

# 面向“新工科”人才培养的机械设计课程群教学综合改革与实践

杨 勇\*, 江京亮, 金 霞, 孙 瑞, 马鸿洋, 宋传旺

青岛理工大学机械与汽车工程学院, 山东 青岛  
Email: \*yyong901@163.com

收稿日期: 2020年11月17日; 录用日期: 2020年12月16日; 发布日期: 2020年12月22日

## 摘 要

“新工科”建设背景下机械设计课程群教学如何改革, 目前尚未有成熟的经验可借鉴, 特别是对于地方工科院校, 结合自身特色探索一条较有成效的改革之路是当前亟需进行的研究课题。以青岛理工大学“机械设计制造及其自动化”国家级一流专业建设点机械设计课程群为对象, 结合“新工科”人才培养特点和要求, 对机械设计课程群教学改革进行了探索与实践, 在教学体系、教学方法和手段、课程设计环节、创新实验环节、课程群教学团队等方面都取得了较有成效的建设。实践应用表明, 以上教学改革能够提高课程教学质量, 培养学生的实践动手能力和创新设计能力, 达到了“新工科”对机械设计课程群教学的要求和标准。

## 关键词

新工科, 机械设计, 课程群, 教学改革

# Comprehensive Reform and Practice of Mechanical Design Curriculum Group Teaching to Meet Emerging Engineering Education Requirement

Yong Yang\*, Jingliang Jiang, Xia Jin, Rui Sun, Hongyang Ma, Chuanwang Song

School of Mechanical and Automotive Engineering, Qingdao University of Technology, Qingdao Shandong  
Email: \*yyong901@163.com

Received: Nov. 17<sup>th</sup>, 2020; accepted: Dec. 16<sup>th</sup>, 2020; published: Dec. 22<sup>nd</sup>, 2020

\*通讯作者。

文章引用: 杨勇, 江京亮, 金霞, 孙瑞, 马鸿洋, 宋传旺. 面向“新工科”人才培养的机械设计课程群教学综合改革与实践[J]. 创新教育研究, 2020, 8(6): 1086-1092. DOI: 10.12677/ces.2020.86177

## Abstract

Emerging engineering education is proposed as the direction of China engineering education reform. How to reform the teaching of mechanical design curriculum group under the background of building emerging engineering education, there is no mature experience for reference, especially for local engineering colleges. At present, it is a research project urgently needed to carry out the teaching reform in combination with its own characteristics. Taking the mechanical design curriculum group of national first-class major of Qingdao University of Technology as the object, combined with the characteristics and requirements of emerging engineering education, the teaching reform of mechanical design curriculum group is explored and practiced. More effective building has been achieved in the following aspects, such as teaching content and curriculum system, teaching method and means, curriculum design, innovative experiment and teaching team. Practical application shows that the above teaching reforms are successful, students' practical ability and innovative design ability are trained, the quality of curriculum teaching has been improved and personnel training has reached the requirements and standards of emerging engineering education.

## Keywords

Emerging Engineering Education, Mechanical Design, Curriculum Group, Teaching Reform

Copyright © 2020 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

新工科建设是在“卓越工程师教育培养计划”(简称“卓越计划”)的基础上,提出的一项持续深化工程教育的重大行动计划,是主动应对新一轮科技革命与产业变革的战略行动。2017年2月以来,教育部大力推进新工科建设,先后经历“复旦共识”、“天大行动”和“北京指南”等重大研讨活动,在我国高等教育界掀起了一阵新的改革热潮,同时也对新工科背景下的人才培养提出更高的要求,对于转型中的高校应用型创新人才培养工作也提出了挑战[1][2][3]。

