

新工科背景下

地方高校机械类创新人才培养体系重构与实践

蒙艳玫 陈远玲 李 俚 王成勇 韦 锦 耿葵花 © 著

XINGONGKE BEIJING XIA
DIFANG GAOXIAO JIXIELEI CHUANGXIN RENCAI
PEIYANG TIXI CHONGGOU YU SHIJIAN



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

新工科背景下地方高校机械类 创新人才培养体系重构与实践

蒙艳玫 陈远玲 李 俚 著
王成勇 韦 锦 耿葵花

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书是机械创新人才培养教学研究课题组开展新工科建设取得的一系列成果的总结,主要内容包括新工科背景下的教育模式和特征,地方高校机械类教育教学改革现状和改革思路,地方高校机械类理论教学体系重构,机械类实验和实践教学体系重构,虚实结合、开放共享典型实验教学案例研发,机械类学科交叉知识教育教学研究,全方位质量保障与反馈机制建立。

本书可作为各高校教学和科研管理人员开展新工科建设的参考,也可供从事机械类专业教学科研的老师们开展新工科建设时参考。

图书在版编目(CIP)数据

新工科背景下地方高校机械类创新人才培养体系重构与实践/蒙艳玫等著. —武汉:华中科技大学出版社,2022.5

ISBN 978-7-5680-8184-9

I. ①新… II. ①蒙… III. ①高等学校-机械工程-人才培养-研究 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 085034 号

新工科背景下地方高校机械类 创新人才培养体系重构与实践

蒙艳玫 陈远玲 李 俚 著
王成勇 韦 锦 耿葵花

Xingongke Beijing xia Difang Gaoxiao Jixielei
Chuangxin Rencai Peiyang Tixi Chonggou yu Shijian

策划编辑:万亚军

责任编辑:刘 飞

封面设计:原色设计

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉科源印刷设计有限公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:11

字 数:152千字

版 次:2022年5月第1版第1次印刷

定 价:49.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

机械和汽车产业是国民经济重点发展的支柱产业,需要大量高素质、高适应性专业人才。地方高校肩负着为这两大支柱产业培养高素质技术人才的使命。然而,目前地方高校机械类专业普遍存在人才培养与行业需求脱节,教学环节与工程实际脱节,学生学习与实际需要脱节的问题,导致学生综合工程素质偏低、人才适应性偏低。

据此,课题组自2007年国家级实验教学示范中心建设以及2010年国家级特色专业建设开始,从建立机械工程专业培养体系入手,以培养方案、培养目标、毕业要求、课程体系、师资队伍为抓手,进行了系统的改革和实践,对教学课程和实验体系进行优化整合,以产品解决方案为主线,将专业课程的知识体系贯穿于设计制造过程的知识构架之中,体现设计制造过程的交叉、并行、协同和有机联系。以教学课程—实验技术—先进制造设备及测试手段—工程技术应用软件构筑完整的专业教学体系;以现代设计制造模式的全局形态向学生展示教学内容和实验内涵,为培养创新型制造业人才建造拓展性的学习和训练空间。课题组自2014年开始展开专业认证相关工作,对标国际认证标准,按照“逆向设计,正向施工”的流程修订专业培养方案,其制定与实施的流程为“培养目标→毕业要求→课程体系→课程教学大纲→课程教学→课程目标达成情况评价与反馈→毕业要求达成情况评价与反馈→培养目标达成情况评价与反馈→持续改进”,根据调查与评价结果不断优化人才培养方案,优化课程教学内容,改革教学方法,完善人才培养质量评价制度,形成了以培养质量为引领,以创新工程能力为导向的新型机械工程专业人才培养模式。教学改革主要特色如下:

(1) 从地方高校的实际出发,致力于为地方产业服务,提出了“数字赋能、项目驱动”多学科交叉知识融会贯通的高素质、高适应性工程人才培养理念。针对机械行业发展新态势,构筑产业发展需求的协同育人体系,提高人才培养适应性;通过校内校外—课内课外—线上线下的深度融合,实现学校与企业相结合,教学与工程相结合,理论与实践相结合,从而提高学生工程素质,让人才培养与企业需求相适应。

(2) 以能力培养为主线,打造基于新工科特点的课程体系,突出课程在毕业

能力中的支撑作用,从基础课到专业课逐渐递进,最终使学生具备解决复杂工程问题的能力。为强化工程能力培养环节,建立虚实结合、线上线下、开放共享的实验教学体系,同时新增企业行业特色课程,动态地融入行业与企业新技术、新方法,使教学内容、知识结构与行业发展紧密结合。

(3) 构建基于新工科背景下的虚实结合、线上线下的实验教学体系,以企业特色课程、虚拟结合的实验课程、项目驱动的第二课堂促进学生课内课外、校内校外全程协同培养,实践课程校企协同、真题实做;引导学生自主学习、自主动手;第二课堂以项目驱动引导学生积极参与科研项目和开展创新活动,促进学生自主学习、自主实践、自主创新。

改革实践成效显著。基于国家级机械工程实验教学示范中心和虚拟仿真实验教学中心十多年的改革建设,构建了典型工程案例库,研发了近 100 项“虚实结合”创新实验项目,并将教师研究成果转化到教学中。以实验中心开放性实验室和本科生专业导师制为依托,以面向工程实际的产学研真实项目研发作为学习载体,将知识的拓展与项目研究过程的迭代相结合,用项目研发的渐进思想与知识构建的思路贯通主干课程知识体系,注重课内课外、线上线下和校内校外资源的优势互补,极大提升学生跨学科知识的综合运用与解决复杂工程问题的能力。基于新工科背景建设的机械设计制造及其自动化专业于 2016 年、2019 年两次通过了中国工程教育专业认证,于 2019 年获国家级一流专业建设点,专业的国际影响和竞争力提升,毕业生解决复杂工程问题的能力得到用人单位好评。学生课外作品获奖和科研成果质量与数量显著提高,近 5 年学生参加各类大学生创新设计大赛获奖 328 项,本科生参与申请并获得授权专利 97 项,发表论文近 100 篇。同时,通过产学研合作平台,老师和学生先后为广西玉柴机器集团有限公司、东风柳州汽车有限公司等提供技术服务,完成项目 125 项,实现真正意义的校企全程协同育人。

本书的出版得益于改革实践获得的以下项目资助,在此表示感谢。

(1) 国家级一流专业建设项目“机械设计制造及其自动化建设点(教高厅函〔2019〕18 号)”;

(2) 教育部第二批新工科研究与实践项目“基于机械行业产业联盟智能制造人才培养实践创新平台建设探索与实践(项目编号:E-JX20201527)”;

(3) 教育部工程训练教学指导委员会第三期金工与工训教育科学研究项目“云上智造——基于柔性制造系统的实验实训教学云平台(项目编号:JJ-GX-JY202145)”;

(4) 广西高等教育本科教学改革工程项目“面向科研素养的机械工程创新

人才培养模式研究与实践(项目编号:2019JGA100)”;

(5) 广西高等教育教学改革工程项目(2022 年度):“刚柔并济”打造柔性制造系统实验教学超共享云平台(项目编号:2022JGA116)。

本书的出版还要特别感谢广东工业大学教学研究团队的辛勤付出,通过双方长期的交流学习,促进了地方高校教育教学水平的提高。最后,对所有为改革实践做出贡献的老师和本书中引用参考文献的作者表示衷心感谢。

