

面向创工场模式的卓越工程师培养探索与研究*

杨磊 陈乃金

安徽工程大学计算机与信息学院, 芜湖 241000

摘要 近年来,我国的科技创新能力、原创能力逐步增强,但是新技术的成熟度直接实现产业化较弱。究其原因在于现有的卓越工程人才较少,缺乏既有广博的专业知识,又有丰富动手实践能力的高精尖人才。对此,该研究探索并分析了“固高”创工场卓越工程师培养模式,并将其与高等院校的卓越人才培养有机融合。提出了高校创工场和“3+1”的培养模式,多学科、多年级学生交叉融合,以解决实际项目为导向,以企业、实验室为主要上课地点,弱化“唯论文”思想,更多的强调专利、竞赛及创新创业。同时结合地方产业特色,按企业需求重构高校课程体系,根据企业人才要求实现个性化定制培养。

关键字 卓越工程师培养,创工场,课程体系改革,项目驱动教学

Exploration and Research on Engineer Excellence Cultivation Toward the Creation Workshop Model

Yang Lei Chen Naijin

School of Computer and Information of Anhui Polytechnic University,
Wuhu Anhui 241000, China;
yl@ahpu.edu.cn

Abstract—Recently, China's scientific and technological innovation ability and originality have been gradually enhanced, but the maturity of new technologies to directly realize industrialization is weak. The reason for this is that the existing engineering excellence talents are fewer, and there is a lack of outstanding talents who have both broad professional knowledge and rich hands-on practical ability. In this regard, the study explores and analyzes the "Googol" creation workshop excellent engineer cultivation model, and integrates it with the cultivation of excellent talents in higher education institutions. This study puts forward the training mode of creative workshop and "3+1" training mode in universities, which integrates multi-disciplinary and multi-grade students, takes solving practical projects as the orientation, takes enterprises and laboratories as the main teaching locations, weakens the "only paper" idea, and emphasizes more on patents, competitions and innovation and entrepreneurship. At the same time, combined with the characteristics of local industries, the curriculum system of colleges and universities is reconstructed according to the needs of enterprises, and personalized customized training is realized according to the requirements of enterprises.

Keywords—Engineer Excellence Cultivation, Creation Workshop, Reform of the Curriculum, Project-driven Instruction

1 引言

随着时代的飞速发展,我国在科技水平、经济实力、国际影响等方面进入了全盛时代。特别是科技基础方面,近10年来,我国已经逐步由落后,到超越,再到领先。根据《2023中国科技论文统计报告》^[1]显示,我国在各领域顶级期刊或会议发表的最具影响力论文数量首次超越了美国,排名世界第一位;同时,各领域的热点论文及高水平期刊论文发表数量依旧保持在世界第一位,各论文类型在世界总量中的比重分布如图1所示。根据《2022年中国专利调查报告》^[2]

指出,以中国高校发明专利实施率和产业化率为例,2022年高校发明专利实施率上升至16.9%,较上年提高了3.1个百分点,高校发明专利产业化率为3.9%,较上年提高0.9个百分点,其中,重点高校发明专利产业化率为4.4%,较上年提高0.2个百分点,具体分布如图2所示。

由上述的论文统计报告和专利调查报告结果可以看出,当前我国在基础理论研究方面、原创力及科技创新方面具有较明显的优势,是世界科技研究的生力军。但是透过高校的专利产业化层度,可以明显发现我国理论与工业实际生产联系较弱,基础研究推动工程实践能力不足,新技术的成熟度直接实现产业化较差。

*基金资助:本文得到安徽工程大学教学质量提升计划招标项目(2023jyxm108)、安徽工程大学教学质量提升计划重点项目(2023jyxm64)支助。

出现这种现象的主要原因有如下几个方面^[3]：一是高校的理论研究脱离了实际的社会生产；二是缺乏理论转化为实际产业的卓越工程人才；三是缺乏稳固的技术转化机制。从高校层面来说，我国高等教育主要注重学生的基础专业能力培养，仍然以应试教育为主，而高校作为各类人才走向社会服务的最后一道关卡，没有对实际的工程动手能力进行充分的培养和重

