

基于 IETM 的运载火箭电气试验信息管理系统设计

王丹, 黄皓, 陈策, 尹禄高

(北京宇航系统工程研究所, 北京 100076)

摘要: 为提高运载火箭电气试验管理信息化水平, 实现试验综合信息的安全共享, 设计了一种基于 IETM (交互式电子技术手册) 的运载火箭电气试验信息管理系统; 构建了系统的总体架构, 介绍了系统工作原理和网络拓扑结构; 重点对系统的软件平台进行了详细设计; 最后, 对系统的可靠性设计、接口设计、安全保密设计等关键技术问题进行了讨论, 提出了解决办法; 实践表明, 该系统的应用, 可以提升运载火箭电气试验管理的信息化水平和综合试验能力, 信息查找效率提高了 4 倍以上。

关键词: IETM; 运载火箭; 电气试验; 信息管理系统

Design of Launch Vehicle Electric Experiments Information System Based on IETM

Wang Dan, Huang Hao, Cheng Ce, Yin Lugao

(Beijing Institute of Astronautical Systems Engineering, Beijing 100076, China)

Abstract: In order to improve the informationization level of launch vehicle electric experiments management and realize the secure share of integrative experiments information, a launch vehicle electric experiments information system based on IETM (interactive electronic technology manual) is designed. The overall architecture of the system is constructed, and the working principle and network topology of the system are introduced. The software platform of the system is designed in detail. Finally, the crucial technology issues are discussed, such as the reliability design, interface design, secrecy and security design of the system, and the solutions are put forward. The practice demonstrates that the application of the system can improve the information level of the launch vehicle electric experiment management and the integrative experiment capability, and the efficiency of searching information is more than quadrupled.

Keywords: IETM; launch vehicle; electric experiment; information system

0 引言

传统运载火箭电气试验管理信息化手段十分落后。试验过程中的各项过程文件和检查表格等均采用纸质记录, 由试验人员手写完成。试验资源、过程、记录、任务调度等信息缺乏有效的管理。随着我国航天事业的迅速发展, 运载火箭电气技术的不断先进、发射测试任务的愈加繁忙, 这些纸质记录资料数量日益庞大, 十分不利于管理, 查找与比对也极为不便^[1-3]。

交互式电子技术手册 (interactive electronic technical manual, IETM)^[4]综合应用了计算机网络、数据库和多媒体等优势, 将内容繁杂的操作、检查、维修等信息, 按照相关的标准有机地管理起来, 以最优化的形式将文字、表格、图形、图像、声音、视频、动画等各种信息直观地显示于电子屏幕上, 提供便捷的交互方式进行查阅和记录, 将系统操作人员或维修技术人员所需的信息, 精确生动地展现在使用者面前, 为设备使用和保障活动的实施带来了便利^[5]。IETM 优化了信息的组织管理样式, 使用计算机为载体, 具有缩放、翻滚、色彩、声音、动画等附加性能,

可以更加方便快捷地查找信息, 实现了人与数据的交互。目前, 基于 IETM 的各类信息管理系统已广泛应用于运载火箭的技术资料查阅、培训、测试与维修等工作中^[6]。

本文设计了基于 IETM 的运载火箭电气试验信息管理系统, 充分考虑运载火箭种类繁多、技术状态不一, 借鉴国内外 IETM 平台研制核心技术和先进经验, 利用基于平板电脑的 IETM 实现试验流程、试验操作及试验记录的电子化, 实现试验数据管理的智能化。

1 设计目标

运载火箭电气试验信息管理系统设计目标为:

- 1) 资料查阅——支持操作岗位进行现场技术资料查阅及使用;
- 2) 数据下载及上传——操作终端可以从服务器端下载试验任务相关信息、操作规程、检查确认表格及文件资料等; 也可以向服务器端上传签署完整的检查确认表格, 支持离线本地存储数据;
- 3) 试验记录表格填写——操作终端提供现试验记录表格信息的录入功能;

收稿日期: 2020-05-20; 修回日期: 2020-06-16。

作者简介: 王丹 (1982-), 女, 湖北武汉人, 硕士, 高级工程师, 主要从事运载火箭电气系统试验设计方向的研究。

引用格式: 王丹, 黄皓, 陈策, 等. 基于 IETM 的运载火箭电气试验信息管理系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(1): 159-162.