实施“新工科”建设意义重大,目前与其相应的指导思想、实施办法、培养方案、保障制度等一系列措施也随之出台,但是,落实和实现“新工科”人才培养,最终要通过具体的专业和课程实现。机械设计课程群是机械类专业中的重要课程群,包括机械原理、机械设计基础、机械设计、机械优化设计、机械创新设计以及精密机械设计等若干与机械设计直接相关的课程。机械设计课程群的建设承载着实现新时期、先进教育教学理念和目标的重任,在培养应用型创新人才方面具有十分重要的地位和作用[4]。

国内外高校对机械设计课程群教学改革开展了大量研究[5][6][7][8][9]。目前,机械设计课程群教学改革研究取得了一定的进展。但是,国外教学改革由于国情不同,改革成果难以应用到国内;而国内有关该方面的研究也处于探索阶段,但各校的性质和特点不同,机械设计课程群教学模式也不应完全相同,尤其对于地方高校机械设计课程群的教学改革还未有成熟的经验可供借鉴。因此,如何落实“新工科”改革精神,实现新时期下高素质工程创新人才的培养,成为机械设计课程群改革研究中亟待解决的重要课题。

本论文以我校机械设计课程群改革建设为突破口，以强化学生工程实践能力、工程设计能力与工程创新能力为核心，对适应“新工科”的机械设计课程群教学改革进行深入探索和实践，以期为其他高校相同专业的主干课程改革起到借鉴和示范作用。

## 2. 基于工程设计与工程创新能力培养的机械设计课程群教学内容与课程体系改革

能力培养是机械设计课程群落实“新工科”人才培养要求的首要目标。遵循新工科对人才培养的能力要求、结合工程教育专业认证产出导向理念，面向工程实践能力、工程设计能力、工程创新能力培养和强化，对机械设计课程群教学的能力指标进行了研究和分解，针对课程教学内容和体系形成了有特色的能力培养模块，在此基础上，对课程教学内容和体系进行重构，形成了面向“新工科”创新能力培养的机械设计课程群创新教学体系。以《机械原理》课程为例，所构建的能力指标点及其创新教学体系如图1所示：

