

倾斜瞄准式导弹发射装置检测设备设计

李洪涛

(中国人民解放军 92941 部队 93 分队, 辽宁 葫芦岛 125001)

摘要: 倾斜瞄准式导弹发射装置的技术状态是影响舰载末端反导弹武器系统正常发射导弹并精确制导的重要因素, 是舰载末端反导弹武器系统维护工作必须进行的检测内容; 为了便于导弹发射装置检测工作与导弹武器系统其它组成部分技术状态检查的并行开展, 提高导弹武器系统维护检查工作效率, 提出了倾斜瞄准式导弹发射装置检测设备的设计方案; 从总体设计、硬件设计、软件设计等方面对倾斜瞄准式导弹发射装置检测设备设计进行了详细论述; 通过试验验证, 该检测设备设计合理、功能正确, 性能满足导弹发射装置技术状态检测要求。

关键词: 导弹发射装置; 检测设备; 设计; 倾斜瞄准式

Design of Tilt Aiming Missile Launcher Performance Detector

Li Hongtao

(No. 92941 Unit of PLA, Huludao 125001, China)

Abstract: The performance of tilt aiming missile launcher is an important factor that affects the missile launch and the guidance accuracy of ship-based terminal anti missile weapon system. Its testing is the necessary contents of ship-based terminal anti missile weapon system maintenance. In order to facilitate the detection of missile launcher independently, parallel with other subsystem detection, improve the efficiency of missile weapon system maintenance, the tilt aiming missile launcher performance detector is proposed to design. Macro scheme, hardware design, software design are researched in the design of the tilt aiming missile launcher performance detector. Through the test, the tilt aiming missile launcher performance detector's design is reasonable. Its function is correct, and the performance meet the inspection requirements of the missile launcher performance.

Keywords: missile launcher; detector; design; tilt aiming

0 引言

倾斜瞄准式发射装置是舰载末端反导弹武器系统的重要组成部分, 它按照导弹武控系统的指令, 实现导弹发射架俯仰和方位的瞄准运动, 赋予导弹初始发射角, 并实时反馈发射装置的工作参数和状态, 其技术状态直接关系到导弹的正常发射及制导精度。在部队试验、演练和维护等工作中需要对发射装置功能、性能进行检查、检测, 以检查其技术状态是否满足作战使用要求^[1]。为便于倾斜瞄准式导弹发射装置技术状态检测工作与导弹武器系统其它组成部分技术状态检查的并行开展, 提高导弹武器系统维护检查工作效率, 需要研制专用的检测设备, 实现发射装置的功能检查、接口检查和随动精度检测。

1 总体方案

1.1 组成及功能

倾斜瞄准式导弹发射装置检测设备用于倾斜瞄准式导弹发射装置技术状态检测, 由硬件和系统软件组成, 具备以下功能:

- 1) 能模拟武控系统发送控制指令, 完成对发射装置的控制、发射装置调试和性能检查;
- 2) 能向发射装置发送调转、等速、正弦信号, 模拟武控

系统发送的目标点迹, 检验发射装置的调转速度、调转时间、等速跟踪能力、正弦跟踪能力, 也可检验发射装置的静态精度和动态精度^[2];

3) 调转角度、等速速度、指定角位置、正弦幅值和周期等参数可根据用户需求输入不同值, 全范围检验发射装置的工作能力及精度;

4) 能实时显示发射装置的工作状态, 发射装置故障时, 能及时接收到故障信息并以图形显示, 同时给出故障代码, 通过查询故障代码可快速定位发射装置故障;

5) 能记录目标点迹和发射装置工作状态, 并以图形显示。

1.2 设计指导思想

- 1) 采用成熟技术, 结构简单, 界面显示明确;
- 2) 按照发射装置与导弹武控系统通信协议, 采用 Vxworks 操作系统进行检测设备软件开发;
- 3) 按照配置适当, 便于携带, 满足使用要求进行硬件设计, 并能够运行 Vxworks 操作系统。

1.3 主要指标和要求

- 1) PIII 以上处理器, 硬盘 2 G 以上, 内存 256 M 以上;
- 2) 便携式外壳应加固且轻便, 重量不大于 8 kg;
- 3) 能运行 Vxworks 和 Windows 程序;
- 4) 网络接口: 10 M/100 M 自适应网卡;
- 5) 性能满足导弹发射装置随动精度检查要求。

