

我国一次性运载火箭的发展展望

龙乐豪, 王小军, 容易*

中国运载火箭技术研究院, 北京 100076

* E-mail: ry01@mails.tsinghua.edu.cn

收稿日期: 2008-09-19; 接受日期: 2008-11-28

国家高技术研究发展计划(“863”计划, 宇航专项基金)资助项目

摘要 一次性运载火箭是迄今为止人类进入空间的最主要手段. 截至 2008 年 8 月我国长征运载火箭已完成 108 次发射, 并实现了连续 66 次发射成功的可喜成绩, 标志着我国一次性运载火箭发展进入了一个新的历史时期. 本文在分析我国长征运载火箭发展现状的基础上, 针对我国未来运载火箭的发展背景需求, 结合新一代运载火箭的研制, 提出了我国一次性运载火箭的发展思路.

关键词

一次性运载火箭
发展展望
运载火箭型谱

一次性运载火箭是迄今为止人类进入空间最主要的手段. 从 1957 年苏联使用“卫星号”运载火箭发射第一颗人造卫星至今, 一次性运载火箭已走过了半个多世纪的历程. 世界各国初期的运载火箭基本是从弹道导弹改进而来的, 普遍存在型号众多、任务适应性低、成本高等不足^[1,2]. 从 20 世纪 90 年代开始, 面对不断增长的空间资源开发需求以及日益激烈的商业发射市场竞争环境, 各航天大国在不断改进现有火箭的同时, 大力研制新一代运载火箭. 新一代运载火箭的发展, 已经完全突破第一代运载火箭在导弹武器基础上发展所带来的限制, 从设计开始就考虑民用与商用目标, 并且以低成本、高可靠作为主要设计原则, 采用模块组合、系列规划的发展思路.

我国运载火箭以长征火箭为主, 截至 2008 年 8 月, 长征运载火箭完成了 108 次发射, 并且取得了连续 66 次发射成功的成绩. 目前我国新一代运载火箭基本型已进入工程研制阶段, 在这样的大背景下, 有必要重新审视我国运载火箭的能力与现状、成就与不足, 认真思考我国一次性运载火箭的发展思路.

1 国外一次性运载火箭的发展趋势

目前美国已推出了德尔塔-4^[3](Delta-4)和宇宙神-5^[4]

(Atlas-5)两个新型运载火箭系列, 欧洲研制了阿里安-5^[5](Ariane-5)运载火箭并持续提高其运载能力, 日本推出了 H-2A^[6]火箭系列, 俄罗斯正在研制安加拉^[7](Angara)火箭系列. 纵观美国、俄罗斯、欧洲、日本等国家和地区的运载火箭发展计划, 运载火箭的发展趋势呈现如下几个方面的特点.

(1) 新一代运载火箭以氢氧发动机或液氧煤油发动机作为主动力, 采用模块化的组合方式形成运载能力覆盖范围较广的运载火箭系列, 而且各航天大国运载火箭的更新换代已经或即将完成.

国外新型运载火箭从设计开始就兼顾民用与军用目标, 以可靠性、安全性、经济性等作为主要的设计原则. 国外新型运载火箭的芯级均采用大氢氧发动机或液氧/煤油发动机, 及大直径、少级数等方案, 运载能力成倍地提高. 近地轨道(LEO)运载能力已超过 20 t, 地球同步转移轨道(GTO)运载能力达 10 t 级. 同时 GTO 运载能力 6~8 t 级的火箭最多, 一般用于单星发射; GTO 能力超过 10 t 的火箭一般瞄准双星发射, 主要目的是降低成本.

(2) 为增强运载火箭的任务适应性, 各国积极发展上面级技术.

