iResearch
艾 瑞 咨 询

星绘

太空资源开采及天基制造行业研究报告

2020年

前言

《逍遥游》是我国道家大宗师，战国时期的哲学家、思想家庄周的代表作，此文主题是表现出一种绝对自由的人生观。所谓朝菌不知晦朔，蟪蛄不知春秋，想要获得绝对的自由，需要有垂天之云一般的羽翼，若泰山一般的膀背。而这种思想，亦是当今航天产业最顶端以深空探测、行星探测为代表的真实写照。

在普通人眼里，火箭升空的瞬间，卫星翱翔的瞬间，还有人类登陆月球的瞬间，才是最符合群众期待的航天。但实际上，航天是倾国之力甚至倾世界之力，才能取得成就的庞大产业。它不但是一项非常庞大的系统工程，也在商业上拥有自己独特的规律。民众所看到的高光时刻，不过是这些系统工程配合的自然结果。

每一个航天成就的达成，都是一系列细小的阶段性试验组合在一起推动的。这种工程系统的细致程度超乎普通民众的想象，以至于民众面对这件事时最直接的反应，就已经跳过或涵盖了很多高难度的航天任务，可以说航天产业目标远大，但达到这个目标的每一步都谨小慎微。

在当今商业航天的火热程度引领下，我们预计未来航天产业会有“缮、探、移”三个不同阶段，每一个阶段都可以带动一系列产业的发展，按照这种航天思维来思考，未来十年航天产业是最具投资价值的优质赛道，在理解航天规律的基础上，亦能带来巨大的商业和投资回报。

来源：艾瑞研究院自主绘制。

©2020.6 iResearch Inc.

朝菌：太空的资源和意义 1

冥灵：天基生态的三步走 2

大椿：行星探测的意义和技术要点 3

鲲鹏：现阶段商业航天投资逻辑梳理 4

新世界

全球航天产业进入第四阶段

1899年10月19日，一个17岁的少年爬上了一棵樱桃树，然后灵光一现。他刚刚读了赫伯特·乔治·威尔斯的《世界大战》，对于书中火箭可以载着我们探索宇宙的想法感到激动。他想象着，如果能够造出一个飞到火星并探索这颗红色星球为使命的设备，那该多么美妙。当他从树上爬下来的那一刻，他的生命被彻底改变了。在他生命余下的时间里，他都铭记10月19日这一天。他的名字是罗伯特·戈达德。他不断完善第一艘液体燃料多级火箭，让这项改变人类历史进程的项目运转了起来……这就是人类航天产业的原点。

全球航天产业的四个发展阶段

第一阶段 1899-1945

由罗伯特·戈达德起始，到二战时期德国V2火箭作为武器应用。这一阶段，全球航天产业经历了从无到有的过程，是0的突破。

第二阶段 1945-1991

二战结束后，航天技术与人才成为各战胜国争相争抢的战略资源。冷战期间，航天成为美苏双方竞争的焦点，也是在这段时期内，人类航天产业在政治要素的推动下，完成了载人航天，探月等辉煌成就。这也是迄今为止，航天产业发展最为迅速的时期。

第三阶段 1991-2015

冷战结束后，航天不再是矛盾焦点，许多有意义的项目因为立项和资源问题被束之高阁。人类航天产业停滞了。

第四阶段 2015-至今

2015年，SpaceX成功实现了一级火箭回收，实现了火箭复用，创造了人类航天史上当之无愧的第一。受此影响，SpaceX这家公司商业和运作上的成功经验，让人们开始重新审视航天的发展路径。

更重要的是，这激活了全社会对航天本身意义的思考。也拉开了人类大规模探索和应用宇宙的序幕。

来源：艾瑞研究院自主绘制。

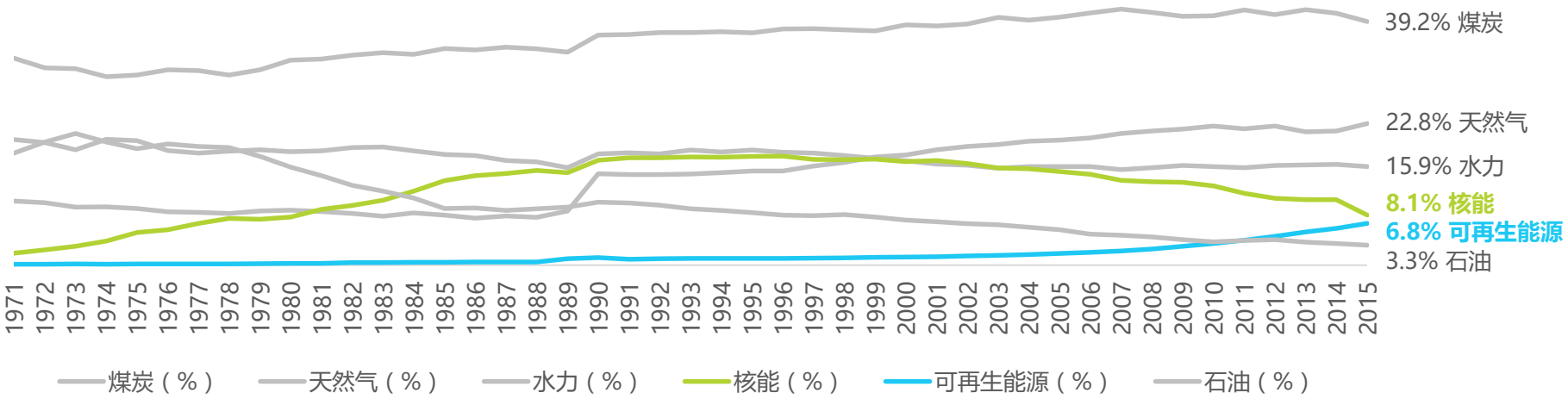
©2020.6 iResearch Inc.

在消耗中发展的文明

切尔诺贝利改写了人类能源进程

19世纪50年代，热力学第一定律被多位物理学家验证，它的发现为人类重新审视文明发展道路奠定了科学基础。如今能源的消耗与文明的进程息息相关，可以说在过去漫长的人类历史中，我们的文明发展是以能源的消耗为代价的。所以在20世纪70年代，人类寻找永续能源的需求和欲望，使核能发电的占比迅速跃升。但1986年却尔诺贝利的灾难，让人类对永续能源的追求，在生存安全面前退缩了。自此，核能发电量占比连年下降，21世纪后，这一占比已低于10%。时至今日，核能都是一个很有伦理争议的问题。又经历将近20年的消耗性发展后，可再生能源的占比得到了显著提高。这一数据在背后反应出的社会思潮是非常深刻的，在极少部分科学家的视野中，对资源的发掘和应用关系着人类种族的延续，而这一问题在21世纪的今天，将更加尖锐。

1971-2015年全球各类发电基础能源占总发电量的比值



注释：电力来源是指用于发电的投入。核能发电是指由核电站生产的电力。石油指原油和成品油。燃气指天然气但不包括液化天然气。煤炭指所有类别的煤及褐煤，既指天然煤（包括硬煤和柴煤），也指衍生燃料（包括专利燃料、焦炉焦炭、煤气焦炭、焦炉煤气和高炉煤气）。泥煤也包含在此类别中。可再生能源不包括水力发电在内的可再生能源发电包括地热、太阳能、潮汐、风能、生物量和生物燃料。水力发电指由水力发电站生产的电力。
来源：国际能源机构《非经合组织国家能源统计与平衡》、《经合组织 国家能源统计数据》和《经合组织国家能源的平衡》。

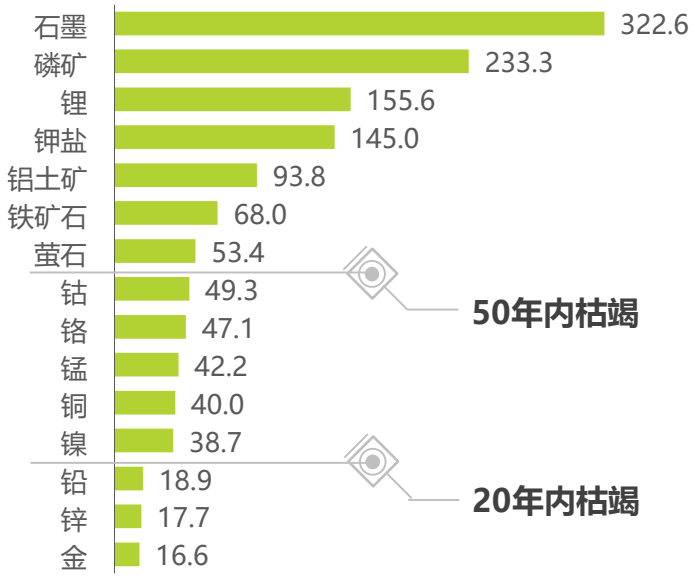
©2020.6 iResearch Inc.

