 运载火箭的制导系统

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。光纤速率陀螺和横向、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。

2.2.2.4 运载火箭的电气系统

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。

2.2.3 天地一体化设施卫星的中游产业

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院所或所属企业参与,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。

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行业中游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的中游的技术发展趋势进行深入的探究。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。

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。

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。

卫星地面应用系统根据卫星应用领域差异而有所不同而分为卫星遥感应用系统、卫星导航应用系统以及卫星通信应用系统。

各类系统应用	应用领域	具体产品
卫星遥感应用系统	服务于军事侦察、环境检测、国土检测、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、激动接收处理站、业务运行管理系统、遥感影像处理平台等
卫星通信应用系统	服务于公安、军队、武警、消防、石油、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
卫星导航应用系统	服务于航空、传播、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

2.2.3.1 卫星通用的测控分系统

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、图像和话音等）。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。

2.2.3.2 卫星通用的电源分系统

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%以上均采用太阳能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。

2.2.3.3 通信卫星的中游产业

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，其主要特点如下图表所示。

图表：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	为执行任务指挥、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

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）。

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 O3b 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,通过低轨立方星星座满足机器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。

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。

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”，由于该需求具有紧迫性，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。

2.2.3.4 导航卫星的中游产业

从当前全球四大卫星导航系统性能上比较来看，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。

图表: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

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，具体如下图表所示。

图表：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

(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。

2.2.3.5 遥感卫星的中游产业

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下图表所示。

图表：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 0.2x(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
应急响应能力差	部分气象灾害尺度小、持续时间短, 造成的危害大, 当前对类似气象灾害监测能力不足	需要解决机动观测、多星联合观测、星上快速数据处理, 星一地快速数据传输, 地面快速数据处理等诸多关键技术问题

(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下图表所示。

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；（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基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实验技术；（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面力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、林业调整、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

（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。

2.2.3.6 卫星互联网的中游产业

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。

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。其中，卫星互联网顾名思义，就是靠卫星来提供互联网服务。从卫星互联网系统相关构成中的卫星通信系统相关设备高度相似这一点来看，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。

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。

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，面向全球提供移动话音服务，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，急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，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。

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（其中包含两颗原型卫星）
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

03b 增强	03b 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	300 (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

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。

2.2.3.7 低轨卫星的中游产业

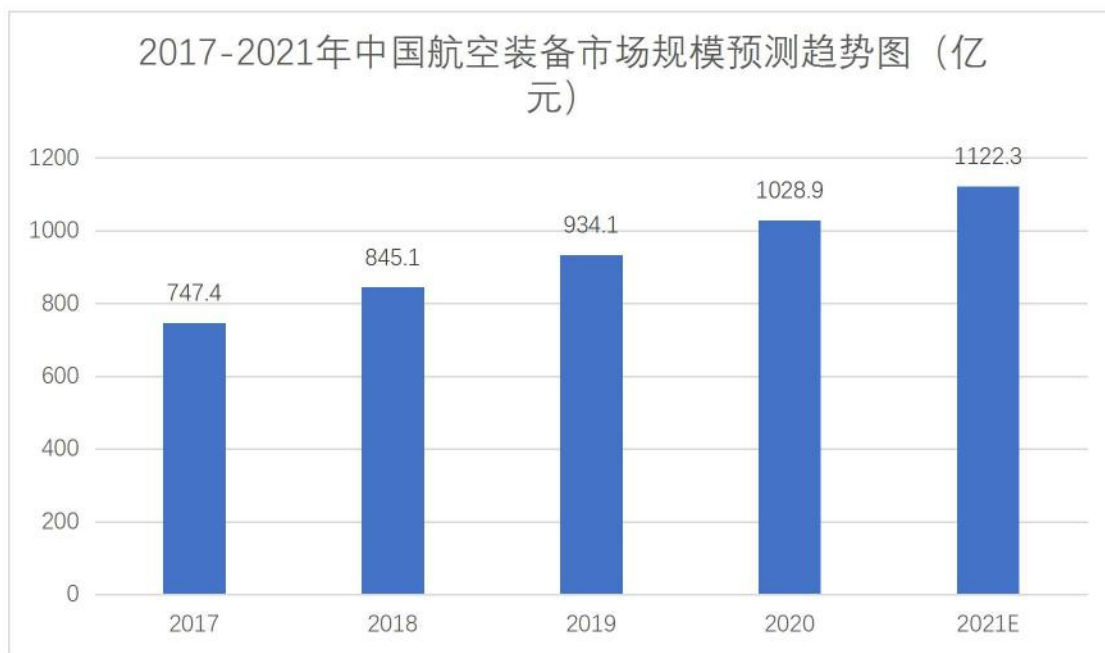
低轨道卫星星座系统是指多个低轨卫星构成的可以进行实时信息处理的大型卫星系统，其中卫星的分布称之为卫星星座。其主要优点有：

1. 高稳定性，局部的自然灾害和突发事件几乎不影响系统正常运行；
2. 低时延，地星单项传播时间是 1.5ms，地-星-地时间约 15-50ms；
3. 不依赖地面基础设施，可以实现低成本轻量化终端；
4. 全球覆盖，通信不受地域限制，并能将物联网拓展到远海和填空。

目前海外以 Starlink 和 Oneweb 为代表的公司正大力发展低轨卫星星座系统。Starlink 与 Oneweb 今年分别计划入轨 1440 与 360 颗互联网卫星，2021 年开始正式商用运营。Oneweb 公司于 2 月 7 日发射 34 颗低轨卫星，这是该公司今年首次发射低轨卫星。SpaceX 于 6 月 3 日再次发射 60 颗 Starlink 低轨卫星。国内方面，1 月 16 日，银河航天首发星搭载快舟一号甲运载火箭发射成功，成为中国首颗通信能力达 10Gbps 的低轨宽带通信卫星。由中国航天科工集团主导的虹云工程、行云工程以及中国航天科技集团主导的鸿雁工程此前均已发射首颗试验星，目前行云工程已于 2020 年 5 月成功发射 2 颗低轨卫星，虹云工程计划于 2020 年左右发射 4 颗低轨卫星。中电科天地一体化信息网络通过融合天基卫星通信网络、空基飞行器通信网络、地基通信网络，实现天、空、地三网协同，达到全球覆盖、随处接入、按需服务、安全可信全球网络连通的目标。

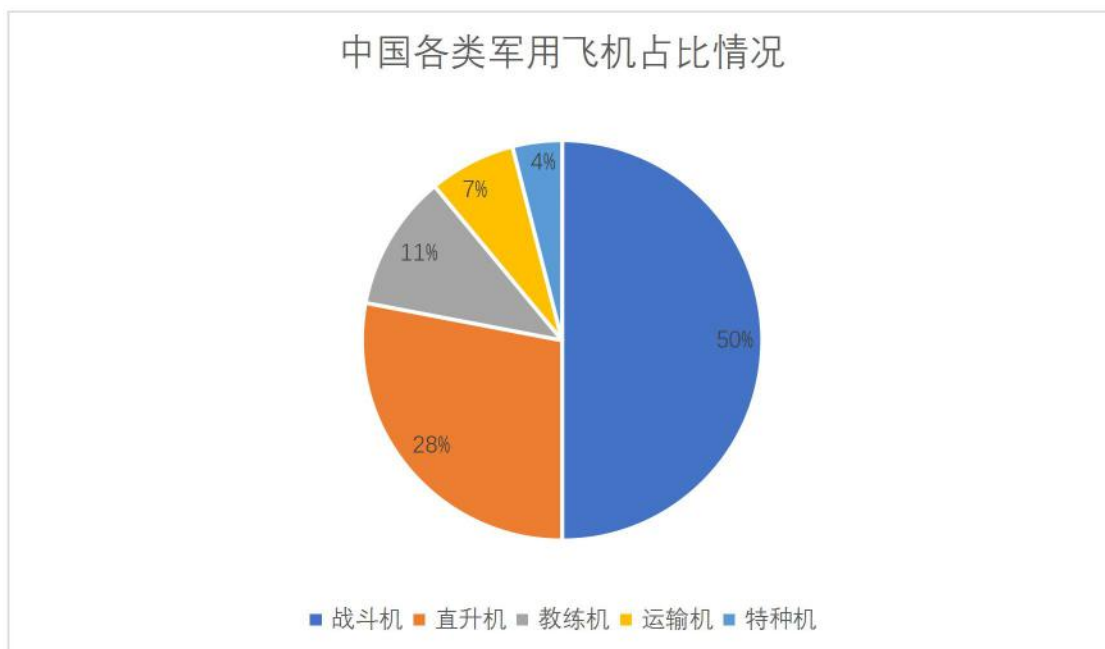
2.2.4 2021 年中国航空装备产业链上中游市场分析

数据显示，中国航空装备产业规模持续扩大，产品研发进度进一步提速。2019 年中国航空装备产业规模达 934.10 亿元，2017-2019 年均复合增长率为 7.7%。中商产业研究院预测，2021 年我国航空装备市场规模可达 1122.3 亿元。



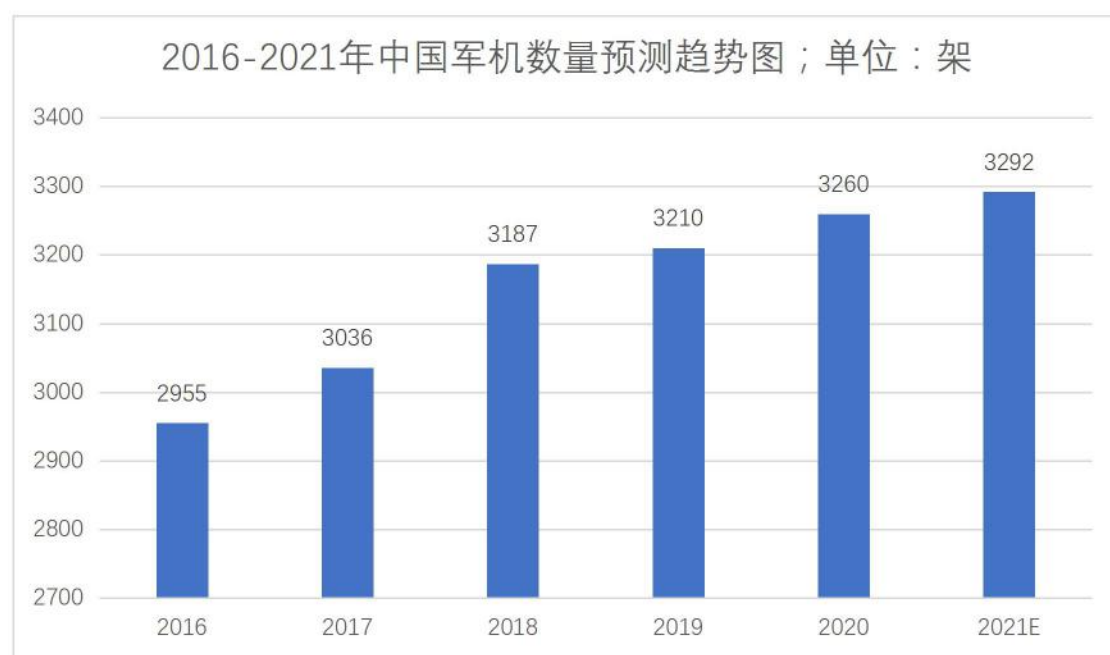
1. 军用航空装备

从结构占比来看，数据显示，军战斗机的占比最高，已达到总数的 50%，直升机和教练机分列二、三位，其占比分别为 28%和 11%，运输机和特种飞机的比重基本持平，维持在 7%和 4%左右。



从数量上来看，我国军机尤其是先进战机在数量上存在很大增补空间，以“20 系列”为代表的国产先进战机已进入批产列装阶段，订单有望加速释放，带动我国航空产业景气度进一步提升。数据显示，2016-2020 年我国的军机数量从 2955

架增长到 3260 架。中商产业研究院预测，2021 年我国军机数量可达 3292 架。



下图为我国军工航空装备相关上市企业汇总一览表：

序号	股票代码	股票简称	序号	股票代码	股票简称	序号	股票代码	股票简称
1	002985.SZ	北摩高科	13	600038.SH	中直股份	25	600391.SH	航发科技
2	300696.SZ	爱乐达	14	300965.SZ	恒宇信通	26	688070.SH	纵横股份
3	000738.SZ	航发控制	15	300629.SZ	新劲刚	27	600316.SH	洪都航空
4	600765.SH	中航重机	16	688011.SH	新光光电	28	300397.SZ	天和防务
5	688510.SH	航亚科技	17	000768.SZ	中航西飞	29	300159.SZ	新研股份
6	002179.SZ	中航光电	18	600372.SH	中航电子	30	600893.SH	航发动力
7	002933.SZ	新兴装备	19	002013.SZ	中航机电	31	002297.SZ	博云新材
8	300775.SZ	三角防务	20	002389.SZ	航天彩虹	32	002023.SZ	海特高新
9	688586.SH	江航装备	21	600760.SH	中航沈飞	33	300719.SZ	安达维尔
10	300581.SZ	晨曦航空	22	002413.SZ	雷科防务	34	300900.SZ	广联航空
11	000561.SZ	烽火电子	23	300424.SZ	航新科技	35	688636.SH	曾明达
12	000697.SZ	炼石航空	24	600862.SH	中航高科	36	688685.SH	迈信林

2. 民用航空装备

民用航空是指使用航空器从事除了国防、警察和海关等国家航空活动以外的航空活动，民用航空活动是航空活动的一部分。在民用航空领域，我国商用飞机规模和通用飞机规模均保持稳定增长。数据显示，2016-2019 年我国民用飞机数量 504 架增至 6525 架，民用运输飞机由 2950 架增至 3818 架。中商产业研究院

预测，2021 年我国民用飞机总数量和民用运输飞机数量分别可达 7567 架和 4457 架。



从飞机类型来看，截至到 2019 年底，我国客运飞机数量为 3645 架，占比为 95.5%，其中窄体飞机有 2997 架，占总量的 78.5%；宽体飞机有 457 架，占总量的 12.0%；支线飞机有 191 架，占总量的 5.0%。另外，货运飞机数量为 173 架，占总量的 4.5%。

中国民用航空飞机类型占比情况



下图表为我国民用航空装备相关上市企业汇总一览表：

中国民用航空装备相关上市企业汇总一览表								
序号	股票代码	股票简介	序号	股票代码	股票简介	序号	股票代码	股票简介
1	002985. SZ	北摩高科	21	002179. SZ	中航光电	41	000881. SZ	中广核技
2	002553. SZ	南方轴承	22	300263. SZ	隆华科技	42	002530. SZ	金财互联
3	688122. SH	西部超导	23	300034. SZ	铜研高纳	43	600343. SH	航天动力
4	000801. SZ	四川九州	24	000901. SZ	航天科技	44	000862. SH	中航高科
5	300726. SZ	宏达电子	25	601727. SH	上海电气	45	600219. SH	南山铝业
6	800501. SH	航天晨光	26	002190. SZ	成飞集成	46	600391. SH	航发科技
7	000399. SH	抚顺特钢	27	300855. SZ	图南股份	47	300320. SZ	海达股份
8	002171. SZ	楚江新材	28	600115. SH	东方航空	48	300227. SZ	光韵达
9	000534. SZ	万泽股份	29	600038. SH	中直股份	49	300722. SZ	新余国科
10	300696. SZ	爱乐达	30	600456. SH	宝钛股份	50	600316. SH	洪都航空

