

# 测量数据处理系统的设计与应用

郭 珈, 金 山

(中国人民解放军 91550 部队 41 分队, 辽宁 大连 116018)

**摘要:** 在火箭研制阶段, 遥测系统用于测量火箭各系统的工作状态参数和环境数据; 测量数据是评定火箭的性能和进行故障分析的依据; 测量数据处理是火箭测试流程中的关键环节之一, 是火箭各系统功能检查、系统测试评价和火箭整体性能评估的重要手段; 测量数据处理系统以数据处理和管理为核心, 以实时数据库和事后数据库为基础, 引入数据快速处理、网络发布、数据共享与存储等技术, 构建了分布式的测量数据处理与综合管理平台; 该系统的应用提高了运载火箭的测试效率, 减少了系统测试时间和工作量, 降低了测试成本, 既实现了测量数据的高效处理和管理, 又提高了数据判读解析的准确性。

**关键词:** 测量; 数据处理系统

## Design and Application of Measurement Data Processing System

Guo Jia, Jin Shan

(Unit 41 of Troop 91550, Dalian 116018, China)

**Abstract:** Telemetry system is used to measure working condition parameters and environmental data of rocket systems in the development stage of launch vehicle. Measurement data is the important information for evaluating rocket performance and fault analysis. The measurement data processing is one of the key links in testing process of launch vehicle. The measurement data processing system uses the real time database, the fast data processing, the web publishing and the data sharing and storage technology as the foundation to build a platform for measurement data processing and management. This system greatly improves the test efficiency of launch vehicle. It also reduces the system testing time, the workload and the cost. Using the system can not only realize the efficient processing and management of measurement data, but also improve the accuracy of data interpretation.

**Keywords:** measurement; data processing system

## 0 引言

遥测系统作为运载火箭系统中不可缺少的重要组成部分和关键系统, 用于测量箭体飞行和测试过程中各系统的工作状态参数和环境数据。历次试验的测量数据是评定火箭的性能和进行技术改进、故障分析的重要基础和依据, 测量数据的处理尤为关键。

传统模式下的遥测系统, 测量数据处理效率较低, 数据利用率不高。随着火箭型号任务的不断增多, 各项试验测量数据处理、判读与管理的工作量剧增, 同时, 设计师系统对数据处理应用的要求越来越高, 对数据共享、数据管理与利用的需求越来越迫切, 传统模式的局限性日益突显。

测量数据处理系统以模块化、平台化的思路进行设计, 以数据处理和数据管理为核心, 以实时数据库和事后数据库为基础, 引入数据快速处理、网络发布、数据共享与存储等技术, 构建分布式的测量数据处理与综合管理平台。该系统能够更加快速、全面、准确地为运载火箭各参试系统提供测量数据, 极大地提高了火箭测试效率, 减少了系统测试时间和工作量。实例数据库技术的引入, 实现了历次试验测量数据的集中存储和管理, 有效降低了试验数据统一管理的难度。系统的成功应用, 有效解决了传统测量

数据处理模式的局限性, 提高数据利用率和数据判读的准确性, 大幅提高系统测试效率, 缩短了测试时间, 实现测量数据在各系统间数据共享的同时, 也为数据的自动化判读、数据深度挖掘和再利用奠定了良好的基础。

## 1 系统功能实现

测量数据处理系统实现了运载火箭系统总体环境参数(缓变、速变)、模拟量、数字量、总线、串口、计算机字、指令、图像及总线等所有类型遥测参数的实时处理、测量数据集中存储与管理、测量数据判读等几大主要功能。系统目标如下:

- 1) 提高系统测试效率, 减少系统测试时间和工作量, 降低各项试验测试成本;
- 2) 实现历次试验测试数据的集中存储和管理, 便于数据比对, 提高数据利用率;
- 3) 实现数据的高效分析, 提高数据分析的准确性;
- 4) 实现测量数据在各系统间的数据共享, 为自动化判读和数据挖掘再利用奠定基础。

为实现上述系统目标, 系统以数据处理和管理为核心, 以实时数据库和事后数据库为基础, 引入数据快速处理、网络实时发布、数据集中存储等技术, 利用网络平台实现数据资源的共享, 构建分布式的灵活可扩展的测量数据处理服务平台, 为各级用户提供方便快捷的数据服务。

