

## 2012 年国外载人航天发射场发展综述

2012 年,美国在航天飞机退役后,对肯尼迪航天中心(KSC)实施大规模的地面设施设备升级改造,提高其综合发射能力,以满足美国未来空间探索任务发射需求;俄罗斯由于资金短缺,停止了新一代“罗斯”M 系列运载火箭的研发工作,而继续沿用“联盟”2 火箭,并决定在东方航天发射场建造一座“联盟”号火箭发射工位。

### 一、美国肯尼迪航天中心全面改造以适应未来空间战略调整

从 2010 年奥巴马政府取消“星座”计划、推进“月球以远”载人深空探索战略,到 2011 年航天飞机退役,肯尼迪航天中心一直处于发展过渡期的不确定状态。2011 年 9 月 14 日,NASA 公布了新型重型运载火箭——“航天发射系统”(SLS)方案,并为此设立了地面系统研制与操作(GSDO)项目,以替代原有的“21 世纪航天发射设施计划”。GSDO 的目标是将 KSC 的地面设施设备硬件、数据和人力资源都应用于新的载人运载系统项目,逐步将 KSC 航天发射能力提升到一个新高度。NASA/KSC 认为改建后的航天中心必须适应不断变化的空间战略决策环境,提升技术发展能力,将服务功能从单一政府用户和运载器型号,向多用户(政府和商业用户)以及多种运载器型号转变。

2012 年,KSC 所实施的地面设施设备升级改造工程主要包括:垂直组装厂房、发射控制中心、活动发射平台与履带运输车、39A 与 39B 发射工位、紧急逃生系统方案、新的液氢试验设施、航天飞机着

陆场、操作与检测厂房。

### (一) 垂直组装厂房

作为最能体现美国航天技术发展的标志性建筑之一, KSC 的垂直组装厂房(VAB)已运行了近 50 年, 接下来的改造工程则是使其能够再运行 40 年。KSC 的未来发展将为政府和商业用户提供多种发射服务, 不仅能够适应目前正研制的 SLS 各型号, 而且还能适应其他小型或商业运载器。因此, 在改造技术上采取一种渐进式的方法, 使其未来应用更加灵活、更加可靠。目前针对 VAB 的改造工程仅限于内部设备。

曾用于“阿波罗”/“土星”5 的工作平台原设计为 7 层, 拆除后将配置 10 层插接式工作平台, 以满足不同类型运载火箭的操作需求。

VAB 内 5 台桥式吊车的控制系统将进行适应性改造, 其中有 2 台的提升重量将达到 325 吨, 2 台为 250 吨, 第 5 台则为 150 吨。

对于世界上最大结构体的 VAB 厂房大门, 将采用新型制动系统并进行其他相关性改造, 以减少轨道和系统的磨损。

“阿波罗”登月时期铺设的、长约 241350 米的铜制线缆将在此次改造工程中替换成工艺更先进的、直径约为小拇指粗细的光纤。

此外, VAB 内的供水与排水管以及 VAB 电气系统的备用电池将进行更换。

### (二) 发射控制中心

发射控制中心的 1 号发射控制室在“星座”计划时期的改造突出简洁实用性, 目前随着新一代 SLS 项目的启动, 该控制室的后续改造工作将作为发射场指挥控制系统研发的组成部分, 与 GSDO 项目的其他改造工程同时展开, 其未来技术特点将比“星座”计划时期更为先进。新的设计标准改进了线缆的工艺要求, 以提高任务的安全可靠性, 自 2013 年 1 月起, 拆除了 3 号发射控制室的旧式控制台、线缆、地板; 同时, 在改造工程中, 将应用一个“智能系统”(Smart

System)以减少实施发射任务操作与控制的人员数量。“智能系统”配置了具有感应、执行和控制功能的装置,能够根据采集到的相应数据对运行状态进行预测性分析,从而实施更为恰当的操作处理。

### **(三) 活动发射平台与履带运输车**

新研制的活动发射平台(ML)为10段式钢结构体,总高108.2米,主要由基座、脐带塔和地面保障设备(电力、通信、空调、冷却水及点火过压保护装置)组成,其重量比航天飞机时期的ML要轻。目前,已完成了ML的第一阶段基础性制造,正在根据SLS系统的技术要求对ML进行适应性改造。原航天飞机时期的2号履带运输车(CT-2)在经过适应性改造后将应用于SLS系统的发射任务。

