

航天新材料系列报告之二： 如何降低火箭的制造成本？

报告要点

我国航天已具备独立自主技术，当前建设星网、千帆万颗级星座的核心矛盾的是高昂发射成本。国内工业产业链可支撑运力需求，当前发射成本一般约 7-8 万元/公斤，最低也需 3 万元/公斤，远高于 SpaceX 的 0.64 万元/公斤。

由发射成本公式：发射成本=（单发制造成本+发射服务费）/LEO 有效载荷质量 可知，降本核心路径为降低单发制造成本和增加有效载荷质量，本报告重点论述如何降低单发制造成本。

降低单发制造成本需聚焦高占比环节，一级火箭占成本 60%-70%，发动机、结构系统分别占比约 50%、40%，因此一级可回收技术及优化核心系统生产方式，是降本的核心手段。

一级可回收技术是国内火箭企业中短期重点，其依赖推力可调、高精度制导控制等核心技术。猎鹰九号借此降低近七成制造成本。国内蓝箭航天、中科宇航等头部民营企业将在 1-2 年内密集测试该技术，预计 2030 年国内年发射量超百次，成本有望降至 2 万元/公斤以内。

商业航天正依托成熟的工业化生产逻辑实现制造成本稳步下降，逐步摆脱传统航天“手工定制、单件研制”的高成本模式。行业通过统一火箭及核心部件的规格标准、推行工业级公差要求、允许合理范围内的生产误差，大幅提升火箭及配套产品的量产能力，降低单件生产成本。同时借助流水线作业与数字化生产设备，大幅缩短产品研制周期，在可控试错中实现技术快速迭代，有效平衡生产效率、制造成本与产品可靠性，推动航天制造从高端定制化领域，逐步走向规模化、低成本的工业品制造赛道。

3D 打印技术作为火箭发动机成本最优的柔性制造方式，在降本增效中发挥着关键作用。发动机作为火箭核心部件，具有零部件数量繁多、年生产量有限、技术迭代速度快的特点，传统模具生产方式不仅需要投入高昂的开模成本，且零部件组装流程繁琐、生产周期漫长。而 3D 打印技术可灵活适配不同结构发动机的生产需求，在短时间内完成复杂结构制造。目前铂力特、华曙高科、银邦股份等企业已深度参与部分民营火箭公司的发动机 3D 打印生产过程，为技术落地和成本降低提供了有力支撑。

火箭结构件、航电系统等上游配套环节已率先实现专业化、模块化、批量化供给，成为降低火箭制造成本的重要支撑。大批工业级供应商将成熟的制造体系、严格的工艺标准与规模效应带入航天领域，打破了传统航天制造的封闭性。其中，寰宇航天、光年探索、超捷股份、爱思达等企业在箭体结构、贮箱、整流罩、复合材料部件等领域实现规模化制造，大幅降低了结构件生产成本；航宇伺服、陕西华达则在伺服系统、航天电子等配套方向，推动产品系列化、通用化发展。

风险提示：

- 1、若中国可回收液体火箭商业化进度不及预期，火箭和卫星产业都难以形成规模，进而导致各环节成本高企，星座组网进度不及预期，一方面可能导致 ITU 收回卫星轨道资源，产业难以形成正向循环发展，另一方面可能导致商业航天公司难以盈利，产业出清，进而对产业降本增效进程产生负面影响。
- 2、若商业航天支持政策力度有限，可能导致商业航天企业资金链断裂，导致产业发展不及预期。

有色金属

评级：看好

日期：2026.04.20

分析师 王何梦雅

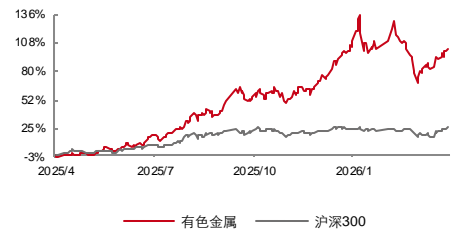
登记编码：S0950524100002

☎：13367000172

✉：wanghemengya@wkzq.com.cn

行业表现

2026/4/20



资料来源：Wind，聚源

相关研究

- 《2026 年海外铜企产量预期同比持平——海外 16 家年报全扫描》(2026/4/20)
- 《USGS 2025 年数据洞察：关注战略矿产，掌握资源主导权》(2026/4/15)
- 《2025 铜矿并购趋势变化及展望》(2026/3/26)
- 《需求高叠加供给约束，锂行业有望长期景气上行》(2026/3/26)
- 《镁合金零部件上车进展不断 镁合金产业增长有望提速》(2026/3/13)
- 《硬质合金及刀具系列三：飙升的钨价将推动刀具材料向何方演进》(2026/3/12)
- 《有色月跟踪：美国关键矿产战略持续演进，关注重点品种价值重估》(2026/3/4)
- 《清单品种扩容与国际合作加速——美国关键矿产发展跟踪》(2026/2/25)
- 《2026 年有色金属趋势展望》(2026/2/9)
- 《钨价中枢抬高存在强支撑，聚焦终端需求反馈》(2026/2/6)

内容目录

1.为什么要降低火箭的发射成本？	3
1.1 为什么要计算火箭的发射成本？	3
1.2 如何计算火箭的发射成本？	3
1.3 低成本是运力的前提	3
2. 如何降低火箭的发射成本？	3
3. 如何降低单发火箭的制造成本？	3
3.1 火箭制造成本的大头在哪里？	4
3.2 一级可回收技术可以降低近 60%的成本单价	5
3.3 火箭制造需要“走下神坛”，开启工业生产时代	7
4. 通过产业链相关公司的降本增效，火箭的制造成本有望持续下降	9
风险提示	10

