

基于“综合设计”课程的新工科教育探索

张 璧 吴凤霞

【摘要】本文分析讨论了国内外新型工程人才培养的多种模式,总结出国内外高等工程教育模式的共性特征。在我国高等工程教育改革深化和新工科建设的大背景下,南方科技大学工学院面向大四学生进行基于“综合设计”课程的新工科教育探索,开设基于特色专题讲座的共性课程以及构建“双导师”制的企业项目研究的教育模式,培养具有解决实际问题能力、团队协作精神、工程伦理道德观念以及国际化视野的综合性工程技术人才。此外,该培养模式以企业项目为媒介,充分加强校企合作,使企业匹配到所需的专业人才,毕业生获得更合适的工作岗位,高校培养卓越的工程技术人才,为提高我国产业国际竞争力提供支撑。

【关键词】综合设计 新工科教育 教育改革 校企合作

一、背景介绍

我国正处于社会主义市场经济高速发展与转型的关键时期,亟需一大批具有创新发展意识、国际化视野与战略眼光、具备高效团队协作水平的综合型高端工程人才。针对人才培养问题,改革现有高等工程教育体制和人才培养模式势在必行。党的十九大报告中关于“深化产教融合的若干意见”明确指出:深化高等教育改革,发挥企业重要主体作用,促进人才培养供给侧和产业需求侧结构要素全方位融合,培养大批高素质创新人才和技术技能人才,为加快建设实体经济、科技创新、现代金融、人力资源协同发展的产业体系提供有力支撑。^[1]为推动我国高等工程教育改革,教育部在新型工程人才的培养机制和培养模式方面做出了积极的研究与探索,自2017年推出新工科计划后^[2],先后奏响了“复旦共识”^[3]“天大行动”^[4]和“北京指南”^[5]新工科建设三部曲。其它高校在探索中涌现出了新工科建设的“天大方案”“F计划”“成电方案”等。^[6]面对当今新型产业下的工程技术创新及快速更迭,如何培养综合性的高端工程人才一直都是国内外高等工程教育所关注的焦点。本文分别对国内外工程人才培养模式进行归纳和分析,并对其共性特征进行探讨和总结。

二、国外工程人才培养模式

在不断更迭的产业环境和高速发展的经济背

景支撑下,西方国家工程人才培养机制和模式处于领先地位。2017年Ruth Graham博士对全球50多家高校的80多位校长进行了问卷调查,结果显示位列“全球工程教育排行”前十名的高校多来自于美国、丹麦、英国、荷兰和瑞典等欧美国家。其中,唯一一所亚洲大学是新加坡国立大学,如图1所示。^[7]根据美国工程人才的需求变化,佐治亚理工学院成立了多个负责学生实践的部门^[8],例如Vertically Integrated Projects Program(VIP计划)、Center for Career Discovery & Development(C2D2职业发现与发展中心)、Cooperative Education(Co-Op校企合作教育)等。世界著名的研究型工科大学麻省理工学院,在上世纪80年代便已经意识到工程人才的培养需要兼顾理论与实践、知识与能力的培养,CDIO(Conceive-Design-Implement-Operate,构思—设计—实施—运行)的工程教育理念也因此诞生。^[9]

值得关注的是成立于1997年的美国弗兰克林·欧林工学院(简称“欧林工学院”)。从2002年正式授课以来,欧林工学院在本科生培养方面已经能与麻省理工和斯坦福等多家名校并驾齐驱,甚至处于领先地位。^[10]其办学模式具有三大特色^[11-13]:

a. 扁平化的组织架构。欧林工学院不划分“系”别,其目的是方便不同学科之间的交流与协

收稿日期:2020-01-20

作者简介:张璧,南方科技大学工学院副院长、讲席教授、博士生导师;吴凤霞,南方科技大学工学院教学秘书。

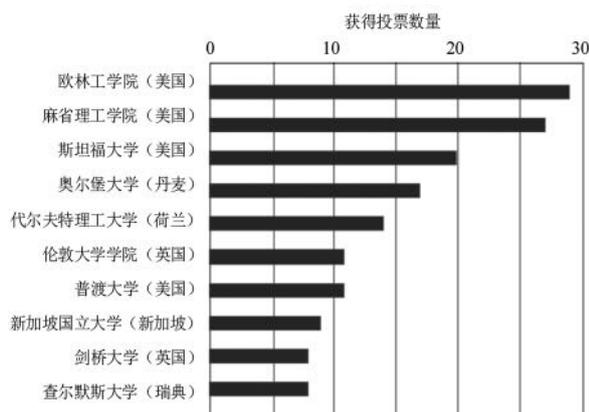


图1 高等工程教育排行前10名的高等院校

作,增加彼此互动学习的机会;

b. 跨学科的课程体系。“欧林三角”包括工程教育、人文社会艺术教育和创业教育三大课程模块。这种跨学科的课程体系并非几个课程模块的简单叠加,而是通过课程之间的相互融合与补充培养复合型工程人才;

c. 跨学科的实践教育。从解决实际问题出发,实现“学以致用、学有所用”。针对大四学生开设“综合设计(Capstone Design)”课程,以工程项目和创业项目为载体,对学生进行创造性、协作性、设计性的训练。其中工程项目更加注重基于项目的培养模式来充分发挥学生的兴趣和特长。^[14]除了学校的课程学习外,项目团队学生还需要通过社会调研进行自主创新。