视，从而导致卓越工程人才的极度缺乏。此外，通过专利论文数量与实际产业化率之间的不平衡可以说明，当前我国的多数科研成果仅仅停留在实验室层面，缺乏完全的实际检验。所以，从高校层面出发，如何杜绝“工科理科化”、“唯论文”论思想，如何培养既有广博的专业知识，又有丰富动手实践能力的高精尖人才就显得尤其重要。

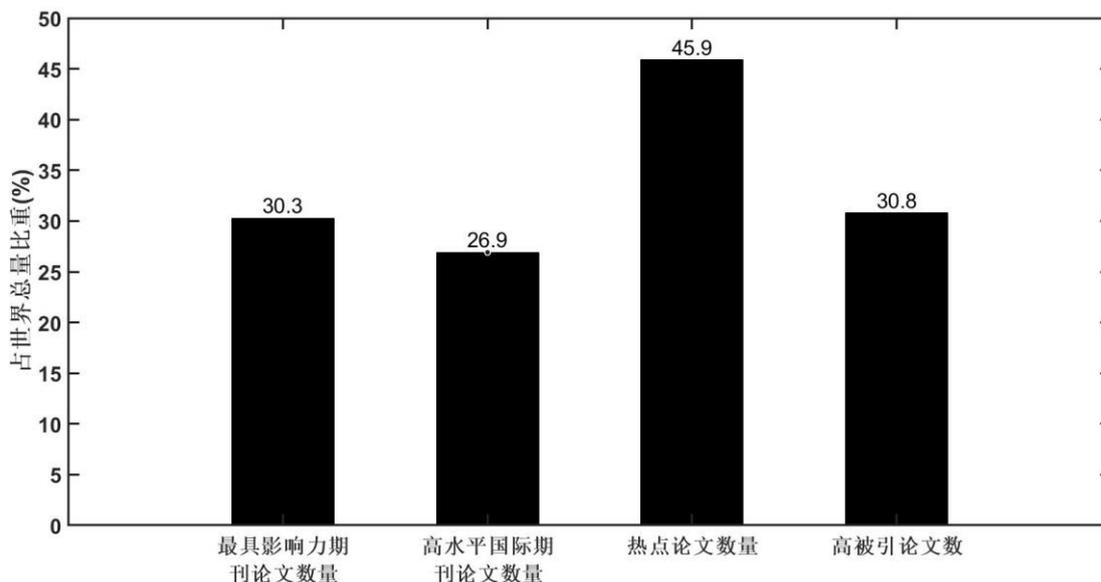


图 1 各类型论文在世界总量中的分布情况

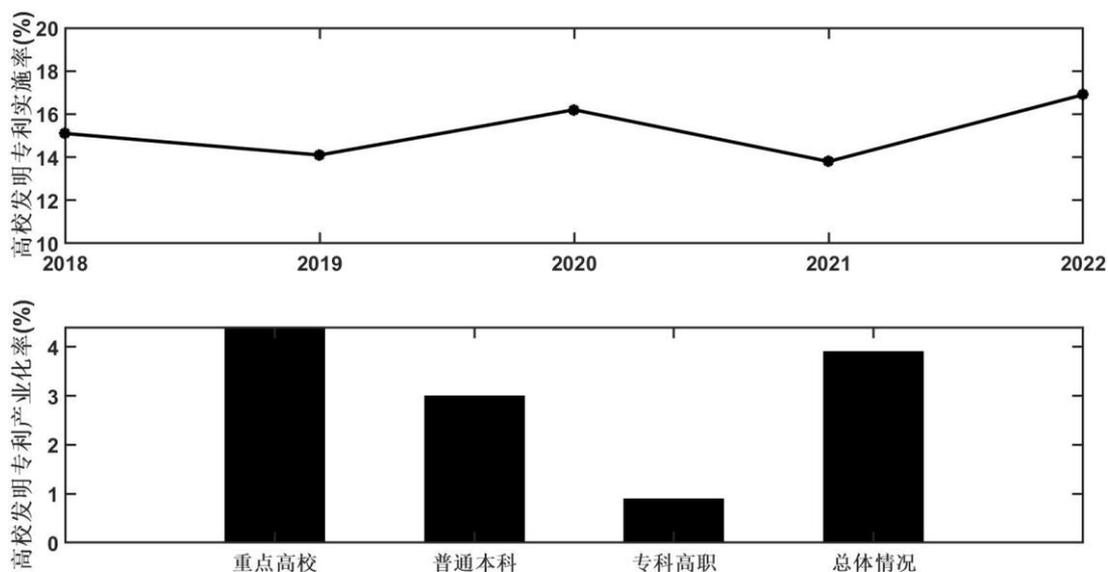


图 2 高校发明专利分布情况概览

近年来，国家、社会等各层面对高校卓越工程人才培养提出了新的标准和要求。希望通过高校教育教学改革，实现高校与社会之间对于人才的无缝衔接：高校培养的卓越人才可以直接服务于社会需要，可以不需要基层历练而直接满足工程需求。2022 年 9 月，教育部组织 18 家卓越工程师学院建设单位联合发布《卓越工程师培养北京宣言》，标志着首批国家级卓越

工程师学院进入试点。此外，在教育部的推动下，宁夏、黑龙江、安徽三个省份将率先作为试点建设高等研究院^[4]，该研究院将从招生模式、工程培养、政策保障等方面大胆创新，结合地方产业特色，采用校企双导师制，将“项目—学科—高校—团队—导师—学生”深度融合，以卓越工程硕博培养为目标。从国家层面对各相关省份、重点高校人才培养提出了新的要求。

同时,从2005年开始,教育部逐步开展了工程教育认证试点,目的在于增强工程教育人才培养对产业发展的适应性,以社会发展需要为高校工程人才培养制定绝对标准。

