

# 机械专业“四维融合”式人才培养模式研究与实践

罗继曼, 田大可, 王丹, 谢正义

沈阳建筑大学机械工程学院, 辽宁 沈阳

收稿日期: 2023年2月24日; 录用日期: 2023年4月8日; 发布日期: 2023年4月19日

## 摘要

针对机械专业学位研究生的实践能力不足等状况, 分析存在学科基础相对薄弱、理论基础与工程应用脱节等问题, 提出构建以理论教学、工程实践、创新训练和科学研究为闭环的“四维融合”式人才培养模式, 并对该培养模式进行了探索实践。实践表明, 通过“知识内化与技能培养”的强化教学、“工程导用”引领的实践与创新、“导练与导研”定向的科研活动多渠道的有机融合与不断完善, 对研究生的实践能力的提升大有帮助。

## 关键词

机械专业, 四维融合, 培养模式, 实践能力

# Research and Practice of “Four-Dimensional Integration” Talent Training Mode for Mechanical Major

Jiman Luo, Dake Tian, Dan Wang, Zhengyi Xie

School of Mechanical Engineering, Shenyang Jianzhu University, Shenyang Liaoning

Received: Feb. 24<sup>th</sup>, 2023; accepted: Apr. 8<sup>th</sup>, 2023; published: Apr. 19<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

In view of the lack of practical ability of mechanical degree graduates, there are some problems in the analysis, such as relatively weak discipline foundation and disconnection between theoretical basis and engineering application. It is proposed to construct a “four-dimensional integration”

talent training mode which takes theoretical teaching, engineering practice, innovation training and scientific research as closed loop, and the training mode is explored and practiced. The practice shows that through the intensive teaching of “knowledge internalization and skill cultivation”, the practice and innovation led by “engineering guidance and application”, the organic integration and continuous improvement of the multi-channel oriented scientific research activities of “guiding training and guiding research” are of great help to the improvement of the practical ability of graduate students.

## Keywords

Mechanical Major, Four-Dimensional Integration, Training Mode, Practical Ability

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

新工科建设对机械工程领域的技术人才培养提出了更新、更高的要求，也给机械专业研究生教育改革带来了新机遇和新挑战[1] [2]。然而，在专业学位研究生教育发展过程中出现了一系列的困难和问题，具体表现为：1) 学科基础相对薄弱：基本知识 with 基本理论方法达不到应有的基础水平，以至于学生分析问题、解决问题的能力较弱。2) 理论基础与工程应用脱节：工程背景差，联系实际少，从而导致学生的实践创新能力缺乏。因此，在新工科背景下对研究生实践能力培养提出了新要求。改革传统工科为新工科，是适应新科技革命与产业变革的一项重大举措，顺应了新工业革命形势对人才和产业整合与转型的新要求。为此，必须面向产业界、面向世界、面向未来，改革现行高等工程教育的人才培养模式，既要着重培养卓越工程师，又要注意选拔人才和因材施教。在此背景和要求下，对专业学位研究生实践能力培养机制与模式进行研究具有很强的现实意义。

## 2. “四维融合”式人才培养模式的主体思想

专家学者从不同层面对专业学位研究生的实践能力培养进行了研究[3] [4] [5] [6]。实践能力可以概括为三个方面的内容：第一，知识迁移能力；第二，实践创新能力；第三，职业胜任能力。因此在机械专业学位研究生实践能力的培养中要以这三个方面为基础，作者通过“四维融合”的培养模式来强化研究生的实践能力。

以学生为中心，通过理论教学、工程实践、创新训练和科学研究这四维耦合实现机械专业的专业学位研究生实践能力培养要求。理论教学是构筑学生知识体系和学科基础的重要环节；工程实践是学生将所学知识运用到实践中去、并从实际应用中得到锻炼的重要渠道；创新训练是培养学生创新思维和动手能力的最佳途径；科学研究是研究生培养的主体渠道，又是考核培养质量的重要环节。