星辰大海的召唤

航天产业对人类生存本身意义重大

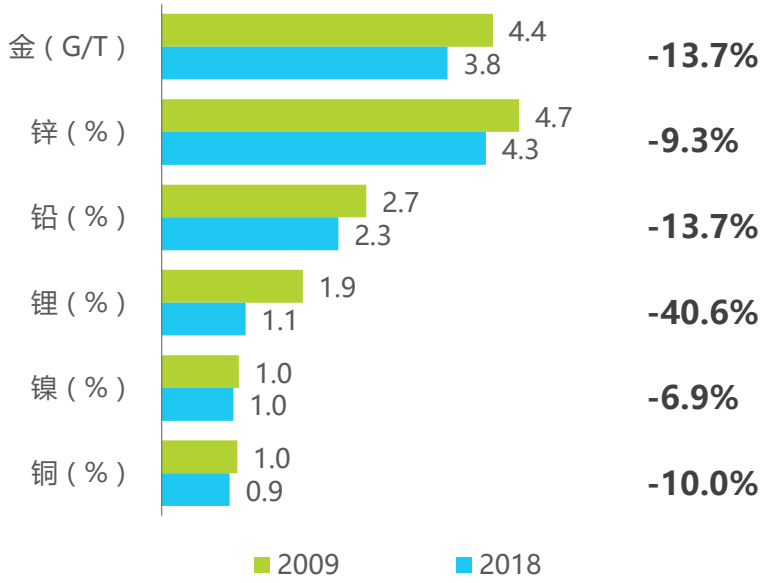
航天是一个承载了人类崇高理想的行业，不仅因为它对宇宙的探索，从哲学层面上就直接影响我们对自身生存意义的思索。在现实层面上，航天对人类生存空间和生存资源的获取，对物种的延续起着至关重要的作用。正如前文所述，一切能称之为资源的东西，在21世纪都面临着更严峻的情况。在地球上，实际上是在任何行星上，重金属元素矿藏的储量是有限的，在循环利用技术达到完美状态之前，任何一个行星的矿产资源都终将枯竭。从目前探明的储量和消耗量来看，金、锌和铅这三种重金属的储产比不足20。也就是说在20年内，除非循环利用，否则地球上就没这三类资源可以开采了。而诸如镍、铜、锰等工业生产主要使用的金属，在未来50年内，也将面临资源枯竭的状态。

2018年全球主要矿种储产比



来源：中华人民共和国自然资源部，美国地质调查局，世界金属统计局。

2009&2018年全球主要矿种勘察新发现品位变化



来源：中华人民共和国自然资源部，美国地质调查局，世界金属统计局。

©2020.6 iResearch Inc. www.iresearch.com.cn

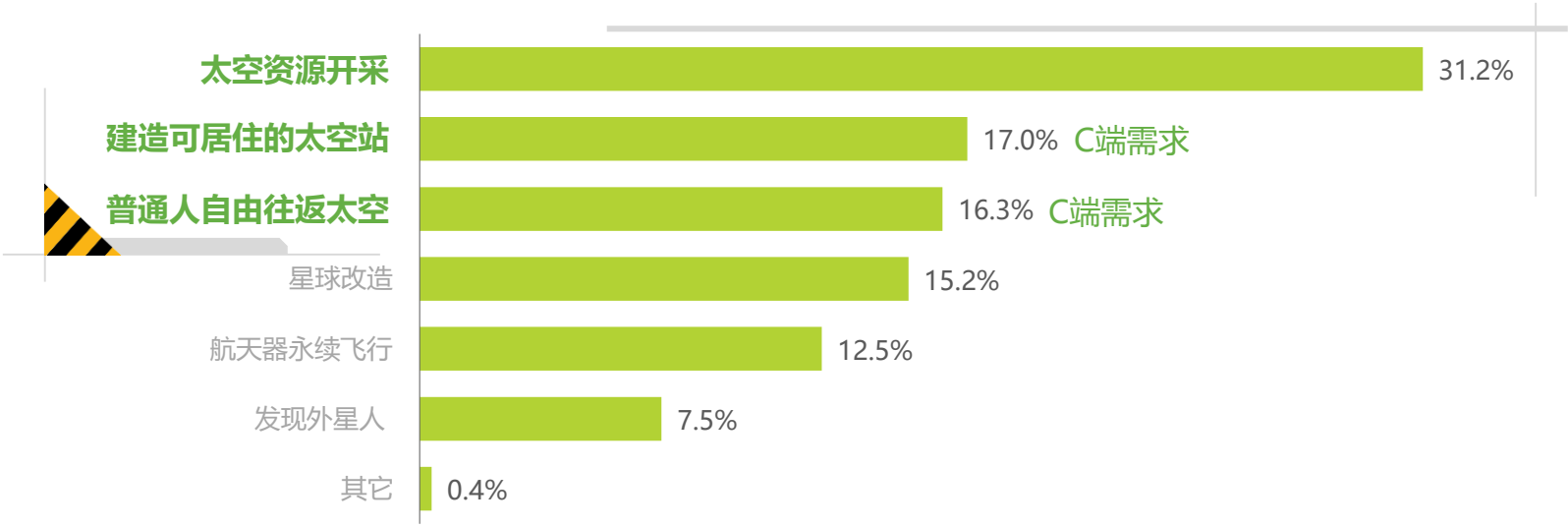
物种的勇气

新商业环境下的宇宙探索

冷战结束后，航天对国际竞争的重要性骤减，除了政治诉求被大幅削弱以外。以当时的视野和技术实现难度上看，对宇宙的开发是一件极其奢侈的事。太空的资源虽然丰富，但要想达到应用级别，地球上付出的资源要远高于得到的。无论是矿产、能源还是生存空间，在地球上的勘探和获取要比从太空获取更经济。并且动荡时期结束后，恢复全球经济秩序的总需求要高于对太空的探索。诸多要素综合在一起，航天产业放缓了脚步。

但随着商业航天的爆发，21世纪的商业环境给以工业制造为基础的传统产业带来了新的活力，这种活力不仅体现在技术可以大规模实践在工艺流程中，还体现在商业模式本身的变革，可以使一个崇高的目的在不考虑投入产出的情况下得到推进。主要目标与现金牛业务的分开，资本对新产业的兴趣，以及最重要的个人用户对航天产生了需求的萌芽，这些原因为人类这一物种探索宇宙，征服太空，注入了新的勇气。

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。

©2020.6 iResearch Inc.

朝菌：太空的资源和意义 1

冥灵：天基生态的三步走 2

大椿：行星探测的意义和技术要点 3

鲲鹏：现阶段商业航天投资逻辑梳理 4

“缮、探、移”三步走

每一步战略目标的达成，都将带动一系列产业的发展

人类探索宇宙的目标是走出地球摇篮，整体上会呈现出从近地到深空，从简单到复杂的产业发展趋势。所以在不同阶段会经历三个重要时期。分别是以太空资产运维和续航为主的第一阶段“缮”；以地外环境探索和复杂应用空间为主的第二阶段“探”；以及以星际旅行和移民为主的最终阶段“移”。

全球航天未来“缮、探、移”的三步走战略

第一阶段：缮

Renovate

在这一阶段，
全球航天产业会发生巨变，具体将作用于两个大版块：

- 一个版块是地面的底层技术支撑，过去依靠地面设备和技术的产业，将得到天基的补充。
- 另一个版块是当前天基产业本身，全球太空资产的续航及维修，太空环境的清理和维护，都将是这一阶段的重点。

5-10年实现

第二阶段：探

Explore

在这一阶段，
人类在太空的存在和掌控能力已经得到大幅提高，近地空间应用逐步完善。航天整体将向更复杂利用空间探索，并为深远空间的利用作准备，一系列的探索发现，将成为最重要的工作，包括天文、基础科学和航天工业本身。由此受益的产业可能包括：

- 太阳能、绳系发电系统、太空舱、机械臂、太空望远镜、无人探测器以及量化人类指令的人工智能算法

8-15年实现

第三阶段：移

Migrate

在这一阶段，
是人类大规模星际移民的阶段，基本能够实现宇宙资源在宇宙环境完全消化，这意味着在太空制造的工业和工艺基础已经比较完善。航天技术将主要集中到类地行星的实质探索，土壤分析，和一系列星球改造和基地建设领域发展。由此受益的产业可能包括：

- 深空及月基发电系统、月球及小天体矿物研级及开采、宇宙资源的即时应用等

15-25年实现

来源：艾瑞研究院自主绘制。

©2020.6 iResearch Inc.

未来航天图景中的庞大产业链

航天是未来5-10年内的投资主线

天基生态产业链











来源：艾瑞研究院自主绘制。

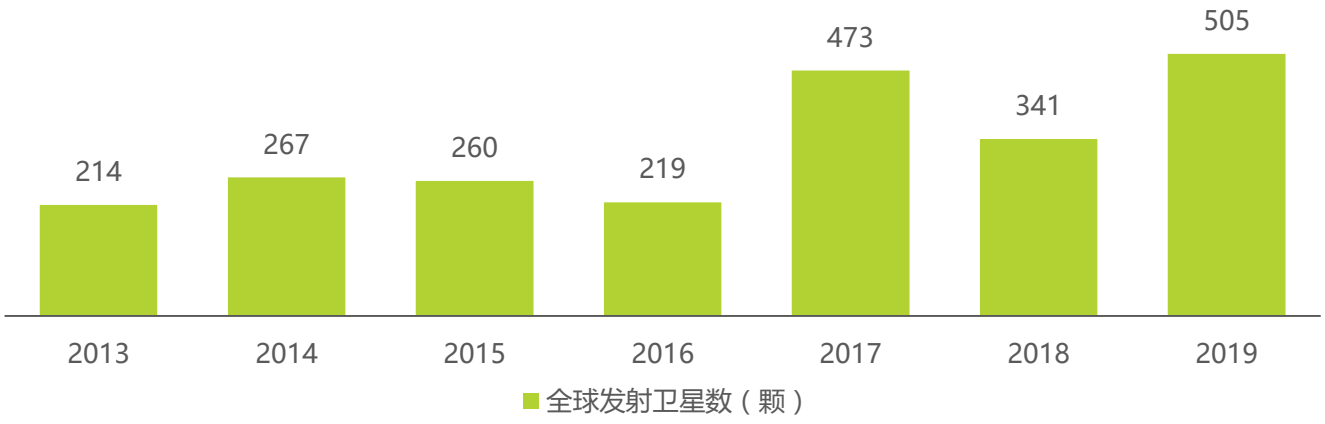
©2020.6 iResearch Inc.

