

某型舰空导弹武器系统训练保障系统设计与应用

单时卓, 张艳

(中国人民解放军 92941 部队, 辽宁 葫芦岛 125001)

摘要: 为提高舰艇防空反导训练水平, 减少消耗, 加强装备保障能力, 研制某型舰空导弹武器系统训练保障系统; 该系统解决了无空中目标配合情况下的人员及装备训练问题, 训练效果好, 操作方便、经济实用; 该系统已用于多条舰艇对空反导专业的训练操作、综合演练等实践中, 研制成果可推广到其他防空武器的保障训练建设; 文中介绍了该系统的总体方案、功能、硬件设计、软件设计及保障实效等内容。

关键词: 某型舰空导弹武器系统; 防空反导; 训练保障; 系统设计

Design of Training Guarantee System of a Kind of Ship to Air Missile Weapon System

Shan Shizhuo, Zhang Yan

(Unit 92941 of PLA, Huludao 125001, China)

Abstract: In order to improve antiaircraft and antimissile training level, decrease wastage and enhance support capability of equipment, the training guarantee system of a kind of ship to air missile weapon system is designed. The system with the excellence of good training effect, convenient work, low cost and practicality, conquers the problem that without air target ensures training for personnel and equipment. The system is used to many practice for antiaircraft and antimissile speciality of many warships such as training, operation, integrated training and so on. The developed production can also extend to the training guarantee constructing for other antiaircraft weapons. This paper covers the collectivity project, the function, the guarantee effect, the hardware and software design.

Keywords: ship to air missile weapon system; antiaircraft and antimissile; training guarantee; system design

0 引言

随着国际战争形势的发展, 对海军舰艇作战能力的要求也越来越高, 需要高素质的作战指挥员和操作手, 才能充分发挥武器装备的优良性能。针对新的作战要求, 舰艇部队需要进行高强度、接近实战的常态化训练, 以检验和提高舰艇的实际作战能力^[1]。为解决部队进行实战化训练中没有空中目标配合, 导致某型舰空导弹武器装备防空反导不能构成闭环, 无法实现全过程训练的难题, 研制一种新型电子靶标系统。该系统能够真实模拟具有作战背景的多种运动速度、多批次运动目标和导弹应答信号, 使某型舰空导弹武器装备完成整个防空反导训练全过程, 满足当前部队军事训练的迫切急需, 开创了部队训练新模式。

1 总体方案

该系统采用便携式工业控制计算机平台进行操作控制, 通过人机交互的方式, 可以完成目标速度、间隔距离(以时间方式)和目标批次等参数, 提供不同的战术背景和环境。显示目标运动情况和导弹运动情况及弹目交会等内容, 通过接口总线控制整个系统协调工作。

采用 3 个天线和高频组合, 接收 3 个波段的电磁信号(雷

达信号), 通过研制的中频信号处理组合, 对接收的电磁信号进行采集、存储和延时等处理, 发射输出与 3 个电磁信号相参的雷达信号, 并给出各阶段的控制信号, 点亮目标和导弹红外信号灯, 为武器系统提供红外信号。导弹红外信号采用红外灯带, 提供控制各个红外灯的亮、灭, 模拟导弹的运动规律, 或采用滑轨方式, 滑块上安装红外灯, 利用滑块的运动模拟导弹的运动。系统可最大保障四批目标的武器系统训练工作。

考虑到武器系统发射装置的发射安全射界要求, 采用气动桅杆升降设备, 将 3 个雷达天线提升到 5~10 米的高度。为了保证安全, 气动桅杆升降设备要求具有较高的安全系数。

2 系统功能

系统用于某型舰空导弹武器系统防空系统训练中的信号保障。系统按时序接收、模拟、延时转发相关雷达信号及模拟红外信号源, 配合武器系统完成完整作战过程^[2]。其主要功能包括:

- 1) 接收搜索雷达脉冲信号, 按目标运动规律, 模拟目标回波信号;
- 2) 接收火控雷达脉冲信号, 按已设置的搜索雷达目标运动规律, 模拟回波信号;
- 3) 接收制导指令信号, 按导弹运动方程, 产生导弹应答信号;
- 4) 产生目标、导弹红外信号, 模拟导弹与目标交会过程;
- 5) 设置目标运动参数;

