

智慧火箭发展路线思考

李洪

(中国运载火箭技术研究院,北京 100076)

摘要:运载火箭与新一代信息与制造技术的结合将打破传统运载火箭研制理念和工作流程模式,推动相关领域的变革发展,最终形成采用数据驱动研制流程、由智能产品组成的“智慧火箭”。提出了智慧火箭的建设目标,针对智慧火箭所包含的智能研制、智能产品、智能制造以及智能过程控制进行探讨。

关键词:智慧火箭;智能研制;智能产品;智能制造;智能过程控制

中图分类号:V421

文献标志码:A

文章编号:2096-4080(2017)01-0001-07

The Developing Roadmap of Intelligent Launch Vehicle

LI Hong

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

Abstract: Along with the combining of traditional industry and cutting edge technology of information and manufacturing, the development concepts and work patterns of the research and development of launch vehicle would need to be momentarily changed. In this paper, a novel concept of Intelligent Launch Vehicle (ILV) is proposed, which implements data-driven development process and is comprised of intelligent components. The guidelines, principles and goals of ILV are introduced. And then, the construction contents of ILV are discussed, such as intelligent research, intelligent product, intelligent manufacturing and intelligent process control. With the development of ILV, the requirement of high-density launch would be satisfied, and the reliability and market competitiveness would be significantly increased.

Key words: Intelligent launch vehicle; Intelligent research; Intelligent product; Intelligent manufacturing; Intelligent process control

0 引言

新一代信息技术与传统产业的深度融合,正在引发影响深远的产业变革,形成新的研制体系、生产方式、产业形态与商业模式。目前各国都在加大科技创新力度,以工业4.0、中国制造2025、3D打印、移动互联网、物联网、云计算、大数据、新材料、新能源等为代表的新领域、新技术取得跨越式的突破^[1]。

在“十二五”期间及后续,伴随着我国新一代运

载火箭研制成功,我国运载火箭型谱不断完善,产品技术性能接近国际先进水平,进入空间能力不断提升。近期,我国深入开展了运载火箭发展路线规划论证,基本明确了后续发展路线,为我国运载火箭向更加先进的方向发展理清了思路^[2-5]。

但是应清醒地认识到,全球正在如火如荼地进行着第四次科技革命,在论证运载火箭发展规划、进一步明确后续型号发展思路与发展方向的同时,仍有必要对运载火箭技术发展方向进行深入的思考。下一代运载火箭如果要在产品性能上实现质

收稿日期:2017-02-23;修订日期:2017-04-21

作者简介:李洪(1964-),男,研究员,中国运载火箭技术研究院院长,主要从事运载火箭总体技术研究。

的突破,就必须完成基础技术的跨越式变革,就目前来看,基础技术的跨越式变革就是传统运载火箭领域与新兴领域的深度跨界技术融合;就是传统航天产业抓住目前国内面临的崭新机遇,实现革命性的技术革新,创造出新的航天发展生态。

基于上述理念与思考,本文在回顾我国运载火箭设计理念发展历程的基础上提出了基于智能信息的智慧火箭设计概念和建设目标,构思了智慧火箭发展思路,针对智能研制、智能产品、智能制造以及智能过程控制进行了探讨和设想。

1 运载火箭设计理念发展历程

我国运载火箭起步于20世纪60年代,经过半个多世纪的发展,经历了从无到有、从小到大,从综合性能提升到产业生态的全面发展,形成了4代17种运载火箭的长征火箭家族型谱,具备了发射低、中、高不同轨道,不同有效载荷的能力,使我国正式迈入了航天大国的行列,并逐步向航天强国转变。

