

# 前进四

## 中国商业发射市场研究报告

2018年

# 开篇摘要

iResearch

艾瑞咨询



发展  
概述



市场  
现状



发展  
趋势



名词  
解释

**概念界定：**商业航天发射（简称商业发射）特指面向全球有发射能力的供应商进行公开招标的发射行为，政府间的发射合同属于非商业发射。

**产业链现状：**国内火箭制造商仍在设计和试验阶段，尚未达到量产要求；现阶段国内卫星企业尚未探讨出一条可盈利的成熟商业模式，无法持续提供大量发射订单。

**政府扮演角色：**政府同时作为商业发射的规则制定者、推动者和需求方。目前中国商业发射相关政策主要体现在军民融合这一大指导思路，尚无可以真正惠及企业的落地政策。

**市场规模：**全球商业发射市场收入稳步提升，于2017年提升至历史最高水平，总额达到30亿美元，预计2018年达到33.6亿美元。

**发射成本结构：**运载火箭发射成本包含火箭成本、发射成本、测控成本以及保险产生费用，其中火箭成本占比最高。

**全球发射现状：**2017年全球各国共发射91枚火箭，搭载各类航天器共473枚。美国发射156枚载荷，国内商业用途载荷达到61枚，国内需求旺盛支撑其商业发射快速发展。

**宏观趋势：**商业发射发展最大的不确定因素是资本环境和政策态度。民营企业的研制进度将直接影响公司融资能力，进而决定公司能否“活下去”；发射审批以及卫星审批方面需要具体的政策支持。

**行业趋势：**现阶段民营火箭公司与国家队主要比拼运营能力。未来将在可回收利用以及快速响应等方面将与国企比拼研发能力。未来商业发射行业集中度将大幅度提高。

**公司趋势：**公司战略规划需要提前布局，方能持续提高公司估值，可布局的方向包括：天地间往返系统、深空探索、卫星运营、武器研制。

**比冲：**发动机单位流量的燃料所产生的推力，描述了发动机的能源利用效率。

**轨道介绍：**近地轨道（LEO）轨道高度在2000千米以下；中轨道（MEO）轨道高度在2000-20000千米之间；高轨道（HEO）轨道高度大于20000千米；地球同步轨道（GEO）轨道高度35786千米。

**动力循环方式：**动力循环是指液体火箭发动机泵式推进剂供应系统中，涡轮工质（工作介质）的循环方式。

来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

商业发射概述	1
商业发射收入成本分析	2
商业发射订单分析	3
产品与技术	4
保险、人才与资金	5
商业发射发展趋势	6

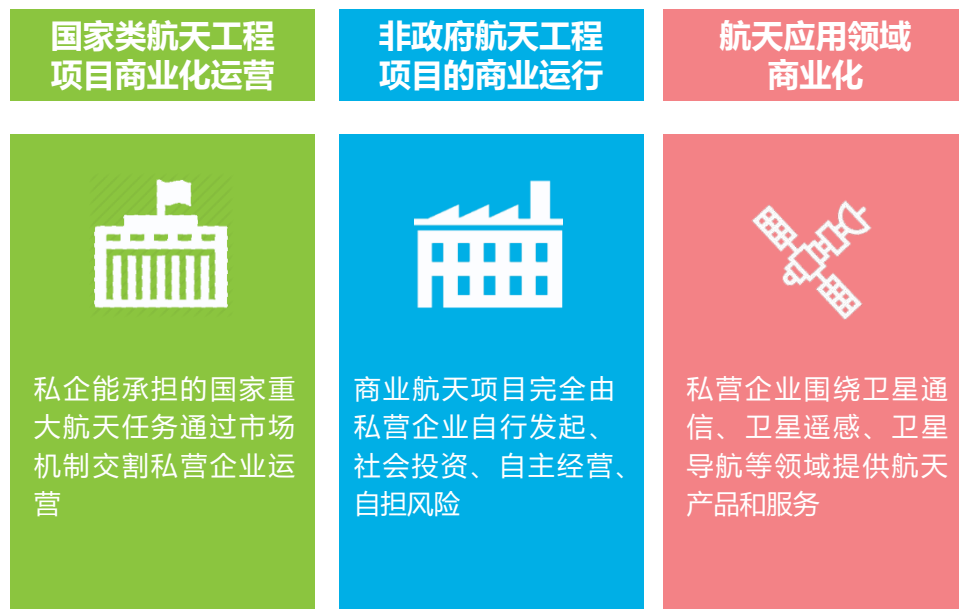
# 商业航天与商业发射概念界定

## 按市场规则运行的航天活动

商业航天是以市场为主导，采用市场手段，运用市场机制，按照市场规律开展的航天活动，是航天事业发展到一定阶段的必然产物。商业航天涵盖火箭生产与发射、卫星研发与运营、地面设备制造与服务、新型航天活动等诸多领域，其中火箭生产与发射是所有航天应用的基础，亦是本文研究的主要领域。

根据美国联邦航空管理局公布的《商业空间运输年度纲要：2013》，**商业航天发射（简称商业发射）**特指面向全球有发射能力的供应商进行公开招标的发射行为，政府间的发射合同属于非商业发射。

### 商业航天内涵



### 传统航天与商业航天特点对比

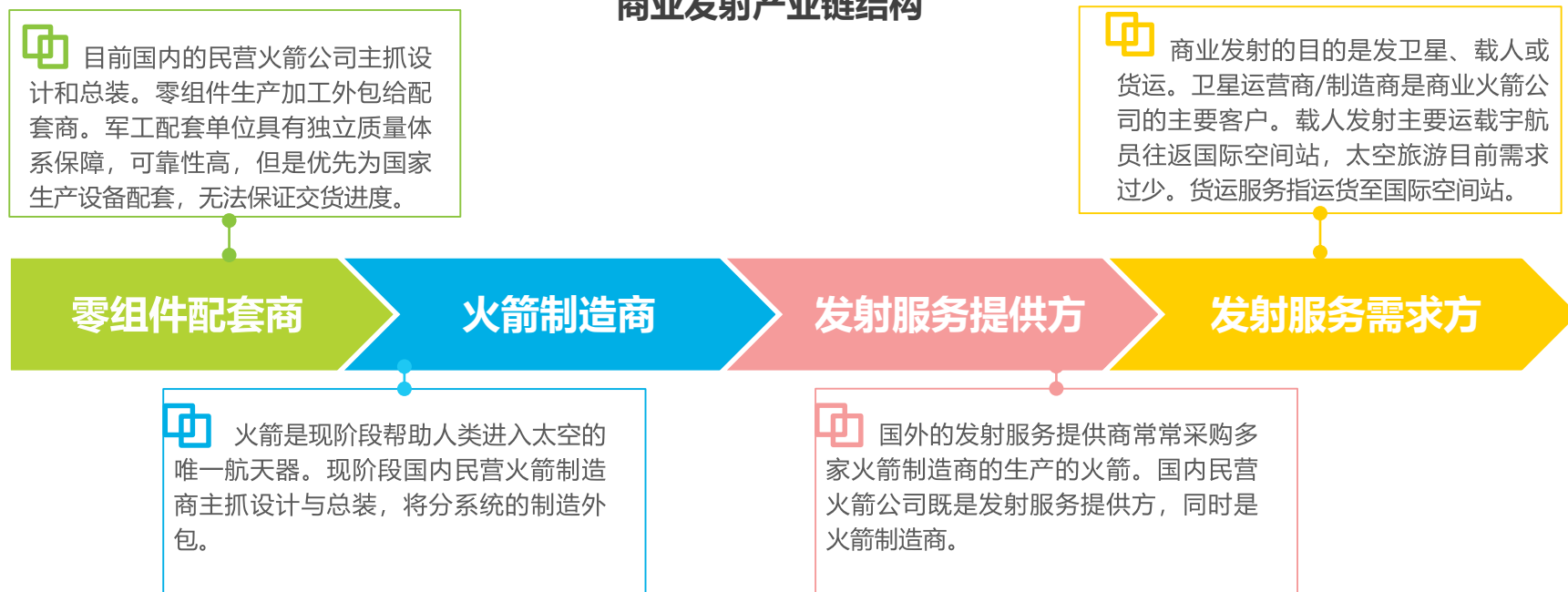


## 产业链协调发展保障商业发射行业稳步成长

商业航天发射真正实现市场化是从SpaceX、轨道科学ATK等私营公司在没有政府直接干预条件下成功研制并发射火箭和飞船开始的。

国际发射市场竞争激烈，国内民营火箭公司只有在深耕国内市场的基础上，才能在国际市场获得立足之地。目前国内火箭制造商仍在设计和试验阶段，尚未达到量产要求。一旦进入量产阶段，保障零组件配套商按时交付可靠的零组件将成为各家火箭公司的关注重点。现阶段国内卫星企业尚未探讨出一条可盈利的成熟商业模式，无法持续提供大量发射订单。因此产业链协调发展是保障商业发射稳步发展的唯一途径。