### **(四) 39A与39B发射工位**

SLS的发射任务将使用39B发射工位,NASA/KSC将进一步完善发射台。发射工位的巨型水塔和喷水消声系统将予以保留,但要进行内外翻新,包括:修护88米高的高架水箱内部和管道系统,并对水箱、管道及相应支撑部件的外部加以喷砂和涂层防护。此外,还对发射台混凝土结构部分进行完善性修整,主要包括:发射台坡道、格栅与导槽系统;地下掩体与高压气体区的墙体与顶板。39A发射工位将保留航天飞机时期的结构状态并加以封存。但未来计划可租用给适合的商业发射用户,并按其需求进行改造,实施不载人任务。

### **(五) 紧急逃生系统方案**

在“星座”计划期间,NASA/KSC为改建的发射台研发了一套新型过山车式紧急逃生系统,取代航天飞机时期的钢缆滑篮系统,以提供更为安全的紧急逃生模式。目前,NASA/KSC正在对过山车式紧急逃生系统进行进一步的技术研究与评估,以选定最终适用方案。

### **(六) 新的液氢试验设施**

“液氢地面操作演示单元”(GODU LH2)试验设施位于自燃燃

料维护设施的东北面。KSC 工程管理局选用了原 41 号发射场的 12.5 万升储罐作为该试验区主要设备,该储罐于 8 月准备完毕。低温制冷装置则于 2013 年 4 月运抵试验区,然后与储罐进行连接。液压系统则选用原 20 号发射场的,而液氢输送与排放管线则来自爱德华空军基地。目前,管理局正与联合发射联盟协商,选用“半人马座”上面级储罐以进行更加精确的加注演示。新建的液氢试验设施将在如何低成本地实施液氢加工处理方面为 NASA 新一代空间运载器和其他商业运载器提供服务。

### (七) 航天飞机着陆场

航天飞机着陆跑道设施早已成为商业用户测试飞机和汽车相关技术性能、悬挂系统以及空气动力特点的场所。2012 年,NASA 将该跑道的北侧区域改建成类似月球凹凸不平的表面,展开了“梦想之神”(Morpheus)类人机器人登月项目的着陆测试,以验证载人飞船在另一星球表面进行着陆所面临的问题。该着陆场长约 4572 米,宽约 91.4 米,在跑道的两端各设有 304.8 米长的延伸段,两侧设有 15.2 米宽的沥青路肩。该混凝土跑道中轴段的厚度为 40.6 厘米,两侧为 38.1 厘米。跑道的横断面横贯着许多凹槽,每条宽 0.63 厘米,深 3.2 厘米,由跑道中心一直延伸到沥青路肩的边缘。着陆带并不是完全平坦的,而是从中心线至边缘呈 61 厘米的坡度,以便于迅速排除路面雨水。

### (八) 操作与检测厂房

操作与检测厂房的改造工程现已进入第五阶段,也是最后阶段。主要包括:分两阶段对整个一层进行翻新;安装新型消防喷淋系统、新式节能型照明系统、暖通系统以及通信数据网络;对停车场进行重新规划设置与地面翻新。对该厂房的整个改造工程将于 2013 年 4 月完成。

除了进行大规模的地面设施设备改造之外,KSC 还在制订一个称为“未来发展概念”的总体规划,主要描绘了如何将该中心从单一

用户的政府实体转型为可支持多用户和操作的实体。这项受 NASA 委托的总体规划将跨越 20 年的时间,其 3 个主题目标为:允许公司和境外组织对 KSC 进行投资;转让或处理那些没有被充分利用且 NASA 未来项目也将不再需要的设施;建造可被不同用户、机构和项目使用的新的经济型、环保节能型设施。

## 二、俄罗斯在东方航天发射场增建“联盟”号火箭发射工位

### (一) 建造“联盟”号火箭发射工位的主要原因

俄罗斯联邦航天局原计划从 2015 年开始使用“罗斯”M 运载火箭,以替代“联盟”号系列运载火箭在东方航天发射场执行载人和货运发射任务。根据型号不同,“罗斯”M 火箭可将 6.5 ~ 50 吨货物运送到近地球轨道,这种以液氧和煤油的混合物作为燃料的新型运载火箭不但环保,而且在安全方面也有很大改进。

