

# 月中霜里斗婵娟

中国商业航天发展报告

2021年

作为新技术的驱动者和催化剂，太空项目开展了多项基础科学的研究，它的地位注定不同于其他活动。从某种意义上来说，以太空项目的对社会的影响，其地位相当于3-4千年前的战争活动。

如果国家之间不再比拼轰炸机和远程导弹，取而代之比拼月球飞船的性能，那将避免多少战乱之苦！聪慧的胜利者将满怀希望，失败者也不用饱尝痛苦，不再埋下仇恨的种子，不再带来复仇的战争。

尽管我们开展的太空项目研究的东西离地球很遥远，已经将人类的视野延伸至月亮、至太阳、至星球、直至那遥远的星辰，但天文学家对地球的关注，超过以上所有天外之物。太空项目带来的不仅有那些新技术所提供的生活品质的提升，随着对宇宙研究的深入，我们对地球，对生命，对人类自身的感激之情也将越深。太空探索让地球更美好。

——恩斯特·施图林格 博士

月中霜：崛起中的中国航天	1
雁无蝉：火箭产业链研究	2
水接天：卫星产业链研究	3
俱耐冷：优秀航天企业分析	4
斗婵娟：未来航天新趋势	5

# 发射频率逐步提高

## 全球加快航天发射步伐，2021年将创全球发射记录

2018年是中国航天大放异彩的一年，全年发射39次。北斗建设提速，电磁监测试验卫星等国家项目上马，并且2018年中国商业航天公司在沉寂多年后开始崭露头角等要素，都为中国航天崛起提供了实质性的支撑。而这种进步也使得全球火箭每年发射次数突破100大关，并且基本能够维持在每年100箭的水平。根据目前市场公开的消息，单就中美俄三国在2021年规划发射的火箭就高达135枚，如果疫情能够得到控制，使计划顺利实施，那么2021年将创下人类火箭发射记录。在2018年中国航天明显提速后，2019年12月27日，具有决定性影响的长征五号火箭复飞成功，这代表中国在空间技术领域有了实质性的突破。运载能力的提高，很快会对深空探测，太空资源应用，自然科学等领域产生促进，这也将对固有的欧美排我性航天联盟形成冲击。恰逢科技成为全球竞争新格局的焦点，所以美国很快对航天领域展开进一步部署，太空军的成立，重返月球计划等都力求在航天领域对中国保持绝对优势。整体来看，未来依然充满艰险。

### 2013-2021年全球火箭发射次数



### 2013-2021年全球不同国家火箭发射次数



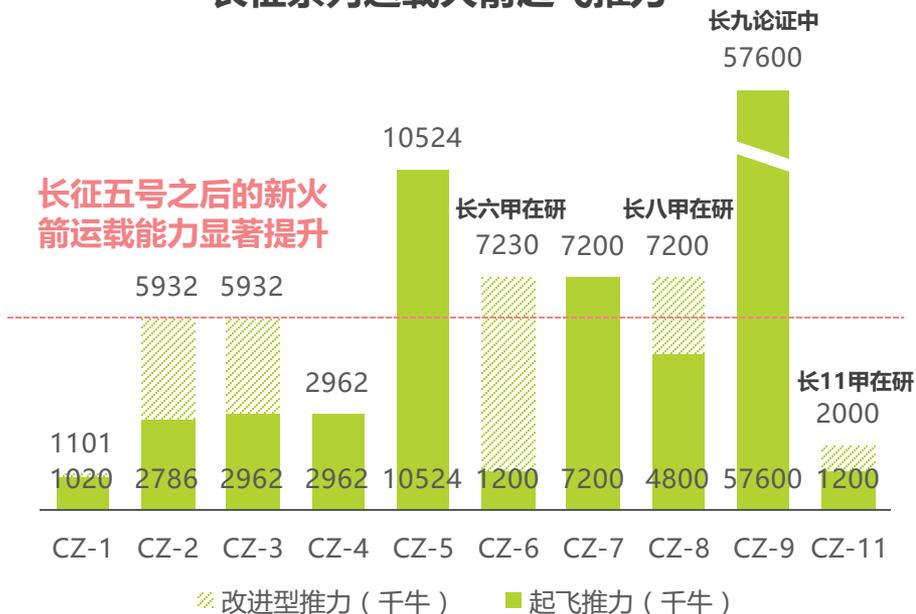
来源：中国航天局，美国航天局，俄罗斯航天局，欧空局，及公开市场资料。

# 运载能力逐渐增强

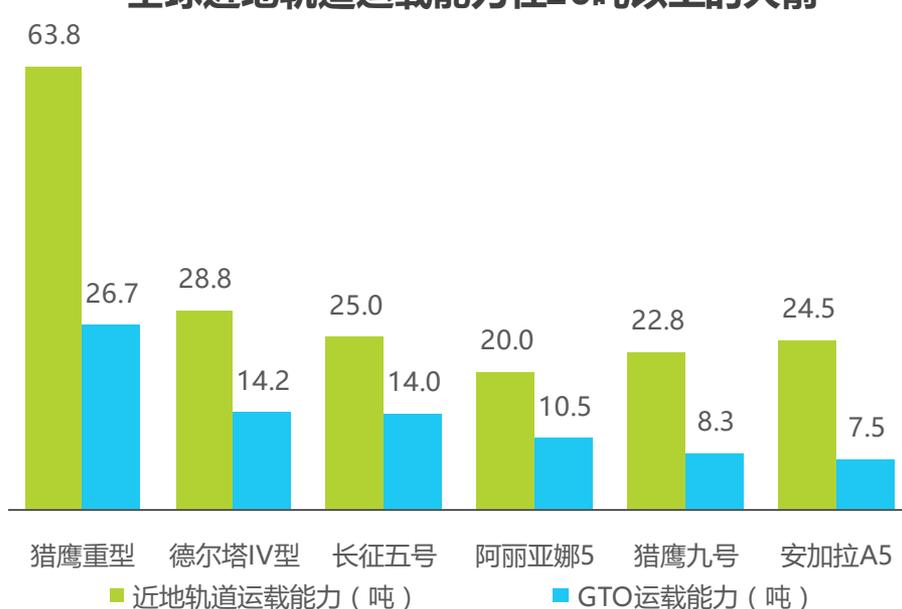
## 推力有多大，运载能力有多强，空间舞台就有多大

目前，火箭推力与运载能力决定人类可以携带多少设备和资源进入太空，所以在发射频率提高之外，火箭能力的提升也是全球航天发力的关键要素。中国长征五号之后的“新火箭”，在起飞推力方面和过去有明显的提升，这也是中国航天产业未来想象空间的先决条件。中国的天宫空间站核心舱重量22吨，所以从全球现役火箭运载能力上看，能够负担近地轨道20吨以上重量这种任务的火箭只有六型。而这六型火箭在执行地球同步轨道以及更艰巨的深空探测任务时，可负担的载荷重量也非常有限，所以从全球视角来看，人类飞出地球摇篮的能力依然较弱。值得安慰的是，中国长征五号的运载能力已经达到国际顶尖水平，这也使我们在太空探索领域有了新的话语权。

### 长征系列运载火箭起飞推力



### 全球近地轨道运载能力在20吨以上的火箭



来源：中国航天局，美国航天局，俄罗斯航天局，欧空局，公开市场资料，专家访谈。

# 战略重心逐渐转移

## 从空间往返，到空间驻留

1971年，前苏联发射了世界第一座空间站礼炮一号，在轨运行近半年后，礼炮一号空间站结束任务。辗转来到1986年，和平号空间站核心舱发射升空，由此开启了人类长时间驻留空间的历史。和平号空间站运行的15年间，共有31艘载人飞船、62艘货运飞船与其对接，28个长期考察组和16个短期考察组先后访问过和平号空间站，共进行了16500次科学试验，完成了23项国际科学考察计划。直到2001年和平号空间站坠落于南太平洋预定海域。1998年，至今还在运行的国际空间站曙光号功能仓发射升空，后续国际空间站的建成，延续了人类驻留太空继续完成科学实验的使命。预计2024年到2028年间，国际空间站也将退役。截至目前，尚无新的国际空间站建造计划发布。

### 全球空间站使用时间



在此期间，中国天宫空间站核心舱预计2021年发生升空，整体空间站预计2022年投入使用，曾经将中国拒之门外的欧美排我性太空联盟进得以进一步瓦解。而此举也意味着，困扰中国多年的长时间空间环境问题得以解决，未来天宫空间站内的科研实验和相关技术验证，都将对中国未来空间技术和自然科学的进步提供巨大支撑。而且随着詹姆斯韦伯太空望远镜在今年大概率发射升空，美国X37B空天飞机及中国可复用航天器的重大突破，未来长期驻留空间的太空应用将成为国际航天的发展重点，这些都势必让中国航天的战略重心，由空间往返，向空间驻留转移。

