

神七任务载人航天发射场主要技术管理与创新

陆晋荣

(中国酒泉卫星发射中心)

摘要 载人航天发射场构建了符合 GJB9001-2001A 要求的质量管理体系,建立了以可靠性为中心的综合维修保障技术体系,研制了航天发射一体化仿真训练系统和发射场共用无线转发系统。

关键词 神七任务 载人航天发射场 技术创新 实践

中图分类号 V551 **文献标识码** A **文章编号** 1674-5825 (2009) 02-0033-05

1 引言

载人航天发射场是航天员、有效载荷、飞船、运载火箭等进行最终技术准备并实施发射的场所。2003 年,在圆满完成神舟五号飞船发射任务之后,载人航天发射场坚持把任务需求作为自主创新的第一牵引力,坚持把依靠科技进步作为提升科研试验综合能力的重要手段,深入开展各项论证和研制建设工作,在质量管理、针对性训练、设施设备综合维修保障上实现了创新和突破,有效提高了载人航天发射场综合保障能力,为载人航天发射场可靠安全地完成神七任务作出了重要贡献。

2 主要技术创新与实践

2.1 构建符合国军标要求的载人航天发射场质量管理体系

为进一步规范载人航天发射场质量管理工作,提高质量管理效率,增强持续改进的能力,研究并建立了符合 GJB9001A-2001 要求的载人航天发射场质量管理体系。这个质量管理体系的主要特点是:

(1)确定了“一个体系,两级管理”基本框架。一个体系是指发射场建立一个质量管理体系,统一识别顾客要求、定义产品范围、建立质量目标、策划产品实现、组织航天发射任务、实施产品交付。两级管

理是指在质量管理体系内,部站也建立相对独立的质量管理体系,定义内部产品和顾客、审理本单位不合格品,具备一个体系独立运行的各种要素和机制。

(2)建立了质量方针与质量目标。载人航天发射场的质量方针是:弘扬载人航天精神和东风精神,贯彻科研试验“十六字方针”,树立“零缺陷”质量理念,坚持预防为主,加强过程控制,实施系统管理,持续改进质量管理体系,确保任务成功,确保顾客满意。质量目标是:“组织指挥零失误,技术操作零差错,设施设备零故障,试验产品零疑点”。

(3)识别了产品实现过程需求。产品实现过程可分解为三个阶段、五个过程、七个方面。三个阶段指任务准备、任务实施和任务总结评估,五个过程指组织指挥、测试发射、测量控制、通信保障、技术勤务保障过程,七个方面指与顾客相关过程、产品实现的策划、设计与开发、采购、生产和服务提供、标识和可追溯性、监视和测量装置控制、技术状态管理。通过过程的细分,进一步提高过程控制的全面性和可操作性,将宏观管理与精确控制相结合,构建多次反馈、循环控制的机制。

(4)建立了任务质量计划。根据质量管理体系的要求,建立了神舟七号飞行任务质量计划,确立了 9 个方面的质量目标,确认了运载火箭总装对接、联合检查、飞船推进剂加注、垂直转运、火箭推进剂加

来稿日期:2009-03-25

作者简介:陆晋荣(1958.11-),男,总工程师,研究员,载人航天发射场系统总设计师。

注、临射检查与发射 6 个关键过程,制定了 209 个质量控制点,明确了每个质量控制点的控制措施、时机和组织单位。

符合 GJB9001A-2001 要求的载人航天发射场质量管理体系在神舟七号飞行任务中的运行,有效推动了任务质量管理水平的提高,实现了“组织指挥零失误,技术操作零差错,设施设备零故障,试验产品零疑点”的目标,经调查与分析,顾客满意度达 92 分,任务质量符合工程总体和参试各方的要求。

2.2 建立以可靠性为中心的载人航天发射场综合维修保障技术体系

构建载人航天发射场综合维修保障技术体系的总体思路是:根据以可靠性为中心的维修理论,应用故障模式与影响分析(FMEA)分析方法确定关键设备,通过逻辑决断分析和检修检测周期计算确定维修策略,按照维修策略有针对性地开展预防性维修和改进性维修,维修完成后进行维修质量评估和任务可靠性评估,同时对任务实施全过程进行持续风险管理,确保发射场地面设施设备稳定可靠。载人航天发射场综合维修保障技术体系如图 1 所示。

载人航天发射场综合维修保障技术体系实施步骤如下:

(1)运用 FMEA 方法,确定和识别载人航天发射场设施设备在执行任务使用过程中存在的潜在故障,确定关键设备和设备的关键部位和薄弱环节,为维修决策和质量保障奠定基础。

(2)进行维修策略的分析,根据载人航天任务的要求、载人航天测试发射工作的特点和发射场设施设备的使用特点,确定载人航天发射场采用以可靠

性为中心的维修方式。对 FMEA 分析确定的关键设备进行 RCM(以可靠性为中心的维修)逻辑决断,进行检修检测周期的计算,建立载人航天发射场关键设施设备的预防性维修计划和大纲。

(3)按维修性维修大纲实施预防性维修工作,开展改进性维修,对维修后的可靠性进行分析评估。建立维修质量评估程序和模型,开展维修工作的质量评估,实现持续改进。

(4)在任务实施前进行载人航天发射场风险分析与评估,确定任务实施过程中载人航天发射场可能出现的影响航天员和试验产品安全、影响任务进程和成败的风险问题,制定预防和控制措施。任务进场后开展持续风险管理和质量控制,确保发射场设施设备在任务实施过程中安全可靠运行,确保圆满完成载人航天发射任务。

(5)在 FMEA 分析、RCM 逻辑决策、制定预防性维修性维修大纲、进行设施设备维修或检修检测、任务实施等全过程进行过程质量控制,确保分析、评估、维修、使用等所有过程和环节的质量。

在神舟七号飞行任务准备与实施过程中,应用综合维修保障技术进行 91 项预防性维修,实施了厂房吊车控制系统和吊车制动器、脐带塔电缆摆杆支座、火箭推进剂加注系统流量计等改进性维修项目,评审确定了 223 项风险控制项目,有效地提高了发射场设施设备的可靠性和安全性。

2.3 研制航天发射一体化仿真训练系统

缺少实装训练设备,无法进行航天测试发射操作训练和航天测控操作训练一直是载人航天发射场开展针对性训练时所面临的难题,制约了发射场试

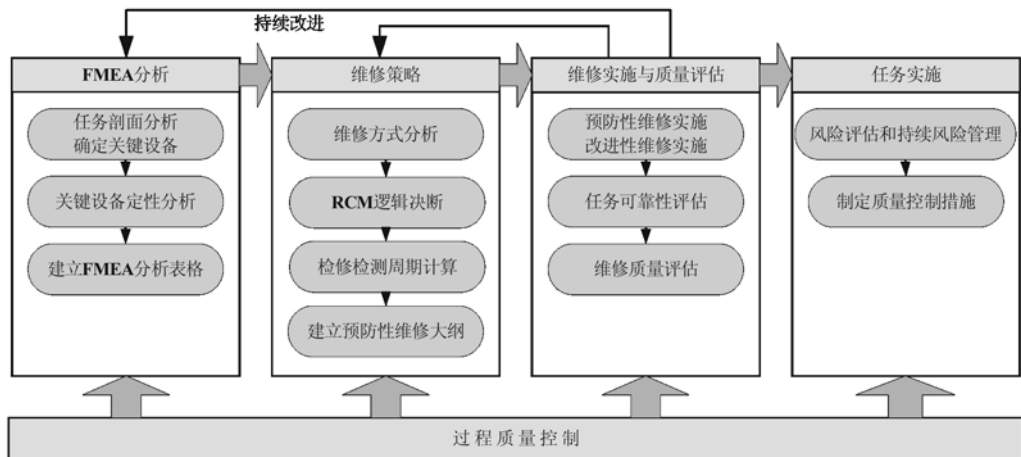


图 1 载人航天发射场综合维修保障技术体系

验能力的提高。载人航天发射场以一体化训练为目标,采用基于 HLA+CORBA+TCP/IP 的分布半实物仿真体系结构、基于 CORBA+MPI+Oracle 的分布并行计算技术和虚拟现实仿真技术,研制开发长征-2F (CZ-2F)数字化火箭及其虚拟测试发射控制设备,并利用实物或半实物接口将发射场现有的、由测发、测控设备构成的任务系统与数字化仿真系统无缝相连,形成一套融虚拟装配、测试发射、测量控制、指挥通信、地勤支持于一体的仿真训练系统,为测发系统提供信息源,为测控系统提供目标源,实现发射场全系统、全流程、全岗位的综合演练。