笔者曾在美国康涅狄格大学工作多年,参与并且主导了该校工程类专业的建设工作,对该校人才培养理念有着亲身体会。例如机械专业的“毕业设计”课程除要求大四学生以团队形式参与企业项目外,还增加了人际沟通与交流、创新创业、模拟与分析等方面的培养内容。通过课堂授课和项目实践两者的相互融合,培养学生分析问题与解决问题的能力、系统设计与验证能力、团队协作与交流沟通能力、项目规划与管理能力等。

除美国外,其他西方国家的高等工程教育也有自己的特色与优势。加拿大滑铁卢大学的工程教育在整个北美首屈一指,其主要优势体现在:跨学科交流与合作,增加广度和深度;注重学生的创新能力培养,鼓励学生参与产品研发。^[15]

丹麦科技大学的工程教育在国际上享有盛誉。该校组织学生参与跨学科的合作项目,培养学生的团队协作能力和解决工程问题的综合能

力。^[16]第一学期开设数学、物理、化学等基础课程;第二、三学期除基础课程外,引导学生学习 Technical-scientific Undergraduate Programme,方向覆盖“Living Systems”“Cyber Systems”“Cyber Materials”“Future Energy”。^[17]学生可以个人或团队的形式,完成与项目相关的课题。项目可以跨系、跨学校或者与企业合作。

由此可见,国外的工程人才培养模式主要以项目为载体,以解决实际问题为抓手,进行跨学科、跨专业的校企合作,培养学生分析问题和解决问题的能力、创新能力以及团队合作精神,从而提升学生的综合素质。

三、国内工程人才培养模式

从以西方为代表的工程人才培养体系与教育理念来看,工程人才的培养是发展新型产业的基础,对社会经济发展起着重要的支撑作用。目前,我国产业发展处于转型升级的关键阶段,如何培养引领未来产业发展的新型工科人才是我国高等工程教育面临的核心问题。^[18]由此可见,新工科建设是中国社会发展的必然产物。下面笔者将对具有代表性的五所国内高等院校的工程人才培养模式与教育体系进行梳理与分析。

钟登华院士在《新工科教育与天大实践》报告中指出^[19]:新工科是以应对变化、塑造未来为建设理念,以继承与创造、交叉与融合、协调与共享为主要途径,来培养未来多元化、创新型的卓越工程人才。“求是学部”是天津大学与中国工程院共同实施的工程教育改革项目。^[20]“求是学部”在课程设置和培养模式上作了积极的改革:在课程开设上,理论与实践并重;在课程安排上,高年级工程专业采用“产学研”相结合的模式;在教学上,采用大班授课、小班辅导的形式;在学生考核上,采用综合性评分模式。^[20]

复旦大学于2019年开设“工科试验班(新工科本研贯通)”,下设两个专业“智能科学与技术(卓越班)”和“微电子科学与工程(卓越班)”。^[21]“工科试验班”学生将获得产学研融合培养、出国交流以及荣誉项目等机会。

此外,清华大学和北京大学在工程教育改革方面也做了积极的探索,从实验教学、综合实践及创新实践三个方面逐步完善实践教学体系。清华大学在本科生培养中实施了大学生研究训练(Student Research Training, SRT)计划,每年有60%以上的学生参与到1000多个项目中。^[22]清

华大学的培养模式主要是在现有专业的基础上进行改革,开设工科新专业。^[23] 北京大学工学院依托该校综合学科的优势,与国内外科技领军企业建立合作平台^[24],在解决产业发展与变革中出现问题的过程中培养学生^[18],为培养具有国际视野、能够解决实际产业问题的工程人才提供了良好的平台和创新环境。

汕头大学早在 2005 年就引入 CDIO 的教育理念,对人才培养模式和机制进行了全方位的系统化改革,包括人才培养目标、课程体系、教学方法、考核方法等^[25],加强职业伦理、诚信、职业素质教育。该校结合 CDIO 培养大纲,提出了 EIP-CDIO 培养模式,为学生提供一个真实的产品研发环境,让学生参与到产品全生命周期的过程中。