收稿日期:2017-09-12; 修回日期:2017-10-18。

作者简介:单时卓(1979-),男,辽宁抚顺人,大学,工程师,主要从事海军战术导弹武器系统试验鉴定与训练保障工作方向的研究。

6) 系统自检及故障检测功能。

3 关键指标确定

在研究分析某型舰空导弹武器系统装备使用要求的基础上, 确定系统的主要技术指标, 保证该系统具备配合完成该舰空导弹武器系统的防空反导训练任务。其主要技术指标应包括: 设备工作频率、脉冲宽度、回波信号强度、模拟回波数量及参数、红外信号源强度、测距范围、工作环境、电源特性、可靠性、维修性、测试性、电磁兼容性和三防性能等方面。

4 硬件设计

系统硬件主要由天线组 (包括搜索雷达、火控雷达和制导指令的 3 个工作波段天线)、信号处理机箱 (包括: 雷达收发组件、信号处理单元、接口单元、电源组)、主控计算机、红外信号灯 (目标和导弹)、滑架和气动桅杆组合等组成。系统通过天线组接收舰载搜索雷达发射信号, 经混频、检波后分离、提取出雷达信号特征和同步信号等信息, 在同步信号的控制下与目标生成模块产生的相参的导弹型和飞机型目标的反射回波相调制, 由天线发射给舰载雷达, 舰载搜索雷达稳定跟踪该信号后为舰空导弹武器系统提供目标指示信息。同样过程处理火控雷达信号, 产生与搜索雷达相同参数和状态的目标信号, 使火控雷达跟踪目标。控制组件控制红外信号灯在滑架上运动, 模拟导弹运动状态。系统硬件组成如图 1 所示, 系统电缆连接如图 2 所示。

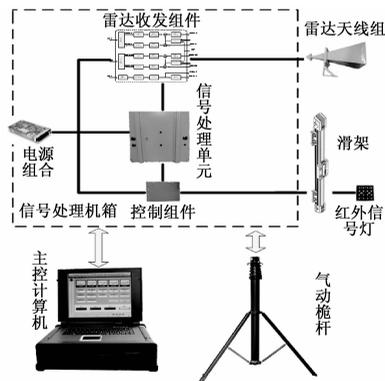


图 1 系统硬件组成框图

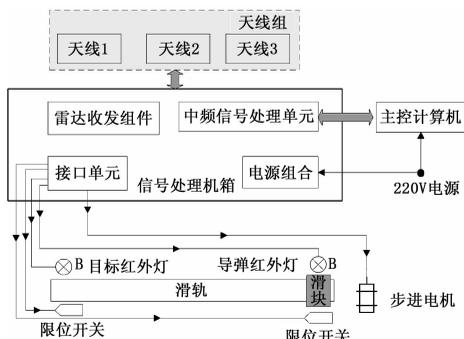


图 2 系统电缆连接图

4.1 雷达天线组

天线是该系统中重要组成部分, 天线的结构、尺寸和功率等是天线设计时需要考虑的几大因素; 该系统要求天线有较小的尺寸, 以适应装备整体的便捷性; 选择相应的天线类型和极

化特性, 高效接收雷达信号; 增加天线波束的宽度, 满足天线对准的简单、快捷等要求。

4.2 信号处理机箱

该部分主要完成变频和信号处理工作。

变频处理是把天线接收到的 3 个工作波段的信号经过低噪声放大、变频、滤波等环节, 把微波信号转换为中频信号, 其主要技术指标包括灵敏度、阻塞和杂散响应抑制、互调响应抑制、输出中频特性等。为减小天线和变频组件之间的损耗和干扰, 将 3 个波段的器件设计在一个金属外壳中, 并加以密封。变频原理如图 3 所示。

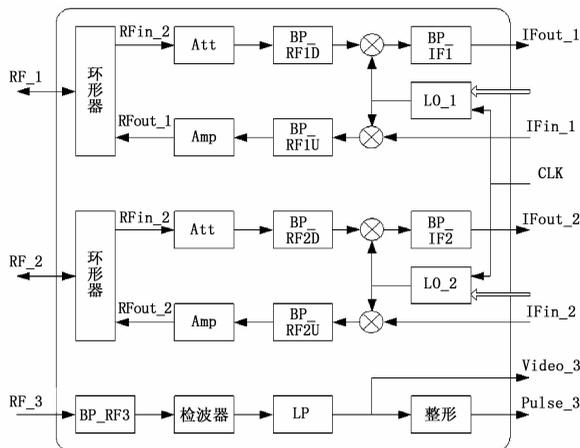


图 3 变频原理框图

信号处理完成对雷达中频信号的存储、重构, 是产生相参的目标运动回波的基础, 进而实现以下内容:

- 1) 对搜索雷达目标回波中频信号的模拟;
- 2) 对火控雷达目标回波中频信号的模拟;
- 3) 对导弹应答信号的模拟;
- 4) 对滑轨和红外灯的控制。

按照模块化、标准化、通用化的设计理念, 将信号处理模块按接口单元、中频接收单元、数字射频存储单元和中频调制单元进行功能划分。功能组成如图 4 所示。

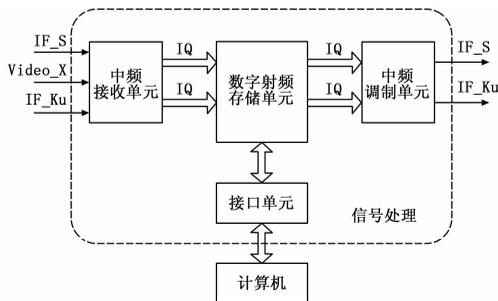


图 4 功能组成框图

4.3 主控计算机

主控计算机是整个系统的控制中心, 通过软件控制雷达收发组件、中频信号处理单元接收和发送 3 个工作波段的电磁信号。控制模拟目标和导弹的红外信号灯点亮, 控制滑块按照导弹运动规律进行上下运动, 模拟导弹和目标交会过程。

硬件上选用目前市场上主流 CPU 和主板, 外形结构采用 Lp-55 灵屏工控机。采用 RS232 通信接口与信号处理机箱连

接，相互发送的主要信息报文见表 1。

表 1 主控计算机与信号处理机箱间信息报文

主控计算机发送	信号处理机箱回传
参数装订报文	自检状态报文
训练开始报文	设备状态报文
训练结束报文	参数回送报文

4.4 红外信号灯

红外信号灯用于为武器系统红外跟踪器产生目标、导弹红外信号。根据红外跟踪器工作波段选取适用的红外信号光源，为了保证红外跟踪器稳定跟踪目标，将 16 个光源组成一个方阵^[3]，增加红外光源的能量，如图 5 所示。

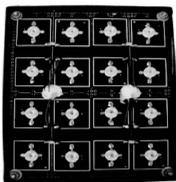


图 5 光源方阵图

4.5 滑架

为了实现红外灯模拟导弹运动规律，在滑轨底部安装模拟目标的红外灯，滑块上安装模拟导弹的红外灯，在滑轨两端安装两个渐近开关，滑块在步进电机和传动带的控制下，沿导向杆进行上下运动，模拟导弹在红外跟踪器视场的运动情况。机械设计如图 6 所示。

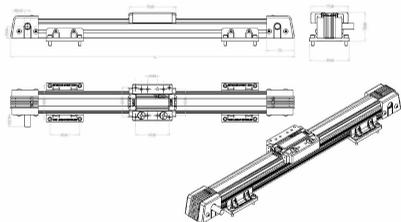


图 6 机械设计图

4.6 气动桅杆

该便携式桅杆可以在不同高度上升降，以配合不同舰型武器装备的高度，利用固定钢缆进行三角形方式固定桅杆。也可将便携式桅杆依靠到舰上固定支架上，用绳子固定好。

5 软件设计

5.1 软件组成

软件由系统技术应用软件和共用的标准化软件模块组成；系统技术应用软件包括运动参数设置应用软件、运动特性处理应用软件、弹目交会处理应用软件、运动部件控制应用软件、设备自检应用软件等，分别用于完成各分系统功能的实现。标准化软件模块由 RTX 时间同步支持、数据监听服务、态势显示、表页显示、曲线显示、状态显示等功能模块和时间同步软件组成，是各分系统应用软件开发或运行的基础^[4]。