该仿真训练系统主要包括火箭飞行仿真系统、火箭测试发射仿真系统、测控半实物仿真系统、火箭发射地勤支持仿真系统四个应用分系统,如图 2 所示。

火箭飞行仿真实现了火箭飞行全过程仿真,为测控系统提供仿真目标信息源。实时仿真计算 CZ-2F 火箭及分离体共 11 条弹道和 757 个火箭遥测

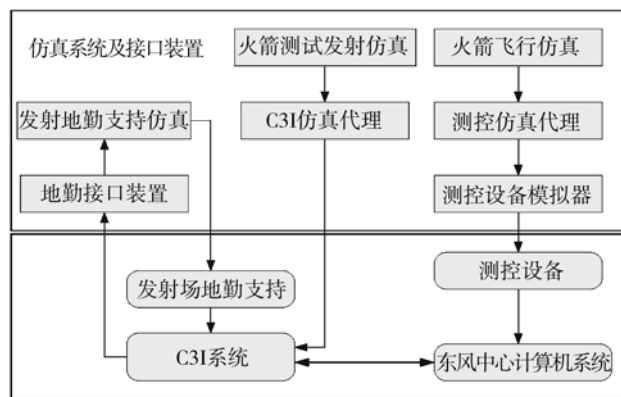


图 2 航天发射一体化仿真训练系统结构图

参数。实现了火箭飞行全过程的三维态势场景,并按任务指显模式,实时显示火箭飞行仿真结果,如图 3 所示。

火箭测试发射仿真研制了单元、部件级数字化 CZ-2F 火箭及其地面测试发射控制设备,与发射场实装设备组合,实现 CZ-2F 火箭的虚拟吊装、虚拟装配、虚拟测试、故障应急处置训练、测试发射合练和飞行演示等,基本覆盖工艺流程规定项目。

测控半实物仿真研制了雷达测量、光学测量、火箭遥测等测控设备半实物模拟器,实时接收仿真飞行弹道和遥测原码,生成测控设备所需中频信号,构成设备跟踪闭合回路;测控跟踪信息沿任务信道回送指挥中心,形成大闭环回路。如图 4 所示。

发射地勤支持仿真研制了发射场 C3I 仿真代理和消防摆杆接口转换装置,实现了仿真系统与发射场 C3I 系统的对接,实现了对发射场消防摆杆、加注系统的仿真控制。

系统建成后在发射场的岗位技能学习、分系统测发操作训练、测控系统联调、全系统合练等环节得到充分应用,发挥了重要作用,如图 5 所示。神舟七号飞行任务前共进行了 40 余次分系统测发操作训练、10 余次测控系统模拟跟踪训练、3 次综合演练,有效地提高了各分系统、各岗位参试人员训练水平和协同能力。

2.4 研制发射场共用无线转发系统

发射场共用无线转发系统包括射频分系统、监控分系统、天线分系统系统和辅助设备。射频分系统设备安装在 9001 厂房 0910 室内,室外面向测控站



图 3 CZ-2F 火箭飞行仿真结果示意图

和 9008 的两组转发天线分别安装在 9001 厂房 10 层和 8 层半的楼梯间处；两组组合天线分别布设于 9001 厂房活动平台的 8 层和 9 层，室内组合天线箱底和内壁敷设吸波材料，借助两维伺服机构，使天线对准整流罩 I 象限工作透波口；在组合天线后侧及两测布设吸波墙。通过一套转发设备兼顾 9008 测发楼和测控站的信号转发，如图 6 所示。

系统将计算机技术与射频通信有机结合，提高了系统自动化程度；在同一区域、同频、同时工作，安装 2 套窄波束天线，既解决了同频干扰与自激问题，又保证了两个方向的收发效果；室内微带组合天线与伺服机构结合，方便布设与使用；组合天线与抗干扰措施，提高了收发信号的质量；多级滤波放大及深度 AGC(自动增益控制)控制有效提高了可调冗余度

