

## 2011 年国外载人航天发射场发展综述

目前,各种新概念推进技术不断推出,其主要特点是:运载火箭系统结构趋于标准化、通用化和模块化;航天推进剂向无毒低毒、低污染、低成本和更加安全可靠的发展。为了适应新型航天器、运载火箭发展的需要,以美国为首的航天大国纷纷改建或新建航天发射场,为未来空间任务做准备。

### 一、美国

奥巴马政府在 2010 年对美国载人航天发展计划做出重大调整,试图通过创新空间探索概念与技术研究,在整体上提高航天技术发展水平与能力,确保长期拥有在航天领域的世界领导地位。美国国家航空航天局(NASA)在 2011 财年预算案中提出了实施“21 世纪航天综合发射设施计划”,针对拟研制的新型运载火箭系统对肯尼迪航天中心(KSC)进行适应性的现代化改造。同时,加大对“商业轨道运输服务”(COTS)计划的投资,通过私营航天公司对商业航天运输系统的配套发射场进行适应性改造。

#### (一) 对肯尼迪航天中心进行后航天飞机期的适应性改造

2011 年 7 月,“亚特兰蒂斯”号航天飞机在肯尼迪航天中心完成最后一次飞行任务,标志着历时 30 年的航天飞机项目落下帷幕,而发射场的地面发射设施设备则为适应未来新型空间运输系统加以改造。NASA 曾根据“星座”计划的需求,对肯尼迪航天中心的垂直总装厂房、39B 发射工位、活动发射平台及发射控制中心等进行了相应改造,同时新建造了一个 10 段式钢结构体的轻型活动发射

平台。“星座”计划取消后,根据“21 世纪航天综合发射设施计划”要求,从 2011 年起对肯尼迪航天中心进行现代化改造,利用现代化手段支持更安全高效的发射活动。

2011 年完成的主要项目包括:为发射平台加装更为强大的支撑臂,拆除了发射台顶部用于航天飞机的硬件结构,发射台外围内部重新整修;拆除 390 千米长的缆线并安装光纤缆线;加装新型综合气象测量系统,可精确监控和测量不同位置与高度的气象条件;拆除原导流槽中呈金字塔形的排焰道,将改建成移动式导流槽,从而使同一导流槽可满足多种型号火箭的不同排焰道需求;③发射设备测试厂房:该厂房总面积约 18.58 万米<sup>2</sup>,升级改造历时 4 年,总造价为 3500 万美元。在改造后的高跨间外的钢制场地上安装了 1 个质量为 600 吨、用于张力与压力测试的测试装置,1 个用于阀门、泵与流量计测试的水流测试循环装置,2 个发射模拟塔以及 2 个 56775 升的低温塔,其中最引人注目的是新研制的运载火箭活动模拟装置,它能够模拟火箭从驶出厂房直到发射全过程的活动状态。此外,该厂房还增加了用于实施先进样机研发的制造车间。

除了对地面发射设施进行适应性改造外,NASA 肯尼迪航天中心还新建和改造了场区内的相关配套设施,包括:新建了 2 个太阳能电站,功率分别为 1 兆瓦和 10 兆瓦;从 2010 年 9 月开始,实施为期 2 年、耗资 610 万美元的配电系统修复工程;改造场区的饮用水/废污水处理系统;新建了推进剂管理与维护北厂房;将 KSC 工业园区改建成一个中心综合设施区以及新建探索工业园等。

## **(二) 空间探索技术公司为“猎鹰”系列火箭改造空军基地的配套发射场**

航天飞机退役后,美国将丧失对国际空间站货运补给与航天员的运送能力,其载人航天活动也面临严峻挑战。为此,美国大力推进近地轨道运输服务的商业化运作,将载人航天飞行活动的成熟技术与经验向私营航天企业转移。空间探索技术公司(SpaceX)连续

获得数十亿美元的 NASA“商业轨道运输服务”合同,计划在 2010 年—2016 年间为国际空间站提供独立的货运补给服务,使用“猎鹰”系统火箭发射“天龙座”飞船,并在东、西靶场对配套的发射场进行适应性改造。

### 1. 卡纳维拉尔角空军基地 40 号发射场

SpaceX 公司于 2007 年选用卡纳维拉尔角空军基地 40 号发射场实施其“猎鹰”系列运载火箭的发射任务,并对该发射场地面设施进行适应性改造。

由于“猎鹰”-9 运载火箭的各芯级和组件将以水平方式进行装配和转运至发射台,并通过专用的垂直起竖设备放置在发射台上,整个操作过程拟在一个小时内完成,因此原 40 号发射场脐带塔、活动勤务塔以及推进剂系统等设备不再适用。原脐带塔于 2008 年初完全拆除,而活动勤务塔于 2008 年 4 月拆除。再建工程主要有装载精加工煤油的储罐、液氧加工厂、气态氮和气态氦存储设施、火箭装配厂房等。为了实施未来每年 10 次~12 次发射任务,空间探索技术公司拟在 40 号发射场增建一个操作厂房,并对原“德尔塔”2 火箭操作厂房进行相应的升级改造(包括洁净室、危险自燃燃料设施等)。同时,还计划根据“猎鹰”重型火箭的发射要求对现 40 号发射场进行升级改造或再增加一个发射台。

### 2. 范登堡空军基地 4 号发射场

2011 年,SpaceX 公司推出了“猎鹰”重型运载火箭方案,选定范登堡空军基地的 4 号发射场东发射工位,计划于 2013 年执行发射任务。SpaceX 公司根据项目实施要求,对 4 号发射场东工位的主要地面设施设备进行改造,“猎鹰”火箭在改建后的发射工位将通过铁轨移到发射台,并起竖呈垂直状态。主要改造内容包括:拆除原“大力神”火箭使用的活动勤务塔,新建大型机库和发射塔架,采用新的运输/起竖系统及保障设备。2011 年,已拆除了活动勤务塔上的“锤头”式悬臂结构。