1.4 工作原理

倾斜瞄准式导弹发射装置检测设备根据通信协议向发射装

收稿日期:2017-01-16; 修回日期:2017-02-21。

作者简介:李洪涛(1977-), 男, 山东莱芜人, 硕士, 工程师, 主要从事舰载导弹武器系统试验鉴定方向的研究。

置控制指令，控制发射装置进入作战、训练、维护等工作模式；模拟正弦机根据用户输入的数据生成调转、等速、正弦目标点迹；以通信协议规定的工作周期发送目标点迹信息，发射装置收到点迹信息后，按照规定的规律解算驱动发射架进行调转和跟踪；显示界面显示用户输入数据和发射装置回馈的数据和状态；时统模块每隔 1s 向发射装置发送一个秒脉冲信号^[3]。

1.4.1 模拟调转

检测设备根据用户输入的数据生成调转函数，向发射装置发送目标角；发射装置收到指令后调转到目标角位置，并返回发射架实际角位置数据。其过程为检测设备计算目标角和实际角位置的差，生成一串发射架运动点迹数据，然后每工作周期向发射装置发送一个点迹，发射装置收到指令后加速、减速，直至到达目标角位置，停止发送。其调转工作曲线如图 1 所示。



图 1 调转工作曲线图

1.4.2 模拟等速

用户输入的速度和目标角位置参数生成等速函数，按照等腰梯形图的加速、等速、减速规律生成发射架运动点迹数据，然后每工作周期向发射装置发送一个点迹，发射装置收到指令后加速、减速，直到到达目标角位置，停止发送。其等速工作曲线如图 2 所示。

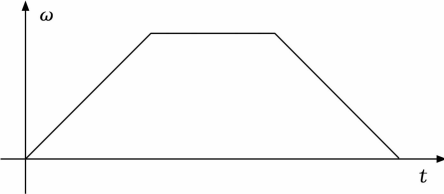


图 2 等速工作曲线图

1.4.3 模拟正弦

检测设备根据按照用户输入的幅值和周期参数生成正弦函数，按照正弦图生成发射架运动点迹数据，然后每工作周期向发射装置发送一个点迹，发射装置收到指令后加速、减速，直到到达目标角位置，停止发送。其正弦工作曲线如图 3 所示。

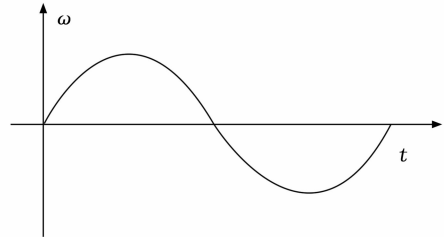


图 3 正弦工作曲线图

2 硬件设计

倾斜瞄准式导弹发射装置检测设备向发射装置发送指令和指向信息控制发射装置实现随控瞄准运动，同时接收并显示运行状态和架位信息，完成功能检查、接口检查和随动精度检查。硬件配置如表 1 所示。

表 1 硬件配置表

硬件名称	规格
主板	PC104 主机板
CPU	英特尔奔腾 M 处理器，主频 1.3 GHz
内存	512M DDR
硬盘	2.5 寸 160G IDE 硬盘
光驱	DVD 刻录
显示器	15 寸液晶显示屏，分辨率 1024×768
电源	220V 交流电源，外配适配器
键盘/鼠标	三防键盘，触摸鼠标
航插接口	1 个电源航插接口
标准接口	1 个 VGA 接口； 1 个 10 M/100 M 自适应网口； 1 个 USB2.0 接口； 1 个 RS232 串口（预留给时统模块）
时统模块	总线接口：PC104(16bit)； 对外接口：RS-422A，串口 9 芯连接器件； 脉冲信号：符合 RS-422A 规范， 电压正脉冲信号， 脉冲宽度<30 ms， 准时点为脉冲前沿， 脉冲间隔 1 s±1 ms
机箱材质	铝合金

机箱采用铝合金轻质材料成型，密封结构，重量轻、结构坚固、散热性能好，且不易腐蚀。内部走线规范，线扎布置合理；考虑各线路板安装维护空间，插板有定位装置；输入/输出插座及各接口位置布局合理，使用电缆连接时，插头互不干涉。