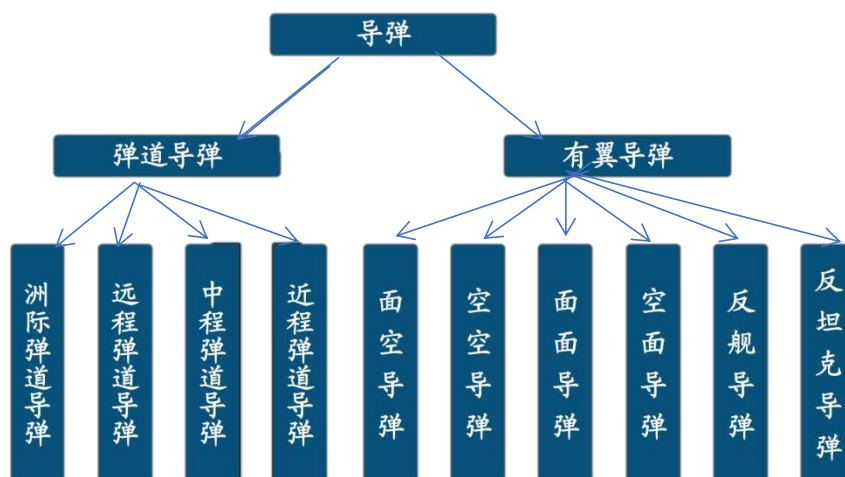
11	800973.SH	宝胜股份	31	002130.SZ	沃尔核材	51	s00159.SZ	新研股份
12	000738.SZ	航发控制	32	000768.SZ	中航西飞	52	600893.SH	航发动力
13	002049.SZ	紫光国微	33	600118.SH	中国卫星	53	002297.SZ	博云新材
14	600765.SH	中航重机	34	s00337.SZ	银邦股份	54	002023.SZ	海特高新
15	001163.SH	三角轮胎	35	600372.SH	中航电子	55	888333.SH	铂力特
16	601399.SH	ST 国重装	36	002013.SZ	中航机电	56	300324.SZ	旋极信息
17	000965.SZ	天保基建	37	600990.SH	四创电子	57	300719.SZ	安达维尔
18	600210.SH	紫江企业	38	688186.SH	广大特材	58	300900.SZ	广联航空
19	000571.SZ	*ST 大洲	39	002134.SZ	天津普林	59	300797.SZ	钢研纳克
20	000298.SZ	森麒麟	40	300217.SZ	东方电热	60	603928.SH	兴业股份

2.3 航空航天产业链下游

2.3.1 导弹

2.3.1.1 不同种类导弹及其用途：

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，导弹按照飞行方式分类可以按照下面的方式进行分类：



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、面面导弹、空面导弹、反舰导弹及反坦克导弹。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。具体各部分的功能及具体分类可见下表：

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
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	火箭发动机（固体火箭发动机，液体火箭发动机）
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	自助式制导系统，遥控式制导系统，自主寻的式制导系统
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	-----

2.3.1.2 炮弹总装

1. 总装的介绍

总装领域涉及成型的炮弹加工厂。生产的产品除了满足国内军用之外，还通过军工贸易公司出口。国内的弹药主要有两种用途：备战和演练。由于到期未用的炮弹要及时销毁并重新补充，所以我们可以炮弹理解成一种消费品。

目前已经上市的炮弹加工厂一共有四家，分别为宏大爆破、高德红外、洪都航空和长城军工。

2. 上市公司资产分析：

证券代码	证券简称	参考总市值 [单位] 亿元	净利润 [单位] 亿元	营业收入 [单位] 亿元	市盈率 PE [单位] 倍	每股收益 EPS [单位] 元
002414. SZ	高德红外	56294	695	1847	5625	0.63
600316. SH	洪都航空	26462	058	2691	19954	0.18
002683. SZ	宏大爆破	19342	289	3552	4791	0.57
601606. SH	长城军工	8423	-0.07	502	7179	0.16

上市公司简介：

（1）宏大爆破：

宏大爆破创建于 1988 年，是广东省煤炭工业研究所属下的全民所有制企业，宏大爆破的注册资本为人民币壹亿陆仟肆佰贰拾万元。拥有建设部核发的“矿山工程施工总承包”一级资质，“爆破与拆除工程”、“土石方工程”两个专业承包一级资质及“地基与基础工程”、“隧道工程”两个专业承包二级资质，通过 ISO9001 质量管理体系、ISO14001 环境管理体系、OHSMS18001 职业健康安全管理体系认证，是国内整体爆破方案设计能力强、爆破技术先进、服务内容齐全的矿山民爆一体化服务商之一。

宏大爆破一开始并没有涉及军工业务，不过性质差不多，反正都是炸，不管

是炸石头还是炸敌人，所以，公司开始想军工板块转型，子公司广东明华是广东省属地方军工企业，组建了巡航导弹武器系统、单兵武器装备和智能弹药，未来这一板块大概率会成为主要发展方向。

成长能力指标	2021-6-30	2021-03-31	2020-12-31	2020-09-30	2020-06-30	2020-03-31
净利润	1.37 亿	7381.23 万	1.32 亿	1.00 亿	1.36 亿	3562.43 万
净利润同比增长率	0.72%	107.20%	49.02%	22.68%	26.73%	21.71%
扣率净利润	1.42 亿	6235.15 万	1.31 亿	9273.35 万	1.30 亿	3503.63 万
扣率净利润同比增长率	8.76%	77.96%	60.34%	28.44%	26.21%	28.14%

在刚刚过去的上半年，宏大爆破二季度单季度净利润 1.37 亿元，环比增长接近一倍，同比几乎没有增长，其中民爆业务占比依然在 90%以上。

（2）高德红外

高德红外全称武汉高德红外股份有限公司是由武汉高德红外技术有限公司依照《中华人民共和国公司法》整体变更设立的股份有限公司。于 2008 年 1 月 30 日在武汉市工商行政管理局注册登记，并领取了注册号为 420100000047376 的企业法人营业执照。

1999 年黄立董事长创办了武汉市高德电气有限公司，致力于红外热成像产品的设计、生产和市场开拓等方向。2014 年 12 月 8 日，获“某类新型完整武器系统总体研制资质”，在民营企业内尚属首次。

（3）洪都航空

洪都航空工业集团（简称洪都航空），是以洪都航空工业集团有限责任公司（以下简称洪都航空公司）为核心企业组建的大型企业集团。其前身是南昌飞机制造公司，曾用名国营洪都机械厂，创建于 1951 年，是国家“一五”计划 156 项重点工程之一；是中国教练飞机、强击机、农林飞机、海防产品、片梭织机、摩托车及发动机的生产基地；是集航空产品和机电产品科研、生产、经营一体化的高科技企业集团。

成长能力指标	2021-6-30	2021-03-31	2020-12-31	2020-09-30	2020-06-30	2020-03-31
净利润	2374.30 万	3404.28 万	1.20 亿	293.48 万	2141.48 万	-1167.41 万
净利润同比增长率	10.87%	391.61%	-26.27%	110.53%	392.81%	73.81%
扣率净利润	1576.97 万	-475.03 万	21110.27 亿	196.48 万	2122.21 万	3503.63 万
扣率净利润同比增长率	8.76%	77.96%	60.34%	28.44%	26.21%	28.14%

在洪都航空的经营结构中，有将近一半是教练机。公司将在 10 月底公布三季报业绩，以现有中报业绩来看，二季度净利润 2374.30 万元，同比增长 10.87%，环比一季度下降 30%左右。二季度市场对军工股的预期一致看好，只是这样的业绩实在是不达预期，其二级市场股价应声下跌，在 8 月底公布中报之后，跌幅达到 26%。

（4）长城军工

安徽长城军工股份有限公司于 2000 年 11 月 16 日成立。法定代表人王本河，公司经营范围包括：对子公司军品科研、生产、销售进行管理；机械设备及配件、电气设备及零部件、锚具及零部件、轨道交通产品及零部件、汽车配件、塑料制品、化工产品（不含危险化学品）的研制、生产及销售；军用技术民用化系列产

品的研制、生产及销售；投资管理等。

长城军工的四家军品子公司神剑科技、方圆机电、东风机电、红星机电均属于重点军工企业，其军品业务包括迫击炮弹系列、光电对抗系列、单兵火箭系列、引信系列、子弹药系列、火工品系列的研究、设计、生产、总装和销售。同时也是我国重要的迫击炮弹、光电对抗弹药、单兵火箭、引信、子弹药、火工品的研制和生产基地，是我军迫击炮弹、光电对抗弹药、单兵火箭的主要供应商，我国国防科技工业中引信、子弹药、火工品的重要供应商；还从事综合效应、反跑道、碳纤维等特种用途子弹药以及催泪弹等非致命弹药的研制和生产。

3. 市场规模以及进出口：

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%。

当前全球导弹武器装备交易存在一定的波动性，每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（如下表）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。

蒂尔集团（Teal Group）发布的《2018 World Missile Briefing》对导弹（包括制导武器）预测，2019-2027 年全球导弹产量预计共计可达到 31.79 万枚。

导弹类别	2, 019	2, 020	2, 021	2, 022	2, 023	2, 024	2, 025	2, 026	2, 027	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

2019-2022 年全球导弹市场产值预测（单位：十亿美元）

导弹类别 年份	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
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

4. 我国导弹市场的应用

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，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。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得知，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。

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。

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以下趋势：

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，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。综上所述我们认为，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。

2.3.1.3 总体技术发展趋势

从导弹整机技术前景上来看，导弹整机技术可分为弹道导弹（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。

（1）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）空面导弹方面：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。

2.3.2 运载火箭

2.3.2.1 整体功能概述：

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。

2.3.2.2 市场发展现状：

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，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）发布的统计数据显示，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，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。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。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。

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 预测其在世界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 号于 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；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，并按照重量将其分为大卫星与小卫星（包含微小卫星）两类进行统计。

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

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，具体结果如表所示。

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
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
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

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)。

2.3.2.2 下游企业相关公司:

1. 陕西中天火箭技术有限责任公司

隶属于中国航天科技集团公司航天动力技术研究院。是在该院原 41 所四凯实业总公司基础上经过改制, 资源优势整合而组建的高科技企业。公司以航天动力技术研究院作为强大的技术后盾, 充分发挥航天科技的技术优势, 以固体火箭发动机技术为主, 兼顾新材料、机电一体化、自动控制等方面的研究, 大力发展“军转民”项目, 成功地开发了增雨防雹火箭作业系统、钨渗铜特种合金高压触头材料及高密度合金材料、模型火箭系列产品和发射系统。通过多年的运作和规范化管理, 公司已步入良性发展轨道, 其中增雨防雹火箭产品技术处于国际先进水平, 已成为国内人工影响天气的主要作业工具, 国内市场占有率达 70%。为奥运会、国庆阅兵等重大庆典活动提供了气象保障。

2. 中航重机

中航重机通过定向增发将中国一航和一航贵州集团内盈利能力强、最具发展潜力的 4 块业务——燃气轮机、航空锻件、散热器、液压件注入上市公司，为公司构建起了“整机装备制造”和“与整机配套的核心基础件”两大产业平台，形成了公司五大产业板块；2008 年中航工业又将包括 2 个燃机业务、5 个锻件业务、8 个液压业务、4 个散热器业务和补充流动资金在内的 21 个项目和优质资产通过定向增发注入了公司。因此，公司的内涵已远远超出“力源液压”的涵盖范畴。

2.3.3 卫星

2.3.3.1 卫星概述

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
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		

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。卫星按照应用领域分类：

2.3.3.2 卫星市场现状：

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。

根据 SIA 的统计数据，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。

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。

2.3.3.3 卫星制造业市场：

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，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。

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。

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。

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）。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。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。

2.3.3.4 具体卫星分类：

2.3.3.4.1 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，具体情况如下图表所示。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。

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。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。

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“海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，而建一个小星座，让用户进行初步业务体验；
行云工程	上海欧科微航天科技有限公司	天基物联探测	28 (LEO)	2018 年发射了行云星座首发星“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	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，

	司			再升级到 2800 多颗卫星
九天很星 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	上海埃依斯杭 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

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。

卫星系列	增量需求 (颗)	更新需求 (颗)	合计	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	——

2.3.3.4.2 导航卫星：

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	极端地区测绘	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	0.5 米级高分辨率商业遥	高景一号 01, 02 星（未成功入轨），	航天科技集团

含高景系列)	感卫星系统	高景 一号 03, 04 星, 寿命 8 年	
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

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。

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。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,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。

2.3.3.4.3 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。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,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。

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。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。

2.3.3.4.4 卫星地面设备:

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，网络设备主要包含了卫星信关站、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%。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。

2.3.3.5 卫星导航设备市场测算

根据 UCS 统计，截至 2020 年 4 月 1 日，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。

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，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。

另外在进入 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 167 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。

1. 其他消费类市场规模：

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为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。但根据天通一号网披露，截至 2018 年 12 月国内只 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。

2. 网络设备市场：

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。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，其中导航设备终端市场占比最大，占比超过 97%。

（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。

2.3.3.6 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。

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。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。

2.3.3.6.1 卫星通信的应用：

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。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。

（1）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数量用户组网的支撑能力。

（2）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。

（3）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。

2.3.3.6.2 卫星导航的应用

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。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场占有率仅为 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、推动社会产业转型升级、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

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合发展，这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，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；运用众筹众包众创模式，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。

2.3.3.6.3 卫星遥感的应用

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。

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的获取、处理和用的需求。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用来建立面向全球标准和规范的产品和技术体系；需要充分融合通信、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。

3. 财务分析（产业投融资分析）

3.1 2021 年业绩实现高增长，板块边际改善显著

3.1.1 航空航天板块业绩增速较高，航空装备表现亮眼

3.1.1.1 利润表：业绩增速高，表现亮眼

根据航空航天企业 2021 年披露的年报，航空装备表现亮眼。航空装备是十四五装备升级换装的核心，板块内资产证券化率较高，收入规模较大，板块在 2021 年实现营业收入和归母净利润分别为 2165.30 亿元和 157.78 亿元，对应增速分别为 16.70%和 27.10%。

具体来看，航空装备板块在去年一年产品的交付推动了业绩的增长，航空装备在过去一年做到了提质增效费用降低。航空装备板块实现营收和利润双丰收，并且航空板块 2021 年的三项费用同比有所下降。毛利率和净利率方面均有小幅提升。板块实现较高增长速度主要受益于航空工业集团特别是主机厂大力推进生产，业绩增长明显加速；同时由于费用管控较好，企业提质增效的成果已经凸显，实现了盈利和质量的稳步提升。

图表：2020-2021 军工板块各子领域各项费用率情况

子领域	三项费用率		销售费用率		管理费用率		财务费用率	
	2020 年	2021 年	2020 年	2021 年	2020 年	2021 年	2020 年	2021 年
地面兵装	4.97%	5.28% ↑	0.84%	0.80% ↓	5.30%	5.50% ↑	-1.18%	-1.03% ↑
航天装备	9.60%	10.17% ↑	2.01%	2.13% ↑	6.65%	7.21% ↑	0.94%	0.83% ↓
航空装备	7.41%	6.46% ↓	1.23%	1.20% ↓	5.59%	5.21% ↓	0.58%	0.05% ↓
电子通信	12.71%	12.92% ↑	4.36%	4.18% ↓	7.82%	8.47% ↑	0.53%	0.27% ↓

