

# 中国新一代运载火箭发展展望

李东, 程堂明

(中国运载火箭技术研究院, 北京 100076)

**[摘要]** 长征系列运载火箭是中国独立自主研制的具有完全自主知识产权的高科技产品。长征火箭目前已形成了包括14种型号的火箭家族, 可用于发射近地轨道、太阳同步轨道和地球同步转移轨道的多种卫星及载人飞船, 也可以进行深空发射任务; 火箭总体技术性能达到国际先进水平, 并在国际商业卫星发射服务市场中占有一席之地。为满足未来航天技术发展的需求, 将加快研制新一代无毒、无污染、高性能、低成本的运载火箭, 增强进入空间的能力, 同时促进国民经济建设, 提高我国的综合国力。

**[关键词]** 航天; 长征运载火箭; 新一代运载火箭

**[中图分类号]** V47 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2006)11-0033-06

随着科技进步和人类社会的发展, 航天技术水平日益成为一个国家综合国力的重要标志。人类要利用空间, 开发空间, 首先必须能够进入空间, 这是开展一切航天活动的基本条件。运载火箭是迄今为止人类进入空间的最主要手段, 也是我国在内的大多数航天国家进入空间的唯一手段。运载火箭的能力, 决定了一个国家航天活动的规模。因此, 世界各航天大国均把发展先进的运载技术作为保持其领先地位的战略部署之一, 一些发展中国家也将发展航天运载技术作为提高其综合国力的重要手段。

21世纪头20年, 是我国经济社会发展的重要战略机遇期, 也是我国科技发展的重要战略机遇期。为了加强空间资源开发利用, 维护国家利益, 我国将大力发展空间事业; 作为进入空间的基本能力, 我国的运载火箭将在此过程中起到至关重要的作用。无论是我国空间应用、科学探测、载人航天, 还是国际商业发射与国际合作, 都对运载技术提出了新的要求<sup>[1]</sup>。因此, 如何规划和发展我国的新一代运载火箭, 以跟上国际运载技术的发展步伐, 为我国的国民经济建设和世界空间事业服务, 已成为中国航天的当务之急。

## 1 我国长征火箭的现状

我国航天运载技术的发展起步于上世纪50年代, 经过了长期艰苦的努力和探索, 1970年4月24日, 中国研制的长征一号(CZ-1)运载火箭发射成功, 将中国第一颗人造地球卫星送入轨道, 实现了“两弹一星”的宏伟规划, 也标志着中国进入太空的开始。

经过30余年的发展, 中国的航天运载技术得到了长足的发展, 取得了举世瞩目的成就。长征系列火箭发展成为由多种型号组成的大家族, 具备发射低中高不同轨道, 不同类型卫星及载人飞船的能力, 近地轨道(LEO)运载能力达到8.5 t, 太阳同步轨道(SSO)运载能力达到6.1 t, 地球同步转移轨道(GTO)运载能力达到5.1 t, 基本能够满足不同用户的需求。自1985年中国政府宣布将长征系列运载火箭投入国际商业发射服务市场以来, 已将28颗外国卫星成功地送入太空, 在国际商业卫星发射服务市场中占有了一席之地, 成为我国为数不多的具有自主知识产权和较强国际竞争力的品牌产品。截止到2006年7月, 长征火箭共进行了89次

发射和取得了连续 47 次发射成功的骄人战绩, 包括 4 次无人飞船和 2 次有人飞船的发射, 为我国空间技术和空间应用的发展, 为国民经济发展和国防建设做出了巨大贡献。

## 2 国外主流运载火箭及发展趋势

从 1957 年前苏联使用东方号运载火箭发射人类第一颗人造卫星至今, 运载火箭的发展已走过了近半个世纪的历程。世界各国初期的运载火箭基本是从弹道导弹改进而来的, 普遍存在任务适应性单一、型号众多、成本高等问题。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, 大力研制新一代的商用运载火箭。目前美国已推出了德尔它 4 和宇宙神 5 两个新型运载火箭系列<sup>[2,3]</sup>; 欧洲新研制了阿里安 5 运载火箭并持续提高其运载能力<sup>[4]</sup>; 日本推出了 H-2A 火箭系列<sup>[5]</sup>; 俄罗斯正在研制安加拉系列火箭<sup>[6]</sup>。