4) 试验流程管理——具备试验流程及计划编排功能, 计划编排可按照试验项目要求的时间节点进行调整。能实现试验项目的增加和减少, 基本属性信息的编辑与查看, 包括开始时间、完成时间、参与岗位、具体执行人等;

5) 数据同步——提供管理系统与终端进行数据同步功能, 实现试验计划、试验任务、试验人员、试验结果等数据同步, 允许终端处于离线状态, 采用本地存储数据;

6) 信息查询——系统具备试验进展查询功能;

7) 数据导出——在试验任务结束后可以按要生成试验流程管理相关的数据库文件, 以便形成知识系统。

系统还需具备其他基本功能, 包括用户权限管理、数据安全、数据备份、预留数据共享接口等^[7]。

2 系统设计

2.1 系统总体架构

运载火箭电气试验信息管理系统整体由试验管理终端、测试数据库平台和数据服务器平台三部分组成, 如图 1。

数据服务器平台实现系统统一管理的功能, 完成试验、数据、流程、设备、权限的统一分配和管理; 测试数据库平台实现系统统一存储、调用的功能, 由基础数据库、试验数据库、业务数据库和故障数据库组成, 数据边界划分清晰, 通过外联映射实现数据关联; 试验管理终端为整个系统的执行平台, 负责试验的执行、试验数据采集、实验室日常数据采集和用户自学习、培训的功能。

系统三部分从功能上分工明确, 实现了从试验任务的安排、试验流程的开发、试验任务的发布、试验过程的执行、试验数据的采集和数据的上传存储等整个试验流程的管理。

2.2 系统工作原理

试验任务由数据服务器平台发起, 试验管理终端进行试验执行和数据采集。数据服务器平台编写试验任务, 将试验任务发布后, 保存到测试数据库平台中, 试验管理终端连接服务器硬件, 通过数据中间件服务实现试验任务的

