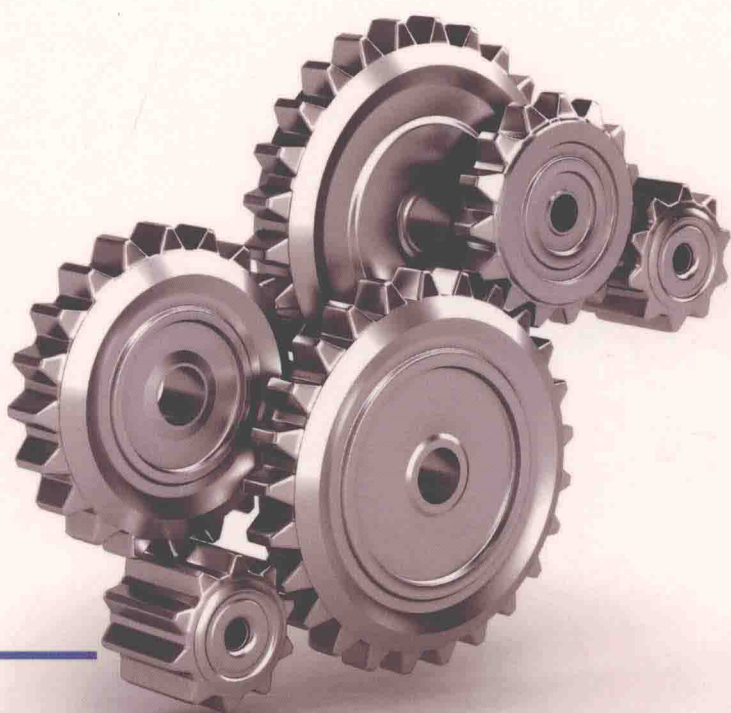


机械类创新设计性典型 实验项目教程

王亚良 董晨晨 编著



科学出版社

机械类创新设计性典型实验 项目教程

王亚良 董晨晨 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是在调研和分析现有机械类专业实验教学现状的基础上,以期进一步完善人才培养中的实验教学体系,提升实验教学现代化程度和工程前沿性,满足创新型人才培养的需要,结合编者多年的机械类专业实验室建设和实验教学经验编写而成的。

本书以创新设计性实验项目为主要内容,初步形成了机械类创新设计性典型实验项目(群),涵盖机械类专业主干核心课程知识点及各知识点的融合与关联;突出 OBE 导向、CDIO 工程教育模式、虚拟仿真、项目管理和多元化知识获取等思路;以解决复杂工程问题为抓手,契合新工科建设理念,通过典型的创新设计性实验项目学习和训练,使学生能够掌握并应用专业知识解决机械工程实际问题,达成知识、能力和素养三者的有机结合。本书分为 10 章,包括绪论和 9 个创新设计性实验项目,涉及实体实验、虚拟仿真实验和虚实结合实验项目。

本书可作为高等学校机械类专业的实验实践教学用书,也可供机械工程领域的教学研究人员和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械类创新设计性典型实验项目教程 / 王亚良, 董晨晨编著. —北京: 科学出版社, 2018.11

ISBN 978-7-03-057870-9

I. ①机… II. ①王… ②董… III. ①机械设计—实验—教材
IV. ①TH122-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 126516 号

责任编辑: 任加林 / 责任校对: 陶丽荣

责任印制: 吕春珉 / 封面设计: 东方人华平面设计部

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencecp.com>

北京虎彩文化传播有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 11 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018 年 11 月第一次印刷 印张: 10 3/4

字数: 238 000

定价: 35.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈虎彩〉)

销售部门电话 010-62136230 编辑部电话 010-62135517-2028 (HA08)

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

学生知识、能力的培养源于理论和实践教学的紧密结合,对于工科学生而言,实践是创造性应用和发展理论的过程,是综合能力形成的过程。同时,工程实践是形成工程思维、获取工程经验极其重要的途径和手段。如何培养学生实践创新能力是高等院校尤其是机械类专业共同面对的问题,实践教学是培养学生创新能力的切入点。

实践是工程的本质特征,根据装备制造业对机械类人才的需求,通过开设机械类创新设计性典型实验项目改革实践教学方法,致力于培养具有扎实的理论知识、较强的工程实践和创新能力、良好的职业素质、较强的团队领导和人际沟通能力的高素质创新型人才。

本书与机械类专业核心课程内容紧密结合,但又不局限于课程内容,是理论教学的补充和拓展。本书编写思路及理念如下:

1) 通过典型创新设计性实验项目的学习和训练,学生可以具有运用专业知识解决机械工程实际问题的能力;可以将掌握的碎片化知识通过节点关联起来,以解决复杂工程问题为抓手,达到知识、能力和素养三者的有机结合。

2) 突出 OBE (outcome-based education, 成果导向教育) 导向、CDIO (conceive、design、implement、operate, 构思、设计、实现、运作) 工程教育模式、虚拟仿真、专业知识融合与关联、项目管理、多元化的知识获取等理念。本书从纵向和横向两个维度进行实验教学:纵向采用产品流程方式,即 CDIO 运行模式;横向以专业核心课程的创新设计性实验项目展开。