此外,各研究团队也针对不同行业进行了卓越工程人才培养的探索。其中,清华大学李玲团队^[5]通过对集成电路产业人才需求和卓越工程师的成长历史进行跟踪研究,指出高校对于卓越工程师的培养,需要将专业能力、专业素养、专业责任深度融合,不仅仅需要练就过硬的专业本领,更重要的是需要塑造正确的专业价值观。国防科技大学刘志宏团队^[6]对无人智能领域的工程博士培养、课程体系铸造展开了深入的研究与思考,指出了当前我国对于高精尖工程人才的迫切需求。重庆大学的古平^[7]团队开展以“新工科项目”为中心的工程教育认证新架构,希望可以培养学生在复杂工程问题上的解决能力。由此可以看出,对于高校工程人才的培养探索,是当前亟需解决的重点和难点问题。

更重要的是,当前的中国企业^[8,9]普遍希望工科大学生毕业时就具备较强的工程实践能力,有的企业甚至希望毕业生在毕业之初就具备较好的创新能力和项目的综合评判能力。而基于现有工科高校的培养模式,绝大部分高校毕业生难以满足这样的高标准和高要求。为了适应社会的需求,需对现有的工科培养模式进行深层次的突破与大胆的革新。

因此,作为人才培养主要场所的高校,创新教育教学方式、加强卓越工程人才培养刻不容缓。本文通过深入调研“固高”创工场卓越工程人才培养模式,借助国家卓越工程师学院建设要求和高等研究院建设标准,以芜湖汽车产业为依托,根据如图3所示的高校培养与社会需求之间的关系,从培养周期、培养方式、课程计划等方面展开研究。主要研究内容可归结

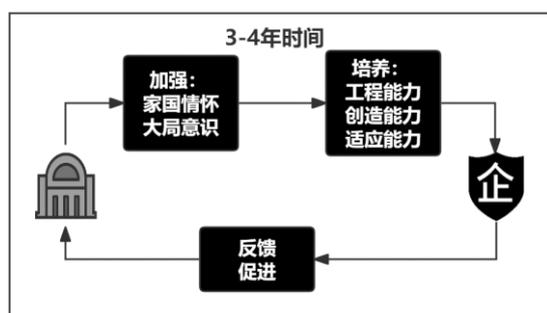


图3 研究内容之间关系分布结构图

如下:①当前按专业培养模式重理论、轻实践等问题,难以符合企业和社会对工程型人才的需要。②高校学生在校实践能力不足,导致进入企业和社会后适应能力较差。③高校教授课程与社会需求存在严重的脱节