图表目录

图表 1: 猎鹰九号结构示意图	4
图表 2: 猎鹰九号成本构成（含发射服务费用）	5
图表 3: 碳纤维价格自 2022 年以来腰斩	5
图表 4: 典型的运载火箭的成本构成	5
图表 5: 猎鹰九号通过近 30 次的回收，成本单价下降了近 60%	6
图表 6: 2022 年发射火箭数量约为 61 次，同比翻倍，迎来发射数量的质的飞跃	7
图表 7: 2025 年底到 2026 年上半年将会迎来国内民营火箭公司密集的首次液体火箭发射潮	7
图表 8: 以卫星为例，商业航天工业化举措及结果	8
图表 9: 猛禽三代型号大量使用 3D 打印隐藏了许多在一代型号中外露的管道和零件，重量由 2.03 吨下降至 1.53 吨	9

1.为什么要降低火箭的发射成本？

1.1 为什么要计算火箭的发射成本？

发射火箭的目的是将有效载荷送到预定高度的轨道。以发射低轨卫星为例，火箭通过发动机内燃料和氧化剂反应，进而对火箭产生反推力来加速到一定的轨道速度（第一宇宙速度，约7.9公里/秒），然后释放卫星，使其能够依靠其巨大的切向速度产生的离心力来平衡掉地球引力，实现绕地球飞行。

计算火箭的发射成本，本质是计算卫星上天的运输成本，对于理解卫星的综合成本（发射成本+卫星制造成本）有重要意义。

1.2 如何计算火箭的发射成本？

不同类型的卫星质量千差万别，运输轨道高度各不相同，从而导致了单颗卫星发射成本不能用于横向比较。如何统一发射成本的标准？常用的计量方式是在运输到相同高度的轨道，单位有效载荷质量的发射成本，即

$$\text{发射成本} = \frac{\text{单发火箭总成本}}{\text{运输到低轨轨道（500km）有效载荷质量}} = \frac{\text{单发火箭的制造成本} + \text{发射服务费用}}{\text{LEO有效载荷质量}}$$

（单位：万元/公斤）

1.3 降低发射成本是释放运力需求、实现大规模星座组网的重要前提

目前国内火箭的发射成本居高不下，一般约7-8万元/千克，最低也需3万元/千克。长征六号丙（液体火箭）竞拍价约为8万元/千克。以力箭一号（固体火箭）为例，其发射成本大约为7万元/千克。而根据我们测算，目前猎鹰九号的发射成本（按一级回收25次计）低至人民币0.64万元/千克。力箭二号发射成本可达3万元/千克，仍然高达猎鹰九号的4.6倍。

卫星互联网的建设仅年发射成本就和5G资本开支相近，高成本注定难以频繁发射。若猎鹰九号发射3万颗800千克卫星，则发射总成本约为1536亿元，按低轨卫星5年寿命计算，年投入仅313亿元。假如国内进行同样规模的卫星组网，按发射成本3万/千克计，每颗卫星平均重量800千克，目前发射总成本至少需要7200亿元（假设发射单价为3万元/千克），年投入高达1440亿元，将近2024年三大电信运营商的总资本开支（3189亿元）的一半，这对于组建通信互联网过于高昂。

