航天器部件真空检漏试验管理系统的设计

汪 力[1,2]，郑江滨[1]，闫荣鑫[2]，张海英[2]
（1 西北工业大学 软件与微电子学院，西安 710072；2. 北京卫星环境工程研究所，北京 100094）

摘要：航天器部件真空检漏试验管理系统是航天器件特殊环境试验管理系统的一个重要组成部分。文章根据航天器部件真空检漏试验管理的需求，结合软件设计开发流程规范，对试验技术流程进行了分析，设计出系统总体框架和功能模块：系统总体框架分为数据资源层、业务逻辑层和客户层；功能模块分为试验任务管理模块、个人任务管理模块、试验数据管理模块、试验归档管理模块、试验资源管理模块、基础配置管理模块和系统管理模块。该试验管理系统将使航天器部件真空检漏试验管理工作更加高效、合理。

关键词：航天器部件；真空检漏试验；试验管理系统
中图分类号：TP311.52 **文献标识码**：B **文章编号**：1673-1379(2012)06-0700-05
DOI: 10.3969/j.issn.1673-1379.2012.06.022

0 引言

航天器部件真空检漏试验的目的是验证航天器部件密封设计的正确性，确保部件能够长期可靠地工作，同时检验部件在高低温与真空环境条件下的密封能力。

对航天器部件真空检漏试验管理过程进行研究分析，确定对真空检漏试验有影响的问题包括以下几点：

1） 部组件环境试验现场技术问题处理单无法得到及时有效地汇总和总结；

2） 试验现场大量数据和信息缺乏有效管理，大量参考数据没有得到利用；

3） 对参试人员的工作量的统计不及时；

4） 试验计划编制占用大量时间，计划过程中工作冲突问题无法及时发现且处理效率低下。

针对以上问题，开发了航天器部件真空检漏试验管理系统，旨在实现航天器部件真空检漏试验数据的统一管理、维护和存储，实现试验计划流程、人员分配、试验设备仪器状态的信息化管理，以及试验数据共享和电子化查询工作。该试验管理系统的建立将减少人为重复劳动，确保试验资源共享，使试验数据等能够可靠、及时、安全地传输给用户[1]。它对航天器部件其他试验管理系统的设计也具有一定的借鉴意义。

1 需求分析

1.1 运行环境

1）服务器端运行环境

处理器：Intel X86 系列或兼容 CPU；

操作系统：Windows 2000 Server、Windows 2003 Server；

Java 环境：Java SDK 1.4.2 以上；

WEB 服务器：Tomcat 5.0.xx；

数据库：ORACLE 9i/10g server。

2）客户端运行环境

支持类型：Microsoft Internet Explorer 浏览器；

支持版本：5.5 以上版本。

1.2 开发工具

以试验数据管理（TDM）系统平台为基础，结合航天器部件真空检漏试验具体情况，开发适用的真空检漏试验管理系统。

1.3 系统数据容量估算

航天器部件真空检漏试验过程包括试验前的准备工作、试件安装、试件初检、真空检漏、试验结果判断和提供试验证明书等主要阶段。在整个真空检漏试验过程中形成各种数据和文档；对这些数

收稿日期：2012-02-10；**修回日期**：2012-12-04
作者简介：汪 力（1980—），男，在职硕士研究生，研究方向为软件工程；联系电话：（010）68116418。郑江滨（1971—），男，教授，博士生导师，主要从事多媒体信息处理研究。

据文档进行分类，就可以确定试验管理系统中需要存储的数据类型和容量大小[1-2]。

以一次部件真空检漏试验形成的所有文件（技术文件、管理文件和试验数据文件）来进行计算。试验数据分为5类：漏率数据，容器真空度数据，热沉温度数据，试件温度循环数据和控制系统数据。假定1次试验持续1周时间，各类数据每天产生1个新的数据文件，按照每个文件10 MB计算，每周产生的每种类型的数据大小为10 MB×7=70 MB，5种类型数据共为70 MB×5=350 MB。技术文件和管理文件都属于文档文件，按1个文档文件最大150 kB计算，以10个文件为例，数据量为150 kB×10 =1 500 kB即1.5 MB。因此，1次普通的部件真空检漏试验的数据量约为(350+1.5)=351.5 MB。