问题,学校开设课程没有与时俱进,缺乏对社会需求的考虑。④高校学制具有时效性,知识量的获取与时间关系本身就是一对矛盾关系,如何在保证学生扎实理论基础的前提下,尽可能拓展学生的实践能力、创新能力。⑤创新教学方式和模式,以“固高”创工厂模式为依托,以更加贴合实际生产的方式来实现学生的培养。

2 固高创工场人才培养模式

“固高”创工场^[10,11]是固高公司依托自身科技产品打造的自动化控制类特色工程师教育培训平台,每年通过义务培训的形式为国内外高校学生提供专业技术培训。该创工场以卓越工程人才培养为目标,借助固高公司实际的项目来完成人才的培养,使得学生从高校毕业时即可拥有处理实际问题的能力。这种卓越工程师培养模式与高校现有的人才模式最大的差别在于:“固高”创工场是依托于固高公司,相较于高校来说有三点优势是学校无法达到的。

其一,“固高”创工场目标明确,旨在培养卓越的自动化及控制类工程师,所以在相关的硬件设备及其配套使用方面,固高公司可以为其提供保障,这是高校卓越人才培养难以达到的。

其二,在师资和项目方面,“固高”创工场相较于学校来说优势更加明显,该创工场拥有一线的卓越工程师作为导师,并以真实的企业项目作为教学案例,将硬件设备、企业项目及导师融为一体,为卓越工程人才培养提供实质性保障。反观高校教师,大多数停留在理论研究,缺乏实际工程经验。

其三,该创工场不仅仅以复现项目的方式为学生提供技术培训,更重要的是它在学生学习的过程中激发创造力,引导学生全方面思考,在复现工程项目的同时积极思考,敢于质疑,敢于挑战及优化。特别之处在于,它还提供产业孵化,在学习过程中,或者在已有的项目中,若学生拥有优秀的商业点或者攻克了当前的技术难点,创工场将提供技术及资金的扶持,这一点从高校来说也具有一定的挑战。

对此,以重庆大学、常州大学为代表的高校,正积极探索校企合作的创工场卓越工程师培养方案。如何将“固高”创工场卓越工程师培养模式移植到高校,如何结合地方特色产业合理设置校企合作培养的课程计划,是当前人才培养亟需考虑的问题。

3 高校创工场卓越工程师培养

卓越工程师不同于普通的专业技能人员,应该具有以下特性^[12]:

首先,卓越的动手实践能力。“空谈误国,实干兴邦”,动手实践能力是高技能人才具备的基本能力,能

够真正帮助企业解决生产活动中出现的实际工程问题，为企业赢得更高的经济效益与社会效益。

其次，专业的理论分析能力。优秀的理论分析能力是卓越实践能力的基础，实际的工程问题往往是复杂而多变的，需要将其通过专业的理论分析进行肢解，将复杂的工程问题转化为简单而易处理的共性问题。这就要求卓越工程人才需要拥有丰富且扎实的专业理论基础、敏捷且缜密的思维能力。之后，无论新技术的不断更新与变革，其均能够在扎实且丰富的理论基础下继续操作实践，由此不会被淘汰于社会经济发展人才需求的边缘地带。

然后，优秀的岗位适应能力。卓越工程人才又表示的是交叉复合型技能人才，也就是说能够具备从一线生产操作岗位转向其他管理岗位的能力，并且在岗位转换的过程中能够继续对实际生产过程中出现的问题进行有效解决，集工程实践、项目管理于一体的复合型人才。

再次，宽广的国际拓展能力。这就要求卓越工程人才在立足本土业务和技术的基础之上，需要向国际人才标准需求平台拓展，积极掌握国际先进技术以及成熟技术原理，积极推广本土业务及先进技术。因此，从高校工程人才培养角度而言，对卓越创新型工程人才的培养模式需要结合国际人才平台而不断地对教学内容以及教学技术进行创新与改革。通过及时引进国际先进技术以及公司需求的健全技术原理，来对现有的工程人才培养模式进行创新，同时，根据国际工程业务需要，打造接轨国际业务的课程体系，使所培养出来的学生既能够满足当前社会主义经济发展需求，又具有国家化业务视野。

