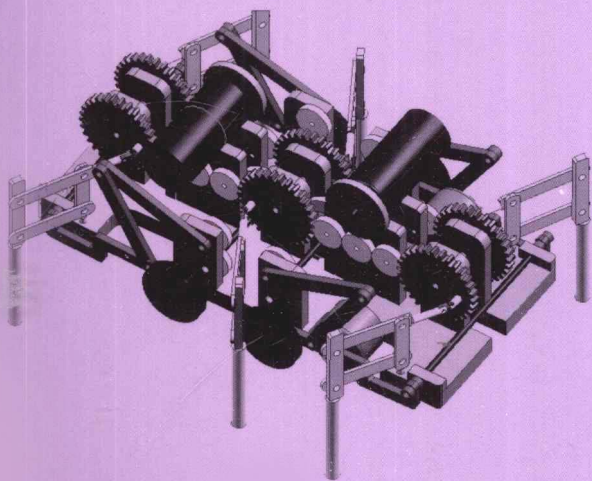


21世纪国家级工程训练中心创新实践规划教材

工程项目 创新实践教学教程

● 安丽桥 编写



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



21 世纪国家级工程训练中心创新实践规划教材

工程项目创新实践教程

安丽桥 编写

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书着重介绍如何实现工程项目研究主要功能的设计与制作,并附有部分项目创新实践的实例,每章后附有实践训练题,训练题由开始给定简单课题的设计到由学生自主选题立项的设计,由简单实物的设计到比较复杂实物的设计,并为有创造潜质的读者留有较大的深入学习空间。在编写上力求理论联系实际,便于自学,具有较强的可操作性,希望本书能对初次进行工程项目设计的在校大学生有所裨益。

本书可作为初次开展工程项目研究制作的低年级大学生的实践教材,也可供对项目研究和创新实践有兴趣的中、青年读者参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程项目创新实践教程/安丽桥编写. —上海:上海交通大学出版社,2010

21 世纪国家级工程训练中心创新实践规划教材

ISBN 978-7-313-06180-5

I. 工... II. 安... III. 基本建设项目—项目管理—教材 IV. F284

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 003913 号

工程项目创新实践教程

安丽桥 编写

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

上海交大印务有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:6.5 字数:154 千字

2010 年 6 月第 1 版 2010 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-313-06180-5/F 定价:15.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

基于教学改革和培养学生创新能力的需要,结合指导大学生进行工程项目创新活动的实践,我们编写了《工程项目创新实践教程》一书,其目的是希望将初次开展工程项目研究制作的学生,引进创新设计与制造的大门,使他们了解开展工程项目研究的全过程,以及在这个过程中如何开展工作,达到使大学生早期进入专业领域进行研究性学习的目的。

《工程项目创新实践教程》是一本以介绍如何实现项目研究制作全过程的实践性教材,全书共由8章构成,主要内容有:选题、方案设计、具体实施,以及必要的辅助知识和能力等。学生在学习本书的过程中将经历从选题立项、方案设计、结构设计、实施制作、撰写论文或技术报告、论文答辩等全过程训练,具有较强的实践操作性。

由于本书主要着眼于初次进行工程项目创新实践的读者,因此,对有关设计方面的内容在编写方法上与常规教材不同,对于学习中所涉及的相关学科知识,在本书中并不一一详细列出,因此要求读者在所完成的项目学习与实践中,要以自主学习的形式进行补充,以够用为原则,在课程学习中,教师讲课起引导作用,更多地要求同学们主动参与、勤于思考和探索。同学们要注重培养自己不怕困难、持之以恒、严谨细致的工作作风和科学态度,这也是开设工程项目创新实践教程的目的所在。

每章后附有实践训练题。读者在选做训练题时,可以在后续各章节的学习中始终围绕最初的选题进行,按团队协作的方式完成由构思到实物制作的全过程(对于较复杂的项目,建议在课外科技活动中进行),在学有余力的情况下,也可按个人工作的方式选择多个练习项目进行训练。

本书由安丽桥编写,张培艳参加了第4章中第5节的编写。第2章中第8节“项目设计可行性报告实例”由宋立博老师提供,本书在编写过程中,得到了吕恬生教授、钱道中教授的悉心指导与鼓励,并承蒙我的同事宋立博、王辉、闫澈、张亚欧、曲凌、蔡泉英等多位老师和同学们提供资料,在此表示由衷的感谢。另外,这本书是在指导学生实践中陆陆续续编写的,由于本人的疏忽,书中收集的有些资料和图纸已不记得出处,谨此向这些作者表示歉意和谢意。

限于编者水平,加之本课程是一门新开设的实践课程,很多问题都有待于进一步探讨,因此,书中一定存在不少缺点甚至错误,恳请读者提出宝贵意见,不吝指正。

编 者

2009年5月

目 录

1 概述	1
1.1 工程项目创新实践的定义	1
1.2 工程项目创新实践的基本过程	1
1.3 工程项目创新实践的工作方法与特点	3
1.4 工程项目创新实践基本过程运用实例	4
1.5 实践训练题	12
2 选题	13
2.1 选题的意义	13
2.2 选题的原则	13
2.3 常用选题方法	14
2.4 确定选题实例	16
2.5 选题注意点	19
2.6 选题的程序和步骤	20
2.7 项目设计可行性报告	20
2.8 项目设计可行性报告实例	20
2.9 实践训练题	25
3 对选题设计问题的认识	26
3.1 对选题设计问题认识的作用	26
3.2 对设计问题认识的工作流程	27
3.3 制定要求表	29
3.4 对选题设计问题认识实例	29
3.5 实践训练题	32
4 方案设计	33
4.1 方案设计常用创新构思技法	33
4.2 方案设计工作内容	34
4.3 功能分解	34
4.4 寻求设计方案	39
4.5 控制方案设计	42
4.6 方案设计实例——六足步行式机器人的方案设计	49
4.7 方案设计训练题	52