2　真空检漏试验流程梳理

图 1 为真空检漏试验流程，具体说明了航天器部件检漏试验的工作流程。

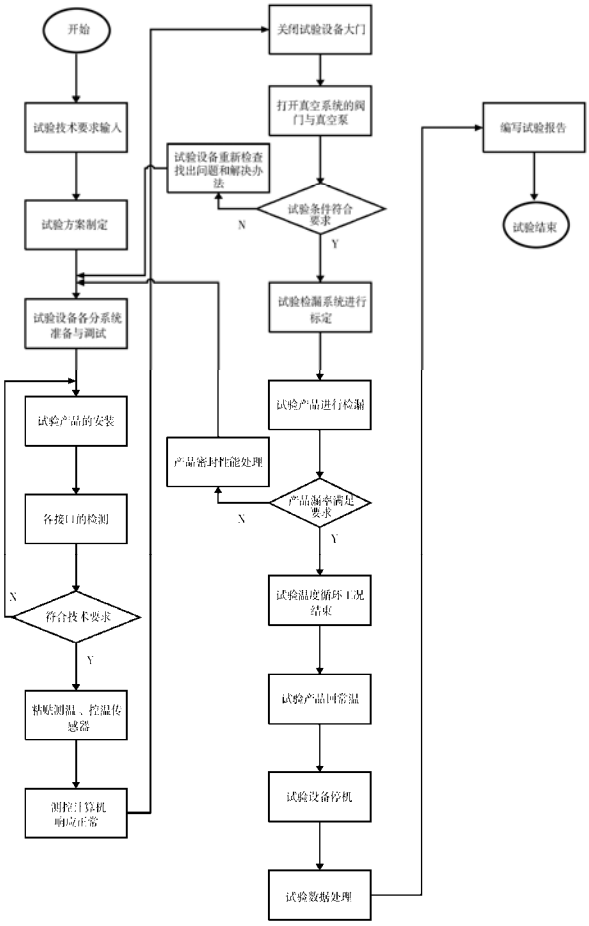

图 1　真空检漏试验流程

Fig. 1　Flow chart of vacuum leak testing

真空检漏试验开始，送试方给出试验任务书，承担方根据试验任务书的技术条件编制真空检漏试验方案。要特别说明的有两点：1）产品安装完毕后要进行各接口的漏率检测——这是一个关键工序，只要有一点漏率超过技术要求的指标，就要重新安装并重新测试，直到都满足指标才能通过。2）若试验中测试产品漏率超标，只能停止试验，恢复常温，取出产品，并对其密封性能进行处理后再次进行试验。

3　试验管理系统总体设计

航天器部件真空检漏试验管理系统的总体框架结构如图 2 所示，由下至上分为数据资源层、业务逻辑层和客户层（试验数字化门户）[3]。

图 2　航天器部件真空检漏试验管理系统的总体框架结构

Fig. 2　Structure of the vacuum leak testing management system for spacecraft component test

3.1　数据资源层

数据资源层是整个试验管理系统的数据支撑，通过创建信息资源目录体系，建设逻辑集中、物理分散的共享信息资源体系，为试验管理系统提供数据的基础管理服务。它充分利用已有试验环境的信息资源，组织和建立试验数据服务体系，为数字化管理平台的数据共享提供支撑环境。数据资源层的逻辑库包括试验元数据库、试验设备库、试验数据库、试验模板库、试验流程库、试验方法库等。系统通过这些逻辑库，对航天器部件真空检漏试验管

