

To: United States – China Economic Security and Review Commission

From: Gregory Kulacki, Senior Analyst, China Project Manager, Union of Concerned Scientists, and  
Joan Johnson-Freese, Chair, National Security Decision-Making Department, U.S. Naval War College

Re: Factual Errors in May 20, 2008 Written Statement from Ashley Tellis

On May 20, 2008, Mr. Ashley Tellis provided testimony to the Commission on China's Space program. Given the importance of the Commission having as accurate an understanding of these issues as possible, we are writing to correct three significant factual errors in Mr. Tellis's testimony.

The first factual error is contained on page three of his testimony, where Mr. Tellis states that *"a now-civilianized Commission on Science, Technology, and Industry for National Defense (COSTIND) sits at the apex of the Chinese defense-industrial complex"*.

COSTIND was officially dissolved on March 11, 2008. The change was announced during the First Plenary Session of the 11<sup>th</sup> National People's Congress (NPC) as part of a series of structural reforms that were widely reported in the Chinese press. In a statement discussing the reforms, Hua Jianmin, State Councilor and Vice General Secretary of China 's State Council, noted that COSTIND "would not be preserved" because it is "not beneficial to the coordinated development of industry". The consequences of the reforms for the Chinese aerospace sector should become clearer over the next several months. Hu's statement, and more commentary on the reforms enacted by the NPC, can be found at a special section of the People's Daily Website:

<http://theory.people.com.cn/GB/40557/117321/index.html> .

The second factual error is on page six of his testimony, where Mr. Tellis refers to *"the recent demonstration of a mobile launch capability exemplified by the Pioneer rocket"*.

There has not been a successful launch of a Pioneer rocket. The first launch in 2002 and the second launch in 2003 both failed, and the program returned to the research and development phase. The history of the Pioneer program and the reasons for the failures are detailed in several openly published papers. For your reference we have attached a conference paper written by Chinese solid-fueled rocket designers and another paper from representatives of the company that developed the rocket.

The third factual error is on page seven, where Mr. Tellis states that *"Beijing still appears to lack a dedicated data relay satellite"*.

China launched its first dedicated data relay satellite, Tianlian 1, on April 25, 2008. After several maneuvers it was successfully placed in its final orbit on May 1, nearly three weeks prior to Mr. Tellis's testimony. Both events were widely reported in the Chinese press, including prominent broadcasts on CCTV, China's national television network. Links to the broadcasts are available on the CCTV website at:

[http://vsearch.cctv.com/play\\_plgs.php?ref=CCTVNEWS\\_20080426\\_6178580](http://vsearch.cctv.com/play_plgs.php?ref=CCTVNEWS_20080426_6178580)  
[http://vsearch.cctv.com/play\\_plgs.php?ref=tvprogctv\\_20080501\\_6243288](http://vsearch.cctv.com/play_plgs.php?ref=tvprogctv_20080501_6243288)

# 我国固体运载技术发展设想

甘晓松 黄祖荫 叶定友 高波

中国航天科技集团公司第四研究院设计部, 西安, 710025

**摘 要:** 固体运载是对液体运载的有益补充, 是快速进入空间的主要手段。本文对固体运载技术的应用需求、国内外发展现状、技术特点进行了分析, 并结合国内现状提出了我国固体小运载和大型固体助推器的发展设想, 及其关键技术和降低成本的主要措施。

**主题词:** 固体运载 小卫星 发动机 发展设想

## 1 引言

从 80 年代后期以来, 随着微电子、微机械、新材料、新工艺、高效能源等技术的发展, 出现了新一代小卫星。当代小卫星的尺寸小、质量轻、功能强、成本低、研制周期短、投资风险小、发射简便灵活, 很适合紧急情况需要, 是我国打赢一场现代化高技术局部战争的必要手段, 目前小型卫星正在形成一个与大型卫星相平行的独立领域。另外, 纵观各国运载工具技术的发展, 大多数大型运载动力装置中液体芯级捆绑固体助推器, 是一条贯彻始终的设计思想。这种方法充分发挥着两类发动机各自的优势, 同时还特别有利于利用现有各类发动机的成熟技术, 确实是一个经济、可靠和有效的技术途径。小型固体运载火箭和大型固体助推器极为适应发射小卫星及快速进入空间的军事需求, 符合寓军于民的指导思想, 可保持固体产业持续稳定的发展, 是对液体运载的有益补充。

