

面向工程教育的机械设计课程群改革与实践

成思源 杨雪荣 唐文艳

广东工业大学 机电工程学院, 中国·广东 广州 510006

摘要: 课程及课程群建设作为工程教育的基础和载体发挥着重要的作用。针对工程教育发展对地方工科院校应用型人才培养提出的新要求, 以及工程教育与国际接轨的大趋势, 对机械设计系列课程群进行了改革与实践。探索实施了面向工程能力培养的机械设计课程群项目教学改革, 课内外、校内外创新教育的有机结合, 融入学科建设和科研成果, 构建适应工程能力培养的项目教学实验环境和教学资源, 形成了具有特色的课程群建设成果。

关键词: 工程教育; 项目式教学; 创新教育; 机械设计

Reformation and Practice of Mechanical Design Curriculum Group for Engineering Education

Siyuan Cheng Xuerong Yang Wenyan Tang

Faculty of Electromechanics Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou, Guangdong, 510006, China

Abstract: The construction of curriculum and curriculum group plays an important role as the foundation and carrier of engineering education. In view of the new requirements of the development of engineering education for the cultivation of applied talents in local engineering colleges, and the general trend of the integration of engineering education with the world, the reform and practice of the series of courses of mechanical design are carried out. The project oriented teaching reform of the mechanical design curriculum group have explored and implemented to the cultivation of engineering ability, and the innovative education inside and outside the class, inside and outside the school has organically combined, and integrate the discipline construction and scientific research achievements to construct the project teaching experiment environment and teaching resources suitable for the cultivation of engineering ability, thus the characteristic curriculum group construction results have formed.

Keywords: engineering education; project-based teaching; innovation education; mechanical design

0 前言

随着中国“中国制造 2025”“粤港澳大湾区”等重大战略的推进, 以新产业、新技术、新业态为代表的新兴经济高速发展, 对新型工科人才培养提出了更高要求, 加快工程教育改革已成为各界的共识^[1]。而作为工程教育基础和载体的课程和课程群也尤为重要, 应当适应当今时代不同学科领域相互渗透交叉的发展和变革, 利用课程间的关联性优化整合课程内容, 充分发挥课程群的整体功能效益, 更有效地培养适应经济社会发展的工程技术人才^[2-3]。

随着工程教育发展对人才培养提出的新要求, 以及专业教育认证与国际接轨的大趋势, 带来了以下的教学问题^[4-5]: ①作为与国际工程教育接轨的一大趋势, 工程教育专业认证对工程人才的能力培养提出了新的标准, 必须通过相关课程的改革促进能力培养的达成。②“万众创新”的时代背景下, 创新意识和能力已成为工程技术人才必备的素质, 如何有效地提升创新意识和能力是工程教育需要面对和解决的问题。③工程技术的发展日新月异, 如何结合学科发展前沿, 将专业建设和科研成果融入课程教学中, 以顺应工程技术的发展。

针对工程教育对人才培养提出的新要求, 对机械设计

系列课程群进行了改革与实践, 通过面向工程能力培养的课程群项目教学改革, 构建适应项目教学的实验环境, 建设贴近工程实际的教学资源, 以及创新意识和能力的培养等方面探索与实践, 取得了显著成效。

1 课程群建设总体思路

对于机械类专业, 机械设计专业知识的学习贯穿大学的整个阶段, 范围包含从产品的构思、到产品概念原理的设计, 到零件设计的过程, 机械设计课程群包含了机械类专业的核心专业基础及专业课程。本学院的机械设计系列课程群由机械设计基础、创新方法、机械装备设计, 以及三维逆向工程技术等四门课程构成, 每门课除了课堂教学, 均包含有相应的课程设计、实验项目等环节。从大二上学期开始, 直到大四的上学期, 在时间上相互连续, 在专业知识和对于学生的能力锻炼方面逐渐递进, 相互支撑, 由浅入深地将机械设计专业知识和能力培养贯穿其中, 课程关系见图 1 所示。

本课程群具有长期的合作基础, 所在机械设计系列课程实验室于 2007 年获得了机械设计广东省实验教学示范中心, 教学团队于 2008 年获得了校级教学团队, 2016 年获得了广东省教学团队。近年来本课程群从工程人才的能力培养

规律出发, 将工程能力培养要求融入相应的课程目标中, 并进一步体现到教学组织和实施中, 围绕教学方法、教学内容、教学资源等方面开展了持续的改革与实践, 以进一步增强学生对机械设计相关核心知识的掌握及工程实践能力, 适应工程教育对人才培养提出的新要求。

