

doi: 10.7690/bgzd.2024.10.009

某型飞机分队战术模拟训练系统

周秀芝, 胡文婷, 崔益鹏

(海军航空大学青岛校区舰面航空保障与场站管理系, 山东 青岛 266000)

摘要: 针对某型飞机缺乏分队战术训练模拟器的实际, 设计基于 PC 机的某型飞机分队战术训练模拟系统。采用基于开放式通用接口数据单元的软总线、分布式可配置组件的一体化仿真平台, 构建高逼真度的航电武器仿真模型, 解决与训练人员使用感受高度相关的驾驶杆杆力模拟、视景抖动、平显显示、声音模拟等关键问题。部队使用结果表明: 该系统能提供贴近实战的战术对抗模拟训练, 且使用成本低、易维护, 具有较强的实用价值及推广意义。

关键词: 模拟训练; 分队战术; 航电仿真

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A

Tactical Simulation Training System for a Certain Type of Aircraft Unit

Zhou Xiuzhi, Hu Wenting, Cui Yipeng

*(Department of Shipboard Aviation Support and Station Management, Qingdao Branch,
Naval Aviation University, Qingdao 266000, China)*

Abstract: In view of the fact that a certain type of aircraft lacks a unit tactical training simulator, a PC-based unit tactical training simulation system for a certain type of aircraft is designed. An integrated simulation platform based on open universal interface data unit soft bus and distributed configurable components is used to build a high fidelity avionics weapon simulation model, which solves the key problems such as driving rod force simulation, visual jitter, head-up display, sound simulation and so on, which are highly related to the use experience of trainers. The application results show that the system can provide tactical confrontation simulation training close to actual combat, with low cost and easy maintenance. It has strong practical value and promotion significance.

Keywords: simulation training; unit tactics; avionics simulation

0 引言

随着仿真技术的发展和作战训练需求的不断提高, 飞行模拟训练系统正由单机训练器向多机战术协同与对抗训练系统方向发展。在这种战术训练系统中, 既可以单独使用其中的模拟器单元进行飞行和武器使用等方面的训练, 又可几台模拟器配合完成复杂的战术协同对抗训练。以全任务模拟训练系统为主要训练单元的大型战术仿真系统是战术训练系统发展的主要形式, 能够提供近似实战的训练仿真环境, 如美国 L3 通信公司的林克仿真与训练分部研发的 F/A-18C 分布式任务训练系统和航空联合部队战术训练器 (aviation combined arms tactical trainer, AVCATT) 系统都是以全任务模拟训练系统为主要训练单元。这种大型战术仿真训练系统最大的问题是成本相当高, 维护起来也比较复杂, 需要专门的技术保障人员。随着虚拟现实技术的出现和迅速发展, 出现了以基于 PC 机模拟器为训练单元的中小型战术仿真训练系统^[1-9]。这类中小型系统虽然不能提供和全任务模拟训练系统相同的座舱环境、视景系统和运动感觉, 但通过相对简易的座舱

环境和视景系统, 完全可以用于飞行员飞行操作程序和战术程序的模拟训练, 从而可以部分地将在大型战术训练系统上的训练任务转移到这类中小型系统上来, 保证训练质量, 降低训练费用。

笔者采用一种基于开放式交互“软总线”和通用接口数据单元、分布式灵活配置运行组件的体系结构, 利用基于事件驱动机制的仿真交互方法和基于配置文件的军用飞机描述方法, 以模型和数据为支撑, 构建了高逼真度的航电武器仿真模型, 设计和实现了基于 PC 机的某型歼击机分队战术模拟训练系统, 为战勤人员提供了逼真的战术训练平台, 可以完成改装飞行程序训练、单机种战术程序训练、战法研究分析和作战行动预演等课目的训练, 不仅实现了贴近实战的战术对抗模拟训练, 而且对战前演练、战后讲评、新战法研究起到了积极的促进作用^[2], 且系统成本低、易维护。

1 总体架构

1.1 布局与功能

系统由座舱、视景、红蓝方战术引导台、2 维

收稿日期: 2024-06-25; 修回日期: 2024-07-29

基金项目: 装备维修科学研究与改革

第一作者: 周秀芝(1977—), 女, 山东人, 博士。

态势、3 维态势、中控台 6 个战术模拟训练单元组成，总体布局如图 1 所示，主要完成战术飞行训练、地面引导、教员控制、计算机兵力与战术任务编辑、态势显示、盟员节点服务等功能，各部分的具体功能组成如图 2 所示。

