国防军工

发布时间：2024-02-29

证券研究报告 / 行业深度报告

商业航天产业生态逐步形成，未来降本增量持续兑现

---运载火箭行业深度报告

优于大势

上次评级:优于大势

报告摘要：

一次科技革命，一代基础设施。2023 年全球共完成火箭发射 221 次，SpaceX 独占 98 次，占比 44.34%。近年来，Starlink 已发射了 5000 多颗低轨卫星系统，SpaceX 基于低成本火箭快速组网并逐渐进入了商业运营阶段，深刻影响了国际通信市场的发展。SpaceX 将在 3 月完成星舰的第三次试飞，若成功入轨则标志着太空重型运载时代即将到来，星链组网进程也将迅速推进。**随着全球卫星市场的结构性变化，以及美国 SpaceX 的成功示范效应，中国不断自主完善航天产业体系，推动中国商业火箭行业的快速发展。**中国在 2023 年完成了 67 次航天发射，占全球发射总数的 30%，刷新了历史新高。中国空间站开启常态化运营，同时，中国商业航天也迎来了井喷式发展，包括天兵科技的天龙二号遥一运载火箭成功首飞，以及星际荣耀的双曲线二号实现可回收的液氧甲烷火箭垂直起降。同时，蓝箭航天的朱雀二号成为人类首次入轨的液氧甲烷运载火箭。

低轨卫星组网需求引领者商业火箭行业蓬勃发展。随着全球对高速、低延迟互联网接入的需求日益增长，低轨卫星通信网络成为了实现这一目标的关键技术。全球低轨卫星网络计划部署数万颗卫星，以提供全球范围内的互联网覆盖，特别是在偏远地区和传统地面网络难以到达的地方。中国星网集团的卫星组网计划，即在 2030 年之前完成 1.3 万颗低轨卫星的组网，是中国在这一领域的重要布局。除此之外，上海垣信的千帆星座及各商业航天公司及智能车企也在低轨卫星领域积极布局，这些计划不仅体现了中国在商业航天领域的发展决心，也为国内商业火箭行业带来了巨大的市场需求。

不同商业火箭制造商差异体现在所用燃料、推力大小、是否具备试车环境以及是否可回收等方面。以液体发动机为研制方向的企业，商业逻辑主要在于通过可回收火箭重复利用提升发射频率和减少研制成本，进而降低整体发射价格、提升行业竞争力获得更多商业发射订单；以固体发动机为研制方向的企业，商业逻辑在于以保持固体火箭的稳定性和运载能力持续增强的基础上，持续获得军贸订单和军工发射订单，加大远距离轨道运载能力。

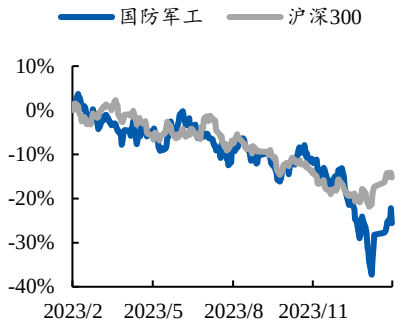
星箭制造发射一体化、产业化聚集渐成趋势。随着海南文昌国际航天发射场、山东海阳东方航天港提出以发射资源为牵引、产业集群化发展的思路，给星箭制造发射一体化和产业化聚集提供了可能，将加速提升我国航天发射效率，推动航天产业化发展；重复使用是航天运输系统发展的必然趋势。运载火箭作为航天运输工具，重复使用是回归“运输”本质的重要途径，采用垂直起降重复使用技术研制的运载能力高、单位载荷发射经济性好的中重型可重复运载火箭是航天运输系统未来发展的必然趋势。

太空旅游是商业发射产业化发展的重要组成。载人飞行已不仅是国家层面的任务，而是不断向商业服务层面延伸，太空货运、太空旅游将在未来逐渐成为热门行业。利用亚轨道飞行技术、组合动力技术可以为普通人提供置身微重力环境的空间体验并实现常态化航班飞行。同时，以航天资源为基础，通过科技创意和太空创意，服务大众消费，能够不断催生新的经济增长点。

以 SpaceX 为代表的商业航天公司正快速发展，通过高科技技术和高性能产品，引领着商业航天不断迈向新的阶段。他们已经跨越了传统航天发展的第一曲线，正沿着第二曲线的指数增长曲线高速前进。而我们尚未完成从第一曲线向第二曲线的跨越，而低成本商业运载火箭正是最大的制约因素。未来，当我们建立起自己的低成本运载系统后，将激发更多的空间基础设施需求，航天发展将真正进入一个新的时代。

风险提示：火箭研制进度不及预期；资金支持不及预期等。

历史收益率曲线



涨跌幅（%）	1M	3M	12M
绝对收益	-1%	-16%	-26%
相关收益	-6%	-16%	-12%

行业数据

成分股数量（只）	136
总市值（亿）	18626
流通市值（亿）	8185
市盈率（倍）	60.47
市净率（倍）	2.47
成分股总营收（亿）	4933
成分股总净利润（亿）	255
成分股资产负债率（%）	52.22

相关报告

《明年此日青云去，前程路险莫蹉跎--卫星产业深度报告三（卫星通信互联网）》

--20231130

《二十年磨一剑，时空大数据撬动智慧城市--卫星产业深度报告二（卫星导航及遥感）》

--20231130

《浩渺行无极，卫星逐月日千里--卫星产业深度报告一（卫星制造端及接收端）》

--20231130

证券分析师：王凤华
执业证书编号：S0550520020001
010-63210708 wangfh@nesc.cn

研究助理：王一鸣
执业证书编号：S0550123070047
16628886546 wangym2@nesc.cn

目 录

1. 近期热点新闻及行业催化 11
2. 运载火箭综述 19
3. 梅花香自苦寒来-东风系列及长征系列火箭发展历程 23
3.1. 东风系列导弹 23
3.2. 长征系列运载火箭 31
4. 划破长空，箭归苍穹 43
4.1. 我国目前的发射场情况 43
4.2. 运载火箭的结构及分系统 48
4.3. 火箭箭体结构 50
4.4. 电气系统 56
5. 发动机不断迭代引领运载火箭进入新纪元 61
5.1. 固体火箭发动机 61
5.1.1. 固体推进剂技术 62
5.1.2. 结构材料的发展及应用 63
5.1.3. 热防护材料的发展及应用 64
5.1.4. 多脉冲固体火箭发动机技术 65
5.2. 液体火箭发动机 67
5.3. 液体火箭发动机的工作循环方式 68
6. 运载火箭行业的发展及产业链 76
6.1. 我国运载火箭发射服务业市场规模不断扩大 79
6.2. 我国运载火箭发射成本下降空间巨大 81
6.3. 运载火箭朝着大推力低成本方向不断突破 84
7. 国内外重点卫星产业动态跟踪 87
7.1. 太空探索技术公司（SpaceX）：国际太空探索引领者 87
7.2. 蓝色起源（Blue Origin）：专注商业太空旅行 92
7.3. 火箭实验室（Rocket Lab）：结合 3D 打印研制小型运载火箭 96
7.4. 蓝箭航天+蓝箭鸿擎：星箭一体，液氧甲烷入轨航天竞赛 98
7.5. 天兵科技：先融后飞，液氧煤油发动机开启新赛道 102
7.6. 翎客航天：可重复使用火箭技术引领新赛道 105
7.7. 零壹空间：立志成为中国领先的火箭技术公司 108
7.8. 星际荣耀：为全球小卫星及星座客户提供一体化的商业发射服务 111
7.9. 深蓝航天：成为太空运输产业的推动者 114
7.10. 九州云箭：不断降低人类进入太空的成本 116
7.11. 星途探索：提升太空进入效率，助力航天强国建设 118
7.12. 星河动力：为人类低成本、高频次进入空间提供解决方案 119
7.13. 中科宇航：太空科技服务大众 122
7.14. 宇航推进：做太空经济的助推者、开拓者、引领者 125
7.15. 东方空间：从东方走向空间，为东方建设空间 127
8. 火箭产业链相关上市公司 130
9. 风险提示 130
附录 131

图表目录

图 1：引力一号海上发射准备 11
图 2：引力一号发射成功 11
图 3：蓝箭航天 VTVL-1 试验箭发射 12
图 4：力箭一号遥三发射升空 12
图 5：猎鹰九号 B1062.18 发射第 136 批“星链 6-38” 13
图 6：猎鹰九号 B1075.9 发射第 137 批“星链 7-12” 13
图 7：SpaceX 星舰蓄势待发 14
图 8：亚马逊向 SpaceX 预订 3 次猎鹰 9 号火箭发射，部署柯伊伯星座 14
图 9：长二丙火箭发射升空 15
图 10：埃及二号卫星示意图 15
图 11：谷神星一号遥九运载火箭发射成功 15
图 12：韩国军事侦察卫星和 25 颗小卫星成功通过猎鹰 9 号发射 16
图 13：NASA 部分运载火箭 19
图 14：用不同分类方法对运载火箭进行分类 20
图 15：谷神星一号固液串联火箭 21
图 16：长征六号甲固液并联火箭 21
图 17：塔架发射火箭 22
图 18：长征 11 号一箭 9 星海上发射 22
图 19：铝合金材料火箭蒙皮 23
图 20：星舰的不锈钢外壳 23
图 21：东风-1 及苏联 P-2 导弹 23
图 22：东风-2 弹道导弹 24
图 23：东风-3 弹道导弹 24
图 24：东风-4 弹道导弹 25
图 25：东风-5B 洲际弹道导弹 25
图 26：轰-6K 悬挂“长剑-10”巡航导弹 26
图 27：中国“战斧”-东风 10 巡航导弹 26
图 28：东风-11 短程弹道导弹 27
图 29：东风-11A 导弹 27
图 30：“波罗乃兹”和其配套的 M-20 27
图 31：东风-15 地对地中近程战术弹道导弹 28
图 32：火箭军装备的东风-15B 近程弹道导弹 28
图 33：东风-16 中近程弹道导弹 28
图 34：东风-17 弹道导弹 29
图 35：东风-21D 弹道导弹 29
图 36：东风-26 发射车 30
图 37：东风-31 核导弹发射车 30
图 38：长剑-100 巡航导弹 31
图 39：世界第一的机动式固体燃料洲际导弹东风-41 31
图 40：东风系列战略打击能力 31
图 41：东风部分导弹射程示意图 31
图 42：中国长征系列运载火箭家族图谱 32
图 44：长征一号运载火箭 33
图 45：长征一号三级固体火箭发动机 33
图 46：长征二号火箭发射 33
图 47：长征二号系列火箭发展历程 34
图 48：长征 2 号丙发射遥感卫星十八号 34
图 49：长征二号丁中型二级常温液体运载火箭 35
图 50：长征三号运载火箭 35

图 51：长征三号系列火箭发展历程 36
图 52：长征三号甲运载火箭 36
图 53：长征三号乙运载火箭 36
图 54：风暴一号运载火箭 37
图 55：长征四号甲运载火箭 37
图 56：长征四号系列火箭发展历程 38
图 57：新时代长征系列运载火箭的发展历程 38
图 58：长征五号运载火箭 39
图 59：长征五号乙运载火箭 39
图 60：长征六号运载火箭 40
图 61：长征七号运载火箭 40
图 62：长征八号运载火箭 40
图 63：长征十一号运载火箭 40
图 64：长征九号方案演进 41
图 65：中国四个航天发射基地的地理位置 43
图 66：地球不同纬度的表面速度 43
图 67：长征七号遥一火箭首通过海运运输 43
图 68：酒泉卫星发射中心地图 44
图 69：中国酒泉卫星发射中心 44
图 70：太原卫星发射中心 45
图 71：太原卫星发射中心场景 45
图 72：西昌卫星发射中心 45
图 73：西昌卫星发射中心场景 45
图 74：文昌发射场航拍图 46
图 75：文昌发射场的发射工位 46
图 76：海阳火箭产业基地签约仪式 47
图 77：星河动力完成中国民营火箭第一次海上发射 47
图 78：运载火箭系统的基本组成 48
图 79：长征三号丙火箭结构示意图 48
图 80：固体火箭发动机 49
图 81：RD-180 火箭发动机 49
图 82：火箭箭体结构示意图 50
图 83：硬壳式结构、半硬壳式结构、整体壁板结构、蜂窝夹层结构示意图 50
图 84：载人航天火箭顶端设计 51
图 85： 载人航天火箭顶端设计整流罩外观图 51
图 86：贮箱结构简图 52
图 87：新型运载火箭一级液氧箱 52
图 88：独立式贮箱（筒段贮箱）示意图 53
图 89：整体式贮箱（共底贮箱） 53
图 90：推进舱示意图 53
图 91：神州七号飞船推进舱 53
图 92：加箱间段的图 54
图 93：加级间段的图 54
图 94：级间冷分离示意图 55
图 95：级间热分离示意图 55
图 96： 火箭发动机传力机架 55
图 97：中国 800 所研发的超大尾翼 55
图 98：运载火箭全箭电气系统顶层功能划分 56
图 99：运载火箭电气系统发展路线 57
图 100：SLS 运载火箭电气系统原理图 58
图 101：Ariane 6 运载火箭电气系统原理图 59
图 102：新一代运载火箭控制系统组成架构 59

图 103：液体火箭发动机结构中的力学问题仿真模型 61
图 104：人工进行的固体推进剂药面整形工作 62
图 105：NASA 的 SLS 火箭的固体助推器 62
图 106：含能材料分类 62
图 107：固体火箭推进剂发展历史 62
图 108：利用缠绕机生产的壳体 64
图 109：碳纤维湿法缠绕成型 64
图 110：固体火箭发动机外防热层 65
图 111：固体火箭发动机装填示意图 65
图 112：霹雳 15 双脉冲固体发动机 65
图 113：美国爱国者导弹双脉冲发动机示意图 65
图 114：固体发动机的硬隔板 66
图 115：端面软隔板双脉冲发动机试验结构 66
图 116：液体火箭发动机简略图 67
图 117：挤压循环火箭发动机原理 67
图 118：泵压循环火箭发动机原理 67
图 119：台架测试中的第一级 F-1 火箭发动机 68
图 120：试验台上装有 F-1 发动机的土星 V 第一级 68
图 121：Delta 2 二级挤压循环火箭发动机 68
图 122：挤压循环简化示意图 68
图 123：燃气发生器循环发动机原理 69
图 124：燃气发生器循环-最简单的泵循环 69
图 125：SpaceX 的 Merlin 系列发动机 69
图 126：蓝箭航天的天鹊-12 （TQ-12）液氧甲烷发动机 69
图 127：电泵循环发动机原理 70
图 128：火箭实验室的电泵循环火箭发动机 70
图 129：分级燃烧循环发动机原理 71
图 130：俄罗斯 RD-180 富氧分级燃烧循环发动机 71
图 131：RS-25 航天飞机火箭发动机 71
图 132：RS-25 发动机的氢气密封装置 71
图 133：闭式膨胀循环简图 72
图 134：开式膨胀循环简图 72
图 135：闭式分体膨胀循环简图 72
图 136：闭式双体膨胀循环发动机原理 73
图 137：闭式双分体膨胀循环发动机原理 73
图 138：闭式燃气发生器增压膨胀循环发动机原理 73
图 139：抽气循环发动机原理 73
图 140：全流量分级燃烧循环发动机原理 74
图 141：运载火箭制造产业链及各部分相关上市公司 76
图 212：民营火箭发射服务产业链 77
图 213：我国运载火箭近年来发射次数 78
图 142：2022 年全球航天发射次数统计 78
图 216：2022 年全球各航天发射地点发射次数统计 79
图 217：2022 年全球入轨航天器按功能数量统计 79
图 143：运载火箭等航天装备朝着数字化、智能化不断发展 84
图 144：单发运载火箭生产时箭体结构成本构成百分比 85
图 145：SpaceX 产品谱系 87
图 146：龙飞船 2 号与龙飞船 1 号对比 87
图 147：猎鹰 9 火箭家族 88
图 148：利用可回收助推器的重型猎鹰火箭 88
图 149：猎鹰 9 一级的九台发动机 88
图 150：猎鹰系列的梅林发动机 88

图 151：星舰整体设计方案 89
图 152：抓取机械臂回收助推器 89
图 153：第一代、第二代猛禽主要参数对照 90
图 154：蓝源 BE4 与 SpaceX 猛禽对照 90
图 155：“超重-星舰”研制历程 90
图 156：“新谢泼德”亚轨道运载器 92
图 157：“新谢泼德”系统 92
图 158：“新谢泼德”乘客舱内部空间 93
图 159：“新谢泼德”系统典型任务剖面 93
图 160：最早公布的“新格伦”火箭 94
图 161：“新格伦”火箭一子级在海上驳船垂直回收 94
图 162：BE-4 发动机外观结构图 94
图 163：“新格伦”火箭发射过程示意图 94
图 164：火箭实验室“电子”号火箭 96
图 165：“电子”号运载火箭系统组成 96
图 166：“卢瑟福”发动机 96
图 167：“电子号”火箭典型飞行轨迹 96
图 168：电子号火箭空中回收 97
图 169：电子号火箭海洋捕获 97
图 170：蓝箭航天北京研发中心 98
图 171：蓝箭航天湖州发动机智能制造基地 98
图 172：朱雀二号液氧甲烷火箭 98
图 173：天鹊改进型液氧甲烷发动机 98
图 174：蓝箭航天嘉兴火箭制造基地 99
图 175：“天鹊”真空型液氧甲烷发动机点火成功 99
图 176：朱雀二号运载火箭成功发射 99
图 177：蓝箭航天朱雀三号 VTVL-1 可重复使用垂直起降回收验证火箭 100
图 178：鸿鹄号卫星 101
图 179：天兵天龙系列液体运载火箭 102
图 180：天兵科技“天火三号”热试车 103
图 181：天兵科技液体运载火箭低温贮箱 103
图 182：“天龙二号”成功发射 104
图 183：天兵天火系列液体火箭发动机 104
图 184：天兵科技酒泉发射场天龙三号发射工位 104
图 185：天火十二液氧煤油火箭发动机 104
图 186：RLV-T 系列火箭 105
图 187：SRV-1 系列火箭 105
图 188：NEWLINE-1 系列火箭 105
图 189：“风暴-5A”液氧甲烷发动机全系统试车 106
图 190：翎客航天新一代亚轨道全复用火箭 RLV-T6 106
图 191：RLV-T5 火箭发射 107
图 192：零壹空间产业布局 108
图 193：灵龙系列运载火箭 108
图 194：零壹空间产品序列 108
图 195：G2 系列便携式地面站 109
图 196：零壹空间火箭发射集锦 109
图 197：鸿鸣 280 发动机地面试车 109
图 198：玄鹊 G1 遥测接收机 110
图 199：星际荣耀部分产品 111
图 200：焦点 1 号可重复使用、变推力液体火箭发动机 111
图 201：焦点 2 号百吨级可重复使用、变推力液氧甲烷发动机 111
图 202：星际荣耀发射服务特色 112

图 203：焦点一号可重复使用液氧甲烷发动机完成摇摆热试车考核 112
图 204：JD-2 首次全系统试车 113
图 205：SQX-2Y 点火起飞瞬间 113
图 206：星云-1 中小型液体运载火箭 114
图 207：星云-1H 中大型液体运载火箭 114
图 208：火箭一子级回收复用技术流程图 114
图 209：雷霆-R1 液氧煤油发动机 114
图 210：深蓝航天运载火箭垂直回收飞行试验 115
图 211：深蓝航天“星云—M”试验箭完成第三次飞行回收任务 115
图 212：深蓝航天完成国内首次使用非火工连接解锁机构进行的整流罩分离试验 116
图 213：凌云 10 吨级液氧甲烷发动机 116
图 214：龙云 70 吨级液氧甲烷发动机 116
图 215：九州云箭离心泵产品 117
图 216：九州云箭超低温、高压阀门产品 117
图 217：凌云发动机测试参数 117
图 218：凌云发动机真空版试车画面 117
图 219：LY-70 龙云发动机动力系统热试车 118
图 220：探索一号参数 119
图 221：星途一号参数 119
图 222：D140-Y1 超音速巡航靶标演示试验 119
图 223：“长风一号” 飞行试验 119
图 224：“谷神星一号”商业运载火箭 120
图 225：“智神星一号”商业运载火箭 120
图 226：“苍穹”可重复使用液氧/煤油发动机 120
图 227：“光年”系列固体发动机 120
图 228：谷神星一号（遥一）简阳号 121
图 229：谷神星一号（遥二）·平安银行数字口袋号 121
图 230：“疾风一号”超音速靶标飞行试验 121
图 231：中科宇航产品图谱 122
图 232：力箭一号运载火箭 123
图 233：力箭一号运载火箭成功发射 123
图 234：力箭一号遥二运载火箭成功发射 123
图 235：力箭二号液体运载火箭贮箱完成静力轴压承载摸底试验 124
图 236：宇航推进生产试验基地 125
图 237：宇航推进氦预冷器设计参数 125
图 238：500W 级微型燃气涡轮发电机原理样机 126
图 239：沧龙一号点火试验 126
图 240：东方空间公司布局 127
图 241：东方空间引力-1 号 127
图 242：东方空间引力-2 号 127
图 243：东方空间引力-3 号 128
图 244：东方空间原力-85 火箭发动机 128
图 245：700N 姿控发动机热试车 128
图 246：“引力-1 号”运载火箭助推分离试验 129

表 1：能够独立发射卫星的国家 19
表 2：中国部分现役火箭 42
表 3：美国部分现役火箭 42
表 4：俄罗斯部分现役火箭 42
表 5：常见绿色固体推进剂分类、代表物质及其特点 63
表 6：4 种丁腈橡胶绝热材料的性能对比 64

表 7：典型基础级液体火箭主发动机技术参数和应用情况 75
表 8：典型上面级液体火箭主发动机技术参数和应用情况 75
表 8：国家队公布的星座发射计划 79
表 9：长征系列火箭运载能力表 80
表 10：商业队公布的星座发射计划 80
表 11：国内部分商业火箭公司情况汇总 81
表 12：全球部分运载火箭发射成本（人民币：美元=7：1） 82
表 13：“猎鹰”9 号火箭成本构成 82
表 14：2020 年以来全新“猎鹰”9 成本构成及占比 83
表 15：2018 年-2022 年“猎鹰”9 火箭一级复用情况 83
表 17：SpaceX 历史大事件 87
表 18：星舰优势所在 91
表 19：星舰优势所在 91
表 20：蓝色起源历史大事件 92
表 21：“新格伦”火箭的主要参数 94
表 22：鸿擎科技鸿鹄平台型谱 101
表 23：火箭各类回收方式对比 107
表 24：宇航推进产品序列 125
表 25：火箭产业链相关上市公司（单位：亿；%） 130
附表 1：截至 2023 年中国部分火箭参数 131
附表 2：2023 年中国火箭发射表 132
附表 3：2023 年中国商业火箭发射表 136

投资要点

一、国内运载火箭发射有望借助复用率的提高，实现降本增效

（1）从理论成本角度来看，商业航天 SpaceX 的猎鹰系列火箭在发射成本方面对比于 NASA 拥有明显的竞争优势。目前，SpaceX 的猎鹰 9 号重型火箭的低轨运载成本约为每千克 1 万元左右，而中国的长征系列火箭的发射成本则在每千克 5 万元到 10 万元之间浮动。SpaceX 在低轨发射成本上具有显著的竞争优势，国内的长征系列火箭及商业航天正在积极提升资源利用效率以降低成本。

（2）从实际应用角度来看，SpaceX 的猎鹰系列火箭的边际成本快速下降再要在于其复用率的不断提高。SpaceX 通过提高火箭的复用率，取得了显著的经济效益。这种发展趋势不仅有助于降低太空探索的成本，还未更广泛的应用和商业化太空活动提供了新的可能性。随着我国卫星发射的放量以及火箭回收技术的提升，火箭发射成本将大幅下降。

（3）据《中国工业报》报道，长征系列运载火箭具备高可靠性和卓越的性价比。无论是执行高轨道任务还是低轨道任务，长系列运载火箭的价格均低于国外国营航天一次性使用的运载火箭。与 SpaceX 的可重复使用猎鹰 9 相比，执行低轨任务的“长征二号丙”发射价格和执行高轨任务的“长征三号乙”的发射价格同样具有一定的竞争力。

二、中国在商业航天领域取得的突破性进展叠加市场规模大幅提升，行业发展空间巨大

（1）当前，中国的运载火箭市场主要由航天科工、航天科技等公司主导，少数民营企业占据的市场份额不断提升。随着“一箭多星”技术的成熟，中国的运载火箭产业市场规模预计每年达百亿元，商业航天的发展空间巨大。

（2）中国的星网星座包括两个名为 GW-A59 和 GW-2 的宽带星座计划，其计划发射的卫星总数量达到 12992 颗。“十四五”期间，中国计划完成“152”工程：即建成 1 个全球低轨卫星通信星座，建成面积超 500 亩的卫星互联网产业集群，形成规模超 200 亿的卫星互联网产业创新应用生态。

（3）在军民融合等国家政策的推动下，商业卫星计划蓬勃发展。国家发布多项政策支持商业卫星产业的发展。在民间资本的推动下，各个民营公司也积极参与卫星产业，并推出了各自的星座计划。据不完全统计，根据已公开的星座计划，商业卫星计划发射总重量约为上千吨。

三、各国积极抢占卫星频段、轨道等有限可用资源，下游市场需求飙升趋势明显

（1）2022 年，全球共进行航天发射活动 186 次（以北京时间计：1 月 7 次、2 月 13 次、3 月 13 次、4 月 14 次、5 月 12 次、6 月 16 次、7 月 16 次、8 月 18 次、9 月 16 次、10 月 23 次、11 月 19 次、12 月 19 次），远超 2020 年的 114 次和 2021 年的 145 次，其中成功 178 次，失败 8 次。涉及 21 个航天发射地点和 44 个国家/地区，共向太空送入 2484 个航天器，其中近地轨道 2413 个、中地球轨道 15 个、高地球轨道 39 个、地外轨道 15 个、未知 2 个。中国 2023 年轨道发射 67 次（其中失败一次），新火箭首飞 1 型（天龙二号），首飞成功 2 型（天龙二号、朱雀二号），发射入轨卫星和航天器超过 200 颗（艘），载人发射两次，商业火箭发射 13 次（其中失败一次）。2024H1 蓝箭航天朱雀 2 号改进型，天兵科技天龙三号等商业航天中大推力火箭开始发射，对于大型低温火箭而言，2024 年将进入高密度发射期。

（2）当前，国际市场已经成为了民营火箭企业市场拓展的新方向。考虑到市场需求和市场定位，国际卫星市场，尤其是中国、欧洲、中东以及一带一路国家等代表性市场，对火箭发射服务的需求呈现大幅度增长。

（3）在市场机制的作用下，中国的航天产业迎来了前所未有的活力。参照其他制造业的成本模型，产量和成本之间将形成绝对的反比关系。未来，整个航天产业的各个环节成本将继续大幅下降，同时也将进一步刺激相关需求的迅猛增长。

投资逻辑

一、核心逻辑

随着全球卫星市场的结构性变化，以及美国 SpaceX 的成功示范效应，中国不断自主完善航天产业体系，推动中国商业火箭行业的快速发展。

二、超预期逻辑

1.市场预期：

1）航天技术在现实生活中的运用领域较为狭窄，较难实现大规模应用。

2）中国的商业航天发射领域处于早期阶段，其发展趋势较为多样，因而在短期内难以实现规模效应以降低整体成本。

2.我们预测：

1）随着航天技术的不断成熟，航天已经在导航、遥感、卫星等领域实现了广泛的应用，为人类的生产和生活提供了切实的服务。在市场机制的推动下，航天产业迎来了前所未有的活力。

2）尽管中国的商业航天处于早期发展阶段，中国的航天央企、其他国企以及民营商业航天企业都逐渐把降低发射成本视为最重要的发展方向之一。这有助于在保证发射成功率的前提下，促进中国商业太空领域的增长。

3.驱动因素：

（1）国家及地方政府的相关产业政策因素：

近年来，中国各级政府陆续发布了一系列商业航天产业相关政策，旨在激发创新、促进产业升级，为中国的商业航天产业的繁荣打下坚实基础。北京市政府工作报告明确指出要促进商业航天，并鼓励火箭、卫星及数据服务国际市场；上海市政府出台诸多政策抢抓商业航天发展重要机遇，为实现空间信息产业高质量发展打下基础；成都和重庆均对卫星行业进行了产业布局，加快相关基础设施的假设，为社会发展培养新动能。

（2）运载火箭的研发生产产业链因素：

长期以来，中国航天科技集团为中国运载火箭的唯一生产商，但随着商业航天的兴起，民营航天企业也开始成立并开展了小型运载火箭的研制生产。未来，随着军民深度融合的不断推进，火箭结构、发动机、电子设备等分系统必将迎来民营企业的参与，将形成运载火箭全产业链央国企民企共存的格局。

检验与催化

1.检验的指标：1）中国年卫星发射量；2）中国运载火箭发射成本；3）中国商业航天领域研发投入费用

2.可能的催化：1）国际间的技术交流合作；2）行业人才的储备

研究的价值

1）市场认知：国内民营火箭公司与国有企业之间存在竞争关系，其商业化能力有限。

我们认为：中美两国在深度开发太空资源领域时，均积极鼓励社会资本参与，以降低国家负担并提升各企业的创新能力。未来 20 年，太空领域的广泛规划将使得军用和民用领域相互交融，民营火箭行业在政策支持的推动下将持续健康成长。尽管国内民营火箭公司在短期内将与国有企业直接竞争，但其商业化能力在国际市场上爆发的潜力较强。未来，拥有大中型液体火箭发射能力以及相应的国际市场拓展能力的民营火箭公司将得到充分的商业化发展。

2）市场认知：中国低轨通信卫星起步较晚，难以与国外太空领域的头部企业进行竞争。

我们认为：由于频率和轨道资源的有限性，低轨卫星通信领域已经成为国际竞争的焦点。在国内政策前所未有的支持下，中国已经将低轨卫星星座建设纳入新基建发展规划。尽管相较于国际太空领域，中国在低轨卫星通信方面起步较晚，但在全国力量的全面支持下，以银河航天、微纳星空、蓝箭鸿擎等为代表的中国商业卫星公司将大力推动我国卫星互联网行业的发展，并成为低轨卫星星座建设的主要推动力量。

风险提示

火箭研制进度不及预期；民营企业技术可靠性不足；资金支持不及预期等。

1. 近期热点新闻及行业催化

垣信卫星完成 67 亿元人民币的 A 轮融资

垣信卫星通过国际化、商业化模式部署与运营低轨卫星星座，为全球客户提供大带宽、低时延、高质量、高安全性、全球覆盖的低轨卫星互联网服务和行业解决方案。其采用低成本、高集成、快速迭代的卫星智能制造技术，建设并运营一个由千余颗卫星组成的商业化全球低轨宽带卫星星座，打造覆盖全球的“卫星互联网”新型基础设施。这笔融资将主要用于支持垣信卫星的星座建设、技术研发、市场开拓以及公司的日常运营。垣信卫星的发展战略与上海市政府推动的商业航天产业发展计划相契合，特别是在低轨卫星互联网领域，垣信卫星被视为“G60 星链”项目的核心企业。该项目旨在构建一个具有全球市场竞争力的低轨卫星通信与空间互联网全产业链，预计到 2027 年全面建成。通过这轮融资，垣信卫星有望加速其在卫星互联网领域的布局，推动相关技术和服务的商业化进程。

中国航天开门红，全球头号固体火箭引力一号升空

2024 年 1 月 11 日 13 时 30 分，东方空间自主研制的引力一号（遥一）运载火箭在海阳附近海域发射升空，将云遥一号 18-20 星共 3 颗卫星送入预定轨道，发射任务取得圆满成功。它不仅代表了中国民营商业火箭的最大运力，而且还是中国首个捆绑式的民营商业火箭。

图 1：引力一号海上发射准备



数据来源：东北证券、百度新闻

图 2：引力一号发射成功



数据来源：东北证券、百度新闻

引力一号火箭是一款中型的全固体捆绑式三级半构型，整体构造庞大而精致。其高度达到 31.4 米，总直径为 9 米，是全球独树一帜的长径比 3:1 火箭。起飞重量为 405 吨，起飞推力为 600 吨，近地轨道的运载能力达到 6.5 吨，500 公里的太阳同步轨道运载能力可达 4.2 吨。

蓝箭航天朱雀三号可复用火箭首次大型垂直起降飞行试验任务圆满成功

2024 年 1 月 19 日 16 时 00 分，蓝箭航天在我国酒泉卫星发射中心成功完成了朱雀三号朱雀三号 VTVL-1 可重复使用垂直起降回收验证火箭（VTVL-1 火箭）的首次飞行试验。VTVL-1 试验箭箭体直径 3.35 米，长度 18.3 米，回收支腿展开直径 11.6 米，采用一台基于连续入轨验证的 80 吨级天鹊-12（TQ-12）改进型液氧甲烷发动机，具备正交双摆、45%-110%变推力调节和多次点火能力，起飞质量约 50.3 吨，全箭最大起飞质量可达 68 吨，是目前国内起飞规模最大的垂直起降试验箭。本次试验飞行时间约 60s，飞行高度约 350m，着陆位置精度约 2.4m，着陆速度约 0.75m/s，着陆姿态角约 0.14°，滚动角约 4.4°。

图 3：蓝箭航天 VTVL-1 试验箭发射



数据来源：东北证券、中国高新网

VTVL-1 试验箭是蓝箭航天可复用火箭的全尺寸工程样机，采用与朱雀三号一致的不锈钢材料体系、全尺寸大推力液氧甲烷发动机，同时应用了高精度垂直回收制导控制、着陆缓冲机构、地面一体化测发控系统等多项朱雀三号可重复使用火箭的关键技术，为 2025 年朱雀三号首飞奠定了坚实的技术基础。

力箭一号五星高照，微纳星空实力不凡

北京时间 2024 年 1 月 23 日中午 12 点 03 分，由微纳星空研制的 5 颗卫星——“泰景二号 02 星（星地通一号）”、“泰景二号 04 星（默孚龙号）”、“泰景一号 03 星”、“泰景三号 02 星”和“泰景四号 03 星”通过中科宇航公司的力箭一号遥三运载火箭在酒泉卫星发射中心成功发射、顺利入轨。发射任务取得圆满成功。

此次“一箭五星”任务是微纳星空 2023 年第三批研制出厂的卫星，2024 年度第一次成功进行卫星研制发射，连续成功标志着公司在商业卫星制造的技术状态成熟性和可靠性的不断提升，从公司发展层面也将加速商业卫星批量化研制和后续大规模建设高分遥感星座速度和效率的步伐。

图 4：力箭一号遥三发射升空



数据来源：东北证券、搜狐新闻

其中，第 5 颗重磅级卫星——泰景四号 03 卫星是微纳星空研制的高分辨率平板式 SAR 成像卫星，也是国内首颗商业 Ku 频段相控阵雷达成像卫星。其卫星分辨率达到亚米级，具备聚束、条带、扫描等多种成像模式，滑聚模式观测幅宽可达 10km 以上。此外，微纳星空首次设计实现平板式卫星构型，该构型模式可实现多星堆叠发射，为大规模卫星组网发射奠定基础，商业技术水平处于国际领先。

4 小时 2 连发！SpaceX 在 2024 年开年大展身手

在 2024 年的第一个月，SpaceX 完成了 10 次航天发射任务，其中 7 次是为其自己的星链互联网卫星计划服务，1 月 29 日 SpaceX 创下了一个新的里程碑，即在短短 4 个小时内完成了两次发射任务， 这两次发射任务都是为了将 SpaceX 的星链卫星送入低地球轨道（LEO）。

图 5：猎鹰九号 B1062.18 发射第 136 批“星链 6-38”



数据来源：东北证券、腾讯新闻

图 6：猎鹰九号 B1075.9 发射第 137 批“星链 7-12”



数据来源：东北证券、腾讯新闻

第一次发射任务是在北京时间 1 月 29 日 9 点 10 分，在美国东海岸佛罗里达州肯尼迪航天发射中心 39A 发射场，由一枚猎鹰九号火箭搭载 23 颗星链卫星升空。
第二次发射任务是在北京时间 1 月 29 日 13 点 02 分，在美国西海岸的范登堡太空军基地 4E 发射场，由另一枚猎鹰九号火箭搭载 22 颗星链卫星升空。
除了星链计划，SpaceX 在 2024 年 1 月还完成了其他三次发射任务，其中最引人注目的是 1 月 31 日的天鹅座货运飞船发射任务。这是 SpaceX 为国际空间站提供的第 20 次货物补给任务，也是猎鹰九号火箭首次发射天鹅座货运飞船，这种飞船是由 SpaceX 和美国宇航局（NASA）合作开发的，能够在完成货物运输后返回地球，并在海上着陆。这次任务的成功，为 SpaceX 和 NASA 的合作增添了新的亮点。

双曲线二号验证火箭首次垂直起降试验在酒泉卫星发射中心圆满成功

2023 年 11 月 2 日，北京星际荣耀空间科技股份有限公司自主研发的液氧甲烷可重复使用验证火箭双曲线二号（代号 SQX-2Y）在我国酒泉卫星发射中心点火升空，约 1 分钟后，火箭在目标着陆点平稳精确着陆，火箭状态安全恢复，飞行试验任务取得圆满成功。本次任务属于国内首次开展液体火箭全尺寸一子级的垂直起降（VTVL）与重复使用飞行试验，执行本次飞行任务的 SQX-2Y 火箭是用于验证液氧甲烷重复使用运载火箭一子级垂直回收和重复使用的一型验证火箭。该火箭采用 3.35m 全尺寸箭体直径，全长约 17m，装配星际荣耀自主研发的焦点一号深度变推力液氧甲烷发动机（代号 JD-1）。

SpaceX 星舰第二次飞行测试完成

美国东部时间 2023 年 11 月 18 日早上 8 点 3 分，美国太空探索技术公司（SpaceX 公司）于德克萨斯州博卡奇卡进行第二次“星舰”（Starship）重型运载火箭的无人飞行测试，火箭已经发射升空，超重型助推器的全部 33 个发动机均正确启动，并且实现热分离技术。

图 7：SpaceX 星舰蓄势待发



数据来源：东北证券、IT 之家

火箭升空后一二级成功分离，在一级火箭达到工作时序后，二级火箭发生故障，超重助推器爆炸且飞船继续飞行后失联，第二次发射虽然没有达到预期，但相比首飞，飞行时间更长，验证了更多技术，取得重要进展。

12 月 2 日亚马逊宣布已与 SpaceX 签署了 3 次猎鹰 9 号发射合同

此合同以支持亚马逊低地球轨道（LEO）卫星宽带网络 Project Kuiper（柯伊伯计划）的部署计划。

图 8：亚马逊向 SpaceX 预订 3 次猎鹰 9 号火箭发射，部署柯伊伯星座



数据来源：东北证券、IT 之家

据了解，亚马逊“柯伊伯计划”的目标是建成一个由近地轨道上的 3236 颗卫星组成的星座，在全球范围内提供宽带互联网，并与 SpaceX 的星链网络竞争，后者已经拥有约 5000 颗卫星，几乎覆盖全球。亚马逊在 2019 年宣布向该项目投资 100 亿美元，公司将从 2025 年中期开始，在 SpaceX 的 3 枚猎鹰 9 号火箭上搭载数颗柯伊伯卫星。亚马逊早些时候从阿丽亚娜航天公司、蓝色起源和联合发射联盟（ULA）采购了 77 枚重型火箭，足以发射大部分卫星，而与 SpaceX 签署的额外发射任务则提供了更多的容量来支持部署计划。

一箭三星！长二丙火箭成功发射埃及二号卫星及星池一号 02 组 A/B 星

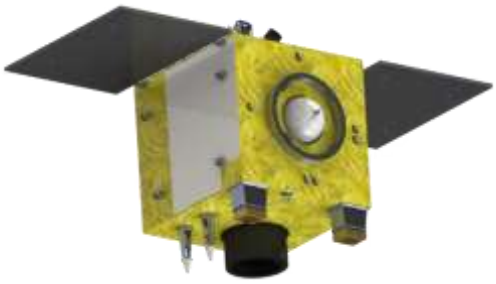
由中国航天科技集团一院抓总研制的长征二号丙运载火箭于 12 月 4 日在酒泉卫星发射中心点火升空，将埃及二号卫星送入预定轨道，同时搭载发射了星池一号 02 组 A/B 星，发射任务取得圆满成功。

图 9：长二丙火箭发射升空



数据来源：东北证券、国资委网站、新浪财经

图 10：埃及二号卫星示意图



数据来源：东北证券、国资委网站、新浪财经

埃及二号卫星是一颗高分辨率光学遥感卫星，由中国航天科技集团有限公司五院抓总研制。援埃及二号卫星项目是中埃两国秉持“共商共建共享”原则，开展全方位务实合作结出的硕果。卫星发射成功后，将广泛服务于埃及农业、林业、环境灾害监测、城市建设等相关领域，为提高埃及国计民生领域决策水平提供有力支持。

星池一号第二组 A/B 星由航天科技集团长城公司作为总承包提供发射服务。卫星主要用于提供广域综合感知卫星应用服务。

长征二号丙运载火箭由航天科技集团一院抓总研制，本次任务使用的是二级状态构型火箭，选用 4.2 米构型整流罩，满足“一箭三星”发射需求，火箭可靠性、任务适应性进一步提升。

谷神星一号遥九运载火箭发射成功，民营火箭首次晨昏轨道发射

2023 年 12 月 5 日 07 时 33 分，星河动力航天公司于酒泉卫星发射中心成功发射谷神星一号（遥九）运载火箭。

图 11：谷神星一号遥九运载火箭发射成功



数据来源：东北证券、“星河动力航天”公众号

火箭顺利将天雁 16 星、星池一号 A 星共 2 颗卫星送入 500km 晨昏轨道。官方表示，这是国内民营火箭公司首次成功实施晨昏轨道发射任务，也是谷神星一号系列商业运载火箭取得的第十次成功发射。据介绍，晨昏轨道是一种特殊的太阳同步轨道，卫星过赤道时，地面时间分别是大约早晚 6 点，恰是当地日出和日落的时候。轨道面和地球晨昏线始终近似重合，卫星几乎可以永沐阳光，以得到充足且持续的能源供给。

天雁 16 星为气象环境探测卫星，卫星搭载微波辐射计和激光通信载荷，主要用于开展微波辐射计多模式不间断遥感探测和激光通信。星池一号 A 星一颗即时广域综合感知卫星，该星位于晨昏轨道，具有响应式敏捷成像、在轨智能处理、星载在轨互

标定等特点。星河动力航天公司表示，截至目前已服务 16 家商业卫星客户，成功发射了 35 颗不同类型的商业卫星。

SpaceX 17 手猎鹰九号火箭发射韩国军事侦察卫星

北京时间周六凌晨，SpaceX 执行了 12 月份的第一个发射任务，采用 17 手的猎鹰九号发射拼车共享任务，将 26 个航天器送入轨道。主载荷是韩国国防采办计划管理局（DAPA）的 1 颗侦察卫星。

图 12：韩国军事侦察卫星和 25 颗小卫星成功通过猎鹰 9 号发射



数据来源：东北证券、腾讯网

本次使用一枚 17 手猎鹰火箭 B1061.17，是超过 15 次复用的猎鹰 9 号第一级首次执行非星链任务。在这次发射之前，它已经飞行了十六次，执行了 7 次星链发射任务，将总共 286 颗星链卫星送入轨道。这次任务的主要载荷是韩国的 DAPA 间谍卫星。这是五颗侦察卫星中的第一次发射，隶属于韩国的“425”计划。代号为 425 的项目是韩国国防发展部的一系列卫星。韩国要发射的这 5 颗军事卫星中，只有本次发射的是一枚光学侦察卫星，后四次全部为 SAR 侦察卫星。另外四颗 SAR（合成孔径雷达）卫星正由泰雷兹·阿莱尼亚宇航公司和航天工业有限公司、韩华系统公司合作开发。这些卫星的总价值为 9.3 亿美元左右。本次发射的卫星携带了电子光学和红外载荷，最高分辨率可达 0.3 米。这是韩国发射的首颗军用侦察卫星。朝鲜先于韩国利用千里马一号火箭发射了首颗军事侦察卫星 Malligyong1。

政策催化行业发展

随着科技的飞速发展和国家政策的积极推动，我国商业航天产业正在经历前所未有的繁荣时期。近年来，国家及地方政府相继发布了一系列相关政策，以鼓励创新、促进产业升级，为商业航天产业的繁荣奠定了坚实的基础。

北京：

北京市政府工作报告指出要促进商业航天。2024 年 1 月 24 日，北京市印发《北京市加快商业航天创新发展行动方案（2024-2028 年）》。文件提出 23 项重点任务，围绕攻关可重复使用火箭，突破产业技术瓶颈；加快卫星星座建设，完善空间基础设施；创新产品示范应用，打造空天经济新动能等八大方面，加快商业航天创新发展，打造“南箭北星”产业集群。目标 2028 年形成低成本高可靠星箭产品研制能力和大规模星座建设运营能力，2034 年建成天地一体通导遥巨型星座体系，并鼓励火箭、卫星及数据服务国际市场。

2021 年，北京发布《北京市支持卫星网络产业发展的若干措施》，在北京市大兴区、北京经济技术开发区建设商业航天产业基地以及商业火箭创新中心，做强“南箭”；打造”航天+”产业生态圈。

合肥：

2024 年 1 月 22 日，安徽省合肥市印发《合肥市低空经济发展行动计划（2023—2025 年）》（以下简称《行动计划》）。《行动计划》聚焦“空间保障、产业集聚、场景示范、设施建设”4 大领域，实施 20 项重点任务。《行动计划》指出，2023 年，合肥市落地 eVTOL 整机龙头企业，实现全球首条 eVTOL 商业化航线首飞，巩固全国低空经济第一梯队地位。2024 年，获批中国民航局第三批民用无人驾驶航空试验基地（试验区），基本建成骆岗低空融合飞行试验片区，实现载人 eVTOL、货运物流、公共治理等场景全覆盖，初步形成完备的低空经济产业链。

2022 年 6 月，合肥市印发《合肥市加快推进空天信息产业高质量发展若干政策》，共 10 条，从固定资产投资、总部经济、上市融资、一事一议等方面为产业发展提供支持。抢抓空天信息产业机遇。

成都：

2024 年 1 月 18 日，成都市经信局市新经济委、市财政局联合印发了《成都市促进卫星互联网与卫星应用产业发展专项政策》，按照“卫星星座与城市基建一体融合、卫星产业和城市发展双向赋能”的思路，从基础设施建设、提升创新能力、形成应用示范、共建产业生态 4 个方面制定 12 条政策措施，真金白银支持企业高质量发展。

2023 年 11 月 30 日，成都市举行卫星互联网与卫星应用产业大会，根据此前发布的《成都市卫星互联网与卫星应用产业发展规划 （2023—2030 年）》征求意见稿，成都市计划到 2025 年，构建形成以整星制造与卫星应用为重点的全链条、全生态产业发展体系，争创国家卫星互联网产业与应用示范基地，基本建成卫星互联网与卫星应用示范城市。到 2030 年，建成具备全球服务能力的卫星网络、卫星测运控与运营服务新型基础设施，卫星互联网应用服务综合实力达到国际领先水平，力争打造千亿级卫星互联网与卫星应用产业集群，全面建成卫星互联网与卫星 应用标杆城市。

重庆：

2023 年 11 月 10 日，为贯彻落实《重庆市人民政府关于加快推进以卫星互联网为引领的空天信息产业高质量发展的意见》，提升以卫星互联网为代表的未来产业发展能级，重庆市研究起草了《重庆市空天信息产业高质量发展行动计划（2023-2027 年）（征求意见稿）》，旨在提升卫星互联网等未来产业的发展能级，加快打造空天信息产业基地，培育壮大社会发展新动能。

2022 年 6 月 23 日，重庆两江新区管理委员会印发《重庆两江新区促进产业高质量发展若干政策措施》，其中包括航空航天专项招商政策。政策从鼓励产业资源集聚、开展科技创新、建设公共服务平台、强化质量品牌建设、鼓励上规上市和发展外向型经济等 10 个维度推动产业高质量发展。

西安：

2024 年陕西将着力实施科技创新“八大行动” 快速推进《西安“双中心”建设三年行动计划》，推动创新链产业链资金链人才链深度融合，实施重点领域关键核心技术攻关行动，围绕航空航天、新能源、新材料等重点产业链,建立创新链、产业链科技招商机制,常态化举办创新链产业链深度融合对接活动。

2023 年 4 月 20 日，中国第八个“中国航天日”即将如约而至，4 月 20 日，Hello 航天·逐梦航天周启幕仪式暨航天产业供应链大会在陕西省西安航天基地举办。现场发布了《陕西航天工业三年行动方案》《2022 中国商业航天发展白皮书》，将为推进航天产业链上下游精准对接、融通发展，提升航天产业链供应链韧性和黏性，构建“龙头+配套”特色产业生态提供保障。

2021 年 11 月 21 日，陕西省人民政府办公厅印发了《“十四五”制造业高质量发展规划》，其中重点围绕载人航天、深空探测等重大专项，加快新一代航天运载动力系统研制，推动航天液体、固体火箭发动机的系列化发展，探索未来单级入轨飞行器及新型混合动力系统。强化商业航天卫星测运控能力建设，积极推进商业航天发展。