缮：需求的起源

可及且仅限于可及的宇宙

地球引力束缚着目前人类能控制的所有物质，所以想要实际的探索和利用太空，就必须摆脱这种束缚。需要巨大的能量，这就对人类使用技术手段控制能量带来了空前的挑战。目前我们对抗地球引力的方法是粗糙且有一定破坏性的，利用化学能产生的推力将卫星或其它航天器送入太空。实际上所谓的化学能，就是可燃物的爆炸，对于人类目前的技术水平来说，对爆炸这种极短时间内释放能量的物理过程，想要严格控制它释放能量的大小是非常困难的，所以在应用层面非常粗糙。所以对于一发火箭来说，效率是很低的，通常只能将火箭总重5%质量的航天器送入太空。虽然其它能产生更大能量的物理反应在理论上可以将效率提升，但对“爆炸”都尚难控制的技术来说，控制更巨破坏力的能量释放过程是不可能的。以上仅是人类目前将卫星送入太空过程中遇到的基础难点，这只解决了我们在太空中有存在的第一小步，所以宇宙是可及的。但对宇宙的开发和利用是一个更加自由且双向的过程，航天器的返回所面临的问题更加严重，如果将大质量的宇宙资源带回地球，那恐怕将是一场灾难。所以当下，宇宙仅仅是可及的。所以在人类不断将航天器送入太空的过程中，不知不觉的已经积累了大量无法回收、无法复用甚至无法销毁的太空资产。

2013-2019年全球发射卫星数量



在轨卫星总量

全球： 2665颗

中国： 363颗

来源：卫星工业协会，忧思科学家联盟，公开市场资料，根据艾瑞统计模型核算。

©2020.6 iResearch Inc.

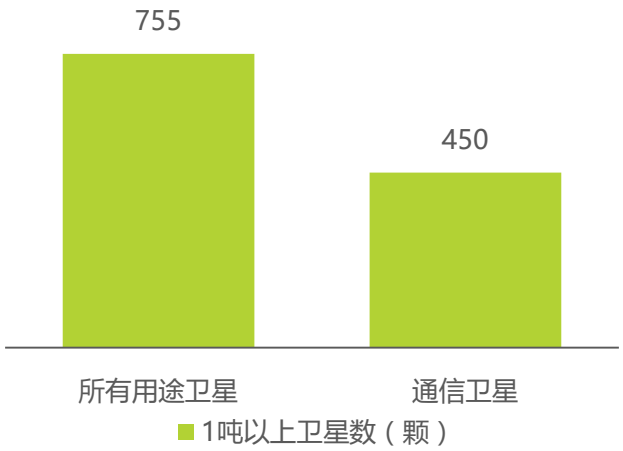
缮：需求的起源

中型卫星以上级别的卫星存在天基运维需求可能性

2020年2月26日，美国诺斯罗普·格鲁曼公司及其全资子公司空间后勤公司在高度为35786公里的轨道上成功完成任务延寿飞行器1号(MEV-1)与国际通信卫星901 (IS-901)的首次在轨对接，为后者提供寿命延续航服务。此举为航天第四阶段第一步的推进奠定了实践基础。

截至2020年4月，全球共有2665颗卫星在轨工作，其中1吨以上的卫星有755颗，其中通信卫星450颗，未来这些1吨以上的大卫星，都是卫星运维服务的主要需求方。为了客观严谨，在我们对未来市场规模的核算中，以最保守的通信卫星为主要受众，其它类别卫星暂不做考虑。但未来卫星延寿服务不可能仅局限于通信卫星，原因在于，目前低轨卫星星座成为热点，并且2017到2019年，这三年时间，600公斤以下的小卫星每年以300颗以上的数量被发往太空，比之前时期增加了1倍多，这对大质量通信卫星的发展有一定制约。而每颗重量300公斤左右的小型通信卫星，无论是技术上还是成本上，当下都不支持延寿服务。另一方面，通信卫星之所以成为首批服务对象，源自于其制动方面的特性，所以理论上与通信卫星具备相同特性的卫星，都可以延寿。

2020年全球1吨以上卫星数量



来源：卫星工业协会，忧思科学家联盟。

潜在市场规模=1吨以上通信卫星总数×延寿服务渗透率×延寿年限×单价

参数选取说明：以目前唯一成功案例MEV-1延寿卫星为参考依据。

- 延寿年限：MEV-1为国际通信卫星提供为期5年的延寿服务。所以统一取5年。
- 单价：国际通信卫星公司执行副总裁兼首席财务官克雷斯特在曾表示，该公司支付的MEV-1卫星提供的延寿服务费用约为每年1300万美元。
- 渗透率：保守预计只有5%的通信卫星需要延寿。

潜在市场规模= 450×5%×5×1300=**14.625亿美元**

©2020.6 iResearch Inc.

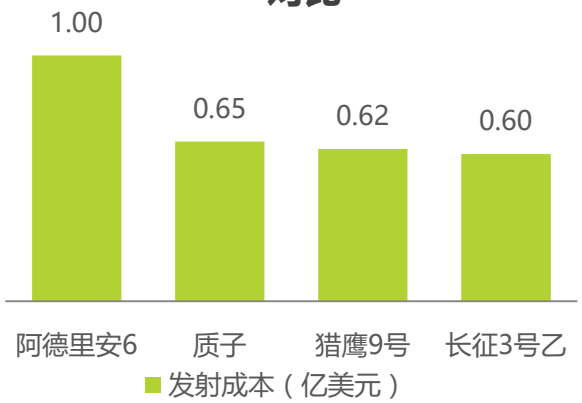
缮：需求的起源

卫星延寿服务的经济效益和未来卫星的进一步模块化设计

MEV-1延寿卫星的主要成本有两个方面，第一是卫星本身的制造成本，第二是发射成本。根据目前公开的情报来看，诺格公司并未公布MEV-1延寿卫星的造价，但市场普遍估算其制造成本大约为4000万美元，由于MEV-1卫星的发射，是由俄罗斯质子火箭以一箭双星的方式发射升空，并且2.36吨的重量只占质子火箭总运力的30%，所以理论上发射成本不是一枚火箭的总报价。

在技术层面，MEV-1延寿卫星虽然创造了历史，但它只是过渡性的服务。延寿业务的成功将促进未来卫星的进一步模块化设计。MEV-1延寿卫星采取的技术是通过机械臂，捕捉抓住被延寿的通信卫星，再利用自身的制动系统，让燃料耗尽的通信卫星恢复机动能力，但本身并不影响也不介入通信卫星的功能。这样做的弊端是延寿服务只能1对1，宇宙中2600多颗卫星不可能通过2600多颗延寿卫星来续航，从经济效益上也难以持久。因此参考飞机空中加油和智能手机充电线制式统一化的经验，未来卫星平台或许会因考虑到延寿和运维服务，统一预留燃料注入模块，甚至其它功能升级性模块，天基服务设施的完善与卫星接受天基服务的模块化接口的广泛应用，将成为第一阶段完成的主要标志。我们预计这在2028年前后可能完成。

中美欧典型运载火箭发射成本对比



卫星延寿利润=延寿年限×单价-卫星制造成本-发射成本

参数选取说明：

- 收入评估：如前文所述，5年×1300万美元
- 卫星制造：市场预计4000万美元
- 发射成本：质子号火箭发射报价6500万美元，地球同步轨道运力6吨左右，MEV-1卫星质量约占总运力的30%，所以暂预估发生成本为6500的30%，约为2000万美元

卫星延寿利润= 5×1300-4000-2000=**500万美元**

*我们仅简单测算了卫星延寿这一种服务的可行性，还有充电、更换元件、物理修复等更多内容包含在运维层面。因此在天基生态的第一步中，还有更大的潜在商业价值存在。

来源：美国联邦航空管理局，企业访谈，市场公开资料，根据艾瑞统计模型核算。

©2020.6 iResearch Inc.

