

某型火控雷达维修训练模拟器设计与应用

胡文华, 赵喜, 段修生, 董健, 薛东方

(军械工程学院, 电子与光学工程系, 石家庄 050003)

摘要: 为了提高教学效果, 减少实装损耗, 加强新装备保障能力, 研制某型火控雷达维修训练模拟器; 该模拟器以网络化主控计算机单元为核心, 由实装操作分系统、虚拟装备分系统、实装部组件分系统、动感分系统、联动分系统组成, 具有操作训练、维修训练、武器系统联动训练及训练评估等功能, 解决了新型雷达装备教学与训练中实装损耗大、装备数量少、训练效率低等问题; 该模拟器已用于多个雷达专业的操作、维修、综合演练等教学实践中, 与以往的训练设备相比可操作性好, 应用范围广, 教学效果明显; 文中介绍了模拟器的功能结构、硬件设计、软件设计及其应用。

关键词: 火控雷达; 模拟器; 装备操作; 维修训练

Design for Maintenance Training Simulator of Fire Control Radar

Hu Wenhua, Zhao Xi, Duan Xiusheng, Dong Jian, Xue Dongfang

(Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: In order to improve teaching effect, decrease equipment wastage and enhance support capability of new equipment one maintenance training simulator of fire control radar is designed. The simulator is based on networked computer unit, which includes equipment operation system, virtual equipment system, equipment units system, antenna control system and combined system. The simulator with the function of operation training, maintain training, joint training and training evaluation, which conquers the problem of equipment wastage, sparse equipment, inefficiency training. The simulator is used to many teaching practice of radar speciality such as equipment operating, maintenance, integrated training and so on. It also has many excellence superior to former training equipment, including better maneuverability, broad application and obvious teaching effect. This paper covers the hardware design, the software design and practical application of the simulator.

Keywords: fire control radar; simulator; equipment training; maintain training

0 引言

某型火控雷达集机、光、电、液压等多学科专业于一体, 具有技术密集、结构复杂、维修保障困难等特点, 给部队装备保障和院校教学提出了新的要求。因此, 开发该雷达维修训练模拟器对提高教学效果, 加强部队新装备保障能力, 提高装备战斗力具有重要意义。

1 模拟器功能及结构

1.1 模拟器功能

该模拟器具有操作训练、维修训练、武器系统联动训练、数据记录与训练评估、干扰与抗干扰训练等功能。

1.1.1 操作训练功能

模拟器能完成雷达的开关机练、检查调整、目标搜索、目标跟踪、开火射击、快速测试、功能测试等基本操作训练功能。

1.1.2 维修训练功能

通过主控机单元设置故障, 维修人员在实装面板、终端显示器上观察、判断故障现象; 在实装操作分系统、雷达实装部组件分系统及虚拟维修训练分系统进行故障分析和定位排除

训练。

1.1.3 武器系统联动训练功能

该模拟器能通过仿真交互平台与高炮模拟器、指挥控制系统模拟器等互联, 实现目标信息的引导与传输、高炮的标定与随动、射击诸元的输出与开火控制等联动训练。

1.1.4 数据记录与训练评估

模拟器能利用时间戳将训练过程及结果的数据记录下来, 可以对操作、维修训练科目的过程与结果的进行评估, 兵给出定量的评估结论。

1.1.5 干扰与抗干扰训练功能

模拟器可以模拟雷达常见干扰, 包含噪声干脉冲干扰、箔条干扰等, 训练雷达操作手综合运用自适应电子跳频、变重复频率、采用激光测距、电视跟踪等多种手段进行抗干扰训练。

1.2 模拟器结构

该模拟器由实装操作分系统、虚拟装备分系统、实装部组件分系统、动感分系统、联动分系统和主控计算机单元6大部分组成, 各分系统通过主控单元连接形成一个有机的整体, 其组成如图1所示。其中, 实装操作分系统用于装备操作训练, 虚拟装备分系统用于雷达的维修训练及装备之间的标定, 实装部组件分系统由真实装备组成, 用于操作与维修中实际信号的检测, 动感分系统用于逼真模拟雷达搜索天线、跟踪天线的运动过程, 联动分系统用于与高炮模拟器、指挥系统模拟器之间的互联。各分系统从功能上是一种互补关系。

