

浙江理工大学本科毕业设计（论文）开题报告

班级	12 机制 3 班	姓名	谢忠勇
课题名称	无人机半实物模拟训练系统设计与分析		
<p>开题报告（包括选题意义、研究的基本内容与拟解决的主要问题、总体研究思路与可行性分析及预期研究成果、研究工作计划等内容，非艺术类不少于 3000 字）</p> <p>1 选题的背景与意义</p> <p>1.1 国内外研究现状和发展趋势</p> <p>1.2 研究意义</p> <p>2 研究的基本内容与拟解决的主要问题</p> <p>2.1 主要内容</p> <p>2.2 拟解决的主要问题</p> <p>3 研究思路方案、可行性分析及预期成果</p> <p>3.1 研究思路方案</p> <p>3.2 可行性分析</p> <p>3.3 预期研究成果</p> <p>4 研究工作计划</p> <p>参考文献</p> <p>（开题报告全文附后）</p> <p>成绩：</p>			
答辩 意见	<p>（从选题、任务工作量、质量预期、可行性等几个方面）</p> <p>答辩组长签名：</p> <p>年月日</p>	系主任 审核 意见	<p>签名：</p> <p>年月日</p>

无人机半实物模拟训练系统设计与分析

谢忠勇

(机械设计制造及其自动化 3 班 2012330300182)

1. 选题的背景与意义

相比于载人机，无人机体积轻便，机动性高，续航时间长，制造成本低，适应性强，隐蔽性好，因此20世纪80年代以来，无人机得到了迅猛的发展。不仅能在军事领域发挥重要作用，无人机也广泛运用于航空摄影、物理探矿、灾情监测等多方面民用领域。目前，无人机正朝着廉价、多用途、智能化方向发展，俨然成为本世纪发展的一大亮点^[1]。

然而，无人机的操作过程相对复杂，对无人机操作人员的能力素质要求较高。某一些无人机由于飞行成本较高，组织工作繁琐，需要较大的人力物力的支出，操作员要进行一系列的培训熟悉操作，而要使操作员尽快地掌握操作和维修技能，了解其原理构造，提高训练的效果，操作员一定要反复在无人机飞行器上面进行多次的练习，才能达到训练效果^[2]。然而因为无人机飞行器的复杂性，导致其价格昂贵，寿命也有一定的限制，不允许因为单纯的训练而过多的使用^[3]。而且一些训练科目对初操作的学员来说会有点困难，且操作过程中危险性较大，又因为学员在操作方面的欠缺，易造成训练事故，导致一些不必要的损失^[4]。为了提高训练效果和装备教学的能力，大大减少训练费用，提高操作员的动手能力，从而研制了无人机飞行器半实物模拟训练系统。

1.1 国内外研究现状和发展趋势

1.1.1 国外研究现状

近年来国际上的一些科研团队开展了半实物仿真方面的研究，例如 Dixon 等人^[5]将摄像头等硬件用于半实物仿真，结合数值仿真软件，验证了基于视觉的无人机控制方法；Tarhan 等人^[6]将含有四旋翼无人机本体、惯性导航元件、摄像头等硬件集成在环，搭建了一个半实物仿真平台。

世界各国如美国、俄罗斯、英法德等西欧国家都非常重视模拟训练。使得其模拟训练技术

和应用始终处于世界的领先水平。以色列、韩国、日本和印度等国也不例外，他们同样不惜重金开发和普及模拟训练技术和相关设备^[7]。

1.1.2 国内研究现状

国内的一些高校也搭建了一些半实物仿真平台，例如彭等人^[8]利用 MATLAB/XPC 目标搭建了无人机实时仿真系统；周等人^[9]基于 MATLAB/Real-Time Work Shop 搭建了三自由度直升机平台；姚敏等人^[10]结合 PC104 模拟飞控系统，构建了无人机半实物仿真平台。

1.2 研究意义

无人机模拟训练就是运用飞行器模拟仿真系统进行模拟训练，这是世界上各国空军普遍采用的一种提高战力的手段。仿真系统是以飞行器的运动状态作为研究对象，按照飞行器的飞行动力学，空气动力学以及飞行控制原理等相关理论建立起的数学模型，以仿真模型为基础进行模拟仿真实验及和研究分析，进而通过对模型的操作及仿真结果的分析，讨论并推断飞行器本身具有的性质及运动变化规律^[11]。

