

运载火箭地面测发指挥控制系统方案研究

颜国清

(北京宇航系统工程研究所)

摘 要 针对运载火箭的地面测发系统的测发体制、体系结构、功能等几个方面分别进行了论述,将地面测发网络按照功能划分为指挥控制、数据判读、数据服务三个部分,并据此提出设计方案和网络拓扑结构,为新研制的运载火箭地面测发系统提供思路。

关键词 地面测试发射系统 方案研究 运载火箭

1 前言

运载火箭地面测发系统经过多年使用,完成了大量发射试验任务。但在使用中也会存在一些问题,主要有:(1)地面设备分散、庞大,不利于统一管理;(2)各系统的地面测发设备主要满足本系统的测试,信息资源无法共享;(3)对测试过程中出现的异常情况缺乏充足的判读和处理能力。本文针对地面测发系统目前存在的问题提出新的设计思路。

2 指导思想

在设计新的地面测发系统时,遵循的指导思想如下:

(1)集中管理

地面测发系统的软件、硬件和信息等资源采用集中管理的模式,测试发射的流程和指挥控制进程集中管理。

(2)简单实用

各系统按需求配置设备,尽量简化设计,控制成本。设备的结构和选型遵循通用化、组合化、系列化的原则。

(3)安全可靠

采用先进的网络技术和信息处理技术时充分考虑测试发控的安全性设计。

(4)信息共享

利用网络技术、数据库技术将各系统的测试数据集中管理,实现测试状态、测试数据的信息共享。

3 地面测发系统体制

地面测试发射系统包括控制、利用、外安、遥测、总体网等系统,各系统采用组合化、模块化设计,在进行全箭测试时地面测发控系统是一个完整的整

体,同时又能方便分开进行各系统的综合试验。火箭在靶场测发阶段分为单元测试、分系统测试、匹配测试、总检查和发射阶段,此套测试发射系统适用于单元测试之后的各个阶段。继承以往的测试发射指挥方式,采用火箭指挥和各分系统两级指挥,各分系统指挥下属若干操作手。

新型的地面测发系统利用网络技术和数据库技术,实现测试数据信息化处理和自动化判读的功能,将测试、测试数据判读、测试数据比对复查等节点自动化处理。测试发射系统采用集中管理与并行操作相结合的测试发控模式,通过网络加强对分系统的控制和管理,达到集中控制、统一管理、信息资源共享的设计目标。系统设计以自动化测试发控为主,辅以必要的手动干预及专用的应急通道。

为了提高指挥控制的可靠性,减轻指挥员的工作量,正常测试发射过程中的进程信息、测控信息、回令信息按照固定程序通过计算机网络发布,同时计算机将测试信息转化为声音信号传达到指挥员。同时为了附加试验、排故试验中指挥调度的方便,保留指挥调度系统,各级指挥可以通过调度下达口令。

4 地面测发指挥控制系统方案

地面测发系统从功能上分为指挥控制、数据判读以及数据服务三个部分。指挥控制的功能是利用前后端地面设备完成对火箭的分系统、匹配、总检查测试以及发射的过程控制,是地面测发系统的核心。数据判读的功能是各系统设计人员对火箭分系统、匹配测试、总检查测试中各系统的数据实时判读,测试结束后对测试数据进行回放、复查,为指挥控制提供决策支持。数据服务的功能包括两方面内容:①测试过程中为总师系统提供浏览各类信息的服务;②检索查询火箭历次测试的所有信息,用于事后数据分析以及测

试结果的确认,并且为数据判读提供决策支持。

根据远距离测试发射的要求,地面测发系统的系统组成主要包括三大部分:后端(位于技术区指挥大厅)、前端(位于发射区地下电源间)、通讯线路(光缆、电缆网)等。后端为指挥控制中心,其功能是:完成指挥命令的下达,向前端设备发出测试-发控的操作指令,接收前端设备传来的测试信息,实时显示前端设备和火箭的状态信息。后端还要完成与 C3I 系统通讯以及待发段运载火箭故障诊断的功能。前端直接对箭上及地面设备进行控制,完成火箭的测试和发射。其功能是:接收后端的操作、测试指令,按照指令自动完成控制操作、参数采集、电源供配电、执行发射程序等动作,并将测试、操作的结果发送到后端。前后端采用带光端接口的网络交换机、RS422 等设备通过光纤完成远距离数据交换的功能。