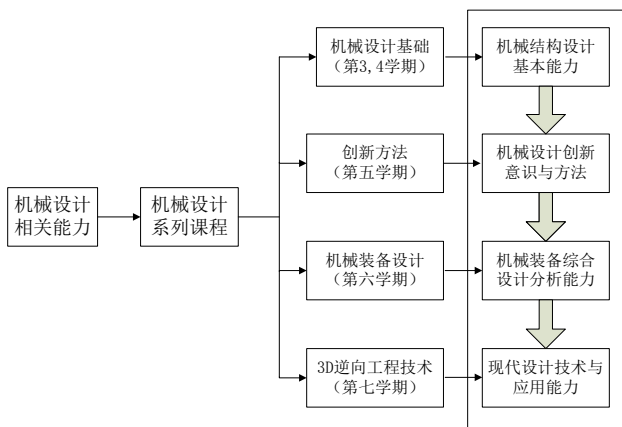


图 1 机械设计系列课程群

2 课程群建设和实施

2.1 开展能力导向的项目教学方法改革

本课程群针对工程认证对能力培养的要求, 引入以项目为线索的教学方法, 将课程的能力培养目标细化落实到具体教学环节的方法, 解决能力培养无法深入和有效落实的问题^[5-6], 并向课外科技活动拓展, 形成了具有鲜明特色的 PBL 课程群。

从 2010 年起, 本课程群多位教师曾参加了丹麦奥尔堡大学 PBL 教学模式的学习, 在“机械设计基础”“创新方法”“机械装备设计”“三维逆向工程技术”等机械设计系列课程群中, 引入以项目为线索的教学方法。根据每门课不同的特点, 设置与理论教学相契合的项目实践环节, 见表 1。以典型工程案例或问题作为牵引, 把课程教学内容在项目设计的各个阶段逐渐展开, 把课程教学的主要内容融入项目设计的过程中, 以达到知识传授与能力素质培养相结合的目的。通过科学合理地设计项目实践内容, 由浅入深地将能力指标培养与专业课程知识贯穿于各项目环节, 使得理论与实践相结合, 使学生的工程能力得到渐进式提升。

在教学设计上侧重项目教学的互动性和实践性, 通过组员间的分工合作, 结合课堂讨论、中期汇报、报告撰写及汇报答辩的方式, 检验学生的学习效果, 以此促进师生之间、学生之间的互教互学、知识共享及知识生成。

根据本课程所支撑的毕业要求指标点, 制定了基于目标导向的考核制度, 从专业知识、应用效果和表达能力等方面设定相应的权重系数, 进行多元评价; 同时在项目开展过程中, 注重对学生在团队合作交流、个人参与等方面进行综合评价。通过项目开展过程的形成性评价和完成报告的终结性评价, 检验学生的课程目标达成度, 为课程持续改进提供

依据。在课程项目汇报答辩的基础上, 选拔学习兴趣高的学生, 组成课外科技活动小组, 进行指导开展科技实践。以此延伸了课堂教学的广度和深度。

表 1 机械设计系列课程项目开展方式

理论课程	项目课程	项目开展方式
机械设计基础	机械设计课程	以典型工程实例为设计对象, 把项目设计各阶段的知识融入课程教学主要内容, 以工程实例中所涉及的各种典型机构和零部件的设计为载体开展教学, 并选拔队伍参加机械创新设计大赛。
创新方法	创新方法项目	以学生创新小组形式进行自选课题的创新方法运用进行考核, 产生有一定创意的设计概念, 完成项目报告。选拔课程项目考核优秀的概念设计, 指导学生进行专利的撰写和申请。
机械装备设计	机械装备设计项目	以来源于工程实际的典型机械装备为对象, 模拟工业项目设计的环境, 引导学生进入实验室, 为学生提供贴合工程实践的机械装备设计项目, 为今后对机械装备的设计、改造、开发与维修等打下基础。
三维逆向工程技术	产品三维逆向设计实验	要求学生自行选择实物模型和实验设备, 进行三维扫描, 获得三维数字化模型进而开展产品的开发设计, 从而熟悉和掌握常用的逆向设备和软件, 拓宽学生的产品开发思路 and 手段。