现代仿真技术的快速发展使仿真技术主要扩展到以下三个方面：系统建模、仿真建模和仿真实验。在应用仿真技术确定模型方面，采用了面向对象的建模方法，将抽象的数学描述为面向对象的更为自然的表述形式，以类库为基础实现了模型的拼合与重用；在建模方面，采用了模型与试验相分离技术，即模型的数据驱动；在仿真试验方面，将仿真的运行控制与实验框架区分开来，将输出函数定义与仿真模型分离开来^[11]。

在无人机应用领域越加深入的今天，对于无人机的操作训练已经成为了必要，而半物理模拟训练系统很好的解决了这一问题，不仅提高训练效果和装备教学的能力，大大减少训练费用，也提高了操作员的动手能力^[12、13]。

随着无人机应用热潮的掀起，我国也对无人机飞行器的研究给予了高度重视，研究进展非常之快。为加大无人机的应用，迅速开展相关关键技术的研究是非常有意义的。

2. 研究的基本内容与拟解决的主要问题

2.1 主要内容

本次毕业设计中主要完成的内容包括：

1) 无人机半实物模拟训练系统总体方案设计

首先完成对半实物模拟系统的方案设计，该系统既能够模拟飞行器的平面移动，也能模拟飞行器的飞行角度（旋转角、横滚角）变化。然后对整个运动机构进行整体设计，以满足模拟系统的基本要求。

2) 无人机训练模拟系统结构设计

A. 驱动部分设计

B. 传动部分设计

C. 执行部分设计

3) 无人机训练模拟系统运动仿真分析

用 solidworks 三维建模，得到三维模型，并用 AutoCAD 得到后期的二维装配图和零件图，最后对关键运动部位进行运动仿真分析。

SolidWorks 软件是世界上第一个基于 Windows 开发的三维 CAD 系统。Solidworks 软件功能强大，组件繁多。Solidworks 有功能强大、易学易用和技术创新三大特点，这使得 SolidWorks 成为领先的、主流的三维 CAD 解决方案。SolidWorks 能够提供不同的设计方案、减少设计过程中的错误以及提高产品质量。SolidWorks 不仅提供如此强大的功能，而且对每个工程师和设计者来说，操作简单方便、易学易用。

2.2 拟解决的主要问题

1) 进行无人机半实物模拟训练系统的总体方案和机构设计

2) 建立无人机半实物模拟训练系统三维模型

3) 完成无人机半实物模拟训练系统的实物

3. 研究思路方案、可行性分析及预期成果

本设计论文拟采用理论分析与三维建模的方法，在前人的基础上，通过三维Solidworks环境完成无人机半实物模拟训练系统的设计，并对其进行初步的运动仿真分析。

3.1 研究思路方案

3.1.1 无人机半实物模拟训练系统总体构型

借鉴十字翼布局无人机半实物仿真系统，在十字翼布局无人机仿真系统中，由一台仿真计算机实时计算无人机动力学和运动学方程，解算出无人机的飞行姿态，其输出的驱动信号经接口变换后驱动三轴转台，复现无人机的偏航、俯仰和滚动三个飞行姿态，实现仿真模拟^[14]。但是本文所要设计的模拟系统还需要模拟飞行器的飞行轨迹，因此还需设计一个xy二轴平面移动平台。

本文所设计的模拟系统总体构型定为一个xy二轴平面移动平台下搭载一个可以实现旋转和横滚角度的飞行转台，然后在转台下面固接一个摄像机模块（已经设计完成，有实物）。

(1) xy二轴平面移动平台设计方案：

方案一：链传动。

链传动是通过链条将具有特殊齿形的主动链轮的运动和动力传递到具有特殊齿形的从动链轮的一种传动方式。

链传动有很多优点，与带传动相比较，没有弹性滑动和打滑现象，平均传动比准确，传动效率高，工作可靠；传递功率大，过载能力强，相同工况下的传动尺寸小；所需的张紧力小，作用于轴上的压力小；能在高温、潮湿、多尘、有污染等恶劣环境中良好工作。而链传动的主要缺点有：只能用于两平行轴间的传动；成本高，易磨损、伸长，传动的平稳性较差，瞬时传动比有波动，运转时会产生附加动载荷、振动、冲击和噪声，不宜用在急速反向的传动中。