1.2 系统组成

如图 3 所示，系统由战术模拟器、战术引导分

系统、战场环境仿真分系统、外弹道仿真分系统、综合控制分系统和辅助分系统组成。

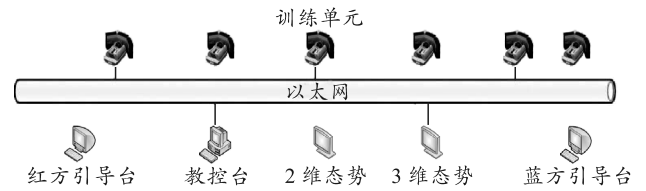


图 1 系统布局

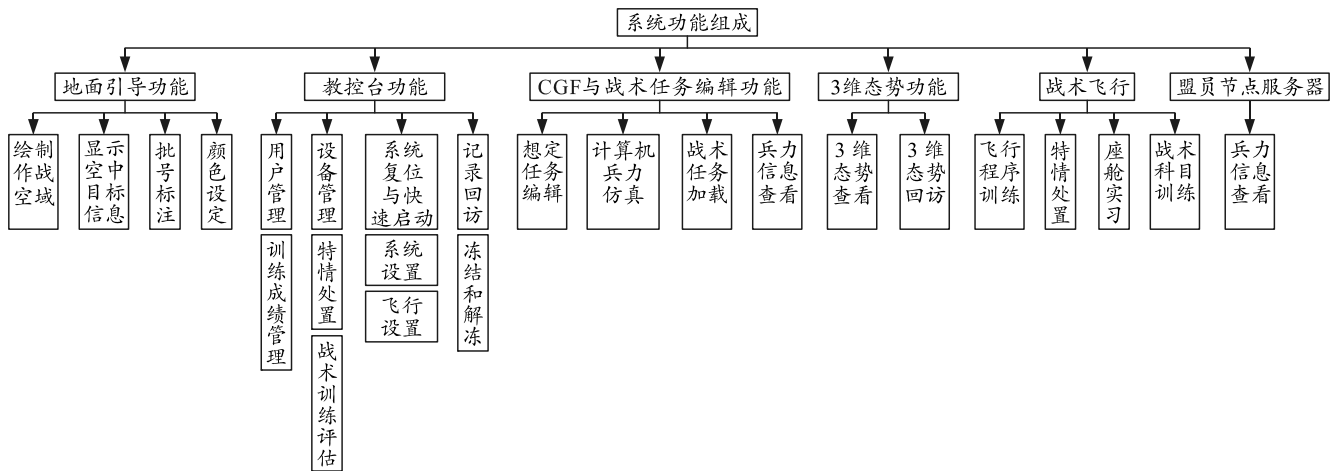


图 2 系统功能组成

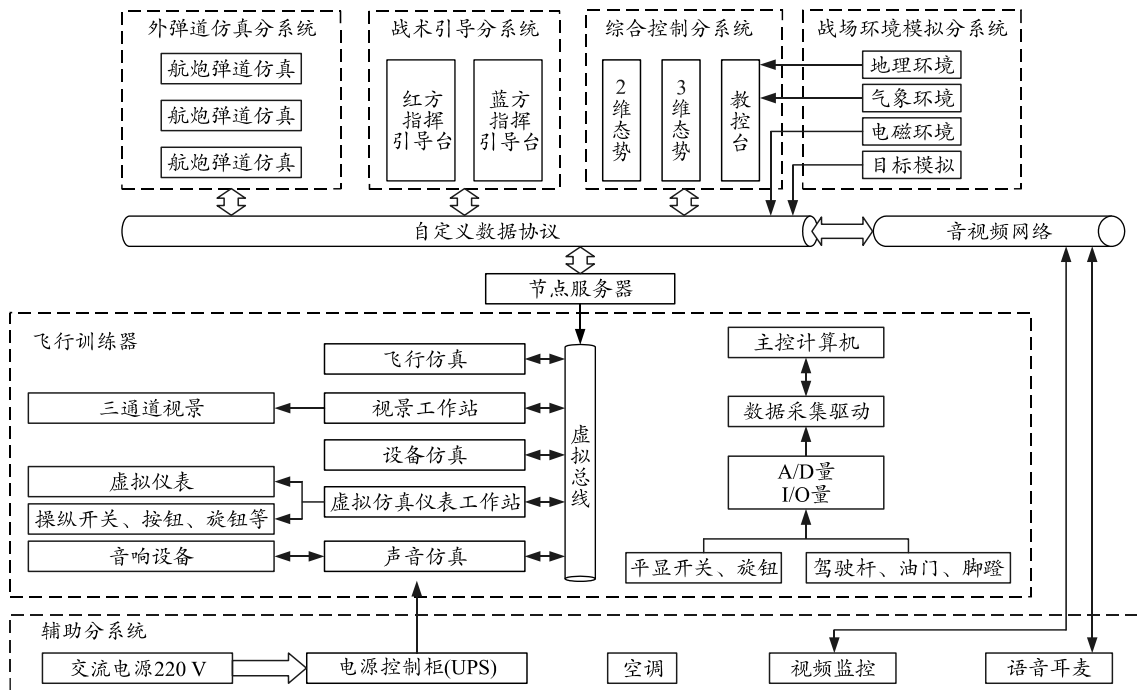


图 3 系统组成

战术模拟器的硬件由视景系统和座舱系统组成。软件由飞机仿真分系统、座舱模拟分系统、视景分系统、综合航电武器模拟分系统、声音模拟分系统组成。战术模拟器能够逼真模拟飞机的飞行性能和操纵品质特性，特别是在基本战术和战术应用训练课目中，能为受训飞行人员提供编队飞行、战

术机动、远/中/近距空战等模拟训练能力。

战术引导分系统的硬件由一个二联台体、2 个工作站、2 台显示器和 2 个耳麦组成。软件由红蓝双方的指挥引导软件组成。战术引导分系统为指挥人员提供信息，使指挥人员能够根据敌情，实时进行威胁程度判断，分别对红蓝双方飞机实施战术

引导。

战场环境仿真分系统主要由地理环境模拟、气象环境模拟、电磁环境模拟和目标环境模拟 4 个软件模块组成。该分系统除提供静态环境模拟外，还可以进行交战过程动态模拟。在本系统内部，可仿真在线模拟器的雷达、光电等传感器态势，同时可与外部接入的计算机生成兵力 (computer graphics facility, CGF) 进行空空、突防、空面等对抗模拟。