唯有降低火箭的发射成本，才能实现基础设施的先行建设。

2. 如何降低火箭的发射成本？

由发射成本的公式可知，在发射服务费用外生给定的情况下，降低发射成本有两个途径：一是降低单发火箭的制造成本，二是增加有效载荷质量。

$$\text{发射成本} = \frac{\text{单发火箭的制造成本} + \text{发射服务费用}}{\text{LEO有效载荷质量}}$$

本文主要论述降低单发火箭制造成本的路径。

3. 如何降低单发火箭的制造成本？

拆解火箭的成本，从分级的角度看，一级火箭占比约60-70%，因此回收一级能非常有效地

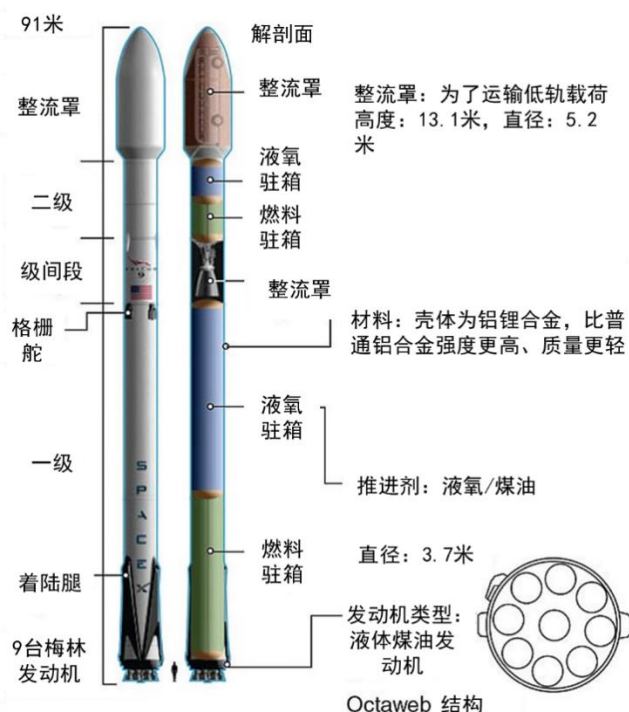
降低单发火箭的制造成本。

从分系统的角度看，发动机占比最大，约为 44%，其次是航电和结构，分别占比约 30%、26%，通过对应的改进工业生产方式能有效的降低其制造成本。

3.1 火箭制造成本的大头在哪里？

低轨任务的液体火箭一般分为 2 级。不考虑空气阻力和重力损失，火箭所能够获得的速度遵循齐奥尔科夫斯基火箭方程（以下称“火箭方程”）： $\Delta v = lsp \times \ln\left(\frac{m_0}{m_1}\right)$ 其中， v 是速度增量， lsp 是发动机比冲， m_0 是飞行器初始质量， m_1 是消耗推进剂后剩余质量。从中可以看出，要使火箭达到第一宇宙速度，需要极大的质量比，即箭体极薄。若采用多级火箭则可逐级抛掉无用质量，有效提升质量比和加速性能。但级数过多会增加连接分离机构，导致结构增重、技术复杂且可靠性下降，因此需在性能与复杂度间权衡。现代液体火箭一般为 2-4 级，对于低轨任务而言，一般为 2 级。

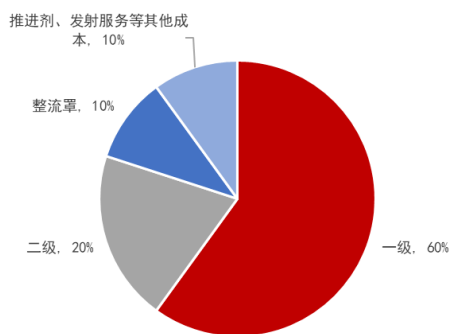
图表 1：猎鹰九号结构示意图



资料来源：Daily Mail，五矿证券研究所

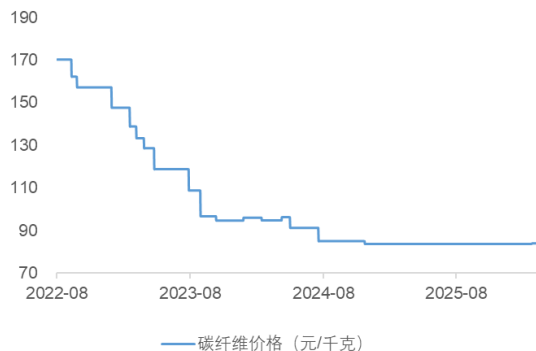
从分级的角度看，一级火箭成本占比最大，约 60-70%。以猎鹰九号为例，其一级约占整箭制造成本的 67%。其次是二级火箭和整流罩，合计占比约 30%左右。由于国内用于整流罩的碳纤维复合材料价格成本快速下降，我们认为国内商业火箭的二级和整流罩成本占比可能会更低。

图表 2：猎鹰九号成本构成（含发射服务费用）



资料来源：CNBC，五矿证券研究所

图表 3：碳纤维价格自 2022 年以来腰斩



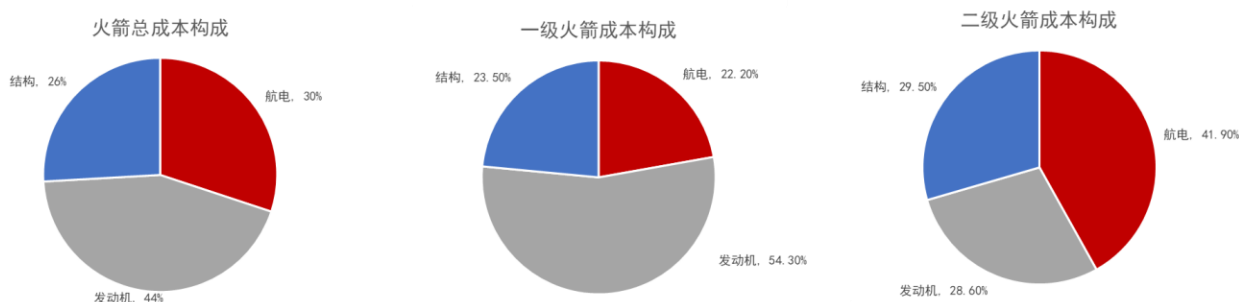
资料来源：百川盈孚，五矿证券研究所

注：价格截止至 2026 年 4 月 8 日

燃料成本占比极小，但重量占比高达 90%，体积占比 50%+，导致驻箱增重。以猎鹰九号为例，根据我们的测算，其燃料成本约为 160 万元人民币，占其边际发射成本（1665 万美元）的比例约为 1.3%。火箭通过向下高速喷射燃料燃烧产生的气体获得反作用力，在达到预定轨道期间，需要克服重力和气动阻力，不断加速达到第一宇宙速度（近地轨道），因此需要依赖大量燃料产生持续推力。因此火箭携带燃料的重量、体积占比极高，在 90% 左右，导致贮箱结构重量和空间占箭体结构 50% 以上。

从分系统的角度看，发动机是火箭成本的大头。根据我们的测算，传统运载整箭中发动机、结构系统（含贮箱）、航电各占整箭成本的 44%、26%、30%。但因为国内用于整流罩的碳纤维复合材料价格成本快速下降，发动机台数不断增加，结构材料、航电部件逐渐规模化，所以我们推测未来商业火箭成本结构中，发动机占比会比传统运载火箭更高，结构和航电系统的占比会有所下降。