固体火箭发动机具有结构简单、工作可靠、维护便利、使用方便, 作战准备时间短, 并可长期待命的优点, 它已在我国武器系统中得到了广泛的应用。但是, 由于种种原因, 国内在小型固体运载火箭和大型固体助推器研制方面却基本处于空白, 这同我国航天大国的地位极不相称。我国应抓住机遇, 及时开展相关研究, 满足新时期航天科技对运载工具的需求。

## 2 需求分析

### 2.1 快速进入空间的军事需求

根据外军分析, 2015~2020 年将可能出现不同于 20 世纪战争形态的新一代战争, 即“第六代战争”。其主要特征之一就是空-天战将是战争的主要样式。未来战争太空将成为新的主战场, 激

烈的太空作战将取代大规模地面作战，成为战争的“主旋律”，空间成为维护国家安全和利益的“战略要地”。

另外，根据我国打赢一场现代化局部战争的需要，急需具有战时快速进入空间的手段，而固体小运载技术极为适应上述需求。

未来的固体运载是“天军”的基本装备，可主要完成下列作战目的：

- a. 作为战时军事航天器的运载工具；
- b. 作为陆基反导反卫武器的运载平台；
- c. 作为空基、天基反导反卫武器的运载平台。

## 2.2 发射小卫星的需求

小卫星主要指自重 500kg 以下的卫星，其大多在低轨道运行，主要用于通信、导航、对地观测、科学实验等方面。在军事上，由于小卫星已成为战场态势感知和战场毁伤评估的主要装备，小卫星将是空间武器装备的重要组成部份。在 21 世纪前 10 年（2001~2010 年），根据空间技术发展和应用需求，专家预测全世界航天器的发射量预计为 2160 个，其中 500kg 以下的小卫星为 974 颗，占发射总量的 45%，其发射市场巨大。

发射小卫星有两种办法，一是采用专用运载火箭；另一种是采用在发射大型卫星时搭载。搭载发射的成本低，但受到许多条件限制，如发射时间、地点，轨道根数，发射窗口等都要在服从于大型卫星要求的前提下安排。这种方法特别不适用于军用小卫星或其它因紧急情况需要，在短时间内发射的卫星。因此，世界许多航天技术先进的国家都有独立的小卫星运载系统。固体运载火箭不适于单独用来发射在高轨道运行的大型卫星，一般多用做起飞助推器，或用做顶级发动机。但固体运载火箭特别适用于小卫星。全固体火箭运载工具可以长期贮备，随时取用。可以移动到地球任意点上快速发射。特别适用于在军事冲突、自然灾害等紧急情况下使用。

## 2.3 寓军于民的需求

我国的导弹武器系统普遍使用固体火箭发动机，已装备了 2m 系列、1.4m 系列和 1m 系列等大批产品。若充分利用这一资源研制系列化、组合化的固体小运载，则这一寓军于民的措施有助于军用技术的民用化；有助于保持我国固体火箭技术的持续发展和充备的生产能力；有助于形成规模产业从而降低成本；有助于固体导弹武器系统寿命期满的和平利用。

# 3 国内外发展现状

## 3.1 国外固体运载发展现状

### (1) 美国发展现状

美国固体运载包括可重复使用的航天飞机大型固体助推器和捆绑于液体芯级火箭的大型固体助推器如大力神 34D 等, 以及侦察兵、白羊座、飞马座、大篷车、金牛座等几个系列的固体小型运载火箭。

目前, 美国固体运载的新发展动态是以小运载型号为基础, 发展运载能力更高的中型运载型号, 形成小型和中型运载相结合的固体运载系列。如轨道科学公司提出的金牛座-XL 和金牛座-XLS 两个新型号, 可将 1.46t 和 1.82t 的载荷送入近地轨道。洛克马丁公司在 1998 年成功发射的雅典娜-1, 近地轨道的运载能力为 800kg, 并且在此基础上发展固、液组合推进的雅典娜-2 和雅典娜-3, 近地轨道运载能力分别为 2t 和 3.6~5.5t。