为了提高运载火箭的任务适应能力, 各主要航

天国家积极研制上面级。上面级是在基础级火箭上面增加的相对独立的一级(或多级),具有较强的任务适应性,其工作段通常已经进入地球轨道,是提高火箭性能和提高任务适应能力的有效途径之一。美国德尔塔 4 和宇宙神 5 两个系列、欧洲的阿里安 5 系列以及俄罗斯正在研制的安加拉系列运载火箭都是通过选用不同的上面级,形成拥有各种运载能力、能执行多种任务的运载火箭系列。同时,随着在轨服务需求的不断增加,基于上面级技术的轨道转移运输飞行器也应运而生,如美国的太阳能轨道转移运输飞行器(SOTV)、欧洲的自动转移运输飞行器(ATV)、日本的 H-2A 自动转移运输飞行器(HTV)等等。

(3) 在由主流运载火箭完成主要进入空间任务的同时,也积极发展针对特殊应用的运载火箭。

美国为重返月球计划正在研制新型运载火箭战神 1 和战神 5,战神 1 为载人运载火箭,战神 5 为载货的重型运载火箭,采用人货分运、近地轨道对接的方式实现载人登月的目标。为满足快速进入空间的目标,美国研制了空射运载火箭“飞马座”,正在研制快速机动发射小型军用火箭猎鹰(Falcon),欧洲正在研制小型运载火箭织女星(Vega)。

2 我国运载火箭的现状

我国航天运载技术的发展起步于 20 世纪 50 年代,经过 50 余年的发展,我国先后成功研制了长征一号、长征二号、长征三号、长征四号等 15 个型号的运载火箭,实现了从常温推进剂到低温推进剂、从串联到捆绑、从一箭单星到一箭多星、从发射卫星到发射载人飞船的跨越式发展,组成了相对完备的运载火箭型谱,近地轨道(LEO)运载能力达到 8500 kg,太阳同步轨道(SSO)运载能力达到 6100 kg,地球同步转移轨道(GTO)运载能力达到 5500 kg,基本能够满足不同用户的需求。

2007 年 6 月 1 日,长征火箭走过了 100 次发射的光辉历程。前 50 次发射我们用了 28 年的时间,而近年来在各方面需求的牵引下,我们用 10 年的时间完成了 58 次发射,实现了我国长征系列运载火箭历史上的 2 个突破:高密度发射的突破和连续发射成功次数的突破。与此同时,运载火箭在可靠性、适应能力、研制能力等方面取得了突出的成绩。

但也应该看到,我国长征运载火箭仍然属于“家族式”系列,每个运载型号的发展都源于特定的需求,型号技术状态差别较大,也还存在运载能力重叠的现象,还不是真正意义上的“系列化”运载火箭;尽管通过大量的可靠性增长工作不断提高飞行成功率,长征运载火箭的设计可靠性仍然偏低;在役的长征火箭运载能力相对于国外的新型运载火箭有较大的差距,对于大型和重型有效载荷的发射要求已经难以通过进一步挖潜来予以满足,一定程度上抑制了有效载荷的进一步发展,同时长征火箭在满足小卫星发射方面还存在空白,另外上面级能力的不足限制了运载火箭的适应性的提高,不能满足多星发射及空间运输的需求,构成了未来技术发展的瓶颈。

3 我国运载火箭未来发展需求

随着人类科学技术进步的迅猛发展、人类航天活动的日益频繁,我国运载火箭的技术水平已经开始与先进国家拉开了差距,我国运载火箭的国际竞争能力在渐渐弱化,我国运载火箭在新的时期面临着多方机遇与挑战。

3.1 运载火箭技术亟需提高

当今世界各航天大国都在积极研制高可靠、低成本、大直径、少级数、使用无毒无污染推进剂的新型运载火箭,都在分阶段、有步骤地开展原有运载火箭的更新换代。这些新型运载火箭的近地轨道运载能力一般超过 20 t,地球同步转移轨道运载能力可达到 10 t 以上,通过系列规划、模块组合可以适应不同轨道发射任务的要求。目前以美国的宇宙神-5、德尔它-4,欧空局的阿里安-5,日本的 H2-A 等为代表的各种新型运载火箭都已投入使用,原有火箭正在逐渐退役,这些国家(地区)已经或者即将全面完成一次性运载火箭的更新换代。