2019 年 4 月 29 日，西安市发布《西安国家民用航空产业基地加快科技创新产业发展的若干政策（新修订）》，旨为深入实施创新驱动发展战略，引导各类创新创业要素向西安国家民用航天产业基地聚集，培育新技术、发展新经济、激发新动能，实现以科技创新带动航天基地经济社会高质量发展。

江苏：

2023 年 4 月 17 日，江苏省人民政府办公厅印发《江苏省航空航天产业发展三年行动计划（2023-2025 年）》，旨在围绕大飞机、“两机”（即航空发动机和燃气轮机）及载人航天等国家重大战略需求，聚焦“机、箭、星、船、器”等重点领域和沿沪宁重点区域，系统推进自主创新、强链补链、企业培育、开放合作、融合发展等重点工作，加快打造具有国际竞争力的航空航天产业集群。

2023 年 4 月 20 日，江苏省工业和信息化厅等部门联合发布《江苏省推进遥感卫星应用产业高质量发展三年行动方案（2023-2025 年）》，旨在贯彻落实国家相关遥感卫星产业政策,加快研究制定推动商业航天产业发展政策意见。

2023 年 6 月，南京市发布《南京市推进产业强市行动计划（2023—2025 年）》，将航空航天产业纳入“2+6+6”创新型产业集群，加以重点培育壮大，加快建设数字航天产业集聚区。

2021 年 4 月，苏州市召开了航天产业发展大会，发布了《苏州市发展航空航天产业三年行动计划》和《苏州市促进航空航天产业发展若干措施》在国家大政方针的指引下，无论是国务院相关部委的顶层设计，还是地方政府的产业规划，都在为行业添柴加火，支持和引导民间资本参与航天事业发展。

深圳：

2023 年 11 月 27 日，深圳市宝安区人民政府办公室印发宝安区关于推动空天产业集群高质量发展若干措施的通知进一步推动宝安区空天产业集群高质量发展，从未来产业加速升级为战略性新兴产业。

上海：

2023 年 11 月 20 日，上海为深入贯彻航天强国、数字中国国家战略，抢抓商业航天发展重要机遇，加快构建面向未来的商业航天发展格局，努力实现空间信息产业高质量发展，印发《上海市促进商业航天发展打造空间信息产业高地行动计划（2023-2025 年）》。

河南：

2023 年 4 月 4 日，河南省制造强省建设领导小组办公室发布《2023 年河南省卫星及应用产业发展工作方案》。河南计划聚力建设郑州市和鹤壁市全链条卫星产业集群，鼓励各省辖市打造一批卫星应用示范区和产业配套基地。支持郑州市建设高新区北斗产业孵化园，打造航空港区北斗+智能制造示范基地，培育金水区地理信息导航产业，做大郑州市北斗产业集群。

2. 运载火箭综述

运载火箭（rocket launcher）是一种用于将各种人造航天器送入太空的载具。通常，火箭发射器由 2 到 4 个级别组成，用于将人造地球卫星、载人飞船、太空站或星际探测器等物体送入其预定轨道。运载火箭的末级最为重要，包括仪器舱，内部配备导航和控制系统、遥测系统以及发射场安全系统。
有效载荷安装在仪器舱的顶部，并使用外部整流罩包裹。每个级别都包括箭体结构、推进系统和飞行控制系统，各级之间通过级间段连接。

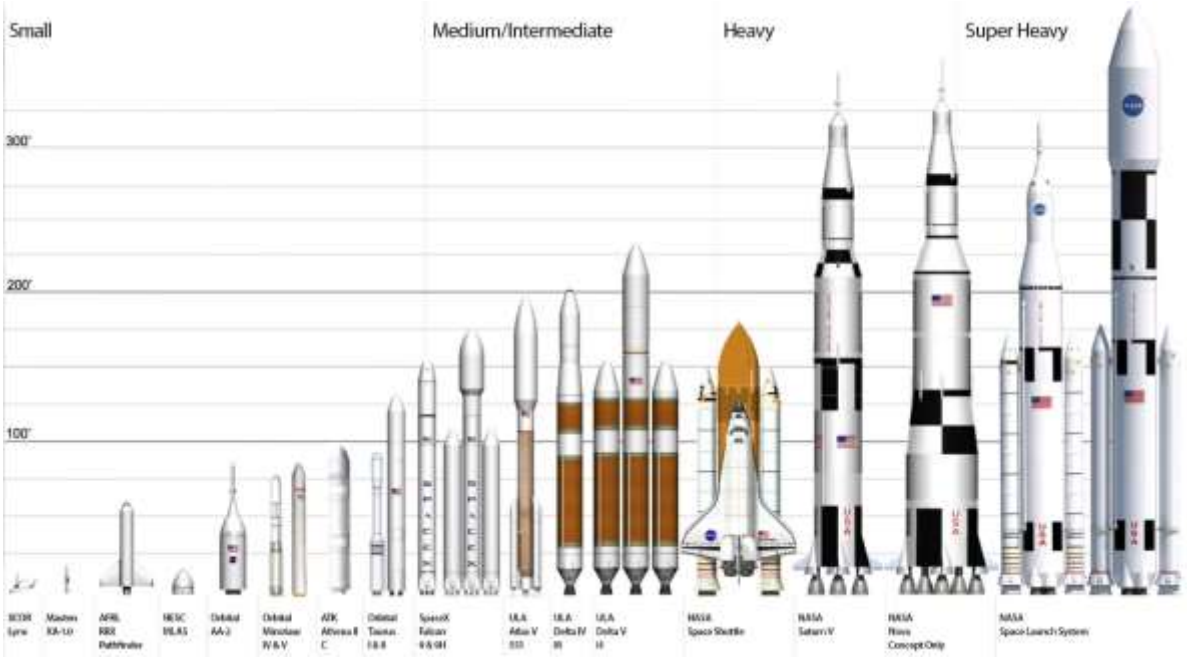
表 1：能够独立发射卫星的国家

序号	国家	发射时间（ UTC ）	火箭	卫星
1	苏联	1957 年 10 月 4 日 19:28	卫星号	斯普特尼克 1 号
2	美国	1958 年 2 月 1 日 3:47	丘诺 1 号	探索者 1 号
3	法国	1965 年 11 月 26 日 14:47	钻石号	阿斯泰利克斯
4	日本	1970 年 2 月 11 日 4:25	L-4S	大隅号
5	中国	1970 年 4 月 24 日 13:35	长征一号	东方红一号
6	英国	1971 年 10 月 28 日 4:09	黑箭	普洛斯佩罗号
7	印度	1980 年 7 月 18 日 2:33	印度卫星发射器	罗西尼 1B
8	以色列	1988 年 9 月 19 日 9:31	沙维特 2 号	地平 1 月
9	伊朗	2009 年 2 月 2 日 18:34	使用者	希望号 R（伊朗）
10	朝鲜	2012 年 12 月 13 日 00:49	银河号	光明星 3 号-2
11	韩国	2022 年 6 月 21 日 7:00	世界号	中继布置-初期灾难观测卫星、空间技术实验项目-立方星实验室 2 号等

数据来源：东北证券、灰机 wiki、维基百科、百度百科

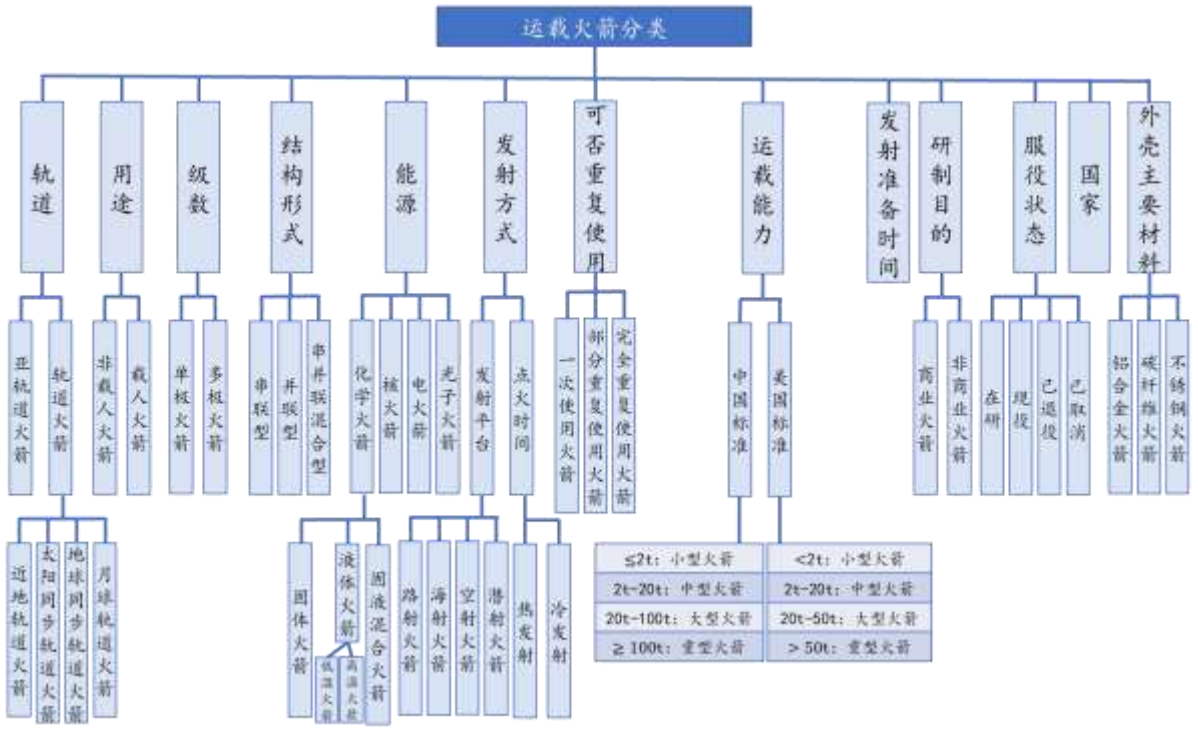
自 1957 年苏联首次使用运载火箭成功发射第一颗人造卫星开始，一直到 20 世纪 80 年代，世界各国已研制出 20 多种不同规模的运载火箭。一些著名的火箭系列包括苏联的“东方号”系列运载火箭、美国的“大力神”系列运载火箭、日本的“H”系列运载火箭等。中国在基于液体弹道导弹技术的基础上，研制出了“长征”系列火箭。

图 13：NASA 部分运载火箭



数据来源：东北证券、GIZMODO、NASA's Space Launch System by the Marshall Space Center

图 14：用不同分类方法对运载火箭进行分类



数据来源：东北证券、灰机 wiki、维基百科

1.轨道

根据轨道高度的不同，火箭可以分为亚轨道火箭和轨道火箭，而轨道火箭又可以进一步分为近地轨道火箭、太阳同步轨道火箭、地球同步轨道火箭、月球轨道火箭等不同类型。亚轨道火箭的定义并没有统一的标准，通常认为亚轨道火箭是指那些虽然未能进入轨道，但可以将有效载荷送达卡门线（即 100 公里以上的高度）的火箭。由于现在许多轨道火箭都具备多轨道投送的能力，因此对轨道火箭的详细分类逐渐模糊。

2.用途

根据其用途，火箭可以分为非载人火箭和载人火箭。非载人火箭不仅用于发射人造地球卫星，还可用于发射太空站、行星际探测器、货运飞船等各类无人航天器。载人火箭通常专门用于发射载人飞船。载人运载火箭具有非常高的可靠性，配备特殊的故障检测系统，以应对故障情况，并具备比非载人火箭更强大的故障处理能力。我国的载人运载火箭还装备有紧急逃逸系统，可进一步保证航天员的安全。如长征二号 F 运载火箭搭载的紧急逃逸系统，使其安全性可达 99.7%。

3.级数

根据级数的不同，火箭可以分为单级火箭和多级火箭。亚轨道火箭通常采用单级火箭配置，而轨道火箭通常采用多级火箭结构。单级入轨火箭技术是各国正在研究的前沿领域。

对于捆绑助推器的火箭，为避免混淆，不管绑定了多少个助推器，都按照半级来处理。例如，二级火箭长征六号甲绑定了四个助推器，因此被称为“二级半”火箭；四级火箭 PSLV-XL 绑定了六个助推器，因此被称为“四级半”火箭。

4.结构形式

根据结构形式，火箭可以分为串联型、并联型（通常称为捆绑式）和串并联混合型。串联火箭被称为"光杆构型"，而捆绑助推器的单级火箭称为一级半构型，例如长征五号 B，捆绑助推器的多级火箭是串并联混合火箭。

以下是一些常见构型的命名规则：
CBC（Common Booster Core）构型：CBC 构型指的是将一子级（核心级）与一定数量的助推器捆绑在一起。捆绑 2 个一子级作为助推器的构型称为 3CBC 构型，例如德尔塔 4 重型、重型猎鹰、长征十号。捆绑 4 个一子级作为助推器的构型称为 5CBC 构型，例如安加拉 A5。
长征七号构型：命名规则采用 CZ-7XYZ 的格式，其中 X 代表级数，Y 代表助推器个数，Z 代表助推器类型，S 表示固体助推器，而液体助推器则省略。对于有上面级状态增加/SM 区分，对芯二级采用氢氧发动机的构型，加（HO）以区分。例如，捆绑 2 个 2 米直径的固体助推器，芯二级采用氢氧发动机的两级构型命名为 CZ-722S（HO），基本型 CZ-7 的代号为 CZ-724，简称 CZ-7。
宇宙神 5 构型：宇宙神 5 构型采用宇宙神 5 XYZ 的格式，其中 X 表示整流罩的直径，4 和 5 分别代表 4 m 级和 5 m 级的直径，N 表示不安装整流罩;Y 表示公用芯级捆绑的固体助推器数量，从 0 到 5 不等；Z 表示半人马座上面级发动机的数量，1 或 2。例如，宇宙神 5 401 构型表示使用 4 m 直径整流罩，不安装固体助推器，安装 1 台半人马座上面级发动机。

5.能源类型

根据能源类型，火箭可以分为化学火箭、核火箭、电火箭和光子火箭。化学火箭进一步分为固体火箭、液体火箭和固液混合火箭。同时使用两种或更多不同能源类型的火箭被称为混合动力火箭。然而，核火箭、电火箭和光子火箭目前仍处于理论或研究阶段。
以下是一些常见的火箭推进剂及火箭构型：
固体推进剂：常见的固体推进剂包括聚氨酯（PU）、聚丁二烯（PB）、端羟基聚丁二烯（HTPB）、硝酸酯增塑聚醚（NEPE）等，也有使用复合推进剂，由氧化剂、金属燃料和高分子粘结剂组成。
液体推进剂：液体推进剂包括液氧/液氢、液氧/煤油、液氧/甲烷、四氧化二氮/肼类等。液体火箭根据推进剂的储存条件可以分为常温火箭和低温火箭。常温火箭使用四氧化二氮、肼类等常温推进剂，而低温火箭则使用液氧、液氢、甲烷等低温推进剂。
固液混合火箭：固液混合火箭分为固液混合式和液固混合式两种。液固混合式发动机的燃烧剂为液体，氧化剂为固体；而固液混合式则相反。这种类型的火箭通常用于探空火箭，例如 Vaya Space 的无畏号（Dauntless）和吉尔摩太空技术（Gilmour Space）的厄里斯（Eris orbital launch vehicle）。

图 15：谷神星一号固液串联火箭



数据来源：东北证券、腾讯新闻

图 16：长征六号甲固液并联火箭



数据来源：东北证券、巅峰高地

现有的混合动力火箭均同时使用固体发动机和液体发动机，与固液混合火箭概念不同，固体火箭使用液体上面级，称为固液串联火箭，例如“三固一液”串联构型的快舟一号甲、谷神星一号、SSLV 等；液体火箭使用固体上面级，习惯性称为液体火箭，“两液一固”串联构型的长征一号、“一级固体+一级液体”串联构型的罗老号称

为固液串联火箭。使用“液体芯级+固体助推器”的火箭，称为固液并联火箭。例如长征六号甲、宇宙神 5、H-IIA、阿丽亚娜 5、GSLV Mark III 等。使用“固液串联+助推并联”的火箭，称为固液串并联混合火箭。例如 PSLV-XL 使用“固体一级、液体二级、固体三级、液体四级、6 个固体助推器”。

6.发射平台

根据发射平台和火箭发射方式的不同，可以将火箭分为陆射火箭、海射火箭、空射火箭和潜射火箭。陆射火箭进一步细分为塔架发射、车载机动发射和地下发射。塔架发射是在固定的发射场位置进行的，适用于多种火箭，是最常见的发射方式。车载机动发射使用改装的卡车等移动平台，具有快速和灵活的特点，例如长征十一号和起飞号火箭使用运输起竖发射一体车进行发射。地下发射则是从地下竖井中发射，较为少见，例如第聂伯号。

图 17：塔架发射火箭



数据来源：东北证券、百度百科

图 18：长征 11 号一箭 9 星海上发射



数据来源：东北证券、哈尔滨工程大学公众号

海射火箭采用浮动或固定于海上的发射平台，浮动平台包括驳船、打捞船、专用海上发射船等，也有移动式发射平台，例如奥德赛发射平台。固定发射平台中包括布罗格里奥航天中心。例如长征十一号海射型在驳船、打捞船上发射，而天顶 3SL 则使用奥德赛发射平台进行发射，侦察兵则使用布罗格里奥航天中心进行发射。

根据运载火箭在飞机上的组装和分离方式，空射火箭有多种不同形式，包括腹挂式、背驮式和内装式等。例如，飞马座腹挂式空射火箭最初使用改进型号的 B-52 轰炸机作为发射平台，后来改装了洛克希德 L-1011 客机作为发射平台。发射者 1 号腹挂式空射火箭则使用改装的波音 747-400 客机作为发射平台。

潜射火箭是一种通过依赖组合式舰船惯性导航系统和发射控制系统，由潜艇发射运载火箭的方式。例如，德尔塔级潜艇用于发射静海号和波浪号等火箭

7.点火时间

按点火时间分为热发射和冷发射两种方式。热发射是指在点火后立即升空，而冷发射则是在升空后再进行点火。具体来说，冷发射是一种通过辅助动力将火箭从发射筒内弹射出来，然后在火箭达到一定高度后再点燃主发动机的发射方式。大多数火箭采用热发射方式，而使用冷发射方式的火箭通常继承了导弹发射技术，例如长征十一号和第聂伯号。

8.可否重复使用

按照火箭的可重复使用性质，可以分为一次性使用火箭、部分重复使用火箭和完全重复使用火箭。一次性使用火箭指的是完成航天器发射任务后不再回收和重复使用的火箭。部分重复使用火箭是指火箭的部分动力构件可以返回并重复使用，例如猎鹰 9 号的第一级。而完全重复使用火箭是指火箭的全部部件都可以返回并重复使用，例如新谢泼德号。

图 19：铝合金材料火箭蒙皮



数据来源：东北证券、中国运载火箭技术研究院

图 20：星舰的不锈钢外壳



数据来源：东北证券、SpaceX

9.外壳主要材料

根据火箭的外壳主要材料，可以分为铝合金火箭、碳纤维火箭和不锈钢火箭。多数火箭使用铝合金外壳，分为不同代的材料，包括铝镁合金、铝铜合金和铝锂合金。例如，猎鹰 9 号使用铝锂合金材料，而长征五号使用铝铜合金材料。碳纤维火箭的外壳采用碳纤维复合材料，具有轻重、高强度和耐高温的特点，例如电子号和中子号。不锈钢火箭外壳使用高强度合金钢，具有低成本、高强度、耐高温和抗氧化性好的特点，但重量较重，所以较少有火箭使用不锈钢外壳。例如，星舰发动机使用不锈钢外壳来降低成本并提高耐高温能力，而 GSLV Mark III 也使用不锈钢外壳。

3. 梅花香自苦寒来-东风系列及长征系列火箭发展历程

3.1. 东风系列导弹

第一代战略导弹

东风 1

图 21：东风-1 及苏联 P-2 导弹



数据来源：东北证券、百度百科、腾讯网

东风-1 是中国根据苏联 P-2 导弹仿制的近程地地战略导弹。仿制工作始于 1958 年 4 月，试射成功于 1960 年 11 月 5 日。该导弹的全长为 17.68 米，弹径为 1.65 米，起飞重量为 20.4 吨，搭载了一级液体燃料火箭发动机，最大射程达到 600 公里。它具备携带 1300 公斤高爆弹头的能力。虽然该导弹从未在实战中投入使用，但通过对 P-2 导弹的模仿，中国建立了自己的导弹研究体系，并培养了一批导弹专家，为后来的东风-2 导弹的研发奠定了基础。

东风 2

东风-2 弹道导弹（北约代号：CSS-1）是中国独立研制的首代中程地地弹道导弹，是东风-1 的改进版本。这款导弹采用单级、液体推进剂、道路机动的设计，由中国国防部五院（现在的中国运载火箭技术研究院，CALT）负责设计和开发。

图 22：东风-2 弹道导弹



数据来源：东北证券、百度百科

东风-2 具备携带 1500 公斤高爆弹头的能力，或者搭载一枚威力相当于 2 万吨 TNT 当量的核弹头（东风-2A）。该导弹的研制成功标志着中华人民共和国首次拥有具备实战能力的核弹道导弹，并具备了本土对敌远程目标进行打击的能力。

东风 3

东风-3 弹道导弹（代号：DF-3，北约代号：CSS-2，系列型号：东风-3A）是中国人民解放军火箭军（原二炮）装备的一种陆基中程弹道导弹。
作为中国的首个地对地中程弹道导弹，东风-3 是中国完全自主设计的首款战略导弹，采用了机动发射、单级、液体燃料发动机的先进技术。

图 23：东风-3 弹道导弹



数据来源：东北证券、百度百科
东风-3 弹道导弹的研制始于 20 世纪 60 年代，于 1966 年 12 月首次试射成功，并于 1971 年 5 月开始服役。如今，它已经逐步退出现役，被东风-21 弹道导弹系列所替代。

东风 4

东风-4 远程弹道导弹（北约代号：CSS-3）是中华人民共和国研制的首款采用两级液体燃料（红烟硝酸和偏二甲基肼）机动发射的远程弹道导弹。其第一级基于东风-3 稍加修改，而第二级则是全新设计。
东风-4 的第一级发动机地面推力达 1120 千牛，第二级发动机真空推力为 320 千牛，起飞重量为 82,000 千克，直径为 2.25 米，长度为 28.05 米，翼展为 2.74 米。该导弹可携带 2,190 千克核弹头，爆炸当量高达 330 万吨。其原设计射程超过 4000 公里，以美军驻关岛的轰炸机基地为目标，后来射程增至 5500 公里，以涵盖莫斯科及其他苏联西部城市，并可打击印度和美国太平洋基地的目标。导弹采用捷联式全补偿惯性制导系统，具备横纵双向导引，圆概率误差约为 1,500 米。

图 24：东风-4 弹道导弹



数据来源：东北证券、维基百科

值得一提的是，东风-4 的民用型火箭为长征一号，在 1970 年 4 月 24 日成功发射了中国的第一颗人造卫星。

东风 5

图 25：东风-5B 洲际弹道导弹



数据来源：东北证券、兵工科技

“东风”-5 洲际弹道导弹是中国研制的第一代洲际地地战略导弹，于 1965 年开始研制，1971 年首次试验，1980 年 5 月 18 日全程飞行试验成功后，于 1981 年开始服役，东风-5 型洲际导弹服役后,作为唯一的洲际打击力量，东风-5 在我国的核威慑力量中很长一段时间内都占据主导地位，发挥着举足轻重的作用。
随着东风-5 的服役，中国不断在其基础上进行改进，并借鉴国外最新的洲际导弹技术，相继研制出东风-5A 和东风-5B 导弹。其中，东风-5A 引入新型火箭发动机，显著提升了最大射程和打击精度。而东风-5B 导弹则具有创新性地采用了分导式多弹

头技术，极大增强了导弹的突防能力。该导弹采用二级液体燃料火箭发动机，并通过固定发射井进行发射。东风-5B 最大射程提高到 15000 公里，是目前中国威力最大，射程最远的战略导弹。

第二代战略导弹

东风 6

东风-6 导弹与传统的洲际导弹有所不同，它属于一种 FOBS（地球轨道防卫系统）导弹系统，通常被称为轨道轰炸器。这款导弹能够搭载高达 3200 千克的战斗部。理论上，东风-6 的射程足以绕地球一周，因此也被戏称为环球火箭。
然而，由于东风-6 的技术难度相当大，每一级火箭发动机都不同，尤其是第二级采用的塞式发动机，目前美国依然在进行相关研发。最终，经过科研人员三年的努力，东风-6 项目不得不在中途停止，部分资金和技术被转移到其他型号的导弹和火箭项目上。

东风 10

东风-10，又称长剑-10 巡航导弹（CJ-10/CJ10，其他名称：东海-10/DH-10），是中国研制的一型中远程战术打击巡航导弹。在火箭军序列里，巡航导弹部队担负精打要害、克敌制胜的使命任务。这款超音速巡航导弹有精度高、射程远、反应速度快的特点。
长剑-10 除了陆基型之外，还有在轰-6K 轰炸机上发射的空射型、在 093 型攻击核潜艇上发射的潜射型和水面舰艇发射的舰射型，形成了可以覆盖海陆空武器平台使用的大家族。空射型的型号为长剑-20，并在长剑-20 的基础上又开发出了远程空射反舰导弹鹰击-100。

图 26：轰-6K 悬挂“长剑-10”巡航导弹



数据来源：东北证券、网易新闻

图 27：中国“战斧”-东风 10 巡航导弹



数据来源：东北证券、环球网

到了 2015 年九三胜利大阅兵，在阅兵方队中亮相的陆基巡航导弹发射箱显示“DF-10A”的字样，也就是说明此时这款巡航导弹的型号已经从长剑-10 改为东风-10A。东风-10A 在巡航阶段采用惯性+地形匹配+卫星辅助导航，末制导则是光学图像匹配复合制导，因此具有相当高的命中精度。

东风 11

东风-11（外销名称：M-11；北约代号：CSS-7）是一种道路-机动近程弹道导弹（SRBM），由位于湖北省的中国航天科工集团公司（CASIC）三江（Sanjiang）空间集团（也即是航空宇宙 066 基地）发展的系统。它和东风-15 是中国人民解放军所使用的主要的短程弹道导弹。东风 11 导弹于 1985 年开始研制，1992 年定型生产并出口。

图 28：东风-11 短程弹道导弹



数据来源：东北证券、维基百科

图 29：东风-11A 导弹



数据来源：东北证券、腾讯新闻

东风-11A 导弹是对东风-11 的一次显著改进型号，其射程从原来的约 300 公里扩展到 800 多公里。相较于原型，该导弹的制导系统经过升级，从惯性制导和终点雷达制导改为卫星制导和光学制导。这些技术提升使得导弹在打击目标时更为精确，同时也拓展了其作战半径。

东风-11A 导弹采用固体燃料，这不仅大幅缩短了发射准备时间，还提高了导弹的灵活性。其先进的制导系统使得导弹在飞行过程中能够进行实时调整，从而进一步提高了打击的精准度。这些技术升级使得东风-11A 导弹成为中国火箭军部队的主要作战力量之一。

东风 12

东风-12 导弹具有反制战区导弹防御系统的能力。该导弹的出口型号为 M-20，长度约为 7.8 米，直径为 0.75 米，重量为 4 吨。它能携带重达 480 公斤的弹头，公开的射程为至 480 公里。

图 30：“波罗乃兹”和其配套的 M-20



数据来源：东北证券、腾讯新闻

东风 15

东风-15 是中国在 20 世纪 80 年代研发的一款地对地中近程战术弹道导弹，其北约代号为 CSS-6，而其出口型号则被称为 M-9。除了中国，伊朗、巴基斯坦等国家也装了这种导弹。东风-15 导弹采用惯性制导结合末端修正方式，全长约 9 米，射程达 595 千米。它搭载固体箭发动机作为动力装置，误差半径在 91 至 274 米之间。战

斗部可携带 498 千克的常规高爆炸药或相当于 9 万吨当量的核弹头。其惯性制导方式类似于美国 Pershing I-A 型导弹。东风-15 首次在中国建国 50 周年的阅兵式上亮相。

图 31：东风-15 地对地中近程战术弹道导弹



数据来源：东北证券、新浪军事

图 32：火箭军装备的东风-15B 近程弹道导弹



数据来源：东北证券、《军武次卫面》、腾讯网

东风-15B 则是东风-15 导弹的改进型，为一款两级、固体燃料、近程战术弹道导弹。该导弹具备快速打击、连续突击和高效毁伤能力，是中国军队实施中近程精确打击的关键武器。目前，该导弹的末端 GPS 制导系统仍在不断发展中，预计其命中精度将提高到米级，为打击特定目标提供更高的准确性。东风-15C 则是全球首款具备精确制导能力的钻地导弹。

东风 16

东风-16 中近程弹道导弹是一种单级固体弹道导弹，其射程约为 1200 公里，填补了射程几百公里的近程导弹和射程几千公里的中程导弹之间的间隙。东风-16 通过提升快速反应能力、实现快速机动发射（无需预设阵地），以及借助北斗系统，实现弹头极高的打击精度，可摧毁陆上甚至地下工事。相较于过去的导弹，这款新型弹道导弹具备更强的突防能力，抗电磁干扰能力强，并搭载机动式弹头，可躲避各种反导手段的拦截。

图 33：东风-16 中近程弹道导弹



数据来源：东北证券、新浪军事

东风-16 弹道导弹秉承了东风-11 导弹的成熟技术，在弹道导弹射程上填补了东风-15 和东风-21 的空白，与之前的东风-15、东风-11 近程弹道导弹以及东风-21 中程弹道导弹一起构成了中国的常规弹道导弹体系。其主要任务是对第一岛链内强敌的重要目标进行火力打击。

东风 17

东风-17 弹道导弹表现出全天候、无依赖、强大的防御特性，能够精准打击中近程目标。它被专门设计用于摧毁敌方重要的反导防空系统。东风-17 被誉为导弹领域的歼-20，其弹头采用独特的乘波体外形。这种气动外形使得在高超音速飞行时产生的激波能够集中在弹体下方，形成高压区以托起弹体。东风-17 在东风-16 导弹的基础上配备了乘波体弹头，其最高速度超过 10 马赫，射程几乎增加了一倍。东风-17 的杀伤力主要体现在其强大的突防能力，依托高速和可动舵面，它具备出色的横向机动性。鉴于美国反导系统依赖于对来袭导弹飞行路径的预测，如果目标的运动轨迹不断变化，那么反导系统根本无法拦截。东风-17 的作用就是利用其高超音速的突防能力重点打击美国在周边部署的反导系统，如萨德和陆基宙斯盾，为后续的东风快递发射清除障碍。

图 34：东风-17 弹道导弹



数据来源：东北证券、新浪军事

图 35：东风-21D 弹道导弹



数据来源：东北证券、环球网

东风 21

东风-21 型弹道导弹（DF-21，北约代号：CSS5）是中华人民共和国研发的一款机动式中程弹道导弹。作为中国人民解放军首款采用固体燃料推进且可机动发射的导弹，它还是世界上首个反舰弹道导弹，标志着导弹技术的重大进展。目前，东风-21 型导弹归属于中国人民解放军火箭军，主要部署在辽宁、江西、云南、福建、青海等地，具备威胁台湾、日本、韩国、东南亚、印度、中亚等地区敌目标的能力。该导弹于 1985 年 5 月 20 日首次试射成功，于 1989 年定型，采用二级固体燃料火箭发动机，最大公路机动发射射程为 1800 公里，携带一枚 600 公斤威力相当于 30 万吨 TNT 当量的热核弹头，命中精度为 300 米。

东风-21C（第二代战略导弹）是在东风-21 基础上改进的最先进的中程地对地战略导弹，其有效射程达 3200 公里。它采用高能固体火箭推动弹头，可携带三枚分导式核弹头，是世界上唯一能够携带多枚弹头的中程导弹。东风-21C 具备接近于巡航导弹的打击精度，代表了导弹技术上的一次革命性突破。

东风-21D 是中国人民解放军火箭军装备的一种陆基机动式中程弹道导弹，东风-21D 的最大射程达 3000 公里，除了具备核常兼备的战略打击能力外，还具备反航母作战的能力。

东风 25

东风-25 型导弹，为中国研制的第二代战略导弹，是一种先进的中程地地战略导弹，是在原东风-21 的基础上进行改进而成。它具备机动发射能力，可携带常规弹头、核弹头和分导弹头，导弹具有高精度命中和战场生存能力。相较于东风-21 型导弹，东风-25 型导弹具有以下特点：首先，具备更远的射程；其次，采用高能固体火箭推

动，由两个推进器组成；第三，拥有更大的威力；第四，支持两种打击模式，包括单弹头打击和多弹头分导打击模式。

图 36：东风-26 发射车



数据来源：东北证券、维基百科

图 37：东风-31 核导弹发射车



数据来源：东北证券、维基百科

东风 26

东风-26 中远程弹道导弹是我国研制的一款先进固体中远程弹道导弹，是慑战一体、核常兼备的新型系列导弹武器，也是中远程打击武器的主力和核心力量，是继东风-21D 后世界现役第二种大型中远程反舰弹道导弹。具备跨区无依托机动发射能力，能够对多种目标进行精确打击。该型导弹是我国完全自主研发的武器，战斗部核常兼备，可迅速执行核反击任务，同时也适用于常规中远程精确打击任务。其打击范围覆盖陆海两域，具备对陆上重要目标和海上大中型舰船进行精确打击的能力。同时，融合了多项新技术，具有高度通用化、集成化和信息化水平。东风-26 的射程可达 5000 公里，因此被戏称为“关岛快递”。与东风-21D 在某些方面相似，它们都是中远程固体燃料弹道导弹，同时也是全球仅有的两款反舰导弹，对美国航母构成重大威胁。

东风 31

东风-31（DF-31，北约代号 CSS-10）是中国研制的一种三段固体推进剂洲际弹道导弹，也是中国首种远程固体弹道导弹。作为中国第二代战略武器，引入了多项新技术。相较于其前辈东风 5 洲际弹道导弹，东风-31 在体积、打击精度、生存性能和突防能力等方面都取得了明显突破。

东风-31 型导弹的射程达到了 9000 公里，可携带一枚 700 公斤的弹头（相当于 1 百万吨 TNT 炸药当量的核弹头），或者多枚更小的弹头。改进型的东风-31A 具有更大的载荷容量，为 1050-1750 公斤，可携带至少三枚弹头或诱导弹头，以及重返大气层载具，其射程进一步增加至 11270 公里。

东风 100

东风 100 也称为长剑 100 巡航导弹是中国人民解放军装备的一种巡航导弹，精度高、射程远、反应速度快，是长剑系列的最新型号。

图 38：长剑-100 巡航导弹



数据来源：东北证券、环球网

图 39：世界第一的机动式固体燃料洲际导弹东风-41



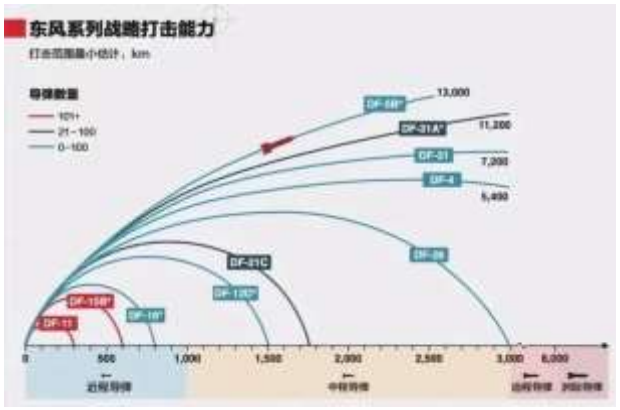
数据来源：东北证券、观察者网、新浪军事

2019 年 10 月 1 日上午，庆祝中华人民共和国成立 70 周年大会在北京天安门广场隆重举行，长剑-100 巡航导弹方队接受检阅。长剑-100 定位上和东风-21D 类似。

东风 41

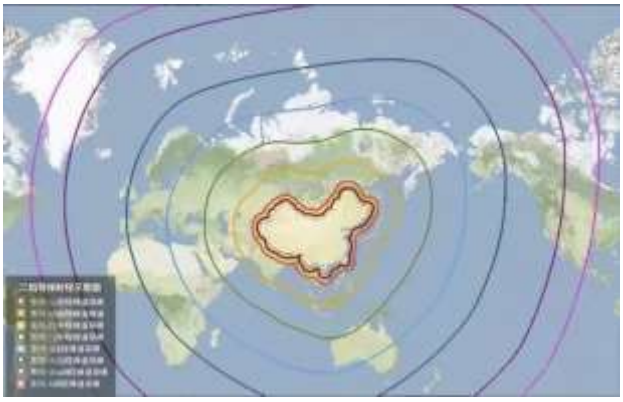
东风-41 洲际战略核导弹是中国战略核力量的重要支柱，其性能媲美发达国家的第六代导弹，如美国的“民兵-3”和俄罗斯的“白杨-M”洲际弹道导弹，甚至在某些技术方面已经超越它们。东风-41 的最大射程介于 1.2 万至 1.4 万公里之间，这意味着无论从我国国土的哪一点发射，都能够覆盖全球，其攻击目标的偏差仅为 150 米左右。此外，它还可以携带 6 到 10 枚分导式弹头，战斗部重量为 1.6 吨，可携带 1 枚爆炸当量 550 万吨的热核弹头，或者 6 枚 250 公斤的 30 万吨当量分导弹头，最多可携带 10 枚 160 公斤的 15 万吨当量分导弹头。

图 40：东风系列战略打击能力



数据来源：东北证券、US Department of Defence

图 41：东风部分导弹射程示意图



数据来源：东北证券、新浪军事

东风-41 弹长 16.5 米，弹径 2.78 米，整体重量达到 60 余吨，采用三级固体燃料推进，采用公路机动平台、铁路机动平台、加固地井发射三种方式部署。目前尚无任何国家的反导系统有能力拦截东风 41。

3.2. 长征系列运载火箭

长征系列运载火箭的发展共经历了 5 个阶段。
第一阶段是基于战略导弹技术起步，主要包括 CZ-1、CZ-2；
第二阶段是按照运载火箭技术自身发展规律研制的火箭，包括 CZ-3、CZ-3A 系列、CZ-4 系列；
第三阶段是为满足商业发射服务而研制，典型代表是 CZ-2E；
第四阶段是为载人航天需要而研制的，如 CZ-2F 火箭；

第五阶段是为适应环保及快速反应需要研制的运载火箭，如 CZ-5 系列、CZ-6 系列、CZ-7 系列、CZ-8 系列、CZ-11 系列等。

图 42：中国长征系列运载火箭家族图谱



数据来源：东北证券、星球研究所、网络资料整理

第一代运载火箭

CZ-1、CZ-2 为我国第一代运载火箭，根据战略武器型号改进而来，具有明显的战略武器型号特点，解决了我国运载火箭从无到有的问题，但其运载能力等总体性能偏低、使用维护性差、靶场测试发射周期长、采用模拟控制系统。

CZ-1

图 43：**长征一号火箭的发展历程**



数据来源：东北证券、中国运载火箭技术研究院、国家空间科学研究中心

我国首个运载火箭"长征 1 号"是"东方红 1 号"卫星及"651 工程"的重要组成部分，为三级运载火箭，液体发动机驱动一、二级，而三级则采用固体发动机，其近地轨道运载能力达到 300kg。在"长征 1 号"的研制过程中，成功攻克了自旋稳定、级间连接与分离等关键技术难题。1970 年 4 月 24 日，火箭首次飞行成功，共进行了 2 次发射，全部取得成功，于 1971 年正式退役。

"长征 1 号"不仅成功地将中国的第一颗人造地球卫星"东方红 1 号"送入太空，也使我国成为全球第五个具备独立发射人造地球卫星能力的国家，为中国自主进入太空开辟了崭新的篇章。

图 44：长征一号运载火箭



数据来源：东北证券、百度百科

图 45：长征一号三级固体火箭发动机



数据来源：东北证券、百度百科

随后，我国对 CZ-1 进行了改进，以提升其发射更重载荷的能力。先后推出了 CZ-1A、CZ-1B、CZ-1C 和 CZ-1D 这四个后续型号。然而，这些型号中只有 CZ-1D 在实际发射中投入使用，其主要改进包括提升了一级推力、将二级氧化剂由红烟硝酸更换为能量更大的四氧化二氮，并采用更大、更先进的固体燃料三级。

对于 CZ-1A、CZ-1B 和 CZ-1C 型号，原本计划采用低温液体燃料三级、意大利制造的固体燃料三级以及常规液体燃料三级，但由于各种原因，这些计划最终只停留在纸面上，未能继续实际发展。

CZ-2

为了增加发射更重载荷的能力，航天专家从"八年四弹"计划中选定了刚刚发展成熟、比东风 4 更为庞大的洲际弹道导弹—东风 5 型洲际导弹。以这一导弹为基础，他们进行改进并发展出了长征二号（CZ-2）运载火箭。

CZ-2 是我国运载火箭的基础型号，专用于发射返回式卫星。该火箭为两级液体运载火箭，其近地轨道运载能力为 1.8 吨。在 CZ-2 的研制过程中，首次采用小推力弹道方案，成功将运载能力提升了 25%。尽管在首次飞行中遭遇失利，但国内经过深入的系统化研究，制定了运载火箭地面试验方法。

图 46：长征二号火箭发射

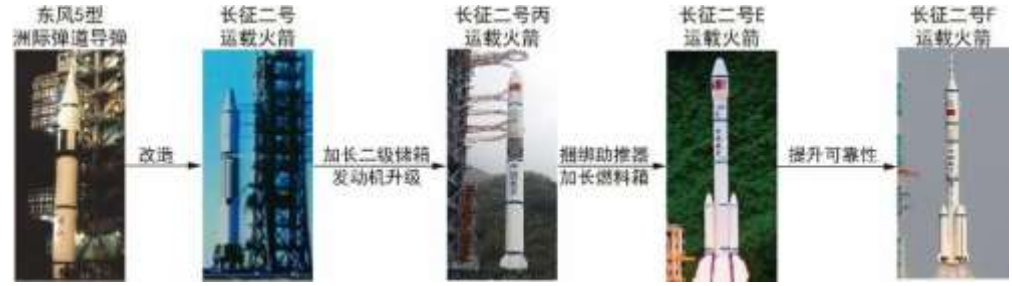


数据来源：东北证券、百度百科

CZ-2 于 1974 年 11 月 5 日首次飞行时遭遇失利，然而在 1975 年 11 月 26 日的第二次发射中取得了圆满成功，成功地将我国的第一颗返回式卫星送上太空。CZ-2 完成了 4 次发射任务，成功 3 次，最终于 1979 年正式退役。

第二代运载火箭

图 47：长征二号系列火箭发展历程



数据来源：东北证券、中国运载火箭技术研究院、国家空间科学研究中心

我国的第二代运载火箭包括 CZ-2C、CZ-2D、CZ-3 和 CZ-2E。这一代火箭仍然保留了第一代中战略武器型号的技术痕迹，但在第一代火箭的基础上进行了技术改进。其中，第二代火箭以原始状态的 CZ-2C 火箭为基础进行改进，一、二级与 CZ-2C 火箭基本相同。第二代火箭仍采用了有毒推进剂，包括四氧化二氮和偏二甲肼。此外，引入了数字控制系统，为火箭的发射和运行提供了更为精确的控制，旨在提高火箭的性能和稳定性，以适应不断发展的太空任务需求。

CZ-2C

图 48：长征 2 号丙发射遥感卫星十八号



数据来源：东北证券、百度百科

CZ-2C 系列火箭以两级和三级两种状态为主，主要用于发射近地轨道（LEO）、太阳同步轨道（SSO）、大椭圆轨道（EEO）以及地球同步转移轨道（GTO）的卫星任务。该系列火箭具备在我国现有的酒泉、太原和西昌三个卫星发射中心执行任务的能力，是目前唯一能够完成发射 LEO、SSO、GTO 和大椭圆轨道卫星的运载火箭。此外，它还具备一箭一星、一箭多星的发射能力。1998 年底，CZ-2C 火箭荣获原航天工业总公司颁发的"金牌火箭"称号。

CZ-2C 在研制过程中取得了多项关键技术突破。首次成功研制了主动章动控制自旋稳定 SM 上面级，克服了一型火箭在不同发射场适应性的挑战。同时，该火箭还首次成功研制了 SMA 固体上面级双星串联的内支撑安装结构，使其能够完成多类型

卫星发射任务。在 1982 年 9 月 9 日的首次飞行中取得成功后，截至 2016 年 7 月，CZ-2C 火箭已经完成了 42 次宇航发射，成功率达到了 41 次。

CZ-2D

CZ-2D 是由 CZ-4A 去掉三级并延长二级燃料箱改装而来，LEO 载荷比早期型号的 CZ-2C 更高，达到了 3.1 吨，但经历了多年发展后，CZ-2C 与 CZ-2D 的运载能力日益趋同，均达到了约 4 吨的 LEO 运力。1992 年 8 月首次发射。截至 2016 年 7 月，共完成 28 次发射任务。

CZ-2E

CZ-2E 是中国第一种为商业卫星发射而研制的运载火箭，也是我国首型捆绑式运载火箭，为两级半构型液体运载火箭，近地轨道运载能力 9.2 吨。CZ-2E 研制过程中攻克了高空风修正、助推器捆绑和分离、推进剂利用、横向变轨和全方位调姿定向、大尺寸分离包带、大型整流罩等多项关键技术。1990 年 7 月 16 日，CZ-2E 火箭首飞成功，共进行 7 次发射，成功 5 次，于 1995 年退役。CZ-2E 火箭实现了中国运载火箭捆绑技术的突破，为我国后续载人火箭研制奠定了坚实的技术基础。

图 49：长征二号丁中型二级常温液体运载火箭



数据来源：东北证券、中国运载火箭技术研究院

图 50：长征三号运载火箭



数据来源：东北证券、百度百科

CZ-3

CZ-3 运载火箭是一款三级液体运载火箭，其地球同步转移轨道运载能力为 1.5 吨。最初的 CZ-3 是在 CZ-2C 基础上增加了一个直径为 2.25 米的液氢液氧燃料三级。在 CZ-3 的研制过程中，首次提出了基于氢氧低温三子级的火箭总体方案。此外，还进行了全新设计的地面增压、氮气瓶补压和自生增压三段有机结合增压方案。研制中首次采用了低温共底贮箱，并较全面地研究并解决了液体火箭低频振动力学环境管理技术，率先提出并研究了液体火箭纵向耦合振动（POGO）问题。
CZ-3 首次采用了液氢液氧推进剂，实现了两次起动，同时首次成功将有效载荷送入地球同步转移轨道，将中国火箭技术推向了世界先进水平。1984 年 1 月 29 日，CZ-3 首飞成功，总计进行了 13 次发射，其中成功 10 次。

第三代运载火箭

CZ-2F、CZ-3A 系列和 CZ-4 系列火箭属于我国第三代运载火箭。这一代火箭在第二代的基础上进行可靠性改进，引入了系统级冗余的数字控制系统。通过增加了三子级，火箭的任务适应能力得到了显著提高。为满足载人航天任务的需求，一些型号还增加了故障检测和逃逸系统，大幅提升了任务的可靠性。此外，对发射场测试和发射流程进行了简化，以提高维护性能。

CZ-2F

CZ-2F 是我国首个用于载人的运载火箭，为两级液体运载火箭，其近地轨道运载能力为 8.6 吨。在 CZ-2F 火箭的研制过程中，成功攻克了载人火箭总体设计、逃逸系统、故障检测处理系统、冯卡门外形整流罩等关键技术难题。于 1999 年 11 月 20 日，CZ-2F 首次飞行成功，准确将我国的第一艘无人试验飞船"神舟 1 号"送入预定轨道。这一成功推动了中国实现了载人航天的战略目标，使中国成为世界上第三个自主发展载人航天技术的国家。随后，中国于 2003 年 10 月成功实现了首次载人航天，而在 2012 年 6 月更实现了首次载人航天交会对接的成功。截至 2016 年 7 月，CZ-2F 火箭已经成功完成了 11 次发射任务，将共计 12 名航天员送入太空。

CZ-3A

图 51：长征三号系列火箭发展历程



数据来源：东北证券、中国运载火箭技术研究院、国家空间科学研究中心

随着后续技术的进步和需求的提升，卫星越来越重，基本型 CZ-3 已经难以将更重、更大的卫星送入同步转移轨道上，所以后来在 CZ-3 基本型的基础上拉长了燃料箱，重新设计了一个 3.0m 直径的三级，并且更换了性能更先进、推力更大的氢氧发动机，金牌火箭“长三甲”系列就此诞生。

图 52：长征三号甲运载火箭



数据来源：东北证券、百度百科

图 53：长征三号乙运载火箭



数据来源：东北证券、百度百科

“长三甲”系列火箭涵盖了三个子型号，分别是长征三号甲（CZ-3A）、长征三号乙（CZ-3B）和长征三号丙（CZ-3C）。CZ-3A 是该系列最早发展的型号，总体上是在基本型长征三号的基础上更换了性能更优越的三级，其同步转移轨道运载能力达到了 2.6 吨。值得特别提到的是，2007 年 10 月 24 日，CZ-3A 成功地将我国的第一颗探月卫星"嫦娥一号"发射升空，标志着我国探月工程的开启。

