

# 为创新人才培养筑基 “知识-能力-素质” —机械类基础课程“承理启工”模式改革与探索

商振、史冬岩、应丽霞、张慧博、蔺玮琪、杨志勋

哈尔滨工程大学机电工程学院，黑龙江 哈尔滨 150006

**摘要：**机械类基础课程在人才培养过程中扮演着数理力课程和专业课程之间过度桥梁的角色，是人才培养的重要基石。此类课程传统的培养模式突出强调理论教学深度，对完整的工程设计知识体系构建和综合创新设计能力培养不充分，已经不能适应新时代人才培养的要求。本文以哈尔滨工程大学新工科建设为例，探讨基于工程系统设计全流程重塑课程知识体系，采用项目式教学实现“知识-能力-素质”一体化培养的新模式。实践表明，该模式已成为全校新工科建设示范课程。

**关键词：**人才培养；工程设计；新工科建设；知识-能力-素质

DOI:10.63887/etr.2025.1.3.15

## 1 引言

全球处于新技术革命初始阶段，传统产业向智能化、数字化、绿色化快速转型，深刻改变社会、经济 and 生活方式。新产业模式催生对高素质创新型工科人才的核心需求，我国 2017 年启动新工科建设计划，旨在培养支撑国家战略与产业需求的人才，“智能制造 2025 蓝皮书”明确了创新人才在“中国制造”向“中国创造”转型中的作用。

中国科学院大学江雷院士指出，未来技术是对未来经济社会有颠覆性影响且当前尚未实现的技术，其基本特征为“原创性、交叉性、颠覆性”，包括原始性创新技术和对已有先进技术的创造性集成，它不同于“卡脖子”技术，后者是核心关键但主动权不在我们手中的已有技术<sup>[1]</sup>。

这决定了未来技术人才培养标准需在一般专业学科人才培养标准基础上<sup>[2]</sup>，突出前瞻性思维、批判性思维等未来技术领域特定要求<sup>[3]</sup>，这些属性更多指向非技术能力，即知识体系+能力+素质。国内新工科建设有“继承+升级”“交叉+复合”“融合+创新”三类思路<sup>[4]</sup>。目标是在传统模式基础上塑造多学科交叉知识体系，培养突破性创新思维与非技术能力综合素养。未来技术人才既需扎实数理力基础知识与通专专业知识，更需应用其开展突破性技术创新与工程设计，而

“数理知识”与“专业知识”的关联过程是人才创新思维等关键素养形成的关键环节，机械基础类课程在此过程中作用重要。

但是，传统机械类课程的人才培养模式已经不能很好完成上述“承理启工”的任务，传统机械类基础课存在课程内容陈旧、知识碎片化、学科交叉不足、教学模式单一、非技术能力培养欠缺、考核方式片面等问题，导致“课程知识不统一”“理论实践不统一”“项目双创不统一”，亟需重塑课程体系。本研究将以哈尔滨工程大学未来技术学院课程改革与实践过程为例，探讨基于项目式教学重塑机械类课程的新路径。

## 2 传统机械类基础课面临的挑战

建国后，尤其是 1979 年恢复高考后，国内高等教育主要学习苏联、德国的洪堡教育体系，沿用其“传授知识与创造知识相统一”的现代大学新理念<sup>[5]</sup>。但如今高等学校的环境、任务和社会地位已与 200 年前洪堡时代截然不同<sup>[6]</sup>。新技术变革对多学科交叉综合性人才的需求，对传统学科“专”的教学模式提出巨大挑战，国家、社会和产业对人才的新要求，使传统专业教育模式，尤其是工科基础教育面临亟待解决的问题。

以哈尔滨工程大学机械类基础课为例。机械类课程经历过工程专业认证和 2 次本科审核评估，服务学校各专业人才培养，形成了稳定的课程和培养模式。

但在新工科建设的过程中，尤其在综合试点改革建设过程中，遇到了一些严肃的问题，无法高效支撑、融入各专业的人才培养过程，具体如表 1：

表 1 机械类基础课程存在的主要问题

序号	课程现状	存在的主要问题
1	主要知识沿用多年，前沿知识更新慢，没有融入知识体系	课程内容陈旧，滞后于学科发展
2	沿用传统知识章节，知识间系统化串联不足	专业知识碎片化，缺乏系统性设置
3	专注课程内知识，理论知识与工程上的联系缺乏系统介绍	知识结构独立，缺乏学科之间交叉
4	传统讲授型授课模式为主，引导学生参与的案例式教学落实不充分	学生参与性、互动性不强
5	工程素养、价值观塑造、设计表达等非技术能力培养与教学过程融合不充分	非技术能力培养重视不够
6	课程考核仍以试卷为主，传统平时检测手段不能有效考查学生能力成长	应试教育仍然是考察学生能力的主要手段