主板采用 PC104 集成主板，集成了网卡、显卡、网卡等。其优点是体积小，可作为普通元件组件使用；可靠度高，具有极好的抗震性；功耗低，6 mA 总线驱动即可正常工作；同时可大大降低成本。主板在满足使用要求前提下减少配置，有效缩小体积。

时统模块用于检查发射装置准秒脉冲接口。时统模块与主板通过 PC104 形式连接，并用螺钉紧固；对外接口通过串口 9 芯连接器件及线缆引至机箱 RS232 串口处。时统模块采用硬件计时电路，在接收到时统信号后开始计时，按每毫秒计时，可连续计时 24 小时，24 小时后清零重新计时。

硬件设计在满足基本使用要求前提下，采用自制底板整合核心部件为一体化模块的加固方案，以提高整体牢固性；采用专用高强度、高可靠性连接器进行连接以及点胶加固等防松、防脱落处理措施，以使硬件具有较高的可靠性和环境适应性，同时考虑便携性要求。

3 软件设计

发射装置检测设备软件设计根据舰载末端反导弹武器系

统发射装置功能检查、接口检查、随动精度检查等功能需求确定其软件功能及流程。软件设计采用 Vxworks 操作系统, 编程采用 C 语言, 通信采用 UDP/IP 协议。

3.1 软件界面设计

软件界面如图 4、图 5 所示。界面左上部区域为数据显示区, 下部区域为状态显示区。界面 1 右上部区域为发射装置检测设备工作参数用户输入区, 界面 2 上部区域为发射装置随动误差曲线显示区^[4-5]。

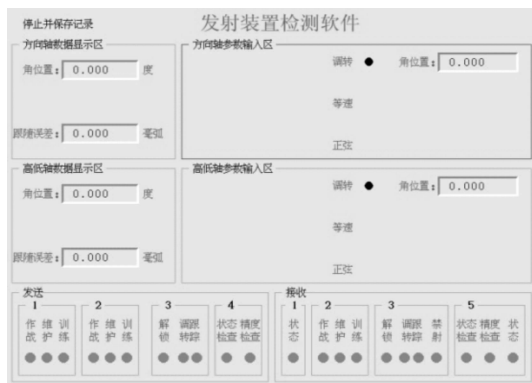


图 4 界面 1

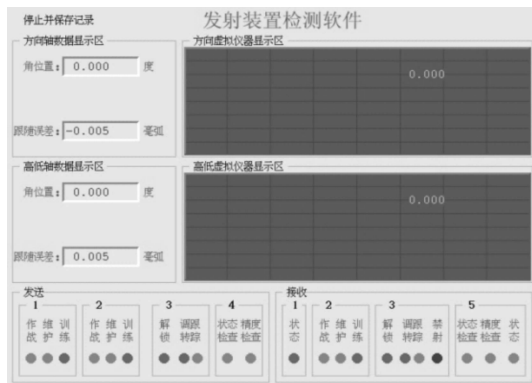


图 5 界面 2

3.2 软件流程设计

软件流程如图 6 所示。

发射装置检测设备启动后, 软件通过接收键盘操作指令选择作战、维护或训练工作模式, 并通过双冗余以太网接口向发射装置发送“工作模式选择”报文, 用于控制发射装置发射装置完成工作模式选择。

在上述三种工作模式下, 软件通过接收键盘操作指令和数据, 控制发射装置完成方向回转和高低俯仰运动。软件具有发送模拟正弦机和真实目标两种工作方式, 前者又包含调转、等速和正弦三种模拟目标的发送, 可根据需要选择执行。

在发送模拟正弦机目标工作方式下, 软件通过接收键盘操作指令和数据分别装定方向和高低的调转、等速或正弦模拟目标, 通过双冗余以太网接口周期性地向发射装置发送含有正弦机生成的目标序列的“控制命令”报文, 控制发射装置完成方向回转和高低俯仰运动, 并接收发射装置回馈的含有发射架当前角位置和工作状态信息的“状态反馈”报文, 显示、记录实际位置和误差, 同时可进入曲线显示界面观测发射装置能否满