研制新型运载火箭主要基于两个目的: 一是满足日益增大的运载能力的需求, 用于发射军用和民用(政府、商用)有效载荷; 二是通过降低成本和提高可靠性来赢得市场。这些新型运载火箭的主要总体参数见表 1。

表 1 国外新型运载火箭主要总体参数

Table 1 Major characteristics of foreign launch vehicles

型号	芯级直径/m	芯一级发动机/ 单台推力/kN	整流罩直径 /m	级数	助推器数量/单台推力		运载能力/t		开始研制时间 /首飞时间/已 飞行次数*	备注
					液体	固体	LEO	GTO		
美国宇宙神 5 系列	3.81	RD-180 液氧煤油发 动机/3 827	4.2~5.4	2	0 或 2/ 3 827 kN	0~5/ 1 361 kN	最大约 25 4~12.7		1994/2002/8	共有 14 种构型
美国德尔它 4 系列	5.08	RS-68 氢氧发动机/ 2 891	4.07~5.13	2	0 或 2/ 2 891 kN	0 或 2 或 4/511 kN	最大约 23 4~10.9		1994/2002/6	共有 5 种 构型
欧空局阿里安 5	5.4	Vulcain 氢氧发动机/ 1 350	5.4	2	—	2/5 000 kN	21	6.6~10.5	1987/1996/27	共有 3 种 构型
俄罗斯安加拉 系列	4.3/2.9	RD-191 液氧煤油发 动机/1 960	4.35~5.1	3	2 或 4/ 1 960 kN	—	2~24.5	2.8~7.3	1994/2006?	共有 5 种 构型
日本 H-2A 系列及增强型	4.0/5.0	LE-7A 氢氧发动机/ 1 100	4.07~5.1	2	—	2 或 4 或 6/ 2 260 kN 或 1 490 kN	最大 19.5	4.1~8	1995/2001/9	共有 5 种 构型

\* 截止到 2006 年 7 月的统计数据

纵观国外航天运载技术的发展, 有以下几个方面的趋势:

1) 尽力降低成本, 提高可靠性, 提高发射成功率;

2) 向大直径、少级数和大运载能力发展, 使用无毒推进剂。国际上主流运载火箭的近地轨道(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;

3) 重复使用运载器由于技术难度大, 近期难以实现, 今后很长时间内仍将是发展一次性使用运载火箭为主, 同时适度开展重复使用运载器的关键技术攻关;

4) 受小卫星发射需求的牵引, 各国正在积极发展新一代经济、灵活的小型运载火箭。

## 3 新一代运载火箭发展展望

尽管长征火箭已经取得了举世瞩目的成就, 但我们也应该清醒地认识到, 长征火箭已很难适应未来的发展需求, 与国外先进技术相比还存在一定的差距<sup>[11]</sup>, 火箭运载能力相对较小、可靠性需要提高、推进剂有待更新。如若不采取有力的措施, 长征火箭可能丧失竞争和生存能力, 制约我国航天技术的发展, 无法保持我们已经取得的航天大国地位。

### 3.1 新一代运载火箭发展目标

全面提高中国运载火箭的整体水平和能力, 满足未来 20~30 年航天发展的需求, 保持我国运载技术在世界航天领域的地位, 需尽快研制新一代运载火箭。

按照《中国的航天》白皮书的要求，新一代运载火箭制定了如下发展目标：

1) 从提高中国航天进入空间能力的角度出发，瞄准中国航天发展现实而迫切的需求来规划一个系列化的运载火箭，而不是针对某个特定的任务设计；

2) 采用大直径结构、大推力发动机等先进技术，大幅度提高运载能力，低轨最大运载能力达到 25 t，GTO 最大运载能力达到 14 t；

3) 实现型号的三化（通用化、组合化、系列化）设计，建成型谱化系列，以适应发射不同有效载荷的要求；

4) 采用无毒、无污染推进剂；

5) 低成本、高可靠、测试操作方便。

### 3.2 总体发展思路

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，贯彻“通用化、组合化、系列化”设计思想，基于已经开展工程研制的 50 t 液氢/液氧发动机和 120 t 液氧/煤油发动机，以及大直径箭体结构，首先完成芯级直径 5 m 的大型火箭（见图 1）研制，大幅度提高我国运载火箭的能力及技术水平，并为未来的系列化发展奠定基础，主要总体参数见表 2。在此基础上，可根据需要进一步衍生出 3.35 m 直径中型运载火