缮：需求的起源

小卫星的集中发射，对未来火箭发射提出了要求

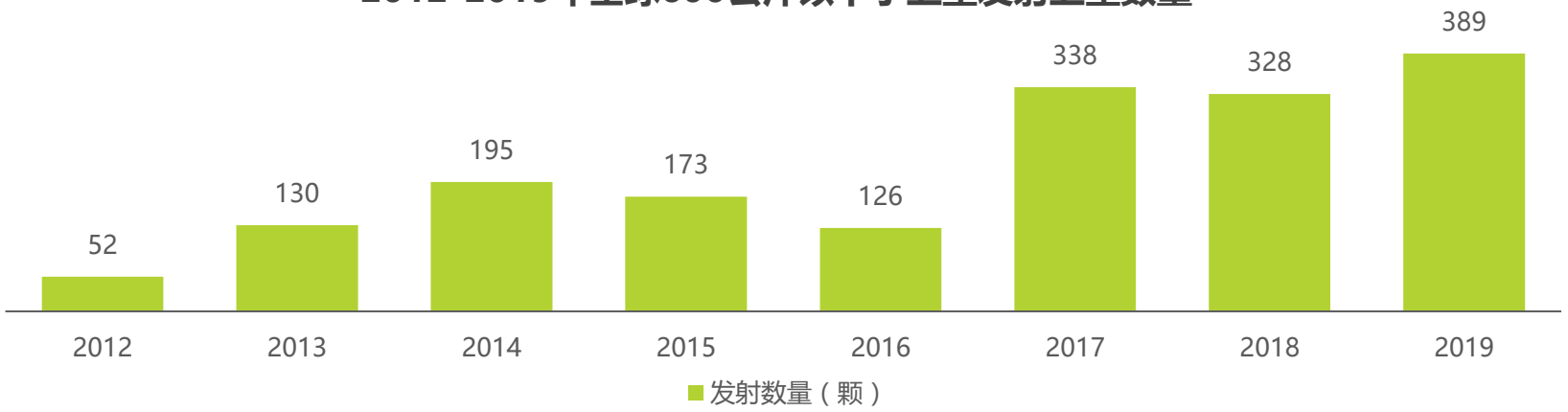


得到最大促进的产业链板块

2017年后，600公斤以下级别的小卫星发射数量由每年不足200颗，跃升至每年300颗以上。一方面，卫星小型化技术的发展，让原本应由机械控制完成的部分，可以由星载电脑完成，缩减了卫星体积和质量。在火箭运载能力不变的情况下，可以发射更多小卫星入轨，提高了效率。另一方面，掌握小卫星制造技术的商业航天企业，也通过自身的商业行为，让小卫星产业得到更多的关注。在这种现象的背后，体现出的其实是一轮更宏大的历史进程，经过将近30年的沉浮，航天再一次成为国际瞩目的焦点。

除了现有的小卫星发射需求，低轨星座组网等发射需求外。在第二步“探”所在的时期，人类若想在太空中有进一步的存在，做更复杂和深度的试验和探索，将地面设备送往太空的投送能力是基本条件。即便是在第一步内，诸如OneWeb等曾经的明星公司，也都因为其自身并不具备投送能力而相继破产。这从侧面证明，航天产业链各板块的连接，要比预想的更加紧密。这也为航天产业链的整合提供了契机，优秀的投送能力，定制化的服务能力以及饱和可控的造箭能力，都是产业链火箭版块内公司制胜的关键。

2012-2019年全球600公斤以下小卫星发射卫星数量



来源：卫星工业协会，忧思科学家联盟，公开市场资料，根据艾瑞统计模型核算。

©2020.6 iResearch Inc.

探：时代的过渡

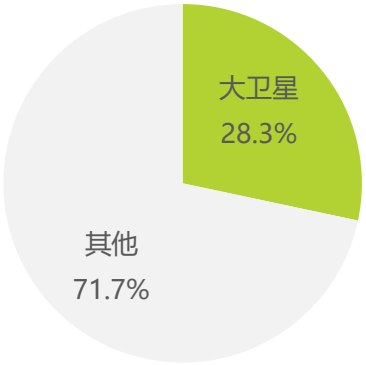
复杂利用太空的尝试与深空探索技术的准备

事实上关于太空的探索从航天产业出现的一刻起，就一直在进行中。作为基础科学的天文和作为技术实现的航天，二者相辅相成，互相促进。所以在第二阶段的探，主要指以太空平台为基础，进行的与天基资源开采、技术研发实现天基资源在轨应用为目标的一系列探索。之所以把这部分作为第二阶段，是因为我们预计在第一步缮和最终实现太空移民之间，很长一段时间都会以科研探索为主。在这个过程中，能源类成品的制造与传输，可能是实现难度最小的版块。

另一方面，以目前人类航天器的能力，实现实质行的太阳系外行星探测难度非常大，受制于化学燃料和太空资源利用的能力，航天器所有的动力基础几乎只能以靠地球上携带的资源，效率和续航能力都受限，所以航天器很难飞出太阳系去拜访另一个恒星。所以探的这个阶段，也有为进一步深空探测做技术准备的目标。

基于这两个方面的问题，第二阶段探接近完成的标志是天基资源的原位应用，比如：首座太空电站或天基设备的在轨制造工厂的建立。或者从另一个维度上思考，人类首次大规模有组织的太阳系外行星探索的高性能探测器出航，亦可以看作是这一阶段进入成熟期的标志。我们预计这三件事有可能在2032年前后实现。

截至2020年4月全球在轨卫星重量分布



现有卫星太阳翼应用成本=太阳翼造价+发射成本

参数选取说明：由于1吨以下的中小卫星，其自身携带电力系统本身比第三方受电更加经济。所以我们只选取1吨以上的大卫星作为估算对象。

造价成本：根据目前公开市场资料，一个2吨的大卫星，太阳翼总面积16.48平方米。我们取略低一点的平均值10平方米。根据访谈太阳翼平均造价50-100万之间，取80万/平米。所以太阳翼面积×造价=10×80=**800万人民币**

发射成本：同样基于市场资料，一个2吨的大卫星，太阳翼总重90公斤，我们取略低一点的平均值，70公斤。发射单价为28万/公斤。所以发射成本=70×28=**1960万人民币**

现有卫星太阳翼成本= 800+1960=**2760万人民币**

来源：卫星工业协会，忧思科学家联盟，上海交通大学，专家访谈，根据艾瑞统计模型核算。

©2020.6 iResearch Inc.

探：时代的过渡

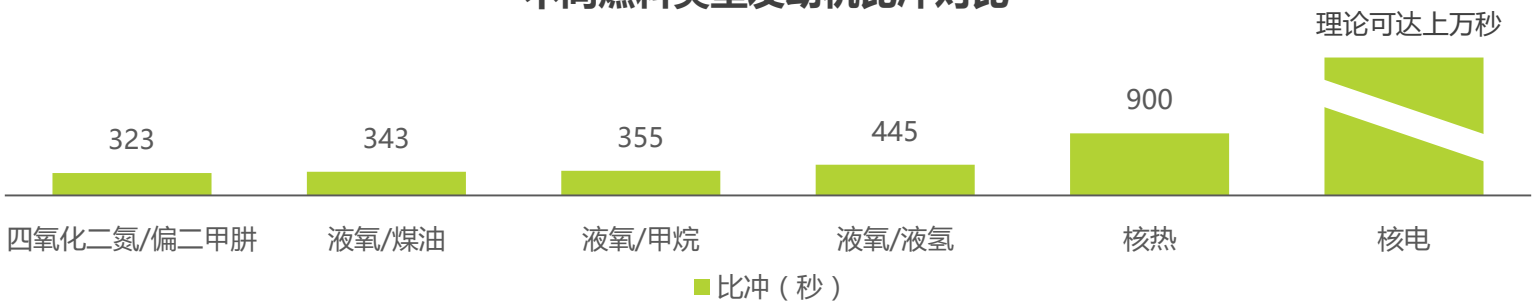
太空电站背后体现出的是资源原位利用的理念

通过前文计算可以粗略的看出，单卫星在电能获取这件事情上，平均要消耗2760万人民币。而全球目前在轨卫星中有755颗1吨以上的大卫星，所以全球单纯在卫星获取电能领域就已经支出了200多亿人民币，如果再加上已经退役的老卫星、中小卫星和诸如空间站，望远镜等其他航天器，那么这一数字将变得更加庞大。这些资金都是未来太空电站建设过程中，可能节约或一劳永逸的解决太空用电问题的总成本。在理论上，太空电站的电能可以用微波进行输送，但是在电能送往地球的问题上，效能和安全性方面还需要更前沿的技术支持与论证。

除了空间太阳能电站以外，在太空中产生电能的方式还有很多，其中绳系发电和核能发电，都是可以备选的技术。这二者在目前应用过程中，都有不得不考虑的问题，比如在绳系发电原理是用以跟数百米长的电缆悬浮在太空中，利用导电电缆与地球磁场的切割产生电能，但目前已知的实验中，由于电流过大导致电缆烧断，是尚未解决的问题。而空间核能则是因为十吨两级的核反应堆堆芯，在火箭发射过程中，存在发射失败导致坠落的安全问题，而没有被大规模推广。

不过绳系发电技术和空间核能技术的进一步探索，其意义也并不一定局限在电能本身。绳系发电技术的逆向应用可以使卫星通过向电缆中传输电流而改变轨道高度，对于提高大型空间设施的在轨寿命是另一种方式的促进。而空间核能本身也有飞创的核热制动与核电制动两种用途，也即是说当飞船由火箭带入太空后，化学能消耗殆尽，可以通过天基原件的更换，让飞船装备核能发动机，进行时间更长的深空探索。无论出于哪种目的，这些技术都体现了太空资源原位应用的理念，相比起地球本位的航天基础设施建设思路，已经是更成熟，更复杂利用空间的探索与尝试。

不同燃料类型发动机比冲对比



来源：公开市场资料，专家访谈，根据艾瑞统计模型核算。

©2020.6 iResearch Inc.