图表 4：典型的运载火箭的成本构成



资料来源：spaceX，《基于财务管理视角的 SpaceX 公司火箭低成本分析及启示》，五矿证券研究所

由此可见，**如果需要降低单发火箭的制造成本，需要重点关注一级火箭和发动机，其次是结构和航电系统。**

3.2 一级可回收技术可以降低近 60% 的成本单价

从火箭级数的角度看，一级成本占比约 60-70%，因此通过回收一级火箭，有望大幅降低火箭的发射成本。

我们以猎鹰九号为例，进行具体的测算：

猎鹰九号通过回收一子级火箭和整流罩，能降低了近七成的单枚火箭制造成本。可回收模式下，猎鹰九号回收一级火箭和整流罩，其一级火箭、整流罩的建造成本约为 3000、500 万美

元，其回收修缮费用约 25 万美元，如今猎鹰九号最多复用次数达到了 31 次，假设其平均回收一级次数为 25 次，单次回收模式的发射成本约为 1665 万美元，较不可回收模式降低成本约 3335 万美元，降低了约 67%。

尽管猎鹰九号回收模式降低了有效载荷约 4.5 吨，但成本单价下降了近 60%。因为在回收阶段需要额外的燃料提供反向动力，使火箭降落到海平面，所以减少了 4.5 吨的有效载荷。根据我们测算，**猎鹰九号回收 2 次，便可实现和不可回收模式一致的成本。**不可回收模式下的成本单价约为 1.54 万元/千克，若猎鹰九号平均回收 25 次，则可回收模式下的成本单价约为 0.64 万元/千克，相较于不可回收模式降低了约 59% 的成本。

图表 5：猎鹰九号如今成本单价下降约 59%

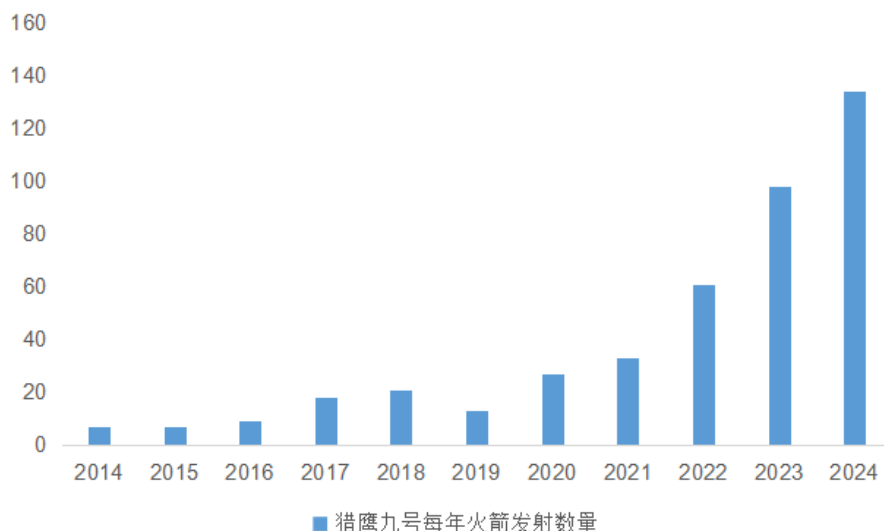
	不可回收		可回收	
	成本	占比	成本	占比
一级 (万美元)	3,000	60%	120	7%
二级 (万美元)	1,000	20%	1,000	60%
整流罩 (万美元)	500	10%	20	1%
推进剂、发射服务等其他成本 (万美元)	500	10%	500	30%
修缮费用 (万美元)			25	
成本合计 (万美元)	5,000		1,665	
有效载荷质量 (吨)	22.8		18.3	
成本单价 (万美元/千克)	0.22		0.09	
成本单价 (万元人民币/千克)	1.54		0.64	

资料来源：CNBC，五矿证券研究所

注：按回收次数 25 次计，美元兑人民币汇率为 7 计。

可回收技术的成功依赖于推力大范围可调技术、高精度制导导航与控制等多项高难度精细控制技术，需要反复试验，高度依赖于经验。以猎鹰 9 号一级火箭回收着陆为例，其三台发动机推力需精确可调，才能让火箭平稳着陆（着地时速度基本为零）；在火箭返回过程中需要通过格栅舵控制、发动机矢量控制等手段精确控制姿态、位置和速度，最终实现定点着陆。此外，保证重复使用可靠性也具有一定难度，2015 年 12 月猎鹰九号成功回收一级火箭，2022 年发射火箭数量约为 61 次，同比翻倍，迎来发射数量的质的飞跃，2024 年发射次数高达 134 次，截至 2025 年 11 月 18 日，SpaceX 总计成功复飞 500 次，单枚火箭最高复飞 31 次。历时约 10 年，猎鹰九号的应用逐渐成熟，可见可回收技术是一项高难度的经验工程。

图表 6：2022 年发射火箭数量约为 61 次，同比翻倍，迎来发射数量的质的飞跃



资料来源：Space.com，五矿证券研究所

随着越来越多的商业火箭公司入局，可回收技术可能在 2027 年左右逐渐被掌握。截至报告发布日，国内尚未有液体火箭成功回收，根据公开资料总结，2025 年底到 2026 年上半年将会迎来国内民营火箭公司密集的首次可回收液体火箭发射潮，其中部分公司不进行回收验证。我们认为在 2026-2027 年商业液体火箭发射频次有望开始爆发，借鉴猎鹰九号在 2015 年首次回收成功、2017 年开始密集可回收发射的经验，一级可回收技术有望在 2027 年被掌握，在 2028 年左右国内商业液体火箭发射有望实现数十次/年，在 2030 年左右实现百余次发射/年。