收稿日期: 2016-02-02; 修回日期: 2016-04-25。

作者简介: 胡文华(1970-), 男, 副教授, 博士, 主要从事雷达装备教学和科研方向的研究。

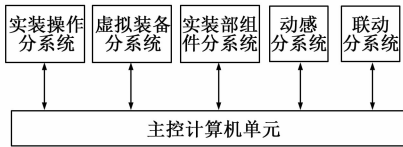


图 1 雷达维修训练模拟器系统结构框图

主控计算机单元是整个模拟器系统的核心，完成对雷达各分系统的监测与控制及雷达整体工作状态的协调与控制。还要完成该模拟器与仿真交互平台及火力系统模拟器、连站指挥系统模拟器等之间的互联。

2 硬件设计

该雷达维修训练模拟器硬件设计如图 2 所示。

2.1 主控计算机单元

该单元由主控计算机、网络交换机及连接 9 台分系统的计算机网络组成，用于控制其余 4 个分系统协调工作，共同完成装备的操作训练、维修训练、联动训练等功能。在硬件的配置上，主控计算机上安装了两块网卡，一块为模拟器内部网卡，用于系统内部 9 个计算机系统之间的通信与控制，另一块为外部网卡，用于与武器系统仿真交互平台联系。主控计算机单元各分系统及仿真导调中心之间以网线相连，采用 TCP/IP 协议通讯，技术成熟，速率高，可靠性好；便于实现分系统的信息传输，扩展性强。

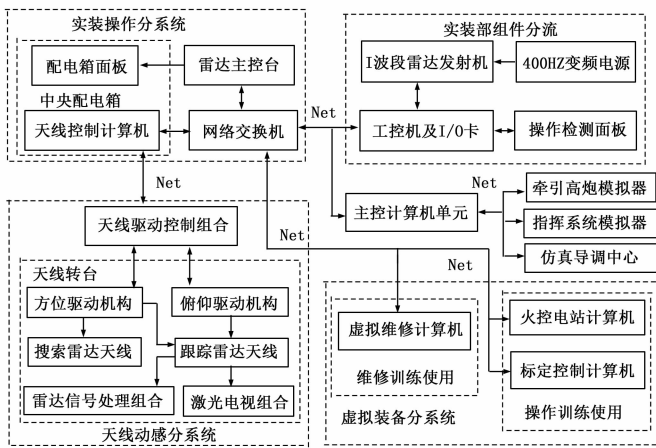


图 2 模拟器硬件结构图

2.2 实装操作分系统

该分系统是模拟器的人机交互界面，是装备的操作中心，由雷达主控台、中央配电箱、天线控制计算机及网络交换机组成。控制台是操作人员与火控系统的人机界面。

雷达主控台是操作手对雷达全系统工作状态进行控制、检测、操作、显示等操控的集合体，是整个装备的监控中心。操作人员通过主控台可以全面观察系统的工作状态，发出控制命令等，对系统进行人工干预。雷达主控台是模拟器中该分系统的核心，采用办实物仿真，其操作面板与雷达的物理面板完全一致，其功能由计算机系统模拟。

雷达主控台与中央配电箱完成装备开关机、检查调整、功能测试、搜索跟踪等基本操作；天线控制计算机用于相应雷达

主控台的号手操作信息，控制雷达天线按给定的方式运动。

2.3 虚拟装备分系统

该分系统是模拟器的虚拟仿真系统，由虚拟装备操作、虚拟装备维修、考核评估、系统使用帮助等单元组成。由计算机模拟仿真雷达组合内部结构、电路板结构以及实现各组合的逻辑控制，从而构成系统完整的工作环境。利用系统提供的虚拟测量工具，对雷达组合面板插孔以及计算机显示器上的三维雷达组合电路、电路板进行模拟测量，能够对故障进行诊断、隔离和定位，实现维修训练。利用计算机数据库技术，实现对训练过程的记录，为判定和分析提供数据。虚拟装备操作部分还包括火控电站计算机与标定控制计算机两部分，其中火控电站计算机用于模拟电站的发供电操作，其虚拟面板结构、操作步骤、影响效果与实装一致；标定控制计算机用于模拟雷达与高炮的标定及雷达与光学搜索瞄准镜的标定。