测试发射过程中所使用的各种信息,按照功能可以分为测试进程信息、遥测信息与测控信息三种类型。测试进程信息、遥测信息与测控信息在前后端的流向见图 1。

地面测发系统的原理框图见图 2。

4.1 指挥控制的方案

指挥控制部分完成火箭的分系统、匹配、总检查测试以及发射的过程控制。指挥控制系统包括各系统前端测试发控设备、后端的指控微机、测发微机以及前后端网络设备。

指挥控制部分的信息包括测试进程、遥测数据

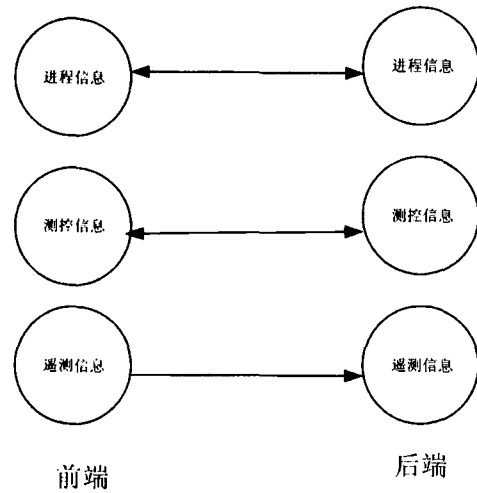


图 1 地面测发系统信息流向

与测控数据,信息流向见图 3。

在分系统测试阶段,各系统的测控微机独立完成指挥控制测试过程,将测试信息传输到数据服务器上。为了便于调试、排故和分系统测试,各系统指挥控制具备手动和单步操作的功能。

火箭进入匹配、总检查和发射阶段,总体网指控微机与各系统测控微机组成客户机/服务器(C/S)的结构。指控微机为服务器,各系统测控微机为客户机。指挥控制方式按照两级指挥模式,指控微机通过网络下达火箭指挥口令,接收各系统的状态信息,协调各系统之间的状态关系。各系统测控微机接收并

