

# 机械设计基础实训指南

(第3版)

● 主 编 徐起贺 武正权 程鹏飞

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等工科教育机电类专业“十三五”规划教材

# 机械设计基础实训指南

(第3版)

主 编 徐起贺 武正权 程鹏飞  
副主编 孟凡净 徐文博 张 涛

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

本书是根据教育部制定的普通高等工科教育“机械设计基础课程教学基本要求”，结合近年来普通高等工科院校实验及课程教学改革的成果编写而成。在内容安排上体现了普通高等工科教育应用型的特色，适应了当前教学改革的需要，是与普通高等工科院校机械设计基础课程配套使用的学习与实验教材。

全书共包括两大部分，第一篇为机械设计基础实训指南，由20个实验组成，包括机械原理实验、机械设计实验、机械创新设计实验等。每个实验都编写了实验目的、实验设备、实验原理、实验步骤及注意事项，并附有实验报告与思考题，可指导学生顺利完成实验工作。激发学生的创新意识，强化学生工程实践能力的培养。第二篇为机械设计基础学习指南，针对机械设计基础教材各章的主要内容，有针对性地编写了一些典型例题分析、基本知识测试及答案以及机械设计基础试卷及解答，为本课程基本知识的学习和重点内容的掌握提供了良好的方法和指导。

本书可作为普通高等工科院校及高职高专院校机械类及近机械类专业学生学习机械设计基础课程的辅助教材，也可供有关专业师生及工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计基础实训指南/徐起贺, 武正权, 程鹏飞主编. —3 版. —北京: 北京理工大学出版社, 2019. 8

ISBN 978-7-5682-7489-0

I. ①机… II. ①徐… ②武… ③程… III. ①机械设计-高等职业教育-教学参考资料  
IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 188607 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 16.5

字 数 / 388 千字

版 次 / 2019 年 8 月第 3 版 2019 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 46.00 元

责任编辑 / 高 芳

文案编辑 / 高 芳

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

---

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

# 前 言

机械设计基础课程是我国普通高等工科院校机械类、近机械类专业的技术基础课，主要由机械原理和机械设计课程的内容有机地融合在一起而组成。而机械设计基础课程实验是机械设计基础课程教学中一个十分重要的实践性教学环节。通过实验教学使学生了解机械的工作原理及具体结构，了解机械零部件在各类机械中的功用及性能，便于加深学生对课程理论教学内容的理解，巩固该课程所学的基本知识，为学生今后在生产实际中设计、制造和维修机械设备提供必要的基础。

本书根据教育部制定的普通高等工科教育“机械设计基础课程教学基本要求”，结合近年来普通高等工科院校机械设计基础实验及课程教学改革的成果编写而成。全书共包括两大部分，第一篇为机械设计基础实训指南部分，由20个实验所组成，包括机械原理实验、机械设计实验、机械创新设计实验等。每个实验都编写了实验目的、实验设备、实验原理、实验步骤及注意事项，并附有实验报告与思考题，可指导学生顺利完成实验工作。激发了学生的创新意识，强化了学生工程实践能力的培养。第二篇为机械设计基础学习指南部分，针对机械设计基础教材各章的主要内容，有针对性地编写了一些典型例题进行了分析解答，以帮助学生掌握正确的解题思路和方法；同时针对教材的基本内容，编写了一些基本知识测试题及机械设计基础试卷，并给出了全部解答。使学生能够自己检查对基本内容的掌握程度，并发现学习中存在的问题，为本课程基本知识的学习和重点内容的掌握提供了良好的方法和指导。

本书可作为普通高等工科院校及高职高专院校机械类及近机械类专业机械设计基础课程的实验及学习指导教材，也可供相关专业工程技术人员参考。本书与河南工学院徐起贺主编的“机械设计基础”“机械设计课程设计”教材，构成一套完整的机械设计基础课堂教学、课程设计与课程实验体系。

本书主要有以下特点：

(1) 本书中不仅介绍了实验大纲规定的基本实验项目，还介绍了包括设计性、综合性和应用性等提高性实验项目。任课教师可根据教学需要选择合适的实验项目进行实验。

(2) 根据教育部关于加强学生创新能力和实践动手能力培养的要求，本书增加了创新实验和设计性实验项目，为提高学生的创新能力和工程实践能力打下了良好的基础，有利于课外科技创新活动的开展。