在过去的研制历程中,我国运载火箭设计理念和设计方法逐步完善,形成了基于偏差的设计方法和基于有限故障的设计方法,并在我国现役运载火箭工程设计中得到了成功实践。随着信息时代和大数据时代的来临,以长征五号、长征七号火箭为代表的新一代运载火箭开始探索基于数据的设计方法。而未来运载火箭将是传统运载火箭与新一代信息技术的双重融合,是形成“运载火箭+工业4.0”“运载火箭+互联网”“运载火箭+物联网”“运载火箭+云计算”“运载火箭+大数据”的深度过程,是新一代信息与制造技术与运载火箭产业剧烈的“化学反应”,将打破传统运载火箭研制理念,形成基于智能信息的智慧火箭体系。

1.1 基于偏差的运载火箭设计

在我国运载火箭研制的初期阶段,科研设计人员克服了工业化程度落后、理论基础薄弱、研制经验缺乏的困难,逐步摸索形成了基于偏差的包络设计方法。通过对飞行过程中各种影响因素的最大可能偏离情况进行综合考虑,形成综合偏差下的最大包络,之后通过设计火箭的各项参数指标满足设计裕度,以适应偏差包络下的飞行工况。采用基于偏差的设计方法,成功完成了以长征一号、长征二号为代表的我国第一代运载火箭,实现了我国运载火箭事业的从无到有。

1.2 基于有限故障的运载火箭设计

在偏差设计的基础上,运载火箭设计过程中引入了FMEA分析方法,系统实现了全箭故障模式识别和分析,根据FMEA分析结果对识别出的故障模式,通过冗余设计等手段进行改进,大大提升了系统可靠性。随着计算机仿真技术的广泛应用,实现了通过计算机模拟飞行打靶的方式,对各种飞行工况和故障模式进行仿真,大大提升了设计效率。通过有限故障的设计方法,奠定了长征二号丙和长征三号甲系列运载火箭等我国首批金牌火箭的基础。在长征二号F载人运载火箭上实现了针对特定关键故障模式的自动箭上故障诊断并执行航天员逃逸的故障诊断处理功能。

1.3 基于数据的运载火箭设计

随着技术的进步,以长征五号、长征七号为代表的新一代运载火箭及以远征一号、远征二号为代表的系列化上面级在数字化设计水平上进一步提升,逐步开展了基于数据的运载火箭设计,在产品数字化设计、数字化三维模装、三维图纸生产、数学仿真建模、数字信息系统建设等方面取得了显著进展,基本实现了图纸、文件的数字化设计,产品模型的数字化分析,信息化基础设施得到了广泛建设,极大地提升了产品的设计质量,降低了产品的设计生产周期和成本。

1.4 基于智能信息的智慧火箭设计

对标国内外运载火箭最新发展,以NASA为代表的国家科研体和以SpaceX为代表的新兴商业航天公司在全生命周期数字化管理、基于数字样机的虚拟设计、智能化飞行控制和自主返回、低成本快速生产制造等领域取得了突破和领先。与之相比,我国运载火箭设计水平还存在一定差距,存在数字化研制流程没有完全打通、数据没有充分共享、数据价值挖掘程度不高、产品智能化程度低等瓶颈问题,远远不能满足我国未来成为航天强国对运载火箭研制的需求。

因此,未来一代运载火箭设计将以运载火箭技术与智能信息化技术融合发展为总体思路,打通运载火箭全数字化闭环设计仿真试验制造主线,以产品数字化设计、制造、试验、应用为重点,解决新型运载火箭研制全流程全环节所存在的效率、技术、制造和质量控制问题,形成信息化高效集成的运载火箭研制流程,实现基于智能信息的智慧火箭设计。

2 智慧火箭基本概念

智慧火箭的核心概念是在全寿命周期研制模式下,运载火箭具备相当的智能化水平,其本质是“运载火箭+创新”,其发展方向是传统运载火箭与新一代信息与制造技术的结合,其表现形式是“智慧火箭=智能研制+智能产品+智能制造+智能过程控制”。