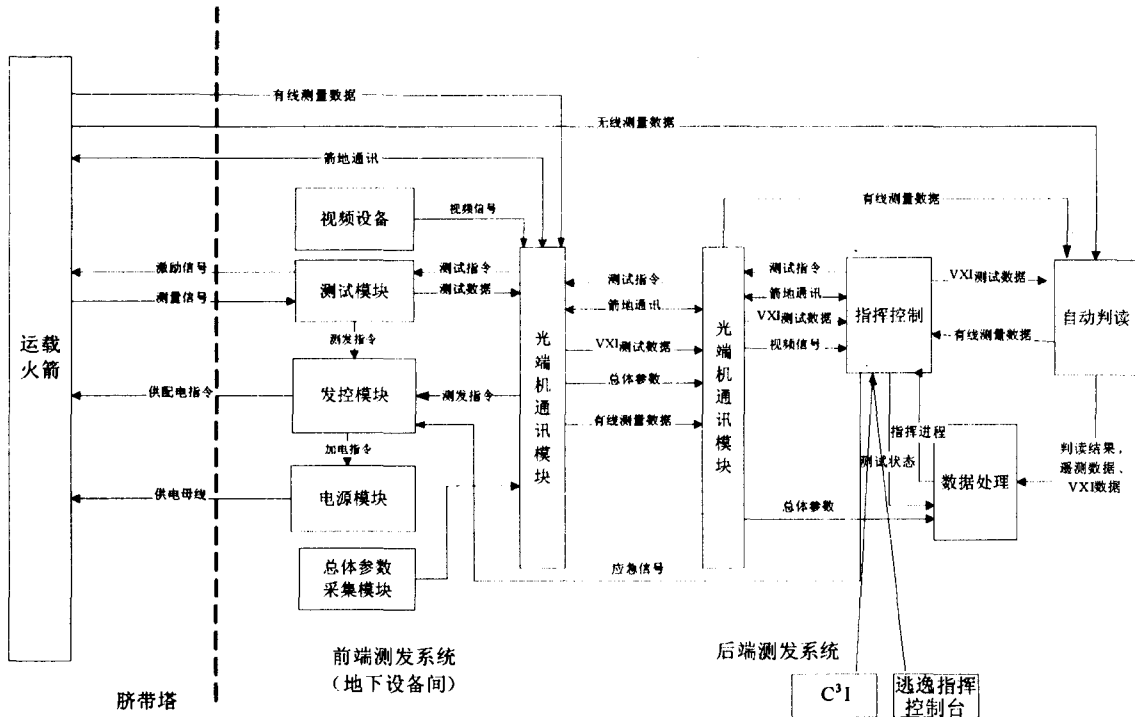


图 2 地面测发系统原理框图

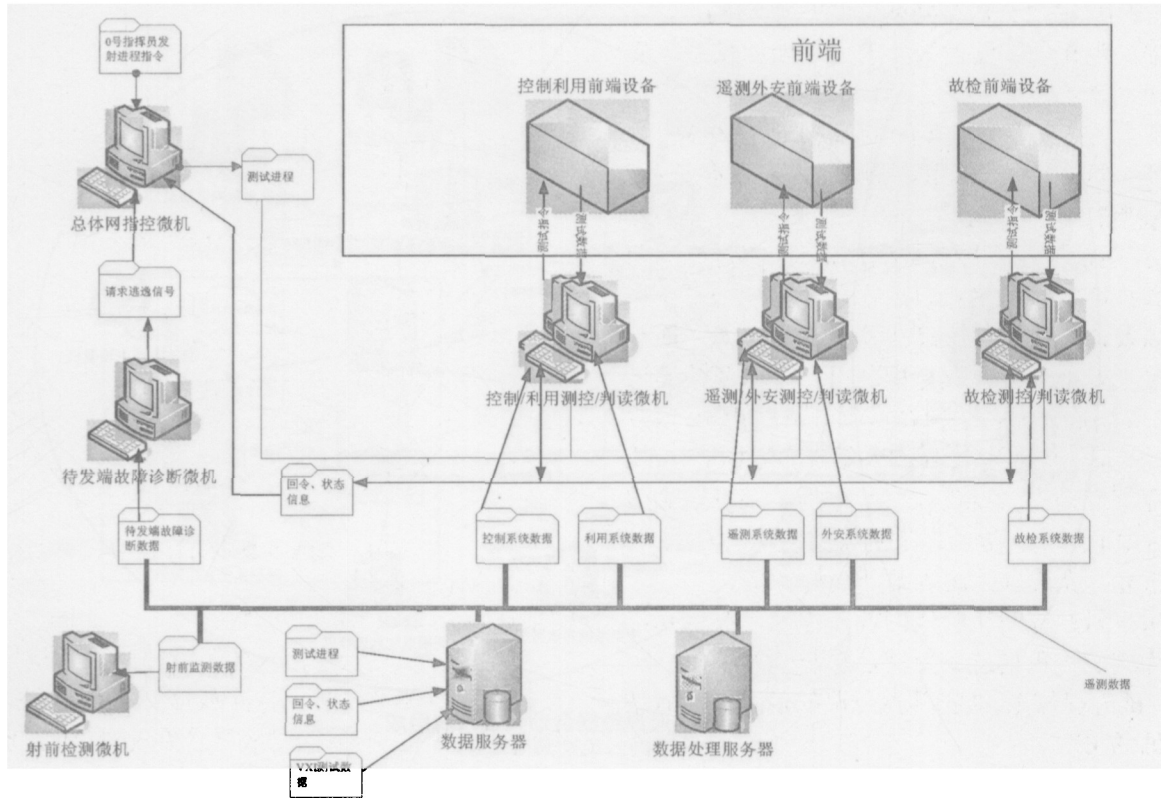


图 3 指挥控制的信息流向图

执行总体网的进程命令,向前端 VXI 发出测控指令,接收前端测试数据和遥测数据,将测试状态发送到指控微机。指挥控制的流程具备自动和手动两种控制模式,可以方便切换。指挥控制系统的客户端/服务器软件统一设计。

正常测试发射过程中的进程信息、测控信息、回令信息按照固定程序通过计算机网络发布,同时各系统的测控微机将接收到的进程信息转化为声音信号传达到指挥员,起到提示作用。

在火箭的分系统、匹配、总检查测试以及发射的各个阶段,测控微机将测试进程信息、VXI 测试数据、状态信息和遥测数据均传送给数据服务器。

4.2 数据判读的方案

遥测数据自动判读系统可以减少遥测数据判读的工作量,提高对测试结果确认的可靠性,在测试过程中对测试结果进行确认,如果发现危及箭上产品安全性的故障,就发送到测控微机进行处理。