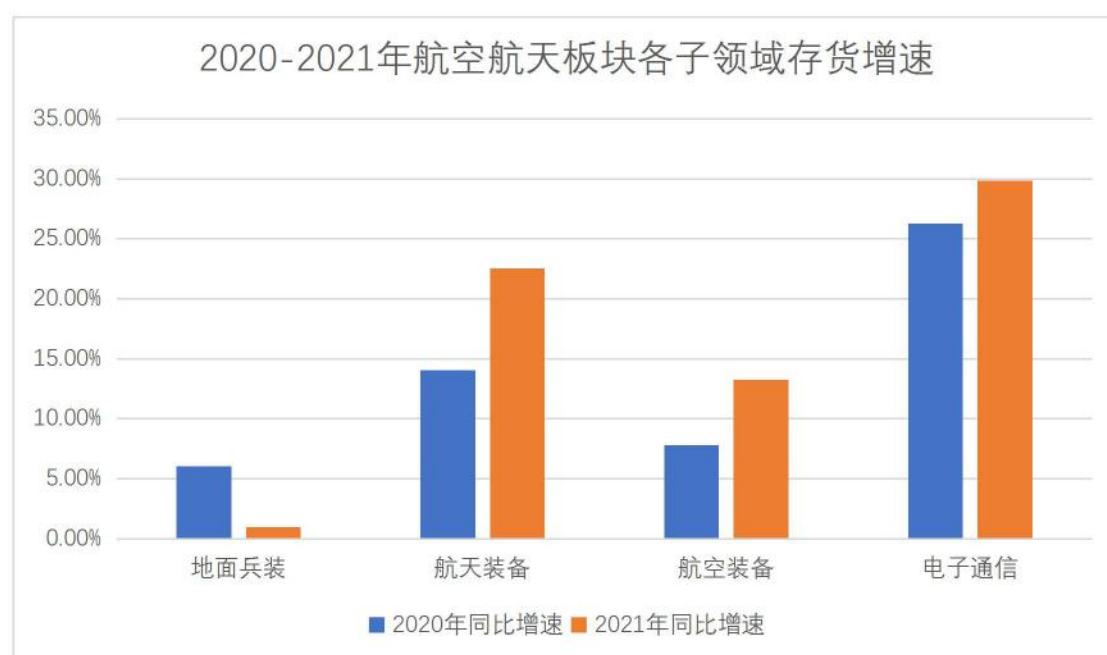
船舶制造	6.59%	6.02% ↓	1.33%	1.26% ↓	5.82%	5.88% ↑	-0.56%	-1.12% ↓
合计	7.89%	7.45% ↓	1.72%	1.68% ↓	6.03%	6.04% ↑	0.14%	-0.28% ↓

3.1.1.2 资产负债表：订单饱满、积极备货，合同负债大幅增长，全产业链高度景气

资产负债表端，我们重点选取存货（原材料及投产情况）、合同负债+预收账款（在手订单情况）和应收账款（销售扩张和回款情况）三个科目。

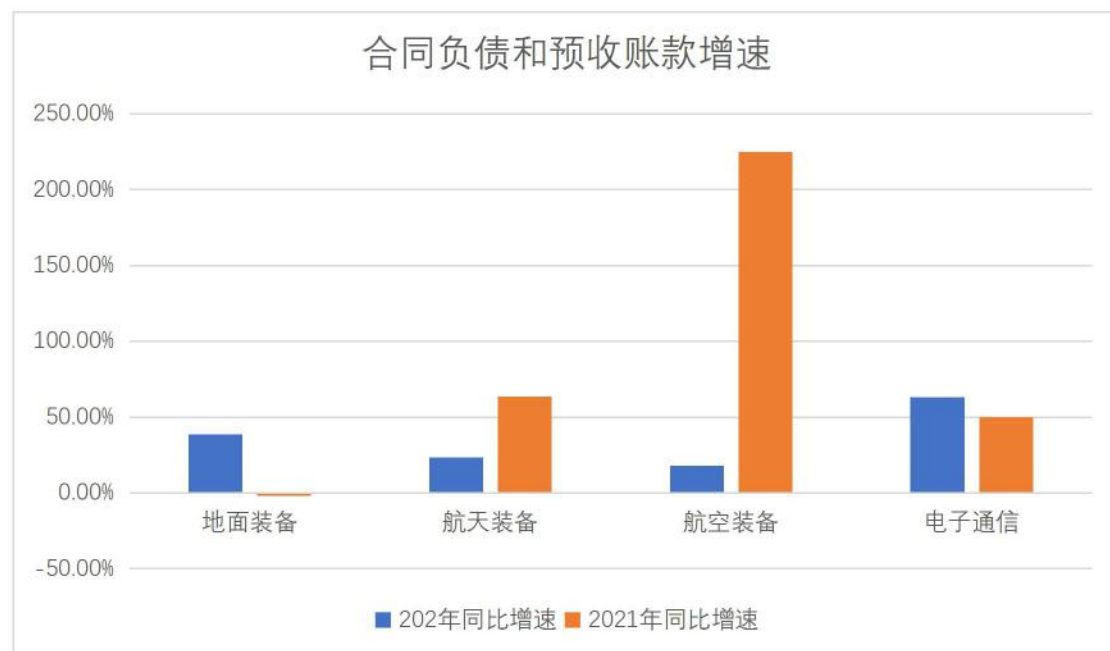
航空航天存货增速较高，表明相关板块积极备货。2021 年军工行业存货平均增速为 12.32%，其中航天装备板块存货增速为 22.54%、航空装备板块存货增速为 13.26%，均高于行业平均值。航天板块多为制造和零部件企业，结合电子通信板块的存货增长来看，充分体现了上游元器件和零部件企业为满足总体的交货进度正在积极备货。

图表：2020-2021 年航空航天板块各子领域存货增速



合同负债和预收账款整体增速高，航空板块增速尤高。从合同负债和预收账款的角度来看，2021 年行业整体增速为 55.57%，其中航空装备板块的合同负债和预收账款 834.6 亿元，同比增长 224.92%，在各板块中遥遥领先。主要是受益于飞机和发动机总体单位在这两个科目的大幅增加，表明我国军机的相关重点产

品订单需求旺盛。航天装备和电子通信的合同负债和预收账款增速分别为 63.69% 和 50.07%，说明产业链各公司充分受益于武器装备的更新换代和国产替代进程，在手订单饱满，将为未来的业绩释放提供坚实基础。



地面兵装板块和航空装备板块的应收账款增速较高，但前者对应的应收账款规模 51.52 亿元，同比增长 48.91%。主要系板块内北方导航去年末应收账款有较大增长；航空装备板块的应收账款规模为 775.27 亿元，同比增长 39.94%，远高于营业收入增速（16.70%）。这或可验证航空工业由于均衡生产要求，产品交付加速得现状。



3.1.1.3 现金流量表：整体稳中向好，现金流持续改善

“十四五”开局之年，军工行业现金流整体持续向好。2021 年军工行业经营性现金流持续增长，达到 523.04 亿元。具体来看航天装备、航空装备及电子通信 2021 年经营性现金流净额与去年同期相比有所改善，航天装备改善尤为明显；而地面兵装和船舶制造 2021 年度经营性现金流净额与去年同期相比有所减少。图表 军工板块各子领域经营性现金流净额(亿元)

子领域	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年
地面兵装	24.26	42.15 ↑	59.00 ↑	74.27 ↑	26.51 ↓
航天装备	-10.31	12.83 ↑	9.32 ↓	8.03	32.93 ↑
航空装备	118.08	36.31	153.69 ↑	203.59 ↑	284.60 ↑
电子通信	6.57	33.10 ↑	24.59 ↓	59.33 ↑	92.71 ↑
船舶制造	54.95	-3.42 ↓	68.48 ↑	95.88 ↑	86.29 ↓
合计	193.56	120.97 ↓	315.08 ↑	441.09 ↑	523.04 ↑

3.1.2 2021 年报兑现景气度，产业链景气度有序传导

航空装备板块的上市企业军品占比、资产证券化率较高，且上市公司产业链分布较为完整。根据上市公司军品占比和所处产业链地位，我们选取了航空装备产业链中部分有代表性的总装企业、分系统配套企业、零部件及原材料配套企业，对其业绩情况进行整理统计分析，以进一步了解当下航空航天产业链景气程度及行业特点。

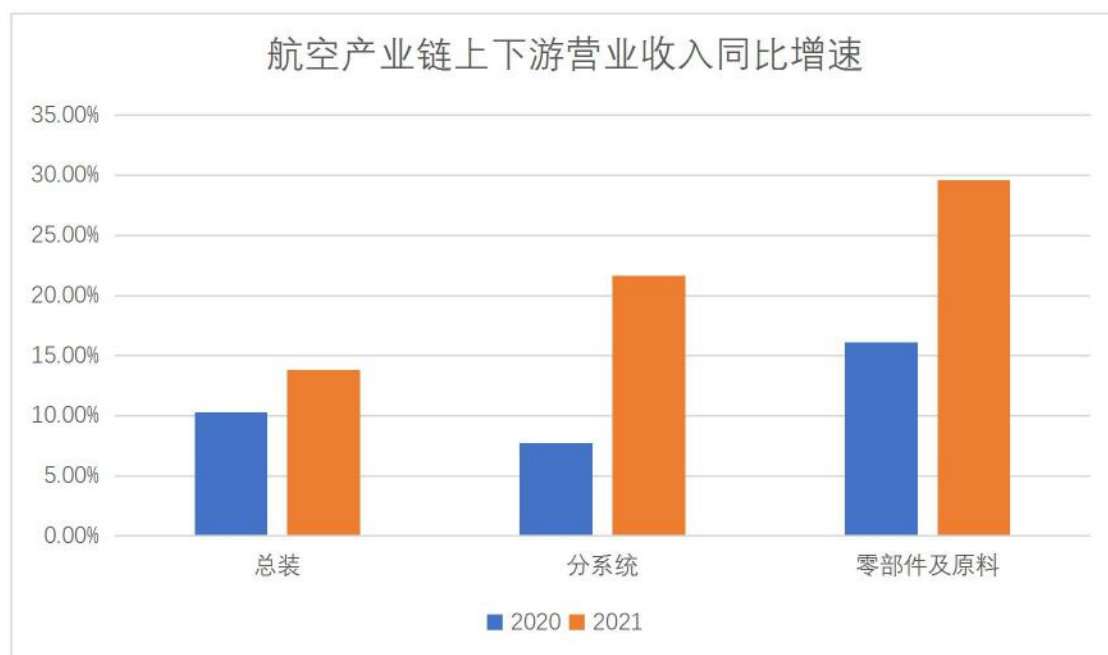
图表 航空产业链上下游部分典型企业

类目	总装厂	分系统	零部件/原材料
上市公司	中航西飞	中航机电	光威复材
	中直股份	中航光电	中简科技
	中航沈飞	中航电测	北摩高科
	航发动力	中航电子	中航高科
	洪都航空	中航重机	西部材料
		江航装备	西部超导
		全信股份	宝钛股份
		航发控制	三角防务

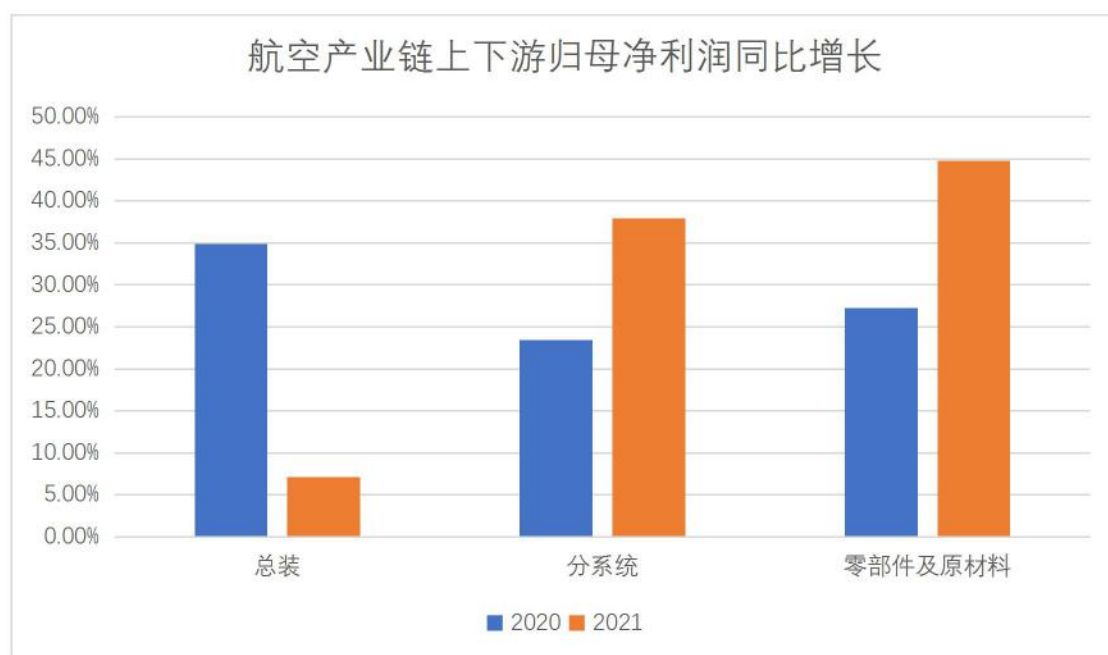
3.1.2.1 资产负债表验证行业景气程度，各环节指标均大幅增长

行业基本面持续改善，核心军工企业业绩持续向好。通过分析发现，除总装企业归母净利润增速略微放缓，航空产业链上游、中游、下游企业 2021 年营业收入增速和归母净利润增速与 2020 年相比均保持较高增长水平。一方面由于航空装备在十四五期间呈现高景气，带动产业链的业绩提升；另一方面由于军工行业组织结构转向“小核心、大协作”模式，有效缓解了短期产能瓶颈，使中上游的民参军企业弹性空间加大。

图表：航空产业链上下游营业收入同比增速



图表：航空产业链上下游归母净利润同比增长



流动资产和流动负债能反映军工行业景气程度。军工产业链上下游分别为零部件及配套企业、核心分系统及配套企业、总装企业和军方用户。对于总装企业而言，在生产过程中直接面对军方客户，并通过赊销的方式接受了大量由配套企业提供的分系统或零部件，因此预收款和合同负债、应付款、存货能在一定程度上反映总装企业的景气程度。对于核心配套企业来说，由于在生产过程中向总装

企业垫资交付分系统或零部件，同时由于国企的强势地位以赊销的方式向上游的配套企业接受原材料及零部件，因此应收款、应付款和存货能在一定程度上反映核心配套企业的景气程度。

图表 总装企业预收款和合同负债、应付款，存货情况 (亿元)

标的	预收账款和合同负债				应付账款				存货			
	2020年	2021年	2021 Q1	2022 Q1	2020年	2021年	2021 Q1	2022 Q1	2020年	2021年	2021 Q1	2022 Q1
中航西飞	97.01	65.88	82.45	51.19	179.09	259.89	240.14	319.44	201.22	248.58	232.24	270.06
中直股份	51.88	23.38	46.70	23.31	66.52	78.73	64.73	94.18	153.09	130.05	158.丁0	149.54
中航沈飞	47.30	365.35	33.82	304.52	92.16	97.01	96.49	137.40	77.78	87.90	65.45	80.68
航发动力	28.05	217.52	23.97	212.82	85.52	105.05	113.95	152.10	187.44	205.15	228.86	241.73
洪都航空	0.17	68.48	0.20	67.29	28.96	46.14	31.94	44.70	26.83	30.03	39.81	35.79
合计	224.41	740.61	187.14	659.13	452.25	586.82	547.25	747.82	646.36	701.71	725.06	777.80
同比增		230.02%		252.20%		29.76%		136.65%		8.56%		7.27%

长												
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

航空产业链景气程度高，订单和产品交付推动业绩增长。预收款和合同负债主要源于军方用户或下游企业向中上游发布订单，能够体现在手订单情况。据统计，2021 年、2022 Q1 总装企业预收款和合同负债同比增长分别为 230.02%、252.20%。这进一步反映了“十四五”开局阶段订单情况持续向好，军品订单持续高景气。应收账款主要反映销售扩张情况、回款速度、交货速度等，需要与其他指标比如营业收入增速和存货增速结合起来一起分析。2020 年、2021 Q1 分系统企业应收账款增速与零部件/原材料企业应收账款增速相比差距明显，同时 2020 年、2021 Q1 分系统企业、零部件/原材料企业同期营收增速均表现良好。这一现象或可验证分系统企业产品交付加速、行业景气度逐渐向中上游传导。应付账款反映为满足订单生产的采购备货情况，存货主要反映企业对订单的投产情况，主要包括原材料、在制品和库存等。2021 年、2022Q1 总装企业应付账款增速远高于中上游企业同期应付账款增速，而 2021 年、2022Q1 总装企业存货增速远低于中上游企业同期存货增速，这反映了中下游企业为满足总装企业的订单生产而大量采购备货，再次验证了航空产业链景气程度较高，行业景气度逐渐向中上游传导。

