

基于工程教育理念的机械专业设计基础课程的教学改革与实践

王丹 罗继曼 赵德宏 杨谢柳 孟丽霞

沈阳建筑大学机械工程学院，沈阳

摘要 | 基于工程教育理念，针对机械专业设计基础课程的课程共有属性以及相关属性，进行课程体系重建、课程内容的整合。以学生为中心，研究“项目研究式”等教学方法，实现“做中学”，培养学生自主学习和运用所学知识解决问题的能力。采用基于过程管理和动态跟踪的“学习全过程管理”的课程考核方式促进学生的学习积极性。

关键词 | 工程教育理念；机械设计基础课程；教学方法；课程考核方式

Copyright © 2021 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



1 引言

CDIO 工程教育培养模式是近年来国际工程教育改革的最新成果。它以产品研发到产品运行的生命周期为载体，让学生以主动的、实践的、课程之间有机联系的方式学习工程，是“做中学”基于“项目的教和学”的集中体现。CDIO 工程教育理念以工程项目为导向，教学内容和方法与产业发展同步，理论和实践相结合，以培养适应产业发展的合格的工程人才为目标。该理念要求学生具备通过构思、设计、实施和运行四个环节进行产品系统开发的能力，要求学生开展两个或者更多的设计实践，其中一个为初级，一个为高级，引导学生把所学的理论知识与真实的产品研发实践结合起来^[1]。

机械专业设计基础课包括机械原理、机械设计和机械制图等重要的主干课，是机械专业学生接触专业最早的技术基础课程，都是围绕机器的设计思想和基本方法展开的，担负着对产品设计过程中的机构运动方案、零部件结构和工作装置设计等任务，处于特色专业核心课程群的前端。它们之间不是独立的，

基金项目：沈阳建筑大学第十批教育科学研究一级立项课题：基于 CDIO 工程教育背景的机械专业设计基础课程的教学改革与实践。

通讯作者：王丹，沈阳建筑大学机械工程学院，副教授，博士，研究方向：机械设计及理论，机器人相关技术。

文章引用：王丹，罗继曼，赵德宏，等. 基于工程教育理念的机械专业设计基础课程的教学改革与实践 [J]. 教育研讨, 2021, 3 (2): 273-278.

<https://doi.org/10.35534/es.0302044>

而是内容上相互关联和承接的。机械原理侧重于机构方案分析的基本原理和方法的传承；机械设计则侧重于机械系统设计和通用零件设计，并将机械产品传动系统设计分解到相应的通用零件设计过程中；而机械制图课程则是用来完成从零件到装配体的正确表达。这几门课程串在一起则实现了从产品的方案分析、设计、到实现的完整过程，三者之间环环相扣，不能分割。而在目前的专业设计基础课程的教学中，每门课程强调各自的系统性和完整性，学生很难把几门课程系统完整的结合到一起，对学生综合能力的培养、创造性思维的发展不利。CDIO 工程教育则强调将各门课程有机的联系起来，强调学生的主动和实践，对于提高学生工程素质、锻炼学生能力具有重要意义。为了实现这一目标，本研究旨在将 CDIO 工程教育理念贯穿于机械专业设计基础课程中，针对课程教学内容、教学模式、教学方法和手段、实践环节等改革，探索培养具有综合创新能力大学生的有效模式。

2 课程体系 and 教学内容的改革

2.1 课程体系的重构

机械专业设计基础课程主要包括《工程制图》《机械原理》《机械设计》以及相关的实验、课程设计等环节。这些课程是相互衔接，环环相扣的。在以往的教学过程中，各个课程的教学内容设置是独立的，忽略了专业基础课程共有的课程属性和关联性，就使得某些课程内容重复，某些课程内容要为后续课程打下基础，故而需要强化，但是在实际教学过程中却被弱化、甚至是缺失，以至在后续课程的“教”和“学”中，学生学的吃力，教师教的也费力。基于此，必须推翻课程之间、教与学之间、理论与实践之间的壁垒，围绕符合 CDIO “做中学”和“基于项目的教和学”进行教学计划和教学内容的整合，理论与实践环节的协调，更好地实现课程之间的关联性。具体做法如下：