在初期，由于经验的缺乏，火箭机构设计尚不成熟，发动机推力还不大，回收次数很少，成本曲线的下降并不会非常陡峭。随着经验的增加和设计的完善，回收次数将会逐渐变多，成本下降将更为剧烈。回收次数若在 10 次以上，回收成本可以近似忽略，一级子级可以相当于完全复用。参考猎鹰九号目前的发射成本，未来行业发射成本有望下降至 2 万元/千克以内。

图表 7：2025 年底到 2026 年上半年将会迎来国内民营火箭公司密集的首次液体火箭发射潮

公司	火箭型号	液体可回收火箭（计划）首飞时间
蓝箭航天	朱雀三号	2025年12月
中科宇航	力箭二号	2026年3月
星河动力	智神星一号	2026年上半年
天兵科技	天龙三号	2026年4月
星际荣耀	双曲线三号	2026年底

资料来源：公司官网，北京日报，人民日报，新浪，五矿证券研究所

3.3 火箭制造需要“走下神坛”，开启工业生产时代

火箭原本是需要保证万无一失的航天事业，SpaceX 向世人证明火箭也可以是通往太空的交通工具，完全可以通过工业生产的理念来极大程度地降低成本，国内商业航天也在逐步吸取现代工业的理念，不断地降本增效。

火箭成本的大幅下降需要吸引更多市场参与者入局，由“定制化生产”转向“工业化生产”。过去，火箭更多被视作国家战略工程，是单件定制、工艺保密、人工经验主导的“手工艺式”制造模式，制造往往动辄数年，零件数量庞杂、工序复杂、成本高昂。猎鹰九号打破了这一

传统观念，将其视作一种交通工具，在设计过程将零部件和生产流程标准化、模块化，使其更接近于汽车产业链。这样才能吸引市场化主体参与供应链，以减少定制化流程，尽可能发挥规模效应，使得火箭制造成本快速下降。如猎鹰九号的箭体材料基本保持为铝锂合金，一级的9台发动机为同一设计。

福特通过构建“标准化+规模化+闭环化”的完整体系，彻底打破传统手工制造模式，重塑了现代工业生产的底层逻辑。它以零件标准化、公差控制为基础，搭配移动装配线与专业化分工，大幅提升生产效率、降低成本，同时通过高工资带动大众消费，形成良性生产闭环，将汽车从富人奢侈品变为大众消费品，其创立的生产范式至今仍是全球制造业的核心遵循。

商业航天的发展正复刻这一逻辑，打破传统航天“手工定制、单件研制”的模式，逐步转向现代化流水线与自动化生产。商业航天正逐步将工业标准全面应用于卫星、火箭零部件生产，制定统一的规格与技术规范，同时引入公差控制，允许零部件存在合理微小误差，无需追求绝对零误差，如领益智造将消费电子领域的微米级公差控制应用于卫星结构件生产，大幅提升量产可行性；像银河航天南通卫星智慧工厂，通过“智慧大脑+自动化设备”搭建卫星流水线，将研制周期缩短80%，彻底改变传统手工造星的低效模式；同时，商业航天也秉持“允许合理失败”的理念，不追求绝对完美，通过标准化检测筛选不合格产品、建立故障分析与纠正机制，在可控的失败试错中迭代优化，平衡量产效率、成本与航天产品可靠性，正如福特重塑汽车工业那样，推动航天产业从“小众高端”向“规模化、低成本”转型。

图表 8：以卫星为例，商业航天工业化举措及结果

维度	福特汽车工业化举措	福特举措带来的结果	商业航天类似举措	商业航天举措带来的结果
零件标准化与公差控制	为T型车统一零件尺寸、材质与工艺标准，明确公差范围，允许合理误差，废除手工修配，实现零件通用互换	零件可全域互换，生产难度大幅降低，为大规模量产奠定基础，同时减少手工成本	借鉴标准化理念，将工业标准应用于卫星、火箭零部件生产，制定统一规格与技术规范，引入公差控制，允许零部件存在合理微小误差，如领益智造将消费电子领域的微米级公差控制应用于卫星结构件生产	提升量产可行性，降低生产难度与成本，打破“手工定制、单件研制”的传统模式
流水线与自动化生产	1913年推出移动装配线，将整车装配拆解为数千道简单工序，工人固定工位重复单一动作，车体由传送带匀速流转	T型车装配时间从12.5小时缩短至90分钟内，后期压缩至9分钟，生产效率呈指数级提升，汽车从富人玩具变为大众消费品	搭建智慧流水线，引入自动化设备与数字化技术，如银河航天南通卫星智慧工厂通过“智慧大脑+自动化设备”实现卫星流水线生产，采用三维模型投影、自动化测量、柔性力控装备等技术优化工序	研制周期缩短80%，装配效率提升80%以上，装配时间缩短70%，彻底改变传统手工造星的低效模式
专业化分工	将复杂造车工作拆分为数百个简单工序，工人专注单一动作，无需全能工匠	大幅降低对工人技能的要求，快速扩大产能，同时提升作业一致性	对卫星装配工艺流程进行拆解、优化，将工序串联形成高效工艺路线，实现人机协作与自动装配的有效融合	提升生产效率与装配精度，推动生产模式从“匠人主导”向“流程主导”转变
质量管控与容错机制	建立统一质量检测流程，以公差为合格判断标准，允许一定比例不合格零件存在，通过检测筛选剔除，不追求绝对零误差	平衡生产效率与产品质量，避免因过度追求完美导致成本攀升与效率下降	秉持“允许合理失败”的理念，建立标准化检测与故障分析纠正机制，通过“下发-试用-迭代”模式持续优化，如银河航天智能工厂数据分析与数字看板模块3个月内迭代7-10次	平衡量产效率、成本与航天产品可靠性，在可控试错中加速技术迭代，推动产业从“小众高端”向“规模化、低成本”转型
规模化消费闭环	1914年推出月薪5美元、8小时工作制，提升工人收入，使工人成为汽车消费者	形成“高效率→低成本→高销量→高工资→更大市场”的良性循环，T型车价格从800多美元降至不到300美元，累计销量超1500万辆	通过降低卫星发射与制造成本，推动卫星互联网等普惠化太空服务落地，扩大市场需求，形成“规模化生产→成本下降→需求增长→进一步规模化”的闭环	推动航天产业从“小众高端”走向“大众普惠”，为大规模太空应用与商业航天可持续发展奠定基础