自动判读利用局域网技术,组成一套基于客户端/服务器(C/S)结构的遥测数据实时自动判读系统。自动判读系统对遥测系统采集的各系统缓变量参数,包括总体参数、控制系统参数、利用系统参数、遥测系统参数、外安系统参数和故检系统参数进行判读,实现实时数据接收、实时数据处理、实时数据判

读、实时监控和报警、实时网络发布和共享、数据判读回放等功能,完整且可靠、快速且正确地实现遥测数据的自动化判读。

遥测数据自动判读系统的服务器端为遥测系统的数据处理服务器,客户端为各系统的数据判读微机。服务器负责实时接收遥测原码数据,将数据解码、处理打包、存储,然后发布到客户端。客户端实时接收、监控、存储遥测物理量数据,实现自动判读。自动判读的软件统一设计。

遥测数据自动判读系统的组成见图 4。

遥测数据自动判读的界面应当简洁、信息完整、便于操作,各系统数据判读界面的显示风格和操作风格统一。

模飞阶段对起飞以后箭上仪器的动作信号进行实时判读,各系统的判读微机实时描绘遥测数据,测量数据与标准数据进行实时比对,超过门限值即报警。

测试结束后,判读微机进行事后数据回放、自动判读和复查,通过网络打印机打印本系统的测试数据,并自动生成结果报告,发送到总体网。

利用自动化数据判读技术可以使测试人员对火箭测试检查过程中的各个环节进行监控,实时了解测试状态,及时发现处理问题。

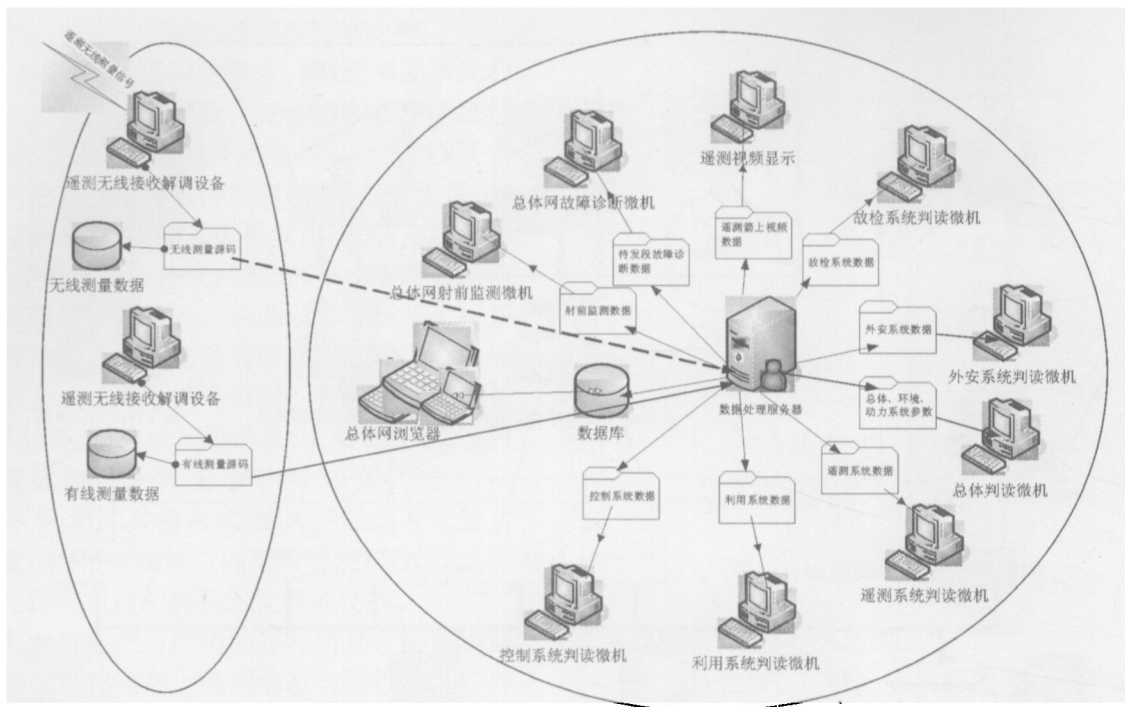


图 4 遥测数据自动判读系统组成

4.3 数据服务的方案

数据服务包括两方面功能：(1) 测试发射过程中，向总师系统提供浏览各类信息的服务；(2) 测试结束后，向测试人员提供数据分析的功能。

数据服务的数据库物理分布见图 5。

在测试检查过程中，总体网 WEB 服务器、浏览器构成浏览器/服务器(B/S)结构，为总师系统提供浏览信息的功能。由于遥测数据量大，遥测系统的数据处理服务器将测量数据实时录入本地数据库，由总体网 WEB 服务器访问。进程、测控数据、外安系统无线测量数据、C3I 数据发送到数据服务器，数据服务器实时录入数据库，由总体网 WEB 服务器访问。