## 2 总体架构和工作原理

测量数据处理系统以软件工程化角度考虑系统规划和

收稿日期: 2019-05-15; 修回日期: 2019-06-14。

作者简介: 郭 珈(1983-), 女, 辽宁大连人, 博士研究生, 工程师, 主要从事飞行试验遥测遥控技术方向的研究。

设计, 注重可靠性、可维护性和可测试性。系统总体结构和设计思想如下。

### 2.1 通用系统数据结构

以数据库系统为中心, 采用面向对象的方法建立一个通用的系统数据结构, 实现对测量数据和各类信息的集中存储, 通过连接数据库, 实现数据查询、表现、浏览、判读等功能。

### 2.2 模块化的软件结构

测量数据处理系统各个程序相互独立, 又共享统一的数据接口。各个程序独立开发、测试, 根据不同的使用需求, 搭建满足不同使用要求的应用。未来有新的需求时, 可以单独修改相应的模块或者开发新的模块, 来适应和满足使用需求。

### 2.3 服务器端与客户端软件架构

开发服务器核心管理软件以及客户端用户界面软件, 服务器端软件实现与数据处理软件的接口, 实现测量参数实时入库。客户端软件实现数据库的查询和显示、判读功能, 通过连接测量数据库服务器, 对统一存储在关系数据库中的历次试验信息、数据、参数处理结果等进行读取、浏览和判读等。

### 2.4 参数可配置化设计

采用参数化设计方法, 软件运行所需要的参数信息以配置文件的方式保存, 程序启动时, 读取配置文件中的参数信息。当运行环境和处理要求发生改变时, 只需修改配置文件中的配置项就可以满足要求, 避免频繁对软件进行修改。

### 2.5 参数信息的数据库管理

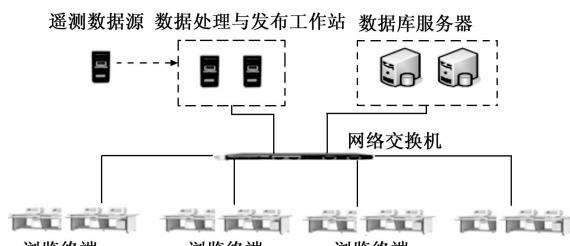
测量系统参数信息以数据库表的格式进行存储和管理, 并提供专门的参数数据库管理程序完成各类参数信息的装订、查询和管理, 提高系统的通用性。

根据系统总体结构设计, 对系统主要功能块进行了划分, 系统功能划分原则如下:

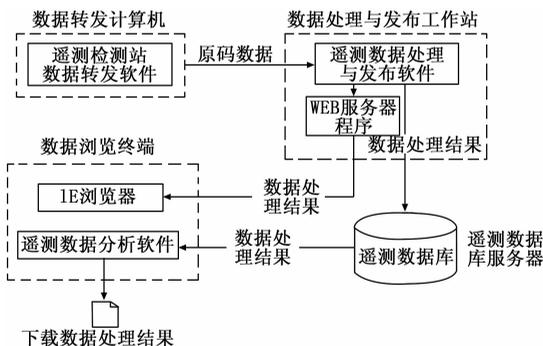
- 1) 功能独立原则, 即综合考虑功能的独立性、部署位置等;
- 2) 便于管理原则, 即综合考虑质量及配置管理成本、软件设计约束等;
- 3) 产品化原则, 基于通用化考虑进行设计。

依据上述原则, 系统主要划分为测量数据处理系统和测量数据判读管理系统两大功能块。测量数据处理功能是该系统的核心模块, 基于网络技术、数据处理技术、数据库技术实现, 以测量数据库为核心, 以数据的快速处理与分析、网络共享、信息化存储为特征, 基于 C/S 模式构建, 完成对实时数据库、各类数据及各个模块的控制及调度功能。测量数据管理模块实现数据库的查询和实例库的管理、系统的校验进入、数据浏览、数据管理、用户管理、实例导入备份、日志管理等。系统硬件组成如图 1 所示。

系统硬件主要由两台数据库服务器、两台数据处理与发布工作站和多头数据浏览终端组成。其中, 遥测数据源为无线接收或存储的测量数据原码输入。数据处理与发布工作站将从网络接收到的测量原码数据存入测量共享内存数据库, 通过消息机制通知测量数据实时处理程序, 数据