为了实现一箭多星和更大质量的同步卫星发射，CZ-3B 在 CZ-3A 箭体的基础上添加了 4 个"长二捆"的助推器，使其同步转移轨道运载能力达到了 5.1 吨，成为在长征五号问世之前我国运载能力最强的火箭。

CZ-3B 型火箭自 1996 年首次发射以来，经历了 20 多年的改进历程，目前已发展到改三 Z 型，引入了许多新技术和新方案，可靠性和运载能力都得到了提升，地球同步转移轨道运载能力达到了 5.5 吨。

此外，有些使用 CZ-3B 发射的卫星未能充分利用其 5 吨多的运载能力，导致资源浪费。为解决这一问题，通过"减法"手段，例如还回两个"长二捆"中的四个助推器，只搭载两个 2.25 米的助推器，就形成了长征三号丙（CZ-3C）。其 3.8 吨的同步转移轨道运载能力介于长三甲的 2.6 吨和长三乙的 5.5 吨之间，能够更经济、更实惠地发射那些长三甲无法胜任、而用长三乙又过于浪费的卫星。

CZ-3A 系列火箭研制过程中，突破了 YF-75 发动机、小型 4 轴惯性稳定平台、冷氦加温增压系统、低温氢气能源双向摇摆伺服机构等四大关键技术。截至 2016 年 7 月，CZ-3A 系列运载火箭共完成 74 次发射任务，成功 73 次，成功率达 98.6%。其中 CZ-3A 火箭 1994 年首飞，共执行了 25 次发射任务，成功率 100%；CZ-3B 火箭 1996 年首飞，共执行了 35 次发射任务，成功 34 次；CZ-3C 火箭于 2008 年首飞圆满成功，共执行了 14 次发射任务，成功率 100%。

CZ-4

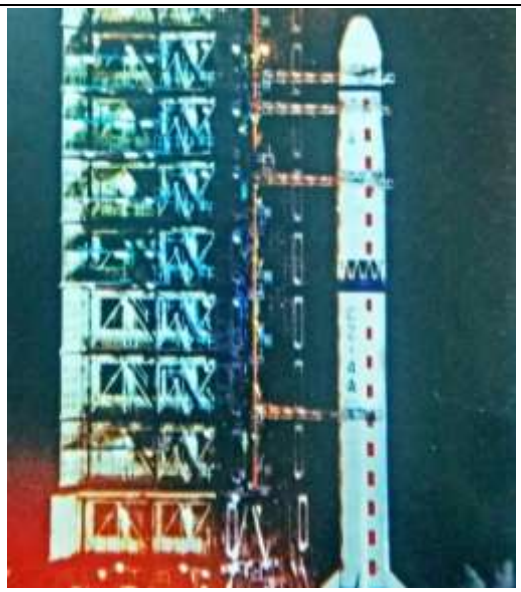
在上世纪七十年代，周恩来总理深感航天事业的紧迫性与重要性，结合上海先进的工业水平，提出了"上海也能搞东风导弹"的思想，并实施了"两条腿走路"的战略。在周总理的启发下，上海机电二局（即上海航天技术研究院前身）开始研发"风暴一号"（FB-1）火箭。"风暴一号"是我国火箭家族中少数没有以"长征"命名的型号之一，但实际上，它与长征二号都是在东风 5 型洲际导弹基础上改进而来。它们在性能、结构和技术指标上有很多相似之处，可以说 CZ-2 是北京版的“东风 5”改进，而 FB-1 则是上海版的“东风 5”上海机电二局以 FB-1 为基础成功开发了长征四号系列和长征二号 D 型运载火箭，这些火箭至今仍在服役。

图 54：风暴一号运载火箭



数据来源：东北证券、灰机 wiki

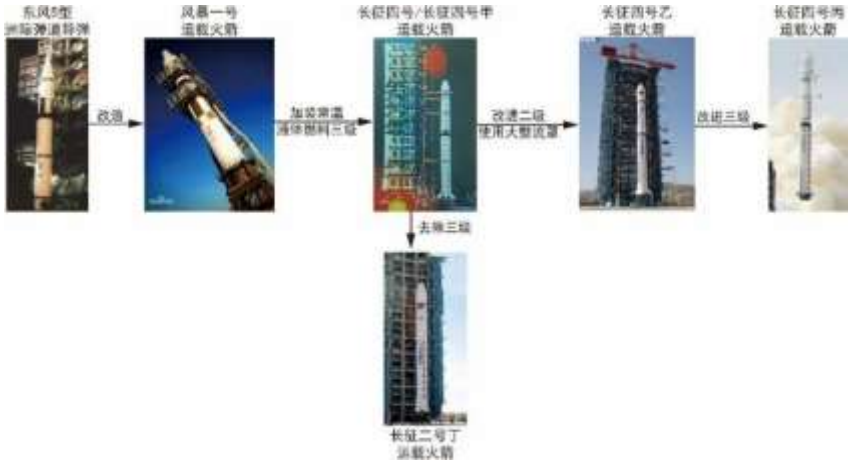
图 55：长征四号甲运载火箭



数据来源：东北证券、百度百科

最初的长征四号（CZ-4）运载火箭实际上是作为与长征三号竞争发展的项目，当时由于国内缺乏液氢液氧燃料发动机的研发经验，因此上海另外开发了一款火箭作为备用，该火箭在"风暴一号"（即东风 5）的基础上加装了一个常温液体燃料的第三级，用于发射同步轨道卫星，最初的长征四号便由此诞生。

图 56：长征四号系列火箭发展历程



数据来源：东北证券、中国运载火箭技术研究院、国家空间科学研究中心

CZ-4 运载火箭涵盖了 CZ-4A/B/C 三个型号，均为三级液体运载火箭。其中，一、二子级的直径为 3.35 米，而三子级的直径为 2.9 米。CZ-4C 的三级发动机具备二次起动的能力。该型号火箭主要用于发射太阳同步轨道卫星，其在 700 公里 SSO 轨道的运载能力约为 3 吨。在研制过程中，取得了多项关键技术突破，其中包括 YF-40 发动机的研制等方面。1988 年 9 月 CZ-4A 首次发射，现已经退役。1999 年 5 月 CZ-4B 首次发射，截至 2016 年 7 月，共执行了 29 次发射任务，失败 1 次，成功率 96.5%；2006 年 4 月 CZ-4C 首次发射，截至 2016 年 7 月，共执行了 17 次发射任务，成功率 100%。

第四代运载火箭

图 57：新时代长征系列运载火箭的发展历程



数据来源：东北证券、中国运载火箭技术研究院、国家空间科学研究中心

第四代运载火箭包括 CZ-5、CZ-6、CZ-7、CZ-11 等型号，采用了无毒无污染的推进剂，具备无环境污染的特性。同时，这一代火箭引入了全箭统一总线技术和先进的电气设备。相较于先前的型号，这些火箭在最大运载能力方面经历了显著的提升。

CZ-5

CZ-5 系列运载火箭是我国新一代大型运载火箭。其研制遵循"一个系列、两种发动机、三个模块"的总体发展思路。这里的"三个模块"包括使用氢氧推进剂的 5 米直径模块、使用液氧煤油推进剂的 3.35 米直径模块和 2.25 米直径模块。而"两种发动机"指的是新研制的 50 吨级推力的氢氧发动机和 120 吨级推力的液氧煤油发动机。基于这一设计理念，CZ-5 系列火箭在通用化、系列化、组合化的设计思想下，组合出了 6 种构型的大型运载火箭，实现了地球同步转移轨道运载能力 6-14 吨，近地轨道运载能力 10-25 吨。

图 58：长征五号运载火箭



数据来源：东北证券、灰机 wiki

图 59：长征五号乙运载火箭



数据来源：东北证券、灰机 wiki

CZ-5 火箭为两级半火箭，总长度为 56.97 米，搭载了 4 个 3.35 米直径的助推器。芯一级采用 5 米直径模块，搭载两台 YF-77 氢氧发动机，可以进行双向摆动；芯二级同样采用 5 米直径模块，搭载两台 YF-75D 氢氧发动机，同样具备双向摆动功能；而助推器则采用 3.35 米直径模块，每个助推器搭载两台 YF-100 液氧煤油发动机。首飞任务是搭载 YZ-2 上面级和"实践 17 号"卫星,有效载荷支架接口直径为 3.8 米。其 GTO 轨道运载能力最大达到 14 吨。CZ-5B 火箭为一级半火箭，在 CZ-5 火箭的基础上去掉了二级，有效载荷支架接口直径从 3.8 米提高到了 4.2 米，LEO 轨道运载能力最大可达 25 吨。
截至 2009 年和 2010 年，原本作为长征五号系列中的衍生型号的小、中型火箭分别独立成系列，形成了长征六号和长征七号两个新系列。

CZ-6

长征六号运载火箭是上海航天技术研究院（航天八院）研制的新一代无毒无污染小型液体运载火箭。长征六号为三级火箭，有 700km 高度太阳同步轨道 500kg 的运载能力。该火箭成本低、高可靠、适应性强、安全性好，有许多新技术是在国内首次应用，研制难度很大。长征六号运载火箭于 2009 年获得国家正式批复立项，并于 2013 年 12 月在太原卫星发射中心完成场箭合练。

CZ-7

长征七号运载火箭是由中国运载火箭技术研究院（航天一院）为总体研制单位研制的新型液体燃料运载火箭，是专为中国载人航天工程中的货运飞船发射而全新研制

的一代中型运载火箭。它的前身是长征二号 F 换型运载火箭。采用"两级半"构型，箭体总长 53.1 米，芯级直径 3.35 米，同时搭载 4 个直径 2.25 米的助推器。其近地轨道运载能力不低于 14 吨，而在 700 公里太阳同步轨道的运载能力可达 5.5 吨。

长征七号运载火箭于 2016 年 6 月 25 日首次成功发射，此次任务也是文昌航天发射场的首次发射。预计在火箭各项技术趋于成熟稳定的情况下，到 2021 年将逐步替代现有的长征二号、三号、四号系列，承担中国约 80%左右的发射任务。

图 60：长征六号运载火箭



数据来源：东北证券、灰机 Wiki

图 61：长征七号运载火箭



数据来源：东北证券、百度百科

CZ-8

长征八号运载火箭是由中国运载火箭技术研究院研制的新型中型运载火箭，主要面向未来中高轨商业发射市场。该火箭具有发射成本适中、发射周期更短、适应多个航天发射场条件等特点。未来有望具备简易塔架适应能力，实现总装、测试及发射一体化，同时实现芯一级和助推器的整体垂直回收。

长征八号采用两级半构型，一子级状态与长征七号基本一致，捆绑 2 个直径为 2.25 米的液体助推器，两者均采用液氧/煤油推进剂。二子级状态与长征三号甲系列的氢氧三子级基本一致。火箭总长 50.3 米，起飞质量为 356 吨，芯一级直径 3.35 米，芯二级直径 3 米，整流罩直径为 4/4.2/4.5 米。在 700 千米 SSO 轨道上，其运载能力为 5.0 吨，而在 GTO 轨道上为 2.5 吨。长征八号于 2020 年 12 月 22 日在中国文昌航天发射场成功首飞。

图 62：长征八号运载火箭



数据来源：东北证券、灰机 Wiki

图 63：长征十一号运载火箭



数据来源：东北证券、百度百科

CZ-11

长征 11 号运载火箭的起飞质量仅 120 吨，SSO 运载能力 400-700kg，最大的亮点在于其超短的发射准备时间，只需要 24 小时就可以完成星箭技术准备和发射任务，实现卫星的快速组网和补网，可以满足在发生突发事件时应急快速发射的需求。除此之外，很多微小卫星需要发射的轨道差异较大，同时安装在中型火箭上通过“搭车”的方式发射升空又要等很久，但如果直接使用小型火箭发射，则可以根据自身需求定制轨道参数，还可以在很短的时间内就将卫星发射升空，这在商业卫星领域的诱惑力是巨大的。

CZ-9

长征九号运载火箭是一款目前正在进行论证的新一代重型火箭，将被用于中国深空探测、载人登月和登火、以及空间基础设施建设（例如空间太阳能电站）等重大任务。该火箭契合"通用化、系列化、组合化"的发展策略，其三个构型的对应结构状态相同，可模块化组合，同时可捆绑液体助推器或固体助推器。

图 64：长征九号方案演进



数据来源：东北证券、灰机 Wiki

2023 年 2 月 28 日，龙乐豪在南京理工大学校友终身学习云讲座中公布了长征九号的新设计。新版本与上一版本相差不大，主要改变在于一二级动力，一级和二级分别改为 30 台及 2 台 200 吨级液氧甲烷发动机，起飞推力增至 6118 吨，而全重亦增至 4369 吨，有两种状态，分别为三级串联的基本型及二级串联构型，基本型地月转移轨道运载能力为 35-54 吨，用于 执行深空探测任务；两级串联构型的低轨运载能力为 100-150 吨，用于执行近地轨道任务。2023 年 4 月 21 日，CALT 发布的新演示文稿显示，在上一版本的长征九号基础下，第三级改由 4 台 YF-79 膨胀机循环氢氧发动机提供动力，每台推力为 25 吨。

表 2：中国部分现役火箭

航天科技（CASC， China Aerospace Science and Technology Corporation）	长征二号丙（CZ-2C 或 LM-2C，Long March 2C）
	长征二号丁（CZ-2D 或 LM-2D，Long March 2D）
	长征二号 F（又称神箭，CZ-2F 或 LM-2F， Long March 2F）
	长征三号甲（CZ-3A 或 LM-3A， Long March 3A）
	长征三号乙（CZ-3B 或 LM-3B，Long March 3B）
	长征三号丙（CZ-3C 或 LM-3C， Long March 3C）
	长征四号乙（CZ-4B 或 LM-4B， Long March 4B）
	长征四号丙（CZ-4C 或 LM-4C，Long March 4C）
	长征五号（CZ-5 或 LM-5， Long March 5）
	长征五号 B（CZ-5B 或 LM-5B，Long March 5B）
	长征六号（CZ-6 或 LM-6， Long March 6）
	长征六号甲（CZ-6A 或 LM-6A， Long March 6A）
	长征七号（CZ-7 或 LM-7， Long March 7）
	长征七号甲（CZ-7A 或 LM-7A， Long March 7A）
	长征八号（CZ-8 或 LM-8， Long March 8）
	长征十一号（CZ-11 或 LM-11， Long March 11）
	捷龙一号（SD-1，Smart Dragon-1）
	捷龙三号（SD-3，Smart Dragon-3）
航天科工（CASIC， China Aerospace Science and Industry Corporation Limited）	快舟一号甲（KZ-1A）
	快舟十一号（KZ-11）
中科宇航（CAS SPACE）	力箭一号（PR-1）
星际荣耀（i-Space）	双曲线一号（Hyperbola-1 或 SQX-1）
星河动力（Galactic Energy）	谷神星一号（CERES-1）
天兵科技（Space Pioneer）	天龙二号（TL-2）
蓝箭航天（LandSpace）	朱雀二号（ZQ-2）

数据来源：东北证券、中科宇航官网、星际荣耀官网、星河动力官网、蓝箭航天官网、天兵科技官网

表 3：美国部分现役火箭

美国国家航空航天局（NASA， National Aeronautics and Space AdMinistration）、波音公司（Boeing Aerospace Co， Ltd）	太空发射系统（SLS， Space Launch System）
联合发射联盟（ULA， United Launch Alliance）	宇宙神 5（Atlas 5）
	德尔塔 4（Delta IV）
诺斯罗普-格鲁曼（Northrop Grumman）、轨道科学公司（0SC， Orbital Sciences Corporation）	米诺陶 1（Minotaur l）
	米诺陶 4（Minotaur IV）
	米诺陶 C（Minotaur-C）
	安塔瑞斯（Antares）
太空探索技术公司（SpaceX）	猎鹰 9 号（Falcon 9）
	重型猎鹰（Falcon Heavy）
火箭实验室（Rocket Lab）	电子号（Electron）
萤火虫航天（Firefly Aerospace）	萤火虫-阿尔法（Firefly Alpha）

数据来源：东北证券、NASA 官网、SpaceX 官网、网络资料整理

表 4：俄罗斯部分现役火箭

赫鲁尼切夫国家研究与生产空间中心（Khrunichev State Research and Production Space Center）、俄罗斯化学自动化设计局（Chemical Automatics Design Bureau）	质子 M（Proton M）
	安加拉（Angara）
进步火箭航天中心（Progress State Research and Production Rocket Space Center）、俄罗斯化学自动化设计局（Chemical Automatics Design Bureau）	联盟 2（Soyuz-2）

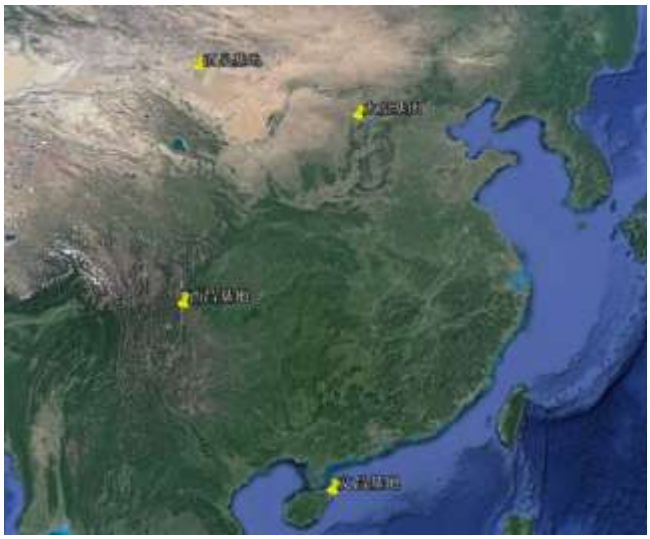
数据来源：东北证券、Roscosmos、网络资料整理

4. 划破长空，箭归苍穹

在火箭发射环节包括火箭制造和发射服务两个关键组成部分。运载火箭通常由结构系统、动力装置系统和控制系统组成，这三大系统被称为主系统。主系统的可靠性直接影响了运载火箭的飞行的成败。此外，还存在一些非主要系统，如遥测系统、外弹道测量系统、安全系统和瞄准系统等，它们虽然不直接决定发射是否成功，但在箭上设备和地面设备的共同配合下，对火箭的运行起到重要作用。

4.1. 我国目前的发射场情况

图 65：中国四个航天发射基地的地理位置

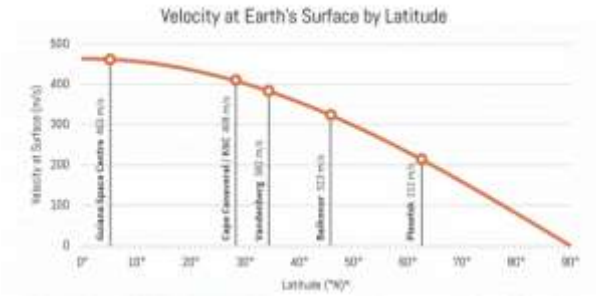


数据来源：东北证券、百度百科

中国的航天器主要通过四大发射场进行发射，包括酒泉、西昌、太原和文昌。其中，酒泉发射场是中国唯一的载人航天发射场，主要负责发射返回式卫星、载人航天任务以及航天员的应急救生等任务。太原发射场通常用于发射气象卫星、资源卫星等进入太阳同步轨道的任务。西昌发射场主要承担地球同步轨道卫星、导航卫星、通信卫星、广播卫星、气象卫星等的试验发射和应用发射任务。文昌发射场则是太空站各舱段以及天舟货运飞船的发射基地。

航天发射场场址的选择，是发射场规划建设的基础，也是一项综合性、多学科的复杂系统工程。航天发射场场址的选择主要以航天器、运载火箭的发射使用需求为出发点，涉及因素众多。

图 66：地球不同纬度的表面速度



数据来源：东北证券、中国载人航天工程办公室

图 67：长征七号遥一火箭首通过海运运输



数据来源：东北证券、中国网

安全因素：

安全是航天发射的首要条件，理想的发射场选址应在地广人稀的地方，以降低掉落残骸对周围居民的潜在威胁。发射场周围需无建筑及人员，特别是在发射载人飞船时，需要考虑逃逸着陆场。中国酒泉卫星发射中心位于戈壁滩，有效提高了载人发射任务的安全性。

位置因素：

航天器在发射过程中消耗燃料以达到一定速度离开地球表面，利用地球自转带来的速度有助于降低燃料需求。地球低纬度速度较高，适合发射自西向东的卫星和地球静止卫星。在高纬度地区出发则更有利于克服地球自转，尤其是对发射自东向西的卫星。

气候因素：

良好的天气条件对航天发射至关重要。选择温差变化小、气候稳定的环境，有助于增加航天器的年试验周期和允许发射的时间，同时也有利于发射和跟踪。

交通因素：

航天发射场对运输条件有很大依赖。可选在靠近铁路或机场等交通便利的地区，以便灵活运输。另一方面，靠近大型港口的地区有利于通过水运运输，减少运输受到的限制。例如，中国的文昌发射场就建在离海岸港口较近的文昌市。

1. 酒泉卫星发射中心

酒泉卫星发射中心是中国创建最早、规模最大的综合型导弹、卫星发射中心，致力于测试及发射长征系列运载火箭、中低轨道的各种试验卫星、应用卫星、载人飞船和火箭导弹。此基地不仅是主要的发射场，还承担残骸回收、航天员应急救生等任务。

主要任务：

①执行卫星和飞船的测试、发射、飞行试验，并负责相应指挥、测量和安全控制任务，同时进行相关测量数据处理。

②承担飞船的着陆救生、逃逸救生以及返回舱回收任务。

③协助相关人员进行发射训练。

发射场地：

酒泉卫星发射中心设有南、北两个发射场。南发射场主要用于“长征”2 号 F 火箭的发射，而北发射场则主要用于“长征”1 号丁、“长征”2 号丙、“长征”2 号丙改、“长征”2 号丁等火箭的发射。

酒泉卫星发射中心包括技术测试区、发射区、特种燃料储备区、指挥控制中心、跟踪测量站、通信网、气象网，以及发电厂、专用铁路、公路和机场等设施。

图 68：酒泉卫星发射中心地图



数据来源：东北证券、西安衍舆航天

图 69：中国酒泉卫星发射中心



数据来源：东北证券、西安衍舆航天

地理位置：

酒泉卫星发射中心位于酒泉市和阿拉善盟两地，总面积 2800 平方公里，离酒泉市约 200km，距离阿拉善盟约 500km。最近的地级城市是酒泉市。该地区地势平坦，人

烟稀少，属于内陆和沙漠性气候，年平均气温为 8.7 摄氏度，相对湿度在 35%至 55%之间。气候特点为常年干燥，降雨较少，春秋季短而冬夏季较长。全年晴天较多，云量小，日照时间长。尽管生活环境较为艰苦，但这里为航天发射提供了优越的自然环境条件。每年有约 300 天适宜进行发射试验。

2.太原卫星发射中心

太原卫星发射中心创建于 1967 年，现已发展成为一座现代化发射场，具备多功能、多发射方式的综合性基地。中心集指挥控制、测控通信和综合保障系统于一体，航天发射综合能力得到显著提升，实现了从每年执行 1 次发射任务到每年执行 10 次以上高密度火箭卫星发射任务的跨越式发展。在其发射历史上，太原卫星发射中心成功发射了多个重要卫星，包括中国第一颗太阳同步轨道气象卫星“风云一号”、第一颗中巴“资源一号”卫星、第一颗海洋资源勘察卫星等，共创造了中国卫星发射史上的 9 个重要第一。

图 70：太原卫星发射中心



数据来源：东北证券、百度百科

图 71：太原卫星发射中心场景



数据来源：东北证券、山西新闻网

发射场地：

7 号发射场区于 1979 年竣工，主要用于发射长征二号丙/丁、长征四号乙以及进行东风新型远程弹道导弹试射。后经过现代化改造，重新投入使用；9 号发射场区于 2008 年竣工，拥有低温发射能力。该场区用于发射长征二号丙/丁和长征四号乙/丙；8 号发射场区采用地下发射井，专用于东风五号试射。

地理位置：

位于山西省忻州市岢岚县神堂坪乡的高原地区，地处温带，海拔 1500 米左右，与芦芽山风景区毗邻；这里冬长无夏，春秋相连，无霜期只有 90 天，全年平均气温 5℃。

3.西昌卫星发射中心

图 72：西昌卫星发射中心



数据来源：东北证券、百度地图

图 73：西昌卫星发射中心场景



数据来源：东北证券、百度百科

西昌卫星发射中心，成立于 1970 年，是中国卫星发射的主要基地之一，隶属于我国三大航天发射中心之一，管理并运营西昌和文昌两个航天发射场。西昌发射场于 1982 年投入使用，地理位置位于四川省凉山彝族自治州冕宁县。

主要任务：

西昌卫星发射中心的组织结构包括总部、发射场（技术区和两个发射位）、通信总站、指挥控制中心以及三个跟踪测量站等生活保障单位。其主要任务涵盖广播、通信和气象等地球同步轨道卫星发射，包括组织指挥、测试发射、主动段测量、安全控制、数据处理、信息传递、气象保障、残骸回收、试验技术研究等多方面。

发射场地：

3 号工位（新 3 号工位）：于 1978 年底竣工，1984 年 1 月 29 日首次发射长征三号遥一火箭。2007 年进行重建以满足“嫦娥一号”任务需求。主要用于发射长征三号甲火箭，2020 年 2 月 20 日首次发射长征二号丁运载火箭；2 号工位：1990 年投入使用，最初用于发射长二捆与长征三号甲，目前主要用于发射长征三号乙/丙；1 号工位（未建设）：原计划用于曙光号载人飞船的发射，但目前仅完成了铁路、隧洞等基础设施建设。

地理位置：

西昌卫星发射中心位于四川省凉山州西昌市航天北路，卫星发射场在四川省冕宁县泽远镇封家湾。该地属亚热带气候，年平均气温 16℃，地面风力适度。这里拥有“天然发射场”的独特条件：

地理位置优越：纬度低（北纬 28.2 度），海拔高（1500 米），有利于发射倾角，地空距离短。北纬 28° 14′ 42.72"，东经 102° 01′ 39.95"，离赤道越近，越可以充分利用地球自转的离心力，缩短地面到卫星轨道的距离，增加火箭有效负荷。

地形和地质有利：峡谷地形、坚实的地质结构，海拔 1857 米，有助于发射场总体布局和地面设施建设，满足多个发射场的需求。

优越的气象条件：晴好天气，年平均气温 18℃，气候变化小，日照达 320 天，几乎无雾天，提供较长的试验周期和发射窗口。

4.海南卫星发射中心

在上世纪 70 年代，中国曾考虑将航天发射场选址在海南岛，但由于当时复杂的国际形势，选择了位于川西大凉山更为隐秘和安全的内陆地区。为满足我国航天事业的可持续发展和新一代运载火箭的需求，2007 年 8 月，国务院批准在海南文昌建设新一代运载火箭发射场。2009 年 9 月举行开工奠基仪式，2010 年 4 月正式开工建设，2014 年年底初步投入使用，2016 年具备了长征五号和长征七号两型火箭的发射条件。文昌航天发射场是我国第四个卫星发射基地，也是我国首个滨海发射基地，同时也是目前我国对外开放程度最高的发射场。

图 74：文昌发射场航拍图



数据来源：东北证券、海南商发公众号

图 75：文昌发射场的发射工位



数据来源：东北证券、海南商发公众号

文昌航天发射场设有两个发射塔，其中 1 号塔用于发射长征五号运载火箭，而 2 号塔主要用于发射长征七号运载火箭。长征七号运载火箭的起飞重量约为 600 吨，近地轨道运载能力达 13.5 吨，太阳同步轨道运载能力为 5.5 吨。相比之下，长征五号的起飞重量约为 870 吨，推力超过 1100 吨，其运载能力提升了 2.5 倍，低轨运载能力从 10 吨提升至 25 吨，高轨运载能力从 5.5 吨提升至 14 吨。

5.海阳海上发射中心

2019 年 6 月 5 日，长征十一号固体运载火箭在海阳港成功进行我国首次海上发射，使海阳港成为我国第五个火箭发射地，同时也是我国唯一的海上运载火箭发射技术服务港。2019 年 12 月，海阳启动了海阳港区技术厂房建设工作，于 2020 年 7 月 20 日完成交付并投入使用。同年 4 月 22 日，东方航天港产业项目正式开工，并在 8 月全面展开一期项目的建设。该项目已被列入 2021 年山东省的重点项目之一。

2020 年 11 月 22 日，东方航天港总装首次生产了长征十一号遥九火箭，这标志着山东地区开始批量生产火箭，证明了海阳市东方航天港产业化方向取得了阶段性成果。随后，2020 年 12 月 2 日，商业固体火箭海阳产业基地项目正式签约。基地规划了智能化总装测试厂以及整箭贮存、火工品装配检测厂房等设施，年产 20 发固体火箭的生产能力将得以形成。这一举措也意味着海阳东方航天港将成为集火箭生产制造和发射为一体的“双料基地”。

图 76：海阳火箭产业基地签约仪式



数据来源：东北证券、澎拜新闻

图 77：星河动力完成中国民营火箭第一次海上发射



数据来源：东北证券、快科技官网

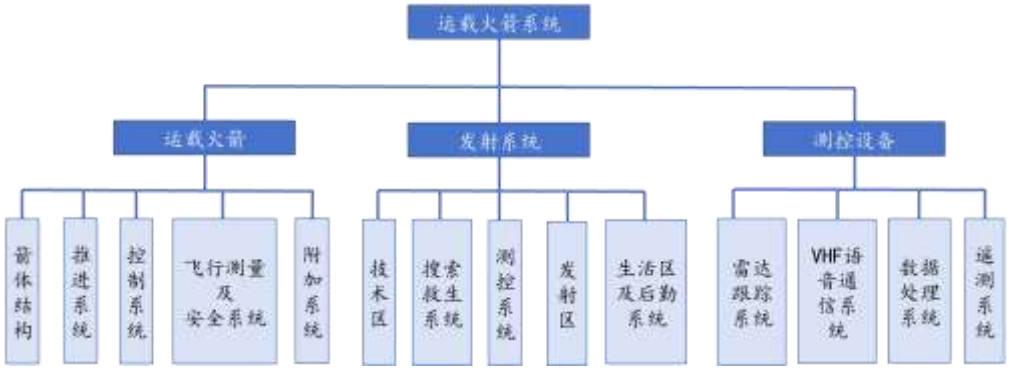
海阳东方航天港重大工程全面推进，总投资 230 亿元，总规划面积 18.6 平方千米，采用“一港三区”基本构架。其中，“一港”指海上发射母港，“三区”包括航天产业制造园区、航天产业配套园区和航天应用文旅园区。

东方航天港依据“从发射端切入、头部项目带动、全产业链布局、强化配套支撑”的产业策略，以航天发射产业为核心引领，致力于构建运载火箭海上发射及综合试验中心。主要方向包括星箭研发制造、航天高端配套、卫星数据应用、航天文化旅游、航天与海工装备制造、空天运输及搭载服务、航天科技应用等。整体目标是培育并形成“1+7”商业航天全产业链的发展格局。

4.2. 运载火箭的结构及分系统

火箭是依靠火箭发动机喷射工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。根据火箭的运行原理，可以先把火箭简单地分为载荷、箭体、发动机。

图 78：运载火箭系统的基本组成



数据来源：东北证券、《运载火箭工程》、网络资料整理

运载火箭的主要组成部件包括有效载荷、箭体结构、推进系统、控制系统、飞行测量及安全系统以及附加系统。

1.有效载荷：

有效载荷是运载火箭的主要任务对象，它包括各种类型的卫星、载人飞船、太空实验舱、空间站、深空探测器等。运载火箭的任务是将有效载荷送入预定轨道。通常，在发射时，有效载荷会被安置在整流罩内，也就是火箭的顶部保护罩下方，以确保其安全和完好。

图 79：长征三号丙火箭结构示意图



数据来源：东北证券、中关村在线

2.箭体结构

图 80：固体火箭发动机



数据来源：东北证券、澎湃新闻、网络资料整理

图 81：RD-180 火箭发动机



数据来源：东北证券、航空制造网公众号

箭体结构是火箭各个受力和支撑结构件的总称。包括有效载荷整流罩、推进剂储箱、仪器舱、箱间段、级间段、发动机承力结构、仪器支架、导管、阀门以及尾舱和尾翼等。这些组件共同构成了火箭的整体结构，支持并保护有效载荷以及确保火箭的顺利运行。

3.推进系统

推进系统的主要作用是生成推力，以推动火箭前进。推进系统通常可以分为两大类：液体推进系统和固体推进系统。液体推进系统包括液体火箭发动机以及推进剂输送系统，而固体推进系统主要由固体火箭发动机组成。

4.控制系统

控制系统的主要任务是确保火箭的姿态保持稳定，使其能够按照预定轨道飞行，并控制火箭发动机的开启和关闭，以达到预定的速度，将有效载荷送入目标轨道。控制系统通常由制导系统、姿态控制系统和综合系统三个主要组成部分组成，共同协调火箭的运行和控制。

5.飞行测量及安全系统

飞行测量及安全系统的主要功能在于测量火箭在飞行过程中的各项关键参数，并对飞行的安全性进行判断。这一系统能够监测并记录与火箭飞行相关的各种数据，以确保火箭的安全性和性能达到预定标准。

6.箭上附加系统

一些独立且不可或缺的小型系统被统称为附加系统，包括但不限于瞄准系统、垂直度调整系统、推进剂加注与液位测量系统、以及空调系统等。

4.3. 火箭箭体结构

火箭箭体结构是火箭的核心支撑构件，它将有效载荷、飞行控制系统和推进系统等关键部件紧密联结，形成一个完整的整体。此结构可以优化火箭的空气动力学特性，提高其飞行效率，而且使火箭能够保护内部载荷及设备免受损害。同时，箭体结构还包含了推进剂贮箱，用于安全储存和输送燃料。在分任务完成后，箭体结构还负责安全地分离和抛弃箭体不再需要的部分，如不可重复使用的助推器和整流罩，不仅可以减轻重量并可以提高火箭的性能。

图 82：火箭箭体结构示意图



数据来源：东北证券、中文百科

在结构设计上，火箭箭体采用了多种优化策略。在受力较大的区域，如与发动机连接的部位或者承受气动压力较强的区域，结构会被设计得更为坚固，以确保其能够承受相应的载荷。而在受力较小的区域，结构可以相对简化，以减少不必要的重量。这种设计原则使得火箭箭体在保持整体结构完整性的同时，实现了材料和结构的优化配置。

常见的结构形式包括硬壳式结构、半硬壳式结构、整体壁板结构和夹层结构。硬壳式结构通过在受力区域增加材料厚度来提高强度；半硬壳式结构则结合了硬壳和框架结构，以减轻重量；整体壁板结构通过整体成型减少接缝，提高结构的整体性；夹层结构则利用轻质芯材和高强度面材的组合，既保证了结构的轻量化，又保证了足够的强度。

图 83：硬壳式结构、半硬壳式结构、整体壁板结构、蜂窝夹层结构示意图



数据来源：东北证券、《商业化液体火箭箭体结构低成本快捷制造技术》、网络资料整理

① 硬壳式结构

硬壳式结构由隔框和蒙皮组成。多数情况下隔框只起舱段之间连接作用，作用在箭体上的外载荷由蒙皮承受。因此，蒙皮厚度较大，故得名硬壳式结构。这种结构简单，制造方便，但不宜开舱口，只适用于直径比较小的箭体。

② 半硬壳式结构

半硬壳式结构由桁条、隔框和蒙皮组成，蒙皮用点焊或铆接的方法与桁条、隔框连接在一起。蒙皮被桁条、隔框加强，因而提高了结构的承载能力。对于不开大舱口

的箭体，这种结构对减小箭体质量有利。如果需要开大舱口，可在舱口的边缘处布置桁梁，用贯穿整个舱段的桁梁作主要承力构件。

③ **整体壁板结构**

随着火箭飞行速度越来越高，气动载荷急剧增大，结构振动和气动加热问题越来越严重。为了解决这些问题，最初采用加粗桁条、加厚蒙皮的办法，后来干脆把桁条和蒙皮做成一个整体，这就是整体壁板结构。可以采用挤压或锻造方法先制成整体壁板的毛胚，然后用化学腐蚀或机械切削的方法进行精细加工。这种结构的骨架粗细和壁板厚薄根据各处的实际载荷确定，能充分发挥结构的承载能力。另外，它的结构强度和刚度都比较大，质量较小。

④ **夹层结构**

夹层结构是在两层壁板中间充填夹芯制成的一种新型结构。它是人们观察蜂窝联想出的一种结构形式。另外还可以用泡沫塑料或隔热材料作充填物制成夹层结构。夹层结构质量小、刚度大，因此，特别适用于制造高速飞行器的翼面、受空气动力和加热严重的舱段，如运载火箭的整流罩壳体等。

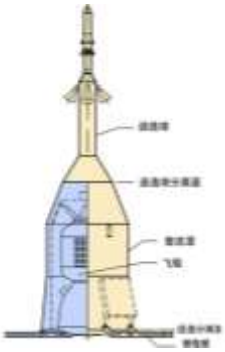
1.整流罩

有效载荷整流罩是有效载荷或末级火箭的包封部件，其功用是在大气层飞行段保护有效载荷，包括卫星、科学仪器等。罩的外形随有效载荷的大小、形状和气动特性而定，一般采用锥-柱或锥-柱-锥型硬壳式结构。

整流罩的外形设计应旨在最小化抖振载荷和迎面阻力，通常头部半锥角控制在 15°至 25°之间，端头半径与最大直径的比例在 0.3 至 0.7 之间，同时为了满足卫星与地面站的通信和遥测需求，整流罩必须具备良好的无线电波穿透性，通常通过在整流罩上设计专门的倒锥段和无线电波窗口。

复合材料蜂窝结构和铝蜂窝夹芯结构因其较轻的重量而成为整流罩材料的首选，随着卫星整流罩尺寸的增大，吊装和运输变得更加复杂。通常设计时采用分瓣运输和整体吊装的方案，如长征 2E 卫星整流罩就采用了四瓣运输，两两对接组合后再进行吊装。

图 84：载人航天火箭顶端设计



数据来源：东北证券、百度百科

图 85： 载人航天火箭顶端设计整流罩外观图



数据来源：东北证券、网络资料整理

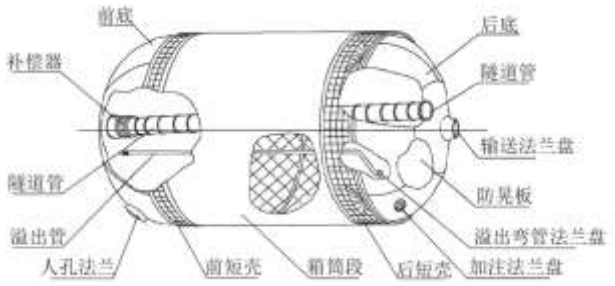
2.逃逸塔（载人航天火箭顶端）

逃逸塔是载人航天任务中用于保护航天员安全的紧急救生装置，通常安装在火箭的顶部，紧邻航天员的座舱。它由塔架、逃逸发动机和分离发动机等部分组成，主要职能是在火箭发射过程中出现紧急情况时，迅速将航天员座舱从火箭上分离，确保航天员能够安全逃生。

3.推进剂贮箱

推进剂贮箱是贮存推进剂（氧化剂、燃料剂等）的容器，也是火箭的承力结构，占火箭体积的大部分。贮箱结构主要由箱底、短壳、筒段、推进剂管理系统、管路系统、接口附件、绝热结构等部分组成，由于贮箱承担贮存推进剂的功能，对结构密封性能要求较高，常规金属贮箱各零部件间主要通过焊接进行装配，然而贮箱各组成部分又涉及到各种制造工艺，衍生出了如贮箱箱底的制造技术，组成筒段和短壳的壁板等大型零件的制造技术，共底结构的特殊制造工艺等。

图 86：贮箱结构简图



数据来源：东北证券、《商业化液体火箭箭体结构低成本快捷制造技术》

图 87：新型运载火箭一级液氧箱



数据来源：东北证券、人民网

推进剂贮箱按受力形式可分为受力式和非受力（悬挂）式；按贮箱的相互关系可分为独立式（彼此可通过箱间段相连）和整体（共底）式；按结构特点可分为硬壳式、半硬壳式和网格式等。

① 受力式与非受力式贮箱

受力式贮箱不仅作为燃料容器，其壁体还参与导弹或火箭的总体受力。这意味着贮箱在承受内部推进剂压力的同时，还要承受外部的气动压力、振动、冲击等载荷。这种贮箱的设计使得箱体材料的利用率较高，同时也提高了弹体的空间利用率，因为贮箱壁同时也是弹体结构的一部分。受力式贮箱通常需要更强的结构设计，以确保在各种载荷作用下保持稳定和安全。

非受力式贮箱，也称为悬挂式贮箱，主要是作为燃料容器，不参与弹体的总体受力。它们通常安装在弹体内部，通过悬挂或其他方式固定，以避免承受其他部件传来的集中力。这种结构形式的优点是便于对低温燃料进行隔热处理，且贮箱本身结构相对简单。然而，它的主要缺点是材料利用不充分，结构重量较大，空间利用率相对较低。非受力式贮箱的设计通常更注重于燃料的储存和输送，而不是作为结构支撑。

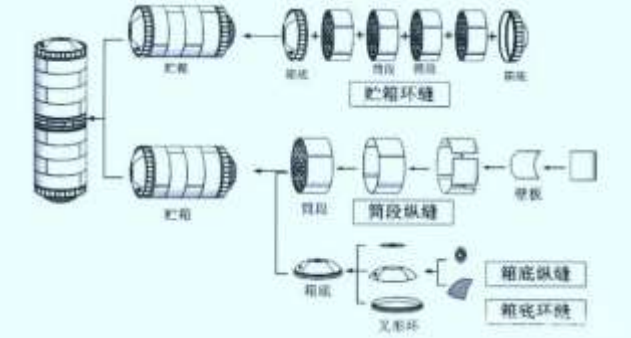
② 独立式与整体式贮箱

独立式贮箱指的是每个贮箱都是单独的单元，它们通过箱间段（也称为隔板或连接段）相互连接。这种设计允许每个贮箱在制造、运输和维护时保持独立性。由于每个贮箱可以单独制造和测试，独立式贮箱简化了制造和装配过程，如果可以更换或维护某个单独贮箱，而不需要拆卸整个火箭或导弹。

由于需要额外的连接结构来确保贮箱之间的密封和结构完整性，所以独立式贮箱布局增加了箭体结构的复杂性和重量。

整体式贮箱，又称为共底式贮箱，是指多个贮箱共享一个共同的底板。这种设计通过减少连接结构来减轻重量，同时提高空间利用率。整体式贮箱的优点是结构更为紧凑，重量更轻，有助于提高火箭的有效载荷能力。此外，由于减少了单独贮箱之间的连接工作，共底式贮箱在制造和装配时可能更为高效。整体式贮箱的缺点在于，如果需要更换或维护，可能需要拆卸整个贮箱系统，这可能会增加维护的复杂性和成本。

图 88：独立式贮箱（筒段贮箱）示意图



数据来源：东北证券、普华有策

图 89：整体式贮箱（共底贮箱）



数据来源：东北证券、搜狐新闻

③ **结构形式分类贮箱**

硬壳式贮箱（也称为整体式贮箱）是由单一材料制成的封闭壳体，通常由金属或复合材料制成。这种结构可以在整个贮箱壁上均匀分布载荷，能够承受较高的压力和应力。硬壳式贮箱的优点是结构简单、制造成本相对较低，且易于进行密封和防漏处理。它们通常用于承受较高压力的液体推进剂贮箱，如液氧和液氢贮箱。

半硬壳式贮箱结合了硬壳式和网格式贮箱的特点，通常由薄壳体和内部的加强结构（如肋骨或框架）组成。这种结构在壳体的某些区域提供额外的支撑，以提高整体的承载能力和刚度。半硬壳式贮箱在减轻重量的同时，仍能保持较高的结构强度。

网格式贮箱（也称为网状结构贮箱）由一系列相互连接的网格或框架构成，这些网格通常由高强度的金属或复合材料制成。这种结构在承受压力时，载荷通过网格分布到整个贮箱，从而实现轻量化和高强度。网格式贮箱的优点是重量轻、强度高，适合于承受高压和大载荷的应用。然而，这种结构的制造和装配过程可能比硬壳式贮箱复杂，成本也可能更高。

图 90：推进舱示意图



数据来源：东北证券、搜狐新闻

图 91：神州七号飞船推进舱



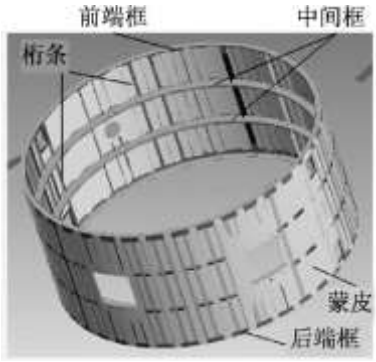
数据来源：东北证券、百度百科

4.仪器舱（推进舱）

推进舱又称设备舱、仪器舱，它呈圆柱形，内部装载推进系统的发动机和推进剂，为飞船提供调整姿态和轨道以及制动减速所需要的动力，还有电源、环境控制和通信等系统的部分设备。仪器舱是火箭结构中专门用于安置各种仪器和设备的舱段，它的设计需要能够承受火箭在飞行过程中产生的轴向载荷和弯矩。仪器舱通常采用截锥形或圆柱形的半硬壳式结构，这种结构形式能够有效地分散载荷，同时保持舱体的轻量化。在仪器舱内，仪器设备通过舱壁上的加劲件或专门的支撑件进行固定。这些支撑结构的设计旨在确保仪器设备在火箭加速、飞行和机动过程中保持稳定，

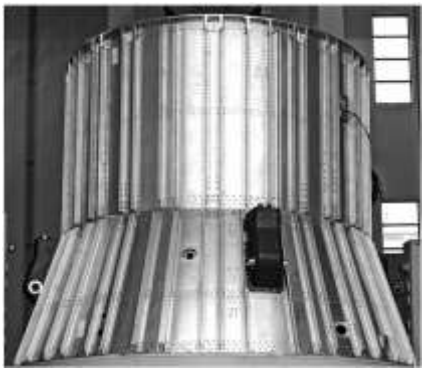
防止因振动或冲击而损坏。加劲件和支撑件的设计需要考虑到仪器设备的重量、尺寸和工作特性，以实现最佳的固定效果。

图 92：加箱间段的图



数据来源：东北证券、《自动钻铆技术在某运载火箭助推模块箱间段研制中的应用》

图 93：加级间段的图



数据来源：东北证券、《火箭级间段翻转工装的设计》

5.箱间段

箱间段是液体火箭中连接燃料贮箱和氧化剂贮箱的关键结构，它不仅起到连接和支撑作用，还负责推进剂的输送和增压。此区域的设计要求是要确保火箭在发射和飞行过程中的稳定性，同时提供必要的热绝缘和密封性能，以维持推进剂在贮箱中的压力和温度。在多级火箭中，箱间段还可能包含分离机构，以便在适当的飞行阶段将贮箱分离，从而减轻火箭重量，箱间段的可靠性对于火箭的整体性能和任务成功至关重要。

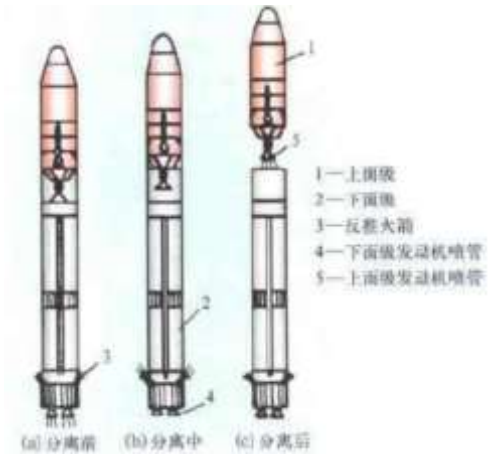
6.级间段

级间段是连接不同火箭级的关键部件，负责在火箭飞行过程中传递轴向力和弯矩，同时确保各级火箭能够顺利分离。其结构形式与分离方式有关，冷分离方式常采用半硬壳式结构；热分离方式可采用杆系结构或开有排气口的半硬壳式结构，以便通畅排出上面级发动机的燃气流。通常，级间段还兼起上面级发动机保护罩的作用。

① 冷分离

冷分离过程中，首先，两级火箭之间的连接结构会解锁，允许它们开始分离。随后，下面级会点燃辅助反推火箭，这种反推力的作用是使下面级减速，即进行制动，以减少其对上面级的影响。同时，上面级通过正推火箭或其他方式产生的推力来加速，确保推进剂能够沉到贮箱底部并正常流入燃烧室。在两级火箭分离到一定距离后，上面级的发动机才会点火，此时控制系统开始工作，确保火箭按照预定的轨迹继续飞行。这种分离策略的关键在于精确控制两级火箭的速度和位置，以避免在分离过程中发生碰撞或推进剂供应中断，从而确保整个火箭系统的安全和任务的成功。