总之,“智慧火箭”是融合目前高效的信息化思路 and 手段对现有运载火箭全面升级,是基于数据驱动的总 体专业数字化设计能力与虚实结合的数字化验证能力的研制模式升级,是基于故障诊断与信息应用技术发展的智能产品升级,是基于中国制造 2025 工业体系变革的智能制造升级,是基于大数据应用的智能过程控制升级,最终将推动全生命周期研制流程的跨越式优化,实现新型运载火箭研制效率、质量、技术水平的全面提升,创造出适应于“智慧火箭”研制、产品制造、过程控制的全新生态环境。

3 智慧火箭目标规划

3.1 智能研制

智能研制的目标在于实现设计和试验效率的提升,具体表现为:一是缩短研制周期,由当前设计、生产、试验、发射的串行流程转化为基于虚拟样机的并行流程,1 周完成总体构型优化、1 个月完成总体方案设计、1 年完成试验产品生产和总体设计优化,方案设计一次成功率 100%,大型火箭研制周期缩短到 5 年。二是大幅度提升数字试验能力,振动、环境、模态、气动等数字化试验理论预示和验证能力大幅提升,实物试验数量减少 50%,大型地面试验周期缩短 50%。

3.2 智能产品

智能产品的目标在于实现运载火箭飞行过程和地面测试发射过程信息应用水平提升,具体表现为:

1)火箭飞行过程具备一定的故障检测、诊断与处理能力,能够保证火箭在一定的故障模式下完成飞行任务。以我国远征系列新型液体上面级为例,在设计中引入可通过地面上行指令进行弹道重规划策略,在基础级火箭飞行超差情况下,可通过重新规划飞行弹道将航天器送入预定轨道。

2)火箭具备地面信息综合应用能力,实现前后端协同的远程测发控,实现基于自动故障诊断的一

键测试发射,测试发射准备周期 15 天以内,靶场测试人员减少 70%。

3)全面提升电气产品可测试水平,实现结构、管路、阀门的机电一体化和物联网化,提升机械类产品的测试性,不可检、不可测项目减少 80%;实现箭上无线化传感网络,箭地数据传输无缆化,箭上电缆质量减少 60%。

3.3 智能制造

智能制造的目标在于实现基于虚拟网络+实体物理的智能化制造能力,具体表现为:

1)实现基于 3D 打印的试件快速制造能力,提供功能多样、性能稳定的高品质产品。

2)形成全数控数字化生产执行能力,产品加工一次合格率 100%,生产周期缩短 50%。

3.4 智能过程控制

智能过程控制的目标在于实现运载火箭单机、零部件等产品在设计、制造、试验与总装测试发射等全流程中的智能化质量过程控制能力提升,具体表现为:

1)100%重要单机、零部件实现全寿命周期的关键技术指标数据、质量信息信息化采集,并能够对上述数据进行数据分析与深度应用,实现全流程基于大数据分析的过程控制,实现过程数据的 100%可量化、可追溯、可分析。

2)提升标准规范应用、编校审批等质量控制环节的信息化能力与水平。

4 智慧火箭建设思路

智慧火箭建设的基本思路是“依托一个基础平台,打造四个体系”,即:依托新一代信息与制造技术基础支撑平台,打造智慧火箭智能研制体系、智能产品体系、智能制造体系以及智能过程控制体系,形成以基础平台为智慧火箭提供技术支撑,以研制体系牵引产品体系、制造体系和质量控制体系的智慧火箭体系架构。

4.1 智能研制

智能研制体系将围绕数字化研制流程、数字化设计能力、数字化试验验证能力进行建设,支撑各研制阶段需求,最终实现智慧火箭专业研制能力的全方位提升。

4.1.1 数字化研制流程

国际上数字化设计、制造、仿真等技术已经在

航空航天领域得到广泛应用,并取得巨大效益。NASA、ESA、波音、洛-马、SpaceX 等机构与公司分别建立了各自的数字化协同设计平台。通过数字化的协同设计、仿真分析、虚拟装配与制造等技术手段,极大地提高了设计与制造效率,减少了设计更改和工程返工,大幅度缩短了研制周期,显著降低了研制成本。在国内航天系统中,大量商业或自主开发的 CAD、CAE 等设计工具及产品数据管理 PDM(Product Data Management)、产品全生命周期管理 PLM(Product Lifecycle management)等系统的应用,已经在火箭的各专业、各分系统、各设备的设计、生产、试验等环节发挥了重要作用,初步实现了结构、电气等分系统的数字化设计、制造,以及运载火箭基本的信息化管理。

