

DOI: 10.3969/j.issn.1001-3881.2014.17.030

舰载箱式无人机发射系统的设计

夏冉, 朱玉川

(南京航空航天大学机电学院, 江苏南京 210016)

摘要: 作为舰载无人机系统的重要组成部分, 无人机的发射环节一定程度上影响了无人机系统的作战效能。为了提高无人机发射效能和非战时维护贮存能力, 针对舰载小型无人机系统, 提出了一种舰载箱式无人机发射系统的设计方案。该系统采用贮运发一体结构, 由大型贮运传动箱体、发射平台以及推拉机构组成, 贮运传动箱体由机械框架结构和气动及液压系统组成, 由 PLC 控制实现传动自动化可视化; 发射平台由二自由度位置伺服系统构成, 采用交流永磁同步伺服电机驱动, 从而使系统可获得舰体摇摆状况下的高精度传动与发射; 推拉机构的设计, 使得发射平台可以在两个贮存箱体之间切换, 实现多箱无人机共用同一发射平台, 减小系统占据舰艇空间。该系统可有效提高无人机维护保养能力和发射效能。

关键词: 无人机发射系统; 液压系统; PLC 控制; 位置伺服

中图分类号: V242.4+2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-3881 (2014) 17-109-3

Design of UAV in Box Shipboard Launch System

XIA Ran, ZHU Yuchuan

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing Jiangsu 210016, China)

Abstract: As an important part of a carrier-based Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system, to some extent, the launch part of UAV affects the operational effectiveness of UAV system. In order to improve the launching performance and capability of non-war time routine maintenance and storage of the UAV, the design scheme of a carrier-based box-type UAV launch system was presented by aimed at a small carrier-based UAV system. An integrated structure of launching, transmission and storage was used by the system, which was made from large storage transmission box, launch platforms and sliding mechanism. Storage transmission box frame structure was consisted of mechanical frame and pneumatic and hydraulic system components, driven by the PLC controller to implement visible automated transmission. The launch platform was constructed by a 2-D position servo system that driven by AC permanent magnet synchronous servo motor, thereby allowing the system to obtain high-precision of transmission and launching in shipboard conditions of swinging and shaking. The design of sliding mechanism, making the launch platform switched between the two storage cabinets, which realized the multi-cabinets of UAV to use in public one same launch platform, and reduced the occupational space of system in the shipboard. The system can effectively improve the ability of UAV maintenance and launching performance.

Keywords: UAV launch system; Hydraulic system; PLC control; Position servo

0 前言

近年来, 无人机技术飞速发展, 主要涉及以下几类关键技术: 远程遥控技术、自动飞行控制技术、武器智能控制技术、新材料和模块化建造技术以及发射与回收技术等。舰载无人机的发射技术对无人机的作战效能起到关键作用, 除无人直升机以外, 无人机的发射一般采用火箭助推、滑跑起飞、气液压弹射及箱式发射等方式。滑跑起飞需要具备一定的跑道或者滑轨, 小型海基平台往往不具备这样的条件, 而箱式发射无需跑道, 可以实现零长发射; 另外, 海基平台气候湿热, 使用环境恶劣, 无人机的贮存、维护和保养也是一大难题。为了实现舰载无人机发射的安全性、

可靠性及高精度要求, 以及无人机的日常维护、保养能力, 提高使用寿命, 文中针对小型舰载无人机, 设计了一种集无人机贮存、运输和发射一体化的箱式发射系统, 该系统包括机械箱体框架, 电液比例控制液压系统, 气动定位锁紧系统, PLC 显示控制系统, 发射位置伺服系统等。平时, 具备一定数量规模的箱式无人机可以长时间贮存在大型贮运箱体中, 从而提高了无人机的维护性和可靠性; 战时, 无人机箱体可由传动系统迅速推入位置伺服发射平台实现高精度发射, 具有较强的战时反应能力。另外, 无人机的一种发展趋势是与弹药技术相结合, 发展成攻击型的巡飞弹, 这种无人攻击机形状如同炮弹, 也适宜采用这种