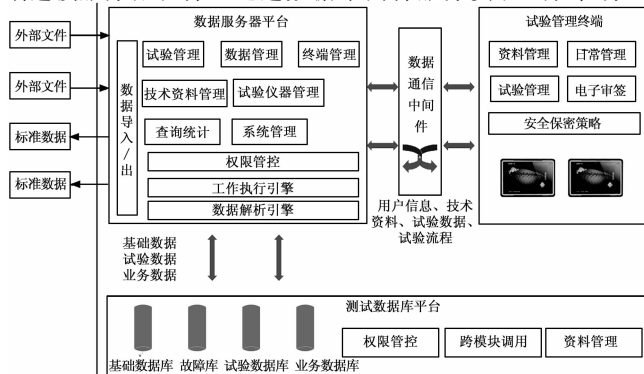


图 1 运载火箭电气试验信息管理系统架构图

下发、技术资料同步和试验数据的上传。在数据同步的过程中, 数据中间件服务将同步状态反馈给试验管理终端进行显示, 使用户可了解同步状态。

试验任务下发到试验管理终端后, 操作人员通过身份认证后登陆平台, 通过终端进行试验流程的执行, 在执行过程中, 可查阅试验项关联的技术资料, 辅助试验执行。

系统工作流程如图 2。

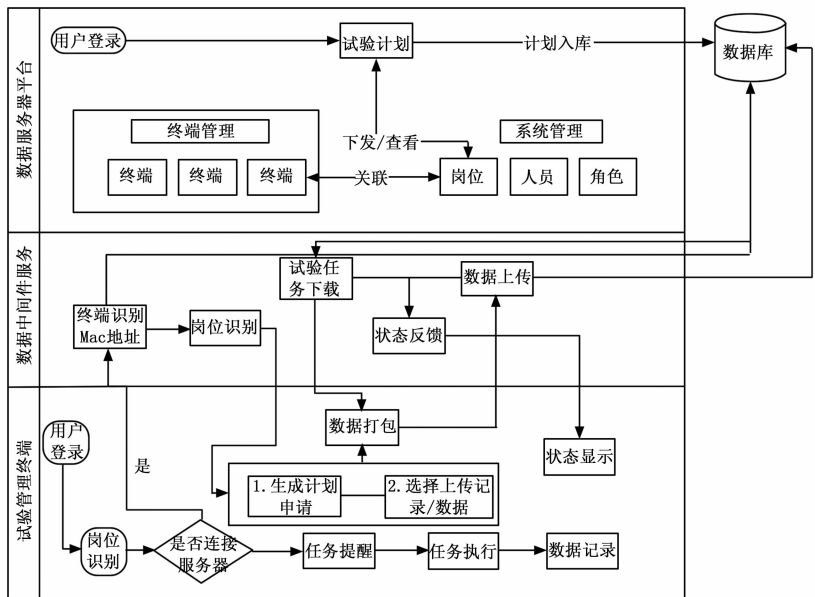


图 2 运载火箭电气试验信息管理系统工作流程

2.3 网络拓扑结构

运载火箭电气试验信息管理系统网络拓扑结构如图 3 所示。

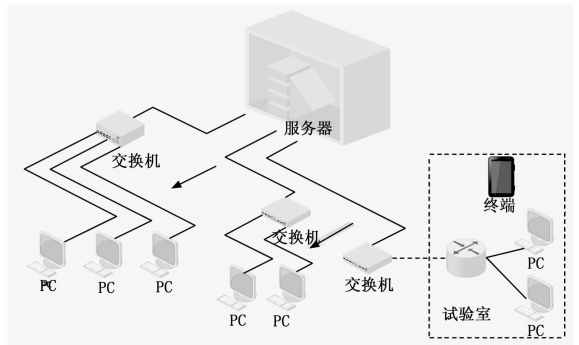


图 3 运载火箭电气试验信息管理系统网络拓扑结构

数据服务器平台部署在硬件服务器上, 用户通过浏览器可访问平台相关内容; 测试数据库平台部署在硬件服务器上, 用户可通过数据库管理软件进行平台访问; 试验管理终端部署在硬件手持终端上, 操作人员登录后, 可进行试验操作; 数据通信中间件部署在硬件服务器上, 终端通过 USB 模式连接服务器, 进行数据通信。

2.4 软件设计

2.4.1 试验管理终端设计

试验管理终端主要负责试验任务的下载、查看、记录

与上传, 同时作为辅助终端, 进行试验过程指导、技术资料查看。包括用户管理功能模块、资料管理功能模块、试验管理功能模块、日常管理功能模块和电子审签功能模块。

用户管理功能模块对试验管理终端的使用人员进行身份确认工作, 终端中管理的用户信息是从数据服务器平台进行同步的。操作人员通过用户名+用户编码+密码的方式进行身份确认。

资料管理功能模块实现对试验现场技术资料的工程化管理^[8]。终端中管理的技术资料是从数据服务器平台通过数据通信中间件的方式获取, 也可以通过导入外部文件的方式进行获取。

试验管理功能模块主要功能是实现试验过程的电子化、标准化和无纸化, 通过手持终端进行试验的标准操作、过程指导和数据采集。通过数据通信中间件, 实现试验任务文件的下载, 解析试验任务文件, 以标准格式进行视图展示。操作人员可在流程视图进行操作, 提供文本输入、拍照、视频、扫码等方式进行试验数据的采集。

日常管理功能模块实现对日常工作数据管理, 包括环境数据、仪器、设备数据等的管理工作, 具备录入、查询、统计、查阅等功能。

电子审签功能模块对于试验过程中或试验结束后需要的检查确认流程进行电子审签管理, 检查确认流程同该试验的等级匹配, 用户可在数据服务器平台中的试验管理功能模块进行设置。试验的电子审签需要进行审签人员的身份确认, 审签人员点击“检查确认项”, 进行用户名、用户编码、密码的输入, 身份确认后, 可进行意见签署, 以及是否同意进入下一审签环节。对于审签结果, 系统自动填写审签时间, 从系统时间中获取。