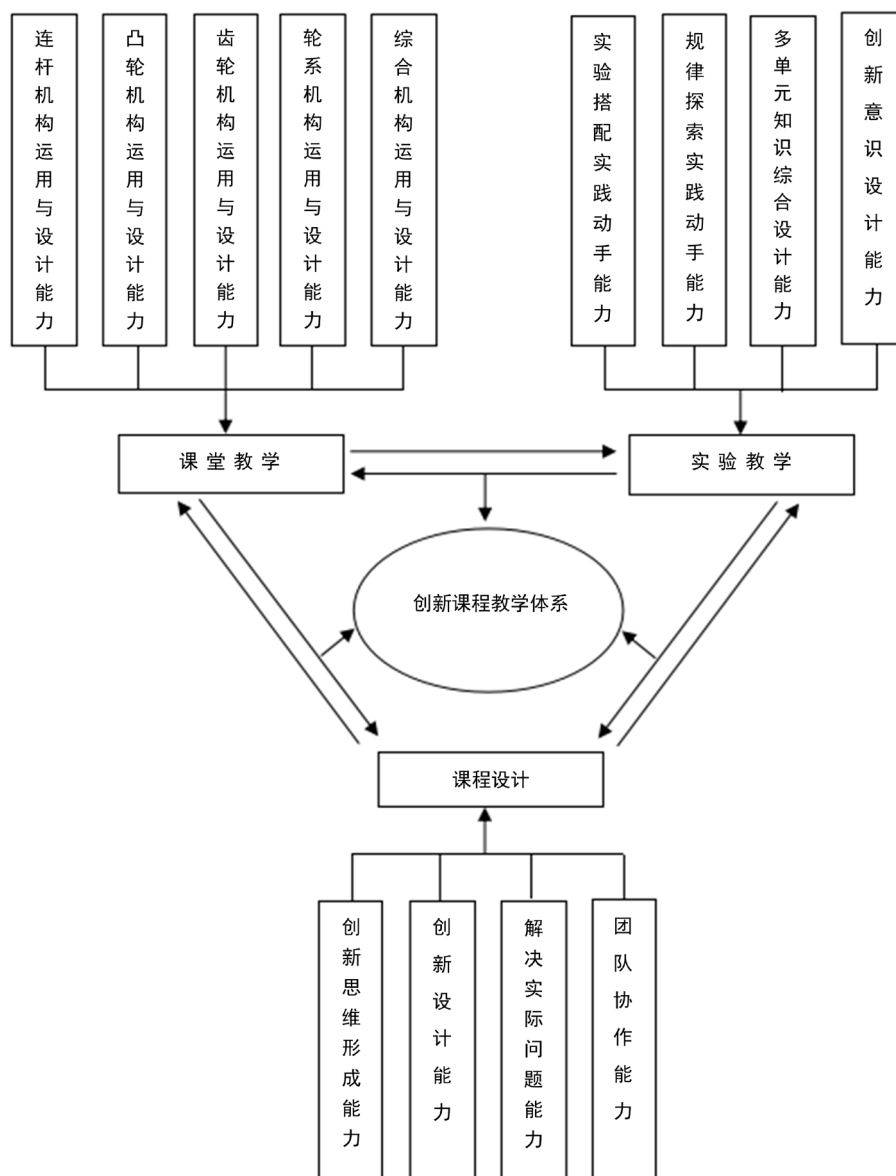


Figure 1. Ability index points and innovative teaching system of *Mechanical Principles*

图1. 《机械原理》能力指标点及其创新教学体系

机械设计课程群教学内容与课程体系改革的指导思想是将“能力培养”作为切入点，以“工程和创新能力的培养”为主线来优化整合课程内容，以“能力培养”为主旨，以设计理论和方法为线索，重组教学内容，建立与强化培养学生的工程能力和创新能力相适应的教学内容，构建与“新工科”人才培养目标定位相适应的机械设计课程群课程体系。在以上具体实施过程的基础上，结合工程实际需求和先进技术发展，另外增加相应课程内容，包括：在教学内容方面，针对《机械原理》课程，增加新型机构的工作原理；针对《机械设计》课程，引进先进工程设计方法，增加工程典型设计实例章节，突出对工程产品整体设计过程；针对《机械优化设计》课程，减少理论内容，增加实际工程优化实例。在课程体系方面，以实际工程机械系统的设计为主线，以现代机械系统总体方案设计为目标，合理安排课程体系，突出工程创新设计和训练，体现工程应用性。

### 3. 与“新工科”相适应的机械设计课程群教学方法和手段改革

CDIO 工程教育模式是近年来国际工程教育改革的最新成果，该模式实质上是一种基于项目的教学法，它以作品设计到作品运行的全过程为载体，让学生以主动的、实践的、课程之间有机联系的方式学习。针对“新工科”工程能力达成目标，机械设计课程群教学方法和手段改革中引进基于项目的 CDIO 教学模式，采用以构思、设计、实现、运作模式为主的先进教学方式，使项目探索贯穿于整个教学过程。具体实施中项目可以是与本专业相关的简单机械装置、小产品开发、创新设计竞赛项目，也可由是教师指定项目，提供具有市场前景的应用型课题和科研项目中部分内容。

CDIO 项目教学模式实施过程如下：

- 1) 针对不同的课程及教学环节目标，设计 CDIO 项目；
- 2) 按照项目实施目标，进行构思和设计，提出解决方案；
- 3) 选择实验设备及组件，进行实验设备安排；
- 4) 通过实验设备与组件的拼装、搭建、系统构建或实验设备加工，执行“Implement(实现)”环节；
- 5) 通过实验系统的操作演示、反复修正，执行“Operate(运作)”环节；
- 6) 项目答辩与交流，能力考核，完成 CDIO 训练项目。