为更充分地发挥信息化技术在可重复性、低消耗、高效率等方面的优势,缩短研制周期,节约研制经费,需要在现有的火箭信息化设计基础上,打通总体与分系统之间、各分系统之间、分系统与设备之间的数据传递接口,以数据驱动为核心,开展基于虚拟样机的全生命周期研制。

数字化研制流程的主要特点包括:

1) 围绕统一数据源开展全箭设计,充分发挥数字化技术的优势,实现由数据驱动代替文字驱动,实现由数据集成代替产品集成,实现由数据维护代替文件维护,提高总体小回路设计和多方案对比论证的效率。

2) 采用数字化技术开展数字化火箭总体及各分系统、设备的方案样机设计,建立集成有三维制造信息、物理性能信息的全数字化火箭性能样机,完成总体、各分系统、设备的相关性能仿真分析。

3) 采用“虚实结合”的试验手段,以辅助实物验证、提高实物验证效率、补充试验手段为目标,为全面考核全数字化设计性能提供试验数据和分析手段。

4) 发展虚拟制造和实体制造两条主线,为柔性制造推广和应用创造条件,形成数字化协同研制能力、数字化工艺设计能力、数字化虚拟制造能力,实现快速响应、工艺可靠、精益生产、质量可控。

4.1.2 数字化设计能力

传统运载火箭总体回路设计通过多轮分析、设计逐步逼近最优,整个过程是串行工作流程,自动化程度和效率较低;各环节设计数据以文件形式传递,各专业间仿真设计工具之间未能形成便捷、畅

通的输送渠道,成为信息“孤岛”。

数字化设计能力将实现“无纸化”设计,信息传递以“参数驱动”代替传统“文字驱动”,以数据集成代替产品集成,以数据维护代替文件维护;以大数据和云平台为核心,建立基于统一数据源的数字化火箭产品模型;各专业设计工具通过“参数驱动”和统一数据源对总体回路设计进行迭代优化,实现基于数据模板的设计任务书自动生成和更新;以产品模型进行 CAE 设计,完成数字模装、结构强度分析、模态分析等数字仿真分析。

智慧火箭协同设计环境是运载火箭数字化设计的载体,主要包括智慧设计工程门户、设计工具体系、模型驱动、知识资源中心、产品数据管理系统等部分。其中,运载火箭智慧设计工程门户将设计相关的流程、工具以及设计知识资源进行有机整合,为运载火箭研制提供智慧管理功能;设计工具体系为运载火箭智慧设计提供专业设计环境,由设计工具智能定制平台提供基础框架,统筹设计工具的接口形式,使其具备与知识资源中心、协同设计环境之间进行系统间交互的能力;模型驱动的协同设计环境能够为总体数字化系统设计、结构数字化协同设计、电气数字化协同设计提供支撑,围绕总体参数模型、结构和电气系统几何样机及性能样机模型开展协同设计;知识资源中心能够对运载火箭研制过程中所需的设计参考数据提供支持,与设计工具、协同设计环境之间具备交互接口,能够与智慧试验系统进行数据通信,为试验方案定制、试验数据判读、试验结果分析等提供参考;产品数据管理系统对设计数据、文档、模型进行管控,具备与智慧生产系统的接口,能够实现设计—制造信息双向传递,为智慧火箭工程的设计、生产一体化奠定基础。

4.1.3 数字化试验验证能力

目前,运载火箭系统总体集成试验以实物试验为主,但大型实物试验(尤其是结构试验、全箭模态试验等)具有子样小、周期长、费用高、风险大等特点,同时也面临着试验真实环境难以模拟、样本少、产品效能缺乏全面有效考核手段等共性问题,成为研制周期优化上的短线和瓶颈。