来源：公开市场资料，艾瑞研究院自主绘制。

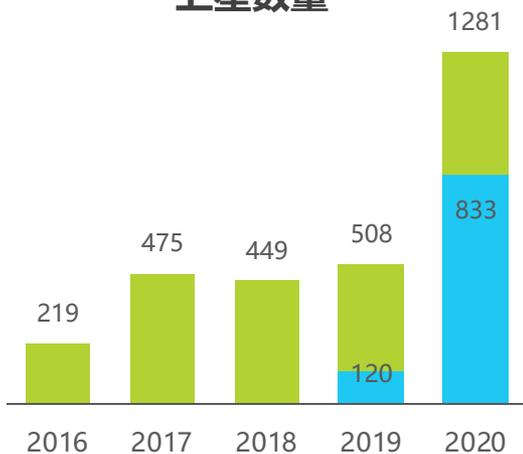
# 空间应用逐渐丰富

## 卫星发射明显增多，空间应用进入新技术集中实验期

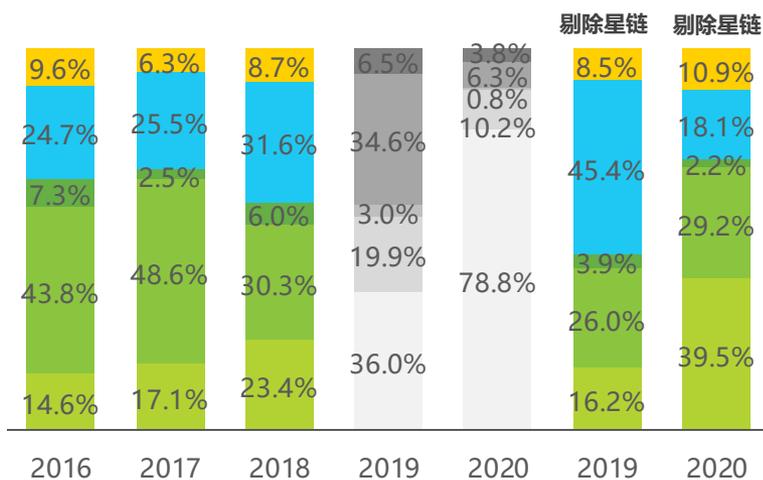
2020年全球共发射卫星1281颗，其中星链卫星占833颗，2021年疫情如能得到稳定，卫星发射数量将创下新高。如果排除星链卫星数量对数据的干扰，可以发现自2018年开始，全球对于空间应用的探索与开发迎来新高潮，各类科学、深空探测和技术验证类卫星和航天器发射占比显著提高，2019年达到峰值45.4%，2020年骤然降低亦是疫情影响。这背后得原因是：随着运载能力和科技能力的提高，卫星和航天器等载荷质量和能力都得到了有效提升，这使人类具备了在宇宙中实践更多新技术的能力，这些能力如果成为生产力，就需要大量试验卫星验证。量子通信、空间站、引力波探测以及新型太空望远镜等复杂应用都将享受卫星工业能力提升带来的支持，广义上看，星链卫星本身也是新的空间应用。并且，这个趋势伴随而来的问题是，新型材料和新技术需要在空间中得到可行性的验证，这亦会促进科学验证类卫星的发射规模。通常这类材料和技术验证卫星需要至少两年的在轨时间监测，可以预计2022到2024，科学验证类卫星的成果会集中显现。

### 2016-2020年全球发射

#### 卫星数量

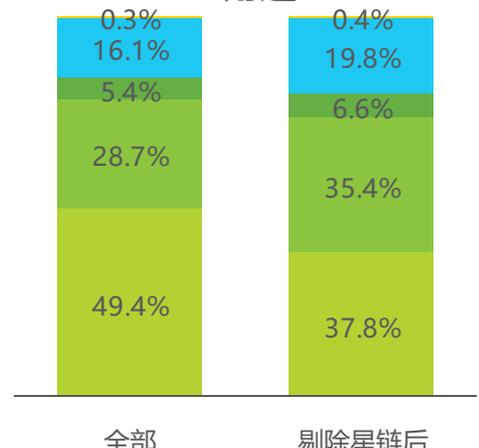


### 2016-2020年全球发射卫星数量



### 2020年全球在轨卫星

#### 用途



■ 发射数量 (颗) ■ 星链卫星 (颗)

■ 通信卫星 ■ 地球观测 ■ 导航定位 ■ 科学验证 ■ 其他

■ 通信卫星 ■ 地球观测 ■ 导航定位 ■ 科学验证 ■ 其他

来源：美国卫星工业协会，忧思科学家联盟。

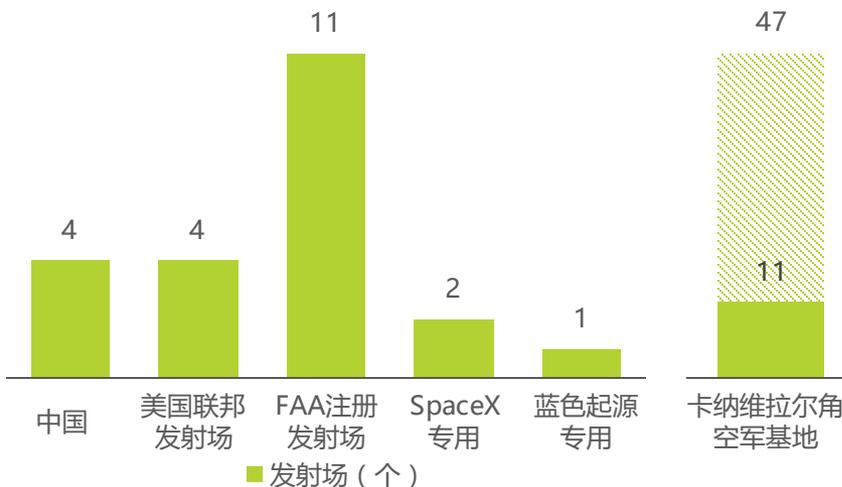
# 基础设施逐步完善

## 具备国际顶尖发射及测控能力，但尚需继续强化

2016年6月25日，长征七号从海南文昌发射场顺利升空并完成任务。对标美国卡纳维拉尔角空军基地，这标志着我国也拥有了可最大限度利用地球自转惯性的优质发射场。经过四年的发展，长征五号，长征五号B，长征七号甲，长征八号等高性能新火箭，都从文昌顺利升空，并完成包括天问一号在内的深空探测任务的发射，基建保障能力得到完美验证。进入2020年，中国航天产业链上相关的民营机构加快基础设施的建设，在全球各地相继建好测控站，并与国际机构达成战略合作，提高了中国测控能力，并以商业化的方式，在一定程度上降低了成本。

但相比于美国和俄罗斯这两个传统航天强国来说，我国基础设施还需要继续强化，美国不仅在发射场数量上有优势，仅卡纳维拉尔角空军基地一处发射场的发射工位，就比中国四个发射场发射工位的总和还要多。而且值得注意的有两点，第一是美国很多发射场是只供近地轨道发射的，第二是蓝色起源和SpaceX这两个商业航天公司均有属于自己的专用发射场。航天是一个需要实证和技术验证的系统工程，所以这些低轨发射场和专用发射场，对美国本土的航天技术发展大有裨益。

### 中美发射场数量对比



### 中美主要发射场液体火箭发射工位数量对比



来源：中国航天局，美国民航局，公开市场资料。

# 崛起中的中国航天

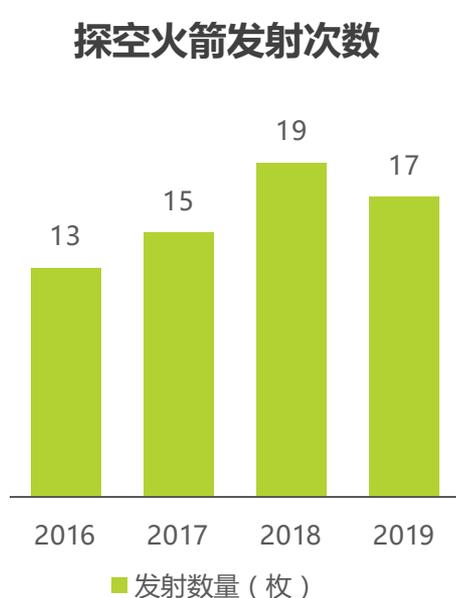
## 亚轨道测试和低轨星座将进一步刺激航天需求

2016年至2019年，美国探空火箭发射次数呈现上升趋势，探空火箭以及由常规火箭送入轨的试验卫星，都是为了下一代技术储备进行的必要实验，而中国在这方面却略显保守。实际上对于中国的商业航天来说，迅速积累大量实验数据，是有效降低航天整体成本，提升效率，研发新材料等科研任务的重要方法，随着中国整体航天能力的增强，未来实验验证体系也必然随之完善，由此会带来新市场和新需求。

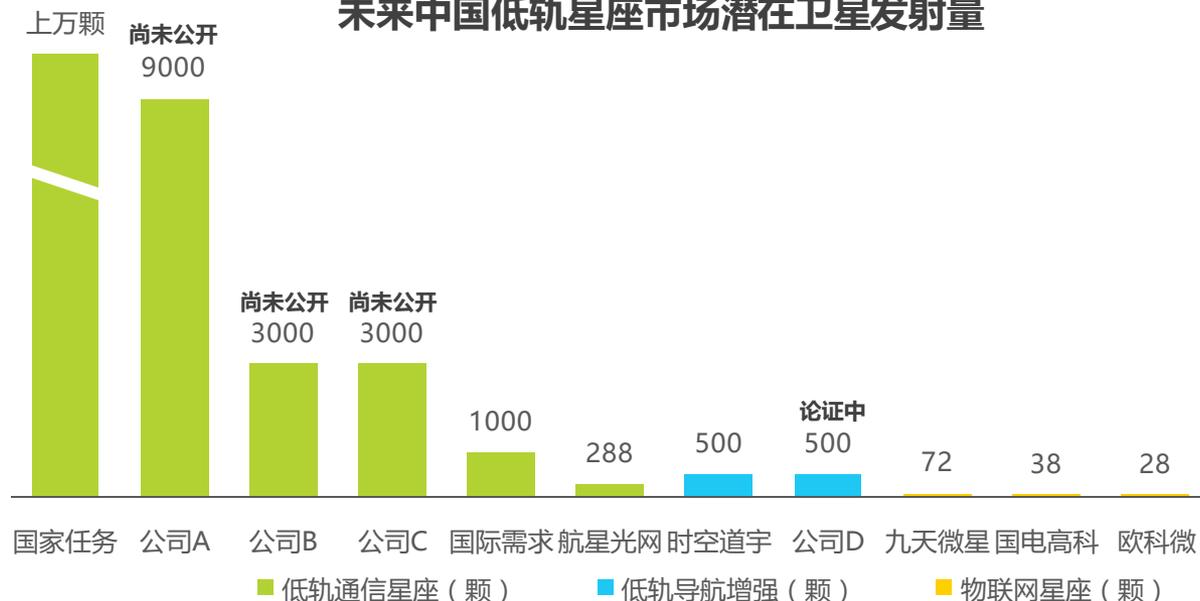
除此之外，基于星链计划带来的全球低轨星座热潮，也将为中国航天带来新的需求。除了低轨通信星座以外，低轨导航增强星座，低轨物联网星座都是基于低轨技术衍生出来的新生事物，这些星座在理论上可以对当下互联网公司、新能源汽车公司、智能装备公司和智慧城市等产业链相关方的建设提供助力，无论哪一个星座率先组网，都将引爆这个市场。