系统技术应用软件设计如图 7 所示。

5.2 软件流程设计

根据目标保障系统的工作要求，更好地达到海军舰艇部队训练目的，对软件流程设计如下：

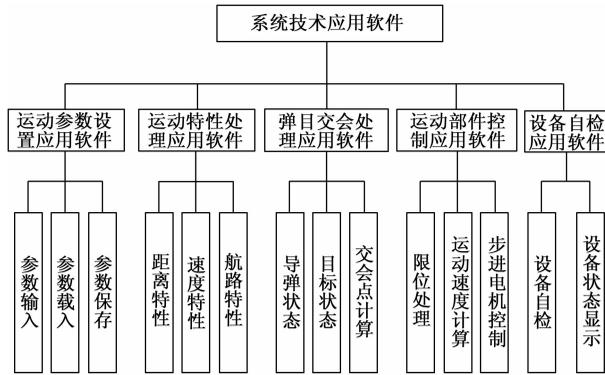


图 7 系统技术应用软件设计框图

1) 提取搜索雷达脉冲信号，并以此作为启动信号。根据设置目标运动要求，由信号处理模块按所需目标距离、速度等特征产生搜索雷达的回波信号。

2) 接收到跟踪制导雷达信号后，按设置的搜索雷达目标运动特征，产生火控雷达回波信号，并由天线发射回波信号，保证模拟的两个雷达信号同步，运动特征相同。

3) 接收到制导指令的信号，作为导弹的零位信号，送给指令波段信号处理模块，指令波段信号处理模块按导弹运动方程，产生导弹运动模拟信号，通过天线发射。

4) 系统通过计算导弹与目标的相对位置，模拟导弹与目标交会过程。当导弹与目标距离小于 100 m 时，则停止发射各回波信号，模拟弹目交会，完成拦截训练过程。

5) 所有运动目标距离都到 1 km 时，该题结束、全系统复位，进入下一循环。

6) 所有运动目标都与导弹交汇后，该题结束、全系统复位，进入下一循环。

7) 弹目交汇后，停发导弹应答信号，导弹红外灯复位，被交汇目标复位到 m_1 km (静止)，其它模拟目标继续运动。

8) 导弹运动到 m_2 km 后，停发导弹应答信号，导弹红外灯复位。

9) 导弹模拟发射后，若超过 n 秒没有收到导弹指令信号，停发导弹应答信号，导弹红外灯复位，所有目标的继续运动。

10) 后续导弹发射后，导弹红外灯点亮，开始往下走 (默认导弹红外灯在滑到中央处)。

软件流程设计详如图 8 所示。

5.3 关键技术设计

为了保证该训练系统的保障真实性，以武器系统工作原理为基础，对四方面关键性技术进行了设计^[5]。

1) 目标运动参数设置：通过操作界面可以设定目标的运动参数，包括：目标批次、目标间隔距离、目标速度及目标初始距离。

2) 目标运动特性处理：按照设备设置要求，根据雷达脉冲信号的频率信息，生成不同运动特性的运动参数，包括：目标距离、运动速度等。

3) 信号处理：通过接收天线接收不同波段的雷达脉冲信号，提取雷达脉冲信号的相位、频率信息，按设置可以产生不同间隔的多个启始信号，作为多批目标回波的启始信号。

4) 弹目交会处理：通过判决弹目交会情况，为信号模拟

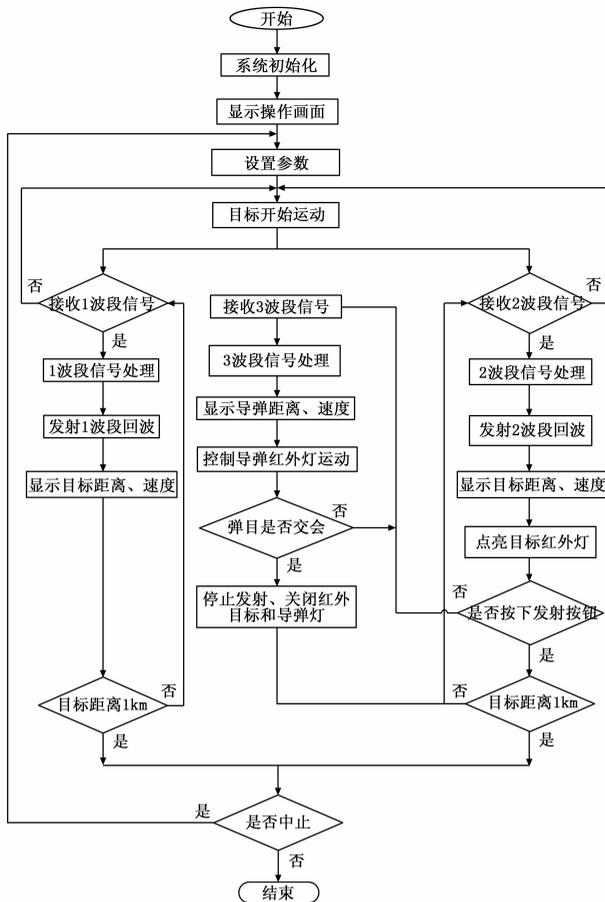


图8 系统软件流程框图

提供停止信号。

判断弹目交会是中止导弹回波模拟、搜索雷达和火控雷达目标回波模拟及停止红外信号源的前提。即当弹目交会后, 武器系统将停止发送制导指令, 结束作战过程。因此要求模拟系