实时处理程序从共享内存数据库获取数据原码, 并通过数据处理管理程序从实时数据库获取参数信息, 调用各类型参数数据处理程序分别对原码数据进行逐帧处理, 根据测量参数库的装订公式, 通过不同的数据处理和转换算法, 完成对试验各类型测量参数的挑路和源码处理转换, 得到数据处理结果, 实现原码数据实时处理, 将处理后的结果存储于内存数据库中, 利用实时数据库技术, 批量导入到试验数据结果数据库中, 同时将参数值按照约定的接口关系发送至各浏览终端, 为用户提供实时查看、查询测量数据处理结果的功能。数据库服务器安装关系数据库, 用来存放各发次试验的数据处理结果, 实现数据的统一存储与管理, 该数据库是存储数据的载体, 所有的数据存储在该数据库中。数据库服务器和数据处理与发布工作站均采用双机热备份的方式, 避免单点故障, 提高系统的可靠性。系统软件结构如图 2 所示。



数据浏览终端运行测量数据管理系统, 该客户端软件提供给用户管理数据库的界面, 用户通过界面可以进行各项数据浏览、数据备份、数据管理操作, 通过连接访问数据处理与发布工作站和数据库服务器, 实现试验数据的实时浏览监测、数据判读分析和综合管理等功能。同一发次试验的不同参数及不同发次试验的测试数据通过系统均可实现横向比对分析, 通过参数判据的录入, 系统可实现对数据的自动化判读, 极大减少数据分析的工作量, 提高数据判读的准确性。数据浏览终端的数量根据数据分析和浏览的用户数决定。

测量数据管理系统由三大部分组成: 数据库、服务器端存储过程和客户端软件。数据库是存储数据的载体, 所有的数据存储在该数据库中。服务器端存储过程完成实例库的创建、数据的接收、数据的入库, 为客户端软件提供数据库管理服务。客户端软件提供用户管理数据库的界面, 用户通过界面可以浏览数据、处理数据、判读数据、管理

实例库、管理日志、管理用户、管理试验、导入原码、备份和恢复试验实例、打印和下载数据、生成测试报告。测量数据管理系统结构简图如图 3 所示。

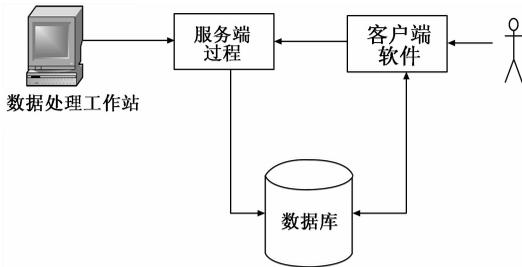


图 3 测量数据管理系统结构简图

为了方便用户实时查看测量数据，系统设计开发 WEB 服务器程序和相关网页、控件，WEB 服务器程序响应来自用户的查询请求，把相关的数据发送至浏览器，浏览器使用嵌入在网页中的显示控件，完成对各类数据的推送功能。用户只需要在联网的计算机终端使用浏览器访问 WEB 服务器，就可以查看各类数据信息，而不用在计算机上安装专用软件。

### 3 关键技术

根据试验测试需要，全部试验数据处理结果要存储在测量关系数据库中，而传统的关系数据库技术没有考虑数据的准实时存储问题。在系统设计过程中，试验结果写入关系数据库时，写入速度不能满足实际要求。数据处理结果写入关系数据库的速度只能达到 15 次/秒左右，比设定的数据原码帧发送速度要慢，无法实现实时入库。经过分析，问题原因为传统关系数据库不是为满足实时要求而设计的，数据写入性能不高，插入一条数据记录时，记录的字段越多，耗费的时间越多。一条一条的插入数据而不使用批量插入技术的情况下，数据写入速度慢。通过采用动态创建测试数据表结构技术和关系数据库数据记录批处理技术，较好地解决了这个问题。具体方法是：以字符串的形式把测试结果依次保存在关系数据库的临时表中，数据记录达到一定的数量时，把临时表的结果使用批量导出技术，输出到磁盘上的一个文件，然后对输出文件使用批量导入技术插入到结果表。经测试，通过采用该方法，数据处理结果写入速度基本达到预期速度。