### 2016-2019年美国航天局

#### 探空火箭发射次数



### 未来中国低轨星座市场潜在卫星发射量



来源：中国航天局，忧思科学家联盟，专家访谈，公开市场资料，根据艾瑞统计模型核算。银河航天低轨星座计划未加入统计。

月中霜：崛起中的中国航天

1

雁无蝉：火箭产业链研究

2

水接天：卫星产业链研究

3

俱耐冷：优秀航天企业分析

4

斗婵娟：未来航天新趋势

5

# 火箭产业链的基本环境

## 供需死循环带来的副作用就是商业化的进入门槛异常高

火箭是目前人类往返宇宙空间的最主要手段，但是航天的需求、技术的难度以及空间里可做的事情三者制约着火箭的发射成本，而往往需求和成本之间又互为因果，所以行业内常常陷入一个死循环。这个死循环的逻辑对于中国航天的潜在伤害非常大，因为在元器件生产领域，规模效应起不来就不会有更多的商业机构涉猎其中，当竞争者固定，订单固定以后，所有的弊病就会逐渐爆发，随之而来的效能问题就会成为产业的慢性病。仅在本报告中统计的液体火箭产业链中，**能够以“有限公司”形式存在的仅占30%**，并且这些有限公司本身市场化也存在问题。所以这是中国航天火箭产业链的基本环境。

### 液体火箭生产测试产业链

#### 伺服电机

北京精密机电控制设备研究所  
南京晨光机器厂等

#### 液体火箭贮箱

首都航天机械有限公司  
成都长征机械厂  
上海航天设备制造总厂有限公司  
上海航天精密机械研究所  
法国液化空气集团等

#### 液体发动机测试

西安动力试验技术研究所、北京动力试验技术研究所

#### 箭载计算机

山东航天电子技术研究所  
北京计算机技术及应用研究所  
西安微电子技术研究所  
北京微电子技术研究所  
上海航天计算机技术研究所等

#### 惯组

北京航天控制仪器研究所  
西安航天精密机电研究所  
北京自动化控制设备研究所等

#### 箭体结构

首都航天机械有限公司  
天津航天长征火箭制造有限公司  
上海航天设备制造总厂  
天津爱思达航天科技有限公司  
北京航天衡科技有限公司等

#### 火箭总装

首都航天机械有限公司  
天津航天长征火箭制造有限公司  
西安航天化学动力厂  
成都长征机械厂  
上海航天设备制造总厂有限公司等

来源：公开市场资料，专家访谈，艾瑞研究院自主绘制。

# 不能以制造业的思路审视火箭

## 火箭是发射服务的一环，三条业务流直接影响成本

对于航天产业自身来说，其无法控制航天需求的多寡，只能从产业自身着手，破开上述死循环，所以降低火箭的发射成本就是制约全球航天产业发展最核心的问题。对于外界来说，火箭运输工具的属性与地表运输工具之间的近似性太大，以至于大家都会以制造业的思路去审视火箭，这样一来，制造工艺，原材成本等与物料息息相关的问题免不了成为最核心关注的问题。但实际上，火箭作为发射服务的一环，从立项设计到最终发射是一个庞大的系统工程，每一个分系统的制造环节，其问题源头都可以追溯到设计和系统工程理念方面的问题。

### 火箭作为系统工程的三条业务流

Systems Engineering

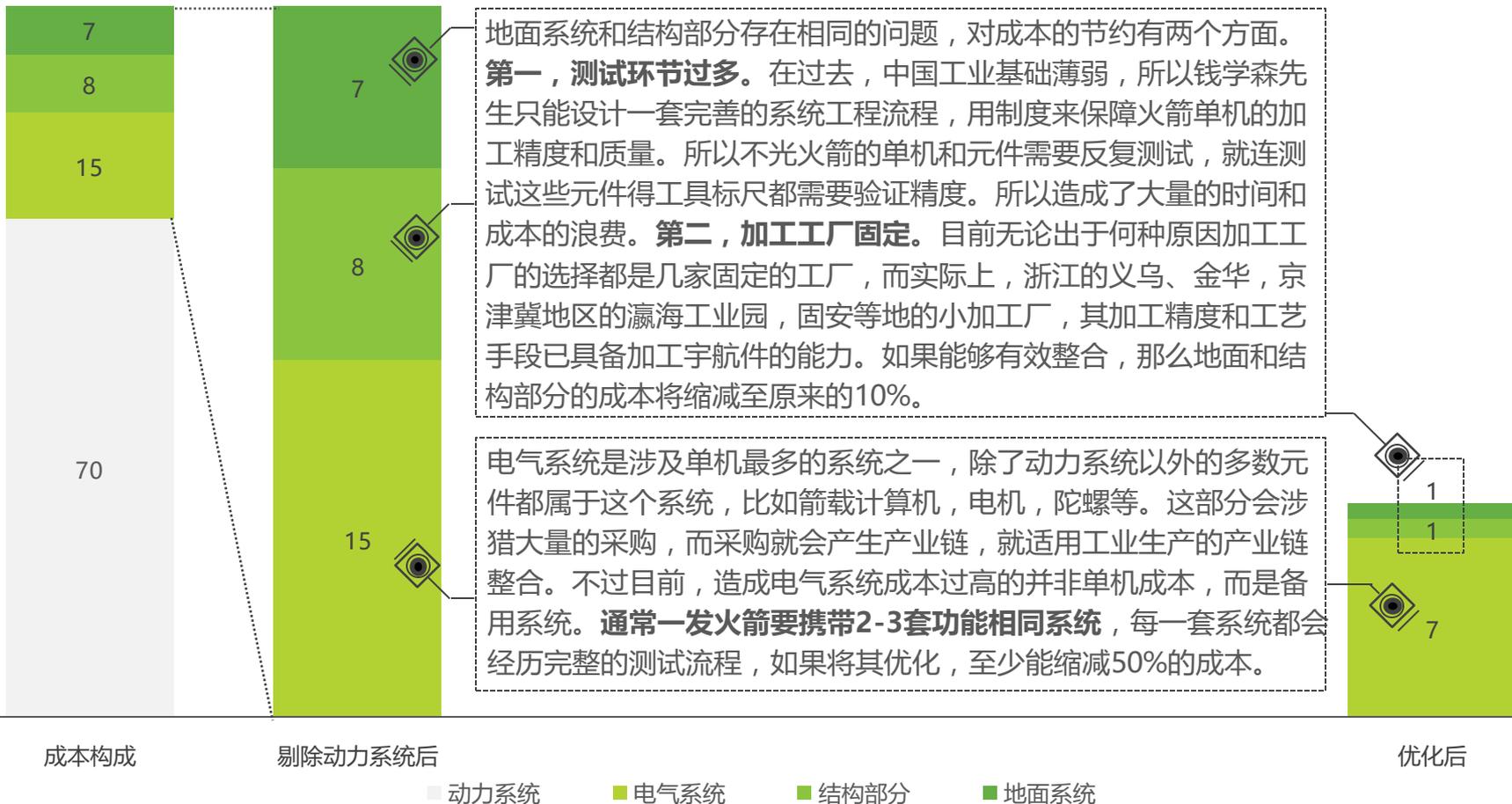
业务流	具体内容	成本影响
<b>设计线</b>	→ 为了不同的发射任务，以专项定制的模式提供设计。在设计的过程中，大多采取分派的方法，将结构部分、动力系统、电气系统、地面系统等四大部分安排给不同的设计部门研发。对火箭的成败与经济性具有决定性的作用。	占一发火箭首型科研经费的 <b>70%</b> ，对火箭成本影响巨大。并且所有新型火箭都需要重新设计，其通过设计削减成本的动机较弱。 <b>是最需要优化的业务流。</b>
<b>生产线</b>	→ 生产线比较简单，除了成品件以外，主要是根据设计图纸进行生产和组装。目前通常是寻找体制内的研究所和工厂进行生产加工，但这是由于过去工业生产体系羸弱造成的，如今北京和江浙地区的加工工厂都可以完成相应的加工生产工作。	生产线和测试线结合在一起，占一发火箭首型科研经费的 <b>30%</b> 。这两部分对降成本的贡献主要体现在同款火箭量产之后，但是如果在工艺和测试领域大幅改动，势必需要设计线的配合，所以综合来看，设计依然非常关键。
<b>测试线</b>	→ 成品和元件太空环境模拟实验，主要是热力、辐射和气动相关。	

来源：艾瑞研究院自主绘制。

# 火箭产业链不能以常规手段整合

## 电气系统最适合整合，但效用并不高

### 液体火箭成本构成及优化空间



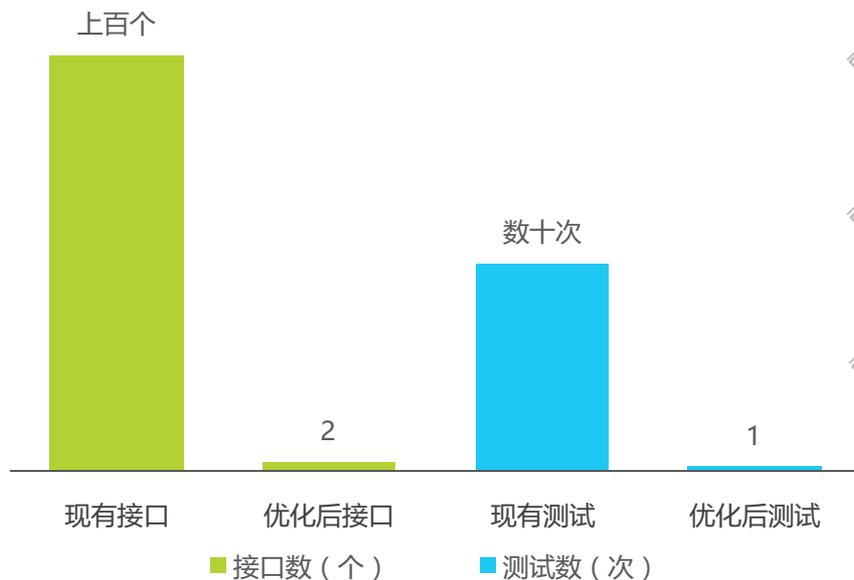
来源：公开市场资料，专家访谈，根据艾瑞统计模型核算。

# 模块化设计的重要性

## 重回设计线寻找问题根源

如前文所述，火箭无论是哪一个分系统，其逻辑都是要从“设计线，生产线，测试线”依次思考，而显然在生产和测试端能解决的问题有限。一系列测试和生产制造的问题，其根源都是设计之初的自身实用主义，导致系统整合在一起的时候，多了过多的冗余对接流程。这种对接流程不但使各系统更加繁琐，电气元件越来越多，管线电缆越来越复杂。还为发射前的总装和检测带来了隐患。历史上有一些发射任务出现问题，就与接口过多有关。如今模块化生产已经成为工业口的趋势共识，理想状态下，每个系统之间的接口对接，只需要一进一出，并且需要保障不同功能所用接口的制式相同。这样做的好处不仅仅是结构简单化，还可以大幅节约测试成本，几乎只用一次测试就可以完成。