3) 紧紧围绕专业核心课程,开设与课程或课程群相关联的实验项目。本书以提升实验教学内涵为重点,以创新实验教学方法为基础,以有效整合实验教学资源为依托,探索创新人才培养需要的实验教学体系和实验项目(群)。

本书由王亚良、董晨晨编写。本书得到了浙江工业大学重点教材建设项目资助,特别感谢宁晓斌、屠立群、郑劲松、张利等教师的合作及钱其晶、曹海涛、胡凯、佟小涛等研究生的参与。同时,对本书涉及的实验项目做出贡献的软硬件供应商表示感谢。在本书编写过程中,编著者参考了很多文献和著作,在此对这些文献的作者表示诚挚的谢意。

限于编者水平,书中不妥和疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

王亚良

2018年6月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 机械类创新设计性典型实验项目的教学目的和意义	1
1.2 创新驱动的机械工程实践教学的内容及体系	2
1.3 机械类创新设计性典型实验项目的教学理念和体系	6
1.4 机械类创新设计性典型实验项目的教学要求和形式	7
1.5 机械类创新设计性典型实验项目的设置	10
第 2 章 机构运动创新设计	12
2.1 机构运动方案创新设计	13
2.1.1 杆组的概念	13
2.1.2 正确拼装杆组	14
2.1.3 JYCS-II 机构运动方案创新设计实验装置	20
2.1.4 机构拼接实例	20
2.1.5 机构创新设计	22
2.2 机构运动方案创新设计测试分析	23
2.2.1 机构运动方案创新设计试验台测试系统	23
2.2.2 系统测试方法与步骤	27
第 3 章 机器人本体设计分析及多轴运动控制	28
3.1 机器人概述	29
3.2 机器人操作及示教编程	31
3.3 机器人运动学与动力学	32
3.4 基于 ANSYS 的机器人静态受力分析	33
3.5 机器人运动控制方案设计	34
3.5.1 控制系统硬件	35
3.5.2 控制系统软件	39
第 4 章 超大型正铲液压挖掘机工作装置设计与仿真	41
4.1 Adams 应用实例	42
4.1.1 建模仿真主要步骤	42
4.1.2 验证传动比	45

4.2	EDEM 应用实例	46
4.3	超大型正铲液压挖掘机工作装置三维设计	50
4.4	超大型正铲液压挖掘机工作装置挖掘运动性能仿真	51
4.5	超大型正铲液压挖掘机工作装置参数及其优化仿真	56
4.6	挖掘机工作装置挖掘矿石仿真	58
4.7	工作装置结构强度仿真	61
第 5 章	基于 TRIZ 的复杂产品创新设计	64
5.1	TRIZ 基本理论	65
5.2	发明原理及应用	67
5.3	克服思维惯性的典型方法	69
5.4	计算机辅助创新平台 Pro/Innovator	72
5.4.1	项目问题解决流程	73
5.4.2	Pro/Innovator 主要模块介绍	74
5.4.3	Pro/Innovator 帮助获取	78
第 6 章	仿真实物电梯及电梯群优化控制	80
6.1	多层仿真实物电梯的使用与控制	80
6.2	VC 仿真软件与实物电梯的虚实控制	87
6.3	电梯群控仿真优化控制	88
6.3.1	派梯计算	90
6.3.2	偏好引导下的 CMAC 混合遗传算法	92
第 7 章	基于 NCellIDE 算法的摆线针轮行星减速器优化设计	95
7.1	多目标进化算法概述	96
7.2	外部种群完全反馈的元胞差分算法	97
7.3	算法性能测试	101
7.3.1	性能评价指标	101
7.3.2	测试结果分析	102
7.4	NCellIDE 算法在摆线针轮行星减速器优化设计中的应用	107
第 8 章	3D 扫描及打印	114
8.1	3D 扫描及打印的基本原理	115
8.2	面向复杂曲面的三维扫描	116
8.3	构建三维实体模型的其他几种常用方法	121
8.3.1	利用绘图软件完成三维建模	121
8.3.2	三维重建	124
8.4	3D 打印及其他应用	125

第 9 章 面向产品的生产线设计、仿真及生产排程	128
9.1 工作研究	130
9.1.1 方法研究	130
9.1.2 作业测定	133
9.1.3 生产线产能分析	135
9.1.4 实验任务及要求	136
9.2 生产线设计与平衡	136
9.2.1 基本概念	136
9.2.2 实验任务及要求	137
9.3 生产线仿真	138
9.4 ERP 实战演练	139
第 10 章 立体仓库及出入库输送系统建模与仿真	143
10.1 常用仿真软件及其应用	144
10.2 Flexsim 仿真软件建模的基本步骤及方法	146
10.3 工程实例模型的创建	152
主要参考文献	161