### 商业发射产业链结构



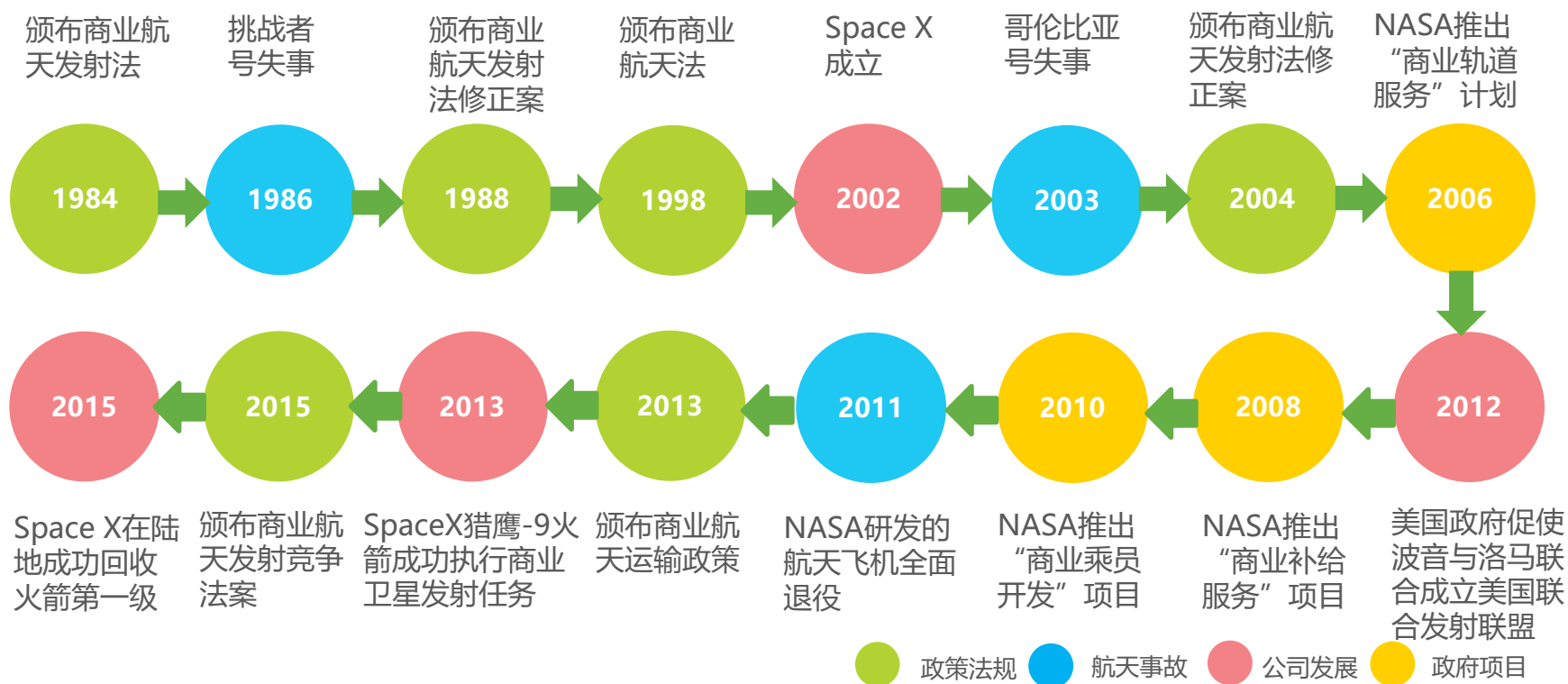
来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 美国商业发射发展历程

## 政府同时作为商业发射的规则制定者、推动者和需求方

纵观美国商业发射的发展历程，可以发现政府是所有参与者中最为重要的角色。政府从国家发展战略角度，制定有利民营航天企业发展的政策法规，是规则制定者；政府在民营航天企业技术不成熟资金不到位的情况下，通过合作项目给予技术和资金方面的支持，是推动者；政府在民营企业技术成熟后，通过招标签署合同享受民营企业提供的发射服务，是需求方。

### 美国商业发射发展重点事件



来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 中美发展商业发射源动力对比

## 美国发展商业发射源动力充足，中国略显不足

美国具有充足的源动力发展商业发射。相比之下，中国发展商业发射源动力稍显不足。受制于体制因素，国企对于市场的敏感性以及商业模式创新方面不如民营企业，民营火箭公司的发展可以为国企发展航天商业化提供借鉴思路；引入社会资本帮助中国发展航天事业，减轻了政府财政压力；此外，如民营火箭公司发展良好可倒逼国企改革。在中国，目前商业发射相关政策主要体现在军民融合这一大指导思路，但尚无可以真正惠及企业的落地政策，期待未来航天法出台能为商业发射带来真正的帮助。

### 美国近十年大力发展商业发射原因剖析

由美国国家航空航天局主导的航天器（航天飞机），一旦发射失败，使政府遭受选民谴责，不利于总统后续竞选以及政府申请航天预算，发展商业航天可以有效规避风险。

避险

2005年由联邦政府主导，波音和洛马各自出资50%成立美国联合发射联盟（ULA）此后ULA垄断了美国空军、NASA和其他政府机构的项目，导致发射成本急剧上升。

国内垄断

航天飞机2011年退役，自此美国不具备载人以及空间站往返的能力，只得购买俄罗斯的服务，俄罗斯趁此机会漫天要价，单名宇航员报价从2007年的接近2500万美元，增至2012年的5000万美元。

国外价格高昂

2012年全球商业发射20次，其中仅有2次属于美国，这与美国强大的航天技术水平相悖。发展商业发射有利于美国的航天企业抢占国际市场。

抢占国际市场

美国通过鼓励私营企业进军航天领域，降低了美国政府的财政压力，使得NASA可以集中精力发展深空探索以及基础航天技术研究。

缓解财政压力

商业发射概述

1

商业发射收入成本分析

2

商业发射订单分析

3

产品与技术

4

保险、人才与资金

5

商业发射发展趋势

6



# 全球商业发射市场规模

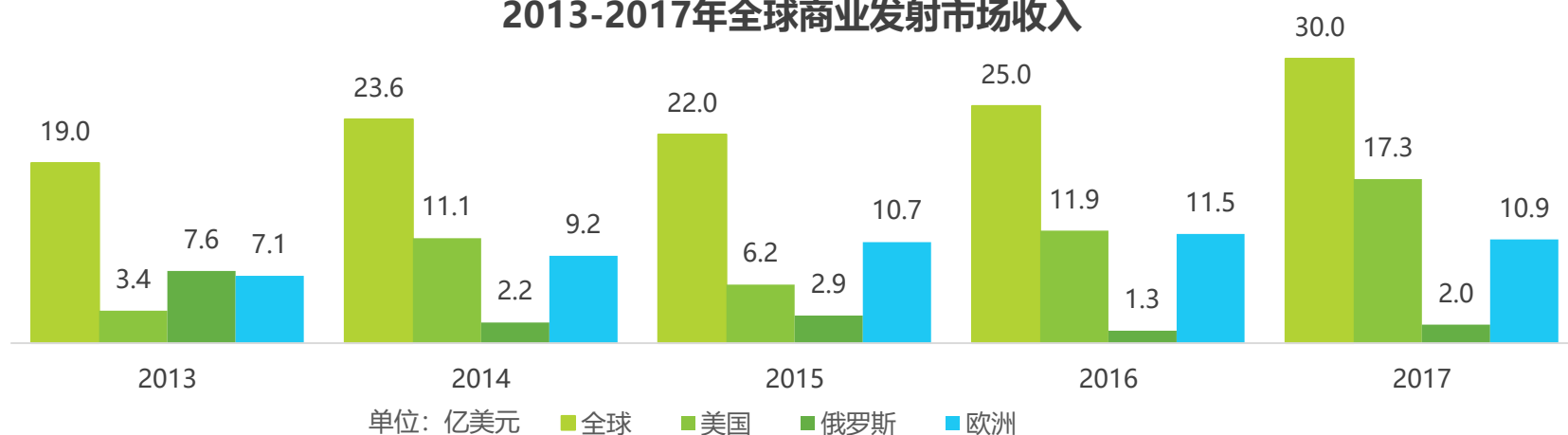
## 美国商业发射高速发展，引领全球商业发射收入稳步提升

总体上看，全球商业发射市场收入稳步提升，于2017年提升至历史最高水平，总额达到30亿美元，预计2018年达到33.6亿美元。美国商业发射市场高速发展，后来居上，过去5年美国商业发射收入CAGR高达 50.2%，远高于全球平均的CAGR12.1%。

2013年美国商业发射收入仅有3.4亿美元，市场占有率17.9%，而2017年美国商业发射收入17.3亿美元，市场占有率高达57.7%。美国原本是俄罗斯商业发射的最大客户，受制于美国商业发射的发展，俄罗斯商业发射收入以及市场占有率严重缩水。欧洲商业发射收入缓慢上升，市场占有率变化不大。未来随着中国商业航天的发展，中国的商业发射将成为新引擎带动全球商业发射收入增长。

2015年6月，美国太空探索技术公司（Space X）的猎鹰-9火箭在发射过程中出现严重事故，火箭以及搭载的卫星全部损毁。这次事故使得该公司原本10枚火箭发射计划缩减至6枚，进而导致美国以及全球商业发射收入在该年降低。