机械类基础课程是数理力课程与专业课程间的桥梁，是工科人才知识向能力转化的“第一站”。但现有教学模式下，如表 1 所示，课程独立、知识脉络不连续，导致“课程知识不统一”，“承理启工”作用发挥不足，学生难明基础课在专业知识体系和能力形成中的作用。这又引发数理力与专业课实践环节缺乏工程继承关系的“理论实践不统一”，以及课程与双创项目实践不统一、增加学生负担的“项目双创不统一”问题。

为解决“三个不统一”，研究探索重塑机械类基础课程为“工程系统设计”公共基础课，以支撑新工科建设和创新人才培养。

### 3 “承理启工”课程体系构建

#### 3.1 传统机械课程“重体量、缺融合”

人类文明处于机械文明阶段，工科人才能力需落实到工程项目规划与实施，创新创造和学科交叉旨在服务新技术革命下的复杂工程设计与应用。但现有机械类基础课程未按工程设计流程组织知识体系与教学实施，虽投入大量资源，却因学习任务重且未有机融入专业人才培养，未获专业和学生认可，课程改革势在必行。

哈尔滨工程大学机电工程学院通过在联合学院（与南安普顿大学联合办学，简称南安）承担的课程《设计与计算》积累的经验，在学校新工科教改高地未来学院做试点，开展《工程系统设计课程》的建设与实施，以期为解决上述问题找到可行解决路径。

#### 3.2 围绕“承理启工”重构培养模式

在承担《设计与计算》教学工作的过程中发现，国内需要多门课程对标该课程的授课内容，包括设计方法、机械结构、工程制图、CAD、先进制造方法、计算思维等，如图 2 所示。



图 1 《设计与计算》课程主要知识模块

传统教学思维认为，多门课程在 2 学期 112 学时内完成不现实。但剖析南安人才培养模式和课程方案发现，其知识体系按工程/产品设计全流程构建，各知识模块侧重基础内容介绍，让学生明确其在设计流程中的角色与作用，并通过完整设计项目考核学生知识掌握与能力形成情况。

类似地，美国马里兰大学《工程设计》<sup>[7]</sup>、麻省理工《Fundamentals of Engineering Design》<sup>[8]</sup>均按工程设计逻辑组织知识体系，国内天津大学借鉴相关经验，出版《设计与建造》<sup>[9]</sup>教材并形成课程，率先推进机械类基础课改革。

这类课程多采用项目式教学<sup>[10]</sup>，以配合课程在完成知识体系顶层塑造基础上，强调综合设计实践能力培养的目标<sup>[11]</sup>。欧美部分学校为强化“边学边做”，形成“三明治”教学模式，将项目设计贯穿学期或学

年，以团队形式考核并进入企业实习，每学年课程呈螺旋上升进阶，如英国诺丁汉特伦特大学采用该模式，使学生毕业后能胜任实际设计工作。

从上述经验可知，机械类基础课程在人才培养中需承担搭建完整工程设计知识体系、培养学生初步综合设计能力的任务。若将创新人才比作大树，要使其枝繁叶茂，需建立通畅的知识营养输送路径与高效转化机制，即帮助其构建完整知识体系并形成专业能力培养的长效机制，以促其形成德才兼备的综合素养，如图 3 所示。

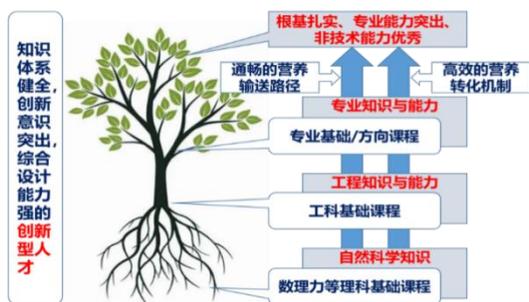


图 2 人才知识-能力-专业素质的形成过程

若将理工课程比作人才的树根与树干，机械基础课程则是多学科交叉的枢纽基干，是系统培养工程能力与创新素质的中枢环节，应起到串联知识体系、转化设计能力、形成创新素质的作用。

