

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2023.03.006

欢迎按以下格式引用:杨无敌,陈鹏,郭广军.中美高校工程学习模式比较研究——以富兰克林·欧林工学院和粤港机器人联合学院为例[J].高等建筑教育,2023,32(3):45-55.

# 中美高校工程学习模式比较研究

## ——以富兰克林·欧林工学院和粤港机器人联合学院为例

杨无敌<sup>1a</sup>,陈鹏<sup>2</sup>,郭广军<sup>1b,3</sup>

(1. 厦门大学 a. 台湾研究院;b. 教育研究院,福建 厦门 361005;2. 宜春学院 科研处,江西 宜春 336000;3. 长沙民政职业技术学院 高等职业教育研究所,湖南 长沙 410004)

**摘要:**工程学习模式是为学习共同体创造有意义的学习经历,为智能信息时代培养工程科技创新创业人才而构建的工科学习活动结构。高校知识生产模式和学习科学理论,共同构成工程学习模式的理论基础,因此,以富兰克林·欧林工学院和粤港机器人联合学院为研究对象,基于学习生态系统视域,开展工程学习模式的系统性研究。通过对比中美工程教育模式的异同,发现工程学习模式的逻辑起点在于多学科交叉、产学研融合和知行创统一。借鉴欧林工学院工程教育模式,提出促进中国新工科学习模式可持续发展的新策略,以期为新工科建设提供理论指导和实践借鉴。

**关键词:**学习模式;比较研究;高等工程教育;新工科

**中图分类号:**G642.0 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2023)03-0045-11

全球新经济、新科技、新产业的快速发展,高校知识生产模式的范式转型,以及网络化、智能化、数字化的创新发展,推动高校工程教育教学模式变革,以培养满足智能信息时代对创新创业人才的需求。在此时代背景下,实现工程教育的整体性变革,需要从传统的“教学范式”向“学习范式”转型<sup>[1]</sup>。文章基于学习科学新视角,通过探析工程学习模式的历史发展脉络,深入分析学习模式的内在特征,借鉴国外高校工程教育模式,提出促进中国新工科教育发展的对策与建议,以期为新工科建设和卓越工程师教育培养计划 2.0 实施提供理论指导和实践借鉴。

### 一、中美高校工程学习模式的理论基础与分析框架

自 1810 年威廉·冯·洪堡创立柏林大学以来,高校知识生产模式经历了 3 个阶段的演变与发

修回日期:2023-03-15

基金项目:江西省高等学校教学改革研究重点课题“工科大学生创客学习经历的调查研究”(JXJG-19-15-11);2020 年度国家社会科学基金教育学一般课题“高等教育产教融合质量协同治理体系研究”(BJA200105)

作者简介:杨无敌(1992—),女,厦门大学台湾研究院博士生,主要从事比较高等教育研究,(E-mail)wdyang1028@163.com;(通信作者)陈鹏(1980—),男,宜春学院科研处副教授,博士,主要从事高等工程教育、创客教育研究,(E-mail)2914468780@qq.com。

展。知识生产主体由“学术共同体(大学—科研机构)”发展为“学术共同体—政府—产业—公民社会”,知识生产系统是一个多层次、多形态、多节点、多主体和多边互动的知识创新系统,强调学术共同体、产业、政府和公民社会间的协同创新<sup>[2]</sup>。高校知识生产的目的是基于学术志趣、实践应用和社会公共利益,知识生产的范围具有跨学科和超学科性,强调不同学科之间的交叉融合和发展,知识生产的主体注重产学研融合,学术界、产业界、政府和公民社会等多元主体协同育人,质量控制方式强调多元主体的综合性、多维度、全方位评价<sup>[3]</sup>。

工程教育旨在促使学生深度学习和有效学习。学习科学是一个研究学和教的认知科学、信息科学、生物科学、心理学、教育学、社会学、人类学、哲学等多学科交叉的综合性研究领域。现代学习科学的目标是探究“人是如何学习的”以及“如何促使人深度、有效地学习”。学习科学理论认为,知识建构的过程是社会性、情境性、具身性、实践性和协同性的统一<sup>[4-5]</sup>。学习是社会性认知行为,学习主体在正式或非正式的学习活动中,通过与环境、文化的社会互动、协商,进而参与实践共同体的对话建构。唯有当学习主体真正浸润于真实世界的境脉时,学习才会发生,不同境脉之间的互相作用促使学习主体之间进行跨界、协同的知识建构,学习是学习主体与学习共同体其他成员进行知识协同建构的过程。