第1章 绪 论

1.1 机械类创新设计性典型实验项目的教学目的和意义

随着信息技术的快速发展,学生获取知识的方式日益增多,教师与学生的信息不对称程度进一步缩小,学生课堂学习的积极性有下降趋势。同时,学校工程教育培养目标和企业实际需求存在差距,企业对工程教学产品,即学生的要求不断增加,企业希望学生能快速响应企业实际需求,使得学生在企业的适应期变短。目前,工科高等学校毕业生尽管掌握了一定的专业知识和技能,但总体缺乏在现代工程环境下所要求的创新实践能力。培养具备一定专业知识技能和较好综合素质的创新型毕业生,并使其具备大工程思维 and 良好团队协作精神,是目前工科高等学校迫切需要解决的问题。

学生知识、能力的培养源于理论和实践教学紧密结合,对于工科学生来说,实践是创造性应用和发展理论的过程,是综合能力形成的过程。同时,实践,特别是工程实践是形成工程思维、获取工程经验极其重要的途径和手段。对于高等教育来说,实验教学是学生实践能力培养的重要组成部分。创新能力的培养主要通过实践环节来实现,实践教学是培养学生创新能力的切入点。学生从理论教学中获取知识,在实践中应用知识,同时质疑、探索、追求创新。只有立足于实践,才能达到创新的目标。

机械类专业具有很强的工程应用背景,如何培养学生实践创新素养和具备解决工程复杂问题的能力是工科高等学校尤其是机械类专业面对的突出问题。高等学校承担着培养各类高素质创新人才的重要任务,实验教学是实现高素质创新人才培养的重要教学环节,是学生创新意识和实践动手能力培养的关键。科学合理的实验(实践)教学体系可以引导学生在实验和实践中检验所学理论知识,培养分析和解决问题的实践能力和创新精神,从而达到提升学生就业竞争力和服务社会的人才培养目标。机械工程实践教学基本手段和目标为:以提升学生实践能力特别是创新能力为目标,以提升实践教学质量为抓手,以改革实践教学方法为手段,以高效整合实践教学资源为依托,探索满足创新人才培养需要的实践教学培养途径,积极开展校企协同培养,完善实验资源共享开放运行机制,逐步建立适应经济发展和产业特征的机械工程实践教学体系。

当前实验教学环节中存在的主要问题有:教学(课程)体系中实验处于从属位置,实验教学主要以验证性实验项目为主,与前沿技术契合度低,虚拟类实验项目缺乏;实验项目只是对某个知识点的训练,缺乏多个知识点融合、关联的实验项目(群),对解决工程复杂问题起的作用不够;部分实验项目流于形式,侧重实验结果,对实验过程关注不够。根据上述问题及当前工程创新人才培养目标,可知实验教学不能仅局限于对知识点的训练,更要注意知识线、面的训练。创新设计性实验项目就是融合了数个相关联的实验项目,把孤立的实验项目整合成有一定知识体系的、能解决较复杂工程问题的综合设计性实验项目(群)。在创新设计性实验项目实施过程中,牢牢抓住创新设计性实

验项目的本质，严格按照项目管理的基本理论和思想来开展。侧重过程评价，在创新设计性实验项目中培养学生主动思考与探索的能力，提高学生利用在教学和自学中学到的知识解决实际问题的能力。

1.2 创新驱动的机械工程实践教学的内容及体系

机械工程实践教学内容及体系基本框架如图 1.1 所示，硬件平台一般由机械工程训练实践、机械基础实验教学、机械专业实验教学、虚拟仿真实验室、机械工程 CDIO 实践平台等组成，而教研互融、共享开放、校企协同和中外合作是实践教学内容的深化和运行机制的创新和探索。