收稿日期: 2013-08-16

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目 (NZ2012013)

作者简介: 夏冉 (1989—), 男, 硕士研究生, 研究方向为机电控制及自动化。E-mail: xiaran737@126.com。

箱式发射系统。

1 无人机发射系统结构设计

1.1 机械结构设计

无人机发射系统结构由大型贮运传动箱体、发射平台和推拉机构组成,贮运传动箱体结构主要由侧面防护板和输送轨道组成,分为上下两层,每层配备两条导轨,导轨由间隔相等的滚条组成,从而使无人机箱体能以较小的阻力滚动传送。每条导轨可串行放置两只无人机箱体,因此,每传动箱体共可装载 8 架箱式无人机。

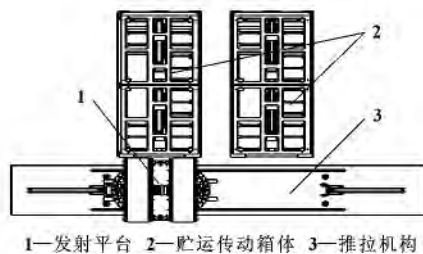


图 1 无人机发射系统二维俯视图

发射平台机械结构由防护板和输送轨道组成,分为两层,每层配两条轨道,每次可同时装载 4 架无人机,从而大大提高无人机的发射效率。框架尺寸完全对应于传动箱体,从而实现从传动箱体到发射平台的无障碍传送。

推拉机构由对称放置的两台液压缸,定位气缸以及缸体前的锁紧气缸组成,其作用是实现发射平台在相邻两传动箱体间切换,从而实现连续发射,提高发射效率。

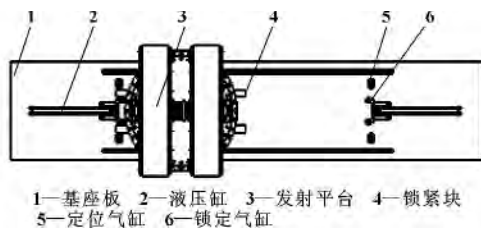


图 2 发射平台及推拉机构

1.2 气动及液压系统

传动箱体分为前后两部分,依靠传动箱体上的气液压系统,后部的 4 架无人机可同时传送至前部,再由前部传送至发射平台,从而完成发射前的无人机就位。液压系统由安装于箱体中间的 4 部液压缸组成,每部液压缸前端安装有两部锁紧气缸,可同时锁紧两只无人机箱体并完成无人机箱体的传送,对应于无人机箱体的位置,每只无人机箱体两侧分别有两个定位气缸孔,分别对应于安装在箱体两侧的 4 部定位气缸。定位气缸之间的距离等于液压缸的行程。这样,无人机箱体需要两个液压缸行程完成一次传输。