工程学习模式是为学习共同体创造有意义的学习经历,为智能信息时代培养工程科技创新创业人才而构建的工科学习活动结构。从系统科学的视角看,是一种新型的工程学习生态系统,是由工程教育及其周围环境相互作用而形成的结构稳定的功能整体,系统内部的学习主体、客体与生态环境是一种相互联系、相互影响、相互作用的关系<sup>[6]</sup>。根据科学、技术、工程、产业“四元论”、高校知识生产模式理论以及学习科学理论,学习生态系统视域下的工程学习模式理论模型结构要素包括学习主体(教师与学生)、学习客体(多学科知识、科学发现、技术发明和人工制品)与学习环境(政治、经济、文化、科技、伦理、产业及生态环境等)。工程学习模式的结构主要分为宏观系统(政治、经济、文化、科技、伦理、产业及生态环境)、中观系统(小学、中学、大学学习模式)、微观系统(学习社群、目的、内容、空间、活动、方式、治理及成果)三个层次。工程学习模式微观系统的分析框架如图1所示。其中,学习社群是指学习共同体,学习目的是指学习的目标体系,学习内容是指学习的课程体系,学习空间是指学习的内外环境,学习活动是指学习、研究和实践活动,学习方式是指导学与教的主要方式方法,学习治理是指工程学习的治理体系、制度和文化的,学习成果是指工程学习的主要产出。



## 二、工程学习模式案例分析

### (一) 富兰克林·欧林工学院：“课程—项目—创新—创业”学习模式

美国富兰克林·欧林工学院(以下简称欧林工学院)筹建于1997年,是富兰克林·欧林基金会(以下简称欧林基金会)为培养工程创新创业人才而创立的一所私立本科工程大学。从1980年代后期开始,美国国家科学基金会和工程界开始呼吁改革传统工程教育模式,工程师需要具备商业素养、创造力,以及对工程学的社会、政治和经济背景的理解能力。在20世纪90年代中期,欧林基金会发现最大程度发挥其影响力的方法是从头开始创建一所新型工学院,以满足经济社会可持续发展的需求。因此,欧林基金会以4.60亿美元建立了欧林工学院,但对于如何办学欧林基金会并没有理念或经验。欧林基金会向美国自然科学基金会、美国工程院等机构进行咨询,了解工程教育改革的关键问题<sup>[7]</sup>。欧林基金会决定完全打破传统工程教育模式,采用全新的工程教育模式,从学科思维转向跨学科思维,培养学生的团队合作和终身学习能力,综合考虑工程的人文、社会、政治和商业背景,在课程教学中强化工程实践与创新设计。为确保教育改革理念得以完全落实,决定创建一所全新的工学院。

欧林工学院于1997年注册成立。学院创立的初衷是从根本上变革传统工程教育模式,推动技术创新,以期美国乃至世界工程教育发展作出重要而持续的贡献。学院工程教育的愿景是培养和造就卓越的工程创新者,引导学生面向现实世界中的人的需求,通过技术创新提供了可以改变生活方式的产品、服务和系统。为实现办学的使命和愿景,欧林工学院聘请导师团队,招聘优秀师资。2000年,欧林基金会在马萨诸塞州的尼德海姆镇建造校园,教学团队历时两年开展广泛调研,了解工程教育改革相关问题,师生合作开发课程。2002年招收了首批四年制工学本科生。欧林工学院本科工程人才培养的基本定位是“培养21世纪创新型工程师,并服务世界”,以“卓越的工程创新者”为使命,通过设置跨学科课程,开展项目式学习,引导学生创新创业,创立“课程—项目—创新—创业”学习模式。

### (二) 粤港机器人联合学院：“课程—项目—研发—创业”学习模式

粤港机器人联合学院(以下简称机器人学院)是粤港产学研深度合作背景下,松山湖国际机器人研究院联合香港科技大学机器人研究所、广东工业大学和东莞理工学院,在松山湖高新区国际机器人产业基地共同创办的新型现代产业学院<sup>[8]</sup>。为解决中国工程人才培养的现实难题,给年轻人创造一个创新创业环境,分享科技创新创业实践中的实践经验,2014年,多位优秀创业导师在东莞松山湖高新区联合创办国际机器人产业基地(以下简称机器人产业基地),面向机器人和智能装备产业发展需要,构建人才培养、产品研发、企业孵化和产业培育四位一体的“工程教育—产品研发—科技创业—产业发展”生态系统,致力于创新创业人才培养和科技创新创业项目孵化培育。