探：时代的过渡

置身太空，本身就可以成为商业化的基础

除了真实太空资源的原位应用外。如前文所述，在太空中很多我们习以为常的东西都变成了非常珍贵的资源。但是反过来说，置身太空就掌握了宇宙环境这一资源，对地面来说，这已经具备了资源变现的商业化基础。自从和平号空间站建成以后，人类就有了利用太空自然环境进行科学试验的平台。2016年隶属于国际空间站的NanoRacks公司，客户只需要支付相关费用，就可以将自己的试验品送到太空，体验微重力环境和太空辐射，之后完好无损地回到地球，每次支付不少于10万美元的价格。并且该公司宣称预计2020年末，在太空开展栖息地建设实验，这已经是在做航天时代第三步的探索了。
太空实验的收益很难有个科学的评估，当年和平号空间站，前苏联仅利用地形数据库在数年间就产出了1000多万卢布的收益。而国际空间站建造成本虽然高达1600亿美元，但在其实验舱内完成的科研实验产生了万亿级别的产值。需要注意的是，这仅仅是以空间站这种庞然大物为载体的探索方式，未来对其他太空资源的探索和收集并不需要庞大的空间站来完成，更小、更机动、功能性更专一的设备或设备群会和空间站一起成为人类探索太空资源的平台。



来源：NASA，JAXA，专家访谈，根据艾瑞统计模型核算。

天基实验回收成本年限=造价/科学实验年收入

参数选取说明：

- 建造成本：国际空间站的希望号实验舱造价约为25.5亿人民币
- 实验收入：根据NanoRacks公司公布的数据，以每个实验10万美元（约71万人民币）计算，该公司的太空平台可一次最多容纳32个实验。单个实验基础时长30天，即一年可完成12轮实验。
- 使用年限：国际空间站设计寿命**10-15年**

天基实验回收成本年限= 25.5/(0.0071×32×12）≈9.35年 < 10年

*我们仅简单验证空间站简单实验的商业可行性，并且不包含实验结果带动的产值，一些更复杂的实验费用远高于10万美元，所以理论潜在市场空间比实际更大。

©2020.6 iResearch Inc.

探：时代的过渡

天基实验基地与平台的重要性

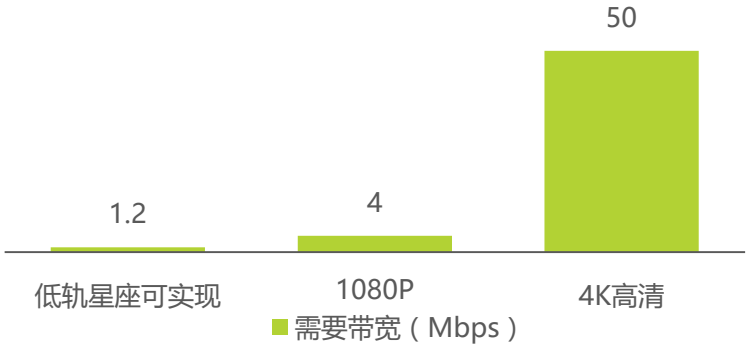
面对太空这个无垠的空间，人类很多的基础设施都可能往宇宙转移。包括通信、能源和极端自然环境的实验等等。未来预期100%的通信会转移到天基，30%的可再生能源由太空中的太阳能供给。除了这些以外，航天行业本身也急需要能够在宇宙环境中运作和测试的平台反哺自身，以弥补很多在地面上无法解决，或成本过高的问题。

对于通信等行业外应用，现在天基的基础设施能力较弱，以全球最优秀的低轨星座SpaceX星链来看，一期组网成功后一共12000颗卫星（在此暂且忽略卫星组网期间的损耗），每颗卫星的带宽有10Gbps，如果有1亿用户使用，那么平均每个人的带宽只有1.2Mbps。这与目前地面一个普通4G用户的平均需求相差很多。这有赖于卫星性能的提升。

得到最大促进的产业链版块

对于航天行业本身，无论中外，新型火箭和发动机的研发统一存在一个严重制约，那就是天空和宇宙环境中的测试与变化问题。尽管有高空试车平台的辅助，但那也并非真正意义的太空环境，所以无法稳定保证试验成功的发动机能够正常应用在火箭上。在这个领域，全球积累的数据还太少。在未来，如果想充分利用太空，未来的技术迭代必然需要天基试验平台。这依然对“泛卫星”技术提成了要求。

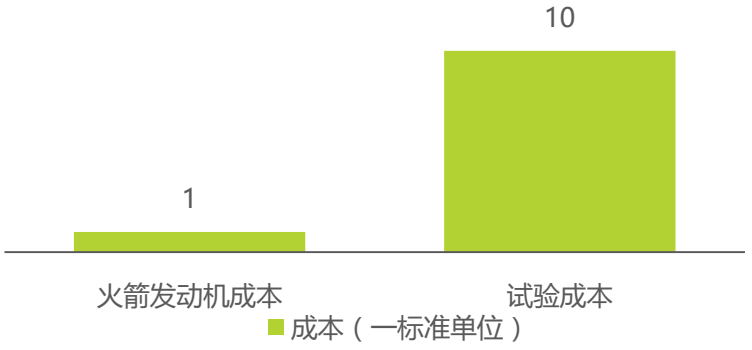
卫星通信与实际通信带宽需求对比



来源：中国移动，中国联通，中国电信，专家访谈，公开市场资料，根据艾瑞统计模型核算。

©2020.6 iResearch Inc.

火箭发动机研发成本对比



来源：中国移动，中国联通，中国电信，专家访谈，公开市场资料，根据艾瑞统计模型核算。

©2020.6 iResearch Inc.

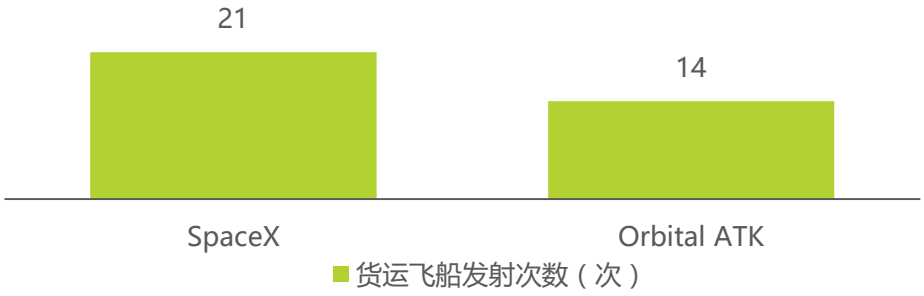
移：宇宙永居状态

正确认识天基生态中的多种需求

对于航天产业来说，宏观上存在一正一反两种声音，正向的声音以支持为主，而反向的声音，则认为目前航天产业的投入产出比太少。除了军事上的必须以外，商业上大规模投入航天，所获得的收益微乎其微。举例来说：宇宙资源丰富，但为了开采他们付出的资源要大于获取的资源；地球生存空间有限，但太空环境更加恶劣等，总之所有矛盾的焦点，都集中在“是否值得”这个问题上。这也导致对太空探索与开发的思考，无法避免的集中到了现有航天商业化较为成功的三大产业中，即：通信，遥感和导航。在能看到商业前景的前提下，这传统的三大产业也存在，轨道和频率资源的限制，所以在航天商业化进程中，疑虑要远大于乐观情绪。

但正如本报告一直强调的内容一样，未来关于天基的应用会像地面一样丰富，以宜居空间站为核心的基础设施会衍生出许多新的航天需求，这部分需求在目前正以可见的速度向前推进。如果说太空旅游，太空资源开采还太过科幻，那么关于太空站的现实情况，则是这部分潜在需求的一种现实体现。2010至2019年，SpaceX的龙飞船一共为国际空间站运送了21次物资。orbital ATK的天鹅座货运飞船在2013至2019年也有向国际空间站提供14次商业货运服务。除此之外，俄罗斯、欧空局和日本等，都曾经向国际空间站提供过政府行为的货运服务。也就是说，这些运输服务并不属于传统航天三大成熟产业层面的应用，是单纯为了维持太空设施而带动的商业行为。再加上建设方面的可能商业诉求，在航天第三阶段的潜在应用非常广阔。

2013-2019年为国际空间站提供商业货运服务的次数



空间站建设与运维

中国天宫空空间站建设预计发射次数：	20次
驻人运维发射次数：	3-5次/年
无人运维发射次数：	1-2次/年

来源：NASA，SpaceX，Orbital ATK，相关媒体报道，专家访谈，根据艾瑞统计模型核算。SpaceX和Orbital ATK商业货运服务，各有一次失败，同事也包含测试发射数。

©2020.6 iResearch Inc.

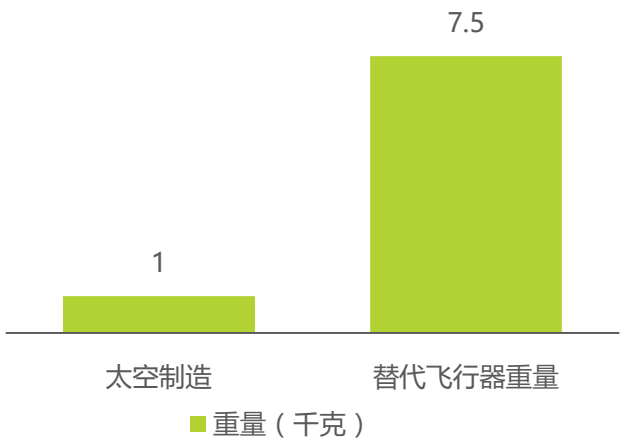
移：宇宙永居状态

在宇宙中每制造1千克质量的设备，相当于地面制造7.5千克

根据官方报道，中国新一代载人飞船试验取得圆满成功，本次任务中携带了一台3D打印机完成了宇宙环境下的3D打印试验。目前3D打印主要应用在航天装备制造中各种复杂组件的制造过程中，并且关于火箭燃料箱的3D打印，也是解决焊缝处耐用度问题的可选方案之一，可以说应用前景比较广阔。宇宙中各种物质的储量与地球不在一个量级，只小行星带的资源就是地球的数倍，且离地球最近的月球和临近行星，尤其火星，这些行星也是未来人类跨出地球很重要的先期落脚点，在充分分析不同行星土壤成分后，3D打印技术在未来极有可能最先打出殖民行星上的建筑。