另外, 以飞马座为代表的空射固体运载火箭也是重点发展对象。

#### (2) 俄罗斯发展现状

俄罗斯利用先进的导弹技术, 改装成功了性能优良的固体运载系统。主要有用 SS-25 改进的起点-1, 以及用 SS-N-20 改进的运载工具。

#### (3) 欧洲发展现状

法国的阿里安-4、阿里安-5 固体助推器是欧洲著名的固体运载工具, 在此基础上法国又提出了 3 级固体欧洲小型运载火箭方案和 ALD-P2 固体芯级加液体上面级的小型运载火箭方案。西班牙也提出了摩羯座固体小运载方案。意大利航天局计划以 Vega 固体小运载为基础, 同法国、德国、乌克兰等联合研制新型 Vega 火箭。

#### (4) 日本发展现状

日本在 70~80 年代先后研制了 L 系列和 M 系列固体小型运载火箭。另外, H-2 型火箭的固体助推器也众所周知。

#### (5) 印度发展现状

印度以固体小运载起步发展运载技术, 1980 年后, 先后成功发射了固体小运载 SLV 和 ASLV, 近地轨道运载能力为 50kg 和 150kg。90 年代, 印度的运载发展方向是固液混合的极地运载火箭和静地轨道运载火箭。

#### (6) 巴西发展现状

80 年代初, 巴西在探空火箭基础上研制了固体小运载 VLS, 该火箭 750km 轨道运载能力为 200kg。

总结国外研制情况, 有如下经验可供我国借鉴:

- a. 国外从政策上支持固体运载和大型固体助推器的应用;
- b. 导弹武器改运载是武器和平利用, 降低运载成本, 实现军民结合、寓军于民的有效途径;
- c. 液体芯级捆绑固体助推器, 可发挥固、液两种发动机的各自优势, 两种互为有益的补充。

### 3.2 国内固体运载发展现状

我国在空基运载方面的研究刚刚起步, 尚停留的方案及单项试验研究阶段。根据国情, 载机经过改造, 其载重量可提高至 12~15t。目前较为成熟可行的方案为带翼的三级固体火箭, 其全长

13.5m, 直径 1m, 起飞重量 12.4t, 500km SSO 运载能力为 50kg。其外形如图 1 所示。

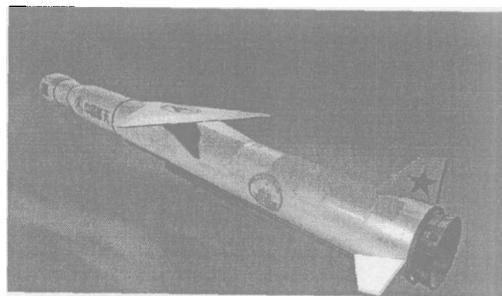


图 1 空射火箭外形图

国内陆基运载有着长征液体运载火箭和战略、战术导弹研制的雄厚基础，但由于种种原因，固体陆基运载除未发射成功的开拓者外，却基本是空白。目前航天科技集团四院借助在大型固体推进技术的优势，正积极开展相关研究工作，并完成了多种陆基固体运载的方案。国内固体运载已具备工程研制的技术条件。

#### 4 固体运载的技术特点

固体火箭发动机由于结构简单、工作可靠、维护便利、使用方便，作战准备时间短，并可长期待命，因此特别适用于快速进入空间的运载工具，其与液体运载相比主要性能比较见表 1。

从表中可见，固体运载虽然不能应急关机，能量较液体低，但在可靠性、加速性、结构、使用性能、积木化等方面具有优势，是快速进入空间的最佳选择，作为助推器可发挥固、液两种发动机的各自优势。