5 结构设计	54
5.1 结构设计阶段的任务与内容.....	54
5.2 合理确定结构形状的基本知识.....	54
5.3 结构设计的基本原则.....	59
5.4 结构设计步骤.....	61
5.5 结构设计实践训练题.....	66
6 详细设计与加工制作	68
6.1 详细设计阶段的任务.....	68
6.2 加工制作.....	70
6.3 详细设计与加工实例——煤浆输送机结构的详细设计.....	76
6.4 详细设计实践训练题.....	78
7 结题报告的撰写与答辩	81
7.1 项目结题报告的撰写.....	81
7.2 技术报告宣讲与答辩.....	83
7.3 实践训练题.....	89
8 学生设计制作项目图片选	90
参考文献	96

1 概 述

随着科学技术的迅猛发展,社会需求对工程师提出了新的要求,工程师不但需要有扎实的理论基础、合理的知识结构,还应该有良好的能力结构,即对所学知识的综合能力,自我学习、自我开拓获取知识的能力,对新环境、新事物、新挑战的适应能力,以及提出问题、分析问题、解决问题的能力。这些内容可以看做是一名合格的现代工程师应具备的能力和知识结构,其核心内涵是在保持必需的、良好的科学知识基础的前提下,更应强调较好的工程实践能力(系统综合、设计与实验等),工程师要在实际的操作过程中,解决好各种复杂的工程问题,处理好工程与外界环境之间的纷繁关系。

面对新时代快速而巨大的变化,人们越来越清楚地认识到要提高这些能力,必须把从书本中获取的理论知识应用到工程实践中,才能将所积累的一系列理论知识转变成为一种工作能力。参加工程项目创新实践活动,是一种综合应用有关学科知识、培养以上所提及的能力和团队协作精神的一种有效途径。特别是对工科大学生而言,在学校学习期间就参加一些简单工程项目的创新设计与制作,对更好地理解 and 掌握学科理论知识、提高解决工程问题的能力,有着很大的帮助。

1.1 工程项目创新实践的定义

人们从社会的某项具体需要出发,确定需要研究的课题项目,并运用工程技术知识进行构思,将头脑中产生的想法实物化,设计制造出能满足特定要求的装置,或者开发出具有创新性 & 实用性的产品,这样一个过程称为工程项目创新实践。确定选题、工程构思与工程设计、加工制造是工程项目创新实践的完整过程。在这个过程中需要综合运用基础科学以及工程科学等知识。

工程项目创新实践是从选题立项出发,以创新构思和工程设计作为核心,将制作出实际产品作为目标的探索性实践活动,因此,如果有了一个想法,只是单纯地把设想画在纸面上,而未将其制造出来,不能称之为工程项目创新实践。

1.2 工程项目创新实践的基本过程

一个工程技术设计项目,从选题立项开始到设计制作完成,要经历几个不同的工作阶段,这些工作阶段构成了项目设计实践的基本过程。人们在进行项目设计时,通常会按照一定的逻辑过程开展工作,尽管各种类型的设计项目会因具体情况不同而相应会在工作步骤中有细节的不同,但各类设计实践过程总体来说仍在基本操作步骤、工作流程上具有共性,我们将工程项目创新实践的基本过程归纳为以下六个步骤,如图 1-1 所示。

初次进行工程项目创新的人员建议按照这个基本过程开展工作,以便按照一定规律训练自己的设计能力。

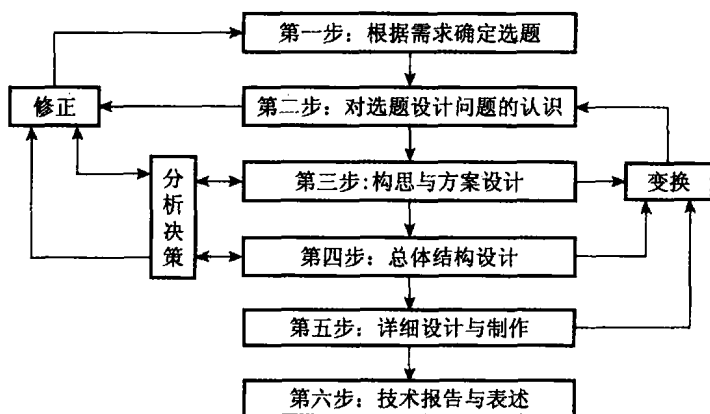


图 1-1 工程项目创新实践的基本过程

1.2.1 选题立项阶段

选题立项是从人们的某种需要出发,确定要设计实施的项目,即决定想要做什么,这一工作是工程项目创新的第一步。

选题立项阶段的结果是写出立项报告。

1.2.2 对选题设计问题的认识

第二步是明确设计任务阶段,因为大多数工程问题在一开始时,其意义并没有十分明确,设计的要求一般是不充分和笼统的,所以在设法解决设计问题之前必须加以认识,经过大量的调查研究,获取各类数据和特征,将设计任务转化为设计时应依据的设计要求。