2013-2017年全球商业发射市场收入

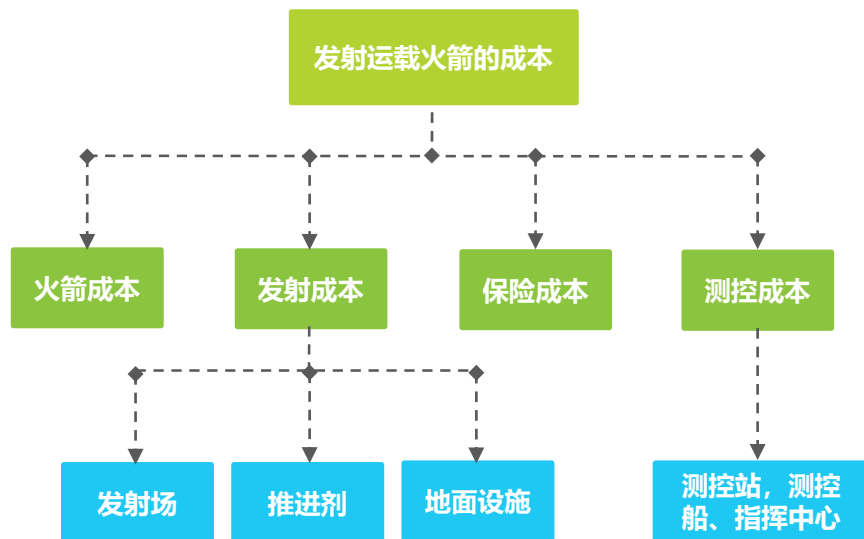


# 商业发射成本结构

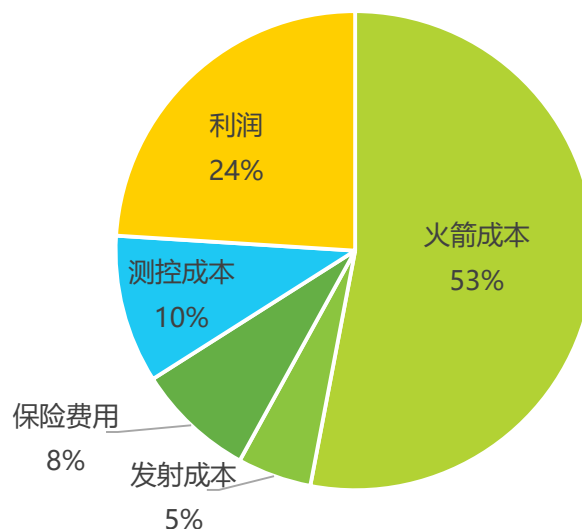
## 火箭成本是民营火箭公司最重要的可控成本

运载火箭发射成本包含火箭成本、发射成本、测控成本以及保险产生费用。根据SpaceX公布的猎鹰9号发射成本结构，火箭成本占发射总成本的53%，占比最高；根据火箭规模的不同，国内租用发射场、地面设备以及加注推进剂等发射成本在500万-1000万；租用测控船的价格高达千万量级，租用测控站价格仅为百万量级，民营火箭公司受制于资金因素，现阶段都会租用测控站；保险成本占整枚火箭发射费用的5-20%，保险费率主要取决于火箭发射成功率。在一次发射运载火箭的成本构成中，火箭成本占比最高且是民营火箭公司最重要的可控成本。

发射一次运载火箭的成本构成



猎鹰9运载火箭发射成本结构

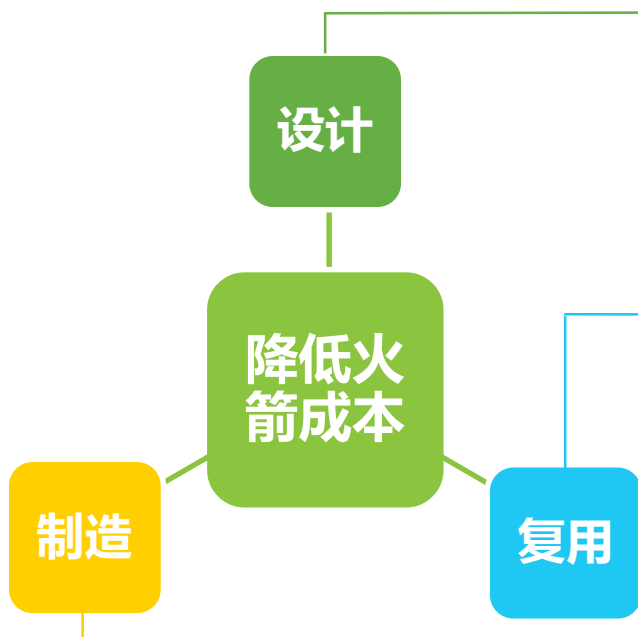


# 商业发射收入成本结构改善措施

## 设计、制造、复用三驾马车助力企业改善成本结构

有效降低火箭研制及制造成本的方式包括：设计、制造、复用。目前国内民营企业研制过程中主要应用模块化、通用化、标准化设计标准，通过量产来降低分摊设计费用。关于可重复使用技术，目前蓝箭航天在液体火箭设计过程中埋入相关接口，在未来可以增加组件或进行修正来进行复用试验。目前国内第一梯队的民营火箭公司中仅有蓝箭航天自建工厂，自行生产核心部件，并进行总装总测。这样可缩短供应链，但会带来三个问题：1.重资产运营模式增加企业的资金压力；2.制造团队从无到有，需要一定时间的技术积累和人才储备，才能保证产品质量；3.火箭产量不足造成生产线资源阶段性浪费。

### 降低研制及制造成本措施



#### “三化”设计、采用成熟民用技术

“三化”设计即指模块化、标准化、通用化设计。通过“三化”设计，以批量生产降低分摊的设计费用。利用成熟民用技术降低成本：SpaceX利用市面上成熟的浴室零件组成飞船的门把手，节省1470美元。

#### 可重复使用技术

目前真正实现运载火箭一级箭体回收并进行复用的只有SpaceX一家公司。SpaceX的一级箭体回收技术成熟，2017年SpaceX连续17次成功回收一级箭体。SpaceX宣称一级箭体重复使用可降低30%成本。

#### 复合材料、3D打印、缩短供应链

应用复合材料可以有效减轻结构重量，进而提高火箭干质比。采用3D打印技术在快速制造的同时降低制造成本。缩短供应链可以减少中间环节，降低采购成本，同时降低外部采购带来质量控制风险。

来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

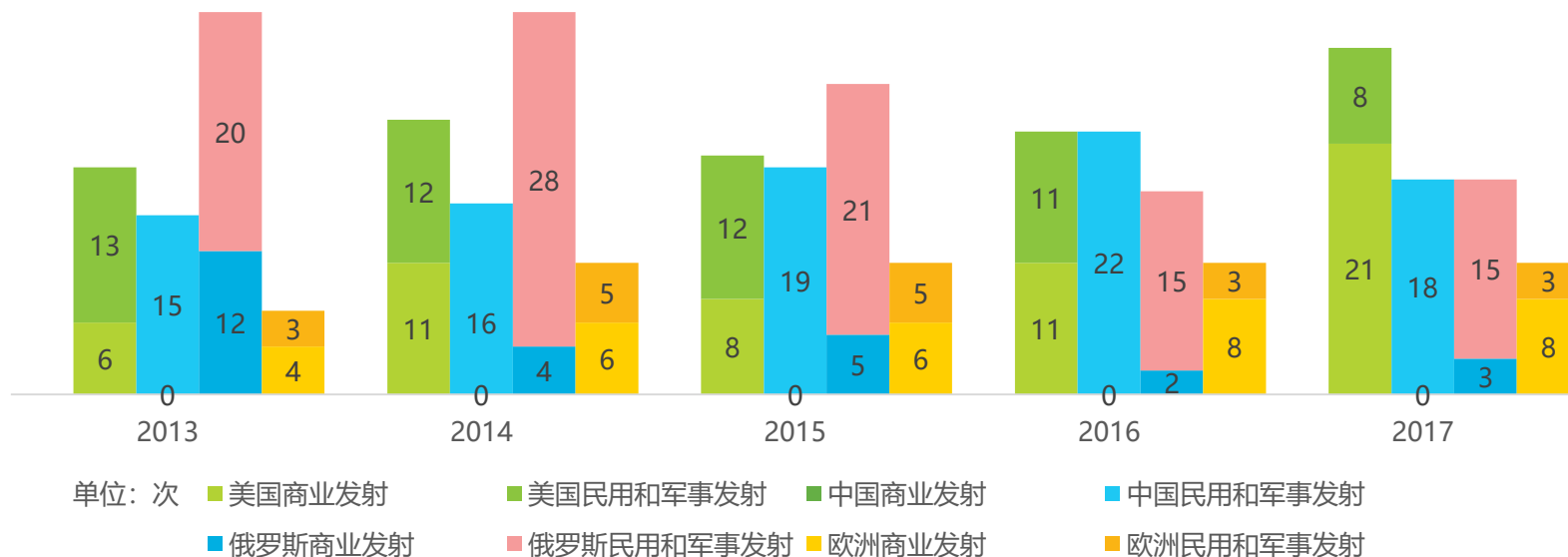
商业发射概述	1
商业发射收入成本分析	2
商业发射订单分析	3
产品与技术	4
保险、人才与资金	5
商业发射发展趋势	6