图表：分系统企业应付账款、应收账款、存货情况（亿元）

标的	应收账款				应付账款				存货			
	2020 年	2021 年	2021Q1	2022Q1	2020 年	2021 年	2021Q1	2022Q1	2020 年	2021 年	2021Q1	2022Q1
中航机电	72.80	64.10	78.32	77.02	52.03	55.04	57.96	60.45	52.77	62.28	53.91	62.92
中航光	45.03	43.29	58.41	60.37	32.53	37.94	34.50	40.42	27.92	47.30	30.66	50.15

电												
中航电测	5.76	7.51	6.60	9.06	3.93	5.01	4.73	5.92	5.93	6.92	6.41	7.39
中航电子	75.04	64.88	76.79	75.85	45.99	48.13	47.07	50.23	47.47	61.12	52.35	62.50
中航重机	23.39	26.35	30.74	36.48	28.38	22.91	33.54	26.51	30.62	32.32	31.52	32.56
江航装备	3.69	3.44	4.54	4.72	3.47	4.51	3.65	4.60	4.06	6.85	4.76	7.23
全信股份	3.24	4.22	4.93	6.54	1.47	2.59	1.66	2.37	3.40	5.59	3.95	6.02
航发控制	10.24	8.37	15.58	18.30	5.23	6.19	5.26	6.97	9.93	10.98	9.66	11.04
合计	239.19	222.22	275.90	288.34	173.02	182.32	188.37	197.49	182.10	233.36	193.23	239.81
同比增长		-7.10%		4.51%		5.37%		4.84%		28.15%		24.10%

零部件/原材料企业应付账款、应收账款、存货情况（亿元）

标的	应收账款				应付账款				存货			
	2020 年	2021 年	2021Q1	2022Q1	2020 年	2021 年	2021Q1	2022Q1	2020 年	2021 年	2021Q1	2022Q1
光威复材	2.43	4.03	2.68	3.22	2.40	3.35	2.43	2.37	2.86	3.49	5.09	3.49
中简科技	1.89	2.28	2.64	4.16	0.51	0.50	0.24	0.22	0.29	0.30	0.23	0.30
北摩高科	10.67	14.83	12.30	17.24	1.39	2.02	1.55	2.32	2.17	2.48	3.77	2.48
中航高科	7.92	14.09	16.18	22.70	10.44	6.97	14.75	11.82	14.60	14.34	13.77	14.34
西部材料	6.54	7.72	1.53	9.41	3.04	3.49	4.31	3.77	14.01	15.80	15.77	15.80
西部超导	6.60	11.70	9.87	15.46	2.90	4.19	2.81	3.60	11.39	12.77	17.14	12.77
宝钛股份	12.82	14.88	18.17	21.82	8.50	13.26	8.20	11.19	22.24	21.66	28.90	21.66
三角防务	4.14	4.31	4.69	8.51	1.61	3.94	2.27	4.47	7.64	7.94	10.54	7.94
合计	53.01	73.85	74.05	102.51	30.79	38.33	36.56	39.75	75.19	78.77	95.20	78.77
同比增长		39.33%		38.44%		24.49%		8.73%		23.77%		20.85%

3.1.2.2 总装企业行业地位强势

总装企业在产业链处于强势地位，占用大量上游企业占款。在军工装备生产过程中，配套企业以赊销的方式向总装企业提供分系统或配套零部件，总装企业负责装备研制，研制完成之后销售给军方用户。过程中配套企业由于垫付生产分系统或零部件的生产费用，因此造成应收账款占营业收入比重过高；而同时总装企业由于接受了大量由配套企业提供的分系统或零部件，导致其存货占总资产比重过高。从下图表中可以看出，总装企业的应收账款占营业收入比重为 18~32%，远远低于分系统企业的 41%~54%和零部件/原材料企业的 33%~37%。由于总装企业直接面对军方客户，因此能够通过上游占款的方式大幅提升经营性现金流，而配套企业由于应收账款过大，占用了大量的企业现金流导致财务费用率较高。

图表 航空产业链企业赊销率及财务费用率(%)

	上市公司	应收账款/营业收入			财务费用率		
		2019 年	2020 年	2021 年	2019 年	2020 年	2021 年
总 装	中航西飞	36.88%	11.69%	56.36%	-0.09%	-0.08%	0.08%
	中直股份	10.26%	15.05%	15.17%	-0.20%	-0.21%	0.01%
	中航沈飞	16.54%	17.88%	10.56%	-0.27%	-0.07%	-0.73%
	航发动力	37.22%	28.60%	37.96%	1.67%	1.07%	0.22%
	洪都航空	48.47%	14.91%	39.78%	1.33%	0.29%	-0.12%
	合计	28.73%	18.13%	31.68%	0.34%	0.21%	-0.12%
分系统	中航机电	57.14%	59.56%	42.了 6%	1.68%	1.39%	0.14%
	中航尧电	45.25%	43.70%	33.64%	0.36%	0.92%	0.41%
	中航屯测	30.80%	32.75%	38.95%	-0.87%	-0.69%	-0.34%
	中航电子	82.07%	85.80%	65.94%	3.60%	2.90%	1.02%
	中航重机	42.65%	34.92%	29.98%	2.30%	1.90%	0.93%
	江航装备	53,04%	44, 37%	36.08%	0.57%	-0.20%	-1.94%
	全信股份	64.09%	45.45%	44.87%	0.78%	0.94%	0.74%

	航发控制	24.65%	29.27%	20.12%	0.34%	0.26%	0.01%
	合计	54.09%	53.42%	40.79%	1.64%	1.45%	0.43%
零 部 件 , 原 材 料	光威复材	14.62%	11.47%	15.47%	0.41%	0.81%	0.37%
	中简科技	50.92%	48.39%	55.45%	0.30%	0.19%	-0.23%
	北摩高科	108.92%	155.41%	130.97%	-0.99%	-1.41%	-0.58%
	中航高科	26.16%	27.19%	37.00%	0.01%	-0.20%	-0.39%
	西部材料	24.07%	32.23%	32.25%	2.58%	2.58%	2.08%
	西部超导	47.48%	31.25%	39.97%	2.26%	2.82%	0.83%
	宝钛股份	28.56%	29.55%	28.36%	2.70%	2.92%	1.63%
	三角防务	71.15%	67.41%	36.81%	-0.17%	-0.95%	-0.90%
	合计	32.62%	34.88%	37.49%	1.53%	1.55%	0.69%

总装企业存货占总资产比重高于配套企业,这是由于总装企业生产用到的很多分系统、部组件和零部件需要配套企业提前交付,这就造成了大量存货,也导致了配套企业存在大量应收账款。

	上市公司	存货/总资产		
		2019 年	2020 年	2021 年
总 装	中航西飞	30.12%	34.42%	34.53%
	中直股份	62.06%	58.20%	48.12%
	中航沈飞	35.88%	23.68%	14.00%
	航发动力	29.38%	29.13%	22.63%
	洪都航空	31.02%	27.73%	16.78%
	合计	35.64%	33.73%	25.96%

分系统	中航机电	15.79%	17.45%	17.85%
	中航光电	13.54%	14.53%	17.53%
	中航电测	18.88%	20.23%	20.97%
	中航电子	17.46%	19.20%	23.27%
	中航重机	17.03%	19.54%	16.42%
	江航装备	15.69%	13.59%	19.67%
	全信股份	16.74%	19.01%	22.25%
	航发控制	10.79%	11.25%	7.74%
	合计	15.70%	17.12%	17.77%
零部件 / 原材料	光威复材	0.65%	0.62%	0.49%
	中简科技	14.21%	15.99%	24.13%
	北摩高科	112.97%	53.56%	34.51%
	中航高科	20.20%	21.46%	22.05%
	西部材料	23.17%	20.38%	27.73%
	西部超导	43.94%	40.14%	34.21%
	宝钛股份	4.80%	8.73%	8.67%
	三角防务	301.63%	289.79%	225.28%
	合计	20.87%	19.93%	19.25%

3.2 2022 年航天航空上市公司中报表现回顾

3.2.1 2022 年航空上市公司中报表现回顾

2022 年上半年，航空板块核心上市公司合计实现营业收入 1245.37 亿元

(+18.75%)，保持稳定增长；归母净利润 120.13 亿元 (+23.22%)，在去年较高基数下仍取得了不错的增速，且行业盈利能力在逐步提升。从季度表现来看，2022 Q1，航空板块核心上市企业营业收入 518.17 亿元 (+19.17%)，归母净利润 52.00 亿元 (+29.98%)；2022 Q2 实现营业收入 727.20 亿元 (+18.45%)，归母净利润 68.13 亿元 (+18.51%)，第二季度增速放缓，主要还是受到疫情导致交付不畅等因素的影响，并非订单下滑。

目前我们认为军工行业的产能瓶颈以及外因影响的生产交付是两个不利于军工企业持续高增长的主要因素。因此我们认为三季度，军工企业将一方面回补二季度之“缺口”，另一方面为了应对疫情不确定性，会将四季度任务尽可能提早超前完成，因此三季度的生产交付将会尤其饱满，有望成为全年“大季”。

3.2.1.1 主机厂：产品结构调整，各主机厂业绩出现分化

主机厂板块 2022 上半年实现营业收入 656.37 亿元 (+18.63%)，归母净利润 25.92 亿元 (+4.76%)，整体看保持了稳定运行。但伴随着产品结构调整，各主机厂的业绩分化仍旧十分明显。2022 年上半年中航西飞实现营收 191.20 亿元 (+27.04%)，归母净利润 4.83 亿元 (+43.79%)，同时大额合同负债落地；航发动力实现营收 148.06 亿元 (+46.83%)，归母净利润 6.51 亿元 (+41.21%)，主要子公司航发黎明营收更是取得了接近翻倍的增速；中直股份营收-28.11%，归母净利-95.59%；洪都航空营收-24.96%，归母净利-76.63%。我们认为这与不同型号装备批产放量节奏以及各企业经营管理水平改善幅度有关。营收规模的持续提速已经从行业下游体现出了拐点。而且我们注意到主机厂聚焦航空主业，近年来非主业业务剥离，国际转包业务收缩，这些均影响到其军品营收和利润水平的真实呈现。

3.2.1.2 分系统：稳定配套，规模效应显现

航空分系统主要包括航空机载、航空发动机控制系统、航空发动机零部件制造等，该板块上市公司多为体系内企业，在细分领域占据了龙头地位，与下游形成稳定配套关系，其收入增速往往与行业的平均增速关联度较高。

2022 年上半年，航空分系统营业收入增速 11.94%，其中 2022 Q1 增速为 15.91%，Q2 有所放缓为 8.72%；归母净利润增速 34.86%；2022 Q1 为 41.84%，

Q2 为 30.37%。航空分系统企业盈利持续保持较高增长，随着稳定配套机制更为成熟，规模效应推升盈利能力。

3.2.1.3 航空锻造：持续放量，表现亮眼

航空锻件行业的准入门槛主要包括设备、技术、工艺、资质等，且需要与主机厂进行长期的合作跟进研发，存在较高的进入壁垒。目前国内仅有少数企业能够进行高性能、高精度航空锻件产品的研制生产。2022 年上半年，航空锻造企业实现营业收入 79.78 亿元（+30.26%），归母净利润 11.79 亿元（+94.38%），在去年高基数基础上延续高增长，随着业绩放量，盈利能力不断提升。



3.2.1.4 航空零部件加工：或受疫情影响，2022 Q2 业绩放缓

航空零部件加工主要包括机械加工、部组装等业务，主要受益于主机厂小核心、大协作逻辑驱动，且一般分布在主机厂附近，呈现了较为突出的区域分布特点，尤以成都区域最为集中。

2022 年上半年，航空零部件企业营收增速 18.88%，归母净利润增速 1.87%，增速和航空锻造企业相比表现一般，一方面是去年基数较高；另一方面 2022 Q2 部分企业受疫情影响，交付不及预期；同时随着产品的批产，存在阶梯降价的可能，进一步在短期内影响毛利率和净利率水平。

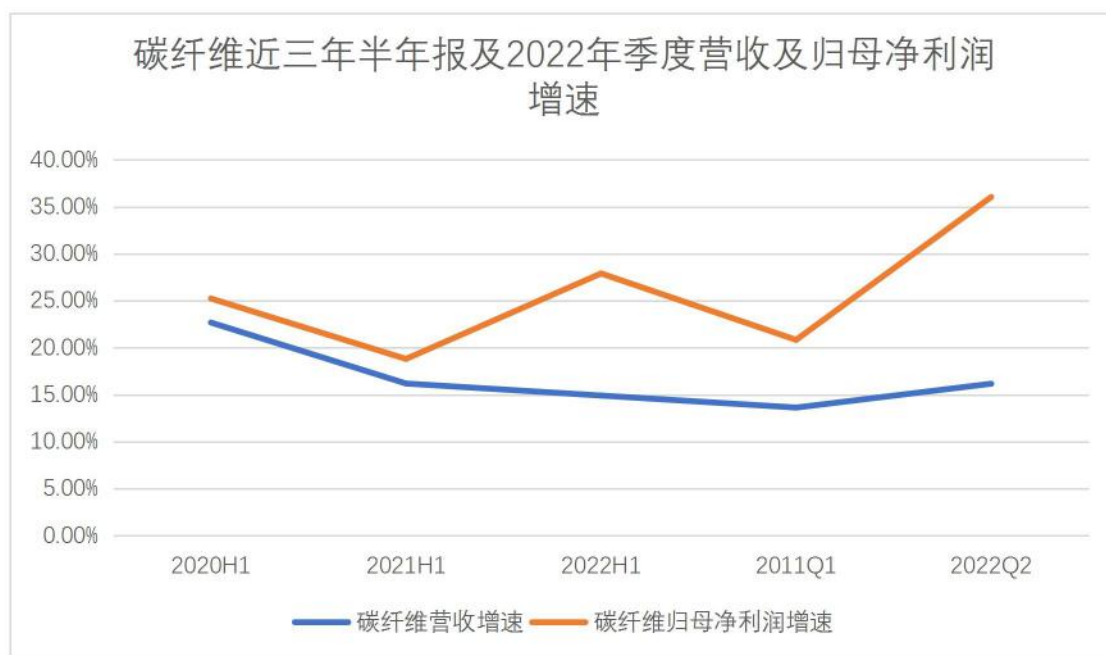


3.2.1.5 航空材料：产能、成本等因素影响，细分赛道差异较大

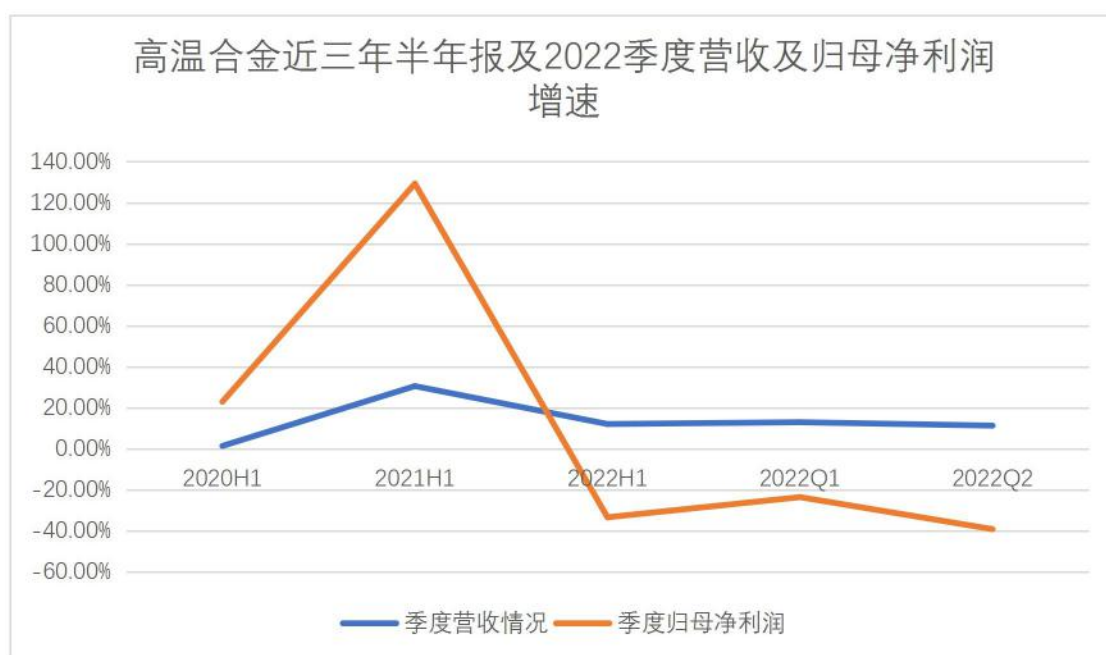
航空材料主要细分赛道包括碳纤维、高温合金及钛合金。

碳纤维及其复合材料凭借其低密度、高强度、高模量、高稳定性的特点，在航空航天、汽车船舶等领域应用广泛，引领着轻质化材料的浪潮。2022 年上半年军用碳纤维营收增速 14.92%，归母净利润增速 27.92%。与其他板块有所区别，二季度碳纤维企业实现了收入、利润的提速，主要原因包括前期部分企业扩产产能逐步释放。目前，军用碳纤维仍处于下游需求快速提升，供给逐步满足的进程中，相关上市公司产能的落地节奏将是影响业绩的重要因素之一。