《机械原理》课程 CDIO 项目案例如图 2 所示，《计算机辅助设计》课程 CDIO 项目案例如图 3 所示。

### 4. 课程设计的一体化改革及其与企业深度交叉联合培养的创新教学模式探索与实践

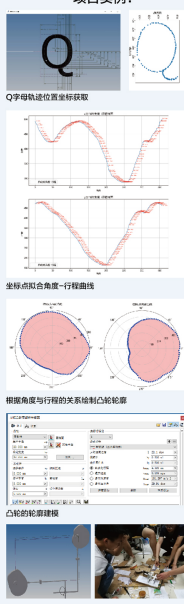
“新工科”强调对工科人才的培养方案应体现工程知识、工程素质和工程能力培养的综合特征。针对“新工科”人才培养能力达成目标，本研究对机械设计课程群课程设计进行深入改革。

按照机械设计类课程群各课程之间的联系和授课特点，提出并实践了课程设计环节的一体化教学模式。该新模式打破了现有的各系列课程设计内容与时间方面的孤立性。如在课程设计内容方面，对传统的减速器设计的内容进行拓展，将具有中等复杂程度机构、中等复杂程度的典型机械装置作为设计对象，将机械原理、机械设计、机械优化设计、精密机械设计等课程设计内容相连接，合并成一个完整的机械设计课程设计，使学生经历从方案设计，原理设计、运动设计到结构设计，强度，精度设计以及产品优化设计这样一个全过程，从而更全面地真实地得到工程锻炼；在课程设计时间安排方面，将机械原理、机械设计、机械优化设计、精密机械设计等课程设计时间集中，完成对典型机械产品多课程内容的一体化设计；在课程设计教学手段方面，打破课程设计仅仅局限于教室设计的施教不足，重构机械设计课程群课程设计教学模式，提出了课程设计与在企业学习调研深度交叉并列式培养模式。在课程设计过程中，让学生进入工厂调研，将课程设计和企业实际生产相结合，在掌握现场实际产品设计制造过程的基础上，对课程设计内容进行了反复修正和完善。基于该一体化教学模式，整个课程设计过程和工程实践密切相连，有效培养了学生的工程实践和创新能力，提高了课程设计环节的教学质量。

### 《机械原理》课程项目

《机械原理》是研究机械基础理论的一门重要课程，对建立学生的机械思维，培养学生的工程素质和机械方案设计能力具有重要的指导作用。在传统教学中，对于常用机构的设计部分，其理论性较强，内容较为抽象，不便于学生理解掌握。本课程组提出了具有CDIO教学理念的教学方法，通过设置课程实物项目，很好地将理论与实践有机结合，有利于培养学生的创新思维，锻炼学生的工程知识应用能力，以及对工程问题进行科学研究的能力，进一步提高了学生项目管理与团队合作能力。

**项目实例：**



Q字母轨迹位置坐标获取

坐标拟合角度-行程曲线

根据角度与行程的关系绘制凸轮轮廓

凸轮的轮廓建模

凸轮的运动的仿真和实物制作

**项目内容：**  
综合运用凸轮推杆运动规律及凸轮轮廓设计的知识，设计能实现特定字母控制的凸轮机构。学生选择性取材，完成对所设计凸轮机构的实物制作。培养学生实践能力和创新能力，锻炼学生团队协作、语言及文字表达的综合能力。

**项目实施：**  
本课程开课后，学生以小组为单位自由搭配，平均每组人数约6人。各组选择不同字母为预期设计目标，设计包括推杆的运动规律、凸轮的轮廓曲线、实物模型的实现等。项目小组需完成选题、组内分工、任务分解、方案设计、分组讨论、方案改进及实物制作等工作。项目完成后，各小组在课堂利用PPT讲解答辩及沟通交流。项目小组需提交项目研究报告、运动仿真视频动画、实物开发过程记录照片和文字等材料，教师根据项目成果与答辩评定成绩。