图 94：级间冷分离示意图



数据来源：东北证券、网络资料整理

图 95：级间热分离示意图



数据来源：东北证券、网络资料整理

② 热分离

热分离上面级的发动机在两级开始分离之前就已经启动，产生的燃气流对下面级产生冲刷，从而产生分离力。这种分离方式要求级间段能够承受高温燃气流的冲击，并且设计上要能够确保燃气流能够顺利排出，避免对火箭结构造成损害。在热分离设计中，级间段通常采用框架结构，这种结构由一系列支撑杆和连接件组成，能够在承受高温和高压燃气流的同时，保持足够的强度和刚度。为了更好地管理燃气流，级间段上可能会开设排焰口，这些排焰口有助于将上面级发动机的燃气导向级间舱外，减少对下面级的影响。此外，为了进一步保护下面级，可能会在下面级贮箱的顶部安装导流锥。导流锥的作用是引导燃气流远离贮箱，防止燃气直接冲击贮箱，从而保护贮箱结构不受损害。

图 96：火箭发动机传力机架



数据来源：东北证券、《基于移动可变形组件法（MMC）的运载火箭传力机架结构的轻量化设计》

图 97：中国 800 所研发的超大尾翼



数据来源：东北证券、搜狐新闻

7.发动机架

发动机架不仅负责传递发动机产生的推力到火箭主体结构，确保火箭稳定飞行，还为发动机及其附件提供稳固的安装平台。在设计发动机架时，必须考虑其结构强度、刚度以及热管理和振动控制能力，以承受发动机运行时产生的高温、高压和振动。此外，发动机架的设计还需便于发动机及其附件的维护和检修，通常采用易于拆卸的结构和快速连接接口，以提高火箭的可靠性和维护效率。

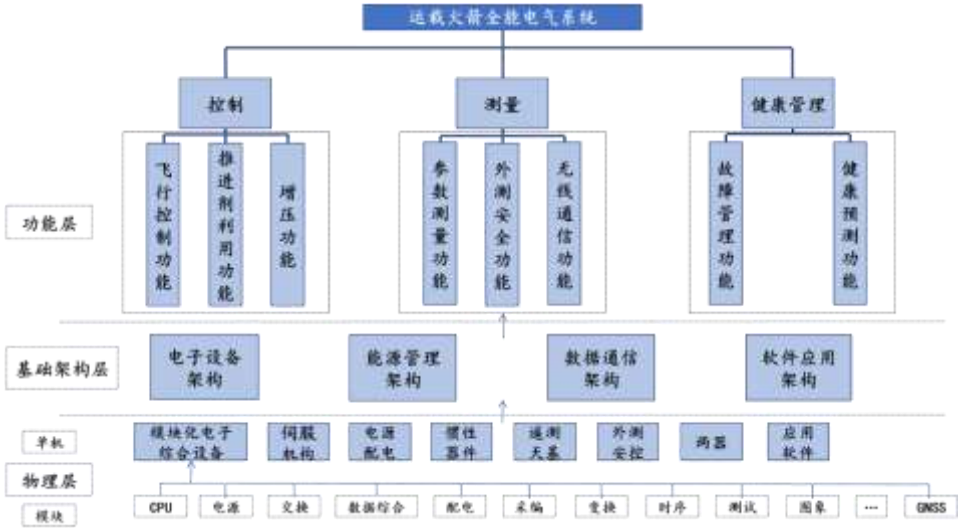
8.尾段

尾段位于火箭的尾部，是发动机的保护罩，还可作为动力系统导管、阀门等和部分电气系统设备的支承体。如果发射支点设在尾段，在地面发射时，将承受轴向力和侧风引起的弯矩、剪力；在井下发射时，将承受轴向力和外压力。若发射支点在其它部件上，尾段只承受大气飞行中的气动力。为了增加火箭的静稳定度，尾段上有时带有尾翼。

4.4. 电气系统

火箭的电气系统是其不可或缺的“神经系统”，负责执行飞行控制、测量、数据采集与传输、测试发射以及电源管理等关键功能，以确保火箭在发射、飞行和任务执行过程中的精确导航和稳定运行。电气系统通过集成先进的传感器、通信设备和控制算法，实现对火箭状态的实时监测和地面指令的执行。此外，它还管理火箭的电源分配，确保所有电子设备在飞行过程中获得稳定电力，并设计有多重冗余系统以提高可靠性，电气系统可分为功能层、基础架构层、物理层，如下图所示。

图 98：运载火箭全箭电气系统顶层功能划分



数据来源：东北证券、《运载火箭箭上电气系统基础架构研究》

电气系统功能层

在运载火箭的电气系统中，功能层是实现火箭各项关键任务的核心部分，它包括控制、测量和健康管理三个主要功能：

1.控制功能：这一部分负责火箭在飞行过程中的导航解算、制导控制、姿态控制、飞行时序控制以及执行机构的精确控制。此外，还包括推进剂剩余混合比的调节和贮箱压力的闭环控制，确保火箭在飞行过程中能够按照预定轨迹和姿态稳定飞行。

2.测量功能：测量功能涉及全箭传感器参数和总线参数的采集、编帧处理，以及飞行过程中的外弹道测量。它还包括安控指令的接收和执行，确保火箭在遇到紧急情况时能够安全自毁。同时，测量功能还负责遥测数据的下传和遥控指令的接收，以及卫星导航数据的接收，为火箭提供精确的定位和导航信息。

3.健康管理功能：健康管理功能在地面测试和飞行过程中对单机级、分系统级和全箭级进行故障诊断。它能够根据检测到的故障模式进行容错重构，确保火箭在遇到问题时能够自动调整，以维持任务的连续性和安全性。

电气系统基础架构层

运载火箭的电气系统基础架构由四个关键部分组成：电子设备架构、能源管理架构、数据通信架构和软件应用架构。这些架构共同构成了电气系统的核心，决定了火箭电气系统的性能和功能实现方式。

1.电子设备架构：这是电气系统硬件的外在表现，由多种电子设备组成，这些设备负责实现飞行控制、传感测量、无线通信和供配电等功能。电子设备是电气系统的基础支撑，确保火箭在飞行过程中能够执行各种关键任务。

2.能源管理架构：负责火箭电源的产生、传输和配电管理，是电气系统正常运行的能量保障。能源管理确保火箭在各个阶段都能获得稳定的电力供应，支持所有电子设备和系统的正常工作。

3.数据通信架构：作为电子设备间数据交互的主要方式，数据通信架构是实现全箭信息高效处理和应用的基础。它允许不同功能模块之间进行实时数据交换，确保信息的快速流通和处理。

4.软件应用架构：软件系统是电气系统的智能运算中心，负责实现地面测试发射和飞行过程中的逻辑动作。软件架构分为应用部分和基础平台部分，应用部分实现具体的功能业务，而基础平台部分则提供硬件接口驱动和资源调度管理。

电气系统物理层

在运载火箭的电气系统中，物理层是实现功能层所定义的各项功能的基础，它包括了具体的硬件组件和设备。物理层的主要组成部分如下：

1.电缆：用于连接火箭内部的各种电子设备，传输电力和信号。

2.天线：负责接收和发送无线电信号，包括遥测数据的下行链路和遥控指令的上行链路。

3.单机：指的是火箭上的单个电子设备，如传感器、执行机构、电源模块等，以此来共同完成火箭的控制、测量和健康管理任务。

4.模块设备：这些是具有特定功能的电子模块，如电源管理模块、数据处理模块、通信模块等。

图 99：运载火箭电气系统发展路线



数据来源：东北证券、《运载火箭箭上电气系统基础架构研究》

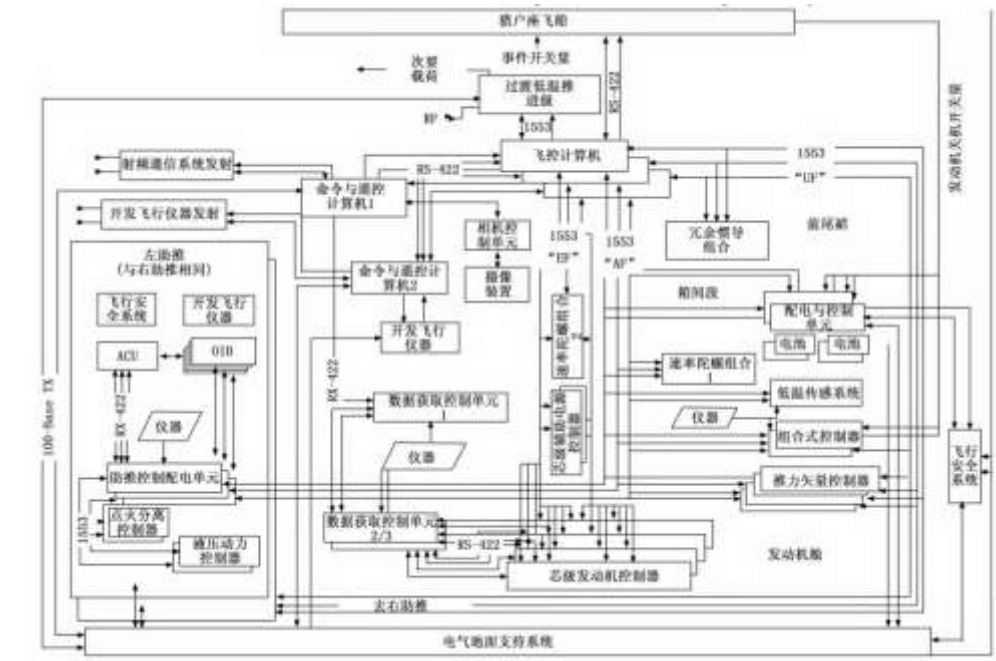
运载火箭电气系统的发展历程反映了基础架构的持续升级和换代。这一过程涉及电子设备架构、数据通信架构、能源管理架构以及软件应用架构的全面优化和改进。数据通信架构的升级从 1553B 总线到实时以太网（TTE）总线，不仅显著提高了系

统内部通信带宽，从 1M/10M 提升至 100M，而且要求对原有电气系统总线上的每一台单机设备的总线接口进行全新设计。

1. 美国 SLS 火箭

美国新一代太空发射系统(SLS)火箭的电气系统继承了 Ares 火箭的部分研究成果，并采用了先进的冗余设计和综合电子架构。该系统以三冗余的 1553B 总线方案为基础，实现了飞控计算机、惯性测量单元（惯组）和推力矢量控制系统的三重冗余，同时供配电系统也具备双冗余设计，确保了火箭在关键系统故障时的可靠性。控制系统数据与测控组合之间通过传统的 RS422 通讯协议进行数据传输，可以通过自检测和总线侦听提高系统测试性。电气系统软件架构基于分时分区实时操作系统（RTOS），支持箭载飞控计算机的多任务实时调度。

图 100：SLS 运载火箭电气系统原理图



数据来源：东北证券、《运载火箭箭上电气系统基础架构研究》

2.SpaceX 公司的 Falcon 火箭

SpaceX 公司的 Falcon 火箭电气系统设计注重成本效益，体现了高度集成、模块化和接口简化的特点。Falcon 火箭的电气系统遵循模块化、通用化和组合化的原则进行研制，采用了交换式冗余通信架构，包括三冗余飞控计算机、双冗余惯组和卫星导航系统，以及独立的冗余锂离子电池，这些设计旨在简化舱段间的电气接口关系并实现分级配电测试。

在飞行控制方面，飞控计算机不仅负责飞行控制，还处理测试数据采集，发动机控制计算机则负责实现推力矢量控制。遥测功能通过独立的编码器和转换器，使用 RS232 或 RS422 通信协议，以及 S 波段遥测视频下行链路和 C 波段转发器进行数据传输和跟踪。此外，Falcon 火箭的飞控计算机与地面通信计算机之间采用以太网一体化通信方式，这极大地简化了火箭各级之间的接口，提高了通信效率。

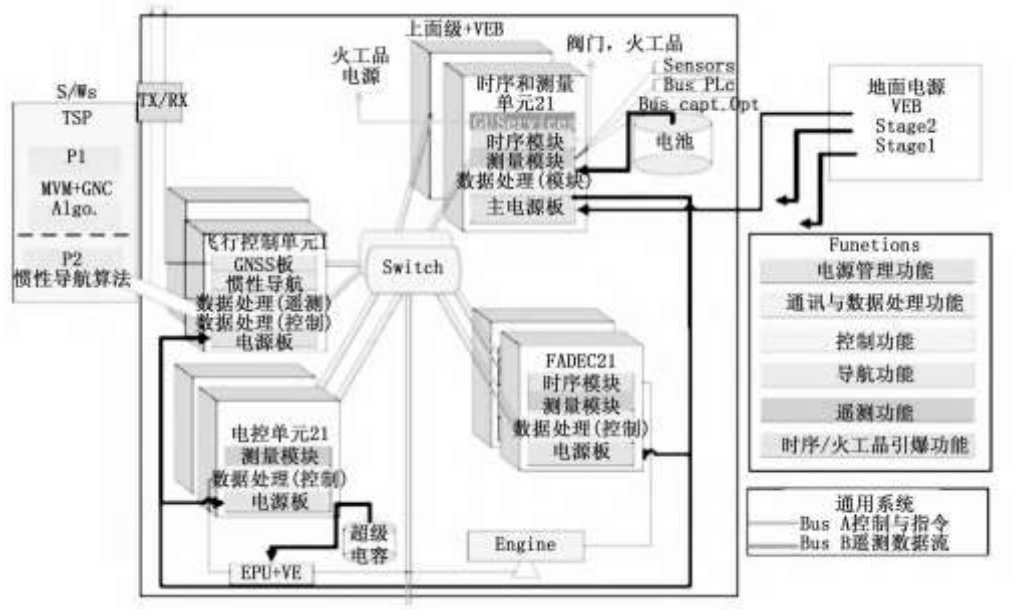
3.欧洲 Ariane 6 运载火箭

欧洲 Ariane 6 运载火箭的电气系统设计理念体现了高度的模块化和集成化。在这种设计理念下，所有的电子设备被视为由模块化组成的信息处理单元，这些单元由不同的功能模块构成，通过组合形成具有特定功能的更复杂的信息处理单元。这些单元通过通信系统相互连接，构成了航天运载器中的各个分系统。Ariane 6 火箭的电

气系统采用了实时以太网（TTE）总线作为全箭的主干网络通信数据总线，各级之间设置交换机，作为信息集成和交换的中枢。这种设计比 Ariane 5 的信息交互系统更加简洁和集成化。

Ariane 6 火箭基于 ARINC 653 标准的 VxWorks 653 分时分区实时操作系统，作为箭载飞控计算机的操作系统。这种操作系统支持多任务实时调度，确保了飞行控制的精确性和可靠性。

图 101：Ariane 6 运载火箭电气系统原理图



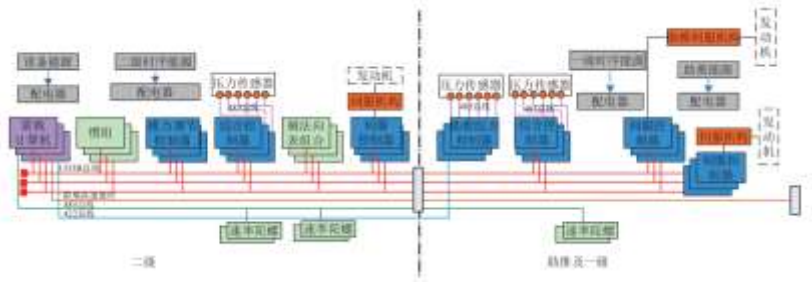
数据来源：东北证券、《运载火箭箭上电气系统基础架构研究》

4.中国长征系列火箭

中国运载火箭电气系统的发展经历了从早期的简单功能划分到现代化、集成化和智能化的转变。早期的电气系统按照功能划分为控制系统、遥测系统和外安系统，这些系统独立研制并在火箭总装后进行联合测试。随着技术的进步，“长征”系列运载火箭的控制系统从简易计算装置发展到“惯性测量设备-计算机”的方案，实现了冗余容错控制技术，形成了多种冗余控制体系，如双七表惯组+三冗余箭载计算机、三六表惯组+三冗余箭载计算机、单十表惯组+三冗余箭载计算机等。制导控制方法也从传统的摄动制导和 PID 稳定控制发展到更具鲁棒性的闭路制导控制。

在测量系统方面，早期的遥测系统容量有限，主要采用脉幅调制（PAM）和脉冲幅度编码调制（PACM）体制，遥测容量仅几百 kbps。随着技术的发展，后期的测量系统采用了脉冲编码调制-调频（PCM-FM）体制，遥测容量提升至 2 Mbps 以上，数字集成电路取代了分立模拟电路，测量指标逐步与国际标准接轨。

图 102：新一代运载火箭控制系统组成架构



数据来源：东北证券、《“长征八号”运载火箭电气系统一体化设计技术》

新一代运载火箭的控制系统基于冗余 1553B 数字总线，采用惯性测量装置、箭载计算机和执行机构的三冗余体系架构，实现了从集中控制向分布式控制的转变。产品采用模块化设计，不同配置模块可实现多样化功能。控制系统实现了从模拟量控制到数字量控制、从单机级冗余到系统级冗余、从集中式控制到分布式控制、从定制化到模块化、从单一飞行控制到全面飞行控制、从固定判读到智能化数据分析的跨越。测量系统虽然仍采用 PCM-FM 体制，但在二次数据综合的拓扑架构下，遥测码率可达 10 Mbps，并逐步应用天基测控和遥测指令无线测控技术。这些技术的发展和应用，显著提高了中国运载火箭电气系统的可靠性、灵活性和智能化水平，为未来的航天任务提供了更强大的支持。

5. 发动机不断迭代引领运载火箭进入新纪元

运载火箭发动机作为整个航天系统的核心，直接影响着载荷的运载能力、太空探索的深度和效率，因此其性能和可靠性的提升一直是航天领域持续关注的焦点之一。运载火箭发动机的研究涉及多个科学和工程领域，包括但不限于航空动力学、热力学、材料科学以及先进制造技术。这些领域的协同作用推动着发动机技术的不断演进，为太空探索提供了坚实的基础。

运载火箭发动机的演变可追溯至 20 世纪初期。早期的火箭使用液体燃料发动机，这种技术的崛起标志着人类首次踏上征途，走向太空。然而，由于其复杂性和高昂的成本，科学家们一直在寻求更加高效和经济的发动机设计。如今，我们已经进入了多元化的发动机技术时代，从常规的化学推进到先进的电推进，不同类型的发动机在满足不同任务需求的同时，也呈现出千变万化的技术特点。

图 103：液体火箭发动机结构中的力学问题仿真模型



数据来源：东北证券、《大推力液体火箭发动机结构中的力学问题》

在当前的研究中，推进剂的选择成为一个备受关注的焦点。绿色环保的推进剂研发引领着发动机技术的新潮流。科学家们正在努力寻找可替代传统有毒推进剂的新型材料，以降低对环境的不良影响。这一领域的突破将在未来太空探索中发挥举足轻重的作用，为人类开展更为可持续和环保的太空活动提供可能。

此外，先进材料和制造技术的应用也为运载火箭发动机的性能提升提供了新的契机。轻量化材料和先进制造工艺不仅可以提高发动机的结构强度，降低重量，还可以提高整个航天系统的效能。这一方面有助于提高运载火箭的运载能力，另一方面也有助于减轻整个系统的负担，提高太空任务的可靠性。

5.1. 固体火箭发动机

火箭推进剂是燃烧产生火箭推力的化学混合物，由燃料和氧化剂组成。 燃料是一种可以处于液态或固态的物质，当与产生氧气的气体结合用于推进时燃烧。氧化剂是一种与燃料结合释放氧气的药剂，如果推进剂全为固态的，那么就是固态火箭了。固体推进剂火箭或固体火箭使用固体推进剂（燃料/氧化剂）作为燃料推进。最早的火箭是以火药为动力的固体燃料火箭，早在 13 世纪就被中国人、印度人、蒙古人和

波斯人用于战争。目前，由于固体火箭的结构简单并且高可靠的特点，固体火箭仍在全球军用武器，模型火箭和大型应用中使用。

图 104：人工进行的固体推进剂药面整形工作



数据来源：东北证券、新华网

图 105：NASA 的 SLS 火箭的固体助推器



数据来源：东北证券、搜狐新闻、NASA 官网

固体燃料火箭因其具有长时间保存能力，在短时间内可靠发射的特点，经常被用于军事应用，如导弹等。相对于液体推进剂，固体推进剂的性能较低，不太适合作为大型运载火箭的主要推进剂，特别是在商业卫星轨道运行和发射主要空间探测器的现代化需求中。

然而，固体火箭经常被用作带式增压器，以提高有效载荷容量，或者作为旋转稳定的附加上部级。在轻型运载火箭中，固体火箭被广泛应用于低地球轨道（LEO）有效载荷低于 2 吨或逃逸有效载荷高达 500 公斤（1100 磅）的任务中。

5.1.1. 固体推进剂技术

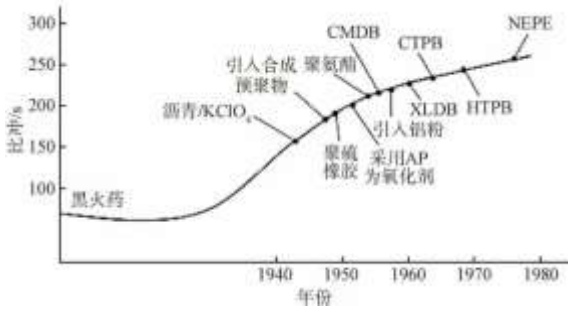
现代固体推进剂的发展历史已超过半个世纪。至今，成功研制并应用于各类火箭导弹的固体推进剂主要包括双基推进剂、复合推进剂和改性双基推进剂等。其中，双基推进剂以硝化纤维和硝化甘油为主要成分，同时加入适量的溶剂、增塑剂、安定剂、工艺助剂和弹道性能调节剂，形成一种溶塑性均质推进剂。主要的成型工艺包括螺压、浇注和冲压等方式，其中螺压方式得到了广泛应用。

图 106：含能材料分类



数据来源：东北证券、《含能材料及其制备技术专利分析》

图 107：固体火箭推进剂发展历史



数据来源：东北证券、《现代兵器固体火箭动力技术现状与展望》

注：KClO4：高氯酸钾；CMDB：复合改性双基；XLDB：交联改性双基；CTPB：端羧基聚丁二烯；HTPB：端羟基聚丁二烯；NEPE：硝酸酯增塑聚醚

复合推进剂则由高分子液态预聚物、高氯酸铵和铝粉等主要成分组成，同时添加适量的固化剂、固化催化剂、增塑剂、键合剂、燃速调节剂、工艺助剂和防老剂等。通过预混、捏合、浇注和固化等工艺制成，呈现出橡胶弹性体的非均质推进剂特性。

改性双基推进剂是在复合推进剂的基础上发展起来的高能固体推进剂的另一类，目前有三个品种，包括复合改性双基推进剂、交联改性双基推进剂和硝酸酯增塑聚醚推进剂。当前固体推进剂发展的主要方向包括高能化、低易损性和绿色安全等方面的研究。

表 5：常见绿色固体推进剂分类、代表物质及其特点

分类	代表物质	特点
无铅双基系列推进剂	铋化合物、钡化合物、锡化合物、钍化合物及稀土化合物等与炭黑、铜盐等复合	提高燃速,降低压力指数，低毒性
TPE	环氧乙烷/四氢呋喃共聚醚-异佛尔酮二异氰酸酯-1.,4-丁二醇（P（E-CO-T）-IPDI-BDO）预聚物的复合改性双基推进剂、聚叠氮缩水甘油醚（GAP）基含能热塑性聚氨酯弹性体	高能,低特征信号,热塑性好,可回收循环利用
绿色复合推进剂	含 HCl 清除剂的端羟基聚丁二烯 HTPB 推进剂	在 AP 推进剂中添加硝酸钠（NaNO）、含能硝铵
	低 HCl 排放的 HTPB 推进剂	通过化学反应清除氧化剂 AP 产生的 HCl,有效降低 HCl 含量 1,2,4-丁三醇三硝酸酯（1,2,4-butanetriol trini-trate,1,2,4-BTTN）、GAP/AN/三羟甲基乙烷三硝酸酯（Trimethylolethane trinitrate,TMETN）
	无 HCl 生成的 HTPB 推进剂	硝酸铵、二硝酰胺铵、硝仿肼替代氧化剂 AP 的推进剂

数据来源：东北证券、维基百科　　注：HMX 为环四亚甲基四硝胺；RDX 为环三亚甲基三硝胺；GAP 为聚叠氮缩水甘油醚

5.1.2. 结构材料的发展及应用

随着陆军火箭武器的远程化进展，远程火箭装备的固体火箭发动机经历了多个口径的演进，对发动机装药质量比的要求也不断提升。然而，当前发动机结构材料主要仍以高强度合金钢为主，这制约了战术固体火箭发动机重要指标—装药质量比的提高。近年来，战术火箭发动机采用整体式、大长径比、混合药型的装药设计以及壳体减重优化方法，显著提高了发动机装药质量比，使得同口径、同毁伤威力的产品射程得以翻倍。尽管我国远程火箭产品的口径增大、复合材料成本降低、工艺水平显著提升，但与国内外采用复合材料壳体的先进产品相比，发动机装药质量比仍存在一定差距。因此，具备高比强度、高比模量、可设计性、耐疲劳、抗冲击、耐腐蚀等优势的复合材料壳体将成为广泛关注的焦点。

目前常用的壳体复合材料有 3 种。

玻璃纤维缠绕壳体：玻璃纤维/环氧树脂复合材料壳体的 PV/W（P 为壳体的爆破压强、V 为壳体的容积、W 为壳体的质量）可为 20~29 km，比金属壳体增大了 2~4 倍。美国的北极星导弹发动机、法国的“海神”导弹发动机、M4 导弹的 402V 发动机以及中国的“开拓者一号”（KT-1）的二三级发动机均采用了玻璃纤维复合材料壳体。

有机纤维缠绕壳体：固体火箭发动机壳体所采用的有机纤维主要包括聚芳酰胺纤维和聚苯并二噁唑纤维。聚芳酰胺纤维包括美国的 Kevlar 系列、俄罗斯的 Apmoc 系列以及中国的芳纶系列；而聚苯并二噁唑纤维则分为常规型和高模量型。这类纤维具有高强度、高模量、低密度、高比强度、耐高温等优点，是理想的发动机壳体增强材料。

图 108：利用缠绕机生产的壳体



数据来源：东北证券、复材网

图 109：碳纤维湿法缠绕成型



数据来源：东北证券、DT 新材料

碳纤维缠绕壳体：用于固体火箭发动机壳体的碳纤维主要采用高强中模型碳纤维，常见的有 IM7、IM8、M30S、T700、T800、T1000 等。与高强玻璃纤维相比，碳纤维的比模量高出 3~5 倍；与 Kevlar49 纤维相比，碳纤维的比模量高 1.5~4.0 倍。美国陆军研发的小型动能导弹使用了 T1000 碳纤维/环氧树脂复合材料；法国 M51 导弹发动机壳体采用 IM7 碳纤维复合材料；欧洲航天局（ESA）研制的织女星火箭，其一级发动机采用 IM7 碳纤维，而二级和三级发动机则采用 T1000 纤维/UF3325 树脂复合材料。

目前，国内已经完成 T700 碳纤维工程化研究并得到广泛应用研究；T800 碳纤维取得诸多技术性突破，也已得到大量应用；T1000 碳纤维处于相关的基础研究及初步工程化研究阶段。但由于受到成本、工艺等因素的影响，复合材料壳体还未在陆军火箭武器上得到应用，相关研制工作正在推进过程中。

5.1.3. 热防护材料的发展及应用

固体火箭发动机燃烧室工作时，内壁温度超过 3000 K，压力为 3~20 MPa 或者更高；随着高比冲发动机的设计和新型高能推进剂的使用，其温度和压力会进一步提高。为了抵抗推进剂燃烧时产生的燃气冲刷，防止壳体达到危及其结构完整的温度，需要加装内绝热层材料对壳体实施保护。因此，内绝热层材料应为一种低烧蚀率、力学性能良好、低密度且与壳体和推进剂相容性良好的材料，而且需要其粘接性能良好，以保证与壳体、药柱之间粘接牢固。目前，研究较多的绝热层基体有丁腈橡胶、三元乙丙橡胶、硅橡胶及聚膦腈弹性体材料。

丁腈橡胶绝热层材料：20 世纪 80 年代之前，国外固体火箭发动机广泛采用石棉纤维填充的丁腈橡胶作为绝热层材料，例如大力神二级、北极星一级、航天飞机发动机和民兵系列等。国内独立研发的绝热层材料，如牌号 9621 和 T2502，也被广泛应用于潜地型、地地型和远地点固体火箭发动机。通过在丁腈橡胶中添加有机纤维，可以明显改善绝热层材料的烧蚀性能。

表 6：4 种丁腈橡胶绝热材料的性能对比

纤维填料	份数	线烧蚀率/（mm*s^-1）	拉伸强度/MPa	拉断伸长率/%	密度/（g*cm^-3）
无	0	0.36	10.70	783	1.093
芳砜纶纤维	10	0.17	~7.7	~780	1.120
酚醛纤维	10	0.16	9.51	751	1.099
	25	0.04	8.12	794	1.214
芳纶纤维	6	0.05	10	450	1.230

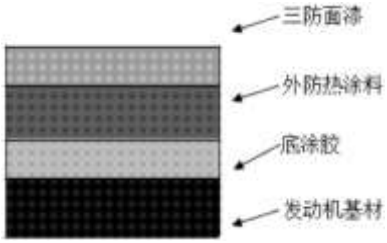
数据来源：东北证券、复材网、维基百科

三元乙丙橡胶绝热层材料：在 20 世纪八九十年代，第二代绝热层材料主要采用三元乙丙橡胶（Ethylene Propylene Diene Monomer, EPDM）作为基体。日本的 M-5 系列导弹、美国的三叉戟系列导弹、MX 系列导弹、小型洲际弹道导弹，以及“麻雀”、

“不死鸟”、“战斧”和“潘兴 II”等战略战术导弹，还有俄罗斯的一系列导弹以及欧洲各国生产的系列导弹，均采用 EPDM 作为内绝热层材料。

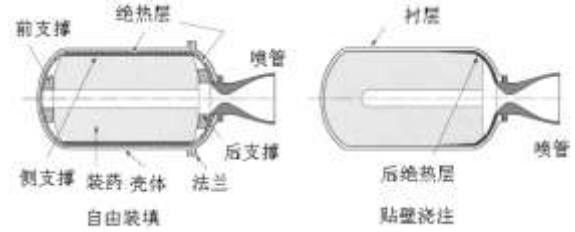
硅橡胶绝热层材料：硅橡胶在烧蚀过程中能形成熔点较高的类陶瓷层，是各类橡胶中耐热性能最好的。硅橡胶的有机部分在高温分解时生成轻质无冷凝颗粒，而矿物部分则以一种固体炭化物形式留在发动机壳体内，具有高信号透过率。硅橡胶具备出色的抗氧化特性和阻燃性，以及强大的抗小分子迁移能力，因此成为固体火箭发动机理想的绝热层基体材料，尽管其力学性能和粘接性能相对较差。目前，美国 AIM-152A 先进空空导弹（AAAM）、先进战略空射导弹（ASALM/PTV）、法国中程空对地导弹（ASMP）以及德法合作的超音速反舰导弹（ANS）等项目已经应用硅橡胶绝热层材料。

图 110：固体火箭发动机外防热层



数据来源：东北证券、《一种固体火箭发动机外防热层生产方法与流程》

图 111：固体火箭发动机装填示意图



数据来源：东北证券、《固体发动机设计》

聚醚腈弹性体绝热层材料：随着现代武器的发展，推进剂逐渐实现高能化和低特征信号化。聚醚腈弹性体绝热层材料因其良好的抗迁移性和低特征信号特性而被视为新一代的理想选择。美国于 20 世纪末首次公布了芳氧基聚醚腈在火箭发动机喷管、内绝热层以及绝热包覆层上的应用情况，然而在国内相关研究方面仍相对较少。

5.1.4. 多脉冲固体火箭发动机技术

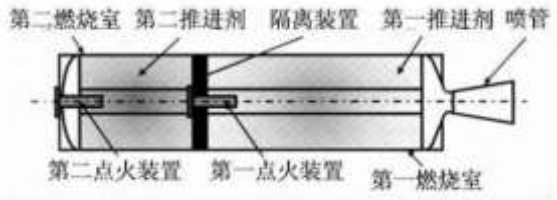
传统的固体火箭发动机由于推进剂一旦点燃就难以中断，无法实现推力的终止和多次启停。为解决这一问题，需要考虑开发具有更高能量利用率的大推力比、长工作时间的单室双推发动机，同时推动更为先进的动力技术，例如双脉冲、多脉冲等，以应对速度衰减过快、末端存速低等挑战。

图 112：霹雳 15 双脉冲固体发动机



数据来源：东北证券、凤凰网

图 113：美国爱国者导弹双脉冲发动机示意图



数据来源：东北证券、新浪军事

多脉冲固体火箭发动机采用在燃烧室内装填多个推进剂单元的设计，这些单元共用一个燃烧室和喷管，通过控制各个推进剂单元的点火时间间隔，实现多次推力控制。在相同的条件下，采用多脉冲固体火箭发动机的导弹，其末速度可提高 20%，射程可增大 20%~30%，其作战和生存能力也大幅度提升。我军已在多种反坦克导弹和某

型空空导弹上进行了双脉冲发动机的研制和装备，同时在中大口径战术制导火箭武器方面也展开了相关研发工作。

多脉冲发动机的主要优势体现在以下几方面：

① 在总冲确定的情况下，能够提升导弹武器系统的有效射程；

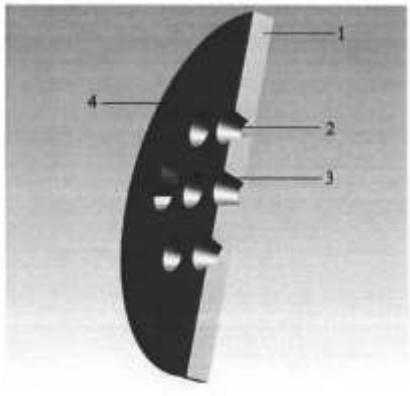
② 相较于助推-续航发动机，双脉冲发动机可以显著提升发动机比冲；

③ 双脉冲发动机能够使导弹以最短的时间或最大的飞行末速度抵达攻击目标；

④ 在给定的高度和速度下能够提供更大的机动能力，使导弹攻击高空机动目标时，具有更高的攻击高度和机动性。

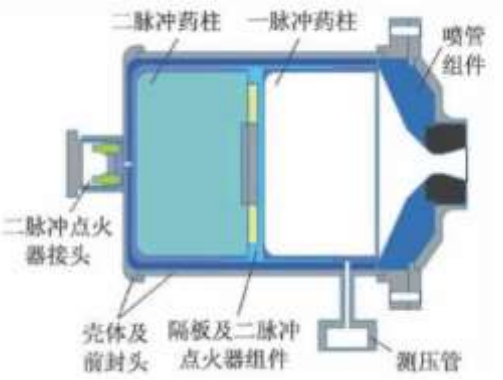
双脉冲固体火箭发动机主要依赖隔离装置，在结构上隔离各脉冲药柱，并需要具备良好的耐压和绝热能力，以确保安全可靠地启动。目前，多脉冲固体火箭发动机的隔离装置主要包括硬质隔层和软质隔层两种。

图 114：固体发动机的硬隔板



数据来源：东北证券、《一种固体发动机的硬隔板及其制备方法与流程》

图 115：端面软隔板双脉冲发动机试验结构



数据来源：东北证券、《双脉冲固体火箭发动机软隔板破裂试验研究》

1）硬质隔层及其材料

适用于金属壳体和直径不太大（$\Phi \leq 200\,mm$）的火箭发动机，主要形式为隔板式。根据其结构形式和所用材料可分为陶瓷材料单向破碎式、金属膜片式和喷射棒式。

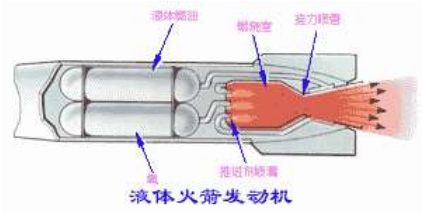
2）软质隔层及其材料

软质隔层适用于纤维缠绕壳体和大口径固体火箭发动机，可同时起到阻燃和隔热的作用，主要有径向和轴向隔层式。软质隔层所使用的材料一般为高分子材料，例如橡胶、树脂等。

5.2. 液体火箭发动机

液体火箭发动机是一种采用液态推进剂的火箭发动机，即以液体化学物质作为能源和工质的化学火箭推进系统。液体火箭发动机通常由推力室、推进剂供应系统和发动机控制系统组成。

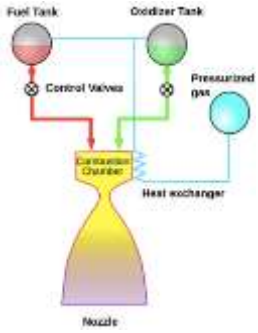
图 116：液体火箭发动机简略图



数据来源：东北证券、《火箭发动机工作原理》

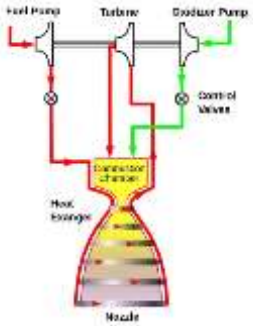
推力室是液体火箭发动机中将液体推进剂的化学能转化为推进力的关键组件。推力室由推进剂喷嘴、燃烧室和喷管组件等构成，液体推进剂通过喷嘴注入燃烧室，经过雾化、蒸发、混合和燃烧等过程，生成燃烧产物，以高速（2500-5000 米/秒）从喷管中喷射出来，产生推力。由于燃烧室内压力可达 200 个大气压（约 200MPa）、温度在 300℃~4000℃之间，因此需要进行冷却处理。

图 117：挤压循环火箭发动机原理



数据来源：东北证券、维基百科

图 118：泵压循环火箭发动机原理



数据来源：东北证券、维基百科

推进剂供应系统的主要功能是按照要求的流量和压力将推进剂输送到燃烧室。根据输送方式的不同，可以分为挤压式和泵压式两种供应系统。挤压式供应系统利用高压气体，通过减压器降低压力后（氧化剂和燃烧剂的流量通过减压器调整），将其分别挤压至氧化剂和燃烧剂贮箱，再输送至燃烧室。这种系统主要用于小推力发动机。而大推力发动机通常采用泵压式供应系统，该系统使用液压泵来输送推进剂。

发动机控制系统的功用是对发动机的工作程序和工作参数进行调节和控制。工作程序包括发动机起动、工作、关机三个阶段，这一过程是按预定程序自动进行的。工作参数主要指推力大小、推进剂的混合比。

液体火箭发动机是航天发射的主流，构造上比固体发动机复杂得多，主要由点火装置，燃烧室，喷管，燃料输送装置组成。点火装置一般是火药点火器，对于需要多次启动的上面级发动机，则需要多个火药点火器，如美国战神火箭的 J-2x 发动机，就具备 2 个火药点火器实现 2 次启动功能，我国的 YF-73 和 YF-75 也都安装了 2 个火药点火器，具备了 2 次启动能力；燃烧室是液体燃料和氧化剂燃烧膨胀的地方，为了获得更高的比冲，一般具有很高的压力，即使是普通的发动机，通常也有数十个大气压之高的压力，苏联的 RD-180 等发动机，燃烧室压力更是高达 250 多个大

气压。高压下的燃烧比之常压下更为复杂，同时随着燃烧室体积的增加，燃烧不稳定情况越来越严重，解决起来也更加麻烦。

图 119：台架测试中的第一级 F-1 火箭发动机



数据来源：东北证券、《航空动力》、爱建模官网

图 120：试验台上装有 F-1 发动机的土星 V 第一级



数据来源：东北证券、《航空动力》、爱建模官网

目前根本没有可靠的数学模型分析燃烧稳定性问题，主要靠大量的发动机燃烧试验来解决。美国的土星 5 号火箭的 F-1 发动机，进行了高达 20 万秒的地面试车台燃烧测试，苏联能源号火箭的 RD-170 发动机，也进行了 10 多万秒的地面试车台燃烧测试，在反复的燃烧测试中不断优化发动机各项参数，缓解不稳定燃烧现象，液体火箭发动机燃烧室使用液体燃料或是氧化剂进行冷却，在它们进入燃烧室前，先流过燃烧室壁降温；液体发动机的喷管同样是拉瓦尔喷管，扩张段一般都是钟形，不过采用冷却式喷管，由液体燃料或是氧化剂进行降温。

5.3. 液体火箭发动机的工作循环方式

1.挤压循环

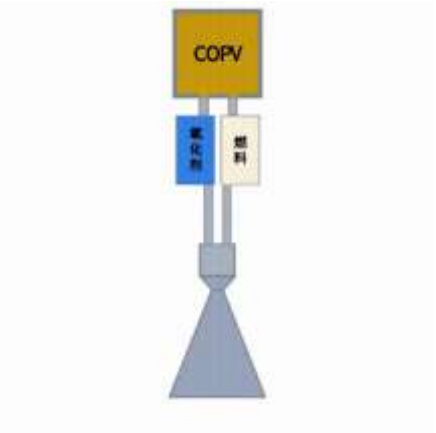
挤压循环可谓是一种最简单的发动机工作原理。在这种循环中，推进剂受到高压气体的挤压，进入发动机的燃烧室，而且无需使用涡轮泵。挤压循环的最主要优点在于避免了结构繁复的涡轮泵，从而大幅降低了发动机的制造成本和复杂程度。然而，它也存在明显的缺点：由于在火箭储箱内产生高压将推进剂“压”入发动机燃烧室，所以给予的压力必须在火箭储箱承受的压力范围内，因此限制了 COPV（复合材料缠绕压力容器）或自加压产生的压力大小。这也导致，在一般情况下，挤压循环发动机的推力要比除燃烧室压力外，大小与其他各项指标类似的泵循环发动机的推力更小。尽管存在这些局限性，因挤压循环火箭发动机具有轻便、简单、易于制造的特点，非常适合经验不足、正在研发小型火箭的开发者。

图 121：Delta 2 二级挤压循环火箭发动机



数据来源：东北证券、维基百科

图 122：挤压循环简化示意图

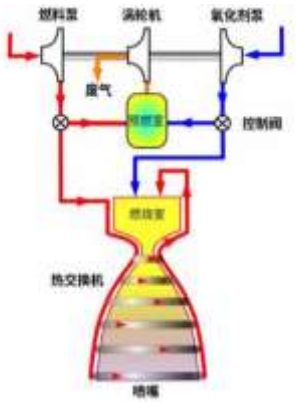


数据来源：东北证券、网络资料整理

2.燃气发生器循环

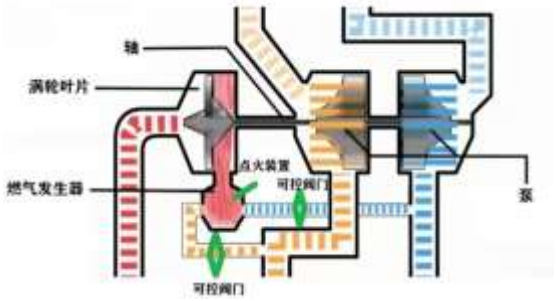
燃气发生器循环是指一种火箭发动机的工作循环，其中通过使用少量推进剂来驱动涡轮，从而启动氧化剂泵和燃料泵。在燃气发生器循环发动机启动时，压力容器（COPV）已经对燃料罐进行加压（这可以通过多种辅助方式实现，包括电动启动和吹气启动等）。随后，部分燃料和氧化剂流入燃气发生器，并启动点火装置。

图 123：燃气发生器循环发动机原理



数据来源：东北证券、维基百科

图 124：燃气发生器循环-最简单的泵循环



数据来源：东北证券、网络资料整理

一旦燃气发生器成功点火，主要燃料已进入燃烧室，发动机的动力系统准备就绪，只需进行点火操作。点火装置立即启动，形成初步推力。通过这一循环逐渐达到100%推力，同时可控制的阀门等组件开始工作，限制燃料和氧化剂流入预燃室，从而在预定范围内调节发动机的推力。

图 125：SpaceX 的 Merlin 系列发动机



数据来源：东北证券、SpaceX 官网

图 126：蓝箭航天的天鹊-12 （TQ-12）液氧甲烷发动机



数据来源：东北证券、蓝箭航天官网

燃气发生器循环可谓是最简单的泵循环之一，广泛应用于许多私人航天企业的火箭发动机。然而，燃气发生器循环存在一个致命的缺点——其比冲相对于其他性能指标和相似尺寸的发动机而言较低。这是因为驱动涡轮需要在燃气发生器中让少量推进剂燃烧，而大多数涡轮不能长时间承受无冷却情况下的高效燃烧。因此，必须在燃气发生器中进行“低效”燃烧，即让燃料和氧化剂偏离最佳燃烧混合比以实现降温，但这也导致了本应比其他循环更高的燃气发生器循环的比冲急剧下降。

以美国 SpaceX Falcon 9 Block.5 一级使用的 Merlin 1D++和苏联 N-1 运载火箭一级使用的 NK-15 为例，海平面比冲低了 15 秒，真空比冲甚至低了 20 秒。

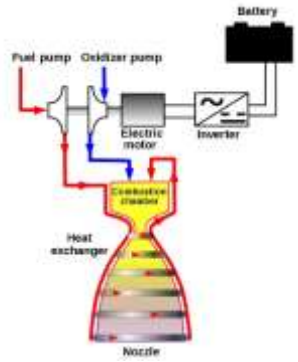
尽管燃气发生器产生的废气“拖垮”了整个发动机的比冲，但它仍会产生一定的推力。这使得废气排放喷口的末端具备 TVC（推力矢量控制）能力。这也使得像 Delta IV Medium 这样只有一台发动机、没有控制翼和偏置引擎的运载火箭具备了控制滚转的能力。其次，由于燃气发生器内的燃烧大幅偏离最佳混合比导致的不充分燃烧，废气温度相对较低，可以用于冷却发动机，典型案例包括 F-1 发动机和 Merlin 1DVac++的喷管气膜冷却。

3.电泵循环

电泵循环发动机解决了挤压循环发动机燃烧室压力过低的问题，从而提高了推力，但却引入了一个致命的缺陷—增加了死重。火箭的有效载荷质量直接与火箭的干质量相关。每减少火箭一级约 6kg 的质量，就可使 LEO 运载能力增加约 1kg（具体情况需考虑火箭构型、一级燃烧时间、是否可回收等因素）。末级每减少 1kg 的不变干质量（不包括飞行过程中丢失的质量），即可使火箭在任何可到达的轨道上增加 1kg 的有效载荷。

燃气发生器循环发动机利用小部分推进剂来驱动涡轮，进而带动推进剂泵运转。相比之下，电泵循环发动机则需要电力来驱动推进剂泵。然而，普通火箭本身并未提供足够的电量供应发动机的电机使用，因此必须额外携带高密度电池以供电。然而，目前的电池死重较大，其能量密度相对于火箭而言较低。此外，电池的电量对其质量的影响较小，因此导致电泵火箭在尺寸较大时性能表现较差。

图 127：电泵循环发动机原理



数据来源：东北证券、维基百科

图 128：火箭实验室的电泵循环火箭发动机



数据来源：东北证券、火箭实验室官网

为了克服这一挑战，Rocket Lab 采用了一项创新措施：在二级发动机中间阶段放弃一部分电池，电子号运载火箭的二级将电池分为多个模块，其中两个模块外置在发动机旁，并配备分离机构。二级首先利用这两个外置电池模块供电，用完后切换至内部电池模块，然后将外置的两个电池模块进行分离，从而降低整体死重。

采用电泵技术带来的显著的优势是更出色的流量控制能力。通过使用电泵，可以更精确地控制推进剂的流量，从而实现对推力大小的更精准控制，尤其对于垂直垂直着陆（VTVL）的火箭而言尤为重要。

4.分级燃烧循环（高压补燃循环）

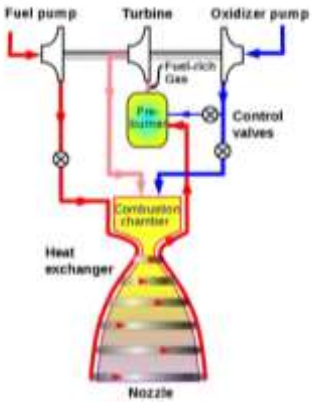
在预燃室中进行第一次燃烧，再在主燃烧室中进行第二次燃烧，造就了分级燃烧循环发动机。

分级燃烧循环可以看作是燃气发生器循环的一个进阶衍生物，旨在解决燃气发生器循环中推进剂利用率相对较低的问题（主要涉及废气排放，提高推进剂利用效率），从而显著提高发动机比冲。然而，分级燃烧循环引入了一些挑战，主要包括复杂的结焦问题（在富燃分级燃烧循环液氧煤油发动机中）和气蚀问题（在富氧分级燃烧循环发动机中）。

解决结焦问题的方法之一是采用质量更优的煤油。例如，苏联/俄罗斯的大多数发动机通常要求使用 RG-1 燃料（一种较高纯度的煤油，硫含量更低），而使用其他国家的煤油可能导致性能下降，甚至有爆炸的风险。对于气蚀问题，通常需要采用更强