有效整合《工程制图》《机械原理》《机械设计》以及相关的课程设计等实践课程教学内容，使这些专业基础课之间既能无缝对接，又能逐步升级。为此，从春季的《机械制图》《机械原理》及课设到秋季开课的《机械设计》及课程设计开始进行规划并实践，修订培养方案、重新修订教学大纲，整合教学内容，理顺课程之间的关系。将《机械原理》与《机械设计》内容整合为《机械原理与设计1》和《机械原理与设计2》，并将机械原理、机械设计和工程制图等课程的知识点整合在一起，开设综合性课程设计：“机械原理与仿真课程设计”和“设计与制造课程设计”，并增加了机构的运动学和动力学仿真设计、创新机构设计以及“公差与测量”的相关实践知识。将课程中的实验独立出来，设计了三个综合性实验课程：“机械传动综合实验（含机电传动、原理与测试）”“设计与测量综合实验（含制图、设计与测量）”“设计与制造综合实验”，将完整的机械系统设计过程贯穿于所有理论课程和实践课程中，培养学生的综合能力。

2.2 课程内容的整合

通常的机械系统设计可以分为执行机构方案设计、传动设计、零部件结构设计等部分，其中执行机构方案设计是机械原理课程的重点内容（方案设计穿插在机械原理课程当中），传动设计在机械原理和机械设计课程都有所体现，零部件的设计又是机械设计课程的重点内容（零部件的设计穿插在机械设计

课程中)。因此,开展机械系统的综合设计可以将这几门课融合在一起,且实现了理论知识支撑实践,实践检验理论,而设计的结果表达又涉及到工程制图的内容。基于此,在机械原理、机械原理与仿真课程设计中提出创新设计方案,并对方案进行运动学、动力学的分析计算,利用软件进行仿真分析;在机械设计、设计与制造课程设计中将创新设计方案进行三维设计,并输出工程图,图1所示,这样贯穿于所有课程的较完整的综合性课程设计,既能锻炼学生的设计能力,又能提高学生的绘图能力,这些都是成为工程师的基本要求。

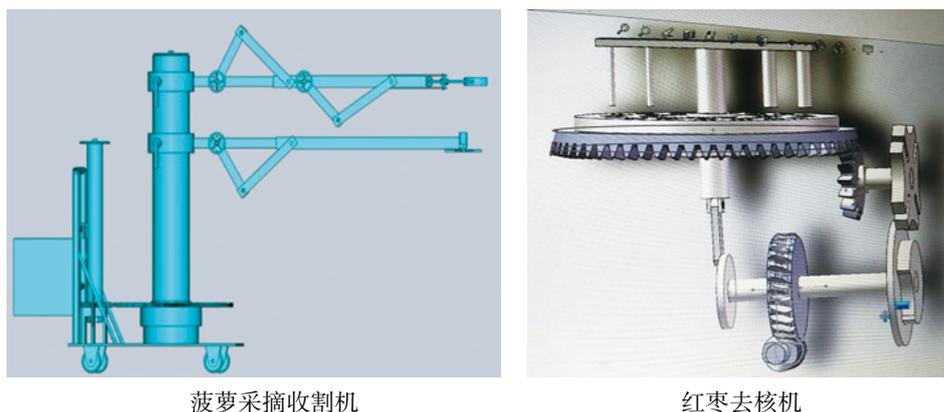


图1 综合性课程设计成果

Figure 1 Achievements of comprehensive curriculum design

3 基于“项目研究式”的教学方法研究

将“项目研究式”教学方法引入课堂中^[2],以科研项目为牵引,培养学生综合运用课本知识、设计复杂产品和系统的能力。以作者的科研项目“可重构式模块化机械臂”为案例,在机械原理课程的绪论教学中引入,通过取得的科研成果引导学生学习本课程的目的、课程内容、以及重要性;在后续的运动学、动力学分析教学过程中,以该项目为分析例子,让学生对其进行运动学和动力学分析,实现“基于项目的学习”;然后结合机械原理的课程设计,针对“可重构式模块化机械臂”,鼓励学生提出自己的设计构想,形成构型方案,并利用所学的知识进行机构分析和运动分析,通过“做中学”完成课程设计的内容,同时实现了理论教学与实践教学的有机结合。该项目的传动部分设计、轴系的设计等内容又延伸到“机械设计”及其课程设计中,最终通过对机械臂的三维建模、工程图的设计表达出设计结果,进一步巩固了学生的工程制图能力。这样通过教师的实际科研项目串联了机械原理、机械设计和工程制图等多门课程内容,使所学知识点形成了有机整体,有利于培养学生的创新思维和创新能力。除了科研项目,同时选择有代表性的生产企业的合作训练项目,在“做项目”的过程中引导学生学习新的知识,复习梳理已经学过的知识,培养学生自主学习的能力和运用所学知识解决问题的能力。