资料来源：人民日报，百度有驾，五矿证券研究所

在商业航天工业化转型的进程中，3D打印技术正成为关键的催化剂，进一步放大了福特式生产逻辑的优势，为商业航天的工业化改造提供了更高效、更灵活的路径。

3D打印通过“增材制造”的方式，是发动机成本最小的柔性制造方式，天然适配标准化与公差控制的理念。火箭的发动机年产量小，零部件数量众多，结构复杂，且每枚火箭的发动机都可能新的改进，而开模成本高，投资周期长，3D打印可以直接根据统一的数字模型生产复杂零部件，无需传统的模具与工装夹具，大幅降低了每次改进零件定制化的门槛与成本。此外，3D打印可以将复杂部件集成制造，实现其他制造方法无法实现的复杂内部结构，将零件数量锐减至个位数，进而降低材料、装配和供应链管理成本，缩短制造周期。同时，通过优化打印参数与材料配方，3D打印能够精准控制零件尺寸公差，在保证航天级可靠性的前提下，实现批量生产的一致性与可追溯性。

例如，星河动力比较涡轮盘机加成型与3D打印成型两种方案，机加成型需要20~25天，

3D 打印仅需要 3~4 天，缩短 80% 制造周期。天兵科技表示，3D 打印技术使其发动机制造成本降低至原来的一半左右。国内民营火箭公司也大量在发动机中应用了 3D 打印技术，如深蓝航天的雷霆-5 发动机全机 85% 重量的零件都由 3D 打印技术制作。铂力特、飞而康（银邦股份子公司）、华曙高科的 3D 打印零部件、设备和服务有望在火箭发动机中得到更多应用。

图表 9：猛禽三代型号大量使用 3D 打印隐藏了许多在一代型号中外露的管道和零件，重量由 2.03 吨下降至 1.53 吨



资料来源：SpaceX，五矿证券研究所

结构件与航电系统等上游环节率先实现专业化、批量化、模块化供给，一大批工业级供应商加速入局，把成熟的制造体系、工艺标准与规模效应全面带入航天领域这些企业不再局限于传统航天的小批量定制模式，而是以标准化部组件、通用化接口、工业化产线、规模化交付为核心，为商业火箭、卫星平台提供稳定、低成本、可快速复制的配套能力，真正让航天制造从“研制品”走向“工业品”。

例如，寰宇航天致力于成为火箭领域的专业 OEM 厂商，面向多家火箭企业提供箭体结构、贮箱等关键部组件的规模化制造；光年探索聚焦低成本、高可靠性的箭体结构，为火箭公司提供不锈钢胀形贮箱与木蒙皮整流罩，以材料创新与工艺改进降低制造成本；超捷股份依托成熟的精密制造能力，为商业航天提供壳段、尾段、整流罩、航天紧固件、箭体阀门等一系列标准化结构与功能部件；爰思达则专注碳纤维复合材料结构件，为多家火箭企业提供高性能、轻量化的复合材料整流罩，实现批量化稳定交付。

在航电与电气系统领域，同样呈现出高度工业化的配套格局：航宇伺服为商业火箭提供成熟的伺服系统，已与东方空间、中科宇航等多家主流企业形成稳定合作；陕西华达面向商业航天提供标准化、高可靠的电互联产品，以工业级规模与质量体系支撑批量配套。

4. 通过产业链相关公司的降本增效，火箭的制造成本有望持续下降

中国航天事业发展数十余年，成为了全球为数不多具备独立自主航天技术的国家，航天技术的先进性在国内显然不是最核心的矛盾。若要建设星网和千帆两大万颗以上星座，**目前基础设施投入前置的最大矛盾是高昂的成本**，若成本下降可接受范围内，运力对于国内成熟的工业产业链来说不是问题。

目前火箭发射成本高达 7-8 万元/公斤，而 SpaceX 发射成本折合人民币低至约 0.64 万元/公斤，中国若建设 3 万颗 800kg 的星座，则需要年投入发射成本约 1440 亿元，对于通信网的建设来说是巨大的负担。

那么如何降低火箭的发射成本？根据
$$\text{发射成本} = \frac{\text{单发火箭的制造成本} + \text{发射服务费用}}{\text{LEO 有效载荷质量}}$$
 可知，**降**

低火箭发射成本有两条路径：一是降低单发火箭的制造成本，二是增加有效载荷质量。

如何降低火箭的制造成本？

首先需要知道从火箭的哪个系统入手最具降本性价比。从分级角度看，一级火箭占比约60-70%，是绝对大头。从分系统角度看，发动机和结构系统占比约50%、40%。**因此降低单发火箭的制造成本最有效的方式有：一级可回收技术、使用更合理的工业生产方式来给发动机和结构、航电系统降本增效。**