(3) 全书力求概念准确、层次清晰、内容规范，对每个实验的目的、设备、实验原理、实验操作步骤及注意事项叙述清楚，简明易懂，具有良好的可读性和可操作性，便于学生预习。

(4) 针对机械设计基础教材各章的内容，有针对性地编写了一些典型例题分析、基本知识测试及答案以及机械设计基础试卷及解答，为本课程基本知识的学习和重点内容的掌握提供了良好的方法和指导。



(5) 此外，本书尽量引用较新的国家标准、规范，并采用国家标准规定的各种术语和符号。

参加本书编写的同志有：河南工学院孟凡净（实验1、实验2）、武正权（实验3、实验4、实验19、实验20），程鹏飞（实验5、实验15、实验16），徐文博（实验9、实验17、实验18）、张涛（实验8）、康玉辉（实验14），本书其他部分由河南工学院徐起贺等编写。全书由徐起贺、武正权、程鹏飞担任主编，由孟凡净、徐文博、张涛担任副主编，并由徐起贺同志负责统稿工作。

本书承郑州大学秦东晨教授和国家级教学名师杨占尧教授精心审阅，对本书的编写提出了许多宝贵的意见和建议，对提高本书的编写质量给予了很大帮助，编者在此表示衷心的感谢。在本书的编写过程中，参考了书后所列的参考文献，在此我们向各参考文献的作者表示衷心的感谢。本书的编写得到了现代机械设计系列课程教学团队全体成员的大力支持和帮助，在此谨向他们表示衷心的感谢。

随着面向21世纪教学改革不断深入及教学内容的不断充实和完善，本书必将成为一本适应21世纪培养机械工程技术应用型人才需要的机械设计基础实验及学习指导教材。由于编者水平所限和编写时间仓促，误漏欠妥之处在所难免，恳请广大教师、读者给予批评指正。

编者

# 目 录

## 第一篇 机械设计基础实训指南

绪论	3
实验 1 机械原理现场认识实验	12
实验 2 机构运动简图测绘实验	16
实验 3 渐开线齿轮范成原理实验	20
实验 4 插齿原理演示实验	25
实验 5 渐开线直齿圆柱齿轮参数测定实验	28
实验 6 机械设计现场认识实验	32
实验 7 带传动实验	42
实验 8 齿轮传动效率测试实验	48
实验 9 液体动压滑动轴承实验	54
实验 10 减速器拆装训练实验	65
实验 11 机械创新设计现场认识实验	69
实验 12 机构组合创新操作训练实验	79
实验 13 轴系结构创新组合训练实验	86
实验 14 现代健身产品的创新设计实验	91
实验 15 基于机构组成原理的创新设计实验	95
实验 16 自行车拆装训练实验	103
实验 17 机械运动参数测定实验	108
实验 18 回转构件的动平衡实验	120
实验 19 螺栓组连接特性实验	129
实验 20 机械传动性能综合测试实验	137

## 第二篇 机械设计基础学习指南

第 1 章 机械设计基础概论	155
第 2 章 平面机构的结构分析	160
第 3 章 平面连杆机构	167
第 4 章 凸轮机构	172
第 5 章 齿轮机构	176
第 6 章 轮系及其设计	183
第 7 章 间歇运动机构	188



第8章 带传动	190
第9章 链传动	193
第10章 齿轮传动	196
第11章 蜗杆传动	205
第12章 滚动轴承	211
第13章 滑动轴承	216
第14章 轴和轴毂连接	219
第15章 联轴器、离合器与弹簧	232
第16章 螺纹连接与螺旋传动	236
第17章 机械运转的平衡与调速	242
第18章 机械传动系统运动设计	246
附录 机械设计基础试卷	249
参考文献	254