例如, 在机械设计基础 (含机械原理、机械设计) 课程设计中, 根据参与该课程教学的专业设置, 课程组设计了不同类型的项目案例, 如传动装置设计、轴系零件设计、机构运动学设计与零部件设计等^[7]。每一类型项目又包含若干不同的实例, 如“机构运动学设计与零部件设计”类的实例有冲压机械、剪切机械等, 由任课教师布置给学生分组完成。课程组教师经过总结多年来的项目开展经验, 编写出版的教材《机械设计导引》^[8], 按照机械设计项目展开的过程来呈现相关的知识点, 从工程应用的角度描述机械设计的基本思想, 以有利于该教学模式的推广。

2.2 课内外、校内外有机结合开展创新教育

“万众创新”背景下的时代发展对工程技术人员创新意识和能力的培养提出了更高的要求。2015 年国务院下发的《关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见》中, 也明确要求各高校应树立先进创新创业教育理念, 加强创新创业教育。各高校均积极响应, 开办各类创新教育课程, 大力开展创新创业教育。而最直接的方法就是全面系统地开展创新方法的教学^[9]。

发明问题解决理论, 即 TRIZ 理论是由苏联专家阿奇舒勒及研究人员经过多年努力, 在分析大量专利及其发明原理的基础上总结出的解决技术问题, 实现技术系统创新的各种方法、算法构成的创造方法学。经过 60 余年的实践检验, 已成为公认的世界级创新方法, 在国内外企业中得到了广泛的应用。许多国内外高校也将 TRIZ 理论教学和实践作为创

新人才培养的重要组成部分。

我校和广东省生产力促进中心于 2011 年联合成立了广东省创新方法推广应用研究中心，共同搭建了广东省创新方法推广应用平台。其宗旨是以学科建设为依托，以产学研结合为手段，以培养本土师资队伍和服务团队为目标，建立我省的创新方法推广应用平台，整合社会资源，为我省企业、高校、科研院所推广应用创新方法提供服务。

学院以此为契机，将创新方法的教学引入课程体系中。在师资培养方面，2011 年暑假学院共 28 名教师参加了广东省科技厅组织的广东省创新方法师资培训班，为在学院内全面开展创新方法的教学，以及开展创新方法应用推广工作奠定了基础。先后承担了广东省创新方法工作项目“基于 TRIZ 理论的高校创新教育探索与实践”“基于产学研协同的创新方法推广应用平台师资团队建设”，积极开展教学研究，参加国内外学术交流，提升师资能力。从 2011 年 3 月起，学院将“创新方法”课程在机械设计制造及其自动化专业内全面展开，并列入该专业的必修课程，同时为其他专业学生开设公选课。

在完成课内教学的基础上，以学生创新小组形式进行自选课题的创新方法运用进行考核，产生有创意的课程报告。通过课堂讨论、撰写报告及汇报答辩的方式，检测学生学习质量，作为课程考核的成绩。在项目设计方面，将两年一届的机械创新设计大赛的主题引入本课程，针对大赛的主题如水果采摘、辅助停车装置、钱币清分等主题运用创新方法开展设计，并选拔课程项目考核优秀且具有创意的一些创意设计，由学习兴趣高的学生，组成创新方法课外科技活动小组，由老师进行指导开展课外科技活动实践，指导学生结合项目内容申报大学生创新训练项目并申报专利^[10]，近年来指导本科生申请并获得专利超过了 60 项。

并积极开展创新方法的对外普及宣传及培训工作，累计为数百家企业做了创新方法的培训，累计已经面向企业工程技术人员开展培训超过 5000 人，取得了良好的社会效应，

同时也进一步丰富和提高了课程师资的工程实践经验。

目前，已形成了产学研结合的课程建设发展模式，以教学实施为基础，以学术研究为提升手段，以企业推广应用为拓展。在校内围绕课堂教学、课外设计、论文指导开展教学实施，将创新方法的研究纳入学科的研究体系，结合省重点实验室建设开展可拓学、TRIZ 理论等创新方法基础研究及多种方法相融合的学术研究，通过点面结合深入开展创新方法工程应用实践工作。产学研三方面相互促进，互为补充，协同发展（见图 2）。

2.3 融入学科建设和科研成果拓展教学资源

教学资源建设是课程群实施项目教学的重要保障。课程组发挥学科齐全，科研仪器领先的优势，构建适应工程能力培养的项目教学实验环境，将教学资源融入学科建设和科研成果，顺应工程技术发展对人才培养的要求^[11]。