目前国内航空航天领域对高性能碳纤维的需求持续快速增长。国内高性能碳纤维产能严重不足，进口替代空间大。随着国产碳纤维产业高性能化和规模化、低成本化进程的深入快速发展，相应行业领先企业有望充分受益于市场需求拉动。国内厂商重点关注，碳纤维：光威复材（300699）、中简科技（300777）等；航空预浸料：中航高科（600862）；碳碳复材相关：楚江新材（002171）、天宜上佳（688033）、北摩高科（002985）、博云新材（002297）、中天火箭（003009）。



高温合金主要用于航空发动机的生产制造。2022 年上半年高温合金核心企业营收增速 12.07%，归母净利润增速-33.40%。高温合金主要原材料为镍，去年四季度起，原材料价格的快速上涨对高温合金企业造成了一定的成本压力，以高温合金母合金供应为主的企业冲击更大，如抚顺特钢、钢研高纳；同时供应母合金及制品的企业受影响则相对小，如图南股份。此外，上半年新增两家高温合金上市（拟）企业，隆达股份、中航上大。



钛合金凭借其密度低、比强度高、耐蚀性好、导热率低等特点，在航空航天、

船舶军舰等领域中广泛应用。2022 年上半年，钛合金核心企业营收增速 31.90%，归母净利润增速 51.29%。航空钛合金企业竞争格局相对稳定，且集中度较高，行业处于成熟运行阶段。随着下游需求的放量，营收保持较高速度增长，高端产品增加，盈利能力持续提升。



随着我国新装备定性批产，市场应用规模快速提升。从全球隐身材料的市场规模来看，据统计 2017 年全球隐身超材料在武器装备中的应用市场规模大约在 1.3 亿美元。到 2025 年，这一规模有望达到 11.7 亿美元左右，年均复合增长率在 30%以上。根据 Global Market Insights Inc 的研究报告，到 2026 年隐形涂料市场规模预计将超过 8.34 亿美元，其中航空航天和国防产品（例如军用飞机，导弹，武器和潜艇）的消费将强劲推动对隐形涂料的需求。对于我国来讲，随着新型武器装备的批产，将带动隐身材料需求应用的快速增长。从光启技术以及华秦科技两家公司披露的数据来看，两家公司隐身材料相关业务都得到了快速增长，光启技术 2019-2020 年的增速分别为 63%、86%。而华秦科技这两年的增速达到了 169%和 231%。



此外，随着武器装备侦查手段以及现代电子战的快速发展，新型武器装备对应的雷达、红外隐身材料应用无论是从深度还是广度都有所提升。隐身材料是具有隐身功能材料的统称，产品形态主要可分为涂层材料和结构材料两种，下游具体应用主要是国防军工领域。随着新型武器装备的批产，将带动隐身材料需求应用，尤其是新型号装备的加速列装，隐身材料的价值量占比有望不断提升，是值得重点关注的赛道之一。目前我国在隐身材料方面的技术已经达到了世界前列，走在前沿的企业包括华秦科技（2022 年 3 月上市），佳驰科技（2022 年 6 月提交材料）。

3.2.2 2022 年航天上市公司中报表现回顾

3.2.2.1 导弹：产业链中下游增速现波动，中长期景气度无忧

尽管导弹产业链上市公司众多，但披露与导弹产业相关业务具体数据的企业数量并不多，营业收入全部或大多来源于导弹产业的上市公司数量更是稀少。经过筛选，我们选取出 14 家位于导弹制造产业链各位置的上市公司，基于其近三年收入复合增速与 2022 H1 的收入增速情况进行对比分析，可以发现 2022 H1 导弹产业上市公司相关业务整体收入增速由 2019-2021 年的+35.19%下降至+23.53%，出现阶段性波动。

图表：2022 H1 导弹产业上市公司收入增速出现阶段性波动

产业链位置	公司代码	公司名称	相关细分业务	收入（亿元）				
				2019	2020	2021	2021H1	2022H1
上游	002025.SZ	航天电器	连接器	22.15	27.28	33.25	12.58	15.50
上游	000901.SZ	航天科技	航天产品	7.50	7.41	9.72	3.73	5.15
上游	603267.SH	鸿远电子	自产业务	5.89	8.86	13.48	7.58	8.25
上游	688282.SH	理工导航	惯导器件	2.26	3.06	3.17	1.47	1.36
上游	301050.SZ	雷电微力	精确制导	2.87	3.17	7.17	3.86	4.40
上游	300123.SZ,	亚光科技	军工电子(不含安防及专网通信)	9.53	11.33	12.17	2.72	3.03
上游	688375.SH	国博电子	射频识别模块产品	14.99	15.10	21.31	9.59	15.37
上游	688385.SH	复旦微电	FPGA 及其他芯片	1.55	2.04	4.27	1.71	3.78
上游	300593.SZ	新雷能	航空航天及军工	4.58	5.42	8.80	1.96	3.97
上游	688311.SH	盟升电子	卫星导航产品	1.53	3.01	3.71	1.26	1.05
上游	002977.SZ	火箭科技	弹载固态发射机	2.17	2.19	2.77	1.66	2.44
中游	600435.SH	北方导航	军民两用产品	20.83	29.04	37.59	14.57	15.70
下游	000515.SZ	中兵红箭	特种装备	26.62	38.14	43.88	11.46	13.39

下游	600316.SH	洪都航空	其他航空产品	13.31	26.90	46.86	13.88	15.37
合计				135.78	182.94	248.15	88.04	108.76
CAGR (%)				35.19			23.53	

从导弹产业链各位置上市公司收入增速来看，2022 H1 导弹产业上游上市公司收入增速依旧维持快速增长，增速有所提升，但产业链中下游上市公司的收入增速均出现不同程度放缓。

导弹上游收入及净利润维持快速增长，净利率略有下降。从营业收入全部或大多来源于导弹产业的 7 家上游上市公司近三年的收入及净利润数据来看，2022H1，导弹企业收入与净利润均维持了快速，甚至是高速的增长，但归母净利润增速低于收入增速，体现出导弹产业上游上市公司的净利率略有下降。

但同时导弹产业上游上市公司的在手订单充足，企业积极备货扩产。从导弹产业上游上市公司的合同负债与预收账款、存货依旧维持高速增长态势来看，2022H1 导弹中下游企业对上游的需求依旧不减，凸显导弹装备整体下游需求高速增长，行业处于高景气的趋势没有发生变化。

综上所述我们认为，导弹产业上市公司收入整体增速出现放缓，可能与 2022 H1 导弹产业中下游的分系统集成、总装企业受到各地疫情反复影响，产业链上游部分产品出现生产交付延误，或物流出现延误造成了全产业链的阶段波动等因素有关。我们判断导弹中下游企业对上游的需求依旧不减，凸显导弹装备需求整体仍保持高速增长，行业整体高景气发展的中长期趋势没有发生变化。

3.2.2.2 卫星：空间基础设施建设有所提速，遥感领域景气度相对较高

我们从航空航天股票池中选取了 18 家卫星产业上市公司，对其卫星产业各细分产业收入增速进行了整体统计。可以看出 2022 H1 卫星产业整体收入维持了近三年的稳定增长态势，由 2019-2021 年+11.80%的复合增速下降至+7.77%。

图表：2022 H1 卫星产业上市公司整体收入延续稳定增长

细分产业	公司代码	公司名称	相关细分业务	收入（亿元）				
				2019	2020	2021	2021H	2022H
卫星制造	001270.Sz	铖昌科技	显载 TR	1.27	1.37	1.52	0.70	1.13
卫星制造	300455.Sz	康拓红外	轩宇空间	4.59	3.31	4.10	1.00	0.95
卫星制造	300053.Sz	欧比特	宇航电子	1.17	1.28	1.46	0.83	0.91
卫星通信	601698.SH	中国卫通	全业务	27.34	27.10	26.34	12.37	12.53
卫星通信	002115.Sz	三维通信	卫星通信业务	0.70	0.75	0.98	0.40	0.60
卫星通信	002829.Sz	星网宇达	卫星通信业务	0.98	1.00	1.54	0.56	0.15
卫星通信	688311.SH	盟升电子	卫星通信产品	1.30	1.22	1.05	0.43	0.24
卫星导航	002151.Sz	北斗星通	和芯星通	2.42	4.06	5.44	2.55	2.36
卫星导航	002465.Sz	海格通信	北斗导航业务	3.56	4.04	4.25	1.85	2.34
卫星导航	300101.Sz	振芯科技	北斗终端及运营	1.56	2.51	3.05	1.45	1.41
卫星导航	002383.Sz	合众思壮	全业务	15.49	16.90	21.08	9.07	10.05
卫星导航	300627.Sz	华测导航	全业务	11.46	14.10	19.03	8.54	9.29
卫星导航	300045.SZ	华力创通	卫星导航及其仿真测试产品	2.64	2.28	2.92	0.93	0.82
卫星遥感	300036.SZ	超图软件	全业务	17.35	16.10	18.75	6.24	4.47
卫星遥感	688568.SH	中科星图	全业务	4.89	7.03	10.40	3.31	4.49
卫星遥感	688066.SH	航天宏图	PIE+行业	2.91	4.62	12.68	3.25	7.18
卫星遥感	300053.Sz	欧比特	卫星星座及卫星大数据	3.31	4.57	4.19	2.10	1.51
卫星产业	600118.SH	中国卫星	卫星研制及卫星应用	64.17	69.57	70.11	30.59	32.45
合计				167.11	181.80	208.89	86.17	92.87
CAGR (%)				11.80			7.77	

从卫星各细分产业收入增速变化情况来看，有如下特点：

(1) 卫星制造方面，近三年收入增速基本持平，但 2022 H1 收入增速出现明显提升。

(2) 卫星通信应用上市公司收入增速基本持平，卫星导航应用以及卫星遥感应用领域上市公司收入增速有所放缓，但维持增长态势，其中卫星遥感上市公司收入增速保持了快速增长。

1. 卫星导航：收入净利润增速有所放缓，但维持正增长

从卫星导航产业（高精度导航应用）中的代表上市公司华测导航近三年及 2022 H1 的收入及净利润数据来看，近三年华测导航净利润增速均超过了收入增速。尽管华测导航身处上海，受到疫情反复影响使得 2022 H1 公司的收入增速下降至 10%以下，但归母净利润增速依旧维持在 20%以上。

从卫星导航产业（高精度导航）中的代表上市公司华测导航合同负债与预收账款等反映在手订单情况的财务数据看，2022 H1 公司合同负债与预收账款保持增长态势；存货数据来看，2022 H1 末也较 2021 年末快速增长。以上现象均可以说明卫星导航企业的在手订单或对需求信心充足，企业正积极备货来应对。

2. 卫星遥感：卫星应用中的朝阳行业，收入业绩高速增长前景可期

从卫星遥感产业中的上市公司近三年及 2022 H1 的收入及净利润数据来看，2022 H1 卫星遥感行业整体仍处于朝阳高速发展阶段。市场需求高速增长态势不减，且市场供给侧受疫情影响有限，相关上市公司收入与净利润均延续了 2021 年年度的高速增长。

自 2020 年后，卫星遥感企业在收入和净利润快速增长背景下，合同负债与预收账款、存货规模持续显著增长，并维持在较高水平。这是卫星遥感产业下游应用拓展早期阶段，市场需求充足，各企业均通过加大备货力度以应对需求快速增长态势的充分例证。

综上，我们对 2022 H1 卫星产业各细分领域变化有如下判断：

(1) 卫星制造方面，2022 H1 卫星制造企业收入增速较 2019-2021 年出现明显提升，可能与我国部分卫星通导遥星座（空间基础设施）逐步开始进入规划建设阶段有关。如低轨卫星通信技术验证、低轨卫星导航增强系统（星座）以及

大量商业卫星遥感星座等。伴随未来各卫星星座计划的不断推进建设，市场增速有望迎来持续的环比提升；

（2）卫星通信方面，2022 H1 企业收入较往年基本持平，而从近期苹果及华为产品发布会上披露的信息来看，iPhone 14 与华为 Mate 50 两款新型手机终端能够实现的卫星通信功能均为基于文本信息通信的基础服务，而非传统窄带通信，更非宽带通信等。这凸显我国卫星通信或卫星互联网的商业模式及实际应用仍处于传统或早期阶段，建议关注空间基础设施或低成本、小型化卫星通信地面终端技术相关企业；

（3）卫星导航方面，2022 H1 企业收入增速有所放缓，但从合同负债、预收账款及存货等财务数据保持快速增长来看，上半年的业绩波动更多是疫情等因素带来的短期影响。中长期看北斗第三代导航系统终端替代更新，以及“高精度导航+”与“+高精度导航”产业融合催生的更多高精度卫星导航应用场景的拓展（如车规级自动驾驶、灾害位移监测、农业等），都将是北斗应用市场发展中的重要驱动力。卫星导航产业下游“十四五”未来几年市场整体收入增速仍有望保持在 25%以上；

（4）卫星遥感方面，疫情之下，2022 H1 企业的收入同比增速与归母净利润增速尽管有所放缓，但合同负债与预收账款、存货等财务数据均同比翻番。我们认为与下游数字政府建设、实景三维、灾害监测等市场领域对卫星遥感需求不减密切相关。行业整体仍处于朝阳高速发展阶段，市场需求高速增长态势不减。预计 2022 年及“十四五”未来几年卫星遥感产业整体市场规模仍将保持高速增长，是卫星产业中相对景气度更高的细分赛道。

3.3 航空航天产业估值水平

我们对中航航空航天指数标的进行 PE（TTM）统计，截至 8 月末指数市盈率为 51.00 倍，较上月下降 7.35%，处于 2018 年以来的 34%分位。

3.4 2022 年上半年航空航天公司持续上市

行业高景气下，航空航天公司持续上市。2022 年 10 家航空航天产业上市公司实现上市，如臻镱科技、华秦科技、立航科技、理工导航、观典防务、国博电

子、隆达股份等上市公司。同时，2022 年另有 18 家航空航天产业的企业申报 IPO，其中十大军工央企所属企业包括航发集团核心材料公司航材股份、航天科工集团预警雷达公司航天南湖、以及佳力奇、国科天成、航安型芯、佳驰科技、裕鸢航空以及航天环宇等 16 家民营航空航天产业中上游材料、机加、元器件配套企业。这凸显出近年来航空航天产业高景气发展背景下，一批中上游企业业绩体量得到快速提升。