## 第一篇

# 机械设计基础实训指南



# 绪 论

## 0.1 机械设计基础实验教学的重要性及其意义

实验就是根据某种研究的目的,运用一定的物质手段(实验仪器、设备等),主动干预或控制研究对象,在典型环境中或特定条件下,为检验某种科学理论或假设而进行的一种探索活动。实验的目的是获得实验要素中相互联系、相互作用的结果,以便为人们利用其中有利的一面,避免不利的一面,从而推动科学技术的发展,造福于人类社会。因此,科学实验是人们正确认识客观世界、开展科学研究的主要途径,是获取客观事实的基本方法,是获得创造性成果的一种创造智慧。

实验是科技创新的重要手段,在现代科技创新中运用实验手段具有非常重要的意义。据统计,20世纪获得诺贝尔物理学奖的项目,其中60%都与新的实验手段的运用有关。科学发现离不开实验,几乎所有的科学发现成果都是“实验的女儿”。在技术发明中,许多新设想、新方案只有经过实验(试验)这种手段的检验,才能得到完善和认可。

在高等学校的教学过程中,实验教学是必不可少的重要实践环节。培养学生掌握科学实验的基本方法和技能,提高学生的动手能力和创新能力,是实验教学的基本目标,对于培养具有创新精神与实践能力的高等技术应用型人才具有十分重要的意义。机械设计基础实验,是以培养学生掌握机械学科实验基本方法和技能为价值取向的实践教学活动,是培养高素质机械类专门人才的重要手段。实验的目的在于培养学生认识机械、掌握机构运动简图的绘制方法、了解实验设备、明白实验原理、掌握对机械作参数测试的手段,使学生从实验中理解理论的价值,从实践中发现实验结果与理论计算异同的原因,进而促进学生创新意识与实践能力的提高。因此不断提高实验教学效果,确保实验教学质量,是机械设计基础实验教学改革的重要课题。

在传统的机械设计基础教学观念中,实验教学仅被看作是理论教学的附庸,实验的目的仅仅是验证书本理论。实验内容基本是验证型的,缺乏设计性、综合性和研究性实验内容,学生不能从中获得探求未知和开拓创新的能力。实验设备陈旧,实验手段落后,不能反映当代实验技术的发展。实验台套数少,实验过程中学生参与动手的机会少,成绩不能反映学生的实验能力和水平。实验教学方法也是以教师为主体,学生被动地接受实验,缺乏主观能动性和独立思考,更无从培养创新能力。由此,导致实验本身缺乏吸引力,从而挫伤学生进行实验的积极性,客观上助长了重理论轻实验的错误倾向,影响实验教学的效果以及学生实践能力与创新能力的提高。



因此，21世纪的机械设计基础实验教学，必须突破传统的思想观念，树立以下实验教学观：

### 1. 实验教学与理论教学协同观

在机械设计基础教学过程中，实验教学与理论教学具有同等重要的地位，实验教学既不是理论教学的附庸，也不是分道扬镳的环节，而是一种一体两面、相互协同的课程关系。实验教学的设计必须以学科知识体系为平台，以培养学科实验方法与技能为目标。理论教学的目标是帮助学生构建合理的知识结构和认知结构，它需要借助理性思辨的力量，也离不开实验和实践的检验。当然，在实际教学中，理论教学与实验教学的协同可以根据具体情况采取不同的方式。如通过统一的课程教学进行协同，或通过分设理论教学环节和实践教学环节来协同。不管采用哪种方式，都要强调理论与实践的密切联系。

### 2. 传统实验与创新实验协同观

在实验教学为理论教学服务的过程中，形成了验证性实验的传统。由于验证性实验在帮助学生理解机械原理或工作特性方面具有重要的作用，在机械设计基础实验教学的改革与发展过程中依然需要保留验证性实验项目。但是，从实验教学改革与发展的大势出发，在传统实验教学基础上还必须进行实验教学创新。从培养创新精神与实践能力的的基本价值取向出发，建立在机械设计学科知识体系平台上的实验体系，必须是传统实验与创新实验的协同，是认知实验、验证实验、综合实验和创新设计实验的集成。这种实验教学观，体现了知识、能力和素质协调发展的现代教育理念。