大的合金，以抵御液氧燃烧时产生的高度氧化性。这些技术调整旨在克服分级燃烧循环引入的挑战，确保发动机的可靠性和性能。

图 129：分级燃烧循环发动机原理



数据来源：东北证券、维基百科

图 130：俄罗斯 RD-180 富氧分级燃烧循环发动机



数据来源：东北证券、RUAVIATION 官网

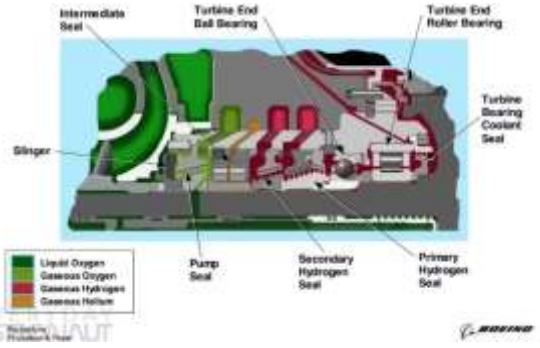
以富氧单涡轮分级燃烧循环为例。通常情况下，在点火前，储箱会被加压至飞行压力（指火箭在飞行时储箱内的压力）。随着发动机启动，阀门打开并启动，推进剂泵开始输送推进剂。推进剂流入发动机（实际上，在大多数使用冷推进剂的火箭发射前，少量推进剂已经流入发动机，进行预冷却，防止大量推进剂突然损坏发动机）。所有氧化剂和一小部分燃料进入预燃室，其余大部分燃料直接/间接进入主燃烧室。氧化剂在流经预燃室后，进入主燃烧室，然后点火。其中，苏联/俄罗斯的 RD-180、美国 RS-25（Space Shuttle Main Engine，SSME）以及美国 BE-4 等发动机都是典型的富氧单涡轮分级燃烧循环的代表。

图 131：RS-25 航天飞机火箭发动机



数据来源：东北证券、TurboSquid 官网

图 132：RS-25 发动机的氢气密封装置



数据来源：东北证券、BOEIND 官网

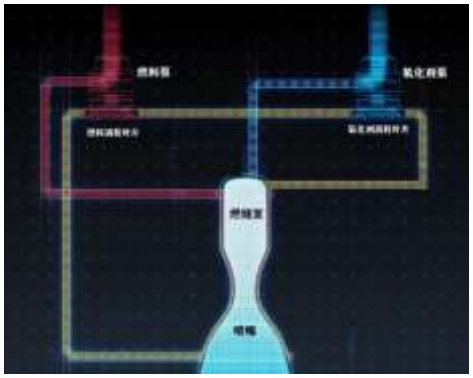
对于类似 RS-25 的氢氧发动机，存在一个严峻的问题，即氢泵和氧泵的转速差异巨大。大多数同轴泵无法满足这一条件，因此必须添加一个组件以解决这个问题，即“变速箱”。该变速箱的工作原理类似于汽车变速箱，以实现不同的转速。RS-25 采用了另一种方法来解决这个问题，即双富燃预燃室。在一个富燃预燃室的基础上，再增加一个富燃预燃室，分别驱动氢泵和氧泵，以解决泵的转速差异。然而，氢氧分级燃烧循环发动机还涉及到其他困难，例如燃料从泵中泄漏的问题。由于涡轮泵转轴的高速旋转，氢气可以轻松从转轴缝隙中泄漏到氧泵中。在这一过程中，常规的密封方法往往不适用。涡轮泵转轴的高速旋转速度，氢气可以轻松从转轴缝隙中泄漏到氧泵中。对于 SSME，解决办法是在可能泄漏的位置注入比涡轮压力更高的氦气，以防止氢气和氧气泄漏。

5. 闭式膨胀循环

在闭式膨胀循环中，通常在燃料燃烧之前，会利用主燃烧室或喷管的余热对燃料进行预热。当液态燃料通过燃烧室壁内的冷却通道时，发生气化并显著膨胀，由此产生气态燃料，随后推动涡轮泵旋转。推进剂以高速进入推力室，引发燃烧反应产生推力。由于钟罩形的发动机喷嘴面积不足以加热燃料以驱动涡轮机，因此纯膨胀循环发动机的最大推力限制在 300KN。膨胀循环发动机必须采用低温燃料，例如液氢、甲烷和丙烷等，这些燃料容易达到沸点。

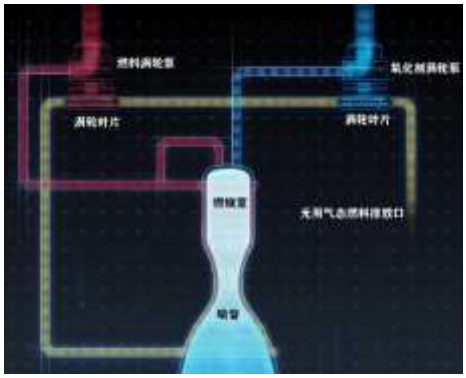
在启动过程中，首先启动燃料流动，所有燃料通过喷管流过，然后驱动两个涡轮叶片，并最终进入燃烧室。与此同时，氧化剂早已加速流入燃烧室，然后进行点火，导致温度急剧升高。这使得包围在喷管外的管路内的燃料迅速升温，大量气化并体积膨胀，进而更快地驱动涡轮叶片。通过这种循环过程，推进剂的高速进入推力室，最终实现最大推力。

图 133：闭式膨胀循环简图



数据来源：东北证券、网络资料整理

图 134：开式膨胀循环简图



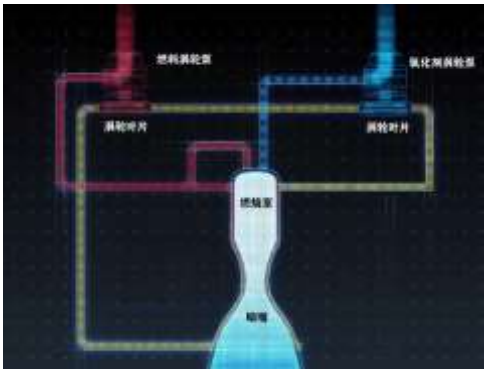
数据来源：东北证券、网络资料整理

6.开式膨胀循环

这种工作循环是对传统膨胀循环的改良。在排放循环中，只有少量推进剂被用于驱动涡轮并被抛弃，而未被注入燃烧室。通过排出涡轮废气，最大程度地增加了通过涡轮的气压降，从而提高了涡轮泵的输出功率。然而，这一过程却牺牲了发动机的推力和效率。

与闭式膨胀循环唯一的不同在于，应该进入燃烧室的气态燃料的一小部分被直接排出。液体通常会从高压区域流向低压区域。随着压差的增大，液体的流量和流速也随之增大。相比之下，闭式膨胀循环中，气态燃料重新进入燃烧室，导致燃烧室压力增加，使得涡轮泵与燃烧室之间的压差减小。而在开式膨胀循环中，燃料直接排放到空气或真空中，增加了压差，使燃料流速加快，反而导致涡轮泵压力略有增加。因此，开式膨胀循环的推力较闭式膨胀循环大得多，即使在海平面比冲下降了 10%的情况下，仍适用于火箭的起飞级发动机。

图 135：闭式分体膨胀循环简图



数据来源：东北证券、网络资料整理

7. 闭式分体膨胀循环

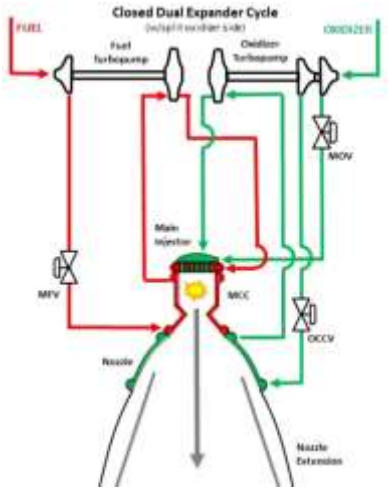
这种工作循环是闭式循环的一种变体。它引入了一条通往主燃烧室的主要燃料管道，其中大部分燃料直接输入主燃烧室，而少量燃料参与膨胀。其余原理与闭式膨胀循环相似。目前，这种类型的发动机尚未由任何机构或公司尝试制造，甚至 NASA 官方网站上也仅有一篇介绍该循环的论文。

上述三种膨胀循环都存在一个严重问题：需要通过氮气泵进行吹气，然后隔离燃料以驱动涡轮叶片和氧化剂泵，以防止发生爆炸。

8.闭式双体膨胀循环

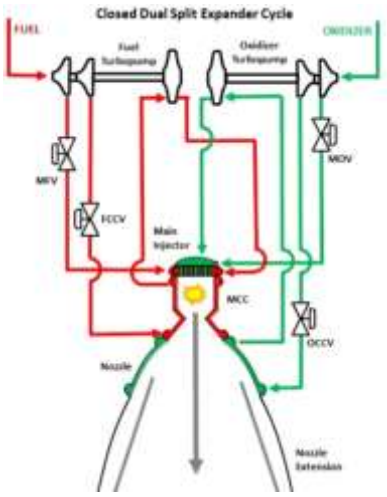
闭式双体膨胀循环是闭式分体膨胀循环的一种变体，其特点是所有的燃料均用于驱动燃料涡轮叶片，而一小部分氧化剂则用于驱动氧化剂涡轮叶片，两者相互分工协作。尽管这种设计并未提升比冲或推力，但它成功地实现了对同轴氧化剂和燃料的隔离。目前，唯一采用这种循环的公司是蓝色起源，他们在未来的着陆器项目“Blue Moon”和国家队人类登月系统中使用闭式双体膨胀循环的 BE-7 液氢液氧发动机。

图 136：闭式双体膨胀循环发动机原理



数据来源：东北证券、灰机 WiKi

图 137：闭式双分体膨胀循环发动机原理

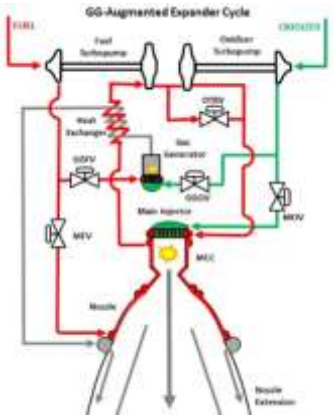


数据来源：东北证券、灰机 WiKi

9.闭式双分体膨胀循环

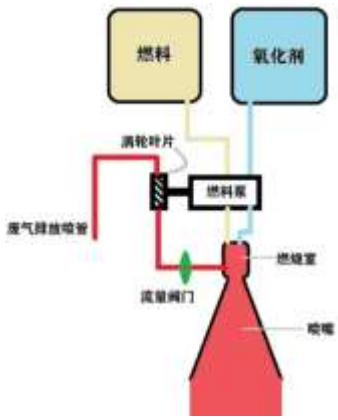
这种循环是闭式分体膨胀循环和闭式双体膨胀循环的结合体。在这个设计中，主要燃料和主要氧化剂直接注入燃烧室，同时也有一部分燃料和氧化剂参与受热膨胀，驱动各自的涡轮泵。

图 138：闭式燃气发生器增压膨胀循环发动机原理



数据来源：东北证券、灰机 WiKi

图 139：抽气循环发动机原理



数据来源：东北证券、灰机 WiKi

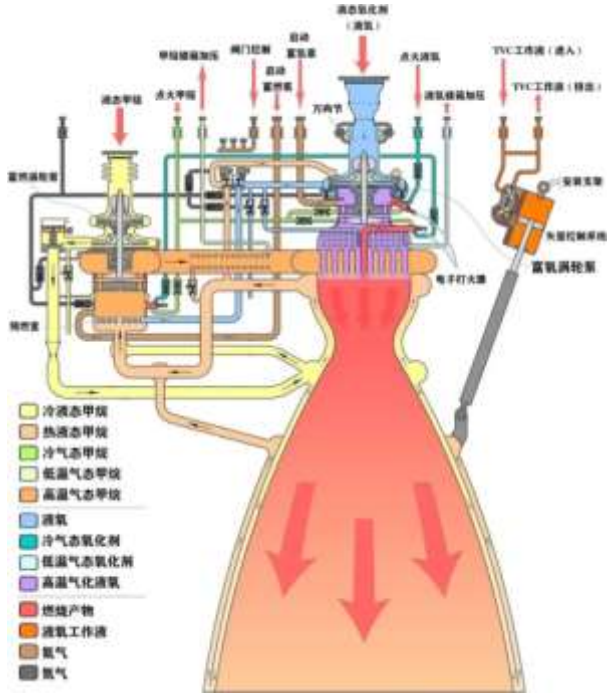
10.闭式燃气发生器增压膨胀循环

这种工作循环是对闭式循环的改良，其独特之处在于将极小部分的燃料和氧化剂引入燃气发生器，使其燃烧产生的高温废气在热交换器中加热用于驱动涡轮泵的燃料。这样可以提高涡轮泵的转速，进而增加推力。剩余的废气则从喷管内壁排放，形成气膜冷却，有助于降低喷管的温度。

11. 抽气循环

其核心是通过从燃烧室抽取废气以驱动涡轮叶片，进而启动涡轮泵。尽管存在一些未详细说明的细节，这种循环方式通过减少燃料消耗，降低排出燃烧室的废气量，从而在一定程度上降低了发动机的推力。然而，这一问题可以通过增大发动机体积等方式解决。抽气循环是一种罕见的循环方式，目前仅有一家公司采用，即蓝色起源。他们将这种发动机循环应用于新谢泼德亚轨道火箭的 BE-3 泵后摆发动机上。BE-3 发动机借助其出色的抽气循环，具备卓越的涡轮转速控制能力，扩大了节流范围，可达到 100%-20%。

图 140：全流量分级燃烧循环发动机原理



数据来源：东北证券、维基百科

12.全流量分级燃烧循环

全流量分级燃烧循环（Full flow staged combustion，FFSCC）是分级燃烧循环的一种派生形式。其通过一个富燃预燃室和一个富氧预燃室分别驱动绝大部分推进剂和氧化剂，而余下的少量推进剂通过管道互相交换，与对应的燃料或氧化剂混合并进行燃烧，以启动涡轮泵。这一设计使得涡轮的工作温度相较于分级燃烧循环更为降低，从而延长了发动机的使用寿命，并提高了效率。目前为止，唯一成功将这一循环的发动机送入太空的公司是 SpaceX。

针对各种应用需求，液体火箭发动机的发展呈现出多种类型，涵盖了不同推力量级、推进剂、推进剂供应方式以及动力循环方式等数百种工程产品。主要用于运载火箭基础级和上面级的主推进系统的发动机（简称主发动机），其性能和技术水平直接影响着运载火箭的效能，对一个国家在太空领域的进出、探索、利用和开发能力具有重要影响，因此被视为航天发展的基石，是确保国家安全和维护大国地位的重要战略支柱。与此同时，主发动机的技术复杂度高、研制难度大、周期长、费用高，属

于国家基础性战略产业，是国家工业基础、科技水平和综合国力的集中体现。在当今世界，独立研发运载火箭主发动机并形成产业规模的国家寥寥无几，主要包括中国、美国、俄罗斯、法国、日本等少数国家。

表 7：典型基础级液体火箭主发动机技术参数和应用情况

循环方式	推进剂	发动机	海平面推力/kN	海平面比冲/s	室压/MPa	研制国家	研制时间	应用	备注
补燃循环	液氧/煤油	RD-171M	7257	309	24.5	苏联	1974-1985	Zenit 一级	
		RD-180	3824	311	25.7	俄罗斯	1992-1998	Atlas-5 一级	
		RD-191	1922	310	25.8	俄罗斯	1998-2009	Angara 一级	
		NK-33	1509	297	14.8	苏联	1959-1965	N-1 一级	
		YF-100K	1250	302	18.7	中国	1995-2015		YF-100 改进，未飞行
	液氧/液氢	RD-0120	1447	353.2	21.8	苏联	1974-1988	Energia 一级	
		SSME	1666	361	18.9	美国	1972-1981	航天飞机一级	
		LE-7A	854	338	11.9	日本	1994-2002	H-2A 一级	
	液氧/甲烷	Raptor	2000	330	30.0	美国	2012-	Starship 一级	
		BE-4	2400	342（真空）	13.4	美国	2014-	New Glenn/ Vulcan 一级	
	NTO/UDMH	RD-275	1590	289	16.0	苏联	1961-1975	Proton-KM 一级	RD-253 改进型
膨胀循环	液氧/液氢	LE-9	1471	426	10.0	日本	2013-	H-3 一级	
燃气发生器循环	液氧/煤油	RD-107A	814	256	6.0	苏联	1954-1957	Soyuz-2 助推	RD-107 改进型
		F-1	6762	265	6.8	美国	1959-1966	Saturn-5 一级	
		RS-27A	890	255	4.8	美国	1971-1973	Delta-2 一级	RS-27 改进型
		Merlin-1D+	854	282	9.7	美国	2002-	Falcon-9 一级	Merlin-1 改进型
	液氧/液氢	RS-68	2891	365	10.0	美国	1998-2002	Delta-4 一级	
		Vulcain-2	1068	434	11.6	欧洲	1984-1996	Ariane-5 一级	Vulcain 改进型
		YF-77	510	310	10.2	中国	2001-2015	CZ-5 一级	
	液氧/甲烷	YF-209	735	293		中国	2006-		尚未飞行
	NTO/UDMH	YF-20	700	254	7.0	中国	1965-1980	CZ-2/3/4 一级	

数据来源：东北证券、《液体火箭主发动机技术现状与发展建议》

表 8：典型上面级液体火箭主发动机技术参数和应用情况

循环方式	推进剂	发动机	真空推力/kN	真空比冲/s	室压/MPa	研制国家	研制时间	应用	备注
燃气发生器循环	液氧/液氢	J-2	1023	425	5.4	美国	1960-1966	Saturn-5 二级	
		HM-7B	62.6	445	3.5	欧洲	1973-1983	Ariane-2/3/4 三级	HM-7 改进型
		YF-75	78.5	440	3.7	中国	1986-1994	CZ-3A/B/C 三级	
	NTO/UDMH	YF-40	49	300	4.4	中国	1976-1990	CZ-4A/B/C 三级	
补燃循环	液氧/煤油	RD-58M	79.5	354	7.8	苏联		Zenit 上面级	
		RD-0124	294.3	359	15.7	俄罗斯	1993-2006	Angara 二级	
		YF-115	180	342	12.0	中国	1995-2015	CZ-6 二级	
	NTO/UDMH	RD-0210	600	316	14.9	苏联	1693-1967	Proton 二级	
膨胀循环	液氧/液氢	Vinci	180	457	6.0	欧洲	2000-2002	Ariane-6 上面级	尚未飞行
		LE-5B-2	145	447	3.8	日本	1977-1986	H-2A 二级	LE-5 改进型
		RL10B-2	110	462	4.4	美国	1958-1963	Delta-4 二级	RL10 改进型
		RD-0146	68.6	470	5.9	俄罗斯	2000-2002	Rus-M 二级	尚未飞行
		YF-75D	90	442	4.1	中国	2006-2016	CZ-5 二级	

数据来源：东北证券、《液体火箭主发动机技术现状与发展建议》

6. 运载火箭行业的发展及产业链

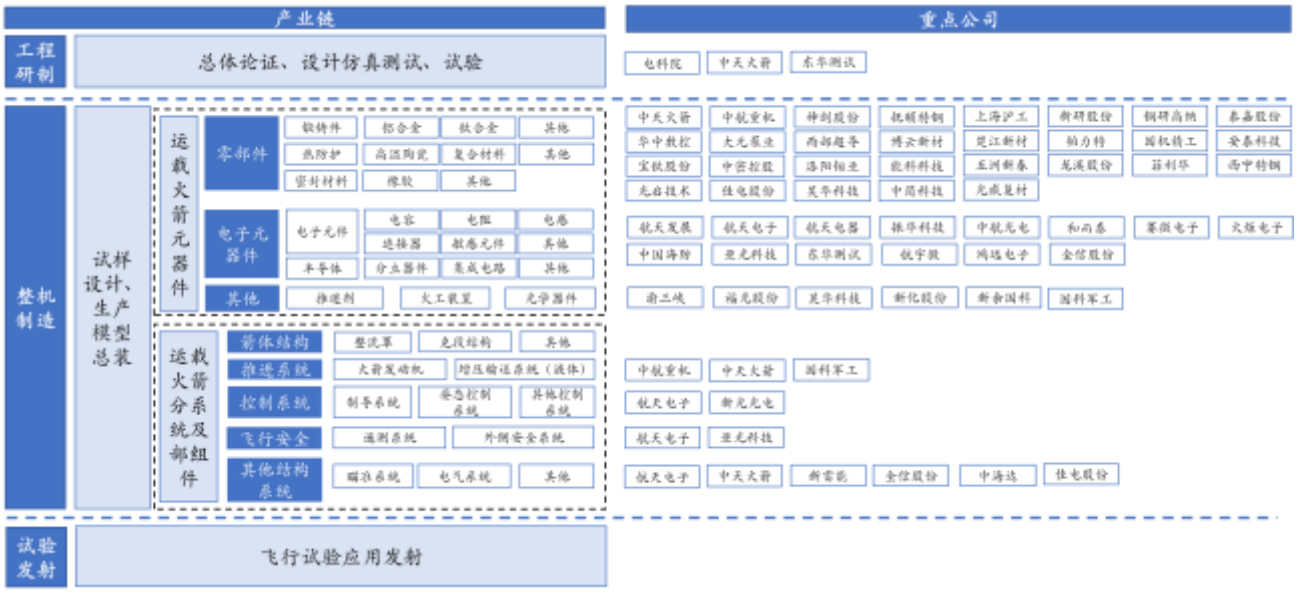
运载火箭的研发生产产业链与导弹武器系统相似，分为上游、中游和下游三个主要环节。

上游主要包括工程研制，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）、仿真测试和试验部分。这一阶段主要由航天科技、航天科工集团旗下的企事业单位以及一些商业火箭企业参与实施。同时，一些科研院所、工厂和民营企业也参与样件的定制研制、生产和实验。

中游主要涉及到运载火箭研制定型后的试样设计、生产制造以及模型总装。这一环节可进一步分为元器件配套加工生产、分系统（部组件）集成和模型集成等细分领域。元器件配套加工生产和分系统（部组件）集成主要由军工集团（如航天科技、航天科工、中国电科等）的企事业单位以及民营企业参与。总装集成则主要由航天科技、航天科工集团的总装厂和一些商业运载火箭企业参与。

下游主要涉及到运载火箭的飞行试验和应用发射。在这一阶段，运载火箭的总体设计单位负责将火箭运抵发射场，同时航天测控网相关单位也要参与正式发射过程。

图 141：运载火箭制造产业链及各部分相关上市公司



数据来源：东北证券、Wind、网络资料整理

航天科技集团长征系列：国际竞技场上的明星。长征系列运载火箭已成功执行了超过 430 次发射任务，将 700 多个航天器顺利送入太空。据《中国工业报》报道，长征系列运载火箭有高可靠性和卓越的性价比。不论是执行高轨道任务还是低轨道任务，其价格均明显低于国外一次性使用的运载火箭。与 SpaceX 的可重复使用猎鹰 9 相比，执行低轨任务的“长征二号丙”发射价格与其相当，而执行高轨任务的“长征三号乙”的发射价格仍低于猎鹰 9。未来，航天科技集团将继续在可重复使用运载火箭和重型运载火箭领域加紧技术攻关。

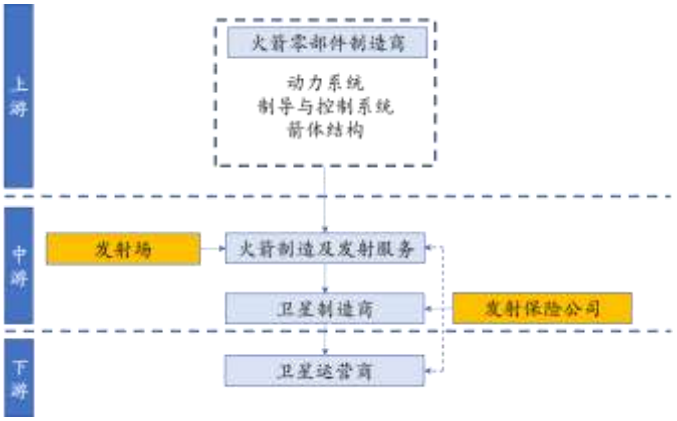
商业航天发射服务：商业力量崭露头角。科工火箭，成立于 2016 年，是中国首家专业提供商业航天发射服务的公司。截至 2022 年 8 月，科工火箭“快舟”系列运载火箭已成功进行了 13 次商业发射任务，将总计 23 颗卫星准确送入了其预定轨道。为了进一步推动公司的发展，于 2022 年 6 月，科工火箭成功完成了 B 轮融资，筹得 15.86 亿元资金，主要用于固体运载火箭的研发和性能提升、液体动力关键技术攻关和发动机研制，以及研发设施和支持条件的建设。

民营力量冲天起，星辰探索新航程。星际荣耀公司的双曲线一号运载火箭在酒泉卫星发射中心发射成功，成功将多颗卫星及有效载荷按时序精确送入预定的 300 公里圆轨道。这次发射任务获得圆满成功，标志着中国民营运载火箭迈出零的突破之步。不久后于 2022 年 8 月 9 日，星河动力的谷神星一号成为国内首个连续成功入轨的民营火箭型号，为民营火箭的规模商业发射交付开启了崭新的篇章。

我们认为：

民营火箭行业的蓬勃发展源自国家战略的推动。当下太空威慑的力量将成为大国之间核心的战略要素。为了应对未来太空态势的变化，提升太空进入能力和控制能力已成为世界大国的紧迫需求，而火箭被视为未来最关键的太空运载工具。商业航天的兴起对于确保稳定占用频率和轨道资源至关重要，同时也是实现迅速应对太空作战的关键手段。鉴于卫星频段、轨道等有限可用资源供需矛盾的日益显著，各国争夺卫星频率和轨道位置的竞争已然打响。中美两国在深度拓展太空领域资源时，都积极鼓励社会资本的参与，以减轻国家负担同时提升各企业的创新能力。未来 20 年太空领域的宏大规划使得军用和民用领域相互交织，民营火箭行业在政策支持的推动下将持续茁壮成长。

图 212：民营火箭发射服务产业链



数据来源：东北证券、网络资料整理

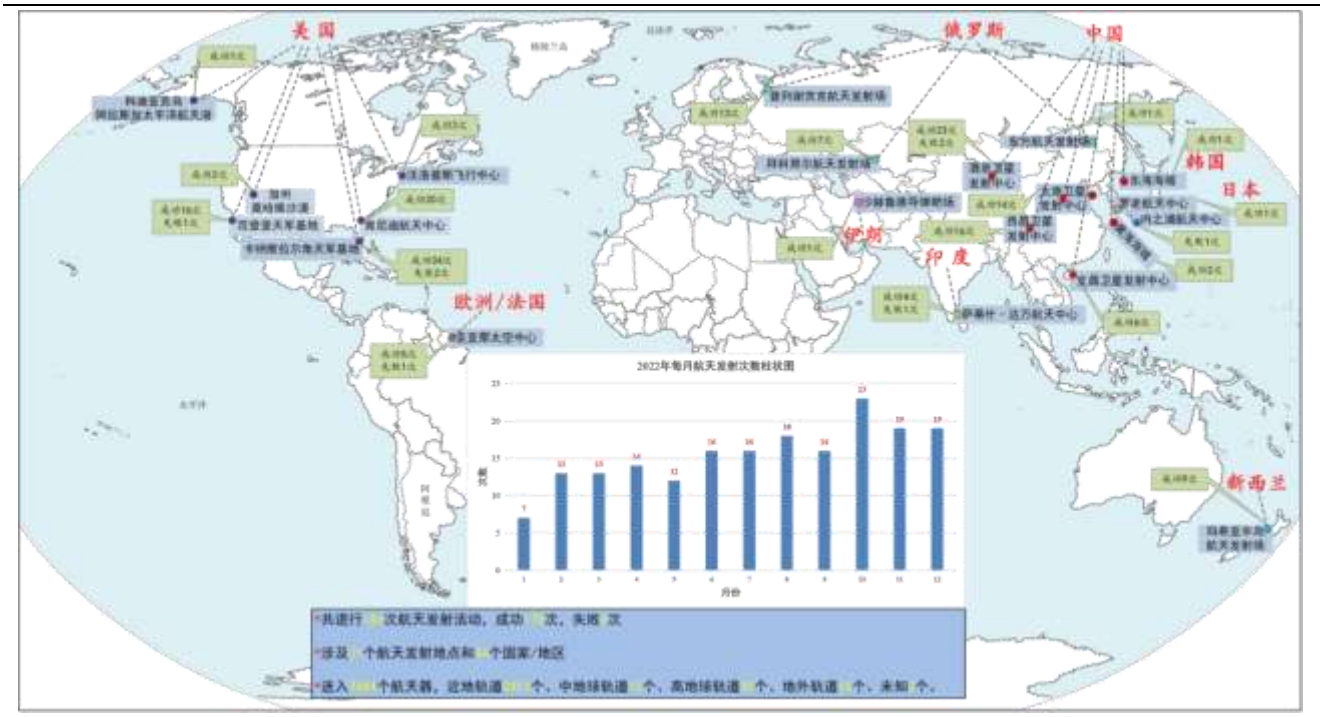
国际市场将成为民营火箭企业市场拓展的新方向。考虑到市场需求和市场定位，国际卫星市场，尤其是中国、欧洲、中东以及一带一路国家等代表性市场，对火箭发射服务的需求呈现大幅度增长，这将推动国内商业火箭行业的蓬勃发展。中大型液体火箭因其能够满足微纳、中小和大型卫星等各类卫星的发射需求，已成为商业火箭公司的首选。考虑到国内民营火箭公司在短期内将与国有企业直接竞争，**我们认为国内民营火箭的商业化能力将在国际市场上爆发。拥有中大型液体火箭发射能力以及相应的国际市场拓展能力将成为民营火箭公司商业化实力的重要体现。**

图 213：我国运载火箭近年来发射次数



数据来源：东北证券、Gunter’s Space Page: Orbital Launches of 2012-2022

图 142：2022 年全球航天发射次数统计



数据来源：东北证券、《卫星与网络》、澎湃新闻

2022 年，全球共进行航天发射活动 186 次（以北京时间计：1 月 7 次、2 月 13 次、3 月 13 次、4 月 14 次、5 月 12 次、6 月 16 次、7 月 16 次、8 月 18 次、9 月 16 次、10 月 23 次、11 月 19 次、12 月 19 次），远超 2020 年的 114 次和 2021 年的 145 次，其中成功 178 次，失败 8 次。涉及 21 个航天发射地点和 44 个国家/地区，共向太空送入 2484 个航天器，其中近地轨道 2413 个、中地球轨道 15 个、高地球轨道 39 个、地外轨道 15 个、未知 2 个。

图 216：2022 年全球各航天发射地点发射次数统计

序号	发射地点	所处国家	成功次数	失败次数	总次数
1	范登堡天车基地	美国	16	1	17
2	阿拉斯加太平洋航天港		1	0	1
3	加州莫哈维沙漠空域		2	0	2
4	卡纳维拉尔角天军基地		34	2	36
5	肯尼迪航天中心		20	0	20
6	沃洛普斯飞行中心		2	0	2
7	玛麦雷半岛航天发射场	新西兰	9	0	9
8	酒泉卫星发射中心	中国	23	2	25
9	太原卫星发射中心		14	0	14
10	文昌卫星发射中心		6	0	6
11	西昌卫星发射中心		16	0	16
12	东海海域		1	0	1
13	黄海海域		2	0	2
14	维科奇尔航天发射场	哈萨克斯坦	7	0	7
15	普列谢茨克航天发射场	俄罗斯	13	0	13
16	东方航天发射场		1	0	1
17	圭亚那太空中心	圭亚那合作共和国	5	1	6
18	内之浦航天中心	日本	0	1	1
19	罗老航天中心	韩国	1	0	1
20	萨迪什·达万航天中心	印度	4	1	5
21	塞姆南航天发射中心	伊朗	1	0	1

数据来源：东北证券、《卫星与网络》、澎湃新闻

图 217：2022 年全球入轨航天器按功能数量统计

序号	卫星类型	具体用途	进入太空数量
1	通信（1939 个）	网络服务	1850
2		广播网络	39
3		导航定位	4
4		数据中继	60
5	对地观测（188 个）	遥感成像	111
6		成像侦察	22
7		电子侦察	29
8		大气环境监测	10
9		地球环境探测	7
10		导航预警	3
11	科学技术（203 个）	系统/仪器测试	11
12		技术试验	148
13		教学资源	25
14		卫星回收	7
15	地外探测（9 个）	行星探测	7
16		恒星探测	2
17	空间站服务（18 个）	载人航天	7
18		空间站物资补给	9
19		空间站建设	2
20	空间行动（3 个）	态势感知	2
21		空间对抗	1
22	其它（121 个）	基础载	106
23		其他	10

数据来源：东北证券、《卫星与网络》、澎湃新闻

2022 年全球开展的 186 次航天发射活动中，根据发射任务的主导组织或机构国籍来划分，美国 87 次（含在新西兰玛希亚半岛航天发射场的 9 次），中国 64 次，俄罗斯 21 次，欧盟+英国 6 次，日本 1 次，韩国 1 次、印度 5 次、伊朗 1 次。其中，美国失败 3 次、中国失败 2 次、欧盟（含英国）失败 1 次、日本失败 1 次、印度失败 1 次，全球发射活动成功率为 95.7%。

6.1. 我国运载火箭发射服务业市场规模不断扩大

表 8：国家队公布的星座发射计划

项目名称	建设单位	星座规模（颗）	轨道（km）	用途	进展情况
星网工程	中国星网	12,992	508-1,145	移动通信、宽带通信等	星网试验星已成功发射
行云工程	航天科工	80	800-1,400	窄带物联网	2022 年实现小规模组网
鸿雁星座	航天科技	324	1,070	移动通信	已发射首颗试脸星
虹云工程	航天科工	156	1,000	宽带通信	已发射首颗试脸星
天象星座	中电科	120	590-630	天地一体化	“天象”试验 1 星、2 星已成功进入预定轨道
吉林一号	长光卫星	138	500-700	遥感	截至 2023 年 6 月，在轨卫星 108 颗
G60 星链	上海市、联合投资、临港集团	12,000 一期 1,296 颗	/	移动通信、宽带通信等	截至 2022 年末，已发射 5 颗实验星

数据来源：东北证券、航天科工官网、航天科技官网、UCS、上海松江官网、物联网智库、网络资料整理

在 2021 年到 2025 年期间，中国的卫星发射市场将经历一个快速增长的时期，且卫星星座的轨道位置都位于低地球轨道（LEO）。星网星座包括两个名为 GW-A59 和 GW-2 的宽带星座计划，其计划发射的卫星总数量达到 12992 颗。GW-A59 子星座的卫星分布在 500km 以下的极低轨道，GW-2 子星座的卫星分布在 1145km 的近地轨道，目前星网的实验星已经完成发射。G60 星链由松江区、联和投资、临港集团共同建设，三方将以卫星装备制造带动区域传统制造业升级迭代为基本目标，共同推进“G60 星链”产业基地建设。“十四五”期间完成“152”工程：即建成 1 个全球低轨卫星通信星座，建成面积超 500 亩的卫星互联网产业集群，形成规模超 200 亿的卫星互联网产业创新应用生态。这些低轨卫星星座的单颗卫星质量都超过 100 公斤。对于百公斤级的卫星，通常需要进行“一箭多星”的发射任务，而只有中型

或大型火箭才能胜任这种任务。然而，使用大型火箭进行百公斤级卫星的发射会导致运载能力过剩，效益不高。

表 9：长征系列火箭运载能力表

型号	起飞质量	主要发射轨道运载能力(吨)			备注
		近地轨道 (LEO)	地球同步轨道 (GTO)	太阳同步轨道 (SSO)	
长征一号(CZ-1)	81.5	0.3			已退役
长征二号(CZ-2)	190	1.8			近地轨道,已退役
长征二号E(CZ-2E)	460	9.2			近地轨道,已退役
长征二号丙(CZ-2C)	242.5	4		1.5	低轨、太阳同步轨道
长征二号F(CZ-2F)	480	载人8.6吨载荷送入近地200公里、近地350公里轨道			发射运输飞船状态和发射目标飞行器
长征三号(CZ-3)	204		1.45		已退役
长征三号甲(CZ-3A)	243		2.6		地球同步轨道,主力
长征三号乙(CZ-3B)	456		5.5		地球同步轨道、一箭多星,主力
长征三号丙(CZ-3C)	345		3.9		地球同步轨道、一箭多星
长征五号(CZ-5)	869	25	14		卫星、空间站、月球探测器和火星探测器
长征七号(CZ-7)	597	13.5		5.5	载人航天货运、商业航天
长征七号甲	573		7		地球同步轨道卫星
长征八号	356	7.6	2.5	4.5	发射近地轨道或太阳同步轨道有效载荷
长征九号	4137	近地50-140吨、奔月15-50吨、奔火12-44吨			载人月球探测、深空探测
长征十一号(CZ-11)	58	0.7		0.35	应急卫星
捷龙一号	23.1			>150千克	一箭一星、一箭多星

数据来源：东北证券、航天科技官网、航天科工官网

表 10：商业队公布的星座发射计划

民营星座计划	星座用途	建设单位	星座规模（颗）	卫星轨道	目前状态
银河	宽带通信	银河航天	1000	500-1200km	已发通信卫星 8 颗、InSAR 卫星 4 颗
九天	窄带物联网	九天微星	72	600km	已发射首颗实验星
灵鹊	遥感	零重力实验室	378	500km	已发射实验星
LaserFleet	激光通信	航星光网 上海光机所	288	550km	/
星时代	光学遥感	国星宇航 天仪研究院	192	500km	截止至 2023 年 10 月 16 颗星入轨
未来导航	导航增强	中科院小卫星	120	700km	/
连尚蜂群星座系统	宽带通信	连尚网络	272	72 颗 100km 200 颗 600km	/
天启	物联网	国电高科	38	900km	已发射 21 颗卫星
翔云	物联网	欧科微	28	500km	已发射首颗实验星
天仪	引力波探测	天仪研究院 清华大学天体物理	24	500km	/
珠海一号	遥感观测	珠海欧比特	34	494-530km	截止至 2023 年 10 月 12 颗星入轨
奥博星座	物联网	奥博太空	36	500km	/
蔚星	宽带通信	中科院小卫星	186	800km	/
吉利星座	智能出行	时空道宇	72	/	截止至 2023 年 10 月 9 颗星入轨

数据来源：东北证券、各公司官网

在军民融合等国家政策的推动下，商业卫星计划蓬勃发展。卫星产业被视为典型的军民融合行业，2015 年，国家发布了《国家民用空间基础设施中长期发展规划（2015-2025）》，旨在大力支持商业卫星产业的发展。在民间资本的推动下，各个民营公司也积极参与卫星产业，并推出了各自的星座计划。据不完全统计，根据已公开的星座计划，商业卫星计划发射总重量约为上千吨。

表 11：国内部分商业火箭公司情况汇总

对比项目		蓝箭航天	星际荣耀	零壹空间	深蓝航天	星河动力	九州云箭	翎客航天	宇航推进	空天引擎
成立时间		2015 年	2016 年	2015 年	2016 年	2018 年	2017 年	2014 年	2018 年	2018 年
定位		中型液氧甲烷运载火箭+小型固体运载火箭	小型固体+小型液体运载火箭	小型固体运载火箭	小型液氧煤油运载火箭	小型固体运载火箭+中型液氧煤油运载火箭	小型液氧甲烷运载火箭	液氧乙醇火箭	液氧甲烷发动机提供商	液体燃料火箭发动机提供商
设计参数	固体运载火箭	朱雀一号：箭长：19m 直径：2.0m 起飞质量：27t 起飞推力：45t 运载能力：200kg/SSO 300kg/LEO	双曲线一号：箭长：20m 直径：1.4m 起飞质量：31t 运载能力：150kg/SSO 300kg/LEO	OS-M 系列：箭长：19m 直径：1.2m 起飞质量：20t 运载能力：l00kg/SSO 200kg/LEO	/	谷神星一号：箭长：19m 直径：1.4m 起飞质量：30t 起飞推力：60t 运载能力：350kg/LEO	/	/	/	/
	液体运载火箭	朱雀二号：箭长：48.8m 直径：3.35m 起飞质量：216t 起飞推力：268t 运载能力：2t/SSO 4t/LEO	双曲线二号：箭长：38m 直径：2.5m 起飞质量：95t 起飞推力：112.5t 运载运力：1.9t/LEO	/	星云一号：长度：27m 直径：2.25m 起飞质量：70t 运载能力：500kg/SSO	箭长：42m 直径：3.35m 起飞质量：200t 起飞推力：280t 运载能力：4t/LEO	/	新干线一号：箭长：20.1 米 直径：1.8 米 起飞质量：33t 运载能力：200kg/SSO	/	/
	发动机	80 吨液氧甲烷发动机 10 吨级液氧甲烷发动机	15 吨级液氧甲烷发动机	40 吨级固体发动机	10 吨级“雷霆”液氧煤油发动机	40 吨级液氧煤油发动机	10 吨级液氧甲烷发动机	3 吨液氧乙醇复合冷却火箭发动机	60 吨液氧甲烷发动机	20 吨级液氧煤油发动机

数据来源：东北证券、各公司官网

中国的商业航天领域近年来取得了显著的进展，其中多家公司如蓝箭航天、星际荣耀和零壹空间等都在火箭设计与发射方面有所突破。比如，蓝箭航天的朱雀二号火箭使用液氧甲烷作为燃料，具有更高的运载能力和可重复使用性，适用于将商业卫星送入近地轨道。星际荣耀的双曲线一号火箭则是专为小型卫星和立方体卫星量身定制，提供更加灵活和低成本的发射服务。这些火箭各自有着独特的优势和应用场景，从而加强了中国在全球商业航天市场的竞争力。

我们认为，未来商业火箭发射领域的竞争预计将进一步加剧，特别是在小型固体火箭市场，还将面对大型航天集团旗下两大火箭公司的激烈竞争。整体而言，随着资金和人才日益向行业头部企业汇聚，预计行业将逐渐形成先发优势的壁垒，使得顶级商业航天企业的市场地位更加稳固。

6.2. 我国运载火箭发射成本下降空间巨大

从理论成本角度来看，SpaceX 的猎鹰系列火箭在发射成本方面拥有明显的竞争优势。我们通过对火箭的单次发射成本以及火箭的近地轨道运载能力进行综合测算，来比较中美两国典型火箭的单位发射成本。结果表明，目前 SpaceX 的猎鹰 9 号重型火箭的低轨运载成本约为每千克 1 万元左右，而中国的长征系列火箭的发射成本则在每千克 4 万元到 9 万元之间浮动。国内的商业航天如星河动力、天兵、蓝箭低轨火箭每公斤价格在 5 万元到 6 万元之间浮动。SpaceX 在低轨发射成本上具有显著的竞争优势，国内的的长征系列火箭及商业航天正在积极发展提高效率、降低成本。

表 12：全球部分运载火箭发射成本（人民币：美元=7：1）

火箭	国别	首飞	单发费用（万美元）	每公斤成本（万人民币）
猎鹰 9 号	美国	2010	6,500	1.9
猎鹰 9 重型	美国	2018	9,700	1.1
长征 2D	中国	1992	2,857	5.9
长征 3B	中国	1997	6,714	4.1
长征 4B	中国	1999	2,857	5.0
长征五号	中国	2016	16,571	4.6
长征六号	中国	2015	1,857	8.7
长征七号	中国	2016	9,714	5.0
长征十一号	中国	2015	457	4.6
谷神星 1 号	中国	2020	550	10.0
双曲线 1 号	中国	2019	500	11.1
快舟一号	中国	2013	300	6.8
LVM3	印度	2017	6,300	5.1

数据来源：东北证券、AeroSpace、US Government Accountability Office、国家航天局

从实际应用角度看，SpaceX 的猎鹰系列火箭一直在不断提高复用率，从而带动了火箭的边际成本快速下降。根据《“猎鹰”9 火箭的发射成本与价格策略分析》：全新的猎鹰 9 号火箭的成本约为 5，000 万美元，而复用型猎鹰 9 号火箭的成本则降至 1，500 万美元。这意味着，随着更多的复用，猎鹰 9 号火箭的边际发射成本将快速下降。SpaceX 在 2015 年 12 月和 2016 年 4 月，实现了全球首次的轨道发射后火箭的陆地回收和首次的海上回收。如今猎鹰系列火箭已实现了可常态化、可重复使用。在 2021 年 SpaceX 进行了 31 次发射中，其中仅有 2 枚是全新火箭，其余的 29 枚均为复用火箭。SpaceX 通过提高火箭的复用率，取得了显著的经济效益，并在太空探索中取得了创新性的成就。这种发展趋势不仅有助于降低太空探索的成本，还为更广泛的应用和商业化太空活动提供了新的可能性，我们认为随着我国卫星发射的放量及火箭回收技术的提升，火箭发射成本将会大幅降低。

表 13：“猎鹰”9 号火箭成本构成

时间	信息公布人	信息内容
2015 年	马斯克	复用型“猎鹰”9 火箭的制造成本为 1600 万美元，其中推进剂成本为 20 万美元
2018 年	马斯克	火箭一级成本占比 60%，上面级 20%，整流罩 10%，其余 10%为推进剂、复用等发射相关成本，其中推进剂成本为 30 万美元，也可以算作 40 万美元，整流罩成本约 600 万美元。未来如果可以实现二级复用，则复用型“猎鹰”9 火箭的边际发射成本将有望降低到 500 万~600 万美元
2020 年	库鲁斯	“猎鹰”9 发射服务费用为 2800 万美元
2020 年	马斯克	回收“猎鹰”9 火箭一级和整流罩带来的载荷容量损失不超过 40%，回收和修整费用不超过 10%， 2 次回收一级的火箭发射任务载荷容量与 1 次不回收一级的发射基本持平，3 次发射则优于一次性发射
2020 年	马斯克	发射一枚复用型“猎鹰”9 火箭边际成本约为 1500 万美元，其中 1000 万美元用于制造不能回收的新上面极，500 万美元用于采购氮气、燃料、氧气、回收火箭一级和整流罩等发射相关费用，其中修整回收型火箭一级的成本为 25 万美元。火箭一级成本为 3000 万美元，新整流罩的成本为 500 万美元

数据来源：东北证券、《“猎鹰”9 火箭的发射成本与价格策略分析》

SpaceX 在不到 10 年的时间里实现了“猎鹰”9 火箭从首飞到一级回收、一级复用、整流回收和整流复用的壮举。该火箭的复用技术吸引了更多的客户，从商业通信卫星运营商扩展到政府和军事部门。在积累了火箭一级和整流罩回收与复用的经验过程中，SpaceX 不断改进技术方案，有效提高了火箭一级和整流罩的复用次数和效率，同时降低了回收成本。尽管 SpaceX 曾提出过“猎鹰”9 二级箭的复用计划和时间表，但目前尚未实施二级火箭回收试验。

表 14：2020 年以来全新“猎鹰”9 成本构成及占比

“猎鹰”9 号火箭		全新火箭成本（占比）	复用火箭成本（占比）
硬件	一级	3000 （ 60%）	/
	二级	1000 （20%）	1000 （66.6%）
	整流罩	500 （ 10%）	/
软件	推进剂	40（0.8%）	40 （2.6%）
	发射测控、翻修	460 （9.2%）	460（30.6%）
总计		5000	1500

数据来源：东北证券、《“猎鹰”9 火箭的发射成本与价格策略分析》

表 15：2018 年-2022 年“猎鹰”9 火箭一级复用情况

时间	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年 1-8 月
发射次数	21	13	26	31	39
新火箭一级的数量	10	7	5	2	2
复用一级火箭的数量	11	6	21	29	37
新火箭一级占发射次数比重	47.60%	53.80%	19.20%	6.40%	5%

数据来源：东北证券、《“猎鹰”9 火箭的发射成本与价格策略分析》

目前，以“猎鹰”9 一级执行 12 次任务和整流罩执行 6 次任务的计算，那么“猎鹰”9 号的有效载荷能力为 60%*12=720%，累计成本包括 100%（首次发射成本）、10%*11（11 次回收和再次发射相关成本）、20%*11（11 次二级成本）以及 10%（一对新整流罩成本），总计为 440%。这意味着一枚全新的“猎鹰”9 执行 12 次发射任务可以节省的成本为 720%-440%=280%，接近于 3 枚全新的“猎鹰”9 火箭的成本或者相当于 9.3 倍（即 280%/30%）复用火箭的成本。

截至 2022 年，SpaceX 的火箭发射频率为每 10.74 天一次，而在进入 2023 年后，由于“星链”项目的快速部署，发射频率缩短至每 6.62 天一次。SpaceX 的全复用型“星舰”（Starship）运载器设计具有超过 150 吨的低轨道运载能力，其单位边际成本远远低于现役的“猎鹰”9 火箭，这意味着 SpaceX 的发射服务价格可能会大幅降低，从每千克数千美元降至数百美元甚至更低。SpaceX 的成功意味着火箭复用技术可以显著降低成本，提高竞争力；高发射频率有助于分摊开支，提高效益；与企业合作可以推动技术创新和商业化应用。