### 模块化设计前后接口数量与测试数量对比



### 模块化的困难与注意事项

- 
**主导权：** 模块化之所以难以推进，是因为中国的火箭研发以设计为绝对主导，想要践行模块化，就需要提高测试线的主导权。
- 
**人事权：** 在现有的商业环境下，主导权即人事权，想要践行模块化设计，就必须让总师具备绝对人事权。
- 
**分工界限：** 模块化设计的成功有赖于对每个模块清晰的分工界限，由于当下不同火箭公司的特点不一样。模块化设计工作的开展，可以围绕自己最擅长的系统展开。

来源：公开市场资料，专家访谈，根据艾瑞统计模型核算。

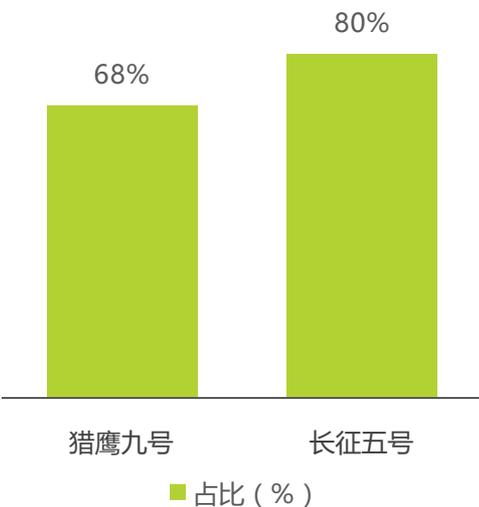
# 垂直回收是必须攻克的难关 ( 1/2 )

## 动力系统是降低成本的关键，大推力火箭可回收价值更高

前文讨论了地面系统、箭体结构和电气系统的成本控制问题。对于最核心的动力系统，占全箭成本的70%到80%，所以其他系统无论采取怎样的方式降低成本，都不会对整枚火箭成本有实质性的影响。而火箭的动力系统随着火箭发射任务的结束，就一次性的消耗掉了，只要不对一级火箭进行回收，这70%到80%的成本就绝无降低的可能，这也是为什么不能以工业生产的视角对待火箭产业链的核心原因。而要解决动力系统的可回收问题，又必须回归到消耗经费最多的设计线。火箭的运载能力决定火箭的实用价值，所以并非所有能力的火箭都适合垂直回收。如果保证垂直回收，那么火箭会预留30%燃料，再加上相关的设计，整枚火箭要损失40%运载能力。所以运载能力较弱的火箭实现可回收，有可能使成本不降反增。另外，整体火箭使用的是否为统一或近似能力的发动机，也时决定一级回收价值高低的影响要素。

### 猎鹰九号和长征五号发

#### 动机成本占比



来源：公开市场资料，专家访谈，根据艾瑞统计模型核算。

### 可重复使用火箭利润经济性测算逻辑

核心要计算的内容是：**不重复使用的利润A**与**重复使用的利润B**大小的问题

重复使用次数：火箭可复用寿命统一取**10次**

**不重复使用利润** :  $A = ( \text{火箭完整报价} - \text{全箭成本} ) \times 10$

**重复使用利润** :  $B = ( \text{火箭完整报价} \times 60\% - \text{全箭成本} ) + ( \text{火箭完整报价} \times 60\% - \text{全箭成本} \times 40\% - \text{单次回收维护费用} ) \times 9$

**备注说明**：可复用设计损失40%运力，所以报价要相应降低。

从第二次开始火箭一级约60%左右的成本均可节约，所以全箭成本只有原来的40%。

**计算结论**：如果**B > A**，则该型火箭适合可回收设计。通常来说运载能力越高的火箭，**完整报价越高**，所以**复用利润B**越大。

# 垂直回收是必须攻克的难关 ( 2/2 )

## 减重、节约空间和发动机能力的前提，都是火箭模块化设计

之所以可回收技术要从设计线重新考虑，原因在于想要实现垂直回收，所涉猎的七大关键技术，都会对火箭的总重量和空间布局息息相关。并且这些关键技术所依赖的元件载体本身也会对空间和重量产生影响，所以为了容纳这些新增元件，旧有系统就需要最大限度的优化，这也是为什么模块化设计对于可回收技术来说尤为重要。以目前的技术能力来看，攻克垂直回收主要有以下七个难点：

### 可回收技术的七个技术难点

Rocket Recovery

技术名称	具体内容	可实践方向
多次启动深度变推力芯级发动机	一、二级分离至一级着陆过程中，芯级发动机需要经历多次启动并对推力进行大范围动态调节，多次启动深度变推力芯级发动机是实现运载火箭垂直回收技术的必要条件。	研制再次点火系统、大范围推力调节器等
电气一体化	主要为了保障工程上的统一，是模块化设计带来的显著效果之一。最主要的功效是简化箭体内部结构，节约空间和重量，为其他装备提供便利。	围绕企业强项开展的模块化设计
二级发动机多次点火	因为可回收要求预留燃料，所以火箭一二级分离时，二级飞行距离就会比原设计增加，但由于空气阻力已经很小，所以即便二级关机也还会继续加速，所以多次点火技术能提高二级效能。	箭载电池的能力需要加强
结构件的快捷制造	如果实现了可复用，那么就会造成一级不变，但二级常换常新的局面。因此一二级间以及其他需要链接的机构部件的生产制造有助于提高效率。	结构件3D打印
深度推力调节反向发动机	火箭升空过程中，箭体四周围绕着四个方向的电驱发动机以维持垂直状态。用同样的原理，将发动机安装在一级顶端，当一二级分离时，发动机启动，辅助一级减速停止。	蚱蜢飞行多次实验验证
栅格舵	一二级火箭连接处附近增加气动装备。	-
辅助动力系统	在液氧储箱的前端，增加回收姿态控制的辅助动力系统。	电脑模拟训练算法

来源：公开市场资料，专家访谈，根据艾瑞统计模型核算。

月中霜：崛起中的中国航天

1

雁无蝉：火箭产业链研究

2

水接天：卫星产业链研究

3

俱耐冷：优秀航天企业分析

4

斗婵娟：未来航天新趋势

5

# 卫星产业链的基本环境

## 核心参与者少，没有充分竞争，卫星产业链尚未完善

单从卫星生产和测试上来看，卫星的生产制造模式与火箭类似，都是由设计，生产，测试，总装组成。所以从一颗卫星整体来说，可以分成六大分系统：电源系统、姿控系统、星务系统、测控系统、热控系统和结构系统。由于卫星不像火箭那样具备一个非常核心的动力系统，更注重卫星的功能，所以它的系统和供应商均比较复杂。并且和火箭相比，卫星和传统的制造业有更多相似的地方，这就使得卫星产业链的变化趋势具备制造业的特质。在传统制造业产业链中，如果一条产业链的完善程度较低，那么各家终端制造商产业链的向前一体化战略就会为企业带来更多压缩成本的空间。

目前无论民营卫星公司还是体制内的卫星公司，使用的分系统及元件制造商重合度非常高，也就是说卫星产业链是一条相对封闭，且竞争不充分的产业链，与汽车、工业品相比，完善度还有一定差距。所以在整个卫星产业中，就呈现出向前一体化的趋势。主要表现为：做卫星应用的公司涉猎卫星制造，卫星制造公司开是涉猎更上游的元件生产环节。

### 卫星生产测试产业链



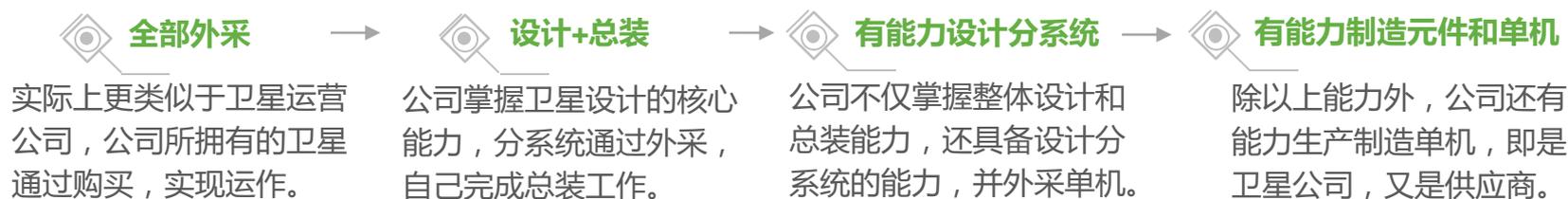
来源：公开市场资料，专家访谈，艾瑞研究院自主绘制。

# 产业链整合的逻辑

## 自建投入=外采金额×外采总量×元件毛利率

按照产业链深化的程度，可以分为四类：全部外采型卫星公司、设计加总装型卫星公司、有能力设计分系统的卫星公司以及有能力生产元件和单机的卫星公司。这四者仅代表在产业链渗透上的差别，不是依此看待卫星技术能力高低的指标。

### 按照产业链深入程度划分的四类卫星公司



如前文所述，相比火箭，卫星产业链与传统制造业更为相似，所以卫星产业也具备传统制造业的很多特性。而现在看到的这四类卫星公司，恰恰也就是卫星公司向前一体化的体现。在大疆无人机，小米等成功进行过产业链整合的公司中，可以总结出一条基于经济性考量的逻辑。所以除非企业有其他战略目的布局产业链上的某个环节外，大体上都会依照这样的逻辑进行布局。而在这个逻辑中，有两个关键要素是困扰卫星产业链整合的核心问题：总量和毛利率。

## 自建投入=外采金额×外采总量×元件毛利率

外采总量是使生产产生规模效应的关键指标，低轨星座的兴起让卫星生产制造的规模化成本优势得到了验证。实际上卫星单机和元件背后体现的是市场需求。卫星和火箭一样，行业内部对未来需求在哪里存在很深的担忧。所以相同卫星就很难批量生产，这样每颗卫星从头设计和制造，也是造成卫星居高不下的原因之一。