机器人产业基地与广东工业大学合作推动机器人学院建设,开展工程教育模式探索和实践。2015年9月,机器人学院在机器人产业基地成立。历经5年多的探索和发展,机器人学院已经构建了“课程—项目—研发—创业”学习模式,即通过设置跨学科理论和项目课程,设计和研发机器人产品,开展科技创新创业项目实践,面向机器人、智能装备及现代制造服务业,培养具有创新创业能力的工程人才。自2015年9月起,机器人学院已招收5届学生,设计研发了羽毛球机器人、网球回收机器人、自主移动机器人等多款机器人产品,2019年首届60名毕业生中,22名学生到香港中文大

学、上海交通大学、米兰理工大学等高校继续深造,8名学生进行创业,其余毕业生大部分就业于高新科技企业。

### 三、欧林工学院和机器人学院学习模式的比较分析

基于学习模式微观系统,从学习社群、目的、内容、治理、活动、方式、空间及成果8个维度,分别对欧林工学院和机器人学院的学习模式进行深入剖析和比较研究(表1)。

表1 欧林工学院和机器人学院学习模式比较分析

学习模式		欧林工学院	机器人学院
学习社群	依托专业	电气与计算机工程、机械工程、工程	机械类、计算机类、自动化类、数学类、电子信息类
	学习社群	多院校多学科学生及教师、高级工程顶点项目合作方人员	多院校多学科学生及教师、科研院所研究员/企业工程师
学习目的		培养卓越工程创新者的综合能力	培养工程创新者及产业创业者的创新创业能力
学习内容	一年级	自然设计、产品与市场	机器人入门项目I、机器人入门项目II(1)
	二年级	工程原理、面向用户的协同设计	机器人入门项目II(2)、机器人入门项目II(3)
	三年级	深度设计(十一选一)	项目设计I、项目设计II
	四年级	高级工程顶点项目、经济实惠的设计和创业	项目设计III、毕业设计
学习治理	治理主体	跨学科跨院校教师团队、跨学科项目组、跨学科实验室、政府、科研院所、企业、社区等	松山湖国际机器人产业基地、粤港机器人联合学院、香港科技大学机器人研究所、广东工业大学/东莞理工学院、多学科专业项目组
	学习制度	“候选人周末”招生制度、高等工程顶点项目学习制度、项目学习成果分享交流制度、教师综合考核评价制度、人才培养过程评价机制	多学科专业招生制度、国内外研学制度、机器人竞赛制度、创新创业项目孵化制度、毕业设计联合指导制度
	学习文化	项目学习文化、教育创新文化、跨界合作文化、资源共享文化	学科专业交叉融合文化、数理与科技并重文化、产学研相结合文化、科技创新创业文化
学习活动	正式学习活动	课程学习、课程项目学习与实践、高级工程顶点项目	课程学习、跨学科项目学习与实践、毕业设计及科技创新
	非正式学习活动	科研训练、学科竞赛、社区服务、欧林博览会	科研训练、机器人竞赛、创业训练营、寒暑假课程、机器人论坛
学习方式		项目式学习、体验式学习、设计型学习、跨学科学习	项目式学习、体验式学习、设计型学习、多学科团队合作学习
学习空间	校内	实验室、工作室、教室	实验室、工作室、教室
	校外	高级工程顶点项目合作方、社区	机器人产业基地企业、国外或境外高校、机器人及其装备展会
学习成果		科技创新作品、产品、创办企业、学科竞赛获奖	科技创新作品、产品、创办企业、学科竞赛获奖

#### (一) 学习社群维度

欧林工学院和机器人学院通过整合区域高等教育、科研院所和产业资源,构建了跨领域、跨院校、跨学科的学习社群。欧林工学院通过整合区域高等教育资源,联合百森商学院、韦尔斯利学院等高校建立学习社群,不仅有本校学生和教师,还有选修学校课程或学位的合作学校学生以及艺术、人文社会科学领域的教师。机器人学院依托机器人产业基地,充分整合粤港澳大湾区企业、高



校、科研机构的教学资源,通过多院校、企业、科研机构深度合作,多学科专业交叉,产学研融合,从各合作高校的机械类、自动化类、电子信息类、计算机类、数学类专业选拔优秀新生,构建跨院校、跨学科、跨专业的学习社群<sup>[9]</sup>。产业基地、科研院所、合作高校以及基地企业的教授、行业专家、企业工程师、企业家、创业导师等共同为学院学生提供科技创新创业指导,基地的数百家供应商为技术研发提供软硬件支持,机器人产业基地定期举办设计思维创业营、创业训练营、工程教育研讨会等活动,并为学生提供技术支持、创业导师制度、团队建设指导、供应链服务和创业资金扶持。