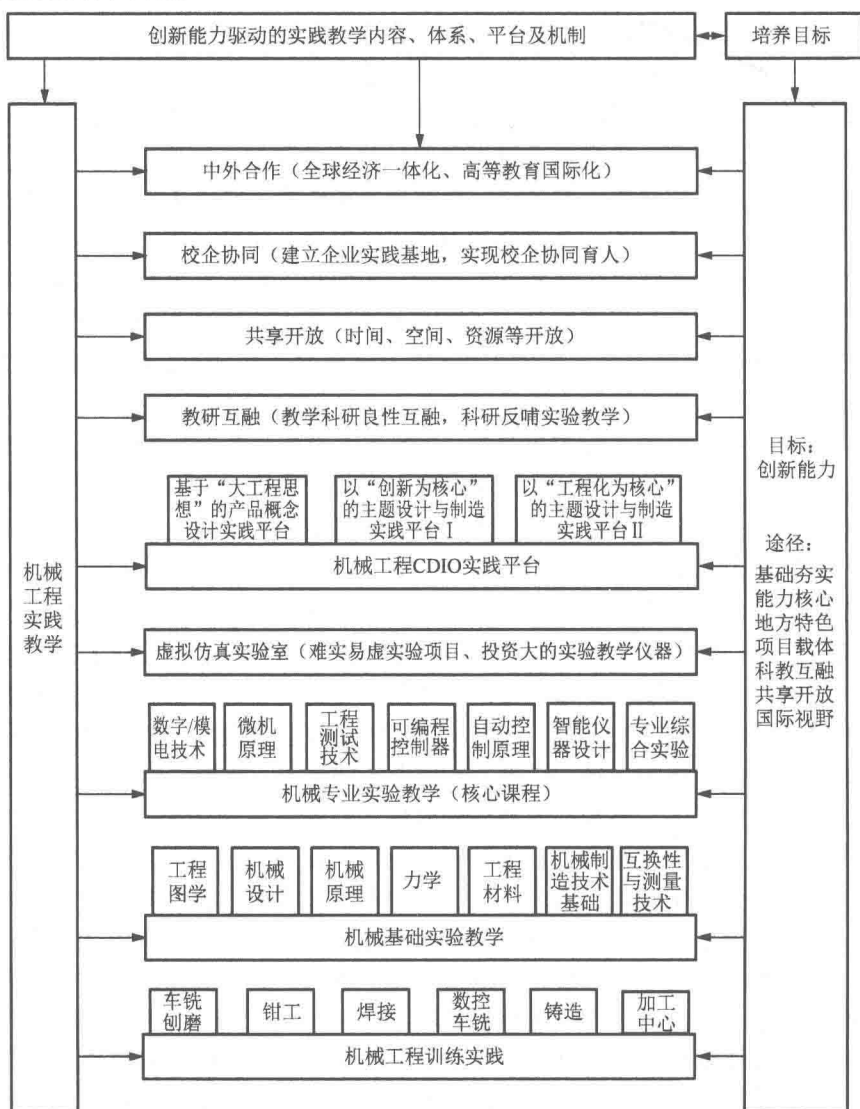


图 1.1 机械工程实践教学内容及体系基本框架



唯有实践,才有创新。创新能力是国家科技进步的第一要素。对于大学,特别是理工类大学而言,培养学生的创新能力显得尤为重要。在夯实理论的基础上,创新能力主要通过实践环节来培养,在实践中验证理论并发现问题,进而探索、质疑,并在质疑、释疑中得到提升,最终达到创新能力培养目标。

以创新能力驱动为目标,以夯实基础为前提,以培养能力为核心,结合地方特色产业,以实践项目为载体,以科教互融为手段,以共享开放机制为途径切实做好实践教学工作。以高等教育国际化为契机,多渠道开拓学生的国际视野。为学生创新和实践能力的培养营造良好的硬件、软件和制度环境,激发学生的工程意识和创新能力,将知识传授、能力培养、素质提高融为一体,提升工科学生的人文素养和团队协作能力。

1. 基础夯实是实践创新能力培养的基础

学生基础知识主要通过理论知识和基本的实验/实践学习获得。就实践而言,主要通过机械工程训练实践、机械基础实验教学、机械专业实验教学来获得。

机械工程训练实践包含基础工程技术训练和先进制造技术训练:基础工程技术训练包括车铣刨磨、钳工、铸造等,可使学生了解传统机械加工技术,初步掌握传统机加工工艺及原理;先进制造技术训练通过数控车铣、加工中心等现代加工手段实现,实现产品/零部件的制作。机械基础实验教学包括整合理论课程(工程图学、力学、工程材料、机械设计、机械原理、互换性与测量技术等主干课程)实验项目,独立开设实验课程,优化实验教学体系,使学生掌握机械产品的绘制和设计,具备对简单结构及性能进行初步分析的能力。机械专业实验教学通过微机原理、自动控制理论、工程测试技术、数字电路等核心课程的专业实验项目训练,让学生深入了解机械产品制造全过程,能初步设计和制造功能相对完备的机械产品。

2. 以实践项目为载体是开展创新活动的主要手段

以项目式教学方式为主导,以项目为载体,积极引入 CDIO 工程教学大纲理念。着力培养个人能力(工程问题发现与解决能力、创造性思维能力和工程创新能力)和团队能力。强调学生以自主式、开放式、协作式、探究式为主的实践学习方式,促进学生个性化和创新能力的培养。实践平台实施项目式教学,即以实践项目为中心,突出产学研结合和学生主动实践两个特点,组成项目实施团队(倡导学生跨年级自由组合,以使学生特长互补)。在实践项目实施过程中,教师仅负责项目咨询、技术支持、过程监控,即不参与或少参与学生主题项目的实施工作,实践项目结果评定由教师 and 项目实施团队共同完成。项目的实施将为学生提供更多的独立思考和个性发展的空间,有利于培养学生具备良好的大工程观的工程基本素养,工程项目的构思、设计、制造和实施能力及团队协作能力。机械工程实践项目的实施步骤如图 1.2 所示,主要由学生自主选题、专家论证、方案设计与自主实施等环节组成。