最后，敏捷的思维创新能力。卓越工程人才相较于普通技能型人才而言，最大的优势在于，不仅拥有高水平的专业技能，更重要的是能够面对更为复杂的生产劳动，具备灵活且丰富的创造能力，能够对工程一线活动中的工艺及产品进行创新和改革。

因此，面向普通高等院校的创工场卓越工程师培养必须要以社会需求为导向，在发挥学校理论培养优势的基础上，将项目制实践课程有机融合来弥补学校工程教育的短板。从培养机制和教学方式上进行创新和改革。

3.1 创新培养模式

首先，在有限的时间内，如何均衡培养学生的理论知识与实践能力，这本身就是具有一定矛盾性的问题。对此，本文将学生实践能力和创新能力的培养分为两个部分，如图4所示。

第一种为普通模式，即大学本科四年中，前三年在所属学院按照现有的培养模式进行理论课程教学，

最后一年进入创工场进行实践能力的提升，通过项目训练，在完成毕业论文的同时，增强项目经历，提升解决实际问题的能力。也就是说，这样一种培养模式还是以理论学习为主，并未将理论与实践交叉融合、同步提升。当然，这种方式实行起来比较简单，因为学生理论与实践课程交叉所涉及的年限不多，实践课程内容较少。可以缓解高校毕业生实践能力较差、无法适应社会工作等问题，但是，也只能系统性提升学生的部分实践能力，难以完全与社会需求接轨。

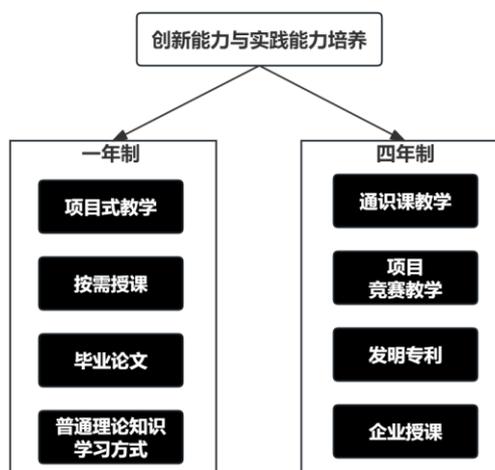


图4 高校创工场卓越工程师培养模式

第二种方式为完全的创工场培养模式，即学生本科四年均是以卓越工程师的标准培养。在一年级时，学校主授通识基础知识(包括数学、英语、政治等)，从二年级开始，不仅仅需要学习通识基础知识，还需要融入专业知识，这里所说的专业知识并不仅仅局限于某一个专业，而是多个专业的交叉融合。在有限的理论学习时间内，开设C++语言程序设计、电子电工、机械传动等通用性较强的工程课程。同时，在理论学习的同时，需要通过基础的项目来巩固，用理论知识驱动实际项目，用实际项目理解理论知识。其他的相关专业知识将融合在项目中，在项目实施过程中，若需要某一领域知识再安排相关教师或者企业教师来完成教学。这样一种培养模式与现有的教学模式存在较大的区别，理论知识的系统性相对来说更弱，但是对于社会需求适应性更强。学生在校学习的过程中，增强了学生的动手能力，可以竞赛、发明专利的形式鼓励学生大胆创新、敢于挑战，弱化“唯论文”论思想，对于有新颖性和商业性的观点，学校将联合相关企业、政府进行支持孵化。使得对学生的就业和社会的需求具有实际的促进作用。

3.2 灵活教学方式

因为创工场培养的目标与方案均与现有的培养方式有所不同，所以现有的教学方式也需重塑，如图5

所示。创工场卓越工程师的培养采用项目式教学来代替传统的系统性教学，项目可由教师申请或者企业根据实际需求发布。然后再根据项目需求，学生在教师带领下逐步剖析，对项目进行多任务分解，分解后根据学生和项目的难度，来确定是小组完成还是个人完成。如果是小组完成，而且小组成员采用的是“3+1”的培养模式(即三年在所属学院进行理论学习，一年在创工场培养实践能力)，那么建议小组成员呈现多专业、差异化趋势，以便促进学生之间取长补短、团结协作，相互促进与学习。