除制造外，天基产业还有另外一个重要作用是工业组装。虽然火箭的运载能力符合标准，但卫星尺寸往往“超标”，所以一些卫星无法通过火箭完整发射，这就导致卫星在设计时，需要考虑各种结构件、天线和帆板框架在升空时必须是折叠状态，升空后再做复杂的展开动作，消耗能量、自动化系统复杂且可能增加了没必要的展开装置增加重量。因此，全球目前已有技术实现了在轨组装的空间站，这些地面组件依次升空后，可以实现天基组装。而且这类组装空间站还可以辅助或者完全胜任一些应急维修保障任务，这样也会和第一步“缮”的战略目标相互呼应，真正完成“天基4S店”的基础设施。

天基制造与地面制造的质量比



来源：NASA，专家访谈，根据艾瑞统计模型核算。

天基制造成本回收测算=建站成本÷每千克平均制造价值

参数选取说明：

制造价值：以美国最便宜的电子号火箭来计算，电子号火箭发射价格600万美元，运载能力在150-200KG，平均每千克价值=600÷150=4万美元≈**28万人民币**。

建站成本：根据官方报道，中国天宫空间站约耗资200亿人民币。但天基制造工厂并不需要这么庞大的空间，取天宫空间站的50%，即**100亿人民币**。

成本回收：100亿÷28万/千克≈35714千克≈**35.8吨**

35.8吨相当于12颗星链卫星的重量，也就是说天基制造12颗小卫星或相应的元件即可收回成本。

©2020.6 iResearch Inc.

移：宇宙永居状态

关于天基生态的设想都基于地球本位



得到最大促进的产业链版块

以当下的视角审视，这一部分所带动的产业链版块和常规意义中的航天关系已经有所疏远，并且在目前在思考这一问题时，很容易将第三阶段的问题与第一阶段联系起来，这样造成的结果是火箭技术将无法避免的成为每个时期的发展重点。但在第三阶段，火箭运载能力问题必然已经得到解决，所以产业链上得到带动的，将是与太空生存和天基制造息息相关的产业。在这一问题上，目前所有的论证都处在绝对宏观状态下理论计算阶段，这也是为什么在这一阶段产业链带动的问题上，大众和学界都会回归基础运力的问题上来。关于这个问题本报告在最后一个章节中，也将详细讨论。

目前人类已知的所有小行星中，有诸如谷神星、爱神星等未来殖民和开采为目标的知名行星，以这些行星本身矿产资源来看，排名前十的小行星总价值超过了1000万亿美元，再加上其殖民与地外生存价值实际上想客观评估已不太可能。我们选取了一些与地球最小轨道交叉距离较近的10颗小行星，由于这些小行星存在与地球“擦肩而过”的可能性，所以理论上有触达的机会。换言之，这些小行星资源在第一轮太空移民潮中，将成为首批开采目标。

最可能触达的小行星

名称	最小轨道交叉距离（天文单位）	总价值（美元）	预期利润（美元）	行星资源
Nereus	0.003153	47.1亿	13.9亿	镍、铁、钴
Bennu	0.003223	6700亿	1850亿	铁、氢、氨、氮
Didymos	0.039777	622.5亿	164.1亿	镍、铁、钴
2011 UW 158	0.002914	66.9亿	17.4亿	铂、镍、铁、钴
2002 AL31	0.012816	105.8亿	24.1亿	镍、铁、钴
Anteros	0.062212	55.7亿	12.5亿	硅酸镁、铝、硅酸铁
2001 CC21	0.083067	1470亿	298亿	硅酸镁、铝、硅酸铁
1992 TC	0.167212	840亿	168亿	镍、铁、钴
2002 DO3	0.003153	3344亿	590亿	镍、铁、钴
2002 EC	0.044509	483.4亿	82.1亿	镍、铁、钴

来源：NASA，专家访谈，公开市场资料，根据艾瑞统计模型核算。

©2020.6 iResearch Inc.

朝菌：太空的资源和意义 1

冥灵：天基生态的三步走 2

大椿：行星探测的意义和技术要点 3

鲲鹏：现阶段商业航天投资逻辑梳理 4

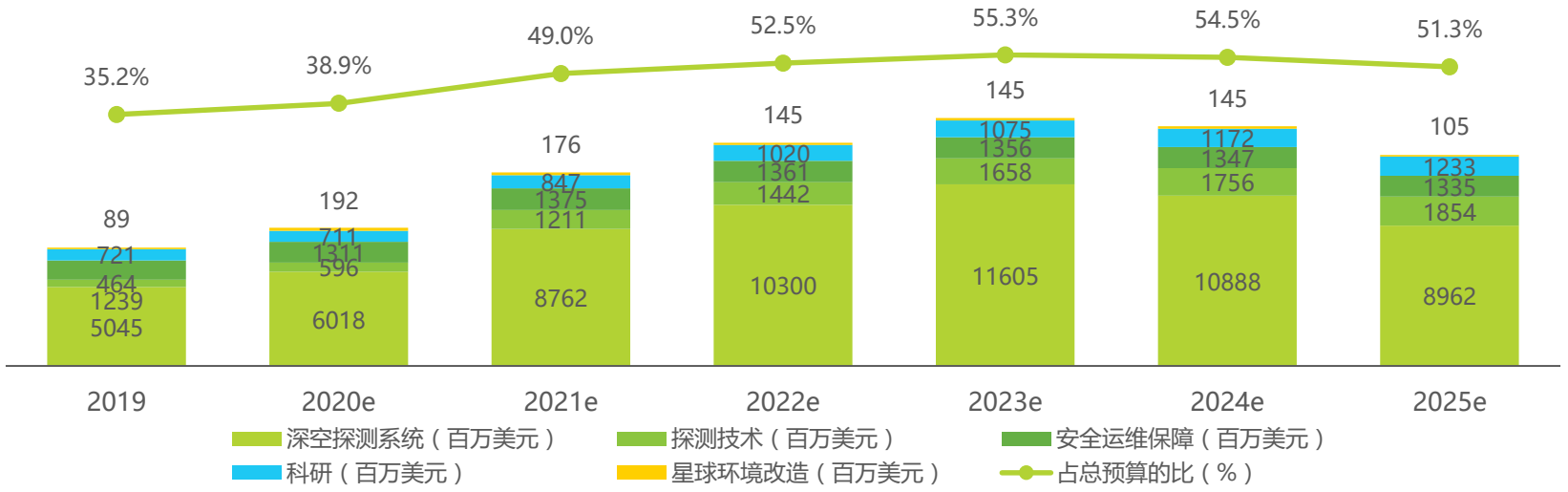
行星探测的现实意义

很多高尚的目标，不得不兼顾现实

行星探测是深空探测里非常重要的一个分支，关于未来，关于宇宙，关于航天，太多高尚的意义集于一身，它对人类文明发展的重要意义，也无需多言。但是太过超前的目标，也必然有很多现实性的困难需要克服。就目前情况来看，让商业航天深度涉猎深空探测和星际移民等领域是不现实的，它只能依靠国家集中优势资源才有可能取得进展。因此，航天第三产业太空移民的第一步，就有一个不得不首先解决的问题，即：行星探测需要证明自己所选择的探索目标与方向的正确性，进而获得本就有限的资金和其他资源的倾斜。

在冷战时期，美苏之间的太空竞争曾经对行星探测领域展开了不同方向上的竞争。苏联选择与地球质量类似的金星，美国选择了更接近小行星带的火星。虽然最终决定成败的并非自身的选择，但事实证明，火星的环境更可能成为人类移居的行星。在这种全球共识下，未来五年NASA的预算有一半都将用在深空探测领域。所以尽管大家都对宇宙充满期待，但行星探测在操作层面则不得不考虑现实面临的困难，这就需要一套成体系的关于其他行星是否宜居的判断标准。

2019-2025年美国航天局预算及结构



来源：NASA。

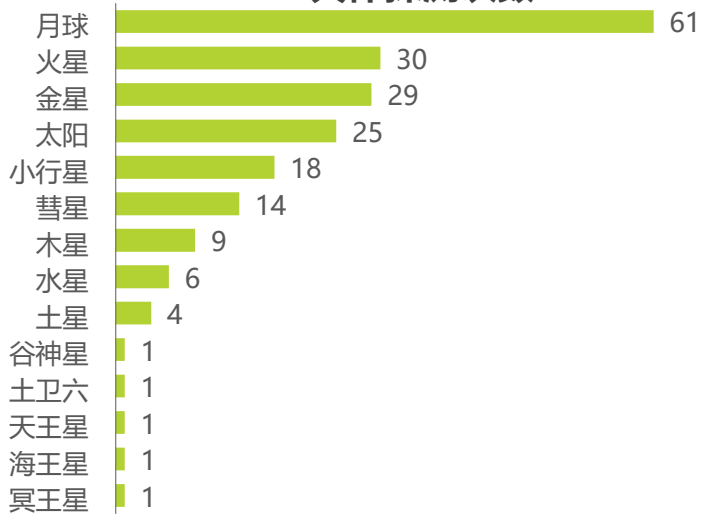
©2020.6 iResearch Inc.