我国长征火箭虽然取得了举世瞩目的成就,但是与国外新型运载火箭系列相比还有比较明显的差距。面对国外运载火箭发展的强劲浪潮,我国运载火箭需要尽快弥补不足、迎头赶上,尽快缩小与国外先进运载火箭技术的差距。

3.2 应用需求日益旺盛

我国政府对于航天事业高度重视,在不断丰富

和完善卫星种类与体系的同时,积极发展载人航天事业,积极开展以月球探测工程为代表的深空探测活动。

根据我国卫星型号与专业技术发展规划,未来的卫星发展将以大型卫星和小卫星星座为主,地球同步轨道卫星和非地球同步轨道卫星的发射需求潜力都很大。初步统计表明,未来15年左右的时间里,我国军用与民用卫星发射数量将超过200颗。目前以上卫星已有部分选定现有运载火箭进行发射,但还有相当一部分与新一代运载火箭的研制计划相衔接。此外,由于卫星与运载的发展是相互关联的,如果运载火箭的发展能够为卫星提供更大的运载能力、包络尺寸和更好的飞行环境,则卫星的设计难度将有一定程度的降低,发射数量还可能进一步增加。

此外,二代导航二期工程、高分辨率对地观测系统重大专项、载人航天工程、月球探测工程以及未来可能的载人登月任务及其他的深空探测任务等都对运载火箭的发展提出了迫切的需求。

3.3 航天发展运载先行

从我国运载和卫星的发展过程以及世界运载火箭的发展过程均表明:航天发展,运载先行,运载技术对航天发展有明显的推动作用。充分发挥运载的推动作用,为航天发展提供良好的基础条件,满足国内空间技术当前及未来的发展需求。空间应用和运载技术互相促进、协调发展的形式,将会对我国航天的发展产生巨大、积极的影响,使我国的航天技术获得持续、长足的发展。

4 我国一次性运载火箭发展展望

面对社会发展的需求、面对航天发展的机遇、面对自身技术发展的挑战,需要纵观世界、放眼未来,需要在完成现役火箭更新换代的同时合理规划并形成具有宽泛的、科学合理的有效载荷覆盖能力,需要研制开发高可靠的、使用无毒/无污染推进剂的、系列化的一次性运载火箭。

4.1 以满足基本应用需求为核心、合理规划新一代运载火箭型谱

我国新一代运载火箭经过近20年的基础预研及关键技术攻关,其基本型的研制于2006年10月正式

获得立项批复,现已进入工程方案设计阶段。

我国新一代运载火箭按照“立足长远、统筹规划、优先发展、分步实施”的发展原则,遵循“一个系列、两种发动机、三个模块”的总体思路,贯彻“通用化、组合化、系列化”的设计思想,通过模块化组合方式,可以形成包括5 m直径大型运载火箭、3.35 m直径中型运载火箭和小型运载火箭在内的火箭系列,其近地轨道运载能力最大达到25 t、地球同步转移轨道运载能力最大达到14 t,能大幅提升我国进入空间能力,除了满足卫星发射的需求,还能满足未来月球探测工程发射较大规模的月球返回探测器、载人航天工程的20 t级空间站等大型有效载荷的需求。

但是这些构型中有些构型的能力有重复,需在综合考虑能力需求以及对未来任务的适应性、成本、可靠性等因素的基础上,合理地进行归并与浓缩,形成能很好地满足未来基本需求、并且构型较少的运载火箭型谱,力争在20年内完成一次性运载火箭的更新换代。

4.2 以满足特殊应用需求为补充、完善一次性运载火箭型谱

为满足后续载人登月任务的需求,要求运载系统奔月轨道和环月轨道的运载能力分别为50和30 t。我国在役和正在研制的新一代运载火箭都无法完成载人登月任务,在利用新一代运载火箭的发动机和箭体直径等技术条件的基础上,发展起飞重量千吨级的超大型运载火箭,采用轨道交会对接的方式,是我国在2030年前实现载人登月的现实可行的方案。根据登月规模的需求,后续也可考虑发展起飞重量3000 t级的重型运载火箭完成建立月球基地等大规模的载人登月任务并进一步提高我国进入空间的能力。