理论教学、工程实践、创新训练与科学研究的“四维耦合”关系如下：

### 1) 理论教学是四维中最重要的基础

基本理论与基本方法的学习是主体，“基础+创新”是实现四维耦合的前提。理论学习既是学好研究生核心课程的基础，也是积累理论知识、内化为能力、应用于实践创新的支撑。理论学习与工程实践、创新训练和科学研究相互渗透，相辅相成，为学生构筑具有浓厚创新氛围的环境。

## 2) 四维耦合强调四维的紧密联系

理论教学紧密联系生产技术、科学研究以及创新实践，对人才培养具有重要作用。通过科学研究、创新讨论和疑难指导等案例，着重体现出理论教学重难点的创新方法和创新理念的形成过程。

## 3) 创新引领四维耦合

课程学习，旨在引导学生初步养成创新思维习惯，具备一定的创新能力，并通过不同课程的持续强化和应用实践，让学生具备自主加油、自主提升的能力。通过创新来引领四维耦合，初步实现四维的相互渗透与融合贯通，让大多数学生获得创新锻炼。

理论教学、创新实践与科学研究、工程实践相结合，通过环环相扣，不断持续强化，最终实现对高级机械专业人才培养目标。四维耦合培养模式的模型，如图1所示。

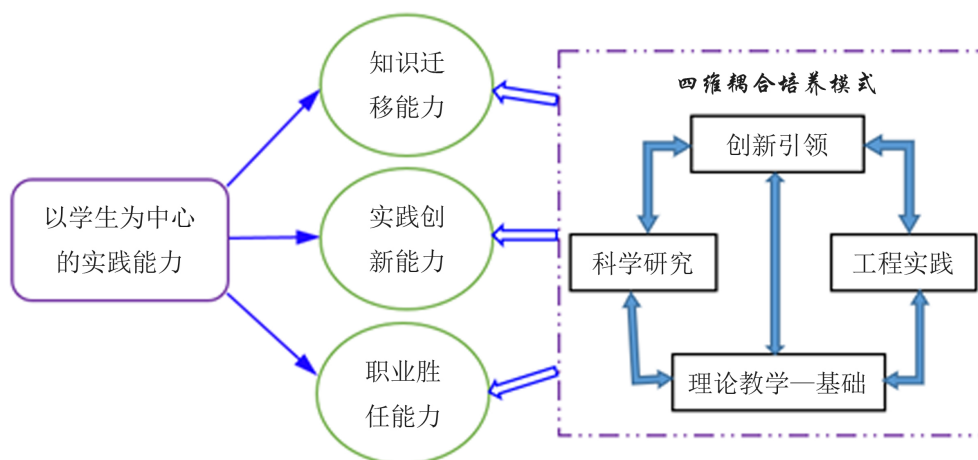


Figure 1. Model of four-dimensional coupled cultivation mode  
图1. 四维耦合培养模式的模型

## 3. “四维耦合”人才培养模式实施案例与成效

### 3.1. 强化知识内化、提高专业技能和素养的理论教学改革实践

深入探讨在理论教学中如何以“导学”为引领，提高对学生实践的认知、知识内化能力的途径，具体形式包含项目式教学法、探究式教学法和产教融合式教学法。以若干门研究生课程为例，以点带面探讨理论教学的改革途径。

项目式教学案例：《机械工程概论》是培养研究生机械设计理论与方法的专业入门课程，为了强化学生将机械的理论知识快速内化为设计能力，在开学初，给学生布置模拟工程背景的设计项目《专用机构(冲压机)的设计》；设计内容有执行机构、下料用凸轮机构、齿轮与带的传动等机构，设计要求是完成三维建模与运动模拟；然后伴随课程内容学习来分步骤完成项目。例如学习“连杆机构设计”内容时，带领学生完成冲压机的执行机构设计；最后，要求学生将各部件组装成一个整机，做出三维整机的机构运动动画，通过课程答辩展示出来。同时，课程还采用了现场教学，带领学生去实验室动手拆装减速器，去实训车间熟悉各种加工设备。通过现场教学加深对知识的理解，见图2。