四、国内外工程教育模式的共性基础

通过前文对国内外工程教育模式的梳理与分析可以得出:目前国内外的高校注重培养工程人才的分析问题和解决问题能力、创新和创造能力以及团队协作精神。对于层出不穷的新型产业以及蓬勃发展的朝阳产业,培养综合性的工程人才尤为重要。国内外高校积极进行工程教育模式的探索和创新,以适应未来产业发展的人才需求。相对于国内工程教育,国外更加注重跨学科跨专业的工程人才培养,强调与生产实际相结合,如前文介绍的欧林工学院扁平化的组织架构,滑铁卢大学的 Co-Op 模式,康涅狄格大学的企业项目驱动模式等。^[26,27] 国内高校也在积极探索基于项目驱动的人才培养模式,但是真正解决企业实际问题的项目以及与合作企业的合作深度相对欠缺。

国内高校在开展新工科建设时,主要以贴合实际产业需求,培养创新能力、专业素养和国际视野的工程人才为目标。实际上,这也是全球高等工程人才培养的目标。虽然不同国家和高校之间的培养模式存在一定差异,但总体目标基本一致。为了实现培养目标,学校、学生、企业三方共同参与,在实施载体的支撑之上,形成“三方一体”的关联关系,如图 2 所示:

- a. 以工程项目为实施载体,形成学校、学生、企业“三方一体”的培养模式;
- b. 实施载体包括基于工程项目的学习(Project-based Learning);解决产业实际问题的学习(Problem-based Learning);以结果为导向的学习(Outcomes-based Learning);实习项目的深度参与(Hands-on);

c. 基于“三方一体”培养模式,培养学生创新能力、专业素质、团队协作精神、国际视野以及人文伦理素养等;企业可以获得创新性技术、人才储备以及解决生产实际问题等;学校可以优化课程设置、重新构建教学体系、建设创新平台等。

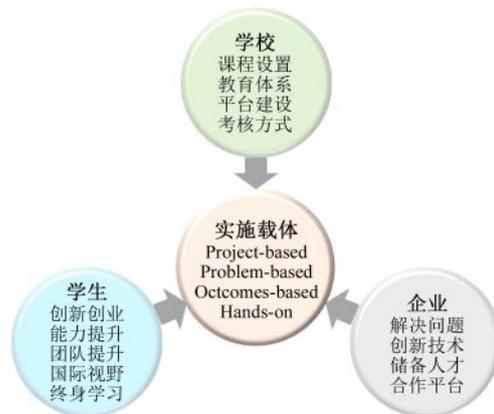


图 2 “三方一体”人才培养模式

2016 年我国正式加入《华盛顿协议》,意味着我国通过 ABET 认证的工程类专业已经走向世界。ABET 不但为我国工程教育与世界标准接轨提供了一个快捷便道,而且也为“新工科”建设提供了一个国际化的参照标准。基于综合性工程人才培养的理念,学校依据自身的专业优势设计出合适的培养模式,如“三方一体”模式,以及课程设置、专业划分、工程人才的培养目标等^[28],参照 ABET 的认证标准对工程人才培养模式以及实施途径进行优化。通过上述归纳分析,总结出国内外高校的教育理念和培养模式的逻辑关系如图 3 所示。

五、南科大新工科教育探索——“综合设计”课程

1. “综合设计”课程介绍。

南方科技大学工学院将人才培养与国家发展、产业需求紧密结合,以创新能力培养为核心,着重培养具有国际视野、厚基础、强实践的创新型人才,探索新工科人才的培养模式。作为新工科建设的重要一环,工学院自 2018 年起面向大四学生开设的“综合设计”课程,着力培养学生的综合素质、分析与解决复杂工程问题的能力、团队合作的精神、跨学科跨专业交叉融合的能力、创新创业的能力、人际交流与沟通的能力、社会责任感与职业道德素养以及国际化视野和终身学习的能力。“综合设计”课程为学生提供综合素质培养与训练

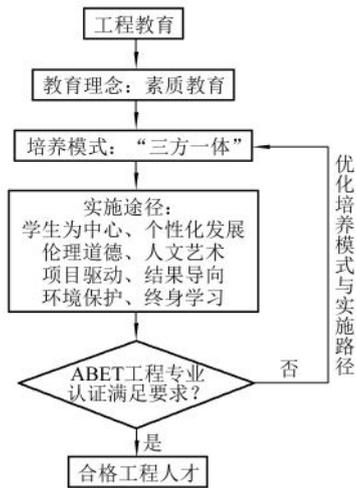


图3 国内外工程教育逻辑关系图

的平台,以企业项目为牵引,校企合作共同培养学生。

2. “综合设计”课程设置。

南科大“综合设计”课程主要由两部分构成:共性课程和企业项目,如图4所示。共性课程由特色专题讲座组成,讲座内容由责任教师精心选题,聘请国内外专家授课,着力培养学生的综合素质,如工程伦理与专业素养、专利法与知识产权保护、商业原则与市场营销、丰田生产管理、人际交流与沟通等。共性课程授课后会给学生安排小型的测试问卷,以巩固学生们对知识的学习和理解。