要实时对遥测原码数据帧进行处理，得到所有遥测参数的测量值，就要求具有快速、稳定、可靠的参数值保存和查询的技术。通过应用实时数据库技术，很好地满足了系统的实时性要求。eXtremeDB 是一款内存嵌入式实时数据库系统，以其高性能、低开销、稳定可靠的极速实时数据管理能力在数据管理领域及服务器实时数据管理领域有着广泛的应用。该数据库适用于各种需要高性能、小尺寸、紧密存储、零内存分配或几种属性兼有的应用领域，能为各种平台、操纵系统下各类应用程序提供高性能和可靠性。eXtremeDB 有几点特性：保持极小的必要堆空间：在某些配置上 eXtremeDB 只需要不到 1K 的堆空间；不同于普通数据库，eXtremeDB 与目的程序一同编译，不单独成为与目的程序通讯的独立进程，使用内部 API，性能大幅提升；

通过紧密的集成持久存储和宿主应用程序语言消除额外的代码层。通常目标应用程序使用大量小规模的数据库操作而非大数据量的操作，这意味着通过指向对象的指针或引用用来从对象中获得数据的操作必须非常迅速快捷，否则额外开销（例如发送一个消息的开销）会高得让人无法接受。eXtremeDB 的数据存取方法使得对持久对象的引用能够和引用临时数据一样快速。作为面向实时数据管理的数据库系统，eXtremeDB 通过以下措施提高其实时性能：

- 1) 根据用户数据特征生成 API；
- 2) 数据存储在内存中，不基于任何文件系统，取消了文件 I/O 操作的开销；
- 3) 省略了 Cache 开销；
- 4) 由于不基于文件系统，系统优化不再以减少文件访问为目的，而是以减少 CPU 开销为目的，因此是更高层次的优化。

如同实时操作系统一样，交易赋予优先级，保证关键交易的实时性。采用实时数据库技术后，保证了数据出入库的吞吐率，系统能够快速稳定地完成参数值的保存和获取。

### 4 系统的应用

测量数据处理系统实现了面向全运载火箭系统的数据处理与信息服务平台。相比于传统数据处理软件，该系统在数据处理实时性、数据判读智能化以及可扩展性方面做了大幅改进、完善和提高，能够完成对多种数据类型参数的实时处理、实时发送、多方式解析和自动化判读，适用于运载火箭测量系统综合试验、匹配试验、总检查和火箭发射等各个阶段。该系统在运载火箭型号测试中的应用极大地提高了系统测试效率，减少了系统测试时间和工作量，降低了测试成本，同时有利于提高测量系统测试数据的利用率和数据判读的准确性。该系统将对运载火箭测试技术的发展产生积极的促进作用，具有显著的应用价值、经济价值和社会效益。

#### 参考文献：

- [1] Rick Greenwald Robert Stackowiak, Oracle 高级编程 [M]. 北京：清华大学出版社，2007.
- [2] 王军庄，常鲜戎，顾卫国. 基于 OCL 技术的 Oracle 数据库数据快速存取研究 [J]. 电力系统保护与控制，2009，53-56.
- [3] 王 昊，秦 莹，刘志旭. Oracle 数据库装载外部数据工具 SQL\*Loader 的应用 [J]. 辽宁工业大学学报，2008，290-292.
- [4] 杨 哲，王 鹏，徐 茜. 基于 RTR 的遥测数据实时处理软件的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制，2016，24 (1)：165-167.
- [5] 尹禄高，陈志红，陈 策，等. 一种遥测系统自动化测试平台的设计 [J]. 计算机测量与控制，2016，24 (4)：33-35.
- [6] 王利伟，刘春光. 基于 VBScript 的遥测数据处理技术研究 [J]. 现代电子技术，2015 (11).
- [7] 于 艳，乔东峰，张建林. 分布式网络遥测数据处理系统设计 [J]. 测控技术，2006，25 (6)：62-66.
- [8] 白效贤，乔东峰，于 艳，等. 采用 C/S 结构的遥测数据处理系统及其实现技术 [J]. 计算机应用与软件，2006，23 (7)：25-27.