2.4 实装部组件分系统

实装部组件分系统由 I 波段雷达发射机、三相 400 Hz、115 V 变频电源、工控机及 I/O 卡、操作检测面板等组成。400 Hz 变频电源用于提供 I 波段雷达发射机的工作电源；工控机及 I/O 卡用于模拟发射机控制保护电路，控制发射机按低压电源、离子泵电源、行波管灯丝电压、偏压及高压的逻辑顺序开机，确保发射机的安全^[1]；操作检测面板包括各种测试插孔、示波器等，用于发射机工作状态及工作参数的检查与测试。

2.5 动感分系统

该分系统是雷达天线运动系统，逼真地显现搜索天线、跟踪天线的运动过程。改分系统由搜索雷达天线、跟踪雷达天线、方位驱动机构、俯仰驱动机构、雷达信号处理组合及激光电视组合组成。在尺寸上选用与雷达天线 1:1 的模型，在电气和传动原理上与真实雷达一致，在显示界面上与雷达 PPI 显示器、电视监视器一致。

2.6 联动分系统

该火控雷达模拟器除完成本机单独工作以外，还要实现与其他模拟器之间的互联，以构建武器系统的综合训练平台。火控雷达模拟器通过仿真交互平台的信息交互服务、时间管理服务以及空间管理服务接口与牵引高炮模拟器、上级指挥系统模拟器及仿真导调中心互联。

本模拟器采用集中控制和多机分布控制相结合的方式，灵活方便，安全可靠，优化了系统结构。

3 软件设计

3.1 软件设计任务

模拟器要完成操作训练、维修训练等功能，可以分解到各个分系统中。

1) 在实装操作分系统中，完成雷达开关机、检查调整、功能测试、搜索跟踪、开火射击等操作功能模拟；PPI 显示器及电视监视器显示画面的模拟；实现典型故障的设置及故障现象模拟。

2) 在实装部组件分系统中，完成发射机开关机过程的监测与控制；典型故障的设置与现实控制。

3) 在虚拟装备分系统中，完成雷达开关机操作、虚拟电

站开关机操作、虚拟装备维修、雷达的正北标定、雷达与 OS 的标定、雷达与高炮的标定。

4) 在动感分系统中, 完成雷达天线定点控制、雷达天线与主控台的同步运行与控制、模拟航路的跟踪与控制、射击诸元的输出。

5) 在联动分系统中, 完成与高炮模拟器的随动与射击控制; 与指挥系统模拟器的目标信息传输、与武器系统仿真交互平台的信息传输与控制。

3.2 软件组成

雷达模拟器软件由主控计算机单元软件、实装操作分系统软件、实装部件分系统软件、虚拟装备分系统软件、动感分系统软件、联动分系统软件等各分系统软件组成, 如图 3 所示。