外弹道仿真系统主要由航炮外弹道仿真、火箭弹外弹道仿真、两型导弹外弹道仿真 3 个软件模块组成。该系统可以仿真非制导和制导 2 大类机载武器的外弹道。

综合控制分系统的硬件由一个三联合体、3 个工作站、3 台显示器、2 台投影仪、2 个投影幕和 1 个耳麦组成。软件由教控制台分系统、2 维态势分系统和 3 维态势分系统 3 部分组成。该系统是战术模拟训练的主控制中心，能够对战术模拟训练过程进行课目设置、飞行条件设置、战场环境设置、训练过程监视和训练过程控制。

辅助分系统硬件由电源系统、接地系统、空调系统和除湿系统等组成，软件主要由网络分系统和控制监视分系统组成。该系统可以对整个模拟器的运行状态进行监控，包括系统的关机、重启、程序启动、实时监控系统中硬件的运行状态，完成整个系统的通信。

2 实现难点及对策

2.1 构建模拟器的一体化仿真框架

在战术训练中，模拟器不仅要“仿得全”，而且要“仿得真”；因此，在系统架构、软硬件配置、系统实现等方面都存在巨大挑战^[3]，构建一体化仿真框架是必要且必需的。本系统的仿真框架建设遵循面向仿真训练的军用飞机结构分析，采用基于事件驱动机制的仿真交互方法和基于配置文件的军用飞机描述方法，支持并行计算和异步处理，针对开发人员 and 训练人员设计功能，能够适应各种部署方式，并可跨平台运行于 WINDOWS、VXWORKS、LINUX 等操作系统上，具有高度扩展性。仿真框架主要由设备事件和状态事件、设备属性和状态属性、事件分发和事件处理等组成，具有仿真解算的数据流程、事件分发和处理流程、延时事件机制、事件异步分发和处理等功能，如图 4 所示。在这个框架基础上，提供了一系列用于仿真开发、调试、运行程序的核心运行支撑环境和工具，可以将战术训练