可回收技术是当前火箭总设计公司的中短期发力点。可回收技术的成功依赖于推力大范围可调技术、高精度制导导航与控制等多项高难度精细控制技术，需要反复试验，高度依赖于经验。猎鹰九号通过可回收技术，降低了近七成的单枚火箭制造成本。目前头部的民营火箭公司如蓝箭航天、中科宇航、星河动力、天兵科技等都将会在近1-2年不断测试实验火箭一级可回收技术。未来随着可回收技术逐渐被国内火箭公司成熟掌握，国内火箭运力有望爆发式增长，预计在2030年有望达到年发射量百余次。未来我国的火箭发射成本也有望下降至2万元/公斤以内。

商业航天正复刻福特汽车的工业化逻辑，从传统“手工定制、单件研制”转向标准化、流水线与自动化生产。行业通过统一规格、推行工业级公差、允许合理误差，大幅提升量产能力；同时以流水线与数字化设备缩短研制周期，在可控试错中快速迭代，平衡效率、成本与可靠性，推动航天从高端定制走向规模化、低成本制造。

3D打印是火箭发动机成本最优的柔性制造方式。火箭成本占比约一半的发动机零部件数量众多，年生产数量有限，迭代速度快，传统模具生产方式要开模、成本高昂，零部件组装繁琐、周期长，3D打印能灵活的在短时间内生产不同结构的发动机，在结构内壁中集成多条管路，实现复杂的结构，减少了相当大比例的零部件数量，大大缩短生产成本和周期。目前铂力特、华曙高科、银邦股份等公司参与了部分民营火箭公司的发动机3D打印生产过程。

结构件与航电系统等上游环节率先实现专业化、模块化、批量化供给。大批工业级供应商将成熟制造体系、工艺标准与规模效应带入航天，以标准化部组件、通用化接口、工业化产线实现稳定交付，让航天制造从“研制品”真正转向“工业品”。寰宇航天、光年探索、超捷股份、爱思达等企业在箭体结构、贮箱、整流罩、复合材料部件等领域实现规模化制造；航宇伺服、陕西华达则在伺服、航天电子等方向推动配套体系系列化、通用化，共同构建起商业航天完整的工业化供应链。

风险提示

1、若中国可回收液体火箭商业化进度不及预期，火箭和卫星产业都难以形成规模，进而导致各环节成本高企，星座组网进度不及预期，一方面可能导致ITU收回卫星轨道资源，产业难以形成正向循环发展，另一方面可能导致商业航天公司难以盈利，产业出清，进而对产业降本增效进程产生负面影响。

2、若商业航天支持政策力度有限，可能导致商业航天企业资金链断裂，导致产业发展不及预期。

分析师声明

作者在中国证券业协会登记为证券投资咨询(分析师),以勤勉的职业态度,独立、客观地出具本报告。作者保证:(i)本报告所采用的数据均来自合规渠道;(ii)本报告分析逻辑基于作者的职业理解,并清晰准确地反映了作者的研究观点;(iii)本报告结论不受任何第三方的授意或影响;(iv)不存在任何利益冲突;(v)英文版翻译与中文版有所歧义,以中文版报告为准;特此声明。

投资评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级(另有说明的除外)。评级标准为报告发布日后6到12个月内的相对市场表现,也即以报告发布日后的6到12个月内的公司股价(或行业指数)相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中:A股市场以沪深300指数为基准;香港市场以恒生指数为基准;美国市场以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准。	股票评级	买入	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在20%及以上;
		增持	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于5%~20%之间;
		持有	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于-10%~5%之间;
		卖出	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在-10%及以下;
		无评级	预期对于个股未来6个月市场表现与基准指数相比无明确观点。
	行业评级	看好	预期行业整体回报高于基准指数整体水平10%以上;
		中性	预期行业整体回报介于基准指数整体水平-10%~10%之间;
		看淡	预期行业整体回报低于基准指数整体水平-10%以下。

一般声明

五矿证券有限公司(以下简称“本公司”)具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本公司不会因接收人收到本报告即视其为客户,本报告仅在相关法律许可的情况下发放,并仅为提供信息而发放,概不构成任何广告。本报告的版权仅为本公司所有,未经本公司书面许可,任何机构和个人不得以任何形式对本研究报告的任何部分以任何方式制作任何形式的翻版、复制或再次分发给任何其他人。如引用须联络五矿证券研究所获得许可后,再注明出处为五矿证券研究所,且不得对本报告进行有悖原意的删节和修改。在刊载或者转发本证券研究报告或者摘要的同时,也应注明本报告的发布人和发布日期及提示使用证券研究报告的风险。若未经授权刊载或者转发本报告的,本公司将保留向其追究法律责任的权利。若本公司以外的其他机构(以下简称“该机构”)发送本报告,则由该机构独自为此发送行为负责。

本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断,本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入或将产生波动;在不同时期,本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告;本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时,本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改,投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本报告的作者是基于独立、客观、公正和审慎的原则制作本研究报告。本报告的信息均来源于公开资料,本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证,也不保证所包含信息和建议不发生任何变更。本公司已力求报告内容的客观、公正,但文中的观点、结论和建议仅供参考,不包含作者对证券价格涨跌或市场走势的确定性判断。在任何情况下,报告中的信息或意见不构成对任何人的投资建议,投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。在任何情况下,本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利,不与投资者分享投资收益,也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。本公司及作者在自身所知情范围内,与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