依托“机械设计”广东省实验教学示范中心及“先进设计技术”重点实验室，开放先进科研设备与学科实验室，并注重将科研成果转化为实验教学资源，与本专业已有的机械设计基础实验相结合，形成了涵盖机械设计及理论学科主要内容的从基础设计型实验、综合创新型实验到研究提高型实验的分层次实验教学体系^[12]。

在“机械装备设计”课程中，要求以机械制造装备为研究对象，较全面掌握其工艺范围、工作原理、传动链及基本结构。在此基础上，学习机械装备的设计步骤，建立机床及其功能部件的系列化、标准化、模块化的设计思想。在完成理论课程学习的同时，结合“机械装备设计项目”，选用来自工程实践的装备对象进行设计分析，设计贴合工程实际的项目内容，营造模拟工业项目设计的环境，为学生提供内容丰富、知识结构合理、操作性强的实践项目，部分项目对象见图 3。以此引导学生进入实验室，参考指导书的要求、工作步骤，自主积极的开展项目实践活动，培养学生的工程意识；在开设机械装备设计实训的过程中，通过项目驱动，督促学生主动学习，收到较好效果。

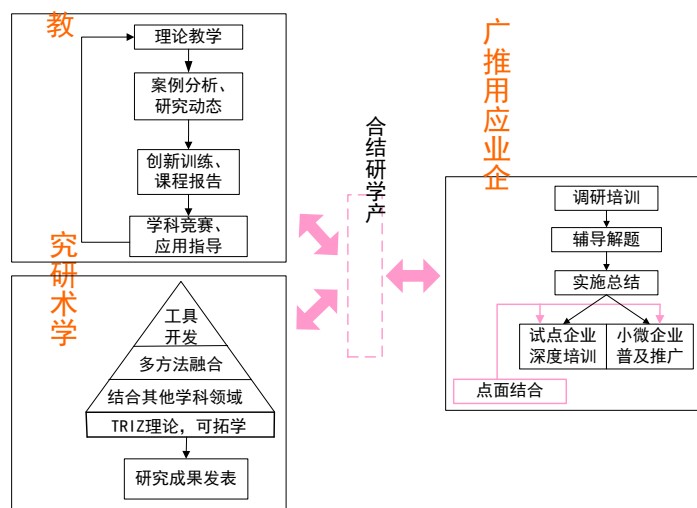


图 2 基于产学研结合开展创新教育与实践



图 3 机械装备设计项目对象

“三维逆向工程技术”作为一门理论与实践结合紧密的课程，既需要一定的曲线曲面造型理论基础，又需要常用的软硬件设备操作技能。课程组通过承担完成“基于自主式项目驱动的逆向工程技术教学改革与实践”省级教改项目，探索实施了自主式项目驱动的教学方法。根据项目开展要求，创建出适用于自主式项目驱动教学的实验条件，包括多种类型的数据采集设备（如三坐标测量机、关节臂测量机、手持式激光扫描仪）、多种快速成型设备（如数控雕刻机、快速成型机、3D 打印机）及多种专业反求软件，并开发出多种类型及可自由组合的项目实施路径。学生根据自主设计的项目内容可选择适合的实施方法，为学生创造了可实现课堂实践教学、课外科研训练等多种实践形式的开放型、自主型实践教学环境。

同时，本课程群教师科研方向与广东省产业结合紧密，通过及时总结将科研成果作为课程及项目实例引入教学，使得教学内容贴近工程实际^[13]。例如，在逆向工程技术方面，近年来本课程组连续承担完成了多项国家自然科学基金项目，并与企业联合承担完成了产学研项目。课程组及时对成果进行总结，已出版了系列教材 6 部，为本课程的项目教学的开展提供了丰富的素材。同时，通过课程网站加快实现教学资源的更新迭代，将本课程相关的项目案例、科研成果等上传到网站，建用并进，及时将学术研究、科技发展前沿成果引入课程中，以此确保教学内容的前瞻性与创新性^[14]。

3 特色与成效

本课程群经过持续的建设，目前已形成了以下的特色。

3.1 课程项目互相渗透，教学手段相互促进

改变课程内容的相对独立状态，加强本课程群教学内容，以及项目间的有机联系。针对不同课程特点，探索实施了不同形式内涵的 PBL 教学模式。项目课程在 PBL 教学模式上相互借鉴，教学手段相互促进。例如，将“创新方法”