欧林工学院仅开设电气与计算机工程、机械工程、工程3个专业,其中,工程以生物工程、计算、设计和机器人技术为主;机器人学院主要依托合作高校的机械类、自动化类、电子信息类、计算机类、数学类等学科,采用多专业融合培养模式,前两年既在原专业学习,也在机器人学院学习机器人项目课程,大三正式进入机器人学院学习。广东工业大学和东莞理工学院的学生在机器人学院通过课程学习,可获得相应学分,获得原专业毕业证书和学位证书的同时颁发机器人学院的结业证书。

两所学院都注重构建多领域、多院校、多学科教师与学生参与的学习社群,倡导师生在跨学科课程及项目中共同学习、共同实践和共同创新。机器人学院面向机器人产品研发和产业发展,愈加重视多学科专业之间的交叉融合与协同创新。

## (二) 学习目的维度

欧林工学院致力于培养卓越工程创新者的综合能力,机器人学院致力于培养工程创新者及产业创业者的创新创业能力。欧林工学院通过重塑工程教育方法,以培养和造就卓越的工程创新者为使命,注重培养学生的知识应用能力、批判性思维能力、创造力、设计研发能力、问题解决能力、自主学习能力、团队合作能力、有效沟通能力、领导力、社会责任和职业道德。机器人学院通过重新定义工程教育,以培养和造就工程创新者及产业创业者为使命,注重培养学生的跨学科知识应用能力、工程问题解决能力、产品设计研发能力、创新创业能力以及沟通协作能力。

两所学院都强调培养工程创新者,但是机器人学院更强调面向产业发展需求培养科技创新的创业者和产业发展的领军者,注重在高年级学习阶段引导学生在科技创新的基础上进行科技创业实践活动。

## (三) 学习内容维度

欧林工学院和机器人学院通过跨学科或多学科交叉融合,开设一体化、进阶式、跨学科的项目中心课程。欧林工学院注重跨学科设置课程体系,强调工程学、艺术(创造力、创新、设计、交流)和创业素养(博爱、道德伦理)相结合,讲授艺术、人文和社会科学以及科学、工程基础知识,培养学生的创业能力。欧林工学院形成了独特的课程结构,即数学与科学课程,工程核心课程,专业课程,艺术、人文、社会科学与创业课程<sup>[10]</sup>。学院本科生必须完成至少120个学分,其中,工程最低46学分,数学与科学最低30学分,艺术、人文、社会科学与创业课程最低28学分。课程中每个学分相当于整个学期每周平均3个小时的学生工作,包括上课、完成作业、参加实验以及履行其他课程职责。欧林工学院课程体系的主要特点为发展工程创新创业素养、设置多学科交叉融合课程、设计渐进式项目式课程、设置设计制造型项目课程、构建课程综合评价体系。

机器人学院本科4年总学分为160,其中跨学科理论课程(7学分)、跨学科项目课程(28学分)以及毕业设计(12学分)占总学分的29.4%。跨学科项目课程及毕业设计是学习社群共同学习、创新和

实践的重要载体,本科一、二年级学习阶段,学生在原专业进行课程学习,同时也在机器人学院分别学习机器人入门项目的4门课程,此阶段着力培养学生的跨学科知识应用能力、复杂工程问题解决能力以及机器人迭代优化能力;本科三、四年级学习阶段,学生进入国际机器人产业基地学习和实习。学生在第5学期至第7学期,学习项目设计课程,重点培养创新创业能力,学生在第8学期主要进行以创新创业为导向、面向机器人产品开发的毕业设计或创业项目孵化,培养综合运用知识和技术的能力。此外,要求学生参加国际学术会议、创业训练营、机器人夏令营和技术培训等学习活动<sup>[11]</sup>。

欧林工学院总学分比机器人学院低40个学分,机器人学院学生的课程学业负担相对繁重。欧林工学院注重设置多学科课程,而机器人学院注重设置跨学科理论及项目课程。欧林工学院注重开设系列设计型课程,项目学习贯穿于设计型课程始终,而机器人学院注重开设跨学科项目型和设计型课程,倡导机器人项目驱动跨学科课程学习。两所学院都注重大四年级的顶点项目(毕业设计),欧林工学院强调学生通过校企合作开展工程项目实践或开展设计创业实践,而机器人学院在引导学生发现问题、定义问题和解决问题的过程中开展科技创新创业实践活动。