元件毛利率是目前卫星产业链环境下，有一些失真的数字。在竞争不充分的环境里，高毛利率是必然的市场特性。从已知的情况来看，普遍30%以上的毛利率是这个行业的特性。这也是目前卫星企业向前一体化的便利条件之一。

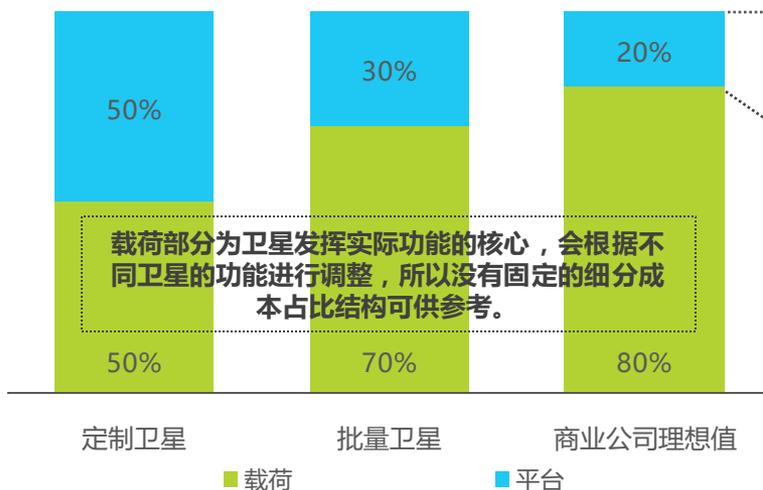
# 卫星平台的主要功能是机动和供能

## 卫星平台压缩产业链的方式可以部分应用在卫星载荷中

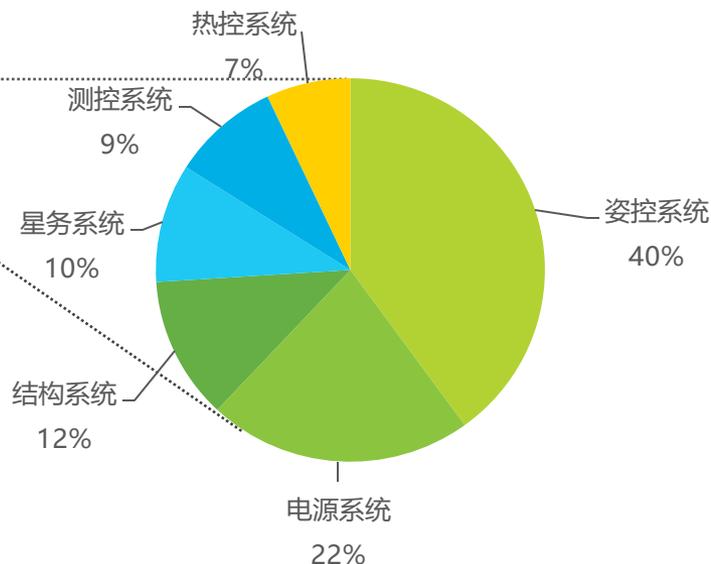
卫星大体上由平台和载荷两部分构成，由于载荷是卫星入轨以后发挥其核心功能的部件，所以会根据任务情况从零开始设计，除非实现大规模量产，否则基本就是定制型项目。并且卫星功能稳定性与任务息息相关，所以现在讨论卫星载荷的成本节约问题为时尚早。所以卫星的成本节约压力就全部集中到了平台上，理想状态下，卫星平台的成本占比在20%-30%之间，理论上比现在可以节约全星的四分之一成本。

而从平台的结构上看，为卫星提供机动能力和电力是它的核心作用，所以姿控系统 and 电源系统的成本占比也最大，占全卫星平台的60%以上。由于姿控系统涉及的元件和单机最复杂，它的成本占比也最高，同时由于供应商繁多，这一部分也存在更多产业链整合的机会。

### 卫星平台与载荷之间的成本占比



### 卫星平台成本结构



来源：公开市场资料，专家访谈，艾瑞研究院自主绘制。

# 庞大又固定的产业链

## 卫星产业链涉猎广泛，但行业泛用性较弱

### 卫星平台各系统产业链情况

技术名称	平均利润率	存在技术泛用性的延伸行业应用	企业生存极限条件	卫星公司实现产业链整合的条件
姿控系统	30%-70%	本身涉及元件和单机很多应用比较广泛。就最重的宇航推进技术来说，与镀膜、医美等多行业存在技术泛用性	5-8颗卫星可支撑一个公司 100颗支撑工厂	按照报告P19页的产业链整合逻辑，公司投入 $\geq$ 产业链企业生存极限来看。目前，商业卫星公司的盈利情况如下： 按照百公斤卫星的标准，对外报价2500万-3500万之间。取中位数3000万。 <b>毛利约为1000万。</b> <b>则该公司每年卫星订单量<math>\times</math>毛利就是全部可以投入的资金。</b> 按照P20页成本结构拆分，就是不同分系统可投入的资金总量，这个总量如果能和某一个分系统的极限生存条件持平，那么该公司整体就可以选择某一分系统产业链向上一体化战略。 不过以上只是理想情况下的粗算，实际情况会根据不同公司的资源情况有所偏差。
电源系统	10%-20%	无人机和航空产业	NA	
结构系统	20%-30%	主要以自动化机器为主，在车船领域存在技术泛用性	一年1亿左右的订单额	
星务系统	40%-70%	主要是星载计算机，理论上与常规计算机无差。但是对于极端自然条件和高宇宙辐射下的稳定性要求超高	1颗大卫星和10颗小卫星或40套相应的系统	
测控系统	20%-30%	无人机，无人船及一切需要定位的产业	年人均订单额100万 平均一家公司有50-100人	
热控系统	30%-40%	芯片、量子计算、服务器、医疗等行业的散热系统均存在技术泛用性	一年20颗左右的订单可支撑一家公司 200颗可支撑大型工厂 单颗卫星需要20吨散热管，一吨单价2万元	

来源：公开市场资料，专家访谈，艾瑞研究院自主绘制。

## 产业链替代的代价是航天级元件标准的降低

从目前情况看，卫星公司的产业链整合很难有效展开，原因在于两个方面，一方面原本产业链就不完善，独立运营的公司依然需要体制内的技术辅助。另一方面，在低轨星座大规模建设开工以前，商业卫星公司的订单量很难有大规模增长的机会，营收方面也不能有效支撑。现在各家商业卫星公司和产业链上的企业虽然都在建设卫星工厂，但这属于提前布局，并不是从营收方面考虑的结果。就目前情况看，有一内一外两方面势力，在卫星产业链上运作，存在一定的可替代性，单这两股势力也均有自己的问题尚需解决。

### 可供选择的卫星产业链参与势力

#### 产业链外

**汽车产业**：汽车产业在工业制造方面非常成熟，所有航天的生产加工，甚至一些元件的制造都可以在汽车产业链中找到具备相应能力的公司。但是需要大量订单推动车企进行决策。

**航空产业**：航空航天本就同源，尤其在航空发动机研发和制造领域，于航天在材料和气动设计领域有天然的亲缘性。

**机器人**：除非载人，否则航天全产业链就是在生产机器人，只是没有以“人”的形象出现。

这三方如果想渗透进卫星产业链，存在经验和硬件方面的问题。

**在经验领域**：宇航件试验所需要的温差，真空环境和辐射环境，是他们在生产过程中没有数据和经验积累的。

**在硬件领域**：加工生产所需要的夹具、机床和模具均需要从零补齐。

#### 产业链内

产业链内的参与势力，主要指有一定技术背景的独立公司。这些公司与纯工业企业进军航天的模式不同，它们的创始团队具备一定的技术水平，并且这些技术与国家水平略逊。实际上商业卫星公司目前最缺少的也恰恰就是相关的试验数据。

但是在理念上具备自己独立的思想，可以在实际生产研发过程中大刀阔斧的实践。例如：利用多个非宇航件并联的方式，保证宇航件才有的稳定性；减少中间测试环节等。

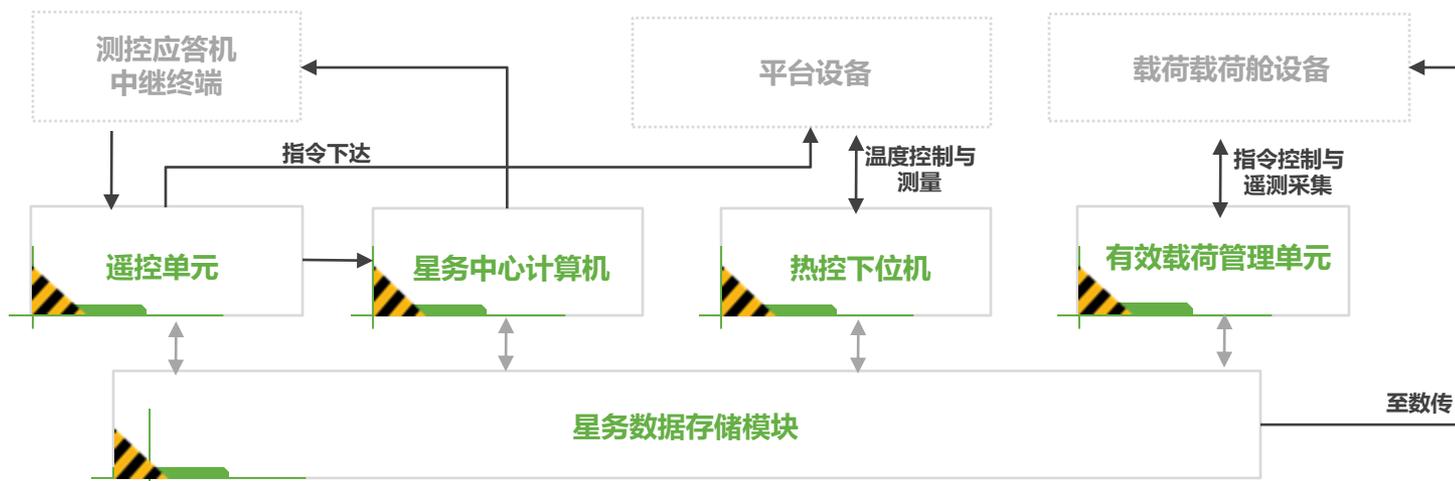
# 被反向带动的天基智能

## 全球智能化浪潮背后对为卫星智能化的要求提升

卫星的空间与重量，受制于火箭的能力，所以卫星在设计和制造的过程中最优先保障的就是卫星升空后各功能元件的占用。除此之外，在卫星环绕地球的过程中，地面基站与卫星的连接，使得很多数据可以在地面处理。在这样的习惯和模式下，卫星智能化都主要体现在保障卫星原有功能、自身基本运作和数据传输三个方面。但时至今日，地面生活环境的智能化已经成为一种趋势，并且在很多方面都已建设得非常完善。未来如果卫星应用想要很顺畅的融入这种智能环境，那势必要求卫星的智能化水平要有所提升，这无形之中就提升了星务系统的重要性。星上存储模块的能力，星载计算机的处理速度，以及高性能芯片的上星等问题，都成为卫星智能化过程中的课题。