对选题设计问题认识的结果是分析归纳出设计要求。

1.2.3 方案设计阶段

整个项目设计过程中,方案设计是最具创造性的工作阶段,解决一个工程项目的设计问题,可以通过多种途径实现,如何通过创造性的思考,发现那些最佳方案,或者取得突破性的进展,是设计工作的核心问题,有经验的设计师都在方案上花大气力,精心设计,这是影响产品结构、性能、工艺、成本的关键环节。在方案设计阶段设计者应了解创造性思维特点,采用各种方法通过创新构思,搜索探求,从多个方案中经优化筛选,尽量取得较理想的原理方案。

方案设计的结果是画出方案原理图(机构运动简图、液压系统图、电路图等)。

1.2.4 结构设计阶段

结构设计阶段要将功能原理方案具体化为机器及零部件的合理结构,具体任务是为零部件选择材料、设计形状与尺寸。要进行参数与尺寸的优化,可靠性设计,从产品性能及加工装配等方面全面考虑,使结构简单可靠,合理实用。

结构设计的结果是得出详细的总图和部件图,以及完整的计算资料。

1.2.5 实施与制作阶段

实施与制作阶段的任务是进行零件工作图、部件装配图的设计,完成全部生产图纸,或者是一块印刷线路板的设计图纸,并编制设计说明书、工艺文件、使用说明书等有关技术文件,并进行制作加工、装配调试。最终完成从“构思—模型—图形—实物”的全过程。

1.2.6 技术报告与表述

工程技术项目从构思到实物化后,便完成了设计与实施的全过程。完成的项目要用设计图纸、说明书、技术报告书等形式来表达。

图纸的画法,报告书的写法等方面的训练对于初学者而言,是不能轻视的。

1.3 工程项目创新实践的工作方法与特点

1.3.1 工程项目创新实践的工作方法

图 1-1 所示的基本过程表示出在设计实践工作过程中,存在着某种程度的循环,从课题的提出到对设计问题的进一步认识,到逐步形成方案,进行结构设计,直到制作出实物,每一步都不可能一蹴而就。在各个环节中,设计者不断地处在为满足需求而提出方案、对方案进行分析比较、作出评价与决策、实施方案的连续思考过程中,因此常常有某些思想的发展和修正,从而形成了在设计实践工作中以某种程度的循环开展工作的方法。

图 1-1 所示的循环图表示了从特定的需求到制作出实物的单向路线以及改进和修正的反向循环。在一开始,设计者并不总是能够完全确定需求的,在设计概念的发展阶段,设计者常常要进一步制定规范,在以后的阶段可能会证明不可能达到以前提出的某些要求。例如,成本和性能常常会得出相互矛盾的要求,如果把两者不合理地结合在一起,以后的分析将会表明至少有一种要求必须修正。同样,一组设计方案在进一步分析其细节时,不可能是完全合适的。人们经常会发现随着分析的进一步深入,如果按一定要求修改原有的设计概念,效果便会得到改善。但是,这里要请大家注意,虽然对设计完美性的正当追求会推动设计者大大地改进他的设想,并常能逐步地找到“完美”的解决方法,但是,设计总是有费用和时间的限制的。所以,为了符合预定进度计划,设计者必须准备接受不那么完善的方案。熟练的设计者当然要达到成功和限制这两条标准,而这也是初出茅庐的工程设计人员的努力方向。

1.3.2 工程项目创新实践的工作特点

由以上内容可知,工程项目创新实践具有如下特点:

- (1) 工程项目创新实践的整个过程都体现出创造性。
- (2) 在工程项目创新实践活动中,会涉及多种学科知识的交叉与融合,如机械、液压、电力、气动、电子、电磁、控制等多种知识的综合应用。
- (3) 设计过程中相当部分的工作是非数据性、非计算性的,必须依靠在知识和经验积累基础上思考、推理、判断,以及创造性发散思维(灵感、形象的突发性思维)相结合的方法。
- (4) 在工程项目创新实践活动中,设计问题经常是多因素的,相互影响,相互制约,因而会

产生多种解决问题的方案,使设计结果具有多样性。

(5) 应尽可能运用知识、经验、灵感与想象力,在多种方案中寻求最优方案。

(6) 工程项目创新实践活动不仅仅受到客户提出的要求的制约,还会受到社会环境、法律等其他因素的制约。

(7) 工程项目创新是多次反复、多级筛选过程,每一设计阶段有其特定内容与方法,但各阶段之间又密切相关,形成一个整体的系统设计。

1.4 工程项目创新实践基本过程运用实例

下面以两个项目的设计问题为例,说明工程项目创新实践基本过程的应用。

1.4.1 实例一:温室模型的设计与制作

1.4.1.1 课题的提出

温室现已成为现代农业生产中的重要设施,为了使学生对温室设施有一个直观的了解,期望设计出一种温室模型作为教学用具。

1.4.1.2 设计任务

设计一种简易的温室教学模型,该模型应具有自动开窗机构和遮阳机构。

1.4.1.3 对“温室模型”设计问题的认识

在这一阶段的工作中,需详细了解对所设计制作的温室模型的具体要求,记下对设计问题的阐述以及有关要求的说明,列出有关的限制和所要求的特性,画出必要的草图,以便更好地理解对设计问题提出的具体要求。以下是对所选课题进行的各类分析。