理的全过程和全专业的数据进行管理：对于其中所有结构化数据，将统一通过大型关系型数据库 Oracle 进行管理；而对于所有非结构化数据，则统一通过文件库进行管理。

3.2 业务逻辑层

业务逻辑层主要包括共性支撑层、应用支撑层和应用系统层 3 部分。

共性支撑层对应用支撑层提供基础的支撑服务，为应用支撑层中的面向软件系统公用功能提供高效快速的服务，主要包括数据库存取服务、文件存取服务、工作流引擎、跨域协同服务、即时消息服务、邮件发送服务、系统配置服务、统计报表服务、认证授权服务、审计日志服务、报告辅助生成服务、表单开发服务和数据库加密服务等。

应用支撑层提供面向航天器部件真空检漏试验管理全过程和全专业的应用软件支撑。主要处理航天器部件真空检漏试验管理业务的业务应用逻辑，并以组件的形式提供给上层应用系统层。其中面向试验管理的功能组件包括试验任务管理、试验流程管理、试验数据管理、试验文档管理、试验资源管理、试验知识管理等模块；应用系统集成组件主要负责与现有的相关应用系统进行应用集成。

应用系统层是试验管理系统面向试验业务的功能系统，分为 3 类：

1）面向试验操作人员的覆盖试验任务各阶段的功能系统；

2）面向试验管理人员的功能系统；

3）面向试验管理系统的管理功能系统。

3.3 客户层

客户层是试验数字化门户，它是用户的工作台面，在满足用户个性化需求的基础上，保证试验管理系统使用的长期一致性。

4 系统模块设计

航天器部件真空检漏试验管理系统采用统一的模块结构设计[4-5]，共分为7个模块，即试验任务管理模块、个人任务管理模块、试验数据管理模块、试验归档管理模块、试验资源管理模块、基础配置管理模块和系统管理模块，每个模块包含至少2个子模块。整个模块结构设计如图3所示。