宜居行星的筛选

距离、温度、地表环境等，递进式的评估指标

2020年7月为新一轮火星探测时间窗口，欧洲、俄罗斯、美国、中国还有阿联酋，都规划了独立的火星探测任务，中国天问一号任务力求一次性实现“绕落巡”三大任务，完成五项重大科研目标。而美国更是搭载了截至目前人类最高技术结晶的火星探测器。由于疫情的原因，欧洲与俄罗斯的火星探测任务宣布推迟，但依然会有三个独立的火星探测器在7月后飞向太空。如前文所述，行星探测如果想在本就捉襟见肘资源面前，申请到更多支持，则需要一系列的评价指标，以证明探测目标对人类太空移民的可行性。行星探测按照所探行星的位置，可以分为两个大分支，这两个分支因为技术上的鸿沟，在探测手段上完全不同。第一个分支是太阳系内的行星探测，第二个分支是太阳系外的行星探测。我们常规意义上看到的行星探测，都属于第一个分支，而媒体报道出来的在遥远的未知空域发现类地行星，亦是根据现有太阳系内行星探测的天文知识进行的推测。而无论系内还是系外，判断一颗行星是否适合人类居住，主要有以下几个指标：

截至2020年6月人类对太阳系内大质量天体探测次数



来源：公开市场资料，专家访谈，根据艾瑞统计模型核算。

宜居行星指标

行星探测的基本框架：

光学观测 → 实地探测 → 登陆探测 → 改造移民

在这个框架内，各步骤实现难度逐渐增大，所以评估一颗行星是否宜居的主要指标，也根据这些探测步骤所发现的结果，息息相关。具体来说：

- **行星距离**：这不仅是受限于观测条件得出的第一指标，也是以现在飞船能力为基准的最直接指标，越近越好
- **地表温度**：目前行星表面温度在-50℃~50℃为宜，过高或过低都将导致连探测器都无法承受。
- **地表环境**：是否有水，是否拥有大气，是否有氧，辐射强度，以及有没有生命迹象等。

©2020.6 iResearch Inc.

行星探测的复杂步骤

从表层向内里，逐步深入的探测目标

在太阳系内的行星探测，对于目标行星的位置这一最关键要素来说，并不是在实际探测阶段需要花很大力气的内容，因为目标行星与地球的相对距离远近并不由技术决定。而真正需要解决的问题在于如何近距离对目标行星进行探测，以目前天文望远镜的能力，可以做到对太阳系八大行星进行光学观测，并对其地表及大气成分做基础的分析。但是当对这颗行星有了基础认知以后，就需要实际进行勘探，这是目前人类航天技术所能做到的极限。

对目标行星进行的土壤采样及地表环境考察，主要目的在于进一步检验该行星的可移居性。航天技术的每一种深空探测项目，都对应着对目标行星探测深度和内容。而探测到的新发现，则进一步为航天技术设立新的目标以求更深度更复杂的获知信息。

行星探测项目 Exploration

深空探测任务	可进行的星球探测项目	案例及开销
飞船飞抵行星上空观测 →	基础天体指标测量、地表环境测绘、大气及磁场测量、基础元素分析、生命迹象搜索等	水手计划中的旅行者1号、旅行者2号。1977年耗资3.5亿美元。
飞船实现行星绕飞 →	长期地质活动观测、三维测绘，通信与导航、特殊地表环境（如山脉、塌方等）记录	嫦娥工程，嫦娥1号耗资14亿人民币。印度月船工程等。
探测器登陆行星 →	大气及土壤分析、天象数据记录、深度地理测绘、深度资源分析、相关试验	嫦娥3号，火星3号，海盗1号，凤凰号等着陆器。玉兔号，机遇号、好奇号等探测器。
行星土壤带回 →	可利用资源分析、移居相关资源利用可行性分析、资源原位利用可行性分析	月球16号，隼鸟号小行星探测器，嫦娥5号，阿波罗工程。
人类登陆行星 →	包含以上所有内容，并且可实际进行基地建设	阿波罗工程。共耗资245亿美元。

来源：公开市场资料，专家访谈。

©2020.6 iResearch Inc.

系外行星探测的同源和难度

评估标准与太阳系内宜居行星相同，但现有手段无法触达

对于太阳系外的类地行星探测，则远没有系内探索的可用手段多。无论系内系外，对人类来说宜居行星的评价标准都是距离、温度、地表环境、所含元素等一系列递进式的指标，但目前除了望远镜以外，人类没有任何办法对太阳系外的天体进行实质性的探测，就连近距离拍照也几乎不可能实现。

1995年10月6日，日内瓦大学的米歇尔·麦耶及戴狄尔·魁若兹宣布首次发现一颗普通主序星（飞马座51）的行星，这一发现极大拓展了人类文明甚至于地外文明延续和存在的范围与潜力，也由此赋予了深空探测多一重意义。在飞马座51的观测中，科学家使用了恒星摆动的观测技术，由于行星引力对恒星的影响，会导致恒星出现微小的摆动，使得恒星光波长被压缩。该方法在当时获得了普遍认可，自那时起地外行星的发现几乎全部依靠这种方法。也就是说，以目前人类太空望远镜的能力，无法直接看到环绕太阳系外行星的真实面貌，一切都是“推测”。在过去，受制于观测技术，这种方法只能找到大质量的行星，实际上对于系外宜居行星的探索没有帮助，但随着技术的精进，我们已经可以找到与地球质量类似的行星了。总体上看，太阳系外行星探索并评估宜居行星的逻辑框架如下：

光学观测 → 实地探测 → 登陆探测 → 改造移民

- **行星数量：** 首先需要确定行星是否为宇宙普遍现象，经过观测验证，宇宙中大量存在围绕恒星公转的行星
- **恒星质量：** 受制于公转速度，引力大小，辐射强度与恒星稳定性等要素，想寻找类地行星首先要找到与太阳质量类似的恒星。过大或过小，都会摧毁地球生态，大概率不适合人类居住。
- **行星位置：** 找到相应恒星后，需要在该星的宜居带内寻找类地行星，距离目标恒心过近或过远，大概率会导致行星地质条件和温度与地球相去甚远。

后续的探测无法实际展开

人类目前飞离地球最远的探测器旅行者2号，经过40多年的孤独飞行，也刚刚于2018年刚刚飞出太阳风的范围，但这也依然没有飞出太阳系的范围。并且旅行者2号的速度，也已经由最高时的42公里/秒下降到不足17公里/秒，一旦低于第三宇宙速度，那么总有一天旅行者2号会被太阳引力拉回来。人类航天技术的能力，还无法支持到太阳系外行星边缘，哪怕只是拍上一张照片的程度。

所以系外宜居行星的探测就是要找到：**类似太阳的恒星宜居带内与地球大小类似的行星。**

来源：NASA。

©2020.6 iResearch Inc.

行星基地的建立

稳定的资源来源是行星基地选址的标准

一旦发现宜居星球后，在该行星上殖民是一种自然选择。但是由于其他行星与地球自然环境相去甚远，所以在目标行星上找到稳定的资源来源，作为基础的生存保障就是行星基地选址的最初标准。受制于火箭运载能力的限制，以第一准则距离作为评判标准，目前人类能够触达到且有一定移居潜力的只有月球和火星，但他们二者的选址又有不同的侧重。

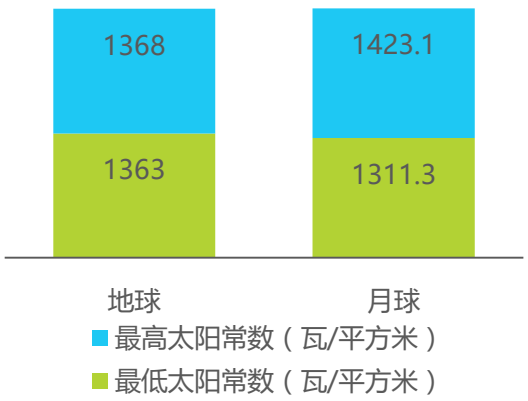
月球是地球的卫星，在月表存在以14天为一周期的昼夜交替，所以作为重要的太阳能就会极不稳定，在这个前提下稳定光照则成为了月面基地选址的核心标准，目前看来，月球南极由于其位置相对特殊，能够不受14天昼夜交替的限制，拥有稳定的阳光来源，所以大多数关于月面基地的探索，都集中在月球南极。

而火星基地则要复杂一些，火星是一颗行星，并且拥有稀薄的大气和一定储量的水冰，在光照条件不受限的情况下，稳定的水资源就是核心考量指标。在这个问题上，科罗廖夫环形山中巨量的水冰，以及奥林帕斯山附近的温暖的平原，都可以成为火星基地的目标地址。

但尽管应用前景广阔，行星基地的建立也需要逐步展开。2019年7月美国公布了阿尔忒弥斯计划，该计划意在在月球南极建立永久基地。就目前其公布的实施计划，截至2024年，将会有一组宇航员登陆月球，并利用之前向月球运送的大量物资建立基地。不过以目前和历史上美国航天计划与实践的不同步情况来看，2024年很难达成这一目标。

- **第一阶段：**月球轨道巡航及月球南极登陆，探测月球南极地表环境，使月面物资运输商业化，并行成常态。
- **第二阶段：**月球轨道技术支持，高功率电推技术完善，大质量月球货物运输技术完善，宇航员可驾驶的月球车登陆月表。
- **第三阶段：**载人登月系统成形，首批探月小组登陆并利用前两阶段运送至月表的物资。

地球与月球太阳常数对比



地球、火星与月球引力对比



来源：NASA，公开市场资料。

©2020.6 iResearch Inc.