企业项目来源于企业亟需解决的实际问题或者真实产品,由学术导师和企业导师进行“双导师”指导,加强产教融合。“综合设计”课程目前针对大四学生开设,由专门的责任教师负责整个课程的安排、校企对接、项目进度适时跟踪、中期和结题答辩活动的组织。

该课程采用学分制,时间为一学年。参加“综合设计”课程的学生需要和企业进行充分的交流以及深入的合作,切实有效地解决企业的实际问题。除了“双导师”外,该课程还专门配备了两位责任教师,负责项目的前期甄选、中期进展把控、结题答辩评审。为了更好地培养学生解决问题的能力,弘扬团队协作精神,打破专业壁垒的束缚,“综合设计”课程项目有如下要求:

- a. 项目来自于企业的实际问题,旨在培养学生解决实际问题的能力;
- b. 项目具有一定的综合性及复杂性,锻炼学生分析解决问题的能力;
- c. 项目期限一学年(大四),难易程度适中;
- d. 每个项目团队由34名学生组成,鼓励跨学科跨专业组成项目团队,通过学科融合进行团队协作;
- e. 项目团队配备学术导师和企业导师,实行双导师制,加强理论与实践的结合;
- f. 企业和学校共同提供项目团队所需要的实验平台与条件,如实验室空间、实验设备、检测



图4 南科大“综合设计”课程培养模式

工具、耗材、软件、模拟与仿真等条件,以保证项目的顺利实施。

3. “综合设计”课程成果。

(1) 企业项目作为“综合设计”课程载体。

南科大工学院“综合设计”课程在 2018 年首次开课,共征集 52 个企业项目,供学生选择。学生在选择项目的同时,自愿组成项目团队。2018 年度有 27 名学生参与,涉及 5 个学科专业,9 个企业项目,具体项目信息如下表 1 所示。2019 年征集到企业项目 147 项,立项 27 项。

表 1 2018 年度南科大“综合设计”课程入选项目

企业项目名称	项目来源	涉及专业	学生数
显示屏表面防污涂产品的设计与开发	南科新材	材料科学与工程	4
超声波共享制冷红酒醇化器研究	洁盟科技	微电子科学与工程;光电信息科学与工程;生物医学工程	4
SMT 模板生产应用的 304 不锈钢片激光雕刻与激光抛光理论与技术	光韵达	光电信息科学与工程;微电子科学与工程	3
实量三维人体模型重建的相机阵列系统	华为	机械工程;信息工程;通信工程;计算机科学与工程	4
Human machine interface byelectronic skin	Huawei	光电科信息科学与工程;微电子科学与工程	3
新型添加剂在电解液中的应用	新宙邦	材料科学与工程	3
燃料电池在无人机上的应用	南科燃料电池	机械工程	4
3D 打印喷嘴性能分析及设计尝试	大族激光	材料科学与机械工程	2

从表 1 中的数据可以看出,企业项目均是基于其实际需求而提出的亟待解决的工程问题。每个项目团队 34 名学生,由一位企业导师和一位学术导师进行指导,企业导师必须具备一定的资质,如具有博士学位或相当的工作经验。项目团队在双导师的共同指导之下,对项目进行充分讨论、企业现场考察了解、多次头脑风暴,提出设计方案,对方案进行质疑与评估、改进从而实施。在样机设计、试制、测试之后,进行再设计、改进,直至完善。其后,对样机进行试验、数据采集、结果分析与评价,结合模拟仿真和分析计算,进行综合评价,最终完成项目。

以华为的“实时三维人体模型重建的相机阵列系统”项目为例,项目团队由 4 名学生组成,薛毅恒来自计算机科学与工程专业,依据专业方向,他主要负责计算资源与神经网络的搭建;伍伟鹏的专业为通信工程,负责多相机阵列的系统通信与数据同步;魏祺的专业是信息工程,主要负责三

维人体模型的重建与校正;何柏霖来自机械工程专业,负责最后的人体模型开发利用与产品集成设计。

该项目团队构建了一个多相机阵列,在场景中实现实时的三维人体模型重建。如图 5 所示,整个系统主要分为相机、分布式主机和中心主机三个部分:

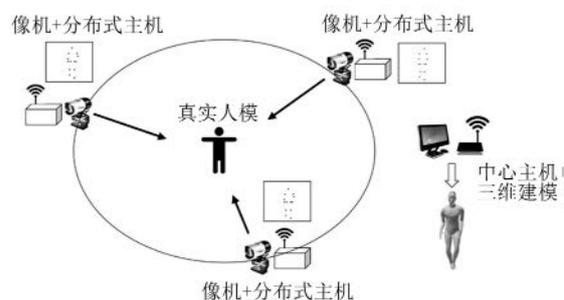


图 5 “实时三维人体模型重建的相机阵列系统”项目示意图

a. 各个相机从不同角度对场景进行持续的图像捕获;

b. 随后的分布式主机利用这些不同视角的图像信息通过机器学习进行初步的人体姿态识别,提取出人体动作的关键点信息;

c. 这些关键点信息通过无线信号被实时地传输到中心主机中,系统在这里将这些不同视角的关键点结合起来,通过三维算法实时重建出空间中的人体动作模型,同时结合人体动作的先验知识和常用的动作模型库对结果进行修正调整。

此项目主要应用于家庭环境或者公共场所,可以在保证隐私的情况下实时监测场景中的人体姿态变化,对可能出现的意外情况进行及时的监护和预警。

该项目团队成员来自于不同专业,在项目中依据各自的专业知识分别负责不同的模块工作,交叉融合、互相取长补短。项目中遇到的许多问题往往可以通过及时讨论与商议迅速解决,同时多专业间的思维碰撞也能带来灵感,帮助项目团队更加全面细致地完善改进产品。

“综合设计”课程给教师和学生提供了一个很好的跨学科交叉融合的平台。南科大工学院各单位学科的布局为跨学科交叉融合提供了基础,如图 6 所示。

学科之间的交叉融合是新工科的特征,表现为多个学科的交叉、融合、渗透或拓展。^[29]其中交叉和融合是工程创新科技人才培养的着力点。^[30]特别是随着科学技术不断走向综合发展,学科边



图6 南科大工学院各单位学科布局图

界日益模糊,多学科知识背景和跨学科思维能力日益成为拔尖创新人才必须具备的基本素质,交叉学科教育正成为培养拔尖创新人才的重要途径和方法,成为世界各国大学教育改革的基本趋势。^[31]此外,大部分项目都需要多人协作完成,能充分锻炼学生的团队协作能力。

(2) “综合设计”与传统毕业设计的比较。

“综合设计”是对传统毕业设计改革进行的积极尝试,与传统毕业设计相比有以下根本区别:a. 帮助企业解决工程实际问题,在项目执行过程中校企联合培养学生;b. 每周一次的特色专题讲座,针对性地培养综合型的未来工程人才;c. 有利于学科之间的交叉融合,强调团队分工合作。“综合设计”与传统毕业设计具体内容对照如表2所示。

表2 “综合设计”与传统毕业设计的内容对照

类别	毕业设计	综合设计
项目来源	学术导师出题	企业工程实际问题
项目期限	一学期或一学年	一学年
项目性质	单个学生	3~4名学生组成项目团队
执行方式	单兵作战	团队合作分工
指导老师	学术导师	学术导师+企业导师+责任教师
口头报告	共两次	共四次,团队成员分别报告
报告要求	无	PPT制作、登台演讲、听众互动等
专题讲座	无	每周一次
培养模式	传统	学科交叉融合、校企联合培养
考核方式	毕业答辩	项目展示汇报;企业与学校5位专家打分
过程管理	传统	责任教师全程跟踪项目进展

在时间安排上,“综合设计”从1月份开始征集企业项目然后将征集到的企业项目向学生和教

师公布,组织学生和教师选择项目,组成项目团队。团队与相关企业进行对接,深入了解企业对项目的具体要求;项目团队成员之间进行分工,制定项目实施计划。在8月中下旬,项目团队成员必须参加南科大为期一周的金工实验设备实操培训,才能够进入金工车间进行独立实验操作。

秋季学期开学之后,“综合设计”课程正式启动,项目团队成员除了与学术导师和企业导师进行每周一次的项目讨论(头脑风暴)之外,还需到企业现场与一线工程师进行交流,了解项目的具体要求与各种限制条件。每周一次的特色专题讲座从9月上旬开始,春季学期5月下旬结束。春季学期结束之前,在周五下午进行项目汇报以及项目展示,各项目团队除了将项目进行现场演示之外,还要进行现场报告,实物、视频与展板演示,充分展示项目成果。表3所示为不同时段“综合设计”与传统毕业设计的内容安排。

因此,“综合设计”课程实现了有效的产教融合,从解决实际问题出发,为校企协同育人、传统毕业设计改革提供了良好的范本。其培养模式所带来的成效主要体现在:

a. 学生。

通过参与企业的项目研究,在实践中检验课堂上学到的理论知识,锻炼学生发现、分析和解决实际问题的能力;“综合设计”课程通过特色专题讲座,增强学生的工程伦理意识;通过企业项目合作,加强学科交叉融合,提高学生团队协作能力,