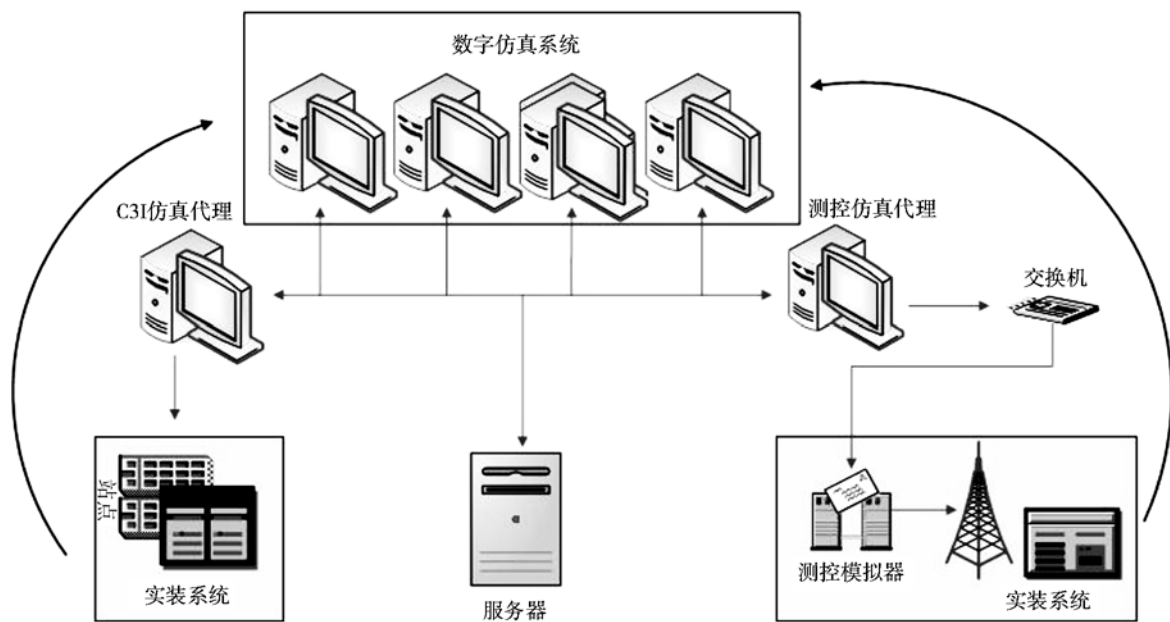


图 4 测控半实物仿真连接示意图

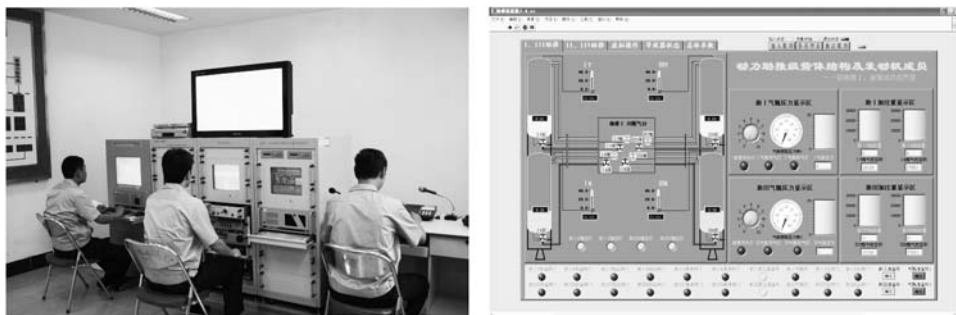


图 5 一体化仿真训练系统仿真及训练场景

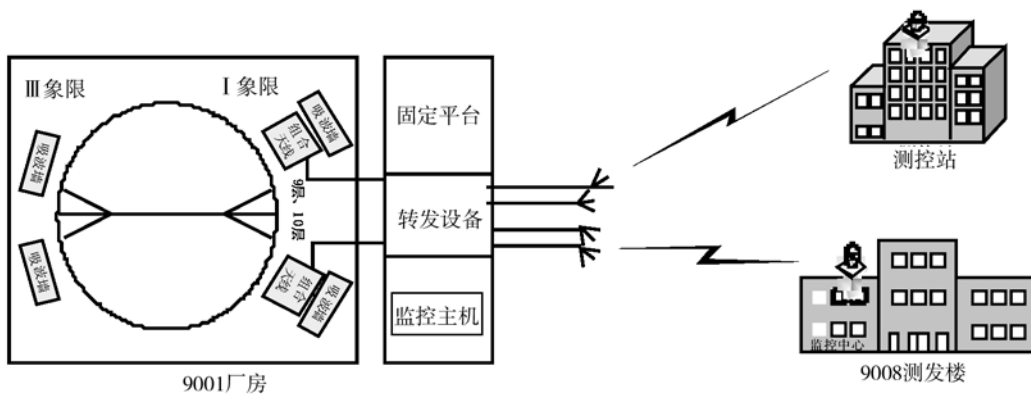


图 6 发射场共用无线转发系统布局示意图

及信号稳定性。

共用无线转发系统的研制，从组织管理上突破了原来的各参试系统自成体系、分别进行无线转发的方式，实现了无线转发的统一管理和综合利用，消除了相互干扰和重复建设等问题。为发射场统一实行无线信息管理开辟了一条道路。