由于预算等原因,俄联邦航天局取消了“罗斯”M 火箭的研发,这将导致东方航天发射场在建成后没有可选用的运载火箭用于发射任务,因此,俄联邦航天局决定继续采用“联盟”2 火箭,并在东方航天发射场建造一座“联盟”号发射工位。但这个决定在技术层面上无法使东方航天发射场在载人航天任务方面发挥更大的作用,降低了其预期效益,主要原因:一是“联盟”号火箭从东方航天发射场所携带的有效载荷重量要比法属圭亚那航天中心(CSG)还要少;二是目前的“联盟”号飞船无法在俄远东地区的茂密丛林和凹凸不平的地形中实施高精度的紧急着陆。因此,在东方航天发射场建造“联盟”号发射工位的背景因素并非出于技术需求,更多的是政治方面的考量,目的是缓解俄罗斯与哈萨克斯坦之间的争端。

俄联邦航天局最终选定俄罗斯最著名的发射地面设施建造方——TsENKI 公司,来实施“联盟”号火箭发射工位的建设。建造发射工位的总投资额为 3 亿美元,氧与氮加注设施的总投资额为

1.36 亿美元。2012 年的建造费用约为 6000 多万美元,2013 年则为 9000 多万美元。

2011 年 10 月 24 日,正式签署“联盟”号火箭发射工位的地面勘察文件;2012 年初,确定了发射工位的地理位置坐标(原“罗斯”M 火箭发射工位仍然保留,拟用于“安加拉”火箭的发射);2012 年 5 月,展开发射工位第一阶段的地面建设工程;2012 年 8 月 31 日,对发射工位的初步设计进行关键性评审;2012 年 11 月初,正式实施发射工位的大规模建造。“联盟”号火箭发射工位预计将于 2015 年 9 月完工。

## (二) “联盟”号发射工位的主要技术指标与建造现状

“联盟”号火箭发射工位的地理坐标为东经  $128^{\circ}20'$ ,北纬  $51^{\circ}53'$ ,海拔高度 274 米,其位置距总装厂房与射前操作处理区要比“罗斯”M 火箭发射工位稍远。

“联盟”号火箭发射工位的代号为 371SK14,仍保持其传统的发射台构型,但与拜科努尔和普列谢茨克发射场不同的是增加了活动勤务塔,而与 CSG 的“联盟”号发射台基本相同。

发射工位施工建造的主要技术指标为:设计面积约为  $10236 \text{ 米}^2$ ;地下施工容量约为  $1812 \text{ 米}^3$ ;地上施工容量约为  $238572 \text{ 米}^3$ ;总装厂房(MIK)的基础体积约为  $18199 \text{ 米}^3$ ;地下基础体积约为  $1812 \text{ 米}^3$ ;发射工位基础所用钢筋混凝土量约为 90614 吨;结构金属件的用量约为 2358 吨。

截至 2012 年 11 月 20 日,土建施工方已为  $2000 \text{ 米}^2$  的面积浇筑了  $3500 \text{ 米}^3$  的混凝土,下一步将继续浇筑  $3450 \text{ 米}^3$  的混凝土。

## (三) “联盟”号发射工位的未来发射能力

东方航天发射场新建的“联盟”号发射工位适用于现有“联盟”2 火箭所有型号的发射任务,包括“联盟”2-1a、“联盟”2-1b 以及即将投入使用的“联盟”2-1v。未来还将可以发射“联盟”2-3、“联盟”2-3v 以及“联盟”2-1d 等火箭。此外,“Fregat”和“Volga”

上面级也可在该发射区实施操作处理。

### 三、结语

2012年,美国和俄罗斯为了继续保持在航天技术领域的领先地位,陆续根据各自的未来航天发展规划,不断加大对发射场系统的升级改造。其未来航天发射场将呈现更加多样化的任务局面,即传统的运载火箭继续服役,新型的运载火箭和新发射技术则将逐步成为主流。美、俄两个航天大国在实施发射场现代化改造和建设过程中,更加注重系统的兼容性和灵活性,采用成熟技术和通用组件以减小研制难度和风险、降低研制和发射成本、提高发射操作效能,从而为以更加安全、可靠、高效、低成本的运输方式进入空间打下牢固基础。

(北京特种工程设计研究院)