

中国运载火箭测试发射模式发展分析

张婷婷 杨远成 杜伟

(首都航天机械有限公司)

摘要:运载火箭的测试发射模式对火箭和发射场总体方案起着重要作用,目前各国常用的测发模式主要有一平两垂、三垂和三平模式。研究和总结国内外运载火箭测发模式及其特点,从任务适应性、环境适应性、可靠性和安全性、经济性这4个指标中细化出13项影响因素,在此基础上开展了3种测发模式影响因素对比分析,为我国运载火箭未来测发模式发展提供重要参考。

关键词:测发模式;测发流程;发射场;影响因素

前言

运载火箭的检测发送模型(下面又称测发模式)是指运载火箭在发送场技术区和发送区运送、总装、检测阶段中的各种技术物理状况,因为运送、总装、检测这3个阶段大体上能反应运载火箭的各种技术状况、测发工艺流程、地面设施配备和发送场总体设计布置的特征。测发模式一经选定,就确立了运载火箭在发射场内的测发程序和发射场设施设备建设的总体方案与基本规模。

1. 国内外运载火箭测发模式现状

1.1 一平两垂测发模式

该系统将在射击场施工技术区内建造标准的工厂,射击区建有固定式射击台、地下设备房、勤务楼和脐带塔围。运载火箭的各部段在各种技术区或水平工作厂房内完成了状态检查后,再利用公路运载车将各种运到射击区,然后用勤务塔上的吊车将各种运载火箭、整流罩/有效-载或其配合体垂直吊装并衔接在射击台上,再经由试验后完成加注射击,如图,如图 1.1 所示。



图 1.1 一平两垂测发模式

该模型的优势就是技术区系统较简洁,在发射区的试验流

程相对连续,而无需位置变换。对发射台的需求较低,且火箭运载条件低,操作简单。但由于该模型对发射区基础设施的需求较高,必须建造各种功能完备、全封闭式的塔架进行运载火箭吊装和试验,而且运载火箭在发射区占位的时间长,每二次发射时间间隔长。

1.2 三垂测发模式

该模型在射击场的各种技术区及垂直总装试验工厂内,将各种箭体、整流罩/高效载荷组合体垂直安装在运动射击舞台上,在进行各种试验后,再利用运动射击舞台将运载火箭体垂直运送至射击区,在射击区经综合测试后进入射击的准备阶段,如图 1.2 所示。



图 1.2 三垂测发模式

这种系统的好处在于测试环境好,技术区和发射区在检测时使用了同一种的检测仪器,且在运行中检测状态不断开,从而保证了技术区内的测试状态和检测结果一致有效,从而有效减少了运载火箭在发射区的运行时间,也有利于长期发射。

1.3 三平测发模式

该模型在发射现场技术区的准备厂房中,进行了火箭体水平安装和与有效载荷水平对接,在进行了各种试验之后,再由运载车将火箭水平运送至发射点,在发射点上进行了运载火箭水平的升竖、与箭地对接、加注和释放。

这种方法的好处在于,能够避免在地面技术中心建造高大的垂直总装试验工厂,且对发射区地的建设也较为简单,对地面交通道路需求也较少,运载中所使用的地面交通工具也和三垂模式一样,都比较稳定。中国的猎鹰 9、前苏联/中国的能源号、联盟号、质子号和天顶号,中国的 CZ-六和 CZ-十一系列火箭都使用了这种系统。

1.4 各国运载火箭测发模式比较

俄罗斯火箭发射一直以来都使用三平模式,而欧洲火箭发射则主要使用三垂模式,而美国火箭发射在早期也以三垂模式居多,但随着猎鹰九火箭的发展,目前三垂模式和三平模型均有广泛应用。中国运载火箭也采取了多种不同的测发模型,早期运载火箭以一平二垂模型为首,三垂模型为辅,而新型运载火箭则

以三垂模型为首,三平模式为辅。

国外的运载火箭射击区建设方式比较简单,基本都采取了简易勤务塔方式,但有些运载火箭已经放弃了勤务塔,而运载火箭的射击区则基本上采取了露天试验和加注方式,这就对运载火箭的可靠性、安全性、环境适应性,以及技术保障能力都提出了更高度的要求。国内大中型运载火箭的射击区,均使用了全封闭式勤务塔方案,为运载火箭在发射区的运行、试验、检测创造优越的环境保障条件,对地而设备的保护能力有了更大的需求,发射基地的投资也很大。

2. 测发模式影响因素分析

测发模型分析应根据当前现实形势,要具有较好的任务适应性和条件适应性、较高的可靠性和安全性、较高的经济效益等,在上述四项指标中可以细分为十三个评价因子,具体如下。

2.1 任务适应性

任务能力主要从快速发射能力、持续发射能力、通用发射能力、逆流处置能力、有效载荷适应能力等五个方面进行了划分。

1)快速发射能力,反映了运载火箭在发射场上的测发速度;

2)连续发射能力,反映了运载火箭在同一工位的二次发射的时间间隔,以及运载火箭在发射区占比能力;