项目内容与“机械原理”“机械设计”等课程内容结合，要求学生以创新方法为纽带，结合机械设计相关理论开展项目实践，为创新教育和专业教育搭建起桥梁，有利于机械设计相关知识的跃迁和能力的迭代上升。

3.2 以创新项目为牵引，延伸课堂教学

在完成课内教学的同时，以小组形式进行自选课题或者指定方向的课程项目运用，并通过汇报讨论，促进学生主动学习和合作学习，加深对课程知识的理解，培养结合实际应用的能力。在课程项目汇报答辩的基础上，选拔学习兴趣高的学生，组成课外科技活动小组，进行指导通过应用创新方法进行科技实践，延伸了课堂教学的广度和深度。

3.3 以产学研结合为手段，驱动项目教学活力

本课程组教师承担完成大量的机械设计相关科研项目，并联合企业承担了一系列的企业课题，积累了丰富的科研成果和工程应用案例。本课程群教师通过以教学实施为基础，以学术研究为促进，以企业推广应用为拓展，形成了良性循环，全面提升师资队伍的教学水平与应用能力；在课程教学中不断融入工程实践和科研成果，保持项目驱动教学的活力，为课程建设的可持续发展提供了保障。

近年来本课程群教师获得了国家级教学成果二等奖 1 项，广东省教学成果一等奖 2 项，广东工业大学校级教学成果一等奖 2 项。承担完成了省级精品资源共享课 3 门，省级在线开放课程 1 门，“创新方法”“机械设计”两门课程被认定为国家级一流课程。

下一步计划针对目前教育部实施的“金课”要求^[15]，对课程群包含的课程开展不同形式的建设。针对线下“金课”的要求，进一步丰富规范项目开展的案例，增加项目考核的挑战度，并加强对实施过程的形成性评价；针对混合课程的建设要求，加强教学方法互动性改革，对课程网站进行转型升级，增加完善教师和学生的互动活动和答疑等在线学习交流功能。

参考文献:

- [1] 陈荣,赵仁德,郭静,等.新工科背景下基于项目驱动的新能源课程群教学模式探索[J].大学教育,2020(3):49-51.
- [2] 胡红生,曹坚,周斌斌.应用型地方高校机电一体化系统设计课程群产教协同的课堂教学模式改革[J].实验室研究与探索,2018,37(6):212-217.
- [3] 王继焕.应用技术大学机械基础课程群实验教学系统改革[J].实验技术与管理,2016,33(8):9-13.
- [4] 刘宝,任涛,李贞刚.强化工程创新能力培养的机械专业实践教学建设[J].高等工程教育研究,2018(1):58-61.
- [5] 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.
- [6] 周春月,刘颖,张洪婷,等.基于产出导向OBE的阶梯式实践教学研究[J].实验室研究与探索,2016,35(11):206-208.
- [7] 林怡青,谢宋良.以项目为线索的“机械设计基础”课程教学改革[J].广东工业大学学报(社会科学版),2010,10(1):174-176.
- [8] 林怡青.机械设计导引[M].北京:清华大学出版社,2015.
- [9] 陈良兵,朱莉,王玉峰,等.基于TRIZ和专业课程紧耦合关系的教学方法研究[J].高等工程教育研究,2016(6):190-193.
- [10] 成思源,陈晓菁,杨雪荣,等.基于专利分析的创新设计实践教学[J].实验室研究与探索,2020,39(2):182-185.
- [11] 王晓晖,温显斌,肖迎元.“项目驱动”实践教学法在计算机接口课程群中的应用[J].实验室研究与探索,2018,33(11):183-186.
- [12] 谭起兵.冶金类课程群混合式教学实施策略研究[J].实验技术与管理,2019,37(9):179-182.
- [13] 成思源,杨雪荣.逆向工程技术[M].北京:机械工业出版社,2018.
- [14] 王艳芬,张晓光,王刚,等.电子信息类专业信号处理课程群的建设与改革实践[J].实验技术与管理,2015,32(4):11-14.
- [15] 吴岩.勇立潮头,赋能未来——以新工科建设领跑高等教育变革[J].高等工程教育研究,2020(2):1-5.

作者简介:成思源(1975-),男,中国重庆人,博士,教授、导师,从事技术创新方法、逆向工程技术研究。

基金项目:广东省课程教研室建设项目(粤教高函〔2023〕4号),校级“本科教学工程”项目(广工大教字〔2022〕59号)资助。