各系统判读微机与数据服务器构成浏览器/客户机(B/S)结构和客户机/服务器(C/S)结构，完成事后数据分析的工作。

测试检查结束后，遥测系统对原码数据进行处理，形成一套完整的不失帧的数据发送到数据服务器中。数据服务器汇集到遥测数据、外安无线测量数据、进程数据、测控数据以及 C3I 发送的气象数据等各类信息。由于测试数据种类多、数据结构复杂，利用数据库技术，通过数据合并、清理、聚合和形成多维数据库几个步骤，将历次测试的各类数据集集成到数据服务器上，形成一个数据仓库。根据用户需要，数据仓库包括正常测试数据库、故障信息数据库、判读结果数据库。利用数据仓库的提取工具、数据转换工具、查询工具、报表工具、分析工具、数据发掘工具

等满足数据分析各种需求。

4.4 后端测发系统网络拓扑结构

后端测发系统的指挥控制、自动判读、数据服务从功能上比较独立，进程、遥测、测控 3 种信息的容量、传播方式以及实时性要求均不相同。传统的以太网中所有的用户共享同一个广播域和冲突域，会引起网络性能的下降。因此采用虚拟局域网(VLAN)技术，按照功能将一个物理网络划分为三个逻辑工作组。指挥控制、自动判读、数据服务 3 个工作组之间相互有信息来往，为此需要增加 VLAN 之间的路由功能。按照系统的需求，从系统可靠性、可扩充性考虑，提出后端测发网络的拓扑结构见图 6。

后端配置两台核心交换机和分层交换机。核心交换机为具备光端接口和路由功能的 3 层千兆以太网交换机，实现双机热备份。各系统设备连接到分层交换机上。分层交换机和服务器挂在核心交换机上。后端网络设备的连接采用 6 类双绞线连接，实现千兆以太网通信。

5 优缺点分析

此方案的优点是继承两级指挥体制与可靠性设计方法，采用先进的网络技术和数据库技术实现各系统的信息共享。明确一体化设计要求，同时保持各分系统功能的相对独立性。充分利用遥测系统的测量手段，提高测量数据实时处理和实时发布的能力。