对于采集的试验数据, 终端平台提供加密提交的功能, 手持终端通过 USB 连接数据服务器平台, 实现试验数据的上传、入库操作。

2.4.2 测试数据库平台设计

测试数据库平台主要负责管理相关数据的存储, 主要包括试验任务、设备信息、试验记录数据、故障库、技术文件等信息。测试数据库包括基础数据库、试验数据库、业务数据库和故障数据库等。基础数据库存储系统中涉及的各种基础信息(包括人员、部门、角色、权限、仪器、设备、环境、文档等基础信息)^[9]。试验数据库存储与试验有关的试验任务、试验流程、试验数据等信息。业务数据库存储试验室日常业务信息(试验任务发布、审批流程等业务管理信息)。故障数据库存储试验过程中故障信息(包括试验编号、故障名称、故障编号、故障现象、排故结果、排故流程等属性)。

2.4.3 数据服务器平台设计

数据服务器平台主要实现试验任务的编辑、下发, 试验数据的上传、展示和导出功能。包括试验管理功能模块、数据管理功能模块、技术资料管理功能模块、试验仪器管理功能模块、终端管理功能模块、系统管理功能模块和查

询统计功能模块。

试验管理功能模块提供试验流程及计划编排功能, 编排主要按项目时间节点进行^[10]。在系统中能实现对试验项目添加或减少, 对其基本属性信息的编辑与查看, 如开始时间、完成时间、所属岗位、具体执行人等; 可通过平台引导的方式完成试验的开发, 也可以通过导入外部标准流程文件的方式进行试验流程的开发。提供对试验的编辑、修改、删除、拷贝等功能。

数据管理功能模块主要实现数据服务器平台与试验管理终端之间的数据同步和数据导出为标准格式的功能。实现对系统中的数据(试验流程信息、试验记录表格文件、技术及管理文件、试验采集的数据、环境数据等)进行统一管理。

技术资料管理模块实现对平台中技术资料的新增、编辑和删除操作, 形成平台的技术资料库。在编辑试验流程步骤的时候, 可以从技术资料库中关联相关的指导资料。

试验仪器管理模块可实现试验仪器的增加、编辑和删除操作, 试验流程可从试验仪器管理模块中关联相关的试验仪器。

终端管理功能模块包括新增终端、编辑终端、终端删除和终端查询等。

系统管理功能模块实现对系统中人员、部门、岗位、角色、权限的管理。系统以树形列表的形式列出资源, 管理员可以为某个角色授权。

查询统计功能模块提供数据(试验数据、故障数据、仪器数据、环境数据、技术资料、人员信息、日志等)的查询统计功能。

2.4.4 数据通信中间件设计

数据通信中间件实现跨操作系统(Window server 和 Android)的数据通信功能, 基于多媒体传输协议(MTP), 实现试验管理终端和数据服务器平台之间的试验任务下发、技术资料同步和试验数据入库的功能。

数据通信中间件服务部署在硬件服务器端。

2.5 技术难点与解决方法

2.5.1 可靠性设计

系统设计主要采取以下几个方面的手段, 保证软硬件及数据的稳定、运行安全可靠:

1) 软件的设计采取模块化的独立组件设计方法, 实现数据处理、控制和显示的过程分离, 保证软件功能模块间的相互独立, 软件模块在运行稳定可靠;

2) 软件的架构采用能够适应冗余的应用级备份, 可将所有试验数据和文件附件备份到指定目录(定期自动备份或手动备份), 备份数据可恢复;

3) 数据采集采用多线程处理技术, 将数据显示、数据存储、数据采集等线程进行分离, 对数据缓存的权限进行明确的划分, 保证数据的完整和存储过程的可控;

4) 手持终端硬件不包含任何无线上网功能模块, USB、网络接口等必须通过指定计算机进行连接, 当与其

他设备互联时不能够被识别。终端硬件信息存储在数据服务器，当终端连接硬件服务器时，通过中间件获取终端信息，通过与数据库中硬件信息进行比较，确定该终端是否合法，对于合法识别的终端可进行识别和数据同步。

2.5.2 接口设计

运载火箭电气试验信息管理系统接口主要包括内部接口以及外部接口两个部分的接口内容。其中，内部接口为试验管理终端、测试数据库平台和数据服务器平台之间的数据通讯接口，外部接口为与外部数据、文件之间的交换接口。接口关系图如图 4 所示。