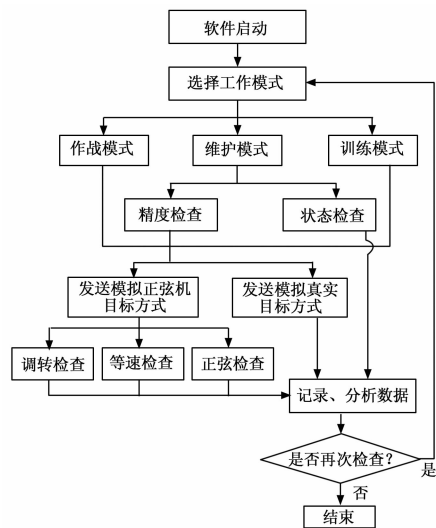


图 6 软件工作流程图

足调转和目标跟踪性能指标要求。

在发送模拟真实目标工作方式下, 软件通过接收键盘操作指令触发装定在系统初始化时已载入内存 (通过读取存储在硬盘上的模拟真实目标序列文件) 的模拟真实目标序列数据, 通过双冗余以太网接口周期性地向发射装置发送含有模拟真实目标序列的“控制命令”报文, 控制发射装置完成方向回转和高低俯仰运动, 并接收发射装置回馈的含有发射架当前角位置和工作状态信息的“状态反馈”报文, 显示、记录实际位置和误差, 同时可进入曲线显示界面观测发射装置能否满足调转和目标跟踪性能指标要求。

软件通过接收键盘操作指令确认执行发送模拟目标的同时启动记录, 一个模拟目标序列结束或必要时, 软件通过接收键盘操作指令停止并保存记录, 同时在参数输入界面区域刷新含最新记录数据信息 (调转时间、实际位置和跟随误差等) 的曲线显示。

3.2.1 工作模式选择的工作过程

工作模式选择通过按键切换模式并发送“工作模式选择”报文, 控制发射装置完成作战、维护或训练三种工作模式的选择。

维护工作模式下通过按键选择维护方式并发送“维护命令”报文, 控制发射装置完成维护工作模式下的状态检查或精度检查。

3.2.2 发送模拟正弦机目标工作方式下的工作过程

该工作方式包含调转、等速和正弦三种模拟目标的发送, 发送目标序列根据用户的输入参数, 按照调转、等速、正弦规律解算生成。

软件通过网络以工作周期向发射装置发送含有方向和高低调转、等速和正弦目标角信息的“控制命令”报文, 控制发射装置完成方向回转和高低俯仰运动, 并接收“状态反馈”报文, 数据显示区动态更新当前实际角位置等信息, “接收”区动态更新发射装置当前状态信息。

3.2.3 发送模拟真实目标工作方式下的工作过程

该工作方式以之前采集的舰空导弹武器系统校飞试验或导弹飞行试验中真实目标数据作为模拟目标序列, 向发射装置发

送。软件读取存储在硬盘上的真实目标序列，通过网络以工作周期向发射装置发送含有方向和高低模拟真实目标序列信息（在系统初始化时通过读取存储在硬盘上的文件将数据载入内存）的“控制命令”报文，控制发射装置完成作战任务，并接收“状态反馈”报文，“数据显示区”动态更新当前实际角位置等信息，“接收区”动态更新发射装置当前状态信息。

3.2.4 记录数据的执行过程

检测设备工作过程中，软件具有记录和显示实际位置、误差等数据的功能。软件通过网络以工作周期向发射装置发送“控制命令”报文，同时自动启动记录，保存相关数据至硬盘，并在虚拟仪器显示区显示实际位置、调转时间或实际误差。数据显示区动态更新当前实际角位置等信息，“接收”区动态更新发射装置当前状态^[6]。

4 试验验证

为了验证倾斜瞄准式导弹发射装置检测设备设计合理性、功能正确性、性能是否满足导弹发射装置检测要求，利用该设备进行了导弹发射装置检测试验。将倾斜瞄准式导弹发射装置检测设备通过发射装置电缆与某型舰载末端反导弹武器系统发射装置连接，检测设备和导弹发射装置加电开机。通过检测设备操作，分别在作战模式、训练模式、维护模式下控制发射装置完成功能检查、接口检查和随动精度检查。试验结果表明倾斜瞄准式导弹发射装置检测设备设计合理、功能正确，能够完成导弹发射装置功能检查、接口检查和随动精度检测，其性能满足导弹发射装置检测要求。其中一次检测结果见表 2 所示。

5 结束语

为了便于开展倾斜瞄准式导弹发射装置技术状态检测，设计开发了倾斜瞄准式导弹发射装置检测设备。完成了检测设备的总体设计、硬件设计、软件设计，并开发了相应的设备。该设备可为舰载末端反导弹武器系统发射装置技术状态检测提供独立于武器系统联调之外的技术手段，可提高武器系统技术状态检测的效率。试验验证表明，倾斜瞄准式导弹发射装置检测设备设计合理、功能正确，性能满足导弹发射装置检测要求。

参考文献：

[1] 李喜仁．防空导弹发射装置 [M]．北京：中国宇航出版社，1993.