采用“虚实结合”的数字化验证试验技术,以验证总体方案的合理性和可行性。以大数据、云计算技术支撑虚拟试验,以物联网、3D 打印技术支撑实物试验,打通虚拟试验与实物试验的信息链路,形成虚拟试验验证平台进行理论预示以辅助实物试

验,提高运载火箭系统的试验验证水平。

采用虚拟试验样机 VTP(Virtual Test Prototype)技术、一体化试验鉴定 IT&E(Integrated Test and Evaluation)技术等,通过对已有型号试验数据及知识的集成与开发,建立虚拟试验样机,提高虚拟试验精确度;研制实物试验样机、缩比试验样机,通过虚实结合的方式,以部分虚拟试验替代实物试验进行提前验证、评估,对设计、工艺方案、产品可靠性和系统的协调性进行验证。

通过实时感知试验设备状态、仪器仪表计量信息、试验环境信息等,实现数据自动化采集与处理,并形成大数据采集、传输、存储、管理体系;基于试验知识库与规则库进行试验方案的快速确定、试验数据智能判读;通过建立故障库,实现智能化的故障诊断与预测;利用大数据挖掘分析技术快速提炼总结试验规律,对后续试验的改进优化提出指导性意见,提高试验效率,提升试验能力;通过历史积累的大量试验数据进行回归分析,实现在初步设计阶段对弹箭进行性能评估;通过对历史数据进行挖掘,提炼潜在规律,对弹箭设计方案改进优化提出指导性意见。

4.2 智能产品

智慧火箭产品将以物联网化、功能聚合化、大数据化为总体指导思想,以智能自主控制、智能信息应用、智能传输、智能测控为抓手,信息感知、信息传输和信息挖掘能力大大提升,实现智慧火箭的信息应用与传输能力、结构电气一体化水平、智能测控应用能力的跨越。

4.2.1 智能自主控制

目前运载火箭飞行控制仍普遍采用摄动制导,迭代制导方式逐步进入工程应用,飞行过程中的实时故障诊断技术尚不成熟,暂不具备飞行任务自主规划、自主返回,飞行过程自主诊断、重构的能力。

智能自主控制将实现箭上信息的资源互通、共享,实现飞行过程中的箭上自主故障检测、故障定位和故障隔离,飞行控制将具备根据故障检测结果自动进行资源动态分配和冗余切换,进行飞行任务的自主调整,提高飞行的可靠性;具备短期在轨期间的自主任务规划能力,提高对任务的适应性;实现运载火箭各子级的精确自主返回控制,落地回收后进行箭上设备状态的自主诊断和健康状态评估,缩短检修维护周期。

4.2.2 智能信息应用

随着物联网时代的到来,箭上产品将作为具备感知、诊断、处理于一体的智慧节点,能够独立实现自检测、自测试与自校正,利用总线技术形成信息共享的通用网络平台,通过标准接口无缝接入平台,实现系统平台化、接口标准化和单机智能化。电气产品单机功能集成化程度大幅提高,逐步实现功能模块专用芯片化,功耗大幅降低;同时具备较强的机内自检测(Built-In-Test, BIT)能力,形成统一的测试性设计和标准规范要求,作为全箭层次故障诊断的信息基础。通过故障诊断进行全箭信息综合处理,实现以信息驱动的全箭自主测试、冗余重构、健康预测等功能。

智能信息应用产品的主要实施途径包括:

1)电气系统单机设备实现自检、故障定位和快速更换能力,通过统一总线网络按照统一接口格式进行检测信息传输。

2)单机级实现自身状态监测和故障检测、隔离,系统级实现故障诊断数据的统一传输、存储和分析。

3)打通设计、测试、发射各节点网络通信链路,实现数据的无缝互联、统一管理。

4.2.3 智能测试发射应用

国外运载火箭在故障诊断技术方面取得了显著进步,Falcon9 火箭及日本 Epsilon 火箭多次在射前通过自动故障诊断技术发现问题,其从箭上到地面、从单机到系统各层次的自主智能化测试能力逐步成熟,地面测试发控设备不断简化,基本实现了快速测试发射能力。目前,我国运载火箭电气设备的单机 BIT 能力、全箭自动测试和自动故障诊断能力不足,出厂及靶场测试时间周期长、现场人员多,任务快速响应、发射流程优化以及远程测发控能力亟需提升。