6.3. 运载火箭朝着大推力低成本方向不断突破

从我国近年来运载火箭整机研制方向来看，当前的发展趋势主要集中在以下几个方面：无毒、无污染、低成本、高可靠性、大推力、适应性强以及良好的安全性。此外，随着不断多样化的航天发射任务需求，快速响应能力也将成为运载火箭技术发展的重要趋势。

在总装技术方面，目前运载火箭总装通常涉及将各个子系统的设备、仪器、阀门、导管、电缆以及零部件装配到相应的部段，然后进行各部段和发动机的对接。当前这一过程主要依赖手工操作，但未来趋势将朝向柔性、数字化自动装配技术的发展方向。

图 143：运载火箭等航天装备朝着数字化、智能化不断发展



数据来源：东北证券、《航天航空智能制造技术与装备发展战略研究》

参考美俄欧日等主要太空强国近三十年来的经验，他们采用模块化、通用化和系列化的方法成功研制了一系列主力运载火箭，如宇宙神 5、德尔它 4、安加拉等，这些火箭的成功率普遍超过 95%，有些甚至超过 97%。这表明当前各太空强国的主力运载火箭已经达到了很高的可靠性水平。

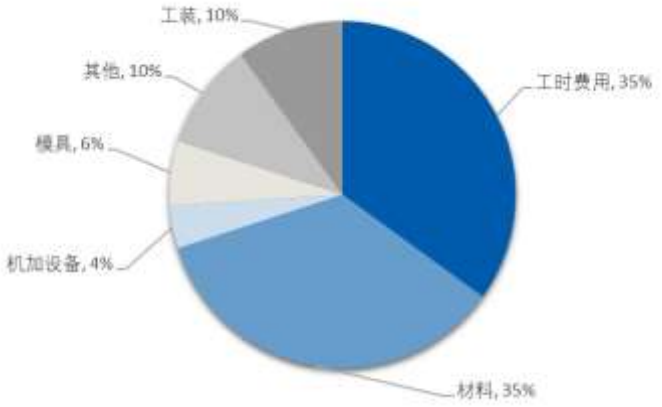
尽管国内的商业航天发射领域仍处于早期阶段，但我们认为中国的航天央企、其他国企以及民营商业航天企业都将把降低发射成本视为最重要的发展方向之一。这将有助于保证发射成功率的前提下，降低太空发射的成本，促进中国商业太空领域的增长。

1.箭体结构分系统不断寻求轻质合金和复合材料的突破

运载火箭的结构包括整流罩、级间段、尾段和液体运载火箭的推进剂贮箱等部分，贮箱通常采用铝合金材料。推进剂贮箱的制造工艺包括钣金成形、拼焊和铣削。整流罩、级间段和尾段的结构通常采用铝合金铆接、整体铸造后机加或复合材料夹芯结构。相关生产工艺包括铆接、铸造、钣金成形和热压罐固化等。

运载火箭结构的生产成本主要由材料、工装模具、人工工时和设备损耗等因素决定。以某型固体运载火箭为例，其结构成本构成如下图所示。在单发生产时，结构的主要成本取决于人工工时、原材料和模具工装。在系列大批量生产后，生产线和其他固定资产投资将占据结构成本的一半，而材料成本和人工工时费用将下降至 15%。由于国内目前主要进行单发生产，但未来有望进行大规模商业运载火箭生产，因此材料成本和工时费用仍然是结构成本的主要组成部分。

图 144：单发运载火箭生产时箭体结构成本构成百分比



数据来源：东北证券、《航天制造技术》

目前，高性能金属材料在航天结构中仍占主要地位，但应用已接近技术发展的极限。为满足航天飞行器的紧迫减重需求，轻质结构材料，如铝合金、镁合金、钛合金和复合材料等，备受关注。在轻质合金结构材料方面，技术重点包括提高超高强度铝合金的机械性能，克服塑性降低、淬透性差、淬火残余应力大等相关问题；改进耐高温高强度镁合金，特别是大尺寸结构件的性能；提高大规模生产的耐高温高强度钛合金；在轻质复合材料方面，发展重点包括提高高温性能和力学性能，掌握耐高温树脂基结构成型技术，减少制造成本，发展自主知识产权的结构复合材料体系。

2.推进系统向着大推力、低成本、高可靠和易维护方向发展

火箭推进系统是火箭中最关键的系统，包括主动力系统、辅助动力系统和增压输送系统。运载火箭主动力系统主要采用固体火箭发动机以及液体火箭发动机。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，同时兼具大推力及低成本和高可靠是火箭动力系统的重点发展方向。满足高可靠的要求上实现低成本是重中之重。

固体火箭发动机方面主要发展方向是大型、重型固体火箭发动机，以满足大推力、低成本、高可靠性和方便维护的需求。

液体火箭发动机方面随着发射次数和发射质量的提高对大推力液氧/煤油发动机和液氢/液氧发动机提出了新的研制需求，需要提高其性能，包括比冲、推力、推质比等，以及具备推力调节和故障诊断等功能。改进现有液氧/煤油和液氢/液氧发动机用以支持新一代火箭也是一个发展方向。

其他技术发展方向：中短期内，重点在于开发具有机动性和快速进入太空能力的先进空射动力系统。远期内，核热推进系统、凝胶推进系统和可重复使用火箭发动机是未来太空探索的首选推进系统，具备高性能、低成本、可重复使用等特点。

3.制导系统在提高应用精度的前提下不断降低功耗

类似导弹制导系统，运载火箭控制系统中的制导系统包括测量、控制装置和箭载计算机。其功能是测量和计算火箭的位置、速度、加速度、轨道参数等，与预设参数比较，生成制导指令。中国长征火箭系列通常采用惯性制导，相关的控制装置和箭载计算机主要由军工央企等单位负责，相关上市公司相对较少。就惯性制导而言，中国运载火箭主要使用激光和光纤惯性测量单元，用于测量火箭的旋转速率和平移加速度。光纤陀螺和横法向加速度计常用于火箭的稳定和姿态控制，以测量火箭的偏航、俯仰和滚动速率以及线性加速度和姿态信息。当前，宇航用的惯性技术发展趋势主要集中在提高仪器和系统的精度、提高可靠性、延长寿命、减少标定频率，同时追求轻量化、低功耗和降低成本。

4.电气系统

运载火箭的电气系统是其中一个至关重要的组成部分，它主要负责导航制导、控制、参数测量、测控、电源管理和故障诊断等，不仅飞行过程中发挥作用，而且在地面测试过程中起关键作用。

目前对于运载火箭电气系统的研发需求可以分为以下几个方面：首先，需要满足大结构尺寸的轻量化需求；其次，必须能够提供足够的能源以支持大功率负载；此外，还要满足全天候、无依托的测控需求；同时，要具备高度智能化，以适应飞行中可能出现的各种故障情况；最后，还需要支持子级独立的应用和测试。

综合考虑国内外技术发展现状和火箭发展需求，未来运载火箭电气系统的发展方向主要包括集成化、轻质化、智能化和便捷化。相关技术领域包括模块化集成技术、高速实时总线技术、分时分区操作系统、光纤互联技术、箭地无线供电、无线传感技术、高压供电技术、电静压伺服机构技术等。

重点关注卫星制造领域：

随着“一箭多星”技术的成熟，中国的运载火箭产业市场规模预计每年达百亿元。然而，由于前期投入和固定资产需求，市场难以同时满足航天科工、航天科技等商业航天企业和众多民营企业。因此，市场主要由航天科工、航天科技等公司主导，少数民营企业占据一部分市场份额。

目前，仅有航天科技旗下的中天火箭主要从事火箭设计。在运载火箭领域，需要关注航天科工、航天科技的科研机构和工厂的资产证券化情况。动力系统方面，值得关注的有中天火箭、航天科工六院、航天科技四院等，以及一些技术领先且成本控制能力较强的民营企业。箭体结构方面，上市公司如光威复材和中简科技等提供有竞争力的制造和加工技术。电气系统领域，航天电子和中天火箭等公司值得关注，尤其重点关注与航天央企相关单位有稳定供应关系的标的。

7. 国内外重点卫星产业动态跟踪

7.1. 太空探索技术公司（SpaceX）：国际太空探索引领者

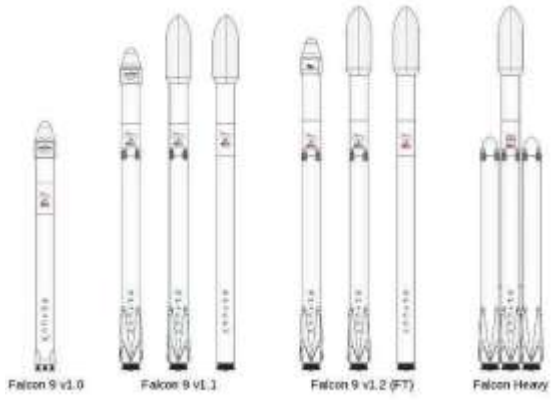
SpaceX 自 2002 年 6 月由马斯克创立以来，在多个领域展现了显著的成就。SpaceX 主要涉及火箭发射、低轨通信、空间站运输和深空运输等业务。其产品线包括猎鹰 1 号火箭、猎鹰 9 号火箭、猎鹰重型火箭、龙飞船和星舰。

表 16：SpaceX 历史大事件

时间	事件
2002 年 2 月	SpaceX 成立于洛杉矶郊区埃尔塞贡多格兰大道东 1310 号的一间旧仓库里
2004 年 10 月	SpaceX 启动研发龙飞船用于载人和货运
2008 年 8 月	SpaceX 成功迭代研发梅林 Merlin1C 液氧煤油发动机
2008 年 9 月	猎鹰 1 号火箭发射成功进入轨道，SpaceX 经过 6 年前期研发，拿下 NASA 长期合作订单
2010 年 6 月	在佛罗里达州卡纳维拉尔角空军基地发射了首枚“猎鹰 9 号”火箭。
2010 年 12 月	SpaceX 使用猎鹰 9 号火箭将龙飞船送入轨道，之后重返地球，这是私人航天器首次成功从轨道返回
2012 年 5 月	龙飞船与国际空间站成功对接，成为有史以来首艘访问国际空间站的商业飞船
2012 年 6 月	SpaceX 成功迭代研发梅林发动机至 D 版本，即 Merlin 1D
2014 年 9 月	美国宇航局宣布选择 SpaceX 和波音公司为国际空间站提供乘务人员运输
2015 年 12 月	成功实现猎鹰 9 号在陆地的垂直着陆，成功回收第一级火箭，这是用于轨道发射的火箭首次垂直着陆
2016 年 4 月	成功回收猎鹰 9 号一级火箭
2016 年 8 月	SpaceX 成功研制首台猛禽发动机，初代版本推力为 100 吨
2018 年 2 月	重型猎鹰火箭发射成功，打破了多项世界纪录，成为商业卫星发射的重要参与者
2018 年 12 月	SpaceX 完成 Starship Hopper 制造，又名星虫，测试单台猛禽发动机的性能指标
2019 年 5 月	成功发射第一批 60 颗 Starlink 卫星
2019 年 7 月	全球首次全流量分级燃烧火箭发动机（猛禽发动机）飞行测试成功
2020 年 6 月	商业火箭成功发射龙飞船将两名 NASA 宇航员送入国际空间站
2021 年 5 月	SpaceX 星舰原型 SN 完成高难度反转着陆
2023 年 4 月	SpaceX 星舰发射失败
2023 年 11 月	2023 年 11 月 17 日进行星舰二飞失败，但成功实现热分离和发动机全点火

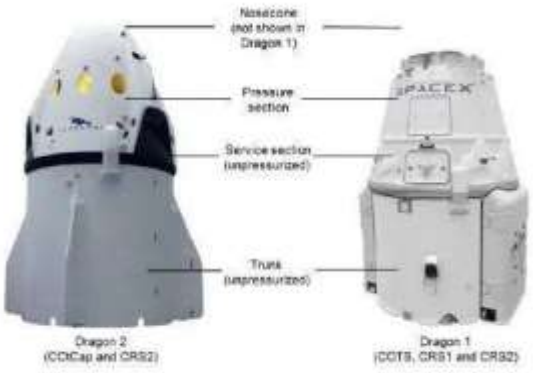
数据来源：东北证券、SpaceX 官网、网络资料整理

图 145：SpaceX 产品谱系



数据来源：东北证券、维基百科、SpaceX 官网

图 146：龙飞船 2 号与龙飞船 1 号对比



数据来源：东北证券、SpaceX 官网

在过去的 20 年中，SpaceX 在航天领域取得了一系列重要成就。2008 年，猎鹰 1 号在经历三次失败后首次成功发射。2012 年，SpaceX 实现了首次载人龙飞船发射，将美国宇航员送至国际空间站。2015 年，猎鹰 9 号火箭成功入轨并回收，同年提出了星链计划。2018 年，SpaceX 发射了当时世界上最强推力的猎鹰重型火箭。2020 年，龙飞船首次载人任务成功。2023 年 6 月，马斯克宣布星舰项目在多次试飞后已进行

了 1000 多项改进，成功率可能达到 60%。2023 年 11 月，SpaceX 宣布星舰于 11 月 17 号再次试飞。

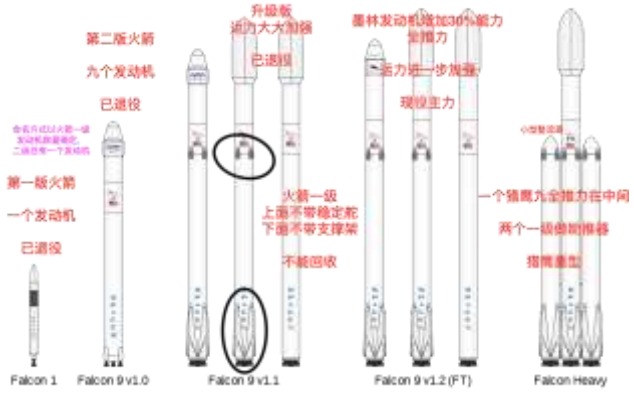
1.猎鹰 9 系列

截至 2023 年，猎鹰 9 已经发展出了 5 个版本，分别是猎鹰 9 1.0 版、猎鹰 9 1.1 版、猎鹰 9 全推力版（Block 3）、猎鹰 9 Block 4 和猎鹰 9 Block 5。

目前在使用的是最新的猎鹰 9 Block 5 版本，它在不回收第一级助推器的情况下，可以向低地球轨道发射 22.8 吨的载荷，相当于一个大型客机的重量；或者向地球同步转移轨道发射 8.3 吨的载荷，相当于一辆公交车的重量。

猎鹰 9 的第一级助推器有两种着陆方式：一种是返回发射场附近的着陆区（RTLS），另一种是返回海上的无人驾驶船平台（ASDS）。

图 147：猎鹰 9 火箭家族



数据来源：东北证券、SpaceX 官网

图 148：利用可回收助推器的重型猎鹰火箭



数据来源：东北证券、SpaceX 官网

“重型猎鹰”火箭是重型两级半捆绑式运载火箭，是在“猎鹰九号”基础上左右对称捆绑两枚芯级助推器而来。该箭长 70 米，芯级及芯级助推器直径均为 3.66 米，整流罩直径 5.2 米，最大宽度 12.2 米，起飞质量约 1421 吨，最大起飞推力约 2328 吨，其标准地球同步转移轨道（GTO）运力为 26.7 吨。

图 149：猎鹰 9 一级的九台发动机



数据来源：东北证券、SpaceX

图 150：猎鹰系列的梅林发动机



数据来源：东北证券、SpaceX

猎鹰 9 的一级火箭使用了一种称为“渐进式关机”的技术，即在发射过程中逐渐关闭部分发动机，以减少对火箭结构的应力和对有效载荷的加速度。

在发射时，9 台发动机都处于全功率工作状态，提供约 7,600 千牛的推力。

在发射后约 2 分钟 30 秒时，中央发动机关闭，剩余 8 台发动机继续工作。
在发射后约 2 分钟 45 秒时，又有 4 台发动机关闭，剩余 4 台发动机继续工作。
在发射后约 2 分钟 55 秒时，剩余 4 台发动机都关闭，一级火箭与第二级火箭分离。

2. 星舰

星舰（Starship）是一款超重型太空运载工具，由第一级超重级助推器和第二级太空飞船两部分组成，均被称为星舰。其高度为 120 米，直径为 9 米，起飞质量达 5000 吨，是迄今为止最大的火箭。星舰的设计目标在于实现完全可重复使用，能够在发射塔上实现控制着陆，并在几小时内重新发射。其有效载荷能力可达 150 吨到低地球轨道，若不考虑重复使用则可达 250 吨。星舰还具备在低地球轨道上进行燃料加注的能力，以支持前往更遥远的目的地，如地球同步轨道、月球和火星。预计星舰将取代猎鹰 9 号、猎鹰重型运载火箭以及天龙号航天器等载具，执行地球轨道任务。

图 151：星舰整体设计方案



数据来源：东北证券、SpaceX 官网

图 152：抓取机械臂回收助推器

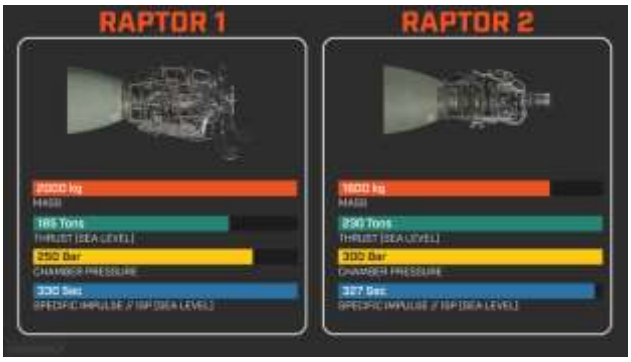


数据来源：东北证券、SpaceX 官网

助推器搭载了 33 台猛禽发动机，其中包括 20 台外圈的“Raptor Boost”型号和 13 台内圈的“Raptor Sea Level”型号。为实现安全着陆，助推器配置了一套着陆系统，包括四个着陆腿和四个格栅翼，用于控制姿态和速度。此外，助推器还装备了飞行终止系统，可在异常情况下安全销毁助推器。猛禽发动机采用低温液氧和液甲烷作为推进剂，与 SpaceX 早期的梅林和凯斯特尔火箭发动机使用的 RP-1 和液氧不同。猛禽发动机的推力是梅林 1D 发动机的三倍。

SpaceX 的星舰系统配备了三种不同配置的猛禽发动机，分别是 Raptor 1、Raptor 2 和 Raptor 3，其推力分别为 185 吨、230 吨和 269 吨。
猛禽发动机采用了两个涡轮泵，分别用于驱动液氧和液甲烷的高压流体进入燃烧室。燃烧室压力达到 300 巴（4400 psi），而 Raptor 3 更高达 350 巴（5100 psi）。其真空比冲为 363 秒（3.56 公里/秒），海平面比冲为 327 秒（3.21 公里/秒）。
Super Heavy 助推器上的 33 个猛禽发动机分为两层排列，外层包含 20 个“Raptor Boost”配置的发动机，它们去掉了节流阀执行器以减轻重量，并采用修改过的喷嘴，以降低节流性能以获得更高推力。内层有 13 个普通的“Raptor”配置的发动机，可以在 20%到 100%之间调节推力，并能在两个轴向上偏转 15 度以控制姿态。
Super Heavy 助推器上的所有 33 个猛禽发动机都可以在点火前进行点火测试，并在飞行中实现关闭或重新点火。

图 153：第一代、第二代猛禽主要参数对照



数据来源：东北证券、Everyday Astronaut

图 154：蓝源 BE4 与 SpaceX 猛禽对照



数据来源：东北证券、Reddit、SpaceX

真空猛禽发动机是猛禽发动机的一种变体，具有 2.3 米的直径和 4.6 米的高度，配备了一个更大的喷嘴，旨在提高比冲并减少气流分离。该发动机主要应用于星舰的第二级。根据 SpaceX 的设计，星舰的第二级将搭载六台猛禽发动机，其中三台是真空猛禽发动机，另外三台是海平面猛禽发动机。这种配置旨在在不同高度和速度下提供最佳性能。真空猛禽发动机的单发推力约为 14.7 兆牛顿，比冲约为 380 秒。

图 155：“超重-星舰”研制历程



数据来源：东北证券、太空与网络

“超重-星舰”系统是 SpaceX 设计的一款完全可重复使用的运载器，包括火箭级和飞船级，均具备回收能力。其中，“超重”火箭级采用垂直起降技术回收，而“星舰”飞船级采用升力式与垂直起降相结合的复用方式。在“超重”火箭级的回收方案中，经过大量设计改进，确定采用垂直起降方案，使用发射架上的机械臂（称为“筷子”）捕获助推级。这种方案省去了着陆支架的重量和成本，使火箭能够在不到 1 小时内重新就位，再次升空飞行。“星舰”飞船级从轨道返回时以 60° 倾斜的姿态以及 25 马赫的速度进入大气层，利用鸭翼和气动舵最大限度地利用空气制动，实现精确引导下降。最终，在接近地面时，通过大幅机动和发射塔机械臂的捕获，利用垂直起降技术实现垂直降落并完成回收。

SpaceX 星际运输系统（ITS）的概念始于 2012 年，经多次演变最终演化成“超重-星舰”。该系统的运载能力显著超过之前的火箭。2019 年，马斯克透露该项目的总开发成本在 20 亿~100 亿美元之间。在“星舰”飞船级的研制过程中，SpaceX 陆续推出了“跳虫”、MK 系列和 SN 系列验证机。这些机型经过地面和飞行试验验证，

包括低空飞行、高空飞行和轨道级试飞等多个阶段。从 2019 年 7 月至 2021 年 5 月，8 架星舰原型机实现了飞行试验。至于“超重”火箭级，它一直在基于星舰试验数据进行系统的设计改进，首架超重原型机于 2021 年 3 月完成制造。截至 2021 年 8 月，星基地的迭代开发工作集中在“超重-星舰”系统的首次轨道试飞上。

表 17：星舰优势所在

优势	具体内容内容
推力最强	“超重型火箭”可产生逾 7500 吨的推力，几乎是其他运载火箭的两倍，比如美国国家航空航天局（NASA）研制的“太空发射系统”。
载荷最大	“星舰”的近地轨道运载能力可达 150 至 250 吨。 “猎鹰”重型运载火箭起飞重量是 1421 吨，近地轨道运载量为 63.8 吨，地球同步转移轨道运载量为 26.7 吨。
成本很低	“超重型火箭”以甲烷为主要燃料，而不是传统使用的重量轻、效率高的氢。甲烷的优势在于成本更低，更易处理，而且火星大气中存在微量甲烷，便于未来“星舰”执行火星任务。
目标很大	“星舰”凭借强大的运载能力和多用化设计，可执行“星链”卫星发射、向月球和火星运送航天员和设备，以及更富科幻色彩的外星移民和太空矿业开发。一旦相关试验取得成功，将启动规模化生产，以每年建造 100 艘的速度，打造 1000 艘“星舰”组成的太空舰队，将 10 万人和相关物资运送到火星，实现从 21 世纪 20 年代后期开始移民火星的梦想。
影响很广	“星舰”如果发射成功，不仅能重塑太空探索，还可以推进科学研究。由于其有效载荷能力强大，天文学家和天体物理学家开始重新思考可以将何种望远镜和仪器送入太空，这将“从质上改变天体物理学任务的构建方式”。

数据来源：东北证券

表 18：星舰优势所在

技术特点	具体内容
不锈钢材料	Starship 火箭采用了不锈钢材料作为其主体结构的建造材料，这是一种非常耐高温、抗氧化和耐腐蚀的材料。相较于传统的建造材料，如碳纤维和铝合金，不锈钢材料具有更高的强度和更低的成本，使得 Starship 火箭可以更快、更便宜地进行大规模生产和建造。
重复使用技术	与传统的一次性火箭不同，Starship 火箭采用了可重复使用技术。这意味着火箭可以在多次任务中重复使用，从而大幅度降低了火箭的使用成本。在 Starship 火箭的设计中，火箭的第一级（Super Heavy）和第二级（Starship）都可以进行多次使用，其中 Super Heavy 可进行 10 次以上的重复使用，而 Starship 则可以进行 100 次以上的重复使用。
空气动力学设计	设计 Starship 火箭的外形时，SpaceX 采用了优化的空气动力学设计，使得火箭能够更加高效地飞行和进入大气层再入状态。具体来说，火箭的外形采用了类似于鹰翼的形状，从而使得火箭在进入大气层再入状态时能够减少气动力的影响，降低热量的产生和损伤，增强火箭的安全性和可靠性。
发动机技术	Starship 火箭所采用的 Raptor 发动机是一种由 SpaceX 自主研发的液态甲烷/液氧发动机，是目前世界上最先进的发动机之一。
自主导航技术	在进行太空探索任务时，Starship 火箭需要能够在不同的轨道和飞行状态下进行自主导航和控制

数据来源：东北证券

“超重-星舰”系统具备发射超大型有效载荷的能力，未来计划通过在轨燃料加注等技术实现月球、甚至火星等深空探测任务。随着“星舰”方案的逐渐成熟，SpaceX 不断拓宽“超重-星舰”的应用场景。

1.服务“阿尔忒弥斯计划”，支援美国载人深空探索活动

2.加快“二代星链”星座部署，为构建“星盾”军用服务平台提供支持

3.建立 1 小时全球达到“点对点”运输系统，支持军事物资/人员的快速投递

4.发射大型空间设施及载荷，大幅扩展空间探索和空间利用水平

7.2. 蓝色起源（Blue Origin）：专注商业太空旅行

蓝色起源（Blue Origin）是一家由亚马逊创始人杰夫·贝索斯于 2000 年创立的私人航天公司。该公司的主要目标是开发和运营可重复使用的火箭技术，以降低太空旅行的成本，并最终实现人类在太空的长期居住。蓝色起源的愿景是让数百万人在太空生活和工作，从而保护地球的环境并推动人类文明的发展。

表 19：蓝色起源历史大事件

时间	事件
2000 年	蓝色起源由杰夫·贝索斯创立并保持低调运营
2006 年	蓝色起源在德克萨斯州购买土地用于发射和试验，开始引起公众关注
2015 年 11 月	“新谢泼德”成功发射到了 100 千米的高空，随后火箭体完好无损的降落到了预定的地面位置
2016 年 3 月	贝佐斯宣布将在 2017 年对“新谢泼德”进行载人测试飞行，并预计将在 2018 年搭载付费乘客飞行
2017 年 12 月	对“新谢泼德”进行了第七次发射并成功着陆，同时成功部署无人太空舱 Crew Capsule 2.0
2018 年 4 月	于美国德克萨斯州再次成功发射并回收了“新谢泼德”亚轨道飞行器，并最高点达到了 35.1 万英尺
2018 年 6 月	蓝色起源表示将在 2019 年开始出售太空旅行乘客票
2018 年 7 月	蓝色起源列出计划，在月球上建立永久定居点，并在未来 5 年内开展登月任务
2021 年 7 月	贝索斯等人乘坐“新谢泼德”前往据地表 100 公里高空并在 11 分钟后着陆，首次载人太空之旅取得成功
2022 年 9 月	蓝色起源发射的一枚火箭在发射后不久宣告失败，这是公司向公众开放服务以来的首次重大事件
2023 年 3 月	蓝色起源确认了 NS-23 任务失败的具体原因为发动机喷嘴的“热结构故障”
2023 年 5 月	NASA 宣布蓝色起源赢得了价值 34 亿美元的合同，负责为 Artemis V 登月计划建造月球着陆器
2023 年 7 月	美国蓝色起源公司的火箭发动机在 6 月的一次测试中发生爆炸

数据来源：东北证券、SpaceX 官网

成立至今的 20 年里，蓝色起源在商业火箭领域已取得一系列显著成就。近年来，“新谢泼德”火箭不仅成功完成了多次亚轨道飞行测试及回收，还在 2021 年实现了首次载人飞行，标志着私人太空旅行的重要一步。此外，蓝色起源还获得了 NASA 的合同，负责开发“蓝月亮”月球着陆器，参与了 NASA 的重返月球计划。同时，蓝色起源正在开发的“新格伦”火箭，搭载 BE-4 火箭引擎，旨在降低发射成本并支持更广泛的太空探索任务。

1.“新谢泼德”系统

蓝色起源公司从 21 世纪初开始研制“新谢泼德”亚轨道运载器，2006 年进行缩比乘员舱试飞，2012 年完成首次乘员舱逃逸试验，2015 年启动试飞计划。该运载器设计为自主飞行，载人首飞前所有的飞行都只携带实验有效载荷。至今，“新谢泼德”火箭已经完成了至少 24 次飞行，其中包括 6 次载人飞行。

图 156：“新谢泼德”亚轨道运载器



数据来源：东北证券、《“新谢泼德”亚轨道运载器载人首飞成功》

图 157：“新谢泼德”系统

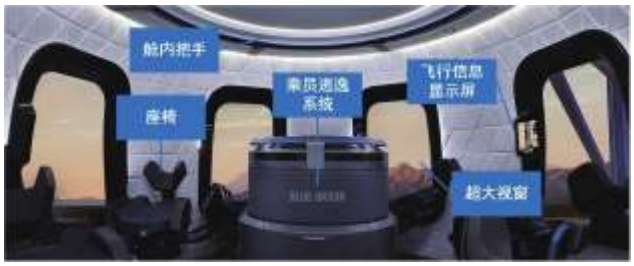


数据来源：东北证券、《国外亚轨道旅游最新发展分析》

“新谢泼德”为蓝色起源公司研制的可重复使用垂直起降载人亚轨道运载器，以美国BLUE 9DIGIA“水星”（Mercury）计划航天员艾伦·谢泼德（Alan Shepard）命名。该运载器包括乘员舱（Crew Capsule）和火箭级推力模块（Propulsion Module）。

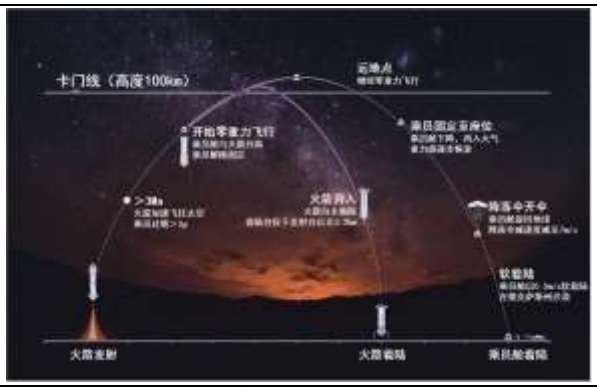
“新谢泼德”乘员舱采用钝头旋成体外形，宽度 3.8m，舱体外部配置环形翼、减速板以及可折叠的垂直翼等，舱内正中间设有逃逸固体发动机，用于在任意高度启动乘员舱逃逸程序。火箭级推力模块用于提供上升段推力，采用 BE-3 液氢/液氧火箭发动机。BE-3 发动机推力 490kN，可重启，推力调节范围 18%～100%，可满足“新谢泼德”垂直返回着陆技术的要求。该发动机采用燃烧室抽气循环方式，利用来自燃烧室内的少量燃气驱动涡轮泵。BE-3 发动机在火箭级返回过程中重启，可将火级的速度降至 8km/h。为实现火箭级的着陆回收气动控制，同时在火箭级上设置了环翼和楔形舵，以及气动减速板、后舵、乘员舱内景起落架等。在研制过程中，火箭级推力模块增加了防热系统，以减少磨损破坏，减轻转场维护工作量。

图 158：“新谢泼德”乘客舱内部空间



数据来源：东北证券、《国外亚轨道旅游最新发展分析》

图 159：“新谢泼德”系统典型任务剖面



数据来源：东北证券、《国外亚轨道旅游最新发展分析》

“新谢泼德”系统通过垂直起飞、垂直着陆（VTVL）方式发射和回收，采用冗余安全设计，能够完全自主飞行。系统全长 18m，最大直径 3.8m，最多能够搭载 6 名乘员，可将乘员、研究载荷等送至卡门线（100km）以上，进入太空环境。

“新谢泼德”乘客舱内部空间约 15m^3，舱壁为白色，共设 6 个靠窗的座位，座位上配有麦克风、控制开关和可视面板，用来和地面人员进行沟通。乘员舱的舷窗是目前全世界范围内进入太空的最大观光舷窗，高度达到 109cm，宽度达到 73cm，，观光舷窗的总面积占到太空舱表面积的三分之一。乘员舱设有环境控制系统，用于确保舱内的温湿度条件，并防止舷窗起雾。在达到太空边缘时，乘员舱会以缓慢的速度进行旋转，从而让乘客获得 360°的全向观光视野。

“新谢泼德”系统典型的飞行方案如下：整个飞行过程持续约 10min，系统从西德克萨斯一号发射场升空，有动力飞行约 140s 后发动机关机，随后依靠惯性继续向上飞行，15s 后乘员舱与火箭分离，系统到达 105.9km 的最大高度后开始下降。火箭着陆前 20s 发动机重新点火减速，垂直着陆在距离发射台不远的着陆台上。乘员舱再入大气层后，利用降落伞减速，并着陆在发射点附近。

2.“新格伦”火箭

新格伦（New Glenn）火箭是由蓝色起源开发的新一代大型轨道火箭，旨在与 SpaceX 的猎鹰 9 号（Falcon 9）和猎鹰重型（Falcon Heavy）等火箭竞争。“新格伦”火箭以美国第一个进入地球轨道的宇航员约翰·格伦（John Glenn）的名字命名。蓝色起源计划在 2024 年第三季度进行“新格伦”火箭的首次发射。

2012 年起，蓝色起源公司开始研制“新格伦”火箭，但直到 2016 年才对外公布该项目。“新格伦”火箭采用两级结构，一子级采 7 台 BE-4 发动机，二子级采用 2 台 BE-3U 发动机（BE-3 发动机用于“新格伦”火箭的上面级），火箭全长 86m，整流罩直径 7m，近地轨道运载能力 45t。

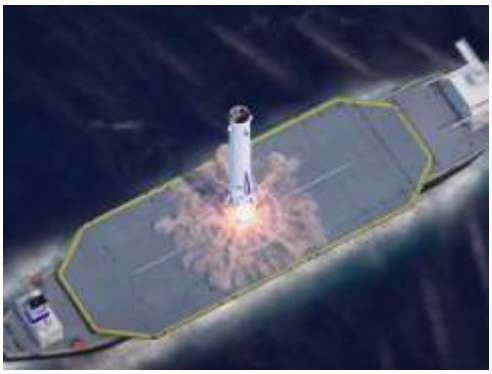
根据蓝色起源计划，该火箭可根据任务需求选装三子级，三子级设计采用 1 台 BE-3U 发动机，三级构型火箭全长 99m，三级结构可将 13t 载荷送入地球同步转移轨道。其一子级利用海上平台回收，设计可重复使用 25 次，上面级均为一次性使用。

图 160：最早公布的“新格伦”火箭



数据来源：东北证券、《“新格伦”火箭简析及其与“猎鹰重型”火箭的对比》

图 161：“新格伦”火箭一子级在海上驳船垂直回收



数据来源：东北证券、《“新格伦”火箭简析及其与“猎鹰重型”火箭的对比》

表 20：“新格伦”火箭的主要参数

项目	一子级	二子级	三子级（未来发展）
箭体直径/m		7	
发动机	BE-4	BE-3U	BE-3U
发动机数量	7	2	1
推进剂类型	液氧甲烷	液氧/液氢	液氧/液氢
地面推力/t	7*249	-	-
真空推力/t	-	>300	68

数据来源：东北证券、《“新格伦”火箭和猎鹰-9 火箭对比分析》

BE-4 高度为 3.5m，主要部件包括增压泵、再冷却组件、主要涡轮泵总成、富氧预燃室和喷管等，发动机的推进剂为液氧甲烷，于 2019 年完成了 100%的推力测试，海平面推力达 240t。目前，世界范围内只有两款可用的大推力液氧甲烷发动机，即 SpaceX 公司的“猛禽”（Raptor）和蓝源公司的 BE-4。作为新一代液氧甲烷燃料富氧分级燃烧循环的火箭发动机，BE-4 可重复使用 100 多次。同时该动力系统性能也有所提高，如推力和比冲等，均高于现役火箭。使用 7 台 BE-4 甲烷发动机联机，一子级可在海平面产生 17100kN 的推力。

BE-3U 发动机的推进剂为液氢和液氧，发动机地面推力 50t，具备 18%～100%的节流能力，相关技术已在“新谢泼德”运载器上得到了成功验证。在“新格伦”火箭三子级上的是其真空版本，针对真空飞行及一次性使用的需求进行了适应性改进。

图 162：BE-4 发动机外观结构图



数据来源：东北证券、《“新格伦”火箭和猎鹰-9 火箭对比分析》

图 163：“新格伦”火箭发射过程示意图



数据来源：东北证券、《“新格伦”火箭和猎鹰-9 火箭对比分析》

“新格伦”火箭凭借其独一无二的结构优势，使用巨大整流罩将载荷质量提高一个量级，未来市场十分广阔。当技术成熟之时，可为整个世界的航天事业作出巨大贡献，例如为“国际空间站”、合作飞行等提供物质保障，同时可以降低多次发射成本，提高可靠性。

蓝色起源的蓝月亮计划是其在太空探索领域的重要里程碑，该计划旨在开发一种先进的月球着陆器，以支持 NASA 的阿尔忒弥斯计划，实现自 1972 年阿波罗计划以来首次将宇航员送回月球表面。
这个由蓝色起源领导的团队，参与者包括波音、德雷珀、洛克希德·马丁和 Astrobotic 等公司。蓝月亮着陆器的设计高度为 16 米，能够容纳在新格伦火箭的 7 米整流罩内，其干重 16 吨，加注推进剂后超过 45 吨。

7.3. 火箭实验室（Rocket Lab）：结合 3D 打印研制小型运载火箭

火箭实验室（Rocket Lab）是一家成立于 2006 年的私人火箭公司，由新西兰人彼得·贝克（Peter Beck）创立，总部在 2013 年迁至美国加州长滩。该公司专注于设计和制造小型运载火箭，尤其是其标志性的“电子”（Electron）号火箭，该火箭专为将小型卫星送入轨道而设计。火箭实验室同时致力于新型火箭发动机的自主研发，这种发动机区别于传统的燃气循环发动机，利用新型电泵提供燃料循环，且主要部件由非常先进的真空 3D 电子束打印技术制成。火箭实验室的火箭以其创新技术和相对较低的成本而受到关注，在小型卫星发射市场上占有一席之地。

图 164：火箭实验室“电子”号火箭



数据来源：东北证券、灰机 Wiki、网络资料整理

图 165：“电子”号运载火箭系统组成



数据来源：东北证券、《电子号火箭技术方案分析与启示》

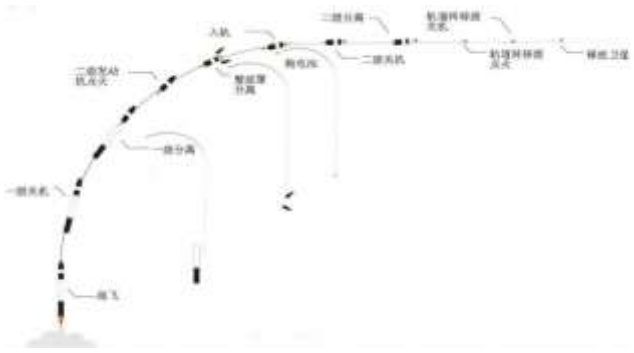
“电子”号火箭直径只有 1.2 m，全长 18m，主要用于发射小型卫星，它可将 100 kg 的载荷送入 500 km 的太阳同步轨道上。该火箭使用碳纤维复合材料作为主体，采用一台名为“卢瑟福”（Rutherford）的电动涡轮发动机。这部发动机的所有主要部件均由 3D 打印完成，包括其发动机腔室、泵、主推进剂阀、喷射器等。制造出一台完整发动机的所需时间不超过 24 小时，而一枚全新的“电子”好火箭的生产时间仅为 18 天。这款火箭的发射成本低至 490 万美元，不到传统火箭发射成本的 10%。

图 166：“卢瑟福”发动机



数据来源：东北证券、《电子号火箭技术方案分析与启示》

图 167：“电子号”火箭典型飞行轨迹



数据来源：东北证券、《电子号火箭技术方案分析与启示》

“电子”号火箭共使用十台卢瑟福发动机，其中一级使用 9 台海平面版卢瑟福发动机，该发动机使用液氧/煤油作为推进剂，起飞推力 190 kN（19.39 吨），最大推力 224 kN（22.86 吨），海平面比冲 3047.8 m/s（311 s），这是第一款电泵循环发动机。二级使用一台真空版卢瑟福发动机，该发动机使用液氧/煤油作为推进剂，真空推力 25.8 kN（2.63 吨），真空比冲 3361.4 m/s（343 s）。

对于超过 2000 公里到 MEO、月球或星际目标的任务，火箭实验室提供光子上面级（Photon），即 KICK STAGE（简称 KS）的高性能升级版。光子上面级是一种可配置的模块化航天器，设计用于容纳各种有效载荷和仪器。

“电子号”是唯一一款可重复使用的小型轨道级火箭。一级分离后将无动力返回大气层并抛出降落伞匀速下降，火箭实验室会派出直升机在空中捕获和回收电子号的一级，随后将火箭送到一艘回收船上，并运回到陆地进行分析，评估是否适于再次使用。

图 168：电子号火箭空中回收



数据来源：东北证券、《电子号火箭技术方案分析与启示》

图 169：电子号火箭海洋捕获



数据来源：东北证券、《电子号火箭技术方案分析与启示》ssss

电子号在第 26 次任务中首次进行了空中回收尝试，发射两分半钟后，一二级成功分离，一级返回捕获区并打开降落伞，随后被一架西科斯基 S-92 直升机用钩子成功钩住一级降落伞，但由于火箭一级重量超出预期，为了飞行员以及直升机的安全，火箭最终海上溅落回收。

此外，火箭实验室还在研发新一代的“中子”（Neutron）火箭，这是一款中型火箭，预计将在 2024 年首次发射。其一级安装了 9 台阿基米德（Archimedes）液氧甲烷发动机，总推力 6600 kN，总最大推力 8090 kN，并可重复使用；二级安装 1 台真空版阿基米德（Archimedes）液氧甲烷发动机，真空推力达到 890 kN。中子火箭的设计目标是提高运载能力，同时保持可回收性，以进一步降低发射成本。

7.4. 蓝箭航天+蓝箭鸿擎：星箭一体，液氧甲烷入轨航天竞赛

蓝箭航天

蓝箭航天空间科技股份有限公司是国内领先的航天运输系统创建及运营企业，成立于 2015 年，致力于构建以中大型液氧甲烷运载火箭为中心的“研发、制造、试验、发射”全产业链条，打造航天领域的科技综合体，为全球市场提供高性价比、高可靠性的航天运输服务。

图 170：蓝箭航天北京研发中心



数据来源：东北证券、蓝箭航天官网

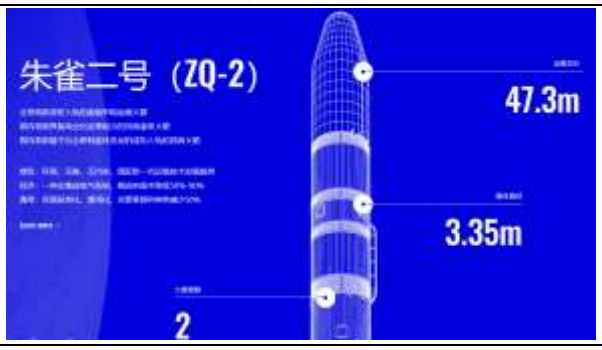
图 171：蓝箭航天湖州发动机智能制造基地



数据来源：东北证券、蓝箭航天官网

蓝箭航天是全国首家取得全部准入资质、唯一基于自研液体发动机实现成功入轨的民营运载火箭企业，秉持“关键技术自主掌握、关键产品自主研制、关键过程自主可控关键设施自主建设”的原则，蓝箭航天已具备全产业链条交付能力。

图 172：朱雀二号液氧甲烷火箭



数据来源：东北证券、蓝箭航天官网

图 173：天鹊改进型液氧甲烷发动机



数据来源：东北证券、蓝箭航天官网

2021 年 6 月，嘉兴蓝箭航天中心首期竣工。嘉兴蓝箭航天中心位于浙江省嘉兴市港区航空航天产业园内，旨在构建集设计仿真、试验检测、智能制造于一体的全产业链顶尖航天产业基地。项目分多期建设，**首期占地 40 亩，总投资额 100 亿元**。三年内将形成包含运载火箭总装总测厂房、半实物仿真试验室、火箭综合地面试验室、火箭贮箱产线、仿真设计中心、数据管理中心等运载火箭总装总测和试验设施集群，保障**朱雀二号**运载火箭基本型及拓展型的量产能力。

图 174：蓝箭航天嘉兴火箭制造基地



数据来源：东北证券、蓝箭航天官网

2022 年 10 月 19 日，“天鹊”真空型液氧甲烷发动机（TQ-15A）在湖州成功完成首次全系统热试车。该发动机为目前国内推力最大的真空型液氧甲烷发动机，真空推力达 836kN，是朱雀二号火箭第二批次的二级主发动机，总重量减轻约 400kg，推力调节范围拓宽至 55%~110% 且具备三次起动能力，可大幅提升火箭发射任务的适应性。

图 175：“天鹊”真空型液氧甲烷发动机点火成功



数据来源：东北证券、蓝箭航天官网

图 176：朱雀二号运载火箭成功发射



数据来源：东北证券、蓝箭航天官网

2023 年 7 月 12 日，蓝箭航天成功发射了自主研发的朱雀二号运载火箭，该火箭为两级构型，箭体直径 3.35 米，全箭高度 49.5 米，起飞重量 219 吨，起飞推力 268 吨，是目前国内运载能力最大的民营商业运载火箭，也是世界上首枚成功入轨的液氧甲烷火箭。液氧甲烷发动机被认为是未来火箭发展的趋势，具有显著的经济效益和可重复使用的潜力。明年开始，朱雀二号火箭将面向市场进行小批量交付，完成 3 到 4 次发射，2025 年发射次数将再翻一番。发射次数逐年增长的同时，未来朱雀二号还将通过逐渐迭代提升运力水平。

2023 年 9 月 28 日，蓝箭航天与无锡市签署了总投资 30 亿元的火箭产业基地项目战略合作协议，未来计划在惠山区建设火箭高端智能制造基地，包括研发、生产、测试和产业配套设施，形成全链条能力建设和产业集合体。项目完成后，年产值可达 50 亿元以上，发射 30 次液体火箭。

随着航天技术的不断成熟，航天已经在导航、遥感、卫星等领域实现了广泛的应用，为人类的生产和生活提供了切实的服务。我们认为，在市场机制的推动下，航天产业迎来了前所未有的活力。参照其他制造业的成本模型，产量和成本之间将形成绝对的反比关系。未来，整个航天产业的各个环节成本将继续大幅下降，同时也将进一步刺激相关需求的迅猛增长。

2023 年 12 月 9 日，朱雀二号遥三运载火箭在我国酒泉卫星发射中心发射升空，将搭载的鸿鹄卫星、天仪 33 卫星及鸿鹄二号卫星顺利送入预定轨道，发射任务获得圆满完成。朱雀二号使用了蓝箭航天自主研制的 TQ（天鹊）系列液体火箭发动机系统——中国商业航天迄今唯一实现了地面近 10 万秒热试车考核、并经飞行验证成功的自主火箭动力系统。朱雀二号会在未来 2 年内，成为民商火箭型号中唯一已经开始批量生产交付、且具备发射运营服务能力的中型运载火箭，同时成为蓝箭航天未来 3 年商业化盈利的核心产品。蓝箭航天计划在 2024 年上半年发射朱雀二号遥四箭，并已锁定超过 1 吨载荷。

图 177：蓝箭航天朱雀三号 VTVL-1 可重复使用垂直起降回收验证火箭



数据来源：东北证券

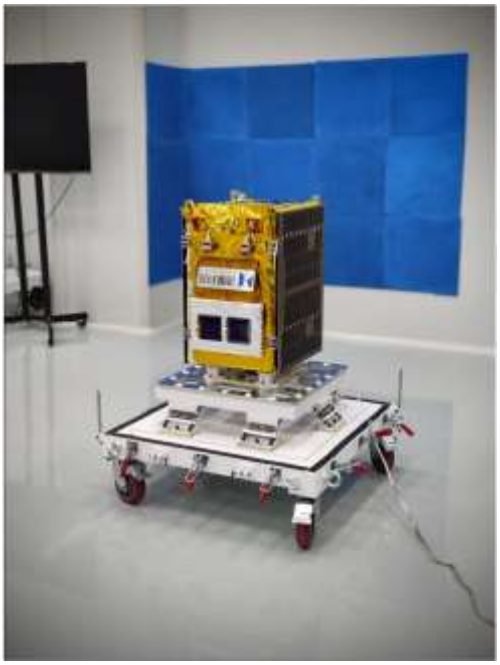
2024 年 1 月 19 日，蓝箭航天自主研发的朱雀三号 VTVL-1 可重复使用垂直起降回收验证火箭在酒泉卫星发射中心点火升空。VTVL-1 试验箭是蓝箭航天可复用火箭的全尺寸工程样机，采用与朱雀三号一致的不锈钢材料体系、全尺寸大推力液氧甲烷发动机，同时应用了高精度垂直回收制导控制、着陆缓冲机构、地面一体化测发控系统等多项朱雀三号可重复使用火箭的关键技术，为 2025 年朱雀三号首飞奠定了坚实的技术基础。