方案二：滚珠丝杠传动。

滚珠丝杠是将回转运动转化为直线运动，或将直线运动转化为回转运动的理想的产品。

滚珠丝杠是工具机械和精密机械上最常使用的传动元件，其主要功能是将旋转运动转换成线性运动，或将扭矩转换成轴向反复作用力，同时兼具高精度、可逆性和高效率的特点。由于

具有很小的摩擦阻力，滚珠丝杠被广泛应用于各种工业设备和精密仪器。

滚珠丝杠由螺杆、螺母、钢球、预压片、反向器、防尘器组成。具有以下特点：摩擦损失小、传动效率高，由于滚珠丝杠副的丝杠轴与丝杠螺母之间有很多滚珠在做滚动运动，所以能得到较高的运动效率；精度高，滚珠丝杠副一般是使用世界最高水品的机械设备连贯生产出来的，特别是在研削、组装、检查各工序的工厂环境方面，对温度、湿度进行了严格的控制，由于完善的品质管理体质使精度得以充分保证；高速进给和微进给可能，滚珠丝杠副利用滚珠运动，所以启动力矩极小，不会出现滑动运动那样的爬行现象，能保证实现精确的微进给；轴向刚度高，滚珠丝杠副可以加与预压，由于预压力可使轴向间隙达到负值，进而得到较高的刚性；不能自锁、具有传动可逆性。

方案三：同步带传动。

同步带传动也称为啮合型带传动。它通过传送带内表面上等距分布的横向齿和带轮上的相应齿槽的啮合来传递运动。

同步带传动具有带传动、链传动和齿轮传动的优点。同步带传动由于带与带轮是靠啮合传递运动和动力，故带与带轮之间无相对滑动，能保证准确的传动比。同步带通常以钢丝绳或玻璃纤维绳为抗拉体，氯丁橡胶或聚氨酯为基体，这种带薄而轻，故可用于较高速度。传动时的线速度可达50m/s，传动比可达10，效率可达98%。传动噪声比带传动、链传动和齿轮传动小，耐磨性好，不需要油润滑，寿命比摩擦带长。其主要缺点是制造和安装精度要求较高，中心距要求比较严格。所以同步带广泛应用于要求传动比准确的中、小功率传动中。

(2) 实现旋转和横滚角度的连接件设计方案：齿轮传动。

齿轮传动是机械传动中应用最为广泛的一种传动形式。它的传动比较准确，效率高，工作可靠，寿命长。具有以下特点：

瞬时传动比恒定；传动比范围大，可用于减速或增速；速度（指节圆圆周速度）和传递功率的范围大，可用于高中低速的传动；传动效率高，一对高精度的渐开线圆柱齿轮，效率可达99%以上；结构紧凑，适用于近距离传动；制作成本较高，一些具有特殊形状过精度高的齿轮加工时需要用到特定的机床、道具、量具等，故制造工艺复杂，成本高；精度不高的齿轮，传动时的噪声，振动和冲击大，污染环境；无过载保护。

3.1.2 无人机半实物模拟训练系统结构设计

首先，对xy二轴平面移动平台和连接件的驱动传动机构进行局部设计；其次对其内部的装配关系进行整体设计。

3.1.3 无人机半实物模拟训练系统的空间几何建模

运用Solidworks对已得到的结构进行三维建模，得到三维模型，并用AutoCAD 得到二维零件图和装配图。

3.1.4 无人机半实物模拟训练系统机构运动仿真分析

运动仿真是机构设计的一个重要内容。进行整体设计和零件设计后，在Solidworks中绘制出各种零件的三维模型并进行装配，然后模拟机构的运动，从而检查机构的运动是否达到设计的要求，检查机构运动中各种运动构件之间是否发生干涉，实现机构的设计与运动轨迹校核。

3.2 可行性分析

随着科技的进步，无人机飞行器逐渐进入许多应用领域。国内外对于无人机的应用处于井喷式的发展。民用无人机已经走入了很多人的视线，多数用于航拍。而在军事运用方面更是频繁。随着高新技术在武器装备上的广泛运用，无人机的研制取得了突破性的进展。但是军用无人机因为其技术的复杂性导致成本非常高。而士兵在熟悉无人机操作时不可避免地要在训练中频繁使用飞行器。而无人机飞行器的寿命有限，会导致飞行器报废的风险。因此无人机模拟训练系统的研制是十分有必要的，其在原理上也是可行的。

本设计的工作主要涉及机械原理和机械设计等方面的知识，以及solidworks、设计工具，本人已学习了这些相关课程，并取得了较好的成绩，掌握了本设计所需的基本知识。