同时结合“现场教学”“专题讨论”等教学方法^[3],理论课老师参与实验课教学,利用实验室设备结合实验过程、实验结果,加深学生对知识的理解。通过综合性实验项目、开放式现场教学,不仅有益于学生对知识的掌握,也提升了学生的学习兴趣。根据课程内容特点,由教师提出合适的专题,如,

在机械原理的绪论中，结合“可重构式模块化机械臂”项目，拟定了专题“模块化机器人的发展现状”，引导学生查阅资料，进行专题讨论。通过专题讨论既丰富了学生的知识面，激发学生的学习兴趣，还培养了学生主动获取知识的能力。

在《机械原理》课程中采用了分块“项目研究”式的教学方法。以实际工程为背景、以典型机构装备为研究对象，要求学生对该设备中的执行装置进行机构性能分析与机构方案设计，将所学的“机构分析”和不同的“机构设计”进行不同形式的组合，形成综合性研究项目。以“牛头刨床”综合项目为例，执行机构的设计需要用到“连杆机构”，对其传动装置设计涉及到“齿轮机构”，对运动性能的分析用到了“机构结构、运动、力分析”等，将“牛头刨床”这一工程案例分解到课程的对应章节里，当课程结束时，这一典型的工程设备即完成了设计。综合性“研究项目”训练框图如图2所示。

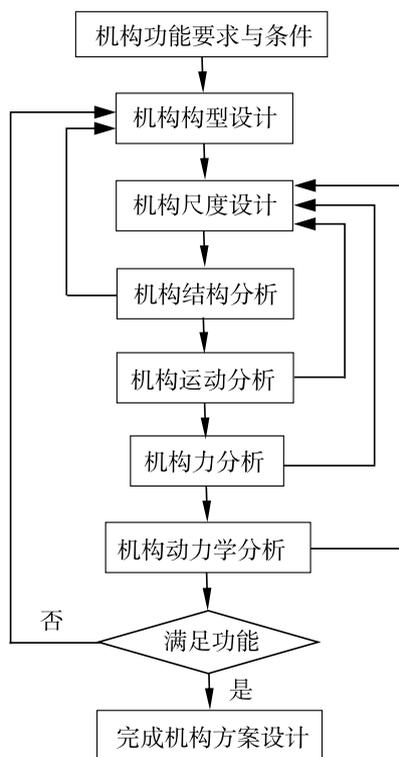


图2 机构综合方案设计框图

Figure 2 The block diagram of mechanism synthesis design

4 基于“学习全过程管理”的课程考核方式

将学生在课程学习全过程中的表现均纳入考核范畴，建立注重过程和综合能力的课程考核机制，对学生学习能力、学习态度及知识掌握和运用能力做更全面合理的评价^[4]。首先将课程的学习分为若干模块，每个模块对应某种知识体系和能力，在学习过程中分模块、分目标设置相应的考核，最终与期末考核汇总成为总成绩。例如：《机械原理》课程共包含三大部分知识：运动学分析，动力学分析和常用机构设计，围绕这三大部分内容，设置三个大作业，将各模块大作业成绩纳入到期末成绩。大作业的成

绩可以根据学生参与的现场教学互动情况、项目案例研究参与情况、专题讨论情况等等计入。同时在每一个章节结束后进行云班课测试，注重过程管理和动态跟踪，这样的学习全过程管理方式督促学生在课程学习的全过程都要积极参与和投入，摒弃期末突击现象，有助于促进学生的学习积极性。

表 1 《机械原理》课程成绩构成及环节

Table 1 The composition of result of the course “Theory of machines and mechanisms”

考核环节	平时成绩	三个大作业	期末考试
内容和目标	云班课测试、作业（培养严谨的学习态度）	机构分析、凸轮设计和齿轮设计计算（注重原理方法培养，强化专业技能训练	采用闭卷考试方式，注重理论方法的综合分析与熟练运用
所占比例	10%	30%	50%