箭和小型运载火箭，形成近地轨道运载能力最大覆盖到 25 t、地球同步转移轨道运载能力最大覆盖到 14 t 的新一代运载火箭系列。

5 m 直径大型火箭作为新一代运载火箭发展的重点，其研制成功后将解决新一代运载火箭的关键技术，在 3.35 m 模块和 2.25 m 模块的基础上，还可以组合出 3.35 m 直径中型运载火箭和小型运载火箭，实现我国运载火箭的升级换代。

### 3.3 新一代运载火箭基本型总体技术方案

在 5 m 直径火箭系列构型中，选取构型 D 为基本型火箭。新一代运载火箭基本型为带助推的两级火箭：芯一级采用 5 m 直径模块，2 台 50 t 氢氧发动机（YF-77）双摆；助推器采用 2 个 2.25 m 直径模块和 2 个 3.35 m 直径模块，分别配置单台和 2 台 120 t 液氧煤油发动机（YF-100），每个助推器摆动 1 台发动机；芯二级采用改进的 CZ-3A 三级级氢氧发动机（YF-75D）作为主动力，2 次启动，发动机双摆，另外采用无毒、无污染辅助动力系统；整流罩直径 5.2 m，长 18 m，与有效载荷一起垂直整体运输、吊装。基本型火箭总体布局见图 2。全箭总长 59.456 m，起飞重量 643 t，起飞推力 8 179 kN。该火箭的地球同步转移轨道运载能力为 10 t，其综合性能指标将达到国际上主流运载火箭水平。