由于目前新工科建设还处于探索实践阶段,加之作者水平有限,书中疏漏或不足之处在所难免,恳请各位专家、学者批评指正。

蒙艳玫 等

2022 年 4 月

目 录

第 1 章 新工科背景下的教育模式和特征	(1)
1.1 新工科提出的背景	(1)
1.2 新工科的内涵	(2)
1.3 新工科的建设要求	(2)
1.4 新工科的培养模式	(3)
第 2 章 新工科背景下地方高校机械类教育教学现状 和改革思路	(5)
2.1 新工科环境下的工程教育教学现状	(5)
2.2 新工科环境下地方高校机械类教育教学改革	(6)
2.2.1 改革目标	(7)
2.2.2 改革思路	(7)
第 3 章 新工科背景下地方高校机械类理论教学体系重构	(15)
3.1 新工科背景下重构地方高校机械类专业教学体系的 必要性	(15)
3.2 新工科背景下地方高校机械工程创新人才培养模式 改革与实施路径	(18)
3.2.1 改革思路	(18)
3.2.2 实施路径	(19)
3.3 新工科背景下广西大学机械专业创新人才培养模式 改革与实践	(25)
3.3.1 培养方案制定过程	(26)
3.3.2 培养目标	(28)
3.3.3 课程体系	(30)
第 4 章 新工科背景下机械类实验和实践教学体系重构	(46)
4.1 概述	(46)

4.2	虚实结合、开放共享实验教学体系的重构	(47)
4.3	系统建设虚实结合、开放共享的实验和实践 教学平台	(51)
4.3.1	实验平台总体架构	(51)
4.3.2	课程虚拟实验教学平台	(51)
4.4	虚实结合、开放共享、校企共赢的实验和实践 教学环节的实施	(57)
4.4.1	校内实验和实践教学的实现	(57)
4.4.2	校外实习和实践环节的实施	(57)
4.4.3	制定多元化考核评价方法	(58)
第5章	虚实结合、开放共享典型实验教学案例	(60)
5.1	机械制造教学平台典型案例	(60)
5.1.1	船用曲轴制造过程仿真实验	(60)
5.1.2	数字化车间仿真实验	(62)
5.2	机械设计虚拟仿真教学平台典型实验	(66)
5.2.1	典型零件虚拟装配仿真实验	(66)
5.2.2	小型多功能绿篱苗木修剪机整车越障仿真实验 ..	(69)
5.3	机械电子网络化远程实验教学平台典型案例	(74)
5.3.1	网络化远程振动分析实验	(74)
5.3.2	网络化远程车辆行驶仿真监控实验	(80)
5.4	典型学科交叉知识综合实训案例——网络化远程 汽车防抱死制动系统	(84)
5.4.1	实验背景	(84)
5.4.2	实验目的	(85)
5.4.3	实验原理	(85)
5.4.4	教学方式与实施	(89)
5.4.5	综合实训的方法与步骤要求	(91)
5.4.6	教学实施效果	(113)
第6章	新工科背景下机械类学科交叉知识教育教学研究	(115)
6.1	引言	(115)

6.2 解决的教学问题	(116)
6.3 改革的目标和思路	(116)
6.3.1 改革的目标	(116)
6.3.2 改革的思路	(117)
6.4 改革的举措	(117)
6.4.1 跨学科知识综合运用与创新能力培养的 新架构	(117)
6.4.2 跨学科知识综合运用的项目式教学内容构建	(118)
6.4.3 基于项目驱动教学的组织实施	(121)
6.5 项目式教学支撑平台和保障措施	(122)
6.5.1 教学支撑平台建设	(122)
6.5.2 金字塔形导师队伍建设	(123)
6.5.3 质量保障制度建设	(123)
6.6 成果的推广应用	(124)
6.6.1 改革成果	(124)
6.6.2 改革实践成效	(125)
6.6.3 跨学科知识交叉融合的综合实验平台研发	(126)
6.6.4 总结	(134)
第7章 全方位质量保障与反馈机制建立	(136)
7.1 构建三级全链条教学质量保障机制和持续 改进机制	(136)
7.1.1 校院系三级教学质量的制度建设	(136)
7.1.2 校院系三级教学质量管理的组织建设	(136)
7.1.3 线上线下、校内校外的教学质量监控 和反馈机制	(141)
7.1.4 建立以产出为导向的课程质量的评价机制	(141)
7.1.5 构建“全面、全过程、全员参与”的质量 保证体系	(142)
7.2 建立学生培养过程评价机制	(143)
7.2.1 学校制度保障及评价	(143)