### 3. 被动实验与主动实验协同观

机械设计基础实验教学改革与发展，期望能够通过实验教学让学生成为实验的主体。要实现这种愿望，必须改变过去那种重被动实验轻主动实验的定势。

所谓被动实验，是指以教师为主体，按照事先设计好的实验内容和实验步骤进行“教”实验的教学方式，学生被动地接受实验安排与实验结果。主动实验是相对被动实验而言的，是指在实验教学过程中让学生作为主体参与实验全过程的一种实验教学思想。在实验过程中，学生在教师的指导下，自己根据实验要求进行实验设计，选择实验设备，安排实验步骤，体验实验过程，获得实验结论。

倡导主动实验，并非要取消被动实验，两种实验都是实验能力所需要的认识活动。被动实验是一种“学中干”，而主动实验则是一种“干中学”，二者的协同对培养学生的实验能力是有利的。

值得指出的是，主动实验并不是一种实验类型，而是一种实验理念与实验要求。无论在认识实验、验证实验、综合实验还是创新实验中，都需要发挥学生的主观能动性，变被动实验为主动实验。主动认知、主动验证、主动综合与主动创新实验，才是我们所需要的实验方式。

## 0.2 机械设计基础实验教学的主要内容及其要求

### 1. 机械设计基础实验教学的内容及类型

在高等教育教学改革中，课程内容改革是关键。对机械原理与机械设计实验教学改革来说，必须以培养学生的工程实践能力、综合设计与分析及创新能力为基本要求，以机械



设计学科知识平台为依据,并结合学校实验教学条件来设计实验内容体系。机械设计基础课程实验在精选和完善了侧重于理解基本概念、基本理论的传统实验的基础上,开发并培养学生创新能力的设计型、综合性实验,注重实验过程,积极推进主动式教学,突出创新思维能力的培养,将先进的测试手段引入实验,使学生能够了解现代测试技术的发展。

机械设计基础实验的内容,可分为认识实验、验证试验、综合实验和创新设计实验等类型。① 认知实验与验证性实验是使学生对所学的理论知识和客观事实有更深刻的认识和理解,让学生通过实验来认识或验证课堂所学的理论,了解仪器设备的原理和使用方法。② 综合性实验使学生掌握机械系统的工作原理、承载特性、影响因素分析方法,了解典型机械零件的实验方法和力学、机械量的测定原理与方法,进一步了解机械性能指标的重要性,促进学生在机械设计中能力的提高,有利于培养学生的动手能力、数据采集能力、分析与解决问题的能力,使不同的知识点在实验中得到综合应用。③ 创新设计性实验重在培养学生的创新意识和创新能力,通过创新性实验使学生自行设计实验方案,并完成装配和测试,为学有余力的学生提供个性化培养,使优秀学生得到更好的锻炼和个性化发展,提高学生的工程实践能力和创新意识。同时创新设计实验为大学生参加课外科技活动,如机械创新设计大赛等提供学习与训练的平台。

机械设计基础实验教学的具体项目设置如下表所示,这些实验之间具有相对独立性,以便于不同专业、不同层次要求的学生根据实际情况进行选择。

序号	实验名称	实验学时	实验类型
1	机械原理现场认识实验	2	认知
2	机构运动简图测绘实验	2	验证
3	渐开线齿轮范成原理实验	2	验证
4	插齿原理演示实验	2	验证
5	渐开线直齿圆柱齿轮参数测定实验	2	验证
6	机械设计现场认识实验	2	认知
7	带传动实验	2	验证
8	齿轮传动效率测试实验	2	综合
9	液体动压滑动轴承实验	2	综合
10	减速器拆装训练实验	2	验证
11	机械创新设计现场认识实验	2	认知
12	机构组合创新操作训练实验	2	验证
13	轴系结构创意组合训练实验	2	综合
14	现代健身产品创新设计实验	2	创新设计
15	基于机构组成原理的创新设计实验	2	创新设计
16	自行车拆装训练实验	2	验证



续表

序号	实验名称	实验学时	实验类型
17	机械运动参数测定实验	2	综合
18	回转构件的动平衡实验	2	综合
19	螺栓组连接特性试验	2	验证
20	机械传动性能综合测试实验	2	综合