模拟器所需的飞行、航电、武器、数据链等系统所需的仿真数据、仿真模型、仿真算法通过插件的形式有效耦合，并将通用视景工具 VegaPrime、Mantis 的渲染和控制也集成到系统中，完成了系统的构建。

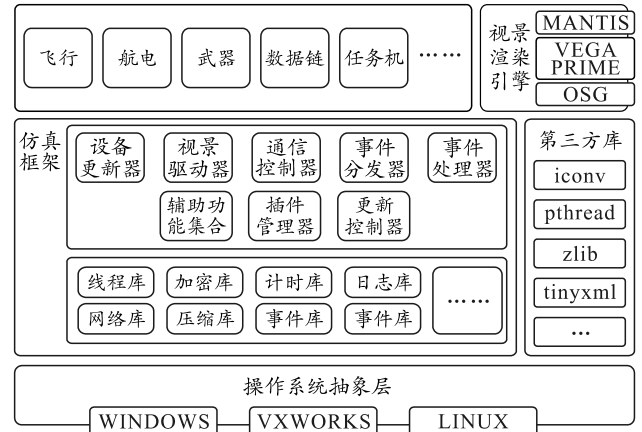


图 4 系统仿真框架

2.2 高逼真度航电武器模型开发技术

战术训练飞行模拟器是人在回路的实时仿真，重点模拟飞控、航电、武器火控等系统^[4]，系统涵盖专业广，信息关系杂，仿真模型多。航电武器系统由显示控制管理、任务、雷达、光雷、外挂物、电子战、惯导、数字地图、通信导航、大气数据、自动飞行、非航电处理等子系统组成。航电武器系统的仿真有机载实装设备搭载实装软件、仿真设备移植实装软件和仿真设备搭载仿真软件 3 种方式，各有利弊。实装软件是保证航电系统高逼真度的必要条件，全部采用实装软件来做模拟器不仅造价昂贵，而且在地面无法实现全部实装信号的激励。本系统在实现过程中，采用实装和仿真软件相结合的方法实现航电武器系统的仿真，对航电系统中最为重要的显控、任务机、武器弹道分系统采用实装软件，而雷达、光雷、外挂物等分系统采用仿真软件实现，各个系统之间的通信通过改造的总线接口控制文件 (interface control document, ICD) 进行。

航电武器模拟分系统仿真采用面向对象的思想，按系统设备进行模块化仿真，模拟分系统将包括显控管理子系统等 13 个仿真模块，如图 5 所示。其中显控管理子系统仿真模块又由虚拟仪表模块、两杆一舵实装模拟和显控管理处理机仿真模块组成，主要用于模拟实现综合航电武器系统的显控管理功能；其他如雷达系统等仿真模块分别用于模拟综合航电武器系统的其他各子系统的工作原理、操作逻辑和数据输出等，为显控管理子系统仿真模块提供模拟数据；它们之间的数据传输将通过总线 1

和总线 2 两个仿真模块与显控管理处理机仿真模块来完成，各个系统之间的交联关系如图 5 所示。各个仿真模块采用开放式交互总线化接口设计思想，利用一种基于通用接口数据单元体系的“软总线”，将各个设备或系统的封装结果以类似总线接口形式

的结构体变量作为输入输出结果，同时将交互的结构体变量定义成公共数据类型文件，该类型文件置于公共总线上，当设备改装或者接口出现变化时，模拟训练系统仿真设备或系统可以快速通过修改接口完成设备更新。