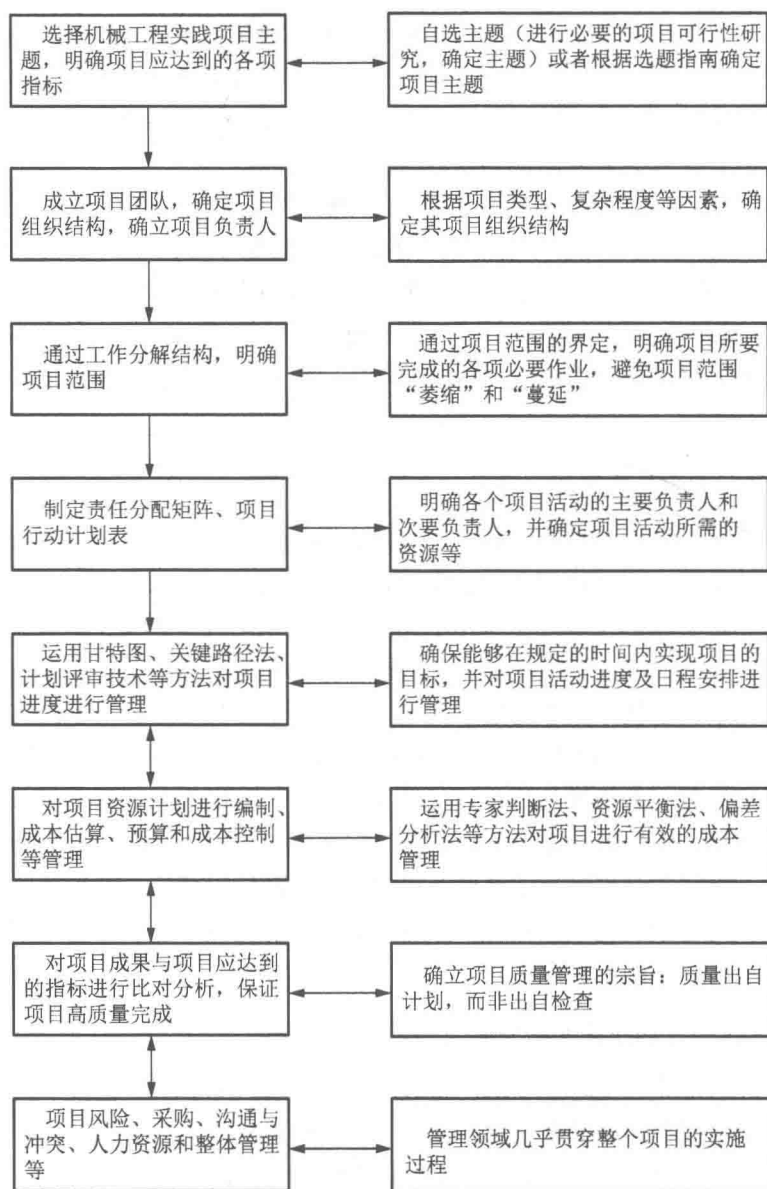


图 1.2 机械工程实践项目的实施步骤

3. 建立企业实践基地，实现校企协同育人

实践创新能力的培养要结合地方特色产业，以浙江工业大学为例，作为浙江省重点本科院校，应紧密结合产业集群，特别是浙江省产业集群的特色开展实践教学工作。对于机械工程专业而言，与之相关的产业群主要有五金产业群、低压电器产业群、模具产业群、汽车产业群、家用电器产业群等。实践教学要以浙江省国际化制造业的人才需求为目标，完善产学耦合机制。

通过多种渠道积极与相关的大中型企业建立长期的良好合作关系，使学生在校期间



得到企业实习、实践的锻炼机会。建立企业实践基地,按照企业实际的生产和服务要求参加工作实践,从而获取工作经验和工程实践能力,使学生在校期间就初步具备用人单位所需的工作经验。近几年的校企协作培养,有效地提升了学生职业能力,使毕业生能快速实现由学生向社会人的角色转变,真正实现校企协同育人。

4. 做好实践基地(时间和空间、内容和资源)的共享开放,为学生的自主性、探索性学习创造条件

创新能力的培养主要通过实践环节来实现,积极创造条件,为学生的实践环节提供保障。

时间和空间开放:基础和专业实验教学的实验室及实验项目做到预约开放,开设研究型实验项目的实验室做到常年定时开放(每周6、7天),机械工程CDIO实践平台做到全天开放(12h/天,如有需要可延长至16h/天)。

内容和资源开放:机械工程CDIO实践平台在开放时间内为学生提供通用的标准零配件和原材料,并提供必需的工具,如工具箱、示波器等,保持机加工设备的完好率,安排技术指导教师巡查,发现问题及时解决。

实践基地/实验室开放是实验室生命力的源泉,是体现实验室管理水平的重要标志,同时创新性人才培养需要实验室的开放。牢固树立为学生服务的思想,运用现代化的科学管理办法,加强实践平台建设的组织领导和协调服务,强化实践平台的组织建设和制度建设,以提升实践平台的开放服务质量为中心,不断优化实践平台的开放机制。

5. 以工程能力培养为核心,不断提高青年教师的实践教学水平

工程能力分为教师的工程教学能力和学生的工程实践能力。在实践教学过程中,教师的工程背景和能力显得尤为重要,教师的工程教学能力是开展实践教学的前提和基础,影响实践教学的质量和效果。提高机械工程专业教师,特别是青年教师的工程教学能力,是提高学生工程实践能力,培养创新型人才的重要着力点。开展青年教师的工程素质认证是解决工程教学能力问题的有效途径。可采取下列措施提升青年教师的实践教学水平:积极参与校企实践基地建设,与企业工程师合作开发工业产品2项以上;鼓励青年教师脱产进入大中型企业见习,见习时间应不少于6个月,并完成工程实践报告;作为主要负责人承担企业产品研发项目,并取得较好效果。