# 全球商业发射数量

## 美国商业发射数量急剧增长，中国商业发射亟待发展

纵观全球主要国家和地区的航天发射次数，全球商业发射次数稳步上升，其中美国商业发射次显著增多，2017年达到历史最高点（21次），非商业发射次数略有降低；欧洲商业发射次数略有提高，非商业发射次数保持不变；由于美国商业发射的崛起，俄罗斯商业发射次数大幅缩水，非商业发射次数也略微降低；中国军事和民用航天发射数量略微提升，然而截至2017年中国商业发射次数依然为零；全球商业发射发展如火如荼，中国商业发射亟待发展。2018年1月中国长征十一号完成首次“全商业发射”。此次事件标志着中国航天重新回到商业发射市场，增添全球商业发射市场活力。

2013-2017年全球主要国家和地区航天发射次数

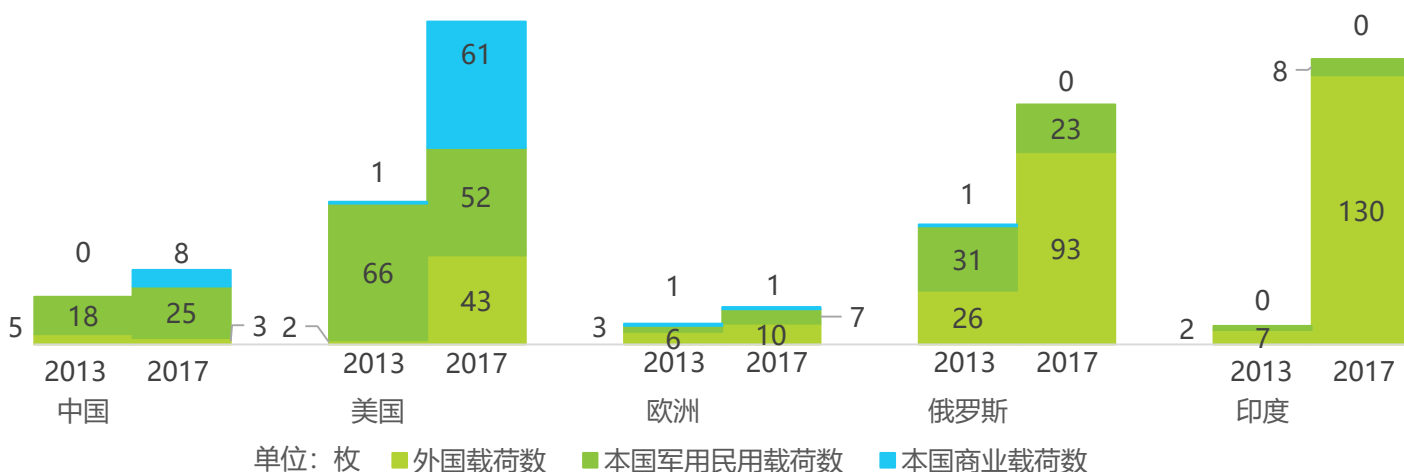


# 全球商业发射订单来源分析

## 美国国内需求旺盛，支撑其商业发射快速发展

2013年全球各国共发射81枚火箭，搭载各类航天器共214枚。美国火箭共发射69枚航天器，领先全球，然而其中95%的航天器都是来自本国内的军用和民用航天器，本国内的商业载荷仅有1枚。俄罗斯发射58枚航天器，其中26枚是国外航天器，这使得俄罗斯成为2013年全球航天发射市场最具有竞争力的国家。2017年全球各国共发射91枚火箭，搭载各类航天器共473枚，平均每次发射5枚航天器，相较2013年的2.64枚增长近90%，主要原因是卫星小型化以及各国一箭多星技术发展。美国商业发射发展迅速，发射的国外载荷数与本国商业载荷数相较2013年均显著增加。值得注意的是，纵观全球航天大国，美国有55颗商业载荷搭载本土的火箭，远多于其他国家，也正是由于国内具有旺盛的发射需求，才能支撑美国商业发射迅猛发展。2017年印度“一箭104星”创造新的世界纪录，俄罗斯“一箭73星”发射大量小型卫星，使得印度与俄罗斯在发射航天器的数量方面与美国接近。

### 2013年及2017年全球主要国家和地区航天发射载荷来源分析



来源：艾瑞咨询研究院根据互联网公开发布资料统计并绘制。

# 中国商业发射供需情况分析

## “搭车”机会不足，“专车”被广泛需求

根据中国运载火箭技术研究院公布的长征系列火箭搭载余量，截至2020年“国家队”火箭仅有7次搭载机会，所搭载次级载荷的轨道受到限制，且其中3次搭载余量低于100kg。

根据艾瑞咨询研究院的不完全统计，目前国内已公布的卫星星座计划发射卫星2505颗，以平均每期发射10颗卫星估算，需要250次商业发射机会，然而“国家队”火箭所能提供的“搭车”机会远远无法满足当前市场需求。未来五年，商业发射机会将会被广泛需求。



中国长征系列火箭搭载余量

序号	发射时间	火箭型号	目标轨道	可搭载余量
			km	kg
1	2018年底	CZ-5	SGTO 200-40000	100
2	2019年初	CZ-11	SSO 528	9
3	2019年初	CZ-11	LEO 500-600	数十千克
4	2019年	CZ-11	LEO 579	80
5	2019年底	CZ-2C	SSO 728	400
6	2019年底	CZ-2C	SSO 533	1000
7	2020年	CZ-8	SSO 517	1000

中国卫星企业公布卫星星座计划TOP10

序号	公司名称	卫星种类	卫星数量	截止时间
1	银河航天	通信星座	650	2022
2	天仪研究院	通信星座	312	2023
3	航天科技集团	通信星座	300	2023
4	长光卫星	遥感卫星	263	2020
5	航天科工空间工程	通信星座	161	2022
6	欧比特	通信卫星	144	2020
7	华讯方舟	遥感立方星	132	2020
8	世域天基	通信卫星	129	-
9	利雅电子	遥感卫星	100	-
10	行云科技	物联网星座	80	-

来源：艾瑞咨询研究院根据互联网公开发布资料统计并绘制。

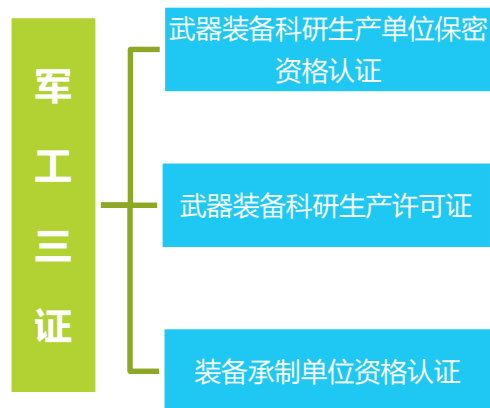
# 保障商业发射订单按时完成的措施

## 深耕国内市场需政府在审批流程及发射工位方面给予支持

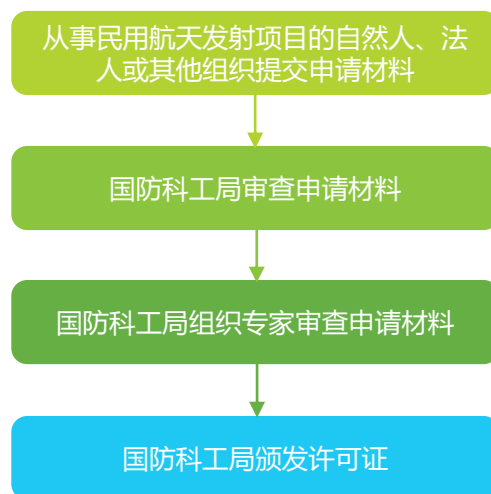
保障商业发射订单按时完成需要依靠高可靠性火箭以及政策支持。研制火箭的相关内容将在下一章节详细讨论，此节主要讨论政策支持。民营火箭公司从事商业发射的基础资质是军工三证，申请审批难度不高。发射许可审批流程复杂，需要同时通过国防科工局以及军委战略支援部队的审批；审批时限久，民用航天发射项目许可证在30个工作日内审批内完结，行政决定后10个工作日内通报各单位，这是限制火箭快速响应的主要因素；发射场审批需要得到军委战略支援部队的允许，此外由于发射工位紧张，各家民营火箭公司每年的发射次数也受到限制。因此保证商业发射订单按时完成需要政府在如下方面支持：

- 发射场及发射项目许可统一审批，适度简化审批流程，缩短审批时间，使火箭发射可以真正达到快速响应。
- 由国家建立商业发射专用的发射场/发射工位，由民营企业租用。这样既保证了军事发射的保密性又满足商业发射快速响应以及大批次发射的需求。