智能测控产品的主要实施途径包括:

1)以自动故障诊断为基础,自动通过数据包络和阈值对火箭电气系统状态进行判断,对动态数据进行评估与预测,实现地面一键测发控能力。

2)以大数据为基础,对历次发射中的测试数据进行集中存储与综合应用,挖掘故障诊断判据知识,为指挥决策提供智能辅助。

3)基于自动测试技术和高速网络技术,实现远程状态监测、排故、发射控制,减少前端工作人员数量,从远程提供专家经验、辅助排故支持,满足设计

人员跨地域进行技术支持的需求,实现测试发射的智慧靶场。

4)将飞行控制功能与地面测发控功能进行融合设计,以箭上自主测试、自主诊断为主导,简化箭地数据接口和地面测试设备,使便捷式电脑远程测控和移动发射成为可能。

4.2.4 智能信息传输

随着无线信号传输技术的不断发展,电气系统已经全面进入到无线时代,以WiFi为代表的射频无线通信,以LiFi(Light Fidelity)为代表的光学无线通信技术,以无线充电联盟提出的Qi标准为代表的无线供电技术以及天基中继无线测控技术也正在逐步普及。传统运载火箭箭上电气系统箭上电缆设计复杂、质量大,箭地及前后端数据传输以有线通信为主,飞行过程中箭地数据传输严重依赖地面测控系统。

智能传输产品的主要实施途径包括:

1)采用无线传感网络技术可取消箭上传感器末端电缆,传感器拓扑结构重构更加便捷。

2)研究无线光通信技术,避免电磁兼容影响,可提高数据无线接入的通信容量、保密性。

3)研究无线供电技术,简化箭上供电电缆,推动火箭无缆化设计。

4.3 智能制造

在运载火箭研制过程中,箭体结构的设计制造占整个运载火箭研制成本的20%以上,结构设计水平的高低直接影响火箭的工作性能。目前,我国运载火箭结构的产品制造基于传统的加工制造模式,工业自动化水平不足。而在工业4.0的制造体系下,国外运载火箭广泛采用先进3D打印、CAD/CAM一体化柔性制造等智能制造技术,我国制造技术的差距愈发明显。

随着工业4.0概念的不断延伸,运载火箭的制造业需要以数据化、网络化和智能化技术为基础,建立面向未来的制造系统和生产模式,通过三维图纸下厂制造、数字化模装、3D打印、柔性制造,实现由数字模型驱动的“智慧工厂”。通过应用数字化手段构建并行协同与仿真虚拟验证条件,对制造模式及流程进行创新,发展虚拟制造和实体制造两条主线,加强仿真技术在产品研制生产过程中的应用,以虚拟制造逐步替代验证性的实物制造。

以装备数字化、工艺数字化以及流程数字化提升智能化制造能力,大力推动数字化加工技术、数

字化测量技术以及数字化装配技术发展,基于三维模型开展工艺、工装设计及过程和数据管理,建立适应全数字化传递的零件数字化工艺设计、数字化加工和检测综合自动化集成应用环境,缩短产品制造周期,提高数控综合应用效率,提高结构件制造快速响应能力,实现高生产率、高质量和低成本产品数字化制造的目的。

4.4 智能过程控制

随着我国航天事业的高速发展,运载火箭面临的内外部环境已经发生了深刻的变化,新的形势与任务对我们提出了更高的要求,质量过程控制作为航天研制的永恒主题,同样需要创新的手段和方法来满足当前形势的需求。在智能质量过程控制中主要解决两方面的问题:基于大数据的全过程控制,以及质量过程控制的信息化水平问题。