项目实施过程中，会出现各种问题，教师以引导为主，让学生根据实践出现的问题反思理论的不足，完善系统设计，提升学生的创新能力与问题解决能力。同时，也根据项目需求对学生的理论知识进行补充，以实践促进理论技术的进步。改变传统“老师教，学生学”的教育方式，提倡教师抛砖引玉，学生自主思考学习，从实践中思考理论，从实践中学习理论。在项目验收时，采取企业验收方式，甲方根据要求对乙方项目进行验收，并且在项目实施与验收的过程中，全过程保证文档管理。

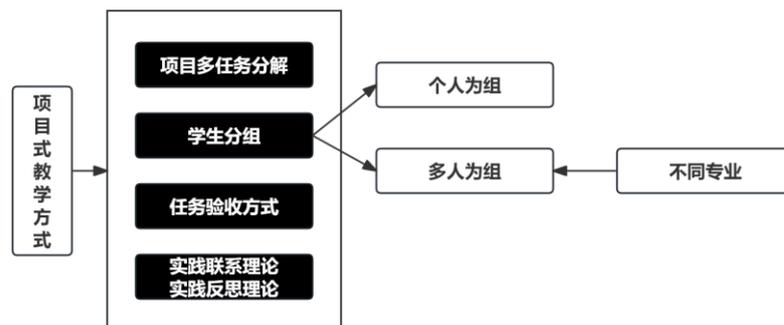


图 5 创工场教学方式结构图

4 基于汽车产业的复合型人才培养方案探索

对于高校而言，尤其是地方高校，学生培养也主要服务于地方产业。因此，卓越工程能力的培养也应结合地方特色产业，芜湖作为我国重要的汽车产业基地，拥有奇瑞等著名汽车产商，结合汽车产业发展特色复合型人才具有得天独厚的优势。对此，本文将探索根据现有的芜湖汽车产业，如何设置相关的课程培

养体系来培养汽车产业中的卓越工程人才。按照国家对于汽车产业和能源产业的要求，汽车产业正逐步向自动化、智能化、绿色化、国际化发展，那么，对于人才培养的要求势必也要贴合这一趋势。根据汽车产业的发展需要，复合型人才课程设置至少需要如图 6 所示的几个大类，需要计算机、自动化、能源环境、外国语等多个学科门类结合，打破传统专业学习的壁垒，培养多领域、复合型现代化汽车产业卓越工程人才。

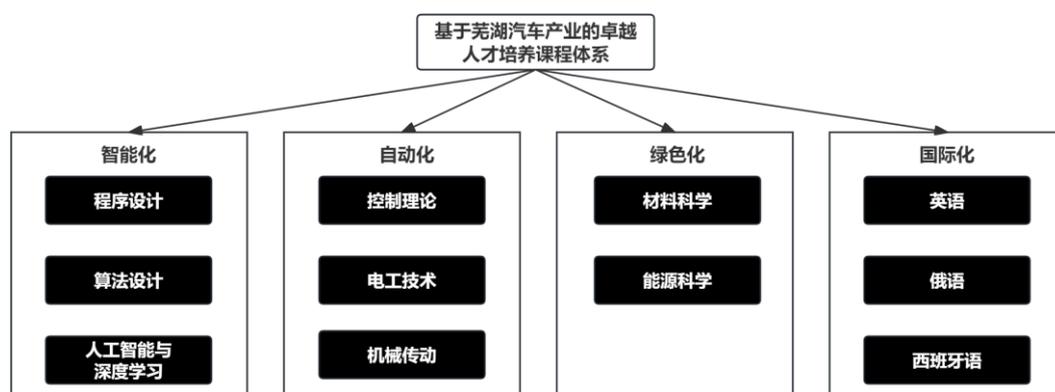


图 6 基于汽车产业的复合型人才课程设置方案

通过深入以奇瑞为代表的汽车产商合作，形成校企良好的合作共赢模式，具体体现为：企业出题，高校和企业共同解题。奇瑞等汽车企业根据自己业务发展的需要，总结遴选出实际的项目需求，这些项目将