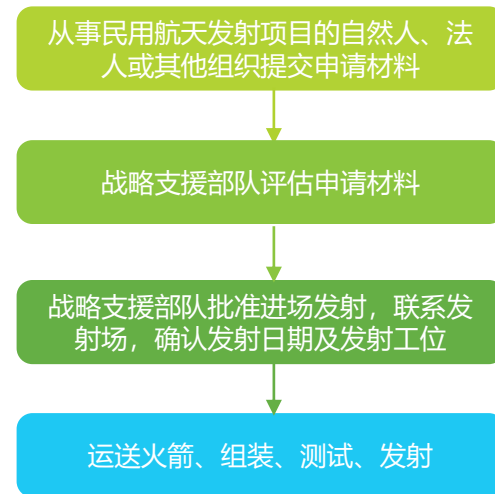
### 从事商业发射的基础资质



### 民用航天发射项目许可证审批流程



### 航天发射场审批及发射流程



来源：国防科工局网站以及专家访谈。



商业发射概述	1
商业发射收入成本分析	2
商业发射订单分析	3
产品与技术	4
保险、人才与资金	5
商业发射发展趋势	6

# 技术路线选择之火箭类型

## 固体火箭快速响应的理论优势由于发射审批限制很难体现

火箭有多种分类方式，按使用能源可以分为化学火箭、核火箭、电火箭以及光子火箭等。化学火箭又分为液体推进剂火箭、固体推进剂火箭和固液混合推进剂火箭。现阶段主流运载火箭是固体火箭和液体火箭。固体火箭相较液体火箭的最大优势在于可以长期储存，快速响应，在军用领域意义重大；然而在商用领域，由于发射审批流程往往长达30天左右，固体火箭快速响应的优势很难体现。

### 固体火箭与液体火箭的特点对比

#### 推进剂

固体火箭推进剂比冲低，极大限制了固体火箭的运载能力和最大速度，是固体火箭最大的缺点。固体推进剂密度大，因此装载推进剂结构相较液体火箭更小，质量更轻，提高火箭质量数，一定程度上抵消了比冲低带来的影响。固体推进剂价格远高于液体推进剂，导致成本高。

#### 工作时间

固体火箭推进剂是以药柱形式装载于发动机燃烧室中，因其尺寸限制和燃速限制了发动机工作时间不能太长；另外固体发动机利用烧蚀冷却对喷管进行冷却，效果不如液体发动机使用的再生冷却。

#### 可控性

固体火箭发动机一经点燃，就按照预定的推力方案工作，直至燃烧结束，很难实时调节推力大小，可控性远低于液体火箭。

#### 发射周期

固体火箭可以长时间储存，发射周期最少可达24小时，使用维护方便，可快速响应。液体火箭发射前需要测试，加注推进剂，延长了发射周期，加注完成后，无法长期储存。

#### 结构

固体火箭不需要液体火箭所必需的推进剂贮箱以及推进剂调节输送系统。因此固体火箭结构简单，可靠性高，制造成本低。

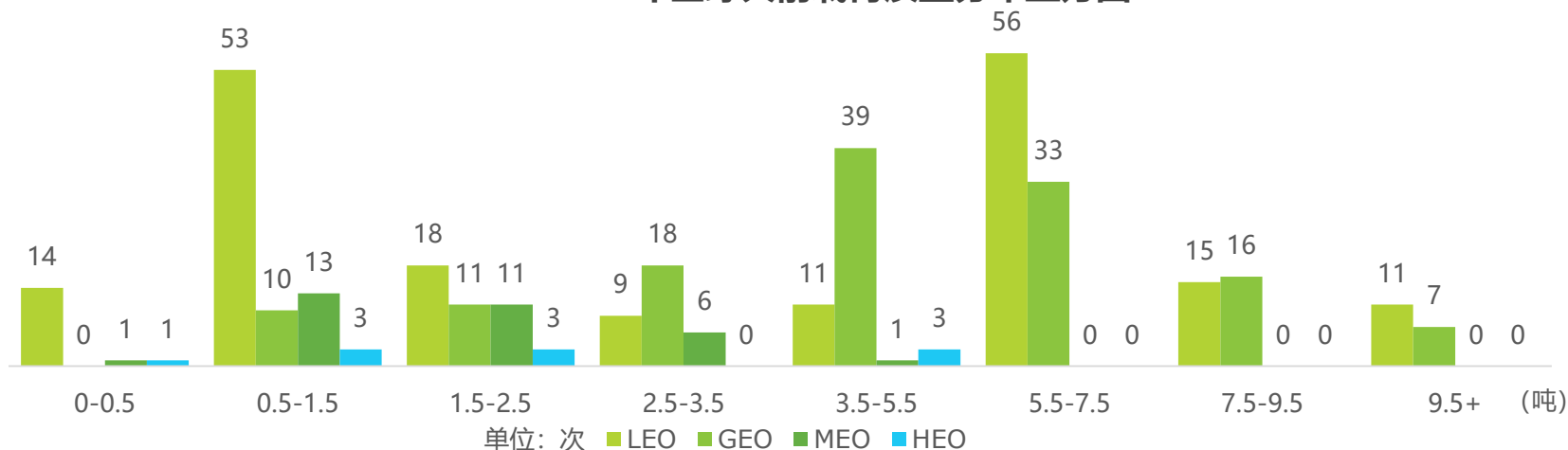
# 技术路线选择之火箭运载能力

## LEO运载能力低于500kg的火箭无法满足航天市场主要需求

综合统计2013-2017年发射情况，并将其按照目标轨道进行分类，获得火箭载荷质量分布直方图。可以发现LEO与GEO轨道为火箭发射的主要目标轨道，占比分别达到53.88%和34.25%。对于LEO轨道发射，0.5-1.5吨与5.5-7.5吨这两个质量区间涵盖了最多发射频次；对于GEO轨道，3.5-7.5吨涵盖最多发射频次；MEO与HEO发射次数较少，在轨道资源紧缺的情况下，未来以MEO与HEO为目标轨道的发射次数将会大幅提高。

目前全球各国的初创火箭公司纷纷研制LEO运载能力在500kg以下的火箭，然而根据上述分析，LEO运载能力500kg的火箭仅能满足市场上非常少量的需求，这也使得未来小火箭市场竞争过于激烈。初创火箭公司小火箭的目标客户主要是卫星运营商的微小卫星。近年来卫星向小型化发展的同时，卫星发射数量显著增加。为了尽快完成星座组网，卫星方往往单次发射5-10颗小卫星；对于微纳卫星，单次发射数量最多达到88颗；使得小火箭无法满足小卫星公司的组网需求，仅能满足卫星星座先期发射单颗技术验证卫星的需求以及星座出现问题时，补发单颗卫星的需求。

2013-2017年全球火箭载荷质量分布直方图



注释：近五年日心轨道发射次数少没有统计在内；未公布载荷总质量的没有统计在内；统计样本比例达到82.9%；LEO低轨道，GEO地球同步轨道，MEO中轨道，HEO高轨道。  
来源：Space Launch Report，艾瑞咨询研究院自行统计及绘制。

# 技术路线选择之推进剂类型

## 液氧甲烷成为绝大多数民营火箭公司的选择

综合比较几类常用的推进剂组合，国内的公司纷纷选择液氧甲烷作为在研液体火箭的推进剂，理由如下：1. 四氧化二氮/偏二甲肼虽可在常温下存储，但比冲低、价格高且具有挥发性和毒性。2. 液氧/煤油由于结焦及积碳严重，限制了发动机燃气发生器的最高温度，进而限制了效率。3. 液氧/液氢理论比冲最高，但是液氢价格极高，经济性差；液氢密度极低，导致发动机需要过大的贮箱储存液氢，增加结构质量降低质量数；同时液氢储存温度过低（-253℃）增加发动机设计难度。4. 液氧/甲烷比冲仅次于液氢/液氧，不易积碳；部分产地的液化天然气甲烷含量达到99%，可以直接使用，来源广泛，价格低廉；液氧/甲烷储存温度与空间环境温度相近，适合空间环境长时间保存；储存液氧和甲烷的贮箱体积相近，符合通用化设计标准，可进一步降低成本。

常用火箭推进剂组合理论性能

序号	推进剂组合	理论比冲	密度	混合比	价格	积碳	毒害	储存温度
		m/s	g/cm <sup>3</sup>		元/吨			℃
1	四氧化二氮	3169	1.45	2.24	17500	较少	是	常温
	偏二甲肼		0.785		82000			常温
2	液氧	3367	1.14	2.74	700-1100	明显	否	-183
	煤油		0.81		7400			常温
3	液氧	4364	1.14	6	700-1100	无	否	-183
	液氢		0.07077		353000			-253
4	液氧	3481	1.14	3.1	700-1100	少	否	-183
	甲烷		0.424		4772			-162

注释：液态甲烷价格取自国内2018年上半年液态天然气平均价格。  
来源：重型火箭下面级发动机基本参数分析，航空航天港，卓创资讯。

# 技术路线选择之动力循环方式

## 研发相对简单、研制成本低是国内民营火箭选择燃气发生器循环作为动力循环方式的原因

燃气发生器循环的优点在于涡轮泵功率小、发动机质量轻、发动机成本低，然而比冲低、燃烧稳定性差；富氧补燃循环与富燃补燃循环具有比冲高、结构尺寸小的优点，主要缺点是系统压力更高；另外由于富氧补燃循环产生的高温燃气中氧气含量富余，容易侵蚀发动机壁面，对材料要求更高；全流量补燃循环主要优点是比冲高、结构尺寸小、燃气温度低、涡轮泵密封要求低，主要缺点是系统压力高、系统复杂、结构质量大。