3)共同点火性能,体现了不同构型运载火箭在同一个点火岗位上的适应性;

4)逆流应急处理力量反映火箭在事故状态下,对事故进行的应对力量;

5)合理-荷的能力,体现了合理-荷能力或者垂直总装生产、试验、运载方面的能力。

经过完善射击场的测发程序,压缩了运载火箭射击预备周期和一次射击后的修复周期,同时具有了高速射击功能和持续射击功能,以满足用户多样化的目标要求;在同一个射击岗位上尽量适合不同构型的运载火箭射击功能;运载火箭发生严重事故时,应具有较好的逆过程处理功能;可靠装载必须可以适合于水准和垂直度的总装试验情况。

2.2 环境适应性

环境适应性可以透过运载火箭在发射场总装、试验、运转这三个状况来反应,这三个状况相对着三种截然不同的工作自然环境,依次是总装自然环境、试验自然环境和转场自然环境。

1)总装环境保护适应性特征运载火箭在射击场总装阶段的环境保护适宜,通常受大气环境的动力学影响,如运载火箭吊装系统通常包括室内吊装和露天吊装;

2)测试环境适应性反映火箭在不同天气情况下的试验发射环境难度;

3)转场条件适应性反映火箭在转场过程中的自然环境适应性和动力条件适应性。

火箭在发射场应具备较强的自然环境适应能力和运载环境适应能力。

2.3 可靠性和安全性

可靠性与安全是指通过火箭测发的改变范围、设计方法等的具体体现。

1)测发的变化情况反映火箭试验和发射的阶段变化情况;

2)技术基础,反映了该系统在发射场总体组装、试验与发射上的技术成熟度与可行性。

运载火箭和高效-载的试验状况和释放状况基本保持一致,以避免状况转变;射击场的各种技术区和射击区尽可能选用同一套前端地而的设备,与火箭体相连试验完毕后状况也不再发生变化;如果选用了基础较好和成熟度高的新工艺科学技术区,其可信度和安全系数也相应较高。

2.4 经济性

运载火箭在射击场的主要设施配备,包含为火箭发射地而测发控装置、射击台和射击场基础设施等,上述设施配备都能够反应工程建设规模,也显示了经济效益。

1)运载火箭测发控制装置主要由配套数量、箭体总装装置数量等反映;

2)发射台一般包括固定发射台或活动发射台;

3)发射区设备,主要有技术区的厂房、运载轨道和发射区勤务塔等。

测发系统论证时应尽可能减少火箭地而测发控系统、射击台和射击场的数量,减少生产成本,改善应用的稳定性。

3. 我国运载火箭测发模式发展思路

基于上述的测发模型定量分析结论,根据国外运载火箭测发模型变化以及中国的发射场和地质状况和技术发展要求,可针对中国运载火箭的实际需要,来选取各种形式的测发模型,未来中国运载火箭测发模型的研究思路主要包括:

1)在小型运载火箭的各发射位置优选三平模式,在发射区选择无人值守勤务塔方式,以改善运载火箭的使用操作与稳定性。

2)中型运载火箭是我国未来的主力运载火箭,为满足用户高密度发送和高速测试性发送目标的要求,在把握三平测发技术条件下,文昌发射场优选三平模式,并且依据对卫星的应对状况,也可选用二平或一垂方式。为此,未来的中型运载火箭在设计时应同样具有一平二垂、三垂或者三平测发模式功能,核心目标是同样具有垂直于总装试验和水平总装测试能力,并按照要求在各种类型的发射工位上选择适合的测发方式完成射击,以大幅提高火箭发射任务适应性。

3)大型、重型运载火箭在文昌射击场优选三垂模型,可使用已有射击场系统,但需进行三垂模式优化操作,关键的改善途径是精简射击区,使用简易的勤务塔或尽量做到取消勤务塔,以达到转场后的迅速射击,降低射击区建设规模,缩短射击前准备时间。

参考文献:

[1]何巍,沈丹,潘忠文,王婧超,胡勇.运载火箭总体设计单位产品化工作方法研究与实践[J].航天工业管理,2022(12):16-24.
 [2]王淑炜,张素明,刘巧珍,黄晨,卢頔.一种适用于部段级测试需求的可重构运载火箭地面测试系统[J].导弹与航天运载技术(中英文),2022(06):133-138.
 [3]连彦泽,李鹏程,赵雷,司洪泉,陈旭东.运载火箭试验大数据存储架构设计与应用[J].遥测遥控,2022,43(06):78-88.
 [4]乔夏君,褚洪杰,刘欣,张晓东,袁伟.浅析长征系列运载火箭连续成功次数破纪录[J].航天工业管理,2022(10):3-7.
 [5]祁首冰.从韩国首枚国产运载火箭发射成功看其运载火箭发展[J].国际太空,2022(10):56-61.
 [6]钟文安,张俊新,李智斌,朱良平,晏政.某大型运载火箭测试发射流程优化策略[J].导弹与航天运载技术,2021(05):85-88+116.