教学成效：通过设计项目的引领，学生很快能将所学知识学以致用，促使理论知识向应用能力的转化；现场教学培养了学生的工程观念，亲身感受是最好的教育；对三维建模与运动分析的教学设计，强化了学生对专业软件的学习，提高了专业的技能。



**Figure 2.** Teaching photos of mechanical assembly and disassembly and workshop site  
**图 2.** 机械装拆、车间现场教学照片

探究式教学法：《机器人学》课程是一门研究生专业课，课程制定了“初步掌握《机器人学》基本理论和学会自主设计一种机器人”的知识技能目标，以及“熟练查找和阅读文献、提高外语翻译能力和科技论文写作能力”的综合素质培养目标。为实现教学目标，课程采用了线上线下混合式教学模式，分别在课堂和网络平台与学生展开研讨式教学。

#### 1) 课堂教学，提出问题、启发学生思考

针对本课程涉及的关键科学问题、技术瓶颈问题、研究热点和焦点问题，重点讨论专业知识和科学理论形成、发展的科学逻辑性，启发学生积极思考、主动参与相关问题的课堂讨论，强化其创新能力和科学文化素养的形成。

#### 2) 专题研讨，以大作业为线索，分期讨论不同专题

为了提高学生的综合能力，安排了“论文综述”和“机器人的自主设计方案”两个大作业。论文综述要求学生查阅若干与机器人相关的中、英文献，完成一篇机器人发展现状的综述论文。第二个作业要求学生在学习机器人相关设计后，创新构思一种新型机器人方案设计，通过三维建模展示设计结果。每周在课前安排几名学生对自己查找的文献和撰写的综述进行展示，然后师生互相交流研讨；根据不同时间节点安排专题讨论，讨论机器人方案的可行性等；课程结束时，要求学生通过答辩，展示自主设计的机器人结构方案。

#### 3) 课下交流，通过交流平台，共享、答疑、解惑

借助微信、QQ群等交流平台，强化课程资源共享与师生交流，不仅使同学们可共享资源，也为师生及同学之间交流提供了全天候学习互动的途径和资源，相互激发学习心德与兴趣。

教学成效：通过完成作业和学术研讨，学生们的综合能力大大提高，包括文献查询、论文写作、英文翻译以及表达能力；通过对《机器人学》的学习，学生充分掌握了机器人相关知识，并能够自主设计出一种机器人，包括建模、运动学和动力学分析、撰写说明书等。

产教融合式教学法：《弹性力学与有限元》课程为省级研究生精品课，基于产教融合方式对学生能力进行培养。该课程改变传统的教学方法，将教学数字化引入教学课堂，由专业教师引导，形成数字平台与课程融合的协同育人模式。课题组成员通过教育部产教协同育人立项，并以《基于 Simdroid 平台的课程产教协同育人实践研究》为载体，将本专业国内自主研发的有限元应用平台引入课堂。实现了课程教学的线上线下混合教育：线上有专业导师教授仿真平台的操作，线下有课程教师手把手指导；线上教学提供了丰富的教学资源，弥补课堂教学的不足，线下老师的指导解决了学生眼高手低的弊端。

教学效果：通过课程的学习和仿真教学案例的设计，不仅拓展了学生视野，而且将专业理论应用于实际工程中，提升学生在数字化 CAE 方面的技术和应用能力，提高学生理论应用于实践的能力。不少学生还获得了专业机构颁发的结课证书。

### 3.2. 以“导用”为策略的工程实践应用渠道探索

根据学生不同的培养阶段制定不同的实践活动，从多种渠道培养学生的工程实践技能。通过产学研合作融合的不同模式，有多重渠道可以提升学生的实践能力，如驻扎企业获得实训，以解决工程难题为契机的研究生工程能力培养，等等。通过以下案例展开说明。