表 1 固体运载与液体运载技术性能比较

| 项目   | 固体运载   | 液体运载  |
|------|--|---|
| 可靠性  | 可靠性较高，国外已达 98.4%~99.8%。这是因为其结构简单，系统少，运动元件少，基本上无气路、液路系统，电路也较简单。           | 可靠性较低，原因同左相反。                                       |
| 加速性  | 推重比大，加速性好，在短时间内可获得较大推力，穿出稠密大气层后即可达到较大速度。                                 | 加速性差。   |
| 尺寸   | 尺寸小而紧凑，体积比冲大，空气阻力较小。同时尺寸小有利于捆绑和分离，可提高可靠性，也可使全箭质心横移小，有利于稳定，并可使发射架小，基建投资少。 | 尺寸大而松散，空气阻力大，不利于捆绑和分离，不利于稳定，发射架大、投资大。               |
| 能量水平 | 地面比冲低。   | 地面比冲高。  |
| 使用性能 | 使用维护简单，可长期待命，配套工程简单，发射服务少，可机动发射。   | 发射架大而复杂，配套工程复杂（包括推进剂制造、检测、运输、贮存、加注、泄出及清洗等），发射服务也复杂。 |
| 积木化  | 可分段制造，积木化程度高。  | 积木化程度差。   |
| 应急关机 | 不可能  | 可行  |

## 5 发展设想

### 5.1 指导思想

为了减少投资,缩短研制周期,降低发射费用,在构想固体运载工具方案时,遵循如下指导思想:

- (1) 结合未来空间对抗需求,固体运载技术应分布实施,最终发展成为发射平台;
- (2) 充分利用现有的成熟技术;
- (3) 充分利用现有发动机型号,通过积木式组合,构成满足不同发射要求的设计方案;
- (4) 充分利用退役导弹的动力装置,加以改进,构成小卫星运载工具。

### 5.2 固体小运载发展设想

空基和陆基固体运载技术均具有快速进入空间、机动发射的优点。根据我国载机和现役固体导弹武器情况,空基固体运载发展设想为:

第一步,研制 1m 直径左右的空射运载系统,可发射 500km SSO 运载能力 50kg 的有效载荷;

第二步,研制 1m 系列的战术导弹武器,初步形成空射武器平台;

最终,研制适应未来空间对抗的反卫、反导、对地攻击、对天攻击的多功能集成化天基武器(运载)平台。

陆基固体运载发展设想为:

第一步,形成可机动发射小卫星的 2m 固体运载系统;及可机动发射微型卫星,并具备反卫能力的 1.4m 固体运载系统;

第二步,研制大装药量固体发动机,形成可机动发射 700km SSO 运载能力 500kg 以下的固体运载平台,基本覆盖各类小卫星需求;

最终,形成廉价、高可靠、机动发射的陆基快速进入空间的固体运载平台。

### 5.3 大型固体助推器发展设想

第一步,结合固体小运载第一级动力装置,重点开展 35t 装药大型固体发动机研究,在长征系列液体运载火箭技术状态基本不变的基础上,为其提供固体助推器;

第二步,在 35t 装药发动机研究的基础上开展百吨级装药分段式固体助推器研究,为大运载、重型运载提供助推动力装置。

## 6 关键技术及降低成本的主要措施

### 6.1 关键技术

结合有关技术方案,固体运载的主要关键技术包括:

- a. 导弹武器改制技术;

- b. 大型药柱的结构完整性分析与防脱粘技术;
- c. 固体运载的低成本技术;
- d. 固体运载燃气舵推力向量控制技术;
- e. 分段对接壳体密封结构;
- f. 分段药柱结构设计和分段药柱内弹道性能研究。

## 6.2 降低成本的主要措施

鉴于国情, 固体运载若完全借用武器的技术, 则价格较高, 为适应运载市场的要求, 必须大幅降低固体运载的成本, 其主要措施有:

- a. 钢壳体发动机壳体材料采用 D406B 或 30CrMnSiA;
- b. 复合材料发动机壳体材料采用玻璃钢;
- c. 根据固体运载无长期贮存、发动机性能可适当降低、使用环境条件相对武器好的特点, 研制低成本固体推进剂;
- d. 采用燃气舵推力向量控制技术, 采用固定喷管, 大幅降低喷管和伺服成本;
- e. 发动机喉衬材料采用 C/C 毡基喉衬;
- f. 控制系统采用捷联惯导 (必要时进行 GPS 修正);
- g. 结构件选用低成本材料;
- h. 适当降低性能指标、贮存期要求, 各零部件相应采取低成本方案。