1) 项目名称

温室模型

2) 问题的阐述

所设计的模型作为教具使用,教师上课时能用该模型进行演示自动开窗机构和遮阳机构的运行情况,使学生对开窗机构、遮阳机构有一个直观的了解。

3) 要求与限制

(1) 制作的模型长×宽×高的尺寸不大于 $300 \times 210 \times 250$ (单位:mm)。

(2) 可模拟室内温度达到某个设定温度时,开窗机构自动开启或自动关闭的运行动作。

(3) 可模拟室内光照达到某个光照强度时,遮阳机构自动张开或自动收拢的运行动作。

(4) 模型透明,可看清内部的结构。

(5) 可移动,重量轻,操作方便,外形比较美观。

(6) 造价在 300 元范围内。

(7) 易组装。

通过记录的问题,了解对设计问题的要求与限制,以便确定设计的参数及制约条件,使设计的任务进一步明确。

1.4.1.4 方案设计

在这一阶段,项目组成员应尽量设法多提出一些设计方案,并将这些讨论出的所有方案记录下来,通过分析决策,选出若干较好的方案作为初步设计方案,并将较好的设计方案和设计

特点列出,同时,尽可能将这些文字的设计方案徒手画成草图。

下面仅以开窗机构为例予以示范:

1) 提出开窗机构的所有方案

- (1) 齿轮齿条开窗机构: 齿轮带动齿条, 齿条顶开或关闭窗。
- (2) 用电机驱动的曲柄连杆开窗机构。
- (3) 用液压驱动的曲柄连杆开窗机构。
- (4) 用气压驱动的曲柄连杆开窗机构。
- (5) 螺旋传动开窗机构: 螺纹件移动, 带动杆件顶开或关闭窗。

2) 分析评价

上述第(1)、(2)、(5)方案可行, (3)、(4)方案选用液压和气压驱动, 成本较高不予考虑。

3) 较好的设计方案

(1) 齿轮齿条开窗机构, 如图 1-2 所示, 是目前最常用的一种开窗机构, 性能稳定、运行可靠安全、承载力强、传动效率高、运转精确、便于实现精确的自动控制, 因此是大型连栋温室开窗机构的首选型式。然而作为模型, 齿轮齿条机构却存在加工困难的问题, 电机需要配减速箱, 解决自锁问题。而且最大缺点是不能同时打开两边的窗。

(2) 曲柄连杆开窗机构, 如图 1-3 所示, 曲柄连杆特点是设备加工简单, 成本低廉。但该机构在使用中存在许多问题, 常常造成机构损坏或机构难以运行, 返修率高, 更为重要的是, 该机构因结构原因容易使传动轴及减速机受力过大, 从而引起减速电机磨损及运行误差。

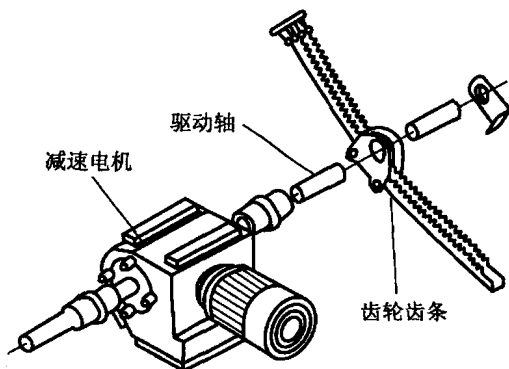


图 1-2 齿轮齿条开窗机构示意图

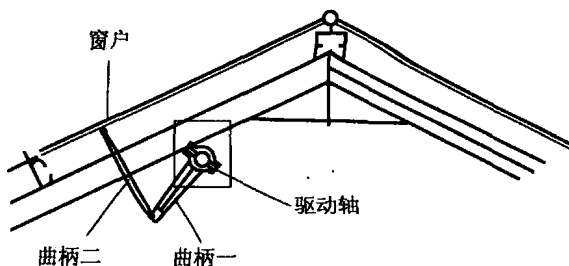


图 1-3 曲柄连杆开窗机构示意图

(3) 螺旋传动开窗机构, 如图 1-4 所示。特点是螺旋传动同时可作减速机构, 可以简化设计步骤, 解决自锁问题。而且采用左右螺纹的丝杆, 可以同时打开两边窗口。

4) 分析决策

根据上述方案的描述, 最后确定采用螺旋传动开窗机构作为最终方案。

1.4.1.5 总体结构的设计

该阶段要求将原理方案示意图具体化为机器及零部件的合理结构, 并画成图纸, 为下一步分析做好准备。之后可用三维模型图或三维动画演示来检验设计结果是否

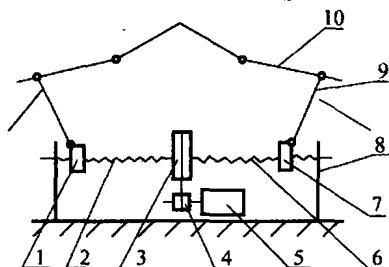


图 1-4 螺旋传动开窗机构示意图

- 1—左支撑螺母; 2—左传动螺杆;
- 3—大皮带轮; 4—小皮带轮; 5—电机;
- 6—右传动螺杆; 7—右支撑螺母;
- 8—支撑杆; 9—窗顶杆; 10—窗