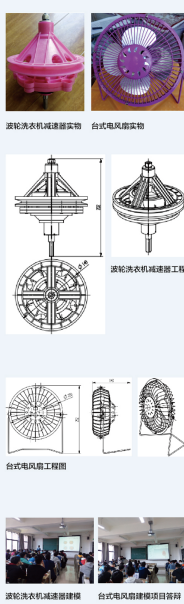
Figure 2. The CDIO project case of “Principles of Mechanics” course  
图 2. 《机械原理》课程 CDIO 项目案例

### 《计算机辅助设计》课程项目

《计算机辅助设计》是机械设计制造及其自动化专业选修课程，其先修课包括机械制图、机械原理、机械设计等课程。本课程CDIO教学改革体现了全过程质量监控教学理念，以学生为中心，变知识传授为能力培养，教学全程控制，将计算机辅助设计理论、建模思路、建模方法随学随用，活学活用，熟用生巧。将课堂教学鲜活起来，学生变学员，学生变主角，激发同学们想象力与创造力，锻炼同学们工程设计实践能力，培养全面的CAD建模工程技术人才。

**项目内容：**  
课程设置两个项目教学，波轮洗衣机减速器模型设计，主要是针对机械设计理念的平面草图绘制与实体建模；台式电风扇模型设计，主要是针对工业设计理念的线框建模与曲面建模。对照实物绘制各零部件模型，最后模型整体装配并绘出工程图纸。针对建模方法、建模思路、建模步骤撰写项目分析报告。

**项目实施：**  
本课程开课后，教师进行学生分组，学生自由搭配，平均每组人数约6人，教师提出项目名称与具体要求。项目组要完成实体模型的解体、测量、草图绘制、曲线建模、曲面建模、实体建模、零部件装配模拟以及工程图纸绘制等任务。项目贯穿于整个课程学习，教师全程跟踪指导，安排讨论分析。所有项目完成后，小组代表在课堂上做项目讲解与答辩，老师与同学提问讨论。项目小组提交项目分析报告、图纸与UG建模文件，教师根据项目成果与答辩评定成绩。



波轮洗衣机减速器实物 台式电风扇实物

波轮洗衣机减速器工程图

台式电风扇工程图

波轮洗衣机减速器建模 台式电风扇建模项目答辩

Figure 3. CDIO project case of “Computer-Aided Design” course  
图 3. 《计算机辅助设计》课程 CDIO 项目案例

## 5. 完善创新实验，突出培养学生的实践动手能力和应用创新能力

实验教学是机械设计课程群不可缺少的一部分，通过实验加深学生对课程理论难点和现象的认识，同时也将激发学生对课程学习的积极性和探索性。另外，让学生通过接触和使用一些现代实验设备，使学生了解一些现代测试技术，开阔视野。

我校的机械设计课程群实验室具有较悠久的历史，是在 80 年代初开发的“老三样”的基础上，逐渐开发完善起来的。后期通过教学改革，减少了验证性实验，增加了综合性、设计性实验。当前，为达到“新工科”对学生创新能力培养的要求，课程群完善创新实验，加大了对学生实践动手能力和应用创新能力的培养，主要进行了三方面改革：一是增加了突出培养和提高学生创新能力的实验设备，如购置了“轮系综合创新设计实验台”、“机构创新设计实验台”等实验设备。利用这些创新设备，构建了机构创新实验室，为学生掌握所学知识、拓展工程知识以及创新能力培养奠定了基础；二是在实验教学中引入 CDIO 项目教学法，围绕项目开展新实验的设计与探索，培养了学生实践动手能力和创新设计能力；三是利用计算机技术开发了虚拟仿真实验，借助仿真实验提高了实验教学效率，开阔了学生视野。