6. 以教研互融为手段,提高学生实践项目的深度和广度

教学科研良性互动,教学促进科研,科研反哺实践教学,实现教研互融,为学生成长及创新能力的培养创造良好条件。将教师的最新科研成果积极引入实践教学,提高实践教学的深度和广度,结合学校科研、学科专业特色和地方产业,开发一批特色专业的研究型实践项目,提高研究创新型实验项目(研究创新型实验项目是学生根据实验题目,运用所学知识,激发创造性思维,确定实验方案,独立操作完成实验,并进行综合分析的实验项目。研究创新型实验项目在更高的层面上培养学生的创新能力、实际工程设计能力及初步的科研能力)的比例。同时,进一步开放高精尖的仪器设备,使学生初步掌握利用高端仪器解决工程实际问题的能力。

7. 以高等教育国际化为契机, 进一步开拓学生的国际化视野

开拓学生的国际化视野, 主要从课程设置, 特别是专业课程设置上着手, 应紧跟国际前沿, 建设国际化的师资队伍 (聘请海外学者来校授课、讲学, 提高外方教师授课的比例), 定期和不定期进行国际交流 (包含中外教师之间、中外师生之间和中外学生之间的各类渠道交流), 积极推动学生自主式的国际化论坛, 尝试毕业论文的全英文撰写模式。

1.3 机械类创新设计性典型实验项目的教学理念和体系

机械类创新设计性典型实验项目主要面向机械类专业学生, 同时向校内所有专业学生预约开放。学生通过创新设计性典型实验项目的实践和训练, 能够将掌握的碎片化知识通过节点关联起来, 达到解决复杂工程问题的目的。主要通过学生实验过程的纵横向两个维度予以解决: 纵向采用产品流程方式, 即 CDIO 模式; 横向以专业核心课程的创新设计性典型实验项目展开。机械类创新设计性典型实验项目设计理念突出 OBE 导向、CDIO 工程教育模式、虚拟仿真、专业知识融合与关联、项目管理、知识获取多元化等理念思路, 如图 1.3 所示。学生应具有宽厚的知识、扎实的技能 and 良好的素养, 即达到知识、能力、素养三者的有机结合, 具体来讲就是依据装备制造业对机械类人才的需求, 致力于培养具有宽厚的理论知识、较强的工程实践能力和工程创新能力, 具备良好的人职素质和职业素质、较强的团队领导和沟通能力的高素质创新型人才; 进一步完善人才培养中实验教学体系, 提升实验教学现代化程度和工程前沿性。

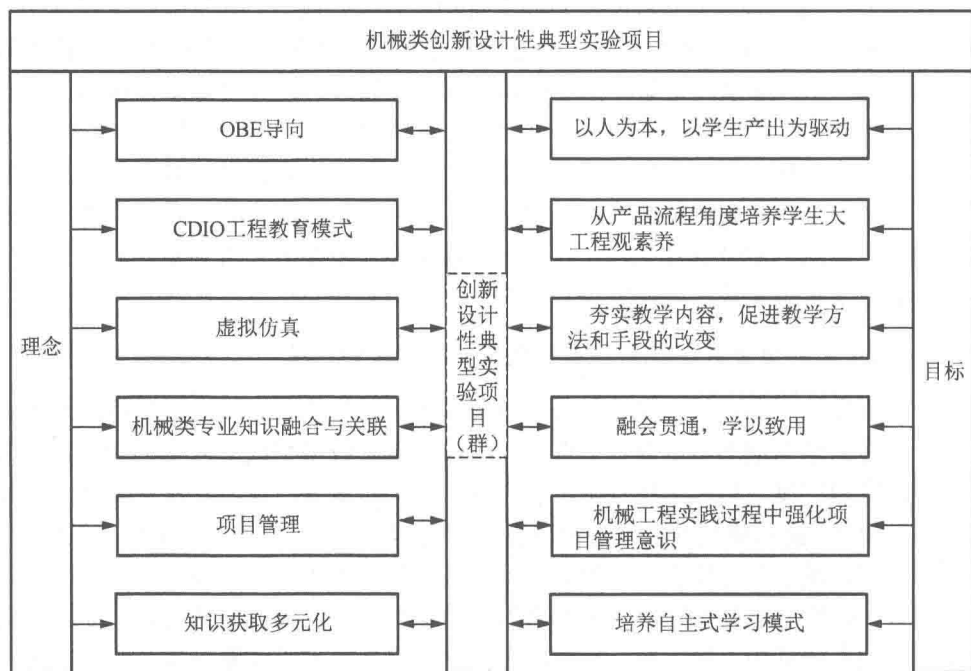


图 1.3 机械类创新设计性典型实验项目设计理念

在机械产品设计生产制造过程中应体现 CAX 工程或 CA-IDEM 工程，即计算机辅助创新(computer aided innovation, CAI)、计算机辅助设计(computer aided design, CAD)、计算机辅助工程 (computer aided engineering, CAE)、计算机辅助制造 (computer aided manufacturing, CAM)，如图 1.4 所示。