随着航天技术的不断成熟，航天已经在导航、遥感、卫星等领域实现了广泛的应用，为人类的生产和生活提供了切实的服务。我们认为，在市场机制的推动下，航天产业迎来了前所未有的活力。参照其他制造业的成本模型，产量和成本之间将形成绝对的反比关系。未来，整个航天产业的各个环节成本将继续大幅下降，同时也将进一步刺激相关需求的迅猛增长。

鸿擎科技

上海蓝箭鸿擎科技有限公司自 2021 年 11 月运营以来，已经取得了显著的商业化进展，同时也是目前国内唯一具备星箭协同能力的卫星组网解决方案商。2023 年 12 月 9 日鸿擎科技制造的鸿鹄一号、鸿鹄二号卫星成功发射入轨、在轨状态良好。鸿擎科技拥有一只资深且体系完备的卫星研发团队研发团队，其总体系统、电子学系统、动力系统、机热系统科室齐全完备。

图 178：鸿鹄号卫星



数据来源：东北证券、势能资本

鸿鹄号、二号卫星携带鸿擎科技自主研制的霍尔电推进系统（氙气与氪气）、卫星综合电子系统、新型太阳能电池阵等自研产品，在轨验证卫星大范围变轨，星上高算力运行，新型太阳能技术等创新技术，为我国卫星星座组网提供技术支持。本次升空也搭载了与协鑫集团联合研发的钙钛矿空间太阳能电池，属于全球首次太空测试。鸿擎科技与蓝箭航天深度合作，共同研发星箭连接器、创新星箭分离方式，并解决了堆叠基频问题。在总装和发射端，鸿擎科技能够显著提高效率，减少 50%操作人员需求和 80%发射场工作时间，同时充分利用发射资源，实现快速部署，展现蓝箭星箭协同能力推动低轨卫星迅速发展。

表 21：鸿擎科技鸿鹄平台型谱

卫星示意	卫星平台	为载荷提供空间	为载荷提供重量	为载荷提供功率	指向精度
	HH100	60*40*10cm	70kg	1000W/10min 300W/avg	<0.1°
	HH200	1200*500*15cm	140kg	3000W/10min 800W/avg	<0.1°
	HH500	1600*700*15cm	350kg	7000W/10min 1000W/avg	<0.1°

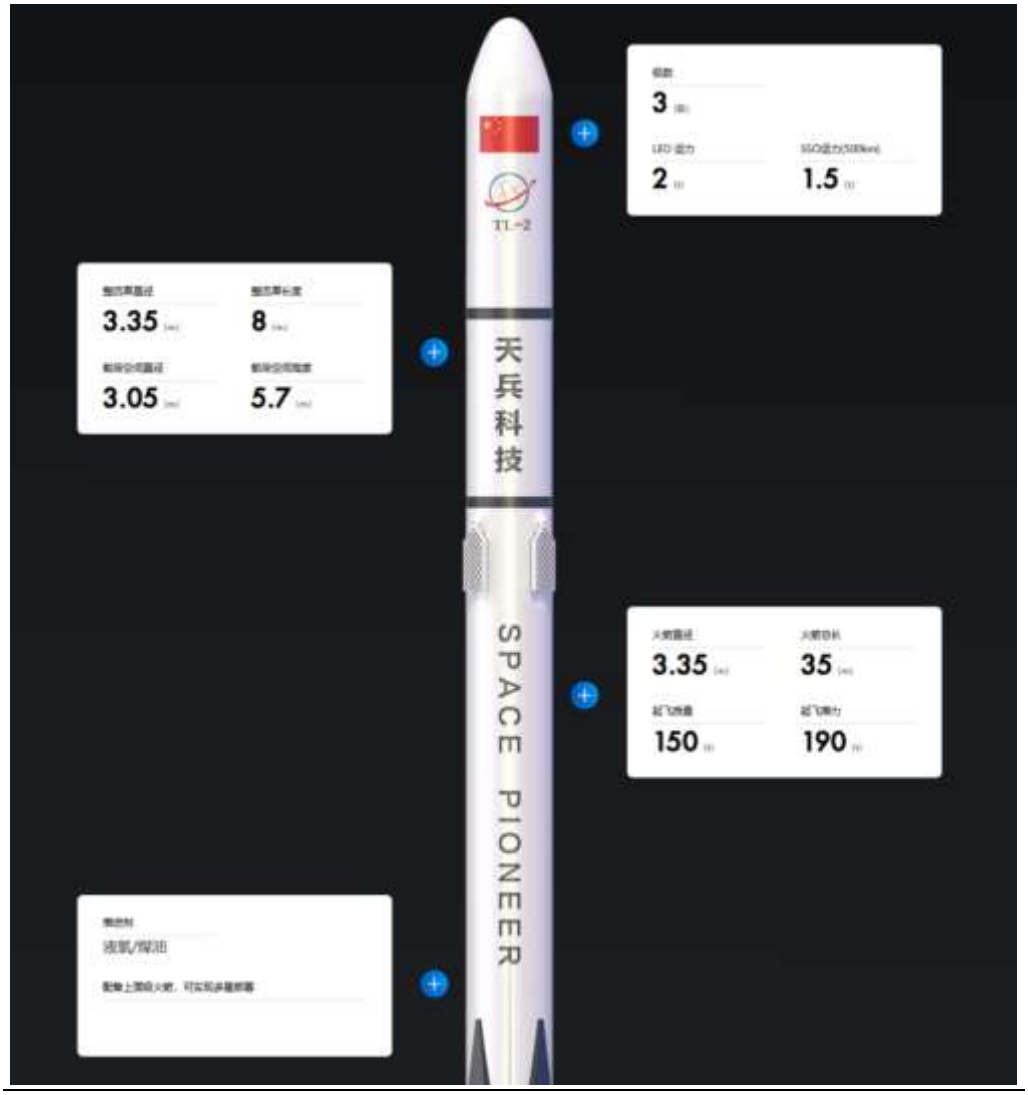
数据来源：东北证券、势能资本

鸿擎科技自主研制的平板卫星，其核心系统（动力、电子、能源）均为全自研，形成了 HH100/HH200/HH500 卫星平台型谱，实现了低成本和规模化生产。
公司拥有完善的总装、集成、测试保障能力，其具备十万级洁净厂房、20 吨级振动台、真空试验系统等完善的 AIT 保障能力。可实现从签订合同到完成发射 0.5-1 年的快部署，相比目前市面产品降低成本 30%以上，并且批量化的能力。

7.5. 天兵科技：先融后飞，液氧煤油发动机开启新赛道

天兵科技是我国商业航天领域领先开展新一代液体火箭发动机及中大型液体运载火箭研制的高新技术企业，它伴随全球商业航天大发展的浪潮诞生，天兵科技核心团队均是业内资深专家。公司有数百名航天一线技术骨干和管理骨干，团队成员平均年龄在 38 岁，其中拥有高级职称及以上的人员占比 67%，获得硕士研究生及以上学历的人员占比 95%，凝聚了大量科研人才的天兵科技，正以尖兵之势全力打造全球领先的商业航天企业。

图 179：天兵天龙系列液体运载火箭



数据来源：东北证券、天兵科技官网

天兵科技将以北京火箭研发中心、西安动力研发中心、郑州综合试验中心和张家港智能制造基地为战略起点，着力形成“三机两箭”的产品发展战略布局，“三大中心五大平台”的航天智造体系，“立足长三角辐射全国”的供应链体系以及“立足全中国面向全世界”的发射市场网络，立志为中华民族伟大复兴和全球太空经济繁荣做出航天人特有的贡献。

2020 年 12 月 30 日，北京天兵科技自主研制的 30 吨推力 HCP 火箭发动机，天火三号（TH-3）成功完成全系统热试车，具有重大技术突破。这一发动机是世界上推力

最大的 HCP 发动机之一，采用 3D 打印零组件，结合液体和固体火箭的设计经验，提高可靠性并降低生产成本。

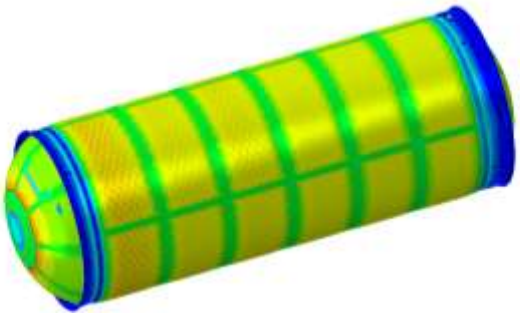
图 180：天兵科技“天火三号”热试车



数据来源：东北证券、天兵科技官网

2021 年 10 月 14 日，天兵科技成功研制国内首台 30 吨推力 HCP 火箭发动机，天火三号（TH-3），标志着他们已掌握了薄壁贮箱轻质化结构设计、防晃消旋防塌设计、绝热设计、密封设计、动静强度联合仿真等核心技术。这一 30 吨级发动机采用了 3D 打印技术，借鉴了液体和固体火箭的设计经验，提高了可靠性并降低了生产成本。这一突破意味着天兵科技已掌握了大吨位液体火箭发动机的全部关键技术，为低成本、重复使用型液体运载火箭的研制奠定了坚实的技术基础。

图 181：天兵科技液体运载火箭低温贮箱



数据来源：东北证券、天兵科技官网

2023 年 4 月 2 日，天兵科技成功发射了天龙二号遥一运载火箭，将“爱太空科学号”遥感卫星送入 500 公里高度的太阳同步轨道，是国内商业航天领域首款成功入轨的液体运载火箭，采用了液氧和煤基航天煤油推进剂。该火箭直径为 3.35 米，长 32.8 米，起飞质量为 153 吨，起飞推力达 193 吨，500 公里高度太阳同步轨道运载能力为 1.5 吨，LEO 运力可达 2 吨，改进后甚至可达 4 吨，是全球首次采用**煤基航天煤油**作为燃料飞行的液体运载火箭。其中，采用的“TH-11”发动机是我国民营航天唯一的可重复使用补燃循环液氧煤油火箭发动机，也是世界商业航天领域首台闭式循环液氧煤油发动机。这款发动机不仅能够重复启动次数大于 3 次，复用次数大于 50 次，而且还具有涡轮燃气温度低、燃烧稳定性好以及无积碳等优点。

图 182：“天龙二号”成功发射



数据来源：东北证券、天兵科技官网

图 183：天兵天火系列液体火箭发动机



数据来源：东北证券、天兵科技官网

2023 年 10 月 25 日，天兵科技完成数亿元 C+轮融资，由中信建投领投，央视基金、德岳投资等跟投。融资资金将用于批量生产天龙二号液体火箭，研制和首飞天龙三号大型液体火箭与发动机，可回收复用技术试验，专用发射工位建设以及团队完善。这是天兵科技的第 12 轮融资，作为商业航天领域的液体火箭研制企业，已获得 30 亿元以上资金支持。

图 184：天兵科技酒泉发射场天龙三号发射工位



数据来源：东北证券、天兵科技官网

图 185：天火十二液氧煤油火箭发动机



数据来源：东北证券、天兵科技官网

天龙三号大型液体运载火箭，为我国卫星互联网基础设施建设量身定制，产品性能对标 SpaceX 猎鹰 9 号火箭，直径 3.8m，起飞质量 590t，LEO 运力 17t，SSO 运力 14t，其采用大推力、可复用液体火箭发动机，将率先实现国内一箭 30 多星的群打能力，满足卫星互联网“低成本、高可靠、高频次”的发射需求。目前该火箭已完成产品设计和生产，正在开展地面试验验证，计划于 2024 年上半年完成火箭首飞，首飞后三年内具备每年超 30 发的商业发射能力。

我们认为，目前大国主导的太空资源争夺战日益激烈，由于频率和轨道资源的有限性，低轨卫星通信领域已成为国际竞争的焦点，全球范围内的低轨卫星大型星座正在迅速兴起。由于国内政策的前所未有支持，我国已将低轨卫星星座建设纳入新基建发展规划。尽管相对于国际太空领域，中国在低轨卫星通信方面起步较晚，但受益于全国力量的全面支持，我们相信，中国商业液体火箭，以天龙二号和天龙三号为代表，将大力推动我国卫星互联网行业的发展，并成为低轨卫星星座建设的主要推动力量，协助我国实施太空强国战略。

7.6. 翎客航天：可重复使用火箭技术引领新赛道

翎客航天 LINKSPACE 成立于 2014 年 1 月，是中国的第一家私人火箭公司。公司专注于垂直起降与可重复使用技术，旨在为世界提供高频、可靠并且低成本的发射服务。翎客航天总部位于北京，拥有山东的火箭装配厂和测试基地，以及青海的次轨道商业发射基地。翎客航天拥有全套的可重复使用火箭工程能力，包括飞行控制算法和可调推力液体火箭发动机方面的坚实技术基础。

RLV-T 系列

翎客航天已开发五款原型火箭（RLV-T1~T5）并进行了 300 多次试飞。翎客航天基于大量的测试数据，多次优化了飞行控制算法。这使得公司的火箭具有强大的抗干扰能力，在强风（10m/s）条件下能够实现精准软着陆。RLV-T 系列使用起重机和安全吊架进行飞行控制测试，大幅减少了坠毁的可能性，并且使用可调推力发动机和向量控制技术。

图 186：RLV-T 系列火箭



数据来源：东北证券、LINKSPACE 官网

图 187：SRV-1 系列火箭

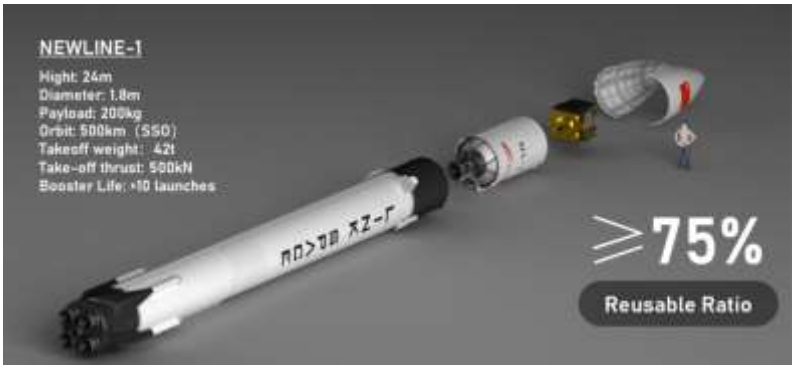


数据来源：东北证券、LINKSPACE 官网

SRV-1 系列

SRV-1（RLV-T6）是中国第一个亚轨道，可重复使用，多用途的飞行器，使用液氧/甲烷作为推进剂。当有效载荷不分离时，它的发射成本与不可重复使用的固体推进剂火箭相比将降低 90%。可以用于多元化场景研究，包括微重力研究、大气研究、航空航天传感器测试、近地航天器测试等。

图 188：NEWLINE-1 系列火箭



数据来源：东北证券、LINKSPACE 官网

NEWLINE-1 系列

针对小型商业卫星发射需求，提供灵活的、低成本服务。2018 年 1 月，翎客航天公布了“新航线一号”商业运载火箭，主要用于小卫星发射组网与补网，并计划 2021 年首飞。据介绍，新航线一号全箭总长 23.8 米，最大外径 1.8 米，起飞重量 42 吨，有效载荷 200 千克，轨道高度 500 千米（SSO），而且还将具备火箭可回收能力。

图 189：“风暴-5A”液氧甲烷发动机全系统试车



数据来源：东北证券、翎客航天公众号

2022 年 9 月 28 日 14 时，翎客航天发动机试验团队在位于江阴的动力试验基地 02 号工位完成“风暴-5A”液氧甲烷发动机全系统试车，发动机工作稳定，达到设计预期，试验圆满成功。

图 190：翎客航天新一代亚轨道全复用火箭 RLV-T6



数据来源：东北证券、翎客航天公众号

2022 年 1 月 29 日，翎客航天新一代亚轨道全复用火箭 RLV-T6 首次亮相，全箭与静态试车平台完成加注合练，冷态试车试验取得圆满成功。整个试验过程中全箭各系统工作正常，传感器实时采集贮箱及泵系统压力，试验达到预期效果，取得圆满成功，为下一步完成全箭静态热试车奠定了坚实基础。

图 191：RLV-T5 火箭发射



数据来源：东北证券、LINKSPACE 官网

2019 年 8 月 10 日，LINKSPACE 成功完成了 RLV-T5 火箭的第三次垂直起飞和垂直着陆（VTVL）试验，RLV-T5 火箭总长 8.1 米，起飞重量约为 1.5 吨。在达到 300 米后，火箭准确地稳定着陆在指定区域，偏差极小。整个过程持续了 50 秒。这是翎客航天进行的第三次成功试验，在此之前，RLV-T5 今年在中国山东省进行了两次相对较低高度的快速跳跃实验。作为中国最大的可重复使用火箭，RLV-T5 为进一步的次轨道可重复使用火箭和轨道可重复使用火箭的研发提供经验。

表 22：火箭各类回收方式对比

对比方案	性能损失	落点精度	复用周期	技术难度	关键技术难点
垂直起降	损失部分运力 预留燃料	高	中等 转运/检测	中等	变推力发动机 返回式弹道
水平起降	结构效率低 机翼重	高	短 检测/加注	高	总体方案 组合动力
伞降气囊	损失小部分运力 降落伞重量	差	长 转运/检测/修复	中等	精度控制/适应性 结构可靠性

数据来源：东北证券、网络资料整理

发展可重复使用运载火箭一直被视为降低成本的有效途径之一，采用垂直起降、水平起降、伞降气囊等方式实现火箭子级和助推器回收是普遍接受解决方案。而垂直起降回收正是 SpaceX 的“猎鹰 9 号”火箭和 Blue Origin 的新谢泼德火箭选择的方式，在这一模式中，火箭子级在返回过程中重新启动发动机实施减速，并最终垂直着陆到预定位置，具有高精度、低占地的优点。

7.7. 零壹空间：立志成为中国领先的火箭技术公司

零壹空间公司先后在国内多地进行研发、生产及市场体系布局。目前已建成火箭智能总装制造基地、飞行控制系统半实物仿真实验室、大型计算机超算中心、固体火箭发动机研制基地、空天电子产品研发中心、固体发动机复杂结构实验室及部件生产线，具备火箭技术开发的软硬件条件。

图 192：零壹空间产业布局



数据来源：东北证券、零壹空间官网

图 193：灵龙系列运载火箭



数据来源：东北证券、零壹空间官网

公司坚持火箭技术垂直一体化业务布局，致力于打造信息化、智能化、实战化的“火箭+”产业服务平台，成功研制灵龙、望舒、玄鹊、玄珠、鸿鸣五大神兽系列火箭技术产品，实现火箭核心技术独立研发和自主可控，并建成一支经验丰富、技术扎实、团结协作、掌握领先技术的研发团队。

图 194：零壹空间产品序列



数据来源：东北证券、零壹空间官网

望舒系列发射车作为固体火箭的移动发射平台，可使火箭发射的响应更为灵活迅速。固体火箭不需要经历在发射场转运、吊装到发射前复杂的准备和测试工作，发射现场只需要 2 名操作人员，整个发射前的准备时间也只要 15 分钟，仅需要一个网球场大小的发射区域就可实现发射，极大提高了火箭的发射效率。

图 195：G2 系列便携式地面站



数据来源：东北证券、零壹空间官网

图 196：零壹空间火箭发射集锦



数据来源：东北证券、零壹空间官网

零壹电子业务板块的无线通信领域主打玄鹊 T 系列遥测类产品、玄鹊 D 系列数据链产品与玄鹊 G 系列地面站产品。主要应用于靶机、靶弹、微小型智能弹药及中大型无人机组网协同及信息共享。2021 年 5 月上市的 G2 系列便携地面站产品对标国际先进的 RTR 遥测接收机，并进行国产化替代设计，采用 COFDM 技术，便携式设计能实现快速布站、快速撤收，支持 iPad 及手机等移动终端操控，具备通用、灵活的实时数据处理与自动判决能力，快速自跟踪能力，多波束平板阵列天线多目标跟踪能力。

图 197：鸿鸣 280 发动机地面试车



数据来源：东北证券、零壹空间官网

2022 年 7 月 11 日，零壹空间顺利完成鸿鸣系列 280 发动机高低温试验。本次试验对固体发动机高低温结构完整性及性能进行考核，发动机试验过程正常，试验后结构完整，性能与预期一致，试验圆满成功。鸿鸣 280 发动机是零壹空间鸿鸣 B1 系列中大型助推发动机中子级类配套产品的首款发动机，该款发动机充分借鉴成熟型号经验，在多方面进行优化设计，提升产品生产过程中的安全性。并且优化了产品的设计配套模式，采用子级类配套，将发动机与舱段的设计、配套统一到一个流程中，提升了子级系统的整体性能与成本优势。

图 198：玄鹊 G1 遥测接收机



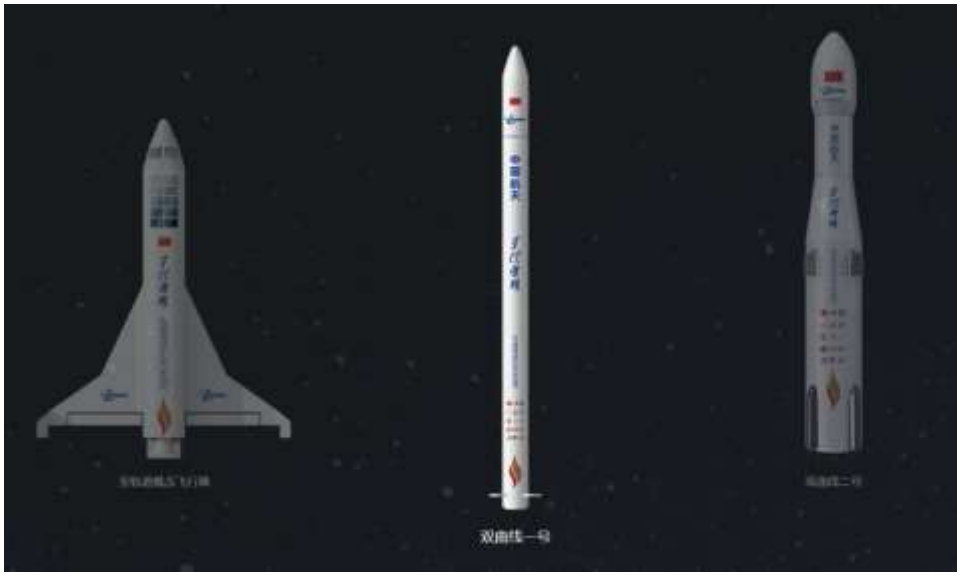
数据来源：东北证券、零壹空间官网

2022 年 10 月 9 日，零壹空间成功研制 2.0 版玄鹊 G1 遥测接收机。该产品为通用型 4U 机箱架构，主要配置于大型车载地面站、固定地面站中，用于无人机、飞机、火箭的飞行试验遥测、遥控以及其他组网通信。该产品可完成双通道射频遥测信号接收、多体制解调、位同步、帧同步及 IRIG 时码接收等处理，并具备遥测原始数据网络发送功能及 PCM 仿真输出功能。

7.8. 星际荣耀：为全球小卫星及星座客户提供一体化的商业发射服务

北京星际荣耀空间科技股份有限公司成立于 2016 年 10 月。公司致力于研发优秀的商业运载火箭并提供系统性的发射解决方案，为全球商业航天客户提供更高效、更优质、更具性价比的发射服务。公司发展前期专注于高品质、低成本、快响应的小型智能运载火箭研发。

图 199：星际荣耀部分产品



数据来源：东北证券、星际荣耀官网

星际荣耀的产品包括小型固体运载火箭双曲线一号（Hyperbola-1）、可重复使用液体运载火箭双曲线二号（Hyperbola-2）、亚轨道概念飞行器、可重复使用、变推力液体火箭发动机、百吨级可重复使用、变推力液氧甲烷发动机与轻质、高性能液体姿轨控一体化动力系统。

双曲线一号（Hyperbola-1）运载火箭为四级小型固体运载火箭，四级均为固体发动机，辅以液体姿控发动机。火箭直径 1.4 米，总长 24 米，总质量约 42 吨，起飞推力为 770KN。500 公里太阳同步轨道运载能力大于 300 公斤，700 公里太阳同步轨道运载能力 225 公斤。

双曲线二号(Hyperbola-2)运载火箭是一款小型液体运载火箭，采用两级串联构型，用于提供小卫星发射服务。双曲线二号运载火箭长度为 28m，一级箭体直径 3.35m，二级箭体直径 2.25m，起飞推力 106t，近地轨道运载能力为 1.9 吨。双曲线二号运载火箭采用液氧/甲烷作为推进剂，无毒无污染；一子级具有垂直着陆回收功能，可以重复使用，进一步降低卫星发射服务成本。

图 200：焦点 1 号可重复使用、变推力液体火箭发动机



数据来源：东北证券、星际荣耀官网

图 201：焦点 2 号百吨级可重复使用、变推力液氧甲烷发动机



数据来源：东北证券、星际荣耀官网

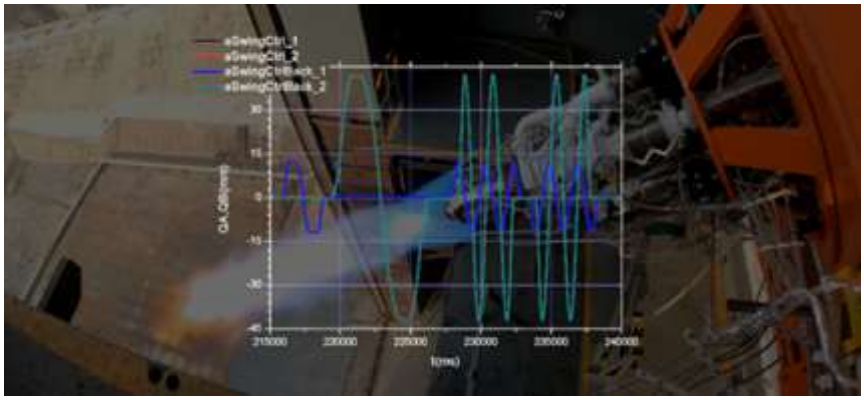
图 202：星际荣耀发射服务特色



数据来源：东北证券、星际荣耀官网

2020 年 8 月 25 日，北京星际荣耀空间科技有限公司（以下简称“星际荣耀”）宣布完成 11.925 亿元人民币 B 轮融资。本轮融资将主要用于双曲线系列运载火箭的研制、焦点系列可重复使用液氧甲烷发动机的研制以及人才队伍的建设培养等方面。

图 203：焦点一号可重复使用液氧甲烷发动机完成摇摆热试车考核



数据来源：东北证券、星际荣耀官网

2020 年 11 月 11 日，星际荣耀自主研发的焦点一号可重复使用液氧甲烷发动机顺利完成 500 秒二次启动摇摆热试车。这是焦点一号首次进行摇摆热试车，验证了摇摆伺服机构与发动机之间的匹配性，试验取得了圆满成功。星际荣耀提出了运载火箭动力系统的“智能重构”概念，以提升运载火箭对动力系统故障的适应能力及火箭的智能化水平。焦点一号此次摇摆试车，为伺服机构和 JD-1 发动机后续型号应用奠定了坚实基础，为逐步实现动力系统可控、可调、可测和智能重构提供了有力的技术支撑。

图 204：JD-2 首次全系统试车



数据来源：东北证券、星际荣耀官方微博

2023 年 9 月 27 日，星际荣耀圆满完成百吨级液氧甲烷火箭发动机焦点二号（代号 JD-2）首次全系统试车。JD-2 是星际荣耀自主研发的一款用于公司研制的中大型可重复使用液体运载火箭双曲线三号（代号 SQX-3）的主发动机。该发动机海平面推力 85 吨，真空推力 105 吨，推力调节范围 35%-110%，推质比大于 100，采用了火炬式点火、3D 打印、全电动阀门和智能故障诊断等大量先进技术，具有推质比高、外廓尺寸小、使用维护便捷等优点，是专门为多机并联重复使用火箭设计的一型高性能液氧甲烷发动机，也是目前为止国内成功完成试车考核的推力最大、技术先进的液氧甲烷火箭发动机。本次系统试车前，JD-2 发动机已通过火炬式点火器点火试验、燃气发生器点火试验、燃气发生器+涡轮泵联合试车、推力室冷调试验、推力室箱压点火试验以及箱压点火+高压起旋接力试车等多次试验，均取得了圆满成功。

图 205：SQX-2Y 点火起飞瞬间



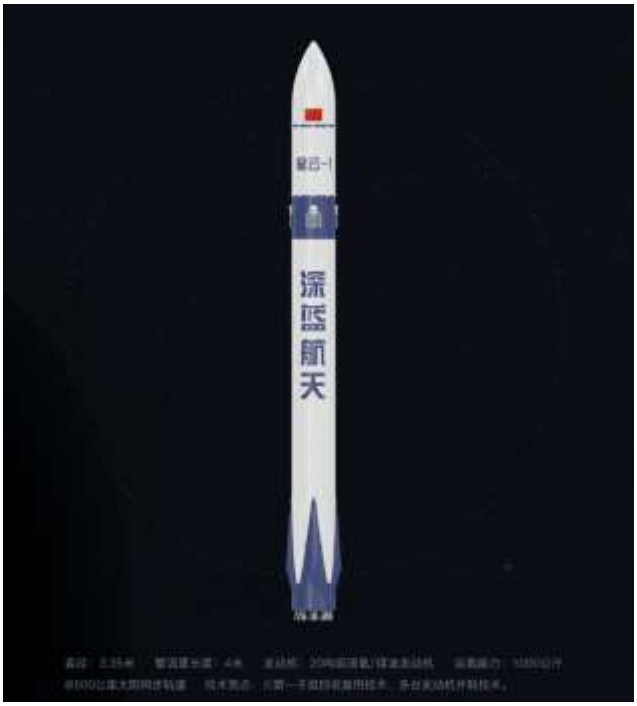
数据来源：东北证券、星际荣耀

2023 年 11 月 2 日，星际荣耀自主研发的液氧甲烷可重复使用验证火箭双曲线二号（代号 SQX-2Y）在我国酒泉卫星发射中心点火升空，约 1 分钟后，火箭在目标着陆点平稳精确着陆，火箭状态安全恢复，飞行试验任务取得圆满成功。本次任务属于国内首次开展液体火箭全尺寸一子级的垂直起降（VTVL）与重复使用飞行试验，执行本次飞行任务的 SQX-2Y 火箭是用于验证液氧甲烷重复使用运载火箭一子级垂直回收和重复使用的一型验证火箭。火箭采用 3.35m 全尺寸箭体直径，全长约 17m，装配星际荣耀自主研发的焦点一号深度变推力液氧甲烷发动机（代号 JD-1）。

7.9. 深蓝航天：成为太空运输产业的推动者

江苏深蓝航天有限公司聚焦在液体回收复用运载火箭方向，是一家自研自产可回收复用火箭，并向市场提供发射服务的商业航天高新企业。

图 206：星云-1 中小型液体运载火箭



数据来源：东北证券、深蓝航天官网

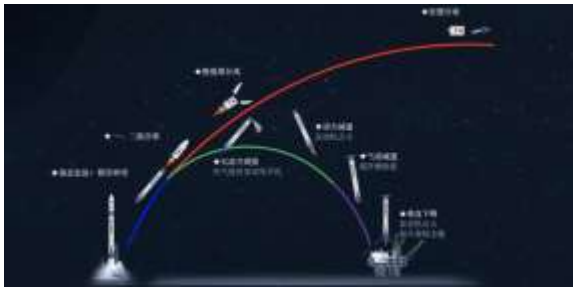
图 207：星云-1H 中大型液体运载火箭



数据来源：东北证券、深蓝航天官网

深蓝航天主打产品包括运载火箭“星云”系列与发动机“雷霆”系列。“星云”系列包括“星云-1”中小型液体运载火箭、“星云-1H”中大型液体运载火箭。技术亮点为火箭一子级回收复用技术、多台发动机并联技术。与之配套的“雷霆”系列液体火箭发动机则分别为“雷霆-R1”液氧煤油发动机和“雷霆-R2”液氧煤油发动机。深蓝航天通过对“星云”系列运载火箭一子级的垂直回收和重复使用，大幅度降低火箭发射服务成本，提升发射服务能力。

图 208：火箭一子级回收复用技术流程图



数据来源：东北证券、深蓝航天官网

图 209：雷霆-R1 液氧煤油发动机



数据来源：东北证券、深蓝航天官网

图 210：深蓝航天运载火箭垂直回收飞行试验



数据来源：东北证券、深蓝航天官网

2021 年 7 月，深蓝航天完成了国内首次液氧煤油火箭垂直起飞和垂直降落（VTVL）自由飞行，即被称之为“蚱蜢跳”的运载火箭垂直回收飞行试验。本次试验飞行创造了中国民营航天的多个第一：首次圆满完成由泵压式发动机作为主动力的液体火箭垂直起降；首次实现了液氧煤油发动机和火箭全系统的协调工作与实际飞行；首次由 3D 打印制造的火箭发动机完成真实飞行工况的考核；首次单台发动机试车、飞行重复使用累积超过 10 次。

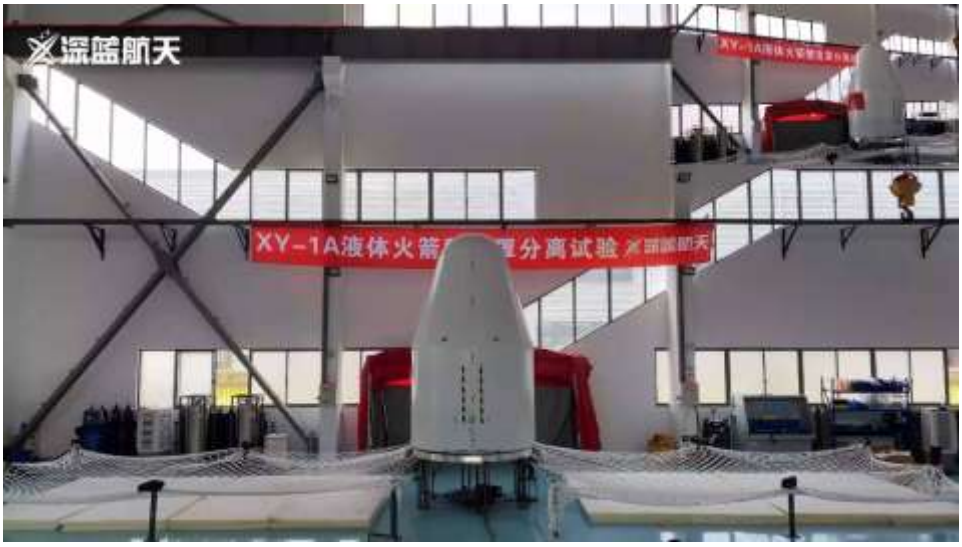
图 211：深蓝航天“星云—M”试验箭完成第三次飞行回收任务



数据来源：东北证券、深蓝航天官网

2022 年 5 月 7 日，深蓝航天成功完成公里级 VTVL 垂直回收飞行试验，成为了全球第二家完成液氧煤油火箭垂直回收复用全部低空工程试验的公司（第一家为美国的 SpaceX）。此次执行公里级试验所使用的箭体是“星云-M”1 号试验箭，做到了液体运载火箭的可回收复用；其所配备的发动机是国内首型使用 3D 打印技术实现整机制造的针栓式液氧煤油发动机。“星云-M”公里级 VTVL 垂直回收飞行试验具有四大技术亮点：飞行试验成本大幅降低、单次点火工作时间更长、横向制导算法的应用、公里级 VTVL 垂直回收飞行试验，多项系数实现突破。

图 212：深蓝航天完成国内首次使用非火工连接解锁机构进行的整流罩分离试验



数据来源：东北证券、深蓝航天官网

2023 年 7 月，深蓝航天“星云-1”液体可回收复用运载火箭整流罩分离试验取得圆满成功，这是国内首次采用非火工连接解锁机构分离整流罩的试验。为充分验证不同偏差下整流罩的分离状态，深蓝航天本轮进行了多次实验，均使用自研的非火工连接解锁机构，试验分离时序正确，与仿真结果基本一致，整流罩在试验过程中未出现任何损坏。本轮分离试验在深蓝航天南通火箭总装基地内完成，多次试验后整流罩完整回收。

7.10. 九州云箭：不断降低人类进入太空的成本

九州云箭（北京）空间科技有限公司是集液体动力系统设计研发、装配测试、配套飞行全流程服务为一体的国家高新技术企业。公司在液体火箭发动机领域，拥有整建制的、经验丰富而具有创造力的一流人才队伍，为客户提供安全、可靠、低成本的液体火箭发动机产品，火箭动力系统整体解决方案，以及基于低温液体火箭发动机技术衍生出的超低温、高压泵阀产品。

图 213：凌云 10 吨级液氧甲烷发动机



数据来源：东北证券、九州云箭官网

图 214：龙云 70 吨级液氧甲烷发动机



数据来源：东北证券、九州云箭官网

“凌云”液氧甲烷发动机是九州云箭面向商业航天市场推出的第一款液体火箭发动机，也是国内航天领域诞生的第一款具备多次启动、深度变推力能力、支持火箭回收复用的液体发动机产品。优秀的多次启动能力和 20%-105%实测变推力性能，通过多级并联可满足小型液体火箭的发射、回收及复用，适用多种载荷、场景，并在火箭上面级有更广阔的需求。目前“凌云”发动机已经完成了包括多次启动、深度变推力、热摇摆、低箱压、高箱压热试车在内的各项考核，累计热试车时长突破了

10,000 秒，并参与我国某型重复使用火箭的垂直起降演示验证飞行-回收试验，获得圆满成功。

“龙云”液氧甲烷发动机是九州云箭推出的首款多次启动、可回收、大推力液体火箭发动机，可作为中大型液体运载火箭的一级主推力发动机使用。“龙云”发动机的海平面推重比＞80，海平面推力 70 吨，真空版推力 80 吨，推力调节范围 32%~106%。可 5 机并联应用 3.35m 直径火箭，7 机并联应用 3.8m 直径火箭，9 机并联应用 4.2m 直径火箭，单模块起飞规模 350~630 吨，重型并联模块起飞规模最大可达 1800 吨。目前“龙云”发动机已完成了 7,000s 热试车考核，国内首次实现不锈钢贮箱+液氧甲烷发动机点火测试，将在 2024 年进行亚轨道级飞行和海上回收。

图 215：九州云箭离心泵产品



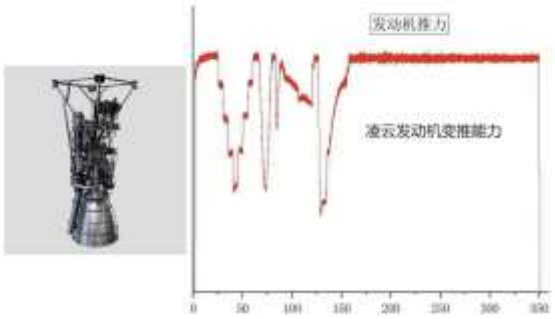
数据来源：东北证券、九州云箭官网

图 216：九州云箭超低温、高压阀门产品



数据来源：东北证券、九州云箭官网

图 217：凌云发动机测试参数



数据来源：东北证券、九州云箭官网

图 218：凌云发动机真空版试车画面



数据来源：东北证券、九州云箭官网

2022 年 11 月 4 日，九州云箭凌云液氧甲烷发动机真空版完成可靠性热试车考核，凌云发动机使用三台产品已累计完成热试车 8,000s，其中单台发动机累计热试车时长最高达到 5,000s，单台发动机最多启动次数 30 次，凌云发动机的产品可靠性得到了充分地验证和考核。凌云发动机已经通过十余次的深度变推力热试车考核、三次启动+变推力二合一热试车考核、±8° 双向摇摆热试车考核、双过冷推进剂试车考核、连续不下台长程热试车考核、飞行任务剖面多倍工作循环考核等。

图 219：LY-70 龙云发动机动力系统热试车



数据来源：东北证券、九州云箭官网

2023 年 4 月 7 日，九州云箭 LY-70 龙云发动机完成动力系统热试车，本次试车标志着龙云发动机在完成推力提升。本次动力系统试车是九州云箭为客户箭元科技提供的动力配套及动力系统测试服务，所测试的一子级动力系统贮箱是箭元科技国内首创的不锈钢贮箱。九州云箭与箭元科技携手打造的不锈钢贮箱+液氧甲烷的低成本可重复使用技术方案，对标以 SpaceX 星舰为代表的国际最前沿技术，本次测试的圆满成功，也标志着不锈钢贮箱+液氧甲烷技术的突破，为后续火箭飞行测试打下了坚实基础，也为我国商业航天的多元化发展和技术创新添枝加叶。

7.11. 星途探索：提升太空进入效率，助力航天强国建设

北京星途探索科技有限公司成立于 2017 年 10 月，是一家从事系统级航天产品研制的民营商业航天企业。公司专注于提供创新、高效的航天运载器、飞行器、防务产品设计开发和技术咨询服务，同时致力于探索新技术、新机制在军民融合领域的应用，立志成为低风险、低成本、快响应的全球一流商业运载火箭发射服务提供商。主营业务包括航天发射任务、亚轨道验证平台研发、航天计算与仿真服务、航天器发射咨询服务、航天单机产品研发等业务。

公司目前已具备完善的研发体系、供应链体系和保障服务体系，拥有经过发射验证的系列产品线、以及相应的发射服务与技术服务能力。公司主营型号产品包括长风系列靶弹、探索系列亚轨道火箭和星途系列运载火箭，并先后于 2019 年 12 月、2021 年 1 月、2022 年 2 月、2023 年 6 月四次发射成功，三型产品初具自我造血能力,军工产品填补空白。

当前，靶弹业务已与军委装备发展部、空军、海军等重点业务和需求方进行了深度沟通，后续将继续参与空军、海军等推进超音速靶弹研制订货，同时积极开拓亚音速巡航靶弹、高亚音速巡航靶弹、超音速巡航靶弹、高超音速弹道靶弹、弹道靶弹、多用途靶弹的市场需求；亚轨道火箭业务在现有合作单位基础上积极拓展与航天科工四院、航天科技一院、中科院、高校等需求方的合作；卫星发射服务业务在稳步推进液体运载火箭研制的同时，持续对接需求，按需定制，实现低成本、快速响应，首枚入轨火箭将搭载某卫星企业的卫星载荷，为后续卫星发射服务拓展奠定良好基础。

图 220：探索一号参数



数据来源：东北证券、星途探索官网

图 221：星途一号参数



数据来源：东北证券、星途探索官网

2019 年 12 月 25 日 16 时 50 分，星途探索自主研发的首型商业亚轨道运载火箭“探索一号·中国科技城之星”，在酒泉卫星发射中心成功首飞。该型火箭可以广泛应用于超燃冲压发动机、导引头、航天产品准入考核等领域，也可为气象探测、微重力试验、卫星载荷试验等提供技术服务。“探索一号·中国科技城之星”运载火箭首飞成功，标志着我国民营商业火箭领域，大动压、高机动、快响应，且可以满足客户 10 马赫以内速度需求的亚轨道运载火箭飞行技术正式投入应用市场。

图 222：D140-Y1 超音速巡航靶标演示试验



数据来源：东北证券、星途探索官网

图 223：“长风一号” 飞行试验



数据来源：东北证券、星途探索官网

2021 年 1 月 21 日，由星途探索自主研发的 D140-Y1 超音速巡航靶标演示试验平台在西北某基地成功首飞。突破了超大长细比小弹径下总体集成设计、大动压级间热分离、强结构干扰飞行控制等关键技术。D140-Y1 的研发源自于市场需求，填补市场空白。伴随超音速巡航靶标系列的研发与批产工作的推进，将产生数十项专利技术，相关技术会快速转化到工程实际应用中。

2023 年 6 月 5 日，星途探索自主研发的“长风一号”靶标在西北某基地开展了飞行试验，试验取得圆满成功。“长风一号”是星途探索公司开发的一款低成本高可靠靶标，具备在平原、高原及掠海等不同高度的飞行能力，预留载荷舱，可根据需要安装用户载荷。该型靶标充分体现了星途探索在总体集成优化、高精度气动特性分析、低成本结构设计等方面的技术优势，采用低成本、通用化、集成化电气设备，研发了业内领先的长航时固体发动机，降低了产品成本。

7.12. 星河动力：为人类低成本、高频次进入空间提供解决方案

星河动力航天公司是国内领先的商业航天技术公司，是国家级专精特新小巨人企业、国家高新技术企业和中关村金种子企业。公司主要为国内外航天领域客户提供高效、可靠的航天发射服务、先进的航天装备制造、高性能产品配套，和广泛的工程、技术、安全、系统集成等领域系统化解决方案。

图 224：“谷神星一号”商业运载火箭



数据来源：东北证券、星河动力官网

图 225：“智神星一号”商业运载火箭



数据来源：东北证券、星河动力官网

公司核心产品包括“智神星”系列中型重复使用液体运载火箭、“谷神星”系列轻小型固体运载火箭、“光年”系列固体火箭发动机、“苍穹”系列液体火箭发动机等。在航天发射业务方面，公司创造了国内首家实现连续发射成功、首家将商业组网卫星送入 500km 太阳同步轨道、首家掌握一箭多星发射能力等多个行业第一，将持续为国内外蓬勃发展的航天发射市场提供高可靠、高性价比的航天发射服务。

谷神星一号为星河动力空间科技有限公司自主设计的四级运载火箭，一二三级采用固体发动机，四级为先进液体上面级，火箭直径 1.4m，全长 19m，起飞质量 30t，LEO 轨道运载能力 400kg，700km SSO 轨道运载能力 270kg，致力于为低轨小卫星提供质优价廉的快捷发射服务。

图 226：“苍穹”可重复使用液氧/煤油发动机



数据来源：东北证券、星河动力官网

图 227：“光年”系列固体发动机



数据来源：东北证券、星河动力官网

“苍穹”液氧/煤油发动机作为“智神星”液体运载火箭第一级（7 台）和第二级（1 台）主动力装置，是多次启动变推力燃气发生器循环液体火箭发动机。每台发动机海平面额定推力 40 吨，最大工况海平面推力 50 吨（第一级具备 1 台“Engine-out”能力），最小工况海平面推力 10 吨（变推比 4:1），变推力工作时满足助推级垂直下降和软着陆回收要求，发动机具备多次重复使用和故障检测与隔离能力。每台发动机重复使用次数 50 次，具备±6°摇摆能力，发动机推重比大于 120。

2018 年 11 月 3 日，“光年”系列 60t 推力一级发动机试车成功。至此，星河动力实现了国内商业航天领域大推力的固体火箭发动机突破性研制。全系列发动机最小直径 100mm，最大直径 2m，最小推力 30N，最大推力 100t，可根据发射需求灵活定制。

图 228：谷神星一号（遥一）简阳号



数据来源：东北证券、星河动力官网

图 229：谷神星一号（遥二）·平安银行数字口袋号



数据来源：东北证券、星河动力官网

2020 年 11 月 7 日，星河动力自主研发的“谷神星一号（遥一）简阳号”商业运载火箭在酒泉卫星发射中心成功发射。本次发射顺利将国电高科天启 11 星精确送入预定轨道，这是星河动力公司实施的首次发射任务，也是中国民营商业火箭首次进入 500km 太阳同步轨道，是中国商业航天的又一次重大突破 2021 年 12 月 7 日，星河动力航天成功发射谷神星一号（遥二）·平安银行数字口袋号运载火箭，顺利将五颗商业卫星精确送入 500km 太阳同步轨道。

2022 年 8 月 9 日，星河动力航天成功发射谷神星一号（遥三）·星光益彩号运载火箭，顺利将泰景一号 02 星、平安三号卫星和东海一号卫星精确送入 500km 太阳同步轨道。

2022 年 11 月 16 日，星河动力航天成功发射谷神星一号（遥四）运载火箭，顺利将“吉林一号”星座的高分 03D08、51、52、53、54，共 5 颗卫星送入太阳同步轨道。

2023 年 1 月 9 日，星河动力航天成功发射谷神星一号（遥五）运载火箭，顺利将厦门科技壹号卫星、西永微电园 1 号/2 号双星、天启星座 13 星、南通中学号共 5 颗卫星精确送入预定轨道。

2023 年 7 月，星河动力航天成功发射谷神星一号（遥六）·四川资阳号运载火箭，顺利将乾坤一号超低轨道技术试验卫星、泰安号（星时代-16）卫星精确送入预定轨道。

2023 年 8 月 10 日，星河动力航天成功发射谷神星一号（遥七）· 好欢螺号运载火箭，顺利将七颗卫星精确送入预定轨道。

2023 年 8 月 25 日 12 时 59 分，星河动力航天公司于酒泉卫星发射中心成功发射谷神星一号（遥八）运载火箭（任务代号：CORNFIELD CHASE），顺利将吉林一号宽幅 02A 星精确送入预定轨道，此次任务是谷神星一号系列商业运载火箭的连续第八次成功发射，是本年度的连续第四次成功发射，也是 35 天内实施的第三次发射。