提升学生个人的综合能力与水平；学生参与企业项目研究，可以获得更多的就业机会与职业发展空间。

表 3 不同时段“综合设计”与传统毕业设计的内容安排

时间	毕业设计	综合设计
1~5月		向各大企业征集项目、预约特色专题讲座专家
5~6月		公布项目，组织学生选题，对接学术导师
6~7月		项目团队与企业对接，深入了解项目要求
7~8月		项目团队分工，制定项目计划，团队成员分工
8~9月		金工实验设备实操培训，团队成员通过实操考核
9月初开学		正式启动项目，并开始每周一次的特色专题讲座
10月1日前后	毕业设计动员会	每周一次特色专题讲座
10月中旬	公布课题；组织选题；安排指导教师	秋季学期期中汇报
11月中旬	审题、填写毕业设计任务书	每周一次特色专题讲座
12月	研究课题、制定毕业论文工程计划	秋季学期期末汇报+研究报告
4月	中期检查	春季学期期中汇报
5月中旬	毕业论文评阅	
5月下旬	答辩及评定成绩	春季学期项目汇报+研究报告+项目成果展示
6月		项目结束，项目成果交付

b. 学校。

“综合设计”课程作为南科大工学院“新工科”建设的先行示范模式，将助力学校培养面向产业、面向未来、面向世界的工程技术人才，构筑未来工程技术领军人才的高地，助力企业提升创新能力，满足深圳市及国家对工科人才的需求。“综合设计”课程将有利于“新工科”师资队伍建设。

c. 企业。

企业通过“综合设计”课程平台，解决在产品研发生产中的实际问题；企业利用学校智力与科研资源，进行前瞻性与探索性研究；通过合作项目，进行人才储备；通过校企合作联合申报项目，共同开发课程、进行课程建设。

(3) 南科大“综合设计”课程思考。

南科大肩负着为我国高等教育改革发挥先导和示范作用、探索建设现代大学制度和创新人才培养模式的历史使命，致力服务于创新型国家建设，以及珠三角地区和深圳的现代化、国际化、创新型城市建设。

“综合设计”课程是工学院践行学校使命，响

应教育部“新工科”建设号召而开设的课程，经过一年的探索，取得了预期的效果，但也存在以下挑战：

- a. 工学院各单位教师和学生对该课程尚缺乏了解，导致学术导师和学生在选题方面衔接不够；
- b. 课程管理涉及多部门，部门之间协调不够顺畅；
- c. 个别项目团队与企业之间的定期沟通交流有待改善，对项目的顺利实施产生了一定的影响；
- d. 学术导师工作量的计算、考核制度等方面有待完善；
- e. 同企业建立长期和稳定的协同育人模式以及机制有待完善。

我们相信，“综合设计”课程在接下来的几年内将逐步得到完善，它将作为南科大“新工科”建设的有机组成部分，为传统毕业设计改革铺设一条崭新的道路。

六、结束语

培养新工科人才是学校和企业共同职责，只依靠学校不能培养出合格的工程人才。“综合设计”课程打破学科壁垒，实行跨学科跨专业合作，致力于培养学生的综合能力；与产业紧密结合，推动产教融合，使人才更加贴合企业需求，学校、企业和学生三方受益。

“综合设计”课程作为南科大新工科建设的重要环节，已经取得初步成效：2018年度征集了52个企业项目，27名学生参与并且顺利完成了9个项目，获得了企业界高度一致的评价与认可。2019年征集到企业项目147项，71名学生参与到27个项目的研究之中，目前正在稳步实施过程中。我们坚信2019年度的“综合设计”课程同样会取得骄人的成绩。

目前，我国已经到了经济转型、产业结构升级换代的关键时期。与西方一些顶尖工科院校相比，我国的高等工程教育改革虽然存在起步晚、工程教育与实际产业脱节等问题，但是已经积极地迈上了改革的道路，正沿着新工科建设方向不断探索前行。南科大工学院在新工科建设方面积极探索，以期后来居上，能够为我国的新工科建设提供助力。