达到功能要求,运动中是否会出现运动干涉。该机构的总体结构模型图如图 1-5 所示。

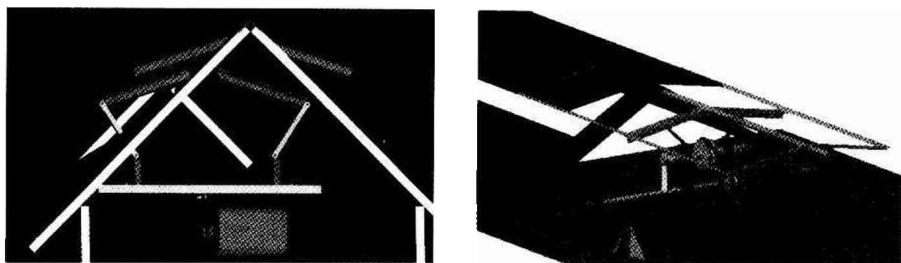


图 1-5 总体结构示意图

1.4.1.6 结构的详细设计与制作

将“螺旋传动开窗机构”的设计画成加工图,即将“开窗机构的总体结构图”(图 1-5)中的每一个零件进行细部结构设计,画出每一个零件的零件图并标注出尺寸和技术要求(图 1-6,仅画出了传动螺杆轴和支撑螺母两个零件的零件图),使用装配图表达所有结构、原理,装配图如图 1-7 所示。标准件不用画图。根据加工图进行加工制作,使设计方案得以实施,制成的温室模型如图 1-8 所示。

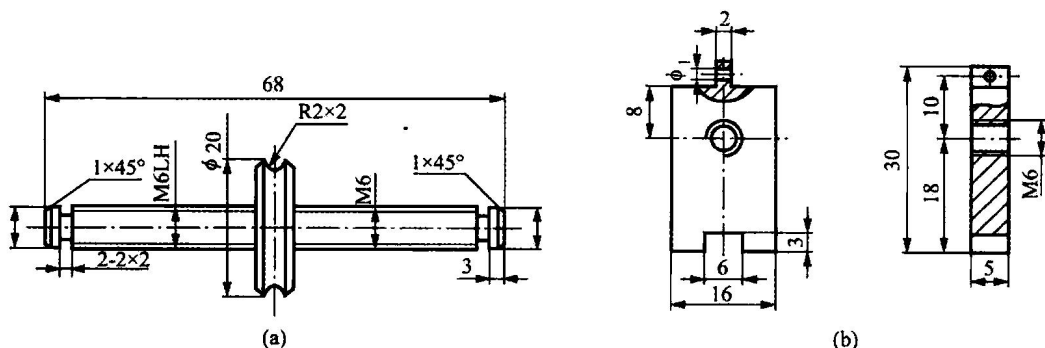


图 1-6 零件图

(a) 传动螺杆轴零件图; (b) 支撑螺母零件图

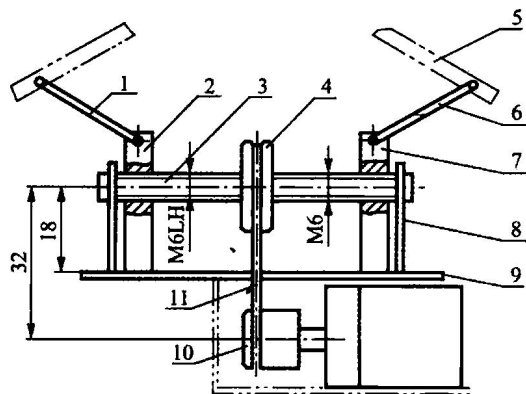


图 1-7 温室模型装配图

1—窗顶杆;2—左支撑螺母;3—传动螺杆轴;
4—大皮带轮;5—窗;6—窗顶杆;7—右支撑螺母;
8—支撑杆;9—支撑板;10—小皮带轮;11—传动带

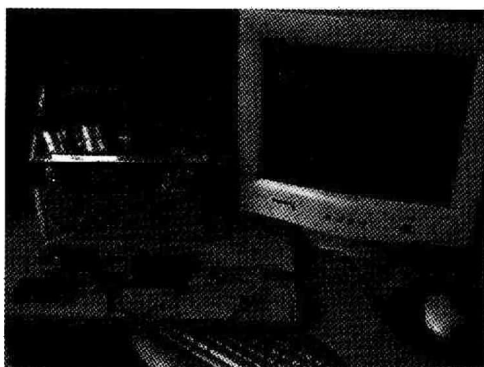


图 1-8 制作完毕的温室模型

1.4.2 实例二:小型无人直升机地面飞行实验台架设计

1.4.2.1 课题的提出

小型无人直升机是国家自然科学基金项目,经过课题组成员的共同努力,已经取得很大成果:前期的机体设计和制作已经完成。目前正处于试飞和测量分析阶段,但是,小型无人直升机采用遥控,控制难度大,安全性能较差,并且不易将飞行的数据实时测量。