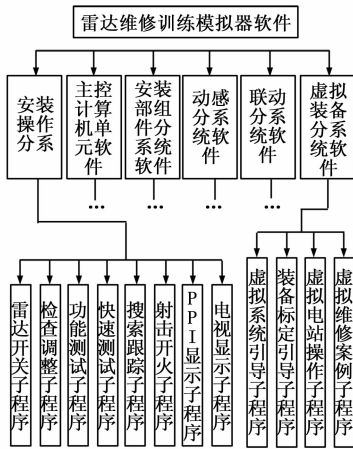


图 3 模拟器软件组成

各分系统软件又由若干子程序组成, 如实装操作分系统软件由雷达开关子程序、检查调整子程序、功能测试子程序、快速测试子程序、搜索跟踪子程序、射击开火子程序、PPI 显示子程序、电视显示子程序组成, 以上这些程序共同完成雷达的操作训练功能^[1-2]。图 3 中虚拟装备分系统软件由虚拟系统引导子程序、装备标定引导子程序、虚拟电站操作子程序、虚拟维修案例子程序组成。装备标定引导子程序用于作战准备阶段装备的标定, 本模拟器模拟了正北标定、雷达与 OS 的标定、雷达与双高炮的标定; 虚拟电站操作流程模拟火控电站的开关机过程的所有操作(含音响效果); 虚拟维修案例流程可完成三维空间内装备 30 个典型故障的排除。

3.3 软件工作流程

进入系统主界面后, 首先进行网络连接, 然后选择系统工作方式, 可选择分系统单独工作方式、自主工作方式或联动工作方式。然后选择训练项目, 包括操作训练、维修训练和联动训练可供选择。模拟器电视监视器及雷达 PPI 显示器模拟画面如图 4、图 5 所示, 模拟器软件工作流程如图 6 所示。

如选择操作训练科目, 主要在实装操作分系统上完成, 编制了开关机顺序、方法和步骤, 训练学员开关机操作; 设置装备检查调整科目; 设置了快速测试检查科目及功能测试科目; 产生模拟航路, 进行搜索跟踪训练。

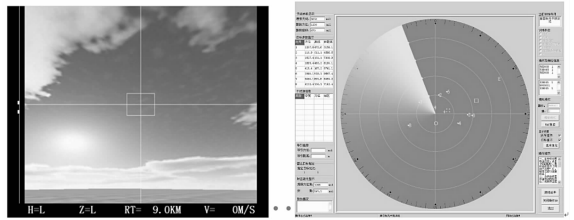


图 4 模拟器主界面

图 5 PPI 模拟画面

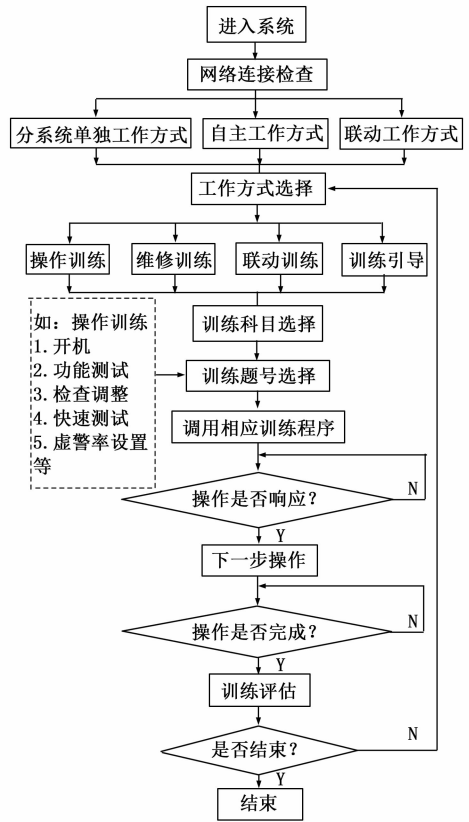


图 6 软件工作流程

4 结束语

该模拟器研制完成后, 在实装操作分系统上能完成 11 个科目共 2 个操作训练内容的训练; 在虚拟装备分系统及实装部件分系统上能完成 62 个维修训练案例的训练; 联动方式下课实现了雷达模拟器高炮模拟器及指挥系统模拟器互联互通。

采用该模拟器进行训练, 减少实装损耗、增加训练时数、提高训练效率、节省人力和训练场地费用。目前, 已用于多个雷达专业的操作、维修、综合演练等教学实践中, 可操作性好, 教学效果明显。

参考文献:

[1] 丁鹭飞, 等. 雷达原理 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
 [2] 马彦恒, 等. 雷达性能测试技术 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.