（“综合设计”课程在实施过程中得到南方科技大学学校领导以及教学工作部的支持，特此致谢！

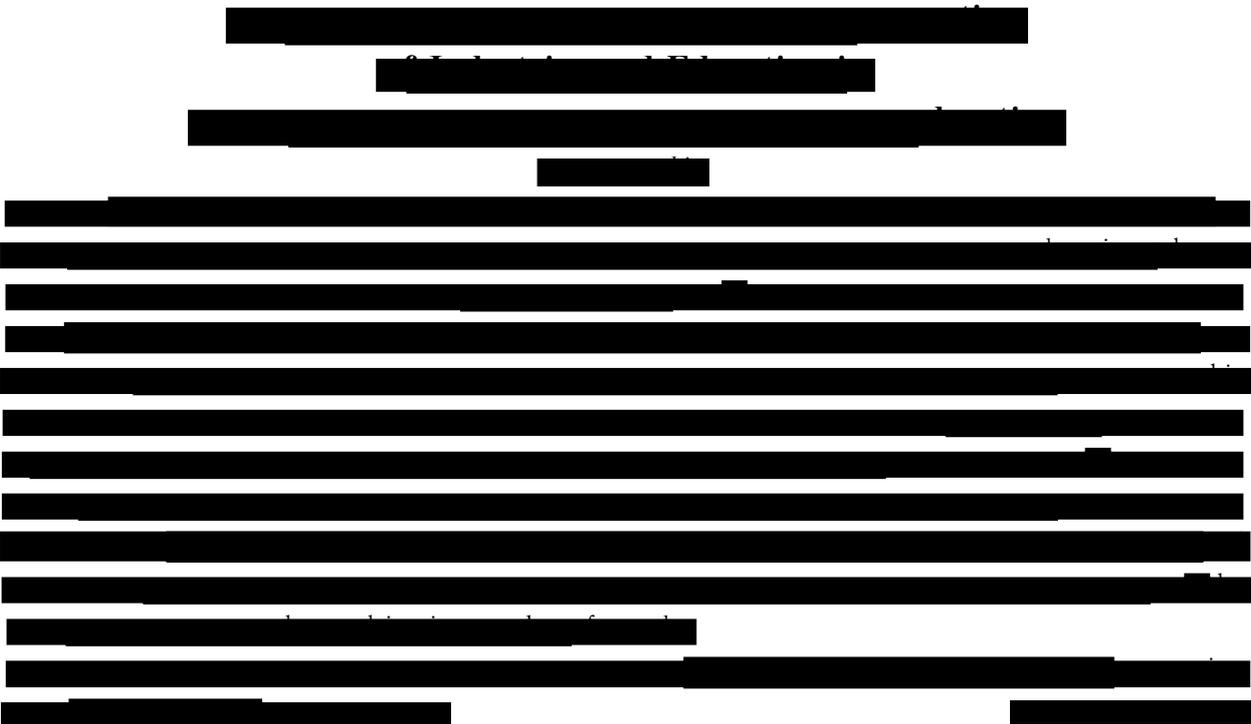
对工学院徐政和院长的鼎力支撑表示由衷的感谢！对杨琴博士在成稿过程中给予的帮助致谢！