## 2. 机械设计实验教学的步骤及要求

机械设计基础课程实验的实验者为学生，实验对象是被测试的物体，实验手段包括实验方法和实验设备、仪器等。实验者在充分理解实验要求和实验原理的基础上，采用各种测试手段取得相应的实验数据，以及对数据进行处理和分析。

实验的基本步骤为：① 预习实验内容，明确实验目的。② 掌握基本原理，复习相关知识。③ 实验方案设计，选择实验设备。④ 进行实验，获取实验数据。⑤ 数据整理，分析实验结果。⑥ 进行总结，撰写实验报告。

在实验过程中，不仅要按照实验步骤完成实验，同时还应思考为什么要采用这样的实验装置和实验方法，是否有比这更好的实验方法，实验装置是否可以设计得更合理些等问题，特别是当实验中出现的一些现象或数据与理论有差异时，应大胆地提出自己的观点与指导教师探讨。另外，在实验中要爱护仪器设备，注意实验过程中的人身安全，培养良好的科学实验态度。

在实验过程中学生应做到：① 了解科学实验的意义和作用。② 认真做好实验前的准备，如在实验中所需的绘图工具等。③ 会使用实验常用的量具、工具和仪器设备。④ 通过实验掌握实验原理、实验方法、数据的采集和处理。⑤ 积极思考，努力创新，设计更好的实验方案。

## 0.3 面向技术创新的机械创新设计实践体系的构建

### 一、创新设计实践体系构建的意义

高等学校作为国家知识创新和技术创新体系的基础，承担着培养具有创新精神和实践能力的高级技术人才的重任。加强对大学生的创新意识和创新能力的培养，对于增强我国自主创新能力，建设创新型国家具有重要的战略意义。因此强化实践环节，突出动手能力和创新能力的培养成为高等教育改革的重要内容。显然学生创新精神和创新能力的培养不是靠某几门课程能够解决的，它是一个系统工程，涉及整个教育模式和教育环境的改革与创新问题。因此要想使培养的学生具有强烈的创新意识和创新能力，一定要转变教育观念，给学生提供能够实现创新的学习氛围和进行创新实践的舞台。

因此创新教育应该贯穿于整个教学过程中的各个环节，特别是实践环节，更应该具有系统而合理的设置，全方位培养学生的创新实践能力，为生产一线输送具有创新意识和能力的



高等技术应用型人才。这是因为实践教学天然具备促进学生创造力的教学因素，因而决定了它在高等院校实施创新教育中的重要地位，因此在教学中应明确提出通过实践教学进行创新学习。根据工科教学的特点，构建了从产品设计和制造的全过程来进行创新能力培养的实践教学体系，从中定位应用型人才的创新集中点及对应的实验室建设承担的作用，以便为学生提供丰富的实践机会。

## 二、创新设计实践教学体系的建立

创新人才的培养不但要有扎实的理论基础，更重要的是要加强系统的创新实践训练。实践性教学环节是实施创新设计能力培养的重要部分，具有课程教育所不可替代的重要作用。为了突出实践教学在创新人才培养中的作用，应该依据产品实际开发过程，系统地规划实践教学内容，从而建立完善的创新设计实践体系，最终形成一个与理论教学体系紧密联系又相对独立的实践教学体系，在理论教学的基础上，把机械创新设计能力培养目标分解到具体的实践教学环节中去，根据岗位需要系统地培养学生的机械创新设计能力。由于产品的设计过程分为产品规划阶段、方案设计阶段、技术设计阶段、施工设计阶段和改进设计阶段等，因此应针对产品设计与制造的全过程，建立相应的创新设计实践教学环节，来培养应用型人才的技术创新能力。根据这一思路构建有利于创新能力培养的实践教学体系，该体系主要包括创新认知模块、结构分析与拆装模块、创新设计与实践模块、产品设计与制作模块、创新活动等模块。这样有助于按照“创新实验—工程应用—技术创新”的人才培养模式来实施对创新人才的培养，为全方位培养高素质强能力的机械类创新人才开辟了一条合适的途径。