从基干课任务看，机械类基础课程存在知识路径不通、营养转化机制过时、“树格”塑造德才脱节三方面问题，反映在人才培养上，使学生面临理清课程知识关联、缺乏系统实践训练、使命感与内驱力不足等困难。

为了解决上述问题，尝试在“两性一度”要求下，以工程系统设计流程为依托，采用“项目式教学”方式，对机械基础类课程进行整合与重建。以设计项目为牵引，应用前序数理力课程知识，通过课程教学与设计实践帮助学生构建工程设计知识体系并培养综合设计能力，并辅助让各工科的专业课程学习有的放矢，如图 4 所示。



图 3 课程人才培养任务构架思路

面向创新人才培养，新课程从三方面建设：理论教学围绕“完成指定功能的机械臂”项目设置内容，融合多学科交叉知识以建立“承理启工路径”；实践教学每个理论单元的课上实践匹配项目环节，课下指导学生团队合作完成工程设计，形成理论实践融合、边学边做的“知识转化能力机制”；非技术能力培养方面，塑造有序竞争氛围以引导学生自主探索与创新，让学生在项目设计中自觉塑造工程素养和价值认知，打造“武、德”兼修的可持续学习素养。

### 3.3 基于项目式教学打造三位一体培养环节

面向创新人才“知识、能力、素质”同时培养与塑造，通过构建基于工程设计全流程的知识体系重构教学内容，通过项目式教学构建新的教学与考核方法。

#### ①基于工程设计全流程的课程知识体系构建：

在原有的工程制图和机械设计课程基础上，融入产品设计和自动化控制课程内容，构建涵盖完整工程设计流程的知识体系。以产品设计为牵引统筹知识模块组织，其中产品设计重点讲授设计定位、创新设计思维与方法、方案评估筛选；机械设计负责方案确定后的机构设计、结构设计、标准件与材料选用；驱动与控制涵盖电机选用、控制逻辑设计；工程图学结合快速表达，讲授草图、制图及计算机辅助设计工具，以支撑前三个模块设计任务的实现与“落地”。具体如图 5 所示。



图 4 工程系统设计知识体系构建流程

“落地”的课程知识体系依循“承理启工路径”，贯通工程设计全流程，重塑的知识模块涵盖概念设计（工程设计流程、创新设计方法等）、实体设计（机构设计、三维建模等）和详细设计（工程图样、装配仿真），这既促使各学科教师交叉融合成授课团队并明确教学任务，更助力学生建立系统设计观以形成专业知识体系。

②面向项目式教学的工程系统设计项目建设：

课程设计项目需契合知识模块、融合设计实践与课堂教学并具备合理难度，经论证选定具抓取运输功能的机械臂项目，并据此强化各知识模块讲授重点与案例选择。项目式教学践行“知识转化能力机制”，课上边理论边思政，如需求分析单元以“五菱宏光疫情转产口罩”为例挖掘思政要素并引出设计需求知识点，课下教师指导学生小组完成设计任务。

采用上述模式完成教学周期任务，学生边学边做同时完成设计实践任务。整个教学与考核过程模拟真实设计过程，学生工程设计能力自然形成。具体如图 7 所示。

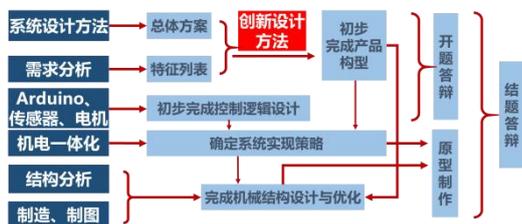


图 5 课程教学实施模拟真实设计过程

③“学中做、做中学”的非技术能力培养：

上述课程实施过程中，教师的主要角色是引路，带领学生去探索；学生自主学习与团队合作实践相结合；课上边理论边思政，课下边学习边实践；理论学习结束，设计项目完成；学生的团队能力、个人素质、工程素养和价值认知逐步形成。如图 8 所示。

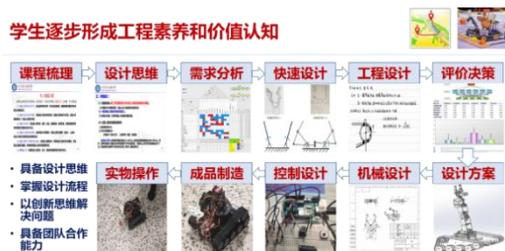


图 6 非技术能力培养贯穿教学实施过程

最终形成“项目设计一条线，知识能力双向牵引”的授课模式，真正实现“学中做、做中学”。

④综合过程式考核方式的构造：

课程采用项目式教学，配套综合过程式考核：开卷考试占 40%（50 分理论+50 分设计快题，考查知识掌握与工程设计体系），项目设计综合占 50%（通过答辩、报告、操作考查团队协作与学术素养），平时成绩占 10%（通过提问、测试等监测学习效果与价值观）。