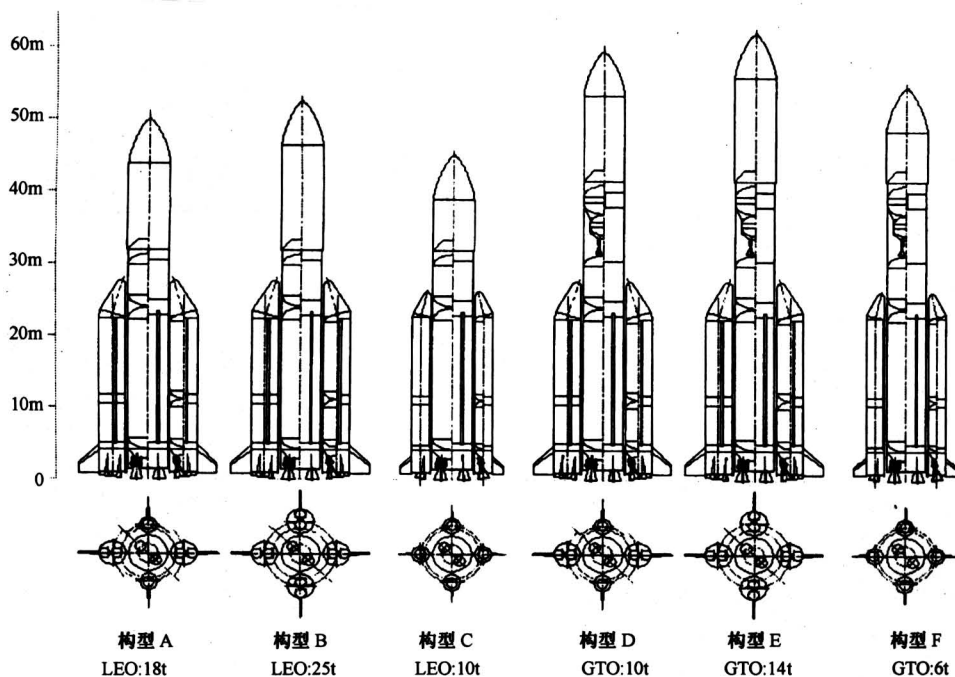


图 1 5 m 直径火箭构型示意图

Fig.1 Profile of the new generation launch vehicles with 5 m-dia core

表 2 5 m 直径火箭主要总体参数

Table 2 Major characteristics of the new generation LVs with 5 m-diameter core

构型	A	B	C	D	E	F
箭体长度/m	49.906	52.406	44.906	59.456	61.956	54.456
整流罩长度/m	18	20.5	13	18	20.5	13
长细比	9.981	10.481	8.981	11.891	12.391	10.891
发动机台数	8	10	6	10	12	8
起飞质量/t	622.5	784.5	458.5	643.0	802.9	483
起飞推力/kN	8 179	1 056.5	5 792	8 179	1 056.5	5 792
起飞推重比	1.34	1.37	1.3	1.34	1.34	1.22
最大过载/kg	4.0	5.1	3.8	3.9	4.9	3.3
运载能力/t	18	25	10	10	14	6
	LEO	LEO	LEO	GTO	GTO	GTO

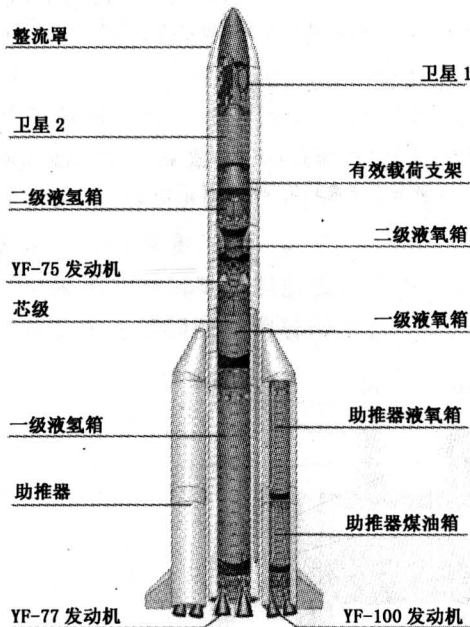


图 2 新一代运载火箭基本型总体布局图

Fig. 2 The configuration of the basic type among the new generation launch vehicles

新一代运载火箭动力系统一级采用全新液氢/液氧发动机和液氧/煤油发动机，以及相应的新的增压输送系统，二级采用新型的膨胀循环氢氧发动机和气氧煤油姿控发动机。箭体结构以 5 m 大直径结构为主要特征，选用焊接可靠性高的 147 材料及搅拌摩擦焊等新型焊接工艺；电气系统采用一体化设计和冗余设计，以简化系统和提高可靠性。

基本型火箭涵盖了三个新研制模块及所有关键技术项目，其研制成功将突破大直径箭体结构、动

力系统、电气系统一体化、伺服机构及新型发射支持系统等关键技术。基本型研制成功后，我国便具备了提供其他几种 5 m 直径构型火箭的能力，近地轨道运载能力为 10~25 t，地球同步转移轨道运载能力为 6~14 t。

### 3.4 新一代运载火箭的主要特点

新一代运载火箭充分采用模块化技术，通过标准模块的组合形成运载火箭系列，满足不同的任务需求。新一代运载火箭作为长征火箭的升级换代产品，在多个方面将实现跨越式的发展，主要包括以下几个方面：