作为校企人才培养的基石。以安徽工程大学和芜湖奇瑞汽车公司为例，整体的培养方案将按照“3+1”或者“3+4”的模式进行，“3+1”方案与 3.1 节中所述的一致，即本科三年在校完成理论学习，本科最后一年进

入企业实践并完成毕业设计。更重要的是“3+4”的培养方案,因为该方案将本科和研究生培养联合起来,即本科前三年的理论学习贯穿于高校和企业,本科最后一年的毕业论文及研究生三年的培养将主要在企业完成,因为企业的工程硕博士指标可来源于安徽高等研究院,属于一种特殊生源通道,所以本科生可提前过渡到研究生阶段学习。同时,企业可根据未来人才规划,与高校商定开设机、电、人工智能和外国语等定制化课程。在企业解决实际问题的同时,为未来卓越工程人才的培养提供契机。从企业层面来说,自己培养的卓越工程人才大部分能够为自己所用,解决了人才紧缺的问题;此外,就算学生毕业后不留在本企业工作,但是本企业的产品理念也会无形被宣扬出去,提升企业在本行业的影响力。从高校层面来说,完成了卓越工程人才培养的任务,提升了本校毕业生服务社会的大局意识。当前这一培养模式和课程设置方案,经过校企多方面商讨验证,已经在安徽工程大学与奇瑞汽车公司间着手实施。

5 实施效能

按照上述的高校创工场教学模式和课程结构,安徽工程大学开展了首期创工场卓越工程师教学班。开班时间为2023年9月,首期学生主要来源于计算机科学、机械工程、电气工程、人工智能等工科专业的大三、大四及研一、研二年级。所有学生均以项目为驱

动,按照多专业、多年级交叉融合的方式组成项目小组,在开展主干课程学习的同时,还融入了论文专利书写、前沿技术等方面的讲座,以此提升学生的综合素质。首期创工场将47名学生分布到8个项目组,项目组课题如表2所示,全部来自于企业合作的真实项目,是当前企业发展面临的瓶颈问题。根据各项目组对于理论知识的需要,总结凝练出的课程结构如表1所示,所有的课程分为主线课、专项课、扩展课等。学生可根据自己需要和项目需要选择学习,并且任课教师只教授与项目相关的知识点,因此每一门课程所需的学时数较少,给学生更多的实战机会。

在未开展高校创工场之前,学生培养还主要以论文为评价指标,在专利、创新创业等工程能力方面表现匮乏。而经过创工场模式的改革,到目前为止,经过约半年的培养,学生依托安徽工程大学创工场在竞赛、专利、论文等方面的收获如表3所示。可以看出,经过培养模式的改革,学生在工程能力上的提升明显,打破了传统唯论文的思想,提升了专利、软著、竞赛等方面的产出,学生的综合素质能力得到明显改善。更重要的是,部分项目成果直接赋能了企业生产;同时也有部分成果极具商业价值,能够将理论研究作用于生产实际。由此可以说明,基于创工场的卓越工程师培养模式给高校学生的工程能力培养提供了一种新平台,对高校人才培养和社会服务方面具有重要的促进作用。

表1 首期创工场课程计划表

序号	课程类型	课程名称	课程模块	学时
1	主线课	面向对象程序设计(C++)	主线课模块1(3选1)	16
2	主线课	软件的设计与组建(Java)		16
3	主线课	科学计算语言(Python)		16
4	主线课	Solid works工程制图设计	主线课模块2(3选1)	16
5	主线课	PLC编程逻辑控制		16
6	主线课	数据处理及作图软件应用		16
7	专项课	复杂工件检测与分拣的智能机器人技术基础	专项课模块(至少选择1门)	16
8	专项课	聚酰亚胺纤维基气凝胶的制备技术基础		16
9	专项课	数字孪生技术开发		16
10	专项课	复杂背景下的行人检测与跟踪技术基础		16
11	专项课	基于泛在物联网的区域智慧能源协同技术基础		16
12	专项课	基于工业互联网技术的设备智能维保技术基础		16
13	专项课	腹腔镜手术自动打结技术基础		16
14	专项课	低纹理下增强感知视觉移动机器人关键技术基础		16
15	扩展课	项目管理实战	扩展课1(必选)	8
16	扩展课	卓越素质综合训练	扩展课2(必选)	16
17	交流研讨	如何成为卓越工程师研讨、项目进展与技术交流	(必选)	8

