

液体火箭推进剂加注模拟仿真系统的设计与实现

马鸿武 杨金岩 王衍文

(二炮工程学院)

摘要: 介绍了某战略导弹液体火箭推进剂加注模拟仿真系统的设计方法。该系统可以模拟实装进行操作训练,也可以用微机对电控台操作时所需要的阀门、液位、压力、流量、通讯及其它信号进行仿真,使电控台在脱离其它设备的情况下,达到了与实装相同的效果,并提供了动态显示、操作成绩考核等功能和灵活的操作训练方法。为战略导弹部队的操作训练开辟了一条新途径。

关键词: 液体火箭推进剂, 充填, 模拟系统, 训练设备

THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SIMULATION SYSTEM OF PROPELLANT FILLING IN LIQUID ROCKET

Ma Hongwu Yang Jinyan Wang Yanwen

(Second the Artillery Engineering Institute)

Abstract: This paper introduces a method for designing the simulation system of propellant filling in liquid rocket of strategic missile. The system can simulate practical condition and be use for operation training. With microcomputer the system can simulate the signals, of as valve, liquid level, pressure force, flow, communication and so on, and transmit the signal to electronic controlling panel. And the system has dynamic display, shows the operational test result, and offers a flexible training method. The system provides a new way to personnel in strategic missile troops for operation training.

Keywords: Liquid rocket propellant, Filling, Analogy system, Training device

1 引言

战略导弹价格昂贵,且是一次性使用武器,为保证其在实战中准确可靠地发挥作用,使用操作人员的培训尤为必要。在实装上进行某导弹推进剂加注系统电控台操作手的操作训练,需要很多设备、人员、工作液体和高压气源等配合,训练周期长、耗资高,多次实装操作直接影响到武器装备的可靠性和使用寿命。因此,国内外军方都在积极探索研制相应的模拟器材,以便在平时操作训练中替代实装。我军导弹部队早期也曾采用一些简易模拟装置,在一定程度上改善了训练条件。随着科学技术的不断发展,为我军导弹部队的操作训练提高到现代化水平上来,参考国外先进技术,结合我军实际情况,我们研制出了某战略导弹液体火箭推进剂加注操作模拟仿真系统。该系统具有技术先进、流程简化、模拟安装和经济实用等特点。

2 模拟仿真系统简介

某战略导弹液体火箭推进剂加注模拟仿真系统如图1所示,该系统由导弹推进剂加注操作物理模拟系统和弹上及地面推进剂加注设备信号微机仿真系统两部分组成。物理模拟系统可以单独进行模拟实装操作训练,也可以同微机仿真系统结合运行,进行模拟仿真实装操作训练。用仿真系统操作训练时,将电路控制台的所有电缆切换到仿真系统上,电控台操作时所需要的阀位、液位、压力、流量、通讯信号及泵电机工作电流等电信号,由微机仿真系统

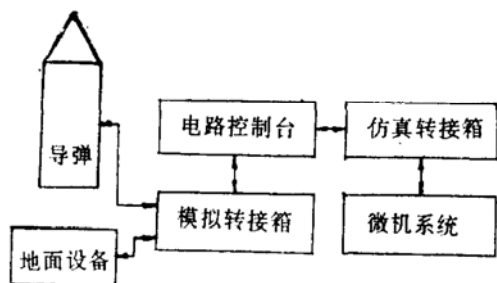


图1 模拟仿真系统结构框图

提供,使电控台在不需要其它环境配合下,达到与操作实装相同的效果。仿真系统的操作训练灵活,不受工序的顺序、时间的限制。功能齐全,能动态地显示液路流程、电流工作情况和进行操作考核。安全可靠,不会因操作失误而引起事故。电路控制台操作训练结束后,可再将其所有电缆切换到实装上,不会对实际装备的状态有任何影响。

3 物理模拟系统

液体火箭推进剂加注操作物理模拟系统由四部分组成,即液路系统、气路操纵系统、电路控制系统和辅助设备。它可以对推进剂加注系统的全部工序进行模拟操作训练,也可以在系统上设置推进剂加注系统故障,并对运行中发生的随机故障进行分析排除。

3.1 液路模拟系统

在系统设计中以简化流程,模拟实装,降低成本为原则。对液路系统工序流程进行简化,在不影响模拟系统性能的前提下,对原系统中的各个部件均进行小型化模拟,所需部组件仅为实装的1/3。使得加、泄工序的操作时间大大缩短,模拟加泄时间为实际时间的1/14。