采用上述考核方式，既能总体考量学生的团队设计能力，也能对每个学生的能力形成进行差异化考查，同时兼顾价值观形成检测，较为全面合理。

### 4 人才培养筑基过程与成效

根据构建的“承理启工”课程体系，制定具体讲授内容，最终课程学时设置如下：课内：56 学时，理论 40 学时+实践 16 学时；课外 56 学时。

课程的“空间思维和计算机辅助设计工具使用”“机构与结构认知”“机电一体化训练”“工程设计与制造流程认知”等实践环节，分别由学院及工程训练中心的“工程三维空间认知实践平台”“SolidWorks 工程建模训练实践平台”“工程机构与结构设计认知实践平台”“机电一体化系统认知训练平台”“工程系统设计与制造流程认知实践平台”支撑实现。具体的学时分配和实践教学内容如图 10 所示。

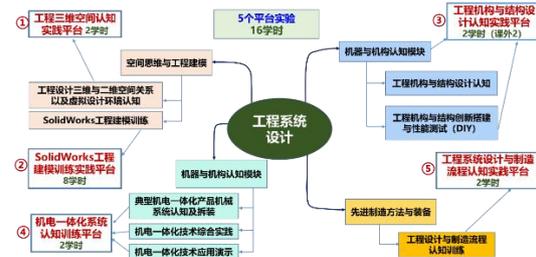


图 7 实践教学环节及学时分配

在完整的课程模块和实验条件支撑下，教学环节有序实施。学生通过小组合作，师生交流等方式，完成了机械臂项目从草图到成品的设计过程。具体如图 11 所示。



图 8 “三位一体”教学实施过程

《工程系统设计》于 2022-2024 年，完成了两个完整的教学周期，取得理想的教学效果，得到学生的认可。建设成效具体如下：

①建成“承理启工”的基于课程：整合课程的同时，自然承接前序数理课程知识，形成全新同时培养知识、能力和创新素质的三基课程。

②落实“一条线双牵引”项目式教学：以设计项目实施过程为主线，教学环节支撑学生“学中做”，实践环节指导学生“做中学”，夯实能力培养。

③践行“考训一体”的过程式考核：重点考核“学中做”设计结果，全程监测“做中学”成效，模拟真实设计项目过程，“边考边练”。具体如表 2 所示。

表 2 《工程系统设计》建设成效

课程举措	取得成效	学生能力提升
重构知识体系	面向工程系统设计全流程，课程知识体系化	具备可持续学习能力
多学科知识交叉	设计学、机械工程、智能制造等学科和方向知识交叉融合	具备利用交叉学科知识开展创新设计并实现的能力
统一设计项目	课程统一设计项目，减轻学生重复性作业负担	具备计划性学习能力
项目式教学	理论实践相统一、各实践环节相统一、各工程能力培养相统一	具备开拓精神和团队合作能力
过程式考核	建立面向卓越工程师培养的全流程能力考核体系	初步具备工程设计全流程的设计交流与设计表达能力

两个教学周期实践显示，课程知识体系完整，学

生成工程系统设计基本能力，各组均完成机械臂系统设计且答辩效果理想。作为校内本科生首次完成的完整工程设计，项目式教学成效显著，学生能灵活运用多学科知识，创造能力得到释放，作品丰富多样，“树根”与“树枝”的知识贯通关系初步建立。具体如图 12 所示。