在这个问题上，相比于国外，中国卫星行业面临的问题更严峻一些。国外的卫星可以利用全球的地面站进行数据处理，所以它们的储存空间和运算能力，都可以不用加强。但是中国的地面站在全球所受的限制极大，很多关键地区的建站都被有意的阻挠。所以中国的卫星只能提升自身的数字处理能力，以应对这种局面。

### 卫星星务系统基本架构



来源：公开市场资料，专家访谈，艾瑞研究院自主绘制。

月中霜：崛起中的中国航天

1

雁无蝉：火箭产业链研究

2

水接天：卫星产业链研究

3

俱耐冷：优秀航天企业分析

4

斗婵娟：未来航天新趋势

5

# 典型企业：凌空天行



## 凌空天行深耕科研领域飞行验证市场，蓄力民用市场

凌空天行成立于2018年10月，是致力于提供航空航天前沿技术领域服务的航天企业。凌空天行团队成员主要来自国内各大顶尖的研发单位，基于团队在前沿技术领域积累的研制经验与技术能力，目前已形成了“天行”系列产品，业务涵盖高速飞行服务、工程样机研制、系统设计工具与数据平台开发等领域。飞行试验是先进技术与产品有效提升技术成熟度的一种重要手段，凌空天行的成立，填补了目前国内高速飞行试验领域的空白，为我国航空航天领域前沿技术成果向工程化应用转化提供了有益的补充。

### 凌空天行公司发展历程



#### 首次飞行试验

- 针对客户双乘波一体化布局开展真实飞行环境的动力学测试
- 验证舱内无线通信系统和临近空间高能粒子探测系统

#### 二次飞行试验

- 分别对先进高速发动机、高速层流翼型进行了验证
- 建立非视距状态下不依赖中继手段的地-空通信链路

客户试验需求

试验特点

- 为降低客户使用成本，两次试验均对伞降回收方式的技术方案进行验证，此外对低成本电气系统等关键技术也进行了验证

来源：凌空天行官网、公众号，由艾瑞研究院自主研究绘制。

### 天行系列火箭规划



#### 天行I特点及优势：

相对传统火箭，拥有机翼，可以在飞行过程中提供升力，并提高火箭的操控性，实现大气层内长时间高速、机动飞行。

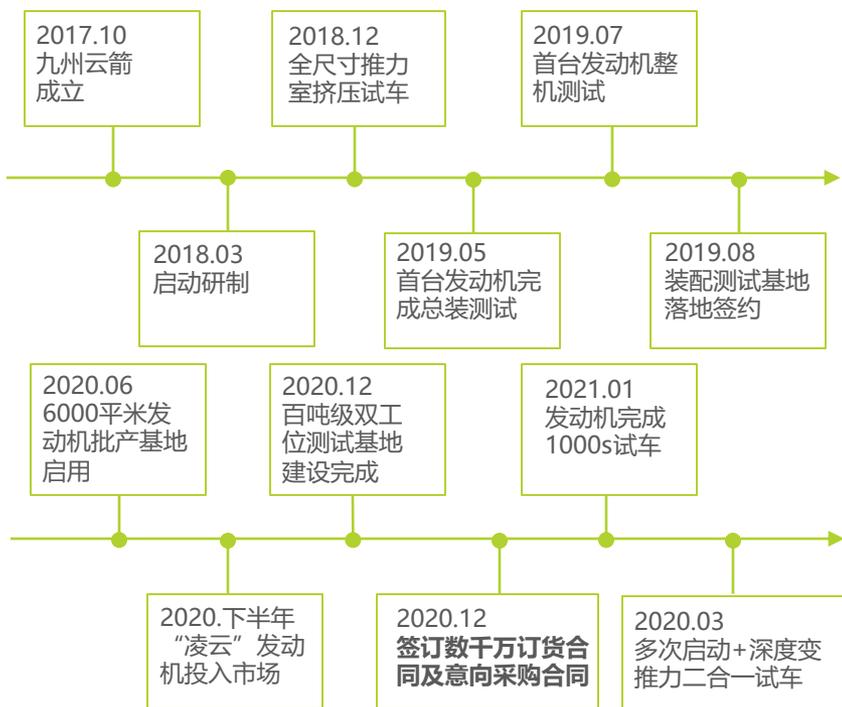
# 典型企业：九州云箭



## 掌握深度变推力技术，为火箭一子级回收创造可行性

九州云箭成立于2017年，是集液体火箭发动机设计研发、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。公司成立三年，10吨级凌云发动机已完成飞行-回收工况的多次启动+深度变推力二合一试车且推力调节范围已超过梅林发动机和猛禽发动机（SpaceX）并已投放市场。LY-70龙云发动机已完成多工况半系统热试车考核，即将进行全系统热试车。公司出于液氧甲烷比冲高，使用维护便捷，大范围变工况适应性好，可重复使用次数多等优势，选择了世界主流趋势液氧甲烷发动机。

### 九州云箭发展历程



### 九州云箭发动机产品能力

	LY-10凌云		LY-70龙云	
推进剂	液氧/甲烷		液氧/甲烷	
发动机设计推力(KN)	100 (地面)	123.5 (真空)	686.5 (地面)	770.2 (真空)
发动机混合比	3		2.8	
比冲(s)	287.4 (地面)	355 (真空)	291.2 (地面)	350 (真空)
发动机可启动次数	不低于3次		不低于3次	
摆动方案	双向		双向	
泵前摆	泵前摆		泵后摆	
重复使用次数	不低于30次		不低于30次	

### 世界范围内变推发动机调节性能

	LY-10	LY-70	Merlin	Raptor	BE-4
所属公司	九州云箭	九州云箭	SpaceX	SpaceX	蓝色起源
推进剂	液氧/甲烷	液氧/甲烷	液氧/煤油	液氧/甲烷	液氧/甲烷
推力调节比	30-100%	30-110%	57-100%	40-100%	65-100%

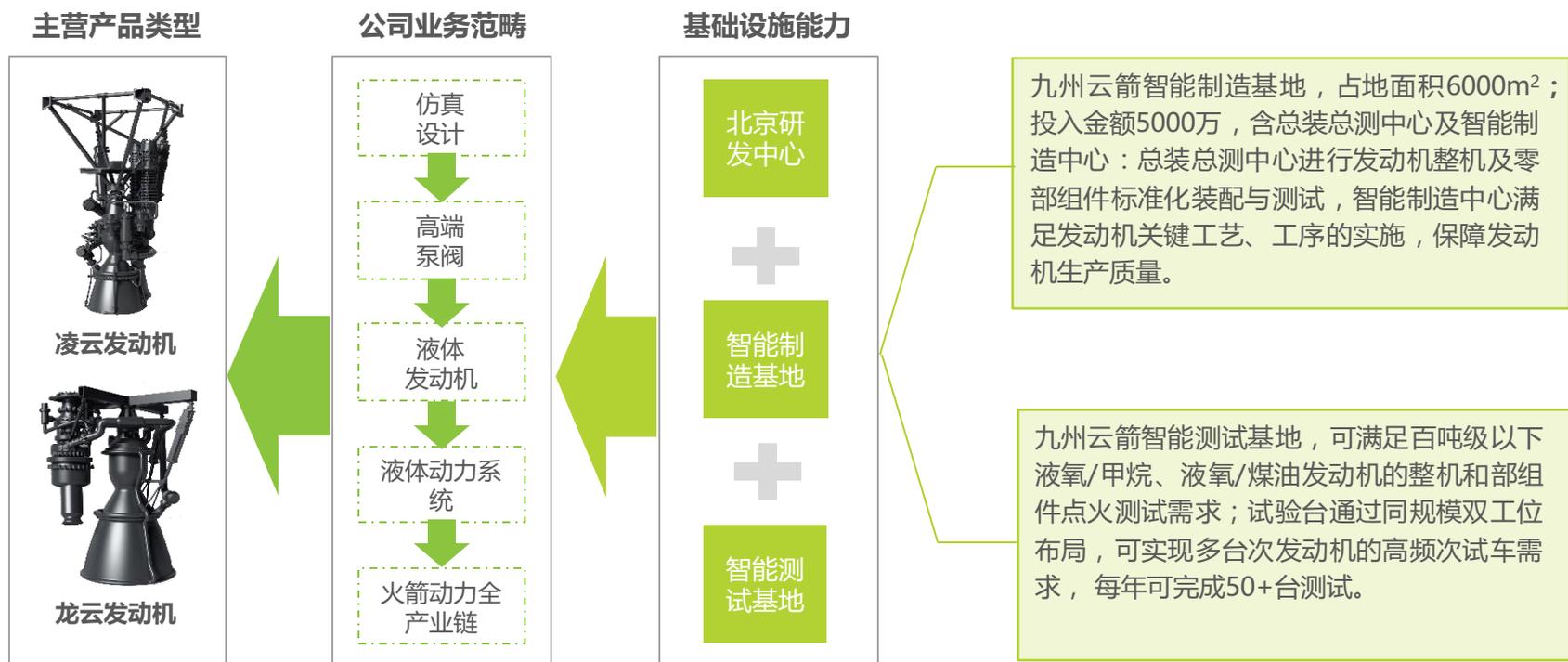
来源：专家访谈，企业官网，互联网公开资料。

# 典型企业：九州云箭

## 基础设施能力及人才技术能力助力填补国内液发技术空白

九州云箭拥有自主可控的制造基地和测试基地，令其具备火箭动力系统研制和生产保障能力，是实现商业航天产业化和商业化的必要前提。通过基础设施能力及公司人才技术能力的支持，九州云箭在全国范围内首次实现主、副双路火炬式电点火启动，填补国内泵压式液体火箭发动机深度推力调节技术空白，并同时突破并掌握了液体火箭发动机全氮气使用维护技术和双低温同轴涡轮泵技术，填补国内相关的技术空白。目前公司液氧甲烷火箭发动机产品已获订单20+台，将在2021年完成发动机的首次飞行。