3.2 气路操纵模拟系统

模拟气路操纵模拟系统用一个操纵配气箱替代了原系统中的多个箱体,而且该系统能与发动机物理模拟系统连接,其气源可由气路操纵台提供,也可由发动机配气台提供。

3.3 电路控制模拟系统

电路控制台按实装设计,控制台上所装仪器、仪表均按实装选型,其显示基本与实装一致。它用来实施导弹推进剂加注操作中的自动控制、压力、温度、流量和液位的自动检测,故障报警等工作。对电路控制台的外接线路作了适当简化,便于同模拟转接箱的连接。由于模拟泵机组为实装泵机组功率的 $1/n$,为了在控制台上能显示出电机运行时的模拟真实电流,则在电机电流表的回路中增设了一个 $n/1$ 的电流互感器,即将模拟泵电机组的运行电流提高 n 倍予以显示,这样使得电流表显示与实装相差无几。

模拟转接箱安装在电路控制台与操纵配气箱之间。通过转接箱中继器各个触点的动作组合,模拟阀门开关状态。

4 微机仿真系统

该系统由计算机、电路控制台、扩展箱、转接箱和手动球阀模拟盒组成。它同物理模拟系统连接进行操作模拟仿真训练,也可以与实装并联运行,进行实时监视和操作指导。

4.1 微机仿真系统的硬件结构

仿真系统要监视电控台的操作,准确地判断和仿真出其它设备提供给电控台的信号,需要对多种信号(数字量、模拟量、脉冲信号、交流电压信号)进行处理。其电路原理如图2所示。总线扩展箱用来扩展IBM-PC/XT微机的总线插槽,以便安装各种接口板。转接箱主要用来分线和安装少量特殊信号转换所需要的继电器。球阀开关模拟盒用来给出推进剂加注系统中球阀的开关状态。IBM-PC/XT微机系统通过接口电路对电控台的操作进行实时检测,判断其操作情况,提供仿真信号,动态地显示推进剂加注系统的液路流程及打印出考核结果。

4.1.1 球阀控制信号的检测与仿真

推进剂加注系统有许多气动球阀,它们的开关是由电控台上发出的电信号来控制的。气动球阀的开关状态经安装在阀上的位置传感器,再在电控台上显示出来。微机通过带有电平转换的并行输入通道,读入电控台发出的开关信号,经分析判断后,再通过并行输出通道,向电控台发出相应的阀位信号。

4.1.2 通讯信号及弹上液位信号的检测与仿真

通讯信号及弹上液位信号是双向传送的信号,即它们可由电控台发出,也可由其它设备或弹上液位计发出,以便在推进剂加注前对电路系统进行测试,系统中采用图3所示的电路来检测和模拟这些信号。

通讯信号取自电控台上信号指示灯的电源,它们通过带有电平转换的并行输入通道读入微机,来进行分析和判断。电路中可以通过电控台上的开关、按钮或继电器触点把电源加到信号灯上,也可以由微机通过OC门驱动的输出通道驱动转接箱内的继电器来发出信号。

4.1.3 泵电机启、停信号的检测与工作电流的仿真

电控台及仿真系统的泵电机控制、检测电路如图4所示。

在电控台上可通过按下按钮S1来启动泵,通过按下按钮S2来停泵。微机通过并行输入通道检测泵的启动、停止信号。当按下“泵启动”按钮S1时,泵启动信号由“0”变为“1”,当按下“停止”按钮S2时,泵停止信号由“1”变为“0”。微机由此可以判断出泵的启动、