燃气发生器循环比冲低于补燃循环接近10%，使得运载能力低于补燃循环20%左右；四种动力循环方式研制难度从低到高排序：燃气发生器循环、富燃补燃循环、富氧补燃循环、全流量补燃循环；除SpaceX的梅林发动机外，2000年以来各国提出的发动机方案大多为补燃循环。国内民营公司为了尽快完成产品研制，快速抢占市场，纷纷采用燃气发生器循环方式。

四种循环方式液氧甲烷发动机的性能参数与比较

动力循环方式	海平面推力	真空推力	海平面比冲	真空比冲	混合比	燃烧室压力	涡轮功率	燃气发生器温度
	kN	kN	m/s	m/s		MPa	MW	K
燃气发生器循环	1000	1141	2780	3171	2.9	10	18.1	998
富氧补燃循环	1000	1113	3054	3399	3.2	20	44.2	732
富燃补燃循环	1000	1113	3054	3399	3.2	20	37.7	1005
全流量补燃循环	1000	1112	3068	3413	3.2	20	25.9/23.8	512/896

注释：全流量补燃氧化剂涡轮功率25.9MW，燃料涡轮功率23.9MW；富氧燃气发生器温度为512K，富燃燃气发生器温度为896K。  
来源：我国可重复使用液体火箭发动机发展的思考。

# 技术路线选择之火箭回收方式

## 现有技术条件下，固体火箭伞降回收，液体火箭垂直返回

伞降回收在技术难度，总体设计影响，运载能力损失，发动机技术要求方面都具有优势，然而回收难度大，搜索时间长。液体火箭内部构造精密，采用伞降海上回收，海水灌入发动机会产生极大维修费用；伞降陆地回收箭体落地冲击可能造成肉眼难以可见的损伤，降低箭体可靠性。带翼飞回全球尚无成功案例可供参考，不适合民营火箭公司单独开发。

### 三种火箭回收方式的特点对比

	回收技术难度	对总体设计影响	运载能力损失	发动机技术要求	回收过程复杂性	
伞降回收		主要难度在于降落伞和着陆缓冲装置的设计上，中国具有相关基础，技术难度较小。	运载火箭子级只需要提供降落伞系统、缓冲气囊的安装布局空间，对总体设计影响小。	由于增设的降落伞和气囊系统，以及一子级的落区的要求，造成不超过10%的运载能力损失。	发动机无需再次启动，只是发动机在再入与着陆过程需要具有一定的抗过载和冲击的能力，需要对发动机做适应性加强设计。	降落伞控制精度较低，其落区范围较大，即使采用了落点精度较好的翼伞回收，其落区范围依然较大，需要开展一定的子级降落后的搜索工作。
垂直返回		涉及到多种关键技术，例如高精度控制，对于中国当前基础来说，尚待攻关。	火箭尾部添加着陆支撑机构；同时还需要增加用于返回过程的控制系统和气动舵设计，贮箱内部增加推进剂管理系统。	贮箱中需要保留部分推进剂，将造成火箭运载能力损失；对于返回原场，运力损失超过50%；对于海上回收，其损失也接近30%。	发动机在返回过程中需重启2-3次，由于过载和着陆精度等约束还需主发动机具备大范围推力调节的能力。	可实现着陆地点的精确控制，能够很好地控制子级回收落点位置，无需开展子级降落后的搜索。
带翼飞回		复杂气动外形总体优化设计、高速再入过程控制技术、热防护系统设计以及二次动力系统设计是主要难点。	助推器整体构型发生较大变化，改进设计需要综合翼面、舵面和着陆缓冲系统等，对火箭的设计、试验和加工制造体系都带来较大的影响。	结构上的变动带来重量增加，造成运力损失。返回原场需要进行横向减速，运力损失较不返回更大。无论返回与否，运力损失均在30%以上。	带翼飞回类似飞机滑翔降落于预定着陆场，原场返回一般需重启发动机一次，也需要一定的推力调节能力，但不需要大范围推力调节。	可实现着陆地点的精确控制，能够很好地控制子级回收落点位置，无需开展子级降落后的搜索。

来源：重复使用运载火箭技术与展望，“猎鹰9”运载火箭海上平台成功回收的分析及启示。



# 垂直返回可重复运载技术介绍

## 发展垂直返回可重复运载技术需从发动机、GNC技术、监测维修以及结构布局同时开展研究

### 发展垂直返回可重复运载技术需要开展的研究

#### ● 多次启动技术

对于非自燃推进剂，推力室和燃气发生器均需要点火，发动机需要构建新的再次点火系统，开展热泵启动、关机后和再次启动前的处理技术研究。

#### ● 大范围推力调节技术

研制高精度大范围调节器，在各种工况下开展关键组件特性试验，关键组件应适应宽范围工作，需要确定调节方案，进行大范围推力调节过程的非线性动态仿真研究，研制高精度大范围调节器，研究推力室和涡轮泵等核心组件的适应性。

发动机

GNC技术

#### ● 高精度导航技术

对于修航段、调姿段和高空滑行段，可引入天文导航；动力减速段，需要考虑环境扰动；大气减速段中前期，可结合视觉辅助等相对导航手段；大气减速段后期和垂直着陆段，可引入激光雷达、卫星导航地面差分站等。

#### ● 高精度制导技术

自适应动态面标称轨迹跟踪方法应用于动力减段；大气减速段利用终端角度约束制导方法；计算技术和优化理论/算法的发展，使基于在线轨迹优化的最优制导用于垂直软着陆成为可能。

#### ● 一级箭体顶部安装栅格翼

猎鹰9在一级箭体顶部安装四片可摆动的气动栅格翼，在一级箭体回收过程中，用于改善升力特性，并稳定箭体姿态。猎鹰9号Block 5型尝试将原有的铝合金加防热涂层的栅格翼改为防热效果更好的无涂层钛合金栅格翼，以便于栅格翼复用。

#### ● 高可靠性着陆支撑技术

目前吸气式着陆系统可靠性不够，着陆支架式系统被广泛使用。工作时通过着陆腿内部缓冲器的压缩变形吸收冲击能量，着陆后不反弹，具有着陆姿态稳定、可靠性高的优点。

结构布局

监测维修

#### ● 健康管理技术

健康管理技术选用先进传感器，采集运载器的状态信息，通过数据信息的处理，选择合适方法对其状态进行故障诊断和预测，并对其状态进行健康评估，在运载器发生严重故障时采取降低工况、关机甚至返场等措施，提高飞行任务的安全性。

#### ● 快速评估检测与维修维护技术

目前产品状态和剩余寿命评估评价标准尚未形成；维修过程中需要优化维修维护流程，简化处理操作，缩短处理周期，减少人为差错，提高再次发射的效率。

来源：我国可重复使用液体火箭发动机发展的思考，法尔肯9可重复使用火箭发展综述，垂直起降可重复使用运载器发展现状与关键技术分析。

# SpaceX可重复运载技术发展历程

## 大量试验以及多次回收失败铸就SpaceX可重复运载技术

Space X发展可重复运载技术共经历了四个阶段。发展可重复运载技术，验证机起到了关键的作用，验证机的发动机数量逐渐提高，试验高度以及飞行速度逐渐提高。SpaceX通过降低发射费用，降低运载能力使客户接受发射任务中进行回收试验。回收失败原因主要包括：旋转离心力使得燃料无法进入燃料管，着陆支架无法打开/锁定，栅格翼液压不足，节流阀响应慢于预期。中国发展可重复回收技术可从中借鉴经验。当SpaceX回收技术成熟后，限制发射回收的条件主要是海面的环境以及载荷重量，这也是垂直返回的限制。

### SpaceX 可重复运载技术发展历程



来源：法尔肯9可重复使用火箭发展综述，“猎鹰9”运载火箭海上平台成功回收的分析及启示。



# 快速推出产品的方法

## 有效的顶层设计、合适的组织架构、政策的充分利用助力企业快速完成火箭研制

根据埃里克·莱斯所著的《精益创业》，初创企业应该集中资源与精力快速完成核心产品的研制并打入市场，获得用户反馈并修改，完成产品迭代进而高速增长。**发射成功率**对于航天企业尤为重要，因此将精益创业的思想应用于初创火箭公司时，核心在于**快速完成高质量基础型号火箭研制**，打入市场获得盈利并完成新一轮融资，**进而研究低成本（火箭复用），快速响应的改进型号**。企业快速完成火箭研制需从顶层设计、组织架构以及政策利用三个方面下功夫，其中顶层设计尤为重要。

### 民营火箭公司快速完成火箭研制的方法

#### 有效的顶层设计

- 根据企业现有的研究能力选择合适技术路线，包括火箭类型、运载能力、推进剂类型、发动机动力循环方式等，以确保火箭质量可靠并获得市场认可。
- 在资源有限的情况下，投入最少的钱和精力研制质量可靠的火箭，将火箭回收以及提高发动机性能等高难度技术放到新型号研制中。
- 在研制火箭的过程中采取通用化设计，可以缩短新型号火箭研制周期。