### 1. 构建机械玩具和机械创新设计陈列室

从教学实践中体会到，每当录像中有机械玩具或与工程实际相结合的内容时，学生总是表现出浓厚的兴趣，这不能说是学生的童心未泯，而只能说明机械原理知识如此广泛的应用深深地吸引着学生，极大地调动了他们强烈的求知欲望。由于受诸多因素的限制，不可能组织学生参观和研究各种典型的机械，因此在教学资金投入有限的前提下，以较少的投资建立机械玩具展示室显得十分必要，在一定程度上可以调动和激励学生的学习兴趣，增强学生的创新意识和创新能力。当学生观察一定数量的机械玩具之后，便积累了一定的感性认识，结合机械原理课的理论，可使学生产生创造新型机械玩具的强烈愿望。只要教师及时对学生的创新热情加以正确引导，启发他们在亲身体验中不断探索，就能扩展眼界并开发他们的智力潜能。通过对各种玩具的基本运动分析，可以探索为满足运动和工作要求设计这些机械的基本方法。在掌握机构的分析和设计方法之后，进行具体机械系统设计时，就可以比较熟练地进行机构选型及组合，为培养学生的创新意识及创新能力打下基础。

广泛收集一些新、奇、特的机械，构建机械创新设计陈列柜。陈列柜采用国内外各种设计新颖的机电产品或模型，配合相应的图文资料，介绍机械创新设计的基本原理和方法，对于启迪创新思维、提高机械创新意识与创新设计能力具有重要的作用。其优点是增加了模型或实物数量，精选富有创造性的机电类新产品，图文展示简明扼要，布局更加科学合理。结合创新陈列柜，讲解创新思维方法和创新案例，展出反映创新意识和巧妙构思的各种创新产品，培养学生的形象思维能力和创新意识，增强学生创造性构思、方案设计和结构设计的能力。此外，经常组织学生参观国际国内科技或新产品展览，较多地接触机械发明中具有新颖



巧妙结构的机电产品、模型或照片，使学生了解机械工程领域的最新成果和发展动向，以开阔学生的视野，培养学生的创新思维。还可以购买历年国际和国内创新设计大赛部分获奖作品的演示光盘，通过观看以启发学生的创新思维。

## 2. 机构运动方案创新设计实验

机构运动方案创新设计实验台基于机构组成原理，即杆组迭加原理而设计，可以拼接成结构不同、性能各异的各种机构。该实验的核心是进行机构运动方案的创新设计，学生自己构思设计满足不同要求的机构运动方案，使用实验装置提供的电动机、皮带传动装置、低副杆组、高副杆组、各种构件和机架等，进行积木式组合、拼装机构系统，亲手组装成实物模型，通过机电控制动态演示机构的运动情况；通过直观调整布局、连接方式及尺寸来验证和改进设计；直到该模型机构灵活、可靠地按照设计要求运动到位，最终使学生用实验方法确定了切实可行、性能较好的机械设计方案和参数，也就是通过创新实验——模拟实施环节来培养学生创新动手能力。该实验重点培养学生综合设计能力、创新意识和实践动手能力，为机构创新设计打下良好基础。

## 3. 机械传动系统创新组合与分析实验

该实验是使学生根据对所设计机械的功能要求，进行机械传动系统方案设计和动手组装，并对机械传动系统进行运动分析、动力分析及装配方案分析。学生自主创新设计组合多种实现该功能的机械传动方案，并进行传动连接，拼装各机械传动系统，同时对各机械传动系统在传递运动与动力过程中的参数曲线进行测试与分析，对多种可行方案进行比较、评价，加深对常见机械传动性能的认识和理解，掌握机械传动合理布置的基本要求，从而确定最佳传动方案，有利于培养学生机械传动系统方案设计的能力。通过实验还使学生认识了机械传动性能综合测试实验台的工作原理，掌握了一定的计算机辅助实验的方法，培养了进行设计性实验与创新性实验的能力。