无人机箱体从贮运及传动箱体中后部输送至前部,完成一次传输过程的工作流程,如图 3 所示。

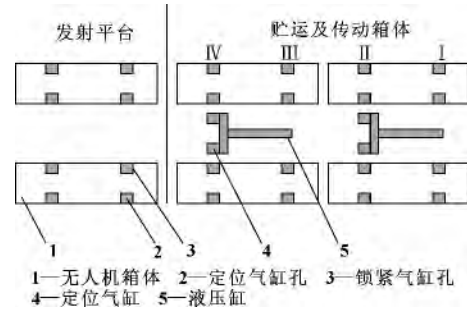


图 3 无人机箱体传动流程示意图

贮运及传动箱体后部的无人机箱体处于（I 号位及 II 号位）定位气缸定位锁紧状态,此时,液压缸位于初始状态,锁紧气缸对应于 II 号位,锁紧气缸伸出至无人机箱体锁紧孔中,锁紧无人机箱体, I、II 号位的定位气缸缩回,释放无人机箱体,液压缸推动无人机箱体前进一个行程。此时,原先处于 I、II 号位的无人机箱体到达 II、III 号位,对应位置的定位气缸伸出,固定住无人机箱体,液压缸前端的锁紧气缸缩回,液压缸退回到初始位置,锁紧气缸处于 II 号位,完成一个行程。液压缸退回到位后,锁紧气缸再次伸出,锁紧无人机箱体, II、III 号位的定位气缸缩回,释放无人机箱体,液压缸推动无人机箱体前进一个行程。此时,原先处于 II、III 号位的无人机箱体到达 III、IV 号位,对应位置的定位气缸伸出固定住无人机箱体,液压缸前端的锁紧气缸缩回,液压缸退回到初始位置,完成一次传输过程。

无人机箱体从贮运箱体传输至发射平台的过程可完全类比于上述流程。为了保证传动效率和定位精度,液压缸采用电液比例阀控制,使液压缸先以较高速度运行,当接近终点位置时,先降低至一个较低的速度,再运行至终点位置停止。

2 PLC 电控系统

为实现无人机箱体从贮运箱体到发射平台的自动装载,设计采用 PLC 电控系统,实现液压站、气压站的启停,各液压缸、气缸的动作,并通过增加 PLC 的模拟量模块来实现对电液比例阀的控制,从而实现液压缸末端输出的减速运行。系统使用触摸屏作为人机交互接口（HMI），对系统进行监控,包括查看各元件工作状态以及系统运行状况,并对控制系统发送运行控制命令等。控制系统结构如图 4 所示。

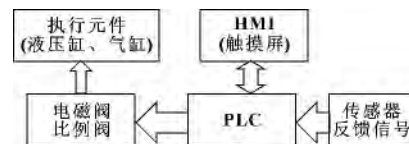


图 4 PLC 监控系统示意图

3 发射平台位置伺服系统

为了实现无人机对发射角度及发射精度的要求,以及必须克服舰船摇摆对无人机发射时的影响,发射平台采用二自由度位置伺服控制系统。系统结构图如图 5 所示。

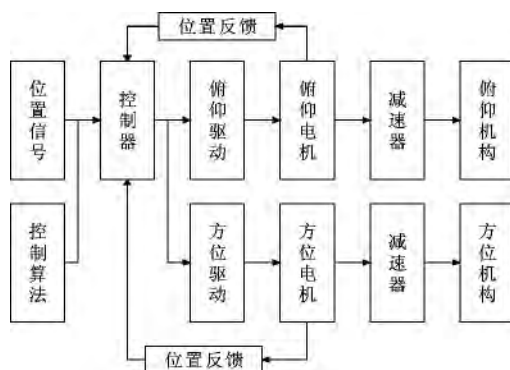


图 5 位置伺服控制系统结构图

伺服系统主要包括两个交流永磁同步电机,两个伺服驱动器,两个减速器,反馈检测模块,微型计算机控制器,电源模块等。

上述控制系统采用半闭环控制,选用高精度减速器以尽量减少传动部分的输出误差。由于无人机发射时射流的影响以及发射后负载的变化,该伺服系统是一种典型的强干扰、变参数、变负载的位置伺服系统。为了保证无人机发射的有效性,还必须设计一种强鲁棒性的控制策略,保证无人机发射时的系统稳定性。

4 结束语

无人机现已成为现代战场上不可或缺的高技术武器之一,未来无人机的应用将更加广泛。文中设计的舰载箱式无人机发射系统,集贮运发一体,充分考虑了无人机在野战环境下的贮存及运输便利性、发射前准备的快速性以及舰载运动平台下发射的精度,实现全自动化操作,提高了运作效率和实战能力。位置伺服系统的设计可保证发射时的稳定性和发射精度。

参考文献:

- [1] 吕小红. 舰载无人机[J]. 飞航导弹, 2003(11): 16-19.
- [2] 李强, 张东辉, 张宇, 等. 美国舰载无人机的装备及发展分析[J]. 舰船电子工程, 2007(5): 27-32.
- [3] 何庆, 刘东升, 于存贵, 等. 无人机发射技术[J]. 飞航导弹, 2010(2): 24-27.
- [4] 张胜三, 顾银芳. 倾斜零长发射技术研究[J]. 导弹与航天运载技术, 2009(6): 41-45.
- [5] 朱玉川, 李志刚, 马大为, 等. 某箱式多管火箭炮自动装填装置设计[J]. 弹箭与制导学报, 2006(1): 97-99.
- [6] 庞艳珂, 韩磊, 张民权, 等. 攻击型巡飞弹技术现状及发展趋势[J]. 兵工学报, 2010(S2): 149-152.
- [7] 朱玉川, 马大为, 李志刚, 等. 防空多管火箭炮交流位置伺服系统的控制策略[J]. 兵工自动化, 2006(4): 5-6.
- [8] YE Z, BHATTACHARYA P, MOHAMADIAN H, et al. Equational Dynamic Modeling and Adaptive Control of UAV [C]//System of Systems Engineering 2006 IEEE/SMC International Conference on. IEEE, 2006.

(上接第 189 页)

(1) 采用分形盒维数方法对无杆抽油机的示功图进行故障诊断是切实有效的, 由于盒维数计算具有方便、快速、易于识别等特点, 所以可以采用盒维数方法对无杆抽油机进行较为快速准确的故障诊断。

(2) 采用分形盒维数方法对无杆抽油机进行示功图分析具有一定的容错性。采用信噪比为 0.1 ~ 0.2% 之间的信号做出理论示功图, 盒维数方法均能体现出良好的分形特性, 当信噪比大于 0.4 时, 分形区间开始出现大面积混杂重叠, 因此当现场信号信噪比较高时, 应进行滤波降噪后再进行盒维数分析。

(3) 文中对形状特征较为明显的 4 种示功图进行了分形盒维数分析, 结果显示, 正常状态下的示功图呈规则的平行四边形, 盒维数最小, 在 1.17 ~ 1.24 之间。游动凡尔关闭迟缓和油管漏失状态下的示功图盒维数稍大, 盒维数区间分别是 1.25 ~ 1.29 和 1.34 ~ 1.39。供液不足状态下的盒维数最大, 在 1.41 ~ 1.43 之间。因此, 通过变换网格大小计算示功图的填充程度所得到的分形盒维数, 在进行无杆抽油机故障类型诊断时具有良好的区分度。

(4) 研究表明, 基于分形盒维数理论对无杆抽油机示功图进行数值化分析, 有利于系统故障诊断的智能化和减少人为因素影响, 具有一定实用价值。

参考文献:

- [1] 邱金金, 许宝杰, 朱春梅. 水基动力无杆抽油机状态监测及故障诊断系统研究[J]. 新技术新工艺, 2012(12): 104-108.
- [2] 李颖川. 采油工程[M]. 北京: 石油工业出版社, 2009.
- [3] 樊福梅, 梁平, 吴庚申. 基于分形盒维数的汽轮机转子振动故障诊断的实验研究[J]. 核动力工程, 2006, 27(1): 85-89.
- [4] 郝研, 王太勇, 万剑, 等. 分形盒维数抗噪研究及其在故障诊断中的应用[J]. 仪器仪表学报, 2011, 32(3): 540-545.
- [5] 刘晓波, 马善红. 分形盒维数在裂纹转子故障诊断中的应用[J]. 机床与液压, 2009, 37(1): 164-167.
- [6] 赵春晖, 马爽, 杨伟超. 基于分形盒维数的频谱感知技术研究[J]. 电子与信息学报, 2011, 33(2): 475-478.
- [7] 周继德. 抽油机井的泵况判断和故障处理[M]. 北京: 石油工业出版社, 2005.
- [8] K J Falconer. Fractal Geometry-Mathematical Foundation-sand Applications[M]. Wiley and Son, 1990.