案例:校企联合培养模式下的驻场实训。

本专业的专业硕士培养大纲里要求，学生需要有 6 个月的企业实习经验。学生既可以去社会面寻找实习企业，也可以推荐去学院的校企联合单位，还可以在校内的实训基地开展。学院已经建立了诸如“永茂集团”、“建机厂”、“\*\*\*机器人实习基地”等多个培养基地，为研究生培养提供了良好的条件。

课题组与永茂集团企业建立了长期合作模式，企业为学生提供实习的机会，为学生沉浸式企业实训提供平台。研究生从研二开始进驻企业 3~6 个月，前两个月初步学习 Solidworks 软件和 Ansys 软件，向企业设计师学习产品的设计流程，向企业生产者学习制造过程，耳濡目染产品的生产制造全过程；后几个月，按照设计要求完成从简单到复杂的设计任务，最后提交实习报告和设计图纸。实习期间，实行双导师制，企业导师带领学生熟悉先进设备功能，开展实习操作培训，学院导师为学生量身定做设计任务，指导学生完成入厂设计，在生产实际操作中锻炼学生的实践动手能力，强化核心知识与工程应用能力。

同时，企业为吸引优秀学生工作，还设立了每年一度的“永茂成就”奖学金，奖励为企业解决实际问题的学生，这样不仅使学生在对口企业得到锻炼，培养了工程经验，还为企业解决了生产问题、并留住了人才。

### 3.3. 探索以“导练”为方法的创新能力提升途径

深入挖掘培养学生创新能力的各种渠道，研究开展竞赛驱动、模型实体制作等方式的创新活动，探索提高学生创新能力新途径。

案例：在新设备研发、模型的制作中培养学生的创新意识。

高校的纵向课题大多以应用基础研究为主，因而部分导师都仅做理论研究而忽略了实践。课题负责人在长期的科研中不断探索“实践出真知”，带领研究生在研究理论的同时，更多地完成动手实践环节。例如历经 12 个月的辛苦设计，与企业合作完成了“新型混联机器人”的设计和制造。该混联式机器人是国内首个原创的特型结构、可用于精雕的机器人，从创新构思到设计制造都是课题组成员亲力亲为，从把一个设计理念变为一台新设备，学生们内心充满自豪感。



Figure 3. Practical operation and carving works by the new hybrid-robot prototype

图 3. 新型混联机器人样机实操与雕刻作品

该混联式机器人样机已经作为实验室新设备，用于培训新一届学生雕刻制作实践。每年新生都要独

立制作一幅新颖的雕刻作品，通过老带新形式，学习云图的创作、软件的编写，学习机器的实操，包括工具装卡、设计加工程序、换刀具等步骤，完成雕刻作品的制作后要撰写实习操作报告。如图 3 所示为研究生操作和部分雕刻作品。

以上案例表明，通过科研课题中的样机设计与制造、模型作品的动手实践过程，将观念创新、构型创新、研究方法创新和技术创新等融为一体，较好的提升了学生的创新意识，锻炼了创新方法，壮大了创新的勇气。

### 3.4. 探寻以“导研”为手段的科学研究途径

从研究生不同的研究阶段入手，在学生参与导师科研课题过程中，加强研究过程部署，加强不同课题之间的交流，既能有条不紊指导学生搞研究，又能开拓学生思路，以下通过两个案例说明其重要性。

案例：注重科研过程引导的研究生培养方法。

本案例讲述通过“折叠房项目”研究的过程引导，让学生参与其中，进而培养学生专业技能、专业素养等综合能力的具体过程。通过让研究生参与到项目中，完成折叠房整体结构尺寸设计、材料选择、展开方案设计、图纸绘制、模型仿真等内容，进而达到提升研究生的综合能力的效果。