## 7 结束语

固体运载是快速进入空间, 打赢未来现代化高技术战争的关键技术之一, 固体运载是液体运载的有益补充; 固体运载的发展可保持固体产业健康持续发展。我国已具备研制的技术、物质条件, 应抓住机遇, 结合国情, 及时开展相关技术研究, 分布实施, 以满足航天科技发展的需求, 应对未来空间对抗的到来,。

### 参考文献

- [1] 刘宝芬, 汤荣芳 《国外运载火箭固体助推器和液体助推器的比较分析》 航天情报研究报告 HQ-B91026
- [2] 阮崇智 《小卫星固体运载工具》 航天四院科学技术软件课题研究论文集(第二集) 2001.4
- [3] 张德雄 《国外小型卫星的固体火箭推进系统》 航天情报研究报告 HQ-93011
- [4] Seth D. Guikema 《Bayesian Analysis of Launch Vehicle Success Rates》 Journal of Spacecraft and Rockets Vol. 41, No. 1 2004
- [5] D. Boury 《Large Solid Propulsion for Space Launchers》 AIAA2003-4963
- [6] Orbital Science Corporation. Pegasus Users Guide Release 5.0

# 开拓者固体运载火箭发展规划与

□ 施发树

## 实施策略研究

现代小卫星技术的发展对小型低成本运载火箭提出了越来越多的市场需求。近年来国内许多大学和科研机构相继投身于小卫星的研发工作，航天清华卫星技术有限公司在国内率先研制并发射了 50kg 量级的航天清华一号小卫星。

航天科工集团公司成立伊始就将小型运载火箭和小卫星作为自己的战略性发展领域和支柱产业，并成立了航天固体运载火箭有限公司（以下简称运载火箭公司），通过开拓者一号（KT-1）小型运载火箭的技术能力演示验证来启动型号技术和产业化工作。目前第二发试验火箭正处于紧张的研制阶段。

科工集团在决策初期，经过比较充分的技术经济可行性论证和方方面面长时期的酝酿，认为通过自身优势资源的组合，利用现有的比较成熟的弹道导弹技术发展小型固体运载火箭的时机是成熟的。第一级固体火箭发动机（SRM）的性能是决定运载能力的主要因素。科工集团公司的固体火箭发动机研究院（即第六研究院）拥有成熟的技术和经验，研制了国内最大的卫星近地点发动机（EPKM）在捷联惯导技术方面，科工集团自身也有成熟的技术和产品。利用这些技

术和产品，运载火箭公司在不到 18 个月的时间里就研制了第一枚演示验证型 KT-1 火箭。

运载火箭公司通过建立现代企业制度规范运作运载火箭的研发、试验和服务等业务，自筹资金用于 KT-1 的演示试验，代表了航天企业开拓新领域的新模式。但是由于运载火箭的研发费用居高难下，而且小型运载器的第一次飞行试验统计失败率较高，因此投资风险较大。2002 年 9 月第一发 KT-1 飞行试验失败对后续试验箭的研制造成一定的负面影响，使得型号研制周期延长，总研制成本加大，保险费率提高，后续研制计划推迟，多型号计划协调难度加大等。

但是，运载火箭公司致力于固体运载火箭发展的决心是不会改变的，暂时的挫折只会磨练航天人的斗志。运载火箭公司对 KT-1 第一次飞行试验故障原因进行了归零工作，对质量管理整改工作进行了督促检查，从而消除了技术不可知论和运载火箭技术高不可攀的心理负担，提高了运载火箭从业人员的自信心，确保第二次飞行试验的成功。

固体运载火箭的未来不仅需要科学合理的发展规划，而且需要周密的落实措施。运载火箭公司制定了 2020 年前固体运载火

箭发展战略。该战略基于国内外运载器技术的发展和市场需求，提出了发展 300kg 有效载荷、800km 高度极轨道以下运载能力的固体运载火箭系列，制定了“四步走”的发展战略。

但是运载器的研发具有资金量大、周期长、风险大的特点。航天企业传统的研发模式是根据军方的使用需求研制产品，对预研重视不够，更新换代慢，不能够满足市场的需要，产业化非常薄弱。而军方也在改革计划经济时代的传统采购方式，实行项目招投标制，这就使得没有技术储备的竞标者很难在未来的技术竞争中领先。因此运载火箭公司必须在重视研制一代产品的同时注重新一代产品的预研工作，做好技术储备。