### 九州云箭产品线及布局



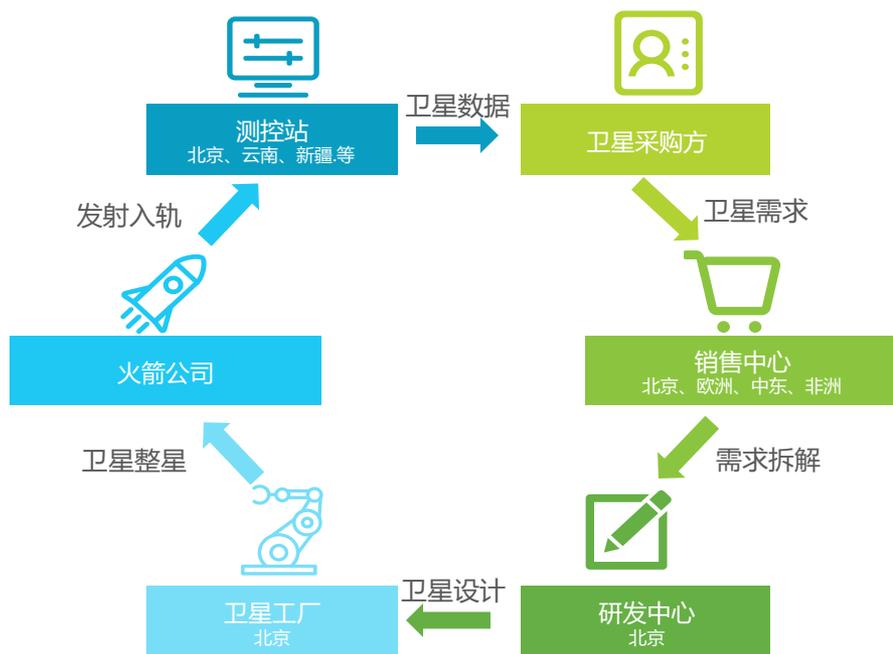
来源：专家访谈，企业官网，互联网公开资料。

# 典型企业：微纳星空

## 积累卫星研制经验，拥有百公斤以上卫星研制能力

微纳星空成立于2017年，是以卫星制造业务为核心的卫星系统技术解决方案供应商。公司主要从事10kg-1000kg量级卫星整星的研发制造业务并提供卫星在轨交付服务，截至2021年3月已成功研制8颗卫星（涵盖了通信及遥感功能卫星）。公司自主掌握了卫星的高可靠星务自主管理和高稳定性姿轨控技术，同时实现了卫星星务计算机、姿控计算机、测控通信产品等核心部组件的自主研发，并成功完成多次飞行验证，对外提供高性价比卫星单机和部组件产品。微纳星空通过整星平台标准化、分系统模块化、核心部件自主研发、增加民营供货渠道、发挥机制灵活优势五个方面降低成本。

### 微纳星空卫星一站式交付解决方案



### 微纳星空卫星平台能力

	MN10 微小卫星平台	MN50 微小卫星平台	MN100 小卫星平台	MN200 小卫星平台
整星质量	10-30kg	50-70kg	90-150kg	170-350kg
有效载荷比	30-50%	30-50%	30-60%	30-60%
整星功率	≥ 50W	≥ 200W	≥ 400W	≥ 800W
载荷平均可用功率	≥ 20W	≥ 80W	≥ 150W	≥ 350W
飞行经历	已发射6颗	已发射2颗	2021首飞	2021首飞
寿命	2-3年	3年	3-5年	5年
姿态指向精度	≤ 0.5°	≤ 0.3°	≤ 0.05°	≤ 0.03°
姿态稳定度	≤ 0.008°/s	≤ 0.003°/s	≤ 0.002°/s	≤ 0.001°/s
测控/DSSS	4kbps上行 16kbps下行	4kbps上行 16kbps下行	4kbps上行 16kbps下行	4kbps上行 16kbps下行
数传速率	100Mbps	300Mbps	600Mbps	900Mbps

来源：专家访谈，企业官网，互联网公开资料。

# 典型企业：艾可萨科技

EXA TECH.

iResearch  
艾瑞咨询

## 深入研发存储底层技术，定义航天新存储

艾可萨科技成立于2018年，主要从事航天领域存储控制器芯片及存储系统的设计研发，为大容量卫星存储提供解决方案。产品包括星载存储阵列、宇航级SSD以及兼容Open Channel架构的通用存储控制器芯片，是国内首家将数据中心级别闪存阵列架构应用于卫星载荷的系统供应商。艾可萨科技创始团队来自兆易创新、美光等存储科技头部企业，有效了填补体制内科研院所没有下沉到存储底层技术而产生的市场空白。目前公司主营产品卫星存储系统（AS3）已在卫星制造领域获得广泛应用，已拥有长光卫星、深圳东方红、微纳星空等10余家客户，是国内唯一成功获得在轨验证的商业存储公司。

### 艾可萨科技产品布局

<b>存储控制器芯片</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>中国首颗抗辐射加固设计的存储控制器芯片，从IC设计角度专为航天应用定义。内嵌端到端保护，多通道冗余，闪存控制管理算法优化，具备航天数据存储高稳定性及可靠性</li><li>2020年7月该控制器芯片已流片成功</li></ul>
<b>宇航标准存储模组</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>性能容量密度相较传统方案提升10倍，内嵌多源卫星载荷数据文件系统；支持KV-SSD架构/Open-Channel架构</li><li>2020年底完成封装，目前处于测试阶段，预计2021年三季度实现客户应用导入</li></ul>
<b>星载存储系统</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>按照可扩展的阵列结构设计，容量从2Tb至1Pb；传输速率从3.8Gbps至500Gbps，适配多等级卫星平台需求</li><li>截至2021年4月，系统级产品有6套在轨，保守预计2022年底将达到20套在轨</li></ul>

### 艾可萨科技新一代星载固存系统产品分类

	C1L	M1	G1	X1
<b>产品结构</b>				
卫星载荷 主控单元	1	1	1	18×G1
标准星载 存储单元	1	<10	≥10	
<b>产品能力</b>				
存储容量	<8Tb	8Tb-48Tb	32Tb+8Tb (备份)	40Tb-1Pb
存储速率	<3.2Gbps	3.2Gbps-18Gbps	3.2Gbps-24Gbps	26Gbps-500Gbps
<b>适用情况</b>				
卫星平台	~20kg	50-1000kg	1000-2000kg	>2000kg

### 艾可萨科技AS3产品壁垒

<b>航天应用存储控制器算法</b> 公司可针对卫星任务的数据传输特点，通过 <b>闪存控制管理算法优化</b> ，帮助卫星应用提供稳定数据管理及数据存储方案。	<b>航天存储专用高速接口</b> 公司自研传输协议，打造宇航存储专用的高速接口突破了系统存储传输速率的瓶颈。并基于标准Serdes实现，便于与主流FPGA进行对接。	<b>多级冗余容错系统架构</b> 公司采用经可靠性筛选的工业级存储介质降低成本。同时采用 <b>系统级多维容错容灾架构</b> ，通过软件配置，增减硬件，保障航天级的高可靠性。
---	--	--

来源：专家访谈，企业官网。

月中霜：崛起中的中国航天

1

雁无蝉：火箭产业链研究

2

水接天：卫星产业链研究

3

俱耐冷：优秀航天企业分析

4

斗婵娟：未来航天新趋势

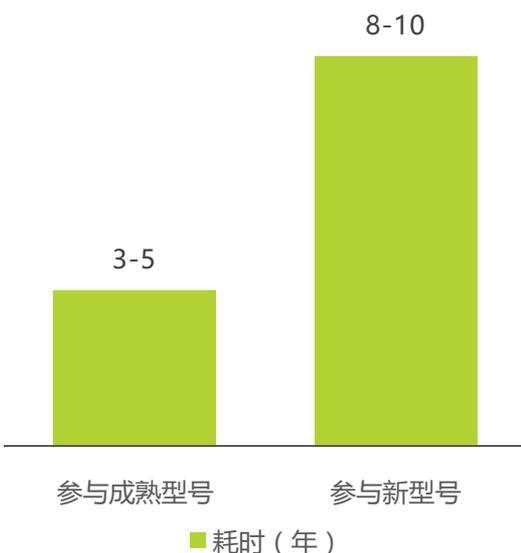
5

# 趋势一：5-10年的涅槃成长

## 属于商业航天自己的工程师团队需要一型成熟产品的历练

2014年前后，中国商业航天公司相继成立，时至今日，商业航天公司平均已有5年左右的经营时间。所以截至目前，各一线商业航天公司均已有成型的产品推出，在实证上验证了团队具备航天研发的技术能力。在从0到1的过程中，商业航天公司熟悉了系统工程全流程，这些积累下来的经验非常宝贵。它将引导这一批不同于体制内的商业航天工程师，走出一条属于商业航天的研发生产路线，对过去沿用了几十年的系统工程论进行优化。也就是说，当商业航天第二代，第三代宇航产品问世，量产并常态化之后，中国航天整体的能力将有跃升。

### 一名工程师从新手到成才 所需要的时间



### NASA技术成熟度判定标准

级别	等级判断标准	工程阶段	理论耗时
TRL1	研究并报告基本原理	纸面	1年
TRL2	形成技术方案或应用方式	概念	
TRL3	关键功能或特性得到试验验证	概念验证	1年
TRL4	部件或试验板在实验室中得到验证	原理样品	
TRL5	部件或试验板在模拟环境中得到验证	模型样品	1年
TRL6	系统或分系统样机在模拟环境中得到验证	系统/分系统原型	
TRL7	系统技术样机在典型真实环境中得到验证	系统原型	1年
TRL8	完成真实系统研制，通过测试和演示验证	实际系统	
TRL9	真实系统产品通过连续执行任务得到验证	实际系统	1年