#### 合适的组织架构

- 企业应采取合适的组织架构，明确公司组织关系与职责。提高管理沟通的效率，降低公司的下行沟通、上行沟通以及横向沟通的成本。
- 健全完备高效的沟通网络。SpaceX的火箭推进、材料、结构、系统集成的分系统工程师们都集中在一个超大的办公室里，遇到问题随时面对面沟通，保证了沟通的便捷高效。

#### 政策的充分利用

- 民营航天未来将成为中国航天事业中不可或缺的力量，民营航天如可参与国家项目，以其对市场需求的敏感性以及低试错成本将大幅加快中国航天事业的发展。
- 企业应积极参与政府项目，通过项目合作，企业争取获得目前国家掌握的成熟的航天技术，进而加快产品的推出。

商业发射概述	1
商业发射收入成本分析	2
商业发射订单分析	3
产品与技术	4
保险、人才与资金	5
商业发射发展趋势	6

## 首台(套) 保险未来或可为民营火箭公司新型号火箭保驾护航

航天保险分为发射前保险、发射保险、在轨保险以及第三者责任险。对于成功率高的火箭，发射保险费率最低仅2%；对于新型号火箭，保险公司不愿承保，即使承保发射保险费率高达10%以上；一年期在轨保险费率4 %o以上（对于风险较高的项目甚至达到1%）；第三者责任险保险费率1‰-1 %o；由于投保客户的需求不同，发射前保险费率相差很大。对于民营火箭公司，由于制造过程中部分零部件配套商不是军工配套单位，缺少受保险公司认可的质量保证，费率会更高。重大装备（首台套）保险是专门针对首台（套）重大技术装备提供的定制化创新型综合保险产品，为了增强用户使用国产首台套装备的信心，由中央财政对企业投保给予80%的保费补贴。目前首台套保险尚未应用在航天保险中，主要原因是工信部出台的《首台（套）重大技术装备推广应用指导目录（2017版）》尚未收录航天产品，个别省份虽然已增添入名录，然而申报通过率低。保险公司在为民营企业首架火箭承保时，费率很高，如可有效利用首台套政策，保险成本将大幅降低。

### 航天保险分类



来源：我国航天保险发展研究、专家访谈。

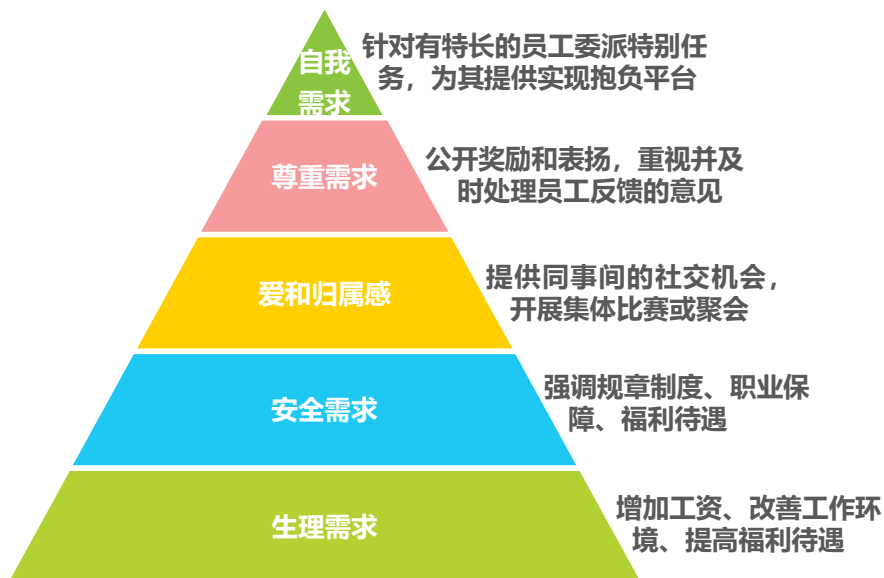
## 保障中高层人才的稳定性对航天企业至关重要

民营火箭公司的技术人员绝大多数来自国企，技术人员的数量及能力很大程度决定公司未来发展。根据北京大学经济研究中心发表的《中国企业领袖调查》：54%的国企的高管认为自己在两年之内会离开公司。国企由于决策效率低下、体制僵化保守、束缚自身发展而难以挽留人才；相反，民企成为高收入高挑战、体制机制优化、成就创业梦想的理想去处。航天领域由于其高技术的特点，人才尤其是中高层人才的稳定性无论对国企或是民企都很重要。对于应届或工作年限短的员工应重点满足其生理需求、安全需求以及爱和归属感需求；低层次需求无法有效激励中高层员工，因此需要使企业愿景与员工个人抱负相契合，为员工提供实现抱负的平台。此外合理的晋升渠道，组织架构的合理性，以及公司选择的技术路线也都是员工是否留在或选择某家航天企业的原因。

### 民企、国企人力资源管理模式特征

	民企	国企
管理模式	成本控制型	行政控制型
组织机制	直线职能型	行政官僚的直线职能型
招聘	员工的技能和经验	员工的学历和资历
培训	当前使用和有限的知识和技能	思想教育和技能培训
绩效评估	结果导向，重视个人绩效	行为导向，重视团队绩效
薪酬	外部公平，以个人绩效和技能为基础	内部公平，以团队绩效和个人资历为基础
晋升	人际关系、个人业绩	人际关系、工作表现、团队业绩
工作保障	低保障	高保障

### 马斯洛需求层次理论及应用



来源：艾瑞咨询研究院根据互联网公开发布资料统计并绘制。

# 商业发射企业融资情况

## 初创火箭公司需要大量资金持续注入以支撑火箭研制

航天发展需要资金和技术双驱动。火箭研制需要持续投入大量资金。SpaceX成立至今共完成12轮融资，累计融资19.2亿美元。即使目前SpaceX拥有全球最为成熟的商业运载火箭，已获取大量的商业订单，依然需要大规模融资，才能支撑其火星移民愿景。如今我国从宏观政策方面鼓励商业航天发展，近年来商业航天领域备受资本青睐。2018年上半年民营火箭公司接连完成大额融资，其中不仅因为国外商业航天发展的刺激，更是因为2017年底航天科工火箭技术有限公司A轮融资12亿使得诸多投资机构认识到目前处于价值洼地的商业航天。然而现有融资水平尚不能支撑各家公司完成整个系列火箭的研制，未来仍需要资本的持续注入，且由于航天产品研发周期长，投资方应对初创火箭公司抱有耐心。民营火箭公司需要及时曝光当前研究进度以及未来公司的计划，以展示研发能力，进而增强投资方的信心。

### 中美商业发射公司融资情况

序号	代表公司	国家	主要产品	融资情况
1	SpaceX	美国	猎鹰 9、重型猎鹰、龙飞船	截至2018年4月，SpaceX累计获得19.2亿美元融资
2	Vector-Launch	美国	Vector系列火箭	截至2018年4月，Vector Launch累计获得1180万美元融资
3	航天科工火箭技术有限公司	中国	快舟系列运载火箭	2017年12月航天科工火箭技术有限公司完成12亿元A轮融资
4	中国长征火箭有限公司	中国	长征系列运载火箭	-
5	零壹空间	中国	OS-M系列运载火箭	截至2018年8月，零壹空间获得8亿元人民币融资
6	蓝箭航天	中国	朱雀系列运载火箭	截至2018年4月，蓝箭航天获得5亿元人民币融资
7	星际荣耀	中国	双曲线系列运载火箭	截至2018年7月，星际荣耀获得6亿元人民币融资

来源：Crunchbase，各公司官网。

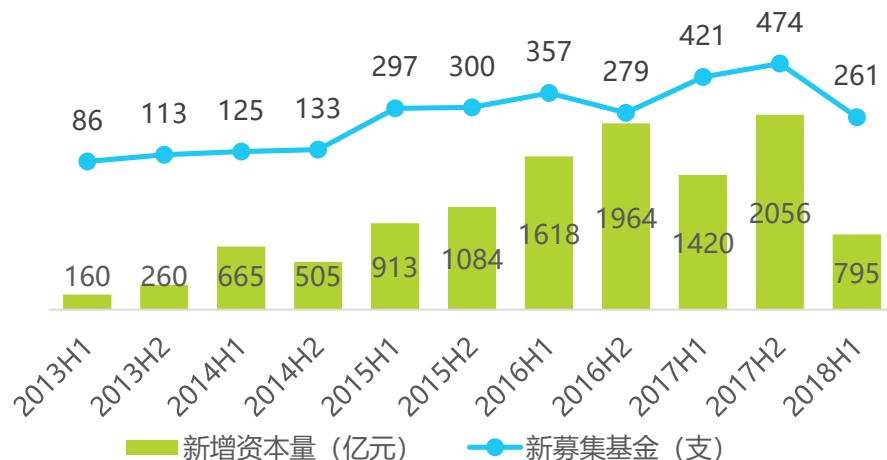
商业发射概述	1
商业发射收入成本分析	2
商业发射订单分析	3
产品与技术	4
保险、人才与资金	5
商业发射发展趋势	6