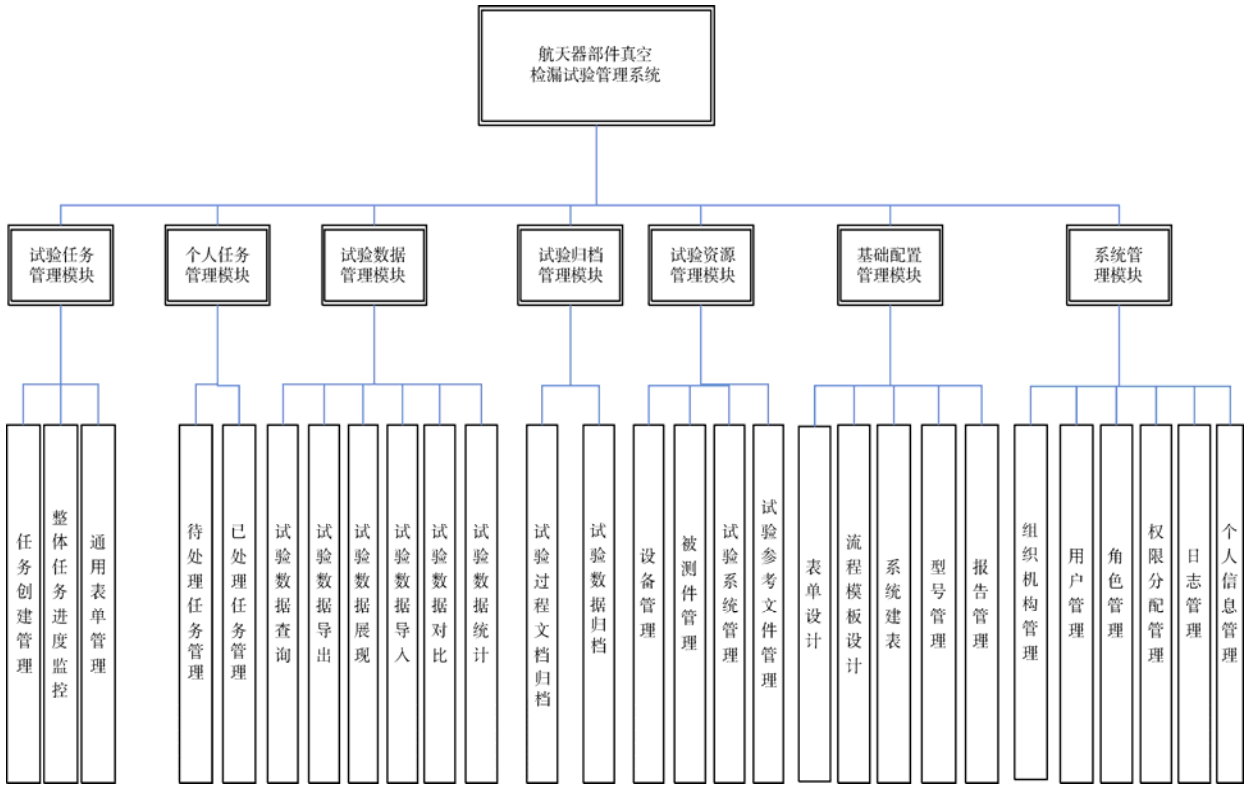

图 3 航天器部件真空检漏试验管理系统的系统模块设计

Fig. 3 Modules of vacuum leak testing management system for spacecraft components

4.1 试验任务管理模块

试验任务管理模块主要负责管理航天器部件真空检漏试验数据库中的试验任务信息输入，并根据输入指定参试人员、参试设备，完成试验任务的创建，启动试验进度控制模块、试验过程管理模块、试验数据管理模块。该模块包括试验任务创建管理、整体任务进度监控、通用表单管理3个子模块。

4.2 个人任务管理模块

个人任务管理模块负责进行试验各阶段进度的查询、确认和提交。该模块包括待处理任务管理和已处理任务管理。

4.3 试验数据管理模块

试验数据管理模块接收试验过程中产生的试验数据，可进行分析、查询等操作，同时将产生的数据包传送至试验进度控制模块。该模块包括试验数据查询、试验数据导入、试验数据导出、试验数据展现、试验数据对比和试验数据统计。

4.4 试验归档管理模块

试验归档管理模块对试验过程中产生的试验信息进行归档，包括试验过程文档归档和试验数据归档两项内容。试验完成后，试验归档管理模块接收来自试验进度控制模块的全部过程表单与数据，将前者按固定格式进行整理成“试验过程归档数据”，将后者按固定格式进行整理成“试验归档数据”。

4.5 试验资源管理模块

试验资源管理包括设备管理、被测件管理、试验系统管理和试验参考文件管理。试验资源管理模块能够提供通用的试验资源管理引擎，使用该引擎可以实现试验资源的定义、存储、查询、分配、统计等功能。

4.6 基础配置管理模块

基础配置管理包括表单设计、流程模板设计、系统建表、型号管理和报告管理。基础配置管理模块对于管理系统里用到的表单进行设计和维护，提供试验流程模板的图形化设计界面，可以对流程节点、节点的流转关系、节点关联的表单、节点的操作权限等进行配置，对使用系统表进行创建和维护管理，包括对系统表的创建、修改、删除、查询等操作。

4.7 系统管理模块

系统管理模块从权限划分、日志管理和个人信息维护等方面进行管理，包括组织机构管理、用户管理、角色管理、权限分配管理、日志管理和个人信息管理。

5 结束语

航天器部件真空检漏试验管理系统的设计将为部组件真空检漏试验数据的快速分析处理提供可能，实现在线访问远程数据。该系统的应用将有力地促进真空检漏试验数据资源发挥其重要的价值。

参考文献 (Reference)

[1] 闫少光, 门昱, 周彬文, 等. 卫星真空热试验数据库的设计与实现[J]. 航天器环境工程, 2006, 23 (4): 201-204
Yan Shaoguang, Men Yu, Zhou Binwen, et al. Design and implementation of database for spacecraft vacuum thermal test[J]. Spacecraft Environment Engineering, 2006, 23(4): 201-204