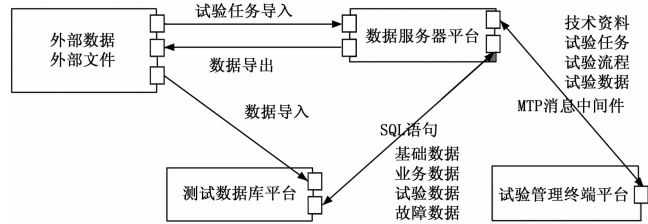


图 4 系统接口关系图

具体接口内容包括如下。

- 1) 内部接口：试验管理终端同数据服务器平台之间通过数据通信中间件方式进行试验任务、试验数据、技术资料的下发、同步和上传，通信中间件基于 MTP 协议进行封装；
- 2) 外部接口：系统外部接口包括测试数据库平台与 Office 应用软件之间提供拷贝、粘贴、链接应用接口；数据服务器平台导入外部文件自动生成试验任务/仪器信息等，试验任务导出为标准格式报表。

2.5.3 安全保密设计

运载火箭电气试验信息管理系统采用安全策略服务的方式，对系统、平台、接口、数据、文档进行安全保密防护和管理。

1) 透明加密技术：

采用透明加密技术进行数据和文档的加密，透明加密技术是一种强制性的自动加密技术，文档加密、解密过程对使用者无感知。平台和终端安装相关的加密策略，文档或数据在受控范围内透明使用，脱离受控环境，无法使用；

2) 安全登录：

终端用户与数据服务器平台同步，通过用户名+用户编码+密码的方式进行身份识别，密码以隐码的方式进行输入；

3) 文件访问控制：

文件访问控制是一种文档安全增强策略，主要用于防护用户重要数据被恶意删除。文件访问控制策略可以实现防止非法删除目录、文档及更改文档后缀名，用户通过服务器管理平台设置要保护的文档目录及文档类型，客户端根据策略对指定目录进行保护，从而防止用户核心数据恶意被删除或更改文档后缀名绕过文档加密保护；

4) 安全中间件：

以接口的方式为应用系统提供加解密能力，应用系统可以根据需要选择加密接口、解密接口、流程接口等进行

联合开发，使加解密和业务系统融合为一体，提升应用系统的保密性，保障数据的安全性；

5) 智能移动终端：

为智能移动设备提供专属 APP 安全服务，保证通过移动设备下载到客户端的加密数据可以正常查看，脱离受控范围无法使用。此模块与透明加密、应用安全网关或安全中间件等配合使用。

3 实验结果与分析

目前，基于 IETM 的运载火箭电气试验信息管理系统已经在 CZ-2C、CZ-3A 等型号运载火箭测量系统综合试验中应用，有效解决了型号高强度发射时期多发火箭电气试验并行开展情况下试验信息管理复杂等问题。与原有纸质记录资料相比，信息的查找效率提高了 4 倍以上。

通过数据服务器平台编写并发布一次试验任务，同时试验任务将保存到测试数据库平台中。试验管理终端连接服务器硬件，通过数据通信中间件服务实现试验任务的下发和技术资料的同步。试验任务下发到试验管理终端后，操作人员通过身份认证后登陆平台，通过终端进行试验流程的执行。在执行过程中，可查阅试验项关联的技术资料，辅助试验执行。试验结束后，再次使用终端连接服务器硬件，通过数据通信中间件服务实现试验数据的上传。

服务器端软件采用 Visual C# 开发，实现了试验人员信息管理、型号管理、试验管理、故障管理、测试表格导入导出等功能。其中测试模板管理界面如图 5。



图 5 数据服务器平台测试模板管理界面

操作终端基于 Andriod 环境开发，实现了试验计划查询、文件资料查询、测试表格导入导出、试验过程记录等功能，其中典型测试表格显示界面以及试验数据记录界面如图 6 和图 7。

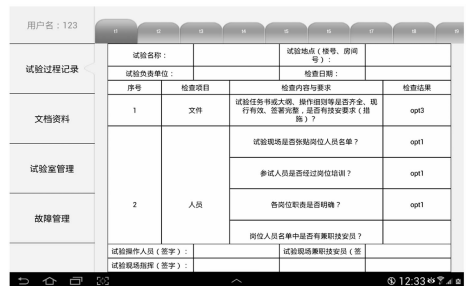


图 6 试验管理终端典型测试表格显示界面

(下转第 167 页)