图表：2022 年航空航天产业相关公司上市及申报上市情况

序号	公司名称	上市或提交上市材料时间	相关领域	序号	公司名称	上市或提交上市材料时间	相关领域
1	臻镭科技	2022-01-27（已上市）	航空航天元器件	15	佳驰科技	2022-06-17	航空航天材料
2	华秦科技	2022-03-07（已上市）	航空航天材料	16	裕鸢航空	2022-06-21	航空发动机
3	立航科技	2022-03-15（已上市）	航空航天机加	17	航天环宇	2022-06-22	航空航天机加
4	理工导航	2022-03-18（已上市）	航空航天元器件	18	航材股份	2022-06-23	航空航天材料
5	观典防务	2022-05-25（已上市）	航空整机	19	天极科技	2022-06-28	航空航天元器件
6	诚吕科技	2022-06-06（已上市）	航空航天元器件	20	中航科电	2022-06-28	航空航天元器件
7	中无人机	2022-06-29（已上市）	航空整机	21	航天南酮	2022-06-29	航空航天系统配套
8	超卓航科	2022-07-01（已上市）	航空航天材料	22	中航上大	2022-06-29	航空航 E 材料

9	国博电子	2022-07-22（已上市）	航空航天元器件	23	华丰科技	2022-06-29	航空航天元器件
10	隆达股份	2022-07-22（已上市）	航空航天材料	24	司南导航	2022-06-29	卫星导航
11	成发泰达	2022-05-30	航空维修	25	军陶科技	2022-06-30	航空航天元器件
12	佳力奇	2022-05-31	航空航天材料	26	航天和兴	2022-06-30	航空航天机加
13	国科天成	2022-06-10	航空航天配套	27	高华科技	2022-06-30	航空航天元器件
14	航安型芯	2022-06-16	航空发动机	28	万订科技	2022-06-30	航空航天系统配套

4. 竞品分析

4.1 航空发动机

4.1.1 航空发动机产业的特点：

1. 高投入：目前研制一款新型先进发动机需投入资金上百亿元。
2. 高壁垒：军用涡扇发动机工作温度达 1800-1900° C，部分工作叶片需同时承受超十吨的离心力。
3. 长周期：一款新型航空发动机研制需花超二十年的时间，比研制新一代飞机的时间长一倍。国外第四代战斗机发动机从启动部件研究到初步形成作战能力周期长达 30 年。
4. 高回报：航空发动机产业有巨大的带动作用 and 产业辐射效应。据统计，按照产品单位重量创造的价值计算，如果以船舶为 1，则小汽车为 9、电视机为 50、大型喷气飞机为 800，航空发动机高达 1400。

4.1.2 航空发动机主要原材料：

航空发动机使用的主要原材料为钛合金与高温合金，两者在航发原材料成本构成中分别占有 30%与 36%，分别从原材料角度来看，由于高温合金及钛合金良好的综合性能及在研制与服役中较长期的经验积累，钛合金和高温合金等材料长期内仍将是发动机的主要原材料。

钛合金：钛合金因具有强度高、耐蚀性好、耐热性强等特点而被广泛用于各个领域。20 世纪 50 年代，美国首次将钛合金用在 F-84 轰炸机上作后机身隔热板、导风罩、机尾罩等非承力构件。60 年代，钛合金占飞机结构重量 20%~25%，70 年代开始，钛合金在航空发动机中主要用于制造压气机部件，如风扇、压气机盘和叶片、压气机机匣、中介机匣、轴承壳体等（冷端部件），其用量一般占到结构总重量的 20%~30%。

高温合金：高温合金是指能在高温及一定应力作用下长期工作的一类金属材料，是制造航空航天发动机热端部件的关键材料，可占发动机总重量的 40%~60% 以上。高温合金按合金的主要元素分为铁基、镍基和钴基合金。铁基高温合金使

用温度较低(600~850℃)，一般用于发动机中工作温度较低的部位，如机匣、轴等零件。镍基高温合金在发动机中主要用于涡轮导向叶片、工作叶片与涡轮盘，工作温度可达 1100℃ 以上。钴基合金初始熔点较高，但由于成本较高等因素，研发热度有所下降。目前广泛应用的高温合金主要是镍基高温合金。同时按制造工艺，高温合金也可分为变形高温合金、铸造高温合金与粉末高温合金。

4.1.3 航空发动机的主要结构：

航空发动机结构复杂，组成精密，各部件系统连接紧密。

1. 按照部件可划分为：

进气机匣、低压/高压压气机、燃烧室、高压/低压涡轮与尾喷管，部分军用涡扇发动机型号还配有加力燃烧室。

2. 按照系统可划分为：

可以分为控制系统、燃油系统、滑油系统、液压系统、点火系统、空气系统等。

4.1.4 航空发动机主要零部件：

4.1.4.1 叶片

根据应用部位不同，发动机叶片可分为风扇叶片、压气机叶片与涡轮叶片。

1. 风扇叶片：对进入的空气进行压缩增压，之后通过内外涵道输送到发动机后方。涡扇发动机的外涵推力完全来自于风扇所产生的推力，因此风扇性能的优劣很大程度上决定了涡扇发动机的性能。其为冷端叶片，主要原材料为钛合金/复合材料。

2. 压气机叶片：决定了总增压比，即发动机对空气流动的压缩程度，提高发动机的增压比可以提高航空发动机的压缩效率和燃烧效率。其为冷端叶片，主要原材料为钛合金。

3. 涡轮叶片：决定了涡轮承受的极限温度，从而影响发动机推重比与动力。其为热端叶片，主要原材料为高温合金。

4.1.4.2 盘件

发动机盘件类零部件主要有包括涡轮盘、压气机盘与整体叶盘。

1. 涡轮盘：涡轮盘是航空发动机的最重要的核心热端部件之一，以粉末冶金技术制备的镍基高温合金已成为制备涡轮盘的首选材料。

2. 整体叶盘结构：是新型涡扇发动机将盘片一体化设计的复杂转动件，可使发动机重量减轻 20-30%、效率提高 5-10%、零件数量减少 50%以上，已被国外第三代航空发动机 F414/F110/F110 与第四代航空发动机 EJ200/F119/F135 采用。采用整体叶盘后，F414 发动机推重比由原型的 7.5 提升至 9.1。民用方面，该结构已在 Trent XWB、GEnx、PW1000G 等航空发动机上广泛应用。

4.1.4.3 环锻件与机匣

环形锻件主要应用于航空发动机的风扇、压气机、涡轮和燃烧室等四大部件中，同时四代发动机的环锻件原材料主要为高温合金与钛合金。在国际航空领域，通常将带有内孔，截面为回转体的锻件分为“环形锻件”和“机匣”。

1. 机匣：主要包括风扇机匣、压气机机匣、燃烧室外机匣、高压涡轮机匣、低压涡轮机匣等。机匣被称作航空发动机的骨骼，它为发动机核心部件如风扇、转轴、叶片、燃烧室及涡轮提供了安全的密闭空间，对核心零部件的失效提供了损伤包容。其在单台航空发动机上的零部件数量约为 6-8 个。

2. 环形锻件：除机匣外的其他环形锻件，主要包括封严环、支承环、风扇法兰环、固定环、压缩机级间挡圈、燃烧室喷管外壁环件、涡轮导向环、整流环等。其在单台航空发动机上的零部件数量约为 50-100 个。按价值计算，航空发动机环形锻件约占航空发动机价值的 6%。

发动机	环锻件选材	环锻件特点
二代发动机	大量使用不锈钢，少量使用铁基高温合金	矩形环，加工余量大；基本无难变形材料，加工容易，组织性能易控制
三代发动机	镍基高温合金、两相钛	部分使用异形环，加工余量适中；有难变形材料，组织性能易控

	合金等材料	制
四代发动机	更多的镍基、钴基高温合金、新型钛合金	机匣类更多为异形环，加工余量小；更多的使用难变形材料，组织性能不易控制

4.1.5 航空发动机的发展历程：

按结构划分，航空发动机可以分为活塞式和喷气式，早期飞机几乎全部使用活塞式，但由于功率限制，只适用于低速飞行，20 世纪 40 年代以来，喷气式开始成为飞机的主要动力。喷气式按有无压气机又主要分为燃气涡轮发动机和冲压发动机。航空用燃气涡轮发动机主要包括涡喷、涡扇、涡桨、涡轴发动机，不同的设计速度与油耗特性差异决定了各自应用场景：涡喷发动机高速度高油耗，已逐步被涡扇发动机替代，主要用于部分军用二代战机；涡扇发动机由于推进效率高、耗油率低的特点，是现在大多数客机及军机的主要动力类型；涡桨发动机多用于低速运输机、轻型飞机及加油机等；涡轴发动机主要用作直升机的动力。

4.1.6 国产航空发动机的自主之路：

我国航空发动机的研制历程是可分为如下四个阶段：

1. 1951-1965 年：

仿制和改进上世纪 50 年代，中国航空发动机工业从零起步，1956 年中国第一台涡喷-5 发动机根据苏联 BK-1 Φ 发动机的技术资料在沈阳仿制成功，此后很长一段时间，中国航空发动机都以仿制和改进为主，例如涡喷-6、涡喷 7 和涡喷 8。

2. 1966-1976：

扩大生产规模，积累相关技术经验在此期间，国内环境波动较大，航发产业开始扩大生产制造规模，继续开展三线建设。

3. 1977-1999：

开始部分自主设计上世纪 70 年代，我国开始对航空发动机进行部分的自主设计，如基于涡喷-7 研制的涡喷-13 系列发动机和基于英国斯贝 MK202 的涡扇 -9 系列发动机。其中涡喷-13 于 1985 年开始装机试飞，满足了歼-8 II 飞机研制进度的要求。

4. 2000 至今：

建设自主知识产权 2002 年，国产涡喷-14 “昆仑” 发动机定型，中国成为继美、俄、英、法之后的第五个航空发动机生产国。2005 年 12 月，涡扇 10 “太行” 发动机研发成功，成为我国首个具有自主知识产权的高性能大推力涡扇发动机。

4.1.7 新型号渐进推出，毛利率拐点可期

参照美、俄军用航空发动机发展历程，我国新型号航空发动机有望在建军百年前渐进推出：

1. 以 AL-31 和 F110 为代表的第三代发动机（推重比约为 7~8）交付后 15-20 年内以 AL-41 和 F119 为代表的第四代发动机（推重比约为 10）相继推出。

2. 我国第三代发动机 WS-10 于 2005 年推出，我们认为，受益于两机专项的政策和资金支持、上游材料、中游加工配套产业的发展、以及自主研发实验品台的成熟、制造工艺的积累。根据美俄两国三/四代发动机列的开发历程，我们预计，我国第四代涡扇发动机 WS-15 有望于 2023 年前推出，实现批量生产；对标美国普惠公司 F135（基于 F119 改进）的新型发动机有望在 2027 年前推出。

国家	三代发动 机	量产时间	四代发动 机	量产时间	过渡时长	新发动机 应用型号
美国	F110	1984 年	F119	2003 年（推测）	19 年	F22
俄罗斯	AL-41F-1	2010 年	Product 30	2025 年（预测）	约 15 年	苏-57
中国	WS-10	2005 年	WS-15	2023 年（预测）	约 18 年	J-20

我们认为，我国航空发动机产业 2023 年前处于以 WS-10 为代表成熟型号扩产和 WS-15 为代表新型号的研发试制阶段，此阶段新产线新产品成品率较低对毛利率影响明显，预计 2023 年后批产型号多于在研型号，盈利能力有望显著提升。

4.1.8 寡头垄断竞争格局：

世界航空发动机产业经过百余年的发展，在市场上已形成了寡头垄断格局，仅有美国，英国，法国，俄罗斯与中国等少数国家具备航发整机生产能力：

1. 美国

以引进英国航发技术起家，通过“调控”式竞争推动技术进步，代表企业有 GE，P&W 等。

2. 英国

罗罗（R&R）公司是世界知名的航空发动机制造商之一，也是欧洲最大的航空发动机制造商，其研制的各种喷气式发动机被民用和军用飞机广泛采用。罗罗公司也是世界第二大军用航空发动机制造商。

3. 法国

赛峰集团旗下的斯奈克玛（SNECMA）公司为发动机专业制造商，产品包括民用发动机、军用发动机以及航天发动机。

4. 俄罗斯

于 2007 年开始整合国内发动机行业 85% 以上的资产，成立联合发动机制造集团控股公司（ODK）。

5. 中国

2005 年 12 月，涡扇-10“太行”发动机研发成功，成为我国首个具有自主知识产权的高性能大推力涡扇发动机。

美、英两国的三家公司 GE、P&W、R&R 以及这三家公司与法国 Safran 互相合资成立的公司 CFM（SNECMA/GE）、IAE（RR/PW）、EA（GE/PW）几乎占据了民用航发市场份额的 90%。宽体客机发动机市场：GE 市场份额 49%，RR 份额 24%，PW 份额 19%。窄体客机发动机市场：CFM 市场份额约 69%，IAE 市场份额约 20%，PW 市场份额约 7%。支线客机发动机市场：GE 占 66%，RR 占 22%，霍尼韦尔占比 6%。

公司名称	国家/成立背景	代表产品
GEAviation	美国	民用：CF6 系列，GE90 系列，GENx 系列； 军用：F110 系列，F404 系列
Pratt&Whitney	美国	民用：JT 系列，PW2000/4000/6000 系列； 军用：F100 系列，F117 系列，F119 系列（F-22），F135 系列（F-35）

Rolls-Royce	英国	民用：Trent-500/800/1000/XWB 系列；军用：RB199, EJ200
International Aero Engines	PW 公司、RR 公司、日本航空发动机公司（JAEC）和德国航空发动机公司（MTU）合资成立	V2500, 配套 A320 与 MD-90
Engine Alliance	GE 与 PW 各出资 50%	GP7200, 为空客 A380 提供备选动力
CFM international	GE 与 SNECMA 各出资 50%	CFM56 系列与 Leap 系列发动机
俄罗斯联合发动机制造公司	俄罗斯	民用：SaM-146, PD-14 等 军用：RD-33, AL-31F, 117S, VK 系列等

4.2 低轨卫星

4.2.1 全球卫星发射情况

全球在轨卫星数量美国最多，2017 年卫星发射提速。根据忧思科学家联盟的数据，截至 2019 年 9 月 25 日，全球在轨卫星总数为 2218 颗，美国在轨卫星最多为 988 颗。中国超越俄罗斯位列第二，在轨卫星数量高达 320 颗。从全球每年新发射卫星数量来看，受益于小卫星发展，从 2017 年开始全球进入卫星加速发射时期，2017 年和 2018 年新发射卫星数量都超过 350 颗，2019 年前 3 季度卫星发射数已达 250 颗。

低轨道卫星数量占比达三分之二，“通导遥”融合发展。全球低轨道卫星总数为 1468 颗，约占全部在轨卫星的三分之二。从卫星所提供的服务来看，通导遥为卫星领域的三驾马车，其中通信卫星 773 颗，遥感卫星 771 颗，导航卫星 138 颗。通导遥卫星一体化趋势明显，2018 年全球首颗面向通导遥一体化应用的“共享卫星”在酒泉成功发射，未来通导遥融合卫星有望提供一体化的空天信息服务。

4.2.2 全球卫星互联网星座计划与进展

全球计划部署卫星互联网星座公司近 30 家，部署卫星数量十年内翻 10 倍。继 Space X 在 2015 年推出 StarLink 计划提供覆盖全球的高速互联网服务后，全球互联网巨头、初创公司等纷纷申请各自的卫星互联网星座，抢占轨位和频段。据不完全统计，全球宣布部署卫星互联网星座的公司近 30 家，部署卫星计划达 2 万颗以上。当前全球在轨卫星数量为 2218 颗，若全部发射成功，这批民营企业在短短十年之内，将使卫星在轨数量提高十倍。