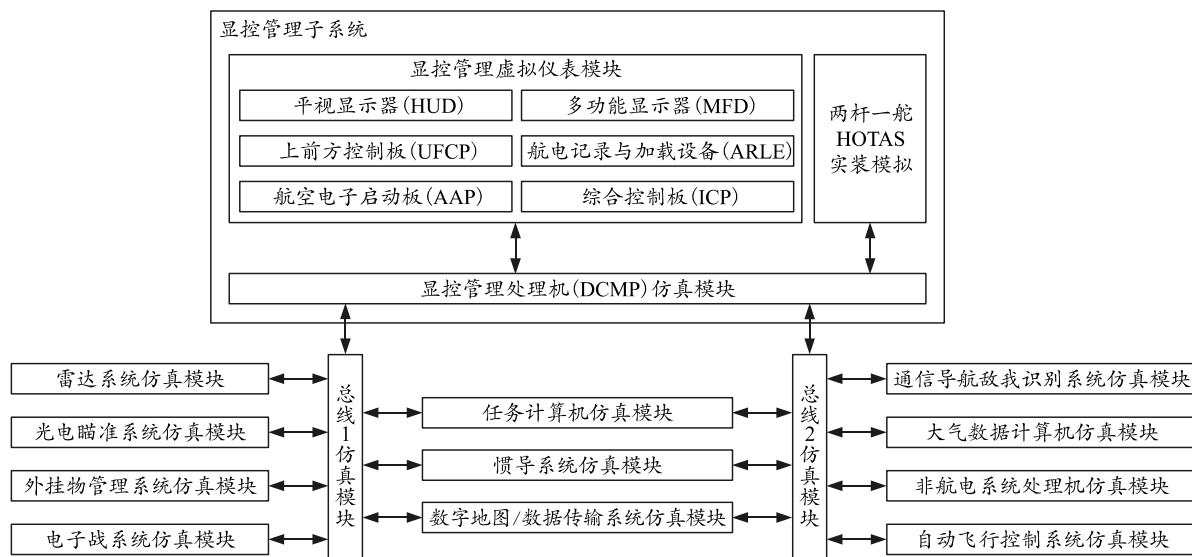


图 5 航电系统组成与交联关系

2.3 感觉系统的设计与实现

模拟器是人在回路中训练，既要尽可能地接近实际装备，产生与实战相同的训练效果，又要为训练人员提供舒适空间^[3]。现代模拟器设计过程中，将与训练人员使用体验密切相关的座舱操纵、视景、声音、运动平台分系统统称为感觉系统。本系统中的感觉系统主要包括座舱操纵、视景和声音分系统。

座舱操纵系统主要包括驾驶杆、油门杆、方向舵。笔者采用双通道电子载荷系统为飞行员提供逼真的座舱操纵感觉。操纵负荷的硬件由控制器、伺服驱动器、伺服电机、传感器等部件组成，用于产生模拟器座舱操纵力，为使模拟器的操纵性能、控制规律和飞机的操纵特性相似，系统采用了能够满足高速迭代计算的控制器和 EtherCAT 工业总线接口。操纵系统的软件用于给定飞行条件下飞机飞行操纵系统各种力的计算机和对硬件的监测、控制。操纵负荷系统是闭环系统，其工作原理如图 6 所示。通过传感器测量驾驶杆上的力、位置、速度等信号，将采集到的信号传到控制器，解算出飞机舵面的位置并通过模型算法获得当前应加于执行机构上的力度大小。其力度大小通过控制算法产生驱动电机的驱动信号，驱动信号产生的力再连杆机构传送给驾驶杆，从而模拟出飞行员在真实飞机驾驶中操纵飞机的感觉。

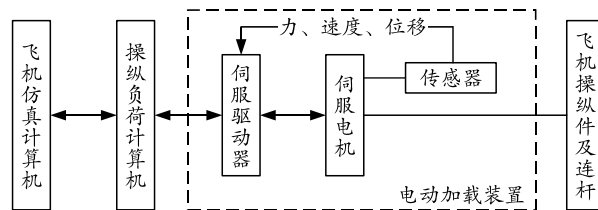


图 6 电子载荷操纵过程原理

战术模拟器的视景系统在完成基本的场景仿真功能后，在实时性、同步性等方面的要求更高^[8]，笔者采用预测与平滑相结合的滤波来处理飞行数据，取得了较好的显示效果^[10-11]。战术模拟器中平显是飞行员主要的信息获取渠道。目前模拟器中平显的实现方式有 2 种：1) 通过衍射器将平显内容进行显示；2) 直接在视景渲染窗口中嵌入平显。笔者采用第 2 种方法，需要计算平显在视景渲染通道中的位置和大小。假设平显所在通道的视场 (FOV) 是 (Left, Right, Top, Bottom)，组成这个通道的屏幕大小是 Ver*Hor 像素，平显的视场范围是 (HudL, HudR, HudT, HudB)，用虚拟仪表软件制作平显仪表的大小 HudVer*HudHor。那么平显仪表水平方向的缩放为：

$$\text{cofH} = (\text{HudR} - \text{HudL}) / (\text{Right} - \text{Left}) * \text{Hor} / \text{HudHor}.$$