2.5 研制火箭推进剂加注量模型化测量系统

载人航天发射场加注系统自投入使用以来，圆满完成了各次载人航天发射任务，但随着使用时间的增长，任务执行过程中也暴露出加注量测量手段单一和可靠性、安全性还不够高等问题，为此，发射场研制了火箭推进剂加注量模型化测量系统，并对加注系统相关设备进行了改造。

火箭推进剂加注量模型化测量系统以原有设备为基础，增加了推进剂贮罐高精度磁致伸缩式液位计、主管道超声波流量计和数据处理微机，实现多信源的加注量测量，系统组成如图 7 所示。通过对磁致伸缩式液位计和时差式超声波流量计特性研究，突破了液体体积和流量的高精度测量关键技术；结合原有库房流量计加注量信号，采用具有累积误差效应的多路加注量信号的融合算法，确保了在库房流量计故障情况下，加注量控制的精度，提高了系统任

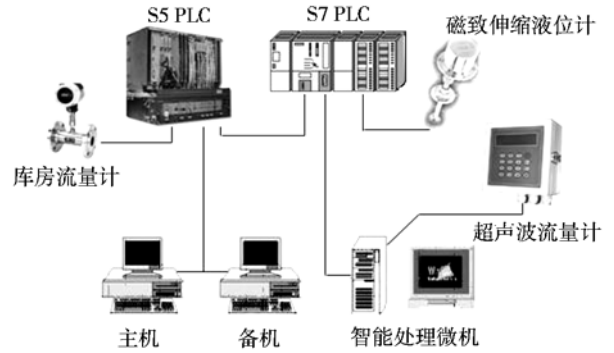


图 7 加注量模型化测量系统主要设备组成

务可靠性。

为可靠实现加注过程中关键部位检漏，特别是加注活门内漏检测，采用了多功能超声波检漏仪检测加注管道外表面上游、下游的超声情况，可准确地判断管道内阀门是否存在内漏，增加了设备故障的有效检测手段。

同时，为提高加注系统显示信息的全面性、直观性和动态性能，改造了现有模拟显示系统，设计开发了全局流程图、加注流程图和局部流程图等多种用于不同任务的流程画面，基于系统电路工作原理，实现了加注系统推进剂流动状态的直观动态显示，如图 8 所示。

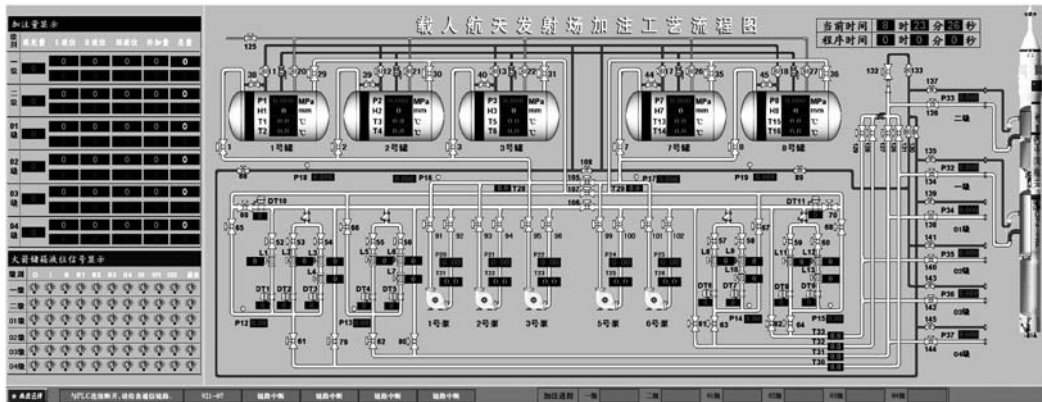


图 8 氧化剂加注系统全局流程图

火箭推进剂加注量模型化测量系统的研制，进一步提高了加注系统信息化水平，有效保证了系统任务可靠性，在神舟七号飞行任务中应用，取得了良好的效果。

3 结束语

随着神舟七号飞行任务的圆满成功，我国载人

航天工程正进入一个新的发展阶段，载人航天发射场既面临新的挑战，又迎来新的发展机遇，我们一定认真总结经验教训，刻苦攻关，大胆创新，努力建设世界一流航天中心，全面提升综合科研试验能力，为我国载人航天工程的后续发展作出新的更大的贡献。

◇
(下转第 60 页)