4.4.1 基于大数据的全过程控制

高度自动化的设备生产、测试,将产生数量巨大、种类繁多的测试结果。传统的统计质量管理方法面对这种新场景往往束手无措,不仅对工作量的庞大与繁琐,更是对于数量巨大的过程参数中的关联性很难识别,无法对产品的总体质量进行全面认识和总结。质量离不开数据,质量的本质就是数据,无论在产品的设计环节还是生产环节,都依赖大量数据,大数据技术可以将精细化质量管控与海量数据分析进行有机结合。智慧火箭的质量过程控制将是基于大数据的全过程质量控制。

基于大数据的质量过程管理可以完成海量历史数据的特征识别与对比,将不同型号的相同或类似产品的测试结果进行横向、纵向多维度的数据挖掘,包括历史包络分析、门限自动生成、故障模式关联性分析;基于大数据技术进行地面测试设备检修周期、剩余寿命的预测性分析,根据预测结果进行定期更换或维修,提高维修保障效率;相对于小数据时代的小样本分析,大数据时代的海量信息挖掘将以事件之间的相关关系代替事件之间的因果关系,发掘数据背后的潜在规律性,以数据分析结果作为质量管控措施持续改进的依据。

大数据分析对整个设计—生产—测试环节的快速分析、反馈将大大减少重复性质量问题的发生,加强举一反三的有效性,充分利用海量数据的价值,有利于提升产品的整体质量水平。

4.4.2 质量过程控制的信息化水平

目前质量管理信息化建设工作主要存在如下

问题:1)质量管理要求的落实信息化手段亟待加强;2)可靠性设计方法的信息化手段建设亟待加强;3)质量管理信息化和设计信息化结合工作亟待加强;4)从设计、生产到试验的全过程质量控制亟待打通。因此在后续的质量过程信息化建设中,可主要研究如下几方面的问题。

1)基于设计流程建立系统的质量管控体系,过程管理是各类管理工作的基础,质量管控也必须基于过程进行,系统地梳理航天型号研发设计流程,以研发设计流程为基础,将质量管理工作嵌入其中是做好质量管理信息化建设工作的基础。

2)质量管理平台与设计平台信息化建设相结合,借助信息化手段促进设计人员对于质量管理规定的理解,提高工作效果,这是杜绝设计研发活动和质量管理“两张皮”的重要保证。

3)针对专门可靠性分析方法结合型号实际情况,不断开发相关分析工具,嵌入到设计平台中,并融入设计流程。

4)利用航天型号系统工程优势打通产品研制开发的全流程,逐步将产品的验收交付工作从文件、合格证转变到电子化数据包和实物相结合,建立航天型号产品信息化管控系统,从根本上提升质

量过程控制的能力与水平。

5 结语

智慧火箭是传统运载火箭与新一代信息技术的全面有机结合,为了实现智慧火箭设计、制造、试验、应用的全面跃升,本文提出了“依托一个基础平台,打造四个体系”的智慧火箭体系架构基本思路。通过对智慧火箭智能研制、智能产品、智能制造以及智能质量过程控制的论证和实施建设,将满足后续运载火箭高密度发射、快速设计制造、可靠性提高及市场化竞争的需要。

参考文献

- [1] 刘梅,刘洋,刘晓松.“互联网+”对航天传统制造业的挑战与机遇[J]. 航天工业管理,2016(1):19-21.
- [2] 龙乐豪.我国航天运输系统发展展望[J]. 航天制造技术,2010(3):2-6.
- [3] 吴燕生.中国航天运输系统的发展与未来[J]. 导弹与航天运载技术,2007(5):1-4.
- [4] 陈海东,沈重,张冶,等.航天数字化应用技术的发展与趋势[J]. 导弹与航天运载技术,2008(3):23-27.
- [5] 龙兵,宋立辉,荆武兴,等.航天器故障诊断技术回顾与展望[J]. 导弹与航天运载技术,2003(3):31-37.