#### (四) 学习治理维度

欧林工学院和机器人学院均致力于打破学科专业之间的壁垒,构建了多元主体协同共治的学习治理模式。在学习治理组织方面,欧林工学院没有设置院系,其学习治理主体主要由教务长、跨学科跨院校教师团队、跨学科项目组、跨学科实验室以及合作方(政府、科研院所、企业、社区等)共同构成,师生共同参与学习治理;机器人学院的学习治理主体则主要由产业基地、相关高校、研究所以及多学科专业项目组共同组成。

在学习治理制度方面,欧林工学院建立了“申请—候选人”招生制度、高级顶点工程项目学习制度、项目学习成果分享交流制度、人才培养过程评价制度以及教师综合考核评价制度。欧林博览会制度是指学院在学期末举办对学生学习和成就的庆祝活动,通过海报展示、互动演示和艺术表演来分享项目工作及成果。人才培养过程评价制度以竞争力和课程为核心,以代表作选辑、欧林博览会和能力档案等为评价载体,以学生、教师、管理者和外部机构为多元评价主体,从不同维度对工程教育活动及所培养的工程人才进行评价,并提出课程和竞争力的改进建议。教师综合考核评价制度从人才培养(授课、指导学生、创新课程)、学术研究(个人研究、与学生共同开展研究)、社会服务(担任委员会委员、帮助其他机构适应课程)3个维度对教师进行多元综合评价。机器人学院建立了产业基地、科研院所、高校多元主体协同治理机制。学院在多方协同治理的基础上建立了多专业招生制度、研学制度、机器人竞赛制度、毕业设计联合指导制度和创新创业项目孵化制度。学院每年在本科新生入学后一个月内,采用笔试和面试相结合的评价方式从多个学科专业选拔优秀学生。学院每年组织学生参加国内机器人与智能装备专业展会和论坛,选派学生赴国外参加学科竞赛、参观学习和学术交流。学院将学科竞赛与跨学科项目课程有机整合,每年组织学生参加全国机器人大赛,引导多学科专业学生共同开展竞赛机器人的设计、制作、调试和迭代。产业基地企业导师、合作高校专业导师通过开题培训、中期检查及结题答辩等联合指导毕业设计。

在学习治理文化方面,欧林工学院在学习治理过程中建立项目学习文化、教育创新文化、跨界合作文化和资源共享文化。机器人学院在学习治理过程中建立学科专业交叉融合文化、数理与科技并重文化、产学研相结合文化和科技创新创业文化。

两所学院都在变革传统学习治理方式。欧林工学院通过治理结构的颠覆性创新,彻底改变了传统的院系治理结构,学习治理成为治理体系的核心。机器人学院的治理结构是传统院系结构和机器人学院结构相结合。治理结构的不同决定了两所学院的治理组织、制度和文化的内在逻辑和实践路径存在显著差异。

### (五) 学习活动维度

欧林工学院和机器人学院都倡导基于科学研究、产品研发和产业服务进行团队协作、设计实践和创新创业。欧林工学院为培养卓越的工程创新者,通过课程与项目的深度融合,鼓励学生在课堂内外进行团队合作、设计制作、创意创新。欧林工学院认为学习是学生通过沉浸于真实世界的活动而开展的主动学习和实践。学生从入学第一天就开始动手实践,他们在课堂上设计的解决方案必须解决开放性问题。产品创新设计与原型制造活动、面向真实社会的创新和创业活动是其项目课程的核心活动,学生在应用 STEM 知识的同时学习人文社会科学知识、创新创业技能、科技工程及职业伦理。

机器人学院注重基于创新训练项目或创业孵化项目进行多专业融合的产品研发实践。在项目设计课程学习、毕业设计实践和创业项目孵化过程中,不同专业的学生组成跨学科的项目团队,在多学科教师团队的指导下,进行产品或系统的设计、分析、制造、装配、调试和迭代,学生同时还参加创业训练营的培训活动,并与机器人产业基地的创业团队、企业研发部门共同进行机器人技术研发、产品开发或创业项目孵化。通过跨学科理论课程和项目课程学习,建构学生的数理知识,提高其动手能力,培养学生们的设计思维、创新思维、系统思维和创业思维。

两所学院都倡导课程学习与项目实践相结合、正式学习与非正式学习相结合以及创新与创业相结合。欧林工学院更注重引导学生在多样化的项目学习实践中建构理论知识和发展综合能力,倡导在解决复杂工程问题的过程中进行技术创新实践;而机器人学院注重依托机器人竞赛引导学生开展跨学科项目学习、协作、研发与实践,依托机器人产品研发项目引导学生服务产业或社会需求,主动发现问题、定义问题,在此基础上研发新产品。机器人学院更重视引导学生跨国家、跨地区、跨院校进行访学和交流,以拓宽学生的学术视野。