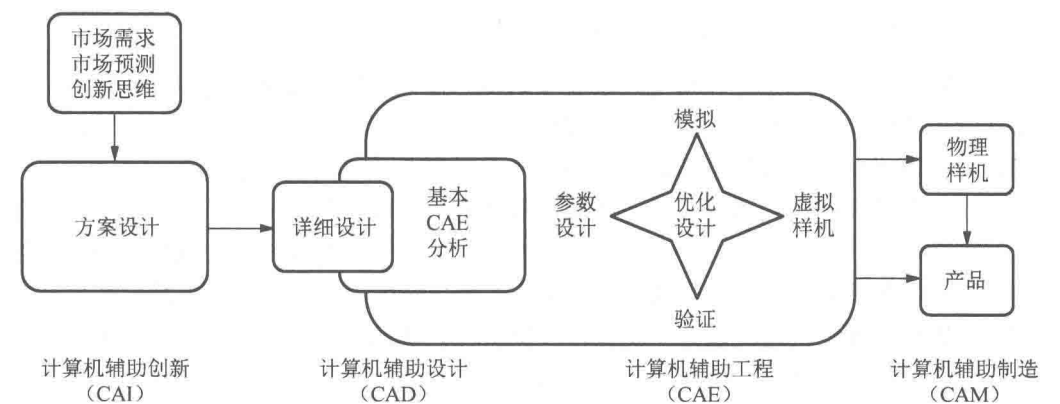


图 1.4 CAX 工程

1.4 机械类创新设计性典型实验项目的教学要求和形式

1. OBE 导向的机械类创新设计性典型实验项目

OBE 是以预期学习产出为中心来组织、实施和评价教育的结构模式。在 OBE 教育系统中，教师应对学生毕业时要达到的能力和水平有很清楚的描述，通过设计合适的教育结构（教学计划和教学大纲）来保障学生实现这些预期目标。学生产出成为驱动教育系统运作的动力。以解决复杂工程问题为牵引，以培养创新能力为目标，紧紧围绕专业核心课程，结合浙江省产业特征，开设与某个课程或课程群相衔接的实验项目，围绕强化学生实践能力、创新能力培养的目标，以 OBE 教育模式为导向，以提升实验教学质量为重点，以创新实验教学方法为基础，以有效整合实验教学资源为依托，探索创新人才培养需要的实验教学体系和实验项目（群），提升实验内涵，进而提升机械类专业学生实践创新能力和团队协作素养。以工程素质、创新意识和工程实践综合能力的培养为核心，坚持个性化、自主性和开放性的实验教学理念。

2. 机械类专业的 CDIO 工程教育模式

CDIO 工程教育模式从产品生产流程出发，有利于机械类学生提升机械产品在系统生命周期 4 个阶段（构思、设计、实现和运作）的工程实践与创新能力，提升学生的大工程观思维和意识，提升学生的人文素养和团队协作能力，进一步培养学生发现问题、解决问题和探求工程问题本质的能力，为学生实践能力培养和创新创业打下良好的基础，对有效解决目前实验教学中存在的困境（缺乏基于真实工程环境下的项目式实验教学方法）具有重要现实意义。

有效推进 CDIO 工程教育模式关键要做到以下两点：一是以构思、设计、实现及运作全过程为载体来培养学生的工程能力，即 CDIO 理念在实验教学中的应用；二是突出实验内容的系统性和专业性，不要局限于对知识点的训练，更要注重知识线、面的训练。

3. 借助虚拟仿真手段，强化创新设计性典型实验项目的内涵

真实实验室无法为学生完整地展示复杂机械产品、机械集成系统的结构和运行，也无法让学生全面地参与机械产品与系统设计、制造、生产组织等全过程，所以迫切需要开展虚拟仿真实验，与真实实验相互补充，相得益彰，弥补真实实验教学的不足。

随着计算机和网络技术的发展，虚拟仿真技术逐渐成为理论研究、工程研究和实验研究的重要手段。在机械行业中，工程师通过虚拟仿真可大幅度提高产品创新设计和结构参数优化的效率和水平，减少物理样机试验次数，降低产品开发成本，缩短产品开发周期，准确验证加工制造流程的正确性，并提供验证理论模型的可行手段。虚拟仿真具有科学计算可视化的特征，使理论与实际密切结合，由经验向科学建模转化，提高参数优化效率，大幅度减小实际消耗。

将虚拟仿真教学平台引入学生创新活动，推进了学生创新活动由“发散思维+简易制作”的简单模式向“发散思维+数学建模+科学计算+工程设计+参数优化”的高级模式转化，以虚拟仿真手段验证创新思路的正确性，通过工程设计和参数优化，提升学生创新活动的学术性、理论性及利用仿真软件开展工程设计的专业能力。

虚拟仿真实验项目是真实实验项目的必要补充和完善。在虚拟仿真实验的基础上，尽可能地让学生接触实际，坚持能实不虚和虚实结合的原则。学生可以利用虚拟仿真实验平台和校内互联网络，随时随地完成虚拟仿真实验；可利用大学生科技竞赛等创新活动，扩大与国内外学生的交流；可自主开展多学科交叉、产学研结合的实践活动，使虚拟仿真教学贯穿整个实验培养环节。