（上接第 83 页）

[7] 管 萍，刘小河，汪 赛，等．基于模糊系统的高超声速飞行器预测控制 [J]．控制工程，2014，21（6）：823－828.

[8] 王 伟，王 昱，夏 旻．微小型四旋翼无人飞行器姿态控制 [J]．计算机仿真，2014，31（12）：59－63.

[9] 赵铭明，谢 叶，李梦柯，等．基于 DSP 的四旋翼无人飞行器控制系统 [J]．电子世界，2014，（16）：19－19.

[10] Marquart D. An algorithm for least－squares estimation of nonlinear parameter [J]. SIAM J Appl, Math, 1963，11：431－441.

[11] 舒迪前．自适应控制 [M]．沈阳：东北大学出版社，1993.

[12] 徐 仲，张凯院，陆 全，等．矩阵论简明教程 [M]．北京：科学出版社，2001.

[13] 秦宣云，卜英勇，夏毅敏．基于 AIC 准则优化的径向神经网络微

表 2 导弹发射装置检查数据记录表				
项目	指标要求		检查结果	
静态 误差	方位	装定值：0°	≥0.41°	0.11°
		装定值：30°		30.04°
		装定值：120°		120.04°
		装定值：－60°		59.99°
	高低	装定值：0°	≥0.41°	0.05°
		装定值：30°		30.04°
		装定值：50°		50.04°
		装定值：80°		80.02°
等速 跟踪 误差	方位向左低速	10°/s	≥0.87°	0.206°
	方位向左中速	25°/s		0.172°
	方位向左高速	40°/s		0.234°
	方位向右低速	10°/s		0.172°
	方位向右中速	25°/s		0.315°
	方位向右高速	40°/s		0.247°
	高低向上低速	10°/s	≥0.87°	0.143°
	高低向上中速	25°/s		0.195°
	高低向上高速	40°/s		0.135°
	高低向下低速	10°/s		0.172°
	高低向下中速	25°/s		0.097°
	高低向下高速	40°/s		0.219°
正弦 跟踪 误差	方位小正弦	振幅：20° 周期：9.2s	≥0.87°	0.344°
	方位大正弦	振幅：80° 周期：13.5s		0.407°
	高低小正弦	振幅：20° 周期：9.2s	≥0.87°	0.573°
	高低大正弦	振幅：40° 周期：13.5s		0.631°

[2] 卢志刚，吴 杰，吴 潮．数字伺服系统与设计[M]．北京：机械工业出版社，2007.

[3] 李洪涛，何 洋．舰载导弹发射架状态动态测量系统设计[J]. 计算机测量与控制，2016，24(11):100－103.

[4] 李 成，陈建群，高凤岐．基于虚拟仪器的某型导弹发射装置自动检测系统的研制[J]. 微计算机信息，2005(5):133－134.

[5] 朱 岩．导弹发射装置测试系统的设计与实现[J]. 电光与控制，2008，15(4):74－77.

[6] 李海龙，肖明清，胡 斌，等．某型导弹发射装置通用检测设备自检与校准装置设计[J]. 计算机测量与控制，2013，21(10):2723－2725.

地形曲面重构 [J]. 中南大学学报（自然科学版），2004（10）：815－819.

[14] Peng H, Ozaki T, Toyoda Y, et al. RBF－ARX model－based nonlinear system modeling and predictive control with application to a NOx decomposition process [J]. Control Engineering Practice, 2004，12：191－203.

[15] Peng H, Ozaki T, Toyoda Y, et al. Exponential ARX model－based long－range predictive control strategy for power plants [J]. Control Engineering Practice, 2001，9：1353－1360.

[16] Peng H, Ozaki T, Toyoda Y, et al. Massafumi Mori. RBF－ARX model－based nonlinear system modeling and predictive control with application to a NO_xdecomposition process [J]. Control Engineering Practice, 2004，12：191－203.