垂直方向的缩放为：

$$\text{cofV} = (\text{HudT} - \text{HudB}) / (\text{Top} - \text{Bottom}).$$

平显的左下角在屏幕上位置应为：

$[(Hor-cofH*Hor)/2, (Ver-cofV*Ver)/2]$ 。

这样设计出来的平显能够有效地融合视景场景的战术目标和平显上显示的战术目标，为飞行员提供正确的目标指引。

声音系统需要模拟环境噪音、机内话音通信和提示警告音 3 部分。笔者采用 2 种方法制作音源：

- 1) 采用录音的方法，即在真实座舱内录音，然后在计算机上利用声音采集技术，将录音信号采集，并进行技术处理，转换成波形数据储存，建立音源库；
- 2) 数字生成技术，即利用计算机软件，直接生成某些特殊的声音，也作为音源，存入音源库。战术模拟训练器的声音在进行战术对抗时只能单方通信，即红方与红方通信，蓝方与蓝方通信；因此，需要提供声音分组接口，如图 7 所示。在实现过程中模拟系统采用数字音响合成技术，使用一台 PC 机生成各种音响，包括通信、导航台、发动机、告警的声音，利用多种声源进行组合控制。



图 7 声音分组设置界面

3 实现效果

通过深入研究某型飞机分队战术模拟训练系统的仿真框架、机载系统和感觉系统，并对高逼真度航电武器模型、联网数据一致性等技术难点进行攻关，最终实现的系统效果如图 8 所示，分别是单个模拟训练单元、系统整体布局、3 维态势和系统教控台。



(a) 单个训练单元



(b) 6 个训练单元



(c) 3 维态势界面



(d) 教控台界面

图 8 系统实现效果

4 结论

本文中某型机分队级战术模拟训练系统借鉴了相应系统的设计思想和先进技术，同时针对具体实际，重点研究了集开发、调试、维护为一体的集成式一体化仿真框架，并在该框架上设计了高逼真度的航电武器模型和感觉系统，实现了 6 个模拟训练单元组成的分队战术对抗模拟训练系统。该系统既可进行单机驾驶术仿真训练，又能灵活组队完成战术对抗训练科目。系统结构简单，硬件通用性强，目前已大规模配发到基层部队使用，使用结果证明：通过这种近似实战背景下的对抗性训练能够提高飞

行员的战术意识, 加快飞行员的战斗力养成; 同时, 该系统还可完成战法预演和新战法研究, 对提高指战员的战术素养有较大的帮助。

参考文献:

- [1] 张文娟, 赵志军. 海军陆战队战术模拟训练系统构建研究[J]. 计算机与数字工程, 2018, 46(2): 298-301.
- [2] 刘永易, 李军, 黄绍君, 等. 航空兵分队战术模拟训练系统设计[J]. 指挥控制与仿真, 2011, 33(4): 75-78.
- [3] 朱元武, 刘永亮, 明月. 面向战术训练的装备模拟器的设计[J]. 火力与指挥控制, 2016, 41(6): 145-148.
- [4] 朱涛, 沈明辉, 黄绍君, 等. 战术训练飞行模拟器综合显示系统仿真架构与实现[J]. 2020, 42(2): 124-127.
- [5] 樊延平, 潘丽君, 黄俊卿. 分队战术模拟训练嵌入式评估[J]. 兵工自动化, 2020, 39(6): 69-73.
- [6] 张卫民, 梁建奇, 马红卫, 等. 陆军分队战术模拟训练

(上接第 10 页)

4 结束语

笔者设计的 2 维伺服平台一键测试系统, 为雷达导引头批生产提供了便捷。时间测试验证结果表明: 该测试设备能够满足测试需求, 显著提高测试效率, 测试时间由原来的 15 min 以上降低到 3 min 以内, 并提高了测试过程和数据分析的可靠性。后续还可根据测试需要开发自动打印功能, 进一步提高工作效率。

参考文献:

- [1] LOOFIE G. Integrating VISA, IVI and ATEasy to Migrate Legacy[C]//IEEE Autotestcon Proceedings, San Antonio. IEEE, 2004.
- [2] RAKUFF S, CUTTINO J F. Design and testing of a long-range precision fast tool servo system for diamondtuning tuning[J]. precision engineering, 2009(3): 210-215.
- [3] KANG H, LEE C, CHUNG C. Control design for self-servo track writing using a state-space disturbanceobserver[C]//2009 Asia-Pacific Magnetic Recording Conference. APMRC, 2009: 56-59.
- [4] 郭磊, 冉黎林. 雷达导引头自动测试系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 106-109.
- [5] 贾景堃, 秦彦君, 熊厚金. 某型导引头综合测试设备的设计与实现[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(9): 126-129.
- [6] 邹德智, 那洪祥. 单脉冲雷达大盘水平自动化标定设

系统中的坐标变换研究[J]. 系统仿真学报, 2013(S1): 220-224.

- [7] 朱涛, 来森, 万鹏程, 等. 航空兵分队模拟训练系统教员控制台设计与实现[J]. 指挥控制与仿真, 2020, 42(4): 137-140.
- [8] 邓晴莺, 李国翬, 王宝奇, 等. 某飞行模拟器视景系统的设计与实现[J]. 兵工自动化, 2016, 35(8): 75-79.
- [9] 曹建平, 朱国涛, 孙文柱, 等. 一种新的异构系统集成方法、框架与实现[J]. 计算机测量与控制, 2020, 28(4): 170-175.
- [10] 柳玉, 张蓉. 战术训练模拟系统 Multi-Agent 协同通信机制研究[J]. 武汉大学学报(理学版), 2014, 60(6): 225-230.
- [11] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [12] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [13] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [14] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [15] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [16] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [17] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [18] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [19] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [20] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [21] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [22] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [23] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [24] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [25] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [26] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [27] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [28] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [29] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [30] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [31] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [32] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [33] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [34] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [35] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [36] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [37] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [38] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [39] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [40] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [41] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [42] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [43] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [44] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [45] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [46] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [47] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [48] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [49] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [50] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [51] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [52] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [53] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [54] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [55] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [56] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [57] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [58] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [59] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [60] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [61] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [62] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [63] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [64] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [65] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [66] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [67] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [68] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [69] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [70] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [71] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [72] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [73] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [74] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [75] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [76] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [77] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [78] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [79] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [80] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [81] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [82] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [83] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [84] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [85] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [86] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [87] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [88] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [89] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [90] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [91] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [92] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [93] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [94] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [95] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [96] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [97] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [98] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [99] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.
- [100] 曹建平, 朱国涛, 周秀芝, 等. 飞行模拟器分队战术仿真中视景图形抖动研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(10): 196-200.

计与实现[J]. 电子测试, 2017(11): 39-41.

[7] 乔淑君, 李晓峰. 有源相控阵天线测试通用平台设计与实现[J]. 计算机测量与控制, 2022, 30(7): 20-25.

[8] 张金全, 陈正宁. 天线方向图自动测试系统设计与实现[J]. 自动化技术与应用, 2014, 33(1): 40-42.

[9] 李佩珊. 电动舵机通用测试系统设计[J]. 自动化仪表, 2020, 41(1): 106-109.

[10] 陈娟, 张建, 胡贵明. 基于 LabWindows/CVI 的导弹舵机测控系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2017, 25(6): 86-88.

[11] 张文广, 王朕, 刘生华. 基于 PXIe 总线的便携式电动舵机测试系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2018, 37(7): 122-26.

[12] 夏中亚, 王伟, 陆晓明, 等. 基于 LabVIEW 的某型舵机综合性能测试系统[J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(1): 53-56.

[13] 秦清, 杨志明. 雷达伺服系统自动测试及效能评估方法研究[J]. 信息通信, 2020(10): 50-53.

[14] 赵爽, 邓先荣. 雷达伺服性能在线自动测试的面向对象设计[J]. 现代雷达, 2015, 37(2): 59-62.

[15] 彭乾隆. 伺服机构综合性能测控平台的设计与实现[D]. 南京: 南京理工大学, 2016.

[16] 李宏科, 王万玉, 冯旭祥, 等. 遥感卫星接收系统伺服监控软件设计[J]. 现代电子技术, 2016, 39(12): 38-41.

[17] 马欣. 导引头伺服测试系统上位机软件的设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2020.