## 二、俄罗斯

苏联解体后,航天发射设施的使用权问题是俄罗斯政府亟待解决的问题之一。拜科努尔航天发射场在苏联解体后划归哈萨克斯坦所有。两国就拜科努尔航天发射场使用问题签订了租赁协议,最早租期为 20 年,后来根据航天活动增加的需求,将租期延长至 2050 年。但鉴于拜科努尔航天发射场的政治、经济问题以及国内航天发射场的技术局限性,俄罗斯航天部门认为有必要新建一座航天发射场,同时对现有发射场地面设施设备进行升级改造。

### (一) 新建东方航天发射场

俄罗斯政府基于战略、人员和地域等多个方面的考虑,最终选定在阿穆尔州建设东方航天发射场。俄罗斯政府计划耗资 4000 亿卢布(135 亿美元)建设东方航天发射场。

对于该发射场的建设进度,俄罗斯官方公布的计划是:①2010 年:完成初步设计和勘察工作,确定设施设备精确的范围界限;②2010 年—2015 年:实施发射场建设;③2013 年:完成公路、铁路、供电和供水基础设施建设;④2015—2016 年:首次试射中型火箭(不载人),随后发射通信卫星;⑤2018 年:实施首次载人航天飞行;⑥2020 年:将俄罗斯 45% 的航天发射任务及所有的载人航天飞行任务转入东方航天发射场。

据俄罗斯官方报道,东方航天发射场总共拟建造 7 座发射台,其中 2 座用于发射载人飞船,2 座用于发射货运飞船。拟建各类配套设施近 50 座。场区建设规划为:一座供载人和不载人飞船使用的轨道器维护与检测厂房;航天员训练中心;氧气、氮气和氢气生产厂;一套现代化的测量跟踪系统;机场综合设施;在发射场内修建 115 千米长的公路与 125 千米长的铁路。该航天中心计划配备 2 万人~2.5 万人。

### (二) 对现有航天发射场进行升级改造

在大力推进新发射场建设的同时,为解决国内发射场只能发射

轻型和中型运载火箭、缺乏大型运载火箭发射设施的问题,2011年,俄罗斯全面实施现有发射场改造工作,对拜科努尔航天发射场内的250个发射工位实施改建,用于未来发射“安加拉”运载火箭。与此同时,俄罗斯已经完成对普列谢茨克航天发射场基础设施和指挥控制通信系统的现代化改造。下一步将集中力量在普列谢茨克实施两项建设计划:一是为正在试验的新型“联盟”-2运载火箭改建发射场;二是加快综合设施建设,用以发射环保型“安加拉”系统火箭。

### 三、法国

法属圭亚那航天中心紧靠赤道,具有得天独厚的地理优势,是目前世界上最佳的发射点,“阿里安”系统火箭的发射成功率已达90%以上,占据国际商业发射场的一半以上份额,但该中心迄今没有承担过载人飞行发射任务。欧洲航天局与俄罗斯联邦航天局一直期望能开展深入的双方合作,在苏联解体之后,欧俄于2003年7月正式签署协议,将“联盟”火箭发射项目引入圭亚那航天中心,2005年初正式签署实施合同。

在圭亚那航天中心建造“联盟”号火箭发射场是开启了欧洲航天发射市场的新篇章。首先是弥补了欧洲航天局在研制发展中型火箭方面的不足,其次是进一步强化了欧洲和俄罗斯之间的未来长期性航天合作,最后是有助于圭亚那航天中心开展未来载人飞行任务。

2011年5月“联盟”发射场交付阿里安航天公司投入使用。新建的“联盟”发射场由2个区域组成:一个是包括发射台在内的前区,即发射区;一个是包括运载火箭组装厂房在内的后区,即准备区;两区相距约700米,由铁轨相连。主要地面设施包括:火箭组装厂房、有效载荷处理设施、发射控制中心、发射工位(含发射台、活动勤务塔、导流槽等)以及铁轨系统。

2011年10月21日,俄罗斯新型“联盟”-ST运载火箭在法属

圭亚那航天中心新建造的“联盟”发射场进行首次发射,将“伽利略”导航卫星系统的首批两颗验证卫星送入预定轨道,标志着欧洲和俄罗斯开启了太空开发的新领域。

#### 四、结束语

未来的空间探索任务以及航天技术的发展对航天发射场的要求越来越高。纵观世界主要国家近年来新建或改建的航天发射场,其发展主要有如下特点:

一是发射场的新建、改建或重建始终围绕着国家政治、经济、军事和科技战略发展需求以及国际形势的发展变化而实施,如俄罗斯新建远东发射场即为了解决发射场本土化的问题。

二是发射场的发射任务将呈现多样化的局面,各种军用、民用、商用载荷的数量呈现逐年增多的趋势,对发射场的发射能力提出更高的要求。此外,未来进入太空的载人有效载荷将会大幅增加,这些有效载荷的属性及其在太空飞行任务中的角色各有不同,并且随着国际航天合作的增加,参与任务的组织机构更多,地面发射系统的操作实施难度也将相应加大。

三是多种发射操作模式并存,地面操作工艺流程不断加以改进。如在 KSC 的未来规划中就设有垂直和水平发射操作区,强调及时、低成本、高效用,能够实施不同型号运载火箭的多类型发射任务。

四是发射场信息化程度越来越高,发射场地面操作的自动化、智能化水平越来越高,使得发射场的可靠性、安全性得到进一步提高。

(北京特种工程设计研究院)