五矿证券版权所有。保留一切权利。

特别声明

在法律许可的情况下,五矿证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易,也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此,投资者应当考虑到五矿证券及其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突,投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

联系我们

上海	深圳	北京
地址:上海市浦东新区陆家嘴街道富城路99号震旦国际大厦30楼 邮编:200120	地址:深圳市南山区滨海大道3165号五矿金融大厦23层 邮编:518035	地址:北京市东城区朝阳门北大街3号五矿广场C座3F 邮编:100010

Analyst Certification

The research analyst is primarily responsible for the content of this report, in whole or in part. The analyst has the Securities Investment Advisory Certification granted by the Securities Association of China. Besides, the analyst independently and objectively issues this report holding a diligent attitude. We hereby declare that (1) all the data used herein is gathered from legitimate sources; (2) the research is based on analyst's professional understanding, and accurately reflects his/her views; (3) the analyst has not been placed under any undue influence or intervention from a third party in compiling this report; (4) there is no conflict of interest; (5) in case of ambiguity due to the translation of the report, the original version in Chinese shall prevail.

Investment Rating Definitions

The rating criteria of investment recommendations		Ratings	Definitions
The ratings contained herein are classified into company ratings and sector ratings (unless otherwise stated). The rating criteria is the relative market performance between 6 and 12 months after the report's date of issue, i.e. based on the range of rise and fall of the company's stock price (or industry index) compared to the benchmark index. Specifically, the CSI 300 Index is the benchmark index of the A-share market. The Hang Seng Index is the benchmark index of the HK market. The NASDAQ Composite Index or the S&P 500 Index is the benchmark index of the U.S. market.	Company Ratings	BUY	Stock return is expected to outperform the benchmark index by more than 20%;
		ACCUMULATE	Stock relative performance is expected to range between 5% and 20%;
		HOLD	Stock relative performance is expected to range between -10% and 5%;
		SELL	Stock return is expected to underperform the benchmark index by more than 10%;
		NOT RATED	No clear view of the stock relative performance over the next 6 months.
	Sector Ratings	POSITIVE	Overall sector return is expected to outperform the benchmark index by more than 10%;
		NEUTRAL	Overall sector expected relative performance ranges between -10% and 10%;
		CAUTIOUS	Overall sector return is expected to underperform the benchmark index by more than 10%.

General Disclaimer

Minmetals Securities Co., Ltd. (or "the company") is licensed to carry on securities investment advisory business by the China Securities Regulatory Commission. The Company will not deem any person as its client notwithstanding his/her receipt of this report. The report is issued only under permit of relevant laws and regulations, solely for the purpose of providing information. The report should not be used or considered as an offer or the solicitation of an offer to sell, buy or subscribe for securities or other financial instruments. The information presented in the report is under the copyright of the company. Without the written permission of the company, none of the institutions or individuals shall duplicate, copy, or redistribute any part of this report, in any form, to any other institutions or individuals. The party who quotes the report should contact the company directly to request permission, specify the source as Equity Research Department of Minmetals Securities, and should not make any change to the information in a manner contrary to the original intention. The party who re-publishes or forwards the research report or part of the report shall indicate the issuer, the date of issue, and the risk of using the report. Otherwise, the company will reserve its right to taking legal action. If any other institution (or "this institution") redistributes this report, this institution will be solely responsible for its redistribution. The information, opinions, and inferences herein only reflect the judgment of the company on the date of issue. Prices, values as well as the returns of securities or the underlying assets herein may fluctuate. At different periods, the company may issue reports with inconsistent information, opinions, and inferences, and does not guarantee the information contained herein is kept up to date. Meanwhile, the information contained herein is subject to change without any prior notice. Investors should pay attention to the updates or modifications. The analyst wrote the report based on principles of independence, objectivity, fairness, and prudence. Information contained herein was obtained from publicly available sources. However, the company makes no warranty of accuracy or completeness of information, and does not guarantee the information and recommendations contained do not change. The company strives to be objective and fair in the report's content. However, opinions, conclusions, and recommendations herein are only for reference, and do not contain any certain judgments about the changes in the stock price or the market. Under no circumstance shall the information contained or opinions expressed herein form investment recommendations to anyone. The company or analysts have no responsibility for any investment decision based on this report. Neither the company, nor its employees, or affiliates shall guarantee any certain return, share any profits with investors, and be liable to any investors for any losses caused by use of the content herein. The company and its analysts, to the extent of their awareness, have no conflict of interest which is required to be disclosed, or taken restrictive or silent measures by the laws with the stock evaluated or recommended in this report.

Minmetals Securities Co. Ltd. 2019. All rights reserved.

Special Disclaimer

Permitted by laws, Minmetals Securities Co., Ltd. may hold and trade the securities of companies mentioned herein, and may provide or seek to provide investment banking, financial consulting, financial products, and other financial services for these companies. Therefore, investors should be aware that Minmetals Securities Co., Ltd. or other related parties may have potential conflicts of interest which may affect the objectivity of the report. Investors should not make investment decisions solely based on this report.

Contact us

Shanghai

Address: 30/F, Zhendan International Building, No.99 Fucheng Road, Lujiazui Street, Pudong New District, Shanghai
Postcode: 200120

Shenzhen

Address: 23F, Minmetals Financial Center, 3165 Binhai Avenue, Nanshan District, Shenzhen
Postcode: 518035

Beijing

Address: 3/F, Tower C, Minmetals Plaza, No.3 Chaoyangmen North Street, Dongcheng District, Beijing
Postcode: 100010