此方案的缺点是缺少数据，数据库的构建较为复

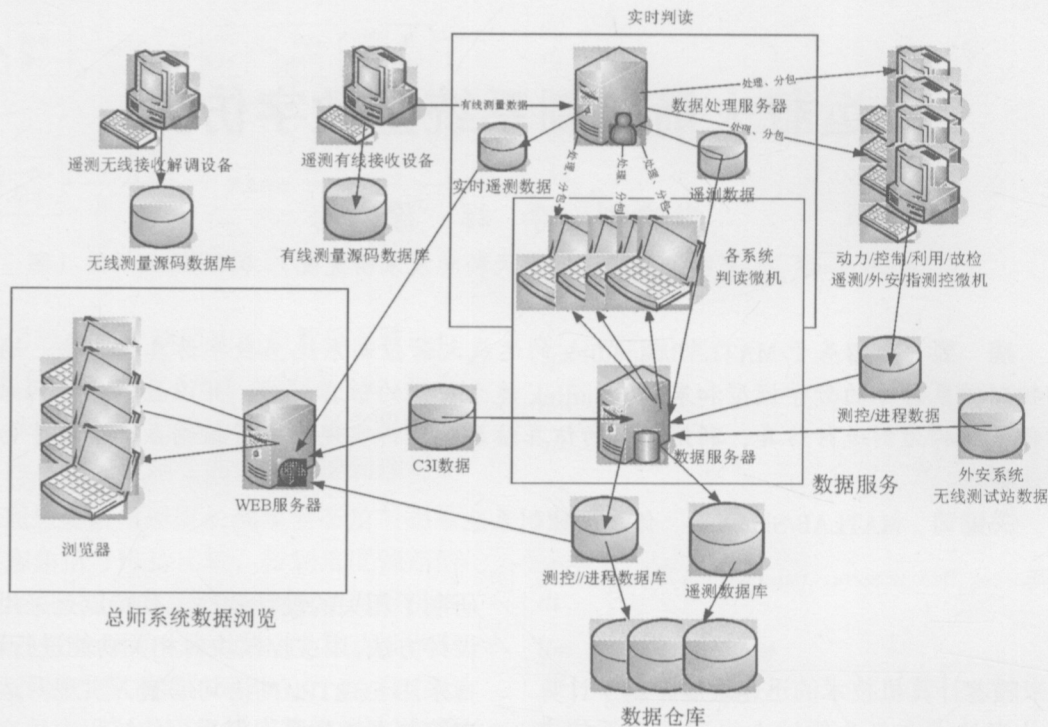


图 5 数据库的物理分布

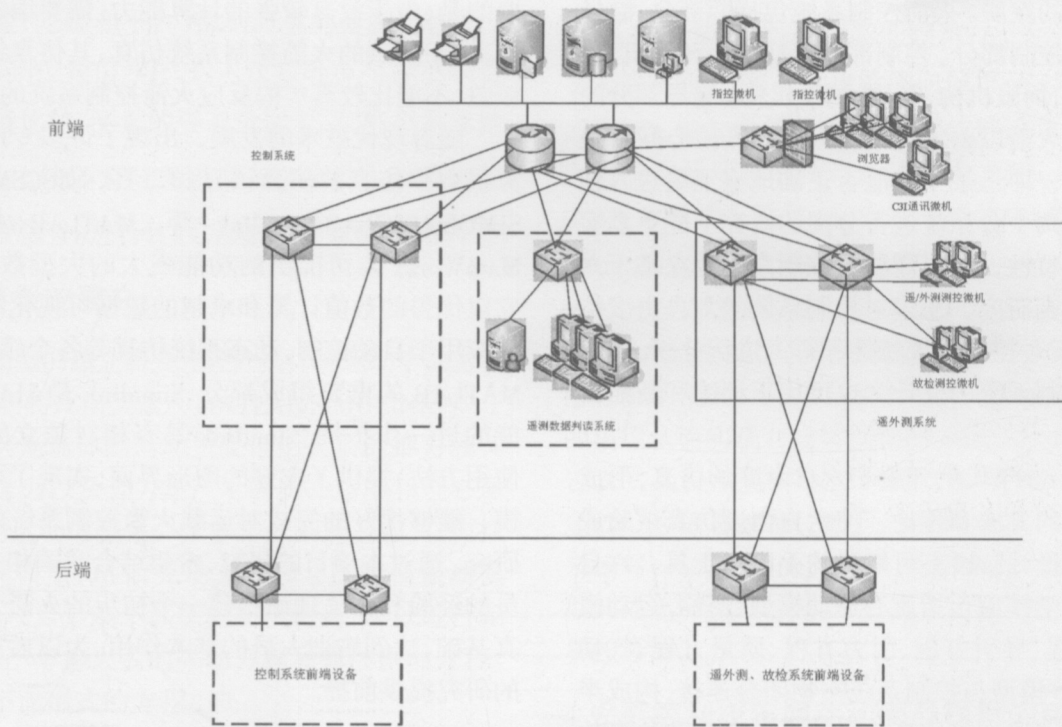


图 6 后端测发网络拓扑结构

杂,缺少数据远程访问的接口,此部分功能可以等到发射场与后方的基础网络完成构建后再予以设计。

6 结论

本文针对运载火箭的地面测发系统,从测发

体制、体系结构、功能几个方面分别进行了论述,将地面测发网络按照功能划分为指挥控制、数据判读、数据服务 3 个部分,并据此提出设计方案和网络拓扑结构,为新研制的运载火箭地面测发系统提供思路。◇