## 4. 机电产品组合创新设计实验的建立

利用德国慧鱼创新组合模型，开设智能型机械创新设计实验，使学生能将多学科、多领域的综合知识融会贯通于综合应用中，并在机械创新设计中，能有利于将机、电、控制方面的理论和实际结合起来，激发兴趣和创造力。“慧鱼”产品中各种型号和规格的零件近千种，一般工程机械制造所需要的零部件如连杆、齿轮、马达、蜗轮以及气缸、压缩机、发动机、离合器，甚至热敏传感器、信号转换开关、计算机接口在慧鱼中都能找到。因此慧鱼创新组合模型的仿真度，几乎能实现任何复杂技术过程和大型设计的模型。在实验中，学生自己动手组装模型，建造自己设计的有一定功能的机器人模型产品，在制作过程中使学生了解一些计算机控制、软件编程、机电一体化等方面的基础知识，通过实验学习进行创新设计的方法，能够激发学生无限的创造力，为后续课程的学习做一个很好的铺垫。由此可知，在创新设计中有机地融入相关领域的知识，在实验过程中增强学生的综合运用能力是创新实验课的核心任务。

## 5. 机械结构创新设计能力培养实验

利用轴系结构设计与分析实验箱，开发出轴系结构设计创新组合实验，该实验要求学生创新设计出不同的轴系结构方案并进行分析、比较。实验利用模块化设计思想，针对典型轴



系结构设计出一套可重组的轴系零部件,提供了可组成圆柱齿轮轴系、小圆锥齿轮轴系和蜗杆轴系结构模型的成套零件,有齿轮类、轴类、套筒类、端盖类、轴承类及连接件类等多种零件,按照组合创新法,采用较少的零件便可组装出尽可能多的功能各异的轴系部件。每组学生根据实验方案规定的设计条件和要求,确定需要的模块化轴段和轴上零件,进行轴系结构的创新组合设计。通过组装、分析,对轴的结构设计与滚动轴承组合设计有了实质性的认识,掌握了轴系结构设计的基本要求和方法,为机器的正确设计奠定了技术基础,提高了学生对机械结构创新设计的能力。

机械产品拆装和分析实验是在现有机械设备的基础上,增加可拆装机器的类型,让学生接触更多的机器、机构,通过产品分析和拆装,使学生对机械产品的功能组成、零部件的具体结构和作用有更深入的认识,提高对机械设备结构的认知和工程设计能力。实验设备可以是多功能数控车床、三维电脑雕刻机、工业机器人等。拆装实验的重点是使学生了解结构、名称、原理和相互连接关系,熟悉工具使用,掌握拆装方法等。拆装实验的优点是拆装过程充分显示出各零件之间真实的装配关系,使学生学会专用工具的使用方法,不仅可以帮助学生消化吸收理论知识,而且能使学生对零部件有感性认识,对于机构的工作原理以及结构特点有更深刻的理解,培养学生的工程意识和实践能力,激发学生的创新意识和创新思维。

## 6. 建立计算机辅助创新设计平台

计算机辅助创新设计平台是把发明问题解决理论 TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving)、本体论,现代设计方法学与计算机软件技术结合的新一代计算机辅助创新工具。由于 TRIZ 理论将产品创新的核心——产生新的工作原理过程具体化,并提出了规则、算法与发明创造原理供研究人员使用,具有很强的可操作性和可实施性,它已经成为一种较完善的创新设计理论,形成了解决工程问题的系统化的方法学体系。借助其综合分析工具和创新方案库,不同工程领域技术人员在面临技术难题时,能打破思维定式、拓宽思路,以全新的视角和思路分析问题,快速得到可操作的高效解决办法。不仅在苏联得到广泛的应用,在美国的很多企业特别是大企业,如波音、通用、摩托罗拉等公司的新产品开发中也得到了应用,取得了可观的经济效益。对于通过计算机辅助创新设计所构思的具体结构,要通过三维设计与数控加工来实现。