## 商业发射发展最大的不确定因素是资本环境和政策态度

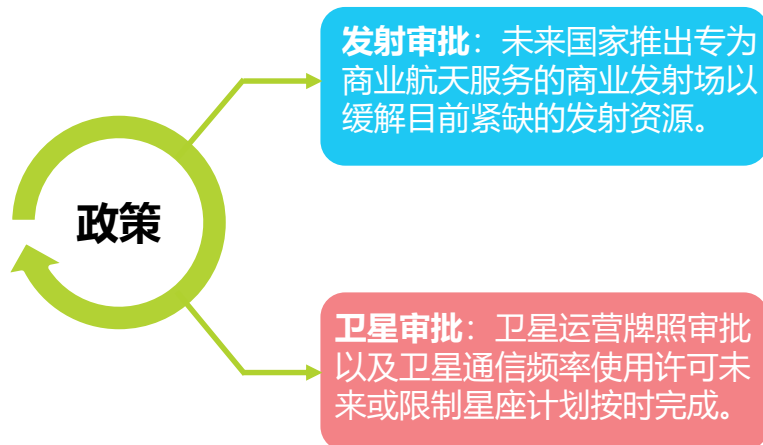
2018年“资本寒冬”再现。中外创投机构共新募集261支可投资于中国大陆的基金，其中披露募集金额的基金总额达到794.67亿元，同比下降44.1%。主要原因是我国正处于经济结构转型阶段，严监管、去杠杆。国内诸如区块链，无人零售店，共享概念等风口都没有长期持续。在贸易战、国内经济下行、资本寒冬这些大背景下，按照技术成熟度曲线发展规律，商业发射这一风口预计难以长久持续（研发周期长且投入高）。届时民营企业的研制进度将直接影响公司融资能力，进而决定公司是否能够“活下去”。

中国商业航天发展离不开政策的支持，目前国家仅在军民融合方面做出指导性政策，然而诸如发射审批以及卫星审批方面需要具体的政策支持。目前发射许可审批与发射场审批分开，使得火箭发射很难实现快速响应；同时发射场资源紧缺，或限制卫星公司按时完成星座布置。另外卫星运营牌照审批以及卫星通信频率审批不及预期（审批不通过或审批时间过长）将成为行业发展风险。

### 2013-2018年中国创业投资机构基金募集情况



### 决定商业航天发展的主要政策因素





## 商业发射行业集中度提高，物联网星座优先完成部署

商业发射属于需求驱动行业。整个行业的发展完全由发射服务需求方的发展程度决定，唯有卫星运营商能够提供大量稳定的订单，商业发射才能取得良性发展。通信星座中，针对卫星公众网的限制很难开放；物联网星座被归为专网，虽然审批流程复杂，但是渠道通畅。

### 商业发射全产业链发展趋势

目前国内发射服务提供方的火箭仍在设计和试验阶段，未进入到量产阶段。基于目前现状，军工配套商很难单独为民营火箭公司服务。“小作坊”式供应商生产目前没有独立质量体系保证。这类小供应商本身具有价格优势，未来一旦拥有自己的质量体系，将会受火箭制造商青睐。未来4-5年将会出现专门为民营服务的配套商。

作为商业发射的客户，发射服务需求方（主要是卫星运营商）发展程度直接决定这一行业未来的发展程度。现阶段国内处于技术验证阶段，商业模式和盈利模式的探索阶段以及卫星用户开发阶段。未来三年会集中发射大量微小卫星，组成卫星星座。考虑到发射审批与卫星审批的限制，预计航天科工与航天科技集团会优先完成星座部署。

#### 零组件供应商

#### 火箭制造商 发射服务提供方

#### 发射服务需求方

##### • 竞争格局

民营火箭公司通过人才转移传承消化国企技术，正研发生产基本型产品，尚未到达输出研究能力的阶段。现阶段民营火箭公司与国家队主要比拼运营能力。在后续商业火箭的可回收利用以及快速响应等方面与国企比拼研发能力。

##### • 行业集中度

先发优势在商业发射领域中尤为重要，对于优先进入赛道的公司更容易获得融资，更容易争取到优秀人才并优先获得技术积累、能力积累以及设备积累。此外，正如前文所分析的，商业航天风口一旦过去，赛道中的玩家尚未获得盈利能力，同时很难融资，届时大多数从事商业发射公司将难以为继，行业集中度将大幅度提高。



## 公司战略规划需要提前布局

根据SpaceX募资说明书显示，SpaceX2017年的销售收入18.54亿美元，然而在2018年4月的I轮融资中，SpaceX估值高达280亿美元。如此高估值原因与重型猎鹰发射成功、BRF计划、“星链”计划以及火箭移民的愿景密不可分。民营火箭公司若要提高公司估值，公司战略规划需要提前布局。

### 概况介绍

### 发展优势

### 发展难点

#### 天地往返系统



空天飞机是一种组合动力单级入轨飞行器，可有效降低空天之间的运输费用并提高运输效率。

组合动力，减少携带氧化剂重量；完全可重复使用，只需要添加推进剂；水平起降，对场地要求低维修易。

研发难度大，目前世界范围内尚未成功研制；航天与航天深度结合，需要拓展研究团队。

#### 深空探索



目前重型火箭是人类进行深空探索的唯一工具。美国土星5号确保美国登月计划的成功。

民营火箭公司可以基于现有技术进行深耕，并且可以参考国内外成熟火箭型号研制历程。

高压补燃燃烧的大推力发动机研制难度高。商业前景不明朗，难以找到除政府外的客户。

#### 卫星运营



SpaceX提出Starlink计划，预计将发射1.2万颗卫星，为全球用户提供高速互联网接入服务。

火箭公司开展卫星研制运营，发射成本方面会有较大优势，另外国内卫星公司融资情况不如火箭公司。

发射审批与卫星审批存在限制，可待国内卫星公司打通商业模式后发展。

#### 武器研制

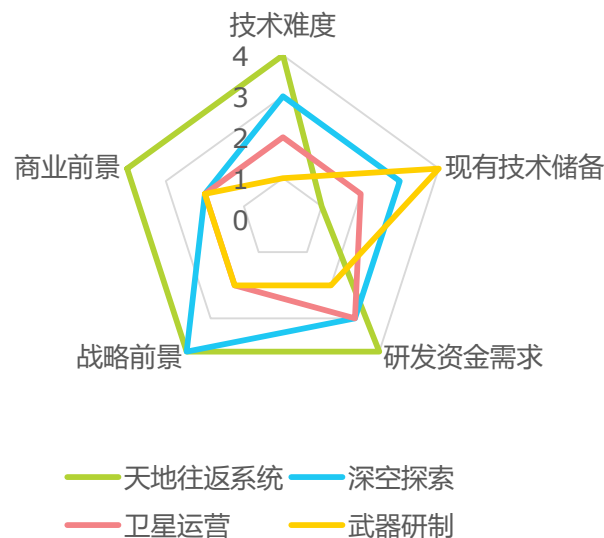


导弹技术与固体火箭技术相通，苏联已将洲际导弹改造为火箭。民营火箭公司亦可利用火箭技术研制导弹。

技术难度小，对研发资金需求少；有一定市场需求。美国成立太空军，或影响中国政府采购采购力度。

虽有军民融合政策指导，但民营火箭公司需要评估生产的导弹是否可能被军方采购。

### 战略决策考量维度对比



# 关于艾瑞



在艾瑞 我们相信数据的力量，专注驱动大数据洞察为企业赋能。

在艾瑞 我们提供专业的数据、信息和咨询服务，让您更容易、更快捷的洞察市场、预见未来。

在艾瑞 我们重视人才培养，Keep Learning，坚信只有专业的团队，才能更好的为您服务。

在艾瑞 我们专注创新和变革，打破行业边界，探索更多可能。

在艾瑞 我们秉承汇聚智慧、成就价值理念为您赋能。

● 我们是艾瑞，我们致敬匠心 始终坚信“工匠精神，持之以恒”，致力于成为您专属的商业决策智囊。



扫描二维码  
读懂全行业

海量的数据 专业的报告



400-026-2099



ask@iresearch.com.cn

# 鸣谢

感谢以下单位（排名不分先后）在本报告制作过程中给予的支持



# 法律声明

## 版权声明

本报告为艾瑞咨询制作，报告中所有的文字、图片、表格均受有关商标和著作权的法律保护，部分文字和数据采集于公开信息，所有权为原著者所有。没有经过本公司书面许可，任何组织和个人不得以任何形式复制或传递。任何未经授权使用本报告的相关商业行为都将违反《中华人民共和国著作权法》和其他法律法规以及有关国际公约的规定。

## 免责条款

本报告中行业数据及相关市场预测主要为公司研究员采用桌面研究、行业访谈、市场调查及其他研究方法，并且结合艾瑞监测产品数据，通过艾瑞统计预测模型估算获得；企业数据主要为访谈获得，仅供参考。本报告中发布的调研数据采用样本调研方法，其数据结果受到样本的影响。由于调研方法及样本的限制，调查资料收集范围的限制，该数据仅代表调研时间和人群的基本状况，仅服务于当前的调研目的，为市场和客户提供基本参考。受研究方法和数据获取资源的限制，本报告只提供给用户作为市场参考资料，本公司对该报告的数据和观点不承担法律责任。

# 为商业决策赋能

EMPOWER BUSINESS DECISIONS



艾 瑞 咨 询