指导老师及其课题组在模拟训练系统的相关研究方面具有很多成功的经验，本设计的研究方法思路经过深思熟虑，切实可行，能够确保毕业设计的顺利完成并取得预期的研究成果。

3.3 预期研究成果

完成无人机半实物模拟训练系统方案、结构设计,完成三维建模及装配,并进行实物调试。

4. 研究工作计划

计划进度:	
起止时间	内容
2015. 12. 01-2015. 12. 10	下达毕业设计任务、确定外文阅读与翻译资料
2015. 12. 11-2015. 12. 25	毕业设计调研,完成开题报告、文献综述、外文资料阅读、翻译任务
2015. 12. 26-2016. 1. 1	提交开题报告、文献综述及外文翻译初稿,指导教师审阅,提出修改意见
2016. 01. 12	开题报告答辩
2016. 01. 13-2016. 01. 20	模拟系统机构构型设计
2016. 01. 21-2016. 02. 12	模拟系统机构方案设计
2016. 02. 13-2016. 03. 04	模拟系统机构结构设计
2016. 03. 05-2016. 03. 11	毕业设计中期检查 模拟系统控制系统设计
2016. 03. 12-2016. 04. 09	完成课题设计,提交毕业设计(论文)
2016. 05. 10-2016. 05. 15	完成所指导学生的毕业设计(论文)的审阅,评定成绩
2016. 05. 20-2016. 05. 22	毕业设计答辩,由答辩小组给出评语及成绩

参考文献

- [1] 李海道. 无人机的发展现状和趋势[J]. 航空发动机, 2012 (3): 5-7.
- [2] 李春锦, 文径. 无人机系统的运行管理[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011: 35-37.
- [3] 吴皓, 曲玉琨, 杨彪, 等. 无人机作战实验室建设[J]. 实验室研究与探索, 2009, 28 (3): 135-137.
- [4] 姜志森, 林祥, 姜爱民. 建设科重配置型模拟训练系统提高实践教学水平[J]. 实验室研究与探索, 2012, 31 (12): 171-173.
- [5] GANS N R, DIXON W E, LIND R. A hardware in the loop simulation platform for vision- based control of unmanned air vehicles [J] Mechatronics, 2009 (19): 1043-1056.
- [6] TARHAN M, ALTUG E. EKF Based attitude estimation and stabilization of a quadrotor UAV using vanishing points in catadioptric images [J]. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 2011(62):587-607.
- [7] 刘兴堂. 论军用模拟训练器系统的发展趋势[J]. 空军工程大学学报, 2001. (2) 4:19-21.
- [8] PENG L, GENG Q B. Real- time simulation system for UAV based on Matlab/Simulink [C]. 2011 IEEE 2nd International Conference on Computing, Control and Industrial Engineering, Wuhan, China, 2011:399-404.
- [9] ZHOU F, LI DH, XIA P R. Research of fuzzy control for elevation attitude of 3-DOF helicopter [C]. 2009 International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics, Hangzhou, China, 2009:367-370.
- [10] 姚敏, 朱艳萍, 赵敏. 敌对环境多无人机协同攻击策略研究[J]. 仪器仪表学报, 2011, 32 (8): 1891-1897.
YAO M, ZHU Y P, ZHAO M. Study on cooperative attacking strategy of unmanned aerial vehicles in adversarial environment [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2011, 32(8):1891-1897.
- [11] 童忠祥. 飞行仿真技术的发展与展望[J]. 飞行力学, 2002. 20 (3): 5-8.
- [12] 叶晓慧, 王波. 无人机训练模拟器设计[J]. 舰船电子工程, 2008, 28 (9): 43-45.
Ye Xiaohui, Wangbo. Design of Unmanned Aerial Vehicle Training Simulator [J]. Ship Electronic Engineering, 2008, 28 (9): 43-45.
- [13] 云超, 李小民, 郑宗贵, 等. 无人机高逼真动态组合模型设计与仿真研究[J]. 弹箭与制导学报, 2013, 33 (3): 157-162.
Yun Chao, Li Xiaomin, Zheng Zonggui, et al. The design and simulation on fidelity dynamic combination model and for UAV [J]. Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance, 2013, 33 (3): 157-162.
- [14] 邵宇峰. 高机动三坐标雷达比幅测高误差分析及修正[J]. 现代雷达, 2007, 29 (4): 79-81.