### (六) 学习方式维度

欧林工学院和机器人学院都倡导项目式学习、设计型学习和体验式学习。两所学院都采用项目式学习、设计型学习和体验式学习。但是,欧林工学院强调基于跨学科课程的学习,机器人学院注重产学研相结合的多学科团队合作学习。

### (七) 学习空间维度

欧林工学院和机器人学院均重视构建创新学习空间。欧林工学院通过鼓励学生开展基于团队的动手体验式学习来创造独特的创新学习环境。学术中心提供了课程教学空间、项目实践空间、设计研讨空间和教师研究空间。学术中心是一个完整的学习实验室,拥有 27 个主要教室和实验室,设有木工车间、小型车间和机械车间,包括计算机数控加工、焊接和金属成型设备,此外,还有 12 个研讨会/会议室以及约 25 个教师研究实验室和支持室。

机器人学院学习空间既有机器人产业基地的高新技术企业、实习实训基地和产学研服务平台。合作高校广东工业大学校内面向机器人学院设有四间工作室和一个实验室以及设计制作设备,学



校每年投入大量资金用于工作室维护、设备采购和学术交流活动。合作高校东莞理工学院也为学院学生提供实验室、项目室、竞赛场地以及设备资源。

两所学院都注重为学生进行课程学习、项目实践和学科竞赛等学习活动提供教室、实验室、工作室、研讨室等创新学习空间。机器人学院相对欧林工学院更加注重为学生提供更多的国内外、校内外非正式学习环境。

#### (八) 学习成果维度

欧林工学院和机器人学院都以科技创新作品、产品、企业以及学科竞赛获奖为主。欧林工学院和机器人学院倡导项目式学习,学习成果以科技创新作品、产品、孵化企业以及学科竞赛获奖为主。两所学院本科生在国际会议和学术期刊上发表的论文数量,相对于研究型大学的本科生来说较少。通过上述8个维度的比较分析可以发现,虽然两所学院在学习模式上存在诸多不同,但在工程教育模式变革理念层面则具有一致的逻辑起点。

(1) 学习治理的逻辑起点是产学研融合。学习治理呈现出产学研融合的新特征。一方面产学研融合是指学习、科学研究和生产实践相结合,另一方面产学研融合指知识建构(知识传播、知识共享)、知识应用(社会服务、技术转移、学术创业)、知识创造(科学发现、技术发明、工程建造)三者相融合。此外,产学研融合的“产”不仅仅是指企业生产实践,而是外延至社会产业发展,不再局限于学术界与企业界之间的合作,而是高校与学术界、产业界、政府和公民社会之间的互动和协同。

(2) 学习内容的逻辑起点是多学科交叉。学习内容呈现出多学科交叉的新特征。一方面课程的系统化设置注重工程、科技、设计、人文、创业类课程的多学科交叉;另一方面,项目主题或项目实施过程体现了多学科专业的交叉融合。

(3) 学习活动的逻辑起点是知行创统一。学习治理呈现出知行创统一的新特征。一方面,知行创统一指在理论学习与工程实践相结合的基础上,理论学习、工程实践和创新创业相结合,另一方面,知行创统一指学习过程中知识建构、知识应用和知识创造三者相统一。此外,知行创统一还指学习主体在真实的产品研发和产业发展境脉中,全身心投入到具身认知、情境认知和创新创业实践之中,不仅“做中学”,而要“创中学、学中做、学中创”,即做、学、创三者相结合。

## 四、工程学习模式变革的挑战及策略

以欧林工学院和机器人学院为研究对象,进行了深入而全面的分析、比较和研究,发现工程学习模式的逻辑起点为多学科交叉、产学研融合、知行创统一。受传统工程教育体制的机制约束、课堂教学“传授范式”的惯性制约、新工科学习活动的专业束缚,中国高校工程教育仍然面临诸多新挑战,为迎接这些挑战,探索工程教育新范式提出新工科建设,主动变革学习模式,以实现其可持续发展。

#### (一) 应对学习目的的新挑战:为何学、为何教、为何治、为何评

在工程教育学习模式中,为何而学、为何而教、为何而治、为何而评属于学习目的层面的新挑战。学生学习的目的需要从知识习得转变为知识应用和知识创造,教师教学的目的需要从知识传授转变为促进学生深度学习;学习治理的目的需要从监控学生学习转变为服务学生学习;学习评价的目的需要从单一的考试评价转变为多元的综合素养发展评价。