为了有效地采集直升机运动数据,构建出有效的直升机姿态参数,课题组成员创造性地提出如下设想:将直升机放在实验台架上,通过逐步释放自由度,模拟飞机在空中飞行状态,以大大降低飞行难度和风险。

基于以上设想,提出了“小型无人直升机地面飞行实验台架设计”的课题项目。

1.4.2.2 设计任务

设计出有效的地面试验台架系统,以期利用地面台架采集有效的直升机运动数据,构建出有效的直升机姿态参数,进而在台架上可以验证部分计算机控制算法。

1.4.2.3 对课题设计问题的认识

在这一阶段的工作中,需详细了解对所要设计制作的实验台架的具体要求,明确设计任务。

飞机在空中飞行时,具有六个自由度,只有知道六个自由度上的运动才能对它的飞行状态做出判断。而飞机在空中的飞行状态无法用传感器等方法测量。因此,对实验台提出以下要求:

(1) 台架具有 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$ 、 $\vec{x}'$ 、 $\vec{y}'$ 、 $\vec{z}'$ 六个自由度。

(2) 实验时,直升机固定在台架上,相对台架不动,而通过台架来测量直升机在六个自由度方向的位移。

(3) 可逐步释放直升机飞行时的六个自由度。

(4) 能对六个自由度的数据进行采集。

(5) 可测得直升机在台架上进行实验时的各个姿态角,即能将飞行状态参数采集下来。

直升机在体轴系下的全量姿态有: $x, y, z, u, v, w, \Phi, \theta, \Psi, p, q, r$ 。

x, y, z ——在纵向、横向、垂直方向的位置坐标;

u, v, w ——在纵向、横向、垂直方向的线速度;

Φ, θ, Ψ ——翻滚角、俯仰角、航向角;

p, q, r ——沿 x, y, z 方向的角速度。

(6) 角度可变化范围 $\pm 30^\circ$, 竖直方向位移量为 300 mm。

(7) 减小振动,使测得的数据相对准确。

(8) 满足安全性要求,保护直升机在试飞时不会对人员造成伤害,也不会对实验机造成损坏。

(9) 实验环节易操作、易掌控。

(10) 实验验证部分控制算法成本低。

1.4.2.4 方案设计

1) 测量空间自由度的方案设计

通常测量空间自由度有两种方法,即:采用陀螺仪的测量方法、采用角位移传感器的测量

方法。

(1) 采用陀螺仪法

优点:陀螺仪测量角度比较准确,现在飞机、导弹也都是用陀螺仪进行测量的。陀螺仪和飞机固定在一起,受外面的干扰也比较小,测量值比较准确。可以避免产生振动问题。

缺点:陀螺仪比较昂贵。

(2) 采用角位移器的方法

优点:六个自由度可以分别测量,并直接由电位计传至数据接收装置;各个自由度的限位较易实现,可进行精确限位;可将任意一个或几个自由度放开或锁死,使得实验过程可以实现由简单到复杂、由单自由度的测控到多自由度耦合的测控的目的;可以方便地将角度量测量出来,并经过一定程序转换即可计算出角速度。

缺点:实验机捆绑质量较大,所得数据需要进行等效质量换算才可应用到真实飞行控制中;振动偏大,测量时对实验机控制的技术要求较高。

综合以上两种方法,考虑到价格和可实现性,选用角位移器的方法来测量空间自由度。

2) 逐步释放自由度的方案设计

将整个台架分解为上、下两部分进行叙述,并重点讲述下部方案的形成过程。

(1) 上部支承台的设计:上部支承台用于固定安装小型直升机,应能释放 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$ 三个转动的自由度。将上部支承台设计成如图 1-9 所示 U 形框架结构。

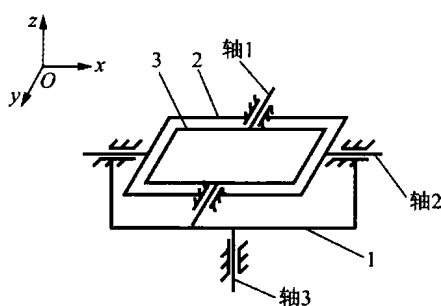


图 1-9 U 形框架结构

1—U 形框架;2—外矩形框架;3—平板

由图 1-9 可知,若将小型直升机固定于平板 3 上,平板 3 可绕轴 1 旋转,从而释放了 y 轴方向的转动自由度。外矩形框架 2 可绕轴 2 旋转,释放了 x 轴方向的转动自由度,整个 U 形框架 1 又可绕轴 3 旋转,释放了 z 轴方向的转动自由度。

在三个转动的轴上安装电位计,即可以记录飞机在飞行过程中转过的角度,通过 A/D 转换,编写程序,即可以转换成数字信号,通过无线传输,将数据传输到计算机上,即可以实时地看到飞机转过的角度,即知道飞机的飞行状态。

(2) 下部支承的设计:下部支承要实现 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$ 三个线性自由度,暂时只考虑竖直方向 $\vec{z}$ 的自由度释放问题(其他 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 两个方向的自由度如果有要求释放时,可在下部加装万向轮予以实现),并考虑到台架的稳定性要求,提出以下几个方案。