7.2.2 机械类专业规章制度保障	(144)
7.3 建立健全用人单位反馈机制	(151)
7.3.1 建立社会评价机制	(151)
7.3.2 评价结果被用于专业的持续改进	(152)
参考文献	(163)

第 1 章 新工科背景下的教育模式和特征

1.1 新工科提出的背景

在 2014 年国际工程科技大会上,国家主席习近平指出,未来几十年,新一轮科技革命和产业变革将同我国加快转变经济发展形成历史性交汇,工程在社会中的作用发生了深刻变化,工程科技进步和创新成为推动人类社会发展的关键引擎。人类社会正在迈入工业 4.0 时代,以人工智能为代表的新一轮科技革命和产业变革正在孕育兴起,学科交叉融合加速,新兴学科不断涌现,前沿领域不断延伸,基础研究、应用研究、技术开发和产业化的边界日趋模糊,且正处于取得关键突破的历史关口,与中华民族伟大复兴进程形成历史性交汇,科技、工程和人才的创新迭代成为社会发展的引擎,教育事业面临前所未有的机遇和挑战。

世界经济已由工业经济开始向信息经济转变。以“互联网+”、智能制造、人工智能、新能源、生物医药、现代服务业等为代表的新技术、新产业、新业态、新模式,正成为“新经济”时代的发展新引擎。人类社会发展的核心驱动力,已由“动力驱动”逐步转变为“技术驱动”“数据驱动”,大数据、云计算、物联网是新一轮科技和产业革命的核心。因此,人类社会+计算机+物理世界三元融合,信息系统与物理系统的

融合(CPS)使信息服务进入了普及时代,“大数据+机器深度学习+云服务”等将人类带入机器决策时代。

新工科教育是快速响应社会变革与产业需求的新型教育形态,能够高度契合新经济、新技术和新业态的发展态势,在推进教育强国建设,实现中国“两个一百年”奋斗目标中发挥着重要的支撑作用。

1.2 新工科的内涵

新工科是面向新技术、新产业、新业态、新模式,基于国际竞争新形势、国家战略发展新需求、立德树人新要求而提出的我国工程教育改革方向。因此,新工科既涵盖了传统工科中工程的要素,又包含融合交叉、新技术的发展。

新工科内涵是:以立德树人为引领,以应对变化、塑造未来为建设理念,以继承与创新、交叉与融合、协调与共享为主要途径,培养多元化、创新型卓越工程人才,为未来提供人才保障和智力支撑。新工科的内涵强调“立德树人”“国家战略”“前沿技术引领性”“学科间交融性”“知识体系多样性”“人才培养创新性”等,“工科”是本质,“新”是取向,虽然强调“新”字,但又不能脱离“工科”。

1.3 新工科的建设要求

新工科是高质量应对国际竞争新形势、国家战略发展新需求的工程教育改革方向,对工程人才素质规格、能力结构和质量标准提出了更新更高的要求。新科技革命和新产业需求发起的重大战略性和系统性工程教育改革计划,旨在促进工程教育变革新理念、创造新形态、

建构新模式、发展新范式和生成新质量,培养未来关键性、颠覆性、前沿性和创新性工程科技卓越引领人才。因此,新工科建设聚焦如下内容:

(1) 以新经济、新产业为背景,构建新兴工科和传统工科相结合的学科专业“新结构”,探索实施工程教育人才培养的“新模式”,建立完善中国特色工程教育的“新体系”。

(2) 迎接多重战略机遇与挑战交织并存的新形势、新任务,为国家经济转型和社会发展提供人才保障和智力支撑。

(3) 智能化、互联网、物联网、大数据、云服务等是新工科的重要特征,围绕产业链、创新链重塑教育链,要设计一个教育、研究、实践、创新创业的教育链方案,并举改造提升传统工科和培育发展新工科。

