基于物联网技术的火箭快速测试发射实验室建设实施方案

# 1 背景

火箭测试发射系统对数据处理能力、数据通信能力要求越来越高，提高发射效率、缩短测试时间、优化测试流程是航天发射任务长期的需求；为了适应新型运载火箭快速测试发射的需求，提高我国地面测试发射系统整体水平，探讨物联网技术在火箭快速测试发射系统实验室中的应用模式和内容显得迫切且必要。

物联网已被定位为我国战略性新兴产业、信息产业创新发展新的增长点。以“全面感知、泛在互联、智慧应用”为特征的物联网概念不断深入人心，其中与实现“泛在互联”相关的通信技术是构成物联网的重要基础之一。采用互联网技术、物联网技术及嵌入式技术来构建一个虚实集合、软硬兼顾、内外相连的智慧实验室信息系统，实现实验资源管理信息化、发射控制高效化、指挥监控一体化、安全控制精细化和测试流程智能化。

# 2 总体方案

根据现代运载火箭的特点，火箭快速测试发射智慧实验室采取新的系统框架结构，即在满足火箭各系统各项测试任务（包括系统排故测试）以及发射任务的前提下，对地面测试发射系统进行统一的框架设计。智慧实验室层次结构模型采用类似于物联网的三层结构，依次为感知层、网络层和综合应用层。如下图所示。



图1 火箭快速测试发射系统框架图

2.1 感知层构建

感知层依靠大量的分布于实验室之中的感知设备来采集并向网络层传送各类数据信息。这些设备主要包括ＲFID 设备、传感器设备以及智能 M2M 终端。

ＲFID 作为物联网概念中的核心技术，具有非常广泛的应用领域，完全可以将其在物流领域中的成功经验应用到智慧实验室的构建中。集成了ＲFID 读写芯片的设备可以作为感知层的主体，与多种传感器设备相配合，织构成一张覆盖全实验室的感知网络。在现有的感知设备中，ＲFID 设备的优势明显，发挥的作用也比较大。其中，低频ＲFID设备可用来进行刷卡考勤、身份识别等应用，高频ＲFID设备可通过实验室范围内的多标签识别技术，应用在实验设备监管中。ＲFID设备应设计为可通过有线、无线方式接入实验室网络，将采集到的基础数据上传至服务器。

众多的传感器设备是感知层必不可少的组成部分，起到感知各种物理变量，如温度、湿度、距离、压力、电流等的核心作用，而智能化的传感器之间又能组成灵活的传感网络，将数据逐层传递。

设计成熟的SIM(Subscriber Identity Module，身份识别) 模块也可作为感知端纳入到感知层中。由于它兼具数据存储和串行通信的功能，在智慧实验室管理中，它更多地是发挥消息通知作用，也可用来传输少量稳定的数据流。

摄像头等多媒体网络终端设备用以辅助传感器型设备，使得实验室信息管理可视化、立体化。

2.2 网络层构建

网络层作为物联网的中间层，借助于互联网、无线宽带及电信骨干网，承载着感知数据的接入、传输与运营等重要工作，物联网的网络层可能构建于“多网融合”后的骨干网络之上，也可能是各类专网。网络层中所涉及到的物联网技术有物联网节点及网关技术、物联网通信与频管技术、物联网接入与组网技术。

实验室中现有的军械保密网、WLAN以及移动 3G/4G网络和为实验室定制搭建的无线传感器网络将成为网络层的主体。各网络实体之间协同工作，各显其能。

2.3 应用层构建

感知层和网络层最终服务于应用层。正是应用层提供的大量可靠、快捷、智能的服务应用，才显示出实验室的智慧性。应用层旨在构建一个多服务综合平台，实现安全控制、资源管理、指挥监控、发射控制、流程可视化和实验人员管理等诸多应用的智慧大融合，它们之间将不再是独立分治的结构，而是集成于统一平台之上，形成开放的实验室系统。

智慧实验室系统平台可以充分地对“安全控制”、“指挥监控”、“信息管理”、“发射控制”、“流程可视化”以及“实验人员管理”等方面进行可视、集中、高效地管理。其中，“安全控制系统”是在指挥监控系统发生故障下，或者信息传输不正常的情况下，通过手控安全操作台完成各种任务或安全恢复，手控安全操作台的设计可以结合发射控制平台中的监控工作站共同完成；“信息管理系统”是指完成有线、无线测量数据的接收和处理，指挥控制信息、测量信息以及其他信息的存储等功能，实现各种信息的综合管理，并且向指挥监控平台提供各种需要监视的数据，完成与航天器（卫星）、发射等系统的信息交换；“指挥监控系统”是整个测试发射系统的核心部分，主要完成火箭各系统指挥调度、接受上级命令、与航天器（卫星）等系统信息沟通、对关键信息的监视、下达发射指令等任务；“发射控制系统”主要完成火箭测试和发射进程集中管理，实现测试和发射过程中各种状态控制，并通过各种信息监视，完成火箭发射控制任务；“流程可视化系统”是指针对火箭的快速测试发射流程进行可视化建模、分析与优化。 “实验人员管理系统”是指对参与实验室的人员信息进行部门信息管理、角色分配、权限管理等功能。

# 3 快速测试发射工作流程

为了保证在发射前功能正常、性能良好、技术状态正确无误，保证安全、准时发射，需要在靶场进行全面、综合的测试，通过测试，检验航天器、运载火箭、发射场系统、地面测控通信系统的协调性和匹配性。测试发射工艺流程对测试发射阶段进行合理的划分，规定了测试发射各阶段产品及地面设施、设备的技术状态，设置了各阶段的工作项目，对其先后顺序进行了科学合理的安排，确保测试发射能够满足飞行试验的要求。测试发射工艺流程的网络图如下图所示。



图2 火箭快速测试发射工作流程图

火箭快速发射工作流程一般可分为产品进场、航天器和运载器通过各自的运输工具到达发射场后，在各自厂房内卸车、就位并进行各种测试准备工作；航天器和运载器各自进行测试检查；运载器进行第一次总检查；星箭对接，进行第2、3次总检查；航天器和运载器转场，进行功能检查、加注发射等5个阶段。