为了尽快实现运载火箭公司制定的远景规划，探讨如何从管理、资金、技术等方面保证快速发展固体运载火箭的新模式和

途径是十分必要的。首先，由于国内已经有了用于弹道导弹的更大直径的固体火箭发动机及其技术，科工集团必须以开放的思维和市场经济的观点，解决自己的大尺寸固体火箭发动机问题，因为依赖军方对此技术大量投资的可能性不大；其次，利用 1.4m 直径及其以下的固体火箭发动机系列研制的运载火箭不能从根本上解决运载火箭公司的发展壮大问题；另外，在军品基础上研制的运载火箭用于商业用途存在一定的争议。

本文分析了航天科工集团公司从事固体运载火箭研发的实力和技术现状，对制约集团公司新一代运载能力发展的瓶颈进行了多方面的探讨，提出了按市场规律发展军民与商业用途固体运载火箭的新型发展模式，以实现运载火箭公司不断壮大主业的规划发展目标。

### 一、小型固体运载火箭的发展规划与存在的主要问题

#### 1、小型固体运载火箭的发展规划和思路

历经 40 多年的建设和发展，我国的固体火箭发动机技术达到了较高的水平，在导弹、探空火箭、运载火箭和卫星上都得到了成功的应用，形成了 2.0m 以下直径尺寸的覆盖。对于较大型运载火箭来说，固体火箭发动机多用于助推级、上面级，但大型固体火箭发动机也完全可以作为推力要求比较大的第一级，也可以用于全固体运载火箭，而且有些运载火箭就是由固体弹道导

弹直接改型而来的。

直径 1.7m 和 1.4m 以下固体火箭发动机技术和其他弹道导弹技术是运载火箭公司进军固体运载火箭领域的基础。小型固体运载火箭和小卫星将成为航天科工集团探索和开发宇宙空间的战略平台。

基于市场分析和国内外的激烈竞争，运载火箭公司一开始就将市场定位在小型有效载荷上，逐步形成固体运载火箭的系列化，而且积极研发固体运载火箭的机载发射技术以提高运载能力，降低成本，充分发挥小型固体运载火箭快速移动发射和低成本的特点。所有这些思想都集中体现在 2020 年前固体运载火箭发展规划中。我们认为开拓者系列与我国小型长征运载火箭还可以形成互补的关系，并不构成竞争。比较一下 KT-1 和长征一号丁（CZ-1D）就可以发现二

者之间存在较大的差距（如图 1），也预示着存在一个市场空间。

科工集团公司通过运载火箭公司进行项目运作和技术规划发展，靠自筹资金和上市融资来实现固体运载火箭的跨越式快速发展。

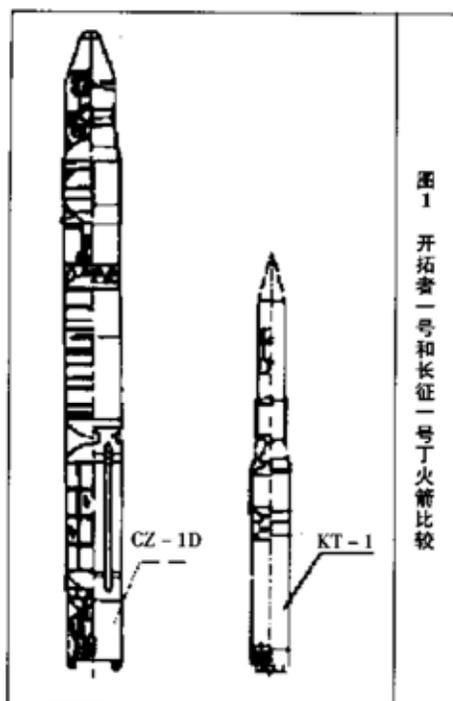
#### 2、落实小型固体运载火箭发展规划中存在的在主要问题

##### （1）第一级大推力固体火箭发动机的需求与瓶颈制约

利用直径 1.4m 以下的固体火箭发动机直接串联组合可以生成起飞重量分别为 20t 和 30t 的四级固体运载火箭，将 50~100kg 左右的有效载荷发射到 300~600km 高度的极轨道或太阳同步轨道（自旋入轨方案）。KT-1 的运载能力约为 50kg 有效载荷/400km 太阳同步轨道。直径 1.4m 的发动机最大装药量为 15t，因此四级串联方案的运载能力是有限的。