1.4 新工科的培养模式

新工科面向新经济与产业行业、复杂工程问题等,以培养多元化、创新型的卓越工程人才为目标的新工科建设,需遵循以学生为中心,回归工程实践理念,突出工程教学的主体互动性、形式合作性、内容探究性和方式实践性,普及研究性、项目式、案例式和合作式等教学形式。培养模式的核心是促进知识的融合与转化,将知识情境延伸到社会与应用层面,强调知识生产在实践和应用中解决社会实际问题的工程价值,推动人才素质结构从整合工程科学理论知识转向知识创新、转化应用及服务社会生产和工程实践的复杂工程创新能力。

1. 升华创新人才培养理念

新工科建设要根植于家国情怀的使命感,要将经济社会发展需求体现在人才培养的每个环节,围绕产业链、创新链,从培养理念、培养目标、培养任务、培养举措等方面进行升华,创新应对现代社会的快速变化和未来不确定的变革挑战。

2. 突出跨学科知识的交叉与融合

交叉与融合是工程创新人才培养的着力点,要求新工科人才能够在繁杂的信息资源中获取和筛选有价值的知识,并能够针对复杂的工程问题恰当使用知识资源,跨学科交叉与融合是重大工程科技创新的突破点。因此,从“创意-创新-创业”完善创新人才培养模式,突出新工科人才培养具备多学科交叉的复合型知识结构,对新工科课程体系建设和教学内容的选择具有指导作用。

3. 强化实践环节

在人才培养目标上,以实践能力和职业精神为出发点,突出培养学生的工程思维,关注工程问题的形成,重视具体的工程设计能力和解决工程实际问题的能力。利用工程实验、项目、竞赛、产品技术开发和实习实训等渠道,构建现代工程实践教学体系,创设基于问题的探究式学习、基于案例的讨论式学习、基于项目的参与式学习和基于实践的体验式学习,注重产学研用和产教融合。同时,完善实践环节的管理、评估和激励机制,强调“干中学”,将学生的实践放入项目学习,通过教学方法上的多样性(包括研究性学习、专题讨论学习、小组合作学习等),充分发挥学生的主观能动性,提高学生的实践能力和水平。

4. 突出协同育人

工程人才的应用与服务直接对标工业界、产业行业和社会市场需求。新工科建设以服务国家战略、对接产业行业、适应社会经济、引领未来发展为根本导向,是对第四次工业革命、经济动能转换与方式转型、产业制造迭代升级的战略性应答,强调从初层次的被动适应转向高阶性的主动引领。新工科人才培养应跨越浅表化的校企合作,推进政产学研企等多主体深度参与和合作互动,聚集多方协同育人合力和内外教育资源,构建政校协同、产教融合、校企合作的新工科专业协同育人模式和多主体参与的卓越工程科技人才培养共同体。

第2章 新工科背景下地方高校机械类教育教学现状和改革思路

2.1 新工科环境下的工程教育教学现状

当今社会,新知识呈指数级发展,边缘学科、交叉学科不断涌现,知识成果转化周期缩短。工程教育大部分还在遵循知识积累、科学实验、原理归纳与论证的假设-因果分析逻辑,以学生掌握系统的数理基础、工程科学与技术知识、工程学科专业理论为主,注重学生的结构化工程专业知识掌握,重知识轻能力、重课堂轻实践、重成绩轻育人,忽视培育学生的工程实践能力、创新能力与职业素质,培养路径存在技术与现实脱节、设计能力匮乏等质量短板,脱节于工程教育本质和社会人才需求。主要表现在:

1. 工程教育理念滞后

工程教育理念与当前的变化和未来的需求不适应,以学生为中心、成果导向、质量持续改进的工程教育认证理念贯彻落实不到位,培养学生的学习能力、个性化培养理念融入教育过程不够,交叉融合创新理念有待进一步强化。

2. 人才结构不合理

工程教育课程知识陈旧,与实践和社会需求脱节,与新时代行业

发展和国家创新人才需求匹配度不高。而注重理论体系的工程技术人才支撑制造业转型升级的能力不强,工程领军人才和拔尖人才不足,制造业基础工程人才过剩,毕业生就业难与企业用工荒并存。

3. 培养模式不适应

传统的机械工程人才培养以简单训练、认知和简易模拟生产为目标,企业融入协同育人滞后,缺少情境化案例教学,工程实践不足,而以全球化、网络化为代表的一系列颠覆性技术的发展使得教育、学习、信息共享的方式发生了变化,传统的教学方法和模式、教学环境和条件以及教师的需求和结构等不适应,高等工程教育在培养学生解决实际问题的能力方面存在结构性短板,导致学生的自主创新能力偏低、卓越性不足。

2.2 新工科环境下地方高校机械类教育教学改革

在新工科环境下,随着新经济中不断涌现出移动互联网、云计算、大数据、物联网、智能制造等新兴产业和业态,新一轮科技和产业革命对高等教育提出了新挑战,人才培养的多样化、个性化、多层次化与产业发展需求矛盾凸显;未来产业的“无人区”需要用未知技术解决未知问题,这要求工程科技人才具备更强的创新创业能力和跨界整合能力;伴随新一轮科技革命的加速进行,现代工程实际问题的复杂性和不可预见因素已超越了现有的工程解决方法和标准。

地方高校抓住智能化、互联网、物联网、大数据、云服务等新工科的主要特征,从创新思维、创新意识、创新能力、创新有效性等四个维度,探索新工科环境下地方高校机械工程创新人才培养规律,开展了多学科交叉融合、深度工程化创新能力进阶提升的人才培养改革,引导学生自主学习、主动实践、追求创新,系统推进“三全育人”“五育并

举”的人才培养综合改革。

2.2.1 改革目标

贯彻全国高校思政工作会议精神,加强文化素质教育,坚持不懈弘扬社会主义核心价值观,坚持立德树人,突出人才培养的核心地位,针对工程智能化、工程复杂性的挑战,关联机械产业需求链、创新链和教育链,依托国家级广西大学机械工程实验教学示范中心、国家级机械工程虚拟仿真实验教学中心、教育部工程创新中心以及产学研协同育人平台,以学生为中心,将知识、能力、实践、创新、立德树人等要素培养有机融合,重构新工科环境下的多学科交叉融合、深度工程化“创新能力进阶提升”的培养体系新架构,有组织有计划地开展地方高校机械类本科生自主创新能力逐级递进的培养模式改革,旨在培养适应科技革命和产业变革的机械工程领域卓越人才。

2.2.2 改革思路

1. 以立德树人为根本的新工科建设框架

党的十八大以来,习近平总书记站在国家繁荣、民族振兴、教育发展的战略高度,多次就高校坚持社会主义办学方向,落实立德树人根本任务,扎根中国大地办教育,努力培养堪当民族复兴大任的时代新人等论述,为教育改革创新指明了方向。以立德树人为核心,构建了通识人文教育、品格塑造、批判/创新思维、专业卓越培养四方面融合的机械类新工科教育框架(见图 2-1),培养学生成人和成才。立德树人贯穿人才培养全过程,将社会主义核心价值观的思想政治教育融入中国特色新人文教育,塑造学生品格、培养学生的家国情怀;以学生成人为着力点,开展中国特色工程通识教育,培养学生的好奇心、科学思维、伦理推断和想象力,增强学生的终身学习能力,适应未来产业需求;在成才培养上,推动“课程思政”与专业课、多学科交叉的工程实践教育和个性化专业能力的提升全过程有机融合,以卓越目标为导向,