方案一:利用飞机上升力,通过使用直线轴承支承的浮动轴来释放 $\vec{z}$ 的自由度。其方案示意图如图 1-10 所示。

优点:结构稳定;在测量竖直位移处可加弹簧,用来减振;多数零件可以直接购买,所需加工的零件数目较少。

方案二:利用飞机上升力,通过弹簧预紧力使浮动轴逐步释放 $\vec{z}$ 的自由度。其方案示意图如图 1-11 所示。

缺点:由于浮动轴靠弹簧支承,所以会使浮动轴在旋转时发生偏斜现象。

经分析评价,最后决定选用方案一。

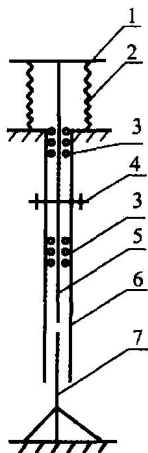


图 1-10 方案一示意图

1—与 U 形架相连接的法兰盘;2—缓冲弹簧;
3—直线轴承;4—限位挡块;5—浮动轴;6—套;7—底座

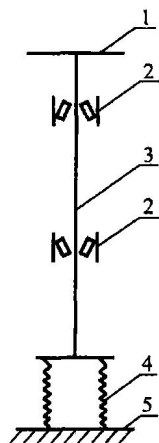


图 1-11 方案二示意图

1—与 U 形架相连接的法兰盘;2—轴承;
3—浮动轴;4—弹簧;5—底座

1.4.2.5 结构的细化设计

1) 上部支承台的细化设计

- (1) 根据飞机的长度与宽度尺寸,确定平板的长度与宽度尺寸。
- (2) 根据飞机的重量确定材料。
- (3) 在 x 、 y 、 z 三个轴上加装角位移器。
- (4) 与 U 形架相连 z 轴通过法兰盘与下部支承联结。
- (5) 根据设计要求,对角度进行限位处理,角度限位为 $\pm 30^\circ$ 。

图 1-12 所示为用计算机设计的上部支承台三维结构图。

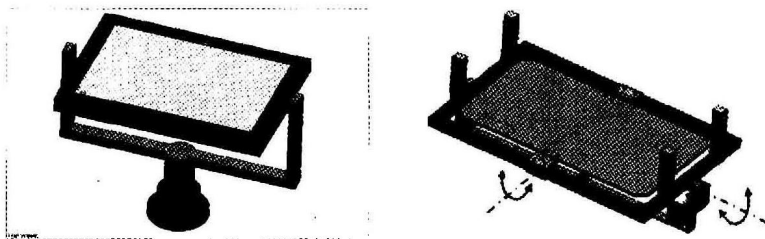


图 1-12 上部支承台的细化设计

2) 下部支承的细化设计

- (1) 根据飞机质量确定浮动轴的材料与直径。
- (2) 根据设计要求,进行竖直方向的位移限位(300mm)。
- (3) 根据飞机质量及试飞时的振动情况,确定缓冲弹簧的簧径、直径和弹性系数。根据竖直限位情况确定弹簧自由长度。
- (4) 选定直线轴承的型号。

(5) 下部支承的上端 U 形架 z 轴通过法兰盘相联结。图 1-13 所示为用计算机设计的下部支承画出的三维结构图。图 1-14 所示为下部支承的细化设计。

图 1-15 所示为小型无人直升机地面飞行实验台架整体结构示意图。

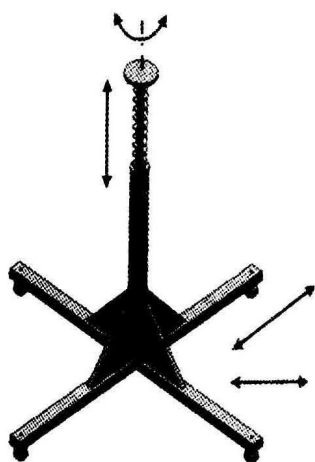


图 1-13 用计算机设计的下支承三维结构图

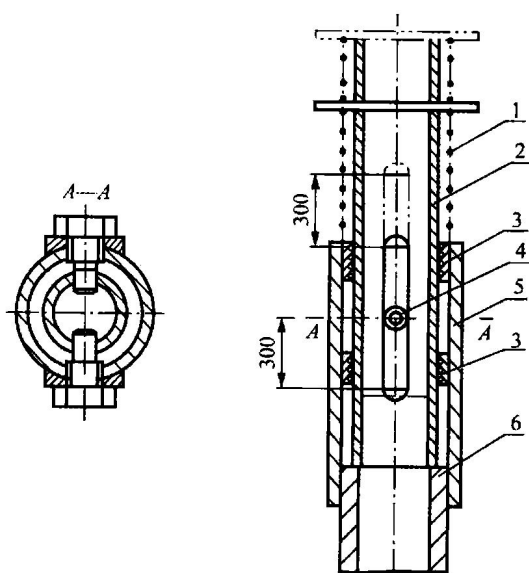


图 1-14 下部支承的细化设计

- 1 减振弹簧;2 浮动轴;3 直线轴承;
4 挡销;5 套筒;6 支承轴

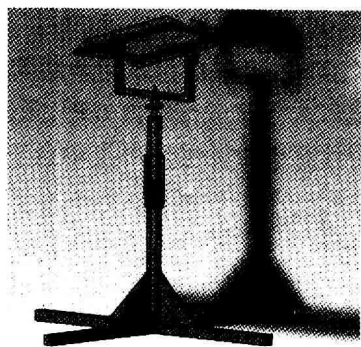
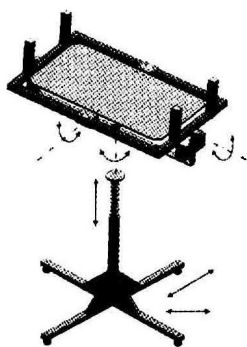