首先，根据项目研究内容制定了研究生培养的目标，然后，制定了学生参与项目研究的流程，最后，遵循学生认知规律，按照方案实施流程，从做研究的基本步骤、方法、手段对研究生进行实践能力培养。

具体实施方案如下：

1) 研究铺垫：要求研究生进行折叠房相关资料查询，查阅相关论文、专利、现有折叠房产品设计的说明书以及装配视频，了解折叠房的基本构造安装原理，为接下来的项目设计提供基础，同时锻炼了学生查阅资料总结资料的能力。

2) 方案设计：学生根据查阅资料确定项目的整体设计方案。为方便运输，整体组成大致包括为四面墙板、门窗、地板、顶板、梁、支撑角柱等零部件，学生通过对比分析，选择各种零部件的材料与型号，以及保温和密封措施。通过整体方案的设计，锻炼了研究生的创新思维、创新能力和分析问题能力。

3) 动手模拟：根据设计的折叠房整体方案，先用纸板做缩小比例模型，动手制作和拆装，并不断改进，完善细节。

4) 软件设计：学生根据整体方案的确定，进行各零部件设计，并在设计中不断改进。先采用 CAD 绘图软件绘制折叠房二维的零件图和装配图，再应用 solidworks 里进行三维建模，最后，进行运动仿真检验，检查设计的模型是否会有运动干涉，验证展开方案的可行性。

实施效果：本案例以折叠房项目为引导，让研究生参与到科研项目当中，完成了折叠房的结构设计，进行了二维、三维模型的绘制和动手模拟仿真，完成了运动仿真验证，学生体验了科研项目完整过程，由此，其分析问题能力、动手实践能力、创新能力和批判性思维都有了一定的提升，也说明该类培养模式是可行的，也是有效的。

## 4. 结语

以实践与应用能力培养为目标，进行专业学位研究生培养模式和渠道的探索与实践，建立了“四维融合”式培养模式。首先以项目式教学法、探究式教学法和产教融合式教学法等方式从理论教学改革渠道，强化了知识的迁移和内化；从工程实践应用渠道，通过产学研合作融合的不同模式，提升了学生的工程应用能力；探索了以“实操实作”为途径的创新能力的培养渠道，有效增强了学生的实践创新能力；以加强“导研”为手段的科学研究渠道，开拓了学生视野，提高了学生职业胜任能力。以上不同渠道和方式又是相辅相成的，互为支撑、互为补充。四维融合式培养模式将通过进一步的实践不断完善，为培

养符合机械领域需求、适应工程实际需要、具有较强的实践能力的专业人才做出贡献。

## 基金项目

中国学位与研究生教育研究课题(编号 2020ZDB40); 辽宁省教育科学“十四五”规划 2021 年度课题(编号: JG21DB442); 2022 年度辽宁省普通高等教育本科教学改革研究项目立项一般项目。

## 参考文献

- [1] 魏立新, 刘福才, 王洪斌. 专业学位研究生实践能力培养探索——以燕山大学控制工程学位点为例[J]. 河北大学成人教育学院学报, 2019, 12(4): 103-107.
- [2] 阎凤桥, 李欣, 杨钊, 等. 专业学位硕士生与学术学位硕士生实践能力培养的比较研究[J]. 学位与研究生教育, 2017(4): 9-16.
- [3] 李鹏. 专业学位研究生实践能力构成及提升路径[J]. 继续教育研究, 2018(10): 107-110.
- [4] 林莉萍. 专业学位研究生实践能力培养现状及提升策略[J]. 中国高等教育, 2014(12): 58-59.
- [5] 于晓桦, 张思峰, 李美玲. 工科全日制专业学位研究生实践能力培养模式探索——以山东建筑大学交通运输类专业为例[J]. 教育教学论坛, 2016(12): 144-146.
- [6] 张莹. 全日制教育硕士专业学位研究生教育实践能力培养模式的架构与实践[J]. 年轻人·教育, 2019(8): 52-53.