[2] 闫少光, 门昱, 周彬文, 等. 卫星动力学环境试验数据库系统的设计与实现[J]. 航天器环境工程, 2005, 22 (6): 322-326
Yan Shaoguang, Men Yu, Zhou Binwen, et al. Design and construction of dynamic environment test database system [J]. Spacecraft Environment Engineering, 2005, 22(6): 322-326

[3] 闫少光, 庞贺伟. 卫星环境工程数据库总体架构[J]. 航天器环境工程, 2004, 21(1): 1-4
Yan Shaoguang, Pang Hewei. The architecture of Spacecraft environment engineering database system[J]. Spacecraft Environment Engineering, 2004, 21(1): 1-4

[4] 李曼丽, 易忠, 刘笑. 航天器精度测量数据库系统建设方法[J]. 航天器环境工程, 2010, 27(1): 95-99
Li Manli, Yi Zhong, Liu Xiao. The database system for spacecraft precision measurement[J]. Spacecraft Environment Engineering, 2010, 27(1): 95-99

[5] 李曼丽, 易忠, 肖琦, 等. 航天器磁环境试验数据库的建设[J]. 航天器环境工程, 2009, 26 (4): 344
Li Manli, Yi Zhong, Xiao Qi, et al. The construction of database for magnetic environment tests for spacecraft[J]. Spacecraft Environment Engineering, 2009, 26(4): 344

Design of vacuum leak testing management system for spacecraft component test

Wang Li[1,2], Zheng Jiangbin[1], Yan Rongxin[2], Zhang Haiying[2]
(1. School of Software and Microelectronics, Northwestern Polytechnic University, Xi'an 710072, China
2. Beijing Institute of Spacecraft Environment Engineering, Beijing 100094, China)

Abstract: The design method of the vacuum leak testing management system for spacecraft components is discussed in this paper. The vacuum leak testing management system for spacecraft components is an essential subsystem of the special environment test management system for spacecraft components. According to the requirements of the vacuum leak testing management system for spacecraft components and the software development process, the test processes are analyzed and the overall structure and various functionality modules are designed. The testing management system is divided into three mutually supporting levels: the user service tier, the business logic tier and the data resources tier. There are seven functional modules in the spacecraft component vacuum leak testing management system, including the test task management, the personal task management, the test data management, the test file management, the test resource management, the configuration management and the system management. This system would be helpful to a more efficient and reasonable management of vacuum leak testing for spacecraft components.

Key words: spacecraft component; vacuum leak testing; test management system

发射喜讯

遥感卫星十六号、中星 12 号成功发射

11 月 25 日 12 时 06 分，我国在酒泉卫星发射中心用“长征四号丙”运载火箭成功发射“遥感卫星十六号”并将其送入预定轨道。

“遥感卫星十六号”由中国航天科技集团公司所属中国空间技术研究院航天东方红有限公司抓总研制，主要用于科学试验、国土资源普查、农作物估产及防灾减灾等领域，将对中国国民经济发展发挥积极的促进作用。

“长征四号丙”运载火箭由中国航天科技集团公司所属上海航天技术研究院抓总研制。此次发射是“长四丙”运载火箭的第 9 次发射，也是长征系列运载火箭的第 172 次发射。

11 月 27 日 18 点 13 分，我国在西昌卫星发射中心用“长征三号乙”运载火箭成功发射法国泰雷兹阿莱尼亚宇航公司制造的“中星 12 号”通信卫星，将其送入预定轨道。

这次发射是根据中国长城工业集团有限公司与中国卫星通信集团有限公司、香港亚太通信卫星有限公司于今年 7 月签署的发射服务合同实施的。“中星 12 号”卫星由中国卫通负责管理控制，将为亚洲、非洲和欧洲国家提供 C 波段 24 路和 Ku 波段 23 路转发器商业通信服务，这是中国卫通运营管理的第 13 颗商业通信卫星。

“长征三号乙”火箭由中国航天科技集团所属中国运载火箭技术研究院研制。这是“长三乙”火箭的第 56 次发射，也是长征系列运载火箭的第 173 次发射。

（摘自 2012-11-28《中国航天报》 1 版）