实现近、中、远期规划发展目标首当其冲的是大推力发动机问题。开拓者固体运载火箭要实现系列化，动力要先行。第一级大推力固体火箭发动机的性能决定了运载能力大小，推力越大越有助于克服由重力和阻力引起的损失。推重比大，则起飞加速性就好，飞行速度快，损失相对就小，运载能力自然就大。

虽然可以在 KT-1 的基础上捆绑成熟的发动机，但是以较大运载能力的开拓者二号作为未来捆绑的芯级较为合理，能够较快实现“三步走”的发展规划。因此，首先要解决该芯级的第一级大发动机问题。美国轨道科学



公司的运载器发展历史就体现了这一点。如“人牛怪”的第一级采用了直径 1.68m 的 M55E1 发动机，运载能力相当有限，更大一些的“金牛座”则采用了直径 2.4m 的“维和者”1 或卡斯特 120 发动机。

新一代大推力固体火箭发动机的发展思路是首先立足于科工集团已成熟的发动机技术和能力，充分吸收国内外的有关先进技术和经验，以实现集团公司军民两用运载器的发展战略；其次，在必要的时候也不排除直接购买或合作研制生产大型固体火箭发动机。在保护集团公司固体火箭发动机市场的同时，也要引进竞争机制，以确保小型固体运载火箭“快、好、省”的发展目标。

经初步论证，立足于国内发动机的技术水平，紧紧依靠集团公司比较成熟的技术和生产能力，首先研发较大型固体火箭发动机的演示验证样机是完全有可能的。

如果可能的话还可以直接利用我国最大的导弹用固体火箭发动机，采用类似“金牛座”的第一级发动机解决方案。

2) 解决运载火箭跨越式发展所面临的资金短缺问题

运载器研制途径和服务保障渠道必须是成熟的，这是固体运载火箭发展的前提，否则就会面临很大的经济风险。现代企业制度催生了运载火箭公司及其产业价值链系统，如图 2 所示。

由于 KT-1 的研制没有政府的立项和规划支持，主要依

演示验证所用的有效载荷也是自筹资金，面对 KT-1 飞行试验阶段的高技术风险，企业财务风险加大，生存面临危机。实践证明，即使在美国这样的航天强国，面对由政府、工业界等多方参与的航天市场的

不对称竞争以及航天技术的有限成熟性，相对弱小的经济实体也是不敢进入航天领域的。在高风险与高回报并存的航天领域，国外的竞争是非常激烈的，企业的生存处境是要么领先，要么跟踪，要么出局。

运载火箭公司应该在积极进取与谨慎处理投资风险之间取得适当的平衡，必须采取稳妥有效的措施。

可以预见，在 KT-1 基础上发展更大运载能力的 KT-2 面临的困难是潜在用户投资动力不足，这主要是由于国内大发动机方面强大竞争对手的压力造成的。运载火箭公司必须做好自筹大量资金的准备，因为大型发动机技术攻关存在一定的周期，必须超前投资进行预研。