参 考 文 献

- [1] 国务院办公厅关于深化产教融合的若干意见[EB/OL]. [2017-12-19]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-12/19/content_5248564.htm.
- [2] 顾佩华. 新工科与新范式:概念、框架和实施路径[J]. 高等工程教育研究, 2017(6):6-18.
- [3] “新工科”建设复旦共识[EB/OL]. [2017-02-03]. http://www.moe.gov.cn/s78/A08/moe_745/201702/t20170223_297122.html.
- [4] “新工科”建设行动路线(“天大行动”)[EB/OL]. [2017-04-12]. http://www.moe.gov.cn/s78/A08/moe_745/201704/t20170412_302427.html.
- [5] “新工科”建设北京指南[EB/OL]. [2017-06-10]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/gzdt_gzdt/moe_1485/201706/t20170610_306699.html.
- [6] 新工科建设从轰轰烈烈走向扎扎实实. [EB/OL]. [2019-12-29]. http://epaper.gmw.cn/gmrb/html/2019-12/29/nw.D110000gmrb_20191229_6-01.htm.
- [7] GRAHAM R. The global state-of-the-art in engineering education[R]. MIT School of Engineering, 2018.
- [8] 李正,唐飞燕. 美国佐治亚理工学院实践课程设置及对我国的启示[J]. 高等工程教育研究, 2017(1):162-169.
- [9] 崔军,汪霞. 国际高等工程教育课程改革案例研究——美国麻省理工学院 CDIO 课程模式[J]. 中国高等教育评论, 2013(4):194-207.
- [10] 杜瑞军,钟秉林. 走向卓越:美国富兰克林·欧林工学院办学模式探析[J]. 国家教育行政学院学报, 2014(12):84-90.
- [11] 张炜,肖云. 美国跨学科大学的特色实践及经验启示——以欧林工学院和洛克菲勒大学为例[J]. 杭州电子科技大学学报(社会科学版), 2016(12):69.
- [12] MILLER R K. Defining and Assessing the Competencies of Olin[EB/OL]. <http://www.olin.edu/about-olin/docs/pdf/competencies-white-paper.pdf>.
- [13] MILLER R K. From the ground up: Rethinking Engineering Education for the 21st Century[EB/OL]. <http://olin.edu/about/presidents-office/speeches>.
- [14] <http://www.olin.edu/academic-life/>.
- [15] 周玲. 滑铁卢大学创新型科学与工程人才培养实践与启示[J]. 化工高等教育, 2009, 26(4):3-5.
- [16] General Engineering-Description[EB/OL]. <https://www.dtu.dk/english/education/bachelor-beng-and-bsc-/bsc/general-engineering#description>.
- [17] Technical-scientific undergraduate program[EB/OL]. <https://www.dtu.dk/english/education/bachelor-beng-and-bsc-/bsc/general-engineering#study-programme>.
- [18] 胡波,冯辉,韩伟力,等. 加快新工科建设,推进工程教育改革创新——“综合性高校工程教育发展战略研讨会”综述[J]. 复旦教育论坛, 2017(2):20-28.
- [19] 袁婷,郝海霞,王世斌. “拥抱新工业革命的新工科教育”国际研讨会暨天津大学首届国际新工科教育研讨会会议综述[J]. 高等工程教育研究, 2018(3):30-34.
- [20] 许伊娜,陈·巴特尔. 创新模式培养卓越工程人才探究——天津大学求是学部的探索与实践[J]. 高等理科教育, 2017(6):92-97.
- [21] 姜泓冰. 复旦大学新增工科试验班[N]. 人民日报, 2019-6-13.
- [22] 清华大学 教学实践[EB/OL]. https://www.tsinghua.edu.cn/publish/newthu/newthu_cnt/education/edu-1-5.html.
- [23] 张志红,周雨青,赵馨蕊,等. “新工科”理念和我国工科专业培养的分析与思考[J]. 高等理科教育, 2018, 141(5):83+98-106.
- [24] 北京大学 产学研. <https://www.pku.edu.cn/research/cxy/index.htm>.
- [25] 康全礼,傅家琪. 系统性工程教育改革的持续探索与思考——以汕头大学、查尔摩斯理工大学为例[J]. 南方职业教育学刊, 2018, 46(4):57-65.
- [26] 邱欣,杨青,毛程远,等. 基于 Capstone 理念的交通运输专业课堂教学改革与实践[J]. 科教导刊(上旬刊), 2017(2):130-132.
- [27] GRUENTHER K, BAILEY R, WILSON J, et al. The influence of prior industry experience and multidisciplinary teamwork on student design learning in a capstone design course[J]. Design Studies, 2009, 30(6):721-736.
- [28] 李超,张耀楠. 美国工科评估体系 ABET 对我国建设新工科的启示[J]. 信息系统工程, 2018, 298(10):92-94.
- [29] 林健. 面向未来的中国新工科建设[J]. 清华大学教育研究, 2017(2):26-35.
- [30] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究, 2017(3):7-12.
- [31] 马廷奇. 交叉学科建设与拔尖创新人才培养[J]. 高等教育研究, 2011(6):77-81.

(下转第 60 页)

- [21] 陈滢, 欧岩亮, 王丹丹, 等. 践行产学研融合 2.0 赋能新人才培养[J]. 北京教育(高教), 2019(1): 25-28.
- [22] 章云, 李丽娟, 杨文斌, 等. 新工科多专业融合培养模式的构建与实践[J]. 高等工程教育研究, 2019(2): 50-56.
- [23] 陈新. 以产学研融合提升“双创”教育质量[N]. 光明日报, 2016-05-10(13).
- [24] 尼尔·保尔森, 托·赫尼斯. 组织边界管理: 多元化观点[M]. 佟博, 等译. 北京: 经济管理出版社, 2005: 27-47.
- [25] 施晓秋, 徐赢颖. 工程教育认证与产教融合共同驱动的人才培养体系建设[J]. 高等工程教育研究, 2019(2): 33-39+56.



(上接第 48 页)

“Comprehensive Design” Course as an Integral Part of Emerging Engineering Education

Zhang Bi, Wu Fengxia

Abstract: This paper discusses various models of emerging engineering talent training both at home and abroad, and summarizes the common characteristics of the models. In the context of deepening the engineering education reform and implementing the Emerging Engineering Education in China, the College of Engineering of the Southern University of Science and Technology launched a “Comprehensive Design” course as an integral part of its “Emerging Engineering Education”. The course offers lectures featuring special topics and dual mentorship for industrial projects in order to comprehensively cultivate students having problem-solving skills, teamwork spirit, engineering ethics, and international horizon. In addition, the relationship between the university and industries is enhanced through the course.

Key words: comprehensive design; Emerging Engineering Education; education reform; university-industry cooperation

(责任编辑 任令涛)