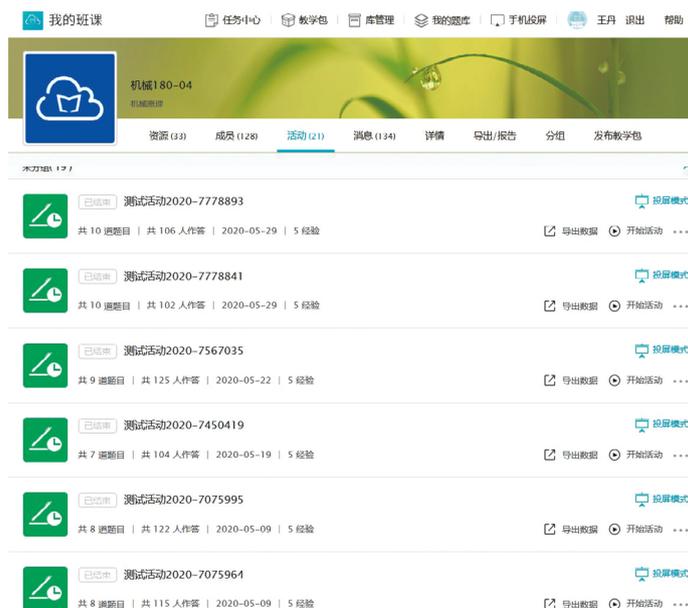


图 3 机械原理的云班课

Figure 3 The cloud class of the course “Theory of machines and mechanisms”

5 结论

(1) 机械专业设计基础课程之间存在着关联性，构建符合 CDIO 工程教育理念的机械专业设计基础课程体系，推翻课程之间、教与学之间、理论与实践之间的壁垒，进行教学计划和教学内容的整合，理论与实践环节的协调，有利于培养学生具有综合分析能力和解决复杂工程问题能力；

(2) 基于“项目研究式”“现场教学”和“专题讨论”相结合的教学方法改变了传统单一的教学模式，在课堂上采用混合式教学方法，使学生边学边练，让学生在完成不同的“任务”“项目”过程中，加强对知识的吸收和消化，提高分析问题、解决问题的能力。

(3) 注重过程和综合能力的课程考核机制，将大作业、项目参与、专题讨论、实验等成绩均纳入

课程成绩考核范畴, 对学生学习能力、学习态度及知识掌握和运用能力做更全面合理的评价, 对学生掌握知识点、提高分析与设计能力、培养学生的自主学习能力、综合素质有较大帮助。

参考文献

- [1] 钟建琳. CDIO 理念指导下机械类专业课程的教学思考探究 [J]. 课程教材改革, 297 (149): 167.
- [2] 纪华伟, 叶红仙. 基于项目的机械设计课程学生工程实践能力培养 [J]. 教育教学论坛, 2019 (32): 87-88.
- [3] 陈修龙, 邓昱等. CDIO 培养模式下机械专业基础课程的改革探索 [J]. 佳木斯职业学院学报, 2015 (146): 82-84.
- [4] 王洁, 古艳玲等. 机械类课程评价机制的改革与实践 [J]. 教育教学论坛, 2018 (29): 220-221.
- [5] 邢继春, 张文会等. CDIO 工程教育理念下机械设计课程教学改革与策略 [J]. 教育教学论坛, 2014 (44): 105-106.
- [6] 安琦, 王建文, 陈琴珠, 等. 机械设计课程的长期教学改革与完善 [J]. 机械设计, 2018, 35 (S2): 113-115.
- [7] 孙晶, 崔岩, 王德伦, 等. 新工科背景下拔尖创新人才培养的工程融合式课程体系建设 [J]. 高教学刊, 2018 (19): 33-35.

The Teaching Reform and Practice of the Basic Course of Mechanical Design Based on the Concept of Engineering Education

Wang Dan Luo Jiman Zhao Dehong Yang Xieliu Meng Lixia

School of Mechanical Engineering, Shenyang Jianzhu University, Shenyang

Abstract: Based on the view of engineering education, the curriculum system was reconstructed and curriculums' contents were integrated aiming at the common attributes and relevance of basic mechanical design courses. Taking students as the center, "project research" and other teaching methods were studied to realize "learning by doing", and to cultivate students' ability of autonomous learning and problem-solving by using the knowledge they have learned. The course assessment method was used to promote students' learning enthusiasm based on the process management and dynamic tracking of the "whole learning process management".

Key Words: The view of engineering education; Basic mechanical design courses; Teaching methods; The course assessment method