3) 需求牵引与技术推动的关系问题

运载器工业价值链系统表明：除了其他积极因素之外，运载火箭公司的高端即用户的参与是非常重要的。小型固体运载火

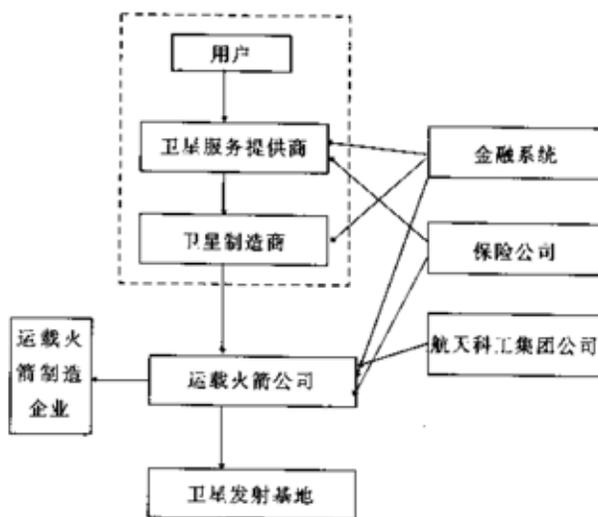


图 2 固体运载火箭工业价值链系统

箭技术的发展要与用户的应用需求相结合，必须重视市场的开发和型号的规划。

在注重固体运载火箭通用化设计，满足军、民和商业多用户需求的同时，要考虑不同用户的特殊要求。例如，如果是针对军事航天目的，弹道导弹的技术和产品可以直接用在火箭上，但如果是商业发射，那么该火箭如采用了导弹的技术和型号就可能存在发射许可问题。

4) 国外类似航天企业的生存与发展

以美国为例，运载火箭市场的竞争是非常激烈的，但总体上讲，各种航天运输系统都有其生存发展空间。它们相互依存、相互补充或备份和相互推动。一方面，美国政府采取商业发射保护政策；另一方面，美国军方、NASA 和商业部门都积极支持运载器的发展。例如，美国空军负责渐进一次性运载器 (EELV) 计划，主要是德尔它 4 和宇宙神 5 系列。



目前美国有三大运载器研制企业，即波音公司、洛马公司和轨道科学公司。轨道科学公司的产品和资产规模很大，其运载器主要包括“飞马座”、“人牛怪”和“金牛座”（见图3）。除了“人牛怪”限于军方使用外，其他运载器可以进行军、民和商业发射任务。

运载火箭公司的产品定位类似于轨道科学公司的运载器，都是建立在导弹技术基础上。轨道科学公司具有成熟的产品系列，企业实行的是多元化和规模经营战略。

## 二、大力发展小型固体运载火箭的措施与策略

### 1、重视与军队需求相结合开展型号技术预研

小型固体运载火箭具有某些突出的可以用作加强军事目的的特点和用途，如在低成本、快速移动发射区域作战用小卫星和组

网小卫星方面有优势，因此首先要结合军事特殊需求背景，为我国军事航天做出贡献。俄罗斯和美国“天军”的出现提醒我们必须加快我国天基武器建设步伐，利用国内的优势资源为军方研制军事航天用固体运载火箭的时机和技术已经成熟。俄美“天军”或空军都对运载火箭进行直接投资和管理，这些经验值得我们借鉴。

### 2、多渠道筹集资金发展研发新一代大推力固体火箭发动机技术

解决新一代大推力固体火箭发动机的瓶颈技术问题迫在眉睫，久拖不决只会延迟运载火箭规划的实施。商用运载火箭的研发渠道应多方筹集经费，不能单纯依赖军方的投资，否则只会拱手将集团公司重点发展的大型固体火箭发动机技术转让与他人。尽早行动会在未来的竞争中

### 3、注重发展军民两用技

术，实施多元化经营的企业发展战略

考虑到商业和军事航天对运载火箭的许可限制要求，必须优先发展与运载火箭有关的军民两用技术，同时积极将军事技术转化为民用技术，特别是弹道导弹技术的转化，以节约经费和缩短研制周期。

运载火箭公司要想实现更大规模的发展，必须实施企业多元化经营发展战略，首先是满足军、民和商业发射需求，其次要在未来空间运输系统等高科技领域占有一席之地，另外还需要进一步拓宽发展思路，必须有创新思维才能在不对称竞争中实现双赢和共赢。

### 4、加强运载火箭的知识产权管理，理顺管理关系

运载火箭公司在创建初期离不开集团公司的大力扶植和支持，运载火箭工业的产业链也清楚表明这是一项共赢的事业。运载火箭公司的业务和职能定位应该配合集团公司事业部的调整进一步明确，探讨如何将价值链中的各环节有效地联结，在相互配合和协作中形成合力，从而重拳出击，确保长远持续协调的发展。

总之，固体运载火箭事业的发展不会是一帆风顺的，任何伟大的事业总会有艰难险阻。回顾液体运载火箭的成功历程，特别是早期液体弹道导弹和运载火箭的研制过程，成功、失败和彷徨就始终陪伴着老一代的航天人。如今我们也正面临着类似的状况，但我们有理由相信航天科工集团最终会取得成功。□