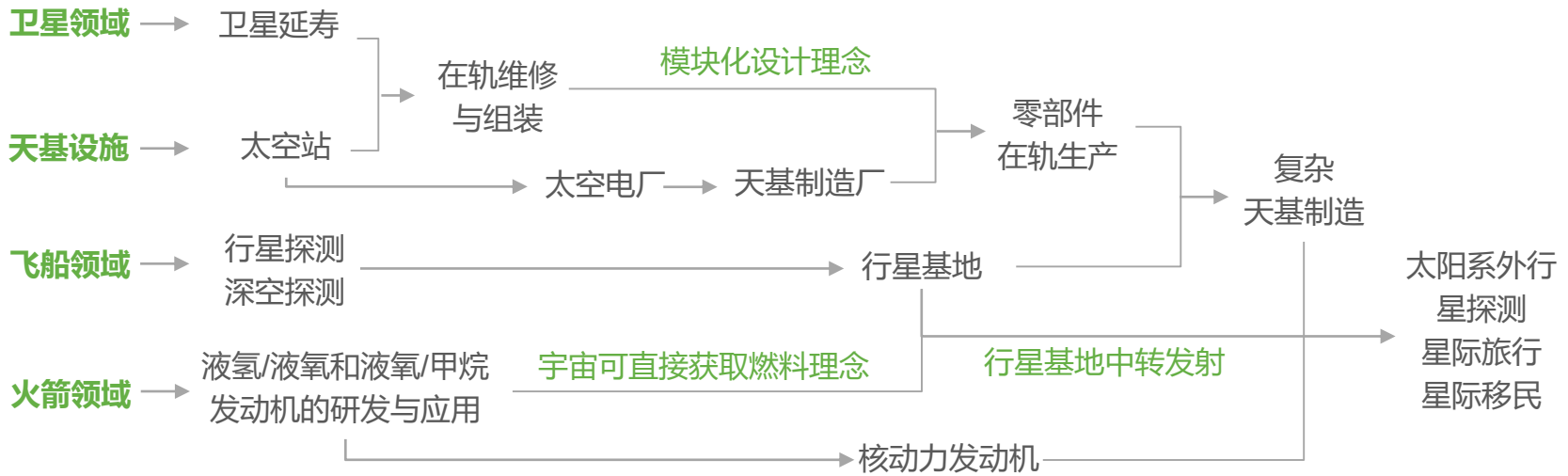
太空资源的原位应用

行星基地不仅是星际移民的目标，还是宇宙航行的跳板

为了解决系外行星直接观测的问题，航天与天文产业都设计了很多解决办法。在天文观测领域，存在一种“挡光技术”，相比行星来说，恒星的光亮太过耀眼，导致即便有足够的观测能力，也因为光线的原因无法直接看到系外行星。所以需要用一块遮光板，当助恒星的亮光进一步观测。但是这种技术的难点在于，遮光板与太空望远镜本体是分离的，也即是说在太空中，遮光板距离太空望远镜有数公里远，对精度、协调性和操控的要求都异常的高，现有技术很难达到。

而在航天领域，则把希望更多寄托在了太空资源的原位应用领域。之所以上一章节在“移”这一部分很难有基础的商业价值测算，原因就在于我们能够对陌生领域进行测算的依据，仅来源于地球上已存在的类似行业。这种思路一方面易于理解，另一方面也反映出目前大众在思考太空时难以割舍的地球本位思想。但太空资源的原位应用才真正是发展方向，因为如果不能够实现太空资源的原位应用，那么人类探索太空所有的能量来源只能是地球，无论携带多少资源在漫长的星际旅行过程中，也总有消耗殆尽的时间。所以我们现在看到的很多技术演进路线，都是在往这个趋势上做铺垫。

多种航天技术的发展方向及可能产生的变化趋势



来源：艾瑞研究院自主绘制。

©2020.6 iResearch Inc.

朝菌：太空的资源和意义 1

冥灵：天基生态的三步走 2

大椿：行星探测的意义和技术要点 3

鲲鹏：现阶段商业航天投资逻辑梳理 4

航天产业的商业规律

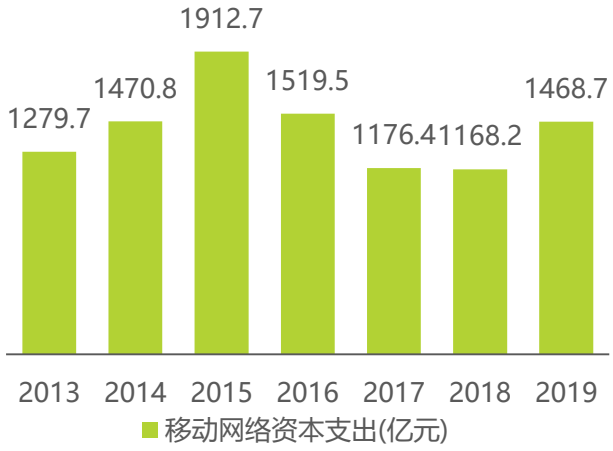
天基设施存在商业可行性，但存在无法忽视的隐忧



得到最大促进的产业链版块

在整个航天的产业链中，火箭、卫星、应用和周边支持产业，关系非常清晰。初看上去各产业方之间比较独立，每一个环节都有独立的上下游供应链，每一个环节都能带动一系列周边产业的发展。从国家的视角看，让这些产业独立发展是能最大限度提升综合国力的顶层设计。但是中国航天以往的成功经验，给当下的商业航天带来了一点误区和困扰，即，商业航天的创业者们，只看重每个独立产业方的庞大市场，而忽略了它们之间异常紧密的联系。在航天“缮、探、移”三步走战略中，显然人类更多宇宙行为都是以天基设施为基础的，未来在太空构建各种设施也是最重的部分。但是，在那之前，在第一个有自生功能或建造功能的天基设施诞生以前，火箭是人类到达未来唯一的通路。例如：低轨星座。

2013-2019年中国移动网络资本支出



2013年底，4G网络开始建设，5年间用户渗透率达到顶峰。2014至2019年，全国移动网络资本支出为8304亿元。

也就是说：低轨星座如果在行业上获得成功，理论上8304亿是它的总支出。

- 卫星数量：以SpaceX星链计划第一期为标准，共12000颗
- 卫星成本：星链单星0.3吨，造价100万美元，共12000×100=**120亿美元**
- 发射成本：星链单星0.3吨，以长征三号乙的运载能力运输，单枚火箭可发射12÷0.3=40颗卫星。12000÷40=300枚火箭。长征三号乙发射报价为0.6亿美元。所以总发射成本=**300×0.6=180亿美元**
- **计算结论**：8304亿人民币≈**1170亿美元** > **300亿美元**=120+180

考虑容量限制：参考报告P17页，4G用户通信需求容量与卫星通信相差**3.3倍**

300亿×**3.3=990 < 1170。理论上商业可行性成立。**

来源：中国移动、中国联通、中国电信，专家访谈，开市场资料，根据艾瑞统计模型核算。

©2020.6 iResearch Inc.

航天产业的商业规律

隐忧在于火箭发射能力在短期无法满足发射需求



从简单的测算中可以看出，现在甚嚣尘上的低轨星座建设并不是完全没有商业化的可行性，而且本身星链作为低轨星座的代表，它服务的也不完全是民用层面的卫星通信，导弹的通信链路，无人作战体系与全球无缝覆盖通讯体系的低时延保障（超过50毫秒的延迟会导致导弹射偏，低轨星座可以保证全球16毫秒的延迟），这些都对美国未来战略上领先奠定着基础。所以天基产业尽管目前还存在一定商业性和可行性的争议，但并不是全无曙光。这也吸引着大量的从业者和资源的涌入。

但在这一切实现之前，有一个关键环节不得不解决，否则后面所有步骤都将成为空谈，而这也是许多商业航天公司创业之初没有预见到的。即：火箭行业整体的运载能力。

火箭发射不单纯只是从点火到上天这么简单的流程，在发射过程中，还有一系列后勤和测控等相关事项需要配合。全国目前只有4个发射场，如果按满负荷运转，**平均每个发射场只能做到一个月一发火箭。**因此全年全国最多也就发射48枚火箭，这个发射效率上的问题，直接关系后续商业航天商业是否可行。

发射场 → **火箭** → **天基应用**

所以在有限的发射资源下，火箭的运载能力和可复用性，就成了一种必要的基础设施，而在这个问题上，亦存在多种技术路线选择的问题。

2013年底，4G网络开始建设，5年间用户渗透率达到顶峰。2014至2019年，全国移动互联网接入流量消费从41亿GB增长到1220亿GB，增长了30倍。

也就是说：假如星座如果在5年内获得成功，理论上630亿是它的总支出。

卫星数量：以SpaceX星链计划第一期为标准，共12000颗

卫星成本：单星成本100万美元，共12000×100=120亿美元

发射成本：星链单星0.3吨，以长征三号乙的运载能力运输，单枚火箭可发射12÷0.3=40颗卫星。12000÷40=300枚火箭。长征三号乙发射报价为0.6亿美元。所以总发射成本=300×0.6=180亿美元

计算结论：8304亿人民币≈1170亿美元 > 300亿美元=120+180

考虑容量限制：参考报告P17页，4G用户通信需求容量与卫星通信相差3.3倍

300亿×3.3=990 < 1170。理论上商业成立。

最低300枚火箭的发射任务，堪比近三年全球的发射总量。

在不保证国家发射任务这个不可能实现的前提下，以中国的能力，**至少需要6-7年才能发射完成。**而在这期间，卫星和其他技术，已经有了飞跃性的进展，届时已经发射升空的卫星将面临淘汰的尴尬境地。

来源：专家访谈，开市场资料，根据艾瑞统计模型核算。

©2020.6 iResearch Inc.

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，才能更好地为您服务。

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

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

iResearch

艾 瑞 咨 询