**3.4.1 运载能力大** 近地轨道最大运载能力 25 t，地球同步转移轨道最大运载能力为 14 t，分别是现有长征火箭最大运载能力的 2.5 倍和 2.7 倍（见图 3、图 4），可以为未来我国航天事业的发展创造良好的条件。

**3.4.2 无毒无污染** 采用液氢、液氧、煤油等无毒、无污染推进剂，顺应了国际形势和国策的要求，也符合国际运载技术的发展趋势。

**3.4.3 成本低** 贯彻简洁设计、三化设计的思想，在大幅度提高火箭运载能力的同时，也使单位质量的人轨成本比现有长征火箭有较大的下降。

**3.4.4 可靠性高** 以比传统火箭普遍少一级的一级半或二级半构型来提高火箭固有可靠性，以冗余、容错、降额等设计方法的广泛运用来提高设计可靠性，以牵制释放装置来提高发射可靠性。

**3.4.5 适应性强** 包括灵活的任务执行能力，完整的运载能力覆盖范围，以及良好的履约能力，来满足用户多种多样的需求。

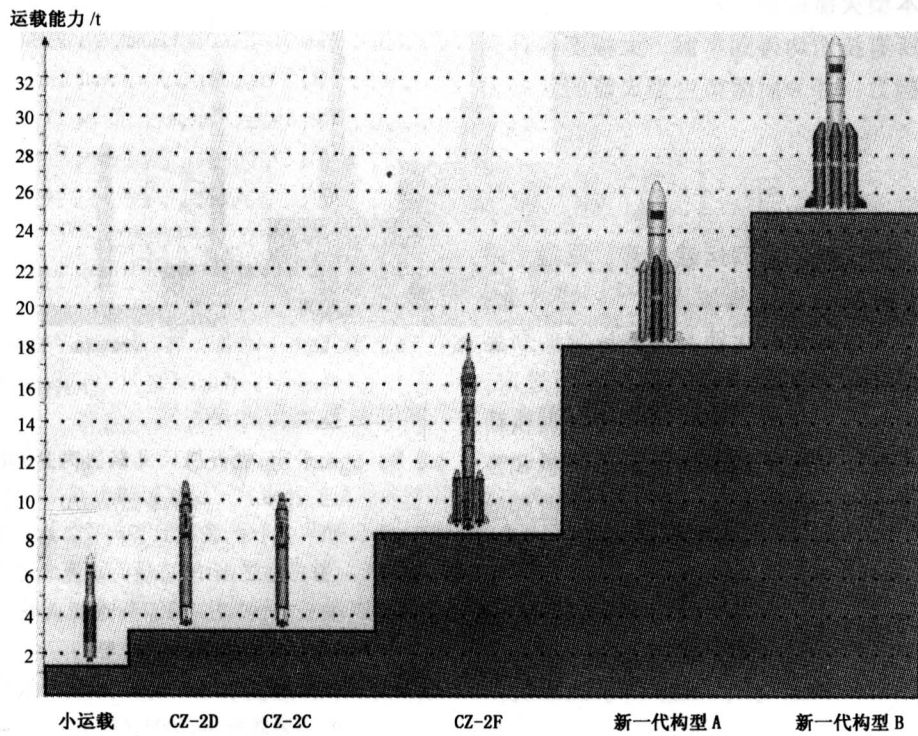


图 3 长征火箭近地轨道运载能力覆盖范围

Fig.3 LEO launch capacity of the “Long-March” for launch vehicles

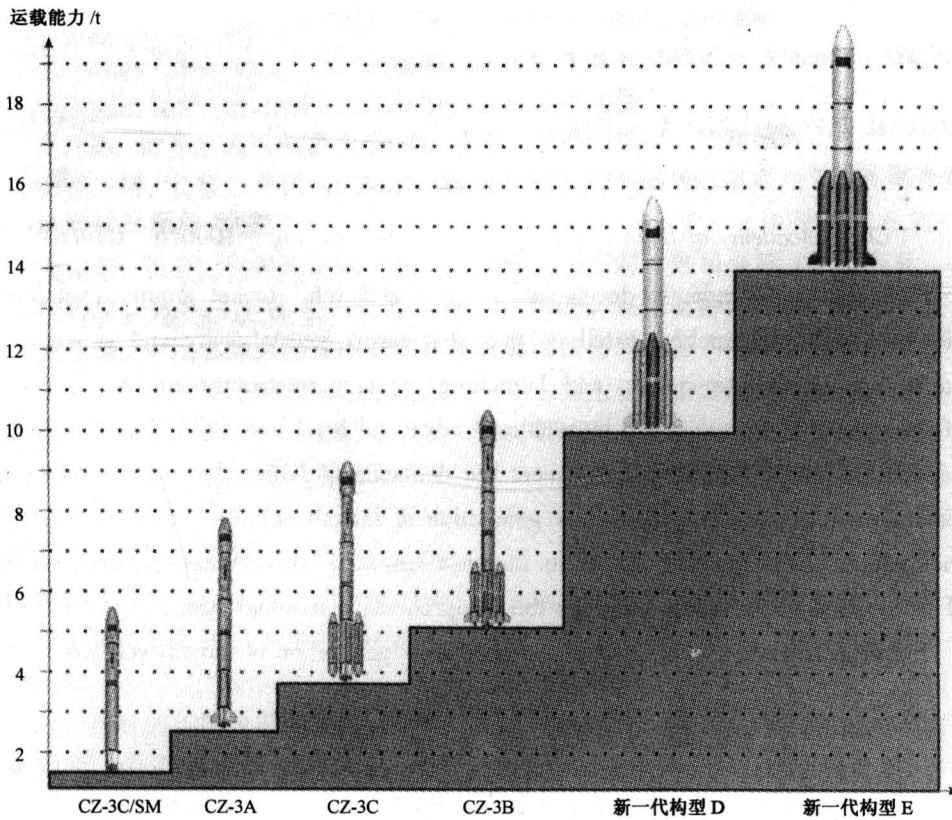


图 4 长征火箭地球同步转移轨道运载能力覆盖范围

Fig.4 GTO launch capacity of the “Long-March” for launch vehicles



新一代基本型火箭研制成功以后, 5 m 直径系列火箭涉及的所有技术均得到掌握, 大幅度提升我国进入空间的能力, 并为后续衍生型火箭的发展奠定了基础。

#### 4 结语

我国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。随着火箭技术的发展, 长征火箭与先进国家的新型火箭相比还存在差距和不足。我们仍要不断进取, 以市场需求为牵引, 以技术进步为推动力, 加快研制新一代运载火箭, 实现运载火箭技术的跨越式发展和航天可持续发展, 保持我国运载技术在世界航天领域的地位, 同时满足我国发展空间技术及和平利用空间的需要, 推动我国空间科学和空间应用产业的发展, 带动多领域科学技术的进步, 促进国民经济建设, 提高我国的综合国力。

#### 参考文献

- [ 1 ] 张庆伟. 面向 21 世纪的中国航天运载技术[J]. 中国航天, 2001, (1): 4 ~ 8
- [ 2 ] Gass M C. Atlas Launch System Mission Planner's Guide [M]. Virginia: International Launch Services, 2001
- [ 3 ] The Boeing Company. Delta IV Payload Planners Guide [M]. California: The Boeing Company, 2000
- [ 4 ] Perez E. Ariane 5 User's Manual, Issue 4 Revision 0 [M]. Evry: Arianespace, 2004
- [ 5 ] NASDA. H-IIA Brief Description [M]. Tokyo: NASDA, 2000