少数公司具有卫星发射能力，60%的机构仅拥有一颗卫星。据卫星与航天市场研究与咨询公司 NorthernSky Research 的预测，全球只有 18%的星座能走到发射阶段，少数公司具备卫星发射能力。据 USC 数据，截止至 2019 年 9 月 25 日，全球 514 家公司或组织拥有着全部 2218 颗在轨卫星，其中 299 家公司或组织，即约五分之三的机构仅拥有一颗卫星，这意味着大部分组织无持续发射卫星的能力。

目前军方掌握大量卫星资源，民营力量逐渐崛起。拥有 20 颗以上的在轨卫星的组织有 20 家，大部分卫星的归属权掌握在美国、俄罗斯、中国军方手中。其中最多的为一家私人卫星公司 Planet Labs，主要发射 Nano satellite，即微纳卫星，它们不高于 40 厘米，长宽都只有 20 厘米。随着低轨卫星星座的部署及发射，民营力量在卫星行业逐渐崛起。在部署低轨卫星星座的公司中，已经稳步进入发射阶段的主要有美国的 Space X 和 OneWeb。

4.2.3 国外主要低轨卫星互联网星座计划

1. StarLink 星座

StarLink 通过一个由太空中能够互相链接的卫星组成的星座为全球提供 5G 级别的高速互联网服务，拟由 4409 颗分布在 550~1300 千米左右的 LEO（低地球轨道）星座和 7518 颗分布在 340 千米左右的 VLEO（极低地球轨道）星座构成，组网卫星总数达到 11927 颗。StarLink 的搭建基本上分三步走，第一步是用 1584 颗卫星完成初步覆盖，其中前 800 颗卫星满足美国、加拿大和波多黎各 等国的天基高速互联网的需求；第二步是用 2825 颗卫星完成全球组网；第三步 用 7518

颗卫星组成更为激进的低轨星座。前两步的卫星总数量为 4409 颗，位于 LEO 轨道，这些卫星工作在较为传统的 Ka 波段和 Ku 波段，力争以量取胜。第三步的 7518 颗卫星位于 VLEO 轨道，将工作在 V 波段。

轨道		数量(个)	高度(千米)	频段
LEO	第一阶段	648	1200	Ku/ka 频段
	第二阶段	720	1200	V 频段
MEO	第三阶段	1280	更高地球轨道	

2. OneWeb 星座

OneWeb 的初始星座将由 648 颗卫星组成，预计到 2021 年开始通过 Ku 波段卫星频率提供全球互联网服务接入服务。其中 600 颗为全球覆盖的必要条件，48 颗为备用卫星，OneWeb 还计划将卫星总数增加到 900 多颗，以满足日益增长的服务需求。OneWeb 还将通过发射近 2000 颗 V 波段频率的卫星，其中第二阶段发射 720 卫星至第一代近地轨道，高度为 1200km。其余的 1280 颗组成一个独立的星座，在更高的中地球轨道运行。

轨道		数量(个)	高度(千米)	频段
LEO	第一阶段	1584	550	Ku/ka 频段
	第二阶段	2825	1110-1325	V 频段
MEO	第三阶段	7518	335.9-345.6	

4.2.4 国内主要低轨卫星互联网星座计划

截止 2018 年底，国内已发布的卫星星座计划超过 27 项，其中由民营企业发起的星座项目就有 14 个。根据这些星座计划相加，到 2025 年前，我国将发射约 3100 颗商业卫星。其中国企主要计划有航天科技集团的“鸿雁”星座 324 颗卫星，航天科工集团的“虹云”工程 156 颗卫星和“行云”工程 80 颗卫星。另上海蔚星科技运营的天基互联星座项目，落地咸阳市，总投资 92.3 亿元，将建成由 186 颗低轨宽带通信卫星组成的星座。民营商业航天公司运营的星座，主要有银河航天的银河 Galaxy 星座，计划发射卫星约 1000 颗，遥感卫星星座灵鹊和“星时代”AI 星座计划也将分别发射 378 颗和 192 颗。

属性	星座名称	运营方	用途	卫星数量
国有	鸿雁星座	东方红卫星移动通信有限	卫星互联网（宽	324

		公司	带)	
	天基互联星座	上海蔚星数据科技有限公司	卫星互联网 (宽带)	186
	虹云工程	中国航天科工集团有限公司	卫星互联网 (宽带)	156
	天地一体化信息网络	中国电科 38 所	卫星互联网 (宽带)	100
	行云工程	航空行云科技有限公司	卫星互联网 (窄带)	80
	”瓢虫系列“卫星	西安中科天塔科技股份有限公司	卫星互联网 (窄带)	72
	微景一号	深圳航天东方红海特卫星有限公司	遥感	80
民企	银河 Galaxy	银河航天科技有限公司	卫星互联网 (宽带)	1000
	天启	北京国电高科科技有限公司	卫星互联网 (窄带)	36
	灵鹊	北京零重空间技术有限公司	遥感	378
	“星时代”AI 星座计划	成都国星宇航技术有限公司	遥感	192
	吉林一号	长光卫星技术有限公司	遥感	138
	丽水一号	浙江利雅电子科技有限公司	遥感	120

4.2.5 卫星互联网建设的必要性分析

回顾历史,卫星互联网并不是一个新概念,卫星通信和地面通信的竞争和合作的格局长久存在,并且还将延续。当前入局卫星互联网的公司众多,竞争生态激烈。而最大两个星座 StarLink 和 OneWeb 多次成功升星,也让我们看到全球性卫星互联网星座建成的曙光。这个时候讨论卫星互联网,原因在于我国卫星互联网星座建设已经到了一个力所能及且刻不容缓的阶段,未来我国有可能诞生 1-2 家 SpaceX 和 OneWeb 级别的航天公司。

必要性 1:

全球性卫星通信网络建设全球性卫星导航系统已建成,卫星互联网或将成为下一个建设重点。我国 1994 年启动北斗系统工程分三步走,先后实现中国、亚

太乃至全球区域的卫星导航服务。自 2018 年 12 月 27 日开始，北斗导航已经开始提供全球服务，成为继美国全球定位系统（GPS）、俄罗斯格洛纳斯卫星导航（GLONASS）之后第三个成熟的卫星导航系统，也是我国的第一个全球性卫星系统。据国新网消息，2020 年 6 月前，计划再发射 2 颗地球静止轨道卫星，北斗三号系统将全面建成。我国实现卫星导航系统的自主可控后，我们认为全球覆盖的卫星互联网建设将接力成为下一个建设重点。全球性卫星通信网络建设，助力突破数字鸿沟。地面通信系统通常以国家为建设中心，而卫星通信系统是全球配置的资产，通信范围覆盖到全球，包括海洋、沙漠等人迹罕至的区域。ITU2019 年全球互联网接入数据显示，全球 49%的人口未进入互联网，人口达 37.3 亿人，发展中国家中 55%的人未能接入互联网。地面布设基站及连接基站的通信网受到诸多限制：

（1）占地球表面积大的海洋、沙漠无法建立基站；

（2）人烟稀少或工作人员难以到达的边远地区建基站成本高 而收益低；

（3）发生自然灾害时地面网络容易受损而导致通信网络的中断。地面通信网络的覆盖范围是有线的，而卫星通信可以作为地面网络的补充和延伸，助力于突破数字鸿沟，连接未联网的 49%的人口。

必要性 2：

卫星轨道与频段稀缺资源竞争卫星低轨道和频段是有限的，中国加快卫星互联网的建设刻不容缓。卫星的轨道分为低中高三种，低轨道为 200km-2000km 之间，中轨道为 2000km-20000km 之间，超过 20000km 的为高轨道。中高轨道所能提供的通信能力有限，主要作为地面通信的补充和延伸，低轨道卫星则能提供全球性的移动互联网服务，目前申请的低轨卫星星座大多 700km-1500km。根据 ITU，卫星的可用 频段可划分为 L、S、C、X、Ku、Ka 等频段，目前大部分的频段资源已被移动通信、雷达、卫星通信等业务占用。低轨卫星沿着不同轨道飞行，相对于地球同步轨道的唯一性，低轨卫星的轨道资源紧缺性没有那么突出，而频段资源的 稀缺性较为紧张。一些国家申请了大量的卫星轨道和频段资源，但大部分的申请者不具备构建完整星座的能力，而 ITU 为了不让这些资源成为“纸面卫星”，规定申请者需要在一定年限内发射卫星。预计未来那些具备稳定卫星制

造和发射能力的公司能够锁定住更多的资源，而卫星发射能力弱而占据资源的申请者也存在出于商业目的交易频段资源的可能性。

图表：卫星轨道与频段分布			
	轨道	范围	用途
轨道	低轨	200-2000km	军事目标探测、互联网
	中轨	2000km-20000km	主要作为陆地移动通信系统的补充和扩展
	高轨	20000km 以上	卫星电话
频段	L 频段	1-2GHz	卫星定位、卫星通信以及地面移动通信
	S 频段	2-4GHz	气象雷达、船用雷达以及卫星通信
	C 频段	4-8GHz	雷达业务、通信卫星、地面通信
	X 频段	8-12GHz	雷达、地面通信、卫星通信以及空间通信
	Ku 频段	12-18GHz	卫星通信
	Ka 频段	27-40GHz	雷达、实验通信、卫星通信

必要性 3：

国产化自主可控的战略性工程卫星通信国产化自主可控，保障我国军队卫星通信实力。2018 年 10 月 27 日北斗卫星系统正式为全球提供服务，标志着我国在完成卫星导航领域自主可控。2020 年 1 月 10 日天通卫星正式面向全社会提供天通卫星通信服务。天通卫星移动通信系统是我国自主建设的首个卫星移动通信系统，在此之前我国海洋安全、森林安全、应急通信、抢险救灾等多个战略部署均需要依赖国际合作落地，全面受制于人。天通系统的商用，正式拉来了我国自主卫星移动通信时代的序幕。卫星互联网的建设更是我国卫星通信自主可控的战略性工程，推动卫星互联网的建设不仅填补了社会各行各业特定环境通信的需求，重要的是强化了我军的卫星通信水平，提供全球范围覆盖的通信网络。美国空军已经和 Space X 公司签署了一份价值高达 2800 万美金的合同，Space X 公司向美国空军开放 StarLink 的低轨星座，以便美国空军在未来 3 年的时间里，测试和探索在军事行动中使用低轨通信星座的方法。

4.3 军用芯片

4.3.1 军工芯片国产化率不足

模块层级基本具备集成能力，瓶颈在元器件层级的高端军用芯片。在军用集

成电路中，模块层级的混合集成电路，采用膜工艺（薄膜或厚膜工艺）以及更高密度集成的 MCM 和 SIP 封装技术实现。由于军事电子装备高性能、多功能、小型化、高可靠的迫切要求，随着微组装、封装和材料等技术的进步，混合集成电路技术发展很快。我国在混合集成电路领域起步较早，80 年代引进了一批膜集成工艺和设备，在军用混合集成电路领域应用广泛，基本具备集成能力。因此，我国军用集成电路的瓶颈仍在军工元器件层级的高端军用芯片。

我国半导体芯片近 5 年来每年进口高达 2000 亿美元，我国每年进口半导体芯片金额很大。自 2013 年起每年用于进口芯片的外汇高达 2000 多亿美元。2017 年我国进口集成电路 3770 亿块，同比增长 10.1%；进口金额 2601 亿美元，同比增长 14.6%。



军工元器件芯片也面临着国产化率不足的问题。由于军用芯片的特殊地位，世界各国均将其作为国家重点战略产业发展，采用国产自主研发芯片已成为各国共识。从上世纪 70 年代开始，美国、欧洲、日本等发达国家相继通过大量研发投入掌握了行业内最先进的工艺和技术，而韩国、新加坡 和我国台湾地区则从上世纪 90 年代起通过“民转军用”、联合开发、技术转让等方式，在军用芯片设计、芯片制造工艺、专用集成电路解决方案等方面取得了飞速发展。我国军用芯片的研究整体起步较晚、由于缺乏高端人才，在核心元器件设计、制造设备、制造工艺水平等方面较落后，在高端元器件领域大多仍依赖进口。

4.3.2 逆向+自主双管齐下，军工芯片逐款逐系列替代

进口芯片可得性不断降低，模块供应商切入元器件核心领域。军用模块供应商过去通常通过采购国外商用芯片或已淘汰军用芯片的方式获得核心元器件，并以此为基础进行二次开发和集成，设计完成实现特定功能的子模块。由于国外芯片的可得性不断降低以及军方整机厂对于核心元器件国产化率要求的不断提高，已有一些模块供应商切入元器件核心领域，投入到核心芯片的研发设计。逆向+自主双管齐下，军工芯片逐款逐系列替代。过去较长的一段时间里，我国军用芯片的研制，往往只能在参照国外产品功能及接口的基础上，采取逆向设计的方法实现功能仿制，产品的各种性能参数等技术指标基本不可能完全一致。对于产品设计时就已经选用了进口器件，因停产禁运等原因需用国产器件替代的，往往由于存在差异或未有使用经历，导致很多国产军用芯片替代较为困难。《电子元器件国产化替代工作探讨》一文曾就电子元器件国产化替代采纳情况进行了统计分析，仅有 35%可采纳国产替代，其余的国产件由于封装体积差异、关键性能指标差异、没有使用经历、质量可靠性达不到等原因未能替代使用。与此同时，国内科研机构在一些重点领域取得一些突破，如军用 CPU、自主可控 DSP、军用 GPU 等。

4.3.3 电子化为核心，军工芯片率先突围

我国现阶段信息化建设，以平台和武器装备的计算机化为核心，军工芯片至关重要。在军队信息化发展的初级阶段，以计算机控制的探测器材、单个作战平台和武器装备的计算机化为主要目标，而计算机化、信息化的硬件基础和核心器件为军工芯片。军用芯片是应用在军事领域的专业集成电路，广泛应用在军用计算机、导航、航空、航天、雷达、导弹等多个领域。芯片是信息化设备的核心元器件，被喻为信息化装备的“神经中枢”，军工芯片的性能和质量对于信息化装备的作战能力起着十分关键的作用。

以精确制导导弹为例阐述军用芯片对于武器装备作战能力的重要性。导弹载有战斗部、依靠自身动力装路推进、由控制系统控制其飞行轨迹并导向目标。导弹的精确制导离不开控制系统、火控系统 等系统的协同控制，而这些系统的核

心均为以处理器芯片为核心的专用集成电路。制导系统很大程度上决定了导弹的制导精度。导弹制导控制系统能够实时测量导弹与目标的相对运动参数、测量自身导航参数，并以一定的准确度自动地按照预定的制导律控制导弹飞向目标，是导弹的核心和关键部分，很大程度上决定了导弹的战术技术性能，特别是制导精度。

制导系统的硬件为是以处理器为核心的专用集成电路。控制器作为弹上的处理核心，将接收到的信息进行处理和解算，生成制导指令和控制指令，驱动舵机改变弹体姿态。在制导弹药的复杂系统中，核心芯片的精度、是否具备高速处理的能力、体积、重量和可靠性，决定了精确制导导弹是否可以在一定精度范围内击中目标。在一些对数据的完整性和实时要求较高的导弹控制系统中，多以数字信号处理 DSP 芯片为核心，辅助增加 FPGA 芯片，利用其强大的高速并行处理能力，协助进行数据的收发等功能。如在美军研发生产的世界上第一款动能反坦克导弹“洛萨特”导弹和火控系统均大量应用了高超速 FPGA 元件，以将导弹的控制反馈时间压缩到毫秒级水平。

4.3.4 保障国防安全，军工芯片自主可控志在必得

从软件到硬件，保障信息安全逐渐切入到核心-芯片国产化。近年来国家对于信息安全问题重视程度空前，软件层面“去 ioe”的浪潮此起彼伏。同时随着各种信息源互联渗透和融合，我国以往采取的限制、隔离等简单安全策略已经难以保障信息安全，硬件层面的芯片国产化等治本性措施将成为主流。芯片作为信息技术的硬件基础，保障芯片的自主可控是我国信息安全的必经之路。芯片的国产化将彻底扼住美国挖掘我国情报的最重要渠道，无论从国家信息安全还是市场空间角度，集成电路的国产化都将是国家重点投入推广的方向。检验是否自主可控，有一条基本的标准——信息安全不受制于人，产业发展不受制于人。这就必须做到知识产权自主可控、能力水平自主可控、发展自主可控、供应链自主可控、具备“国产”资质、利润不受制于人。