4. 融合与关联专业知识，提升解决复杂工程问题的能力

目前存在只重视知识点的训练和传授，缺乏知识点的系统融合与关联的问题，这是导致学生创新意识和创新能力不足的重要原因之一。解决复杂工程问题需要学生掌握较为扎实的基础理论知识，并能综合应用、关联各知识点。应该说，知识点的融合与关联是解决工程实际问题的必经之路。

在教学特别是实验教学中，积极引导学生在关联学科内及学科之间的知识节点或信息源，不要片面地强调知识点的重要性和复杂性。培养现代机械工程师需要具备的大工程观和复杂问题视野，注重工程问题的关联。建立和掌握知识点的融合与关联比孤立的无限学习更重要，不要让知识淹没智慧。

5. 贯彻项目管理知识体系，提高创新设计性实验项目的实践效率

根据创新实验项目（群）的要求，建立学生实验项目实施团队，并建立责任分配矩阵。将实验项目（群）的任务进行合理分解，分解后的工作任务落实到人。项目（群）团队的责任分配矩阵如表 1.1 所示。P 表示主要负责人，S 表示次要负责人。

表 1.1 责任分配矩阵

任务编号	任务名称	小王	小张	小李	小郑	小陈
100	实验项目（群）方案 总体设计	P				S
110	实验分析与计算		P	S		
120	实验实施			P	S	
130	实验结果分析	P	S	S	S	S
140	报告整理				P	S
150	评价及总结				S	P
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

每个实验项目要严格按照项目管理的知识体系来实施，做好每个实验项目的进度、成本、人力资源等安排。提交的报告要求包括如下内容：严格按照项目管理知识体系来阐述实验项目的进度、成本、人力资源等安排；提供最后的结果和结论，并进行分析和评价。

6. 多元化获取知识，培养自主式学习模式

网络时代促进了教学方式方法的改变，同时也使得学生获取知识变得更加多元。网络技术与高等教育的深度融合为高等学校创造了新型教学环境。如果说传统课堂是“同时同地”的模式，那么通过网络可以在不同学校之间开展“同时异地”和“异时异地”的网络化课堂教学模式。这种模式可能会导致学生学习兴趣难以持续，可考虑发展“异时异地”+“随时随地”+“线上空间”的 MOOC 模式来解决出现的问题。知识获取的多样化有利于提升学生自主式学习的能力，削弱师生信息的不对称性，对教师提出了更高的教学要求，从而使师生知识结构不断增长进化，形成教学互长的良性环境。

与学生现有的知识储备相比较，学生在实验实践过程中培养的多元化获取知识的能力对以后的工程师职业发展起到了更为重要的作用。就实验教学而言，网络共享资源为学生随时随地的多元化的能力素质培养提供了良好保障。

7. 建立创新设计性典型实验项目（群）的运行机制，为学生创新能力培养提供有力的制度保证

机械类创新设计性典型实验项目（群）以学生为中心，具有较强的学生自主实践性，导致实验时间不可控和实验结果不唯一。这就要求其相应的实验教学方式和实验运行机制予以变更，为学生提供更多的独立思考和个性发展的空间。

以提升实验室开放服务质量为中心，不断优化运行机制。以学生的工程素质和创新能力培养为目标，面向机械工程领域问题，积极探索以主题实践项目为主线的实践教学模式，注重培养学生解决工程实际问题的能力和团队协作精神；指导教师关注实践项目的全过程，加强学生在实践项目中的主体性和主观能动性，应用项目管理知识对实践项目进行管理和考核；创新运行机制并持之以恒，突出学生的个性化和自主性发展需求，不断探索和改进实验教学的新形式与新方法，以完善的管理机制建立实践平台的柔性运行模式，系统化地构建学生创新能力培养体系和运行机制。



1.5 机械类创新设计性典型实验项目的设置

拟开设的实验项目突出产学研结合、学生主动实践等特点,可提供更多的独立思考 and 个性发展的空间,有利于培养学生良好的大工程观素养,工程项目的构思、设计、制造和实施能力及团队协作能力。通过典型实验项目(群)的建设,以期推动机械类实验教学体系及教学内容改革。

机械类创新设计性典型实验项目面向机械工程学院全部专业,与工程图学、材料力学、机械原理、机械设计、微机原理及应用、先进制造技术、自动控制理论、数控技术、基础工业工程、项目管理、机电产品分析与设计、机电系统及生产过程自动化、产品形体建模与创新设计、快速成型技术及应用、机器人技术等机械类专业核心课程相衔接;开设机构创新方案设计,基于 TRIZ 的复杂产品创新设计,反向设计及 3D 打印,机械手本体设计分析及多轴运动控制,面向产品的生产线设计、仿真及生产排程,立体仓库及其出入库输送系统建模与仿真,超大型正铲液压挖掘机工作装置设计与仿真,仿真实物电梯及电梯群优化控制等创新设计性典型实验项目,如图 1.5 所示。



图 1.5 机械类核心课程及创新设计性典型实验项目设置