图 1-15 小型无人直升机地面飞行实验台架整体结构示意图

1.4.2.6 角位移传感器的选择与安装

1) 角位移传感器的选择

综合多种传感器的比较,我们最终确定采用宁波机械电器公司的 WDY35D 角位移电位器。

部分参数:电阻:5kΩ;线性度:0.1%。

2) 角位移传感器的安装

将角位移传感器固定在 U 形架上,中间的轴旋转,记录角度。同理对称安装其余角位移传感器,如图 1-16 所示。

1.4.2.7 实施与制作

将实验台架中的每一个零件进行细部结构设计,并标注出尺寸,使用图形表达所有结构、原理,以及各个零件的装配方法(该例零件图省略),标准件不用画图。根据加工图进行加工制

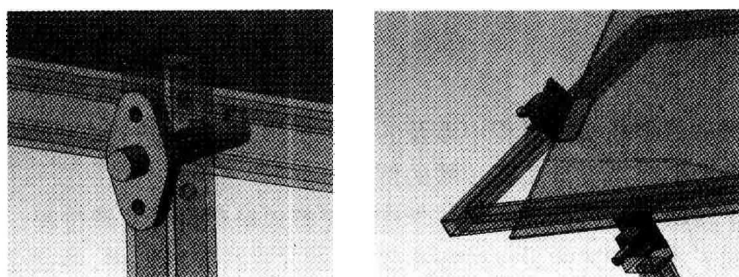


图 1-16 角位移传感器的安装情况

作,使设计方案得以实施,制成的实验台架如图 1-17 所示。

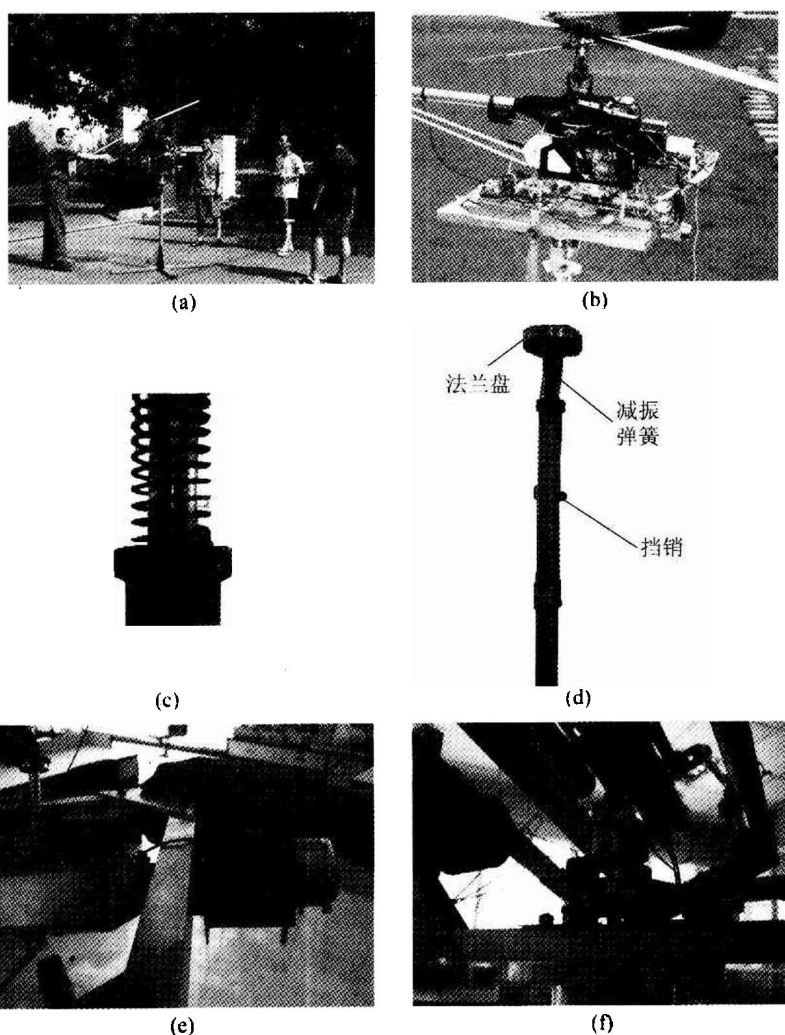


图 1-17 制作的实验台架

(a) 用制作的试验台架进行试飞; (b) 制作的试验台架; (c) 浮动轴与减振弹簧; (d) 支承轴实物局部;
(e) 翻滚角—— Φ ; (f) 航向角—— ψ