表 2 首期创工场项目列表

序号	课题名称	课题合作企业
1	面向复杂工件检测与分拣的智能机器人技术研发及示范应用	固高自动化技术有限公司
2	低纹理下增强感知视觉移动机器人关键技术研究	固高自动化技术有限公司
3	复杂背景下的行人检测与跟踪算法研究	安徽卡思普智能科技有限公司
4	基于泛在物联的区域智慧能源协同系统	三腾自动化科技有限公司
5	数字孪生人工智能应用技术系统开发	安徽佐标智能科技有限公司
6	聚酰亚胺纤维基气凝胶的制备及其在含油废水处理中的应用	芜湖悠派护理用品科技有限公司
7	基于工业互联网技术的设备智能维保平台	安徽翰联色纺股份有限公司
8	腹腔镜手术自动打结装置研发	皖南医学院第一/第二附属医院

表 3 首期创工场部分学生成绩表

所获成绩项	竞赛获奖	发明专利	论文发表	企业合作协议	实用新型专利	软件著作权	大创资助基金
数量	4	7	8	1	2	2	1

6 结束语

本文针对当前高校学生培养与企业需求的不统一、学生社会适应能力不足等问题，探索了在“固高”创工场背景下的卓越工程师培养模式，并结合高校实际来保证创工场在校园内生根发芽。高校创工场卓越工程师培养计划是以学生为中心、以培养学生的工程能力和创新实践能力为根本目的的教育模式和课程方案。其以贴合企业项目实际的方式来培养学生的创造能力和工程能力，以特色课程、多学科交叉融合课程增强学生的理论基础和分析思维。从而解决当前高校毕业生因为工程实践能力弱而导致的就业困难、社会适应能力差等问题，培养出现代化社会建设所需的卓越工程人才和企业家，对学校的发展和社会的进步具有举足轻重的意义。

参考文献

- [1] 《2023 中国科技论文统计报告》发布[J].出版与印刷,2023,(05):80.
- [2] 《2022 年中国专利调查报告》发布[N].中国市场监管报,2022-12-30(001). DOI:10.28075/n.cnki.ncgsb.2022.004516.
- [3] 邱晨辉.谁来唤醒“沉睡”的科技成果[J].中国中小企业,2023(5):12-15.
- [4] 闫磊,张文攀.宁夏高等研究院启动建设[N].光明日报,2023-12-15(08).
- [5] 李玲,刘雨心,许心蕊等.集成电路卓越工程师需要具备何种能力——基于产业视角的质性研究[J].高等工程教育研究,2024,(01):86-91+98.
- [6] 刘志宏,牛铁峰,吴立珍.无人智能卓越领军工程博士人才培养模式探索[J].计算机技术与教育学报,2023,11(5): 1-4.
- [7] 古平,张程,孙天昊等.面向复杂工程问题的“项目中心模式”教学探索[J].计算机技术与教育学报,2023,11(5): 101-105.
- [8] 沈家军,凌代俭,邓社军.面向“卓越工程师”培养的校企合作探索[J].教育教学论坛,2013,(02):200-202.
- [9] 夏细明.卓越工程师培养模式的校企合作问题解决初探[J].求知导刊,2014,(08):32-34.DOI:10.14161/j.cnki.qzdk.2014.08.135.
- [10] 吴孜越,魏冰阳,李先锋等.重视工科专业毕业设计助益促进新工科教育[J].大学教育,2020,(04):65-67.
- [11] 吴孜越,禹新路,潘安邦等.“固高模式”促进新工科教育的探索与实践[J].高教学刊,2020,(04):46-48.DOI:10.19980/j.cn23-1593/g4.2020.04.014.
- [12] 陈放,陈莉,朱莉.重庆市高校高技能创新型人才培养模式研究[J].教育教学论坛,2015,(46):102-103.