- [ 6 ] Medvedev A. The Angara Launch System Mission Planner's Guide [M]. Virginia: International Launch Services, 2002
- [ 7 ] 王丹阳. 世界航天运载器大全[M]. 北京: 宇航出版社, 1996
- [ 8 ] 徐勤, 等. 长征二号丙(CZ-2C)系列火箭用户手册[M]. 北京: 中国运载火箭技术研究院, 2006
- [ 9 ] 龙乐豪. 长征三号系列运载火箭[J]. 中国工程科学, 1999, 1(1): 11 ~ 18
- [ 10 ] 刘竹生, 张智. CZ-2F 载人运载火箭[J]. 导弹与航天运载技术, 2004, (1): 6 ~ 12
- [ 11 ] 龙乐豪. 中国运载火箭技术的成就与展望[J]. 导弹与航天运载技术, 2001, (1): 3 ~ 8

## Development Prospect of China's New Generation of Launch Vehicles

Li Dong, Cheng Tangming

(China Academy of Launch Vehicle Technology, Beijing 100076, China)

[Abstract] China has independently developed the "Long-March" rocket group, containing 14 types of launching vehicles capable of launching satellites into near-earth, geostationary and sun-synchronous orbits, launching manned spacecraft into space, and launching explorer into outer space. The overall technical performance of the rockets has reached the international advanced level and China has acquired a share of the international commercial launching market. To meet the demands of future development of space technology, China will accelerate its development of the new generation of launch vehicles with non-toxic, non-polluting, high-performance and low-cost qualities so as to increase China's space-entering capacity, to promote the construction of national economy and to build up the comprehensive national strength.

[Key words] space activities; "Long-March" rockets; new generation of launch vehicles