## (二) 应对学习主体的新挑战:谁来学、谁来教、谁来治、谁来评

新工科的学科专业主要包括新型学科专业、新生学科专业和新兴学科专业3种类型,具有引领性、跨界性、交融性、创新性、集成性、复杂性和发展性等特征<sup>[12]</sup>。对于不同类型的新工科专业,谁来学、谁来教、谁来治、谁来评属于学习主体层面的新挑战。谁来学新工科专业?既可以是新工科专业新生直接来学习,也可以是传统工科专业的学生来跨学科专业合作学习,此外还需要思考建立新工科专业学习的退出或转出机制。谁来教新工科专业?新工科教师、传统工科教师和非工科教师可以组成多学科交叉融合的教学团队。谁来培养、如何培养适应新工科学习/教学新方式的新工科教师是教师队伍建设的关键问题,需要从教学学术能力、科技创新能力、社会服务能力等多个维度促进教师发展。谁来治新工科专业学习?高校既可以成立新工科专业学院进行二级院系治理,也可以成立新工科人才培养特区进行特色治理,或成立产业学院,学术界和产业界协同治理。谁来评新工科专业学习?多领域、多院校、多学科的新工科专业教师团队,参与新工科专业学习的大学生甚至社区公民都可以成为新工科学习评价的主体。

## (三) 应对学习内容的新挑战:学什么、教什么、治什么、评什么

在工程学习模式中,面向具有融合性、集成性和复杂性的新工科专业,学什么、教什么、治什么、评什么属于学习内容层面的新挑战。学什么和教什么的问题不仅仅是人才培养方案中围绕多学科交叉逻辑、行业产业逻辑、学科产业融合逻辑设置课程体系,而应涵盖正式学习内容和非正式学习内容。其中,正式学习内容涵盖工程、科技、人文和商业等学科内容;非正式学习内容则涉及学生与学术界、产业界的互动。治什么的问题涉及学习生态系统的构建和运行,高校与政府、学术界、产业界、公民社会协同共治是学习治理的必由之路。评什么的问题涉及学习、教学以及治理评价,动态性评价、过程性评价、发展性评价是学习评价、教学评价以及治理评价的发展趋势。其中,对于学习评价,不应局限于个人,还应包括项目团队评价,不应局限于学习成果评价,还应包括学习情感投入、学习心理投入、学习行为投入的过程性评价;对于教学评价,不应局限于教师科研及教学质量评价,还应包括服务学生学习、服务学习治理质量评价;对于治理评价,不应局限于新工科教学治理、学术治理评价,还应包括新工科学学习治理评价。

## (四) 应对学习方式的新挑战:如何学、如何教、如何治、如何评

由于多学科交叉、产学研融合、知行创统一的学习模式新特征,在学习方式层面,面临如何学、如何教、如何治、如何评的新挑战。学习方式从传统的基于解题的学习转变为基于项目/问题/体验/科学研究/工程设计/产品研发/创新创业的学习,教学方式从传统的知识传授转变为创设学习环境,开发课程,建设教学资源,引导、促进和服务学生学习和发展。治理方式转变为协同共治,参与学习治理的学生、教师、学术界和产业界共同成为学习治理的主体。学习评价方式的转变包括评价目标、评价对象、评价方法的变化和拓展,评价目标旨在促进学生有效学习、教师有效教学,评价对象从校内师生个体拓展至整个学习社群,评价方法由考核评价转变为过程性评价、生成性评价、发展性评价和综合性评价。

## (五) 应对学习质量的新挑战:有效学、有效教、有效治、有效评

学习质量是工程教育和教学的关键,有效学、有效教、有效治、有效评是学习质量层面的新挑战。学生的有效学习、教师的有效教学、有效治理与有效评价是学习模式发展的目的和方向。

学生有效学习的关键在于厘清为何学、谁来学、学什么、如何学4个基本问题,能否选拔具有学术志趣、创新潜质和动手能力的学生;能否通过设计科学的课程体系、降低课程总学分赋予学生自主学习、自由创造、协同创新的机会、时间;能否通过多学科交叉、产学研融合、知行创统一,促使学生自主学习、主动实践和主动创造,是学生实现有效学习的关键。

教师有效教学的关键在于厘清为何教、谁来教、教什么、如何教4个基本问题,建设一支兼具育人情怀、创新激情和研发能力的教师队伍,积极开展学习与教学研究,在产学研合作中主动与学术界、产业界交往互动是实现有效教学的关键。