来源：美国航天局，公开市场资料，专家访谈，艾瑞研究院自主绘制。

# 趋势二：产业链的“先合后散”

## 商业航天产业链整合尚需时日，一旦成功未来意义重大

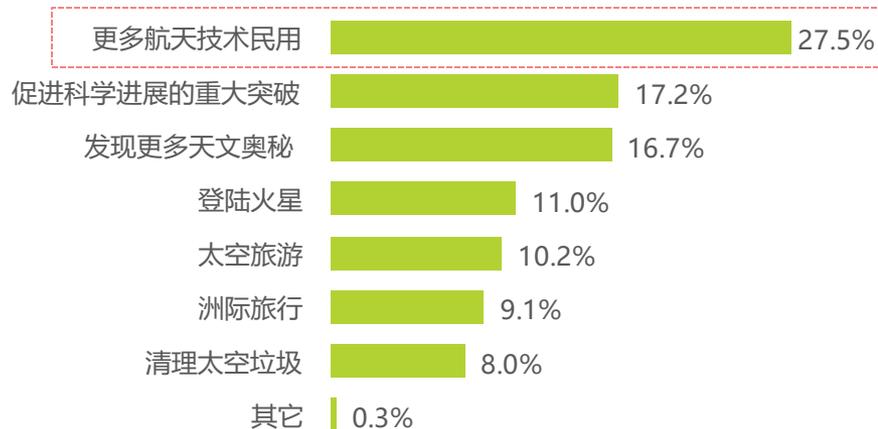
从目前来看，商业航天尚未掌握稳定的订单来源，所以行业整体还没有稳定的现金流，所以在资金层面上去整合产业链有一定难度，没法系统性的展开。但好的是，目前在航天产业大热的过程中，产业链上的参与者越来越多，新企业层出不穷，这都为未来商业航天公司主体的产业链整体，提供了先验经验和甄选投资标的的机会。

一旦某几家航天公司整合产业链成功以后，会在市场上占有很强的先发优势。在其分系统产业链全覆盖的生态下，产能必然有所溢出，也就意味着这家公司在未来具备了服务新航天公司的能力。当下由于航天的参与者不足，所以第一代商业航天公司必须自己掌握核心技术和制造能力。但未来航天一定会成为与航空一样服务C端稀松平常的产业，当民间航天行为成为常态后，宇航元件的采买就会形成新的市场，各类航天器会出现模块化组装的趋势。所以这些已经完成产业链整合的公司，结合其自身新系统工程模式的底蕴，势必改变现在航天器生产的过程。所以当下产业链整合的战略意义重大。

### 2020年中国网民对未来1-3年内航天产业

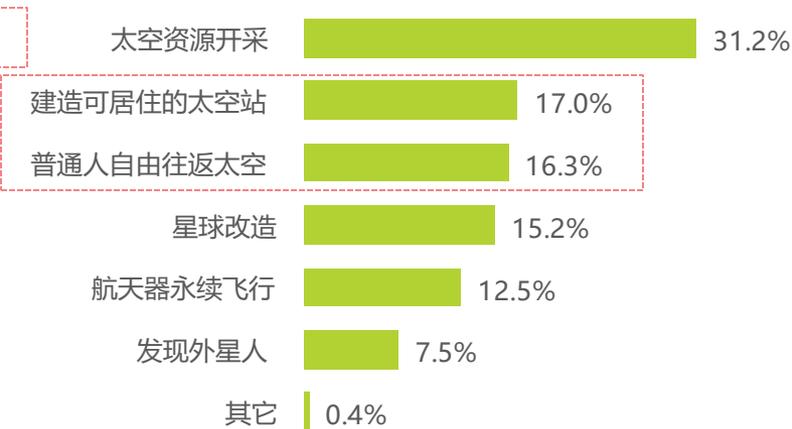
#### 取得成就的预期

#### 航天大众化



### 2020年中国网民对未来3-10年内航天产业

#### 取得成就的预期



样本：N=3009；艾瑞咨询于2020年3月20日通过iClick网上调研获得。

样本：N=3009；艾瑞咨询于2020年3月20日通过iClick网上调研获得。

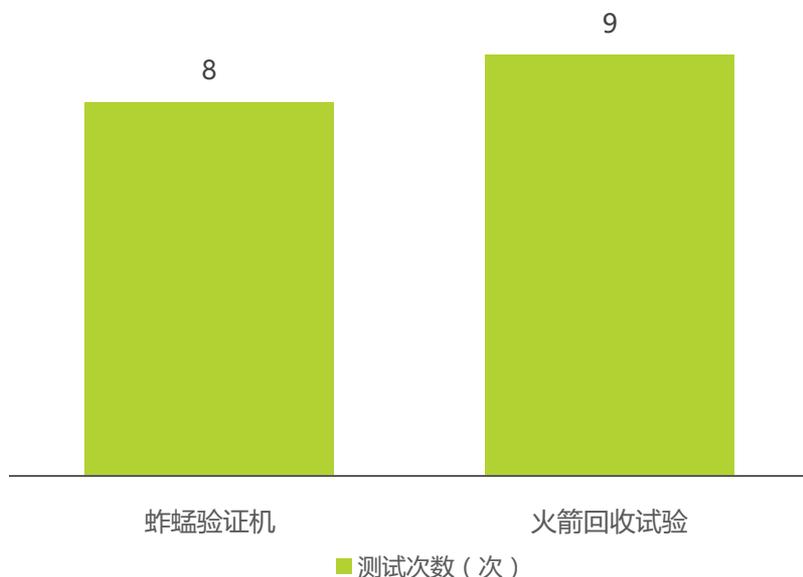
# 趋势三：航天是实践出来的

## 商业航天的试验环境是未来发展的必要设施

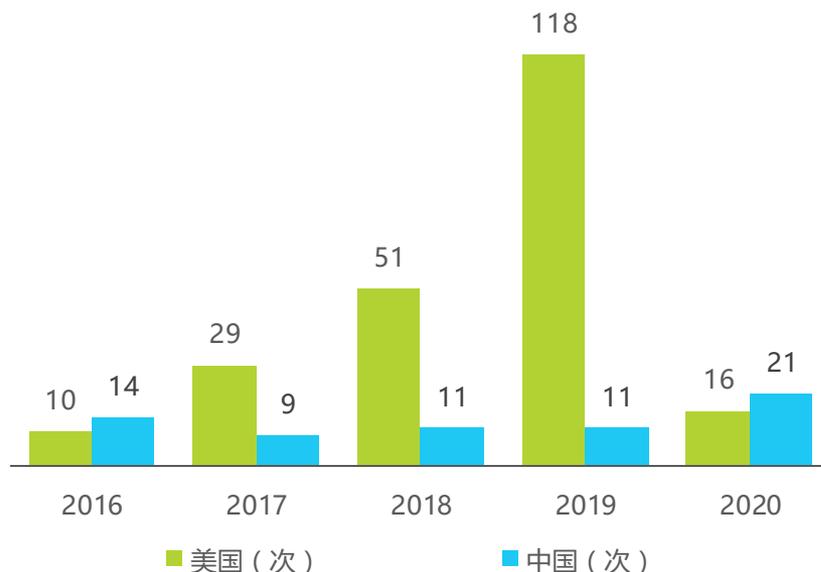
SpaceX猎鹰九号火箭在成产品发射之前，曾经经历过大量的飞行测试，在技术上如果想有突破，尤其是液体火箭技术，就必须进行实际的飞行测试，这对商业航天机构自己的实验场所提出了需求。参考美国SpaceX和蓝色起源两家公司，总计三处的私有发射场模式，预计未来中国商业航天可能会共用一处商业航天发射场。

而对于卫星产业来说，实证则更麻烦一些。商业卫星的初代产品无论从设计还是材料选择上，基本沿用了体制内卫星生产的框架和模式。从目前传递的信息来看，卫星产业链上的公司要找到卫星公司，通过协商让卫星公司同意搭载一款元件进入空间。然后，产业链公司与卫星公司平摊该元件重量产生的发射费用。因此未来对于实验星的需求量也非常大。

### SpaceX猎鹰九号火箭试验次数



### 2016-2020年中美发射技术试验卫星数



来源：美国航天局，2020年的数据尚未公布。公开市场资料，专家访谈，艾瑞研究院自主绘制。



## 行业咨询

- 市场进入 为企业提供市场进入机会扫描，可行性分析及路径规划
- 竞争策略 为企业提供竞争策略制定，帮助企业构建长期竞争壁垒



## 投资研究

- IPO行业顾问 为企业提供上市招股书编撰及相关工作流程中的行业顾问服务
- 募 投 为企业提供融资、上市中的募投报告撰写及咨询服务
- 商业尽职调查 为投资机构提供拟投标的所在行业的基本面研究、标的项目的机会收益风险等方面的深度调查
- 投后战略咨询 为投资机构提供投后项目的跟踪评估，包括盈利能力、风险情况、行业竞对表现、未来战略等方向。协助投资机构为投后项目公司的长期经营增长提供咨询服务

# 关于艾瑞



艾瑞咨询是中国新经济与产业数字化洞察研究咨询服务领域的领导品牌，为客户提供专业的行业分析、数据洞察、市场研究、战略咨询及数字化解决方案，助力客户提升认知水平、盈利能力和综合竞争力。

自2002年成立至今，累计发布超过3000份行业研究报告，在互联网、新经济领域的研究覆盖能力处于行业领先水平。

如今，艾瑞咨询一直致力于通过科技与数据手段，并结合外部数据、客户反馈数据、内部运营数据等全域数据的收集与分析，提升客户的商业决策效率。并通过系统的数字产业、产业数据化研究及全面的供应商选择，帮助客户制定数字化战略以及落地数字化解决方案，提升客户运营效率。

未来，艾瑞咨询将持续深耕商业决策服务领域，致力于成为解决商业决策问题的顶级服务机构。

## 联系我们 Contact Us

 400 - 026 - 2099

 [ask@iresearch.com.cn](mailto:ask@iresearch.com.cn)



企 业 微 信



微 信 公 众 号

# 法律声明

## 版权声明

本报告为艾瑞咨询制作，其版权归属艾瑞咨询，没有经过艾瑞咨询的书面许可，任何组织和个人不得以任何形式复制、传播或输出中华人民共和国境外。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，部分文字和数据采集于公开信息，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，艾瑞咨询对该等信息的准确性、完整性或可靠性作尽最大努力的追求，但不作任何保证。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的观点均不构成任何建议。

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