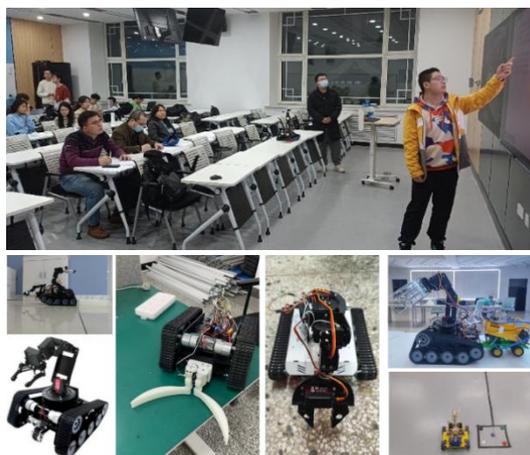


图 9 学生综合设计能力切实提高

改革成效获学校、师生认可，课程将纳入学校新工科建设 24 版培养方案校级平台公共基础课，一体化培养模式辐射全校。教指委专家评审认为，以该课程为核心的系列课采用项目式教学重构多学科交叉知识，有机融合知识与能力培养，是国内领先的新工科改革探索。具体如图 13 所示。



图 13 课程建设成效得到专家高度评价

## 5 总结与讨论

我国高等教育人才培养始终服务国家战略需求，历经专业重构、系统调整等阶段。2013 年《卓越工程师教育培养计划通用标准》印发；2018 年新工科建设意见发布，工程教育进入创新阶段，国家对综合创新工程人才需求激增。

机械基础类课程作为“承理启工”基于课程，肩负构建工程设计知识体系、培养创新能力与综合素养的责任。哈尔滨工程大学《工程系统设计》课程改革

为机械类基础课程新工科建设提供可行路径。实践表明,从真实工程设计全流程出发可融合多门基础课程知识体系,一体化培养学生创新实践能力与综合设计素养。未来学院2个试点学年学生学习后,对双创产生浓厚兴趣,明确专业方向,在团队设计中找到特长,对职业选择有基本预期。

2025年该课程将成为学校公共基础课,团队正开

展实体/数字教材、慕课资源、知识图谱、设计项目等建设,同时制定多团队集体备课原则与方案,计划将教改成效推广至全校本科人才培养。团队还将全程检测教学实施,打造新工科建设示范课程,并与部署和省属兄弟院校合作推广,为国内新时代人才培养贡献力量。

### 参考文献

- [1]刘继安,李岳璟,丁黎.未来技术人才培养:挑战与体系重构——基于中国科学院大学未来技术学院的案例研究[J].高等工程教育研究,2021,(02):22-31.
- [2]林健.新工科专业课程体系改革和课程建设[J].高等工程教育研究,2020,(1):1-13
- [3]林健.未来技术学院建设:未来技术领军人才培养[J].清华大学教育研究,2021,42(01):40-50.
- [4]胡德鑫,纪璇.面向新工科的未來技术学院建设刍议:动因、机理与实践进路[J].高校教育管理,2022,16(03):91-103.
- [5]许长青.我国研究生教育模式的战略选择及政策分析[J].高等工程教育研究,2005,(03):78-81.
- [6]周丽华.“与洪堡告别?”——战后联邦德国高等教育政策述评[J].比较教育研究,2006,(04):6-10.
- [7]George ED, Linda CS. Engineering Design (5th Edition)[M]. New York: McGraw-Hill, 2013.
- [8]张冠伟.设计与建造——项目式课程建设实录[M].天津大学出版社,2021.
- [9]Mohammed A, et al. Experience of Project-Based Learning: Challenges, Assessment, and Analysis [J]. International Journal of Engineering Pedagogy, 2024, 14(3): 123-139.
- [10]Kerrigan M, Manktelow A, Simmons E. Sandwich placements: negating the socio-economic effect on graduate prospects[J]. Widening Participation and Lifelong Learning, 2018, 20(4): 81-107.
- [11]张炜,汪劲松.我国高等工程教育的发展历程、基本特征与改革方向[J].研究生教育研究,2022,(03):1-7.

作者简介:商振,1982.12-,性别:男,职称:副教授,学历:博士研究生,研究方向:人机工程,产品创新设计,可持续设计。

史冬岩,1965.12-,性别:女,职称:教授,学历:博士研究生,研究方向:机电系统动力学分析、舰船结构爆炸冲击与毁伤效应分析、智能化结构优化算法。

应丽霞,1978.02-,性别:女,职称:教授,学历:博士研究生,研究方向:现代机械传动、摩擦学与表面工程。

张慧博,1985.02-,性别:男,职称:副教授,学历:博士研究生,研究方向机构动力学与控制的基础理论与工程应用研究。

蔺玮琪,2001.01-,性别:女,职称:无,学历:硕士研究生在读,研究方向:文创设计,交互设计。

杨志勋,1986.10-,性别:男,职称:教授,学历:博士研究生,研究方向:海洋核心装备柔性管缆、结构优化、抗爆抗冲击分析。