图 230：“疾风一号”超音速靶标飞行试验



数据来源：东北证券、星河动力

2023 年 4 月，星河动力航天圆满完成“疾风一号”超音速靶标飞行试验，“疾风一号”是星河动力航天“疾风系列”靶标的首款产品。

7.13. 中科宇航：太空科技服务大众

广州中科宇航探索技术有限公司是国内首家混合所有制商业航天火箭企业，创立于 2018 年 12 月，总部位于广州南沙，覆盖了系列化运载火箭研发、定制化宇航发射亚轨道太空旅游等业务范围。公司作为国家重大科研项目的成果转化平台，依托中国科学院力学研究所和空天飞行科技中心的科研力量和资源优势，立志成为国际一流宇航企业。公司下属公司有北京中科宇航技术有限公司、中科宇航（广州） 装备工业有限公司、西安中科宇航动力技术有限公司等三家全资子公司。

图 231：中科宇航产品图谱



数据来源：东北证券、中科宇航

北京中科宇航技术有限公司发展创新性、先进性、经济性运载火箭，具备承担低轨卫星星座建设和空间站货物运输的能力。
广州中科宇航装备工业有限公司主要负责中科空天飞行科技产业化基地的具体实施运作，开展中科宇航系列化运载火箭的生产、试验、总装及测试，快速形成批量化生产和高密度发射能力。
西安中科宇航动力技术有限公司是我国商业航天领域液体火箭发动机专业研制生产企业，以燃烧组织技术及装置自主创新为引领，提供高性价比的航天动力产品和技术服务。
中科宇航在酒泉卫星发射中心商业发射区专有发射工位，存储能力达 10 发，年度发射能力可达 30 次，用于系列化运载火箭的发射任务。

图 232：力箭一号运载火箭



数据来源：东北证券、中科宇航官网

图 233：力箭一号运载火箭成功发射



数据来源：东北证券、中科宇航官网

力箭一号（PR-1）运载火箭是中国科学院力学研究所抓总、中科宇航公司参与研制的首型固体运载火箭，也是目前中国运载能力最大的固体运载火箭，综合性能达到国际领先水平。发射方式灵活、快速，主要用于太阳同步轨道和其他近地轨道中小型航天器的单星和多星组合发射，以及临近空间高超声速飞行器的助推发射。

2022 年 7 月 27 日 “力箭一号”（ZK-IA）运载火箭在酒泉卫星发射中心成功发射，采用“一箭六星”的方式，成功将六颗卫星送入预定轨道。“力箭一号”运载火箭在运载能力、入轨精度、设计可靠性、性价比等方面迈入世界固体运载火箭领域先进行列。该款火箭是四级固体运载火箭，起飞重量 135 吨，起飞推力 200 吨，总长 30 米，芯级直径 2.65 米，首飞状态整流罩直径 2.65 米，500 公里太阳同步轨道运载能力 1500 公斤。“力箭号”运载火箭首次飞行任务取得圆满成功，作为中小型卫星发射优先选择，丰富了我国固体运载火筋发射能力谱系。

图 234：力箭一号遥二运载火箭成功发射



数据来源：东北证券、中科宇航官网

2023 年 6 月 7 日 12 时 10 分，力箭一号遥二运载火箭在酒泉卫星发射中心成功发射。本次发射采用“一箭 26 星”的方式，将试验卫星顺利送入预定轨道。该批卫星主要用于技术验证试验和商业遥感信息服务。力箭一号是我国当前最大的固体运载火箭，起飞重量 135 吨，起飞推力 200 吨，总长 30 米，芯级直径 2.65 米，500 公里太阳同步轨道运载能力 1,500 公斤。2022 年 7 月 27 日力箭一号运载火箭首次飞行任务取得圆满成功，突破了 6 项重大关键技术和 13 项国内首次使用的技术，为我国运载火箭领域的技术变革作出了重要贡献。

图 235：力箭二号液体运载火箭贮箱完成静力轴压承载摸底试验



数据来源：东北证券、中科宇航官网

2023 年 10 月，力箭二号液体运载火箭贮箱采用 5A06 材料的直径 3,350mm 光筒贮箱顺利完成了静力轴压承载摸底试验，试验验证力箭二号液体运载火箭贮箱选择 5A06 材料工艺的可实施性及选择光筒壳结构的合理性。本次试验采用 2000t 自平衡加载系统开展轴压静力试验，试验件上下段分别通过边界工装与试验平台进行连接，通过 16 个 150T 的油缸同步加载，控制加载精度优于 196FS。通过白平衡加载系统和工装的约束来保证对试验件加载的均匀性。

7.14. 宇航推进：做太空经济的助推者、开拓者、引领者

宇航推进成立于 2018 年 8 月，是一家从事低成本、高可靠、商业化航天动力系统研发，动力技术产业化的国家级高新技术企业。公司已形成“2+2”产业布局，即北京和西安技术研发中心、山东潍坊和河北沧州制造与试验基地。宇航推进现有设计研发团队 60 余人，生产试验合作团队 200 余人，产品涉及液体火箭发动机、姿轨控发动机和民用装备三大业务板块，其中液体火箭发动机、姿轨控动力系统产品，已形成较为完善的技术体系、管理体系和研发保障体系，可为运载火箭、卫星与航天器、空间装备等领域客户提供完备的动力解决方案。同时，积极推进航天动力技术向民用领域转化，形成旋转机械、热能环保装备、特种阀门、清洁能源设备等系列产品，可广泛应用于电力、能源、石油、化工等行业。

表 23：宇航推进产品序列

示意图	型号	特点
	“天隼”轨姿控动力系统	主要为火箭、导弹或各种空间飞行器提供轨道转移和姿态控制力矩。天隼系列发动机推进剂为单组元、双组元等，以满足不同客户需求。
	“沧龙一号”液氧甲烷发动机	以液氧/LNG 为推进剂，系统为燃气发生器循环，主要用于运载火箭的一级，可拓展为真空型。地面推力为 600kN。
	“沧龙一号”液氧甲烷发动机双机并联	以液氧/LNG 为推进剂，系统为燃气发生器循环，主要用于运载火箭的一级。为沧龙一号双机并联型，地面推力为 1200kN。
	“沧龙二号”液氧甲烷发动机	以液氧/LNG 为推进剂，系统为燃气发生器循环，主要用于运载火箭的二级。真空推力为 100kN，发动机具备自生增压和可重复使用能力。
	“沧龙二号”液氧甲烷发动机双机并联	以液氧/LNG 为推进剂，系统为燃气发生器循环，主要用于运载火箭的二级。为沧龙二号双机并联型，真空推力为 200kN。

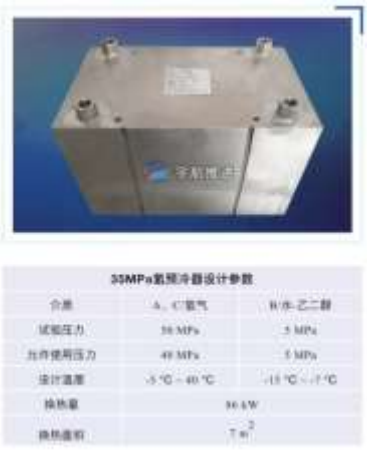
数据来源：东北证券、宇航推进官网

图 236：宇航推进生产试验基地



数据来源：东北证券、宇航推进官网

图 237：宇航推进氢预冷器设计参数



数据来源：东北证券、宇航推进公众号

2022 年 8 月，公司自主研发设计生产的 70MPa 和 35MPa 两型微通道换热器-氢预冷器已完成气密试验、液压试验、液流试验以及换热试验，核心技术均已突破，

各项指标满足设计要求，具备批产交付条件。长期以来，微通道换热器一直被国外所垄断，宇航推进研发的微通道换热器，对比国外同规格产品，换热效率提升15%以上，综合性能指标达到国际先进水平，可完全实现国产化替代。微通道换热器在氢能源领域市场前景广阔，可广泛应用于石油、化工、电力、能源、新能源汽车、航空航天、现代医疗、舰船、第四代核电等行业。

图 238：500W 级微型燃气涡轮发电机原理样机



数据来源：东北证券、宇航推进公众号

图 239：沧龙一号点火试验



数据来源：东北证券、宇航推进公众号

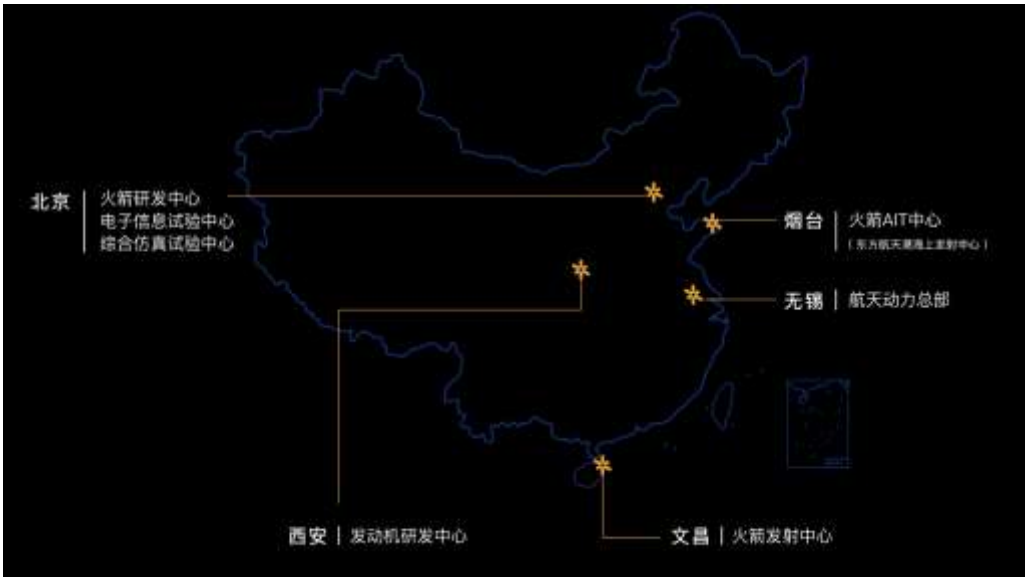
2023 年 4 月，由宇航推进自主设计研制的 500W 级微型燃气涡轮发电机工程样机成功进行了起动、点火、自持、怠速、空载、发电、发电功率调节、怠速及关机等全过程测试，最大输出电功率 600W，测试过程中样机工作状态良好，状态切换平稳，性能指标全面满足设计要求，测试取得圆满成功。本次测试成功标志着宇航推进攻克了超高转速转子支撑结构、轴向力平衡、热管理、微流量燃烧稳定性、控制逻辑等多项技术难关，进入到工程小批量试制交付阶段。该型涡轮发电机累计已完成数百小时的试验测试，验证了关键零部件加工工艺和整机超高精度装配工艺的可行性和正确性。

2023 年 6 月，北京宇航推进科技有限公司自主研发设计的沧龙一号液氧/LNG 火箭发动机（CL-1）完成了数次系统级点火测试，重点考核发动机点火时序的可靠性和健壮性，考核推力室及燃发器在不同工况及混合比下的工作特性、涡轮泵不同工况下的工作特性等。70 吨级沧龙一号（CL-1）发动机以液氧/LNG 为推进剂，系统为燃气发生器循环，发动机具备自生增压和可重复使用能力。该型发动机主要针对运载火箭一级及亚轨道飞行器配套使用，也可拓展为真空型，满足中大型运载火箭二级使用要求。

7.15. 东方空间：从东方走向空间，为东方建设空间

东方空间成立于 2020 年，主营业务太空运输，是一家运载火箭和新型空天运输工具设计制造服务公司。公司通过研发“引力”系列运载火箭，打造一次性使用、可回收重复使用和载人飞行等系列化、多样化、航班化的空天运输产品，快速形成低成本、规模化、便捷化的发射服务能力。

图 240：东方空间公司布局



数据来源：东北证券、东方空间官网

图 241：东方空间引力-1 号



数据来源：东北证券、东方空间官网

图 242：东方空间引力-2 号



数据来源：东北证券、东方空间官网

引力-1 号定位于低轨中小卫星大规模组网需求，以大空间/简洁发射/快速响应为特点，是全球首创全固体捆绑式中型运载火箭。引力-1 号采用芯级+助推的三级半构型，配备 4 台助推器，芯级和助推级均采用固体发动机，柔性摆动喷管，芯三级还可改用液氧煤油发动机，进一步提升运载能力。

引力-2 号定位于中大型卫星大规模组网及商业高轨发射需求，是以极致性价比/高轨发射/芯级回收为主要特点的中大型运载火箭。引力-2 号采用液体芯级+固体助推的两级半构型，芯一级采用 9 台东方空间自研原力-85 液氧煤油发动机，芯二级采用 1 台原力-85 液氧煤油真空版发动机，助推器继承引力-1 号助推技术。

引力-3 号定位于大规模空间建设及深空探索等需求，满足未来较长一段时间内各类商业发射任务，是以超大载荷/深空运输/整箭回收为特点的大型运载火箭。预计 2027 年具备首飞条件。 引力-3 号采用液体芯级+液体助推的 CBC 构型，火箭芯一级和助推器继承引力-2 号技术，采用 9 台液氧煤油发动机，芯二级采用 1 台液氧煤油发动机，整箭及整流罩等均可回收复用。

图 243：东方空间引力-3 号



数据来源：东北证券、东方空间官网

图 244：东方空间原力-85 火箭发动机

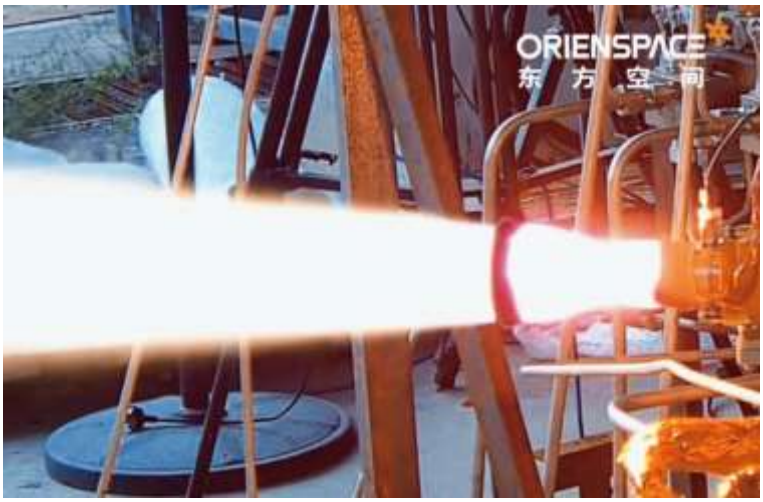


数据来源：东北证券、东方空间官网

东方空间通过“引力”系列运载火箭的研发，打造一次性使用、可回收重复使用和载人飞行等系列化、多样化的空天运输产品，快速形成低成本、规模化、高效快捷的发射服务能力，覆盖 LEO、SSO、GTO、GEO 等各类轨道。将在短期内达到一流的航天发射水平，中期实现载人飞行商业化，长期规划实现近地行星探索商业化。

2022 年 5 月，东方空间（山东）科技有限公司近日完成 4 亿元人民币 A 轮融资。本轮融资将用于“引力-1 号”中型运载火箭研制和首飞，同时加快推进百吨级可重复使用液氧煤油火箭发动机研制。

图 245：700N 姿控发动机热试车



数据来源：东北证券、东方空间官网

2022 年 8 月，东方空间自主研发的末修姿控动力系统 700N、50N 两型发动机地面热试车试验均取得圆满成功。引力-1 号末修姿控动力系统共设有 4 台 50N、12 台

700N 发动机，通过发动机工作产生的反作用力，实现火箭部分飞行阶段的俯仰、偏航、滚转等姿态控制及末速修正。

2023 年 6 月，东方空间的“引力-1 号”运载火箭相继完成了芯一二级分离和芯二三级分离，获得了分离过程中的冲击条件和各项参数，验证了产品冲击环境的适应性、分离方案设计的正确性、分离时序动作的协调性、分离装置工作的可靠性和分离过程的安全性，试验测量结果与仿真预示一致。
2023 年 7 月，东方空间于东方航天港自主设计和组织实施了两次“引力-1 号”运载火箭助推分离试验。该试验是国内首次商业航天助推分离试验，试验对助推分离的时序、多组分离装置工作的匹配性、捆绑结构工作的可靠性、分离过程的协调性进行了充分考核。

图 246：“引力-1 号”运载火箭助推分离试验



数据来源：东北证券、东方空间官网

北京时间 2024 年 1 月 11 日 13 时 30 分，我国太原卫星发射中心在山东海阳附近海域使用引力一号遥一商业运载火箭，将搭载的云遥一号 18~20 星 3 颗卫星顺利送入预定轨道，飞行试验任务获得圆满成功。
引力一号创造了全球最大固体运载火箭、中国运力最大民商运载火箭、中国首型捆绑式民商火箭等多项记录，标志着我国商业运载火箭自主创新取得重大进展，扩充了我国中低轨卫星多样化、规模化发射的能力，进一步丰富了我国运载火箭型谱。

8. 火箭产业链相关上市公司

表 24：火箭产业链相关上市公司（单位：元；亿；%）

代码	简称	股价	市值	2022						环节
				营收	YOY	归母净利润	YOY	毛利率	净利率	
003009.SZ	中天火箭	43.08	66.94	12.36	21.74	1.44	17.93	11.68	10.02	固体火箭发动机
688543.SH	国科军工	44.08	64.65	8.37	24.50	1.11	46.55	13.51	17.84	
300722.SZ	新余国科	21.53	49.65	3.41	16.17	0.66	6.84	19.34	12.78	
300699.SZ	光威复材	26.68	221.80	25.11	-3.69	9.34	23.19	36.09	20.70	
605090.SH	九丰能源	27.00	169.89	239.54	29.56	10.90	75.87	4.56	17.19	液体火箭发动机
688333.SH	铂力特	81.88	158.95	9.18	66.32	0.79	249.14	8.66	5.64	
688433.SH	华曙高科	22.66	93.85	4.57	36.67	0.99	-15.52	21.72	13.95	
600343.SH	航天动力	7.98	50.93	12.75	4.02	-0.40	84.51	-2.64	-2.13	
688102.SH	斯瑞新材	10.60	59.36	9.94	2.61	0.78	23.13	7.77	9.87	
600879.SH	航天电子	6.77	223.36	174.76	9.30	6.11	11.17	3.75	4.22	火箭支持系统
002465.SZ	海格通信	10.85	269.28	56.16	2.58	6.68	2.23	12.40	6.38	
688010.SH	福光股份	18.15	29.14	7.81	15.76	0.29	-35.05	3.26	1.64	
603712.SH	七一二	27.93	215.62	40.40	16.99	7.75	11.09	19.22	19.56	
688011.SH	新光光电	16.06	16.06	1.50	4.22	-0.25	-1,451.47	-17.68	-2.04	
300215.SZ	电科院	3.88	29.06	6.53	-24.28	0.33	-82.81	5.19	1.69	
300354.SZ	东华测试	47.06	65.09	3.67	42.81	1.22	52.17	33.17	22.25	
300416.SZ	苏试试验	13.81	70.23	18.05	20.21	2.70	41.84	17.26	13.79	
000547.SZ	航天发展	7.17	114.61	34.56	-16.59	0.35	-94.62	1.74	0.39	电子元器件
000733.SZ	振华科技	48.91	271.04	72.67	28.48	23.82	59.79	32.79	27.71	
603678.SH	火炬电子	20.04	91.96	35.59	-24.83	8.01	-16.15	23.20	16.10	
300053.SZ	航宇微	10.64	74.15	4.25	-38.87	-5.72	-1,442.03	-134.49	-20.56	
300455.SZ	航天智装	10.29	73.86	13.48	4.64	0.86	-23.55	6.40	5.16	
002179.SZ	中航光电	34.17	724.42	158.38	23.09	27.17	36.47	18.32	16.81	电气系统
300447.SZ	全信股份	11.25	35.13	10.92	16.13	1.89	15.79	17.32	10.49	
300593.SZ	新雷能	10.40	56.42	17.14	15.96	2.83	3.29	16.98	13.77	
301517.SZ	陕西华达	41.55	44.89	8.02	6.17	0.65	-3.26	9.86	11.34	
688239.SH	航宇科技	34.56	51.00	14.54	51.49	1.83	31.99	12.61	16.04	火箭结构件
603131.SH	上海沪工	12.48	39.69	9.92	-24.40	-1.27	-187.65	-13.37	-9.51	
300159.SZ	新研股份	2.02	30.28	21.44	57.28	0.77	129.68	3.06	55.00	
300034.SZ	钢研高纳	16.09	124.72	28.79	43.77	3.37	10.48	13.27	11.27	
600592.SH	龙溪股份	9.02	36.04	17.19	19.81	-0.06	-102.01	-1.10	-0.27	
301005.SZ	超捷股份	27.88	29.13	4.70	19.22	0.62	-18.15	13.58	7.83	
688539.SH	高华科技	36.67	48.70	2.76	21.74	0.81	15.92	29.44	16.08	
002338.SZ	奥普光电	25.88	62.11	6.27	14.67	0.82	75.31	16.56	7.87	
002651.SZ	利君股份	5.57	57.56	10.20	6.36	2.20	9.90	21.48	8.84	

数据来源：东北证券、Wind（注：统计日期截止至 2024 年 2 月 25 日）

9. 风险提示

火箭研制进度不及预期；民营企业技术可靠性不足；资金支持不及预期等。

附录

附表 1：截至 2023 年中国部分火箭参数

型号	服役时间	推进剂（氧化剂+燃烧剂）	节数	长度（m）	直径（m）	起飞质量（t）	起飞推力（kN）	有效载荷（LEO，t）	状态
长征二号丙	1975-	四氧化二氮+偏二甲肼	2	43.72	3.35	245	2962	4	在役
长征二号丁	1992-	四氧化二氮+偏二甲肼	2	41.056	3.35	250	2962	4	在役
长征二号 F	1999-	四氧化二氮+偏二甲肼	2.5	58.34	3.35	493	5923	8.6	在役
长征三号甲	1994-	四氧化二氮+偏二甲肼；液氧+液氢	3	52.52	3.35	241	2962	6	在役
长征三号乙	1996-	四氧化二氮+偏二甲肼；液氧+液氢	3.5	57.126	3.35	459	5923	11.5	在役
长征三号丙	2008-	四氧化二氮+偏二甲肼；液氧+液氢	3.5	57.126	3.35	345	4442	9.1	在役
长征四号乙	1999-	四氧化二氮+偏二甲肼	3	47.977	3.35	249	2962	4.2	在役
长征四号丙	2007-	四氧化二氮+偏二甲肼	3	47.977	3.35	249	2962	4.2	在役
长征五号	2016-	液氧+煤油；液氧+液氢	2.5	56.97	5	869	10620	32	在役
长征五号 B	2020-	液氧+煤油；液氧+液氢	1.5	53.66	5	837	10620	25	在役
长征六号	2015-	液氧+煤油；四氧化二氮+偏二甲肼	3	29.287	3.35	103.2	1200	1.5	在役
长征六号甲	2022-	液氧+煤油；固体燃料	2.5	50	3.35	530	7230		在役
长征七号	2016-	液氧+煤油	2.5	53.075	3.35	597	7200	14	在役
长征七号改	2020-	液氧+煤油；液氧+液氢	3.5	60.13	3.35	573	7200		在役
长征八号	2020-	液氧+煤油；液氧+液氢	2.5	50.3	3.35	356.6	4800	8.4	在役
长征十一号	2015-	固体燃料	4	20.8	2	58	1200	0.75	在役
长征六号 X	已立项	/	/	/	/	/	/	/	研发
长征八号 R	/	液氧+煤油	/	/	/	/	/	/	研发
长征九号	预计 2028	液氧+煤油；液氧+液氢	3.5	103-110	9.5	3997	57600	180	研发
长征一号	1970-1971	硝酸-27S+偏二甲肼；高氯酸铵-聚硫橡胶固体燃料	3	29.86	2.25	81.6	1020	0.3	退役
新长征一号（风暴一号）	1972-1982	四氧化二氮+偏二甲肼	2	32.57	3.35	193	2746	1.5	退役
长征二号	1974-1980	四氧化二氮+偏二甲肼	2	31.1	3.35	190	2786	1.8	退役
长征二号捆绑式	1990-1995	四氧化二氮+偏二甲肼	2.5	49.686	3.35	464	5923	9.5	退役
长征三号	1984-2000	四氧化二氮+偏二甲肼；液氧+液氢	3	44.86	3.35	205	2962	5	退役
长征四号甲	1988-1990	四氧化二氮+偏二甲肼	3	41.901	3.35	241	2962	3.8	退役
朱雀二号	2017-	液氧/甲烷	2	47.3	3.35	219	268	4	在役
天龙二号	2022-	液氧+煤油	3	32.8	3.35	153	193	4	在役
天龙三号		液氧+煤油	2	71	3.8	590	770	17	研发
天龙三号 H			2.5	85.2	3.8	1742	2310		研发
天龙三号 M			2	67	3.8	580	770		研发
双曲线一号	2019-	丁羟三组元	4	24	1.4	42	770	0.38	在役
双曲线二号		液氧/甲烷	2	28	3.35（一级） 2.25（二级）	90			研发
双曲线三号		液氧/甲烷	2	70	4.2	490			研发
双曲线三号甲		液氧/甲烷	2.5	70	4.2				研发
双曲线三号乙		液氧/甲烷	2.5	70	4.2				研发
星云一号		液氧+煤油	2		3.35			6	研发
星云一号 H		液氧+煤油			5				研发
RLV-T6		液氧/甲烷	1	14.5	1.4	8.5	10		研发
灵龙一号甲			4	20		30			研发
探索一号	2019-			7.4	1	5.8			在役
谷神星一号	2020-	固体燃料	4	20	1.4	33		0.4	在役
智神星一号	2024 年	液氧+煤油	2 或 3	49	3.35	254		5	研发
力箭一号	2022-	固体燃料	4	29.668	最大 2.65			2	在役
力箭一号甲		固体燃料	4.5	42	2.65	445	800		研发
力箭二号	预计 2025	液氧+煤油		53	3.35	628			研发
引力一号	2024	固体燃料	3.5	29.4	2.65	405	600	6.5	研发
引力二号	预计 2025	固体燃料	2.5 或 3	60					研发
引力三号	预计 2027	液氧+煤油			4.2 或 5	1250	1450		研发

数据来源：东北证券、网络资料整理　　注：各项参数截至 2023 年底

附表 2：2023 年中国火箭发射表

1 月 9 日首发/长征系列第 459 发	文昌 WC-201	长征七号甲 CZ-7A 遥 4	实践二十三号星		GTO	成功	中国航天科技集团 CASC
1 月 9 日第 2 发/谷神星一号第 5 发	酒泉 LS-95	谷神星一号 Ceres-1 遥 5	厦门科技壹号、天启星座 13 号、天目一号气象星座 01/02、南通中学号卫星（5）		LEO/SSO	成功	星河动力 Galactic Energy
1 月 13 日第 3 发/长征系列第 460 发	西昌 XC-3	长征二号丙 CZ-2C 遥 61	亚太 6E 卫星	1.8 吨	GTO	成功	中国航天科技集团 CASC
1 月 13 日第 4 发/长征系列第 461 发	酒泉 JQ-94	长征二号丁 CZ-2D 遥 73	遥感 37 号卫星、试验 22A、B 星（3）		LEO	成功	中国航天科技集团 CASC
1 月 15 日第 5 发/长征系列第 462 发	太原 TY-9	长征二号丁 CZ-2D 遥 71	齐鲁二号/三号、吉林一号等（14）		LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
2 月 23 日第 6 发/长征系列第 463 发	西昌 XC-2	长征三号乙增强型 CZ-3B/E 遥 93	中星 26 号（中国首颗超百 Gbps 高通量卫星）		GTO	成功	中国航天科技集团 CASC
2 月 24 日第 7 发/长征系列第 464 发	酒泉 JQ-94	长征二号丙 CZ-2C 遥 63	埃及荷鲁斯 1 号遥感卫星		LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
3 月 10 日第 8 发/长征系列第 465 发	太原 TY-9	长征四号丙 CZ-4C 遥 51	天绘六号 A、B 星（2）		LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
3 月 13 日第 9 发/长征系列第 466 发	酒泉 JQ-94	长征二号丙 CZ-2C 遥 64	埃及荷鲁斯 2 号遥感卫星		LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
3 月 15 日第 10 发/长征系列第 467 发	酒泉 JQ-95	长征十一号 CZ-11 遥 11	试验十九号卫星		LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
3 月 17 日第 11 发/长征系列第 468 发	西昌 XC-2	长征三号乙增强型 CZ-3B/E 遥 90	高分十三号 02 卫星		GTO	成功	中国航天科技集团 CASC
3 月 22 日第 12 发/快舟 1 甲第 19 发	酒泉 JQ-95	快舟一号甲 KZ-1A 遥 19	天目一号气象星座 03、04、05、06 卫星（4）		LEO/SSO	成功	中国航天科工集团 CASIC/ExPace
3 月 30 日第 13 发/长征系列第 469 发	太原 TY-9	长征二号丁 CZ-2D 遥 90	宏图一号 01 组星（4）		LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
3 月 31 日第 14 发/长征系列第 470 发	酒泉 JQ-94	长征四号丙 CZ-4C 遥 49	遥感三十四号 04 卫星		LEO	成功	中国航天科技集团 CASC
4 月 2 日第 15 发/全球首款液体火箭首飞成功	酒泉 JQ-120	天龙二号 TL-2 遥 1	爱太空科学号遥感卫星	8 公斤	LEO/SSO	成功	天兵科技 Space Pioneer
4 月 7 日第 16 发/双曲线一号成功第二飞	酒泉 JQ-95	双曲线一号 Hyperbola-1 遥 6	无载荷		LEO/SSO	成功	星际荣耀 i-Space
4 月 16 日第 17 发/长征系列第 471 发	酒泉 JQ-94	长征四号乙 CZ-4B 遥 51	风云三号 G 星		LEO	成功	中国航天科技集团 CASC

数据来源：东北证券、网络资料整理

续附表 2：2023 年中国火箭发射表

5 月 10 日 第 18 发/ 长征系列 第 472 发	文昌 WC-201	长征七号 CZ-7 遥 7	天舟六号货运飞船	13.5 吨	LEO/CSS	成功	中国航天科技集团 CASC
5 月 17 日 第 19 发/ 长征系列 第 473 发	西昌 XC-2	长征三号乙 增强型 CZ-3B/E 遥 87	第 56 颗北斗/北斗三号 G4 卫星	4.6 吨	GTO	成功	中国航天科技集团 CASC
5 月 21 日 第 20 发/ 长征系列 第 474 发	酒泉 JQ-94	长征二号丙 CZ-2C 遥 60	澳门科学一号 A、B 星,珞珈二号 01 星（3）		LEO	成功	中国航天科技集团 CASC
5 月 30 日 第 21 发/ 长征系列 第 475 发	酒泉 JQ-91	长征二号 F CZ-2F/G 遥 16	神舟十六号载人飞船	8.8 吨	LEO/CSS	成功	中国航天科技集团 CASC
6 月 7 日 第 22 发/ 力箭一号 第二发	酒泉 JQ-130	力箭一号 kinetica-1 遥 2	一箭 26 星		LEO/SSO	成功	中科院/中科宇航 CAS Space
6 月 9 日 第 23 发/ 快舟 1 甲 第 20 发	酒泉 JQ-95	快舟一号甲 KZ-1A 遥 20	龙江三号		LEO	成功	中国航天科工集团 CASIC/ExPace
6 月 15 日 第 24 发/ 长征系列 第 476 发	太原 TY-9	长征二号丁 CZ-2D 遥 88	吉林一号高分 06A 等 41 星,创中国一箭多星最高纪录		LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
6 月 20 日 第 25 发/ 长征系列 第 477 发	太原 TY-16	长征六号 CZ-6 遥 12	试验 25 号卫星		LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
7 月 9 日 第 26 发/ 长征系列 第 478 发	酒泉 JQ-94	长征二号丙 CZ-2C 遥 52	卫星互联网技术试验卫星 01、02（2）		LEO	成功	中国航天科技集团 CASC
7 月 12 日 第 27 发/ 朱雀二号 第 2 发	酒泉 JQ-96	朱雀二号 Zhuque-2 遥 2	无载荷		LEO/SSO	成功	蓝箭航天 LandSpace
7 月 20 日 第 28 发/ 快舟 1 甲 第 21 发	酒泉 JQ-95	快舟一号甲 KZ-1A 遥 22	天目一号气象星座 07、08、09、10 卫星（4）		LEO/SSO	成功	中国航天科工集团 CASIC/ExPace
7 月 22 日 第 29 发/ 谷神星 1 号第 6 发	酒泉 JQ-95	谷神星一号 Ceres-1 遥 6	乾坤一号、星时代-16 卫星（2）		LEO/SSO	成功	星河动力 Galactic Energy
7 月 23 日 第 30 发/ 长征系列 第 479 发	太原 TY-9	长征二号丁 CZ-2D 遥 91	四象 01、02、03 星,银河航天灵犀 03 星（4）		LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
7 月 27 日 第 31 发/ 长征系列 第 480 发	西昌 XC-3	长征二号丁 CZ-2D 遥 81	遥感三十六号 05A、05B、05C（3）		LEO	成功	中国航天科技集团 CASC
8 月 3 日 第 32 发/ 长征系列 第 481 发	酒泉 JQ-94	长征四号丙 CZ-4C 遥 44	风云三号 06 星（3）		LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
8 月 9 日 第 33 发/ 长征系列 第 482 发	太原 TY-9	长征二号丙 CZ-2C 遥 46	环境减灾二号 06 星		LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
8 月 10 日 第 34 发 谷神星 1 号第 7 发	酒泉 JQ-95	谷神星一号 Ceres-1 遥 7	西光壹号 01、星池一号 B、地卫智能应急一号、西安航投 88/96/104/112 号（7）		LEO/SSO	成功	星河动力 Galactic Energy

数据来源：东北证券、网络资料整理

续附表 2：2023 年中国火箭发射表

8 月 13 日 第 35 发/ 长征系列 第 483 发	西昌 XC-2	长征三号乙 增强型 CZ-3B/E 遥 92	陆地探测四号 01 星		GTO	成功	中国航天科技集团 CASC
8 月 14 日 第 36 发/ 快舟 1 甲 第 22 发	酒泉 JQ-95	快舟一号甲 KZ-1A 遥 21	交通 06、07、08、09、10 卫星 （5）		LEO	成功	中国航天科工集团 CASIC/ExPace
8 月 21 日 第 37 发/ 长征系列 第 484 发	酒泉 JQ-94	长征四号丙 CZ-4C 遥 56	高分十二号 04 星		LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
8 月 25 日 第 38 发/ 谷神星 1 号第 8 发	酒泉 JQ-95	谷神星一号 Ceres-1 遥 8	吉林一号宽幅 02A 星		LEO/SSO	成功	星河动力 Galactic Energy
8 月 31 日 第 39 发/ 长征系列 第 485 发	西昌 XC-3	长征二号丁 CZ-2D 遥 82	遥感三十九号 01A、01B、01C （3）		LEO	成功	中国航天科技集团 CASC
9 月 5 日 第 40 发/ 谷神星 1 号第 9 发	黄海 海射	谷神星一号 Ceres-1S 海遥 1	天启星座 21、22、23、24（4）		LEO/SSO	成功	星河动力 Galactic Energy
9 月 7 日 第 41 发/ 长征系列 第 486 发	酒泉 JQ-94	长征四号丙 CZ-4C 遥 53	遥感三十三号 03 卫星		LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
9 月 10 日 第 42 发/ 长征系列 第 487 发	太原 TY-9	长征六号改 CZ-6A 遥 5	遥感四十号 01A、B、C 星 （3）		LEO	成功	中国航天科技集团 CASC
9 月 17 日 第 43 发/ 长征系列 第 488 发	西昌 XC-3	长征二号丁 CZ-2D 遥 83	遥感三十九号 02A、B、C 星 （3）		LEO	成功	中国航天科技集团 CASC
9 月 21 日 第 44 发/ 谷神星 1 号第十发	酒泉 JQ-95	谷神星一号 Ceres-1 遥 11	吉林一号高分 04B 星		LEO/SSO	失败	星河动力 Galactic Energy
9 月 27 日 第 45 发/ 长征系列 第 489 发	酒泉 JQ-94	长征四号丙 CZ-4C 遥 54	遥感三十三号 04		LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
10 月 5 日 第 46 发/ 长征系列 第 490 发	西昌 XC-3	长征二号丁 CZ-2D 遥 84	遥感三十九号 03A、B、C 星 （3）		LEO	成功	中国航天科技集团 CASC
10 月 15 日 第 47 发/ 长征系列 第 491 发	酒泉 JQ-94	长征二号丁 CZ-2D 遥 77	云海一号 04 星		LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
10 月 24 日 第 48 发/ 长征系列 第 492 发	西昌 XC-3	长征二号丁 CZ-2D 遥 85	遥感三十九号 04A、B、C 星 （3）		LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
10 月 26 日 第 49 发/ 长征系列 第 493 发	酒泉 JQ-91	长征二号 F CZ-2F/G 遥 17	神舟十七号载人飞船	8.8 吨	LEO/CSS	成功	中国航天科技集团 CASC
11 月 1 日 第 50 发/ 长征系列 第 494 发	太原 TY-9	长征六号改 CZ-6A 遥 4	天绘五号 A、B 星（2）		LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
11 月 3 日 第 51 发/ 长征系列 第 495 发	文昌 WC-201	长征七号改 CZ-7A 遥 6	通信技术试验 卫星十号		GTO	成功	中国航天科技集团 CASC

数据来源：东北证券、网络资料整理

续附表 2：2023 年中国火箭发射表

11 月 9 日 第 52 发/ 长征系列 第 496 发	西昌 XC-2	长征三号乙 增强型 CZ-3B/E 遥 94	中星 6E 卫星	GTO	成功	中国航天科技集团 CASC
11 月 16 日 第 53 发/ 长征系列 第 497 发	酒泉 JQ-94	长征二号丙 CZ-2C 遥 56	新一代海域水色观测卫星	LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
11 月 23 日 第 54 发/ 长征系列 第 498 发	西昌 XC-3	长征二号丁 CZ-2D 遥 59	卫星互联网技术试验 2 号 A/B/C（3）	LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
12 月 4 日 第 55 发/ 长征系列 第 499 发	酒泉 JQ-94	长征二号丙 CZ-2C 遥 54	埃及二号卫星、星池一号第二组 A/B 星（3）	LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
12 月 5 日 第 56 发/ 谷神星 1 号第 11 发	酒泉 JQ-95	谷神星一号 Ceres-1 遥 9	天雁 16 星、星池一号 A 星（2）	LEO/SSO	成功	星河动力 Galactic Energy
12 月 6 日 第 57 发/ 捷龙三号 第 2 发	南海 海射	捷龙三号 Jielong 3 遥 2	卫星互联网技术试验 3 号	LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC/CALT
12 月 9 日 第 58 发/ 朱雀二号 第 3 发	酒泉 JQ-96	朱雀二号 Zhuque-2 遥 3	鸿鹄卫星、鸿鹄二号星、天仪 33 星（3）	LEO/SSO	成功	蓝箭航天 LandSpace
12 月 10 日 第 59 发/ 长征系列 第 500 发	西昌 XC-3	长征二号丁 CZ-2D 遥 86	遥感三十九号 05A/B/C 星（3）	LEO	成功	中国航天科技集团 CASC
12 月 14 日 第 60 发/ 长征系列 第 501 发	酒泉 JQ-91	长征二号 F CZ-2F T5	可重复使用试验航天器	LEO	成功	中国航天科技集团 CASC
12 月 15 日 第 61 发/ 长征系列 第 502 发	文昌 WC-201	长征五号 CZ-5 遥 6	遥感四十一号星	LEO	成功	中国航天科技集团 CASC
12 月 17 日 第 62 发/ 双曲线一 号第 6 飞	酒泉 JQ-95	双曲线一号 Hyperbola-1 遥 7	迪迩一号星	LEO	成功	星际荣耀 i-Space
12 月 25 日 第 63 发/ 快舟 1 甲 第 23 发	酒泉 JQ-95	快舟一号甲 KZ-1A 遥 26	天目一号气象星座 11、12、13、14 卫星（4）	LEO/SSO	成功	中国航天科工集团 CASIC/ExPace
12 月 26 日 第 64 发/ 长征系列 第 503 发	南海 海射	长征十一号 CZ-11H 海遥 5	试验 24 号 C-1、2、3 星（3）	LEO		中国航天科技集团 CASC
12 月 26 日 第 65 发/ 长征系列 第 504 发	西昌 XC-2	长征三号乙 增强型 CZ-3B/E 遥 75	第 57、58 颗北斗三号卫星 M25、M26 （2）	MEO	成功	中国航天科技集团 CASC
12 月 27 日 第 66 发/ 快舟 1 甲 第 24 发	酒泉 JQ-95	快舟一号甲 KZ-1A 遥 27	天目一号气象星座 19、20、21、22 卫星（4）	LEO	成功	中国航天科工集团 CASIC/ExPace

数据来源：东北证券、网络资料整理

附表 3：2023 年中国商业火箭发射表

1 月 9 日第 2 发/谷神星一号第 5 发	酒泉 LS-95	谷神星一号 Ceres-1 遥 5	厦门科技壹号、天启星座 13 号、天目一号气象星座 01/02、南通中学号卫星（5）		LEO/SSO	成功	星河动力 Galactic Energy
3 月 15 日第 10 发/长征系列第 467 发	酒泉 JQ-95	长征十一号 CZ-11 遥 11	试验十九号卫星		LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC
3 月 22 日第 12 发/快舟 1 甲第 19 发	酒泉 JQ-95	快舟一号甲 KZ-1A 遥 19	天目一号气象星座 03、04、05、06 卫星（4）		LEO/SSO	成功	中国航天科工集团 CASIC/ExPace
4 月 2 日第 15 发/全球首款液体火箭首飞成功	酒泉 JQ-120	天龙二号 TL-2 遥 1	爱太空科学号遥感卫星	8 公斤	LEO/SSO	成功	天兵科技 Space Pioneer
4 月 7 日第 16 发/双曲线一号成功第二飞	酒泉 JQ-95	双曲线一号 Hyperbola-1 遥 6	无载荷		LEO/SSO	成功	星际荣耀 i-Space
6 月 7 日第 22 发/力箭一号第二发	酒泉 JQ-130	力箭一号 kinetica-1 遥 2	一箭 26 星		LEO/SSO	成功	中科院/中科宇航 CAS Space
6 月 9 日第 23 发/快舟 1 甲第 20 发	酒泉 JQ-95	快舟一号甲 KZ-1A 遥 20	龙江三号		LEO	成功	中国航天科工集团 CASIC/ExPace
7 月 12 日第 27 发/朱雀二号第 2 发	酒泉 JQ-96	朱雀二号 Zhuque-2 遥 2	无载荷		LEO/SSO	成功	蓝箭航天 LandSpace
7 月 20 日第 28 发/快舟 1 甲第 21 发	酒泉 JQ-95	快舟一号甲 KZ-1A 遥 22	天目一号气象星座 07、08、09、10 卫星（4）		LEO/SSO	成功	中国航天科工集团 CASIC/ExPace
7 月 22 日第 29 发/谷神星 1 号第 6 发	酒泉 JQ-95	谷神星一号 Ceres-1 遥 6	乾坤一号、星时代-16 卫星（2）		LEO/SSO	成功	星河动力 Galactic Energy
8 月 10 日第 34 发谷神星 1 号第 7 发	酒泉 JQ-95	谷神星一号 Ceres-1 遥 7	西光壹号 01、星池一号 B、地卫智能应急一号、西安航投 88/96/104/112 号（7）		LEO/SSO	成功	星河动力 Galactic Energy
8 月 14 日第 36 发/快舟 1 甲第 22 发	酒泉 JQ-95	快舟一号甲 KZ-1A 遥 21	交通 06、07、08、09、10 卫星（5）		LEO	成功	中国航天科工集团 CASIC/ExPace
8 月 25 日第 38 发/谷神星 1 号第 8 发	酒泉 JQ-95	谷神星一号 Ceres-1 遥 8	吉林一号宽幅 02A 星		LEO/SSO	成功	星河动力 Galactic Energy
9 月 5 日第 40 发/谷神星 1 号第 9 发	黄海海射	谷神星一号 Ceres-1S 海遥 1	天启星座 21、22、23、24（4）		LEO/SSO	成功	星河动力 Galactic Energy
9 月 21 日第 44 发/谷神星 1 号第十发	酒泉 JQ-95	谷神星一号 Ceres-1 遥 11	吉林一号高分 04B 星		LEO/SSO	失败	星河动力 Galactic Energy
12 月 5 日第 56 发/谷神星 1 号第 11 发	酒泉 JQ-95	谷神星一号 Ceres-1 遥 9	天雁 16 星、星池一号 A 星（2）		LEO/SSO	成功	星河动力 Galactic Energy
12 月 6 日第 57 发/捷龙三号第 2 发	南海海射	捷龙三号 Jielong 3 遥 2	卫星互联网技术试验 3 号		LEO/SSO	成功	中国航天科技集团 CASC/CALT
12 月 9 日第 58 发/朱雀二号第 3 发	酒泉 JQ-96	朱雀二号 Zhuque-2 遥 3	鸿鹄卫星、鸿鹄二号星、天仪 33 星（3）		LEO/SSO	成功	蓝箭航天 LandSpace
12 月 17 日第 62 发/双曲线一号第 6 飞	酒泉 JQ-95	双曲线一号 Hyperbola-1 遥 7	迪迩一号星		LEO	成功	星际荣耀 i-Space
12 月 25 日第 63 发/快舟 1 甲第 23 发	酒泉 JQ-95	快舟一号甲 KZ-1A 遥 26	天目一号气象星座 11、12、13、14 卫星（4）		LEO/SSO	成功	中国航天科工集团 CASIC/ExPace
12 月 27 日第 66 发/快舟 1 甲第 24 发	酒泉 JQ-95	快舟一号甲 KZ-1A 遥 27	天目一号气象星座 19、20、21、22 卫星（4）		LEO	成功	中国航天科工集团 CASIC/ExPace

数据来源：东北证券、网络资料整理

研究团队简介：

王凤华：东北证券绝对收益首席分析师、国防军工行业首席分析师。中国人民大学硕士研究生，证券行业从业 25 年，2019 年加入东北证券。曾任民生证券研究所所长助理、宏源证券中小盘首席分析师、申万宏源证券研究所中小盘研究部总监、联讯证券研究院执行院长。2012 年至 2014 年连续三年带领团队上榜《新财富》最佳中小市值分析师，2016—2017 年带领联讯研究院获得《新财富》最具潜力研究机构奖项。多次获得水晶球、Wind 资讯金牌分析师、今日投资天眼分析师、金融界最佳分析师等多项奖项，深入调研过 500+上市公司。

王一鸣：东北证券军工/绝对收益助理分析师，上海交通大学机械硕士，莫斯科国立技术大学航天工程硕士。

分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，并在中国证券业协会注册登记为证券分析师。本报告遵循合规、客观、专业、审慎的制作原则，所采用数据、资料的来源合法合规，文字阐述反映了作者的真实观点，报告结论未受任何第三方的授意或影响，特此声明。

投资评级说明

股票投资评级说明	买入	未来 6 个月内，股价涨幅超越市场基准 15%以上。	投资评级中所涉及的市场基准： A 股市场以沪深 300 指数为市场基准，新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为市场基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为市场基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为市场基准。
	增持	未来 6 个月内，股价涨幅超越市场基准 5%至 15%之间。	
	中性	未来 6 个月内，股价涨幅介于市场基准-5%至 5%之间。	
	减持	未来 6 个月内，股价涨幅落后市场基准 5%至 15%之间。	
	卖出	未来 6 个月内，股价涨幅落后市场基准 15%以上。	
行业投资评级说明	优于大势	未来 6 个月内，行业指数的收益超越市场基准。	
	同步大势	未来 6 个月内，行业指数的收益与市场基准持平。	
	落后大势	未来 6 个月内，行业指数的收益落后于市场基准。	

重要声明

本报告由东北证券股份有限公司（以下称“本公司”）制作并仅向本公司客户发布，本公司不会因任何机构或个人接收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本公司具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。

本报告中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。报告中的内容和意见仅反映本公司于发布本报告当日的判断，不保证所包含的内容和意见不发生变化。

本报告仅供参考，并不构成对所述证券买卖的出价或征价。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的证券买卖建议。本公司及其雇员不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，在任何情况下，我公司及其雇员对任何人使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。

本公司或其关联机构可能会持有本报告中涉及到的公司所发行的证券头寸并进行交易，并在法律许可的情况下不进行披露；可能为这些公司提供或争取提供投资银行业务、财务顾问等相关服务。

本报告版权归本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用。如征得本公司同意进行引用、刊发的，须在本公司允许的范围内使用，并注明本报告的发布人和发布日期，提示使用本报告的风险。

若本公司客户（以下称“该客户”）向第三方发送本报告，则由该客户独自为此发送行为负责。提醒通过此途径获得本报告的投资者注意，本公司不对通过此种途径获得本报告所引起的任何损失承担任何责任。

东北证券股份有限公司

网址：http://www.nesc.cn 电话：95360,400-600-0686 研究所公众号：dbzqyanjiusuo

地址	邮编
中国吉林省长春市生态大街 6666 号	130119
中国北京市西城区锦什坊街 28 号恒奥中心 D 座	100033
中国上海市浦东新区杨高南路 799 号	200127
中国深圳市福田区福中三路 1006 号诺德中心 34D	518038
中国广东省广州市天河区冼村街道黄埔大道西 122 号之二星辉中心 15 楼	510630