为满足军事现代化对快速响应空间的要求,对具备应急快速发射能力运载器的需求日益迫切。除液体小运载外,还可发展车载发射固体小运载、空中发射小型运载火箭,按照液体小运载依靠简易设施周发射、固体小运载天发射和空射小运载小时计发射的指标,逐步实现快速进入空间的目标。

因此,在一次性运载火箭领域,超大型和重型运载火箭作为未来载人登月 and 大规模深空探测的基础,空射小型运载火箭和车载发射固体小型运载火箭作

为快速进入空间的重要途径, 都是未来一次性运载火箭型谱的重要补充.

4.3 以研制上面级为切入点、提升运载火箭的任务适应能力

上面级是在基础级火箭上面增加的相对独立的一级(或多级), 具有较强的任务适应性, 其工作段通常已经进入地球轨道, 是提高火箭性能和提高任务适应能力的有效途径之一. 我国下一代运载火箭在应用相应的上面级后, 其适用范围将会得到进一步扩大, 直接把空间飞行器送入太阳同步轨道、地球同步轨道和环月轨道的运载能力也会得到进一步加强. 同时, 载人登月任务奔月飞行需要发展长时间在轨飞行的上面级, 空间攻防体系建设对轨道转移飞行器提出了新的要求, 因此作为深空探测和空间轨道服务的基础的上面级应该加快发展的步伐.

目前我国已经在上面级的研制中具备了一定的基础, 但上面级通用性和先进性还存在一些不足. 因此需要在前期研制经验的基础上, 依据国情, 分步实施. 可以考虑首先突破长时间在轨飞行所遇到的热控、GNC 等关键技术, 研制与二代导航二期工程配套的专用上面级, 并依此对先进上面级的部分关键技

术进行演示验证. 最后根据具体需求, 统筹规划, 发展先进的轨道转移运输系统, 这样既有利于有效突破关键技术, 又有利于阶段成果的转化, 并与基础级运载火箭的发展相呼应.

按照这样的发展思路, 未来我国将形成包括小型、中型、大型、超大型以及重型运载火箭在内的一次性运载火箭型谱, 不仅可以满足我国未来卫星发射、载人航天、探月工程的基本要求, 而且可以为大卫星、大平台等大型有效载荷的发展提供有力的保障, 还可以为快速进入空间及载人登月等特殊需求提供基础支撑.

5 结束语

我国作为世界上举足轻重、有影响力的大国, 经过 50 年的艰苦奋斗、自力更生, 研制成功了长征系列运载火箭, 取得了举世瞩目的成就, 并在高科技领域占有了一席之地. 但是也应看到当前长征火箭与先进国家的新型火箭相比还存在差距和不足. 因此, 需要科学规划和发展我国一次性运载火箭, 确保我国运载技术在世界航天领域的地位, 同时促进我国空间技术、空间科学和空间应用的协调发展, 促进国民经济建设和国防建设进步, 促进我国综合国力的稳步提升.

参考文献

- 1 张庆伟. 面向 21 世纪的中国航天运载技术. 中国航天, 2001, 1: 4—8
- 2 吴燕生. 积极探索发展中国航天运输系统的新思路. 导弹与航天运载技术, 2002, (5)
- 3 The Boeing Company. Delta IV Payload Planners Guide. California: The Boeing Company, 2000
- 4 Michael C G. Atlas Launch System Mission Planner's Guide. Virginia: International Launch Services, 2001
- 5 Edouard P. Ariane 5 User's Manual, Issue 4 Revision 0. Evry: Arianespace, 2004
- 6 NASDA. H-IIA Brief Description. Tokyo: NASDA, 2000
- 7 Alexander Medvedev. The Angara Launch System Mission Planner's Guide. Virginia: International Launch Services, 2002