## 6. “新工科”建设背景下机械设计类课程群教学团队的深入建设

当前“新工科”的提出和复合型创新型人才的培养，使得教师特别是青年教师的教学能力面临挑战。如何提高教学团队的工程教育能力也成为高校进行“新工科”建设的首要任务。

在“新工科”建设背景下，对机械设计课程群教学团队进行了深入建设。在团队成员引进方面，近几年，团队新引进了哈尔滨工业大学、山东大学等毕业博士，使团队的师资得到了补充和完善；在提高师资队伍的工程实践能力方面，通过指派青年教师到产学研合作单位进行实践锻炼，完善了团队成员的知识与能力结构，使团队成员及时地了解自己所从事专业目前的生产、技术、工艺、设备现状和发展趋势；在科研和教学相结合方面，团队教师积极进行了科研项目的申报和研发，通过科研课题的研究，积累了先进的学科前沿技术，并将科研成果引入到课程教学中，通过科研实践与理论讲授相结合，保证课程的教学质量。

## 7. 改革效果

经过一系列的改革实践，机械设计课程群在创新教学体系、先进教学手段、一体化课程设计、创新实验、课程群教学团队等方面都形成了特色，有力促进了创新型人才的培养，满足了“新工科”对机械设计课程群工程人才培养的要求。特别是 CDIO 项目教学法的应用，取得了较好的效果，学生普遍反映，通过 CDIO 项目训练，能够提高实践动手能力和创新设计能力，并拓宽了视野和产生了学习兴趣。《机械原理》成功入选山东省一流课程，机械设计课程群所属的机械设计制造及其自动化专业也被评为国家级一流专业建设点。同时，在人才培养质量方面，学生工程应用和创新能力不断增强，参加国家大学生创新训练计划项目 60 余项，获得“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛”、“全国大学生机械创新设计大赛”等在内的国家级竞赛奖励 27 项，省部级科技竞赛奖励 120 余项。以上成果都反映出对机械设计课程群教学改革的探索和实践是较为成功的。

## 基金项目

教育部新工科研究与实践项目(项目编号 E-ZNZZ20201213): 面向新经济的智能制造新工科专业“六环三维”人才培育机制与模式探索; 山东省高等教育本科教改重点项目(项目编号 Z2018S020): 新工科背景下“五环三维”高素质应用型创新人才培养模式探索与实践; 山东省高等教育本科教改优秀教学成果

培育项目(项目编号 P2020051): 以国际专业认证为引领, “六元协同进阶式”工科专业人才培养体系的研究与实践; 青岛理工大学本科教改重大项目(项目编号 2019072): 基于 OBE 理念的工科专业本科教学质量保障体系研究与实践。

## 参考文献

- [1] 刘吉臻, 翟亚军, 荀振芳. 新工科和新工科建设的内涵解析[J]. 高等工程教育研究, 2019(3): 21-28.
- [2] 龙奋杰, 邵芳. 新工科人才的新能力及其培养实践[J]. 高等工程教育研究, 2018(5): 35-40.
- [3] 徐晓飞, 丁效华. 面向可持续竞争力的新工科人才培养模式改革探索[J]. 中国大学教学, 2017(6): 6-10.
- [4] 周廷美, 陈晓岑, 赵敬泽, 刘卫. 基于事件驱动的机械设计课程群体系研究与协同创新[J]. 教育教学论坛, 2015(31): 94-96.
- [5] 解芳, 毛翠丽. 基于“卓越工程师教育培养计划”的《机械设计》教学改革研究[J]. 廊坊师范学院学报(自然科学版), 2012(2): 56-60.
- [6] 金晓怡. 机械设计课程案例教学的研究与实践[J]. 机械制造与研究, 2011, 40(3): 73-76, 126.
- [7] 汪木兰, 周明虎, 张艳丽. “卓越工程师教育培养计划”中系列化探究式项目教学的设计原则[J]. 中国现代教育装备, 2011(23): 9-12.
- [8] 赵韩强, 郭宝龙, 赵东方, 等. 国外大学产学合作教育对我国实施卓越工程师教育培养计划的启示[J]. 高等理科教育, 2010(4): 49-52.
- [9] 李新华, 孙琦. 美国高等教育国际化的现状[J]. 高等教育, 2003(1): 118-125.