保障国防信息安全，我国使用国产军工芯片的重要性不言而喻。我国芯片大量从国外进口，给信息安全带来了重大威胁。军用芯片关乎国防安全，国产替代

急不可待。国外的军用芯片安全性无法保障，国外芯片制造商一旦通过在芯片面板某一程序上植入木马，就可以窃取数据或机密，也可以通过病毒、恶意软件来操控控制系统，引发信息安全的重大事故。从国外进口的军用芯片无疑是我国国防安全的危险后门，给我国的国防信息安全埋下了巨大隐患。

4.3.5 国外封锁，军工芯片国产问题迫切

美日韩等发达国家半导体技术领先，全球前 20 大半导体公司中，美国 8 家，日本 3 家，韩国 2 家。以美国为首的西方国家，一直对我国实行严格的军用级芯片材料禁运措施。2015 年 4 月 9 日，美国商务部决定对以中国超级计算机“天河”为业务主机的三家超级计算中心和“天河”的研制者国防科大采取限售措施，限售的产品则直指已在“天河二号”上装配近 10 万的英特尔“至强”CPU。

从上世纪 90 年代末至今，美国国会通过了一系列法案，禁止对华出口航天技术以及用于航天等军事用途的元器件，美国商务部列出了控制对华出口清单，同时通过施加压力等多种手段，干预其它国家对华军事及配套出口。欧洲对华出口限制也已长达半个多世纪，先后有“巴黎统筹委员会议案”和“瓦森纳协议”，多种元器件物资被纳入华战略禁运的特别清单上。另外已用军用芯片停产断档，也使得军工芯片国产化问题更为迫切。

4.3.6 受益于我军信息化建设，国产军工芯片将迎快速发展

信息化武器装备造价较高。由于信息化武器装备的造价要大大高于机械化装备，且信息化程度越高造价越高，推行军队信息化建设，发展信息化武器装备，是一项需要耗费巨资的大工程。二战时美国一艘航母造价 5500 万美元，一架作战飞机为 50 万美元；80 年代，一艘核动力航母为 40 亿美元，一架 F-22 “猛禽”战斗机为 1.3 亿美元，一架 B-2 隐形轰炸机为 21.6 亿美元。美国主导、多国参与开发的第五代战机——“F-35”的总研制、生产与采购费高达 2450 亿美元，纵览外军经验，武器装备信息化时期，我军信息化装备的采购支出未来将有明显的提升。从美军、俄军的信息化建设经验看，在信息化建设初期，武器装备信息化迅速提升，通常伴随着采购费用的迅速增长。上世纪 90 年代以后，各

国为加快军队信息化建设，加紧发展以信息技术为主导的高新技术武器装备，采购费用迅速攀升。美军从 1998 年到 2008 年，装备采购费增长超过 3 倍，达到 1647 亿美元的峰值，年复合增长率高达 11.6%。俄军 2012 年装备采购支出 243 亿美元，占军费预算的 40.6%，十年累计增长 10 倍。同样地，我军的信息化武器装备的采购费用也将随着信息化武器装备率的提升而快速增长。当前我国军费支出中，人员、装备和训练各占 1/3，预计 2021 年我军武器装备的采购支出在军费的比例会上升到 35%。其中，信息化武器装备 2016 年约为 30%，预计每年增长 1%。以我国未来 5 年军费预算以 7% 的增速增长计算，预计 2021 年我国信息化装备的采购支出将达到 1656 亿，年复合增长率为 11.6%。

基于军工芯片低国产化率现状，未来国产军工芯片市场将迎 20% 左右的高速发展。随着我军信息化武器装备率的提升，未来对军工芯片的需求也将快速增长。特别是鉴于军工芯片在信息化武器装备和核心作用和目前国产化率低的现状，国产芯片需求非常强烈。随着军工芯片研发制造的进一步突破，国产军工芯片市场将以高于其他信息化建设装备和器件的速度得以高速发展，预计未来 5 年年复合增长率将在 20% 左右。

5. 未来发展方向

5.1 信息化：优选国产化潜力大和竞争力较强公司

我国信息化进入加速追赶期。我国信息化水平总体上还处于起步阶段。“十四五”规划指出，要加快装备机械化、信息化、智能化融合发展。我们认为：装备信息化涵盖领域较广，包括元器件、芯片、电源、红外、通信、雷达等多个细分领域，蕴含机会较多。未来七年我国信息化建设将持续处于“发力追赶”的阶段。

5.1.1 连接器：中航光电、航天电器积极扩产

信息化建设加快推动特种连接器市场增长，中航光电、航天电器积极扩产。连接器是电气连接和信号传输必不可少的关键元器件，通过对信号快速、稳定、低损耗、高保真的传输，保证设备功能正常完成。2021 年全球连接器市场规模为 780 亿美元，中国连接器市场规模为 250 亿美元，同比增长 23.8%，是全球最大的连接器市场。随着装备信息化程度提高和现代化建设加快，特种连接器市场规模有望持续扩张。

图表 连接器企业扩产情况：

公司	项目名称	投资概算 (亿元)	建设周期	预计完成时间	达产后创收(亿元)
中航光电	中航光电新技术产业基地项目	10.243	36 个月	2020 年(已完成)	预计达产后年均营收 13.75 亿元
	光电技术产业基地项目(二期)	8.3273	36 个月	2022/6/30 (已完成)	预计达产后年均营收 10.03 亿元
	华南产业基地项目	22.5	48 个月	2024/12/31	预计达产后年均营收 40.38 亿元
航天电器	特种连接器、特种继电器产业化建设项目	2.845	36 个月	2023/12/31	预计达产后年均营收 5.16 亿元
	新基建用光模块项目	1.12	36 个月	2023/12/31	预计达产后年均营收 2.69 亿元

					元
	新基建等领域用连接器产业化建设项目	3.95	36 个月	2023/12/31	预计达产后年均营收 11.88 亿元
	贵州林泉微特电机产业化建设项目	1.983	36 个月	2023/12/31	预计达产后年均营收 3.88 亿元
	电磁继电器生产线条件建设项目	0.67	24 个月	2023 年	---

图表 连接器重点标的：

公司代码	公司简称	股价/元	市值/亿元	2021 年						
				营收/亿元	YoY	归母净利润/亿元	YoY	毛利率	净利率	ROE
002179.SZ	中航光电	64.6	1,027	128.7	24.9%	19.9	38.4%	37.0%	16.5%	18.2%
002025.SZ	航天电器	70.1	317	50.4	19.4%	4.9	12.4%	32.6%	11.2%	11.9%

5.1.2 特种芯片：装备信息化、国产化驱动行业发展

特种集成电路是国家战略资源，装备信息化、国产化建设驱动行业加速发展。我国现处于机械化向信息化迈进阶段，而特种集成电路是信息化建设的底层支撑，根据中国产业信息网预测，国家对特种装备网络信息化投入额将由 2019 年 1539 亿元增加至 2024 年 3072 亿元。建议关注：紫光国微、左江科技、景嘉微等。

公司代码	公司简称	股价/元	市值/亿元	2021 年
------	------	------	-------	--------

				营收 /亿元	YoY	归母净利润/ 亿元	YoY	毛利率	净利率	ROE
002049. SZ	紫光国 微	200.7	1,218	53.4	63.4%	19.5	142.3%	59.5%	37.1%	31.9%
300799. SZ	左江科 技	72.4	74	1.2	-41.0%	0.1	-94%	75.6%	0.9%	0.8%
300474. SZ	景嘉微	61.2	277	10.9	67.2%	2.9	41.0%	60.9%	26.8%	10.9%

5.1.3 红外：应用场景丰富，发展前景广阔

红外制导装备放量，红外热成像仪在特种领域应用快速提升。在国家积极推进装备信息化和现代化建设的大背景下，近年来红外热成像仪在我国特种领域的应用快速提升阶段，包括单兵、履带车、舰船、飞机和红外制导装备。同时，技术进步也有望使红外在消防、汽车、数字化转型等领域应用快速铺开。例如睿创微纳已发布多款汽车热成像夜视仪。我们认为：红外在 2021 年经历了测温需求下降和特种需求延缓，今年特种需求和工业应用有望恢复。建议关注：睿创微纳、高德红外、大立科技等。

公司代 码	公司简 称	股价/ 元	市值/ 亿元	2021 年						
				营收 /亿元	YoY	归母净 利润/ 亿元	YoY	毛利 率	净利 率	ROE
688002. SH	睿创微 纳	33.9	151	17.8	14.0%	4.6	-21.1%	58.3%	25.8%	14.7%
002414. SZ	高德红 外	12.1	397	35.0	5.0%	11.1	11.0%	55.9%	31.8%	17.5%

5.2 商业航天：卫星遥感应用发展较快

中国空间基础设施体系已基本完备，奠定了卫星应用服务快速发展的基础。2012 年以来中国卫星发射数量快速增加，年发射量由 2012 年的 22 颗，增加到 2021 年的 94 颗。截止 2021 年底，中国共有 504 颗卫星在轨运行，其中通信卫星、导航卫星和遥感卫星数量分别为 63 颗、49 颗和 265 颗，合计约占在轨卫星总数的 70%。卫星应用主要包括通信、导航、遥感三大类。2020 年北斗卫星导航系统和高分辨率对地观测系统建设相继收官，卫星互联网被纳入新基建范畴，空间基础设施日益完备，为下游卫星应用服务发展奠定了基础。

时空信息是大数据时代的基础底层数据，数字经济发展将拉动导航、遥感数据的需求。利用遥感卫星和导航卫星，获取地表目标时间、空间信息，以此为基础融合互联网、物联网、地理测绘等其他数据形成的时空大数据，将在商业服务、行政管理等方面产生较大的应用价值。我们认为：在国土资源和实景三维等需求拉动下，卫星遥感有望得到快速发展。同时我们也看到，2022 年上半年，航天宏图公告拟发行可转债募资 10.6 亿元，中科星图完成 15.5 亿元定增。建议关注：航天宏图、中科星图、振芯科技、北斗星通等。

公司代码	公司简称	股价/元	市值/亿元	2021 年						
				营收/亿元	YoY	归母净利润/亿元	YoY	毛利率	净利率	ROE
601698.SH	中国卫通	10.7	427	26.3	-2.8%	5.7	17.1%	37.5%	27.6%	4.9%
688568.SH	中科星图	65.1	143	10.4	48.0%	2.2	49.4%	49.5%	23.3%	16.5%
688066.SH	航天宏图	71.3	131	14.7	73.4%	2.0	55.2%	52.0%	13.6%	11.4%
300101.SZ	振芯科技	19.5	109	7.9	37.5%	1.5	87.9%	56.6%	17.3%	13.7%
002465.	海格通	8.7	199	54.7	6.9%	6.5	11.6	37.3%	12.7%	6.5%

SZ	信						%			
002151. SZ	北斗星 通	29.1	149	38.5	6.2%	2.0	38.2 %	29.2%	5.0%	4.7%
300627. SZ	华测导 航	33.8	180	19.0	35.0%	2.9	49.5 %	54.6%	15.2%	17.8%

5.3 航空产业投资：不断完善航空全产业链布局

中航科工投资业务主要由中航融富、中航科工香港、上海航投三家公司承担，职责定位略有不同，但均聚焦于航空领域。截至目前已经投资了安吉精铸、南京伺服等多个产业链公司。涉及无人机、航空零部件、钛合金等多个领域，将有助于公司进一步打造完善航空全产业链的布局。

公司	投资方向
中航融富	中航融富基金管理有限公司将作为普通合伙人发起设立并管理航空工业产业基金，专业投资于航空工业集团 <u>内航空发展项目、混改项目、结构调整项目、科研院所转制项目、上市公司定向增发等项目</u> ，同时可以投资 <u>航空工业集团及其附属公司之外、属于航空产业链的项目</u>
中航科工香港	作为中航科工国际并购战略布局的一部分，公司联合多家实力机构成立国际并购基金， <u>承接和整合集团公司海外并购业务</u> ，力争将公司打造成航空工业国际化并购融资平台
上海航投	主要从事航空相关产业投资、资产管理、投资管理，以及相关高科技产业领域内的技术开发、咨询、服务及转让相关业务

5.4 未来我国低轨卫星通信产业规模将超千亿

5.4.1 未来 5 年低轨通信卫星组网建设规模将超百亿

采用低轨卫星通信系统实现全球通信，所需卫星数量庞大，建设成本都在超百亿人民币规模。例如铱星系统 66 颗卫星，耗资约 50 亿美元；Starlink 系统至少投入约 100 亿美元；日本 LeoSat 低轨卫星通信系统共 108 颗卫星，耗资约

36 亿美元；我国“鸿雁”星座 300 颗卫星，首期投资约 200 亿元人民币，“虹云”星座 156 颗卫星，按此推断投资也将超过 100 亿人民币。因此，如果按照现在的计划开展建设，未来 5 年间我国在低轨通信卫星组网建设上的投入将超过 300 亿人民币。

图表 国内外低轨卫星通信系统造价比较：

名称	卫星数量	耗资
铱星	66 颗	约 50 亿美元
Starlink	12000 颗	>100 亿美元
OneWeb	882 颗	已融资 34 亿美元
03b	42 颗	已融资 12 亿美元
Leosat	108 颗	约 36 亿美元
鸿雁	300 颗	首期 200 亿人民币
虹云	156 颗	预计 100 亿人民币

5.4.2 低轨卫星通信全产业链市场规模将超千亿

根据美国卫星工业协会（SIA）发布的数据，2017 年全球卫星产业收入 2690 亿美元从卫星产业占比上来看，卫星制造业收入为 55 亿美元，占比约为 6%；卫星发射产业收入 46 亿美元，占比约为 2%；地面设备产业收入 1198 亿美元，占比约为 45%；卫星服务产业收入 1287 亿美元，占比约为 48%。由此可见，卫星制造、卫星发射所占整个卫星产业链产值规模不足 10%，前期投入卫星组网建设的费用，对整个产业链将带来超过 10 倍的产值规模。

根据前面估算，“鸿雁”和“虹云”低轨卫星通信系统组网投费用入估计将超过 300 亿人民币，根据 SIA 的数据，对于卫星产业链，组网建设费用约占产业链总产值的 7.5%，由此测算，后期地面设备投入将约为 1784 亿元，带来的卫星与地面服务产值将达到约 1916 亿元，。因此低轨卫星通信产业链总体产值将超过 4000 亿元。

卫星组网领域：在低轨卫星通信产业链中，卫星组网包括卫星制造与卫星发射两部分，将是全产业链最先受益的部分。这部分主要参与者为航天科技集团下属航天一院、航天五院、航天八院和航天九院，以及航天科工集团下属航天二院，涉及的上市公司主要有与卫星制造、火箭发射直接相关的中国卫星（600118.SH）、航天电子（600879.SH），以及与卫星组网间接相关的航天发展（000547.SZ）、航天机电（600151.SH）等。

地面设备领域：地面设备包括卫星地面接收站、移动卫星终端等，预计在低轨卫星通信建设初期，将类似 3GPP 提出的框架结构，即大部分移动终端设备利用地面网络，通过卫星信号地面接收站实现全球通信服务，小部分海上、偏远地区使用移动卫星终端直接与卫星实现通信，这部分用户类似目前天通卫星、天通手机的直连模式，华力创通（300045.SZ）、中兴通讯（000063.SZ）都已经开发了天通手机，具有前期优势，后期随着这部分市场的逐步壮大，其他厂商也将加入移动卫星终端的竞争中。目前在卫星与地面通讯服务领域，三大传统运营商仍是地面通信的主体，东方红移动是首个明确开展低轨卫星通信服务运营的公司，公司未来发展值得期待。