(上接第103页)

参数达到了设计要求。喷洒压力稳定(通过溢流控制, 可将压力保持在2 MPa), 状态指示准确, 具有喷洒均匀、高效、可靠性高、可维护性好、便于操作等优点, 达到了既经济又简易的短流程工艺设计目的。

5 结语

本文设计的小型压制去污喷洒机控制系统, 以板式PLC作为下位机进行设备控制, 实现了汽油机、喷洒泵启停控制, 汽油机状态信号采集, 液位监视与报警等功能。使用触控屏作为操作终端, 界面简洁、操作简单, 实现了喷洒作业的可视化、自动化控制。这种控制系统结构简单、性能可靠、开发成本低, 适合在短流程控制装备中推广。

参考文献:

[1] 李锦, 张艳霞, 韩福春, 等. 我国放射性污染处置工作现状及对策研究[J]. 中国辐射卫生, 2013, 22(6): 734-737.
 [2] 朱茂祥, 王东根, 杨国山, 等. 核辐射突发事件医学应急的现场

判断弹目交会后, 应立即停止模拟导弹回波、搜索雷达和火控雷达目标回波模拟, 同时关闭目标和导弹红外信号灯电源。

6 保障实效

该训练保障系统研制完成后, 先后在海军不同舰队配合作战舰艇完成了某型舰空导弹武器系统的防空反导训练及演练工作, 工作科目包括单目标拦截、同向多目标拦截、目标二次拦截及转火打击等。

过程中, 该训练目标保障系统能为某型导弹防空系统提供3个工作波段的雷达信号, 可以正常按时序接收、模拟、延时转发相关雷达信号及模拟红外信号源, 配合武器系统完成完整作战过程。

7 结束语

本文针对舰艇部队开展实战化训练的实际需求, 给出了基于传感器信号模拟的某型舰空导弹武器系统训练保障系统设计要点, 对于其他作战工作特点的防空导弹武器系统的训练保障系统建设有一定的指导和借鉴意义, 为部队科研单位开展相应的保障建设工作提供思路及经验。

该训练保障系统研制交装后, 配合实装舰艇完成防空反导训练、演练任务, 对操作人员水平提高和武器系统性能发挥有显著的帮辅作用, 开创了部队利用电子靶标进行实战化训练的新模式。

参考文献:

[1] 吴坚, 郭齐胜, 董志明, 等. 面向武器装备需求论证的作战任务体系生成技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2015.
 [2] Yanushevsky R. 现代导弹制导[M]. 薛丽华, 范宇, 宋闯, 译. 北京: 国防工业出版社, 2013.
 [3] 杨风暴. 红外物理与技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2014.
 [4] 胡斌. 军用软件工程与实践[M]. 北京: 军事科学出版社, 2014.
 [5] 胡文华, 赵喜, 殷修生, 等. 某型火控雷达维修训练模拟器设计与应用[J]. 计算机测量与控制, 2016, 24(9): 143-145.
 [6] 救援及组织指挥原则[J]. 辐射防护通讯, 2010, 30(4): 1-6.
 [7] 张琼, 郭瑞萍, 张春明, 等. 福岛核事故中喷洒水溶性树脂降污初探[J]. 核安全, 2012, (1): 65-71.
 [8] 王天运, 任辉启, 郑力, 等. 剥离型压制去污剂研制与性能[J]. 应用基础与工程科学学报, 2006, 14(1): 1-9.
 [9] 申祖武, 王雅奇, 王天运, 等. 基于PLC的多功能喷洒车控制系统的设计[J]. 机械制造, 2010, 48(8): 27-29.
 [10] 荣大龙. 组态软件编程PLC串行通讯技术及应用[J]. 微计算机信息(测控仪表自动化), 2012(11).
 [11] 赵宗华, 李永平. 基于PLC和HMI的挤出机经济型控制系统[J]. 化工自动化及仪表, 2017, 44(2): 138-143.
 [12] 张江林, 周扬, 邓昌建, 等. 基于LM393控制的太阳能循迹小车设计与实现[J]. 现代电子技术, 2015(10): 121-123.
 [13] 杨柳, 崔明亮. 基于AT89S51的控制炉温系统的硬件设计[J]. 电子世界, 2017, 16: 54-58.
 [14] 陈兰芳, 柴山, 孔彦虎, 等. 提高PLC控制系统供电可靠性的研究与应用[J]. 甘肃冶金, 2016, 38(5): 112-115.