有效治理的关键在于厘清为何治、谁来治、治什么、如何治4个基本问题,有效治理的逻辑起点是唤醒学生的学习志趣,成就学生的创造自觉,面向未来培养创新创业人才。有效评价的关键在于厘清为何评、谁来评、评什么、如何评4个基本问题,有效评价的逻辑起点是通过评价服务学习主体,使学生自由、自觉、全面、创造性、可持续地成长和发展。

## 五、结语

高校工程教育质量的提升亟待学习模式主动变革与创新。不同层次高校的传统工科专业以及新型、新生、新兴学科专业,可以借鉴两所学院的教育理念、办学经验和改革策略,通过基于课程建设的微观层面改革,基于工程人才培养模式重构的中观层面改革,基于创新创业学院、未来技术学院、卓越工程师学院或产业学院建设的宏观层面改革,面向新工业革命、面向新产业发展、面向智能信息时代培养创新创业人才。

### 参考文献:

- [1] 吴立保. 论本科教育从“教学范式”向“学习范式”的整体性变革——以知识范式转换为视角[J]. 中国高教研究, 2019(6): 65-71.
- [2] 马廷奇, 许晶艳. 知识生产模式转型与学科建设模式创新[J]. 研究生教育研究, 2019(2): 66-71.
- [3] 张海生. 知识生产模式转型与新工科建设的基本策略[J]. 中国高校科技, 2018(9): 47-51.
- [4] 徐晓东. 为教育和教学改革而设计——《剑桥学习科学手册(第二版)》评述[J]. 中国电化教育, 2020(7): 20-29.
- [5] 钟启泉. 从学习科学看“有效学习”的本质与课题——透视课程理论发展的百年轨迹[J]. 全球教育展望, 2019, 48(1): 23-43.
- [6] 王凤产. 教育生态系统复杂性探讨[J]. 中国电化教育, 2011(5): 27-30.
- [7] 李曼丽. 独辟蹊径的卓越工程师培养之道——欧林工学院的人才教育理念与实践[J]. 大学教育科学, 2010(2): 91-96.
- [8] 李泽湘. 新工科教育的背景和使命[EB/OL]. [2023-02-23]. <http://zhishifenzi.com/innovation/multiple/8608.html>.
- [9] 丁文霞, 胡耀华, 任斌, 等. 企校协同“四跨”式机器人学院双创人才培养——东莞理工学院粤港机器人学院人才培养的探索与实践[J]. 东莞理工学院学报, 2020, 27(3): 126-130.
- [10] 李泽湘. 颠覆创新人才培养的欧林经验[EB/OL]. [2023-02-23]. <http://zhishifenzi.com/innovation/multiple/5926.html>.
- [11] 李泽湘. 新工科教育创新人才培养探索[EB/OL]. [2023-02-23]. <http://zhishifenzi.com/innovation/character/4053.html>.
- [12] 林健. 新工科建设: 强势打造“卓越计划”升级版[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 7-14.

## Comparative study of engineering learning modes in Chinese and American universities: A case study of Olin College of Engineering and Robotics Union Academy Guangdong-Hong Kong

YANG Wudi<sup>1a</sup>, CHEN Peng<sup>2</sup>, GUO Guangjun<sup>1b,3</sup>

(1a. Graduate Institute for Taiwan Studies; b. Institute of Education, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian, P. R. China; 2. Scientific Research Department, Yichun University, Yichun 336000, Jiangxi, P. R. China; 3. Institute of Higher Vocational Education, Changsha Social Work College, Changsha 410004, P. R. China)

**Abstract:** The engineering learning mode is a structured learning activity created for learning communities to provide meaningful learning experiences and to cultivate engineering and technology innovation and entrepreneurship talents for the intelligent information era. The knowledge production mode and learning science theory of universities jointly constitute the theoretical basis of the engineering learning mode. Therefore, based on the perspective of the learning ecosystem, a systematic study of the engineering learning mode was conducted, taking Olin College of Engineering and Robotics Union Academy Guangdong-Hong Kong as the objects of study. By comparing the similarities and differences between the engineering education modes in China and the United States, it was found that the logical starting points of the engineering learning mode lies in interdisciplinary integration, industry-university-research integration, and the unification of knowledge and practice. Drawing on the engineering education mode of Olin College, new strategies were proposed to promote the sustainable development of the new engineering learning mode in China to provide theoretical guidance and practical reference for the construction of new engineering disciplines.

**Key words:** learning mode; comparative study; higher engineering education; new engineering

(责任编辑 周沫)