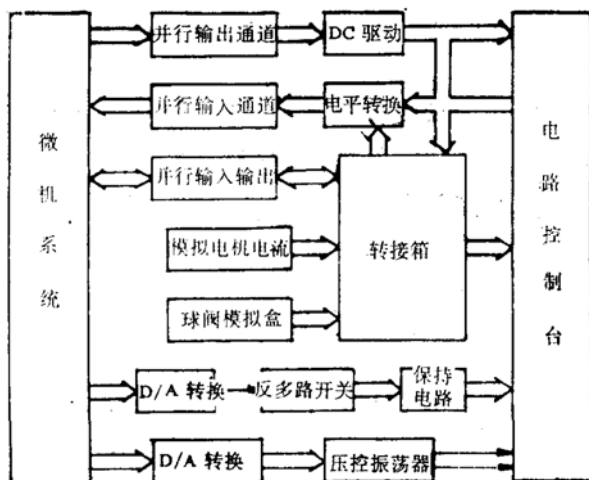


图2 仿真系统电路原理框图



图3 通讯信号的检测与模拟电路

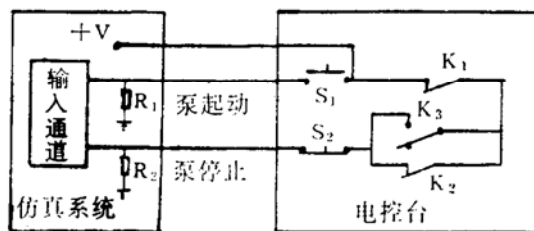


图4 泵控制与检测电路

停止信号。

泵电机工作电流通过变压器和继电器模拟产生，根据电压信号的变化，继电器产生相应的动作，从而模拟出泵不工作，泵轻负载工作，泵工作正常和启动时的大电流等。

4.1.4 其它信号的仿真

采用D/A转换器输出的模拟信号，再通过反多路开关和信号、阻抗变换电路，得到各自所需要的信号，分别加到电控台的压力表和液位计上，来模拟电控台工作时变化着的参数。

集液罐液位信号的仿真是通过电控台上的液位指示器来完成的。微机直接通过OC门驱动的输出通道驱动这些指示灯，进行集液罐液位的模拟。

流量信号的仿真。使用两路程控振荡器来产生模拟的流量脉冲信号，振荡器的振荡频率可用软件改变，以满足不同流量信号的模拟。

上述电控台中各种信号的检测与模拟仿真，都是通过电控台与其它设备的连接电缆进行的，信号的处理在电控台的外部进行，不需要从电控台的内部接线和更改内部电路，确保了电控台的性能不受影响。

4.2 软件构成

考虑到仿真系统的实时性和图形功能要求，软件采用Turdoc和编译BASIC编写。在软件中，动态地显示液路流程图占了很大的比重，且使得程序很大。因此，在软件的结构上采用了模块化结构和内存覆盖技术，各液路、电路等基本图形以文件形式保存在磁盘上，在需

要时,由软件将基本图形调入显示缓冲区,再根据电控台的操作情况进行动态地修改、显示。

系统整个软件由程序模块、图形文件、和数据文件组成。考虑到能方便地使用模拟仿真系统的各种功能,软件采用了菜单提示的方法进行操作。

主模块用来给出主菜单。主菜单中显示出多项功能,当从键盘上输入功能号来选择其中之一时,主模块将释放内存,装入并运行与所选功能对应的模块,来进行功能处理。

液路流程显示主模块用来给出工序的液路流程显示子菜单,通过它可以装入并运行工序的液路流程显示模块,进行指定的流程显示。

监视电控台的操作主模块用来对电控台进行实时检测,并输出与电控台的操作相对应的模拟信号。当电控台按某个工序进行操作时,它将通过检测到的信号判断出操作的是那个工序,并自动装入相应的子模块进行处理,实时地进行显示与信号模拟。当一个工序操作完毕时,子模块将自动返回到主模块上,继续对电控台进行实时检测。

辅助工序会话式操作主模块与主工序会话式操作主模块的功能是相似的,它们分别给出辅助工序和主工序的会话式操作子菜单。当通过数字键选择某个工序时,它们将装入并运行与所选工序对应的子模块,实时地进行流程显示与信号模拟。这时,电控台的操作手必须按指定工序的操作规程进行操作,否则,都将作为错误的操作进行记录。指定的工序操作完毕时,子模块将根据记录的数据对该工序的操作过程进行量化评价,并显示或打印出错项、多操项、漏操项及操作顺序的错误、扣分标准和实际得分。

考虑到操作训练的不同目的,对仿真系统的许多参数(如推进剂加注、泄回的时间,各种压力数值等)有不同的要求,在软件中编制了参数设置、修改、显示模块。它用来对仿真系统操作时的各种操作进行设置、修改和显示,并把修改后的参数以随机数据文件的形式保存在磁盘上,以便其它子模块进行引用。

硬件参数模块提供了对仿真系统的输入/输出通道进行硬件测试的功能,它为系统的硬件调试和查找故障提供了一种有效的手段。它可以通过子菜单对输入/输出信号进行测试和结果显示,也可以使用绝对端口地址进行数据的输入/输出和结果显示。

5 结束语

本文所述某战略导弹液体火箭推进剂加注操作模拟仿真系统使用简便、信号模拟逼真。操作训练时不需要其他人员、设备等环境保障,减少了训练费用。模拟仿真系统操作灵活方便,不受工序、时间的限制,缩短了训练、等待周期。模拟仿真系统功能齐全,不仅可以操作训练,还可以动态地显示各液路流程、对操作过程进行评估。模拟仿真系统成本低、安全可靠。