## 7. 三维产品创新设计实验

随着计算机技术的迅猛发展,使零部件的设计正逐步从二维转向三维。这种直接用三维造型建模的现代设计理念和创新设计方法更符合人们进行创新设计的思维方式,因为任何产品在设计构思时,人们头脑中的形象都是三维的。过去由于技术的限制,无法迅速实现人们头脑中三维形体的构建。现在三维设计 CAD 软件(如 Pro/E, UG, CAXA, Solidworks 等)已经提供了这种可能性,满足了从三维入手进行产品设计的需求,这种做法更符合设计活动的客观规律。目前较高端的机械零部件设计软件完全可以实现从概念设计、三维零部件建模到装配干涉分析等功能,面对这种从设计理念到设计方法的全新变革,企业更需要的是掌握三维设计的人才。从设计到制造的一体化, CAD/CAM/PDM 缩短了大学生到岗位的适应期。因此应加强数控加工、CAD/CAM/PDM 的教学内容,充分利用三维实体设计软件的集成性,将三维实体设计得到的数字化模型信息源传递给数控加工,以实现从三维实体设计到计算机辅助制造的有机结合。另外,也可以把一些零件的三维设计数据模型输入至 3D 打印设备,



快速打印出零件样品。在此基础上，针对岗位技术中所面对的零部件改进设计问题，通过三维设计软件进行创新设计，可迅速改变其结构设计中的缺陷，提高产品性能。

### 8. 机械创新设计模型制作室的建立

创新设计制作训练是世界先进国家机械工程教育广泛采用的模式，目前一些学校建立了不同规模的学生实践教学基地、实践训练中心等，为学生进行制作类设计训练提供了必备的条件。同时针对学生创新能力培养的需要，也应该建立机械创新设计模型制作室，为学生提供了一个开放的、可以自己动手制作的实践性教学场所。该室可购置各种小型机床、电路设计和制作的软硬件平台等，在富有经验的技术人员指导下，学生可以自己动手制作电路、加工零件模型并进行装配，为学生的科技制作提供技术支持。在创新设计活动中，当学生完成设计方案时，要求学生自己动手将设计的产品制造出来，通过机电控制，实现预定的动作，将纸上的设计变为真实的机器模型。当看到自己设计的产品在教师指导下逐渐成形，实实在在地感受创新、设计、生产、调试的工程实践过程，都有一种满足感和成就感。在此过程中，既巩固了理论知识，又培养了实践能力，从而激发了对专业课的学习兴趣。

## 三、开展课外科技创新实践活动

为了实现机械创新设计，必须面向市场开展多种形式的创新设计实践，才能真正提高学生的机械创新能力。创新产品都是为了满足社会和工程的实际需要，所以从日常生活和工程实践中，特别是从机械工程中可以挖掘很多设计题目，利用课堂上讲授的理论知识，让学生真刀真枪地干，品尝创新的滋味。开展课外科技创新设计活动，例如搞科技小制作、小发明、小革新等，这些活动能大大激发学生的创新欲望，在实践中培养他们的创新能力，从而提高了学生的就业竞争能力。

参加大学生科技制作活动时，要求学生独立完成构思、方案确定、图样设计、加工制作和调试等。各项工作都具有开拓性，尤其是构思和方案确定更具创造性。设计作品一般都做成电动机模型，对于有价值的作品，再通过毕业设计，绘出全部图样。这种方式耗资耗时少，便于推广，并能使学生学到科技创新方法，为学生创造性思维的发挥和工程实践能力的培养提供了一个广阔的空间。利用设计制作的实践环节，通过学生自己选题、设计、制作和调试，极大地激发了学生的创造激情和对专业的热爱，增强了学习的信心，受到了从设计到制造直至试验的全过程锻炼，从而使他们能够更快、更好地适应实际工作。这种培养学生产品设计、制造综合能力的独特模式，必将对应用型人才的培养产生巨大的促进作用。

开展机械创新设计大赛是鼓励学生在已掌握知识的基础上，从实际生活和生产应用出发构思出一些新颖的机构或机器，然后进行设计、加工，并进行装配调试，制作出参赛作品的演示实物或模型。在这个实践过程中，学生扩大了知识面，加深了对课本知识的理解，培养了不同专业的团队协作精神，增强了创新意识和创新能力，提高了分析问题和解决问题的能力。从而形成了创新设计课堂教学、实验教学及课外科技创新实践活动一体化的教学模式。

机械创新设计是在机械设计过程中产生新颖、有价值构思方案的活动，机械设计中的创